

DOI: 10.15825/1995-1191-2021-1-91-100

# ПРОГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ТРОПОНИНА I ПОСЛЕ ОПЕРАЦИЙ КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЯ AMIRI-SABG)

Н.С. Буненков<sup>1</sup>, В.В. Комок<sup>1</sup>, С.А. Белый<sup>1</sup>, А.В. Соколов<sup>2</sup>, В.И. Лукашенко<sup>1</sup>,  
А.С. Немков<sup>1</sup>, Г.Г. Хубулава<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Российская Федерация

<sup>2</sup> ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины», Санкт-Петербург, Российская Федерация

В 2017 году Европейское общество кардиологов обозначило важность проблемы диагностики ишемически-реперфузионного повреждения миокарда после операций коронарного шунтирования. Повреждение миокарда может сопровождаться критическим снижением сердечного индекса и повышением концентрации кардиального тропонина I в крови. Прогностическое значение повышения уровня тропонина I после операций коронарного шунтирования недостаточно изучено. **Цель:** определить прогностическое значение концентрации тропонина I в плазме крови в отношении снижения сердечного индекса после операций коронарного шунтирования. **Задачи:** определить вероятность снижения сердечного индекса менее 2,2 для концентраций тропонина I в первые часы, на 1, 2, 3, 4-е сутки после операций коронарного шунтирования. **Материалы и методы.** В одноцентровое нерандомизированное проспективное исследование включено 336 пациентов, поступивших для планового оперативного лечения ишемической болезни сердца с 2016-го по 2019 г. Пациенты были распределены в три группы наблюдения: коронарное шунтирование без искусственного кровообращения (n = 175), с искусственным кровообращением (n = 128) и в условиях параллельного искусственного кровообращения (n = 33). Концентрацию тропонина I определяли в первые часы, на 1, 2, 3, 4-е сутки после операции с помощью прибора Pathfast Compact immuno-analyzer. Сердечный индекс измеряли инвазивным методом. **Результаты.** У пациентов с сердечным индексом более 2,2 уровень тропонина I в группе коронарного шунтирования без искусственного кровообращения не превышал 0,5 нг/мл, в группе с искусственным кровообращением – 6 нг/мл, в группе коронарного шунтирования на параллельном искусственном кровообращении – 3,5 нг/мл. Концентрация тропонина I у пациентов с сердечным индексом 2,2 и менее была сопоставима в группах наблюдения и составила 21 нг/мл. Пороговая концентрация тропонина I на 1-й день после операции, превышение которой было связано с вероятностью снижения сердечного индекса менее 2,2, составила 3,78; 9,67 и 17,06 нг/мл в группах без искусственного кровообращения, с искусственным кровообращением и на параллельном искусственном кровообращении соответственно. **Заключение.** После операций коронарного шунтирования без искусственного кровообращения клинически значимое повреждение миокарда следует предполагать при более низких концентрациях тропонина I (3,78 нг/мл), чем после коронарного шунтирования с искусственным кровообращением (9,67 нг/мл) и в условиях параллельного искусственного кровообращения (14,7 нг/мл).

*Ключевые слова:* коронарное шунтирование на работающем сердце, коронарное шунтирование в условиях искусственного кровообращения, коронарное шунтирование со вспомогательным искусственным кровообращением, ишемия-реперфузия, повреждение миокарда, тропонин I, прогностическое значение тропонина.

**Для корреспонденции:** Буненков Николай Сергеевич. Адрес: Санкт-Петербург, ул. Бестужевская, д. 7, корп. 2, кв. 200. Тел.: (812) 338-62-35 (раб.), (950) 028-17-40 (моб.). E-mail: bunenkov2006@gmail.com

**Corresponding author:** Nikolay Bunenkov. Address: 7/2, apt. 200, Bestuzhevskaya str., St. Petersburg, Russian Federation. Phone: (812) 338-62-35, (950) 028-17-40. E-mail: bunenkov2006@gmail.com

# PROGNOSTIC VALUE OF TROPONIN I AFTER CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING (AMIRI-CABG STUDY)

N.S. Bunenkov<sup>1</sup>, V.V. Komok<sup>1</sup>, S.A. Bely<sup>1</sup>, A.V. Sokolov<sup>2</sup>, V.I. Lukashenko<sup>1</sup>, A.S. Nemkov<sup>1</sup>, G.G. Khubulava<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pavlov First St. Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> Institute of Experimental Medicine, St. Petersburg, Russian Federation

In 2017, the European Society of Cardiology outlined the importance of the problem of diagnosing myocardial ischemia-reperfusion injury following coronary artery bypass grafting. Myocardial injury can be accompanied by a critical decline in the cardiac index and an increase in cardiac troponin I plasma levels. The prognostic value of troponin I elevation after coronary artery bypass grafting is poorly understood. **Objective:** to determine the prognostic value of troponin I plasma levels in relation to a fall in the cardiac index after coronary artery bypass grafting (CABG). **Task:** To determine the probability of the cardiac index falling below 2.2 for troponin I levels in the first hours, and on days 1, 2, 3, 4 after CABG. **Materials and methods.** The single-center, non-randomized prospective study, running from 2016 to 2019, included 336 patients admitted for elective surgical treatment of coronary artery disease. The CABG patients were divided into three observation groups: off-pump (n = 175), on-pump (n = 128), and pump-assisted (n = 33). Troponin I levels were measured in the first hours, and on days 1, 2, 3, 4 after surgery using the Pathfast Compact immunoassay analyzer. Cardiac index was measured by invasive method. **Results.** In patients with a cardiac index higher than 2.2, troponin I level did not exceed 0.5 ng/mL in the off-pump group, 6 ng/mL in the on-pump group, and 3.5 ng/mL in the pump-assisted group. Patients with cardiac index lower than 2.2 have comparable troponin I levels in all groups – 21 ng/mL. Troponin I thresholds on day 1 after surgery, which, when exceeded, was associated with the likelihood of the cardiac index falling below 2.2, was 3.78 ng/mL in the off-pump group, 9.67 ng/mL in the on-pump group and 17.06 ng/mL in the pump-assisted group. **Conclusion.** After off-pump CABG, clinically significant myocardial injury should be expected at lower troponin I levels (3.78 ng/mL) than after on-pump CABG (9.67 ng/mL) and pump-assisted CABG (14.7 ng/mL).

*Keywords:* beating coronary artery bypass grafting, off-pump, on-pump, pump-assisted, ischemia-reperfusion, myocardial injury, troponin I, troponin I prognostic value.

## ВВЕДЕНИЕ

Операция коронарного шунтирования (КШ) является признанным и эффективным методом лечения ишемической болезни сердца при многососудистом поражении коронарного русла. Несмотря на эффективность и широкое распространение операций коронарного шунтирования, остается нерешенной проблема ишемически-реперфузионного повреждения миокарда, ассоциированного с хирургическим вмешательством на коронарных артериях [1, 2]. Так, сообщается, что летальность в течение 30 дней после коронарного шунтирования колеблется от 1 до 3%, несмотря на развитие медицинских технологий [3]. Существующие методы кардиопротекции, например кардиоплегия, не всегда обеспечивают достаточную защиту миокарда [2]. Поиск решения обозначенной проблемы ведется по разным направлениям, например, разработка более совершенных кардиоплегических растворов [4–8]. Другим возможным подходом может быть отказ от искусственного кровообращения при выполнении коронарного шунтирования [9]. Однако сообщается о риске неполной реваскуляризации при операциях коронарного шунтирования без искусственного кровообращения [10]. Рассматривается

возможность стимуляции регенерации миокарда с помощью клеточной терапии, что может нивелировать закономерное ишемически-реперфузионное повреждение миокарда, вызванное хирургическим вмешательством [11–14]. Изучалась возможность ишемического прекодиционирования миокарда, что должно уменьшить площадь повреждения миокарда [15]. Еще один подход может заключаться в своевременной диагностике степени тяжести ишемически-реперфузионного повреждения миокарда при операциях коронарного шунтирования [16]. До сих пор не решена проблема своевременной и точной диагностики ишемически-реперфузионного повреждения после операции коронарного шунтирования и точной оценки его тяжести и клинической значимости [16]. Ишемически-реперфузионное повреждение миокарда после операций КШ может сопровождаться существенным снижением сердечного индекса и летальными исходами, вследствие чего имеет большое клиническое значение [16]. Актуальным подходом является экспресс-диагностика степени тяжести ишемически-реперфузионного повреждения миокарда при операциях коронарного шунтирования. Рабочая группа Европейского общества кардиологов выделяет периоперационное повреждение миокарда

да и инфаркт 5-го типа [16]. Предложены критерии диагностики инфаркта миокарда 5-го типа, которые включают концентрацию кардиального тропонина более чем в 10 раз выше 99-го перцентиля верхнего референтного предела в течение первых 48 часов после коронарного шунтирования у пациентов с нормальным дооперационным уровнем кардиального тропонина в сочетании с новым зубцом Q, и/или впервые выявленной блокадой левой ножки пучка Гиса по данным электрокардиограммы (ЭКГ), и/или впервые выявленной окклюзией коронарной артерии и/или шунта, и/или впервые выявленными новыми участками погибшего миокарда по данным лучевых методов исследований, и/или новыми участками нарушения кинетики миокарда [16]. Сообщается, что верхний референтный предел повышения кардиального тропонина отличается в зависимости от производителя диагностического набора и в каждой клинике следует определить свой пороговый уровень кардиального тропонина, имеющиеся данные противоречивы [16]. Таким образом, уточнение прогностического значения увеличения концентрации кардиального тропонина, связанного с повышенным риском клинически значимого снижения сердечного индекса, может улучшить исходы операций коронарного шунтирования.

**Цель:** определить прогностическое значение концентрации тропонина I в плазме крови в отношении снижения сердечного индекса после операций коронарного шунтирования.

**Задачи:** определить вероятность снижения сердечного индекса менее 2,2 для концентраций тропонина I в первые часы, на 1, 2, 3, 4-е сутки после операций коронарного шунтирования.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование включены пациенты, поступившие в НИИ хирургии и неотложной медицины ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова для планового оперативного лечения ишемической болезни сердца за период с 2016-го по 2019 год. Критерии включения в исследование: наличие ишемической болезни сердца (стенокардия напряжения III–IV ФК) с доказанным многососудистым поражением коронарных артерий, согласие пациента. Критерии исключения: отказ пациента, наличие патологии клапанов сердца, острый коронарный синдром.

Из пациентов, поступивших в НИИ хирургии и неотложной медицины за период с 2016-го по 2019 год с ишемической болезнью сердца, в исследование включены 336 человек, отвечавших критериям включения.

Тип исследования: проспективное нерандомизированное одноцентровое исследование одобрено

локальным этическим комитетом и утверждено ученым советом ПСПбГМУ им. И.П. Павлова, имеет регистрацию в международном регистре клинических исследований U.S. National Library of Medicine ClinicalTrials.gov Identifier: NCT03050489 «Assessment of myocardial ischemic-reperfusion injury during off- and on-pump CABG (AMIRI – CABG)».

Пациенты были распределены по следующим группам наблюдения: КШ без искусственного кровообращения (ИК) (n = 175), КШ с ИК (с пережатием аорты, n = 128), КШ в условиях параллельного ИК (без пережатия аорты, n = 33). Операции КШ с ИК выполнялись в плановом порядке, по стандартной методике, через срединную стернотомию. Использовались аппарат искусственного кровообращения HL-20 фирмы Maquet и одноразовый контур аппарата искусственного кровообращения с оксигенатором Affinity Fusion фирмы Medtronic. Подключение экстракорпорального контура ИК производилось по схеме «аорта – правое предсердие – нижняя полая вена» (одна двухступенчатая канюля). Заполнение аппарата: маннитол 15% – 200 мл, гелофузин – 500 мл, стерофундин – 500 мл, NaHCO<sub>3</sub> 5% – 50 мл, транексам – 20 мл, антибиотик 2 г, гепарин 2 мл, инсулин – 10 Ед, дексаметазон 24 мг. Искусственное кровообращение проводилось либо в режиме гипотермии при температуре 32,0 °С с пережатием аорты (КШ с ИК), либо в нормотермических условиях (36,6 °С) без пережатия аорты (КШ на параллельном ИК). Во время параллельного ИК при наложении шунтов использовалось стабилизирующее устройство Octopus tissue stabilizer фирмы Medtronic.

В случае необходимости пережатия аорты для остановки сердечной деятельности и защиты миокарда использовалось антеградное и ретроградное введение кровяной кардиopleгии (2–6 °С) с добавлением глюкозы (5% – 250 мл), хлорида калия (10% – 30 мл), сульфата магния (25% – 20 мл) и лидокаина (10% – 2 мл). Операции без ИК выполнялись в плановом порядке, по стандартной методике, через срединную стернотомию. При наложении шунтов использовалось стабилизирующее устройство Octopus tissue stabilizer фирмы Medtronic.

Вне зависимости от типа коронарного шунтирования у 100% пациентов, включенных в исследование, выполнялся маммаро-коронарный анастомоз на переднюю межжелудочковую артерию. Оценка ишемически-реперфузионного повреждения выполнялась с помощью определения концентрации тропонина I до операции, после операций коронарного шунтирования, а также на 1, 2, 3, 4-е сутки после коронарного шунтирования. Концентрацию тропонина I определяли с помощью прибора Pathfast Compact immuno-analyzer. Критерий послеоперационной сердечной

недостаточности – сердечный индекс (СИ) 2,2 или менее, измеренный инвазивным методом [17, 18].

### СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Все исследуемые параметры проверялись на нормальное распределение (критерии Шапиро–Уилка, Колмогорова–Смирнова). Сравнение частоты встречаемости осложнений выполнялось с помощью точного теста Фишера. Построение логистической регрессии, ROC-кривой, расчет вероятности послеоперационной сердечной недостаточности выполнялся в программе SAS Enterprise Guide 9.4. Пороговые концентрации тропонина I определяли с помощью индекса Юдена. Графики были построены в SAS Enterprise Guide 9.4.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Тяжесть поражения коронарного русла и сопутствующей патологии были сопоставимы во всех группах наблюдений (табл.).

Исходные концентрации тропонина I были в норме во всех группах наблюдения менее 0,05 нг/мл. В ходе исследования AMIRI-CABG пороговый уро-

вень тропонина I, условно разграничивающий закономерное ишемически-реперфузионное повреждение и инфаркт миокарда 5-го типа, определен в 12,4 нг/мл в пределах от 24 до 48 часов после операции КШ. Согласно данным разных исследователей, пороговое значение кардиального тропонина колеблется в пределах от 9 до 25 нг/мл [19].

Частота инфаркта миокарда (новая элевация ST более 2 мм в двух или более отведениях, новый зубец Q, новая блокада левой ножки пучка Гиса) в группе КШ без ИК составила 1,1% (n = 2), с ИК 0,78% (n = 1), в группе параллельного ИК – 0%, различия были статистически незначимы, точный тест Фишера p = 1,0. Представленные данные получены на выборке n = 336 пациентов, из них признаки инфаркта миокарда по данным ЭКГ наблюдались у трех человек. Частота снижения сердечного индекса менее 2,2 составила 8,57% (n = 15) в группе КШ без ИК, в группе КШ с ИК – 11,72% (n = 15), в группе КШ на параллельном ИК – 3,03% (n = 1), различия по группам наблюдения были статистически не значимы (точный тест Фишера). Средняя концентрация тропонина I на 1-й день после КШ в группах без ИК и

Таблица

**Базовые характеристики пациентов**  
**Basic Patient Characteristics**

	Группа 1: КШ без ИК, n = 175 (181)*	Группа 2: КШ с ИК с пережатием аорты, n = 128	Группа 3: КШ с ИК без пережатия аорты, n = 33 (27)**	p
Возраст, лет, ср. ± std. откл.	63,5 ± 7,3	63,5 ± 7,13	64,3 ± 8,9	>0,05
Пол				
мужской	78,3 %	74,2%	74,1%	0,7
женский	21,7 %	25,8 %	25,9%	
Syntax Score II	41,35 [32,7–50,8]	42,25 [31,1–49,9]	43,5 [34,5–53,6]	0,6
Euroscore II	1,03 [0,7–1,5]	0,97 [0,6–1,6]	0,79 [0,6–1,4]	0,3
Индекс Charlson/Deyo	5 [4–7]	5 [4–6]	5 [4–6]	0,1
ФВ (по Симпсону) до операции (%)	62,0 [55,0–67,0]	62 [59–66]	63 [55–65]	0,9
Значения концентраций тропонина I до операции, нг/мл				
Медиана	0,008	0,014	0,014	0,09
Нижний и верхний квартиль	[0,003–0,018]	[0,007–0,025]	[0,005–0,06]	
Основные характеристики оперативного вмешательства				
Длительность операции, мин	290 [250–330]	330 [300–363]	335 [290–355]	
Среднее количество шунтов	3	3	3	

*Примечание.* Индекс Charlson/Deyo – индекс коморбидности, позволяет учесть сопутствующую патологию. КШ – коронарное шунтирование; ИК – искусственное кровообращение; ср. – среднее; std. откл. – стандартное отклонение; ФВ – фракция выброса. Указаны значения медианы [верхний квартиль – нижний квартиль]. \* – В скобках указано количество операций, начинавшихся без ИК, в 6 случаях была выполнена конверсия. \*\* – В скобках указано количество операций, запланированных с параллельным ИК.

*Note.* Charlson/Deyo Index – comorbidity index, allows taking into account concomitant conditions; КШ – coronary artery bypass grafting; ИК – cardiopulmonary bypass; ср. – average; std. откл. – standard deviation; ФВ – ejection fraction. Median [upper quartile – lower quartile] values are indicated. \* – The number of surgeries that began without CPB is indicated in brackets; conversion was performed in 6 cases. \*\* – The number of operations planned with concurrent CPB is indicated in brackets.

с ИК у пациентов со снижением сердечного индекса менее 2,2 была сопоставима и составила 21 нг/мл. Концентрация тропонина I у гемодинамически стабильных пациентов с сердечным индексом более 2,2 существенно различалась по группам наблюдения (рис. 1).

Прогностическое значение повышения концентрации тропонина I было различным в группах наблюдения. Так, например, при концентрации тропонина I 5,1 нг/мл после операции, вероятность снижения сердечного индекса менее 2,2 в группе КШ без ИК составила 12%, в группе КШ с ИК – 7% (рис. 2).

Прогностическое значение повышения концентрации тропонина I на 1-й день после операции также было различным в группах наблюдения. При концентрации тропонина I 17,9 нг/мл после операции вероятность снижения сердечного индекса менее 2,2 составила в группе КШ без ИК 71%, в группе КШ с ИК – 56%, в группе КШ на параллельном ИК – 10% (рис. 3).

При концентрации тропонина I 14,7 нг/мл на 2-й день после операции вероятность снижения сердечного индекса менее 2,2 составила в группе КШ без ИК – 38,5%, в группе КШ с ИК – 67,8%, в группе КШ на параллельном ИК – 20% (рис. 4).

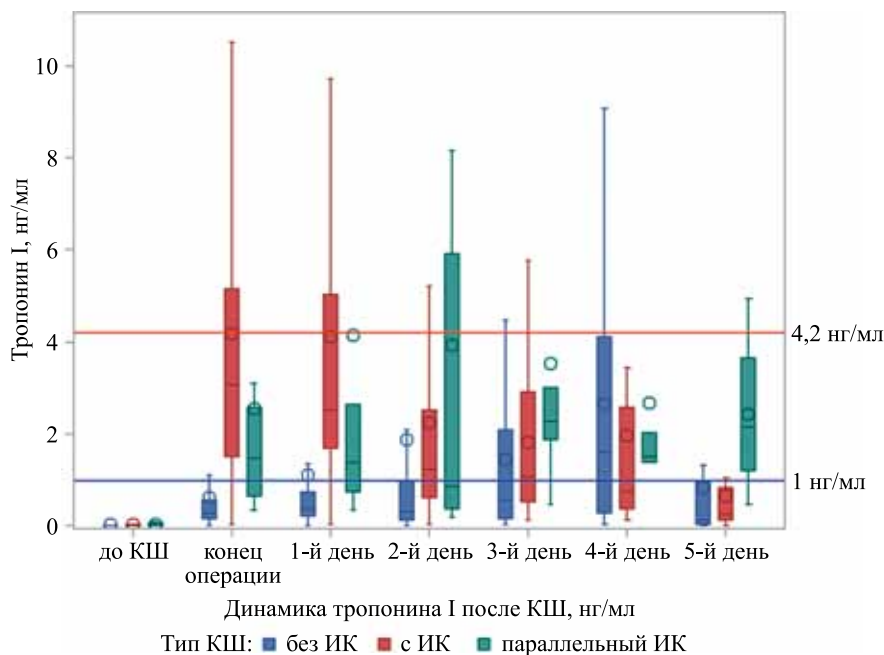


Рис. 1. Динамика тропонина I после операций коронарного шунтирования у пациентов с сердечным индексом более 2,2. Здесь и далее на рис.: КШ – коронарное шунтирование; ИК – искусственное кровообращение

Fig. 1. Troponin I dynamics after CABG in patients with cardiac index >2.2. Here and below in the fig.: КШ – coronary artery bypass grafting; ИК – cardiopulmonary bypass

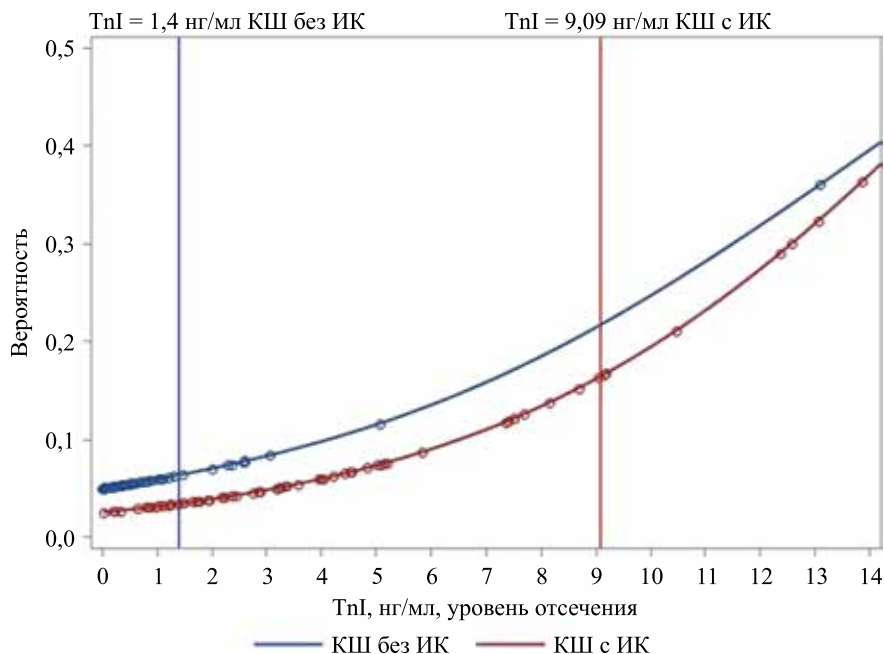


Рис. 2. Вероятность снижения сердечного индекса менее 2,2 после коронарного шунтирования при разных концентрациях тропонина I после окончания операции. Вертикальными линиями обозначены пороговые значения концентраций тропонина I, при превышении которых вероятность снижения сердечного индекса менее 2,2 следует считать клинически значимой. Здесь и далее на рис.: TnI – тропонин I

Fig. 2. Probability of the cardiac index falling below 2.2 after CABG at different troponin I levels at the end of surgery. The vertical lines indicate troponin I thresholds above which the probability of the cardiac index falling below 2.2 should be considered as clinically significant. Here and below in the fig.: TnI – troponin I



При концентрации тропонина I 2,6 нг/мл на 3-й день после операции вероятность снижения сердечного индекса менее 2,2 составила в группе КШ без ИК 13,2%, в группе КШ с ИК – 24,3% (рис. 5).

При концентрации тропонина I 2,6 нг/мл на 4-й день после операции вероятность снижения сердечного индекса менее 2,2 составила в группе КШ без ИК 18,9%, в группе КШ с ИК – 29,4% (рис. 6).

### ОБСУЖДЕНИЕ

Коронарное шунтирование сопровождается закономерным ишемически-реперфузионным повреждением миокарда [2]. Предполагается, что коронарное шунтирование без ИК связано с меньшим ишемически-реперфузионным повреждением миокарда. Однако отсутствие искусственного кровообращения не может полностью исключить клинически значимое повреждение миокарда. Кроме того, сообщается о риске неполной реваскуляризации при операциях

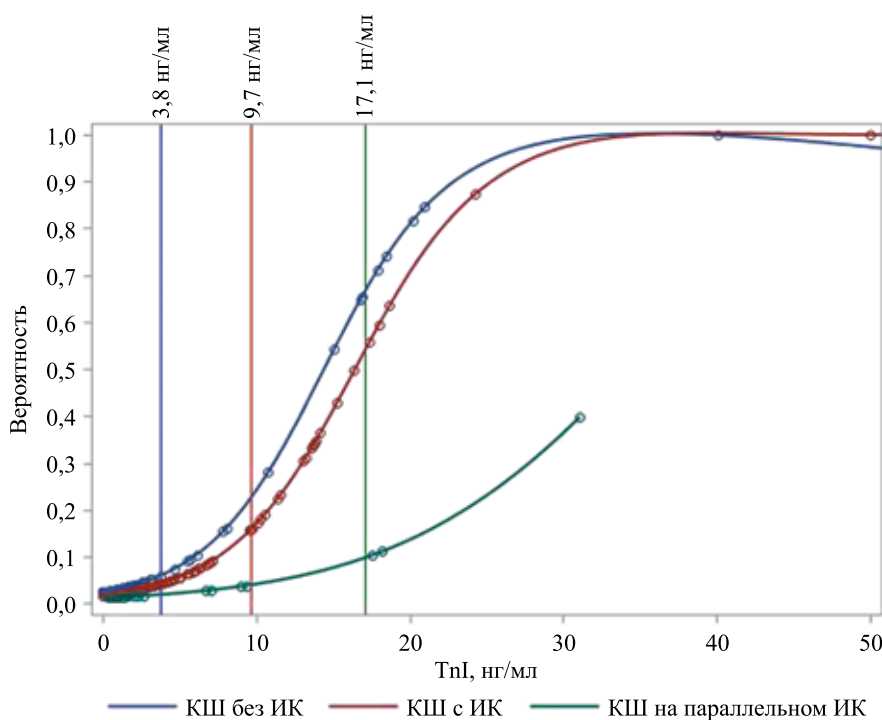


Рис. 3. Вероятность снижения сердечного индекса менее 2,2 на 1-й день после коронарного шунтирования при разных концентрациях тропонина I. Вертикальными линиями обозначены пороговые значения концентраций тропонина I, при превышении которых вероятность снижения сердечного индекса менее 2,2 следует считать клинически значимой

Fig. 3. Probability of the cardiac index falling below 2.2 on day 1 after CABG at different troponin I levels. The vertical lines indicate troponin I thresholds above which the probability of the cardiac index falling below 2.2 should be considered as clinically significant

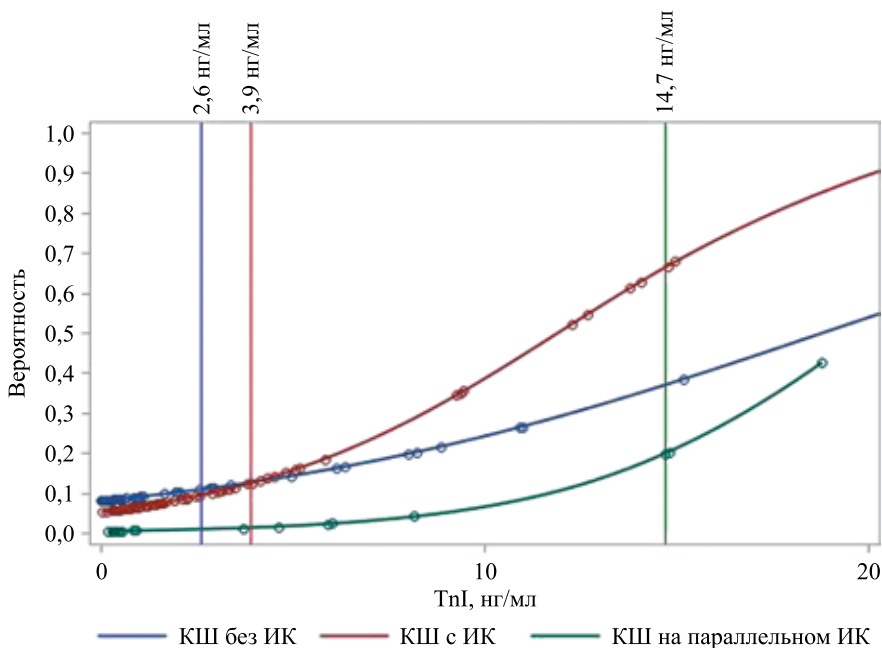


Рис. 4. Вероятность снижения сердечного индекса менее 2,2 на 2-й день после коронарного шунтирования при разных концентрациях тропонина I. Вертикальными линиями обозначены пороговые значения концентраций тропонина I, при превышении которых вероятность снижения сердечного индекса менее 2,2 следует считать клинически значимой

Fig. 4. Probability of the cardiac index falling below 2.2 on day 2 after CABG at different troponin I levels. The vertical lines indicate troponin I thresholds above which the probability of the cardiac index falling below 2.2 should be considered as clinically significant

коронарного шунтирования без искусственного кровообращения [10].

В 2017 году Европейское общество кардиологов опубликовало заключение Рабочей группы по оценке ишемически-реперфузионного повреждения миокарда и диагностике инфаркта миокарда 5-го типа. В этом же году международный регистр ClinicalTrials.gov (U.S. National Library of Medicine) зарегистрировал исследование кафедры факультетской хирургии НИИ хирургии и неотложной медицины, ПСПбГМУ им. И.П. Павлова, посвященное оценке ишемически-реперфузионного повреждения миокарда после разных типов коронарного шунтирования Assessment of Myocardial Ischemic-Reperfusion Injury During Off-and On-Pump CABG (AMIRI-CABG ClinicalTrials.gov Identifier: NCT03050489). Таким образом, впервые выполнено сравнение ишемически-реперфузионного повреждения миокарда после разных типов коронарного шунтирования исходя из новых и более точных критериев, предложенных Европейским обществом кардиологов.

В ходе исследования AMIRI-CABG установлено, что любое повышение концентрации тропонина I после операций коронарного шунтирования выше

рекомендованного производителем порога 0,05 нг/мл ассоциировано с повышенным риском снижения сердечного индекса менее 2,2.

Концентрация тропонина I превысила норму у 100% пациентов с сердечным индексом более 2,2 во всех группах наблюдения. Однако один и тот же уровень кардиального тропонина после операций коронарного шунтирования на работающем сердце и в условиях искусственного кровообращения связан с разной вероятностью снижения сердечного индекса менее 2,2. Так, из рис. 3 следует, что при концентрации тропонина I 3,8 нг/мл в группе КШ без ИК вероятность снижения сердечного индекса менее 2,2 составляет 6%, в группе КШ с ИК – 4%, в группе КШ на параллельном ИК – 2%. Пороговые значения концентраций тропонина I клинически значимой вероятности снижения сердечного индекса менее 2,2 составили в группе КШ без ИК 3,8 нг/мл, в группе КШ с ИК – 9,67 нг/мл, в группе КШ на параллельном ИК – 17,1 нг/мл (рис. 2–6). Что говорит о том, что прогностическое значение повышения тропонина I после КШ без ИК, с ИК и в условиях параллельного ИК различается. Мы не нашли результатов современных исследований, сравнивающих прогностическое

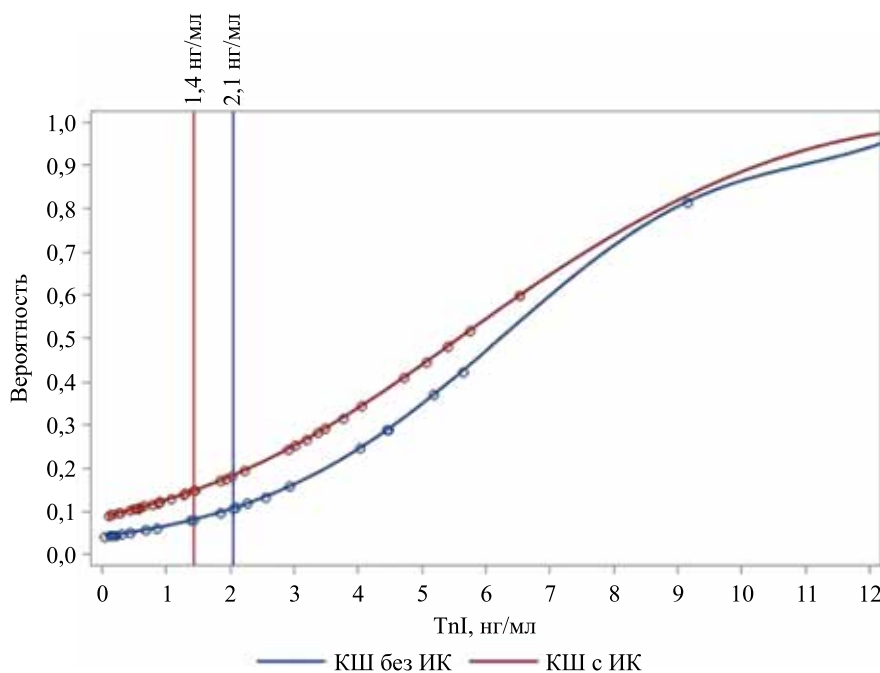


Рис. 5. Вероятность снижения сердечного индекса менее 2,2 на 3-й день после коронарного шунтирования при разных концентрациях тропонина I. Вертикальными линиями обозначены пороговые значения концентраций тропонина I, при превышении которых вероятность снижения сердечного индекса менее 2,2 следует считать клинически значимой. Вероятность снижения сердечного индекса менее 2,2 в группе КШ на параллельном ИК на 3-й день после операции рассчитать не удалось вследствие незначимости логистической регрессии

Fig. 5. Probability of the cardiac index falling below 2.2 on day 3 after CABG at different troponin I levels. The vertical lines indicate troponin I thresholds above which the probability of the cardiac index falling below 2.2 should be considered as clinically significant. It was impossible to calculate probability of cardiac index decrease lower 2.2 in pump-assisted coronary artery bypass grafting group 3d day postoperatively due to statistically insignificance of logistic regression model

значение тропонина I с точным расчетом вероятности снижения сердечного индекса менее 2,2 после разных типов коронарного шунтирования согласно действующим критериям диагностики ишемически-реперфузионного повреждения миокарда после операций коронарного шунтирования, предложенным Европейским обществом кардиологов в 2017 году. Европейское общество кардиологов указывает на ограниченную точность изолированного повышения кардиального тропонина, используемого без учета инструментальных и клинических данных, при определении степени ишемически-реперфузионного повреждения миокарда после коронарного шунтирования [16]. Таким образом, по результатам исследования AMIRI-CABG можно заключить, что прогностическое значение повышения тропонина I после КШ без ИК, с ИК и в условиях параллельного ИК существенно различается. После операций КШ без ИК клинически значимое повреждение миокарда следует предполагать при более низких концентрациях тропонина I, чем после КШ с ИК. У пациентов с сердечным индексом более 2,2 уровень тропонина I в группе КШ без ИК не превышал 0,5 нг/мл, в группе

КШ с ИК – 6 нг/мл, в группе КШ на параллельном ИК – 3,5 нг/мл.

Исследование AMIRI-CABG имеет II уровень доказательности, необходимы дальнейшее исследование прогностического значения степени повышения кардиального тропонина после операций коронарного шунтирования, вследствие ограничений, присущих одноцентровым и нерандомизированным исследованиям.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После операций коронарного шунтирования без искусственного кровообращения клинически значимое повреждение миокарда следует предполагать при более низких концентрациях тропонина I (3,78 нг/мл), чем после коронарного шунтирования с искусственным кровообращением (9,67 нг/мл) и в условиях параллельного искусственного кровообращения (14,7 нг/мл). Коронарное шунтирование в условиях параллельного искусственного кровообращения может быть ассоциировано с существенно меньшим риском снижения сердечного индекса. У пациентов с сердечным индексом более 2,2 концентрация тропонина I в группе коронарного шун-

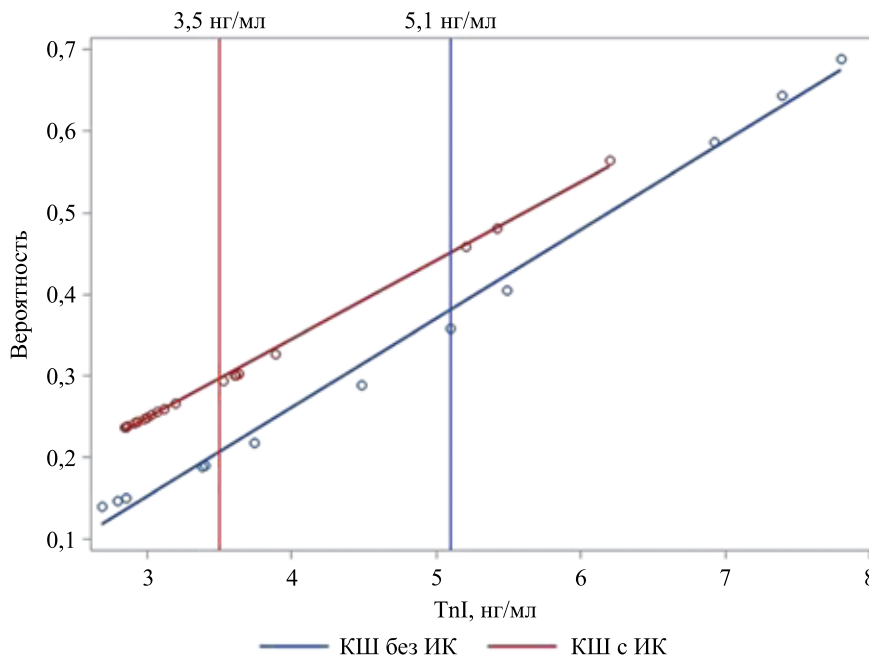


Рис. 6. Вероятность снижения сердечного индекса менее 2,2 на 4-й день после коронарного шунтирования при разных пороговых уровнях тропонина I. Вертикальными линиями обозначены пороговые значения концентраций тропонина I, при превышении которых вероятность снижения сердечного индекса менее 2,2 следует считать клинически значимой. Вероятность снижения сердечного индекса менее 2,2 в группе КШ на параллельном ИК на 4-й день после операции рассчитать не удалось вследствие неадекватности логистической регрессии

Fig. 6. Probability of the cardiac index falling below 2.2 on day 4 after CABG at different troponin I thresholds. The vertical lines indicate troponin I thresholds above which the probability of the cardiac index falling below 2.2 should be considered as clinically significant. It was impossible to calculate probability of cardiac index decrease lower 2.2 in pump-assisted coronary artery bypass grafting group 4th day postoperatively due to statistically insignificance of logistic regression model



тирования без искусственного кровообращения не превышала 0,5 нг/мл, в группе коронарного шунтирования с искусственным кровообращением – 6 нг/мл, в группе коронарного шунтирования на параллельном искусственном кровообращении – 3,5 нг/мл.

*Исследование выполнено в рамках государственного задания ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова по теме: «Оценка регенеративного потенциала пациента при операциях на сердце (2018 г.)».*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflict of interest.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Хубулава ГГ, Авалиани ВМ. Защита миокарда при аортотокоронарном шунтировании: современное состояние проблемы. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2013; 5: 42–47. *Khubulava GG, Avaliani VM. Zashchita miokarda pri aortokoronarnom shuntirovanii: sovremennoe sostoyanie problemy. Kardiologiya i serdechno-sosudistaya hirurgiya*. 2013; 5: 42–47.
2. Молчан НС, Полушин ЮС, Жлоба АА, Кобак АЕ, Хряпа СС. Возможно ли усилить защиту миокарда во время искусственного кровообращения введением ингаляционных анестетиков? *Альманах клинической медицины*. 2019; 47 (3): 221–227. *Molchan NS, Polushin YS, Zhloba AA, Kobak AE, Khryapa AA. Is it possible to augment myocardial protection during cardiopulmonary bypass by administration of inhalational anesthetics? Almanac of Clinical Medicine*. 2019; 47 (3): 221–227. (In Russ.). <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2019-47-036>.
3. Буненков НС, Комок ВВ, Соколов АВ, Немков АС. Новые возможности оценки интраоперационного ишемически-реперфузионного повреждения миокарда при операциях реваскуляризации в условиях искусственного кровообращения и на работающем сердце. *Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал им. акад. Б.В. Петровского*. 2017; 16 (2): 40–48. *Bunenkov NS, Komok VV, Sokolov AV, Nemkov AS. New methods of intraoperative evaluation of myocardial ischemic-reperfusion injury during on- and off-pump coronary artery bypass grafting. Clinical and Experimental Surgery. Petrovsky journal*. 2017; 16 (2): 40–48.
4. Минасян СМ, Бадриханова ЛР, Галагудза ММ, Курапеев ДИ. Сравнительное исследование защитного эффекта гипотермии, ишемического прекодиционирования и модифицированных кардиоплегических растворов при ишемии-реперфузии изолированного сердца крысы. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2008; 7 (2 (26)): 72–78. *Minasyan SM, Badrihanova LR, Galagudza MM, Kurapeev DI. Sravnitel'noe issledovanie zashchitnogo effekta gipotermii, ishemicheskogo prekondicionirovaniya i modifitsirovan-*
5. *nyh kardioplegicheskikh rastvorov pri ishemii-reperfuzii izolirovannogo serdca krysy. Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrocirkulyaciya*. 2008; 7 (2 (26)): 72–78.
5. Минасян СМ, Галагудза ММ, Курапеев ДИ, Снегирев МА, Васильева МС, Боброва ЕА и др. Механизмы защиты миокарда под действием кристаллоидной кардиopleгии – ключ к оптимизации интраоперационной кардиопротекции. *Бюллетень Федерального центра сердца, крови и эндокринологии им. В.А. Алмазова*. 2011; 1: 24–30. *Minasyan SM, Galagudza MM, Kurapeev DI, Snegiryov MA, Vasil'eva MS, Bobrova EA et al. Mekhanizmy zashchity miokarda pod dejstviem kristalloidnoj kardiopleгии – klyuch k optimizacii intraoperacionnoj kardioprotekcii. Byulleten' Federal'nogo tsentra serdtsa, krovi i endokrinologii im. V.A. Almazova*. 2011; 1: 24–30.
6. Минасян СМ, Галагудза ММ, Королев ДВ, Курапеев ДИ, Дмитриев ЮВ, Васильева МС и др. Исследование кардиопротективных свойств кардиоплегических растворов госпиталя св. Томаса № 2 и «Кустодиол», а также изолированной гипотермии при тотальной ишемии миокарда. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2011; 10 (4 (40)): 73–77. *Minasyan SM, Galagudza MM, Korolev DV, Kurapeev DI, Dmitriev YuV, Vasil'eva MS et al. Issledovanie kardioprotektivnykh svojstv kardioplegicheskikh rastvorov gospiytalya Sv. Tomasa № 2 i «Kustodiol», a takzhe izolirovannoj gipotermii pri total'noj ishemii miokarda. Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrocirkulyaciya*. 2011; 10 (4 (40)): 73–77. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2011-10-4-73-77>.
7. Снегирев МА, Васильева МС, Павлов АГ, Минасян СМ, Галагудза ММ, Курапеев ДИ. Ишемическое посткондиционирование как способ увеличения эффективности кардиopleгии. *Здоровье – основа человеческого потенциала: Проблемы и пути их решения*. 2011; 6 (1): 216. *Snegirev MA, Vasil'eva MS, Pavlov AG, Minasyan SM, Galagudza MM, Kurapeev DI. Ishemicheskoe postkondicionirovanie kak sposob uvelicheniya effektivnosti kardiopleгии. Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potentsiala: Problemy i puti ih resheniya*. 2011; 6 (1): 216.
8. Галагудза ММ, Минасян СМ, Дмитриев ЮВ, Полеценко ЯИ, Шубина ПЮ, Процак ЕС и др. Сравнение гемодинамических и инфаркт-лимитирующих эффектов консервирующего раствора на основе буфера Кребса–Хенселейта и раствора кустодиол на модели гетеротопической трансплантации сердца крысы. *Артериальная гипертензия*. 2019; 25 (1): 84–89. *Galagudza MM, Minasian SM, Dmitriev YV, Poleschenko YI, Shubina PY, Protsak ES et al. Comparison of hemodynamic and infarct-limiting effects of preservation solution based on Krebs–Henseleit buffer and HTK solution in the rat model of heterotopic heart transplantation. Arterial'naya Gipertenziya (Arterial Hypertension)*. 2019; 25 (1): 84–89. (In Russ.). <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2019-25-1-84-89>.

9. Бокерия ЛА, Гордеев МЛ, Авалиани ВМ. Аортокоронарное шунтирование на работающем сердце: Современный взгляд на проблему. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2013; 4: 4–15. Bokeriya LA, Gordeev ML, Avaliani VM. Aortokoronarnoe shuntirovaniye na rabotayushchem serdce: Sovremennyy vzglyad na problemu. *Grudnaya i serdechno-sosudistaya hirurgiya*. 2013; 4: 4–15.
10. Gaudino M, Angelini GD, Antoniadis C, Bakaev F, Benedetto U, Calafiore AM et al. Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting: 30 Years of Debate. *J Am Heart Assoc*. 2018; 7 (16): e009934. Epub 2018/10/30. doi: 10.1161/JAHA.118.009934. PubMed PMID: 30369328; PubMed Central PMCID: PMC6201399.
11. Комок ВВ, Буненков НС, Белый СА, Пизин ВМ, Кондратьев ВМ, Дулаев АВ и др. Оценка эффективности комбинированного лечения ишемической болезни сердца – аортокоронарное шунтирование, трансплантация аутологичных мононуклеаров костного мозга: Результаты рандомизированного, слепого, плацебо контролируемого исследования. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2019; 21 (4): 54–66. Komok VV, Bunenkov NS, Bely SA, Pizin VM, Kondratev VM, Dulaev AV et al. Evaluation of the effectiveness of combined treatment of coronary heart disease – coronary artery bypass grafting, transplantation of autologous bone marrow mononuclear cells: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2019; 21 (4): 54–66. (In Russ.). <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2019-4-54-66>.
12. Карпов АА, Драчева АВ, Буслова ДВ, Ивкин ДЮ, Моисеева ОМ, Галагудза ММ. Модификация мезенхимальных стволовых клеток как способ повышения эффективности клеточной терапии ишемического повреждения миокарда. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2015; 101 (9): 985–998. Karpov AA, Dracheva AV, Buslova DV, Ivkin DYU, Moiseeva OM, Galagudza MM. Modifikatsiya mezenhimal'nykh stvolovykh kletok kak sposob povysheniya effektivnosti kletochnoy terapii ishemicheskogo povrezhdeniya miokarda. *Rossiyskiy fiziologicheskij zhurnal im I.M. Sechenova*. 2015; 101 (9): 985–998.
13. Карпов АА, Пузанов МВ, Алмухаметова ФР, Укин АА, Ломакина АМ, Черепанов ДЕ и др. Микроинкапсулирование мезенхимных стволовых клеток как инструмент для изучения механизмов клеточной терапии при инфаркте миокарда. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2017; 16 (2): 75–82. Karpov AA, Puzanov MV, Almukhametova FR, Ukin AA, Lomakina AM, Cherepanov DE et al. Microencapsulation of mesenchymal stem cells as a tool for studying the mechanisms of stem cell therapy of myocardial infarction. *Regional blood circulation and microcirculation*. 2017; 16 (2): 75–82. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2017-16-2-75-82>.
14. Докишин ПМ, Карпов АА, Эйвазова ШД, Пузанов МВ, Костарева АА, Галагудза ММ и др. Активация стволовых клеток сердца при инфаркте миокарда. *Цитология*. 2018; 60 (2): 81–88. Dokshin PM, Karpov AA, Ejvazova ShD, Puzanov MV, Kostareva AA, Galagudza MM et al. Aktivatsiya stvolovykh kletok serdca pri infarkte miokarda. *Citologiya*. 2018; 60 (2): 81–88.
15. Петрищев НН, Власов ТД, Галагудза ММ. Ишемическое посткондиционирование миокарда – новый способ защиты сердца от реперфузного повреждения. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2004; 3 (13): 68–71. Petrishchev NN, Vlasov TD, Galagudza MM. Ishemicheskoe postkondicionirovaniye miokarda – novyy sposob zashchity serdca ot reperfuznogo povrezhdeniya. *Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrocirkulyatsiya*. 2004; 3 (13): 68–71.
16. Thielmann M, Sharma V, Al-Attar N, Bulluck H, Biseri G, Bunge JJH et al. ESC Joint Working Groups on Cardiovascular Surgery and the Cellular Biology of the Heart Position Paper: Perioperative myocardial injury and infarction in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery. *European heart journal*. 2017; 38 (31): 2392–2407. doi: 10.1093/eurheartj/ehx383. PubMed PMID: 28821170; PubMed Central PMCID: PMC5808635.
17. Hajjar LA, Teboul JL. Mechanical Circulatory Support Devices for Cardiogenic Shock: State of the Art. *Crit Care*. 2019; 23 (1): 76. Epub 2019/03/10. doi: 10.1186/s13054-019-2368-y. PubMed PMID: 30850001; PubMed Central PMCID: PMC6408785.
18. Ломиворотов ВВ, Ефремов СМ, Киров МЯ, Фоминский ЕВ, Карасков АМ. Low-Cardiac-Output Syndrome After Cardiac Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2017; 31 (1): 291–308. Epub 2016/09/28. doi: 10.1053/j.jvca.2016.05.029. PubMed PMID: 27671216.
19. Januzzi JL, Jr. Troponin testing after cardiac surgery. *HSR Proc Intensive Care Cardiovasc Anesth*. 2009; 1 (3): 22–32. Epub 2009/01/01. PubMed PMID: 23439987; PubMed Central PMCID: PMC3484554.

Статья поступила в редакцию 1.04.2020 г.  
The article was submitted to the journal on 1.04.2020