

Минимально инвазивное экстракорпоральное кровообращение у коморбидных больных

Для корреспонденции:

Роман Александрович Корнелюк,
rkornelyuk@mail.ru

Поступила в редакцию 6 апреля 2023 г.
Исправлена 17 августа 2023 г.
Принята к печати 18 августа 2023 г.

Цитировать: Ревишвили А.Ш., Корнелюк Р.А., Плотников Г.П., Берикашвили Л.Б., Комков И.П., Малышенко Е.С., Земсков В.М., Попов В.А. Минимально инвазивное экстракорпоральное кровообращение у коморбидных больных. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2023;27(3):62-73. <https://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2023-3-62-73>

Финансирование

Исследование проведено в рамках научно-исследовательской работы «Разработка минимально инвазивных и гибридных технологий хирургического лечения заболеваний сердца».

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

Концепция и дизайн работы:

А.Ш. Ревишвили, Г.П. Плотников, В.А. Попов

Сбор и анализ данных: Р.А. Корнелюк, Л.Б. Берикашвили, И.П. Комков, Е.С. Малышенко, В.М. Земсков

Статистическая обработка данных: Л.Б. Берикашвили

Написание статьи: Р.А. Корнелюк, Г.П. Плотников, Л.Б. Берикашвили

Исправление статьи: Г.П. Плотников

Утверждение окончательного варианта статьи: все авторы

ORCID

А.Ш. Ревишвили,

<https://orcid.org/0000-0003-1791-9163>

Р.А. Корнелюк,

<https://orcid.org/0000-0002-2654-2727>

Г.П. Плотников,

<https://orcid.org/0000-0002-4291-3380>

Л.Б. Берикашвили,

<https://orcid.org/0000-0001-9267-3664>

А.Ш. Ревишвили^{1,2}, Р.А. Корнелюк¹, Г.П. Плотников¹,
Л.Б. Берикашвили^{1,3}, И.П. Комков¹, Е.С. Малышенко¹,
В.М. Земсков¹, В.А. Попов^{1,2}

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

³ Научно-исследовательский институт общей реаниматологии имени В.А. Неговского, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии», Москва, Российская Федерация

Аннотация

Актуальность. С увеличением выраженности коморбидного фона значительно возрастает риск осложнений искусственного кровообращения. Комплекс повреждающих факторов процедуры запускает системный воспалительный ответ, что в ряде случаев сопровождается поражением органов-мишеней, переводя хронические органые дисфункции в острые. В некоторых исследованиях применения систем минимально инвазивного экстракорпорального кровообращения (англ. Minimal invasive Extra-Corporeal Circulation, MiECC) показано преимущество в сравнении с традиционными экстракорпоральными контурами, но разнообразие минимально инвазивных систем, разнородность пациентов и исходов не позволяют с уверенностью экстраполировать эти данные на возрастных коморбидных пациентов.

Цель. Сравнить выраженность системного воспаления и результаты лечения у коморбидных кардиохирургических пациентов, оперированных в условиях искусственного кровообращения с классическим и минимально инвазивным экстракорпоральным контуром.

Методы. Ретроспективное когортное исследование 760 пациентов, последовательно получивших в 2019–2022 гг. плановые кардиохирургические вмешательства. Критерии включения: коморбидный статус (индекс коморбидности Чарлсон с поправкой на возраст не менее 6); искусственное кровообращение длительностью не менее 90 мин. Критерии исключения: экстренное оперативное вмешательство, отказ от участия в исследовании. Критериям включения соответствовали 68 пациентов. По методу экстракорпорального кровообращения сформировали две исследуемые группы — с классическим экстракорпоральным контуром (n = 51) и с минимально инвазивным (n = 17). Контрольные точки — до начала искусственного кровообращения и через 24 ч после операции (лактат; креатинин; индекс оксигенации, уровень гемолита). Для маркеров системного воспалительного ответа — через 1 ч после начала искусственного кровообращения и 24 ч после его окончания (интерлейкин-6; интерлейкин-10; прокальцитонин; С-реактивный белок; растворимая форма триггерного рецептора, экспрессируемого на миелоидных клетках (англ. soluble Triggering Receptor Expressed on Myeloid cells-1, sTREM-1)). Оценивали респираторные, почечные осложнения, дренажную кровопотерю, нарушения

И.П. Комков, <https://orcid.org/0000-0002-6417-2368>
Е.С. Малышенко, <https://orcid.org/0000-0002-1572-3178>
В.М. Земсков, <https://orcid.org/0000-0002-8867-5349>
В.А. Попов, <https://orcid.org/0000-0003-1395-2951>

© Ревишвили А.Ш.,
Корнелиук Р.А.,
Плотников Г.П.,
Берикашвили Л.Б.,
Комков И.П.,
Малышенко Е.С.,
Земсков В.М., Попов В.А.,
2023



системы гемостаза, потребность в симпатомиметиках, длительность пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии и стационаре.

Результаты. Группы статистически значимо не различались по гендерно-антропометрическим характеристикам, характеру оперативных вмешательств и основным параметрам перфузии. В группе с классическим экстракорпоральным кровообращением наблюдались значимо более высокие дозы вазоконстрикторной поддержки (норадреналин), а также снижение темпа диуреза, частоты легочного повреждения, повышение уровня лактата и гемолита. Маркеры системного воспалительного ответа также достоверно выше.

Заключение. Применение систем минимально инвазивного экстракорпорального кровообращения по сравнению с классическим искусственным кровообращением существенно не влияет на частоту органных дисфункций, однако уменьшает выраженность системного воспалительного ответа и иммунной супрессии, которые являются триггерными механизмами развития полиорганной недостаточности. Это может быть особенно актуально для пациентов с хроническими органными дисфункциями. Для систем минимально инвазивного экстракорпорального кровообращения, с учетом высокой стоимости и нецелевого воздействия на плейотропные факторы развития системной воспалительной реакции, необходимо определить спектр показаний.

Ключевые слова: искусственное кровообращение; коморбидный пациент; минимально инвазивный экстракорпоральный контур

Введение

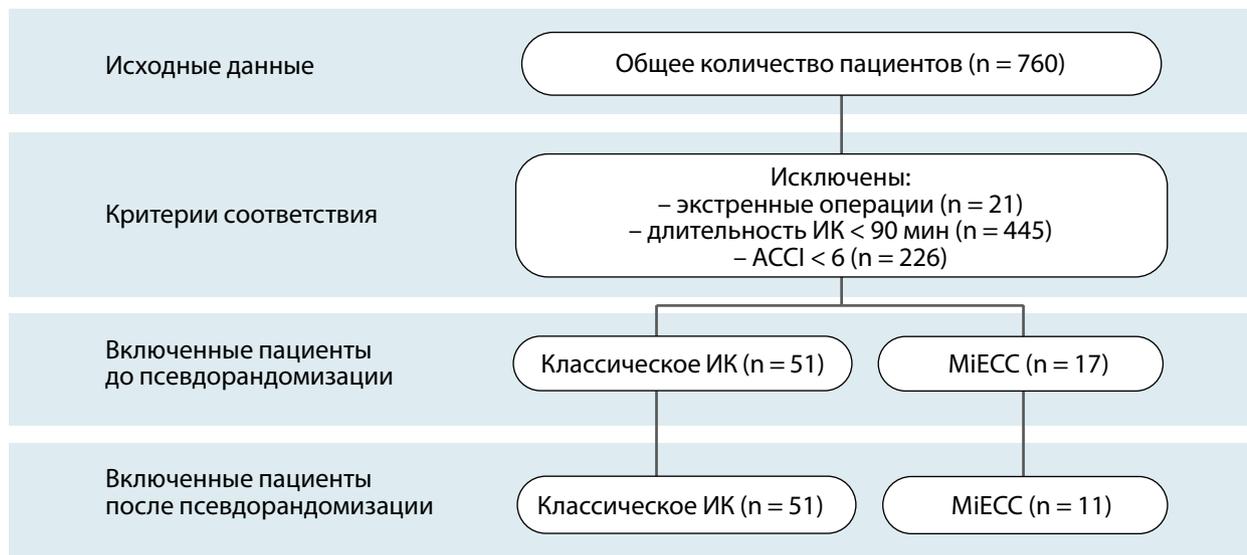
В последние десятилетия наблюдается тенденция снижения смертности при кардиохирургических вмешательствах [1]. Тем не менее по-прежнему могут развиваться осложнения, приводящие к длительной персистирующей полиорганной недостаточности, что во многих случаях связано не только с самой хирургией, но и с исходным морбидным статусом пациентов [2; 3]. С увеличением выраженности коморбидного фона возрастает необходимость в персонализированном подходе на каждом этапе лечения. В условиях, когда рутинным методом перфузиологического сопровождения кардиохирургических операций остается традиционное искусственное кровообращение (ИК), риски осложнений у коморбидных больных значимо возрастают. Это связано с целым комплексом повреждающих факторов, сопровождающих ИК и запускающих системный воспалительный ответ: ишемия – реперфузия, контакт с воздухом и чужеродной неэндоотелизированной поверхностью, травма форменных элементов крови и температурные сдвиги на различных участках экстракорпорального контура [4; 5]. Это, в свою очередь, сопровождается поражением органов-мишеней (например, сердечной, почечной и церебральной недостаточностью), что существенно усугубляет исходный коморбидный статус, переводя хронические органные дисфункции в острые и порой необратимые [6].

Таким образом, применение систем минимально инвазивного экстракорпорального крово-

обращения (англ. Minimal Invasive Extra-Corporeal Circulation, MiECC) видится очень обнадеживающим. Такие системы представляют собой замкнутый контур с биологически инертными поверхностями, контактирующими с кровью, и уменьшенным объемом первичного заполнения; центрифужным насосом; мембранным оксигенатором и теплообменником; венозной ловушкой для пузырьков; системой кардиоплегии и, опционально, системой для аппаратной аутогемотрансфузии. Гибридные модульные системы MiECC IV типа (интегрирующие резервный венозный резервуар с твердой оболочкой) преодолевают проблемы безопасности и непредвиденные сценарии интраоперационной перфузии, поэтому совместимы практически с любой кардиохирургической операцией. Система MiECC объединяет современные технологии ИК в стратегию, направленную на снижение системного воспалительного ответа и улучшение защиты органов-мишеней во время кардиохирургических операций [7].

В метаанализах показано явное преимущество MiECC по сравнению с традиционным ИК за счет снижения 30-дневной смертности, включая такие осложнения, как инсульт, инфаркт миокарда и почечная дисфункция [8–10]. Однако разнообразие систем MiECC, разнородность пациентов и исходов не позволяют с уверенностью экстраполировать эти данные на возрастных коморбидных больных. Тем не менее потенциальная польза малоинвазивных технологий подчеркивает необходимость исследовать возможности MiECC в улучшении результатов

Дизайн исследования



Примечание. ИК — искусственное кровообращение; ACCI — англ. Age-adjusted Charlson Comorbidity Index, индекс коморбидности Чарлсон с поправкой на возраст; MiECC — англ. Minimal invasive Extra-Corporeal Circulation, минимально инвазивное экстракорпоральное кровообращение.

лечения лиц, подвергшихся кардиохирургическим вмешательствам.

Цель — сравнить результаты лечения, а также выраженность системного воспалительного ответа у коморбидных пациентов, подвергшихся кардиохирургическим операциям в условиях классического ИК и системы минимально инвазивного экстракорпорального кровообращения.

Методы

В ретроспективное когортное исследование, выполненное в рамках научно-исследовательской работы «Разработка минимально инвазивных и гибридных технологий хирургического лечения заболеваний сердца», включены 760 пациентов, последовательно госпитализированных в период 2019–2022 гг. для выполнения плановых кардиохирургических вмешательств. Критерии включения: коморбидный статус (индекс коморбидности Чарлсон с поправкой на возраст (англ. Age-adjusted Charlson Comorbidity Index, ACCI) ≥ 6) [11; 12]; операция с использованием ИК длительностью ≥ 90 мин. Критерии исключения: экстренное оперативное вмешательство, отказ от участия в исследовании. После первичного анализа медицинской документации критериям включения соответствовали 68 пациентов. После процедуры псевдорандомизации исключили 6 больных (рисунки).

Все вмешательства выполняла одна операционно-анестезиологическая бригада. Во всех случаях использовали стандартизированное анестезиологическое обеспечение с анальгезией и седацией комбинацией севофлурана и фентанила, миорелаксацией цисатракурия безилатом. По методу экстракорпорального кровообращения пациентов разделили на две исследуемые группы. Первая группа — классическое ИК (группа сравнения (ГС), n = 51), вторая — минимально инвазивное экстракорпоральное кровообращение (MiECC, n = 17). В ГС использовали экстракорпоральный контур с роликовым насосом и первичным заполнением 700 мл полиионного кристаллоидного раствора, 500 мл коллоидного, 200 мл 15% раствора маннитола, 10 000 Ед гепарина; кардиоплегию осуществляли кустодиолом (Dr. F. Koehler Chemie GmbH, Бенсхайм, Германия). В группе MiECC применяли экстракорпоральный контур III типа с центрифужным насосом и первичным заполнением 500 мл полиионного кристаллоидного раствора, 250 мл коллоидного, 150 мл 15% раствора маннитола, 10 000 Ед гепарина (заполнение венозного резервуара не осуществляли); проводили кардиоплегию кустодиолом. Из соображений безопасности больного предусматривали возможность перехода на контур IV типа с включением в кровообращение твердотельного венозного резервуара.

Табл. 1. Клинико-демографическая характеристика

Показатель	До псевдорандомизации			После псевдорандомизации		
	ГС, n = 51	MiECC, n = 17	p	ГС, n = 51	MiECC, n = 11	p
Мужской пол, n (%)	41 (80,4)	12 (70,6)	0,5012	41 (80,4)	8 (72,7)	0,571
Возраст, лет, Me [Q ₁ –Q ₃] (Min; Max)	70 [66,0–72,5] (61; 78)	70 [66–74] (65; 79)	0,8006	70 [66,0–72,5] (61; 78)	69 [66–70] (65; 79)	0,579
Индекс массы тела, кг/м ² Me [Q ₁ –Q ₃] (Min; Max)	29 [23,0–33,5] (15; 46)	30 [28–34] (19; 45)	0,3598	29 [23,0–33,5] (15; 46)	30 [28–36] (19; 39)	0,396
Функциональный класс хронической сердечной недостаточности по классификации Нью-Йоркской ассоциации кардиологов, n (%)						
II	28 (54,9)	10 (58,8)	0,9999	28 (54,9)	8 (72,7)	0,277
III	23 (45,1)	7 (41,2)	0,9999	23 (45,1)	3 (27,3)	0,277
Коморбидная патология, n (%)						
Индекс коморбидности Чарлсон, Me [Q ₁ –Q ₃] (Min; Max)	6 [4–6] (2; 8)	6 [3–6] (2; 8)	0,6840	6 [4–6] (2; 8)	6 [3,5–6,0] (2; 7)	0,5979
Хроническая болезнь почек не менее 3Б стадии, n (%)	25 (49)	7 (41,2)	0,7797	25 (49)	5 (45,4)	0,9999
из них:						
3Б стадии	17 (68)	5 (71,4)	0,9999	17 (68)	4 (80)	0,9999
4-й стадии	8 (32)	2 (28,6)	0,9999	8 (32)	1 (20)	0,9999
Дыхательная недостаточность, n (%)	30 (58,8)	12 (70,6)	0,5654	30 (58,8)	10 (91)	0,079
из них:						
I степени	9 (30)	4 (33,3)	0,7425	9 (30)	2 (20)	0,540
II степени	13 (44,3)	5 (41,7)	0,9999	13 (43,3)	5 (50)	0,714
III степени	8 (26,7)	3 (25)	0,9999	8 (26,7)	3 (30)	0,970
Сахарный диабет, n (%)	17 (33,3)	7 (41,1)	0,5709	17 (33,3)	4 (36,4)	0,847
EuroSCORE II, Me [Q ₁ –Q ₃] (Min; Max)	5 [4–6] (2; 8)	5 [4–6] (3; 8)	0,5091	5 [4–6] (2; 8)	4 [4–6] (3; 6)	0,700

Примечание. ГС — группа сравнения с классическим искусственным кровообращением; MiECC — англ. Minimal Invasive Extracorporeal Circulation, группа с минимально инвазивным экстракорпоральным контуром.

Для анализа вышеописанных методов экстракорпорального кровообращения исследовали следующие показатели в двух контрольных точках (исходно до начала ИК и через 24 ч после операции): лактат; креатинин; индекс оксигенации (PaO₂/FiO₂); уровень гемолиза по свободному гемоглобину. Контрольные точки для маркеров системного воспалительного ответа (интерлейкин-6, интерлейкин-10, прокальцитонин, С-реактивный белок, растворимая форма триггерного рецептора, экспрессируемого на миелоидных клетках (англ. soluble Triggering Receptor Expressed on Myeloid cells-1, sTREM-1)) — через 1 ч после начала ИК и 24 ч после его окончания. Оценивали такие клинические данные, как респираторные и почечные осложнения, дренажная кровопотеря в послеоперационном периоде, нарушения системы гемостаза, требующие коррекции и гемотрансфузии, потребность в симпатомиметиках, длительность пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии и стационаре.

Статистический анализ

Статистический анализ данных осуществляли с помощью программ STATISTICA версии 6 (StatSoft, Inc., Талса, США) и Microsoft Office Excel 2010 (Microsoft, Редмонд, США).

Оценку соответствия нормальному закону распределения проводили с помощью критерия Шапиро – Уилка. Описательная статистика для количественных переменных представлена в виде медианы (Me) и квартилей первого и третьего порядка (Q₁ и Q₃), минимальных и максимальных значений. Для сравнения непрерывных переменных с нормальным распределением использовали t-критерий Стьюдента. Для сравнительного анализа частотных характеристик применяли точный критерий Фишера. Межгрупповые сравнения количественных показателей в независимых группах при распределении, отличном от нормального, проводили с использованием U-критерия Манна – Уитни, для зависимых выборок применяли критерий Уилкоксона.

Табл. 2. Характер оперативных вмешательств и базовые параметры перфузии

Показатель	До псевдорандомизации			После псевдорандомизации		
	ГС, n = 51	MiECC, n = 17	p	ГС, n = 51	MiECC, n = 11	p
Операции, n (%)						
КШ + ПМК + РЧА	15 (29,4)	6 (35,3)	0,7635	15 (29,4)	4 (36,3)	0,7235
КШ + ПЛМК + РЧА	16 (31,3)	3 (17,6)	0,3590	16 (31,3)	3 (27,3)	0,9999
КШ + ПЛМК + АЛЖ + РЧА	3 (5,9)	1 (5,9)	0,9999	3 (5,9)	0	0,9999
ПМК + ПАК + РЧА	11 (21,6)	1 (5,9)	0,2692	11 (21,6)	0	0,1875
ПАК + КШ + РЧА	6 (11,8)	1 (5,9)	0,6705	6 (11,8)	1 (9,1)	0,9999
КШ + РЧА	0	5 (29,4)	0,0006	0	3 (27,3)	0,0044
Длительность операции и перфузии, Ме [Q₁-Q₃] (Min; Max)						
Длительность операции, мин	310 [225-340] (140; 380)	330 [229-340] (140; 380)	0,4912	310 [225-340] (140; 380)	340 [242,5-350,0] (152; 380)	0,2572
Интраоперационная кровопотеря, мл	780 [705-850] (500; 950)	790 [730-830] (490; 900)	0,7790	780 [705-850] (500; 950)	800 [730-825] (490; 900)	0,6364
Длительность ИК, мин	182 [156,0-190,5] (108; 212)	175 [131-202] (90; 214)	0,5366	182 [156,0-190,5] (108; 212)	182 [175,0-206,5] (110; 214)	0,2572
Длительность пережатия аорты, мин	142 [112,0-159,5] (88; 174)	140 [120-162] (40; 177)	0,9552	142 [112,0-159,5] (88; 174)	140 [132-169] (84; 177)	0,2980

Примечание. ГС — группа сравнения с классическим искусственным кровообращением; MiECC — англ. Minimal invasive Extra-Corporeal Circulation, группа с минимально инвазивным экстракорпоральным контуром; КШ — коронарное шунтирование; ПМК — протезирование митрального клапана; РЧА — радиочастотная абляция; ПЛМК — пластика митрального клапана; АЛЖ — аневризма левого желудочка; ПАК — протезирование аортального клапана; ИК — искусственное кровообращение.

Табл. 3. Клинические показатели через 24 часа после искусственного кровообращения

Показатель	До псевдорандомизации			После псевдорандомизации		
	ГС, n = 51	MiECC, n = 17	p	ГС, n = 51	MiECC, n = 11	p
Дренажные потери, мл	310 [250-355] (200; 400)	310 [290-340] (200; 360)	0,6943	310 [250-355] (200; 400)	325 [260-350] (200; 360)	0,817
Допамин, мкг/кг/мин	5 [4-7] (2; 12)	4 [3-5] (3; 7)	0,0112	5 [4-7] (2; 12)	4 [3-5] (3; 7)	0,035
Норадреналин, мкг/кг/мин	0,05 [0,03-0,09] (0; 0,6)	0 [0-0,03] (0; 0,05)	< 0,0001	0,05 [0,03-0,09] (0; 0,6)	0 [0-0,03] (0; 0,05)	< 0,0001
Диурез, мл/ч	60 [50,0-72,5] (35; 120)	75 [70-95] (60; 115)	0,0001	60 [50,0-72,5] (35; 120)	90 [70-95] (60; 115)	0,002

Примечание. ГС — группа сравнения с классическим искусственным кровообращением; MiECC — англ. Minimal invasive Extra-Corporeal Circulation, группа с минимально инвазивным экстракорпоральным контуром. Данные представлены как Ме [Q₁-Q₃] (Min; Max).

Табл. 4. Маркеры органного повреждения через 24 часа после искусственного кровообращения

Показатель	До псевдорандомизации			После псевдорандомизации		
	ГС, n = 51	MiECC, n = 17	p	ГС, n = 51	MiECC, n = 11	p
Индекс оксигенации	190 [168-227] (131; 312)	300 [276-330] (253; 360)	< 0,0001	190 [168-227] (131; 312)	296 [276-330] (253; 360)	< 0,0001
Креатинин, ммоль/л	149 [130,0-184,5] (102; 310)	134 [129-154] (102; 256)	0,1457	149 [130,0-184,5] (102; 310)	142 [118-168] (102; 256)	0,386
Лактат, ммоль/л	3 [2,25-3,75] (1,0; 6,2)	1,5 [1,2-2,2] (0,5; 3,2)	< 0,0001	3 [2,25-3,75] (1,0; 6,2)	1,5 [1,2-2,2] (0,5; 3,2)	< 0,0001
Свободный гемоглобин, г/л	2,2 [1,15-3,10] (0,5; 5,2)	0,9 [0,85-1,10] (0,55; 1,30)	< 0,0001	2,2 [1,15-3,10] (0,5; 5,2)	0,5 [0,3-0,9] (0,05; 1,00)	< 0,0001

Примечание. ГС — группа сравнения с классическим искусственным кровообращением; MiECC — англ. Minimal invasive Extra-Corporeal Circulation, группа с минимально инвазивным экстракорпоральным контуром. Данные представлены как Ме [Q₁-Q₃] (Min; Max).

Критический уровень значимости был установлен на уровне 0,05.

Учитывая возможность влияния конфаундеров, характерную для нерандомизированных исследований, провели псевдорандомизацию (англ. propensity score matching). Для расчета индексов склонности (англ. propensity scores) использовали логистическую регрессию (учитываемые конфаундеры — пол, возраст, индекс массы тела, показатель по шкале EuroSCORE II, длительность ИК, объем интраоперационной кровопотери, длительность операции, время пережатия аорты), для сопоставления пациентов применяли метод k-ближайших соседей (допуск на совпадение 0,005). Проверили сбалансированность ковариаций в группах внутри страт по индексам склонности, используя стандартизованные разности и графики распределения индексов склонности. Для проведения псевдорандомизации использовали программу SPSS Statistics версии 27.0 (IBM, Армонк, США).

Результаты

При сравнительном анализе исходных характеристик пациентов не выявили статистически значимых различий (табл. 1).

При сравнении видов оперативных вмешательств не наблюдалось существенных межгрупповых различий, по основным параметрам перфузии — продолжительности ИК, длительности пережатия аорты, объему кровопотери — группы также сопоставимы (табл. 2).

Послеоперационная кровопотеря статистически значимо не различалась между исследуемыми группами. В ГС наблюдались достоверно более высокие дозы инотропной и вазоконстрикторной поддержки, причем наиболее выраженные различия фиксировали при использовании норэдреналина. Межгрупповое сравнение темпа диуреза демонстрирует достоверные различия при сопоставимых дозировках стимуляции фуросемидом (табл. 3).

Легочное повреждение, оцениваемое по индексу оксигенации, развивалось реже в группе MiECC. Креатинин, как маркер почечного повреждения, не показал достоверных различий между группами. Уровень лактата, косвенно определяющий адекватность баланса доставки/потребление кислорода, был значимо ниже в группе MiECC. Уровень свободного гемоглобина, указывающего на гемолиз, достоверно выше в группе сравнения (табл. 4).

Провоспалительный интерлейкин-6 был достоверно выше относительно исходных значений в обеих группах. Межгрупповое сравнение не показало различий в двух контрольных точках для

этого показателя. В свою очередь, противовоспалительный интерлейкин-10 значимо снижался ко второй контрольной точке в ГС, тогда как в группе MiECC его значения не менялись. Межгрупповое сравнение уровней интерлейкина-10 также демонстрирует достоверную разницу спустя 24 ч после ИК. Уровень лейкоцитов, С-реактивного белка, прокальцитонина и sTREM-1 были значимо выше исходных значений в ГС. В группе MiECC достоверно изменялся только уровень прокальцитонина. При этом межгрупповая разница спустя 24 ч после оперативного вмешательства наблюдалась по уровням лейкоцитов и sTREM-1 (табл. 5).

Потребность в мультиорганной поддержке (заместительной почечной терапии и экстракорпоральной мембранной оксигенации) достоверно не различалась между группами. В группе MiECC наблюдались меньшие продолжительность искусственной вентиляции легких и длительность пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии, меньший срок пребывания в стационаре. Сравнение госпитальной летальности различий не показало (табл. 6).

Обсуждение

Цель экстракорпорального кровообращения — поддержание гомеостаза во время операций на сердце, что с успехом выполняется по ряду базовых физиологических параметров. Вместе с тем ИК оказывает и повреждающее действие на различные ткани и системы организма за счет ряда патофизиологических механизмов. Причем с увеличением длительности перфузии растет частота органных дисфункций и геморрагических осложнений. Критическим значением, по мнению ряда авторов, является длительность ИК > 90 мин [13–15]. Таким образом, представленная нами выборка больных репрезентативна по длительности экстракорпорального кровообращения.

В ранних работах описано повышение смертности у лиц с коморбидной патологией после кардиохирургических операций [16; 17]. С.W. Mullan и соавт. в многоцентровом ретроспективном исследовании показали, что в Соединенных Штатах Америки за 10-летний период наблюдения (2005–2014 гг.) возросло количество пациентов с коморбидной патологией, которые были подвергнуты кардиохирургическим вмешательствам. Однако смертность за это же время снизилась, что, возможно, связано как с более ранней диагностикой и улучшением хирургических технологий, так и с популяционными изменениями, что требует новых исследований на современных когортах [18]. В настоящее время

Табл. 5. Концентрация маркеров системного воспаления

Показатель	До псевдорандомизации			После псевдорандомизации		
	ГС, n = 51	МiECC, n = 17	p	ГС, n = 51	МiECC, n = 11	p
Интерлейкин-6, пг/мл						
а — 1 ч после ИК	15,2 [11,20–19,75] (6,75; 27,30)	16,2 [12,0–19,8] (7,45; 24,40)	0,8044	15,2 [11,20–19,75] (6,75; 27,30)	16,2 [12,1–19,8] (7,45; 21,70)	0,934
б — 24 ч	32,7 [29,15–47,70] (18,6; 121,2)	27,7 [25,3–41,5] (18,3; 52,1)	0,0920	32,7 [29,15–47,70] (18,6; 121,2)	27,7 [25,3–41,6] (24,2; 52,1)	0,085
р а/б	< 0,0001	< 0,0001		< 0,0001	0,003	
Интерлейкин-10, пг/мл						
а — 1 ч после ИК	10,5 [7,95–12,75] (3,6; 18,2)	10,6 [6,9–12,6] (3,9; 18,2)	0,8023	10,5 [7,95–12,75] (3,6; 18,2)	10,6 [5,8–15,2] (3,9; 18,2)	0,883
б — 24 ч	6,9 [5,100–10,175] (2,5; 18,2)	10,2 [8,4–12,3] (5,4; 18,9)	0,0122	6,9 [5,100–10,175] (2,5; 18,2)	10,2 [6,3–12,3] (5,4; 15,1)	0,042
р а/б	< 0,0001	0,9079		< 0,0001	0,593	
Лейкоциты, × 10⁹						
а — 1 ч после ИК	10,4 [9,10–12,75] (6,9; 19,1)	8,8 [8,3–9,7] (5,9; 12,4)	0,0063	10,4 [9,10–12,75] (6,9; 19,1)	9,2 [8,3–10,1] (5,4; 15,1)	0,049
б — 24 ч	12,8 [10,45–15,65] (8,8; 22,5)	8,9 [8,3–10,1] (6,6; 12,1)	< 0,0001	12,8 [10,45–15,65] (8,8; 22,5)	9,4 [7,2–10,2] (6,6; 12,1)	< 0,0001
р а/б	< 0,0001	0,5538		< 0,0001	0,929	
Прокальцитонин, нг/мл						
а — 1 ч после ИК	0,2 [0,10–0,75] (0,03; 1,40)	0,3 [0,15–1,10] (0,1; 1,3)	0,3178	0,2 [0,10–0,75] (0,03; 1,40)	0,3 [0,15–1,15] (0,1; 1,3)	0,226
б — 24 ч	1,45 [0,9–1,9] (0,2; 2,9)	1 [0,65–1,75] (0,1; 2,5)	0,1733	1,45 [0,9–1,9] (0,2; 2,9)	1,1 [0,8–2,1] (0,5; 2,5)	0,832
р а/б	< 0,0001	0,0003		< 0,0001	0,003	
С-реактивный белок, мг/л						
а — 1 ч после ИК	5,6 [3,9–9,2] (2,9; 14,8)	5,5 [4,1–8,4] (2,9; 12,1)	0,9218	5,6 [3,9–9,2] (2,9; 14,8)	7,2 [4,1–10,2] (3,5; 12,1)	0,543
б — 24 ч	7,8 [6,00–11,35] (3,3; 16,4)	7,5 [4,9–10,6] (3,9; 18,3)	0,4203	7,8 [6,00–11,35] (3,3; 16,4)	7,8 [4,9–11,2] (3,9; 18,3)	0,912
р а/б	< 0,0001	0,2659		< 0,0001	0,213	
sTREM-1, пг/мл						
а — 1 ч после ИК	176 [154,5–198,0] (115; 405)	155 [129–182] (112; 211)	0,0191	176 [154,5–198,0] (115; 405)	134 [114–164] (112; 182)	0,003
б — 24 ч	184 [159,0–213,5] (118; 335)	131 [120–156] (107,3; 172,0)	< 0,0001	184 [159,0–213,5] (118; 335)	131 [120–148] (107,3; 172,0)	< 0,0001
р а/б	< 0,0001	0,0132		< 0,0001	0,266	

Примечание. ГС — группа сравнения с классическим искусственным кровообращением; МiECC — англ. Minimal Invasive Extra-Corporeal Circulation, группа с минимально инвазивным экстракорпоральным контуром; р — при межгрупповом сравнении; р а/б — при внутригрупповом сравнении в контрольных точках (1 ч после искусственного кровообращения vs. 24 ч); ИК — искусственное кровообращение; sTREM-1 — англ. soluble Triggering Receptor Expressed on Myeloid cells-1, растворимая форма триггерного рецептора, экспрессируемого на миелоидных клетках. Данные представлены как Me [Q₁–Q₃] (Min; Max).

Табл. 6. Клиническая характеристика послеоперационного периода

Показатель	До псевдорандомизации			После псевдорандомизации		
	ГС, n = 51	MiECC, n = 17	p	ГС, n = 51	MiECC, n = 11	p
Длительность п/о ИВЛ, мин, Me [Q ₁ -Q ₃] (Min; Max)	790 [607,5-870,0] (365; 1 200)	340 [280-360] (140; 480)	< 0,0001	790 [607,5-870,0] (365; 1 200)	340 [240-360] (140; 480)	< 0,0001
ЭКМО, n (%)	2 (3,92)	0 (0)	0,9999	2 (3,92)	0 (0)	0,9999
Потребность в ЗПТ, n (%)	6 (11,8)	1 (5,9)	0,6705	6 (11,8)	1 (9,1)	0,9999
Длительность пребывания в ОРИТ, ч, Me [Q ₁ -Q ₃] (Min; Max)	11 [8-18] (4; 78)	6 [5-13] (3; 72)	0,0075	11 [8-18] (4; 78)	6 [5-13] (3; 18)	0,015
Длительность госпитализации, сут., Me [Q ₁ -Q ₃] (Min; Max)	21 [16,5-31,0] (12; 85)	11 [10-12] (9; 32)	< 0,0001	21 [16,5-31,0] (12; 85)	12 [10-20] (9; 32)	< 0,0001
Летальность, n (%)	6 (11,8)	0 (0)	0,3246	6 (11,8)	0 (0)	0,58

Примечание. ГС — группа сравнения с классическим искусственным кровообращением; MiECC — англ. Minimal invasive Extra-Corporeal Circulation, группа с минимально инвазивным экстракорпоральным контуром; п/о — послеоперационный; ИВЛ — искусственная вентиляция легких; ЭКМО — экстракорпоральная мембранная оксигенация; ЗПТ — заместительная почечная терапия; ОРИТ — отделение реанимации и интенсивной терапии.

наиболее валидизированными инструментами описания выраженности сопутствующей патологии и ее влияния на исход являются индекс коморбидности Чарлсон (англ. Charlson Comorbidity Index, CCI) и указанный индекс с поправкой на возраст (ACCI). Значения CCI > 4 и ACCI > 6 продемонстрировали прогностическую ценность в отношении осложнений и риска смерти для различных хирургических вмешательств [19; 20]. Данные шкалы валидны для кардиохирургической патологии и могут быть ценным инструментом наряду с EuroSCORE II [21; 22]. Медиана баллов по шкалам EuroSCORE II и ACCI для сравниваемых групп составила 5 и 6 баллов соответственно. Это характеризует пациентов, включенных в исследование, как имеющих умеренный и/или высокий риск неблагоприятных событий в послеоперационном периоде.

Мы не обнаружили значимых различий в частоте послеоперационных кровотечений, потребности в трансфузионной терапии между MiECC и классическим ИК. Это, вероятно, указывает на сопоставимое влияние обеих методик экстракорпорального кровообращения на систему гемостаза. В то же время встречаются работы, демонстрирующие более выраженные изменения в системе гемостаза при применении классического ИК, что увеличивало в последующем потребность в трансфузии [23; 24]. Вместе с тем в этих же исследованиях отмечено отсутствие связи между степенью интраоперационной дилуции и послеоперационными кровотечениями.

Наиболее достоверные межгрупповые различия по частоте использования симпатомиметиков

наблюдались для норадреналина, используемого с целью купирования вазоплегии и поддержания адекватного среднего артериального давления. Косвенно это может указывать на большую выраженность системного воспалительного ответа в ГС. Вместе с тем статистически значимое различие уровней лактата свидетельствует о более адекватной доставке кислорода в группе MiECC. Это согласуется с данными литературы, где описана меньшая потребность в вазоконстрикторах при использовании MiECC без существенного влияния на тканевой кровотоке по данным мониторинга церебральной оксигенации (rSO₂) [25; 26]. Также отмечается, что MiECC по сравнению с классическим экстракорпоральным контуром демонстрирует меньшую частоту развития миокардиального, почечного и интестинального повреждения [27; 28]. Применение малоинвазивных систем ассоциируется с меньшей продолжительностью искусственной вентиляции легких, длительностью пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии и стационаре и меньшими сроками реабилитации [25]. Мы, в свою очередь, не наблюдали достоверных различий в отношении снижения частоты развития органных дисфункций при применении MiECC. Косвенными признаками почечной дисфункции могут быть меньший темп диуреза и больший уровень креатинина при сопоставимых дозах стимуляции фуросемидом в группе классического ИК. Однако не наблюдалось достоверных различий по частоте использования заместительной почечной терапии. Также нет убедительных данных о большей частоте послеоперационной сердечной

недостаточности в группе классического ИК. О меньшем повреждающем действии МiЕСС по сравнению с ИК может свидетельствовать достоверная разница по уровню свободного гемоглобина, указывающая на меньшую степень гемолиза в этой группе. Тем не менее длительность искусственной вентиляции легких, пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии и сроки пребывания в стационаре в группе МiЕСС были достоверно меньше.

Клинико-лабораторные критерии отлучения от искусственной вентиляции легких с переводом на вспомогательные методы вентиляции в обеих группах были едиными и достаточно жесткими, а именно: индекс оксигенации > 150 при положительном давлении в конце выдоха $< 5-8$ см вод. ст. и фракция кислорода во вдыхаемой газовой смеси (FiO_2) < 50 %; парциальное давление кислорода в артериальной крови (PaO_2) > 60 мм рт. ст.; уровень насыщения кислородом (SpO_2) > 92 %; гемодинамическая стабильность без инфузии симпатомиметиков или на фоне инфузии одного симпатомиметика в терапевтическом диапазоне (допамин до 10 мкг/кг/мин, адреналин до 0,1 мкг/кг/мин, добутамин до 10 мкг/кг/мин, норадреналин до 0,1 мкг/кг/мин); ясное сознание (шкала комы Глазго > 13 баллов). В отношении перевода из отделения реанимации и интенсивной терапии критерии также были одинаковыми для исследуемых групп и стандартными для всех кардиореанимационных отделений: отсутствие клинико-лабораторных проявлений острых органических дисфункций. В конечном счете госпитальная летальность между группами не различалась.

Как и клинические данные, довольно условно указывающие на преимущество МiЕСС, иммунные маркеры системного воспаления демонстрируют разнонаправленную картину. Динамика прироста интерлейкина-6, лейкоцитов и sTREM-1 свидетельствует о более выраженных проявлениях системного воспаления при использовании традиционного ИК. Однако по уровням прокальцитонина и С-реактивного белка не обнаружены межгрупповые различия. Примечательно, что снижение интерлейкина-10 через 24 ч в группе ИК указывает на иммунную супрессию, чего не наблюдалось в группе МiЕСС. Известно, что ИК потенцирует системный воспалительный ответ [5], а при длительном ИК развивается и иммунная супрессия [29; 30], что в совокупности определяет высокий риск полиорганной недостаточности. Полученные результаты в целом согласуются с данными литературы, однако проследить очевидную связь с клиническими проявлениями на этом этапе исследования не представляется возможным.

Ограничения

Исследование ретроспективное с относительно небольшим количеством наблюдений.

Заключение

Применение МiЕСС по сравнению с классическим ИК существенно не влияет на частоту развития органических дисфункций, однако уменьшает выраженность системного воспалительного ответа и иммунной супрессии, которые являются триггерными механизмами полиорганной недостаточности. Это может быть особенно актуально для пациентов с хроническими органическими дисфункциями. В условиях тренда на минимизацию инвазивности медицинских технологий, вероятно, для МiЕСС будет определена своя ниша. С учетом высокой стоимости этих систем и нецелевого воздействия на плейотропные факторы развития системной воспалительной реакции массовое использование технологии на данный момент не представляется возможным.

Список литературы / References

1. Anastasiadis K., Argiriadou H., Deliopoulos A., Antonitsis P. Minimal invasive extracorporeal circulation (MiECC): the state-of-the-art in perfusion. *J Thorac Dis.* 2019;11(Suppl 10):S1507-S1514. PMID: 31293801; PMCID: PMC6586580. <https://doi.org/10.21037/jtd.2019.01.66>
2. Соколова Н.Ю., Голухова Е.З. Коморбидность в прогнозировании отдаленных результатов реваскуляризации миокарда у больных ишемической болезнью сердца. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.* 2018;11(5):22-27. <https://doi.org/10.17116/kardio20181105122>
Sokolova N.Yu., Golukhova E.Z. Comorbidity in predicting the long-term outcomes of myocardial revascularization in patients with coronary artery disease. *Kardiologiya i serdechnososudistaya khirurgiya = Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery.* 2018;11(5):22-27. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/kardio20181105122>
3. Барбараш О.Л., Семенов В.Ю., Самородская И.В., Евсеева М.В., Рожков Н.А., Сумин А.Н., Барбараш Л.С. Коморбидная патология у больных ишемической болезнью сердца при коронарном шунтировании: опыт двух кардиохирургических центров. *Российский кардиологический журнал.* 2017;(3):6-13. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2017-3-6-13>
Barbarash O.L., Semjonov V.Yu., Samorodskaya I.V., Evseeva M.V., Rozhkov N.A., Sumin A.N., Barbarash L.S. Comorbidity in coronary heart disease patients undergoing bypass grafting: an experience of two surgery centers. *Russian Journal of Cardiology.* 2017;(3):6-13. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2017-3-6-13>
4. Yellon D.M., Hausenloy D.J. Myocardial reperfusion injury. *N Engl J Med.* 2007;357(11):1121-1135. PMID: 17855673. <https://doi.org/10.1056/NEJMra071667>
5. Day J.R.S., Taylor K.M. The systemic inflammatory response syndrome and cardiopulmonary bypass. *Int J Surg.* 2005;3(2):129-140. PMID: 17462274. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2005.04.002>

6. Angelini G.D., Reeves B.C., Evans J., COMICS investigators. Conventional versus minimally invasive extracorporeal circulation in patients undergoing cardiac surgery: protocol for a randomised controlled trial (COMICS). *Perfusion*. 2021;36(4):388-394. PMID: 32781894; PMCID: PMC8167910. <https://doi.org/10.1177/0267659120946731>
7. Anastasiadis K., Murkin J., Antonitsis P., Bauer A., Ranucci M., Gygax E., Schaarschmidt J., Fromes Y., Philipp A., Eberle B., Punjabi P., Argiriadou H., Kadner A., Jenni H., Albrecht G., van Boven W., Liebold A., de Somer F., Hausmann H., Deliopoulos A., El-Essawi A., Mazzei V., Biancari F., Fernandez A., Weerwind P., Puehler T., Serrick C., Waanders F., Gunaydin S., Ohri S., Gummert J., Angelini G., Falk V., Carrel T. Use of minimal invasive extracorporeal circulation in cardiac surgery: principles, definitions and potential benefits. A position paper from the Minimal Invasive Extra-Corporeal Technologies International Society (MiECTIS). *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2016;22(5):647-662. PMID: 26819269; PMCID: PMC4892134. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivv380>
8. Biancari F., Rimpiläinen R. Meta-analysis of randomised trials comparing the effectiveness of miniaturised versus conventional cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery. *Heart*. 2009;95(12):964-969. PMID: 19342377. <https://doi.org/10.1136/hrt.2008.158709>
9. Benedetto U., Ng C., Frati G., Biondi-Zoccai G., Vitulli P., Zeinah M., Raja S.G.; Cardiac Outcomes METa-analysis (COMET) group. Miniaturized extracorporeal circulation versus off-pump coronary artery bypass grafting: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Surg*. 2015;14:96-104. PMID: 25560750. <https://doi.org/10.1016/j.ijvs.2014.12.021>
10. Kowalewski M., Pawliszak W., Kołodziejczak M., Navarese E.P., Anisimowicz L. 30-day mortality reduction with miniaturized extracorporeal circulation as compared to conventional cardiopulmonary bypass for coronary revascularization. Meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Cardiol*. 2015;198:63-65. PMID: 26151717. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2015.06.153>
11. Charlson M.E., Pompei P., Ales K.L., MacKenzie C.R. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chronic Dis*. 1987;40(5):373-383. PMID: 3558716. [https://doi.org/10.1016/0021-9681\(87\)90171-8](https://doi.org/10.1016/0021-9681(87)90171-8)
12. Charlson M., Szatrowski T.P., Peterson J., Gold J. Validation of a combined comorbidity index. *J Clin Epidemiol*. 1994;47(11):1245-1251. PMID: 7722560. [https://doi.org/10.1016/0895-4356\(94\)90129-5](https://doi.org/10.1016/0895-4356(94)90129-5)
13. Belov A., Katkov K., Vinokurov I.A., Stonogin K., Komarov D. Cardiopulmonary bypass duration as predictor of immediate results after cardiac surgery. *Khirurgiia (Mosk)*. 2015;(5):4-13. (Engl., Russ.) <https://doi.org/10.17116/hirurgia201554-13>
14. Salis S., Mazzanti V.V., Merli G., Salvi L., Tedesco C.C., Veglia F., Sisillo E. Cardiopulmonary bypass duration is an independent predictor of morbidity and mortality after cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2008;22(6):814-822. PMID: 18948034. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2008.08.004>
15. Adamik B., Kübler A., Gozdzik A., Gozdzik W. Prolonged cardiopulmonary bypass is a risk factor for intestinal ischaemic damage and endotoxaemia. *Heart Lung Circ*. 2017;26(7):717-723. PMID: 27956161. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2016.10.012>
16. Clough R.A., Leavitt B.J., Morton J.R., Plume S.K., Hernandez F., Nugent W., Lahey S.J., Ross C.S., O'Connor G.T. The effect of comorbid illness on mortality outcomes in cardiac surgery. *Arch Surg*. 2002;137(4):428-432; discussion 432-433. PMID: 11926947. <https://doi.org/10.1001/archsurg.137.4.428>
17. Scrutinio D., Giannuzzi P. Comorbidity in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery: impact on outcome and implications for cardiac rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2008;15(4):379-385. PMID: 18677160. <https://doi.org/10.1097/HJR.0b013e3282fd5c6f>
18. Mullan C.W., Mori M., Pichert M.D., Bin Mahmood S.U., Yousef S., Geirsson A. United States national trends in comorbidity and outcomes of adult cardiac surgery patients. *J Card Surg*. 2020;35(9):2248-2253. PMID: 33448476. <https://doi.org/10.1111/jocs.14764>
19. Dessai S.B., Fasal R., Dipin J., Adarsh D., Balasubramanian S. Age-adjusted Charlson comorbidity index and 30-day morbidity in pelvic surgeries. *South Asian J Cancer*. 2018;7(4):240-243. PMID: 30430092; PMCID: PMC6190402. https://doi.org/10.4103/sajc.sajc_241_17
20. Qu W.-F., Zhou P.-Y., Liu W.-R., Tian M.-X., Jin L., Jiang X.-F., Wang H., Tao C.-Y., Fang Y., Zhou Y.-F., Song S.-S., Ding Z.-B., Peng Y.-F., Dai Z., Qiu S.-J., Zhou J., Fan J., Tang Z., Shi Y.-H. Age-adjusted Charlson Comorbidity Index predicts survival in intrahepatic cholangiocarcinoma patients after curative resection. *Ann Transl Med*. 2020;8(7):487. PMID: 32395531; PMCID: PMC7210176. <https://doi.org/10.21037/atm.2020.03.23>
21. Minol J.-P., Dimitrova V., Petrov G., Langner R., Boeken U., Rellecke P., Aubin H., Kamiya H., Sixt S., Huhn R., Sugimura Y., Albert A., Lichtenberg A., Akhyari P. The age-adjusted Charlson comorbidity index in minimally invasive mitral valve surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2019;56(6):1124-1130. PMID: 31501891. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezz240>
22. Cohan G.N., Chin H., Shah A., Miguelino A.M., Wang Y., Kilic A., Sultan I., Sciortino C.M., Chu D. Charlson comorbidity index is associated with longer-term mortality and re-admissions following coronary artery bypass grafting. *J Surg Res*. 2022;275:300-307. PMID: 35313139. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2022.02.012>
23. Argiriadou H., Antonitsis P., Gkiouliava A., Papapostolou E., Deliopoulos A., Anastasiadis K. Minimal invasive extracorporeal circulation preserves coagulation integrity. *Perfusion*. 2022;37(3):257-265. PMID: 33637025. <https://doi.org/10.1177/0267659121998544>
24. Modrau I.S., Halle D.R., Nielsen P.H., Kimose H.H., Greisen J.R., Kremke M., Hvas A.-M. Impact of minimally invasive extracorporeal circulation on coagulation — a randomized trial. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2020;57(6):1145-1153. PMID: 32011717; PMCID: PMC7239600. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezaa010>
25. Anastasiadis K., Asteriou C., Antonitsis P., Argiriadou H., Grosomanidis V., Kyparissa M., Deliopoulos A., Konstantinou D., Tossios P. Enhanced recovery after elective coronary revascularization surgery with minimal versus conventional extracorporeal circulation: a prospective randomized study. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2013;27(5):859-864. PMID: 23791499. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2013.01.010>
26. Bauer A., Diez C., Schubel J., El-Shouki N., Metz D., Eberle T., Hausmann H. Evaluation of hemodynamic and regional tissue perfusion effects of minimized extracorporeal circulation (MECC). *J Extra Corpor Technol*. 2010;42(1):30-39. PMID: 20437789; PMCID: PMC4680062.
27. Huybregts R.A.J.M., Morariu A.M., Rakhorst G., Spiegelenberg S.R., Romijn H.W.A., de Vroeghe R., van Oeveren W. Attenuated renal and intestinal injury after use of a mini-cardiopulmonary bypass system. *Ann Thorac Surg*. 2007;83(5):1760-1766. PMID: 17462395. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2007.02.016>

28. Immer F.F., Pirovino C., Gygax E., Englberger L., Tevaearai H., Carrel T.P. Minimal versus conventional cardiopulmonary bypass: assessment of intraoperative myocardial damage in coronary bypass surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2005;28(5):701-704. PMID: 16221550. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2005.08.019>
29. Григорьев Е.В., Шукевич Д.Л., Матвеева В.Г., Пугачев С.В., Каменева Е.А., Корнелюк Р.А. Миелоидные супрессорные клетки в патогенезе критических состояний. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2016;20(3):20-25. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2016-3-20-25>
Grigoryev E.V., Shukevich D.L., Matveeva V.G., Pugachev S.V., Kameneva E.A., Kornelyuk R.A. Myeloid suppressor cells in the pathogenesis of critical states. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery.* 2016;20(3):20-25. (In Russ.) <https://doi.org/10.21688-1681-3472-2016-3-20-25>
30. Матвеева В.Г., Ханова М.Ю., Ивкин А.А., Корнелюк Р.А., Григорьев Е.В. Иммуносупрессорный профиль пациентов, оперированных по поводу приобретенных пороков сердца в условиях искусственного кровообращения. *Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова.* 2020;(3):74-87. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2020-3-74-87>
Matveeva V.G., Khanova M.Yu., Ivkin A.A., Kornelyuk R.A., Grigoryev E.V. Immunosuppressive profile of patients operated for acquired heart diseases under artificial circulation. A prospective study. *Annals of Critical Care.* 2020;(3):74-87. (In Russ.) <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2020-3-74-87>

Minimal invasive extracorporeal circulation in comorbid patients

Amiran Sh. Revishvili^{1,2}, Roman A. Kornelyuk¹, Georgy P. Plotnikov¹, Levan B. Berikashvili^{1,3}, Ivan P. Komkov¹, Egor S. Malysenko¹, Vladimir M. Zemskov¹, Vadim A. Popov^{1,2}

¹ A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

² Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

³ V.A. Negovsky Research Institute of Reanimatology, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, Moscow, Russian Federation

Corresponding author: Roman A. Kornelyuk, rkornelyuk@mail.ru

Abstract

Background: As the severity of comorbid diseases increases, risks of cardiopulmonary bypass (CPB) complications significantly increase. A complex of the procedure's damaging factors provokes a systemic inflammatory response that in some cases is accompanied by the damage to target organs, transitioning from chronic organ dysfunctions into acute ones. Some studies on the use of minimal invasive extracorporeal circulation (MiECC) systems show their advantage over conventional extracorporeal circulation (CECC); however, the diversity of MiECC systems, patients, and outcomes precludes us from confidently extrapolating these data to older comorbid patients.

Objective: To compare the severity of systemic inflammation and treatment outcomes in comorbid patients who underwent cardiac surgery with CECC and MiECC.

Methods: We conducted a retrospective cohort study of 760 patients who consecutively underwent elective cardiac operations in 2019-2022. Inclusion criteria: comorbid status (age-adjusted Charlson Comorbidity Index score of ≥ 6); CPB time ≥ 90 min. Exclusion criteria: emergency surgery, refusal to participate in the study. A total of 68 patients met the inclusion criteria. We formed 2 study groups based on the extracorporeal circulation method: CECC group (n = 51) and MiECC group (n = 17). Control points: before CPB and 24 hours after the surgery (lactate; creatinine; oxygenation index, hemolysis level). For systemic inflammatory response markers: 1 hour after the CPB start and 24 hours after the CPB end (interleukin 6; interleukin 10; procalcitonin; C-reactive protein; soluble Triggering Receptor Expressed on Myeloid Cells-1 [sTREM-1]). We evaluated respiratory and renal complications, drainage-related hemorrhages, hemostatic disorders, the need for sympathomimetic drugs, and the length of stay in an intensive care unit and inpatient hospital.

Results: Between the groups there were no statistically significant differences in gender and anthropometric characteristics, surgery types, and main perfusion parameters. In the CECC group, we observed significantly higher doses of vasoconstrictors (norepinephrine) as well as a decrease in urine output and lung injury and an increase in lactate and hemolysis. The systemic inflammatory response markers were also significantly higher.

Conclusion: Compared with CECC, MiECC does not significantly affect the frequency of organ dysfunctions; however, it reduces the severity of the systemic inflammatory response and immune suppression that are trigger mechanisms for multiple organ

dysfunction syndrome. It is particularly important for patients with chronic organ dysfunctions. A range of indications for MIECC systems should be defined given its high cost and off-target effect on pleiotropic factors of systemic inflammatory response development.

Keywords: Cardiopulmonary Bypass; Comorbidity; Extracorporeal Circulation; Retrospective Studies; Triggering Receptor Expressed on Myeloid Cells-1

Received 6 April 2023. Revised 17 August 2023. Accepted 18 August 2023.

Funding: The study was conducted within the framework of the research project "Development of minimally invasive and hybrid technologies for surgical treatment of heart diseases".

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Contribution of the authors

Conception and study design: A.Sh. Revishvili, G.P. Plotnikov, V.A. Popov

Data collection and analysis: R.A. Kornelyuk, L.B. Berikashvili, I.P. Komkov, E.S. Malysenko, V.M. Zemskov

Statistical analysis: L.B. Berikashvili

Drafting the article: R.A. Kornelyuk, G.P. Plotnikov, L.B. Berikashvili

Critical revision of the article: G.P. Plotnikov

Final approval of the version to be published: A.Sh. Revishvili, R.A. Kornelyuk, G.P. Plotnikov, L.B. Berikashvili, I.P. Komkov, E.S. Malysenko, V.M. Zemskov, V.A. Popov

ORCID

A.Sh. Revishvili, <https://orcid.org/0000-0003-1791-9163>

R.A. Kornelyuk, <https://orcid.org/0000-0002-2654-2727>

G.P. Plotnikov, <https://orcid.org/0000-0002-4291-3380>

L.B. Berikashvili, <https://orcid.org/0000-0001-9267-3664>

I.P. Komkov, <https://orcid.org/0000-0002-6417-2368>

E.S. Malysenko, <https://orcid.org/0000-0002-1572-3178>

V.M. Zemskov, <https://orcid.org/0000-0002-8867-5349>

V.A. Popov, <https://orcid.org/0000-0003-1395-2951>

Copyright: © 2023 Revishvili et al.

How to cite: Revishvili A.Sh., Kornelyuk R.A., Plotnikov G.P., Berikashvili L.B., Komkov I.P., Malysenko E.S., Zemskov V.M., Popov V.A. Minimal invasive extracorporeal circulation in comorbid patients. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2023;27(3):62-73. (In Russ.) <https://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2023-3-62-73>

