

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ «ОТКРЫТИЯ АЛЬВЕОЛ» У КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ С НИЗКОЙ ФРАКЦИЕЙ ВЫБРОСА ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

Ю. Г. Зорина, В. В. Мороз, А. М. Голубев, Ю. В. Никифоров

ГУ НИИ общей реаниматологии РАМН, Москва

Evaluation of the Efficiency of Alveolar Opening in Cardiosurgical Patients with Low Left Ventricular Ejection Fraction

Yu. G. Zorina, V. V. Moroz, A. M. Golubev, Yu. V. Nikiforov

Research Institute of General Reanimatology, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow

Цель исследования — определить оптимальные параметры «открытия альвеол» для улучшения оксигенирующей функции легких у пациентов с фракцией выброса менее 40% и более 40% после операций аорто-коронарного шунтирования в послеоперационном периоде. **Материал и методы.** Обследованы 20 пациентов (группа 1) с фракцией выброса левого желудочка (ЛЖ) менее 40% после операций аорто-коронарного шунтирования (АКШ) с послеоперационными нарушениями оксигенирующей функции легких ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ менее 250). Группу сравнения составили 20 пациентов с фракцией выброса ЛЖ более 40%. Контролировали показатели газообмена, биомеханики дыхания и центральной гемодинамики (ЦГ) (монитор Vigilance (Edvard LifeScience)). Мобилизацию альвеол выполняли на аппаратах «Dräger Evita-2» в режиме ВІРАР, учитывая предыдущие параметры ИВЛ. Фаза низкого давления соответствовала уровню ПДКВ при объемной ИВЛ, фаза высокого давления — P_{plato} , продолжительность обеих фаз — длительности вдоха и выдоха (фаза высокого давления — время вдоха, фаза низкого давления — время выдоха). Далее одновременно повышали значения P_{plato} и ПДКВ на 2 см вод. ст., продолжительностью 10 дыхательных циклов, непрерывно контролируя уровень V_t и SaO_2 в этот промежуток времени. Ступенчатое повышение ПДКВ и P_{plato} при непрерывном контроле V_t продолжали до тех пор, пока не наступало снижение V_t или не наблюдалось отрицательного влияния ИВЛ на ЦГ. Все альвеолы считались открытыми, когда достигали максимального объема V_t и уровня SaO_2 . **Выводы.** У пациентов группы 1 при P_{insp} 27–30 см вод. ст., РЕЕР 10–12 см вод. ст. отмечается увеличение $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ и Cst. У пациентов группы 2 увеличение $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ и Cst отмечается при P_{insp} 30–35 см вод. ст. и РЕЕР 12–14 см вод. ст. При этих же параметрах ИВЛ отмечается допустимое снижение параметров гемодинамики, которое не приводит к негативным последствиям и развитию осложнений со стороны сердечно-сосудистой системы. После перехода к искусственной вентиляции легких в индивидуально подобранном режиме все показатели гемодинамики возвращаются к исходному уровню. Следовательно, предложенный режим ИВЛ и параметры вентиляции являются безопасными и эффективными для профилактики развития дыхательной недостаточности в раннем послеоперационном периоде у кардиохирургических больных. **Ключевые слова:** рекрутирующая вентиляция, ПДКВ, «открытие альвеол».

Objective: to determine the optimum alveolar opening parameters for the improvement of postoperative pulmonary oxygenizing function in patients with a left ventricular ejection fraction (LVEF) of less or more than 40% after aortocoronary bypass surgery (ACBS). **Subjects and methods.** Twenty patients with a LVEF of less than 40% after ACBS and with postoperative pulmonary oxygenizing dysfunction ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ less than 250) (Group 1) were examined. A control group consisted of 20 patients with a LVEF of more than 40% (Group 2). Gas exchange, respiration biomechanics, and central hemodynamic (CH) parameters were monitored (a Vigilance monitor (Edvard LifeScience)). Alveolar mobilization was carried out on Dräger Evita-2 apparatuses in the ВІРАР mode, by taking into account the previous artificial ventilation (AV) parameters. The low pressure phase corresponded to the positive end-expiratory pressure (PEEP) with volume AV, the high pressure phase was P_{plato} ; the duration of both phases — that of inspiration and expiration (the high pressure phase was inspiration time; the low pressure phase was expiration time). Then the values of P_{plato} and PEEP were simultaneously increased by 2 cm H₂O with a duration of 10 breathing cycles, by continuously monitoring V_t and SaO_2 over this interval. By continuously monitoring V_t , a stepwise increase in PEEP and P_{plato} was continued until there was a V_t reduction or a negative impact of AV on CH. All alveoli were considered to be open when the maximum V_t and SaO_2 were achieved. **Conclusion.** In Group 1 patients with P_{insp} of 27–30 cm H₂O, PEEP of 10–12 cm H₂O, there are increases in $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ and Cst. In Group 2, the increase of $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ and Cst is observed with P_{insp} of 30–35 cm H₂O and PEEP 12–14 cm H₂O. With these AV indices, there is an allowable hemodynamic reduction that results in no negative consequences and development of cardiovascular events. After switching to AV in an individually chosen mode, all hemodynamic parameters return to the baseline level.

Consequently, the proposed AV mode and ventilation parameters are safe and effective for the prevention of early postoperative respiratory failure in cardiosurgical patients. **Key words:** recruiting ventilation, positive end-expiratory pressure, alveolar opening.

Адрес для корреспонденции (Correspondence to):

Зорина Юлия Георгиевна
E-mail: anaest2004@yandex.ru

Практически все оперативные вмешательства, проводимые под общей анестезией, приводят к ухудшению газообмена и биомеханики дыхания. Спадение альвеол и выключение их из процесса газообмена происходит еще во время вводной анестезии, до начала ИВЛ. В кардиохирургии особенности оперативной техники (применение АИКа, деаэрация легких для облегчения доступа к сердцу и магистральным сосудам) приводят к более выраженному ателектазированию легких. Поэтому развитие дыхательной недостаточности (ДН) у кардиохирургических больных — наиболее частое осложнение в послеоперационном периоде [1–3].

Кроме того, в ателектазированных участках легких при проведении ИВЛ происходит периодическое открытие — спадение альвеол, что приводит к ателектотравме легких и усугубляет течение ДН [4]. В исследовании М. В. Amato et al. [5] представлен новый подход к ИВЛ — так называемый метод «неспадающихся легких», при котором используется меньший дыхательный объем, но давление в конце выдоха поддерживается на уровне, достаточном, чтобы предотвратить повторное спадение альвеол, расправившихся в процессе ИВЛ. М. В. Amato et al. [5] определили клиническую значимость этого теоретически более предпочтительного метода.

Еще в 1969 году McIntyre R. W. и соавт. [6] предложили применять ИВЛ с высокими значениями ПДКВ и давления вдоха. При таких режимах вентиляции происходит сокращение объема ателектазированных зон легких и нестабильных альвеол, увеличение эластичности легких, что приводит к улучшению газообмена в легких. В начале 90-х годов XX века в ходе экспериментальных работ, выполненных в клинике и лабораториях университета г. Уппсала, было предложено поддерживать бронхиолы и альвеолы в расправленном (открытом) состоянии, что послужило предпосылкой к созданию концепции «открытых легких» [7]. В 1992 году голландский ученый Burkhard Lachmann [8, 9] в своих публикациях представил основные положения этой концепции: под понятием «открытые легкие» понимается такое состояние легких, при котором не выявляются ателектазы, фракция шунтирования составляет менее 10% и $PaO_2 > 450$ при подаче 100% O_2 .

Применение метода «открытых легких» описано у различных категорий пациентов, в том числе и у больных после кардиохирургических вмешательств [10].

Но неоднозначность воздействия реkrутирующей вентиляции на ткань легких и гемодинамику, присущая этому методу, не дает возможности признать его только позитивным и безвредным, у пациентов с низкими ре-

зервами сердечно-сосудистой системы или сердечно-сосудистой недостаточностью и заставляет говорить об оптимальном применении ПДКВ, то есть максимально эффективном и максимально безопасном одновременно.

До настоящего времени основной проблемой остается выбор оптимальной стратегии проведения реkrутирующей вентиляции.

В связи с этим, целью исследования явилось определение оптимальных параметров «открытия альвеол» с целью улучшения оксигенирующей функции легких у пациентов с $ФВ \leq 40\%$ и $>40\%$ после операций аорто-коронарного шунтирования в послеоперационном периоде.

Материалы и методы

В обследование были включены 40 пациентов (32 мужчины, 8 женщин) в возрасте от 39 до 76 лет после операций аорто-коронарного шунтирования (1–4 шунта). Данные о продолжительности искусственного кровообращения и ишемии миокарда приведены в табл. 1. Все пациенты являлись курильщиками в течение длительного времени (более 5 лет).

В ходе исследования определяли следующие показатели: артериальное давление (АД) и центральное венозное давление (ЦВД), частоту сердечных сокращений (ЧСС), сердечный выброс (СВ), коронарное перфузионное давление (КПД), индекс оксигенации (PaO_2 / FiO_2), индекс ударной работы правого желудочка (ИУРПЖ), индекс ударной работы левого желудочка (ИУРЛЖ), насосный коэффициент левого желудочка (НКЛЖ), насосный коэффициент правого желудочка (НКПЖ).

Артериальное давление измеряли прямым методом с использованием катюли, установленной в лучевую артерию, а также неинвазивно с помощью манжетки (прикроватные мониторы Philips).

Вентиляцию легких проводили респираторами «Dräger Evita-2» (Germany).

Газовый состав крови и концентрацию оксигемоглобина определяли на газоанализаторе ABL-500 («Radiometer», Дания) непосредственно до, во время и после выполнения реkrутирующего маневра. Далее определение газового состава крови проводили с интервалом в 6 часов в течение всего периода пребывания пациентов в отделении интенсивной терапии.

Обследованные больные были разделены на две группы:

- группа 1 ($n=20$) — больные до проведения оперативного вмешательства с фракцией выброса более 40%.
- группа 2 ($n=20$) — больные до проведения оперативного вмешательства с фракцией выброса менее 40 %.

Методика «мобилизации альвеол». Показанием к проведению «мобилизации альвеол» являлось снижение индекса оксигенации (PaO_2 / FiO_2) ниже 300 мм рт. ст. на фоне объемной ИВЛ с $FiO_2 \geq 0,7$, уровнем положительного давления в конце выдоха (ПДКВ) 4 см вод. ст.

Мобилизацию альвеол выполняли на аппаратах «Dräger Evita-2» (Germany). Дыхательные параметры снимали с дисплея респиратора в условиях седации и миоплегии. Перед «мобилизацией альвеол» переходили к ИВЛ в режиме ВІРАР, учитывая предыдущие параметры традиционной ИВЛ. Фаза низкого давления соответствовала уровню ПДКВ при объем-

Таблица 1

Характеристика больных

Показатель	Значения показателей
М/Ж	32/8
Возраст, лет	39–76
Индекс массы тела, кг/м ²	21,88–58,4
Длительность ИК, мин	65–142
Длительность ишемии миокарда, мин	31–102

Биомеханика и оксигенирующая функция легких до, во время и после проведения маневра ($M \pm m$)

Показатель	Динамика показателей					
	ФВ менее 40%			ФВ более 40%		
	до	во время	после	до	во время	после
P _{insp} , см вод. ст.	20	27–30	20	20	30–32	20
ПДКВ, см вод. ст.	4–6	10–12	7	6	12–15	7–8
ДО, мл/кг	8,9±1,2	—	9,1±0,9	9,4±1,0	—	9,8±1,0
Cst, мл/см вод. ст.	32,7±6,08	—	55,4±10,9	34,8±8,64	—	57,5±9,6
FiO ₂ , %	60–70%	—	40–45%	60%	—	40–45%
PaO ₂ /FiO ₂ , мм рт. ст.	230,0±57,28	—	397,9±148,9	276,4±102,4	—	499,5±167,36

ной ИВЛ, фаза высокого давления — Рплато, продолжительность обеих фаз — длительности вдоха и выдоха (фаза высокого давления — время вдоха, фаза низкого давления — время выдоха). Далее одновременно повышали значения Рплато и ПДКВ на 2 см вод. ст., вентилировали в течение 10-и дыхательных циклов, непрерывно контролируя уровень V_t и SaO₂ в этот промежуток времени. Ступенчатое повышение ПДКВ и Рплато при непрерывном контроле V_t продолжали до тех пор, пока не наступало снижение V_t или не наблюдалось отрицательное влияние ИВЛ на гемодинамику, которое оценивалось в режиме on-line с помощью монитора Vigilance (Edvard LifeScience). Все альвеолы считались открытыми, когда был достигнут максимальный объем V_t и SaO₂. После завершения выполнения маневра Рплато возвращали к 20 см вод. ст., ПДКВ снижали до 7 см вод. ст.

Данные анализировали на этапах: 1 — до проведения «мобилизации альвеол», 2 — во время проведения «мобилизации альвеол» и 3 — после проведения «мобилизации альвеол».

Статистическую обработку проводили с помощью пакета компьютерных программ Microsoft Excel 5.0. Рассчитывали средние величины (M) и ошибки средних (m). Достоверность различий между значениями исследуемых показателей оценивали по t -критерию Стьюдента при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

При проведении «мобилизации альвеол» в 1-й группе P_{insp} составляло 27–30 см вод. ст., ПДКВ — 10–12 см вод. ст., во 2-ой группе P_{insp} составляло — 30–32 см вод. ст., ПДКВ 12–15 см вод. ст. ДО в 1-й группе увеличивался с 8,9±1,2 до 9,1±0,9 мл/кг, а во 2-й группе — с 9,4±1,0 до 9,8±1,0 мл/кг. При этом в обеих группах удалось снизить фракцию кислорода (FiO₂) с 60–70% до 40–45%.

До проведения маневра «открытия альвеол» PaO₂/FiO₂ мм рт. ст. в 1-й группе составил 230,0±57,3 мм рт. ст., после проведения маневра — 397,9±148,9 мм рт.ст. Во 2-й группе PaO₂/FiO₂ был изначально выше и составлял 276,4±102,4 мм рт. ст., а после проведения маневра — 499,5±167,4 мм рт. ст. Cst в 1-й группе до проведения маневра «мобилизации альвеол» составлял 32,7±6,1 мл/см вод.ст., а после маневра — 55,4±10,9 мл/см вод. ст. Во 2-й группе также отмечалось увеличение Cst с 34,8±8,7 мл/см вод. ст. до 57,5±9,6 мл/см вод. ст. Таким образом, подобранные значения P_{insp} и ПДКВ являлись достаточными для осуществления «мобилизации альвеол» и маневр в обеих группах был эффективным.

ЦГ до выполнения маневра открытия альвеол во 2-й группе была стабильной, а в 1-й группе поддерживалась на нормальном уровне допамином или добутами-

ном в дозах 4–6 мкг/кг/мин. При подборе оптимальных P_{insp} и ПДКВ и в 1-й группе, и во 2-й группе наблюдалось снижение АДср за счет снижения АДсис и АДдиаст. В 1-й группе АДср снижалось с 81,2±4,3 до 61,4±3,61 мм рт. ст., что требовало увеличения доз симпатомиметиков с 4–6 мкг/кг/мин до 8–10 мкг/кг/мин. Во 2-й группе АДср также снижалось во время проведения маневра с 89,3±3,6 до 75,0±3,4 мм рт. ст. При переходе на ИВЛ с подобранным уровнем ПДКВ и Рплато значения АД возвращались к исходному уровню.

На пике проведения маневра «мобилизации альвеол» в обеих группах отмечалось снижение производительности сердца. СВ в 1-й группе составлял 4,57±0,27 л/мин до начала маневра, 4,14±0,67 л/мин во время и 4,87±0,67 л/мин после подбора оптимальных параметров. Во 2-й группе СВ изначально составлял 4,90±0,58 л/мин, на пике проведения «мобилизации альвеол» — 4,20±0,58 л/мин и после маневра составлял 5,04±0,67 л/мин.

Во время проведения «мобилизации альвеол» отмечалось также снижение коронарного перфузионного давления (КПД). В 1-й группе КПД до проведения маневра составляло 63,2±12,2 мм рт. ст., во время проведения маневра 44±11,5 мм рт. ст. и после подбора оптимальных параметров вентилиации возвращалось к первоначальному значению — 61±8,3 мм рт. ст. Во 2-й группе также отмечалось снижение КПД с 67,1±8,6 мм рт. ст. до 53,6±9,6 мм рт. ст. и после завершения маневра «открытия альвеол» составляло 65,3±10,2 мм рт. ст. Снижение КПД было непродолжительным, после подбора оптимальных параметров быстро возвращалось к первоначальным значениям, поэтому негативных последствий нарушения кровоснабжения миокарда не наблюдалось. Результаты исследований представлены в табл. 2 и 3.

Заключение

У пациентов 1-й группы при P_{insp} 27–30 см вод. ст., РЕЕР 10–12 см вод. ст. отмечается увеличение PaO₂/FiO₂ и Cst. У пациентов 2-й группы увеличение PaO₂/FiO₂ и Cst отмечается при P_{insp} 30–35 см вод. ст. и РЕЕР 12–14 см вод. ст. При этих же параметрах ИВЛ отмечается допустимое снижение параметров гемодинамики, которое не приводит к негативным последствиям и развитию осложнений со стороны сердечно-сосудистой системы. После перехода к искусственной вентилиации легких в индивидуально подобранном ре-

Гемодинамика до, во время и после «открытия альвеол» ($M \pm m$)

Показатель	Динамика показателей					
	ФВ менее 40%****			ФВ более 40%		
	до	во время	после	до	во время	после
ЧСС, уд/мин	77,1±12,9	97,8±9,3**	79,7±15,3 [^]	81,5±9,77	123±8,22**	101,9±11,3 [^]
АДсис, мм рт. ст.	100,3±2,4 [#]	68,9±1,6 [#]	90,0±2,1 [#]	118,7±3,6 [#]	94,2±3,9 [#]	110,2±2,6 [#]
АДдиаст, мм рт. ст.	53,8±2,9*	53,8±2,9 [#]	54,8±2,1 [#]	72,6±2,9*	62,1±3,2 [#]	68,4±1,5 [#]
АДср, мм рт. ст.	81,2±4,3	61,4±3,61 [^]	78,1±2,03	89,3±3,61	75,0±3,4 [^]	77,1±3,7
КПД, мм рт. ст.	63,2±12,2	44±11,5**	61±8,3	67,1±8,6	53,6±9,6**	65,3±10,2
СВ л/мин	4,57±0,27	4,14±0,67	4,87±0,67	4,9±0,58	4,2±0,58	5,04±0,67
ИУРП, г·м/м ² /уд	4,2±0,6	3,0±0,3	3,8±0,3	4,5±0,4	3,2±0,5	4,2±0,3
ИУРЛ, г·м/м ² /уд	28,4±9,48	18,5±9,6*	31,2±4,2	29,5±9,28	20,4±5,44*	33,4±7,52
НКЛЖ, г·м/м ² /мм рт. ст.	2,5±0,7	1,4±0,1	2,8±0,11	3,24±0,3	2,2±0,12	3,52±0,1
НКПЖ, г·м/м ² /мм рт. ст.	5,71±2,08 [#]	2,27±1,28 [#]	5,13±1,92	9,1±2,08 [#]	2,485±0,64 [#]	4,592±0,86

Примечание. * — $p < 0,1$; [^] — $p < 0,01$; [#] — $p < 0,001$; ** — $p < 0,05$. **** — в группе больных гемодинамика поддерживалась дофамином в дозе 4–6 мкг/кг мин.

жиме все показатели гемодинамики возвращаются к исходному уровню. Следовательно, предложенный режим ИВЛ и параметры вентиляции являются безопасными

и эффективными для профилактики развития дыхательной недостаточности в раннем послеоперационном периоде у кардиохирургических больных.

Литература

1. Козлов И. А., Романов А. А., Розенберг О. А. Раннее сочетанное использование сурфактанта-БЛ и «открытия» альвеол при нарушении оксигенирующей функции лёгких у кардиохирургических больных. *Общая реаниматология* 2008; IV (3): 97–101.
2. Еременко А. А., Левиков Д. И., Егоров В. М. и соавт. Применение маневра открытия лёгких у больных с острой дыхательной недостаточностью после кардиохирургических операций. *Общая реаниматология* 2006; II (1): 23–28.
3. Власенко А. В., Остапченко Д. А., Шестаков Д. А. и соавт. Эффективность применения маневра «открытия лёгких» в условиях ИВЛ у больных с острым респираторным дистресс-синдромом. *Общая реаниматология* 2006; II (4): 50–59.
4. Pinhu L., Whitehead T., Evans T., Griffiths M. Ventilator-associated lung injury. *Lancet* 2003; 361 (9354): 332–340.
5. Amato M. B., Barbas C. S., Medeiros D. M. et al. Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress-syndrome. *N. Engl. J. Med.* 1998; 338 (6): 347–354.
6. McIntyre R. W., Laws A. K., Ramachandran P. R. Positive expiratory pressure plateau: improved gas exchange during mechanical ventilation. *Can. Anaesth. Soc. J.* 1969; 16 (6): 477–486.
7. Nielsen J. B., Sjostrand U. H., Edgren E. L. et al. An experimental study of different ventilatory modes in piglets in severe respiratory distress induced by surfactant depletion. *Intensive Care Med.* 1991; 17 (4): 225–233.
8. Lachmann B. Open up the lung and keep the lung open. *Intensive Care Med.* 1992; 18 (6): 319–321.
9. Lachmann B., Rajan N. G. New ventilatory strategies in intensive care. *Acta Anaesthesiol. Scand. Suppl.* 1997; 111: 69–74.
10. Reis Miranda D., Gommers D., Struijs A. et al. The open lung concept: effects on right ventricular afterload after cardiac surgery. *Br. J. Anaesth.* 2004; 93 (3): 327–332.

Поступила 14.04.09

Диссертации на соискание ученой степени доктора наук, защищенные после 01 июля 2004 года без опубликования основных научных результатов в ведущих журналах и изданиях, перечень которых утвержден Высшей аттестационной комиссией, будут отклонены в связи с нарушением п. 11 Положения о порядке при- суждения ученых степеней.

Перечень журналов ВАК, издаваемых в Российской Федерации по специальности 14.00.37 «Анестезиология и реаниматология», в которых рекомендуется публикация основных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата медицинских наук:

- Анестезиология и реаниматология;
- Общая реаниматология.