

Искусственная вентиляция легких при малоинвазивных операциях коронарного шунтирования

Н. Н. Толмачева, Т. А. Пшеничный, Б. А. Аксельрод

ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. При проведении малоинвазивных операций коронарного шунтирования (КШ) обеспечение оксигенирующей функции легких является трудной задачей.

Цель: изучить возможность применения высокочастотной струйной вентиляции (ВЧВ) независимого легкого при проведении малоинвазивных операций КШ.

Материалы и методы. В исследование вошло 69 пациентов. У 32 проводили однологичную вентиляцию легких (ОВЛ), а у 37 – дифференцированную ОВЛ с ВЧВ независимого легкого. Проанализированы газовый состав артериальной крови, параметры искусственной вентиляции легких (ИВЛ) и метаболические маркеры. Оценили характер и частоту послеоперационных осложнений.

Результаты. В группе ОВЛ+ВЧВ по сравнению с группой ОВЛ уровень напряжения кислорода в артериальной крови (PaO_2) и соотношение $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ было выше на всех этапах проведения ОВЛ. Количество пациентов с $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 200$ в группе ОВЛ по сравнению с группой ОВЛ+ВЧВ было больше на этих же этапах. Не обнаружено разницы между группами в количестве послеоперационных осложнений, длительности ИВЛ и пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ).

Заключение. Применение дифференцированной ОВЛ с ВЧВ независимого легкого при малоинвазивных операциях КШ позволяет обеспечить лучшую оксигенирующую функцию легких, предупредить развитие гипоксемии и не приводит к увеличению количества послеоперационных осложнений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: однологичная вентиляция легких, искусственная вентиляция легких, высокочастотная вентиляция легких, малоинвазивные операции коронарного шунтирования, анестезия у кардиохирургических больных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Lung ventilation in minimal invasive direct coronary artery bypass surgery

N. N. Tolmacheva, T. A. Pshenichnyy, B. A. Akselrod

Petrovsky National Research Center of Surgery, Moscow, Russia

SUMMARY

Background. Providing oxygenating lung function is a difficult task during minimal invasive direct coronary artery bypass surgery (MIDCAB).

The objective was to study the possibility of using high-frequency jet ventilation (HFJV) of an independent lung during MIDCAB operations.

Materials and methods. 69 patients were examined. Single-lung ventilation (SLV) was performed in 32 patients, and differentiated SLV with HFJV of an independent lung was performed in 37 patients. The gas composition of arterial blood, parameters of artificial ventilation and metabolic markers were analyzed. The nature and frequency of postoperative complications were assessed.

Results. In the SLV+HFJV group, compared with the SLV group, the level of oxygen tension in arterial blood (PaO_2) and the $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ratio were higher at all stages of SLV. The number of patients with $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 200$ in the OVL group compared to the OVL+HFV group was higher at the same stages. No difference was found between the groups in the number of postoperative complications, duration of artificial lung ventilation (ALV), and stay in the intensive care unit (ICU).

Conclusions. The use of differentiated OVL with HFJV of an independent lung in MIDCAB operations allows for better oxygenating function of the lungs, prevents the development of hypoxemia, and does not lead to an increase in the number of postoperative complications.

KEYWORDS: Single-lung ventilation, artificial lung ventilation, high-frequency jet ventilation, cardiac surgery, minimal invasive direct coronary artery bypass surgery, cardiac anaesthesia.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

Введение

Минимально инвазивные операции на коронарных артериях (MICS CABG) являются развивающимся направлением в кардиохирургии, предлагающим пациентам менее травматичное вмешательство и более быстрое восстановление по сравнению с традиционным аортокоронарным шунтированием. Однако адекватная вентиляционная стратегия критически важна для обеспечения оптимальных хирургических условий и улучшения исходов у пациентов, подвергающихся MICS CABG [1]. Это обусловлено необходимостью ОВЛ при этом виде

вмешательств, одной из наиболее распространенных проблем при которой является гипоксемия [2]. По данным литературы, частота развития гипоксемии при ОВЛ может составлять до 20% [3]. Современные подходы к ОВЛ включают протективные стратегии вентиляции, направленные на минимизацию повреждения легких путем применения низких дыхательных объемов (≤ 6 мл/кг идеальной массы тела), положительного давления в конце выдоха (PEEP), снижения FiO_2 в безопасном диапазоне PaO_2 , рекрутмент-маневра перед началом

ОВЛ [4], однако для решения проблемы гипоксемии это зачастую недостаточно. Для улучшения оксигенации к невентилируемому легкому применяют постоянное положительное давление (CPAP) [5], высокопоточную инсуффляцию кислорода [6], вентиляцию малыми объемами [7], а также сочетают эти методики между собой [8]. Кроме того, используют технику селективной долевой блокады [9], ВЧВ [10] и даже так называемую веерную технику (fan technique), которая позволяет проводить двулегочную вентиляцию и предотвращать гипоксемию, не нарушая обзора хирургического поля [11].

Поэтому целью нашего исследования было изучить возможность применения ВЧВ независимого легкого при малоинвазивных операциях коронарного шунтирования, оценить ее эффективность и безопасность.

Материалы и методы

Простое одноцентровое нерандомизированное контролируемое ретро- и проспективное исследование проведено на базе ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б. В. Петровского». В исследование вошло 69 взрослых пациентов, которым было проведено малоинвазивное КШ на работающем сердце с 2022 по 2025 г. Критерии включения пациентов в исследование: возраст старше 18 лет, кардиохирургические операции малоинвазивного КШ из левосторонней миниторакотомии без искусственного кровообращения (ИК), наличие подписанного пациентом информированного добровольного согласия. Критерии невключения пациентов в исследование: возраст меньше 18 лет, критическая сердечная недостаточность с ФВ <30 %, острый коронарный синдром, экстренный характер вмешательства, нестабильное состояние, отказ пациента от участия в исследовании. В ретроспективной группе проводили ОВЛ правого легкого (группа ОВЛ, n=32). В проспективной группе – ОВЛ правого легкого и ВЧВ левого (независимого) легкого (группа ОВЛ+ВЧВ, n=37).

ИВЛ проводили при помощи наркозно-дыхательного аппарата Primus (Dräger, Германия). В обеих группах до этапа торакотомии проводили ИВЛ с контролем по объему с дыхательным объемом (ДО) 4–6 мл/кг идеальной массы тела (ИМТ). После торакотомии начинали проведение ОВЛ. В группе ОВЛ+ВЧВ начинали ВЧВ независимого легкого высокочастотным струйным аппаратом ИВЛ-ВЧ/100-«ЗисЛайн» (ООО фирма «Тритон-ЭлектроникС», г. Екатеринбург) с начальными параметрами МОД 10 л/мин и частотой циклов 100–120/мин. В данном аппарате FiO_2 при инъекционной струйной вентиляции не регулируется и составляет, по данным производителя, около 50 %. После сведения ребер возвращались к двулегочной вентиляции, при необходимости выполняли маневр раскрытия альвеол (рекрутмент).

В исходе оценивали АД, ЧСС, данные пульсоксиметрии (SpO_2). После индукции анестезии оценивали инвазивное АД, ЦВД, ЧСС, SpO_2 , параметры биомеханики дыхания, EtCO_2 , а также данные лабораторных исследований (PaO_2 , PaCO_2 , $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, показатели кислотно-щелочного

состояния, лактат артериальной крови) на 30, 60, 120, 180 минутах ОВЛ, в конце операции, а также при поступлении в ОРИТ. Первичной конечной точкой была частота случаев гипоксемии во время ОВЛ. За случай интраоперационной гипоксемии было принято значение соотношения $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 200$ [12]. Вторичными конечными точками были количество легочных осложнений, длительность пребывания в ОРИТ, длительность пребывания в стационаре, госпитальная летальность.

Статистическая обработка данных. Количественные показатели, предварительно оцененные на нормальность распределения, описывались с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD) при нормальном распределении и с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1–Q3) в случае отсутствия нормального распределения. Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение двух групп по количественному показателю выполнялось с помощью t-критерия Стьюдента либо U-критерия Манна – Уитни, а сравнение процентных долей – с помощью критерия хи-квадрат Пирсона или точного критерия Фишера. Уровень принятия решения о статистической значимости различий приняли равным 0,05. Для статистического анализа использовали статистический пакет программного обеспечения SPSS Statistics 27.

Исследование выполнено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации в редакции 2013 г. Исследование одобрено локальным этическим комитетом (протокол заседания ЛЭК № 10 от 16.12.2022). Все пациенты проспективной группы подписывали до операции информированное добровольное согласие на участие в исследовании.

Результаты

При анализе данных не отмечено различий между пациентами сравниваемых групп в антропометрических и демографических показателях, характере сопутствующих заболеваний, длительности операции, анестезии, ИВЛ в операционной и ОВЛ. Различий в количестве анастомозов не было. Максимально было реваскуляризировано 4 артерии. За весь период интраоперационного наблюдения не выявлено различий в уровне АД, ЧСС и ЦВД между группами. При проведении ОВЛ PaO_2 было выше в группе ОВЛ+ВЧВ по сравнению с группой ОВЛ на всех этапах ОВЛ. Различий в PaO_2 в начале и конце операции, а также в ОРИТ не было (табл. 1).

Отношение $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ также было выше в группе ОВЛ+ВЧВ по сравнению с группой ОВЛ на всех этапах ОВЛ и не различалось между группами в начале и конце операции, а также при поступлении в ОРИТ (табл. 2).

Количество пациентов с $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 200$ в группе ОВЛ+ВЧВ было меньше по сравнению с группой ОВЛ на всех этапах ОВЛ (табл. 3).

Показатели пульсоксиметрии (SpO_2) при поступлении в операционную не различалось между группами. Интраоперационно SpO_2 была выше в группе ОВЛ+ВЧВ по сравнению с группой ОВЛ с 60 по 180 мин ОВЛ,

Таблица 1
Показатели напряжения кислорода в артериальной крови (PaO₂, мм рт. ст.)
на этапах исследования

Параметры на этапах исследования, Ме [IQR]	Группа ОВЛ+ВЧВ, n=37	Группа ОВЛ, n=32	Уровень значимости, p
PaO ₂ после индукции	181,50 [144,75; 212,50]	175,00 [125,00; 203,00]	0,475
PaO ₂ 30 мин ОВЛ	118,50 [104,75; 169,25]	81,00 [74,00; 100,00]	<0,001
PaO ₂ 60 мин ОВЛ	140,00 [98,75; 165,25]	80,50 [73,00; 99,25]	<0,001
PaO ₂ 120 мин ОВЛ	131,00 [106,00; 158,00]	89,00 [81,00; 100,00]	<0,001
PaO ₂ 180 мин ОВЛ	145,50 [117,75; 158,50]	92,50 [84,00; 98,75]	<0,001
PaO ₂ конец операции	146,50 [109,75; 226,00]	144,00 [113,00; 196,00]	0,683
PaO ₂ в ОРИТ	130,94 (34,33)	133,15 (34,78)	0,792

Таблица 2
Значение отношения PaO₂/FiO₂ на этапах исследования

Параметры на этапах исследования	Группа ОВЛ+ВЧВ	Группа ОВЛ	Уровень значимости, p
PaO ₂ /FiO ₂ после индукции, М (SD)	356,97 (109,73)	357,36 (105,06)	0,988
PaO ₂ /FiO ₂ 30 мин ОВЛ, Ме [IQR]	239,50 [143,75; 303,50]	117,00 [100,00; 156,00]	<0,001
PaO ₂ /FiO ₂ 60 мин ОВЛ, Ме [IQR]	245,50 [160,50; 342,50]	116,00 [99,50; 148,00]	<0,001
PaO ₂ /FiO ₂ 120 мин ОВЛ, Ме [IQR]	227,00 [177,50; 317,25]	125,00 [107,00; 160,00]	<0,001
PaO ₂ /FiO ₂ 180 мин ОВЛ, Ме [IQR]	263,00 [205,00; 337,25]	122,50 [109,25; 155,75]	<0,001
PaO ₂ /FiO ₂ конец операции, М (SD)	311,31 (109,77)	283,06 (97,11)	0,263
PaO ₂ /FiO ₂ в ОРИТ, М (SD)	335,64 (78,04)	328,06 (81,35)	0,694

Таблица 3
Количество пациентов с PaO₂/FiO₂ ≤200 на этапах исследования

Этапы исследования	Группа ОВЛ+ВЧВ, n (%)	Группа ОВЛ, n (%)	Уровень значимости, p
После индукции	5 (13,5)	2 (6)	0,319
30 мин ОВЛ	14 (37,8)	29 (90,6)	<0,001
60 мин ОВЛ	13 (35,1)	28 (90,3)	<0,001
120 мин ОВЛ	12 (38)	21 (87,5)	<0,001
180 мин ОВЛ	6 (31,5)	12 (80)	0,005
Конец операции	5 (13,5)	8 (21,6)	0,224
ОРИТ	1 (2,7)	2 (6,25)	0,472

а также в ОРИТ. РаСО₂ и рН артериальной крови не различались между группами на всех этапах исследования.

Уровень лактата артериальной крови был ниже в группе ОВЛ+ВЧВ по сравнению с группой ОВЛ на всех этапах исследования, начиная с 60 мин ОВЛ, а также в конце операции (p<0,001) и в ОРИТ (p=0,012), однако оставался в пределах референсных значений.

По данным биомеханики дыхания между группами не было различий в показателях давления плато (P_{plat}), динамической торакопульмональной податливости (C_{compl}), используемого уровня РЕЕР. Пиковое давление в дыхательных путях было статистически значимо ниже в группе ОВЛ+ВЧВ по сравнению с группой ОВЛ только на 60 мин ОВЛ, однако МОД и ДО были значимо ниже в группе

ОВЛ+ВЧВ по сравнению с группой ОВЛ на всех этапах исследования, начиная с 30 мин ОВЛ (p<0,05).

В послеоперационном периоде между группами не отмечено разницы в длительности ИВЛ после операции (5 [4; 6] ч в группе ОВЛ против 5 [4; 7] ч в группе ОВЛ+ВЧВ, p=0,454), а также в длительности пребывания в ОРИТ (18 [15; 23] ч в группе ОВЛ и 16 [13; 21] ч в группе ОВЛ+ВЧВ, p=0,160). Не отмечено различий в количестве дыхательных осложнений, потребности в неинвазивной масочной вентиляции легких (НИМВ), а также кардиотонической и вазопрессорной поддержке. Летальных исходов не было.

Обсуждение

Наше исследование показало, что применение ВЧВ независимого легкого при проведении ОВЛ значительно улучшает показатели оксигенации. Количество пациентов с индексом PaO₂/FiO₂ ≤200 было также значительно меньше в группе ОВЛ+ВЧВ на всех этапах ОВЛ. Как показали исследования Y. Yang и соавт., при операциях торакоскопической лобэктомии СРАР независимого легкого в сочетании с вентиляцией малыми объемами (МОВ) также может улучшать оксигенацию [8]. Авторы получили более высокие значения PaO₂ на 30 мин ОВЛ в группе СРАР+МОВ по сравнению с группой ОВЛ, но не получили статистической разницы между этими группами на 60 мин ОВЛ, тогда как в нашем исследовании показатели PaO₂ были значимо выше в группе ОВЛ+ВЧВ по сравнению с группой ОВЛ на всех этапах исследования.

C. L'Asqua и соавт. в своем исследовании не получили улучшения оксигенации от СРАР независимого легкого во время ОВЛ для хирургической абляции фибрилляции предсердий [13]. В нашем исследовании мы не получили статистической разницы в РаСО₂ между группами, тогда как Y. Yang и соавт. сообщают, что значения РаСО₂ были значительно ниже в группе СРАР+МОВ по сравнению с группой ОВЛ (p<0,05) [8]. Авторы выделяют как преимущество возможность поддерживать при вентиляции независимого легкого FiO₂ 60 % в группе СРАР+МОВ в отличие от группы ОВЛ, где для коррекции гипоксемии применяли FiO₂ 100 % [8]. В нашем исследовании улучшение оксигенации в группе ОВЛ+ВЧВ достигалось при значительно более низком значении FiO₂ с 30

по 180 мин ОВЛ по сравнению с группой ОВЛ (например, на 60 мин ОВЛ 59 ± 13 против 71 ± 13 %, $p < 0,001$). В исследовании А. Г. Фаршатова и соавт. свою эффективность для коррекции гипоксемии во время видеоторакоскопических операций также показали высокопоточная инсuffляция кислорода и СРАР [6]. К преимуществам ВПИ по сравнению СРАР относятся меньшее FiO_2 (50 против 100 %) и хороший обзор хирургического поля. Многие авторы сообщают о применении селективной долевой блокады для коррекции рефрактерной гипоксемии на фоне ОВЛ. Например, D. Agrawal и соавт. выполнили лобарную изоляцию верхней доли левого легкого с использованием бронхиального блокатора при минимально инвазивном КШ, с применением СРАР нижней доли, так как применение СРАР ко всему легкому значительно ухудшало обзор и мешало проведению операции [9]. Это позволило скорректировать гипоксемию и безопасно завершить процедуру (PaO_2 при ОВЛ 45 мм рт. ст., после селективной долевой блокады + СРАР нижнего легкого 96 мм рт. ст.). Что касается нашего исследования, то ОВЛ, безусловно, имело однозначные преимущества с точки зрения хирургического комфорта, однако ВЧВ независимого легкого нарушало обзор лишь незначительно и с успехом регулировалось изменениями параметров вентиляции. Кроме того, следует отметить, что в нашем исследовании МОД и ДО были значимо ниже в группе ОВЛ+ВЧВ начиная с 30 мин ОВЛ ($p < 0,05$). Таким образом, результаты нашего исследования свидетельствуют о том, что стратегия ОВЛ+ВЧВ является более эффективной, чем традиционная ОВЛ, позволяя достигать лучшей оксигенации с применением меньших дыхательных объемов и не использовать высокие концентрации кислорода, что соответствует принципам протективной ИВЛ. ВЧВ независимого легкого является разумным компромиссом, который позволяет не только выполнить операцию более щадящим способом, но и обеспечить безопасность пациента.

Заключение

Применение дифференцированной ОВЛ с ВЧВ независимого легкого при малоинвазивных операциях коронарного шунтирования позволяет обеспечить лучшую оксигенацию, предупредить развитие гипоксемии и не приводит к увеличению количества послеоперационных осложнений.

Список литературы / References

1. Aston D., Zeloof D., Falter F. Anaesthesia for minimally invasive cardiac surgery. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*. 2023; 10 (11): 462. DOI: 10.3390/jcdd10110462
2. Shum S., Huang A., Slinger P. Hypoxaemia during one lung ventilation. *BJA education*. 2023; 23 (9): 328–336. DOI: 10.1016/j.bjoe.2023.05.006
3. Langiano N. et al. Airway management in anesthesia for thoracic surgery: a "real life" observational study. *Journal of thoracic disease*. 2019; 11 (8): 3257. DOI: 10.21037/jtd.2019.08.57
4. Grande B., Ganter M.T. What is the best strategy for one-lung ventilation during thoracic surgery? *Journal of thoracic disease*. 2018; 10 (12): 6404. DOI: 10.21037/jtd.2018.11.100
5. Campos J.H., Peacher D. Application of Continuous Positive Airway Pressure During Video-Assisted Thoracoscopic Surgery. *Current Anesthesiology Reports*. 2021; 11 (4): 446–456. DOI: 10.1007/s40140-021-00479-w
6. Фаршатов А. Г., Ершов Е. Н., Шеголев А. В. Сравнение эффективности применения высокопоточной инсuffляции кислорода и постоянного положительного давления во время однологичной вентиляции при видеоторакоскопических операциях. *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2023; 20 (3): 20–26. DOI: 10.24884/2078-5658-2023-20-3-20-26
Farshatov A. G., Ershov E. N., Shchegolev A. V. Comparison of the efficacy of high-flow oxygen insufflations and continuous positive airway pressure during one-lung ventilation undergoing video-assisted thoracoscopic surgery. *Messenger of anesthesiology and resuscitation*. 2023; 20 (3): 20–26. (In Russ.). DOI: 10.24884/2078-5658-2023-20-3-20-26
7. Shechtman M. Y. et al. Mini-ventilation for improved oxygenation during lung resection surgery. *Anaesthesia and intensive care*. 2011; 39 (3): 456–459. DOI: 10.1177/0310057X1103900317
8. Yang Y. et al. Continuous positive airway pressure combined with small-tidal-volume ventilation on arterial oxygenation and pulmonary shunt during one-lung ventilation in patients undergoing video-assisted thoracoscopic lobectomy: A randomized, controlled study. *Annals of Thoracic Medicine*. 2024; 19 (2): 155–164. DOI: 10.4103/atm.atm_240_23
9. Agrawal D. R., Nambala S., Fartado A. Selective lobar blockade in minimally invasive coronary artery bypass grafting: A technical advantage in patients with low respiratory reserve that precludes one-lung ventilation. *Annals of Cardiac Anaesthesia*. 2016; 19: 542–544. DOI: 10.4103/0971-9784.185560
10. Nakatsuka M., Wetstein L., Keenan R. L. Unilateral high-frequency jet ventilation during one-lung ventilation for thoracotomy. *The Annals of thoracic surgery*. 1988; 46 (6): 654–660. DOI: 10.1016/s0003-4975 (10) 64729-7
11. Assmann A. K., Lichtenberg A., Assmann A. Bilateral internal thoracic artery minimally invasive CABG management in COPD. *The Thoracic and Cardiovascular Surgeon Reports*. 2022; 11 (01): e14–e16. DOI: 10.1055/s-0041-1739186
12. Ranieri V. M. et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition / *JAMA: Journal of the American Medical Association*. 2012; 307: 23. DOI: 10.1001/jama.2012.5669
13. L'Acqua C. et al. CPAP effects on oxygen delivery in one-lung ventilation during minimally invasive surgical ablation for atrial fibrillation in the supine position. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2020; 34 (11): 2931–2936. DOI: 10.1053/j.jvca.2020.03.064

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Статья поступила / Received 09.09.2025
Получена после рецензирования / Revised 10.09.2025
Принята в печать / Accepted 28.10.2025

Сведения об авторах

Толмачева Надежда Николаевна, врач анестезиолог-реаниматолог.
E-mail: nadezda.tolmachova@gmail.com. ORCID: 0000-0003-2405-9368
Пшеничный Тимофей Андреевич, к.м.н., врач анестезиолог-реаниматолог.
E-mail: dr.pshenichnyi@gmail.com. ORCID: 0000-0002-8978-0394
Аксельрод Борис Альбертович, д.м.н., проф., врач анестезиолог-реаниматолог, зав. отделением анестезиологии-реанимации.
E-mail: 7403797@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4434-3123

ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского»,
Москва, Российская Федерация

Автор для переписки: Толмачева Надежда Николаевна.
E-mail: nadezda.tolmachova@gmail.com

About authors

Tolmacheva Nadezhda N., anesthesiologist.
E-mail: nadezda.tolmachova@gmail.com. ORCID: 0000-0003-2405-9368
Pshenichnyy Timofey A., PhD Med, anesthesiologist.
E-mail: dr.pshenichnyi@gmail.com. ORCID: 0000-0002-8978-0394
Akselrod Boris A., DM Sci (habil.), professor, anesthesiologist, head of Dept of Cardioanesthesiology. E-mail: 7403797@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4434-3123

Petrovsky National Research Center of Surgery, Moscow, Russia

Corresponding author: Tolmacheva Nadezhda N.
E-mail: nadezda.tolmachova@gmail.com

Для цитирования: Толмачева Н. Н., Пшеничный Т. А., Аксельрод Б. А. Искусственная вентиляция легких при малоинвазивных операциях коронарного шунтирования. *Медицинский алфавит*. 2025; (27): 18–21. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-27-18-21>

For citation: Tolmacheva N. N., Pshenichnyy T. A., Akselrod B. A. Lung ventilation in minimal invasive direct coronary artery bypass surgery. *Medical alphabet*. 2025; (27): 18–21. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-27-18-21>