

Том
2/2023

Номер
1/2023

16+



МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНАЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ ХИРУРГИЯ

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Миниинвазивное многососудистое коронарное шунтирование – опыт первых шестисот операций5

Ассоциация вариантной анатомии дуги аорты с аортальными состояниями.....15

Хирургия опухолевых тромбов нижней полой вены при почечно-клеточном раке21

Оптимизация перфузии у коморбидных пациентов.....33

Отдаленные результаты торакоскопического выделения внутренней грудной артерии.....44

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

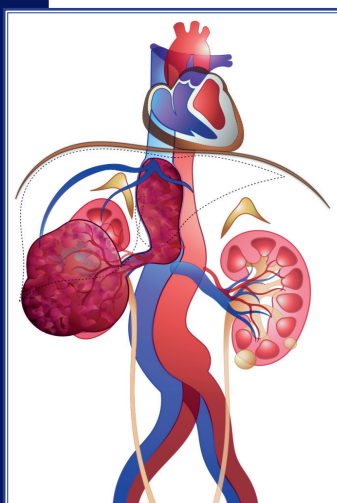
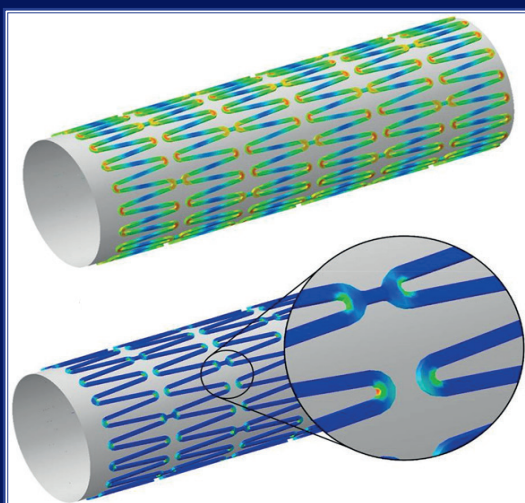
Численно-экспериментальное исследование концепта стент-графта коронарной артерии.....54

ОБЗОРЫ ЛИТЕРАТУРЫ

Изменения тактических подходов в хирургическом лечении атеросклеротических поражений безымянной артерии.....64

КЛИНИЧЕСКИЕ СЛУЧАИ

Успешное хирургическое лечение гигантской аневризмы грудной аорты через девять лет после реимплантации аортального клапана.....75



Учредитель журнала «Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия»
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
(115093, г. Москва, ул. Большая Серпуховская д. 27)

Полнотекстовые версии всех номеров размещены на веб-сайте журнала в разделе архив ([https://archive](https://archive.elibrary.ru)), в Научной электронной библиотеке: www.elibrary.ru.

Правила публикации авторских материалов размещены на веб-сайте журнала.

Воспроизведение опубликованных материалов без письменного согласия редакции не допускается.
Авторские материалы могут не отражать точку зрения редакции.

Ответственность за достоверность информации в рекламных публикациях несет рекламодатель.
Периодичность: четыре раза в год.

План-график выхода номеров в текущем году представлен на веб-сайте журнала

Founder of Peer-Reviewed Journal
«Minimally Invasive Cardiovascular Surgery»
A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery
of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation
(Russian Federation, Moscow, 27, Bolshayay Serpukhovskaya St., 115093)

Complete versions of all issues are published in the archive at the journal's official web-site
and Scientific Electronic Library (www.elibrary.ru).

Authors guidelines are published at the journal's official web-site.

Reprints of the published content without written approval of the editors is not allowed. Author's manuscripts
may not reflect the point of view of the editorial board.

The advertiser is responsible for the reliability of information provided in the advertisements.
Published: 4 issues per year.

The schedule is presented at the web-site.



Научно-практический рецензируемый журнал
«Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия»



ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Ревিশвили Амиран Шотаевич
академик РАН
(г. Москва)



**ЗАМЕСТИТЕЛЬ
ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА**
Попов Вадим Анатольевич
д.м.н., профессор
(г. Москва)



**ОТВЕТСТВЕННЫЙ
СЕКРЕТАРЬ**
Аникеева Екатерина Сергеевна
к.ф.н.
(г. Москва)

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ



Акчурин Р.С.
академик РАН
(г. Москва)



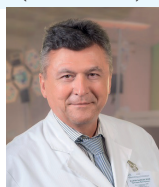
Алесян Б.Г.
академик РАН
(г. Москва)



Белов Ю.В.
академик РАН
(г. Москва)



Готье С.В.
академик РАН
(г. Москва)



Кармазановский Г.Г.
академик РАН
(г. Москва)



Островский Ю.П.
академик БАН
(г. Минск)



Хубулава Г.Г.
академик РАН
(г. Санкт-Петербург)



Абутов С.А.
член-корр. РАН
(г. Москва)



Мацкеплишвили С.Т.
член-корр. РАН
(г. Москва)



Чарчян Э. Р.
член-корр. РАН
(г. Москва)



Чернявский А.М.
член-корр. РАН
(г. Новосибирск)



Алшибаия М.М.
д.м.н., профессор
(г. Москва)



Аминов В.В.
к.м.н.
(г. Челябинск)



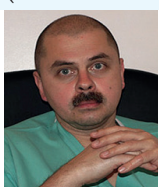
Аракелян В.С.
д.м.н., профессор
(г. Москва)



Артюхина Е.А.
д.м.н.
(г. Москва)



Базылев В.В.
д.м.н., профессор
(г. Пенза)



Барбухатти К.О.
д.м.н., профессор
(г. Краснодар)



Богачев-Прокофьев А.В.
д.м.н.
(г. Новосибирск)



Григорьев Е.В.
д.м.н., профессор РАН
(г. Кемерово)



Грицкевич А.А.
д.м.н.
(г. Москва)



Давтян К.В.
д.м.н.
(г. Москва)



Жбанов И.В.
д.м.н., профессор
(г. Москва)



Заклязьминская Е.В.
д.м.н.
(г. Москва)



Зеньков А.А.
д.м.н.
(г. Астрахань)



Имаев Т.Э.
д.м.н.
(г. Москва)



Каледа В.И.
к.м.н.
(г. Москва)



Карпенко А.А.
д.м.н., профессор
(г. Новосибирск)



Ковалев С.А.
д.м.н., профессор
(г. Воронеж)



Козлов Б.Н.
д.м.н., профессор
(г. Томск)



Комаров Р.Н.
д.м.н., профессор
(г. Москва)



Марченко А.В.
д.м.н.
(г. Пермь)



Молочков А.В.
д.м.н.
(г. Москва)



Плотников Г.П.
д.м.н.
(г. Москва)



Романов А.Б.
д.м.н., профессор
(г. Новосибирск)



Россейкин Е.В.
д.м.н., профессор
(г. Хабаровск)



Светликов А.В.
д.м.н., профессор
(г. Санкт-Петербург)



Сергуладзе С.Ю.
д.м.н.
(г. Москва)



Сирота Д.А.
к.м.н.
(г. Новосибирск)



Чупин А.В.
д.м.н., профессор
(г. Москва)



Шаталов К.В.
д.м.н., профессор
(г. Москва)



Шнейдер Ю.А.
д.м.н., профессор
(г. Калининград)

EDITOR-IN-CHIEF

Amiran Sh. Revishvili, M.D., Ph.D., Professor (Moscow)

ASSOCIATE EDITOR

Vadim A. Popov, M.D., Ph.D., Professor (Moscow)

EDITORIAL BOARD

Prof. R.S. Akchurin, M.D., Ph.D. (Moscow)
Prof. B.G. Alekayn, M.D., Ph.D. (Moscow)
Prof. Yu. V. Belov, M.D., Ph.D. (Moscow)
Prof. S.V. Gauthier, M.D., Ph.D. (Moscow)
Prof. G.G. Karmazanovsky, M.D., Ph.D. (Moscow)
Prof. G.G. Khubulava, M.D., Ph.D. (Saint Petersburg)
Prof. Yu.P. Ostrovsky, M.D., Ph.D. (Minsk)
Prof. S.A. Abugov, M.D., Ph.D. (Moscow)
Prof. E.R. Charchyan, M.D., Ph.D. (Moscow)
Prof. A.M. Chernyavsky, M.D., Ph.D. (Novosibirsk)
Prof. S.T. Matskeplishvili, M.D., Ph.D. (Moscow)
Prof. M.M. Alshibaya, M.D., Ph.D. (Moscow)
V.V. Aminov, M.D., Ph.D. (Chelyabinsk)
Prof. V.S. Arakelyan, M.D., Ph.D. (Moscow)
E.A. Artyukhina, M.D., Ph.D. (Moscow)
Prof. K.O. Barbukhatti, M.D., Ph.D. (Krasnodar)
Prof. V.V. Bazylev, M.D., Ph.D. (Penza)
A.V. Bogachev-Prokofyev, M.D., Ph.D. (Novosibirsk)
Prof. A.V. Chupin, M.D., Ph.D. (Moscow)
K.V. Davtyan, M.D., Ph.D. (Moscow)
Prof. E.V. Grigoriev, M.D., Ph.D. (Kemerovo)
A.A. Gritskevich, M.D., Ph.D. (Moscow)
T.E. Imaev, M.D., Ph.D. (Moscow)
V.I. Kaleda, M.D., Ph.D. (Moscow)
Prof. Karpenko A.A., M.D., Ph.D. (Moscow)
Prof. R.N. Komarov, M.D., Ph.D. (Moscow)
Prof. S.A. Kovalev, M.D., Ph.D. (Voronezh)
Prof. B.N. Kozlov, M.D., Ph.D. (Tomsk)
A.V. Marchenko, M.D., Ph.D. (Perm)
A.V. Molochkov, M.D., Ph.D. (Moscow)
G.P. Plotnikov, M.D., Ph.D. (Moscow)
Prof. A.B. Romanov, M.D., Ph.D. (Novosibirsk)
Prof. E.V. Rosseykin, M.D., Ph.D. (Khabarovsk)
S. Yu. Serguladze, M.D., Ph.D. (Moscow)
Professor K.V. Shatalov, M.D., Ph.D. (Moscow) Professor
Yu.A. Shneyder, M.D., Ph.D. (Kaliningrad)
D.A. Sirota, M.D., Ph.D. (Novosibirsk)
Prof. A.V. Svetlikov, M.D., Ph.D. (Saint Petersburg)
E.V. Zaklyazminskaya, M.D., Ph.D. (Moscow)
A.A. Zenkov, M.D., Ph.D. (Astrakhan)
Prof. I.V. Zhbanov, M.D., Ph.D. (Moscow)



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENT

Оригинальные исследования

Original Research

Зеньков А.А., Исаев М.Н., Чернов И.И.
Миниинвазивное многососудистое коронарное шунтирование – опыт первых шестисот операций

5 Zenkov A.A., Isaev M.N., Chernov I.I.
Minimally invasive multivessel coronary artery bypass grafting: a single center's experience of 600 cases

Козлов Б.Н., Панфилов Д.С., Петракова Е.А.
Ассоциация вариантной анатомии дуги аорты с аортальными состояниями

15 Kozlov B.N., Panfilov D.S., Petrakova E.A.
Association of variant arch anatomy with aortic diseases

Грицкевич А.А., Полотбек уулу Ж., Чевина А.А., Рагузина В.Ю., Хромова С.В., Мирошкина И.В., Кочетов А.Г., Кадырова М.В., Карельская Н.А., Степанова Ю.А., Сапелкин С.В., Ревিশвили А.Ш.
Хирургия опухолевых тромбов нижней полой вены при почечно-клеточном раке

21 Gritskevich A.A., Polotbek uulu Zh., Chevina A.A., Raguzina V.Yu., Khromova S.V., Miroshkina I.V., Kochetov A.G., Kadirova M.V., Karelskaya N.A., Stepanova Yu.A., Sapelkin S.V., Revishvili A.Sh.
Surgical Management of Inferior Vena Cava Tumor Thrombus in Patients with Renal Cell Carcinoma

Корнелюк Р.А., Гейзе А.В., Плотников Г.П., Козлова М.Н., Попов В.А., Ревিশвили А.Ш.
Оптимизация перфузии у коморбидных пациентов

33 Kornelyuk R.A., Geyze A.V., Plotnikov G.P., Kozlova M.N., Popov V.A., Revishvili A.Sh.
Optimising Organ Perfusion in Comorbid Patients

Хван Д.С., Агаева Х.А., Сирота Д.А., Жульков М.О., Фомичев А.В., Протопопов А.В., Калдар К., Косимов Ф.Ю., Чернявский А.М.
Отдаленные результаты торакоскопического выделения внутренней грудной артерии

45 Khvan D.S., Agaeva H.A., Sirota D.A., Zhulkov M.O., Fomichev A.V., Protopopov A.V., Kaldar K., Kosimov F.Yu., Chernyavskiy A.M.
Long-Term Results of Thoracoscopic Harvesting of the Internal Thoracic Artery

Экспериментальные исследования

Experimental Research

Клышников К.Ю., Овчаренко Е.А., Резвова М.А., Глушкова Т.В., Барбараш Л.С.
Численно-экспериментальное исследование концепта стент-графта коронарной артерии

54 Klyshnikov K.Yu., Ovcharenko E.A., Rezvova M.A., Glushkova T.V., Barbarash L.S.
Numerical Modelling and Experimental Testing of the Coronary Artery Stent Graft

Обзоры литературы

Literature Review

Белоярцев Д.Ф., Полянский Д.В.
Изменения тактических подходов в хирургическом лечении атеросклеротических поражений безымянной артерии

64 Beloyartsev D.F., Polyansky D.V.
Innominate Artery Disease: Evolution of Surgical Treatment

Клинические случаи

Case Reports

Аминов В.В., Кокорин А.В., Чернов С.В., Лукин О.П.
Успешное хирургическое лечение гигантской аневризмы грудной аорты через девять лет после реимплантации аортального клапана

75 Aminov V.V., Kokorin A.V., Chernov S.V., Lukin O.P.
Successful Surgical Intervention for Giant Thoracic Aorta Aneurysm Nine Years after Aortic Valve Repeated Replacement

Уважаемые коллеги!

Представляем вашему вниманию первый в 2023 г. номер журнала «Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия», в котором традиционно представлены работы, посвященные наиболее интересным и актуальным вопросам минимально инвазивного лечения болезней системы кровообращения, в том числе у коморбидных больных.

Открывает номер работа А.А. Зенькова, М.Н. Исаева и И.И. Чернова, посвященная оценке безопасности и эффективности многососудистого миниинвазивного коронарного шунтирования. На основании анализа непосредственных и отдаленных результатов лечения 611 пациентов, коллектив авторов подтвердил, что миниинвазивное коронарное шунтирование является безопасным вмешательством, ассоциированным с низкой частотой осложнений в периоперационном периоде, снижением числа конверсий с переходом к экстракорпоральному кровообращению и стернотомии, короткой длительностью стационарного лечения и временем восстановления полной физической активности.

Работа Б.Н. Козлова, Д.С. Панфилова и Е.А. Петраковой по оценке частоты ассоциации аортальных состояний у пациентов с общим отхождением брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии позволила выявить связь между аномальным отхождением супрааортальных сосудов и аневризмой грудной аорты без наличия ассоциации с расслоением аорты. В связи с распространенностью данной аномалии требуется тщательная оценка рисков прогрессирования размеров грудной аорты до аневризмы и диссекции аорты.

Следующая статья А.А. Грицкевича и соавт. посвящена применению мультидисциплинарного командного подхода в лечении коморбидных больных с онкологическими заболеваниями. На уникальном материале больных почечно-клеточным раком с опухолевыми тромбами I - IV степени продемонстрирована успешная командная работа онкологов, сосудистых и кардиохирургов. Обсуждены перспективы применения робот-ассистированного подхода в лечении данной группы больных.

В работе Р.А. Корнелюка и соавт. обсуждены вопросы применения гемофильтрации с использованием полиионного буферного раствора и диализного полиметилметакрилатового фильтра с сорбирующей способностью при длительном искусственном кровообращении у коморбидных пациентов. Получены статистически значимые данные, подтверждающие снижение риска органной дисфункции в послеоперационном периоде.

В исследовании Д.С. Хван и соавт. проведено сравнение результатов выделения внутренней грудной артерии под прямым зрением и торакоскопически. Доказано, что эндоскопическое выделение внутренней грудной артерии является безопасным подходом с хорошим долгосроч-



ным результатом. Однако его следует выполнять в экспертных центрах, имеющих опыт выполнения минимально инвазивного шунтирования.

В разделе «Экспериментальные исследования» представлены особенности разработки отечественного стент-графта коронарной артерии, выполняемой под руководством академика РАН Л.С. Барбараша. Авторский коллектив продемонстрировал успешный опыт применения численного моделирования для количественной оценки риска разрушения полимерной мембраны. Определены наиболее перспективные полимеры с приемлемыми физико-механическими характеристиками для дальнейшей разработки стент-графта.

В разделе «Обзорные статьи» Д.Ф. Белоярцевым и Д.В. Полянским обсуждены изменения тактических подходов в хирургическом лечении атеросклеротических поражений безымянной артерии (обоснованность выполнения оперативных вмешательств на асимптомной стадии поражения, выбор предпочтительного оперативного доступа, значение эндартерэктомии из брахиоцефального ствола и экстраторакальных реконструкций), включая переход на эндоваскулярную хирургию.

В разделе, посвященном клиническим случаям, В.В. Аминовым, А.В. Кокориным, С.В. Черновым и О.П. Лукиным представлено наблюдение успешного хирургического лечения гигантской аневризмы грудной аорты, возникшей у пациентки в послеродовом периоде, которой девять лет назад было выполнено протезирование корня аорты с реимплантацией аортального клапана.

Мы убеждены, что представленные в номере журнала статьи будут полезны вам в клинической работе. Приглашаем вас к дальнейшему сотрудничеству, целью которого является повышение уровня и качества оказания медицинской помощи пациентам с болезнями системы кровообращения с применением минимально-инвазивных методов лечения.

Главный редактор,
академик РАН А.Ш. Ревитшвили

МИНИИНВАЗИВНОЕ МНОГОСОСУДИСТОЕ КРОНАРНОЕ ШУНТИРОВАНИЕ – ОПЫТ ПЕРВЫХ ШЕСТИСОТ ОПЕРАЦИЙ

А.А. Зеньков^{1,2}✉, М.Н. Исаев^{1,2}, И.И. Чернов^{1,2}

¹ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Астрахань), ул. Покровская Роцца, 4, г. Астрахань, Астраханская область, Российская Федерация, 414011

²ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра сердечно-сосудистой хирургии ФПО, ул. Бакинская, 121, г. Астрахань, Астраханская область, Российская Федерация, 414000

Основные положения

На основании анализа непосредственных и среднесрочных отдаленных результатов лечения большой когорты пациентов показана безопасность и эффективность многососудистого миниинвазивного коронарного шунтирования через левостороннюю миниторакотомия на работающем сердце, а также выполнена оценка воспроизводимости технологии.

Резюме

Цель: Оценить безопасность и эффективность многососудистого миниинвазивного коронарного шунтирования (МИКШ) путем анализа непосредственных и среднесрочных отдаленных результатов лечения первых шестисот пациентов.

Материал и методы: С 2011 по 2022 годы 611 пациентам с ИБС при многососудистом поражении коронарных артерий выполнено МИКШ. Стратегия вмешательства была основана на полной реваскуляризации миокарда на работающем сердце через левостороннюю миниторакотомия. В группе было 87 (14,2%) женщин, возраст пациентов составил 58,9±8,1 лет. Ожирение выявлено у 233 (38,1%) пациентов, сахарный диабет – у 129 (21,1%) пациентов. Степень коронарного поражения по SyntaxScore составила 26,7±8,9, риск по EuroScore – 1,2±0,7.

Результаты: Средняя продолжительность операции составила 261,7±93,5 мин, число дистальных анастомозов – 2,5±0,7. У 292 (47,8%) пациентов выполнено маммаро-аортокоронарное шунтирование, коронарное шунтирование без манипуляций на аорте произведено 319 (52,2%) пациентам. Экстракорпоральное кровообращение применено у 25 (4,1%) пациентов, из них экстренная конверсия выполнена у 14 (2,3%) пациентов. Интраоперационная кровопотеря и кровопотеря за 1-е сутки после вмешательства составили 250 (200; 300) мл и 270 (150; 350) мл соответственно. У 56 (9,2%) пациентов произведены гемотрансфузии. Не наблюдалось случаев глубокой раневой инфекции. Инфаркт миокарда зафиксирован у 8 (1,3%), периоперационный инсульт – у 2 (0,33%). 30-дневная летальность составила 0,49% (3 пациента). Длительность нахождения в стационаре после операции составила 7(7;10) койко-дней, время восстановления полной физической активности – 14(9;24) дней. При медиане длительности наблюдения 5,1 (3,2; 7,1) лет кумулятивная выживаемость к восьми годам составила 91,4%, показатель отсутствия неблагоприятных сердечных и мозговых событий – 87,6%.

Заключение: МИКШ - безопасное вмешательство, так как ассоциируется с низкой частотой осложнений в периоперационный период, конверсий к экстракорпоральному кровообращению и стернотомии, короткими длительностью стационарного лечения и временем восстановления полной физической активности. У пациентов с ИБС при многососудистом поражении МИКШ может быть применено с сохранением эффективности коронарных вмешательств в отдаленном периоде наблюдения. МИКШ - воспроизводимая операция, однако более требовательна к хирургическим навыкам, а также требует отбора пациентов, особенно на этапе внедрения технологии.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца • миниинвазивное коронарное шунтирование • миниинвазивная реваскуляризация миокарда

Поступила в редакцию: 07.12.2022; поступила после доработки: 16.01.2023; принята к печати: 23.01.2023

Для корреспонденции: Зеньков Александр Александрович, д.м.н., заведующий кардиохирургическим отделением №1 ФГБУ «ФЦССХ» г. Астрахань, заведующий кафедрой сердечно-сосудистой хирургии ФПО ФГБОУ высшего образования «Астраханский государственный медицинский университет», e-mail: Zenkov_AI@rambler.ru; адрес: ул. Покровская Роцца, 4, г. Астрахань, Астраханская область, Российская Федерация, 414011

MINIMALLY INVASIVE MULTIVESSEL CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING: A SINGLE CENTER'S EXPERIENCE OF 600 CASES

A.A. Zenkov^{1,2}✉, M.N. Isaev^{1,2}, I.I. Chernov^{1,2}

¹Federal State Budgetary Institution "Federal Center for Cardiovascular Surgery" of the Ministry of Health of the Russian Federation (Astrakhan) 4 Pokrovskaya Roscha St, Astrakhan, Astrakhan region, Russian Federation, 414011

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Astrakhan State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Department of Cardiovascular Surgery FPO, 121 Bakinskaya St., Astrakhan, Astrakhan region, Russian Federation, 414000

Central Message

The safety and efficacy of minimally invasive multivessel coronary artery bypass grafting through a left minithoracotomy on the beating heart have been proven on a large cohort of patients in the immediate and mid-term period. The reproducibility of the surgical strategy has been confirmed.

Abstract

Aim: To assess the safety and efficacy of multivessel minimally invasive coronary artery bypass grafting (MICS CABG) in the immediate and mid-term period.

Methods: A total of 611 patients with multivessel coronary artery disease who underwent MICS CABG in the period from 2011 to 2022 were recruited in a cohort study. All patients underwent complete myocardial revascularization via left mini-thoracotomy on the beating heart. The age of the patients was 58.9±8.1 years. 87 (14.2%) patients were women. Diabetes mellitus was detected in 129 (21.1%) patients, obesity – in 233 (38.1%). The EuroScore was 1.2±0.7 and the SyntaxScore was 26.7±8.9.

Results: The mean operation time was 261.7±93.5 minutes, the number of distal anastomoses was 2.5±0.7. 292 (47.8%) patients underwent mammary coronary artery bypass grafting, whereas 319 (52.2%) patients underwent coronary artery bypass surgery without touching the aorta. Cardiopulmonary bypass was initiated in 25 (4.1%) patients, of them 14 patients (2.3%) patients underwent emergency conversion. The median intraoperative blood loss was 250 (200; 300) mL, and the 24-hour blood loss after the intervention – 270 (150; 350) mL. Transfusion of blood and its components was performed in 56 (9.2%) patients. There were no cases of deep wound infection. Perioperative stroke was recorded in 2 (0.33%) patients, myocardial infarction – in 8 (1.3%) patients. The 30-day mortality was 0.49% (n=3). The postoperative in-hospital stay was 7 (7; 10) days, the median time up to return to full physical activity – 14 (9; 24) days. With the follow-up of 5.1 (3.2; 7.1) years, the 8-year cumulative survival rate was 91.4% and the freedom from major adverse cardiac and cerebrovascular events was 87.6%.

Conclusion: MICS CABG is a safe operation, associated with a low incidence of perioperative complications. MICS CABG can be applied to multi-vessel CAD patients saving the effectiveness during mid-term follow-up, comparable to traditional CABG. MICS CABG is a reproducible operation, but more demanding on surgical skills and requiring patient selection, especially at the beginning of the learning curve.

Keywords: coronary artery disease • minimally invasive coronary artery bypass grafting • minimally invasive myocardial revascularization

Received: 07.12.2022; review round 1: 16.01.2023; accepted: 23.01.2023

Список сокращений

АКШ – аортокоронарное шунтирование	миокарда
МАКШ – маммаро-аортокоронарное шунтирование	ОНСМС – основные неблагоприятные сердечные и мозговые события
МИКШ – миниинвазивное коронарное шунтирование	ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство
МИРМ – миниинвазивная реваскуляризация	ЭКК – экстракорпоральное кровообращение

Corresponding author: Zenkov Aleksandr, M.D., Ph.D., Head of Cardiac Surgery Department №1, Federal Center for Cardiovascular Surgery of the Ministry of Health of the Russian Federation (Astrakhan), Head of the Department of Cardiovascular Surgery FPO, Astrakhan State Medical University, e-mail: Zenkov_Al@rambler.ru; address: 4 Pokrovskaya Roscha St, Astrakhan, Astrakhan region, Russian Federation, 414011

Введение

Степень инвазивности аортокоронарного шунтирования (АКШ) остается на высоком уровне и за последние несколько десятков лет не уменьшилась [1]. При стандартном АКШ имеется вероятность развития таких осложнений, как острое нарушение мозгового кровообращения, значимая периперационная кровопотеря, фибрилляция предсердий [2], стерномедиастинит, диастаз грудины, посткардиотомный синдром. При стернотомическом доступе нередко встречаются сниженный уровень качества жизни и сомнительный косметический эффект, а также имеются ограничения в реабилитации пациентов [3]. С учетом длительности нахождения в реанимационном отделении и стационаре, частоты и структуры осложнений в периперационном периоде, периода реабилитации и времени возврата к труду, лечение с использованием традиционного АКШ имеет достаточно высокую стоимость [4, 5]. Удовлетворенность лечением и уровень качества жизни после выписки из стационара значительно выше у пациентов после чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ), чем после традиционного коронарного шунтирования [6, 7].

На современном этапе миниинвазивное коронарное шунтирование (МИКШ) определяют как операцию по шунтированию пораженных коронарных артерий с искусственным кровообращением или без него, не требующую срединной стернотомии [8, 9]. Миниинвазивная реваскуляризация миокарда (МИРМ) основной целью имеет снижение частоты прогнозируемых осложнений и укорочение сроков восстановления и реабилитации больного при условии сохранения длительности лечебного эффекта и эффективности коронарных операций. Для определения места и перспектив МИКШ в современной коронарной хирургии мы привели в данной статье опыт первых шестисот операций МИРМ у пациентов с многососудистым поражением коронарных артерий.

Цель

Оценить безопасность и эффективность многососудистого миниинвазивного коронарного шунтирования через левостороннюю миниторакотомию на работающем сердце путем анализа непосредственных и среднесрочных отдаленных результатов лечения первых шестисот пациентов.

Материал и методы

С 2011 по 2022 гг. 611 пациентам с ИБС при многососудистом поражении коронарных артерий выполнено МИКШ. Исследование одобрено локальным этическим комитетом и выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice)

и принципами Хельсинкской Декларации. У всех пациентов было получено письменное информированное согласие. Показаниями к миниинвазивному коронарному шунтированию явились: стабильная стенокардия напряжения II-IV функционального класса по Канадской классификации; многососудистое поражение коронарных артерий, то есть наличие окклюзии или гемодинамически значимого стеноза коронарной артерии со степенью сужения $\geq 70\%$ и диаметром $\geq 1,5$ мм из двух или трех бассейнов правой коронарной артерии, передней межжелудочковой ветви левой коронарной артерии, огибающей ветви левой коронарной артерии или гемодинамически значимого стеноза ствола левой коронарной артерии; безболевого ишемия миокарда. Показаниями к МИКШ по анатомии коронарных артерий служили: трехсосудистое поражение; стеноз ствола левой коронарной артерии; комплексные проксимальные поражения бассейна левой коронарной артерии; комплексные поражения коронарных артерий задней и боковой поверхности левого желудочка. Показаниями к МИКШ по сопутствующей патологии были сахарный диабет, ожирение, заболевания с нарушениями опорно-двигательного аппарата и длительным использованием кортикостероидов, хроническая обструктивная болезнь легких, а также приверженность пациента к МИРМ и возрастные пациенты. Необходимость в экстренной реваскуляризации при остром инфаркте миокарда или остром коронарном синдроме выступили противопоказаниями к миниинвазивному коронарному шунтированию. Фракция выброса левого желудочка менее 30%, АКШ в анамнезе и билатеральная окклюзия подвздошных артерий явились потенциальными противопоказаниями к МИКШ.

Выполнение полной МИРМ на работающем сердце через левостороннюю миниторакотомию определило стратегию миниинвазивного коронарного шунтирования. Производились аорто-маммарокоронарное шунтирование (МАКШ) или артериальная реваскуляризация миокарда без затрагивания аорты. Миниторакотомный доступ осуществлялся в V-VI межреберье при помощи миниинвазивного ретрактора. Дистальные анастомозы формировались при помощи стандартных и миниинвазивных систем стабилизации и позиционирования. Для артериального шунтирования использовались различные кондуиты в виде композитно-секвенциальной реконструкции или как in-situ графты. (внутренние грудные артерии, правая желудочно-сальниковая артерия, лучевая артерия). Технология полной артериальной миниинвазивной реваскуляризации миокарда без манипуляций на аорте доложена предварительно [10]. При маммаро-аортокоронарном шунтировании, как правило, выполняли шунтирование артерий передней и боковой стенок левого желудочка одной или дву-

мя внутренними грудными артериями и АКШ остальных коронарных артерий. Для достижения требуемого уровня реваскуляризации были допустимы параллельное искусственное кровообращение без кардиopleгии с периферическим подключением через бедренные сосуды и гибридные процедуры. Как правило, гибридная операция заключалась в комбинации ЧКВ в бассейне правой коронарной артерии и полной артериальной реваскуляризации системы левой коронарной артерии.

Статистический анализ

Данные представлены как среднее значение $\pm$ стандартное отклонение ($M \pm \sigma$), числовые значения (проценты) - n (%), медиана и интерквартильный размах - Me (LQ; UQ). При помощи теста Шапиро-Вилка проводился анализ распределения значений показателей на соответствие закону нормального распределения. В среднесрочном отдаленном периоде наблюдения свобода от основных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий оценивалась с помощью процедуры Каплана-Мейера. Основными конечными точками исследования при изучении непосредственных результатов лечения явились нефатальный острый инфаркт миокарда, нефатальный инсульт до выписки из стационара или в течение 30 дней после выполнения коронарного шунтирования, а также смерть от любой причины. Вторичные конечные точки исследования включали раневые осложнения, впервые возникшую почечную недостаточность, операционную кровопотерю и в первые сутки после вмешательства, частоту гемотрансфузий. Основные неблагоприятные сердечные и мозговые события явились конечными точками исследования при изучении среднесрочных отдаленных результатов.

Инсульт определен как быстрое развитие стойкой очаговой неврологической симптоматики, случившееся интраоперационно или в послеоперационном периоде. Генерализованный атеросклероз определен как наличие у пациента с ИБС атеросклероза артерий нижних конечностей или атеросклероза артерий, питающих головной мозг с гемодинамически значимым поражением (стеноз $>50\%$). Ожирение определено как наличие индекса массы тела ≥ 30 . Впервые возникшая почечная недостаточность определена как необходимость во временном или постоянном использовании любого вида гемодиализа после операции. Поверхностная раневая инфекция определена как санация гнойно-воспалительного процесса мягких тканей. Глубокая раневая инфекция определена как санация гнойно-воспалительного процесса грудины, ребер, средостения или плевральной полости. Стернотомия определен как инфекционное осложнение, возникшее после рассечения гру-

дины, с вовлечением в инфекционный процесс костной ткани грудины, тканей средостения, с вовлечением/без в процесс поверхностных мягких тканей, с наличием / без стабильности грудины. Послеоперационная пневмония определена как наличие воспалительной инфильтрации легочной ткани при рентгенологическом исследовании в послеоперационном периоде, связанной с инфекционным воспалением и/или гипостатическими явлениями в легких. Плевральная эффузия определена как скопление жидкости между слоями плевры в послеоперационном периоде, которое потребовало хотя бы одной пункции плевральной полости для ее удаления. Основные неблагоприятные сердечные и мозговые события (ОНСМС) определены как смерть от сердечно-сосудистой причины, нефатальный острый инфаркт миокарда, нефатальный инсульт или повторная реваскуляризация миокарда. Гемотрансфузия определена как переливание любых компонентов крови во время и после операции до выписки из стационара. Время достижения полной физической активности определено как способность пациента совершать прогулки по 30 мин и более ежедневно и свободно работать верхней половиной туловища в повседневной жизни без ограничений. Экстренная конверсия определена как переход к ЭКК при операции на работающем сердце при стойких гемодинамических нарушениях, резистентных к медикаментозной и электроимпульсной терапии.

В табл. 1 представлена характеристика пациентов до вмешательства по основным клиническим параметрам.

Результаты

В табл. 2. представлена характеристика периода операции и раннего послеоперационного периода

319 (52,2%) пациентам произведено коронарное шунтирование без затрагивания аорты, в том числе полная артериальная реваскуляризация миокарда – 285 (46,6%) пациентам, гибридная реваскуляризация миокарда – 29 (4,8%) пациентам. Маммаро-аортокоронарное шунтирование выполнено у 292 (47,8%) пациентов, при этом, как правило, использовались аутовенозные графты от восходящей аорты в сочетании с одной или обеими внутренними грудными артериями *in situ*. Среднее число дистальных анастомозов составило $2,5 \pm 0,7$, продолжительность операции – $261,7 \pm 93,5$ мин. У 136 (22,3%) пациентов применили правую внутреннюю грудную артерию, у 605 (99,0%) – левую внутреннюю грудную артерию, аутовену – у 296 (48,5%), лучевую артерию – у 175 (28,6%), лапароскопически выделенную правую желудочно-сальниковую артерию – у 4 (0,66%) пациентов.

У 25 (4,1%) пациентов применено искусственное кровообращение, из них у 14 (2,3%)

Таблица 1. Характеристика пациентов до операции по основным клиническим параметрам
Table 1. Baseline clinical and demographic data of the study population

Параметр / parameters	Значение / Value (n=611)
Женский пол / Females	87 (14,2)
Возраст, лет / Age, years	58,9±8,1
Ожирение / Obesity	233 (38,1)
Индекс массы тела / Body mass index	29,3±4,2
Конечный диастолический объем левого желудочка, мл / LV EDV, mL	127,7±35,3
Фракция выброса левого желудочка / LVEF, %	53,4±7,2
Генерализованный атеросклероз / Atherosclerosis	148 (24,2)
Стеноз ствола левой коронарной артерии / LMCA stenosis	120 (19,6)
Сахарный диабет / Diabetes mellitus	129 (21,1)
Креатинин крови, мг % / Serum creatinine, mg %	0,97±0,19
Гемоглобин крови, г/л / Hemoglobin, g/L	139,2±11,8
SYNTAX score	26,7±8,9
EuroSCORE II	1,2±0,7

Примечания: Данные представлены в виде M±σ, n (%), Me (LQ; UQ).

Note: LV EDV – left ventricular end-diastolic volume; LVEF – left ventricular ejection fraction; LMCA – left main coronary artery. Data are presented as M±σ, n (%), Me (LQ; UQ).

пациентов выполнена экстренная конверсия. У 5 (0,82%) пациентов осуществлен переход на стернотомию. Тяжелые желудочковые аритмии с коллапсом гемодинамики, не поддающиеся комплексной коррекции, явились основной причиной экстренных конверсий к стернотомии и ЭКК.

Интраоперационная кровопотеря составила 250 (200; 300) мл, кровопотеря за 1-е 24 часа после вмешательства – 270 (150; 350) мл. У 56 (9,2%) пациентов произведено переливание крови и ее компонентов.

В послеоперационном периоде длительность искусственной вентиляции легких составила 5,0 (3,0; 8,0) часов, времени нахождения в реанимационном отделении – 20,0 (17,0; 28,0) часов. У 6 (1,0%) пациентов возникла необходимость продленной искусственной вентиляции легких более 24 часов. Основными факторами этого явились респираторный дистресс-синдром и делирий.

В структуре послеоперационных осложнений превалировали плевральная эффузия – 8,5% (52 пациента), послеоперационная пневмония – 7,0% (43 пациента) и мерцательная аритмия – 6,1% (37 пациентов). 3 пациента (0,49%) оперированы повторно по поводу послеоперационного кровотечения. У 14 (2,3%) пациентов развилась поверхностная раневая инфекция грудной клетки. В то же время случаев инфекции со стороны грудины, средостения, плевральной полости и ребер при МИКШ не наблюдалось. У 2 (0,33%) пациентов зафиксирован периоперационный инсульт, у 8 (1,3%) – инфаркт миокарда, 30-дневная летальность составила 0,49% (3 пациента).

Длительность нахождения в стационаре по-

сле вмешательства составила 7 (7; 10) койко-дней. У 234 пациентов изучена медиана времени возврата к полной физической активности, которая составила 14 (9; 24) дней.

Период наблюдения составил 5,1 (3,2; 7,1) лет. В отдаленные сроки после МИКШ 7 пациентов умерли от сердечно-сосудистых причин, 4 пациента – от несердечно-сосудистых причин. Выживаемость в отдаленном периоде наблюдения с учетом сердечно-сосудистых и несердечно-сосудистых причин отражена на рис. 1.

Рассчитанная по методу Каплана-Мейера, кумулятивная выживаемость после МИКШ без учета госпитальной летальности составила через 2 года – 99,7%, 4 года – 99,1%, 6 лет – 97%, 8 лет – 91,4%.

В отдаленные сроки наблюдения у 4 пациентов зафиксировано нефатальное острое нару-

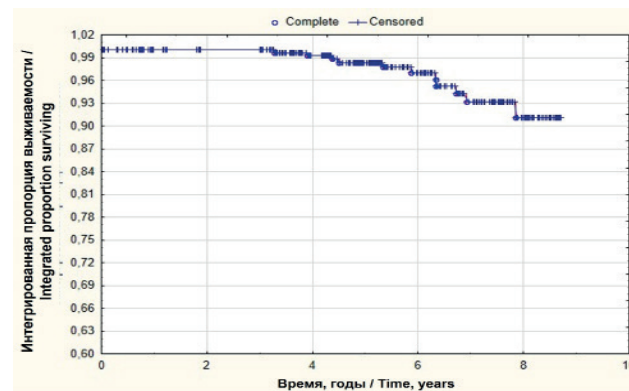


Рисунок 1. Кумулятивная общая выживаемость в отдаленном периоде наблюдения с учетом сердечно- и несердечно-сосудистых причин

Figure 1. Cumulative survival in the long-term period adjusted to cardiac and non-cardiac adverse events

MICS CABG: experience of 600 cases

Таблица 2. Характеристика периода операции и раннего послеоперационного периода
Table 2. Intraoperative and early postoperative characteristics

Параметр / Parameter	Значение / Value (n=611)
Маммаро-аортокоронарное шунтирование / Mammary coronary artery bypass grafting	292 (47,8)
Коронарное шунтирование без манипуляций на аорте / Aortic "no-touch" CABG	319 (52,2)
в т. ч. / including	
Полная артериальная реваскуляризация миокарда / Total arterial myocardial revascularization	285 (46,6)
Гибридная реваскуляризация миокарда / Hybrid myocardial revascularization	29 (4,8)
Количество дистальных анастомозов / Number of distal anastomosis	2,5±0,7
Продолжительность операции, мин / Operation time, min	261,7±93,5
Переход на стернотомию / Conversion	5 (0,8)
Переход к ЭКК / CPB	25 (4,1)
в т. ч. / including	
экстренная конверсия к ЭКК / Emergency conversion to CPB	14 (2,3)
Длительность послеоперационной ИВЛ, час / Postoperative ventilation time, hour	5,0 (3,0; 8,0)
Послеоперационная ИВЛ >24 часов / Postoperative ventilation >24 hours	6 (1,0)
Длительность пребывания в ОРИТ, час / Length of the ICU stay, hour	20,0 (17,0; 28,0)
Трансфузия крови и ее компонентов / Transfusion of blood and its components	56 (9,2)
Интраоперационная кровопотеря, мл / Intraoperative blood loss, mL	250 (200; 300)
Кровопотеря в первые сутки после операции, мл / 24-hour blood loss, mL	270 (150; 350)
Поверхностная раневая инфекция грудной клетки / Superficial wound infection	14 (2,3)
Глубокая раневая инфекция грудной клетки / Deep wound infection	0 (0,0)
Впервые возникшая мерцательная аритмия / New-onset AF	37 (6,1)
Послеоперационное кровотечение с повторной операцией / Postoperative bleeding with revision	3 (0,49)
Послеоперационная пневмония / Postoperative pneumonia	43 (7,0)
Плевральная эффузия / Pleural effusion	52 (8,5)
Делирий / Delirium	12 (2,0)
Инсульт / Stroke	2 (0,33)
Впервые возникшая почечная недостаточность / New onset kidney failure	0 (0,0)
Инфаркт миокарда / Myocardial infarction	8 (1,3)
30-дневная летальность / 30-day mortality	3 (0,49)
Длительность послеоперационного пребывания в стационаре, дней / Length of in-hospital stay, days	7 (7; 10)

Примечания: ИВЛ – искусственная вентиляция легких; ЭКК – экстракорпоральное кровообращение; ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии. Данные представлены как n (%), M±σ, Me (LQ; UQ).

Note: CABG – coronary artery bypass grafting; CPB – cardiopulmonary bypass; ICU – intensive care unit; AF – atrial fibrillation. Data are presented as M±σ, n (%), Me (LQ; UQ).

шение мозгового кровообращения, у 3 пациентов – нефатальный инфаркт миокарда с ЧКВ и 4 пациента перенесли повторную реваскуляризацию миокарда из-за рецидива стенокардии. Из них 2 пациентам выполнена повторная хирургическая реваскуляризация миокарда из мини-

лапаротомии – задней межжелудочковой ветви с помощью правой желудочно-сальниковой артерии и 2 пациентам – ЧКВ. Данные по показателю отсутствия основных неблагоприятных сердечных и мозговых событий в отдаленном периоде наблюдения представлены на рис. 2.

В отдаленном периоде после минимально инвазивного коронарного шунтирования кумулятивный показатель отсутствия ОНСМС составил через 2 года – 99,7%, 4 года – 97,5%, 6 лет – 95%, 8 лет – 87,6%.

Обсуждение

По данным нашего исследования, госпитальные результаты минимально инвазивного коронарного шунтирования не просто не уступают, а по ряду показателей отличаются даже в лучшую сторону от таковых при традиционном аортокоронарном шунтировании на работающем сердце или с искусственным кровообращением. Это согласуется с выводами недавно опубликованных исследований в отношении непосредственных результатов МИКШ [11-13]. По всей видимости, стернотомия и искусственное кровообращение являются важными факторами, влияющими на развитие глубокой раневой инфекции, периоперационную кровопотерю, а также частоту и объем гемотрансфузий. Длительное ограничение физических нагрузок на верхнюю половину туловища после стернотомии при традиционном АКШ приводит к более длительному времени восстановления полной физической активности.

Об отдаленных результатах многососудистого минимально инвазивного аортокоронарного шунтирования в настоящее время имеются единичные сообщения. McGinn J.T. и соавт. оценили выживаемость и свободу от основных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий в исследовании со средней продолжительностью наблюдения $2,9 \pm 2,0$ лет. Авторы установили, что минимально инвазивное аортокоронарное шунтирование – воспроизводимое и безопасное вмешательство, при этом выживаемость в отдаленном периоде наблюдения составила $96,1 \pm 0,9\%$, а частота повторной реваскуляризации миокарда в виде ЧКВ – 5,1% [14]. Barsoum E.A. и соавт. сообщил, что в группе пациентов в возрасте 75 лет и старше общая смертность в 5-летний период на-

блюдения после минимально инвазивного аортокоронарного шунтирования была достоверно ниже по сравнению с группой пациентов после аортокоронарного шунтирования из стернотомии (19,7% и 47,7% соответственно) [15].

Проведенное нами исследование позволило сделать основное заключение, что многососудистое минимально инвазивное коронарное шунтирование можно безопасно использовать у пациентов с ИБС, которым показана реваскуляризация миокарда в плановом порядке, с сохранением в среднесрочном отдаленном периоде наблюдения клинической эффективности коронарных вмешательств. Это подтверждается низким уровнем частоты развития нефатального инфаркта миокарда, инсульта, смертности и повторной реваскуляризации миокарда в отдаленные сроки наблюдения после выполнения минимально инвазивного коронарного шунтирования.

Применение минимально инвазивных операций может значительно увеличить удовлетворенность пациента качеством лечения за счет снижения частоты периоперационных осложнений и уменьшения длительности нахождения в стационаре. При этом потенциальная возможность ускорения возврата к полной физической активности и трудовой деятельности имеют немаловажное значение. Ряд пациентов придает значение косметическому эффекту. Однако психологический фактор следует поставить на одно из ведущих мест, благодаря которому в случае необходимости «открытой операции» пациенты практически также охотно соглашались на МИКШ, как и на ЧКВ, в отличие от традиционного АКШ.

На основании опыта лечения 210 пациентов Une D. и соавт. доложили, что внедрение минимально инвазивного коронарного шунтирования может быть проведено с низким уровнем периоперационного риска. При этом конверсия к стернотомии выполнена у 4,8% пациентов, а искусственное кровообращение использовалось в 24,3% случаев [16]. Безопасная инициализация технологии минимально инвазивной реваскуляризации миокарда согласуется с результатами нашего исследования с включением начального опыта, при этом переход к стернотомии и ЭКК осуществлялся еще реже – в 4,1% и 0,82% случаев соответственно.

Также надо учитывать, что некоторые технологии вследствие своей трудоемкости будут оставаться уделом высокоспециализированных центров, например робот-ассистированное или тотально эндоскопическое АКШ [17]. Что касается минимально инвазивного коронарного шунтирования, то рассматриваемая операция выполняется под прямым контролем зрения, и, как правило, стандартными коронарными инструментами, не требуя дорогостоящего оборудования. При этом могут быть использованы коронарное шунтирование с проксимальными

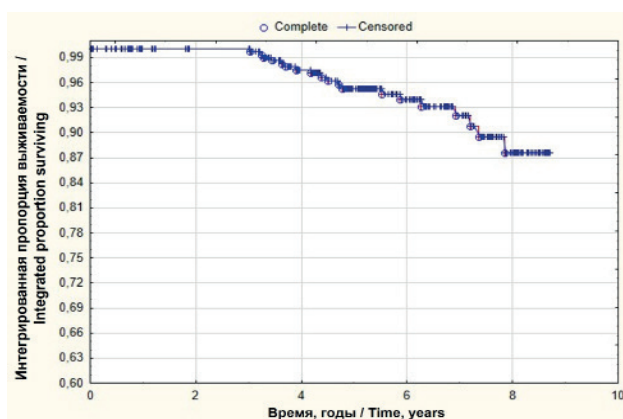


Рисунок 2. Свобода от основных неблагоприятных сердечных и мозговых событий в отдаленном периоде наблюдения

Figure 2. Freedom from major adverse cardiac and cerebrovascular events

анастомозами на восходящей аорте, бимаммарное шунтирование, техника без манипуляций на аорте, при необходимости – гибридный подход в сочетании с ЧКВ и вспомогательное кровообращение, то есть вмешательство является универсальным.

В настоящее время в Российской Федерации выполнено около 1.300 многососудистых МИКШ, и количество данных вмешательств планомерно продолжает расти. Также увеличивается число специалистов, работающих в этом направлении, что говорит о воспроизводимости технологии (рис. 3).

В то же время на современном этапе большинство операций аортокоронарного шунтирования выполняются через тотальную срединную стернотомию, с искусственным кровообращением, кардиоплегией и с применением аутовенозных шунтов. Многососудистое МИКШ применяется в ограниченном количестве учреждений, и в первую очередь это связано с мнением многих хирургов, что данные вмешательства требуют длительного периода обучения и сопряжены с высокой технической сложностью. Учитывая данный факт, нами проведен опрос основных специалистов в Российской Федерации в области МИРМ, имеющих опыт выполнения 50 и более процедур МИКШ (табл. 3).

По мнению опрошенных специалистов, данный вид вмешательства подходит не для всех коронарных хирургов, необходимы более

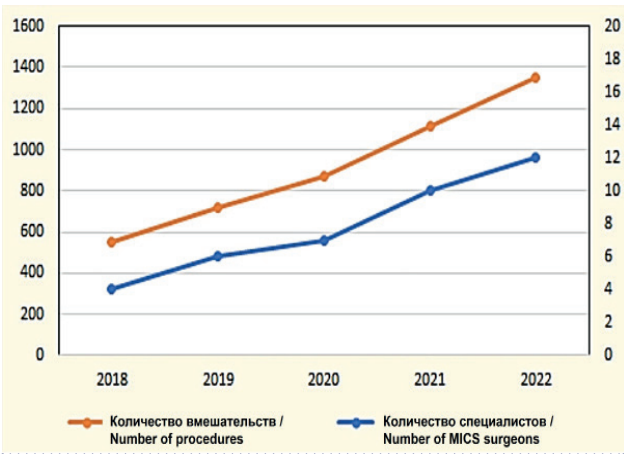


Рисунок 3. Воспроизводимость технологии МИКШ
Figure 3. Reproducibility of MICS procedures

серьезные требования к техническим навыкам. Несмотря на видимые преимущества МИКШ у пациентов с сахарным диабетом, хронической обструктивной болезнью легких, ожирением, ортопедическими проблемами, а также при активном образе жизни, освоение новых методик остается на низком уровне вследствие нежелания перемен, отсутствия готовности прохождения кривой обучения, свойственной для новой технологии, привычки хирургов выполнять традиционные вмешательства. Указывается на возможное увеличение временных затрат, потенциальные сложности, связанные с изменением

Таблица 3. Позиция специалистов в области МИКШ по воспроизводимости технологии
Table 3. Results of the survey among minimally invasive cardiac surgeons

Показатель / Parameter	Опыт выполнения операций МИКШ / Experience in MICS CABG				
	<50	<100	<200	<300	>300
Необходим отбор пациентов на МИКШ / Patient selection for MICS CABG is required	+	+	+	+/-	+/-
МИКШ для любого коронарного хирурга / MICS CABG can be performed by any cardiac surgeon	-	-	-	-	-
Более серьезные требования к техническим навыкам хирурга / Specific manual skills are required	+	+	+	+	+
Увеличение временных затрат на МИКШ, изменение планирования и режима работы / Extra time input for MICS CABG, changes in planning and operating hours	+	+	+	+/-	+/-
Логистические проблемы, связанные с приобретением нового оборудования и инструментов / Logistic-related difficulties	+	+	+	+	+
Целесообразность МИКШ / Rationale for MICS	+	+	+	+	+
Отсутствие готовности прохождения периода обучения, нежелание перемен и привычка хирургов выполнять вмешательства традиционными способами / Unwillingness to undergo training, to introduce novel methods, and a habit to perform conventional surgeries	+	+	+	+	+

Примечания: МИКШ – минимально инвазивное коронарное шунтирование
Note: MICS – Minimally invasive cardiac surgery

планирования и режима работы, освоением новых методов и устройств, а также на логистические вопросы по приобретению нового оборудования и инструментов. В сохранении имеющихся протоколов эти факторы играют основную роль, особенно когда четко не доказаны предполагаемые преимущества новых методов. В заключение отметим, что важным ограничивающим фактором в настоящее время является необходимость отбора пациентов. В то же время методика миниинвазивного коронарного шунтирования все еще находится в ранней фазе своего развития, и по мере накопления хирургического опыта и ее распространения, критерии отбора могут расширяться.

Заключение

МИКШ - безопасное вмешательство, так как ассоциируется с низкой частотой осложнений в периоперационный период, конверсий к экстракорпоральному кровообращению и стернотомии, короткими длительностью стационарного лечения и временем восстановления полной физической активности.

У пациентов с ИБС при многососудистом

Информация об авторах

Зеньков Александр Александрович, д.м.н., заведующий кардиохирургическим отделением №1 ФГБУ «ФЦССХ», г. Астрахань, Астраханская область, Российская Федерация; заведующий кафедрой сердечно-сосудистой хирургии ФПО ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет», г. Астрахань, Астраханская область, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-7119-2340>

Исаев Максим Николаевич, врач-сердечно-сосудистый хирург, ФГБУ «ФЦССХ», г. Астрахань, Астраханская область, Российская Федерация; сотрудник кафедры сердечно-сосудистой хирургии ФПО ФГБОУ высшего образования «Астраханский государственный медицинский университет», г. Астрахань, Астраханская область, Российская Федерация <https://orcid.org/0000-0002-9466-6051>

Чернов Игорь Ионович, к.м.н., и.о. главного врача - заместитель главного врача по хирургической помощи ФГБУ «ФЦССХ», г. Астрахань, Астраханская область, Российская Федерация; сотрудник кафедры сердечно-сосудистой хирургии ФПО ФГБОУ высшего образования «Астраханский государственный медицинский университет», г. Астрахань, Астраханская область, Российская Федерация <https://orcid.org/0000-0002-9924-5125>

Вклад авторов в статью

Концепция и дизайн исследования: ЗАА, ИМН, ЧИИ; интерпретация данных: ЗАА, ИМН, ЧИИ; написание статьи: ЗАА, ИМН, ЧИИ; утверждение окончательной версии для публикации ЗАА, ИМН, ЧИИ; полная ответственность за содержание: ЗАА, ИМН, ЧИИ.

поражении МИКШ может быть применено с сохранением эффективности коронарных вмешательств в отдаленном периоде наблюдения, сравнимой с традиционным аорто-коронарным шунтированием.

МИКШ - воспроизводимая операция, однако более трудо- и время- затратна, требовательна к хирургическим навыкам, а также требует отбора пациентов, особенно на этапе внедрения технологии.

Финансирование

ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Астрахань).

Конфликт интересов

А.А. Зеньков является членом редакционной коллегии журнала «Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия». М.Н. Исаев заявляет об отсутствии конфликта интересов. И.И. Чернов заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Author Information Form

Zenkov Aleksandr A., M.D., Ph.D., Head of Cardiac Surgery Department №1, Federal Center for Cardiovascular Surgery, Astrakhan, Astrakhan region, Russian Federation; Head of the Department of Cardiovascular Surgery FPO, Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Astrakhan region, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-7119-2340>

Isaev Maxim N., M.D., a cardiovascular surgeon at the Cardiac Surgery Department №1, Federal Center for Cardiovascular Surgery, Astrakhan, Astrakhan region, Russian Federation; specialist at the Department of Cardiovascular Surgery FPO, Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Astrakhan region, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-9466-6051>

Chernov Igor I., M.D., Ph.D., Medical Director ag., Deputy Medical Director for Surgical Treatment, Federal Center for Cardiovascular Surgery, Astrakhan, Astrakhan region, Russian Federation; specialist at the Department of Cardiovascular Surgery FPO, Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Astrakhan region, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-9924-5125>

Author Contribution Form

Contribution to the concept and design of the study: ZAA, IMN, ChII; data interpretation: ZAA, IMN, ChII; manuscript writing: ZAA, IMN, ChII; approval of the final version: ZAA, IMN, ChII; fully responsible for the content: ZAA, IMN, ChII.

Список литературы / References

1. Lapiere H, Chan V, Sohmer B, Mesana TG, Ruel M. Minimally invasive coronary artery bypass grafting via a small thoracotomy versus off-pump: a case-matched study. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2011;40:804-810. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2011.01.066>
2. Revishvili A.S., Popov V.A., Korostelev A.N., Plotnikov G.P., Malyschenko E.S., Anishchenko M.M. Predictors of new onset of atrial fibrillation after coronary artery bypass grafting surgery. *Journal of Arrhythmology*. 2018;(94):11-16. (In Russ.) <https://doi.org/10.25760/VA-2018-94-11-16>.
3. Ruel M, Une D, Bonatti J, McGinn JT Jr. Minimally invasive coronary artery bypass grafting: is it time for the robot?. *Curr Opin Cardiol*. 2013;28(6):639-645. <https://doi.org/10.1097/HCO.0b013e3283653fd1>
4. Poston RS, Tran R, Collins M, Reynolds M, Connerney I, Reicher B, Zimrin D, Griffith BP, Barlett ST. Comparison of economic and patient outcomes with minimally invasive versus traditional off-pump coronary artery bypass grafting techniques // *Ann Surg*. 2008; 248:638-646. <https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e31818a15b5>
5. Puskas JD, Williams WH, Mahoney EM, Huber PR, Block PC, Duke PG, Staples JR, Glas KE, Marshall JJ, Leimbach ME, McCall SA, Petersen RJ, Bailey DE, Weintraub WS, Guyton RA. Off-pump vs conventional coronary artery bypass grafting: early and 1-year graft patency, cost, and quality-of-life outcomes: a randomized trial. *JAMA*. 2004; 291(15):1841-1849. <https://doi.org/10.1001/jama.291.15.1841>
6. Cohen DJ, Van Hout B, Serruys PW, Mohr FW, Macaya C, den Heijer P, Vrakking MM, Wang K, Mahoney EM, Audi S, Leadley K, Dawkins KD, Kappetein AP. Quality of life after PCI with drug-eluting stents or coronary-artery bypass surgery. *N Engl J Med*;364(11):1016-1026. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1001508>
7. Serruys PW, Morice MC, Kappetein AP, Colombo A, Holmes DR, Mack MJ, Stahle E, Feldman TE, van den Brand M, Bass EJ, Dyck NV, Leadley K, Dawkins KD, Mohr FW. Percutaneous coronary intervention versus coronary-artery bypass grafting for severe coronary artery disease. *N Engl J Med*. 2009;360(10):961-972. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0804626>
8. Shennib H. Evolving strategies in minimally invasive coronary artery surgery. *Int J Cardiol*. 1997;62(1):81-88.
9. Calafiore AM, De Giammarco G, Teodori G, Bosco G, D'Annunzio E, Barsotti A, Maddestra N, Paloscia L, Sciarra A, Contini M. Left anterior descending coronary artery grafting via left anterior small thoracotomy without cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg*. 1996;61(6):1658-1663. [https://doi.org/10.1016/0003-4975\(96\)00187-7](https://doi.org/10.1016/0003-4975(96)00187-7)
10. Ziankou AA, Ostrovsky YP, Laiko MG, Vykhrystsenka KS, Chuyashou VA, Zhyhalkovich AS. Hospital and mid-term results of prospective randomized controlled trial MICSREVS - Minimally Invasive Cardiac Surgery REVascularization Strategy. 30th EACTS Annual Meeting, Barcelona, Spain, 1-5 October 2016. Available at: <http://medialibrary.eacts.cyim.com/mediatheque/media.aspx?mediald=18441&channel=10233>. (accessed 20.11.2016)
11. Lemma M, Atanasiou T, Contino M. Minimally invasive cardiac surgery-coronary artery bypass graft. *Multimed Man Cardio-Thoracic Surg*. Available at: <http://mmcts.oxfordjournals.org/content/2013/mmt007.full> (accessed 02.11.2017)
12. McGinn JT Jr, Usman S, Lapiere H, Pothula VR, Mesana TG, Ruel M. Minimally invasive coronary artery bypass grafting: Dual center experience in 450 consecutive patients. *Circulation* 2009;120(11Suppl):78-84. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.840041>
13. Nambiar P, Mittal C. Minimally Invasive Coronary Bypass Using Internal Thoracic Arteries via a Left Minithoracotomy "The Nambiar Technique". *Innovations (Phila)* 2013;8(6):420-426. <https://doi.org/10.1097/IMI.0000000000000035>
14. McGinn Jr JT, Shariff MA, Nabagiez JP, Carluchi R, Sadel S, Sharma R, et al. Minimally Invasive CABG is Safe and Reproducible: Report on the First Thousand Cases. *Proceedings of the 14th ISMICS Annual scientific meeting*; 2014 May 28-31; Boston, USA: Innovations; 2014. p.158.
15. Barsoum EA, Azab B, Shah N, Patel N, Shariff MA, Lafferty J, Nabagiez JP, McGinn Jr JT. Long-term mortality in minimally invasive compared with sternotomy coronary artery bypass surgery in the geriatric population (75 years and older patients). *Eur J Cardiothorac Surg*. 2015;47(5):862-867. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezu267>
16. Une D, Lapiere H, Sohmer B, Rai V, Ruel M. Can minimally invasive coronary artery bypass grafting be initiated and practiced safely?: a learning curve analysis. *Innovations (Phila)*. 2013; 8(6):403-409. <https://doi.org/10.1097/IMI.0000000000000019>
17. Novikov M.A., Popov V.A., Malyschenko E.S., Revishvili A.Sh. Results of minimally invasive endoscopic-assisted coronary bypass grafting in the ENPILA randomized trial. *Eurasian Cardiology Journal*. 2019;(2S):352.

Для цитирования: Зеньков А.А., Исаев М.Н., Чернов И.И. Миниинвазивное многососудистое коронарное шунтирование – опыт первых шестисот операций. Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия. 2023;2(1):5-14.

To cite: Zenkov A.A., Isaev M.N., Chernov I.I. Minimally Invasive Multivessel Coronary Artery Bypass Grafting: a Single Center's Experience of 600 Cases. *Minimally Invasive Cardiovascular Surgery*. 2023;2(1):5-14.

УДК 616.132.14

АССОЦИАЦИЯ ВАРИАНТНОЙ АНАТОМИИ ДУГИ АОРТЫ С АОРТАЛЬНЫМИ СОСТОЯНИЯМИ

Б.Н. Козлов^{1,2}, Д.С. Панфилов^{1,2}, Е.А. Петракова¹✉

¹Научно-исследовательский институт кардиологии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», ул. Киевская, 111а, г. Томск, Российская Федерация, 634012

²Кафедра госпитальной хирургии с курсом сердечно-сосудистой хирургии, Сибирский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, Московский тракт, 2, г. Томск, Российская Федерация, 634050

Основные положения

Выявлена связь между аномальным отхождением супрааортальных сосудов и аневризмой грудной аорты без наличия ассоциации с расслоением аорты.

Резюме

Цель: Определить частоту ассоциации аортальных состояний у пациентов с общим отхождением брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии.

Материал и методы: В ретроспективное исследование включены 194 пациента, оперированные в период 2017-2021 гг. по поводу расслоения аорты, а также аневризм восходящего отдела. Больные были разделены на 2 группы в зависимости от анатомического строения дуги аорты: первая группа – пациенты с общим отхождением брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии («бычья дуга») и вторая группа – пациенты с отсутствием аномалий супрааортальных сосудов (нормальная дуга). Были проанализированы антропометрические, клинические, эхокардиографические и томографические показатели пациентов обеих групп.

Результаты: В группе пациентов с аномальным отхождением супрааортальных сосудов статистически значимо чаще выявлялась аневризма грудной аорты в сравнении с группой нормальной анатомии сосудов дуги – 100% против 80,1% ($p=0,021$).

Заключение: Общее отхождение брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии характеризуется более частой ассоциацией с аневризмой.

Ключевые слова: дуга аорты • аневризма восходящего отдела аорты • бычья дуга, общее отхождение брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии • расслоение аорты

Поступила в редакцию: 17.11.2022; поступила после доработки: 12.12.2022; принята к печати: 20.12.2022

ASSOCIATION OF VARIANT ARCH ANATOMY WITH AORTIC DISEASES

B.N. Kozlov^{1,2}, D.S. Panfilov^{1,2}, E.A. Petrakova¹ ✉

¹Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, 111a Kyivskaya St., Tomsk, Russian Federation, 634012

²Department of Hospital Surgery with the Course of Cardiovascular Surgery, Siberian State Medical University, 2 Moscow tract, Tomsk, Russian Federation, 634050

Central Message

Anomalous origins of the supra-aortic vessels have been associated with thoracic aortic aneurysm without any relation to aortic dissection.

Для корреспонденции: Петракова Елизавета Анатольевна, e-mail: lizaveta_petrakova@mail.ru; адрес: ул. Киевская, 111а, г. Томск, Российская Федерация, 634012

Corresponding author: Petrakova Elizaveta A., e-mail: lizaveta_petrakova@mail.ru; 111a Kyivskaya St., Tomsk, Russian Federation, 634012

Abstract

Aim: To assess the association of the common origin of the brachiocephalic trunk and the left common carotid artery (a bovine arch branching pattern) with aortic diseases.

Methods: 194 medical records of patients undergoing surgical treatment of aortic dissection and ascending aneurysm in the period from 2017 to 2021 were retrospectively reviewed. All patients were divided into 2 groups based on the anatomy of the aortic arch: patients with the common origin of the brachiocephalic trunk and the left common carotid artery (a bovine arch branching pattern) were assigned to Group 1, whereas patients without any anomalous origins of the supra-aortic vessels were assigned to Group 2. Clinical and demographic data, echocardiographic findings, and radiologic images were analyzed in both groups.

Results: Thoracic aortic aneurysm was more commonly detected significantly in Group 1 patients compared to those who did not have any abnormalities of the aortic arch (100% vs. 80.1%, $p=0,021$, respectively).

Conclusion: The common origin of the brachiocephalic trunk and the left common carotid artery have been associated with a higher incidence of thoracic aortic aneurysms.

Keywords: aortic arch • thoracic aortic aneurysm • bovine arch, common origin of the brachiocephalic trunk and the left common carotid artery • aortic dissection

Received: 17.11.2022; review round 1: 12.12.2022; accepted: 20.12.2022

Введение

Нормальная анатомия дуги аорты характеризуется четкой дифференциацией супрааортальных сосудов (справа налево): брахиоцефальный ствол, левая общая сонная артерия, левая подключичная артерия. Данный вариант встречается в 97% случаев [1]. Однако в 3% случаев могут отмечаться аномалии строения и количества супрааортальных сосудов, обусловленных абберациями эмбрионального периода [2, 3]. Среди целого ряда аномалий нередко выявляют самостоятельное отхождение позвоночной артерии от дуги аорты (5%), *arteria lusoria* (25%), абберантная левая подключичная артерия (16%), абберантная левая подключичная артерия в сочетании с правосторонней дугой (12%) [4, 5, 6]. При этом наиболее частой аномалией количества супрааортальных сосудов считается общее отхождение брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии или, так называемая, «бычья дуга» (58%) [2].

Данный вариант аномалии супрааортальных сосудов имеет несколько типов: брахиоцефальный ствол и левая общая сонная артерия имеют общий ствол (I тип). Устье левой общей сонной артерии отходит от брахиоцефального ствола (II тип). Брахиоцефальный ствол, левая общая сонная артерия и левая подключичная артерия имеют общий ствол (III тип, истинная бычья дуга). Чаще всего встречается I тип бычьей дуги [1, 7].

Существует предположение, что это состояние может predispose к развитию заболеваний грудной аорты, в числе которых аневризмы и расслоение [8]. В противоположность этому имеются сведения о том, что подобная вариантная анатомия дуги аорты не ассоциирована с риском развития расслоения аорты [9, 10]. Таким образом, отсутствие однозначных корреляций в популяционных исследованиях

побуждает к дальнейшему анализу ассоциаций между «бычьей дугой» и патологическими состояниями не только со стороны аорты, но также со стороны других органов и систем.

Цель

Определить частоту ассоциации аортальных состояний у пациентов с общим отхождением брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии.

Материалы и методы

В исследование включено 194 пациента, которым проводилось оперативное вмешательство на грудной аорте по поводу аневризмы и/или расслоения в период с 2017 по 2021 гг. Для получения искомой информации проводили ретроспективный анализ медицинской документации обсуждаемых пациентов. Исследование одобрено локальным этическим комитетом и выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской Декларации. У всех пациентов было получено письменное информированное согласие.

В зависимости от особенностей анатомии супрааортальных сосудов все пациенты были разделены на две группы: первая группа – пациенты с общим отхождением брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии («бычья дуга»), во второй группе пациентов отсутствовали аномалии расположения и количества супрааортальных сосудов (нормальная дуга). Другие варианты анатомии сосудов дуги (изолированная позвоночная артерия, а. *lusoria* и др.) ($n=11$) были исключены из анализа. Сравнительный анализ в группах включал антропометрические, эхокардиографические, томографические показатели 183 пациентов.

Статистический анализ

Статистический анализ проводили с использованием пакета статистических программ Statistica 13.3 (США). С учетом неизвестного закона распределения данных были использованы непараметрические статистические методы. Непрерывные переменные представлены в виде медианы (Me) с интерквартильным размахом (25 и 75 перцентиль, %). Категориальные переменные представлены в виде числовых значений и процентов. Статистическую значимость межгрупповых различий непрерывных переменных определяли с использованием U-критерия Манна Уитни. Межгрупповое сравнение категориальных величин проводилось с использованием теста χ^2 или с помощью точного теста Фишера. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты

Из 183 пациентов, включенных в исследование, вариантная анатомия в виде общего отхождения брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии была отмечена у 32 человек, что составило 16,5% случаев. В структуре распределения аномалии I тип был выявлен в 93% случаев, II тип – в 7% случаев, III тип не был диагностирован ни у одного пациента.

Анализ антропометрических параметров в когорте пациентов не выявил значимых межгрупповых различий (табл. 1). В обеих группах преобладали пациенты мужского пола. Возраст пациентов составил 60,3±2,4 лет. Росто-весовые характеристики пациентов в обеих группах были сопоставимы.

Кроме этого, были проанализированы основные клинические данные у обсуждаемых пациентов (табл. 2).

При сравнительном анализе основной патологии обращал на себя внимание факт, что рассматриваемая аномалия супрааортальных сосудов («бычья дуга») обнаруживалась только у пациентов с аневризмами аорты. При этом не было выявлено ни одного случая общего отхождения брахиоцефального ствола и левой общей

сонной артерии у пациентов с расслоением аорты.

В качестве фоновой патологии у пациентов с «бычьей дугой» преобладала дисплазия соединительной ткани (75%), в меньшей степени причиной основной патологии являлся атеросклероз (25%) без убедительных данных о статистической значимости различий по этому параметру между группами пациентов.

Сопоставление групп пациентов по частоте диагностируемой сопутствующей патологии (дислипидемия, ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет, кисты почек, фибрилляция предсердий) также не выявило статистически значимых различий.

Сравнивая данные инструментальных исследований в обсуждаемых группах, были получены следующие результаты (табл. 3).

Измерения грудной аорты на различных уровнях с помощью мультиспиральной компьютерной томографии показали, что у пациентов с «бычьей дугой» при сопоставимых размерах средней части восходящей аорты и дуги аорты был дилатирован корень аорты. Различие между группами по этому показателю достигло порога статистической значимости ($p=0,038$).

Анализ частоты встречаемости сочетанной аномалии супрааортальных сосудов и аортального клапана (бикуспидальный аортальный клапан) не выявил статистически значимых различий между пациентами с вариантной и нормальной анатомией сосудов дуги аорты ($p=0,301$). Также значимо не различались результаты функциональности аортального клапана у пациентов обеих групп. Так, доля пациентов с недостаточностью аортального клапана 2+ степени в группах «бычьей» и нормальной дуги аорты составила 21,8% против 28,4% ($p=0,497$) соответственно.

Обсуждение

Согласно данным литературы, частота встречаемости аномалий ветвей дуги аорты составляет до 3% в популяции, при этом «бычья дуга» является наиболее распространенной из всех анома-

Таблица 1. Антропометрическая характеристика пациентов
Table 1. Clinical and demographic data of the study population

Показатели / Variable	«Бычья дуга» / Bovine arch (n=32)	Нормальная дуга / Normal arch (n=151)	p-уровень / p-value
Возраст, лет / Age, y	62 [29; 77]	59 [23; 79]	0,301
Мужской пол, n (%) / Male, n (%)	24 (75%)	109 (72,2%)	0,695
Вес, кг / Weight, kg	85,5 [60; 120]	82 [52; 137]	0,438
ИМТ, кг/м / BMI, kg/m	28 [17,8; 63]	28,8 [19,3; 45]	0,270
ППТ, м² / BSA, m²	2,02 [1,6; 2,9]	1,96 [1,24; 2,9]	0,415

Примечание: ИМТ – индекс массы тела, ППТ – площадь поверхности тела
Note: BMI – body mass index, BSA – body surface area

Variant arch anatomy and aortic diseases

Таблица 2. Структура основной, фоновой и сопутствующей патологии у пациентов
Table 2. Underlying pathology and comorbidities in the study population

Заболевания / Disease	«Бычья дуга» / Bovine arch (n=32)	Нормальная дуга / Normal arch (n=151)	p-уровень / p-value
Патология аорты / Aortic Disease			
Аневризма восходящей аорты, n (%) / Ascending aortic aneurysm, n (%)	32 (100%)	121 (80,1%)	0,021
Расслоение аорты, n (%) / Aortic dissection, n (%)	0	30 (19,8%)	0,005
Фоновая патология / Comorbidities			
Атеросклероз, n (%) / Atherosclerosis, n (%)	8 (25%)	18 (12%)	0,054
Синдром Марфана, n (%) / Marfan syndrome, n (%)	0	1 (0,6%)	0,644
Дисплазия соединительной ткани, n (%) / Dysplasia, n (%)	24 (75%)	132 (87,4%)	0,072
Сопутствующая патология/ Comorbidities			
Дислипидемия, n (%) / Dislipidemia, n (%)	6 (18,8%)	16 (10,5%)	0,197
Ишемическая болезнь сердца, n (%) / Coronary artery disease, n (%)	9 (28,1%)	40 (26,4%)	0,209
Сахарный диабет, n (%) / Diabetes mellitus, n (%)	1 (3,1%)	12 (7,9%)	0,334
Кисты почек (поликистоз), n (%) / Renal cyst, n (%)	2 (6,3%)	6 (3,9%)	0,567
Фибрилляция предсердий, n (%) / Atrial fibrillation, n (%)	5 (15,6%)	21 (13,9%)	0,482

лий дуги и занимает в этой структуре около 58% [2]. Однако, до сих пор остается дискуссионным вопрос клинической значимости аномалии дуги в виде общего отхождения брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии. Dumfarth et al. отмечают, что «бычья дуга» встречается в 24,6% случаев у пациентов с различной патологией грудной аорты [11], а Wanamaker et al. связывают «бычью дугу», сопровождаемую изолированной левой позвоночной артерией, с повышенным риском диссекции аорты [12]. Morrehead et al. сообщили о 31,1% случаев общего отхождения брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии среди пациентов с патологией грудной аорты [13]. Нами ретроспективно была выявлена вариантная анатомия в виде общего отхождения брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии у 32 из 183 человек, оперированных на дуге аорты за последние 5 лет, что составило 16,5% случаев. Важно отметить, что это была выборка пациентов с патологией аорты (аневризмы и диссекции грудной аорты), требующие оперативного лечения, а не общеклиническая группа пациентов.

Имеются единичные литературные данные о связи аномалии сосудов дуги аорты и бикуспидального аортального клапана [1]. Исходя из данных нашего исследования, встречаемость двустворчатого аортального клапана у пациентов с «бычьей дугой» и без этой аномалии статистически не различалось – 7 (21,8%) против 52

(34,4%) (p=0,301). Учитывая, что все обсуждаемые нами пациенты имели патологию грудной аорты, прямая связь бикуспидального аортального клапана и аномального отхождения супрааортальных сосудов дуги представляется сомнительной. Хотя тот факт, что более 30% обсуждаемых пациентов, имели бикуспидальный клапан, свидетельствует о важности наблюдения за этими людьми в аспекте рисков развития аортопатии.

Самым важным результатом в нашем исследовании явилось то, что частота встречаемости аневризмы грудной аорты была статистически значимо больше среди пациентов с аномальным развитием сосудов дуги по сравнению с группой больных, имеющих нормальный вариант отхождения супрааортальных сосудов – 32 (100%) против 121 (80,1%) (p=0,021). В доступной литературе также имеются сведения о связи «бычьей дуги» и аневризмы грудной аорты. Так, по данным Hornick M. et al. у людей с общим отхождением брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии наблюдается большая скорость увеличения размеров аорты (мм/год) по сравнению с нормальной дугой (p=0,004) и чаще встречается аневризма восходящего отдела аорты (p=0,001), чем у людей с типичным расположением сосудов дуги [8].

Расслоение (без аневризмы) грудной аорты, было выявлено нами только среди пациентов с нормальной анатомией дуги. Шаданов А.А. с соавт., рассматривая влияние вариантной ана-

Таблица 3. Мультиспиральная компьютерная томография и эхокардиография
Table 3. Computed tomography and echocardiographic findings

Параметры / Variables	«Бычья дуга» / Bovine arch (n=32)	Нормальная дуга / Normal arch (n=151)	p-уровень / p-value
Мультиспиральная компьютерная томография / Computed tomography findings			
Размер корня аорты, мм / Aortic root, mm	46 [34; 70]	43 [30; 74]	0,038
Размеры аорты на уровне бифуркации легочного ствола, мм / Ascending aorta (middle segment), mm	51 [34; 69]	51 [22; 86]	0,894
Размер аорты на уровне дуги аорты, мм / Aortic arch, mm	41 [26; 50]	41 [23; 55]	0,495
Эхокардиография / Echocardiographic findings			
Фиброзное кольцо АК, мм / Aortic annulus, mm	26 [21; 36]	25 [19,5; 32]	0,469
Бикуспидальный АК, n (%) / Bicuspid AV, n (%)	7 (21,8%)	52 (34,4%)	0,301
Недостаточность АК 2+, n (%) / AV Insufficiency 2+, n (%)	7 (21,8%)	43 (28,4%)	0,497
Примечание: АК – аортальный клапан Note: AV – aortic valve			

томии супрааортальных сосудов на состояние грудной аорты, также отмечают, что при «бычьей дуге» частота встречаемости расслоения аорты реже, чем при нормальной дуге [9]. Кроме того, было установлено, что при отсутствии межгрупповых различий по частоте расслоения аорты типов А и В, летальность у пациентов с «бычьей дугой» при расслоении типа В статистически значимо выше [14].

Таким образом, можно предположить, что развитие различных патологий аорты при «бычьей дуге» связано с изменением скорости и формы кровотока с оказанием опосредованного негативного влияния на стенку аорты. Однако данное предположение пока не имеет серьезной доказательной базы и требует дополнительных исследований для детального изучения вопроса.

Заключение

По результатам проведенного исследования были получены статистически значимые дан-

ные о превалировании анатомической аномалии «бычья дуга» среди пациентов с аневризмой грудной аорты. Однако, однозначно утверждать, что «бычья дуга» является предиктором аневризмы восходящего отдела аорты преждевременно. В связи с распространенностью данной аномалии требуется более предвзятое отношение к оценке рисков прогрессирования размеров грудной аорты до аневризмы и диссекции аорты.

Финансирование

Авторы не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах.

Конфликт интересов

Б.Н. Козлов является членом редакционной коллегии журнала «Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия». Д.С. Панфилов заявляет об отсутствии конфликтов интересов. Е.А. Петракова заявляет об отсутствии конфликтов интересов.

Author Information Form

Kozlov Boris N., M.D., Ph.D., Head of the Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences; Professor at the Department of Hospital Surgery with the Course of Cardiovascular Surgery, Siberian State Medical University; <https://orcid.org/0000-0002-0217-7737>

Информация об авторах

Козлов Борис Николаевич, д.м.н., руководитель отделения сердечно-сосудистой хирургии Научно-исследовательского института кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук; профессор кафедры госпитальной хирургии с курсом сердечно-сосудистой хирургии, Сибирский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации; <https://orcid.org/00000-0002-0217-7737>

Панфилов Дмитрий Сергеевич, д.м.н., старший научный сотрудник отделения сердечно-сосудистой хирургии Научно-исследовательского института

Panfilov Dmitri S., M.D., Ph.D., senior research at the Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical

кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук; ассистент кафедры госпитальной хирургии с курсом сердечно-сосудистой хирургии, Сибирский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации; <https://orcid.org/00000-0003-2201-350X>

Петракова Елизавета Анатольевна, клинический ординатор отделения сердечно-сосудистой хирургии Научно-исследовательского института кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук; <https://orcid.org/00000-0001-5912-8752>

Вклад авторов в статью

Концепция и дизайн исследования: КБН, ПДС, ПЕА; интерпретация данных: КБН, ПДС, ПЕА; написание статьи: КБН, ПДС, ПЕА; утверждение окончательной версии для публикации КБН, ПДС, ПЕА; полная ответственность за содержание: КБН, ПДС, ПЕА.

Center, Russian Academy of Sciences; assistant at the Department of Hospital Surgery with the Course of Cardiovascular Surgery, Siberian State Medical University; <https://orcid.org/0000-0003-2201-350X>

Elizaveta A. Petrakova, M.D., resident at the Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences; <https://orcid.org/0000-0001-5912-8752>

Author Contribution Form

Contribution to the concept and design of the study: KBN, PDS, PEA; data interpretation: KBN, PDS, PEA; manuscript writing: KBN, PDS, PEA; approval of the final version: KBN, PDS, PEA; fully responsible for the content: KBN, PDS, PEA.

Список литературы / References

1. Layton KF, Kallmes DF, Cloft HJ, Lindell EP, Cox VS. Bovine Aortic Arch Variant in Humans: Clarification of a Common Misnomer. *American Journal of Neuroradiology* 2006; 27(7):1541-1542.
2. Yousef S, Singh S, Alkukhun A, Alturkmani B, Mori M, Chen J, Mullan CW, Brooks CW, Assi R, Gruber PJ, Cortopassi I, Geirsson A, Vallabhajosyula P. Variants of the aortic arch in adult general population and their association with thoracic aortic aneurysm disease. *J Card Surg.* 2021; 36(7):2348-2354. <https://doi.org/10.1111/jocs.15563>.
3. Susanin NV, Odintsov NS, Vanyurkin AG, Solov'ev VA, Belova YuK, Chernyavskiy MA. Endovascular aortic arch surgery: a single center experience. *Russian Journal of Endovascular Surgery* 2022; 9(1):38-44 (in Russ.). <https://doi.org/10.24183/2409-4080-2022-9-1-38-44>
4. McElhinney DB, Thompson LD, Weinberg PM, Jue KL, Hanley F. Surgical approach to complicated cervical aortic arch: anatomic, developmental, and surgical considerations. *Cardiol Young.* 2000;10(3):212-9.
5. Cinà CS, Althani H, Pasenau J, Abouzahr L. Kommerell's diverticulum and right-sided aortic arch: a cohort study and review of the literature. *J Vasc Surg.* 2004 Jan;39(1):131-9.
6. Kozlov BN, Panfilov DS, Saushkin VV, Shipulin VM. Hybrid treatment of aortic dissection associated with Kommerell's diverticulum. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2016;22(6):854-5. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivw031>.
7. Goldsher YW, Salem Y, Weisz B, Achiron R, Jacobson JM, Gindes L. Bovine aortic arch: Prevalence in human fetuses. *J Clin Ultrasound.* 2020;48: 198-203.
8. Hornick M, Moomiaie R, Mojibian H, Ziganshin B, Almuwaqqat Z, Lee ES, Rizzo JA, Tranquilli M, Eleftheriades JA. 'Bovine' aortic arch - a marker for thoracic aortic disease. *Cardiology.* 2012;123(2):116-24. <https://doi.org/10.1159/000342071>.
9. Shadanov AA, Sirota DA, Bergen TA, Lyashenko MM, Chernyavskiy AM. Anatomical variability in the structure of the arch and thoracic aorta and its influence on aorta related pathological conditions. *Circulation Pathology and Cardiac Surgery* 2020; 24(4):72-82. (In Russ) <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2020-4-72-82>.
10. Abugov SA, Polyakov RS, Karamyan DA, Pureskiy MV, Mardanyan GV, Charchyan ER. Modern condition of the problem of endovascular treatment in type B aortic dissection. *Russian Journal of Endovascular Surgery* 2021; 8(2):121-34. (In Russ.). <https://doi.org/10.24183/2409-4080-2021-8-2-121-134>
11. Dumfarth J, Chou AS, Ziganshin BA, et al. Atypical aortic arch branching variants: a novel marker for thoracic aortic disease. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery.* 2015;149(6):1586-92.
12. Wanamaker K.M., Amadi C.C., Mueller J.S., Moraca R.J. Incidence of aortic arch anomalies in patients with thoracic aortic dissections. *J Card Surg.* 2013; 28(2):151-4. <https://doi.org/10.1111/jocs.12072>.
13. Moorehead PA, Kim AH, Miller CP, Kashyap TV, Kendrick DE, Kashyap VS. Prevalence of Bovine Aortic Arch Configuration in Adult Patients with and without Thoracic Aortic Pathology. *Ann Vasc Surg.* 2016; 30:132-7.
14. Mylonas SN, Barkans A, Ante M, Wippermann J, Böckler D, Brunkwall JS. Prevalence of Bovine Aortic Arch Variant in Patients with Aortic Dissection and its Implications in the Outcome of Patients with Acute Type B Aortic Dissection. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2018; 55(3):385-391. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2017.12.005>.

Для цитирования: Козлов Б.Н., Панфилов Д.С., Петракова Е.А. Ассоциация вариантной анатомии дуги аорты с аортальными состояниями. Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия. 2023;2(1):15-20.

To cite: Kozlov B.N., Panfilov D.S., Petrakova E.A. Association of Variant Arch Anatomy with Aortic Diseases. Minimally Invasive Cardiovascular Surgery. 2023;2(1):15-20.

УДК 616-089.87

ХИРУРГИЯ ОПУХОЛЕВЫХ ТРОМБОВ НИЖНЕЙ ПОЛОЙ ВЕНЫ ПРИ ПОЧЕЧНО-КЛЕТОЧНОМ РАКЕ

А.А. Грицкевич¹, Ж. Полотбек уулу¹✉, А.А. Чевина¹, В.Ю. Рагузина¹, С.В. Хромова¹,
И.В. Мирошкина¹, А.Г. Кочетов², М.В. Кадырова¹, Н.А. Карельская¹, Ю.А. Степанова¹,
С.В. Сапелкин¹, А.Ш. Ревитшвили¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Большая Серпуховская, 27, г. Москва, Российская Федерация, 115093

²Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий - Центральный военно-клинический госпиталь имени А.А. Вишневского» Министерства обороны Российской Федерации, тер. 3 ЦВКГ им. А.А. Вишневского, 1, п. Новый, г. Красногорск, Московская область, Российская Федерация, 143420

Основные положения

Нефрэктомия с тромбэктомией является технически осуществимым подходом у пациентов с опухолевым тромбом I - IV степени. Данное хирургическое лечение остается травматичным технически сложным оперативным вмешательством. Мультидисциплинарный командный подход улучшает непосредственные результаты у данной сложной группы пациентов.

Резюме

Актуальность: Особенностью почечно-клеточного рака (ПКР) является его частое распространение по венозным коллекторам как по пути наименьшего сопротивления инвазивному росту, а именно по почечной (ПВ) и нижней полой вене (НПВ). Протяженность таких тромбов может составлять более 20 см. и достигать камер сердца. Они фиксированы к опухоли в паренхиме почки и флотируют на разном уровне в просвете НПВ.

Цель: Оценить результаты хирургического лечения больных ПКР с опухолевым тромбозом НПВ.

Материалы и методы: В исследование включен 91 больной ПКР с опухолевым венозным тромбозом. Среди них мужчины составили 68 (74,7%), женщины – 23 (25,3%). Все пациенты проходили лечение в период с 2014 по 2022 гг. Средний возраст пациентов составил 60,9±9,1 лет. Стадирование по системе TNM: pT1a – 3bN0-2M0–1 G1–3. Симптомы блока НПВ были выявлены у 54 (59,3 %) пациентов. Верхняя граница головки опухолевого тромба (ОТ) была ограничена ПВ у 24 (26,4%) пациентов, ОТ распространялся менее чем на 2 см выше ПВ в 21 (23,1%) случае, ОТ НПВ – более чем на 2 см выше ПВ, но ниже печеночных вен, в 16 (17,6%) случаях, ОТ не достигал главных печеночных вен в 15 (16,5%) случаях. Головка ОТ находилась между устьями главных печеночных вен и диафрагмой у 7 (7,7%) пациентов, между перикардом и диафрагмой у 1 (1,1%) пациента, на уровне диафрагмы у 1 (1,1%) пациента, в интраперикардальном сегменте, выше диафрагмы у 4 (4,4%) пациентов. В 2 (2,2%) случаях ОТ достигал правого предсердия. На момент проведения оперативного вмешательства у 47 (51,6%) пациентов имелись отдаленные метастазы.

Результаты: Длительность оперативного вмешательства составила от 105 до 715 минут. Среднее время операции – 294±111,5 мин. Средний объем кровопотери – 1178±2165,4 мл. Интраоперационные осложнения наблюдались у 1 (1,1%) пациента. Общее количество послеоперационных осложнений по Clavien-Dindo составило 13 (14,3%). Осложнения I-II степени были выявлены у 9 (9,9 %) пациентов, III-V степеней – у 4 (4,4%). Сроки наблюдения составили от 3 до 86 мес. (58,7±19,1). Прогрессия выявлена у 1(1,1%) пациента.

Заключение: Нефрэктомия с тромбэктомией из НПВ является «золотым стандартом» лечения больных ПКР и опухолевым тромбозом НПВ. Данное хирургическое лечение остается травматичным технически сложным оперативным вмешательством. Мультидисциплинарный командный подход улучшает непосредственные результаты у данной сложной группы пациентов.

Ключевые слова: почечно-клеточный рак • опухолевый тромб • нижняя полая вена • нефрэктомия • резекция нижней полой вены

Поступила в редакцию: 09.01.2023; поступила после доработки: 16.01.2023; принята к печати: 26.01.2023

Для корреспонденции: Полотбек уулу Жолболду, e-mail: jolboldu94.01@gmail.com; адрес: ул. Большая Серпуховская, 27, г. Москва, Российская Федерация, 115093

SURGICAL MANAGEMENT OF INFERIOR VENA CAVA TUMOR THROMBUS IN PATIENTS WITH RENAL CELL CARCINOMA

A.A. Gritskevich¹, Zh. Polotbek uulu¹ ✉, A.A. Chevina¹, V.Yu. Raguzina¹, S.V. Khromova¹, I.V. Miroshkina¹, A.G. Kochetov², M.V. Kadirova¹, N.A. Karelskaya¹, Yu.A. Stepanova¹, S.V. Sapelkin¹, A.Sh. Revishvili¹

¹A.V. National Medical Research Center for Surgery, 27, Bolshaya Serpukhovskaya St., Moscow, Russian Federation, 115093

²Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center of High Medical Technologies - A.A. Vishnevsky Central Military Clinical Hospital" of the Ministry of Defense of the Russian Federation, prem. 3 A.A. Vishnevsky HMTC, 1, Novy Vil., Krasnogorsk, Moscow region, Russian Federation, 143420

Central Message

Radical nephrectomy with IVC thrombectomy is a feasible approach in treating patients with level I-IV tumor thrombus. Surgical treatment remains challenging due to traumatic intervention. The implementation of a multidisciplinary approach may improve immediate outcomes in this high-risk group of patients.

Abstract

Background: The incidence of venous extension to the renal vein and inferior vena cava (IVC) in renal cell carcinoma (RCC) due to the least resistance to invasive growth is markedly increased compared to other tumors. Their length can reach up to 20 cm and reach the heart chambers. Tumor thrombus originates from the tumor in the kidney parenchyma and floats at different levels in the lumen of the IVC.

Methods: A total of 91 kidney cancer patients with IVC tumor thrombus were recruited in a prospective study in the period from 2014 to 2022. Of them, 68 (74.7%) were men and 23 (25.3%) were women. The mean age of the patients was 60.9 ± 9.1 years. TNM staging: pT1a–3bN0-2M0–1 G1–3. IVC block symptoms were detected in 54 (59.3%) patients. The upper border of the tumor thrombus head was limited by the renal vein (RV) in 24 (26.4%) patients. 21 (23.1%) patients suffered from tumor thrombus extended less than 2 cm above RV. 16 (17.6%) patients had IVC tumor thrombus of more than 2 cm above RV, but below the hepatic veins. Tumor thrombus did not reach the main hepatic veins in 15 (16.5%) patients. The head of tumor thrombus was located between the mouths of the main hepatic veins and the diaphragm in 7 (7.7%) patients, and 1 (1.1%) patient had tumor thrombus head between the pericardium and the diaphragm. One (1.1%) patient had tumor thrombus head at the level of the diaphragm, four (4.4%) patients – in the intrapericardial segment, above the diaphragm, and two (2.2%) patients – at the right atrium. At the time of the index surgery, 47 (51.6%) patients had distant metastases.

Results: The duration of surgery ranged from 105 to 715 minutes (the mean time of 294 ± 111.5 min). The mean blood loss was 1178 ± 2165.4 mL. Intraoperative complications occurred in one (1.1%) patient. The total number of postoperative complications according to Clavien-Dindo was 13 (14.3%). Grade 1-2 complications were detected in 9 (9.9%) patients, grade 3-4 – in 4 (4.4 %). The follow-up ranged from 3 to 86 months (58.7 ± 19.1). Tumor progression was reported in one (1.1%) patient.

Conclusion: Nephrectomy with IVC thrombectomy is the gold standard for treating patients with RCC and IVC tumor thrombosis. This surgical treatment remains challenging and requires a multidisciplinary approach to improve patient survival.

Keywords: renal cell carcinoma • tumor thrombus • inferior vena cava • nephrectomy • IVC resection

Received: 09.01.2023; review round 1: 16.01.2023; accepted: 26.01.2023

Список сокращений

ОТ – опухолевый тромб
ПВ – почечная вена
НПВ – нижняя полая вена

ПКР – почечно-клеточный рак
НЭ – нефрэктомия

Corresponding author: Polotbek uulu Zholboldu, e-mail: jolboldu94.01@gmail.com; 27, Bolshaya Serpukhovskaya St., Moscow, Russian Federation, 115093

Введение

Опухоли почек имеют тенденцию распространяться в венозную систему. Единственным эффективным методом лечения больных почечно-клеточным раком (ПКР) с опухолевым тромбом (ОТ) является хирургический [1-4]. При этом стандартные подходы к резекции ПКР без ОТ не применимы [5-7].

В 1972 г. Скиннер и соавт. сообщили о первой радикальной НЭ с тромбэктомией [8]. После этого в 1996 г. было сообщено о первом случае лапароскопической радикальной НЭ и тромбэктомии по поводу ПКР и опухолевого тромба ПВ [9]. Способность формировать ОТ с распространением в ПВ и НПВ является одной из особенностей ПКР. Данная патология встречается в 4-25 % случаев [10].

Опухолевые тромбы при ПКР развиваются при проникновении злокачественной опухоли в просвет сегментарных почечных, надпочечниковой и/или гонадных вен, с возможным последующим интралюминальным распространением в ПВ и далее в НПВ. ОТ могут достигать правого предсердия и далее до правого желудочка и легочной артерии [11].

Согласно Neves R.J. и Zincke H. в 1987 году опухолевый тромбоз был классифицирован на 4 уровня (рис.1):

- I – опухолевый тромб достигает почечной вены, периренальный отдел НПВ;
- II– до уровня подпеченочный отдел печеночных вен;
- III– внутрипеченочный отдел НПВ;
- а – краниальная граница опухолевого тромба не достигает главных печеночных вен,
- b – опухолевый тромб на уровне главных печеночных вен и выше;
- IV – наддиафрагмальный (внутриперикардиальный, внутрипредсердный) отдел НПВ [12].

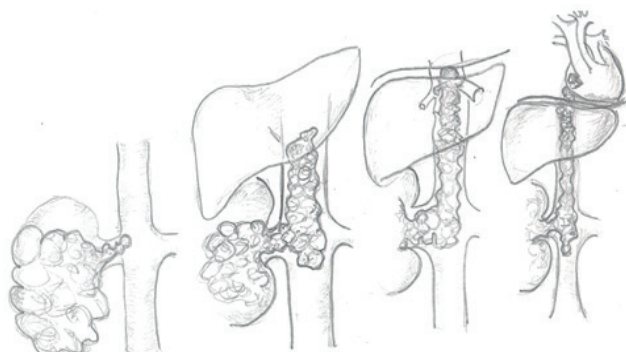
В настоящее время существует целый ряд классификаций опухолевых тромбозов, но наиболее используемая в мире является классификация по Mayo. В 2020 г. исследовательской груп-

пой под руководством В.С. Leibovich из клиники Мейо на основании проведенного ретроспективного исследования предложена дополненная классификация уровней опухолевых тромбов (рис. 2):

- Уровень 0 – тромб ограничен в ПВ.
- Уровень I: ОТ в пределах НПВ <2 см от места впадения почечной вены в НПВ.
- Уровень II: ОТ распространяется в пределах НПВ >2 см выше места слияния почечной вены и НПВ, но остается ниже печеночных вен.
- Уровень III: ОТ затрагивает ретропеченочный отдел НПВ. Распространение ОТ колеблется от уровня главных печеночных вен НПВ до диафрагмы.
- Уровень IV: ОТ распространяется выше диафрагмы и/или в правое предсердие [13].

Нефрэктомия (НЭ) с тромбэктомией из НПВ является одним из сложнейших видов хирургического лечения в онкоурологии, которое требует особый подход к мобилизации почки, контроль за магистральными сосудами, состоянием ОТ и резекции НПВ. Удаление ОТ при его распространении на правое предсердие особенно опасно при некоторых видах тромбоза, требует кардиопульмонального шунтирования, гипотермии с остановкой кровообращения. Таким образом, хирургическое лечение транслуминального распространения ПКР превращает обычную операцию в комбинированную, выполняемую несколькими хирургическими бригадами, различного профиля. В НМИЦ хирургии имени А.В. Вишневского (далее Центр хирургии) накоплен значительный опыт разных видов хирургического лечения больных ПКР с массивным ОТ ПВ и НПВ. В том числе последние годы осваивается техника робот-ассистированных операций, в зависимости от уровня распространения ОТ.

Соответственно, **целью** настоящего исследования явилась оценка результатов хирургического лечения больных ПКР с опухолевым тромбозом НПВ.



© ФГБУ «НМИЦ ХИРУРГИИ ИМ. А.В. ВИШНЕВСКОГО» МЗ РФ

Рисунок 1. Классификация опухолевого тромбоза согласно R.J. Neves и H. Zincke

Figure 1. The thrombus extension classified by Neves and Zincke system

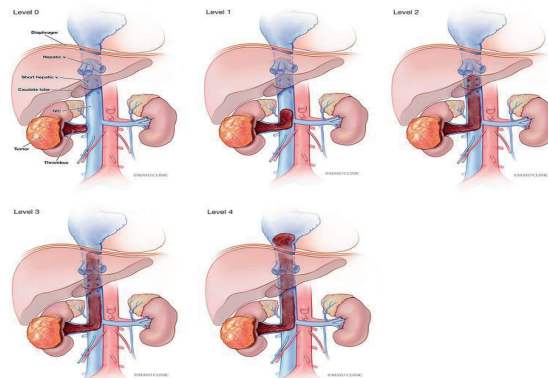


Рисунок 2. Дополненная классификация В.С. Leibovich и соавт. [13]

Figure 2. The thrombus extension classified by Leibovich et al. (permission to reprint is granted [13]).

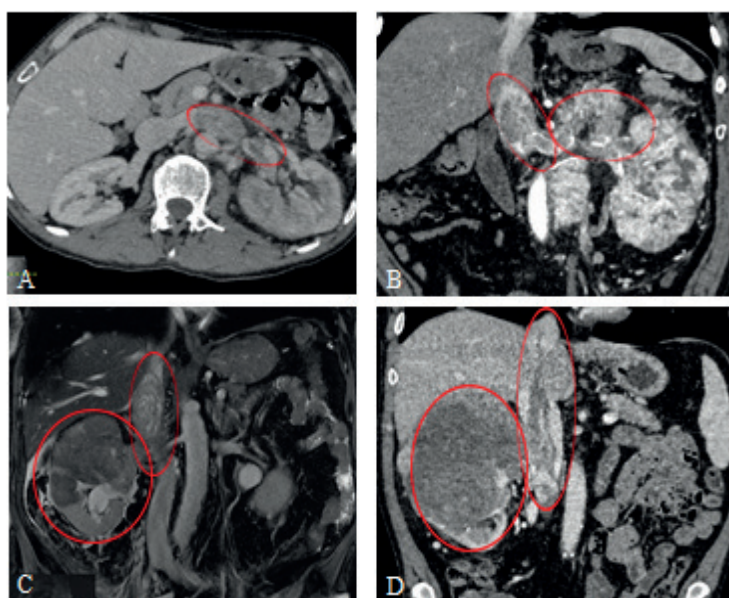
Материалы и методы

В центре хирургии за период с 2014 по 2022 гг. в исследование включены данные 91 больного ПКР, осложненным ОТ ПВ и НПВ, которым выполнялось хирургическое лечение. Исследование одобрено локальным этическим комитетом и выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской Декларации. У всех пациентов было получено письменное информированное согласие. В исследовании преобладали мужчины (68 (74,7%) мужчин против 23 (25,3%) женщин). Соотношение мужчин и женщин составило 2,9:1. Средний возраст пациентов – $60,9 \pm 9,1$ год. Самому молодому пациенту было 39 лет, максимальный возраст достигал 80 лет. Метахронный рак встречался у 4 (4,4%) пациентов: у 2 (2,2%) пациентов было выявлено поражение контралатеральной почки, а также поражение прямой кишки (1(1,1%)) и мочевого пузыря (1(1,1 %)). Макрогематурия отмечалась у

21 (23%) больного.

Симптомы блока НПВ были выявлены у 54 (59,3%) пациентов, гепатомегалия – у 43 (47,3%), расширенные извитые подкожные вены на передней брюшной стенке, «голова медузы» – у 12 (13,2%) пациентов, илеофemorальный тромбоз – у 11 (12,1%) пациентов, асцит – у 10 (11%) пациентов, отеки нижних конечностей – у 28 (30,8%) пациентов, варикоцеле слева – у 5 (5,5%) пациентов. Тромбоз эмболия легочной артерии (ТЭЛА), как дебют заболевания, наблюдалась у 4 (4,4 %) больных.

Основные параметры опухоли на дооперационном этапе оценивались, как правило, на основе компьютерной томографии и/или магниторезонансной томографии, ультразвуковой доплерографии, что позволило получить точное представление об анатомо-топографических взаимоотношениях злокачественной опухоли почки с соседними органами и информации о локализации, уровень, распространенность ин-



© ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» МЗРФ

Рисунок 3. Уровень распространения ОТ ПВ, НПВ: А – КТ сканы: ОТ ограничен в ПВ. В – КТ сканы: ОТ НПВ, ниже уровня главных печеночных вен. С – МРТ сканы: поддиафрагмальный ОТ НПВ. D – КТ сканы: ОТ НПВ, выше диафрагмы

Figure 3. Tumor thrombus extended into the renal vein and inferior vena cava: A – CT scan shows tumor thrombus extending into the renal vein. B – CT scan shows tumor thrombus extending into the IVC but below the major hepatic veins; C– MRI image shows infradiaphragmatic tumor thrombus; D – CT scan shows supradiaphragmatic tumor thrombus

тралюминального ОТ ПВ, НПВ (рис.3, 4).

Данные визуализации были проанализированы для определения следующих заранее определенных признаков: уровень ОТ на основе классификации Mayo, максимальный диаметр почечной опухоли, правосторонняя или левосторонняя опухоль, наличие полной окклюзии НПВ тромбом, а также наличие инфраренального сосудистого тромбоза.

Поражение правой почки встречается у 51 (56 %) пациента, левой – у 35 (38,5 %) пациентов. Пять (5,5%) пациентов имели первичный аденокортикальный рак и ОТ НПВ. У 2 (2,2 %) пациентов отмечалось поражение ПКР единственной почки.

Клинико-демографические данные исследуемой группы представлены в табл. 1.

У всех пациентов, включенных в исследование, имелся венозный ОТ. Согласно класси-

фикации Mayo, верхняя граница головки ОТ была ограничена ПВ у 24 (26,4%) пациентов, ОТ распространялся менее чем на 2 см выше ПВ у 21 (23,1%) пациента. ОТ НПВ более чем на 2 см выше ПВ, но ниже печеночных вен – у 16 (17,6%) пациентов. ОТ не достигал главных печеночных вен – у 15 (16,5%) пациентов. Головка ОТ находилась между устьями главных печеночных вен и диафрагмой у 7 (7,7%) пациентов, между перикардом и диафрагмой – у 1 (1,1%) пациента, ОТ на уровне диафрагмы – у 1 (1,1%) пациента, в интраперикардальном сегменте, выше диафрагмы – у 4 (4,4%) пациентов. В двух (2,2 %) случаях ОТ достигал правого предсердия.

В последние годы активное применение нашла классификация, разработанная онкологами НМИЦ онкологии имени Н.Н. Блохина (табл. 2). Она подразумевает более детальное подразделение опухолевых тромбов НПВ [14].

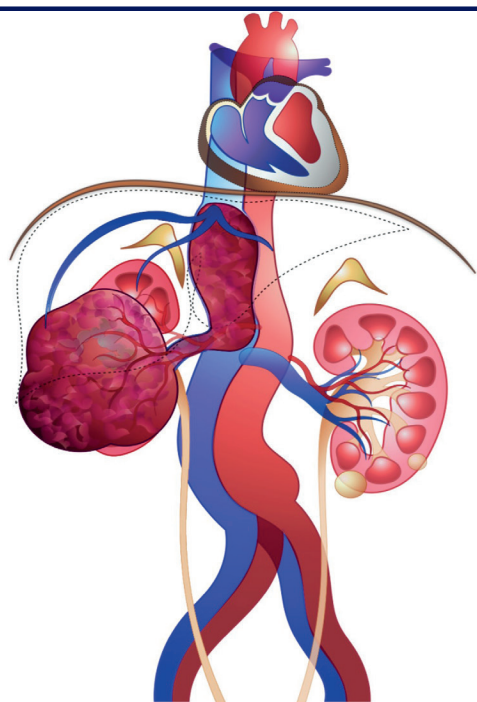


Рисунок 4. Опухоль правой почки с ОТ НПВ IIIc
Figure 4. Right renal cell carcinoma with level III IVC thrombus

На момент проведения оперативного вмешательства у 47 (51,6%) пациентов имелись отдаленные метастазы, из них солитарные – 13 (14,3%), множественные – 34 (37,3%). Наиболее часто встречаемыми локализациями отдаленных метастазов являлись легкие (15 (16,5%)), надпочечник (13 (14,3%)), печень (7 (7,7%)), кости (5 (5,5%)), юкстарегинарные лимфатические узлы (5 (5,5%)), головной мозг (1 (1,1%)), поджелудочная железа (1 (1,1%)).

У 15 (16,5%) пациентов имелось ретроградное распространение ОТ в инфраренальный отдел НПВ. ОТ дистальных притоков НПВ был выявлен в 12 (13,2%) случаях: контролатеральной ПВ – в 6 (6,6%) случаях, главных печеночных вен – в 2 (2,2%) случаях, яичковой/яичниковой вены – в 4 (4,4%) случаях. Вростание ОТ в стенку НПВ или эндокард выявлено у 27 (29,7%) пациентов.

Всем пациентам в центре хирургии было выполнено хирургическое лечение. НЭ выполнялась в 86 (94,5%) случаях, радикальная/циторедуктивная адреналэктомия – в 5 (5,5%) случаях. Расширенная забрюшинная лимфаденэктомия выполнялась всем пациентам 91 (100%). Тромбэктомия из НПВ и резекция НПВ выполнена 46 (50,5%) пациентам.

В зависимости от стороны и формы ОТ использовались различные виды хирургического доступа: J-образная лапаротомия (n=62 (68,1%)), двуподреберный (Шеврон) (n=18 (19,8%)), торакотомия/торакотомия в 10-м межреберье (n=3 (3,3%)), срединная лапаротомия, стернотомия (n=2 (2,2%)), робот-ассистированное хирургическое вмешательство (n=5 (5,5%)) и лапароскопический доступ (n=1 (1,1%)).

Минимально инвазивное лечение ПКР с опухолевым тромбом НПВ значительно эволюционировало за последнее десятилетие. Первоначально полностью интракорпоральные лапароскопические попытки тромбэктомии опухоли НПВ были ограничены тромбами I уровня. Впоследствии более сложные ОТ, требующие кавотомии, были выполнены с использованием лапароскопических сосудистых зажимов. Затем был внедрен роботизированный подход, включая методы малоинвазивного пережатия НПВ. Несмотря на то, что радикальная НЭ с тромбэктомией из почечной и НПВ при открытой хирургии остается стандартным методом лечения, недавние достижения в малоинвазивной хирургии побудили хирургов выполнять эту сложную процедуру с помощью роботизированного подхода. Начиная с 2011 г. опубликованы результаты ряда исследований, подтверждающих потенциал робот-ассистированной радикальной НЭ с тромбэктомией из НПВ [15]. Однако этот тип роботизированной хирургии в настоящее время выполняется исключительно опытными хирургами в ряде центров с большим объемом операций, включая НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского. В течение последних двух лет было успешно выполнено 5 робот-ассистированных радикальных НЭ с тромбэктомией из почечной вены пациентам с опухолевым тромбом I уровня.

Для удаления ОТ всем пациентам проводилась мобилизация НПВ, накладывались турники-

Таблица 1. Характеристика оперируемых больных
Table 1. Clinical and demographic data of the study population

Параметры / Parameters	Больные / Patients (n=91)
Возраст, ME (min-max), годы / Age, ME (min-max), years	60,9±9,1 (39-80)
Соотношение мужчин и женщин / Male to female ratio	2,9 : 1
Макрогематурия / Gross hematuria, n (%)	21 (23)
Сторона поражения почки / Tumor location, n (%)	
Правая / Right	51 (59,8)
Левая / Left	35 (38,5)
Адренокортикальный рак / Adrenocortical carcinoma, n (%)	
Правый надпочечник / Right adrenal gland	5 (5,5)
Метахронный рак / metachronous cancer, n (%)	
Контралатеральная почка / Contralateral kidney	2 (2,2)
Прямая кишка / Rectum	1 (1,1)
Мочевой пузырь / Bladder	1 (1,1)

Surgical management of IVC tumor thrombus

Таблица 2. Классификация опухолевых тромбов НПВ (НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина) [14]
Table 2. Classification of IVC tumor thrombus proposed by N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology [14]

Уровень тромба / Tumor thrombus level	Хирургическая верхняя граница тромба / the upper surgical extent of the tumor thrombus	n (%)
0	Опухолевый тромб ограничен почечной веной / Tumor thrombus is limited to the renal vein	24 (26,4)
I	Опухолевый тромб менее чем на 2 см выше почечной веной / Tumor thrombus extends into the IVC, <2 cm above the renal vein	21 (23,1)
II	Тромб НПВ более чем на 2 см выше почечной вены, но ниже печеночных вен / Tumor thrombus extends into the IVC, >2 cm above the renal vein but below the hepatic veins	16 (17,6)
IIIa	Ниже устьев главных печеночных вен / Below the ostia of major the hepatic veins	15 (16,5)
IIIb	Между устьями главных печеночных вен и диафрагмой / Between the ostia of the major hepatic veins and diaphragm	7 (7,7)
IIIc	Между перикардом и диафрагмой / Between pericardium and diaphragm	1 (1,1)
IVa	Интраперикардиальный сегмент, уровень диафрагмы / Intrapericardial segment at the level of the diaphragm	1 (1,1)
IVb	Интраперикардиальный сегмент, выше диафрагмы / Intrapericardial segment above the diaphragm	4 (4,4)
IVc	Интраперикардиальный сегмент, правые отделы сердца / Intrapericardial segment, right heart chambers	2 (2,2)

кеты на контрлатеральную ПВ, а так же ниже и выше каудальной и краниальных границ тромба соответственно. Наиболее простым видом оперативного пособия является хирургическое вмешательство при тромбах I - го уровня (ренальных и каво-ренальных), при котором выполнялось краевое отжатие НПВ. После пересечения артерии наблюдалась ретракция, сокращения тромба, как реакция на прекращение активного кровотока по опухолевой ткани тромба.

У пациентов с ОТ, соответствующим уровням III–IV, проводилась мобилизация правой доли печени, накладывался турникет, выполнялось пережатие гепатодуоденальной связки

(при кавотомии и извлечение ОТ). В 15 (16,5%) случаях верхний турникет накладывали в подпеченочном пространстве, по нижней границе печени (рис. 5А). В случае ОТ IIIc уровня, поддиафрагмально накладывался турникет у 8 (8,8%) пациентов (рис. 5В). Главным принципом безопасного удаления ОТ из НПВ является полная изоляция сегмента сосуда, содержащего ОТ. Ранняя перевязка почечной артерии уже несет более важную функцию. Каждый миллиметр от устьев печеночных вен имеет большое значение для уровня наложения турникета в краниальном направлении, как и тщательная сосудистая изоляция нижней полой вены в инфрареналь-

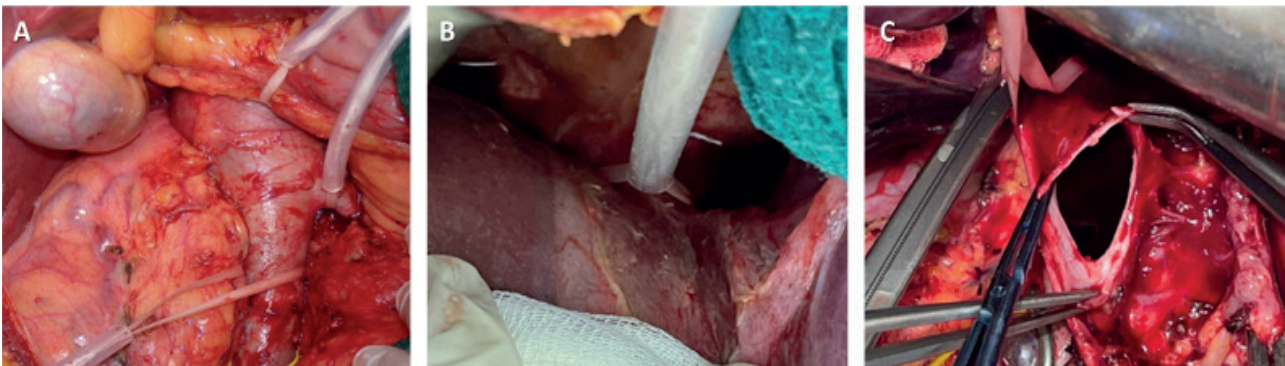


Рисунок 5. Особенности хирургического вмешательства. А — турникеты на гепатодуоденальной связке, ниже уровня главных печеночных вен, контрлатеральной ПВ и инфраренальном отделе НПВ; В — Турникет на НПВ под диафрагмой; С — Вид операционного поля после сосудистой изоляции и кавотомии
Figure 5. Surgical management. A — Tourniquets are placed on the hepatoduodenal ligament, below the major hepatic veins, contralateral renal vein, and infrarenal IVC; B — Tourniquet is placed on the IVC under the diaphragm; C — View of the surgical field after vascular isolation and cavotomy

ном отделе, контралатеральной почечной вены. Важным является контроль за ретрокавальными поясничными венами с позиции профилактики тромбоэмболии легочной артерии и обильного кровотечения при удалении ОТ (рис. 5С). У 4 (4,4%) пациентов удалось выполнить удаление ОТ без применения искусственного кровообращения. При ОТ IVc уровня (2 (2,2%)), головка ОТ из предсердия удалялась атриотомическим доступом в условиях ИК.

Обеспечение венозного оттока от нижних конечностей производилось путем ушивания НПВ с сохранением просвета сосуда в 73 (80,2%) случаях, ушиванием дефекта НПВ, циркулярной резекции НПВ с сохранением оттока по левой ПВ в 5 (5,5%) случаях, циркулярной резекции НПВ с перевязкой левой ПВ в 3 (3,3%) случаях, циркулярной резекции НПВ и протезированием НПВ синтетическим протезом в 2 (2,2%) случаях. В связи с сосудистым тромбозом НПВ, восьмью (8,8%) пациентам была выполнена перевязка инфраренального отдела НПВ (рис. 6).

Для выявления морфологических особенностей и определение наиболее важных иммуногистохимических маркеров нескольких вариантов ПКР для более точной и быстрой диагностики новообразований почек все удаленные препараты отправлены на патоморфологические исследования, что в дальнейшем позволит сформулировать прогноз для пациентов с опухолями в почках (рис. 7).

Обработка клинических данных и полученных результатов производилась с использованием методов вариационной статистики и расчетом среднего квадратического отклонения, средних ошибок средней арифметической ($M \pm m$) и относительной величины ($P \pm p$). Вся информация по каждому пациенту, результатам его лечения формировалась в специальную карту электрон-

ной базы данных в формате Excel.

Результаты

Длительность оперативного вмешательства составила от 105 до 715 минут. Среднее время операции – $294 \pm 111,5$ мин. Средний объем кровопотери составил $1178 \pm 2165,4$ мл. Минимальный объем кровопотери составил 100 мл, максимальный – 18.000 мл. В 15 (16,5%) случаях объем кровопотери составил более 50% объема циркулирующей крови. Возврат аутокрови выполнялся 26 (28,6%) пациентам, 20 (22%) пациентам потребовалось переливание донорской крови. Интраоперационные осложнения также включали внутрисосудистый тромбоз ($n=1$ (1,1%)). Интраоперационных смертей не было. Общее количество послеоперационных осложнений по Clavien-Dindo – 13 (14,3%). Осложнения I-II степени были выявлены у 9 (9,9%) пациентов, III-V степеней – у 4 (4,4%) пациентов. Парез кишечника диагностирован в 6 (6,6%) случаях, коагулопатия – в 2 (2,2%) случаях, развитие острого поражения почек, потребовавшее применение гемодиализа, – в 2 (2,2%) случаях, острый панкреатит – в 3 (3,3%) случаях, энцефалопатия – в 1 случае (1,1%). Острое повреждение почек зафиксировано только у пациентов с единственной оперированной почкой. Для подтверждения диагноза острое повреждение почек использован стандартный подход с дополнительными биомаркерами [16]. Повторное оперативное вмешательство потребовалось 2 (2,2%) больным.

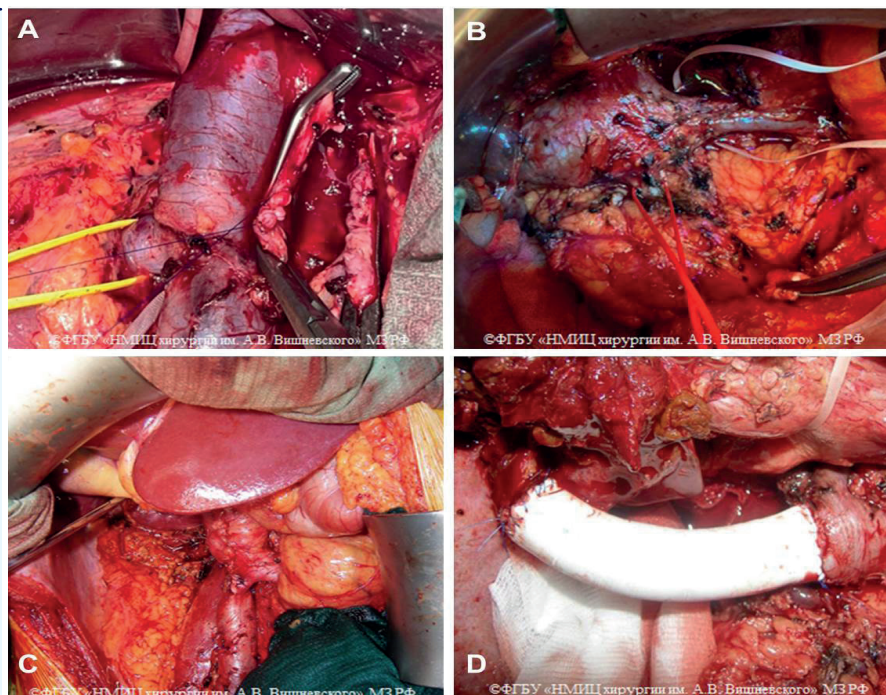
Сроки наблюдения составили от 3 до 86 мес. ($58,7 \pm 19,1$).

Имел место 1 (1,1%) летальный исход на третьи сутки из-за острого инфаркта миокарда.

Подтверждение онкологического диагноза производилось на основании гистологического исследования. Светлоклеточный ПКР диагности-

Рисунок 6. А – ушивание НПВ с сохранением просвета сосуда (краевая резекция НПВ в области устья левой ПВ); В – перевязка инфраренального отдела НПВ (состоявшийся сосудистый тромбоз в инфраренальном отделе НПВ); С – циркулярная резекция НПВ с сохранением оттока по ЛПВ; D – протезирование НПВ синтетическим протезом

Figure 6. A – IVC is excised preserving the vessel lumen (marginal excision of the IVC in the left renal vein ostium); B – infrarenal IVC is ligated (infrarenal IVC thrombosis); C – circular IVC resection preserving left renal vein outflow; D – IVC is reconstructed with a synthetic prosthesis



рован в 76 (83,5%) случаях, папиллярный ПКР – в 8 (8,8%) случаях, аденокортикальная карцинома надпочечника – в 6 (6,6%) случаях и злокачественная ангиолипома – в 1 (1,1%) случае.

Обсуждение

ОТ выявляется в 4-10% случаев ПКР, из которых распространение в просвет НПВ наблюдается у 22-70% пациентов [17].

В мировом медицинском сообществе ведутся дискуссии о выборе метода лечения пациентов, больных ПКР и имеющих ОТ. На данный момент основным видом хирургического лечения у таких пациентов является НЭ с тромбэктомией. Тромбэктомия ОТ НПВ является одной из наиболее сложных открытых операций с частотой осложнений до 38% и периоперационной летальностью от 4-10% [18].

В госпитале Сан-Херардо, Монца, Италия с 2010 по 2015 гг. было проведено когортное ретроспективное исследование с участием 10 пациентов. Все пациенты имели ПКР с ОТ (уровень тромба I-II). Выполнена Всем радикальная НЭ с тромбэктомией из НПВ. Интра- и послеоперационные тромбоэмболические осложнения отсутствовали [19].

В Японии в университете Акито ретроспективно рассмотрели результаты резекции НПВ без венозной реконструкции у 8 больных ПКР и ОТ. Уровень тромба – IIIa – IV. Всем пациентам выполнялась НЭ. Три пациента пережили средний период наблюдения 25 месяцев, включая одного пациента без рецидива. Три пациента достигли долгосрочной выживаемости более 2 лет [20].

В период с 2011 г. по апрель 2017 г. в клинике урологии ГКБ №1 им. Н.И. Пирогова были выполнены 26 радикальных/циторедуктивных НЭ с тромбэктомией. Уровень ОТ – I-IV. Методика тромбэктомии определялась уровнем ОТ НПВ. Трехлетняя безрецидивная выживаемость пациентов исходно без наличия отдаленных метастазов составила 63%. Местного рецидива заболевания не зафиксировано [21].

В ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России в период с 1995 по 2017 гг. было произведено 75 оперативных вмешательств у пациентов с диагностированной опухолью почки и ОТ НПВ II-IV уровней. Объем хирургического вмешательства включал НЭ, тромбэктомию с резекцией НПВ, удаление солитарных метастазов. Краевая резекция НПВ выполнена 24% пациентов (с пликацией инфраренального отдела НПВ – 18,7%, с замещением дефекта заплатой – 5,3%) циркулярная резекция НПВ – 76,0% пациентов (с перевязкой левой ПВ – 46,7%, с протезированием сегмента НПВ – 45,3%, без протезирования – 70,7%). Частота послеоперационных осложнений – 52,1% (III-V степеней тяжести – 31,5%). 32-месячная общая, специфическая и безрецидивная выживаемость состави-



Рисунок 7. Опухоль правой почки с ОТ НПВ: А – опухоль правой почки; В – ОТ правой ПВ; С – подпеченочный ОТ; D – ОТ выше диафрагмы; E – ретроградный ОТ НПВ; F – ОТ контралатеральный ПВ

Figure 7. Gross pathological findings: right renal cell carcinoma with IVC tumor thrombus: A – cell carcinoma of the right kidney; B – tumor thrombus in the right renal vein; C – subhepatic tumor thrombus; D – tumor thrombus above the diaphragm; E – retrograde IVC tumor thrombus; F – tumor thrombus in the contralesional renal vein.

ла 42,4%, 49,5% и 61,2% соответственно. Ученые пришли к выводу, что наличие развитых венозных коллатералей НПВ и ЛПВ позволяет безопасно выполнять циркулярную резекцию НПВ с перевязкой ЛПВ без протезирования [22]. Хотя хирургическая техника и периоперационное ведение пациентов значительно улучшились с течением времени, общая выживаемость больных с ПКР и ОТ остается низкой, при этом 5-летняя общая выживаемость варьируется от 37 до 71% [23-25].

Было установлено, что некоторые характеристики пациентов и онкологические факторы связаны с неблагоприятными онкологическими исходами для пациентов с ПКР с ОТ, включая возраст пациента, индекс массы тела, размер опухоли, некроз опухоли, положительные лимфатические узлы, метастазирование и венозную инвазию [26, 27].

Хотя некоторые исследования ставят под сомнение роль положительного лимфатического узла как прогностического фактора выживания, это может быть связано с тем фактом, что лимфаденэктомия не выполнялась рутинно [28].

Заключение

НЭ с тромбэктомией является технически осуществимым подходом у пациентов с опухолевым тромбом I-IV уровней. Хирургическое лечение пациентов с ПКР и ОТ остается технически сложным оперативным вмешательством и представляет собой значимую клиническую проблему. Считается, что проникновение ПКР в просвет ПВ имеет место в 25-30% наблюдений, а распространение в НПВ – в 4-10% случаев.

Даже опытному хирургу не удастся полностью избежать периоперационных осложнений. Однако популяризация мультидисциплинарного подхода позволяет улучшить исходы хирургического лечения, что положительным образом отражается на выживаемости больных ПКР с ОТ. Оптимальный отбор пациентов, хирургический навык лечения больных данной группы и мультидисциплинарный подход являются критически значимыми элементами лечения.

Отличительной чертой тромбэктомии от радикальной НЭ является необходимость мобилизации, контроля и резекции НПВ, что превращает обычную открытую операцию в реконструктивную сосудистую. Хирургическое лечение таких пациентов следует проводить в условиях высокоспециализированного многопрофильного стационара, в составе которого есть сосудистое, рентгенэндоваскулярное и урологическое отделения. Формирование постоянной команды специалистов (онкологов, хирургов, кардиохирургов, урологов, ангиохирургов, анестезиологов, реаниматологов, перфузиологов, диагностов) способствует повышению эффективности лечения. Экстремально высокие тромбы относятся к операциям высокой категории сложности. В условиях окклюзии НПВ гипертрофированное коллатеральное русло в виде тонкостенных, хаотично расположенных вен дополнительно усложняет работу хирурга. Для полного удаления тромба без риска фрагментации и эмболии необходим уверенный контроль над всеми крупными сосудами в зоне вмешательства. Нельзя оставлять без внимания поясничные вены, кровотечение из которых может быть весьма интенсивным. Попытки «слепого» удаления тромба (например, баллонным зондом) несут дополнительную опасность оставления на стенке вены резидуальных тромботических масс, содержащих опухолевые клетки.

Информация об авторах

Грицкевич Александр Анатольевич, д.м.н., заведующий отделением хирургического лечения урологических заболеваний ФГБУ «НМИЦ хирургии имени А.В. Вишневского» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация; профессор кафедры урологии и оперативной нефрологии с курсом онкоурологии Российского университета дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-5160-925X>

Полотбек уулу Жолболду, младший научный сотрудник отдела онкоурологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-2424-0493>

Чевина Алина Андреевна, врач-анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации с палатами реанимации и интенсивной терапии

Разработка мультидисциплинарных рекомендаций по лечению таких пациентов на данный момент не представляется возможным из-за постоянного потока новых и порой противоречивых данных в каждой специальности. Только обсуждение на совместных онкологических и сердечно-сосудистых консилиумах поможет выбрать оптимальную тактику лечения больных ПКР и ОТ НПВ.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках реализации государственного задания ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России 720000Ф.99.1.БН62АБ29000 (рег. №: ZUNE-2021-0002) по теме «Хирургическая тактика при опухолях почки и лоханки почки с интратюминальным распространением опухоли».

Конфликт интересов

А.А. Грицкевич является членом редакционной коллегии журнала «Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия». Ж. Полотбек уулу заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.А. Чевина заявляет об отсутствии конфликта интересов. В.Ю. Рагузина заявляет об отсутствии конфликта интересов. С.В. Хромова заявляет об отсутствии конфликта интересов. И.В. Мирошкина заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.Г. Кочетов заявляет об отсутствии конфликта интересов. М.В. Кадырова заявляет об отсутствии конфликта интересов. Н.А. Карельская заявляет об отсутствии конфликта интересов. Ю.А. Степанова заявляет об отсутствии конфликта интересов. С.В. Сапелкин заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.Ш. Ревитшвили является главным редактором журнала «Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия».

Author Information Form

Gritskevich Aleksander A., M.D., Ph.D., Head of the Department of Surgical Treatment of Urologic Diseases, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation; Professor at the Department of Urology, Surgical Nephrology and Oncourology, Medical Institute, Peoples Friendship University of Russia; Moscow, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-5160-925X>

Polotbek uulu Zholboldu, M.D., junior researcher at the Department of Oncourology, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-2424-0493>

Chevina Alina A., M.D., anesthesiologist at the Intensive Care Unit, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-2424-0493>

Surgical management of IVC tumor thrombus

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0001-8066-2626>

orcid.org/0000-0001-8066-2626

Рагузина Влада Юрьевна, младший научный сотрудник отделения ультразвуковой диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-1527-670X>

Raguzina Vlada Yu., M.D., junior researcher at the Department of Diagnostic Radiology, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-1527-670X>

Хромова Станислава Владимировна, аспирант отдела лучевой диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-8083-4843>

Khromova Stanislava V., M.D., a postgraduate student at the Department of Diagnostic Radiology, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-8083-4843>

Мирошкина Ирина Владимировна, младший научный сотрудник отдела онкоурологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-3208-198X>

Miroshkina Irina V., M.D., junior researcher at the Department of Oncourology, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-3208-198X>

Кочетов Александр Геннадьевич, д.м.н., начальник урологического центра ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий – Центральный военно-клинический госпиталь имени А.А. Вишневского» Минобороны России, г. Красногорск, Московская область, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0003-3631-598X>

Kochetov Alexander G., M.D., Ph.D., Head of the Urology Center at the National Medical Research Center for High Medical Technologies – A.A. Vishnevsky Central Military Clinical Hospital, Krasnogorsk, Moscow region, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0003-3631-598X>

Кадырова Мадина Валерьевна, к.м.н., заведующая отделением ультразвуковой диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0001-8231-6866>

Kadirova Madina V., M.D., Ph.D, Head of the Department of Ultrasound Diagnosis, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0001-8231-6866>

Карельская Наталья Александровна, к.м.н., старший научный сотрудник отдела лучевой диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0001-8723-8916>

Karelskaya Natalia A., M.D., Ph.D., senior researcher at the Department of Diagnostic Radiology, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0001-8723-8916>

Степанова Юлия Александровна, д.м.н., ученый секретарь ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-2348-4963>

Stepanova Yulia A., M.D., Ph.D., Scientific Secretary at the A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-2348-4963>

Сапелкин Сергей Викторович, д.м.н., главный научный сотрудник отделения сосудистой хирургии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-00033610-8382>

Sapelkin Sergey V., M.D., Ph.D., chief researcher at the Vascular Surgery Department, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-00033610-8382>

Ревишвили Амиран Шотаевич, д.м.н., профессор, академик РАН, директор ФГБУ «НМИЦ хирургии

Revishvili Amiran. Sh., M.D., Ph.D., Professor, Director of the A.V. Vishnevsky National Medical Research

имени А.В. Вишневого» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0003-1791-9163>

Center of Surgery, <https://orcid.org/0000-0003-1791-9163>

Вклад авторов в статью

Концепция и дизайн исследования: ГАА, ПЖу, ЧАА, РВЮ, ХСВ, МИВ, КАГ, КМВ, КНА, СЮА, ССВ, РАШ; интерпретация данных: ГАА, ПЖу, ЧАА, РВЮ, ХСВ, МИВ, КАГ, КМВ, КНА, СЮА, ССВ, РАШ; написание статьи: ГАА, ПЖу, ЧАА, РВЮ, ХСВ, МИВ, КАГ, КМВ, КНА, СЮА, ССВ, РАШ; утверждение окончательной версии для публикации: ГАА, ПЖу, ЧАА, РВЮ, ХСВ, МИВ, КАГ, КМВ, КНА, СЮА, ССВ, РАШ; полная ответственность за содержание: ГАА, ПЖу, ЧАА, РВЮ, ХСВ, МИВ, КАГ, КМВ, КНА, СЮА, ССВ, РАШ.

Author Contribution Form

Contribution to the concept and design of the study: GAA, PZhu, ChAA, RVYu, KhSV, MIV, KAG, K MV, KNA, SYuA, SSV, RASH; data interpretation: GAA, PZhu, ChAA, RVYu, KhSV, MIV, KAG, K MV, KNA, SYuA, SSV, RASH; manuscript writing: GAA, PZhu, ChAA, RVYu, KhSV, MIV, KAG, K MV, KNA, SYuA, SSV, RASH; approval of the final version: GAA, PZhu, ChAA, RVYu, KhSV, MIV, KAG, K MV, KNA, SYuA, SSV, RASH; fully responsible for the content: GAA, PZhu, ChAA, RVYu, KhSV, MIV, KAG, K MV, KNA, SYuA, SSV, RASH.

Список литературы / References

1. Davydov MI, Matveev VB, Matveev BP. Surgical treatment of kidney cancer complicated by venous invasion (guidelines for doctors). Moscow, 2003. 24 p. (In Russ.)
2. Blute ML, Boorjian SA, Leibovich BC. Results of inferior vena caval interruption by greenfield filter, ligation or resection during radical nephrectomy and tumor thrombectomy. *J Urol* 2007;178(2):440–5. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2007.03.121>.
3. Zotikov AE, Gritskevich AA, Adyrkhaev ZA, Baitman TP, Miroshkina IV, Polotbek uulu Zh. Reconstruction of renal vessels during extracorporeal partial nephrectomy of a single kidney. *Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya*. 2022;15(3):295–301. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/kardio202215031295>
4. Gritskevich AA, Esipov AV, Kochetov AG, Baitman TP, Kostin AA. The experience of nephron-sparing surgery for renal cell carcinoma of a single kidney with neoplastic intraluminal venous invasion: two clinical cases. *Gospital'naya Meditsina: nauka i praktika* 2021; 4(3):12–21. (In Russ.) <https://doi.org/10.34852/GM3CVKG.2021.20.61.002>
5. Gritskevich AA, Miroshkina IV, P'ianikin SS, Adyrkhaev ZA, Stepanova YuA, Zotikov AE, Teplov AA, Kubyshev VA, Revishvili AS. Extracorporeal partial nephrectomy under pharmacologic cold ischemia for renal cell carcinoma. *Pirogov Russian Journal of Surgery = Khirurgiya. Zurnal im. N.I. Pirogova*. 2017;(1):42–47. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/hirurgia2017142-47>
6. Gritskevich A.A., P'yanikin S.S., Adyrkhaev Z.A., Stepanova Yu.A., Kazennov V.V., Zotikov A.E., Teplov A.A., Revishvili A.S. Ex vivo kidney resection in pharmacological cold ischemia followed by orthotopic autotransplantation. *Transplantologiya. The Russian Journal of Transplantation*. 2016;(3):27–36
7. Teplov AA, Gritskevich AA, Pyanikin SS, Zotikov AE, Adyrkhaev ZA, Kozhanova AV, Askerova AN, Vetsheva NN, Timina IE, Stepanova YuA, Karmazanovskiy GG, Pokrovskiy AV, Kubyshev VA. Extracorporeal resection of the kidney in the setting of the pharmacological and cold temperature ischemia with orthotopic replantation of the vessels without ureter transaction in patients with renal cell carcinoma. *Clinical and experimental urology* 2015; 2:52–63. (In Russ.)
8. Skinner DG, Pfister RF, Colvin R. Extension of renal cell carcinoma into the vena cava: the rationale for aggressive surgical management. *J Urol*. 1972; 107(5):711–716. [https://doi.org/10.1016/S0022-5347\(17\)61122-4](https://doi.org/10.1016/S0022-5347(17)61122-4)
9. McDougall E, Clayman RV, Elashry OM. Laparoscopic radical nephrectomy for renal tumor: the Washington university experience. *J Urol*. 1996; 155:1180–1185. [https://doi.org/10.1016/S0022-5347\(01\)66207-4](https://doi.org/10.1016/S0022-5347(01)66207-4)
10. Ljungberg B, Albiges L, Abu-Ghanem Y, Bensalah K, Dabestani S, Fernández-Pello S, Giles RH, Hofmann F, Hora M, Kuczyk MA, Kuusk T, Lam TB, Marconi L, Merseburger AS, Powles T, Staehler M, Tahbaz R, Volpe A, Bex A. European Association of Urology Guidelines on Renal Cell Carcinoma: The 2019 Update. *Eur Urol*. 2019 May;75(5):799–810. doi: 10.1016/j.eururo.2019.02.011.
11. Davydov M.I., Matveev V.B., Volkova M.I., Feoktistov P.I., Kuznetsov K.P., Nekhaev I.V., Lomidze S.V., Zhuzhginova O.V., Figurin K.M., Chernyaev V.A., Ogorodnikova E.V. Surgical treatment of Renal Cell Carcinoma (RCC) with level III–IV tumor venous thrombosis. *Cancer Urology*. 2016;12(4):21–34. (In Russ.) <https://doi.org/10.17650/1726-9776-2016-12-4-21-34>
12. Mandhani A, Patidar N, Aga P, Pande S, Tewari P. A new classification of inferior vena cava thrombus in renal cell carcinoma could define the need for cardiopulmonary or venovenous bypass. *Indian J Urol*. 2015; 31(4):327–32. <https://doi.org/10.4103/0970-1591.166459>.
13. Leibovich BC, Lohse CM, Cheville JC, et al. Renal Cell Carcinoma with Inferior Vena Cava Extension: Can Classification Be Optimized to Predict Perioperative Outcomes? *Kidney Cancer* 2020; 4(2):111–115. <https://doi.org/10.3233/KCA-190070>
14. Matveev VB, Volkova MI, Vashakmadze NL, Stilidis IS. Technique and short-term outcomes of surgical treatment in patients with renal cell carcinoma and tumor venous thrombosis: experience of the Urology Clinic, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology. *Onkourologiya = Cancer Urology* 2021;17(2):17–32. (In Russ.). <https://doi.org/10.17650/1726-9776-2021-17-2-17-32>
15. Abaza R. Initial series of robotic radical nephrectomy with vena caval tumor thrombectomy. *Eur Urol*. 2011;59(4):652–6. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2010.08.038>.
16. Miroshkina IV, Gritskevich AA, Baytman TP, Pyanikin SS, Arevin AG, Kalinin DV, Demidova VS, Teplov AA. The role of markers of acute kidney damage in assessing kidney function with its ischemia. *Experimental and clinical urology* 2018; 4: 114–121. (In Russ.)
17. Pouliot F, Shuch B, Larochelle JC, Pantuck A, Belldegrun AS. Contemporary management of renal tumors with venous tumor thrombus. *J Urol* 2010;184:833–841. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2010.04.071>

18. Shao P, Li J, Qin C, Lv Q, Ju X, Li P, et al. Laparoscopic radical nephrectomy and inferior vena cava thrombectomy in the treatment of renal cell carcinoma. *Eur Urol* 2015; 68:115–122. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2014.12.011>
19. Grasso M, Blanco S, Segramora V, Grasso EC, Leni D, Conti GM. Optional caval filter in kidney cancer patients with tumor thrombus level I and II. *Minerva Urol Nefrol.* 2018;70(1):74–78. <https://doi.org/10.23736/S0393-2249.17.02867-3>.
20. Kashima S, Narita S, Saito M, Takahashi M, Maita S, Tsuruta H, Numakura K, Maeno A, Inoue T, Tsuchiya N, Satoh S, Yamamoto H, Yamamoto Y, Habuchi T. [Outcome of Resection of Inferior Vena Cava Superior to the Renal Vein in Renal Cell Carcinoma with Vena Caval Tumor Thrombus]. *Hinyokika Kyo.* 2016 Jun;62(6):287–94. Japanese.
21. Kotov S.V., Kirienko A.I., Yusufov A.G., Kotova D.P., Semenov M.K., Iritsyan M.M., Baranov A.A. Intraoperative and oncological results of treating patients with renal cell carcinoma and venous tumor thrombus. *Cancer Urology.* 2018;14(1):57–67. (In Russ.) <https://doi.org/10.17650/1726-9776-2018-14-1-57-67>
22. Davydov M.I., Matveev V.B., Volkova M.I., Figurin K.M., Chernyaev V.A., Klimov A.M., Begaliev A.K., Feoktistov P.I., Kuznetsov K.P., Nekhaev I.V., Zhuzhginova O.V., Ogorodnikova E.V., Mkhitarian S.M. Resection of the inferior vena cava in patients with renal cell carcinoma with bulky tumor venous thrombosis. *Cancer Urology.* 2018;14(2):15–25. (In Russ.) <https://doi.org/10.17650/1726-9776-2018-14-2-15-25>
23. Nooromid MJ, Ju MH, Havelka GE, Kozlowski JM, Kundu SD, Eskandari MK. Fifteen-year experience with renal cell carcinoma with associated venous tumor thrombus. *Surgery.* 2016;160(4):915–923. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2016.06.029>
24. Master VA, Ethun CG, Kooby DA, Staley CA, III, Maithel SK. The value of a cross-discipline team-based approach for resection of renal cell carcinoma with IVC tumor thrombus: a report of a large, contemporary, single-institution experience. *J Surg Oncol.* 2018;118(8):1219–1226. <https://doi.org/10.1002/jso.25271>
25. Hirono M, Kobayashi M, Tsushima T, Obara W, Shinohara N, Ito K, Eto M, Takayama T, Fujii Y, Nishikido M, Kimura G, Kishida T, Takahashi M, Miyao N, Naya Y, Abe T, Fujioka T, Ito K, Naito S; Members of the Japanese Society of Renal Cancer. Impacts of clinicopathologic and operative factors on short-term and long-term survival in renal cell carcinoma with venous tumor thrombus extension: a multi-institutional retrospective study in Japan. *BMC Cancer.* 2013 2;13:447. <https://doi.org/10.1186/1471-2407-13-447>.
26. Whitson JM, Reese AC, Meng MV. Population based analysis of survival in patients with renal cell carcinoma and venous tumor thrombus. *Urol Oncol.* 2013;31(2):259–263. <https://doi.org/10.1016/j.urolonc.2010.11.017>
27. Armstrong PA, Back MR, Shames ML, Bailey CJ, Kim T, Lawindy SM, Sexton WJ, Spiess PE. Outcomes after inferior vena cava thrombectomy and reconstruction for advanced renal cell carcinoma with tumor thrombus. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord.* 2014;2(4):368–376. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2014.05.002>
28. Sidana A, Goyal J, Aggarwal P, Verma P, Rodriguez R. Determinants of outcomes after resection of renal cell carcinoma with venous involvement. *Int Urol Nephrol.* 2012;44(6):1671–1679. <https://doi.org/10.1007/s11255-012-0314-x>

Для цитирования: Грицкевич А.А., Полотбек уулу Ж., Чевина А.А., Рагузина В.Ю., Хромова С.В., Мирошкина И.В., Кочетов А.Г., Кадырова М.В., Карельская Н.А., Степанова Ю.А., Сапелкин С.В., Ревিশвили А.Ш. Хирургия опухолевых тромбов нижней поллой вены при почечно-клеточном раке. Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия. 2023;2(1):21–32.

To cite: Gritskevich A.A., Polotbek uulu Zh., Chevina A.A., Raguzina V.Yu., Khromova S.V., Miroshkina I.V., Kochetov A.G., Kadirova M.V., Karelskaya N.A., Stepanova Yu.A., Sapelkin S.V., Revishvili A.Sh. Surgical Management of Inferior Vena Cava Tumor Thrombus in Patients with Renal Cell Carcinoma. Minimally Invasive Cardiovascular Surgery. 2023;2(1):21–32.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРФУЗИИ У КОМОРБИДНЫХ ПАЦИЕНТОВ

Р.А. Корнелюк[✉], А.В. Гейзе, Г.П. Плотников, М.Н. Козлова, В.А. Попов, А.Ш. Ревитшвили
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский
центр хирургии имени А.В. Вишневского» Министерства здравоохранения Российской Федерации,
ул. Большая Серпуховская, 27, г. Москва, Российская Федерация, 117997

Основные положения

Гемофильтрация с использованием полиионного буферного раствора и диализного полиметилметакрилатового фильтра с сорбирующей способностью при длительном искусственном кровообращении у коморбидных пациентов позволяет снизить риски органной дисфункции в послеоперационном периоде.

Резюме

Цель: Оценить эффективность различных интраперфузионных методов удаления медиаторов воспаления и метаболитов, а также их влияние на снижение частоты органной дисфункции в послеоперационном периоде при длительном искусственном кровообращении у больных с сопутствующей патологией.

Материалы и методы: Проведено одноцентровое ретроспективное нерандомизированное исследование 154 пациентов с коморбидной патологией и кардиохирургическими вмешательствами при искусственном кровообращении (ИК) длительностью ≥ 90 мин. Стандартизированное анестезиологическое обеспечение. Все пациенты были разделены на три группы: группа 1 (n=51) – стандартный экстракорпоральный контур с роллерной помпой, группа 2 (n=31) – гемофильтрация (ГФ) в контуре ИК, группа 3 (n=67) – гемодиофильтрация (ГДФ) с диализатором на основе полиметилметакрилата (ПММА). Группы сопоставимы по характеру операций, длительности ИК, времени пережатия аорты, выраженности сопутствующей патологии (дыхательная, почечная недостаточность, сахарный диабет). Проведена оценка концентрации биохимических маркеров органного повреждения, индекс оксигенации ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$), уровень гемолиза по свободному гемоглобину (свНб) и маркеры воспалительной реакции - интерлейкин-6 (ИЛ-6), интерлейкин-10 (ИЛ-10), прокальцитонин (РСТ), С-реактивный белок (СРБ), sTrem-1 исследовались через 1 ч после начала ИК и 24 ч после окончания ИК. Оценивались частота респираторных и почечных осложнений, дренажная кровопотеря в послеоперационном периоде, потребность в вазопрессорной поддержке, длительность лечения в реанимации и стационаре.

Результаты: При сопоставимых дозировках инотропной поддержки дозы вазопрессорной терапии значимо ниже в группе с применением ПММА, а в группе ГФ не требовались. Уровень гемолиза по свНб, как и лактат, ниже в исследуемых группах, при этом в группе ПММА не превышали референсных значений. Анализ концентрации биологически активных молекул в крови больных показал, что фильтрация и сорбция при ИК снижают уровень воспалительных цитокинов и триггерных молекул системной воспалительной реакции. Длительность восстановления адекватного самостоятельного дыхания значимо выше в группе с классической перфузией, как и частота потребности в диализной-фильтрационной терапии.

Закключение: Гемофильтрация с использованием полиионного буферного раствора и диализного полиметилметакрилатового фильтра с сорбирующей способностью при длительном искусственном кровообращении у коморбидных пациентов позволяет снизить риски органной дисфункции в послеоперационном периоде.

Ключевые слова: искусственное кровообращение • гемофильтрация • полиметилметакрилат • органная дисфункция • системная воспалительная реакция

Поступила в редакцию: 12.12.2022; поступила после доработки: 23.01.2023; принята к печати: 03.02.2023

Для корреспонденции: Корнелюк Роман Александрович, e-mail: rkornelyuk@mail.ru; адрес: ул. Большая Серпуховская, д. 27, г. Москва, Российская Федерация, 115093

OPTIMISING ORGAN PERFUSION IN COMORBID PATIENTS

R.A. Kornelyuk✉, A.V. Geyze, G.P. Plotnikov, M.N. Kozlova, V.A. Popov, A.Sh. Revishvili
A.V. National Medical Research Center for Surgery, 27, Bolshaya Serpukhovskaya St.,
Moscow, Russian Federation, 115093

Central Message

Hemofiltration using polyionic buffer solution and polymethyl methacrylate filters with sorption capacity during prolonged cardiopulmonary bypass in comorbid patients can reduce the risk of developing organ failure in the postoperative period.

Abstract

Aim: To evaluate the effectiveness of perfusion methods to remove inflammatory mediators and metabolites, as well as to reduce the incidence of postoperative organ dysfunction in patients with comorbidities following prolonged cardiopulmonary bypass.

Methods: 154 comorbid patients who underwent cardiac surgeries with cardiopulmonary bypass (CPB) over 90 min were included in a single-center retrospective non-randomized study. Patients received standard anaesthesia. All patients were assigned to three groups: group 1 (n=51) patients received extracorporeal circuit with a conventional roller pump, group 2 (n=31) patients received hemofiltration (HF) during CPB, and group 3 (n=67) patients - hemodiafiltration (HDF) with polymethyl methacrylate dialyzer (PMMA). The groups were comparable in clinical (severity of concomitant diseases – respiratory failure, renal failure, diabetes mellitus) and intraoperative parameters (CPB duration, aortic cross-clamp time). Levels of biochemical markers of organ failure, the oxygenation index (PaO2/FiO2), the degree of hemolysis by plasma free hemoglobin (fHb) and markers of the inflammatory response (interleukin-6 (IL-6), interleukin-10 (IL-10), procalcitonin (PCT), C-reactive protein (CRP), sTrem-1) were measured 1 hour after CPB initiation and 24 hours after its termination. The rate of respiratory and renal complications, postoperative drainage blood loss, the need for vasopressor support, and the length of in-hospital and IVU stay were assessed.

Results: The doses of vasopressor therapy were significantly lower in the PMMA dialyzer group with similar inotropic support. Importantly, patients in the HF group did not require vasopressor therapy. The degree of hemolysis, as well as the levels of lactate were lower in the conventional CPB group and the HF group, while in the PMMA dialyzer group they did not exceed the reference levels. The measurement of biomarker levels showed that filtration and sorption during CPB reduced the level of inflammatory cytokines and trigger molecules of the systemic inflammatory response. The recovery of adequate spontaneous breathing was significantly higher in the conventional CPB group, as well as the need for dialysis and filtration therapy.

Conclusion: Hemofiltration using polyionic buffer solution and polymethyl methacrylate filters with sorption capacity during prolonged cardiopulmonary bypass in comorbid patients can reduce the risk of developing organ failure in the postoperative period.

Keywords: cardiopulmonary bypass • hemofiltration • polymethyl methacrylate • organ failure • systemic inflammatory response

Received: 12.12.2022; review round 1: 23.01.2023; accepted: 03.02.2023

Список сокращений

EuroSCORE 2 – European System for Cardiac Operative Risk Evaluation	ИК – искусственное кровообращение
PCT – прокальцитонин	ИЛ-10 – интерлейкин-10
RIFLE – Risk, Injury, Failure, Loss, End-stage kidney disease	ИЛ-6 –интерлейкин-6
ГФ – гемофильтрация	ПММА – полиметилметакрилат
ИВЛ – искусственная вентиляция легких	СВР – системная воспалительная реакция
	СРБ – С-реактивный белок

Corresponding author: Kornelyuk Roman A., e-mail: rkornelyuk@mail.ru; address: 27, Bolshaya Serpukhovskaya St., Moscow, Russian Federation, 115093

Введение

Наиболее значимый вклад в патофизиологию осложнений искусственного кровообращения (ИК) вносит системная воспалительная реакция (СВР), выраженность которой зависит от операционной травмы, взаимодействия крови и искусственных поверхностей при экстракорпоральном кровообращении, ишемии/реперфузии, эндотоксемии и др. [1]. Вышеуказанные механизмы приводят к активации кинин-каликреиновой системы, системы комплемента, коагуляции и фибринолиза. В результате медиаторы воспаления запускают каскад воспалительных реакций, которые приводят к активации тромбоцитов, лейкоцитов, эндотелиальных клеток, воспалению в миокарде, легких и выбросу цитокинов, что провоцирует декомпенсацию сопутствующей патологии [2]. Увеличение количества пациентов с органными дисфункциями вследствие коморбидных заболеваний и расширение возрастных параметров для хирургического лечения кардиальной патологии сохраняют актуальность разработки способов минимизации системного воспалительного ответа [3-5]. Результаты исследований некоторых авторов о преимуществе центрифужного насоса над роликовым [6] при ИК остаются противоречивы, так как в большинстве исследований в основном описано влияние насосов на развитие СВР при длительности перфузии, не превышающей 90 минутного периода. С целью иммуномодуляции для нивелирования воспалительного ответа описаны и применяются различные гемофильтрационные (ультрафильтрация, плазмафильтрация, аппаратная гемофильтрация) и гемосорбционные (например, с полиметилметакрилатом) методики, но в то же время отмечается повышение уровня лактата сыворотки крови при их применении [7,8]. На сегодняшний день нет четких рекомендаций по выбору вида перфузии, не определена корреляция наличия провоспалительных медиаторов с развитием органной дисфункции во время и после длительных периодов ИК.

Цель

Оценить эффективность различных интраперфузионных методов удаления медиаторов воспаления и метаболитов, а также их влияние на снижение частоты органной дисфункции в послеоперационном периоде при длительном искусственном кровообращении у больных с сопутствующей патологией.

Материалы и методы

Одноцентровое ретроспективное нерандомизированное исследование с включением 154 пациентов с коморбидной патологией, последовательно поступавших в период с 2019 г. по 2022 г. в ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Виш-

невского» Минздрава России для оперативно-го вмешательства. Исследование одобрено Локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России (протокол №002-2019 от 08.02.2019). Все больные подписали информированное добровольное согласие на участие. Критерии включения: пациенты с ишемической болезнью сердца и/или пороками клапанов сердца с фибрилляцией предсердий в анамнезе и сопутствующими заболеваниями (хронический пиелонефрит, хроническая обструктивная болезнь легких, сахарный диабет), нуждающиеся в операции аортокоронарного шунтирования и/или операции на клапанном аппарате сердца и процедуре «Лабиринт» при длительности ИК ≥ 90 мин. Критерии исключения: экстренные оперативные вмешательства, отсутствие согласия на участие в исследовании. Все вмешательства выполнены одной операционно-анестезиологической бригадой. Во всех случаях стандартизированное анестезиологическое обеспечение (севоран + фентанил); миорелаксация цисатракурия бесилатом; экстракорпоральный контур с роликовым насосом (первичное заполнение контура ИК – 500 мл полиионного кристаллоидного раствора, 500 мл коллоидного, 200 мл 15% маннита, 10 тыс ед гепарина); расчетный индекс перфузии; кардиоплегия раствором Кустодиол© (GmbH, Германия). По методу перфузии сформировано три группы: группа 1 (группа сравнения, $n=51$) – стандартный экстракорпоральный контур с роллерной помпой; группа 2 ($n=31$) включала перфузию с высокообъемной гемофильтрацией (ГФ) (гемоконцентратор Maquet (Getinge Group, Швеция) с техническими параметрами: площадью фильтрующей поверхности фильтра – 0,71 cm^2 , первичным объемом заполнения – 58 мл, фильтрационной способностью – 39 мл/мин, диаметр пор – 17000 Да), полиионным буферным раствором MultiBic (Fresenius Medical Care, Германия) с концентрацией калия 4 ммоль/л 80 мл/мин и ультрафильтрацией для поддержания гидробаланса на уровне 8-10 мл/кг (гемоконцентраторы Maquet с объемом заполнения 65 мл и поверхностью мембраны 0,7 m^2) в течение всего времени ИК [9]; группа 3 ($n=67$) – в контур ИК включался гемодиалитр BK-2,1U (TORAY INDUSTRIES, INC., Япония) с мембраной на основе полиметилметакрилата (ПММА), обладающий сорбционными свойствами [10]. Группы не различались по основным клинико-антропометрическим данным. Сопутствующие заболевания исходно находились в стадии компенсации, что позволяло выполнить плановые хирургические вмешательства (табл. 1). С целью сопоставимости исходного и послеоперационного состояния для характеристики легочного повреждения использована степень дыхательной недостаточности, а для сопутствующего почечного повреждения - шкала RIFLE.

Таблица 1. Клинико-антропометрическая характеристика пациентов в группах
Table 1. Clinical and demographic data of the study population

Показатель / Parameter	Группа 1 / Group 1, n=51	Группа 2 / Group 2, n=36	Группа 3 / Group 3, n=67	р 1/2; 1/3; 2/3
Пол, м/ж, n (%) [Min-Max] / Gender, male/female, n (%) (Min-Max)	41 (80,4) / 10 (19,6)	28 (77,8) / 8 (22,2)	54 (80,6) / 13 (19,4)	1/2 =0,7933 1/3=0,9999 2/3=0,7996
Возраст, лет, М [Q1-Q3] (Min-Max) / Age, years, M [Q1-Q3] (Min-Max)	70 [66-72,5] (61;78)	70,5 [65-73,25] (63;81)	70 [66-73] (61;82)	1/2=0,7189 1/3=0,5481 2/3=0,8773
ИМТ, М [Q1-Q3] (Min-Max) / BMI, M [Q1-Q3] (Min-Max)	29 [24,5-33,5] (15;46)	29,5 [25-34] (16;46)	29 [25-33] (18;44)	1/2 =0,6111 1/3=0,6215 2/3=0,8880
Класс NYHA / NYHA class, n (%)				
II	27 (52,9)	20 (55,5)	33 (49,2)	1/2=0,8306 1/3=0,7138 2/3=0,6795
III	24 (47,1)	16 (23,9)	34 (50,7)	1/2=0,8306 1/3=0,7138 2/3=0,6795
Коморбидная патология / Comorbidities, n (%)				
ОПН (RIFLE) / AKI	29 (56,8)	19 (52,7)	32 (47,7)	1/2=0,8272 1/3=0,3570 2/3=0,6823
Риск / Risk	10 (19,6)	8 (22,2)	14 (20,9)	1/2=0,7933 1/3=0,9999 2/3=0,9999
Повреждение / Injury	12(23,5)	7 (19,4)	9 (13,4)	1/2=0,7937 1/3=0,224 2/3=5691
Недостаточность / Failure	7 (13,7)	4 (11,1)	9 (13,4)	1/2=0,9999 1/3=0,9999 2/3=0,9999
Дыхательная недостаточность / Respiratory failure	29 (56,9)	22 (61,1)	35 (52,2)	1/2=0,8255 1/3=0,7098 2/3=0,4135
I	8 (15,7)	9 (25)	14 (20,9)	1/2=0,4107 1/3=0,634 2/3=0,6292
II	13 (25,5)	7 (19,4)	9 (13,4)	1/2=0,609 1/3=0,1511 2/3=0,5691
III	8 (15,7)	6 (16,7)	12 (17,9)	1/2=0,9999 1/3=0,8085 2/3=0,9999
Сахарный диабет 1 тип / Type 1 diabetes mellitus	16 (31,4)	11(30,6)	20 (29,9)	1/2=0,9999 1/3=0,9999 2/3=0,9999
EuroSCORE 2, (Me [Q1-Q3] (Min-Max)	5 [4-6] (2;8)	4 [3,75-5] (2;7)	4 [3-6] (2;8)	1/2=0,3048 1/3=0,4555 2/3=0,7029

Примечание: ИМТ – индекс массы тела, NYHA – New York Heart Association Functional Classification (классификация выраженности хронической сердечной недостаточности Нью-Йоркской кардиологической ассоциации); ОПН – острая почечная недостаточность, R.I.F.L.E. – Risk, Injury, Failure, Loss, End-stage kidney disease (классификация ОПН); EuroSCORE 2 - European System for Cardiac Operative Risk Evaluation (шкала оценки риска неблагоприятного исхода). Значения р приведены при межгрупповом сравнении.

Note: BMI – body mass index; NYHA – New York Heart Association Functional Classification; AKI – acute kidney injury; R.I.F.L.E. – Risk, Injury, Failure, Loss, End-stage kidney disease classification; EuroSCORE 2 - European System for Cardiac Operative Risk Evaluation. P-values are presented for the differences between the groups.

По характеру оперативных вмешательств наблюдались незначительные межгрупповые отличия, но по основным параметрам перфузии – длительности, пережатия аорты, кровопотери группы были сопоставимы (табл. 2).

Эффективность различных методов анализировали по изменению концентрации целевых лабораторных показателей исходно до начала ИК и через 24 часа. Целевые лабораторные показатели включали биохимические маркеры органного повреждения, индекс оксигенации (PaO_2/FiO_2), уровень гемолиза по свободному гемоглобину (свHb). Маркеры СВР (интерлейкин-6 (ИЛ-6), интерлейкин-10 (ИЛ-10), прокальцитонин (РСТ), С-реактивный белок (СРБ), sTrem-1 исследовались через 1 ч после начала ИК и 24 ч после окончания. Также оценивались клинические данные,

такие как респираторные и почечные осложнения, дренажная кровопотеря в послеоперационном периоде, нарушения гемостаза, требующие коррекции и гемотрансфузии, потребность в прессорной поддержке, длительность лечения в реанимации и стационаре.

Статистический анализ данных осуществляли с помощью программ STATISTICA (data analysis software system), version 6 StatSoft, Inc. 2001 и Microsoft Office Excel, 2010. Описательная статистика для количественных переменных представлена в виде медианы и квартилей первого и третьего порядка, минимальных и максимальных значений. Для анализа совместимости выборок, представляющих собой некатегориальные данные, был использован точный метод Фишера. Для анализа совместимости параметри-

Таблица 2. Характер оперативных вмешательств и базовые параметры перфузии

Table 2. Type of surgeries and basic perfusion parameters

Показатель / Parameter	Группа 1 / Group 1, n=51	Группа 2 / Group 2, n=36	Группа 3 / Group 3, n=67	p 1/2; 1/3; 2/3
Операции / Cardiac surgeries, n (%)				
КШ + ПМК + РЧА / CABG + MVR + RFA	15 (29,4)	9 (25)	16 (23,9)	1/2=0,8082 1/3=0,5318 2/3=0,9999
КШ + ПЛМК + РЧА / CABG + MPL + RFA	17 (33,3)	15 (41,7)	19 (28,4)	1/2=0,5 1/3=0,6868 2/3=0,1923
КШ + ПЛМК + АЛЖ + РЧА / CABG + MPL + LVAR + RFA	3 (5,9)	2 (5,6)	7 (10,4)	1/2=0,999 1/3=0,5111 2/3=0,7487
ПМК + ПАК + РЧА / MPL + AVR + RFA	11 (21,6)	5 (13,9)	7 (10,4)	1/2=0,4128 1/3=0,1228 2/3=0,7485
ПАК + КШ + РЧА / AVR + CABG + RFA	6 (11,8)	5 (13,9)	8 (12)	1/2=0,7564 1/3=0,9999 2/3=0,7647
Параметры длительности операции и перфузии / Intraoperative parameters, M [Q1-Q3] (Min-Max)				
Длительность операции, мин / Operation time, min	210 [225-340] (140;380)	305 [247,5-336] (140;380)	320 [225-340] (140;380)	1/2=0,7567 1/3=0,9352 2/3=0,8081
Интраоперационная кровопотеря, мл / Intraoperative blood loss, mL	780 [705-850] (500;950)	780 [707,5-835] (550;900)	750 [705-840] (550;900)	1/2=0,9148 1/3=0,9013 2/3=0,9957
Длительность ИК, мин / CPB time, min	182 [156-190,75] (108;212)	182 [156-189,23] (112;201)	182 [166-193] (112;220)	1/2=0,9814 1/3=0,3444 2/3=0,3933
Пережатие аорты, мин / Aortic cross-clamp time, min	142 [112-159,5] (88;174)	130 [109-156,7] (88;165)	121 [103-155,5] (80;185)	1/2=0,3923 1/3=0,1094 2/3=0,5828

Примечание: КШ – коронарное шунтирование; ПМК – протезирование митрального клапана; ПЛМК – пластика митрального клапана; РЧА – радиочастотная абляция; АЛЖ – пластика аневризмы левого желудочка; ПАК – протезирование аортального клапана; ИК – искусственное кровообращение. Значения p приведены при межгрупповом сравнении.

Note: CABG – coronary artery bypass grafting; MVR – mitral valve replacement; MPL – mitral valve plasty; RFA – radiofrequency ablation; LVAR – Left ventricular aneurysm repair; AVR – aortic valve replacement, CPB – cardiopulmonary bypass. P-values are presented for the differences between the groups.

ческих данных выборок применялся t-критерий Стьюдента, допуская, что данные выборок имеют нормальное распределение ($n \geq 30$) [11]. Достоверным уровнем статистической значимости принят уровень $p < 0,05$.

Результаты

Исходно при поступлении в операционную группы были сопоставимы по уровню маркеров органного повреждения. Через 24 часа при межгрупповом сравнении течения послеоперационного периода дренажные потери в группах сопоставимы, что косвенно подтверждает отсутствие негативных влияний предлагаемых методик перфузии на гемостаз в послеоперационном периоде. В тоже время, при сопоставимых дозировках инотропной поддержки для профилактики сердечной недостаточности (по протоколу, принятому в клинике), дозы вазопрессорной терапии были значимо ниже в группе ПММА и не требовались в группе ГФ, что подтверждает минимизированную вазоплегию как следствие реперфузии в исследуемых группах. При этом перфузионное давление, обеспечивающее адекватный почечный кровоток и, соответственно, темп диуреза при равной стимуляции фуросемидом 100 мг/сутки, было более адекватным также в исследуемых группах (табл. 3).

Уровень гемолиза по свободному гемоглобину также ниже в исследуемых группах, а при использовании в диализаторе полиметилметакрилатовой мембраны не превышает референсных значений, как, в свою очередь, и значения лактата, что демонстрирует отсутствие тканевой гипоксии при модифицированном перфузионном обеспечении. Улучшение легочной перфузии и достаточной доставки кислорода в исследуемых группах также подтверждается значимо более адекватным индексом оксигенации, что в конеч-

ном итоге и приводило к снижению длительности искусственной вентиляции легких (ИВЛ) в послеоперационном периоде. Использование диализных методик также обеспечило сохранение почечной функции ($p_{1/2} = 0,0000000021$ и $p_{1/3} = 0,00000000452$ соответственно) (табл. 4).

Анализ концентрации биологически активных молекул в крови больных показал, что фильтрация и сорбция при ИК снижают уровень воспалительных цитокинов и триггерных молекул системной воспалительной реакции. Концентрации целевых аналитов системного воспаления исследовались после окончания ИК через 1 час и через 24 час. При внутrigрупповом сравнении значения были довольно разнонаправленны. При «классической» перфузии значимо повышался провоспалительный ИЛ-6 при снижении противовоспалительного ИЛ-10 и повышении остальных маркеров кроме СРБ. При гемодиализации также несколько повышался ИЛ-6 при прежнем уровне ИЛ-10 и прокальцитонина, но значимо снижались СРБ и триггерный рецептор миелоидных клеток. В группе с ПММА-диализатором, напротив, отмечалось значимое снижение провоспалительных интралейкинов при повышении противовоспалительных маркеров, лейкоцитоza и прокальцитонина, и снижении СРБ и sTrem-1 (табл. 5).

Тем не менее, при межгрупповом сравнении при исходно сопоставимых показателях интралейкинов, в исследуемых группах уровень ИЛ-6 значимо ниже, а провоспалительного ИЛ-10 выше, чем при стандартной перфузии. Количество лейкоцитов и СРБ значимо меньше, а РСТ повышался. Также через сутки отмечалось значимое снижение sTrem-1 в исследуемых группах, но следует отметить, что в первый час после ИК этот показатель был существенно выше в группе сравнения (табл. 5).

Таблица 3. Клинические показатели через 24 часа после искусственного кровообращения, М [Q1-Q3] (Min-Max)

Table 3. Clinical parameters 24 hours after cardiopulmonary bypass, M [Q1-Q3] (Min-Max)

Показатель / Parameter	Группа 1 / Group 1, n=51	Группа 2 / Group 2, n=36	Группа 3 / Group 3, n=67	p 1/2; 1/3; 2/3
Дренажные потери, мл / Drainage blood loss, mL	310 [250-355] (200;400)	300 [250-352,5] (200;400)	300 [250-350] (200;400)	1/2=0,6497 1/3=0,8312 2/3=0,7733
Допамин, мг/кг/мин / Dopamine, mg/kg/min	5 [4-7] (2;12)	4 [3-5] (0;10)	5 [4-6] (2;11)	1/2=0,005 1/3=0,2996 2/3=0,0216
Норадреналин, мг/кг/мин / Norepinephrine, mg/kg/min	0,05 [0,03-0,09] (0;0,6)	0 [0-0,03] (0;0,6)	0,03 [0-0,05] (0;0,3)	1/2=0,0341 1/3=0,0019 2/3=0,8258
Диурез, мл/час / Urine output, mL / hour	60 [50-72,5] (35;120)	87,5 [75-90] (45;135)	85 [70-90] (55;135)	1/2<<0,05 1/3<<0,05 2/3=0,564

Примечание: значения p – при межгрупповом сравнении (p 1/2, 1/3, 2/3)
Note: p-values are presented for the differences between the groups

Таблица 4. Маркеры органного повреждения через 24 часа после искусственного кровообращения, М [Q1-Q3] (Min-Max)

Table 4. Level of organ damage markers 24 hours after cardiopulmonary bypass, M [Q1-Q3] (Min-Max)

Показатель / Parameter	Группа 1 / Group 1, n=51	Группа 2 / Group 2, n=36	Группа 3 / Group 3, n=67	p 1/2; 1/3; 2/3
Креатинин, ммоль/л / Creatinine, mmol/L	149 [130-184,5] (102;310)	120 [90-142,75] (67;186)	118 [101-142] (64;212)	1/2<<0,05 1/3<<0,05 2/3=0,6127
Лактат, ммоль/л / Lactate, mmol/L	3 [2,25-3,575] (1;6,2)	1,85 [1,275-2,25] (0,5;3,5)	1,8 [1,4-2,2] (0,8;3,3)	1/2<<0,05 1/3<<0,05 2/3=0,9265
свНв, г/л / fHb, g/L	1,3 [0,7-2,1] (0,2;5)	0,4 [0,1-0,9] (0;1,1)	0,25 [0,045-0,7] (0;2,1)	1/2<<0,05 1/3<<0,05 2/3=0,3977
PaO ₂ /FiO ₂ *	(n=43) 245 [197,5-285,5] (145;340)	(n=33) 303 [284-321] (255;345)	(n=64) 295 [279-312] (240;354)	1/2<<0,05 1/3<<0,05 2/3=0,2816

Примечание: свНв – свободный гемоглобин плазмы; PaO₂/FiO₂* – индекс оксигенации, для выживших пациентов на спонтанном дыхании с FiO₂ 6 л и без ЭКМО. Значения p – при межгрупповом сравнении (p 1/2, 1/3, 2/3).

Note: fHb – free hemoglobin; PaO₂/FiO₂* – the oxygenation index for spontaneously breathing survivors with 6 L FiO₂ without ECMO. P-values are presented for the differences between the groups.

Помимо доброкачественных изменений цитокинового статуса у больных, имело место достоверное улучшение течения послеоперационного периода в исследуемых группах (табл. 6).

Хотя все больные были экстубированы в первые послеоперационные часы, длительность восстановления адекватного самостоятельного дыхания значимо выше в группе сравнения. Частота сердечной недостаточности, потребовавшей необходимости в механической поддержке кровообращения (экстракорпоральной мембранной оксигенации), сопоставима в группах и была обусловлена в первую очередь характером оперативного вмешательства. Почечная дисфункция с потребностью в диализной терапии незначимо чаще манифестировала в группе сравнения. В исследуемых группах все это, в комплексе с меньшей потребностью в вазопрессорной поддержке, улучшенными респираторными и метаболическими показателями (табл. 3,4), определило невысокую длительность лечения в реанимации и, соответственно, госпитализации (табл. 6). Летальность зависела от многих переменных, однако была незначимо выше в группе сравнения без модифицированной перфузии.

Таким образом, снижение концентрации воспалительных цитокинов и отдельных маркеров органного повреждения, а также клинические данные свидетельствует о положительном влиянии обоих методов модифицированной перфузии на триггерные факторы системного воспалительного ответа и развитие органной дисфункции при длительном искусственном кровообращении.

Обсуждение

В патогенез декомпенсации существующих у

кардиохирургических пациентов коморбидных заболеваний значимый вклад вносит СВР, проявляющаяся от незначительных биохимических изменений до тяжелой органной недостаточности. Имеет значение и временной фактор – чем длительней период замещения функции сердца и легких, тем более выражена СВР [11]. В настоящее время разработаны различные фармакологические и механические методы снижения СВР – введение кортикостероидов и антиоксидантов, интраоперационная ультрафильтрация, малоинвазивные экстракорпоральные контуры [12,13]. Большинство известных способов снижения повреждающего действия ИК идут по пути применения систем с минимальной экстракорпоральной циркуляцией, улучшении биосовместимости путем специализированного покрытия, использования центрифужных перфузионных насосов [14-16]. Кроме того, активация лейкоцитов при ИК также является одним из важнейших факторов, приводящих к полиорганной дисфункции у пациентов после кардиохирургических вмешательств [17], поэтому некоторые авторы применяют фильтры, чтобы уменьшить активацию эндотелиальных клеток и трансэндотелиальную миграцию лейкоцитов. Основными недостатками этого метода являются повышенное сопротивление току крови, создание турбулентного кровотока и микроэмболии [18]. Модифицированные методики ультрафильтрации крови [16,19], сорбционные и аферезные способы [20,21] удаляют незначительные объемы жидкости, что не позволяет осуществить существенный перенос медиаторов системного воспаления через полупроницаемую мембрану гемофильтра, обеспечить дифференцированную элиминацию воспалительных и противо-

Таблица 5. Концентрация маркеров системного воспаления, М [Q1-Q3] (Min-Max)
Table 5. Levels of systemic inflammatory markers, M [Q1-Q3] (Min-Max)

Показатель / Parameter	Группа 1 / Group 1, n=51	Группа 2 / Group 2, n=36	Группа 3 / Group 3, n=67	р 1/2; 1/3; 2/3
Интерлейкин - 6, пг/мл / Interleukin - 6, pg/mL				
1 час после ИК / 1 hour after CPB	15,2 [11,2-19,75] (6,75;27,3)	14,75 [11,162-19,725] (6,95;27,3)	15,2 [11,2-19,8] (6,95;27,3)	1/2=0,9301 1/3=0,8292 2/3=0,7746
24 ч / 24 hours after CPB	32,7 [29,15-47,7] (18,6;121,2)	19,8 [15,45-27,15] (8,95;41,2)	9,15 [5,2-13,4] (1,75;22,3)	1/2<<0,05 1/3<<0,05 2/3 <<0,05
р при сравнении через 1 и 24 часа / p-value 1 vs. 24 hours	<<0,05	0,0003	<<0,05	
Интерлейкин -10, пг/мл / Interleukin -10, pg/mL				
1 час после ИК / 1 hour after CPB	10,5 [7,95-12,75] (3,6;18,2)	9,825 [7,625-12,675] (3,6;18,2)	10,2 [7,1-12,6] (2,6;18,2)	1/2=0,7598 1/3=0,6895 2/3=0,9679
24 ч / 24 hours after CPB	6,9 [5,1-10,175] (2,5;18,2)	8,5 [6,325-10,425] (4,1;19,2)	14,2 [10,175-16,65] (5,5;19,2)	1/3 =0,0638 1/3 <<0,05 2/3 <<0,05
р при сравнении через 1 и 24 часа / p-value 1 vs. 24 hours	0,0002	0,3017	<<0,05	
Прокальцитонин, нг/мл / Procalcitonin, ng/mL				
1 час после ИК / 1 hour after CPB	0,2 [0,1-0,75] (0,03;1,4)	0,2 [0,1-0,8125] (0,03;1,4)	0,15 [0,1-0,75] (0,03;1,4)	1/2=0,9355 1/3=0,9231 2/3=0,8645
24 ч / 24 hours after CPB	1,45 [0,9-1,9] (0,2;2,9)0	0,2 [0,1-,05125] (0,05;1,2)	0,2 [0,07-0,6] (0;2)	1/2<<0,05 1/3<<0,05 2/3=0,5401
р при сравнении через 1 и 24 часа / p-value 1 vs. 24 hours	<<0,05	0,2038	0,6147	
С-реактивный белок, мг/л / C-reactive protein, mg/L				
1 час после ИК / 1 hour after CPB	5,6 [3,9-9,2] (2,9;14,8)	5,5 [3,85-9,425] (2,4;14,8)	5,6 [3,85-9,2] (2,9;14,5)	1/2=0,9161 1/3=0,9473 2/3=0,8657
24 ч / 24 hours after CPB	7,8 [6-11,35] (3,3;16,4)	4,45 [3,1-6,5] (1,9;12,4)	4,8 [3,55-5,8] (2,5;12,3)	1/2 <<0,05 1/3 <<0,05 2/3 =0,8858
р при сравнении через 1 и 24 часа / p-value 1 vs. 24 hours	0,0073	0,0117	0,0005	
sTrem-1, пг/мл / sTREM-1, pg/ mL				
1 час после ИК / 1 hour after CPB	176 [154,5-198] (115;405)	139 [116,75-164,5] (94;211)	140 [124-161] (88;234)	1/2=0,0021 1/3 <<0,05 2/3 <<0,05
24 ч / 24 hours after CPB	184 [159-213,5] (118;335)	124 [103,5-147,25] (69;200)	123 [110-139] (67;211)	1/2 <<0,05 1/3 <<0,05 2/3 =0,7618
р при сравнении через 1 и 24 часа / p-value 1 vs. 24 hours	<<0,05	<<0,05	<<0,05	

Примечание: ИК – искусственное кровообращение; sTrem-1 – триггерный рецептор миелоидных клеток. Значения р – при межгрупповом сравнении (р 1/2, 1/3, 2/3).
Note: CPB – cardiopulmonary bypass; sTrem-1 – soluble triggering receptor expressed on myeloid cells-1. P-values are presented for the differences between the groups.

Таблица 6. Клиническая характеристика послеоперационного периода
Table 6. Postoperative characteristics of the study group

Показатель / Parameter	Группа 1 / Group 1, n=51	Группа 2 / Group 2, n=36	Группа 3 / Group 3, n=67	р 1/2; 1/3; 2/3
Длительность ИВЛ п/о, мин / Postoperative ventilation time M [Q1-Q3] (Min-Max)	790 [607,5-870] (365;1200)	240 [187,5-347,5] (105;525)	300 [215-385] (90;560)	1/2<<0,05 1/3 <<0,05 2/3=0,2141
ЭКМО / ЕСМО, n (%)	2(3,92)	1(2,7)	1(1,5)	1/2=0,9999 1/3=0,5775 2/3=0,9999
Потребность в ПЗПТ / need for RRT, n (%)	6 (11,8)	1 (2,7)	2 (3)	1/2=0,2314 1/3=0,0748 2/3=0,9999
Длительность в ОРИТ, часы / Length of the ICU stay, M [Q1-Q3] (Min-Max)	11 [8,5-18] (4;78)	9 [6,75-13,5] (4;22)	7 [5-12] (2;32)	1/2=0,0377 1/3=0,0008 2/3=0,2618
Длительность госпитализации, сутки, / Lengths of the in-hospital stay, days M [Q1-Q3] (Min-Max)	21 [16,5-31] (12;85)	16 [14-20,25] (10;34)	18 [15-22] (10;41)	1/2=0,0011 1/3=0,0008 2/3=0,2207
Летальность / Mortality, n (%)	6 (11,8)	2 (5,6)	2 (3)	1/2=0,461 1/3=0,0748 2/3=0,6099

Примечание: ИВЛ – искусственная вентиляция легких; п/о – после операции; ЭКМО – экстракорпоральная мембранная оксигенация; ПЗПТ – почечно-заместительная терапия; ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии. Значения р 1/2, 1/3, 2/3 – при межгрупповом сравнении.
Note: ECMO - extracorporeal membrane oxygenation; RRT – renal replacement therapy; ICU - intensive care unit. P-values are presented for the differences between the groups.

воспалительных агентов. Используемый при этом роликовый насос сам является источником инициации СВР и дополнительно травмирует форменные элементы крови. В то же время расширение количества пациентов с органами дисфункциями в следствие коморбидных заболеваний, расширение возрастных параметров для хирургического лечения кардиальной патологии, увеличение длительности ИК при технологически сложных операциях [22] определяют актуальность поиска дальнейших вариантов минимизации СВР в течении ИК, которые позволили бы редуцировать, корректировать или удалять повреждающие факторы в течение перфузии, снижая возможность риска осложненного течения послеоперационного периода. Проведенный анализ применения высокообъемной пассивной гемофильтрации и современных диализаторов с сорбционными свойствами при длительном ИК показывает определенные преимущества в решение этой проблемы.

Заключение

Гемодиализация с использованием полиионного буферного раствора и диализного фильтра на основе полиметилметакрилата с сорбирующими свойствами при длительном искусственном кровообращении у коморбидных пациентов позволяет снизить риски органной дисфункции в послеоперационном периоде.

Ограничения исследования

Одноцентровое ретроспективное нерандомизированное исследование.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках реализации государственного задания ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России 720000Ф.99.1.БН62АБ13000 (рег. №: ZUNE-2023-0009) по теме «Разработка подходов к улучшению результатов органной протекции и стабилизации гомеостаза при кардиохирургических вмешательствах в условиях искусственного кровообращения».

Конфликт интересов

Р.А. Корнелюк заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.В. Гейзе заявляет об отсутствии конфликта интересов. Г.П. Плотников является членом редакционной коллегии журнала «Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия». М.Н. Козлова заявляет об отсутствии конфликта интересов. В.А. Попов является заместителем главного редактора журнала «Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия». А.Ш. Ревитшвили является главным редактором журнала «Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия».

Информация об авторах

Корнелюк Роман Александрович, к.м.н., с.н.с. отдела анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии, врач-анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-2654-2727>

Гейзе Антон Викторович, к.м.н., врач-анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии к.м.н., врач отделения анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-7145-8516>

Плотников Георгий Павлович, д.м.н., заведующий отделом анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии к.м.н., врач отделения анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-4291-3380>

Козлова Мария Николаевна, с.н.с. клинико-диагностической лаборатории ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-0554-7094>

Попов Вадим Анатольевич, д.м.н., профессор, заведующий отделением кардиохирургии ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0003-1395-2951>

Ревившвили Амиран Шотаевич, академик РАН, директор ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0003-1791-9163>

Вклад авторов в статью

Концепция и дизайн исследования: КРА, ГАВ, ППГ, КМН, ПВА, РАШ; интерпретация данных: КРА, ГАВ, ППГ, КМН, ПВА, РАШ; написание статьи: КРА, ГАВ, ППГ, КМН, ПВА, РАШ; утверждение окончательной версии для публикации: КРА, ГАВ, ППГ, КМН, ПВА, РАШ; полная ответственность за содержание: КРА, ГАВ, ППГ, КМН, ПВА, РАШ.

Author Information Form

Kornelyuk Roman A., M.D., Ph.D., senior researcher at the Department of Intensive Care, intensivist in the Intensive Care Unit, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-2654-2727>

Geyze Anton V., M.D., Ph.D., intensivist in the Intensive Care Unit, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-7145-8516>

Plotnikov Georgy P., M.D., Ph.D., Head of the Intensive Care Unit, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-4291-3380>

Kozlova Maria N., Ph.D., senior researcher at the Clinical Diagnostic Laboratory, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-0554-7094>

Popov Vadim A., M.D., Ph.D., Professor, Head of the Department of Cardiac Surgery, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0003-1395-2951>

Revishvili Amiran Sh., M.D., Ph.D., Professor, Director of the A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0003-1791-9163>

Author Contribution Form

Contribution to the concept and design of the study: KRA, GAV, PGP, KMN, PVA, RASH; data interpretation: KRA, GAV, PGP, KMN, PVA, RASH; manuscript writing: KRA, GAV, PGP, KMN, PVA, RASH; approval of the final version: KRA, GAV, PGP, KMN, PVA, RASH; fully responsible for the content: KRA, GAV, PGP, KMN, PVA, RASH.

Список литературы

1. Asimakopoulos G. Systemic inflammation and cardiac surgery: an update. *Perfusion* 2001;16(5):353-360. <https://doi.org/10.1177/026765910101600505>
2. Laffey J.G., Boylan J.F., Cheng D.C. The systemic inflammatory response to cardiac surgery: implications for the anesthesiologist. *Anesthesiology* 2002;97(1):215-252. <https://doi.org/10.1097/00000542-200207000-00030>
3. Esper S.A., Subramaniam K., Tanaka K.A. Pathophysiology of Cardiopulmonary Bypass: Current Strategies for the Prevention and Treatment of Anemia, Coagulopathy, and Organ Dysfunction. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 2014;18(2):161-176. <https://doi.org/10.1177/1089253214532375>
4. Плотников Г.П., Григорьев Е.В., Чижов А.В., Хаес Б.Л., Барбараш Л.С. Ранняя экстракорпоральная детоксикация после кардиохирургических вмешательств. *Общая реаниматология*. 2009;5(1):79. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2009-1-79>
5. Барбараш Л.С., Плотников Г.П., Шукевич Д.Л., Хаес Б.Л., Шукевич Л.Е., Чурляев Ю.А., Григорьев Е.В. Обоснование ранней заместительной почечной терапии при полиорганной недостаточности. *Общая реаниматология*. 2010;6(6):29. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2010-6-29>

6. Mlejnsky F., Klein A.A., Lindner J., Maruna P., Kvasnicka J., Kvasnicka T., Zima T., Pecha O., Lips M., Rulisek J., Porizka M., Kopecky P., Kunstyr J. A randomised controlled trial of roller versus centrifugal cardiopulmonary bypass pumps in patients undergoing pulmonary endarterectomy. *Perfusion* 2015;30(7):520-528. <https://doi.org/10.1177/0267659114553283>
7. Soliman R., Fouad E., Belghith M., Abdelmageed T. Conventional hemofiltration during cardiopulmonary bypass increases the serum lactate level in adult cardiac surgery. *Ann Card Anaesth.* 2016;19(1):45-51. <https://doi.org/10.4103/0971-9784.173019>
8. Рубцов М.С., Шукевич Д.Л., Григорьев Е.В. Гемодинамические эффекты диализаторов на основе полисульфона и полиметилметакрилата при онлайн-гемодиализации у кардиохирургических пациентов с нестабильной гемодинамикой и острым повреждением почек. *Анестезиология и реаниматология.* 2022;(3):25-31. <https://doi.org/10.17116/anaesthesiology202203125>
9. Пат. 2723752 Российская Федерация, МПК А61М 1/00. Способ интраоперационной стабилизации гомеостаза пациента при кардиохирургическом вмешательстве в условиях длительного искусственного кровообращения / А.Ш. Ревиншвили, В.Н. Чагирев, Г.П. Плотников, В.А. Попов, Е.С. Малышенко, А.Б. Солдатов, М.Ю. Шестерякова; заявитель и патентообладатель ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России (RU). - № 2019105378; заявл. 25.02.2019; опубл. 17.06.2020, Бюл. № 17. 2 с.
10. Пат. 2641173 Российская Федерация, МПК А61М 1/34. Способ предупреждения развития системного воспалительного ответа у кардиохирургических пациентов после искусственного кровообращения/Е.В. Григорьев, Г.П. Плотников, В.Г. Матвеева, А.С. Радивилко, М.С. Рубцов, Е.С. Сардин, Д.Л. Шукевич; заявитель и патентообладатель НИИ КПССЗ (RU). - № 2016142860; заявл. 31.10.2016; опубл. 16.01.2018, Бюл. № 2. 2 с.
11. Кибзун А.И., Горяинова Е.Р., Наумов А.В., Сиротин А.Н. «Теория вероятностей и математическая статистика. Базовый курс с примерами и задачами» М.: ФИЗМАТЛИТ 2002. - 224 с.
12. Warren O.J., Smith A.J., Alexiou C., Rogers P.L., Jawad N., Vincent C., Darzi A.W., Athanasiou T. The inflammatory response to cardiopulmonary bypass: part 1—mechanisms of pathogenesis. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2009;23(2):223-231. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2008.08.007>
13. Калиниченко А.П., Ломиворотов В.В., Князькова Л.Г., Корнилов И.А. Влияние метилпреднизолона на проницаемость капилляров при операциях в условиях искусственного кровообращения. *Общая реаниматология.* 2011;7(2):39-44. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2011-2-39>
14. Harmoinen A., Kaukinen L., Porkkala T., Tarkka M., Kaukinen S. Off-pump surgery does not eliminate microalbuminuria or other markers of systemic inflammatory response to coronary artery bypass surgery. *Scand Cardiovasc J.* 2006;40(2):110-116. <https://doi.org/10.1080/14017430500401220>
15. Pillai J.B., Suri R.M. Coronary artery surgery and extracorporeal circulation: the search for a new standard. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2008; 22 (4): 594-610. doi: 10.1053/j.jvca.2008.02.004
16. Чарная М.А., Морозов Ю.А., Гладышева В.Г., Крапивкин И.А. Влияние технических характеристик экстракорпоральных контуров на тромбоцитарное звено гемостаза, систему фибринолиза и развитие гемолиза. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2005;3:34-37.
17. Аверина Т.Б. Практический опыт и обоснование применения биосовместимых покрытий экстракорпорального контура для профилактики постперфузионных осложнений у детей. *Детские болезни сердца и сосудов.* 2007; 5: 39-44.
18. Fujii Y. The potential of the novel leukocyte removal filter in cardiopulmonary bypass. *Expert Rev Med Devices.* 2016;13(1):5-14. <https://doi.org/10.1586/17434440.2016.1126179>
19. Johnston K.A., Westover A.J., Rojas-Pena A., Haft J.W., Toomasian J.M., Johnson T., Buffington D.A., Humes H.D. Novel Leukocyte Modulator Device Reduces the Inflammatory Response to Cardiopulmonary Bypass. *ASAIO J.* 2019;65(4):401-407. <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000000822>
20. Tallman R.D., Dumond M., Brown D. Inflammatory mediator removal by zero-balance ultrafiltration during cardiopulmonary bypass. *Perfusion.* 2002;17(2):111-115. <https://doi.org/10.1191/0267659102pf5400a>
21. Хубулава Г.Г., Марченко С.П., Дубова Е.В., Суворов В.В. Роль модифицированной ультрафильтрации в уменьшении системных проявлений воспаления в кардиохирургии. *Педиатр.* 2016; 7: 106-110. <https://doi.org/10.17816/PED71106-110>
22. Соловьева И.Н., Белов Ю.В. Высокообъемный плазмаферез в хирургии сердца и аорты. *Вестник анестезиологии и реаниматологии.* 2018;15(2):25-31. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2018-15-2-25-31>

References

1. Asimakopoulos G. Systemic inflammation and cardiac surgery: an update. *Perfusion.* 2001; 16 (5): 353-360. doi: 10.1177/026765910101600505
2. Laffey JG, Boylan JF, Cheng DC. The systemic inflammatory response to cardiac surgery: implications for the anesthesiologist. *Anesthesiology* 2002; 97 (1): 215-252. <https://doi.org/10.1097/00000542-200207000-00030>
3. Esper SA, Subramaniam K, Tanaka KA. Pathophysiology of Cardiopulmonary Bypass: Current Strategies for the Prevention and Treatment of Anemia, Coagulopathy, and Organ Dysfunction. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia.* 2014;18(2):161-176. <https://doi.org/10.1177/1089253214532375>
4. Plotnikov GP, Grigoryev YV, Chizhov AV, Hayes BL, Barbarash LS. Early Extracorporeal Detoxification after Cardiosurgical Interventions. *General Reanimatology.* 2009;5(1):79. (In Russ.) <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2009-1-79>
5. Barbarash LS, Plotnikov GP, Shukevich DL, Hayes BL, Shukevich LE, Churlyav YuA, Grigoryev EV. Rationale for Early Renal Replacement Therapy for Multiple Organ Dysfunction. *General Reanimatology.* 2010;6(6):29. (In Russ.) <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2010-6-29>
6. Mlejnsky F, Klein AA, Lindner J, Maruna P, Kvasnicka J, Kvasnicka T, Zima T, Pecha O, Lips M, Rulisek J, Porizka M, Kopecky P, Kunstyr J. A randomised controlled trial of roller versus centrifugal cardiopulmonary bypass pumps in patients undergoing pulmonary endarterectomy. *Perfusion.* 2015;30(7):520-528. <https://doi.org/10.1177/0267659114553283>
7. Soliman R, Fouad E, Belghith M, Abdelmageed T. Conventional hemofiltration during cardiopulmonary

- bypass increases the serum lactate level in adult cardiac surgery. *Ann Card Anaesth*. 2016;19(1):45-51. <https://doi.org/10.4103/0971-9784.173019>
8. Rubtsov MS, Shukevich DL, Grigoriyev EV. Hemodynamic effects of dialyzers based on polysulfone and polymethyl methacrylate in online hemodiafiltration in cardiac surgery patients with unstable hemodynamics and acute kidney damage. *Russian Journal of Anaesthesiology and Reanimatology*. 2022;(3):25-31. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/anaesthesiology202203125>
 9. Revishvili ASH, Chagirev VN, Plotnikov GP, Popov VA, Malysenko ES, Soldatov AB, Shesteryakova MYu, inventors; AV Vishnivesky National Medical Research Center of Surgery, assignee. The method of intraoperative stabilization of the patient's homeostasis during cardiac surgery with prolonged cardiopulmonary bypass. Russian Federation patent RU 2723752. 2020 Jun 06.
 10. Grigoriev EV, Plotnikov GP, Matveeva VG, Radivilko AS, Rubtsov MS, Sardin ES, Shukevich DL, inventors; NII KPSSZ, assignee. The method for preventing the development of systemic inflammatory response in cardiac patients after cardiopulmonary bypass. Russian Federation patent RU 2016142860. 2018 Oct 31.
 11. Kibzun AI, Goryainova ER, Naumov AV, Sirotin AN. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika. Bazovyy kurs s primerami i zadachami M.: FIZMAT-LIT 2002. - 224 s. (In Russ).
 12. Warren OJ, Smith AJ, Alexiou C, Rogers PL, Jawad N, Vincent C, Darzi AW, Athanasiou T. The inflammatory response to cardiopulmonary bypass: part 1--mechanisms of pathogenesis. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2009;23(2):223-231. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2008.08.007>
 13. Kalinichenko AP, Lomivorotov VV, Knyazkova LG, Kornilov IA. Effect of Methylprednisolone on Capillary Permeability at Surgery under Extracorporeal Circulation. *General Reanimatology* 2011;7(2):39-44. (In Russ.) <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2011-2-39>
 14. Harmoinen A, Kaukinen L, Porkkala T, Tarkka M, Kaukinen S. Off-pump surgery does not eliminate microalbuminuria or other markers of systemic inflammatory response to coronary artery bypass surgery. *Scand Cardiovasc J*. 2006;40(2):110-116. <https://doi.org/10.1080/14017430500401220>
 15. Pillai JB, Suri RM. Coronary artery surgery and extracorporeal circulation: the search for a new standard. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2008;22(4):594-610. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2008.02.004>
 16. Charnaya MA, Morozov YuA, Gladysheva VG, Krapivkin IA. Vliyaniye tekhnicheskikh kharakteristik ekstrakorporalnykh konturov na trombotsitarnoye zveno gemostaza. sistemu fibrinoliza i razvitiye gemoliza. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokirurgiya*. 2005;3:34-37. (In Russ).
 17. Averina TB. Prakticheskiy opyt i obosnovaniye primeneniya biosovmestimyykh pokrytiy ekstrakorporalnogo kontura dlya profilaktiki postperfuzionnykh oslozhneniy u detey. *Detskiye bolezni serdtsa i sosudov*. 2007;5:39-44. (In Russ).
 18. Fujii Y. The potential of the novel leukocyte removal filter in cardiopulmonary bypass. *Expert Rev Med Devices*. 2016;13(1):5-14. <https://doi.org/10.1586/17434440.2016.1126179>
 19. Johnston KA, Westover AJ, Rojas-Pena A, Haft JW, Toomasian JM, Johnson T, Buffington DA, Humes HD. Novel Leukocyte Modulator Device Reduces the Inflammatory Response to Cardiopulmonary Bypass. *ASAIO J*. 2019;65(4):401-407. <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000000822>
 20. Tallman RD, Dumond M, Brown D. Inflammatory mediator removal by zero-balance ultrafiltration during cardiopulmonary bypass. *Perfusion*. 2002;17(2):111-115. <https://doi.org/10.1191/0267659102pf540oa>
 21. Hubulava GG, Marchenko SP, Dubova EV, Suvorov VV. The role of modified ultrafiltration in reducing systemic manifestations of inflammation in cardiac surgery. *Pediatr*. 2016;7:106-110. (in Russ.). <https://doi.org/10.17816/PED71106-110>
 22. Solovieva IN, Belov YuV. High-volume plasmapheresis in cardiac and aortic surgery. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation* 2018;15(2):25-31. (In Russ.). <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2018-15-2-25-31>

Для цитирования: Корнелюк Р.А., Гейзе А.В., Плотников Г.П., Козлова М.Н., Попов В.А., Ревিশвили А.Ш. Оптимизация перфузии у коморбидных пациентов. Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия. 2023;2(1):33-44.

To cite: Kornelyuk R.A., Geyze A.V., Plotnikov G.P., Kozlova M.N., Popov V.A., Revishvili A.Sh. Optimising Organ Perfusion in Comorbid Patients. Minimally Invasive Cardiovascular Surgery. 2023;2(1):33-44.

УДК 616.1

ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТОРАКОСКОПИЧЕСКОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ ГРУДНОЙ АРТЕРИИ

Д.С. Хван, Х.А. Агаева[✉], Д.А. Сирота, М.О. Жульков, А.В. Фомичев, А.В. Протопопов, К. Калдар,
Ф.Ю. Косимов, А.М. Чернявский

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр имени ак. Е.Н. Мешалкина»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Речкуновская, 15, г. Новосибирск,
Российская Федерация, 630055

Основные положения

Эндоскопическое выделение внутренней грудной артерии является безопасной методикой, не ставит под угрозу качество коронарного анастомоза и позднюю проходимость трансплантата.

Резюме

Цель: Сравнить результаты выделения внутренней грудной артерии под прямым зрением и торакоскопически.

Материалы и методы: В ретроспективный анализ включены 339 пациентов (249 мужчин, 90 женщин) после выполненного малоинвазивного аортокоронарного шунтирования – MIDCAB (n=303) и MICS CABG (n=36) в период с февраля 2014 г. по июль 2021 г. В зависимости от метода забора внутренней грудной артерии (ВГА) пациенты были разделены на группы: OPEN группу забора под визуальным контролем через миниторакотомию слева (n=174) и ENDO группу эндоскопического забора (n=165). Первичной конечной точкой были крупные неблагоприятные сердечно-сосудистые события (MACCE), вторичной конечной точкой была проходимость трансплантата через 1 год.

Результаты: Периоперационной летальности не было. В группе OPEN зарегистрировано два случая госпитальной летальности обусловленные дисфункцией трансплантата в раннем послеоперационном периоде. В группе ENDO госпитальной летальности не было. Четырехлетняя свобода от MACCE в группах ENDO и OPEN составила 92,8% и 93,3% соответственно (p=0,82). Выживаемость через 53 мес. в группах ENDO и OPEN составила 89,1% и 91,3% соответственно (p=0,95). Проходимость МКШ через 1 год (MIDCAB и MICS CABG) была одинакова в обеих группах – 92%. Для определения предикторов летальности и крупных сердечно-сосудистых событий в отдаленном периоде проведен однофакторный анализ. По данным которого не было выявлено статистически значимых предикторов летальности и крупных сердечно-сосудистых событий.

Заключение: Наше исследование подтвердило, что эндоскопическое выделение ВГА является безопасным подходом с хорошим долгосрочным результатом. Его следует выполнять в центрах, имеющих опыт выполнения малоинвазивного шунтирования.

Ключевые слова: торакоскопическое выделение внутренней грудной артерии • MIDCAB • MICS CABG

Поступила в редакцию: 26.02.2023; поступила после доработки: 06.03.2023; принята к печати: 12.03.2023

LONG-TERM RESULTS OF THORACOSCOPIC HARVESTING OF THE INTERNAL MAMMARY ARTERY

D.S. Khvan, H.A. Agaeva[✉], D.A. Sirota, M.O. Zhulkov, A.V. Fomichev, A.V. Protopopov,
K. Kaldar, F.Yu. Kosimov, A.M. Chernyavskiy

E.N. Meshalkin National Medical Research Center, 15, Rechkunovskaya St.,
Novosibirsk, Russian Federation, 630055

Central Message

Endoscopic harvesting of the internal mammary artery is a safe method that does not compromise the quality of the coronary anastomosis and late graft patency.

Для корреспонденции: Агаева Хава Абдуллаевна, e-mail: agaeva_k@meshalkin.ru; адрес: ул. Речкуновская, 15, г. Новосибирск, Российская Федерация, 630055

Abstract

Aim: To compare the results of the internal mammary artery (IMA) harvesting under direct vision and by thoracoscopy.

Methods: 339 patients (249 men, 90 women) who underwent minimally invasive coronary artery bypass grafting – MIDCAB (n=303) and MICS CABG (n=36) in the period from February 2014 to July 2021 were included in the retrospective analysis. All the patients were assigned into two groups depending on the IMA harvesting. 174 patients were assigned to the OPEN group with IMA harvesting under direct vision through the left minithoracotomy and 165 patients were assigned to the ENDO group with endoscopic IMA harvesting. The primary endpoint was major adverse cardiovascular events (MACCE), the secondary endpoint was the 1-year graft patency.

Results: There was no perioperative mortality. Two patients died in the OPEN group due to the graft dysfunction in the early postoperative period. There were no cases of the in-hospital mortality in the ENDO group. The 4-year freedom from MACCE in the ENDO and OPEN groups was 92.8% and 93.3%, respectively ($p = 0.82$). The 53-months survival in the ENDO and OPEN groups was 89.1% and 91.3%, respectively ($p=0.95$). The 1-year patency of the IMA grafts (MIDCAB and MICS CABG) was similar in both groups - 92%. To determine the predictors of mortality and major cardiovascular events in the long-term period, a univariate analysis was performed. Based on the obtained results, there were no statistically significant predictors of mortality and major cardiovascular events.

Conclusion: Our study has confirmed that endoscopic IMA harvesting is a safe approach with good long-term outcomes. Endoscopic harvesting should be performed in cardiovascular centers experienced in performing minimally invasive artery bypass grafting.

Keywords: thoracoscopic harvesting of the internal mammary artery • MIDCAB • MICS CABG

Received: 26.02.2023; review round 1: 06.03.2023; accepted: 12.03.2023

Список сокращений

MICS CABG - minimally invasive cardiac surgery coronary artery bypass grafting
MIDCAB - Minimally Invasive Direct Coronary Artery Bypass

ВГА – внутренняя грудная артерия
МКШ – маммарокоронарный шунт
ПНА – передняя нисходящая артерия

Введение

На протяжении нескольких десятилетий коронарное шунтирование (КШ) доказывает свою эффективность и безопасность при лечении пациентов с ишемической болезнью сердца. Хорошие отдаленные результаты реваскуляризации миокарда у пациентов с поражением ствола левой коронарной артерии и с многососудистым поражением коронарного русла, пациентов с сахарным диабетом тому подтверждение. Ключевым кондуитом при реваскуляризации бассейна передней нисходящей артерии (ПНА) является внутренняя грудная артерия (ВГА).

Заложил основу как для КШ в целом, так и для малоинвазивного шунтирования в частности в 1964 г. В.И. Колесов, который выделил внутреннюю грудную артерию из левой боковой торакотомии и сформировал дистальный анастомоз с ПНА на работающем сердце. В последующем операции маммарокоронарного шунтирования (МКШ) ПНА из боковой торакотомии выполнялись в основном энтузиастами. Эта идея малоинвазивного прямого аортокоронарного шунтирования была поддержана в середине 1990-х

Беннети, выполнившим в течении года 44 таких операции, и Buffollo, имеющим опыт 82 успешных операций [1-4], к 1996 году за операцией было закреплено название MIDCAB (Minimally Invasive Direct Coronary Artery Bypass), которая в дальнейшем применялась преимущественно для пациентов с изолированным поражением передней нисходящей артерии [1, 5-6]. Благодаря научно-техническому прогрессу, внедрению малоинвазивных и эндоскопических методов, малоинвазивная хирургия уменьшила операционную травму и стала доступна для более широкой когорты пациентов с многососудистым поражением коронарного русла в качестве гибридного лечения и MICS CABG (minimally invasive cardiac surgery coronary artery bypass grafting). При этом выделение одной или двух ВГА осуществляется различными методами на усмотрение оперирующего хирурга. Уже с 1995 Michael Mack в клинической практике осуществлял выделение ЛВГА под видеоконтролем.

Как правило эндоскопический метод сопровождается возможностью адекватной мобилизации ВГА на всем ее протяжении и со значитель-

Corresponding author: Agaeva Khava A., e-mail: agaeva_k@meshalkin.ru; address: 15, Rechkunovskaya St., Novosibirsk, Russian Federation, 630055

но меньшим болевым синдромом по сравнению с методом выделения ВГА под визуальным контролем [6-8]. Соответственно, целью настоящего исследования является сравнение результатов выделения внутренней грудной артерии под прямым зрением и торакоскопически.

Материалы и методы

Проведен ретроспективный анализ результатов лечения 339 пациентов (249 мужчин, 90 женщин) после выполненного малоинвазивного аортокоронарного шунтирования – MIDCAB (n=303) и MICS CABG (n=36) с февраля 2014 г. по июль 2021 г. Исследование одобрено локальным этическим комитетом и выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской Декларации. У всех пациентов при госпитализации было получено письменное информированное согласие. В зависимости от метода забора внутренней грудной артерии (ВГА) пациенты были разделены на группы: OPEN группу забора под визуальным контролем через миниторакотомию слева (n=174) и ENDO группу эндоскопического забора (n=165). Первичной конечной точкой были крупные неблагоприятные сердечно-сосудистые события (МАССЕ), вторичной конечной точкой была проходимость трансплантата через 1 год. Группы пациентов были сопоставимы по анализируемым параметрам

Таблица 1. Характеристика пациентов
Table 1. Characteristics of the study population

Параметры / Parameters	Группа OPEN / OPEN group (n=174)	Группа ENDO / ENDO group (n=165)	P
Женщины / Females, % (n)	75,8 (132)	71,5 (118)	0,39
Возраст / Age, лет/years ±SD	65,6±8,8	62,1±8,9	0,39
ИМТ / BMI, ±SD	29,1±5,5	28,7±4,7	0,59
Сахарный диабет/ Diabetes, % (n)	19,5 (34)	22,4 (37)	0,52
Стенокардия/Angina pectoris, % (n)			
ФК / Class 2	29,9 (52)	46,7 (77)	0,002
ФК / Class 3	60,3 (105)	39,4 (65)	0,0001
ФК / Class 4	1,1 (2)	0 (0)	0,5
NYHA % (n)			
1	40,2 (70)	10,3 (17)	0,0001
2	50,6 (88)	67,9 (112)	0,0014
3	1,1 (2)	6,1 (10)	0,0176
4	5,2 (9)	13,9 (23)	0,0084
Примечание: ИМТ – индекс массы тела; ФК – функциональный класс			
Note: BMI - body mass index			

(табл. 1). Пациент укладывается на спину с поворотом на правый бок на 15-30°. Для фиксации пациента в таком положении используется валик под грудную клетку между позвоночником и левой лопаткой. В случае необходимости выделения двух ВГА, валик укладывается вдоль позвоночника. Операционное поле драпируется таким образом, чтобы в экстренном случае возможно было выполнить конверсию в стернотомию и подключить аппарат искусственного кровообращения. При эндоскопическом выделении ВГА основной хирургический доступ осуществляется только после выделения кондуита. Первым этапом в трех межреберьях устанавливаются троакары для инструментария: 2-3 межреберье по средне-ключичной линии (коагулятор с длинной насадкой и антипригарным жалом), 3-4 межреберье латеральнее передне-подмышечной линии (камера 0-30°), 4-5 межреберье по передне-подмышечной линии (зажим). Расположение троакаров корректируется в соответствии с анатомией конкретного пациента [3, 4].

В левую плевральную полость осуществляется инсuffляция CO₂ с потоком 3-8 л/мин и поддержанием давления 6-12 мм рт.ст. После чего начинается выделение ВГА на всем протяжении под видеоконтролем. Хирургический доступ - передне-боковая миниторакотомия слева выполняется в 5 межреберье, разрез длиной 5-7 см. У женщин кожный доступ выполняется под молочной железой, а доступ в грудную полость осуществляется через необходимое межреберье. Для улучшения визуализации и увеличения доступа можно использовать ретрактор мягких тканей. Установка портов для стабилизатора миокарда выполняется в 6 межреберье или под реберной дугой. Открытым способом выделение осуществляется под прямым контролем зрения аналогично методике при классическом стернотомном доступе. Для выделения используется либо длинный классический, либо миниинвазивный инструментарий. Как при открытом, так и при эндоскопическом способе внутренняя грудная артерия выделяется от левой подключичной вены и до ее бифуркации. При выделении необходимо идентифицировать и не повредить диафрагмальный нерв. Отсечение кондуита выполняется после введения гепарина. Основной этап и окончание операции выполняется по классической методике с использованием стабилизатора миокарда.

Результаты

Анализ госпитальных результатов

В группе OPEN зарегистрировано два случая госпитальной летальности, обусловленные дисфункцией трансплантата в раннем послеоперационном периоде. В группе эндоваскулярного забора госпитальной летальности не было. У двух пациентов в каждой группе в раннем послеоперационном периоде по клиническим данным заподозрена дисфункция МКШ, выполнена коронарошунтография с последующей чрескожной транслюминальной коронарной ангиопластикой ПНА. В двух случаях в группе OPEN возникла необходимость конверсии. Первый случай обусловлен повреждением ЛВГА, что потребовало выделение ПВГА. Во втором случае – выраженный спаечный процесс плевральной полости не позволил визуализировать артерию. В группе ENDO конверсий не было. Не было ни одного случая перехода на операцию с искусственным кровообращением.

В семи случаях (3 - в группе ENDO и 4 – в группе OPEN) потребовалось выполнить реторакотомию для гемостаза. Длительность операции MIDCAB была одинакова в обеих группах (медиана 190 мин. против 195 мин.). Интраоперационные данные представлены в табл. 2.

Анализ отдаленных результатов

Максимальная длительность наблюдения составила 53 мес. (табл. 3). Коронарошунтография и мультиспиральная компьютерная томография с шунтографией в отдаленном периоде были выполнены 60 пациентам (26 пациентам (14,9%) в группе OPEN и 34 пациентам (20,6%) в группе ENDO). Проходимость МКШ (MIDCAB и MICS CABG) была одинакова в обеих группах и составила 92%. Выживаемость через 53 мес. в группах ENDO и OPEN составила 89,1% и 91,3% соответственно (p=0,95) (рис. 1). Четырехлетняя свобода от MACCE в группах ENDO и OPEN составила 92,8% и 93,3% соответственно (p=0,82) (рис.2).

Для определения предикторов летальности

и больших сердечно-сосудистых событий в отдаленном периоде проведен однофакторный анализ. По данным которого не было выявлено статистически значимых предикторов летальности и больших сердечно-сосудистых событий (табл. 4, 5).

Обсуждение

В 1994 г. появились первые сообщения о торакоскопическом выделении ВГА. Самый большой опыт был представлен Vassiliades и его коллегами за период с 1994 г. по 2005 г., которые сообщили о результатах лечения 607 пациентов. Проходимость маммарокоронарного анастомоза с ПНА составила 96% при среднем периоде наблюдения равном 18,4 ± 17,0 мес. [9]. В 1996 г. Gian Luca Martinelli опубликовали результаты своего опыта торакоскопического выделение ВГА у 12 пациентов. При этом выделение ЛВГА на всем протяжении осуществлялось смешанной хирургической и торакоскопической техникой, что позволило максимально увеличить длину без расширения торакотомного доступа [10].

В 2005 г. Hrapkowicz T. и соавт. на собственном опыте подтвердили, что эндоскопическое выделение ВГА не ставит под угрозу качество коронарного анастомоза и позднюю проходимость шунта [11]. Аналогичные результаты представили исследователи из Японии (2012 – 2015 гг., клиника Yamato Seiwa) [12].

При выделении ВГА важна оптимальная длина кондуита, особенно при дистальном поражении и интрамуральном расположении целевой артерии. В случае классического MIDCAB, возникают проблемы адекватного забора проксимальной трети ВГА с риском возникновения «синдрома обкрадывания» в связи с неадекватным разделением проксимальных боковых ветвей, обусловленным ограниченной визуализацией. Поставил под сомнения эти выводы Н. Edward Garrett в 1997 г., в серии из 17 операций он отметил возможность адекватной мобилизации ЛВГА проксимальной части под визуальным контролем, но при помощи ретрактора А

Таблица 2. Интраоперационные данные
Table 2. Intraoperative data

Параметры/ Parameters	Группа OPEN / OPEN group (n=174)	Группа ENDO / ENDO group (n=165)	P
MICS CABG, % (n)	1,1(2)	23 (38)	0,0001
Длительность операции, мин/ Duration of surgery, min	180±47	205±100	0,0001
Конверсия в стернотомию / Conversion to sternotomy	4,5(8)	0(0)	0,007
Кровотечение / Bleeding	2,3 (4)	1,8 (3)	0,47
Госпитальная летальность / In-hospital mortality	1,4 (2)	0,5 (1)	0,58

Примечание: MICS CABG – minimally invasive cardiac surgery coronary artery bypass grafting
Notes: MICS CABG – minimally invasive cardiac surgery coronary artery bypass grafting

Таблица 3. Отдаленные результаты
Table 3. Long-term results

Параметры/ Parameters	Группа OPEN / OPEN group (n=174)	Группа ENDO / ENDO group (n=165)	P
Длительность наблюдения, мес. / Long-term, months	42 [24;53]	38 [21;53]	0,0001
MICS CABG, % (n)	1,1 (2)	23 (38)	0,0001
ОИМ / AMI	4 (7)	0,6 (1)	0,07
Инсульт / Stroke	2,2 (4)	3 (5)	0,99
ЧТКА / PTCA	1,4 (2)	1,6 (3)	0,99
Повторное КШ / Redo CABG	0,5 (1)	0 (0)	0,43
MACCE	5,1 (9)	3,6 (6)	0,019

Примечание: MICS CABG – minimally invasive cardiac surgery coronary artery bypass grafting; ОИМ – острый инфаркт миокарда; ЧТКА – чрескожная транслюминальная коронарная ангиопластика; КШ – коронарное шунтирование, MACCE – major adverse cardiac and cerebrovascular events

Notes: MICS CABG – minimally invasive cardiac surgery coronary artery bypass grafting; AMI – acute myocardial infarction; PTCA – percutaneous transluminal coronary angioplasty; CABG – coronary artery bypass grafting; MACCE – major adverse cardiac and cerebrovascular events

Pittman (Omni-Tract Surgical, США) и резекции третьего и четвертого реберного хряща, что тем самым увеличивает инвазивность вмешательства для пациента [13].

Выделение ВГА обременяется ограниченной визуализацией, что требует дополнительной тракции ребер и расширение торакотомного доступа, в следствии чего возникают выраженные послеоперационные боли в области операционного доступа.

Как правило, контингент пациентов для реваскуляризации миокарда — это преимущественно пожилые люди, у которых отмечается снижение плотности костной ткани и повышенная ригидность грудной клетки, что повышает риск перелома ребер при их тракции. Данная ситуация усугубляется у лиц с ожирением и у женщин с большой грудью. В следствии чего, пациенты с ожирением (ИМТ>34) не являются лучшими кандидатами для минимально инвазивного шунтирования, в частности, для эндоскопического выделения ВГА. Наличие большого количества жировой ткани в ряде случаев мешает эндоско-

пической визуализации хода грудной артерии. Тем не менее, эндоскопическое выделение ВГА возможно у таких пациентов, но в таком случае возникает необходимость удаления жировой ткани по ходу ВГА для лучшей ее визуализации. Следовательно, ожирение не является противопоказанием для малоинвазивного коронарного шунтирования и эндоскопического забора ВГА, а напротив является предпочтительным с точки зрения уменьшения торакотомного доступа, сохранения целостности каркаса грудной клетки и исключения осложнения со стороны грудины [7]. Если эндоскопический забор грудной артерии затруднителен, мобилизация ВГА под визуальным контролем через переднебоковую торакотомию, как правило, все же выполняема.

У пациентов с хроническими заболеваниями легких также повышен риск конверсии. Хирурги, приступающие к эндоскопическому выделению ВГА, должны тщательно отбирать таких пациентов для снижения числа конверсий. Спаечный процесс в плевральной полости создает трудности при выделении ВГА во всех случаях малоин-

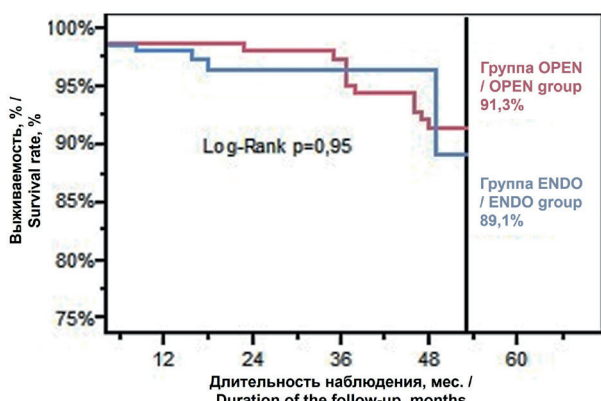


Рисунок 1. Анализ отдаленной выживаемости в группах (Kaplan-Mayer)
Figure 1. Long-term survival analysis (Kaplan-Mayer)

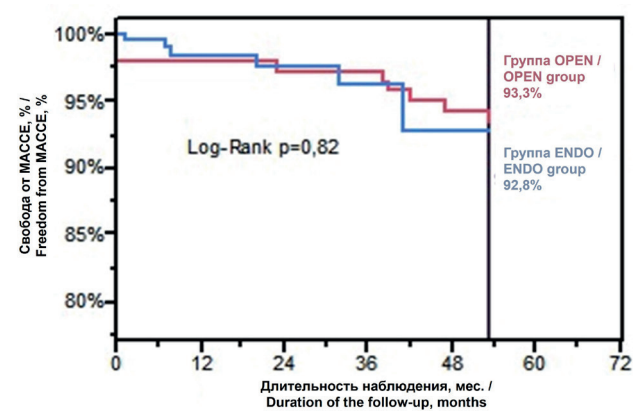


Рисунок 2. Анализ MACCE в группах (Kaplan-Mayer)
Figure 2. MACCE analysis (Kaplan-Mayer)

Таблица 4. Предикторы MACCE
Table 4. MACCE predictors

MACCE	Однофакторные модели / Univariate models		
	ОШ / HR	95% ДИ / CI	P
Группа / Group	1,32	[0,40; 4,39]	0,62
Возраст / Age	1,00	[0,96; 1,03]	0,924
Пол / Gender	0,88	[0,43; 1,82]	0,744
Сахарный диабет / Diabetes	1,42	[0,69; 2,93]	0,334
НУНА	1,01	[0,7; 1,44]	0,915
MICS CABG	0,73	[0,17; 3,11]	0,677
Длительность операции / Surgery duration	1,00	[0,99; 1,00]	0,764
Хирург / Surgeon	0,80	[0,38; 1,65]	0,548

Примечание: ОШ – отношение шансов; ДИ – доверительный интервал; MACCE – major adverse cardiac and cerebrovascular events; MICS CABG – minimally invasive cardiac surgery coronary artery bypass grafting
Note: HR –hazard ratio; CI – confidence interval; MACCE - major adverse cardiac and cerebrovascular events; MICS CABG - minimally invasive cardiac surgery coronary artery bypass grafting

вазивного хирургического вмешательства. В ряде случаев ограниченные спайки возможно легко рассечь с помощью коагулятора. Напротив, при наличии массивных плевральных спаек эндоскопический забор сопряжен с высоким риском развития осложнений, является крайне трудоемким процессом с позиции времени или вовсе невозможен [6-7, 14]. Однако спрогнозировать наличие массивных плевральных спаек затруднительно до начала торакотомии.

При всем вышеперечисленном необходимо учитывать, что хирург должен владеть техникой выделения ВГА, как эндоскопической, так и открытой.

По литературным данным эндоскопический забор ВГА возможен практически во всех случаях для пациентов, подходящих для малоинвазивного КШ. После достижения фазы плато кри-

вой обучения время эндоскопического забора равноценно забору под визуальным контролем, следовательно, не влияет на общую продолжительность операции. Следуя модульному подходу в кривой обучения, непрерывное применение этой техники хирургом позволит добиться хорошей клинической эффективности и благоприятного исхода [7, 12, 15].

С экономической точки зрения, ключевым фактором, ограничивающим внедрение новых технологий и методов в медицинских организациях, являются прямые затраты, ассоциированные с их применением. В данном случае, эндоскопическое выделение ВГА может выполняться рутинно с использованием эндоскопического оборудования в медицинских организациях, в которых уже выполняются эндоскопические вмешательства [12, 14, 16-18].

Таблица 5. Предикторы летальности
Table 5. Mortality predictors

Летальность / Mortality	Однофакторные модели / Univariate models		
	ОШ / HR	95% ДИ / CI	P
Группа / Group	1,03	[0,36; 2,79]	0,95
Возраст / Age	0,99	[0,95; 1,04]	0,901
Пол / Gender	1,38	[0,50; 3,81]	0,533
Сахарный диабет / Diabetes	0,99	[0,35; 2,75]	0,989
НУНА	0,82	[0,50; 1,37]	0,464
Стенокардия / Angina pectoris	1,45	[0,82; 2,56]	0,199
MICS CABG	0,31	[0,04; 2,42]	0,269
Длительность операции / Surgery duration	0,99	[0,99; 1,00]	0,545
Хирург / Surgeon	0,37	[0,15; 0,92]	0,332
ЧТКА / PTCA	3,38	[0,36; 31,49]	0,285

Примечание: ОШ – отношение шансов; ДИ – доверительный интервал; MICS CABG – minimally invasive cardiac surgery coronary artery bypass grafting
Note: HR –hazard ratio; CI – confidence interval; MICS CABG - minimally invasive cardiac surgery coronary artery bypass grafting

Учитывая, что у нас есть равноценный опыт выделения ВГА как открытым, так и эндоскопическим методом, мы считаем, что эндоскопический способ должен быть методом выбора. Полученные нами данные еще раз подтверждают результаты наших коллег, что эндоскопическое выделение ВГА является безопасной методикой, не ставит под угрозу качество коронарного анастомоза и позднюю проходимость трансплантата.

Заключение

Наше исследование подтвердило, что эндоскопический забор ВГА является безопасным подходом с хорошими долгосрочными результатами. Эндоскопическую технику следует выполнять в центрах, имеющих опыт выполнения малоинвазивного шунтирования.

Информация об авторах

Хван Дмитрий Сергеевич, к.м.н., старший научный сотрудник, врач-сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения аорты, коронарных и периферических артерий ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России, г. Новосибирск, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-5925-2275>

Агаева Хава Абдуллаевна, врач-сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения аорты, коронарных и периферических артерий ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России, г. Новосибирск, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-1648-1529>

Сирота Дмитрий Андреевич, к.м.н., заведующий научно-исследовательским отделом хирургии аорты, коронарных и периферических артерий ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России, г. Новосибирск, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-9940-3541>

Жульков Максим Олегович, к.м.н., младший научный сотрудник, врач-сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения аорты, коронарных и периферических артерий ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России, г. Новосибирск, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0001-7976-596X>

Фомичев Алексей Вячеславович, к.м.н., старший научный сотрудник, врач-сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения аорты, коронарных и периферических артерий ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России, г. Новосибирск, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0001-8576-9617>

Протопопов Андрей Владимирович, клинический ординатор кардиохирургического отделения аорты и коронарных артерий ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России, г. Новосибирск,

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Д.С. Хван заявляет об отсутствии конфликта интересов. Х.А. Агаева заявляет об отсутствии конфликта интересов. Д.А. Сирота является членом редакционной коллегии журнала «Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия». М.О. Жульков заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.В. Фомичев заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.В. Протопопов заявляет об отсутствии конфликта интересов. К. Калдар заявляет об отсутствии конфликта интересов. Ф.Ю. Косимов заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.М. Чернявский является членом редакционной коллегии журнала «Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия».

Author Information Form

Khvan Dmitry S., M.D., Ph.D., senior researcher, cardiovascular surgeon at the Cardiac Surgery Department of the Aorta, Coronary and Peripheral Arteries, E.N. Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-5925-2275>

Agayeva Khava A., M.D., cardiovascular surgeon at the Cardiac Surgery Department of the Aorta, Coronary and Peripheral Arteries, E.N. Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-1648-1529>

Sirota Dmitry A., M.D., Ph.D., Head of the Research Cardiac Surgery Department of the Aorta, Coronary and Peripheral Arteries, E.N. Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-9940-3541>

Zhulkov Maxim O., M.D., Ph.D., research assistant, cardiovascular surgeon at the Cardiac Surgery Department of the Aorta, Coronary and Peripheral Arteries, E.N. Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0001-7976-596X>

Fomichev Aleksey V., M.D., Ph.D., senior researcher, cardiovascular surgeon at the Cardiac Surgery Department of the Aorta, Coronary and Peripheral Arteries, E.N. Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0001-8576-9617>

Protopopov Andrey V., M.D., clinical resident at the Cardiac Surgery Department of the Aorta and Coronary Arteries, E.N. Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0001-8576-9617>

Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-2617-2447>

Калдар Кайсар, клинический ординатор кардиохирургического отделения аорты и коронарных артерий ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России, г. Новосибирск, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-4940-0852>

Косимов Фаридун Юсуфович, клинический ординатор кардиохирургического отделения аорты и коронарных артерий ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России, г. Новосибирск, Российская Федерация; <https://orcid.org/0009-0009-8392-1270>

Чернявский Александр Михайлович, д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, генеральный директор ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России, г. Новосибирск, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0001-9818-8678>

Вклад авторов в статью

Концепция и дизайн исследования: ХДС, АХА, СДА, ЖМО, ФАВ, ПАВ, КК, КФЮ, ЧАМ; интерпретация данных: ХДС, АХА, СДА, ЖМО, ФАВ, ПАВ, КК, КФЮ, ЧАМ; написание статьи: ХДС, АХА, СДА, ЖМО, ФАВ, ПАВ, КК, КФЮ, ЧАМ; утверждение окончательной версии для публикации: ХДС, АХА, СДА, ЖМО, ФАВ, ПАВ, КК, КФЮ, ЧАМ; полная ответственность за содержание: ХДС, АХА, СДА, ЖМО, ФАВ, ПАВ, КК, КФЮ, ЧАМ.

[org/0000-0002-2617-2447](https://orcid.org/0000-0002-2617-2447)

Kaldar Kaisar, M.D., clinical resident at the Cardiac Surgery Department of the Aorta and Coronary Arteries, E.N. Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-4940-0852>

Kosimov Faridun Yu., M.D., clinical resident at the Cardiac Surgery Department of the Aorta and Coronary Arteries, E.N. Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russian Federation; <https://orcid.org/0009-0009-8392-1270>

Chernyavsky Alexander M., M.D., Ph.D., Professor, Director General E.N. Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0001-9818-8678>

Author Contribution Form

Contribution to the concept and design of the study: KhDS, AHA, SDA, ZhMO, FAV, PAV, KK, KFYU, ChAM; data interpretation: KhDS, AHA, SDA, ZhMO, FAV, PAV, KK, KFYU, ChAM; manuscript writing: KhDS, AHA, SDA, ZhMO, FAV, PAV, KK, KFYU, ChAM; approval of the final version: KhDS, AHA, SDA, ZhMO, FAV, PAV, KK, KFYU, ChAM; fully responsible for the content: KhDS, AHA, SDA, ZhMO, FAV, PAV, KK, KFYU, ChAM.

Список литературы / References

1. Kolesov VI. Surgery of the coronary arteries of the heart. L.: Medicine, 1977; 359. (In Russ.)
2. Benetti F, Mariani MA, Sani G, Boonstra PW, Grandjean JG, Giomarelli P, Toscano M. Video-assisted minimally invasive coronary operations without cardiopulmonary bypass: a multicenter study. J Thorac Cardiovasc Surg. 1996;112(6):1478-84. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(96\)70006-5](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(96)70006-5)
3. Benetti FJ, Naselli G, Wood M, Geffner L. Direct myocardial revascularization without extracorporeal circulation. Experience in 700 patients. Chest. 1991;100(2):312-6. <https://doi.org/10.1378/chest.100.2.312>
4. Buffolo E, Branco JN, Gerola LR, Aguiar LF, Teles CA, Palma JH, Catani R. Off-pump myocardial revascularization: critical analysis of 23 years' experience in 3,866 patients. Ann Thorac Surg. 2006 Jan;81(1):85-9. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2005.07.032>
5. Zhanov IV, Kiladze IZ, Uryuzhnikov VV, Shabalkin BV Minimally invasive coronary surgery. Cardiology and Cardiovascular Surgery. 2019; 12(5):377-385. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/kardio201912051377>
6. Agaeva KhA, Khvan DS, Sirota DA, Zhulkov MO, Bozorov SSH, Chernyavsky AM. Minimally invasive coronary artery bypass grafting: history and perspectives. Russ. Jour. of Card. and Cardiovasc. Surg. = Kard. i serd.-sosud. khir. 2023;16(1):7-11. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/kardio2023160117>
7. Hrapkowicz T, Bisleri G. Endoscopic harvesting of the left internal mammary artery. Ann Cardiothorac Surg. 2013;2(4):565-9. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2225-319X.2013.07.11>
8. Gorki H, Liu J, Sabau M, Albrecht G, Liebold A. Nonrobotic Total Endoscopic Coronary Artery Bypass Grafting: A Proof-of-Concept Study in 20 Patients. Innovations (Phila). 2018;13(5):344-348. <https://doi.org/10.1097/IMI.0000000000000554>
9. Vassiliades TAJr, Reddy VS, Puskas JD, Guyton RA. Long-term results of the endoscopic atraumatic coronary artery bypass. Ann Thorac Surg. 2007;83(3):979-84; discussion 984-5. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2006.10.031>
10. Martinelli GL, Cassese M, Speziali G, Testa A, Lirici M, Bobbio M, Braccio M, Diena M. Myocardial revascularization through a mini-thoracotomy with thoracoscopic assistance. Eur J Cardiothorac Surg. 1998;14 Suppl 1:S68-70. [https://doi.org/10.1016/s1010-7940\(98\)00108-0](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(98)00108-0)
11. Hrapkowicz T, Filipiak K, Przybylski R. Miniinwazyjne pomostowanie tetnic wiencowych metodami MIDCAB i EACAB – wczesne wyniki kliniczne i angiograficzne. Kardiolog Torakochir Pol 2005;2:37-47.
12. Itagaki S, Reddy RC. Options for left internal mammary harvest in minimal access coronary surgery. J Thorac Dis. 2013;5 Suppl 6(Suppl 6):S638-40. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2013.11.02>
13. Garrett HE Jr, Gilmore JC, Lowdermilk GA, McCoy D. Complete direct mammary harvest for minimally invasive coronary artery bypass. Ann Thorac Surg. 1997;64(3):864-6. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(97\)00694-2](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(97)00694-2)
14. West D, Lim E, Trimlett R, Flather M, Yap J, Pepper J, De Souza A. Determinants of successful endoscopic internal thoracic artery harvesting: a prospective analysis. Heart Surg Forum. 2004;7(2):E179-82. <https://doi.org/10.1532/>

HSF98.20041004

15. Garrett HE Jr, Gilmore JC, Lowdermilk GA, McCoy D. Complete direct mammary harvest for minimally invasive coronary artery bypass. *Ann Thorac Surg.* 1997;64(3):864-6. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(97\)00694-2](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(97)00694-2)
16. Bucerius J, Metz S, Walther T, Falk V, Doll N, Noack F, Holzhey D, Diegeler A, Mohr FW. Endoscopic internal thoracic artery dissection leads to significant reduction of pain after minimally invasive direct coronary artery bypass graft surgery. *Ann Thorac Surg.* 2002;73(4):1180-4.

[https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(02\)03385-4](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(02)03385-4)

17. Kikuchi K, Mori M. Minimally invasive coronary artery bypass grafting: a systematic review. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2017;25(5):364-370. <https://doi.org/10.1177/0218492317692465>
18. Mack M, Acuff T, Yong P, Jett GK, Carter D. Minimally invasive thoracoscopically assisted coronary artery bypass surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1997;12(1):20-4. [https://doi.org/10.1016/s1010-7940\(97\)00141-3](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(97)00141-3)

Для цитирования: Хван Д.С., Агаева Х.А., Сирота Д.А., Жульков М.О., Фомичев А.В., Протопопов А.В., Калдар К., Косимов Ф.Ю., Чернявский А.М. Отдаленные результаты торакоскопического выделения внутренней грудной артерии. Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия. 2023;2(1):45-53.
To cite: Khvan D.S., Agaeva H.A., Sirota D.A., Zhulkov M.O., Fomichev A.V., Protopopov A.V., Kaldar K., Kosimov F.Yu., Chernyavskiy A.M. Long-Term Results of Thoracoscopic Harvesting of the Internal Thoracic Artery. *Minimally Invasive Cardiovascular Surgery.* 2023;2(1):45-53.

ЧИСЛЕННО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕПТА СТЕНТ-ГРАФТА КОРОНАРНОЙ АРТЕРИИ

К.Ю. Клышников✉, Е.А. Овчаренко, М.А. Резцова, Т.В. Глушкова, Л.С. Барбараш
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний»,
ул. Сосновый бульвар, 6, г. Кемерово, Российская Федерация, 650002

Основные положения

Численное моделирование является эффективным методом для оценки перспектив применения полимерных материалов в конструкции коронарных стент-графтов - как количественная оценка риска разрушения мембраны. Полимеры на основе стирол-изобутилен-стирола и поливинилового спирта демонстрируют наиболее приемлемые физико-механические характеристики для дальнейшей разработки стент-графта.

Резюме

Актуальность: Перфорации коронарных артерий, возникающие в результате малоинвазивных диагностических и лечебных процедур, требуют немедленного устранения, вследствие высокого риска летального исхода, сопровождающего данное осложнение. Одним из вариантов закрытия перфораций является имплантация коронарного стент-графта – устройства, герметизирующего поврежденную сосудистую стенку за счет наличия внешней мембраны.

Цель: Настоящее исследование посвящено численно-экспериментальной оценке некоторых перспективных экспериментальных полимерных материалов, которые могут быть использованы в качестве такой мембраны при разработке отечественного стент-графта для коронарных артерий.

Материал и методы: Исследование проведено в два последовательных этапа: оценка физико-механических характеристик потенциальных полимеров-кандидатов (политетрафторэтилен, стирол-изобутилен-стирол, поливиниловый спирт) и численное моделирование биомеханики коронарного стент-графта при придании ему рабочего диаметра. Первый этап – исследование свойств полимеров, проводили на универсальной испытательной машине «Zwick/Roell»-2.5H (Zwick/Roell, Германия) в условиях одноосного теста растяжения. Численное моделирование проводили методом конечных элементов в среде Abaqus/CAE (Dassault Systemes, Франция), придавая модели стента-графта приращение диаметра в 50% относительно исходного.

Результаты: В ходе первого этапа исследования показано, что наибольшую деформацию при растяжении способен испытывать сополимер стирол-изобутилен-стирол, достигший удлинения разрыва в 744,9 [737,0-837,8]% относительно исходного размера. Другие полимеры продемонстрировали значительно меньшие, но также удовлетворительные, амплитуды данного показателя: образцы из политетрафторэтилена разрушились при растяжении до 274,4 [270,9-280,4]%; из поливинилового спирта – при 384,9 [313,4-390,6]%. Численное моделирование для всех материалов продемонстрировало умеренные амплитуды напряжения по Мизесу, не превышающее предела прочности. Максимум, достигнутый материалами, составил 7,50 МПа для политетрафторэтилена, 2,80 МПа – для сополимера стирол-изобутилен-стирол, 0,08 МПа – для поливинилового спирта.

Заключение: В целом, все исследованные материалы показали удовлетворительные результаты с позиции применимости в качестве мембраны для стент-графта, однако перспективным среди них оказался сополимер стирол-изобутилен-стирол. Именно на использование данного материала и следует в первую очередь фокусировать акцент при дальнейшем прототипировании данного изделия.

Ключевые слова: перфорация коронарной артерии • чрескожное вмешательство • коронарография • метод конечных элементов • деформация • напряжение по Мизесу

Поступила в редакцию: 14.02.2023; поступила после доработки: 01.03.2023; принята к печати: 09.03.2023

NUMERICAL MODELLING AND EXPERIMENTAL TESTING OF THE CORONARY ARTERY STENT GRAFT

K.Yu. Klyshnikov✉, E.A. Ovcharenko, M.A. Rezvova, T.V. Glushkova, L.S. Barbarash
Federal State Budgetary Research Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases",
6, Sosnovy Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

Central Message

Numerical modeling is an effective method for assessing the potential of polymeric materials in the R&D of coronary stent grafts, including the quantitative assessment of the risk of membrane destruction. Polymers based on styrene-isobutylene-styrene and polyvinyl alcohol have demonstrated the most acceptable physical and mechanical properties for the further development of the stent graft.

Abstract

Background: Coronary artery perforations following minimally invasive diagnostic and therapeutic procedures require the urgent treatment due to the high risk of death. The implantation of a coronary stent graft is the strategy of choice to treat free perforations. Coronary stent grafts are covered self-expanding stents used to seal the damaged vascular wall by the external membrane.

Aim: to perform numerical and experimental investigation of promising polymeric materials that can be used for manufacturing the membrane for the coronary stent graft.

Methods: The study design was subdivided into two stages: stage 1 – assessment of the physical and mechanical properties of potential polymers (polytetrafluoroethylene, styrene-isobutylene-styrene, polyvinyl alcohol) and stage 2 – numerical modeling of the biomechanical response to the coronary stent graft functional diameter designing. The properties of the selected polymers were assessed with a Zwick/Roell-2.5H universal testing machine (Zwick/Roell, Germany) using uniaxial tensile testing mode. Numerical modeling was performed by the finite element method in Abaqus/CAE software (Dassault Systemes, France) with an increment in the graft diameter of 50% to the original one.

Results: Styrene-isobutylene-styrene copolymer demonstrated the greatest tensile strain with the elongation at break of 744.9 [737.0-837.8]% against initial size. Other polymers showed significantly lower tensile amplitudes. Polytetrafluoroethylene and polyvinyl alcohol samples broke when an elongation of 274.4 [270.9-280.4]% and 384.9 [313.4-390.6]% was reached. Numerical modeling for all materials showed moderate von Mises stress amplitudes, not exceeding the tensile strength. Polytetrafluoroethylene achieved the maximum stress of 7.50 MPa, styrene-isobutylene-styrene copolymer – 2.80 MPa, and polyvinyl alcohol – 0.08 MPa.

Conclusion: All the studied materials showed promising results and may be considered for manufacturing the stent graft membrane. However, styrene-isobutylene-styrene copolymer showed the beneficial properties among the rest. Based on our findings, it is rationale to focus on styrene-isobutylene-styrene copolymer and use it for the further prototyping.

Keywords: coronary artery perforation • percutaneous coronary intervention • coronary angiography • finite element analysis • strain • von Mises stress

Received: 14.02.2023; review round 1: 03.01.2023; accepted: 09.03.2023

Введение

Перфорация коронарной артерии является редким (до 0,29%-0,1%) [1], но опасным осложнением проведения интервенционных процедур на сосудистом русле сердца – коронарографий, чрескожных коронарных вмешательств [2]. При этом в сложных случаях, тотальных окклюзий и многососудистых поражениях, частота события

может существенно возрасти – до 8,9% [3]. Данное осложнение способно привести к формированию объемного перикардального выпота, часто сопровождающегося тампонадой, с последующим высоким риском летального исхода. Некоторые исследования демонстрируют пятикратное достоверное увеличение частоты внутригоспитальной летальности при возникновении

Corresponding author: Klyshnikov Kirill Yu., e-mail: klyshku@kemcardio.ru; address: 6, Sosnovy Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

перфораций относительно базового уровня для подобных вмешательств: отношение шансов 5,00 (95% доверительный интервал 3,42-7,31); а также увеличение в 3,25 острого повреждения почек (95% доверительный интервал 2,30-4,58) [4]. В связи с увеличением объема процедур на коронарном русле во всем мире в последние десятилетия наблюдается быстрый рост числа случаев перфораций [5–7].

Предикторами данного осложнения являются:

(1) клинико-демографические факторы: пожилой возраст; женский пол; нарушение функции почек; инфаркт миокарда без подъема сегмента ST;

(2) ангиографические факторы: хроническая тотальная окклюзия; кальцификация коронарных артерий; извилистые сосуды; целевые поражения в огибающей и правой коронарных артериях; протяженные (> 20 мм) и эксцентрические поражения;

(3) факторы, связанные с методикой: использование гидрофильных/сверхжестких проводников; устройств для атерэктомии; увеличенное соотношения «баллон-артерия»; проведение процедуры под контролем внутрисосудистого ультразвука; постдилатация стента под высоким давлением [8–10].

Чаще всего перфорации возникают из-за дистальной миграции проводника и/или его перелома или случайного расположения проводника за пределами хода коронарной артерии. В большинстве случаев, лечение такого осложнения заключается в длительном надувании баллона (проксимально или в месте перфорации для предотвращения тампонады) и отмене антикоагулянтной терапии [11]. Более перспективной технологией лечения перфораций является имплантация коронарного стент-графта – конструкции на основе «классического» стента, покрытого оболочкой. Именно данная оболочка и формирует герметизирующий слой, благодаря чему, перфорация устраняется. Ряд исследователей считает, что стент-графты для экстренной имплантации должны быть в обязательном порядке на складе профильных подразделений, выполняющий чрескожные коронарные вмешательства [12]. Некоторые крупные иностранные производители имеют в своем арсенале подобные конструкции: например стент-графт, покрытый ксеноперикардальным лоскутом [13]; полимерным материалом PTFE [14] или полиуретаном [15]. Однако на территории Российской Федерации отсутствует собственная модель подобного устройства, что, безусловно, накладывает ограничения на доступность такой перспективной технологии лечения опасного осложнения коронарных вмешательств – перфораций артерии. В настоящем исследовании мы демонстрируем исследовательские наработки, которые могут лечь в основу разработки отече-

ственного стент-графта: некоторые перспективные материалы и подходы к численному моделированию сложного многокомпонентного медицинского изделия.

Целью настоящей работы стало численно-экспериментальное исследование полимерных мембран для перспектив применения в составе конструкции стент-графта для лечения перфораций коронарных артерий.

Материал и методы

Исследование проводили в две последовательные стадии: натурная оценка физико-механических свойств материалов-кандидатов для формирования оболочки стент-графта и численное моделирование биомеханики концепта конструкции в сборе.

Физико-механические испытания

Для первого этапа – *in vitro* оценки свойств материалов для изготовления оболочки, по литературным данным отбирали полимеры, которые обладают потенциалом для данной задачи, прежде всего, с акцентом на высокую биосовместимость и механические свойства: Полиэтилен [16]; Поливиниловый спирт [17]; Сополимер стирол-изобутилен-стирол [18]. В зависимости от материала использовали различные источники получения опытных образцов:

1) Для политетрафторэтилена в качестве исходного лоскута выступила коммерческая мембрана Gore-Tex толщиной 0,58 мм (Gore-Tex, США).

2) Для изготовления образцов из сополимера стирол-изобутилен-стирол исходные гранулы материала синтезировали в НИИ ФХП БГУ (Республика Беларусь) методом контролируемой катионной полимеризации. Молекулярная масса M_w полимера составила 60,000. Гранулы растворяли в хлороформ безводном, чистотой $\geq 99\%$ (Sigma Aldrich, США), отливали в чашку Петри и после испарения растворителя получали пластину толщиной 0,1 мм.

3) Образцы из поливинилового спирта молекулярной массой M_w 89,000-98,000, степенью гидролиза ацетатных групп 99+% (Sigma Aldrich, США) получали путем отливки в чашку Петри и последующей криостабилизации в соответствии с методикой, представленной в литературе [19]. Толщина исходного образца составила 1,0 мм.

Непосредственно для оценки физико-механических свойств выбранных материалов, все исходные лоскуты и пластины путем вырубki разделяли на тестовые образцы гантелеобразной формы (по 7 штук для каждой выборки), согласно требованиям ГОСТ ISO 37–2020, тип 4 (рис. 1.). Данные образцы исследовали в условиях одноосного теста растяжения на универсальной испытательной машине «Zwick/Roell»-2.5N (Zwick/Roell, Германия). Каждый образец фиксировали



Рисунок 1. Исследование физико-механических характеристик полимерных материалов для формирования оболочки стент-графта: А – пример вырубки одного гантелеобразного испытательного образца из Политетрафторэтилена; В – то же для всей серии образцов из Политетрафторэтилена; С – пример фиксации образца в зажимах универсальной испытательной машины «Zwick/Roell»-2.5Н

Figure 1. Physical and mechanical testing of polymeric materials for the stent graft membrane: A - typical cutting of the dumbbell-shaped test sample from polytetrafluoroethylene; B - typical cutting of the entire series of samples from Polytetrafluoroethylene; C - a sample fixation in the tendon clamps of the "Zwick / Roell" universal testing machine -2.5Н

в удерживающих зажимах установки (рис. 1.) и растягивали в продольном направлении таким образом, чтобы обеспечить его разрыв. В процессе фиксировали кривые «напряжение-деформация» и итоговые количественные характеристики: предел прочности по напряжению и деформации, рассчитывали модуль упругости.

Численное моделирование

Вторым этапом настоящего исследования стало численное моделирование биомеханики коронарного стент-графта, основной целью которого явилась оценка напряженно-деформированного состояния всех компонентов конструкции в ходе придания устройству рабочего диаметра. Трехмерную модель стента получали на основании литературных данных, представленных Bonsignore С. в рукописи «Open Stent Design» [20]. Построение модели осуществляли в соответствии с описанной в данном руководстве последовательностью в среде SolidWorks 2020 (Dassault Systemes, Франция). Исходная геометрия стента имеет наружный диаметр 1,915 мм, а нанесенная сверху мембрана формирует дополнительный слой 0,1 мм. Таким образом, итоговый наружный диаметр конструкции составляет 2,015 мм. В настоящем исследовании мы имитировали придание рабочего диаметра стента на 50% от исходного 1,915 до 2,87 мм (рис. 2. А-Д).

Численное моделирование процесса придания рабочего диаметра стент-графту проводили в среде инженерного анализа Abaqus/CAE (Dassault systemes, Франция). Трехмерную модель прототипа коронарного стента импортировали в данное программное обеспечение, после чего создавали сетку на основе гексаэдров типа C3D8 из 29 952 конечных элементов и 58 752 узлов (рис. 2. А). В качестве мембраны стент-графта использовали объемное цилиндрическое тело.

Придание рабочего диаметра осуществляли путем взаимодействия модели стента с цилиндрической поверхностью, имитирующей дилатационный баллон (рис. 2 А).

Моделью материала для стента стало линейное описание нержавеющей стали согласно литературным данным: модуль упругости 196 ГПа; 0,2% предел текучести 592 МПа; предел прочности 884 МПа [21]. Моделью материала для мембраны стали линейные описания трех исследованных на первом этапе материалов: политетрафторэтилен, поливиниловый спирт, сополимер стирол-изобутилен-стирол. Баллон описан поверхностью из конечных элементов SFM3D4R без придания свойств. Контакт между телами задан моделью Колумба с попарным определением объектов, вступающих во взаимодействие: «баллон-стент» и «стент-мембрана». В качестве решателя выступил Abaqus Explicit, реализующий явную интеграцию по времени и учет динамических явлений при оценке биомеханики стент-графта. В ходе численного моделирования оценивали напряженно-деформированное состояние объектов моделирования: напряжение по Мизесу, как критерий разрушаемости мембраны; силу, возникающую при придании рабочего диаметра.

Результаты

Физико-механические испытания

В ходе первого этапа исследования показано, что наилучшими механическими характеристиками с позиции разработки стент-графта обладает материал №2 – сополимер стирол-изобутилен-стирол (табл. 1), продемонстрировавший высокое напряжение и наибольшую деформацию при разрыве. Важнейшей характеристикой мембраны стент-графта должна явиться способность материала растягиваться до больших

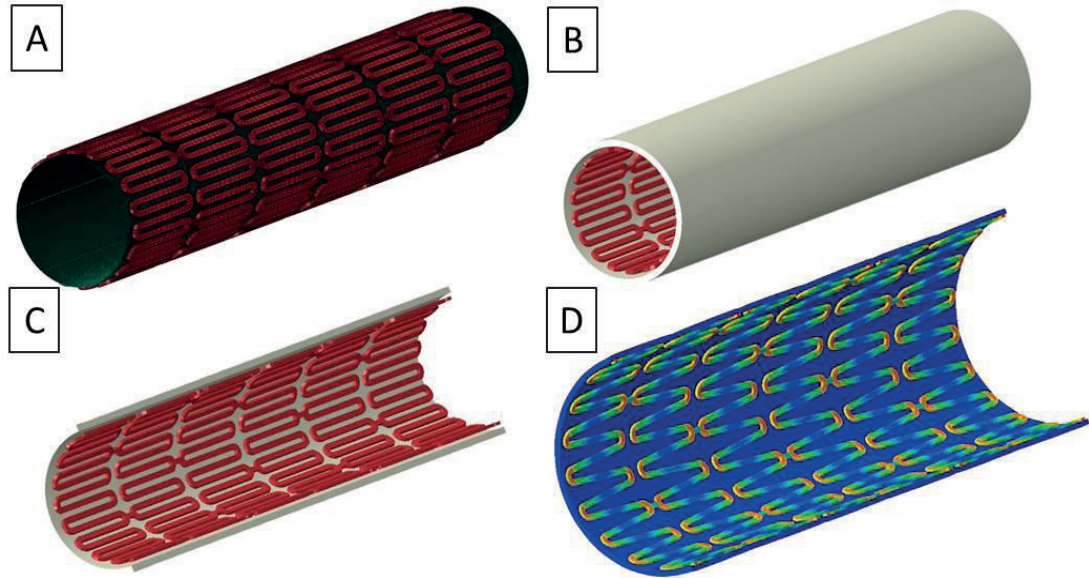


Рисунок 2. Этапы моделирования биомеханики коронарного стент-графта: А – исходное состояние стента и дилатационный баллон (объекты визуализированы в виде сетки конечных элементов); В – стент и мембрана (отображение сетки конечных элементов скрыто для удобства восприятия); С – продольный разрез модели стент-графта и модели баллона; D – пример эпюры напряжения по Мизесу после придания рабочего состояния стент-графту (продольный разрез)

Figure 2. Numerical modeling the biomechanics of the coronary stent graft: A - the initial state of the stent and the dilatation balloon (a finite element mesh); B – stent and membrane (without a finite element mesh); C – longitudinal section of the stent graft model and the balloon model; D - the von Mises Stress on the stent graft after deployment (longitudinal section)

состояний, т.к. конструкция в процессе своей имплантации способна претерпевать значительные изменения диаметров (минимум до 150% от исходного). Мембрана должна следовать за расширением стента и, при этом, сохранять свою целостность, чтобы обеспечить надежную герметизацию места перфорации. Из анализа (табл. 1) видно, что материалы №1 и №3 уступают по данному критерию: деформация для них составила значительно меньшие значения, чем для сополимера стирол-изобутилен-стирол.

Модуль упругости, как характеристика жесткости образцов, различался значительно. Так, наиболее жестким оказался материал №1, что

закономерно: высокое напряжение разрыва сочетается с низкой максимальной деформацией (медиана 274,4%). Такой материал, потенциально, малопригоден для реализации проектируемой конструкции. Для растяжения мембраны из жесткого политетрафторэтилена потребуется дополнительное значительное усилие при имплантации, однако данный аспект будет исследован более детально далее. Обратную ситуацию демонстрируют сополимер стирол-изобутилен-стирол и поливиниловый спирт – умеренно «мягкие» материалы, которые, кроме того, обладают значительной растяжимостью.

Таблица 1. Физико-механические характеристики полимерных материалов-кандидатов для изготовления мембран стент-графта

Table 1. Physical and mechanical properties of candidate polymers for manufacturing the stent graft membrane

№	Полимер / Polymer	Напряжение разрыва, МПа / Tensile strength, MPa	Деформация разрыва / Elongation at break, %	Модуль упругости при разрыве, Мпа / Young's module, MPa
1	Политетрафторэтилен / Polytetrafluoroethylene	29,75 [29,18; 30,36]	274,4 [270,9; 280,4]	11,1 [10,8; 11,3]
2	Сополимер стирол-изобутилен-стирол / Styrene-isobutylene-styrene copolymer	9,87 [9,02; 10,88]	744,9 [737,0; 837,8]	4,08 [3,8; 4,4]
3	Поливиниловый спирт / Polyvinyl alcohol	2,44 [1,62; 2,71]	384,9 [313,4; 390,6]	0,11 [0,116; 0,120]

Примечание: все данные представлены как медиана и [25, 75]-центили
Note: all data are presented as median and interquartile range [25, 75]

Численное моделирование

Учитывая комплексную биомеханику работы устройств, результаты моделирования его поведения необходимо рассматривать сперва раздельно – анализируя стент и оболочку, а затем – в целом, как конструкцию в сборе. При придании рабочего диаметру стенту в отдельных его узлах происходит переход эластической деформации в пластическую, благодаря чему закрепляется итоговая форма (рис. 3В).

Количественно этот эффект продемонстрирован в виде напряжений по Мизесу, которое достигает 703 МПа. С одной стороны, данные амплитуды ожидаемо превышают предел текучести (592 МПа), и, таким образом, модель материала стента реализует свою функцию сохранения формы после раздувания баллона за счет пластической (необратимой деформации). С другой стороны, напряжения не достигают предела прочности (884 МПа), т.е. не приводят к разрушению элементов стента. Отдельно стоит отметить эластический «отскок» – рекойл, который приводит к падению диаметра стента после сдувания баллона. Такое поведение ожидаемо и обусловлено релаксацией эластической компоненты материала к нулевым значениям после снятия нагрузки. В данном случае рекойл составил 4%, что, в целом, является приемлемой долей, сравнимой с аналогичными стентовыми конструкциями [22].

Поведение второго компонента стент-графта – мембраны, значительно различалось в зависимости от материала, что обусловлено, прежде всего, различиями их физико-механических характеристик. На основе количественной оценки модуля упругости (согласно табл. 1), материалы можно ранжировать по убыванию данного пока-

зателя в последовательности: политетрафторэтилен (11,1 МПа) >> сополимер стирол-изобутилен-стирол (4,08 МПа) >> поливиниловый спирт (0,11 МПа). Именно в такой последовательности наблюдали и распределение максимальных напряжений по Мизесу, возникающих в материалах при моделировании. Наибольшее значение продемонстрировал самый «жесткий» материал политетрафторэтилен: 7,50 МПа; минимальное – самый «мягкий» материал поливиниловый спирт, достигший 0,08 МПа. Сополимер стирол-изобутилен-стирол достигал промежуточных значений – 2,80 МПа (табл. 2). Данный результат вполне ожидаем: всем материалам необходимо растянуться до одинакового рабочего диаметра стента (2,87 мм), поэтому чем выше их модуль упругости, тем выше возникающие напряжения, т.к. деформация одинакова.

Качественный анализ эпюр напряжений по Мизесу в модели мембраны продемонстрировал неравномерное распределение, связанное с местами контакта стента и мембраны – формирующими характерный «отпечаток» (рис. 4). Однако, даже при такой неравномерности мы не наблюдали критических напряжения (выше предела прочности материалов), что свидетельствует о полной применимости данных полимеров в качестве мембран.

В заключении анализа необходимо оценить всю систему «стент-мембрана» комплексно. Ключевой особенностью биомеханики каждого стент-графта стали различия в силах, необходимых для придания конечной (имплантированной) формы изделию. Ожидаемо, показано, что более жесткий политетрафторэтилен требует значительно больших усилий во время имплантации. Так, суммарная сила, требующаяся для

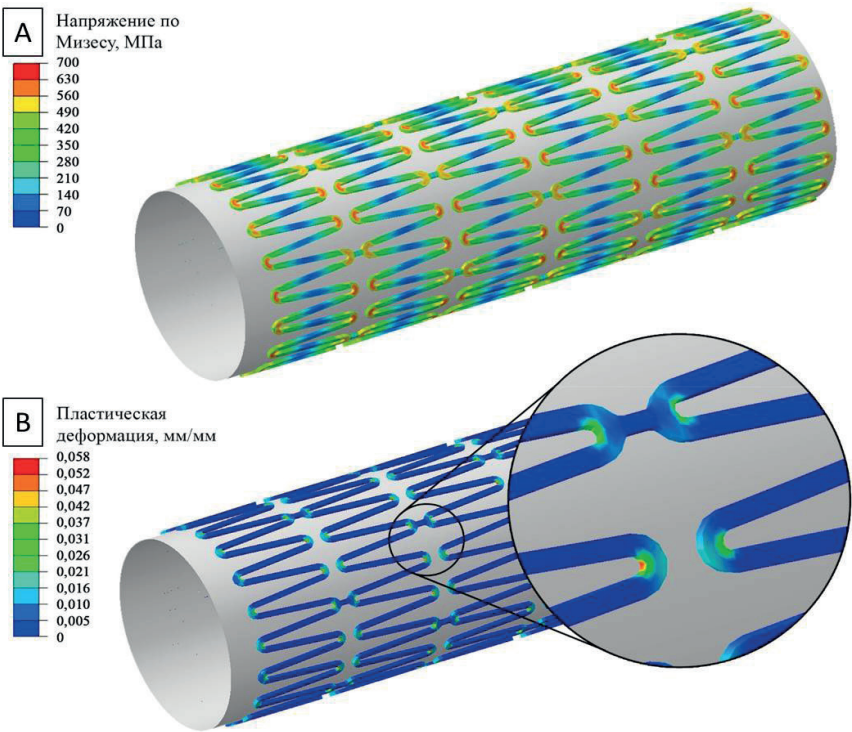


Рисунок 3. Визуализация напряженно-деформированного состояния стента после придания рабочего диаметра: А – напряжение по Мизесу; В – пластическая деформация

Figure 3. Stress-strain response of the stent after deployment: A – von Mises stress; B - plastic deformation

Таблица 2. Подробная характеристика напряжений по Мизесу в материале мембраны из исследованных материалов

Table 2. Von Mises stress results for polymeric materials

Материал / Material	Среднее, МПа / Mean, MPa	Ст. откл., МПа / Standard deviation	Минимум, МПа / Min, MPa	Максимум, МПа / Max, MPa	Предел*, МПа / Tensile strength*, MPa
Политетрафторэтилен / Polytetrafluoroethylene	5,20	0,339	4,30	7,50	29,75
Сополимер стирол-изобутилен-стирол / Styrene-isobutylene-styrene copolymer	0,05	0,004	0,04	0,08	9,87
Поливиниловый спирт / Polyvinyl alcohol	1,93	0,131	1,60	2,80	2,44

Примечание: * – предел прочности материалов, полученный по результатам первого этапа (исследования физико-механических свойств)

Note: * - tensile strength values were obtained at study stage 1 (assessment of physical and mechanical properties)

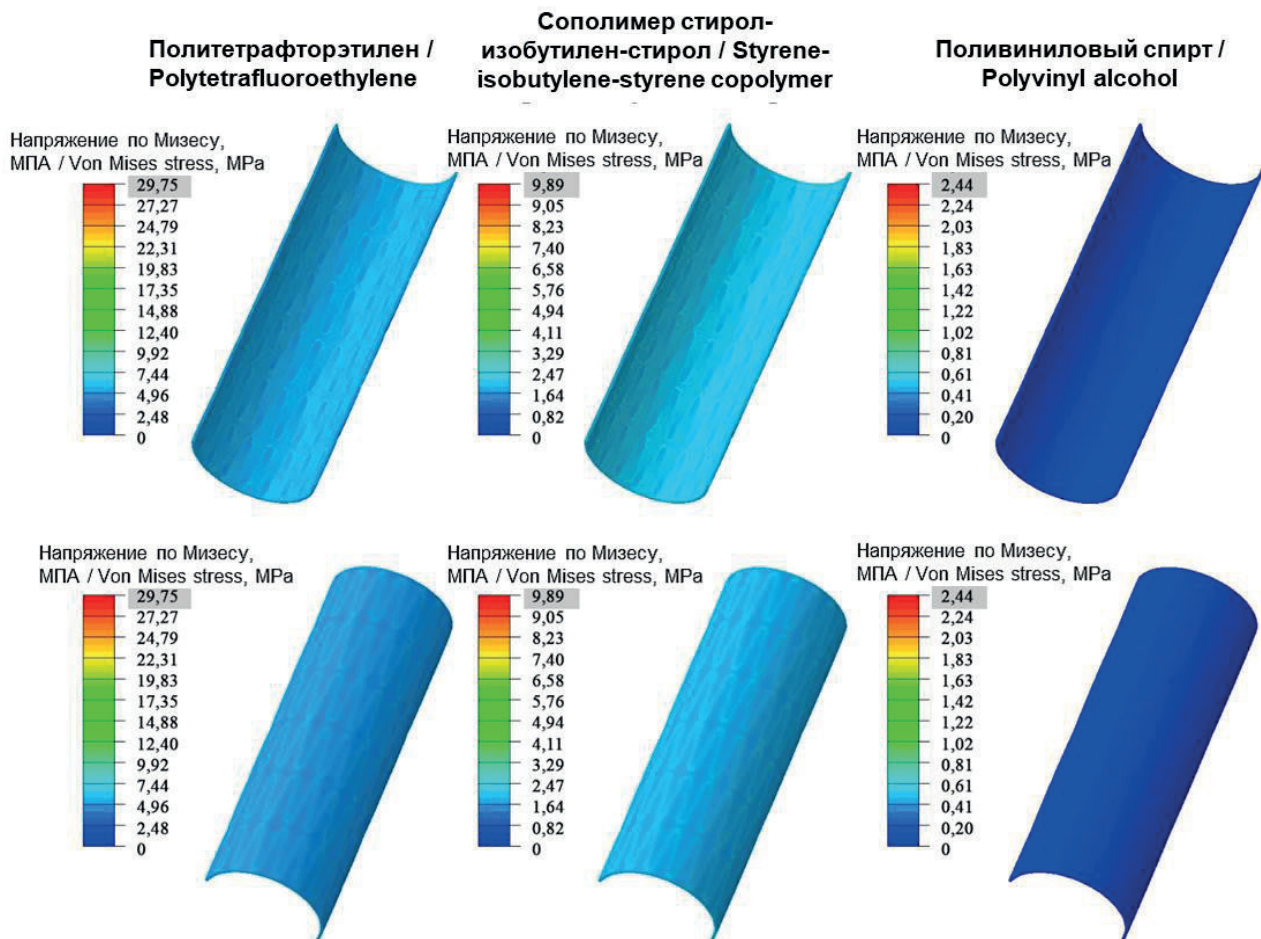


Рисунок 4. Сравнение эпюр напряжения по Мизесу, сформированное в мембране стент-графта (стент исключен из визуализации): для мембраны из Политетрафторэтилена, из Соплимера стирол-изобутилен-стирола, из Поливинилового спирта. Все изображения представлены в шкале напряжений с максимумом, равным пределу прочности для каждого материала (выделен серым)

Figure 4. Comparison of Mises stress arising in the stent graft membrane (the stent is excluded from visualization): polytetrafluoroethylene stent graft membrane, styrene-isobutylene-styrene copolymer stent graft membrane, and polyvinyl alcohol stent graft membrane. All images are shown in stress scale with a maximum equal to the tensile strength for each material (highlighted in grey)

раскрытия только стента, составила 8 Н. Для раскрытия стент-графта с мембраной из сополимера стирол-изобутилен-стирол и поливинилового спирта – 11 Н или 12 Н соответственно. А для случая исполнения мембраны из наиболее жесткого политетрафторэтилена – 15 Н, что в 1,875 раз больше, чем для раскрытия стента.

Обсуждение

Численное моделирование, основанное на результатах натурных испытания является ключевым подходом для инженерного исследования различных конструкций, в том числе в медицине. Благодаря такому подходу возможно определение материалов и форм устройств для последующего прототипирования в качестве опытных образцов [23, 24]. Именно поэтому такой подход активно применяют на ранних этапах исследований, отбирая из широкого перечня потенциальных инженерных решений перспективные [25, 26]. Настоящая работа наглядно демонстрирует сочетание результатов натурных (физико-механических) испытаний и численного моделирования на примере исследования концепции коронарного стент-графта – многокомпонентного устройства со сложным взаимодействием отдельных элементов.

Исходя из концепции такого инженерного анализа в настоящей задаче стоит рассматривать в качестве перспективного – материал на основе сополимера стирол-изобутилен-стирол, который продемонстрировал и наибольшую способность к растяжению, и умеренную жесткость (модуль упругости). Безусловно, два других материала также обладают удовлетворительными характеристиками, которые, стоит ожидать, обеспечат требуемые качества стент-графта – исследования физико-механических свойств и численный анализ не выявили потенциальных критических областей с риском разрушения или образования трещин в мембране. Однако осуществлять переход к прототипированию и натурным *in vitro* исследованиям необходимо, начиная с оптимального материала – сополимера стирол-изобутилен-стирол. Дополнительным фактором в пользу такого выбора может стать активное исследование перспектив его применения в кардиоваскулярной медицине в качестве материала для створчатого аппарата протезов клапанов сердца [27, 28], что подтверждает высокую био- и гемосовместимость. Поэтому использование данного полимера одновременно удовлетворяет и требованиям функциональности (растяжения), и критериям безопасности, предъявляемым к имплантируемым устройствам (контакту с кровью, клетками и т.д.).

Однако помимо основной цели – выбора перспективного материала для последующего прототипирования модели коронарного стент-графта, стоит обсудить специфический

результат, полученный при численном моделировании. Этот результат связан с оценкой сил, требующихся для придания рабочего диаметра устройству. В настоящем исследовании мы получили значительный рост ее амплитуды при добавлении к модели стента мембраны из политетрафторэтилена, что потенциально, может нарушать или усложнять работу всего устройства. Имплантацию коронарного стента осуществляют с помощью баллона высокого давления, придавая воздействие в 13-20 атм. [29]. Большинство расходных материалов, применяемых для имплантации стентов – прежде всего, специальные шприцы-индефляторы, создающие такое давление, рассчитаны именно на данные диапазоны нагрузок. Стент-графт на основе политетрафторэтилена, по результатам моделирования, требует применения давления, в 1,875 раз больше «обычного», что, безусловно, может стать существенным ограничением для прикладного применения такого изделия. Большинство коммерческих шприцов-индефляторов не смогут создать такую нагрузку. Оба других материала из исследования – поливиниловый спирт и сополимер стирол-изобутилен-стирол, не предполагают такого критического роста давления, поэтому в отдаленной перспективе должны оказаться более универсальными. Описанный нами аспект подобного анализа, помимо, прямой прикладной значимости – «выбраковки» конкретного материала из последующего исследования, несет важную идею. Численное моделирование способно представить результаты не только инженерной оценки – измерения амплитуд напряжений и деформаций, но и дополнительные, функциональные характеристики, например, требуемое давление для придания стент-графту рабочего диаметра. А выводы, сделанные на основе такого расширенного анализа, могут выявить неявные критерии выбора оптимальных материалов и форм для более поздних стадий разработки.

Заключение

Учитывая совокупность результатов натурных испытаний и численного моделирования, стоит предполагать, что перспективными с позиции дальнейшей разработки концепции собственного коронарного стент-графта необходимо рассматривать только два материала из исследования: Сополимер стирол-изобутилен-стирол и поливиниловый спирт. Данные материалы в текущей постановке демонстрируют приемлемые характеристики: возможность значительного растяжения без разрушения, умеренный модуль упругости и малые силы, требуемые для растяжения материала.

Финансирование

Данная работа выполнена в рамках фунда-

ментальной темы №0419-2022-0001 «Молекулярные, клеточные и биомеханические механизмы патогенеза сердечно-сосудистых заболеваний в разработке новых методов лечения заболеваний сердечно-сосудистой системы на основе персонализированной фармакотерапии, внедрения малоинвазивных медицинских изделий, биоматериалов и тканеинженерных имплантатов» (научный руководитель – академик РАН Л.С. Барбараш)

Информация об авторах

Клышников Кирилл Юрьевич, к.м.н., научный сотрудник лаборатории новых биоматериалов, ФГБНУ «НИИ КПССЗ», г. Кемерово, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0003-3211-1250>

Овчаренко Евгений Андреевич, к.т.н., заведующий лабораторией новых биоматериалов, ФГБНУ «НИИ КПССЗ», г. Кемерово, Российская Федерация; ORCID: 0000-0001-7477-3979

Резцова Мария Александровна, младший научный сотрудник лаборатории новых биоматериалов, ФГБНУ «НИИ КПССЗ», г. Кемерово, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-4405-8904>

Глушкова Татьяна Владимировна, к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории новых биоматериалов, ФГБНУ «НИИ КПССЗ», г. Кемерово, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0003-4890-0393>

Барбараш Леонид Семенович, д.м.н., профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, ФГБНУ «НИИ КПССЗ», г. Кемерово, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0001-6981-9661>

Вклад авторов в статью

Концепция и дизайн исследования: ККЮ, ОЕА, РМА, ГТВ, БЛС; интерпретация данных: ККЮ, ОЕА, РМА, ГТВ, БЛС; написание статьи: ККЮ, ОЕА, РМА, ГТВ, БЛС; утверждение окончательной версии для публикации: ККЮ, ОЕА, РМА, ГТВ, БЛС; полная ответственность за содержание: ККЮ, ОЕА, РМА, ГТВ, БЛС.

Конфликт интересов

К.Ю. Клышников заявляет об отсутствии конфликта интересов. Е.А. Овчаренко заявляет об отсутствии конфликта интересов. М.А. Резцова заявляет об отсутствии конфликта интересов. Т.В. Глушкова заявляет об отсутствии конфликта интересов. Л.С. Барбараш заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Author Information Form

Klyshnikov Kirill Yu., Ph.D., researcher at the Laboratory of Novel Biomaterials, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0003-3211-1250>

Ovcharenko Evgeny A., Ph.D., Head of the Laboratory of Novel Biomaterials, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0001-7477-3979>

Rezvoova Maria A., researcher assistant at the Laboratory of Novel Biomaterials, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-4405-8904>

Glushkova Tatyana V., Ph.D., senior researcher at the Laboratory of Novel Biomaterials, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0003-4890-0393>

Barbarash Leonid S., M.D., Ph.D., Professor, chief researcher at the Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0001-6981-9661>

Author Contribution Form

Contribution to the concept and design of the study: KKYu, OEA, RMA, GTV, BLS; data interpretation: KKYu, OEA, RMA, GTV, BLS; manuscript writing: KKYu, OEA, RMA, GTV, BLS; approval of the final version: KKYu, OEA, RMA, GTV, BLS; fully responsible for the content: KKYu, OEA, RMA, GTV, BLS.

Список литературы / References

1. Shaukat A, Tajti P, Sandoval Y, Stanberry L, Garberich R, Nicholas Burke M, Gössl M, Henry T, Mooney M, Sorajja P, Traverse J, Bradley SM, Brilakis ES. Incidence, predictors, management and outcomes of coronary perforations. Catheter Cardiovasc Interv. 2019;93(1):48–56. <https://doi.org/10.1002/ccd.27706>.
2. Staferov AV, Sorokin AV, Dundua DP, Konev AV, Voronin SV, Provodnikov AY. Perforation of the left main coronary artery during left coronary artery revascularization. Russian Journal of Endovascular Surgery 2020;7(1S):262–270. (In Russ.)
3. Hirai T, Nicholson WJ, Sapontis J, Salisbury AC, Marso SP, Lombardi W, Karmaliotis D, Moses J, Pershad A, Wyman RM, Spaedy A, Cook S, Doshi P, Federici R, Nugent K, Gosch KL, Spertus JA, Grantham JA; OPEN-CTO Study Group. A Detailed Analysis of Perforations

- During Chronic Total Occlusion Angioplasty. JACC Cardiovasc Interv. 2019;12(19):1902–1912. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2019.05.024>.
4. Parsh J, Seth M, Green J, Sutton NR, Chetcuti S, Dixon S, Grossman PM, Khandelwal A, Dupree JM, Gurm HS. Coronary artery perforations after contemporary percutaneous coronary interventions: Evaluation of incidence, risk factors, outcomes, and predictors of mortality. Catheter Cardiovasc Interv. 2017;89(6):966–973. <https://doi.org/10.1002/ccd.26917>.
5. Fejka M, Dixon SR, Safian RD, O'Neill WW, Grines CL, Finta B, Marcovitz PA, Kahn JK. Diagnosis, management, and clinical outcome of cardiac tamponade complicating percutaneous coronary intervention. Am J Cardiol. 2002;90(11):1183–1186. [https://doi.org/10.1016/S0002-9149\(02\)02831-X](https://doi.org/10.1016/S0002-9149(02)02831-X).

6. Von Sohsten R, Kopistansky C, Cohen M, Kussmaul WG 3rd. Cardiac tamponade in the “new device” era: Evaluation of 6999 consecutive percutaneous coronary interventions. *Am Heart J.* 2000;140(2):279–283. <https://doi.org/10.1067/mhj.2000.107996>.
7. Semenov VYu, Samorodskaya IV. Dynamics of the number of myocardial revascularization operations in some countries in comparison with the Russian Federation in 2000–2018. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2021;10(4):68–78. (In Russ.) <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2021-10-4-68-78>
8. Danek BA, Karatasakis A, Tajti P, Sandoval Y, Karpaliotis D, Alaswad K, Jaffer F, Yeh RW, Kandzari DE, Lembo NJ, Patel MP, Mahmud E, Choi JW, Doing AH, Lombardi WL, Wyman RM, Toma C, Garcia S, Moses JW, Kirtane AJ, Hatem R, Ali ZA, Parikh M, Karacsonyi J, Rangan BV, Khalili H, Burke MN, Banerjee S, Brilakis ES. Incidence, Treatment, and Outcomes of Coronary Perforation During Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Intervention. *Am J Cardiol.* 2017;120(8):1285–1292. doi:10.1016/j.amjcard.2017.07.010.
9. Litvack F, Eigler N, Margolis J, Rothbaum D, Bresnahan JF, Holmes D, Untereker W, Leon M, Kent K, Pichard A. Percutaneous excimer laser coronary angioplasty: Results in the first consecutive 3,000 patients. *J Am Coll Cardiol.* 1994;23(2):323–329. doi:10.1016/0735-1097(94)90414-6.
10. Al-Mukhaini M, Panduranga P, Sulaiman K, Riyami AA, Deeb M, Riyami MB. Coronary perforation and covered stents: An update and review. *Hear Views.* 2011;12(2):63–70. doi:10.4103/1995-705X.86017.
11. Jacob D, Savage MP, Fischman DL. Novel Approaches to Coronary Perforations. *JACC Case Reports.* 2022;4(3):142–144. doi:10.1016/j.jaccas.2021.12.019.
12. Ekici B, Erkan AF, Kütük U, Töre HF. Successful Management of Coronary Artery Rupture with Stent-Graft: A Case Report. *Case Rep Med.* 2014;2014:1–4. doi:10.1155/2014/391843.
13. Chen S, Lotan C, Jaffe R, Rubinshtein R, Ben-Assa E, Roguin A, Varshitzsky B, Danenberg HD. Pericardial covered stent for coronary perforations. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2015;86(3):400–404. doi:10.1002/ccd.26011.
14. Araki M, Hikita H, Sudo Y, Hishikari K, Takahashi A. Restenosis of a Polytetrafluoroethylene-Covered Stent Visualized by Coronary Angioscopy and Optical Coherence Tomography: A Case Report. *Int J Angiol.* 2020;29(01):058–062. doi:10.1055/s-0039-1685510.
15. Barbero U, Cerrato E, Secco GG, Tedeschi D, Belliggiano D, Pavani M, Moncalvo C, Tomassini F, De Benedictis M, Doronzo B, Varbella F. PK Papyrus coronary stent system: the ultrathin struts polyurethane-covered stent. *Future Cardiol.* 2020;16(5):405–411. doi:10.2217/fca-2020-0022.
16. Hu K, Li Y, Ke Z, Yang H, Lu C, Li Y, Guo Y, Wang W. History, progress and future challenges of artificial blood vessels: a narrative review. *Biomater Transl.* 2022;3(1):81–98. doi:10.12336/biomatertransl.2022.01.008.
17. Alexandre N, Ribeiro J, Gärtner A, Pereira T, Amorim I, Fragoso J, Lopes A, Fernandes J, Costa E, Santos-Silva A, Rodrigues M, Santos JD, Maurício AC, Luís AL. Biocompatibility and hemocompatibility of polyvinyl alcohol hydrogel used for vascular grafting- In vitro and in vivo studies. *J Biomed Mater Res Part A.* 2014;102(12):4262–4675. doi:10.1002/jbm.a.35098.
18. Wang Q, McGoron AJ, Bianco R, Kato Y, Pinchuk L, Schoepfoerster RT. In-vivo assessment of a novel polymer (SIBS) trileaflet heart valve. *J Heart Valve Dis.* 2010;19(4):499–505.
19. Hassan CM, Peppas NA. Structure and Morphology of Freeze/Thawed PVA Hydrogels. *Macromolecules.* 2000;33(7):2472–2479. doi:10.1021/ma9907587
20. Bonsignore C. Open Stent Design: Design and analysis of self expanding cardiovascular stents. , *SC Creat Indep Publ Platf.* 212AD;94. doi:10.6084/M9.FIGSHARE.95614.
21. Lewandowski JJ, Varadarajan R, Smith B, Tuma C, Shazly M, Vatamanu LO. Tension and fatigue behavior of 316LVM 1×7 multi-strand cables used as implantable electrodes. *Mater Sci Eng A.* 2008;486(1–2):447–454. doi:10.1016/j.msea.2007.11.016
22. Aziz S, Morris JL, Perry RA, Stables RH. Stent expansion: a combination of delivery balloon underexpansion and acute stent recoil reduces predicted stent diameter irrespective of reference vessel size. *Heart.* 2006;93(12):1562–1566. doi:10.1136/hrt.2006.107052
23. Morrison TM, Dreher ML, Nagaraja S, Angelone LM, Kainz W. The Role of Computational Modeling and Simulation in the Total Product Life Cycle of Peripheral Vascular Devices. *J Med Device.* 2017;11(2):024503. doi:10.1115/1.4035866
24. Morrison TM, Pathmanathan P, Adwan M, Margerrison E. Advancing Regulatory Science With Computational Modeling for Medical Devices at the FDA's Office of Science and Engineering Laboratories. *Front Med.* 2018;5:241. doi:10.3389/fmed.2018.00241
25. Ardatov KV, Nushtaev DV. Deformation Characteristics of Coronary Stents of the Matrix and Continuous Sinusoidal Types in Free Expansion: Computer Simulation. *Sovrem Tehnol v Med.* 2018;10(2):31–36. doi:10.17691/stm2018.10.2.03
26. Prendergast PJ, Lally C, Lennon AB. Finite element modelling of medical devices. *Med Eng Phys.* 2009;31(4):419. doi:10.1016/j.medengphy.2009.03.002
27. Oveissi F, Naficy S, Lee A, Winlaw DS, Dehghani F. Materials and manufacturing perspectives in engineering heart valves: a review. *Mater Today Bio.* 2020;5:100038. doi:10.1016/j.mtbio.2019.100038
28. Rezvova MA, Ovcharenko EA, Nikishev PA, Kostyuk SV, Glushkova TV, Trebushat DV, Chernonosova VS, Shevelev GYu, Klyshnikov KYu, Kudryavtseva YuA, Barabash LS. Prospects for Using Styrene-Isobutylene-Styrene (SIBS) Triblock Copolymer as a Cusp Material for Leaflet Heart Valve Prostheses: Evaluation of Physicochemical and Mechanical Properties. *Russ J Appl Chem.* 2019;92(1):9–19. doi:10.1134/S1070427219010026.
29. Fedorchenko AN, Protopopov AV, Osiev AG, Tupikin RS, Bukhtoyarov AYU, Shmatkov MG, Lyaskovskiy KO, Korzh DA, Volkolup OS, Usachev AA, Lazebny PA, Smolina EG. Impact of stent implantation pressure in coronary arteries on early and long-term results of percutaneous coronary interventions. *International Journal of Interventional Cardioangiography.* 2008;14:86–87.

Для цитирования: Клышников К.Ю., Овчаренко Е.А., Резвова М.А., Глушкова Т.В., Барбараш Л.С. Численно-экспериментальное исследование концепта стент-графта коронарной артерии. Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия. 2023;2(1):54–63.

To cite: Klyshnikov K.Yu., Ovcharenko E.A., Rezvova M.A., Glushkova T.V., Barbarash L.S. Numerical Modelling and Experimental Testing of the Coronary Artery Stent Graft. Minimally Invasive Cardiovascular Surgery. 2023;2(1):54–63.

ИЗМЕНЕНИЯ ТАКТИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ В ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЙ БЕЗЫМЯННОЙ АРТЕРИИ

Д.Ф. Белоярцев^{1,2}, Д.В. Полянский¹✉

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение

«Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Большая Серпуховская, д. 27,
г. Москва, Российская Федерация, 115093

²ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования»
Минздрава России, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1, г. Москва, Российская Федерация, 125993

Основные положения

Методом выбора хирургического лечения безымянной артерии при ее стенотическом поражении на сегодняшний день является эндоваскулярное вмешательство. Однако средние сроки наблюдения после указанных вмешательств ограничиваются 5-летним периодом, и уже на этих сроках они уступают открытым реконструкциям по результативности в отношении проходимости реконструированных артерий.

Резюме

В статье рассматриваются изменения тактических подходов в хирургическом лечении атеросклеротических поражений безымянной артерии: обоснованность выполнения оперативных вмешательств на асимптомной стадии поражения, выбор предпочтительного оперативного доступа, значение эндартерэктомии из брахиоцефального ствола и экстраторакальных реконструкций. Также внимание уделяется эндоваскулярным вмешательствам, и сравнению их результатов с открытыми операциями. Рассматриваются литературные сведения по обсуждаемым вопросам.

Ключевые слова: брахиоцефальный ствол • безымянная артерия • реконструкции ветвей дуги аорты • атеросклероз • госпитальные результаты • отдаленные результаты • стентирование

Поступила в редакцию: 12.12.2022; поступила после доработки: 16.01.2023; принята к печати: 30.01.2023

INNOMINATE ARTERY DISEASE: EVOLUTION OF SURGICAL TREATMENT

D.F. Beloyartsev^{1,2}, D.V. Polyansky¹ ✉

¹A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery,
27, Bolshaya Serpukhovskaya St., Moscow, Russian Federation, 115093

²Russian Medical Academy of Continuous Professional Education,
2/1-1, Barrikadnaya St., Moscow, Russian Federation, 125993

Central Message

Endovascular treatment in the method of choice for surgical treatment of the innominate artery disease. However, within the 5-year follow-up endovascular treatment appears to be inferior to open reconstructions in terms of the graft patency.

Abstract

The review article discusses the evolution of the surgical treatment of innominate artery disease with a particular focus on the validity of surgical interventions in asymptomatic patients, the surgical methods of choice, including endarterectomy from the brachiocephalic artery and extrathoracic reconstructions. Recent endovascular approaches to innominate artery disease are reported with the subsequent comparative

Для корреспонденции: Полянский Дмитрий Владимирович, e-mail: polyanskydmitriy@yandex.ru; адрес: ул. Большая Серпуховская, д. 27, г. Москва, Российская Федерация, 115093

Corresponding author: Polyansky Dmitry V., e-mail: polyanskydmitriy@yandex.ru; address: 7, Bolshaya Serpukhovskaya St., Moscow, Russian Federation, 115093

analysis. Original studies and the obtained results are discussed.

Ключевые слова: brachiocephalic artery • innominate artery • reconstruction of aortic arch branches, atherosclerosis • in-hospital outcomes • long-term outcomes • stenting

Received: 12.12.2022; review round 1: 16.01.2023; accepted: 30.01.2023

Список сокращений

БЦС – брахиоцефальный ствол
ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения
ЭАЭ – эндартерэктомия

Введение

Открытые реконструкции являлись единственным методом лечения стено-окклюдизирующих поражений брахиоцефального ствола (БЦС) на протяжении многих десятилетий. Первые в мире сообщения о протезировании безымянной артерии и аорто-безымянном шунтировании появились в 1953 году [1,2], первая эндартерэктомия из БЦС была выполнена в 1954 году [3]. С накоплением опыта изменялись подходы к хирургическому лечению атеросклеротического поражения БЦС: выполнение оперативных вмешательств на асимптомной стадии, переход к менее травматичным оперативным доступам, отказ от выполнения эндартерэктомии из БЦС и экстраторакальных реконструкций в пользу интраторакальных. А с внедрением в клиническую практику эндоваскулярных методик данный тип вмешательства становится методом выбора при подобных поражениях.

В нашей статье рассмотрены изменения в подходах к хирургии безымянной артерии с момента первой публикации по этой теме до сегодняшнего дня.

Асимптомные поражения

Одним из спорных вопросов в хирургии брахиоцефального ствола является обоснованность проведения оперативного лечения у пациентов с асимптомными поражениями. До 1995 года, когда появилась первая публикация по реконструкциям у таких пациентов [4], оперативные вмешательства выполнялись только при симптомных поражениях. С 1995 года появляется все больше сообщений по указанной теме, представленных в табл. 1, причем только в двух работах разбираются преимущества оперативных вмешательств, выполненных на асимптомной стадии [5,6].

В работе Покровского А.В., Белоярцева Д.Ф. кумулятивная частота развития неврологического дефицита у больных с исходной I или III степенью сосудисто-мозговой недостаточности к 5-му году наблюдения составила 0%, в то время как у больных с исходной II или IV степенью аналогичный показатель составил 19% [5]. Той же позиции придерживаются и Takach T.J. с соавт.: в отдаленном послеоперационном периоде сроком до 10 лет в группе асимптомных пациентов не было неврологических осложнений и

Таблица 1. Количество асимптомных больных в публикациях
Table 1. Number of asymptomatic patients reported in the original studies

Автор / Author	Год / Year	Кол-во наблюдений / Study population	Асимптомные больные, % / Asymptomatic patients, %
Kieffer E. et al. [4]	1995	111	22%
Levien L.J. et al. [7]	1998	24	7%
Berguer R. et al. [8]	1998	92	13%
Azakie A. et al. [9]	1998	22	3%
Покровский А.В., Белоярцев Д.Ф. [5] / Pokrovsky A.V., Beloyartsev D.F. [5]	2001	46	55%
Takach T.J. et al. [6]	2005	113	2%
Paukovits T.M. et al. [10]	2010	77	19%
Sfyroeras G.S. et al. [11]	2011	48	17%
Bradaric C. et al. [12]	2014	11	16%
Yamao Y. et al. [13]	2019	38	14%
Ammi M. et al. [14]	2019	93	42%
Zacharias N. et al. [15]	2020	33	36%

летальных исходов, в то время как в общей группе частота острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) составила 3%, а показатель летальности – 31% [6].

Тем не менее, тема хирургии безымянной артерии на стадии асимптомных поражений остается нерешенной, поскольку согласно рекомендациям European Society for Vascular Surgery (ESVS) от 2017 года и клиническим рекомендациям Российского Общества Анггиологов и Сосудистых Хирургов от 2013 года у асимптомных пациентов открытое или эндоваскулярное лечение атеросклеротического поражения БЦС не рекомендовано (класс рекомендации III, уровень C) [16,17], да и среди хирургов нет однозначного мнения: некоторые выполняют вмешательства независимо от степени сосудисто-мозговой недостаточности [4-15], некоторые продолжают оперировать только симптомных пациентов [18,19], а остальные авторы и вовсе не уделяют внимания этому вопросу.

С позиции сегодняшнего дня оперативные вмешательства при асимптомных гемодинамически значимых поражениях безымянной артерии могут считаться абсолютно показанными.

Оперативный доступ

Длительное время оптимальным оперативным доступом при выполнении интраторакальных реконструкциях считалась полная срединная стернотомия, поскольку обеспечивала адекватную визуализацию и экспозицию в операционной ране, а также обладала меньшей травматичностью, в отличие от боковой торакотомии [20,21]. Однако выполнение полной срединной стернотомии сопряжено с риском возникновения медиастинита, частота встречаемости которого, по данным литературы, достигала 4,5-13% случаев при выполнении указанных вмешательств [5,22,23].

Так, Kolvenbach R. с соавт. отметили 3 случая медиастинита на 32 операции протезирования БЦС, во всех наблюдениях с помощью хирургической обработки и дренирования удалось достичь первичного заживления стернотомиче-

ской раны с сохранением функции имплантированного протеза [22].

Sandmann W. с соавт. констатировали медиастинит у 3 больных из 65, оперированных интраторакально при поражениях БЦС [23]. В 2 случаях авторы применили оментопластику, еще в одном – ограничились хирургической обработкой и дренированием, что позволило добиться полного заживления послеоперационной раны во всех наблюдениях без нарушения проходимости внутригрудного протеза.

Покровский А.В., Белоярцев Д.Ф. опубликовали данные о возникновении медиастинита после интраторакальных операций у 6 больных [5]. В 4 наблюдениях производилось дренирование и хирургическая обработка раны (иногда неоднократно), в одном случае выполнена оментопластика и еще в одном воспалительный процесс удалось купировать консервативными мероприятиями.

С накоплением опыта стало очевидно, что использование частичной стернотомии позволяет снижать риск гнойных осложнений за счет уменьшения травматичности доступа. Первые частичные стернотомии были представлены в публикациях в конце 90-х годов с частотой выполнения от 1,6% до 6,5% [4,8], а уже в 20-х годах нынешнего столетия их использование стало достигать 50,0-100% [6,24]. Гнойные осложнения в данных публикациях отмечены не были, в связи с чем, ряд хирургов рассматривает данный оперативный доступ как доступ выбора в данном разделе хирургии.

Эндартерэктомия из брахиоцефального ствола

Наряду с выполнением протезирования брахиоцефального ствола ряд хирургов на протяжении многих лет рассматривал эндартерэктомию (ЭАЭ) из него, как равнозначный вариант реконструкции [9,25,26]. При сравнении госпитальных результатов после ЭАЭ из брахиоцефального ствола и после протезирования, представленных в табл. 2 и 3, речь идет об идентичной летальности и частоте ОНМК. Стоит отметить, что в ра-

Таблица 2. Госпитальные результаты эндартерэктомии из брахиоцефального ствола
Table 2. In-hospital outcomes following endarterectomy from the brachiocephalic artery

Автор, год публикации / Author, year	Кол-во пациентов / Number of patients	% от общей группы пациен- тов / Proportion of patients, %	Госпитальные результаты / In-hospital outcomes	
			Летальность / Mortality rate	ОНМК / Stroke
Carlson R.E. et al., 1977 [25]	34	92%	6,0%	3,0%
Cherry K.J. et al., 1989 [26]	10	28%	0	0
Kieffer E. et al., 1995 [4]	32	29%	8,4%	12,5%
Azake A. et al., 1998 [9]	72	77%	3,2%	6,4%
Berguer R. et al., 1998 [8]	8	8%	-	-

Примечание: ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения

Таблица 3. Госпитальные результаты протезирования брахиоцефального ствола
Table 3. In-hospital outcomes following brachiocephalic artery reconstruction

Автор, год / Author, year	Кол-во пациен- тов / Number of patients	Госпитальные результаты / In-hospital outcomes		
		ОНМК / Stroke	Тромбозы / Throbmosis	Летальность / Mortality rate
Crawford E.S. et al., 1983 [27]	43	6,9%	-	4,6%
Cormier F. et al., 1989 [20]	53	-	2,4%	1,9%
Reul G.J. et al., 1991 [28]	54	1,8%	7,0%	0
Kieffer E. et al., 1995 [4]	111	3,4%	1,0%	5,4%
Kolvenbach R. et al., 1995 [22]	32	3,0%	-	-
Sandmann W. et al., 1997 [23]	65	6,0%	-	-
Rhodes J.M. et al., 2000 [18]	40	4,7%	7,5%	2,3%
Покровский А.В., Белоярцев Д.Ф., 2001 [5] / Pokrovsky A.V., Beloyartsev D.F., 2001 [5]	46	4,3%	6,5%	4,3%
Спиридонов А.А. с соавт., 2003 [29] / Spiridonov A.A. et al., 2003 [29]	34	2,9%	4,4%	0
Takach T.J. et al., 2005 [6]	113	2,7%	5,3%	2,7%

Примечание: ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения

ботах, посвященных результатам после ЭАЭ из БЦС, не приводятся данные о частоте возникновения тромбозов, как в ближайшие, так и в отдаленные сроки.

Если же обратиться к отдаленным результатам, представленным в табл. 4 и 5, то можно сделать вывод – отдаленные результаты после ЭАЭ из БЦС на сроках от 5 лет и более уступали результатам, полученным после протезирования. Так, ОНМК встречался в 8-11% случаев после ЭАЭ из БЦС и в 3-9% после протезирования, а выживаемость составила 75-85% и 79-100% соответственно.

Последние работы по этой теме ограничива-

ются 90-ми годами прошлого века, а в настоящее время ЭАЭ из безымянной артерии практически не упоминается.

Экстраторакальные реконструкции

В 80-х годах прошлого века с целью снижения травматичности операционного вмешательства и вероятности возникновения послеоперационных осложнений методом выбора хирургического лечения атеросклеротического поражения брахиоцефального ствола становятся экстраторакальные реконструкции. Частота применения данного типа вмешательства по данным литературы варьировала от 10% до 28%, что отобра-

Таблица 4. Отдаленные результаты эндартерэктомии из брахиоцефального ствола
Table 4. Long-term outcomes following endarterectomy from the brachiocephalic artery

Автор, год публикации / Author, year	Кол-во пациен- тов / Number of patients	Отдаленные результаты / Long-term outcomes			
		Выживаемость / Survival rate		ОНМК / Stroke	
		5 лет	10 лет	5 лет	10 лет
Carlson R.E. et al., 1977 [25]	34	75%	-	8%	-
Cherry K.J. et al., 1989 [26]	10	90%	-	11%	-
Kieffer E. et al., 1995 [4]	32	78%	-	13%	-
Azakie A. et al., 1998 [9]	72	85%	67%	-	-

Примечание: ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения

жено в табл. 6, а сами варианты реконструкции представлены общесонно-общесонным, подключично-подключичным и подмышечно-подмышечным шунтированием.

На рубеже 1990-2000х годов с накоплением опыта выяснилось, что результат отдаленной проходимости при экстраторакальных вмешательствах уступает интраторакальным. Corbier R. с соавт. при оценке отдаленных результатов в 5-летние сроки сообщают о 97% проходимости после интраторакальных реконструкций, в то время как после экстраторакальных она составила 71% [31]. Takach T.J. с соавт. представили 10-летний опыт реконструкции брахиоцефального ствола: в указанные сроки проходимость была значимо лучше в группе интраторакальных вмешательств 94% (в сравнении 60,3%) [6].

На сегодняшний день, ряд хирургов, опираясь на накопленный опыт, считают выполнение экстраторакальных реконструкций допустимым в следующих ситуациях: ранее перенесенная

стернотомия, выраженный кальциноз восходящей аорты, пожилые и коморбидные пациенты с высоким риском послеоперационных осложнений.

Эндоваскулярное лечение

Учитывая малую инвазивность эндоваскулярных методик, на сегодняшний день указанные вмешательства рассматриваются многими как метод выбора при атеросклеротических поражениях безымянной артерии, что нашло отражение в рекомендациях European Society for Vascular Surgery (ESVS) от 2017 года: методом выбора хирургического лечения при проксимальных поражениях ветвей дуги аорты является ангиопластика и стентирование (класс рекомендации IIa, уровень C) [16]. Клинические рекомендации Российского Общества Ангиологов и Сосудистых Хирургов от 2013 года частично солидарны в данном вопросе: методом выбора хирургического вмешательства при стенозиру-

Таблица 5. Отдаленные результаты протезирования брахиоцефального ствола
Table 5. Long-term outcomes following brachiocephalic artery reconstruction

Автор, год / Author, year	n	Отдаленные результаты / Long-term outcomes		
		Проходимость / Patency	ОНМК / Stroke	Выживаемость / Survival rate
Crawford E.S. et al., 1983 [27]	43	-	6%	85%
Cormier F. et al., 1989 [20]	53	95%	-	85%
Kieffer E. et al., 1995 [4]	111	98%	7%	90%
Kolvenbach R. et al., 1995 [22]	32	100%	-	100%
Sandmann W. et al., 1997 [23]	65	100%	-	100%
Rhodes J.M. et al., 2000 [18]	40	91%	6%	84%
Покровский А.В., Белоярцев Д.Ф., 2001 [5] / Pokrovsky A.V., Beloyartsev D.F., 2001 [5]	46	93%	6%	83%
Спиридонов А.А. с соавт., 2003 [29] / Spiridonov A.A. et al., 2003 [29]	34	91%	9%	79%
Takach T.J. et al., 2005 [6]	113	95%	3%	83%

Примечание: ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения

Таблица 6. Экстраторакальные реконструкции брахиоцефального ствола
Table 6. Long-term outcomes following brachiocephalic artery reconstruction

Автор, год / Author, year	Кол-во наблюдений / Study population		Срок наблюдения / Follow-up	Проходимость отдаленная / Long-term patency	
	Экстра / Extra	Интра / Intra		Экстра / Extra	Интра / Intra
De Sobregrau R.C. et al., 1986 [30]	10	28	5 лет	-	-
Courbier R. et al., 1988 [31]	-	34	5 лет	71,0%	97,0%
Reul G.J. et al., 1991	16	54	10 лет	-	-
Kieffer E. et al., 1995 [4]	13	111	10 лет	-	-
Takach T.J. et al., 2005 [6]	44	113	10 лет	63,4%	94,0%

ющих проксимальных поражениях ветвей дуги следует считать эндовакулярное лечение, однако в случае окклюзии брахиоцефального ствола или множественного проксимального поражения ветвей дуги аорты следует прибегать к интраторакальным реконструкциям [17].

Последняя крупная статистика, посвященная открытым операциям по поводу атеросклеротического поражения БЦС, опубликована в 2005 году [6]. Содержание же публикаций по этой проблеме за последние 15 лет претерпело существенное изменение: из опубликованных 27 ра-

бот, только в 6 были упомянуты интраторакальные реконструкции, а в остальных сделан акцент на эндоваскулярные вмешательства. Стоит отметить, что только в 15 публикациях количество наблюдений превышало 10 человек.

Основные статистики по эндоваскулярным вмешательствам представлены в табл. 7, 8.

Технический успех при эндоваскулярных вмешательствах составляет от 93% до 100%, что соответствует показателям первичной проходимости при интраторакальных вмешательствах, представленных в табл. 3, а в случаях исходных ок-

Таблица 7. Госпитальные результаты эндоваскулярных вмешательств
Table 7. In-hospital outcomes of endovascular treatment

Автор / Author	Год / Year	n	Вмешательство / Intervention	Технический успех / Technical success	ОНМК / Stroke	Летальность / Mortality rate
Levien L.J. et al. [7]	1998	24	Гибрид (ТЛБАП + КЭАЭ) / Hybrid (PTCA + CEA)	98%	0	0
Huttl K. et al. [32]	2002	89	ТЛБАП / PTCA	97%	2,0%	0
Brountzos E.N. et al. [33]	2004	10	Стентирование / Stenting	96%	0	4,1%
Allie D.E. et al. [34]	2004	11	Гибрид (стентирование + КЭАЭ) / Hybrid (stenting + CEA)	97%	-	-
Покровский А.В., Белоярцев Д.Ф. / Pokrovsky A.V., Beloyartsev D.F. [35]	2004	27	ТЛБАП / PTCA	89%	11,1%	3,7%
Алесян Б.Г. с соавт. / Alekyan B.G. et al.[36]	2008	33	16 ТЛБАП / PTCA 17 стентирование / stenting	100%	-	-
Patel S.N. et al. [37]	2008	11	Стентирование / Stenting	99% стеноз / stenosis 91% окклюзия / occlusion	1,2%	0
Лоечко В.В. с соавт. [38] / Loenko V.B. et al. [38]	2009	13	ТЛБАП / PTCA	100%	-	-
Paukovits T.M. et al. [10]	2010	77	28 ТЛБАП / PTCA стентирование / stenting	94%	0	0
Mordasini P. et al. [39]	2011	18	11 антеградно / antegrade 7 ретроградно / retrograde	94%	0	0
Sfyroeras G.S. et al. [11]	2011	48	Гибрид (стентирование + КЭАЭ) / Hybrid (stenting + CEA)	97%	1,5%	1,5%
Bradaric C. et al. [12]	2014	11	Стентирование / Stenting	100% стеноз / stenosis 86% окклюзии / occlusion	0	0
Van de Weijer M.A. et al. [40]	2015	54	49 ТЛБАП / 49 PTCA 9 стентирование / stenting	94%	0	0

Surgical treatment of innominate artery disease

Автор / Author	Год / Year	n	Вмешательство / Intervention	Технический успех / Technical success	ОНМК / Stroke	Летальность / Mortality rate
Карпенко А.А. с соавт. [19] / Karpenko A.A. et al. [19]	2018	45	Стентирование / Stenting	-	0	0
Yamao Y. et al. [13]	2018	38	ТЛБАП / PTCA Стентирование / Stenting	98%	2,7%	1,6%
Ammi M. et al. [14]	2019	93	Стентирование / Stenting	99%	4,3%	0
Zacharias N. et al. [15]	2020	33	11 стентирование / stenting 18 гибрид (стентирование + КЭАЭ) / hybrid (stenting + CEA)	100%	3,0%	0

Примечание: ТЛБАП – транслюминальная баллонная ангиопластика; КЭАЭ – каротидная эндартерэктомия; ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения
Note: PTCA – percutaneous transluminal coronary angioplasty; CEA – carotid endarterectomy

ключий безымянной артерии технический успех при таких вмешательствах снижается до 72-91% [37,41,42], что уже значительно уступает открытым операциям. При оценке периоперационных осложнений результаты эндоваскулярных и открытых вмешательств были сопоставимы: частота возникновения ОНМК после чрескожных вмешательств составила 0-4,3% (в сравнении 1,8-6,9% после интраторакальных), а летальность – 0-4,1% (в сравнении 0-5,4%).

Отдаленные результаты при эндоваскуляр-

ных вмешательствах ограничены 5-летними сроками наблюдения, что отображено в табл. 8. При оценке отдаленных результатов можно сделать вывод о том, что по частоте возникновения ОНМК эндоваскулярные вмешательства сопоставимы с результатами интраторакальных реконструкций (0-6% и 3-9% соответственно), а первичная проходимость и выживаемость, составляя 77-98% и 83-93% соответственно, значительно уступают открытым операциям (в сравнении 91-100% и 79-100%). Учитывая тот факт, что в ряде

Таблица 8. Отдаленные результаты эндоваскулярных вмешательств
Table 8. Long-term outcomes of endovascular treatment

Автор / Author	Год / Year	n	Средний срок наблюдения, мес. / Mean follow-up, months	Первичная проходимость / Primary patency	ОНМК / Stroke	Выживаемость / Survival rate
Levien L.J. et al. [7]	1998	24	24	95%	0	84%
Huttl K. et al. [32]	2002	89	12-117	95% 12 мес / mos 93% 16 мес / mos	4,0%	-
Brountzos E.N. et al. [33]	2004	10	16,7	92% 12 мес / mos 77% 24 мес / mos	-	85%
Allie D.E. et al. [34]	2004	11	34	-	-	-
Покровский А.В., Белоярцев Д.Ф. [35] / Pokrovsky A.V., Beloyartsev D.F. [35]	2004	27	70	94%	6,0%	83%
Алесян Б.Г. с соавт. [36] / Alekryan B.G. et al. [36]	2008	33	-	92%	-	-
Patel S.N. et al. [37]	2008	11	35,2	83% 66 мес / mos	-	-
Лоенко В.Б. с соавт. [38] / Loenko V.B. et al. [38]	2009	13	-	95%	-	-

Автор / Author	Год / Year	n	Средний срок наблюдения, мес. / Mean follow-up, months	Первичная проходимость / Primary patency	ОНМК / Stroke	Выживаемость / Survival rate
Paukovits T.M. et al. [10]	2010	77	42,3	100% 12 мес / mos 98% 24 мес / mos 70% 96 мес / mos	0	86%
Mordasini P. et al. [39]	2011	18	32,4	89%	0	-
Sfyroeras G.S. et al. [11]	2011	48	24	98%	3,8%	87%
Bradaric C. et al. [12]	2014	11	12	94% 12 мес / mos 90% 36 мес / mos	5,5%	-
Van de Weijer M.A. et al. [40]	2015	54	52	96% 12 мес / mos 93% 24 мес / mos 88% 48 мес / mos 83% 60 мес / mos	5,3%	92%
Карпенко А.А. с соавт. [19] / Karpenko A.A. et al. [19]	2018	45	48	87% (исходно стеноз / initial stenosis) 88% (исходно окклюзии / initial occlusion)	0	93%
Yamao Y. et al. [13]	2018	38	-	-	-	-
Ammi M. et al. [14]	2019	93	34,5	86%	-	-
Zacharias N. et al. [15]	2020	33	-	91%	0	85%

Примечание: ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения

публикаций, посвященных интраторакальным реконструкциям, приводятся сведения о 10-летних отдаленных результатах [5,6,28,29], результаты эндоваскулярных вмешательств требуют дальнейшего накопления опыта и его осмысления.

Таким образом, эндоваскулярные вмешательства остаются методом выбора при стенотическом поражении БЦС. В случаях окклюзионного поражения БЦС, технического неуспеха и развития рестеноза или окклюзии стента остается актуальным вопрос об открытых вмешательствах, из которых наиболее предпочтительна интраторакальная реконструкция.

Заключение

Подытожив все ранее приведенные сведения, можно сделать вывод об изменении подхода к хирургическому лечению атеросклеротического поражения безымянной артерии: проведение оперативных вмешательств на асимптомной стадии, изменение оперативного доступа в пользу частичной стернотомии, выполнение протезирования брахиоцефального ствола в противовес эндартерэктомии из него и экстраторакальных вмешательств. Методом выбора хирургического

лечения безымянной артерии при ее стенотическом поражении на сегодняшний день является эндоваскулярное вмешательство. Однако средние сроки наблюдения после указанных вмешательств ограничиваются 5-летним периодом, и уже на этих сроках они уступают открытым реконструкциям по результативности в отношении проходимости реконструированных артерий. В случаях окклюзионных поражений, технического неуспеха и развития рестеноза или окклюзии стента остается актуальным вопрос об открытых вмешательствах, из которых наиболее предпочтительна интраторакальная реконструкция.

Конфликт интересов

Белоярцев Д.Ф. заявляет об отсутствии конфликта интересов. Полянский Д.В заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Авторы не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах

Информация об авторах

Белоярцев Дмитрий Феликсович, д.м.н., главный научный сотрудник отделения сосудистой хирургии «Национального медицинского исследовательского центра имени А.В. Вишневского» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация; профессор кафедры ангиологии, сердечно-сосудистой, эндоваскулярной хирургии и аритмологии «Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-7808-3454>

Полянский Дмитрий Владимирович, аспирант отделения сосудистой хирургии «Национального медицинского исследовательского центра имени А.В. Вишневского» Минздрава России; <https://orcid.org/0000-0003-3077-8801>

Вклад авторов в статью

Концепция: БДФ, ПДВ; интерпретация данных: БДФ, ПДВ; написание статьи: БДФ, ПДВ; утверждение окончательной версии для публикации: БДФ, ПДВ; полная ответственность за содержание: БДФ, ПДВ.

Author Information Form

Beloyartsev Dmitry F., M.D., Ph.D., chief researcher, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation; Professor at the Department of Angiology, Cardiovascular, Endovascular Surgery and Arrhythmology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-7808-3454>

Polyansky Dmitry V, M.D., Ph.D. student, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0003-3077-8801>

Author Contribution Form

Contribution to the concept: BDF, PDV; data interpretation: BDF, PDV; manuscript writing: BDF, PDV; approval of the final version: BDF, PDV; fully responsible for the content: BDF, PDV.

Список литературы / References

1. Oudot J, Roge R, Delahange G, Cormier JM. Greffe vasculaire en Y pour aneurisme traumatique du tronc braquio-cephalique. *Presse Med.* 1953; 61:449-59.
2. Bahnson HT, Spencer FC, Quattlebaum Jr JK. Surgical treatment of occlusive disease of the carotid artery. *Ann Surg.* 1959; 149(5):711-20. <https://doi.org/10.1097/0000658-195905000-00011>.
3. Davis JB, Grove WJ, Julian OC. Trombotic occlusion of the branches of the aortic arch. Martorell's syndrome: report of a case treated surgically. *Ann. Surg.* 1956; 144(1):124-6. <https://doi.org/10.1097/0000658-195607000-00018>
4. Kieffer E, Sabatier J, Koskas F, Bahnini A. Atherosclerotic innominate artery occlusive disease: early and long-term results of surgical reconstruction. *J. Vasc. Surg.* 1995; 21(2):326-37. [https://doi.org/10.1016/s0741-5214\(95\)70273-3](https://doi.org/10.1016/s0741-5214(95)70273-3)
5. Pokrovsky AV, Beloyartsev DF. Long-term results of intrathoracic reconstructions in atherosclerotic lesions of the innominate artery. *Angiology and Vascular Surgery.* 2001; 7(3):58-67. (In Russ.)
6. Takach TJ, Reul GJ, Cooley DA, Duncan JM, Livesay JJ, Gregoric ID, Krajcer Z, Cervera RD, Ott DA, Frazier OH. Brachiocephalic reconstruction I: operative and long-term results for complex disease. *J Vasc Surg.* 2005; 42(1):47-54. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2005.03.027>
7. Levien LJ, Benn CA, Veller MG, Fritz VU. Retrograde balloon angioplasty of brachiocephalic or common carotid artery stenoses at the time of carotid endarterectomy. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1998 Jun;15(6):521-7. [https://doi.org/10.1016/s1078-5884\(98\)80113-5](https://doi.org/10.1016/s1078-5884(98)80113-5).
8. Berguer R, Morasch MD, Kline RA. Transthoracic repair of innominate and common carotid artery disease: immediate and long-term outcome for 100 consecutive surgical reconstructions. *J Vasc Surg.* 1998;27(1):34-4. [https://doi.org/10.1016/s0741-5214\(98\)70289-7](https://doi.org/10.1016/s0741-5214(98)70289-7)
9. Azakie A, McElhinney DB, Higashima R, Messina LM, Stoney RJ. Innominate artery reconstruction: over 3 decades of experience. *Ann Surg.* 1998; 228(3):402-10. <https://doi.org/10.1097/0000658-199809000-00013>
10. Paukovits TM, Lukacs L, Berczi V, Hirschberg K, Nemes B, Hüttl K. Percutaneous endovascular treatment of innominate artery lesions: a single-centre experience on 77 lesions. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2010 Jul;40(1):35-43. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2010.03.017>
11. Sfyroeras GS, Karathanos C, Antoniou GA, Saleptsis V, Giannoukas AD. A meta-analysis of combined endarterectomy and proximal balloon angioplasty for tandem disease of the arch vessels and carotid bifurcation. *J Vasc Surg.* 2011 Aug;54(2):534-40. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2011.04.022>
12. Bradaric C, Kuhs K, Groha P, Dommasch M, Langwieser N, Haller B, Ott I, Fusaro M, Theiss W, von Beckerath N, Kastrati A, Laugwitz KL, Ibrahim T. Endovascular therapy for steno-occlusive subclavian and innominate artery disease. *Circ J.* 2015;79(3):537-43. <https://doi.org/10.1253/circj.CJ-14-0855>.
13. Yamao Y, Ishii A, Satow T, Iihara K, Sakai N. The Current Status of Endovascular Treatment for Extracranial Steno-occlusive Diseases in Japan: Analysis Using the Japanese Registry of Neuroendovascular Therapy 3 (JR-NET3). *Neurol Med Chir (Tokyo).* 2020 Jan 15;60(1):1-9. <https://doi.org/10.2176/nmc.st.2018-0315>.
14. Ammi M, Henni S, Salomon Du Mont L, Settembre N, Loubiere H, Sobocinski J, Gouëffic Y, Feugier P, Duprey A, Martinez R, Bartoli M, Coscas R, Chaufour X, Kaladji A, Rosset E, Abraham P, Picquet J. Lower Rate of Restenosis and Reinterventions With Covered vs Bare Metal Stents Following Innominate Artery Stenting. *J Endovasc Ther.* 2019 Jun;26(3):385-390. <https://doi.org/10.1177/1526602819838867>
15. Zacharias N, Goodney PP, DeSimone JP, Stone

- DH, Wanken ZJ, Suckow BD, Columbo JA, Powell RJ. Outcomes of Innominate Artery Revascularization Through Endovascular, Hybrid, or Open Approach. *Ann Vasc Surg.* 2020 Nov;69:190-196. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2020.06.005>.
16. Management of Atherosclerotic Carotid and Vertebral Artery Disease: 2017 Clinical Practice Guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS) *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2017.
17. National guidelines for the management of patients with diseases of the brachiocephalic arteries. Moscow; 2013. (In Russ.)
18. Rhodes JM, Cherry KJ Jr, Clark RC, Panneton JM, Bower TC, Gloviczki P, Hallett JW Jr, Pairolero PC. Aortic-origin reconstruction of the great vessels: risk factors of early and late complications. *J Vasc Surg.* 2000; 31(2):260-9. [https://doi.org/10.1016/s0741-5214\(00\)90157-5](https://doi.org/10.1016/s0741-5214(00)90157-5)
19. Karpenko AA, Starodubtsev VB, Ignatenko PV, Saaia SB, Rabtsun AA. Endovascular interventions for stenoses and occlusions of the brachiocephalic trunk. *Angiology and Vascular Surgery.* 2018;24(3):54-58. (In Russ.)
20. Cormier F, Ward A, Cormier JM, Laurian C. Long-term results of aortoinnominate and aortocarotid polytetrafluoroethylene bypass grafting for atherosclerotic lesions.// *J. Vasc. Surg.* 1989; 10(2):135-42. <https://doi.org/10.1067/mva.1989.vs0100135>
21. Shipulin VM, Evtushenko AV, Efimova IYu, Usov VYu, Lebedko VI, Plotnikov MP, Kiselev VO. Hemodynamic and electrophysiological effect of truncus brachiocephalicus prosthetics. N. I. Pirogov Journal of Surgery. 1996;(6):29-33. (In Russ.)
22. Kolvenbach R, Sandmann W, Kniemeyer HW. Die chirurgische Therapie der Verschlüsse des Truncus brachiocephalicus: Langzeitergebnisse nach transthoracaler Reconstruction. *Zentrabl. Chir.* 1995; 120(3):205-9.
23. Sandmann W, Grabitz K, Pfieffer T, Ritter R. Extrathoracic reconstruction of aortic arch branches.// In: Long-term results of arterial interventions. Ed. by Branchereau A. & Jacobs M.- Futura Publishing Company, Inc.- Armonk, NY. 1997.
24. Mansukhani NA, Miller KR, Havelka GE, Russell HM, Eskandari MK. Aorta-innominate bypass through ministernotomy. *J Vasc Surg.* 2018; 68(2):607-10. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2018.01.069>
25. Carlson RE, Ehrenfeld WK, Stoney RJ, Wylie EJ. Innominate artery endarterectomy. A 16-year experience. *Arch Surg.* 1977; 112(11):1389-93. <https://doi.org/10.1001/archsurg.1977.01370110123014>
26. Cherry KJ, McCullough JL, Halleff JW, Pairolero PC, Gloviczki P. Technical principles of direct innominate artery revascularization: a comparison of endarterectomy and bypass grafts. *J. Vasc. Surg.* 1989; 9(5):718-24. <https://doi.org/10.1067/mva.1989.vs0090718>
27. Crawford ES, Stowe CL, Powers RWJr. Occlusion of the innominate, common carotid, and subclavian arteries: long-term results of surgical treatment. *Surgery.* 1983; 94(5):781-91.
28. Reul GJ, Jacobs MJ, Gregoric ID, Calderon M, Duncan JM, Ott DA, Livesay JJ, Cooley DA. Innominate artery occlusive disease: surgical approach and long-term results. *J. Vasc. Surg.* 1991; 14(3):405-12. <https://doi.org/10.1067/mva.1991.31287>
29. Spiridonov AA, Tytov EG, Arakelyan VS, Pirtskhalaishvili ZK, Mamyrbaev AA, Bespaev AT. Results of intrathoracic reconstructions in proximal lesions of the brachiocephalic trunk and subclavian arteries. The bulletin of Bakoulev center. Cardiovascular diseases. 2003; 4(10):79-82. (In Russ.)
30. De Sobregreu RC, Lopez Collado M, Matas Docampo M, Rodriguez Mori A, Chavez Lopez J, Lisbona Sabater C. Surgery of the innominate artery. *J. Cardiovasc. Surgery.* 1986; 27(1):31-7.
31. Courbier R, Jausseran JM, Poyen V. Current status of vascular grafting in supraaortic trunks. Personal experience. *Int. Surg.* 1988; 73(4):210-2.
32. Hüttl K, Nemes B, Simonffy A, Entz L, Berczi V. Angioplasty of the innominate artery in 89 patients: experience over 19 years. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2002 Mar-Apr;25(2):109-14. <https://doi.org/10.1007/s00270-001-0074-y>.
33. Brountzos EN, Petersen B, Binkert C, Panagiotou I, Kaufman JA. Primary stenting of subclavian and innominate artery occlusive disease: a single center's experience. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2004 Nov-Dec;27(6):616-23. <https://doi.org/10.1007/s00270-004-0218-y>.
34. Allie DE, Hebert CJ, Lirtzman MD, Wyatt CH, Khan MH, Khan MA, Fail PS, Chaisson GA, Keller VA, Vitrella DA, Allie SD, Allie AA, Mitran EV, Walker CM. Intraoperative innominate and common carotid intervention combined with carotid endarterectomy: a «true» endovascular surgical approach. *J Endovasc Ther* 2004;11:258-62.
35. Pokrovsky A.V., Beloyartsev D.F. A comparative study of the long-term results of open operations and endovascular interventions for atherosclerotic stenoses of the brachiocephalic trunk. *Angiology and Vascular Surgery.* 2004;10(4):53-62. (In Russ.)
36. Alekryan BG, Ter-Akopyan AV, Tagaev NB, Kharpunov VF, Shumilina MV. Endovascular surgery in the treatment of pathology of the arteries of the aortic arch. The bulletin of Bakoulev center. Cardiovascular diseases. 2008; 9(6):199. (In Russ.)
37. Patel SN, White CJ, Collins TJ, Daniel GA, Jenkins JS, Reilly JP, Morris RF, Ramee SR. Catheter-based treatment of the subclavian and innominate arteries. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2008 Jun 1;71(7):963-8. <https://doi.org/10.1002/ccd.21549>
38. Loenko VB, Smyalovskii VE, Dudarev VE, Gubenko AV. Remote results of surgical treatment management for atherosclerotic lesions of the brachiocephalic trunk. *Angiology and Vascular Surgery.* 2009; 15(4):106-12. (In Russ.)
39. Mordasini P, Gralla J, Do DD, Schmidli J, Kaserü B, Arnold M, Fischer U, Schroth G, Brekenfeld C. Percutaneous and open retrograde endovascular stenting of symptomatic high-grade innominate artery stenosis: technique and follow-up. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2011 Oct;32(9):1726-31. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A2598>
40. van de Weijer MA, Vonken EJ, de Vries JP, Moll FL, Vos JA, de Borst GJ. Technical and Clinical Success and Long-Term Durability of Endovascular Treatment for Atherosclerotic Aortic Arch Branch Origin Obstruction: Evaluation of 144 Procedures. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2015 Jul;50(1):13-20. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2015.03.058>

Surgical treatment of innominate artery disease

41. Sixt S, Rastan A, Schwarzwälder U, Bürgelin K, Noory E, Schwarz T, Beschorner U, Frank U, Müller C, Hauk M, Leppanen O, Hauswald K, Brantner R, Nazary T, Neumann FJ, Zeller T. Results after balloon angioplasty or stenting of atherosclerotic subclavian artery obstruction. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2009 Feb 15;73(3):395-403. <https://doi.org/10.1002/ccd.21836>.

42. Przewlocki T, Kablak-Ziembicka A, Pieniazek P, Musialek P, Kadzielski A, Zalewski J, Kozanecki A, Tracz W. Determinants of immediate and long-term results of subclavian and innominate artery angioplasty. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2006 Apr;67(4):519-26. <https://doi.org/10.1002/ccd.20695>

Для цитирования: Белоярцев Д.Ф., Полянский Д.В. Изменения тактических подходов в хирургическом лечении атеросклеротических поражений безымянной артерии. Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия. 2023;2(1):64-74.

To cite: Beloyartsev D.F., Polyansky D.V. Innominate Artery Disease: Evolution of Surgical Treatment. Minimally Invasive Cardiovascular Surgery. 2023;2(1):64-74.

УДК 616.132-007.64

УСПЕШНОЕ ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ГИГАНТСКОЙ АНЕВРИЗМЫ ГРУДНОЙ АОРТЫ ЧЕРЕЗ ДЕВЯТЬ ЛЕТ ПОСЛЕ РЕИМПЛАНТАЦИИ АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА

В.В. Аминов, А.В. Кокорин ✉, С.В. Чернов, О.П. Лукин

Федеральное государственное бюджетное учреждение

«Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, просп. Героя России Евгения Родионова, 2, г. Челябинск, Российская Федерация, 454003

Основные положения

Пациентки с генетической предрасположенностью к патологии аорты нуждаются в пожизненном динамическом наблюдении. Данная группа больных имеет риск развития аневризмы аорты или ее расслоения не только во время беременности, но также и в послеродовом периоде.

Резюме

Беременность и роды являются факторами риска для развития аневризм и расслоений аорты даже при отсутствии предрасполагающих факторов. Кроме того, риск расслоения аорты многократно выше у женщин с патологией соединительной ткани.

Мы представляем случай успешного хирургического лечения гигантской аневризмы грудной аорты, возникшей у пациентки в послеродовом периоде, которой девять лет назад было выполнено протезирование корня аорты с реимплантацией аортального клапана.

Ключевые слова: аневризма аорты • расслоение аорты • повторные операции • расслоение аорты у беременных • операция реимплантации

Поступила в редакцию: 02.02.2023; поступила после доработки: 13.02.2023; принята к печати: 21.02.2023

SUCCESSFUL SURGICAL INTERVENTION FOR GIANT THORACIC AORTA ANEURYSM NINE YEARS AFTER AORTIC VALVE REPEATED REPLACEMENT

V.V. Aminov, A.V. Kokorin ✉, S.V. Chernov, O.P. Lukin

Federal State Budgetary Institution "Federal Center for Cardiovascular Surgery" of the Ministry of Health of Russia, prosp. Geroya Rossii Yevgeniya Rodionova, 2, Chelyabinsk, Russian Federation, 454003

Central Message

Patients with a genetic predisposition to aortic pathology require lifelong follow-up. This group of patients is at risk of developing aortic aneurysm or dissection not only during pregnancy, but also in the postpartum period.

Abstract

Pregnancy and childbirth are risk factors for the development of aortic aneurysms and dissections even in the absence of predisposing factors. In addition, the risk of aortic dissection increases in women with connective tissue disorders.

We report a case of successful surgical intervention for giant thoracic aortic aneurysm in a postpartum patient who underwent aortic root replacement with repeated aortic valve replacement nine years ago.

Keywords: aortic aneurysm • aortic dissection • repeated replacement • aortic valve replacement • aortic dissection in pregnant women

Received: 02.02.2023; review round 1: 13.02.2023; accepted: 21.02.2023

Для корреспонденции: Кокорин Александр Валерьевич, e-mail: kokorin.19@mail.ru; адрес: просп. Героя России Евгения Родионова, 2, г. Челябинск, Российская Федерация, 454003

Corresponding author: Kokorin Alexander V., e-mail: kokorin.19@mail.ru; address: prosp. Geroya Rossii Yevgeniya Rodionova, 2, Chelyabinsk, Russian Federation, 454003

Список сокращений

ЭхоКГ – эхокардиографии

МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография

Ао – аортальный клапан

Введение

Беременность и роды являются факторами риска для развития аневризм и расслоений аорты даже при отсутствии предрасполагающих факторов [1,2]. Безусловно этот риск во много раз выше у пациенток с различными патологиями соединительной ткани [3].

Мы представляем случай успешного хирургического лечения гигантской аневризмы грудной аорты, возникшей у пациентки в послеродовом периоде, которой девять лет назад было выполнено протезирование корня аорты с реимплантацией аортального клапана.

Пациентка Б., 20 лет, обратилась в ФГБУ «ФЦССХ» (г. Челябинск) в феврале 2013 г. с жалобами на периодическое чувство дискомфорта в грудной клетке. Девушка имела осложненный семейный анамнез: ее отец и бабушка умерли от разрыва аневризмы грудной аорты. Пациентка не имела внешних признаков синдрома Марфана. Генетическое исследование не проводилось.

По данным эхокардиографии (ЭхоКГ), выполненной по месту жительства, было диагностировано расширение корня аорты до 5 см. Пациентка была обследована в поликлинике центра сердечно-сосудистой хирургии. По данным мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) максимальный диаметр аорты был на уровне корня (47 мм), диаметр аорты перед отхождением брахиоцефального ствола – 27 мм. По данным ЭхоКГ камеры сердца были не расширены, определялась недостаточность аортального клапана (АоК) 1-2 степени, по объему от незначительной к умеренной. Пациентка не была консультирована кардиохирургом. Было рекомендовано продолжить динамическое наблюдение.



Рисунок 1. Аневризма корня аорты (черная стрелка)
Figure 1. Aortic root aneurysm (black arrow)

При повторном обращении в августе 2013 г. по данным МСКТ выявлена отрицательная динамика: корень аорты был расширен до 58 мм. Максимальный диаметр восходящего отдела – 27 мм (рис. 1).

Функция АоК была без существенной динамики: недостаточность до 2 ст, по объему ближе к умеренной. Пациентка была консультирована кардиохирургом, рекомендовано хирургическое лечение в ближайшее время.

Пациентка была прооперирована 17 сентября 2013 г. Выполнена клапансохраняющая операция – протезирование восходящего отдела и корня аорты сосудистым протезом “Gelweave Valsalva 30 mm” (Vascutek®, Великобритания) с реимплантацией аортального клапана в протез (операция David). Аортальный клапан был трехстворчатым, створки неизмененные. С целью увеличения эффективной высоты коаптации производилась центральная пликация правой и некоронарной створок. Время искусственного кровообращения и окклюзии аорты составили 164 и 137 мин соответственно.

В дальнейшем у девушки было неосложненное течение послеоперационного периода. По данным ЭхоКГ аортальная регургитация до 1 ст. МСКТ также не выявила значимых нарушений. Пациентка была выписана по месту жительства на 10-е сутки после операции.

Девушка регулярно проходила диспансерное наблюдение. В 2020 г. выполнялась МСКТ брюшной аорты по месту жительства. Расширения аорты не выявлено.

Пациентка обратилась в поликлинику ФЦССХ в апреле 2021 г. будучи на 12-ой недели беременности. По данным ЭхоКГ какой-либо патологии не выявлено, камеры сердца не расширены, регургитация на АоК – до 1 ст. В третьем триместре пациентка проходила обследование по месту жительства. ЭхоКГ также не выявила какой-либо патологии. Родоразрешение путем кесарева сечения было произведено 27.09.21 г. Пациентка родила двух близнецов.

Уже после родов постепенно пациентка стала отмечать появление одышки, усиливающейся в горизонтальном положении. Приблизительно с осени 2022 г. появились периодические давящие боли за грудиной. Была заподозрена патология легких. По месту жительства выполнена МСКТ. Выявлена гигантская аневризма дистального участка восходящего отдела аорты с хроническим расслоением, прилежащая к задней поверхности грудины на большом протяжении (рис. 2).

Пациентка была заочно консультирована в ФЦССХ, рекомендована срочная госпитализа-

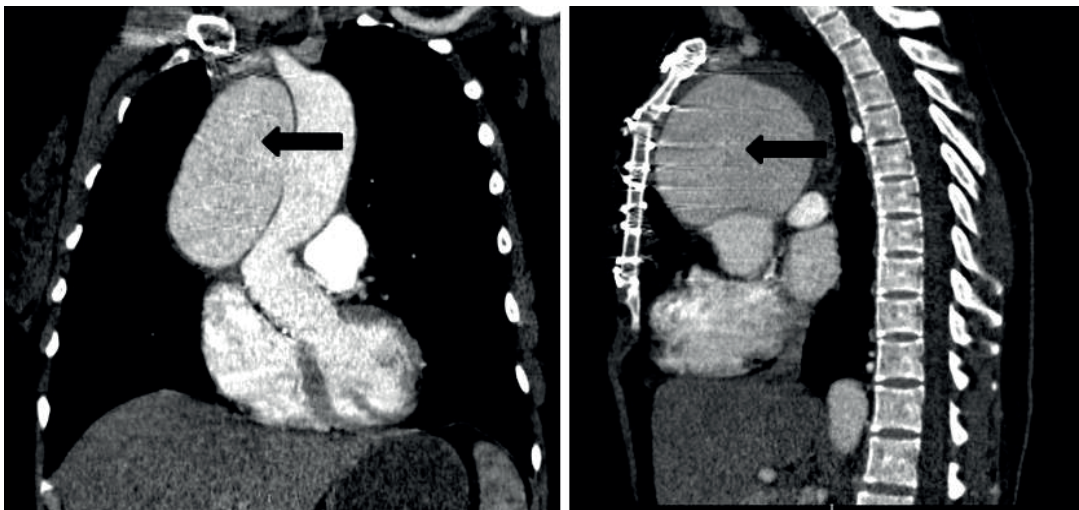


Рисунок 2. МСКТ аневризмы восходящей аорты (черная стрелка)
Figure 2. CT scan of ascending aortic aneurysm (black arrow)

ция для хирургического лечения. Данные ЭхоКТ, выполненной в ФЦССХ: камеры сердца не расширены, функция AoК не нарушена (регургитация 1 ст, по объему незначительная), корень аорты не расширен (сосудистый протез), но на расстоянии 50-55 мм от клапанного кольца аорты дистальный отдел восходящей аорты до дуги расширен до 75-82 мм, при этом в просвете восходящего отдела лоцируется дополнительная эхо-тень (отслоившаяся интима). Истинный просвет аорты составил около 25 мм. Эффект спонтанного контрастирования в ложном просвете аорты с тромботическими наложениями вдоль стенки.

26.01.2023 г выполнена повторная операция: протезирование восходящего отдела аорты и протезирование дуги аорты по методике «hemiarch-repair» сосудистым протезом “Polythese 28 mm” (Perouse Medical, Франция). Интраоперационные особенности: учитывая гигантские размеры аневризмы аорты и тесное

прилегание последней к задней поверхности грудины, для осуществления искусственного кровообращения была произведена канюляция правой подключичной артерии и правой наружной подвздошной вены. После инициации искусственного кровообращения начато постепенное охлаждение пациентки до 28 градусов. На этом фоне выполнена рестернотомия. Дистальная часть восходящей аорты расширена до 10 см. Из-за тромбоза ложного просвета аорта при пальпации каменистой плотности. Корень аорты и сердце задавлены аневризмой вниз (рис. 3).

Был произведен частичный кардиолиз, дополнительно отдельной канюлей канюлирована верхняя полая вена. Учитывая размеры аневризмы и тромбоз ложного просвета произвести окклюзию аорты не представлялось возможным. На фоне ректальной температуры 29 градусов и температуры 27,5 градусов в ротоглотке начата ретроградная кардиоплегия по delNido в объеме 1 л. Пережаты левая общая сонная артерия и

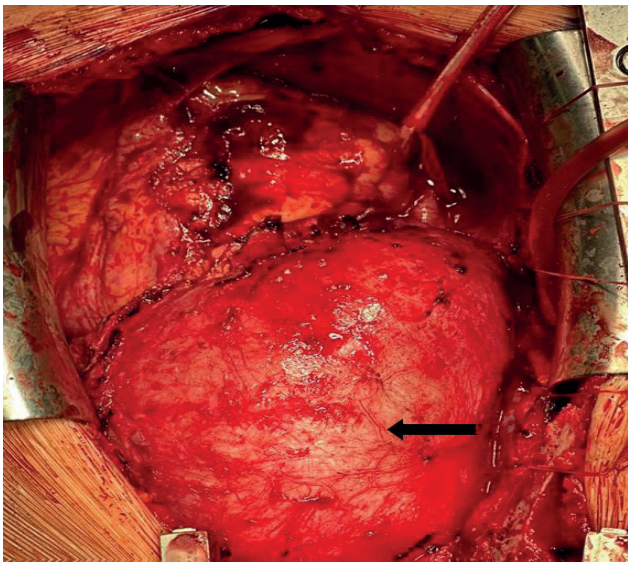


Рисунок 3. Гигантская аневризма восходящей аорты (черная стрелка)
Figure 3. Giant ascending aortic aneurysm (black arrow)

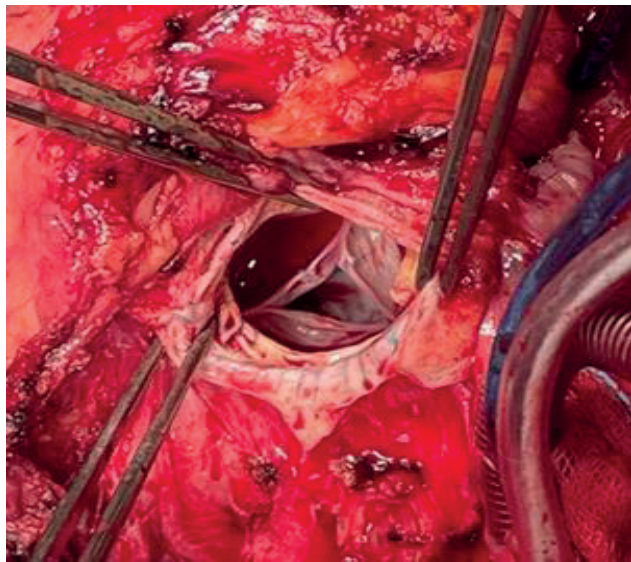


Рисунок 4. Створки аортального клапана
Figure 4. Aortic valve leaflets

брахиоцефальный ствол. Начат циркуляторный арест с антеградной моногемисферальной перфузией головного мозга. Выполнена продольная аортотомия. Проксимально — сосудистый протез после операции David, створки AoK не изменены, коаптация створок удовлетворительная (рис. 4).

Определяется хроническое расслоение остатков восходящего отдела аорты с тромбированием ложного просвета. Расслоение распространяется до брахиоцефального ствола, на дугу аорты не переходит. Место предыдущей канюляции дуги аорты эндотелизировано. Тромбы удалены, объем составил около 150 мл. Аорта пересечена в косом направлении от устья брахиоцефального ствола в области большой кривизны к малой кривизне напротив устья левой подключичной артерии. Культи аорты мобилизована острым путем. Сформирован анастомоз между остатками дуги аорты и сосудистым протезом «Polythene 28 мм». Задняя губа анастомоза дополнительно укреплена полоской из фетра. Протез пережат. Снят зажим с брахиоцефального ствола. Восстановлена перфузия нижней части тела. Время циркуляторного ареста — 20 мин. Отмечено появление сердечной активности. Дополнительно проведена ретроградная кардиоплегия по delNido 500 мл. Иссечены остатки восходящего отдела аорты, участок отправлен на гистологию. Сформирован межпротезный анастомоз. Время окклюзии аорты составило 62 мин, искусственного кровообращения — 230 мин.

В дальнейшем было неосложненное течение послеоперационного периода: пациентка была экстубирована в течение первых суток, переведена в отделение на четвертые сутки и на 12-ые — выписана для прохождения реабилитации. Гистологически выявлены очаги медианекроза в стенке аорты.

Данные МСКТ при выписке: состояние протезов аорты адекватное, сосудистые анастомозы состоятельны, затека контраста за пределы протезов нет (рис. 5).

Рекомендовано повторить МСКТ аорты через 6 и 12 месяцев после операции с обязательной консультацией кардиохирурга ФЦССХ.

Обсуждение

Расслоение аорты во время беременности — это редкое осложнение, представляющее опасность для жизни, как самой женщины, так и плода. У женщин моложе 40 лет приблизительно 50% расслоений аорты происходит во время беременности [4]. Кроме того, риск расслоения аорты многократно выше у женщин с патологией соединительной ткани, хотя большинство немногочисленных исследований касаются больных с синдромом Марфана [3-7].

Расслоение аорты чаще возникает во время третьего триместра беременности из-за гипердинамического состояния (увеличение объема

циркулирующей крови, увеличение сердечного выброса, увеличение частоты сердечных сокращений) и гормональных эффектов на сердечно-сосудистую систему: увеличение концентрации эстрогенов влияет на рецепторы к нему в аорте, приводя к дегенерации эластических волокон в меди [8].

Приблизительно 80% расслоений во время беременности — это расслоения типа А по Stanford и более 80% из них происходят в предродовом периоде [9]. Однако повышенный риск расслоения аорты сохраняется и в послеродовом периоде, вплоть до 8 недель, пока физиологические и гормональные изменения в организме не вернуться к исходным показателям [10].

В нашем случае обследование пациентки в первом и третьем триместрах беременности не выявило какой-либо патологии аорты. Первые жалобы девушка стала отмечать уже после родов, что дает основание предположить, что расслоение аорты произошло именно в этот период.

Учитывая вышесказанное, следует, что подобные пациентки нуждаются в наблюдении и после родов.

Повторные вмешательства на грудной аорте отличаются достаточной технической сложностью, что отражается в более высоких показателях летальности и количестве осложнений [11]. Только тщательное планирование хода операции и возможных вариантов развития событий позволяет добиться благоприятного клинического результата [12].



Рисунок 5. Итоговая МСКТ-ангиография
Figure 5. Final MSCT scan

Риск рестернотомии многократно увеличивается при близком расположении аневризмы аорты к задней поверхности грудины [13]. Для минимизации риска возникновения фатального кровотечения нами было использовано периферическое искусственное кровообращение. Кроме того, учитывая гигантские размеры аневризмы с тромбированием ложного просвета, произвести окклюзию аорты не представлялось возможным. Поэтому для защиты миокарда был использован ретроградный вариант кардиоплегии. После достижения целевой температуры тела при охлаждении организма, была начата ретроградная подача кардиоплегического раствора и одновременно – циркулярный арест с антеградной моногемисферальной перфузией головного мозга через правую подключичную артерию. Учитывая неосложненное течение послеоперационного периода, можно говорить о правомерности выбранной тактики.

Заключение

Пациентки с генетической предрасположенностью к патологии аорты нуждаются в пожизненном динамическом наблюдении. Данная группа больных имеет риск развития аневризмы

аорты или ее расслоения не только во время беременности, но также и в послеродовом периоде. Тщательное обследование пациентов и планирование хода повторной операции по поводу патологии аорты позволяет добиться благоприятного клинического результата.

Финансирование

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах.

Конфликт интересов

В.В. Аминов является членом редакционной коллегии журнала «Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия». А.В. Кокорин заявляет об отсутствии конфликта интересов. С.В. Чернов заявляет об отсутствии конфликта интересов. О.П. Лукин заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

Аминов Владислав Вадимович, к.м.н., врач-сердечно-сосудистый хирург, заведующий отделением, ФГБУ «ФЦССХ» Минздрава РФ (г.Челябинск), г. Челябинск, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0001-8631-8092>

Кокорин Александр Валерьевич, врач-сердечно-сосудистый хирург, ФГБУ «ФЦССХ» Минздрава РФ (г. Челябинск), г. Челябинск, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-1618-0400>

Чернов Сергей Владимирович, врач-рентгенолог, заведующий отделением, ФГБУ «ФЦССХ» Минздрава РФ (г.Челябинск), г. Челябинск, Российская Федерация; <https://orcid.org/009-008-1114-5754>

Лукин Олег Павлович, д.м.н., профессор, врач-сердечно-сосудистый хирург, главный врач, ФГБУ «ФЦССХ» Минздрава РФ (г.Челябинск), г. Челябинск, Российская Федерация

Вклад авторов в статью

Концепция и дизайн исследования: АВВ, КАВ, ЧСВ, ЛОП; интерпретация данных: АВВ, КАВ, ЧСВ, ЛОП; написание статьи: АВВ, КАВ, ЧСВ, ЛОП; утверждение окончательной версии для публикации: АВВ, КАВ, ЧСВ, ЛОП; полная ответственность за содержание: АВВ, КАВ, ЧСВ, ЛОП.

Author Information Form

Aminov Vladislav V., M.D., Ph.D., cardiovascular surgeon, Head of the Department, Federal Centre of Cardiovascular Surgery, Chelyabinsk, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0001-8631-8092>

Kokorin Alexander V., M.D., cardiovascular surgeon, Federal Centre of Cardiovascular Surgery, Chelyabinsk, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-1618-0400>

Chernov Sergei V., M.D., radiologist, Head of the Department, Federal Centre of Cardiovascular Surgery, Chelyabinsk, Russian Federation; <https://orcid.org/009-008-1114-5754>

Lukin Oleg P., M.D., Ph.D., Professor, cardiovascular surgeon, Medical Director of the Federal Centre of Cardiovascular Surgery, Chelyabinsk, Russian Federation

Author Contribution Form

Contribution to the concept and design of the study: AVV, KAV, ChSV, LOP; data interpretation: AVV, KAV, ChSV, LOP; manuscript writing: AVV, KAV, ChSV, LOP; approval of the final version: AVV, KAV, ChSV, LOP; fully responsible for the content: AVV, KAV, ChSV, LOP.

Список литературы / References

1. Kamel H, Roman MJ, Pitcher A, Devereux RB. Pregnancy and the Risk of Aortic Dissection or Rupture: A Cohort-Crossover Analysis. *Circulation* 2016;134(7):527-33. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.021594>
2. Braverman AC, Mittauer E, Harris KM, Evangelista A, Pyeritz RE, Brinster D, Conklin L, Suzuki T, Fanola C, Ouzounian M, Chen E, Myrmel T, Bekerredjian R, Hutchison S, Coselli J, Gilon D, O'Gara P, Davis M, Isselbacher E, Eagle

- K. Clinical Features and Outcomes of Pregnancy-Related Acute Aortic Dissection. *JAMA Cardiol.* 2021;6(1):58-66. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.4876>
3. Narula N, Devereux RB, Malonga GP, Hriljac I, Roman MJ. Pregnancy-Related Aortic Complications in Women With Marfan Syndrome. *J Am Coll Cardiol.* 2021;78(9):870-879. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.06.034>
4. Smok DA. Aortopathy in pregnancy. *Semin Perinatol.* 2014;38(5):295-303. <https://doi.org/10.1053/j.semperi.2014.04.019>
5. Cottrell J, Calhoun J, Szczepanski J, Corvera J, Creswell LL, Kogon B, Hasaniya N, Copeland H. Aortic root valve-sparing repair and dissections in Marfans syndrome during pregnancy: A case series. *J Card Surg.* 2020; 35(7):1439-1443. <https://doi.org/10.1111/jocs.14592>
6. Al-Thani H, Mekkodathil A, El-Menyar A. Management and Outcomes of Aortic Dissection in Pregnancy with Marfan Syndrome: A Systematic Review. *Curr Vasc Pharmacol.* 2020;18(3):282-293. <https://doi.org/10.2174/1570161117666190408164612>
7. Martinelli F, Manfredi J, Pederzoli N, Rambaldini M. Redo surgery for a type A aortic dissection in a pregnant woman with Marfan syndrome: a complex clinical case. *Perfusion* 2022; 37(4):429-431. <https://doi.org/10.1177/0267659121999300>
8. van Hagen IM, Roos-Hesselink JW. Aorta pathology and pregnancy. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol.* 2014;28(4):537-50. <https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2014.03.007>
9. Immer FF, Bansal AG, Immer-Bansal AS, McDougall J, Zehr KJ, Schaff HV, Carrel TP. Aortic dissection in pregnancy: analysis of risk factors and outcome. *Ann Thorac Surg.* 2003;76(1):309-14. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(03\)00169-3](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(03)00169-3)
10. Rossiter JP, Repke JT, Morales AJ, Murphy EA, Pyeritz RE. A prospective longitudinal evaluation of pregnancy in the Marfan syndrome. *Am J Obstet Gynecol.* 1995;173(5):1599-606. [https://doi.org/10.1016/0002-9378\(95\)90655-x](https://doi.org/10.1016/0002-9378(95)90655-x)
11. Antoniou A, Bashir M, Harky A, Di Salvo C. Redo proximal thoracic aortic surgery: challenges and controversies. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* 2019;67(1):118-126. <https://doi.org/10.1007/s11748-018-0941-y>
12. Aminov VV, Kokorin AV, Chudinovsky KS, Shtyrlyayev AA, Lukin OP. Re-Interventions on the Proximal Thoracic Aorta: In-Hospital and Long-Term Outcomes. *Minimally Invasive Cardiovascular Surgery.* 2022;(1):17-31. (In Russ.)
13. Mavroudis CD, Smood B, Grasty MA, Fuller S, Desai ND. A Technique for Safe Redo Sternotomy in Patients with Aortic Proximity to the Sternum. *World J Pediatr Congenit Heart Surg.* 2022;13(1):89-91. <https://doi.org/10.1177/21501351211060346>. PMID: 34919483.

Для цитирования: Аминов В.В., Кокорин А.В., Чернов С.В., Лукин О.П. Успешное хирургическое лечение гигантской аневризмы грудной аорты через девять лет после реимплантации аортального клапана. Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия. 2023;2(1):75-80.

To cite: Aminov V.V., Kokorin A.V., Chernov S.V., Lukin O.P. Successful Surgical Intervention for Giant Thoracic Aorta Aneurysm Nine Years after Aortic Valve Repeated Replacement. *Minimally Invasive Cardiovascular Surgery.* 2023;2(1):75-80.

Правила для авторов

Редакция научно-практического рецензируемого журнала «Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия» просит авторов внимательно ознакомиться с нижеследующими инструкциями по подготовке рукописей для публикации.

Правила по подготовке рукописей в журнал «Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия» составлены с учетом рекомендаций по проведению, описанию, редактированию и публикации результатов научной работы в медицинских журналах, подготовленных Международным комитетом редакторов медицинских журналов (ICMJE), «Белой книги Совета научных редакторов о соблюдении принципов целостности публикации в научных журналах, обновленная версия 2012 г.» (CSE's White Paper on Promotion Integrity in Scientific Journal Publications, 2012 Update), а также методических рекомендаций по подготовке и оформлению научных статей в журналах, индексируемых в международных наукометрических базах данных, разработанных Ассоциацией научных редакторов и издателей и Министерством образования и науки Российской Федерации.

Обращаем внимание авторов, что проведение и описание всех клинических исследований должно соответствовать стандартам CONSORT. При подготовке оригинальных статей и других материалов рекомендуется использовать чек-листы и схемы, разработанные международными организациями в области здравоохранения (EQUATOR).

Обращаем внимание авторов, что все рукописи, поступающие в редакцию журнала «Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия», проходят обязательную проверку в системах антиплагиат (рукописи, представленные на русском языке, проходят проверку в системе «Антиплагиат»; рукописи, представленные на английском языке, проходят проверку в системе «iThenticate»).

Журнал «Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия» принимает к печати следующие рукописи:

1. **Оригинальные исследования** – рукописи, которые содержат описания оригинальных данных, вносящих приоритетный вклад в накопление научных знаний. Объем статьи – до 20 страниц машинописного текста (включая источники литературы, подписи к рисункам и таблицы), до 25 источников литературы. Резюме должно быть структурировано, и содержать 5 параграфов (Цель, Материал и методы, Результаты, Заключение, Ключевые слова), и не превышать 300 слов.

2. **Клинические случаи** – краткое, информационное сообщение, представляющее сложную диагностическую проблему и объяснение как ее решить или описание редкого клинического случая. Объем текста до 5 страниц машинописного текста (включая источники литературы, подписи к рисункам и таблицы), до 10 источников литературы, с неструктурируемым резюме, которое не должно превышать 200 слов.

3. **Аналитические обзоры** – критическое обобщение исследовательской темы. Объем – до 25 страниц машинописного текста (включая источники литературы, подписи к рисункам и таблицы), до 50 источников литературы, с неструктурируемым резюме, которое не должно превышать 250 слов. Рекомендуем использовать иллюстративный материал – таблицы, рисунки, графики, если они помогают раскрыть содержание документа и сокращают объем текста.

4. **Передовые статьи** – объем текста до 3000 слов (включая источники литературы, подписи к рисункам и таблицы), до 20 источников литературы, с неструктурированным или структурируемым резюме, которое не должно превышать 250 слов.

5. **Письма в редакцию** – обсуждение определенной статьи, опубликованной в журнале «Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия». Объем не более 500 слов, без резюме.

6. **Анонсы** – информационное сообщение о научно-практических конференциях, конгрессах, научно-исследовательских грантах. Объем до 600 слов, без резюме.

Обращаем внимание авторов на то, что все рукописи, направленные в редакцию журнала «Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия» должны соответствовать целям и задачам журнала.

РАЗДЕЛ 1. Сопроводительные документы

1. Сопроводительное письмо должно содержать общую информацию и включать (1) указание, что данная рукопись ранее не была опубликована, (2) рукопись не представлена для рассмотрения и публикации в другом журнале (в случае если рукопись подана параллельно в другой журнал, редакция имеет полное право отказать в публикации рукописи авторам), (3) раскрытие конфликта интересов всех авторов, (4) информацию о том, что все авторы прочитали и одобрили рукопись, (5) указание об авторе, ответственном за переписку. Письмо должно быть выполнено на официальном бланке учреждения, подписано руководителем учреждения и заверено печатью.

2. Информация о конфликте интересов/финансировании. Документ содержит раскрытие авторами возможных отношений с промышленными и финансовыми организациями, способных привести к конфликту интересов в связи с представленным в рукописи материалом. Желательно перечислить источники финансирования работы. Конфликт интересов должен быть заполнен на каждого автора.

3. Информация о соблюдении этических норм при проведении исследования. Скан справки / выписки из Локального этического комитета учреждения (учреждений), где выполнялось исследование. Скан информированного согласия пациента при подаче случая из клинической практики.

4. Информация о перекрывающихся публикациях (если таковая имеется). При наличии перекрывающихся публикаций, следует указать их количество и названия (желательно приложить сканы ранее опубликованных статей). Также в сопроводительном письме на имя главного редактора журнала, следует кратко указать по какой причине имеются перекрывающиеся публикации (например, крупное многофазовое исследование и т.д.).

5. Копирайт. Использование в статье любого материала (таблицы, рисунка), обозначенного значком копирайта должно быть подтверждено специальным решением от автора или издателя.

6. Для клинических исследований: информация о регистрации и размещении данных о проводимом исследовании в любом публичном регистре клинических исследований. Под термином «клиническое исследование» понимается любой исследовательский проект, который затрагивает людей (или группы испытуемых) с/или без наличия сравнительной конт-

рольной группы, изучает взаимодействие между вмешательствами для улучшения здоровья или полученных результатами. Всемирная организация здравоохранения предлагает первичный регистр: International Clinical Trials Registry Platform (ICTRP) (www.who.int/ictip/network/primary/en/index.html). Клиническое исследование считается достоверным на группе более 20 пациентов.

РАЗДЕЛ 2. Подача рукописи

1. Подать статью в журнал может любой из авторов, как правило, это автор, ответственный за переписку. Автору необходимо направить рукопись и сканы-копии всех необходимых сопроводительных документов на электронную почту редакции editor_cvd@mail.ru.
2. Отдельно готовится файл в Word, который потом отправляется как дополнительный файл. Файл должен содержать: титульный лист рукописи. На титульном листе рукописи в левом верхнем углу указывается индекс универсальной десятичной классификации (УДК). Далее указывается заглавие публикуемого материала (полное и краткое наименование статьи). В названии не рекомендуется использовать аббревиатуры. Со следующей строки указываются инициалы и фамилии авторов. Инициалы указывают до фамилий и отделяются пробелом. После фамилий и инициалов необходимо указать полное наименование (наименования) учреждения (учреждений), в котором (которых) выполнена работа с указанием ведомства и полного юридического адреса: страны, индекса, города, улицы, номера дома. Если авторы относятся к разным учреждениям, отметьте это цифровыми индексами в верхнем регистре перед учреждением и после фамилии авторов.
3. Ниже предоставляется информация об авторах, где указываются: полные ФИО, место работы каждого автора, его должность, ORCID iD. Полная контактная информация обязательно указывается для автора, ответственного за переписку с редакцией, и включает электронную почту и контактный номер телефона. Информация указывается на русском и английском языках.
4. Если рукопись написана в соавторстве, то всем членам авторской группы необходимо указать вклад каждого автора в написание рукописи. Авторы должны отвечать всем критериям, рекомендованным Международным комитетом редакторов медицинских журналов (International Committee of Medical Journal Editors, ICMJE), а именно: (1) вносить существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, или получение и анализ данных, или их интерпретацию; (2) принимать активное участие в написании первого варианта статьи или участвовать в переработке ее важного интеллектуального содержания; (3) утвердить окончательную версию для публикации; (4) нести ответственность за все аспекты работы и гарантировать соответствующее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью всех частей работы.

РАЗДЕЛ 3. Оформление аннотации

Аннотация на русском языке

Аннотация должна быть информативной (не содержать общих слов), оригинальной, содержательной (т.е. отражать основное содержание статьи и результаты исследований) и компактной (т.е. укладываться в установленные объемы в зависимости от типа рукопи-

си). При написании аннотации необходимо следовать логике описания результатов в статье. В ней необходимо указать, что нового несет в себе научная статья в сравнении с другими, родственными по тематике и целевому назначению. В резюме не следует включать ссылки на литературу и использовать аббревиатуры, кроме общеупотребительных сокращений и условных обозначений. При первом упоминании сокращения необходимо расшифровать.

Структурированная аннотация должна включать 5 параграфов: цель (не дублирующая заглавие статьи), материалы и методы, результаты, заключение, ключевые слова). Является обязательной для оригинальных исследований (не более 300 слов).

Неструктурированная аннотация является обязательной для клинических случаев (не более 200 слов) и аналитических обзоров (не более 250 слов). Несмотря на отсутствие обязательных структурных элементов, аннотация должна следовать логике статьи и не противоречить представленной информации.

Авторы, направляющие в редакцию журнала периодическую статью, могут использовать как структурированную, так и неструктурированную аннотацию, содержащую не более 250 слов.

Ключевые слова (не более 7) составляют семантическое ядро статьи и представляют собой перечень основных понятий и категорий, служащих для описания исследуемой проблемы. Они должны отражать дисциплину (область науки, в рамках которой написана статья), тему, цель и объект исследования.

Перевод аннотации на английский язык (для рукописей, поданных на русском языке)

При переводе на английский язык аннотация должна сохранить свою информативность, оригинальность, быть содержательной и компактной, отражать логику описания результатов в статье. При переводе не рекомендуется пропускать словосочетания и предложения. Перевод аннотации должен дублировать текст аннотации на английском языке.

Структурированная аннотация на английском языке также включает 5 параграфов: Aim (Aims – в случае, если в Вашей рукописи заявлено более одной цели), Methods, Results, Conclusion, Keywords. Является обязательной для оригинальных исследований (не более 300 слов).

Неструктурированная аннотация является обязательной для клинических случаев (не более 200 слов) и аналитических обзоров (не более 250 слов). Несмотря на отсутствие обязательных структурных элементов, перевод аннотации на английский язык должен отражать логику статьи и не противоречить представленной информации.

РАЗДЕЛ 4. Оформление основного файла рукописи

Поскольку основной файл рукописи автоматически отправляется рецензенту для проведения «слепого рецензирования», то он не должен содержать имен авторов и названия учреждений. Файл содержит только следующие разделы:

1. Название статьи

Название статьи пишется прописными буквами в конце точка не ставится.

2. Краткий заголовок статьи

Краткий заголовок статьи должен состоять из 3-7 слов и отражать основную идею рукописи.

3. Основные положения

Основные положения должны суммировать вклад исследования в предметную область, подчеркивать его новизну и уникальность. Как правило, основные положения состоят из 1-3 предложений. Основные положения приводятся на русском и английском языках.

4. Резюме с ключевыми словами

Резюме с ключевыми словами должно содержать только те разделы, которые описаны в Правилах для авторов.

5. Список сокращений

При составлении списка сокращений к статье, включая текст, таблицы и рисунки, вносятся только те, которые используются автором 3 и более раза. Если сокращения используются только в таблицах и рисунках, а в тексте не используются, их не следует включать в список сокращений, но необходимо дать расшифровку в примечании к таблице или рисунку. К резюме статьи, как к отдельному документу, применимы те же правила, что и к статье (сокращения вносятся при их использовании 3 и более раза). Сокращения в списке сокращений пишутся в алфавитном порядке через запятую, сплошным текстом, с использованием «тире».

6. Текст статьи

Текст статьи должен быть представлен в формате MS (*.doc, *.docx), размер кегля 12, шрифт Times New Roman, межстрочный интервал 1,5, поля обычные, выравнивание по ширине. Страницы нумеруют. Перед подачей рукописи удалите из текста статьи двойные пробелы.

Обращаем внимание авторов на то, что все публикуемые материалы рассматриваются экспертом по статистике и должны соответствовать «Единым требованиям для рукописей, подаваемых в биомедицинские журналы» (Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals, Ann Intern Med 1997, 126: 36–47). В подготовке статистической части работы рекомендуется использовать специальные руководства, например, Европейского кардиологического журнала.

Таблицы размещают в месте упоминания в тексте. В тексте обязательно присутствуют ссылки на все таблицы, обозначаемые как «табл.» с указанием порядкового номера таблицы, например «табл. 1». Каждая таблица имеет заголовок: слово «Таблица», порядковый номер, название (без точек). Если таблица единственная в статье, ее не нумеруют, в тексте слово «таблица» выделяют курсивом. Название таблицы и номер таблицы выравниваются по левому краю страницы. Для всех сокращений, используемых в таблице, дается расшифровка в примечании. Название таблицы и примечание к ней переводятся на английский язык и размещаются под русскоязычной версией. Содержание таблицы также переводится на английский и дается через / (например, Показатели / Parameters и т.д.).

Иллюстративный материал (черно-белые и цветные фотографии, рисунки, диаграммы, схемы, графики) размещают в тексте статьи в месте упоминания (.jpg, разрешение не менее 300 dpi). Проверьте наличие ссылок в тексте на все иллюстрации, обозначаемые как «рис.» с указанием порядкового номера, например, «рис. 1». Рисунки не должны повторять материалов таблиц. Каждый рисунок должен иметь подпись, содержащую номер рисунка. Название и примечание к рисунку переводятся на английский язык и размещаются под русскоязычной версией. Единственную в статье иллюстрацию не нумеруют, при ссылке на нее

в тексте используют слово «рисунок» (полностью, курсивом). Если иллюстрация состоит из нескольких рисунков, представленных под а, б, в, г, помимо подписи каждого рисунка под буквенным обозначением необходимо привести общий заголовок иллюстрации.

Обращаем внимание авторов на то, что использование таблиц и рисунков из других статей с оформленным цитированием допустимо только при наличии разрешения на репринт. Разрешение на репринт таблиц и рисунков запрашивается не у автора, а у издателя журнала. Просим Вас своевременно позаботиться о разрешении на репринт. В случае отсутствия такого разрешения, рисунки и таблицы будут рассматриваться как плагиат, и редакция журнала будет вынуждена исключить их из рукописи.

При обработке материала используется система единиц СИ. Без точек пишут: ч, мин, мл, см, мм (но мм рт. ст.), с, мг, кг, мкг. С точками: мес., сут., г. (год), рис., табл. Для индексов используют верхние (кг/м²) или нижние (CHA2DS2-VASc) регистры. Знак мат. действий и соотношений (+, −, ×, /, =, ~) отделяют от символов и чисел: $p = 0,05$. Знак ± пишут слитно с цифровыми обозначениями: $27,0 \pm 17,18$. Знаки >, <, ≤ и ≥ пишут слитно: $p > 0,05$. В тексте рекомендуем заменять символы словами: более (>), менее (<), не более (≤), не менее (≥). Знак % пишут слитно с цифровым показателем: 50%; при двух и более цифрах знак % указывают один раз после чисел: от 50 до 70%: на 50 и 70%. Знак № отделяют от числа: № 3. Знак °C отделяют от числа: 13 °C. Обозначения единиц физических величин отделяют от цифр: 13 мм. Названия и символы генов выделяют курсивом: ген PON1.

7. Благодарности (если таковые имеются)

Участники, не соответствующие критериям, предъявляемым к авторам, должны быть указаны в разделе «Благодарности».

8. Финансирование

Указывают источник финансирования. Если исследование выполнено при поддержке гранта (например, РФФИ, РНФ), приводят номер.

9. Конфликт интересов

Авторы раскрывают конфликт интересов, связанный с представленным материалом. Конфликт интересов должен быть раскрыт для каждого конкретного автора. Информация о конфликте интересов публикуется в составе полного текста статьи.

10. Список литературы

Список литературы должен быть представлен на русском и английском языках (обратите внимания, что списки должны быть отдельными). За правильность приведенных в списке литературы данных ответственность несут автор(ы).

Библиографическое описание на русском языке рекомендуется выполнять на основе ГОСТ Р 7.0.5-2008 («Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления»). Англоязычная часть библиографического описания должна соответствовать формату, рекомендуемому Американской Национальной Организацией по Информационным стандартам (National Information Standards Organisation — NISO), принятому National Library of Medicine (NLM). Ссылки на русскоязычные статьи, имеющие название на английском языке приводятся также на английском языке, при этом в конце ссылки указывается (in Russian). Если статья не имеет английского названия, вся ссылка транслитерируется на сайте www.translit.ru (формат BSI).

Библиографические ссылки в тексте указывают

номерами в квадратных скобках. Источники располагают в порядке первого упоминания в тексте. В список литературы не включаются неопубликованные работы. Названия журналов на русском языке в списке литературы не сокращаются. Названия иностранных журналов могут сокращаться в соответствии с вариантом сокращения, принятым конкретным журналом. При наличии у цитируемой статьи цифрового идентификатора (Digital Object Identifier, DOI) указывают в конце ссылки.

РАЗДЕЛ 5. КОМПЛЕКТНОСТЬ РУКОПИСИ

Для отправки рукописи в редакцию «Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия» авторы готовят следующие документы:

- Основной файл рукописи, т.е. текст статьи.
- Дополнительные файлы, которые включают направлятельное (сопроводительное) письмо, информационный файл с титульным листом, информацией об авторах и раскрытием конфликта интересов, файлы с рисунками.

РАЗДЕЛ 6. ПОРЯДОК РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ РУКОПИСЕЙ

1. Рукопись следует направлять в электронном виде в Редакцию по электронной почте editor_cvd@mail.ru. Рукопись должна быть оформлена в соответствии с настоящими требованиями к научным статьям, предоставляемым для публикации в журнале.
2. Автору высылается уведомительное письмо о получении рукописи с номером (ID), который будет использоваться в последующей переписке.
3. Рукопись обязательно проходит первичный отбор, в который входит проверка комплектности рукописи и проверка в системе «Антиплагиат». При несоблюдении требований Правил для авторов к комплектности рукописи или её оформлению, Редакция вправе отказать в публикации или письменно запросить недостающие материалы. Оригинальность рукописи должна быть не менее 80%. Мы ожидаем, что рукописи, присланные для публикации, написаны в оригинальном стиле, который предполагает новое осмысление без использования ранее опубликованного текста. Рукописи, имеющие оригинальность ниже 80%, не принимаются к рассмотрению. Редакция вправе отказать в публикации или прислать свои замечания к статье, которые должны быть исправлены Автором перед рецензированием.
4. Все рукописи, поступающие в журнал, направляются по профилю научного исследования на рецензию двум независимым (внешним) экспертам.
5. Рецензирование проводится конфиденциально как для Автора, так и для самих рецензентов. Рукопись направляется рецензенту без указания имен авторов и названия учреждения. Обращаем внимание авторов, что ФИО рецензента могут быть раскрыты по его собственному желанию. Раскрытие ФИО рецензента не оказывает влияние на процесс и принцип дальнейшей работы. ФИО рецензента раскрывается ответственным редактором в случае заявления рецензента о недостоверности или фальсификации материалов, изложенных в рукописи.
6. Редакция по электронной почте сообщает Автору результаты рецензирования.
7. Если рецензенты выносят заключение о возможности публикации статьи и не выносят значимых замечаний, то статья отдается эксперту по статистике и после положительного отчета, принимается в дальнейшую

работу.

8. Если рецензенты выносят заключение о возможности публикации статьи и дают указания на необходимость ее исправления, то Редакция направляет Автору рецензии с предложением учесть рекомендации рецензентов при подготовке нового варианта статьи или аргументировано их опровергнуть. Переработанная Автором статья повторно направляется на рецензирование, и дается заключение, что все рекомендации рецензентов были учтены. После получения положительного ответа рецензентов, статья отдается эксперту по статистике и после положительного отчета, принимается в дальнейшую работу.

9. Если рецензенты выносят заключение о невозможности публикации статьи. Автору рецензируемой работы предоставляется возможность ознакомиться с текстом рецензий. В случае несогласия с мнением рецензентов Автор имеет право предоставить аргументированный ответ в Редакцию. Статья может быть направлена на повторное рецензирование, либо на согласование в редакционную коллегию. Главный редактор или ответственный редактор номера направляет свой ответ Автору.

10. Автор имеет право подать апелляцию на имя главного редактора в течение 30 дней с момента отклонения статьи в случае, если он не согласен с решением редакции и считает, что статья была отклонена несправедливо.

11. Все рукописи, прошедшие рецензирование и оценку эксперта по статистике представляются на рассмотрение редакционной коллегии, которая принимает решение о публикации. После принятия решения о допуске статьи к публикации Редакция вставляет публикацию статьи в план публикаций.

12. Решение о публикации рукописи принимается исключительно на основе ее значимости, оригинальности, ясности изложения и соответствия темы исследования направлению журнала. Отчеты об исследованиях, в которых получены отрицательные результаты или оспариваются положения ранее опубликованных статей, рассматриваются на общих основаниях.

13. Оригиналы рецензий хранятся в Редакции в течение 5-ти лет с момента публикации.

14. В случае принятия решения об отказе в публикации статьи, её архивная копия остаётся в электронной системе редакции, однако доступ к ней со стороны редакторов или рецензентов закрыт.

РАЗДЕЛ 7. ПОРЯДОК ПУБЛИКАЦИИ РУКОПИСЕЙ

1. Журнал предоставляет приоритет для аспирантских и докторских работ, срок их публикации зависит от предполагаемой даты защиты, которую авторы должны указать в первичных документах, прилагаемых к рукописи.
2. Каждый номер журнала формируется отдельным ответственным редактором, назначаемым Главным редактором и/или редакционной коллегией. В обязанности ответственного редактора входит отбор высококачественных статей для публикации, при этом он может руководствоваться как тематическими принципами, так и отдельным научным направлением.
3. Все выбранные статьи поступают в работу к научному редактору и корректору. После создания макета статьи и его редактирования, макетированная статья будет выслана Автору на электронную почту. На этом этапе можно будет прислать замечания по тексту статьи.

Подписано в печать 20.03.2023 г. Дата выхода в свет: 26.03.2023 г. Формат 62 x 94/8.
Бумага мелованная матовая. Усл. печ. л. Тираж 1000 экз. Заказ No Цена свободная.
Адрес редакции и издателя: 115093, Москва, ул. Большая Серпуховская, 27, тел./факс (499) 236-50-60,
email: editor_cvd@mail.ru (главный редактор А.Ш. Ревитшвили)
Адрес типографии: г. Тверь, Беяковский пер. 46.
ООО "Тверская фабрика печати."

