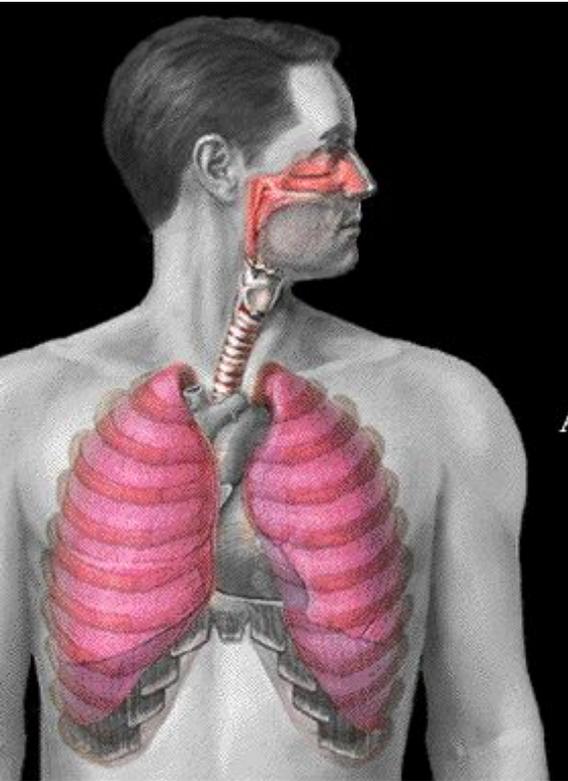


ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА: ЛЕГОЧНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

ЛЕГОЧНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

- Легочная вентиляция или дыхание - это процесс обмена воздухом между атмосферой и легкими.
- Воздух движется в легкие (из легких) и его перемещения происходят от зоны высокого давления в зону низкого давления.

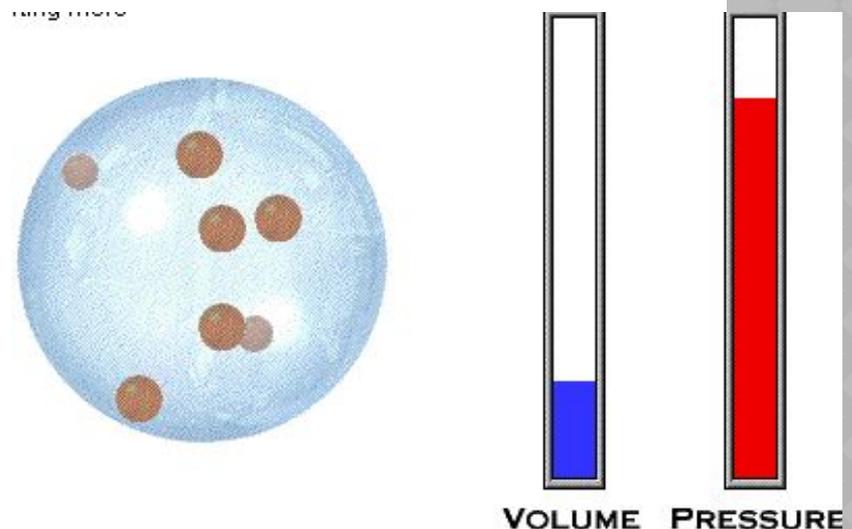
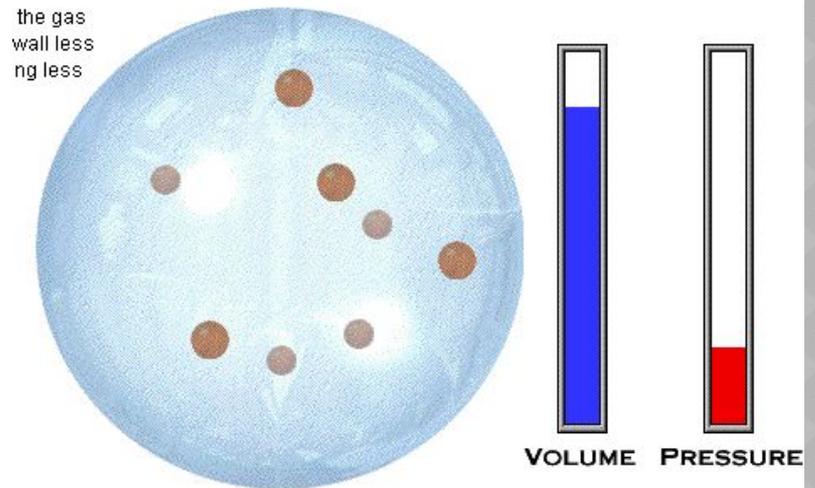
ЦЕЛИ:



- Обосновать вентиляцию законом Бойля
- Идентифицировать мышцы, участвующие в вентиляции
- Понять как изменения грудной клетки вызывают изменения давления и это приводит к процессу дыхания
- Идентифицировать факторы, влияющие на сопротивление дыхательных путей и легочную раздражимость
- Что необходимо знать?
- Локализацию париетальной, висцеральной плевры и плевральной полости
- Роль клеток, продуцирующих сурфактант в альвеолах

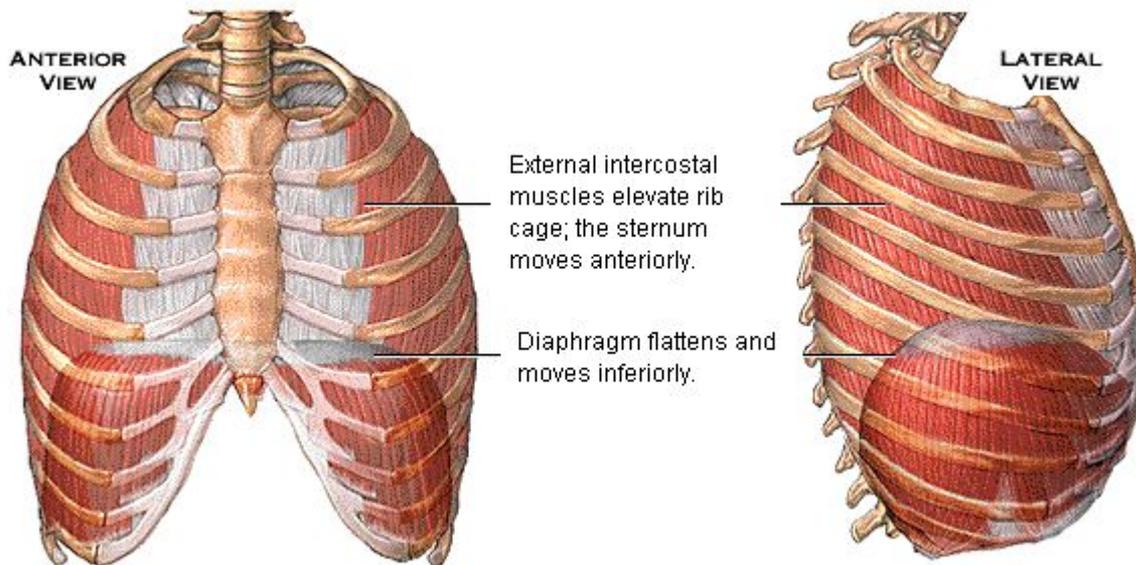
ЗАКОН БОЙЛЯ: ОТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ДАВЛЕНИЕМ И ОБЪЕМОМ

- Давление создается столкновением молекул газа со стенками контейнера. Следовательно, давление определяется размерами контейнера.
- В большом объеме молекулы газа реже сталкиваются со стенками, что обуславливает меньшее давление.
- **Закон Бойля:** Давление газа обратно пропорционально объему контейнера. Повышение объема приводит к снижению давления; уменьшение объема увеличивает давление.



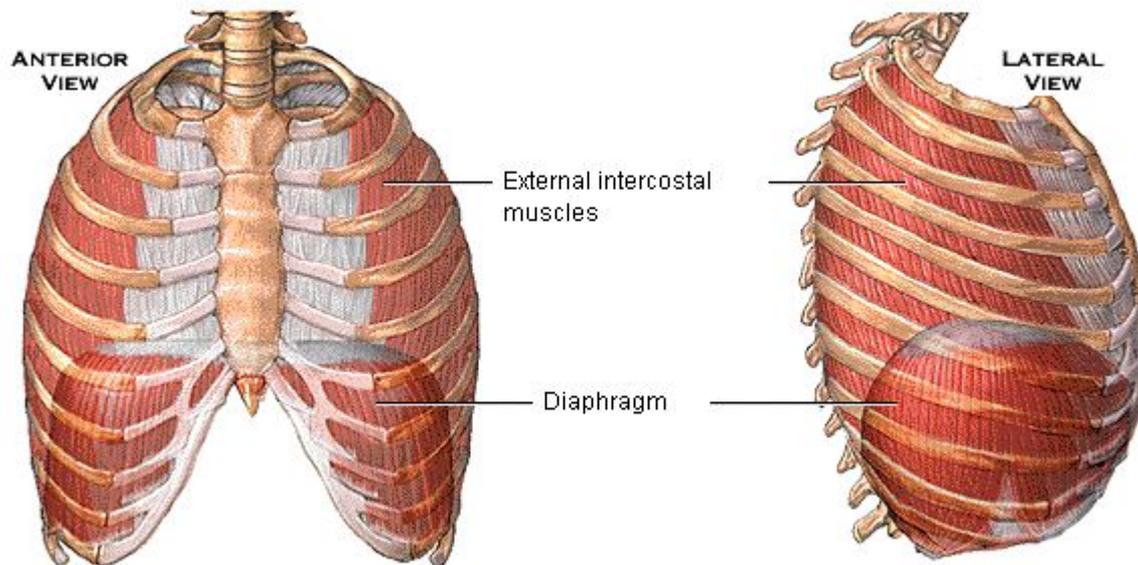
СПОКОЙНЫЙ ВДОХ: МЫШЕЧНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

- Во время спокойного вдоха сокращается диафрагма и наружные межреберные мышцы.
- Повышение объема по закону Бойля снижает давление в грудной полости и в легких.
- Наружные межреберные мышцы поднимают ребра, при этом грудина движется вперед.
- Диафрагма уплощается и движется вниз.

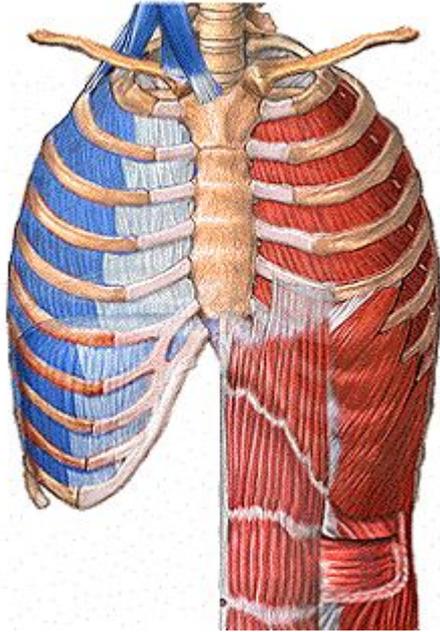


СПОКОЙНЫЙ ВЫДОХ: РАССЛАБЛЕНИЕ МЫШЦ

- **Спокойный выдох** - это пассивный процесс, при котором диафрагма и наружные межреберные мышцы расслабляются; эластические легкие и стенка грудной клетки возвращаются в исходное положение.
- Происходит снижение объема грудной клетки и, следовательно, в грудной полости повышается давление.
- Наружные межреберные мышцы расслабляются — реберные дуги и грудина возвращаются в исходное положение.
- Диафрагма движется вверх.



МЫШЦЫ ГЛУБОКОГО ВДОХА И ВЫДОХА

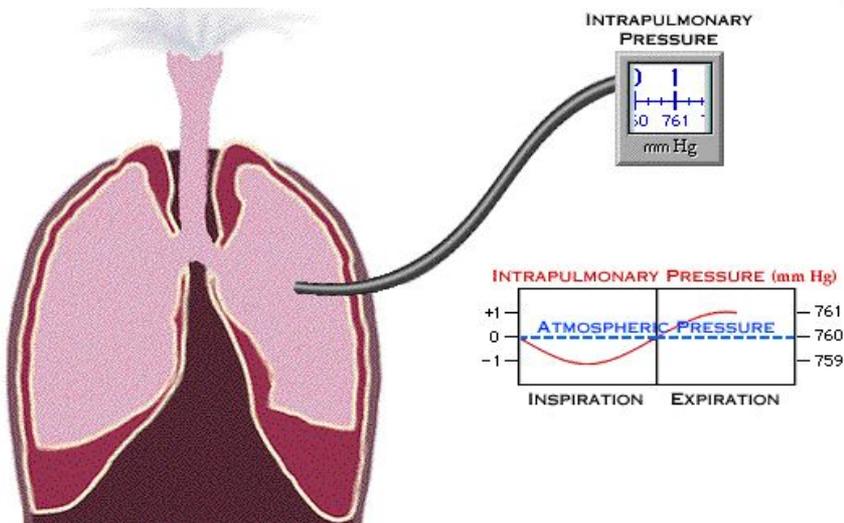


- При глубоком дыхании происходит усиленное сокращение инспираторных мышц и дополнительных мышц, чтобы вызвать большие изменения объема грудной клетки при вдохе и выдохе.

ИЗМЕНЕНИЯ ВНУТРИЛЕГОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ

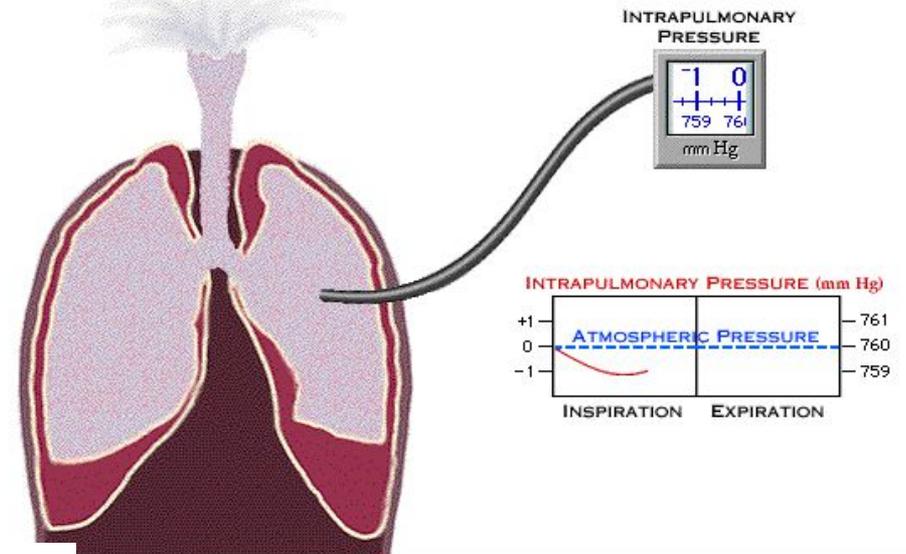
- Внутривнегочное (внутриальвеолярное) давление - это давление в альвеолах.
- Вне процесса дыхания оно равно атмосферному (760 мм рт ст).

Выдох

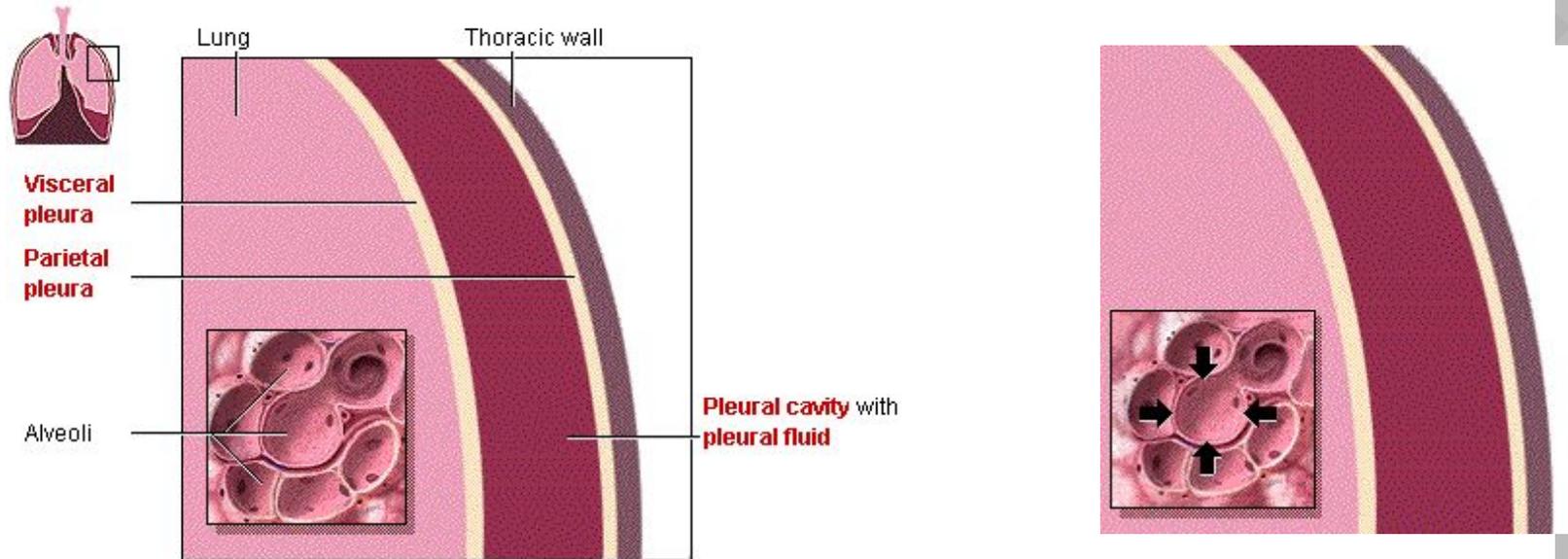


Вдох

atmospheric pressure (760 mm Hg).



ВНУТРИПЛЕВРАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ

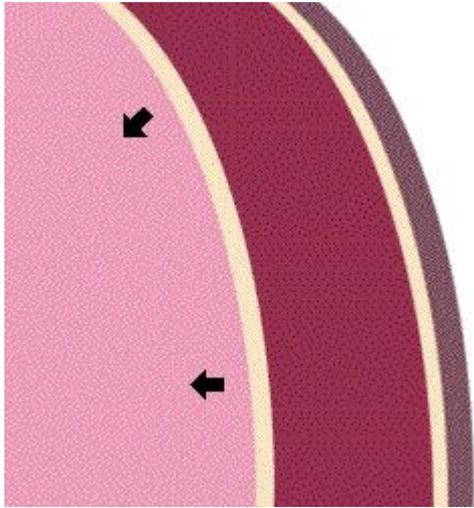


- Внутриплевральное давление - это давление в плевральной полости.
- Оно всегда отрицательное, что оказывает «присасывающее» действие, поддерживая легкие в растянутом состоянии.
- Отрицательное внутриплевральное давление поддерживается благодаря:
- Поверхностному натяжению альвеолярной жидкости
- Эластичности легких
- Эластичности грудной клетки

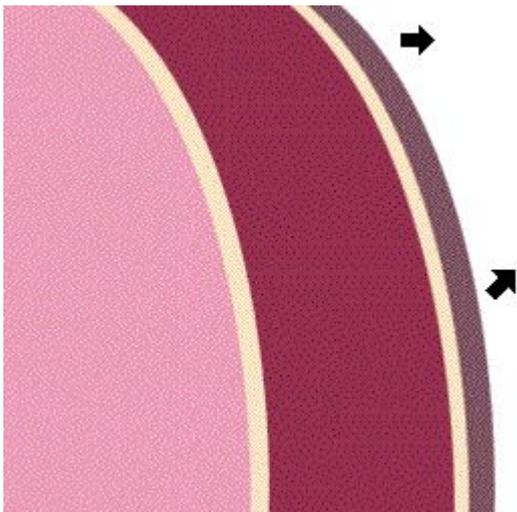
ВНУТРИПЛЕВРАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ

- Поверхностное натяжение альвеолярной жидкости «тянет» каждую альвеолу «внутри» и стремится «сжать» все легкое.
- Сурфактант уменьшает эту силу.
- Большое количество эластической тяги в легком стремится сократиться и «тянет» легкое сжаться. При этом, легкое движется от стенки грудной клетки, плевральная полость становится больше и внутриплевральное давление снижается.
- Отрицательное давление в плевральной полости оказывает присасывающее действие, удерживая легкие в растянутом состоянии.

ВНУТРИПЛЕВРАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ



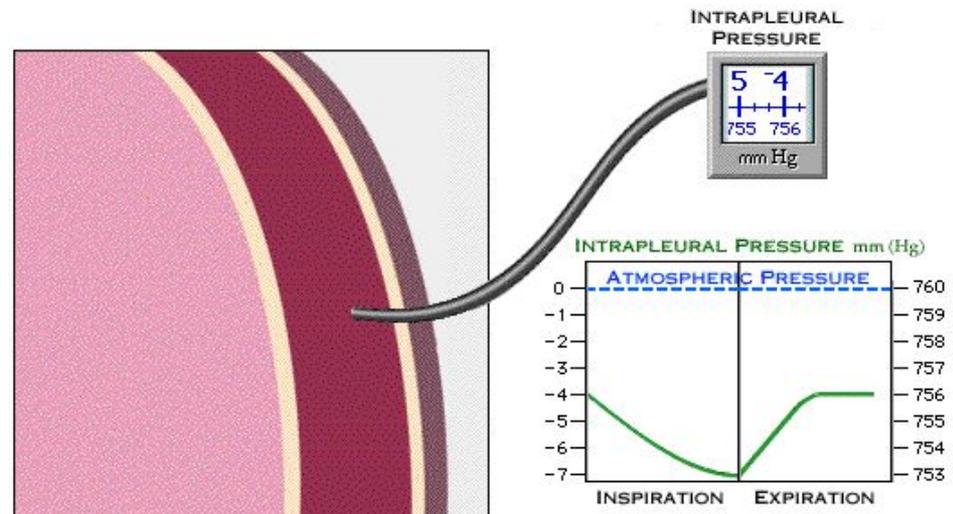
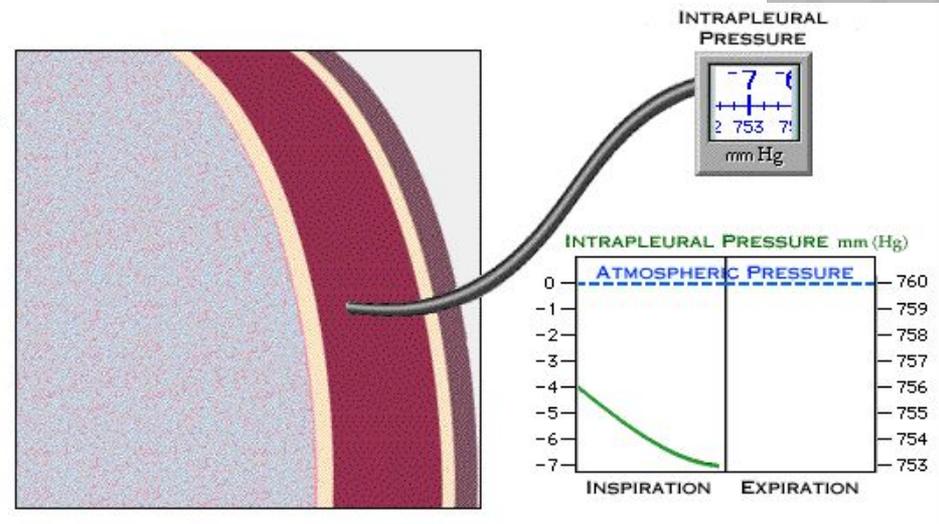
- «Сила эластичности» грудной клетки направлена от легкого. Она стремится увеличить плевральную полость и усиливает отрицательное давление в ней.



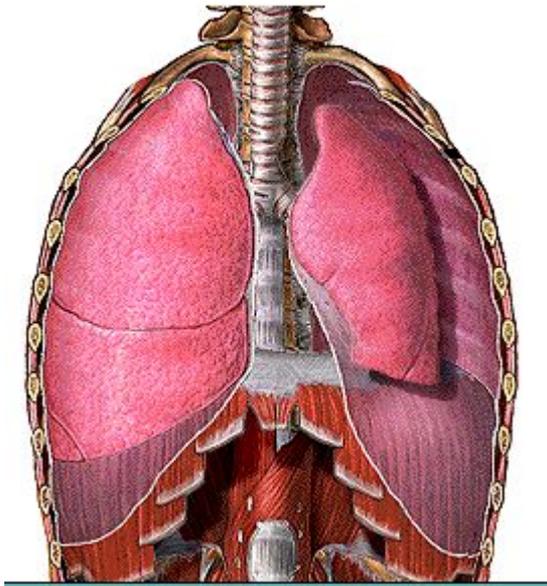
- Поверхностное натяжение плевральной жидкости препятствует отделению легкого от стенки грудной клетки.

ИЗМЕНЕНИЯ ВНУТРИПЛЕВРАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

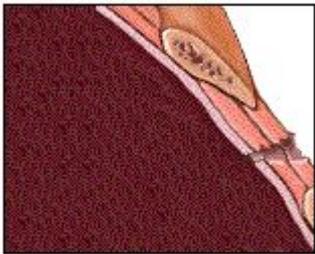
- Так как стенка грудной клетки движется наружу при вдохе, внутриплевральное давление становится еще более отрицательным.
- Когда стенка грудной клетки возвращается на место при выдохе, внутриплевральное давление возвращается к исходному уровню (-4 мм рт ст или 756 мм рт ст).



ЭФФЕКТ ПНЕВМАТОРАКСА



- Если разрезать грудную клетку - легкое спадется - это пневмоторакс.
- Легкие полностью изолированы друг от друга, каждое окружено собственной плевральной полостью. Следовательно, изменения внутриплеврального давления одного легкого не отражаются на работе другого легкого.



PNEUMOTHORAX

СОБЫТИЯ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРИ ВДОХЕ

- Сокращение диафрагмы и наружных межреберных мышц
 - ↓
 - Увеличение объема грудной клетки
 - ↓
 - Внутриплевральное давление становится более отрицательным
 - ↓
 - Легкие растягиваются
 - ↓
 - Внутрипульмональное давление становится более отрицательным
 - ↓
 - Воздух входит в легкие

СОБЫТИЯ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРИ ВЫДОХЕ

- Расслабление диафрагмы и наружных межреберных мышц



- Уменьшение объема грудной клетки



- Внутривневральное давление становится менее отрицательным



- Легкие возвращаются в исходное положение



- Внутривульмональное давление становится выше атмосферного



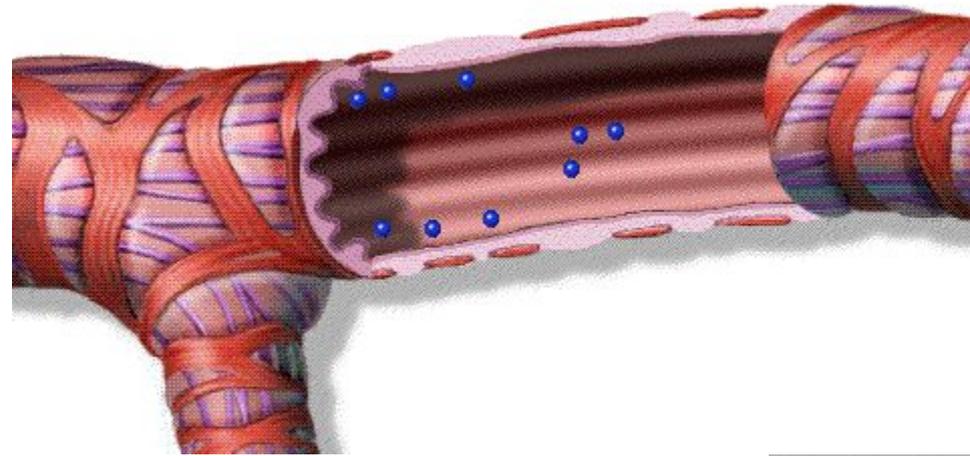
- Воздух выходит из легких

ДРУГИЕ ФАКТОРЫ, ИЗМЕНЯЮЩИЕ ВЕНТИЛЯЦИЮ

- Сопротивление воздухоносных путей
- Растяжимость легочной ткани

СОПРОТИВЛЕНИЕ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ

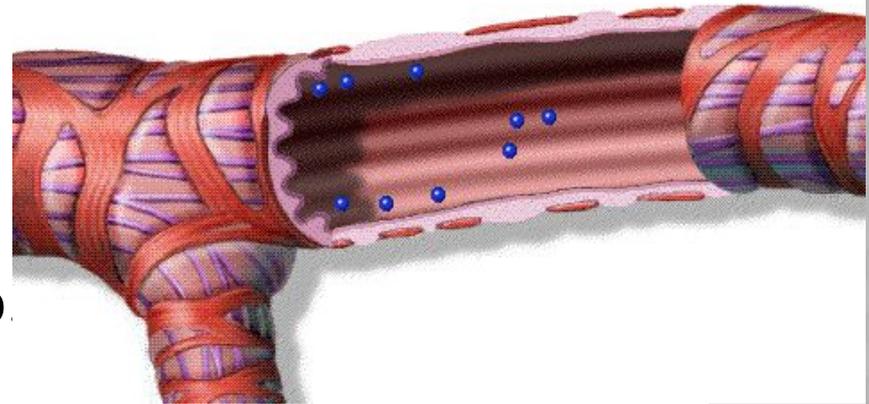
- Когда воздух идет в легкие, молекулы газа встречают сопротивление, так как ударяются о стенки воздухоносных путей. Поэтому диаметр воздухоносных путей влияет на сопротивление.



- Сопротивление увеличится, если диаметр бронхиол уменьшится.
- Когда диаметр уменьшается, сопротивление растёт, так как больше молекул газа «сталкиваются» со стенкой воздухоносных путей

СОПРОТИВЛЕНИЕ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ

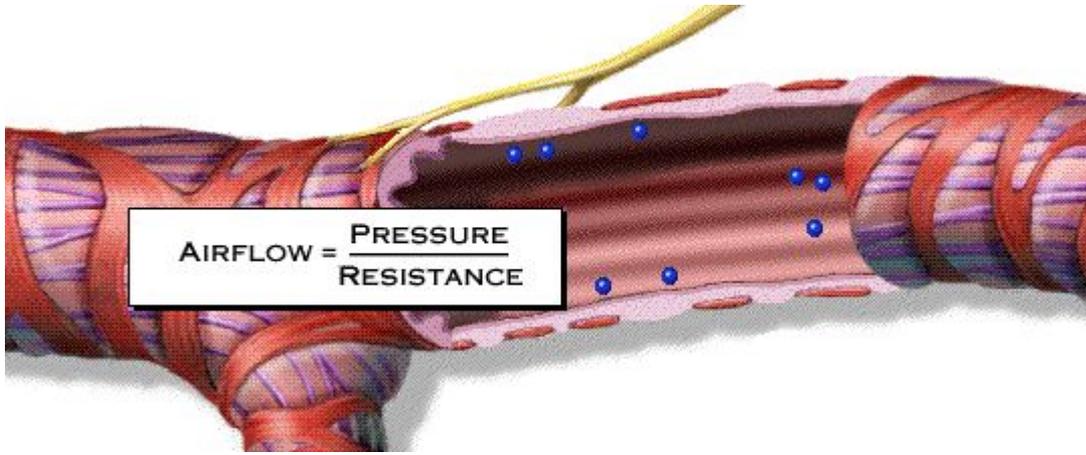
- При повышении сопротивления воздухоносных путей поток воздуха уменьшится.
- Поток воздуха обратно пропорционален сопротивлению.
- Это отношение показывает уравнение:
- Поток воздуха = $\frac{\text{Давление}}{\text{Сопротивление}}$
- В здоровых легких ход воздуха обычно не встречает значительного сопротивления: воздух легко входит в легкие и выходит из них.



ФАКТОРЫ, ИЗМЕНЯЮЩИЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОЗДУХОНОСНЫХ ПУТЕЙ

- Несколько факторов изменяют сопротивление дыхательных путей, изменяя диаметр воздухоносных путей.
- Они вызывают сокращение и расслабление гладкой мускулатуры стенки воздухоносных путей, главным образом, бронхиол.

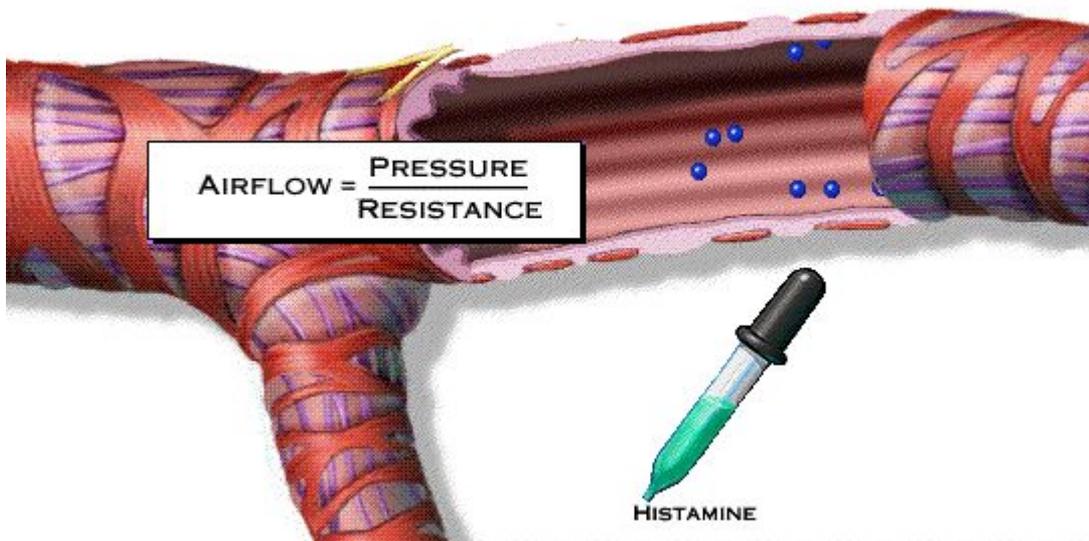
НАЖМЕМ НА НЕРВ



- При освобождении ацетилхолина из нервных окончаний происходит сокращение гладкой мускулатуры бронхиол.
- Увеличение сопротивления воздухоносных путей снижает поток воздуха.

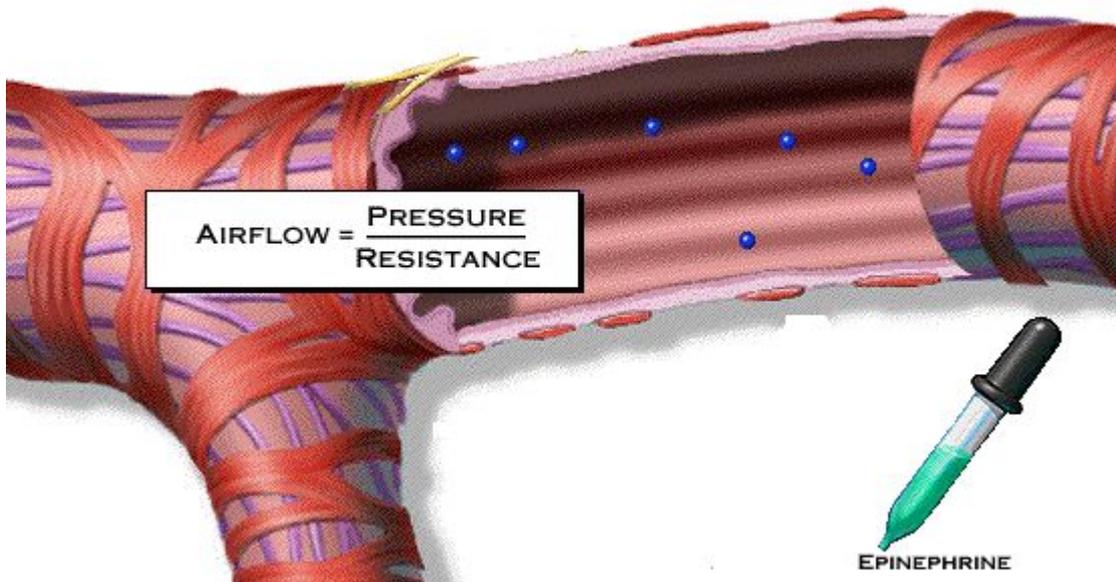
НАЖМЕМ НА ПИПЕТКУ С ГИСТАМИНОМ

- Гистамин, освобождающийся при аллергических реакциях, сужает бронхиолы.
- Это повышает сопротивление воздухоносных путей и уменьшает поток воздуха, затрудняя дыхания.



НАЖМЕМ НА ПИПЕТКУ С АДРЕНАЛИНОМ

- Адреналин, выбрасываемый мозговым веществом надпочечников, расширяет бронхиолы, снижает сопротивление воздухоносных путей.
- Это значительно повышает воздушный поток, обеспечивая адекватный газообмен.



РАСТЯЖИМОСТЬ ЛЕГКИХ: ИХ ЭЛАСТИЧНОСТЬ

- Легкость, с которой легкие растягиваются, называется растяжимостью. Это свойство определяется 2 факторами:
- Растяжимостью эластических волокон легких;
- Поверхностным натяжением альвеол.
- Шарик, сделанный из тонкой эластичной резины, легко надувается при небольшом давлении, так как имеет высокую растяжимость. Здоровые легкие имеют высокую растяжимость, так как богаты эластической тканью.



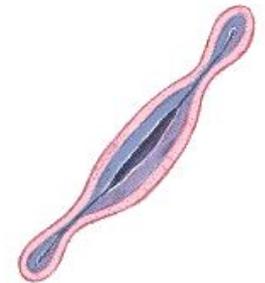
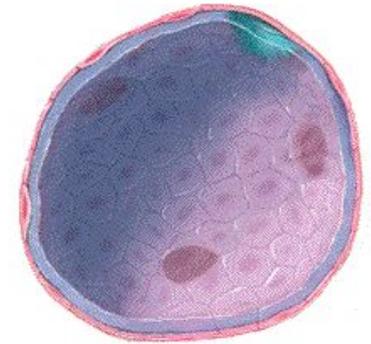
ЭЛАСТИЧНОСТЬ ЛЕГКИХ

- Этот шарик, сделанный из жесткой резины трудно надуть, так как он обладает низкой растяжимостью.
- Низкая растяжимость легких наблюдается при некоторых патологических состояниях, таких как фиброз, когда в легких увеличивается количество менее растяжимых тканей.



РАСТЯЖИМОСТЬ ЛЕГКИХ: ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ

- Второй фактор, изменяющий легочную растяжимость - это поверхностное натяжение альвеол.
- Некоторые недоношенные младенцы не продуцируют сурфактант, поэтому легочная растяжимость у них низкая.
- Без сурфактанта альвеолы имеют высокое поверхностное натяжение и могут спадаться. Спавшиеся альвеолы не способны к растяжению.
- Это состояние известно как респираторный дистресс синдром новорожденных.
- Сурфактант снижает поверхностное натяжение и повышает растяжимость легких.



РЕЗЮМЕ

- Мышечные сокращения вызывают изменения объема грудной клетки при дыхании.
- Изменения объема грудной клетки приводят к изменению внутриплеврального и внутриальвеолярного давления, что позволяет воздуху двигаться от участка с высоким давлением к участку с низким давлением.
- Сопротивления воздухоносных путей в норме низкое, но воздействие нервных и гуморальных влияний могут изменить диаметр бронхиол, а, следовательно, изменить сопротивление и поток воздуха.
- Растяжимость легких в норме высока за счет того, что легкие богаты эластической тканью и сурфактант снижает поверхностное натяжение альвеолярной жидкости.

