

ЭФФЕКТИВНОСТЬ «ОТКРЫТИЯ АЛЬВЕОЛ» У БОЛЬНЫХ С ОСТРЫМ ПОВРЕЖДЕНИЕМ ЛЕГКИХ И СОПУТСТВУЮЩИМ ПНЕВМОТОРАКСОМ

Ю. В. Марченков¹, В. В. Измайлов², Е. М. Козлова¹, П. В. Богомолов³

¹ ГУ НИИ общей реаниматологии РАМН, Москва

² Центральный клинический военный госпиталь ФСБ России, Москва

³ Городская клиническая больница им. С. П. Боткина, Департамента здравоохранения г. Москвы

Effectiveness of Alveolar Opening in Patients with Acute Lung Injury and Concomitant Pneumothorax

Yu. V. Marchenkov¹, V. V. Izmailov², Ye. M. Kozlova¹, P. V. Bogomolov³

¹ Research Institute of General Reanimatology, Russian Academy of Medical Sciences;

² Central Clinical Military Hospital, Federal Security Service of Russia, Moscow;

³ S. P. Botkin City Clinical Hospital

Цель исследования — изучить эффективность «маневра открытия легких» у больных с острым повреждением легких и сопутствующим пневмотораксом, находившихся на ВІРАР (вентиляция легких с двухфазным положительным давлением в дыхательных путях) и SIMV (синхронизированная перемежающаяся принудительная вентиляция легких). **Материал и методы.** Обследовано 73 больных с острым повреждением легких и сопутствующим пневмотораксом, развившееся в результате тупой травмы грудной клетки. Тяжесть состояния по шкале АРАСНЕ II составила 18–24 баллов. После ликвидации пневмоторакса проводили «маневр открытия легких» на различных видах респираторной поддержки 3–5 раз в сутки. **Результаты.** В исследовании показано, что использование ВІРАР у больных с ОПЛ и сопутствующим пневмотораксом снижает время дренирования плевральной полости, что позволяет раньше применять «маневр открытия легких». Применение «маневра открытия легких» у больных с ОПЛ и пневмотораксом позволяет быстрее восстановить функцию легких на различных видах респираторной поддержки, что сопровождается снижением количества осложнений, длительности ИВЛ и летальности. При сочетании «маневра открытия легких» и ВІРАР эффективность его значительно повышается. **Ключевые слова:** острое повреждение легких, пневмоторакс, ВІРАР, «маневр открытия легких».

Objective: to study the efficiency of a lung opening maneuver in patients with acute lung injury (ALI) and concomitant pneumothorax, who were on biphasic positive airway pressure ventilation (BIPAP) and synchronized intermittent mandatory ventilation. **Subject and methods.** Seventy-three patients with acute lung injury and concomitant pneumothorax resulting from blunt chest trauma were examined. Their condition was an APACHE II of 18–24 scores. After elimination of pneumothorax, an open lung maneuver was made using different modes of lung support 3–5 times daily. **Results.** The study has shown that BIPAP used in patients with ALI and concomitant pneumothorax reduces the time of pleural cavity drainage, which allows the lung opening maneuver to be applied earlier. The employment of the latter in patients with ALI and pneumothorax permits a prompter recovery of lung function during different types of respiratory support, which is attended by reductions in the number of complications, artificial ventilation, and mortality. When the lung opening maneuver is combined with BIPAP, its efficiency considerably increases. **Key words:** acute lung injury, pneumothorax, BIPAP, lung opening maneuver.

Искусственная вентиляция легких (ИВЛ) является важнейшим методом лечения дыхательной недостаточности у больных с острым повреждением легких (ОПЛ) [1]. Довольно часто ОПЛ сопровождается развитием одно- или двустороннего пневмоторакса, либо в результате прямого повреждения легких, либо как осложнение ИВЛ [2, 3]. В этой ситуации клиницистам приходится решать две взаимоисключающие задачи. С одной стороны, для обеспечения удовлетворительной

оксигенации, требуется создание достаточно высоких уровней давления в дыхательных путях, что, в свою очередь, поддерживает наличие пневмоторакса и задерживает его купирование. А длительная негерметичность легких не позволяет у этих больных применить высокоэффективные методы респираторной терапии, такие как «маневр открытия легких» (МОЛ), пронпозиция, высокое ПДКВ (положительное давление в конце выдоха), что приводит к прогрессированию дыхательной недостаточности.

Существует трехкомпонентная модель ОПЛ, которая включает в себя три типа альвеол: вентилируемые альвеолы, чувствительные к баротравме, наполненные экссудатом неоткрываемые альвеолы и потенциально

Адрес для корреспонденции (Correspondence Address):

Марченков Юрий Викторович
E-mail: marchenkow@yandex.ru

Динамика исследуемых показателей в группах А I ($n=18$, $M \pm \sigma$) и В I ($n=18$, $M \pm \sigma$)

Показатель	Исходные значения		Через 30 мин после МОЛ		Через 6 часов после МОЛ	
	ВІРАР	СИМВ	ВІРАР	СИМВ	ВІРАР	СИМВ
PaO ₂ /FiO ₂ , мм рт. ст.	243±11,2	245±12,3	318±12,1**	277±13,2*	271±11,9*	254±12,3
PaCO ₂ , мм рт. ст.	36,3±3,1	35,8±3,5	34,8±3,7	35,2±3,2	36,1±3,5	36,3±3,6
С, мл/см водн. ст.	48,8±3,2	49,6±3,3	68,7±3,6**	58,7±3,4*	56,2±3,1*	50,2±3,6
Q _s /Q _t , %	20,2±2,3	19,8±2,2	13,6±2,3**	16,2±2,5*	16,3±2,6*	17,2±2,5
SaO ₂ , %	94,6±1,2	94,5±1,3	98±1,2**	97,6±1,3*	96,6±1,3*	95,0±1,3
ЧСС, 1/мин	102±7,2	103±6,8	116±6,2*	119±7,3*	104±5,7	108±6,7
АДср, мм рт. ст.	79,8±4,7	81,1±4,3	76,8±5,1	76,6±4,7	78,3±4,4	78,7±4,5
СИ, л/м ²	4,7±0,3	4,6±0,4	5,0±0,4*	4,9±0,3*	4,7±0,4	4,7±0,5

Примечание. * — достоверные изменения по отношению к исходным значениям ($p < 0,05$), ** — ($p < 0,01$).

открываемые альвеолы, коллабированные вследствие интерстициального отека. Открытие легких — стратегия, направленная на открытие коллабированных альвеол с дальнейшим поддержанием оптимального ПДКВ для предотвращения процесса повторного закрытия [4].

Цель исследования — изучить эффективность «маневра открытия легких» у больных с острым повреждением легких и сопутствующим пневмотораксом, находившихся на ВІРАР (вентиляция легких с двухфазным положительным давлением в дыхательных путях) и СИМВ (синхронизированная перемежающаяся принудительная вентиляция легких).

Материалы и методы

Обследовано 73 больных с острым повреждением легких и сопутствующим пневмотораксом, развившимся в результате тупой травмы грудной клетки. Диагноз ОПЛ выставлялся на основании критериев, предложенных ГУ НИИ ОР РАМН (2008 г.) [5]. Тяжесть состояния по шкале АРАСНЕ II составила от 18 до 24 баллов.

При переходе к ВІРАР после проведения традиционной ИВЛ основывались на предыдущие параметры вентиляции. Фаза низкого давления соответствовала уровню ПДКВ при объемной ИВЛ, фаза высокого давления — Рплато, продолжительность обеих фаз — длительности вдоха и выдоха (фаза высокого давления — время вдоха, фаза низкого давления — время выдоха). При таком способе перехода дыхательный объем (V_t) на ВІРАР соответствовал V_t на СИМВ. После ликвидации пневмоторакса (в среднем — через сутки) проводили «маневр открытия легких» 3–5 раз в сутки.

Показанием для проведения маневра служило снижение индекса оксигенации ниже 250 мм рт. ст. при ПДКВ 5–8 см водн. ст. и FiO₂ > 0,5, не поддающееся коррекции стандартными методиками. МОЛ проводили в режиме ВІРАР с I:E = 1:1 в условиях седации и релаксации. Уровень высокого давления и ПДКВ поднимали на 10–15 см водн. ст. пошагово (в течение 10 вдохов) на 2 см водн. ст., ориентируясь на V_t, сатурацию крови и податливость легких, которые при эффективности МОЛ начинают увеличиваться (точка открытия альвеол). Показанием к снижению давления в дыхательных путях являлось прекращение прироста V_t, сатурации и податливости легких (критическая точка). Далее определяли уровень ПДКВ, при котором V_t начинал снижаться (точка закрытия альвеол). Затем вновь повышали ПДКВ на величину, на 2–3 см водн. ст. ниже критической точки или до точки открытия и далее пошагово снижали его до уровня на 2 см водн. ст. выше точки закрытия альвеол, считая его оптимальным на данный момент времени.

Вентиляцию легких проводили респираторами «Dräger Evita-4» (Germany). Дыхательные параметры снимали с дисплея респиратора, показатели функции внешнего дыхания — во время проведения стандартных автоматизированных тестов.

Анализ газового состава крови и КОС производили на газоанализаторе «ABL-500» (Radiometer, Denmark). Гемодинамические измерения проводили инвазивно — термодилуционным методом с применением аппарата «Pulson PiCCOplus» (Germany) на всех этапах исследования.

Больные были разделены на следующие группы:

Группа А: ВІРАР ($n=37$); Группа В: СИМВ ($n=36$).

Подгруппа А I: ВІРАР+МОЛ ($n=18$);

Подгруппа А II: ВІРАР без МОЛ (контрольная) ($n=19$).

Подгруппа В I: СИМВ+МОЛ ($n=18$);

Подгруппа В II: СИМВ без МОЛ (контрольная) ($n=18$), не имеющих достоверных отличий по исходной тяжести состояния и основным физиологическим показателям.

Статистическую обработку проводили с помощью пакета компьютерных программ Excel 5,0 (MS). Достоверность различий между значениями исследуемых показателей оценивалась по *t*-критерию Стьюдента при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

У исследуемых больных на ВІРАР пиковое давление (P_{пик}) для обеспечения одинакового дыхательного объема было достоверно ниже, чем на СИМВ (17,9±2,3 см водн. ст. и 23,4±2,0, соответственно, $p < 0,05$). Регуляция инспираторного давления и возможность спонтанного дыхания при ВІРАР позволяет контролировать P_{пик} в альвеолах, уменьшая сброс воздуха через дренажи и способствует более быстрой герметизации легких (3,8±2,3 суток на СИМВ против 2,1±1,33 на ВІРАР, $p < 0,05$), что позволило в ранние сроки развития ОПЛ проводить «маневр открытия легких». Минутная вентиляция легких несколько увеличилась за счет вклада спонтанного дыхания в общий минутный объем дыхания, что достоверно не изменило показатели PaCO₂.

В нашем исследовании у всех больных группы А I и В I после купирования пневмоторакса и выполнения «маневра открытия легких» привело к достоверному увеличению оксигенации артериальной крови, росту сатурации, торакопульмональной податливости, снижению шунтирования. Индекс оксигенации у больных на ВІРАР увеличился с 243,0±11,2 до 318,0±12,1 ($p < 0,01$) и оставался достоверно высоким в течение 5–6 часов. А после применения аналогичных методов в группе СИМВ достоверные изменения изучаемых показателей сохранялись значительно меньше (в течение 2–3 часов), что диктовало необходимость более частого применения МОЛ с более агрессивными параметрами (табл. 1). Доказано достоверное снижение длительности ИВЛ, про-

Таблица 2
Распределение летальности по исследуемым группам

Группа	Летальность (%)
А I (BIPAP + МОЛ)	21,1
В I (SIMV + МОЛ)	27,8
А II (BIPAP контр.)	31,6
В II (SIMV контр.)	33,3

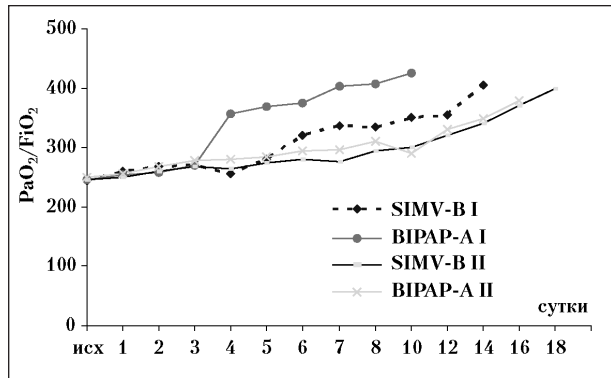


Рис. 1. Динамика индекса оксигенации у больных с ОПЛ при различных видах респираторной поддержки.

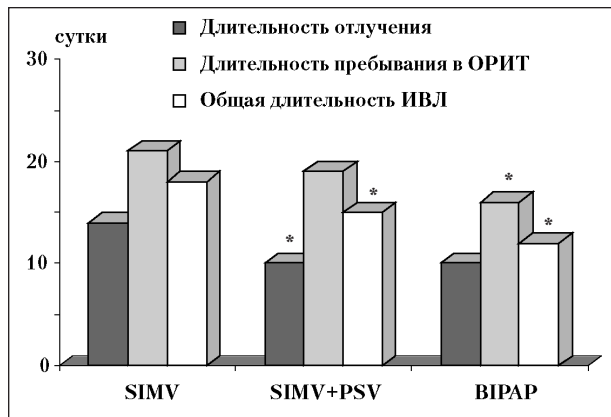


Рис. 2. Длительность респираторной поддержки и «отлучения» от респиратора у больных с ОПЛ.
* — достоверные изменения по сравнению с предыдущими исследованиями, ($p < 0,05$).

должительности пребывания в ОРИТ и летальности у больных на BIPAP (табл. 2, рис. 2). В группах А II и В II, где МОЛ не проводился, а ПДКВ подбиралось по линии открытия альвеол с использованием графического мониторинга по кривой «давление-объем», прирост индекса оксигенации, сатурации и комплайнса на начальных этапах исследования вообще не имел достоверных изменений, хотя прослеживалась отчетливая тенденция к увеличению. Достоверное увеличение этих показателей у выживших больных отмечалось только к 3–4-м суткам. В этих группах функция легких восстанавливалась значительно дольше, что привело к увеличению числа и выраженности осложнений, длительности ИВЛ, времени нахождения в ОРИТ и летальности (рис. 1, табл. 2). Во время вентиляции происходят повторяющиеся спадения и расправления вовлеченных в процесс альвеол поврежденного легкого, вызывая усиление рас-

слаивающего повреждения (shear-stress forces). Применение ПДКВ предотвращает спадение альвеол в вовлеченных областях. Таким образом, увеличивается остаточная емкость легких, улучшается оксигенация и легочный комплайнс [6].

По сравнению с SIMV и BIPAP в основных группах не было отмечено достоверной разницы по основным гемодинамическим показателям на начальных этапах исследования. Через 30 минут после проведения МОЛ в обеих группах увеличилось ЧСС (с 102 ± 7 до 116 ± 6 и 103 ± 7 до 119 ± 7 , $p < 0,05$) и СИ (с $4,7 \pm 0,3$ до $5,0 \pm 0,4$ и с $4,6 \pm 0,4$ до $4,9 \pm 0,3$; $p < 0,05$) с последующим возвратом к исходным значениям (табл. 1). В контрольных группах по сравнению с SIMV на BIPAP также не было отмечено признаков угнетения гемодинамики. Наоборот, имелось достоверное увеличение сердечного индекса (с $3,1 \pm 0,2$ до $3,9 \pm 0,3$ л/мин/м², $p < 0,05$) в равной степени за счет увеличения ударного индекса и ЧСС. По другим гемодинамическим показателям достоверной разницы не было. Изменения гемодинамики были связаны со снижением внутреннего ПДКВ, которое при контролируемой ИВЛ несет опасность снижения венозного возврата и артериального давления. Kazmaier S. et al. также показали, что у больных с ОПЛ применение BIPAP не угнетает гемодинамику и полностью обеспечивает коррекцию дыхательной недостаточности в отличие от SIMV и PSV [7].

Доказано, что чем раньше проводится МОЛ, тем лучше по выраженности и длительности его эффективность. Наиболее частыми осложнениями во время проведения МОЛ является транзиторная гипотензия и баротравма, связанная с высоким давлением в дыхательных путях и перераспределением жидкости [8]. В нашем исследовании непосредственно во время проведения МОЛ клинически значимая гипотензия наблюдалась в 12 случаях. Однако эти эпизоды были кратковременны, снижение артериального давления не носило критического характера и легко купировалось введением вазопрессоров. Фактов дополнительного ятрогенного повреждения легких, связанных с применением МОЛ, отмечено не было.

Известно, что существует примерно линейная зависимость между P_{cp} и артериальной оксигенацией в определенном интервале значений [9]. Ранее считалось, что вредное влияние ИВЛ на гемодинамику можно снизить, уменьшив среднее давление. Позже было установлено, что значительное повышение среднего давления далеко не всегда сопровождается отрицательным воздействием на гемодинамику [10]. Гемодинамическая значимость P_{cp} основывается на взаимоотношении растяжимости легких и сопутствующего внутриплеврального давления. Именно изменение внутриплеврального давления, а не P_{cp} само по себе, обычно определяет гемодинамический эффект [11].

Принцип «открытых» легких предпочтителен при остро развившихся ситуациях, которые приводят к разрушению сурфактанта и коллабированию альвеол, что сопровождается критическими расстройствами газообмена и биомеханики дыхания. Доказано, что при высоком $P_{тик}$ (> 35 см вод. ст.) существенно возрастает риск

баротравмы легких, повреждение сурфактанта в альвеолах, что еще больше ухудшает механические свойства легких и способствуют развитию в них необратимых морфологических изменений [12]. Не вызывает сомнений тот факт, что патологические изменения, наступающие под влиянием ИВЛ в сурфактантной системе легких, способствуют нестабильности геометрии альвеол и облегчают их ателектазирование в фазе выдоха. Коллабирование альвеол развивается быстрее при значениях ПДКВ, равных или близких к нулю. Опытным путем было установлено, что давление, необходимое для раскрытия ателектазированных участков дыхательных путей, пропорционально удвоенной силе поверхностного натяжения и обратно пропорционально радиусу альвеол [13]. Таким образом, механические силы, необходимые для расправления ателектазированных участков легких, имеют максимальное значение в альвеолах с наименьшим радиусом и наибольшим значением поверхностного натяжения, т. е. в частично или полностью коллабированных. Поэтому основным направлением лечения больных с ОПЛ и сопутствующим пневмотораксом является скорейшее купирование пневмоторакса и применение методов респираторной терапии, направленных на расправление коллабированных альвеол [14].

В отличие от других принудительных режимов вентиляции сохраненное спонтанное дыхание на ВІРАР значительно облегчает адаптацию больного к респираторной поддержке, т. к. не приводит к десинхронизации больного и респиратора, что значительно снижает необходимость использования миорелаксантов и седативных средств, при одновременном обеспечении нормальных показателей газообмена [15]. При самостоятельном дыхании происходит вентиляция наиболее перфузируемых участков легких, тогда как дыхательный объем при про-

ведении ИВЛ распределяется в зонах со сниженным кровотоком. Сохранение самостоятельного дыхания во время ИВЛ приводит к значительному улучшению вентиляционно-перфузионных отношений по сравнению с тотальной респираторной поддержкой, что является результатом перераспределения дыхательного объема в хорошо перфузируемых участках легкого [16]. Даже обеспечение 10% вентиляции самостоятельным дыханием заметно улучшает вентиляционно-перфузионные отношения в легких, увеличивает сердечный индекс, PaO_2 , транспорт кислорода [17].

Являясь по своей сути принудительно-вспомогательным видом респираторной поддержки, ВІРАР, по мнению многих авторов, значительно облегчает перевод больных на самостоятельное дыхание [18, 19]. Высокая эффективность «маневра открытия легких» при лечении больных с ОПЛ и пневмотораксом позволяет предположить, что данный метод комбинированного использования ВІРАР и рекрутирующей вентиляции найдет широкое применение в клинической практике.

Выводы

1. Использование ВІРАР у больных с ОПЛ и сопутствующим пневмотораксом снижает время дренирования плевральной полости, что позволяет раньше использовать «маневр открытия легких».

2. Применение «маневра открытия легких» у больных с ОПЛ и пневмотораксом позволяет быстрее восстановить функцию легких на различных видах респираторной поддержки, что сопровождается снижением количества осложнений, длительности ИВЛ и летальности. При сочетании «маневра открытия легких» и ВІРАР эффективность его значительно повышается.

Литература

1. Кассиль В. Л., Золотокрылина Е. С. Острый респираторный дистресс-синдром. М.: Медицина; 2003.
2. Haas C. F. Lung protective mechanical ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Respir. Care Clin. N. Am.* 2003; 9 (3): 363–396.
3. Gammon R. B., Shin M. S., Groves R. H. Clinical risk factors for pulmonary barotrauma: a multivariate analysis. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1995; 152(4 Pt 1): 1235–1240.
4. Kacharek R. M., Schwartz D. R. Lung recruitment. *Respir. Care Clin. N. Am.* 2000; 6 (4): 597–623.
5. Мороз В. В., Голубев А. М., Чурылев Ю. А. и соавт. Транспульмональная термодилуция в диагностике ранних проявлений острого повреждения легких. Методические рекомендации ГУ НИИ ОР РАМН для врачей. М.: Изд-во РАМН; 2008.
6. Lachman B. Open lung in ARDS. *Minerva Anesthesiol.* 2002; 68 (9): 637–642.
7. Kazmaier S., Rathgeber J., Buhre W. Comparison of ventilatory and haemodynamic effects of BIPAP and S-IMV/PSV for postoperative short-term ventilation in patients after coronary artery bypass grafting. *Eur. J. Anaesthesiol.* 2000; 17 (10): 601–610.
8. Lachman B. Open up the lung and keep the lung open. *Intensive Care Med.* 1992; 18: 319–321.
9. Blanch L., Fernandez R., Benito S. et al. Effect of PEEP on the arterial minus end-tidal carbon dioxide gradient. *Chest* 1987; 92: 451–454.
10. Bellone A., Barbieri A., Ricci C. Acute effects of non-invasive ventilatory support on functional mitral regurgitation in patients with exacerbation of congestive heart failure. *Care Med.* 2002; 28 (9): 1348–1350.
11. Calzia E., Lindner K.H., Witt S. et al. Pressure-time product and work of breathing during biphasic continuous positive airway pressure and assisted spontaneous breathing. *Am. Respir. Crit. Care Med.* 1994; 150 (4): 904–910.
12. Beydon L., Uttman L., Rawal R., Jonson B. Effects of positive end-expiratory pressure on dead space and its partitions in acute lung injury. *Intensive Care Med.* 2002; 28 (9): 1239–1245.
13. Foti G., Cereda M., Banfi G. et al. Simple estimate of patient inspiratory effort at different levels of pressure support. *Abstr. Am. Rev. Respir. Dis.* 1993; 147: A876.
14. Naureckas E. T., Dawson C. A., Gerber B. S. et al. Airway reopening pressure in isolated rat lungs. *J. Appl. Physiol.* 1994; 76 (3): 1372–1377.
15. Rathgeber J., Schorn B., Falk V. et al. The influence of controlled mandatory ventilation (CMV), intermittent mandatory ventilation (IMV) and biphasic intermittent positive airway pressure (BIPAP) on duration of intubation and consumption of analgesics and sedatives. A prospective analysis in 596 patients following adult cardiac surgery. *Eur. J. Anaesth.* 1997; 14 (6): 576–582.
16. Froese A. B., Bryan A. C. Effects of anesthesia and paralysis on diaphragmatic mechanics in man. *Anesthesiology* 1974; 41 (3): 242–255.
17. Putensen C., Rasanen J., Lopez F. A. Ventilation-perfusion distributions during mechanical ventilation with superimposed spontaneous breathing in canine lung injury. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1994; 150(1): 101–108.
18. Horman C., Baum M., Putensen C. et al. Bifasic positive airway pressure (BIPAP) — a new mode of ventilator support. *Eur. J. Anesth.* 1994; 11 (1): 37–42.
19. Stock M.C., Perel A. Mechanical ventilatory support. Baltimore: Williams and Wilkins; 1994. 277–286.

Поступила 17.02.09