

DOI 10.21292/2078-5658-2016-13-6-72-80

# МАНЕВР РЕКРУТМЕНТА В УСЛОВИЯХ ОБЩЕЙ АНЕСТЕЗИИ ПРИ АБДОМИНАЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЯХ

*И. Б. ЗАБОЛОТСКИХ, Р. В. ВЕЙЛЕР, Н. В. ТРЕМБАЧ***Кубанский государственный медицинский университет, г. Краснодар**

В обзоре рассматривается применение рекрутмент-маневра (РМ) в условиях общей анестезии при абдоминальных операциях у пациентов с исходно не поврежденными легкими.

**Цель:** выявление оптимальных способов выполнения РМ, определение необходимых временных характеристик РМ, а также групп пациентов, применение РМ у которых будет особенно полезно.

**Заключение.** Применение РМ в совокупности с другими элементами протективной искусственной вентиляции легких во время общей анестезии у пациентов с высоким риском респираторных осложнений является эффективным и безопасным механизмом, позволяющим предупредить развитие респираторных осложнений. У пациентов с высоким анестезиологическим риском пошаговый способ выполнения РМ позволяет предотвратить появление неблагоприятных гемодинамических инцидентов во время выполнения РМ.

**Ключевые слова:** рекрутмент-маневр, протективная искусственная вентиляция легких, респираторные инциденты и осложнения, общая анестезия, пациенты пожилого возраста, ожирение.

## RECRUITMENT MANEUVER UNDER GENERAL ANESTHESIA IN ABDOMINAL SURGERY

*I. B. ZABOLOTSKIKH, R. V. VEYLER, N. V. TREMBACH***Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia**

The article reviews the using recruitment maneuver (RM) under general anesthesia in abdominal surgery in the patients with initially intact lungs.

**Goal:** to detect the most optimal ways of RM, required temporary characteristics of RM and groups of patients in whom RM will be especially useful.

**Conclusion.** Using RM together with other elements of protective artificial pulmonary ventilation during general anesthesia with high risk of respiratory complications is an effective and safe tool allowing prevention of respiratory complications. Stepwise RM allows preventing unfavorable hemodynamic incidents while performing RM in the patients with high anesthetic risk.

**Key words:** recruitment maneuver, protective artificial pulmonary ventilation, respiratory incidents and complications, general anesthesia, elder patients, obesity.

Послеоперационные легочные осложнения представляют собой значительную проблему, как клиническую, так и экономическую. Они встречаются у 9–40% всех хирургических больных, перенесших абдоминальные операции, и приводят к более длительному пребыванию как в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ), так и в стационаре, увеличивая расходы на лечение [37, 38, 45].

Исследования показывают сильную корреляционную связь между ателектазированием и развитием послеоперационных легочных осложнений и инцидентов [3, 9, 27, 43]. К респираторным инцидентам относят гипоксемию ( $SpO_2$  менее 95%) [21] и гиперкапнию ( $PaCO_2$  более 45 мм рт. ст.) [44, 47]. Послеоперационные легочные осложнения определяются как: а) дыхательная недостаточность ( $PaO_2$  менее 60 мм рт. ст., индекс  $PaO_2/FiO_2$  менее 300 мм рт. ст. и  $SpO_2$  менее 90% при дыхании атмосферным воздухом и потребность в дополнительной оксигенотерапии); б) пневмония; в) гидроторакс; г) пневмоторакс; д) ателектазы легких; е) бронхоспазм; з) аспирационный пневмонит; и) развитие острого респираторного дистресс-синдрома (ОРДС). Ателектазирование, по-видимому, является одним из первичных механизмов, лежащих в основе развития послеоперационной пневмонии и ОРДС, а также основной причиной послеоперационного нарушения газообмена [25, 37].

Известно, что ателектазы развиваются более чем у 90% пациентов в течение анестезии и захватывают 15–20% всей легочной ткани в течение неосложненной анестезии [15]. После абдоминальной операции эффекты ателектазирования сохраняются в течение нескольких дней.

В повседневной жизни поддержанию комплаенса легких и предотвращению развития ателектазирования способствует глубокий вздох – нормальный гомеостатический рефлекс, характеризующийся сложными взаимодействиями между блуждающим нервом и периферическими хеморецепторами [4]. Бодрствующий взрослый человек вздыхает в среднем 9–10 раз в течение часа [17]. Известно, что у спонтанно дышащих пациентов легочный комплаенс снижается в отсутствие периодических вздохов и возвращается к исходному значению только после двух глубоких вздохов. Эти вздохи также сводят к минимуму альвеоларно-артериальную разницу по кислороду ( $P_{(A-a)}O_2$ ) и поддерживают уровень венозного примешивания в пределах нормального диапазона [5]. Помимо этого, они способствуют высвобождению нового сурфактанта и его равномерному распространению на поверхности альвеол и дистальных дыхательных путей [13, 22].

Что же происходит, когда пациенты интубированы, им вводят миорелаксанты и они подвергаются воздействию высоких концентраций кислорода

с фиксированным дыхательным объемом (ДО)? Постоянная вентиляция со статическим ДО при отсутствии вдохов во время анестезии приводит к прогрессированию ателектазирования и шунтирования [5]. В среднем  $PaO_2$  падает на 22%, а легочный комплаенс снижается на 15% в отсутствие вдохов. Интраоперационные эффекты ателектазов включают повышение  $P_{(A-a)}O_2$ , увеличение легочного шунтирования и снижение  $SpO_2$  [6]. Помимо этого, ателектазирование увеличивает риск волюмотравмы в результате того, что постоянный ДО передается постепенно уменьшающемуся альвеолярному объему.

В работах многих авторов довольно часто встречается такое понятие, как «протективная» искусственная вентиляция легких (ИВЛ) [16, 18, 28, 30, 41, 43]. Данная вентиляционная стратегия предложена для улучшения функции дыхания во время анестезии и в ближайшем послеоперационном периоде и включает применение низкого ДО, минимально необходимой фракции кислорода во вдыхаемом воздухе ( $FiO_2$ ), позиционирование (подъем головного конца на  $30^\circ$ ), а также применение рекрутмент-маневра (РМ) (синоним: маневр открытых легких – МОЛ) и обязательного использования положительного конечно-эспираторного давления (РЕЕР).

Одним из значимых элементов «протективной» ИВЛ является РМ. Во время РМ используется устойчивое повышение давления в дыхательных путях для расправления коллабированных альвеол, поддержания конечно-эспираторного объема легких, снижения выраженности ателектазов и, как следствие, улучшения артериальной оксигенации [10, 20].

Существует большое количество работ, описывающих применение РМ при поврежденных легких (пневмония, ОРДС). Однако работ, описывающих применение РМ в течение анестезии, на сегодняшний день явно недостаточно. В данном обзоре мы рассмотрим исключительно РМ в условиях общей анестезии при абдоминальных операциях у пациентов с исходно не поврежденными легкими. В то же время такие особенности пациентов, как пожилой возраст, ожирение [32, 40, 42], а также техника оперативного вмешательства и его продолжительность являются независимыми факторами риска возникновения ателектазов и повышения частоты послеоперационных респираторных осложнений, что требует более пристального рассмотрения этих групп больных.

Цель обзора заключается в выявлении оптимальных способов выполнения РМ, определении необходимых временных характеристик РМ, а также в определении групп пациентов, применение РМ у которых будет особенно полезно.

Все способы выполнения РМ можно условно разделить на 4 группы:

- ручное раздувание легких мешком аппарата ИВЛ в течение 5–40 с до достижения задан-

ного пикового инспираторного давления (PIР) 40 см вод. ст. [2, 29] – способ № 1;

- одномоментное раздувание легких с помощью аппарата ИВЛ в течение 5–40 с до достижения PIР 40 см вод. ст. [19,34] – способ № 2;

- пошаговое увеличение РЕЕР до уровня 20–30 см вод. ст. [40, 48, 49] – способ № 3;

- пошаговое увеличение ДО до достижения давления плато 30 см вод. ст. [24, 36] – способ № 4.

Несмотря на различные способы выполнения, в обязательном порядке подразумевается использование РЕЕР после проведения РМ для сохранения достигнутых изменений и предотвращения дерекрутмента.

Интерес к эффектам РМ на систему дыхания и на исход операции в последние годы значительно увеличился, данной теме посвящено большое количество работ с разным дизайном (табл.). Стоит отметить, что большинство исследователей, работы которых представлены в данном обзоре, повторяли РМ в разное время в течение операции и отмечали, что польза от повышения  $PaO_2$  при одиночном РМ временная, в то время как повторные РМ были более эффективны.

Несмотря на предложенные различными авторами аргументы в пользу того или иного способа РМ, в литературе до сих пор нет единого мнения о наиболее приемлемых способах РМ и их преимуществах во время общей анестезии. Результаты исследований свидетельствуют об улучшении артериальной оксигенации, о влиянии на гемодинамику, однако данных об эффективности проведения РМ в плане улучшения отдаленных результатов на сегодняшний день недостаточно [31, 49].

Несмотря на то что РМ проводили во время операции, его эффекты наблюдались как в интра-, так и в послеоперационном периоде.

*Интраоперационные эффекты проведения РМ.* В течение анестезии наблюдаются следующие эффекты выполнения РМ: увеличение  $PaO_2$ , индекса  $PaO_2/FiO_2$ , комплаенса легких и уменьшение сопротивления дыхательных путей.

### 1. Увеличение $PaO_2$ и индекса $PaO_2/FiO_2$

При лапароскопических операциях у пациентов с ожирением W. A. Almarakbi et al. продемонстрировали увеличение  $PaO_2$  в группах с одиночным (на 10%) и повторным РМ (на 25%) с применением РЕЕР по сравнению с контрольной группой и группой с РМ без РЕЕР. Однако в группе с одиночным РМ с РЕЕР увеличение  $PaO_2$  было временным и в дальнейшем  $PaO_2$  снижалось до уровня контрольной группы [2]. В работе E. Futier et al. у пациентов без ожирения наблюдали увеличение  $PaO_2$  после выполнения РМ на 18% по сравнению с исходными данными, а также на 25% по сравнению с группой без РМ. У пациентов с ожирением показано увеличение  $PaO_2$  после выполнения РМ на 28% по сравнению с исходными данными, а также на 29% по сравнению с группой без РМ [19]. F. X. Whalen et al. продемонстрировали увеличение индекса  $PaO_2/FiO_2$  после

**Таблица. Характеристика работ по применению маневра рекрутмента в абдоминальной хирургии**

Table. Description of the articles on using recruitment maneuver in the abdominal surgery.

Исследование	Дизайн	Контрольная группа	Способы выполнения РМ	Эффекты выполнения РМ
Almarakbi et al., 2009	ASA II, 18–60 лет, индекс массы тела (ИМТ) более 30 кг/м <sup>2</sup> ; плановые лапароскопические бариатрические операции	ДО = 10 мл/кг идеальной массы тела; РЕЕР = 10 см вод. ст. без РМ	РМ выполнялся через 10 мин после наложения пневмоперитонеума (1) единичный РМ без РЕЕР: способ № 1 (2) единичный РМ с РЕЕР: способ № 1, затем ИВЛ с ДО = 10 мл/кг и РЕЕР = 10 см вод. ст. до конца операции; (3) повторяющийся РМ с РЕЕР: способ № 1, затем ИВЛ с ДО = 10 мл/кг и РЕЕР = 10 см вод. ст. до конца операции; повтор РМ каждые 10 мин	Группа с единичным РМ: увеличение PaO <sub>2</sub> на 10% и комплаенса легких на 14%. Группа с повторными РМ: увеличение PaO <sub>2</sub> на 25%, комплаенса легких на 25%. Большая SpO <sub>2</sub> в послеоперационном периоде, короче срок пребывания в стационаре
Futier et al., 2010	Пациенты с ожирением (ИМТ более 35 кг/м <sup>2</sup> ) и пациенты без ожирения (ИМТ менее 25 кг/м <sup>2</sup> ); лапароскопические операции	ДО = 8 мл/кг; РЕЕР = 10 см вод. ст.	РМ выполнялся после наложения пневмоперитонеума. (1) пациенты без ожирения: способ № 2 с последующей ИВЛ с ДО = 8 мл/кг и РЕЕР = 10 см вод. ст.; (2) пациенты с ожирением: способ № 2 с последующей ИВЛ с ДО = 8 мл/кг и РЕЕР = 10 см вод. ст.	У пациентов без ожирения увеличение PaO <sub>2</sub> на 18% по сравнению с исходными данными, а также на 25% по сравнению с контрольной группой. У пациентов с ожирением увеличение PaO <sub>2</sub> на 28% по сравнению с исходными данными, а также на 29% по сравнению с группой без РМ
Remistico et al., 2011	Пациенты 20–65 лет с ожирением; лапароскопические бариатрические операции	ДО = 10 мл/кг идеальной массы тела; РЕЕР = 5 см вод. ст.	РМ выполнялся после наложения пневмоперитонеума: способ № 2; затем продолжалась ИВЛ с ДО = 10 мл/кг и РЕЕР = 5 см вод. ст.	В контрольной группе больший процент послеоперационных респираторных осложнений: в 40% случаях – ателектазы, в 20% – гидроторакс
Whalen et al., 2006	ASA II–III, 25–65 лет, ИМТ более 40 кг/м <sup>2</sup> ; лапароскопические бариатрические операции	ДО = 8 мл/кг идеальной массы тела; РЕЕР = 4 см вод. ст.	РМ выполнялся после наложения пневмоперитонеума: способ № 3; после РМ РЕЕР устанавливался на уровне 12 см вод. ст. и продолжалась ИВЛ с ДО = 8 мл/кг	Увеличение индекса PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> на 50% и комплаенса легких на 40%
Sprung et al., 2009	Пациенты старше 18 лет, ИМТ более 40 кг/м <sup>2</sup> ; открытые бариатрические операции	ДО = 8 мл/кг идеальной массы тела; РЕЕР = 4 см вод. ст.	РМ: способ № 3; после РМ РЕЕР устанавливался на уровне 12 см вод. ст. и продолжалась ИВЛ с ДО = 8 мл/кг; РМ повторялся через 30 и 60 мин после первого РМ, затем каждый час	Увеличение комплаенса легких на 35% и индекса PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> на 47% Уменьшение сопротивления дыхательных путей на 20%, СИ на 16%
Souza et al., 2009	Пациенты с ИМТ более 40 кг/м <sup>2</sup> ; открытые бариатрические операции	ДО = 8–10 мл/кг идеальной массы тела; РЕЕР = 5 см вод. ст.	(1) Пошаговый РМ после наложения шва на апоневроз: способ № 3, затем продолжение ИВЛ с ДО = 8–10 мл/кг ИМТ и РЕЕР = 5 см вод. ст.; (2) одномоментный РМ: способ № 2, затем продолжение ИВЛ с ДО = 8–10 мл/кг идеальной массы тела и РЕЕР = 5 см вод. ст.	Группа с пошаговым РМ: увеличение PaO <sub>2</sub> на 21% и индекса PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> на 9%. Группа с одномоментным РМ: увеличение PaO <sub>2</sub> на 29%, индекса PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> на 18% по сравнению с контрольной группой и на 10% по сравнению с пошаговым РМ
Pang et al., 2003	ASA I–II, 16–70 лет; плановые лапароскопические холецистэктомии	ДО = 10 мл/кг идеальной массы тела; РЕЕР = 0 см вод. ст.	РМ: способ № 1, затем ИВЛ с РЕЕР = 5 см вод. ст. и ДО = 10 мл/кг	Увеличение PaO <sub>2</sub> на 28%
Hemmes et al., 2011	Пациенты с высоким и средним риском послеоперационных респираторных осложнений, старше 18 лет и ИМТ менее 40 кг/м <sup>2</sup> ; плановые открытые абдоминальные операции	ДО = 8 мл/кг идеальной массы тела; РЕЕР менее 2 см вод. ст.	РМ: способ № 4, затем ИВЛ с РЕЕР = 12 см вод. ст. и ДО = 8 мл/кг; РМ выполнялся после интубации, после любого отключения от вентилятора и непосредственно перед экстубацией	Увеличение комплаенса легких на 27%. Большая частота развития гипотензии (46%) и большая потребность в вазопрессорах (62%)
Severgnini et al., 2013	Пациенты старше 18 лет; плановые открытые абдоминальные операции, продолжающиеся более 2 ч	ДО = 9 мл/кг идеальной массы тела; РЕЕР = 0 см вод. ст.	РМ: способ № 4, затем ИВЛ с ДО = 7 мл/кг и РЕЕР = 10 см вод. ст.; РМ выполнялся после интубации, после любой дисконекции и перед экстубацией, при условии стабильности витальных функций	Развитие гипотензии у 54% пациентов группы с РМ и у 33% пациентов группы без РМ. Снижении PaO <sub>2</sub> и SpO <sub>2</sub> у пациентов без РМ
Weingarten et al., 2010	Возраст старше 65 лет, ИМТ менее 35 кг/м <sup>2</sup> ; обширные абдоминальные операции	ДО = 10 мл/кг идеальной массы тела; РЕЕР = 0 см вод. ст.	РМ: способ № 3, затем ИВЛ с ДО = 6 мл/кг и РЕЕР = 4 см вод. ст.; РМ выполнялся после интубации, через 30 и 60 мин после первого РМ, затем каждый час	Увеличение индекса PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> на 24%, комплаенса легких на 36%. Снижение сопротивления дыхательных путей на 21%

выполнения РМ на 50% по сравнению с контрольной группой у пациентов с избыточной массой тела [49]. С. К. Pang et al. у больных с нормальной массой тела показали увеличение  $PaO_2$  в группе РМ после наложения пневмоперитонеума на 28% по сравнению с контрольной группой [29].

*При обширных абдоминальных операциях у пациентов с ожирением* А. Р. Souza et al. наблюдали увеличение  $PaO_2$  в группе с пошаговым РМ на 21% и на 29% в группе с одномоментным РМ по сравнению с традиционной ИВЛ, а также увеличение индекса  $PaO_2/FiO_2$  в группе с одномоментным РМ на 18% по сравнению с традиционной ИВЛ [39]. В своей работе J. Sprung et al. также показали достоверное увеличение индекса  $PaO_2/FiO_2$  в группе РМ на 47% по сравнению с контрольной группой [40].

*При обширных абдоминальных операциях у пожилых пациентов с нормальной массой тела* Т. N. Weingarten et al. продемонстрировали увеличение индекса  $PaO_2/FiO_2$  через 60 мин в группе с РМ на 24%. В контрольной группе через 60 мин после начала анестезии наблюдалось снижение индекса  $PaO_2/FiO_2$  на 15% [48]. В работе И. Б. Заболотских и др. увеличение индекса  $PaO_2/FiO_2$  в группе с РМ составляло 28% [1].

## 2. Увеличение комплаенса легких

*При лапароскопических операциях* в работе W. A. Almarakbi et al. показано увеличение комплаенса легких у пациентов с ожирением в группах с одиночным (на 14%) и повторным (на 25%) РМ с применением РЕЕР по сравнению с контрольной группой и группой с РМ без РЕЕР [2]. F. X. Whalen et al. у пациентов с избыточной массой тела также наблюдали увеличение комплаенса легких после выполнения РМ на 40% по сравнению с контрольной группой, однако через 30 мин после выполнения РМ наблюдалось снижение комплаенса до исходного уровня [49].

*При обширных абдоминальных операциях у пациентов с ожирением* J. Sprung et al. показали увеличение комплаенса легких в группе РМ на 35% по сравнению с контрольной группой [40].

*При обширных абдоминальных операциях у пациентов с нормальной массой тела* S. Hemmes et al. продемонстрировали увеличение комплаенса легких в группе с РМ на 27% по сравнению с группой с низким РЕЕР [24]. Однако в работе P. Severgnini et al. не обнаружено достоверных различий в величине комплаенса легких между пациентами с РМ и пациентами, которым РМ не проводили [36].

*При обширных абдоминальных операциях у пожилых пациентов с нормальной массой тела* Т. N. Weingarten et al. показали увеличение комплаенса легких на 36% в группе с РМ [48]. Сходные данные были получены в работе И. Б. Заболотских и др. [1].

## 3. Уменьшение сопротивления дыхательных путей

*При лапароскопических операциях* F. X. Whalen et al. выявлено уменьшение сопротивления дыха-

тельных путей у пациентов с ожирением в группе РМ на 34% по сравнению с контрольной группой [49].

*При обширных абдоминальных операциях у пациентов с ожирением* в работе J. Sprung et al. показано уменьшение сопротивления дыхательных путей в группе РМ на 20% по сравнению с контрольной группой [40]. Т. N. Weingarten et al. у пожилых пациентов с нормальной массой тела также наблюдали снижение сопротивления дыхательных путей на 21% в группе с РМ [48].

Таким образом, проведение РМ достоверно улучшает оксигенацию и механику дыхания в интраоперационном периоде, тем самым предотвращая возникновение респираторных инцидентов.

### Отрицательные эффекты проведения РМ

Выполнение РМ в интраоперационном периоде, помимо положительных, может приводить и к отрицательным последствиям [36, 40, 48].

Наиболее частым осложнением РМ, по данным различных авторов, является гипотензия [24, 36, 48]. Однако нет однозначных данных о влиянии РМ и РЕЕР на параметры гемодинамики. Часть исследователей сообщает о полной стабильности центральной гемодинамики после проведения РМ и применения РЕЕР даже у пожилых людей [48] и у пациентов с ожирением [2, 8]. Так, в исследовании Т. N. Weingarten et al. частота применения вазопрессоров в группе без РМ была сопоставима с группой с РМ. Для коррекции гипотензии использовалось болюсное внутривенное введение эфедрина 5 мг и фенилэфрина 100 мкг. Общая доза эфедрина в группе без РМ составляла 23 мг, в группе с РМ – 33 мг. Общая доза эпинефрина – 910 и 783 мкг соответственно [48]. P. Severgnini et al. у 54% пациентов группы протективной ИВЛ наблюдали развитие гипотензии после выполнения РМ, которая не требовала применения вазопрессоров. В группе с традиционной ИВЛ у 33% пациентов развивалась гипотензия, не связанная с РМ, причем в 4% случаев требующая применения вазоактивных препаратов [36]. J. Sprung et al. показали стабильность гемодинамики в обеих группах, однако в контрольной группе наблюдалось увеличение сердечного индекса (СИ) на 16% по сравнению с группой РМ [40]. W. A. Almarakbi, E. Futier et al. отмечают сопоставимую частоту осложнений у пациентов с применением и без применения РМ [2, 19].

Другая часть авторов, напротив, отмечает увеличение количества используемых вазопрессоров после выполнения РМ [1, 24, 49]. F. X. Whalen et al. сообщают о большей частоте использования вазопрессоров (на 50%) в группе РМ по сравнению с контрольной группой, однако СИ и среднее артериальное давление достоверно не различались между группами в течение всей операции. Для коррекции гипотензии использовали болюсное внутривенное введение фенилэфрина 100 мкг. Общая доза эфедрина в группе без РМ составляла 80 мкг, в группе с РМ – 300 мкг. Выполнение РМ не требовало дополнительного назначения вазопрессоров у пациен-

тов [49]. S. Hemmes et al. также выявили большую частоту развития гипотензии (46%) и большую потребность в вазопрессорах (62%) в группе РМ по сравнению с группой без РМ (36 и 51% соответственно). В данном исследовании также наблюдалось развитие десатурации у 8% пациентов группы с низким РЕЕР (34 пациента) и лишь у 2% пациентов группы РМ (11 больных) [23, 24].

Хорошо известно, что сохранение стабильности сердечно-сосудистой системы при больших значениях положительного давления в дыхательных путях зависит не только от его уровня, но и от того, в каком функциональном состоянии находится кардиореспираторная система. Результаты ряда исследований показали, что приложение положительного давления вызывает снижение СИ, не оказывает при этом существенного влияния на АД вследствие компенсаторного увеличения общего периферического сосудистого сопротивления [45]. Однако этот механизм, как показывают экспериментальные модели, функционирует только в условиях сохранности нейрорефлекторной регуляции кардиореспираторной системы. Когда же эта регуляция нарушена, наблюдается критическое падение гемодинамики в ответ на вентиляцию с положительным давлением [7]. Тем не менее подобная стратегия ИВЛ может усугублять ее неблагоприятные гемодинамические эффекты, связанные с увеличением постнагрузки на правый желудочек, увеличением внутригрудного давления, что в итоге приводит к снижению СИ и АД [26].

В настоящее время известно, что традиционная механическая вентиляция с высоким ДО во время общей анестезии может способствовать возникновению волюмотравмы с последующим развитием реакций иммунной системы в виде высвобождения провоспалительных цитокинов (интерлейкинов – ИЛ), являющихся маркером повреждения паренхимы легких: ИЛ-1; ИЛ-6; ИЛ-8; фактора некроза опухоли  $\alpha$  (ФНО- $\alpha$ ) (т. е. развитию биологической травмы) [14]. Применение РМ во время протективной интраоперационной ИВЛ не только не увеличивает, но и достоверно снижает концентрацию в плазме провоспалительных цитокинов по сравнению с традиционной ИВЛ без РМ, как в экспериментальных исследованиях на животных [33,35], так и у пациентов [48]. В работе T. N. Weingarten et al. сообщается об увеличении послеоперационных уровней ИЛ-6 и ИЛ-8 в обеих группах, однако достоверно значимого различия между этими категориями пациентов не обнаружено [48].

Экспериментальные исследования, встречающиеся в мировой литературе, сообщают о том, что выдыхаемый оксид азота (eNO) является маркером повреждения мелких дыхательных путей [12]. Поскольку большая часть eNO в легких производится эпителием мелких дыхательных путей, снижение уровня eNO может быть использовано в качестве маркера степени повреждения респираторного эпителия вследствие циклического открытия и закрытия мелких дыхательных путей во время ИВЛ [12].

Так, в работе Y. Cui et al. было показано, что проведение РМ в сочетании с низким ДО и установкой РЕЕР во время абдоминальной операции у пожилых пациентов вызывало достоверно меньший темп снижения eNO в послеоперационном периоде, чем у пациентов, которым не применялся РМ, что также свидетельствует о безопасности РМ [11].

Таким образом, выполнение РМ во время анестезии вполне безопасно для пациентов. Однако отрицательное влияние РМ на гемодинамику требует более осторожного его выполнения у пациентов с высоким риском возникновения гемодинамических инцидентов и своевременной их коррекции.

*Эффекты проведения РМ в послеоперационном периоде.* Эффекты выполнения РМ наблюдаются не только во время анестезии, но также и в послеоперационном периоде. После операции у пациентов наблюдаются динамические изменения  $\text{PaO}_2$  и  $\text{SpO}_2$ , а также снижение частоты послеоперационных респираторных осложнений и длительности пребывания в ОРИТ и в стационаре.

#### 4. Динамика $\text{PaO}_2$ и $\text{SpO}_2$

При лапароскопических операциях W. A. Almarakbi et al. установили, что у пациентов, которым выполняли повторные РМ, наблюдалось увеличение  $\text{SpO}_2$  в послеоперационном периоде по сравнению с пациентами с одиночным РМ и у пациентов без РМ [2].

При обширных абдоминальных операциях у пациентов с нормальной массой тела P. Severgnini et al. сообщили о статистически значимом снижении  $\text{PaO}_2$  и  $\text{SpO}_2$  у пациентов без РМ в первый и третий послеоперационные дни [36].

При обширных абдоминальных операциях у пожилых пациентов с нормальной массой тела в работе T. N. Weingarten et al. не обнаружено различий в величине индекса  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  между группами пациентов [48].

В работах C. K. Pang, F. X. Whalen, J. Sprung et al. не продемонстрировано достоверной разницы в величине  $\text{PaO}_2$  и  $\text{SpO}_2$  между группами пациентов с РМ и без него [29, 40, 49].

Незначительные различия в послеоперационной  $\text{PaO}_2$  и  $\text{SpO}_2$  у пациентов различных категорий объясняются тем, что применение РМ в первую очередь влияет на частоту развития послеоперационных осложнений у пациентов высокого риска, в то время как частота возникновения послеоперационных респираторных инцидентов в раннем послеоперационном периоде была сопоставима среди пациентов с и без РМ.

#### 5. Послеоперационные легочные осложнения и длительность пребывания в стационаре

При лапароскопических операциях у пациентов с ожирением в работе P. P. Remistico et al. в контрольной группе в 40% случаях наблюдались ателектазы, в 20% – гидроторакс. В группе с РМ в 13% случаях развивался гидроторакс. По данным автора, риск развития послеоперационных респираторных осложнений в контрольной группе был на 78% выше [34]. W. A. Almarakbi et al. было установлено, что

у пациентов, которым выполняли повторные РМ, срок пребывания в стационаре был достоверно меньше, чем у пациентов с одиночным РМ и у пациентов без РМ [2]. E. Futier et al. сообщили о достоверном снижении респираторных осложнений с 28 до 11% и количества пациентов, которым требовалась продленная послеоперационная ИВЛ, с 17 до 5% при проведении РМ [19]. Длительность пребывания в больнице пациентов этой группы также была достоверно ниже. Однако F. X. Whalen et al. не обнаружили различий в течении послеоперационного периода между группами пациентов [49].

При обширных абдоминальных операциях у пациентов с нормальной массой тела S. Nemmes et al. отметили развитие послеоперационных респираторных осложнений в течение первых пяти дней послеоперационного периода у 174 пациентов группы с высоким РЕЕР (40%) и у 172 пациентов группы с низким РЕЕР (39%). Также не обнаружено различий в характеристике послеоперационных инцидентов и осложнений: наиболее часто встречаемым инцидентом являлась гипоксемия (24% в группе РМ и 21% в группе без РМ). Среди осложнений: гидроторакс встречался у 21% пациентов каждой группы, ателектазы – у 12%. Также авторами не обнаружено различий в длительности пребывания в ОРИТ и в стационаре [24].

P. Severgnini et al. сообщили о более высоком проценте возникновения послеоперационных легочных осложнений в первый послеоперационный день у пациентов, которым не выполнялся РМ (у 27% пациентов), по сравнению с пациентами протективной группы (4%). Наиболее частыми респираторными инцидентами у пациентов с традиционной ИВЛ являлись повышенная секреция дыхательных путей (46% наблюдений), кашель (27%) и одышка (12%). При этом авторы не обнаружили никакого существенного различия в течении дальнейшего послеоперационного периода, хотя 20% пациентов группы РМ (по сравнению с 40% в контрольной группе), все еще находились в больнице на 14-й день после операции. На 28-й послеоперационный день 15% пациентов со стандартной ИВЛ и 7% с протективной ИВЛ находились в стационаре. На рентгенограммах в первый послеоперационный день у 4 пациентов

группы традиционной ИВЛ были обнаружены признаки ателектазирования, у 7 – на третий день, в то время как в группе с протективной ИВЛ ателектазы были выявлены у 2 пациентов [36].

При обширных абдоминальных операциях у пожилых пациентов с нормальной массой тела T. N. Weingarten et al. не обнаружили различий в длительности пребывания в ОРИТ и стационаре между группами пациентов. Так, у 8 пациентов, которым проводили традиционную ИВЛ, и у 5 пациентов с РМ были выявлены послеоперационные легочные осложнения, наиболее встречаемыми среди которых были ателектазы [48].

Применение РМ у пациентов с высоким риском развития осложнений достоверно снижает частоту развития послеоперационных осложнений. Однако выполнение РМ у пациентов с невысоким респираторным риском, по данным авторов, не позволяет снизить частоту осложнений и улучшить исход операции и длительность пребывания в стационаре.

### Заключение

Применение РМ в совокупности с другими элементами протективной ИВЛ во время общей анестезии у пациентов с высоким риском респираторных осложнений является эффективным и безопасным механизмом, позволяющим предупредить развитие респираторных осложнений как во время анестезии, так и в послеоперационном периоде. Однако выполнение РМ у пациентов с невысоким респираторным риском, по данным авторов, не позволяет снизить частоту осложнений и улучшить исход операции и длительность пребывания в стационаре.

Отрицательное влияние РМ на гемодинамику требует более осторожного его выполнения у пациентов с высоким риском возникновения гемодинамических инцидентов и своевременной их коррекции. У данных пациентов пошаговый способ выполнения РМ, при котором увеличение давления в дыхательных путях происходит постепенно, позволяет предотвратить появление неблагоприятных гемодинамических инцидентов во время выполнения РМ, таких как снижение АД.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Трэмбач Н. В., Заболотских И. Б. Эффективность и безопасность маневра открытия легких у больных с различной чувствительностью периферического хеморефлекса // Анестезиол. и реаниматол. – 2015. – Т. 60, № 6. – С. 8–11.
2. Almarakbi W. A., Fawzi H. M., Alhashemi J. A. Effects of four intraoperative ventilatory strategies on respiratory compliance and gas exchange during laparoscopic gastric banding in obese subjects // Br. J. Anaesth. – 2009. – Vol. 102, № 6. – P. 862–868.
3. Ball L., Pelosi P. Predictive scores for postoperative pulmonary complications: time to move towards clinical practice // Minerva Anesthesiol. 2016. – Vol. 82, № 3. – P. 265–267.
4. Bartlett D. Jr. Origin and regulation of spontaneous deep breaths // Respir. Physiol. – 1971. – Vol. 12, № 2. – P. 230–238.

### REFERENCES

1. Trembach N.V., Zabolotskikh I.B. Efficiency and safety of recruitment maneuver in the patients with various sensitivity of peripheral chemoreflex. *Anesthesiol. i Reanimatol.*, 2015, vol. 60, no. 6, pp. 8-11. (In Russ.)
2. Almarakbi W.A., Fawzi H.M., Alhashemi J.A. Effects of four intraoperative ventilatory strategies on respiratory compliance and gas exchange during laparoscopic gastric banding in obese subjects. *Br. J. Anaesth.*, 2009, vol. 102, no. 6, pp. 862-868.
3. Ball L., Pelosi P. Predictive scores for postoperative pulmonary complications: time to move towards clinical practice. *Minerva Anesthesiol.*, 2016, vol. 82, no. 3, pp. 265-267.
4. Bartlett D.Jr. Origin and regulation of spontaneous deep breaths. *Respir. Physiol.*, 1971, vol. 12, no. 2, pp. 230-238.

5. Bendixen H. H., Bullwinkel B., Hedley-Whyte J. et al. Atelectasis and shunting during spontaneous ventilation in anesthetized subjects // *Anesthesiology*. – 1964. – Vol. 25. – P. 297–301.
6. Biddle C., Epps L., Hassanein R. The efficacy of sighs in subjects with COPD undergoing general anesthesia and controlled ventilation // *AANA J.* – 1989. – Vol. 57, № 2. – P. 131–136.
7. Blevins S. S., Connolly M. J., Carlson D. E. Baroreceptor mediated compensation for hemodynamic effects of positive end-expiratory pressure // *J. Appl. Physiol.* – 1999. – Vol. 86. – P. 285–293.
8. Bohm S. H., Thamm O. C., von Sandersleben A. et al. Alveolar recruitment strategy and high positive end expiratory pressure levels do not affect hemodynamics in morbidly obese intravascular volume-loaded patients // *Anesth. Analg.* – 2009. – Vol. 109, № 1. – P. 160–163.
9. Brismar B., Hedenstierna G., Lundquist H. et al. Pulmonary densities during anesthesia with muscular relaxation – a proposal of atelectasis // *Anesthesiology*. – 1985. – Vol. 62, № 4. – P. 422–428.
10. Chalhoub V., Yazigi A., Sleilaty G. et al. Effect of vital capacity maneuvers on arterial oxygenation in morbidly obese patients undergoing open bariatric surgery // *Eur. J. Anaesthesiol.* – 2007. – Vol. 24, № 3. – P. 283–288.
11. Cui Y., Pi X., Wang C. et al. Effects of different ventilation strategies on exhaled nitric oxide in geriatric abdominal surgery // *J. Breath. Res.* – 2015. – Vol. 26. – P. 9.
12. D'Angelo E., Koulouris N. G., Della Valle P. et al. The fall in exhaled nitric oxide with ventilation at low lung volumes in rabbits: an index of small airway injury // *Respir. Physiol. Neurobiol.* – 2008. – Vol. 160. – P. 215–223.
13. Dietl P., Frick M., Mair N., et al. Pulmonary consequences of a deep breath revisited // *Biol. Neonate*. – 2004. – Vol. 85, № 4. – P. 299–304.
14. Dos Santos C. C., Slutsky A. S. Invited review: mechanisms of ventilator-induced lung injury: a perspective // *J. Appl. Physiol.* – 2000. – Vol. 89. – P. 1645–1655.
15. Duggan M., Kavanagh B. P. Pulmonary atelectasis: a pathogenic perioperative entity // *Anesthesiology*. – 2005. – Vol. 102. – P. 838–854.
16. Edmark L., Auner U., Hallén J. et al. A ventilation strategy during general anaesthesia to reduce postoperative atelectasis // *Ups. J. Med. Sci.* – 2014. – Vol. 119, № 3. – P. 242–250.
17. Ferris B. G. Jr., Pollard D. S. The effect of deep and quiet breathing on pulmonary compliance in man // *J. Clin. Invest.* – 1960. – Vol. 39. – P. 143–149.
18. Futier E., Constantin J. M., Jaber S. Protective lung ventilation in operating room: a systematic review // *Minerva Anesthesiol.* – 2014. – Vol. 80. – P. 726–735.
19. Futier E., Constantin J. M., Pelosi P. et al. Intraoperative recruitment maneuver reverses detrimental pneumoperitoneum-induced respiratory effects in healthy weight and obese patients undergoing laparoscopy // *Anesthesiology*. – 2010. – Vol. 113, № 6. – P. 1310–1319.
20. Goncalves L. O., Cicarelli D. D. Alveolar recruitment maneuver in anesthetic practice: how, when, and why it may be useful // *Rev. Bras. Anesthesiol.* – 2005. – Vol. 55, № 6. – P. 631–638.
21. de Graaff J. C., Sarfo M. C., van Wolfswinkel L. et al. Anesthesia-related critical incidents in the perioperative period in children; a proposal for an anesthesia-related reporting system for critical incidents in children // *Paediatr. Anaesth.* – 2015. – Vol. 25, № 6. – P. 621–629.
22. Hedenstierna G., Edmark L. Mechanisms of atelectasis in the perioperative period // *Best. Pract. Res. Clin. Anaesthesiol.* – 2010. – Vol. 24, № 2. – P. 157–169.
23. Hemmes S., Gama de Abreu M., Severgnini P. et al. High versus low positive end expiratory pressure during general anaesthesia for open abdominal surgery (PROVHILO trial): a multicentre randomized controlled trial // *Lancet*. – 2014. – Vol. 384 (9942). – P. 495–503.
24. Hemmes S. N., Severgnini P., Jaber S. et al. Rationale and study design of PROVHILO – a worldwide multicenter randomized controlled trial on protective ventilation during general anesthesia for open abdominal surgery // *Trials*. – 2011. – Vol. 6, № 12. – P. 111–121.
25. Kavanagh B. P., Hedenstierna G. Respiratory Physiology and Pathophysiology // In: Miller R.D. ed. Miller's Anesthesia. 8th ed. // Philadelphia: Churchill Livingstone. – 2014. – P. 444–473.
26. Leithner C., Podolsky A., Globits S. et al. Magnetic resonance imaging of the heart during positive end-expiratory pressure ventilation in normal subjects // *Crit. Care Med.* – 1994. – Vol. 22, № 3. – P. 426–432.
27. Linde-Zwirble W. L., Bloom J. D., Mecca R. S. et al. Postoperative pulmonary complications in adult elective surgery subjects in the US: severity, outcomes, and resources use // *Crit. Care*. – 2010. – Vol. 14 (Suppl. 1). – P. 210.
28. Lumb A. B., Walton L. J. Perioperative oxygen toxicity // *Anesthesiol. Clin.* – 2012. – Vol. 30, № 4. – P. 591–605.
5. Bendixen H.H., Bullwinkel B., Hedley-Whyte J. et al. Atelectasis and shunting during spontaneous ventilation in anesthetized subjects. *Anesthesiology*, 1964, vol. 25, pp. 297-301.
6. Biddle C., Epps L., Hassanein R. The efficacy of sighs in subjects with COPD undergoing general anesthesia and controlled ventilation. *AANA J.*, 1989, vol. 57, no. 2, pp. 131-136.
7. Blevins S.S., Connolly M.J., Carlson D.E. Baroreceptor mediated compensation for hemodynamic effects of positive end-expiratory pressure. *J. Appl. Physiol.*, 1999, vol. 86, pp. 285-293.
8. Bohm S.H., Thamm O.C., von Sandersleben A. et al. Alveolar recruitment strategy and high positive end expiratory pressure levels do not affect hemodynamics in morbidly obese intravascular volume-loaded patients. *Anesth. Analg.*, 2009, vol. 109, no. 1, pp. 160-163.
9. Brismar B., Hedenstierna G., Lundquist H. et al. Pulmonary densities during anesthesia with muscular relaxation – a proposal of atelectasis. *Anesthesiology*, 1985, vol. 62, no. 4, pp. 422-428.
10. Chalhoub V., Yazigi A., Sleilaty G. et al. Effect of vital capacity maneuvers on arterial oxygenation in morbidly obese patients undergoing open bariatric surgery. *Eur. J. Anaesthesiol.*, 2007, vol. 24, no. 3, pp. 283-288.
11. Cui Y., Pi X., Wang C. et al. Effects of different ventilation strategies on exhaled nitric oxide in geriatric abdominal surgery. *J. Breath. Res.*, 2015, vol. 26, pp. 9.
12. D'Angelo E., Koulouris N.G., Della Valle P. et al. The fall in exhaled nitric oxide with ventilation at low lung volumes in rabbits: an index of small airway injury. *Respir. Physiol. Neurobiol.*, 2008, vol. 160, pp. 215-223.
13. Dietl P., Frick M., Mair N., et al. Pulmonary consequences of a deep breath revisited. *Biol. Neonate*, 2004, vol. 85, no. 4, pp. 299-304.
14. Dos Santos C.C., Slutsky A.S. Invited review: mechanisms of ventilator-induced lung injury: a perspective. *J. Appl. Physiol.*, 2000, vol. 89, pp. 1645-1655.
15. Duggan M., Kavanagh B. P. Pulmonary atelectasis: a pathogenic perioperative entity. *Anesthesiology*, 2005, vol. 102, pp. 838-854.
16. Edmark L., Auner U., Hallén J. et al. A ventilation strategy during general anaesthesia to reduce postoperative atelectasis. *Ups. J. Med. Sci.*, 2014, vol. 119, no. 3, pp. 242-250.
17. Ferris B.G.Jr., Pollard D.S. The effect of deep and quiet breathing on pulmonary compliance in man. *J. Clin. Invest.*, 1960, vol. 39, pp. 143-149.
18. Futier E., Constantin J.M., Jaber S. Protective lung ventilation in operating room: a systematic review. *Minerva Anesthesiol.*, 2014, vol. 80, pp. 726-735.
19. Futier E., Constantin J.M., Pelosi P. et al. Intraoperative recruitment maneuver reverses detrimental pneumoperitoneum-induced respiratory effects in healthy weight and obese patients undergoing laparoscopy. *Anesthesiology*, 2010, vol. 113, no. 6, pp. 1310-1319.
20. Goncalves L.O., Cicarelli D.D. Alveolar recruitment maneuver in anesthetic practice: how, when, and why it may be useful. *Rev. Bras. Anesthesiol.*, 2005, vol. 55, no. 6, pp. 631-638.
21. de Graaff J.C., Sarfo M.C., van Wolfswinkel L. et al. Anesthesia-related critical incidents in the perioperative period in children; a proposal for an anesthesia-related reporting system for critical incidents in children. *Paediatr. Anaesth.*, 2015, vol. 25, no. 6, pp. 621-629.
22. Hedenstierna G., Edmark L. Mechanisms of atelectasis in the perioperative period. *Best. Pract. Res. Clin. Anaesthesiol.*, 2010, vol. 24, no. 2, pp. 157-169.
23. Hemmes S., Gama de Abreu M., Severgnini P. et al. High versus low positive end expiratory pressure during general anaesthesia for open abdominal surgery (PROVHILO trial): a multicentre randomized controlled trial. *Lancet*, 2014, vol. 384 (9942), pp. 495-503.
24. Hemmes S.N., Severgnini P., Jaber S. et al. Rationale and study design of PROVHILO – a worldwide multicenter randomized controlled trial on protective ventilation during general anesthesia for open abdominal surgery. *Trials*, 2011, vol. 6, no. 12, pp. 111-121.
25. Kavanagh B.P., Hedenstierna G. Respiratory Physiology and Pathophysiology. In: Miller R.D. ed. Miller's Anesthesia. 8th ed. Philadelphia, Churchill Livingstone. 2014, pp. 444-473.
26. Leithner C., Podolsky A., Globits S. et al. Magnetic resonance imaging of the heart during positive end-expiratory pressure ventilation in normal subjects. *Crit. Care Med.*, 1994, vol. 22, no. 3, pp. 426-432.
27. Linde-Zwirble W.L., Bloom J.D., Mecca R.S. et al. Postoperative pulmonary complications in adult elective surgery subjects in the US: severity, outcomes, and resources use. *Crit. Care*, 2010, vol. 14, suppl. 1), pp. 210.
28. Lumb A.B., Walton L.J. Perioperative oxygen toxicity. *Anesthesiol. Clin.*, 2012, vol. 30, no. 4, pp. 591-605.

29. Pang C. K., Yap J., Chen P. P. The effect of an alveolar recruitment strategy on oxygenation during laparoscopic cholecystectomy // *Anaesth. Intens. Care.* – 2003. – Vol. 31, № 2. – P. 176–180.
30. Park S. J., Kim B. G., Oh A. H. et al. Effects of intraoperative protective lung ventilation on postoperative pulmonary complications in patients with laparoscopic surgery: prospective, randomized and controlled trial // *Surg. Endosc.* – 2016. – Vol. 19. – P. 177–186.
31. Paulus F., Binnekade J. M., Vroom M. B. et al. Benefits and risks of manual hyperinflation in intubated and mechanically ventilated intensive care unit subjects: a systematic review // *Crit. Care.* – 2012. – Vol. 16, № 4. – P. 145.
32. Reinius H., Jonsson L., Gustafsson S. et al. Prevention of atelectasis in morbidly obese patients during general anesthesia and paralysis: a computerized tomography study // *Anesthesiology.* – 2009. – Vol. 111, № 5. – P. 979–987.
33. Reiss L. K., Kowallik A., Uhlig S. Recurrent recruitment maneuvers improve lung mechanics and minimize lung injury during mechanical ventilation of healthy mice // *PLoS One.* – 2011. – Vol. 6, № 9. – P. 245.
34. Remístico P.P., Araújo S., de Figueiredo L. C. et al. Impact of alveolar recruitment maneuver in the postoperative period of videolaparoscopic bariatric surgery // *Rev. Bras. Anesthesiol.* – 2011. – Vol. 61, № 2. – P. 88–94, 163–168, 169–176.
35. Schilling T., Kretzschmar M., Hachenberg T. et al. The immune response to one-lung-ventilation is not affected by repeated alveolar recruitment maneuvers in pigs // *Minerva Anesthesiol.* – 2013. – Vol. 79, № 6. – P. 590–603.
36. Severgnini P., Selmo G., Lanza C. et al. Protective mechanical ventilation during general anesthesia for open abdominal surgery improves postoperative pulmonary function // *Anesthesiology.* – 2013. – Vol. 118, № 6. – P. 1307–1321.
37. Shander A., Fleisher L. A., Barie P. S. et al. Clinical and economic burden of postoperative pulmonary complications: subject safety summit on definition, risk-reducing interventions, and preventive strategies // *Crit. Care Med.* – 2011. – Vol. 39, № 9. – P. 2163–2172.
38. Smetana G. W., Lawrence V. A., Cornell J. E. Preoperative pulmonary risk stratification for noncardiothoracic surgery: systematic review for the American College of Physicians // *Ann. Intern. Med.* – 2006. – Vol. 144. – P. 581–595.
39. Souza A. P., Buschpigel M., Mathias L. A. et al. Análise dos efeitos da manobra de recrutamento alveolar na oxigenação sanguínea durante procedimento bariátrico // *Rev. Bras. Anesthesiol.* – 2009. – Vol. 59, № 2. – P. 177–186.
40. Sprung J., Whalen F. X., Comfere T. et al. Alveolar recruitment and arterial desflurane concentration during bariatric surgery // *Anesth. Anal.* – 2009. – Vol. 108, № 1. – P. 120–127.
41. Sutherasan Y., Vargas M., Pelosi P. Protective mechanical ventilation in the non-injured lung: review and meta-analysis // *Crit. Care.* – 2014. – Vol. 18, № 2. – P. 211.
42. Talab H. F., Zabani I. A., Abdelrahman H. S. et al. Intraoperative ventilatory strategies for prevention of pulmonary atelectasis in obese patients undergoing laparoscopic bariatric surgery // *Anesth. Analg.* – 2009. – Vol. 109, № 5. – P. 1511–1516.
43. Tusman G., Bohm S. H., Warner D. O. et al. Atelectasis and perioperative pulmonary complications in high-risk subjects // *Curr. Opin. Anaesthesiol.* – 2012. – Vol. 25, № 1. – P. 1–10.
44. von Ungern-Sternberg B. S., Ramgolam A., Hall G. L. et al. Peri-operative adverse respiratory events in children // *Anaesthesia.* – 2015. – Vol. 70, № 4. – P. 440–444.
45. Valipour A., Schneider F., Kössler W. et al. Heart rate variability and spontaneous baroreflex sequences in supine healthy volunteers subjected to nasal positive airway pressure // *J. Appl. Physiol.* – 2005. – Vol. 99, № 6. – P. 2137–2143.
46. van Kaam A. H., Lachmann R. A., Herting E. et al. Reducing atelectasis attenuates bacterial growth and translocation in experimental pneumonia // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* – 2004. – Vol. 169, № 9. – P. 1046–1053.
47. Wan S., Siow Y. N., Lee S. M. et al. Audits and critical incident reporting in paediatric anaesthesia: lessons from 75,331 anaesthetics // *Singapore Med. J.* – 2013. – Vol. 54, № 2. – P. 69–74.
48. Weingarten T. N., Whalen F. X., Warner D. O. et al. Comparison of two ventilatory strategies in elderly subjects undergoing major abdominal surgery // *Br. J. Anaesth.* – 2010. – Vol. 104, № 1. – P. 16–22.
49. Whalen F. X., Gajic O., Thompson G. B. et al. The effects of the alveolar recruitment maneuver and positive end expiratory pressure on arterial oxygenation during laparoscopic bariatric surgery // *Anesth. Analg.* – 2006. – Vol. 102, № 1. – P. 298–305.
29. Pang C.K., Yap J., Chen P.P. The effect of an alveolar recruitment strategy on oxygenation during laparoscopic cholecystectomy. *Anaesth. Intens. Care*, 2003, vol. 31, no. 2, pp. 176-180.
30. Park S.J., Kim B.G., Oh A.H. et al. Effects of intraoperative protective lung ventilation on postoperative pulmonary complications in patients with laparoscopic surgery: prospective, randomized and controlled trial. *Surg. Endosc.*, 2016, vol. 19, pp. 177-186.
31. Paulus F., Binnekade J.M., Vroom M.B. et al. Benefits and risks of manual hyperinflation in intubated and mechanically ventilated intensive care unit subjects: a systematic review. *Crit. Care*, 2012, vol. 16, no. 4, pp. 145.
32. Reinius H., Jonsson L., Gustafsson S. et al. Prevention of atelectasis in morbidly obese patients during general anesthesia and paralysis: a computerized tomography study. *Anesthesiology*, 2009, vol. 111, no. 5, pp. 979-987.
33. Reiss L.K., Kowallik A., Uhlig S. Recurrent recruitment maneuvers improve lung mechanics and minimize lung injury during mechanical ventilation of healthy mice. *PLoS One*, 2011, vol. 6, no. 9, pp. 245.
34. Remístico P.P., Araújo S., de Figueiredo L.C. et al. Impact of alveolar recruitment maneuver in the postoperative period of videolaparoscopic bariatric surgery. *Rev. Bras. Anesthesiol.*, 2011, vol. 61, no. 2, pp. 88–94, 163–168, 169–176.
35. Schilling T., Kretzschmar M., Hachenberg T. et al. The immune response to one-lung-ventilation is not affected by repeated alveolar recruitment maneuvers in pigs. *Minerva Anesthesiol.*, 2013, vol. 79, no. 6, pp. 590-603.
36. Severgnini P., Selmo G., Lanza C. et al. Protective mechanical ventilation during general anesthesia for open abdominal surgery improves postoperative pulmonary function. *Anesthesiology*, 2013, vol. 118, no. 6, pp. 1307-1321.
37. Shander A., Fleisher L.A., Barie P.S. et al. Clinical and economic burden of postoperative pulmonary complications: subject safety summit on definition, risk-reducing interventions, and preventive strategies. *Crit. Care Med.*, 2011, vol. 39, no. 9, pp. 2163-2172.
38. Smetana G.W., Lawrence V.A., Cornell J.E. Preoperative pulmonary risk stratification for noncardiothoracic surgery: systematic review for the American College of Physicians. *Ann. Intern. Med.*, 2006, vol. 144, pp. 581-595.
39. Souza A.P., Buschpigel M., Mathias L.A. et al. Análise dos efeitos da manobra de recrutamento alveolar na oxigenação sanguínea durante procedimento bariátrico. *Rev. Bras. Anesthesiol.*, 2009, vol. 59, no. 2, pp. 177-186.
40. Sprung J., Whalen F.X., Comfere T. et al. Alveolar recruitment and arterial desflurane concentration during bariatric surgery. *Anesth. Anal.*, 2009, vol. 108, no. 1, pp. 120-127.
41. Sutherasan Y., Vargas M., Pelosi P. Protective mechanical ventilation in the non-injured lung: review and meta-analysis. *Crit. Care*, 2014, vol. 18, no. 2, pp. 211.
42. Talab H.F., Zabani I.A., Abdelrahman H.S. et al. Intraoperative ventilatory strategies for prevention of pulmonary atelectasis in obese patients undergoing laparoscopic bariatric surgery. *Anesth. Analg.*, 2009, vol. 109, no. 5, pp. 1511-1516.
43. Tusman G., Bohm S.H., Warner D.O. et al. Atelectasis and perioperative pulmonary complications in high-risk subjects. *Curr. Opin. Anaesthesiol.*, 2012, vol. 25, no. 1, pp. 1-10.
44. von Ungern-Sternberg B.S., Ramgolam A., Hall G.L. et al. Peri-operative adverse respiratory events in children. *Anaesthesia*, 2015, vol. 70, no. 4, pp. 440-444.
45. Valipour A., Schneider F., Kössler W. et al. Heart rate variability and spontaneous baroreflex sequences in supine healthy volunteers subjected to nasal positive airway pressure. *J. Appl. Physiol.*, 2005, vol. 99, no. 6, pp. 2137-2143.
46. van Kaam A.H., Lachmann R.A., Herting E. et al. Reducing atelectasis attenuates bacterial growth and translocation in experimental pneumonia. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 2004, vol. 169, no. 9, pp. 1046-1053.
47. Wan S., Siow Y.N., Lee S.M. et al. Audits and critical incident reporting in paediatric anaesthesia: lessons from 75,331 anaesthetics. *Singapore Med. J.*, 2013, vol. 54, no. 2, pp. 69-74.
48. Weingarten T.N., Whalen F.X., Warner D.O. et al. Comparison of two ventilatory strategies in elderly subjects undergoing major abdominal surgery. *Br. J. Anaesth.*, 2010, vol. 104, no. 1, pp. 16-22.
49. Whalen F.X., Gajic O., Thompson G.B. et al. The effects of the alveolar recruitment maneuver and positive end expiratory pressure on arterial oxygenation during laparoscopic bariatric surgery. *Anesth. Analg.*, 2006, vol. 102, no. 1, pp. 298-305.



**ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:**

*Кубанский государственный медицинский университет,  
350063, г. Краснодар, ул. Седина, д. 4.*

***Заболотских Игорь Борисович***

*доктор медицинских наук, профессор,  
заведующий кафедрой анестезиологии,  
реаниматологии и трансфузиологии ФПК и ППС.  
E-mail: pobeda\_zib@mail.ru*

***Вейлер Роман Владимирович***

*аспирант кафедры анестезиологии,  
реаниматологии и трансфузиологии ФПК и ППС.  
E-mail: dr.veyler@mail.ru*

***Трембач Никита Владимирович***

*кандидат медицинских наук,  
ассистент кафедры анестезиологии,  
реаниматологии и трансфузиологии ФПК и ППС.  
E-mail: nikitkax@mail.ru*

**FOR CORRESPONDENCE:**

*Kuban State Medical University,  
4, Sedina St., Krasnodar, 350063*

***Igor B. Zabolotskikh***

*Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Anesthesiology,  
Intensive Care and Blood Transfusion  
Department of FPK and PPS.  
E-mail: pobeda\_zib@mail.ru*

***Roman V. Veyler***

*Post Graduate Student of Anesthesiology, Intensive Care and  
Blood Transfusion Department of FPK and PPS.  
E-mail: dr.veyler@mail.ru*

***Nikita V. Trembach***

*Candidate of Medical Sciences, Assistant of Anesthesiology,  
Intensive Care and Blood Transfusion Department of FPK and  
PPS.  
E-mail: nikitkax@mail.ru*