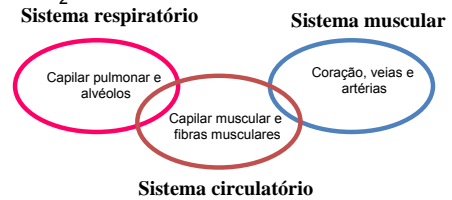


Biofísica da Respiração

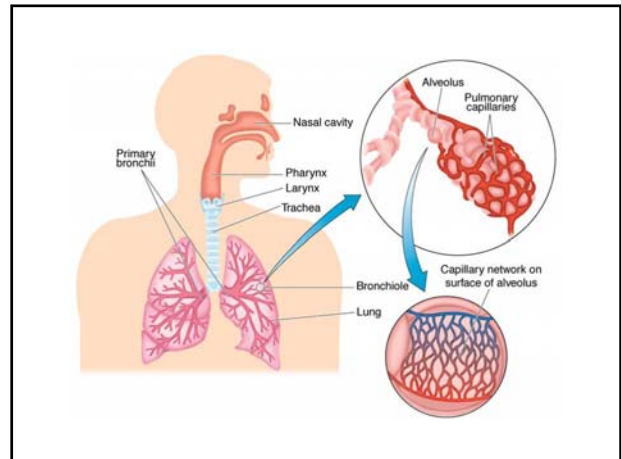
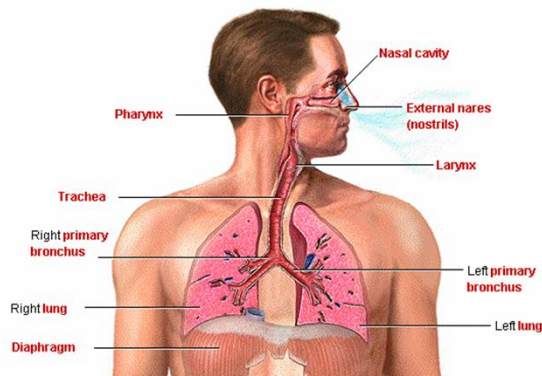
Elisângela Rosa Cordeiro
Disciplina de Biofísica-ICBIM

Função primária do sistema respiratório

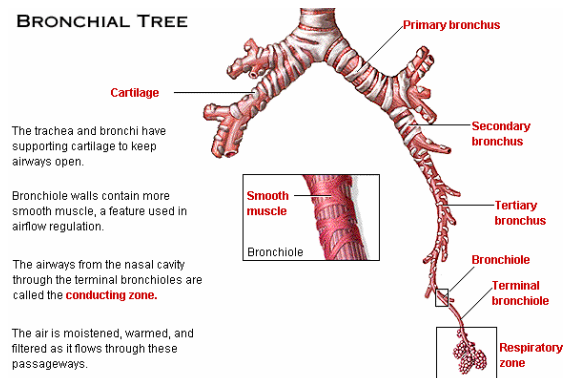
- Atender às necessidades metabólicas de O_2 e CO_2



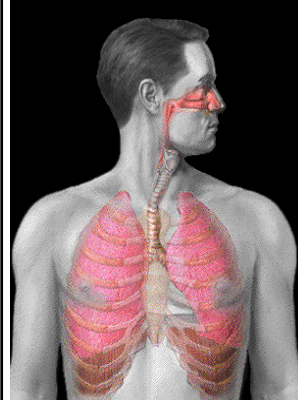
OVERVIEW: RESPIRATORY SYSTEM ORGANS



BRONCHIAL TREE

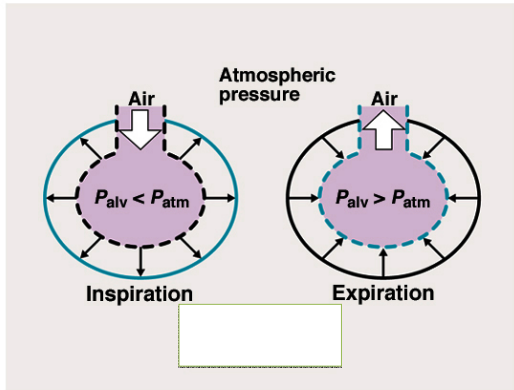


VENTILAÇÃO PULMONAR



Ventilação pulmonar é a troca de ar entre a atmosfera e os pulmões. O ar move-se para dentro e para fora dos pulmões, ele viaja de regiões de alta pressão de ar para as de baixa pressão.

Ventilation



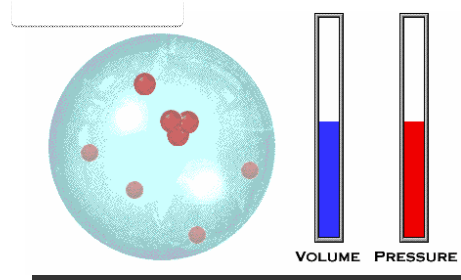
Teoria geral dos gases

Lei de Boyle:

Descreve a relação inversa entre volume e pressão de uma gás perfeito a temperatura constante.

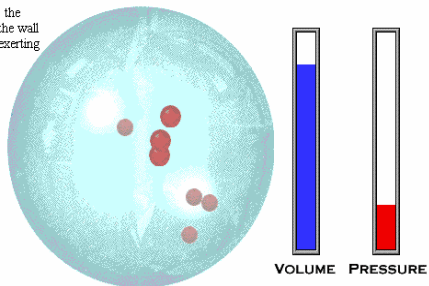
RELAÇÃO ENTRE PRESSÃO x VOLUME – LEI DE BOYLE

A pressão é causada pelo choque das moléculas de gás nas paredes do recipiente.
A pressão relaciona-se ao volume do recipiente.



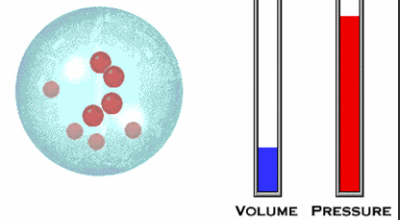
RELAÇÃO ENTRE PRESSÃO x VOLUME – LEI DE BOYLE

In this larger volume, the gas molecules strike the wall less frequently, thus exerting less pressure.

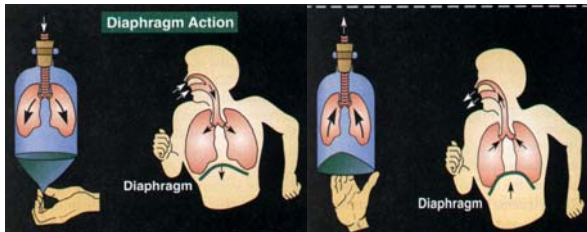


RELAÇÃO ENTRE PRESSÃO x VOLUME – LEI DE BOYLE

In this small sphere, the gas molecules strike the wall more frequently, thus exerting more pressure.

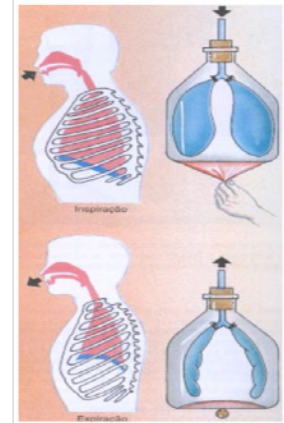


Aplicação da Lei de Boyle



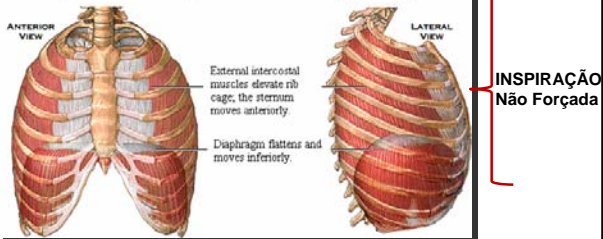
Movimento Respiratório

- Diafragma
- Músculos Intercostais
- Costelas



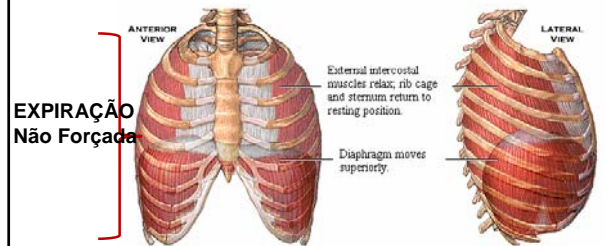
QUIET INSPIRATION: MUSCLE CONTRACTION

During quiet **inspiration**, the **diaphragm** and the external intercostal muscles contract. Increasing the volume decreases the pressure within the thoracic cavity and the lungs.



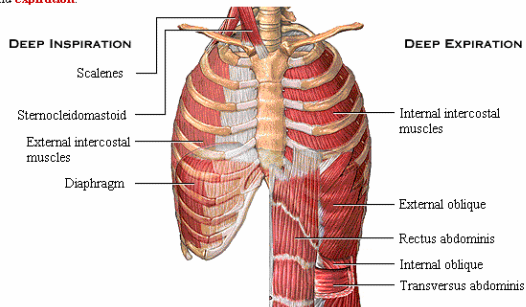
QUIET EXPIRATION: MUSCLE RELAXATION

Quiet **expiration** is a passive process, in which the diaphragm and the external intercostal muscles relax, and the elastic lungs and thoracic wall recoil inward.



MUSCLES OF DEEP INSPIRATION AND EXPIRATION

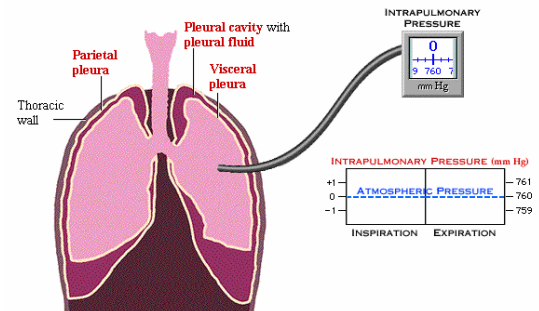
Deep breathing uses forceful contractions of the inspiratory muscles and additional accessory muscles to produce larger changes in the volume of the thoracic cavity during both **inspiration** and **expiration**.



PRESSÃO INTRAPULMONAR

INTRAPULMONARY PRESSURE CHANGES

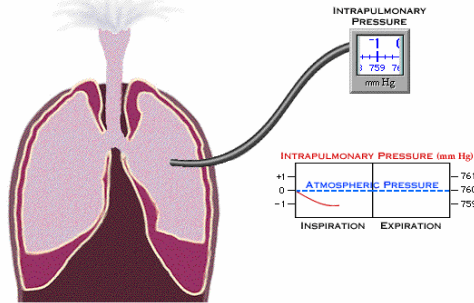
Intrapulmonary (intra-alveolar) pressure is the pressure within the alveoli. Between breaths, it equals atmospheric pressure (760 mm Hg).



PRESSÃO INTRAPULMONAR - INSPIRAÇÃO

INTRAPULMONARY PRESSURE CHANGES

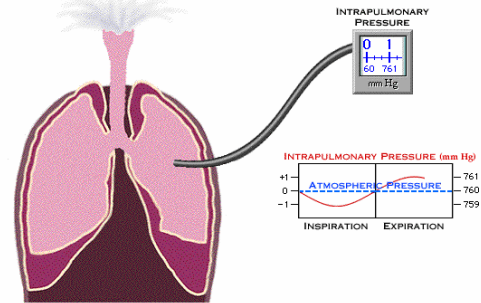
Intrapulmonary (intra-alveolar) pressure is the pressure within the alveoli. Between breaths, it equals atmospheric pressure (760 mm Hg).



PRESSÃO INTRAPULMONAR - EXPIRAÇÃO

INTRAPULMONARY PRESSURE CHANGES

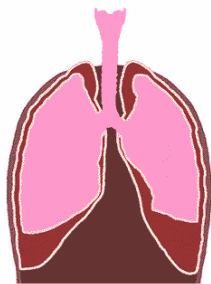
Intrapulmonary (intra-alveolar) pressure is the pressure within the alveoli. Between breaths, it equals atmospheric pressure (760 mm Hg).



PRESSÃO INTRAPLEURAL

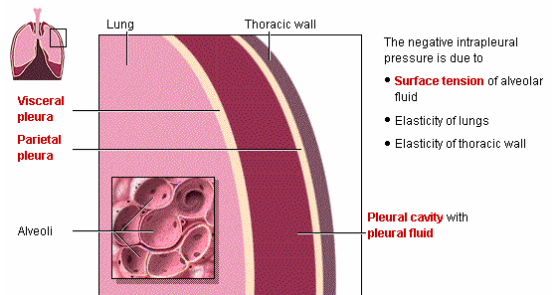
INTRAPLEURAL PRESSURE

Intrapleural pressure is the pressure within the pleural cavity. Intrapleural pressure is always negative, which acts like a suction to keep the lungs inflated.



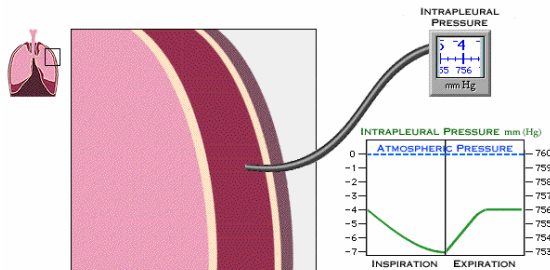
INTRAPLEURAL PRESSURE

Intrapleural pressure is the pressure within the pleural cavity. Intrapleural pressure is always negative, which acts like a suction to keep the lungs inflated.



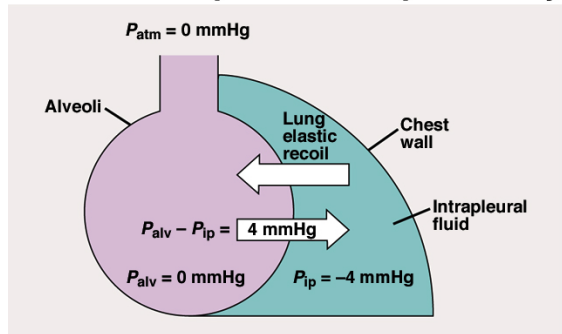
INTRAPLEURAL PRESSURE CHANGES

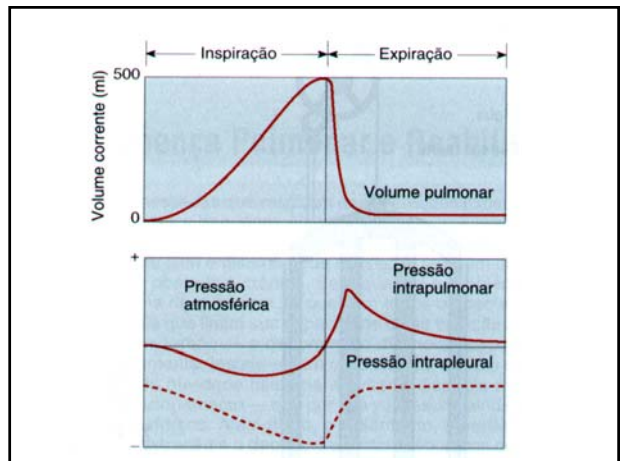
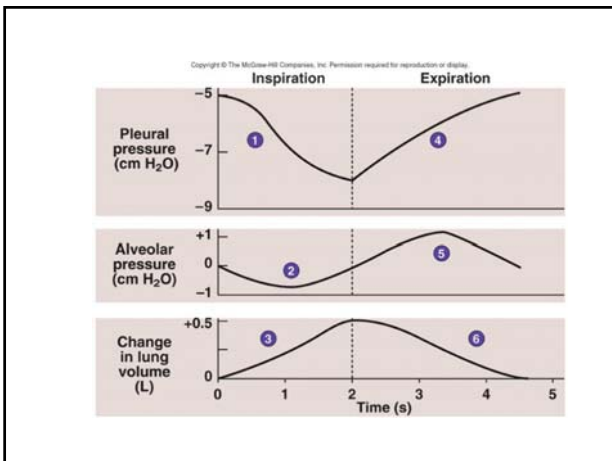
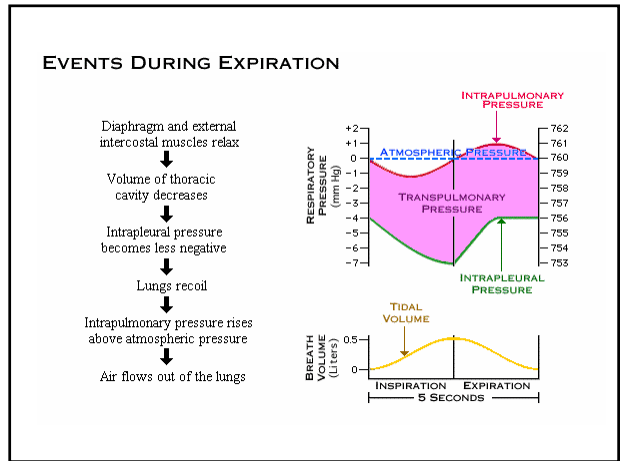
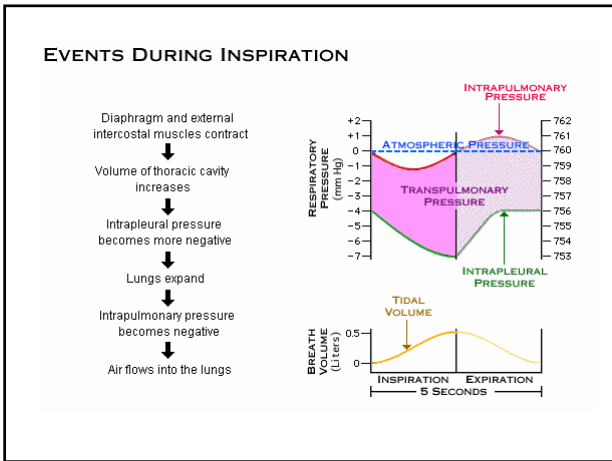
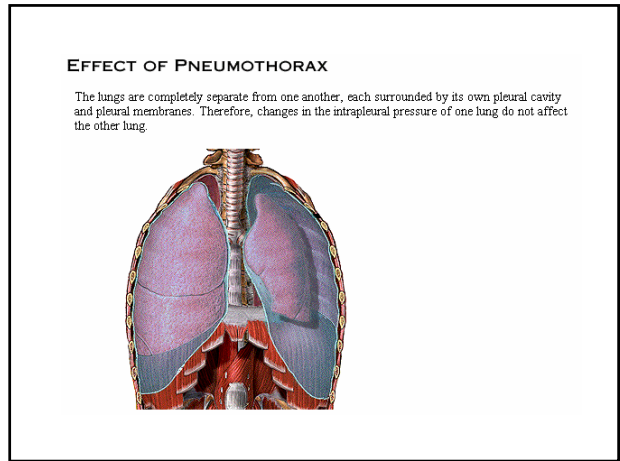
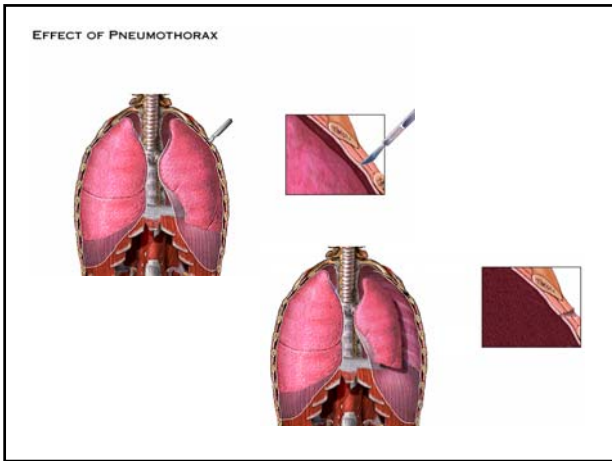
As the thoracic wall moves outward during inspiration, the intrapleural pressure becomes even more negative. As the thoracic wall recoils during expiration, the pressure returns to -4 mm Hg, or 756 mm Hg.



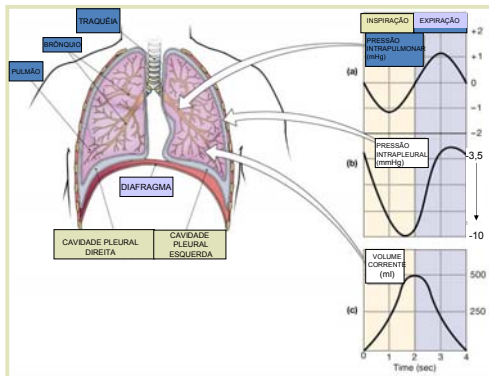
Alveolar/intrapleural/transpulmonary

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.





MUDANÇAS DE PRESSÃO ATRAVÉS DO CICLO VENTILATÓRIO



CONCEITO DE COMPLIÂNCIA PULMONAR

Complância é o grau de expansão que os pulmões experimentam para cada unidade de aumento de pressão transpulmonar.

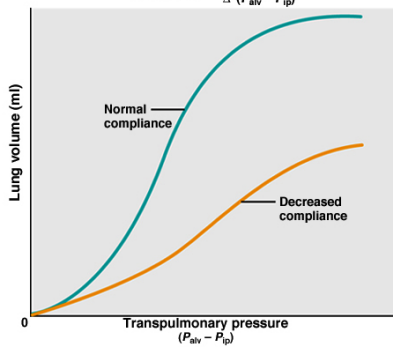
Ser humano adulto e normal: 200 ml/cmH₂O, isto é: cada vez que a pressão transpulmonar aumenta em 1cmH₂O, a expansão pulmonar é de 200ml.

Complância descreve a distensibilidade pulmonar, ou seja, é a facilidade com que um objeto pode ser deformado.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Lung compliance

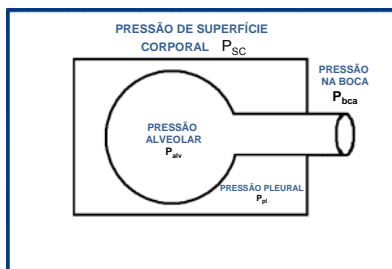
$$\text{Compliance} = \frac{\Delta \text{Lung volume}}{\Delta (P_{av} - P_{tp})}$$



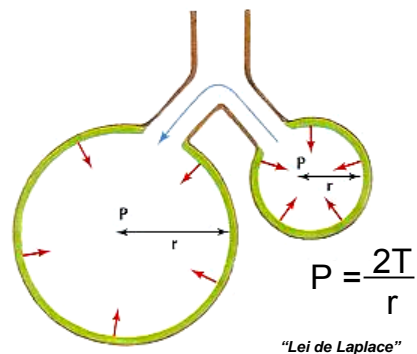
VENTILAÇÃO PULMONAR

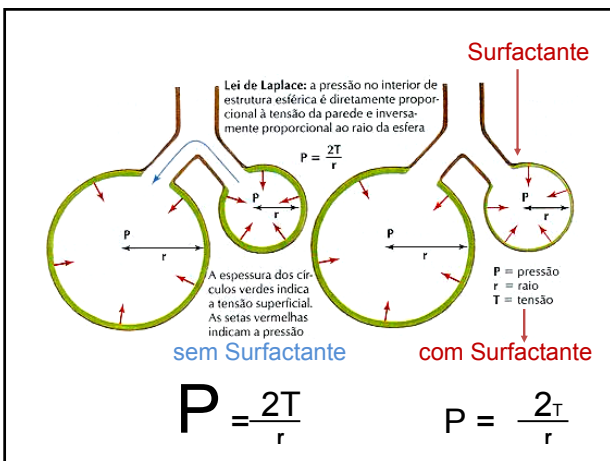
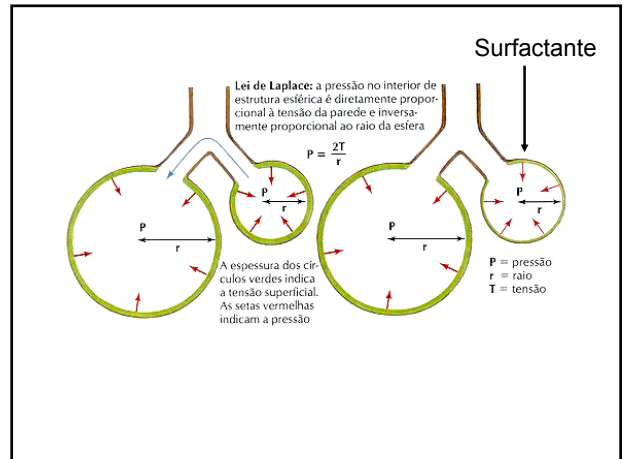
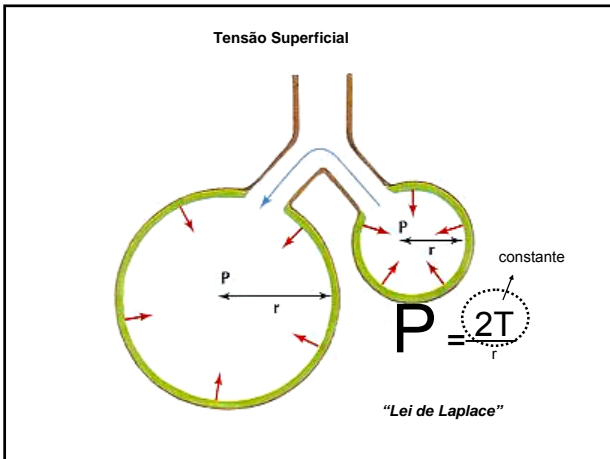
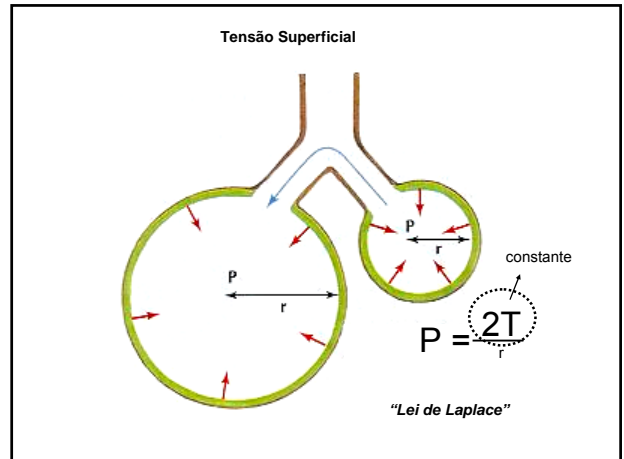
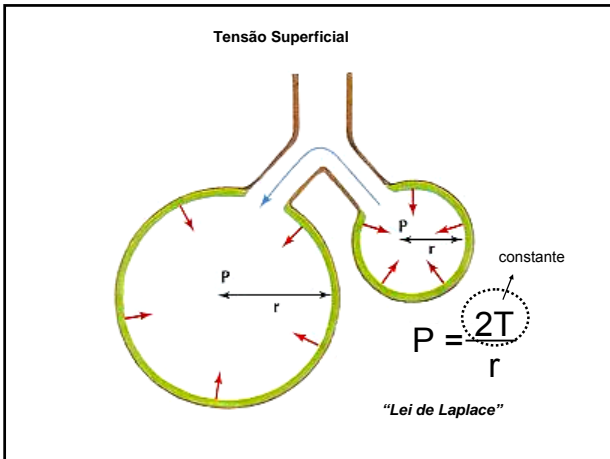
TENSÃO SUPERFICIAL ALVEOLAR

PRESSÕES RESPIRATÓRIAS

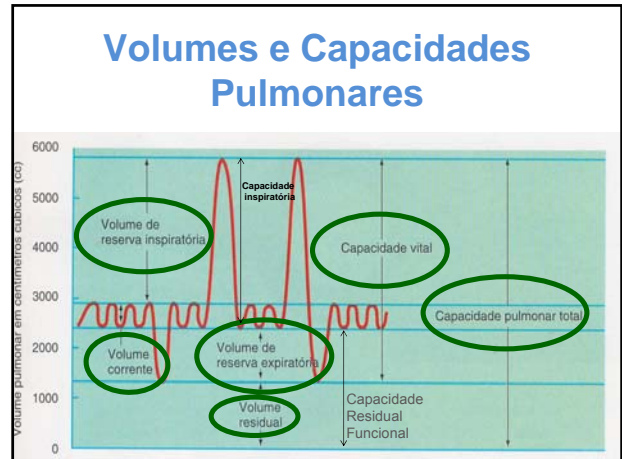
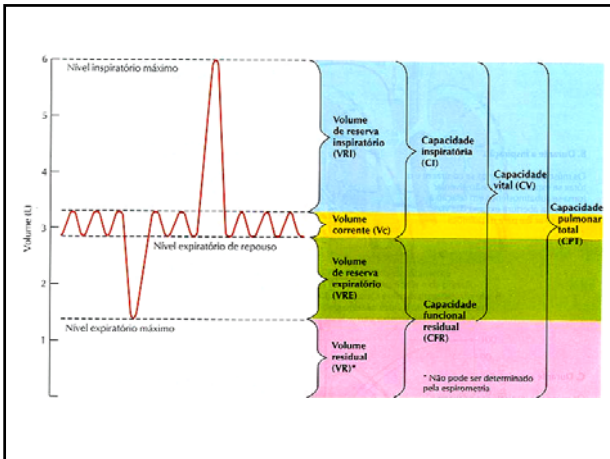


Tensão Superficial



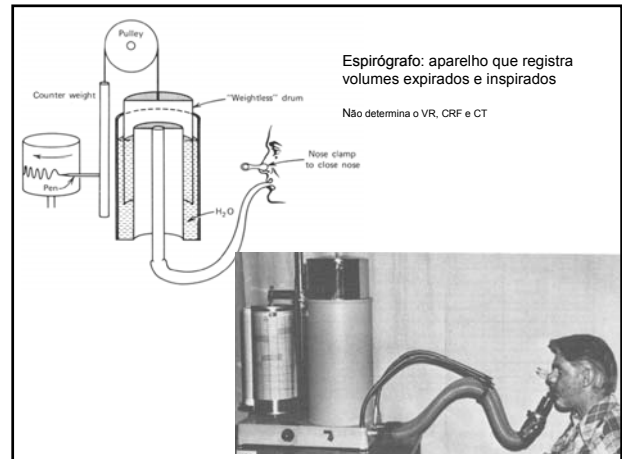


CAPACIDADES E VOLUMES RESPIRATÓRIOS



Volumes e Capacidades Pulmonares

Termo	Definições
Volumes Pulmonares	
Volume corrente	Volume de gás inspirado ou expirado durante o ciclo respiratório não-forçado
Volume de reserva inspiratória	Volume de gás que pode ser inspirado no final de uma inspiração corrente
Volume de reserva expiratória	Volume de gás que pode ser expirado no final de uma expiração corrente
Volume residual	Volume de gás que permanece nos pulmões após uma expiração máxima
Capacidades Pulmonares	
Capacidade pulmonar total	Quantidade total de gás nos pulmões no final de uma inspiração máxima
Capacidade vital	Quantidade máxima de gás que pode ser expirado após uma inspiração máxima
Capacidade inspiratória	Quantidade máxima de gás que pode ser inspirado no final de uma expiração corrente
Capacidade residual funcional	Quantidade de gás que permanece nos pulmões após uma expiração calma normal



- Diluição de He
 - Volume e concentração conhecidos
 - $C_1 V_1 = C_2 (V_1 + V_2)$
 - Isolando V_2
 - $V_2 = V_1 (C_1 - C_2) / C_2$
 - $V_2 = CT$
 - $VR = CT - CV$
 - $CRF = VR + VRE$

Pressão atmosférica ao nível do mar (1 atm) : 760 mmHg

Composição do ar:
Oxigênio: 21% ⇒ 160 mmHg
Nitrogênio: 78% ⇒ 593 mmHg
Outros gases: 1% ⇒ 7 mmHg

Concentrações e pressões parciais dos gases

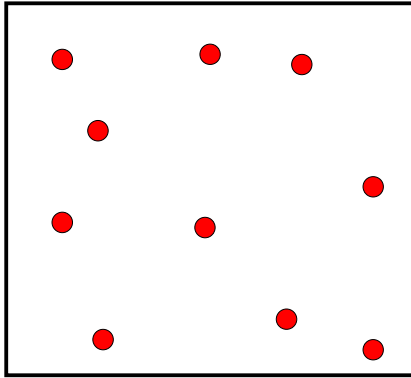
- Cada gás específico exerce sua própria pressão parcial.
- Lei de Dalton:
$$\text{Pressão parcial} = \text{Concentração percentual} \times \text{pressão total da mistura gasosa}$$

Ar ambiente

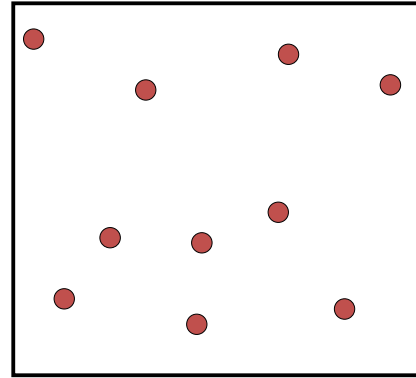
Pressão parcial e volume dos gases no ar ambiente seco ao nível do mar

Gás	Percentual	Pressão parcial (mmHg)	Volume do gás (ml/L)
O ₂	20,93	159	209,3
CO ₂	0,03	0,2	0,4
N ₂	79,04	600	790,3

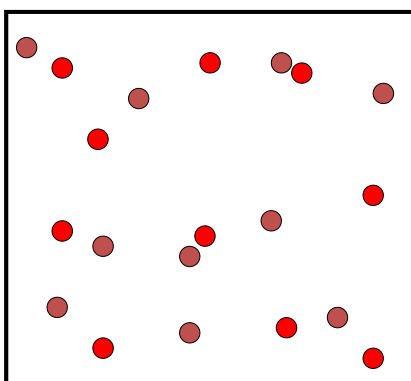
Gás A



Gás B



Gás A + Gás B



Pressão Total do Gás =

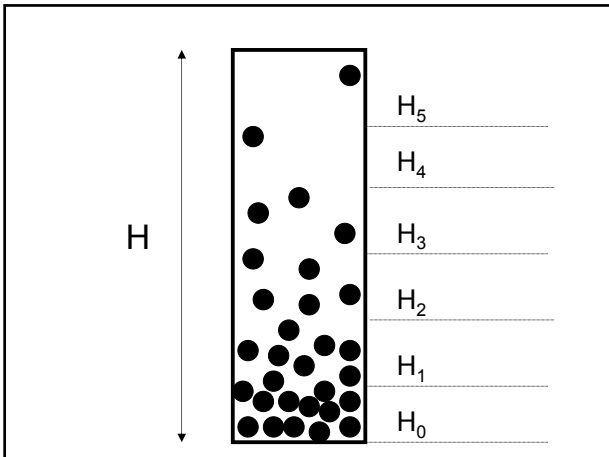
Pressão Parcial do Gás

A

+

Pressão Parcial do Gás

B



Nível do mar: 760 mmHg (1 atm)
1000 m de altitude: 674 mmHg
4000 m de altitude: 462 mmHg
9000 m de altitude: 231 mmHg

Ar traqueal

- O Ar é saturado completamente com o vapor de água quando penetra nas cavidades nasais e na boca e desce através do trato respiratório.
- A umidificação do ar numa temperatura corporal de 37°C, diminui 10 mmHg a PO₂ devido ao vapor de água que exerce uma pressão de 47mmHg.
- A PCO₂ não é interferida por esse processo.

Ar Alveolar

Pressão parcial e volume dos gases alveolares secos ao nível do mar (37°C)

Gás	Percentual	Pressão parcial (mmHg)	Volume do gás (ml/L)
O ₂	14,5	103	145
CO ₂	5,5	39	55
N ₂	80	571	800
Vapor de água		47	

Ar Alveolar

- A composição do ar alveolar difere consideravelmente daquela do ar ambiente úmido que chega pela inspiração, pois o CO₂ penetra continuamente no alvéolos, proveniente do sangue, enquanto o oxigênio flui dos pulmões para o sangue a fim de ser transportado para todo o organismo.

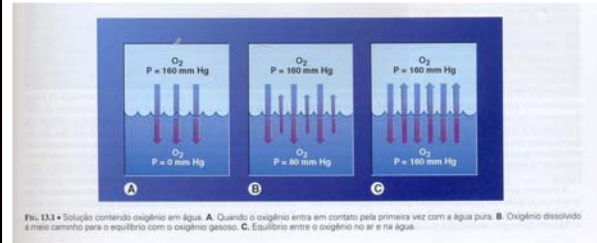
Ar Alveolar

- A cada expiração permanece um volume grande residual de ar.
- A chegada de ar inspirado exerce um efeito apenas pequeno sobre a composição do ar alveolar.
- Pressões parciais dos gases alveolares permanecem relativamente estáveis.

Movimento dos gases no ar e nos líquidos

- Lei de Henry – os gases se difundem das áreas de alta pressão para as áreas de baixa pressão.
- O ritmo de difusão de um gás para dentro de um líquido depende de 2 fatores:
 - 1 - O diferencial de pressão entre o gás acima do líquido e o gás dissolvido no líquido.
 - 2 – A solubilidade do gás no líquido.

Diferença de pressão



Solubilidade

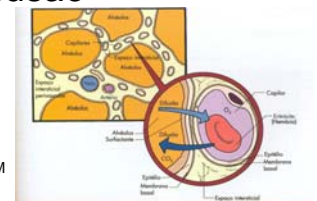
- Para dois gases diferentes com diferenciais de pressão idênticas, a solubilidade (capacidade de dissolução) de cada gás determina o número de moléculas que entram ou saem de um líquido.
- A solubilidade de um gás é enunciada por ml de gás por 100ml (dl) de um líquido.
 - CO₂ → 57,03 ml de CO₂/ por dl de líquido;
 - O₂ → 2,26 ml de O₂/ por dl de líquido;
 - N₂ → 1,30 ml de N₂/ por dl de líquido;

Fatores que determinam a difusão

$$D = \frac{\Delta P \times A \times S}{d \times \sqrt{PM}}$$

Coefficiente de difusão do gás: S/√PM

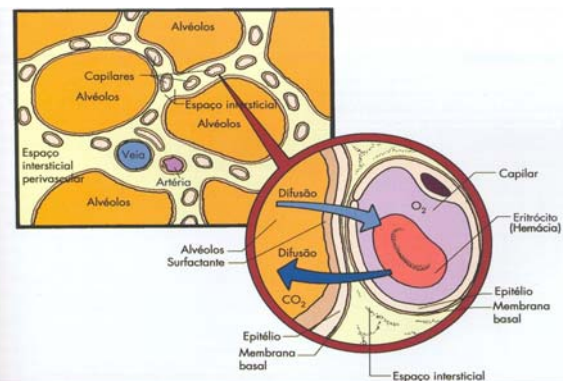
Oxigênio = 1,0
 Dióxido de carbono = 20,3
 Monóxido de carbono = 0,81
 Nitrogênio = 0,53
 Hélio = 0,95



Coefficiente de solubilidade aproximado dos gases nos líquidos fisiológicos

Gás	Água	Plasma	Sangue (quantidade dissolvida por dl)
O ₂	2,39	2,14	2,26 (0,3ml)
CO ₂	56,7	51,5	57,03 (3,0 ml)
N ₂	1,23	1,18	1,3 (0,8ml)

Permuta de gases nos pulmões e tecidos



Permuta gasosa nos pulmões

- O O_2 passa para o sangue com facilidade pela diferença de pressão.
- O CO_2 apesar de pouca diferença de pressão, passa rapidamente por sua alta solubilidade no plasma.
- O N_2 permanece inalterado.

