

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ХИРУРГИЯ

Восточная
Европа

2026, том 15, № 3

Surgery Eastern Europe

International Scientific Journal

2026 Volume 15 Number 3



Кольцо La Roselière (фр. «тростниковые заросли», «тростниковое болото») молодого люксового бренда из ОАЭ Karlito. Выполненный из желтого золота и щедро украшенный сапфирами огранки calibre каркас венчает 15-каратный опал, символизирующий воду, над которой изящно распростерла свои бриллиантовые крылья большеглазая стрекоза.

ISSN 2226-5384 (Print)
ISSN 2414-1992 (Online)



9 772226 538001



ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ
ИЗДАНИЯ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ХИРУРГИЯ

Восточная Европа

International Scientific Journal

Surgery Eastern Europe

KHIRURGIYA VOSTOCHNAYA EVROPA

surgery.recipe.by

2026, том 15, № 3

2026 Volume 15 Number 3

Основан в 2011 г.

Founded in 2011

Беларусь

Belarus

Журнал зарегистрирован

Министерством информации Республики Беларусь
24 ноября 2011 г.
Свидетельство № 1494

The journal is registered

by the Ministry of information of the Republic of Belarus
on November 24, 2011
Certificate No. 1494

Учредители:

УП «Профессиональные издания»,
ОО «Белорусская ассоциация хирургов»

Founders:

UE "Professional Editions",
PO "Belarusian association of surgeons"

Редакция:

Директор Л.А. Евтушенко
Заместитель директора А.В. Жабинский
Начальник отдела рекламы и маркетинга М.А. Коваль
Заведующий редакционно-корректорским бюро А.В. Лейман
Технический редактор Д.В. Нужин

Editorial office:

Director L. Evtushenko
Deputy director A. Zhabinski
Head of advertising and marketing department M. Koval
Head of the editorial and proofreading bureau A. Leiman
Technical editor D. Nuzhin

Адрес:

220040, Республика Беларусь, г. Минск,
ул. Богдановича, 112, пом. 1Н, офис 3
Тел.: +375 17 322-16-59
e-mail: surgery@recipe.by

Address:

112 Bogdanovicha st., room 1N, office 3,
Minsk, 220040, Republic of Belarus
Phone: +375 17 322-16-59
e-mail: surgery@recipe.by

Подписка

В каталоге РУП «Белпочта» (Беларусь):
индивидуальный индекс – 01387, ведомственный индекс – 013872

Subscription

In the catalog of the Republican unitary enterprise "Belposhta" (Belarus):
individual index – 01387, departmental index – 013872

В электронных каталогах на сайтах агентств:

ООО «Прессинформ», ООО «Криэтив Сервис Бэнд»,
ООО «Екатеринбург-ОПТ», ООО «Глобалпресс»

In the electronic catalogs on web-sites of agencies:

LLC "Pressinform", LLC "Kriektiv Servis Bend",
LLC "Ekaterinburg-OPT", LLC "Globalpress"

Электронная версия журнала доступна на сайте surgery.recipe.by,
в Научной электронной библиотеке eLibrary.ru, в базе данных
East View, в электронной библиотечной системе IPRbooks

The electronic version of the journal is available on surgery.recipe.by,
on the Scientific electronic library eLibrary.ru,
in the East View database, in the electronic library system IPRbooks

По вопросам приобретения журнала обращайтесь в редакцию
Журнал выходит один раз в три месяца
Цена свободная

Concerning acquisition of the journal address to the editorial office
The frequency of the journal is 1 time in 3 months
The price is not fixed

Подписано в печать: 11.09.2026
Формат 70×100 1/16 (165×240 мм)
Печать офсетная
Тираж 1500 экз.
Заказ №

Sent for the press: 11.09.2026
Format 70×100 1/16 (165×240 mm)
Litho
Circulation is 1500 copies
Order No.

Отпечатано в типографии

Производственное дочернее унитарное предприятие
«Типография Федерации профсоюзов Беларуси».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№2/18 от 26.11.2013. Пл. Свободы, 23, каб. 94, г. Минск.
ЛП № 02330/54 от 12.08.2013.

Printed in printing house

© «Хирургия Восточная Европа»

Авторские права защищены. Любое воспроизведение материалов
издания возможно только с обязательной ссылкой на источник.
© УП «Профессиональные издания», 2026
© Оформление и дизайн УП «Профессиональные издания», 2026

© "Surgery Eastern Europe"

Copyright is protected. Any reproduction of materials of the edition
is possible only with an obligatory reference to the source.
© UE "Professional Editions", 2026
© Design and decor of UE "Professional Editions", 2026

Главные редакторы:

Гаин Юрий Михайлович, д.м.н., проф., заслуженный деятель науки Республики Беларусь, профессор кафедры военно-полевой хирургии Военно-медицинского института Белорусского государственного медицинского университета (Беларусь)

Ачкасов Сергей Иванович, д.м.н., проф., чл.-корр. РАН, директор Национального медицинского исследовательского центра колопроктологии имени А.Н. Рыжих (Россия)

Редакционная коллегия:

Аверин В.И., д.м.н., проф., Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)

Алексеев С.А., д.м.н., проф., Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)

Алиев М.Я., д.м.н., проф., Азербайджанский медицинский университет (Баку, Азербайджан)

Благовестнов Д.А., д.м.н., проф., Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования (Москва, Россия)

Богдан В.Г., д.м.н., проф., Национальная академия наук Беларуси (Минск, Беларусь)

Волотовский А.И., д.м.н., проф., Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)

Воробей А.В., д.м.н., проф., чл.-корр. НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

Денисенко В.Л., д.м.н., проф., Витебский государственный медицинский университет (Витебск, Беларусь)

Дзязюк А.М., д.м.н., проф., Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии (Минск, Беларусь)

Жидков С.А., д.м.н., проф., Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)

Калачик О.В., д.м.н., проф., Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии (Минск, Беларусь)

Клюйко Д.А., д.м.н., доц., Военно-медицинский институт Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)

Кондратенко Г.Г., д.м.н., проф., Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)

Корик В.Е., д.м.н., проф., Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)

Кригер А.Г., д.м.н., проф., Российский научный центр рентгенорадиологии (Москва, Россия)

Лызи́ков А.Н., д.м.н., проф., акад. РАЕН, Гомельский государственный медицинский университет (Гомель, Беларусь)

Пи́киреня И.И., к.м.н., доц., Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)

Подгайский В.Н., д.м.н., проф., Институт повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)

Праздников Э.Н., д.м.н., проф., Российский университет медицины (Москва, Россия)

Прохоров А.В., д.м.н., проф., Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)

Ревтович М.Ю., д.м.н., доц., Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)

Римашевский В.В., д.м.н., доц., Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)

Рогаль М.Л., д.м.н., проф., Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского (Москва, Россия)

Руммо О.О., д.м.н., проф., акад. НАН Беларуси, Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии (Минск, Беларусь)

Сажин А.В., д.м.н., проф., чл.-корр. РАН, Научно-исследовательский институт клинической хирургии Российского национального исследовательского медицинского университета имени Н.И. Пирогова (Москва, Россия)

Соколовский О.А., д.м.н., проф., Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии (Минск, Беларусь)

Стебунов С.С., д.м.н., проф., Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии (Минск, Беларусь)

Строцкий А.В., д.м.н., проф., Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)

Татур А.А., д.м.н., проф., Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)

Третьяк С.И., д.м.н., проф., акад. НАН Беларуси, Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)

Федорук А.М., д.м.н., проф., Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии (Минск, Беларусь)

Фёдоров Е.Д., д.м.н., проф., Научно-исследовательский институт клинической хирургии Российского национального исследовательского медицинского университета имени Н.И. Пирогова (Москва, Россия)

Хрыщанович В.Я., д.м.н., проф., Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)

Шаповальянц С.Г., д.м.н., проф., Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова (Москва, Россия)

Шахрай С.В., д.м.н., проф., Институт повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)

Шестаков А.Л., д.м.н., проф., Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского (Москва, Россия)

Шнитко С.Н., д.м.н., проф., Военно-медицинский институт Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)

Щерба А.Е., д.м.н., проф., Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии (Минск, Беларусь)

Редакционный совет:

Гарелик П.В., д.м.н., проф., Гродненский государственный медицинский университет (Гродно, Беларусь)

Герасименко М.А., д.м.н., проф., чл.-корр. НАН Беларуси, Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии (Минск, Беларусь)

Дундаров З.А., д.м.н., проф., Гомельский государственный медицинский университет (Гомель, Беларусь)

Зубрицкий В.Ф., д.м.н., проф., Российский биотехнологический университет (Москва, Россия)

Карпицкий А.С., д.м.н., проф., Брестская областная клиническая больница (Брест, Беларусь)

Ниткин Д.М., д.м.н., проф., Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)

Ханевич М.Д., д.м.н., проф., Российский научно-исследовательский институт гематологии и трансфузиологии Федерального медико-биологического агентства (Санкт-Петербург, Россия)

Щастный А.Т., д.м.н., проф., Витебский государственный медицинский университет (Витебск, Беларусь)

Рецензируемое издание

Включено в базы данных Scopus, EBSCO, Ulrich's Periodicals Directory, CNKI, РИНЦ.

Включено в перечни Высших аттестационных комиссий Республики Беларусь и Российской Федерации.

Ответственность за точность приведенных фактов, цитат, собственных имен и прочих сведений, а также за разглашение закрытой информации несут авторы.

Редакция может публиковать статьи в порядке обсуждения, не разделяя точку зрения автора.

Ответственность за содержание рекламных материалов и публикаций с пометкой «На правах рекламы» несут рекламодатели.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ХИРУРГИЯ

Восточная Европа

International Scientific Journal

Surgery Eastern Europe

KHIRURGIYA VOSTOCHNAYA EVROPA

surgery.recipe-russia.ru

2026, том 15, № 3

2026 Volume 15 Number 3

Основан в 2011 г.

Founded in 2011

Россия

Журнал зарегистрирован

Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 19 октября 2023 г. Реестровая запись ПИ № ФС77-86185

Учредитель и издатель

ООО «Вилин – Профессиональные издания»

Редакция:

Директор А.В. Сакмаров

Главный редактор С.И. Ачкасов

Адрес редакции и издателя:

214522, Смоленская обл., Смоленский р-н, с.п. Катynское, п. Авторемзавод, д. 1А, пом. 413
Тел.: +7 4812 515923
e-mail: surgery@recipe.by

Подписка

В электронных каталогах на сайтах агентств:
ООО «Прессинформ», ООО «Криэтив Сервис Бэнд»,
ООО «Екатеринбург-ОПТ», ООО «Глобалпресс»

Электронная версия журнала доступна на сайте surgery.recipe-russia.ru, в Научной электронной библиотеке elibrary.ru, в базе данных East View, в электронной библиотечной системе IPRbooks

Подписано в печать: 11.09.2026
Дата выхода в свет: 21.09.2026
Формат 70×100 1/16 (165×240 мм)
Печать офсетная
Тираж 3000 экз.
Заказ №
16+

Журнал выходит один раз в три месяца
Цена свободная

Отпечатано в типографии

Производственное дочернее унитарное предприятие
«Типография Федерации профсоюзов Беларуси».
Адрес типографии: 220030, Республика Беларусь,
г. Минск, пл. Свободы, 23, офис 94

© «Хирургия Восточная Европа»

Авторские права защищены. Любое воспроизведение материалов издания возможно только с обязательной ссылкой на источник.
© ООО «Вилин – Профессиональные издания», 2026

Russia

The journal is registered

by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology, and Mass Media (Roskomnadzor) on October 19, 2023. Registry entry ПИ No. ФС77-86185

Founder and Publisher

LLC "Vilin – Professional Editions"

Editorial office:

Director A. Sakmarov

Editor-in-Chief S. Achkasov

Editorial and publisher address:

214522, Smolensk region, Smolensk district, rural settlement Katynskoye, Avtoremzavod village, 1A, office 413
Phone: +7 4812 515923
e-mail: surgery@recipe.by

Subscription

In the electronic catalogs on web-sites of agencies:
LLC "Pressinform", LLC "Kriativ Servis Bend",
LLC "Ekaterinburg-OPT", LLC "Globalpress"

The electronic version of the journal is available on surgery.recipe-russia.ru, on the Scientific electronic library elibrary.ru, in the East View database, in the electronic library system IPRbooks

Sent for the press: 11.09.2026
Release date: 21.09.2026
Format 70×100 1/16 (165×240 mm)
Litho
Circulation is 3000 copies
Order No.
16+

The frequency of the journal is 1 time in 3 months
The price is not fixed

Printed in printing house

© "Surgery Eastern Europe"

Copyright is protected. Any reproduction of materials of the edition is possible only with an obligatory reference to the source.
© LLC "Vilin – Professional Editions", 2026

Editors-in-Chief:

Yuri M. Gain, Dr. of Med. Sci., Prof., Honored Scientist of the Republic of Belarus, Professor of the Department of Military Field Surgery of the Institute of Military Medicine of the Belarusian State Medical University (Belarus)

Sergey I. Achkasov, Dr. of Med. Sci., Prof., corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Director of the National Medical Research Center of Coloproctology named after A.N. Ryzhikh (Russia)

Editorial Board:

Alekseev S., Dr. of Med. Sci., Prof., Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Aliyev M., Dr. of Med. Sci., Prof., Azerbaijan Medical University (Baku, Azerbaijan)

Averin V., Dr. of Med. Sci., Prof., Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Blagovestnov D., Dr. of Med. Sci., Prof., Russian Medical Academy of Continuing Professional Education (Moscow, Russia)

Bogdan V., Dr. of Med. Sci., Prof., National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus)

Denisenko V., Dr. of Med. Sci., Prof., Vitebsk State Medical University (Vitebsk, Belarus)

Dzyadko A., Dr. of Med. Sci., Prof., Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology (Minsk, Belarus)

Fedorov E., Dr. of Med. Sci., Prof., Research Institute of Clinical Surgery of the Pirogov Russian National Research Medical University (Moscow, Russia)

Fedoruk A., Dr. of Med. Sci., Prof., Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology (Minsk, Belarus)

Kalachik O., Dr. of Med. Sci., Prof., Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology (Minsk, Belarus)

Khryshchanovich V., Dr. of Med. Sci., Prof., Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Kluyko D., Dr. of Med. Sci., Assoc. Prof., Institute of Military Medicine of the Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Kondratenko G., Dr. of Med. Sci., Prof., Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Korik V., Dr. of Med. Sci., Prof., Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Kruger A., Dr. of Med. Sci., Prof., Russian Scientific Center of Roentgen Radiology (Moscow, Russia)

Lyzikov A., Dr. of Med. Sci., Prof., Acad. of RANS, Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)

Pikirenya I., Cand. of Med. Sci., Assoc. Prof., Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Podgaysky V., Dr. of Med. Sci., Prof., Institute of Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel of the Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Prazdnikof E., Dr. of Med. Sci., Prof., Russian University of Medicine (Moscow, Russia)

Prokhorov A., Dr. of Med. Sci., Prof., Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Reutovich M., Dr. of Med. Sci., Assoc. Prof., Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Rimashevsky V., Dr. of Med. Sci., Assoc. Prof., Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Rogal M., Dr. of Med. Sci., Prof., N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine (Moscow, Russia)

Rummo O., Dr. of Med. Sci., Prof., Acad. of NAS of Belarus, Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology (Minsk, Belarus)

Sazhin A., Dr. of Med. Sci., Prof., corresponding member of RAS, Research Institute of Clinical Surgery of the Pirogov Russian National Research Medical University (Moscow, Russia)

Shahrai S., Dr. of Med. Sci., Prof., Institute of Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel of the Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Shapovalyants S., Dr. of Med. Sci., Prof., Pirogov Russian National Research Medical University (Moscow, Russia)

Shcherba A., Dr. of Med. Sci., Prof., Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology (Minsk, Belarus)

Shestakov A., Dr. of Med. Sci., Prof., Petrovsky National Research Centre of Surgery (Moscow, Russia)

Shnitko S., Dr. of Med. Sci., Prof., Institute of Military Medicine of the Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Sokolovskii O., Dr. of Med. Sci., Prof., Republican Scientific and Practical Center of Traumatology and Orthopedics (Minsk, Belarus)

Stebunov S., Dr. of Med. Sci., Prof., Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology (Minsk, Belarus)

Strotsky A., Dr. of Med. Sci., Prof., Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Tatur A., Dr. of Med. Sci., Prof., Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Tratsyak S., Dr. of Med. Sci., Prof., Acad. of NAS of Belarus, Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Varabei A., Dr. of Med. Sci., Prof., corresponding member of NAS of Belarus (Minsk, Belarus)

Volotovskii A., Dr. of Med. Sci., Prof., Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Zhidkov S., Dr. of Med. Sci., Prof., Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Editorial Council:

Dundarov Z., Dr. of Med. Sci., Prof., Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)

Garelik P., Dr. of Med. Sci., Prof., Grodno State Medical University (Grodno, Belarus)

Gerasimenko M., Dr. of Med. Sci., Prof., corresponding member of NAS of Belarus, Republican Scientific and Practical Center of Traumatology and Orthopedics (Minsk, Belarus)

Hanevich M., Dr. of Med. Sci., Prof., Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology of the Federal Medical-Biological Agency (St. Petersburg, Russia)

Karpitsky A., Dr. of Med. Sci., Prof., Brest Regional Clinical Hospital (Brest, Belarus)

Nitkin D., Dr. of Med. Sci., Prof., Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Schastny A., Dr. of Med. Sci., Prof., Vitebsk State Medical University (Vitebsk, Belarus)

Zubritsky V., Dr. of Med. Sci., Prof., Russian Biotechnological University (Moscow, Russia)

Peer-Reviewed Edition

Included in the databases Scopus, EBSCO, Ulrich's Periodicals Directory, CNKI, RSCI.

Included in the lists of the Higher Attestation Commissions of the Republic of Belarus and the Russian Federation.

Responsibility for the accuracy of the given facts, quotes, own names and other data, and also for disclosure of the classified information authors bear.

Editorial staff can publish articles as discussion, without sharing the point of view of the author.

Responsibility for the content of advertising materials and publications with the mark "As advertisement" are advertisers.

Уважаемые читатели, коллеги! Дорогие друзья!

В ваших руках очередной номер нашего международного журнала за 2026 год. Как всегда, в нем представлена современная информация о различных аспектах заболеваний, в основе лечения которых лежат хирургические методы оказания медицинской помощи, а также сведения о разработке новых направлений и технологий, повышающих эффективность такого лечения. В этом номере уважаемый читатель ознакомится с результатами хирургической реконструкции подошвенных дефектов мягких тканей пяточной области с использованием лоскута медиальной подошвенной артерии стопы; узнает о хирургических вариантах топографии ветвей верхнего гортанного нерва у взрослого человека; получит сведения об особенностях применения *ex vivo* перфузии донорских органов при трансплантации легких; сформирует свое мнение о механизмах развития болевого синдрома в культе и формирования остаточной боли после ампутации конечности; в сравнительном аспекте оценит результаты применения ригидной и гибкой нефроскопии при малоинвазивном хирургическом лечении врожденного гидронефроза, осложненного формированием конкрементов в чашечках почки у детей; примет к сведению информацию, касающуюся частоты и причин развития несостоятельности швов анастомозов после реконструктивно-восстановительных операций у пациентов с концевыми колостомами; оценит эффективность клинического применения нового малоинвазивного метода лечения высоких свищей прямой кишки; узнает о результатах сравнительной оценки лапароскопически ассистированных вариантов формирования коло ректальных и колоанальных анастомозов с определением факторов риска несостоятельности швов; ознакомится с результатами многоцентрового рандомизированного клинического исследования со сравнительной оценкой воспалительной реакции после имплантации биологических и синтетических сосудистых протезов; ознакомится с результатами использования комплексного алгоритма диагностики, микрохирургического лечения, реабилитации и цифрового мониторинга пациентов с комбинированными травмами кисти; узнает о результатах экспериментальных исследований репаративной регенерации кожных ран при проведении комплексной иммуносупрессивной терапии; оценит возможности нового метода определения вероятности развития стриктур билиодигестивных анастомозов, сформированных во время оперативного лечения механической желтухи; узнает о результатах метаанализа физического дебридмента пролежней у спинальных пациентов; получит информацию о первом опыте применения эндоскопической радиочастотной абляции при лечении хронического посттравматического проктита; ознакомится с отдельными клиническими наблюдениями и другими материалами.



Главная особенность врачебной профессии – непрерывное самосовершенствование с постоянным стремлением ее представителей к получению новых знаний. Чем сильнее стимул у специалиста к повышению врачебной квалификации, к совершенствованию своего профессионального уровня, тем больше его уверенность в том, что он никогда не останется за бортом науки и практики медицины, сможет из всех сложных диагностических и лечебных ситуаций выйти с достоинством, выйти победителем. К постоянной работе над собой призывают слова одного из основателей крупной отечественной медицинской школы Алексея Александровича Остроумова (1844–1908): «Учитесь всю жизнь на пользу общества – таково призвание врача».

Сориентировать специалиста в непрерывно растущем информационном потоке помогает изучение специальной литературы, особое место среди которой занимают специализированные медицинские издания – научно-практические журналы. Во многом они отличаются между собой, и не только отраслью медицины или тематикой публикаций. В первую очередь доверять следует рецензируемым изданиям, которые по своей сути не только являются источником информации, но и служат своеобразным фильтром, не допускающим публикацию плагиата, «мусорных статей», результатов исследований, проведенных с нарушением правил биологической этики, ранее опубликованных материалов, в том числе с использованием принципа *salami slicing* (нарезки малых сообщений из опубликованной перед этим большой статьи). Опытные эксперты помогут выявить ошибки дизайна исследования, дефекты планирования эксперимента, несоответствие проведенных исследований Международным стандартам надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice – GCP) и проверить корректность статистического анализа результатов. При этом экспертиза должна проводиться максимально объективно, опираясь на справедливые и беспристрастные критерии, основанные на этических нормах, которые были одобрены международным научным сообществом. В предшествующем вступительном слове уже указывалось на то, что рецензирование поступающих на рассмотрение публикаций целесообразно проводить в соответствии с положениями Белой книги Совета научных редакторов о соблюдении принципов целостности публикаций в научных журналах (обновленная версия 2012 г.) (CSE's White Paper on Promoting Integrity in Scientific Journal Publications, 2012 Update) и Рекомендациями по проведению, описанию, редактированию и публикации результатов научной работы в медицинских журналах (декабрь 2016 г.) (ICMJE Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing and Publication of Scholarly Work in Medical Journals, December 2016). Избегая какого-либо административного воздействия, субъективной предвзятости, влияния других внешних отрицательных факторов, эксперт в первую очередь

устанавливает степень оригинальности материала, его новизны, качества написания статьи, теоретической и практической значимости для конкретной отрасли здравоохранения, то есть выявляет признаки, определяющие научный уровень работы. И в этом плане при проведении экспертизы он всегда должен строго придерживаться принципа, сформулированного знаменитым философом и оратором древности Марком Туллем Цицероном (Marcus Tullius Cicero; 106 г. до н. э. – 43 г. до н. э.): «Я критикую созидая, а не выискивая недостатки». Такой критерий экспертизы в наивысшей степени соблюдают международные журналы, имеющие, как правило, широкий состав редколлегий, экспертов высочайшего уровня и избавленные от местных предубеждений и административного влияния. Именно в международных изданиях появляется широкая возможность совместных интернациональных публикаций, независимого рецензирования с индивидуальным подбором экспертов из других стран для снижения риска возникновения конфликта интересов и предвзятого отношения к поступающим материалам.

Сегодня профессиональные журналы, как зеркало, отражают состояние современной медицинской науки. Политика наших государств, направленная на повышение эффективности научной деятельности, вместе с совершенствованием целевой системы финансирования медицинской науки, безусловно, ориентирует научно-практические издания на высокий уровень научных публикаций, в том числе и на международном уровне. Во многом эта тенденция способствовала росту числа профессиональных изданий в наших странах. Только в Республике Беларусь число официальных медицинских профессиональных изданий за последние тридцать лет увеличилось от одного до пятидесяти. И, хотя рост количества медицинских журналов в какой-то степени способствовал стимуляции научно-исследовательской активности, он вряд ли в такой же степени привел к увеличению объема и улучшению качества научно-технической продукции.

Вместе с тем значительное число медицинских журналов, порой превышающее разумную потребность общества, способствует тому, что отдельные издательства пытаются любой ценой наполнить свой редакционный портфель, заманить авторов быстротой и легкостью публикации материалов (увы, не всегда высокого научного качества, со снижением уровня рецензирования). Это может согласовываться с целями некоторых авторов, стремящихся к искусственному росту своей «публикационной активности» и повышению собственного «индекса цитирования», но забывающих при этом о высокой моральной ответственности ученого за качество своей научной продукции (к которой в том числе относятся официальные публикации). Стремление авторов войти в различные библиографические базы данных похвально, но зачем стремиться туда просто ради присутствия, насыщая

информационное пространство не всегда качественным и мало цитируемым материалом?

К огромному сожалению, сегодня профессиональные журналы в должной степени не востребованы медицинской общественностью, они не являются частью непрерывной образовательной системы, создавая иллюзию, что их существование в большей степени предназначено для авторов, чем для читателей (и прежде всего для практикующего врача). А ведь общепризнано, что для поддержания своего профессионального статуса врач должен регулярно знакомиться с содержанием как минимум одного многопрофильного и одного специализированного журнала. В большинстве стран Западной Европы врач получает от семи и более научных изданий, у нас же журналы выпускают менее 10% врачей. Выбирая медицинский журнал, каждый читатель хочет иметь профессиональное издание, которое позволило бы ему своевременно, доступно и эффективно получать сведения об актуальных достижениях медицинской науки и практики. При этом для него не имеет значения, в какой форме подается эта информация – в виде лекций, нарративных или систематических обзоров литературы, метаанализов или оригинальных статей. Главное, чтобы журнал вызывал доверие, был интересным по форме и содержанию, позволял получить знания, которые обязательно пригодятся специалисту в его практической деятельности.

За свой достаточно небольшой (пятнадцатилетний) период существования международный научно-практический журнал «Хирургия Восточная Европа» прошел определенный путь профессионального роста, путь развития и самосовершенствования. Оформившийся коллектив редколлегии, экспертов международного уровня, эволюционно выстроенная редакционная политика и редакционная этика сформировали в наших странах свой круг авторов и читателей, а также помогли издательскому и научному сообществу решить морально-нравственные проблемы, возникающие при подготовке публикаций, при формировании политики издания, позволяя последовательно проводить независимую прозрачную экспертизу по отбору к публикации материалов, исходя из актуальности, оригинальности и научной обоснованности, а не коммерческого успеха издания. Редколлегия нашего журнала выражает надежду на прогресс всех этих процессов, ибо, как писал известный ирландский драматург, философ и прозаик Джордж Бернард Шоу (1856–1950), «наш стиль поведения определяется не жизненным опытом, а надеждами на будущее».

Главный редактор в Беларуси
Юрий Михайлович Гаин

[illegible]

Etoricoxib / Эторикоксиб

Эторикоксиб ФТ

Противовоспалительный
и противоревматический
препарат

СКОВАЛО

16+



Быстрый обезболивающий
эффект через 25 минут

Действует до 24 часов

ЛЕКАРСТВЕННЫЙ ПРЕПАРАТ

ПЕРЕД ПРИМЕНЕНИЕМ ОЗНАКОМЬТЕСЬ С ИНСТРУКЦИЕЙ И ПРОКОНСУЛЬТИРУЙТЕСЬ С ВРАЧОМ

Имеет побочные действия и противопоказания. В период беременности и кормления грудью принимать не рекомендуется. Для взрослых и детей старше 16 лет. Курс приема не более 3 дней, не более 1 раза в день. На правах рекламы. ООО «Фармтехнология», www.ft.by.
УНП 100048311



Колопроктология

Денисенко Э.В., Гаин Ю.М.,
Денисенко В.Л., Шахрай С.В.,
Гаин М.Ю.

Оценка эффективности
клинического применения
нового малоинвазивного
метода лечения высоких свищей
прямой кишки 368

Онкология

Жидков С.А., Кохнюк С.С., Коломиец В.Н.,
Жуков С.Л., Остапук О.В.

Первый опыт применения
эндоскопической радиочастотной
абляции в лечении хронического
постлучевого проктита 383

Хирургическая гастроэнтерология

Ревтович М.Ю., Воробей А.В.,
Костюк С.А., Дыбов О.Г.,
Полуян О.С., Кириленко Б.В.

Несостоятельность швов
анастомозов после
реконструктивно-восстановительных
операций у пациентов
с концевыми колостомами:
обзор литературы 393

**Панкреатология, гепатология,
билиарная хирургия**

Чернов О.Н., Жура А.В., Шулейко А.Ч.,
Владимирская Т.Э., Юрага Т.М.

Метод определения вероятности
развития стриктур билиодигестивных
анастомозов, сформированных
при оперативном лечении
механической желтухи 412

**Лапароскопическая
и роботическая хирургия**

Исмаилов И.А.

Сравнительная оценка
лапароскопически ассистированных
вариантов формирования
колоректальных и колоанальных
анастомозов и определение факторов
риска несостоятельности швов 427

**Пластическая и реконструктивно-
восстановительная хирургия**

Шестель И.В., Нижегородова Д.Б.,
Ванслав М.И., Владимирская Т.Э.,
Пикиреня И.И.

Репаративная регенерация кожных
ран при комплексной
иммуносупрессивной терапии:
экспериментальное исследование 444

Скакун П.В., Путик В.В.,
Часнойть А.Ч., Елизовец П.А.,
Кенденкова Д.Г., Котлярова В.В.,
Корбан Д.И.

Реконструкция подошвенных дефектов
мягких тканей пяточной области
с использованием лоскута медиальной
подошвенной артерии стопы:
клинический опыт 456

Гнойная хирургия

Алексеев С.А., Левченко П.А.,
Бирюков А.В., Шикуть Р.А.,
Асколкин С.А.

Метаанализ эффективности
физического дебридмента пролежней
у спинальных пациентов 468

Сосудистая хирургия

Попель Г.А., Моисеенко И.А.,
Попель О.Н., Островский Ю.П.

Сравнительный анализ воспалительной
реакции после имплантации
биологических и синтетических
сосудистых протезов:
многоцентровое рандомизированное
клиническое исследование 482

Детская хирургия

Ротыко Н.В., Дубров В.И.,
Казанцов И.М.

Сравнение результатов ригидной
и гибкой нефроскопии
при малоинвазивном хирургическом
лечении врожденного гидронефроза,
осложненного формированием
конкрементов в чашечках почки
у детей 497

Царева В.В., Аверин В.И.,

Аксельров М.А., Бабошко П.Г.,

Бастракова Д.Г.

Случай тотального разобщения
желудка и пищевода
по методике Бьянчи у ребенка
с гастроэзофагеальным рефлюксом
и последствиями тяжелого
гипоксически-ишемического
поражения центральной
нервной системы 507

Трансплантология и искусственные органы

Крачак Д.И.,

Пландовский А.В.,

Ерохов В.В., Качук М.В.

Потенциал применения ex vivo
перфузии донорских органов
при трансплантации легких:
обзор литературы 513

Травматология и ортопедия

Тукушов С.К.

Комплексный алгоритм диагностики,
микрохирургического лечения,
реабилитации и цифрового
мониторинга пациентов
с сочетанными травмами кисти 522

Хирургическая патофизиология

Зотов П.Б., Скрябин Е.Г., Смирнов А.В.,

Аверин В.И., Зотов С.П., Аксельров Е.М.

Ампутация конечности. Часть II:
боль в культе и остаточная боль 536

Топографическая анатомия и оперативная хирургия

Сивакова А.Е., Трушель Н.А., Гаин Ю.М.,

Ковалевич Е.В., Васильев Ю.Л.

Варианты топографии ветвей
верхнего гортанного нерва
у взрослого человека 546

Coloproctology

- Denisenko E., Gain Yu., Denisenko V., Shakhrai S., Gain M.*
Evaluation of the Clinical Efficacy of a New Minimally Invasive Method for Treating High Rectal Fistulas 369

Oncology

- Zhidkov S., Kokhnyuk S., Kolomiets V., Zhukov S., Ostapuk O.*
First Experience with Endoscopic Radiofrequency Ablation in the Treatment of Chronic Radiation-Induced Proctitis 384

Surgical Gastroenterology

- Reutovich M., Varabei A., Kostiuk S., Dybau A., Poluyan O., Kyrilenka B.*
Anastomotic Leakage after Reconstructive Surgery for Closure of End Colostomies: A Literature Review 394

Pancreatology, Hepatology, Biliary Surgery

- Chernov O., Zhura A., Shuleiko A., Vladimirskaia T., Yuraga T.*
A Method for Determining the Probability of Strictures in Biliodigestive Anastomoses Formed During Surgical Treatment of Obstructive Jaundice 413

Laparoscopic and Robotic Surgery

- Ismayilov I.*
Comparative Evaluation of Laparoscopically Assisted Colorectal Anastomosis Techniques and Risk Factors for Postoperative Complications 428

Plastic and Reconstructive Surgery

- Shestel I., Nizheharodava D., Vanslau M., Vladimirskaia T., Pikirenia I.*
Reparative Regeneration of Skin Wounds Under Combined Immunosuppressive Therapy: An Experimental Study 445

- Skakun P., Putsik V., Chasnoits A., Yelizavetau P., Kendenkova D., Kotlyarova V., Korban D.*
Medial Plantar Artery Flap for Reconstruction of Heel Soft Tissue Defects: A Clinical Series 457

Purulent Surgery

- Alekseev S., Levchenko P., Biryukov A., Shikut R., Askolkin S.*
A Meta-Analysis of the Effectiveness of Physical Debridement of Pressure Ulcers in Spinal Patients 469

Vascular Surgery

- Popel H., Maiseyenko I., Popel A., Ostrovsky Yu.*
Comparative Analysis of the Inflammatory Response after Implantation of Biological and Synthetic Vascular Grafts: A Multicenter Randomized Clinical Trial 483

Pediatric Surgery

- Rotko N., Dubrov V., Kagantsov I.*
Comparison of the Results of Rigid and Flexible Nephroscopy in Minimally Invasive Surgical Treatment of Congenital Hydronephrosis Complicated by Renal Calyculi in Children 498

- Tsareva V., Averin V., Akselrov M., Baboshko P., Bastrakova D.*
A Case Report of Total Division of the Stomach and Esophagus Using the Bianchi Technique in a Child with Gastroesophageal Reflux and Severe Hypoxic-Ischemic Injury of the Central Nervous System 508

Transplantology and Artificial Bodies

- Krachak D., Plandovski A., Erokhov V., Kachuk M.*
Potential of Ex Vivo Perfusion of Donor Organs in Lung Transplantation: A Literature Review 514

Traumatology and Orthopedics

- Tukeshov S.*
A Comprehensive Algorithm for Diagnosis, Microsurgical Treatment, Rehabilitation, and Digital Monitoring of Patients with Concomitant Hand Injuries 523

Surgical Pathophysiology

- Zotov P., Skryabin E., Smirnov A., Averin V., Zotov S., Axelrov E.*
Amputation of a Limb. Part II: Pain in a Cult and Residual Pain 537

Topographic Anatomy

- and Operative Surgery**
Sivakova H., Trushel N., Gain Yu., Kavalevich K., Vasil'ev Yu.
Topography Variants of the Superior Laryngeal Nerve Branches in Adults 547



Денисенко Э.В.¹, Гаин Ю.М.²✉, Денисенко В.Л.^{1,3}, Шахрай С.В.², Гаин М.Ю.²

¹ Витебский областной клинический специализированный центр, Витебск, Беларусь

² Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

³ Витебский государственный медицинский университет, Витебск, Беларусь

Оценка эффективности клинического применения нового малоинвазивного метода лечения высоких свищей прямой кишки

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Денисенко Э.В., Гаин Ю.М., Денисенко В.Л. – концепция и дизайн исследования, участие в проведении исследования, анализе материалов и результатов, корректировке содержания статьи; Шахрай С.В., Гаин М.Ю. – участие в проведении исследования, сборе, анализе материалов и результатов, подготовке статьи.

Информированное согласие: авторы имеют подписанные пациентами информированные согласия на анонимное опубликование их данных и изображений в медицинском издании.

Подана: 11.04.2026

Принята: 24.07.2026

Контакты: juri.gain@yandex.by

Резюме

Введение. Высокие свищи прямой кишки остаются значимой проблемой современной колопроктологии, традиционное хирургическое лечение которых сопряжено с высоким риском развития анальной инконтиненции и характеризуется низким уровнем эффективности многих широко используемых малоинвазивных методик.

Цель. Разработать новый малоинвазивный метод лечения высоких свищей прямой кишки, основанный на комплексном местном применении энергии высокоинтенсивного лазера, биологически активных материалов и технологий регенеративной медицины, оценить его клиническую, социальную и экономическую эффективность.

Материалы и методы. Проведен анализ результатов лечения 118 пациентов с высокими свищами прямой кишки. В 1-й (основной) группе использовался разработанный авторами метод на основе обработки свищевого хода лазером, введения в его просвет фибринового клея и введения парафистулярно обогащенной тромбоцитами и лейкоцитами аутологичной плазмы (L-PRP). Во 2-й группе производили иссечение свища с применением сетона. В 3-й группе для лечения использовали изолированную обработку свищевого хода с помощью лазера.

Результаты. Установленный высокий уровень медицинской (клинической) эффективности разработанного малоинвазивного метода лечения пациентов с высокими свищами прямой кишки (коэффициент медицинской эффективности = 0,84) во многом обусловлен достижением при его использовании ряда важных клинических показателей: сокращения сроков стационарного лечения пациентов (Mann – Whitney U-test, $Z = -7,42$, $p < 0,0001$); уменьшения периода заживления раны (Mann – Whitney U-test, $Z = -8,7$, $p < 0,0001$); сокращения интенсивности (Mann – Whitney U-test, $Z = 8,999$, $p < 0,0001$) и продолжительности (Mann – Whitney U-test, $Z = -9,324$, $p < 0,0001$) болевого синдрома; снижения частоты нарушения замыкательной функции сфинктерного аппарата прямой кишки (Mann – Whitney U-test, $Z = -7,385$, $p < 0,0001$); уменьшения



частоты рецидивов заболевания ($\chi^2=8,667$; $p=0,004$). Рассчитанный коэффициент социальной эффективности нового метода составил 0,81 (высокий уровень) и превышал значения в 1-й и 2-й контрольных группах, что было связано с высоким уровнем качества жизни пациентов и их удовлетворенностью результатами проведенного лечения по новой технологии. Общий экономический эффект при внедрении предлагаемого разработанного комплексного метода лечения пациентов со свищами прямой кишки по сравнению с традиционным методом лечения составил 365 716,8 белорусского рубля в год.

Заключение. Полученные итоговые показатели экономической, медицинской и социальной эффективности использования предложенного авторами комбинированного метода лечения пациентов с высокими свищами прямой кишки позволяют сделать вывод о его перспективности и высокой рентабельности с необходимостью более широкого внедрения в работу проктологических стационаров республики.

Ключевые слова: высокие свищи прямой кишки, лазерная термооблитерация свищевого хода, фибриновый клей, обогащенная тромбоцитами и лейкоцитами аутологичная плазма крови (L-PRP), экономическая, медицинская и социальная эффективность метода

Denisenko E.¹, Gain Yu.²✉, Denisenko V.^{1,3}, Shakhrai S.², Gain M.²

¹ Vitebsk Regional Clinical Specialized Center, Vitebsk, Belarus

² Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

³ Vitebsk State Medical University, Vitebsk, Belarus

Evaluation of the Clinical Efficacy of a New Minimally Invasive Method for Treating High Rectal Fistulas

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Denisenko E., Gain Yu., Denisenko V. – study concept and design, participation in investigations, materials and results analysis, and text editing; Shakhrai S., Gain M. – participation in investigations, materials and results analysis, and article preparation.

Informed consent: the authors obtained signed informed consent from patients for anonymous publication of their data and images in a medical journal.

Submitted: 11.04.2026

Accepted: 24.07.2026

Contacts: juri.gain@yandex.by

Abstract

Introduction. High rectal fistulas remain a significant issue in modern proctology. The conventional surgical treatment is associated with a high risk of anal incontinence and is characterized by the low efficacy of many commonly used minimally invasive techniques.

Purpose. To elaborate a new minimally invasive method for treating high rectal fistulas based on the combined local application of high-intensity laser energy, biologically active materials, and regenerative medicine technologies, and to evaluate its clinical, social, and economic effectiveness.

Materials and methods. Treatment outcomes were analyzed in 118 patients with high rectal fistulas. Group 1 (the main group) utilized a method elaborated by the authors,

with laser treatment of the fistula tract, introduction of fibrin glue into the lumen, and parafistular administration of platelet- and leukocyte-rich autologous plasma (L-PRP). Group 2 underwent fistula excision using a seton. Group 3 received isolated laser treatment of the fistula tract.

Results. The established high level of medical (clinical) efficiency of the elaborated minimally invasive method of treatment of patients with high fistulas of the rectum (medical efficiency coefficient =0.84) is largely due to the achievement of a number of important clinical indicators through its use: reduction of the duration of inpatient treatment of patients (Mann – Whitney U-test, $Z = -7.42$, $p < 0.0001$); reduction of the wound healing period (Mann – Whitney U-test, $Z = -8.7$, $p < 0.0001$); reduction of the intensity (Mann – Whitney U-test, $Z = 8.999$, $p < 0.0001$) and duration (Mann – Whitney U-test, $Z = -9.324$, $p < 0.0001$) of pain syndrome; decrease in the frequency of disorders of the closure function of the sphincter apparatus of the rectum (Mann – Whitney U-test, $Z = -7.385$, $p < 0.0001$); and reduction in the recurrence rate of the disease ($\chi^2 = 8.667$; $p = 0.004$). The calculated social effectiveness coefficient of the new method was 0.81 (high level), exceeding values in the first and second control groups. This was due to the high quality of life of patients and their satisfaction with the results of treatment using the new technology. The overall economic effect of implementing the proposed comprehensive treatment method for patients with rectal fistulas, compared with the conventional treatment method, amounted to 365,716.8 Belarusian rubles per year.

Conclusion. The obtained final indicators of the economic, medical, and social effectiveness when using the combined method proposed by the authors for treating patients with high rectal fistulas allow to conclude that it is promising and highly cost-effective, and thus necessitating a wider implementation in proctology units across the country.

Keywords: high rectal fistulas, laser thermal obliteration of fistula tract, fibrin glue, platelet- and leukocyte-rich autologous plasma, economic, medical and social effectiveness of the method

■ ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время свищи прямой кишки (свищи заднего прохода) рассматривают в качестве хронической фазы инфекционно-воспалительного процесса, развившегося в анальной крипте, межсфинктерном пространстве и околопрямокишечной клетчатке, который сопровождается формированием свищевого хода, соединяющего просвет прямой кишки с внешней средой или заканчивающегося слепо в стенке прямой кишки либо околопрямокишечных тканях [1]. Частота развития данной патологии (заболеваемость) в большинстве развитых стран в среднем составляет 2 человека на 10 000 населения в год [2]. Заболевание регистрируется преимущественно у лиц трудоспособного возраста (чаще от 30 до 50 лет), что обуславливает его высокую социальную значимость. При этом у мужчин и женщин оно встречается в соотношении 2:1 [3]. Значимую проблему современной колопроктологии представляют высокие транс- и экстрасфинктерные свищи прямой кишки, традиционное хирургическое лечение которых сопряжено с высоким риском развития анальной инконтиненции и характеризуется низким уровнем эффективности многих широко



используемых малоинвазивных методик [4]. Большое число применяемых методов лечения высоких свищей прямой кишки и приводимые в литературе неоднозначные (разноплановые) показатели их эффективности говорят, скорее всего, о том, что эта проблема далека от своего разрешения, нуждается в дополнительном осмыслении, требует совершенствования и дифференцированного выбора хирургической тактики, поиска новых направлений действенной коррекции заболевания.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработать новый малоинвазивный метод лечения высоких свищей прямой кишки, основанный на комплексном местном применении энергии высокоинтенсивного лазера, биологически активных материалов и технологий регенеративной медицины, оценить его клиническую, социальную и экономическую эффективность.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках одноцентрового проспективного рандомизированного контролируемого когортного исследования на базе учреждения здравоохранения «Витебский областной клинический специализированный центр» (ВОКЛЦ) проведен анализ результатов хирургического лечения 118 пациентов с диагнозом «свищ прямой кишки» в период с 2020 по 2023 г. В исследование включали пациентов с высокими полными трансфинктерными (верхние 2/3) и экстрасфинктерными свищами прямой кишки I–II степени сложности (по Дульцеву – Саламову, 1981). Из исследования исключали лиц со сложными свищами (множественные разветвления и отверстия, спиралевидный ход), с III–IV степенью сложности процесса, сопровождающегося гнойно-воспалительными и инфильтративно-рубцовыми изменениями параректальных тканей. Не подлежали включению также пациенты с многократно рецидивирующими свищами сложного строения и лица, у которых свищи были обусловлены специфическими заболеваниями аноректальной зоны (болезнь Крона, туберкулез, актиномикоз, кисты, эндометриоз, язвенный колит, рак и др.). Тактика ведения пациентов в предоперационном периоде зависела от состояния парафистулярных тканей. При отсутствии инфильтративно-воспалительных изменений после дренирования свищевого хода полимерной лигатурой по типу loose seton (свободная незатянутая лигатура) в течение 5–7 дней проводили санацию полости фистулы растворами антисептиков. В случаях выявления гнойно-воспалительных и инфильтративных изменений параректальной клетчатки, сопровождающихся наличием дополнительных ходов, ответвлений или слепых карманов, после установки сетона длительность санации антисептиками увеличивалась до 7–14 суток. При быстрой положительной динамике и купировании воспаления радикальное вмешательство выполняли через 2–3 недели. Если воспалительные явления регрессировали медленно, сетон в режиме loose seton оставляли на более длительный срок (до 2–4 месяцев), соответственно отсрочивая основной этап операции. Методом простой рандомизации все пациенты были распределены на 3 группы.

В 1-ю (основную) группу (n=52) включены 42 мужчины и 10 женщин с медианным возрастом 42,5 [36–55] года (Me [Q₂₅–Q₇₅]). Этим пациентам применяли оригинальную комплексную методику малоинвазивного лечения, разработанную авторами. Суть вмешательства заключалась в сочетанном применении лазерной термооблитерации свищевого хода, окклюзии свища фибриновым клеем и парафистулярном

введении аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами и лейкоцитами (L-PRP) [5, 6]. При этом непосредственно перед оперативным вмешательством подготавливали рабочие растворы фибринового клея и L-PRP. Для получения L-PRP накануне операции у пациента производили забор 50 мл венозной крови в стерильные пробирки с 3 мл 3,8% раствора цитрата натрия. Центрифугирование образцов при 2000 об/мин в течение 20 минут позволяло разделить кровь на три фракции. Средний слой, располагающийся над эритроцитарной массой и содержащий лейкоциты и тромбоциты, аккуратно собирали в отдельную стерильную емкость. Приготовление фибринового клея (препарат «Фибриностат», РНПЦ трансфузиологии и медицинских биотехнологий, Республика Беларусь) перед вмешательством осуществляли согласно инструкции производителя. На первом этапе готовили 2 компонента: раствор фибриногена (8 мг) и раствор тромбина (600 ЕД). Для получения раствора фибриногена во флакон с лиофилизированным фибриногеном вносили 3 мл раствора контрикала (активностью 3000 ЕИК/мл) и нагревали до 37 °С до полного растворения. Раствор тромбина готовили путем добавления 3 мл раствора кальция хлорида (8,5 мг/мл) во флакон с тромбином с последующим нагреванием до 37 °С. Готовые растворы набирали в отдельные стерильные шприцы.

Для выполнения операции пациента укладывали на операционный стол в литомическом положении. Вмешательство проводили под местной инфильтрационной анестезией с использованием модифицированного раствора Клейна. Состав анестетика (на 100 мл раствора) включал: 5 мл 0,5% бупивакаина гидрохлорида, 2 мл 4% натрия бикарбоната, 93 мл 0,25% лидокаина гидрохлорида и 0,1% адреналина гидрохлорида в разведении 1:200 000. Данный раствор также применяли для тумесценции (защиты сфинктера прямой кишки от избыточного лазерного воздействия). Первым этапом проводили идентификацию свищевого хода и визуализацию внутреннего отверстия (рис. 1а). После тщательного кюретажа свищевого хода с использованием гибкой щеточки, предназначенной для обработки узких раневых каналов, и многократного промывания его просвета растворами антисептиков под визуальным контролем пилотного лазера (красный индикатор) приступали к ушиванию внутреннего отверстия свища. С этой целью накладывали кисетный или П-образный шов, окончательное затягивание которого выполняли непосредственно в момент введения фибринового клея. Следующим этапом осуществляли тумесценцию парафистулярных тканей путем инфильтрации анестетиком. Данный прием был направлен на создание защитного барьера, предотвращающего термическое повреждение волокон анального сфинктера в процессе последующей лазерной термооблитерации. Для фотодеструкции эпителиальной выстилки свищевого канала применяли диодный хирургический лазер с двумя длинами волн («Медиола-Компакт», ФОТЭК, Республика Беларусь). Воздействие осуществляли излучением с длиной волны 1560 нм и мощностью 8 Вт в постоянном режиме. Обработку проводили при медленном извлечении световода из просвета фистулы со скоростью 1–2 мм/с (рис. 1б). В свою очередь, применение L-PRP характеризуется пиком фиброгенетической активности к 8-м суткам, о чем свидетельствует достоверное увеличение содержания коллагена III типа, участвующего в процессах ремоделирования ($p < 0,05$). Сочетанное воздействие указанных факторов создает благоприятные условия для регенерации и ускоряет заживление хронических ран [7]. Заключительным этапом комбинированного вмешательства являлось введение фибринового клея в просвет свища. Для обеспечения герметичного



заполнения хода на всем протяжении использовали пластиковый периферический венозный катетер с внутренним диаметром 1,3–1,7 мм. Благодаря своей гибкости катетер легко проводился через все изгибы фистулы вплоть до внутреннего отверстия, что позволяло равномерно распределить клеевую композицию. Клей вводили до достижения тугого заполнения просвета (рис. 1с).

Ранее проведенными авторами исследования был установлен ряд патофизиологических эффектов лазерного воздействия на хроническую рану. При использовании W-лазера с заданными параметрами активация фиброгенеза наблюдается уже с 5-х суток послеоперационного периода [7]. Это проявляется стимуляцией синтеза коллагена I типа, обеспечивающего прочность рубца, и повышением экспрессии металлопротеиназы-9 (ММР-9), что коррелирует с усиленным образованием коллагена. Вводимая в свищевой ход композиция представляла собой смесь фибриногена, тромбина и ионов кальция. При их одновременном поступлении в просвет фистулы

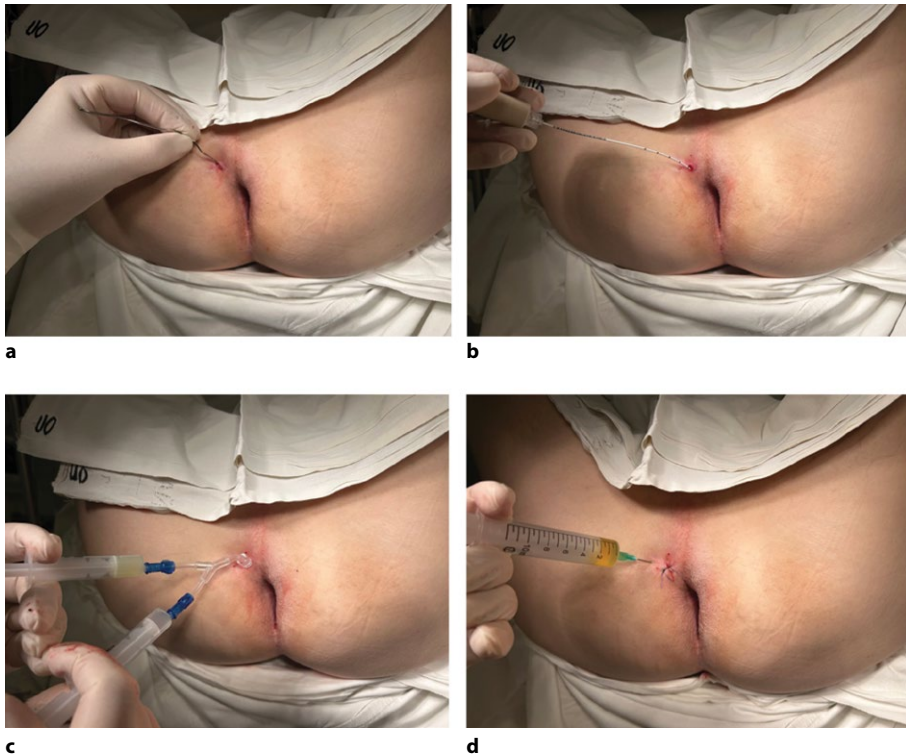


Рис. 1. Этапы выполнения разработанного метода малоинвазивного лечения высоких свищей прямой кишки: а – идентификация свищевого хода у пациента; б – лазерная обработка свищевого хода; в – введение в просвет свищевого хода фибринового клея; д – инъекция обогащенной тромбоцитами и лейкоцитами аутоплазмы в парафистулярные ткани

Fig. 1. Stages of the elaborated method of minimally invasive treatment of high rectal fistulas: a – identification of the fistula tract in the patient; b – laser treatment of the fistula tract; c – introduction of fibrin glue into the lumen of the fistula tract; d – injection of autoplasm enriched with platelets and leukocytes into the parafistular tissues

запускается каскад реакций, завершающихся формированием стабильного фибринового композита: последовательно образуются фибрин, растворимый тромб, а под действием активированного XIII фактора свертывания – нерастворимый сгусток.

Принцип действия клея основан на концепции индуцированной регенерации: фибриновый матрикс служит каркасом для миграции фибробластов и плюрипотентных эндотелиоцитов, стимулирует ангиогенез и синтез коллагена. В период с 7-х по 14-е сутки фибриновый сгусток подвергается лизису под действием плазмينا и замещается новообразованной соединительной тканью [7]. Процедуру введения клея синхронизировали с завязыванием кисетного шва, наложенного на внутреннее отверстие свищевого хода. В момент появления клея из внутреннего отверстия (контроль заполнения) хирург затягивает предварительно наложенный шов, после чего продолжает инстилляцию композита до тугого наполнения хода с одновременным извлечением катетера. Для смешивания компонентов препарата «Фбринолат» непосредственно в канюле использовали двухшприцевую систему «Соединитель медицинский полимерный», обеспечивающую подачу равных объемов растворов тромбина и фибриногена. При использовании фибриновых клеев, не содержащих ингибиторы протеолиза, обязательным являлось дополнительное введение антифибринолитических препаратов (апротинина, контрикала, гордокса, омомина и др.). Это было обусловлено особенностями раневой среды в хронических свищах прямой кишки, для которой характерны высокая микробная контаминация и повышенная активность протеолитических ферментов, включая влияние металлопротеиназ. Последние не только угнетают пролиферацию эпителиоцитов краевой зоны, замедляя регенерацию, но и усиливают местный фибринолиз, приводя к преждевременному разрушению введенного в просвет свища фибринового сгустка. Таким образом, местное введение ингибиторов протеолиза является патогенетически обоснованным компонентом лечения, способствующим стабилизации фибринового матрикса и активации фиброгенеза в зоне свища. По завершении этого этапа вмешательства выполняли герметизацию наружного отверстия свища путем наложения кожного шва или клипсы, которые удаляли на следующие сутки при первой перевязке. После завершения манипуляций со свищевым ходом в парафистулярные мягкие ткани выполняли инъекционное введение заранее приготовленного раствора аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами и лейкоцитами (рис. 1d).

Используемая в работе L-PRP представляет собой многокомпонентную биологическую среду, обладающую широким спектром регенераторной и противомикробной активности. Ее действие обусловлено синергизмом тромбоцитарных и лейкоцитарных факторов. Тромбоцитарная фракция высвобождает пул ростовых факторов (PDGF, EGF, VEGF, b-FGF, TGF- β 1, IGF и др.), антибактериальные пептиды, факторы коагуляции (фибринектин, тромбоспондин, фактор Виллебранда), протеазы (металлопротеиназа-4), вазоактивные амины (серотонин, гистамин, дофамин) и лизосомальные ферменты. Лейкоцитарная фракция, в свою очередь, служит источником цитокинов и хемокинов, которые модулируют воспалительный ответ, усиливают хемотаксис, пролиферацию клеток и ангиогенез (в частности, через продукцию VEGF). Таким образом, L-PRP не только обеспечивает стимуляцию регенераторных процессов, но и способствует подавлению инфекции, что критически важно для заживления хронических ран [8]. Ранее в проведенных экспериментальных исследованиях на лабораторных животных была обоснована эффективность разработанного малоинвазивного метода лечения [9].



В клинических исследованиях в первую контрольную группу (2-я группа, $n=50$) включены 40 мужчин и 10 женщин (медианный возраст 48 [43–59] лет), которым выполняли традиционное хирургическое вмешательство – иссечение свища с проведением лигатуры через просвет прямой кишки вне основной массы сфинктера и реализацией в дальнейшем технологии «режущего сетона» (cutting seton). Во вторую контрольную группу (3-я группа, $n=16$) вошли 11 мужчин и 5 женщин (медианный возраст 52 [48–61] года), где в качестве лечения использовали изолированную лазерную обработку свищевого канала. Все 3 группы были сопоставимы по основным клинико-демографическим показателям: полу, возрасту, социальному статусу, длительности предоперационного периода, а также характеру и частоте сопутствующей патологии ($p>0,05$). Исследование проводилось с соблюдением этических норм (одобрение локального этического комитета, протокол № 2 от 22.02.2019) и после подписания пациентами информированного согласия.

Оценка непосредственных и отдаленных результатов проводилась в динамике: через 10 дней, а также 1, 6 и 12 месяцев после операции. Анализу подвергнут ряд клинических параметров: длительность стационарного пребывания, сроки полного заживления послеоперационной раны, интенсивность болевого синдрома, степень функциональных нарушений анального держания, частота рецидивирования заболевания, показатели качества жизни пациентов.

Проведен анализ медицинской, социальной и экономической эффективности описанного метода лечения пациентов со свищами прямой кишки с использованием рекомендуемых Министерством здравоохранения Республики Беларусь методов их оценки [10, 11].

Статистический анализ выполнен с использованием пакета прикладных программ Statistica 10. Учитывая распределение количественных признаков, отличное от нормального ($p<0,05$ для критериев Шапиро – Уилка и Лиллиефорса), применяли непараметрические методы оценки. Описательная статистика представлена в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха (25-й и 75-й перцентили). Для сравнения независимых выборок использовали U-критерий Манна – Уитни. Оценка динамики показателей качества жизни (применяли опросник Medical Outcomes Study – Short Form Health Survey, или SF-36) проводили с помощью рангового дисперсионного анализа Фридмана и коэффициента конкордации Кендалла; при обнаружении статистически значимых различий выполняли попарные сравнения с применением критерия Вилкоксона.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ ряда клинических результатов применения методов лечения свищей прямой кишки показал преимущество малоинвазивных методик. В основной группе (разработанный метод) средняя продолжительность пребывания пациентов в стационаре составила 5 [4–6] суток (Me [Q_{25} – Q_{75}]), что было значимо меньше, чем во 2-й группе (лигатурный метод) – 11,5 [8–18] дня ($p<0,0001$), и сопоставимо с показателем 3-й группы (изолированная лазерная обработка) – 5,5 [4–7,5] дня ($p=0,38$). Наиболее короткие сроки полного заживления послеоперационной раны зафиксированы в основной группе – 16 [14–18] дней (Me [Q_{25} – Q_{75}]). Этот показатель был достоверно лучше, чем во 2-й группе (36 [33–39] дней; $p<0,0001$) и в 3-й группе (20,5 [20–22] дня; $p<0,0001$). Пациенты основной группы отмечали минимальную

продолжительность болевых ощущений – 1 (1–2) день, что значительно меньше, чем во 2-й группе (5 [5–6] дней; $p < 0,0001$), и не отличалось от показателя 3-й группы (1 [1–2] день; $p = 0,93$). Интенсивность боли по визуальной аналоговой шкале (ВАШ) в 1-е сутки после операции в группе 1 составила 2 [1–3] балла (Me $[Q_{25} - Q_{75}]$), что было достоверно ниже, чем в группе 2 (5 [5–6] баллов; $p < 0,0001$), и статистически значимо не отличалось от группы 3 ($p = 0,217$).

Оценка замыкательной функции прямой кишки по шкале Векснера проводилась в динамике: до операции, через 1 месяц и через 1 год после вмешательства. Исходные показатели во всех группах были сопоставимы ($p > 0,05$). В основной группе не выявлено ухудшения функции держания на протяжении всего периода наблюдения: до операции – 0 [0–1] баллов (Me $[Q_{25} - Q_{75}]$), через 1 месяц – 0 [0–1], через 1 год – 0 [0–1] баллов ($p > 0,05$). Во 2-й группе (лигатурный метод) отмечено значимое ухудшение показателей через 1 месяц после операции – 3 [1,5–5] балла (Me $[Q_{25} - Q_{75}]$) – по сравнению с исходным 0 [0–1] баллов ($p < 0,0001$). Несмотря на частичное восстановление к 1-му году, функция удержания содержимого прямой кишки оставалась ниже дооперационного уровня ($p < 0,0001$). В 3-й группе (изолированная лазерная термооблитерация свища) статистически значимых различий с основной группой по шкале Векснера не зафиксировано ($p > 0,05$). При сравнении замыкательной функции прямой кишки через 1 месяц и 1 год показатели анальной континенции в 1-й группе были достоверно выше, чем во 2-й группе ($p < 0,0001$).

Анализ отдаленных результатов выявил следующее распределение рецидивов заболевания: в основной (1-й) группе их зафиксировано 4 (7,7%); во 2-й группе (лигатурный метод) – 7 (14%) и в 3-й группе (изолированное лазерное воздействие) – 6 (37,5%). В основной группе пациентов установлен высокий уровень медицинской эффективности (коэффициент эффективности составил 0,84), в то время как в первой контрольной группе уровень медицинской эффективности был выше среднего (на 12% ниже по сравнению с основной серией, $p = 0,08743$), а во второй контрольной группе – ниже среднего (на 71,2% ниже по сравнению с основной серией, $p < 0,001$).

Анализ социальной эффективности разработанного метода лечения был проведен на основании динамической оценки качества жизни с использованием валидированного опросника SF-36 у пациентов всех 3 групп с учетом показателей удовлетворенности пациентов результатами лечения, а также доступностью и качеством оказания медицинской помощи, определяемых на базе анкетирования (интервьюирования).

При этом перед началом лечения показатели качества жизни были сопоставимы во всех группах ($p > 0,05$), за исключением шкалы эмоционально-ролевого функционирования (RE). Данный показатель оказался достоверно более высоким во 2-й и 3-й группах по сравнению с основной ($p = 0,026$ и $p = 0,0001$ соответственно), что, вероятно, обусловлено более высоким уровнем тревожного ожидания частью пациентов основной группы нестандартного вмешательства (рис. 2а).

В первые сутки после операции (ранний послеоперационный период) у пациентов основной группы зарегистрировано значимое преимущество по большинству доменов шкалы SF-36 в сравнении с обеими контрольными группами ($p < 0,0001$). Наиболее выраженные различия касались интенсивности боли (шкала BP): в 1-й группе данный показатель был в 1,2 раза ниже, чем во 2-й ($p = 0,02$), и в 1,3 раза ниже, чем в 3-й группе ($p < 0,0001$). Интегральный показатель «физический компонент здоровья» в основной группе также значимо превышал его значение в контроле ($p < 0,05$) (рис. 2б).

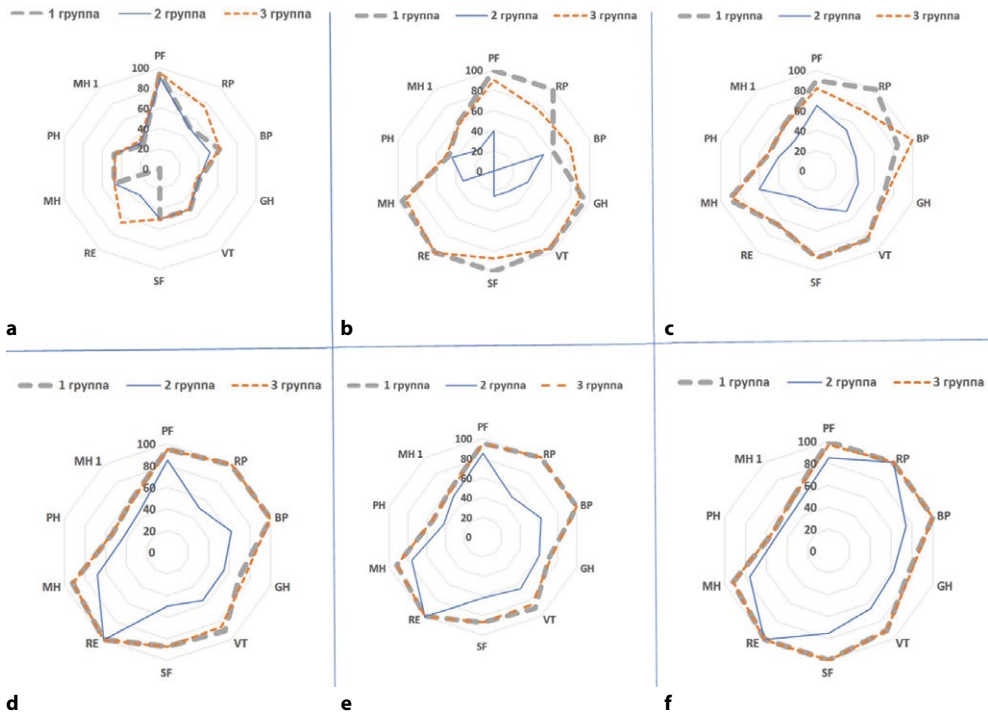


Рис. 2. Показатели качества жизни в соответствии со шкалой опросника SF-36 у пациентов всех групп сравнения: а – до операции; б – на 1-е сутки после операции; в – на 10-е сутки после операции; д – через 1 месяц после операции; е – через 6 месяцев после операции; ф – через 1 год после операции. PF – физическое функционирование; RP – физическое ролевое функционирование; BP – физическая боль; GH – общее здоровье; VT – жизненная сила (общее состояние здоровья); SF – социальное функционирование; RE – эмоционально-ролевое функционирование; MH – ментальное (психическое) здоровье; PH – интегральный показатель «физический компонент здоровья»; MH 1 – интегральный показатель «психологический компонент здоровья»

Fig. 2. Quality of life indicators according to the SF-36 questionnaire scale in patients of all comparison groups: а – before surgery; б – 1 day after surgery; в – 10 days after surgery; д – 1 month after surgery; е – 6 months after surgery; ф – 1 year after surgery. PF – physical functioning; RP – physical role functioning; BP – physical pain; GH – general health; VT – vitality (general health); SF – social functioning; RE – emotional-role functioning; MH – mental (psychic) health; PH – integral indicator "physical component of health"; MH 1 – integral indicator "psychological component of health"

К 10-м суткам наблюдения у пациентов 1-й группы большинство параметров качества жизни оставались статистически значимо выше, чем во 2-й группе ($p < 0,0001$). При сравнении с 3-й группой (изолированная лазерная обработка свища) к этому сроку выявлено достоверное преимущество по шкале физического ролевого функционирования (RP), показатель по которой в основной группе был выше на 13,4% ($p < 0,05$) (рис. 2с).

Через 1 месяц после вмешательства показатели качества жизни в основной группе продолжали значимо превосходить таковые во 2-й группе сравнения ($p < 0,001$).

При этом различия между 1-й и 3-й группами отсутствовали: все показатели в них стали сопоставимыми ($p > 0,05$) (рис. 2d).

К 6-му месяцу наблюдения у пациентов 1-й группы сохранялось достоверное преимущество перед 2-й группой по большинству шкал SF-36 ($p < 0,004$), за исключением показателей физического функционирования (PF) и эмоционально-ролевого функционирования (RE). Различий между 1-й и 3-й группами по-прежнему не отмечалось ($p > 0,05$) (рис. 2e).

Через 1 год после хирургического лечения показатели физического ролевого (RP) и эмоционально-ролевого (RE) функционирования во 2-й группе достигли уровня 1-й и 3-й групп ($p > 0,05$). Однако показатели по ряду других шкал SF-36 во 2-й группе оставались статистически значимо ниже, чем в 1-й и 3-й группах ($p < 0,01$), что, вероятно, связано с сохраняющимися у части пациентов нарушениями анального удержания после лигатурного иссечения свища (рис. 2f).

Уровень социальной эффективности в основной группе пациентов определен как высокий (коэффициент составил 0,81), в то время как в контрольных группах уровень социальной эффективности был выше среднего (0,72 и 0,75 в первой контрольной и второй контрольной группах соответственно).

При расчете экономической эффективности разработанного метода лечения свищей прямой кишки учитывали, что среднее пребывание в стационаре в основной группе составило 5 койко-дней, в то время как в первой контрольной группе данный показатель составил в среднем 11,5 койко-дня, а во второй контрольной группе – 5,5 койко-дня. При этом принимали, что стоимость одного койко-дня за 2025 год в проктологическом отделении Витебского областного специализированного клинического центра составила 293,8 бел. руб. На амбулаторном этапе медианное число посещений поликлиники в основной группе составило 3, в первой контрольной группе – 6, во второй контрольной группе – 4. Средняя продолжительность лечения на амбулаторном этапе в основной группе составила 11 дней, в первой контрольной – 25 дней, во второй контрольной – 15 дней.

Рассчитанная доля экономии от сокращения периода пребывания пациентов в стационаре при использовании разработанного метода лечения в сравнении с первой контрольной группой составила:

$$Эс = M \times (Ax - Ay) = 293,8 \times (11,5 - 5) = 1909,7 \text{ бел. руб.},$$

где M – средняя стоимость одного койко-дня в проктологическом отделении в УЗ «ВОКСЦ»;

Ax – среднее количество койко-дней пребывания в стационаре в расчете на лечение одного случая заболевания в базовом варианте;

Ay – среднее количество койко-дней пребывания в стационаре в расчете на лечение одного случая заболевания в предлагаемом варианте.

При этом доля экономии от сокращения периода пребывания пациентов в стационаре при использовании разработанного метода лечения в сравнении со второй контрольной группой пациентов была равна:

$$Эс = M \times (Ax - Ay) = 293,8 \times (5,5 - 5) = 146,9 \text{ бел. руб.}$$



Удельная экономия при сокращении сроков лечения в амбулаторных условиях (Эп) при использовании разработанного метода лечения в сравнении с первой контрольной группой составила:

$$\text{Эп} = \text{Сп} \times \text{П1} - \text{Сп} \times \text{П2} = 26 \times 6 - 26 \times 3 = 78 \text{ бел. руб.},$$

где Сп – средняя стоимость одного посещения поликлиники в городе Витебске;

П1 – среднее количество посещений в контрольной группе;

П2 – среднее количество посещений в основной группе.

При этом удельная экономия при сокращении сроков лечения в амбулаторных условиях (Эп) при использовании разработанного метода лечения в сравнении со второй контрольной группой составила:

$$\text{Эп} = \text{Сп} \times \text{П1} - \text{Сп} \times \text{П2} = 26 \times 4 - 26 \times 3 = 26 \text{ бел. руб.}$$

Размер валового внутреннего продукта (ВВП) Республики Беларусь за 2025 г., по официальным статистическим данным, составил 286 652,4 млн бел. руб. Количество человек, занятых в производстве, было 4899,6 тыс. Доля экономии от сокращения потерь ВВП в результате сокращения продолжительности временной утраты трудоспособности (ВУТ) от внедрения новой медицинской технологии (МТ) при сравнении с первой контрольной группой составила:

$$\text{Эв} = \text{Д} \times (\text{tx} - \text{ty}) = 232,2 \times (36 - 16) = 4644,0 \text{ бел. руб.},$$

где Д – средний размер ВВП в расчете на одного работающего, занятого в производстве один рабочий день (252);

tx – средняя продолжительность одного случая ВУТ при базовой МТ;

ty – средняя продолжительность одного случая ВУТ при предлагаемой МТ.

Доля экономии от уменьшения потерь ВВП в результате сокращения продолжительности ВУТ от внедрения новой МТ при сравнении со второй контрольной группой составила:

$$\text{Эв} = \text{Д} \times (\text{tx} - \text{ty}) = 232,2 \times (20,5 - 16) = 1044,9 \text{ бел. руб.}$$

Рассчитанная доля экономии средств Фонда социальной защиты в результате сокращения продолжительности временной нетрудоспособности при сравнении с первой контрольной группой составила:

$$\text{Эстр} = \text{Б} \times (\text{tx} - \text{ty}) = 63 \times (36 - 16) = 1260 \text{ бел. руб.},$$

где Б – средний размер пособия за один день ВУТ;

tx – средняя продолжительность одного случая ВУТ при базовой МТ;

ty – средняя продолжительность одного случая ВУТ при предлагаемой МТ.

При этом доля экономии средств Фонда социальной защиты в результате сокращения продолжительности временной нетрудоспособности при сравнении со второй контрольной группой была равна:

$$\text{Эстр} = Б \times (t_x - t_y) = 63 \times (20,5 - 16) = 283,5 \text{ бел. руб.}$$

Рассчитанная общая удельная экономия при внедрении нового метода лечения при сравнении с первой контрольной группой составила:

$$\text{Эо} = \text{Эс} + \text{Эп} + \text{Эв} + \text{Эстр} = 7891,7 \text{ бел. руб.}$$

Общая удельная экономия при внедрении нового метода лечения при сравнении со второй контрольной группой составила:

$$\text{Эо} = \text{Эс} + \text{Эп} + \text{Эв} + \text{Эстр} = 1501,3 \text{ бел. руб.}$$

По следующей формуле определена средняя годовая экономия в расчете на объем внедрения нового метода лечения при сравнении с первой контрольной группой (Эгод). Она составила:

$$\text{Эгод} = \text{Эо} \times C = 7891,7 \times 48 = 378\,801,6 \text{ бел. руб.,}$$

где C – среднегодовое количество пациентов, обеспечиваемое объемом внедрения предлагаемой медицинской технологии.

Средняя годовая экономия в расчете на объем внедрения нового метода лечения при сравнении со второй контрольной группой составила:

$$\text{Эгод} = \text{Эо} \times C = 1501,3 \times 48 = 72\,062,4 \text{ бел. руб.}$$

Совокупные затраты на разработку и внедрение новой МТ представляют собой суммарные единовременные затраты в стоимостном выражении всех видов ресурсов (трудовых, материальных, финансовых), которые потребовались на создание и внедрение в организации здравоохранения нового метода. Главные составляющие совокупных затрат (3) отражены в следующей формуле. Они составили:

$$3 = 3p + 3в = 42 + 13047,3 = 13\,089,3 \text{ бел. руб.,}$$

где $3p$ – единовременные затраты на разработку новой МТ (затраты на НИР);

$3в$ – единовременные затраты на внедрение новой МТ.

При этом удельные затраты (Зуд) на разработку и внедрение МТ в соответствии со следующей формулой составили:

$$\text{Зуд} = 3 / C = 13\,089,3 / 48 = 272,6 \text{ бел. руб.,}$$

где C – среднегодовое количество выполненных операций по данной методике в УЗ «ВОКСЦ».

Годовой экономический эффект (Э) от внедрения нового метода лечения оказался равным:

$$\text{Э} = (\text{Эо} - \text{Зуд}) \times C = (7891,7 - 272,6) \times 48 = 365\,716,8 \text{ бел. руб.,}$$



где С – среднегодовое количество выполненных операций по данной методике в УЗ «ВОКСЦ».

Коэффициент эффективности затрат (Кэф) при этом составил:

$$\text{Кэф} = \text{Эгод} / 3 = 378\,801,6 / 13\,089,3 = 28,9.$$

Установленные показатели медицинской, социальной и экономической эффективности разработанного метода лечения высоких свищей прямой кишки свидетельствуют о возможности реального улучшения показателей лечения сложной аноректальной патологии, достижения целевых показателей социального эффекта (в виде улучшения качества жизни оперированных пациентов), получения экономической прибыли и обеспечения ресурсосбережения в отрасли здравоохранения.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Высокий уровень медицинской (клинической) эффективности разработанного малоинвазивного метода лечения пациентов с высокими свищами прямой кишки (коэффициент медицинской эффективности = 0,84) во многом обусловлен достижением при его использовании ряда важных клинических показателей:

- сокращения сроков стационарного лечения пациентов (Mann – Whitney U-test, $Z = -7,42$, $p < 0,0001$);
- уменьшения периода заживления раны (Mann – Whitney U-test, $Z = -8,7$, $p < 0,0001$);
- сокращения интенсивности (Mann – Whitney U-test, $Z = 8,999$, $p < 0,0001$) и продолжительности (Mann – Whitney U-test, $Z = -9,324$, $p < 0,0001$) болевого синдрома;
- снижения частоты нарушения замыкательной функции сфинктерного аппарата прямой кишки (Mann – Whitney U-test, $Z = -7,385$, $p < 0,0001$);
- снижения частоты рецидивов заболевания ($\chi^2 = 8,667$; $p = 0,004$).

В соответствии с субъективной оценкой пациентов социальная эффективность комплексного метода лечения пациентов со свищами прямой кишки, устанавливавшаяся с помощью использования неспецифического опросника 36-Item Short Form Health Survey (SF-36), рассчитанный коэффициент социальной эффективности метода составил 0,81 (высокий уровень), что превышало значения в первой и второй контрольных группах (0,72 и 0,75 соответственно – выше среднего). Это было обусловлено высоким уровнем качества жизни пациентов и их удовлетворенностью результатами проведенного по новой технологии лечения. Общий экономический эффект при внедрении предлагаемого разработанного комплексного метода лечения пациентов со свищами прямой кишки по сравнению с традиционным методом лечения составил 365 716,8 белорусского рубля в год. При этом средний экономический эффект от выполнения одного вмешательства составил 7891,7 белорусского рубля.

Полученные итоговые показатели экономической, медицинской и социальной эффективности применения предложенного авторами комбинированного метода лечения пациентов с высокими свищами прямой кишки позволяют сделать вывод о его перспективности и высокой рентабельности с необходимостью более широкого внедрения в работу проктологических стационаров республики.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Shelygin Yu.A. (2020) *Clinical recommendations. Coloproctology*. Moscow. (in Russ.)
2. Seow-Choen F., Nicholls R.J. Anal fistula. *Br J Surg*. 1992;79(3):197–205. doi: 10.1002/bjs.1800790304
3. Abkarian A.M. Anorectal infection: abscess-fistula. *Clinics for colon and rectal surgery*. 2011;24(21):14–21. doi: 10.1055/s-0031-1272819
4. Bhat S., Xu W., Varghese K., et al. Effectiveness of various surgical methods of anal fistula treatment: network meta-analysis. *Methods in coloproctology*. 2023;27(10):827–845. doi: 10.1007/s10151-023-02845-8
5. *Method of surgical treatment of rectal fistulas. Eurasian Patent for Invention No. 045682 B1* / Yu.M. Gain, E.V. Denisenko, V.L. Denisenko, S.V. Shakh-ray, M.Y. Gain, K.G. Tsyplakov, N.V. Denisenko / Eurasian Patent Office // application 202193098; Priority 10.11.2021; date of publication and grant of the patent 15.12.2023. Moscow: EPO, 2023. (in Russ.)
6. Denisenko E.V., Gain Yu.M., Denisenko V.L., et al. A new technique of a minimally invasive treatment of rectal fi stulas. *Vestnik VGMU*. 2025;24(5): 43–55. doi: 10.22263/2312-4156.2025.5.43 (in Russ.)
7. Gain Yu., Bordakov P., Shakh-ray S., et al. Immunohistochemical Assessment of the Possibility of Using a Number of Regenerative Technologies and High-Intensity Laser Radiation in Chronic Perineal Wounds Treatment. *Surgery Eastern Europe*. 2024;11(1):13–37. doi: 10.34883/PI.2024.13.1.016 (in Russ.)
8. Gain Yu.M., Tretyak S.I., Bogdan V.G. (2023) *Chronic wound*. Minsk: Belarusian Science. ISBN 978-985-08-310-4. (in Russ.)
9. Denisenko E.V., Gain Yu.M., Denisenko V.L., et al. Experimental substantiation of new methods of modeling and minimally invasive treatment of transsphincter fistula of the rectum. *Surgery Eastern Europe*. 2025;14(1):11–26. doi: 10.34883/PI.2025.14.1.025
10. *Methods for Calculating the Economic Efficiency of Medical Technologies in Healthcare*: Instructions for Use No. 159-1203, approved by the Ministry of Health of the Republic of Belarus on December 31, 2003 / K.A. Movchan, V.S. Glushanko, A.V. Plish. Vitebsk: VSMU, 2003. (in Russ.)
11. Valchuk E.A., Gulitskaya N.I., Tsaruk F.P. (2007) *Fundamentals of Organizational and Methodological Services and Statistical Analysis in Healthcare*. Minsk: Harvest. (in Russ.)



<https://doi.org/10.34883/PI.2026.15.3.030>



Жидков С.А.¹, Кохнюк С.С.²✉, Коломиец В.Н.², Жуков С.Л.², Остапук О.В.²

¹ Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

² Брестская городская больница № 1, Брест, Беларусь

Первый опыт применения эндоскопической радиочастотной абляции в лечении хронического постлучевого проктита

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования, редактирование, сбор материала, обработка, написание текста – Жидков С.А., Кохнюк С.С.; концепция и дизайн исследования, редактирование, написание текста – Коломиец В.Н., Жуков С.Л., Остапук О.В.

Подана: 04.05.2026

Принята: 10.08.2026

Контакты: sergeikohnyuk1@gmail.com

Резюме

Введение. Радиационный проктит представляет собой проблему, которая выходит за рамки компетенции одной конкретной медицинской специальности. Является актуальным развитие и дальнейшее совершенствование органосохраняющих методик лечения пациентов с лучевым проктитом.

Цель. Разработать методику эндоскопической радиочастотной абляции (РЧА) и оценить ее эффективность при применении в лечении пациентов с хроническим постлучевым проктитом.

Материалы и методы. С января 2018 по май 2026 на базе проктологического отделения Брестской городской больницы № 1 были пролечены 105 пациентов с хроническим постлучевым проктитом (61 пациент – контрольная группа и 44 пациента – основная группа). Критерии включения: проведена лучевая терапия по поводу опухолей тазовой локализации, после окончания лучевой терапии прошло 3 и более месяца. Хронический постлучевой проктит был подтвержден эндоскопически и морфологически.

Результаты. Медиана суммарной очаговой дозы проведенной ранее лучевой терапии составила 60 Гр. В основной группе средний койко-день составил 4 дня. Все пациенты имели в анамнезе ректальное кровотечение. В результате проведения РЧА у 16 пациентов (36%) исчезла необходимость постоянного переливания эритроцитарной массы, у 40 пациентов (95%) полностью прекратилось выделение крови, у 2 пациентов (5%) значительно уменьшилось выделение крови. Для достижения клинического эффекта 11 пациентам (27,5%) потребовался 1 сеанс, 13 (27,5%) – 2 сеанса, 7 (17,5%) – 3 сеанса, 2 пациентам – 4 сеанса, одному – 5 сеансов и еще одному – 6 сеансов. Осложнений не наблюдалось.

Заключение. Предложенная методика применения радиочастотной абляции телеангиэктазий прямой кишки является доступной и эффективной в лечении пациентов с хроническим постлучевым проктитом.

Ключевые слова: злокачественные новообразования органов малого таза, хронический постлучевой проктит, лучевая терапия, радиочастотная абляция, телеангиэктазии

Zhidkov S.¹, Kokhnyuk S.²✉, Kolomiets V.², Zhukov S.², Ostapuk O.²

¹ Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

² Brest City Hospital No. 1, Brest, Belarus

First Experience with Endoscopic Radiofrequency Ablation in the Treatment of Chronic Radiation-Induced Proctitis

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: study concept and design, editing, data collection, processing, and writing – Zhidkov S., Kokhnyuk S.; study concept and design, editing, and writing – Kolomiets V., Zhukov S., Ostapuk O.

Submitted: 04.05.2026

Accepted: 10.08.2026

Contact: sergeikohnyuk1@gmail.com

Abstract

Introduction. Radiation proctitis is a challenge that extends beyond the scope of any one medical specialty. Elaborating and further improving organ-preserving treatment methods for patients with radiation proctitis is relevant.

Purpose. To elaborate a technique for endoscopic radiofrequency ablation (RFA) and evaluate its effectiveness in treating patients with chronic radiation-induced proctitis.

Materials and methods. From January 2018 to May 2026, a total of 105 patients with chronic radiation-induced proctitis (61 patients in the control group and 44 patients in the study group) were treated in the Proctology Department of Brest City Hospital No. 1. The inclusion criteria were: radiation therapy for pelvic tumors; 3 or more months after the end of radiation therapy. Chronic radiation-induced proctitis was confirmed endoscopically and morphologically.

Results. The median total focal dose of previously administered radiation therapy was 60 Gy. In the main group, the average hospital stay was 4 days. As a result of RFA, 16 patients (36%) no longer needed constant red blood cell transfusions, 40 patients (95%) experienced a complete cessation of blood secretion, and 2 patients (5%) experienced a significant decrease in blood secretion. To achieve the clinical effect (27.5%), 11 patients required one session, 13 (27.5%) required two sessions, 7 (17.5%) required three sessions, 2 required four sessions, 1 required 5 sessions, and 1 required 6 sessions. No complications were observed.

Conclusion. The proposed technique for radiofrequency ablation of rectal telangiectasias is accessible and effective in treating patients with chronic radiation-induced proctitis.

Keywords: malignant neoplasms of the pelvic organs, chronic radiation-induced proctitis, radiation therapy, radiofrequency ablation, telangiectasias

■ ВВЕДЕНИЕ

Радиационный проктит представляет собой проблему, которая выходит за рамки компетенции одной конкретной медицинской специальности. В связи с этим оказание помощи данной категории пациентов часто осуществляется в неспециализированных



учреждениях здравоохранения без необходимых знаний этой патологии и при непонимании процесса.

Несмотря на разнообразие современных методов лечения, сегодня не существует единой тактики ведения пациентов с хроническим постлучевым проктитом (ХПЛП). В то же время вследствие развития современных медицинских технологий наблюдается существенный рост числа пациентов, для которых эффективное лечение новообразований органов малого таза связано с применением лучевой терапии. Это приводит к пропорциональному увеличению числа поздних лучевых осложнений, в частности ХПЛП. Поэтому возникает необходимость в систематизации тактики лечения таких пациентов, а также в привлечении смежных специалистов (проктологов, хирургов, гастроэнтерологов, эндоскопистов). Является актуальным развитие и дальнейшее совершенствование органосохраняющих методик лечения пациентов с лучевым проктитом. Систематический подход к лечению ХПЛП требует междисциплинарного взаимодействия, чтобы обеспечить наилучшие результаты для пациентов и минимизировать негативные последствия лучевой терапии.

Лучевая терапия является неотъемлемой частью комбинированного лечения злокачественных новообразований органов малого таза. Технологическое усовершенствование данного метода посредством внедрения конформной и интенсивно модулированной лучевой терапии позволило значительно уменьшить нагрузку на здоровые органы и ткани и сфокусироваться на органе-мишени, что привело к повышению эффективности лечения и снижению частоты лучевых осложнений. Тем не менее, по данным литературы, доля поздних постлучевых осложнений, одним из которых является лучевой проктит, остается в пределах 5–20% [1–5].

Под ХПЛП понимается воспаление прямой кишки, которое развивается не ранее чем через 3 месяца после окончания лучевой терапии и характеризуется хроническим рецидивирующим течением.

Патогенез лучевого проктита включает последовательную смену реакций. Вначале вследствие массивного разрушения клеток происходит активация цитокиновой системы в слизисто-подслизистом слое прямой кишки, что приводит к воспалительным изменениям сосудистой стенки и развитию облитерирующего эндартериита. Затем начинается хроническая ишемия слизисто-подслизистой выстилки прямой кишки с прогрессирующей атрофией и фиброзом подслизистого слоя. Результатом хронической ишемии становится образование новых сосудистых сплетений – телеангиэктазий, а также более тяжелых осложнений, таких как рубцовые стенозы кишки, ректовагинальные и ректовезикальные свищи.

Следует отметить, что характерной особенностью развития ХПЛП является наличие инкубационного периода, так называемого светлого промежутка между завершением лучевой терапии и возникновением клинической симптоматики, который может длиться от 3 до 12 месяцев.

Клинические проявления ХПЛП характеризуются колитическим синдромом, включающим боли в животе, расстройство стула, слизь в каловых массах, кровотечения, тенезмы и недержание кала. У большинства пациентов кишечные кровотечения бывают настолько обильными, что приводят к тяжелой анемии, требующей гемотрансфузии и применения свежезамороженной плазмы.

Для оценки тяжести клинических проявлений ХПЛП используется модифицированная шкала оценки выраженности лучевого проктита RTOG/EORTC (табл. 1).

Помимо шкалы RTOG, для оценки эндоскопической картины предложена эндоскопическая шкала оценки плотности ректальных телеангиэктазий (табл. 2) и оценки состояния слизистой кишечника (Vienna Rectoscopy Score) (табл. 3) [6–8].

На рис. 1–3 представлены эндоскопические картины различных степеней поражения кишки согласно табл. 2.

Таблица 1
Модифицированная шкала выраженности лучевого проктита RTOG/EORTC
Table 1
Modified RTOG/EORTC radiation proctitis severity scale

Степень выраженности	Влияние на качество жизни	Клинические проявления
0-я степень	Не влияет	Без симптомов
1-я степень	Легкое самоограничивающее течение	Невыраженная диарея Редкие тенезмы Стул менее 5 раз в день Небольшое количество слизи, крови
2-я степень	Управляемое консервативно, не влияющее на образ жизни	Умеренная диарея и колики Стул более 5 раз в день Выделение большого количества крови
3-я степень	Тяжелое, влияющее на качество жизни	Стриктура кишки или кровотечение, требующее хирургического лечения
4-я степень	Жизнеопасное течение, требующее срочного лечения	Обструкция кишечника, образование свищей, интенсивное кровотечение, требующее срочного хирургического лечения
5-я степень	Смерть	Смертельный исход

Таблица 2
Эндоскопическая шкала оценки плотности ректальных телеангиэктазий
Table 2
Endoscopic scale for assessing the density of rectal telangiectasias

Степень тяжести	Эндоскопические критерии
0-я степень	Нормальная слизистая
1-я степень	Менее 10 отдельных телеангиэктазий
2-я степень	1 участок сливных телеангиэктазий и/или более 10 отдельных телеангиэктазий
3-я степень	Наличие 2 и более участков сливных телеангиэктазий

Таблица 3
Шестиступенная эндоскопическая оценка состояния слизистой кишечника
Table 3
Six-stage endoscopic assessment of the intestinal mucosa condition

VRS	Застойная слизистая	Телеангиэктазия	Изъязвление	Сужение просвета	Некроз
0	Степень 1	Нет	Нет	Нет	Нет
1	Степень 2	Степень 1	Нет	Нет	Нет
2	Степень 3	Степень 2	Нет	Нет	Нет
3	Любая	Степень 3	Степень 1	Нет	Нет
4	Любая	Любая	Степень 2	Степень 1	Нет
5	Любая	Любая	Степень 3	Степень 2	Да



Рис. 1. Хронический постлучевой проктит, 1-я степень (на слизистой прямой кишки визуализируются единичные телеангиэктазии)
Fig. 1. Chronic post-radiation proctitis, grade 1 (single telangiectasias are visible on the rectal mucosa)



Рис. 2. Хронический постлучевой проктит, 2-я степень (на слизистой прямой кишки визуализируется большой участок сливных телеангиэктазий с диффузным подкравливанием)
Fig. 2. Chronic post-radiation proctitis, grade 2 (a large area of telangiectasias with diffuse bleeding is visible on the rectal mucosa)



Рис. 3. Хронический постлучевой проктит, 3-я степень (на слизистой прямой кишки визуализируется более 10 циркулярно расположенных сливных участков телеангиэктазий с диффузным подкравливанием)
Fig. 3. Chronic post-radiation proctitis, third degree (more than 10 confluent areas of telangiectasias with diffuse bleeding are visualized in a circular pattern on the rectal mucosa)

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработать методику эндоскопической радиочастотной абляции (РЧА) и оценить ее эффективность при применении в лечении пациентов с хроническим постлучевым проктитом.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование были включены 105 пациентов с ХПЛП (61 пациент – контрольная группа и 44 пациента – основная группа), проходивших лечение на базе проктологического отделения Брестской городской больницы № 1 в период с января 2018 по май 2026. Критерии включения: проведена лучевая терапия по поводу опухолей тазовой локализации, после окончания лучевой терапии прошло 3 и более месяца. ХПЛП был подтвержден эндоскопически и морфологически. У всех пациентов, включенных в исследование, не было рецидива и прогрессирования онкологического заболевания, а также отсутствовали системные и сопутствующие заболевания в стадии декомпенсации. Всем пациентам с ХПЛП проводилась комплексная консервативная терапия. Общая терапия включала в себя диету с повышенным содержанием белка, обильное питье, нормализацию стула, гемостатическую, заместительную, противовоспалительную терапию. Местное лечение заключалось в ректальных микроклизмах с аминокaproновой кислотой 5%, ректально свечи метилурацил по 1 свече в прямую кишку 2 раза в сутки 10 дней. Вследствие неэффективности консервативных мероприятий происходил переход пациентов из контрольной группы в основную. Выполнялась РЧА 44 пациентам из контрольной группы.

Техника эндоскопической радиочастотной абляции

Техника воздействия на слизистую оболочку прямой кишки имеет некоторые особенности: большой диаметр кишки практически исключает возможность эффективного использования циркулярных абляционных катетеров. При этом невозможно обеспечить плотный контакт электрода с поверхностью слизистой оболочки. Поэтому приоритетным становится использование электродов локального воздействия. Второй особенностью вмешательства является работа в инверсионном положении эндоскопа. При этом четко визуализируется дистальная граница патологических изменений и достигается полноценная обработка всей патологически измененной слизистой оболочки. Для оперативного вмешательства используются видеоректосигмоскоп и стандартный абляционный катетер, которым значительно проще достигнуть комфортных условий работы в положении инверсии. С учетом инверсионной работы при монтаже рабочий электрод следует располагать в нижней полукруглости поля зрения аппарата. Для обеспечения оптимального гемостаза можно как осуществлять плотный контакт электрода с поверхностью слизистой оболочки прямой кишки, так и использовать спрей-режим. Сам электрод должен быть чистым и свободным от коагуляционного струпа, возникающего в процессе работы. С этой целью рекомендуется после каждых 8 циклов активации РЧА извлекать электрод и проводить его очистку. Следует начинать абляцию с дистального края поражения на 1 мм проксимальнее зубчатой линии с целью профилактики повреждения чувствительной зоны слизистой оболочки анального канала и возникновения болей в послеоперационном периоде [9, 10]. Для профилактики возникновения стриктуры прямой кишки нецелесообразно подвергать одномоментной циркулярной абляции >6 см кишки [10] (рис. 5). При большой зоне поражения процедура абляции может повторяться с достижением конечного результата за несколько сеансов. На основании результатов проведенных ранее исследований рекомендуемые параметры плотности энергии составляют 12–15 Дж/см² при мощности тока 40 Вт. При этом не происходит трансмурального термического повреждения тканей и минимизируется



риск развития ожоговой стриктуры прямой кишки [11–13]. Для полноценной обработки всей поверхности слизистой оболочки электрод последовательно перемещается по окружности кишки с небольшим перекрытием области радиочастотного воздействия. Эффективность коагуляции оценивается по визуальным параметрам. Как правило, проводится последовательная двукратная обработка участка слизистой оболочки с последующим перемещением электрода. После циркулярной обработки слизистой оболочки электрод перемещается более проксимально, и цикл повторяется на другом уровне. Болевые ощущения в послеоперационном периоде не отмечались. После 1 или 2 сеансов РЧА достигается убедительный гемостатический эффект, который проявляется в виде редукции клинических проявлений и сохранения уровня гемоглобина крови. Продолжительность манипуляции от момента введения аппарата до его выведения составляла 30–40 минут. Также к преимуществам данного метода следует отнести реэпителизацию тканей без образования стенозов и изъязвлений. РЧА без дополнительного риска развития осложнений позволяет обрабатывать гораздо более обширные участки ткани по сравнению с другими методами лечения.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Медиана суммарной очаговой дозы проведенной ранее лучевой терапии составила 60 Гр (минимальная доза – 40 Гр, максимальная доза – 90 Гр). Сроки возникновения постлучевого проктита после окончания лучевой терапии составили $7,8 \pm 3,6$ месяца. После проведения консервативной терапии средний койко-день составил 14 дней. В период после госпитализации отмечается: у 55 пациентов – повторное снижение концентрации гемоглобина (со среднего значения 123 ± 11 до 103 ± 26 г/л), из них 16 требуется постоянное переливание компонентов крови (эритроциты ОЛ от 600 до 1000 мл; СЗП – от 600 до 1200 мл), у 61 пациента – рецидив ректальных кровотечений: через 7 дней после госпитализации – у 41 пациента, через 2 недели – у 20 пациентов. Количество повторных госпитализаций пациентов после консервативного лечения в течение года увеличилось с 2 до 5. В контрольной группе 21 пациент – 4 госпитализации в течение года, 10 пациентов – 3 госпитализации в течение года, 26 пациентов – 2 госпитализации в течение года. В основной группе средний койко-день составил 4 дня. Все пациенты имели в анамнезе ректальное кровотечение; 16 пациентам требовалось регулярное переливание крови, у 20 пациентов наблюдалось постоянное снижение уровня гемоглобина (103 ± 26 г/л). Периодическое снижение уровня гемоглобина отмечалось у 8 пациентов. У 7 пациентов очаговое поражение в нижнеампулярном отделе прямой кишки (рис. 1, 2), у 7 пациентов – полуциркулярное поражение (рис. 4), у 30 пациентов отмечалось циркулярное поражение слизистой прямой кишки (рис. 3). Общий клинический ответ составил 100%. В результате проведения РЧА 16 пациентов (36%) полностью отказались от переливания эритроцитов, у 40 (95%) полностью прекратилось выделение крови, у 2 (5%) значительно уменьшилось выделение крови. Для достижения клинического эффекта 11 пациентам (27,5%) потребовался 1 сеанс, 13 (27,5%) – 2 сеанса, 7 (17,5%) – 3 сеанса, 2 пациентам – 4 сеанса, одному – 5 сеансов и еще одному – 6 сеансов. Осложнений не наблюдалось. Клинический успех определялся как уменьшение симптомов, а биологический эффект – как сохранение уровня гемоглобина и отказ от переливания крови. При контрольной ректоскопии через 2–3 месяца у 40 пациентов была отмечена полная эпителизация

мест постлучевых телеангиэктазий после проведения РЧА в прямой и сигмовидной кишке (рис. 6, 7). Все пациенты уже после второго сеанса отметили улучшение качества жизни.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Рак предстательной железы, рак шейки и тела матки, рак мочевого пузыря, влагалища и анального канала являются одними из наиболее распространенных злокачественных новообразований. Самым частым осложнением лучевой терапии при опухолях тазовой области является ХПЛП. В настоящее время недоступна достоверная оценка уровня заболеваемости ХПЛП из-за вариабельности в определениях данного позднего лучевого повреждения. Сообщалось, что частота ХПЛП у пациентов, получавших только брахитерапию, варьирует в диапазоне от 8 до 13%, но может достигать 21% при использовании данного метода в сочетании с другими вариантами лучевой терапии. В целом, несмотря на достижения в радиационной науке, до 20% пациентов, которым проводится лучевая терапия по поводу злокачественных новообразований органов малого таза, страдают ХПЛП [14, 15]. Заболеваемость ХПЛП зависит от дозы и площади облучения, методов лучевой терапии, применения цитопротекторных средств и ряда других факторов. Дозы облучения менее 45 Гр ассоциированы с незначительными поздними побочными эффектами лучевой терапии. Суммарная очаговая доза в диапазоне 45–70 Гр увеличивает число случаев развития постлучевых осложнений, а суммарная очаговая доза 70 Гр и более является прогностически неблагоприятным фактором в развитии тяжелых постлучевых повреждений [15].

Представленные выше результаты демонстрируют возможность предупреждения и лечения ректальных кровотечений из телеангиэктазий прямой кишки, что согласуется с рядом исследований, опубликованных в последние годы и продемонстрировавших положительное влияние на клиническое течение ХПЛП. В отличие от ранее опубликованных работ по оценке эффективности консервативной терапии в лечении ХПЛП, в данном исследовании была отмечена возможность радикального лечения радиационного проктита и предупреждения прогрессирования ХПЛП. При этом значение концентрации гемоглобина после применения РЧА было значительно выше в сравнении с контрольной группой. Результаты проведенного нами ретроспективного анализа подтвердили ранее опубликованные результаты исследования в систематическом обзоре и метаанализе F. Pigò et al. (2014), где было продемонстрировано, что РЧА является безопасным и эффективным эндоскопическим методом лечения пациентов с ХПЛП. Кроме того, авторы отметили высокие показатели клинического и эндоскопического успеха (99% и 100% соответственно), значительное повышение уровня гемоглобина после лечения и отсутствие серьезных нежелательных явлений [16].

Таким образом, первый успешный опыт применения РЧА телеангиэктазий прямой кишки позволяет утверждать, что метод имеет большие перспективы для эффективного местного применения при лечении тяжелых форм ХПЛП. Перспективность более широкого практического применения данного метода в лечении ХПЛП подтверждают и многочисленные публикации зарубежных авторов, занимающихся этой проблемой.

На рис. 4–7 представлены различные этапы радиочастотного лечения ХПЛП.



Рис. 4. Хронический постлучевой проктит, 3-я степень (на слизистой прямой кишки визуализируются полуциркулярные сливные телеангиэктазии)
Fig. 4. Chronic post-radiation proctitis, stage 3 (semicircular confluent telangiectasias are visible on the rectal mucosa)



Рис. 5. Состояние после радиочастотной абляции телеангиэктазий прямой кишки (визуализируется коагуляционная поверхность)
Fig. 5. Condition after radiofrequency ablation of rectal telangiectasias (coagulation surface is visible)



Рис. 6. Заживление участка слизистой прямой кишки после радиочастотной абляции через 2 месяца (визуализируется очаговая гиперемия слизистой 0,8×0,8 см)
Fig. 6. Healing of a section of the rectal mucosa after radiofrequency ablation after 2 months (focal mucosal hyperemia measuring 0.8×0.8 cm is visible)

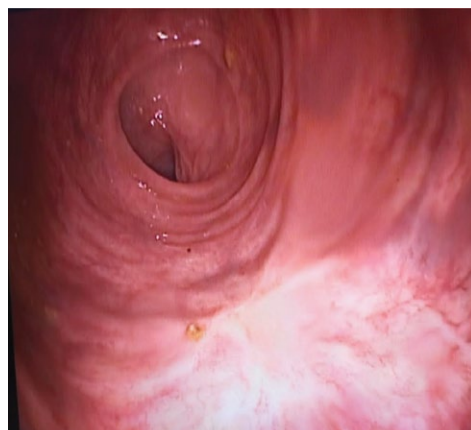


Рис. 7. Состояние после радиочастотной абляции через 5 месяцев (визуализируется полностью эпителизованный участок слизистой прямой кишки)
Fig. 7. Condition after radiofrequency ablation after 5 months (a completely epithelialized section of the rectal mucosa is visible)

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лечение ХПЛП представляет собой сложную задачу. С учетом природы развития заболевания и стадийности патологических процессов эффективной стратегией лечения ХПЛП становится применение эндоскопических вмешательств. Предложенная

методика применения радиочастотной абляции телеангиэктазий прямой кишки является доступной и эффективной в лечении пациентов с хроническим постлучевым проктитом. Для использования данного метода следует проводить отбор пациентов и их мониторинг во время лечения на предмет рецидива и прогрессирования основного онкологического заболевания. Применение радиочастотной абляции телеангиэктазий прямой кишки позволяет избежать прогрессирования поздних постлучевых осложнений и улучшить качество жизни пациентов.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Bardychev M.S. (1985) *Local radiation injuries*. Moscow: Meditsina. https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_001242573 (in Russian)
2. Sycheva I.V. Treatment of radiation-induced pelvic damage after radiation therapy for prostate cancer. *Siberian Journal of Oncology*. 2018;17(3):64–71. doi: 10.21294/1814-4861-2018-17-3-64-71 (in Russian)
3. Parfenov A.I., Indeikina L.Kh., Sabelnikova E.A., et al. Radiation-induced intestinal injury. *Terapevticheskiy Arkhiv*. 2025;97(2):101–108. doi: 10.26442/00403660.2025.02.203116 (in Russian)
4. Grishina E.A., Shishin K.V., Nedoluzhko I.Yu., et al. Endoscopic treatment for chronic radiation proctitis. *Pelvic Surgery and Oncology*. 2020; 10(3–4):65–72. doi: 10.17650/2686-9594-2020-10-3-4-65-72 (in Russian)
5. Shadad A.K., Sullivan F.J., Martin J.D., et al. Gastrointestinal radiation injury: prevention and treatment. *World J. of Gastroenterol*. 2013;19(2):199–208. doi: 10.3748/wjg.v19.i2.199
6. Henson C. Chronic radiation proctitis: issues surrounding delayed bowel dysfunction post-pelvic radiotherapy and an update on medical treatment. *Ther Adv Gastroenterol*. 2010 Nov;3(6):359–65. doi: 10.1177/1756283X10371558
7. Vanneste B.G.L., Van De Voorde L., et al. Chronic radiation proctitis: tricks to prevent and treat. *Int J Colorectal Dis*. 2015 Oct;30(10):1293–303. doi: 10.1007/s00384-015-2289-4
8. Dahiya D.S., Kichloo A., Tuma F., et al. Radiation proctitis and management strategies. *Clin Endosc*. 2022;55(1):22–32. <https://doi.org/10.5946/ce.2020.288>
9. Haboubi N.Y., El-Zammar O., O'Dwyer S.T., et al. Radiation bowel disease: Pathogenesis and management. *Colorectal Dis*. 2000 Nov17;2(6):322–9. doi: 10.1046/j.1463-1318.2000.00184.x
10. Chao Zhou, Desmond C. Adler, Becker L., et al. Effective treatment of chronic radiation proctitis using radiofrequency ablation. *Ther Adv Gastroenterol*. 2009 Jan1;2(3):149–156. doi: 10.1177/1756283X08103341
11. Leontev A.V., Grishina E.A., Shishin K.V., et al. Endoscopic radiofrequency ablation for chronic radiation proctitis treatment: Loginov Moscow Clinical Scientific Center experience. *Endoscopic Surgery*. 2022;28(1):20–25. <https://doi.org/10.17116/endoskop20222801120> (in Russian)
12. Rustagi T., Corbett F.S., Mashimo H. Treatment of chronic radiation proctopathy with radiofrequency ablation (with video). *Gastrointest Endosc*. 2015 Feb;81(2):428–36. doi: 10.1016/j.gie.2014.04.038
13. Dray X., Battaglia G., Wengrower D., et al. Radiofrequency ablation for the treatment of radiation proctitis. *Endoscopy*. 2014 Nov;46(11):970–6. doi: 10.1055/s-0034-1377756
14. Kuku S., Fragkos C., McCormack M., et al. Radiation-induced bowel injury: The impact of radiotherapy on survivorship after treatment for gynaecological cancers. *British Journal of Cancer*. 2013 Sep 17;109(6):1504–12. doi: 10.1038/bjc.2013.491
15. Krol R., Smeenk R.J., Van Lin E.N.J.T., et al. Systematic review: Anal and rectal changes after radiotherapy for prostate cancer. *International Journal of Colorectal Disease*. 2014 Mar;29(3):273–83. doi: 10.1007/s00384-013-1784-8
16. Pigò F., Bertani H., Manno M., et al. Radiofrequency ablation for chronic radiation proctitis: our initial experience with four cases. *Tech Coloproctol*. 2014 Nov;18(11):1089–92. doi: 10.1007/s10151-014-1178-0



<https://doi.org/10.34883/PI.2026.15.3.031>



Ревтович М.Ю.¹✉, Воробей А.В.¹, Костюк С.А.¹, Дыбов О.Г.¹, Полуян О.С.¹,
Кириленко Б.В.²

¹ Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

² Минская областная клиническая больница, Минск, Беларусь

Несостоятельность швов анастомозов после реконструктивно-восстановительных операций у пациентов с концевыми колостомами: обзор литературы

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция, редактирование, одобрение окончательного варианта статьи для опубликования – Ревтович М.Ю.; окончательное редактирование – Воробей А.В.; концепция, окончательное редактирование – Костюк С.А.; концепция, сбор литературного материала, написание текста, обработка – Дыбов О.Г.; редактирование – Полуян О.С.; сбор литературного материала, перевод и написание текста – Кириленко Б.В.

Подана: 06.04.2026

Принята: 21.07.2026

Контакты: ReutovichMY@bsmu.by

Резюме

Введение. Несостоятельность швов толстокишечного анастомоза (НШ ТКА) остается одним из наиболее тяжелых и клинически значимых осложнений реконструктивно-восстановительных операций по ликвидации концевой колостомы (далее – колостомы). Несмотря на высокий технический уровень современной колоректальной хирургии, частота негерметичности швов анастомозов после закрытия колостомы и общее число ранних и поздних послеоперационных осложнений остаются актуальными проблемами. Существенные различия в их уровне в разных исследованиях объясняются в том числе отсутствием единого стандарта верификации несостоятельности швов, гетерогенностью диагностических критериев и многофакторной природой данного состояния. Современные данные свидетельствуют о ключевой роли перфузии зоны соустья, техники его формирования, микробиоты толстой кишки и процессов ремоделирования экстрацеллюлярного матрикса в формировании механической прочности соустьев на толстой кишке.

Цель. Провести аналитический обзор современных научных данных, посвященных патогенетическим механизмам несостоятельности швов толстокишечного анастомоза, главным образом роли анатомо-гистологического строения стенки толстой кишки, экстрацеллюлярного матрикса и микробиоты в процессе заживления соустьев и их ишемии после реконструктивно-восстановительных операций у пациентов с концевыми колостомами.

Материалы и методы. Проведен анализ литературы с использованием базы данных PubMed. Поиск осуществлялся с применением терминов, отражающих клинические и молекулярные аспекты несостоятельности толстокишечного анастомоза. Отбор публикаций проводился поэтапно с анализом заголовков, аннотаций и полнотекстовых статей.

Результаты. Анализ современной литературы показал, что НШ ТКА является результатом комплексного взаимодействия системных, локальных и молекулярных факторов. Существенное влияние на его заживление оказывают изменения микробиоты толстой кишки в раннем периоперационном периоде, прежде всего коллагеназо-активные штаммы *Enterococcus faecalis*, способные индуцировать деградацию внеклеточного матрикса и активацию MMP. Не найдено публикаций, описывающих роль микробиоты толстой кишки в НШ анастомозов, сформированных у колостомированных пациентов при ликвидации колостомы.

Заключение. Несостоятельность швов толстокишечного анастомоза следует рассматривать как следствие нарушения интеграции анатомических, микроциркуляторных, микробиологических и молекулярных механизмов заживления. Комплексная оценка факторов риска, включая перфузию зоны соустья, микробиоту и активность металлопротеиназ, представляется перспективным направлением для снижения частоты несостоятельности.

Ключевые слова: закрытие концевой колостомы, несостоятельность толстокишечного анастомоза, толстокишечная микробиота, ишемия анастомоза, морфология толстой кишки, матриксные металлопротеиназы

Reutovich M.¹✉, Varabei A.¹, Kostiuk S.¹, Dybau A.¹, Poluyan O.¹, Kirylenka B.²

¹ Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

² Minsk Regional Clinical Hospital, Minsk, Belarus

Anastomotic Leakage after Reconstructive Surgery for Closure of End Colostomies: A Literature Review

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: concept, editing, and final approval of the article for publication – Reutovich M.; final text editing – Varabei A.; concept, final text editing – Kostiuk S.; concept, editing, material collecting, processing, text writing – Dybau A.; text editing – Poluyan O.; material collecting, translation, text writing – Kirylenka B.

Submitted: 06.04.2026

Accepted: 21.07.2026

Contacts: ReutovichMY@bsmu.by

Abstract

Introduction. Colorectal anastomotic leakage remains one of the most severe and clinically significant complications after colorectal obstructive resections. Despite the high technical standards of modern colorectal surgery, the incidence of anastomotic leakage after colostomy closure, as well as the overall rate of early and late complications, remains high and varies considerably between studies. Substantial differences in reported rates are explained, among other factors, by the lack of a unified definition of anastomotic leakage, heterogeneity of diagnostic criteria, and the multifactorial nature of this complication. Current evidence indicates a key role of perfusion, anastomotic technique, colonic microbiota, and extracellular matrix remodeling processes in determining anastomotic mechanical strength.



Purpose. To conduct an analytical review of current scientific data on the pathogenetic mechanisms of colorectal anastomotic leakage, with particular emphasis on the role of the anatomical and histological structure of the colonic wall, the extracellular matrix, and the microbiota in anastomotic healing after reconstructive surgery in colostomized patients.

Materials and methods. A literature analysis was performed using the PubMed database. The search strategy included terms reflecting clinical and molecular aspects of colorectal anastomotic leakage. Study selection was conducted through stepwise evaluation of titles, abstracts, and full-text articles.

Results. An analysis of the current literature revealed that colorectal anastomotic leakage was the result of complex interactions between systemic, local, and molecular factors. Changes in colonic microbiota in the early perioperative period play a significant role in anastomotic healing, particularly collagenase-producing strains of *Enterococcus faecalis*, which are capable of inducing extracellular matrix degradation and activating matrix metalloproteinases (MMPs). No publications were identified describing the role of colonic microbiota in anastomotic leakage in patients undergoing colostomy closure.

Conclusion. Colorectal anastomotic leakage should be considered as a consequence of disrupted integration of anatomical, microcirculatory, microbiological, and molecular mechanisms of healing. A comprehensive assessment of risk factors, including perfusion, microbiota composition, and metalloproteinase activity, appears to be a promising strategy for reducing the incidence of anastomotic leakage.

Keywords: end colostomy closure, colorectal anastomoses leakage, colon wall ischemia, colonic microbiota, colonic wall morphology

■ ВВЕДЕНИЕ

Концевую толстокишечную стому (далее для упрощения терминологии данной статьи – колостому) формируют после экстренных или, реже, плановых резекций толстой кишки путем выведения ее проксимального отрезка через хирургически сформированное отверстие в передней брюшной стенке для отведения наружу (в калоприемнике) каловых масс. Культю оставшегося после резекции дистального участка толстой кишки ушивают наглухо, тем самым выключая ее из кишечного пассажа.

Ее формирование является одним из ключевых и нередко спасительных этапов хирургического вмешательства при большом спектре колоректальных заболеваний: злокачественных новообразований, дивертикулярной болезни ободочной кишки, воспалительных заболеваний толстой кишки, травм, некоторых врожденных аномалий и др. Несмотря на свою неоспоримую клиническую значимость, наличие стомы радикально меняет качество жизни пациента, приводя к возникновению целого ряда медицинских, психологических и социальных проблем. Более того, пациенты сталкиваются с риском развития ряда поздних послеоперационных осложнений, которые сами по себе дополнительно ухудшают качество жизни. К наиболее частым можно отнести парастомальные грыжи (41,5–88,20%), стриктуры (сужения) устья стомы (до 5%), ее ретракция (втяжение) (до 5%) и эвагинация (выпадение) (до 5%), которые могут требовать повторных хирургических вмешательств,

перистомальные дерматиты (до 5%), которые зачастую требуют постоянного ухода, использования специальных средств и нередко приводят к болевому синдрому и дискомфорту [1, 2]. Исследования показывают, что до 40% пациентов с колостомой испытывают клинически значимые симптомы тревоги и депрессии [3]. Исходя из этого, подавляющее большинство таких пациентов рассматривают этап ее ликвидации как ключевой на пути к полному выздоровлению, возвращению к нормальной социальной жизни и восстановлению естественного акта дефекации [4]. Именно этот запрос со стороны пациентов делает поиск путей улучшения ранних послеоперационных результатов реконструктивно-восстановительных операций (РВО) у пациентов с концевыми колостомами одной из приоритетных задач современной колоректальной хирургии.

Помимо медицинских и социальных факторов, проблема РВО имеет и выраженный экономический аспект. С одной стороны, само хирургическое вмешательство, послеоперационные реабилитация и лечение возможных осложнений требуют значительных затрат от системы здравоохранения. С другой стороны, инвалидизация трудоспособного населения, требующая обеспечения пациентов со стомами калоприемниками, средствами по уходу за кожей и регулярных консультаций специалистов различных профилей, представляет собой существенную и долгосрочную финансовую нагрузку для государства [5].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести аналитический обзор современных научных данных, посвященных патогенетическим механизмам несостоятельности швов толстокишечного анастомоза, главным образом роли анатомо-гистологического строения стенки толстой кишки, экстрацеллюлярного матрикса и микробиоты в процессе заживления соустьев и их ишемии после реконструктивно-восстановительных операций у пациентов с концевыми колостомами.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен аналитический обзор литературы, включающий оригинальные исследования, систематические обзоры, метаанализы и международные консенсус-документы, опубликованные преимущественно за последние 10 лет. Поиск литературы проводился в базе данных PubMed с использованием комбинаций ключевых слов, отражающих как клинический контекст реконструктивно-восстановительных операций после формирования концевой колостомы, так и предполагаемые механизмы несостоятельности толстокишечного анастомоза: *end colostomy closure, colorectal anastomoses leakage, gut microbiota in colorectal surgery, colorectal anastomoses ischemia, colonic extracellular matrix, matrix metalloproteinases*. Отбор публикаций осуществлялся поэтапно с анализом заголовков, аннотаций и полнотекстовых статей на предмет их соответствия теме исследования. На этапе скрининга исключались публикации, не соответствующие целям исследования. На этапе оценки полнотекстовых источников исключались статьи без клинических или экспериментальных данных, без описания методологии, а также публикации с неполными библиографическими данными. Процесс отбора публикаций представлен в виде блок-схемы (рис. 1).

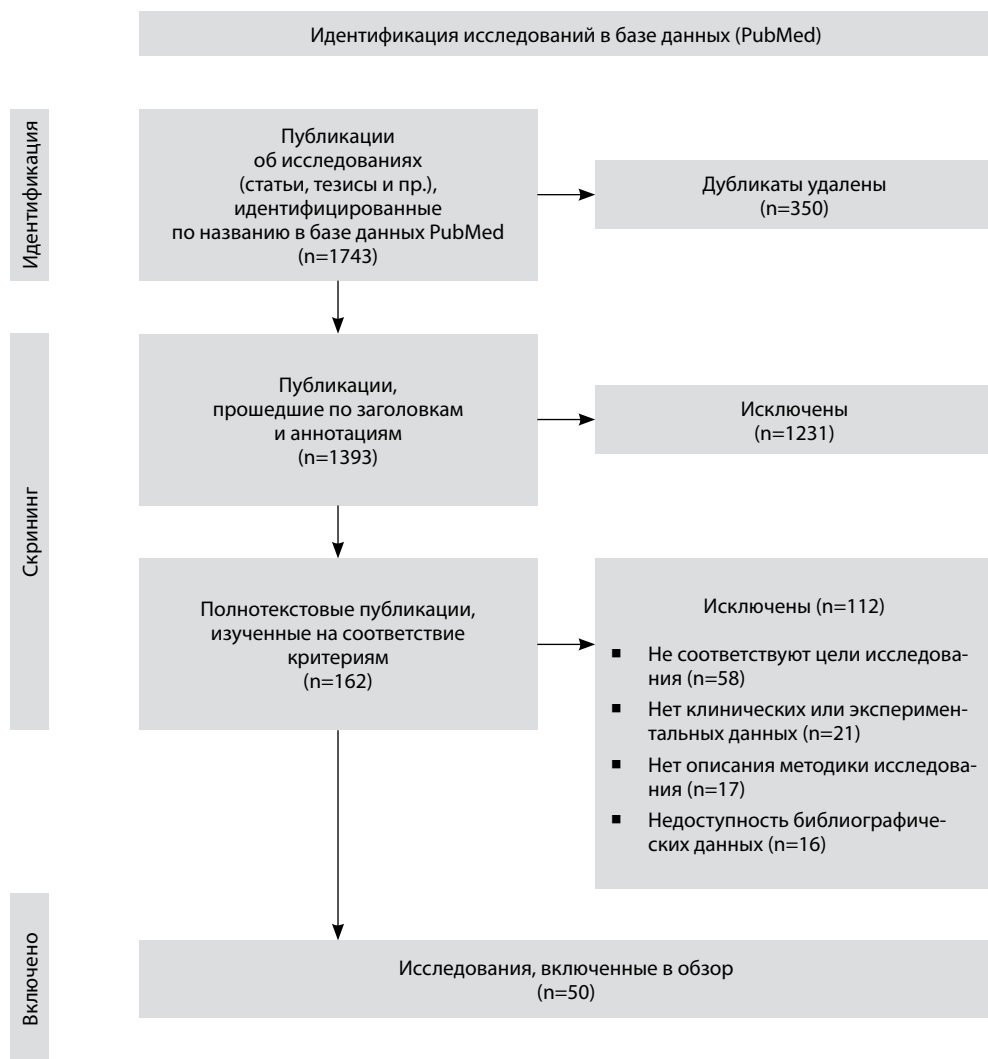


Рис. 1. Блок-схема PRISMA 2020 отбора публикаций
Fig. 1. PRISMA 2020 flow diagram of study selection

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ современной литературы показал, что НШ ТКА является результатом комплексного взаимодействия системных, локальных и молекулярных факторов. Подтверждается, что подслизистый слой толстой кишки, богатый коллагеном и эластином, остается основным механически значимым слоем кишечной стенки и играет ключевую роль в прочности соустья. В процессе его заживления решающее значение имеет динамика ремоделирования экстрацеллюлярного матрикса, в частности соотношение коллагена I и III типов. Нарушение этого баланса, а также

избыточная активность матриксных металлопротеиназ (MMP-2, MMP-9) ассоциированы с формированием механически негерметичного анастомоза. Существенное влияние на его заживление оказывают изменения микробиоты толстой кишки в раннем периоперационном периоде, прежде всего коллагеназоактивные штаммы *Enterococcus faecalis*, способные индуцировать деградацию внеклеточного матрикса и активацию MMP. Не найдено публикаций, описывающих роль микробиоты толстой кишки в НШ анастомозов, сформированных у колостомированных пациентов при ликвидации колостомы.

Эпидемиология

Согласно данным эпидемиологических исследований, частота формирования колостом в странах с развитой системой хирургической помощи остается стабильной и составляет в среднем 10–15 случаев на 100 000 населения в год [6]. В Соединенных Штатах Америки, по оценкам Объединенной ассоциации стомированных пациентов Америки (UOAA), от 750 тысяч до 1 миллиона человек проживает с уро- либо кишечной стомой (из которых примерно 55% с колостомой) [7]. Ежегодно в стране выполняют 100 000–130 000 операций по формированию толстокишечной стомы. Наиболее частой ее причиной является колоректальный рак, за которым следуют дивертикулярная болезнь ободочной кишки, необходимость в более проксимальном отведении кала наружу (спинальная травма, анальная инконтиненция) [8]. В странах Европы совокупное число стомированных пациентов – около 700 тысяч [9]. В Китае около 1 миллиона людей имеют кишечную стому, ежегодно ее формируют примерно у 100 тысяч пациентов [10].

Операцию по восстановлению кишечной непрерывности, т. е. ликвидации концевой колостомы, нельзя рассматривать как рутинный или обязательный этап лечения. Мировые данные по частоте такого оперативного вмешательства разнятся в значительных пределах. Так, в одноцентровом ретроспективном когортном исследовании (Новая Зеландия) кумулятивная частота ликвидации колостомы в течение 2 лет наблюдения составила 37% [11]. По данным испанского мультицентрового ретроспективного исследования успешное закрытие колостом отмечено в 51,6 % случаев [12]. В Хельсинкском университетском госпитале (ретроспективное когортное исследование, 218 пациентов с колостомой) реконструктивно-восстановительный этап выполнен в течение 2 лет в 46% [13]. В турецком ретроспективном исследовании в период с 2008 по 2017 г. только 40,1% пациентов выполнили РВО после операции типа Гартмана [14]. Это обусловлено не только возрастом и коморбидностью пациентов, но и высокой технической сложностью вмешательства, сопровождающегося существенным риском осложнений.

Несмотря на стремительное развитие колоректальной хирургии, до сих пор при РВО нередко возникают послеоперационные осложнения. Их общая частота, по данным литературы, может достигать 50% [15]. В ретроспективном исследовании, включавшем 128 пациентов после закрытия колостомы, наиболее частыми осложнениями были кишечная непроходимость (13,3%), инфекции области хирургического вмешательства (9,4%) и послеоперационные грыжи (8,6%). Частота релапаротомий составила 11,8%, а летальность – 0,8% [16]. Так, наиболее жизнеугрожающим осложнением РВО является НШ ТКА при ликвидации стомы. Ее частота разнится от 0 до 16% в различных исследованиях [15].



Проблема терминологии

Как видно из данных выше, частота выполнения реконструктивно-восстановительного этапа хирургического лечения значительно разнится от исследования к исследованию. Одна из причин большого разброса – отсутствие единого стандарта определения несостоятельности швов.

Систематический обзор из Великобритании показал десятки вариантов определений негерметичности ТКА в литературе, такие как *leak*, *breakdown*, *leakage*, *dehiscence*, *competence*, *suture insufficiency*, *integrity*, *patency*, *controlled leak*, *subclinical leak* [17]. В публикациях также отсутствует единый стандарт диагностики несостоятельности швов ТКА. Исторически в работах использовали множество различных критериев: только клинические проявления, только рентгенологические признаки или сочетание клинических, лабораторных и интраоперационных данных, методика и рутинность их применения. Все это снижает сопоставимость результатов исследований, выполненных в различных клиниках.

Самым распространенным и признанным в настоящее время является определение НШ ТКА и ее классификация, предложенные International Study Group of Rectal Cancer (ISREC, 2010): «Дефект целостности стенки кишки в зоне колоректального/колоанального анастомоза, приводящий к сообщению между интра- и экстралюминальным пространством», с градацией по необходимости вмешательства: А – без активного лечения; В – требуется вмешательство, но без релапаротомии/релапароскопии; С – нужна релапаротомия/релапароскопия. Это сегодня самая цитируемая шкала для исследований и отчетности по НШ соустьей на толстой кишке [18]. Однако она не учитывает клинические и диагностические аспекты. Для преодоления этих ограничений в 2020 г. был проведен международный модифицированный Delphi-консенсус, результаты которого были опубликованы в *World Journal of Gastroenterology* [19]. Это стало важнейшим шагом к стандартизации диагностики НШ колоректального анастомоза. Его результаты позволили сформулировать важные рекомендации: определение ISREC (2010) следует использовать как базу, но дополнять обязательной оценкой клинических симптомов (лихорадка, тахикардия, патологические выделения по параанастомотическому и тазовому дренажу), лабораторных показателей (лейкоцитоз, повышение С-реактивного белка крови, прокальцитонина, пресепсина) и данных визуализации (КТ, проктография, УЗИ).

Причины несостоятельности швов толстокишечного анастомоза

Следующие факторы способствуют негерметичности ТКА:

- 1) модифицируемые и немодифицируемые предоперационные факторы (вредные привычки пациента, ИМТ, сахарный диабет, сопутствующая патология и т. д.) [20];
- 2) технические аспекты формирования ТКА, ведущие к его ишемии (натяжение стенок толстой кишки на линии швов соустья из-за недостаточной мобилизации приводящего участка ободочной кишки, ручные и степлерные швы);
- 3) микробиологические параметры (состав и активность микробиоты толстой кишки, предоперационная механическая подготовка последней, предоперационная антибактериальная профилактика) [21];
- 4) состав, активность пролиферации и ремоделирования соединительной ткани стенки толстой кишки, главным образом ее подслизистого слоя [22];

5) недостаточная перфузия краев анастомоза, обусловленная как системными причинами (вазоконстрикция, сопутствующая патология), так и анатомическими особенностями сосудистого русла толстой кишки.

Одним из ведущих факторов риска является недостаточная перфузия краев соустья, обусловленная как системными причинами (вазоконстрикция, сопутствующая патология), так и анатомическими особенностями сосудистого русла толстой кишки. Понимание ангиоархитектоники мезентериальных артерий (маргинальные сосудистые анастомозы, коллатеральные дуги и вариабельность ветвления нижней и верхней брыжеечных артерий) принципиально важно при правосторонних концевых колостомах и короткой отключенной культе толстой кишки для планирования приемов колопластики и, соответственно, минимизации риска негерметичности швов низкого ТКА из-за нарушения его кровоснабжения [20]. Кровоснабжение анастомоза критически важно для доставки кислорода, иммунокомпетентных клеток, питательных веществ и удаления продуктов метаболизма. Это особенно актуально для колоректальных соустьев, формируемых у пациентов с системным атеросклерозом, сахарным диабетом, после проведения лучевой терапии, когда перфузия стенки толстой кишки существенно снижена.

Недостаток любого из вышеприведенных факторов существенно увеличивает риск ишемии, некроза стенки толстой кишки с последующим развитием НШ ТКА. Визуальная оценка анастомозируемых краев толстой кишки и их кровоточивость остаются субъективной и малонадежной. Объективные методы верификации ишемии соустья необходимы как дополнение к общепринятым хирургическим стандартам [20]. Современные метаанализы подтверждают, что применение индоцианиновой зелени (ICG-ангиография) существенно снижает частоту негерметичности швов ТКА. Сетевой метаанализ 2025 г. подтвердил значимый защитный эффект ICG-ангиографии как при высоких, так и при низких ТКА ($OR \approx 0,38$ и $0,41$ соответственно) [23].

Современные данные не подтверждают самостоятельной связи длины культы с риском несостоятельности анастомоза после закрытия концевой колостомы. Короткая культя (менее 10 см) отражает техническую сложность вмешательства и удлиняет ее время, но не является достоверно доказанным предиктором НШ ТКА. В многоцентровом исследовании 105 последовательных пациентов средняя длина культы составила 15 см, при этом несостоятельность отмечена у 2,9%. Все случаи зарегистрированы в группе длинной культы, а различий между короткой и длинной культей не выявлено (3,6 против 0%; $p=0,273$) [24].

Сравнение герметичности ручного (шовного) и аппаратного анастомозов остается предметом клинических исследований. Современные обзоры показывают, что в большинстве случаев различия в частоте НШ статистически незначимы. При операциях на левых отделах толстой кишки выбор варианта формирования соустья определяется доступностью оборудования, ее анатомией и предпочтениями хирурга [25].

Актуальные исследования не находят достоверных подтверждений самостоятельного влияния длительности существования концевой колостомы на риск НШ ТКА после ликвидации концевых колостом. В исследовании с медианой времени до восстановления непрерывности толстой кишки 159 дней ранним считалось вмешательство, выполненное менее чем через 5 месяцев, а поздним – более чем через 5 месяцев после первичной операции. При этом различий в частоте НШ соустьев между группами выявлено не было (7,46 против 3,03%; $p=0,441$) [26].



Сравнительный анализ лапароскопического и открытого доступов для ликвидации колостом показывает отсутствие значимой разницы в частоте несостоятельности анастомозов при резекциях толстой и прямой кишки в зависимости от варианта доступа [23]. Лапароскопический доступ характеризуется меньшей частотой раневых осложнений и более ранним восстановлением пациента. Однако необходимость выполнения нескольких последовательных пересечений толстой кишки линейным степлером при использовании этого доступа ассоциируется с увеличением риска НШ ТКА [27].

Несмотря на многолетние дискуссии, современные исследования не выявляют убедительных преимуществ двухрядного шва над однорядным в отношении снижения риска НШ. Конечный результат зависит от наличия или отсутствия патологических изменений кишечной стенки в зоне соустья, а также от опыта и квалификации хирурга. При адекватном кровоснабжении и отсутствии натяжения стенок толстой кишки в зоне анастомоза оба метода равнозначны по клиническим исходам [28].

Количество операций, выполняемых конкретным хирургом на толстой кишке, является важным фактором успешности заживления таких анастомозов. Данные крупных специализированных хирургических центров демонстрируют, что хирурги с большим количеством резекционных и реконструктивно-восстановительных вмешательств на толстой кишке имеют меньшую частоту НШ по сравнению с мало практикующими в колоректальной хирургии коллегами [29].

В последнее время появились исследования, свидетельствующие о том, что причиной развития несостоятельности швов ТКА могут быть не только дефекты хирургической техники или недоучет анатомических особенностей кровоснабжения толстой кишки, но и другие факторы, наличие которых может способствовать развитию данного осложнения.

Роль строения стенки толстой кишки в несостоятельности швов толстокишечного анастомоза

Известно, что стенка толстой кишки состоит из нескольких слоев, которые обеспечивают ее механическую прочность, перистальтику и барьерную функцию [30] (рис. 2).

Слизистая оболочка толстой кишки выстлана однослойным призматическим эпителием, включающим колоноциты и многочисленные бокаловидные клетки, продуцирующие слизь. На поверхности слизистой, в отличие от тонкой кишки, нет ворсинок. Вместо них эта поверхность образуется тесно расположенными глубокими криптами Либеркюна, вклинивающимися в собственную пластинку слизистой. Эпителий и крипты покрывают собственную пластинку, содержащую сосуды, лимфоидные клетки и элементы соединительной ткани, что обеспечивает барьерную и секреторную функции [31]. Подслизистая оболочка толстой кишки представлена плотной соединительной тканью, которая содержит крупные кровеносные и лимфатические сосуды, а также сеть нервных сплетений. Они обеспечивают сосудисто-нервное питание слизистой и механическую связь между слизистой и мышечной оболочками стенки толстой кишки [31]. Кнаружи от подслизистого слоя располагается мышечная оболочка, состоящая из двух слоев гладкой мускулатуры: внутреннего циркулярного и наружного продольного. Эта структура отвечает за перистальтику и транспорт содержимого кишки [30]. Наружный слой представляет собой

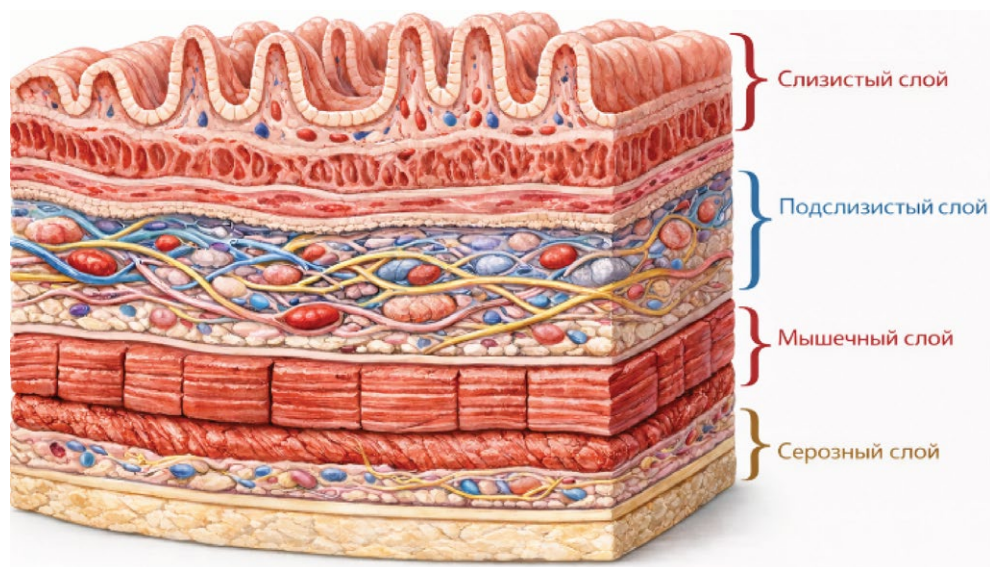


Рис. 2. Строение стенки толстой кишки
Fig. 2. Structure of the large intestinal wall

серозную оболочку, которая представлена тонким слоем рыхлой соединительной ткани и мезотелия, уменьшающим механическое трение между кишечником и окружающими тканями [30].

Экстрацеллюлярный матрикс (ЭЦМ) стенки толстой кишки представляет собой трехмерную, динамически организованную сеть макромолекул, обеспечивающую механическую прочность, эластичность и пространственную организацию ткани, а также регулирующую межклеточные взаимодействия и тканевой гомеостаз [32]. ЭЦМ не является пассивным структурным каркасом: он активно участвует в процессах воспаления, регенерации и заживления, модулируя миграцию клеток, их дифференцировку и пролиферацию [33]. Основными его компонентами являются фибриллярные коллагены, эластин, протеогликаны, гликозаминогликаны и адгезивные гликопротеины, формирующие высокоорганизованную пространственную сеть [32]. Экстрацеллюлярный матрикс присутствует во всех слоях стенки толстой кишки, однако его функциональное и механическое значение преобладает в подслизистом слое, где формируется основной несущий каркас кишечной стенки [34].

Функционально за механическую прочность отвечает подслизистый слой стенки толстой кишки. Он содержит главным образом коллаген и эластиновые волокна, имеет собственную лимфатическую систему и сосудистое кровоснабжение [35].

Коллаген подслизистой оболочки толстой кишки представлен I типом (68%), III (20%) и V (12%) [36]. При этом незрелый (молодой) коллаген состоит преимущественно из коллагена III типа и имеет тонкие, гибкие, рыхло упорядоченные волокна. Функционально он предназначен для образования временного каркаса для клеток и сосудов в ранней фазе заживления (1–2 недели после травмы/операции) и обеспечивает эластичность и растяжимость стенки толстой кишки, но слабую



механическую прочность. Однако он особенно легко разрушается под действием ферментов металлопротеиназ или механического напряжения. Зрелый коллаген, в свою очередь, имеет в своем составе в основном волокна I типа. Структурно они толстые, прочные, плотные и хорошо ориентированные. Функционально формирует механически прочный рубец, способный выдерживать напряжение и растяжение; обеспечивает стабильность и состоятельность анастомоза в кишечнике. Он медленно образуется, начинает доминировать через 2–4 недели после травмы или операции. Со временем количество коллагена III типа уменьшается, а коллагена I типа увеличивается – так рубец «созревает» [37]. Процесс заживления анастомоза, который включает в себя ряд фаз, представлен в табл. 1.

В процессе заживления анастомоза наблюдается деградация зрелого коллагена: в 1-е сутки его концентрация падает примерно на 30%, достигая минимума к 2-му дню [35]. Параллельно начинается синтез нового коллагена: уже на 3-й день синтез активно превышает деградацию. При отсутствии ранее упомянутых неблагоприятных факторов, связанных с нарушением хирургической техники и/или кровоснабжения кишечной стенки, репаративные процессы в области сформированного ТКА позволяют к 3–5-м суткам после операции достичь прочности тканей, сопоставимой с таковой в интактной кишке [35]. В фазе пролиферации (ранняя грануляционная ткань) преобладает коллаген III типа – он обеспечивает быстрый, хотя и менее прочный, матрикс. Со временем он заменяется более прочным коллагеном I типа [38]. На этапе ремоделирования (начало примерно с 14-х послеоперационных суток) постепенно повышается доля коллагена I типа, в это время избыточный коллаген III типа разрушается. В зрелом рубце I тип составляет 68%, а III – 20% [38]. Нарушение описанных выше процессов создает предпосылки для развития несостоятельности швов ТКА. При последней чаще наблюдается снижение соотношения коллагена I/III в стенке кишки, что снижает прочность линии шва [35].

Другим важным компонентом ЭЦМ является эластин (ELN), который секретируется в форме тропоэластина. Он отвечает за способность ткани восстанавливаться после многократного растяжения и сжатия (перистальтирования), однако его эластичность ограничена тесной связью с коллагеновыми фибриллами [39]. Тропоэластин вырабатывается фибробластами, гладкомышечными и эндотелиальными клетками.

Таблица 1
Ключевые этапы заживления толстокишечного анастомоза и динамика соотношения коллагена I и III типа
Table 1
Key stages of colonic anastomosis healing and changes in the ratio of type I to type III collagen

Фаза заживления	Временные рамки	Коллаген III типа	Коллаген I типа	Примечание
Деградация (ранняя фаза)	0–2 дня	–	–	Деградация зрелого коллагена (~30%)
Пролиферация	3–14 дней	↑ (30–40%)	↑ (но меньше, чем III типа)	Повышение прочности ТКА (к 5-м послеоперационным суткам приближается к норме)
Ремоделирование	14+ дней	↓	↑ (до ~68%)	Формирование зрелого рубца, повышение соотношения I/III

Далее он преобразуется в эластин путем расщепления сигнального пептида [40]. В кишечной стенке эластин локализуется главным образом в подслизистом и мышечном слоях, где формирует эластические сети. В доступной литературе нам не встретились исследования, посвященные оценке исключительно роли эластина в развитии несостоятельности швов колоректальных анастомозов. Однако связь последней с нарушением образования эластина очевидна:

1. Эластин – критический компонент внеклеточного матрикса, обеспечивает механическую прочность и эластичность тканей.
2. Нарушение структуры экстрацеллюлярного матрикса (включая эластиновые волокна) снижает прочность анастомоза, что способствует несостоятельности его швов.

Роль микробиоты толстой кишки в несостоятельности швов толстокишечного соустья

Микробиота и микробиом – часто употребляемые в микробиологии термины, которые нередко путают, однако между ними существует принципиальная разница.

Микробиота состоит из совокупности микроорганизмов, принадлежащих к разным царствам: прокариоты (бактерии, археи), эукариоты (водоросли, простейшие, грибы и т. д.). Их «сфера деятельности» включает микробные структуры, метаболиты, мобильные генетические элементы (такие как транспозоны, фаги и вирусы) и реликтовую ДНК, встроенную в экологические условия среды обитания. Фаги, вирусы, плазмиды, прионы, вириды и свободная ДНК обычно не считаются живыми микроорганизмами, они не относятся к микробиоте [41].

В 2020 г. группа международных экспертов, организованная в рамках финансируемого Европейским союзом проекта Microbiome Support, опубликовала результаты своей дискуссии по определению термина «микробиом» [41]. Они взяли за основу первоначально предложенное Уиппсом и соавторами определение 1988 г., дополненное рядом рекомендаций, учитывающих последующие технологические разработки и результаты исследований. Группа четко разделяет термины «микробиом» и «микробиота» и предлагает всестороннее обсуждение состава микробиоты, гетерогенности и динамики микробиомов во времени и пространстве, стабильности и устойчивости микробных сетей, определения основных микробиомов и функционально значимых ключевых видов, а также коэволюционных принципов взаимодействия микроба и хозяина и межвидовых взаимодействий внутри микробиома.

Таким образом, микробиота отвечает за описательную характеристику состава (что и сколько), тогда как микробиом – за функциональную и генетическую характеристику (что они могут, в каком контексте).

Современные исследования указывают на значительное влияние микробиоты толстой кишки на процесс заживления ТКА. Вероятность несостоятельности швов соустья увеличивается при снижении разнообразия микробиоты, а также при увеличении относительного количества патогенных бактерий – представителей семейства Enterococcus, Lachnospiraceae и Bacteroidaceae. Также в публикациях высказано предположение о том, что наличие в составе микробиоты 60% или более представителей этих 3 семейств может являться предиктором несостоятельности швов ТКА [42]. Большая роль в развитии последней отводится семейству Enterococcus, главным образом его представителю *E. faecalis*. Эти микроорганизмы способны



продуцировать коллагеназы и активировать матриксные металлопротеиназы (в частности, MMP-9). Это приводит к деструкции внеклеточного матрикса, нарушению стабильности соединительной ткани, препятствует формированию грануляционной ткани и снижает механическую прочность соустья. Подобные механизмы подтверждены как в клинических наблюдениях, так и в экспериментах на животных. В экспериментальной части исследования Shogan и соавт., опубликованного в 2015 г., доказано, что коллагеназная активность *E. faecalis* приводила к НШ ТКА у крыс. Ее предотвращало применение топических антибиотиков или ингибиторов MMP-9. Также было установлено, что, несмотря на стандартную антибиотикопрофилактику, у них в просвете толстой кишки сохранялись штаммы *E. faecalis* с коллагеназной активностью и способностью активировать MMP-9 [43].

Матриксные металлопротеиназы (MMP) представляют собой семейство цинк-зависимых эндопептидаз, играющих ключевую роль в деградации компонентов внеклеточного матрикса [44]. Среди них MMP-9 (желатиназа В) особенно важна для регуляции воспаления, ремоделирования тканей и процессов их заживления, включая колоректальные соустья [45]. Повышенная ее продукция ассоциируется с НШ ТКА, что определяет необходимость уточнения возможности использования данного маркера в качестве предиктора ее развития, в том числе после РВО. MMP-9 синтезируется в виде неактивного профермента (pro-MMP-9) и требует его активации другими протеазами (например, MMP-3, плазмин) [46]. Экспрессия MMP-9 регулируется провоспалительными цитокинами (IL-1 β , TNF- α), бактериальными липополисахаридами, а также фактором NF- κ B. Основные клетки – продуценты MMP-9 в зоне анастомоза – нейтрофилы, макрофаги, фибробласты и эпителиальные клетки толстой кишки [44]. В процессе заживления ТКА MMP-9 экспрессируется в местах инфильтрации воспалительных клеток и деструкции коллагена. MMP-9 расщепляет желатин, коллаген IV, эластин и другие белки экстрацеллюлярного матрикса. Ее активизация способствует миграции клеток (в том числе фибробластов и эндотелиоцитов), ремоделированию ЭЦМ, ангиогенезу, усилению проницаемости сосудов, активации других MMP [46].

Чрезмерная активность MMP-9 приводит к избыточной деградации экстрацеллюлярного матрикса, нарушению ремоделирования стенки толстой кишки в зоне соустья и может быть причиной несостоятельности швов соустьев [47]. В исследовании Shogan и соавт., опубликованном в журнале *Science Translational Medicine* [43], детально изучено влияние *E. faecalis* на процесс заживления анастомоза, сформированного у крыс после резекции участка толстой кишки. В результате было установлено следующее:

1. *Enterococcus faecalis* разрушает коллаген I типа с помощью собственных ферментов, прежде всего коллагеназы GelE (кодируемой геном *gelE*). Это бактериальная желатиназа, обладающая коллагенолитической активностью, которая эффективно воздействует на поврежденные участки коллагеновых волокон, особенно после хирургической травмы или воспаления. В результате снижается механическая прочность анастомоза, появляются микроразрывы подслизистой оболочки толстой кишки, что, в свою очередь, запускает каскад воспаления, активацию MMP-9 хозяина и усиливает разрушение ЭЦМ в области соустья.
2. MMP-9 разрушает коллаген IV, один из ключевых компонентов базальной мембраны, посредством гидролиза его пептидных связей в тройной спирали. Результатом является потеря коллагеном IV своей сетчатой структуры. Базальная мембрана становится рыхлой, проницаемой и теряет механическую целостность.

3. У крыс с негерметичностью швов ТКА зарегистрирован значительно более высокий уровень MMP-9 в тканях на 6-е послеоперационные сутки по сравнению с группой крыс с состоятельным соустьем.
4. Активация MMP-9 была обусловлена ферментами *E. faecalis* – коллагеназой GelE и серин-протеазой SprE. Дефицит соответствующих генов снижал способность активировать MMP-9 и инициировать негерметичность анастомоза. Более того, фармакологические ингибиторы MMP-9 также существенно снижали ее частоту.

Важно, что упомянутые выше механизмы развития несостоятельности швов ТКА не только описаны в эксперименте *in vivo* – высказано предположение о возможном участии данного микроорганизма в запуске механизмов развития НШ ТКА на основании анализа ряда клинических наблюдений.

Еще одним важным фактором, влияющим на развитие механической и биологической проницаемости ТКА, является MMP-2 – эндопептидаза, ответственная за деградацию компонентов внеклеточного матрикса, главным образом коллагена IV и желатина. Она синтезируется клетками в виде неактивного профермента (про-MMP-2), который активируется через комплекс с ингибитором TIMP-2 и мембранной металлопротеиназой MT1-MMP. После активации фермент разрушает такие компоненты внеклеточного матрикса, как коллаген IV, эластин, фибронектин и ламинин [48]. При заживлении колоректальных анастомозов MMP-2 участвует в фазе воспаления и ремоделирования, обеспечивая деградацию старых матриксных белков и подготовку пространства для неоангиогенеза и формирования грануляционной ткани. Избыточная ее активность нарушает ремоделирование тканей и снижает механическую прочность соустья [49].

В эксперименте на мышах было установлено, что при нарушении заживления ТКА накопление MMP-2 и MMP-9 растет в нем с 1-х до 5-х послеоперационных суток, что коррелирует с частотой несостоятельности швов ТКА [50]. В эксперименте *in vivo* на кроликах было продемонстрировано, что при неосложненном заживлении такого соустья MMP локализуются строго в области соустья, в то время как при ишемии выявляли в стороне от линии швов, что также, возможно, может дополнительно способствовать развитию негерметичности швов ТКА [47].

В проспективном исследовании у пациентов с НШ ТКА обнаружена более высокая экспрессия MMP-2 в подслизистом слое толстой кишки, в том числе вне зоны анастомоза. Повышение экспрессии данного маркера сопровождалось снижением баланса коллагена I (формирует толстые, плотные волокна) и III (формирует более тонкие и рыхлые волокна) типа, что имеет своим следствием патологическое ремоделирование внеклеточного матрикса [50].

Таким образом, нельзя исключить, что MMP-2 может неоднозначно влиять на характер заживления ТКА: с одной стороны, MMP-2 необходима для физиологического заживления, с другой – ее чрезмерная активность ассоциирована с риском несостоятельности швов, что позволяет рассматривать ее в качестве потенциального предиктора.

■ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В лаборатории молекулярно-генетической диагностики НИИ ЭИКиМ УО «БГМУ» были проведены исследования по определению микробного состава и уровней нормализованной экспрессии гена MMP-9 в интраоперационных биоптатах толстой



кишки из зоны ТКА после РВО 14 пациентов, находившихся на лечении в проктологическом отделении УЗ «МОКБ» в 2025 г. Все они являются пациентами, которым выполнена ликвидация концевой колостомы (сигмо- либо десцендостомы).

Выделение ДНК из биоптатов тканей толстой кишки проводили с использованием фенол-хлороформной экстракции (набор реагентов TRIzol (Invitrogen, США). Предварительно проводили этап гомогенизации образцов биологического материала с использованием гомогенизатора TissueLyser II (Qiagen) в течение 3 мин (частота 10/с). Оценку качества и количества выделенной ДНК выполняли спектрофотометрически. Для оценки степени чистоты образцов ДНК использовали отношение между оптической плотностью при 260 и 280 нм. Молекулярно-генетические исследования проводили с использованием тест-систем «АмплиСенс» (РФ) по выявлению ДНК условно-патогенной флоры аэробной этиологии семейства Enterobacteriaceae; выявление *Enterococcus faecalis* проводили с использованием набора реагентов «Септоскрин» («Литех», РФ). Детекцию результатов осуществляли в режиме реального времени с использованием программного обеспечения прибора Rotor-Gene-6000 (Corbett Research, Австралия). Для качественных исследований результаты интерпретировали на основании наличия (или отсутствия) пересечения кривой флуоресценции с пороговой линией, установленной на уровне экспоненциального подъема кривой, что определяло наличие (или отсутствие) для искомой ДНК-мишени значения порогового цикла C_t в соответствующей графе таблицы результатов программного обеспечения прибора. При проведении количественных исследований определяли концентрации ДНК искомым возбудителей относительно входящих в состав тест-систем стандартов.

Выделение РНК из биоптатов тканей толстой кишки осуществлялось в несколько этапов: удаление раствора RNeasy Lysis Buffer (Qiagen) перед экстракцией, гомогенизация образцов биологического материала, экстракция РНК с использованием набора реагентов РНК MiniSpin (ООО «АртБиоТех», Республика Беларусь). Определение концентрации РНК и степени чистоты выделенной нуклеиновой кислоты проводили спектрофотометрически (NanoDrop 1000, Thermo Scientific, США) на длине волны $\lambda=230$ нм. Степень чистоты выделенной РНК оценивали по соотношениям 260/280 и 260/230. Для проведения обратной транскрипции и ПЦР в режиме реального времени (ОТ-ПЦР-РВ) одношаговым методом использовали набор реагентов «Био-Мастер ОТ-ПЦР SYBR Blue (2x)» (ООО «Биолабмикс», РФ), специально подобранные пары праймеров (ОДО «Праймтех», Республика Беларусь) для каждого гена, включая house-keeping ген; постановку реакции ОТ-ПЦР-РВ осуществляли с использованием термоциклера-амплификатора Rotor-Gene-6000 (Corbett Research, Австралия) с соответствующим программным обеспечением.

В каждой пробирке проводили амплификацию исследуемого гена MMP-9 и house-keeping гена человека GAPDH, относительно которого осуществлялась нормализация, по значениям пороговых циклов C_t исследуемого гена, для сравнения уровней экспрессии.

Расчет уровней нормализованной экспрессии (УНЭ) целевого гена осуществляли по формуле

$$\% \text{ уровня экспрессии} = 2^{-(C_t \text{ MMP-9} - C_t \text{ гена GAPDH})} \times 100\%,$$

где C_t – пороговый цикл.

Все количественные данные имели непараметрическое распределение (проверку на нормальность проводили с использованием критерия Колмогорова – Смирнова) и представлены в виде значений медианы и квартилей ($Me (Q_{25}/75)$).

При проведении молекулярно-генетических исследований были определены количественные уровни ДНК семейства *Enterobacteriaceae*, составившие $73,94 (0,53/698,02) \times 10^4$ ГЭ/мл, а также ДНК *Enterococcus faecalis*, составившие $2,57 (0,78/11,28) \times 10^4$ ГЭ/мл (табл. 2).

Исходя из анализа полученных данных, нами было предложено распределение всех пациентов по подгруппам в зависимости от значений концентраций ДНК выявленных патогенов. При последующем статистическом анализе было установлено, что для 6 пациентов (подгруппа 1) значения концентраций ДНК *Enterobacteriaceae* и ДНК *Enterococcus faecalis* составили $7,09 (6,17/8,55) \times 10^5$ и $7,75 (2,32/8,96) \times 10^3$ ГЭ/мл соответственно, для 4 пациентов (подгруппа 2) – $4,78 (3,39/8,64) \times 10^5$ и $3,15 (2,50/5,23) \times 10^4$ ГЭ/мл соответственно, и еще для 4 пациентов (подгруппа 3) – $3,27 (1,94/5,33) \times 10^3$ и $1,39 (1,13/1,45) \times 10^5$ ГЭ/мл соответственно. Следует отметить, что разделение пациентов на подгруппы носило условный характер и основывалось исключительно на установленных значениях концентраций ДНК исследуемых возбудителей.

На следующем этапе были проведены молекулярно-генетические исследования по определению уровней нормализованной экспрессии гена ММР-9 в биоптатах толстой кишки пациентов с ТКА, в целом в группе они составили $33,21 (19,53/74,56)\%$. При использовании аналогичного подхода при разделении пациентов на подгруппы уровни нормализованной экспрессии гена ММР-9 составили для подгруппы 1 –

Таблица 2
Значения концентраций ДНК *Enterobacteriaceae* и ДНК *Enterococcus faecalis*
Table 2
***Enterobacteriaceae* DNA and *Enterococcus faecalis* DNA concentration values**

№ образца/ пациента	Концентрация ДНК <i>Enterobacteriaceae</i> , ГЭ/мл	Концентрация ДНК <i>Enterococcus faecalis</i> , ГЭ/мл
1	$4,38 \times 10^6$	$8,77 \times 10^3$
2	$6,77 \times 10^6$	$7,72 \times 10^3$
3	$4,90 \times 10^5$	$2,72 \times 10^4$
4	$8,48 \times 10^6$	$2,73 \times 10^3$
5	$1,35 \times 10^5$	$2,47 \times 10^3$
6	$1,06 \times 10^5$	$4,07 \times 10^3$
7	$6,87 \times 10^6$	$9,52 \times 10^3$
8	$8,75 \times 10^6$	$7,78 \times 10^3$
9	$1,45 \times 10^5$	$5,75 \times 10^3$
10	$7,31 \times 10^6$	$1,07 \times 10^3$
11	$2,96 \times 10^5$	$5,79 \times 10^4$
12	$4,66 \times 10^5$	$3,58 \times 10^4$
13	$9,90 \times 10^5$	$2,42 \times 10^4$
14	$1,43 \times 10^5$	$1,76 \times 10^3$



19,10 (12,38/23,60)%, для подгруппы 2 – 37,02 (24,23/39,35)%, для подгруппы 3 – 84,07 (74,56/92,69)% соответственно.

Таким образом, на основании проведенных предварительных исследований нами установлены различающиеся уровни микробной обсемененности, нормализованной экспрессии гена MMP-9 биоптатов тканей толстой кишки 14 пациентов с ТКА. Полученные результаты подтверждают имеющиеся литературные данные, свидетельствующие об активации синтеза MMP-9 в присутствии *Enterococcus faecalis* в тканях толстой кишки, и обуславливают необходимость проведения дальнейших исследований по установлению закономерностей изменения экспрессии гена MMP-9 в зависимости от уровней концентраций ДНК условно-патогенных возбудителей семейства *Enterobacteriaceae* и *Enterococcus faecalis*.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несостоятельность швов ТКА после РВО остается одной из наиболее значимых и многокомпонентных проблем современной колоректальной хирургии. Анализ данных свидетельствует о том, что риск развития данного послеоперационного осложнения определяется сочетанием системных, локальных анатомических, технических, микробиологических и молекулярных факторов. При этом ни один из них не является доминирующим. Современные экспериментальные и клинические исследования подчеркивают важность комплексного подхода, включающего тщательную оценку перфузии зоны ТКА, оптимизацию предоперационной подготовки и периоперационного ведения пациентов, понимание роли микробиоты и матриксных металлопротеиназ, а также учет особенностей репарации соединительной ткани в прогнозировании возможной негерметичности толстокишечных соустьев.

Несмотря на существенный прогресс в инструментальных методах оценки кровоснабжения, совершенствовании хирургической техники и внедрении обновленных международных рекомендаций по предоперационной подготовке и антибиотикопрофилактике, проблема несостоятельности швов соустьев на толстой кишке после РВО остается актуальной и требует дальнейшего изучения. Особое значение приобретают междисциплинарные фундаментальные исследования, направленные на расшифровку механизмов ремоделирования внеклеточного матрикса, молекулярной регуляции синтеза коллагена, уточнение роли микробиоты в развитии НШ ТКА. Представленный обзор литературы свидетельствует о напряженном и незавершенном поиске механизмов развития несостоятельности швов толстокишечных соустьев, понимание которых может помочь в разработке методов прогнозирования и медицинской профилактики данного жизнеугрожающего осложнения РВО на толстой кишке.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Squire SE, Antoniou SA, Muysoms FE. Summary for patients: European Hernia Society guidelines on prevention and treatment of parastomal hernias. *Hernia*. 2017 Nov 13;22(1):199–200. doi: 10.1007/s10029-017-1692-x
2. Tsujinaka S, Tan KY, Miyakura Y, Fukano R, Oshima M, Konishi F, et al. Current Management of Intestinal Stomas and Their Complications. *Journal of the Anus, Rectum and Colon*. 2020 Jan 30;4(1):25–33. doi: 10.23922/jarc.2019-032
3. Koo JG, Henry J, Stretton B, Bacchi S, Gupta AK, Claridge B, et al. Depression after stoma surgery: a systematic review and meta-analysis. *BMC Psychiatry*. 2023 May 22;23(1). doi: 10.1186/s12888-023-04871-0
4. Wang SM, Jiang JL, Li R, Wang JJ, Gu CH, Zeng J, et al. Qualitative exploration of home life experiences and care needs among elderly patients with temporary intestinal stomas. *World Journal of Gastroenterology*. 2024 Jun 14;30(22):2893–901. doi: 10.3748/wjg.v30.i22.2893

5. Gehrman J, Angenete E, Björholt I, Bock D, Rosenberg J, Haglind E. Health economic analysis of laparoscopic lavage versus Hartmann's procedure for diverticulitis in the randomized DILALA trial. *British Journal of Surgery*. 2016 Aug 22;103(11):1539–47. doi: 10.1002/bjs.10230
6. Claessens I, Probert R, Tielemans C et al. The Ostomy Life Study: the everyday challenges faced by people living with a stoma in a snapshot. *Gastrointestinal Nursing*. 2015 Jun 2;13(5):18–25. doi: 10.12968/gasn.2015.13.5.18
7. Belén Martín-Gil, Rivas-González N, Santos-Boya T, María López, José-María Jiménez, Natán Redondo-Pérez, et al. Changes in the quality of life of adults with an ostomy during the first year after surgery as part of the Best Practice Spotlight Organisation® Programme. *International wound journal*. 2023 Nov 14;21(3). doi: 10.1111/iwj.14456
8. Hedrick TL, Sherman A, Cohen-Mekelburg S, Gaidos J. AGA Clinical Practice Update on Management of Ostomies: Commentary. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*. 2023 Jul 1;21(10). doi: 10.1016/j.cgh.2023.04.035
9. Krogsgaard M, Kristensen HØ, Furnée EJB, Verkuilij SJ, Rama NJ, Domingos H, et al. Life with a stoma across five European countries – a cross-sectional study on long-term rectal cancer survivors. *Supportive Care in Cancer*. 2022 Aug 5. doi: 10.1007/s00520-022-07293-y
10. Geng Z, Howell D, Xu H, Yuan C. Quality of Life in Chinese Persons Living With an Ostomy. *Journal of Wound, Ostomy & Continence Nursing*. 2017 May;44(3):249–56. doi: 10.1097/WON.0000000000000323
11. Fleischl W, Clifford K, Wright D. Prevalence and outcomes of Hartmann's reversal following Hartmann's procedure in a regional center, a retrospective cohort study. *Langenbeck's Archives of Surgery*. 2024 Dec 3;409(1). doi: 10.1007/s00423-024-03558-8
12. Roig JV, Salvador A, Frasson M, García-Mayor L, Espinosa J, Roselló V, et al. Stoma Reversal After Surgery for Complicated Acute Diverticulitis: A Multicenter Retrospective Study. *Cirugía Española (English Edition)*. 2018 May;96(5):283–91. doi: 10.1016/j.ciresp.2018.02.001
13. Salusjärvi JM, Koskenvuo LE, Mali JP, Mentula PJ, Leppäniemi AK, Sallinen VJ. Stoma reversal after Hartmann's procedure for acute diverticulitis. *Surgery*. 2023 Apr;173(4):920–6. doi: 10.1016/j.surg.2022.10.028
14. Yalkın Ö, Altıntoprak F, Uzunoglu MY, Yildiz YA, Kamburoglu MB, Firat N, et al. Factors Predicting the Reversal of Hartmann's Procedure. *Jakovljevic M, ed. BioMed Research International*. 2022 Jul 4;2022:1–7. doi: 10.1155/2022/7831498
15. Van de Wall BJM, Draaisma WA, Schouten ES, Broeders IAMJ, Consten ECJ. Conventional and Laparoscopic Reversal of the Hartmann Procedure: a Review of Literature. *Journal of Gastrointestinal Surgery*. 2009 Nov 21 [cited 2019 May 31];14(4):743–52. doi: 10.1007/s11605-009-1084-3
16. Kang J.H., Kang B.M., Yoon S.N., Kim J.Y., Park J.H., Oh B.Y., Kim J.W. Analysis of factors affecting reversal of Hartmann's procedure and postreversal complications. *Sci. Rep.* 2020;10:16820. doi: 10.1038/s41598-020-73791-w
17. Bruce J, Krukowski ZH, Al-Khairi G, Russell EM, Park KGM. Systematic review of the definition and measurement of anastomotic leak after gastrointestinal surgery. *British Journal of Surgery*. 2001 Sep;88(9):1157–68. doi: 10.1046/j.0007-1323.2001.01829.x
18. Rahbari NN, Weitz J, Hohenberger W, Heald RJ, Moran B, Ulrich A, et al. Definition and grading of anastomotic leakage following anterior resection of the rectum: a proposal by the International Study Group of Rectal Cancer. *Surgery*. 2010 Mar 1;147(3):339–51. doi: 10.1016/j.surg.2009.10.012
19. Helsen CP van, Jongen AC, Jonge WJ de, Bouvy ND, Derikx JP. Consensus on the definition of colorectal anastomotic leakage: A modified Delphi study. *World Journal of Gastroenterology*. 2020 Jun 21;26(23):3293–303. doi: 10.3748/wjg.v26.i23.3293
20. Zarnescu EC, Zarnescu NO, Costea R. Updates of Risk Factors for Anastomotic Leakage after Colorectal Surgery. *Diagnostics*. 2021 Dec 17;11(12):2382. doi: 10.3390/diagnostics11122382
21. Chang J, Guyton K. A Pathologic Microbiome Impacts Post-Operative Anastomotic Healing. *Surgical Infections*. 2023 Apr 1;24(3):238–44. doi: 10.1089/sur.2023.003
22. Morgan RB, Shogan BD. The science of anastomotic healing. *Seminars in Colon and Rectal Surgery*. 2022 Jun;33(2):100879. doi: 10.1016/j.scrs.2022.100879
23. Fok KY, Toh JWT. Indocyanine green and height of anastomosis in colorectal surgery – a network meta-analysis. *Langenbeck's Archives of Surgery*. 2025 Jun 12;410(1):187–7. doi: 10.1007/s00423-025-03765-x
24. Patteet E, Van Hoof S, Hendrickx T, Van den Broeck S, Hubens G, Komen N. Is length of the rectal stump predictive for postoperative outcome in Hartmann's reversal surgery? A multicenter experience of 105 consecutive cases. *International Journal of Colorectal Disease*. 2022 Mar 1;37(3):617–22. doi: 10.1007/s00384-021-04090-7
25. Fiorillo C, Tondolo V, Biffoni B, Gambaro E, Lucinato C, De Sio D, et al. Circular staplers and anastomotic leakage in colorectal surgery: meta-analysis. *BJS Open*. 2025 Mar 4;9(2). doi: 10.1093/bjsopen/zrae170
26. Vaghiri S, Stylianidis MC, Engelmann L, Elmaghaby E, Dizdar L, Knoefel WT, et al. Reversal of Hartmann's procedure: The impact of timing – a single-tertiary-center experience. *Surgery in Practice and Science*. 2025 Jun 15;22:100292. doi: 10.1016/j.sipas.2025.100292
27. Balciscueta Z, Uribe N, Caubet L, López M, Torrijo I, Tabet J, et al. Impact of the number of stapler firings on anastomotic leakage in laparoscopic rectal surgery: a systematic review and meta-analysis. *Techniques in Proctology*. 2020 May 25;24(9):919–25. doi: 10.1007/s10151-020-02240-7
28. Steger J, Jell A, Ficht S, Ostler D, Eblenkamp M, Mela P, et al. Systematic Review and Meta-Analysis on Colorectal Anastomotic Techniques. *Therapeutics and Clinical Risk Management*. 2022 May 1 [cited 2024 Oct 23];18:523–39. doi: 10.2147/TCRM.S335102
29. Huo YR, Phan K, Morris DL, Liauw W. Systematic review and a meta-analysis of hospital and surgeon volume/outcome relationships in colorectal cancer surgery. *Journal of Gastrointestinal Oncology*. 2017 Jun 1;8(3):534–46. doi: 10.21037/jgo.2017.01.25
30. Azzouz LL, Sharma S. *Physiology, Large Intestine*. Nih. gov. StatPearls Publishing; 2023.
31. Petras RE, Frankel WL. Large Intestine (Colon). *Modern Surgical Pathology*. 2009;755–836. doi: 10.1016/B978-1-4160-3966-2.00023-0
32. Theocharis AD, Skandalis SS, Gialeli C, Karamanos NK. Extracellular Matrix Structure. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 2016 Feb; 97:4–27. doi: 10.1016/j.addr.2015.11.001
33. Frantz C, Stewart KM, Weaver VM. The Extracellular Matrix at a Glance. *Journal of Cell Science*. 2010 Dec 1;123(24):4195–200. doi: 10.1242/jcs.023820
34. Bosman FT, Stamenkovic I. Functional structure and composition of the extracellular matrix. *The Journal of Pathology*. 2003 Jul;200(4):423–8. doi: 10.1002/path.1437
35. Lundy J. A Primer on Wound Healing in Colorectal Surgery in the Age of Bioprosthetic Materials. *Clinics in Colon and Rectal Surgery*. 2014 Nov 10;27(04):125–33. doi: 10.1055/s-0034-1394086
36. Graham MF, Diegelmann RF, Elson CO, Lindblad WJ, Gotschalk N, Gay S, et al. Collagen content and types in the intestinal strictures of Crohn's disease. *Gastroenterology*. 1988 Feb;94(2):257–65. doi: 10.1016/0016-5085(88)90411-8
37. Singh D, Rai V, K Agrawal D. Regulation of Collagen I and Collagen III in Tissue Injury and Regeneration. *Cardiology and Cardiovascular Medicine*. 2023;07(01). doi: 10.26502/ccm.92920302
38. Morgan RB, Shogan BD. The science of anastomotic healing. *Seminars in Colon and Rectal Surgery*. 2022 Jun;33(2):100879.
39. Mecham RP. Overview of Extracellular Matrix. *Current Protocols in Cell Biology*. 2012 Dec;57(1). doi: 10.1002/0471143030.cb1001s57
40. Morten Karsdal. *Biochemistry of collagens, laminins and elastin: structure, function and biomarkers*. Amsterdam: Academic Press; 2016. doi: 10.1016/B978-0-12-809847-9.00030-1



41. Berg G, Rybakova D, Fischer D, Cernava T, Vergès MCC, Charles T, et al. Microbiome definition re-visited: old concepts and new challenges. *Microbiome*. 2020 Jun 30;8(1). doi: 10.1186/s40168-020-00875-0
42. Van Praagh JB, de Goffau MC, Bakker IS, van Goor H, Harmsen HJM, Olinga P, et al. Mucus Microbiome of Anastomotic Tissue During Surgery Has Predictive Value for Colorectal Anastomotic Leakage. *Annals of Surgery*. 2019 [cited 2021 Apr 28];269(5):911–6. doi: 10.1097/SLA.0000000000002651
43. Shogan BD, Belogortseva N, Luong PM, Zaborin A, Lax S, Bethel C, et al. Collagen degradation and MMP9 activation by *Enterococcus faecalis* contribute to intestinal anastomotic leak. *Science Translational Medicine*. 2015 May 6;7(286). doi: 10.1126/scitranslmed.3010658
44. Caley MP, Martins VLC, O'Toole EA. Metalloproteinases and Wound Healing. *Advances in Wound Care*. 2015 Apr;4(4):225–34. doi: 10.1089/wound.2014.0581
45. Edomskis P, Goudberg MR, Sparreboom CL, Menon AG, Wolthuis AM, D'Hoore A, et al. Matrix metalloproteinase-9 in relation to patients with complications after colorectal surgery: a systematic review. *International journal of colorectal disease*. 2021 Jan;36(1):1–10. doi: 10.1007/s00384-020-03724-6
46. Huang H. Matrix Metalloproteinase-9 (MMP-9) as a Cancer Biomarker and MMP-9 Biosensors: Recent Advances. *Sensors*. 2018 Sep 27;18(10):3249. doi: 10.3390/s18103249
47. Savage FJ, Domingos, Boulos PB, Hembry RM. Role of matrix metalloproteinases in healing of colonic anastomosis. *Diseases of the Colon & Rectum*. 1997 Aug 1;40(8):962–70. doi: 10.1007/BF02051206
48. Visse R, Nagase H. Matrix Metalloproteinases and Tissue Inhibitors of Metalloproteinases. *Circulation Research*. 2003 May 2;92(8):827–39. doi: 10.1371/journal.pone.0194249
49. Neumann PA, Twardy V, Becker F, Geyer C, Schwegmann K, Mohr A, et al. Assessment of MMP-2/-9 expression by fluorescence endoscopy for evaluation of anastomotic healing in a murine model of anastomotic leakage. *PLoS ONE*. 2018 Mar 22;13(3):e0194249–9. doi: 10.1371/journal.pone.0194249
50. Stumpf M, Klinge U, Wilms A, Zabrocki R, Rosch R, Junge K, et al. Changes of the extracellular matrix as a risk factor for anastomotic leakage after large bowel surgery. *Surgery*. 2005 Feb 1;137(2):229–34. doi: 10.1016/j.surg.2004.07.011



Чернов О.Н.✉, Жура А.В., Шулейко А.Ч., Владимирская Т.Э., Юрага Т.М.

Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Метод определения вероятности развития стриктур билиодигистивных анастомозов, сформированных при оперативном лечении механической желтухи

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Чернов О.Н. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, анализ материалов и результатов, написание статьи; Жура А.В. – редактирование; Шулейко А.Ч. – концепция и дизайн исследования, редактирование; Владимирская Т.Э. – проведение исследования, участие в анализе материалов и результатов, написание текста; Юрага Т.Э. – проведение исследования, участие в анализе материалов и результатов.

Подана: 05.04.2026

Принята: 30.07.2026

Контакты: olegchernovby@gmail.com

Резюме

Цель. Разработать малоинвазивный персонализированный метод прогнозирования риска развития стриктуры билиодигистивного анастомоза, сформированного при оперативном лечении механической желтухи.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 70 пациентов, у которых определяли статистически значимые корреляционные зависимости концентрации содержания предикторов воспаления в сыворотке крови с избыточным образованием фиброзной ткани в зоне билиодигистивного анастомоза, приводящего к образованию стриктур. У всех пациентов с механической желтухой была проведена инструментальная и клинико-лабораторная диагностика прогрессирования фиброзно-воспалительного процесса в желчевыводящих протоках до и после проведения специфического лечения. Взятие образцов крови ($n=143$) у пациентов с механической желтухой с целью определения специфических биомаркеров риска прогрессирования фиброзно-воспалительного процесса проводили до лечения и в течение 3 лет после. У 9 пациентов из исследуемой группы в течение 3 лет после лечения были выявлены доброкачественные стриктуры желчевыводящих протоков. Группу контроля составили относительно здоровые лица, $n=32$, средний возраст 42,3 (15; 70) года с отсутствием диагностических признаков патологии органов брюшной полости. Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием пакета статистических программ Statistica 10.0, SPSS Statistics v.22, MedCalc 2.17.5.

Результаты. При обследовании пациентов в крови были установлены наиболее статистически значимые предикторы развития стриктур билиодигистивных анастомозов, такие как трансформирующий фактор роста бета (TGF- β 1), металлопротеиназа 9 (MMP-9), фактор роста эндотелия сосудов (VEGF), коллаген типа 3 (Col 3). Для каждого предиктора рассчитывался балл путем умножения абсолютного значения фактора значимости на 100 и округления до целых чисел. Для TGF- β 1 при уровне в сыворотке $>2,8$ нг/л было присвоено 16 баллов, при $\leq 2,8$ нг/л – 0 баллов; для MMP-9 при $>90,0$ нг/л – 30 баллов, при $\leq 90,0$ нг/л – 0 баллов; для VEGF при $>1226,8$ нг/л – 21 балл,



при $\leq 1226,8$ нг/л – 0 баллов; для Col 3 при $< 7,9$ нг/л – 32 балла, при $\geq 7,9$ нг/л – 0 баллов. По результатам компьютерного анализа была разработана математическая формула (модель) прогнозирования риска развития стриктуры билиодигестивного анастомоза: $X = A + B + C + D$; где X – вероятность развития доброкачественных стриктур билиодигестивных анастомозов; A – балл, соответствующий показателю TGF- $\beta 1$; B – балл, соответствующий показателю MMP-9; C – балл, соответствующий показателю VEGF; D – балл, соответствующий показателю Col 3. В случае, если коэффициент X > 37 , то вероятность рецидива доброкачественных стриктур желчевыводящих протоков у пациентов с механической желтухой является высокой, при значении X ≤ 37 – низкой.

Заключение. Применение разработанного малоинвазивного метода оценки вероятности развития стриктур билиодигестивных анастомозов позволяет рано прогнозировать развитие данного осложнения до появления клинической симптоматики.

Ключевые слова: прогнозирование, рецидив, стриктура, желчные протоки, билиодигестивный анастомоз, малоинвазивный метод

Chernov O.✉, Zhura A., Shuleiko A., Vladimirskaia T., Yuraga T.
Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

A Method for Determining the Probability of Strictures in Biliodigestive Anastomoses Formed During Surgical Treatment of Obstructive Jaundice

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Chernov O. – study concept and design, investigations, materials and results analysis, text writing; Zhura A. – editing; Shuleiko A. – study concept and design, editing; Vladimirskaia T. – investigations, participating in materials and results analysis, text writing; Yuraga T. – investigations, participating in materials and results analysis.

Submitted: 05.04.2026

Accepted: 30.07.2026

Contacts: olegchernovby@gmail.com

Abstract

Purpose. To elaborate a minimally invasive personalized method for predicting the risk of stricture in a biliodigestive anastomosis formed during surgical treatment of obstructive jaundice.

Materials and methods. The study involved 70 patients with statistically significant correlations between serum inflammatory predictors concentrations and the excessive formation of fibrous tissue in the area of the biliodigestive anastomosis, leading to strictures. All patients with obstructive jaundice underwent instrumental and clinical-laboratory diagnostics of the progression of the fibro-inflammatory process in the bile ducts before and after specific treatment. Blood samples ($n=143$) were taken from patients with obstructive jaundice to determine specific biomarkers of risk for fibro-inflammatory process progression before the treatment and for 3 years after the treatment. Nine patients in the study group were diagnosed with benign strictures of the bile ducts within 3 years after the treatment. The control group consisted of relatively healthy individuals, $n=32$, with an average age of 42.3 (15; 70) years, with no diagnostic signs of abdominal

pathology. A statistical analysis of the study results was performed using the STATISTICA 10.0, SPSS Statistics v.22, and MedCalc 2.17.5 statistical software packages.

Results. During the patients' examination, the most statistically significant predictors of strictures in biliodigestive anastomoses, such as transforming growth factor beta (TGF- β 1), metalloproteinase 9 (MMP-9), vascular endothelial growth factor (VEGF), and type 3 collagen (Col 3), were identified in the blood. For each predictor, a score was calculated by multiplying the absolute value of the significance factor by 100 and rounding to whole numbers. For TGF- β 1 at a serum level of >2.8 ng/l, 16 points were assigned, at <2.8 ng/l – 0 points; for MMP-9 at >90.0 ng/l – 30 points, at <90.0 ng/l – 0 points; for VEGF at >1226.8 ng/l – 21 points, at ≤ 1226.8 ng/l – 0 points; for Col 3 at <7.9 ng/l – 32 points, at ≥ 7.9 ng/l – 0 points. Based on the results of the computer analysis, a mathematical formula (model) was established to predict the risk of strictures in the biliodigestive anastomosis: $X = A + B + C + D$, where X is the probability of benign strictures in the biliodigestive anastomosis, A is the score corresponding to the TGF- β 1 indicator, B is the score corresponding to the MMP-9 indicator, C is the score corresponding to the VEGF indicator, and D is the score corresponding to the Col 3 indicator. If the X-ratio is greater than 37, the probability of recurrence of benign strictures of the bile ducts in patients with obstructive jaundice is high, while if the X-ratio is less than 37, the probability is low.

Conclusion. The use of the elaborated minimally invasive method for assessing the probability of strictures in biliodigestive anastomoses allows for early prediction of this complication before the appearance of clinical symptoms.

Keywords: prediction, relapse, stricture, bile ducts, biliodigestive anastomosis, minimally invasive method

■ ВВЕДЕНИЕ

Доброкачественные стриктуры желчевыводящих протоков (ЖВП) приводят к необратимому повреждению печени, портальной гипертензии и печеночной недостаточности. Нарушение оттока желчи – идеальная среда для развития жизнеугрожающей восходящей бактериальной инфекции (острого гнойного холангита), требующей экстренной помощи. Кроме того, высокий уровень билирубина токсичен для почек, что может привести к развитию гепаторенального синдрома [1].

До 80% всех доброкачественных стриктур являются следствием хирургических вмешательств (чаще всего холецистэктомии). Это делает проблему особенно актуальной в эпоху широкого распространения лапароскопических операций [2, 3]. Доброкачественная стриктура ЖВП возникает в результате чрезмерного отложения коллагена из-за длительного хронического воспаления и активной пролиферации миофибробластов, утолщая стенку желчных протоков. На молекулярном уровне ключевую роль играет каскад реакций, инициируемый трансформирующим фактором роста бета (TGF- β). По мере прогрессирования стриктур ЖВП выделяется TGF- β , инициирующий активацию соответствующих сигнальных путей; следовательно, это приводит к повышению регуляции таких генов, как трансформирующий фактор роста бета-рецептор 1 (TGFR1), альфа-гладкомышечный актин (α -SMA) и коллаген 1-го типа (Col 1). Кроме того, гены, связанные с сигнальным путем SMADs,



нисходящим путем передачи сигналов TGF- β , такие как SMAD2 и SMAD3, демонстрируют тенденцию к росту. Когда в желчевыводящих путях развивается стриктура, она запускает воспалительную реакцию. Во время хронического воспаления провоспалительные цитокины, такие как фактор некроза опухоли-альфа (TNF- α), интерлейкин-1 β (IL-1 β) и интерлейкин-6 (IL-6), усиливают экспрессию ферментов, таких как циклооксигеназа-2. Кроме того, цитокины, такие как TGF- β , которые играют решающую роль в развитии фиброза, секретируются во время хронического воспаления. Стриктуры ЖВП часто вызываются хирургическими факторами, воспалением и анатомическими нарушениями, что приводит к чрезмерному отложению коллагена и изменениям в генах, связанных с воспалением [4, 5].

Большое внимание уделяется влиянию некоторых цитокинов на формирование рубцовой ткани в стенке ЖВП. К таким цитокинам относятся матриксная металлопротеиназа-9 (MMP 9), IL-1 β , IL-6, TNF- α , TGF- β 1 и др. MMP 9 – это фермент, расщепляющий компоненты внеклеточного матрикса, в частности коллаген IV типа (основной компонент базальной мембраны) и другие белки. Он играет ключевую роль в remodelировании тканей. В норме MMP-9 участвует в физиологическом обновлении тканей. Однако при хроническом воспалении желчных протоков (холангите) ее активность резко возрастает [6–8]. Избыточная активность MMP-9 приводит к разрушению нормальной структуры стенки протока. Это, в свою очередь, запускает каскад восстановительных процессов, которые при хроническом воспалении идут по патологическому пути, приводя к избыточному отложению фиброзной ткани (коллагена I и III типов).

Эндотелиальный фактор роста (VEGF) – это основной стимулятор ангиогенеза. Хроническое воспаление всегда сопровождается неоангиогенезом. VEGF вырабатывается в ответ на воспаление и гипоксию в стенке поврежденного протока. Повышенный уровень VEGF отражает активность воспалительного и репаративного процессов при формировании рубцовой ткани и скорее указывает на интенсивность процесса, который может привести к фиброзу, чем на сам фиброз [9]. Блокирование VEGF теоретически может ограничить кровоснабжение фиброзной ткани и замедлить ее рост [10, 11].

Коллаген III типа (Col 3) – это один из основных фиброзных белков, который откладывается в ткани на ранних стадиях формирования рубца. В норме он присутствует в стенках протоков, но при фиброзе его количество резко увеличивается. В здоровой соединительной ткани, в том числе вокруг желчных протоков и в портальных трактах печени, существует баланс между разными типами коллагена. Col 3 образует более тонкие, эластичные и гибкие волокна. Он является основным компонентом ретикулярных волокон и преобладает на ранних стадиях заживления ран [12]. Col 1 образует очень прочные, толстые и нерастяжимые волокна. Он обеспечивает механическую прочность тканям и в норме его меньше, чем Col 3. Этот баланс (примерно 80–90% Col 3 и 10–20% Col 1 в молодой, здоровой рубцовой ткани) обеспечивает прочность, но сохраняет некоторую эластичность. При развитии стриктур ЖВП запускается каскад фиброгенеза, при котором активированные холангиоциты начинают усиленно синтезировать внеклеточный матрикс, то есть все компоненты рубцовой ткани, и в первую очередь коллагены [13]. В ответ на повреждение фибробласты начинают синтезировать преимущественно Col 3. При хроническом фиброзе синтез Col 1 резко усиливается и становится доминирующим. Синтез

Col 3 может продолжаться, но его доля в общем объеме коллагена значительно падает по сравнению с мощным потоком Col 1. Col 1 образует очень плотные, перекрещенные связи, которые гораздо устойчивее к расщеплению матриксными металлопротеиназами, чем Col 3. Фиброзная ткань, богатая Col 3, становится менее жесткой, эластичной и менее подверженной обратному развитию (ремоделированию). Соотношение коллагена I/III типа является маркером зрелости и стабильности фиброза. Преобладание I типа – признак прогрессирующего, необратимого фиброза [14–16]. Таким образом, снижение уровня Col 3 – это лабораторный и гистологический признак, отражающий хронизацию и необратимость фиброзного процесса.

На сегодняшний день ни один из этих маркеров не используется в повседневной клинической практике для первичной диагностики стриктур желчных протоков. В настоящее время лечение стриктур часто носит «реактивный» характер – врачи начинают действовать, когда стриктура уже сформировалась и вызвала рецидив механической желтухи, холангита или вторичного билиарного цирроза.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработать малоинвазивный персонализированный метод прогнозирования риска развития стриктуры билиодигистивного анастомоза, сформированного при оперативном лечении механической желтухи.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основу работы составил анализ информации о пациентах с механической желтухой, у которых проводились оперативные вмешательства, изучение изменений в крови пациентов с механической желтухой, включающие исследование следующих биомолекулярных маркеров: IL-6, IL-1 β , MMP-9, TGF- β 1, VEGF, Col 1, Col 3.

Исследуемую группу составили 70 пациентов с установленным диагнозом «механическая желтуха» в соответствии с рубриками Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем, 10-го пересмотра. У всех пациентов с механической желтухой была проведена инструментальная и клиничко-лабораторная диагностика прогрессирования фиброзно-воспалительного процесса в ЖВП до и после проведения специфического лечения. Взятие образцов крови (n=143) у пациентов механической желтухой с целью определения специфических биомаркеров риска прогрессирования фиброзно-воспалительного процесса проводили до лечения и в течение 3 лет после. У 9 пациентов из исследуемой группы в течение 3 лет после лечения были выявлены доброкачественные стриктуры ЖВП. Группу контроля составили относительно здоровые лица, n=32, средний возраст 42,3 (15; 70) года с отсутствием диагностических признаков патологии органов брюшной полости.

Клиническое обследование пациентов включало в себя изучение жалоб, анамнеза жизни, физикальное обследование (визуальный осмотр, пальпация), получение биологического материала (сыворотка крови, операционный материал) для дальнейшего лабораторного исследования. Инструментальными методами обследования являлись компьютерная томография-ангиография (КТА) ОБП и магнитно-резонансная томография (МРТ).

Качественный и количественный анализ клеточного состава периферической венозной крови проводили с помощью геманализатора Sysmex XN-350 (Япония). Забор



крови осуществляли из медиальной подкожной вены верхней конечности. Для лабораторных исследований проводили взятие крови утром натощак путем венепункции локтевой вены в количестве 5 мл в соответствии с положениями приложения к приказу Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 10.11.2015 № 1123 «Об утверждении Инструкции о порядке организации преаналитического этапа лабораторных исследований». Клинико-лабораторные показатели сыворотки крови определяли с использованием сертифицированных коммерческих наборов реагентов. С их применением выполнялись иммуноферментные и спектрофотометрические методы исследования. Исследования проводили на современных клинических анализаторах Dialab Autolyzer (Австрия), фотометре универсальный Ф300 («Витязь», Республика Беларусь) с использованием иммуноферментных наборов реагентов фирмы Bioassay Technology Laboratory (Китай).

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием пакета статистических программ Statistica 10.0, SPSS Statistics v.22, MedCalc 2.17.5.

Для проверки нормальности распределения данных использовались метод Колмогорова – Смирнова, а также показатели эксцесса и асимметрии. Различия между выборками оценивали, используя U-тест Манна – Уитни и тест Краскела – Уоллиса для независимых выборок и тест Фридмана для зависимых. Взаимосвязь между изучаемыми признаками оценивалась с применением рангового корреляционного анализа Спирмена с вычислением коэффициента корреляции r . Представление результатов: Ме (медиана) – значение, справа и слева от которого на оси значений признака располагаются равные количества значений признака данной выборки; 25 и 75 процентиль. Достоверным считалось различие при уровне значимости $p < 0,05$.

Для количественной характеристики диагностической надежности используемых лабораторных тестов определялись следующие критерии: диагностическая чувствительность (ДЧ), диагностическая специфичность (ДС), площадь под кривой (AUC).

Для проверки возможностей исследуемых показателей диагностическим критерием развития стриктур ЖВП использовали анализ характеристических кривых (ROC-кривые), которые описывают зависимость чувствительности диагностического теста от его неспецифичности (100-специфичность).

Для оценки прогноза риска развития стриктур ЖВП использовался метод бинарной логистической регрессии. Для оценки значимости предикторов развития стриктур ЖВП был проведен категориальный регрессионный анализ с оптимальным шкалированием (CATREG).

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

В крови пациентов с клинически верифицированными доброкачественными стриктурами желчевыводящих путей наблюдались статистически значимые отличия ($p < 0,05$) уровней TGF- β 1, IL-1 β , IL-6, MMP-9, TGF- β 1, VEGF, Col 3 по сравнению с пациентами без стриктур (табл. 1).

Для изучения возможности использования данных показателей в качестве диагностических критериев проводили анализ соответствующих характеристических кривых. На рис. 1 показаны характеристические кривые для уровня концентрации VEGF, Col 3, TGF- β 1 и MMP 9 в сыворотке крови пациентов в исследуемой группе.

Таблица 1
Уровни биохимических показателей в сыворотке крови у пациентов сравниваемых групп
Table 1
Serum biochemical levels in patients of the compared groups

Группы пациентов	Показатели, Ме (25; 75)					
	IL-1β (нг/мл)	IL-6 (пг/мл)	MMP-9 (нг/мл)	TGF-β1 (нг/мл)	VEGF (нг/мл)	Col 3 (нг/мл)
Со стриктурами	28,35 (8,1; 78,1)	13,7 (8,9; 21,2)	236,0 (124,0; 357,0)	3,8 (2,8; 5,9)	1739,0 (1226,8; 2677,2)	7,7 (7,6; 9,3)
Без стриктур	81,0 (3,5; 192,1)	9,0 (8,1; 18,8)	60,0 (36,0; 67,0)	2,1 (1,2; 3,0)	589,4 (239,6; 1350,0)	12,3 (9,2; 17,0)

Примечание: * различия статистически значимы по сравнению с группой без стриктур (p<0,05).

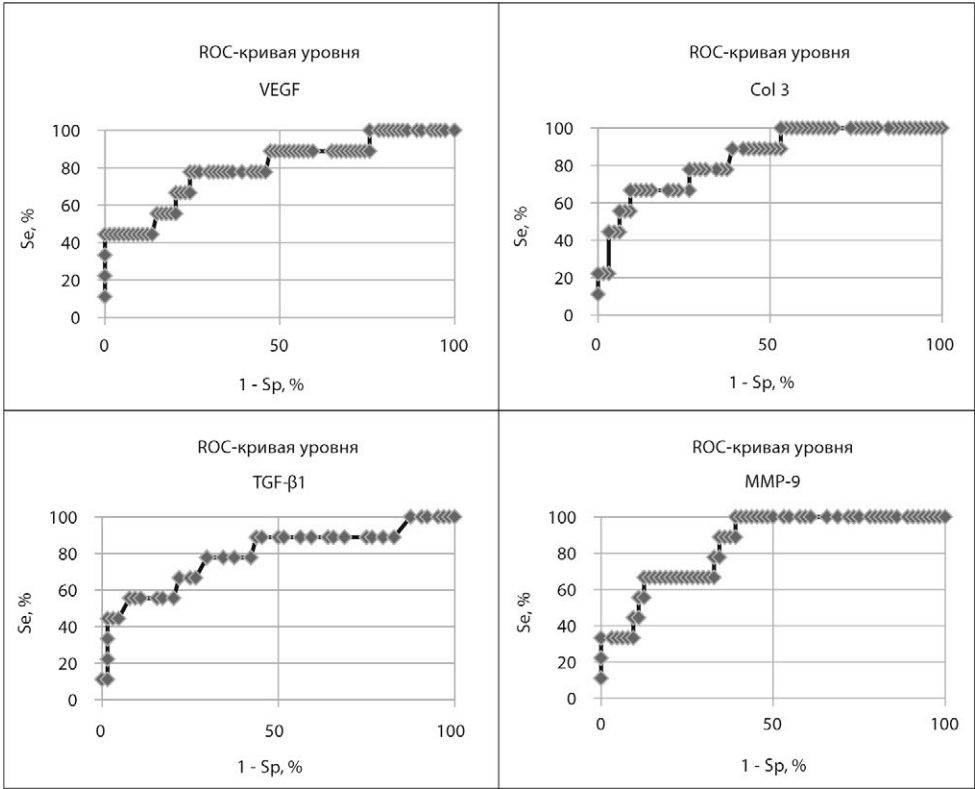


Рис. 1. Характеристические кривые VEGF, Col 3, TGF-β1 и MMP 9 для диагностики стриктур ЖВП относительно группы пациентов без осложнений
Fig. 1. Characteristic curves of VEGF, Col 3, TGF-β1, and MMP 9 for the diagnosis of strictures of the lower urinary tract in patients without complications

В табл. 2 приведены характеристики ROC-кривых всех признаков, включенных в дальнейший анализ, с указанием соответствующих им показателей диагностической значимости (чувствительности и специфичности по отношению к сравниваемой группе).



Таблица 2

Оценка характеристических кривых изучаемых лабораторных маркеров сыворотки крови пациентов со стриктурами относительно группы сравнения

Table 2

Evaluation of the characteristic curves of the studied laboratory markers in the blood serum of patients with strictures compared to the comparison group

Показатель	Площадь под кривой (AUC)	95% ДИ	Пороговый уровень (Cut off)	ДЧ	ДС	Р
Col 3, нг/мл	0,84±0,06	0,73–0,96	7,9 нг/мл	71,0%	91,0%	0,000
TGF-β1, пг/мл	0,79±0,07	0,66–0,92	2,8 пг/мл	78,0%	70,0%	0,002
VEGF, нг/мл	0,80±0,07	0,67–0,93	1226,8 нг/мл	78,0%	76,0%	0,002
MMP 9, нг/мл	0,85±0,06	0,72–0,96	90,0 нг/мл	100%	71,0%	0,000
IL-1 β, нг/мл	0,387	0,34–0,61	18,3	87,1	72,3	0,42
IL-6, пг/мл	0,436	0,30–0,68	9,8 пг/мл	91,1	82,0	0,09

При сравнении методом ROC-анализа уровней IL-1β, TGF-β1, MMP 9, VEGF, IL-6, Col 3 относительно сравниваемой группы отмечено, что наилучшими диагностическими характеристиками для обнаружения развития доброкачественных стриктур ЖВП обладают TGF-β1, MMP 9, VEGF, Col 3. При этом TGF-β1, MMP 9, VEGF, Col 3 имеют высокие показатели площади под характеристической кривой (AUC=0,79, $p<0,001$, AUC=0,85, $p<0,001$, AUC=0,80, $p<0,01$, AUC=0,84, $p<0,001$), что говорит о высокой прогностической силе предложенной модели. Для TGF-β1 ДЧ=78,0%, ДС=70,0%. Рассчитанное значение ДЧ означает, что из 100 случаев с развитием стриктур ЖВП положительный результат теста имеет место в 78,0% случаев. Найденное значение ДС показывает, что отрицательный результат исследования (уровень TGF-β1) выявляется у 70,0 из 100 пациентов без осложнений. Хорошими диагностическими возможностями обладает концентрация MMP 9 в сыворотке крови: ДЧ=100,0%, ДС=71,0%, указывая на то, из 100 случаев с осложнениями положительный результат теста имеет место в 100 случаях. Найденное значение ДС показывает, что отрицательный результат исследования выявляется у 71,0 из 100 пациентов без осложнений. Для VEGF: ДЧ=78,0%; ДС=76,0.

Таким образом, положительный результат теста имеет место в 78,0 из 100 случаев у пациентов с развитием стриктур ЖВП, отрицательный результат исследования выявляется у 76,0 из 100 пациентов без стриктур. Рассчитанные значения ДЧ и ДС для Col 3 (71,0% и 91,0% соответственно) показывают, что положительный результат теста выявляется у 71 пациента из 100 с осложнениями и отрицательный результат исследования выявляется у 91,0 из 100 пациентов без осложнений.

Цитокины IL-1β и IL-6 были исключены из дальнейшего анализа для диагностики развития доброкачественных стриктур ЖВП, т. к. 95% доверительный интервал (ДИ) коэффициента площадей под характеристической кривой был ниже 0,5 (пороговое значение), $p>0,05$, что говорит об отсутствии информативности данных диагностических тестов.

Для разработки модели прогнозирования вероятности развития доброкачественных стриктур ЖВП был использован нелинейный регрессионный анализ (бинарная логистическая регрессия). После получения пороговых точек отсечения был проведен категориальный регрессионный анализ с оптимальным шкалированием (CATREG) для оценки значимости предикторов (табл. 3). Зависимой бинарной переменной являлось развитие стриктур ЖВП – отсутствие развития стриктур ЖВП.

Таблица 3
Результаты регрессионного анализа оценки значимости предикторов развития доброкачественных стриктур ЖВП
Table 3
Results of regression analysis assessing the significance of predictors of benign strictures of the bile ducts

Предикторы	Стандартизованные коэффициенты		F	p	Коэффициент корреляции	Коэффициент важности
	Бета	Стандартная ошибка				
TGF-β1	0,212	0,09	4,90	0,01	0,437	0,165
MMP 9	0,276	0,08	10,77	0,001	0,426	0,209
VEGF	0,292	0,13	4,65	0,01	0,587	0,305
Col 3	0,314	0,13	5,96	0,01	0,573	0,321

Примечания: бета-коэффициент отражает суммарный вклад предиктора в значение отклика; коэффициент частной корреляции отражает самостоятельный вклад предиктора в значение отклика.

Таблица 4
Шкала суммарной балльной оценки риска развития доброкачественных стриктур ЖВП
Table 4
Scale for assessing the total risk of benign strictures of the bile ducts

Предикторы	Значение порогов отсечения	Балл
TGF-β1	>2,8	16
MMP 9	>90,0	21
VEGF	>1226,8	30
Col 3	<7,9	32

Полученные коэффициенты важности были выбраны в качестве весовых значений для создания шкалы. Для каждого из 4 включенных в регрессионную модель предикторов был подсчитан балл путем умножения абсолютного значения соответствующего коэффициента важности на 100 и округления до целых чисел (табл. 4).

Для вычисления порогового балла был проведен регрессионный анализ, в котором суммарный балл каждого пациента выступал в качестве предиктора, а зависимая переменная оставалась прежней. Было получено уравнение: $p = 1 / [1 + \exp(-(-6.492 + 0.112 \times d))]$, где p – теоретическая вероятность развития доброкачественных стриктур ЖВП (зависимая переменная), d – значение суммарного балла у конкретного пациента, 0.112 – коэффициент при переменной d, -6.492 – свободный член (константа).

С помощью данного уравнения были вычислены теоретические значения вероятности развития доброкачественных стриктур ЖВП для каждого пациента.

Диаграмма рассеяния, отражающая данную зависимость, представлена на рис. 2.

Был проведен анализ адекватности полученной регрессионной модели. Данная модель обладает хорошими возможностями для предсказания положительных (риск развития стриктур) и отрицательных (отсутствие риска развития стриктур) результатов (табл. 5).

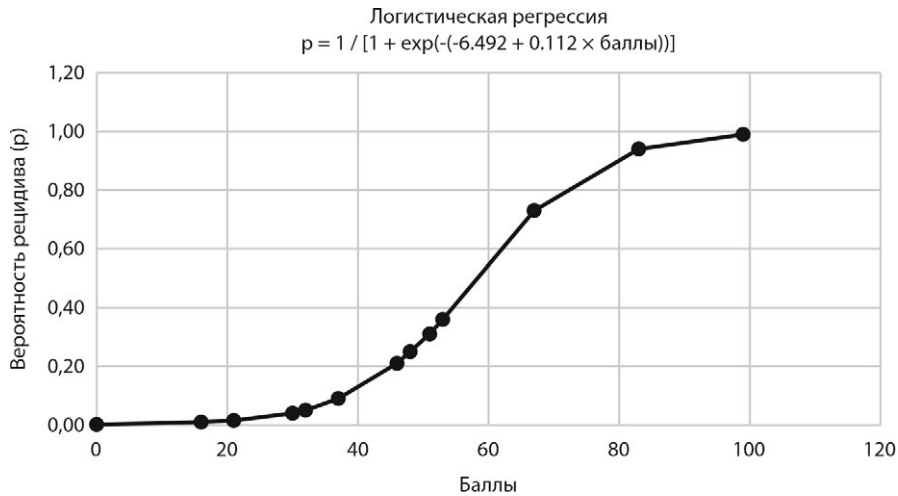


Рис. 2. Зависимость вероятности развития доброкачественных стриктур ЖВП от суммарного балла
Fig. 2. Dependence of the probability of benign strictures of the bile ducts on the total score

Таблица 5

Характеристика модели для диагностики риска развития доброкачественных стриктур ЖВП в зависимости от концентрации TGF-β1, MMP-9, VEGF и Col 3 в сыворотке крови пациентов исследуемой группы

Table 5

Characteristics of a model for diagnosing the risk of benign strictures of the bile ducts, depending on the concentration of TGF-β1, MMP-9, VEGF, and Col 3 in the blood serum of patients in the study group

Наблюдения	Предсказано наличие рецидива	Предсказано отсутствие рецидива	Процент правильности предсказаний
Наличие стриктур	12	6	66,7
Отсутствие стриктур	1	63	98,4
Общая процентная доля			91,5

Отношение шансов на успешный прогноз при использовании данной модели (OR) составляет 126,0 (95,5% ДИ 13,9–1146,6). OR=126 означает, что шанс правильно предсказать развитие стриктур у пациентов с фактическим осложнением в 126 раз выше, чем шанс ошибочно предсказать стриктуры у пациентов без них. Модель очень хорошо отличает пациентов со стриктурами ЖВП от пациентов без стриктур.

Для определения порогового значения суммарного балла, связанного с высоким риском развития доброкачественных стриктур ЖВП, была построена ROC-кривая (рис. 3).

Оптимальный порог отсечения суммы баллов (cut-off value), позволяющий разделить пациентов на 2 группы, соответствовал значению 37 баллов.

Для определения диапазона теоретических вероятностей, при котором доброкачественные стриктуры ЖВП в выборке практически не развивались, были подсчитаны средние значения вероятности в группе пациентов со значением зависимой переменной «нет» и в группе пациентов со значением зависимой переменной «да». Оказалось, что стриктуры практически не наблюдались, если теоретическая

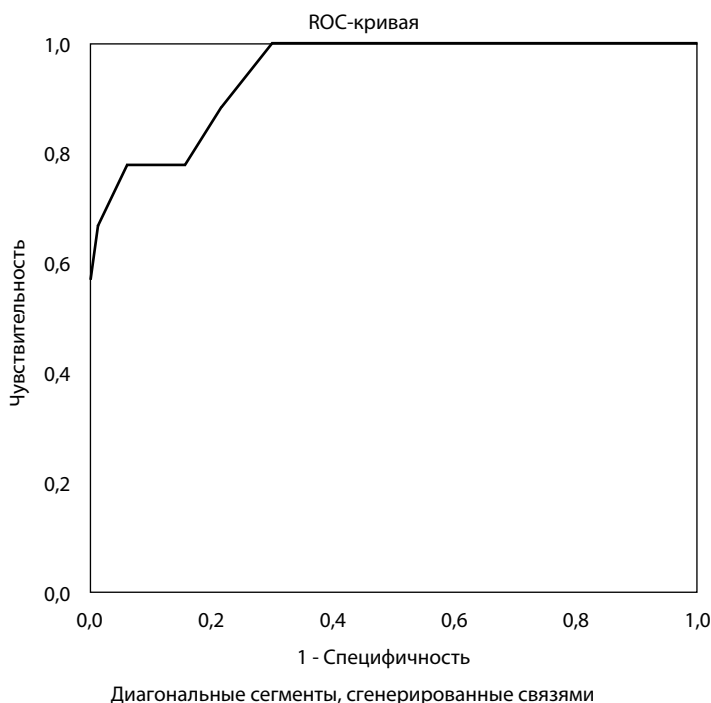


Рис. 3. ROC-кривая модели прогнозирования развития доброкачественных стриктур ЖВП.

Площадь под кривой (AUC) 0,94, 95% ДИ 0,89–0,99

Fig. 3. ROC curve of the model for predicting benign strictures of the bile ducts. Area under the curve (AUC) 0.94, 95% CI 0.89–0.99

вероятность их развития находилась в диапазоне от 0,05 до 0,1. По графику (рис. 3) видно, что этот диапазон соответствует интервалу от 32 до 37 баллов. Был определен минимальный ориентировочный балл (32), при котором стриктуры фактически не наблюдаются, и он был принят как предварительное пороговое значение суммарного балла. Последним этапом построения шкалы явилась практическая проверка адекватности значения порогового балла. Фактическая частота развития стриктур у пациентов с суммарным баллом 32 и менее равна 0%. У пациентов с суммарным баллом 37 и менее частота развития стриктур составляет 11,1%. Фактическая частота развития доброкачественных стриктур ЖВП у пациентов с суммарным баллом более 37 составила 88,9%. Таким образом, суммарный балл 37 является порогом отсечения, который делит пациентов на две диаметрально противоположные группы: со стриктурами ЖВП и без.

В соответствии с вероятностью нежелательного исхода (величина риска) были выделены градации риска (табл. 6).

Риск развития доброкачественных стриктур ЖВП, связанный с суммой баллов по любой комбинации имеющихся предикторов, определялся по вероятности развития стриктур, вычисляемой с помощью полученного регрессионного уравнения.



Таблица 6
Градации вероятного риска развития стриктур ЖВП
Table 6
Gradations of the probable risk of bile duct strictures

Величина риска	Наименование градаций риска
<0,1	Низкий
0,1	Средний
0,21–0,73	Высокий
0,94–0,99	Очень высокий

Таблица 7
Все возможные комбинации панели биомаркеров в исследуемой группе пациентов
Table 7
All possible combinations of the biomarker panel in the study group of patients

№	TGF-β1	MMP 9	VEGF	Col 3	Краткая клиническая интерпретация комбинации (гипотетическая)
1	N	N	N	N	Нормальная картина. Активность процессов фиброза, ремоделирования и ангиогенеза не повышена
2	↑	N	N	N	Преобладает сигнал к фиброзу, но без активного ремоделирования (MMP 9) и ангиогенеза
3	N	↑	N	N	Активное разрушение матрикса (воспаление, ремоделирование) без сигналов к фиброзу и ангиогенезу
4	N	N	↑	N	Изолированный ангиогенез (возможны состояния, связанные с сосудистым ростом)
5	N	N	N	↓	Снижение синтеза коллагена ремоделирования – сигнал к фиброзу
6	↑	↑	N	N	Ремоделирование с фиброзным уклоном. Есть разрушение матрикса и сигнал к фиброзу, но без активного ангиогенеза
7	↑	N	↑	N	Стимуляция фиброза и ангиогенеза, нет активного разрушения матрикса
8	↑	N	N	↓	Активный фиброз. Есть сигнал к фиброзу и синтезу высокопрочного коллагена, но нет ремоделирования (MMP 9) и ангиогенеза
9	N	↑	↑	N	Воспалительное ремоделирование с ангиогенезом. Есть разрушение матрикса и рост сосудов, характерно для хронического воспаления
10	N	N	↑	↓	Ангиогенез и сигнал к фиброзу. Рост сосудов сопровождается формированием нового матрикса
11	↑	↑	↑	N	Активное ремоделирование и ангиогенез. Классическая картина хронического воспаления, но без выраженного маркера синтеза коллагена III типа
12	N	↑	↑	↓	Активное разрушение матрикса, ангиогенез и снижение синтеза «эластичного» коллагена. Стимуляция фиброза (TGF-β1) отсутствует
13	↑	↑	↑	↓	Генерализованное активное ремоделирование, включает фиброз, деградацию матрикса, ангиогенез и снижение синтеза «эластичного» коллагена

Примечания: ↑ показатель повышен (отличается от референсного значения), N – показатель в норме (в пределах референсного значения).

Общее количество комбинаций 4 биомаркеров, каждый из которых имеет 2 состояния (повышен или норма), в изученной выборке составило 13. В табл. 7 представлены все 13 комбинаций биомаркеров с краткой клинической интерпретацией комбинации.

В табл. 8 отражена шкала, позволяющая на основании оценки 4 предикторов у пациента объективно высказываться о развитии осложнения с четко градированной и определенной долей вероятности.

Таким образом, риск развития доброкачественных стриктур ЖВП, связанный с суммой баллов по любой комбинации имеющихся предикторов, определялся по вероятности рецидива, вычисляемой с помощью полученного регрессионного уравнения. По сумме баллов наличия у конкретного пациента перечисленных в шкале предикторов его можно отнести к трем разным градациям риска: низкий, средний или высокий (табл. 8).

Значениям показателей для расчета риска развития доброкачественных стриктур ЖВП, рассчитанных с использованием категориального регрессионного анализа, была присвоена балльная оценка (табл. 9).

Таблица 8
Вероятность развития доброкачественных стриктур ЖВП в зависимости от изменения концентрации биохимических предикторов в сыворотке крови
Table 8
Probability of benign strictures of the bile ducts, depending on changes in the concentration of biochemical predictors in the blood serum

Отличные от референсных значений показатели комбинаций биомаркеров в сыворотке крови пациентов исследуемой группы	Суммарный балл	Величина риска	Оценка риска
TGF-β1 ↑	16	0,01	Низкий
MMP 9 ↑	30	0,02	Низкий
VEGF ↑	21	0,04	Низкий
Col 3 ↓	32	0,05	Низкий
TGF-β1 ↑ MMP 9 ↑	46	0,21	Высокий
TGF-β1 ↑ VEGF ↑	37	0,09	Средний
TGF-β1 ↑ Col 3 ↓	48	0,25	Высокий
MMP 9 ↑ VEGF ↑	51	0,31	Высокий
VEGF ↑ Col 3 ↓	53	0,36	Высокий
TGF-β1 ↑ MMP-9 ↑ VEGF ↑	67	0,73	Высокий
MMP 9 ↑ VEGF ↑ Col 3 ↓	83	0,94	Очень высокий
TGF-β1 ↑ MMP 9 ↑ VEGF ↑ Col 3 ↓	99	0,99	Очень высокий



Таблица 9

Оценка в баллах значений лабораторных показателей для расчета риска развития доброкачественных стриктур ЖВП

Table 9

Assessment of laboratory values in points to calculate the risk of benign strictures of the bile ducts

Показатель, ед. изм.	Пороговые значения показателей	Балл
TGF-β1, нг/л	>2,8	16
	≤2,8	0
MMP 9, нг/л	>90,0	30
	≤90,0	0
VEGF, нг/л	>1226,8	21
	≤1226,8	0
Col 3, нг/л	<7,9	32
	≥ 7,9	0

Риск развития доброкачественных стриктур ЖВП рассчитывали по формуле:

$$X = A + B + C + D;$$

где X – вероятность развития доброкачественных стриктур билиодигистивных анастомозов,

A – балл, соответствующий показателю TGF-β1.

B – балл, соответствующий показателю MMP 9.

C – балл, соответствующий показателю VEGF.

D – балл, соответствующий показателю Col 3.

В случае если коэффициент $X > 37$, то вероятность рецидива доброкачественных стриктур ЖВП у пациентов с механической желтухой является высокой, при значении $X \leq 37$ – низкой.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на распространенность коммерчески доступных наборов ELIS для определения содержания в сыворотке крови IL 1-β, IL-6, IL-8, VEGF-A, TGF-β1 и MMP 9 и использование их в ряде рандомизированных исследований [17], в ходе изучения мировой литературы не найдены модели прогнозирования развития стриктуры ЖВП, использующие показатели сыворотки крови. Для диагностики билиарных стриктур после реконструктивной билиарной хирургии в настоящее время используются в основном эндоскопические методы и магнитно-резонансная холангиография (МР-холангиография) [18, 19]. Однако такая диагностика не является ранней, а в основном происходит уже после развития стриктуры и появления клинической симптоматики и не оставляет время для профилактических мероприятий. Кроме того, выполнение МР-холангиографии как скринингового рутинного метода всем пациентам, перенесшим билиарную хирургию, нецелесообразно вследствие возможного развития анафилактических осложнений на введение контрастного вещества [20], а также вследствие экономической составляющей [21].

В случае определения по предложенной нами формуле высокой вероятности развития доброкачественных стриктур билиодигистивных анастомозов (сумма

баллов >37) появляется возможность своевременного выполнения комплекса мероприятий, направленных на профилактику развития осложнений и своевременного лечения еще до появления клинических признаков осложнения. В случае низкой вероятности развития доброкачественных стриктур билиодигистивных анастомозов (сумма баллов ≤ 37) повторное определение в сыворотке крови пациента показателей риска следует выполнять через 1 год.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наряду с развитием современных оперативных гепатобилиарных вмешательств прогнозирование развития стриктур билиодигистивных анастомозов в настоящее время остается одной из наиболее сложных проблем хирургии печени ввиду наличия высокого риска развития избыточного фиброобразования в результате всевозможных заболеваний и повреждений в этой анатомической области. В сравнении с существующими методами, такими как УЗИ, КТ, магнитно-резонансная холангиопанкреатография, наш метод занимает достойное место ввиду возможности раннего выявления избыточного фиброобразования и относительной дешевизны метода.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Dasgupta Tiasha, Venkatraman Manickam. Fibrosis in Liver and Pancreas: a Review on Pathogenic Significance, Diagnostic Options, and Current Management Strategies. *Inflammation*. 2023;46(3):824–834. doi: 10.1007/s10753-022-01776-0
2. Ma Michael Xiang, et al. Benign biliary strictures: prevalence, impact, and management strategies. *Clinical and experimental gastroenterology*. 2019;12:83–92. doi: 10.2147/CEG.S165016
3. Elmunzer B Joseph, et al. ACG Clinical Guideline: Diagnosis and Management of Biliary Strictures. *The American journal of gastroenterology*. 2023;118(3):405–426. doi: 10.14309/ajg.0000000000002190
4. Joo Seyeon, et al. Triamcinolone acetone alleviates benign biliary stricture by ameliorating biliary fibrosis and inflammation. *BMB reports*. 2024;57(4):200–205. doi: 10.5483/BMBRep.2023-0234
5. Keane Margaret G., et al. Diagnosis and management of benign biliary strictures post liver transplantation in adults. *Transplantation reviews (Orlando, Fla)*. 2021;35(1):100593. doi: 10.1016/j.tre.2020.100593
6. Lemus-Peña M., et al. Serum determination of MMP-2 and MMP-9 in chronic liver disease according to alcohol consumption, non-alcoholic fatty liver disease and hepatitis C. *Annals of Hepatology*. 2022;27:100868. doi: 10.1016/j.jahep.2022.100868
7. Bauer Alicja, Andrzej Habor. Concentration of Serum Matrix Metalloproteinase-3 in Patients With Primary Biliary Cholangitis. *Frontiers in immunology*. 2022;13:885229. doi: 10.3389/fimmu.2022.885229
8. Kanamori Yohei, et al. Hepatocyte iron suppresses liver fibrosis via fibrolytic neutrophil recruitment in cholestasis. *JHEP reports: innovation in hepatology*. 2025;7(12):101590. doi: 10.1016/j.jhepr.2025.101590
9. Remichev R.Y., Makarevich P.I. Reception of damage and activation of growth of connective tissue: crucial regulatory milestones of regeneration in humans. *Cell and Tissue Biology*. 2024;66(3):207–222. doi: 10.31857/S0041377124030011 (in Russian)
10. Akbarian Mohsen, et al. Biological aspects in controlling angiogenesis: current progress. *Cellular and molecular life sciences: CMLS*. 2022;79(7):349. doi: 10.1007/s00018-022-04348-5
11. Li Zhen, et al. Research progress of traditional Chinese medicine in improving hepatic fibrosis based on inhibiting pathological angiogenesis. *Frontiers in pharmacology*. 2023;14(1303012). doi: 10.3389/fphar.2023.1303012
12. Borzykh O.B., et al. Collagen synthesis in the skin, its functional and structural features. *Medical Bulletin of the North Caucasus*. 2021;16(4):443–450. doi: 10.14300/mnnc.2021.16109 (in Russian)
13. Sorrentino Giovanni. Microenvironmental control of the ductular reaction: balancing repair and disease progression. *Cell death & disease*. 2025;16(1):246. doi: 10.1038/s41419-025-07590-4
14. Reiss Allison B., et al. Fibrosis in Chronic Kidney Disease: Pathophysiology and Therapeutic Targets. *Journal of clinical medicine*. 1881;13(7). doi: 10.3390/jcm13071881
15. Meshkey Fibi, et al. Temporal Dynamics of Extracellular Matrix Remodeling in Anthracycline-Induced Cardiotoxicity. *Cells*. 2025;14(18):1471. doi: 10.3390/cells14181471
16. Shah Rosita M., et al. Thin-Section CT in the Categorization and Management of Pulmonary Fibrosis including Recently Defined Progressive Pulmonary Fibrosis. *Radiology. Cardiothoracic imaging*. 2024;6(1):e230135. doi: 10.1148/ryct.230135
17. Pilat, Joanna et al. Analysis of the impact of different schemes of preparation to trabeculectomy on the healing markers on the Tenon fibroblasts cultures. *Scientific reports*. 2023;13(1):16353. doi: 10.1038/s41598-023-43246-z
18. Buros Christopher, et al. Immediate and Late Complications After Liver Transplantation. *Radiologic clinics of North America*. 2023;61(5):785–795. doi: 10.1016/j.rcl.2023.04.002
19. Katariya Parth, et al. Comparative Diagnostic Accuracy of Ultrasonography and Magnetic Resonance Cholangiopancreatography (MRCP) in the Evaluation of Obstructive Jaundice: A Prospective Study in Western India. *Cureus*. 2025;17(12):e100312. doi: 10.7759/cureus.100312
20. Khlodova L.G. Hypersensitivity reactions to contrast media. *Asthma and allergies*. 2019;89(2):8–11. (in Russian)
21. Nasimov A.M. Optimization of surgical tactics in bile duct injuries: clinical effectiveness and cost analysis. *Economy and society*. 2025;135(8):887–892 Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-hirurgicheskoy-taktiki-pri-povrezhdeniyah-zhelchnyh-protokov-analiz-klinicheskoy-effektivnosti-i-zatrat> (in Russian)



<https://doi.org/10.34883/PI.2026.15.3.033>
УДК 616.379-006:616.37



Исмаилов И.А.

Республиканский диагностический центр, Баку, Азербайджан

Сравнительная оценка лапароскопически ассистированных вариантов формирования колоректальных и колоанальных анастомозов и определение факторов риска несостоятельности швов

Конфликт интересов: не заявлен.

Финансирование: не заявлено.

Подана: 15.02.2026

Принята: 08.07.2026

Контакты: dr.ilgarismayil@yahoo.com

Резюме

Цель. Провести сравнительную оценку результатов различных техник колоректального анастомоза у пациентов с колоректальным раком и определить факторы, влияющие на развитие несостоятельности швов.

Материалы и методы. В исследование включены 230 пациентов с аденокарциномой прямой кишки и ректосигмоидного соединения, которым в 2023–2025 гг. выполнены плановые лапароскопические радикальные резекции с формированием колоректального анастомоза циркулярным степлером. В зависимости от техники анастомоза пациенты распределены на группы: «конец в конец» ($n=71$) и «бок в конец» ($n=159$). Илеостома была сформирована у 32 (13,9%) пациентов. Анализировалось влияние возраста, пола, индекса массы тела, сопутствующих заболеваний, а также проведения неоадьювантной химио- и/или лучевой терапии на риск развития несостоятельности швов.

Результаты. Исходные демографические характеристики групп существенно не различались. Частота несостоятельности швов анастомоза была значительно ниже при анастомозе «бок в конец» по сравнению с анастомозом «конец в конец» (0,6% против 5,6%; $p=0,016$). Методика «бок в конец» продемонстрировала протективный эффект в отношении развития данного осложнения ($OR=0,106$; 95% ДИ 0,012–0,966). В группе «конец в конец» достоверно чаще выполнялась превентивная илеостома (36,6% против 3,8%; $p<0,001$), отмечались повторные операции (16,9% против 1,3%; $p<0,001$), необходимость пребывания в отделении реанимации (16,9% против 1,3%; $p<0,001$) и нарушения мочеиспускания (16,9% против 1,3%; $p<0,001$). Большинство случаев несостоятельности швов анастомоза было зарегистрировано у пациентов 50–69 лет. Факторами риска являлись дистальная локализация опухоли ($p=0,046$), симультанные резекции ($OR=5,33$; $p=0,047$), повышенная интраоперационная кровопотеря ($OR=8,71$; $p=0,007$), сопутствующая патология ($RR=4,00$; $p=0,014$) и нарушения мочеиспускания ($OR=56,0$; $p<0,001$). Функциональные результаты по шкалам LARS и Wexner статистически значимо не различались между группами ($p>0,05$).

Заключение. Анастомоз по типу «бок в конец» ассоциирован с более низкой частотой несостоятельности анастомоза и послеоперационных осложнений по сравнению с анастомозом «конец в конец», демонстрируя протективный эффект. Защитная илеостома не была связана с повышением риска несостоятельности швов анастомоза. Использование анастомоза «бок в конец» может способствовать уменьшению необходимости формирования защитной илеостомы. Факторами риска несостоятельности швов являлись дистальная локализация опухоли, симультанные резекции, повышенная интраоперационная кровопотеря, сопутствующие заболевания и нарушения мочеиспускания.

Ключевые слова: рак прямой кишки, колоректальный анастомоз, несостоятельность швов, илеостома, факторы риска

Ismayilov I.

Republican Diagnostic Center, Baku, Azerbaijan

Comparative Evaluation of Laparoscopically Assisted Colorectal Anastomosis Techniques and Risk Factors for Postoperative Complications

Conflict of interest: nothing to declare.

Funding: nothing to declare.

Submitted: 15.02.2026

Accepted: 08.07.2026

Contacts: dr.ilgarismayil@yahoo.com

Abstract

Purpose. To perform a comparative evaluation of outcomes of different colorectal anastomosis techniques in patients with colorectal cancer, and to identify factors influencing anastomotic leakage.

Materials and methods. The study included 230 patients with adenocarcinoma of the rectum and sigmoid colon who underwent elective laparoscopic radical resections with circular stapler colorectal anastomosis between 2023 and 2025. Patients were divided into two groups according to the anastomosis technique: end-to-end ($n=71$) and side-to-end ($n=159$). A protective ileostomy was constructed in 32 (13,9%) patients. The influence of age, sex, body mass index, comorbidities, and preoperative neoadjuvant chemo- and/or radiotherapy on the risk of anastomotic leakage was analyzed.

Results. Baseline demographic characteristics were comparable between the groups. The rate of anastomotic leakage was significantly lower in the side-to-end group than in the end-to-end group (0.6% vs. 5.6%, $p=0.016$). Side-to-end reconstruction demonstrated a protective effect against anastomotic leakage (OR=0.106; 95% CI, 0.012–0.966). Patients in the end-to-end group more frequently required diverting ileostomy (36.6% vs. 3.8%, $p<0.001$), reoperation (16.9% vs. 1.3%, $p<0.001$), intensive care unit admission (16.9% vs. 1.3%, $p<0.001$), and experienced urinary dysfunction (16.9% vs. 1.3%, $p<0.001$). Most cases of anastomotic leakage occurred in patients aged 50–69 years. Risk factor analysis



identified distal tumor location ($p=0.046$), simultaneous resections ($OR=5.33$, $p=0.047$), increased intraoperative blood loss ($OR=8.71$, $p=0.007$), comorbidities ($RR=4.00$, $p=0.014$), and urinary dysfunction ($OR=56.0$, $p<0.001$) as significant factors associated with anastomotic leakage. Functional outcomes assessed by the LARS and Wexner scores did not differ significantly between groups ($p>0.05$).

Conclusion. Side-to-end anastomosis was associated with lower rates of anastomotic leakage and postoperative complications compared with end-to-end anastomosis, suggesting a protective effect. Protective ileostomy was not associated with an increased risk of anastomotic leakage. The use of side-to-end anastomosis may reduce the need for protective ileostomy formation. Distal tumor location, simultaneous resections, increased intraoperative blood loss, comorbidities, and urinary dysfunction were identified as risk factors for anastomotic leakage.

Keywords: rectal cancer, colorectal anastomosis, anastomotic leakage, ileostomy, risk factors

■ ВВЕДЕНИЕ

Рак толстой кишки (РТК) остается одной из наиболее распространенных злокачественных опухолей желудочно-кишечного тракта и является важной причиной онкологической смертности во всем мире [1, 2]. Основным методом радикального лечения РТК является хирургическое вмешательство. При этом формирование кишечного анастомоза представляет собой один из ключевых этапов операции, во многом определяющий непосредственные и отдаленные результаты лечения. Наиболее серьезным послеоперационным осложнением считается несостоятельность швов (НШ) анастомоза, ассоциированная с увеличением частоты послеоперационных осложнений, летальности, продолжительности госпитализации и ухудшением качества жизни пациентов [3].

Частота НШ после колоректальных резекций варьирует в широких пределах и, по данным различных авторов, может достигать 30% в зависимости от уровня расположения анастомоза, техники его формирования и индивидуальных особенностей пациента. К основным факторам риска относятся мужской пол, высокий индекс массы тела, низкое расположение опухоли, длительность оперативного вмешательства, наличие сопутствующих заболеваний, а также нарушения нутритивного статуса, включая гипоальбуминемию [4–6]. Наиболее распространенными вариантами формирования колоректального и колоанального анастомозов являются техники «конец в конец» и «бок в конец». Техника «конец в конец» обеспечивает анатомическое соответствие соединяемых сегментов кишечника, тогда как анастомоз «бок в конец» позволяет уменьшить натяжение тканей, обеспечить более благоприятные условия для кровоснабжения в зоне соустья и облегчить адаптацию сегментов при различии их диаметра, что потенциально может способствовать снижению риска НШ [7–9]. Дополнительное влияние на частоту НШ оказывают особенности предоперационного лечения. В частности, проведение лучевой терапии при низкорасположенных опухолях прямой кишки может сопровождаться ухудшением репаративных процессов и повышением риска развития как ранней, так и поздней несостоятельности анастомоза [10, 11].

Несмотря на значительное количество исследований, посвященных проблеме НШ, вопросы выбора оптимального варианта анастомозирования и оценки факторов риска ее развития сохраняют свою актуальность [12, 13]. В связи с этим необходимо сравнительное изучение результатов формирования анастомозов по типу «конец в конец» и «бок в конец», а также оценка клинических факторов, ассоциированных с развитием НШ у пациентов с РТК.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести сравнительную оценку результатов различных техник колоректального анастомоза у пациентов с колоректальным раком и определить факторы, влияющие на развитие несостоятельности швов.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование были включены 230 пациентов с аденокарциномой прямой кишки и ректосигмоидного соединения, которым в период с 2023 по 2025 г. в Национальном онкологическом центре (Баку, Азербайджан) были выполнены плановые лапароскопические радикальные хирургические вмешательства с формированием колоректальных или колоанальных анастомозов.

Среди пациентов преобладали мужчины – 141 (61,3%), женщины – 89 (38,7%). Возрастное распределение выглядело следующим образом: <50 лет – 36 (15,7%), 50–69 лет – 142 (61,7%), ≥70 лет – 52 (22,6%).

Индекс массы тела (ИМТ) находился в пределах нормы у 120 пациентов (52,2%), избыточная масса тела отмечалась у 72 (31,3%), ожирение – у 37 (16,1%), дефицит массы тела – у 1 (0,4%).

По классификации ASA пациенты распределялись следующим образом: ASA I – 25 (10,9%), ASA II – 182 (79,1%), ASA III – 21 (9,1%), ASA IV – 2 (0,9%).

Опухоли преимущественно локализовались в проксимальном отделе прямой кишки – 170 (73,9%), в среднем отделе – 39 (17,0%), в дистальном отделе – 21 (9,1%).

По системе TNM: T0 – 18 (7,8%), T1 – 18 (7,8%), T2 – 33 (14,3%), T3 – 106 (46,1%), T4 – 31 (13,5%); N0 – 18 (7,8%), N1 – 111 (48,3%), N2 – 39 (17,0%), N3 – 37 (16,1%).

Неoadъювантная терапия проводилась у 54 пациентов (23,5%), тогда как 176 (76,5%) пациентов ее не получали.

По типу хирургического вмешательства пациенты распределялись следующим образом: передняя резекция – 152 (66,1%), низкая передняя резекция – 64 (27,8%), ультранизкая передняя резекция – 14 (6,1%). При выполнении низких и ультранизких резекций соблюдались принципы тотальной мезоректальной эксцизии (total mesorectal excision, TME) по Heald. Пациенты дополнительно стратифицировались по уровню резекции для анализа послеоперационных исходов.

Формирование анастомоза выполнялось двумя способами: «конец в конец» – 71 (30,9%) и «бок в конец» – 159 (69,1%) пациентов. Выбор техники зависел от уровня резекции и интраоперационных анатомо-технических условий формирования соустья.

Все операции выполнялись лапароскопическим доступом одной хирургической бригадой под общей эндотрахеальной анестезией с использованием стандартного лапароскопического инструментария и 45° оптики.

Забор препарата выполнялся через срединный разрез в 180 случаях (78,3%), через разрез по Пфанненштилю – в 31 (13,5%), через илеостомическое отверстие – в 14 (6,1%), трансанально – в 4 (1,7%) и трансвагинально – в 1 случае (0,4%).



Интраоперационно использовался линейный степлер (Endo GIA): 1 картридж – у 162 пациентов (70,4%), 2 – у 50 (21,7%), 3 – у 1 пациента (0,4%); отсутствующие данные отмечены в 17 случаях (7,4%).

В группе анастомоза «бок в конец» анвил вводили в проксимальный отдел кишки, после чего кишку выводили на 8–10 см проксимальнее культи через антимезентеральный край. Культю закрывали линейным степлером или ручным двухрядным швом с последующим формированием двухстеплерного анастомоза.

Профилактическая илеостомия была сформирована у 32 пациентов (13,9%). Одновременные мультиорганные резекции выполнены у 27 пациентов (11,7%). Селективная перевязка артерий проводилась у 26 пациентов (11,3%), мобилизация селезеночного изгиба – у 154 (67,0%).

В анамнезе ранее перенесенные хирургические вмешательства отмечались у 92 пациентов (40,0%), включая лапаротомию (n=43), аноректальные операции (n= 9) и другие абдоминальные вмешательства (n=40).

Нарушения мочеиспускания выявлены у 2 пациентов (0,9%), недержание кала – у 1 (0,4%), отдаленные метастазы – у 23 (10,0%), рецидив заболевания – у 1 (0,4%).

НШ определялась на основании клинических, лабораторных и инструментальных данных и классифицировалась согласно рекомендациям International Study Group of Rectal Cancer (ISREC) как степени А, В и С. Послеоперационные осложнения дополнительно оценивались по классификации Clavien – Dindo.

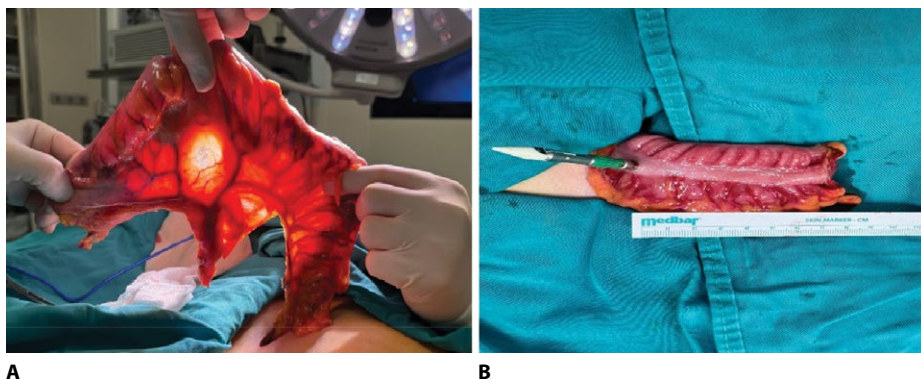
Статистический анализ

Статистический анализ выполнялся с использованием IBM SPSS Statistics версии 27. Дизайн исследования – когортный с межгрупповыми и внутригрупповыми сравнениями.

Категориальные переменные анализировались с использованием критерия χ^2 Пирсона или точного критерия Фишера, количественные переменные – с применением ANOVA или критерия Манна – Уитни в зависимости от распределения данных. Функциональные результаты оценивались с помощью шкал Wexner и Low Anterior Resection Syndrome (LARS). Факторы риска НШ анастомоза оценивались с использованием бинарной логистической регрессии с расчетом отношения шансов (OR) и 95% доверительных интервалов (ДИ). Статистически значимым считалось значение $p < 0,05$.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ исходных клинико-демографических характеристик 230 пациентов не выявил статистически значимых различий между группами анастомозов «конец в конец» (n=71) и «бок в конец» (n=159) по возрасту, полу и ИМТ ($p > 0,05$), что свидетельствует об исходной однородности сравниваемых выборок. Распределение пациентов по возрастным категориям в группе «конец в конец»: до 50 лет – 14,1% (n=10), 50–69 лет – 64,8% (n=46), 70 лет и старше – 21,1% (n=15). В группе «бок в конец» соответствующее распределение выглядело следующим образом: 16,4% (n=26), 60,4% (n=96) и 23,3% (n=37) соответственно. Группа «конец в конец» включала 41 мужчину (57,7%) и 30 женщин (42,3%), тогда как группа «бок в конец» – 100 мужчин (62,9%) и 59 женщин (37,1%) (табл. 1, см. рисунок).



Этапы подготовки трансплантата перед формированием колоректального анастомоза по типу «бок в конец»: А – интраоперационная визуализация брыжейки и сосудистой архитектоники мобилизованной кишки методом трансиллюминации для определения адекватных границ резекции; В – макроскопическая оценка длины резецированного сегмента кишки и состояния слизистой оболочки на операционном столе (с использованием стерильной линейки)
Stages of graft preparation before forming a side-to-end colorectal anastomosis: A – intraoperative visualization of the mesentery and vascular architecture of the mobilized bowel using transillumination to determine appropriate resection margins; B – macroscopic assessment of the resected bowel segment length and mucosal condition on the operating table (using a sterile ruler)

Анализ сопутствующих заболеваний показал статистически значимые различия между группами. В группе «конец в конец» сопутствующая патология выявлялась у 14 пациентов (19,7%), тогда как в группе «бок в конец» – у 66 пациентов (41,5%) ($p=0,001$). В структуре коморбидной патологии преобладали артериальная гипертензия, сахарный диабет 2-го типа, ишемическая болезнь сердца и хроническая обструктивная болезнь легких.

В группе «бок в конец» единственный случай несостоятельности анастомоза развился у пациента без выраженной сопутствующей патологии.

В группе «конец в конец» среди пациентов с НШ ($n=5$) у одного отмечались сахарный диабет и артериальная гипертензия, тогда как у остальных 4 пациентов сопутствующая патология не выявлялась ($p=0,483$).

Анализ семейного анамнеза также выявил различия между группами: положительный семейный анамнез отмечался у 6 пациентов (8,5%) в группе «конец в конец» и у 4 пациентов (2,5%) в группе «бок в конец» ($p=0,042$).

Распределение пациентов по классификации ASA показало статистически значимые различия ($p=0,022$). В группе «конец в конец» преобладали пациенты ASA II – 39 (54,9%) и ASA I – 20 (28,2%), тогда как в группе «бок в конец» большинство пациентов соответствовали ASA II – 143 (89,9%). Пациенты ASA III и ASA IV в обеих группах встречались реже (14,1% и 2,8% против 6,9% и 0% соответственно).

При анализе патологоанатомической стадии опухоли по категории Т статистически значимых различий между группами не выявлено ($p=0,964$). В группе «конец в конец» распределение составило: T0 – 11,1%, T1 – 5,6%, T2 – 18,5%, T3 – 48,1%, T4 – 16,7%. В группе «бок в конец» соответствующие показатели составили 7,9%, 9,9%, 15,1%, 52,6% и 14,5%.



Таблица 1

Сравнительный анализ интраоперационных показателей и хирургической техники у пациентов с раком толстой кишки

Table 1

Comparative analysis of intraoperative parameters and surgical techniques in patients with colorectal cancer

Показатели		Тип анастомоза				p
		«Конец в конец»		«Бок в конец»		
		N	%	N	%	
Метод операции	Передняя резекция	39	54,9	113	71,1	0,001
	Низкая передняя резекция	18	25,4	46	28,9	
	Ультранизкая передняя резекция	14	19,7	0	0,0	
Симультанная резекция	Нет	64	90,1	139	87,4	0,555
	Есть	7	9,9	20	12,6	
Селективное или высокое лигирование нижней брыжеечной артерии	Нет	68	95,8	136	85,5	0,024
	Есть	3	4,2	23	14,5	
Мобилизация селезеночного изгиба ободочной кишки	Нет	34	47,9	42	26,4	0,001
	Есть	37	52,1	117	73,6	
Защитная илеостома	Нет	45	63,4	153	96,2	<0,001
	Есть	26	36,6	6	3,8	
Техника выполнения анастомоза	Ручной шов	8	11,3	0	0,0	<0,001
	Циркулярный шов	63	88,7	159	100,0	
Зона извлечения опухоли	Трансанальный	4	5,6	0	0,0	<0,001
	Илеостомический разрез	11	15,5	3	1,9	
	Срединный разрез	54	76,1	126	79,2	
	Разрез по Пфанненштилю	2	2,8	29	18,2	
	Трансвагинальный	0	0,0	1	0,6	
Эндоскопический степлер Endo GIA	1	33	61,1	129	81,1	0,003
	2	20	37,0	30	18,9	
	3	1	1,9	0	0,0	
Неoadъювантная химиолучевая терапия	Нет	47	66,2	129	81,1	0,014
	Есть	24	33,8	30	18,9	
Объем кровопотери, мл	0–99	62	87,3	150	94,3	0,068
	100–499	9	12,7	9	5,7	

Примечание: p – уровень статистической значимости различий между двумя группами.

Аналогично статистически значимых различий по поражению регионарных лимфатических узлов (N) между группами выявлено не было ($p=0,517$). В группе «конец в конец» N0 составил 11,3%, N1 – 45,3%, N2 – 22,6%, N3 – 20,8%, тогда как в группе «бок в конец» – 7,9%, 57,2%, 17,8% и 17,1% соответственно.

При анализе степени дифференцировки опухоли выявлены статистически значимые различия ($p=0,017$). В группе «конец в конец» преобладала умеренная дифференцировка – 93,8%, тогда как в группе «бок в конец» – 93,1%. Высокая дифференцировка отмечалась только в группе «бок в конец» (5,6%), тогда как низкая дифференцировка встречалась реже (6,3% против 1,4%).

Анализ типа оперативного вмешательства выявил статистически значимые различия между группами ($p=0,001$). В группе «конец в конец» передняя резекция выполнялась у 39 пациентов (54,9%), низкая передняя резекция – у 18 (25,4%), ультранизкая передняя резекция – у 14 (19,7%). В группе «бок в конец» преобладала передняя резекция – 113 пациентов (71,1%), тогда как низкая передняя резекция составила 46 случаев (28,9%), а ультранизкая передняя резекция в данной группе не выполнялась (0%).

Частота симультантных резекций не различалась между группами: 7 пациентов (9,9%) в группе «конец в конец» и 20 пациентов (12,6%) в группе «бок в конец» ($p=0,555$).

Селективное или высокое лигирование нижней брыжеечной артерии выполнялось статистически значимо чаще в группе «бок в конец» – 23 пациента (14,5%) – по сравнению с 3 пациентами (4,2%) в группе «конец в конец» ($p=0,024$).

Мобилизация селезеночного изгиба ободочной кишки также чаще проводилась в группе «бок в конец» – 117 пациентов (73,6%) против 37 пациентов (52,1%) в группе «конец в конец» ($p=0,001$).

Формирование защитной илеостомы достоверно различалось между группами ($p<0,001$): в группе «конец в конец» она была выполнена у 26 пациентов (36,6%), тогда как в группе «бок в конец» – лишь у 6 пациентов (3,8%).

Техника формирования анастомоза также существенно различалась ($p<0,001$): в группе «конец в конец» ручной шов использовался у 8 пациентов (11,3%), циркулярный степлер – у 63 пациентов (88,7%), тогда как в группе «бок в конец» во всех случаях применялась степлерная техника (100%).

Анализ метода извлечения операционного препарата показал статистически значимые различия ($p<0,001$). В группе «конец в конец» чаще использовался трансанальный доступ (5,6%) и извлечение через илеостомическое отверстие (15,5%), тогда как в группе «бок в конец» преобладал разрез по Пфанненштилю (18,2%), а также срединный доступ (79,2%).

Количество использованных картриджей Endo GIA также различалось между группами ($p=0,003$): в группе «конец в конец» 1 картридж использовался в 33 случаях (61,1%), 2 – в 20 (37,0%), 3 – в 1 (1,9%); в группе «бок в конец» 1 картридж применялся в 129 случаях (81,1%), 2 – в 30 (18,9%), использования 3 картриджей не отмечалось.

Неоадьювантная терапия проводилась чаще в группе «конец в конец» – 24 пациента (33,8%) – по сравнению с 30 пациентами (18,9%) в группе «бок в конец» ($p=0,014$).

Объем интраоперационной кровопотери не достиг статистической значимости ($p=0,068$), однако наблюдалась тенденция к более частому уменьшению кровопотери (<100 мл) в группе «бок в конец» – 150 пациентов (94,3%) против 62 пациентов (87,3%) в группе «конец в конец».

Анализ послеоперационных показателей выявил, что обнаружение бактериальной флоры в дренажной жидкости методом ПЦР на 2-е сутки после операции не имело статистически значимых различий между группами: в группе «конец в конец»



микробиологическая позитивность выявлена у 3 пациентов (4,2%), тогда как в группе «бок в конец» положительные результаты зарегистрированы у 10 пациентов (6,6%) ($p=0,055$). Аналогичная тенденция сохранялась на 5-е сутки: в группе «бок в конец» ПЦР-позитивность в дренажной жидкости выявлена у 15 пациентов (9,9%), тогда как в группе «конец в конец» положительные результаты отмечены у 2 пациентов (2,8%) ($p=0,073$).

Потребность в пребывании в отделении реанимации статистически значимо отличалась между группами ($p<0,001$): в группе «конец в конец» она наблюдалась у 12 пациентов (16,9%), тогда как в группе «бок в конец» – у 2 (1,3%) (табл. 2).

Продолжительность госпитализации также имела различия ($p=0,041$): пребывание в стационаре 1 день отмечено у 19 пациентов (26,8%) в группе «конец в конец» и у 24 пациентов (15,1%) в группе «бок в конец»; 2 дня – у 44 (62,0%) и 109 (68,6%) соответственно; 3 дня – у 8 (11,3%) и 26 (16,4%).

По классификации Clavien – Dindo выявлены статистически значимые различия между группами ($p=0,013$). В группе «конец в конец» преобладали более тяжелые осложнения: степень III отмечена у 8 пациентов (53,3%), что являлось наиболее частой категорией, далее следовали степень I – 3 пациента (20,0%) и степень IV – 3 пациента (20,0%), тогда как степень II наблюдалась лишь у 1 пациента (6,7%). В группе «бок в конец» структура осложнений была смещена в сторону более легких форм: доминировали осложнения степени I – 7 пациентов (63,6%), затем степень III – 3 пациента (27,3%) и степень II – 1 пациент (9,1%), при этом осложнения степени IV не зарегистрированы. Необходимость повторных операций достоверно различалась между группами ($p<0,001$): в группе «конец в конец» она имела у 12 пациентов (16,9%), тогда как в группе «бок в конец» – у 2 (1,3%).

Нарушения функции мочеиспускания также были значительно чаще в группе «конец в конец» – 12 пациентов (16,9%) – против 2 пациентов (1,3%) в группе «бок в конец» ($p<0,001$).

Основной изучаемый показатель – НШ анастомоза – выявлен у 4 пациентов (5,6%) в группе «конец в конец» и у 1 пациента (0,6%) в группе «бок в конец» ($p=0,016$).

Летальность имела тенденцию к различию между группами ($p=0,051$): в группе «конец в конец» зарегистрировано 15 случаев (21,1%), тогда как в группе «бок в конец» – 18 случаев (11,3%), что указывает на более высокую частоту летальных исходов в группе «конец в конец».

Частота рецидива заболевания также различалась между группами: в группе «конец в конец» рецидив отмечен у 1 пациента (1,4%), тогда как в группе «бок в конец» случаев рецидива не зарегистрировано, и данное различие было статистически значимым ($p=0,019$). Частота отдаленных метастазов статистически значимо не различалась: 6 пациентов (8,5%) в группе «конец в конец» и 17 пациентов (10,7%) в группе «бок в конец» ($p=0,249$). Показатели прогрессирования заболевания также не имели статистической значимости ($p=0,154$), при этом локальное прогрессирование наблюдалось у 5 пациентов (23,8%) и 2 пациентов (7,4%) соответственно, системное – у 7 (33,3%) и 9 (33,3%), а другие формы прогрессирования – у 9 (42,9%) и 16 (59,3%).

Функциональные результаты по шкале LARS не различались между группами ($p=0,939$). По шкале Wexner существенных различий также не выявлено ($p=0,580$ и $p=0,264$ в различных анализах), при этом распределение степени нарушения функции кишечника варьировало от «хороший» до «тяжелый» без статистически значимой разницы.

Таблица 2
Показатели хирургического лечения и послеоперационные исходы
Table 2
Surgical treatment parameters and postoperative outcomes

Показатели		Тип анастомоза				p
		«Конец в конец»		«Бок в конец»		
		N	%	N	%	
ПЦР в дренажной жидкости на 2-е сутки	Нет	71	95,8	151	93,4	0,055
	Есть	3	4,2	10	6,6	
ПЦР в дренажной жидкости на 5-е сутки	Нет	71	97,2	151	90,1	0,073
	Есть	2	2,8	15	9,9	
Длительность пребывания в реанимации (сутки)	Нет	59	83,1	157	98,7	<0,001
	Есть	12	16,9	2	1,3	
Длительность госпитализации (койко-дни)	1	19	26,8	24	15,1	0,041
	2	44	62,0	109	68,6	
	3	8	11,3	26	16,4	
Clavien – Dindo (шкала)	Степень 1	3	20,0	7	63,6	0,013
	Степень 2	1	6,7	1	9,1	
	Степень 3	8	53,3	3	27,3	
	Степень 4	3	20,0	0	0,0	
Реоперация	Нет	59	83,1	157	98,7	<0,001
	Есть	12	16,9	2	1,3	
Дисфункция мочеиспускания	Нет	59	83,1	157	98,7	<0,001
	Есть	12	16,9	2	1,3	
Несостоятельность швов	Нет	67	94,4	158	99,4	0,016
	Есть	4	5,6	1	0,6	
Летальность	Нет	56	78,9	141	88,7	0,051
	Есть	15	21,1	18	11,3	
Рецидив	Нет	70	98,6	159	100,0	0,019
	Есть	1	1,4	0	0,0	
Метастаз	Нет	65	91,5	142	89,3	0,249
	Есть	6	8,5	17	10,7	
Прогрессирование заболевания	Локальный	5	23,8	2	7,4	0,154
	Системный	7	33,3	9	33,3	
	Другое	9	42,9	16	59,3	
Шкала LARS	Нет	13	56,5	43	75,4	0,939
	Малая степень	4	17,4	5	8,8	
	Большая степень	6	26,1	9	15,8	
Шкала Wexner, степень	Отличный	0	0,0	0	0,0	0,580
	Хороший	2	16,7	2	40,0	
	Средний	6	50,0	1	20,0	
	Тяжелый	2	16,7	2	40,0	
	Полный	2	16,7	0	0,0	
2-я степень по шкале Wexner	Отличный	0	0,0	0	0,0	0,264
	Хороший	1	25,0	0	0,0	
	Средний	2	50,0	0	0,0	
	Тяжелый	1	25,0	1	100,0	
	Полный	0	0,0	0	0,0	

Примечание: p – уровень статистической значимости различий между двумя группами.



Факторы риска развития несостоятельности швов анастомоза

При анализе демографических показателей установлено, что большинство пациентов с НШ анастомоза были мужчинами: 4 случая (80,0%) против 1 случая (20,0%) у женщин ($p=0,387$). Среди пациентов без данного осложнения также преобладали мужчины – 137 (60,9%). Среди общей выборки исследования 104 пациента были курильщиками, а 38 – некурящими. Курение не было ассоциировано с повышенным риском НШ анастомоза в данной когорте ($OR=0,54$; 95% ДИ не рассчитывался из-за малого числа событий). Частота НШ анастомоза составила 2,9% среди курильщиков (3/104) и 5,3% среди некурящих (2/38).

Возрастной анализ показал, что все случаи НШ анастомоза были зарегистрированы в возрастной группе 50–69 лет – 5 пациентов (100,0%) ($p=0,754$), тогда как в группах <50 и ≥ 70 лет осложнение не наблюдалось.

При анализе ИМТ НШ анастомоза выявлена у пациентов с нормальной массой тела (2 случая; 40,0%), дефицитом массы тела (1; 20,0%), избыточной массой (1; 20,0%) и ожирением (1; 20,0%) ($p=0,529$). Среди пациентов без осложнения ожирение отмечалось в 16,0% ($n=36$), случаев дефицита массы тела не зарегистрировано (табл. 3).

По семейному анамнезу колоректального рака статистически значимой связи с развитием НШ анастомоза не выявлено ($p=0,631$): все случаи осложнения наблюдались у пациентов без отягощенного анамнеза ($n=5$; 100,0%).

По летальности также не получено значимой ассоциации ($p=0,716$): среди пациентов с НШ анастомоза 4 (80,0%) были живы, 1 (20,0%) умер. В группе без осложнения летальность составила 14,4% ($n=32$).

При сравнительном анализе локализации опухоли установлено, что НШ чаще наблюдалась при проксимальной и дистальной локализации. Так, при проксимальной локализации НШ выявлена у 2 пациентов (40,0%), при дистальной – также у 2 (40,0%), при медиальной – у 1 пациента (20,0%) ($p=0,048$). Среди пациентов без НШ дистальная локализация встречалась лишь в 8,4% случаев ($n=19$).

При оценке сопутствующей патологии у пациентов с НШ анастомоза установлено, что у 4 пациентов (80,0%) сопутствующие заболевания отсутствовали, тогда как у 1 пациента (20,0%) была выявлена сопутствующая патология ($p=0,484$).

Коморбидный статус (артериальная гипертензия, сахарный диабет 2-го типа, ишемическая болезнь сердца, хроническая обструктивная болезнь легких) существенно не отличался между группами ($p>0,05$), однако у пациентов с НШ сопутствующие заболевания отмечались несколько чаще, что может указывать на их роль как фоновых факторов риска. Из пациентов с сопутствующими заболеваниями в группе «конец в конец» защитная илеостома была сформирована у 6 человек (8,8%), тогда как у 7 человек (10,3%) илеостома не применялась. НШ анастомоза развилась у 4 пациентов с сопутствующей патологией, что соответствовало увеличению риска осложнения по сравнению с пациентами без сопутствующих заболеваний ($RR=4,00$; 95% ДИ: 1,22–13,1; $p=0,014$).

НШ оценивалась согласно классификации International Study Group of Rectal Cancer (ISREC), в соответствии с которой выделяли 3 степени: легкую (степень А), не требующую активного вмешательства; среднюю (степень В), требующую консервативного или минимально инвазивного лечения; тяжелую (степень С), требующую хирургического вмешательства.

Таблица 3
Операционные показатели в зависимости от развития несостоятельности швов
Table 3
Operative parameters depending on the occurrence of anastomotic leakage

Показатели		Несостоятельность швов				p
		Нет		Есть		
		N	%	N	%	
Метод операции	Передняя резекция	151	67,1	1	20,0	0,024
	Низкая передняя резекция	61	27,1	3	60,0	
	Ультранизкая передняя резекция	13	5,8	1	20,0	
Симультанная резекция	Нет	200	88,9	3	60,0	0,048
	Есть	25	11,1	2	40,0	
Селективное или высокое лигирование нижней брыжеечной артерии	Нет	199	88,4	5	100,0	0,420
	Есть	26	11,6	0	0,0	
Техника выполнения анастомоза	Ручной шов	7	3,1	1	20,0	0,042
	Циркулярный шов	218	96,9	4	80,0	
Зона извлечения опухоли	Трансанальный	4	1,8	0	0,0	0,802
	Илеостомический разрез	13	5,8	1	20,0	
	Срединный разрез	177	78,7	3	60,0	
	Разрез по Пфанненштилю	30	13,3	1	20,0	
	Трансвагинальный	1	0,4	0	0,0	
Количество портов	4	101	48,3	0	0,0	0,101
	5	107	51,2	3	100,0	
	6	1	0,5	0	0,0	
Эндоскопический степлер Endo GIA	1	160	76,2	2	66,7	0,483
	2	50	23,8	0	0,0	
	3	0	0,0	1	33,3	
Объем кровопотери, мл	0–99	209	92,9	3	60,0	0,007
	100–499	16	7,1	2	40,0	
Защитная илеостома	Нет	196	87,1	2	40,0	0,003
	Есть	29	12,9	3	60,0	

Примечание: p – уровень статистической значимости различий между двумя группами.

В группе «конец в конец» НШ наблюдалась у 4 пациентов (80,0% от всех случаев НШ): у 1 пациента (20,0%) отмечалась легкая степень, у 1 пациента (20,0%) – средняя степень и у 2 пациентов (40,0%) – тяжелая степень несостоятельности анастомоза.

В группе «бок в конец» НШ была зарегистрирована у 1 пациента (20,0%), у которого наблюдалась тяжелая степень осложнения. По классификации ASA большинство пациентов с НШ относились к ASA II – 3 случая (60,0%), ASA I и ASA III – по 1 случаю (20,0% и 20,0%) (p≈0,997). В группе без НШ доля ASA III составила 8,9% (n=20). Анализ



мочевой дисфункции показал статистически значимую ассоциацию с НШ ($p < 0,001$). В группе без НШ нарушения мочеиспускания отсутствовали у 94,2%, тогда как в группе НШ – у 80,0%; дисфункция выявлена у 20,0% пациентов.

По типу выполненного вмешательства передняя резекция с формированием колоректального анастомоза была выполнена у 151 (67,1%) пациента, низкая передняя резекция с формированием колоанального анастомоза – у 61 (27,1%), ультранизкая передняя резекция с формированием колоанального анастомоза – у 13 (5,8%) пациентов. При этом НШ наиболее часто наблюдалась после низкой передней резекции с формированием колоанального анастомоза – в 3 (60,0%) случаях, после передней резекции с формированием колоректального анастомоза – в 1 (20,0%) случае и после ультранизкой передней резекции с формированием колоанального анастомоза – также в 1 (20,0%) случае ($p = 0,024$).

Симультанные резекции ассоциировались с более высокой частотой НШ – 2 случая (40,0%) против 25 (11,1%) в группе без осложнения ($p = 0,048$). При анализе техники анастомоза НШ чаще отмечалась при циркулярном степлере – 4 случая (80,0%) против 1 случая (20,0%) при ручном шве ($p = 0,042$).

По количеству портов НШ чаще наблюдалась при использовании 5 портов – 3 случая (100,0%) ($p = 0,101$). По системе EndoGIA: 1 степлер – 2 случая (66,7%), 3 степлера – 1 случай (33,3%) ($p = 0,483$).

По типу доступа при извлечении препарата: через срединный разрез – 3 случая (60,0%), через стому – 1 (20,0%), по Пфанненштилю – 1 (20,0%) ($p = 0,802$). Длительность операции была статистически значимо выше в группе НШ: $Me = 430,0$ мин ($Q1 = 425,0$; $Q3 = 440,0$) против $Me = 285,0$ мин ($Q1 = 240,0$; $Q3 = 345,0$) ($p = 0,018$). Интраоперационная кровопотеря 100–499 мл чаще встречалась при НШ – 40,0% против 7,1% ($p = 0,007$). Защитная илеостома чаще формировалась у пациентов с НШ – 60,0% против 12,9% ($p = 0,003$). Анализ раннего послеоперационного периода показал, что у пациентов с НШ не отмечалось затруднений с отхождением газов или кала. В группе без НШ подобное осложнение выявлено у 1 пациента (0,4%) ($p = 0,881$).

В ОИТ лечение проводилось у 1 пациента (20,0%) с НШ и у 13 пациентов (5,8%) без НШ ($p = 0,189$). Продолжительность госпитализации у пациентов с НШ составила: 1 день – 2 случая (40,0%), 2 дня – 1 случай (20,0%), 3 дня – 2 случая (40,0%) ($p = 0,913$).

По классификации Clavien – Dindo у пациентов с НШ преобладали осложнения I–II степени (по 1 пациенту, 50,0%). В группе без НШ осложнения выявлены у 24 пациентов: степень I – 9 (37,5%), степень II – 1 (4,2%), степень III – 11 (45,8%), степень IV – 3 (12,5%) ($p = 0,301$).

Повторные операции выполнялись у 1 пациента (20,0%) с НШ и у 13 пациентов (5,8%) без НШ ($p = 0,189$). Нарушения мочеиспускания выявлены также у 1 пациента (20,0%) с НШ и у 13 пациентов (5,8%) без НШ ($p = 0,189$).

Во всех случаях НШ края резекции были негативными ($n = 4$; 100,0%). В группе без НШ положительный край выявлен у 1 пациента (0,5%), близкий край резекции (≤ 1 мм) – у 1 (0,5%) ($p = 1,000$). Метастазы выявлены у 1 пациента (20,0%) с НШ ($p = 0,297$), в общей когорте – у 23 пациентов (10,0%). Рецидив заболевания наблюдался только в группе без НШ – 1 случай (0,4%) ($p = 0,026$). Прогрессирование распределялось равномерно: по 1 случаю локального, системного и иного характера ($p = 0,397$).

По шкале LARS у пациентов без НШ отсутствие синдрома отмечено у 55 (71,4%) человек. В группе НШ результаты распределились равномерно: отсутствие LARS –

1 (33,3%), легкий – 1 (33,3%), тяжелый – 1 (33,3%) пациент ($p=0,197$). По шкале Wexner на первом этапе у пациентов с НШ преобладала умеренная, тяжелая и полная инконтиненция (по 33,3%); в группе без НШ: тяжелая – 3 (21,4%), полная – 1 (7,1%) ($p=0,145$). При повторной оценке Wexner сохранялись функциональные нарушения: в группе без НШ – легкая (20,0%), умеренная (40,0%), тяжелая (40,0%) ($p=0,145$). Медианный LARS составил 14,0 ($Q1=5,0$; $Q3=27,0$) в группе без НШ и 29,0 ($Q1=0,0$; $Q3=34,0$) в группе НШ ($p=0,491$); медианный Wexner – 13,0 ($Q1=4,0$; $Q3=16,0$) и 16,0 ($Q1=11,0$; $Q3=20,0$) соответственно ($p=0,282$). Wexner score 2 был доступен только в группе без НШ – медиана 11,0 ($Q1=8,0$; $Q3=15,0$).

Таким образом, демографический анализ показал, что НШ анастомоза чаще встречалась у мужчин и в возрастной группе 50–69 лет, а основными факторами, ассоциированными с НШ, являлись низкая передняя резекция, высокая техническая сложность операции, симультанные вмешательства и увеличенная интраоперационная травматизация.

Статистический анализ выявил значимую связь между типом анастомоза и НШ анастомоза ($\chi^2=5,781$; $p=0,016$; критерий Фишера $p=0,033$). Согласно оценке отношения шансов, OR составил 0,106 (95% ДИ: 0,012–0,966), что указывает на протективный эффект анастомоза типа «бок в конец» по сравнению с «конец в конец». В когортном анализе риск составил 0,372 (95% ДИ: 0,230–0,603) в группе «конец в конец» и 3,511 (95% ДИ: 0,607–20,309) в группе «бок в конец» (табл. 4).

Между локализацией опухоли и НШ анастомоза выявлена статистически значимая связь ($\chi^2=6,158$; $p=0,046$). Частота НШ составила 1,2% ($n=2$) при проксимальной локализации, 2,6% ($n=1$) при медиальной и 9,5% ($n=2$) при дистальной локализации, что указывает на более высокий риск при дистальном расположении опухоли.

Анализ мочевого дисфункции показал выраженную ассоциацию с НШ анастомоза ($\chi^2=21,700$; $p<0,001$). Среди пациентов без мочевого дисфункции НШ составила 1,8%

Таблица 4
Факторы риска несостоятельности швов анастомоза
Table 4
Risk factors for anastomotic leakage

Фактор риска	Показатель эффекта	95% доверительный интервал	p-value
Анастомоз «конец в конец»	OR=0,106	0,012–0,966	0,033
Защитная илеостома	OR=10,138	1,624–63,274	0,003
Интраоперационная кровопотеря (100–499 мл)	OR=8,708	1,356–55,941	0,007
Мочевая дисфункция	OR=56,000	2,952–1062,323	<0,001
Симультанные резекции	OR=5,333	0,850–33,476	0,047
Дистальная локализация опухоли	Повышенный риск	–	0,046
Низкие/ультранизкие резекции	Тенденция к повышению риска	–	0,075
Анастомоз степлерный (vs ручной)	OR=0,128	0,013–1,303	0,041*

Примечание: OR – отношение шансов (odds ratio); ДИ – доверительный интервал; p – уровень статистической значимости. Звездочкой (*) обозначен уровень значимости по точному критерию Фишера.



($n=4$), тогда как при наличии дисфункции – 50,0% ($n=1$). Отношение шансов составило 56,000 (95% ДИ: 2,952–1062,323), что отражает наиболее сильную ассоциацию среди всех изученных факторов риска.

По типу операции частота НШ составила 0,7% при передней резекции, 4,9% при низкой передней резекции и 7,7% при ультранизкой передней резекции. Результат имел пограничную статистическую значимость ($\chi^2=5,169$; $p=0,075$), однако наблюдалась тенденция к увеличению риска при снижении уровня анастомоза.

Среди пациентов, перенесших симультанные резекции, НШ наблюдалась в 7,4% случаев ($n=2$), тогда как без симультанных вмешательств – в 1,5% ($n=3$) ($\chi^2=3,940$; $p=0,047$). OR составил 5,333 (95% ДИ: 0,850–33,476), что указывает на возможное увеличение риска.

При применении защитной илеостомы НШ отмечалась у 9,4% пациентов ($n=3$), тогда как без илеостомы – у 1,0% ($n=2$) ($\chi^2=9,064$; $p=0,003$). OR составил 10,138 (95% ДИ: 1,624–63,274). Данная ассоциация, вероятнее всего, отражает выбор пациентов с исходно высоким риском осложнений.

По типу анастомоза частота НШ при ручном шве составила 12,5% ($n=1$), при циркулярном степлере – 1,8% ($n=4$) ($\chi^2=4,156$; $p=0,041$), однако критерий Фишера не подтвердил статистическую значимость ($p=0,164$). OR для степлерной техники составил 0,128 (95% ДИ: 0,013–1,303), что указывает на потенциальный протективный эффект.

В зависимости от объема интраоперационной кровопотери НШ наблюдалась у 11,1% пациентов ($n=2$) при 100–499 мл и у 1,4% ($n=3$) при 0–99 мл ($\chi^2=7,334$; $p=0,007$). OR составил 8,708 (95% ДИ: 1,356–55,941).

При анализе рецидива заболевания НШ выявлялась у 14,3% пациентов ($n=1$) с рецидивом и у 1,8% ($n=4$) без него ($\chi^2=4,980$; $p=0,026$). OR составил 9,125 (95% ДИ: 0,882–94,405).

Между типом анастомоза и применением защитной илеостомы выявлена статистически значимая связь ($\chi^2=44,212$; $p<0,001$). При анастомозе «конец в конец» илеостома применялась в 36,6% случаев ($n=26$), тогда как при «бок в конец» – в 3,8% ($n=6$). OR составил 14,7 (95% ДИ: 5,7–38,5), RR – 4,121 (95% ДИ: 1,996–8,511).

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты нашего исследования демонстрируют, что выбор техники формирования колоректального анастомоза оказывает существенное влияние на послеоперационные исходы. Более высокая частота несостоятельности анастомоза в группе «конец в конец» может быть обусловлена анатомо-физиологическими и гемодинамическими особенностями данной методики [7, 14, 15]. Современные исследования также подтверждают, что натяжение тканей, особенности кровоснабжения и микроперфузии в зоне анастомоза играют ключевую роль в развитии несостоятельности швов [16–18].

В то же время техника «бок в конец» ассоциируется с более низким риском несостоятельности анастомоза и может рассматриваться как предпочтительный вариант у пациентов высокого риска. Данные литературы подтверждают, что указанный тип анастомоза обеспечивает более равномерное распределение внутрипросветного давления и улучшенные условия перфузии тканей, что снижает частоту ранних послеоперационных осложнений [19–21].

Особое внимание в настоящем исследовании уделено роли защитной (превентивной) илеостомы. Следует подчеркнуть, что ее применение не предотвращает развития несостоятельности анастомоза как таковой, однако существенно снижает тяжесть клинических проявлений, частоту септических осложнений и уменьшает необходимость повторных оперативных вмешательств [18, 19]. Аналогичные результаты были получены в метаанализах последних лет, где показано, что превентивная стома уменьшает клиническую выраженность осложнений, но не влияет на их первичную частоту [22, 23].

Важно отметить, что формирование защитной илеостомы осуществляется преимущественно у пациентов высокого риска. К факторам риска относятся низкая локализация опухоли, техническая сложность операции, сопутствующие заболевания (сахарный диабет, ожирение, сердечно-сосудистая патология), проведение неоадьювантной терапии, а также нарушения тканевой перфузии [24, 25]. Более частое применение илеостомы в группе «конец в конец» отражает не увеличение риска как такового, а селекцию пациентов с исходно более неблагоприятным профилем риска.

Наши данные подтверждают, что индивидуализированный подход к выбору типа анастомоза и формированию защитной илеостомы является ключевым фактором улучшения хирургических результатов. У пациентов высокого риска предпочтение должно отдаваться анастомозу «бок в конец» в сочетании с селективным применением илеостомы, что позволяет снизить вероятность клинически значимых осложнений и уменьшить необходимость повторных вмешательств.

Гемодинамические особенности анастомозов типов «конец в конец» и «бок в конец» также могут играть важную роль в патогенезе несостоятельности. Различия в тканевой перфузии, микрососудистой адаптации и распределении внутриполостного давления потенциально влияют на процессы заживления анастомоза. Однако данный вопрос требует дальнейших проспективных исследований с использованием объективных методов оценки перфузии (например, ICG-флуоресценции).

Таким образом, оптимальная хирургическая стратегия должна основываться на комплексной стратификации пациентов по факторам риска и индивидуальном выборе типа анастомоза. Защитная илеостома должна рассматриваться не как фактор влияния на частоту НШ, а как инструмент снижения тяжести ее клинических последствий.

■ ВЫВОДЫ

1. Формирование колоректального анастомоза по типу «бок в конец» ассоциировалось со значимо более низкой частотой НШ анастомоза по сравнению с анастомозом «конец в конец» (0,6% против 5,6%; $p=0,016$), а также с меньшей частотой реопераций ($p<0,001$), дисфункции мочеиспускания ($p<0,001$) и более благоприятными показателями по классификации Clavien – Dindo ($p=0,013$). Кроме того, в данной группе отмечалась меньшая длительность пребывания в реанимации ($p<0,001$).
2. Группа пациентов с анастомозом «бок в конец» характеризовалась достоверно меньшей частотой формирования защитной илеостомы (3,8% против 36,6%; $p<0,001$). Также в данной группе чаще выполнялись мобилизация селезеночного изгиба ободочной кишки ($p=0,001$), селективная артериальная лигатура ($p=0,024$), чаще применялась неоадьювантная химиолучевая терапия ($p=0,014$), эндоскопический степлер Endo GIA ($p=0,003$), а также отмечались статистически значимые



различия в методе формирования анастомоза и частоте применения ручного шва ($p < 0,001$), что отражает различия хирургической тактики между группами. Анализ сопутствующей патологии и семейного анамнеза выявил статистически значимые различия между группами ($p = 0,001-0,042$), однако их ассоциация с развитием НШ анастомоза не была подтверждена ($p = 0,483$).

3. Наиболее значимыми факторами, ассоциированными с развитием НШ анастомоза, являлись интраоперационная кровопотеря 100–499 мл ($OR = 8,708$; $p = 0,007$), послеоперационная дисфункция мочеиспускания ($OR = 56,000$; $p < 0,001$), выполнение симультанных резекций ($OR = 5,333$; $p = 0,047$) и дистальная локализация опухоли ($p = 0,046$). В то же время формирование анастомоза по типу «бок в конец» демонстрировало защитный эффект в отношении развития данного осложнения ($OR = 0,106$; $p = 0,033$).

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Roshandel G, Ghasemi-Kebria F, Malekzadeh R. Colorectal Cancer: Epidemiology, Risk Factors, and Prevention. *Cancers (Basel)*. 2024;16(8):1530. doi: 10.3390/cancers16081530
2. Eng C, Yoshino T, Ruiz-Garcia E, et al. Colorectal cancer. *Lancet*. 2024;404(10449):294–310. doi: 10.1016/S0140-6736(24)00360-X
3. Denisenko VL, Gain YuM. Complications in the treatment of colorectal cancer. *Endoscopic Surgery*. 2015;21(6):37–41. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/endoskop201521637-41>
4. Tsai YY, Chen WT. Management of anastomotic leakage after rectal surgery: a review article. *J Gastrointest Oncol*. 2019;10(6):1229–1237. doi: 10.21037/jgo.2019.07.07
5. Rennie O, Sharma M, Helwa N. Colorectal anastomotic leakage: a narrative review of definitions, grading systems, and consequences of leaks. *Front Surg*. 2024;11:1371567. doi: 10.3389/fsurg.2024.1371567
6. He J, He M, Tang JH, et al. Anastomotic leak risk factors following colon cancer resection: a systematic review and meta-analysis. *Langenbecks Arch Surg*. 2023;408(1):252. doi: 10.1007/s00423-023-02989-z
7. McKechnie T, Sharma S, Daniel R, et al. End-to-end versus end-to-side anastomosis for low anterior resection: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Surgery*. 2021;170(2):397–404. doi: 10.1016/j.surg.2020.12.030
8. Fahmy Y, Trabia M, Ward B, et al. Ex vivo and simulation comparison of leakage in end-to-end versus end-to-side anastomosed porcine large intestine. *Bioengineering (Basel)*. 2025;12(7):676. doi: 10.3390/bioengineering12070676
9. Habeeb TAAM, Mohammad H, Wasefy T, et al. Outcomes of side-to-end versus end-to-end colorectal anastomosis in nonemergent sigmoid and rectal cancers: a randomized controlled clinical trial. *Ann Coloproctol*. 2023;39(3):231–241. doi: 10.3393/ac.2021.00906.0129
10. Yang J, Luo Y, Tian T, et al. Effects of neoadjuvant radiotherapy on postoperative complications in rectal cancer: a meta-analysis. *J Oncol*. 2022;2022:8197701. doi: 10.1155/2022/8197701
11. Qin Q, Ma T, Deng Y, et al. Impact of preoperative radiotherapy on anastomotic leakage and stenosis after rectal cancer resection: post hoc analysis of a randomized controlled trial. *Dis Colon Rectum*. 2016;59(10):934–942. doi: 10.1097/DCR.0000000000000665
12. Awad S, El-Rahman AIA, Abbas A, et al. The assessment of perioperative risk factors of anastomotic leakage after intestinal surgeries; a prospective study. *BMC Surg*. 2021;21(1):29. doi: 10.1186/s12893-020-01044-5
13. Nekrosius D, Gvozdas E, Pratkute GM, et al. Impact of surgical approach, patient risk factors, and diverting ileostomy on anastomotic leakage and outcomes after rectal cancer resection: a 5-year single-center study. *Medicina*. 2025;61(10):1751. doi: 10.3390/medicina61101751
14. Planellas P, Farrés R, Cornejo L, et al. Randomized clinical trial comparing side to end vs end to end techniques for colorectal anastomosis. *Int J Surg*. 2020 Nov;83:220–229. doi: 10.1016/j.ijsu.2020.09.039
15. Steger J, Jell A, Ficht S, et al. Systematic review and meta-analysis on colorectal anastomotic techniques. *Ther Clin Risk Manag*. 2022;18:523–539. doi: 10.2147/TCRM.S335102
16. Darbishgadjiev S, Baulin AA, Gudoshnikov VY, et al. Preventive Loop Colostomy in Colorectal Cancer Surgery. *Journal of Experimental and Clinical Surgery*. 2020;13(2):93–97. doi: 10.18499/2070-478X-2020-13-2-93-97 (In Russ.)
17. Li H, Huang HB, Xiang T, et al. Transanal intersphincteric approach combined with Kangfuxin enema for treating anastomotic leakage after low anterior resection: Three case reports. *World J Gastrointest Surg*. 2025 Oct 27;17(10):109920. doi: 10.4240/wjgs.v17.i10.109920
18. Tsalikidis C, Mitsala A, Mentonis VI, et al. Predictive Factors for Anastomotic Leakage Following Colorectal Cancer Surgery: Where Are We and Where Are We Going? *Curr Oncol*. 2023 Mar 7;30(3):3111–3137. doi: 10.3390/curroncol30030236
19. Kato H, Ishida T, Nitori N, et al. Efficacy of side-to-end anastomosis to prevent anastomotic leakage after anterior resection for rectal cancer. *Mol Clin Oncol*. 2022 Feb;16(2):44. doi: 10.3892/mco.2021.2477
20. Hou S, Wang Q, Zhao S, et al. Safety and efficacy of side-to-end anastomosis versus colonic J-pouch anastomosis in sphincter-preserving resections: an updated meta-analysis of randomized controlled trials. *World J Surg Oncol*. 2021 Apr 21;19(1):130. doi: 10.1186/s12957-021-02243-0
21. Sparreboom CL, Wu ZQ, Ji JF, et al. Integrated approach to colorectal anastomotic leakage: Communication, infection and healing disturbances. *World J Gastroenterol*. 2016 Aug 28;22(32):7226–35. doi: 10.3748/wjg.v22.i32.7226
22. Pisarska M, Gajewska N, Malczak P, et al. Defunctioning ileostomy reduces leakage rate in rectal cancer surgery - systematic review and meta-analysis. *Oncotarget*. 2018 Apr 17;9(29):20816–20825. doi: 10.18632/oncotarget.25015
23. Niu L, Wang J, Zhang P, et al. Protective ileostomy does not prevent anastomotic leakage after anterior resection of rectal cancer. *J Int Med Res*. 2020 Aug;48(8):300060520946520. doi: 10.1177/0300060520946520
24. Rodríguez SLR, Montoro DFS, De la Cruz Ku G, et al. Risk factors of anastomotic leak in colorectal cancer: a multicentric study in a Latin American country. *Ecancermedicalscience*. 2024;18:1696. doi: 10.3332/ecancer.2024.1696
25. Zarnescu EC, Zarnescu NO, Costea R. Updates of risk factors for anastomotic leakage after colorectal surgery. *Diagnostics (Basel)*. 2021;11(12):2382. doi: 10.3390/diagnostics11122382



Шестель И.В.¹, Нижегородова Д.Б.², Ванслав М.И.², Владимирская Т.Э.²,
Пикиреня И.И.¹✉

¹ Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии, Минск, Беларусь

² Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Репаративная регенерация кожных ран при комплексной иммуносупрессивной терапии: экспериментальное исследование

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Шестель И.В. – выполнение эксперимента, обработка и обобщение данных, написание текста; Нижегородова Д.Б. – выполнение иммуногистохимического исследования; Ванслав М.И. – выполнение гематологического исследования; Владимирская Т.Э. – выполнение морфологического исследования; Пикиреня И.И. – концепция и дизайн исследования, обобщение данных, написание раздела «Обсуждение» и редактирование текста статьи.

Финансирование: исследование выполнено в рамках НИОК(Т)Р 10.23 «Разработать и внедрить метод комбинированного лечения ран при комплексной иммуносупрессии после трансплантации солидных органов» задания ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг», 2021–2025 гг., подпрограмма «Клеточная терапия и высокотехнологичные методы замещения поврежденных органов и тканей».

Подана: 12.05.2026

Принята: 19.08.2026

Контакты: 777pik@gmail.com

Резюме

Введение. Комбинированная иммуносупрессивная терапия, применяемая в трансплантологии, ассоциирована с нарушением процессов заживления ран, однако влияние сочетанного применения препаратов изучено недостаточно.

Цель. Оценить влияние комплекса иммуносупрессантов (дексаметазон, такролимус, микофенолата мофетил) на заживление кожных ран в эксперименте.

Материалы и методы. Эксперимент выполнен на 24 белых крысах, разделенных на 2 группы: с иммуносупрессией ($n=12$) и контроль ($n=12$). Моделировали полнослойную кожную рану. Оценивали динамику площади раневого дефекта (планиметрия), морфологические изменения и экспрессию маркеров CD31, CD34, остеопонтина, MMP-2 и Ki-67 на 7-е, 14-е и 21-е сутки. Использовали непараметрические методы статистики ($p<0,05$).

Результаты. В группе иммуносупрессии отмечено достоверное замедление заживления: к 21-м суткам площадь раны составляла 115,5% от исходной против полной эпителизации в контроле ($p<0,01$). Морфологически выявлены персистенция некроза, отсутствие зрелой грануляционной ткани и эпителизации. Отмечено снижение васкуляризации (CD34 = -7%, $p=0,001$), экспрессии остеопонтина (-5,2%, $p<0,001$) и MMP-2 ($p=0,022$), а также отсроченная пролиферативная активность (Ki-67).

Заключение. Комплексная иммуносупрессия оказывает выраженное угнетающее влияние на все фазы раневого процесса за счет подавления ангиогенеза, клеточной пролиферации и ремоделирования матрикса, что обосновывает высокий риск раневых осложнений и необходимость разработки методов их профилактики.

Ключевые слова: иммуносупрессия, заживление ран, такролимус, микофенолата мофетил, ангиогенез, экспериментальная модель раны



Shestel I.¹, Nizheharodava D.², Vanslau M.², Vladimirskaia T.², Pikirenia I.¹✉

¹ Minsk Scientific and Practical Center of Surgery, Transplantology and Hematology, Minsk, Belarus

² Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

Reparative Regeneration of Skin Wounds Under Combined Immunosuppressive Therapy: An Experimental Study

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Shestel I. – conducting the experiment, data processing and analyzing, manuscript drafting; Nizheharodava D. – performing immunohistochemical tests; Vanslau M. – performing hematological tests; Vladimirskaia T. – performing morphological tests; Pikirenia I. – study concept and design, data analysis, discussion section writing, and manuscript editing.

Funding: the study was carried out within the framework of R&D project № 10.23, "Design and implementation of a comprehensive method for wounds treatment in cases of combined immunosuppression following solid organ transplantation", under the State Scientific and Technical Program "Scientific and Technical Support for the Quality and Accessibility of Medical Services" (2021–2025), subprogram "Cell Therapy and High-Tech Methods for Damaged Organs and Tissues Replacement".

Submitted: 12.05.2026

Accepted: 19.08.2026

Contacts: 777pik@gmail.com

Abstract

Introduction. Combined immunosuppressive therapy widely used in transplantation is associated with impaired wound healing; however, the effects of drug combinations remain insufficiently studied.

Purpose. To evaluate the effect of a combination of immunosuppressive agents (dexamethasone, tacrolimus, and mycophenolate mofetil) on skin wound healing in an experimental model.

Materials and methods. The study was performed on 24 rats divided into two groups: immunosuppression (n=12) and control (n=12). A full-thickness skin wound was created. Wound area changes (planimetry), histological changes, and expression of CD31, CD34, osteopontin, MMP-2, and Ki-67 were assessed on days 7, 14, and 21. Nonparametric statistical methods were used ($p < 0.05$).

Results. Immunosuppression significantly delayed wound healing: by day 21, wound area reached 115.5% of the baseline versus complete epithelialization in controls ($p < 0.01$). Histologically, persistent necrosis, immature granulation tissue, and lack of epithelialization were observed. Decreased vascularization (CD34 = -7%, $p = 0.001$), reduced osteopontin expression (-5.2%, $p < 0.001$), lower MMP-2 levels ($p = 0.022$), and delayed proliferative activity (Ki-67) were detected.

Conclusion. Combined immunosuppressive therapy markedly impairs all phases of wound healing by inhibiting angiogenesis, cell proliferation, and extracellular matrix remodeling, supporting the high risk of wound complications and the need for targeted preventive strategies.

Keywords: immunosuppression, wound healing, tacrolimus, mycophenolate mofetil, angiogenesis, experimental wound model

■ ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время ежегодно в мире выполняется около 150 000 трансплантаций солидных органов – «золотой стандарт» лечения терминальной стадии органной недостаточности. Однако ключевым условием выживания трансплантата служит пожизненная иммуносупрессивная терапия, направленная на подавление иммунного ответа организма реципиента и предотвращение реакции отторжения графта. Современные протоколы иммуносупрессии в области трансплантологии, как правило, базируются на комбинации нескольких классов лекарственных средств, а одной из наиболее распространенных является комбинация глюкокортикоидов (дексаметазон), ингибиторов кальциневрина (такролимус) и антипролиферативных агентов (микофенолата мофетил, ММФ) [1].

Несмотря на свою эффективность в подавлении иммунного ответа, эти препараты обладают широким спектром побочных эффектов, среди которых особое место занимает нарушение репаративной регенерации тканей, в частности кожи [2, 3]. В клинической практике это проявляется увеличением риска несостоятельности послеоперационных швов (кожного шва, шва апоневроза), что может приводить к эвентрациям, формированию длительно не заживающих ран и хронических язв, патологических жидкостных скоплений, поверхностной и глубокой раневой инфекции. Развитие осложнений со стороны послеоперационных ран значительно ухудшает качество жизни реципиентов и увеличивает затраты на лечение [3, 4], может приводить к потере хорошо функционирующего трансплантата из-за раневой инфекции, а также увеличивать количество летальных исходов, ухудшая таким образом результаты трансплантации. По данным различных исследований, осложнения со стороны заживления ран при использовании комплекса иммуносупрессивных агентов варьируют в широких пределах – от 5 до 40% [2, 4, 5].

Существует большое количество экспериментальных исследований, которые посвящены изучению влияния иммуносупрессантов, используемых при различных патологиях, на раневую процесс, однако их результаты зачастую противоречивы.

Большинство авторов сходятся во мнении по поводу отрицательного воздействия иммуносупрессантов на процессы заживления, однако в то же время некоторые исследователи сообщают об отсутствии негативного эффекта или даже об ускорении заживления при использовании некоторых из этих препаратов [3, 6]. Кроме того, в подавляющем большинстве работ представлены результаты воздействия препаратов в режиме монотерапии, в то время как в реальной клинической практике используется комбинация препаратов, потенцирующих иммуносупрессивное действие друг друга [1].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить влияние комплекса иммуносупрессантов (дексаметазон, такролимус, микофенолата мофетил) на заживление кожных ран в эксперименте.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперимент выполнен на белых беспородных лабораторных крысах (24 половозрелых крысах-самцах со средней массой 250–300 г). Выбор белых беспородных лабораторных крыс в качестве экспериментальных животных был обоснован



преимуществами для изучения репаративной регенерации ран кожи: их доступность, малые размеры, изученность их физиологических процессов. Содержание животных, хирургическое вмешательство и выведение из эксперимента осуществляли в соответствии с правилами Европейской конвенции по защите позвоночных животных (Страсбург, 1986). Протокол эксперимента был одобрен локальным этическим комитетом (ГУО «БелМАПО», протокол № 2 от 24.03.2023).

Моделирование полнослойной раны выполняли по разработанной оригинальной методике (патент Республики Беларусь № 24392 (2023)) под общей анестезией (кетамин 50 мг/кг + дроперидол 2,5 мг/кг + фентанил 0,05 мг/кг), препараты вводились внутривенно. После бритья кожи в межлопаточной области и обработки зоны оперативного вмешательства раствором антисептика иссекали кожу в форме ромба (диагональ 1 см) в пределах предварительно нанесенной маркировки, обязательно удаляли мышечную пластинку *ranniculus carnosus* для минимизации контракции и обеспечения заживления преимущественно за счет эпителизации (рис. 1).

Швы не накладывались, поскольку одной из задач была оценка скорости изменения площади раневого дефекта. Область формирования раны выбиралась с целью удобства для наблюдений и измерения площади раны в динамике, а также для предотвращения повреждения и облизывания раны самим животным. Иммуносупрессивные препараты животным группы исследования начинали вводить со дня формирования раны после выведения из состояния наркотизации. Выведение крыс из эксперимента осуществляли введением летальной дозы тиопентала натрия (10%, 1 мл) внутривенно.

В процессе исследования животные были распределены по 2 основным группам:

- группа с иммуносупрессией (группа исследования, N=12): ежедневное введение препаратов, начиная со дня операции. Дозировки рассчитывались на основе межвидового переноса с использованием стандартизированных коэффициентов FDA [7] с учетом площади поверхности тела: дексаметазон (Белмедпрепараты,



Рис. 1. Формирование экспериментальной раны кожи в межлопаточной области у крыс
Fig. 1. Formation of an experimental skin wound in the interscapular region in rats

Беларусь) – 0,8 мг/кг/сут (в/м), такролимус (Адваграф, Астеллас Фарма, Нидерланды) – 0,3 мг/кг/сут, ММФ (Белмедпрепараты, Беларусь) – 100 мг/кг/сут. Такролимус и ММФ вводились per os через зонд;

- группа без иммуносупрессии (контрольная группа, N=12): животные с раной кожи, не получавшие иммуносупрессивных препаратов.

Из каждой группы на 7-е, 14-е и 21-е сутки выводили по 4 животных и выполняли забор тканей кожи из области раны для морфологического и иммуногистохимического исследования, а также забор образцов крови для выполнения общего анализа крови (ОАК).

Ежедневно выполняли фотографирование раны с масштабной линейкой. Изменение площади раневого дефекта оценивалось методом компьютерной планиметрии с расчетом процента от исходной площади раны.

Для морфологического и иммуногистохимического исследования биоптаты кожи фиксировали в 10% формалине, заливали в парафин. Срезы толщиной 3–4 мкм окрашивали гематоксилином-эозином (набор «МЛТ-ГЕМАТОКСИЛИН-ЭОЗИН», Россия) для обзорной микроскопии (Leica DMLS, $\times 100$, $\times 400$).

ИГХ-исследование проводилось с использованием первичных антител (табл. 1) после демаскировки антигенов в цитратном буфере (pH 6,0). В качестве системы детекции использовали двухшаговый полимерный набор (2-step Plus Poly-HRP Anti Rabbit/Mouse IgG, Elabscience, Китай) с хромогеном DAB. Ядра докрашивали гематоксилином.

Количественную оценку ИГХ-экспрессии выполняли на цифровых изображениях (микроскоп Leica DMLS, камера JVC, увеличение $\times 200$, 20 полей на образец) с помощью алгоритма positive pixel count в программе Aperio Image Scope 12.3.3. Показатель экспрессии (ПЭ) рассчитывали как долю позитивных пикселей от общего числа пикселей.

Оценку васкуляризации (при помощи антител CD31, CD34) проводили при увеличении $\times 400$ с расчетом удельной плотности сосудов на 1 мм^2 .

Статистический анализ выполнялся с использованием пакетов MS Excel, Statistica 10 и языка программирования R (версия 4.3). С учетом небольшого объема выборок и распределения, отличного от нормального (по результатам проверки по критерию Шапиро – Уилка), применяли методы непараметрической статистики. Критический уровень значимости принят за 0,05. При выявлении статистически значимых различий ($p < 0,05$) проводили попарные апостериорные сравнения с применением

Таблица 1
Характеристика использованных первичных антител
Table 1
Characteristics of the primary antibodies used

Антитело	Фирма-производитель	Тип	Разведение
CD31	Fine Test (Китай)	Поликлональный кроличий IgG	1:100
CD34	Fine Test (Китай)	Поликлональный кроличий IgG	1:100
Остеопонтин	Wuhan Elabscience (Китай)	Поликлональный кроличий IgG	1:75
MMP-2	Wuhan Elabscience (Китай)	Поликлональный кроличий IgG	1:100
Ki-67	Fine Test (Китай)	Поликлональный кроличий IgG	1:200



критерия Даннетта с поправкой на множественные тесты (коррекция Холма – Бонферрони) [8]. Результаты представлены в виде медианы и межквартильного размаха (Me [Q1; Q3]), а также среднего значения и стандартной ошибки среднего ($M \pm SEM$) для наглядности динамики на графиках. Для расчетов динамики лимфоцитов и лейкоцитов использовался двухвыборочный t-тест для независимых выборок.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Поскольку дозировки иммуносупрессивных препаратов для создания иммуносупрессивной раны выбирались в максимально переносимом диапазоне, у крыс группы исследования достаточно часто это состояние клинически сопровождалось развитием таких побочных симптомов, как снижение двигательной активности и массы тела, выпадение шерсти, жидкий стул. Это происходило, как правило, на 9–14-й день исследования. При развитии угрожающих жизни состояний дозировка препаратов уменьшалась на 1/4, при сохранении симптомов – еще на 1/4. Коррекция дозы потребовалась у 15% животных.

Формирование иммуносупрессивного состояния у крыс группы исследования подтверждалось результатами исследования уровня лимфоцитов и лейкоцитов в общем анализе крови. При контроле уровня лимфоцитов с 0-го по 3-й день исследования между группами значимых различий не наблюдалось ($p=0,619$). При дальнейшем использовании препаратов с 7-х суток наблюдалось значимое достоверное снижение уровня лимфоцитов по сравнению с группой контроля (табл. 2).

Таблица 2
Концентрация лимфоцитов у экспериментальных животных на 3-и, 7-е, 14-е и 21-е сутки, %
Table 2
Lymphocyte concentration in experimental animals on days 3, 7, 14 and 21, %

День	Группа	Mean $\pm$ SD	p-value
3	С иммуносупрессией	55,0 $\pm$ 5,7	0,619
	Без иммуносупрессии	51,5 $\pm$ 11,1	
7	С иммуносупрессией	33,0 $\pm$ 7,0	<0,001
	Без иммуносупрессии	57,6 $\pm$ 8,8	
14	С иммуносупрессией	34,9 $\pm$ 13,1	0,013
	Без иммуносупрессии	53,3 $\pm$ 8,3	
21	С иммуносупрессией	31,8 $\pm$ 16,5	0,005
	Без иммуносупрессии	58,9 $\pm$ 9,6	

Таблица 3
Концентрации лейкоцитов у экспериментальных животных на 3-и, 7-е, 14-е и 21-е сутки, $n \times 10^9$
Table 3
Leukocyte concentrations in experimental animals on days 3, 7, 14 and 21, $n \times 10^9$

День	Группа	Mean $\pm$ SD	p-value
3	С иммуносупрессией	2,73 $\pm$ 0,47	<0,001
	Без иммуносупрессии	5,84 $\pm$ 1,71	
7	С иммуносупрессией	5,18 $\pm$ 2,40	0,378
	Без иммуносупрессии	6,36 $\pm$ 1,33	
14	С иммуносупрессией	3,98 $\pm$ 1,80	0,001
	Без иммуносупрессии	8,06 $\pm$ 2,09	
21	С иммуносупрессией	12,06 $\pm$ 5,88	0,012
	Без иммуносупрессии	5,97 $\pm$ 2,01	



Рис. 2. Рана у животных группы контроля на 8-е сутки
Fig. 2. Wound in animals of the control group on day 8



Рис. 3. Рана у животных группы исследования на 21-е сутки
Fig. 3. Wound in animals of the study group on day 21

Таблица 4
Динамика относительной площади ран, мм² (Me [Q1; Q3], % от исходной)
Table 4

Dynamics of the relative area of wounds, mm² (Me [Q1; Q3], % of the baseline)

Группа	7-е сутки	14-е сутки	21-е сутки
С иммуносупрессией (n=12)	114,5 [108,3; 121,1]	113,8 [98,5; 125,2]	115,5 [92,1; 130,4]
Без иммуносупрессии (n=12)	45,5 [38,9; 52,0]	4,7 [2,1; 7,8]	0 [0; 0]

Динамика лейкоцитов в ОАК зависела не только от использования иммуносупрессивных препаратов, но и от фазы заживления раны (табл. 3). Изначально низкий уровень лейкоцитов в группе исследования начинал повышаться с ростом воспалительных изменений в ране, затем снижался в период максимально выраженных побочных реакций (к 14-м суткам). После стабилизации состояния организма животного путем уменьшения дозировки препаратов либо за счет собственных резервов уровень лейкоцитов повышался соответственно сохраняющемуся воспалительному процессу и накоплению детрита в ране. В группе контроля уровень лейкоцитов плавно повышался к моменту 95-процентного заживления дефекта, после чего постепенно снижался.

При оценке площади раневого дефекта в группе исследования наблюдалась выраженная отрицательная динамика. И если у крыс группы контроля на 10–14-е сутки наблюдалось 95-процентное сокращение раны (рис. 2), а к 21-м суткам – полная эпителизация в 100% случаев, то в группе исследования в первые несколько суток площадь раны, наоборот, не только не уменьшалась, но увеличивалась за счет отека и экссудации (рис. 3), составляя к 21-м суткам до 115,5% от исходной.



Статистическая оценка с использованием критерия Манна – Уитни подтвердила достоверное замедление заживления при комплексной иммуносупрессии (табл. 4). Различия между группами на всех сроках были статистически значимыми ($p < 0,01$).

При морфологическом исследовании микроскопическая картина раневого дефекта в группе исследования соответствовала торпидному течению раневого процесса. На 7-е сутки область раны была заполнена фибрином и детритом с обширными зонами некроза, резко выраженным серозно-гнойным воспалением. Воспалительный инфильтрат (преимущественно нейтрофильный) распространялся на всю дерму. Грануляционная ткань отсутствовала или была представлена незрелыми элементами. На 14-е сутки у крыс этой группы сохранялись обширные участки фибриноидного некроза, окруженные лейкоцитарным валом. Формирование грануляционной ткани было резко замедлено, она оставалась незрелой, отечной, с малым количеством сосудов и фибробластов. Волокнистый компонент был выражен слабо, стратификация слоев нарушена (рис. 4).

На 21-е сутки выраженной положительной реакции не наблюдалось: эпителизация отсутствовала либо носила краевой характер. Дно раны было заполнено незрелой грануляционной многоклеточной тканью с признаками вялотекущего воспаления, отсутствовала тенденция к созреванию коллагеновых волокон. Вокруг ран определялась широкая зона гнойно-некротического воспаления, лимфоцитарная инфильтрация мышечного слоя.

В группе контроля с 14-х по 21-е сутки раны полностью эпителизовались, воспалительный инфильтрат не выявлялся, сосочковый и сетчатый слои дермы соответствовали нормальному расположению.

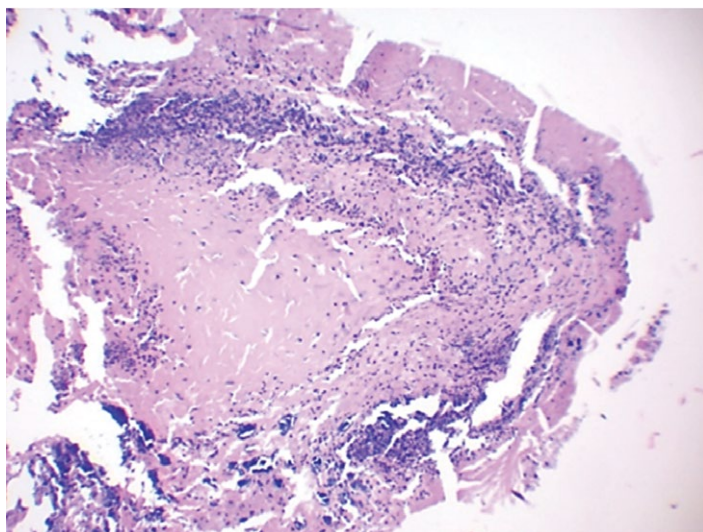


Рис. 4. Обширный очаг некроза, по периметру – лейкоцитарный вал на 14-е сутки у крыс группы исследования. Окраска гематоксилином и эозином $\times 100$
Fig. 4. Extensive necrotic lesions with a leukocyte wall around the perimeter on day 14 in rats in the study group. Hematoxylin and eosin staining $\times 100$

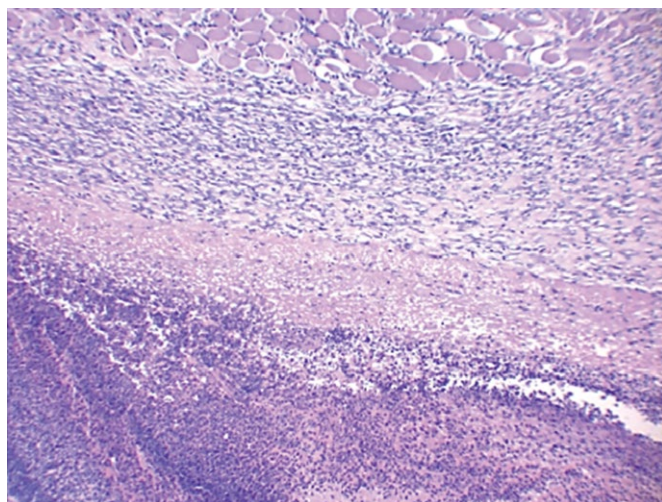


Рис. 5. Раневой дефект у крыс группы исследования на 21-е сутки. Окраска гематоксилином и эозином $\times 100$

Fig. 5. Wound defect in rats of the study group on day 21. Hematoxylin and eosin staining $\times 100$

Иммуногистохимические маркеры репарации также выявляли различия в течении регенеративных процессов в ране кожи при комплексной иммуносупрессии по сравнению с группой контроля. Ангиогенез оценивался по интенсивности васкуляризации зоны раневого дефекта, выявляемой при окрашивании срезов антителами к CD31 и CD34. CD31 (PECAM-1 – platelet endothelial cell adhesion molecule-1, молекула адгезии тромбоцит-эндотелиальных клеток) – молекула семейства адгезии поверхностных гликопротеинов, вовлеченная в межклеточные взаимодействия в процессе развития тканей, в частности, путем адгезии макрофагов [9]. CD34 – молекула адгезии, которая экспрессируется в эндотелиальных клетках кровеносных сосудов [10–12]. Эти 2 маркера традиционно применяются для выявления сосудов и оценки их плотности в ткани. В группе исследования выявлено достоверное снижение плотности микрососудов на всех сроках наблюдения по сравнению с интактной раной. Для CD31 общий эффект лечения (overall) составил 0,003. Не обнаружено характерного для нормального заживления пика ангиогенеза на 7–14-е сутки. Для CD34 размер эффекта в паре контроль – иммуносупрессия составил –7% ($p=0,001$) (рис. 6, 7). Эти данные соответствуют современным представлениям о подавлении сигнала неоангиогенеза глюкокортикоидами и ингибиторами кальциневрина [3, 9].

Остеопонтин – это ключевой многофункциональный белок, регулирующий заживление кожных ран через стимуляцию воспаления, клеточной миграции и ремоделирования тканей. Он ускоряет регенерацию тканей, способствуя миграции кератиноцитов, фибробластов, а также образованию коллагена, участвует в переключении воспалительной фазы на фазу восстановления [13, 14]. Экспрессия остеопонтина в группе исследования была достоверно ниже контроля на всех сроках исследования (размер эффекта –5,2%, $p<0,001$). Это указывает на нарушение миграции клеток предшественников в зону повреждения и замедление смены фаз воспаления.

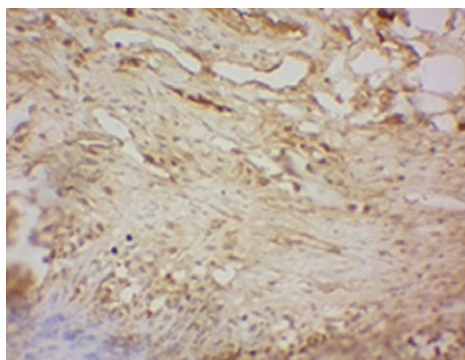


Рис. 6. Экспрессия CD34 в коже крыс группы исследования. ИГХ-окрашивание с АТ к CD34, $\times 400$

Fig. 6. CD34 expression in the skin of rats in the study group. IHC staining with antibodies to CD34, $\times 400$

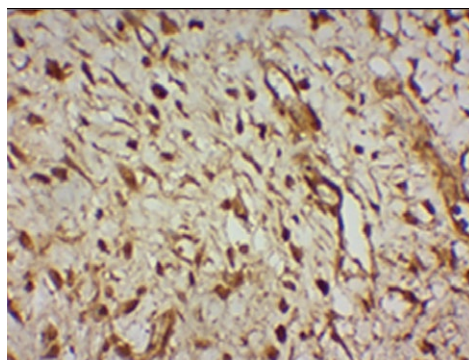


Рис. 7. Экспрессия CD34 в коже крыс группы сравнения. ИГХ-окрашивание с АТ к CD34, $\times 400$

Fig. 7. CD34 expression in the skin of rats in the comparison group. IHC staining with antibodies to CD34, $\times 400$

Экспрессия MMP-2, необходимой для перестройки соединительной ткани, деградации временного матрикса и ангиогенеза [15, 16], в группе исследования была достоверно снижена по сравнению с контролем ($20,3 \pm 4,5$ против $28,0 \pm 3,2$, $p=0,022$). Дефицит MMP-2 может объяснять задержку очищения раны от некротических масс и нарушение стратификации слоев новообразованной соединительной ткани.

Ki-67 – ядерный белок, связанный с клеточным циклом, синтезируется всеми пролиферирующими клетками активного клеточного цикла, в покоящихся клетках данный маркер не определяется [17]. В группе контроля пик пролиферативной активности Ki-67+ приходился на 7-е сутки с последующим снижением. При иммуносупрессии уровень Ki-67 на 7-е сутки был минимальным с медленным нарастанием к 21-м суткам, что свидетельствует о блокаде клеточного цикла на ранних стадиях, вероятно, за счет антипролиферативного действия ММФ и глюкокортикоидов [18].

Таким образом, полученные результаты демонстрируют выраженное угнетение репаративной регенерации кожных ран при применении комбинированной иммуносупрессивной терапии, включающей глюкокортикоид, ингибитор кальциневрина и антиметаболит. В отличие от большинства ранее опубликованных работ, в которых анализировалось влияние отдельных препаратов, данное исследование моделирует клинически значимую ситуацию одновременного применения нескольких иммуносупрессантов.

Ключевым наблюдением является не только замедление сокращения площади раны, но и ее увеличение в ранние сроки, что свидетельствует о нарушении баланса между воспалительной экссудацией и репаративными процессами. Морфологические данные подтверждают торпидное течение раневого процесса с персистенцией некроза и отсутствием полноценной грануляционной ткани, что согласуется с литературными данными о подавлении клеточной миграции и пролиферации под действием иммуносупрессантов.

Особого внимания заслуживают выявленные молекулярные изменения. Снижение экспрессии CD31 и CD34 указывает на подавление ангиогенеза – одного

из ключевых механизмов перехода раны из воспалительной фазы в фазу пролиферации. Угнетение остеопонтина, играющего важную роль в клеточной миграции и ремоделировании тканей, дополнительно объясняет задержку репаративных процессов. Снижение уровня MMP-2 свидетельствует о нарушении деградации временного матрикса и ремоделирования соединительной ткани, что препятствует формированию зрелого рубца.

Отсроченная и сниженная экспрессия Ki-67 подтверждает угнетение клеточной пролиферации, вероятно, обусловленное антипролиферативным действием микофенолата мофетила и глюкокортикоидов. Таким образом, выявленные изменения носят комплексный характер и затрагивают все ключевые звенья раневого процесса: воспаление, ангиогенез, пролиферацию и ремоделирование.

Практическое значение полученных данных заключается в обосновании высокого риска развития раневых осложнений у пациентов, получающих комбинированную иммуносупрессивную терапию, в том числе после трансплантации органов. Это требует разработки целенаправленных стратегий профилактики, включая локальную стимуляцию ангиогенеза, применение факторов роста и оптимизацию схем иммуносупрессии в послеоперационном периоде.

К ограничениям исследования следует отнести экспериментальный характер модели и относительно небольшой объем выборки, что требует дальнейшего подтверждения результатов в клинических исследованиях.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе экспериментального исследования убедительно доказано негативное влияние трехкомпонентной иммуносупрессивной терапии (дексаметазон, такролимус, ММФ) на заживление полнослойных кожных ран у белых лабораторных крыс.

1. Использование комплекса такролимус + дексаметазон + ММФ эффективно для формирования иммунодепрессивного состояния у белых лабораторных крыс и создания на фоне иммуносупрессии информативной экспериментальной кожной раны.
2. Морфологические изменения при комплексной иммуносупрессии выражаются в виде персистенции некроза, задержки созревания грануляционной ткани, нарушения стратификации ее слоев и отсутствия полноценной эпителизации.
3. Комплексная иммуносупрессия приводит к нарушению содержания цитокинов в тканях зоны раневого дефекта. Молекулярные нарушения характеризуются подавлением ангиогенеза (снижение CD31, CD34), угнетением активности остеопонтина и матриксной металлопротеиназы-2, а также отсроченной и сниженной пролиферативной активностью клеток (Ki-67).
4. Морфологическое, иммуногистохимическое исследование и планиметрия экспериментальной кожной раны в условиях комплексной иммуносупрессии подтверждают отрицательное влияние комплекса иммуносупрессивных препаратов на процессы репаративной регенерации кожных ран.

Выявленные механизмы патогенетически обосновывают высокий риск развития раневых осложнений у реципиентов трансплантированных органов и подчеркивают необходимость разработки и внедрения специализированных методов профилактики и лечения, направленных на коррекцию ангиогенеза, стимуляцию пролиферации и оптимизацию ремоделирования внеклеточного матрикса.



■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Taylor AL, Watson CJE, Bradley JA. Immunosuppressive agents in solid organ transplantation: mechanisms of action and therapeutic efficacy. *Crit Rev Oncol Hematol*. 2005;56(1):23–46.
2. Appoo A, Christensen BL, Somayaji R. Examining the association between immunosuppressants and wound healing: a narrative review. *Adv Skin Wound Care*. 2024;37(5):261–267.
3. Bootun R. Effects of immunosuppressive therapy on wound healing. *Int Wound J*. 2013;10(1):98–104.
4. Shi X, Zhou Y, Du B, et al. Wound healing after surgical therapy for multiple myeloma: a case–control study. *J Wound Care*. 2024;33(11):866–874.
5. Raghu G, et al. Chronic wounds: a review of management strategies in the immunocompromised patient. *Wound Repair Regen*. 2021;29(4):519–528.
6. Tu H, Zhang D, Barksdale AN, et al. Dexamethasone improves wound healing by decreased inflammation and increased vasculogenesis in mouse skin frostbite model. *Wilderness Environ Med*. 2020;31(4):407–417.
7. Shekunova EV, Kovaleva MA, Makarova MN, et al. Dose Selection in Preclinical Studies: Cross-Species Dose Conversion. *The Bulletin of the Scientific Centre for Expert Evaluation of Medicinal Products*. 2020;10(1):19–28. (In Russ.) <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2020-10-1-19-28>
8. Peacock JL, Peacock PJ. (2020) *Oxford handbook of medical statistics*. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press.
9. Pankoke K, Nielsen SS, Jorgensen BM, et al. Immunohistochemical study of CD31 and α -SMA expression for age estimation of porcine skin wounds. *J Comp Pathol*. 2023;206:22–31.
10. Diaz-Flores L, Gutiérrez R, García MP, et al. CD34+ stromal cells/telocytes in normal and pathological skin. *Int J Mol Sci*. 2021;22(14):7342.
11. Nuutila K, et al. Wound healing from dermal grafts containing CD34+ cells. *Plast Reconstr Surg*. 2017;140(2):306–314.
12. He J, Huang W, Wang J, et al. Functional heterogeneity of CD34+ cells in wound healing. *Biochem Biophys Res Commun*. 2023;639:9–19.
13. Denhardt DT, Noda M, O'Regan AW, et al. Osteopontin and tissue remodeling. *J Clin Invest*. 2001;107(9):1055–1061.
14. Lee-Thedieck C, Schertl P, Klein G. Extracellular matrix of stem cell niches. *Adv Drug Deliv Rev*. 2022;181:114069.
15. Stamenkovic I. Extracellular matrix remodelling. *J Pathol*. 2003;200(4):448–464.
16. Jansen PL, Rosch R, Jansen M, et al. Regulation of MMP-2 in dermal wounds. *J Invest Dermatol*. 2007;127(7):1762–1767.
17. Jonat W, Arnold N. Ki-67 labelling index. *Ann Oncol*. 2011;22(3):500–502.
18. Brown DC, Gatter KC. Ki67 protein. *Histopathology*. 2002;40(1):2–11.



Скакун П.В.^{1,2}✉, Путик В.В.², Часнойть А.Ч.^{1,3}, Елизовец П.А.², Кенденкова Д.Г.²,
Котлярова В.В.², Корбан Д.И.²

¹ Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

² Городская клиническая больница скорой медицинской помощи, Минск, Беларусь

³ 11-я городская клиническая больница, Минск, Беларусь

Реконструкция подошвенных дефектов мягких тканей пяточной области с использованием лоскута медиальной подошвенной артерии стопы: клинический опыт

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Скакун П.В. – концепция и дизайн исследования, выполнение оперативных вмешательств, сбор данных, расчеты показателей, написание обзора литературы, редактирование статьи; Путик В.В. – выполнение оперативных вмешательств, редактирование статьи; Часнойть А.Ч. – концепция исследования, редактирование статьи; Елизовец П.А. – выполнение оперативных вмешательств, написание обзора литературы; Кенденкова Д.Г. – выполнение оперативных вмешательств, написание обзора литературы; Котлярова В.В. – сбор данных, расчеты показателей, написание обзора литературы; Корбан Д.И. – выполнение оперативных вмешательств, сбор данных, написание обзора литературы.

Этическое заявление и информированное согласие. Авторы подтверждают наличие подписанного информированного согласия пациента(ов) на анонимное использование и публикацию клинических данных, фотографий и результатов обследований в научном медицинском издании. Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2024 г., информированное согласие субъекта исследования (представителя) на участие в исследовании содержало сведения согласно Закону «О защите прав и достоинств человека в биомедицинских исследованиях в государствах СНГ» (принят Межпарламентской Ассамблеей СНГ 18.11.2005 № 26-10).

Подана: 07.04.2026

Принята: 21.07.2026

Контакты: md@pskakun.ru

Резюме

Введение. Реконструкция мягких тканей подошвенной поверхности стопы, особенно в пяточной области, представляет собой сложную хирургическую задачу, требующую применения тканей, способных выдерживать высокие механические нагрузки и сдвиговые усилия. Лоскут на медиальной подошвенной артерии (МПА), использующий кожу с ненагружаемой поверхности свода стопы, обеспечивает оптимальное замещение дефектов благодаря сходству биомеханических и сенсорных характеристик с подошвенной кожей.

Цель. Проанализировать клинические результаты и осложнения при применении лоскута на основе МПА для реконструкции дефектов мягких тканей пяточной области.

Материалы и методы. Ретроспективно проанализированы результаты 21 оперативного вмешательства, выполненного в ожоговом отделении УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи» в период с января 2023 г. по январь 2025 г. Оценивались демографические данные, этиология дефектов, размеры лоскутов, частота осложнений в раннем и позднем послеоперационном периоде, а также удовлетворенность пациентов.



Результаты. Средний возраст пациентов составил 46 (38; 62) лет, преобладали мужчины (81%). Основными причинами дефектов были посттравматические повреждения (29%), декубитальные язвы (29%) и термические ожоги (24%). Средний размер дефекта – 5×4,5 см, лоскута – 5,5×5,0 см. В раннем послеоперационном периоде из осложнений наблюдались задержка приживления лоскута (29%), венозная недостаточность (10%), краевой некроз (5%), частичный лизис кожного трансплантата (14%). В отдаленном периоде язвенные дефекты в реципиентной зоне не выявлены, опорная функция стопы восстановлена у всех пациентов. Удовлетворенность внешним видом составила 8 (6; 9) баллов из 10.

Заключение. Лоскут на медиальной подошвенной артерии является эффективным методом реконструкции пяточной области, обеспечивая стабильное закрытие дефектов, восстановление опорной функции и минимальный риск рецидива язв. Несмотря на частоту ранних осложнений, методика демонстрирует хорошие отдаленные функциональные результаты.

Ключевые слова: лоскут медиальной подошвенной артерии, пяточная область, реконструкция стопы, дефекты мягких тканей, опорная функция

Skakun P.^{1,2}✉, Putsik V.², Chasnoits A.^{1,3}, Yelizavetau P.², Kendenkova D.², Kotlyarova V.², Korban D.²

¹ Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

² Minsk City Emergency Hospital, Minsk, Belarus

³ 11th City Clinical Hospital, Minsk, Belarus

Medial Plantar Artery Flap for Reconstruction of Heel Soft Tissue Defects: A Clinical Series

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Pavel V. Skakun – study concept and design, surgical procedures, data collection, indicators values calculating, literature review writing, text editing; Vitold V. Putsik – surgical procedures, text editing; Aleksey Ch. Chasnoits – study concept, text editing; Pavel A. Yelizavetau – surgical procedures, literature review writing; Daria G. Kendenkova – surgical procedures, literature review writing; Victoria V. Kotlyarova – data collection, indicators values calculating, literature review writing; Dzmitry I. Korban – surgical procedures, data collection, literature review writing.

Ethics statement and informed consent. The authors confirm that written informed consent was obtained from the patient(s) for anonymous use and publication of clinical data, photographs, and diagnostic findings in a scientific medical journal. This study was conducted in accordance with the World Medical Association Declaration of Helsinki "Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects", as amended in 2024. The informed consent provided by the research participant (or their legal representative) included all elements required under the "Law on the Protection of Human Rights and Dignity in Biomedical Research in the Commonwealth of Independent States", adopted by the Interparliamentary Assembly of the CIS on November 18, 2005 (Resolution No. 26-10).

Submitted: 07.04.2026

Accepted: 21.07.2026

Contacts: md@pskakun.ru

Abstract

Introduction. The reconstruction of soft tissues on the plantar surface of the foot, particularly in the heel region, represents a challenging surgical task requiring tissues resistant to high mechanical loads and shear forces. The medial plantar artery (MPA) flap, utilizing non-weight-bearing instep skin, provides optimal defect coverage due to its similarity to native plantar skin by biomechanical and sensory properties.

Purpose. To analyze clinical outcomes and complications associated with the use of the MPA flap for reconstruction of soft tissue defects in the heel region.

Materials and methods. A retrospective analysis was performed on 21 surgical procedures conducted in the burn unit of the Municipal Emergency Hospital between January 2023 and January 2025. Demographic data, defects etiology, flap dimensions, incidence of early and late postoperative complications, and patient satisfaction were evaluated.

Results. The median patient age was 46 (38; 62) years, males predominated (81%). The main defects etiologies were post-traumatic injuries (29%), pressure ulcers (29%), and thermal burns (24%). The median defect size was 5×4.5 cm, and the median flap size was 5.5×5.0 cm. Early postoperative complications occurred in 48% of cases: delayed flap healing (29%), venous congestion (10%), marginal necrosis (5%), and partial skin graft loss at the donor site (14%). No ulcer recurrence was observed in the recipient area during long-term follow-up. Weight-bearing function of the foot was fully restored in all patients. Patient satisfaction with aesthetic outcome was rated 8 (6; 9) on a 10-point scale.

Conclusion. The medial plantar artery flap is an effective method for heel region reconstruction, providing stable defect coverage, restoration of weight-bearing function, and minimal risk of ulcer recurrence. Despite a relatively high incidence of early complications, the technique demonstrates excellent long-term functional outcomes.

Keywords: medial plantar artery flap, heel region, foot reconstruction, soft tissue defects, weight-bearing

■ ВВЕДЕНИЕ

Реконструкция мягких тканей подошвенной поверхности стопы, особенно в пяточной области, на протяжении многих лет остается одной из наиболее сложных задач реконструктивной хирургии. Потеря опорной функции пяточной области у пациентов с посттравматическими дефектами и трофическими язвами представляет значительную техническую проблему, требующую применения специализированных хирургических методик [1–4].

Успешная реконструкция подошвенной поверхности стопы предполагает использование тканей, способных выдерживать высокое механическое давление и силы сдвига [1, 4]. Важной особенностью мягких тканей подошвенной поверхности является наличие фиброзных перегородок в подкожной клетчатке, которые обеспечивают уникальную устойчивость к сдвиговым нагрузкам [3]. Использование мягких тканей другой локализации, особенно без реиннервации, часто сопровождается образованием декубитальных язв в послеоперационном периоде [1].

Лоскут на основе медиальной подошвенной артерии, впервые описанный Harrison и Morgan в 1981 году [2], представляет собой оптимальное решение для замещения дефектов мягких тканей пяточной области. Данный лоскут основан на медиальной подошвенной артерии, использует кожу и фасцию с ненагружаемой поверхности свода стопы и способен закрывать дефекты как медиальной, так и латеральной подошвенной поверхности, включая пяточную область и нижнюю часть ахиллова сухожилия [1, 3, 4]. В статье мы проанализировали наш опыт применения данного метода в условиях ожогового отделения.



■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ клинических результатов и осложнений при применении лоскута на основе медиальной подошвенной артерии для реконструкции дефектов мягких тканей пяточной области в условиях ожогового отделения УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи».

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование были включены все пациенты, которым в период с января 2023 г. по январь 2025 г. выполнялась реконструкция дефектов мягких тканей стопы с применением лоскута на медиальной подошвенной артерии (МПА) в ожоговом отделении УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи». Оперативные вмешательства осуществлялись авторами настоящей работы.

Ретроспективно проанализированы демографические характеристики пациентов, этиология дефекта мягких тканей, сопутствующая патология пациентов, размер и топография дефекта, наличие осложнений в раннем и позднем послеоперационном периоде, а также удовлетворенность пациентов в отношении заболеваемости, внешнего вида и ощущения донорского участка.

Предоперационная подготовка включала доплеровское картирование сосудов стопы с обязательной идентификацией и маркированием хода МПА. При необходимости пациентам выполнялась КТ-ангиография сосудов голени и стопы для визуализации и оценки проходимости сосудов.

Количественные показатели исследования представлены медианой и квартилями в виде Ме (Q25; Q75). Качественные показатели представлены частотами и процентами в групппе.

Маркировка

МПА выделяют в бассейне глубокого ствола медиальной подошвенной артерии, который отходит в точке, расположенной чуть кзади от места прикрепления сухожилия задней большеберцовой мышцы к бугристости ладьевидной кости. Наружный диаметр этой артерии составляет 0,4–0,8 мм [3, 4]. Лоскут планируется в соответствии с размерами раневого дефекта +0,5–1 см в неопорной зоне стопы так, чтобы проекция артерии лежала в середине лоскута [3–5]. Проксимальная граница проходит на 1,0–1,5 см проксимальнее бугристости ладьевидной кости (рис. 1–3). Дистальная граница достигает уровня головок плюсневых костей, не заходя на область опорной поверхности (рис. 1–4). Медиальная граница следует вдоль медиального края подошвенной поверхности стопы, латеральная граница лоскута ограничена линией, проведенной от II межпальцевого промежутка к середине пяточной области (рис. 1–5) [3–6].

Хирургическая техника

Операцию начинают с обнажения медиального подошвенного сосудисто-нервного пучка и идентификации глубокой ветви медиальной подошвенной артерии у дистального края лоскута. Сосудистый пучок медиальной подошвенной артерии и сопровождающие его вены легко идентифицируются в межмышечном пространстве между мышцей, отводящей большой палец стопы, и коротким сгибателем пальцев



Рис. 1. Маркировка лоскута: 1 – лоскут медиальной подошвенной артерии; 2 – проекция медиальной подошвенной артерии; 3 – проекция бугристости ладьевидной кости; 4 – проекция головки первой плюсневой кости; 5 – линия, проведенная от II межпальцевого промежутка к середине пяточной области; 6 – медиальная лодыжка

Fig. 1. Flap marking: 1 – medial plantar artery flap; 2 – projection of the medial plantar artery; 3 – projection of the navicular tuberosity; 4 – projection of the head of the first metatarsal bone; 5 – line drawn from the second interdigital web space to the midportion of the calcaneal region; 6 – medial malleolus

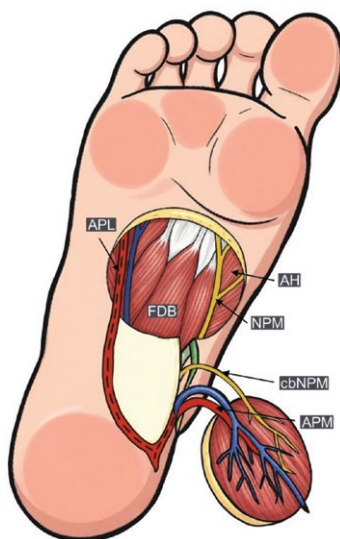


Рис. 2. Схематическое изображение лоскута медиальной артерии стопы: APL – латеральная подошвенная артерия; APM – медиальная подошвенная артерия; NPL – медиальный подошвенный нерв; cbNPL – кожная ветвь медиального подошвенного нерва; FDB – короткий сгибатель пальцев; AH – мышца, отводящая большой палец стопы

Fig. 2. Schematic illustration of the medial plantar artery flap: APL – lateral plantar artery; APM – medial plantar artery; NPL – medial plantar nerve; cbNPL – cutaneous branch of the medial plantar nerve; FDB – flexor digitorum brevis muscle; AH – abductor hallucis muscle



стопы. Затем лоскут выделяют от периферии в проксимальном направлении, проходя по надкостнице ладьевидной кости и поверхности сухожилия задней большеберцовой мышцы. Лоскут мобилизуется на нейроваскулярном пучке с окружающими жировыми тканями до достижения достаточной длины для свободного перемещения в зону дефекта без натяжения. При закрытии наиболее каудально расположенных дефектов пяточной области для получения дополнительной длины может потребоваться рассечение мышцы, отводящей большой палец стопы, у ее дистальной трети. Лоскут транспонируется в подготовленный дефект и фиксируется по периметру швами (рис. 2) [1, 7–11].

После пересадки лоскута брюшко мышцы, отводящей I палец, может быть расщеплено и перемещено на обнаженную поверхность ладьевидной кости и сухожилия задней большеберцовой мышцы с последующей аутодермопластикой расщепленным кожным трансплантатом донорского дефекта. В целом длина сосудистой ножки может достигать 5 см. Дуга ротации лоскута позволяет закрыть с его помощью дефекты, расположенные в области медиальной лодыжки, заднего отдела пятки и места прикрепления пяточного сухожилия [1, 7–11].

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

За проанализированный промежуток времени на базе ожогового отделения УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи» выполнено 21 оперативное вмешательство по реконструкции мягких тканей пяточной области с использованием медиального лоскута стопы. Демографические данные пациентов и этиология раневых дефектов представлены в табл. 1.

Среди проанализированных пациентов 81% были мужчинами, 19% – женщинами. Возраст пациентов составил 46 (38; 62) лет. У 6 пациентов (29%) дефект мягких тканей пяточной области был обусловлен травматическим повреждением, еще у 6 (29%) – декубитальной язвой, у 5 (24%) – термическим ожогом, в 2 (10%) случаях – трофической язвой и по 1 случаю (5%) отморожением и химическим ожогом. Сопутствующая патология была представлена артериальной гипертензией (52%), ИБС (48%), сахарным диабетом II типа в субкомпенсации (19%) и ХПН (5%).

Характеристика раневых дефектов и поднятых лоскутов представлена в табл. 2.

В проанализированной группе размер дефекта составил 5 (4; 6) × 4,5 (4×5) см. Размер выделенных лоскутов составлял 5,5 (4,5; 6) × 5,0 (4,5×5,5) см. Во всех случаях нами были выполнены несвободные лоскуты. В раннем послеоперационном периоде у 11 (52%) пациентов наблюдалось заживление раны без осложнений, у 1 (5%) пациента наблюдался краевой некроз лоскута, в 2 (10%) случаях наблюдалась венозная недостаточность в лоскуте, которая преодолевалась путем возвращения лоскута в исходное положение и повторной транспозицией на 3–5-е сутки. В 6 (29%) случаях наблюдалась задержка приживления лоскута. Данное осложнение наблюдалось в основном при закрытии декубитальных язв. Транспозиция лоскута во всех случаях сочеталась с одномоментной пластикой реципиентной зоны свободным расщепленным кожным аутотрансплантатом толщиной 0,3–0,5 мм, забор осуществлялся электродерматомом с переднемедиальной поверхности бедра или медиальной поверхности голени. В 3 (14%) случаях наблюдался частичный лизис трансплантата в донорской зоне, однако после отторжения некроза рана зажила вторичным натяжением и не потребовала какого-либо дополнительного оперативного вмешательства.

Таблица 1
Демографические данные пациентов и этиология раневых дефектов
Table 1
Demographic data of patients and etiology of wound defects

№	Пол	Возраст, лет	Этиология дефекта	Сопутствующая патология
1	М.	54	Трофическая язва	Артериальная гипертензия, ИБС
2	М.	42	Посттравматический дефект	–
3	М.	64	Декубитальная язва	Артериальная гипертензия, ИБС
4	М.	63	Декубитальная язва	Артериальная гипертензия, ИБС, сахарный диабет II типа
5	Ж.	35	Посттравматический дефект	–
6	М.	31	Декубитальная язва	ЗЧМТ
7	М.	50	Трофическая язва	Артериальная гипертензия, ИБС, сахарный диабет II типа
8	М.	46	Декубитальная язва	–
9	М.	65	Декубитальная язва	Артериальная гипертензия, ИБС
10	Ж.	19	Посттравматический дефект	–
11	М.	78	Посттравматический дефект	Артериальная гипертензия, ИБС
12	Ж.	37	Термический ожог	Артериальная гипертензия
13	М.	71	Химический ожог кислотой	Артериальная гипертензия, ИБС
14	Ж.	46	Термический ожог	Артериальная гипертензия, ИБС, ХПН
15	М.	59	Декубитальная язва	Артериальная гипертензия, ИБС, сахарный диабет II типа
16	М.	62	Посттравматический дефект	ИБС
17	М.	44	Термический ожог	–
18	М.	43	Посттравматический дефект	–
19	М.	38	Термический ожог	–
20	М.	58	Термический ожог	Артериальная гипертензия, ИБС, сахарный диабет II типа
21	М	32	Отморожение	–

В рамках настоящего исследования восстановление опорной функции стопы оценивалось как ключевой функциональный критерий эффективности хирургического вмешательства. Оценка проводилась комплексно и включала как объективные, так и субъективные параметры в отдаленном послеоперационном периоде (минимальный срок наблюдения – 6 месяцев, максимальный – 24 месяца).

Субъективные параметры включали оценку болевого синдрома при опоре на пятку, способность к самостоятельной ходьбе без использования вспомогательных средств и возможность использования стандартной повседневной обуви. Ни один из пациентов не предъявлял жалоб на боль в области реконструированной пяточной зоны при полной опоре на конечность во время ходьбы. Все пациенты (100%) вернулись к самостоятельной ходьбе без использования вспомогательных средств (трость, ходунки). Стандартную повседневную обувь без необходимости в индивидуальных ортопедических стельках или специализированной обуви использовали 18 из 21 пациента (85,7%), у трех пациентов (14,3%) с выраженной деформацией контура стопы применялась обувь с мягкой подошвой для дополнительной амортизации, однако это не ограничивало их повседневную активность.



Таблица 2
Характеристика раневых дефектов и поднятых лоскутов
Table 2
Characteristics of wound defects and raised flaps

№	Размер дефекта, см	Размер лоскута, см	Осложнения в раннем периоде	Осложнения в позднем периоде	Удовлетворенность внешним видом
1	5×4,5	6×6	–	Асимметрия контуров стопы	9
2	4×5	4,5×5,5	–	–	7
3	5×4	4×4	Задержка приживления лоскута	–	9
4	4×5	4,5×5,5	Частичный лизис СКТ, задержка приживления лоскута	–	5
5	4,5×4	4,5×4,5	Краевой некроз лоскута	–	6
6	7×4	7×4,5	Задержка приживления лоскута	–	9
7	4×5	4,5×5,5	Венозная недостаточность лоскута	–	8
8	5×4,5	5,5×4,5	–	–	9
9	7×5	7×5	Задержка приживления лоскута	–	9
10	6×4,5	6×4,5	–	–	6
11	6×5	6,5×5,5	Частичный лизис СКТ	–	5
12	7×4,5	7×4,5	–	–	7
13	4×5	4,5×5,5	Венозная недостаточность лоскута, задержка приживления лоскута	Асимметрия контуров стопы	7
14	5×4	5,5×5	–	–	6
15	7×5	6×5,5	–	–	9
16	5×5	5,5×5,5	–	Асимметрия контуров стопы	6
17	4×4	5×5	–	–	9
18	5×4	5,5×5	–	–	9
19	6×4	6×5	–	–	8
20	5×5	6×5	–	–	9
21	6×5	5,5×5	Частичный лизис СКТ	–	7

Объективные параметры включали оценку полноты опоры на пятку при осмотре и отсутствие вторичных язв. При осмотре и тестировании походки подтверждена способность всех пациентов равномерно распределять вес тела на реконструированную пяточную область без компенсаторного переноса нагрузки на передний отдел стопы или контрлатеральную конечность. В течение всего периода наблюдения (от 6 до 24 месяцев) не зарегистрировано ни одного случая рецидива язвенного дефекта в зоне лоскута, что свидетельствует о достаточной устойчивости тканей к механической нагрузке.

Удовлетворенность внешним видом стопы при использовании визуально-аналоговой шкалы, где пациенты оценивали внешний вид пяточной области от 0 (полная потеря анатомической формы, тяжелая деформация, невозможность ношения любой обуви) до 10 (полная симметрия контуров стоп, цвет и текстура кожи лоскута полностью соответствуют окружающим тканям, нет функциональных нарушений) составила 8 (6; 9) баллов из 10.

Клинический пример

Пациент И., 56 лет, обратился с жалобами на постоянные боли в области язвенного дефекта правой стопы при опоре на конечность. В анамнезе – травма правой стопы по типу разможджения 8 лет назад с последующим выполнением свободной кожной пластики для закрытия подошвенного дефекта. При осмотре – язвенный дефект правой пяточной области размером 5×4,5 см округлой формы, с рубцово-измененными краями, дно раны выполнено склерозированной грануляционной тканью с налетами фибрина (рис. 3). Опорная функция переднего отдела стопы сохранена.



Рис. 3. Фотографии внешнего вида (А) и размеров (В, С) раневого дефекта
Fig. 3. Photographs demonstrating the appearance (А) and dimensions (В, С) of the wound defect



Рис. 4. Предоперационная разметка
Fig. 4. Preoperative marking



Рис. 5. Интраоперационная фотография: лоскут выделен на сосудистой ножке по предварительной разметке
Fig. 5. Intraoperative photograph: the flap elevated on its vascular pedicle according to preoperative markings



Рис. 6. Фотография внешнего вида стопы после выполнения оперативного вмешательства
Fig. 6. Postoperative photograph demonstrating the appearance of the foot following surgical intervention



Рис. 7. Фотография внешнего вида стопы на 7-е сутки с момента оперативного вмешательства
Fig. 7. Photograph demonstrating the appearance of the foot on postoperative day 7



Рис. 8. Фотография внешнего вида стопы через 2 года с момента оперативного вмешательства
Fig. 8. Clinical photograph of the foot at 2-year follow-up after surgical intervention

С целью реконструкции мягких тканей правой пяточной области и для закрытия образовавшейся язвы было принято решение о выполнении ипсилатерального лоскута медиальной подошвенной артерии. Предоперационная разметка представлена на рис. 4.

Под проводниковой анестезией выполнено иссечение язвенного дефекта, грануляционной ткани и рубцово-измененного края в правой пяточной области, с формированием дефекта размером 5,0×6,0 см. Измерена необходимая длина сосудистой ножки от уровня задней большеберцовой артерии правой голени до центра дефекта. Для проведения ножки лоскута выполнен Z-образный разрез. По предварительной разметке выделен лоскут на медиальной подошвенной артерии размером 6,0×6,0 см (рис. 5).

После мобилизации лоскут транспонирован в положение раневого дефекта. Донорский дефект закрыт свободным расщепленным кожным аутотрансплантатом толщиной 0,3 мм. Лоскут фиксирован узловыми швами (рис. 6).

Транспозиция и приживление лоскута прошло успешно, без признаков сосудистой недостаточности в раннем послеоперационном периоде (рис. 7). Пациент выписан на 7-е сутки с момента оперативного вмешательства.

В отдаленном периоде наблюдения пациент достиг полного восстановления опорной функции стопы и способен к безболезненной ходьбе в стандартной ортопедической обуви (рис. 8).

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Подошвенная поверхность стопы представляет собой уникальную анатомическую структуру, характеризующуюся повышенной толщиной кожи, развитой сосудистой сетью и чувствительной иннервацией, а также обладающую высокоспециализированной микроанатомией подкожной клетчатки с фиброзными перегородками [3–5]. Данные особенности обеспечивают способность тканей выдерживать значительные механические нагрузки и движение на «сдвиг» при ходьбе. Однако именно эти характеристики создают существенные ограничения при выборе методики закрытия дефектов данной локализации.

Несмотря на то, что в настоящем исследовании не была сформирована внутренняя контрольная группа, выбор лоскута медиальной подошвенной артерии в качестве метода реконструкции обоснован как анатомо-функциональными преимуществами, так и данными мировой литературы. Сравнительный анализ с альтернативными подходами демонстрирует явные ограничения других методик. Традиционная аутодермопластика расщепленным кожным трансплантатом, несмотря на техническую простоту, не обеспечивает воссоздания стабильного покрова, адаптированного к механической нагрузке, и часто сопровождается развитием рецидивирующих язв в зоне вмешательства [7–9, 11], что подчеркивает наш клинический пример. Местные ротационные лоскуты позволяют закрыть дефект мягких тканей, однако используемая для закрытия дефекта кожа не обладает характеристиками подошвенной ткани, что ограничивает функциональные результаты и сохраняет риск вторичного изъязвления при ходьбе [7–11]. Свободные микрохирургические лоскуты, хотя и обеспечивают надежное закрытие дефекта, также не воспроизводят специфическую текстуру и биомеханические свойства подошвенной кожи, требуют высокой квалификации хирурга и сопряжены с повышенным риском сосудистых осложнений [1, 7, 9, 11].



Таким образом, высокой эффективностью обладает концепция перераспределения кожи из ненагружаемых областей подошвенной поверхности в зону механической нагрузки. Одной из таких областей является область подъема стопы [1, 3, 5].

Область подъема стопы анатомически ограничена бугристостью ладьевидной кости по медиальному краю и средней линией стопы по латеральному краю. Проксимально она простирается до дистальной границы нагружаемой пяточной области, дистально – до головки первой плюсневой кости. Топографически данная область не участвует в функции опоры при ходьбе, что делает ее идеальным тканевым резервом для реконструктивных целей [3–8]. Однако при анатомических вариантах строения стопы, таких как плоскостопие, область подъема может частично включаться в опорную функцию, что требует тщательной предоперационной оценки и планирования [1].

В отличие от вышеописанных методов, лоскут медиальной подошвенной артерии использует кожу, гистологически и функционально идентичную подошвенной, сохраняет возможность сенсорной иннервации. По данным систематических обзоров, использование лоскута медиальной подошвенной артерии для реконструкции пятки связано с очень высокой выживаемостью лоскута (98,2%), низким уровнем незначительных осложнений со стороны лоскута (9,4%) и низким уровнем осложнений в донорской области (5,2%) [11].

Результаты настоящего анализа демонстрируют высокую эффективность применения лоскута на медиальной подошвенной артерии для реконструкции мягких тканей пяточной области.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лоскут медиальной подошвенной артерии является эффективным методом реконструкции дефектов пяточной области в представленной серии наблюдений, обеспечивая стабильное закрытие дефектов и восстановление опорной функции. Методика позволяет использовать ткани, близкие по своим биомеханическим и сенсорным характеристикам к подошвенной коже, минимизирует риск рецидива язв и обеспечивает восстановление опорной функции стопы.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Park J.S., Lee J.H., Lee J.S., Baek J.H. Medialis pedis flap for reconstruction of weight bearing heel. *Microsurgery*. 2017;37(7):780–785. doi: 10.1002/micr.30198
2. Harrison D.H., Morgan B.D. The instep island flap to resurface plantar defects. *Br J Plast Surg*. 1981;34(3):315–318. doi: 10.1016/0007-1226(81)90019-9
3. Masadeh S., Perry W., Ellabban M.A., Bibbo C., Liette M.D. Anatomical Variations of the Medial Plantar Artery Flap: A Cadaveric Study With Clinical Applications. *J Foot Ankle Surg*. 2024;63(5):526–531. doi: 10.1053/j.jfas.2024.04.006
4. Song D., Yang X., Wu Z., et al. Anatomic basis and clinical application of the distally based medialis pedis flaps. *Surg Radiol Anat*. 2016;38(2):213–221. doi: 10.1007/s00276-015-1532-6
5. Macedo J.L.S., Rosa S.C., Neto A.V.R.F., Silva A.A.D., Amorim A.C.S. Reconstruction of soft-tissue lesions of the foot with the use of the medial plantar flap. *Rev Bras Ortop*. 2017;52(6):699–704. doi: 10.1016/j.rboe.2017.10.009
6. Tsybul E., Rodomanova L. Reconstructive microsurgery in the treatment of superficial calcaneal osteomyelitis. *Traumatology and orthopedics of Russia*. 2016;22(2):7–14. (in Russian)
7. Minasov B., Biktasheva E., Valeev M. et al. Soft tissues reconstruction in the patients with extensive wound defects of the foot using flaps with axial type of circulation (literature review). *Orthopaedic genius*. 2022;28(1):150–157. (in Russian)
8. Mourougayan V. Medial plantar artery (instep flap) flap. *Ann Plast Surg*. 2006;56(2):160–163. doi: 10.1097/01.sap.0000190830.71132.b8
9. Liette M.D., Ellabban M.A., Rodriguez P., Bibbo C., Masadeh S. Medial Plantar Artery Flap for Wound Coverage of the Weight-Bearing Surface of the Heel. *Clin Podiatr Med Surg*. 2020;37(4):751–764. doi: 10.1016/j.cpm.2020.06.002
10. Khai Luen K., Wan Sulaiman W.A. Functional Outcomes After Heel Pad Reconstruction: A Review of 7 Cases. *J Foot Ankle Surg*. 2017;56(5):1114–1120. doi: 10.1053/j.jfas.2017.04.024
11. Opoku-Agyeman J.L., Allen A., Humenansky K. The Use of Local Medial Plantar Artery Flap for Heel Reconstruction: A Systematic Review. *Cureus*. 2020;12(8):e9880. doi: 10.7759/cureus.9880



Алексеев С.А.¹✉, Левченко П.А.¹, Бирюков А.В.², Шикуть Р.А.¹, Асколкин С.А.¹

¹ Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

² 5-я городская клиническая больница, Минск, Беларусь

Метаанализ эффективности физического дебридмента пролежней у спинальных пациентов

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Алексеев С.А. – концепция и дизайн исследования, редактирование статьи, оценка результатов, написание статьи; Левченко П.А. – концепция и дизайн исследования, редактирование статьи; Бирюков А.В. – сбор данных; Шикуть Р.А., Асколкин С.А. – расчеты показателей и выявление тенденций, статистический анализ данных, написание статьи.

Подана: 01.05.2026

Принята: 13.08.2026

Контакты: commonsurg@bsmu.by

Резюме

Введение. Пролежни у пациентов с повреждением спинного мозга представляют собой серьезную клиническую проблему, требующую комплексного подхода к лечению. В отличие от пожилых пациентов, молодые спинальные пациенты нуждаются в хирургическом закрытии дефектов для восстановления трудоспособности. Современные методы физического дебридмента (гидрогелевые повязки, пульсирующее промывание, ультразвуковая очистка, вакуум-терапия, озонотерапия) имеют различные механизмы действия и профили эффективности. Отсутствие объективного сравнения данных методов обуславливает необходимость проведения систематического обзора и метаанализа для выявления оптимальной стратегии подготовки ран к оперативному закрытию у данной категории пациентов.

Цель. Провести метаанализ эффективности современных физических методов дебридмента пролежней у спинальных пациентов для подготовки к пластическому закрытию на основе многокритериальной оценки их безопасности, экономичности и доступности.

Материалы и методы. Проведен систематический метаанализ публикаций, включающих клинические исследования пациентов с пролежнями крестцовой и седалищной локализации. Поиск выполнен в базах PubMed, Scopus, Scholar за период 2016–2025 гг. Для метаанализа отобрано 50 наиболее релевантных работ. Проанализированы данные 300 пациентов в возрасте 18–30 лет. Оценены 5 методов очищения ран от некротических тканей (дебридмента): гидрогелевые повязки, пульсирующее промывание, ультразвуковая кавитация ран, вакуум-терапия и озонотерапия.

Результаты. Все 5 методов физического дебридмента показали эффективность в лечении пролежней у спинальных пациентов. Пульсирующее промывание наиболее эффективно для первичной очистки ран. Вакуум- и ультразвуковая терапия лучше стимулируют регенерацию тканей. Озонотерапия продемонстрировала выраженный антимикробный эффект при низкой стоимости. Гидрогелевые повязки безопасны и удобны при сухих ранах, но ограничены при обильном экссудате.

Заключение. Все рассмотренные методы физического дебридмента эффективны для лечения пролежней у спинальных пациентов. Все методы нуждаются в дальнейшей



стандартизации и подтверждении эффективности в рамках крупных рандомизированных контролируемых исследований.

Ключевые слова: пролежни, спинальные пациенты, метаанализ, гидрогелевые повязки, пульсирующее промывание, ультразвуковая дебридментация, вакуум-терапия, озонотерапия

Alekseev S.¹✉, Levchenko P.¹, Biryukov A.², Shikut R.¹, Askolkin S.¹

¹ Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

² City Clinical Hospital No. 5, Minsk, Belarus

A Meta-Analysis of the Effectiveness of Physical Debridement of Pressure Ulcers in Spinal Patients

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Alekseev S. – study concept and design, article editing, results, text writing; Levchenko P. – study concept and design, text editing; Biryukov A. – data collection; Shikut R., Askolkin S. – calculation of indicators and identification of trends, statistical data analysis, text writing.

Submitted: 01.05.2026

Accepted: 13.08.2026

Contacts: commonsurg@bsmu.by

Abstract

Introduction. Pressure ulcers in patients with spinal cord injury represent a serious clinical challenge requiring a comprehensive treatment approach. Unlike elderly patients, young spinal patients require surgical closure of defects to restore working capacity. Modern methods of physical debridement (hydrogel dressings, pulsatile irrigation, ultrasonic cleaning, vacuum therapy, and ozone therapy) have different mechanisms of action and efficacy profiles. The lack of objective comparison of these methods necessitates a systematic review and meta-analysis to identify the optimal strategy for wound preparation to surgical closure in this category of patients.

Purpose. To conduct a meta-analysis of the effectiveness of modern physical debridement methods for pressure ulcers in spinal patients to prepare them for plastic closure, based on a multicriteria assessment of their safety, cost-effectiveness, and availability.

Materials and methods. A systematic meta-analysis of publications including clinical studies of patients with sacral and ischial pressure ulcers was conducted. The search was performed in PubMed, Scopus, and Scholar databases for the period 2016–2025. For the meta-analysis, 50 most relevant works were selected. Data from 300 patients aged 18–30 years were analyzed. Five debridement methods were evaluated: hydrogel dressings, pulsatile irrigation, ultrasonic debridement, vacuum therapy, and ozone therapy.

Results. All five methods of physical debridement showed effectiveness in treating pressure ulcers in spinal patients. Pulsatile irrigation is most effective for primary wound cleansing. Vacuum and ultrasonic therapy better stimulate tissue regeneration. Ozone therapy demonstrated a pronounced antimicrobial effect at low cost. Hydrogel dressings are safe and convenient for dry wounds but limited in cases of abundant exudate.

Conclusion. All considered methods of physical debridement are effective for treating pressure ulcers in spinal patients. All methods require further standardization and confirmation of efficacy within large randomized controlled trials.

Keywords: pressure ulcers, spinal patients, meta-analysis, hydrogel dressings, pulsatile irrigation, ultrasonic debridement, vacuum therapy, ozone therapy

■ ВВЕДЕНИЕ

Пролежень представляет собой локальное повреждение кожи и подлежащих тканей вследствие длительного давления или комбинации давления, сдвига и трения в зонах костных выступов [1].

В клинической практике применяется международная классификация EPUAP/NPUAP, выделяющая 6 категорий пролежней по глубине поражения тканей: I категория – интактная кожа с небледнеющей эритемой; II категория – частичная потеря толщины кожи с вовлечением эпидермиса и/или дермы; III категория – полнослойная потеря кожи с вовлечением подкожной клетчатки; IV категория – полнослойная потеря тканей с обнажением кости, сухожилия или мышцы; нестадированные пролежни – дефект, дно которого покрыто некрозом или струпом, что препятствует оценке глубины; подозрение на повреждение глубоких тканей – интактная кожа пурпурного или бордового оттенка, указывающая на повреждение подлежащих структур [2].

Ведущий механизм развития пролежней – ишемия тканей при давлении выше 32 мм рт. ст., что превышает капиллярное давление и приводит к нарушению микроциркуляции, гипоксии и некрозу. Сила сдвига вызывает смещение глубоких тканей относительно кости при фиксации кожи, что провоцирует разрыв сосудов и ишемию при интактной поверхности. Трение повреждает эпидермис, снижая барьерную функцию кожи. Мацерация вследствие влажности повышает уязвимость тканей к механическим факторам и инфекции. Факторы риска включают ограничение подвижности, нарушение чувствительности, истощение, сосудистые заболевания, недержание мочи и кала, неадекватный уход [3].

Пациенты с повреждением спинного мозга составляют особую группу риска, характеризующуюся преобладанием молодого возраста (18–45 лет), что отличает их от пожилых пациентов с пролежнями на фоне возрастной инволюции тканей. Данная категория пациентов имеет стойкую ограниченную трудоспособность и нуждается в длительной реабилитации и профилактике осложнений. Локализация пролежней у спинальных пациентов динамически меняется в зависимости от функционального статуса: в раннем посттравматическом периоде (0–6 мес.) преобладает крестцовая область, в период вертикализации (6–18 мес.) – зона большого вертела, при активном использовании коляски (1,5–5 лет и далее) – сидалищные бугры. В отличие от пожилых лежащих пациентов, у которых пролежни возникают в зонах пассивного давления, у спинальных пациентов дефекты формируются преимущественно в зонах активной нагрузки при сидении. Патологические особенности включают потерю чувствительности, вегетативную дисфункцию с нарушением трофики и микроциркуляции, спастичность, нейрогенное недержание и иммуносупрессию [4].



Благодаря компенсаторным возможностям организма, пациенты молодого возраста способны к полному или частичному самообслуживанию, что обосновывает необходимость выполнения операций по закрытию дефектов, так как хирургическое восстановление создает базу для их дальнейшей полноценной жизни [5].

Лечение пролежней базируется на тех же принципах, что и терапия гнойных ран, поскольку пролежень в фазах некроза и воспаления представляет собой хроническую инфицированную рану. Ключевые направления включают оценку раны по шкале BYRP, где B (black) (черный) – некротические изменения тканей; Y (yellow) (желтый) – появление фибриновых наложений и гноя; R (red) (красный) – появление первых грануляций; P (pink) (розовый) – окончание роста грануляций и начало формирования эпителиального слоя; контроль бактериальной обсемененности ниже 10^5 КОЕ/г, дебридмента некротических тканей, баланса влажности и стимуляции регенерации. Универсальным алгоритмом служит стратегия TIME: T (tissue) – удаление нежизнеспособных тканей хирургическим, ферментным или аутолитическим способом; I (infection/inflammation) – контроль инфекции местными антисептиками и системными антибиотиками при показаниях; M (moisture) – управление экссудатом с использованием суперабсорбентов, альгинатов или гидрогелей в зависимости от уровня влажности; E (edge) – стимуляция краевой эпителизации и хирургическое закрытие дефекта при отсутствии заживления [6]. У спинальных пациентов обязательным условием эффективности лечения является полная разгрузка зоны повреждения посредством частой смены положения, использования противопролежневых систем и обучения правильному перемещению. При пролежнях III–IV стадий, отсутствии динамики на фоне консервативной терапии и рецидивирующих дефектах показано хирургическое закрытие полнослойными кожно-мышечными лоскутами. В комплексной терапии применяются VAC-терапия для подготовки раневого ложа, нутритивная поддержка с увеличением белка до 1,2–1,5 г/кг/сут и мультидисциплинарный подход с участием хирурга, реабилитолога и диетолога [7].

В клинической практике спектр современных методов лечения пролежней значительно расширился, что делает задачу сравнительной оценки их эффективности крайне актуальной [8, 9]. Одним из широко применяемых подходов является использование гидрогелевых повязок, которые представляют собой интерактивные покрытия на основе водного полимера [10, 11]. Их механизм действия базируется на создании и поддержании влажной среды в ране, что активирует эндогенные протеазы для мягкого аутолитического растворения некротических тканей без травмирования здоровых участков [12]. Ключевыми преимуществами данного метода являются его гипоаллергенность, простота применения и способность снижать болевой синдром, однако отсутствие активной механической очистки ограничивает эффективность при наличии плотного некроза, а высокая стоимость импортных аналогов затрудняет их массовое внедрение в клиническую практику [13, 14].

Другим важным методом физического дебридмента является пульсирующее промывание, суть которого заключается в механической очистке раневой поверхности струей физиологического раствора или антисептика, подаваемой под контролируемым импульсным давлением [15, 16]. Этот подход позволяет быстро удалять некротические массы, фибрин и бактериальные биопленки, значительно снижая микробную нагрузку и улучшая визуализацию границ поражения перед хирургическим вмешательством [17]. Несмотря на высокую скорость обработки и низкую стоимость

процедуры, метод сопряжен с риском глубокой диссеминации инфекции из-за возможного «проталкивания» бактерий в ткани при высоком давлении, а также не обладает стимулирующим влиянием на процессы регенерации [18, 19].

Ультразвуковая дебридментация предлагает более высокотехнологичный вариант очистки, использующий низкочастотные звуковые волны для генерации явления кавитации в жидкой среде раны [20, 21]. Образующиеся и коллапсирующие микропузырьки создают локализованные ударные волны, которые целенаправленно разрушают устойчивые бактериальные биопленки и некротические ткани, одновременно стимулируя клеточную активность фибробластов за счет микровибрации [22, 23]. Высокая точность воздействия позволяет работать на любой глубине без повреждения окружающих здоровых тканей, что критически важно для пациентов с нарушенной чувствительностью, однако внедрение метода сдерживается высокой стоимостью оборудования и необходимостью наличия квалифицированного персонала для настройки параметров [24, 25].

Вакуум-терапия, или терапия отрицательным давлением, представляет собой многофункциональный метод, при котором на рану накладывается специальная губка, герметизируется пленкой и подключается к насосу, создающему субатмосферное давление [26, 27]. Данный подход обеспечивает механическое удаление экссудата, уменьшение тканевого отека, улучшение локального кровотока и оксигенации, а также стимулирует ангиогенез и образование грануляционной ткани через микродеформацию клеток [28, 29]. Будучи мощным инструментом для подготовки сложных ран к операции, вакуум-терапия демонстрирует высокую безопасность и долгосрочную экономическую целесообразность за счет сокращения сроков госпитализации, но ее применение ограничено противопоказаниями к использованию при выраженном некрозе и высокой первоначальной стоимостью систем [30, 31].

Озонотерапия выделяется среди прочих методов своим многоцелевым механизмом действия, объединяющим мощное антимикробное, противовоспалительное и регенеративное воздействие в рамках одной процедуры [32, 33]. Применение озонкислородной смеси приводит к разрушению клеточных стенок микроорганизмов без риска развития резистентности, модуляции цитокинового профиля для снижения воспаления и улучшению оксигенации тканей за счет усиления диссоциации оксигемоглобина [34, 35]. Несмотря на перспективность метода и хороший профиль безопасности при местном применении, его широкое внедрение сдерживается отсутствием стандартизированных протоколов концентрации и экспозиции, а также controversиями вокруг возможных рисков токсичности при неправильном использовании [36, 37].

Разнообразие механизмов действия, профилей безопасности и экономических характеристик каждого из этих методов создает значительную гетерогенность в подходах к лечению пролежней у спинальных пациентов [38, 39]. Традиционные нарративные обзоры часто не позволяют объективно количественно оценить превосходство одной технологии над другой из-за различий в дизайне исследований и критериях оценки результатов [40, 41]. В связи с этим проведение систематического обзора и метаанализа становится необходимым инструментом для интеграции разрозненных данных, позволяющим выявить наиболее эффективные и безопасные стратегии физического дебридмента [42]. Такой анализ обеспечивает доказательную базу для оптимизации клинических протоколов и выбора оптимального метода подготовки ран к оперативному закрытию в условиях реальной практики [43].



■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести многокритериальный метаанализ современных физических методов дебридмента пролежней (III–IV стадии по классификации NPUAP/EPUAP) у спинальных пациентов для выявления оптимальной стратегии подготовки раневого ложа к пластическому закрытию с учетом их терапевтической эффективности, безопасности, экономичности и доступности.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данный систематический обзор и метаанализ проведены в соответствии с протоколом PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Источниками информации послужили международные базы данных PubMed, Scopus и Google Scholar. Поиск литературы осуществлялся в период с 2016 по 2025 г. с использованием следующих ключевых терминов: pressure ulcers, spinal cord injury, physical debridement, hydrogel dressings, pulsatile lavage, ultrasonic debridement, NPWT, ozone therapy, wound healing.

Дизайн исследования (рис. 1) включал 4 последовательных этапа: идентификацию, скрининг, оценку приемлемости и включение. На этапе идентификации было найдено 3256 публикаций, дополнительно из других источников выявлено 8 работ. После удаления 152 дубликатов к скринингу допущено 2573 источника. На данном этапе исключено 1576 публикаций по причине отсутствия полного текста. Для детальной оценки на приемлемость осталось 997 полнотекстовых статей, из которых 480 были исключены как несоответствующие тематике. В итоговый систематический обзор включено 517 исследований, а для проведения метаанализа и многокритериального сравнения отобрано 50 наиболее релевантных работ.

Отбор статей осуществлялся по заранее определенным критериям. В критерий включения входили работы, отражающие: локализацию повреждений в крестцовой и седалищной областях; контингент пациентов со спинальной патологией (травма спинного мозга) в возрасте от 18 до 30 лет; представленные методы непосредственно физического дебридмента, включающие пульсирующее промывание, использование гидрогелевых повязок, ультразвуковую дебридментацию, озонотерапию, вакуум-терапию. Критерий невключения предусматривал исключение работ с иной локализацией пролежней (например, пяточная область, туловище), работ, посвященных пролежням не у спинальных пациентов, работ, в которых отсутствовали нерандомизированные исследования, а также работ без оценки критериев безопасности, экономичности и доступности. В критерий исключения вошли повреждения, не относящиеся к пролежням (лучевые язвы, язвы при аутоиммунных заболеваниях, инфекционные язвы, злокачественные новообразования кожи и подкожной клетчатки, ожоговые раны и хирургические раны, не связанные с давлением и др.).

Для статистического анализа и многокритериальной оценки эффективности использовалось программное обеспечение Microsoft Excel 2019. Рассчитывались ключевые показатели. Отношение шансов – это показатель, который демонстрирует, во сколько раз шансы на наступление благоприятного исхода (заживления раны) в группе, где применялся исследуемый метод, выше по сравнению с контрольной группой (стандартный уход); для его расчета использовалась таблица сопряженности 2×2, где учитывалось число пациентов с улучшением и без улучшения в обеих группах. Относительный риск отражает, во сколько раз вероятность положительного исхода

в экспериментальной группе отличается от вероятности в контрольной группе, оперируя реальной долей пациентов, у которых произошло событие. Критерий Манна – Уитни применялся для сравнения 2 независимых выборок при отсутствии нормального распределения данных, позволяя оценить статистическую значимость различий между группами без предположения о параметрическом характере распределения. Гетерогенность (I^2) отражала степень различий между результатами разных исследований, включенных в анализ; интерпретация проводилась следующим образом: значения 0–25% указывали на низкую гетерогенность, 25–50% – на умеренную, а значения более 50% – на высокую вариабельность данных. Доверительный интервал (95% ДИ) определял диапазон значений, в котором с вероятностью 95% находится истинный показатель эффективности метода; результат считался статистически значимым, если доверительный интервал не пересекал критическое значение 1,0. Статистическая значимость (P-value) оценивала вероятность того, что полученная разница между группами является случайной; порог значимости был принят за $p < 0,05$, что подтверждало достоверность выводов во всех рассмотренных методах [44, 45].

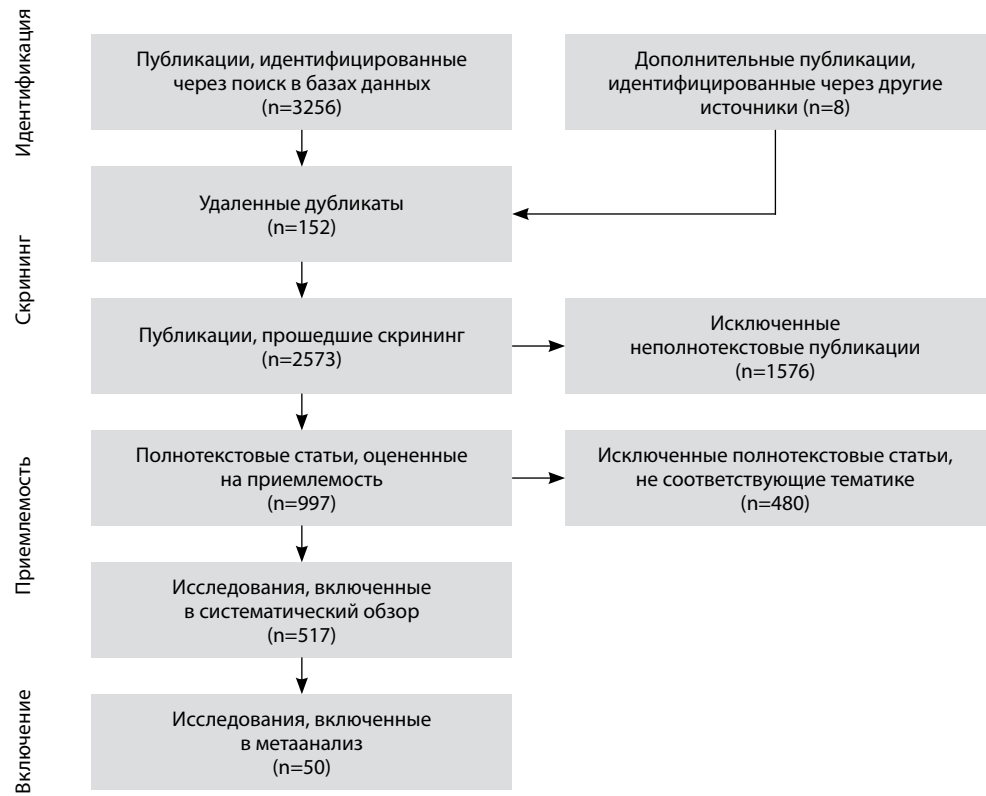


Рис. 1. Дизайн исследования
Fig. 1. Study design



■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Многокритериальный анализ эффективности гидрогелевых повязок (рис. 2) продемонстрировал высокий профиль безопасности метода, который оценивается в 88%, что обусловлено гипоаллергенностью материалов и отсутствием системных побочных эффектов. Критерий экономичности составил 71%, что объясняется относительно низкой стоимостью. Показатель доступности достиг 84%, поскольку данные материалы широко представлены в аптечной сети и не требуют применения специализированного оборудования или дополнительного обучения медицинского персонала. Статистический анализ, обобщающий данные из включенных исследований, показал статистически значимое преимущество метода: отношение шансов составило 1,64 (95% ДИ: 1,31–2,05), что указывает на повышение вероятности улучшения заживления на 64% по сравнению с контрольной группой. Относительный риск равен 1,48 (95% ДИ: 1,25–1,75). Уровень гетерогенности исследований (I^2) зафиксирован на отметке 38,9%, что свидетельствует о низкой вариабельности и высокой согласованности данных. Уровень статистической значимости составил $p=0,0003$, подтверждая высокосignификантный характер выявленных эффектов.

При оценке пульсирующего промывания (рис. 3) показатель безопасности составил 85%, что обусловлено хорошим профилем переносимости при использовании низкого давления и управляемым риском углубления инфекции при строгом соблюдении протоколов. Критерий экономичности достиг 74%, что объясняется низкой стоимостью процедуры и окупаемостью за счет сокращения времени заживления. Показатель доступности составил 78%, поскольку метод использует простое оборудование, доступное в большинстве лечебных учреждений, и не требует сложного обучения персонала. Статистические расчеты выявили наиболее высокое отношение

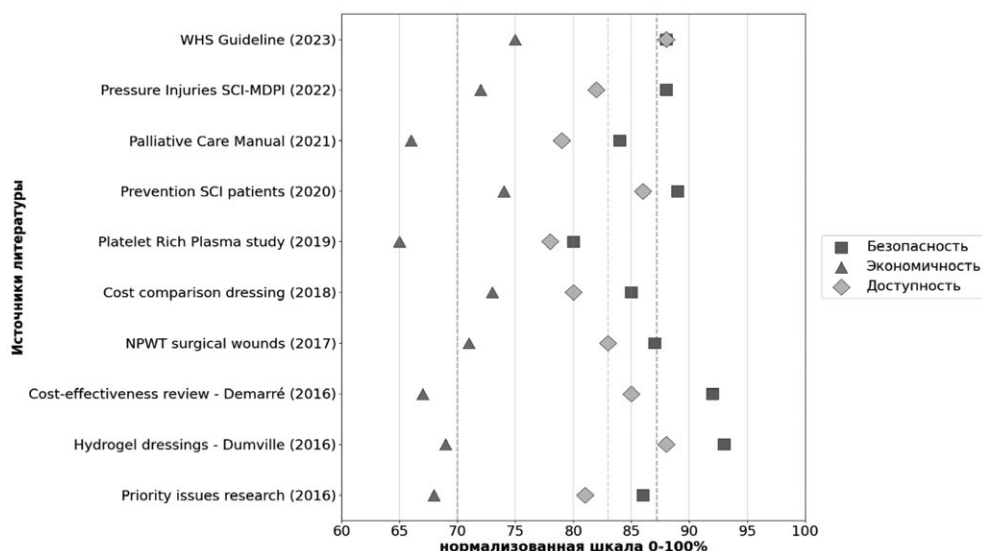


Рис. 2. Многокритериальный анализ эффективности гидрогелевых повязок
Fig. 2. Multicriteria assessment of the effectiveness of hydrogel wound dressings

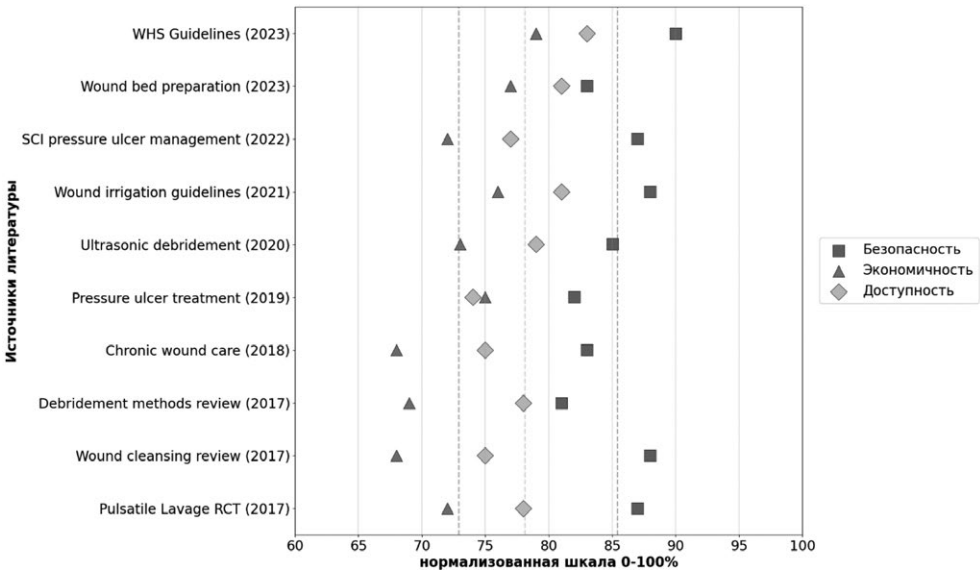


Рис. 3. Многокритериальный анализ эффективности пульсирующего промывания
Fig. 3. Multicriteria analysis of the effectiveness of pulsatile irrigation

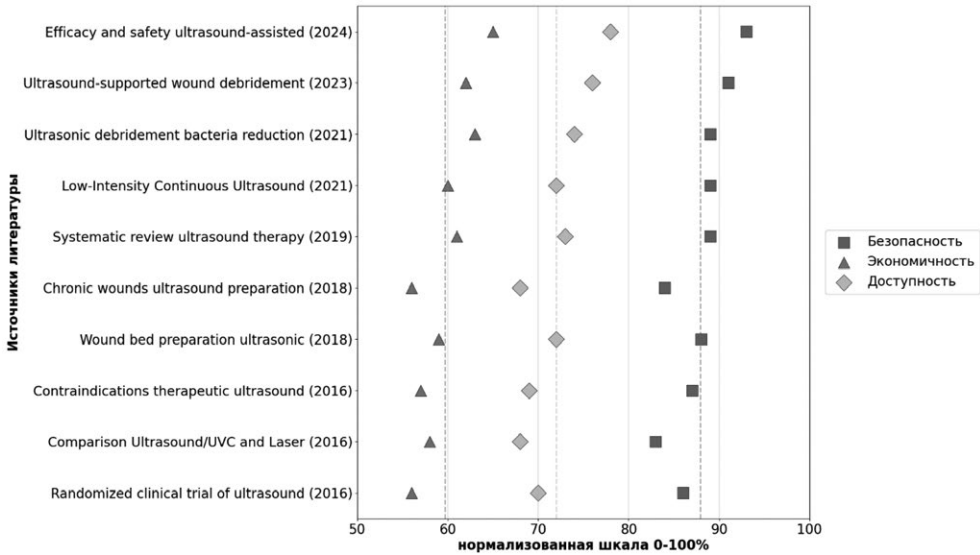


Рис. 4. Многокритериальный анализ эффективности ультразвуковой дебридментации
Fig. 4. Multicriteria analysis of the effectiveness of ultrasonic debridement

шансов среди всех рассмотренных методов – 2,03 (95% ДИ: 1,32–3,10), что свидетельствует о двукратном повышении шансов на заживление раны. Относительный риск составил 1,71 (95% ДИ: 1,29–2,27). Гетерогенность исследований была умеренной



($I^2=47,3\%$), что связано с различиями в протоколах ирригации. Статистическая значимость подтверждена значением $p=0,008$.

Анализ ультразвуковой дебридментации (рис. 4) показал высокий показатель безопасности (88%), что обусловлено отличным профилем переносимости и минимальным риском повреждения здоровых тканей благодаря высокой точности воздействия ультразвука. Однако критерий экономичности оказался наименьшим среди сравниваемых методов (59%), что объясняется высокой стоимостью специализированного оборудования и его обслуживания, а также отсутствием доказанной окупаемости в крупных экономических исследованиях. Доступность метода оценивается в 73%, поскольку метод доступен преимущественно в крупных специализированных центрах, хотя появление портативных устройств постепенно расширяет возможности его применения. Отношение шансов составило 1,78 (95% ДИ: 1,34–2,36), а относительный риск – 1,52 (95% ДИ: 1,26–1,83). Уровень гетерогенности исследований оказался выше среднего ($I^2=52,7\%$), что обусловлено различиями в параметрах ультразвука и протоколах применения. Статистическая значимость результатов подтверждена ($p=0,001$).

Вакуум-терапия (рис. 5) продемонстрировала наивысший показатель безопасности среди всех методов (91%), что связано со снижением риска инфекционных осложнений на 36% и управляемостью рисков при соблюдении протоколов. Критерий экономичности составил 73%, что объясняется высокими первоначальными затратами, которые окупаются долгосрочной экономией за счет сокращения госпитализации и рецидивов. Показатель доступности достиг 84%, поскольку метод ограничен в низкоресурсных условиях, однако адаптивные системы повышают доступность, хотя и требуют валидации. Статистический анализ показал отношение шансов 1,58

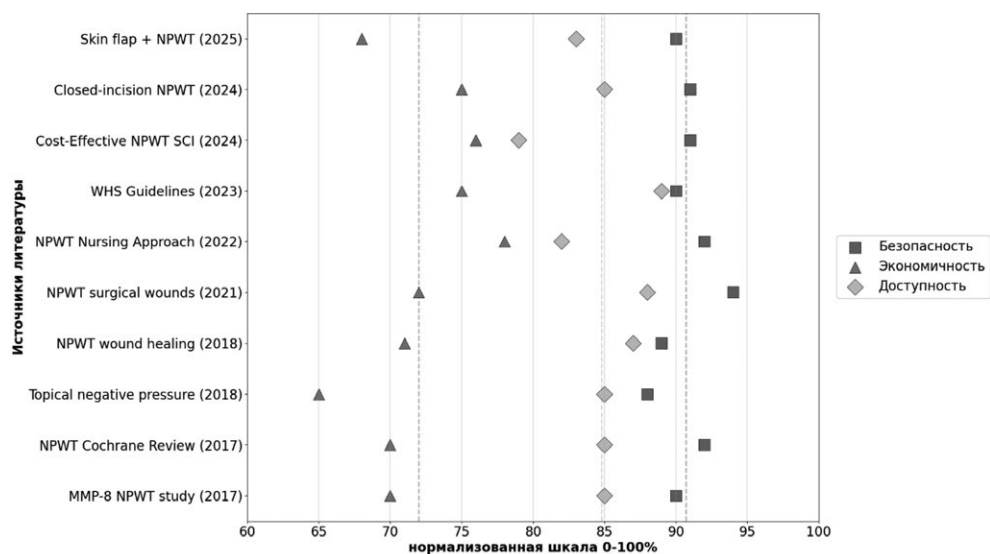


Рис. 5. Многокритериальный анализ эффективности вакуум-терапии
Fig. 5. Multicriteria analysis of the effectiveness of vacuum therapy

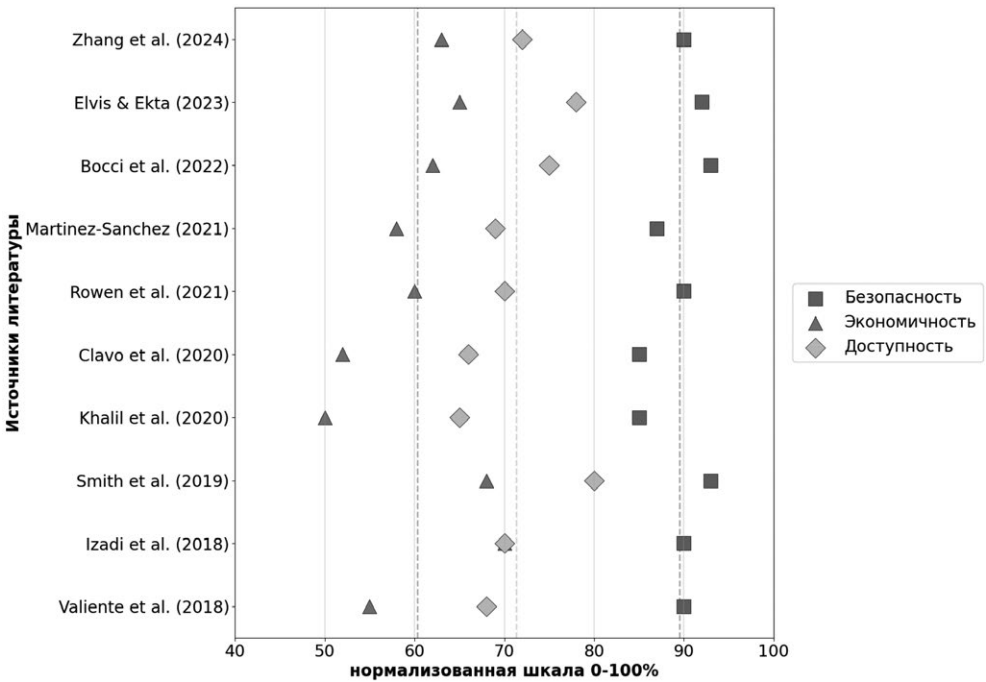


Рис. 6. Многокритериальный анализ эффективности озонотерапии
Fig. 6. Multicriteria analysis of the effectiveness of ozone therapy

(95% ДИ: 1,32–1,89) и относительный риск 1,45 (95% ДИ: 1,27–1,65). Гетерогенность исследований была умеренной ($I^2=45,2\%$). Уровень статистической значимости оказался наиболее высоким ($p<0,001$), что указывает на чрезвычайно низкую вероятность случайного получения таких результатов.

При анализе озонотерапии (рис. 6) показатель безопасности оценивается в 88%, что обусловлено хорошим профилем при местном применении, хотя риск возрастает при инвазивных методах введения. Критерий экономичности составляет 60%, что объясняется снижением общей стоимости лечения за счет ускорения заживления. Показатель доступности достиг 72%, поскольку метод технически реализуем, но требует специального оборудования для генерации и контроля концентрации озона, что ограничивает его широкое распространение. Отношение шансов составило

Многокритериальная оценка представленных методов дебридмента (шкала 0–100%)
Multicriteria evaluation of the presented debridement methods (scale 0–100%)

Метод	Безопасность, %	Экономичность, %	Доступность, %
Пульсирующее промывание	85	74	78
Ультразвуковая дебридментация	88	59	73
Вакуум-терапия	91	73	84
Гидрогелевые повязки	88	71	84
Озонотерапия	88	60	72



1,89 (95% ДИ: 1,45–2,46), что является одним из самых высоких показателей наряду с пульсирующим промыванием. Относительный риск равен 1,67 (95% ДИ: 1,38–2,02). Данный метод характеризовался наибольшей гетерогенностью исследований ($I^2=59,2\%$), что связано с отсутствием стандартизированных протоколов применения. Статистическая значимость подтверждена ($p=0,002$).

Многокритериальная оценка представленных методов дебридмента представлена в таблице.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный систематический обзор и метаанализ подтвердили высокую эффективность всех 5 рассмотренных физических методов дебридмента пролежней у спинальных пациентов: гидрогелевых повязок, пульсирующего промывания, ультразвуковой дебридментации, вакуум-терапии и озонотерапии. Каждый метод демонстрирует уникальный профиль безопасности, экономичности и доступности, что делает невозможным выбор единого универсального подхода. В частности, пульсирующее промывание показало наибольшее отношение шансов (2,03) и является оптимальным выбором для первичной очистки гнойно-некротических ран. Вакуум-терапия продемонстрировала наилучший профиль безопасности (91%) и высочайшую статистическую значимость ($p<0,001$), что подтверждает ее роль как ключевого инструмента подготовки сложных ран к хирургическому закрытию. Ультразвуковая дебридментация эффективна при разрушении биопленок, но ограничена высокой стоимостью оборудования. Гидрогелевые повязки безопасны и доступны, особенно при сухих ранах, однако не заменяют активный дебридмент при глубоких некрозах. Озонотерапия представляет собой сбалансированный вариант с высоким отношением шансов (1,89), низким риском резистентности и умеренной стоимостью, но требует стандартизации протоколов применения.

Ключевым выводом исследования является то, что данные методы представляют собой не конкурирующие, а взаимодополняющие инструменты, что полностью согласуется с концепцией TIME. Это обосновывает переход от поиска универсального решения к динамическому, комбинированному подходу. На начальных этапах лечения, при преобладании гнойно-некротических изменений, приоритет должен отдаваться методам активной механической очистки. По мере очищения раны и перехода к фазе регенерации возрастает роль методов, стимулирующих грануляцию и эпителизацию. Такое последовательное использование различных технологий позволяет максимизировать эффективность подготовки раневого ложа к хирургическому закрытию на каждом этапе раневого процесса.

Важным аспектом внедрения результатов является экономическая целесообразность и преодоление практических барьеров. Хотя некоторые методы требуют высоких первоначальных затрат на оборудование и повышение квалификации персонала, их применение может быть экономически оправданным в долгосрочной перспективе за счет сокращения сроков госпитализации, снижения частоты рецидивов и уменьшения потребности в повторных хирургических вмешательствах. Для успешной интеграции этих технологий в клиническую практику необходима разработка образовательных программ, создание стандартизированных протоколов и обеспечение лечебных учреждений необходимыми ресурсами, особенно в условиях их ограниченности.

Несмотря на выявленный приемлемый профиль безопасности всех методов (85–91%), существующая межвидовая гетерогенность (I^2 от 38,9 до 59,2%) и недостаток крупных фармакоэкономических исследований указывают на необходимость проведения многоцентровых рандомизированных контролируемых испытаний. Будущие исследования должны быть сфокусированы на унификации протоколов, оценке долгосрочных исходов, частоты рецидивов и эффективности комбинированных алгоритмов дебридмента. Только формирование такой доказательной базы позволит оптимизировать клинические рекомендации, внедрить наиболее эффективные стратегии в повседневную практику, и, как следствие, улучшить качество жизни и способствовать восстановлению трудоспособности молодых спинальных пациентов.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Chung M.-L., Widdel M., Kirchhoff J., Sellin J., Jelali M., Geiser F., Muecke M., Conrad R. Risk Factors for Pressure Injuries in Adult Patients: A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(2):761. doi: 10.3390/ijerph19020761
2. Haesler E., ed. *European Pressure Ulcer Advisory Panel, National Pressure Injury Advisory Panel, Pan Pacific Pressure Injury Alliance. Prevention and Treatment of Pressure Ulcers/Injuries: Clinical Practice Guideline*. The International Guideline. 4th ed. EPUAP/NPIAP/PPPIA; 2019. P. 89–102. doi: 10.1016/j.jtvt.2019.03.001
3. Gefen A., Brienza D.M., Cuddigan J., Haesler E., Kottner J. Our contemporary understanding of the aetiology of pressure ulcers/pressure injuries. *International Wound Journal*. 2022;19(3):692–704. doi: 10.1111/iwj.13688
4. Vecin N.M., Gater D.R. Pressure Injuries and Management after Spinal Cord. *Journal of Personalized Medicine*. 2022;12(7):1130. doi: 10.3390/jpm12071130
5. Singh R., Singh R., Rohilla R. K., Siwach R., Verma V., Kaur K. Surgery for Pressure Ulcers Improves General Health and Quality of Life in Patients With Spinal Cord Injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine*. 2010;33(4):396–400. doi: 10.1080/10790268.2010.11689718
6. Alekseev S.A. *General Surgery*. In 2 parts. Part 1. Minsk: Vysheishaya shkola; 2026. P. 443–480. (in Russian)
7. Alekseev S.A., ed. *Fundamentals of Specialized Surgery: A Practical Guide*. Minsk: Professional Publications; 2021. 776 p. ISBN 978-985-7177-67-7. (in Russian)
8. Cowan R.E., Calloway J.M., Collins D.M., Lee B.S., Boninger M.L. Pressure ulcer risk factors in persons with SCI: part I. *Spinal Cord*. 2009;47:744–748. doi: 10.1038/sc.2008.107
9. Gould L.J., Alderden J., Aslam R., Barbul A., Bogie K.M., El Masry M., Graves L.Y., White-Chu E.F., Boanca K., Brash J., Brooks K.R., Cockron W., Kennerly S.M., Livingston A.K., Page J., Stephens T., Yap T.L. WHS guidelines for the treatment of pressure ulcers. 2023 update. *Wound Repair and Regeneration*. 2024;32(1):6–33. doi: 10.1111/wrr.13130
10. Japanese Dermatological Association Guidelines Committee. Wound, Pressure Ulcer, and Burn Guidelines. *Journal of Dermatology*. 2023;50(5):589–605. doi: 10.1111/1346-8138.16762
11. Dumville J.C., Stubbs N., Westby M.J., Soares M.O., Norman G. Hydrogel dressings for treating pressure ulcers. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2023;(2):CD009260. doi: 10.1002/14651858.CD009260.pub3
12. Aswathy S., Narendrakumar U., Manjubala I. Commercial hydrogels for biomedical applications. *Heliyon*. 2020;6(4):e03680. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e03680
13. Zhang Y., Li X., Wang Y., Chen H., Liu J. Advance in topical biomaterials and mechanisms for the intervention of pressure ulcers. *iScience*. 2023;26(3):106123. doi: 10.1016/j.isci.2023.106123
14. Dumville J.C., Stubbs N., Westby M. J., Soares M.O., Norman G. Hydrogel dressings for treating pressure ulcers. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2015;(2):CD009260. doi: 10.1002/14651858.CD009260.pub2
15. Ho C.H., Bensitel T., Wang X., Bogie K.M. Pulsatile lavage for the enhancement of pressure ulcer healing. *Physical Therapy*. 2012;92(1):38–48. doi: 10.2522/ptj.20100349
16. Moore Z.E.H., Cowman S. Wound cleansing for pressure ulcers. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2013;(3):CD004983. doi: 10.1002/14651858.CD004983.pub3
17. Bogie K.M., Wang X., Ho C.H. Is the use of low-pressure pulsatile lavage for pressure ulcer healing effective? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2010;91(10):1542. doi: 10.1016/j.apmr.2010.07.019
18. Walker R.M., Gillespie B.M., Thalib L., Higgins N.S., Whitty J.A. Foam dressings for treating pressure ulcers. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2017;(2):CD011332. doi: 10.1002/14651858.CD011332.pub2
19. Schultz G.S., Barillo D.J., Mozingo D.W., Chin G.A. Importance of Debriding and Wound Cleansing Agents in Wound Care. *Advances in Wound Care*. 2020;9(4):163–175. doi: 10.1089/wound.2019.1064
20. Ter Riet G., Kessels A.G.H., Knipschild P.G. A randomized clinical trial of ultrasound in the treatment of pressure ulcers. *Physical Therapy*. 1996;76(2):150–157. doi: 10.1093/ptj/76.2.150
21. Yang R., Zhang Y., Li H., Wang L. Effect of ultrasound-supported wound debridement in subjects with diabetic foot ulcers: a meta-analysis. *International Wound Journal*. 2023;20(5):1450–1458. doi: 10.1111/iwj.14045
22. Smith J., Johnson M., Brown A. Effectiveness of ultrasonic debridement on reduction of bacteria and wound bioburden in pressure ulcers. *Wound Repair and Regeneration*. 2021;29(4):567–575. doi: 10.1111/wrr.12934
23. Mitchell K., O'Brien J., Taylor R. Low-Intensity Continuous Ultrasound Therapies—A Systematic Review. *Advances in Wound Care*. 2021;10(6):312–325. doi: 10.1089/wound.2020.1234



24. Anderson P, Wilson D, Martinez L. Efficacy and safety of ultrasound-assisted wound debridement in the treatment of chronic pressure injuries. *Journal of Clinical Medicine*. 2024;13(2):456. doi: 10.3390/jcm13020456
25. Thompson R., Davis K. Wound bed preparation: ultrasonic-assisted debridement. *Journal of Wound Care*. 2023;32(Suppl 2):S12–S18. doi: 10.12968/jowc.2023.32.Sup2.S12
26. Shi C., Wang C., Liu H., Li Q., Li R., Zhang Y., Wang L., Chen Y. Negative pressure wound therapy for treating pressure ulcers. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2023;(5):CD011334. doi: 10.1002/14651858.CD011334.pub3
27. Lee S., Park J., Kim H. Effect of negative pressure wound therapy on wound healing: current evidence and clinical implications. *Current Problems in Surgery*. 2024;61(1):101345. doi: 10.1067/j.cpsurg.2023.101345
28. Williams T., Garcia M., Robinson J. Expression of MMP-8 in Pressure Injuries in Spinal Cord Injury Patients Managed by Negative Pressure Wound Therapy. *Journal of Clinical Medicine*. 2023;12(8):2890. doi: 10.3390/jcm12082890
29. Patel R., Singh A., Kumar V. Cost-Effective In-House Negative Pressure Wound Therapy for Spinal Cord Injury Pressure Ulcer: A Case Report. *Cureus*. 2022;14(6):e25678. doi: 10.7759/cureus.25678
30. Miller D., Thompson E. The effectiveness of topical negative pressure in the treatment of pressure ulcers: a literature review. *Ostomy Wound Management*. 2018;64(3):20–28.
31. Martínez-Sánchez G., Al-Dalain S.M., Menéndez S., Re L., Giuliani A., Candelario-Jalil E., Alvarez H., Fernández-Montequín J.I., León O.S. Ozone therapy for the treatment of chronic wounds: a systematic review. *International Wound Journal*. 2018;15(4):633–644. doi: 10.1111/iwj.12905
32. Bocci V.A., Zanardi I., Travagli V. Use of Ozone Therapy in Diabetic Foot Ulcers. *Journal of Personalized Medicine*. 2023;13(10):1439. doi: 10.3390/jpm13101439
33. Elvis M., Ekta J. Ozone therapy addresses neuropathic pain in ulcerous wounds: mechanisms and clinical outcomes. *Pain Management*. 2024;14(2):111–120. doi: 10.2217/pmt-2023-0045
34. Hidalgo-Tallón F.J., Torres-Morera L., Baeza-Noci J., Carrillo-Izquierdo M.D., Pinto-Bonilla R. Updated Review on Ozone Therapy in Pain Medicine. *Frontiers in Physiology*. 2022;13:840623. doi: 10.3389/fphys.2022.840623
35. Fayaz A., Ahmad A., Khan S.A. The role of ozone treatment as integrative medicine. An evidence and gap map. *Frontiers in Public Health*. 2022;10:912345. doi: 10.3389/fpubh.2022.912345
36. Bauman W.A., Adkins R.H., Spungen A.M., Herbert L.M., Kemp B.J.A Systematic Review of Therapeutic Interventions for Pressure Ulcers After Spinal Cord Injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2009;90(2):213–231. doi: 10.1016/j.apmr.2008.10.004
37. Ontario Health Technology Advisory Committee. Management of chronic pressure ulcers: an evidence-based analysis. *Ontario Health Technology Assessment Series*. 2009;9(5):1–89.
38. Lavery L.A., Barnes S.A., Keith M.S., Seaman J.W., Armstrong D.G. A systematic review and meta-analysis of débridement methods for chronic diabetic foot ulcers. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2020;110(3):1–12. doi: 10.7547/19-089
39. Moore Z., Patton D., Rhodes S., O'Connor T. Systemic Wound Care: A Meta-review of Cochrane Systematic Reviews. *Wound Repair and Regeneration*. 2019;27(2):112–125. doi: 10.1111/wrr.12689
40. Li X., Zhang Y., Wang H., Chen L. Comparison of healing effectiveness of different debridement methods for chronic wounds. *Frontiers in Public Health*. 2023;11:1123456. doi: 10.3389/fpubh.2023.1123456
41. Strohal R., Dissemmond J., Jordan O'Brien J., Silcock A., White R. EWMA Document: Debridement: An updated overview and clarification of the principle role of debridement. *Journal of Wound Care*. 2013;22(Suppl 1):S1–S56. doi: 10.12968/jowc.2013.22.Sup1.S1
42. European Pressure Ulcer Advisory Panel, National Pressure Injury Advisory Panel, Pan Pacific Pressure Injury Alliance. Guidelines for the treatment of pressure ulcers. *International Wound Journal*. 2016;13(2):145–156. doi: 10.1111/iwj.12563
43. Zhang X., Hu Z., Zhu J., Wang L., Chen Y., Liu H. Best evidence summary for platelet-rich plasma treatment of chronic wounds. *Regenerative Therapy*. 2025;31:101053. doi: 10.1016/j.reth.2025.01.003
44. Higgins JPT, Thomas J, Chandler J, et al., eds. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. Version 2.4. Chichester (UK): John Wiley & Sons; 2023. doi: 10.1002/9781119536604
45. Borenstein M, Hedges LV, Higgins JPT, Rothstein HR. *Introduction to Meta-Analysis*. 2nd ed. Chichester (UK): Wiley; 2021. ISBN: 978-1-119-33874-3



Попель Г.А.^{1,2}, Моисеенко И.А.^{1,2}✉, Попель О.Н.², Островский Ю.П.^{1,2}

¹ Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

² Республиканский научно-практический центр «Кардиология», Минск, Беларусь

Сравнительный анализ воспалительной реакции после имплантации биологических и синтетических сосудистых протезов: многоцентровое рандомизированное клиническое исследование

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Попель Г.А. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, редактирование статьи; Моисеенко И.А. – сбор и обработка материала, написание текста, редактирование статьи; Попель О.Н. – сбор и обработка материала, редактирование статьи; Островский Ю.П. – редактирование статьи.

Финансирование: исследование выполнено в рамках НИОК(Т)Р № 20201295 «Разработать и внедрить метод хирургического лечения заболеваний артерий, позволяющий снизить количество послеоперационных гнойно-воспалительных осложнений».

Подана: 14.05.2026

Принята: 17.08.2026

Контакты: i.mois_19@mail.ru

Резюме

Цель. Провести сравнительный анализ динамики биомаркеров системного воспаления при использовании биологических сосудистых протезов из бычьего ксеноперикарда и синтетических сосудистых протезов из полиэтилентерефталата в реконструктивной хирургии аорто-подвздошно-бедренного сегмента.

Материалы и методы. В многоцентровое рандомизированное клиническое исследование включено 90 пациентов (средний возраст $65,7 \pm 7,5$ года). Пациентам основной группы ($n=30$) была выполнена имплантация биологического протеза (БП) из бычьего ксеноперикарда, пациентам контрольной группы ($n=60$) – синтетического протеза (СП) из полиэстера с коллагеновым покрытием. Оценивали динамику гематологических индексов (NLR, PLR, MLR), С-реактивного белка (СРБ), интерлейкина-6 (IL-6), прокальцитонина (PCT), пресепсина и фактора некроза опухоли-альфа (TNF- α) до операции, а также на 1, 3, 5 и 7-е сутки после вмешательства.

Результаты. До операции группы были сопоставимы по всем биомаркерам воспаления. На 1-е сутки после операции в группе СП выявлена сверхострая гиперпродукция пресепсина (Me 747,00 против 396,00 пг/мл у БП; $p=0,004$) и TNF- α (Me 7,42 против 1,52 пг/мл у БП; $p=0,016$). К 5-м суткам в группе СП сохранялись значимо более высокие уровни NLR ($p=0,045$), IL-6 ($p=0,004$), PCT ($p=0,037$) и TNF- α ($p=0,015$). На 7-е сутки в группе СП зафиксировано «продолженное воспалительное плато» с преобладанием СРБ ($p=0,046$), IL-6 ($p=0,004$), PCT ($p=0,035$) и пресепсина ($p=0,040$). В группе БП наблюдалось физиологическое угасание воспалительной реакции к 5–7-м суткам.

Заключение. Имплантация синтетических сосудистых протезов вызывает выраженное асептическое воспаление и формирование персистирующего воспалительного плато к 7-м суткам после операции, что может повышать риски развития неоинтимальной гиперплазии и микробной колонизации. Биологические протезы демонстрируют высокую биосовместимость и наименьшую реакцию воспалительного



ответа, что патогенетически обосновывает их приоритетное применение в реконструктивной сосудистой хирургии.

Ключевые слова: сосудистый протез, инфицирование сосудистого протеза, аорта, бычий ксеноперикард, синтетический сосудистый протез, дакрон, воспаление, пре-сепсин, интерлейкин-6, клиническое исследование

Popel H.^{1,2}, Maiseyenko I.^{1,2}✉, Popel A.², Ostrovsky Yu.^{1,2}

¹ Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

² Republican Scientific and Practical Centre "Cardiology", Minsk, Belarus

Comparative Analysis of the Inflammatory Response after Implantation of Biological and Synthetic Vascular Grafts: A Multicenter Randomized Clinical Trial

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Popel H. – study concept and design, materials processing, editing; Maiseyenko I. – materials processing, text writing, editing; Popel A. – materials processing, editing; Ostrovsky Yu. – editing.

Funding: this study was supported by the R&D project No. 20201295 "Elaboration and Implementation of a Surgical Method for Arterial Disorders Management to Reduce Postoperative Infectious and Inflammatory Complications".

Submitted: 14.05.2026

Accepted: 17.08.2026

Contacts: i.mois_19@mail.ru

Abstract

Purpose. To conduct a comparative analysis of changes in systemic inflammation biomarkers following implantations of bovine xenopericardium biological vascular grafts versus synthetic polyethylene terephthalate vascular grafts in reconstructive surgery of the aorto-iliac-femoral segment.

Materials and methods. The multicenter randomized clinical trial enrolled 90 patients (mean age 65.7 ± 7.5 years). The experimental cohort ($n=30$) underwent surgical reconstruction using a bovine xenopericardium biological graft (BG), whereas in the control cohort ($n=60$) a collagen-coated polyester synthetic graft (SG) was implanted. Longitudinal tracking of hematological indices (NLR, PLR, MLR), C-reactive protein (CRP), interleukin-6 (IL-6), procalcitonin (PCT), presepsin, and tumor necrosis factor- α (TNF- α) was performed at baseline and sequentially on postoperative days (POD) 1, 3, 5, and 7.

Results. Baseline inflammatory biomarker profiles demonstrated strict intergroup homogeneity ($p>0.05$). On POD 1, the SG group exhibited a hyperacute, statistically significant upregulation of presepsin (Me 747.00 vs. 396.00 pg/mL in the BG group; $p=0.004$) and TNF- α (Me 7.42 vs. 1.52 pg/mL in the BG group; $p=0.016$). By POD 5, the SG group maintained significantly elevated levels of NLR ($p=0.045$), IL-6 ($p=0.004$), PCT ($p=0.037$), and TNF- α ($p=0.015$). On POD 7, a protracted inflammatory plateau manifested in the SG group, characterized by a persistent predominance of CRP ($p=0.046$), IL-6 ($p=0.004$), PCT ($p=0.035$), and presepsin ($p=0.040$). Conversely, the BG group demonstrated timely physiological attenuation of the inflammatory response by POD 5–7.

Conclusion. Synthetic vascular graft implantations incite a robust aseptic inflammatory response culminating in a protracted inflammatory plateau by POD 7, which potentially exacerbates the risk of anastomotic neointimal hyperplasia and microbial colonization. Biological grafts demonstrate superior biocompatibility, characterized by prompt physiological mitigation of the inflammatory cascade, thereby providing a solid pathogenic rationale for their prioritized use in reconstructive vascular surgery.

Keywords: vascular graft, vascular graft infection, aorta, bovine xenopericardium, synthetic vascular graft, Dacron, inflammation, presepsin, interleukin-6, clinical trial

■ ВВЕДЕНИЕ

Инфицирование сосудистых протезов и эндопротезов остается одной из наиболее значимых проблем в сосудистой хирургии, сопровождается высокой летальностью после выполнения реконструктивных оперативных вмешательств на магистральных артериях. Согласно результатам многоцентровых обсервационных исследований последних десятилетий, частота развития инфекционных осложнений в ангиохирургии варьирует от 1 до 6% и демонстрирует прямую зависимость от анатомической зоны, хирургического доступа и типа имплантируемого материала [1]. Установить причинно-следственную связь инфицирования сосудистого протеза удается не всегда, так как в большинстве случаев она имеет многофакторный характер [2–4].

Современная стратегия своевременного выявления и стратификации риска развития инфекции сосудистых протезов базируется на комплексном междисциплинарном подходе. Ввиду высокой частоты латентного течения данной патологии верификация диагноза регламентируется международными консенсусными критериями по классификации MAGIC (Management of Aortic Graft Infection) [5–8]. Параллельно с диагностическими критериями в современной сосудистой хирургии активно развивается направление прогностического моделирования. Оценка риска развития парапротезной инфекции на дооперационном этапе позволяет своевременно модифицировать хирургическую тактику и оптимизировать протоколы антибиотикопрофилактики [9, 10].

Несмотря на накопленный массив клинических и экспериментальных данных, особенности системного воспаления в зависимости от природы пластического материала, применяемого в сосудистой хирургии, остаются изученными фрагментарно. Альтернативой синтетическим сосудистым протезам выступают биологические протезы (аллографты, ксенографты, аутографты), обладающие принципиально иными биомеханическими характеристиками. Предполагается, что применение биологического сосудистого протеза, изготовленного из бычьего ксеноперикарда, сопровождается менее агрессивной воспалительной реакцией и более высокой биосовместимостью, что потенциально снижает риск тромботических и инфекционных осложнений.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести сравнительный анализ динамики биомаркеров системного воспаления при использовании биологических сосудистых протезов из бычьего ксеноперикарда



и синтетических сосудистых протезов из полиэтилентерефталата в реконструктивной хирургии аорто-подвздошно-бедренного сегмента.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования – многоцентровое рандомизированное клиническое исследование. Расчет необходимого размера выборки выполнен с помощью программы G*Power 3.1.9.7 (Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Германия) с учетом следующих параметров: 2 группы исследования, однофакторный дисперсионный анализ, мощность 90%, величина ошибки I рода 5%, $\eta^2_p=0,025$; Cohen's $f=0,16$). Минимально требуемый объем выборки для проведения исследования составил 62 человека.

Критериями включения являлись: возраст пациента от 18 до 75 лет, наличие информированного согласия на участие в исследовании, аневризматическое и окклюзионно-стенотическое поражение аорто-подвздошного или аорто-бедренного сегмента. Критерии невключения: тромбоз глубоких вен нижних конечностей и/или тромбоэмболия легочной артерии в анамнезе, злокачественные новообразования с прогнозируемой продолжительностью жизни менее 1 года, хронические заболевания печени в стадии суб-/декомпенсации, хроническая болезнь почек с расчетной скоростью клубочковой фильтрации менее 15 мл/мин/1,73 м² (по формуле CKD-EPI), участие в клинических исследованиях лекарственных средств или изделий медицинского назначения в течение последних 6 месяцев, инфекционный эндокардит, острые нарушения мозгового и спинального кровообращения в последние 6 месяцев, сопровождающиеся выраженным неврологическим дефицитом, химиолучевое лечение по радикальной программе, наличие аутоиммунной патологии.

Распределение пациентов по группам исследования осуществлялось методом проспективной блоковой рандомизации в соотношении 1:2 (1 пациент основной группы на 2 пациента контрольной группы). Для минимизации систематической ошибки отбора генерация случайной последовательности была выполнена независимым специалистом по биомедицинской статистике до начала набора пациентов с помощью специализированного программного обеспечения на базе языка программирования R в среде цифровой интеллектуальной экосистемы лаборатории хирургии сосудов. Использовались переменные размеры блоков, структура и последовательность которых оставались скрытыми от исследователей, непосредственно выполнявших отбор и хирургическое лечение пациентов. В силу специфики имплантируемых материалов (выраженные макроскопические различия между биологическим и синтетическим сосудистыми протезами) ослепление оперирующего хирурга было технически невозможно. Однако на этапе анализа образцов крови специалисты клинко-диагностических лабораторий, выполнявшие определение концентраций биомаркеров воспаления, а также специалист, проводивший финальный статистический анализ данных, не имели доступа к информации о групповой принадлежности пациентов до момента закрытия базы данных.

В исследование включено 90 пациентов (средний возраст 65,7±7,5 года), которым были выполнены реконструктивные оперативные вмешательства на аорто-подвздошно-бедренном сегменте, среди которых аорто-биподвздошное бифуркационное протезирование, аорто-бедренное бифуркационное протезирование, аорто-подвздошное/аорто-бедренное протезирование. Оперативные вмешательства выполнялись в ГУ «Республиканский научно-практический центр «Кардиология»

Министерства здравоохранения Республики Беларусь, УЗ «4-я городская клиническая больница имени Н.Е. Савченко», УЗ «Гомельский областной клинический кардиологический центр». В основную группу ($n=30$) вошли пациенты, которым в ходе операции была выполнена имплантация биологического сосудистого протеза (БП) из бычьего ксеноперикарда, изготовленного по методике, раскрытой в публикации описания изобретения к Евразийскому патенту № 046357 В1 (опубл. 04.03.2023); в контрольную группу ($n=60$) – пациенты с имплантированным синтетическим сосудистым протезом (СП) из полиэстера с герметизирующим коллагеновым покрытием FlowNit Jotec (Artivion/JOTEC GmbH, Германия). Достигнутая величина ошибки II рода с учетом количества пациентов, включенных в исследование, составила 1,86%.

Ультразвуковое исследование брюшной аорты, артерий подвздошно-бедренного сегмента, артерий нижних конечностей выполняли на аппарате экспертного класса Philips EPIQ 7 (Philips Ultrasound Inc., США), оснащенном широкополосным линейным датчиком L12-3 (частотный диапазон 3,0–12,0 МГц) и конвексным датчиком C5-1 (частотный диапазон 1,0–5,0 МГц). Мультиспиральная компьютерно-томографическая ангиография брюшной аорты и артерий нижних конечностей проводилась на двухэнергетическом 384-срезовом компьютерном томографе Siemens SOMATOM Force (Siemens Healthcare GmbH, Германия). Для сравнительной оценки выраженности воспалительной реакции исследовались ключевые биомаркеры воспаления и клеточные показатели крови. Общий анализ крови выполнялся на автоматическом анализаторе Unicel DxH 800 Coulter (Beckman Coulter, США). На основе полученных абсолютных значений количества клеток рассчитывались лейкоцитарные индексы, включающие нейтрофильно-лимфоцитарное соотношение (NLR), тромбоцитарно-лимфоцитарное соотношение (PLR) и моноцитарно-лимфоцитарное соотношение (MLR). Определение концентрации С-реактивного белка проводилось на автоматическом биохимическом анализаторе Abbott ARCHITECT c4000 (Abbott Laboratories, США) с использованием реагентов производителя. Количественное определение уровня прокальцитонина (PCT) в сыворотке крови осуществлялось методом электрохемилюминесцентного анализа на автоматическом иммунохимическом анализаторе Abbott ARCHITECT i1000SR (Abbott Laboratories, США). Измерение концентрации пресепсина в плазме крови выполняли методом хемилюминесцентного ферментного иммуноанализа с использованием тест-системы PATHFAST Presepsin (кат. № PF1201-K) на автоматическом иммунохемилюминесцентном анализаторе PATHFAST (LSI Medience Corporation, Япония). Определение концентрации цитокинов в сыворотке крови проводилось методом иммуноферментного анализа: для интерлейкина-6 (IL-6) применялся набор реагентов «Интерлейкин-6-ИФА-БЕСТ» (кат. № А-8768, АО «Вектор-Бест», Российская Федерация), а для фактора некроза опухоли-альфа (TNF- α) – набор «Альфа-ФНО-ИФА-бест» (кат. № А-8756, АО «Вектор-Бест», Российская Федерация).

Полученные в ходе исследования значения непрерывных переменных представлены в виде среднего значения (M) $\pm$ стандартное отклонение (SD), медианы (Me) с верхним и нижним квартилями (Q_1 – Q_3). Для установления различий динамики исследуемых параметров внутри каждой из исследуемых групп использовался непараметрический аналог дисперсионного анализа повторных измерений – тест Friedman. При выявлении статистически значимого результата теста Friedman для уточнения характера различий проводили post-hoc-анализ с помощью критерия Wilcoxon с



коррекцией уровня значимости по методу Holm. Для межгруппового сравнения значений медиан использовали U-критерий Mann – Whitney. α -уровень статистической значимости равен 5%. Статистический анализ полученных данных выполняли с применением языка программирования R (версия 4.3.2 для операционной системы Windows).

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Обе группы пациентов до операции сопоставимы ($p > 0,05$) по всем исследуемым биомаркерам воспаления (табл. 1).

Анализ динамики нейтрофильно-лимфоцитарного, тромбоцитарно-лимфоцитарного и моноцитарно-лимфоцитарного соотношений, а также уровня С-реактивного белка в обеих группах пациентов выявил высокосignимые изменения уровня данных показателей на протяжении всего периода исследования (рис. 1, 2).

При анализе динамики концентрации пресепсина у пациентов, которым был имплантирован биологический сосудистый протез из бычьего ксеноперикарда, статистически значимых различий не выявлено ($\chi^2 = 5,2$; $p = 0,267$), несмотря на значительный рост значений в II точке исследования. Напротив, в контрольной группе пациентов изменения концентрации пресепсина носили статистически значимый характер ($\chi^2 = 23,2$; $p < 0,001$): после низких исходных значений в I точке регистрировался выраженный пиковый подъем показателя в II точке с последующим постепенным снижением в III, IV и V точках исследования. Изучение уровней прокальцитонина продемонстрировало аналогичную тенденцию в распределении статистической значимости (рис. 3).

Анализ динамики уровня интерлейкина-6 в обеих группах, уровня фактора некроза опухоли-альфа в группе пациентов с синтетическим сосудистым протезом выявил высокосignимые изменения уровня данных показателей на протяжении всего периода исследования (рис. 4). При этом статистически значимых изменений в динамике концентрации фактора некроза опухоли-альфа у пациентов, которым был имплантирован биологический сосудистый протез, не отмечено ($\chi^2 = 7,6$; $p = 0,107$).

Для оценки характера системной воспалительной реакции в раннем послеоперационном периоде был проведен сравнительный анализ уровней исследуемых

Таблица 1
Значения биомаркеров системного воспаления в исследуемых группах пациентов до операции
Table 1
Systemic Inflammation Biomarkers Baseline Levels in the Patient Groups Before Surgery

Параметр	Биологический сосудистый протез (n=30)	Синтетический сосудистый протез (n=60)	p
NLR	2,35 (1,71–2,57)	2,19 (1,82–3,07)	0,941
PLR	100,50 (83,37–164,00)	105,40 (85,31–135,90)	0,648
MLR	0,33 (0,27–0,41)	0,29 (0,26–0,43)	0,519
CRP, мг/л	4,40 (2,83–8,38)	3,40 (1,50–7,85)	0,541
IL-6, пг/мл	3,33 (2,60–5,27)	3,96 (3,08–5,92)	0,573
PCT, нг/мл	0,05 (0,03–0,08)	0,03 (0,02–0,04)	0,280
Пресепсин, пг/мл	95,90 (76,40–125,80)	150,00 (98,15–174,00)	0,142
TNF- α , пг/мл	1,70 (1,27–1,99)	1,73 (1,19–2,03)	0,937

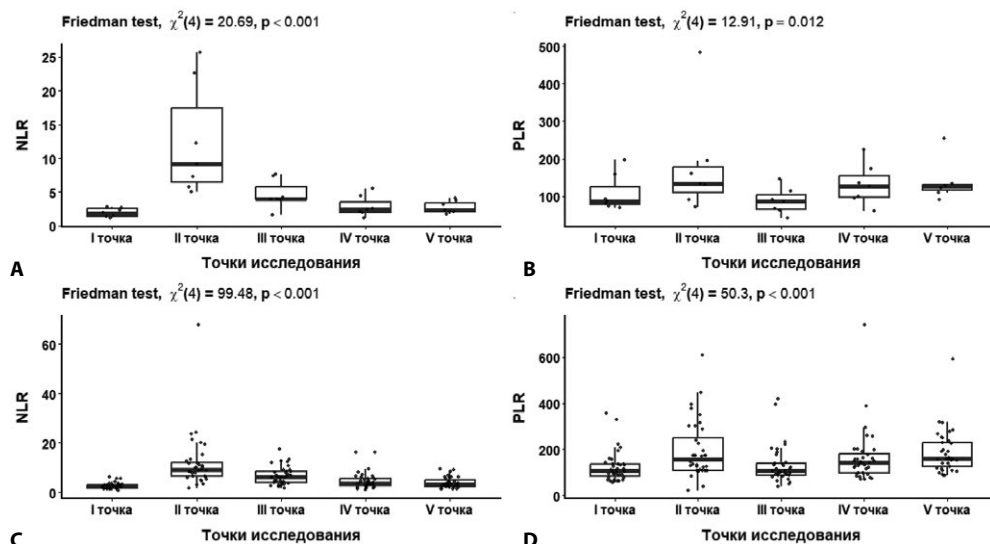


Рис. 1. Динамика значений NLR и PLR у пациентов с имплантированным биологическим (А, В) и синтетическим (С, D) сосудистыми протезами
Fig. 1. Changes in NLR and PLR Levels in Patients with Implanted Biological (A, B) and Synthetic (C, D) Vascular Grafts

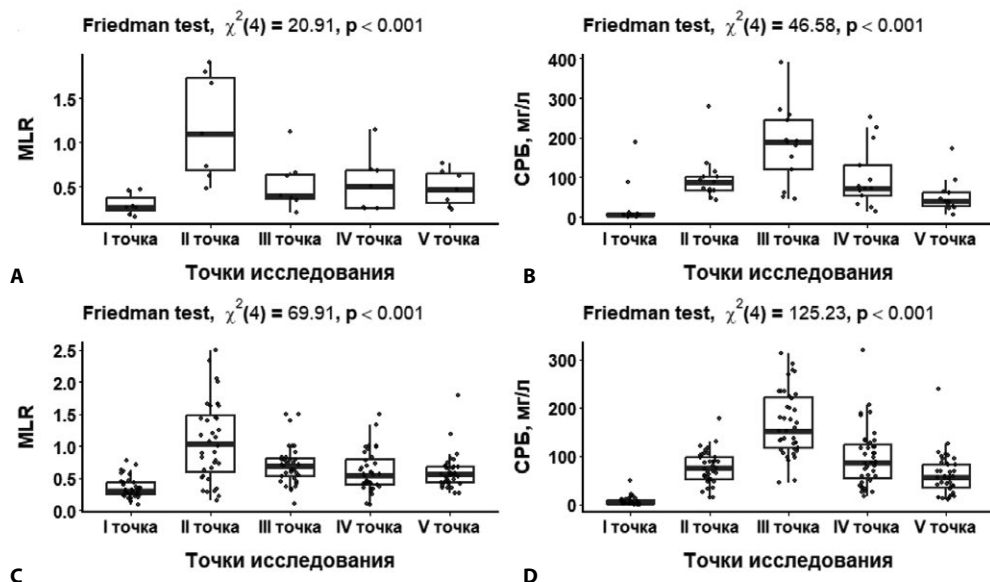


Рис. 2. Динамика значений MLR и С-реактивного белка у пациентов с имплантированным биологическим (А, В) и синтетическим (С, D) сосудистыми протезами
Fig. 2. Changes in MLR and C-reactive Protein Levels in Patients with Implanted Biological (A, B) and Synthetic (C, D) Vascular Grafts

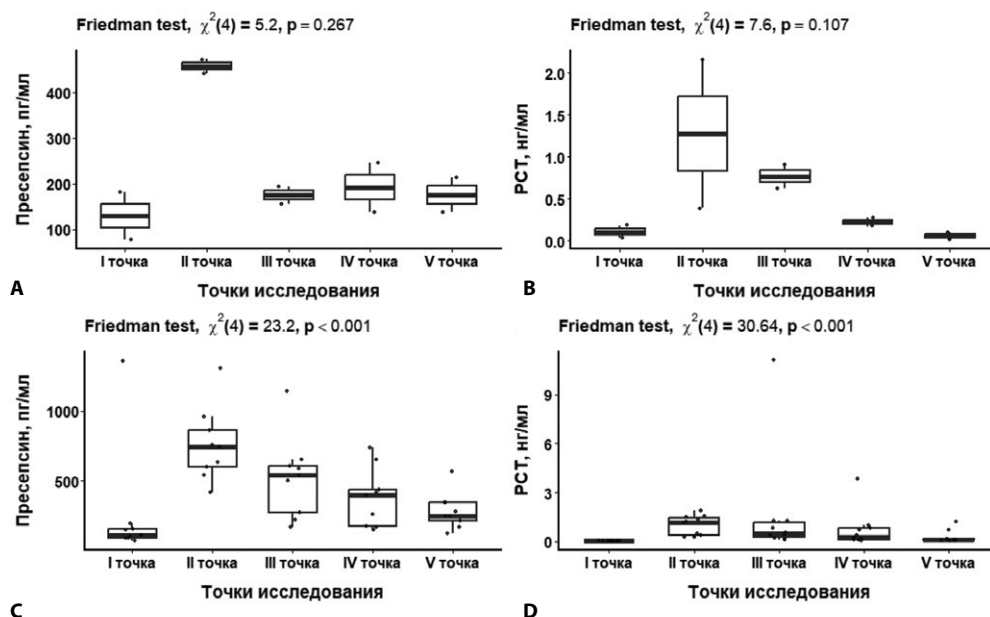


Рис. 3. Динамика значений пресепсина и прокальцитонина у пациентов с имплантированным биологическим (А, В) и синтетическим (С, D) сосудистыми протезами
Fig. 3. Changes in Presepsin and Procalcitonin Levels in Patients with Implanted Biological (A, B) and Synthetic (C, D) Vascular Grafts

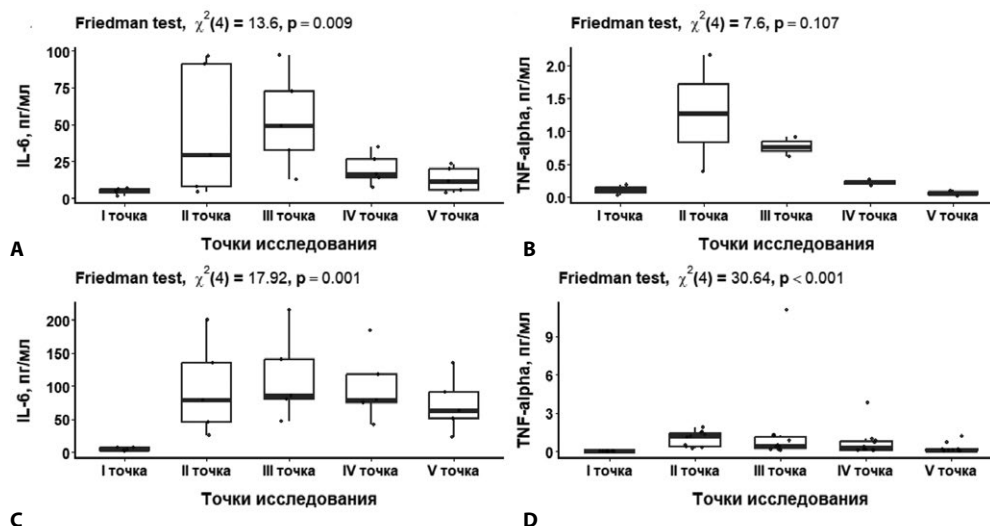


Рис. 4. Динамика значений интерлейкина-6 и фактора некроза опухоли-альфа у пациентов с имплантированным биологическим (А, В) и синтетическим (С, D) сосудистыми протезами
Fig. 4. Changes in Interleukin-6 and Tumor Necrosis Factor- α Levels in Patients with Implanted Biological (A, B) and Synthetic (C, D) Vascular Grafts

биомаркеров воспаления. Анализ гематологических индексов на 1-е сутки после операции не выявил статистически значимых межгрупповых различий. Концентрация С-реактивного белка на 1-е сутки оказалась практически одинаковой в обеих группах, составив Ме 68,90 (43,10–102,10) мг/л в основной группе пациентов и Ме 69,20 (53,00–90,30) мг/л в группе контроля ($p=0,768$). Уровень прокальцитонина продемонстрировал тенденцию к более высоким значениям в группе пациентов с синтетическим сосудистым протезом, однако данное различие не достигло порога статистической значимости ($p=0,107$). Ключевые различия между группами на 1-е сутки после операции были зарегистрированы по уровням пресепсина и фактора некроза опухоли-альфа. Концентрация пресепсина в группе пациентов с синтетическими протезами оказалась значимо выше и составила Ме 747,00 (538,00–938,00) пг/мл, тогда как в группе биологических протезов значения составили Ме 396,00 (335,30–482,50) пг/мл ($p=0,004$). Кроме того, была выявлена клинически и статистически значимая продукция TNF- α у пациентов с синтетическими сосудистыми протезами: Ме 7,42 (5,95–8,01) пг/мл, что многократно превышало аналогичный параметр в группе пациентов с биографтом – Ме 1,52 (1,25–1,74) пг/мл ($p=0,016$). Подробные результаты представлены в табл. 2.

При анализе биомаркеров системной воспалительной реакции на 3-и сутки послеоперационного периода сохранялась сопоставимость групп по большинству параметров при одновременном углублении различий по специфическим маркерам. Клинически и статистически значимые межгрупповые различия на данном этапе наблюдения продолжали определяться по уровням пресепсина и фактора некроза опухоли-альфа. Подробные результаты анализа биомаркеров воспаления на 3-и сутки после операции представлены в табл. 3.

На 5-е сутки послеоперационного периода была зафиксирована отчетливая дифференциация групп по большинству биомаркеров (табл. 4). Оценка гематологических индексов выявила статистически значимое межгрупповое различие по уровню нейтрофильно-лимфоцитарного соотношения: Ме 2,48 (1,93–3,50) в группе биопротеза и Ме 3,80 (2,58–5,60) в группе синтетического протеза ($p=0,045$). Изучение гуморального звена и маркеров острой фазы выявило глубокие различия

Таблица 2
Значения биомаркеров системного воспаления в исследуемых группах пациентов на 1-е сутки после операции

Table 2
Systemic Inflammation Biomarkers Levels in the Patient Groups on Postoperative Day 1

Параметр	Биологический сосудистый протез (n=30)	Синтетический сосудистый протез (n=60)	p
NLR	7,27 (5,51–11,04)	9,09 (6,15–13,17)	0,322
PLR	160,00 (113,50–220,00)	133,80 (107,80–225,00)	0,826
MLR	0,82 (0,54–1,41)	1,00 (0,62–1,44)	0,579
CRP, мг/л	68,90 (43,10–102,10)	69,20 (53,00–90,30)	0,768
IL-6, пг/мл	29,83 (18,48–93,66)	102,10 (54,07–132,60)	0,295
PCT, нг/мл	0,48 (0,09–0,81)	0,61 (0,35–1,40)	0,107
Пресепсин, пг/мл	396,00 (335,30–482,50)	747,00 (538,00–938,00)	0,004
TNF- α , пг/мл	1,52 (1,25–1,74)	7,42 (5,95–8,01)	0,016



Таблица 3
Значения биомаркеров системного воспаления в исследуемых группах пациентов на 3-и сутки после операции

Table 3
Systemic Inflammation Biomarkers Levels in the Patient Groups on Postoperative Day 3

Параметр	Биологический сосудистый протез (n=30)	Синтетический сосудистый протез (n=60)	p
NLR	4,25 (3,95–5,86)	6,17 (4,06–8,60)	0,127
PLR	99,14 (76,38–133,10)	102,00 (81,17–137,90)	0,774
MLR	0,53 (0,36–0,76)	0,70 (0,52–0,83)	0,194
CRP, мг/л	157,20 (59,80–200,20)	152,10 (116,00–221,90)	0,476
IL-6, пг/мл	49,26 (32,35–72,69)	111,40 (81,75–140,00)	0,082
PCT, нг/мл	0,35 (0,14–0,52)	0,54 (0,21–1,26)	0,164
Пресепсин, пг/мл	192,00 (156,80–312,30)	501,00 (252,50–619,50)	0,026
TNF-α, пг/мл	2,19 (1,76–2,61)	7,77 (6,56–8,34)	0,039

Таблица 4
Значения биомаркеров системного воспаления в исследуемых группах пациентов на 5-е сутки после операции

Table 4
Systemic Inflammation Biomarkers Levels in the Patient Groups on Postoperative Day 5

Параметр	Биологический сосудистый протез (n=30)	Синтетический сосудистый протез (n=60)	p
NLR	2,48 (1,93–3,50)	3,80 (2,58–5,60)	0,045
PLR	131,40 (98,32–174,40)	142,20 (99,33–178,80)	0,674
MLR	0,46 (0,29–0,64)	0,56 (0,41–0,77)	0,216
CRP, мг/л	71,00 (31,53–88,55)	85,95 (48,85–122,00)	0,313
IL-6, пг/мл	16,03 (13,93–26,21)	98,10 (76,44–122,80)	0,004
PCT, нг/мл	0,11 (0,05–0,17)	0,19 (0,10–0,79)	0,037
Пресепсин, пг/мл	228,00 (175,80–294,30)	339,00 (173,50–437,50)	0,313
TNF-α, пг/мл	1,80 (1,29–2,12)	7,54 (6,37–8,06)	0,015

в интенсивности остаточного воспалительного ответа между сравниваемыми группами. Концентрация С-реактивного белка на 5-е сутки имела тенденцию к более высоким значениям в группе пациентов с синтетическим протезом, составив $Me\ 85,95\ (48,85–122,00)$ мг/л по сравнению с $Me\ 71,00\ (31,53–88,55)$ мг/л у пациентов с биопротезами, однако эта разница не достигла порога статистической значимости ($p=0,313$). При этом концентрация интерлейкина-6 в группе пациентов с синтетическими сосудистыми протезами была клинически и статистически значимо выше: $Me\ 98,10\ (76,44–122,80)$ пг/мл, что более чем в 6 раз превышало значение в группе биологических протезов – $Me\ 16,03\ (13,93–26,21)$ пг/мл ($p=0,004$). Аналогичная картина значимого межгруппового дисбаланса наблюдалась при оценке уровней прокальцитонина PCT ($p=0,037$) и TNF-α ($p=0,015$).

На 7-е сутки послеоперационного периода (табл. 5) оценка гематологических индексов не выявила статистически значимых межгрупповых отклонений, что указывает на угасание острой фазы клеточной реактивности. В то же время концентрация С-реактивного белка продемонстрировала статистически значимое преобладание у пациентов с синтетическими протезами, составив $Me\ 59,10\ (38,40–86,10)$ мг/л

по сравнению с Ме 40,25 (25,23–51,70) мг/л в группе биографта ($p=0,046$). Наряду с этим сывороточный уровень интерлейкина-6 в группе пациентов, которым был имплантирован синтетический протез, многократно превышал аналогичный параметр в основной группе: Ме 62,50 (50,78–91,20) пг/мл против Ме 8,63 (4,29–17,61) пг/мл ($p=0,004$). Уровень РСТ у пациентов с имплантированными синтетическими протезами составил Ме 0,09 (0,06–0,019) нг/мл, что оказалось значимо выше значений в группе биологических аналогов – Ме 0,05 (0,03–0,08) нг/мл ($p=0,035$). Кроме того, концентрация пресепсина в крови также была значимо выше в группе пациентов с синтетическими графтами, достигая Ме 250,00 (172,00–344,00) пг/мл против Ме 164,00 (137,00–194,00) пг/мл у пациентов с биопротезами ($p=0,040$).

Таблица 5
Значения биомаркеров системного воспаления в исследуемых группах пациентов на 7-е сутки после операции
Table 5
Systemic Inflammation Biomarkers Levels in the Patient Groups on Postoperative Day 7

Параметр	Биологический сосудистый протез (n=30)	Синтетический сосудистый протез (n=60)	p
NLR	2,94 (2,16–3,84)	3,21 (2,37–4,54)	0,380
PLR	147,40 (125,70–223,80)	157,80 (137,70–212,30)	0,802
MLR	0,49 (0,35–0,59)	0,55 (0,41–0,67)	0,303
CRP, мг/л	40,25 (25,23–51,70)	59,10 (38,40–86,10)	0,046
IL-6, пг/мл	8,63 (4,29–17,61)	62,50 (50,78–91,20)	0,004
PCT, нг/мл	0,05 (0,03–0,08)	0,09 (0,06–0,019)	0,035
Пресепсин, пг/мл	164,00 (137,00–194,00)	250,00 (172,00–344,00)	0,040
TNF-α, пг/мл	2,01 (1,50–2,32)	5,50 (4,98–6,64)	0,180

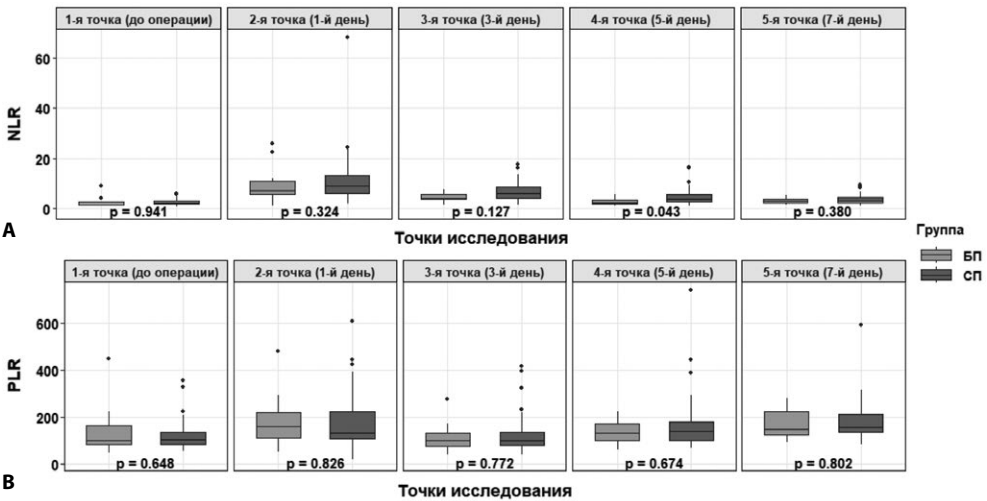


Рис. 5. Сравнение значений NLR (A) и PLR (B) в исследуемых группах пациентов в различных точках исследования
Fig. 5. Comparison of NLR (A) and PLR (B) Levels Between the Patient Groups Across Study Timepoints

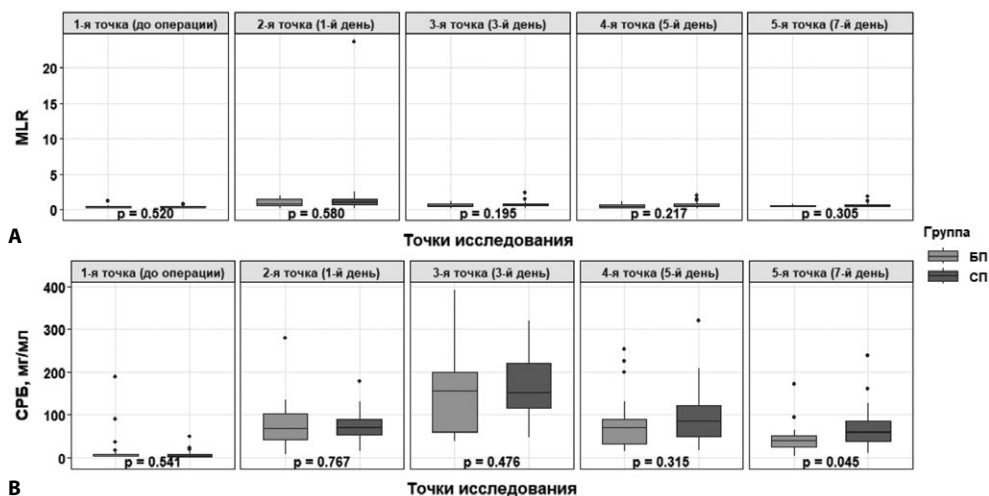


Рис. 6. Сравнение значений MLR (А) и С-реактивного белка (Б) в исследуемых группах пациентов в различных точках исследования

Fig. 6. Comparison of MLR (A) and C-Reactive Protein (B) Levels Between the Patient Groups Across Study Timepoints

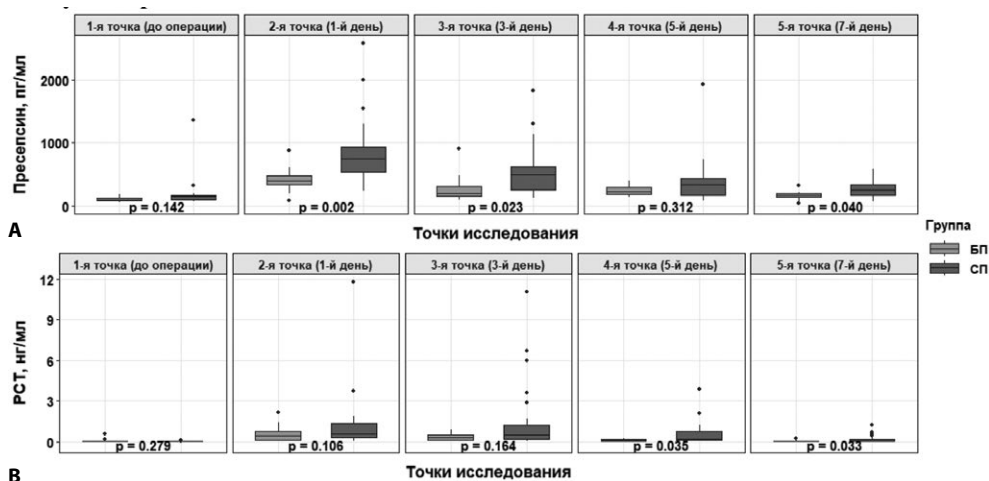


Рис. 7. Сравнение уровней пресепсина (А) и прокальцитонина (Б) в исследуемых группах пациентов в различных точках исследования

Fig. 7. Comparison of Presepsin (A) and Procalcitonin (B) Levels Between the Patient Groups Across Study Timepoints

Графическое представление сравнительного анализа биомаркеров системного воспаления отражено на рис. 5–8.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные в ходе исследования результаты свидетельствуют о том, что выбор материала сосудистого протеза оказывает фундаментальное влияние на характер,

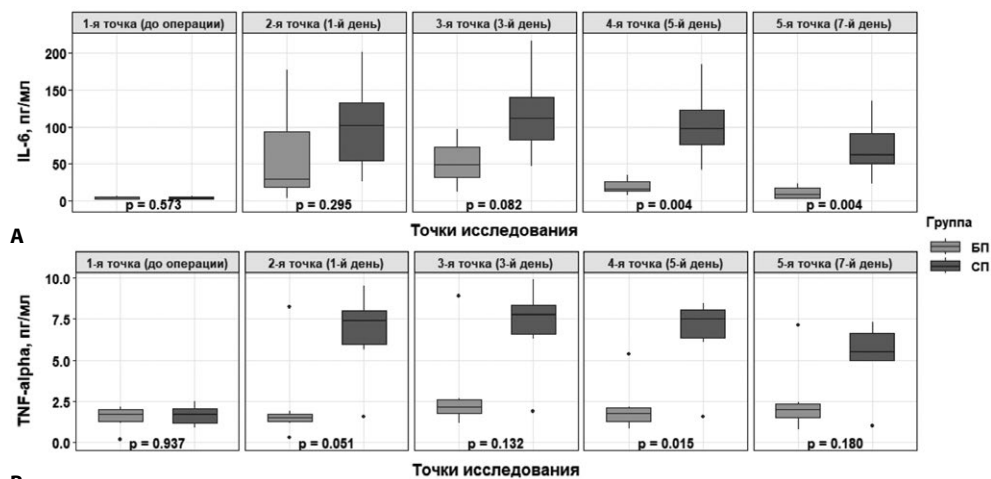


Рис. 8. Сравнение уровней IL-6 (А) и TNF-α (В) в исследуемых группах пациентов в различных точках исследования

Fig. 8. Comparison of IL-6 (A) and TNF-α (B) Levels Between the Patient Groups Across Study Timepoints

интенсивность и продолжительность системного воспалительного ответа в послеоперационном периоде. Сопоставимость исследуемых групп по всем исследуемым биомаркерам воспаления до операции позволяет связать зафиксированные сдвиги непосредственно со специфической реактивностью имплантированных биоматериалов, что согласуется с классическими концепциями биосовместимости [11].

Синхронное увеличение интегральных гематологических индексов (NLR, PLR, MLR) и концентрации С-реактивного белка в первые 48 ч после оперативного вмешательства отражает стандартный, генетически детерминированный ответ иммунной системы на операционную травму [12, 13]. Однако ключевым патогенетическим отличием группы синтетических протезов является сверхострая и изолированная гиперпродукция фактора некроза опухоли-альфа и пресепсина уже через 24 ч после операции. TNF-α, будучи инициальным цитокином макрофагального происхождения, запускает каскад вторичных воспалительных реакций. Его резкий, изолированный подъем в группе пациентов с имплантированным синтетическим сосудистым протезом указывает на немедленную альтернативную активацию моноцитов и резидентных тканевых макрофагов при контакте с чужеродной гидрофобной поверхностью графта [14]. Синхронный лавинообразный подъем значений пресепсина (растворимого фрагмента CD14) подтверждает эту гипотезу, отражая высокую интенсивность фагоцитарной активности и клеточной деструкции. Однако в данном случае его изолированное нарастание при отсутствии признаков манифестной инфекции отражает асептическое воспаление высокой интенсивности («реакцию на чужеродное тело»), индуцированное физико-химическими свойствами синтетического графта [15–17]. Напротив, в группе пациентов с биологическим сосудистым протезом из бычьего ксеноперикарда этот показатель оставался значительно ниже, что указывает на отсутствие триггерного эффекта со стороны ксеноматериала, обладающего естественной архитектурой экстрацеллюлярного матрикса.



Кроме того, наиболее важным с клинической точки зрения является феномен «продолженного воспалительного плато», зафиксированный на 5–7-е сутки после операции в группе пациентов, которым был имплантирован синтетический сосудистый протез. Быстрое угасание системной воспалительной реакции в группе пациентов с имплантированным биологическим сосудистым протезом объясняется высокой биосовместимостью материала. Напротив, синтетический графт функционирует как персистирующий чужеродный агент. Сохранение стабильно высоких концентраций интерлейкина-6, превышающих показатели в группе биопротеза к 7-м суткам после операции, и С-реактивного белка указывает на затяжной характер постимплантационной воспалительной реакции. В литературе подчеркивается, что персистирующая гиперсекреция интерлейкина-6 не только поддерживает синтез белков острой фазы воспаления, но и является мощным стимулятором миграции и пролиферации гладкомышечных клеток сосудистой стенки. В долгосрочной перспективе этот механизм служит основным триггером развития неинтимальной гиперплазии в зоне анастомозов и, как следствие, поздних тромботических осложнений и рестенозов [18, 19].

Особого внимания требует оценка значений прокальцитонина и пресепсина. Их статистически и клинически значимое преобладание на 5-е и 7-е сутки после операции в группе пациентов, которым был имплантирован синтетический сосудистый протез из полиэтилентерефталата, указывает на высокую реактивность антимикробного ответа иммунной системы. Синтетические материалы ввиду своей микропористой структуры и высокой гидрофобности склонны к неспецифической адгезии белков плазмы, что формирует идеальные условия для формирования бактериальных биопленок. Повышенные уровни прокальцитонина и пресепсина в этой группе пациентов могут отражать транзиторную транслокацию микроорганизмов или локальную реакцию на микроструктурные изменения графта, что существенно повышает риски манифестации поздней протезной инфекции [20].

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный комплексный анализ динамики биомаркеров воспаления позволил установить принципиальные патогенетические различия в характере системного воспалительного ответа в зависимости от типа имплантируемого пластического материала при реконструктивных сосудистых операциях. Установлено, что использование синтетических сосудистых протезов ассоциируется со сверхострой активацией моноцитарно-макрофагального звена уже в 1-е сутки послеоперационного периода и последующим формированием персистирующего воспалительного плато к 7-м суткам наблюдения. Сохранение высоких значений концентрации С-реактивного белка и интерлейкина-6 на 7-е сутки после операции указывает на незавершенный характер воспалительной реакции на чужеродный материал, что выступает индуктором пролиферации гладкомышечных клеток сосудистой стенки и повышает риск гиперплазии неоинтимы в зоне анастомозов. Вместе с тем высокие уровни прокальцитонина и пресепсина на 7-е сутки отражают уязвимость полимерных поверхностей к микробной колонизации и последующему формированию биопленок.

Биологические сосудистые протезы обладают более высокой биосовместимостью по сравнению с синтетическими аналогами, что подтверждается отсутствием избыточной альтерации иммунной системы и физиологическим снижением уровня

биомаркеров воспаления к 5–7-м суткам послеоперационного периода. Результаты исследования обосновывают патогенетическую необходимость приоритетного применения биологических протезов в реконструктивной сосудистой хирургии с целью минимизации выраженности системного воспаления, предотвращения его перехода в хроническую тканевую фазу и снижения рисков развития рестеноза, тромбоза и протез-ассоциированной инфекции.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Chakfé N., Diener H., Lejay A., Assadian O., Berard X., Caillon J., Fourneau I., Glaudemans A.W.J.M., Koncar I., Lindholt J., Melissano G., Saleem B.R., Senneville E., Slart R.H.J.A., Szeberin Z., Venermo M., Vermassen F., Wyss T.R., ESVS Guidelines Committee, de Borst G.J., Bastos Gonçalves F., Kakkos S.K., Kolh P., Tulamo R., Vega de Ceniga M., Document Reviewers, von Allmen R.S., van den Berg J.C., Debus E.S., Koelmeij M.J.W., Linares-Palomino J.P., Moneta G.L., Ricco J.B., Wanhainen A. Editor's Choice – European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2020 Clinical Practice Guidelines on the Management of Vascular Graft and Endograft Infections. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2020;59(3):339–384. doi: 10.1016/j.jevs.2019.10.016
2. Duarte A., Gouveia E., Melo R., Mendes Pedro D., Martins B., et al. Predictive Factors for Aortic Graft Infection: A Case-Control Study. *Ann. Vasc. Surg.* 2022;87:402–410. doi: 10.1016/j.avsg.2022.05.015
3. Popel H.A., Maisyenko I.A., Zhmailik R.R. Risk Factors for Infectious Complications in Aorto-Femoral Reconstructive Surgery. *Surgery Eastern Europe.* 2023;12(4):397–407. doi: 10.34883/PI.2023.12.4.030. (in Russian)
4. Tabaja H., Baddour LM, Chesdachai S, DeMartino RR, Lahr BD, DeSimone DC. Vascular Graft Infection After Aneurysm Repair: A Population-Based Study. *Mayo Clin Proc.* 2023;98(9):1323–1334. doi: 10.1016/j.mayocp.2023.02.027
5. Lyons O.T., Baguneid M., Barwick T.D., Bell R.E., Foster N., Homer-Vanniasinkam S., Hopkins S., Hussain A., Katsanos K., Modarai B., Sandoe J.A., Thomas S., Price N.M. Diagnosis of Aortic Graft Infection: A Case Definition by the Management of Aortic Graft Infection Collaboration (MAGIC). *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2016;52(6):758–763. doi: 10.1016/j.jevs.2016.09.007
6. Anagnostopoulos A., Mayer F., Ledergerber B., Bergada-Pijuan J., Husmann L., Mestres C.A., Rancic Z., Hasse B. VASGRA Cohort Study. Editor's Choice – Validation of the Management of Aortic Graft Infection Collaboration (MAGIC) Criteria for the Diagnosis of Vascular Graft/Endograft Infection: Results from the Prospective Vascular Graft Cohort Study. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2021;62(2):251–257. doi: 10.1016/j.jevs.2021.05.010
7. Sörelíus K., Verhoeve R., Berard X., Lyons O.T., Puges M., Wyss T.R. Vascular Graft and Endograft Infections: A Delphi Consensus Document on Terminology, Definitions, Treatment, Outcomes, Follow Up, and Reporting Standards. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2026;71(3):497–507. doi: 10.1016/j.jevs.2025.07.044
8. Colonna G., Bokkers R.P.H., Wouthuyzen Bakker M., Gareb B., Taurino M., Zeebregts C.J., Saleem B.R. Editor's Choice – Merits of Puncture and Drainage of Perigraft Material in Patients with Vascular and Endovascular Prosthetic Graft Infection. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2025;70(5):678–686. doi: 10.1016/j.jevs.2025.04.059
9. Popel H.A., Maisyenko I.A., Popel K.G., Ostrovsky Yu.P. CalRiVaGI-2: A Risk Assessment System for Infectious Complications in Reconstructive Aortic Surgery. *Kardiologiya v Belarusi.* 2025;17(6):849–855. doi: 10.34883/PI.2025.17.6.003. (in Russian)
10. Nikolić D., Pasternak J., Manojlović V., Budinski S., Nikolić M.B., Batinić N. The VascGSI Score: Development and Temporal Validation of a Predictive Scoring System for Groin Surgical Site Infection Following Vascular Surgery. *Ann Vasc Surg.* 2026;128:554–566. doi: 10.1016/j.avsg.2026.03.024
11. Mohammadi S., Bomfim L.M., Unger W.W.J. Revolutionizing care: Recent innovations and the future of treating implant-induced infections and inflammation. *Biomater Adv.* 2026;188:214988. doi: 10.1016/j.bioadv.2026.214988
12. King A.H., Schmaier A.H., Harth K.C., Kumins N.H., Wong V.L., Zidar D.A., Kashyap V.S., Cho J.S. Elevated neutrophil-lymphocyte ratio predicts mortality following elective endovascular aneurysm repair. *J Vasc Surg.* 2020;72(1):129–137. doi: 10.1016/j.jvs.2019.10.058
13. Ko D.E., Yoon H.J., Nam S.B., Song S.W., Lee G., Ham S.Y. Preoperative Neutrophil to Lymphocyte Ratio, Platelet to Lymphocyte Ratio, and Mean Platelet Volume as Predictors of 1-Year Mortality in Patients Undergoing an Open Repair of Abdominal Aortic Aneurysms: A Retrospective Study. *J Clin Med.* 2021;10(22):5410. doi: 10.3390/jcm10225410
14. Rohringer S., Specht S.J., Schmitt A.M., Topcu S., Schneider K.H., Enayati M., Grasl C., Ehrmann K., Baudis S., Kiss H., Schima H., Podesser B.K., Bergmeister H. Autologous and synthetic vascular grafts trigger different host responses in the anastomotic regions and in the perivascular adipose tissue during the early healing phase. *Mater Today Bio.* 2025;33:102089. doi: 10.1016/j.mtbio.2025.102089
15. Yamanaka K., Furuhashi K., Shimoyama K., Okubo Y., Yukishima T., Sawada S., Adachi M., Yamashita K., Iwaizumi M., Nagata Y., Ono T., Ogawa N., Maekawa M., Baba S. Serum presepsin level reflects macrophage activation and hemophagocytosis in bone marrow. *PLoS One.* 2026;21(4):e0344867. doi: 10.1371/journal.pone.0344867
16. Lu C.Y., Kao C.L., Hung K.C., Wu J.Y., Hsu H.C., Yu C.H., Chang W.T., Feng P.H., Chen I.W. Diagnostic efficacy of serum presepsin for postoperative infectious complications: a meta-analysis. *Front Immunol.* 2023;14:1320683. doi: 10.3389/fimmu.2023.1320683
17. Suzuki H., Narimatsu H., Nakane M., Sadahiro M., Kawamae K. Perioperative presepsin as a potential early predictor for postoperative infectious complications in cardiac surgery. *Anaesthesiol Intensive Ther.* 2021;53(3):215–222. doi: 10.5114/ait.2021.108159
18. Dutzmann J., Daniel J.M., Korte L., Kloss F.J., Knöpp K., Croce K.J., Herbst T.J., Huijbregtse B., Vogt F.J., Offermanns S., Bauersachs J., Sedding D.G. Adventitial Fibroblasts Release Interleukin 6 After Vascular Injury and Induce Smooth Muscle Cell Proliferation and Neointima Formation. *J Am Heart Assoc.* 2025;14(14):e040143. doi: 10.1161/JAHA.124.040143
19. Yi L., Chen T., Zhou Y., Zhu P., Zhu Q., Shao Y., Yao W. Neointimal hyperplasia and vascular restenosis: from molecular mechanisms to therapeutic interventions. *Mol Biomed.* 2026;7(1):76. doi: 10.1186/s43556-026-00477-6
20. Puges M., Bérard X., Vilain S., Pereyre S., Svahn I., Caradu C., Mzali F., Cazanave C. Staphylococcus aureus Adhesion and Biofilm Formation on Vascular Polyester Grafts are Inhibited In Vitro by Triclosan. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2023;66(4):577–586. doi: 10.1016/j.jevs.2023.07.018



<https://doi.org/10.34883/PI.2026.15.3.038>



Ротько Н.В.¹, Дубров В.И.¹✉, Каганцов И.М.^{2,3}

¹ 2-я городская детская клиническая больница, Минск, Беларусь

² Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова, Санкт-Петербург, Россия

³ Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

Сравнение результатов ригидной и гибкой нефроскопии при малоинвазивном хирургическом лечении врожденного гидронефроза, осложненного формированием конкрементов в чашечках почки у детей

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования, редактирование, сбор материала, написание текста – Ротько Н.В.; концепция и дизайн исследования, сбор материала, редактирование, статистическая обработка – Дубров В.И.; концепция и дизайн исследования, редактирование – Каганцов И.М.

Подана: 16.02.2026

Принята: 08.06.2026

Контакты: dubroff2000@mail.ru

Резюме

Введение. Гидронефроз является одной из наиболее частых аномалий мочевых путей у детей и у 10% пациентов осложняется образованием почечных камней. Вопрос о наиболее эффективном методе хирургического лечения таких пациентов до сих пор не решен.

Цель. Оценить эффективность трансабдоминальной пиелолитотомии с применением гибкого и ригидного нефроскопов при лапароскопическом лечении гидронефроза в сочетании с камнями чашечек почки.

Материалы и методы. Проведено проспективное клиническое исследование, в которое включено 40 пациентов в возрасте от 4 месяцев до 17 лет (медиана – 74,5 месяца) с гидронефрозом, осложненным формированием конкрементов в чашечках почки. Количество камней составляло от 1 до 124 (медиана – 1), размер конкрементов – от 2 мм до 15 мм. Одиночные камни наблюдались у 29 пациентов (72,5%), множественные – у 11 (27,5%). В зависимости от метода пиелолитотомии пациенты разделены на 2 группы. Основную группу составили 26 детей, которым конкременты извлекали при помощи ригидного нефроскопа, в группу сравнения включены 14 пациентов, у которых при удалении камней использовался фибронефроскоп.

Результаты. Все операции проведены лапароскопическим доступом. Длительность операций и частота послеоперационных осложнений в обеих группах не отличались. При использовании фибронефроскопа полное удаление конкрементов отмечено у 10 пациентов (71,4%), при применении ригидного нефроскопа – у 25 (96,2%) ($p=0,042$). У всех детей наблюдалась положительная динамика со стороны гидронефроза.

Заключение. Лапароскопическая пиелопластика с сопутствующей пиелолитотомией с использованием ригидного нефроскопа является эффективным и безопасным методом лечения гидронефроза, осложненного формированием конкрементов в чашечках почки. Частота полного удаления конкрементов выше при применении ригидного инструмента по сравнению с гибкой нефроскопией.

Ключевые слова: гидронефроз, лапароскопия, пиелопластика, камни, пиелолитотомия

Rotko N.¹, Dubrov V.¹✉, Kagantsov I.^{2,3}

¹ 2nd City Children's Clinical Hospital, Minsk, Belarus

² Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russia

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

Comparison of the Results of Rigid and Flexible Nephroscopy in Minimally Invasive Surgical Treatment of Congenital Hydronephrosis Complicated by Renal Calyculi in Children

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: study concept and design, editing, material collection, writing – Rotko N.; study concept and design, material collection, editing, statistical analysis – Dubrov V.; study concept and design, editing – Kagantsov I.

Submitted: 16.02.2026

Accepted: 08.06.2026

Contacts: dubroff2000@mail.ru

Abstract

Introduction. Hydronephrosis is one of the most common urinary tract anomalies in children and is complicated by renal stones in 10% of patients. The optimal surgical approach for these patients remains a matter of debate.

Purpose. To evaluate the efficacy of transabdominal pyelolithotomy using flexible and rigid nephroscopes during laparoscopic treatment of hydronephrosis with concurrent calyceal stones.

Materials and methods. A prospective clinical study was conducted, including 40 patients aged 4 months to 17 years (median was 74.5 months) with hydronephrosis complicated by calyceal stones. The number of stones ranged from 1 to 124 (median was 1), and the stone size ranged from 2 mm to 15 mm. Single stones were observed in 29 patients (72.5%), and multiple stones in 11 (27.5%). Depending on the pyelolithotomy method, patients were divided into 2 groups. The study group consisted of 26 children in whom stones were removed using a rigid nephroscope; the comparison group included 14 patients in whom a fibronephroscope was used for stone removal.

Results. All surgeries were performed via laparoscopic approach. Operative time and the rate of postoperative complications did not differ between the two groups. Complete stone removal was achieved in 10 patients (71.4%) using the fibronephroscope,



and in 25 patients (96.2%) using the rigid nephroscope ($p=0.042$). All children showed positive trends in terms of hydronephrosis resolution.

Conclusion. Laparoscopic pyeloplasty with concomitant pyelolithotomy using a rigid nephroscope is an effective and safe method for treating hydronephrosis complicated by calyceal stones. The rate of complete stone removal is higher when using a rigid instrument compared to flexible nephroscopy

Keywords: hydronephrosis, laparoscopy, pyeloplasty, kidney stones, pyelolithotomy

■ ВВЕДЕНИЕ

Гидронефроз вследствие обструкции лоханочно-мочеточникового сегмента является одной из наиболее частых аномалий мочевых путей у детей [1]. Вследствие стаза мочи и инфекции у пациентов с гидронефрозом значительно возрастает риск развития конкрементов в почках. Частота сопутствующих почечных камней при гидронефрозе у детей, по данным литературы, достигает 10% [2]. Наличие нефролитиаза у таких пациентов является неоспоримым показанием к хирургическому лечению – пиелопластике с пиелолитотомией.

В настоящее время лапароскопическая пиелопластика стала основным методом хирургического лечения гидронефроза [3]. Наличие конкрементов требует их удаления во время лапароскопической операции. При локализации камня в лоханке его извлечение, как правило, выполняется лапароскопическим инструментом под визуальным контролем лапароскопа. Значительно сложнее удалить конкремент, расположенный в чашечках, для этого необходимо применять дополнительные эндоскопы с возможностью ирригации [4]. В большинстве исследований частота полного очищения почки от камней не превышает 90% [5]. При этом вопрос о наиболее эффективном методе лечения до сих пор остается открытым.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить эффективность трансабдоминальной пиелолитотомии с применением гибкого и ригидного нефроскопов при лапароскопическом лечении гидронефроза в сочетании с камнями чашечек почки.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено проспективное клиническое исследование, в которое включено 40 пациентов с гидронефрозом, осложненным формированием конкрементов в чашечках почки. Возраст пациентов составлял от 4 месяцев до 17 лет (медиана – 74,5 месяца, интерквартильный интервал 35,3–140,7). Мальчиков было 23 (57,5%), девочек – 17 (42,5%). Правосторонний гидронефроз наблюдался у 21 ребенка (52,5%), левосторонний – у 19 (47,5%). В период с 2009 по 2025 год в нашей клинике всем пациентам выполнена лапароскопическая пиелопластика с пиелолитотомией. Количество камней составляло от 1 до 124 (медиана – 1, интерквартильный интервал 1–2) (рис. 1). Размер конкрементов варьировал от 2 мм до 15 мм. Одиночные камни наблюдались у 29 пациентов (72,5%), множественные – у 11 (27,5%). У 4 детей с множественными камнями также имелись конкременты в лоханке почки.

Сравнение результатов ригидной и гибкой нефроскопии при малоинвазивном хирургическом лечении врожденного гидронефроза, осложненного формированием конкрементов в чашечках почки у детей

Таблица 1
Характеристика пациентов по группам
Table 1
Patient characteristics by groups

Показатель	Группа основная (ригидная нефроскопия), n=26	Группа контрольная (гибкая нефроскопия), n=14	Значение p
Возраст, месяцев, Me (LQ–UQ)	64,6 (31,2–105,6)	112,4 (39,4–163,9)	0,457*
Пол, количество (%): мальчики девочки	14 (53,9) 12 (46,1)	9 (64,3) 5 (35,7)	0,763**
Сторона операции, количество (%): правая левая	15 (57,7) 11 (42,3)	6 (42,9) 8 (57,1)	0,573**
Количество камней, min-max, Me (LQ–UQ)	1–124 1 (1–1)	1–30 1 (1–1)	0,332*
Множественные камни (%)	34,6	21,4%	0,269***
Сочетание камней в лоханке и чашечках, количество (%)	3 (11,5)	1 (7,1)	1,000***

Примечания: * U-тест Манна – Уитни; ** критерий χ^2 с поправкой Йейтса; *** точный критерий Фишера (двусторонний).

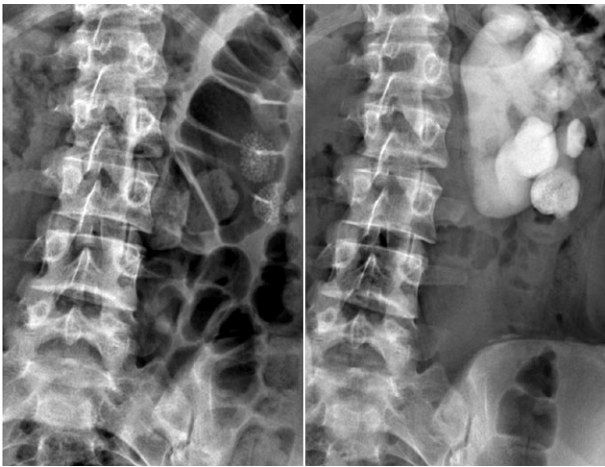


Рис. 1. Обзорная (слева) и экскреторная (справа) урограммы при гидронефрозе, осложненном множественными камнями в чашечках почки
Fig. 1. Plain film (left) and excretory (right) urogram showing hydronephrosis with multiple calyceal stones

Протокол обследования пациентов включал лабораторные тесты, ультразвуковое исследование почек, динамическую нефросцинтиграфию и обзорную урографию. Для визуализации верхних мочевых путей применялась экскреторная урография или компьютерная томография. Детям младшего возраста для исключения пузырно-мочеточникового рефлюкса выполнялась микционная цистуретрография.



В зависимости от способа извлечения камней из чашечек почки все пациенты разделены на 2 группы. Основную группу составили 26 пациентов, которым конкременты извлекали при помощи ригидного нефроскопа размером 15 Ch (Richard Wolf). В группу сравнения включены 14 детей, у которых при удалении конкрементов использовался фибронефроскоп 15 Ch (Richard Wolf). Характеристика пациентов, включенных в исследование, представлена в табл. 1.

Техника операции

Все пациенты оперированы под общей анестезией. Предварительно определялся способ дренирования верхних мочевых путей: нефростомия или внутреннее стентирование мочеточника. Выбор метода дренирования осуществлялся в зависимости от возраста ребенка и предпочтений хирурга. У пациентов младшего возраста предпочтение отдавалось установке нефростомы типа Pigtail с фиксацией завитка нитью. Стентирование мочеточника проводилось ретроградно во время цистоскопии перед лапароскопическим этапом операции. Лапароскопическая пиелопластика выполнялась в положении пациента на здоровом боку. Пневмоперитонеум накладывался через иглу Вереша, после чего в брюшную полость трансректально вводился троакар для лапароскопа. После осмотра брюшной полости устанавливались еще 2 порта для инструментов. В зависимости от возраста пациента применялись оптика и инструменты диаметром 3 или 5 мм. После выделения почки, расширенной лоханки и проксимального отдела мочеточника выполнялась резекция лоханочно-мочеточникового сегмента. После этого один из троакаров извлекался, в брюшную полость проводился гибкий или ригидный нефроскоп, подключенный к дополнительной эндоскопической стойке и ирригационной системе. В зависимости от локализации камней в верхней, нижней или средней чашечках нефроскоп мог быть введен через место стояния любого из троакаров для прямого доступа к конкременту. Под лапароскопическим контролем конец нефроскопа помещался в лоханку. Выполнялась пиелокаликоскопия с извлечением камней при помощи корзинки (фибронефроскоп) или эндоскопических щипцов (ригидный нефроскоп) (рис. 2).

Конкременты помещались в эндоскопический мешок, который удалялся из брюшной полости в конце операции. У 4 пациентов крупные камни не проходили через перешеек чашечки, в связи с чем проведена лазерная литотрипсия до более



Рис. 2. Каликоскопия и извлечение конкремента с помощью эндоскопических щипцов
Fig. 2. Calicoscopy and stone extraction with forceps

мелких фрагментов посредством гольмиевого лазера. После удаления конкрементов ирригационная жидкость аспирировалась из брюшной полости. При необходимости устанавливался нефростомический дренаж. Мочеточник спатулировался, и накладывался стандартный уретеропиелоанастомоз по методу Хайнса – Андерсена. В тех случаях, когда причиной гидронефроза являлся aberrантный сосуд, выполнялся антевазальный уретеропиелоанастомоз. Ушивалась брюшина над почкой, и дренировалась брюшная полость.

В раннем послеоперационном периоде пациентам после лапароскопической пиелопластики и пиелолитотомии проводилось ультразвуковое исследование для оценки полноты очищения почки от конкрементов. Через 6–8 месяцев после операции всем детям было выполнено контрольное обследование, включающее лабораторные тесты, ультразвуковое исследование и нефросцинтиграфию, по показаниям применялась обзорная и экскреторная урография.

В обеих группах сравнивались характеристики пациентов, длительность операций, периоперационные осложнения и отдаленные результаты лечения.

Статистический анализ

Для проверки нормальности распределения полученных совокупностей количественных признаков применяли критерий Шапиро – Уилка. При сравнениях независимых совокупностей использовались t-критерий Стьюдента и U-критерий Манна – Уитни. Для анализа качественных признаков применялись коэффициент соответствия χ^2 с поправкой Йейтса и двусторонний вариант точного критерия Фишера. Отличия между группами считали статистически значимыми при вероятности безошибочного прогноза не менее 95% ($p < 0,05$). Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием программ MS Excel и STATISTICA 10.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Все операции проведены лапароскопическим доступом, без конверсий. Длительность операций в основной и контрольной группах статистически не различалась и составила в основной группе $144,2 \pm 46,7$ минуты, в контрольной – $123,6 \pm 33,2$ ($p = 0,149$, t-критерий Стьюдента). Интраоперационных осложнений не отмечалось, кровопотеря была незначительной во всех случаях.

Количество извлеченных конкрементов у пациентов основной группы составило от 1 до 124, в контрольной – от 1 до 30. При использовании фибронефроскопа полное удаление конкрементов отмечено у 10 пациентов (71,4%), при применении ригидного нефроскопа – у 25 (96,2%) ($p = 0,042$, критерий Фишера).

Осложнения в раннем послеоперационном периоде развились у 3 пациентов (11,5%) в основной группе и у 1 ребенка (7,1%) в контрольной ($p = 1,000$, критерий Фишера). По шкале Clavien-Dindo 3 осложнения относятся к I степени, 1 осложнение классифицируется как степень IIIb. В основной группе у 2 пациентов развилась дисфункция стента, что проявилось почечной коликой и мочевым затеком в брюшную полость и потребовало выполнения рестентирования. Еще у 1 ребенка отмечено обострение пиелонефрита без обструкции, инфекционный процесс был купирован назначением антибактериальной терапии. В контрольной группе дисфункция стента развилась у 1 пациента, ему выполнена пункционная нефростомия.

Абдоминальный дренаж удалялся на 2–3-и сутки после операции при отсутствии значимого количества, отделяемого из брюшной полости. Нефростомический дренаж удалялся не ранее чем через 10 дней после операции после предварительного зажатия на срок не менее 1 суток. Стент извлекался во время цистоскопии при повторной госпитализации через 1 месяц после пиелопластики.

Отдаленные результаты оценивались через 6 и более месяцев после операции. У всех пациентов при контрольном обследовании отмечена положительная динамика со стороны гидронефроза в виде уменьшения дилатации ЧЛС и улучшения уродинамики верхних мочевых путей по данным динамической нефросцинтиграфии.

Всем 5 пациентам с резидуальными камнями был проведен сеанс дистанционной литотрипсии, из них у 4 детей удалось достичь полной фрагментации и отхождения конкрементов. У 1 ребенка полностью раздробить камень не удалось и при повторной процедуре дистанционной литотрипсии. В настоящее время этот пациент находится под нашим наблюдением, у него отсутствуют жалобы, камень размером 5 мм локализуется в нижней чашечке почки. Результаты хирургического лечения представлены в табл. 2.

Развитие камней в почке является частым осложнением гидронефроза и наблюдается у 10–30% пациентов [6]. На протяжении длительного времени открытая пиелопластика с пиелолитотомией была практически единственным методом лечения гидронефроза, осложненного почечными камнями, с эффективностью 90% [7]. Но сегодня недостатки открытой хирургии являются очевидными и включают большой разрез, послеоперационный болевой синдром, длительные сроки госпитализации и восстановления.

С развитием эндоурологии частота открытых операций по поводу почечных камней с обструкцией лоханочно-мочеточникового сегмента сократилась, началось внедрение малоинвазивной хирургии. Были разработаны несколько эндоскопических вмешательств с антеградным (чрескожным) и ретроградным (трансуретральным) доступом для уменьшения неблагоприятных последствий открытой пиелопластики. Первые исследования показали эффективность перкутанной эндопиелотомии с нефролитотрипсией на уровне около 90%, что сопоставимо с пиелопластикой [8].

Таблица 2
Результаты хирургического лечения
Table 2
Results of surgical treatment

Показатель	Группа основная (ригидная нефроскопия), n=26	Группа контрольная (гибкая нефроскопия), n=14	Значение p
Длительность операции, минут, Mean±SD	144,2±46,7	123,6±33,2	0,149*
Послеоперационные осложнения, количество пациентов (%)	3 (11,5)	1 (7,1)	1,000**
Эффективность удаления камней, количество пациентов (%)	25 (96,2)	10 (71,4)	0,042**
Эффективность лечения гидронефроза, количество пациентов (%)	26 (100,0)	14 (100,0)	1,000**

Примечания: * t-критерий Стьюдента; ** точный критерий Фишера (двусторонний).

Однако в последующих работах продемонстрировано, что чрескожная операция успешна для удаления камней, но положительные результаты при лечении гидронефроза достигаются только у 56–78% пациентов [9].

Некоторые авторы предлагали использовать ретроградную эндопиелотомию с нефролитотрипсией или комбинацию трансуретрального лечения гидронефроза и антеградного эндоскопического удаления камней, однако эффективность таких операций не превышала 80%, и они не получили широкого распространения [10–12].

Лапароскопическая пиелопластика была впервые описана в 1993 году [13]. С этого момента она постепенно стала основным методом хирургического лечения гидронефроза, в том числе у детей раннего возраста [14]. По данным многочисленных исследований, при явных преимуществах в виде снижения травматичности вмешательства и хорошего косметического эффекта эффективность лапароскопической операции составляет 95–98%, что соответствует результатам открытой хирургии. Недостатками лапароскопического доступа является длительная кривая обучения хирургов, плохая эргономика и сложность наложения интракорпоральных швов в условиях малого анатомического пространства брюшной полости. В последние десятилетия при лечении гидронефроза у взрослых и детей начали широко применяться медицинские роботы, что позволило преодолеть большинство трудностей, связанных с лапароскопией [15].

Однако результаты лечения гидронефроза в сочетании с камнями в почках с использованием только лапароскопического метода являются неудовлетворительными, особенно при локализации конкрементов в чашечках [16, 17].

В нескольких работах для полного удаления конкрементов описана комбинация чрескожной нефролитотрипсии и лапароскопической (роботической) пиелопластики [18, 19]. Сначала выполнялось дробление конкрементов в положении на животе, затем пациент переключался на бок и проводился лапароскопический этап операции. Авторы сообщили о 100% очищении почки от камней. Однако применение такого подхода значительно удлиняет время операции, кроме того, необходимо учитывать достаточно высокий риск осложнений, характерных для чрескожной нефролитотрипсии, таких как кровотечение и пиелонефрит.

Большинство опубликованных в последние годы исследований, посвященных лечению пациентов с гидронефрозом, осложненным камнями в почках, основаны на анализе результатов лапароскопической (роботической) пиелопластики и трансабдоминальной пиелолитотомии при помощи гибких эндоскопов у взрослых и детей [20–28]. Пиелолитотомия выполняется с использованием гибкого нефроскопа (цистоскопа) или уретероскопа, который проводится в лоханку через лапароскопический троакар. Такой подход позволяет у большинства пациентов удалить все конкременты. Показатель полного удаления камней в этих исследованиях составлял от 70 до 90%. По сравнению с чрескожной нефроскопией такой доступ имеет несомненные преимущества в виде снижения травматичности и риска кровотечения. Недостатком трансабдоминальной гибкой пиелолитотомии является плохая эргономика, так как отсутствует опора для эндоскопа и им тяжело манипулировать. Для устранения этой проблемы была предложена операция с применением гибкой направляющей трубки, по аналогии с мочеточниковым кожухом для ретроградной интраренальной хирургии, в данном исследовании эффективность удаления конкрементов составила 100% [29]. Кроме того, многие авторы отмечают, что применение гибких эндоскопов требует от хирурга специального навыка.



С развитием ретроградной интратренальной хирургии был предложен еще один метод малоинвазивного лечения гидронефроза, осложненного мочекаменной болезнью, – лапароскопическая или роботическая пиелопластика в сочетании с трансуретральной гибкой нефроскопией [30]. Авторы ретроспективно оценили результаты лечения 25 педиатрических пациентов, частота полного удаления камней составила 88%. При этом данный подход ограничен к применению у детей младшего возраста из-за невозможности проведения уретероскопа через мочеточник.

Мы также пытались выполнять пиелолитотомию с помощью гибкого эндоскопа, однако эффективность операции была относительно низкая, показатель полного очищения почки от конкрементов составил 71,4%. Это привело к разработке и внедрению нового подхода – применение ригидного нефроскопа. В нашем исследовании мы сравнили результаты пиелолитотомии при помощи фибронефроскопа и ригидного нефроскопа одного размера (15 CH). Использование жесткого нефроскопа было более эффективным, полное удаление камней наблюдалось у 96,2% пациентов ($p < 0,05$). Конкремент не удалось удалить только в 1 случае, вероятно, из-за его расположения в чашечке с узким входом, который мы не смогли визуализировать.

Существуют опасения, что использование ирригационной жидкости приводит к отеку и рыхлости стенки почечной лоханки, что может усложнить наложение швов при выполнении уретеропиелоанастомоза и ухудшить результаты пиелопластики [5]. По этой причине при трудностях с извлечением конкрементов и длительной ирригации некоторые авторы предлагают разделить операцию на 2 этапа и провести дистанционную или контактную литотрипсию в отсроченном порядке. Однако мы не столкнулись с подобными осложнениями, и результаты лечения гидронефроза были успешными у всех пациентов.

На наш взгляд, применение ригидного нефроскопа при пиелолитотомии, сопутствующей лапароскопической пиелопластике, имеет ряд преимуществ. В отличие от гибкого эндоскопа его легко контролировать без специальной подготовки хирурга. В зависимости от локализации камней в почке нефроскоп можно быстро провести в лоханку через любой из установленных лапароскопических троакаров для прямого доступа в верхнюю, среднюю или нижнюю чашечку. Широкий рабочий канал нефроскопа позволяет проводить в лоханку щипцы с большими браншами и захватывать крупные камни. При множественных конкрементах их удаление также не вызывает трудностей в связи с простотой манипуляции прямыми щипцами, использование гибкого эндоскопа и корзин значительно усложняет и удлиняет операцию. Кроме того, применение ригидного нефроскопа облегчает процедуру литотрипсии при камнях, которые не удавалось извлечь через перешеек чашечки ввиду больших размеров.

В наше исследование включено относительно небольшое количество пациентов, однако можно сделать вывод, что предложенный метод удаления конкрементов при помощи ригидного нефроскопа показал высокую эффективность.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лапароскопическая пиелопластика с сопутствующей пиелолитотомией с использованием ригидного нефроскопа является эффективным и безопасным методом лечения гидронефроза, осложненного формированием конкрементов в чашечках почки. Частота полного удаления камней выше при применении ригидного инструмента по сравнению с гибкой нефроскопией.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Husmann D.A., Milliner D.S., Segura J.W. Ureteropelvic junction obstruction with concurrent renal pelvic calculi in the pediatric patient: a long-term followup. *J Urol.* 1996;156(2Pt2):741–743. doi: 10.1097/00005392-199608001-00049
2. Stasinou T., Bourdourmis A., Masood J. Forming a stone in pelviureteric junction obstruction: Cause or effect? *Int Braz J Urol.* 2017;43(1):13–19. doi: 10.1590/S1677-5538.IBJU.2015.0515
3. Bondarenko S., Kagantsov I., Sizonov V., et al. Laparoscopic pediatric pyeloplasty: trends in regions of the Russian Federation. *Urology Herald.* 2020;8(1):5–13. doi: 10.21886/2308-6424-2020-8-1-5-1 (in Russian)
4. Stein R.J., Turna B., Nguyen M.M., et al. Laparoscopic pyeloplasty with concomitant pyelolithotomy: technique and outcomes. *J Endourol.* 2008;22(6):1251–1255. doi: 10.1089/end.2008.0003
5. Zhang F., Wang L., Gao Z., et al. Retroperitoneoscopic pyeloplasty with simultaneous pyelolithotomy using a flexible cystoscope: Our initial experience at a single centre. *Front Surg.* 2022;19:938911. doi: 10.3389/fsurg.2022.938911
6. Nayyar R., Gupta N.P., Hemal A.K. Robotic management of complicated ureteropelvic junction obstruction. *World J Urol.* 2010;28(5):599–602. doi: 10.1007/s00345-009-0469-y
7. Skolarikos A., Dellis A., Knoll T. Ureteropelvic obstruction and renal stones: etiology and treatment. *Urolithiasis.* 2015;43(1):5–12. doi: 10.1007/s00240-014-0736-2
8. Badlani G., Eshghi M., Smith A.D. Percutaneous surgery for ureteropelvic junction obstruction (endopyelotomy): technique and early results. *J Urol.* 1986;135(1):26–28. doi: 10.1016/s0022-5347(17)45503-0
9. Dimarco D.S., Gettman M.T., McGee S.M., et al. Long-term success of antegrade endopyelotomy compared with pyeloplasty at a single institution. *J Endourol.* 2006;20(10):707–712. doi: 10.1089/end.2006.20.707
10. Berkman D.S., Landman J., Gupta M. Treatment outcomes after endopyelotomy performed with or without simultaneous nephrolithotomy: 10-year experience. *J Endourol.* 2009;23:1409–1413. doi: 10.1089/end.2009.0379
11. Wei C., Wang T., Chen S., et al. Concomitant management of renal calculi and recurrent ureteropelvic junction obstruction with percutaneous nephrolithotomy and antegrade balloon dilation. *J Int Med Res.* 2020;48(5):030006052091125. doi: 10.1177/0300060520911252
12. Kartal I., Tugun C., Karakoyunlu A.N., et al. Retrograde intrarenal surgery following laser endopyelotomy: sequential procedures for ureteropelvic junction obstruction and nephrolithiasis. *Urol J.* 2019;16(6):541–546. doi: 10.22037/uj.v0i0.5205
13. Schuessler W.W., Grune M.T., Tecuanhuey L.V., et al. Laparoscopic dismembered pyeloplasty. *J Urol.* 1993;150(6):1795–1799. doi: 10.1016/s0022-5347(17)35898-6
14. Sizonov V., Makarov A., Pakus S., et al. Robot-assisted and laparoscopic pyeloplasty in children: a comparative analysis of surgical outcomes. *Urology Herald.* 2025;13(4):39–46. doi: 10.21886/2308-6424-2025-13-4-39-46 (in Russian)
15. Kozlov V., Poloyan S., Sapukhin E., et al. Robot-assisted pyeloplasty in children – the first series of patient treatment. *Clinical and Experimental Surgery. Petrovsky Journal.* 2023;11(4):67–74. doi: 10.33029/2308-1198-2023-11-4-67-74 (in Russian)
16. Wong Y.S., Lo K.L., Pang K.K.Y., et al. A combined approach of robot-assisted laparoscopic pyeloplasty and flexible endoscopy to treat concomitant ureteropelvic junction obstruction and calyceal stones in children: Technical considerations and review of the literature. *Front Pediatr.* 2022;10:1017722. doi: 10.3389/fped.2022.1017722
17. Scarcella S., Tirolì M., Torino G., et al. Combined treatment of ureteropelvic junction obstruction and renal calculi with robot-assisted laparoscopic pyeloplasty and laser lithotripsy in children: Case report and non-systematic review of the literature. *Int J Med Robot.* 2021;17(3):e2246. doi: 10.1002/rcs.2246
18. Hüttenbrink C., Kelm P., Klein T., et al. Combination of robotic pyeloplasty and percutaneous renal surgery for simultaneous treatment of ureteropelvic junction obstruction and calyx stones. *Urol Int.* 2021;105(7–8):637–641. doi: 10.1159/000513457
19. Agarwal A., Varshney A., Bansal B.S. Concomitant percutaneous nephrolithotomy and transperitoneal laparoscopic pyeloplasty for ureteropelvic junction obstruction complicated by stones. *J Endourol.* 2008;22(10):2251–2255. doi: 10.1089/end.2008.9726
20. Atug F., Castle E.P., Burgess S.V., et al. Concomitant management of renal calculi and pelvi-ureteric junction obstruction with robotic laparoscopic surgery. *BJU Int.* 2005;96:1365–1368. doi: 10.1111/j.1464-410X.2005.05819.x
21. Masieri L., Sforza S., Manera A., et al. Treatment of ureteropelvic junction obstruction and urolithiasis in children with minimally invasive surgery. *Urologia.* 2022;89(2):298–303. doi: 10.1177/03915603211026101
22. Yang C., Zhou J., Lu Z.X., et al. Simultaneous treatment of ureteropelvic junction obstruction complicated by renal calculi with robotic laparoscopic surgery and flexible cystoscope. *World J Urol.* 2019;37(10):2217–2223. doi: 10.1007/s00345-018-2608-9
23. Ramakumar S., Lancini V., Chan D.Y., et al. Laparoscopic pyeloplasty with concomitant pyelolithotomy. *J Urol.* 2002;167:1378–1380.
24. Inagaki T., Rha K.H., Ong A.M., et al. Laparoscopic pyeloplasty: current status. *BJU Int.* 2005;95:102–105. doi: 10.1111/j.1464-410X.2005.05208.x
25. Ball A.J., Leveillee R.J., Patel V.R., et al. Laparoscopic pyeloplasty and flexible nephroscopy: simultaneous treatment of ureteropelvic junction obstruction and nephrolithiasis. *JSL.* 2004;8(2):223–228.
26. Srivastava A., Singh P., Gupta M., et al. Laparoscopic pyeloplasty with concomitant pyelolithotomy-is it an effective mode of treatment? *Urol Int.* 2008;80(3):306–309. doi: 10.1159/000127347
27. Jensen P.H., Berg K.D., Azawi N.H. Robot-assisted pyeloplasty and pyelolithotomy in patients with ureteropelvic junction stenosis. *Scand J Urol.* 2017;51(4):323–328. doi: 10.1080/21681805.2017.1300188
28. Kadihasanoglu M., Yucetas U., Karabay E., et al. Comparison of the outcomes of laparoscopic pyeloplasty with and without concomitant pyelolithotomy. *Int Braz J Urol.* 2019;45(5):965–973. doi: 10.1590/S1677-5538.IBJU.2018.0781
29. Hong P., Li Z., Zhu D., et al. A Simple Modification for the Usage of Flexible Cystoscope in Modified Laparoscopic Pyeloplasty for Ureteropelvic Junction Obstruction with Renal Calculi: A Flexible Guiding Tube. *Urol Int.* 2019;102(3):262–268. doi: 10.1159/000495569
30. Jia H., Yue G., Tao Y., et al. Comparison of robot-assisted and laparoscopic pyeloplasty with flexible ureteroscopy for managing concomitant ureteropelvic junction obstruction and renal calculi in children. *Transl Pediatr.* 2025;14(6):1129–1136. doi: 10.21037/tp-2024-557



<https://doi.org/10.34883/PI.2026.15.3.039>

УДК [616.33:616.329]:616-089:[616.329-008.6-002:616.83]-053.2



Царева В.В.^{1,2}, Аверин В.И.³✉, Аксельров М.А.^{4,5}, Бабошко П.Г.², Бастракова Д.Г.^{1,2}

¹ Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия

² Челябинская областная детская клиническая больница, Челябинск, Россия

³ Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

⁴ Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, Россия

⁵ Областная клиническая больница № 2, Тюмень, Россия

Случай тотального разобщения желудка и пищевода по методике Бьянчи у ребенка с гастроэзофагеальным рефлюксом и последствиями тяжелого гипоксически-ишемического поражения центральной нервной системы

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Царева В.В. – концепция, редактирование статьи; Аверин В.И. – окончательное редактирование статьи и подготовка к печати; Аксельров М.А. – научное редактирование статьи; Бабошко П.Г., Бастракова Д.Г. – анализ данных и написание текста.

Информированное согласие: авторы получили подписанные информированные согласия законных представителей пациента на анонимное опубликование его данных в медицинском издании.

Подана: 12.05.2026

Принята: 14.08.2026

Контакты: averinvi@mail.ru

Резюме

Девочка М., 1 месяц, родилась путем оперативных родов на сроке 34 недели. Ввиду отсутствия регулярного спонтанного дыхания в родильном зале начата искусственная вентиляция легких, сурфактант эндотрахеально. С рождения выраженный гипертонус сгибателей верхних и нижних конечностей. На протяжении последующих 3 недель дыхательная недостаточность и неврологический статус без положительной динамики. Ребенок на аппаратной ИВЛ; нет реакции на зрительные, звуковые и болевые раздражители. Физиологические рефлексы не вызываются. Поза децеребрации. Трижды ЭЭГ-видеомониторинг – грубое нарушение функции головного мозга. МРТ головного мозга – атрофия и некроз структур головного мозга, последствия гипоксически-ишемического поражения ЦНС. На 27-е сутки жизни ребенку присвоен паллиативный статус. С 5-х суток зондовое энтеральное кормление, однако при достижении физиологического объема более половины смеси поступало в ротовую полость. С учетом сохраняющегося гастроэзофагеального рефлюкса, подтвержденного данными рентгеноскопии, и выраженного необратимого неврологического дефицита (псевдобульбарный синдром) на 35-е сутки жизни в плановом порядке проведено оперативное лечение – ТЭГД с интраоперационным наложением гастростомы. На 7-е сутки после оперативного лечения начато энтеральное питание через гастростому, на 17-е сутки питание расширено до полного физиологического объема. На 76-е сутки жизни наложена трахеостома, самостоятельное дыхание через

трахеостому. На 83-и сутки ребенок переведен в отделение патологии новорожденных в палату «мать и дитя».

Тотальная эзофагогастральная диссоциация удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к операциям при гастроэзофагеальном рефлюксе у детей с тяжелыми неврологическими нарушениями и необратимым псевдобульбарным синдромом.

Ключевые слова: гастроэзофагеальный рефлюкс, фундопликация, тотальная эзофагогастральная диссоциация, патология центральной нервной системы, гастростомия

Tsareva V.^{1,2}, Averin V.³✉, Akselrov M.^{4,5}, Baboshko P.², Bastrakova D.^{1,2}

¹ South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia

² Chelyabinsk Regional Children's Clinical Hospital, Chelyabinsk, Russia

³ Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

⁴ Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

⁵ Regional Clinical Hospital No. 2, Tyumen, Russia

A Case Report of Total Division of the Stomach and Esophagus Using the Bianchi Technique in a Child with Gastroesophageal Reflux and Severe Hypoxic-Ischemic Injury of the Central Nervous System

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Tsareva V. – concept, article editing; Averin V. – editing and final approval of the article version to be published; Akselrov M. – scientific editing; Baboshko P., Bastrakova D. – data analysis and text writing.

Informed consent: the authors obtained signed informed consent from the patient's legal representatives for anonymous publication of her data in a medical journal.

Submitted: 12.05.2026

Accepted: 14.08.2026

Contacts: averinvi@mail.ru

Abstract

A 1-month-old girl M. was born by surgical delivery at 34 weeks of gestation. Due to the absence of regular spontaneous breathing, artificial ventilation was initiated in the delivery room, and surfactant was administered endotracheally. From birth, there was pronounced hypertonicity of the flexors of the upper and lower extremities. Over the next 3 weeks, respiratory failure and neurological status remained unchanged. The child is on mechanical ventilation; there is no reaction to visual, auditory, or painful stimuli. Physiological reflexes are not triggered. The child is in decerebration posture. Three times, EEG and video monitoring revealed severe brain dysfunction. MRI of the brain showed atrophy and necrosis of brain structures, as well as the consequences of hypoxic-ischemic damage to the central nervous system. On the 27th day of life, the child was assigned a palliative status. Starting from the 5th day of enteral feeding, however, when the physiological volume was reached, more than half of the mixture entered the oral cavity. Given the persistent GER, confirmed by X-ray data, and the pronounced



irreversible neurological deficit (pseudobulbar syndrome), on the 35th day of life, surgical treatment was performed as a routine procedure: TEGD with intraoperative placement of a gastrostomy. On the 7th day after surgical treatment, enteral nutrition was started through a gastrostomy, and on the 17th day, the nutrition was expanded to the full physiological volume. On the 76th day of life, a tracheostomy was performed, and the patient was breathing independently through the tracheostomy. On the 83rd day, the child was transferred to the neonatal intensive care unit.

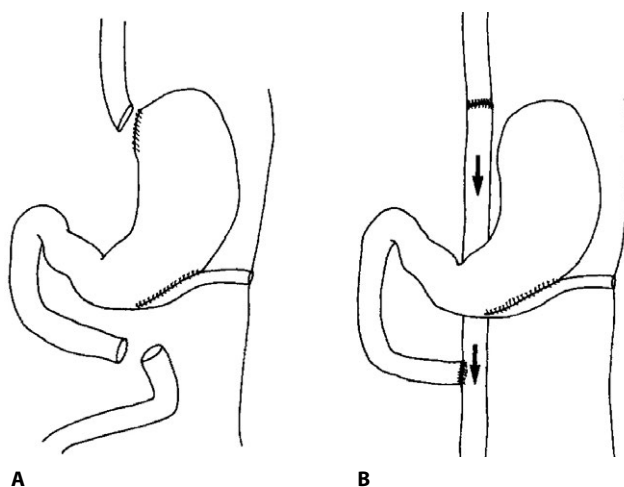
Total esophagogastric dissociation meets all the requirements for operations on children with severe neurological disorders and irreversible pseudobulbar syndrome.

Keywords: gastroesophageal reflux, fundoplication, total esophagogastric dissociation, central nervous system pathology, gastrostomy

■ ВВЕДЕНИЕ

Дети с тяжелой патологией центральной нервной системы (ЦНС) и неврологическими нарушениями относятся к группе высокого риска по развитию гастроэзофагеального рефлюкса (ГЭР) [1, 2].

«Золотым стандартом» лечения ГЭР на современном этапе считается фундопликация по методике Ниссена. Ее широкое признание обусловлено высокой эффективностью в устранении симптомов и осложнений рефлюкса и технической отработанностью методики [3, 4]. Однако, несмотря на огромный опыт использования операции Ниссена, накопленный клиниками, множество технических модификаций и доступов, частота рецидивов ГЭР сохраняется на достаточно высоком уровне. У детей вероятность рецидива рефлюкса составляет от 12 до 25%, а повторные антирефлюксные операции приводят к еще большему количеству рецидивов – до 45% в сравнении с первоначальной операцией [5].



Тотальная эзофагогастральная диссоциация по Бьянчи
Bianchi's total esophagogastric dissociation

Тотальная эзофагогастральная диссоциация (ТЭГД) была описана Adrian Bianchi в 1997 году [6] как альтернативный подход к лечению гастроэзофагеальной рефлюксной болезни у детей с тяжелым поражением ЦНС, осложнившимся псевдобульбарным синдромом. Суть вмешательства заключается в полном пересечении пищеводно-желудочного перехода. Пищевод соединяется с петлей тощей кишки по Ру, а для обеспечения питания формируется гастростома или еюностома (см. рисунок).

Доказано, что операция ТЭГД по методике Бьянчи абсолютно эффективна в полном устранении рефлюкса. Это позволяет полностью и навсегда исключить возможность попадания желудочного содержимого в пищевод и дыхательные пути и таким образом предотвратить осложнения, связанные с воздействием желудочного сока на слизистую пищевода и аспирацией содержимого желудка [6, 7].

■ ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Описание клинического наблюдения выполнения тотальной эзофагогастральной диссоциации по Бьянчи.

■ КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Девочка М. родилась 23.01.2026. Ребенок от 2-й беременности, 2-х родов. Беременность протекала на фоне гестационного сахарного диабета, железодефицитной анемии легкой степени, смешанного тревожно-депрессивного расстройства. Женщина обратилась в экстренный приемный покой Областного перинатального центра г. Челябинска с жалобами на отсутствие шевеления плода на протяжении последних 3 дней. По данным КТГ стойкая тахикардия. Через 2 часа 3 минуты от момента госпитализации путем оперативных преждевременных родов на сроке 34 недели родилась девочка массой 2325 г, оценка по шкале Апгар 6/7/7 баллов. Ввиду отсутствия регулярного спонтанного дыхания в родильном зале начата искусственная вентиляция легких, сурфактант эндотрахеально. С рождения выраженный гипертонус сгибателей верхних и нижних конечностей. Ребенок находился на лечении в отделении реанимации новорожденных. С 5-х суток начато энтеральное кормление молочной смесью через желудочный зонд. Однако при достижении физиологического объема кормления более половины смеси поступало обратно в ротовую полость, что требовало сокращения объема питания до половины физиологического и перехода на частичное парентеральное питание.

На протяжении последующих 3 недель после рождения дыхательная недостаточность и неврологический статус оставались без положительной динамики: ребенок находился на аппаратной ИВЛ, не было реакции на зрительные, звуковые и болевые раздражители. Спонтанная двигательная активность и активность после стимуляции отсутствует. Физиологические рефлексы не вызываются. Поза децеребрации. Трижды проведен ЭЭГ-видеомониторинг, по данным которого выявлено грубое нарушение функции головного мозга. МРТ головного мозга – атрофия и некроз структур головного мозга, последствия гипоксически-ишемического поражения ЦНС (некротические изменения по ходу перироландовой коры и подкорковых ядер, атрофические изменения мозга. На 27-е сутки жизни ребенку присвоен паллиативный статус.

С учетом сохраняющегося ГЭР, подтвержденного данными рентгенологической эзофагогастроскопии, ребенку требовалось оперативное лечение – антирефлюксная операция. Однако, помимо этого, у пациентки был выраженный необратимый



подтвержденный неврологический дефицит, одним из проявлений которого является псевдобульбарный синдром, что показывает отсутствие возможности глотания на протяжении всей последующей жизни. На 35-е сутки жизни в плановом порядке проведено оперативное лечение – ТЭГД из лапаротомного доступа. Особенностью операции, отличающей методику от авторской, стало интраоперационное наложение гастростомы пункционным методом через отдельный разрез с использованием гастростомической трубки из набора для чрескожной эндоскопической гастростомии: произведен небольшой разрез на 2 см латеральнее края лапаротомной раны в проекции передней стенки желудка, через все слои передней брюшной стенки была проведена гастростомическая трубка; через разрез передней стенки желудка, соответствующий по диаметру трубке, в его просвет установлена гастростомическая трубка, зафиксирована путем введения воды в баллон типа Фолея, находящийся на ее дистальном конце.

На 7-е сутки после оперативного лечения начато энтеральное питание через гастростому. На 13-е сутки после операции выполнено рентгенологическое исследование с введением контрастного вещества в гастростому и в пищевод.

На 17-е сутки питание расширено до полного физиологического объема, полностью усваивает. На 76-е сутки жизни выполнено оперативное лечение – трахеостомия. Самостоятельное дыхание через трахеостому. На 83-и сутки ребенок переведен в отделение патологии новорожденных в палату «мать и дитя». Энтеральное питание в полном физиологическом объеме осуществляется через гастростому, прибавка массы тела 890 г за 30 суток после оперативного лечения.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Дети с ГЭР, которые могут глотать и не зависят от назогастрального зонда или гастростомы, не рассматриваются в качестве кандидатов на первичную ТЭГД.

Принято считать, что у детей с тяжелыми неврологическими нарушениями ожидаемая продолжительность жизни значительно ниже [8]. Однако в связи с совершенствованием лечения и ухода за пациентами с тяжелой неврологической симптоматикой Д. Мартинес и др. [9] утверждают, что эти дети проживут дольше, если у них будет ликвидирован ГЭР. На основании литературных данных от 25 до 71% детей с тяжелыми неврологическими нарушениями вернулись в течение 1 года после традиционной антирефлюксной операции Ниссена с жалобами на рецидив ГЭР [10, 11].

Клиническая эффективность ТЭГД оценивается по 3 ключевым факторам: купирование ГЭР, улучшение респираторного статуса и динамика нутритивного состояния. Основным критерием успеха считается полное прекращение срыгиваний и отсутствие заброса желудочного содержимого в пищевод, что подтверждается данными рентгеноскопии. Респираторное улучшение фиксируется через снижение частоты аспирационных пневмоний, сокращение эпизодов госпитализаций по поводу инфекций нижних дыхательных путей и уменьшение потребности в оксигенотерапии или санациях. Нутритивный прогресс оценивается по стабильному набору массы тела и возможности обеспечения полного объема калоража через гастростому без риска аспирации. Важным современным критерием также является оценка качества жизни опекунов ребенка [12]. Тем не менее остается очевидным факт, что ни фундопликация, ни ТЭГД не устранят риск аспирации из глотки слюны или других проглоченных материалов.

Несмотря на высокую эффективность, ТЭГД является технически сложным вмешательством. Существует риск развития раннего послеоперационного осложнения «несостоятельность пищеводно-еюнального анастомоза». В долгосрочной перспективе могут наблюдаться рубцовые стриктуры в области соустья, а также развитие дефицита микронутриентов (в частности, витамина В₁₂ и железа) вследствие выключения желудка из пассажа пищи. Также описаны случаи демпинг-синдрома и тонкокишечной непроходимости, вызванной спаечным процессом или внутренними грыжами [13].

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ТЭГД удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к операциям при ГЭР у детей с тяжелыми неврологическими нарушениями и необратимым псевдобульбарным синдромом. В качестве первичной процедуры это дает преимущества в устранении ГЭР и предотвращении рецидива с необходимыми в последующем повторными антирефлюксными операциями.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Kubiak R., Spitz L., Kiely E.M. Effectiveness of fundoplication in early infancy. *J. Pediatr Surg.* 1999;34:295–299. doi: 10.1016/s0022-3468(99)90194-x
2. Oreste S.R., Di Lorenzo C. Postfundoplication complications in children. *Curr Treat Options Gastroenterol.* 2001;4:441–449. doi: 10.1007/s11938-001-0009-3
3. Razumovsky A.Yu., Alkhasov A.B. (2010) *Surgical Treatment of Gastroesophageal Reflux in Children: A Guide for Physicians.* Moscow: GEOTAR-Media. doi: 10.1542/peds.101.3.419 (In Russ.)
4. Razumovsky A.Yu., Minaev S.V., Razin M.P., et al. (2026) *Pediatric surgery: Textbook.* Moscow: GEOTAR-Media. Pp. 76–120. doi: 10.33029/9704-9708-1-PED-2026-1-432 (In Russ.)
5. Islam S., Teitelbaum D.H., Burtain W.L., et al. Esophagogastric separation for fundoplication in neurologically impaired children. *J Pediatr Surg.* 2004;39(3):287–291. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2003.11.035
6. Bianchi A. Total esophagogastric dissociation: an alternative approach. *J Pediatr Surg.* 1997;32(9):1291–1294. doi: 10.1016/s0022-3468(97)90304-3
7. Esposito C., Montupet P., Rothenberg S. (2004) *Gastroesophageal reflux in infants and children.* Berlin: Springer-Verlag. Pp. 225–228. doi: 10.1016/S0025-6196(11)63650-1
8. Eyman R.K., Grossman H.T., Chaney R.H., et al. The life expectancy of profoundly handicapped people with mental retardation. *N Engl J Med.* 1990;323:584–589. doi: 10.1056/NEJM199008303230906
9. Martinez D.A., Pease M.E.G., Caniano D. Sequelae of antireflux surgery in profoundly disabled children. *J Pediatr Surg.* 1992;27:267–273. doi: 10.1016/0022-3468(92)90324-z
10. Pearl R.H., Robie D.K., Ein S.H., et al. Complications of gastroesophageal antireflux surgery in neurologically impaired versus neurologically normal children. *J Pediatr Surg.* 1990;25:1169–1173. doi: 10.1016/0022-3468(90)90756-y
11. Parente G., Cravano S.M., Di Mitri M., et al. Total esophagogastric dissociation (TEGD) in neurologically impaired children: the floor to parents. *Updates Surg.* 2022 Dec;74(6):1881–1887. doi: 10.1007/s13304-022-01384-5
12. Morabito A., Lall A., Piccolo R.Lo., et al. Total esophagogastric dissociation: 10 years' review. *J Pediatr Surg.* 2006;41:919–922. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2006.01.013
13. Di Mitri M., Vastano M., Di Carmine A., et al. Surgical Management of Gastroesophageal Reflux in Neurologically Impaired Children: Fundoplication vs. Total Esophagogastric Dissociation. *J Clin Med.* 2025 Feb 7;14(4):1058. doi: 10.3390/jcm14041058



<https://doi.org/10.34883/PI.2026.15.3.040>



Крачак Д.И.¹✉, Пландовский А.В.², Ерохов В.В.¹, Качук М.В.¹

¹ Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии, Минск, Беларусь

² Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Потенциал применения ex vivo перфузии донорских органов при трансплантации легких: обзор литературы

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Крачак Д.И. – концепция статьи, написание текста; Пландовский А.В. – концепция статьи, редактирование; Ерохов В.В., Качук М.В. – сбор и обработка материала.

Финансирование: авторы заявляют, что никакие финансовые средства, гранты или иная поддержка не были получены в ходе подготовки данной рукописи.

Подана: 19.02.2026

Принята: 28.05.2026

Контакты: perfus@tut.by

Резюме

Для пациентов с терминальным заболеванием легких трансплантация может стать единственным вариантом спасения. При этом дефицит пригодных донорских органов остается серьезной проблемой. В последние годы активно развивается технология ex vivo перфузии легких, позволяющая оценивать статус донорского органа, восстанавливать и улучшать его функцию, что значительно расширяет их доступность. Современные методы ex vivo перфузии легких включают три основных протокола: Toronto, Lund и OCS, которые различаются составом перфузионных растворов, температурными режимами и параметрами перфузии/вентиляции. Основные клинические сценарии использования перфузии легких включают: оценку и восстановление маргинальных донорских легких; контроль качества органов у доноров с остановкой сердечной деятельности; продление времени безопасной консервации легких, особенно при транспортировке. В ходе клинических исследований (INSPIRE, EXPAND, HELP, NOVEL) было доказано, что ex vivo перфузия легких снижает частоту первичной дисфункции трансплантата и увеличивает число успешно пересаженных органов. Для клинического использования доступны две коммерческие системы, каждая из которых обладают своими особенностями применения. Также в ряде клиник применяются локальные разработки («home-made») перфузии легких. Рассматриваемая технология имеет значительный потенциал для расширения пула донорских органов и улучшения результатов трансплантации легких, что делает ее важным направлением современной трансплантологии.

Ключевые слова: легкие, трансплантация, трансплантация легких, перфузия легких, первичная дисфункция трансплантата

Krachak D.¹✉, Plandovski A.², Erokhov V.¹, Kachuk M.¹

¹ Minsk Scientific and Practical Center of Surgery, Transplantology and Hematology,
Minsk, Belarus

² Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

Potential of Ex Vivo Perfusion of Donor Organs in Lung Transplantation: A Literature Review

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Krachak D. – article concept, original draft; Plandovski A. – article concept, editing; Erokhov V., Kachuk M. – data collection and analysis.

Funding: the authors declare that no funds, grants, or other support were received during the preparation of this manuscript.

Submitted: 19.02.2026

Accepted: 28.05.2026

Contacts: perfus@tut.by

Abstract

Lung transplantation should become the only life-saving solution for patients with end-stage diseases; however, the shortage of suitable donor organs remains a serious challenge. In recent years, ex vivo lung perfusion technology has been actively developed, enabling the assessment, recovery, and improvement of donor organ function, thus significantly increasing their availability. Actual ex vivo lung perfusion methods include three main protocols: Toronto, Lund, and OCS, which differ in perfusate composition, temperature regimes, and perfusion/ventilation parameters. The main clinical applications of lung perfusion include the evaluation and recovery of marginal donor lungs, quality control of organs from donors after circulatory death, and the extension of safe lung preservation time, particularly during transportation. Clinical trials (INSPIRE, EXPAND, HELP, NOVEL) demonstrated that ex vivo lung perfusion reduced the incidence of primary graft dysfunction and increased the number of successfully transplanted organs. Two commercial ex vivo lung perfusion systems are currently available, each with its own specific applications. Additionally, some clinics use locally designed ("home-made") ex vivo lung perfusion. This technology holds great potential for expanding the donor organ pool and improving lung transplantation outcomes, making it a key field in modern transplant medicine.

Keywords: lung, transplantation, lung transplantation, lung perfusion, primary graft dysfunction

■ ВВЕДЕНИЕ

Лечение терминальных форм хронических заболеваний различных органов является серьезной медико-социальной проблемой, которую позволяет отчасти решать современная трансплантология. Для пациентов с терминальными стадиями легочных заболеваний операция трансплантации легких является жизненно важной, предоставляя им практически единственную возможность на продление жизни и улучшение ее качества. В настоящее время ежегодно во всем мире проводится около 5000 операций по трансплантации легких. Рост числа таких заболеваний,



как хроническая обструктивная болезнь легких и идиопатический легочный фиброз, приводит к постоянному росту потребности в трансплантации. Однако необходимость в таких операциях значительно превышает количество доступных донорских органов, что часто приводит к высоким уровням смертности среди пациентов, находящихся в листах ожидания трансплантации. Это в свою очередь требует развития и усовершенствования методов сохранения и восстановления донорских органов.

Первая в мире операция пересадки легкого у человека была проведена в 1963 году [1], но успехи в этом направлении появились лишь в 1983 году [2]. Постепенно трансплантация легких из редкой экспериментальной операции перешла в общепризнанный и эффективный стандарт лечения терминальных стадий различных заболеваний легких. Такому успеху она была обязана развитию эффективной иммуносупрессивной терапии, совершенствованию хирургической техники и разработке более надежных методик консервации донорских органов. Согласно данным Международного регистра трансплантации органов грудной клетки Международного общества трансплантации сердца и легких (The International Society for Heart and Lung Transplantation/ISHLT), за последние 35 лет было проведено более 60 000 трансплантаций легких взрослым пациентам в более чем 400 трансплантационных центрах мира [3].

Хороший результат операции трансплантации легких зависит как от строгого отбора реципиентов органов, так и от «качества» донорских органов. В соответствии с общепринятыми международными критериями донорские легкие должны соответствовать следующим параметрам: срок интубации трахеи для проведения искусственной вентиляции легких менее 5 дней, парциальное давление кислорода в артериальной крови (PaO_2) более 300 мм рт. ст. (при концентрации кислорода во вдыхаемой смеси 100%, положительном давлении в конце выдоха (ПДКВ) 5 см вод. ст., дыхательном объеме 6–8 мл/кг), отсутствие сепсиса, аспирации, патологических изменений на рентгенограммах легких [4]. В настоящее время во всем мире отмечается дефицит донорских легких, способных отвечать всем указанным критериям, поэтому в сложившейся клинической практике они используются лишь в 15–20% случаев от подходящих мультиорганных доноров [5, 6].

Последние достижения в области трансплантации легких сосредоточили свое внимание на различных подходах к улучшению результатов лечения и повышению доступности жизнеспособных донорских органов, например, делается акцент на оптимизации донорских легких *in vivo*, включая протективную стратегию респираторной поддержки, оптимизацию гемодинамики, контроль жидкостного баланса [7]. Помимо этого, стоит подчеркнуть потенциал новых иммуносупрессивных методов лечения для уменьшения отторжения и инфицирования, включая индукционную терапию биологическими агентами и ингибиторами mTOR [8]. Ряд исследователей, обсуждая будущее трансплантации легких, отмечают возможности инженерных биосинтетических легких как способ создания специфичных для конкретного реципиента легких: использование биоинженерии легочной ткани, рецеллюляризацию децеллюляризованных каркасов и 3D-биопечать [9–11]. Каждый из этих подходов обладает значительным потенциалом для улучшения результатов трансплантации легких в будущем, а также решения проблемы нехватки подходящих донорских органов. Кроме того, активно разрабатывается технология сохранения органов с использованием экстракорпоральной перфузии (*ex vivo organ perfusion*) и отмечается

ее перспективность в восстановлении донорских легких путем улучшения функции и регенерации их жизнеспособности [12, 13].

■ EX VIVO ПЕРФУЗИЯ ЛЕГКИХ

Технология экстракорпоральной перфузии органов имеет давнюю историю. Идея сохранения жизнеспособности органов и тканей, отделенных от организма-хозяина, была популярна в начале XX века. Известный советский ученый С.С. Брюхоненко к 1924 году разработал систему для экстракорпорального кровообращения, получившую название «автожектор». Используя данный аппарат, автор проводил успешную перфузию изолированных голов лабораторных животных. На эту разработку был получен патент, подтвержденный в странах Европы. В 1937 году им был разработан и запатентован аппарат «искусственные легкие», включавший в себя пенно-пленочный оксигенатор [14].

Наиболее же известными зарубежными учеными в области перфузии органов были американские исследователи А. Carrel и С. Lindengerg, которые разработали устройство для перфузии органов и выполнили большое количество экспериментов на органах и тканях лабораторных животных. В 1935–1939 годах ими было проведено почти 900 перфузий различных органов животных, в т. ч. перфузия бьющегося сердца [15, 16].

До использования технологий экстракорпоральной перфузии с целью поддержания жизнеспособности эксплантированного легкого исследователи применяли, как правило, гипотермию и гипербарическую оксигенацию [17, 18]. В 1969 году D. Clarke описал технику вентиляции и перфузии изолированного легкого с использованием попеременного создания вокруг него положительного и отрицательного давления, что давало эффект циркуляции перфузирующего раствора, а также обеспечивало поддержание в органе заданной температуры [19]. В 1970 году D. Jirsch с коллегами применил технику экстракорпоральной перфузии донорского органа кровяными насосами и использовал ее как метод для оценки качества легочного трансплантата во время кондиционирования до момента его реимплантации [20].

Еще одним из вариантов кондиционирования легкого в 80-е годы XX века была техника аутоперфузии комплекса «сердце – легкое», когда перфузия блока органов осуществлялась работой донорского сердца, а газообмен комплекса обеспечивался донорским легким с использованием стандартного аппарата для искусственной вентиляции легких [21–24].

Современные технологии экстракорпоральной перфузии легких появились после 2000 года, когда S. Steen из Lund University (Лунд, Швеция) впервые стал использовать технику *ex vivo* перфузии легких (EVLP) для оценки качества человеческих донорских легких, заготовленных у доноров с остановкой сердечной деятельности [25]. Несколько позже исследователи из Лунда применили EVLP для «восстановления» маргинальных донорских легких и последующей пересадки пригодных органов реципиентам [26].

В 2008 году M. Cypel из University of Toronto (Торонто, Канада) провел эксперименты по EVLP в виде нормотермической перфузии на замкнутом перфузионном контуре с использованием ИВЛ для оценки эффективности 12-часовой консервации донорских легких [27]. Впоследствии были опубликованы данные о десятках случаев клинического применения данной методики [28–30].



На сегодняшний день все методики проведения EVLP можно условно разделить на три варианта, или протокола: а) протокол Toronto; б) протокол Lund; в) протокол OCS.

Протокол Toronto [27] предусматривает проведение EVLP в течение 4–6 часов. Для перфузии используется бесклеточный раствор STEEN Solution. Поток перфузата ламинарный, создаваемый центрифужным насосом. Целевая скорость перфузии составляет около 40% сердечного выброса, давление в левом предсердии поддерживается на уровне 3–5 мм рт. ст. (дренирование левого предсердия через канюлю), а давление в легочной артерии 10–15 мм рт. ст.

Протокол Lund [25, 26] предусматривает более короткую процедуру длительностью около 2 часов. Также применяется перфузионный раствор STEEN Solution, однако в него добавляется донорская эритроцитарная масса (для обеспечения уровня гематокрита около 14%). Поток перфузата ламинарный (центрифужный насос). Скорость перфузии может достигать 100% сердечного выброса, давление в левом предсердии равно 0 мм рт. ст., т. к. кровь свободно изливается в резервуар для сбора (техника «открытого» левого предсердия), а давление в легочной артерии не должно превышать 20 мм рт. ст.

Протокол OCS [31] используется преимущественно для транспортировки донорского органа. Для перфузии применяется OCS Lung Solution с добавлением донорской эритроцитарной массы до гематокрита 15–25%. Характер потока «пульсирующий» и обеспечивается роликовым насосом. Скорость перфузии составляет 2–2,5 л/мин. Давление в левом предсердии поддерживается на уровне 0 мм рт. ст. («открытое» левое предсердие), а давление в легочной артерии – менее 20 мм рт. ст.

Несмотря на различия, все три протокола используют растворы с внеклеточным ионным составом: содержание калия составляет до 5 ммоль/л, а натрия – около 145 ммоль/л. Основные различия касаются компонентов, обеспечивающих онкотическое давление раствора. В протоколах Toronto и Lund применяется альбумин в концентрации до 70 г/л, тогда как в OCS используются декстраны в концентрации 50 г/л. В протоколах Lund и OCS дополнительно вводится донорская эритроцитарная масса для повышения кислородтранспортной функции раствора.

Параметры искусственной вентиляции легких во всех протоколах в целом сопоставимы. В протоколе Toronto применяется вентиляция с управлением по объему, дыхательный объем составляет 7 мл/кг, частота дыхания 7 в минуту, FiO₂ 21% (вентиляция атмосферным воздухом), ПДКВ 5 см вод. ст. В протоколе Lund также используется объем-контролируемая вентиляция, дыхательный объем 5–7 мл/кг, частота дыхания 20 в минуту, FiO₂ 50%, ПДКВ 5 см вод. ст. В протоколе OCS дыхательный объем составляет 6 мл/кг, частота дыхания 10 в минуту, FiO₂ 21% (вентиляция атмосферным воздухом), ПДКВ 5 см вод. ст.

Накопленный опыт использования технологий EVLP при трансплантации легких позволяет рассмотреть 4 «стандартных» клинических сценария применения [28, 32–37]:

- доноры со смертью мозга (DBD) и маргинальные доноры с высоким риском для трансплантации легких: с пограничной оксигенацией артериальной крови (индекс оксигенации менее 300 мм рт. ст.); с признаками отека или инфильтрации легких по данным рентгенографии органов грудной клетки; с клинико-рентгенологическими признаками ТЭЛА, пневмонии или аспирационного пневмонита;

- с острым посттрансфузионным повреждением легких после многократных трансфузий крови и ее компонентов (TRALI-синдром);
- стандартные доноры с остановкой сердечной деятельности в «контролируемых условиях» (DCD-доноры, категории 3–5 по расширенной Маастрихтской классификации [38]), у которых до или после проведения сердечно-легочной реанимации нет сведений о наличии патологии легких и требуется лишь «контрольный» анализ состояния донорского органа;
 - доноры с остановкой сердечной деятельности «высокого риска» (DCD-доноры с «неконтролируемой/контролируемой» остановкой сердечной деятельности: категории 1–2 по расширенной Маастрихтской классификации), имеющие или сходную ситуацию с донорами DBD, или была остановка сердца с проведением сердечно-легочной реанимации более 60 минут;
 - логистические причины использования EVLP: перфузия может быть использована для «расширения» стандартного времени относительно безопасной холодовой консервации легких с 6–10 часов до более чем 20 часов, например, в ситуации необходимости длительной транспортировки органа.

В случае применения EVLP для DBD маргинальных доноров перфузия может как проводиться для простой оценки функции легких, так и предоставлять возможность для проведения целевой терапии: тромболизиса [39], антибиотикотерапии [40, 41], терапии стволовыми клетками [42], генной инженерии [43], терапии агонистами β 2-адренорецепторов [44] или оксидом азота [45].

Применение EVLP у доноров типа DCD остается дискуссионным: часть клиник пока предпочитают не использовать *ex vivo* перфузию легких в данной группе [46]. В то же время ряд центров считают, что существует высокий риск допуска к трансплантации органов со скрытыми повреждениями, что, в свою очередь, может привести к развитию первичной дисфункции трансплантата [47, 48]. В связи с этим они выступают за более активное применение EVLP для расширенной оценки качества донорского органа. Кроме того, у доноров, перенесших длительную сердечно-легочную реанимацию, использование EVLP может быть эффективно для коррекции ишемических повреждений, возникших до начала холодовой консервации органов.

С технической стороны для проведения процедуры EVLP в мире доступно два коммерческих продукта: XVIVO Perfusion System/XPS (XVIVO, Швеция) и Organ Care System/OCS (Transmedics, США).

Система XPS (XVIVO) позволяет использовать как протокол Toronto, так и протокол Lund, в то время как OCS (Transmedics) предназначена только для использования своей технологии.

Системы OCS (Transmedics) и XPS (XVIVO) кардинально различаются между собой: OCS (Transmedics) является мобильной и исходно разрабатывалась для транспортировки легких между донорским и реципиентским центрами, поэтому донорский орган в систему OCS (Transmedics) помещается немедленно после эксплантации.

В то время как при использовании XPS (XVIVO) донорские органы первоначально подвергаются холодовой консервации, а затем транспортируются в центр, обладающий XPS (XVIVO) системой, на которой и проводится процедура EVLP с последующей оценкой донорского органа и принятием решения о его пригодности для использования.



Кроме того, в некоторых трансплантационных центрах получили распространение авторские аппаратные решения («home-made» разработки) для EVLP, собранные на основе стандартных систем искусственного кровообращения, ЭКМО и наркозно-дыхательной аппаратуры. Параллельно с этим применяются локальные модификации общепринятых протоколов *ex vivo* перфузии легких [49, 50].

С начала 2000-х годов технология EVLP стала предметом серьезных клинических исследований. Анализ данных на сайте ClinicalTrial.gov показывает, что имеются данные о 25 исследованиях, использовавших технологию EVLP, из них 9 имеют статус завершенных.

В частности, 2 проспективных исследования были проведены по использованию системы OCS (Transmedics): INSPIRE [51] и EXPAND [52]. Результаты работ подтвердили безопасность методики и продемонстрировали возможность технологии по расширению пула донорских органов. Было установлено, что сокращение времени ишемии донорских легких сильно коррелирует с развитием первичной недостаточности донорского органа, а также снижает риск развития отдаленных осложнений, например такого, как синдром облитерирующего бронхиолита.

В исследовании HELP [28] – первой работе, посвященной изучению системы XPS (XVIVO), было показано снижение частоты развития дисфункции донорского легкого 2–3-й степени (PGD 2–3-й степени) в два раза (до 15%) в группе EVLP в сравнении со стандартной практикой.

В еще одном многоцентровом проспективном исследовании NOVEL [53] было установлено, что уровень конверсии маргинальных доноров составил 50,9%, при этом частота развития дисфункции донорского органа и состояние функции легких в первые 30 дней после операции были сопоставимы.

В исследовании DEVELOP-UK [54] частота конверсии маргинальных доноров составила 33%, правда было отмечено, что ЭКМО в посттрансплантационном периоде была использована в большем числе случаев в группе EVLP, чем у доноров со стандартными критериями (33% против 3%).

Сегодня EVLP все чаще применяется в критических состояниях, например, там, где используются маргинальные донорские легкие (от доноров с ЭКМО, доноров с наличием легочной инфекции, DCD-доноров), а также в случаях, когда требуется транспортировка органа на большие расстояния.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системы для *ex vivo* перфузии легких (EVLP), как стационарные, так и портативные, представляют собой мощный инструмент для сохранения и оценки донорских легких, как для трансплантатов от доноров со смертью мозга (DBD), так и от доноров с остановкой сердечной деятельности (DCD). Несмотря на имеющийся клинический опыт применения EVLP и перспективные данные о ее эффективности в восстановлении поврежденных легких или для модуляции иммунного ответа реципиента, метод остается объектом продолжающихся научных исследований, направленных на оптимизацию протоколов и расширение показаний.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Hardy J.D., Webb W.R., Dalton M.L. Jr, et al. Lung Homotransplantation in Man: Report of the Initial Case. *JAMA*. 1963;186(12):1065–74. doi: 10.1001/jama.1963.63710120001010
2. Cooper J.D., Ginsberg R.J., Goldberg M., et al. Unilateral Lung Transplantation for Pulmonary Fibrosis. *N Engl J Med* [Electronic resource]. 1986. Available at: <https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJM198605013141802>. (accessed 2024 May 10).
3. Chambers D.C., Perch M., Zuckermann A., et al. The International Thoracic Organ Transplant Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: Thirty-eighth adult lung transplantation report – 2021; Focus on recipient characteristics. *J Heart Lung Transplant Off Publ Int Soc Heart Transplant*. 2021;40(10):1060–72. doi: 10.1016/j.healun.2021.07.021
4. Ministry of Health of the Republic of Belarus. [Resolution No. 31 dated February 13, 2023 «On the Approval of Clinical Protocols»]; 2023. Available at: <https://minzdrav.gov.by/upload/dadvfles/CProtokol/T-negkix.pdf> (accessed 2024 Aug 26). (in Russian)
5. Paik H.C., Haam S.J., Lee D.Y., et al. Donor evaluation for lung transplantation in Korea. *Transplant Proc*. 2012;44(4):870–4. doi: 10.1016/j.transproceed.2011.12.060
6. Yeo H.J., Yoon S.H., Lee S.E., et al. Current Status and Future of Lung Donation in Korea. *J Korean Med Sci*. 2017;32(12):1953–8. doi: 10.3346/jkms.2017.32.12.1953
7. Sales G., Costamagna A., Fanelli V., et al. How to optimize the lung donor. *Minerva Anestesiol*. 2018;84(2):204–15. doi: 10.23736/S0375-9393.17.12130-9
8. Bhorade S.M., Stern E. Immunosuppression for lung transplantation. *Proc Am Thorac Soc*. 2009;6(1):47–53. doi: 10.1513/pats.200808-096GO
9. Borro J.M. The future of lung transplantation. *Rev Port Pneumol*. 2015;21(1):3–4. doi: 10.1016/j.rppnen.2014.09.006
10. Skolasinski S.D., Panoskaltis-Mortari A. Lung tissue bioengineering for chronic obstructive pulmonary disease: overcoming the need for lung transplantation from human donors. *Expert Rev Respir Med*. 2019;13(7):665–78. doi: 10.1080/17476348.2019.1624163
11. Nathan S.D. The Future of Lung Transplantation. *CHEST*. 2015;147(2):309–16. doi: 10.1378/chest.14-1748
12. Rosso L., Zanella A., Righi I., et al. Lung transplantation, ex-vivo reconditioning and regeneration: state of the art and perspectives. *J Thorac Dis*. 2018;10(Suppl 20):2423–30. doi: 10.21037/jtd.2018.04.151
13. Mariani A.W., Pêgo-Fernandes P.M., Abdalla L.G., et al. Recondicionamento pulmonar ex vivo: uma nova era para o transplante pulmonar. *J Bras Pneumol*. 2012;38:776–85. doi: 10.1590/S1806-37132012000600015
14. Ivanyushkin A., Reznik O., Popova O. Sergei Brukhonenko – the founder of cardiopulmonary bypass (philosophical, methodological and sociocultural context). *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2019;21(4):147–154. doi: 10.15825/1995-1191-2019-4-147-154 (in Russian)
15. Sade R.M. A Surprising Alliance: Two Giants of the 20th Century. *Ann Thorac Surg*. 2017;103(6):2015–9. doi: 10.1016/j.athoracsurg.2016.12.056
16. Malinin T.I. Remembering Alexis Carrel and Charles A. Lindbergh. *Tex Heart Inst J*. 1996;23(1):28–35.
17. Garzon A.A., Cheng C., Pangan J., et al. Hypothermic hyperbaric lung preservation for twenty-four hours with replantation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1968;55(4):546–54. doi: 10.1016/S0022-5223(19)42944-9
18. Ross C.A., Alves R.F. Preservation of canine lung for re-implantation using hypothermia and hyperbaric oxygen. Survival following contralateral pneumonectomy. *Thorax*. 1969;24(3):336–41. doi: 10.1136/thx.24.3.336
19. Clarke D.B. Perfusion techniques in the preservation of the isolated canine lung. *Thorax*. 1969;24(3):342–7.
20. Jirsch D.W., Fisk R.L., Couves C.M. Ex vivo evaluation of stored lungs. *Ann Thorac Surg*. 1970;10(2):163–8. doi: 10.1016/s0003-4975(10)65582-8
21. Hardesty R.L., Griffith B.P. Autoperfusion of the heart and lungs for preservation during distant procurement. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1987;93(1):11–8.
22. Ladowski J.S., Kapelanski D.P., Teodori M.F., et al. Use of autoperfusion for distant procurement of heart-lung allografts. *J Heart Transplant*. 1985;4(3):330–3.
23. Morimoto T., Golding L.R., Stewart R.W., et al. A simple method for extended heart-lung preservation by autoperfusion. *Trans – Am Soc Artif Intern Organs*. 1984;30:320–4.
24. Nagabuchi M. An experimental study on the heart and lung preservation and transplantation. Autoperfusion method and cardiac and pulmonary functions after transplantation. *Hokkaido Igaku Zasshi*. 1988;63(5):698–707.
25. Steen S., Sjöberg T., Pierre L., et al. Transplantation of lungs from a non-heart-beating donor. *Lancet*. 2001;357(9259):825–9. doi: 10.1016/s0140-6736(00)04195-7
26. Steen S., Ingemansson R., Eriksson L., et al. First human transplantation of a nonacceptable donor lung after reconditioning ex vivo. *Ann Thorac Surg*. 2007;83(6):2191–4. doi: 10.1016/j.athoracsurg.2007.01.033
27. Cypel M., Yeung J.C., Hirayama S., et al. Technique for Prolonged Normothermic Ex Vivo Lung Perfusion. *J Heart Lung Transplant*. 2008;27(12):1319–25. doi: 10.1016/j.healun.2008.09.003
28. Cypel M., Yeung J.C., Liu M., et al. Normothermic Ex Vivo Lung Perfusion in Clinical Lung Transplantation. *N Engl J Med*. 2011;364(15):1431–40. doi: 10.1056/NEJMoa1014597
29. Cypel M., Yeung J.C., Machuca T., et al. Experience with the first 50 ex vivo lung perfusions in clinical transplantation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012;144(5):1200–7. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.08.009
30. Ingemansson R., Eyjolfsson A., Mared L., et al. Clinical Transplantation of Initially Rejected Donor Lungs After Reconditioning Ex Vivo. *Ann Thorac Surg*. 2009;87(1):255–60. doi: 10.1016/j.athoracsurg.2008.09.049
31. Warnecke G., Moradiellos J., Tudorache I., et al. Normothermic perfusion of donor lungs for preservation and assessment with the Organ Care System Lung before bilateral transplantation: a pilot study of 12 patients. *The Lancet*. 2012;380(9856):1851–8. doi: 10.1016/s0140-6736(12)61344-0
32. Pan X., Yang J., Fu S., et al. Application of ex vivo lung perfusion (EVLV) in lung transplantation. *J Thorac Dis*. 2018;10(7):4637–42. doi: 10.21037/jtd.2018.07.95
33. Sage E., Mussot S., Trebbia G., et al. Lung transplantation from initially rejected donors after ex vivo lung reconditioning: the French experience. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2014;46(5):794–9. doi: 10.1093/ejcts/ezu245
34. Zhang Z.L., van Suylen V., van Zanden J.E., et al. First experience with ex vivo lung perfusion for initially discarded donor lungs in the Netherlands: a single-centre study. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2019;55(5):920–6. doi: 10.1093/ejcts/ezy373
35. Cypel M., Neyrinck A., Machuca T.N. Ex vivo perfusion techniques: state of the art and potential applications. *Intensive Care Med*. 2019;45(3):354–6. doi: 10.1007/s00134-019-05568-3
36. Aigner C., Slama A., Hötzeneker K., et al. Clinical Ex Vivo Lung Perfusion – Pushing the Limits. *Am J Transplant*. 2012;12(7):1839–47. doi: 10.1111/j.1600-6143.2012.04027.x



37. Loor G., Warnecke G., Villavicencio M.A., et al. Portable normothermic ex-vivo lung perfusion, ventilation, and functional assessment with the Organ Care System on donor lung use for transplantation from extended-criteria donors (EXPAND): a single-arm, pivotal trial. *Lancet Respir Med.* 2019;7(11):975–84. doi: 10.1016/S2213-2600(19)30200-0
38. Santos P.A.R.D., Teixeira P.J.Z., Moraes Neto D.M., et al. Donation after circulatory death and lung transplantation. *J Bras Pneumol.* 2022;48:e20210369. doi: 10.36416/1806-3756/e20210369
39. Machuca T.N., Hsin M.K., Ott H.C., et al. Injury-Specific Ex Vivo Treatment of the Donor Lung: Pulmonary Thrombolysis Followed by Successful Lung Transplantation. *Am J Respir Crit Care Med.* 2013;188(7):878–80. doi: 10.1164/rccm.201302-0368LE
40. Andreasson A., Karamanou D.M., Perry J.D., et al. The effect of ex vivo lung perfusion on microbial load in human donor lungs. *J Heart Lung Transplant Off Publ Int Soc Heart Transplant.* 2014;33(9):910–6. doi: 10.1016/j.healun.2013.12.023
41. Nakajima D., Cypel M., Bonato R., et al. Ex Vivo Perfusion Treatment of Infection in Human Donor Lungs. *Am J Transplant Off J Am Soc Transplant Am Soc Transpl Surg.* 2016;16(4):1229–37. doi: 10.1111/ajt.13562
42. Lee J.W., Fang X., Gupta N., et al. Allogeneic human mesenchymal stem cells for treatment of E. coli endotoxin-induced acute lung injury in the ex vivo perfused human lung. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2009;106(38):16357–62. doi: 10.1073/pnas.0907996106
43. Cypel M., Liu M., Rubacha M., et al. Functional repair of human donor lungs by IL-10 gene therapy. *Sci Transl Med.* 2009;1(4):4ra9. doi: 10.1126/scitranslmed.3000266
44. Kondo T., Chen F., Ohsumi A., et al. β 2-Adrenoreceptor Agonist Inhalation During Ex Vivo Lung Perfusion Attenuates Lung Injury. *Ann Thorac Surg.* 2015;100(2):480–6. doi: 10.1016/j.athoracsur.2015.02.136
45. Dong B.M., Abano J.B., Egan T.M. Nitric oxide ventilation of rat lungs from non-heart-beating donors improves posttransplant function. *Am J Transplant Off J Am Soc Transplant Am Soc Transpl Surg.* 2009;9(12):2707–15. doi: 10.1111/j.1600-6143.2009.02840.x
46. Costa B.S., Coelho B.C., Grillo I.T.C., et al. Ex vivo lung perfusion in donation after circulatory death lung transplantation: A systematic review and meta-analysis. *JHLT Open.* 2026;11:100480. doi: 10.1016/j.jhlto.2026.100480
47. Palleschi A., Zanella A., Sacchi M., et al. Uncontrolled donation after circulatory death lung transplantation program: Clinical outcomes and perspectives for implementation. *Am J Transplant.* 2026;23:S1600-6135(26)00039-0. doi: 10.1016/j.ajt.2026.01.017
48. Faccioli E., Verzeletti V., Mammana M., et al. Beyond the Barriers of Ex Vivo Lung Perfusion Through an Emblematic Case: A New Way Forward to Expand the Donor Pool. *J Clin Med.* 2024;13(23):7412. doi: 10.3390/jcm13237412
49. Gautier S., Tsurulnikova O., Pashkov I., et al. Normothermic ex vivo perfusion of isolated lungs in an experiment using a russian-made perfusion system. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs.* 2022;24(2):94–101. Available at: <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2022-2-94-101>
50. Murala J.S., Whited W.M., Banga A., et al. Ex vivo lung perfusion: how we do it. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg.* 2021;37(Suppl 3):433–444. doi: 10.1007/s12055-021-01215-z
51. Warnecke G., Van Raemdonck D., Smith M.A., et al. Normothermic ex-vivo preservation with the portable Organ Care System Lung device for bilateral lung transplantation (INSPIRE): a randomised, open-label, non-inferiority, phase 3 study. *Lancet Respir Med.* 2018;6(5):357–67. doi: 10.1016/S2213-2600(18)30136-X
52. Loor G., Warnecke G., Villavicencio M., et al. Results of the OCS Lung EXPAND International Trial Using Portable Normothermic OCS Lung Perfusion System (OCS) to Recruit and Evaluate Extended Criteria Donor (ECD) Lungs. *J Heart Lung Transplant.* 2018;37(4):S147. doi: 10.1016/j.healun.2018.01.356
53. Sanchez P.G., Davis R.D., D'Ovidio F., et al. The NOVEL Lung Trial One-Year Outcomes. *J Heart Lung Transplant.* 2014;33(4):S71–2. doi: 10.1016/j.healun.2014.01.226
54. Fisher A., Andreasson A., Chrysos A., et al. An observational study of Donor Ex Vivo Lung Perfusion in UK lung transplantation: DEVELOP-UK. *Health Technol Assess Winch Engl.* 2016;20(85):1–276. doi: 10.3310/hta20850



Тукешов С.К.

Кыргызская государственная медицинская академия имени И.К. Ахунбаева,
Бишкек, Кыргызстан

Комплексный алгоритм диагностики, микрохирургического лечения, реабилитации и цифрового мониторинга пациентов с сочетанными травмами кисти

Конфликт интересов: не заявлен.

Подана: 19.04.2026

Принята: 05.08.2026

Контакты: tukeshovtsk@gmail.com

Резюме

Введение. Сочетанные травмы кисти с поражением нескольких анатомических структур требуют стандартизированного маршрута диагностики, микрохирургической реконструкции и реабилитации.

Цель. Разработать и оценить комплексный алгоритм ведения пациентов с сочетанными травмами кисти.

Материалы и методы. Проспективное контролируемое когортное сравнительное исследование (2019–2024): 600 пациентов, основная группа – $n=287$ (модифицированный алгоритм), контрольная – $n=313$ (традиционный подход); наблюдение 12 мес. Алгоритм включал расширенную визуализацию и интегральную шкалу тяжести (4–16 баллов), этапную микрохирургию, стандартизированную антимикробную профилактику и поэтапную реабилитацию; цифровое сопровождение реабилитации (мобильные приложения MyTherapy – для напоминаний ЛФК-заданий, фиксации боли по VAS и приверженности и Clinometer – для инструментального измерения ROM) применяли у 160 пациентов. Исходы: осложнения, ROM, DASH, SF-36, HADS и возврат к работе.

Результаты. Диагностическая информативность алгоритма была выше (средняя AUC 0,83 против 0,77); УЗИ с ЦДК демонстрировало AUC 0,93 (чувствительность/специфичность 90%/87%), интегральная шкала тяжести – $AUC \approx 0,83$. Соблюдение антимикробной профилактики в основной группе было выше: 100% против 85% (предоперационно) и 75% против 45% (повторная интраоперационная доза) ($p < 0,001$). Функциональные исходы улучшились: время до ROM $\geq 80\%$ – $12,0 \pm 2,3$ против $14,0 \pm 2,5$ недели ($p < 0,001$), DASH ≤ 15 – 65% (187/287) против 55% (172/313) (ОШ 1,52; $p = 0,01$). Через ≥ 24 мес. возврат к работе был выше: 92% (230/250) против 85% (238/280) (ОШ 2,03; $p = 0,007$). В подгруппе цифрового мониторинга ROM $\geq 80\%$ достигали быстрее ($14,0 \pm 2,3$ против $16,0 \pm 2,5$ недели; $p < 0,001$) и чаще имели DASH ≤ 15 (55% против 45%; ОШ 1,50; $p = 0,04$).



Заключение. Комплексный алгоритм сопровождался улучшением диагностической точности и функционального восстановления, а цифровой мониторинг дополнительно ускорял реабилитацию.

Ключевые слова: сочетанная травма кисти, реконструктивная микрохирургия, визуализационная диагностика, антимикробная профилактика, функциональная реабилитация, цифровое наблюдение

Tukeshov S.

I.K. Akhunbaev Kyrgyz State Medical Academy, Bishkek, Kyrgyzstan

A Comprehensive Algorithm for Diagnosis, Microsurgical Treatment, Rehabilitation, and Digital Monitoring of Patients with Concomitant Hand Injuries

Conflict of interest: nothing to declare.

Submitted: 19.04.2026

Accepted: 05.08.2026

Contacts: tukeshovtsk@gmail.com

Abstract

Introduction. Concomitant hand injuries involving multiple anatomical structures require a standardized pathway for diagnosis, microsurgical reconstruction, and rehabilitation.

Purpose. To build and evaluate a comprehensive management algorithm for patients with concomitant hand injuries.

Materials and methods. A prospective controlled comparative cohort study (2019–2024) included 600 patients: the main group (n=287) managed using a modified algorithm and the control group (n=313) treated using a conventional approach; follow-up lasted for 12 months. The algorithm comprised extended imaging and an integral injury severity scale (4–16 points), staged microsurgery, standardized antimicrobial prophylaxis, and phased rehabilitation; digital rehabilitation support with the mobile applications MyTherapy (medication and exercise reminders, pain/VAS logging, adherence tracking) and Clinometer (goniometric ROM measurement) was used in 160 patients. Outcomes included complications, range of motion (ROM), DASH, SF-36, HADS, and return to work.

Results. The diagnostic performance of the algorithm was higher (mean AUC 0.83 versus 0.77); color Doppler ultrasonography demonstrated an AUC of 0.93 (sensitivity/specificity 90%/87%), and the integral injury severity scale showed an AUC of approximately 0.83. Adherence to antimicrobial prophylaxis was greater in the main group: 100% versus 85% preoperatively and 75% versus 45% for repeat intraoperative dosing ($p<0.001$). Functional outcomes improved: time to ROM $\geq 80\%$ was 12.0 ± 2.3 versus 14.0 ± 2.5 weeks ($p<0.001$), and DASH ≤ 15 was achieved in 65% (187/287) versus 55% (172/313) (OR 1.52; $p=0.01$). At ≥ 24 months, return to work was higher (92% [230/250] versus 85% [238/280]; OR 2.03; $p=0.007$). In the digital monitoring subgroup, ROM $\geq 80\%$ was achieved earlier (14.0 ± 2.3 versus 16.0 ± 2.5 weeks; $p<0.001$) and DASH ≤ 15 was more frequent (55% versus 45%; OR 1.50; $p=0.04$).

Conclusion. The comprehensive algorithm improved diagnostic accuracy and functional recovery, while digital monitoring provided additional acceleration of rehabilitation.

Keywords: concomitant hand injury, reconstructive microsurgery, imaging diagnostics, antimicrobial prophylaxis, functional rehabilitation, digital monitoring

■ ВВЕДЕНИЕ

Открытые сочетанные травмы кисти сопряжены с высоким риском стойких нарушений функций захвата и с длительной утратой трудоспособности; по данным Global Burden of Disease 2017, кистевые и запястные повреждения устойчиво входят в число ведущих причин травматологической заболеваемости в мире, а сопряженные с ними экономические потери оцениваются как значимая нагрузка на систему здравоохранения [1, 2].

Диагностика фалангеальных и пястных переломов при сочетанной травме кисти клинически неоднозначна: чувствительность рутинной рентгенографии ограничена при внутрисуставных и мелких повреждениях; сочетание физикального осмотра с УЗИ, КТ и МРТ обеспечивает существенно более точную верификацию, однако требует ресурсов, доступных не в каждом стационаре [3].

При сочетанной травме, объединяющей поражение сосудистых, костных, нервных и покровных структур, значимо не только качество анатомической репозиции, но и организация всей траектории лечения – от догоспитального этапа до амбулаторной реабилитации. Локальная анестезия без жгута (WALANT) позволяет выполнять реконструкцию с интраоперационной функциональной оценкой и снижает необходимость общей анестезии [4, 5]. На этапе реабилитации ключевую роль играют ранняя контролируемая мобилизация после стабильной фиксации и объективная оценка достигаемого ROM [6, 7].

Настоящее исследование посвящено разработке и клиническому обоснованию комплексного алгоритма, объединяющего расширенную диагностику, интегральную оценку тяжести повреждения, этапную микрохирургическую реконструкцию, стандартизированную антимикробную профилактику, поэтапную реабилитацию и цифровой мониторинг восстановительного периода у пациентов с сочетанной травмой кисти в условиях специализированного стационара Кыргызской Республики.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработать и клинически обосновать комплексный алгоритм диагностики, микрохирургического лечения, реабилитации и цифрового мониторинга пациентов с сочетанными травмами кисти.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужили данные 600 пациентов в возрасте от 18 до 65 лет (средний возраст $38,5 \pm 12,3$ года), госпитализированных в отделение пластической и реконструктивной микрохирургии и хирургии кисти Национального госпиталя Министерства здравоохранения Кыргызской Республики в период с 2019 по 2024 г. с верифицированной сочетанной травмой кисти (поражение не менее двух анато-



мических структур: кости, сухожилия, нервы, сосуды, покровные ткани). Все пациенты были трудоспособного возраста (доля работающих до травмы – 94,3%). У 68% пациентов травма носила производственный характер, у 32% – бытовой. Механизм повреждения: размождение (41%), резаная рана (33%), отрывной механизм (15%), взрывной/огнестрельный (11%).

Всем пациентам выполнено радикальное хирургическое лечение в объеме первичной хирургической обработки, реконструкции костно-сухожильно-нервного аппарата и пластики покровных тканей. В зависимости от примененного лечебного алгоритма все пациенты были разделены на следующие группы:

Основная группа (модифицированный алгоритм) – n=287.

Комплексный подход, включающий:

- расширенную инструментальную диагностику (УЗИ с ЦДК, КТ, МРТ, ЭНМГ по показаниям);
- интегральную шкалу тяжести травмы кисти (4–16 баллов) со стратификацией пациентов по трем категориям тяжести (легкая 4–7, средняя 8–12, тяжелая 13–16);
- этапную микрохирургическую реконструкцию (экстренный, отсроченный и реконструктивно-восстановительный этапы);
- стандартизованную антимикробную профилактику (цефазолин 2 г до разреза, при длительности >4 ч. – повторная доза 1 г);
- поэтапную реабилитацию с ранней контролируемой мобилизацией;
- у 160 пациентов основной группы дополнительно применяли цифровое сопровождение реабилитации – подгруппа «Цифровое наблюдение» (ЦН, n=160).

Контрольная группа (традиционный подход) – n=313. Пациенты, пролеченные в 2019–2021 гг. до внедрения алгоритма: диагностика на основе клинического осмотра и рентгенографии (расширенная визуализация – только по строгим показаниям); оперативное лечение в объеме одномоментной реконструкции (без этапности); антимикробная профилактика по усмотрению дежурного хирурга (без протокола); реабилитация по стандартным протоколам (без цифрового сопровождения).

Подгруппа сравнения методов остеосинтеза (выделена внутри основной и контрольной групп для анализа отдаленных результатов в зависимости от типа фиксации): «шнурковый» остеосинтез – авторский способ фиксации отломков при раздробленных переломах фаланг кисти. Оригинальность метода подтверждена Государственной службой интеллектуальной собственности и инноваций при Правительстве Кыргызской Республики (Кыргызпатент) – свидетельство № 1998 от 31.10.2017 г. (<https://base.patent.kg/iz.php?action=search>). Суть способа состоит в проведении костного «шнура»-нити через оба магистральных отломка фаланги под интраоперационным рентгеноконтролем с дополнительной репозицией мелких костных фрагментов на этот «шнур»; при этом надкостница отслаивается минимально, а объем металлоконструкции сведен к спицам-проводникам, что и определяет малотравматичный характер вмешательства – n=11; пластины + винты – n=110; спицы Киршнера – n=78. Распределение по методам носило характер «реального клинического выбора» в рамках алгоритма основной группы (нерандомизированное).

Критерии включения: возраст 18–65 лет; сочетанная травма кисти с поражением ≥2 анатомических структур; госпитализация в первые 24 часа после травмы; подписанное информированное согласие.

Критерии исключения: изолированные повреждения одной структуры; неоперабельные травмы (тотальный дефект кисти); тяжелая декомпенсированная сопутствующая патология (терминальная ХБП, декомпенсированный СД, цирроз печени класса С по Чайлду – Пью); психические расстройства, препятствующие реабилитации; отказ от участия.

Цифровое сопровождение реабилитации (подгруппа ЦН, n=160).

Цифровое сопровождение вводили с целью повысить приверженность пациента амбулаторному этапу реабилитации, обеспечить объективный количественный контроль ROM в динамике и позволить лечащему хирургу оперативно вмешиваться в реабилитационный план без обязательного очного визита. Выбор конкретных инструментов был продиктован условиями Кыргызской Республики: полностью русскоязычный интерфейс, отсутствие подписки и оплаты, работоспособность на базовых Android-смартфонах и функционирование при нестабильном интернет-соединении. Этим требованиям отвечали два бесплатных мобильных приложения – MyTherapy и Clinometer, которые использовались как единая двухкомпонентная схема.

Меню интерфейса

MyTherapy обеспечивал: 1) Push-напоминания о приеме назначенных препаратов (антибиотики, НПВС, миорелаксанты, витамины группы В) с фиксацией факта приема; 2) Push-напоминания о выполнении назначенных ЛФК-заданий (пассивная и активная мобилизация суставов, упражнения на мелкую моторику, укладки кисти) с автоматической регистрацией «выполнено/пропущено»; 3) ежедневный дневник самочувствия – интенсивность боли по визуально-аналоговой шкале (VAS, 0–10), отечность, ощущение скованности и другие субъективные жалобы; 4) экспорт отчета в PDF/e-mail для передачи врачу. Clinometer использовался для инструментального измерения угла сгибания/разгибания пальцев и лучезапястного сустава: смартфон фиксировался на тыльной поверхности сегмента, задавалась нулевая точка, пациент выполнял движение до физиологического предела без боли, и полученный угол ROM сохранялся в динамике «до/после» упражнения. Оба приложения работали в связке: MyTherapy гарантировал, что занятие состоится и будет зафиксировано, Clinometer – что достигнутый ROM будет измерен объективно, а не оценен «на глаз».

Алгоритм включения пациента в приложение

Перед выпиской из стационара хирург совместно с пациентом (при необходимости – с родственником в качестве цифрового ассистента у пациентов старшей возрастной группы) устанавливал оба приложения, вводил персонализированный план – перечень медикаментов, расписание ЛФК-заданий с временем и кратностью, целевые значения ROM на 2, 4, 8, 12-ю неделю. Пациенту выдавалась короткая печатная памятка. Обязательным условием было наличие Android/iOS-смартфона; при отсутствии такового пациента относили к обычной подгруппе основной группы без цифрового сопровождения.

Принцип работы обратной связи

Каждые 7–14 суток лечащий хирург (или назначенный реабилитолог) анализировал выгрузку из MyTherapy и данные Clinometer по следующим параметрам: доля выполненных ЛФК-заданий от назначенных (adherence, %); траектория боли по VAS;



траектория ROM по ключевым суставам (PIP, DIP, лучезапястный); наличие новых жалоб в дневнике. Отклонения от ожидаемой траектории (стагнация ROM, рост VAS, снижение приверженности <70%) служили основанием для одного из клинических решений – коррекции медикаментозной терапии; назначения повторной визуализации (УЗИ с ЦДК, рентгенография, ЭНМГ); направления на очный прием к физиотерапевту или реабилитологу; расширения программы ЛФК при устойчивой положительной динамике. При положительной траектории пациент продолжал самостоятельную работу без внепланового очного визита, что снижало нагрузку на амбулаторную службу и уменьшало «выпадение» пациента из наблюдения между визитами.

Механизмы влияния приложения

Клинический эффект цифрового сопровождения в данной работе связывали не с самим фактом использования приложений, а с четырьмя конкретными механизмами: 1) удержание приверженности к ЛФК и медикаментозной терапии за счет автоматических напоминаний и визуализации собственного прогресса пациенту; 2) раннее выявление отставания в восстановлении ROM (стагнация угла ≥ 7 суток) как маркера формирующейся контрактуры и, соответственно, раннее назначение тенолиза/невролиза или интенсификации ЛФК до момента, когда контрактура становится клинически необратимой; 3) сокращение задержки между ухудшением состояния пациента и клиническим решением врача – ежедневный VAS-дневник и еженедельный анализ отчета заменяли отсроченный очный визит через 4–6 недель; 4) обеспечение преемственности между стационарным и амбулаторным этапами лечения без «слепой зоны» после выписки, что особенно важно у пациентов из отдаленных регионов Кыргызской Республики с ограниченным доступом к специализированному стационарному звену. Эти четыре механизма лежат в основе интерпретации количественных различий между подгруппой ЦН и контрольной группой, представленных ниже (табл. 5 и табл. 6).

Характеристика травмы и исходная тяжесть

Для объективизации использована интегральная шкала тяжести, включающая 4 параметра (сосудистый дефицит, костно-суставные повреждения, нервно-сухожильные дефекты, дефект покровных тканей), каждый от 1 до 4 баллов. Суммарный балл (4–16) распределял пациентов на три группы тяжести: легкая (4–7 баллов), средняя (8–12), тяжелая (13–16). В основной группе средний балл составил $10,2 \pm 2,5$, в контрольной – $9,9 \pm 2,6$ ($p > 0,05$). В качестве неблагоприятных событий в рамках анализа выживаемости учитывали частоту несращения перелома, инфекции глубоких тканей и повторных хирургических вмешательств.

Хирургическое лечение

В основной группе у 210 (73%) пациентов использована методика WALANT (1%-ный лидокаин с эпинефрином 1 : 100 000, объем до 20 мл), в контрольной – регионарная анестезия (блокада плечевого сплетения) или общая анестезия. Этапная микрохирургическая реконструкция:

- 1-й этап (0–6 ч.): ревизия, некрэктомия, временная фиксация спицами Киршнера, микрохирургический шов сосудов (9-0/10-0), сухожилий (модифицированный Kessler), нервов (эпинеурально 8-0/9-0).

- 2-й этап (3–14 сут.): окончательный остеосинтез (пластины/винты, «шнурковый» метод либо оставлены спицы), пластика дефектов местными/свободными лоскутами.
- 3-й этап (3 нед. – 3 мес.): удаление фиксаторов, тенолиз, невролиз, артролиз. В контрольной группе этапность не регламентировалась, операции чаще одномоментные.

Оценка исходов

1. Функциональное восстановление – доля пациентов, достигших амплитуды движений (ROM) $\geq 80\%$ от здоровой конечности (измерение гониометром через 6 и 12 мес.). Время до достижения ROM $\geq 80\%$ (недели) анализировалось как непрерывная переменная.
2. Степень инвалидизации по опроснику DASH – целевым считался уровень DASH ≤ 15 баллов через 12 мес. (отличный/хороший результат). Дополнительно оценивался QuickDASH при сравнении методов остеосинтеза.
3. Выживаемость без неблагоприятного события – в качестве события принимали: любое инфекционное осложнение (поверхностная/глубокая инфекция, остеомиелит); реоперацию по поводу осложнений; несращение перелома, потребовавшее повторного вмешательства; летальный исход (в исследовании не зарегистрирован, но учитывался в модели). Для этого показателя использован метод Каплана – Мейера.
4. Выживаемость, свободная от инфекции импланта, – событие: верифицированная инфекция в области установленного фиксатора (спицы, пластины, винты).
5. Время возвращения к работе (недели) – полный выход на прежнее или равноценное место работы. Для анализа рисков невозврата использована модель конкурирующих событий (уход на пенсию по инвалидности, смена профессии на нетравматичную, отказ от работы по личным причинам).
6. Качество жизни по SF-36 (физический и психический композитные индексы) через 12 мес.
7. Показатели цифрового мониторинга у пациентов подгруппы «Цифровое наблюдение» (n=160): приверженность выполнению ЛФК-заданий, ежедневная динамика боли по VAS и значений ROM по Clinometer. Эти данные использовали для раннего выявления отставания в реабилитации и коррекции реабилитационного плана без очного визита; они же служили объективным основанием для сравнения сроков достижения ROM $\geq 80\%$ в подгруппе ЦН и контрольной группе.

Статистический анализ

Статистическая обработка выполнена с использованием пакета SPSS 26.0.

Этическое одобрение

Исследование одобрено локальным этическим комитетом Кыргызской государственной медицинской академии им. И.К. Ахунбаева (протокол № 12 от 15.03.2019). Все пациенты подписали информированное согласие на участие, обработку данных и публикацию обезличенных результатов.



■ РЕЗУЛЬТАТЫ

В табл. 1 показано, что наибольшей диагностической информативностью при сочетанных травмах кисти обладали УЗИ с цветной доплерографией (AUC 0,93; чувствительность 90,0%; специфичность 87,0%) и магнитно-резонансная томография (AUC 0,90), тогда как рентгенография имела наименьшую диагностическую ценность (AUC 0,65).

Таблица 1
Диагностическая информативность методов диагностики при сочетанных травмах кисти
Table 1
Diagnostic performance of imaging modalities in concomitant hand injuries

Метод	n	AUC (95% ДИ)	Чувствительность, %	Специфичность, %
Пульсоксиметрия (SpO ₂)	287	0,78 (0,72–0,84)	85,0	75,0
Рентгенография	287	0,65 (0,60–0,70)	60,0	70,0
Компьютерная томография (КТ)	165	0,85 (0,80–0,90)	82,0	78,5
Магнитно-резонансная томография (МРТ)	90	0,90 (0,86–0,94)	88,5	85,0
УЗИ с цветной доплерографией (ЦДК)	200	0,93 (0,90–0,96)	90,0	87,0
Электронейромиография (ЭНМГ)	120	0,88 (0,83–0,93)	85,0	82,5

Таблица 2
Клинические исходы в основной и контрольной группах
Table 2
Clinical outcomes in the main and control groups

Показатель	Основная группа (n=287)	Контрольная группа (n=313)	Статистика (ОШ/Δ, 95% ДИ)	p-значение
Инфекция имплантов	13 (4,5%)	18 (5,8%)	0,77 (0,40–1,48)	0,45
Поверхностная инфекция мягких тканей	8 (2,8%)	16 (5,1%)	0,54 (0,25–1,18)	0,12
Глубокая инфекция (остеомиелит)	5 (1,7%)	12 (3,8%)	0,44 (0,15–1,30)	0,14
Реооперации по осложнениям	12 (4,2%)	15 (4,8%)	0,87 (0,43–1,75)	0,69
Несращение костей	5 (1,7%)	7 (2,3%)	0,72 (0,23–2,25)	0,58
Вернулись к работе	244/287 (85%)	250/313 (80%)	1,33 (0,85–2,08)	0,22
Время до возвращения к работе, нед. (ср±SD)	14,2±3,5	15,0±3,8	–0,8 (–1,6...0,0)	0,05
Индекс инвалидности руки (DASH), ср±SD	14,2±4,1	15,0±4,3	–0,8 (–1,8...0,2)	0,10
Амплитуда движений в лучезапястном суставе, ° (ср±SD)	85±10	83±11	+2 (0–4)	0,05
Сила сжатия кисти, % (ср±SD)	90±8	89±9	+1 (–0,5...2,5)	0,18
Болевой синдром (VAS) в покое, ср±SD	2,0±1,0	2,2±1,1	–0,2 (–0,5...0,1)	0,20
Длительность госпитализации, дни (ср±SD)	3,5±1,0	3,8±1,1	–0,3 (–0,6...0,0)	0,06

В табл. 2 представлены клинические исходы, свидетельствующие о более благоприятном течении в основной группе: реже регистрировались инфекция имплантов (4,5% против 5,8%) и остеомиелит (1,7% против 3,8%), быстрее происходило возвращение к работе (14,2±3,5 против 15,0±3,8 недели) и отмечался больший объем движений в лучезапястном суставе (85±10° против 83±11°).

Таблица 3
Сравнение отдаленных результатов методов остеосинтеза (12 мес.). Непрерывные показатели
Table 3
Comparison of long-term outcomes by osteosynthesis method (12 months)

Показатель	«Шнурковый» (n=11)	Пластич- ны + винты (n=110)	Спицы Киршнера (n=78)	Δ по сравнению со «шнурковым» (пл. + винт), 95% ДИ	p (пл. + винт)	Δ по срав- нению со «шнурковым» (спицы), p
Дуга сгибания PIP, ° (M±SD)	105±8	100±10	98±12	-5 (-8...-2)	0,01	-7 (-10...-4), p<0,001
Дуга сгибания DIP, ° (M±SD)	55±6	52±8	50±9	-3 (-6...0)	0,04	-5 (-8...-2), p=0,005
Сила сжатия кисти, % (M±SD)	95±7	92±9	90±10	-3 (-6...0)	0,03	-5 (-8...-2), p=0,002
QuickDASH (M±SD)	8±4	12±5	14±6	+4 (2...6)	<0,001	+6 (4...8), p<0,001
VAS в покое (M±SD)	0,5±0,7	1,2±0,9	1,5±1,0	+0,7 (0,3...1,1)	0,004	+1,0 (0,6...1,4), p<0,001
Время до полного восстановления, мес. (M±SD)	2,5±0,5	3,0±0,8	3,2±0,9	+0,5 (0,1...0,9)	0,02	+0,7 (0,3...1,1), p=0,005
Удовлетворенность пациента (1–10), M±SD	9,0±1,0	8,2±1,5	7,8±1,6	-0,8 (-1,4...-0,2)	0,01	-1,2 (-2,0... -0,4), p=0,003

Таблица 4
Оценка качества жизни (SF-36)
Table 4
Health-related quality of life assessment (SF-36)

Показатель	Основная группа (n=287)	Контрольная группа (n=313)	Δ (95% ДИ)	p-значение
Физическое функционирование (ФФ)	78±20	70±22	+8 (5...11)	<0,001
Рольное функционирование при физи- ческих проблемах (РФФП)	65±30	55±35	+10 (6...14)	<0,001
Болевой синдром (БС)	72±22	64±25	+8 (4...12)	<0,001
Общее состояние здоровья (ОСЗ)	70±18	62±20	+8 (5...11)	<0,001
Витальность (Вт)	75±16	67±18	+8 (5...11)	<0,001
Социальное функционирование (СФ)	80±20	72±22	+8 (4...12)	<0,001
Рольное функционирование при эмо- циональных проблемах (РЕ)	68±30	60±34	+8 (4...12)	<0,001
Психическое здоровье (ПЗ)	78±16	72±18	+6 (3...9)	<0,001
Физический композитный индекс (ФКИ)	48,0±10,0	42,5±11,5	+5,5 (3,5...7,5)	<0,001
Психический композитный индекс (ПКИ)	50,5±8,0	46,0±9,0	+4,5 (2,5...6,5)	<0,001



Таблица 5
Ближайшие результаты (<6 мес.)

Table 5
Short-term outcomes with digital monitoring (<6 months)

Показатель	Цифровое наблюдение (n=160)	Контрольная группа (n=313)	Δ / ОШ (95% ДИ)	p-значение
Время до ROM $\geq 80\%$ (нед.)	14,0 $\pm$ 2,3	16,0 $\pm$ 2,5	-2,0 (-2,6...-1,4)	<0,001
Процент пациентов с DASH ≤ 15	55% (88/160)	45% (141/313)	ОШ=1,50 (1,02-2,21)	0,04
DASH, ср. (6 мес.)	15,0 $\pm$ 4,0	17,5 $\pm$ 5,0	-2,5 (-3,3...-1,7)	<0,001
ROM, ср. (6 мес.), °	215 $\pm$ 20	210 $\pm$ 22	+5 (0...10)	0,05
Сохранение навыков ADL	70% (112/160)	60% (188/313)	ОШ=1,56 (1,02-2,38)	0,04

Таблица 6
Отдаленные результаты подгруппы цифрового наблюдения (≥ 24 мес.)

Table 6
Long-term outcomes with digital monitoring (≥ 24 months)

Показатель	Цифровое наблюдение (n=140)	Контрольная группа (n=280)	Δ / ОШ (95% ДИ)	p-значение
DASH, ср. (≥ 24 мес.)	12,0 $\pm$ 3,9	13,8 $\pm$ 4,5	-1,8 (-2,8...-0,8)	0,001
ROM, ср. (≥ 24 мес.), °	229 $\pm$ 17	225 $\pm$ 18	+4 (0...8)	0,04
Вернулись к работе, %	78% (109/140)	68% (190/280)	ОШ=1,66 (ДИ)	0,02
Время до возвращения к работе, нед.	16,0 $\pm$ 3,5	18,0 $\pm$ 4,0	-2,0 (-3,0...-1,0)	<0,001

В табл. 3 показано, что «шнурковый» остеосинтез ассоциировался с лучшими отдаленными функциональными результатами по сравнению с пластинами/винтами и спицами Киршнера: большей дугой сгибания в межфаланговых суставах, меньшими значениями QuickDASH (8 $\pm$ 4 против 12 $\pm$ 5 и 14 $\pm$ 6) и более коротким временем полного восстановления (2,5 $\pm$ 0,5 мес. против 3,0-3,2 мес.).

В табл. 4 показано, что по всем шкалам SF-36 качество жизни в основной группе было выше, включая физическое функционирование (+8 баллов), болевой синдром (+8 баллов) и общее состояние здоровья (+8 баллов), а также более высокие физические и психические композитные индексы.

В табл. 5 показано, что цифровое сопровождение реабилитации обеспечивало более быстрое функциональное восстановление: достижение ROM $\geq 80\%$ происходило раньше (14,0 $\pm$ 2,3 против 16,0 $\pm$ 2,5 недели), чаще достигался уровень DASH ≤ 15 (55% против 45%) и лучше сохранялись навыки самообслуживания (70% против 60%).

Дополнительно в табл. 6 приведены отдаленные результаты (≥ 24 мес.) по подгруппе цифрового наблюдения. Устойчивое сохранение преимущества по DASH, ROM и возврату к работе через два года после травмы подтверждает, что эффект цифрового сопровождения не сводится к кратковременному повышению приверженности, а трансформируется в стабильный клинико-социальный результат.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Клинико-демографические характеристики и структура повреждений в основной и контрольной группах были сопоставимы, что снижает риск систематических

смещений и позволяет рассматривать выявленные различия как эффект модифицированного алгоритма лечения, а не различий в исходной когорте.

Алгоритм продемонстрировал клиническую и социальную значимость: в основной группе целевой уровень DASH ≤ 15 достигался чаще (65% против 55%), вероятность возвращения к труду была выше (92% против 85%; ОШ 2,03; $p=0,007$), а восстановление ROM $\geq 80\%$ происходило быстрее ($12,0 \pm 2,3$ против $14,0 \pm 2,5$ недели; $p < 0,001$), что указывает на ускорение реабилитации и снижение социальной нагрузки [1, 2].

Существенно, что клинические различия достигнуты при сопоставимой исходной тяжести повреждений (средний балл интегральной шкалы $10,2 \pm 2,5$ против $9,9 \pm 2,6$; $p > 0,05$) и при исходно сопоставимой доле пациентов с производственным механизмом травмы (68%) – это позволяет отнести полученные различия на счет самого алгоритма, а не смещения по стартовым характеристикам когорты.

Диагностическая эффективность модифицированного алгоритма была выше традиционной: AUC ультразвукового исследования с цветной доплерографией составляла 0,93, магнитно-резонансной томографии – 0,90, при низкой дискриминационной способности рентгенографии (AUC 0,65); интегральная точность алгоритма достигала AUC 0,83 против 0,77 в контроле [3, 8–10].

Прогностическая шкала тяжести обеспечивала удовлетворительную стратификацию функционального исхода (AUC $\approx 0,83$), что делает ее применимой для стандартизации решений по реконструкции и реабилитации [11, 12].

Место интегральной шкалы по отношению к HISS

Hand Injury Severity Score (HISS) [11, 12] – референтная шкала оценки тяжести травмы кисти, построенная как сумма баллов по четырем анатомическим компонентам (покровный, скелетный, мышечно-сухожильный, нервный) с итоговой градацией «легкая» (< 20 баллов) – «умеренная» (21–50) – «тяжелая» (51–100) – «очень тяжелая» (> 100). HISS хорошо валидирована и остается стандартом описания анатомического объема поражения. Однако при сочетанной травме кисти клиническое решение (объем и этапность микрохирургии, антимикробная защита, режим реабилитации) определяется не только анатомией, но и рядом дополнительных факторов, которые HISS формально не учитывает.

Отличия предложенной интегральной шкалы от HISS по составу параметров. Предложенная шкала расширена с четырех до восьми параметров: 1) число вовлеченных анатомических структур (1–3 балла) – концептуально соответствует HISS; 2) степень ишемии конечности, формализованная через SpO₂ пальцев и длительность ишемии (1–3 балла); 3) степень контаминации раны (чистая/умеренная/тяжелая, 1–3 балла); 4) время до вмешательства (< 6 ч. / 6–12 ч. / > 12 ч., 1–3 балла); 5) энергия травмы (низко- или высокоэнергетическая, 0–1 балл); 6) ключевые коморбидности – сахарный диабет, васкулопатии, иммунодефицит, курение (0–1 балл); 7) объем костной потери – дефект ≥ 1 см (0–1 балл); 8) наличие инородных тел (0–1 балл). Параметры 2–8 отсутствуют в структуре HISS в явном балльном виде, тогда как именно они, по нашим данным, наиболее сильно коррелировали с исходами по инфекциям, некрозу и срокам возврата к работе.

Практические преимущества применительно к сочетанной травме кисти

Во-первых, компактный числовой диапазон 4–16 баллов с тремя категориями тяжести (легкая 4–7, средняя 8–12, тяжелая 13–16) позволяет использовать шкалу



непосредственно у постели пациента для назначения этапа микрохирургической тактики и объема антимикробной профилактики без необходимости отдельного суммирования по анатомическим субкомпонентам, как это принято в HISS. Во-вторых, интеграция ишемии, контаминации и времени до вмешательства в общий балл делает шкалу чувствительной именно к тем факторам, которые прогнозируют инфекционные и трофические осложнения, а не только к «объему» разрушения тканей. Это принципиально для сочетанной травмы, где два пациента с одинаковым HISS могут иметь диаметрально разный прогноз в зависимости от того, доставлены ли они в первые 6 часов или через 12+ часов и с какой степенью контаминации. В-третьих, учет коморбидностей (сахарный диабет, васкулопатии, курение) методологически сближает шкалу с современными предикторными моделями заживления и обосновывает более агрессивную антимикробную и антитромботическую тактику у пациентов со средним и высоким баллом.

Дискриминативная способность в нашей когорте

Интегральная точность алгоритма достигала AUC 0,83 против 0,77 в контроле, а сама шкала как самостоятельный предиктор функционального исхода имела $AUC \approx 0,83$. Это сопоставимо с показателями HISS, приводимыми в литературе для прогноза силы захвата и трудоспособности [12], при более прозрачной интерпретации для мультидисциплинарной команды «хирург – реабилитолог – эрготерапевт». Таким образом, предложенная интегральная шкала не заменяет HISS, а служит клинико-прогностическим инструментом принятия решений, адаптированным к алгоритму этапного лечения сочетанной травмы кисти в условиях стационара с ограниченными ресурсами.

Применение WALANT у 210 (73%) пациентов основной группы позволило выполнять реконструкцию с сохранением интраоперационной функциональной оценки движений пальцев и без общей анестезии, что согласуется с современными данными о безопасности и клинической эффективности методики [4, 5]. Стандартизация антимикробной профилактики (цефазолин 2 г до разреза и повторная доза при длительности вмешательства >4 ч.) в основной группе сопровождалась ростом приверженности протоколу (100% против 85% предоперационно и 75% против 45% по повторной дозе; $p < 0,001$) и снижением частоты глубокой инфекции с остеомиелитом (1,7% против 3,8%). Эти данные подтверждают, что клинический эффект алгоритма связан не только с содержанием отдельных вмешательств, но и с их организационной реализуемостью в реальной практике специализированного стационара.

Индивидуализированный выбор метода фиксации, включая авторский «шнурковый» остеосинтез (см. выше), ассоциировался с лучшими отдаленными функциональными результатами (QuickDASH 8 ± 4 против 12 ± 5 и 14 ± 6) и более короткими сроками восстановления. При этом необходимо оговорить, что современные биомеханические работы [13–15] показывают более высокую первичную стабильность накостного остеосинтеза мини-пластинами и особенно компрессионными винтами по сравнению со спицами Киршнера при переломах фаланг. Наши данные не противоречат этому выводу применительно к первичной механической стабильности *in vitro*. Клинический эффект «шнуркового» способа в нашей когорте достигается не за счет максимальной первичной жесткости конструкции, а за счет трех других механизмов, значимых именно при сочетанной травме кисти. Во-первых, способ

обеспечивает малую травматичность мягких тканей и минимальную ятрогенную дедарктуализацию отломков (нет обширной отслойки надкостницы, как при накостном остеосинтезе), что клинически важно у пациентов с повреждением сосудов и покровных тканей и снижает риск инфекции импланта. Во-вторых, метод сохраняет достаточную для контролируемой ранней мобилизации осевую стабильность при раздробленных внутрисуставных переломах фаланг, где применение мини-пластин технически ограничено размером и качеством отломков, а изолированное использование спиц Киршнера уступает по контролю ротации. В-третьих, метод малоэкономичен по расходным материалам и не требует специализированного набора имплантов, что делает его пригодным для стационаров с ограниченными ресурсами и совместимым с концепцией *global surgery* [16]. Таким образом, «шнурковый» остеосинтез в нашей серии рассматривается не как альтернатива стабильно-функциональному остеосинтезу компрессионными винтами при простых переломах, а как индивидуализированный вариант фиксации в узком сегменте сочетанной травмы кисти с раздробленными фалангами и скомпрометированными мягкими тканями, где его преимущества (щадящая техника, ранняя мобилизация, стоимость) перевешивают меньшую первичную жесткость конструкции. Ограничения этого подраздела – небольшая численность подгруппы «шнуркового» остеосинтеза ($n=11$) и нерандомизированный характер выбора метода – требуют подтверждения полученных результатов в проспективном сравнительном исследовании с достаточной мощностью.

Улучшение ROM и ранняя бытовая независимость сопровождались повышением качества жизни по SF-36 и снижением тревожно-депрессивных проявлений. Дополнительное цифровое сопровождение MyTherapy + Clinometer ускоряло восстановление и повышало долю пациентов с $DASH \leq 15$ (ОШ 1,50; $p=0,04$). Полученный результат согласуется с четырьмя механизмами, сформулированными в разделе «Материалы и методы»: удержанием приверженности к ЛФК и медикаментозной терапии за счет автоматических напоминаний; ранним выявлением стагнации ROM как маркера формирующейся контрактуры и своевременным назначением тенолиза/невролиза или интенсификации ЛФК; сокращением задержки между ухудшением состояния пациента и клиническим решением врача; обеспечением преемственности стационар – амбулатория без «слепой зоны» после выписки.

■ ВЫВОДЫ

1. Комплексный алгоритм диагностики, микрохирургического лечения, реабилитации и цифрового мониторинга у пациентов с сочетанной травмой кисти обеспечил более высокую диагностическую точность по сравнению с традиционным подходом (интегральная AUC 0,83 против 0,77), причем наибольший вклад вносили УЗИ с ЦДК (AUC 0,93) и MPT (AUC 0,90).
2. Использование интегральной шкалы тяжести (4–16 баллов), учитывающей помимо анатомического объема поражения ишемию, контаминацию, время до вмешательства и коморбидности, позволило стратифицировать пациентов по трем категориям тяжести и стандартизировать выбор этапной хирургической тактики; дискриминативная способность шкалы составила $AUC \approx 0,83$.
3. Клиническими эффектами внедрения алгоритма явились снижение частоты остеомиелита, сокращение сроков достижения $ROM \geq 80\%$ ($p < 0,001$), увеличение доли



пациентов с DASH ≤ 15 и рост доли вернувшихся к прежней работе через ≥ 24 мес. ($p=0,007$).

4. Цифровое сопровождение реабилитации на основе связки MyTherapy и Clinometer у 160 пациентов основной группы обеспечило дополнительный прирост результата: сокращение сроков достижения ROM $\geq 80\%$ на 2 недели относительно контрольной группы ($p<0,001$), увеличение доли пациентов с DASH ≤ 15 ($p=0,04$) и более высокую частоту возврата к работе через ≥ 24 мес. ($p=0,02$).
5. Полученные данные обосновывают целесообразность внедрения предложенного алгоритма в практику специализированных отделений хирургии кисти в условиях стационаров с ограниченными ресурсами. Ограничением исследования является нерандомизированный характер выбора метода остеосинтеза и небольшая численность подгруппы «шнуркового» способа ($n=11$), что требует подтверждения в проспективном сравнительном исследовании.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Crowe CS, Massenburg BB, Morrison SD. Global trends of hand and wrist trauma: a systematic analysis of fracture and digit amputation using the Global Burden of Disease 2017 Study. *Inj Prev*. 2020;26(Suppl 1):i115–i124. doi: 10.1136/injuryprev-2019-043495
2. O'Hara NN, Isaac M, Slobogean GP, Klazinga NS. The socioeconomic impact of orthopaedic trauma: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2020;15(1):e0227907. doi: 10.1371/journal.pone.0227907.
3. Krastman P, Mathijssen NM, Bierma-Zeinstra SMA, et al. Diagnostic accuracy of history taking, physical examination and imaging for phalangeal, metacarpal and carpal fractures: a systematic review update. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):12. doi: 10.1186/s12891-019-2988-z
4. Kurtzman JS, Etcheson JJ, Koehler SM. Wide-awake local anesthesia with no tourniquet: an updated review. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2021;9(3):e3507. doi: 10.1097/GOX.00000000000003507
5. Lalonde D. Conceptual origins, current practice, and views of wide awake hand surgery. *J Hand Surg Eur Vol*. 2017;42(9):886–895. doi: 10.1177/1753193417728427
6. Miller L, Crosbie J, Wajon A, Ada L. No difference between two types of exercise after proximal phalangeal fracture fixation: a randomised trial. *J Physiother*. 2016;62(1):12–19. doi: 10.1016/j.jphys.2015.11.006
7. Miller L, Ada L, Crosbie J, Wajon A. Pattern of recovery after open reduction and internal fixation of proximal phalangeal fractures in the finger: a prospective longitudinal study. *J Hand Surg Eur*. 2017;42(2):137–143. doi: 10.1177/1753193416670591
8. Wieschhoff GG, Sheehan SE, Wortman JR, et al. Traumatic finger injuries: what the orthopedic surgeon wants to know. *Radiographics*. 2016;36(4):1106–1128. doi: 10.1148/rg.2016150216
9. Zhao W, Wang G, Chen B, et al. The value of ultrasound for detecting hand fractures. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(44):e17823. doi: 10.1097/MD.00000000000017823
10. Aksay E, Kilic TY, Yesilaras M, et al. Accuracy of bedside ultrasonography for the diagnosis of finger fractures. *Am J Emerg Med*. 2016;34(5):809–812. doi: 10.1016/j.ajem.2016.01.026
11. Campbell DA, Kay SP. The Hand Injury Severity Scoring System. *J Hand Surg Br*. 1996;21(3):295–298. doi: 10.1016/S0266-7681(05)80187-1
12. Lin DC, Chang JH, Shieh SJ, et al. Prediction of hand strength by hand injury severity scoring system in hand injured patients. *Disabil Rehabil*. 2012;34(5):423–428. doi: 10.3109/09638288.2011.607550
13. Rausch V, Harbrecht A, Kahmann SL, et al. Osteosynthesis of phalangeal fractures: biomechanical comparison of Kirschner wires, plates, and compression screws. *J Hand Surg Am*. 2020;45(10):987.e1–987.e8. doi: 10.1016/j.jhssa.2020.04.010
14. Von Kieseritzky J, Nordström J, Arner M. Reoperations and postoperative complications after osteosynthesis of phalangeal fractures: a retrospective cohort study. *J Plast Surg Hand Surg*. 2017;51(6):458–462. doi: 10.1080/2000656X.2017.1313261
15. El-Saeed M, Sallam A, Radwan M, Metwally A. Kirschner wires versus titanium plates and screws in management of unstable phalangeal fractures: a randomized, controlled clinical trial. *J Hand Surg Am*. 2019;44(12):1091.e1–1091.e9. doi: 10.1016/j.jhssa.2019.01.015
16. Meara JG, Leather AJM, Hagander L, et al. Global surgery 2030: evidence and solutions for achieving health, welfare, and economic development. *Lancet*. 2015;386(9993):569–624. doi: 10.1016/S0140-6736(15)60160-X



Зотов П.Б.¹, Скрябин Е.Г.¹, Смирнов А.В.², Аверин В.И.³✉, Зотов С.П.⁴, Аксельров Е.М.¹

¹ Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, Россия

² Московское протезно-ортопедическое предприятие, филиал «Тюменский», Тюмень, Россия

³ Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

⁴ Волонтерская организация «Наследники Н.И. Пирогова», Тюмень, Россия

Ампутация конечности. Часть II: боль в культе и остаточная боль*

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Зотов П.Б. – концепция статьи, написание и редактирование текста, клинические наблюдения; Скрябин Е.Г. – клинические наблюдения; Смирнов А.В. – клинические наблюдения; Аверин В.И. – редактирование статьи; Зотов С.П. – сбор и перевод первоисточников, оформление списка литературы, иллюстрации; Аксельров Е.М. – сбор и перевод первоисточников, оформление списка литературы, иллюстрации.

Финансирование: работа выполнена в рамках внутриуниверситетского гранта Тюменского государственного медицинского университета «Способ персонализированного подбора анальгетиков при резистентном хроническом болевом синдроме на основе определения мутаций ген опиоидных и ассоциированных рецепторов».

Подана: 20.03.2026

Принята: 29.06.2026

Контакты: averinvi@mail.ru

Резюме

Введение. Боль после перенесенной ампутации конечности является одним из наиболее тяжелых осложнений, возникающих с частотой до 95%. Постампутационные боли представляют собой полигенную группу. Правильная клиническая дифференциация алгических проявлений позволяет формировать персонализированную программу лечения, что способствует повышению эффективности болеутоляющей терапии.

Цель. Анализ данных литературы о боли в культе и остаточной боли при ампутации конечности с демонстрацией собственного клинического опыта.

Материалы и методы. Проведен поиск в базах научных данных в eLibrary.ru, PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>).

Результаты. Боль при ампутации может иметь разнообразные клинические проявления и локализацию, в том числе выходящую за пределы зоны оперативного вмешательства. Боли в культе и остаточные боли представляют собой отдельную группу связанных с операцией, но отличающихся от фантомных проявлений по патогенетическим механизмам развития и предполагаемым методам лечения. Среди наиболее частых причин болей в культе: боли, возникающие в послеоперационном периоде;

* С 1-й частью статьи можно ознакомиться по ссылке: <https://doi.org/10.34883/PI.2026.15.2.024>



неврома – патологическое доброкачественное образование, формирующееся в месте пересечения нерва (до 14,6%); пороки культы (до 7,9%); остеофиты костной культы (до 2%); болезни мягких тканей культы, в том числе инфекционные осложнения, раневые дефекты, свищи; патологические изменения кожи и мягких тканей культы и др. Данные литературы иллюстрированы собственными наблюдениями авторов.

Заключение. Представленный разбор возможных вариантов постампутационной боли, наиболее часто встречающихся в клинической практике, указывает на важность активного выявления этих нарушений и дифференциации с целью разработки максимально персонализированной тактики лечения и планирования индивидуальной программы реабилитации.

Ключевые слова: ампутация, боль в культе, остаточная боль, боли при ампутации, неврома

Zotov P.¹, Skryabin E.¹, Smirnov A.², Averin V.³✉, Zotov S.⁴, Axelrov E.¹

¹ Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

² Moscow Prosthetic and Orthopedic Enterprise, Tyumen Branch, Tyumen, Russia

³ Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

⁴ Volunteer organization "Heirs of N.I. Pirogov", Tyumen, Russia

Amputation of a Limb. Part II: Pain in a Cult and Residual Pain*

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Pavel B. Zotov – article concept, editing, text writing, clinical observations; Evgeny G. Skryabin – clinical observations; Andrey V. Smirnov – clinical observations; Vasily I. Averin – text editing; Savely P. Zotov – primary sources collection and translation, references list compiling, illustrations; Egor M. Axelrov – primary sources collection and translation, references list compiling, illustrations.

Funding: the work was carried out within the framework of an intra-university grant from Tyumen State Medical University "A method for the personalized selection of analgesics for resistant chronic pain syndrome based on the determination of opioid and associated receptor gene mutations".

Submitted: 20.03.2026

Accepted: 29.06.2026

Contacts: averinvi@mail.ru

Abstract

Introduction. Pain after amputation of a limb is one of the most severe complications, occurring with a frequency of up to 95%. Post-amputation pains are a polygenic group. Proper clinical differentiation of algic manifestations allows working out a personalized treatment program, which contributes to increase the effectiveness of painkiller therapy.

Purpose. To analyze literature data on pain in the stump and residual pain during limb amputation with a demonstration of own clinical experience.

* Part I of the article is available at the following link: <https://doi.org/10.34883/PI.2026.15.2.024>

Materials and methods. A search was conducted in scientific databases in elibrary.ru, and Pub-Med (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>).

Results. The amputation pain can have a variety of clinical manifestations and localization, including beyond the area of surgical intervention. Stump pain and residual pain are a separate group associated with surgery, but differ from phantom manifestations in terms of pathogenetic mechanisms and proposed treatment methods. Among the most common causes of pain in the stump are: pain occurring in the postoperative period; neuroma, a pathological benign formation that forms at the nerve intersection (up to 14.6%); malformations of the stump (up to 7.9%); osteophytes of the bone stump (up to 2%); diseases of the soft tissues of the stump, including infectious complications, wound defects, fistulas; pathological changes in the skin and soft tissues of the stump, etc.

Conclusion. The presented analysis of possible most common in clinical practice post-amputation pain options indicates the importance of actively identifying these disorders and differentiating them in order to elaborate the most personalized treatment tactics and plan an individual rehabilitation program.

Keywords: amputation, stump pain, residual pain, amputation pain, neuroma

■ ВВЕДЕНИЕ

Боль после перенесенной ампутации конечности является одним из наиболее тяжелых осложнений, возникающих с частотой до 95% [1, 2], у 61,5% человек, при отсутствии лечения может приобретать хроническое течение и с разной степенью выраженности сохраняться годами [3].

Постампутационные боли представляют собой полигенную группу, различаются по клиническим признакам, патогенезу, периодам возникновения и течения, но объединены лишь фактом первоначальной причины. Правильная клиническая дифференциация алгических проявлений позволяет формировать персонализированную программу лечения и реабилитации, что способствует повышению эффективности болеутоляющей терапии [4, 5].

Все болевые проявления принято делить на связанные и не связанные с ампутацией. Фантомную боль локализуют в отсутствующей, удаленной конечности. Боли, возникающие в оставшейся части конечности, а также выходящие за ее границу, но патогенетически связанные с ампутацией и развивающиеся в постампутационный период, относятся к остаточным. Таким образом, остаточные боли включают 2 группы: а) проявления, которые человек локализует в оставшейся части ноги или руки, – боли в культе; б) боли, локализующиеся в теле, других зонах и/или конечностях (сохраненных), но связанные с проведенной операцией [6].

Болевые и неболевые фантомные проявления нами были подробно описаны в I части статьи. В настоящей работе (II часть) изучена остаточная боль, включая боль в культе, и болевые проявления в других частях тела, патогенетически связанные с ампутацией.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ данных литературы о боли в культе и остаточной боли при ампутации конечности с демонстрацией собственного клинического опыта.



■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен поиск в базах научных данных в eLibrary.ru, PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>) по ключевым словам: «ампутация», «фантомная боль», «боли при ампутации», «amputation», «phantom pain», «amputation pain» – без ограничений по годам исследований на глубину. Материалы, отвечающие основной теме и цели исследования, включались в работу. При описании клинических проявлений также задействовался личный опыт авторов работы с пациентами, перенесшими ампутацию конечности.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Согласно данным исследований, боли в культе встречаются с частотой от 13 [7, 8] до 67,7% [1] при ампутации нижней конечности и 49–71% – верхней [2, 9], что может быть обусловлено различием контингентов, сроков наблюдения и другими факторами. Например, минимальные показатели распространенности обычно указываются среди пациентов с зажившими ранами и прошедших отбор на протезирование и, следовательно, не имеющих серьезных противопоказаний к этому этапу реабилитации. Более высокие значения, как правило, наблюдаются в исследованиях, оценивающих пациентов на более ранних этапах или получающих лечение по поводу патологических состояний культи.

Частота остаточных болей вне конечности составляет 62,3% [10, 11]. При этом зоны их распространения могут быть различны, включая близлежащие суставы, позвоночник, другую конечность и др. Обычно диагноз остаточных болей вне культи ставится в отдаленный период после операции, что обусловлено патогенетическими условиями формирования этих осложнений в более поздние сроки.

Причин развития болей в культе достаточно много. Это могут быть болезни, пороки культи и/или другие факторы (группы факторов). У одного человека они могут присутствовать одновременно в разных сочетаниях или сменять друг друга. В зависимости от этапа (постампутационный, протезирования, отдаленный) причины болей и клинические проявления могут быть различны, что требует от специалиста знаний для проведения дифференциальной диагностики и выбора тактики ведения [1, 12]. Выделим основные из них:

- боли, возникающие в послеоперационном периоде, связанные с заживлением раны, присутствуют всегда, но обычно поддаются эффективному медикаментозному контролю. При благоприятном течении рана закрывается в течение 3–4 недель. Раневые боли без внешних негативных воздействий и осложнений уходят раньше. Дополнительным источником страданий в этот период являются так называемые процедурные боли, чаще связанные с перевязками, транспортировкой, диагностическими процедурами, сменой белья. В отличие от острой раневой боли, она плановая, ожидаемая, поэтому нередко ассоциирована с повышением тревожности, страха и требует проведения перед предстоящими действиями предварительного обезболивания и/или седации;
- неврома – патологическое доброкачественное образование, формирующееся в месте пересечения нерва (культи нерва). Частота образования невром, по данным различных исследований, варьирует от 0,4 до 14,6% [13–15]. Чаще возникают в культе малоберцовых и подкожных нервов. Мало характерны для пациентов с диабетом и ожирением [15].

Развитие невралгии подразумевает патологическое разрастание культы нерва и/или оболочек, что требует времени. Поэтому клинически фиброма чаще проявляется спустя 1–3 месяца после операции и нередко после «светлого» безболевого периода уже на фоне зажившей раны. При ее более быстром формировании (реже) боли, связанные с невралгией, накладываются на боли, обусловленные раневым процессом и заживлением. Общим для обеих ситуаций будет изменение клинических характеристик. В отличие от послеоперационных алгий, обусловленных воспалительной реакцией (периферический тип боли) и прогрессивным уменьшением интенсивности по мере заживления раны, боль, обусловленная невралгией, часто характеризуется появлением или значительным усилением проявлений нейропатического типа, описывается пациентами как простреливающая, похожая на электрический ток, острая, жгучая, тупая, ноющая. Для невралгии характерно наличие зоны кожной гиперестезии. Боль может носить периодический или постоянный характер, усиливаться при внешнем воздействии, уменьшаться при применении болеутоляющих средств и антиконвульсантов, но после их отмены возобновляется вновь. Провоцирующими факторами могут выступать прикосновение, надавливание в определенной зоне культы, где нередко можно пропальпировать невралгию в виде плотно-эластичного подвижного образования. Стойкость болевого синдрома может поддерживаться при вовлечении невралгии в порочные рубцы, обычно видимые при осмотре [1, 12];

- боли, обусловленные формированием остеофита костной культы (до 1–2%) [14, 16]. Эти новообразования чаще формируются на культях голени, на уровне нижней трети спустя 1,5–2 месяца, в верхней и средней трети – через 3–4 месяца. В ряде случаев могут появляться одновременно на опилах большеберцовой и малоберцовой костей [17]. Остеофиты большеберцовой кости обычно формируются в более отдаленные сроки. Среди причин их развития указывается на недостаточную обработку культы (опил надкостницы) во время хирургического пособия, длительный воспалительный процесс в ране. Отмечено, что при заживлении раны первичным натяжением остеофиты возникают реже.

Разрастания костной ткани могут быть в разных направлениях и различного объема, но жалобы на боли, связанные с этим патологическим процессом, появляются обычно на этапе протезирования и преимущественно при экзофитах, расположенных по оси нагрузки. Боли в этом случае возникают при давлении приемной гильзы протеза на остеофит (рис. 1, 2). Важно отметить, что нет прямой зависимости наличия боли и ее интенсивности от размера костного выступа. Даже относительно большие образования, но расположенные глубоко в мягких тканях, как правило, не вызывают болезненных явлений, не препятствуют протезированию и не требуют лечения [16]. Оправданной тактикой при поиске причин болей и возможной их связи с остеофитами является лучевая диагностика (рентгенография, КТ). Лечение боли симптоматическое (анальгетики), при отсутствии эффекта – преимущественно хирургическое;

- остеомиелит торца костной культы (рис. 3). Тактика – лечение боли симптоматическое. Основа достижения регрессии боли – излечение остеомиелита;
- болезни мягких тканей культы, в том числе инфекционные осложнения (гнояничковые поражения, рожа и др.), – до 9,5% [1, 14], раневые дефекты (рис. 4), свищи (рис. 5);
- патологические изменения кожи и мягких тканей культы (нередко формируются при использовании традиционных шинокожных протезов): кожные и мышечные



Рис. 1. Остеофиты большеберцовой и малоберцовой костей правой голени после ампутации на уровне границы верхней и средней трети (прямая и боковая проекции)
Fig. 1. Osteophytes of the tibia and fibula of the right tibia after amputation at the border of the upper and middle thirds (direct and lateral projections)



Рис. 2. Остеофит первой плюсневой кости левой стопы
Fig. 2. Osteophyte of the first metatarsal bone of the left foot



Рис. 3. Заживающая рана культи правой голени: воспаление мягких тканей (отек, гиперемия, гнойное отделяемое) и остеомиелит
Fig. 3. Healing wound of the stump of the right shin: inflammation of soft tissues (edema, hyperemia, purulent discharge) and osteomyelitis



Рис. 4. Раневой дефект (1,5×0,5 см) в зоне послеоперационного рубца с фибринозными наложениями, без грануляций
Fig. 4. Wound defect (1.5×0.5 cm) in the area of the postoperative scar with fibrinous overlays, without granulations



Рис. 5. Формирующийся свищ наружный в зоне послеоперационного рубца культи правой голени с кровянистым отделяемым
Fig. 5. An emerging external fistula in the area of the postoperative scar of the stump of the right leg with a bloody discharge

атрофии (рис. 6, 7), потертости, намины, травматойды, ссадины или гиперкератоз (рис. 8). В большинстве они обусловлены несоответствием формы, объема культи и приемной гильзы. Диагностика: осмотр культи и гильзы протеза, УЗИ культи. Лечение боли симптоматическое, в том числе гигиена и уход за кожей культи, правильный подбор гильзы протеза [1, 12];

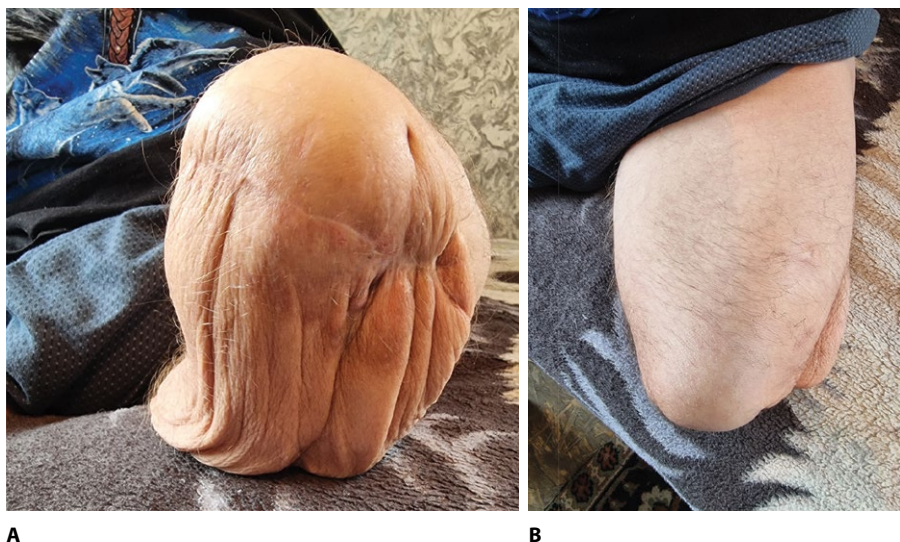


Рис. 6. Выраженная атрофия кожи и мягких тканей бедра с глубоким трансканевым деформирующим рубцом: А – вид спереди; В – вид сверху
Fig. 6. Marked atrophy of the skin and soft tissues of the thigh with a deep trans-tissue deforming scar: A – front view; B – top view



Рис. 7. Постожоговая рубцовая деформация культи верхней трети левой голени с трофическими нарушениями, состояние после аутодермопластики. Раневой дефект дистального отдела
Fig. 7. Post-burn cicatricial deformity of the stump of the upper third of the left shin with trophic disorders, condition after autodermplasty. Wound defect of the distal part

Рис. 8. Гиперкератоз опорной поверхности в проекции большеберцовой кости культи правой голени (нижняя треть). Культи опороспособна
Fig. 8. Hyperkeratosis of the supporting surface in the projection of the tibia of the stump of the right shin (lower third). The stump is supportable



Рис. 9. Выстояние опила кости под кожей при ампутации голени
Fig. 9. Bone sawdust standing under the skin during amputation of the lower leg



Рис. 10. Выстоящая культя бедренной кости без мышечного футляра с дефицитом покрывающих мягких тканей в области послеоперационного рубца
Fig. 10. An erect femoral stump without a muscle sheath with a deficiency of covering soft tissues in the area of the postoperative scar



Рис. 11. Вторичный сколиоз поясничного отдела позвоночника у пациента с посттравматической ампутацией правого бедра (анамнез: длительное хождение на подлокотных костылях и отказ от ношения протеза. В жалобах – боль в пояснице справа)
Fig. 11. Secondary scoliosis of the lumbar spine in a patient with post-traumatic amputation of the right hip (anamnesis: prolonged walking on arm crutches and refusal to wear a prosthesis. Complaints include lower back pain on the right)

- пороки культы (выстояние опила кости под кожей или рубцом (рис. 9), более дистальное расположение уровня малоберцовой кости относительно большеберцовой, выстоящая культя кости без мышечного футляра с дефицитом покрывающих мягких тканей в области послеоперационного рубца (рис. 10), выраженный болевой синдром в области послеоперационной раны неустановленного генеза) – до 7,9% [14];
- артроз феморопателлярного сочленения с развитием в нем остеофитов и разрушением хрящевой поверхности; изменения тазобедренного сустава. Обычно эти нарушения формируются при длительном ношении шинокожаного протеза (спустя 1–1,5 года или позже).

Остаточные боли вне культы и фантома по определению должны быть патогенетически связаны с ампутацией и не включают группы болевых проявлений, обусловленных другой сопутствующей патологией.

При ампутации нижней конечности среди остаточных алгий наиболее часто упоминаются жалобы на боли в спине. В зависимости от уровня и причин ампутации частота этих болей различна и в течение первого месяца может достигать 52%. Спустя 6 месяцев возможно увеличение до 74%. Обычно остаточные боли описываются как эпизодические и не особенно беспокоящие [10]. В качестве ведущих причин может выступать смещение оси нагрузки на здоровую конечность (рис. 11). Для профилактики этих проявлений важно своевременное качественное протезирование с формированием полноценной опоры на утраченную конечность. Среди других локализаций – боли в области ягодиц, промежности, половых органов. Провоцирующими факторами могут быть движения, длительное пребывание в определенной позе, эрекция, предменструальный синдром и др.

При ампутации верхней конечности остаточные боли регистрируются с частотой до 70% (в конечности), реже в спине (52%), шее (43%) и сохраненной руке (33%) [2]. При ампутации обеих рук эти симптомы также присутствуют [18].

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на единую первопричину, боль при ампутации может иметь разнообразные клинические проявления и локализацию, в том числе выходящую за пределы зоны оперативного вмешательства. Боли в культе и остаточные боли представляют собой отдельную группу связанных с операцией, но отличающихся от фантомных проявлений по патогенетическим механизмам развития и предполагаемым методам лечения. Представленный подробный разбор возможных вариантов и наблюдений авторов, наиболее часто встречающихся в клинической практике, указывает на важность активного выявления этих нарушений и дифференциации с целью разработки максимально персонализированной тактики лечения и планирования индивидуальной программы реабилитации.

Более подробно современные представления о патогенезе описанных групп болевых и неболевых проявлений, принципах постановки диагноза, обследования, а также подходы и лечебная тактика ведения пациентов с ампутацией конечности будут рассмотрены в III и IV частях настоящей работы.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Hanyu-Deutmeyer AA, Cascella M, Varacallo MA. *Phantom Limb Pain*. 2023. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025.
2. Hanley MA, Ehde DM, Jensen M, et al. Chronic pain associated with upper-limb loss. *Am J Phys Med Rehabil*. 2009;88(9):742–751. doi: 10.1097/PHM.0b013e3181b306ec
3. AlMehman DA, Faden AS, Aldahlawi BM, et al. Post-amputation pain among lower limb amputees in a tertiary care hospital in Jeddah, Saudi Arabia: A retrospective study. *Saudi Med J*. 2022;43(2):187–196. doi: 10.15537/smj.2022.43.2.20210609
4. Colquhoun L, Shepherd V, Neil M. Pain management in new amputees: a nursing perspective. *Br J Nurs*. 2019;28(10):638–646. doi: 10.12968/bjon.2019.28.10.638
5. Hsu E, Cohen SP. Postamputation pain: epidemiology, mechanisms, and treatment. *J Pain Res*. 2013;6:121–136. doi: 10.2147/JPR.S32299
6. Doshi TL, Dolomisiewicz E, Caterina MJ, et al. Postamputation pain: a multidisciplinary review of epidemiology, mechanisms, prevention, and treatment. *Reg Anesth Pain Med*. 2025;50(2):175–183. doi: 10.1136/rapm-2024-105817
7. Smirnov A.V. Leading clinical manifestations in patients with post-traumatic amputation of the lower leg. *Academic Journal of West Siberia*. 2013;5:34–36. (in Russian)
8. Shaporev D.Yu., Sakhnyuk I.I. Hip amputations: causes and gender differences. *Academic Journal of West Siberia*. 2013;4:64–65. (in Russian)



9. Kooijman CM, Dijkstra PU, Geertzen JHB, et al. Phantom pain and phantom sensations in upper limb amputees: an epidemiological study. *Pain*. 2000;87(1):33–41. doi: 10.1016/S0304-3959(00)00264-5
10. Ehde DM, Czerniecki JM, Smith DG, et al. Chronic phantom sensations, phantom pain, residual limb pain, and other regional pain after lower limb amputation. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000;81(8):1039–1044. doi: 10.1053/apmr.2000.7583
11. Ephraim PL, Wegener ST, MacKenzie EJ, et al. Phantom pain, residual limb pain, and back pain in amputees: results of a national survey. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(10):1910–1919. doi: 10.1016/j.apmr.2005.03.031
12. Zotov P.B., Smirnov A.V., Vakulin A.A., et al. Pain syndromes during lower limb amputation: clinical and epidemiological aspects and drug therapy. *Palliative medicine and rehabilitation*. 2007;1:5–10. (in Russian)
13. Liston JM, Forster GL, Samuel A, et al. Estimating the Impact of postamputation pain. *Ann Plast Surg*. 2022;88(5):533–537. doi: 10.1097/SAP.0000000000003009
14. Pepeliaev AV, Skoblin AA. Clinical and statistical stump characteristics for identifying contraindications to prosthesis. *Genij Ortopedii*. 2025;31(2):165–174. doi: 10.18019/1028-4427-2025-31-2-165-174. (in Russian)
15. Chang BL, Mondshine J, Fleury CM, et al. Incidence and nerve distribution of symptomatic neuromas and phantom limb pain after below-knee amputation. *Plast Reconstr Surg*. 2022;149(4):976–985. doi: 10.1097/PRS.00000000000008953
16. Voynovskiy Ye., Pilnikov S., Kovalev F., et al. Causes of vices and diseases of lower extremities' amputation stumps after mine-blast trauma. *Mia Medical Bulletin*. 2013;2(63):20–30. (in Russian)
17. Vasiliev A.Yu., Kukhta O.A., Postnova N.A. and others. Comprehensive radiation diagnostics of the conditions of the shin stump after mine-blast wounds. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2005;4:48–54. (in Russian)
18. Modirian E, Shojaei H, Soroush MR, Masoumi M. Phantom pain in bilateral upper limb amputation. *Disabil Rehabil*. 2009;31(22):1878–1881. doi: 10.1080/09638280902810976



Сивакова А.Е.¹✉, Трушель Н.А.¹, Гаин Ю.М.¹, Ковалевич Е.В.², Васильев Ю.Л.³

¹ Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

² Городское клиническое патологоанатомическое бюро, Минск, Беларусь

³ Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва, Россия

Варианты топографии ветвей верхнего гортанного нерва у взрослого человека

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования, сбор материала, обработка, написание текста, редактирование – А.Е. Сивакова; концепция и дизайн исследования, редактирование – Н.А. Трушель; редактирование – Ю.М. Гаин; сбор материала, редактирование – Е.В. Ковалевич; концепция и дизайн исследования, редактирование – Ю.Л. Васильев.

Подана: 27.02.2026

Принята: 29.05.2026

Контакты: anyachicha93@gmail.com

Резюме

Введение. Актуальность изучения топографо-анатомических особенностей ветвей верхнего гортанного нерва у взрослого человека обусловлена риском их травматизации во время оперативных вмешательств.

Цель. Установление топографо-анатомических особенностей внутренней и наружной ветвей верхнего гортанного нерва относительно прилежащих артерий и органов и образований шеи, а также выявление вариантов внегортанных анастомозов между ветвями верхнего гортанного нерва.

Материалы и методы. Макро-микроскопически исследованы внутренняя и наружная ветви верхнего гортанного нерва на 106 органокомплексах шеи умерших людей обоего пола от 17 до 94 лет. Проведена статистическая обработка полученных данных с использованием пакета программы Microsoft Excel 2016 и системы статистического анализа Statistica 10.0. Сравнение групп по качественным признакам проводилось на основе анализа частоты их встречаемости, а оценка значимости различий между ними – с применением критерия χ^2 и точного критерия Фишера.

Результаты. Определены варианты топографии наружной ветви верхнего гортанного нерва (ВГН) относительно верхней гортанной артерии: «медиально и выше», «медиально и на одном уровне», «медиально и ниже», «латерально», установлены уровни прободения им щитоподъязычной мембраны: верхняя треть, средняя треть, нижняя треть. Выявлены варианты положения наружной ветви ВГН относительно косой линии щитовидного хряща гортани: «параллельно» или «под углом»; установлены особенности топографии по отношению к нижнему констриктору глотки: «поверхностно», под его волокнами на расстоянии ≥ 10 мм и < 10 мм до входа в перстнещитовидную мышцу; определены места пересечения наружной ветви ВГН с верхней щитовидной артерией: на расстоянии ≥ 10 мм от края верхнего полюса доли щитовидной железы (ЩЖ); на расстоянии < 10 мм от края верхнего полюса доли ЩЖ; на уровне верхнего полюса доли ЩЖ; г) дистальнее края верхнего полюса доли ЩЖ.



Установлен 1 вариант (2 случая) внегортанного соединения между внутренней и наружной ветвями верхнего гортанного нерва.

Заключение. Полученные результаты имеют значение для повышения безопасности хирургических вмешательств на органах шеи и снижения риска повреждения гортанных нервов, что способствует уменьшению частоты послеоперационных осложнений и улучшению качества жизни пациентов.

Ключевые слова: топография, верхний гортанный нерв, верхняя гортанная артерия, верхняя щитовидная артерия, щитовидная железа

Sivakova H.¹✉, Trushel N.¹, Gain Yu.¹, Kavalevich K.², Vasil'ev Yu.³

¹ Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

² City Clinical Pathological Anatomy Bureau, Minsk, Belarus

³ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

Topography Variants of the Superior Laryngeal Nerve Branches in Adults

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: research concept and design, material collecting, processing, text writing, editing – H. Sivakova; research concept and design, editing – N. Trushel; editing – Yu. Gain; material collecting, editing – K. Kavalevich; research concept and design, editing – Yu. Vasil'ev.

Submitted: 27.02.2026

Accepted: 29.05.2026

Contacts: anyachicha@gmail.com

Abstract

Introduction. Exploring topographic and anatomical features of the superior laryngeal nerve branches in adults is clinically significant due to the high risk of their injury during neck surgery.

Purpose. To determine topographical and anatomical features of the internal branch of the superior laryngeal nerve relative to the superior laryngeal artery and thyrohyoid membrane and features of the external branch of the superior laryngeal nerve relative to the oblique line of the thyroid cartilage of the larynx, the inferior laryngeal constrictor, the superior thyroid artery, as well as to identify variants of extralaryngeal anastomoses between branches of the superior laryngeal nerve.

Materials and methods. The internal and external branches of the superior laryngeal nerve were macro-microscopically examined in 106 neck organs from humans of both sexes, aged 17 to 94 years. A statistical analysis was performed using the software package "Microsoft Excel 2016" and the statistical analysis system "Statistica 10.0". A group comparison by qualitative variables was performed using frequency analysis, and the significance of differences between the groups was assessed using the χ^2 test and Fisher's exact test.

Results. The variants of the topography of the internal branch of the superior laryngeal nerve (SLN) relative to the superior laryngeal artery were identified: "medial and superior," "medial and at the same level", "medial and inferior", "lateral"; levels of piercing of the thyrohyoid membrane by the nerve were established: upper third, middle third, and

lower third. The variants of the position of the external branch of the SLN relative to the oblique line of the thyroid cartilage of the larynx were revealed: "parallel" or "angular"; topographic features relative to the inferior pharyngeal constrictor were determined: "superficially", under its fibers at a distance of ≥ 10 mm and < 10 mm before entering the cricothyroid muscle. The sites of intersection of the external branch of the SLN with the superior thyroid artery were identified: a) at a distance of ≥ 10 mm from the upper pole border of the thyroid gland (TG) lobe; b) at a distance of < 10 mm from the upper pole border of the TG lobe; c) at the level of the upper pole border of the TG lobe; d) distal to the margin of the upper pole border of the TG lobe. One variant (2 cases) of extralaryngeal anastomoses between the internal and external branches of the SLN was established.

Conclusion. The results obtained are significant for improving the safety of surgical interventions on the neck organs and reducing the risk of injury to the laryngeal nerves, which contributes to the decrease of postoperative complications rate and the improvement of patients' quality of life.

Keywords: topography, superior laryngeal nerve, superior laryngeal artery, superior thyroid artery, thyroid gland

■ ВВЕДЕНИЕ

По данным имеющейся отечественной и зарубежной литературы [1, 2], внутренняя ветвь верхнего гортанного нерва (ВВ-ВГН) содержит в себе преимущественно чувствительные волокна, обеспечивающие иннервацию слизистых оболочек гортани выше голосовой складки, а также грушевидного кармана гортаноглотки и частично корня языка, и таким образом ВВ-ВГН участвует в осуществлении защитных и дыхательных рефлексов [3]. Некоторые авторы [4] описывают наличие двигательных волокон в составе ВВ-ВГН, иннервирующих межчерпаловидные мышцы и нижний констриктор глотки. Также этой ветви приписывают обонятельную функцию [5].

Вероятность повреждения ВВ-ВГН может возникать при различных хирургических вмешательствах, например каротидной эндактерэктомии, операции на спинном мозге с передним или передне-боковым доступами, верхней ларингэктомии [6, 7]. Частота травматизации ВВ-ВГН в ходе таких оперативных вмешательств варьирует от 1–14% [8]. Также при разрастании ткани ЩЖ в ее краниальной части верхний полюс долей может находиться в непосредственной близости с ВВ-ВГН, что создает риск ее повреждения [9].

Кроме того, ВВ-ВГН имеет особую роль в проведении патологических афферентных импульсов к структурам ЦНС во время бронхоспазма или ларингоспазма [10]. В связи с этим существует хирургический метод лечения бронхиальной астмы с помощью резекции ВВ-ВГН [11, 12] с целью снизить чувствительность вегетативной нервной системы к аллергенам, способствуя тем самым снижению их влияния на высшие отделы ЦНС и гипоталамо-гипофизарную систему, предотвращая развитие бронхоспазма [13]. Также резекция ВВ-ВГН может осуществляться при несостоятельности консервативного метода лечения невралгий ВВ-ВГН [14], которые сопровождаются приступообразным течением с выраженным болевым синдромом в области шеи.

Внутренняя ветвь верхнего гортанного нерва вступает в гортань вместе с верхней гортанной артерией, как правило, располагаясь медиально от последней [12, 15].



Однако также встречаются и другие варианты прохождения внутренней ветви верхнего гортанного нерва: медиально и над артерией [16, 17] либо медиально и под ней [4, 15].

Изучению особенностей прохождения ВВ-ВГН через щитоподъязычную мембрану посвящено немало работ, в том числе относительно различных ориентиров, таких как щитовидный хрящ гортани [6, 8, 18], подъязычная кость [7, 18, 19], сосуды шеи [8, 18, 19], позвонки [7, 8, 19] и мышцы гортани [6].

По данным научной литературы [1, 20], наружная ветвь верхнего гортанного нерва (НВ-ВГН) представлена двигательными волокнами, иннервирующими перстнещитовидную мышцу, при повреждении которой наблюдаются охриплость и монотонность речи, быстрая утомляемость голоса. Риск повреждения НВ-ВГН в большинстве случаев обусловлен оперативными вмешательствами на щитовидной и околощитовидных железах [20] и может достигать 58% [21].

Практическая значимость наружной ветви верхнего гортанного нерва связана с тесным расположением относительно верхней щитовидной артерии. Так, в 1992 г. Cernea et al. [22] разработали классификацию, основанную на уровне (локализации) пересечения наружной ветви верхнего гортанного нерва и верхней щитовидной артерии. Согласно этой классификации при 1-м типе нерв пересекает верхнюю щитовидную артерию на расстоянии 1 см и более выше верхнего края верхнего полюса ЩЖ; 2а-тип включает случаи пересечения нерва с артерией на расстоянии менее чем 1 см; при 2б-типе нерв пересекает верхнюю щитовидную артерию ниже верхнего края ЩЖ. Последние 2 варианта, по мнению некоторых авторов [22, 23], как наиболее опасные с практической точки зрения, встречаются при больших размерах зоба или высоком положении ЩЖ, по данным других ученых [24], такой закономерности не наблюдается.

Позднее, в 1998 г., Kierner et al. [25] дополнили классификацию еще одним вариантом, при котором наружная ветвь верхнего гортанного нерва проходит дорсальнее верхней щитовидной артерии и пересекает ее ветви непосредственно над верхним краем верхнего полюса доли ЩЖ.

В 2008 г. А.Ф. Романчишен с соавт. [26] дополнил имеющуюся классификацию Cernea, уточнив типы 2а и 2б. Так, согласно 2-му варианту (2а по Cernea), наружная ветвь верхнего гортанного нерва пересекает верхние щитовидные сосуды менее чем на 1 см выше верхнего полюса ЩЖ, располагаясь глубже них (а) или переплетаясь с их ветвями (б). При 3-м варианте (2б по Cernea) наружная ветвь верхнего гортанного нерва пересекает сосуды ниже верхнего полюса ЩЖ, располагаясь глубже них (а) или переплетаясь с их ветвями (б). Таким образом, 1-й тип обеих классификаций совпадает.

Через год (2009) Selvan et al. [27] предложил новую классификацию, включающую в себя отношение нерва не только к сосудам, но и к перстневидному хрящу. При 1-м типе нерв проходит вблизи от места входа сосудов в ЩЖ в пределах 1 см от перстневидного хряща. 2-й тип включает в себя случаи расположения наружной ветви верхнего гортанного нерва в пределах 1–3 см от места вхождения сосудов в ЩЖ и 3–5 см от перстневидного хряща. Случаи прохождения нерва на расстоянии от 3 до 5 см от места вхождения сосудов в железу и более 5 см от перстневидного хряща выделяют в 3-й тип.

Еще одной немаловажной топографической особенностью наружной ветви верхнего гортанного нерва, важной в хирургической практике, является ход последней относительно нижнего констриктора глотки. В своей дистальной части, ближе к нижнему краю щитовидного хряща, наружная ветвь обычно проходит под волокнами нижнего констриктора глотки [28–30]. Многие исследователи (S. Lennquist и соавт. [29], K.N. Lu et al. [31], B. Yalacin et al. [32], Cheruiyot I. et al. [33]) отметили, что только в 80% случаев и более наружная ветвь верхнего гортанного нерва могла быть идентифицирована в ходе тиреоидэктомии, так как в оставшихся случаях она располагалась среди мышечных волокон нижнего констриктора глотки.

Friedman и соавт. [30] предложили классификацию, базирующуюся на особенностях прохождения наружной ветви верхнего гортанного нерва относительно нижнего констриктора глотки. При 1-м типе нерв на всем протяжении лежит поверхностно на нижнем констрикторе глотки до своего вхождения в перстнещитовидную мышцу. При 2-м типе нерв до вхождения в мышцу прободает нижний констриктор глотки на 1 см проксимальнее нижнего края щитовидного хряща. И при 3-м типе нерв расположен под нижним констриктором глотки на всем протяжении последней, именно в этом случае наружная ветвь верхнего гортанного нерва не может быть идентифицирована.

Немногочисленные авторы предлагают использовать косую линию щитовидного хряща гортани как ориентир для поиска НВ-ВГН. Однако одни исследователи указывают, что НВ-ВГН идет только параллельно относительно косой линии [34], другие же дополнительно выделяют вариант косоного хода относительно последней [35]. Также разнятся данные о степени удаленности НВ-ВГН от косой линии щитовидного хряща, при этом, согласно одним авторам [36], данная величина не превышает 2 мм, по другим же [35] – может достигать 8 мм.

Внегортанные анастомозы между ветвями ВГН в настоящее время мало изучены. Лишь в единичных трудах [37–39] описаны случаи анастомозов между НВ-ВГН и возвратным гортанным нервом. Поэтому актуальным направлением является установление нервных соединений между ВВ-ВГН и НВ-ВГН.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Установление топографо-анатомических особенностей внутренней и наружной ветвей верхнего гортанного нерва относительно прилежащих артерий и органов и образований шеи, а также выявление вариантов внегортанных анастомозов между ветвями верхнего гортанного нерва.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Макро-микроскопически исследованы ВВ-ВГН и НВ-ВГН на 106 органокомплексах шеи умерших людей в возрасте 17–94 лет обоего пола, не имевших при жизни аномалий развития и патологий органов шеи, а также не подвергавшихся оперативным вмешательствам в данной области. Материал был получен в соответствии с Законом Республики Беларусь № 55-3 от 12.11.2001 «О погребении и похоронном деле» из служб патологоанатомических и судебных экспертиз г. Минска с использованием законов биомедицинской этики.



Забор материала проводился не позднее 5 ч после вскрытия тела умершего, затем осуществлялась промывка аутопсийного материала проточной водой и фиксация в 10%-м растворе формалина. Перед макро-микроскопическим исследованием производилась промывка проточной водой в течение 1 суток, с последующим хранением в 10% растворе хлористого натрия в соответствии с инструкцией, утвержденной приказом УО «Белорусский государственный медицинский университет» (БГМУ) № 159 от 16.03.2015. Получение органокомплексов шеи происходило в соответствии с договором о сотрудничестве между УЗ «Городское клиническое патологоанатомическое бюро» г. Минска и БГМУ № 3-1-9/4130 от 13.10.2017 в срок 2019–2024 гг.

Изучение топографии возвратного гортанного нерва осуществлялось как визуально, так и с использованием бинокулярного стереоскопического микроскопа (МБС-9) с окуляр-микрометром 9х (объективы 0,6; 2 или 4).

Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием возможностей программы обработки электронных таблиц Microsoft Excel 2016 и системы статистического анализа Statistica 10.0. Сравнение групп по качественным признакам осуществлялось с использованием анализа частоты встречаемости признака. Оценка статистической значимости различий между независимыми выборками по частоте исследуемого признака проводилась с использования критерия χ^2 , при количестве случаев менее 5 – с применением точного критерия Фишера.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследования топографо-анатомических особенностей ВВ-ВГН были установлены варианты ее положения относительно верхней гортанной артерии и щитоподъязычной мембраны, а для НВ-ВГН выявлялись варианты хода ветви относительно верхней щитовидной артерии, нижнего констриктора глотки, косой линии щитовидного хряща гортани.

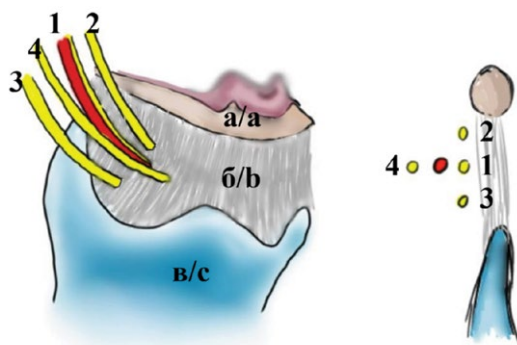


Рис. 1. Схема вариантов расположения внутренней ветви верхнего гортанного нерва (указана желтым цветом) относительно верхней гортанной артерии (указана красным цветом): 1 – медиально и на одном уровне; 2 – медиально и выше; 3 – медиально и ниже; 4 – латерально; а – подъязычная кость; б – щитоподъязычная мембрана; в – щитовидный хрящ гортани
Fig. 1. Diagram of variants of the location of the internal branch of the superior laryngeal nerve (indicated in yellow) relative to the superior laryngeal artery (indicated in red): 1 – medial and at the same level; 2 – medial and superior; 3 – medial and inferior; 4 – lateral; a – hyoid bone; б – thyrohyoid membrane; в – thyroid cartilage of the larynx

Таблица 1

Встречаемость вариантов топографии внутренней ветви верхнего гортанного нерва относительно верхней гортанной артерии

Table 1

Prevalence of topographic variants of the internal branch of the superior laryngeal nerve relative to the superior laryngeal artery

Положение нерва	Частота выявления, %			Билатеральная разность
	Общая	Слева	Справа	
Медиально и на одном уровне	57,89±3,42	55,24±4,85	60,58±4,79	$\chi^2=0,61$; $p=0,4344$
Медиально и выше	22,97±2,91	23,81±4,16	22,12±4,07	$\chi^2=0,81$; $p=0,7709$
Медиально и ниже	14,35±2,43	15,24±3,51	13,46±3,35	$\chi^2=0,13$; $p=0,7142$
Латерально	4,78±1,48	5,71±2,26	3,85±1,89	$F=0,00192$; $p=0,7478$

Относительно верхней гортанной артерии (ВГА) выявлено 4 основных варианта расположения ВВ-ВГН: а) внутренняя ветвь проходит медиально от артерии и при этом находится с ней на одном уровне; б) ветвь проходит медиально и выше ВГА; в) внутренняя ветвь расположена медиально и ниже артерии; г) ветвь проходит латерально от ВГА (рис. 1, табл. 1).

В ходе изучения топографических особенностей ВВ-ВГН относительно ВГА не выявлено достоверных билатеральных различий (табл. 1).

Установлено, что вариант прохождения ВВ-ВГН «медиально и на одном уровне» от одноименной артерии встречается достоверно чаще (57,89±3,42%), чем вариант расположения нерва «медиально и выше» ВГА (22,97±2,91%) ($\chi^2=52,93$; $p=0,0000$). Также имеются достоверные различия ($\chi^2=85,85$; $p=0,0000$) между частотой выявления варианта хода внутренней ветви ВГН «медиально и ниже» относительно артерии (14,35±2,43%) и вариантом топографии ветви «латерально» от ВГА (4,78±1,48%) ($\chi^2=136,98$; $p=0,0000$). Вариант «латерального» хода ВВ-ВГН относительно ВГА имеет достоверные различия с вариантом топографии ветви «медиально и выше» ($\chi^2=28,91$; $p=0,0000$) и вариантом ветви «медиально и ниже» ($\chi^2=11,06$; $p=0,0009$). Кроме того, получены статистически значимые различия между вариантами расположения ВВ-ВГН «медиально и выше» и «медиально и ниже» относительно ВГА ($\chi^2=5,11$; $p=0,0238$).

При выявлении особенностей топографии ВВ-ВГН относительно щитоподъязычной мембраны оценивался уровень ее прободения сосудисто-нервным пучком, включающим верхнюю гортанную артерию и ВВ-ВГН. Для этого в каждом случае было измерено расстояние между подъязычной костью и верхним краем пластинки щитовидного хряща гортани на уровне прободения и разделено на 3 равные части. В результате исследования были выделены 3 варианта прободения щитоподъязычной мембраны: а) уровень прохождения сосудисто-нервным пучком соответствует верхней трети мембраны; б) сосудисто-нервный пучок прободает среднюю треть мембраны; в) нерв и артерия проходят в нижней трети мембраны (рис. 2, табл. 2).

В ходе изучения особенностей прободения щитоподъязычной мембраны сосудисто-нервным пучком не выявлено достоверных билатеральных различий (табл. 2). Установлено, что вариант прохождения сосудисто-нервного пучка через щитоподъязычную мембрану в ее верхней трети встречается достоверно реже (8,29±1,93%), чем в средней (41,95±3,45%) ($\chi^2=61,73$; $p=0,0000$) и нижней третях (49,76±3,49%) ($\chi^2=61,73$, $p=0,0000$ и $\chi^2=85,54$, $p=0,0000$ соответственно). Статистически значимых

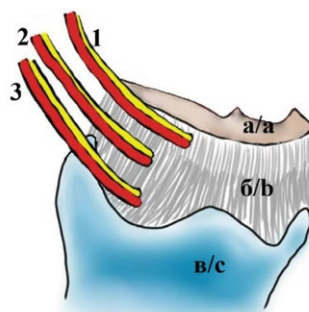


Рис. 2. Схема вариантов уровней прободения щитоподъязычной мембраны внутренней ветвью верхнего гортанного нерва (указана желтым цветом) и верхней гортанной артерией (указана красным цветом): 1 – верхняя треть; 2 – средняя треть; 3 – нижняя треть; а – подъязычная кость; б – щитоподъязычная мембрана; в – щитовидный хрящ гортани
Fig. 2. Diagram of variant levels of thyrohyoid membrane piercing by the internal branch of the superior laryngeal nerve (indicated in yellow) and the superior laryngeal artery (indicated in red): 1 – upper third; 2 – middle third; 3 – lower third; а – hyoid bone; б – thyrohyoid membrane; с – thyroid cartilage of the larynx

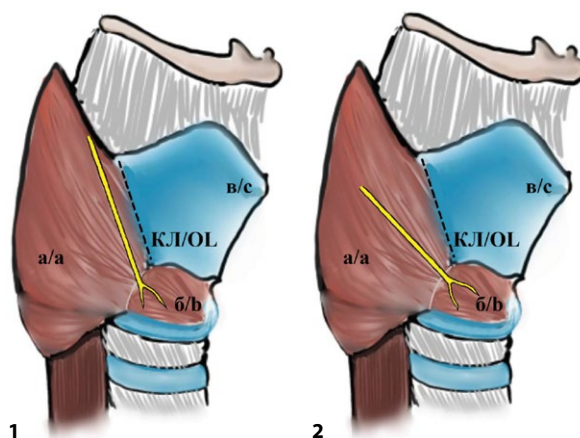


Рис. 3. Схема вариантов расположения наружной ветви верхнего гортанного нерва (указана желтым цветом) относительно косой линии (КЛ) щитовидного хряща: 1 – параллельно; 2 – под углом; а – нижний констриктор глотки; б – перстнещитовидная мышца; в – щитовидный хрящ гортани
Fig. 3. Diagram of variants of the location of the external branch of the superior laryngeal nerve (indicated in yellow) relative to the oblique line (OL) of the thyroid cartilage: 1 – parallel; 2 – angular; а – inferior pharyngeal constrictor; б – cricothyroid muscle; в – thyroid cartilage of the larynx

Таблица 2

Встречаемость вариантов прободения щитоподъязычной мембраны внутренней ветвью верхнего гортанного нерва и верхней гортанной артерией

Table 2

Prevalence of variants of the thyrohyoid membrane piercing by the internal branch of the superior laryngeal nerve and the superior laryngeal artery

Уровень прободения щитоподъязычной мембраны	Частота выявления, %			Билатеральная разность
	Общая	Слева	Справа	
Верхняя треть	8,29±1,93	8,74±2,78	7,84±2,66	$\chi^2=0,05$; $p=0,8163$
Средняя треть	41,95±3,45	41,75±4,86	42,46±4,89	$\chi^2=0,00$; $p=0,9527$
Нижняя треть	49,76±3,49	49,51±4,93	50,00±4,95	$\chi^2=0,00$; $p=0,9446$

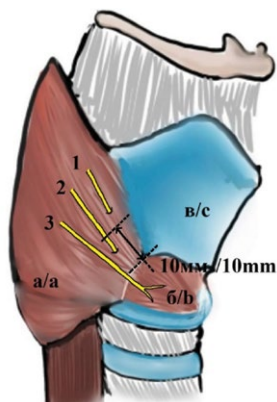


Рис. 4. Схема вариантов хода наружной ветви верхнего гортанного нерва (указана желтым цветом) относительно нижнего констриктора глотки до входа в перстнещитовидную мышцу: 1 – под волокнами ≥ 10 мм; 2 – под волокнами < 10 мм; 3 – на поверхности; а – нижний констриктор глотки; б – перстнещитовидная мышца; в – щитовидный хрящ гортани
Fig. 4. Diagram of the variants of the course of the external branch of the superior laryngeal nerve (indicated in yellow) relative to the inferior pharyngeal constrictor before entering the cricothyroid muscle: 1 – under fibers ≥ 10 mm; 2 – under fibers < 10 mm; 3 – on the surface; а – inferior pharyngeal constrictor; б – cricothyroid muscle; в – thyroid cartilage of the larynx

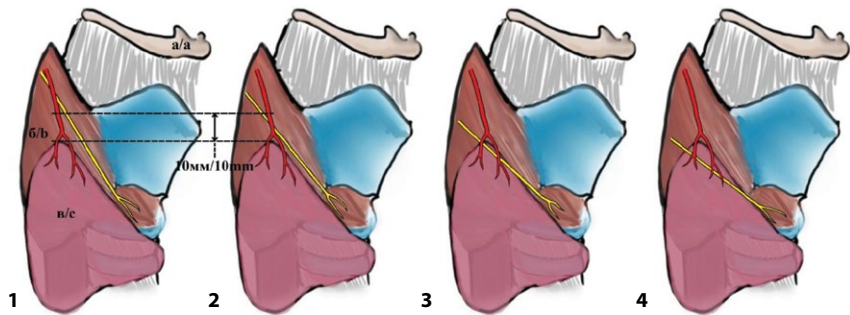


Рис. 5. Схема вариантов пересечения наружной ветви верхнего гортанного нерва (указана желтым цветом) относительно верхней щитовидной артерии (указана красным цветом): 1 – ≥ 10 мм выше края верхнего полюса доли щитовидной железы; 2 – < 10 мм выше края верхнего полюса доли щитовидной железы; 3 – на уровне края верхнего полюса доли щитовидной железы; 4 – ниже края верхнего полюса доли щитовидной железы; а – подъязычная кость; б – нижний констриктор глотки; в – щитовидная железа
Fig. 5. Diagram of variants of the crossing of the external branch of the superior laryngeal nerve (indicated in yellow) relative to the superior thyroid artery (indicated in red): 1 – ≥ 10 mm above the border of the superior pole of the thyroid gland lobe; 2 – < 10 mm above the border of the superior pole of the thyroid gland lobe; 3 – at the level of the border of the superior pole of the thyroid gland lobe; 4 – below the border of the superior pole of the thyroid gland lobe; а – hyoid bone; б – inferior pharyngeal constrictor; в – thyroid gland

Таблица 3
Встречаемость вариантов положения наружной ветви верхнего гортанного нерва относительно кривой линии щитовидного хряща

Table 3
Prevalence of positional variants of the external branch of the superior laryngeal nerve relative to the oblique line of the thyroid cartilage

Положение нерва	Частота выявления, %			Билатеральная разность
	Общая	Слева	Справа	
Параллельно	70,87 $\pm$ 3,17	71,84 $\pm$ 4,43	69,90 $\pm$ 4,52	$\chi^2=0,09$; p=0,7591
Под углом	29,13 $\pm$ 3,17	28,16 $\pm$ 4,43	30,10 $\pm$ 4,52	$\chi^2=0,09$; p=0,7591

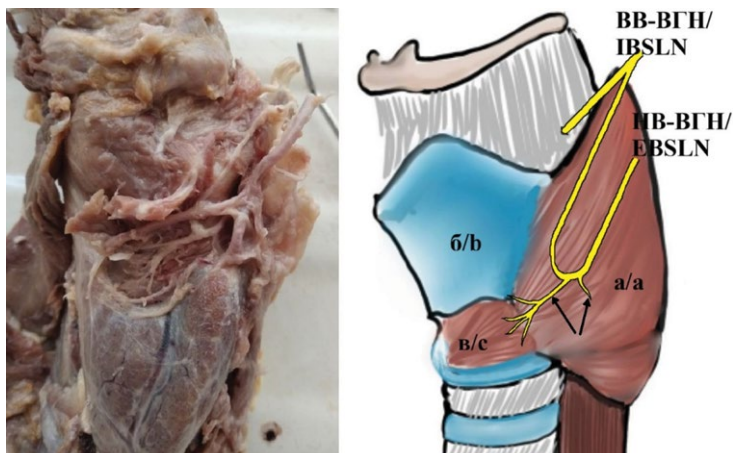


Рис. 6. Фотография и схематическое изображение внегортанного анастомоза между внутренней и наружной ветвями верхнего гортанного нерва (случай 1): а – нижний констриктор глотки; б – щитовидный хрящ гортани; в – перстнещитовидная мышца; вторичные ветви, отходящие от анастомотической петли (черные стрелки)

Fig. 6. Photograph and schematic illustration of the extralaryngeal anastomosis between the internal and external branches of the superior laryngeal nerve (case 1): а – inferior pharyngeal constrictor; б – thyroid cartilage of the larynx; в – cricothyroid muscle; secondary branches arising from the anastomotic loop (black arrows)

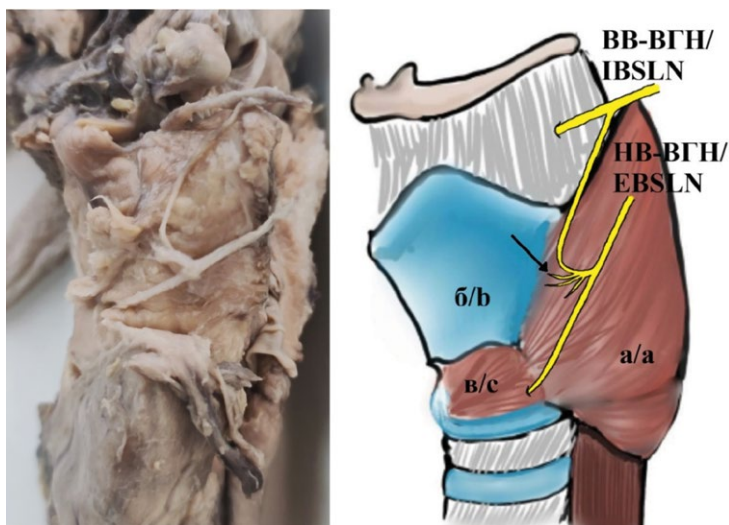


Рис. 7. Фотография и схематическое изображение внегортанного анастомоза между внутренней и наружной ветвями верхнего гортанного нерва (случай 2): а – нижний констриктор глотки; б – щитовидный хрящ гортани; в – перстнещитовидная мышца; вторичные ветви, отходящие от анастомотической петли (черная стрелка)

Fig. 7. Photograph and schematic illustration of the extralaryngeal anastomosis between the internal and external branches of the superior laryngeal nerve (case 2): а – inferior pharyngeal constrictor; б – thyroid cartilage of the larynx; в – cricothyroid muscle; secondary branches arising from the anastomotic loop (black arrow)

Таблица 4

Встречаемость подтипов «параллельного» хода наружной ветви верхнего гортанного нерва относительно косой линии щитовидного хряща

Table 4

Prevalence of subtypes of the "parallel" course of the external branch of the superior laryngeal nerve relative to the oblique line of the thyroid cartilage

Положение наружной ветви ВГН	Частота выявления, %			Билатеральная разность
	Общая	Слева	Справа	
≤5 мм	86,99±2,78	87,84±3,80	86,11±4,08	$\chi^2=0,10$; $p=0,7565$
>5 мм	13,01±2,78	12,16±3,80	13,89±4,08	$\chi^2=0,10$; $p=0,7565$

Таблица 5

Встречаемость подтипов топографии наружной ветви верхнего гортанного нерва относительно косой линии щитовидного хряща гортани при варианте «под углом»

Table 5

Prevalence of topographic subtypes of the external branch of the superior laryngeal nerve relative to the oblique line of the thyroid cartilage of the larynx in the "angular" variant

Положение наружной ветви ВГН	Частота выявления, %			Билатеральная разность
	Общая	Слева	Справа	
≤10°	26,67±5,71	34,48±8,83	19,35±7,10	$\chi^2=1,75$; $p=0,1855$
11–20°	33,33±6,09	24,14±7,95	41,94±8,86	$\chi^2=2,14$; $p=0,1439$
21–30°	23,33±5,46	20,69±7,52	25,81±7,86	$\chi^2=0,22$; $p=0,6396$
31–40°	10,00±3,87	13,79±6,40	6,45±4,41	$F=0,01495$; $p=0,4168$
>41°	6,67±3,22	6,90±4,71	6,45±4,41	$F=0,00008$; $p=1,0000$

Таблица 6

Встречаемость вариантов топографии наружной ветви верхнего гортанного нерва относительно нижнего констриктора глотки до входа в перстнещитовидную мышцу

Table 6

Prevalence of topographic variants of the external branch of the superior laryngeal nerve relative to the inferior pharyngeal constrictor before entering the cricothyroid muscle

Положение НВ-ВГН	Частота выявления, %			Билатеральная разность
	Общая	Слева	Справа	
Под волокнами ≥10 мм	17,48±2,65	18,45±3,82	16,50±3,66	$\chi^2=0,13$; $p=0,8340$
Под волокнами <10 мм	62,14±3,38	60,19±4,82	64,08±4,73	$\chi^2=0,33$; $p=0,5656$
На поверхности	20,39±2,81	21,36±4,04	19,42±3,90	$\chi^2=0,04$; $p=0,8340$

различий между вариантами прободения щитоподъязычной мембраны в ее средней и нижней трети (41,95±3,45 и 49,76±3,49% соответственно) не выявлено ($\chi^2=2,51$; $p=0,1128$).

При установлении топографических особенностей НВ-ВГН относительно косой линии щитовидного хряща гортани установлено 2 основных варианта его расположения: «параллельно» косой линии и «под углом» (рис. 3, табл. 3). При первом варианте НВ-ВГН проходит параллельно косой линии щитовидного хряща, при этом наружная ветвь нерва может быть расположена непосредственно под линией (рядом с ней) либо удаленно на некотором расстоянии (позиция 1 на рис. 3). При втором варианте НВ-ВГН образует с косой линией щитовидного хряща угол, открытый кзади (позиция 2 на рис. 3).



Вариант «параллельного» хода НВ-ВГН относительно косой линии щитовидного хряща гортани выявляется значительно чаще ($70,87 \pm 3,17\%$) ($\chi^2=71,81$; $p=0,0000$), чем вариант хода «под углом» ($29,13 \pm 3,17\%$). При сравнении частоты встречаемости вариантов хода НВ-ВГН относительно косой линии щитовидного хряща достоверных билатеральных различий не установлено (табл. 3).

При варианте хода НВ-ВГН «параллельно» относительно косой линии щитовидного хряща гортани нами также оценивалось расстояние между этими структурами, которое может достигать 9 мм. В зависимости от степени удаленности НВ-ВГН от косой линии щитовидного хряща нами выделено еще 2 подтипа при «параллельном» ходе наружной ветви нерва дистальнее косой линии щитовидного хряща гортани: при 1-м ($86,99 \pm 2,78\%$ случаев) – расстояние между ветвью и косой линией составляет ≤ 5 мм, при 2-м ($13,01 \pm 2,78\%$; $\chi^2=159,78$; $p=0,0000$) – >5 мм (табл. 4). Достоверных двусторонних различий по частоте встречаемости выделенных вариантов «параллельного» хода НВ-ВГН не выявлено (табл. 4).

При анализе вариантов топографии НВ-ВГН «под углом» относительно косой линии щитовидного хряща гортани установлено, что величина угла, образованного между НВ-ВГН и косой линией щитовидного хряща гортани, варьирует от 7 до 43° (табл. 5). Нами выделено 5 подтипов в зависимости от величины этого угла: при 1-м – величина угла доходит до 10° , при 2-м – $11-20^\circ$, 3-м – $21-30^\circ$, 4-м – от 31 до 40° , 5-м – 41° и больше. Достоверных двусторонних различий по частоте встречаемости подтипов хода НВ-ВГН при варианте «под углом» относительно косой линии щитовидного хряща не выявлено.

Анализ полученных данных позволил установить, что 1-й подтип топографии наружной ветви ВГН выявляется достоверно чаще ($26,67 \pm 5,71\%$; $\chi^2=5,57$; $p=0,0183$), чем 4-й ($10,00 \pm 3,87\%$) и 5-й подтипы ($6,67 \pm 3,22\%$; $F=0,07200$; $p=0,0060$). 2-й подтип ($33,33 \pm 6,09\%$) встречается достоверно чаще ($\chi^2=9,62$; $p=0,0019$), чем 4-й и ($F=0,11111$; $p=0,0004$) 5-й. 3-й подтип ($23,33 \pm 5,46\%$) анатомии НВ-ВГН обнаруживается чаще ($F=0,5447$; $p=0,0097$), чем 5-й.

Относительно нижнего констриктора глотки нами выявлены следующие варианты хода НВ-ВГН: 1) ветвь прободает нижний констриктор глотки и располагается под его волокнами на расстоянии ≥ 10 мм от входа в иннервируемую им перстнещитовидную мышцу; 2) НВ-ВГН прободает констриктор и проходит под его волокнами на расстоянии <10 мм; 3) НВ-ВГН не прободает нижний констриктор глотки и находится на его поверхности, а ниже – вступает в перстнещитовидную мышцу (рис. 4).

При изучении особенностей хода НВ-ВГН относительно нижнего констриктора глотки достоверных билатеральных различий не установлено (табл. 6). Выявлено, что вариант, при котором НВ-ВГН прободает нижний констриктор глотки и проходит под его волокнами на расстоянии <10 мм до входа в перстнещитовидную мышцу ($62,14 \pm 3,38\%$ случаев), встречается достоверно чаще, чем вариант расположения нерва под волокнами констриктора на расстоянии ≥ 10 мм ($17,48 \pm 2,65\%$) ($\chi^2=74,07$; $p=0,0000$) и вариант поверхностного хода нерва относительно констриктора глотки ($20,39 \pm 2,81\%$) ($\chi^2=85,74$; $p=0,0000$).

При анализе взаиморасположения НВ-ВГН и верхней щитовидной артерии установлены варианты топографии в зависимости от уровня их пересечения: а) на расстоянии ≥ 10 мм от края верхнего полюса доли ЩЖ; б) на расстоянии <10 мм от края верхнего полюса доли ЩЖ; в) на уровне верхнего полюса доли ЩЖ; г) дистальнее

Таблица 7

Встречаемость вариантов пересечения наружной ветви верхнего гортанного нерва и верхней щитовидной артерии относительно верхнего полюса доли ЩЖ

Table 7

Prevalence of variants of the crossing of the external branch of the superior laryngeal nerve and the superior thyroid artery relative to the border of the superior pole of the thyroid gland lobe

Уровень пересечения НВ-ВГН	Частота выявления, %			Билатеральная разность
	Общая	Слева	Справа	
Проксимальнее ≥ 10 мм	49,01 $\pm$ 3,52	52,00 $\pm$ 5,00	46,08 $\pm$ 4,94	$\chi^2=0,71$; $p=0,3999$
Проксимальнее <10 мм	27,23 $\pm$ 3,13	26,00 $\pm$ 4,39	28,43 $\pm$ 4,47	$\chi^2=0,15$; $p=0,6979$
На уровне	8,42 $\pm$ 1,95	8,00 $\pm$ 2,71	8,82 $\pm$ 2,81	$\chi^2=0,04$; $p=0,8331$
Дистальнее	15,35 $\pm$ 2,54	14,00 $\pm$ 3,47	16,67 $\pm$ 3,69	$\chi^2=0,28$; $p=0,5991$

края верхнего полюса доли ЩЖ (рис. 5, табл. 7). Если же пересечение выявлено между НВ-ВГН и ветвями верхней щитовидной артерии, то учитывался вариант с наименьшим расстоянием до полюса доли ЩЖ. При анализе полученных данных об уровне пересечения НВ-ВГН и верхней щитовидной артерии достоверных билатеральных различий не выявлено.

Анализ данных табл. 7 позволил сделать следующее заключение. Первый вариант пересечения НВ-ВГН и верхней щитовидной артерии (проксимальнее ≥ 10 мм от края верхнего полюса доли ЩЖ) наблюдается достоверно чаще (49,01 $\pm$ 3,52%) по сравнению со вторым вариантом (27,23 $\pm$ 3,13%), при котором место пересечения находится проксимальнее края верхнего полюса доли железы на расстоянии <10 мм ($\chi^2=20,32$; $p=0,0000$), и вариантом, при котором уровень пересечения между нервом и сосудом находится «на уровне» края верхнего полюса доли ЩЖ (8,42 $\pm$ 1,95%) ($\chi^2=81,31$; $p=0,0000$). Кроме того, первый вариант достоверно чаще встречается по сравнению с вариантом «дистальнее» края верхнего полюса ЩЖ (15,35 $\pm$ 2,54%) ($\chi^2=52,45$; $p=0,0000$). Третий вариант сосудисто-нервного перекреста, расположенного относительно верхнего полюса доли ЩЖ «проксимальнее на расстоянии <10 мм», встречается чаще, чем варианты «на уровне» и «дистальнее» относительно верхнего полюса доли ЩЖ ($\chi^2=24,40$, $p=0,0000$ и $\chi^2=8,51$, $p=0,0035$ соответственно). Пятый вариант пересечения НВ-ВГН и верхней щитовидной артерии («на уровне» края верхнего полюса ЩЖ) обнаруживается чаще, чем вариант их пересечения «дистальнее» верхнего полюса органа ($\chi^2=4,63$; $p=0,0314$).

В ходе макро-микроскопического препарирования были выявлены 2 случая (1,89%) односторонних внегортанных анастомозов между внутренней и наружной ветвями верхнего гортанного нерва.

В 1-м случае (рис. 6) от ВВ-ВГН (до прободения щитоподъязычной мембраны) отходила анастомотическая веточка (АВ), которая направлялась дистальнее косой линии щитовидного хряща гортани, располагалась поверхностно относительно волокон нижнего констриктора глотки. НВ-ВГН также проходила на поверхности нижнего констриктора глотки и вблизи верхнего полюса доли ЩЖ, направляясь несколько вверх, соединялась с АВ из внутренней ветви.

Анастомоз имеет форму дуги (петли), направленной вниз и медиально, от него отходят 2 вторичные ветви. Первая ветвь ложится под нижний констриктор глотки и в толще последнего третично делится на 4 веточки: одна направляется



к грудино-щитовидной мышце, остальные – к перстнещитовидной мышце. Вторая ветвь значительно тоньше первой и заканчивается в волокнах нижнего констриктора глотки.

Во 2-м случае (рис. 7) анастомоз был образован АВ, отходящей от ВВ-ВГН до входа в гортань, направляющейся в каудальном направлении вдоль волокон нижнего констриктора глотки, и АВ от НВ-ВГН. От последней АВ сразу отделились 3 веточки к нижнему констриктору глотки и грудино-щитовидной мышце, а затем она соединилась с АВ от ВВ-ВГН. Анастомоз также имеет вид дуги, однако менее выпуклой.

Таким образом, оба варианта анастомозов между внутренней и наружной ветвями верхнего гортанного нерва человека имеют «дугообразный ход». В 1-м случае в формировании внегортанного анастомоза участвует АВ от ВВ-ВГН и непосредственно НВ-ВГН, во 2-м – АВ из ВВ-ВГН и АВ из НВ-ВГН. Также стоит отметить, что анастомозы принимают участие в иннервации грудино-щитовидной мышцы и нижнего констриктора глотки.

■ ВЫВОДЫ

1. ВВ-ВГН чаще ($95,22 \pm 1,48\%$) располагается медиальнее сопровождающей ее верхней гортанной артерии, однако в редких случаях ($4,78 \pm 1,48\%$) может наблюдаться латеральный вариант хода внутренней ветви относительно артерии, что ранее не было описано в имеющихся источниках научной литературы.
2. Нами предложена новая классификация особенностей прохождения ВВ-ВГН через щитоподъязычную мембрану, которая учитывает уровень ее прободения; установлено, что ВВ-ВГН чаще проходит на уровне средней и нижней трети мембраны ($41,95 \pm 3,45$ и $49,76 \pm 3,49\%$ соответственно).
3. Дополнены данные о ходе НВ-ВГН относительно нижнего констриктора глотки; установлено, что НВ-ВГН в большинстве случаев ($79,61 \pm 2,81\%$) проходит под волокнами констриктора до вступления в иннервируемую им перстнещитовидную мышцу, при этом в большинстве случаев на расстоянии менее 10 мм от последней.
4. Уточнены данные об особенностях сосудисто-нервного перекреста между НВ-ВГН и верхней щитовидной артерией относительно края верхнего полюса доли щитовидной железы, установлен отдельный вариант, при котором положение перекреста соответствует уровню края верхнего полюса доли щитовидной железы ($8,42 \pm 1,95\%$).
5. Дополнены данные о ходе НВ-ВГН относительно косой линии щитовидного хряща гортани; установлено, что при «параллельном» варианте расположения ($70,87 \pm 3,17\%$) расстояние между НВ-ВГН и косой линией может достигать 9 мм, на основании этого параметра выделено 2 подтипа (≤ 5 и > 5 мм); выявлено, что при варианте расположения НВ-ВГН «под углом» относительно косой линии ($29,13 \pm 3,17\%$) величина угла колеблется от 7 до 43° , на основании этого параметра также выделены подтипы (1-й – величина угла доходит до 10° , 2-й – $11-20^\circ$, 3-й – $21-30^\circ$, 4-й – от 31 до 40° , 5-й – 41° и больше).
6. Впервые выявлены случаи внегортанных анастомозов, образованные между ВВ-ВГН и НВ-ВГН, которые имеют вариант «дугообразного хода».

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Vetshev P.S., Karpova O.Yu., Saliba M.B. "Achilles' heel" in thyroid surgery. *Problems of Endocrinology*. 2007;53(2):3–8. doi: 10.14341/probl20075323-8. (in Russian)
- Stephens R.E., Wendel K.H., Addington W.R. Anatomy of the internal branch of the superior laryngeal nerve. *Clin Anat*. 1999;12(2):79–83. doi: 10.1002/(SICI)1098-2353(1999)12<79::AID-CA1>3.0.CO;2-W
- Mathew O.P., Sant'Ambrogio G., Fisher J.T., et al. Respiratory afferent activity in the superior laryngeal nerves. *Respir Physiol*. 1984 Oct;58(1):41–50. doi: 10.1016/0034-5687(84)90043-4
- Monfared A., Gorti G., Kim D. Microsurgical anatomy of the laryngeal nerves as related to thyroid surgery. *Laryngoscope*. 2002 Feb;112(2):386–392. doi: 10.1097/00005537-200202000-00033
- Hoye R.C., Ketcham A.S., Henkin R.I. Hyposmia after paranasal sinus exenteration of laryngectomy. *Am J Surg*. 1970 Oct;120(4):485–491. doi: 10.1016/s0002-9610(70)80012-5
- Paraskevas G.K., Raikos A., Ioannidis O., et al. Topographic anatomy of the internal laryngeal nerve: surgical considerations. *Head Neck*. 2012 Apr;34(4):534–540. doi: 10.1002/hed.21769
- Melamed H., Harris M.B., Awasthi D. Anatomic considerations of superior laryngeal nerve during anterior cervical spine procedures. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002 Feb 15;27(4):83–86. doi: 10.1097/00007632-200202150-00005
- Kiray A., Naderi S., Ergur I., et al. Surgical anatomy of the internal branch of the superior laryngeal nerve. *Eur. Spine J*. 2006;15:1320–1325. doi: 10.1007/s00586-005-0006-7
- Chandrasekhar S.S., Randolph G.W., Seidman M.D., et al. American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery. Clinical practice guideline: improving voice outcomes after thyroid surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2013 Jun;148(6 Suppl):S1–37. doi: 10.1177/0194599813487301
- Ulmer W.T., Schlenkhoff D., Reichel G. *Operative Behandlung der Atemwegsobstruktion*. In: Ulmer WT, ed. *Bochumer Treff: Aktuelle Probleme der inneren Medizin*. Munich: Dustri-Verlag Dr. Karl Feistle; 1982.
- Kim E.S., Qobiljonova S.R. Optimization of surgical treatment of bronchial asthma. *Web med*. 2025;3(3):479–487.
- Melnikov V.M., Kapustin D.V., Volkov A.V. Topographic-anatomical intercourse of neurovascular formations of carotid triangle in surgery of bronchial asthma. *Journal of Siberian Medical Sciences*. 2014;2:1–7. (in Russian)
- Brendan J.C. Reflex regulation of airway smooth muscle tone. *J Appl Physiol*. 2006;101(3):971–985. doi: 10.1152/japplphysiol.00313.2006
- Salzman R., Gabrheilik T., Stárek I. Surgical treatment of superior laryngeal neuralgia: A case report and review of the literature. *Ear Nose Throat J*. 2016;95(3):E1–E7.
- Furlan J.C., Brandão L.G., Ferraz A.R., et al. Surgical anatomy of the extralaryngeal aspect of the superior laryngeal nerve. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2003;129(1):79–82. doi: 10.1001/archotol.129.1.79
- Ziegelman E.F. Laryngeal nerves: surgical importance in relation to the thyroid arteries, thyroid gland, and larynx. *Arch Otolaryngol*. 1933;18:793–808. doi: 10.1001/archotol.1933.00630060853007
- Paraskevas G.K., Poutoglidis A., Lazaridis N., et al. Early Internal Branch of Superior Laryngeal Nerve Bifurcation Passes Through Double Thyroid Foramen. *Ear Nose Throat J*. 2023;102(11):545–546. doi: 10.1177/01455613211029115
- Türk B., Canda B., Pence K.B., et al. Surgical landmarks for identification and preservation of the internal branch of the superior laryngeal nerve. *Surg. Radiol. Anat*. 2023;45:143–148. doi: 10.1007/s00276-022-03073-9
- Devaraja K., Punja R., Kalthur S.G., et al. Unmapped landmarks around branches of the Superior Laryngeal Nerve: An exploratory cadaveric study. *J. Taibah Univ. Med. Sci*. 2021;16:328–335. doi: 10.1016/j.jtumed.2021.01.004
- Barczyński M., Randolph G.W., Cernea C.R., et al. External branch of the superior laryngeal nerve monitoring during thyroid and parathyroid surgery: International Neural Monitoring Study Group standards guideline statement. *Laryngoscope*. 2013 Sep;123(Suppl 4):S1–14. doi: 10.1002/lary.24301
- Jansson S., Tisell L.E., Hagge I., et al. Partial superior laryngeal nerve (SLN) lesions before and after thyroid surgery. *World J Surg*. 1988 Aug;12(4):522–7. doi: 10.1007/BF01655439
- Cernea C.R., Ferraz A.R., Nishio S., et al. Surgical anatomy of the external branch of the superior laryngeal nerve. *Head Neck*. 1992;14(5):380–383. doi: 10.1002/hed.2880140507
- Ravikumar K., Sadacharan D., Muthukumar S., et al. EBSLN and Factors Influencing its Identification and its Safety in Patients Undergoing Total Thyroidectomy: A Study of 456 Cases. *World J Surg*. 2016;40(3):545–550. doi: 10.1007/s00268-015-3383-z
- Hurtado-Lopez L.M., Zaldivar-Ramirez F.R. Risk of injury to the external branch of the superior laryngeal nerve in thyroidectomy. *Laryngoscope*. 2002 Apr;112(4):626–9. doi: 10.1097/00005537-200204000-00006
- Kierner A.C., Aigner M., Burian M. The external branch of the superior laryngeal nerve: its topographical anatomy as related to surgery of the neck. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 1998;124(3):301–303. doi: 10.1001/archotol.124.3.301
- Romanchishen A.F., Levanovich V.V., Karpatsky I.V. Surgical anatomy of the external branch of the superior laryngeal nerve: clinical-anatomical investigation. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2008;167(4):67–70. (in Russian)
- Selvan B., Babu S., Paul M.J., et al. Mapping the compound muscle action potentials of cricothyroid muscle using electromyography in thyroid operations: a novel method to clinically type the external branch of the superior laryngeal nerve. *Ann Surg*. 2009;250(2):293–300. doi: 10.1097/SLA.0b013e3181b17342
- Kambic V., Zargi M., Radsel Z. Topographic anatomy of the external branch of the superior laryngeal nerve. Its importance in head and neck surgery. *J Laryngol Otol*. 1984 Nov;98(11):1121–4. doi: 10.1017/s0022215100148121
- Lenquist S., Cahlin C., Smeds S. The superior laryngeal nerve in thyroid surgery. *Surgery*. 1987;102(6):999–1008.
- Friedman M., LoSavio P., Ibrahim H. Superior laryngeal nerve identification and preservation in thyroidectomy. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2002;128(3):296–303. doi: 10.1001/archotol.128.3.296
- Lu K.N., Ding J.W., Zhang Y., et al. The Anatomical and Clinical Significance of the Superior Laryngeal Nerve. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2021;165(5):690–695. doi: 10.1177/0194599821989622
- Yalcin B., Tubbs R.S., Durmaz A., et al. Branching pattern of the external branch of the superior laryngeal nerve and its clinical importance. *Clin Anat*. 2012;25(1):32–39. doi: 10.1002/ca.21254
- Cheruiyot I., Kipkorir V., Henry B.M., et al. Surgical anatomy of the external branch of the superior laryngeal nerve: a systematic review and meta-analysis. *Langenbecks Arch Surg*. 2018;403(7):811–823. doi: 10.1007/s00423-018-1723-9
- Ozlugedik S., Acar H.L., Apaydin N., et al. Surgical anatomy of the external branch of the superior laryngeal nerve. *Clin Anat*. 2007 May;20(4):387–91. doi: 10.1002/ca.20399
- Kuprin A.A., Malyuga V.Yu. Surgical anatomy of the external branch of the superior laryngeal nerve. *Russian Journal of Operative Surgery and Clinical Anatomy*. 2021;5(4):11–21. doi: 10.17116/operhirurg2021504111. (in Russian)
- Ng S.K., Li H.N., Chan J.Y., et al. A useful landmark to locate the external branch of the superior laryngeal nerve during thyroidectomy. *Gland Surg*. 2020 Jun;9(3):647–652. PMID: 32775254; PMCID: PMC7347832. doi: 10.21037/gs.2020.03.25
- Hodnett B.L., Schmitt N.C., Thirumala P.D., et al. Intraoperative identification of the human communicating nerve during thyroidectomy. *J Surg Case Rep*. 2015;2015(12):4. doi: 10.1093/jscr/rjv154
- Kuprin A.A., Malyuga V.Y., Britvin T.A., et al. Extralaryngeal branching of the recurrent laryngeal nerve. Autopsy case series. *Endocrine Surgery*. 2020;14(4):4–18. doi: 10.14341/serg12706. (in Russian)
- Yalcin B., Tubbs R.S., Durmaz A., et al. Branching pattern of the superior laryngeal nerve and its clinical importance. *Clin Anat*. 2012;25(1):32–39. doi: 10.1002/ca.21254

Наскар Гель



nascar-gel.by

Силиконовый гель для лечения и профилактики рубцов

- послеоперационных рубцов
- гипертрофических и келоидных рубцов
- рубцов после удаления татуировок
- рубцов после лазерной терапии
- посттравматических рубцов
- рубцов от акне
- растяжек кожи
- ожоговых рубцов



ИЗДЕЛИЕ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ. ПЕРЕД ПРИМЕНЕНИЕМ ОЗНАКОМЬТЕСЬ С ИНСТРУКЦИЕЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ И/ИЛИ ПРОКОНСУЛЬТИРУЙТЕСЬ С ВРАЧОМ.

На правах рекламы. Гель для лечения рубцов Наскар Гель, 15 г. Имеются меры предосторожности. Перед применением Наскар Гель беременным и кормящим женщинам следует проконсультироваться с врачом. Производитель: Гофарм Сп. з о.о. Сп. к., ПОЛЬША. Держатель регистрационного удостоверения: Амакса Лтд, ВЕЛИКОБРИТАНИЯ. Регистрационное удостоверение геля для лечения рубцов Наскар Гель, 15 г №ИМ-7.115872 от 17.07.2024 г.