

## Динамика креатинфосфокиназы МВ в контексте реперфузионного повреждения миокарда

Семенюта В. В.<sup>1</sup>, Максимов Н. И.<sup>2,3</sup>, Анисимов С. В.<sup>3</sup>, Рыков В. В.<sup>3</sup>, Мыкольников А. В.<sup>3</sup>, Назаров С. Б.<sup>3</sup>

У пациентов с исходно повышенным уровнем креатинфосфокиназы фракции МВ (КФК-МВ) его повышение после чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) может быть обусловлено не только дополнительным повреждением, но и естественным высвобождением при состоявшемся инфаркте миокарда. Поэтому предлагается оценивать КФК-МВ относительно исходных значений.

**Цель.** Сравнить динамику показателя КФК-МВ после реперфузии миокарда относительно исходных значений с оценкой относительно верхней границы нормы (ВГН) для оптимального подхода к определению реперфузионного повреждения миокарда у пациентов с острым коронарным синдромом.

**Материал и методы.** Одноцентровое наблюдательное исследование проведено с участием 90 пациентов, госпитализированных с диагнозом острый коронарный синдром. Пациентам дважды выполнялся биохимический анализ крови на КФК-МВ и определялась его динамика относительно исходного значения и ВГН.

**Результаты.** Между временем ишемии и динамикой КФК-МВ относительно исходных значений наблюдается средняя отрицательная корреляционная связь. При этом показатель отношения КФК-МВ после операции к ВГН никак не связан с временем ишемии.

Как показал ковариационный анализ, динамика КФК-МВ, определенная относительно исходных значений, на 20% зависит от времени ишемии. Особенности индивидуальной анатомии коронарного русла, локализация инфаркт-связанной артерии и последующая процедура реперфузии в совокупности на 27% объясняют динамику КФК-МВ после операции. При включении в ковариационный анализ отношение КФК-МВ к ВГН, все перечисленные выше факторы теряют статистическую значимость.

**Заключение.** Таким образом, для более точной оценки реперфузионного повреждения миокарда после ЧКВ необходимо опираться не на ВГН, а на исходные значения КФК-МВ. У пациентов с левым типом кровоснабжения миокарда, а также при локализации инфаркта в бассейне правой или передней межжелудочковой артерий наблюдается незначительная динамика маркера. Напротив, более выраженная динамика наблюдается у пациентов с извитыми коронарными артериями и при имплантации 2-х и более стентов. При этом оценка КФК-МВ относительно ВГН не связана с временем ишемии и не зависит от клинико-ангиографических характеристик и тактики операции.

**Ключевые слова:** повреждение миокарда, чрескожное коронарное вмешательство, острый коронарный синдром, креатинфосфокиназа МВ, кардиоспецифические маркеры.

**Отношения и деятельность:** нет.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова Минздрава России, Санкт-Петербург; <sup>2</sup>ФГБОУ ВО Ижевская государственная медицинская академия Минздрава России, Ижевск; <sup>3</sup>БУЗ УР Республиканский клинично-диагностический центр Минздрава России, Ижевск, Россия.

Семенюта В. В.\* — врач сердечно-сосудистый хирург, ORCID: 0000-0002-9402-3179, Максимов Н. И. — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой госпитальной терапии с курсами кардиологии и функциональной диагностики ФПК и ПП, врач кардиолог, ORCID: 0000-0001-6819-2633, Анисимов С. В. — врач сердечно-сосудистый хирург, зав. хирургическим отделом, ORCID: 0000-0002-5539-8322, Рыков В. В. — врач сердечно-сосудистый хирург, ORCID: 0000-0002-4524-1911, Мыкольников А. В. — врач сердечно-сосудистый хирург, ORCID: 0000-0002-3269-8429, Назаров С. Б. — к.м.н., врач сердечно-сосудистый хирург, ORCID: 0000-0003-1757-9998.

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):  
semenyuta0@gmail.com

ВГН — верхняя граница нормы, ИМ — инфаркт миокарда, КФК-МВ — сердечная фракция креатинфосфокиназы, ОКС — острый коронарный синдром, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство.

Рукопись получена 18.03.2022

Рецензия получена 17.05.2022

Принята к публикации 20.06.2022



**Для цитирования:** Семенюта В. В., Максимов Н. И., Анисимов С. В., Рыков В. В., Мыкольников А. В., Назаров С. Б. Динамика креатинфосфокиназы МВ в контексте реперфузионного повреждения миокарда. *Российский кардиологический журнал*. 2022;27(10):4954. doi:10.15829/1560-4071-2022-4954. EDN EVI0D

## Changes of creatine phosphokinase MB levels in the context of myocardial reperfusion injury

Semenyuta V. V.<sup>1</sup>, Maksimov N. I.<sup>2,3</sup>, Anisimov S. V.<sup>3</sup>, Rykov V. V.<sup>3</sup>, Mykolnikov A. V.<sup>3</sup>, Nazarov S. B.<sup>3</sup>

In patients with initially elevated levels of creatine phosphokinase MB (CPK-MB), its increase after percutaneous coronary intervention (PCI) may be due not only to additional injury, but also to natural release during myocardial infarction. Therefore, CPK-MB should be evaluated relative to the initial values.

**Aim.** To compare the CPK-MB dynamics after myocardial reperfusion relative to baseline values and the upper limit of normal (ULN) for the optimal approach to determining myocardial reperfusion injury in patients with acute coronary syndrome.

**Material and methods.** A single center observational study was conducted with the participation of 90 patients hospitalized with a diagnosis of acute coronary syndrome. Patients underwent a biochemical blood test for CPK-MB twice and its dynamics was determined relative to the initial value and ULN.

**Results.** Between the ischemia time and CPK-MB dynamics relative to the initial values, there is a moderate negative correlation. At the same time, the ratio of CPK-MB after surgery to ULN is not associated with ischemia time.

Analysis of covariance showed that the CPK-MB dynamics, determined relative to the initial values, is 20% dependent on the ischemia time. Individual features

of coronary system anatomy, localization of the infarct-associated artery and the subsequent reperfusion procedure together explain the CPK-MB dynamics after surgery by 27%. When the ratio of CPK-MB to ULN is included in the analysis of covariance, all the above factors lose statistical significance.

**Conclusion.** Thus, for a more accurate assessment of myocardial reperfusion injury after PCI, not the upper limit of normal should be analyzed, but the initial values of CPK-MB. In patients with the left heart dominant, as well as in the infarction localization in the system of right or left anterior descending artery, there is a slight change in the marker. On the contrary, more pronounced dynamics is observed in patients with tortuous coronary arteries and with implantation of 2 or more stents. At the same time, the assessment of CPK-MB in relation to ULN is not associated with the ischemia time and does not depend on the clinical and angiographic characteristics and tactics of the operation.

**Keywords:** myocardial injury, percutaneous coronary intervention, acute coronary syndrome, creatine phosphokinase MB, cardiac markers.

**Relationships and Activities:** none.

\*Corresponding author:  
semenyuta0@gmail.com

<sup>1</sup>I. I. Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg; <sup>2</sup>Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk; <sup>3</sup>Republican Clinical and Diagnostic Center, Izhevsk, Russia.

**Received:** 18.03.2022 **Revision Received:** 17.05.2022 **Accepted:** 20.06.2022

Semenyuta V.V.\* ORCID: 0000-0002-9402-3179, Maksimov N.I. ORCID: 0000-0001-6819-2633, Anisimov S.V. ORCID: 0000-0002-5539-8322, Rykov V.V. ORCID: 0000-0002-4524-1911, Mykolnikov A.V. ORCID: 0000-0002-3269-8429, Nazarov S.B. 0000-0003-1757-9998.

**For citation:** Semenyuta V.V., Maksimov N.I., Anisimov S.V., Rykov V.V., Mykolnikov A.V., Nazarov S.B. Changes of creatine phosphokinase MB levels in the context of myocardial reperfusion injury. *Russian Journal of Cardiology*. 2022;27(10):4954. doi:10.15829/1560-4071-2022-4954. EDN EWIOD

### Ключевые моменты

- Для более точной оценки реперфузионного повреждения миокарда после чрескожного коронарного вмешательства необходимо опираться не на верхнюю границу нормы, а на исходные значения креатинфосфокиназы МВ.
- Динамика креатинфосфокиназы МВ зависит не только от повреждения в момент реперфузии, но и в значительной степени от естественного развития состоявшегося инфаркта миокарда, что особенно важно у пациентов с исходно повышенными маркерами некроза.
- Необходим более индивидуальный подход к оценке показателей кардиоспецифических маркеров у пациентов с острым коронарным синдромом.

### Key messages

- For a more accurate assessment of myocardial reperfusion injury after percutaneous coronary intervention, not the upper limit of normal should be analyzed, but the initial values of creatine phosphokinase MB.
- The dynamics of creatine phosphokinase MB depends not only on injury at the time of reperfusion, but also to a large extent on the natural development of myocardial infarction, which is especially important in patients with initially elevated necrosis markers.
- A more individual approach is needed to assess the cardiac specific markers in patients with acute coronary syndrome.

Высококчувствительные сердечные тропонины являются наиболее подходящими маркерами для определения инфаркта миокарда (ИМ). В четвертом универсальном определении ИМ данные маркеры указаны основными для диагностики повреждения миокарда [1]. Однако в контексте чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) проблема определения повреждения миокарда неоднозначна.

Безусловно, процедура ЧКВ влечет за собой в некоторой степени повреждение миокардиальных клеток. Среди возможных механизмов выделяют окклюзию боковых ветвей, дистальную эмболизацию фрагментами бляшек, разрушенных баллоном или стентом, микротромбы, коронарораспазм, а также транзиторную ишемию в процессе раздувания баллона [2]. Недавнее исследование показало, что геморрагическое пропитывание миокарда после реперфузии также имеет значительную роль в формировании дополнительной зоны некроза [3].

Ранее была доказана связь уровней сердечной фракции креатинфосфокиназы МВ (КФК-МВ) и сердечного тропонина с объемом некроза миокарда при магнитно-резонансной томографии сердца и фракцией выброса левого желудочка при эхокардиографии после ИМ, в т.ч. в отдаленные сроки наблюдения [4]. В ряде исследований установлено, что

более чем 3-кратное превышение верхней границы нормы (ВГН) для КФК-МВ и сердечных тропонинов связано с более высоким риском неблагоприятных сердечно-сосудистых событий и смертностью от всех причин [5].

Общим ограничением подобных исследований является то, что в них не анализируются случаи с исходно повышенными маркерами перед операцией, что часто бывает у пациентов с острым коронарным синдромом (ОКС). Таким образом, из исследований исключаются пациенты, имеющие более высокий риск ишемических событий [6]. Несмотря на несколько противоречивые данные, в четвертом универсальном определении ИМ предлагается порог 5-кратного увеличения концентрации сердечных тропонинов относительно ВГН, либо увеличение более чем на 20% при исходно повышенном значении для определения повреждения миокарда, связанного с ЧКВ [1]. Однако ряд исследований показывают, что перипроцедурное повреждение миокарда и отдаленные сердечно-сосудистые события в большей степени связаны с уровнем КФК-МВ, чем с сердечными тропонинами [7, 8]. При этом подход к оценке данного маркера чаще всего сводится к сравнению с ВГН. Поскольку повышение кардиоспецифических маркеров после ЧКВ может быть не только индикатором

Таблица 1

## Результаты лабораторных анализов до и после операции, и их корреляция с временными интервалами

| Показатель                                       | Median<br>Q1-Q3   | Время ишемии       | Время до повторного анализа |
|--|-------------------|--------------------|-----------------------------|
| КФК-МВ, Ед/л до операции                         | 45<br>28-75       | r=0,43<br>p<0,001  | –                           |
| Тропонин I, нг/мл до операции                    | 2,36<br>0,55-6,32 | r=0,61<br>p<0,001  | –                           |
| КФК-МВ, Ед/л после операции                      | 52<br>36-85       | r=0,05<br>p=0,670  | r=0,05<br>p=0,641           |
| Тропонин I, нг/мл после операции                 | 4,55<br>1,62-9,46 | r=0,07<br>p=0,719  | r=0,17<br>p=0,392           |
| Динамика КФК-МВ в сравнении с исходным значением | 1,20<br>0,74-1,79 | r=-0,49<br>p<0,001 | r=0,20<br>p=0,055           |
| Динамика КФК-МВ в сравнении с ВГН                | 2,06<br>1,44-3,40 | r=0,05<br>p=0,670  | r=0,05<br>p=0,641           |

**Сокращения:** ВГН — верхняя граница нормы, КФК-МВ — сердечная фракция креатинфосфокиназы.

тором перипроцедурного повреждения, но и следствием естественного развития состоявшегося ИМ, кажется обоснованной оценка динамики КФК-МВ относительно не ВГН, а исходных значений.

Цель: сравнить динамику показателя КФК-МВ после реперфузии миокарда относительно исходных значений с оценкой относительно ВГН для оптимального подхода к определению реперфузионного повреждения миокарда у пациентов с ОКС.

### Материал и методы

Одноцентровое наблюдательное исследование проведено с участием 90 пациентов, госпитализированных с диагнозом ОКС. У всех пациентов было получено письменное добровольное информированное согласие на выполнение медицинских вмешательств и оказание медицинской помощи. Пациентам выполнялось инструментально-лабораторное обследование, в т.ч. биохимический анализ крови на кардиоспецифические маркеры: КФК-МВ и тропонин I. У всех пациентов был верифицирован диагноз ИМ, после чего выполнялась коронарная ангиография с одномоментным ЧКВ на инфаркт-связанных артериях. В том случае, когда у пациента в момент госпитализации результаты анализов крови на кардиоспецифические маркеры были отрицательные, предварительная оценка вероятности развития ИМ и решение о дальнейшей тактике лечения принималось на основании данных анамнеза, остроты развития клинических симптомов, физикального обследования, а также результатов электрокардиографии и эхокардиографии. Время ишемии определялось как время от возникновения первых симптомов со слов пациента до момента выполнения ЧКВ. В раннем послеоперационном периоде выполнялся повторный анализ крови на КФК-МВ, и определялась его динамика относительно исходного значения и ВГН.

Статистический анализ выполнен в программе Statistica 12. Проверка на соответствие количественных переменных закону нормального распределения выполнена с помощью анализа эксцесса, асимметрии и критерия Колмогорова-Смирнова с поправкой Лиллиефорса. Количественные переменные представлены в виде медианы и межквартильного интервала (Q1-Q3). Корреляционный анализ выполнен с использованием коэффициента Спирмена. Номинальные показатели представлены в виде абсолютных и относительных значений. Влияние факторов оценивалось с помощью многофакторного ковариационного анализа, средние скорректированы по методу наименьших квадратов и представлены со стандартными ошибками (Mean ± Standard Error). Критический уровень статистической значимости определен для p<0,05.

### Результаты

Медиана возраста составила 61 (54-66) год, 76% были мужского пола. Медиана времени ишемии 12,4 (5,6-23,5) ч. Повторный анализ выполнялся в течение 11,5 (8,7-14,2) ч. Результаты лабораторных исследований и корреляции с временем ишемии и временем до повторного анализа представлены в таблице 1. Исходно у 81% пациентов наблюдалось превышение лабораторных показателей выше референсных значений и только у 17 пациентов (19%) исходные значения были в пределах нормы. При повторном определении кардиоспецифических маркеров их значения и динамика не показали корреляционной связи с временным интервалом между взятием анализа крови до и после операции. Между временем ишемии и значениями кардиоспецифических маркеров, определенных до операции, выявлена средняя положительная корреляционная связь, которая полностью нивелируется при повторном анализе. При определении динамики КФК-МВ относи-

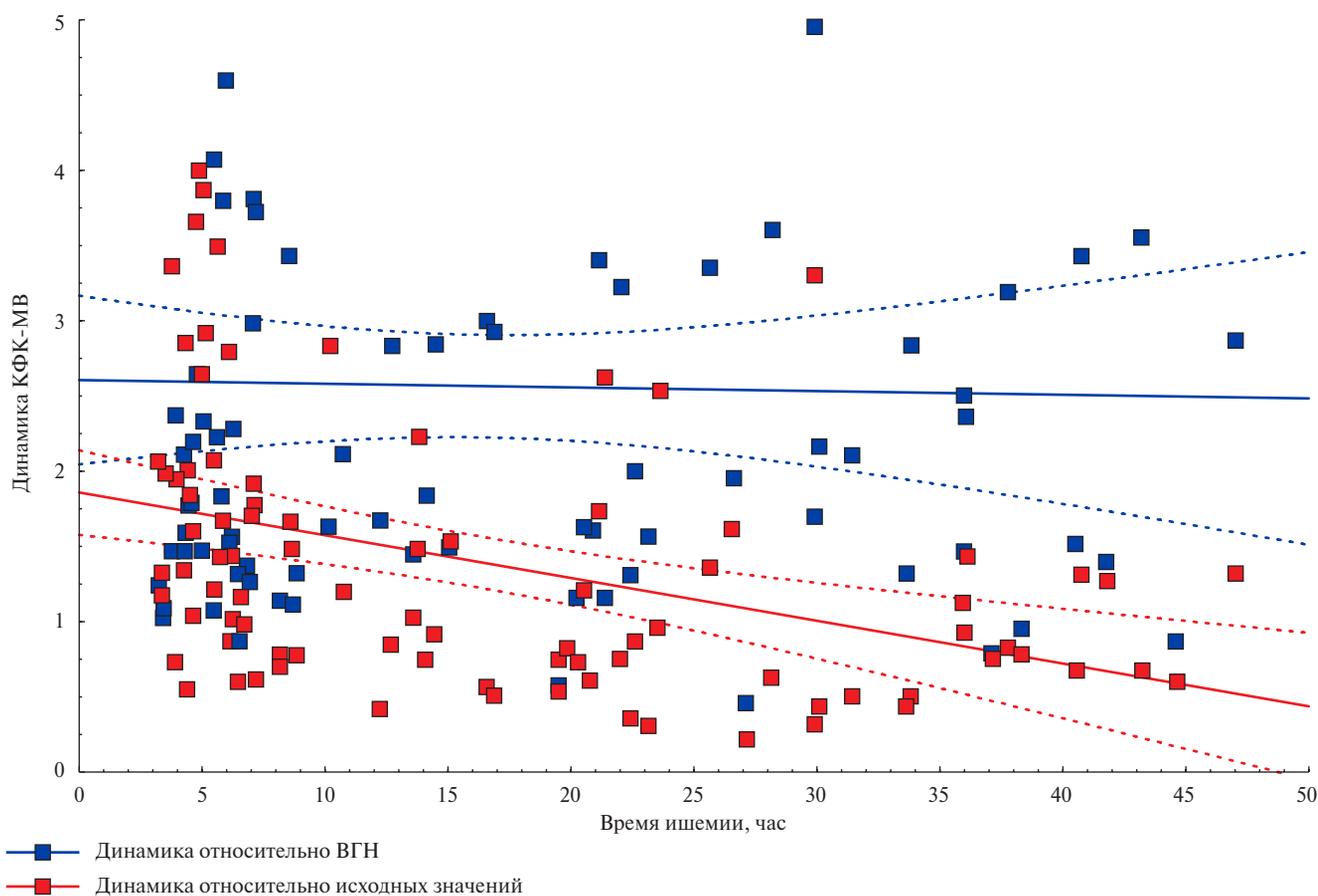


Рис. 1. Корреляционная связь динамики КФК-МВ с временем ишемии.

Примечание: цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

Сокращения: ВГН — верхняя граница нормы, КФК-МВ — сердечная фракция креатинфосфокиназы.

Таблица 2

Результаты коронарной ангиографии и тактика ЧКВ

| Характеристика                     | n  | %    |
|------------------------------------|----|------|
| Правый тип кровоснабжения миокарда | 68 | 75%  |
| Левый тип кровоснабжения миокарда  | 8  | 9%   |
| Устьевой стеноз                    | 58 | 64%  |
| Протяженный стеноз                 | 32 | 36%  |
| Извитость артерии                  | 26 | 29%  |
| Кальциноз артерии                  | 25 | 28%  |
| Тромбоз артерии                    | 11 | 12%  |
| Реканализация                      | 29 | 32%  |
| Тромбэктомия                       | 4  | 4%   |
| Стентирование                      | 90 | 100% |
| Имплантация 2-х и более стентов    | 21 | 23%  |
| Стентирование ПКА                  | 46 | 51%  |
| Стентирование обгибающей артерии   | 14 | 16%  |
| Стентирование ПМЖВ                 | 37 | 41%  |

Сокращения: ПКА — правая коронарная артерия, ПМЖВ — передняя межжелудочковая ветвь левой коронарной артерии.

мов до момента реперфузии, тем меньше изменяется показатель КФК-МВ относительно исходных значений. Показатель отношения КФК-МВ после операции к ВГН никак не связан с временем ишемии (рис. 1). Следовательно, динамика КФК-МВ относительно исходных значений до операции может учитывать не только возможное повреждение в момент реперфузии, но и в значительной степени зависит от естественного развития состоявшегося ИМ.

В зависимости от клинической ситуации после коронарной ангиографии пациентам выполнялась аспирационная тромбэктомия, реканализация и стентирование одной или нескольких коронарных артерий (табл. 2). Также производилась оценка шкалы риска SYNTAX 2 Score [9]. Медиана шкалы составила 18 (13-24) балла.

Для определения факторов, связанных с динамикой КФК-МВ, выполнен многофакторный ковариационный анализ. В качестве категориальных переменных выступали клинико-anamnestические и ангиографические характеристики. Возраст, время ишемии и шкала SYNTAX 2 явились ковариатами. В таблице 3 представлены факторы, которые статистически значимо связаны с динамикой КФК-МВ относительно исходных

тельно значений до операции наблюдается инверсия и увеличение силы корреляции с временем ишемии. Чем больше времени прошло от появления симпто-

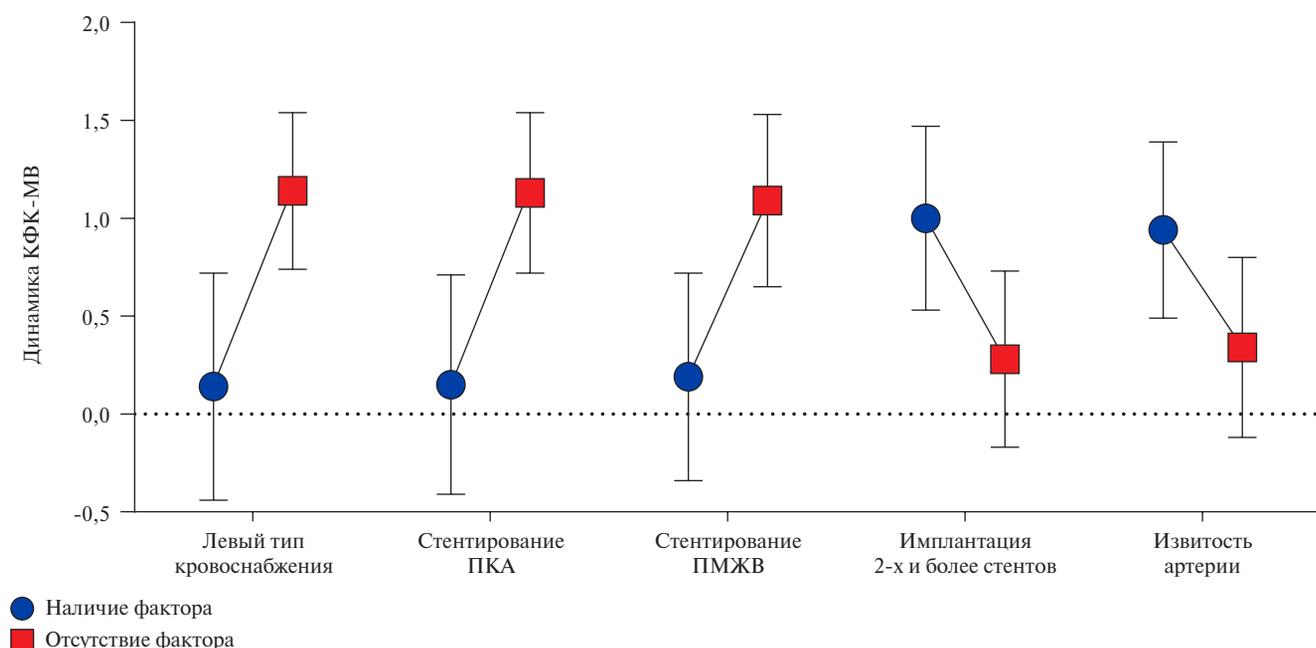


Рис. 2. Влияние факторов на динамику КФК-МВ.

**Сокращения:** КФК-МВ — сердечная фракция креатинфосфокиназы, ПКА — правая коронарная артерия, ПМЖВ — передняя межжелудочковая ветвь левой коронарной артерии.

Таблица 3

#### Результаты ковариационного анализа

| Фактор                          | Наличие фактора<br>Mean±SE | Отсутствие фактора<br>Mean±SE | P-value | R <sup>2</sup> |
|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------|----------------|
| Время ишемии, час               | –                          | –                             | <0,001  | 19,8%          |
| Левый тип кровоснабжения        | 0,14±0,58                  | 1,14±0,40                     | 0,026   | 4,7%           |
| Стентирование ПКА               | 0,15±0,56                  | 1,13±0,41                     | 0,025   | 4,8%           |
| Стентирование ПМЖВ              | 0,19±0,53                  | 1,09±0,44                     | 0,028   | 4,6%           |
| Имплантация 2-х и более стентов | 1,00±0,47                  | 0,28±0,45                     | 0,008   | 6,8%           |
| Извитость артерии               | 0,94±0,45                  | 0,34±0,46                     | 0,011   | 6,3%           |

**Примечание:** распределение указанных переменных значимо не отличалось от нормального закона, а дисперсии при разных категориях факторов были равны, поэтому было принято решение выполнить многофакторный ковариационный анализ для получения более подробной структуры связи. Чтобы отобразить, каким было бы отношение КФК-МВ, если бы ковариаты были фиксированными, проведен расчет средних, скорректированных по методу наименьших квадратов. При данной процедуре расчеты стандартные ошибки средних могут выходить за границы возможных значений переменной, особенно, при небольшом объеме выборки, поскольку в процедурах расчетов не учитываются пределы.

**Сокращения:** ПКА — правая коронарная артерия, ПМЖВ — передняя межжелудочковая ветвь левой коронарной артерии.

значений. Влияние остальных факторов статистически незначимо. Представленная ковариационная модель является статистически значимой ( $p=0,023$ ).

При включении в ковариационный анализ в качестве зависимой переменной отношение КФК-МВ после операции к ВГН, все перечисленные выше факторы, включая время ишемии, теряют статистическую значимость, за исключением извитости коронарных артерий ( $R^2=4\%$ ,  $p=0,049$ ). Это говорит в пользу того, что оценка КФК-МВ без учета предоперационных показателей может быть малоинформативна.

Как показал ковариационный анализ, динамика КФК-МВ после реперфузии, определенная относительно исходных значений, на 20% обусловлена временем ишемии и связана с естественным течением

ИМ. Зависимость носит обратно пропорциональный характер, что согласуется с ранее проведенным исследованием [10]. Помимо этого, динамика КФК-МВ, определенная представленным образом, зависит от анатомии коронарного русла, локализации инфаркт-связанной артерии и последующей процедуры реперфузии. Данные факторы в совокупности объясняют дисперсию динамики КФК-МВ на 27%. Таким образом, у пациентов с левым типом кровоснабжения миокарда при инфаркте в бассейне правой коронарной или передней межжелудочковой артерии наблюдается незначительная динамика КФК-МВ после операции относительно исходных значений. У пациентов с извитыми коронарными артериями, а также при имплантации 2-х и более стентов, наблюдается

значительное нарастание КФК-МВ после реперфузии (рис. 2).

### Обсуждение

Повреждение миокарда изучается долгое время с различными подходами к оценке КФК-МВ [11]. Тем не менее до сих пор нет однозначного ответа относительно того, какой подход к оценке данного маркера более оптимальный в контексте реперфузионного повреждения после ЧКВ у пациентов с ОКС. Для сердечных тропонинов предлагается оценка относительно ВГН, а также относительно исходных значений [1]. Для КФК-МВ подобных рекомендаций нет, поэтому подход к оценке данного маркера чаще всего сводится к сравнению с ВГН. Однако у пациентов с исходно повышенным уровнем КФК-МВ его повышение может быть обусловлено не только дополнительным повреждением, но и естественным высвобождением при состоявшемся ИМ. В такой ситуации оценка динамики КФК-МВ с учетом предоперационных значений может быть более информативна, чем оценка относительно ВГН.

Результаты проведенного исследования указывают на то, что предложенный подход в определении динамики КФК-МВ учитывает естественное высвобождение фермента в кровь после состоявшегося ИМ. Помимо этого, на 27% динамика КФК-МВ, определенная с учетом предоперационных значений, зависит от особенностей коронарного русла и тактики процедуры реперфузии, чего не наблюдается при оценке КФК-МВ относительно ВГН. Ранее проведенные исследования показывают, что повреждение миокарда, связанное с реперфузией, может зависеть и от других факторов, в т.ч. от мужского пола, курения, класса тяжести Killip и других показателей [12]. Безусловно, необходимы дополнительные исследова-

ния для определения клинически значимого порога кратного увеличения КФК-МВ с целью более точной диагностики повреждения миокарда, связанного с реперфузией. Это может позволить установить неблагоприятные факторы, связанные с более выраженным повреждением миокарда, и оптимизировать лечебную тактику.

### Заключение

Таким образом, результаты нашей работы приводят к выводу, что для более точной оценки реперфузионного повреждения миокарда после ЧКВ необходимо опираться не на ВГН, а на исходные значения показателя КФК-МВ. Динамика КФК-МВ зависит не только от возможного повреждения в момент реперфузии, но и в значительной степени от естественного развития состоявшегося ИМ, что особенно важно у пациентов с исходно повышенными маркерами некроза.

У пациентов с левым типом кровоснабжения миокарда, а также при локализации инфаркта в бассейне правой или передней межжелудочковой артерий наблюдается незначительная динамика КФК-МВ. Напротив, более выраженная динамика наблюдается у пациентов с извитыми коронарными артериями и при имплантации 2-х и более стентов. Это говорит о том, что необходим более индивидуальный подход к оценке показателей кардиоспецифических маркеров у пациентов с ОКС. При этом оценка КФК-МВ относительно ВГН не связана с временем ишемии и не зависит от клинико-ангиографических характеристик и тактики операции.

**Отношения и деятельность:** все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

### Литература/References

1. Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, et al. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018). *Eur Heart J*. 2019;40(3):237-69. doi:10.1093/eurheartj/ehy462.
2. Prasad A, Herrmann J. Myocardial Infarction Due to Percutaneous Coronary Intervention. *N Engl J Med*. 2011;364(5):453-64. doi:10.1056/NEJMra0912134.
3. Liu T, Howarth AG, Chen Y, et al. Intramyocardial Hemorrhage and the "Wave Front" of Reperfusion Injury Compromising Myocardial Salvage. *J Am Coll Cardiol*. 2022;79(1):35-48. doi:10.1016/j.jacc.2021.10.034.
4. Mohammad MA, Koul S, Smith JG, et al. Predictive Value of High-Sensitivity Troponin T for Systolic Dysfunction and Infarct Size (Six Months) After ST-Elevation Myocardial Infarction. *Am J Cardiol*. 2018;122(5):735-43. doi:10.1016/j.amjcard.2018.05.005.
5. Li Y, Pei H, Bulluck H, Zhou C, Hausenloy DJ. Periprocedural elevated myocardial biomarkers and clinical outcomes following elective percutaneous coronary intervention: a comprehensive dose-response meta-analysis of 44,972 patients from 24 prospective studies. *EuroIntervention*. 2020;15(16):1444-50. doi:10.4244/EIJ-D-19-00737.
6. Tricoci P, Leonardi S. Determining myocardial infarction after PCI: CK-MB, troponin, both, or neither? *MLO Med Lab Obs*. 2015;47(1):14-16.
7. Vieira de Melo RM, Hueb W, Nomura CH, et al. Biomarker release after percutaneous coronary intervention in patients without established myocardial infarction as assessed by cardiac magnetic resonance with late gadolinium enhancement. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2017;90(1):87-93. doi:10.1002/ccd.27125.
8. Wang HY, Xu B, Dou K, et al. Implications of Periprocedural Myocardial Biomarker Elevations and Commonly Used MI Definitions After Left Main PCI. *JACC Cardiovasc Interv*. 2021;14(15):1623-34. doi:10.1016/j.jcin.2021.05.006.
9. Escaned J, Collet C, Ryan N, et al. Clinical outcomes of state-of-the-art percutaneous coronary revascularization in patients with de novo three vessel disease: 1-year results of the SYNTAX II study. *Eur Heart J*. 2017;38(42):3124-34. doi:10.1093/eurheartj/ehx512.
10. Maksimov NI, Semenyuta VV. Factors associated with myocardial damage during transcatheter coronary intervention in patients with acute coronary syndrome. *Perm Med J*. 2020;37(1):27-34. (In Russ.) Максимов Н.И., Семенюта В.В. Факторы, ассоциированные с повреждением миокарда во время чрескожного коронарного вмешательства у больных острым коронарным синдромом. *Пермский медицинский журнал*. 2020;1(37):27-34. doi:10.17816/pmj37127-34.
11. Verzhinina EO, Salnikova ES, Repin AN. Prevention of acute myocardial damage in elective percutaneous coronary interventions. *Sib J Clin Exp Med*. 2015;30(2):87-96. (In Russ.) Вершинина Е.О., Сальникова Е.С., Репин А.Н. Профилактика острого повреждения миокарда при плановых эндоваскулярных вмешательствах на коронарных артериях. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2015;30(2):87-96.
12. Rusak TV, Gelis LG, Medvedeva EA, et al. Risk Factors of Reperfusion Injury of the Myocardium during Endovascular Revascularization in Patients with Acute Coronary Syndrome. *Cardiol Belarus*. 2020;12(5):639-55. (In Russ.) Русак Т.В., Гелис Л.Г., Медведева Е.А. и др. Факторы риска реперфузионных повреждений миокарда при эндоваскулярной реваскуляризации у пациентов с острым коронарным синдромом. *Кардиология в Беларуси*. 2020;12(5):668-78. doi:10.34883/PI.2020.12.5.003.