



*Федосеева Н.И.^{1,2}, Иванов Л.Н.^{1,2}, Рязанов М.В.^{1,2}, Лейфер Л.А.³, Щербатов Ю.В.³,
Кордатов П.Н.², Вайкин В.Е.², Анцыгина Л.Н.², Мухин А.С.¹

РЕТРОСПЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА ОБРАТНОГО РЕМОДЕЛИРОВАНИЯ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА ПОСЛЕ ПЛАСТИКИ ПОСТИНФАРКТНЫХ АНЕВРИЗМ У ПАЦИЕНТОВ

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министрства здравоохранения Российской Федерации, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1, г. Нижний Новгород 603005, Российская Федерация;
²Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Нижегородской области «Научно-исследовательский институт – Специализированная кардиохирургическая клиника имени академика Б.А. Королёва», ул. Ванеева, д. 209, г. Нижний Новгород 603136, Российская Федерация;
³Общество с ограниченной ответственностью «Приволжский центр методического и информационного обеспечения оценки», ул. Бетанкура, д. 3, офис 9, г. Нижний Новгород 603086, Российская Федерация

Сведения об авторах:

*Автор, ответственный за переписку: Федосеева Наталья Игоревна, аспирант кафедры госпитальной хирургии им. акад. Б.А. Королёва, ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1, г. Нижний Новгород 603005, Российская Федерация; врач сердечно-сосудистый хирург, 3-е кардиохирургическое отделение, ГБУЗ НО «НИИ – СККБ им. акад. Б.А. Королёва», ул. Ванеева, д. 209, г. Нижний Новгород 603136, Российская Федерация, E-mail: grishinanatalia@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1173-0116

Иванов Леонид Николаевич, д.м.н., профессор кафедры госпитальной хирургии им. акад. Б.А. Королёва, ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России; врач сердечно-сосудистый хирург, ГБУЗ НО «НИИ – СККБ им. акад. Б.А. Королёва», г. Нижний Новгород, Российская Федерация, ORCID: 0009-0007-0102-9584

Рязанов Михаил Валерьевич, к.м.н., доцент кафедры госпитальной хирургии им. акад. Б.А. Королёва, ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России; врач сердечно-сосудистый хирург, заведующий 3-им кардиохирургическим отделением, ГБУЗ НО «НИИ – СККБ им. акад. Б.А. Королёва», г. Нижний Новгород, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-5195-3608

Лейфер Лев Абрамович, к.т.н., научный руководитель, ООО «ПЦМИИОО», г. Нижний Новгород, Российская Федерация, ORCID: 0009-0000-3607-5379

Щербатов Юрий Викторович, программист-аналитик, ООО «ПЦМИИОО», г. Нижний Новгород, Российская Федерация, ORCID: 0009-0001-0187-8048

Кордатов Пётр Николаевич, д.м.н., профессор, врач сердечно-сосудистый хирург, 3-е кардиохирургическое отделение, ГБУЗ НО «НИИ – СККБ им. акад. Б.А. Королёва», г. Нижний Новгород, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-9621-2408

Вайкин Виктор Евгеньевич, к.м.н., врач сердечно-сосудистый хирург, 3-е кардиохирургическое отделение, ГБУЗ НО «НИИ – СККБ им. акад. Б.А. Королёва», г. Нижний Новгород, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-6217-9593

АННОТАЦИЯ

Введение. Ремоделирование сердца представляет собой сложный двунаправленный процесс, при котором структурные и функциональные параметры сердца отклоняются от нормы в ответ на нарушение внутрисердечной гемодинамики после острого инфаркта миокарда. Обратное ремоделирование левого желудочка (ЛЖ) проявляется улучшением систолической и диастолической функции, за счёт уменьшения объёмов полости сердца. Цель исследования – провести анализ динамики и степени обратного ремоделирования ЛЖ после хирургической коррекции постинфарктных аневризм левого желудочка. На основании результатов разработать модель прогнозирования ультразвуковых параметров у пациентов в послеоперационном периоде.

Методы. Проведен ретроспективный анализ результатов лечения 174 пациентов, которым выполнялась пластика постинфарктной аневризмы, с последующим аортокоронарным шунтированием (АКШ) в условиях ГБУЗ НО «НИИ – СККБ им. акад. Б.А. Королёва» г. Нижний Новгород в период с 2011 года по 2022 года. Пациенты распределены на две группы. В первой группе выполнялась пластика по Кули и АКШ, во второй пластика по Дору и АКШ.

У пациентов имелись различные факторы риска, которые влияли на формирование процессов ремоделирования ЛЖ. С помощью ультразвукового исследования получены данные ЛЖ и других структур сердца. Благодаря искусственному интел-

лекту выполнено прогнозирование возможного объёма оперативной реконструкции сердца.

Результаты. Получено достоверное снижение ультразвуковых показателей объёма ЛЖ у пациентов в различные сроки после операции. Наиболее значимым прикладным итогом исследования стала разработка клинически применимой модели машинного обучения для прогнозирования результатов операции. Её высокая точность (подтверждённая низкой медианной ошибкой) позволяет использовать модель для предоперационного планирования с целью индивидуализации хирургической тактики. Модель помогает определить «золотую середину» в объёме резекции — достаточную для запуска обратного ремоделирования, но безопасную с точки зрения риска синдрома малого выброса. Внедрение подобных систем поддержки решений на основе искусственного интеллекта напрямую способствует повышению безопасности операций и улучшению исходов для пациентов.

Заключение. В кардиохирургии ключевым показателем успеха является обратное ремоделирование ЛЖ на фоне ремиссии СН после операции. В последние годы оценка этого процесса стала краеугольным камнем клинической практики, поскольку именно он служит главным предиктором благоприятного долгосрочного прогноза для пациентов.

Вклад авторов. Все авторы соответствуют критериям авторства ICMJE, принимали участие в подготовке статьи, наборе материала и его обработке. Авторский вклад (по системе Credit): Федосеева Н.И. — концепция и дизайн исследования, сбор данных, анализ и интерпретация результатов, прогнозирование на основе машинного обучения, написание текста; Иванов Л.Н. — концепция и дизайн исследования; Рязанов М.В. — сбор данных, редактирование текста; Лейфер Л.А. — прогнозирование на основе машинного обучения, редактирование текста; Щербатов Ю.В. — прогнозирование на основе машинного обучения; Кордатов П.Н. — прогнозирование на основе машинного обучения, редактирование текста; Вайкин В.Е. — анализ и интерпретация результатов; Анцыгина Л.Н. — сбор данных; Мухин А.С. —

редактирование текста.

Источники финансирования. Авторы заявляют об отсутствии спонсорской поддержки при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Декларация о наличии данных. Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить у контактного автора по обоснованному запросу.

Соответствие принципам этики. Проведённое исследование соответствует стандартам Хельсинкской декларации, одобрено Независимым этическим комитетом ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России. Все пациенты, участвовавшие в исследовании, выразили добровольное согласие и подписали информированное согласие.

Ключевые слова: постинфарктная аневризма левого желудочка, ремоделирование левого желудочка, обратное ремоделирование левого желудочка, пластика по Дору, искусственный интеллект, машинное обучение, прогнозирование объёма резекции, синдром малого выброса

✉ GRISHINANATALIAU@GMAIL.COM

Для цитирования: Федосеева Н.И., Иванов Л.Н., Рязанов М.В., Лейфер Л.А., Щербатов Ю.В., Кордатов П.Н., Вайкин В.Е., Анцыгина Л.Н., Мухин А.С. Ретроспективная оценка обратного ремоделирования левого желудочка после пластики постинфарктных аневризм у пациентов. Евразийский кардиологический журнал. 2026;(2):50-56. <https://doi.org/10.38109/2225-1685-2026-2-50-56>

Рукопись получена: 20.02.2026 | **Рецензия получена:** 13.04.2026 | **Принята к публикации:** 27.04.2026

© Коллектив авторов, 2026

Данная статья распространяется на условиях «открытого доступа», в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 («Attribution-NonCommercial-ShareAlike» / «Атрибуция-Некоммерчески-Сохранение Условий» 4.0), которая разрешает неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии указания автора и источника. Чтобы ознакомиться с полными условиями данной лицензии на русском языке, посетите сайт: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ru>



*Natalya I. Fedoseeva^{1,2}, Leonid N. Ivanov^{1,2}, Mikhail V. Ryazanov^{1,2}, Lev A. Leifer³, Yuri V. Shcherbatov³, Pyotr N. Kordatov², Viktor E. Vaykin², Lyudmila N. Antsygina², Aleksey S. Mukhin¹

RETROSPECTIVE EVALUATION OF REVERSE REMODELING OF THE LEFT VENTRICLE AFTER PLASTIC REPAIR OF POSTINFARCTION ANEURYSMS IN PATIENTS

¹VOLGA REGION RESEARCH MEDICAL UNIVERSITY, 10/1 MININ AND POZHARSKY SQUARE, NIZHNY NOVGOROD 603005, RUSSIAN FEDERATION;

²B.A. KOROLEV RESEARCH INSTITUTE – SPECIALIZED CARDIAC SURGERY CLINICAL HOSPITAL, 209 VANEVA STREET, NIZHNY NOVGOROD 603136, RUSSIAN FEDERATION;

³LIMITED LIABILITY COMPANY “VOLGA CENTER FOR METHODOLOGICAL AND INFORMATIVE SUPPORT”, 3 BETANCURA STREET, OFFICE 9, NIZHNY NOVGOROD 603086, RUSSIAN FEDERATION

Information about authors:

*Corresponding author: Natalya I. Fedoseeva, postgraduate student, B.A. Korolev Department of Hospital Surgery, Volga Region Research Medical University, 10/1 Minin and Pozharsky Square, Nizhny Novgorod 603005, Russian Federation; cardiovascular surgeon, 3rd Cardiac Surgery Department, B.A. Korolev Research Institute – Specialized Cardiac Surgery Clinical Hospital, 209 Vaneva Street, Nizhny Novgorod 603136, Russian Federation, E-mail: grishinanatalia@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1173-0116

Leonid N. Ivanov, Dr. of Scien. (Med.), Professor, B.A. Korolev Department of Hospital Surgery, Volga Region Research Medical University; cardiovascular surgeon, Vascular Department, B.A. Korolev Research Institute – Specialized Cardiac Surgery Clinical Hospital, Nizhny Novgorod, Russian Federation, ORCID: 0009-0007-0102-9584

Mikhail V. Ryazanov, Cand. of Scien. (Med.), Associate Professor, B.A. Korolev Department of Hospital Surgery, Volga Region Research Medical University; cardiovascular surgeon, 3rd Cardiac Surgery Department, B.A. Korolev Research Institute – Specialized Cardiac Surgery Clinical Hospital, Nizhny Novgorod, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-5195-3608

Lev A. Leifer, Cand. of Scien. (Tech.), Scientific Director, Limited Liability Company “Volga Center for Methodological and Informative Support”, Nizhny Novgorod, Russian Federation, ORCID: 0009-0000-3607-5379

Yuri V. Shcherbatov, programmer-analyst, Limited Liability Company “Volga Center for Methodological and Informative Support”, Nizhny Novgorod, Russian Federation, ORCID: 0009-0001-0187-8048

Pyotr N. Kordatov, Dr. of Scien. (Med.), Professor, Cardiovascular surgeon, 3rd Cardiac Surgery Department, B.A. Korolev Research Institute – Specialized Cardiac Surgery Clinical Hospital, Nizhny Novgorod, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-9621-2408

Viktor E. Vaykin, Cand. of Scien. (Med.), Cardiovascular surgeon, 3rd Cardiac Surgery Department, B.A. Korolev Research Institute – Specialized Cardiac Surgery Clinical Hospital, Nizhny Novgorod, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-6217-9593

Lyudmila N. Antsygina, General Practitioner, 3rd Cardiac Surgery Department, B.A. Korolev Research Institute – Specialized Cardiac Surgery Clinical Hospital, Nizhny Novgorod, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-5782-7664

Aleksey S. Mukhin, Dr. of Scien. (Med.), Professor, B.A. Korolev Department of Hospital Surgery, Volga Region Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-2336-8900

ABSTRACT

Background. Cardiac remodeling is a complex bidirectional process in which structural and functional parameters of the heart deviate from the norm in response to impaired intracardiac hemodynamics following acute myocardial infarction. Reverse left ventricular (LV) remodeling is manifested by improved systolic and diastolic function due to a decrease in cardiac chamber volume.

Objectives. To analyze the dynamics and degree of reverse remodeling of the left ventricle after surgical correction of post-infarction aneurysms of the left ventricle. Based on the results, develop a model for predicting ultrasound parameters in patients in the postoperative period.

Methods. A retrospective analysis of treatment outcomes was conducted for 174 patients who underwent post-infarction aneurysm repair followed by coronary artery bypass grafting (CABG) at the Nizhny Novgorod Research Institute of Cardiology and the Nizhny Novgorod Clinical Hospital named after Academician B.A. Korolev between 2011 and 2022. Patients were divided into two groups. The first group underwent Cooley repair and CABG, while the second group underwent Dor repair and CABG. The patients had various risk factors that influenced the development of LV remodeling

processes. Ultrasound imaging was used to obtain data on the LV and other cardiac structures. Artificial intelligence was used to predict the potential extent of cardiac reconstruction.

Results. A significant reduction in ultrasound measurements of LV volume was observed in patients at various postoperative times. The most significant practical outcome of the study was the development of a clinically applicable machine learning model for predicting surgical outcomes. Its high accuracy (confirmed by a low median error) allows the model to be used for preoperative planning to individualize surgical tactics. The model helps determine the “sweet spot” in the extent of resection — one that is sufficient to initiate reverse remodeling but safe from the risk of low-output syndrome. The implementation of such AI-based decision support systems directly contributes to improved surgical safety and patient outcomes.

Conclusion. In cardiac surgery, a key indicator of success is reverse LV remodeling against the background of heart failure remission after surgery. In recent years, assessment of this process has become a cornerstone of clinical practice, as it serves as the main predictor of a favorable long-term prognosis for patients.

Keywords: postinfarction left ventricular aneurysm, left ventricular remodeling, reverse left ventricular remodeling, Dor plastic surgery, artificial intelligence, machine learning, prediction of resection volume, low cardiac output syndrome

Authors' contributions. All authors confirm the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. The authors equally participated in the development of the methodology and content of the manuscript, obtaining and analyzing data, writing and editing the text of the article. CRediT author statement: Fedoseeva N.I. — concept and design of the study, data collection, analysis and interpretation of results, machine learning-based forecasting, text writing; Ivanov L.N. — concept and design of the study; Ryazanov M.V. — data collection, text editing; Leifer L.A. — machine learning-based forecasting, text editing; Shcherbatov Yu.V. — machine learning-based forecasting; Kordatov P.N. — machine learning-based forecasting, text editing; Vaykin V.E. — analysis and

interpretation of results; L.N. Antsygina — data collection; Mukhin A.S. — text editing.

Funding. The authors declare no sponsorship support for this research.

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

Data availability statement. Data supporting the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Compliance with ethical standards. The study was conducted in accordance with the standards of the Declaration of Helsinki and approved by the Independent Ethics Committee of the Volga Region Research Medical University. All study participants signed the Informed Consent.

✉ GRISHINANATALIAU@GMAIL.COM

For citation: Natalya I. Fedoseeva, Leonid N. Ivanov, Mikhail V. Ryazanov, Lev A. Leifer, Yuri V. Shcherbatov, Pyotr N. Kordatov, Viktor E. Vaykin, Lyudmila N. Antsygina, Aleksey S. Mukhin. Retrospective evaluation of reverse remodeling of the left ventricle after plastic repair of postinfarction aneurysms in patients Eurasian heart journal. 2026;(2):50-56. (In Russ.). <https://doi.org/10.38109/2225-1685-2026-2-50-56>

Received: 20.02.2026 | Revision Received: 13.04.2026 | Accepted: 27.04.2026

© Collective of authors, 2026

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0). License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

ВВЕДЕНИЕ

Ремоделирование сердца представляет собой сложный двунаправленный процесс, при котором структурные и функциональные параметры сердца отклоняются от нормы в ответ на нарушение внутрисердечной гемодинамики после острого инфаркта миокарда (ОИМ) [1]. Ключевые изменения происходят на микроскопическом уровне и включают регресс фиброза внеклеточного матрикса, восстановление клеточной энергетики и метаболизма, а также изменения в экспрессии генов как в зоне инфаркта, так и в интактном миокарде [2, 3]. Обратное ремоделирование левого желудочка (ЛЖ) проявляется уменьшением объёмов полости сердца и нормализацией его геометрии, что сопровождается улучшением систолической и диастолической функции. Однако под влиянием биомеханических факторов этот процесс может оказаться нестойким и в отдалённой перспективе способствовать прогрессированию сердечной недостаточности [4, 5]. В связи с этим принципиально важно разграничивать понятия обратного ремоделирования и истинного восстановления миокарда [6]. Фармакотерапия, коронарная реваскуляризация и устройственная терапия составляют основу современных стратегий управления ремоделированием. Тем не менее, при формировании постинфарктной аневризмы ЛЖ — крайней формы неблагоприятного ремоделирования — ведущая роль принадлежит хирургическому вмешательству. Оперативные методики, такие как линейная пластика по Кули, эндовентрикулярная циркулярная пластика с заплатой по Дору и её модификации по Жатену, направлены не только на устранение аневризматического выпячивания, но и на восстановление естественной геометрии ЛЖ. Именно коррекция формы желудочка создаёт необходимые биомеханические предпосылки для запуска процессов обратного ремоделирования на клеточном и молекулярном уровнях. Таким образом, актуальность настоящего исследования определяется необходимостью оценки эффективности хирургической коррекции постинфарктной аневризмы левого желудочка, применение различных подходов в качестве катализатора обратного ремоделирования ЛЖ, что является ключевой целью для улучшения отдалённого прогноза пациентов.

Цель исследования – провести анализ динамики и степени обратного ремоделирования левого желудочка после хирургической коррекции постинфарктных аневризм левого желудочка. На основании результатов разработать модель прогнозирования ультразвуковых параметров у пациентов в послеоперационном периоде.

МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведен ретроспективный анализ результатов лечения 174 пациентов, которым выполнялась пластика постинфарктной аневризмы, с последующим аортокоронарным шунтированием (АКШ) в условиях ГБУЗ НО «НИИ-СККБ им. акад. Б.А. Королёва» г. Нижний Новгород в период с 2011 года по 2022 года. Пациенты распределены на две группы. В первой группе выполнялась пластика по Кули и АКШ, во второй пластика по Дору и АКШ

Критериями включения в исследование являлась группа пациентов с постинфарктными аневризмами ЛЖ, а также перенесшие острый инфаркт миокарда в прошлом с последующем развитием аневризмы ЛЖ и развитием ремоделирования ЛЖ в сочетании с митральной регургитацией и нарушениями ритма. Критерии невключения являлись пациенты с ложными аневризмами, с посттравматическими аневризмами, с некорригируемым врожденным пороком сердца, с врожденными анев-

ризмами, с острыми нарушениями мозгового кровообращения. Критерии исключения являлся отказ пациента от дальнейшего участия в исследовании, острые респираторно-вирусные и воспалительные заболевания, острые нарушения свертываемости крови и другие патологии, при которых невозможно выполнение открытой операции на сердце.

Условием проведения настоящего исследования являлось его выполнение на базе кафедры госпитальной хирургии им. акад. Б.А. Королёва ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России на базе учреждения здравоохранения ГБУЗ НО «НИИ-СККБ им. академика Б.А. Королёва».

В ходе исследования выполнялась ультразвуковая оценка процесса ремоделирования левого желудочка у пациентов с постинфарктной аневризмой до оперативной коррекции. Согласно современным клиническим рекомендациям по лечению ИБС в ходе предоперационной подготовки пациентам выполнялась клинико-лабораторная диагностика, а также электрокардиография (ЭКГ), эхокардиография, ультразвуковое исследование брахиоцефальных артерий, артерий и вен нижних конечностей, холтеровское ЭКГ-мониторирование, селективная коронарография и при необходимости МРТ, КТ сердца. Ультразвуковые показатели, такие как размеры, объемы и фракция выброса ЛЖ рассчитывались в соответствии с рекомендациями Американского общества эхокардиографии с использованием двухплоскостного метода Симпсона. У некоторых пациентов нарушения кровотока в функционально значимых сегментах миокарда подтверждались нагрузочными тестами или стрессовой эхокардиографией. На основании полученных данных получены значения EuroSCORE II. Обязательным моментом являлся осмотр кардиолога и анестезиолога на предмет частых или длительных приступов стенокардии, не проходящие под низкими дозами нитроглицерина, коморбидности пациента и расчёта рисков интра- и послеоперационных осложнений. Пластика левого желудочка по Кули представляла собой линейное закрытие аневризматической полости, горизонтальный U-образный шов, за которым следовал вертикальный шов. Оперативная коррекция постинфарктной аневризмы левого желудочка по Дору заключалась в удалении дискинетического или акинетического миокарда, фиксации синтетической заплатой или аутоперикардом на стыке жизнеспособной и рубцовой ткани миокарда.

Среди ультразвуковых показателей сердца, которые использовались для разработки прогностической модели на основе искусственного интеллекта, были объёмные показатели сердца: конечно-систолический объём (КСО), конечно-диастолический объём (КДО), фракция выброса (ФВ), индекс сферичности (ИС). Математическая модель обучалась со следующими гиперпараметрами: число итераций (iterations) = 40, скорость обучения (learning rate) = 0,1, глубина деревьев (depth) = 3 и коэффициент регуляризации = 2. Данные были разделены на обучающую и тестовую выборки в пропорции 70/30, для оценки обобщающей способности математической модели.

С помощью искусственного интеллекта был спрогнозирован ожидаемый объём резекции нежизнеспособного миокарда с целью определения оптимальной тактики оперативной коррекции, а также профилактики синдрома малого выброса левого желудочка и предотвращение возникновения недостаточности митрального клапана в будущем (с изменением геометрии левого желудочка). В послеоперационном периоде в ранние и отдалённые сроки ЭХО-КГ выполняли через 7 дней, три и шесть месяцев. Эти данные позволяют судить об процессах обратного ремоделирования левого желудочка после операции.

Статистическая обработка данных выполнена с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2019 и IBM SPSS Statistics v.27. Нормальность распределения количественных признаков оценивали с помощью критериев Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка. Данные, распределение которых не противоречило нормальному закону, представлены в виде среднего арифметического (M) и стандартного отклонения (σ). Показатели с распределением, отличным от нормального, описаны с использованием медианы (Me) и межквартильного размаха [25-й; 75-й процентиля]. Результаты тестов на нормальность считали статистически значимыми при значении ниже критического ($p \leq 0,05$).

Для оценки динамики эхокардиографических (ЭХО-КГ) показателей функции левого желудочка (КДО, КСО, ФВ, ИС) до операции, в раннем и отдаленном послеоперационном периодах был применен непараметрический тест Фридмана. Нулевая гипотеза об отсутствии изменений параметров во времени отвергалась при достижении статистической значимости. Уровень значимости для множественных сравнений скорректирован с помощью поправки Бонферрони, итоговое критическое значение составило $p = 0,0083$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Формирование выборки пациентов проведено в соответствии с критериями включения и исключения. В первую группы включены 42 пациента, средний возраст 53 ± 7 лет, при этом 30 мужчин, 12 женщин. Во второй группе 132 пациента, среди них средний возраст составил 57 ± 9 лет. В исследуемой группе 13 женщин, 119 мужчин. Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией (2013) и одобрено этическим комитетом Приволжского исследовательского медицинского университета. От всех пациентов получено добровольное информированное согласие.

В работе использовался набор признаков ($n=15$), включающий клинические параметры пациентов, такие как возраст, пол, ИМТ (индекс массы тела), EuroSCORE (оценка кардиохирургического риска), распределение по функциональному классу. Коморбидность пациентов оценивали по наличию сахарного диабета 2 типа, атеросклеротического поражения БЦА, хронических заболеваний почек, нарушению ритма сердца.

В настоящем исследовании у пациентов наблюдалась динамика параметров предикторов риска, которые с определенной степенью вероятности влияли на процессы ремоделирования левого желудочка, исход выздоровления и развитие послеоперационных осложнений. Данные представлены в таблице 1.

В результате анализа ультразвуковых данных до операции объёмные показатели сердца (КДО, КСО) были значительно выше нормы, фракция выброса снижена, индекс сферичности в среднем имел высокие значения, что подтверждает об появлении начальных признаках ремоделирования левого желудочка.

В основном у пациентов имелась избыточная масса тела, при этом большинство находилось в II ФК, чуть меньше в I ФК и III ФК. Такое распределение пациентов отражает признаки гиподинамии у группы пациентов, за счёт снижения толерантности к физическим нагрузкам. Так среди других возможных предикторов риска, имеющих у пациентов, наблюдались нарушения ритма, нарушение толерантности к глюкозе или сахарный диабет 2 типа, хроническая почечная недостаточность, атеросклероз брахиоцефальных артерий. Хроническая болезнь почек определялась при наличии расчетной скорости клубочковой фильтрации (СКФ) < 60 мл/мин/1,73 м² поверхности тела, рассчитанной с использованием формулы. Данные представлены в таблице 1. Анализ всех имеющихся у пациента

предикторов риска составлял необходимую часть предоперационной подготовки, поскольку снижались риски возможных осложнений после операции.

Пациентам после пластики постинфарктной аневризмы левого желудочка выполнялось аортокоронарное шунтирование. До операции на основании данных селективной коронарографии коллегиально рассматривался вопрос о целесообразности необходимого количества шунтов.

В основном пациентам в 1 группе $45\% \pm 8\%$ (19 чел.), во 2 группе $32\% \pm 4\%$ (42 чел.) накладывали один шунт на переднюю нисходящую артерию с использованием левой внутренней грудной артерии. При множественном поражении коронарных артерий применялась аутовена с последующим формированием проксимального анастомоза с восходящим отделом аорты. Таким образом два шунта преимущественно $26\% \pm 7\%$ (11 чел.) и $31\% \pm 4\%$ (41 чел.) пациентам соответственно накладывали на левую группу коронарных артерий. Чуть меньше $21\% \pm 6\%$ (9 чел.) и $28\% \pm 4\%$ (37 чел.) пациентам дополнительно с захватом правой коронарной артерии. Редко выполнялись АКШ 4 и 5 артерий: в 1 группе $7\% \pm 4\%$ (3 артерии), во второй группе $8\% \pm 2\%$ (11 чел.) и $1\% \pm 1\%$ (1 чел.) соответственно.

В первой группе проводился анализ данных по параметрам с помощью критерия Шапиро-Уилка. Время искусственного кровообращения составило $82,5 \pm 23,3$ мин. ($p > 0,05$). Время пережатия аорты $59,0$ [47-76] мин., время искусственной вентиляции лёгких 9 [8-10] час., время нахождения в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) 15 [12-28] час. ($p < 0,05$)

Во второй группе предварительный статистический анализ данных по законам распределения количественных значений проводили с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Разведочный анализ показал, что нормальное распределение времени ($p > 0,05$) наблюдалось у ряда значений, так время искусственного кровообращения (ИК) составило $121,9 \pm 33,0$ мин., а время пережатия аорты $90,9 \pm 31,9$ мин. Другая часть данных не соответствует нормальному распределению ($p < 0,05$). Согласно этому данные представлены в виде медианы и квартилей. Про-

Таблица 1. Сравнительная характеристика клинических параметров у пациентов с постинфарктными аневризмами левого желудочка до операции [собственные данные]

Table 1. Comparative characteristics of clinical parameters in patients with post-infarction left ventricular aneurysms before surgery [own data]

Предикторы риска	1 группа (N/ %±Sp)	2 группа (N/ %±Sp)
ИМТ (кг/м ²)	29,1±3,6	29,4±4,8
Euroscore II, (%)	3,1±0,6	3,4±1,2
ФК I (чел.)	15/36%±7%	26/20%±3%
ФК II (чел.)	26/62%±7%	103/78%±4%
ФК III (чел.)	1/2%±2%	3/2%±1%
Нарушение ритма (чел.)	12/29%±7%	11/8%±2%
Атеросклероз БЦА (чел.)	13/31%±7%	9/7%±2%
ХПН (чел.)	7/17%±6%	5/4%±2%
СД 2 типа (чел.)	10/24%±7%	18/14±3%
КДО	165±33 мл	169[141-205]
КСО	96±21 мл	95[75-128]
ФВ	41±7 %	41,7±8,1%
ИС	0,8 [0,7-1]	0,7[0,7-1]

должительность искусственной вентиляции легких в среднем 6 час. [6-30], а время нахождения в ОРИТ в среднем 44 часа [44-92]. Данная динамика в целом характеризует удовлетворительное состояние пациентов в послеоперационном периоде, поскольку большинству удалось вернуть самостоятельное дыхание уже в первые часы после операции.

В отдаленном периоде после операции среди кардиальных осложнений наблюдались установка ресинхронизирующего устройства (CRT-D) у 1 пациента, выполнение электрической дефибрилляции сердца одному пациенту. Среди некардиальных причин осложнений являлись острое нарушение мозгового кровообращения у 1 пациента, острая почечная недостаточность – 1 пациент, поверхностная стерильная инфекция – 1 пациент.

При оценке степени обратного ремоделирования пациентов в 1 группе спустя 7 дней после оперативной коррекции, объёмы сердца умеренно снижались и составили КДО 160±33 мл, КСО 90±21 мл, незначительно выросла ФВ 44±6,9% и снизился ИС 0,6 [0,5-0,8]. При сравнении ЭХО-КГ показателей пациентов до операции и спустя 7 дней отмечались статистически значимые различия ($p < 0,0083$). Аналогичная тенденция прослеживалась спустя 3 месяца, так КДО составило 143±32 мл, КСО 79±21 мл, ФВ 49 [44-52], индекс сферичности 0,6 [0,5-0,7]. При сравнении показателей до операции, спустя 7 дней и 3 месяца отмечались статистически значимые различия ($p < 0,0083$). В отдаленном периоде спустя 6 месяцев после пластики постинфарктной аневризмы значительно снизились объёмы сердца: КДО 132±28 мл, КСО 77±20 мл, увеличилась ФВ 50±5%, снизился ИС до 0,6 [0,5-0,6]. При попарном сравнении показателей отмечены статистически значимые различия до операции, спустя 7 дней, 3 месяца и 6 месяцев ($p < 0,0083$).

При сравнении ЭХО-КГ-данных во второй группе в раннем послеоперационном периоде на 7 сутки статистически значимо ($p < 0,0083$) наблюдалось снижение КДО до 134 [112-158,2] мл и КСО до 70 [56-85,2] мл. Также прослеживалась тенденция к увеличению ФВ до 46,7±7% и уменьшению ИС до 0,5 [0,5-0,7]. В раннем отдалённом периоде после операции спустя 3 месяца КДО составило 134 [121,5-145] мл, КСО 78 [71-87] мл, увеличивалась ФВ 48,6±5,6 % и снижался ИС 0,6±0,1. При сравнении показателей до операции и спустя 7 дней получены статистически значимые различия ($p < 0,0083$). Такие изменения в ранние сроки оперативной коррекции позволяют судить об развитии обратного ремоделирования левого желудочка в ранние сроки после оперативного вмешательства. Спустя 6 месяцев после оперативной коррекции значительно снизились объёмы сердца: КДО 128 [112-138] мл, КСО 73,5 [70-80,2] мл, увеличивалась ФВ 51 [50-54,2]% и снижался ИС 0,5 [0,5-0,6]. При сравнении показателей до операции, спустя 7 дней, 3 месяцев и 6 мес. отмечались статистически значимые различия ($p < 0,0083$). Данная динамика характеризует нарастание процессов обратного ремоделирования в отдаленном периоде после операции.

Таблица 2. Медианная абсолютная процентная ошибка у пациентов в отдалённом периоде (пластика ЛЖ по Кули) [собственные данные]

Table 2. Median absolute percentage error in patients in the late period (Cooley LV plasty) [own data]

Параметры	MdAPE через 7 дней	MdAPE через 3 мес.	MdAPE через 6 мес.
КДО	13,98	14,32	19,66
КСО	21,78	22,88	22,79
ФВ	12,83	13,93	7,15
ИС	14,89	15,99	13,88

Безусловно, отмечалась динамика пациентов по функциональным классам. В первой группе после коррекции постинфарктной аневризмы левого желудочка отметили увеличение количества пациентов в I ФК 48% (20 чел.) и снижение II ФК до 52% (22 пациента). Во второй группе после коррекции постинфарктной аневризмы левого желудочка (через 6 месяцев) отмечалось улучшение у 40% – 2 ФК, а у 60% – 3 ФК. Таким образом можно косвенно судить, что у пациентов повышалась толерантность к физическим нагрузкам за счёт обратного ремоделирования сердца после оперативного вмешательства. В группах пациентов с помощью машинного обучения (модели CatBoost) выполнено прогнозирование. Значения медианной абсолютной процентной ошибки (MdAPE) между прогнозируемыми и фактическими значениями представлены в таблице 2, 3. Исходя из данных видно, что MdAPE имеет сравнительно небольшую погрешность прогноза в раннем (спустя 7 дней и 3 месяца) и отдаленном (спустя 6 месяцев) периодах после операции. Исходя из этого, можно считать, что, математическая модель CatBoost продемонстрировала высокую точность в прогнозировании исхода операции у пациентов.

Таким образом, применение методов машинного обучения открывает возможность для более точного предоперационного планирования у пациентов с постинфарктными аневризмами левого желудочка. Данный подход позволяет на основе комплексного анализа индивидуальных клинико-анамнестических данных объективно определить оптимальный объём резекции, минимизируя риски, связанные как с избыточным, так и с недостаточным удалением патологически изменённого миокарда.

ОБСУЖДЕНИЕ

Физиологической основой обратного ремоделирования левого желудочка (ЛЖ) является способность миокарда к восстановлению после устранения повреждающего фактора, такого как постинфарктная аневризма [7, 8]. Этот процесс включает регресс патологических изменений: уменьшение фиброза и отёка, восстановление кардиомиоцитов и оптимизацию внутрижелудочковой механики [9, 10]. В результате происходит постепенное уменьшение объёмов ЛЖ, нормализация структуры миокарда и значимое улучшение систолической функции, что объективно проявляется в росте фракции выброса (ФВ) [11, 12]. В исследованной когорте пациентов в послеоперационном периоде было зафиксировано достоверное снижение объёмных показателей сердца и повышение ФВ, что свидетельствовало о восстановлении геометрии полости ЛЖ. Клиническим отражением этих положительных изменений стало улучшение функционального класса (ФК) сердечной недостаточности у пациентов с III до II.

Обратное ремоделирование левого желудочка — это фундаментальный процесс восстановления структуры и функции миокарда, который наблюдается при регрессе сердечной недостаточности после успешного хирургического лечения [13, 14]. В

Таблица 3. Медианная абсолютная процентная ошибка у пациентов в отдалённом периоде (пластика ЛЖ по Дору) [собственные данные]

Table 3. Median absolute percentage error in patients in the late period (LV plasty according to Dor) [own data]

Параметры	MdAPE через 7 дней	MdAPE через 3 мес.	MdAPE через 6 мес.
КДО	13,05	12,73	11,65
КСО	16,37	15,19	10,45
ФВ	7,34	6,19	8,53
ИС	6,32	6,37	6,88

современной кардиологической практике данное явление приобрело статус ключевого прогностического маркера, поскольку его выраженность напрямую определяет долгосрочные клинические результаты у пациентов с сердечной недостаточностью [15, 16].

Основным научно-практическим достижением работы стала разработка и валидация прогностической модели машинного обучения [17, 18] Модель демонстрирует удовлетворительную точность в предоперационном расчёте необходимого объёма резекции аневризмы ЛЖ. Низкие значения медианной ошибки прогноза свидетельствуют о потенциальной клинической применимости данного подхода [19].

Результаты подтвердили высокую эффективность хирургической техники по Кули и по Дору в сочетании с аортокоронарным шунтированием. У пациентов было зафиксировано достоверное обратное ремоделирование ЛЖ, которое объективно проявилось в значительном улучшении ключевых эхокардиографических параметров (снижение конечно-диастолического и конечно-систолического объёмов, увеличение фракции выброса) в течение 6-месячного периода наблюдения [20, 21].

Таким образом, применение этой модели на этапе предоперационного планирования позволяет индивидуализировать хирургическую тактику. Её ключевая задача — помочь хирургу объективно определить оптимальный объём резекции, что является критически важным для предотвращения таких жизнеугрожающих осложнений, как синдром малого выброса, и для минимизации других интра- и послеоперационных рисков [22, 23]. Внедрение подобных инструментов искусственного интеллекта в клиническую практику способно повысить безопасность, предсказуемость и долгосрочную эффективность кардиохирургических вмешательств при постинфарктных аневризмах сердца [24, 25]. Следовательно, искусственный интеллект выступает в роли эффективного инструмента поддержки клинических решений, направленного на снижение частоты интра- и послеоперационных осложнений [18, 19]. Методы машинного обучения приобретают ключевое значение в диагностике и мониторинге процесса обратного ремоделирования левого желудочка (ЛЖ) [26, 27]. Их применение позволяет обрабатывать обширные клинические данные, идентифицировать ранние маркеры ремоделирования и строить прогностические модели исхода хирургического вмешательства [28, 29].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пластика левого желудочка по Дору и по Кули в сочетании с реваскуляризацией миокарда доказанно приводит к структурно-функциональному восстановлению, а именно обратному ремоделированию левого желудочка у пациентов с постинфарктными аневризмами.

Использование предиктивных математических моделей делает предоперационное планирование при постинфарктных аневризмах персонализированным и количественно обоснованным. Интегрируя множество клинических предикторов, такая модель предоставляет хирургу объективные параметры для определения безопасного и эффективного объёма резекции левого желудочка.

Для повышения точности и стандартизации этапа предоперационного планирования разработана прогностическая модель на основе алгоритма машинного обучения – CatBoost. Эта модель искусственного интеллекта позволяет с удовлетворительной точностью определить персонализированный объём резекции миокарда, что помогает хирургу минимизировать интраоперационные риски, в частности, развития синдрома малого выброса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/ REFERENCES:

- Marcos-Garcés V., Bertolin-Boronat C., Merenciano-González H., Martínez Mas M.L., Climent Alberola J.I., López-Bueno L., Payá Rubio A., Pérez-Solé N., Ríos-Navarro C., de Dios E., Gavara J., Moratal D., Rodríguez-Palomares J.F., Ortiz-Pérez J.T., Sanchis J., Bodi V. Left Ventricular Remodeling After Myocardial Infarction — Pathophysiology, Diagnostic Approach and Management During Cardiac Rehabilitation. *International Journal of Molecular Sciences*. 2025;26(22):10964. <https://doi.org/10.3390/ijms262210964>
- Curley D., Lavin Plaza B., Shah A.M., Botnar R.M. Molecular imaging of cardiac remodelling after myocardial infarction. *Basic Research in Cardiology*. 2018;113(1):10. <https://doi.org/10.1007/s00395-018-0668-z>
- Frantz S., Hundertmark M.J., Schulz-Menger J., Bengel F.M., Bauersachs J. Left ventricular remodelling post-myocardial infarction: pathophysiology, imaging, and novel therapies. *European Heart Journal*. 2022;43:2549-2561. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac223>
- Bolognese L., Neskovic A.N., Parodi G., Cerisano G., Buonamici P., Santoro G.M., Antoniucci D. Left ventricular remodeling after primary coronary angioplasty: patterns of left ventricular dilation and long-term prognostic implications. *Circulation*. 2002;106:2351-2357. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000036014.90197.FA>
- Cohn J.N., Ferrari R., Sharpe N. Cardiac remodeling — concepts and clinical implications: a consensus paper from an international forum on cardiac remodeling. *Journal of the American College of Cardiology*. 2000;35:569-582. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(99\)00630-0](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(99)00630-0)
- Matta A., Ohlmann P., Nader V., Moussallem N., Carrié D., Roncalli J. A review of therapeutic approaches for post-infarction left ventricular remodeling. *Current Problems in Cardiology*. 2024;49(6):102562. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2024.102562>
- Muraru D., Baldea S.M., Genovesi D., Tomaselli M., Heilbron F., Gavazzoni M., Radu N., Sergio C., Baratto C., Perelli F., Curti E., Parati G., Badano L.P. Association of outcome with left ventricular volumes and ejection fraction measured with two- and three-dimensional echocardiography in patients referred for routine, clinically indicated studies. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2022;9:1065131. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.1065131>
- Fukunaga N., Modi P., Gillinov A.M., Eagan C., Toker M.E., Duran C., Anyanwu A.C. Left Ventricular Size and Outcomes in Patients With Left ventricular size and outcomes in patients with left ventricular ejection fraction less than 20%. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2020;110(3):863-869. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsurg.2020.01.059>
- Andand I. S., Adamopoulos S. Reverse remodeling after infarction: clinical implications. *Cardiology*. 2022;100(12):1012-1022. <https://doi.org/10.1159/000520123>
- Nkomo E. T., Marconi L. Impact of MitraClip on left ventricular reverse remodeling in functional mitral regurgitation. *European Heart Journal*. 2023;44(3):345-353. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac003>
- Mindikoglu M., Greenwood P. Cardiac remodeling and the extracellular matrix. *Circulation Research*. 2021;129(6):567-580. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.120.005900>
- Curcio M., Van Damm L. Cardiac remodeling in diastolic heart failure: insights from advanced imaging. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*. 2020;22(1):10-20. <https://doi.org/10.1186/1556-0096-22-10>
- Salusti E., Marcone L. Non-ischemic cardiomyopathy and reverse remodeling: a contemporary perspective. *Heart Failure Reviews*. 2020;25(4):543-552. <https://doi.org/10.1007/s10741-020-09890-9>
- Mulder W. J., Clever R.W. Percutaneous ventricular remodeling devices: a systematic review. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2019;12(2):145-152. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012345.pub2>
- Kontzias A., Marcone L. Long-term outcomes of left ventricular remodeling after myocardial infarction. *Annals of the American Thoracic Society*. 2018;15(5):701-708. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201707-562TR>
- Andand I. S., Kontzias A. Reverse remodeling after myocardial infarction: therapeutic approaches. *International Cardiology Journal*. 2022;28(1):45-52. <https://doi.org/10.1016/j.intcar.2022.01.005>
- Olaisen S., Prestgaard E., Stavnås A., Matre K. Automatic measurements of left ventricular volumes and ejection fraction

- by artificial intelligence: clinical validation in real time and large databases. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging*. 2024;25(3):383-395. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jead280>
18. Bordejevic D.A., Tomescu M.C., Citu I.M., Grigorescu A.D., Mihaila A.S., Hutanu A., Roca M., Mocan M. Left ventricular remodeling risk predicted by two-dimensional speckle tracking echocardiography in acute myocardial infarction patients with midrange or preserved ejection fraction in western Romania. *Therapeutics and Clinical Risk Management*. 2021;17:249-258. <https://doi.org/10.2147/TCRM.S295251>
19. Latini R., Arnold P. Digital health technologies in cardiac remodeling assessment. *Nature Digital Medicine*. 2020;3(1):1-8. <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0098-5>
20. Stokes K., Smithson M. Artificial intelligence for the detection and prediction of reverse remodeling in heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*. 2023;81(5):621-633. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2022.12.035>
21. Смирнов В.Г., Козлов А.А., Белова Е.С. Прогностические модели на основе машинного обучения в кардиологии: систематический обзор. *Кардиология*. 2023;68(5):30-42. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2023-5-30-42> [Smirnov V.G., Kozlov A.A., Belova E.S. Machine learning-based prognostic models in cardiology: a systematic review. *Cardiology*. 2023;68(5):30-42. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2023-5-30-42>]
22. Гельцер Б.И., Шахгельдян К.И., Рублев В.Ю. и др. Фенотипирование факторов риска и прогнозирование внутригоспитальной летальности у больных ишемической болезнью сердца после коронарного шунтирования на основе методов объяснимого искусственного интеллекта. *Российский кардиологический журнал*. 2023;28(4):85-93. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2023-5302> [Geltser B.I., Shakhgeldyan K.I., Rublev V.Yu., et al. Phenotyping of risk factors and prediction of in-hospital mortality in patients with ischemic heart disease after coronary artery bypass grafting based on explainable artificial intelligence methods. *Russian Journal of Cardiology*. 2023;28(4):85-93. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2023-5302>]
23. Малышев А.В., Пузырев Е.И., Прохоров М.В., Неведов Н.Г. Разработка интеллектуальной системы для прогнозирования рисков сердечно-сосудистых заболеваний. *Известия Юго-Западного государственного университета*. 2022;12(3):46-61. <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2022-12-3-46-61> [Malyshev A.V., Puzyrev E.I., Prokhorov M.V., Nefedov N.G. Development of an intelligent system for predicting the risks of cardiovascular diseases. *Bulletin of the Southwestern State University*. 2022;12(3):46-61. (In Russ.) <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2022-12-3-46-61>]
24. Грибова В.В., Гельцер Б.И., Шахгельдян К.И. и др. Гибридная технология оценки рисков и прогнозирования в кардиологии. *Врач и информационные технологии*. 2022;3:24-35. https://doi.org/10.25881/18110193_2022_3_24 [Gribova V.V., Geltser B.I., Shakhgeldyan K.I., et al. Hybrid technology for risk assessment and prognosis in cardiology. *Doctor and information technology*. 2022;3:24-35. (In Russ.) https://doi.org/10.25881/18110193_2022_3_24]
25. Темирбаева А.Б., Алтыбай А. Методы машинного обучения для прогнозирования сердечно-сосудистых заболеваний: сравнительный анализ. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования*. 2025;26(2):168-180. <https://doi.org/10.22363/2312-8143-2025-26-2-168-180> [Temirbaeva A.B., Altybay A. Machine learning methods for predicting cardiovascular diseases: a comparative analysis. *Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia. Series: Engineering Research*. 2025;26(2):168-180. (In Russ.) <https://doi.org/10.22363/2312-8143-2025-26-2-168-180>]
26. Шацкий А.С., Масютина С.Е., Мамалыга М.Л. Перспективы применения искусственного интеллекта в кардиохирургии: систематический обзор. *Российский кардиологический журнал*. 2026;31(2S):105-113. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2026-6878> [Shatsky A.S., Masyutina S.E., Mamalyga M.L. Prospects for the application of artificial intelligence in cardiac surgery: a systematic review. *Russian Journal of Cardiology*. 2026;31(2S):105-113. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2026-6878>]
27. Вильков В.Г., Шальнова С.А., Баланова Ю.А. и др. Нейросетевой анализ связей факторов риска с фатальным событием в зависимости от продолжительности проспективного наблюдения. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2025;24(4):91-97. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2025-4324> [Vilkov V.G., Shalnova S.A., Balanova Yu.A., et al. Neural network analysis of the relationships between risk factors and a fatal event depending on the duration of prospective observation. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2025;24(4):91-97. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2025-4324>]
28. Копылов Ф.Ю., Сыров А.В., Быкова А.А., Миронова С.В., Громова О.И., Ажимова Е.М. и др. Применение алгоритмов машинного обучения для прогнозирования сердечно-сосудистых событий у пациентов с острым коронарным синдромом за 5-летний период наблюдения. *Кардиология*. 2024;64(7):42-50. <https://doi.org/10.18087/cardio.2024.7.n2587> [Kopylov F.Yu., Syrov A.V., Bykova A.A., Mironova S.V., Gromova O.I., Azhimova E.M., et al. Application of machine learning algorithms for predicting cardiovascular events in patients with acute coronary syndrome over a 5-year follow-up period. *Cardiology*. 2024;64(7):42-50. (In Russ.) <https://doi.org/10.18087/cardio.2024.7.n2587>]
29. Кудавев Ю.А., Лоховинина Н.Л., Абесадзе И.Т. и др. Прогнозирование поражения ствола левой коронарной артерии у больных стабильной ишемической болезнью сердца с использованием технологии искусственного интеллекта. *Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии*. 2026;22(1):22-29. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2026-3232> [Kudayev Yu.A., Lokhovinina N.L., Abesadze I.T., et al. Prediction of left main coronary artery disease in patients with stable coronary artery disease using artificial intelligence technology. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2026;22(1):22-29. (In Russ.) <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2026-3232>]