

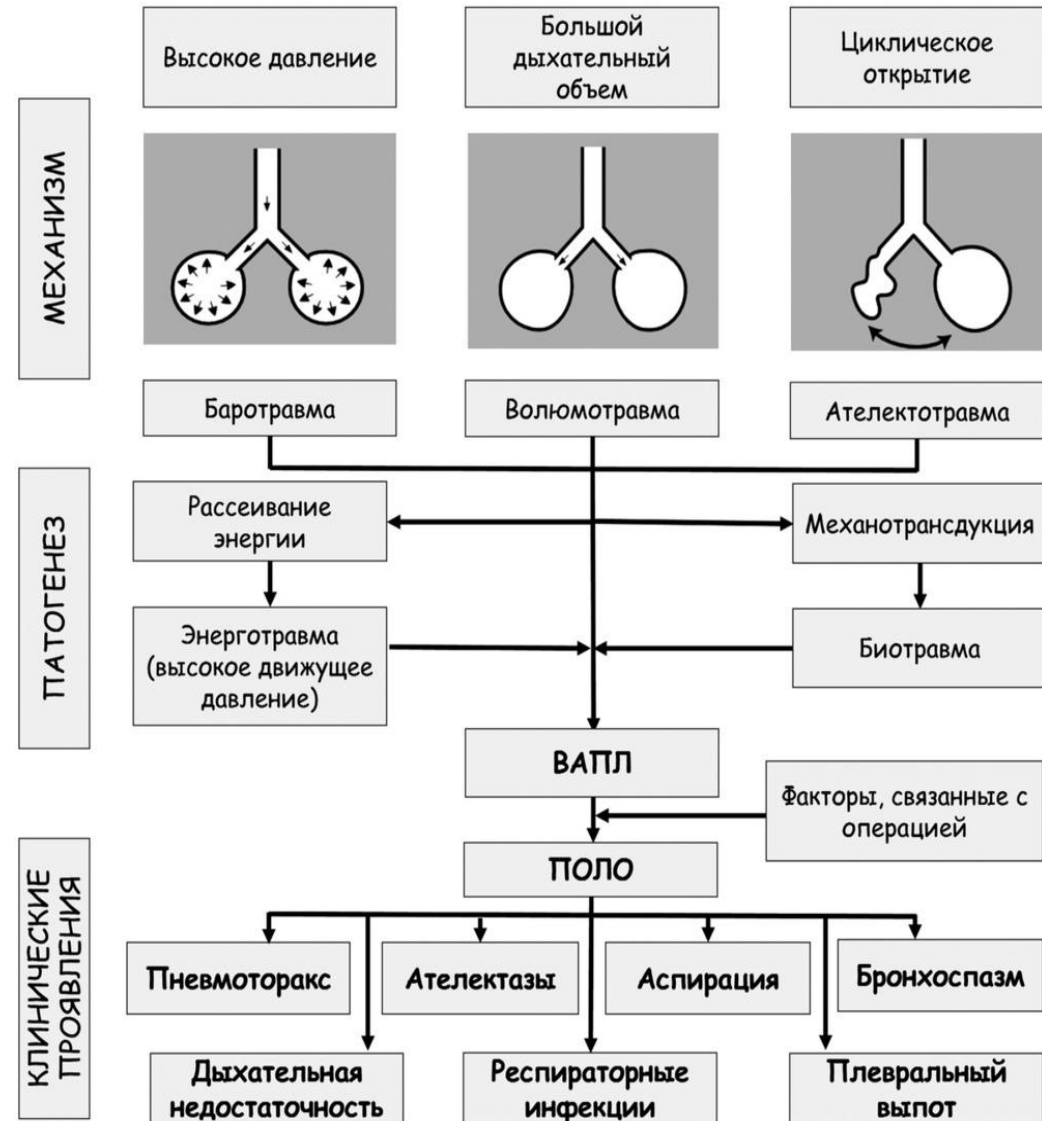
# Повреждение легких при ИВЛ



Выполнили студенты 4 курса,  
лечебного факультета  
Зимаков Кирилл Александрович  
Сергеев Дмитрий Дмитриевич

# Классификация

1. Неадекватное увлажнение.
2. Баротравма.
3. Волюмтравма.
4. Ателектотравма.
5. Биотравма.
6. Токсичность кислорода.



# Увлажнение. Понятие влажности

**Абсолютная влажность (АВ)** – это количество водяного пара, содержащегося в единице объёма газа (единица измерения – мг/л).

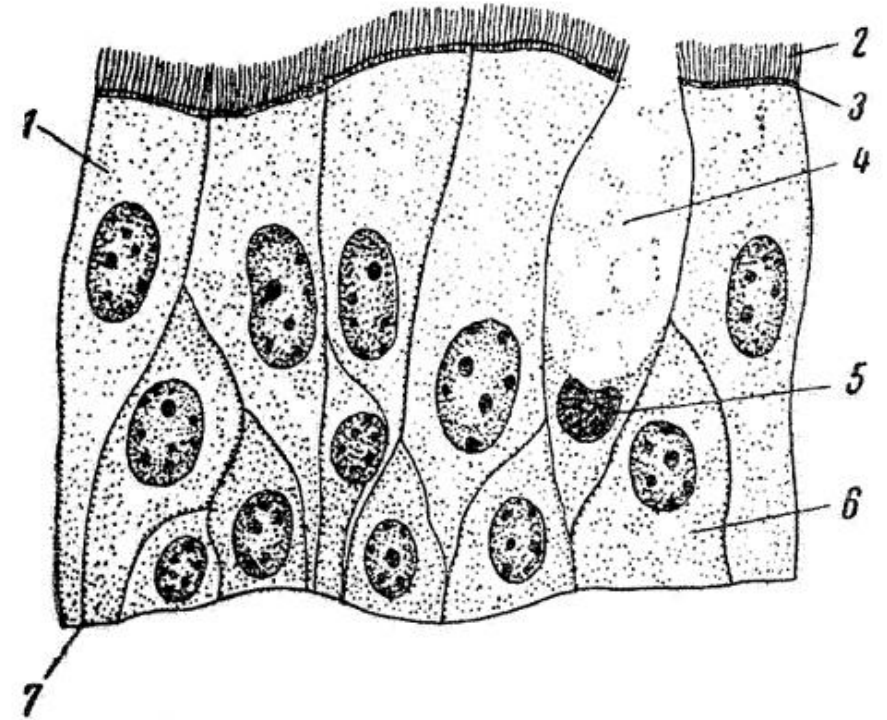
**Максимальная абсолютная влажность (МАВ)** – это максимальное количество (мг/л) водяного пара для данной температуры газа или емкость газа для паров воды при данной температуре.

**Относительная влажность (ОВ)** – это отношение реальной абсолютной влажности газа к максимальной абсолютной влажности для данной температуры газа, выраженное в процентах ( $АВ/МАВ \times 100\%$ )

# Увлажнение. Нормальная физиология

- У здорового человека при дыхании через нос происходит согревание воздуха до **37°C** и **увлажнение до 100%** относительной влажности, что соответствует 44мг/л абсолютной влажности. Ежедневные потери здорового человека при самостоятельном дыхании через нос составляют приблизительно **250мл воды и 350ккал тепла** в сутки. Важно отметить, что испарение происходит со *слизистой оболочки носа и верхних дыхательных путей*.

- Мерцательный эпителий трахеи и бронхов представлен преимущественно цилиарными клетками. Каждая такая клетка имеет 200-250 ресничек, которые колеблются с частотой 15/сек, непрерывно изгоняя бронхиальный секрет из дыхательных путей. Бронхиальный секрет продуцируют бокаловидные клетки эпителия и бронхиальные железы. Мерцательный эпителий трахеи и бронхов может эффективно работать только при нормальной вязкости бронхиального секрета.



# Неадекватное увлажнение

**Избыточное увлажнение** приводит к конденсации влаги и разжижению секрета, изгнание такого секрета требует большего количества движений ресничек.

**Недостаток увлажнения** дыхательной смеси приведёт повышению нагрузки на бронхиальные железы, избыточной потере воды – до 800 мл и энергии – до 500 ккал сутки.

У интубированного или трахеостомированного пациента испарение происходит со слизистой оболочки трахеи и бронхов, что приводит к повышению вязкости бронхиального секрета. При достижении критического уровня вязкости цилиарные клетки оказываются не в состоянии удалять секрет из дыхательных путей. После этого цилиарные клетки утрачивают реснички. Нарушение эвакуации мокроты приводит к росту частоты воспалительных осложнений. Повреждение реснитчатого эпителия выявляются уже через 10 минут вентиляции сухим газом.

Важно отметить, что после того, как резервы увлажнения с поверхности трахеи и бронхов исчерпаны, и неувлажненный воздух достигает альвеол, начинается испарение с поверхности альвеол и происходит повреждение сурфактанта. Вязкая мокрота налипает на стенки интубационной или трахеостомической трубки, сужая её просвет вплоть до полной обтурации.

**Вывод: В ТРАХЕЮ ПАЦИЕНТА ДОЛЖНА ПОСТУПАТЬ  
ОЧИЩЕННАЯ ДЫХАТЕЛЬНАЯ СМЕСЬ 100%  
ВЛАЖНОСТИ НАГРЕТАЯ ДО 37°С!!!**

# Шкала оценки вязкости бронхиального секрета

- 1. Жидкий – после аспирации мокроты санационный катетер чист.
- 2. Умеренно вязкий – после аспирации мокроты санационный катетер сразу очищается при промывании водой.
- 3. Вязкий – после аспирации мокроты санационный катетер трудно отмыть от мокроты.

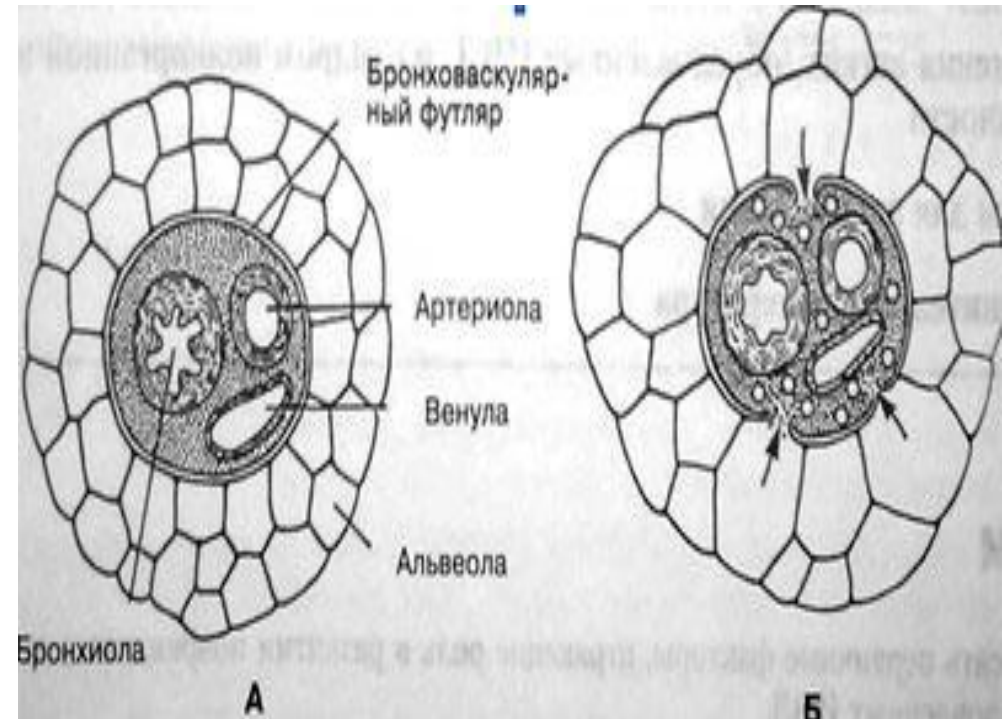


# Баротравма

**Баротравма** – это разрыв тканей легких или бронхов в ходе ИВЛ. Дословный перевод – повреждение давлением.

Последствия разрыва → пневмоторакс или пневмомедиастенум → выключение части легких из газообмена и смещение средостения → гипоксия и нарушения гемодинамики → угроза жизни пациента.

Наиболее часто при ИВЛ баротравма происходит в зонах где альвеолы прилежат к *бронхососудистому ложу*.



Градиент давлений, критическое повышение которого может привести к разрыву лёгких, называется – «**Транспульмональный градиент давлений** или **Transpulmonary pressure gradient**» Общепринятое сокращение –  $P_l$ . Транспульмональный градиент давлений составляет разность между альвеолярным и плевральным давлениями  $P_l = P_{alv} - P_{pl}$ . Для краткости обычно используют термин «**транспульмональное давление**».

**Вывод: Мы обязаны учитывать комплайнс (податливость) и/или ригидность (жесткость) грудной клетки и всей дыхательной системы, чтобы адекватно проводить ИВЛ и не ранить пациента.** В ряде клинических ситуаций, у пациента с массивной, ригидной грудной клеткой только ИВЛ с высоким давлением позволит добиться адекватной вентиляции. В том случае, если податливость грудной клетки высокая, то при настройке режима ИВЛ следует защитить пациента от баротравмы, установив безопасный предел давления.

# Волюмтравма – повреждение объемом

Не было критического подъёма давления, однако потихонечку, аккуратненько в легкие было введено избыточное количество воздуха.

- Альвеолы растянуты, то есть повреждено большое количество альвеолярных мембран. Повреждение альвеолярных мембран приводит к повышению их проницаемости, накоплению внесосудистой воды в легких и выделению факторов системной воспалительной реакции.
- Вывод: **При ИВЛ растяжение лёгких является критическим повреждающим фактором.**

# Ателектотравма - повреждение спавшихся структур легких.

Аппарат ИВЛ в фазе вдоха прикладывает к этим участкам большое механическое усилие, направленное на расправление стенок спавшихся альвеол.

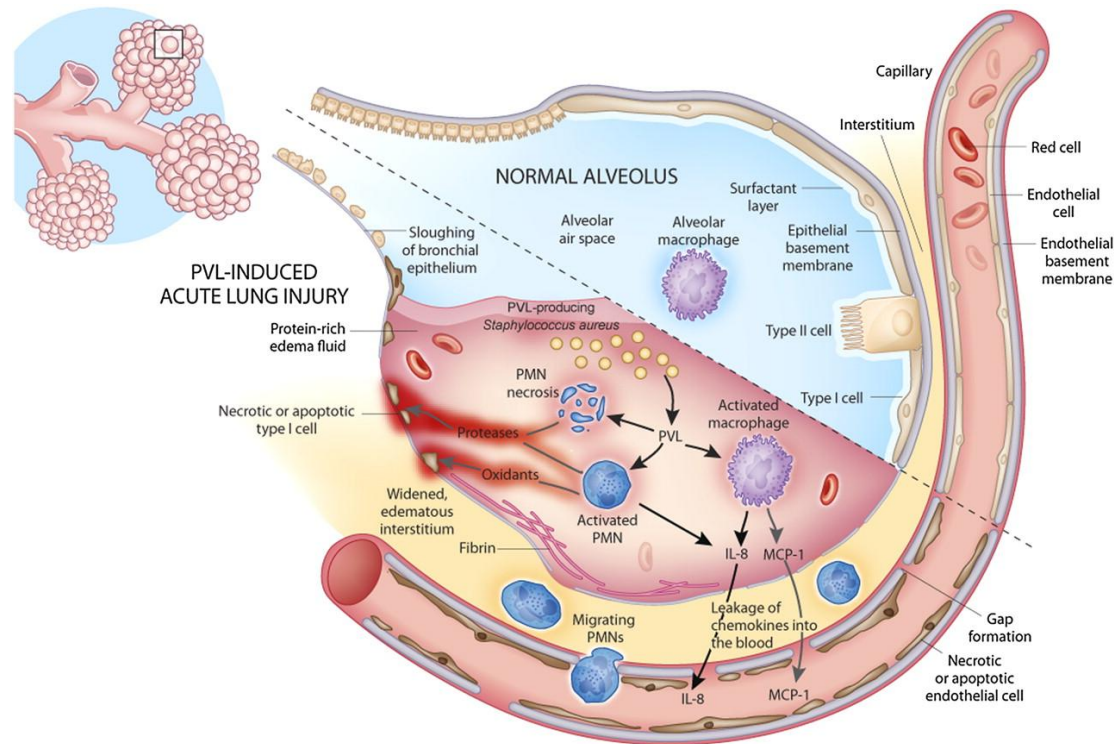
Указанное усилие значительно превышает давление в нормальных альвеолах. При отсутствии адекватного положительного давления в дыхательных путях (РЕЕР) с таким трудом растянутые альвеолы опять могут спастись на выдохе.

Вследствие этого ателектотравма приобретает циклический характер, многократно повторяясь в соответствии с установленной на респираторе частотой дыхания.



# Биотравма

Биотравма – это повреждение лёгких факторами, вырабатываемыми собственным организмом. Биотравма легких наблюдается при сепсисе, шоке любой этиологии, тяжёлой травме и синдроме длительного сдавления (crash-syndrome) и иных состояниях, когда в венозном русле высока концентрация микроагрегатов, факторов системной воспалительной реакции и/или бактериальных токсинов.



# Токсичность кислорода

- Считается, что дыхание кислородом в высоких концентрациях приводит к формированию свободных радикалов. Эти свободные радикалы являются главным повреждающим фактором.
- 1. Во всех ситуациях, когда завершена необходимая ИВЛ 100% кислородом (транспортировка, санация, периоды нестабильного состояния и т. д.), следует стремиться снижать концентрацию кислорода в дыхательной смеси.
- 2. Относительно безопасной считается концентрация кислорода в дыхательной смеси  $\leq 60\%$ .
- 3. Для большинства клинических ситуаций достижение  $P_{aO_2}$  от 60 до 80mmHg является достаточным уровнем.
- 4. Большинство клиницистов в ситуации выбора между гипоксемией или  $FIO_2 > 60\%$  повышают концентрацию кислорода в дыхательной смеси.

A photograph of an elderly male doctor with white hair and a beard, smiling warmly. He is wearing a white lab coat over a striped shirt and a grey tie. A blue stethoscope is draped around his neck. He is holding a clipboard in his left hand. The background is a plain, light-colored wall.

**Спасибо за  
внимание**