

Негативные эффекты и осложнения респираторной поддержки

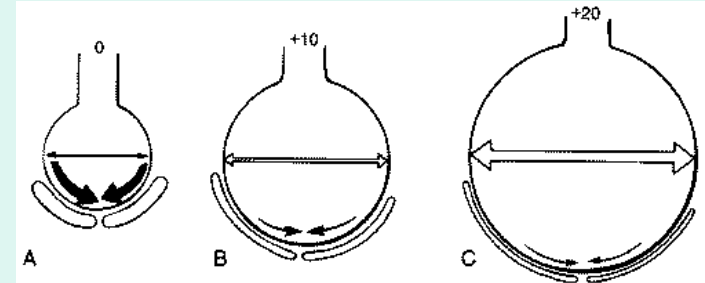
Фурманчук Д.А.

Негативные эффекты респираторной поддержки

- Эффекты, обусловленные позитивным давлением в грудной полости
- Эффекты ассоциированные с использованием искусственных дыхательных путей
- Токсичность кислорода и осложнения, связанные с качеством вдыхаемой смеси

Легочные эффекты положительного внутригрудного давления

- Перерастяжение альвеол, увеличивает альвеолярное мертвое пространство за счет компрессии легочных капилляров, а снижается эффективность газообмена



- Неравномерность распределения объема.
 - Монотонный дыхательный объем, постоянное время вдоха (при традиционной объемной вентиляции и неподвижном положении тела) обуславливает поступление воздуха в участки легких с более оптимальными характеристиками а в менее растяжимых участках возникает склонность к ателектазированию
 - При спонтанном дыхании максимальное негативное давление приходится на периферические участки легких воздух равномерно распределяется, при ИВЛ, особенно при высокой скорости потока на вдохе, максимальная вентиляция приходится на центрально-расположенные перибронхиальные и медиастинальные зоны легких.

Легочные эффекты положительного внутригрудного давления

- Снижается эффективность и скорость продукции сурфактанта
увеличение диаметра альвеол, высокое P_{in} , F_{iO_2} → нарушается структура мономолекулярного слоя сурфактанта → снижение податливости (compliance) легочной ткани
- Нарушение оттока лимфы за счет повышения давления в системе полых вен → компрессия, сужение мелких бронхов → нарушение бронхиальной проходимости → нарушение элиминации CO_2 , вентиляции
- Повышается аэродинамическое сопротивление в результате изменения тонуса гладкой мускулатуры бронхов, изменения реологических свойств бронхиального секрета, нарушения кашлевого механизма

Синдром утечки воздуха

- Air leak syndrome – группа патологических состояний, характеризующихся присутствием воздуха вне альвеолярной ткани

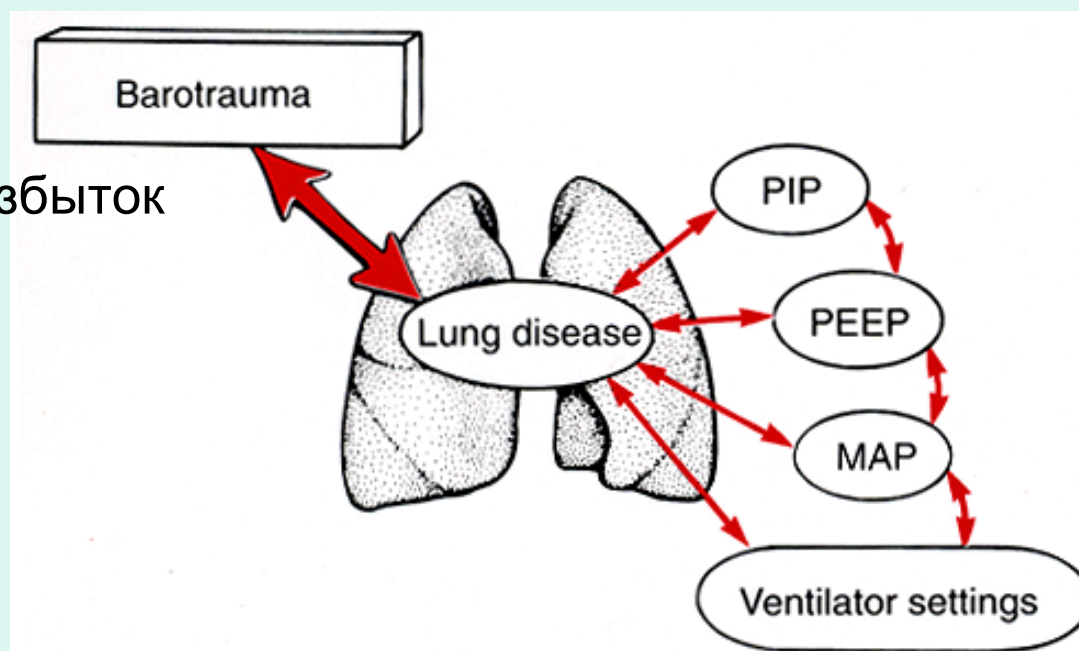
Баротравма

Волюмтравма

Баротравма

Условия, необходимые для развития баротравмы

1. болезнь
2. высокое транспульмональное давление
3. перерастяжение альвеолярной ткани (избыток объема)



Синдром утечки воздуха

Интерстициальная эмфизема

Пневмоторакс

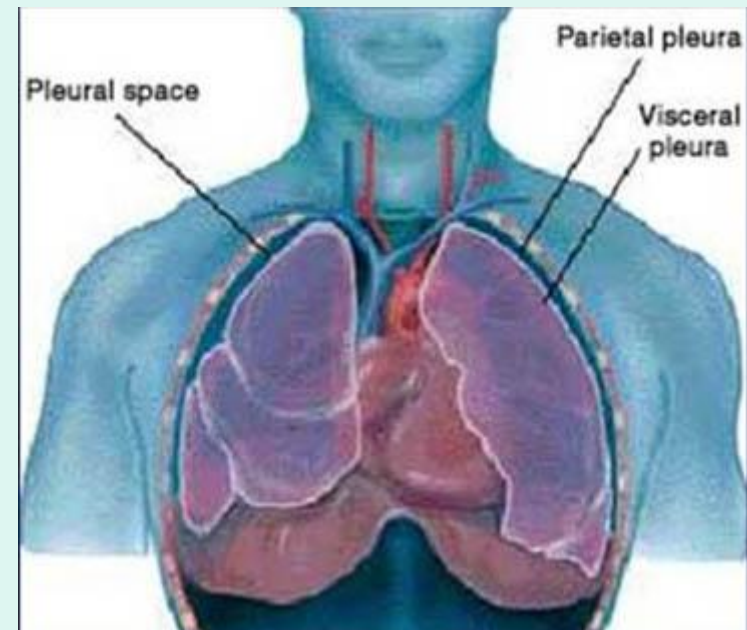
Пневмомедиастинум

Пневмоперикард

Пневмоперитонеум

Подкожная эмфизема

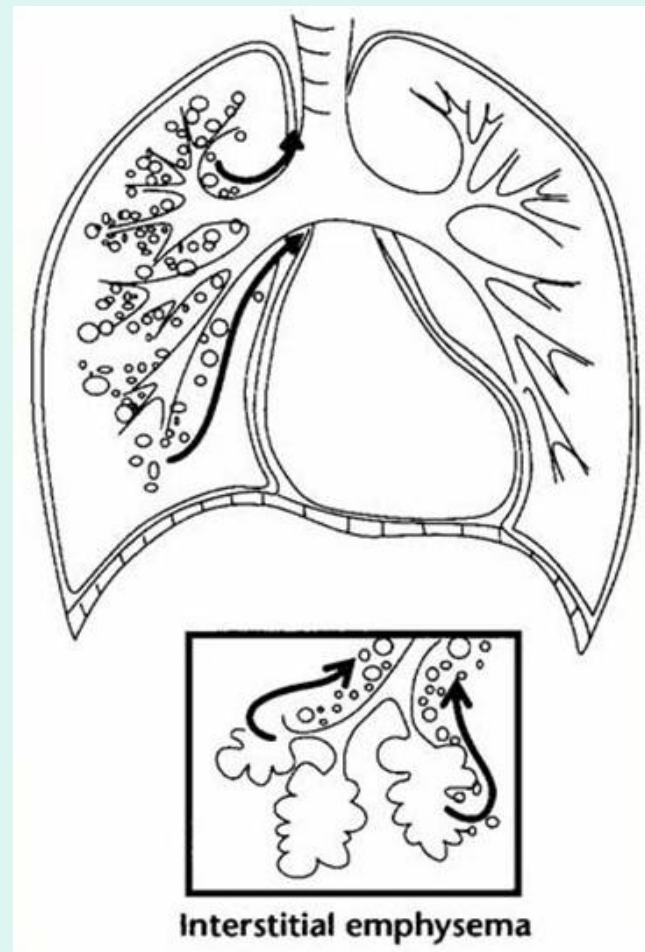
Бронхо-плевральный свищ



Интерстициальная эмфизема

Вариант Air leak syndrome при котором в результате повреждения альвеолярного эпителия воздух появляется в легочном интерстициальном пространстве

Пузырьки газа распространяются перибронхиально и паравазально. Влияние на легочную механику существенно



Интерстициальная эмфизема

Лобарная

Односторонняя

Двусторонняя (чаще)



Интерстициальная эмфизема

Пузырьки газа можно рассмотреть на R-грамме по степени тяжести – пузырьки до 1мм, до 2мм, больше 2 мм соответствуют I, II, III степени тяжести интерстициальной эмфиземы

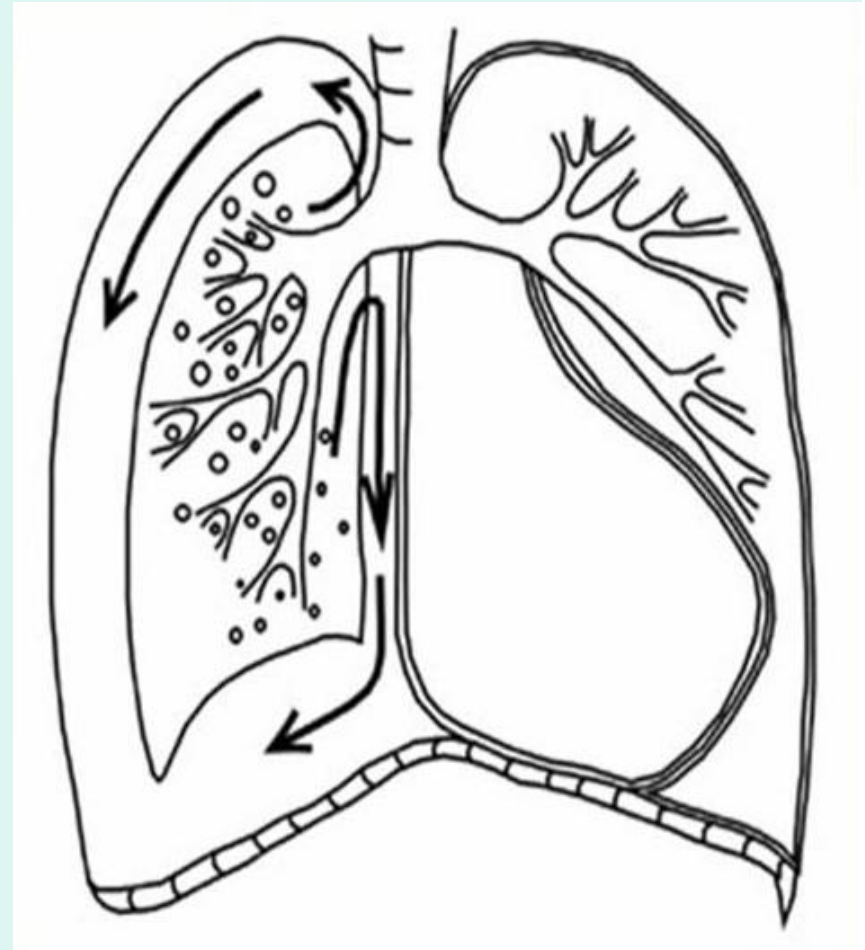


Возникновение интерстициальной эмфиземы всегда сопровождается усугублением ДН и ростом терапевтических цен за вентиляцию и оксигенацию

Пневмоторакс

air leak syndrome

при котором вследствие нарушения целостности висцеральной плевры, воздух проникает в плевральную полость



Пневмоторакс

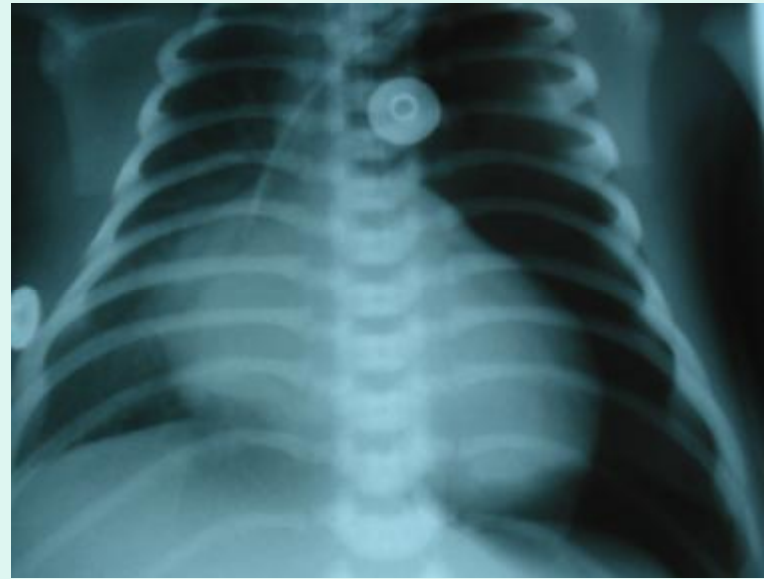
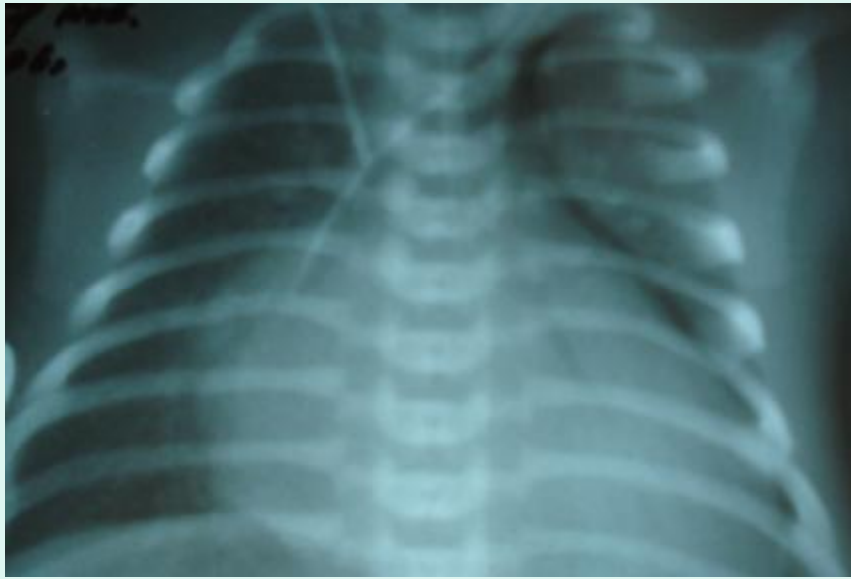
- Характерная физикальная картина (аускультация, перкуссия)
- Ассиметрия грудной клетки, смещение тонов сердца
- Гемодинамические нарушения
«кардиопульмональный шок»
- Компрессионный ателектаз



Пневмоторакс

- Пункция плевральной полости
- Дренажирование плевральной полости





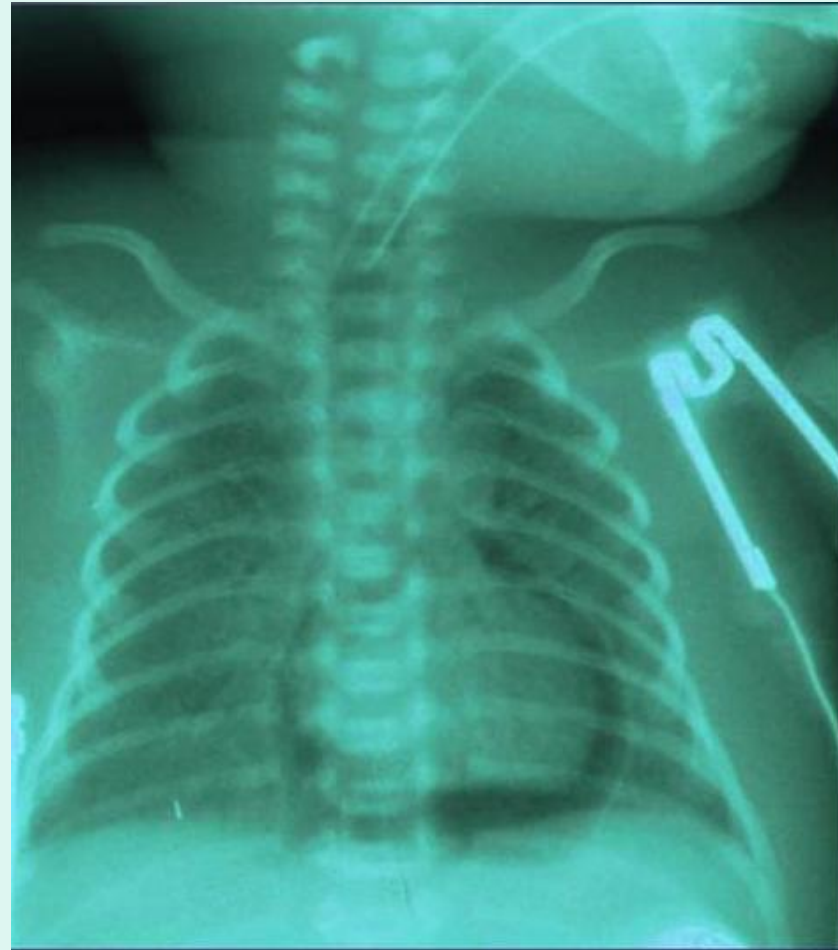
Пневмомедиастинум

- Сочетается (возникает в результате) с другими формами air leak syndrome
- Может протекать с усугублением респираторных и гемодинамических нарушений



Пневмоперикард

- Ассоциируется с клиникой тампонады сердца, падением артериального давления, цианозом, брадикардией



Пневмоперитонеум

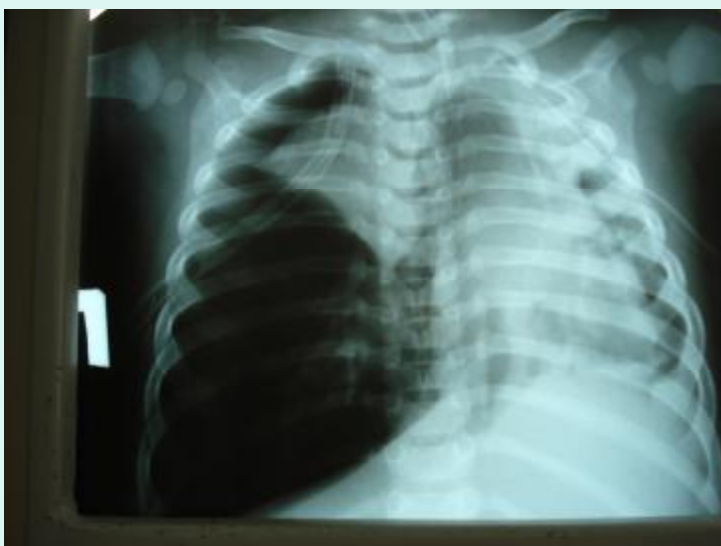
- Перфорация полого органа
- Вариант air leak syndrome



Бронхо-плевральный свищ

- Формирование стойкой коммуникации между бронхиальным деревом и плевральной полостью
 - Дренирование
 - Бронхоблокация

Бронхо-плевральный свищ



Вентилятор-индуцированное повреждение легких (VILI)*

- Ателектазирование (atelectrauma)
- Баротравма/риск баротравмы
- Волюмтравма
- Биотравма

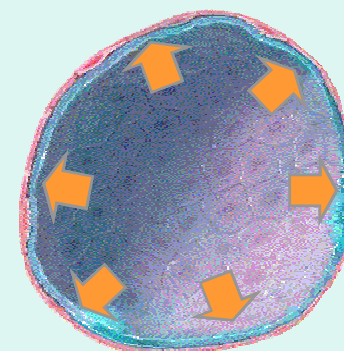
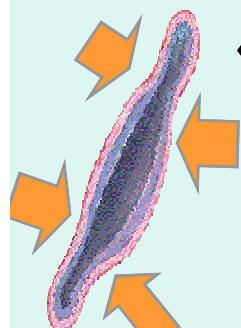
**Dreyfuss: J Appl Physiol 1992*

Вентилятор-индуцированное повреждение легких (VILI)*

1. Риск ателектазирования (atelectrauma)

Повторяющийся альвеолярный коллапс и открытие (хлопанье)

«недораскрытых» альвеол



2. Баротравма/риск баротравмы:

Перераздутие нормально-аэрируемых альвеол в результате избыточного давления

4. Биотравма:

Аутоповреждение медиаторами воспаления
Экспрессия генов ответственных за апоптоз

3. Волюмтравма:

Нарушение выдоха, обусловленное обструкцией → аутоPEEP → перерастяжение

*Dreyfuss: J Appl Physiol 1992

Volutrauma

Atelectrauma

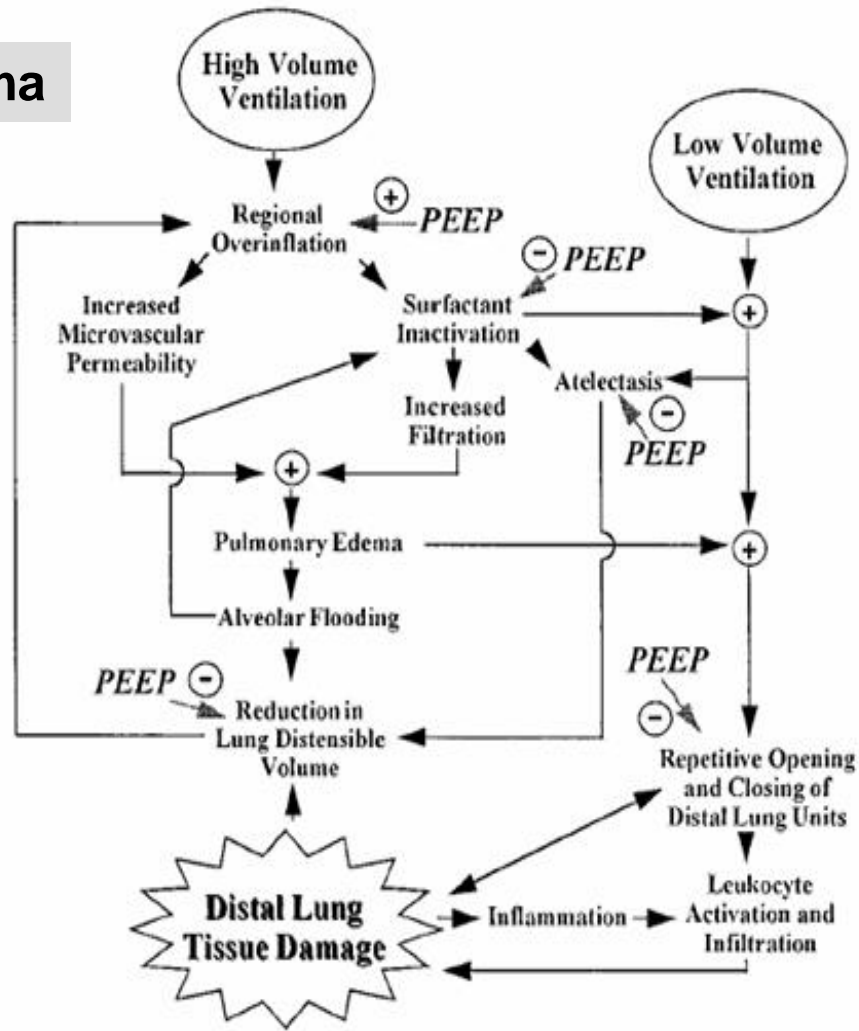


Figure 19. Flow diagram summarizing the contributors to mechanical ventilation-induced lung injury. PEEP generally opposes injury or edema formation (*minus sign*) except when it contributes to overinflation (*plus sign*).

Dreyfuss D, Saumon G. Ventilator-induced lung injury: lessons from experimental studies. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998 Jan;157(1):294-323.

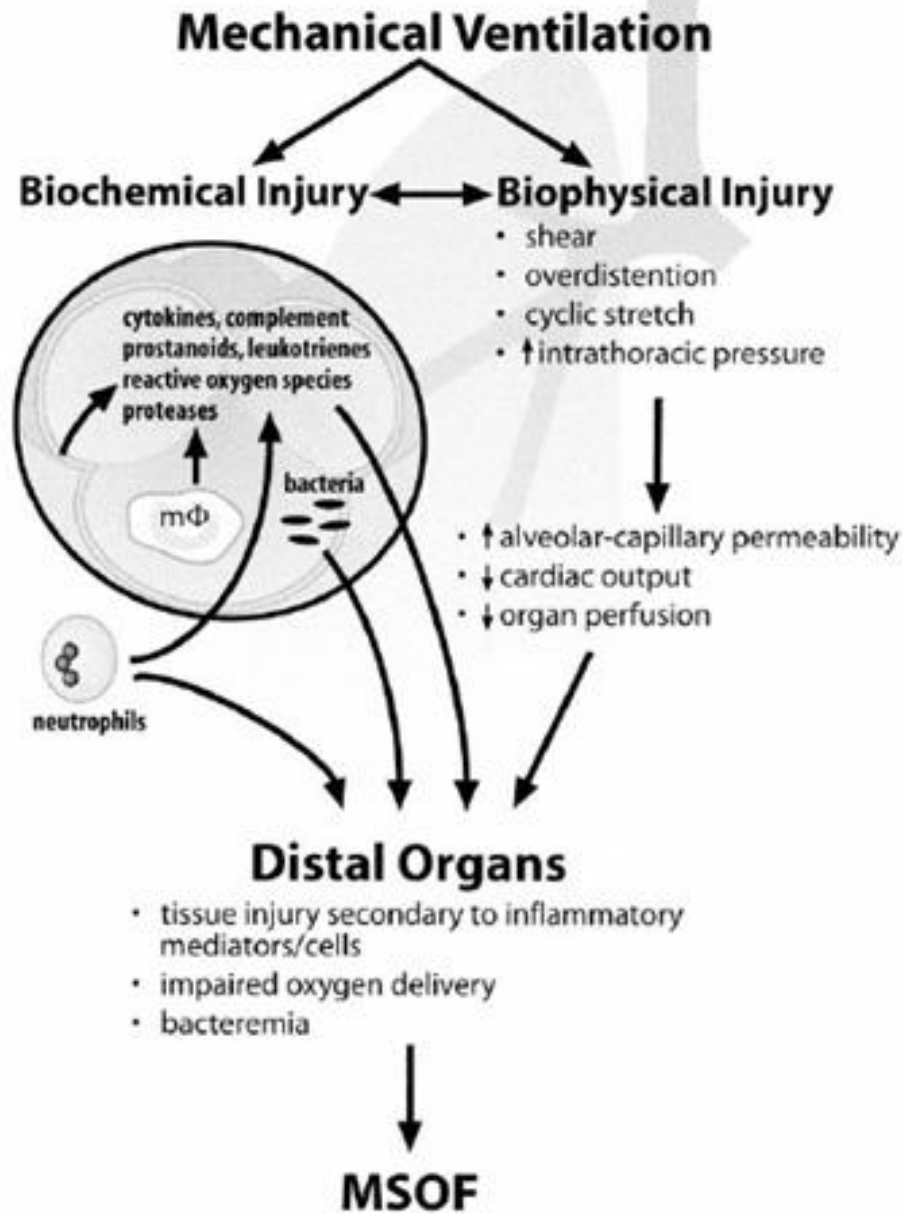


Figure 1. Postulated mechanisms whereby mechanical ventilation may contribute to MSOF.

Меры профилактики VILI

- Адекватный PEEP (сохранение ФОЕ, предотвращение ателектазов)
- Адекватное P_{in} (предотвращение перерастяжения)
- Адекватное время вдоха (соответствующее постоянной времени с учетом измененных показателей механики дыхания)
- Мониторинг механики дыхания
- Использование функции «искусственный вздох»
- Уход за больным на ИВЛ. Ротация, prone-position. Адекватное увлажнение и искусственный кашель

Пермиссивная гиперкапния

- намеренное ограничение вентиляции для предотвращения локального или общего перераздувания лёгких, баротравмы и других негативных эффектов ИВЛ, позволяющее P_aCO_2 превысить нормальный уровень (до 50-100 мм Hg)
- фактор ограничивающий рост pCO_2 - изменение pH.
- минимальный приемлемый уровень pH определяется для каждого пациента индивидуально.
- постепенный прирост P_aCO_2 от начала вентиляции постепенно компенсируется почечными механизмами без выраженного ацидоза
- резкие изменения в стратегии вентиляции, которые приводят к быстрому и значительному повышению P_aCO_2 переносятся значительно хуже
- пациенты без серьезных сердечно-сосудистых нарушений или почечной недостаточности устойчивы к снижению pH до 7.20-7.25
- повышение P_aCO_2 до высокого уровня должно рассматриваться только как альтернатива потенциально опасному повышению пикового альвеолярного давления.

Потенциальные эффекты перmissive гиперкапнии

- увеличение мозгового кровотока, \uparrow ВЧД
- усиление спонтанной вентиляции (необходимость ведения больного в условиях перmissive гиперкапнии в большинстве случаев является поводом для глубокой седации и миоплегии)
- повышенное P_aCO_2 и низкое рН крови смещает кривую диссоциации оксигемоглобина вправо
- альвеолярная гипоксия, $\uparrow P_ACO_2$ приводит к $\downarrow P_AO_2$. При повышении P_ACO_2 на один мм Нг, P_AO_2 снижается примерно на один мм Нг. \rightarrow Оптимальные усилия для улучшения оксигенации.
- легочная гипертензия

Гемодинамические эффекты положительного внутригрудного давления

- Повышение ВЧД, особенно при изначально высоком ВЧД (в результате снижения эффективности венозного оттока по яремным венам)
- à приподнятый головной конец ложа, центральное запрокинутое расположение головы

(Реально: только значительное повышение внутригрудного давления при сопротивлении респиратору повышает ВЧД)

Снижение венозного возврата и вторичное снижение сердечного выброса

- (1) снижение градиента давлений между вне и внутригрудными венами → снижение венозного возврата
- (2) повышение постнагрузки на правый желудочек, за счет увеличения внутригрудного давления
- (3) смещение МЖП влево – уменьшение объема левого желудочка

Тенденция к задержке жидкости

- ↑ продукция АДГ
- ↓ продукция натрийуретического гормона
- ↓ почечного кровотока

Гемодинамические эффекты положительного внутригрудного давления

- «Стремиться к минимально-допустимому MAP» ?
- Ограничение дотаций воды → ЖП – 80%
- Адекватная коррекция гиповолемии
- Оптимизация венозного возврата – дофамин 2.5-5
мкг/кг×мин
- Осмодиуретик 0.25-0.5 г/кг×сут

Эффекты ассоциированные с использованием искусственных дыхательных путей

Интубация, трахеостомия, крикотиреотомия

Повреждение верхних дыхательных путей

При назотрахеальном стоянии

- некрозы крыльев носа
- носовой перегородки
- мягкого нёба
- формирование очагов инфекции в параназальных синусах

Повреждение верхних дыхательных путей

При оротрахеальном стоянии ЭТТ

- некрозы в углах рта
- повреждения мягкого нёба

Ларингеальные осложнения

Умеренный отек à

некроз, язвы, рубцевание просвета
гортани

Травматические повреждения гортани и
трахеи

Кровотечения

Вентилятор ассоциированная пневмония

- Нозокомиальная инфекция нижних дыхательных путей
- Одиночные или множественные инфильтраты в легких, развившиеся после 72 часов пребывания на ИВЛ, (при отсутствии другой легочной патологии)
- Частота 8-28% среди всех пациентов, получающих ИВЛ
- Летальность 20-40% ??

Fein A, Grossman R, Ost D, Farber B, Cassiere H: **Nosocomial or hospital-acquired pneumonia.** In *Diagnosis and Management of Pneumonia and Other Respiratory Infections*, 2nd ed. Caddo, OK, USA: Professional Communications, Inc.; 2000:125-138.

Вентилятор ассоциированная пневмония

Обусловлена

- Орофарингеальной колонизацией, контаминацией трахеобронхиального дерева, интестинальной транслокацией микроорганизмов
- Нарушением дренажной функции дыхательных путей

Вентилятор ассоциированная пневмония

Факторы риска ВАП

- Длительность ИВЛ более 72 ч
- Общая тяжесть состояния
- Повторные оперативные вмешательства и инвазивные манипуляции
- Неадекватность антибактериальной терапии
- Хронические заболевания легких
- Несовершенная конструкция аппарата ИВЛ, дыхательного контура

Common causative pathogens associated with ventilator-associated pneumonia

Pathogen	Frequency [<i>n</i> (%)]	
	Trouillet [12] (<i>n</i> = 245)	Rello [10,51] (<i>n</i> = 301)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	39 (15.9)	102 (33.9)
<i>Acinetobacter baumannii</i>	22 (9.0)	38 (12.6)
<i>Haemophilus influenzae</i>	15 (6.1)	26 (8.6)
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	3 (1.2)	25 (8.3)
MRSA	20 (8.2)	10 (3.3)
MSSA	32 (13.1)	38 (12.6)

MRSA, methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*; MSSA, methicillin-susceptible *Staphylococcus aureus*.

Диагностика вентилятор-ассоциированной пневмонии

- Признаки ССВО (присутствуют у большинства пациентов в критическом состоянии)
- Рентгенологические признаки (специфических признаков нет, картина «смазывается» наличием ОРДС, ателектазов и др., часто встречаются «находки» на аутопсии)
- Микробиологические признаки (BAL, мокрота, фибробронхоскопия)

Лечение ВАП

- Немедленный старт антибиотикотерапии
- Целенаправленный выбор антибиотика
- Смена АБ в соответствии с микробиол. находками
- Пациенты с COPD должны получать комбинированную терапию
- MRSA не предполагается в отсутствие предшествующей А/Б терапии, но предполагается у больных в коме
- Необходимость назначения Ванкомицина при ВАП часто ассоциируется с плохим исходом
- Противогрибковая терапия должна назначаться даже в случаях грибковой колонизации
- Рекомендации должны регулярно обновляться

Table 3

The Tarragona strategy

Point	Details
1	Antibiotic therapy should be started immediately
2	Antibiotic choice can be targeted, in some cases, based on direct staining
3	The prescription should be modified in accordance with microbiologic findings
4	Prolonging antibiotic treatment does not prevent recurrence
5	Patients with chronic obstructive pulmonary disease or 1 week of intubation should receive combination therapy because of the risk for ventilator-associated pneumonia caused by <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
6	Methicillin-resistant <i>Staphylococcus aureus</i> is not anticipated in the absence of antibiotic exposure, whereas methicillin-sensitive <i>S aureus</i> should be strongly suspected in comatose patients
7	Therapy against yeast is not required, even in case of colonization with <i>Candida</i> spp.
8	Vancomycin administration for Gram-positive pneumonias is associated with very poor outcome
9	The specific choice of agent should avoid the regimen to which each patient has previously been exposed
10	Guidelines should be updated regularly and customized in accordance with local patterns

Sandiumenge A, Diaz E, Bodi M. **Treatment of ventilator-associated pneumonia: a patient-based approach based on the rules of the 'Tarragona strategy'**. *Intensive Care Med* 2003, **29**:876-883.

Осложнения, связанные с качеством кислородно-воздушной смеси

- 100% O₂ может способствовать возникновению ателектазов за счет быстрой абсорбции кислорода из альвеол.
- У недоношенных новорожденных вызывает стойкий спазм сосудов сетчатки с последующим возникновением ретролентарной фиброплазии (ретинопатия).
- Прямое повреждающее действие на легочную ткань
 - Гипероксия → ПОЛ, свободные радикалы
 - Повышение концентрации провоспалительных медиаторов в области альвеол → разрушение сурфактанта, усиление повреждения легких

Оценка оксигенации

- Цвет кожи используется в отсутствии возможности контроля газов крови. Правило: ребенок должен получать столько кислорода чтобы цианоз ликвидировался – НЕ больше



- Газы крови – артерия (umbilicalis, radialis, tibialis, femoralis)
- У ребенка весом менее 2000г p_aO_2 должно находиться в пределах 50-80 мм рт.ст.

Оценка оксигенации

- капиллярная кровь не отражает точно состояние артериальной оксигенации. Может использоваться эпизодически при невозможности получения артериальной крови. Достаточно точно отражает состояние элиминации CO_2
- SpO_2 используется метод инфракрасной спектроскопии. Приемлемые пределы у детей < 2000 г – 90-95%. Значения выше 95% - только для детей с МТ > 2500 г
- мониторинг SpO_2 не является достаточным при проведении ИВЛ у недоношенных, ввиду токсичности O_2

Меры профилактики

- Избегать концентрации выше 60% дольше 30'. Проблема оксигенации при тяжелых рестриктивных поражениях решается при помощи других инструментов для улучшения оксигенации:
- PEEP (ALI/ARDS стартовый PEEP от 8 мбар) до 15–18–20 мбар,
- пиковое давления,
- инверсированное соотношение вдоха к выдоху.
- уменьшение потребности в кислороде (выключение сознания, выключение мышечной активности), ведение пациента в умеренной гипоксии SpO₂ 85-90%