Крачак Д.И., Крачак В.Д.

Республиканский клинический медицинский центр Управления делами Президента
Республики Беларусь, Минск, Беларусь

Krachak D., Krachak V.

Republican Clinical Medical Center of the Administrative Department of the President
of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus

Опыт использования мини-контуров искусственного кровообращения при выполнении кардиохирургических операций на открытом сердце

Experience of Minimal Invasive Extracorporeal Circulation Usage
in Cardiac Surgery

Резюме

Цель. Изучить опыт применения мини-контуров искусственного кровообращения при выполнении кардиохирургических операций и оценить безопасность их использования.

Материалы и методы. В исследование было включено 58 пациентов, которым были выполнены различные кардиохирургические вмешательства в условиях искусственного кровообращения (ИК). Из них 14 пациентов были прооперированы с использованием мини-контуров ИК (группа MiECC), а у 44 пациентов были использованы стандартные «открытые» контуры ИК (группа CECC). Виды проведенных операций: АКШ – 46,6%, АКШ и клапанная коррекция – 13,8%, клапанная коррекция – 25,9%, протезирование восходящей аорты – 8,6%, прочие операции – 5,2%. Длительность ИК и ишемии миокарда в исследуемых группах не различалась ($p=0,696$ и $p=0,501$ соответственно).

Результаты. Скорость перфузии для группы MiECC составила 4,1 (3,9–4,4) л/мин, для группы CECC – 4,5 (4,0–4,95) л/мин ($p=0,021$). В обеих группах сатурация тканей головного мозга статистически значимо не различалась. Интраоперационные уровни лактата были в группе MiECC 1,4 (1,2–1,9) ммоль/л, в группе CECC – 2,2 (1,6–3,0) ммоль/л ($p=0,003$). Частота использования препаратов крови в группе CECC составила 20,5%.

Заключение. Использование мини-контуров для искусственного кровообращения является безопасным для пациента. Применение данной технологии позволяет минимизировать использование донорских компонентов крови и, соответственно, снизить частоту трансфузий зависимых осложнений.

Ключевые слова: искусственное кровообращение, контуры искусственного кровообращения, мини-контуры, кардиохирургия.

Abstract

Purpose. To study the experience of minimal invasive extracorporeal circulation usage during cardiac surgery and to assess the safety of their use.

Materials and methods. The study included 58 patients who underwent various types of cardiac surgery under cardiopulmonary bypass. 14 patients were operated using minimal invasive extracorporeal circuit (MiECC group) and 44 patients had standard conventional extracorporeal circuit (CECC group). Types of operations performed were CABG 46.6%, CABG combined with valve procedure 13.8%, isolate valve correction 25.9%, prosthetics of the ascending aorta 8.6%, other operations 5.2%. Bypass and aortic cross clamp times in studying groups did not differ ($p=0.696$ and $p=0.501$, respectively).

Results. The perfusion rate for the MiECC group was 4.1 (3.9–4.4) l/min, for the CECC group – 4.5 (4.0–4.95) l/min ($p=0.021$). In both groups the saturation of brain tissues (NIRS) did not differ significantly. Intraoperative lactate levels in the MiECC group were 1.4 (1.2–1.9) mmol/L, in the CECC group 2.2 (1.6–3.0) mmol/L ($p=0.003$). The frequency of blood products usage in the CECC group was 20.5%.

Conclusion. Minimal invasive extracorporeal circulation usage is safe procedure for the patient. This technology allows to minimize usage of donor blood components and reduces the frequency of transfusion-associated complications.

Keywords: cardiopulmonary bypass, extracorporeal circulation circuit, minimal invasive extracorporeal circulation, cardiac surgery.

■ ВВЕДЕНИЕ

Появление в 50-х гг. XX в. технологии искусственного кровообращения (ИК) привело к серьезным качественным изменениям в кардиохирургии, позволив ей выполнять практически любые виды хирургической коррекции сердца и грудной аорты. Однако ИК, как любая технология, имеет не только положительные, но отрицательные стороны, к которым относятся, например, активация системного воспалительного ответа, неврологические нарушения, возникновение повреждения почек, легочные нарушения, изменения в коагуляционном каскаде, полиорганная дисфункция и прочие осложнения различной степени тяжести, вплоть до летальных исходов [1–4]. Одним из способов нивелировать эти проблемы стала разработка технологии мини-инвазивных физиологических контуров (мини-контуры) для ИК. В основу данной технологии были положены сокращение числа и размеров компонентов контура, использование биопассивных покрытий, активный кинетический дренаж венозной крови, что должно было привести к снижению степени гемодилюции, уменьшению явлений системного воспалительного ответа, снижению повреждения клеток крови и уменьшению активации тромбоцитов.

К настоящему моменту для изучения и продвижения технологии мини-контуров ИК создано международное общество Minimal Invasive Extracorporeal Technologies International Society (MiECTiS) [5], целями которого были широкое внедрение мини-инвазивных экстракорпоральных технологий, обмен опытом и профессиональными мнениями между различными специалистами, работающими в области кардиохирургии.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить опыт применения мини-контуров искусственного кровообращения при выполнении кардиохирургических операций и оценить безопасность их использования.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование было включено 58 пациентов, которым в кардиохирургическом отделении Республиканского клинического медицинского центра Управления делами Президента Республики Беларусь были выполнены различные кардиохирургические вмешательства в условиях искусственного кровообращения. Из них 14 пациентов были прооперированы с использованием мини-контуров ИК (группа MiECC), а у 44 пациентов были использованы стандартные «открытые» контуры ИК (группа CECC).

Согласно принятой классификации MiECTiS, использованные модели мини-контуров относились к IV типу [6]. Они состояли из набора магистралей с биопассивным покрытием (Balance, Medtronic), оксигенатора интегрированного с артериальным фильтром (Affinity Fusion, Medtronic; Quadrox-iR, Maquet), центрифужного насоса (Affinity CP, Medtronic; Quadrox-iR, Maquet), венозной воздушной ловушки (Affinity VARD, Medtronic), кардиоплегической системы (Myotherm, Medtronic), набора магистралей с биопассивным покрытием (Balance, Medtronic), жесткого кардиотомного резервуара с фильтром 30 микрон, мягкого венозного резервуара для контроля объема крови. Стандартные физиологические контуры искусственного кровообращения состояли из оксигенатора интегрированного с артериальным фильтром (Inspire 8, Sorin), жесткого кардиотомного резервуара с фильтром 41 микрон, набора магистралей с биопассивным покрытием (PH.I.S.I.O., Sorin), кардиоплегической системы (CSC14, Sorin), а также роликового насоса в качестве основного насоса.

Искусственное кровообращение проводилось в нормотермическом режиме. Параметры перфузии мониторировались по стандартной методике и включали контроль артериального давления на уровне 50–60 мм рт. ст., периферической сатурации тканей 99–100%, сатурации гемоглобина венозной крови более 60%, сатурации тканей головного мозга (NIRS) более 60%. Анализ газового и электролитного состава артериальной и венозной крови проводился каждые 20–30 минут на аппарате ABL800 Flex (Radiometer), а также в онлайн-режиме с использованием системы CDI500 (Terumo). Для проведения искусственного кровообращения использовались аппараты System1 (Terumo), оснащенные системами безопасности перфузии, которые включали: детекторы пузырьков воздуха на артериальной/венозной линии, датчик уровня на венозном/кардиотомном резервуаре, датчики давления крови в артериальной/венозной/кардиоплегической магистралах, автоматический электронный окклюдер магистралей, а при использовании мини-контуров автоматическую систему удаления воздуха из венозной воздушной ловушки (AAR1000 Controller, Medtronic).

Для кардиопротекции использовалась методика кровяной гиперкалиево-холодовой кардиopleгии с нормотермической реперфузией.

Примененный протокол антикоагулянтной терапии был стандартен во всех операциях и включал болюсное введение нефракционированного гепарина в дозе 350–400 ЕД/кг с последующими повторными болюсами препарата для обеспечения уровня активированного времени свертывания крови (ABCK) более 450–500 секунд. Контроль ABCK

выполнялся с использованием автоматического таймера коагуляции АСТ Plus (Medtronic).

Принятие решения о применении в ходе искусственного кровообращения эритроцитных компонентов крови происходило по прогнозируемому или достигнутому уровню гематокрита крови пациента менее 25%.

Статистический анализ исследуемых данных выполнялся с использованием пакета программного обеспечения «IBM SPSS Statistics v.23» (IBM Corporation, США). Количественные данные представлены как медиана и 25–75 квартили (Me, LQ–UQ), качественные – числом случаев (n) и частотой (%). Для оценки гипотезы о равенстве показателей в независимых выборках использован непараметрический тест Манна – Уитни. Анализ частотных характеристик качественных показателей двух независимых выборок проводился с помощью непараметрического критерия Хи-квадрат Пирсона. Уровень статистической значимости применяемых тестов определялся по значению $p < 0,05$.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исходная клиническая характеристика исследуемых групп пациентов приведена в табл. 1.

Пациенты исследуемых групп не отличались по возрасту и полу, наличию сопутствующих заболеваний, степени риска оперативного вмешательства. Было выявлено, что в группе MiECC вес и площадь поверхности тела пациентов были статистически больше, чем в группе SECC, что, возможно, связано с большим процентом мужчин группы MiECC. Анализ индекса массы тела не установил различий между группами.

Таблица 1
Клиническая характеристика исследуемых групп

Table 1
Clinical characteristics of the studied groups

Параметр	Группа MiECC	Группа SECC	Значимость различий*
Возраст, лет	69,5 (60,75–73,14)	65,4 (56,47–72,41)	$p=0,260^{**}$
Пол, м/ж, %	78,6/21,4	61,4/38,6	$p=0,391$
Вес, кг	86,0 (81,25–96,25)	78,0 (65,5–93,0)	$p=0,029^{**}$
Площадь поверхности тела, м ²	2,03 (1,91–2,1)	1,89 (1,71–2,07)	$p=0,046^{**}$
Индекс массы тела, кг/м ²	30,0 (26,55–32,97)	27,74 (24,6–30,94)	$p=0,122^{**}$
Фракция выброса ЛЖ, %	59,0 (49,5–66,25)	60,5 (56,0–67,75)	$p=0,275$
EuroScore 2	1,31 (0,83–1,98)	1,55 (1,28–2,69)	$p=0,217$
Сахарный диабет, n (%)	7 (50,0)	10 (22,7)	$p=0,106$
ИБС, n (%)	13 (92,9)	33 (75,0)	$p=0,290$
АГ, n (%)	12 (85,7)	40 (90,9)	$p=0,958$
ХБП, n (%)	4 (28,6)	8 (18,2)	$p=0,648$
Стенозы БЦА, n (%)	6 (42,9)	26 (59,1)	$p=0,450$

Примечания: * критерий Хи-квадрат Пирсона; ** критерий Манна – Уитни для независимых выборок.

Таблица 2
Исходные биохимические и гематологические показатели исследуемых групп

Table 2
Initial biochemical and hematological parameters

Параметр	Группа МiЕСС	Группа СЕСС	Значимость различий*
Общий билирубин, мкмоль/л	15,9 (10,18–21,54)	14,73 (9,79–20,48)	p=0,769
Мочевина, ммоль/л	6,89 (5,7–8,4)	6,59 (5,49–7,84)	p=0,723
Креатинин, мкмоль/л	81,55 (72,81–97,87)	84,94 (70,7–95,54)	p=0,899
АСТ, ед/л	26,2 (17,65–40,02)	22,58 (19,54–28,01)	p=0,266
АЛТ, ед/л	28,86 (17,79–39,96)	23,23 (16,53–32,5)	p=0,266
Общий белок, г/л	74,87 (72,28–77,05)	72,88 (69,95–77,4)	p=0,467
Альбумин, г/л	43,0 (41,85–45,47)	43,1 (36,53–45,28)	p=0,581
СРБ, мг/л	2,37 (0,89–3,94)	2,25 (0,91–5,06)	p=0,764
Лейкоциты, ×10 ⁹ кл/л	6,62 (5,58–8,22)	7,13 (5,63–8,2)	p=0,537
Эритроциты, ×10 ¹² кл/л	4,43 (4,19–4,77)	4,59 (4,29–4,89)	p=0,467
Гемоглобин, г/л	140,0 (125,8–153,25)	142,0 (128,0–151,0)	p=0,920

Примечание: * критерий Манна – Уитни для независимых выборок.

Дооперационные параметры биохимического и гематологического анализов крови представлены в табл. 2. По результатам анализа показателей не установлено различий между группами пациентов.

Таблица 3
Типы выполненных операций

Table 3
Types of surgery

Параметр	Группа МiЕСС	Группа СЕСС	Значимость различий*
АКШ, n (%)	8 (57,1%)	19 (43,2%)	p=0,811
АКШ + клапанная коррекция, n (%)	2 (14,3%)	6 (13,6%)	
Клапанная коррекция, n (%)	3 (21,4%)	12 (27,3%)	
Протезирование восх. аорты, n (%)	1 (7,1%)	4 (9,1%)	
Прочие операции, n (%)	–	3 (6,8%)	

Примечание: * критерий Хи-квадрат Пирсона.

Таблица 4
Временные параметры операций

Table 4
Timing parameters of operations

Параметр	Группа МiЕСС	Группа СЕСС	Значимость различий*
Длительность операции, мин.	360,0 (322,5–390,0)	422,5 (302,5–480,0)	p=0,240
Длительность ИК, мин.	110,5 (90,3–140,0)	104,5 (87,5–140,3)	p=0,696
Длительность ИМ, мин.	88,5 (66,8–113,0)	81,0 (60,5–99,8)	p=0,501

Примечание: * критерий Манна – Уитни для независимых выборок.

Таблица 5
Параметры в ходе искусственного кровообращения

Table 5
Parameters of extracorporeal circulation

Параметр	Группа МiЕСС	Группа СЕСС	Значимость различий*
Скорость перфузии, л/мин	4,1 (3,9–4,4)	4,5 (4,0–4,95)	p=0,021
Индекс скорости перфузии, л/мин/м ²	2,1 (2,0–2,1)	2,4 (2,3–2,4)	p=0,0001
Церебр. сатурация max слева/справа, %	71,0 / 69,0	72,0/70,0	p=0,489/0,686
Церебр. сатурация min слева/справа, %	65,5 / 64,5	65,5/63,0	p=0,998/0,565
Лактат max, ммоль/л	1,4 (1,2–1,9)	2,2 (1,6–3,0)	p=0,003
Общий белок, г/л	52,0 (48,8–54,3)	45,0 (41,0–49,0)	p=0,0001
Гемолиз max, г/л	0,5 (0,4–0,6)	0,4 (0,3–0,53)	p=0,079
Глюкоза max, ммоль/л	8,1 (7,5–9,2)	9,5 (8,2–10,5)	p=0,009
Ультрафильтрация, л (%)	2 (14,3)	2 (4,5)	p=0,517**
Баланс жидкости ИК, мл	400 (250–600)	800 (400–1300)	p=0,009

Примечания: * критерий Манна – Уитни для независимых выборок; ** критерий Хи-квадрат Пирсона.

Распределение выполненных кардиохирургических вмешательств представлено в табл. 3. Различий между группами в типах проведенных кардиохирургических операций не отмечалось.

Интраоперационные параметры и показатели искусственного кровообращения представлены в табл. 4 и 5.

Не получено статистически значимых различий между группами по длительности операции, времени искусственного кровообращения и времени пережатия аорты. В то же время установлено, что скорость перфузии, а также индекс перфузии в группе СЕСС были значительно выше, чем в группе МiЕСС. Тем не менее неинвазивное измерение сатурации тканей головного мозга не выявило существенных различий между группами, а уровни лактата и глюкозы в группе МiЕСС были статистически значимо ниже, чем в группе со стандартными контурами ИК. Статистически значимых различий в характере «венозного доступа» в группах не выявлено: в группе СЕСС в 90,9% случаев использовалась канюляция правого предсердия, в 9,1% бикавальная канюляция, а в группе МiЕСС 85,7% и 14,3% соответственно (p=0,958).

В обеих исследуемых группах с целью аспирации крови из операционной раны на до- и постперфузионном этапах, а также для «отмывания»

Таблица 6
Интраоперационная аппаратная аутогемотрансфузия

Table 6
Intraoperative blood salvage

Параметр	Группа МiЕСС	Группа СЕСС	Значимость различий*
Количество случаев, n (%)	10 (71,4)	20 (45,5)	p=0,165
Объем реинфузированной крови, мл	255 (113–350)	500 (290–600)	p=0,011

Примечание: * критерий Манна – Уитни для независимых выборок.

Таблица 7

Лабораторные показатели исследуемых групп на вторые сутки после операции

Table 7

Laboratory parameters of the study groups the second post surgery day

Показатель	Группа MiECC	Группа CECC	Значимость различий*
Общий билирубин, мкмоль/л	23,23 (12,01–27,9)	12,61 (9,19–21,33)	p=0,025
Мочевина, ммоль/л	6,52 (4,73–11,24)	7,66 (5,18–9,91)	p=0,842
Креатинин, мкмоль/л	87,91 (69,47–120,47)	81,25 (68,05–109,4)	p=0,757
АСТ, ед/л	38,62 (24,73–53,34)	29,03 (23,26–40,68)	p=0,223
АЛТ, ед/л	17,89 (9,97–23,7)	10,01 (7,53–16,72)	p=0,075
Общий белок, г/л	57,64 (55,86–60,84)	55,69 (53,15–58,59)	p=0,032
Альбумин, г/л	35,54 (34,3–37,7)	34,43 (31,9–35,96)	p=0,027
СРБ, мг/л	168,38 (116,9–177,2)	110,73 (67,06–168,5)	p=0,031
Лейкоциты, $\times 10^9$ кл/л	9,7 (7,12–12,75)	13,75 (10,45–17,43)	p=0,001
Эритроциты, $\times 10^{12}$ кл/л	3,27 (3,08–3,59)	3,42 (3,08–3,7)	p=0,768
Гемоглобин, г/л	102,0 (96,0–108,5)	102,5 (94,0–113,5)	p=0,886

Примечание: * критерий Манна – Уитни для независимых выборок.

донорских эритроцитов и части крови, оставшейся в физиологическом контуре искусственного кровообращения после окончания перфузии, использовались аппараты для аутогемотрансфузии (CATS, Fresenius) (табл. 6). В ходе искусственного кровообращения сбор крови из операционной раны проводился не в систему для автоматической аутогемотрансфузии, а в кардиотомный резервуар, откуда она возвращалась в общий кровоток.

Мониторинг гематологических и биохимических параметров в течение первых 48 часов после кардиохирургической операции выявил, что в группе CECC отмечается более высокий уровень лейкоцитов ($p=0,0001$), а также обе группы демонстрируют существенный рост СРБ ко вторым суткам после операции (табл. 7).

Анализ результатов лечения пациентов установил, что в обеих группах отсутствовала интраоперационная и госпитальная летальность (табл. 8). У одного пациента группы MiECC развилась интраоперационная острая сердечно-сосудистая и дыхательная недостаточность на этапе гемостаза и введения протамина, потребовавшая применения экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО). Одному пациенту группы CECC в раннем послеоперационном периоде потребовалось длительное применение заместительной почечной терапии. Сроки лечения в отделении интенсивной терапии между группами не отличались.

Основной вопрос, который ставится перед новыми технологиями, – безопасны ли они в использовании. По данным проведенного исследования можно отметить, что в целом использование мини-контуров ИК является безопасным, а результаты лечения пациентов в группе MiECC сопоставимы с группой CECC: обе группы были свободны от летальных исходов, показатели длительности лечения в отделении интенсивной

Таблица 8
Показатели результатов лечения исследуемых групп

Table 8
Study groups treatment endpoints

Параметр	Группа MiECC	Группа SECC	Значимость различий*
Интенсивная терапия, часы	45,3 (42,9–93,8)	44,7 (41,78–48,5)	p=0,143
П/операционный период, дни	11,5 (9,8–13,3)	10,0 (9,0–12,0)	p=0,145
ОПП, n (%)	2 (14,3)	6 (13,7)	p=0,951**
ОПП-ЗПТ, n (%)***	0	1 (2,3)	–
ECLS, n (%)****	1 (7,1)	0	–
Летальность, n (%)	0	0	–

Примечания: * критерий Манна – Уитни для независимых выборок; ** критерий Хи-квадрат Пирсона; *** применение систем заместительной почечной терапии (ЗПТ) при развитии острого повреждения почек (ОПП); **** применение систем экстракорпоральной поддержки жизни (ECLS).

терапии, а также длительность послеоперационного периода статистически значимо не отличались между группами.

В исследовании выявлено, что при проведении искусственного кровообращения в группе MiECC не удалось достичь стандартной расчетной скорости перфузии в 2,4–2,5 л/мин/м² и группы значимо различались как по этому показателю, так и по индексированной скорости перфузии (p=0,021 и p=0,0001 соответственно). Тем не менее такой маркер адекватности искусственного кровообращения у пациентов в ходе кардиохирургической операции, как сатурация тканей головного мозга, у исследуемых групп не различался (p>0,05), а уровень лактата даже был ниже в группе MiECC (p=0,003). Скорее всего, это связано с высокими уровнями гематокрита крови в ходе искусственного кровообращения, которые наблюдаются при применении мини-контуров, что позволяло поддерживать оптимальный уровень доставки кислорода к тканям, несмотря на более низкую объемную скорость кровотока в группе MiECC. Кроме того, установлено что такой важный параметр искусственного кровообращения, как степень гемолиза, также не различался между группами, хотя в венозной магистрали мини-контура ИК довольно часто развивается высокое отрицательное давление, больше, чем рекомендуемый уровень в –60/–70 мм рт. ст.

Еще одним положительным моментом в использовании минимизированных контуров ИК можно назвать то, что баланс жидкости (инфузии/потери) к моменту окончания искусственного кровообращения был в два раза меньше, что, возможно, связано с более высоким уровнем общего белка крови в ходе перфузии (p=0,0001).

Ранее установлено, что одним из факторов риска развития ОПП в послеоперационном периоде у кардиохирургических пациентов является концентрация альбумина в сыворотке крови [6], а также имеются публикации о меньшей частоте развития ОПП при использовании мини-контуров ИК [7]. В данном исследовании не выявлено статистически значимой разницы в частоте развития ОПП в раннем послеоперационном

периоде, за исключением того, что в группе СЕСС один пациент (16,7% от общего числа пациентов данной группы с ОПП) имел 3-ю стадию острой почечной недостаточности (по классификации AKIN [8]), потребовавшей использования ЗПТ.

Одной из современных стратегий оптимизации искусственного кровообращения является стратегия по достижению в ходе перфузии более высоких уровней гемоглобина, причем предпочтение отдается не переливанию донорских эритроцитных компонентов крови, а уменьшению объема физиологического контура, использованию для заполнения контура ИК аутологичной крови пациента, а также применению систем для аутогемотрансфузии («cell-saver») [9]. Ранее проведенные исследования продемонстрировали, что использование препаратов крови ведет к повышению летальности, продленной искусственной вентиляции легких, повышению риска почечной недостаточности, неврологических нарушений, инфекционных осложнений [10–12]. В данном исследовании при выполнении искусственного кровообращения в обеих группах не применялось заполнение аутологичной кровью. В группе MiECC в ходе ИК эритроцитные донорские компоненты крови не использовались, в то время как в группе СЕСС у 20,5% пациентов в ходе операции объем переливания составил от 470 до 750 мл донорских эритроцитов. Исследование выявило, что использование систем для аутогемотрансфузии в группе MiECC имело тенденцию к большей частоте, однако объем перелитой аутологичной крови в данной группе был практически в два раза меньше, чем в группе СЕСС. В данном случае ситуацию в группе MiECC следует рассматривать как более выгодную для кардиохирургического пациента, так как применение систем аутогемотрансфузии хоть и ведет к уменьшению использования эритроцитных компонентов донорской крови, но при больших объемах обработки крови может вызвать существенную потерю факторов свертывающей системы крови, удаляемых вместе с плазмой пациента в процессе работы системы.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование мини-контуров для искусственного кровообращения является безопасным для пациента. Применение данной технологии позволяет минимизировать использование донорских компонентов крови и, соответственно, снизить частоту осложнений, ассоциированных с трансфузией.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования – Крачак Д.И.; сбор и обработка материала – Крачак Д.И., Крачак В.Д.; написание текста – Крачак Д.И., Крачак В.Д.

Authors' contribution: conception and design of the study – Krachak D.; data collection and processing – Krachak D., Krachak V.; writing – Krachak D., Krachak V.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Bical O.M. et al. Comparison of the inflammatory response between miniaturized and standard CPB circuits in aortic valve surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2006, vol. 29, no 5, pp. 699–702.
2. Kiessling A.H., Keller H., Moritz A. Prospective, Randomized Un-Blinded Three Arm Controlled Study in Coronary Artery Revascularization with Minimal Invasive Extracorporeal Circulation Systems (MIECC): Surrogate Parameter Analysis of Biocompatibility: 3. *The Heart Surgery Forum.* 2018, vol. 21, no 3, pp. E179–E186.
3. Ascione R. et al. Inflammatory response after coronary revascularization with or without cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg.*, 2000, vol. 69, no 4, pp. 1198–1204.
4. Elahi M.M., Khan J.S., Matata B.M. Deleterious effects of cardiopulmonary bypass in coronary artery surgery and scientific interpretation of off-pump's logic. *Acute Card Care*, 2006, vol. 8, no 4, pp. 196–209.
5. Minimal invasive extracorporeal technologies international society [Electronic resource]. Available at: <https://www.mieccs.org/> (accessed: 30.06.2021).
6. Lee E.-H. et al. Effect of Exogenous Albumin on the Incidence of Postoperative Acute Kidney Injury in Patients Undergoing Off-pump Coronary Artery Bypass Surgery with a Preoperative Albumin Level of Less Than 4.0 g/dl. *Anesthesiology*, 2016, vol. 124, no 5, pp. 1001–1011.
7. Kyriakos A. et al. A multidisciplinary perioperative strategy for attaining "more physiologic" cardiac surgery. *Perfusion*, 2017, vol. 32, no 6, pp. 446–453.
8. KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. *Kidney International Supplements*, 2012, vol. 2, no 1, pp. 1.
9. Carozza R. et al. Minimally invasive aortic valve replacement: extracorporeal circulation optimization and minimally invasive extracorporeal circulation system evolution. *Perfusion*, 2020, vol. 35, no 8, pp. 865–869.
10. Yu P.-J. et al. Dose-dependent effects of intraoperative low volume red blood cell transfusions on postoperative outcomes in cardiac surgery patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth.*, 2014, vol. 28, no 6, pp. 1545–1549.
11. Koch C.G. et al. Morbidity and mortality risk associated with red blood cell and blood-component transfusion in isolated coronary artery bypass grafting. *Crit Care Med.*, 2006, vol. 34, no 6, pp. 1608–1616.
12. Paone G. et al. Transfusion of 1 and 2 units of red blood cells is associated with increased morbidity and mortality. *Ann Thorac Surg.*, 2014, vol. 97, no 1, pp. 87–93.

Подана/Submitted: 06.07.2021

Принята/Accepted: 02.12.2021

Контакты/Contacts: perfus@tut.by