

doi: 10.25005/2074-0581-2024-26-3-387-398

## СТРАТИФИКАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ПРОФИЛАКТИКЕ РАЗВИТИЯ ФЕНОМЕНА НЕВОССТАНОВЛЕННОГО КОРОНАРНОГО КРОВОТОКА ПРИ ЭНДОВАСКУЛЯРНОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ИНФАРКТОМ МИОКАРДА С ПОДЪЕМОМ СЕГМЕНТА ST

Е.Ю. БЕССОНОВ<sup>1</sup>, А.Н. ШИШКЕВИЧ<sup>2,3</sup>, С.С. МИХАЙЛОВ<sup>2,3</sup>, В.Н. КРАВЧУК<sup>2,3</sup>, Г.Г. ХУБУЛАВА<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Отделение рентгенхирургических методов диагностики и лечения, Александровская больница, Санкт-Петербург, Российская Федерация

<sup>2</sup> 1 кафедра хирургии усовершенствования врачей, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

<sup>3</sup> Кафедра сердечно-сосудистой хирургии, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Цель:** разработать и апробировать алгоритм предотвращения феномена невосстановленного коронарного кровотока (ФНКК) при эндоваскулярном лечении пациентов с инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST (ИМпST).

**Материал и методы:** выполнено проспективное рандомизированное исследование, включающее в себя 100 пациентов с диагнозом ИМпST, перенёвших стентирование коронарных артерий. В первую группу включено 50 пациентов, прооперированных с применением алгоритма профилактики ФНКК, во вторую группу включено 50 пациентов, перенёвших рутинную транслюминальную баллонную ангиопластику и стентирование коронарных артерий. Группа риска развития ФНКК определялась с использованием прогностической модели, предложенной J.W. Wang и соавторами.

**Результаты:** обе группы были сравнимы по анамнестическим, клинико-биохимическим и инструментальным данным. При почти равном количестве пациентов группы высокого риска развития ФНКК в обеих группах (36% в первой, 40% во второй), данное осложнение статистически значимо реже развивалось при использовании предложенного алгоритма лечения (14% против 36%,  $p=0,01$ ), при этом увеличение класса острой сердечной недостаточности статистически значимо чаще встречалось во второй группе (2% против 16%,  $p=0,03$ ).

**Заключение:** использование предложенного алгоритма предотвращения ФНКК повышает эффективность лечения пациентов с ИМпST.

**Ключевые слова:** инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST, реваскуляризация миокарда, чрескожное коронарное вмешательство, феномен невосстановленного коронарного кровотока.

**Для цитирования:** Бессонов ЕЮ, Шишкевич АН, Михайлов СС, Кравчук ВН, Хубулава ГГ. Стратификационный подход к профилактике развития феномена невосстановленного коронарного кровотока при эндоваскулярном лечении пациентов с инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST. *Вестник Авиценны*. 2024;26(3):387-98. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2024-26-3-387-398>

## STRATIFIED APPROACH TO PREVENTION OF NO-REFLOW PHENOMENON DURING ENDOVASCULAR TREATMENT OF PATIENTS WITH ST-ELEVATION MYOCARDIAL INFARCTION

E.YU. BESSONOV<sup>1</sup>, A.N. SHISHKEVICH<sup>2,3</sup>, S.S. MIKHAYLOV<sup>2,3</sup>, V.N. KRAVCHUK<sup>2,3</sup>, G.G. KHUBULAVA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Endovascular Methods of Diagnosis and Treatment, Alexander Hospital, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> 1<sup>st</sup> Department of Advanced Training Surgery, Military Medical Academy named after C.M. Kirov, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>3</sup> Department of Cardiovascular Surgery, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russian Federation

**Objective:** To develop and test an algorithm for no-reflow phenomenon (NRP) prevention during endovascular treatment of patients with ST-elevation myocardial infarction (STEMI).

**Methods:** A prospective single-center randomized study included 100 patients diagnosed with STEMI who underwent coronary artery stenting. Group 1 included 50 patients who were operated using an algorithm for the NRP prevention, while Group 2 included 50 patients who underwent routine transluminal balloon angioplasty and stenting of the coronary arteries. The NRP risk was assessed using the predictive model by Wang JW et al.

**Results:** Both groups were comparable in terms of anamnestic and clinical data, biochemical and instrumental examination results. High NRP risk was determined in 36% of Group 1 patients and 40% of Group 2 patients. NRP developed significantly less often in Group 1 patients compared to Group 2 (14% vs. 36%,  $p=0.01$ ). Worsening of Killip class of acute heart failure was found significantly less common in Group 1 patients compared to Group 2 (2% versus 16%,  $p=0.03$ ).

**Conclusion:** The proposed algorithm for NRP prevention increased the effectiveness of treatment for STEMI.

**Keywords:** ST-elevation myocardial infarction, myocardial revascularization, percutaneous coronary intervention, no-reflow phenomenon.

**For citation:** Bessonov EYu, Shishkevich AN, Mikhaylov SS, Kravchuk VN, Khubulava GG. Stratifikatsionnyy podkhod k profilaktike razvitiya fenomena nevosstanovlennogo koronarnogo krovotoka pri endovaskulyarnom lechenii patsientov s infarktom miokarda s pod'yomom segmenta ST [Stratified approach to prevention of no-reflow phenomenon during endovascular treatment of patients with ST-elevation myocardial infarction]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2024;26(3):387-98. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2024-26-3-387-398>

## ВВЕДЕНИЕ

Феномен невосстановленного коронарного кровотока или феномен no-reflow – это постреперфузионное осложнение, характеризующееся отсутствием восстановления венечного кровотока на эпикардальном, субэпикардальном и/или микрососудистом уровне в условиях исключения диссекции стенки артерии или тромбоза [1]. Отсутствие восстановления кровотока и повреждение миокарда, связанное с гибелью живых во время ишемии кардиомиоцитов, вызванное реперфузией после чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) со стентированием инфаркт-зависимой артерии (ИЗА), может увеличить зону инфаркта на 50% и частично объясняет, почему, несмотря на оптимальные стратегии реперфузии миокарда, уровень смертности достигает 10%, а заболеваемость хронической сердечной недостаточностью после ИМпСТ составляет почти 25%, сопровождаясь неблагоприятным послеоперационным и долгосрочным клиническим прогнозом [2]. На текущий момент доказанной эффективностью в рамках профилактики ФНKK обладают только введение блокаторов IIb/IIIa рецепторов тромбоцитов [3] и, в ряде случаев, мануальная аспирационная тромбэктомия. Однако, оба метода потенциально влекут за собой опасность для пациента, а в рекомендациях Европейского общества кардиологов по ведению пациентов с ИМпСТ от 2017 г. касательно реперфузионного повреждения в целом и ФНKK, в частности, не выделено чётких групп риска, в которых их резонно применять. Также важным фактором является то, что, зачастую, ФНKK верифицируется на основании отсутствия разрешения сегмента ST через 60-90 минут после реперфузии, т.е. уже после окончания оперативного вмешательства, во время которого нужно было предотвратить его развитие, при этом не навредив пациенту [2].

Несмотря на многочисленные ранее выполненные исследования с применением различных методов предотвращения ФНKK, вопрос его профилактики остаётся открытым [4]. Данные исследований, посвящённых этой проблеме, весьма противоречивы, что, вероятно, также обусловлено неоднородностью выборок для этих исследований и отсутствием возможности выполнить их на группе высокого риска развития феномена no-reflow [5].

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработать и апробировать алгоритм предотвращения ФНKK при эндоваскулярном лечении пациентов с ИМпСТ.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Данная работа представляет собой проспективное одноцентровое рандомизированное клиническое исследование, проведённое на пациентах, проходивших лечение с основным диагнозом ИМпСТ в первой клинике (хирургии усовершенствования врачей) им. П.А. Куприянова Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, подходящих под критерии включения в исследование и исключения из него. Рандомизация проводилась следующим образом: после поступления пациента вскрывался один из 100 заранее заготовленных конвертов, содержащих лист бумаги с указанием к какой группе отнести исследуемого. У пациентов в первой группе после выполнения диагностического этапа ЧКВ рассчитывался риск развития ФНKK и, если он был высоким, им проводили рентгенхирургическое лечение с использованием алгоритма, представленного на рис. 1.

Во вторую группу вошли пациенты, которым выполнялись ангиопластика и стентирование ИЗА без применения предложен-

## INTRODUCTION

NRP is a post-reperfusion complication characterized by the lack of restoration of coronary blood flow at the epicardial, sub-epicardial, and/or microvascular level without arterial wall dissection or thrombosis [1]. Failure to restore blood flow and myocardial damage associated with the death of cardiomyocytes during ischemia caused by reperfusion after percutaneous coronary intervention (PCI) with stenting of the infarct-related artery (IRA) can increase the infarct area by 50% and partly explains why, despite optimal strategies for myocardial reperfusion, the mortality rate reaches 10%, and the incidence of chronic heart failure after STEMI is almost 25%, with an unfavorable postoperative and long-term clinical prognosis [2]. Currently, only the administration of platelet GP IIb/IIIa inhibitors [3] and, in some cases, manual thrombus aspiration has proven effectiveness in NRP prevention. However, both methods potentially entail danger for the patient, and the 2017 recommendations of the European Society of Cardiology for managing patients with STEMI regarding reperfusion injury in general and NRP, in particular, do not identify well-defined risk groups in which they may be reasonably used. Another critical factor is that NRP is often verified based on the lack of ST resolution at 60-90 minutes after reperfusion, i.e., after the end of the surgical intervention, during which it was necessary to prevent NRP development without any harm to the patient [2].

Despite numerous previous studies using various methods of NRP prevention, it remains an unresolved issue [4]. Relevant data are contradictory, which is probably due to the heterogeneity of samples for these studies and the inability to perform them in the NRP high-risk group [5].

## PURPOSE OF THE STUDY

To develop and test an algorithm for NRP prevention during endovascular treatment of patients presenting with STEMI.

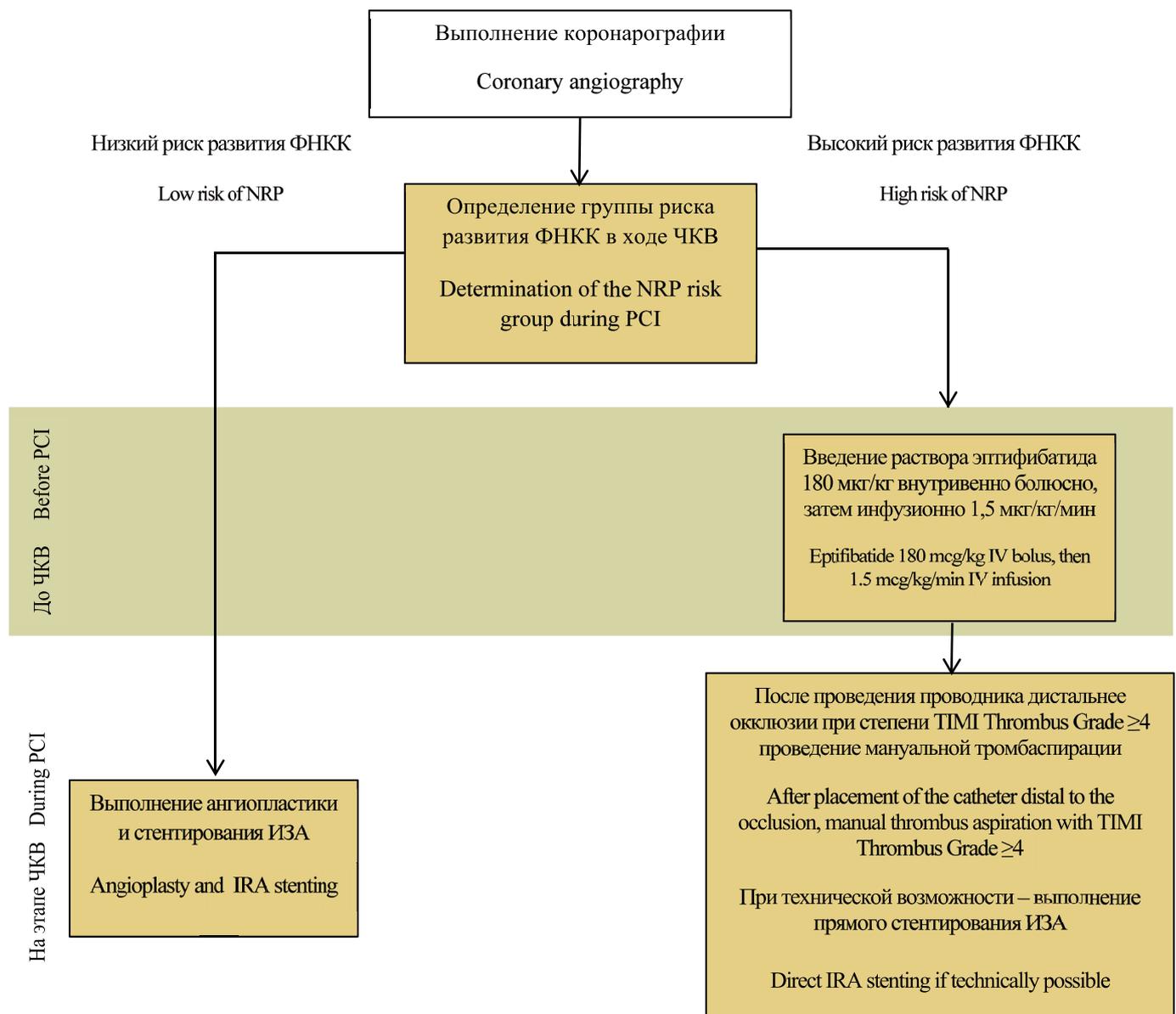
## METHODS

The study was a prospective single-center randomized clinical trial conducted in patients undergoing treatment with the primary diagnosis of STEMI in the P.A. Kupriyanov 1st Continuing Medical Education Surgery Clinic of the S.M. Kirov Military Medical Academy, meeting the inclusion and exclusion criteria. After admission the patients were randomly divided into two groups: Group 1 and 2 (group number was indicated on the card from the closed envelope randomly selected for each patient). Fig. 1 presents an algorithm that was applied to Group 1 patients after the PCI diagnostic stage with NRP risk assessment. If NRP risk was found high, the patients underwent treatment according to the algorithm below.

Group 2 included patients who underwent angioplasty and IRA stenting without application of the proposed algorithm. The primary endpoint assessed in the prospective part of the study was the NRP development during the perioperative period. Patients' data included a collection of complaints, medical and life history, physical examination, clinical and biochemical blood tests, electrocardiography (ECG), postoperative echocardiography, and coronary angiography.

Inclusion criteria: the patient's primary diagnosis "acute coronary syndrome with ST-segment elevation", primary PCI, and successful IRA stenting.

## Поступление пациента в рентгеноперационную Patient entering the cathlab



ного алгоритма. Основной конечной точкой, оцениваемой в проспективной части исследования, являлся факт развившегося ФНKK в периоперационный период. Обследование пациентов включало в себя: сбор жалоб, анамнеза болезни и жизни, объективный осмотр, клинический и биохимический анализы крови, электрокардиографию (ЭКГ), эхокардиографию после операции и коронарографию.

Критерии включения: первичный диагноз пациента «острый коронарный синдром с подъёмом сегмента ST», выполнялось первичное ЧКВ; успешное стентирование ИЗА.

Критерии исключения:

- наличие противопоказаний к введению IIb/IIIa блокаторов;
- поступление пациента без сознания, отсутствие значимого подъёма ST при поступлении;
- время «боль-баллон» более 12 часов;
- острая сердечная недостаточность по Killip IV степени до ЧКВ;

Exclusion criteria:

- Contraindications to the administration of GP IIb/IIIa inhibitors.
- Unconsciousness of the patient upon admission, no significant ST elevation on admission.
- "Pain-balloon" time more than 12 hours.
- Killip class IV of acute heart failure before PCI.
- Left bundle branch block on ECG before surgery.
- Presence of an installed pacemaker.
- Thrombolytic therapy at the prehospital stage.
- Impossibility to collect anamnesis for any reason.

The NRP risk group was determined using a predictive model developed by Wang JW et al [6]:

- age  $\geq 55$  years = 5 points;
- pain-balloon time  $\geq 4$  hours = 2 points;
- plasma glucose concentration  $\geq 12.0$  mmol/l = 4 points;

- наличие ЭКГ признаков блокады левой ножки пучка Гиса до операции;
- наличие установленного кардиостимулятора;
- тромболитическая терапия на догоспитальном этапе;
- невозможность адекватного сбора анамнеза по какому-либо причинам.

Группа риска развития ФННК определялась с использованием прогностической модели, разработанной Wang JW et al [6]:

- возраст  $\geq 55$  лет = 5 баллов;
- время «боль-баллон»  $\geq 4$  часов = 2 балла;
- концентрация глюкозы в плазме крови  $\geq 12,0$  ммоль/л = 4 балла;
- количество нейтрофилов в крови  $\geq 8,81 \times 10^9/\text{л}$  = 8 баллов;
- класс острой сердечной недостаточности по Killip IV = 3 балла;
- степень TIMI thrombus grade до ЧКВ  $\geq 2$  = 5 баллов;
- коллатеральный кровоток до ЧКВ по Rentrop  $\leq 1$  = 2 балла.
- Риск развития ФННК считался высоким при сумме баллов равной 14.

Феномен no-reflow верифицировался на основании минимум одного из следующих критериев:

- степень коронарного кровотока по шкале «Thrombolysis In Myocardial Infarction» (TIMI) меньше 3;
- степень по шкале «Myocardial Blush Grade» (MBG) меньше 2;
- при успешной реперфузии снижение элевации сегмента ST на ЭКГ было менее 70% спустя 60 минут от времени реперфузии артерии.

На догоспитальном этапе при постановке предварительного диагноза «Острый коронарный синдром с подъёмом сегмента ST» пациентам вводился раствор гепарина натрия 5000 МЕ внутривенно, перорально давались 300 мг ацетилсалициловой кислоты и, в ряде случаев, 180 мг тикагрелора или 300-600 мг клопидогрела при наличии противопоказаний к назначению тикагрелора. На этапе ЧКВ после верификации поражения коронарных артерий пациентам дополнительно вводился раствор гепарина натрия в дозировке 75-100 МЕ/кг массы тела, если введение блокаторов IIb/IIIa мембраны тромбоцитов не предусматривалось протоколом исследования, в обратном случае гепарин вводился из расчёта 50-75 МЕ/кг. В дальнейшем интраоперационно с помощью анализатора Hemotech определялись значения активированного времени свертывания крови с дальнейшим поддержанием данного показателя на уровне 250-300 секунд. Если на догоспитальном этапе не была применена нагрузочная доза ингибиторов P2Y12 рецепторов тромбоцитов она давалась интраоперационно. После процедуры стентирования ИЗА, при отсутствии противопоказаний, на время нахождения в отделении реанимации, продолжалась антикоагулянтная терапия в виде подкожного введения профилактической дозировки раствора эноксапарина натрия из-за ограниченной подвижности пациентов. Во второй группе, в рамках профилактики геморрагических осложнений, антикоагулянтная терапия продолжалась через 5 часов после окончания инфузии эптифибатидом.

В случае верификации ФННК на основании ангиографических данных у пациентов второй группы им вводился эптифибатид по схеме в рамках купирования осложнения.

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова (протокол № 255 от 26.10.2021 г.)

Сбор и формирование исследуемых данных выполнялись с помощью пакета Microsoft Excel for Windows 7, статистический анализ и построение графиков выполнялись с применением про-

- blood neutrophils count  $\geq 8.81 \times 10^9/\text{l}$  = 8 points;
- Killip class IV of acute heart failure = 3 points;
- TIMI thrombus grade (TTG) before PCI  $\geq 2$  = 5 points;
- Rentrop grade  $\leq 1$  collateral circulation before PCI = 2 points.
- The NRP risk was considered high with a score of 14.

The NRP was verified based on at least one of the following criteria:

- coronary blood flow (TIMI scale)  $\leq 3$ ;
- Myocardial Blush Grade (MBG)  $\leq 2$ ;
- with successful reperfusion, ST resolution  $\leq 70\%$  60 minutes after recanalization.

At the prehospital stage, when acute coronary syndrome with ST-segment elevation was preliminarily diagnosed, patients received sodium heparin 5000 IU IV, acetylsalicylic acid 300 mg, and, in some cases, 180 mg of ticagrelor or 300-600 mg of clopidogrel orally if ticagrelor was contraindicated. At the PCI stage, after verification of coronary artery lesions, patients were additionally given sodium heparin 75-100 IU/kg or 50-75 IU/kg if administration of GP IIb/IIIa inhibitors was provided for by the study protocol. After that, activated clotting time was measured intraoperatively using the Hemotech analyzer and further maintained at 250-300 seconds. If a loading dose of P2Y12 platelet inhibitors was not given at the prehospital stage, it was administered intraoperatively. After the IRA stenting procedure, while in the intensive care unit, due to the limited mobility of the patients, anticoagulant therapy was continued by subcutaneous administration of enoxaparin sodium prophylactic dosage, if not contraindicated. In Group 2, as part of the prevention of hemorrhagic complications, anticoagulant therapy was continued for five hours after the eptifibatide infusion was completed.

If NRP was verified angiographically in Group II patients, they were given eptifibatide as scheduled to relieve the complication.

The study was approved by the local ethics committee of the S.M. Kirov Military Medical Academy (protocol No. 255 of October 26, 2021)

The collected data were entered and formatted using Microsoft Excel for Windows 7, statistical analysis was performed, and the graphs were created using R software. Shapiro-Wilk test was applied to determine the normality of distribution. As data deviated from normal distribution, the analysis was carried out using nonparametric methods. The results were presented as median with interquartile range – Me [25q; 75q], and in the form of mean values with standard deviation ( $M \pm SD$ ), quality indicators were presented as shares (%). Quantitative indicators were compared using the Mann-Whitney test, while qualitative indicators – by Chi-square test and the small samples used Fisher's exact test. The difference between the study groups was considered statistically significant at  $p < 0.05$ . The effectiveness of the NRP prevention method was also assessed using logistic regression analysis.

## RESULTS

Among the anamnestic data, age, gender, smoking, history of previous myocardial infarction, pre-infarction angina and diabetes mellitus, arterial hypertension (AH) degree at the time of admission, time from the onset of the STEMI attack to myocardial reperfusion, antiplatelet and anticoagulant therapy before hospitalization were considered. A comparative analysis of the listed

граммного обеспечения R. При анализе параметрических данных предварительно проводился тест Шапиро-Уилка на нормальность распределения. Ввиду отсутствия нормального распределения, анализ проводился непараметрическими методами. Значения были представлены в виде медианы с межквартильным размахом – Me [25q; 75q] и в виде средних величин со стандартным отклонением (M±SD), качественные показатели – в виде долей (%). Количественные показатели сравнивались по критерию Манна-Уитни, качественные – по критерию Хи-квадрат, а при малых количествах – по точному критерию Фишера. Разница между исследуемыми группами считалась статистически значимой при p<0,05. Эффективность метода предотвращения развития ФНKK так же была оценена с помощью логистического регрессионного анализа.

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

Среди анамнестических данных проанализированы такие факторы пациентов, как возраст, пол, курение, наличие предшествующих инфарктов миокарда, предынфарктной стенокардии и сахарного диабета в анамнезе, степень артериальной гипертензии (АГ) на момент поступления, период времени, прошедший от начала приступа ИМпST до реперфузии миокарда, приём антиагрегантной и антикоагулянтной терапии до госпитализации. При сравнительном анализе перечисленных данных статистически значимых различий между группами выявлено не было (табл. 1).

**Таблица 1** Распределение пациентов в исследуемых группах по данным анамнеза

Анализируемый фактор Analyzed factor	I группа Group 1 n=50	II группа Group 2 n=50	p
Возраст, лет Age, years	61.0 [56.0; 68.0]	63.0 [57.0; 69.0]	>0.05
Мужской пол Male	36 (72%)	37 (74%)	>0.05*
Время «боль-баллон», часы "Pain-balloon" time, hours	5.0±2.7	5.2±3.1	>0.05
Курение Smoking	18 (36%)	25 (50%)	>0.05*
ИМ в анамнезе History of MI	4 (8%)	6 (12%)	>0.05**
Сахарный диабет Diabetes mellitus	8 (16%)	6 (12%)	>0.05**
Предынфарктная стенокардия Pre-infarction angina	17 (34%)	20 (40%)	>0.05*
Приём антиагрегантной монотерапии History of antiplatelet monotherapy	22 (44%)	26 (52%)	>0.05*
Приём двойной антиагрегантной терапии History of dual antiplatelet therapy	4 (8%)	3 (6%)	>0.05**
Приём антикоагулянтов History of anticoagulant therapy	5 (10%)	7 (14%)	>0.05**
АГ на момент поступления AH at the time of admission	Нет, No	23 (46%)	26 (52%)
	I степень, 1 <sup>st</sup> degree	13 (26%)	11 (22%)
	II степень, 2 <sup>nd</sup> degree	10 (20%)	8 (16%)
	III степень, 3 <sup>rd</sup> degree	4 (8%)	5 (10%)
			>0.05***

**Примечание:** p – статистическая значимость различий показателей между группами (по критерию Манна-Уитни); \* – по критерию Хи-квадрат; \*\* – по точному критерию Фишера; \*\*\* – по критерию Хи-квадрат для произвольных таблиц

**Note:** p – statistical significance of differences in indicators between groups (according to the Mann-Whitney test); \* – according to the Chi-square test; \*\* – according to Fisher's exact test; \*\*\* – based on the Chi-square test for arbitrary tables)

data did not reveal statistically significant differences between the groups (Table 1).

When comparing the distribution of biochemical tests results, inflammatory markers, ECG and postoperative echocardiography data, the main attention was paid to such indicators as the WBC count, neutrophils, lymphocytes, mean platelet volume, plasma glucose, mean intraoperative blood clotting time, left ventricular ejection fraction, local contractility of the left ventricular walls in the IRA pool after revascularization, the peak of the ST-segment before revascularization and the ST-segment elevation before revascularization. There were no significant differences in preoperative parameters and the mean blood clotting time intraoperatively between the study groups. According to postoperative echocardiography, in Group 2, hypo- and akinesia were significantly more common while normal motion of the left ventricular walls in the IRA pool was less common compared to Group 1; the ejection fraction was insignificantly less in Group 2 patients than in Group 1. The results of the biochemical tests, inflammatory markers level, ECG and postoperative echocardiography data are presented in Table 2.

When comparing groups by pool and type of IRA lesion, there were also no statistically significant differences in the studied groups (Table 3).

Among the angiographic and perioperative parameters, the cardiac dominance, the damaged segment of the IRA, the

**Table 1** Distribution of patients in study groups according to anamnesis

При сравнении распределения биохимических показателей крови, маркёров воспаления, данных ЭКГ и послеоперационных эхокардиографий в исследуемой выборке пациентов уделено основное внимание таким показателям, как количество лейкоцитов, нейтрофилов, лимфоцитов, средний объём тромбоцитов, глюкоза плазмы крови, среднее время свёртывания крови интраоперационно, фракция выброса, локальная сократимость стенок левого желудочка в бассейне ИЗА после реваскуляризации, пик сегмента ST до реваскуляризации и суммарный подъём сегмента ST до реваскуляризации. Статистически значимых различий между предоперационными показателями и средним временем свёртываемости крови интраоперационно в исследуемых группах выявлено не было. По данным послеоперационных эхокардиограмм в контрольной группе статистически значимо чаще встречались гипо- и акинезии и реже – нормокинезии стенок левого желудочка в бассейне ИЗА, разница во фракции выброса между группами различалась на уровне тенденции к её уменьшению в контрольной группе.

Сводные результаты анализа биохимических показателей, маркёров воспаления, данных ЭКГ и послеоперационных эхокардиографий представлены в табл. 2.

При сравнении групп по бассейнам и типу поражения ИЗА в исследуемых группах также не было статистически значимых различий (табл. 3).

Среди ангиографических и периперационных параметров также оценивались тип кровоснабжения миокарда, отдел пораже-

frequency of multivessel lesions, the preprocedural IRA diameter in the affected area, the lesion length and the balloon exposure length during PCI, the number of predilatations before stent implantation, the TTG, the IRA branching pattern were also assessed. The two groups differed significantly only in the number of IRA predilatations, which is understandable, given the difference in surgical tactics. Detailed data are presented in Table 4.

The study groups also did not significantly differ in the number of patients with NRP high risk. In Group 1, the number of patients with NRP high risk was 36% (n=18), in Group 2 – 40% (n=20), p=0.93. Moreover, the number of patients with developed NRP was significantly higher in Group 2, p=0.01 (Fig. 2).

Among 18 patients with a high NRP risk in Group 1, all received GP IIb/IIIa inhibitors, in 13 cases thrombus aspiration was done, in 3 cases balloon angioplasty was performed before stenting.

The number and nature of perioperative complications in the study groups were also assessed. They were compared in terms of the incidence of bleeding, coronary artery perforation, dissection of stented arteries, and worsening of Killip class of acute heart failure (Table 5). It should be clarified that in all cases bleeding was not life-threatening, including patients receiving GP IIb/IIIa inhibitors. There was also one case of Type II perforation according to the Ellis classification with a catheter at the distal segment of the IRA in a low NRP risk patient of Group 1 (i.e., GP IIb/IIIa inhibitors were not

**Таблица 2** Сравнение биохимических показателей крови, маркёров воспаления, данных ЭКГ и послеоперационных эхокардиограмм

**Table 2** Comparison of blood biochemical tests, inflammatory markers, ECG data and postoperative echocardiograms

Фактор Test	I группа Group 1 n=50	II группа Group 2 n=50	p
Концентрация глюкозы крови в плазме, ммоль/л Blood glucose concentration in plasma, mmol/l	8.83 [7.6; 10.3]	7.73 [6.9; 9.1]	>0.05
Количество лейкоцитов, ×10 <sup>9</sup> /л WBC count, ×10 <sup>9</sup> /l	9.52±2.43	9.83±2.54	>0.05
Количество нейтрофилов, ×10 <sup>9</sup> /л Neutrophil count, ×10 <sup>9</sup> /l	7.49±2.22	7.11±2.56	>0.05
Количество лимфоцитов, ×10 <sup>9</sup> /л Lymphocyte count, ×10 <sup>9</sup> /l	1.74±0.61	1.72±0.61	>0.05
Средний объём тромбоцитов, фл Mean platelet volume, fl	9.5 [8.6; 10.4]	9.3 [8.1; 10.2]	>0.05
Пик сегмента ST, мм ST-segment peak, mm	0.35 [0.20; 0.47]	0.3 [0.18; 0.39]	>0.05
Среднее активированное время свертывания интраоперационно, сек Mean activated clotting time intraoperatively, sec	292±24	277±17	>0.05
Фракция выброса по Симпсону, % Simpson ejection fraction, %	49±6	42±4	>0.05
Локальная сократимость стенок левого желудочка в бассейне ИЗА Local contractility of the left ventricular walls in the IRA pool	Нормокинез Normal motion	7 (14%)	3 (6%)
	Гипокинез Hypokinesia	34 (68%)	26 (52%)
	Акинез Akinesia	9 (18%)	21 (42%)
Суммарный подъём сегмента ST, мм Sum of the ST-segment elevation, mm	1.26±0.74	1.0±0.79	>0.05

**Примечание:** p – статистическая значимость различия показателей между группами (по критерию Манна-Уитни; \* – по критерию Хи-квадрат для произвольных таблиц)

**Note:** p – statistical significance of the difference in indicators between groups (using the Mann-Whitney test; \* – using the Chi-square test for arbitrary tables)

**Таблица 3** Распределение по бассейнам и типу поражения ИЗА в исследуемых группах

**Table 3** Distribution by pools and type of IRA lesion in the study groups

Бассейн и тип поражения ИЗА IRA pool and type of lesion		I группа Group 1 n=50		II группа Group 2 n=50		p
		n	%	n	%	
ПНА LAD	Окклюзия Occlusion	12	24	15	30	>0.05
	Субокклюзия Subocclusion	7	14	6	12	
	Критический стеноз Critical stenosis	3	6	2	4	
ОА Cx	Окклюзия Occlusion	10	20	7	14	>0.05
	Субокклюзия Subocclusion	6	12	6	12	
	Критический стеноз Critical stenosis	1	2	2	4	
ПКА RCA	Окклюзия Occlusion	6	12	7	14	>0.05
	Субокклюзия Subocclusion	3	6	5	10	
	Критический стеноз Critical stenosis	2	4	0	0	

**Примечания:** p – статистическая значимость различий показателей (по критерию Хи-квадрат для произвольных таблиц); ПНА – передняя нисходящая артерия, ОА – огибающая артерия, ПКА – правая коронарная артерия

**Notes:** p – statistical significance of differences in indicators (according to the Chi-square test for arbitrary tables); LAD – left anterior descending artery, Cx – circumflex artery, RCA – right coronary artery

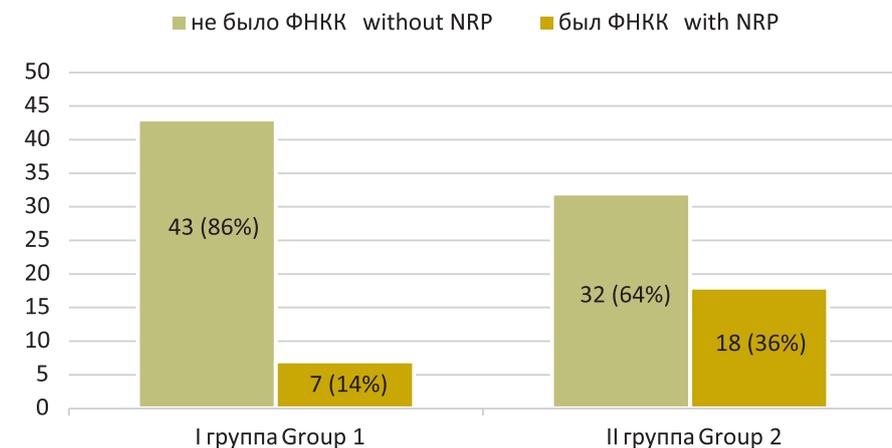
ния ИЗА, частота многососудистого поражения, исходный диаметр ИЗА в зоне поражения, протяжённость поражения и воздействия баллоном при ЧКВ, количество преддилатаций перед имплантацией стента, степень ТТГ (TIMI thrombus grade), тип строения ИЗА. Группы статистически отличались только по количеству преддилатаций ИЗА, что логично, учитывая разницу в хирургической тактике. Подробные данные представлены в табл. 4.

Исследуемые группы также статистически не отличались по количеству пациентов с высоким риском развития ФННК. В первой группе количество пациентов с высоким риском составило 36% (n=18), во второй – 40% (n=20), p=0,93. При этом количество больных с развившимся ФННК было значительно выше во второй группе, p=0,01 (рис. 2).

Среди 18 пациентов с высоким риском развития ФННК в первой группе всем были введены блокаторы IIb/IIIa рецепторов, в 13

использованных в этом случае). Поврежденный сосуд был окклюзирован с помощью баллона дистальнее зоны перфорации под номинальным давлением в течение 5 минут; во время контрольной ангиографии, не было экстравазации контрастного вещества. Также был зафиксирован единственный случай коронарной артерии диссекции во время баллонной ангиопластики кальцифицированной атеросклеротической бляшки у пациента из Группы 2. Площадь диссекции была оперативно закрыта стентом.

Ухудшение Killip класса острой сердечной недостаточности после реваскуляризации было значительно чаще в Группе 2, чем в Группе 1. В Группе 1, это произошло только у одного пациента с высоким NRP риском 10 минут после имплантации стента в ИЗА. Несмотря на предложенный алгоритм лечения, контрольная ангиография после ПКА выявила TIMI grade I, без признаков тромбоза и диссекции сосуда; на ЭКГ, ST-сегмент не вернулся к



**Рис. 2** Распределение пациентов с развившимся ФННК в исследуемых группах

**Fig. 2** Distribution of patients with NRP in the study groups

**Таблица 4** Сравнение ангиографических и периоперационных показателей**Table 4** Comparison of angiographic and perioperative parameters

Фактор Parameter	I группа Group 1 n=50	II группа Group 2 n=50	p	
Рассыпной тип ИЗА Distributive type of IRA	23 (46%)	25 (50%)	>0.05*	
Многососудистое поражение Multivessel lesions	18 (36%)	16 (32%)	>0.05*	
Протяжённость поражения ИЗА, мм IRA lesion length, mm	15.7±6.8	18.4±9.2	>0.05	
Интактный диаметр ИЗА, мм Preprocedural IRA diameter, mm	3.3 [1.8; 4.2]	3.6 [2.1; 4.3]	>0.05	
Протяжённость воздействия баллоном, мм Balloon exposure length, mm	20.4±5.7	25.7±5.8	>0.05	
Количество преддилатаций Number of predilatations	0.1±0.2	1.4±0.51	=0.001	
Отдел поражения ИЗА Damaged segment of IRA	Проксимальный Proximal	38 (76%)	33 (66%)	>0.05**
	Средний Middle	10 (20%)	14 (28%)	
	Дистальный Distal	2 (4%)	3 (6%)	
Степень TTG TTG grade	0-3	13 (26%)	12 (24%)	>0.05*
	4-5	37 (74%)	38 (76%)	
Тип кровоснабжения миокарда Cardiac dominance	Правый Right	42 (84%)	40 (80%)	>0.05**
	Левый Left	1 (2%)	3 (6%)	
	Сбалансированный Codominance	5 (10%)	4 (8%)	

**Примечание:** p – статистическая значимость различий показателей между группами (по критерию Манна-Уитни; \* – по критерию Хи-квадрат; \*\* – по критерию Хи-квадрат для произвольных таблиц)

**Note:** p – statistical significance of differences in indicators between groups (using the Mann-Whitney test; \* – using the Chi-square test; \*\* – using the Chi-square test for arbitrary tables)

случаях выполнена тромбаспирация, в 3 – выполнена баллонная ангиопластика перед стентированием.

Также оценивались количество и характер периоперационных осложнений в исследуемых группах. Их сравнивали по частоте развившихся кровотечений, увеличению класса острой сердечной недостаточности по Killip, частоте перфорации коронарных артерий, частоте диссекции стентированных артерий (табл. 5). При этом следует уточнить, что все кровотечения не носили жизнеугрожающий характер, в том числе у тех пациентов, которым вводились блокаторы IIb/IIIa рецепторов. Также была одна перфорация II типа по классификации Ellis проводником дистального сегмента ИЗА в I группе, у пациента низкого риска развития ФННК (т.е. блокаторы IIb/IIIa в данном случае не применялись). Повреждённый сосуд окклюзировали баллонным катетером проксимальнее зоны перфорации под номинальным давлением на 5 минут, при контрольной ангиографии экстравазации контрастного вещества не наблюдалось. Также был единичный случай диссекции коронарной артерии во время баллонной ангиопластики кальцинированной атеросклеротической бляшки у пациента второй группы. Участок диссекции был своевременно перекрыт стентом.

the baseline, and systolic blood pressure began to decrease below 90 mm Hg. The patient required inotropic support, and an intraoperative decision was made to place an intra-aortic balloon pump (IABP). After its placement, the patient was transferred to the intensive care unit. The next day, the patient's condition stabilized, the ST-segment reached baseline, the IABP was removed, and inotropic support was withdrawn. The patient was transferred to the ordinary ward on the third day after surgery. In Group II, the Killip class of acute heart failure worsened in 8 patients. It is important to note that all eight patients were at high NRP risk.

Univariate logistic analysis also showed that the use of the proposed model of NRP prediction and the application of the proposed algorithm for NRP prevention in high-risk patients significantly increased the chance of a favorable outcome (OR=3.4; 95% CI: 1.2-10.8).

## DISCUSSION

The approach to NRP prevention in this work is based on the pathophysiological links of its development. It is known that

**Таблица 5** Сравнение периоперационных осложнений в исследуемых группах**Table 5** Comparison of perioperative complications in the study groups

Осложнение Complication	I группа Group 1 n=50	II группа Group 2 n=50	p
Кровотечение Bleeding	3 (6%)	2 (4%)	>0.05
Увеличение класса острой сердечной недостаточности Worsening of Killip class of acute heart failure	1 (2%)	8 (16%)	=0.03
Перфорация ИЗА IRA perforation	1 (2%)		
Диссекция ИЗА IRA dissection		1 (2%)	

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

Note: p – statistical significance of differences between groups (according to Fisher's exact test)

Исследуемые группы статистически значимо отличались между собой по увеличению класса острой сердечной недостаточности после реваскуляризации. В первой группе данное событие произошло только у одного пациента группы высокого риска развития ФННК через 10 минут после имплантации стента в ИЗА. Несмотря на следование предложенному алгоритму лечения, при контрольной ангиографии после ЧКВ выявлена степень ТИМІ I, без признаков тромбоза и диссекции сосуда, на ЭКГ сегмент ST не возвращался к изолинии, а систолическое АД начало снижаться ниже 90 мм Hg. Пациенту понадобилась инотропная поддержка, интраоперационно было принято решение о постановке внутриортального баллонного контрпульсатора. После его имплантации пациент был переведён в отделение реанимации и интенсивной терапии. На следующий день состояние пациента стабилизировалось, сегмент ST достиг изолинии, баллонный контрпульсатор был извлечён, инотропная поддержка отменена, и на третий день после операции пациент был переведён в общую палату. Во второй группе у 8 пациентов увеличился класс острой сердечной недостаточности. Важно отметить, что все 8 пациентов были из группы высокого риска развития ФННК.

Однофакторный логистический анализ также показал, что применение предложенной модели для предсказания вероятности развития ФННК и использование предложенного алгоритма предотвращения ФННК у пациентов группы высокого риска статистически значимо увеличивает шанс благоприятного исхода (ОШ=3,4; 95% ДИ: 1,2-10,8).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Подход к предотвращению ФННК в данной работе основан на разобнении патофизиологических звеньев его развития. Известно, что ведущими механизмами возникновения феномена no-reflow являются дистальная эмболизация микрофрагментами тромба, фрагментами и содержимым атеросклеротической бляшки и обструкция микроваскулярного русла миокарда. Последнее является сложным системным ответом на асептическое воспаление вследствие ишемии сердечной мышцы, основными патофизиологическими звеньями которого являются спазм, отёк капиллярного русла и выход в перикапиллярное пространство нейтрофилов, продуцирующих экстрацеллюлярные ловушки. Совокупность этих процессов приводит к стазу крови и характерной для ФННК клинико-инструментальной картине [7]. Коварство данного паттерна, в том числе заключается в том, что его последствия не всегда видны на ангиографической картине и гибель кардиомиоцитов продолжается после визуально успешной реперфузии,

the leading mechanisms for the NRP are distal embolization by microfragments of a thrombus, fragments and contents of an atherosclerotic plaque and obstruction of the myocardial microvascular bed. The latter is a complex systemic response to aseptic inflammation due to ischemia of the cardiac muscle, the main pathophysiological links of which are spasm, edema of the capillary bed, and the release of neutrophils into the pericapillary space, producing extracellular traps. Combining these factors leads to blood stasis and a typical clinical and instrumental picture of NRP [7]. The insidiousness of this phenomenon lies in the fact that its consequences are not always angiographically visible. The death of cardiomyocytes continues after visually successful reperfusion, and the lack of ST-segment resolution is explained by arrhythmias. In this work, when verifying the NRP, the ECG dynamics were also taken into account.

Preventive administration of GP IIb/IIIa inhibitors and manual thrombus aspiration are not recommended for routine treatment of patients with STEMI. However, in most studies stratification risk scales for the NRP development were not applied, and so far their results remain controversial. A notable example is the TOTAL study, which was retrospectively analyzed in 2023. The results of a subanalysis showed that the NRP incidence was lower in patients in thrombus aspiration group who underwent PCI with direct stenting of the IRA compared with patients after predilation with a balloon catheter [8]. At the same time, the world literature data on the effect of balloon angioplasty on the NRP risk are surprisingly controversial. In a number of studies, including two meta-analyses, balloon angioplasty of IRA is an independent predictor of NRP [9-12]. At the same time, data from a meta-analysis by Azzalini L et al (2015) indicate that according to the results of randomized studies, in contrast to non-randomized ones, there was no significant difference between the groups with direct stenting and preliminary balloon angioplasty of the affected artery [11]. In this study, in Group 2, balloon angioplasty was chosen as the method of IRA blood flow restoration before stenting, as it is the most commonly used in routine practice.

**Limitations of the study.** This study was performed in a small group of patients and in a single center, which is an essential limitation. It should also be noted that in the study groups there were no patients with cardiogenic shock, treatment of which might have different results.

а отсутствие резюлюции сегмента ST списываются на нарушения ритма. В данной работе при верификации феномена no-reflow так же учитывались динамика ЭКГ у пациентов.

Превентивное введение блокаторов IIb/IIIa гликопротеиновых рецепторов тромбоцитов и мануальная тромбаспирация не рекомендованы к рутинному использованию при лечении пациентов с ИМпСТ. Однако большинство исследований, посвящённых изучению данных методов, проводилось без использования стратификационных шкал рисков развития ФНKK, к тому же их результаты по сей день остаются дискуссионными. Ярким примером является исследование TOTAL, подвергнутое ретроспективному анализу в 2023 году. Результаты субанализа показали, что встречаемость ФНKK была ниже у пациентов группы тромбаспирации, подвергнувшихся ЧКВ с прямым стентированием ИЗА, в сравнении с пациентами после предилатации баллонным катетером [8]. При этом, данные мировой литературы о влиянии баллонной ангиопластики на вероятность возникновения ФНKK отличаются интересным образом. В ряде исследований, в том числе двух метаанализах, баллонная ангиопластика ИЗА является независимым предиктором ФНKK [9-12]. При этом, данные метаанализа Azzalini L et al (2015) говорят о том, что по результатам рандомизированных исследований, в отличие от не рандомизированных, между группами с прямым стентированием и предварительной баллонной ангиопластикой поражённой артерии значительной разницы не было [11]. В данном исследовании в группе контроля методом восстановления кровотока в ИЗА перед стентированием была выбрана баллонная ангиопластика, как наиболее часто применяемая в рутинной практике.

**Ограничения исследования.** Данное исследование выполнено на малой группе пациентов и в одном центре, что является важным ограничением. Так же следует отметить отсутствие в исследуемых группах пациентов с истинным кардиогенным шоком, у данной группы пациентов результаты лечения могут отличаться.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование предложенного алгоритма предотвращения ФНKK повышает эффективность лечения пациентов с ИМпСТ. Превентивное введение блокаторов IIb/IIIa гликопротеиновых рецепторов тромбоцитов, мануальная тромбаспирация с переходом к прямому стентированию ИЗА показало свою эффективность и безопасность при стратификационном подходе к выбору больных.

## CONCLUSION

The use of the proposed algorithm for NRP prevention increases the effectiveness of treatment of patients with STEMI. Preventive administration of GP IIb/IIIa inhibitors, manual thrombus aspiration with subsequent direct stenting of the IRA showed its effectiveness and safety in a stratified approach to patient selection.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Durante A, Camici PG. Novel insights into an "old" phenomenon: The no reflow. *Int J Cardiol.* 2015;187:273-80. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2015.03.359>
2. Niccoli G, Montone RA, Ibanez B, Thiele H, Crea F, Heusch G, et al. Optimized treatment of ST-elevation myocardial infarction. *Circ Res.* 2019;125(2):245-58. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.119.315344>
3. Ibanez B, James S, Agewall S, Antunes MJ, Bucciarelli-Ducci C, Bueno H, et al. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J.* 2018;39(2):119-77. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx393>
4. Фролов АА, Починка ИГ, Шахов БЕ, Шарабрин ЕГ, Кузьмичёв КВ Феномен коронарной микрососудистой обструкции (no-reflow) при проведении чрескожных коронарных вмешательств у пациентов с инфарктом миокарда. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2020;24(1):18-27. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2020-1-18-27>

## REFERENCES

1. Durante A, Camici PG. Novel insights into an "old" phenomenon: The no reflow. *Int J Cardiol.* 2015;187:273-80. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2015.03.359>
2. Niccoli G, Montone RA, Ibanez B, Thiele H, Crea F, Heusch G, et al. Optimized treatment of ST-elevation myocardial infarction. *Circ Res.* 2019;125(2):245-58. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.119.315344>
3. Ibanez B, James S, Agewall S, Antunes MJ, Bucciarelli-Ducci C, Bueno H, et al. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J.* 2018;39(2):119-77. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx393>
4. Frolov AA, Pochinka IG, Shakhov BE, Sharabrin EG, Kuzmichyov KV. Fenomen koronarnoy mikrososudistoy obstruktsii (no-reflow) pri provedenii chreskoznykh koronarnykh vmeshatel'stv u patsientov s infarktom miokarda [The phenomenon of coronary microvascular obstruction (no-reflow) during percutaneous coronary interventions in patients with myocardial infarction]. *Patologiya krovoobrascheniya i kardiokhirurgiya.* 2020;24(1):18-27. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2020-1-18-27>

5. Хубулава ГГ, Козлов КЛ, Шишкевич АН, Михайлов СС, Токарев ПА, Пачков ДА, и др. Предикторы реперфузионного синдрома миокарда: современный взгляд на вопрос и актуальные проблемы. Часть 2: феномен невосстановленного коронарного кровотока, или феномен no-reflow (обзор литературы). *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2021;79(3):4-10. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2021-20-3-4-10>
6. Wang JW, Zhou ZQ, Chen YD, Wang CH, Zhu XL. A risk score for no reflow in patients with ST-segment elevation myocardial infarction after primary percutaneous coronary intervention. *Clin Cardiol*. 2015;38(4):208-15. <https://doi.org/10.1002/clc.22376>
7. Хубулава ГГ, Шишкевич АН, Михайлов СС, Бессонов ЕЮ. Синдром реперфузии миокарда: патогенез, клиника, диагностика. *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2020;1:196-200.
8. d'Entremont MA, Alazzoni A, Dzavik A, Sharma V, Overgaard CB, Lemaire-Paquette S, et al. No-reflow after primary percutaneous coronary intervention in patients with ST-elevation myocardial infarction: An angiographic core laboratory analysis of the TOTAL Trial. *EuroIntervention*. 2023;19(5):e394-e401. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-23-00112>
9. Бессонов ИС, Кузнецов ВА, Зырянов ИП, Сапожников СС. Прямое стентирование в сравнении со стентированием после предилатации или мануальной тромбоаспирации у пациентов с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST и полной тромботической окклюзией инфаркт-связанной коронарной артерии. *Эндovasкулярная хирургия*. 2018;5(4):410-7. <https://doi.org/10.24183/2409-4080-2018-5-4-410-417>
10. Бессонов ИС, Кузнецов ВА, Горбатенко ЕА, Сапожников СС, Дьякова АО, Зырянов ИП, и др. Шкала оценки риска феномена no-reflow при чрескожных коронарных вмешательствах у пациентов с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2020;24(3):68-76. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2020-35-68-76>
11. Azzalini L, Millan X, Ly HQ, L'Allier PL, Jolicoeur EM. Direct stenting versus pre-dilation in ST-elevation myocardial infarction: A systematic review and meta-analysis. *J Interv Cardiol*. 2015;28(2):119-31. <https://doi.org/10.1111/joic.12190>
12. Li C, Zhang B, Li M, Liu J, Wang L, Liu Y, et al. Comparing direct stenting with conventional stenting in patients with acute coronary syndromes: A meta-analysis of 12 clinical trials. *Angiology*. 2016;67(4):317-25. <https://doi.org/10.1177/0003319715585662>
5. Khubulava GG, Kozlov KL, Shishkevich AN, Mikhaylov SS, Bessonov EYu, Tokarev PA, i dr. Prediktory reperfuziionnogo sindroma miokarda: sovremennyy vzglyad na vopros i aktual'nye problemy Chast' 2: fenomen nevosstanovlennogo koronarnogo krovotoka, ili fenomen no-reflow (obzor literatury) [Predictors of myocardial reperfusion syndrome: A modern view of the issue and current problems. Part 2: The phenomenon of unrestored coronary blood flow, or the no-reflow phenomenon (literature review)]. *Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrotsirkulyatsiya*. 2021;79(3):4-10. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2021-20-3-4-10>
6. Wang JW, Zhou ZQ, Chen YD, Wang CH, Zhu XL. A risk score for no reflow in patients with ST-segment elevation myocardial infarction after primary percutaneous coronary intervention. *Clin Cardiol*. 2015;38(4):208-15. <https://doi.org/10.1002/clc.22376>
7. Khubulava GG, Shishkevich AN, Mikhaylov SS, Bessonov EYu. Sindrom reperfuзии miokarda: patogenez, klinika, diagnostika [Myocardial reperfusion syndrome: Pathogenesis, clinical picture, diagnosis]. *Vestnik Rossiyskoy Voeno-meditsinskoy akademii*. 2020;1:196-200.
8. d'Entremont MA, Alazzoni A, Dzavik A, Sharma V, Overgaard CB, Lemaire-Paquette S, et al. No-reflow after primary percutaneous coronary intervention in patients with ST-elevation myocardial infarction: An angiographic core laboratory analysis of the TOTAL Trial. *EuroIntervention*. 2023;19(5):e394-e401. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-23-00112>
9. Bessonov IS, Kuznetsov VA, Zyryanov IP, Sapozhnikov SS. Pryamoe stentirovanie v sravnenii so stentirovaniiem posle predilatatsii ili manual'noy tromboaspiratsii u patsientov s ostrym infarktom miokarda s pod'yomom segmenta ST i polnoy tromboticheskoy okklyuziey infarkt-svyazannoy koronarnoy arterii [Direct stenting versus pre-dilatation or manual thromboaspiration in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction and complete thrombotic occlusion of the infarct-related coronary artery]. *Endovaskulyarnaya khirurgiya*. 2018;5(4):410-7. <https://doi.org/10.24183/2409-4080-2018-5-4-410-417>
10. Bessonov IS, Kuznetsov VA, Gorbatenko EA, Sapozhnikov SS, Diakova AO, Zyryanov IP, i dr. Shkala otsenki riska fenomena no-reflow pri chreskoznykh koronarnykh vmeshatel'stvakh u patsientov s ostrym infarktom miokarda s pod'yomom segmenta ST [A scale for assessing the risk of the no-reflow phenomenon during percutaneous coronary interventions in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction]. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya*. 2020;24(3):68-76. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2020-35-68-76>
11. Azzalini L, Millan X, Ly HQ, L'Allier PL, Jolicoeur EM. Direct stenting versus pre-dilation in ST-elevation myocardial infarction: A systematic review and meta-analysis. *J Interv Cardiol*. 2015;28(2):119-31. <https://doi.org/10.1111/joic.12190>
12. Li C, Zhang B, Li M, Liu J, Wang L, Liu Y, et al. Comparing direct stenting with conventional stenting in patients with acute coronary syndromes: A meta-analysis of 12 clinical trials. *Angiology*. 2016;67(4):317-25. <https://doi.org/10.1177/0003319715585662>

## И СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Бессонов Евгений Юрьевич**, врач по рентгенэндоваскулярным методам диагностики и лечения, отделение рентгенхирургических методов диагностики и лечения, Александровская больница

ORCID ID: 0000-0003-2960-6543

E-mail: ewgenijbessonov@yandex.ru

**Шишкевич Андрей Николаевич**, доктор медицинских наук, доцент, преподаватель 1 кафедры хирургии усовершенствования врачей, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова; профессор кафедры сердечно-сосудистой хирургии, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова

ORCID ID: 0000-0003-4605-6678

E-mail: shishkevich50@mail.ru

**Михайлов Сергей Сергеевич**, доктор медицинских наук, заведующий отделением рентгенхирургических методов диагностики и лечения, 1 кафедра хирургии усовершенствования врачей, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова; ассистент кафедры сердечно-сосудистой хирургии, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова

ORCID ID: 0000-0001-6093-2203

E-mail: mikhailov.vma@gmail.com

## И AUTHORS' INFORMATION

**Bessonov Evgeniy Yurievich**, Endovascular Surgeon, Department of Endovascular Methods of Diagnosis and Treatment, Alexander Hospital

ORCID ID: 0000-0003-2960-6543

E-mail: ewgenijbessonov@yandex.ru

**Shishkevich Andrey Nikolaevich**, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Lecturer at the 1<sup>st</sup> Department of Advanced Training Surgery, Military Medical Academy named after S.M. Kirov; 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

**Mikhaylov Sergey Sergeevich**, Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Endovascular Methods of Diagnosis and Treatment, 1<sup>st</sup> Department of Advanced Training Surgery, Military Medical Academy named after S.M. Kirov; Assistant at the Department of Cardiovascular Surgery, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov

ORCID ID: 0000-0001-6093-2203

E-mail: mikhailov.vma@gmail.com

**Кравчук Вячеслав Николаевич**, доктор медицинских наук, профессор, профессор 1 кафедры хирургии усовершенствования врачей, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова; 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

**Хубулава Геннадий Григорьевич**, академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий 1 кафедрой хирургии усовершенствования врачей, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова

ORCID ID: 0000-0001-9093-8024

E-mail: as015@rambler.ru

#### 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:

##### Бессонов Евгений Юрьевич

врач по рентгенэндоваскулярным методам диагностики и лечения, отделение рентгенхирургических методов диагностики и лечения, Александровская больница

193312, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, проспект Солидарности, 4

Тел.: +7 (911) 1956808

E-mail: ewgenijbessonov@yandex.ru

#### ВКЛАД АВТОРОВ

Разработка концепции и дизайна исследования: БЕЮ, ШАН, МСС, КВН, ХГГ

Сбор материала: БЕЮ, ШАН

Статистическая обработка данных: БЕЮ

Анализ полученных данных: БЕЮ, ШАН

Подготовка текста: БЕЮ

Редактирование: ШАН, МСС, КВН, ХГГ

Общая ответственность: БЕЮ

*Поступила* 06.03.24

*Принята в печать* 29.08.24

**Kravchuk Vyacheslav Nikolaevich**, Doctor of Medical Sciences, Full Professor, Professor of the 1<sup>st</sup> Department of Advanced Training Surgery, Military Medical Academy named after S.M. Kirov; 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

**Khubulava Gennadiy Grigorievich**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Full Professor, Head of the 1<sup>st</sup> Department of Advanced Training Surgery, Military Medical Academy named after S.M. Kirov

ORCID ID: 0000-0001-9093-8024

E-mail: as015@rambler.ru

#### 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:

##### Bessonov Evgeniy Yurievich

Endovascular Surgeon, Department of Endovascular Methods of Diagnosis and Treatment, Alexander Hospital

193312, Russian Federation, St. Petersburg, Solidarity Avenue, 4

Tel.: +7 (911) 1956808

E-mail: ewgenijbessonov@yandex.ru

#### AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conception and design: BEYu, ShAN, MSS, KVN, KhGG

Data collection: BEYu, ShAN

Statistical analysis: BEYu

Analysis and interpretation: BEYu, ShAN

Writing the article: BEYu

Critical revision of the article: ShAN, MSS, KVN, KhGG

Overall responsibility: BEYu

*Submitted* 06.03.24

*Accepted* 29.08.24