

3.1.12. Анестезиология и реаниматология (медицинские науки)

3.1.15. Сердечно-сосудистая хирургия (медицинские науки)

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРФУЗИИ У КОМОРБИДНЫХ ПАЦИЕНТОВ (reprint)

\*Р.А. Корнелюк<sup>1</sup>, А.В. Гейзе<sup>1</sup>, Г.П. Плотников<sup>1</sup>, М.Н. Козлова<sup>1</sup>, В.А. Попов<sup>1,2</sup>, А.Ш. Ревшвили<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России

<sup>2</sup>ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России

\*Адрес для корреспонденции (Correspondence to): Корнелюк Роман Александрович (Roman A. Kornelyuk), e-mail: rkornelyuk@mail.ru

### АННОТАЦИЯ

**Цель:** оценить эффективность различных интраперфузионных методов удаления медиаторов воспаления и метаболитов, а также их влияние на снижение частоты органной дисфункции в послеоперационном периоде при длительном искусственном кровообращении у больных с сопутствующей патологией.

**Материалы и методы:** проведено одноцентровое ретроспективное нерандомизированное исследование 154 пациентов с коморбидной патологией и кардиохирургическими вмешательствами при искусственном кровообращении (ИК) длительностью  $\geq 90$  мин. Стандартизированное анестезиологическое обеспечение. Все пациенты были разделены на три группы: группа 1 (n=51) – стандартный экстракорпоральный контур с роллерной помпой, группа 2 (n=31) – гемофильтрация (ГФ) в контуре ИК, группа 3 (n=67) – гемодиализация (ГДФ) с диализатором на основе полиметилметакрилата (ПММА). Группы сопоставимы по характеру операций, длительности ИК, времени пережатия аорты, выраженности сопутствующей патологии (дыхательная, почечная недостаточность, сахарный диабет). Проведена оценка концентрации биохимических маркеров органного повреждения, индекс оксигенации ( $PaO_2/FiO_2$ ), уровень гемолиза по свободному гемоглобину (свHb) и маркеры воспалительной реакции – интерлейкин-6 (ИЛ-6), интерлейкин-10 (ИЛ-10), прокальцитонин (РСТ), С-реактивный белок (СРБ), sTrem-1 исследовались через 1 ч после начала ИК и 24 ч после окончания ИК. Оценивались частота респираторных и почечных осложнений, дренажная кровопотеря в послеоперационном периоде, потребность в вазопрессорной поддержке, длительность лечения в реанимации и стационаре.

**Результаты:** при сопоставимых дозировках инотропной поддержки дозы вазопрессорной терапии значимо ниже в группе с применением ПММА, а в группе ГФ не требовались. Уровень гемолиза по свHb, как и лактат, ниже в исследуемых группах, при этом в группе ПММА не превышали референсных значений. Анализ концентрации биологически активных молекул в крови больных показал, что фильтрация и сорбция при ИК снижают уровень воспалительных цитокинов и триггерных молекул системной воспалительной реакции. Длительность восстановления адекватного самостоятельного дыхания значимо выше в группе с классической перфузией, как и частота потребности в диализной-фильтрационной терапии.

**Заключение:** гемофильтрация с использованием полиионного буферного раствора и диализного полиметилметакрилатового фильтра с сорбирующей способностью при длительном искусственном кровообращении у коморбидных пациентов позволяет снизить риски органной дисфункции в послеоперационном периоде.

**Ключевые слова:** искусственное кровообращение, гемофильтрация, полиметилметакрилат, органная дисфункция, системная воспалительная реакция

**Для цитирования.** Р.А. Корнелюк, А.В. Гейзе, Г.П. Плотников, М.Н. Козлова, В.А. Попов, А.Ш. Ревшвили, «ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРФУЗИИ У КОМОРБИДНЫХ ПАЦИЕНТОВ (reprint)». Ж. МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНАЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ ХИРУРГИЯ. 2025; 1(4): 33–42.

## OPTIMIZING ORGAN PERFUSION IN COMORBID PATIENTS (reprint)

\*R.A. Kornelyuk<sup>1</sup>, A.V. Geyze<sup>1</sup>, G.P. Plotnikov<sup>1</sup>, M.N. Kozlova<sup>1</sup>, V.A. Popov<sup>1,2</sup>, A.Sh. Revishvili<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>FSBI «A.V. Vishnevsky National medical research center for surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation

<sup>2</sup>Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, Russian Federation

### ABSTRACT

**Aim:** to evaluate the effectiveness of perfusion methods for removing inflammatory mediators and metabolites, and their impact on reducing the incidence of postoperative organ dysfunction in patients with comorbidities undergoing prolonged cardiopulmonary bypass.

**Materials and Methods:** a single-center retrospective non-randomized study included 154 comorbid patients who underwent cardiac surgery with cardiopulmonary bypass (CPB) duration  $\geq 90$  minutes. Standardized anesthesia was administered. Patients were divided into three groups: Group 1 (n=51) – standard extracorporeal circuit with a roller pump; Group 2 (n=36) – hemofiltration (HF) during CPB; Group 3 (n=67) – hemodiafiltration (HDF) with a polymethyl methacrylate (PMMA) dialyzer. The groups were comparable in terms of surgery type, CPB duration, aortic cross-clamp time, and severity of comorbidities (respiratory failure, renal failure, diabetes mellitus). Levels of biochemical markers of organ damage, oxygenation index ( $PaO_2/FiO_2$ ), hemolysis by free hemoglobin (fHb), and inflammatory response markers – interleukin-6 (IL-6), interleukin-10 (IL-10), procalcitonin (PCT), C-reactive protein (CRP), sTREM-1 – were measured 1 hour after CPB initiation and 24 hours after its termination. The incidence of respiratory and renal complications, postoperative drainage blood loss, need for vasopressor support, and length of ICU and hospital stay were assessed.

**Results:** with comparable doses of inotropic support, the doses of vasopressor therapy were significantly lower in the PMMA group and were not required in the HF group. The degree of hemolysis by fHb and lactate levels were lower in the study groups, remaining within reference ranges in the PMMA group. Analysis of biologically active molecule concentrations showed that filtration and sorption during CPB reduced levels of inflammatory cytokines and trigger molecules of the systemic inflammatory response. The duration of adequate spontaneous breathing recovery was significantly longer in the conventional perfusion group, as was the need for renal replacement therapy.

**Conclusion:** hemofiltration using a polyionic buffer solution and a polymethyl methacrylate dialyzer filter with sorption capacity during prolonged cardiopulmonary bypass in comorbid patients can reduce the risks of organ dysfunction in the postoperative period.

**Keywords:** cardiopulmonary bypass, hemofiltration, polymethyl methacrylate, organ failure, systemic inflammatory response.

## ВВЕДЕНИЕ

Наиболее значимый вклад в патофизиологию осложненный искусственный кровообращения (ИК) вносит системная воспалительная реакция (СВР), выраженность которой зависит от операционной травмы, взаимодействия крови и искусственных поверхностей при экстракорпоральном кровообращении, ишемии/реперфузии, эндотоксемии и др. [1]. Вышеуказанные механизмы приводят к активации кинин-калликреиновой системы, системы комплемента, коагуляции и фибринолиза. В результате медиаторы воспаления запускают каскад воспалительных реакций, которые приводят к активации тромбоцитов, лейкоцитов, эндотелиальных клеток, воспалению в миокарде, легких и выбросу цитокинов, что провоцирует декомпенсацию сопутствующей патологии [2]. Увеличение количества пациентов с органными дисфункциями вследствие коморбидных заболеваний и расширение возрастных параметров для хирургического лечения кардиальной патологии сохраняют актуальность разработки способов минимизации системного воспалительного ответа [3-5]. Результаты исследований некоторых авторов о преимуществе центрифужного насоса над роликовым [6] при ИК остаются противоречивы, так как в большинстве исследований в основном описано влияние насосов на развитие СВР при длительности перфузии, не превышающей 90 минутного периода. С целью иммуномодуляции для нивелирования воспалительного ответа описаны и применяются различные гемофильтрационные (ультрафильтрация, плазмафильтрация, аппаратная гемофильтрация) и гемосорбционные (например, с полиметилметакрилатом) методики, но в то же время отмечается повышение уровня лактата сыворотки крови при их применении [7,8]. На сегодняшний день нет четких рекомендаций по выбору вида перфузии, не определена корреляция наличия про- воспалительных медиаторов с развитием органной дисфункции во время и после длительных периодов ИК.

**Цель работы** - оценить эффективность различных интраперфузионных методов удаления медиаторов воспаления и метаболитов, а также их влияние на снижение частоты органной дисфункции в послеоперационном периоде при длительном искусственном кровообращении у больных с сопутствующей патологией.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Одноцентровое ретроспективное нерандомизированное исследование с включением 154 пациентов с коморбидной патологией, последовательно поступавших в период с 2019 г. по 2022 г. в ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России для оперативного вмешательства. Исследование одобрено Локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России (протокол № 002-2019 от 08.02.2019 г.). Все больные подписали информированное добровольное

согласие на участие. Критерии включения: пациенты с ишемической болезнью сердца и/или пороками клапанов сердца с фибрилляцией предсердий в анамнезе и сопутствующими заболеваниями (хронический пиелонефрит, хроническая обструктивная болезнь легких, сахарный диабет), нуждающиеся в операции аортокоронарного шунтирования и/или операции на клапанном аппарате сердца и процедуре «Лабиринт» при длительности ИК  $\geq 90$  мин. Критерии исключения: экстренные оперативные вмешательства, отсутствие согласия на участие в исследовании.

Все вмешательства выполнены одной операционно-анестезиологической бригадой. Во всех случаях стандартизированное анестезиологическое обеспечение (севоран + фентанил); миорелаксация цисатракурия бесиламом; экстракорпоральный контур с роликовым насосом (первичное заполнение контура ИК – 500 мл полиионного кристаллоидного раствора, 500 мл коллоидного, 200 мл 15% маннита, 10 тыс. ед. гепарина); расчетный индекс перфузии; кардиоплегия раствором Кустодиол® (GmbH, Германия). По методу перфузии сформировано три группы: группа 1 (группа сравнения,  $n=51$ ) – стандартный экстракорпоральный контур с роликовой помпой; группа 2 ( $n=31$ ) включала перфузию с высокообъемной гемофильтрацией (ГФ) (гемоконцентратор Maquet (Getinge Group, Швеция) с техническими параметрами: площадь фильтрующей поверхности фильтра – 0,71  $\text{cm}^2$ , первичным объемом заполнения – 58 мл, фильтрационной способностью – 39 мл/мин, диаметр пор – 17000 Да), полиионным буферным раствором MultiBic (Fresenius Medical Care, Германия) с концентрацией калия 4 ммоль/л 80 мл/мин и ультрафильтрацией для поддержания гидробаланса на уровне 8-10 мл/кг (гемоконцентраторы Maquet с объемом заполнения 65 мл и поверхностью мембраны 0,7  $\text{m}^2$ ) в течение всего времени ИК [9]; группа 3 ( $n=67$ ) – в контур ИК включался гемодиалфильтр ВК-2,1U (TORAY INDUSTRIES, INC., Япония) с мембраной на основе полиметилметакрилата (ПММА), обладающий сорбционными свойствами [10]. Группы не различались по основным клинико-антропометрическим данным. Сопутствующие заболевания исходно находились в стадии компенсации, что позволяло выполнить плановые хирургические вмешательства (табл. 1). С целью сопоставимости исходного и послеоперационного состояния для характеристики легочного повреждения использована степень дыхательной недостаточности, а для сопутствующего почечного повреждения – шкала RIFLE.

По характеру оперативных вмешательств наблюдались незначительные межгрупповые отличия, но по основным параметрам перфузии – длительности, пережатия аорты, кровопотери группы были сопоставимы.

Эффективность различных методов анализировали по изменению концентрации целевых лабораторных показателей исходно до начала ИК и через 24 часа. Целевые

Таблица 1. Клинико-антропометрическая характеристика пациентов в группах

Table 1. Clinical and demographic data of the study population

Показатель / Parameter	Группа 1 / Group 1, n=51	Группа 2 / Group 2, n=36	Группа 3 / Group 3, n=67	р 1/2; 1/3; 2/3
Пол, м/ж, n (%) [Min-Max] / Gender, male/female, n (%) (Min-Max)	41 (80,4) / 10 (19,6)	28 (77,8) / 8 (22,2)	54 (80,6) / 13 (19,4)	1/2 =0,7933 1/3=0,9999 2/3=0,7996
Возраст, лет, М [Q1-Q3] (Min-Max) / Age, years, M [Q1-Q3] (Min-Max)	70 [66-72,5] (61;78)	70,5 [65-73,25] (63;81)	70 [66-73] (61;82)	1/2=0,7189 1/3=0,5481 2/3=0,8773
ИМТ, М [Q1-Q3] (Min-Max) / BMI, M [Q1-Q3] (Min-Max)	29 [24,5-33,5] (15;46)	29,5 [25-34] (16;46)	29 [25-33] (18;44)	1/2 =0,6111 1/3=0,6215 2/3=0,8880
Класс NYHA / NYHA class, n (%)				
II	27 (52,9)	20 (55,5)	33 (49,2)	1/2=0,8306 1/3=0,7138 2/3=0,6795
III	24 (47,1)	16 (23,9)	34 (50,7)	1/2=0,8306 1/3=0,7138 2/3=0,6795
Коморбидная патология / Comorbidities, n (%)				
ОПН (RIFLE) / AKI	29 (56,8)	19 (52,7)	32 (47,7)	1/2=0,8272 1/3=0,3570 2/3=0,6823
Риск / Risk	10 (19,6)	8 (22,2)	14 (20,9)	1/2=0,7933 1/3=0,9999 2/3=0,9999
Повреждение / Injury	12(23,5)	7 (19,4)	9 (13,4)	1/2=0,7937 1/3=0,224 2/3=5691
Недостаточность / Failure	7 (13,7)	4 (11,1)	9 (13,4)	1/2=0,9999 1/3=0,9999 2/3=0,9999
Дыхательная недостаточность / Respiratory failure	29 (56,9)	22 (61,1)	35 (52,2)	1/2=0,8255 1/3=0,7098 2/3=0,4135
I	8 (15,7)	9 (25)	14 (20,9)	1/2=0,4107 1/3=0,634 2/3=0,6292
II	13 (25,5)	7 (19,4)	9 (13,4)	1/2=0,609 1/3=0,1511 2/3=0,5691
III	8 (15,7)	6 (16,7)	12 (17,9)	1/2=0,9999 1/3=0,8085 2/3=0,9999
Сахарный диабет 1 тип / Type 1 diabetes mellitus	16 (31,4)	11(30,6)	20 (29,9)	1/2=0,9999 1/3=0,9999 2/3=0,9999
EuroSCORE 2, (Me [Q1-Q3] (Min-Max)	5 [4-6] (2;8)	4 [3,75-5] (2;7)	4 [3-6] (2;8)	1/2=0,3048 1/3=0,4555 2/3=0,7029

**Примечание:** ИМТ – индекс массы тела, NYHA – New York Heart Association Functional Classification (классификация выраженности хронической сердечной недостаточности Нью-Йоркской кардиологической ассоциации); ОПН – острая почечная недостаточность, R.I.F.L.E. – Risk, Injury, Failure, Loss, End-stage kidney disease (классификация ОПН); EuroSCORE 2 – European System for Cardiac Operative Risk Evaluation (шкала оценки риска неблагоприятного исхода). Значения р приведены при межгрупповом сравнении.

**Note:** BMI – body mass index; NYHA – New York Heart Association Functional Classification; AKI – acute kidney injury; R.I.F.L.E. – Risk, Injury, Failure, Loss, End-stage kidney disease classification; EuroSCORE 2 – European System for Cardiac Operative Risk Evaluation. P-values are presented for the differences between the groups.

Таблица 2. Клинические показатели через 24 часа после искусственного кровообращения, М [Q1-Q3]

Table 2. Clinical parameters 24 hours after cardiopulmonary bypass, M [Q1-Q3] (Min-Max)

Показатель / Parameter	Группа 1/ Group 1, n=51	Группа 2/ Group 2, n=36	Группа 3/ Group 3, n=67	p 1/2; 1/3; 2/3
Дренажные потери, мл / Drainage blood loss, mL	310 [250-355] (200;400)	300 [250-352,5] (200;400)	300 [250-350] (200;400)	1/2=0,6497 1/3=0,8312 2/3=0,7733
Допамин, мг/кг/мин / Dopamine, mg/ kg/min	5 [4-7] (2;12)	4 [3-5] (0;10)	5 [4-6] (2;11)	1/2=0,005 1/3=0,2996 2/3=0,0216
Норадреналин, мг/кг/мин / Norepinephrine, mg/kg/min	0,05 [0,03-0,09] (0;0,6)	0 [0-0,03] (0;0,6)	0,03 [0-0,05] (0;0,3)	1/2=0,0341 1/3=0,0019 2/3=0,8258
Диурез, мл/час / Urine output, mL / hour	60 [50-72,5] (35;120)	87,5 [75-90] (45;135)	85 [70-90] (55;135)	1/2<0,05 1/3<0,05 2/3=0,564

**Примечание:** значения p – при межгрупповом сравнении (p 1/2, 1/3, 2/3).

**Note:** p-values are presented for the differences between the groups.

лабораторные показатели включали биохимические маркеры органного повреждения, индекс оксигенации ( $PaO_2/FiO_2$ ), уровень гемолиза по свободному гемоглобину (свHb). Маркеры СВР (интерлейкин-6 (ИЛ-6), интерлейкин-10 (ИЛ-10), прокальцитонин (РСТ), С-реактивный белок (СРБ), sTrem-1 исследовались через 1 ч после начала ИК и 24 ч после окончания. Также оценивались клинические данные, такие как респираторные и почечные осложнения, дренажная кровопотеря в послеоперационном периоде, нарушения гемостаза, требующие коррекции и гемотрансфузии, потребность в прессорной поддержке, длительность лечения в реанимации и стационаре.

Статистический анализ данных осуществляли с помощью программ STATISTICA (data analysis software system), version 6 StatSoft, Inc. 2001 и Microsoft Office Excel, 2010. Описательная статистика для количественных переменных представлена в виде медианы и квартилей первого и третьего порядка, минимальных и максимальных значений. Для анализа совместимости выборок, представляющих собой некатегориальные данные, был использован точный метод Фишера. Для анализа совместимости параметрических данных выборок применялся t-критерий Стьюдента, допуская, что данные выборок имеют нормальное распределение ( $n \geq 30$ ) [11]. Достоверным уровнем статистической значимости принят уровень  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Исходно при поступлении в операционную группы были сопоставимы по уровню маркеров органного повреждения. Через 24 часа при межгрупповом сравнении течения послеоперационного периода дренажные потери в группах сопоставимы, что косвенно подтверждает отсутствие негативных влияний предлагаемых методик перфузии на гемостаз в послеоперационном периоде. В тоже время,

при сопоставимых дозировках инотропной поддержки для профилактики сердечной недостаточности (по протоколу, принятому в клинике), дозы вазопрессорной терапии были значимо ниже в группе ПММА и не требовались в группе ГФ, что подтверждает минимизированную вазоплегию как следствие реперфузии в исследуемых группах. При этом перфузионное давление, обеспечивающее адекватный почечный кровоток и, соответственно, темп диуреза при равной стимуляции фуросемидом 100 мг/сутки, было более адекватным также в исследуемых группах (табл. 2).

Уровень гемолиза по свободному гемоглобину также ниже в исследуемых группах, а при использовании в диализаторе полиметилметакрилатовой мембраны не превышает референсных значений, как, в свою очередь, и значения лактата, что демонстрирует отсутствие тканевой гипоксии при модифицированном перфузионном обеспечении. Улучшение легочной перфузии и достаточной доставки кислорода в исследуемых группах также подтверждается значимо более адекватным индексом оксигенации, что в конечном итоге и приводило к снижению длительности искусственной вентиляции легких (ИВЛ) в послеоперационном периоде. Использование диализных методик также обеспечило сохранение почечной функции ( $p_{1/2}=0,0000000021$  и  $p_{1/3}=0,00000000452$  соответственно) (табл. 3).

Анализ концентрации биологически активных молекул в крови больных показал, что фильтрация и сорбция при ИК снижают уровень воспалительных цитокинов и триггерных молекул системной воспалительной реакции. Концентрации целевых аналитов системного воспаления исследовались после окончания ИК через 1 час и через 24 час. При внутrigрупповом сравнении значения были довольно разнонаправленны. При «классической» перфузии значимо повышался провоспалительный ИЛ-6 при снижении противовоспалительного ИЛ-10 и повышении

**Таблица 3. Маркеры органного повреждения через 24 часа после искусственного кровообращения, М [Q1-Q3]****Table 3. Levels of organ damage markers 24 hours after cardiopulmonary bypass, M [Q1-Q3] (Min-Max)**

Показатель / Parameter	Группа 1/ Group 1, n=51	Группа 2/ Group 2, n=36	Группа 3/ Group 3, n=67	p 1/2; 1/3; 2/3
Креатинин, ммоль/л / Creatinine, mmol/L	149 [130-184,5] (102;310)	120 [90-142,75] (67;186)	118 [101-142] (64;212)	1/2 <<0,05 1/3 <<0,05 2/3=0,6127
Лактат, ммоль/л / Lactate, mmol/L	3 [2,25-3,575] (1;6,2)	1,85 [1,275- 2,25] (0,5;3,5)	1,8 [1,4-2,2] (0,8;3,3)	1/2 <<0,05 1/3 <<0,05 2/3=0,9265
свНб, г/л / fHb, g/L	1,3 [0,7-2,1] (0,2;5)	0,4 [0,1-0,9] (0;1,1)	0,25 [0,045-0,7] (0;2,1)	1/2 <<0,05 1/3 <<0,05 2/3=0,3977
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> *	(n=43) 245 [197,5-285,5] (145;340)	(n=33) 303 [284-321] (255;345)	(n=64) 295 [279-312] (240;354)	1/2 <<0,05 1/3<<0,05 2/3=0,2816

**Примечание:** свНб – свободный гемоглобин плазмы; PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>\* – индекс оксигенации, для выживших пациен- тов на спонтанном дыхании с FiO<sub>2</sub> 6 л и без ЭКМО. Значения p – при межгрупповом сравнении (p 1/2, 1/3, 2/3).

**Note:** fHb – free hemoglobin; PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>\* – the oxygenation index for spontaneously breathing survivors with 6 L FiO<sub>2</sub> without ECMO. P-values are presented for the differences between the groups.

остальных маркеров кроме СРБ. При гемодиализации также несколько повышался ИЛ-6 при прежнем уровне ИЛ-10 и прокальцитонина, но значительно снижались СРБ и триггерный рецептор миелоидных клеток. В группе с ПММА-диализатором, напротив, отмечалось значимое снижение провоспалительных интралейкинов при повышении противовоспалительных маркеров, лейкоцитоза и прокальцитонина, и снижении СРБ и sTrem-1 (табл. 4).

Тем не менее, при межгрупповом сравнении при исходно сопоставимых показателях интралейкинов, в исследуемых группах уровень ИЛ-6 значимо ниже, а провоспалительного ИЛ-10 выше, чем при стандартной перфузии. Количество лейкоцитов и СРБ значимо меньше, а РСТ повышался. Также через сутки отмечалось значимое снижение sTrem-1 в исследуемых группах, но следует отметить, что в первый час после ИК этот показатель был существенно выше в группе сравнения (табл. 4).

Помимо доброкачественных изменений цитокинового статуса у больных, имело место достоверное улучшение течения послеоперационного периода в исследуемых группах (табл. 5).

Хотя все больные были экстубированы в первые послеоперационные часы, длительность восстановления адекватного самостоятельного дыхания значимо выше в группе сравнения. Частота сердечной недостаточности, потребовавшей необходимости в механической поддержке кровообращения (экстракорпоральной мембранной оксигенации), сопоставима в группах и была обусловлена в первую очередь характером оперативного вмешательства. Почечная дисфункция с потребностью в диализной терапии незначимо чаще манифестировала в группе сравнения. В исследуемых группах все это, в комплексе с меньшей потребностью в вазопрессорной поддержке, улучшенными респираторными и метаболическими пока-

зателями (табл. 2,3), определило невысокую длительность лечения в реанимации и, соответственно, госпитализации (табл. 5). Летальность зависела от многих переменных, однако была незначимо выше в группе сравнения без модифицированной перфузии.

Таким образом, снижение концентрации воспалительных цитокинов и отдельных маркеров органного повреждения, а также клинические данные свидетельствует о положительном влиянии обоих методов модифицированной перфузии на триггерные факторы системного воспалительного ответа и развитие органной дисфункции при длительном искусственном кровообращении.

## ОБСУЖДЕНИЕ

В патогенез декомпенсации существующих у кардиохирургических пациентов коморбидных заболеваний значимый вклад вносит СВР, проявляющаяся от незначительных биохимических изменений до тяжелой органной недостаточности. Имеет значение и временной фактор – чем длительней период замещения функции сердца и легких, тем более выражена СВР [11]. В настоящее время разработаны различные фармакологические и механические методы снижения СВР – введение кортикостероидов и антиоксидантов, интраоперационная ультрафильтрация, малоинвазивные экстракорпоральные контуры [12,13]. Большинство известных способов снижения повреждающего действия ИК идут по пути применения систем с минимальной экстракорпоральной циркуляцией, улучшении биосовместимости путем специализированного покрытия, использования центрифужных перфузионных насосов [14-16]. Кроме того, активация лейкоцитов при ИК также является одним из важнейших факторов, приводящих к полиорганной дисфункции у пациентов после



**Таблица 4. Концентрация маркеров системного воспаления, М [Q1-Q3] (Min-Max)(Min-Max)**
**Table 4. Levels of systemic inflammatory markers, M [Q1-Q3] (Min-Max)**

Показатель / Parameter	Группа 1/ Group 1, n=51	Группа 2/ Group 2, n=36	Группа 3/ Group 3, n=67	р 1/2; 1/3; 2/3
<b>Интерлейкин - 6, пг/мл / Interleukin - 6, pg/mL</b>				
1 час после ИК/ 1 hour after CPB	15,2 [11,2-19,75] (6,75;27,3)	14,75 [11,162-19,725] (6,95;27,3)	15,2 [11,2-19,8] (6,95;27,3)	1/2=0,9301 1/3=0,8292 2/3=0,7746
24 час/ 24 hours after CPB	32,7 [29,15-47,7] (18,6;121,2)	19,8 [15,45-27,15] (8,95;41,2)	9,15 [5,2-13,4] (1,75;22,3)	1/2<<0,05 1/3<<0,05 2/3<<0,05
р при сравнении через 1 и 24 часа/ p-value 1 vs. 24 hours	<<0,05	0,0003	<<0,05	
<b>Интерлейкин -10, пг/мл / Interleukin -10, pg/mL</b>				
1 час после ИК/ 1 hour after CPB	10,5 [7,95-12,75] (3,6;18,2)	9,825 [7,625-12,675] (3,6;18,2)	10,2 [7,1-12,6] (2,6;18,2)	1/2=0,7598 1/3=0,6895 2/3=0,9679
24 ч/ 24 hours after CPB	6,9 [5,1-10,175] (2,5;18,2)	8,5 [6,325-10,425] (4,1;19,2)	14,2 [10,175-16,65] (5,5;19,2)	1/3 =0,0638 1/3 <<0,05 2/3 <<0,05
р при сравнении через 1 и 24 часа/ p-value 1 vs. 24 hours	0,0002	0,3017	<<0,05	
<b>Прокальцитонин, нг/мл / Procalcitonin, ng/mL</b>				
1 час после ИК/ 1 hour after CPB	0,2 [0,1-0,75] (0,03;1,4)	0,2 [0,1-0,8125] (0,03;1,4)	0,15 [0,1-0,75] (0,03;1,4)	1/2=0,9355 1/3=0,9231 2/3=0,8645
24 ч/ 24 hours after CPB	1,45 [0,9-1,9] (0,2;2,9)0	0,2 [0,1-0,05125] (0,05;1,2)	0,2 [0,07-0,6] (0;2)	1/2<<0,05 1/3<<0,05 2/3=0,5401
р при сравнении через 1 и 24 часа / p-value 1 vs. 24 hours	<<0,05	0,2038	0,6147	
<b>С-реактивный белок, мг/л / C-reactive protein, mg/L</b>				
1 час после ИК/ 1 hour after CPB	5,6 [3,9-9,2] (2,9;14,8)	5,5 [3,85-9,425] (2,4;14,8)	5,6 [3,85-9,2] (2,9;14,5)	1/2=0,9161 1/3=0,9473 2/3=0,8657
24 ч/ 24 hours after CPB	7,8 [6-11,35] (3,3;16,4)	4,45 [3,1-6,5] (1,9;12,4)	4,8 [3,55-5,8] (2,5;12,3)	1/2 <<0,05 1/3 <<0,05 2/3 =0,8858
р при сравнении через 1 и 24 часа/ p-value 1 vs. 24 hours	0,0073	0,0117	0,0005	
<b>sTREM-1, пг/мл / sTREM-1, pg/ mL</b>				
1 час после ИК/ 1 hour after CPB	176 [154,5-198] (115;405)	139 [116,75-164,5] (94;211)	140 [124-161] (88;234)	1/2=0,0021 1/3 <<0,05 2/3 <<0,05
24 ч/ 24 hours after CPB	184 [159-213,5] (118;335)	124 [103,5-147,25] (69;200)	123 [110-139] (67;211)	1/2 <<0,05 1/3 <<0,05 2/3 =0,7618
р при сравнении через 1 и 24 часа/ p-value 1 vs. 24 hours	<<0,05	<<0,05	<<0,05	

**Примечание:** ИК – искусственное кровообращение; sTrem-1 – триггерный рецептор миелоидных клеток. Значения р – при межгрупповом сравнении (р 1/2, 1/3, 2/3).

**Note:** CPB – cardiopulmonary bypass; sTrem-1 – soluble triggering receptor expressed on myeloid cells-1. P-values are presented for the differences between the groups.

Таблица 5. Клиническая характеристика послеоперационного периода

Table 5. Postoperative characteristics of the study group

Показатель / Parameter	Группа 1 / Group 1, n=51	Группа 2 / Group 2, n=36	Группа 3 / Group 3, n=67	р 1/2; 1/3; 2/3
Длительность ИВЛ п/о, мин / Postoperative ventilation time M [Q1-Q3] (Min-Max)	790 [607,5-870] (365;1200)	240 [187,5-347,5] (105;525)	300 [215-385] (90;560)	1/2<0,05 1/3 <0,05 2/3=0,2141
ЭКМО / ЕСМО, n (%)	2(3,92)	1(2,7)	1(1,5)	1/2=0,9999 1/3=0,5775 2/3=0,9999
Потребность в ПЗПТ / Need for RRT, n (%)	6 (11,8)	1 (2,7)	2 (3)	1/2=0,2314 1/3=0,0748 2/3=0,9999
Длительность в ОРИТ, часы / Length of the ICU stay, M [Q1-Q3] (Min-Max)	11 [8,5-18] (4;78)	9 [6,75-13,5] (4;22)	7 [5-12] (2;32)	1/2=0,0377 1/3=0,0008 2/3=0,2618
Длительность госпитализации, сутки, / Lengths of the in-hospital stay, days M [Q1-Q3] (Min-Max)	21 [16,5-31] (12;85)	16 [14-20,25] (10;34)	18 [15-22] (10;41)	1/2=0,0011 1/3=0,0008 2/3=0,2207
Летальность / Mortality, n (%)	6 (11,8)	2 (5,6)	2 (3)	1/2=0,461 1/3=0,0748 2/3=0,6099

**Примечание:** ИВЛ – искусственная вентиляция легких; п/о – после операции; ЭКМО – экстракорпоральная мембранная оксигенация; ПЗПТ – почечно-заместительная терапия; ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии. Значения р 1/2, 1/3, 2/3 – при межгрупповом сравнении.  
**Note:** ECMO - extracorporeal membrane oxygenation; RRT – renal replacement therapy; ICU - intensive care unit. P-values are presented for the differences between the groups.

кардиохирургических вмешательств [17], поэтому некоторые авторы применяют фильтры, чтобы уменьшить активацию эндотелиальных клеток и трансэндотелиальную миграцию лейкоцитов. Основными недостатками этого метода являются повышенное сопротивление току крови, создание турбулентного кровотока и микроэмболии [18]. Модифицированные методики ультрафильтрации крови [16,19], сорбционные и аферезные способы [20,21] удаляют незначительные объемы жидкости, что не позволяет осуществить существенный перенос медиаторов системного воспаления через полупроницаемую мембрану гемофильтра, обеспечить дифференцированную элиминацию воспалительных и противовоспалительных агентов. Используемый при этом роликовый насос сам является источником инициации СВР и дополнительно травмирует форменные элементы крови. В то же время расширение количества пациентов с органами дисфункциями в следствие коморбидных заболеваний, расширение возрастных параметров для хирургического лечения кардиальной патологии, увеличение длительности ИК

при технологически сложных операциях [22] определяют актуальность поиска дальнейших вариантов минимизации СВР в течении ИК, которые позволили бы редуцировать, корректировать или удалять повреждающие факторы в течение перфузии, снижая возможность риска осложненного течения послеоперационного периода. Проведенный анализ применения высокообъемной пассивной гемофильтрации и современных диализаторов с сорбционными свойствами при длительном ИК показывает определенные преимущества в решении этой проблемы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гемодиализация с использованием полиионного буферного раствора и диализного фильтра на основе полиметилметакрилата с сорбирующими свойствами при длительном искусственном кровообращении у коморбидных пациентов позволяет снизить риски органной дисфункции в послеоперационном периоде. ■

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Asimakopoulos G. Systemic inflammation and cardiac surgery: an update. *Perfusion* 2001; 16(5):353-360. DOI: [10.1177/026765910101600505](#)
2. Laffey J.G., Boylan J.F., Cheng D.C. The systemic inflammatory response to cardiac surgery: implications for the anesthesiologist. *Anesthesiology* 2002; 97(1):215-252. DOI: [10.1097/00000542-200207000-00030](#)
3. Esper S.A., Subramaniam K., Tanaka K.A. Pathophysiology of Cardiopulmonary Bypass: Current Strategies for the Prevention and Treatment of Anemia, Coagulopathy, and Organ Dysfunction. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 2014; 18(2):161-176. DOI: [10.1177/1089253214532375](#)
4. Плотников Г.П., Григорьев Е.В., Чижов А.В. и др. Ранняя экстракорпоральная детоксикация после кардиохирургических вмешательств. *Общая реаниматология*. 2009; 5(1):79. DOI: [10.15360/1813-9779-2009-1-79](#)
5. Барбараш Л.С., Плотников Г.П., Шукевич Д.Л. и др. Обоснование ранней заместительной почечной терапии при полиорганной недостаточности. *Общая реаниматология*. 2010; 6(6):29. DOI: [10.15360/1813-9779-2010-6-29](#)
6. Mlejnsky F., Klein A.A., Lindner J. et al. A randomised controlled trial of roller versus centrifugal cardiopulmonary bypass pumps in patients undergoing pulmonary endarterectomy. *Perfusion* 2015; 30(7):520-528. DOI: [10.1177/0267659114553283](#)
7. Soliman R., Fouad E., Belghith M. et al. Conventional hemofiltration during cardiopulmonary bypass increases the serum lactate level in adult cardiac surgery. *Ann Card Anaesth*. 2016; 19(1):45-51. DOI: [10.4103/0971-9784.173019](#)
8. Рубцов М.С., Шукевич Д.Л., Григорьев Е.В. Гемодинамические эффекты диализаторов на основе полисульфона и полиметилметакрилата при онлайн-гемодиализации у кардиохирургических пациентов с нестабильной гемодинамикой и острым повреждением почек. *Анестезиология и реаниматология*. 2022; (3):25-31. DOI: [10.17116/anaesthesiology202203125](#)
9. Ревшвили А.Ш., Чагирев В.Н., Плотников Г.П. и др., Пат. 2723752 Российская Федерация, МПК А61М 1/00. Способ интраоперационной стабилизации гомеостаза пациента при кардиохирургическом вмешательстве в условиях длительного искусственного кровообращения; заявитель и патентообладатель ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России (RU). - № 2019105378; заявл. 25.02.2019; опубл. 17.06.2020, Бюл. № 17. 2 с.
10. Григорьев Е.В., Плотников Г.П., Матвеева В.Г. и др., Пат. 2641173 Российская Федерация, МПК А61М 1/34. Способ предупреждения развития системного воспалительного ответа у кардиохирургических пациентов после искусственного кровообращения; заявитель и патентообладатель НИИ КПССЗ (RU). - № 2016142860; заявл. 31.10.2016; опубл. 16.01.2018, Бюл. № 2. 2 с.
11. Кибзун А.И., Горяинова Е.Р., Наумов А.В. и др. «Теория вероятностей и математическая статистика. Базовый курс с примерами и задачами» М.: ФИЗМАТЛИТ 2002; 224 с.
12. Warren O.J., Smith A.J., Alexiou C. et al. The inflammatory response to cardiopulmonary bypass: part 1--mechanisms of pathogenesis. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2009; 23(2):223-231. DOI: [10.1053/j.jvca.2008.08.007](#)
13. Калинин А.П., Ломиворотов В.В., Князькова Л.Г. и др. Влияние метилпреднизолона на проницаемость капилляров при операциях в условиях искусственного кровообращения. *Общая реаниматология*. 2011; 7(2):39-44. DOI: [10.15360/1813-9779-2011-2-39](#)
14. Harmoinen A., Kaukinen L., Porkkala T. Et al. Off-pump surgery does not eliminate microalbuminuria or other markers of systemic inflammatory response to coronary artery bypass surgery. *Scand Cardiovasc J*. 2006; 40(2):110-116. DOI: [10.1080/14017430500401220](#)
15. Pillai J.B., Suri R.M. Coronary artery surgery and extracorporeal circulation: the search for a new standard. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2008; 22 (4): 594-610. DOI: [10.1053/j.jvca.2008.02.004](#)
16. Чарная М.А., Морозов Ю.А., Гладышева В.Г. и др. Влияние технических характеристик экстракорпоральных контуров на тромбоцитарное звено гемостаза, систему фибринолиза и развитие гемолиза. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2005; 3:34-37.
17. Аверина Т.Б. Практический опыт и обоснование применения биосовместимых покрытий экстракорпорального контура для профилактики постперфузионных осложнений у детей. *Детские болезни сердца и сосудов*. 2007; 5: 39-44.
18. Fujii Y. The potential of the novel leukocyte removal filter in cardiopulmonary bypass. *Expert Rev Med Devices*. 2016; 13(1):5-14. DOI: [10.1586/17434440.2016.1126179](#)
19. Johnston K.A., Westover A.J., Rojas-Pena A. et al. Novel Leukocyte Modulator Device Reduces the Inflammatory Response to Cardiopulmonary Bypass. *ASAIO J*. 2019; 65(4):401-407. DOI: [10.1097/MAT.0000000000000822](#)
20. Tallman R.D., Dumond M., Brown D. Inflammatory mediator removal by zero-balance ultrafiltration during cardiopulmonary bypass. *Perfusion*. 2002; 17(2):111-115. DOI: [10.1191/0267659102pf540oa](#)
21. Хубулава Г.Г., Марченко С.П., Дубова Е.В. и др. Роль модифицированной ультрафильтрации в уменьшении системных проявлений воспаления в кардиохирургии. *Педиатр*. 2016; 7: 106-110. DOI: [10.17816/PED71106-110](#)
22. Соловьева И.Н., Белов Ю.В. Высокообъемный плазмаферез в хирургии сердца и аорты. *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2018; 15(2):25-31. DOI: [10.21292/2078-5658-2018-15-2-25-31](#)



## REFERENCES

1. Asimakopoulos G. Systemic inflammation and cardiac surgery: an update. *Perfusion* 2001;16(5):353-360 DOI: [10.1177/026765910101600505](https://doi.org/10.1177/026765910101600505)
2. Laffey J.G., Boylan J.F., Cheng D.C. The systemic inflammatory response to cardiac surgery: implications for the anesthesiologist. *Anesthesiology* 2002; 97(1):215-252. DOI: [10.1097/00000542-200207000-00030](https://doi.org/10.1097/00000542-200207000-00030)
3. Esper S.A., Subramaniam K., Tanaka K.A. Pathophysiology of Cardiopulmonary Bypass: Current Strategies for the Prevention and Treatment of Anemia, Coagulopathy, and Organ Dysfunction. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 2014; 18(2):161-176. DOI: [10.1177/1089253214532375](https://doi.org/10.1177/1089253214532375)
4. Plotnikov G.P., Grigoryev Y.V., Chizhov A.V. Et al. Early Extracorporeal Detoxification after Cardiosurgical Interventions. *General Reanimatology*. 2009; 5(1):79. DOI: [10.15360/1813-9779-2009-1-79](https://doi.org/10.15360/1813-9779-2009-1-79) [In Russ].
5. Barbarash L.S., Plotnikov G.P., Shukevich D.L. Et al. Rationale for Early Renal Replacement Therapy for Multiple Organ Dysfunction. *General Reanimatology*. 2010; 6(6):29. DOI: [10.15360/1813-9779-2010-6-29](https://doi.org/10.15360/1813-9779-2010-6-29) [In Russ].
6. Mlejnsky F., Klein A.A., Lindner J. et al. A randomised controlled trial of roller versus centrifugal cardiopulmonary bypass pumps in patients undergoing pulmonary endarterectomy. *Perfusion* 2015; 30(7):520-528. DOI: [10.1177/0267659114553283](https://doi.org/10.1177/0267659114553283)
7. Soliman R., Fouad E., Belghith M. et al. Conventional hemofiltration during cardiopulmonary bypass increases the serum lactate level in adult cardiac surgery. *Ann Card Anaesth*. 2016; 19(1):45-51. DOI: [10.4103/0971-9784.173019](https://doi.org/10.4103/0971-9784.173019)
8. Rubtsov M.S., Shukevich D.L., Grigoriyev E.V. Et al. Hemodynamic effects of dialyzers based on polysulfone and polymethyl methacrylate in online hemodiafiltration in cardiac surgery patients with unstable hemodynamics and acute kidney damage. *Russian Journal of Anaesthesiology and Reanimatology*. 2022; (3):25-31 DOI: [10.17116/anaesthesiology202203125](https://doi.org/10.17116/anaesthesiology202203125) [In Russ].
9. Revishvili A. Sh., Chagirev V.N., Plotnikov G.P. et al; AV Vishnivesky National Medical Research Center of Surgery, assignee. The method of intraoperative stabilization of the patient's homeostasis during cardiac surgery with prolonged cardiopulmonary bypass. Russian Federation patent RU 2723752. 2020 Jun 06 [In Russ].
10. Grigoriev E.V., Plotnikov G.P., Matveeva V.G. et al; NII KPSSZ, assignee. The method for preventing the development of systemic inflammatory response in cardiac patients after cardiopulmonary bypass. Russian Federation patent RU 2016142860. 2018 Oct 31 [In Russ].
11. Kibzun AI, Goryainova ER, Naumov AV, Sirotn AN. *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika*. Bazovyy kurs s primerami i zadachami M.: FIZMAT-LIT 2002; 224 s [In Russ].
12. Warren O.J., Smith A.J., Alexiou C. et al. The inflammatory response to cardiopulmonary bypass: part 1--mechanisms of pathogenesis. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2009; 23(2):223-231. DOI: [10.1053/j.jvca.2008.08.007](https://doi.org/10.1053/j.jvca.2008.08.007)
13. Kalinichenko AP, Lomivorotov VV, Knyazkova LG, Kornilov IA. Effect of Methylprednisolone on Capillary Permeability at Surgery under Extracorporeal Circulation. *General Reanimatology* 2011; 7(2):39-44 . DOI: [10.15360/1813-9779-2011-2-39](https://doi.org/10.15360/1813-9779-2011-2-39) [In Russ]
14. Harmoinen A., Kaukinen L., Porkkala T. Et al. Off-pump surgery does not eliminate microalbuminuria or other markers of systemic inflammatory response to coronary artery bypass surgery. *Scand Cardiovasc J*. 2006; 40(2):110-116. DOI: [10.1080/14017430500401220](https://doi.org/10.1080/14017430500401220)
15. Pillai J.B., Suri R.M. Coronary artery surgery and extracorporeal circulation: the search for a new standard. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2008; 22 (4): 594-610. DOI: [10.1053/j.jvca.2008.02.004](https://doi.org/10.1053/j.jvca.2008.02.004)
16. Charnaya MA, Morozov YuA, Gladysheva VG, Krapivkin IA. Vliyaniye tekhnicheskikh kharakteristik ekstrakorporal'nykh konturov na trombotsitarnoye zveno gemostaza. sistemu fibrinoliza i razvitiye gemoliza. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya*. 2005; 3:34-37 [In Russ].
17. Averina TB. Prakticheskiy opyt i obosnovaniye primeneniya biosovmestimyykh pokrytiy ekstrakorporalnogo kontura dlya profilaktiki postperfuzionnykh oslozhneniy u detey. *Detskiye bolezni serdtsa i sosudov*. 2007; 5:39-44 [In Russ].
18. Fujii Y. The potential of the novel leukocyte removal filter in cardiopulmonary bypass. *Expert Rev Med Devices*. 2016; 13(1):5-14. DOI: [10.1586/17434440.2016.1126179](https://doi.org/10.1586/17434440.2016.1126179)
19. Johnston K.A., Westover A.J., Rojas-Pena A. et al. Novel Leukocyte Modulator Device Reduces the Inflammatory Response to Cardiopulmonary Bypass. *ASAIO J*. 2019; 65(4):401-407 DOI: [10.1097/MAT.0000000000000822](https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000000822)
20. Tallman R.D., Dumond M., Brown D. Inflammatory mediator removal by zero-balance ultrafiltration during cardiopulmonary bypass. *Perfusion*. 2002; 17(2):111-115. DOI: [10.1191/0267659102pf540oa](https://doi.org/10.1191/0267659102pf540oa)
21. Hubulava G.G., Marchenko S.P., Dubova E.V. et al. The role of modified ultrafiltration in reducing systemic manifestations of inflammation in cardiac surgery. *Pediatr*. 2016; 7:106-110 DOI: [10.17816/PED71106-110](https://doi.org/10.17816/PED71106-110) [In Russ].
22. Solovieva I.N., Belov Yu.V. High-volume plasmapheresis in cardiac and aortic surgery. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation* 2018; 15(2):25-31. DOI: [10.21292/2078-5658-2018-15-2-25-31](https://doi.org/10.21292/2078-5658-2018-15-2-25-31) [In Russ].

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Корнелюк Роман Александрович** – [ORCID: 0000-0002-2654-2727] к.м.н., старший научный сотрудник отдела анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии, врач-анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России 117997, Российская Федерация, г. Москва, ул. Большая Серпуховская, 27

**Гейзе Антон Викторович** – [ORCID: 0000-0002-7145-8516] к.м.н., врач-анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России 117997, Российская Федерация, г. Москва, ул. Большая Серпуховская, 27

**Плотников Георгий Павлович** – [ORCID: 0000-0002-4291-3380] д.м.н., заведующий отделом анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России 117997, Российская Федерация, г. Москва, ул. Большая Серпуховская, 27

**Козлова Мария Николаевна** – [ORCID: 0000-0002-0554-7094] к.м.н., старший научный сотрудник клинико-диагностической лаборатории ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России 117997, Российская Федерация, г. Москва, ул. Большая Серпуховская, 27

**Попов Вадим Анатольевич** – [ORCID: 0000-0003-1395-2951] д.м.н., профессор, заведующий отделением кардиохирургии ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России 117997, Российская Федерация, г. Москва, ул. Большая Серпуховская, 27

Профессор кафедры ангиологии, сердечно-сосудистой хирургии, эндоваскулярной хирургии и аритмологии им. академика А.В. Покровского ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России. 125993, Российская Федерация, г. Москва, ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1

**Ревишвили Амиран Шотаевич** – [ORCID: 0000-0003-1791-9163] академик РАН, д.м.н., профессор, генеральный директор ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России. 115093, Российская Федерация, г. Москва, ул. Большая Серпуховская, 27

Заведующий кафедрой ангиологии, сердечно-сосудистой хирургии, эндоваскулярной хирургии и аритмологии им. академика А.В. Покровского ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России 125993, Российская Федерация, г. Москва, ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1

**Вклад авторов.** Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

**Финансирование.** Исследование выполнено в рамках реализации государственного задания ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» МЗ РФ 720000Ф.99.1.БН62АВ13000 (рег. №: ZUNE-2023-0009) по теме «Разработка подходов к улучшению результатов органной протекции и стабилизации гомеостаза при кардиохирургических вмешательствах в условиях искусственного кровообращения».

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## AUTHOR INFORMATION FORM

**Roman A. Kornelyuk** – [ORCID: 0000-0002-2654-2727] M.D., Ph.D., Senior Researcher, Department of Anesthesiology, Resuscitation and Intensive Care, Anesthesiologist-Intensivist, Intensive Care Unit FSBI «A.V. Vishnevsky National medical research center for surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation 27, Bolshaya Serpukhovskaya St., Moscow, Russian Federation, 117997

**Anton V. Geyze** – [ORCID: 0000-0002-7145-8516] M.D., Ph.D., Anesthesiologist-Intensivist, Intensive Care Unit FSBI «A.V. Vishnevsky National medical research center for surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation 27, Bolshaya Serpukhovskaya St., Moscow, Russian Federation, 117997

**Georgy P. Plotnikov** – [ORCID: 0000-0002-4291-3380] M.D., Ph.D., D.Sc., Head, Department of Anesthesiology, Resuscitation and Intensive Care FSBI «A.V. Vishnevsky National medical research center for surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation 27, Bolshaya Serpukhovskaya St., Moscow, Russian Federation, 117997

**Maria N. Kozlova** – [ORCID: 0000-0002-0554-7094] M.D., Ph.D., Senior Researcher, Clinical Diagnostic Laboratory FSBI «A.V. Vishnevsky National medical research center for surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation 27, Bolshaya Serpukhovskaya St., Moscow, Russian Federation, 117997

**Vadim A. Popov** – [ORCID: 0000-0003-1395-2951], M.D., Ph.D., Professor, Head of the Department of Cardiac Surgery FSBI «A.V. Vishnevsky National medical research center for surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation 27, Bolshaya Serpukhovskaya St., Moscow, Russian Federation, 117997

Professor of the Department of Angiology, Cardiovascular, Endovascular Surgery and Arrhythmology n.a. ac. A.V. Pokrovsky, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, Russian Federation. 2/1, bld.1, Barrikadnaya St., Moscow, Russian Federation, 125993

**Amiran Sh. Revishvili** – [ORCID: 0000-0003-1791-9163] academician of the Russian Academy of Sciences, MD, PhD, General Director of The A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery. 27, Bolshaya Serpukhovskaya St., Moscow, Russian Federation, 117997

Head of the Department of Angiology, Cardiovascular, Endovascular Surgery and Arrhythmology n.a. ac. A.V. Pokrovsky, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, Russian Federation. 2/1, bld.1, Barrikadnaya St., Moscow, Russian Federation, 125993

**Contribution.** All authors contributed equally to the preparation of the publication.

**Funding.** The study was conducted as part of the state assignment of the Federal State Budgetary Institution "A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery" of the Russian Ministry of Health 720000F.99.1.BN62AB13000 (registration no.: ZUNE-2023-0009) on the topic "Development of approaches to improving the results of organ protection and stabilization of homeostasis in cardiac surgery under conditions of artificial circulation."

**Conflict of Interest.** The authors declare no conflict of interest.