

УДК [616.12-089]

DOI: 10.24884/1682-6655-2020-19-4-20-28

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>

## Роль тропонина I в выборе хирургической тактики после операций коронарного шунтирования (по результатам исследования AMIRI-CABG)

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия  
197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт экспериментальной медицины», Санкт-Петербург, Россия  
197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 12  
E-mail: bunenkov2006@gmail.com

Статья поступила в редакцию 22.05.20; принята к печати 17.08.20

### Резюме

**Введение.** Коронарное шунтирование является признанным методом лечения ишемической болезни сердца. Однако, интраоперационное ишемически-реперфузионное повреждение миокарда может повлиять на исходы хирургического исследования, особенно если оно связано с дисфункцией шунтов. В настоящий момент отсутствуют данные о точном пороговом уровне тропонина I, ассоциированного с дисфункцией шунтов после коронарного шунтирования. **Цель** – изучить связь повышения тропонина I с вероятностью тромбоза шунтов. **Материалы и методы.** В ходе одноцентрового нерандомизированного проспективного исследования с участием 336 пациентов, поступивших для планового оперативного лечения ишемической болезни сердца, оценена роль повышения тропонина I в выборе хирургической тактики после операций коронарного шунтирования в трех группах наблюдения: коронарное шунтирование без искусственного кровообращения (n=181), с искусственным кровообращением (n=128), в условиях параллельного искусственного кровообращения (n=27). **Результаты.** У пациентов с сердечным индексом более 2,2 средняя концентрация тропонина I превышала норму почти в 100 раз во всех группах наблюдения: 0,5 нг/мл в группе без искусственного кровообращения и 4,5 нг/мл в группе с искусственным кровообращением. У пациентов с сердечным индексом <2,2 концентрация тропонина I после операции была более чем в 2 раза выше, чем у пациентов с сердечным индексом >2,2, и составила 1,6 нг/мл в группе без искусственного кровообращения, 13 нг/мл в группе с искусственным кровообращением. При тромбозе шунта концентрация тропонина I после операций коронарного шунтирования без искусственного кровообращения составила 1,6 нг/мл, после операций с искусственным кровообращением – 25,8 нг/мл. **Выводы.** Концентрация тропонина I имеет значение в определении хирургической тактики после операции коронарного шунтирования. Применение интраоперационного ультразвукового исследования шунтов с оценкой кровотока по данным доплерографии и визуализацией зоны стеноза, в случае наличия такового, может быть рекомендовано с целью своевременного определения хирургической тактики после коронарного шунтирования.

**Ключевые слова:** коронарное шунтирование на работающем сердце, коронарное шунтирование в условиях искусственного кровообращения, тропонин I

**Для цитирования:** Буненков Н. С., Комок В. В., Белый С. А., Соколов А. В., Лукашенко В. И., Немков А. С., Хубулава Г. Г. Роль тропонина I в выборе хирургической тактики после операций коронарного шунтирования (по результатам исследования AMIRI-CABG). Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2020; 19(4):20–28. Doi: 10.24884/1682-6655-2020-19-4-20-28.

UDC [616.12-089]

DOI: 10.24884/1682-6655-2020-19-4-20-28

BUNENKOV N. S.<sup>1</sup>, KOMOK V. V.<sup>1</sup>, BELIY S. A.<sup>1</sup>,  
SOKOLOV A. V.<sup>2</sup>, LUKASHENKO V. I.<sup>1</sup>, NEMKOV A. S.<sup>1</sup>,  
KHUBULAVA G. G.<sup>1</sup>

## Role of troponin I in choice of surgical approach after coronary artery bypass grafting (according to AMIRI-CABG Trial)

<sup>1</sup> Pavlov University, Saint Petersburg, Russia  
6-8, L'va Tolstogo str., Saint Petersburg, Russia, 197022  
<sup>2</sup> Institute of Experimental Medicine, Saint Petersburg, Russia  
12, Akademika Pavlova str., Saint Petersburg, Russia, 197376  
E-mail: bunenkov2006@gmail.com

Received 22.05.20; accepted 17.08.20

### Summary

**Introduction.** Coronary artery bypass grafting is worldwide accepted method of treatment of ischemic heart disease. Nevertheless, intraoperative ischemic-reperfusion injury, especially when associated with graft dysfunction, could influence on surgical outcomes. There is no data about precise cut-off level of troponin I associated with graft failure after coronary artery bypass

grafting. *Aim* – to evaluate relationship between troponin I elevation and probability of graft thrombosis. *Materials and methods.* During single-center non-randomized clinical trial involving 336 patients, admitted for elective coronary artery bypass grafting, role of troponin I level for surgical approach after coronary artery bypass grafting was evaluated in three groups: off-pump, n=181, on-pump, n=128 and pump-assisted (with cardiopulmonary bypass without aortic cross-clamping), n=27. *Results.* In patients with cardiac index >2.2, troponin I level exceeded the upper reference limit by almost 100 times: 0.5 ng/ml in off-pump group, 4.5 ng/ml in on-pump group. In patients with cardiac index <2.2, troponin I level was more than 2 times higher than in patients with cardiac index >2.2 and amounted to 1.6 ng/ml in off-pump group and 13 ng/ml in on-pump group. In patients with graft thrombosis, troponin I level was 1.6 ng/ml in off-pump group and 25.8 ng/ml in on-pump group. *Conclusion.* Troponin I level has an important role in choice of surgical approach after coronary artery bypass grafting. Intraoperative ultrasound examination of grafts with assessment of blood flow according to Doppler sonography and visualization of the stenotic area, if any, could be recommended for early diagnosis of graft failure and choice of surgical approach after coronary artery bypass grafting.

**Keywords:** off-pump coronary artery bypass grafting, on-pump coronary artery bypass grafting, troponin I

**For citation:** Bunenkov N. S., Komok V. V., Belyi S. A., Sokolov A. V., Lukashenko V. I., Nemkov A. S., Khubulava G. G. Role of troponin I in choice of surgical approach after coronary artery bypass grafting (according to AMIRI-CABG Trial). *Regional hemodynamics and microcirculation.* 2020;19(4):20–28. Doi: 10.24884/1682-6655-2020-19-4-20-28.

## Введение

Операция коронарного шунтирования является признанным и эффективным методом лечения ишемической болезни сердца при многососудистом поражении коронарного русла.

Тем не менее остается нерешенной проблема ранней дисфункции шунтов. В исследовании, выполненном в НМИЦ ССХ им. А. В. Бакулева с участием 600 пациентов, было показано, что из 1368 шунтов, наложенных опытными кардиохирургами, 13,6 % шунтов к моменту окончания операции имели серьезную дисфункцию, что потребовало интраоперационной коррекции. 6,7 % шунтов имели серьезную дисфункцию (гемодинамически значимый стеноз или окклюзию), несмотря на попытки хирургической коррекции. Таким образом, проходимость шунтов к моменту операции составила 93,3 % [1]. Несмотря на очевидные ангиографические находки, закрытие шунтов часто происходит бессимптомно и не всегда влияет на летальность [2]. В исследовании с участием 54 804 пациентов в Швеции коронарография после коронарного шунтирования (КШ) потребовалась в 18 % случаев. Из тех пациентов, у которых выявили дисфункцию шунтов, в 9 % случаях потребовалась коррекция проходимости венозных шунтов, и в 15 % случаев – маммарного шунта.

По данным ряда исследований [3], частота дисфункции коронарных шунтов сразу после КШ в среднем составляет около 12 %. С 2010 г. European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) и European Society of Cardiology (ESC) рекомендует выполнять послеоперационную оценку проходимости шунтов [4]. Безусловно, коронарография дает однозначное представление о проходимости шунтов, однако ее выполнение всем пациентам после КШ вряд ли целесообразно. Согласно данным метаанализа 9 исследований с общим числом 39 266 пациентов [5], 3,6 % пациентов имели признаки ишемии миокарда после КШ, что потребовало выполнения коронарографии или интервенционного лечения. Критериями диагностики послеоперационной ишемии миокарда были повышение концентрации тропонина I, в сочетании с ишемическими изменениями на электрокардиограмме (ЭКГ) и нестабильной гемодинамикой на фоне адекватной инотропной поддержки [5]. Дисфункция шунта может сопровождаться периоперационным повреждением миокарда [6, 7]. В диагностике повреждения миокарда важную роль играет тропонин I [3]. Однако

сообщаются разнородные данные об интерпретации степени повышения тропонина I после операций КШ [3]. Возможной причиной таких результатов может быть появление новых поколений тест-систем разных производителей с различными пороговыми уровнями диагностики клинически значимого повреждения миокарда [8]. Уточнение данных о концентрации тропонина I после операций КШ, в том числе в случае дисфункции шунта, может прояснить роль тропонина I в тактике ведения пациентов после КШ.

**Цель** – определить роль степени повышения концентрации тропонина I в выборе хирургической тактики после коронарного шунтирования.

**Задачи:** определить концентрации тропонина I у пациентов с доказанным тромбозом шунта после коронарного шунтирования и сравнить с концентрацией тропонина I у пациентов без признаков тромбоза шунта.

## Материалы и методы исследования

В исследование включены пациенты (n=336), поступившие в НИИ хирургии и неотложной медицины ПСПбГМУ им. И. П. Павлова для планового оперативного лечения ишемической болезни сердца с многососудистым поражением коронарного русла за период с 2016 по 2019 г. Критерии включения в исследование: наличие ишемической болезни сердца (стенокардия напряжения III–IV ф. к.) с доказанным многососудистым поражением коронарных артерий, согласие пациента. Критерии исключения: отказ пациента, наличие патологии клапанов сердца, острый коронарный синдром.

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)», выполнено в рамках государственного задания ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова, грант по теме «Оценка регенеративного потенциала пациента при операциях на сердце (2018 г.)». Пациенты были распределены по трем группам наблюдения: КШ без искусственного кровообращения (ИК) (n=181), КШ с ИК (n=128), КШ на параллельном ИК (n=27).

Операции КШ с ИК выполняли в плановом порядке, по стандартной методике, через срединную стернотомию. Использовали аппарат искусственного

Таблица 1

## Базовые характеристики пациентов

Table 1

## Baseline characteristics of patients

Показатель	КШ без ИК, n=175 (181)*	КШ с ИК, n=128	КШ на пар. ИК, n=33 (27)**	p
Возраст, лет, ср. ± std. откл.	63,5±7,3	63,5±7,13	64,3±8,95	>0,05
Пол:				
мужской	78,3 %	74,2 %	74,10 %	0,67
женский	21,7 %	25,8 %	25,90 %	
Syntax Score II	41,35 [32,7–50,80]	42,25 [31,1–49,9]	43,5 [34,5–53,6]	0,62
Euroscore II	1,03 [0,74–1,46]	0,97 [0,63–1,55]	0,79 [0,63–1,41]	0,31
Индекс Charlson/ Deyo	5 [4–7]	5 [4–6]	5 [4–6]	0,11
ФВ (по Симпсону) до операции (%)	62,0 [55,0–67,0]	62 [59–66]	63 [55–65]	0,9

## Исходные значения тропонина I до операции, нг/мл

Медиана, нижний и верхний квартиль	0,0075 [0,003–0,018]	0,014 [0,007–0,025]	0,014 [0,0045–0,06]	0,09
------------------------------------	-------------------------	------------------------	------------------------	------

## Основные характеристики оперативного вмешательства

Длительность операции, мин	290 [250–330]	330 [300–363]	335 [290–355]	
Длительность пережатия аорты, мин	0	72 [61–82]	0	
Длительность ИК, мин	0	136 [114–154]	137 [117–169]	
Среднее число шунтов	3	3	3	

Примечание: индекс Charlson/Deyo – индекс коморбидности, позволяет учесть сопутствующую патологию. КШ на пар. ИК – коронарное шунтирование в условиях параллельного ИК (без пережатия аорты); ср. – среднее, std. откл. – стандартное отклонение; ФВ – фракция выброса. Указаны значения медианы [нижний квартиль – верхний квартиль]; \* – в скобках указано число операций, начинавшихся без ИК, в 6 случаях была выполнена конверсия; \*\* – в скобках указано число операций, запланированных с параллельным ИК.

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 %-й – 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 (группа 2), либо в нормотермических условиях (36,6 °С) без пережатия аорты (группа 3). В группе 3 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 использовалась кровяная кардиopleгия (2–6 °С) с добавлением глюкозы (5 % – 250 мл), хлорида калия (10 % – 30 мл), сульфата магния (25 % – 20 мл) и лидокаина (10 % – 2 мл). После первого введения (антеградно в корень аорты (2/3 объема) и ретроградно (1/3 объема) через катетеризированный коронарный синус) и остановки сердечной деятельности подача раствора производилась каждые 15 мин в течение срока пережатия аорты, а после наложения дистальных анастомозов – дополнительно по шунтам. Перед снятием зажима с

аорты проводилась подача согретой до 36,0 °С оксигенированной крови («hot shot») антеградно и через наложенные шунты в течение 3–4 мин.

Операции без ИК выполнялись в плановом порядке, по стандартной методике, через срединную стернотомию. При наложении шунтов использовалось стабилизирующее устройство Octopus tissue stabilizer фирмы *Medtronic*.

Всем пациентам, включенным в исследование, выполнялся маммарно-коронарный анастомоз на переднюю межжелудочковую артерию.

Оценка ишемически-реперфузионного повреждения выполнялась с помощью определения концентрации тропонина I до операции, к концу операции коронарного шунтирования, а также на 1-е, 2-е, 3-и, 4–5-е сутки после КШ. Концентрацию тропонина I определяли с помощью прибора Pathfast Compact immuno-analyzer. Тромбоз шунта считался доказанным в случае выявления соответствующих признаков по данным послеоперационной коронарографии. Послеоперационную коронарографию выполняли в случае подозрения на инфаркт миокарда 5-го типа (согласно действующим критериям диагностики, предложенным Европейским обществом кардиологов в 2017 г.) [3]. Снижение сердечного индекса менее 2,2, определенного инвазивным методом, расценивалось как прогностически неблагоприятное [9].

Статистическая обработка данных. Все исследуемые параметры проверялись на нормальное

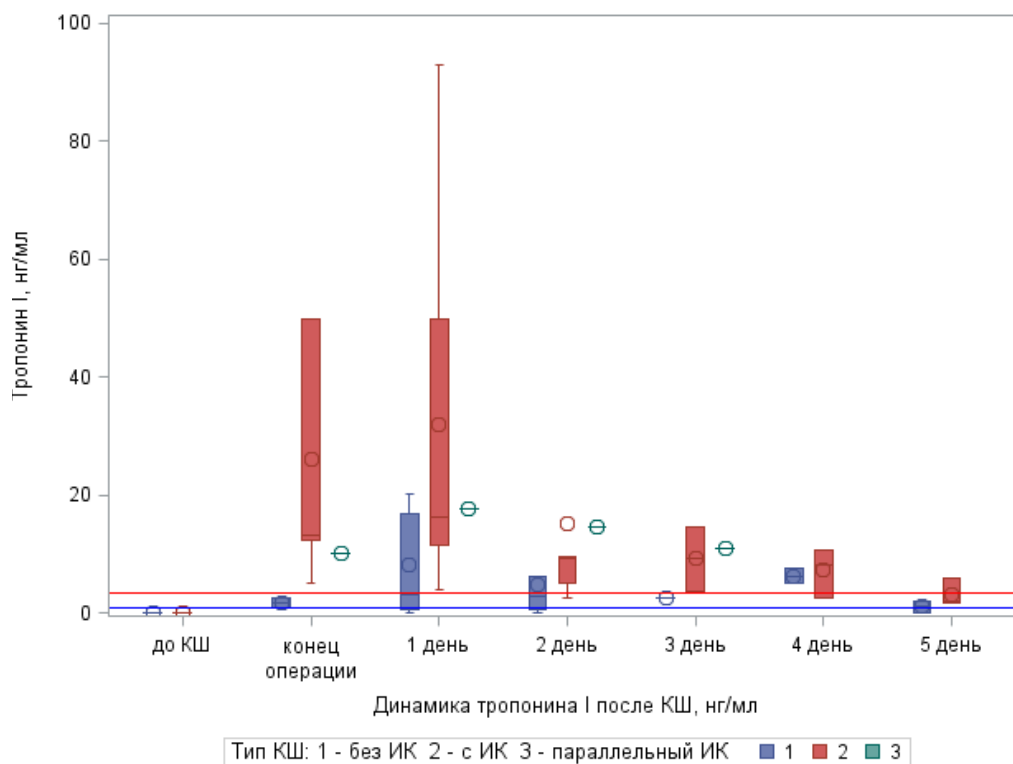


Рис. 1. Динамика тропонина I у пациентов с признаками тромбоза шунта по данным коронарографии после коронарного шунтирования: КШ – коронарное шунтирование; ИК – искусственное кровообращение; голубая горизонтальная линия – 20 ВРП (1 нг/мл); красная горизонтальная линия – 70 ВРП (3,5 нг/мл); ВРП – верхний референтный предел

Fig. 1. Dynamic of troponin I in patients with graft thrombosis after coronary bypass grafting according to coronary angiography: КШ – coronary artery bypass grafting; без ИК – off-pump coronary artery bypass grafting; с ИК – on pump coronary artery bypass grafting; параллельный ИК – pump-assisted coronary artery bypass grafting; тропонин I, нг/мл – troponin I, ng/ml. Blue line – 20 URL (1 ng/ml), red line – 70 URL (1.5 ng/ml); URL – upper reference limit

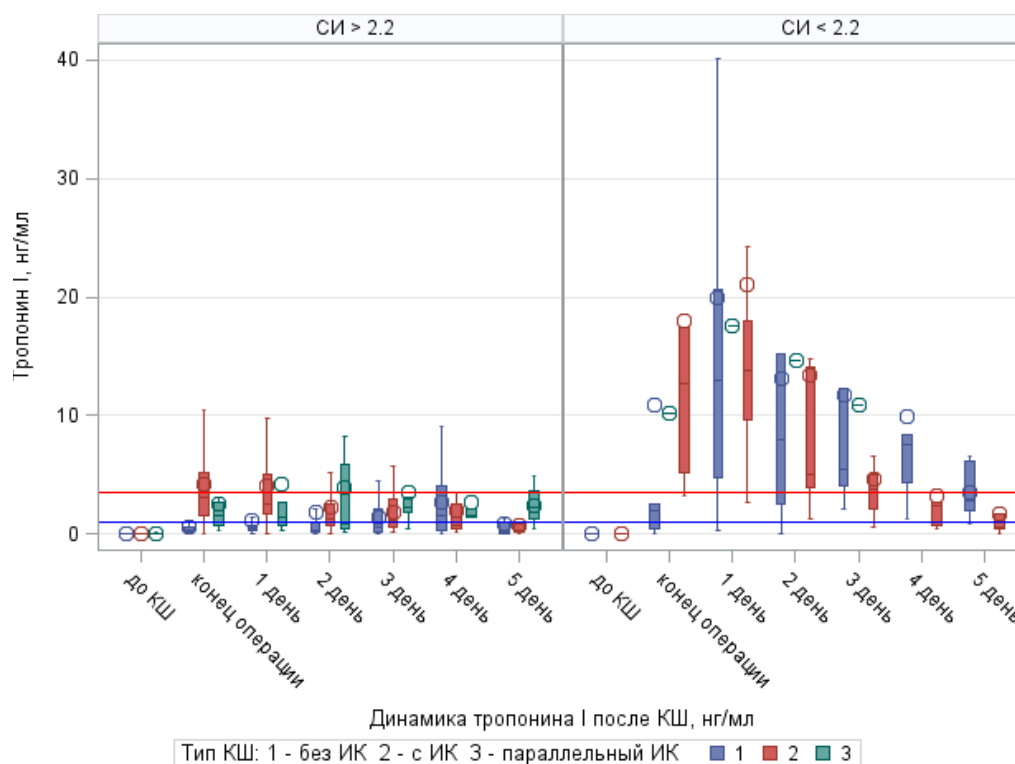


Рис. 2. Динамика тропонина I после коронарного шунтирования: КШ – коронарное шунтирование; ИК – искусственное кровообращение; СИ – сердечный индекс; голубая горизонтальная линия – 20 ВРП (1 нг/мл); красная горизонтальная линия – 70 ВРП (3,5 нг/мл); ВРП – верхний референтный предел

Fig. 2. Dynamic of troponin I in patients after coronary bypass grafting according to coronary angiography: КШ – coronary artery bypass grafting; без ИК – off-pump coronary artery bypass grafting; с ИК – on pump coronary artery bypass grafting; параллельный ИК – pump-assisted coronary artery bypass grafting; тропонин I, нг/мл – troponin I, ng/ml; СИ – cardiac index; Blue line – 20 URL (1 ng/ml), red line – 70 URL (1.5 ng/ml); URL – upper reference limit



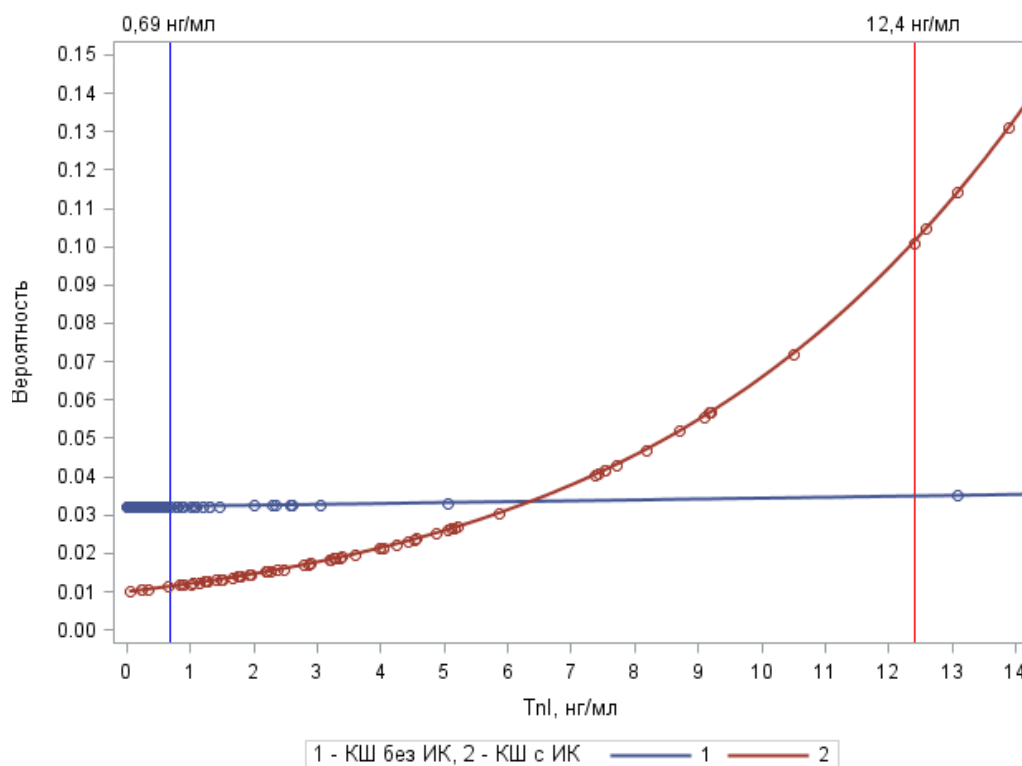


Рис. 3. Вероятность тромбоза шунта в зависимости от концентрации тропонина I после коронарного шунтирования: КШ – коронарное шунтирование; ИК – искусственное кровообращение; вертикальные линии обозначают пороговые значения концентрации тропонина I (TnI), превышение которых ассоциировано с клинически значимой вероятностью тромбоза шунта

Fig. 3 Probability of graft thrombosis depending on troponin I level after coronary artery bypass grafting: КШ без ИК – off-pump coronary artery bypass grafting, КШ с ИК – on pump coronary artery bypass grafting; вероятность – probability, TnI – troponin I, ng/ml. Vertical lines show cut-off points

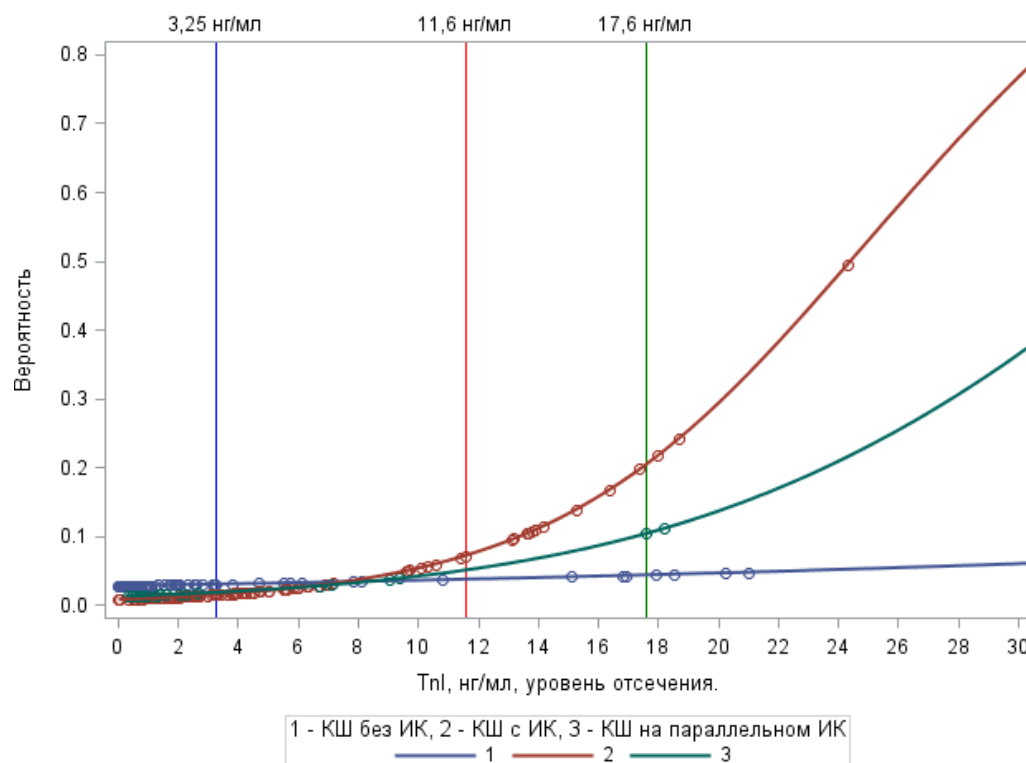


Рис. 4. Вероятность тромбоза шунта в зависимости от концентрации тропонина I на 1-й день после коронарного шунтирования: КШ – коронарное шунтирование; ИК – искусственное кровообращение; вертикальные линии обозначают пороговые значения концентрации тропонина I (TnI), превышение которых ассоциировано с клинически значимой вероятностью тромбоза шунта

Fig. 4. Probability of graft thrombosis depending on troponin I level 1<sup>st</sup> postoperative day after coronary artery bypass grafting: КШ без ИК – off-pump coronary artery bypass grafting; КШ с ИК – on pump coronary artery bypass grafting; КШ на параллельном ИК – pump assisted coronary artery bypass grafting, Вероятность – probability, TnI – troponin I, ng/ml, TnI – troponin I, ng/ml, уровень отсечения – cut-off point. Vertical lines show cut-off points

Таблица 2

## Характер изменений инструментальных данных у пациентов после коронарного шунтирования

Table 2

## Changes according instrumental studies in patients after coronary artery bypass grafting

Показатель, %	Пациенты с признаками тромбоза шунта (n=13)	Пациенты без признаков тромбоза шунта (n=323)	p*
Акинезия	15,4	4,9	0,15
Гипокинезия	23,0	10,5	0,16
Сердечный индекс <2,2	61,5	7,2	0,0001

\* – точный тест Фишера.

распределение (критерии Шапиро – Уилка, Колмогорова – Смирнова). Сравнение групп выполнялось с использованием параметрических и непараметрических методов с поправкой на множественные сравнения (t-тест, критерий Манна – Уитни, критерий Краскела – Уоллиса). Сравнение частоты встречаемости различных клинических признаков по группам выполнялось с использованием критерия  $\chi^2$  или точного теста Фишера. Расчеты и построение графиков выполнялись в программе «SAS Enterprise Guide 9.4».

## Результаты исследования и их обсуждение

Пациенты в группах наблюдения были сопоставимы по тяжести поражения коронарного русла и сопутствующей патологии (табл. 1).

Исходные концентрации тропонина были в норме – менее 0,05 нг/мл. В ходе исследования AMIRI-CABG установлено, что пик тропонина I у пациентов с доказанным по данным коронарографии тромбозом шунта после операции КШ приходился на 1-й день после операции. Тромбоз шунта при операциях КШ без ИК (n=6) сопровождался значительно меньшим уровнем тропонина I (1,6 нг/мл) по сравнению с операциями КШ с ИК (n=6), в которой концентрация тропонина I составила 25,8 нг/мл; в группе КШ параллельного ИК повышение концентрации тропонина I при тромбозе шунта достигло 17,6 нг/мл (n=1) (рис. 1).

Частота тромбоза шунта в группах наблюдения была сопоставимой. Обращает на себя внимание, что у пациентов с доказанным тромбозом шунта уровень тропонина I был почти более чем в 5 раз выше, чем у пациентов без признаков тромбоза шунта (рис. 2).

Средние значения концентрации тропонина I у пациентов без признаков тромбоза шунта, с сердечным индексом более 2,2 составили 0,5 нг/мл в группе КШ без ИК, в группе КШ с ИК – 4,5 нг/мл, в группе КШ на параллельном ИК – 2,5 нг/мл (рис. 2).

Клинически значимая вероятность тромбоза шунта после операции была ассоциирована с пороговой концентрацией тропонина I 0,69 нг/мл (чувствительность – 100 %, специфичность – 80 %) в группе КШ без ИК, в группе КШ с ИК пороговое значение тропонина I составило 12,4 нг/мл (чувствительность – 80 %, специфичность – 90 %) (рис. 3).

Клинически значимая вероятность тромбоза шунта на 1-й день после операции была ассоциирована с пороговой концентрацией тропонина I 3,25 нг/мл (чувствительность – 60 %, специфичность – 90 %)

в группе КШ без ИК, в группе КШ с ИК пороговое значение тропонина I составило 11,6 нг/мл (чувствительность – 80 %, специфичность – 90 %), в группе КШ на параллельном ИК – 17,6 нг/мл (чувствительность – 100 %, специфичность – 90 %) (рис. 4).

Частота снижения сердечного индекса до 2,2 и менее, измеренного инвазивным методом, по группам не имела статистически значимых различий (точный тест Фишера, p=0,33, p=0,31, p=0,7 при попарном сравнении). Среди пациентов со снижением сердечного индекса до 2,2 и менее (n=15 в группе КШ без ИК, n=15 в группе КШ с ИК, n=1 в группе КШ на параллельном ИК) концентрация тропонина I в первые дни после операции была сопоставима: среднее значение – 19 нг/мл, медиана – 13 нг/мл. Пик повышения приходился на 1-е сутки, затем отмечался постепенный спад кардиального тропонина (рис. 2).

Новые нарушения кинетики миокарда наблюдались у пациентов как без признаков, так и с признаками тромбоза шунта (табл. 2).

Частота снижения сердечного индекса менее 2,2 была значительно выше у пациентов с доказанным тромбозом шунта (табл. 2). Частота инфаркта миокарда (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.

ЭКГ-, эхокардиографические признаки, а также лабораторные признаки инфаркта миокарда 5-го типа, серьезные нарушения гемодинамики и типичная клиническая симптоматика наблюдались не у всех пациентов с признаками тромбоза шунта.

Не было выявлено статистически значимых различий в частоте тромбоза шунтов артерий после КШ, а также в методах коррекции при сравнении трех групп наблюдения (рис. 5).

В 2017 г. Европейское общество кардиологов обновило критерии диагностики периперационного повреждения миокарда после операций коронарного шунтирования [3].

В рамках исследования Assessment of Myocardial Ischemic-Reperfusion Injury During Off- and On- Pump CABG (AMIRI-CABG ClinicalTrials.gov Identifier: NCT03050489) изучена роль степени повышения тропонина I после КШ в тактике ведения пациентов с учетом новых критериев диагностики периперационного повреждения миокарда.

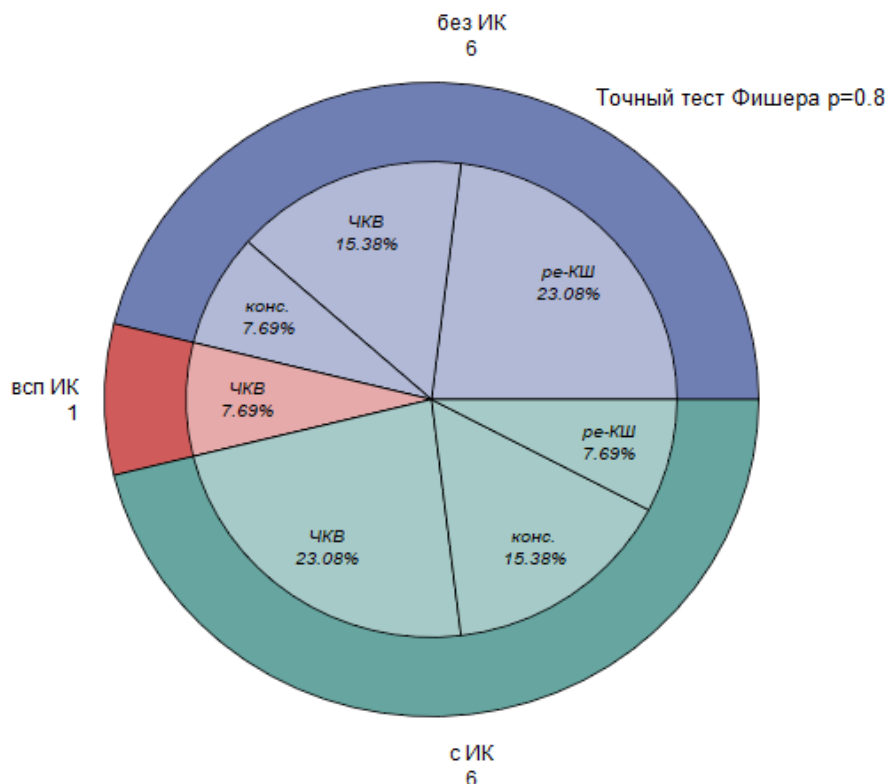


Рис. 5. Частота тромбоза шунтов после коронарного шунтирования и методы коррекции: без ИК – коронарное шунтирование без искусственного кровообращения; с ИК – коронарное шунтирование с искусственным кровообращением; всп ИК – коронарное шунтирование на параллельном искусственном кровообращении без пережатия аорты; ре-КШ – повторное коронарное шунтирование; ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство; конс. – консервативное лечение. Число пациентов с тромбозом шунта в группах наблюдения обозначено цифрами за пределами круговой диаграммы

Fig. 5 Incidence of graft thrombosis after coronary artery bypass grafting and method of correction: без ИК – off-pump coronary artery bypass grafting; с ИК – on-pump coronary artery bypass grafting; всп ИК – pump assisted coronary artery bypass grafting; ре-КШ – reoperation; ЧКВ – percutaneous coronary intervention; конс. – conservative treatment

Согласно полученным данным, в случае тромбоза шунта повышение концентрации тропонина I при операциях КШ без ИК происходит значительно меньше, чем с ИК. Поэтому в выборе тактики ведения следует использовать разные пороговые уровни для КШ без ИК и с ИК. Следует отметить, что у пациентов с сердечным индексом  $>2,2$  средняя концентрация тропонина I превышала норму почти в 100 раз в группе КШ с ИК и составила 0,5 нг/мл в группе КШ без ИК и 4,5 нг/мл в группе КШ с ИК, в группе КШ на параллельном ИК – 2,5 нг/мл (рис. 2).

Клинически значимая вероятность тромбоза шунта после операции была ассоциирована с пороговой концентрацией тропонина I 0,69 нг/мл (чувствительность – 100 %, специфичность – 80 %) в группе КШ без ИК, в группе КШ с ИК пороговое значение тропонина I составило 12,4 нг/мл (чувствительность – 80 %, специфичность – 90 %) (рис. 3).

Таким образом, для пациентов после КШ следует использовать другие референтные значения концентрации тропонина I по сравнению с предложенными для диагностики инфаркта миокарда в ситуации острого коронарного синдрома. Также, по-видимому, следует определить разные референтные значения концентрации тропонина I после операций КШ без ИК и с ИК (рис. 3; 4). У пациентов с сердечным индексом  $<2,2$  концентрация тропонина I после операции была бо-

лее чем в 2 раза выше, чем у пациентов с сердечным индексом  $>2,2$ , и составила 1,6 нг/мл в группе КШ без ИК, 13 нг/мл в группе КШ с ИК (рис. 5). У пациентов с доказанным тромбозом шунта при операциях КШ без ИК ( $n=6$ ) концентрация тропонина I была существенно ниже и составила 1,6 нг/мл, в то время как после операций КШ с ИК ( $n=6$ ) в случае тромбоза шунта уровень тропонина I составил 25,8 нг/мл, в группе КШ на параллельном ИК повышение концентрации тропонина I при тромбозе шунта достигло 17,6 нг/мл ( $n=1$ ) (рис. 1).

Таким образом, после операций КШ без ИК клинически значимое повреждение миокарда и тромбоз шунта следует предполагать при более низких концентрациях тропонина I.

Согласно данным Европейского кардиологического общества, точные референтные значения кардиального тропонина для пациентов после КШ не установлены и могут различаться в зависимости от производителя [3]. Частота тромбоза шунта и реопераций после КШ без ИК и с ИК была сопоставимой (рис. 6). Учитывая разнородные данные результатов исследований о клиническом значении степени повышения концентрации кардиального тропонина после операций КШ, а также ограничения имеющихся методов диагностики, Европейское общество кардиологов предложило следующий алгоритм тактики ведения пациентов после КШ (рис. 6).

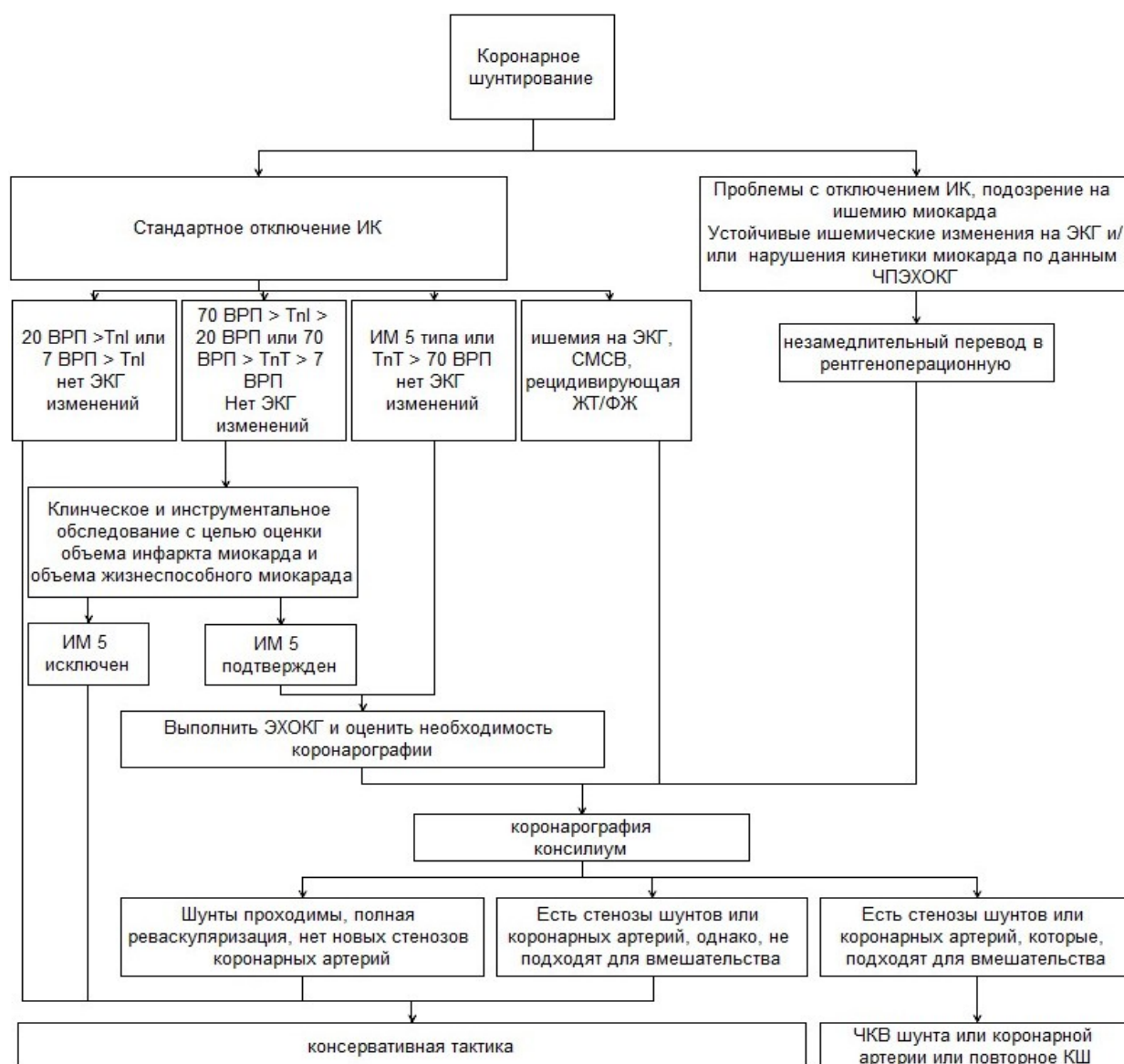


Рис. 6. Тактика ведения пациентов после коронарного шунтирования с учетом степени повышения уровня кардиального тропонина: ИК – искусственное кровообращение; ЭКГ – электрокардиограмма; ЧПЭХОКГ – чреспищеводная эхокардиография; ВРП – верхний референтный предел; TnI – тропонин I, TnT тропонин T; ИМ 5 – инфаркт миокарда 5-го типа; КШ – коронарное шунтирование

Fig. 6. Algorithm for managing patients according to troponin I level following coronary artery bypass graft surgery: ИК – cardiopulmonary bypass grafting; ЭКГ – electrocardiography, эхокардиография – transesophageal echocardiography; ВРП – upper reference limit; TnI – troponin I, TnT troponin T; ИМ 5 – type 5 myocardial infarction; КШ – coronary artery bypass grafting

Исходя как из результатов исследования AMIRI-CABG, так и результатов других исследователей, следует, что в принятии решения о тактике ведения пациентов после КШ следует учитывать степень повышения тропонина I, данные лучевых методов исследований и конкретную клиническую ситуацию. При операциях КШ без ИК тромбоз шунта следует предполагать при более низких концентрациях тропонина I по сравнению с операциями КШ с ИК. Важное значение имеет ультразвуковое исследование шунтов. Интраоперационное ультразвуковое исследование кровотока по шунтам до отключения искусственного кровообращения или к концу основного этапа в случае коронарного шунтирования на работающем сердце может иметь решающее значение [10].

**Ограничения исследования.** Исследование AMIRI-CABG имеет II уровень доказательности, необходимы дальнейшие исследования диагностической

точности кардиального тропонина после операций коронарного шунтирования, вследствие ограничений, присущих одноцентровым и нерандомизированным исследованиям. Также следует отметить, что пороговое значение диагностики инфаркта миокарда 5-го типа для разных диагностических наборов будет разным в зависимости от производителя, поэтому точные числовые данные в разных центрах могут отличаться. Вследствие чего в алгоритме тактики ведения пациентов после коронарного шунтирования приводится только кратность превышения верхнего референтного предела диагностических тестов.

## Выводы

1. При операциях коронарного шунтирования без искусственного кровообращения тромбоз шунта следует предполагать при более низких концентрациях тропонина I по сравнению с операциями с искусственным кровообращением.



2. Степень повышения тропонина I после операций коронарного шунтирования влияет на определение хирургической тактики после операций коронарного шунтирования.

3. Применение интраоперационного ультразвукового исследования шунтов с оценкой кровотока по данным доплерографии и визуализацией зоны стеноза, в случае наличия такового, может быть рекомендовано с целью своевременного определения хирургической тактики после коронарного шунтирования.

### Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

### Финансирование

Научно-исследовательская работа: «Оценка регенеративного потенциала пациента при операциях на сердце».

### Литература / References

1. Бокерия Л. А., Пурсанов М. Г., Соболев А. В. и др. Анализ интраоперационной шунтографии у 600 больных ишемической болезнью сердца после коронарного шунтирования. Груд. и сердеч.-сосудистая хирургия. – 2016. – Т. 58, № 3. – С. 143–151. [Bokerija LA, Pursanov MG, Sobolev AV, Vartanov PV, Karaev AV. Analiz intraoperacionnoj shuntografii u 600 bol'nyh ishemicheskoy bolezni serdca posle koronarnogo shuntirovaniya. Grudnaja i serdechno-sosudistaja khirurgija. 2016;58 (3):143–151. (In Russ.)].
2. Janiec M, Nazari Shafti TZ, Dimberg A, Lagerqvist B, Lindblom RPF. Graft failure and recurrence of symptoms after coronary artery bypass grafting. Scandinavian cardiovascular journal: SCJ. 2018;52(3):113–119. Doi: 10.1080/14017431.2018.1442930.
3. Thielmann M, Sharma V, Al-Attar N, Bulluck H, Biserli 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.
4. Niclauss L. Techniques and standards in intraoperative graft verification by transit time flow measurement after coronary artery bypass graft surgery: a critical review. Eur J Cardiothorac Surg. 2017;51(1):26–33. Doi: 10.1093/ejcts/ezw203.
5. Biancari F, Anttila V, Dell'Aquila AM, Airaksinen JKE, Brascia D. Control angiography for perioperative myocardial Ischemia after coronary surgery: meta-analysis. Journal of cardiothoracic surgery. 2018;13(1):24. Doi: 10.1186/s13019-018-0710-0.
6. Хубулава Г. Г., Авалиани В. М. Защита миокарда при аортокоронарном шунтировании: современное состояние проблемы // Кардиология и сердеч.-сосудистая хирургия. – 2013. – Т. 5. – С. 42–47. [Khbulava GG, Avaliani VM. Zashhita miokarda pri aortokoronarnom shuntirovanii: sovremennoe sostojanie problemy. Kardiologija i serdechno-sosudistaja khirurgija. 2013;5:42–47. (In Russ.)].
7. Молчан Н. С., Полушин Ю. С., Жлоба А. А. и др. Возможно ли усилить защиту миокарда во время искусственного кровообращения введением ингаляционных анестетиков? // Альм. клин. медицины. – 2019. – С. 47, № 2. – С. 221–227. [Molchan NS, Polushin JuS, Zhloba AA, Kobak AE, Hrjapa SS. Vozmozhno li usilit' zashhitu miokarda vo vremja iskusstvennogo krovoobrašhenija vvedeniem ingaljacionnyh

anestetikov? Almanac of clinical medicine. 2019;47(2):221–227. (In Russ.)]. Doi: 10.18786/2072-0505-2019-47-036.

8. Mueller T, Egger M, Peer E, Dieplinger B. 5th generation cardiac troponin I and T assays in clinical routine – A head-to-head comparison with data from the Linz troponin (LITROP) study. Clin Chim Acta. 2018;485:195–204. Doi: 10.1016/j.cca.2018.06.027.

9. Zhang Y, Wang Y, Shi J, Hua Z, Xu J. Cardiac output measurements via echocardiography versus thermodilution: A systematic review and meta-analysis. PLoS One. 2019;14(10):e0222105. Doi: 10.1371/journal.pone.0222105.

10. Taggart DP, Thuijs D, Di Giammarco G, Puskas JD, Wendt D, Trachiotis GD et al. Intraoperative transit-time flow measurement and high-frequency ultrasound assessment in coronary artery bypass grafting. J Thorac Cardiovasc Surg. 2019. Doi: 10.1016/j.jtcvs.2019.05.087.

### Информация об авторах

**Буненков Николай Сергеевич** – аспирант кафедры факультетской хирургии, ПСПбГМУ им. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: bunenkov2006@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4331-028X.

**Комок Владимир Владимирович** – канд. мед. наук, кардиохирург отделения кардиохирургии № 2, ПСПбГМУ им. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: vladimir\_komok@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3834-7566.

**Белый Сергей Алексеевич** – канд. мед. наук, кардиохирург отделения кардиохирургии № 2, ПСПбГМУ им. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: sabel1968@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6415-4389.

**Соколов Алексей Викторович** – д-р биол. наук, зав. лабораторией биохимической генетики отдела молекулярной генетики, Институт экспериментальной медицины, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: biochemsokolov@gmail.com, ORCID: 0000-20001-9033-0537.

**Лукашенко Вадим Игоревич** – кардиохирург отделения кардиохирургии № 2, ПСПбГМУ им. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: v\_lukashenko@mail.ru.

**Немков Александр Сергеевич** – д-р мед. наук, профессор, кардиохирург отделения кардиохирургии № 2, ПСПбГМУ им. И. П. Павлова, Россия, Санкт-Петербург, e-mail: nemk\_as@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5152-0001.

**Хубулава Геннадий Григорьевич** – д-р мед. наук, профессор, академик РАН, зав. кафедрой факультетской хирургии, руководитель кардиохирургического центра, ПСПбГМУ им. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: ggKh07@rambler.ru, ORCID: 0000-0002-9242-9941.

### Authors information

**Bunenkov Nikolay S.** – PhD student, Department of Faculty Surgery, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: bunenkov2006@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4331-028X.

**Komok Vladimir V.** – PhD, cardiovascular surgeon, Department of Cardiac Surgery № 2, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: vladimir\_komok@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3834-7566.

**Beliy Sergey A.** – PhD, cardiovascular surgeon, Department of Cardiac Surgery № 2, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: sabel1968@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6415-4389.

**Sokolov Aleksey V.** – DS, Chief of Laboratory of Biochemical Genetics, Department of Molecular Genetics, Institute of Experimental Medicine, Saint Petersburg, Russia, e-mail: biochemsokolov@gmail.com, ORCID: 0000-20001-9033-0537.

**Lukashenko Vadim I.** – PhD, cardiovascular surgeon, Department of Cardiac Surgery № 2, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: v\_lukashenko@mail.ru.

**Nemkov Aleksandr S.** – SD, cardiovascular surgeon, Department of Cardiac Surgery № 2, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: nemk\_as@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5152-0001.

**Khbulava Gennadiy G.** – academic of Russian Academy of Science, SD, cardiovascular surgeon, Chief of Cardiovascular Center, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: ggKh07@rambler.ru, ORCID: 0000-0002-9242-9941.