

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

ORIGINAL RESEARCH

Рентгенэндоваскулярная хирургия

Interventional Cardiology

doi: 10.25005/2074-0581-2025-27-2-350-361

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ЭНДОВАСКУЛЯРНОГО ЛЕЧЕНИЯ КАЛЬЦИНОЗА КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ: ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

А.С. ФЕДОРОВ, А.Н. ШИШКЕВИЧ, В.Н. КРАВЧУК, Ш.М. АСАДУЛАЕВ, О.Я. ПОРЕМБСКАЯ, Е.И. УМАНЦЕВ,
У.М. МУРАТБЕКОВА

Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Цель исследования: провести сравнительный анализ интраоперационных результатов эффективности методов эндоваскулярного лечения кальциноза коронарных артерий (ККА).

Материал и методы: за период с 2017 по 2022 гг. обследовано и оперировано 209 пациентов с ККА. Больные были разделены на 2 сопоставимые группы: основную – пациенты, прооперированные сочетанием ротационной атерэктомии (РА) с последующей ангиопластикой и стентированием КА – 71 человек. Контрольная группа включала 138 пациентов, прооперированных стандартной методикой – баллонной ангиопластикой со стентированием, в том числе и тех, чья операция не могла быть успешно завершена без РА – 14 человек. В основной группе для РА использован ротационный бур, при необходимости – гайд-экстензор. Пациентам обеих групп устанавливались стенты с лекарственным (сиролимус) покрытием.

Результаты: в качестве критериев оценки интраоперационных результатов были использованы следующие параметры: длительность операции, время рентгенографии (РГ), успешность (в %), лучевая нагрузка на пациента, расход инструмента (баллоны, проводники). Длительность операции, время РГ и поглощённая доза в основной группе оказались статистически значимо меньше, чем в контрольной ($p=0,0293$; $p=0,0448$ и $p=0,0355$ соответственно). Успешность операции в основной группе составила 100%, в контрольной – 89,9%, что явилось статистически значимым ($p<0,05$). Общее количество израсходованных проводников/баллонов, составило: в основной группе – 107/179 штук на 71 пациента (1,5 и 2,5 штук соответственно на 1 пациента), в контрольной – 302/659 штук на 138 больных (2,2 и 4,8 штук соответственно на 1 пациента). Из данных расчётов видно, что в основной группе было израсходовано почти в 1,5 раза меньше проводников и почти в 2 раза меньше баллонов по сравнению с контрольной группой ($p<0,05$).

Заключение: сравнительная оценка интраоперационных результатов обосновывает эффективность эндоваскулярного лечения ККА с использованием ротационной атерэктомии.

Ключевые слова: кальциноз коронарных артерий, эндоваскулярное лечение, эндоваскулярная реваскуляризация миокарда, баллонная ангиопластика, ротационная (ротационная) атерэктомия, стентирование.

Для цитирования: Федоров АС, Шишкевич АН, Кравчук ВН, Асадулаев ШМ, Порембская ОЯ, Уманцев ЕИ, Муратбекова УМ. Сравнительный анализ методов эндоваскулярного лечения кальциноза коронарных артерий при стентировании: интраоперационные результаты исследования. *Вестник Авиценны*. 2025;27(2):350-61. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2025-27-2-350-361>

COMPARATIVE ANALYSIS OF ENDOVASCULAR TREATMENT METHODS FOR CORONARY ARTERY CALCIFICATION DURING STENTING: INTRAOPERATIVE STUDY RESULTS

A.S. FEDOROV, A.N. SHISHKEVICH, V.N. KRAVCHUK, SH.M. ASADULAEV, O.YA. POREMBSKAYA, E.I. UMANTSEV,
U.M. MURATBEKOVA

North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russian Federation

Objective: To perform a comparative analysis of the intraoperative outcomes of endovascular treatment methods for coronary artery calcification (CAC).

Methods: A total of 209 patients with coronary artery disease (CAD) were examined and underwent surgery between 2017 and 2022. These patients were divided into two comparable groups: the main group, which consisted of 71 patients operated on using a combination of rotational atherectomy (RA) followed by angioplasty and stenting of the coronary artery, and the control group, which included 138 patients who were treated using the standard technique of balloon angioplasty with stenting. This control group also included 14 patients whose surgeries required RA to be completed. In the main group, a rotating abrasive burr was utilized for the RA procedure, and a guide extension catheter was used when necessary. All patients in both groups received the sirolimus-eluting coronary stent.

Results: The following parameters were used to evaluate the intraoperative outcomes: operation time, radiography examination time, surgical success rate (%), radiation exposure to the patient measured by absorbed dose expressed in milligrays (mGy), and equipment consumption (angioplasty balloons, guidewires). The duration of surgery, RG examination time, and absorbed radiation dose in the main group were statistically significantly lower than those in the control group, with p-values of 0.0293, 0.0448, and 0.0355, respectively. The surgical success rate in the main group was 100%, compared to 89.9% in the control group, which was statistically significant ($p<0.05$). The total number of guidewires and balloons used was as

follows: in the main group, 107 guidewires and 179 angioplasty balloons were consumed for 71 patients (averaging 1.5 guidewires and 2.5 balloons per patient), while in the control group, 302 guidewires and 659 balloons were used for 138 patients (averaging 2.2 guidewires and 4.8 balloons per patient). These calculations indicate that the main group utilized almost 1.5 times fewer guidewires and nearly twice as few angioplasty balloons as the control group ($p < 0.05$).

Conclusion: Comparative evaluation of intraoperative results substantiates the effectiveness of endovascular treatment of CAC using rotational atherectomy.

Keywords: Coronary artery calcification, endovascular treatment, myocardial revascularization, balloon angioplasty, rotational atherectomy, stenting.

For citation: Fedorov AS, Shishkevich AN, Kravchuk VN, Asadulaev ShM, Porembskaya OYa, Umantsev EI, Muratbekova UM. Sravnitel'nyy analiz metodov endovaskulyarnogo lecheniya kal'tsinoza koronarnykh arteriy pri stentirovanii: intraoperatsionnye rezul'taty issledovaniya [Comparative analysis of endovascular treatment methods for coronary artery calcification during stenting: Intraoperative study results]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2025;27(2):350-61. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2025-27-2-350-361>

ВВЕДЕНИЕ

Распространённость сердечно-сосудистых заболеваний в мире сохраняет пальму первенства на протяжении последних десятилетий, что обуславливает неугасаемый интерес специалистов к уточнению методов лечения. Одним из наиболее распространённых нарушений, влияющих на деятельность сердца, является образование кальцинатов в коронарных артериях (КА), которые являются следствием возрастной дегенерации всех систем организма и требуют пристального медицинского внимания.

Многие специалисты отмечают важность учёта анатомических особенностей КА при выборе метода интервенционного лечения кальциноза [1, 2]. Благодаря условно сегментарному делению КА на участки, учёту типа коронарного кровообращения, особенностям уровня расположения устьев артерий и т.д., локализация в них кальцинатов становится более понятной. Тем не менее, это влияет на трудности реализации ряда методов хирургического вмешательства при патологическом изменении коронарного русла, многоочаговом атеросклеротическом поражении КА, а иногда и к невозможности использования инвазивных методов [3]. В последнем случае важную роль отводят медикаментозной терапии атеросклеротического процесса. Однако, как отмечают некоторые исследователи, показатель кальцификации коронарных артерий (ККА) не указывает на общий риск атеросклеротических изменений в КА [4].

Отнесение процесса ККА не только к факторам риска возникновения заболеваний сердца, но и как к факторам, обуславливающим проявление последующих осложнений, даёт основание многочисленным исследованиям эффективности методов лечения ККА. Большинство кардиохирургов отмечает, что механизмы кальцификации являются сложно регулируемые, и при определённых факторах вероятность развития вторичного ККА возрастает, что приводит к риску рестеноза у пациентов с сердечной недостаточностью [5].

Важным является подбор адекватного метода эндоваскулярного лечения кальциноза и применение стентов с определённым лекарственным покрытием. В частности, имеются исследования сопоставимости аортокоронарного шунтирования (АКШ) и этапной эндоваскулярной реваскуляризации миокарда, учитывающие лекарственное покрытие стентов при остром коронарном синдроме (ОКС) и ишемической болезни сердца (ИБС), которые указывают на отсутствие статистически достоверных отличий при достижении результата. При этом авторы отмечают, что пациент зачастую сам выбирает метод реваскуляризации, что влияет на тактику хирургической интервенции [6]. Последнее десятилетие накопило опыт клинических исследований эффективности использования стентов с лекарственным покрытием сиролимус при

INTRODUCTION

The prevalence of cardiovascular diseases worldwide has remained the highest over the past decades, which underscores the persistent interest of specialists in refining treatment methods. One of the most common disorders affecting heart function is the formation of calcifications in the coronary arteries (CA), a consequence of age-related degeneration of various bodily systems that require close medical attention.

Many experts emphasize the importance of considering the anatomical features of the coronary artery when selecting a method of interventional treatment for calcification [1, 2]. Due to the conditionally segmental division of the CA, which includes sections based on the type of coronary circulation, the level of arterial orifices, and other factors, the localization of calcifications becomes clearer. Nevertheless, the same factors affect the implementation of several surgical intervention methods in cases of pathological changes in the coronary bed, multifocal atherosclerotic lesions of the coronary artery, and, in some cases, the impossibility of invasive procedures [3]. In such instances, drug therapy for atherosclerosis plays an important role. However, as some researchers point out, the coronary artery calcification (CAC) score does not accurately reflect the overall risk of atherosclerotic changes in the coronary artery [4].

Classifying the CAC not only as a risk factor for heart disease but also as a catalyst for subsequent complications provides a foundation for numerous studies on the effectiveness of CAC treatment methods. Most cardiac surgeons observe that the mechanisms of calcification are challenging to regulate, and under certain conditions, the likelihood of developing secondary CAC increases, which also contributes to the risk of restenosis in patients with heart failure [5].

Therefore, selecting an appropriate method for endovascular calcification treatment and utilizing stents with specific drug coatings is crucial. Research has specifically investigated the comparability of coronary artery bypass grafting (CABG) and staged endovascular myocardial revascularization. The research examines the benefits of drug-eluting stents in acute coronary syndrome and coronary artery disease (CAD). The studies indicate no statistically significant differences in the effectiveness of these treatments. At the same time, the authors note that patients often opt for the revascularization method, which influences the surgical intervention strategy [6]. The past decade has accumulated experience from clinical studies assessing the safety and efficacy of the sirolimus-eluting stents in endovascular myocardial revascularization, leading to recommendations for using third-generation stents in clinical practice [7].

эндоваскулярной реваскуляризации миокарда. Благодаря этому стенты III поколения рекомендованы для использования в практике [7].

Распространение чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) для лечения поражений КА выявило ряд препятствий к применению данного метода. А именно, ККА, вследствие сложности точной внутрисосудистой диагностики, осложняет процесс использования ЧКВ при реваскуляризации миокарда и затрудняет имплантацию стентов. Кроме того, механическая дилатация коронарных кальцификатов сопряжена с повреждением уже поражённых сосудов, утративших свою эластичность и характеризующихся неоднородностью структуры. Поэтому подбор метода устранения кальцинированных сужений венечных артерий является актуальной проблемой и широко обсуждается [8].

Статистика возникновения осложнений при коронароангиографии варьирует от 0,8 до 1,8%, тогда как при коронарных интервенциях она возрастает до 9% [9]. Эти же данные подтверждаются анализом ятрогенных повреждений сосудов (осложнений, индуцированных врачебными манипуляциями в процессе применения инвазивных методов диагностики) [10]. Соответственно, учёт многочисленных факторов развития процесса кальцификации сосудов у пациента позволяет скорректировать методику интервенционного лечения, снижающую появление осложнений в отдалённом периоде.

Отдельные рандомизированные исследования свидетельствуют о разной степени успешности использования методов коронарной баллонной ангиопластики и ротационной атерэктомии (РА) при лечении кальцинированных поражений коронарных сосудов. Интраоперационный период характеризуется 1,2% летальности. Наличие ближайшего положительного результата диагностируется у 90% пациентов. При этом рестенозы развиваются у 40% прооперированных. Повторное экстренное хирургическое вмешательство требуется лишь в 6% случаев. Согласно приведённым данным, 95% заболеваний сердца связаны с атеросклеротическими изменениями КА [11].

РА становится необходимой при лечении сложных кальцинированных поражений коронарного русла. По некоторым данным, РА является методом первой линии, который позволяет устанавливать баллоны или стенты через тяжёлые кальцинированные повреждения. Однако её использование не уменьшает частоту поздней потери просвета целевой артерии через 9 месяцев. Среди отдалённых результатов использования РА оценивают ангиографический успех процедуры, частоту рестеноза, тромбоз стента, а также различные неблагоприятные сердечные события (кардиальная смерть, повторная реваскуляризация и др.) [12]. Например, в Японии РА получила уникальное развитие, благодаря более широкому использованию внутрисосудистых методов визуализации, таких как внутрисосудистое ультразвуковое исследование (IVUS) или оптическая когерентная томография (ОСТ), позволяющих определить толщину кальцификации. Модифицирование методов РА позволило японским специалистам получить доказательства в отношении их эффективности [13].

Эволюция стратегии применения РА в лечении ККА с акцентом на модификацию очага поражения для облегчения баллонной ангиопластики и стентирования привела к значительным достижениям в области безопасности процедур, включая возможность использования оборудования меньшего калибра и радиального доступа. Оптимальная методика и повышенная безопасность позволили провести исследование эффективности РА при различных типах поражения и пересмотреть процедурные требования, включая состав промывочного раствора и трансвенозную элек-

The increasing use of percutaneous coronary intervention (PCI) for treating coronary lesions has brought several challenges in its application to light. One major issue is the complexity of accurate intravascular diagnostics, which complicates the use of PCI for myocardial revascularization and hinders stent placement. Additionally, mechanically dilating calcified coronary arteries can damage already compromised vessels that have lost elasticity and exhibit structural variability. As a result, selecting an effective method for addressing calcified stenosis in the coronary arteries has become an essential topic of discussion [8].

Complications occurring during coronary angiography range from 0.8% to 1.8%. In contrast, during coronary interventions, this figure rises to 9% [9]. These data are further supported by analyses of vascular damage caused by medical procedures during invasive diagnostic methods [10]. Considering various factors in CAC allows for adjustments in interventional treatment methods, ultimately reducing the long-term risk of complications.

Individual randomized studies show varying degrees of success with coronary balloon angioplasty and rotational atherectomy (RA) for treating CAC. The intraoperative period has a mortality rate of 1.2%. Immediate positive outcomes are reported in 90% of patients; however, restenosis occurs in 40% of those treated. Only 6% of cases require repeated emergency surgery. According to the available data, 95% of heart diseases are associated with atherosclerotic changes in the CA [11].

RA has become essential for treating complex CAC. Some data indicate that RA is a first-line method that enables the successful placement of balloons or stents through severe CAC. However, its use does not decrease the incidence of late lumen loss in the target artery after nine months. Among the long-term outcomes of RA, several factors are assessed, including procedural and angiographic success, the incidence of restenosis, stent thrombosis, and various adverse cardiac events, such as cardiac death and the need for repeated revascularization [12]. In Japan, the development of risk assessment (RA) has progressed uniquely, mainly due to the increased use of intravascular imaging techniques like intravascular ultrasound (IVUS) and optical coherence tomography (OCT). These imaging techniques enable effective visualization and quantification of coronary calcification characteristics. Improvements to RA methods have allowed Japanese specialists to gather evidence supporting the effectiveness of the methods [13].

The implementation of RA strategies for treating CAC has significantly improved procedural safety by focusing on preparing calcified CA lesions to facilitate balloon angioplasty and stent placement. These advancements have allowed for radial access using smaller caliber equipment. Enhanced techniques and improved safety measures have enabled the exploration of RA effectiveness across various lesion types and a reassessment of procedural requirements, such as the composition of flush solutions and the use of transvenous temporary pacing [14].

The extensive experience gained from various endovascular treatment methods for CAD allows for generalizations and the formulation of analytical conclusions about their effectiveness [15-18]. These findings will help advance the identification of effective methods for interventional cardiovascular surgery.

PURPOSE OF THE STUDY

To conduct a comparative analysis of intraoperative outcomes for endovascular treatments of CAC.

трокардиостимуляцию [14].

Накопленный опыт использования разных методов эндоваскулярного лечения ККА позволяет его обобщить и сформулировать аналитические выводы об их эффективности [15-18]. Это позволит продвинуться на пути поиска адекватных методик интраваскулярной сердечно-сосудистой хирургии.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести сравнительный анализ интраоперационных результатов эффективности методов эндоваскулярного лечения кальциноза коронарных артерий.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Аналитическим материалом послужили интраоперационные результаты эндоваскулярного лечения пациентов с ККА. Собран и обобщён опыт использования стандартной методики стентирования (баллонная ангиопластика + стентирование) и РА в сочетании с коронарным стентированием.

За период с 2017 по 2022 гг. проведено более 200 операций с использованием данных методов. Для определения эффективности метода оперативного вмешательства для устранения ККА были сформированы две сопоставимые группы пациентов с выраженным ККА: основная – пациенты, прооперированные сочетанием РА с последующей ангиопластикой и стентированием КА – 71 человек; контрольная – пациенты, прооперированные стандартной методикой – баллонной ангиопластикой со стентированием – 138 человек, в том числе те, чья операция не могла быть успешно завершена без РА – 14 человек.

Благодаря ведению учёта всех прооперированных пациентов отобраны те, которые по результатам коронарной ангиографии имели умеренную или тяжёлую степени ККА.

Следует отметить, что методов внутрисосудистой визуализации в клинике на момент проведения данного исследования не было, что является ограничением настоящего исследования.

Принципиальным отличием оперативного вмешательства у пациентов основной группы являлось использование ротационного бура, при необходимости – применение гайд экстензора. В контрольной группе все операции, за исключением 14 человек, в отношении которых использование ротора было необходимо, выполнены согласно технологии коронарной ангиопластики с последующим стентированием.

Пациентам обеих групп устанавливались стенты с лекарственным покрытием (сиrolimus), что выравнивало выборки по критерию однотипности, а также служило сдерживающим фактором развития воспалительной реакции на стент и предотвращало рестеноз. Режущие баллоны соответствующего диаметра использовались как этап преддилатации после обычного комплаинсного баллона.

В исследовании использовался комплекс методов: эмпирических (систематизация, структурирование, анализ эмпирических данных) и статистических. Для вторичной обработки интраоперационных результатов применялись критерии проверки статистической значимости различий:

- r -значение или p -value (для определения истинности при сопоставимости результатов);
- U -критерий Манна-Уитни (для определения различий между антропометрическими и клиническими характеристиками пациентов основной и контрольной групп);
- φ -критерий (F -критерий) углового преобразования Фи-

METHODS

The analytical material consisted of the intraoperative results from endovascular treatments for CAD patients. We gathered and summarized our experience using the standard stenting technique, which involves balloon angioplasty followed by stenting, and the RA technique combined with coronary stenting.

Between 2017 and 2022, more than 200 interventions were performed using these methods. To evaluate the effectiveness of these surgical interventions for addressing CAD, we formed two comparable groups of patients with severe CAD: the main group, which included 71 patients who were treated with a combination of RA followed by angioplasty and stenting of the CA, and the control group, which consisted of 138 patients who underwent the standard technique of balloon angioplasty with stenting. Notably, 14 patients in the control group required RA to complete their operations successfully.

All operated patients were recorded, and those with moderate to severe CAD, as determined by coronary angiography, were selected for the study.

It is important to note that no intravascular imaging methods were available at the clinic during this study, which is a limitation.

A key distinction in the surgical intervention for patients in the main group was using a rotating burr and a guiding extension catheter when necessary. In the control group, all operations followed the standard technique except for the 14 patients who required RA.

Patients in both groups received drug-eluting stents (sirolimus), which helped to standardize the samples and acted as a restraining factor against inflammatory reactions to the stent, thereby preventing restenosis. Cutting balloons of the appropriate diameter were used during the predilation stage following the conventional compliance balloon angioplasty.

The study employed various methods, including empirical techniques (systematization, structuring, and analysis of empirical data) and statistical analysis. For the secondary processing of intraoperative results, the following criteria were used to assess the statistical significance of differences:

- p -value for determining the significance of differences between groups.
- Mann-Whitney U-test to identify differences between patients' anthropometric and clinical characteristics in the main and control groups.
- Fisher's angular transformation (φ -criterion) for comparing percentages between groups.
- Pearson's linear correlation coefficient to quantify the strength and direction of the linear relationship between two continuous variables in the samples.

The choice of statistical criteria was based on the limitations of their application and the conditions related to the samples involved.

RESULTS AND DISCUSSION

The main and control groups were homogeneous regarding the percentage of affected coronary arteries, the segment involved (proximal, middle, and distal), and their relation to lateral branches and the arterial orifices.

As potential covariates, we compared baseline patient characteristics and clinical and intraoperative outcomes. These covari-

шера (для сопоставления процентных долей между выборками);

- коэффициент линейной корреляции Пирсона (для выявления характера и тесноты связи между измеряемыми показателями в выборках).

Выбор критерия сопоставления обуславливался ограничениями к его применению и условиями к связанным выборкам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основная и контрольная группы в процентном соотношении были сопоставимы и по поражённым КА, и по локализации поражения в том или ином сегменте (проксимальный, средний и дистальный), и по отношению к боковым ветвям, и по отношению к устью.

Сравнивались исходные характеристики пациента, клинические и интраоперационные результаты в качестве потенциальных ковариаций. Ковариации включали возраст, пол, индекс массы тела (ИМТ), курение, диабет, предшествующее АКШ.

Распределение пациентов основной и контрольной групп по антропометрическим показателям представлено в табл. 1.

Основными характеристиками пациентов обеих групп являлось наличие избыточной массы тела и развитие возрастных дегенеративных процессов, провоцирующих кальцификацию сосудов. Отсутствие статистически значимых отличий между антропометрическими данными пациентов обеих групп (табл. 1) свидетельствует о возможности использования параметров оценки ряда других влияющих факторов между данными связанными выборками.

Процентное соотношение пациентов по половой принадлежности представлено графически на рис. 1. Расчёт критерия Фишера подтверждает, что статистически значимых различий между группами нет. В обеих выборках мужчин примерно на 10% было больше, чем женщин.

Сравниваемые выборки также статистически значимо не отличались по наличию у пациентов сахарного диабета (СД), АКШ в анамнезе, табакокурения (табл. 2).

Более трети пациентов в каждой группе страдали СД. Пере-

ates included age, gender, body mass index (BMI), smoking status, diabetes, and prior CABG history.

The key characteristics of patients in both groups included excess body weight and age-related structural changes in aging vessels, leading to vascular calcification. The lack of statistically significant differences in the anthropometric data between the two groups (as shown in Table 1) suggests that these parameters can be used to assess various influencing factors in these related samples.

Fig. 1 illustrates the percentage of patients by gender. Calculating the Fisher criterion confirms no statistically significant differences between the groups. In both samples, there were approximately 10% more men than women.

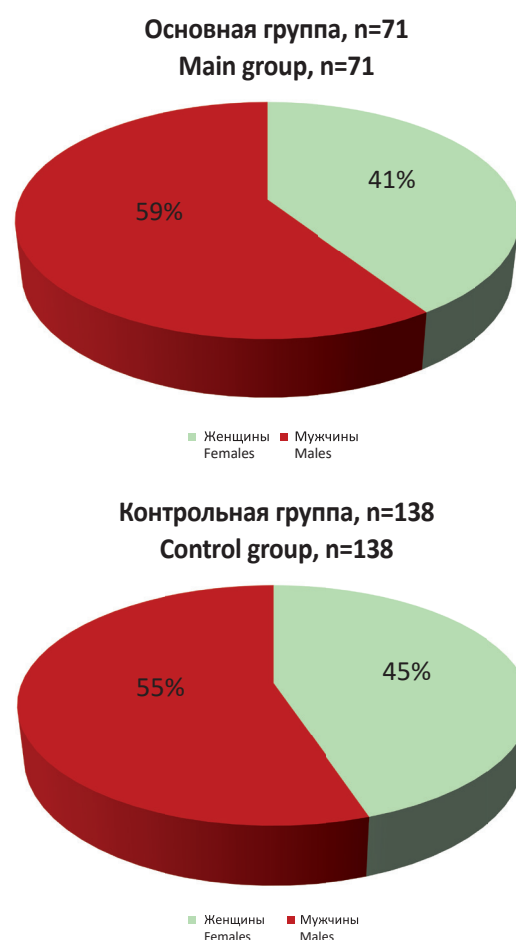


Рис. 1 Распределение пациентов в группах по половой принадлежности; различия – статистически незначимы ($p>0,05$)

Fig. 1 Distribution of patients in groups categorized by gender; no significant differences in gender rates in both groups ($p>0.05$)

Таблица 1 Распределение пациентов по антропометрическим показателям, Ме [Q1; Q3]

Показатель Parameter	Основная группа Main group n=71	Контрольная группа Control group n=138	p
Рост, м Height, m	1.70 [1.63; 1.79]	1.72 [1.65; 1.80]	=0.6124
Вес, кг Weight, kg	84.4 [69.3; 96.4]	86.1 [70.0; 94.3]	=0.5966
ИМТ, кг/м ² BMI, kg/m ²	29.1 [26.0; 30.0]	29.1 [25.7; 29.0]	=0.6009
Возраст, лет Age, years	72 [60; 83]	70 [60; 83]	=0.6813

Примечание: p – статистическая значимость различий между группами по U-критерию Манна-Уитни

Note: p – statistical significance of differences between groups according to the Mann-Whitney U-test

Table 1 Distribution of patients categorized by anthropometric parameters, Me [Q1; Q3]

Таблица 2 Характеристика пациентов по сопутствующим патологиям и факторам риска, n (%)

Патология/факторы риска Comorbidity/risk factor	Основная группа Main group n=71	Контрольная группа Control group n=138	p
СД DM	26 (36.6%)	49 (35.5%)	>0.05
АКШ в анамнезе History of CABG	20 (28.2%)	38 (27.5%)	>0.05
Курение Smoking	38 (53.5%)	62 (44.9%)	>0.05

Примечание: p – статистическая значимость различий между группами по критерию Фишера
Note: p – statistical significance of differences between groups according to Fisher's criterion

несённое АКШ почти у 30% в каждой группе пациентов свидетельствует о наличии хронической сердечной недостаточности. Почти половина пациентов сравниваемых групп являлись курильщиками. Все эти факторы в совокупности уравнивали риски развития осложнений в интраоперационном периоде.

Кальцевый индекс (КИ), рассчитанный по методу Агатсона, свидетельствовал о высоком уровне ККА (табл. 3).

Не было выявлено статистически значимых различий в степени ККА у пациентов обеих групп. Соответственно, все пациенты, входившие в выборки исследования, имели показания к стентированию и характеризовались диагностированным выраженным ККА.

Анализ данных коронарографии у пациентов обеих групп (табл. 4) показал отсутствие статистически значимых различий между ними. У большинства больных в каждой группе имел место правый тип кровоснабжения. Стеноз диагностирован более, чем в 80% случаев в каждой группе пациентов.

Аналогичным способом сопоставлялись клиничко-анамнестические данные и риски оперативного вмешательства пациентов обеих групп. Расчётные значения F-критерия Фишера не превышали $\varphi^*_{теор}=2,31$, т.е. располагались в зоне незначимости (рис. 2).

Таким образом, исходно проведённый сравнительный анализ по группам показал отсутствие между ними статистически значимых различий, что позволило использовать полученные далее после вмешательства показатели, как надёжные и достаточные для сопоставления, а выборки – считать однородными.

В качестве рабочих гипотез были выдвинуты следующие предположения:

- вероятность успешного исхода эндоваскулярной реваскуляризации миокарда с ангиопластикой и РА выше, чем при стандартной баллонной ангиопластике со стентом

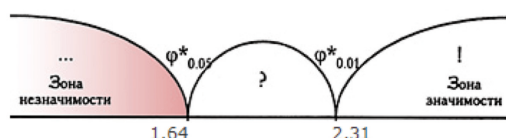


Таблица 3 Оценка степени ККА, $M \pm SD$

Степень кальциноза Degree of calcification	Основная группа Main group n=71	Контрольная группа Control group n=138
КИ (по методу Агатсона) CAC score (Agatston method), units	325.0±60.3	330.0±56.7

Table 2 Distribution of patients categorized by comorbidities and risk factors, n (%)

The compared samples did not show any statistically significant differences in the presence of diabetes mellitus (DM), a history of CABG, or smoking among patients (Table 2).

More than a third of patients in both groups had DM. Additionally, nearly 30% of patients in each group underwent CABG, suggesting the presence of chronic heart failure. Almost half of the patients in the groups were smokers. Together, these factors equalized the risks of complications during the intraoperative period.

There were no statistically significant differences in the degree of CAC scores between the patients in both groups. Consequently, all patients included in the study were diagnosed with severe CAC and had indications for stenting.

An analysis of the coronary angiography data for both groups (see Table 4) revealed no statistically significant differences. Most patients in each group had right-dominant coronary circulation, and stenosis was diagnosed in over 80% of cases in both groups.

The clinical and anamnestic data and surgical intervention risks were compared between the two patient groups. The calculated values of Fisher's φ -criterion did not exceed the theoretical value of $\varphi^*=2.31$, indicating that the results were insignificant (Fig. 2).

The initial comparative analysis among groups revealed no statistically significant differences, allowing us to consider the post-intervention indicators reliable and adequate for comparison. Therefore, the samples were deemed homogeneous.

The following working hypotheses were proposed:

Рис. 2 Графическое определение отсутствия различий в основных показателях пациентов обеих групп

Fig. 2 Axis of significance of differences in both groups

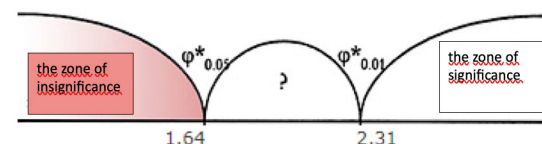


Table 3 CAC scores for both groups, $M \pm SD$

Таблица 4 Данные коронароангиографии, n (%)

Показатель Parameter	Основная группа Main group n=71	Контрольная группа Control group n=138	p
Тип кровоснабжения: Coronary dominance:			
Правый Right	51 (71.8%)	94 (68.1%)	>0.05
Левый Left	7 (9.9%)	13 (9.4%)	>0.05
Сбалансированный Co-dominant	13 (18.3%)	31 (22.5%)	>0.05
Стеноз Stenosis	59 (83.1%)	116 (84.1%)	>0.05

Примечание: p – статистическая значимость различий между группами по критерию Фишера

Note: p – statistical significance of differences between groups according to Fisher's criterion

тировании;

- сочетание баллонной ангиопластики и РА с последующим стентированием значительно сокращает лучевую нагрузку на пациента по сравнению со стандартной баллонной ангиопластикой со стентированием;
- объём расходных материалов и инструментов при эндоваскулярном лечении ККА с использованием РА меньше, чем без неё.

Для проверки гипотез были выделены параметры сравнения результатов пациентов, которым было выполнено стентирование с использованием разных методов эндоваскулярного лечения ККА:

- длительность операции;
- время рентгенографии (РГ);
- успешность в %;
- лучевая нагрузка на пациента;
- расход инструмента (баллоны, проводники);

В табл. 5 приведены результаты сравнения основных интраоперационных показателей пациентов.

Вследствие того, что в контрольной группе РА не применялась, факторы, существенно влияющие на её результат, такие как КИ, площадь просвета КА, размер бура, смещение проводника, игнорировались.

В ходе вмешательств зарегистрирован ряд осложнений. В основной группе их было 5: один – отрыв бура, три случая отрыва rotowire, пятый случай – выход бура из просвета артерии – экстраанатомическая его миграция с развитием перфорации КА и гемоперикарда. По этим пяти случаям: оторвавшийся бур был извлечён с последующим стентированием КА; три дистальных

Table 4 Coronary angiography data categorized by coronary arterial dominance and CA stenosis, n (%)

- The probability of a successful outcome for endovascular myocardial revascularization using angioplasty and RA is higher than that of standard balloon angioplasty with stenting.
- The combination of balloon angioplasty and RA followed by stenting significantly reduces the radiation dose to the patient compared to standard balloon angioplasty with stenting.
- The volume of consumables and instruments used in endovascular treatment of CAD with RA is less than that used without it.

To test these hypotheses, we identified the following parameters for comparing the results of patients who underwent stenting using different methods of endovascular treatment for CAC:

- Operation time
- Radiography (RG) examination time
- Surgical success rate (%)
- Radiation exposure to the patient, measured by absorbed dose
- Equipment consumption (angioplasty balloons, guide-wires).

Table 5 presents the results comparing the main intraoperative parameters of the patients.

Since RA was not utilized in the control group, important factors significantly affecting its outcomes, such as CAC score, the cross-sectional lumen area of CA, burr size, and displacement of the guidewire, were overlooked.

During the interventions, several complications were recorded. In the main group, there were five cases: one involved

Таблица 5 Основные интраоперационные показатели, M±SD

Показатель Parameter	Основная группа Main group n=71	Контрольная группа Control group n=138	p
Время операции, мин Operation time, min	89.0±30.7	105.0±48,0	=0.0293
Время РГ, мин RG time, min	28.3±9.7	39.0±15.3	=0.0448
Поглощённая доза, мГр Absorbed dose, mGy	3617.0±1865.6	4272.0±1941.0	=0.0355

Примечание: p – статистическая значимость различий между группами по u-критерию манна-уитни

Note: p – statistical significance of differences between groups according to the mann-whitney u-test

Table 5 Main intraoperative parameters, M±SD

фрагмента rotowire не были извлечены: они были «прикрыты» в одном случае стентом, а в двух случаях rotowire остался в дистальном участке КА без компрометации её просвета; в пятом случае перфорации КА буром потребовалась имплантация стентграфта для устранения этого дефекта.

В контрольной группе зафиксировано 29 случаев осложнений, 14 из которых были по причине невозможности завершить операцию без РА. 15 других случаев это: 8 – недораскрытие стентов, 4 – перфорация КА с развитием гемоперикарда, 3 – миграция стента при попытке его имплантации.

Анализ соотношения частоты интраоперационных осложнений в группах, показал, что полученное эмпирическое значение φ^* находилось в зоне значимости и было равно 2,848 (что выше табличного значения 2,31 для заданных степеней свободы). Следовательно, можно утверждать, что применение РА для устранения ККА снижает вероятность интраоперационных осложнений.

Сравнение первого показателя (табл. 5) показывает различие в длительности операции. У пациентов основной группы время операции варьировало от 30 до 155 минут. При этом весь протокол плановой операции был выполнен в полном объеме за исключением интраоперационных осложнений, имевших место в 7% случаев. Время операции у пациентов контрольной группы колебалось в пределах от 35 до 250 минут, что увеличивало количество возникших осложнений до 21%. Соответственно, можно утверждать, что использование РА снижает вероятность интраоперационных осложнений при эндоваскулярном лечении ККА и стентировании в три раза.

Время РГ для эффективной эндоваскулярной визуализации при проведении операции с РА у пациентов основной группы оказалось статистически ниже, чем у пациентов, оперированных по стандартной методике ($p=0,0448$). Соответственно, чем было меньше время РГ, то и объем поглощённой дозы, также имел статистически значимые различия ($p=0,0355$).

Проведённый корреляционный анализ показал наличие прямой зависимости между рядом показателей (табл. 6).

Обнаружена прямая зависимость между длительностью операции и временем РГ ($r=0,7458$ и $r=0,8583$; $p<0,05$), что говорит о том, что при увеличении длительности операции время РГ будет также увеличиваться, как и лучевая нагрузка ($r=0,4813$ и $r=0,5397$; $p<0,05$). Положительная корреляция между временными показателями операции и расходными материалами ($r=0,4787$ и $r=0,5937$; $p<0,05$) определяет целесообразность использования РА для более оперативного устранения повышенной ККА и проведения стентирования с меньшими инструментальными затратами.

В табл. 7 приведено процентное соотношение успешности оперативного вмешательства и частоты использования гайд экстензора у пациентов анализируемых групп.

Статистически значимой можно считать вероятность успеха операции с использованием РА, тогда как необходимость использования гайд экстензора попадает в зону неопределённости и не может однозначно интерпретироваться как обязательный фактор, присущий для того или иного метода эндоваскулярного лечения ККА.

Общее количество израсходованных проводников/баллонов, составило: в основной группе – 107/179 шт. на 71 пациента (1,5 и 2,5 штук соответственно на 1 пациента), в контрольной – 302/659 шт. на 138 больных (2,2 и 4,8 штук соответственно на 1 пациента). Из данных расчётов видно, что в основной группе было израсходовано почти в 1,5 раза меньше проводников и почти в 2 раза меньше баллонов по сравнению с контрольной группой

burr detachment, three cases pertained to guidewire detachment, and the fifth case involved burr advancement outside the vessel leading to CA perforation and hemopericardium. In these five cases, the detached burr was removed, followed by stenting of the CA. Three distal fragments of the guidewire were not extracted; in one case, they were covered by a stent, while in the other two cases, the guidewire remained in the distal segment of the CA without compromising the lumen. In the case of CA perforation caused by the burr, stent grafting was necessary to address this defect.

In the control group, 29 complications were recorded, 14 of which were attributed to the inability to complete the procedure without RA. The remaining 15 cases included 8 cases of stent underexpansion, 4 cases of CA perforation resulting in hemopericardium, and three cases of stent migration during attempts at stent insertion.

Analysis of the frequency of intraoperative complications between the groups showed a calculated value of φ^* equal to 2.848, which exceeds the tabular value of 2.31 for the given degrees of freedom. Therefore, it can be concluded that using RA to treat CAC reduces the likelihood of intraoperative complications.

A comparison of the operation duration (see Table 5) highlights a notable difference. In the main group, operation times ranged from 30 to 155 minutes, with the entire planned procedure completed except for intraoperative complications, which occurred in 7% of cases. In the control group, operation times varied from 35 to 250 minutes, leading to a complication rate of 21%. Thus, it can be concluded that using RA reduces the likelihood of intraoperative complications in endovascular treatment of CAC and stenting by three times.

Furthermore, the RG time for effective endovascular visualization during RA in the main group was statistically lower than in those operated on using standard techniques ($p=0,0448$). Consequently, the shorter RG time corresponded to a significantly reduced absorbed dose ($p=0,0355$).

The correlation analysis indicated a direct relationship among several parameters (see Table 6).

A direct relationship was established between operation and RG times ($r=0,7458$ and $r=0,8583$; $p<0,05$). This finding indicates that as the duration of the operation increases, the time required for RG also increases, which increases the radiation exposure ($r=0,4813$ and $r=0,5397$; $p<0,05$). Additionally, there is a positive correlation between the operation time and the use of consumables ($r=0,4787$ and $r=0,5937$; $p<0,05$). This finding suggests that RA are practical in timely managing severe CAC and stenting while facilitating cost-effective equipment use.

Table 7 presents the percentage ratio of the success rates of surgical interventions alongside the frequency of extension guidewires use in the groups.

The probability of successful surgery using RA is statistically significant. However, the necessity of using extension guidewires remains uncertain. It cannot be definitively interpreted as a mandatory component of a particular endovascular treatment method for CAC.

In terms of the equipment used, the total numbers of guidewires and angioplasty balloons were as follows: In the main group, 107 guidewires and 179 angioplasty balloons were utilized for 71 patients, averaging 1.5 guidewires and 2.5 angioplasty balloons per patient. In the control group, 302 guidewires and 659 angioplasty balloons were used for 138 patients, resulting in an average of 2.2 guidewires and 4.8 angioplasty balloons per pa-

Таблица 6 Матрицы корреляций Пирсона по группам

Table 6 Pearson correlation matrices between the groups

Основная группа/Main group, n=71					
	Время операции Operation time	Время РГ RG time	Поглощённая доза Absorbed dose	Количество проводников Guidewires	Количество баллонов Angioplasty balloons
Время операции Operation time	1	0.7458	0.4813	0.4787	0.3526
Время РГ RG time		1	0.5325	0.3894	0.1734
Поглощённая доза Absorbed dose			1	0.4326	0,1621
Количество проводников Guidewires				1	0.2558
Количество баллонов Angioplasty balloons					1
Контрольная группа/Control group, n=138					
	Время операции Operation time	Время РГ RG time	Поглощённая доза Absorbed dose	Количество проводников Guidewires	Количество баллонов Angioplasty balloons
Время операции Operation time	1	0.8583	0.5397	0.5937	0.5230
Время РГ RG time		1	0.6088	0.5867	0.5475
Поглощённая доза Absorbed dose			1	0.4378	0.3126
Количество проводников Guidewires				1	0.7265
Количество баллонов Angioplasty balloons					1

Таблица 7 Сравнение показателей успешности операции и использования гайд экстензора у пациентов основной и контрольной групп, n (%)

Table 7 Comparison of the surgery success rates and the use of extension guidewires in patients of the main and control groups, n (%)

Показатель Parameter	Основная группа Main group n=71	Контрольная группа Control group n=138	p
Использование гайд экстензора Extension guidewires usage	5 (7%)	23 (16.7%)	<0.05
Успешность операции Surgery success rates	71 (100%)	125 (89.9%)	<0.05

Примечание: p – статистическая значимость различий между группами по критерию Фишера
Note: p – statistical significance of differences between groups according to Fisher's criterion

($p < 0.05$). Это определяет экономическую целесообразность применения данного метода.

Следует привести ряд работ, которые коррелируют по специфике решения поставленных задач. Например, результаты рандомизированного исследования клинических исходов процедур стандартной РА, проводимой на протяжении трёх десятилетий в Европе, в сравнении с модифицированными баллонами (более 200 пациентов: 98% против 81%; $p = 0.0001$) [19], соотносятся с полученными данными нашего исследования.

Полученные данные сравнения также коррелируют с приведённым ретроспективным анализом реестра 966 пациентов, перенёсших РА. Отмечено, что РА оказалась эффективной процедурой с низким уровнем внутрибольничных осложнений и продемонстрировала хорошие непосредственные и среднесрочные результаты [20].

These figures show that the main group utilized nearly 1.5 times fewer guidewires and almost twice as many angioplasty balloons as the control group ($p < 0.05$), demonstrating the cost-effectiveness of this method.

Several studies should be referenced that align with the objectives of this analysis. For instance, a randomized study conducted over three decades in Europe compared the clinical outcomes of standard RA procedures with those utilizing modified angioplasty balloons. This study involved over 200 patients and reported success rates of 98% for the modified balloons versus 81% for the standard procedures ($p = 0.0001$) [19]. These findings correlate with the results of our study.

Furthermore, a retrospective registry analysis involving 966 patients who underwent RA showed that the procedure yielded effective results with a low rate of in-hospital compli-

И в контрольной, и в основной группах клиническое улучшение было достигнуто, однако отдалённые результаты планируется опубликовать в следующих статьях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, сравнительный анализ показывает большую эффективность метода РА при эндоваскулярном лечении пациентов с ККА. Выдвинутые гипотезы нашли своё подтверждение, а именно:

- при стентировании в сочетании с ангиопластикой и РА вероятность успешного исхода выше, а лучевая нагрузка ниже, чем при стандартной баллонной ангиопластикой со стентированием;
- при использовании РА расход материалов и инструментов уменьшается, что определяет положительную экономическую составляющую данного инвазивного метода.

cations, indicating favorable immediate and medium-term outcomes [20].

The control and main groups showed clinical improvements, but future articles will discuss long-term results.

CONCLUSION

The comparative analysis demonstrates that the RA method is more effective in the endovascular treatment of patients with CAC. The following findings confirmed the hypotheses proposed:

- Combining stenting with angioplasty and RA increases the likelihood of a successful outcome while reducing radiation exposure compared to standard balloon angioplasty with stenting.
- The use of RA decreases the consumption of materials and instruments, highlighting this invasive method's cost-effectiveness.

ЛИТЕРАТУРА

1. Copeland-Halperin RS, Baber U, Aquino M, Rajamanickam A, Roy S, Hasan C, et al. Prevalence, correlates, and impact of coronary calcification on adverse events following PCI with newer-generation DES: Findings from a large multiethnic registry. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2017;91(5):859-66. <https://doi.org/10.1002/ccd.27204>
2. Azour L, Steinberger S, Toussie D, Titano R, Kukar N, Babb J, et al. Influence of coronary dominance on coronary artery calcification burden. *Clin Imaging*. 2021;77:283-86. <https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2021.06.008>
3. Мальцева АН, Копьева КВ, Мочула АВ, Гуля МО, Дымбрылова ОН, Гракова ЕВ, и др. Ассоциация нарушений миокардиального кровотока и резерва с факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний у пациентов с неструктурным атеросклеротическим поражением коронарных артерий. *Российский кардиологический журнал*. 2023;28(2):5158. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2023-5158>
4. Filippopoulos FM, Schoeberl F, Becker HC, Becker-Bense S, Eren O, Straube A, et al. Coronary artery calcification score in migraine patients. *Sci Rep*. 2019;9(1):14069. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50660-9>
5. Барбараш ОЛ, Кашталп ВВ, Шибанова ИА, Коков АН. Фундаментальные и прикладные аспекты кальцификации коронарных артерий. *Российский кардиологический журнал*. 2020;25(3S):4005. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-4005>
6. Бочаров АВ, Попов ЛВ. Результаты с использованием стентов третьего поколения с лекарственным покрытием и биodeградируемым полимером у больных с острым коронарным синдромом и многососудистым поражением. *Клиническая практика*. 2019;10(1):10-5. <https://doi.org/10.17816/clinpract10110-15>
7. Neumann F-J, Sousa-Uva M, Ahlsson A, Alfonso F, Banning AP, Benedetto U, et al. ESC/EACTS Guidelines on Myocardial Revascularization. *European Heart Journal*. 2019;40(2):87-165. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy394>
8. Нишонов АБ, Тарасов РС, Иванов СВ, Барбараш ЛС. Результаты коронарного шунтирования и чрескожного вмешательства при остром коронарном синдроме без подъёма сегмента ST высокого риска. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2023;12(1):151-9. <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2023-12-1-151-159>
9. Сергиенко АА, Мкртчян АА, Шатов ДВ. Осложнения сосудистого доступа при выполнении эндоваскулярных вмешательств. *Таврический медицинский вестник*. 2018;21(4):117-9.
10. Шумилина МВ, Заднепровская ВВ, Сушкова АВ. Ятрогенные повреждения сосудов. *Клиническая физиология кровообращения*. 2020;17(2):130-41. <https://doi.org/10.24022/1814-6910-2020-17-2-130-41>

REFERENCES

1. Copeland-Halperin RS, Baber U, Aquino M, Rajamanickam A, Roy S, Hasan C, et al. Prevalence, correlates, and impact of coronary calcification on adverse events following PCI with newer-generation DES: Findings from a large multiethnic registry. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2017;91(5):859-66. <https://doi.org/10.1002/ccd.27204>
2. Azour L, Steinberger S, Toussie D, Titano R, Kukar N, Babb J, et al. Influence of coronary dominance on coronary artery calcification burden. *Clin Imaging*. 2021;77:283-86. <https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2021.06.008>
3. Maltseva AN, Kopieva KV, Mochula AV, Gulya MO, Dymbrylova ON, Grakova EV, i dr. Assotsiatsiya narusheniy miokardial'nogo krovotoka i rezerva s faktorami riska serdechno-sosudistyykh zabolevaniy u patsientov s neobstruktivnym ateroskleroticheskim porazheniem koronarnyykh arteriy [Association of myocardial blood flow and reserve disorders with risk factors for cardiovascular diseases in patients with non-obstructive atherosclerotic coronary artery disease]. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2023;28(2):5158. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2023-5158>
4. Filippopoulos FM, Schoeberl F, Becker HC, Becker-Bense S, Eren O, Straube A, et al. Coronary artery calcification score in migraine patients. *Sci Rep*. 2019;9(1):14069. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50660-9>
5. Barbarash OL, Kashtalap VV, Shibanova IA, Kokov AN. Fundamental'nye i prikladnye aspekty kal'tsifikatsii koronarnyykh arteriy [Fundamental and applied aspects of coronary artery calcification]. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2020;25(3S):4005. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-4005>
6. Bocharov AV, Popov LV. Rezul'taty s ispol'zovaniem stentov tret'ego pokoleniya s lekarstvennym pokrytiem i biodegradiруемым полимером u bol'nykh s ostrym koronarnym sindromom i mnogososudistym porazheniem [Results using third-generation drug-coated and biodegradable polymer stents in patients with acute coronary syndrome and multivessel lesion]. *Klinicheskaya praktika*. 2019;10(1):10-5. <https://doi.org/10.17816/clinpract10110-15>
7. Neumann F-J, Sousa-Uva M, Ahlsson A, Alfonso F, Banning AP, Benedetto U, et al. ESC/EACTS Guidelines on Myocardial Revascularization. *European Heart Journal*. 2019;40(2):87-165. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy394>
8. Nishonov AB, Tarasov RS, Ivanov SV, Barbarash LS. Rezul'taty koronarnogo shuntirovaniya i chreskozhnogo vmeshatel'stva pri ostrom koronarnom sindrome bez pod'yoma segmenta ST vysokogo riska [Results of coronary bypass surgery and percutaneous intervention in acute coronary syndrome without high-risk ST segment elevation]. *Kompleksnye problemy serdechno-sosudistyykh zabolevaniy*. 2023;12(1):151-9. <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2023-12-1-151-159>
9. Sergienko AA, Mkrtyan AA, Shatov DV. Oslozhneniya sosedistogo dostupa pri vypolnenii endovaskulyarnyykh vmeshatel'stv [Complications of vascular access during endovascular interventions]. *Tavricheskiy mediko-biologicheskiy vestnik*. 2018;21(4):117-9.
10. Shumilina MV, Zadneprovskaya VV, Sushkova AV. Yatrogennye povrezhdeniya sosudov [iatrogenic vascular injuries.]. *Klinicheskaya fiziologiya krovoobrashcheniya*. 2020;17(2):130-41. <https://doi.org/10.24022/1814-6910-2020-17-2-130-41>

11. Кузнецов ВА, Пустовойтов АВ, Мызников АВ, Каптюк ГИ, Ерахтин ПЕ, Певнев АА, и др. Клинический случай реваскуляризации миокарда у пациента с окклюзией инфраренального отдела аорты. *Сибирское медицинское обозрение*. 2024;2:97-101. <https://doi.org/10.20333/25000136-2024-2-97-101>
12. González-García A, Jiménez-Valero S, Galeote G, Moreno R, López de Sá E, Jurado-Román A. "RotaTripsy": Combination of rotational atherectomy and intravascular lithotripsy in heavily calcified coronary lesions: A case series. *Cardiovasc Revasc Med*. 2022;35:179-84. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2021.04.011>
13. Sakakura K, Ito Y, Shibata Y, Okamura A, Kashima Y, Nakamura S, et al. Clinical expert consensus document on rotational atherectomy from the Japanese Association of Cardiovascular Intervention and Therapeutics. *Cardiovasc Interv Ther*. 2021;36(1):19. <https://doi.org/10.1007/s12928-020-00749-0>
14. Sharma SK, Tomey MI, Teirstein PS, Kini AS, Reitman AB, Lee AC, et al. North American Expert Review of Rotational Atherectomy. *Circ Cardiovasc Interv*. 2019;12(5):e007448. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.118.007448>
15. Rheude T, Fitzgerald S, Allali A, Mashayekhi K, Gori T, Cuculi F, et al. Rotational atherectomy or balloon-based techniques to prepare severely calcified coronary lesions. *JACC Cardiovasc Interv*. 2022;15(18):1864-74. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2022.07.034>
16. Krishnamoorthy P, Kini AS, Sharma SK. Rotational atherectomy: Coming in clutch at desperate times? *Cardiovasc Revasc Med*. 2021;22:42-3. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2020.10.009>
17. Hao W, Wang X, Fan J, Zeng Y, Ai H, Nie S, et al. Association between apnea-hypopnea index and coronary artery calcification: A systematic review and meta-analysis. *Ann Med*. 2021;53(1):302-17. <https://doi.org/10.1080/07853890.2021.1875137>
18. Okamoto N, Ueda H, Bhatheja S, Vengrenyuk Y. Procedural and one-year outcomes of patients treated with orbital and rotational atherectomy with mechanistic insights from optical coherence tomography. *EuroIntervention*. 2019;14(17):1760-7. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-17-01060>
19. Bouisset F, Barbato E, Reczuch K, Dobrzycki S, Meyer-Gessner M, Bressollette E, et al. Clinical outcomes of PCI with rotational atherectomy: The European multicentre Euro4C registry. *EuroIntervention*. 2020;16(4):e305-e312. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-19-01129>
20. Whiteside HL, Nagabandi A, Kapoor D. Stentablation with rotational atherectomy for the management of underexpanded and undilatable coronary stents. *Cardiovasc Revasc Med*. 2019;20(12):1203-8. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2019.02.025>
21. Kuznetsov VA, Pustovoytov AV, Myznikov AV, Kaptyuk GI, Erakhtin PE, Pevnev AA, i dr. Klinicheskiy sluchay revaskulyarizatsii miokarda u patsienta s okklyuziey infrarenalnogo otdela aorty [A clinical case of myocardial revascularization in a patient with an infrarenal aortic occlusion]. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie*. 2024;2:97-101. <https://doi.org/10.20333/25000136-2024-2-97-101>
22. González-García A, Jiménez-Valero S, Galeote G, Moreno R, López de Sá E, Jurado-Román A. "RotaTripsy": Combination of rotational atherectomy and intravascular lithotripsy in heavily calcified coronary lesions: A case series. *Cardiovasc Revasc Med*. 2022;35:179-84. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2021.04.011>
23. Sakakura K, Ito Y, Shibata Y, Okamura A, Kashima Y, Nakamura S, et al. Clinical expert consensus document on rotational atherectomy from the Japanese Association of Cardiovascular Intervention and Therapeutics. *Cardiovasc Interv Ther*. 2021;36(1):19. <https://doi.org/10.1007/s12928-020-00749-0>
24. Sharma SK, Tomey MI, Teirstein PS, Kini AS, Reitman AB, Lee AC, et al. North American Expert Review of Rotational Atherectomy. *Circ Cardiovasc Interv*. 2019;12(5):e007448. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.118.007448>
25. Rheude T, Fitzgerald S, Allali A, Mashayekhi K, Gori T, Cuculi F, et al. Rotational atherectomy or balloon-based techniques to prepare severely calcified coronary lesions. *JACC Cardiovasc Interv*. 2022;15(18):1864-74. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2022.07.034>
26. Krishnamoorthy P, Kini AS, Sharma SK. Rotational atherectomy: Coming in clutch at desperate times? *Cardiovasc Revasc Med*. 2021;22:42-3. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2020.10.009>
27. Hao W, Wang X, Fan J, Zeng Y, Ai H, Nie S, et al. Association between apnea-hypopnea index and coronary artery calcification: A systematic review and meta-analysis. *Ann Med*. 2021;53(1):302-17. <https://doi.org/10.1080/07853890.2021.1875137>
28. Okamoto N, Ueda H, Bhatheja S, Vengrenyuk Y. Procedural and one-year outcomes of patients treated with orbital and rotational atherectomy with mechanistic insights from optical coherence tomography. *EuroIntervention*. 2019;14(17):1760-7. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-17-01060>
29. Bouisset F, Barbato E, Reczuch K, Dobrzycki S, Meyer-Gessner M, Bressollette E, et al. Clinical outcomes of PCI with rotational atherectomy: The European multicentre Euro4C registry. *EuroIntervention*. 2020;16(4):e305-e312. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-19-01129>
30. Whiteside HL, Nagabandi A, Kapoor D. Stentablation with rotational atherectomy for the management of underexpanded and undilatable coronary stents. *Cardiovasc Revasc Med*. 2019;20(12):1203-8. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2019.02.025>

❶ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Федоров Артём Сергеевич, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению в рентгеноперационном кабинете в составе отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения клиники Петра Великого, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова

ORCID ID: 0000-0001-8608-3238

E-mail: Artem.Fedorov@szgmu.ru

Шишкевич Андрей Николаевич, доктор медицинских наук, доцент кафедры сердечно-сосудистой хирургии, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова

ORCID ID: 0000-0003-4605-6678

E-mail: shishkevich50@mail.ru

Кравчук Вячеслав Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой сердечно-сосудистой хирургии, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова

ORCID ID: 0000-0002-6337-104X

E-mail: kravchuk9@yandex.ru

Асадулаев Шамиль Магомедович, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению в рентгеноперационном кабинете в составе отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения клиники Петра Великого, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова

ORCID ID: 0000-0002-1915-1250

E-mail: shamil.asadulaev@szgmu.ru

❶ AUTHORS' INFORMATION

Fedorov Artyom Sergeevich, Doctor for X-ray Endovascular Diagnostics and Treatment in the cathlab, as part of the Department of X-ray Surgical Methods of Diagnosis and Treatment of the Peter the Great Clinic, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov

ORCID ID: 0000-0001-8608-3238

E-mail: Artem.Fedorov@szgmu.ru

Shishkevich Andrey Nikolaevich, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Cardiovascular Surgery, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov

ORCID ID: 0000-0003-4605-6678

E-mail: shishkevich50@mail.ru

Kravchuk Vyacheslav Nikolaevich, Doctor of Medical Sciences, Full Professor, Head of the Department of Cardiovascular Surgery, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov

ORCID ID: 0000-0002-6337-104X

E-mail: kravchuk9@yandex.ru

Asadulaev Shamil Magomedovich, Doctor for X-ray Endovascular Diagnostics and Treatment in the cathlab, as part of the Department of X-ray Surgical Methods of Diagnosis and Treatment of the Peter the Great Clinic, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov

ORCID ID: 0000-0002-1915-1250

E-mail: shamil.asadulaev@szgmu.ru

Порембская Ольга Ярославна, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры сердечно-сосудистой хирургии, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова
ORCID ID: 0000-0003-3537-7409
E-mail: porembskaya@yandex.ru

Уманцев Евгений Игоревич, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению в рентгеноперационном кабинете в составе отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения клиники Петра Великого, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова
ORCID ID: 0009-0005-4499-7257
E-mail: Dr.umancev@mail.ru

Муратбекова Умут Муратбековна, аспирант кафедры сердечно-сосудистой хирургии, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова
ORCID ID: 0009-0009-9854-9838
E-mail: umutmurat.kg@gmail.com

Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов

Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования авторы не получали

Конфликт интересов: отсутствует

✉ АДРЕС ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

Федоров Артём Сергеевич

врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению в рентгеноперационном кабинете в составе отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения клиники Петра Великого, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова

191015, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, 41
Тел.: +7 (911) 1938659
E-mail: Artem.Fedorov@szgmu.ru

ВКЛАД АВТОРОВ

Разработка концепции и дизайна исследования: ФАС, ШАН, КВН, АШМ, ПОЯ
Сбор материала: УЕИ, МУМ
Статистическая обработка данных: УЕИ, МУМ
Анализ полученных данных: ФАС, ШАН, КВН, АШМ, ПОЯ
Подготовка текста: УЕИ, МУМ
Редактирование: ФАС, ШАН, КВН, АШМ, ПОЯ
Общая ответственность: ФАС

Поступила 04.07.24
Принята в печать 29.05.25

Porembskaya Olga Yaroslavovna, Candidate of Medical Sciences, Assistant of the Department of Cardiovascular Surgery, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov
ORCID ID: 0000-0003-3537-7409
E-mail: porembskaya@yandex.ru

Umantsev Evgeniy Igorevich, Doctor for X-ray Endovascular Diagnostics and Treatment in the cathlab, as part of the Department of X-ray Surgical Methods of Diagnosis and Treatment of the Peter the Great Clinic, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov

ORCID ID: 0009-0005-4499-7257
E-mail: Dr.umancev@mail.ru

Muratbekova Umut Muratbekovna, Postgraduate Student of the Department of Cardiovascular Surgery, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov
ORCID ID: 0009-0009-9854-9838
E-mail: umutmurat.kg@gmail.com

Information about support in the form of grants, equipment, medications

The authors did not receive financial support from manufacturers of medicines and medical equipment

Conflicts of interest: The authors have no conflicts of interest

✉ ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

Fedorov Artyom Sergeevich

Doctor for X-ray Endovascular Diagnostics and Treatment in the cathlab, as part of the Department of X-ray Surgical Methods of Diagnosis and Treatment of the Peter the Great Clinic, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov

191015, Russian Federation, St. Petersburg, Kirochnaya str., 41
Tel.: +7 (911) 1938659
E-mail: Artem.Fedorov@szgmu.ru

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conception and design: FAS, ShAN, KVN, ASHM, POYa
Data collection: UEI, MUM
Statistical analysis: UEI, MUM
Analysis and interpretation: FAS, ShAN, KVN, ASHM, POYa
Writing the article: UEI, MUM
Critical revision of the article: FAS, ShAN, KVN, ASHM, POYa
Overall responsibility: FAS

Submitted 04.07.24
Accepted 29.05.25