



Респираторная тактика во время искусственного кровообращения при кардиохирургических операциях

А. Ю. КИРИЛЛОВ, А. Г. ЯВОРОВСКИЙ, М. А. ВЫЖИГИНА, Р. Н. КОМАРОВ, П. В. НОГТЕВ, П. С. БАГДАСАРОВ, Е. Ю. ХАЛИКОВА, Д. А. ЯВОРОВСКАЯ, И. И. НО

Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова, Москва, РФ

РЕЗЮМЕ

Большое место в структуре причин послеоперационной дыхательной недостаточности в кардиохирургии занимает ателектазирование легочной ткани, формирующееся во время искусственного кровообращения (ИК). Частота этого осложнения составляет 54–92%.

Цель: оценка эффективности различных методик респираторной поддержки во время ИК.

Материалы и методы. В исследование рандомизировано 60 кардиохирургических пациентов. Группа СРАР (положительное давление в дыхательных путях +5 см H₂O) и группа ВС (вентиляция легких во время ИК с параметрами: дыхательный объем 3 мл/кг, частота дыхания 6/мин, положительное давление конца выдоха +5 см H₂O).

Результаты. Индекс оксигенации в группе ВС был выше, чем в группе СРАР, на этапах после окончания ИК (289,6 ± 100,0 в группе ВС и 223,1 ± 152,0 в группе СРАР), на конец операции (в группе ВС 318,7 ± 73,8 и в группе СРАР 275,2 ± 90,0). Частота интраоперационных (ВС 16% и СРАР 43%) и послеоперационных рекрутирующих маневров легких (ВС 7% и СРАР 26%) в группе ВС по сравнению с группой СРАР была ниже. Частота развития ателектазов в группе ВС (10%) снизилась по сравнению со СРАР (36,6%).

Вывод. Проведение малообъемной вентиляции легких в период ИК оказывает более благоприятное влияние на оксигенирующую функцию легких по сравнению с респираторной поддержкой в режиме СРАР.

Ключевые слова: респираторная поддержка, искусственное кровообращение, искусственная вентиляция легких, легочные осложнения, кардиохирургия, профилактика осложнений

Для цитирования: Кириллов А. Ю., Яворовский А. Г., Выжигина М. А., Комаров Р. Н., Ногтев П. В., Багдасаров П. С., Халикова Е. Ю., Яворовская Д. А., Но И. И. Респираторная тактика во время искусственного кровообращения при кардиохирургических операциях // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2021. – Т. 18, № 2. – С. 40-47. DOI: 10.21292/2078-5658-2021-18-2-40-47

Respiratory tactics during cardiopulmonary bypass in cardiac surgery

A. YU. KIRILLOV, A. G. YAVOROVSKIY, M. A. VYZHIGINA, R. N. KOMAROV, P. V. NOGTEV, P. S. BAGDASAROV, E. YU. KHALIKOVA, D. A. YAVOROVSKAYA, I. I. NO

I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

ABSTRACT

An important place in the structure of the causes of postoperative respiratory failure in cardiac surgery is occupied by atelectasis of the lung tissue, which is formed during cardiopulmonary bypass (CPB). The incidence of this complication makes 54–92%.

The objective: to evaluate the effectiveness of various respiratory support techniques during CPB.

Subjects and methods. 60 patients were randomly included in the study. CPAP Group (positive airway pressure +5 cm H₂O) and VC Group (lung ventilation during CPB with parameters: tidal volume 3 ml/kg, respiratory rate 6/min, positive end-expiratory pressure +5 cm H₂O).

Results. The oxygenation index in VC Group was higher than in CPAP Group at the stages after the end of CPB (289.6 ± 100.0 in VC Group and 223.1 ± 152.0 in CPAP Group), at the end of surgery (in VC Group 318.7 ± 73.8 and in CPAP Group 275.2 ± 90.0) The frequency of intraoperative (VC 16% and CPAP 43%) and postoperative recruiting lung maneuvers (VC 7% and CPAP 26%) in VC Group was lower versus CPAP Group. The incidence of atelectasis in VC Group (10%) decreased compared to CPAP (36.6%).

Conclusion: Low-volume ventilation during cardiopulmonary bypass has a more favorable effect on the oxygenating function compared to respiratory support in the CPAP mode.

Key words: respiratory support, cardiopulmonary bypass, artificial pulmonary ventilation, pulmonary complications, cardiac surgery, prevention of complications

For citations: Kirillov A.Yu., Yavorovskiy A.G., Vyzhigina M.A., Komarov R.N., Nogtev P.V., Bagdasarov P.S., Khalikova E.Yu., Yavorovskaya D.A., No I.I. Respiratory tactics during cardiopulmonary bypass in cardiac surgery. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2021, Vol. 18, no. 2, P. 40-47. (In Russ.) DOI: 10.21292/2078-5658-2021-18-2-40-47

Для корреспонденции:
Яворовский Андрей Георгиевич
E-mail: yavor@bk.ru

Correspondence:
Andrey G. Yavorovskiy
Email: yavor@bk.ru

Несмотря на заметный прогресс в области кардиохирургии, частота развития различных осложнений после операции на сердце, в том числе и легочных, остается достаточно высокой. Плевральный выпот регистрируют у 40–80% пациентов, дыхательная недостаточность развивается в 8,1% случаев, пневмония – у 3,1% больных, а при проведении продленной послеоперационной искусственной вентиляции легких (ИВЛ) вентилятор-

ассоциированная пневмония развивается у 30% пациентов [2, 3, 22].

Объясняется это исходно отягощенным соматическим статусом пациентов. К примеру, наличие в анамнезе хронических заболеваний легких, сахарного диабета, ожирения или перенесенного инфаркта миокарда независимо друг от друга повышает риск развития послеоперационной гипоксемии [13, 26]. Более того, пациенты с показателями ОФВ₁ менее

нормы по данным спирометрии, без клинической картины хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) уже имеют более высокий риск развития послеоперационных легочных осложнений [18].

Патофизиологическое влияние искусственно-го кровообращения (ИК), необходимого для выполнения операций на сердце, также вносит свой вклад в развитие послеоперационных осложнений. Так, при выполнении операции аортокоронарного шунтирования (АКШ) on-pump частота развития послеоперационных осложнений при сравнении с off-pump выше [7, 21]. Объясняется это воспалительным ответом (активация нейтрофилов с повышением количества провоспалительных медиаторов IL-1, -2, -6, -8, TNF- α , C3 и C5a, PAF и LTВ4) на контакт крови с контуром экстракорпорального кровообращения, что приводит к легочному повреждению и увеличению проницаемости альвеолярного эндотелия [6, 25]. Поскольку кровоснабжение легких в период ИК осуществляется лишь через коллатеральные сосуды и объем кровотока недостаточен для поддержания адекватной перфузии в легких, это приводит к их ишемическому повреждению. Об этом свидетельствуют данные проводимых исследований, по результатам которых выявлены как метаболические нарушения (увеличение уровня лактата в легочной ткани), так и гистологические изменения (утолщение альвеолярной перегородки и снижение площади поверхности альвеол) [23].

Ателектазирование легочной ткани также является одной из причин развития послеоперационных легочных осложнений и встречается в послеоперационном периоде достаточно часто, а именно в 54–92% случаев [20].

Отдельно стоит упомянуть период ИК, когда респираторную функцию легких протезирует аппарат ИК. Именно этот период может быть причиной большинства послеоперационных легочных осложнений.

В результате анализа исследований в области респираторной поддержки в период ИК можно сказать, что ведется поиск оптимальной тактики респираторной поддержки во время ИК, но общепринятой, единой концепции до сих пор нет, что подтверждается и данными недавних опросов медицинского сообщества в области кардиоанестезиологии некоторых европейских стран. По результатам этих опросов, в 75% центров прекращается ИВЛ во время ИК, а в 1/3 данных центров вовсе осуществляется дисконнекция от контура наркозно-дыхательной аппаратуры [5, 9].

Цель исследования: оценка эффективности различных тактик респираторной поддержки во время ИК как меры профилактики послеоперационных легочных осложнений.

Материалы и методы

Дизайн исследования

Проспективное рандомизированное контролируемое клиническое исследование с параллельными

группами. Данное исследование одобрено локальным этическим комитетом Сеченовского университета и проводится на одной из клинических баз кафедры анестезиологии и реаниматологии.

Критерии включения/исключения:

- возраст ≥ 18 лет;
- наличие информированного добровольного согласия со стороны пациента;
- плановое первичное кардиохирургическое вмешательство в условиях ИК с остановкой сердца.

В исследование не включали пациентов или исключали из него в случае, если:

- пациент по тем или иным причинам на любом из этапов отказывался от участия в исследовании;
- планировалось использовать торакотомический доступ с вентиляцией одного легкого;
- уже проводилась ИВЛ до операции;
- в прошлом было оперативное вмешательство с резекцией легкого или его доли;
- подтверждена беременность пациентки.

Точки исследования

Для оценки эффективности проводимой респираторной поддержки в качестве первичной точки исследования мы использовали величину индекса оксигенации (ИО; PaO₂/FiO₂) на различных этапах периоперационного ведения пациента как отражение респираторного статуса пациента: в операционной после интубации трахеи и начала ИВЛ, перед началом ИК, после окончания ИК, в конце операции (после сведения грудины), при поступлении в отделение реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) и через 6 и 12 ч после поступления.

Вторичные точки исследования: частота послеоперационных легочных осложнений, таких как пневмония, плевральный выпот, ателектаз, пневмоторакс, частота применения рекрутмент-маневров во время ИВЛ, потребность в проведении неинвазивной вентиляции легких (НИВЛ) после экстубации трахеи, частота повторной интубации трахеи. Дополнительно фиксировали продолжительность ИВЛ после операции, длительность пребывания в ОРИТ, частоту повторной госпитализации в ОРИТ, общую продолжительность госпитализации, летальность.

Группы пациентов и методики

Все рекрутированные в исследование пациенты распределялись в одну из двух групп исследования. В каждой из групп проводили различную тактику респираторной поддержки легких во время периода ИК.

- В 1-й группе исследования (СРАР) пациентам во время ИК с помощью наркозно-дыхательной аппаратуры в дыхательных путях поддерживали положительное давление, равное +5 см H₂O.
- Во 2-й группе исследования (VC) у пациентов продолжалась механическая вентиляция легких с помощью наркозно-дыхательной аппаратуры, с редуцированными объемами (дыхательный объем (ДО) 3 мл/кг идеальной массы тела) и частотой дыхательных движений (ЧДД 6/мин), при этом ПДКВ +5 см H₂O.

С целью исключения гипероксического повреждения легких, вне зависимости от группы, для вентиляции пациента использовали воздушную смесь с фракцией кислорода 21% [14].

Для описания и характеристики полученных результатов исследования рядов использованы следующие характеристики: среднее значение, стандартное отклонение, при проверке статистических гипотез уровень значимости при p менее 0,05. Сравнение полученных количественных результатов проводили с применением t-критерия Стьюдента, U-критерия Манна – Уитни для независимых выборок, для оценки частот развития осложнений между группами применяли точный критерий Фишера.

Результаты

На данный момент в нашем исследовании зарегистрировано 60 пациентов, которым выполняли плановую первичную кардиохирургическую операцию с ИК – 39 (65%) мужчин и 21 (35%) женщина. Характеристика этих пациентов представлена в табл. 1. Как следует из представленных в ней данных, группы статистически значимо не различались между собой.

Динамика значений индекса оксигенации (ИО) в зависимости от этапа оперативного вмешательства и группы исследования приведена в табл. 2.

При оценке результатов выходит, что ИО после индукции анестезии и после окончания ИК снижается в обеих группах: в группе СРАР – с $319,3 \pm 80,0$ до $223,1 \pm 152,0$ ($p < 0,05$); в группе ВС – с $331,4 \pm 55,0$ до $289,6 \pm 100,0$ ($p = 0,049$). Следует обратить внимание, что если у пациентов группы СРАР такая динамика оксигенирующей функции легких приводила на этапе после окончания ИК к снижению ИО ниже нормы, то в группе ВС ИО оставался в рамках нормальных значений. Более выраженное снижение ИО в группе СРАР обуславливало появление статистически значимой разницы в величинах ИО между двумя группами (группа СРАР – $223,1 \pm 152,0$, группа ВС – $289,6 \pm 100,0$; $p < 0,05$) к этому этапу.

Данная тенденция сохранялась и на этапе «конец операции», о чем свидетельствовало снижение ИО в группе СРАР по сравнению с исходом (этап вводной анестезии) с $319,3 \pm 80,0$ до $275,2 \pm 90,0$ ($p = 0,049$). Однако в группе ВС на том же этапе (конец операции) статистически значимой отрицательной динамики ИО не было (этап вводной анестезии $331,4 \pm 55,0$ и $318,7 \pm 73,8$ в конце операции; $p = 0,11$). С учетом такой динамики ИО внутри групп к концу операции также зафиксирована статистически значимая разница по величине ИО между группой ВС (ИО – $318,7 \pm 73,8$) и СРАР (ИО – $275,2 \pm 90,0$); $p = 0,045$ (значения ИО представлены в табл. 2).

Таблица 1. Демографическая и клиническая характеристика исследуемых больных

Table 1. Demographic and clinical characteristics of patients

Признаки	СРАР (n = 30)	ВС (n = 30)
Пол	70% муж. (n = 21), 30% жен. (n = 9)	60% муж. (n = 18), 40% жен. (n = 12)
Средний возраст, лет	$53,3 \pm 13,6$	$58,8 \pm 16,9$
Обструктивные нарушения по данным спирометрии, n (%)	12 (40%)	11 (36%)
Сахарный диабет в анамнезе, n (%)	3 (10%)	3 (10%)
Продолжительность ИК, мин	$171,8 \pm 56,2$	$167,1 \pm 49,2$
ГБ в анамнезе, n (%)	12 (40%)	15 (50%)
ИБС в анамнезе, n (%)	12 (40%)	15 (50%)
ХОБЛ в анамнезе, n (%)	3 (10%)	3 (10%)
Перенесенный ИМ в анамнезе, n (%)	6 (20%)	5 (17%)
Оперативные вмешательства, n (%):		
• ПАК	12 (40%)	15 (50%)
• ПМК	6 (20%)	3 (10%)
• АШК	3 (10%)	9 (10%)
• МКШ	9 (30%)	3 (10%)
• Операция Бенгалла – Де Боно	7 (23%)	5 (16%)
• Протезирование дуги аорты	2 (6%)	2 (6%)
• Операция Дэвида	1 (3%)	2 (6%)

Таблица 2. Динамика величины индекса оксигенации на различных этапах операции (PaO₂ мм рт. ст./FiO₂% × 100)

Table 2. Changes in the oxygenation index at different stages of the surgery (PaO₂ mm Hg/FiO₂% × 100)

Группа исследования	ИО после индукции анестезии	ИО перед ИК	ИО после окончания ИК	ИО в конце операции	ИО при поступлении в ОРИТ	ИО через 6 ч поступления в ОРИТ	ИО через 12 ч поступления в ОРИТ
СРАР	$319,3 \pm 80,0$	$319,40 \pm 56,48$	$223,1 \pm 152,0$	$275,2 \pm 90,0$	$324,0 \pm 115,8$	$319,6 \pm 61,2$	$326,8 \pm 60,4$
ВС	$331,4 \pm 55,0$	$333,13 \pm 64,90$	$289,6 \pm 100,0$	$318,7 \pm 73,8$	$321,9 \pm 68,9$	$330,46 \pm 62,1$	$337,7 \pm 70,1$
Значение p	0,49	0,38	0,05	0,045	0,93	0,5	0,517

Вне зависимости от группы исследования у всех пациентов в послеоперационном периоде по данным рентгенографии органов грудной клетки или УЗИ плевральных полостей определяли наличие жидкости в плевральных полостях. Однако выполнение плевральной пункции было необходимо не всем пациентам: в частности, в группе СРАР плевральную пункцию выполняли у 12 (40%) пациентов, при этом объем эвакуированной жидкости составил в среднем 390 ± 70 мл, а в группе ВС у 8 (26%) пациентов объем эвакуированной жидкости был меньше (230 ± 55 мл).

Общее количество пациентов с выявленными легочными осложнениями в послеоперационном периоде (ателектаз, пневмоторакс, пневмония), за исключением плевритов, по данным рентгенографических исследований в группах было практически одинаковым: группа СРАР – 14 (46%), группа ВС – 11 (36%). Но при структурном анализе этих осложнений выявлено, что среди 14 пациентов с легочными осложнениями группы СРАР большую часть составляли больные с ателектазами – 78% ($n = 11$), а в группе ВС таких пациентов было только 27% ($n = 3$) (табл. 3). Таким образом, частота случаев ателектазов в целом по группам статистически значимо различалась – в группе СРАР она составляла 36,6%, а в группе ВС – 10% ($p < 0,05$).

Таблица 3. Частота легочных осложнений, n (%)

Table 3. Frequency of pulmonary complications, n (%)

Показатели	СРАР	ВС	p
Общее количество легочных осложнений	27	15	
Ателектазы	11 (36,6%)	3 (10%)	< 0,05
Пневмония	2 (6,6%)	2 (6,6%)	> 0,05
Дренированные плевриты	12 (40%)	8 (26%)	> 0,05
Пневмотораксы	2 (6,6%)	2 (6,6%)	> 0,05

Частота применения рекрутмент-маневров во время операции (после ИК) для коррекции нарушенной оксигенирующей функции легких в группе СРАР составила 13 (43%), а в группе ВС – 5 (16%) ($p = 0,047$); в послеоперационном периоде – 26 и 7% соответственно ($p < 0,05$).

Проведение сеансов НИВЛ после прекращения ИВЛ требовалось у 2 пациентов в группе СРАР, в группе ВС таких пациентов не было. Необходимость реинтубации и перевода на ИВЛ в связи с развитием дыхательной недостаточности отмечена только у 1 пациента из группы СРАР. При анализе продолжительности послеоперационной ИВЛ статистически значимых различий между группами исследования не выявлено ($p = 0,72$) (табл. 4).

На этапах наблюдения в начале и в конце операции комплаенс статистически значимо не различался между группами (табл. 5).

Длительность пребывания в ОРИТ для больных обеих групп была практически одинакова (группа СРАР – $31,9 \pm 12,2$ ч, группа ВС – $30,7 \pm 11,5$ ч).

Таблица 4. Среднее время послеоперационной ИВЛ в группах исследования

Table 4. The average duration of postoperative mechanical ventilation in the groups

Группа исследования	Медиана продолжительности ИВЛ после операции (мин)
СРАР	$455,0 \pm 326,1$
ВС	$355,0 \pm 327,4$

Таблица 5. Значения комплаенса у больных исследуемых групп (мл/см H₂O)

Table 5. Compliance in patients of the study groups (ml/cm H₂O)

Группа исследования	Комплаенс в начале операции	Комплаенс в конце операции
СРАР	$42,8 \pm 9,4$	$41,3 \pm 12,5$
ВС	$40,1 \pm 9,1$	$39,7 \pm 8,1$

Средняя продолжительность госпитализации после оперативного вмешательства в группе СРАР составляет $16,5 \pm 6,5$ сут, в группе ВС – $12,5 \pm 5,4$ сут, однако статистически достоверной разницы между группами не выявлено ($p = 0,151851$).

Повторно в ОРИТ из профильного отделения поступал 1 пациент (группа СРАР), но причина перевода в ОРИТ не была связана с респираторной системой (выполнение перикардиоцентеза).

Летальных исходов в обеих группах исследования не зафиксировано.

Обсуждение

Как видно из полученных результатов, ИО после окончания операции у больных группы ВС был статистически значимо больше по сравнению с группой СРАР. Мы это связываем с большей сохранностью оксигенирующей функции легких при использовании малообъемной вентиляции в сравнении с респираторной поддержкой в режиме СРАР.

О похожих результатах сообщают в своем исследовании L. Beer et al., приводя данные о протективном влиянии низкообъемной вентиляции (3–4 мл/кг, 10–12 актов/мин) в сравнении с коллабированием легких [4]. Кроме того, в данном исследовании продемонстрировано не только увеличение PaO₂ и ИО в группе пациентов, которым проводили вентиляцию легких на этапах: конец операции, после перевода в ОРИТ и 6 ч наблюдения в ОРИТ, но и снижение системного высвобождения матриксных металлопротеиназ и тканевого ингибитора матриксной металлопротеиназы.

A. V. Durukan et al. также оценивали влияние ИВЛ во время ИК. В 1-ю группу сравнения включали пациентов, которым во время ИК проводили ИВЛ с ДО 5 мл/кг, ЧДД 5/мин и ПДКВ 0 см H₂O, во 2-й группе вентиляцию легких прекращали. По результатам данного исследования авторы сообщают о более низких значениях ИЛ-6 и ИЛ-10 после ИК в группе пациентов, которым проводили венти-

лящую легких. Несмотря на это, авторы не получили статистически значимых различий во времени послеоперационной ИВЛ, пребывания в ОРИТ и госпитализации в целом [8].

J. Gagnon et al. при выполнении ИВЛ во время ИК с параметрами ДО 3 мл/кг и ПДКВ 0 Н₂О в сравнении с отсутствием вентиляции отметили повышение значений ИО и сокращение продолжительности госпитализации, однако данные различия не были статистически значимы. Кроме того, при изучении послеоперационных осложнений различия также не выявлено [11]. В нашем исследовании получены аналогичные результаты в отношении величин ИО после окончания ИК и в конце операции. Кроме того, в отличие от результатов J. Gagnon, мы отметили, что малообъемная вентиляция имеет преимущество в отношении снижения количества ателектазов. С клинической точки зрения это чрезвычайно важно, поскольку именно ателектазы могут инициировать развитие нарушений оксигенирующей функции легких [16].

L. S. Nguyen et al. в недавнем времени также завершили достаточно крупное исследование по оценке эффективности ИВЛ во время ИК. В исследовании включено около 1 500 человек, которые распределялись в одну из двух групп. В 1-й группе не проводили никакой вентиляции во время ИК, во 2-й – ИВЛ во время ИК с параметрами ДО 3 мл/кг, ЧДД 5/мин, ПДКВ 5 см Н₂О. Согласно полученным результатам сравнения двух групп, частота развития послеоперационных осложнений оставалась на одном уровне и статистически не различалась. Кроме того, исследователи сообщили о невозможности проведения ИВЛ во время ИК со стороны хирургической бригады в 21,4% случаев (19,0% – при выполнении протезирования митрального клапана (ПМК), 8,8% – при изолированном АКШ, 10,8% при протезировании аортального клапана (ПАК) и 13,7% при операции на трикуспидальном клапане) [19]. Следует подчеркнуть, что в нашем исследовании в 10% случаев хирурги испытывали некоторое неудобство в выполнении операции на фоне малообъемной вентиляции. Случаев перехода с ИВЛ на СРАР в период ИК из-за невозможности выполнить оперативное вмешательство не было.

L. David et al. применяли у 1-й группы исследования во время ИК ИВЛ с параметрами: ДО – 3 мл/кг, ЧДД – 12/мин, ПДКВ – 8 см Н₂О и FiO₂ 40%, а также дополнительно проводили маневры рекрутирования легких на различных этапах операции; у 2-й группы обеспечивали СРАР = 2 см Н₂О. Согласно результатам данного исследования, при оценке комплаенса в конце операции получена статистически значимая разница, однако значимой разницы в отношении послеоперационных осложнений также не выявлено [15]. В нашем исследовании мы тоже проводили рекрутмент-маневр, но его применяли только при нарушении оксигенирующей функции легких, а не как способ профилактики этих изменений. Частота применения рекрутмента

в нашей работе служила критерием эффективности легочной протекции обоих вариантов респираторной поддержки во время ИК – СРАР и VC. В этом отношении VC вентиляция имела преимущество, что выражалась в меньшей частоте необходимости выполнения маневра открытия легких в периоперационном периоде.

Если рассматривать вопрос протекции легких при операциях с ИК более широко, то, конечно, только подбор адекватной респираторной поддержки во время ИК не может на 100% защитить пациента от развития послеоперационных осложнений, поскольку поражение легких во время ИК носит многофакторный характер, например контакт крови пациента с контуром аппарата ИК уже запускает развитие воспалительной реакции, ведущей в том числе и к поражению легочной ткани. С целью профилактики данных реакций контуры аппаратов ИК также подвергались модификациям. Так, применение покрытых гепарином контуров в сравнении с обычными, согласно некоторым исследованиям, уменьшает количество провоспалительных медиаторов [6, 12].

Еще одним повреждающим фактором является ишемия легких во время ИК и пережатия аорты. В этот период отсутствует кровоток по легочным сосудам и перфузия легких осуществляется лишь через бронхиальные артерии. Ограниченный объем кровотока бронхиальных артерий не способен в полной мере обеспечить потребности легочной ткани, что в конечном итоге приводит к ее ишемическому повреждению. Для предотвращения ишемического повреждения легких исследователи рекомендуют осуществлять перфузию легких во время ИК, чтобы избежать ишемии [10]. Положительные протективные эффекты такой методики подтверждаются исследованием T. Suzuki et al., проводивших легочную перфузию у младенцев. По результатам данного исследования были получены положительные результаты не только по лабораторным показателям (более высокие значения ИО в послеоперационном периоде), но и по клиническим признакам (в виде снижения продолжительности послеоперационной ИВЛ) [24]. По данным G. Raluca et al., эффективность протективной перфузии легких во время ИК может повыситься при применении специальных растворов, в частности раствора гистидин-триптофана-кетоглутарата [17]. Несомненно, заслуживают внимания работы наших соотечественников – В. В. Пичугина и др. В этих исследованиях изучалась эффективность применения перфузии легочной ткани во время ИК (оксигенированной, неоксигенированной кровью, с и без введения вазопроста) и ИВЛ во время ИК, как вместе, так и отдельно. В исследовании участвовали пациенты группы высокого риска (с высокой легочной гипертензией). При таком многофакторном подходе защиты легочной ткани выявлено, что проведение перфузии легких в сочетании с ИВЛ редуцированными объемами во время ИК эффективно сохра-

няет оксигенирующую функцию легких, легочный комплаенс, снижает внутрилегочное шунтирование крови после ИК [1].

Следует обратить внимание, что такие технологии профилактики легочных осложнений требуют наличия сложного оборудования и больших затрат для проведения операций, которые могут себе позволить далеко не все учреждения, выполняющие такие оперативные вмешательства. А предлагаемый нами подход (осуществление вентиляции легких во время ИК) может быть реализован в любой операционной, в которой проводится подобная операция, т. к. для этого требуется лишь стандартная наркозно-дыхательная аппаратура.

Анализируя исследования, направленные на определение оптимальной тактики вентиляции легких во время ИК, и неоднозначность получаемых результатов, можно сделать заключение, что поиск оптимальных тактик на данный момент не завершен. Поэтому мы считаем актуальным дальнейшее проведение нашего исследования.

Выводы

Согласно полученным результатам, можно заключить, что проведение малообъемной вентиляции легких в период ИК оказывает более благоприятное влияние на оксигенирующую функцию легких по сравнению со СРАР респираторной поддержкой. Об этом свидетельствуют:

1) статистически значимо больший индекс оксигенации у больных группы VC по сравнению с группой СРАР на этапах после окончания ИК ($289,6 \pm 100,0$ в группе VC и $223,1 \pm 152,0$ в группе СРАР) и операции (в группе VC $318,7 \pm 73,8$ и в группе СРАР $275,2 \pm 90,0$);

2) меньшая частота применения интраоперационно реkrутирующих маневров для коррекции оксигенирующей функции легких в группе VC (16%) по сравнению с группой СРАР (43%), а в послеоперационном периоде – 7 и 26% соответственно;

3) меньшая частота случаев ателектазов в группе VC (10%) по сравнению с группой СРАР (36,6%).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Conflict of Interests. The authors state that they have no conflict of interests.

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

1. Пичугин В. В., Бобер В. В., Домнин С. Е. и др. Эффективность методов защиты легких у пациентов с высокой легочной гипертензией при коррекции клапанных пороков сердца // Медицинский альманах. - 2017. - № 3 (48). - С. 130-136.
2. Allou N., Bronchard R., Guglielminotti J. et al. Risk factors for postoperative pneumonia after cardiac surgery and development of a preoperative risk score // *Crit. Care Med.* - 2014. - Vol. 42, № 5. - P. 1150-1156. doi:10.1097/ccm.0000000000000143.
3. Ball L., Costantino F., Pelosi P. Postoperative complications of patients undergoing cardiac surgery // *Curr. Opin. Crit. Care.* - 2016. - Vol. 22, № 4. - P. 386-392. doi:10.1097/mcc.0000000000000319.
4. Beer L., Warszawska J. M., Schenk P. et al. Intraoperative ventilation strategy during cardiopulmonary bypass attenuates the release of matrix metalloproteinases and improves oxygenation // *J. Surg. Res.* - 2015. - Vol. 195, № 1. - P. 294-302. doi:10.1016/j.jss.2014.12.022.
5. Bignami E., Di Lullo A., Saglietti F. et al. Routine practice in mechanical ventilation in cardiac surgery in Italy // *J. Thorac. Dis.* - 2019. - Vol. 11, № 4. - P. 1571-1579. doi:10.21037/jtd.2019.03.04.
6. Clark S. C. Lung injury after cardiopulmonary bypass // *Perfusion.* - 2019. - Vol. 21, № 4. - P. 225-228. doi:10.1191/0267659106pf8720a.
7. Cleveland J. C., Shroyer A. L. W., Chen A. Y. et al. Off-pump coronary artery bypass grafting decreases risk-adjusted mortality and morbidity // *Ann. Thorac. Surg.* - 2001. - Vol. 72, № 4. - P. 1282-1289. doi:10.1016/s0003-4975(01)03006-5.
8. Durukan A. B., Gurbuz H. A., Salman N. et al. Ventilation during cardiopulmonary bypass did not attenuate inflammatory response or affect postoperative outcomes // *Cardiovasc. J. Africa.* - 2013. - Vol. 24, № 6. - P. 224-230. doi:10.5830/CVJA-2013-041.
9. Fischer M. O., Courteille B., Guinot P. G. et al. Perioperative ventilatory management in cardiac surgery // *Medicine.* - 2016. - Vol. 95, № 9. - P. 1-7. doi:10.1097/md.00000000000002655.
10. Gabriel E. A., Fagionato L. R., Katsumi M. P. et al. Lung perfusion during cardiac surgery with cardiopulmonary bypass: is it necessary? // *Interact. CardioVasc. Thorac. Surg.* - 2008. - Vol. 7, № 6. - P. 1089-1095. doi:10.1510/icvts.2008.184275.
11. Gagnon J., Laporta D., Béique F. et al. Clinical relevance of ventilation during cardiopulmonary bypass in the prevention of postoperative lung dysfunction // *Perfusion.* - 2010. - Vol. 25, № 4. - P. 205-210. doi:10.1177/0267659110373839.
1. Pichugin V.V., Bober V.V., Domnin S.E. et al. The effectiveness of lung protection methods in patients with high pulmonary hypertension undergoing treatment of valvular heart disease. *Meditinskiy Almanakh*, 2017, no. 3 (48), pp. 130-136. (In Russ.)
2. Allou N., Bronchard R., Guglielminotti J. et al. Risk factors for postoperative pneumonia after cardiac surgery and development of a preoperative risk score. *Crit. Care Med.*, 2014, vol. 42, no. 5, pp. 1150-1156. doi:10.1097/ccm.0000000000000143.
3. Ball L., Costantino F., Pelosi P. Postoperative complications of patients undergoing cardiac surgery. *Curr. Opin. Crit. Care*, 2016, vol. 22, no. 4, pp. 386-392. doi:10.1097/mcc.0000000000000319.
4. Beer L., Warszawska J.M., Schenk P. et al. Intraoperative ventilation strategy during cardiopulmonary bypass attenuates the release of matrix metalloproteinases and improves oxygenation. *J. Surg. Res.*, 2015, vol. 195, no. 1, pp. 294-302. doi:10.1016/j.jss.2014.12.022.
5. Bignami E., Di Lullo A., Saglietti F. et al. Routine practice in mechanical ventilation in cardiac surgery in Italy. *J. Thorac. Dis.*, 2019, vol. 11, no. 4, pp. 1571-1579. doi:10.21037/jtd.2019.03.04.
6. Clark S.C. Lung injury after cardiopulmonary bypass. *Perfusion*, 2019, vol. 21, no. 4, pp. 225-228. doi:10.1191/0267659106pf8720a.
7. Cleveland J.C., Shroyer A.L.W., Chen A.Y. et al. Off-pump coronary artery bypass grafting decreases risk-adjusted mortality and morbidity. *Ann. Thorac. Surg.*, 2001, vol. 72, no. 4, pp. 1282-1289. doi:10.1016/s0003-4975(01)03006-5.
8. Durukan A.B., Gurbuz H.A., Salman N. et al. Ventilation during cardiopulmonary bypass did not attenuate inflammatory response or affect postoperative outcomes. *Cardiovasc. J. Africa*, 2013, vol. 24, no. 6, pp. 224-230. doi:10.5830/CVJA-2013-041.
9. Fischer M.O., Courteille B., Guinot P.G. et al. Perioperative ventilatory management in cardiac surgery. *Medicine*, 2016, vol. 95, no. 9, pp. 1-7. doi:10.1097/md.00000000000002655.
10. Gabriel E.A., Fagionato L.R., Katsumi M.P. et al. Lung perfusion during cardiac surgery with cardiopulmonary bypass: is it necessary? *Interact. CardioVasc. Thorac. Surg.*, 2008, vol. 7, no. 6, pp. 1089-1095. doi:10.1510/icvts.2008.184275.
11. Gagnon J., Laporta D., Béique F. et al. Clinical relevance of ventilation during cardiopulmonary bypass in the prevention of postoperative lung dysfunction. *Perfusion*, 2010, vol. 25, no. 4, pp. 205-210. doi:10.1177/0267659110373839.

12. Gu Y.J., van Oeveren W., Akkerman C. et al. Heparin-coated circuits reduce the inflammatory response to cardiopulmonary bypass // *Ann. Thorac. Surg.* - 1993. - Vol. 55, № 4. - P. 917-922. doi:10.1016/0003-4975(93)90117-z.
13. Ji Q., Mei Y., Wang X. et al. Study on the risk factors of postoperative hypoxemia in patients undergoing coronary artery bypass grafting // *Circulat. J.* - 2008. - Vol. 72, № 12. - P. 1975-1980. doi:10.1253/circj.cj-08-0369.
14. Kallet R.H., Matthay M.A. Hyperoxic acute lung injury // *Respir. Care.* - 2012. - Vol. 58, № 1. - P. 123-141. doi:10.4187/respcare.01963.
15. Lagier D., Fischer F., Fornier W. et al. Effect of open-lung vs conventional perioperative ventilation strategies on postoperative pulmonary complications after on-pump cardiac surgery: the PROVECS randomized clinical trial // *Intens. Care Med.* - 2019. - Vol. 45, № 10. - P. 1401-1412. doi:10.1007/s00134-019-05741-8.
16. Magnusson L., Zemgulis V., Tenling A. et al. Use of a vital capacity maneuver to prevent atelectasis after cardiopulmonary bypass // *Anesthesiol.* - 1998. - Vol. 88, № 1. - P. 134-142. doi:10.1097/00000542-199801000-00021.
17. Maltesen R., Buggeskov K., Andersen C. et al. Lung protection strategies during cardiopulmonary bypass affect the composition of bronchoalveolar fluid and lung tissue in cardiac surgery patients // *Metabolites.* - 2018. - Vol. 4, № 54. - P. 1-15. doi:10.3390/metabo8040054.
18. Maria K.L., Edward N., Zakliczyński M. et al. Additional spirometry criteria predict postoperative complications after coronary artery bypass grafting (CABG) independently of concomitant chronic obstructive pulmonary disease. When is off-pump CABG more beneficial? // *Pol. Arch. Med. Wewn.* - 2009. - Vol. 119, № 9. - P. 550-557. doi:10.20452/pamw.1279.
19. Nguyen L.S., Estagnasie P., Merzoug M. et al. Low-tidal volume mechanical ventilation against no ventilation during cardiopulmonary bypass in heart surgery (MECANO): a randomized controlled trial // *Chest.* - 2021. - In Press Journal Pre-Proof. - P. 1-11. doi:10.1016/j.chest.2020.10.082.
20. Pasquina P., Merlani P., Granier J.M. et al. Continuous positive airway pressure versus noninvasive pressure support ventilation to treat atelectasis after cardiac surgery // *Anesthesia & Analgesia.* - 2004. - Vol. 99, № 4. - P. 1001-1008. doi:10.1213/01.ane.0000130621.11024.97.
21. Plomondon M.E., Cleveland J.C., Ludwig S.T. et al. Off-pump coronary artery bypass is associated with improved risk-adjusted outcomes // *Ann. Thorac. Surg.* - 2001. - Vol. 72, № 1. - P. 114-119. doi:10.1016/s0003-4975(01)02670-4.
22. Rahmanian P.B., Kröner A., Langebartels G. et al. Impact of major non-cardiac complications on outcome following cardiac surgery procedures: logistic regression analysis in a very recent patient cohort // *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* - 2013. - Vol. 17, № 2. - P. 319-327. doi:10.1093/icvts/ivt149.
23. Schlensak C., Doenst T., Preuber S. et al. Cardiopulmonary bypass reduction of bronchial blood flow: A potential mechanism for lung injury in a neonatal pig model // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* - 2002. - Vol. 123, № 6. - P. 1199-1205. doi:10.1067/mtc.2002.121977.
24. Suzuki T., Fukuda T., Ito T. et al. Continuous pulmonary perfusion during cardiopulmonary bypass prevents lung injury in infants // *Ann. Thorac. Surg.* - 2000. - Vol. 69, № 2. - P. 602-606. doi:10.1016/s0003-4975(99)01332-6.
25. Wan S., Izzat M.B., Lee T.W. et al. Avoiding cardiopulmonary bypass in multivessel CABG reduces cytokine response and myocardial injury // *Ann. Thorac. Surg.* - 1999. - Vol. 68, № 1. - P. 52-56. doi:10.1016/s0003-4975(99)00315-x.
26. Weiss Y.G., Merin G., Koganov E. et al. Postcardiopulmonary bypass hypoxemia: A prospective study on incidence, risk factors, and clinical significance // *J. Cardiothorac. Vasc. Anesthesia.* - 2000. - Vol. 14, № 5. - P. 506-513. doi:10.1053/jcan.2000.9488.
12. Gu Y.J., van Oeveren W., Akkerman C. et al. Heparin-coated circuits reduce the inflammatory response to cardiopulmonary bypass. *Ann. Thorac. Surg.*, 1993, vol. 55, no. 4, pp. 917-922. doi:10.1016/0003-4975(93)90117-z.
13. Ji Q., Mei Y., Wang X. et al. Study on the risk factors of postoperative hypoxemia in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *Circulat. J.*, 2008, vol. 72, no. 12, pp. 1975-1980. doi:10.1253/circj.cj-08-0369.
14. Kallet R.H., Matthay M.A. Hyperoxic acute lung injury. *Respir. Care*, 2012, vol. 58, no. 1, pp. 123-141. doi:10.4187/respcare.01963.
15. Lagier D., Fischer F., Fornier W. et al. Effect of open-lung vs conventional perioperative ventilation strategies on postoperative pulmonary complications after on-pump cardiac surgery: the PROVECS randomized clinical trial. *Intens. Care Med.*, 2019, vol. 45, no. 10, pp. 1401-1412. doi:10.1007/s00134-019-05741-8.
16. Magnusson L., Zemgulis V., Tenling A. et al. Use of a vital capacity maneuver to prevent atelectasis after cardiopulmonary bypass. *Anesthesiol.*, 1998, vol. 88, no. 1, pp. 134-142. doi:10.1097/00000542-199801000-00021.
17. Maltesen R., Buggeskov K., Andersen C. et al. Lung protection strategies during cardiopulmonary bypass affect the composition of bronchoalveolar fluid and lung tissue in cardiac surgery patients. *Metabolites*, 2018, vol. 4, no. 54, pp. 1-15. doi:10.3390/metabo8040054.
18. Maria K.L., Edward N., Zakliczyński M. et al. Additional spirometry criteria predict postoperative complications after coronary artery bypass grafting (CABG) independently of concomitant chronic obstructive pulmonary disease. When is off-pump CABG more beneficial? *Pol. Arch. Med. Wewn.*, 2009, vol. 119, no. 9, pp. 550-557. doi:10.20452/pamw.1279.
19. Nguyen L.S., Estagnasie P., Merzoug M. et al. Low-tidal volume mechanical ventilation against no ventilation during cardiopulmonary bypass in heart surgery (MECANO): a randomized controlled trial. *Chest*, 2021, In Press Journal Pre-Proof. pp. 1-11. doi:10.1016/j.chest.2020.10.082.
20. Pasquina P., Merlani P., Granier J.M. et al. Continuous positive airway pressure versus noninvasive pressure support ventilation to treat atelectasis after cardiac surgery. *Anesthesia & Analgesia*, 2004, vol. 99, no. 4, pp. 1001-1008. doi:10.1213/01.ane.0000130621.11024.97.
21. Plomondon M.E., Cleveland J.C., Ludwig S.T. et al. Off-pump coronary artery bypass is associated with improved risk-adjusted outcomes. *Ann. Thorac. Surg.*, 2001, vol. 72, no. 1, pp. 114-119. doi:10.1016/s0003-4975(01)02670-4.
22. Rahmanian P.B., Kröner A., Langebartels G. et al. Impact of major non-cardiac complications on outcome following cardiac surgery procedures: logistic regression analysis in a very recent patient cohort. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.*, 2013, vol. 17, no. 2, pp. 319-327. doi:10.1093/icvts/ivt149.
23. Schlensak C., Doenst T., Preuber S. et al. Cardiopulmonary bypass reduction of bronchial blood flow: A potential mechanism for lung injury in a neonatal pig model. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 2002, vol. 123, no. 6, pp. 1199-1205. doi:10.1067/mtc.2002.121977.
24. Suzuki T., Fukuda T., Ito T. et al. Continuous pulmonary perfusion during cardiopulmonary bypass prevents lung injury in infants. *Ann. Thorac. Surg.*, 2000, vol. 69, no. 2, pp. 602-606. doi:10.1016/s0003-4975(99)01332-6.
25. Wan S., Izzat M.B., Lee T.W. et al. Avoiding cardiopulmonary bypass in multivessel CABG reduces cytokine response and myocardial injury. *Ann. Thorac. Surg.*, 1999, vol. 68, no. 1, pp. 52-56. doi:10.1016/s0003-4975(99)00315-x.
26. Weiss Y.G., Merin G., Koganov E. et al. Postcardiopulmonary bypass hypoxemia: A prospective study on incidence, risk factors, and clinical significance. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesthesia*, 2000, vol. 14, no. 5, pp. 506-513. doi:10.1053/jcan.2000.9488.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» МЗ РФ (Сеченовский университет),
119991, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2.

Кириллов Александр Юрьевич

врач – анестезиолог-реаниматолог,
аспирант кафедры анестезиологии и реаниматологии.
E-mail: ziglor5@gmail.com

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University),
8, Bd. 2, Trubetskaya St.,
Moscow, 119991.

Aleksandr Yu. Kirillov

Anesthesiologist and Emergency Physician, Post Graduate Student of Anesthesiology and Intensive Care Department.
Email: ziglor5@gmail.com

Яворовский Андрей Георгиевич

доктор медицинских наук, профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии, заведующий кафедрой анестезиологии и реаниматологии, врач – анестезиолог-реаниматолог.
E-mail: yavor@bk.ru

Выжигина Маргарита Александровна

доктор медицинских наук, профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии, врач – анестезиолог-реаниматолог.
E-mail: scorpi1999@mail.ru

Комаров Роман Николаевич

доктор медицинских наук, профессор кафедры факультетской хирургии № 1, врач – сердечно-сосудистый хирург, заведующий кафедрой факультетской хирургии № 1.
E-mail: komarov_r_n@staff.sechenov.ru

Ногтев Павел Владимирович

кандидат медицинских наук, доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии, врач – анестезиолог-реаниматолог, заведующий отделением анестезиологии-реанимации № 1.
E-mail: nogtev_p_v@staff.sechenov.ru

Багдасаров Павел Сергеевич

врач – анестезиолог-реаниматолог, ассистент кафедры анестезиологии и реаниматологии, заведующий отделением анестезиологии-реанимации.
E-mail: bagdasarov_p_s@staff.sechenov.ru

Халикова Елена Юрьевна

кандидат медицинских наук, доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии, врач – анестезиолог-реаниматолог.
E-mail: khalikova_e_yu@staff.sechenov.ru

Яворовская Дарья Андреевна

студентка.
E-mail: yavorovskaya.2002@mail.ru

Но Ирина Игоревна

клинический ординатор кафедры анестезиологии и реаниматологии.
E-mail: no_i_i@staff.sechenov.ru

Andrey G. Yavorovskiy

Doctor of Medical Sciences,
Professor of Anesthesiology and Intensive Care Department,
Head of Anesthesiology and Intensive Care Department.
Anesthesiologist and Emergency Physician.
Email: yavor@bk.ru

Margarita A. Vyzhigina

Doctor of Medical Sciences,
Professor of Anesthesiology and Intensive Care Department,
Anesthesiologist and Emergency Physician.
Email: scorpi1999@mail.ru

Roman N. Komarov

Doctor of Medical Sciences,
Professor of Faculty Surgery Department no. 1,
Cardiovascular Surgeon,
Head of Faculty Surgery Department no. 1.
Email: komarov_r_n@staff.sechenov.ru

Pavel V. Nogtev

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of Anesthesiology and Intensive Care Department. Anesthesiologist and Emergency Physician, Head of Anesthesiology and Intensive Care Department no. 1.
Email: nogtev_p_v@staff.sechenov.ru

Pavel S. Bagdasarov

Anesthesiologist and Emergency Physician,
Assistant of Anesthesiology and Intensive Care Department,
Head of Anesthesiology and Intensive Care Unit.
Email: bagdasarov_p_s@staff.sechenov.ru

Elena Yu. Khalikova

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of Anesthesiology and Intensive Care Department,
Anesthesiologist and Emergency Physician.
Email: khalikova_e_yu@staff.sechenov.ru

Darya A. Yavorovskaya

Student.
Email: yavorovskaya.2002@mail.ru

Irina I. No

Resident of Anesthesiology and Intensive Care Department.
Email: no_i_i@staff.sechenov.ru