

DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab633051>

Неинвазивная масочная вентиляция лёгких вне отделения реанимации как мера реабилитации после кардиохирургических операций: рандомизированное проспективное исследование

А.А. Дворядкин¹, Д.А. Поляков¹, Е.В. Белякова¹, Д.Н. Проценко^{2, 3}, Л.А. Кричевский^{1, 4}¹ Городская клиническая больница имени С.С. Юдина, Москва, Россия;² Московский многопрофильный клинический центр «Коммунарка», Москва, Россия;³ Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия;⁴ Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Кардиохирургические вмешательства с искусственным кровообращением ассоциированы с высоким риском развития респираторных осложнений. Периоперационное повреждение лёгких вследствие их ишемии и реперфузии, искусственной вентиляции, механического воздействия и других факторов, с одной стороны, является триггером асептического воспаления в лёгких, с другой — делает компрометированные лёгкие уязвимой мишенью для присоединения инфекции. Активно разрабатываемые методики защиты лёгких, протективной вентиляции лёгких ограничены периоперационным и реанимационным этапами и не исчерпывают весь спектр респираторной поддержки, в частности, требуемой на более поздних этапах послеоперационной госпитализации, что диктует необходимость поиска методов респираторной реабилитации и после перевода из отделения реанимации и интенсивной терапии.

Цель исследования — оценка эффективности респираторной реабилитации кардиохирургических пациентов с применением неинвазивной масочной вентиляции лёгких, проводимой вне отделения реанимации и интенсивной терапии, по сравнению со стандартной дыхательной гимнастикой.

Материалы и методы. В исследование включено 60 пациентов в возрасте 62 ± 12 лет после кардиохирургических операций с искусственным кровообращением (86 ± 17 минут) — шунтирования 2 ± 1 коронарных артерий, потребовавших искусственной вентиляции лёгких более 6 часов после операции. После перевода из отделения реанимации и интенсивной терапии пациентам группы контроля ($n=30$) проводили стандартную дыхательную реабилитацию, пациентам основной группы ($n=30$) — дополнительно четыре сеанса неинвазивной масочной вентиляции лёгких.

Результаты. У пациентов группы неинвазивной масочной вентиляции лёгких отмечалось более быстрое восстановление функции внешнего дыхания, что позволило сократить сроки послеоперационной госпитализации ($10 [8; 15]$) в сравнении с группой стандартной респираторной реабилитации ($14 [13; 20]$), $p=0,041$.

Заключение. Применение неинвазивной масочной вентиляции лёгких вне отделения реанимации и интенсивной терапии в дополнении к стандартному протоколу респираторной активизации безопасно и позволяет ускорить процесс дыхательной реабилитации, сократить длительность госпитализации после операций коронарного шунтирования.

Ключевые слова: кардиохирургия; искусственное кровообращение; постперфузионное повреждение лёгких; неинвазивная масочная вентиляция лёгких.

Как цитировать:

Дворядкин А.А., Поляков Д.А., Белякова Е.В., Проценко Д.Н., Кричевский Л.А. Неинвазивная масочная вентиляция лёгких вне отделения реанимации как мера реабилитации после кардиохирургических операций: рандомизированное проспективное исследование // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. 2024. Т. 6, № 3. С. 220–229. DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab633051>

DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab633051>

Noninvasive ventilation outside the intensive care unit for respiratory rehabilitation after on-pump cardiac surgery: a prospective randomized controlled trial

Artem A. Dvoryadkin¹, Dmitry A. Polyakov¹, Ekaterina V. Belyakova¹, Denis N. Protsenko^{2, 3}, Lev A. Krichevskiy^{1, 4}

¹ Moscow City Hospital named after S.S. Yudin, Moscow, Russia;

² Moscow Multidisciplinary Clinical Center "Kommunarka", Moscow, Russia;

³ The Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov, Moscow, Russia;

⁴ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Cardiac surgery with cardiopulmonary bypass is associated with a high risk of postoperative respiratory complications. Perioperative damage to the lungs caused by ischemia and reperfusion, mechanical ventilation, trauma, etc., is a trigger for aseptic inflammation in the lungs, and it makes compromised lungs an easy target for infection. Actively developed methods of protecting the lungs, such as lung-protective ventilation, are limited to the perioperative and resuscitation stages and do not exhaust the entire range of respiratory support required in the later stages of postoperative hospitalization. This indicates the need for methods of respiratory rehabilitation following transfer from the intensive care unit.

AIM: To evaluate the effectiveness of respiratory rehabilitation using noninvasive mask lung ventilation performed outside the intensive care unit in cardiosurgical patients compared to standard breathing exercises.

MATERIALS AND METHODS: This prospective, randomized, single-center study included 60 patients aged 62±12 years who underwent cardiac surgery with cardiopulmonary bypass (86±17 min) with bypass grafting of 2±1 coronary arteries and required mechanical lung ventilation for more than 6 hours following surgery. After transfer from the intensive care unit, patients in the control group ($n=30$) underwent standard respiratory rehabilitation, and those in the main group ($n=30$) additionally received four sessions of noninvasive mask lung ventilation.

RESULTS: The patients in the main group had a more rapid respiratory function recovery and, thus, reduced postoperative hospitalization time (10 [8; 15]) compared to those in the standard group (14 [13; 20]).

CONCLUSION: The use of noninvasive mask lung ventilation outside the intensive care unit along with the standard respiratory activation protocol is safe and speeds up respiratory rehabilitation and reduces postoperative hospitalization of patients after coronary bypass surgery.

Keywords: cardiac surgical procedures; cardiopulmonary bypass; lung injury; noninvasive ventilation.

To cite this article:

Dvoryadkin AA, Polyakov DA, Belyakova EV, Protsenko DN, Krichevskiy LA. Noninvasive ventilation outside the intensive care unit for respiratory rehabilitation after on-pump cardiac surgery: a prospective randomized controlled trial. *Physical and rehabilitation medicine, medical rehabilitation*. 2024;6(3):220–229. DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab633051>

Список сокращений

ИВЛ — искусственная вентиляция лёгких

НИМВЛ — неинвазивная масочная вентиляция лёгких

ОРИТ — отделение реанимации и интенсивной терапии

ОБОСНОВАНИЕ

Ухудшение функции лёгких является закономерным неблагоприятным следствием искусственного кровообращения, применяемого для обеспечения операций на сердце [1–4].

Патогенез постперфузионной респираторной дисфункции связан с несколькими хорошо изученными факторами. Прежде всего, типичная методика искусственного кровообращения предусматривает практически полное прекращение кровоснабжения лёгких из лёгочной артерии, сохраняя лишь кровоток по бронхиальным ветвям грудной аорты. Некоторые авторы считают этот патогенетический механизм настолько значимым, что разрабатывают специфические профилактические меры, направленные на сохранение кровотока в лёгочной артерии [5, 6] или защиту лёгких путём введения консервирующего раствора «Кустодиол» [7, 8] в период искусственного кровообращения. Повреждение лёгочной паренхимы также является неизбежным результатом постперфузионной системной воспалительной реакции [9]. Ранее мы указывали на дыхательную недостаточность фактически как на составную патофизиологическую и клиническую часть постперфузионного воспалительного ответа [10]. Нередкой причиной лёгочного повреждения в кардиохирургии становится массивная гемотрансфузия, особенно при экстренном коронарном шунтировании на фоне агрессивной предоперационной антитромбоцитарной и антикоагулянтной терапии [11].

Тактика искусственной вентиляции лёгких (ИВЛ) и респираторной поддержки в отделениях реанимации после операций с искусственным кровообращением детально разработана [12–14]. Однако меры дальнейшей респираторной реабилитации кардиохирургических больных после их перевода в профильные палаты остаются менее разработанными и обоснованными, часто сводятся к применению кустарных устройств. Наш интерес привлекла возможность использования неинвазивной масочной вентиляции лёгких (НИМВЛ), хорошо известной меры интенсивной терапии в отделениях реанимации [1–3], в виде сеансов после перевода из реанимационного отделения.

Цель исследования — оценка эффективности респираторной реабилитации кардиохирургических пациентов с применением неинвазивной масочной вентиляции лёгких, проводимой вне отделения реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ), по сравнению со стандартной дыхательной гимнастикой.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Одноцентровое рандомизированное проспективное.

Критерии соответствия

Критерии включения: пациенты, перенёвшие операцию аортокоронарного шунтирования с искусственным кровообращением (86 ± 17 минут) в условиях холодовой кровяной кардиopleгии, которым после операции потребовалась ИВЛ более 6 часов в связи с респираторной дисфункцией.

Критериями исключения явились другие возможные причины пролонгирования ИВЛ: наличие гидро-/пневмоторакса; кровопотеря более 1 л; постмедикация; неврологические осложнения; потребность в инфузии эпинефрина более 50 нг/кг в минуту и/или норэпинефрина более 0,3 мкг/кг в минуту.

Условия проведения

Исследование проводилось на базе ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы».

Продолжительность исследования

Продолжительность периода включения в исследование составляла 3 месяца; продолжительность периода наблюдения — весь госпитальный период до выписки пациента из стационара.

Описание медицинского вмешательства

У всех прооперированных пациентов для индукции общей анестезии использовали внутривенное введение мидазолама (0,05–0,08 мг/кг), пропофола (0,5–2 мг/кг), фентанила (2,5–3,5 мкг/кг) и рокурония бромид (1 мг/кг). Поддержание анестезии осуществляли севофлураном (0,5–1,0 минимальной альвеолярной концентрации), а во время искусственного кровообращения — пропофолом (3–4 мг/кг в час). Фентанил вводили внутривенно инфузионно в дозе 3–4 мкг/кг в час, а на травматичных этапах операции добавляли дробно по 2–4 мкг/кг. Поддержание миоплегии осуществляли дробным внутривенным введением рокурония бромида.

Искусственное кровообращение проводили аппаратом Maquet HL 20 с мембранным оксигенатором Quadrox (Германия) в условиях нормотермии ($36\text{--}37^\circ\text{C}$) с индексированной скоростью перфузии 2,3–2,5 л/м²

в минуту и поддержанием среднего артериального давления 60–80 мм рт.ст. Контуры искусственного кровообращения подключали по схеме «правое предсердие–аорта». В период пережатия аорты для защиты миокарда от аноксического повреждения использовали холодовую кровяную кардиоплегию.

Отлучение пациентов от ИВЛ и экстубацию трахеи осуществляли по стандартным критериям: полное восстановление сознания и мышечного тонуса, восстановление механики внешнего дыхания, индекс оксигенации PaO_2/FiO_2 более 300 мм рт.ст.

Методом конвертов пациентов рандомизировали в две группы, в которых использовали различную тактику респираторной реабилитации после перевода из отделения реанимации в палату кардиохирургии. Использовали общепринятые критерии выписки из стационара [15]: стабильные витальные функции; способность самостоятельно вставать с кровати не менее 3 раз в сутки, в том числе для выполнения физиологических отправок; способность пить и принимать пищу; отсутствие выраженного болевого синдрома; успешная реабилитация (самостоятельная ходьба по коридору не менее 30–50 м 3 раза в день);

отсутствие физикальных и рентгенологических признаков лёгочных ателектазов и плеврального выпота; сатурация гемоглобина (пульсоксиметрия) при дыхании атмосферным воздухом более 88–90%; максимальная температура тела за сутки не выше 37,5–37,8°C.

Пациентам группы контроля ($n=30$) проводили стандартную дыхательную реабилитацию по общепринятой в стационаре методике, включающей побудительную спирометрию (ежедневные занятия с побудительным спирометром по 2–3 минуты 7–10 раз в сутки в течение всего послеоперационного периода). Пациентам основной группы ($n=30$) в дополнение к стандартному протоколу реабилитации проводили НИМВЛ при помощи лицевой маски NovaStar коротким курсом, состоявшим из 4 ежедневных сеансов длительностью 30 минут каждый.

Сеансы НИМВЛ проводили в положении сидя таким образом, чтобы пациент посредством визуального контроля (рис. 1) мог оценивать глубину вдоха, т.е. методика носила побудительный характер. На всех этапах исследования для подбора параметров НИМВЛ использовали комфортный уровень давления поддержки вдоха 6–12 mbar, требуемый для достижения целевого дыхательного объёма, положительное давление в конце выдоха 6 mbar, фракцию кислорода во вдыхаемом воздухе 30%.

Методы регистрации исходов

Проводили измерение частоты дыхательных движений, частоты сердечных сокращений, артериального давления, сатурации крови при помощи пульсоксиметрии, термометрию, а также лучевые методы диагностики (рентгенография органов грудной клетки, ультразвуковое исследование).

Основной исход исследования: нормализация респираторной функции, более быстрое достижение критериев выписки, сокращение длительности послеоперационного пребывания в стационаре.

Этическая экспертиза

Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Минздрава России (протокол заседания № 181 от 28.01.2019).

Статистический анализ

Статистический анализ производили при помощи коммерческих программ Medcalc, Microsoft Excel. Для определения характера распределения использовали метод Колмогорова–Смирнова. При наличии нормального распределения данные представляли как $M \pm \sigma$, где M — среднее значение, σ — стандартное отклонение; при распределении, отличном от нормального, — как медиану и интерквартильный размах ($Me [Q1; Q3]$). При нормальном распределении данных для внутри- и межгруппового



Рис. 1. Сеанс неинвазивной масочной вентиляции лёгких с самоконтролем параметров дыхания.

Fig. 1. Noninvasive mask lung ventilation session with self-monitoring of breathing parameters.

сравнения параметров использовали критерий Стьюдента, при ненормальном распределении для внутригруппового анализа — критерий Вилкоксона, для межгруппового — критерий Манна–Уитни. Достоверными считали различия между параметрами при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты (участники) исследования

В исследование включено 60 пациентов (36 мужчин, 24 женщины) в возрасте 62 ± 12 лет после аортокоронарного шунтирования с использованием искусственного кровообращения, потребовавших после операции более 6 часов искусственной вентиляции лёгких.

Основные результаты исследования

Основные показатели периоперационного периода и перенесённого оперативного вмешательства, длительность

послеоперационной ИВЛ, индекса оксигенации $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ после экстубации трахеи, а также потребность в проведении трансфузии компонентов крови не различались между группами ($p > 0,1$; табл. 1).

Далее в начале и конце каждого из четырёх сеансов НИМВЛ были проанализированы основные параметры дыхания (табл. 2). После первого сеанса НИМВЛ отметили достоверный прирост сатурации капиллярной крови (SatO_2) ($p=0,0004$) (см. табл. 2), сохраняющийся при последующих сеансах в течение всего курса ($p < 0,05$). Начиная со второго сеанса НИМВЛ, отмечено также значимое увеличение дыхательного объёма ($p=0,013$), сохранявшееся в последующем на протяжении всего курса НИМВЛ ($p < 0,05$). Обнаружена тенденция к снижению частоты дыхательных движений на протяжении всего курса НИМВЛ, достигающая статистической значимости ($p=0,031$) после четвёртого сеанса. Установлено также, что увеличение дыхательного объёма в течение курса НИМВЛ уже после второго сеанса сопровождалось значимым ($p < 0,01$)

Таблица 1. Основные периоперационные характеристики исследуемых групп

Table 1. Parameters of the initial state of patients and operations performed

Параметр / Parameter	Группа / Group		
	Стандартная реабилитация / Standard rehabilitation, n=30	НИМВЛ / Noninvasive mask lung ventilation, n=30	p
	n, Me (Q1; Q3)		
Возраст, лет / Age, years	61 (56; 71)	63 (57; 73)	0,651
Искусственное кровообращение, мин / Cardiopulmonary bypass, min	87 (71; 110)	84 (68; 107)	0,671
Пережатие аорты, мин / Myocardial ischemia, min	59 (47; 64)	55 (44; 61)	0,728
Искусственная вентиляция лёгких после операции, ч / Lung ventilation after operation, hours	11 (8; 14)	11 (8,5; 14)	0,721
PaO ₂ /FiO ₂ через 3 ч после экстубации трахеи, мм рт.ст. / FiO ₂ /PaO ₂ 3 hours after tracheal extubation, mm Hg	287 (251; 349)	298 (246; 357)	0,834
Инотропная терапия, ч / Inotropic therapy, hours	11 (6; 21)	14 (8; 19)	0,465
Лейкоциты крови перед переводом из ОРИТ, 10 ⁹ /л / Leukocytes before transfer from intensive care unit, ×10 ⁹ /L	13 (9; 16)	12 (10; 17)	0,861
Гемоглобин перед переводом из ОРИТ, г/л / Hemoglobin before transfer from intensive care unit, g/l	91 (87; 106)	93 (89; 104)	0,656
Перелито эритроцитарной массы, доз / Blood transfusion, doses	3 (1; 5)	3 (0; 6)	0,567
Максимальный лактат плазмы, ммоль/л / Maximum lactate concentration, mmol/L	1,8 (1,3; 2,6)	1,9 (1,4; 2,7)	0,641
Длительность пребывания в ОРИТ, сут / Duration of stay in intensive care unit, days	3 (1; 4)	2 (1; 2)	0,212

Примечание. НИМВЛ — неинвазивная масочная вентиляция лёгких; ОРИТ — отделение реанимации и интенсивной терапии.

Note. НИМВЛ, noninvasive mask lung ventilation; ОРИТ, intensive care unit.

Таблица 2. Показатели внешнего дыхания и кровообращения в течение курса неинвазивной масочной вентиляции лёгких
Table 2. Respiratory and hemodynamic parameters during the course noninvasive mask lung ventilation

Этап / Stage	Параметр / Parameter						
	ПДКВ / Positive end-expiratory pressure	ПВД / Pressure support	ЧДД / Respiratory rate	ДО / Tidal volume	SatO ₂	САД / Mean arterial pressure	ЧСС / Heart rate
	mbar	mbar	мин-1 / min-1	мл / ml	%	мм рт.ст. / mm Hg	мин-1 / min-1
	n, Me (Q1; Q3)						
1-й сеанс / Session 1	1	6 (6; 6)	10 (9; 12)	21 (19; 26)	675 (558; 785)	94 (91; 96)	79 (77; 85)
	2	6 (6; 6)	10 (9; 12)	21 (18; 24)	720 (600; 836)	96 (94; 98)* #	81 (76; 85)
2-й сеанс / Session 2	1	6 (6; 6)	8,5 (8; 11)	22 (19; 26)	780 (610; 865)	94 (91; 96)	79 (71; 84)
	2	6 (6; 6)	8,5 (8; 11)	21 (18; 24)	800 (697; 810)* #	96 (93; 98)* #	80 (70; 85)
3-й сеанс / Session 3	1	6 (6; 6)	6 (6; 9) #	20 (19; 24)	780 (650; 877) #	94 (91; 95) #	80 (72; 86)
	2	6 (6; 6)	6 (6; 9) #	19 (18; 22)	840 (765; 933)* #	95 (93; 96)* #	79 (70; 84)
4-й сеанс / Session 4	1	6 (6; 6)	6 (6; 9) #	19 (17; 20)	796 (699; 875) #	95 (92; 95) #	78 (70; 85)
	2	6 (6; 6)	6 (6; 9) #	17 (16; 21) #	880 (744; 980) #	96 (95; 98) #	78 (69; 84)

Примечание. 1 — начало сеанса; 2 — завершение сеанса; длительность сеанса 30 минут ($p < 0,05$; * — по сравнению с началом сеанса; # — по сравнению с первым сеансом). ПДКВ — положительное давление в конце выдоха; ПВД — поддержка вдоха давлением; ЧДД — частота дыхательных движений; ДО — дыхательный объём; САД — среднее артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений.
Note. 1, session start; 2, session end; session duration is 30 minutes ($p < 0.05$; *, compared to the session start; #, compared to session 1).

снижением требуемого комфортного уровня давления для поддержки вдоха. Наглядная динамика дыхательного объёма и давления поддержки вдоха (pressure support, P support) в процентах по сравнению с исходным уровнем (100%) представлена графически (рис. 2).
В дальнейшем при сравнительном анализе данных послеоперационного периода отметили сокращение сроков общей госпитализации в группе с дополнительным использованием НИМВЛ по сравнению с группой стандартной реабилитации ($p=0,041$). На протяжении исследования

не обнаружено каких-либо клинически значимых осложнений в группе НИМВЛ, потребовавших повторного перевода в ОРИТ (табл. 3).
Таким образом, использование НИМВЛ с самоконтролем дыхательного объёма, проводимой вне ОРИТ, является безопасным методом дыхательной реабилитации после операций аортокоронарного шунтирования, позволяющим повысить эффективность стандартных методов дыхательной гимнастики, ускорить процесс реабилитации и сократить сроки пребывания в стационаре.

Таблица 3. Сравнительный анализ параметров послеоперационного периода в обеих группах
Table 3. Comparative analysis of the early postoperative period in patient groups

Параметр / Parameter	Группа / Group		
	Стандартная реабилитация / Standard rehabilitation, n=30	НИМВЛ / Noninvasive mask lung ventilation, n=30	p
	n, Me (Q1; Q3)		
Послеоперационная госпитализация, сут / Duration of postoperative hospitalization, days	14 (13; 20)	10 (8; 15)	0,041
Пневмотораксы после перевода из ОРИТ, n (%) / Pneumothorax after transfer from intensive care unit, n (%)	0 (0)	0 (0)	1

Примечание. НИМВЛ — неинвазивная масочная вентиляция лёгких; ОРИТ — отделение реанимации и интенсивной терапии.
Note. НИМВЛ, noninvasive mask lung ventilation; ОРИТ, intensive care unit.

Нежелательные явления

В ходе проведения исследования каких-либо нежелательных явлений не отмечено.

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме основного результата исследования

Собственные результаты настоящего исследования позволяют нам говорить о безопасности и эффективности НИМВЛ на этапе реабилитации в кардиохирургии. Отметим здесь такие важнейшие, по нашему мнению, особенности применённой нами методики, как наличие обратной связи путём наблюдения больными вдыхаемого объёма, а также проведение сеансов в положении сидя.

Обсуждение основного результата исследования

Стойкое восстановление функции лёгких после операций с искусственным кровообращением является важнейшей задачей кардиоанестезиологии [2, 3, 9]. Это заставляет обратить внимание на выбор не только средств и методов собственно респираторной поддержки в реанимационных отделениях, но и дальнейших мер респираторной реабилитации, проводимых вне ОРИТ. Метод НИМВЛ давно и прочно внедрён в практику интенсивной терапии [16, 17]. Однако его применение за рамками реанимационного периода изучено недостаточно, а точнее — попросту не принято в связи с очевидными техническими ограничениями. Вместе с тем применение данного метода представляется патогенетически обоснованным, так как он прямо направлен на профилактику и ликвидацию образования лёгочных ателектазов [17], характерных для первых недель после кардиохирургических операций [18].

Накоплен некоторый вынужденный опыт проведения НИМВЛ за пределами реанимационных отделений в период пандемии новой коронавирусной инфекции [19], что было связано с очевидными и хорошо известными ограничениями организации медицинской помощи [20]. В этой связи отметим, что наше исследование было запланировано до начала указанной пандемии.

Ограничения исследования

В качестве критерия включения мы рассматривали потребность в ИВЛ после операции более 6 часов. Безусловно, это весьма субъективный показатель респираторной дисфункции: такая длительность послеоперационной ИВЛ может быть даже рутинной в некоторых клиниках. Подчеркнём, что в нашем стационаре повседневной практикой является экстубация трахеи в течение 30–90 минут после неосложнённых операций с искусственным кровообращением. Таким образом, многочасовая послеоперационная ИВЛ была вынужденной лечебной мерой, указывающей на наличие респираторной дисфункции.

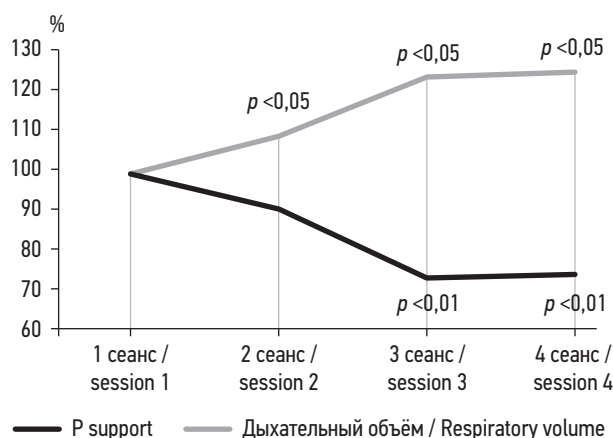


Рис. 2. Динамика параметров масочной вентиляции в течение курса респираторной реабилитации, состоящего из 4 сеансов (по сравнению с первым сеансом, взятого за 100%).

Fig. 2. Dynamics of mask ventilation parameters during a respiratory rehabilitation course, consisting of four sessions (compared to the first session, taken as 100%).

Кроме того, именно рубеж в 6 часов признан критерием раннего прекращения ИВЛ в кардиохирургии [21]. Применение НИМВЛ у кардиохирургических больных вне ОРИТ ранее было представлено в виде единичных небольших исследований, результаты которых подвергались сомнениям [22–24]. Безусловно, для окончательной оценки целесообразности и эффективности применения НИМВЛ в качестве меры реабилитации кардиохирургических больных за пределами отделений реанимации необходимы дальнейшие мультицентровые исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование сеансов НИМВЛ вне ОРИТ у кардиохирургических больных, перенёсших пролонгированную послеоперационную ИВЛ в связи с респираторной дисфункцией, является безопасной и эффективной мерой респираторной реабилитации. Требуются дальнейшие мультицентровые исследования для окончательного определения целесообразности указанной тактики дыхательной реабилитации у кардиохирургических больных.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Исследование и публикации статьи осуществлены на личные средства авторского коллектива.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

Вклад авторов. Д.Н. Проценко, А.А. Дворянkin — написание текста статьи; Е.В. Белякова, Д.А. Поляков — статистический анализ данных; Л.А. Кричевский — редактирование. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства

международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Author contribution. D.N. Protsenko, A.A. Dvoryadkin — manuscript writing; E.V. Belyakova, D.A. Polyakov — statistical analysis of data; L.A. Krichevsky — manuscript editing. 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыбка М.М. Ишемия/реперфузия и нарушение микроциркуляции в легких // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. 2016. Т. 58, № 3. С. 130–135. EDN: UFUPJK
2. Naveed A., Azam H., Murtaza H.G., et al. Incidence and risk factors of pulmonary complications after cardiopulmonary bypass // Pak J Med Sci. 2017. Vol. 33, N 4. P. 993–996. doi: 10.12669/pjms.334.12846
3. Козлов И.А., Романов А.А. Биомеханика дыхания, внутрилегочная вода и оксигенирующая функция легких во время неосложненных операций с искусственным кровообращением // Общая реаниматология. 2007. Т. 3, № 3. С. 17–22. EDN: IBZICZ doi: 10.15360/1813-9779-2007-3-17
4. Каменская О.В., Логинова И.Ю., Клинькова А.С., и др. Хроническая обструктивная болезнь легких и результаты реваскуляризации миокарда: взаимосвязь с качеством жизни // Пульмонология. 2022. Т. 32, № 6. С. 854–861. EDN: WFDSSZ doi: 10.18093/0869-0189-2022-32-6-854-861
5. Gabriel E.A., Locali F.R., Matsuoka K.P., et al. Lung perfusion during cardiac surgery with cardiopulmonary bypass: Is it necessary? // Interact Cardiovasc Thorac Surg. 2008. Vol. 7, N 6. P. 1089–1095. doi: 10.1510/icvts.2008.184275
6. Луговская Н.М., Панфилов Д.С., Максимов А.И., и др. Комплексная защита легких в период циркуляторного ареста при операциях на дуге аорты // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. 2021. Т. 36, № 1. С. 109–117. EDN: UBLLRV doi: 10.29001/2073-8552-2021-36-1-108-116
7. Buggeskov K.B., Wetterslev J., Secher N.H., et al. Pulmonary perfusion with oxygenated blood or Custodiol HTK solution during cardiac surgery for postoperative pulmonary function in COPD patients: A trial protocol for the randomized, clinical, parallel group, assessor and data analyst blinded pulmonary protection trial // Trials. 2013. Vol. 14. P. 30. doi: 10.1186/1745-6215-14-30
8. Maltesen R.G., Buggeskov K.B., Andersen C.B., et al. Lung protection strategies during cardiopulmonary bypass affect the composition of bronchoalveolar fluid and lung tissue in cardiac surgery patients // Metabolites. 2018. Vol. 8, N 4. P. 54. doi: 10.3390/metabo8040054
9. Rong L.Q., di Franco A., Gaudino M. Acute respiratory distress syndrome after cardiac surgery // J Thorac Dis. 2016. Vol. 8, N 10. P. 1177–1186. doi: 10.21037/jtd.2016.10.74
10. Кричевский Л.А., Рыбаков В.Ю., Дворядкин А.А., Проценко Д.Н. Системный воспалительный ответ в кардиохирургии // Анестезиология и реаниматология. 2021. № 3. С. 94–102. EDN: YGITBG doi: 10.17116/anaesthesiology202103194
11. Карпун Н.А., Мороз В.В., Афонин А.П., и др. Острое повреждение легких, ассоциированное с трансфузией, у кардиохирургических больных // Общая реаниматология. 2008. № 3. С. 23–29. EDN: JTVZFP doi: 10.15360/1813-9779-2008-3-23
12. Пшеничный Т.А., Аксельрод Б.А., Титова И.В., и др. Применение протективного режима ИВЛ у кардиохирургических больных // Анестезиология и реаниматология. 2016. Т. 61, № 3. С. 189–195. EDN: WBKTBB doi: 10.18821/0201-7563-2016-3-189-195
13. Козлов И.А., Романов А.А. Маневр открытия («мобилизация») альвеол при интраоперационном нарушении оксигенирующей функции легких у кардиохирургических больных // Анестезиология и реаниматология. 2007. № 2. С. 27–31. EDN: IATWTL
14. Pelosi P., Rocco P.R., Gama de Abreu M. Close down the lungs and keep them resting to minimize ventilator-induced lung injury // Crit Care. 2018. Vol. 22, N 1. P. 72–80. EDN: OVRDAE doi: 10.1186/s13054-018-1991-3
15. Oravec N., King M.A., Spencer T., et al. Barriers to successful discharge after cardiac surgery: A focus group study and cross-sectional survey // Seminars in thoracic and cardiovascular surgery. 2023. Vol. 35, N 4. P. 675–684. EDN: ZTQUJO doi: 10.1053/j.semctvs.2022.07.003
16. Загородняя Т.В., Корниенко А.Н., Кецако М.В. Респираторная терапия острого респираторного дистресс-синдрома у кардиохирургических больных // Общая реаниматология. 2005. Т. 1, № 5. С. 65–68. EDN: IFANXL doi: 10.15360/1813-9779-2005-5-65-68
17. Ярощевский А.И., Власенко А.В., Грицан А.И., и др. Применение неинвазивной вентиляции легких (второй пересмотр). Клинические рекомендации Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» // Анестезиология и реаниматология. 2019. № 6. С. 5–19. EDN: QCGIRZ doi: 10.17116/anaesthesiology20190615
18. Еременко А.А., Левиков Д.И., Егоров В.М., и др. Применение маневра открытия легких у больных с острой дыхательной недостаточностью после кардиохирургических операций // Общая реаниматология. 2006. Т. 2, № 1. С. 23–28. EDN: ICIMSL doi: 10.15360/1813-9779-2006-1-23-28
19. Bellani G., Grasselli G., Cecconi M., et al. Noninvasive ventilatory support of patients with COVID-19 outside the intensive care units (WARD-COVID) // Ann Am Thorac Soc. 2021. Vol. 18, N 6. P. 1020–1026. doi: 10.1513/AnnalsATS.202008-1080OC
20. Заболотских И.Б., Киров М.Ю., Лебединский К.М., и др. Анестезиолого-реанимационное обеспечение пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19. Методические рекомендации общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» // Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. 2022. № 1. С. 9–143. EDN: BVMRHN doi: 10.21320/1818-474X-2021-S1-9-143

21. Goeddel L.A., Hollander K.N., Evans A.S. Early extubation after cardiac surgery: A better predictor of outcome than metric of quality? // *J Cardiothoracic Vascular Anesthesia*. 2018. Vol. 32, N 2. P. 745–747. doi: 10.1053/j.jvca.2017.12.037
22. Olper L., Cabrini L., Landoni G., et al. Non-invasive ventilation after cardiac surgery outside the Intensive Care Unit // *Minerva Anesthesiol*. 2011. Vol. 77, N 1. P. 40–45.

23. Jaber S., Jung B. Postoperative non-invasive ventilation outside the ICU: Do not go too far! // *Minerva Anesthesiol*. 2011. Vol. 77, N 1. P. 9–10.
24. Cabrini L., Moizo E., Nicelli E., et al. Noninvasive ventilation outside the intensive care unit from the patient point of view: A pilot study // *Respir Care*. 2012. Vol. 57, N 5. P. 704–709. doi: 10.4187/respcare.01474

REFERENCES

1. Rybka MM. Ischemia/reperfusion and microcirculation disorder in lungs. *Russ J Thoracic Cardiovascular Surg*. 2016;58(3):130–135. EDN: UFUPJK
2. Naveed A, Azam H, Murtaza HG, et al. Incidence and risk factors of pulmonary complications after cardiopulmonary bypass. *Pak J Med Sci*. 2017;33(4):993–996. doi: 10.12669/pjms.334.12846
3. Kozlov IA, Romanov AA. Respiratory biomechanics, intrapulmonary water, and pulmonary oxygenizing function during uncomplicated operations under extracorporeal circulation. *General Reanimatol*. 2007;3(3):17. EDN: IBZICZ doi: 10.15360/1813-9779-2007-3-17
4. Kamenskaya OV, Loginova IY, Klinkova AS, et al. Chronic obstructive pulmonary disease and myocardial revascularisation outcomes: Relationship with self-reported quality of life. *Pulmonologiya*. 2022;32(6):854–861. EDN: WFDSSZ doi: 10.18093/0869-0189-2022-32-6-854-861
5. Gabriel EA, Locali FR, Matsuoka KP, et al. Lung perfusion during cardiac surgery with cardiopulmonary bypass: Is it necessary? *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2008;7(6):1089–1095. doi: 10.1510/icvts.2008.184275
6. Lugovskaya NM, Panfilov DS, Maksimov AI, et al. Comprehensive lung protection during circulatory arrest in aortic arch surgery. *Siberian J Clin Exp Med*. 2021;36(1):109–117. EDN: UBLLRV doi: 10.29001/2073-8552-2021-36-1-108-116
7. Buggeskov KB, Wetterslev J, Secher NH, et al. Pulmonary perfusion with oxygenated blood or Custodiol HTK solution during cardiac surgery for postoperative pulmonary function in COPD patients: A trial protocol for the randomized, clinical, parallel group, assessor and data analyst blinded pulmonary protection trial. *Trials*. 2013;14:30. doi: 10.1186/1745-6215-14-30
8. Maltesen RG, Buggeskov KB, Andersen CB, et al. Lung protection strategies during cardiopulmonary bypass affect the composition of bronchoalveolar fluid and lung tissue in cardiac surgery patients. *Metabolites*. 2018;8(4):54. doi: 10.3390/metabo8040054
9. Rong LQ, di Franco A, Gaudino M. Acute respiratory distress syndrome after cardiac surgery. *J Thorac Dis*. 2016;8(10):1177–1186. doi: 10.21037/jtd.2016.10.74
10. Krichevsky LA, Rybakov VYu, Dvoryadkin AA, Protsenko DN. Systemic inflammatory response in cardiac surgery. *Russ J Anesthesiol Reanimatol*. 2021;(3):94–102. EDN: YGITBG doi: 10.17116/anaesthesiology202103194
11. Karpun NA, Moroz VV, Afonin AP, et al. Acute transfusion-associated lung injury in cardiosurgical patients. *General Reanimatol*. 2008;(3):23–29. EDN: JTVZFP doi: 10.15360/1813-9779-2008-3-23
12. Pshenichniy TA, Akselrod BA, Titova IV, et al. Use of protective lung ventilation regimen in cardiac surgery patients. *Russ J Anesthesiol Reanimatol*. 2016;61(3):189–195. EDN: WBKTBB doi: 10.18821/0201-7563-2016-3-189-195
13. Kozlov IA, Romanov AA. Alveolar opening maneuver (mobilization) in intraoperative pulmonary oxygenizing dysfunction in cardiosurgical patients. *Russ J Anesthesiol Reanimatol*. 2007;(2): 27–31. EDN: IATWTL
14. Pelosi P, Rocco PR, Gama de Abreu M. Close down the lungs and keep them resting to minimize ventilator-induced lung injury. *Crit Care*. 2018;22(1):72–80. EDN: OVRDAE doi: 10.1186/s13054-018-1991-3
15. Oravec N, King MA, Spencer T, et al. Barriers to successful discharge after cardiac surgery: A focus group study and cross-sectional survey. *Seminars Thoracic Cardiovascular Surg*. 2023;35(4):675–684. EDN: ZTQUJO doi: 10.1053/j.semtcvs.2022.07.003
16. Zagorodnyaya TV, Korniyenko AN, Ketskalo MV. Respiratory therapy for acute respiratory distress syndrome in cardiosurgical patients. *General Reanimatol*. 2005;1(5):65–68. EDN: IFAHXL doi: 10.15360/1813-9779-2005-5-65-68
17. Yaroshetskiy AI, Vlasenko AV, Gritsan AI, et al. Non-invasive respiratory support (the second edition). Clinical guidelines of the federation of anesthesiologists and reanimatologists of Russia. *Russ J Anaesthesiol Reanimatol*. 2019;(6):5–19. EDN: QCGIRZ doi: 10.17116/anaesthesiology20190615
18. Yeremenko AA, Levikov DI, Yegorov VM, et al. Use of lung opening maneuver in patients with acute respiratory failure after cardiosurgical operations. *General Reanimatol*. 2006;2(1):23–28. EDN: ICIMSL doi: 10.15360/1813-9779-2006-1-23-28
19. Bellani G, Grasselli G, Cecconi M, et al. Noninvasive ventilatory support of patients with COVID-19 outside the Intensive Care Units (WARD-COVID). *Ann Am Thorac Soc*. 2021;18(6):1020–1026. doi: 10.1513/AnnalsATS.202008-1080OC
20. Zabolotskikh IB, Kirov MY, Lebedinskii KM, et al. Anesthesia and intensive care for patients with COVID-19. Russian Federation of anesthesiologists and reanimatologists guidelines. *Annals of critical care. Alexander Saltanov Intensive Care Herald*. 2022;(1):9–143. EDN: BVMRHN doi: 10.21320/1818-474X-2021-S1-9-143
21. Goeddel LA, Hollander KN, Evans AS. Early extubation after cardiac surgery: A better predictor of outcome than metric of quality? *J Cardiothoracic Vascular Anesthesia*. 2018;32(2):745–747. doi: 10.1053/j.jvca.2017.12.037
22. Olper L, Cabrini L, Landoni G, et al. Non-invasive ventilation after cardiac surgery outside the intensive care unit. *Minerva Anesthesiol*. 2011;77(1):40–45.
23. Jaber S, Jung B. Postoperative non-invasive ventilation outside the ICU: Do not go too far! *Minerva Anesthesiol*. 2011;77(1):9–10.
24. Cabrini L, Moizo E, Nicelli E, et al. Noninvasive ventilation outside the intensive care unit from the patient point of view: A pilot study. *Respir Care*. 2012;57(5):704–709. doi: 10.4187/respcare.01474

ОБ АВТОРАХ

*** Дворядкин Артем Андреевич;**

адрес: Россия, 115446, Москва, Коломенский пр., д. 4;

ORCID: 0000-0002-1595-8663;

eLibrary SPIN: 3886-5065;

e-mail: artyom_dvoryadkin@mail.ru

Поляков Дмитрий Алексеевич;

ORCID: 0000-0002-0334-4138;

e-mail: Dmitri_polyakov@bk.ru

Белякова Екатерина Владиславовна;

ORCID: 0009-0003-7196-0535;

e-mail: dr.belyakova.e.v@gmail.com

Проценко Денис Николаевич, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-5166-3280;

eLibrary SPIN: 1019-8216;

e-mail: drprotsenko@me.com

Кричевский Лев Анатольевич, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0001-8886-7175;

eLibrary SPIN: 7835-0136;

e-mail: levkrich72@gmail.com

AUTHORS' INFO

*** Artem A. Dvoryadkin;**

address: 4 Kolomensky proezd, 115446 Moscow, Russia;

ORCID: 0000-0002-1595-8663;

eLibrary SPIN: 3886-5065;

e-mail: artyom_dvoryadkin@mail.ru

Dmitry A. Polyakov;

ORCID: 0000-0002-0334-4138;

e-mail: Dmitri_polyakov@bk.ru

Ekaterina V. Belyakova;

ORCID: 0009-0003-7196-0535;

e-mail: dr.belyakova.e.v@gmail.com

Denis N. Protsenko, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0002-5166-3280;

eLibrary SPIN: 1019-8216;

e-mail: drprotsenko@me.com

Lev A. Krichevskiy, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0001-8886-7175;

eLibrary SPIN: 7835-0136;

e-mail: levkrich72@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author