

Тактика завершения процедуры искусственного кровообращения в рамках кровосберегающей концепции при кардиохирургических операциях

Я.П. Киреев¹, Т.В. Клыпа², И.А. Мандель^{2,3}, Д.С. Сунгурова¹, И.М. Яновская², А.Н. Шепелюк¹

¹ Федеральный клинический центр высоких медицинских технологий, Химки, Россия;

² Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий, Москва, Россия;

³ Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Кардиохирургические вмешательства в условиях искусственного кровообращения обычно характеризуются значительной кровопотерей и потребностью в переливании донорских компонентов крови. Помимо системной воспалительной реакции, гемодилюции и гипокоагуляции, важный вклад в развитие периоперационной анемии вносит кровопотеря, связанная с этапом завершения искусственного кровообращения. **Цель исследования** — оптимизация этапа завершения искусственного кровообращения для уменьшения кровопотери при кардиохирургических операциях. **Методы.** Прооперированные в условиях искусственного кровообращения пациенты (n=62) разделены на две группы. В основной группе (n=31) по окончании искусственного кровообращения весь объём крови из всех магистралей аппарата искусственного кровообращения возвращали в центральную вену пациента. В группе сравнения (n=31) использовали метод отдачи остаточной крови из контура искусственного кровообращения с помощью вытеснения физиологическим раствором. Анализировали данные лабораторных и инструментальных методов исследования. **Результаты.** Интраоперационная кровопотеря в основной группе была значимо ниже, чем в группе сравнения (500 мл [470–520] против 800 мл [760–830], $p=0,0001$). Через 24 часа после операции концентрация креатинина, аланинаминотрансферазы и амилазы были выше в основной группе, чем в группе сравнения. В конце операции в основной группе также были выше сердечный выброс (3,1 [2,8–3,6] против 2,8 [2,6–3,1], $p=0,018$) и глобальная фракция изгнания (28 [22–31] против 22 [19–24], $p=0,011$). В группе сравнения индекс глобального конечно-диастолического объёма значимо снизился относительно исходного показателя (753 [665–900] и 647 [615–820] соответственно, $p=0,019$). Нежелательные явления и реакции во время проведения исследования отсутствовали. **Заключение.** Полный возврат крови после искусственного кровообращения в организм пациента приводит к увеличению показателей гемоглобина и гематокрита в раннем послеоперационном периоде, сопровождается меньшим объёмом кровопотери и более высокими уровнями сердечного индекса и глобальной фракции изгнания после основного этапа операции на фоне отсутствия значимых нежелательных явлений.

Ключевые слова: искусственное кровообращение; кровопотеря; гемогидробаланс; кардиохирургия.

Для цитирования:

Киреев Я.П., Клыпа Т.В., Мандель И.А., Сунгурова Д.С., Яновская И.М., Шепелюк А.Н. Тактика завершения процедуры искусственного кровообращения в рамках кровосберегающей концепции при кардиохирургических операциях. *Клиническая практика*. 2025;16(3):In Press. doi: 10.17816/clinpract685114 EDN: DNBUCC

Поступила 14.07.2025

Принята 01.10.2025

Опубликована online ????.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Процедура искусственного кровообращения (ИК) является мощным стрессом для организма, который может сопровождаться выраженными патофизиологическими реакциями [1]. Искусствен-

ное кровообращение может приводить к развитию системного воспалительного ответа, анемии, повышенным рискам периоперационного кровотечения за счёт гемодилюции (уменьшение количества эритроцитов в плазме вследствие увеличения об-

The Tactics for Finishing the Artificial Circulation Procedure within the Framework of Blood-Saving Concept for Cardiosurgical Operations

Ya.P. Kireev¹, T.V. Klypa², I.A. Mandel^{2, 3}, D.S. Sungurova¹, I.M. Yanovskaya², A.N. Shepelyuk¹

¹ Federal Clinical Center for High Medical Technologies of the Federal Medical and Biological Agency, Khimki, Russia;

² Federal Research and Clinical Center of Specialized Medical Care and Medical Technologies FMBA, Moscow, Russia;

³ The First Sechenov Moscow State Medical University, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Cardiosurgical interventions in the settings of artificial circulation are usually characterized by the significant blood loss and by the need for transfusing donor blood components. Besides the systemic inflammatory reaction, hemodilution and hypocoagulation, an important contribution into the development of perioperative anemia is added by the blood loss associated with the finishing stage of the artificial circulation. **AIM:** an optimization of the finishing stage of artificial circulation for decreasing the blood loss during the heart surgeries. **METHODS:** The patients operated in the settings of artificial circulation (n=62) were randomized into two groups. In the main group (n=31) upon the end of the artificial circulation, the whole blood volume in all the tubes of the artificial circulation equipment was returned to the central vein of the patient. In the comparison group (n=31), the method used was the return of residual blood from the pipelines of the artificial circulation equipment by means of substitution with physiological saline. The analysis included the data obtained using the laboratory and instrumental methods of examination. **RESULTS:** The intraoperative blood loss in the main group was significantly lower comparing to the one in the comparison group (500 ml [470–520] versus 800 ml [760–830], $p=0.0001$). In 24 hours after surgery, the levels of creatinine, alanine aminotransferase and amylase were higher in the main group than in the comparison group. At the end of surgery, the main group also had higher values of the cardiac output (3.1 [2.8–3.6] versus 2.8 [2.6–3.1], $p=0.018$) and the global ejection fraction (28 [22–31] versus 22 [19–24], $p=0.011$). In the comparison group, the global end-diastolic volume index has significantly decreased comparing to the initial level (753 [665–900] and 647 [615–820] respectively, $p=0.019$). No adverse events or reactions were registered during the research. **CONCLUSION:** The complete return of blood after the artificial circulation into the organism of the patient results in an increase in the levels of hemoglobin and hematocrit at the early post-surgery period, and it is accompanied by lesser volume of blood loss and higher levels of the cardiac index and the global ejection fraction after the main surgery phase with a background of the absence of significant adverse events.

Keywords: artificial circulation; blood loss; hemohydrobalance; cardiosurgery.

For citation:

Kireev YaP, Klypa TV, Mandel IA, Sungurova DS, Yanovskaya IM, Shepelyuk AN. The Tactics for Finishing the Artificial Circulation Procedure within the Framework of Blood-Saving Concept for Cardiosurgical Operations. *Journal of Clinical Practice*. 2025;16(3):In Press. doi: 10.17816/clinpract685114 EDN: DNBUCC

Submitted 14.07.2025

Accepted 01.10.2025

Published online ???.2025

щего объема плазмы), уменьшения факторов свёртывания и дисфункции тромбоцитов [2].

Кардиохирургия считается лидером по количеству послеоперационной кровопотери и развитию послеоперационных кровотечений. Важным этапом ИК является его завершение, так как объём крови, оставшейся после ИК в оксигенаторе и магистральных, является значимым в развитии послеоперационной анемии. Однако в настоящее время в медицинской печати отсутствует алгоритмизация

завершения этой процедуры. Для комплексного подхода к уменьшению кровопотери в кардиохирургии используют перемещение оставшихся эритроцитов из аппарата ИК в аппарат для ауто-трансфузии крови Cell Saver [3]. Этот метод является дорогостоящим и не доступен в некоторых центрах, в связи с чем возникает потребность в оптимизации завершения процедуры ИК для уменьшения кровопотери после кардиохирургических операций.

При значимой кровопотере для коррекции анемии используют, как правило, донорские компоненты крови, хотя в последнее время всё больше внимания в медицинской печати уделяют различным аспектам необходимости минимизации трансфузии компонентов донорской крови [4]. Это связано с результатами большого количества исследований, подтверждающих, что переливание компонентов донорской крови сопровождается увеличением количества послеоперационных осложнений и числа дней госпитализации, повышением случаев заболеваемости и летальности, а также увеличением расходов на лечение пациента [5].

Цель исследования — оптимизация этапа завершения искусственного кровообращения для уменьшения кровопотери при кардиохирургических операциях.

МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Исследование является открытым проспективным рандомизированным.

Критерии соответствия

Критерии включения: пациенты, поступающие в отделение кардиохирургии ФГБУ «Федеральный клинический центр высоких медицинских технологий» Федерального медико-биологического агентства (ФГБУ ФКЦ ВМТ ФМБА России), любого пола, старше 18 лет, которым планируется плановое хирургическое вмешательство на сердце в условиях искусственного кровообращения.

Критерии исключения: экстренное хирургическое вмешательство.

Критерии не включения: возраст до 18 лет; лица, отказавшиеся от участия в исследовании.

Условия проведения

Исследование выполнено на базе Центра сердечно-сосудистой и эндоваскулярной хирургии ФГБУ ФКЦ ВМТ ФМБА России.

Продолжительность исследования

Исследование проводилось в период с октября 2023 по март 2024 года.

Описание медицинского вмешательства

В исследование включены 62 взрослых кардиохирургических пациента, прооперированных в условиях ИК, которые были разделены на две группы. В основной группе ($n=31$) по окончании ИК

весь объём крови из всех магистралей аппарата искусственного кровообращения возвращали в центральную вену пациента через магистраль лабораторного шунта, присоединённого к аортальной канюле. В группе сравнения ($n=31$) использовали традиционный метод вытеснения остаточной крови из контура аппарата искусственного кровообращения после завершения ИК. При традиционном методе после окончания процедуры ИК объём крови, оставшийся в кардиотомном резервуаре, возвращали в сосудистое русло пациента через аортальную канюлю. Кровь, оставшуюся в магистралах, перемещали посредством вытеснения дополнительным объёмом физиологического раствора (около 400 мл). После деканюляции аорты объём крови, оставшийся в магистралах, утилизировали.

Методики перфузии и анестезиологического обеспечения в группах не отличались: для индукции анестезии использовали мидазолам ($0,1 \pm 0,02$ мг/кг), пропофол ($1,1 \pm 0,08$ мг/кг), фентанил ($7,0 \pm 0,3$ мкг/кг), рокурония бромид ($0,9 \pm 0,03$ мг/кг); для поддержания анестезии — севофлуран ($0,5$ – 1 МАК, где МАК — минимальная альвеолярная концентрация); фентанил ($1,9 \pm 0,3$ мкг/кг в час), пропофол (по целевой концентрации $1,5 \pm 0,1$ мг/мл во время ИК), рокурония бромид ($0,3 \pm 0,03$ мг/кг в час).

Методика перфузии: объёмная скорость перфузии $2,5$ л/м² в минуту, непульсирующий режим, температурный режим $35,8$ – $36,7^\circ\text{C}$.

Пациентам выполняли кровяную кардиоплегию по методике Калафиори (тип кардиopleгии номер 1) либо кристаллоидную холодовую антеградную кардиopleгию раствором Кустодиола с раздельной канюляцией верхней и нижней полых вен и последующим удалением кардиopleгического раствора в наружный дренаж через коронарный синус (тип кардиopleгии номер 2).

Первичный объём заполнения аппарата искусственного кровообращения был стандартным: Гелофузин (500 мл), Стерофундин (750 мл), 15% раствор маннитола (150 мл) и 5% раствор гидрокарбоната натрия, NaHCO_3 (100 мл).

Методы регистрации исходов

Параметры центральной гемодинамики измеряли при помощи технологии PiCCO (Pulse index Continious Cardiac Output) и анализировали следующие показатели: сердечный индекс, глобальную фракцию изгнания, индекс глобальной функции левого желудочка, внесосудистую воду в лёгких, индекс системного сосудистого сопротивления.

Ни одному пациенту из исследования трансфузию донорских компонентов крови не проводили.

Выполняли анализ интраоперационных данных кислотно-основного состояния, центральной (метод транспульмональной термодилуции, технология PiCCO) и системной гемодинамики до начала операции, на этапах 5, 30 и 60 минут ИК, по окончании ИК и после сведения грудины.

В послеоперационном периоде анализировали показатели общего (клинического) и биохимического анализа крови, кислотно-основного состояния, длительности искусственной вентиляции лёгких, длительности пребывания в отделении реанимации, летальности.

Статистический анализ

Статистическую обработку данных проводили при помощи программного пакета SPSS 26.0 (IBM Corp., Нью-Йорк, США). Непрерывные и категориальные переменные были представлены в виде медианы (Me) и квартилей (25%; 75%) или n (%) в зависимости от типа данных. Сравнение количественных характеристик групп проводили с помощью критерия Манна–Уитни. Для оценки значимости различий между категориальными переменными применяли тесты χ^2 (2×2) с поправкой Йейтса. Для оценки внутригрупповых данных в динамике использовали критерий Вилкоксона. При проверке статистических гипотез наличие статистической значимости устанавливалось при значении $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты (участники) исследования

Пациенты Центра сердечно-сосудистой и эндоваскулярной хирургии ФГБУ ФКЦ ВМТ ФМБА России, прооперированные в условиях ИК ($n=62$), разделены на две группы — основную ($n=31$; по окончании ИК весь объем крови из всех магистралей аппарата искусственного кровообращения возвращен в центральную вену пациента через магистраль лабораторного шунта, присоединенного к аортальной канюле) и сравнения ($n=31$; традиционный метод вытеснения остаточной крови из контура аппарата искусственного кровообращения после завершения ИК).

Группы были сравнимы по возрасту, полу, длительности ИК, длительности операции, а также исходным показателям биохимического, общего анализа крови и коагулограммы, данным инструментальных исследований, спектру выполненных хирургических вмешательств, времени ишемии миокарда, сопутствующей патологии (табл. 1, 2).

Основные результаты исследования

При сравнении интраоперационных уровней гемоглобина и гематокрита между группами достоверных отличий не выявлено (табл. 3).

В основной группе во время операции отметили увеличение объема жидкости, введенной во время ИК (табл. 4). Возможно, это было связано с необходимостью поддержания достаточного объема заполнения кардиотомного резервуара на основном этапе операции.

Таблица 1

Демографические и лабораторные данные

Показатель	Группа		p
	Основная $n=31$	Сравнения $n=31$	
Возраст, лет	67 [57–69]	65 [56–69]	0,405
Масса тела, кг	84 [75,8–95,0]	80 [71–90]	0,337
Индекс массы тела, кг/м ²	28,9 [26,5–36,6]	26,7 [24,9–30,8]	0,062
Мужской пол, n (%)	19 (61)	23 (74)	0,277
Креатинин, мкмоль/л	89 [80–106]	91 [75–99]	0,756
Аланинаминотрансфераза, ед./л	17 [16–27]	19 [13–24]	0,820
Амилаза, ед/л	53 [42–90]	84 [35–104]	0,846
Эритроциты, тыс./мкл	4,81 [4,35–4,95]	4,76 [4,37–5,01]	0,947
Гемоглобин, г/л	139 [131–147]	143 [129–151]	0,564
Гематокрит, %	41,8 [38,4–44,0]	41,5 [37,5–45,6]	0,830
Тромбоциты, тыс./мкл	227 [195–271]	242 [187–286]	0,679
Протромбин, %	104 [93–108]	99 [91–104]	0,188
Фибриноген, г/л	5,7 [4,3–7,5]	5 [4,2–6,7]	0,228

Таблица 2

Характеристика операций

Показатель	Группа		p
	Основная n=31	Сравнения n=31	
Тип плевгии 1, n (%)	23 (74)	22 (71)	0,766
Аортокоронарное шунтирование, n (%)	2 (6,5)	2 (6,4)	0,380
Клапан, n (%)	22 (71)	26 (83,9)	
Сочетанная, n (%)	7 (22,5)	3 (9,7)	
Длительность ИК, мин	58 [46–81]	63 [53–81]	0,436
Длительность ишемии миокарда, мин	43 [33–58]	50 [40–60]	0,406

Примечание. ИК — искусственное кровообращение.

Таблица 3

Сравнение интраоперационных показателей

Показатель	Группа		p метод Манна–Уитни
	Основная n=31	Сравнения n=31	
Начало операции			
Гемоглобин, г/л	128 [116–130]	124 [113–131]	0,917
Гематокрит	38 [35–39]	36 [33–37,5]	0,086
5 минут ИК			
Гемоглобин, г/л	92 [82–100]	90 [80–103]	0,860
Гематокрит, %	26,5 [22,5–30,5]	24 [20–26,5]	0,138
30 минут ИК			
Гемоглобин, г/л	96 [87–102]	91 [80–104]	0,397
Гематокрит, %	28 [23–29]	23 [21–26]	0,062
60 минут ИК			
Гемоглобин, г/л	96 [83–103]	93,5 [86–105]	1,000
Гематокрит, %	29 [21–32,5]	26 [23,3–26,8]	0,256
После ИК			
Гемоглобин, г/л	105 [98–113]	105 [94–116]	0,920
Гематокрит, %	31 [27–34]	27 [25–32]	0,108

Примечание. ИК — искусственное кровообращение.

Общая интраоперационная кровопотеря в основной группе была значимо ниже, чем в группе сравнения. Это связано с тем, что при «стандартной» методике завершения процедуры ИК в оксигенаторе и магистралах остаётся около 300 мл крови, смешанной с физиологическими растворами.

В основной группе была получена значимая разница между уровнями гемоглобина и гематокрита в первые послеоперационные сутки.

Показатели креатинина, аланинаминотрансферазы и амилазы через 24 часа после операции были значимо выше в основной группе, чем в группе сравнения, все показатели при этом находились в пределах референсных значений. Нами отмече-

на также тенденция к более поздней экстубации в основной группе. Показатели гидробаланса в первые послеоперационные сутки достоверно не отличались между группами. Дополнительно были оценены объём первичного заполнения (мл/кг массы тела пациента) и интраоперационный баланс: значимой разницы между этими показателями не выявлено (см. табл. 4).

Показатели сердечного выброса до сведения грудины между группами значимо не отличались. После сведения грудины сердечный индекс и глобальная фракция изгнания были значимо выше в основной группе при сравнимых дозировках катехоламинов (табл. 5). В группе сравнения индекс

Таблица 4

Сравнение показателей в первые послеоперационные сутки

Показатель	Группа		p метод Манна-Уитни
	Основная n=31	Сравнения n=31	
24 часа после операции			
Креатинин, мкмоль/л	106 [78–125]	85 [73–105]	0,015
Аланинаминотрансфераза, ед/л	24 [16–52]	18 [12–27,3]	0,045
Амилаза, ед./л	98 [68–276]	60 [44–140]	0,009
Эритроциты, тыс./мкл	3,9 [3,5–4,2]	3,65 [3,22–4,06]	0,309*
Гемоглобин, г/л	116 [104–124]	103,5 [93–119]	0,028
Гематокрит, %	33 [30–36]	29,5 [25,5–33]	0,014
Тромбоциты, тыс./мкл	158 [119–207]	170 [148–219]	0,319*
ИВЛ менее 6 ч, n (%)	11 (35,5)	5 (16)	0,069*
Кровопотеря, мл	500 [470–520]	800 [760–830]	0,001
Гемогидробаланс, мл • интраоперационно • за 24 ч	1240 [600–1893] 1475 [1013–1725]	1150 [800–1513] 1075 [450–1725]	0,081* 0,135*
Дренажи, мл	250 [190–335]	250 [187–320]	0,704*
Объём введённой жидкости во время ИК, мл	2000 [1800–2300]	1833 [1700–1800]	0,003
Прайм, мл/ кг	22,5 [20,68–26,13]	22,78 [20,9–27,05]	0,539*
Интраоперационный баланс, мл/кг	13,34 [9,72–18,12]	16,66 [12,62–20,62]	0,203*

Примечание. ИВЛ — искусственная вентиляция лёгких; ИК — искусственное кровообращение. * показатели не достигли статистической значимости.

Таблица 5

Показатели центральной гемодинамики

Показатель	Группа		p метод Манна–Уитни
	Основная n=31	Сравнения n=31	
До сведения грудины			
Допамин, мкг/кг в мин	4,64 [4–5]	4,58 [4–5]	0,752*
СИ, л/м ² в мин	3,1 [2,8–3,3]	3,35 [3,0–3,6]	0,440*
ГФИ, %	26 [21–30]	23 [18–28]	0,185*
ИГФ, мл/м ²	761 [660–824]	753 [665–900]	0,683*
ВВЛ, мл/кг	8 [7,5–9,5]	8 [7–10]	0,618*
ИССС, дин*сек*см ⁻⁵ /м ²	1709 [1400–2000]	1365 [1300–1592]	0,157*
После сведения грудины			
СИ, л/м ² в мин	3,1 [2,8–3,6]	2,8 [2,6–3,1]	0,018
ГФИ, %	28 [22–31]	22 [19–24]	0,011
ГФИ >25%, n (%)	17 (55)	5 (16)	0,001
ИГФ, мл/м ²	775 [643–872]	647 [615–820]	0,142*
ВСВЛ, мл/кг	9 [8,5–11,0]	9 [7–10]	0,097*
ИССС, дин*сек*см ⁻⁵ /м ²	1800 [1400–2153]	1974 [1624–2385]	0,386*

Примечание. СИ — сердечный индекс; ГФИ — глобальная фракция изгнания; ИГФ — индекс глобальной функции левого желудочка; ВВЛ — внесосудистая вода в лёгких; ИССС — индекс системного сосудистого сопротивления.

* показатели не достигли статистической значимости.

глобальной функции левого желудочка значительно снизился относительно исходного показателя.

Нежелательные явления

Значимых нежелательных явлений при полном возврате крови после ИК в организм пациента в течение десятидневного периода не зарегистрировано.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полный возврат крови из аппарата искусственного кровообращения в организм пациента приводит к увеличению уровня гемоглобина и гематокрита, сокращая объём кровопотери. Зарегистрированы более высокие показатели сердечного индекса и глобальной фракции изгнания на этапе после сведения грудины. Увеличение гемогидробаланса в интраоперационном периоде у пациентов, прооперированных в условиях ИК, может способствовать развитию органной дисфункции.

Полученные в данном исследовании результаты подтверждают приоритетность тактики кровосбережения, так как продемонстрировали значимо большие показатели гемоглобина и гематокрита в первые послеоперационные сутки в группе пациентов, в которой производили полный возврат крови из магистралей аппарата искусственного кровообращения в организм. Это соответствует многочисленным данным литературы о целесообразности и необходимости внедрения в рутинную практику хирургии кровосберегающих технологий [6]. По результатам исследования было достигнуто достоверное снижение интраоперационной кровопотери, что способствовало снижению вероятности использования донорских компонентов крови. Помимо этого, в основной группе выявили более высокие значения сердечного индекса в постперфузионном периоде. Сохранность контр-активной функции является одной из приоритетных задач у кардиохирургических пациентов, а её снижение напрямую связано с повышением количества осложнений в послеоперационном периоде и повышенной внутрибольничной летальностью [7].

Согласно данным нашего исследования, в основной группе гидробаланс был значимо большим, чем в контрольной, что, с одной стороны, в сочетании с более высокими показателями красной крови приводило к улучшению сердечного индекса, с другой — влекло за собой все недостатки увеличения кумулятивного гидробаланса. Действительно, достижение баланса между ограничением объёма

вводимой жидкости и поддержанием адекватной преднагрузки периодически может представлять определённую проблему.

Известно, что либеральная инфузионная тактика, особенно на фоне синдрома системного воспалительного ответа в кардиохирургии, может приводить к развитию отёка интерстиция и полиорганной дисфункции [8]. По нашим данным, в группе с большим гидробалансом были отмечены более высокие уровни креатинина, амилазы и аланинаминотрансферазы в первые послеоперационные сутки, а также тенденция к большей потребности пациентов в длительной (более 6 часов) послеоперационной искусственной вентиляции лёгких. Эти данные полностью соответствуют результатам ряда исследований, где было доказано, что более высокий гидробаланс увеличивает время аппаратного дыхания, а длительная искусственная вентиляция лёгких повышает риск неблагоприятного исхода [9].

Одним из вариантов оптимизации периода окончания ИК с соблюдением тактики максимального кровосбережения без увеличения кумулятивного гидробаланса является применение аппарата для аутоотрансфузии крови и отмывание оставшихся в аппарате искусственного кровообращения эритроцитов с удалением лишней жидкости [10], однако данная методика приводит к дополнительной травматизации форменных элементов крови и, по данным некоторых авторов, может ухудшать результаты лечения [11]. Действительно, оптимальным подходом к ведению пациентов кардиохирургического профиля, оперируемых в условиях ИК, является максимальная кровосберегающая тактика [12] в сочетании с уменьшением объёма периоперационной инфузионной терапии. В настоящем исследовании продемонстрирован способ возможного увеличения показателей сердечного индекса и уменьшения кровопотери в послеоперационном периоде, что в свою очередь может снизить риск развития осложнений у кардиохирургических пациентов.

Таким образом, полный возврат крови после ИК через петлю лабораторного шунта в организм пациента приводит к увеличению показателей гемоглобина и гематокрита в раннем послеоперационном периоде, сопровождается меньшим объёмом кровопотери и более высокими уровнями сердечного индекса и глобальной фракции изгнания после основного этапа операции, однако приводит к увеличению гидробаланса с развитием элементов органной дисфункции.

Ограничения исследования

Исследование имеет ряд следующих ограничений: проведено в одном центре, на небольшой выборке пациентов; пациенты поступали на плановое хирургическое вмешательство и не имели тяжёлой сопутствующей патологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, полный возврат крови из аппарата искусственного кровообращения в организм пациента приводит к увеличению уровня гемоглобина и гематокрита в раннем послеоперационном периоде, сопровождается меньшим объёмом кровопотери. Полный возврат крови после искусственного кровообращения связан с более высокими показателями сердечного индекса и глобальной фракции изгнания после основного этапа операции, в том числе не сопряжён со значимыми нежелательными явлениями.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Я.П. Киреев — определение концепции и дизайна исследования, сбор и обработка материала, работа с данными, написание черновика рукописи; Т.В. Клыпа — определение концепции и дизайна исследования, визуализация, пересмотр и редактирование рукописи; И.А. Мандель — сбор и обработка материала, работа с данными, пересмотр и редактирование рукописи; Д.С. Сунгурова — сбор и обработка материала, работа с данными; И.М. Яновская, А.Н. Шепелюк — пересмотр и редактирование рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом ФГБУ ФНКЦ ФМБА России (протокол заседания от 13.09.2023). Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При проведении исследования и создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Авторы предоставляют полный открытый (неограниченный) доступ к данным, размещённым на внешнем ресурсе. Авторы сообщают, что все данные представлены в статье.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: Yaroslav P. Kireev, conceptualization, investigation, resources, data curation, writing original draft preparation; Irina A. Mandel, investigation, resources, data curation,

writing, review and editing. Tatiana V. Klypa, conceptualization, visualization, data curation, supervision. Daria S. Sungurova, investigation, resources, data curation. Irina M. Yanovskaya, Alexandr N. Shepelyuk, writing, review and editing. Thereby, all authors provided approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: the study protocol was approved by the local ethics committee of Federal Research and Clinical Center of Specialized Medical Care and Medical Technologies FMBA of Russia (minutes of the meeting dated 13.09.2023). All study participants voluntarily signed an informed consent form before being included in the study.

Funding source: No funding.

Disclosure of interests: The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Statement of originality: The authors did not utilize previously published information (text, illustrations, data) in conducting the research and creating this paper.

Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work, data can be published as open access.

Generative AI: Generative AI technologies were not used for this article creation.

Provenance and peer-review: This paper was submitted to the journal on an initiative basis and reviewed according to the usual procedure. Two external reviewers and the scientific editor of the publication participated in the review.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Bert AA, Steams GT, Feng W, Singh AK. Normothermic cardiopulmonary bypass. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 1997;11(1):99–106. doi: 10.1016/s1053-0770(97)90262-7
2. Perrino AC, Jr, Falter F, Baker RA. *Cardiopulmonary bypass.* 3rd ed. Cambridge Academ; 2022. 288 p. ISBN: 9781009009621
3. Shander A, Corwin HL, Meier J, et al. Recommendations from the International Consensus Conference on Anemia Management in Surgical Patients (ICCAMS). *Ann Surg.* 2023;277(4):581–590. doi: 10.1097/SLA.0000000000005721 EDN: LTDHYL
4. Bhaskar B, Dulhunty J, Mullany DV, Fraser JF. Impact of blood product transfusion on short and long-term survival after cardiac surgery: more evidence. *Ann Thorac Surg.* 2012;94(2):460–467. doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.04.005
5. De Santo LS, Amarelli C, Della Corte A, et al. Blood transfusion after on-pump coronary artery bypass grafting: focus on modifiable risk factors. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2013;43(2):359–366. doi: 10.1093/ejcts/ezs223
6. Kunst G, Milojevic M, Boer Ch, et al. 2019 EACTS/EACTA/EBOP guidelines on cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery. *Br J Anaesth.* 2019;123(6):713–757. doi: 10.1016/j.bja.2019.09.012 EDN: FHKIMC
7. Reyhancan A, Büyükadalı M, Koçak E, et al. Use of cell saver in elective coronary bypass surgery: what do we risk when saving blood? *J Clin Med.* 2025;14(12):4230 doi: 10.3390/jcm14124230
8. Kochar A, Zheng Y, van Diepen S, et al. Predictors and associated clinical outcomes of low cardiac output syndrome following cardiac surgery: insights from the LEVO-CTS trial. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care.* 2022;11(11):818–825. doi: 10.1093/ehjacc/zuac114 EDN: GKONDS
9. Ferreira LO, Vasconcelos VW, de Sousa Lima J, et al. Biochemical changes in cardiopulmonary bypass in cardiac surgery: new insights. *J Pers Med.* 2023;13(10):1506. doi: 10.3390/jpm13101506 EDN: PEJFIM
10. Bolliger D, Tanaka KA. More is not always better: effects of cell salvage in cardiac surgery on post-operative fibrinogen concentrations. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2020;34(9):2383–2385. doi: 10.1053/j.jvca.2020.03.032 EDN: XDNTCB

11. Woodman RC, Harker LA Bleeding complications associated with cardiopulmonary bypass. // Blood. — 1990. — № 76. — С. 1680
12. Xie CM, Yao YT, Yang K, et al.; Evidence in Cardiovascular Anesthesia (EICA) Group. Furosemide does not reduce the

incidence of postoperative acute kidney injury in adult patients undergoing cardiac surgery: a PRISMA-compliant systematic review and meta-analysis. *J Card Surg.* 2022;37(12):4850–4860. doi: 10.1111/jocs.17120 EDN: KZCISE

ОБ АВТОРАХ

Автор, ответственный за переписку:

Мандель Ирина Аркадьевна, канд. мед. наук;
адрес: Россия, 115682, Москва, Ореховый б-р, д. 28;
ORCID: 0000-0001-9437-6591;
eLibrary SPIN: 7778-2184;
e-mail: imandel@mail.ru

Соавторы:

Киреев Ярослав Павлович;
ORCID: 0000-0002-5389-0874;
eLibrary SPIN: 8997-8962;
e-mail: yarikkireev@yandex.ru

Клыпа Татьяна Валерьевна, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-2732-967X;
eLibrary SPIN: 2349-8980;
e-mail: tvklypa@gmail.com

Сунгурова Дарья Сергеевна;
ORCID: 0009-0000-8492-1605;
e-mail: sungyr@yandex.ru

Яновская Ирина Михайловна;
ORCID: 0000-0001-8578-4710;
eLibrary SPIN: 3722-1070;
e-mail: i.janowska@yandex.ru

Шепелюк Александр Николаевич, канд. мед. наук;
ORCID: 0009-0002-3921-7509;
eLibrary SPIN: 9614-5874;
e-mail: shepeliuk77@yandex.ru

AUTHORS' INFO

The author responsible for the correspondence:

Irina A. Mandel, MD, PhD;
address: 28 Orekhovy blvd, Moscow, Russia, 115682;
ORCID: 0000-0001-9437-6591;
eLibrary SPIN: 7778-2184;
e-mail: imandel@mail.ru

Co-authors:

Yaroslav P. Kireev, MD;
ORCID: 0000-0002-5389-0874;
eLibrary SPIN: 8997-8962;
e-mail: yarikkireev@yandex.ru

Tatiana V. Klypa, MD, PhD, Professor;
ORCID: 0000-0002-2732-967X;
eLibrary SPIN: 2349-8980;
e-mail: tvklypa@gmail.com

Daria S. Sungurova;
ORCID: 0009-0000-8492-1605;
e-mail: sungyr@yandex.ru

Irina M. Yanovskaya;
ORCID: 0000-0001-8578-4710;
eLibrary SPIN: 3722-1070;
e-mail: i.janowska@yandex.ru

Alexandr N. Shepelyuk, MD, PhD;
ORCID: 0009-0002-3921-7509;
eLibrary SPIN: 9614-5874;
e-mail: shepeliuk77@yandex.ru