



Возможности миокардиальной защиты и влияние на гемодинамические параметры при операциях на работающем сердце в условиях параллельного искусственного кровообращения у кардиохирургических пациентов высокого риска

© В.А. Бобошко^{1*}, П.С. Рузанкин², Е.И. Шефер², П.П. Перовский¹, В.Н. Ломиворотов¹, А.С. Несмачный¹, В.Я. Мартыненко¹, В.А. Непомнящих¹

¹ Национальный медицинский исследовательский центр им. акад. Е.Н. Мешалкина, Новосибирск, Россия

² Институт математики им. С. Л. Соболева, Новосибирск, Россия

* В.А. Бобошко, НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина, 630055, Новосибирск, ул. Речкуновская, 15, vaboboshko@gmail.com

Поступила в редакцию 8 июня 2025 г. Исправлена 25 августа 2025 г. Принята к печати 29 августа 2025 г.

Резюме

Цель: Оценка кардиопротективного эффекта и влияния на гемодинамические параметры методик аортокоронарного шунтирования на работающем сердце в условиях параллельного искусственного кровообращения (пИК) у пациентов с низкой фракцией выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ).

Материалы и методы: Проведено одноцентровое проспективное рандомизированное контролируемое слепое исследование с участием 90 пациентов с ФВ ЛЖ < 35%, которым выполнялось аортокоронарное шунтирование. Пациенты были разделены на две группы: группа кардиopleгии (КП) (n=60), где операция выполнялась в условиях ИК с КП остановкой сердца, и группа пИК (n=30), где операция выполнялась на работающем сердце в условиях пИК. Первичной конечной точкой являлась концентрация тропонина I через 24 ч после операции.

Вторичными конечными точками исследования стали: гемодинамические показатели, вазоинотропный индекс, маркеры миокардиального повреждения (креатинфосфокиназа – КФК, МВ-фракция КФК – МВ-КФК), маркеры сердечной недостаточности (натрийуретический пептид В-типа — BNP, N-терминальный фрагмент предшественника натрийуретического пептида-типа – NT-proBNP), послеоперационные осложнения, 30-дневная летальность и отдаленная (1-годовая) выживаемость.

Результаты: Концентрация тропонина I через 24 ч после операции статистически значимо не различалась между группами: 3,61 (2,32–7,51) нг/мл в группе КП и 5,25 (2,41–10,89) нг/мл в группе пИК ($p=0,327$). Исходные значения сердечного индекса были статистически значимо выше в группе пИК по сравнению с группой КП ($p=0,036$); на последующих этапах исследования статистически значимых различий не выявлено. Значения давления в легочной артерии, давления заклинивания легочной артерии и систолического артериального давления также статистически значимо не различались между группами. Частота и спектр послеоперационных осложнений были сопоставимы в обеих группах. 30-дневная летальность составила 1,7% (1/60) в группе КП и 6,7% (2/30) – в группе пИК ($p=0,257$). В течение 1 года после рандомизации летальность в группе КП составила 3,3% (2 пациента) и 23% (7 пациентов) – в группе пИК (отношение рисков (ОР) 7,5; 95%-й доверительный интервал (ДИ) 1,6–36, $p=0,012$).

Заключение: Выполнение аортокоронарного шунтирования на работающем сердце в условиях пИК у пациентов высокого риска не обеспечивает кардиопротективного эффекта и не приводит к снижению концентрации тропонина I. Применение данной методики у пациентов с низкой ФВ ЛЖ не оказывает существенного влияния на сердечный индекс и потребность в инотропной/вазопрессорной поддержке, а также на частоту осложнений и госпитальную летальность. Однако использование пИК ассоциировано с ухудшением показателей отдаленной (1 год) выживаемости.

Ключевые слова: кардиопротекция, операции на бьющемся сердце, тропонин I, искусственное кровообращение, гемодинамика

Цитировать: Бобошко В.А., Рузанкин П.С., Шефер Е.И. и др. Возможности миокардиальной защиты и влияние на гемодинамические параметры при операциях на работающем сердце в условиях параллельного искусственного кровообращения у кардиохирургических пациентов высокого риска. *Инновационная медицина Кубани*. 2025;10(4):25–33. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2025-10-4-25-33>



Myocardial Protection and Hemodynamic Effects During Beating Heart Coronary Artery Bypass Grafting with Parallel Cardiopulmonary Bypass in High-Risk Cardiac Surgery Patients

©Vladimir A. Boboshko^{1*}, Pavel S. Ruzankin², Evgeniy I. Shefer², Petr P. Perovsky¹, Vladimir N. Lomivorotov¹, Alexey S. Nesmachny¹, Victor Ya. Martynenkov¹, Valeriy A. Nepomnyashchikh¹

¹Federal State Budgetary Institution Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russian Federation

²Sobolev Institute of Mathematics of the Siberian Branch of the RAS, Novosibirsk, Russian Federation

*Vladimir A. Boboshko, Federal State Budgetary Institution Meshalkin National Medical Research Center, ulitsa Rechkunovskaya 15, Novosibirsk, 630055, Russian Federation, vaboboshko@gmail.com

Received: June 8, 2025. Received in revised form: August 25, 2025. Accepted: August 29, 2025.

Abstract

Objective: To evaluate the cardioprotective potential and hemodynamic impact of beating-heart coronary artery bypass grafting (CABG) performed with parallel cardiopulmonary bypass in patients with reduced left ventricular ejection fraction (LVEF).

Materials and Methods: A single-center prospective randomized controlled blinded trial included 90 patients with LVEF <35% who underwent CABG surgery. The patients were divided into two groups. In the first group (n=60), surgery was performed under cardiopulmonary bypass with cardioplegia (CP). Patients in the second group (n=30) underwent surgery on a beating heart with parallel CPB (pCPB). The primary endpoint was the concentration of troponin I on the first postoperative day (POD). Secondary endpoints included hemodynamic parameters, vasoactive-inotropic score (VIS), markers of myocardial injury (CK, CK-MB) and heart failure (BNP, NTproBNP); postoperative complications, 30-day mortality, and long-term survival.

Results: Troponin I levels on the first POD were not significantly different between the groups, with values of 3.61 (2.32-7.51) ng/ml in the CP group and 5.25 (2.41-10.89) ng/ml in the pCPB group, p=0.327. Preoperative cardiac index was significantly higher in the pCPB group compared to the CP group (p=0.036); however, no statistically significant differences were observed at subsequent stages of the study. Mean pulmonary artery pressure, pulmonary capillary wedge pressure, mean arterial pressure also did not differ significantly between the groups. The postoperative period was similar between the two groups in terms of complications. The 30-day mortality was 1.7% (1/60) in the CP group and 6.7% (2/30) in the pCPB group (p = 0.257). Within one year after randomization, mortality was 3.3% (2 patients) in the CP group and 23% (7 patients) in the pCPB group (HR 7.5, 95% CI 1.6-36, p=0.012).

Conclusions: Beating-heart CABG with parallel CPB in high-risk patients does not provide a cardioprotective effect and does not reduce troponin I levels. The use of this technique in patients with reduced LVEF does not affect cardiac index, the need for inotropic/vasopressor support, the incidence of complications or in-hospital mortality, but it is associated with poorer long-term patient survival at 1 year.

Keywords: cardioprotection, beating heart CABG, troponin I, cardiopulmonary bypass, hemodynamics

Cite this article as: Boboshko VA, Ruzankin PS, Shefer EI, et al. myocardial protection and hemodynamic effects during beating heart coronary artery bypass grafting with parallel cardiopulmonary bypass in high-risk cardiac surgery patients. *Innovative Medicine of Kuban.* 2025;10(4):25–33. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2025-10-4-25-33>

Введение

Операция аортокоронарного шунтирования (АКШ) является предпочтительным методом лечения пациентов с низкой фракцией выброса (ФВ) левого желудочка (ЛЖ) для снижения симптомов заболевания [1], несмотря на повышенные риски осложнений и летальности [2]. Традиционная кардиopleгическая остановка сердца может усугублять ишемию миокарда [3], а операции на работающем сердце ограничены из-за периоперационных гемодинамических нарушений у данной категории пациентов [4]. Альтернативная методика ONCAB-BH, предложенная L.P. Perrault и соавт. (1997), заключается в использовании искусственного кровообращения (ИК) без кардиopleгии [5]. Результаты имеющихся исследований по изучению повреждения миокарда и гемодинамики при операциях на работающем сердце с параллельным ИК и кардиopleгической остановкой сердца противоречивы [5–7].

Цель исследования

Сравнительная оценка эффективности защиты миокарда, гемодинамических показателей и послеопера-

ционных осложнений при операциях АКШ на работающем сердце в условиях ИК и кардиopleгии у пациентов с низкой ФВ ЛЖ.

Материалы и методы

С января 2012 г. по июль 2015 г. на базе ФГБУ «НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина» Минздрава РФ в одноцентровое проспективное рандомизированное контролируемое слепое исследование включено 90 пациентов с ИБС с низкой ФВ ЛЖ, которые имели следующие критерии включения: возраст от 18 лет до 75 лет; показания для операции АКШ в условиях ИК; предоперационная ФВ ЛЖ <35%. Критериями исключения являлись: экстренное оперативное вмешательство, давность инфаркта миокарда менее 3 мес. до операции, потребность в коррекции патологии клапанов сердца, повторная операция. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом центра, информированное согласие было получено от всех пациентов.

Исследование проводилось в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинкской

декларации Всемирной медицинской ассоциации. Пациенты, соответствующие критериям включения/исключения, рандомизированы в соотношении 2:1 в две группы методом запечатанных конвертов: группа КП – 60 пациентов, которым АКШ выполнено в условиях ИК с кардиоплегической остановкой сердца и группа пИК – 30 пациентов, которым КШ выполнено в условиях параллельного ИК на работающем сердце.

Первичной конечной точкой исследования являлась концентрация тропонина I на 1-е сут. после операции (24 ч). Расчет размера выборки для исследования основан на показателях динамики тропонина I, полученных в результатах ранее опубликованных исследований [6, 8]. Предварительно было рассчитано, что 120 пациентов (80 пациентов в группе КП и 40 пациентов в группе пИК) будет достаточно для обнаружения клинически значимого эффекта с вероятностью ошибки первого рода 0,05 и мощностью 0,80. Однако при промежуточном анализе безопасности из-за высокой годовой летальности в группе пИК этический комитет рекомендовал остановить набор пациентов, что и было выполнено. Всего в исследование было включено 90 пациентов.

Вторичными конечными точками исследования были: гемодинамические данные (СИ, иОПСС, срДЛА, ДЗЛК, САД), которые фиксировались после вводной анестезии; перед началом ИК; на 5-й, 30-й мин после ИК; в конце операции; через 2, 4, 6 ч после ИК; 24 ч после операции, количество пациентов, получавших вазопрессорную/инотропную поддержку, вазоинотропный индекс, динамика маркеров повреждения миокарда (КФК, МВ-КФК) и маркеров сердечной недостаточности (BNP, NTproBNP), данные о послеоперационных осложнениях, 30-дневной летальности и отдаленной выживаемости (1 год).

Концентрацию тропонина I определяли перед операцией, в конце операции, через 6 ч после ИК, на 1- и 2-е сут. методом иммунохемилюминесцентного исследования. Концентрацию КФК, МВ-КФК определяли на аналогичных этапах. Уровни BNP и NTproBNP в плазме крови изучали перед операцией и в 1-е сут. после операции.

Анестезиологическое обеспечение

Для пациентов в исследовании использовался стандартный протокол анестезии, принятый в центре, включающий: использование 8 об. % севофлурана (индукция анестезии), ингаляцию севофлурана 1–2 об. % (поддержание анестезии до и после ИК), болюсное введение фентанила 2–3 мкг/кг/ч, инфузия пропофола 2–5 мкг/кг/ч. Все операции выполнены в условиях нормотермического ИК, на фоне активированного свертывания > 480 с. У пациентов в группе КП для защиты миокарда антеградно вводили 2000 мл (однократная доза) ледяного (4–6 °С) кардиоплегического раствора (кустодиол). При прекращении ИК гепарин нейтрализовали с помощью протамина сульфата в соотношении 1:1.

Статистический анализ

Для оценки нормальности распределения количественных признаков применяли критерий Шапиро-Уилка. Категориальные данные представлены в виде абсолютных чисел и процентов. Сравнительный анализ количественных признаков проводили с помощью U-критерия Манна-Уитни. Межгрупповые различия для количественных признаков оценивались как разность медиан с доверительным интервалом Бауэра. Сравнение групп по качественным признакам выполняли с применением критерия хи-квадрат (с поправкой Йейтса) или точного критерия Фишера. Для всех статистических критериев вероятность ошибки первого рода устанавливали равной 0,05. Анализ выживаемости выполнен с помощью построения кривых Каплана-Мейера с оценкой межгрупповых различий с помощью логрангового критерия. Статистический анализ проводили с использованием R Statistical Software (Вена, Австрия).

Результаты

В ходе проведенного скрининга 986 пациентов в исследование было включено 90 пациентов (группа КП – 60 пациентов, группа пИК – 30 пациентов) (рис. 1).

Основные демографические и клинические характеристики больных обеих групп представлены в таблице 1, статистически значимой разницы между группами выявлено не было.

Спектр оперативных вмешательств, время ИК и количество пациентов, требующих вазопрессорной/инотропной поддержки в интраоперационном периоде, статистически значимо между группами исследования не различались (табл. 2).

Концентрация тропонина I на 1-е сут. после операции (первичная конечная точка) не имела статистически значимых различий и составила 3,61 (2,32–7,51) нг/мл в группе КП и 5,25 (2,41–10,89) нг/мл в группе пИК ($p=0,327$) (табл. 3).

При анализе параметров гемодинамики выявлены следующие статистические различия. Исходные значения сердечного индекса были статистически значимо выше в группе пИК по сравнению с группой КП 1,8 (1,6–2,0) л·мин/м² и 1,7 (1,3–1,9) л·мин/м², $p=0,036$ (рис. 2). Значения ударного индекса также были статистически значимо выше в группе пИК по сравнению с группой КП на 1-е сут. после операции ($p=0,029$). Центральное венозное давление было статистически значимо ниже в группе пИК на этапах 5 и 30 мин после ИК ($p=0,004$), при этом ЧСС статистически значимо выше в данной группе на этапах 5 мин до ИК ($p=0,009$) и ниже по сравнению с группой КП на 1-е сут. после операции ($p=0,026$). На остальных этапах исследования и по другим изучаемым показателям гемодинамики (САД, иОПСС, ДЛА, ДЗЛК) статистически значимой разницы не выявлено.

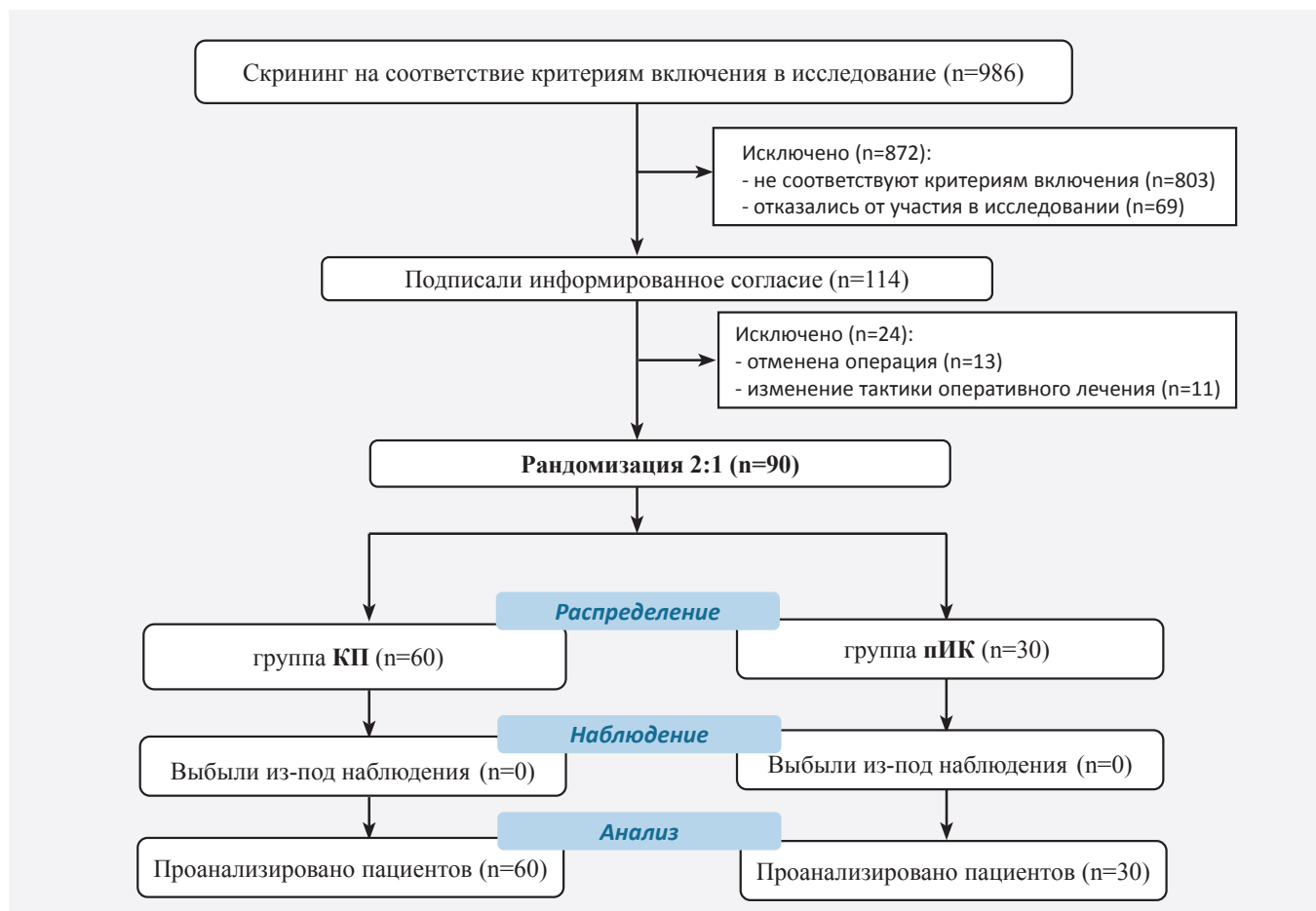


Рисунок 1. Блок-схема рандомизации и набора пациентов в исследование
 Figure 1. Flowchart of patient enrollment and randomization

Таблица 1
 Предоперационная характеристика пациентов
 Table 1
 Preoperative patient characteristics

Показатель	Группа КП (n=60)	Группа ПИК (n=30)	p
Пол, ж	4 (6,7)	2 (6,7)	>0,999
Возраст, лет	57 (50–60)	58 (53–63)	0,328
ИМТ, кг/м ²	28,26 (26,30–31,96)	27,14 (23,05–29,41)	0,074
ФВЛЖ, %	29 (25–32)	28 (25–30)	0,212
EuroScore, баллы	7 (5,9)	7 (5,8)	0,893
PDR, %	7,31 (5,14–10,49)	7,46 (4,38–13,19)	0,918
ПИКС, n (%)	60 (100)	30 (100)	>0,999
Аневризма ЛЖ, n (%)	28 (46,7)	9 (30)	0,198
АГ, n (%)	54 (90)	23 (76,7)	0,115
СД, n (%)	18 (30)	5 (16,7)	0,267
ХОБЛ, n (%)	6 (10)	8 (26,7)	0,062
ФП, n (%)	5 (8,3)	3 (10)	>0,999
ХПН, n (%)	4 (6,7)	4 (13,3)	0,433
ОНМК, n (%)	6 (10)	5 (16,7)	0,496

Прим.: ИМТ – индекс массы тела, ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка, PDR – прогнозируемый уровень смертности, ПИКС – постинфарктный кардиосклероз, ЛЖ – левый желудочек, АГ – артериальная гипертензия, СД – сахарный диабет, ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких, ФП – фибрилляция предсердий, ХПН – хроническая почечная недостаточность, ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения

Note: ИМТ, body mass index; ФВ ЛЖ, left ventricular ejection fraction; PDR, predicted death rate; ПИКС, postinfarction cardiosclerosis; ЛЖ, left ventricle; АГ, arterial hypertension; СД, diabetes mellitus; ХОБЛ, chronic obstructive pulmonary disease; ФП, atrial fibrillation; ХПН, chronic renal failure, ОНМК, acute cerebrovascular accident

Таблица 2
Интраоперационные данные
Table 2
Intraoperative data

Показатель	Группа КП (n=60)	Группа пИК (n=30)	p
Только АКШ, n (%)	27 (45)	19 (63,3)	0,157
АКШ + эндартерэктомия из КА, n (%)	6 (10)	1 (3,3)	0,417
АКШ + реконструкция ЛЖ, n (%)	28 (46,7)	9 (30)	0,198
Количество анастомозов к КА, n	2 (2–3)	2 (2–3)	0,166
Время ИК, мин	64 (57–77)	68 (57–84)	0,401
Время окклюзии аорты, мин	43 (33–55)	0 (0–0)	< 0,001
Инотропная поддержка, n (%)	49 (81,7)	24 (80)	> 0,999

Прим.: АКШ – аортокоронарное шунтирование, КА – коронарная артерия, ЛЖ – левый желудочек, ИК – искусственное кровообращение

Note: АКШ, coronary artery bypass grafting; КА, coronary artery; ЛЖ, left ventricle; ИК, cardiopulmonary bypass

Таблица 3
Динамика тропонина I
Table 3
Troponin I levels

Этапы измерения	Группа КП (n=60)	Группа пИК (n=30)	Различие (95% ДИ)	p
Перед операцией	0,04 (0,02–0,16)	0,05 (0,03–0,11)	–0,01 (–0,02–0,03)	0,978
Конец операции	2,09 (1,37–3,31)	2,39 (1,73–4,101)	–0,30 (–1,05–0,23)	0,186
Через 6 ч после ИК	4,06 (3,06–5,97)	5,77 (3,29–7,24)	–1,71 (–2,42–0,16)	0,085
1-е сут.	3,61 (2,32–7,51)	5,25 (2,41–10,89)	–1,64 (–2,99–0,76)	0,327
2-е сут.	2,41 (1,11–5,54)	2,85 (1,13–7,79)	–0,44 (–2,23–0,60)	0,450

Прим.: ИК – искусственное кровообращение

Note: ИК, cardiopulmonary bypass

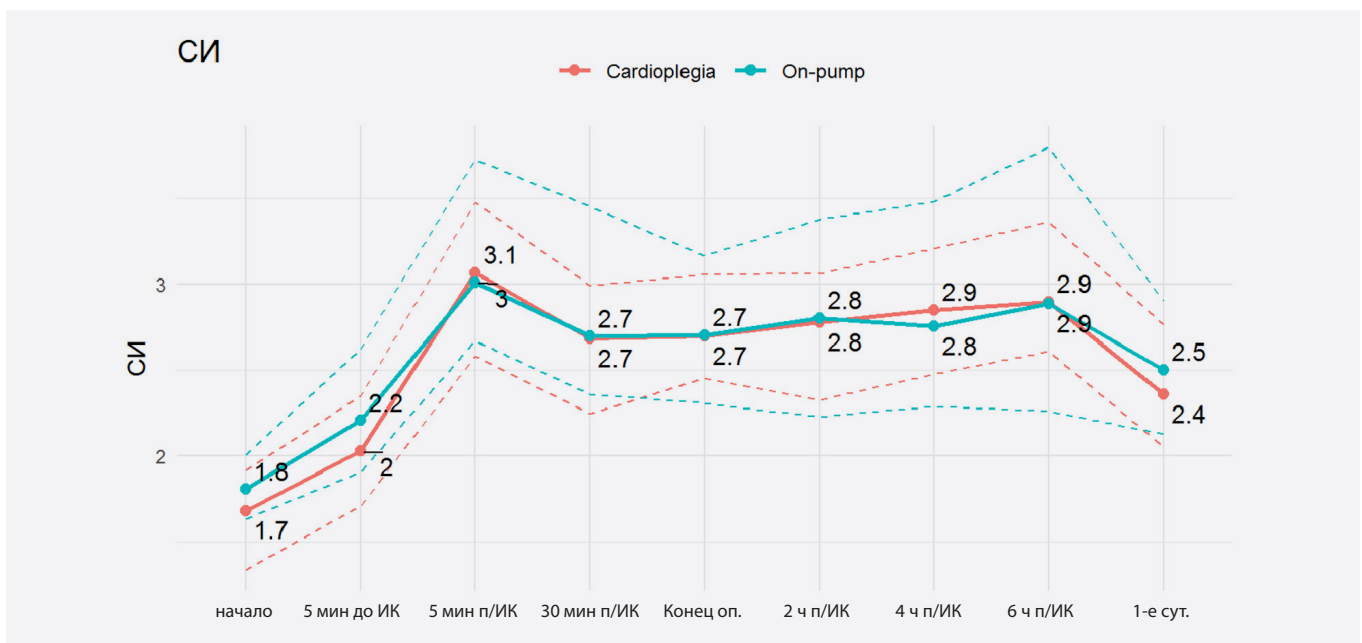


Рисунок 2. Динамика сердечного индекса
Figure 2. Cardiac index dynamics

Прим.: ИК – искусственное кровообращение, п/ИК – после искусственного кровообращения

Note: ИК, cardiopulmonary bypass; п/ИК, after cardiopulmonary bypass

Таблица 5
Послеоперационные данные
Table 5
Postoperative data

Показатель	Группа КП (n=60)	Группа пИК (n=30)	p
ИВЛ, часы	8 (7–11)	7 (6–16)	0,615
Продлённая ИВЛ (>24 ч), n (%)	1 (1,7)	2 (6,7)	0,257
Инфаркт миокарда, n (%)	3 (5)	3 (10)	0,396
Дыхательная недостаточность, n (%)	6 (10)	5 (16,7)	0,496
Фибрилляция предсердий, n (%)	22 (36,7)	9 (30)	0,695
ОПП, n (%)	2 (3,3)	2 (6,7)	0,598
ОНМК, n (%)	3 (5)	1 (3,3)	> 0,999
Реторакотомия, n (%)	2 (3,3)	3 (10)	0,328
Медиастинит, n (%)	1 (1,7)	1 (3,3)	> 0,999
Пребывание в ОРИТ, дней	3 (2–4)	3 (2–6)	0,135
30-дневная летальность, n (%)	1 (1,7)	2 (6,7)	0,257

Прим.: ИВЛ – искусственная вентиляция легких, ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения, ОПП – острое почечное повреждение, ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии

Note: ИВЛ, mechanical ventilation; ОНМК, acute cerebrovascular accident; ОПП, acute kidney injury; ОРИТ, intensive care unit

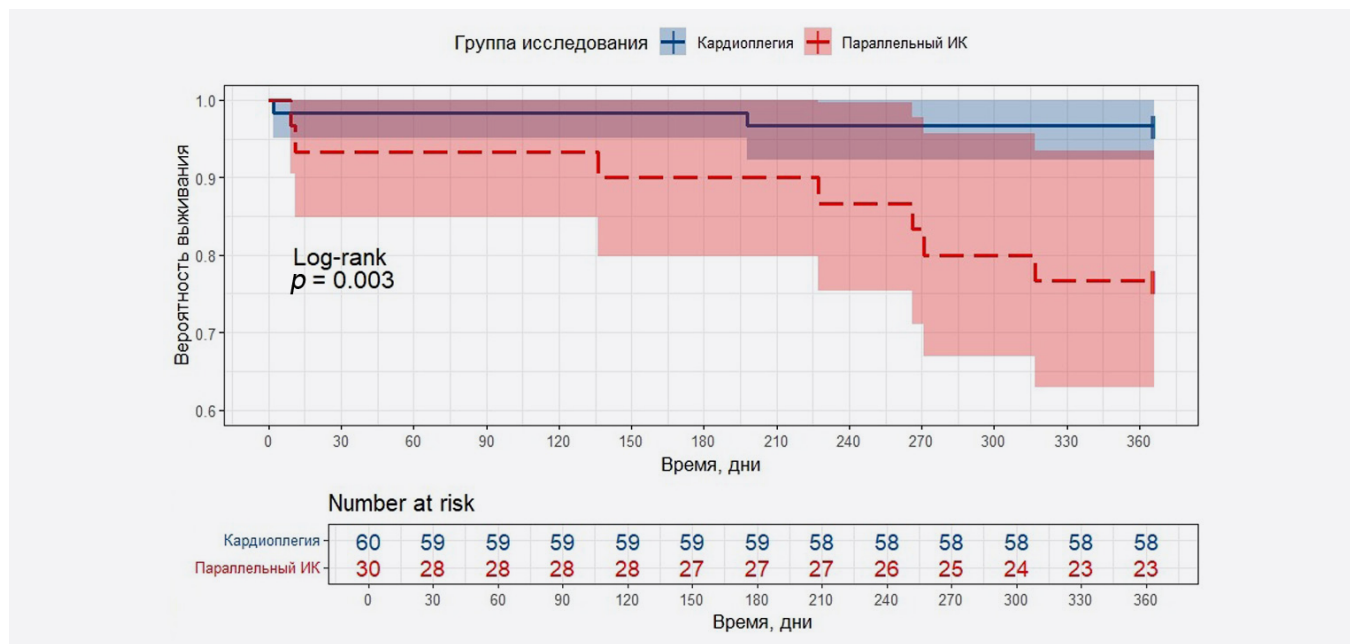


Рисунок 3. Отдалённая выживаемость (1 год)

Figure 3. Long-term survival (1 year)

Вазоинотропный индекс в послеоперационном периоде статистически значимо между группами исследования не различался и составил: 7,39 (2,69–12,56) и 5,29 (2,63–9,80), $p=0,259$ на 1-е сут. после операции, 0,6 (0,0–4,2) и 1,2 (0,0–3,8), $p=0,482$ на 2-е сут. после операции в группах КП и пИК соответственно.

Нами также не выявлено статистически значимых различий в значениях исследуемых лабораторных показателей на временных точках (в соответствии с протоколом исследования): КФК, МВ-КФК, BNP, NTproBNP.

Течение послеоперационного периода не отличалось по спектру осложнений между группами исследования (табл. 5). 30-дневная летальность оказалась

на уровне 1,7% (1/60) в группе КП и 6,7% (2/30) в группе пИК, $p=0,257$.

Анализ отдаленной выживаемости пациентов представлен на рис. 3. В течение 1 года после рандомизации летальность в группе КП составила 2 пациента (3,3%) и 7 пациентов (23%) в группе пИК (OR 8,83; 95% ДИ 1,96–62,29, $p=0,006$).

Обсуждение

Целью нашего исследования стало изучение кардиопротективного эффекта и влияния на гемодинамику методики проведения кардиохирургических операций на бьющемся сердце в условиях параллельного ИК, которая была описана E. Prifti

в 1992 г. [9]. Нами не выявлено статистически значимой разницы в значениях тропонина I у больных на 1-е сут. после операции (первичная конечная точка) при сравнении двух групп. В ранее опубликованном исследовании авторами было показано, что использование методики ONCAB-BH связано с большим повреждением миокарда, которое выражалось в более высоких значениях тропонина I по сравнению с традиционным подходом [6]. Данные различия можно объяснить тем, что в группе пациентов ПИК в нашем исследовании при наложении дистальных анастомозов использовались внутрикоронарные шунты, что могло привести к более адекватному кровоснабжению миокарда и снижению объема повреждения миокарда. В более раннем исследовании было показано, что выполнение операций АКШ у пациентов высокого риска (ФВ ЛЖ < 25%) по методике ONCAB-BH выражается в меньшем приросте тропонина I в послеоперационном периоде по сравнению с использованием кардиopleгии, что может свидетельствовать о снижении повреждающих эффектов глобальной ишемии миокарда [5]. Авторами другого исследования не обнаружено статистической разницы в динамике и уровнях послеоперационного тропонина I при сравнении традиционного подхода и операций на бьющемся сердце в условиях ИК [11]. Одной из причин более выраженного повреждения миокарда при методике ONCAB-BH может быть снижение перфузионного давления в коронарных артериях во время ИК при наличии проксимального поражения коронарных артерий [6]. Кроме того, использование интракоронарных шунтов может привести к травме эндотелия или разрушению бляшек в просвете коронарной артерии с дальнейшей эмболизацией и повреждением миокарда [12].

Авторы ретроспективного исследования не обнаружили межгрупповой разницы в гемодинамических параметрах у пациентов с низкой ФВ ЛЖ, которым выполнялось АКШ в условиях ИК с кардиopleгией или без неё [13]. В нашем исследовании значения сердечного индекса имели статистически значимые различия только на этапе предоперационных измерений. Более высокие значения центрального венозного давления у пациентов в группе КП через 5 и 30 мин после окончания ИК можно объяснить введением раствора для кардиopleгии, которого не было в группе ПИК. Также нами не выявлено значимой разницы по количеству пациентов, требующих кардиотонической поддержки, и по значениям вазоинотропного индекса, которые были показаны ранее в ретроспективных исследованиях [9, 14]. Исходя из полученных данных, течение раннего послеоперационного и госпитального периода также не отличалось по спектру и количеству осложнений между изучаемыми группами пациентов в нашем исследовании.

Предварительный анализ годичной выживаемости выявил значимое увеличение летальности в группе ПИК, однако дизайн нашего исследования и объем выборки не позволяют сделать убедительных выводов об этом показателе, поскольку это не являлось первичной конечной точкой исследования. Имеются данные о том, что отдаленная выживаемость сопоставима у пациентов при использовании методики ONCAB-BH по сравнению с классическим подходом [15], но данные выводы опираются на исследования с ретроспективным дизайном [9, 16, 17]. Известно, что основной причиной, снижающей качество жизни у этой группы больных, является прогрессирование ХСН, рефрактерное к медикаментозной терапии, поэтому приоритетным вариантом лечения является хирургическое вмешательство [18]. На сегодняшний момент по обсуждаемому вопросу проведено ограниченное количество исследований, в связи с чем полученные данные зачастую противоречивы, особенно у пациентов высокого риска, что свидетельствует об актуальности проведения многоцентровых рандомизированных исследований.

Ограничения

Основным ограничением нашего исследования является досрочное прекращение набора пациентов в связи с выявлением более высоких показателей отдаленной летальности у пациентов группы ПИК при проведении промежуточного анализа безопасности. Ещё одним ограничением является рандомизация пациентов в соотношении 2 : 1, выбранная из-за технической сложности выполнения операций на бьющемся сердце в условиях параллельного ИК.

Заключение

Проведение операций АКШ у пациентов высокого риска на бьющемся сердце в условиях параллельного ИК не обладает кардиопротективным эффектом, не приводит к снижению концентрации тропонина I, не оказывает влияния на сердечный индекс и не уменьшает потребность в использовании инотропных/вазопрессорных препаратов. Использование методики операций на бьющемся сердце в условиях ИК не оказывает значимого влияния на основные клинические исходы и госпитальную летальность, однако ассоциировано с потенциально худшими показателями отдаленной (1-годовой) выживаемости пациентов.

Вклад авторов

Разработка концепции и дизайна исследования: В.А. Бобошко
Сбор, анализ и интерпретация данных: В.А. Бобошко, В.А. Непомнящих
Проведение статистического анализа: П.С. Рузанкин, Е.И. Шефер

Подготовка иллюстраций и таблиц: П.П. Перовский, Е.И. Шефер
Подготовка текста: В.А. Бобошко, А.С. Несмачный, П.П. Перовский
Редактирование текста: В.Я. Мартыненко
Утверждение окончательной версии: В.А. Бобошко, П.С. Рузанкин, Е.И. Шефер, П.П. Перовский, В.Н. Ломиворотов, А.С. Несмачный, В.Я. Мартыненко, В.А. Непомнящих

Author contributions

Concept and design: Boboshko
Acquisition, analysis, or interpretation of data: Boboshko, Nepomnyashchikh
Statistical analysis: Ruzankin, Schefer
Visualization: Perovsky, Schefer
Manuscript drafting: Boboshko, Nesmachny, Perovsky
Manuscript revising: Martynenko
Final approval of the version to be published: Boboshko, Ruzankin, Shefer, Perovsky, Lomivorotov, Nesmachny, Martynenko, Nepomnyashchikh

Литература/References

1. Yokoyama Y, Fukuhara S, Mori M, et al. Network meta-analysis of treatment strategies in patients with coronary artery disease and low left ventricular ejection fraction. *J Card Surg.* 2021;36(10):3834-3842. PMID: 34310729. <https://doi.org/10.1111/jocs.15850>
2. Chiari P, Fellahi JL. Myocardial protection in cardiac surgery: a comprehensive review of current therapies and future cardioprotective strategies. *Front Med (Lausanne).* 2024;11:1424188. PMID: 38962735. PMCID: PMC11220133. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1424188>
3. Rastan AJ, Bittner HB, Gummert JF, et al. On-pump beating heart versus off-pump coronary artery bypass surgery-evidence of pump-induced myocardial injury. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2005;27(6):1057-1064. PMID: 15896617. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2005.03.007>
4. L egar e JF, Buth KJ, Hirsch GM. Conversion to on pump from OPCAB is associated with increased mortality: results from a randomized controlled trial. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2005;27(2):296-301. PMID: 15691685. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2004.11.009>
5. Perrault LP, Menasch e P, Peynet J, et al. On-pump, beating-heart coronary artery operations in high-risk patients: an acceptable trade-off?. *Ann Thorac Surg.* 1997;64(5):1368-1373. PMID: 9386706. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(97\)00842-4](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(97)00842-4)
6. Pegg TJ, Selvanayagam JB, Francis JM, et al. A randomized trial of on-pump beating heart and conventional cardioplegic arrest in coronary artery bypass surgery patients with impaired left ventricular function using cardiac magnetic resonance imaging and biochemical markers. *Circulation.* 2008;118(21):2130-2138. PMID: 18981306. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.108.785105>
7. Krejca M, Skiba J, Szmagala P, Gburek T, Bochenek A. Cardiac troponin T release during coronary surgery using intermittent cross-clamp with fibrillation, on-pump and off-pump beating heart. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1999;16(3):337-341. PMID: 10554854. [https://doi.org/10.1016/s1010-7940\(99\)00234-1](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(99)00234-1)
8. Lomivorotov VV, Boboshko VA, Efremov SM, et al. Levosimendan versus an intra-aortic balloon pump in high-risk cardiac patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2012;26(4):596-603. PMID: 22051419. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2011.09.006>
9. Prifti E, Bonacchi M, Giunti G, et al. Does on-pump/beating-heart coronary artery bypass grafting offer better outcome in end-stage coronary artery disease patients?. *J Card Surg.* 2000;15(6):403-410. PMID: 11678463. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8191.2000.tb01300.x>

10. Rao YM, Potdar S, Das D, et al. On-pump beating heart versus off-pump myocardial revascularization-a propensity-matched comparison. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg.* 2021;37(6):639-646. PMID: 34776662. PMCID: PMC8545968. <https://doi.org/10.1007/s12055-021-01209-x>
11. Narayan P, Rogers CA, Bayliss KM, et al. On-pump coronary surgery with and without cardioplegic arrest: comparison of inflammation, myocardial, cerebral and renal injury and early and late health outcome in a single-centre randomised controlled trial. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2011;39(5):675-683. PMID: 20884221. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2010.08.032>
12. Yeatman M, Caputo M, Narayan P, et al. Intracoronary shunts reduce transient intraoperative myocardial dysfunction during off-pump coronary operations. *Ann Thorac Surg.* 2002;73(5):1411-1417. PMID: 12022525. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(02\)03407-0](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(02)03407-0)
13. Лохнев А.А., Кондрашов К.В., Левит А.Л., Идов Э.М. Преимущества искусственного кровообращения без кардиopleгии у больных с низкой фракцией выброса при прямой реваскуляризации миокарда. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.* 2012;5(5):66-70.
 Lokhnev AA, Kondrashov KV, Levit AL, Idov E.M. Advantages of artificial circulation without cardioplegia in patients with low ejection fraction undergoing direct myocardial revascularization. *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery.* 2012;5(5):66-70. (In Russ.)
14. Rastan AJ, Eckenstein JI, Hentschel B, et al. Emergency coronary artery bypass graft surgery for acute coronary syndrome: beating heart versus conventional cardioplegic cardiac arrest strategies. *Circulation.* 2006;114:1477-1485. PMID: 16820622. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.105.001545>
15. Wang C, Jiang Y, Jiang X, Chen S. On-pump beating heart versus conventional on-pump coronary artery bypass grafting on clinical outcomes: a meta-analysis. *J Thorac Dis.* 2021;13(7):4169-4184. PMID: 34422346. PMCID: PMC8339771. <https://doi.org/10.21037/jtd-21-568>
16. Tsai YT, Lin FY, Lai CH, Lin YC, Lin CY, Tsai CS. On-pump beating-heart coronary artery bypass provides efficacious short- and long-term outcomes in hemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant.* 2012;27(5):2059-2065. PMID: 21956251. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfr536>
17. Zhu MZL, Huq MM, Billah BM, et al. On-Pump Beating Heart Versus Conventional Coronary Artery Bypass Grafting Early After Myocardial Infarction: A Propensity-Score Matched Analysis From the ANZSCTS Database. *Heart Lung Circ.* 2019;28(8):1267-1276. PMID: 30075944. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2018.06.1051>
18. Вайкин В.Е., Гамзаев А., Рязанов М.В., Аминов К.М., Шахов Е.Б., Жильцов Д.Д., Шаматовский А.Н., Журко С.А., Федоров С.А., Большухин Г.В. Отдаленные результаты хирургической коррекции ишемической митральной недостаточности. *Инновационная медицина Кубани.* 2024;(2):16-25. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-2-16-25>
 Vaykin V.E., Gamzaev A., Ryazanov M.V., Aminov K.M., Shakhov E.B., Zhiltsov D.D., Shamatolskiy A.N., Zhurko S.A., Fedorov S.A., Bolshukhin G.V. Long-term Outcomes of Surgical Correction of Ischemic Mitral Regurgitation. *Innovative Medicine of Kuban.* 2024;(2):16-25. (In Russ.) <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-2-16-25>

Сведения об авторах

Бобошко Владимир Александрович, к. м. н., заведующий отделением анестезиологии-реанимации, НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина (Новосибирск, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-5420-2263>

Рузанкин Павел Сергеевич, к. ф.-м. н., старший научный сотрудник, Институт математики им. С.Л. Соболева (Новосибирск, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-5262-3037>

Шефер Евгений Игоревич, к. ф.-м. н., научный сотрудник, Институт математики им. С.Л. Соболева (Новосибирск, Россия). <https://orcid.org/0009-0009-2961-6005>

Перовский Петр Петрович, врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации, НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина (Новосибирск, Россия). <https://orcid.org/0009-0002-8886-0285>

Ломиворотов Владимир Николаевич, д. м. н., профессор отдела высшего и дополнительного образования, НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина (Новосибирск, Россия). <https://orcid.org/0009-0002-9594-3062>

Несмачный Алексей Сергеевич, к. м. н., врач сердечно-сосудистый хирург, НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина (Новосибирск, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-1229-2998>

Мартыненко Виктор Яковлевич, д. м. н., врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации, НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина (Новосибирск, Россия). <https://orcid.org/0009-0004-5627-9087>

Непомнящих Валерий Анатольевич, д. м. н., врач анестезиолог-реаниматолог, отделение анестезиологии-реанимации, НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина (Новосибирск, Россия). <https://orcid.org/0009-0008-6140-8663>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author credentials

Vladimir A. Boboshko, Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Meshalkin Na-

tional Medical Research Center (Novosibirsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-5420-2263>

Pavel S. Ruzankin, Cand. Sci. (Phys. and Math.), Senior Researcher, Sobolev Institute of Mathematics of the Siberian Branch of the RAS (Novosibirsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-5262-3037>

Evgeniy I. Shefer, Cand. Sci. (Phys. and Math.), Researcher, Sobolev Institute of Mathematics of the Siberian Branch of the RAS (Novosibirsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0002-8886-0285>

Petr P. Perovsky, Anesthesiologist-Intensivist, Department of Anesthesiology and Intensive Care, Meshalkin National Medical Research Center (Novosibirsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0002-8886-0285>

Vladimir N. Lomivorotov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Higher and Continuing Medical Education, National Medical Research Center (Novosibirsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0002-9594-3062>

Alexey S. Nesmachny, Cand. Sci. (Med.), Cardiovascular Surgeon, Meshalkin National Medical Research Center (Novosibirsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-1229-2998>

Victor Ya. Martynenkov, Dr. Sci. (Med.), Anesthesiologist-Intensivist, Department of Anesthesiology and Intensive Care, Meshalkin National Medical Research Center (Novosibirsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0004-5627-9087>

Valeriy A. Nepomnyashchikh, Dr. Sci. (Med.), Anesthesiologist-Intensivist, Department of Anesthesiology and Intensive Care, Meshalkin National Medical Research Center (Novosibirsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0008-6140-8663>

Conflict of interest: none declared.