



Solunum Fizyolojisi

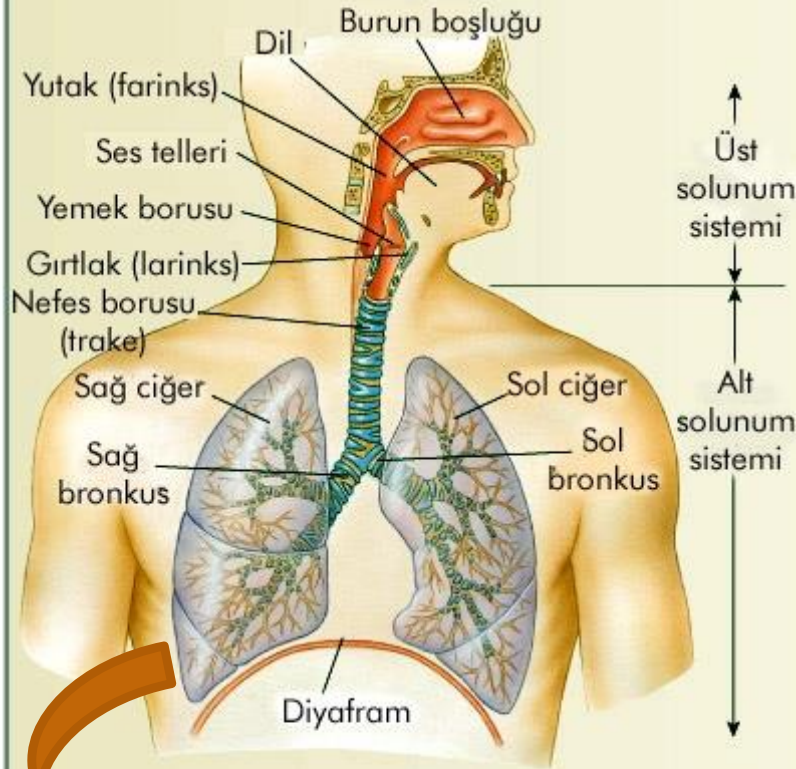
Prof. Dr. Hakan Öztürk

Solunum Sisteminin İşlevi

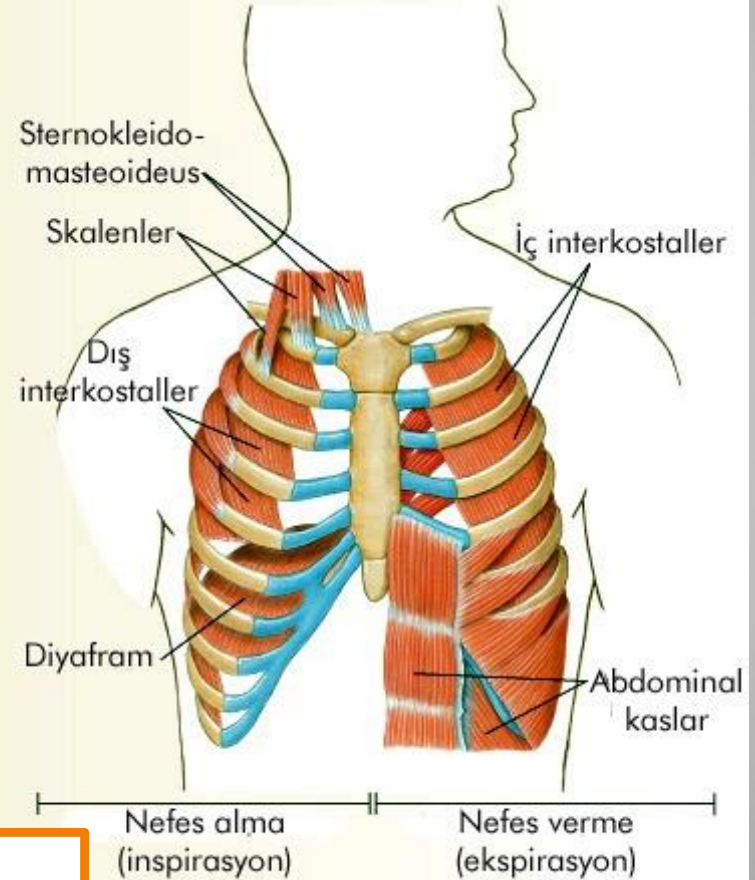
- ✓ O_2 ve CO_2 değişimi
- ✓ Kan pH'sının düzenlenmesi
- ✓ Ses çıkartma (Fonasyon)
- ✓ Yabancı maddeler ve mikroorganizmalara karşı savunma (Silya-mukus ve makrofajlarla)
- ✓ Çeşitli kimyasalları yıkımlar veya oluşturur (Histamin, Seratonin, Anjiyotensin II, PGE1, PGE2, PGF2, Bradikinin, NO, Sürfektan)
- ✓ Sistemik venlerden (genellikle bacaklardaki) kaynaklanan pıhtıları yakalar ve eritir
- ✓ Havayı ısıtır ve nemlendirir

AKCİĞER VE GÖĞÜS BOŞLUĞUNUN YAPISI

SOLUNUM SİSTEMİ



Havalandırma kullanılan kaslar



Yaklaşık 300 milyon alveolden 5 l olan kalp debisi geçerken 4 l oksijen sistemik dolaşıma dahil edilir. Ağır egzersiz sırasında Kalp debisi 7 kat artarken hava akışı 20 kat artar.

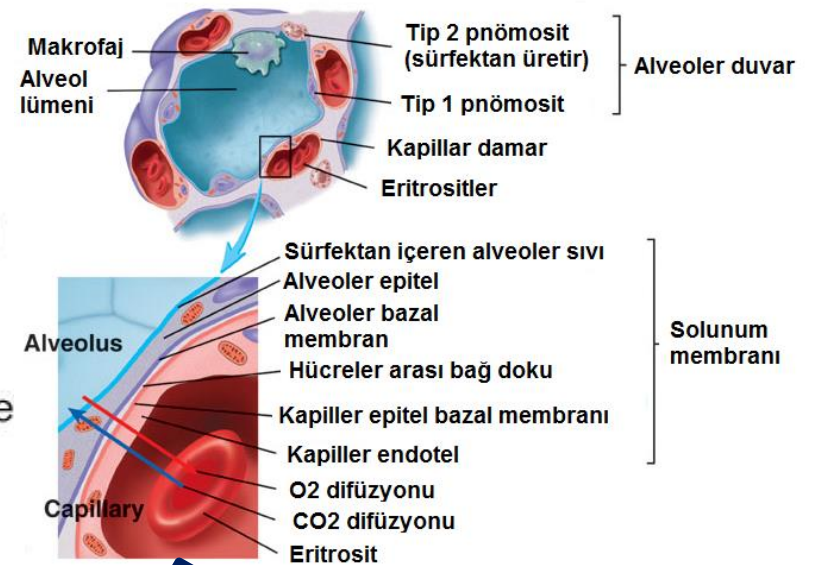
Solunum Yolları

	Bölge	Bölüm	Çap (mm)	Kaç tane?	Enine kesit alanı (cm ²)	
İletim sistemi	Trake	0	15-22	1	2.5	
	Primer bronkuslar Daha küçük dallar	1	10-15	2	↓	↓
		2	1-10	4		
		3				
		4				
		5				
		6-11		1 x 10 ⁴		
Bronşioller	12-23	0.5-1	2 x 10 ⁴ ↓ 8 x 10 ⁷	100 ↓ 5 x 10 ³		
	Alveoli	24	0.3	3-6 x 10 ⁸	>1 x 10 ⁶	
Değiş-tokuş yüzeyi						

This diagram illustrates the structure of the lung wall. At the top, a bronchus is shown with its internal structure, including the bronchiole (Bronşiol) and the surrounding smooth muscle (Düz kas). The pulmonary artery (Pulmoner arter dalı) and pulmonary vein (Pulmoner ven dalı) are shown branching out. The diagram also shows the elastic fibers (Elastik lifler) and the capillary bed (Kılcal damar yatağı) within the lung wall. The alveoli (Alveolle) are shown at the bottom, connected to the capillary bed. The lymphatic vessels (Lenf damarları) are also depicted. The diagram is labeled with various anatomical terms in Turkish.

Labels in the diagram include:

- Bronşiol
- Pulmoner arter dalı
- Düz kas
- Bronşa ait arter, ven ve sinir
- Pulmoner ven dalı
- Elastik lifler
- Kılcal damar yatağı
- Lenf damarları
- Alveolle



Havalandırma (Ventilasyon) & Akciğer Mekanikliği

- ✓ **Ventilasyon, havanın atmosfer ve alveoller arasındaki değişimidir**
- ✓ **Ventilasyon sırasında alveoller ya da atmosferik basıncın büyüklüğüne göre hava akımı olur**
- ✓ **$P_{alv} > P_{atm} \rightarrow$ Ekspirasyon (Nefes verme)**
- ✓ **$P_{alv} < P_{atm} \rightarrow$ İnspirasyon (Nefes alma)**
- ✓ **Peki bu basınç değişimleri neden oluşur?**
 - ✓ **Göğüs duvarı ve akciğerlerin çapındaki değişiklikler buna neden olur (Ancak akciğerler yüzeyine yapışmış ve kendilerini çeken ya da kapatan kaslara sahip değildir).**

Havalandırma (Ventilasyon) & Akciğer Mekanikliği

✓ Balon gibi elastik yapıdaki akciğerlerin hacmi şu faktörlere bağlıdır:

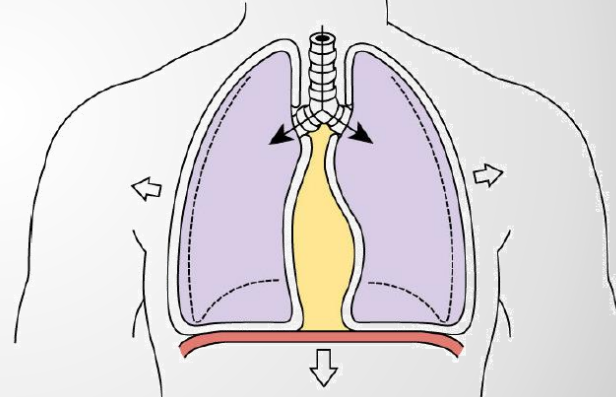
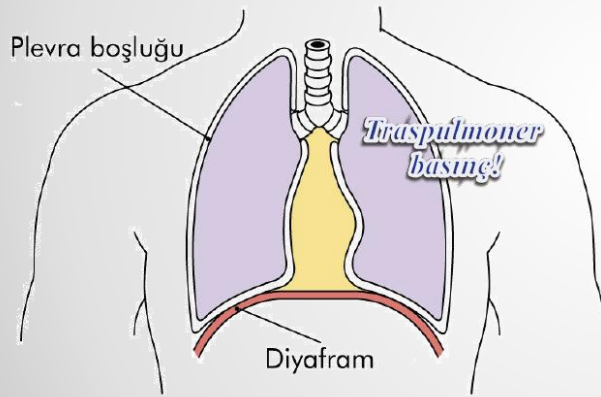
✓ TRANSPULMONER BASINÇ (Ptp): Akciğerlerin iç (Palv) ve dış yüzü (Pip) arasındaki basınçtır

$$P_{tp} = P_{alv} - P_{ip}$$

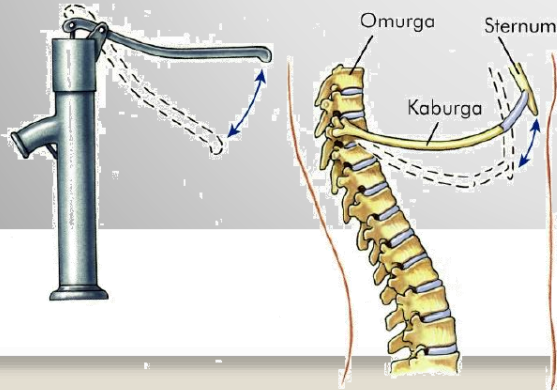
✓ AKCİĞERLERİN KOMPLİYANSI (GENİŞLEYEBİLİRLİĞİ):

Akciğer Mekanik

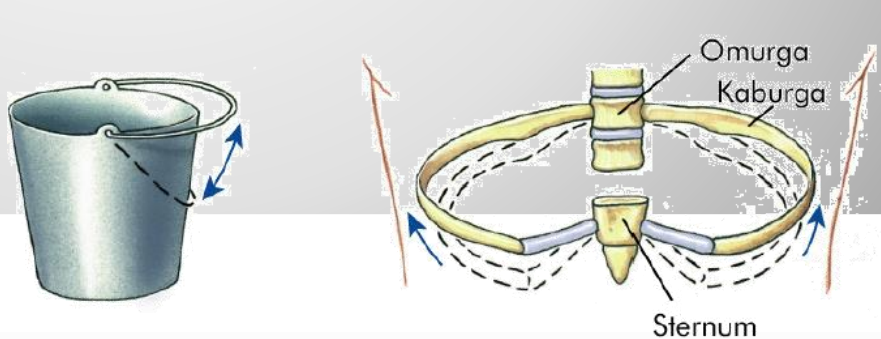
✓**İNSPİRASYON:** Diyaframın ve dış interkostal kasların kasılmasıyla göğüs boşluğu vertikal ve dışa-yukarı doğru genişler. Ekspirasyon ise pasif bir olaydır.



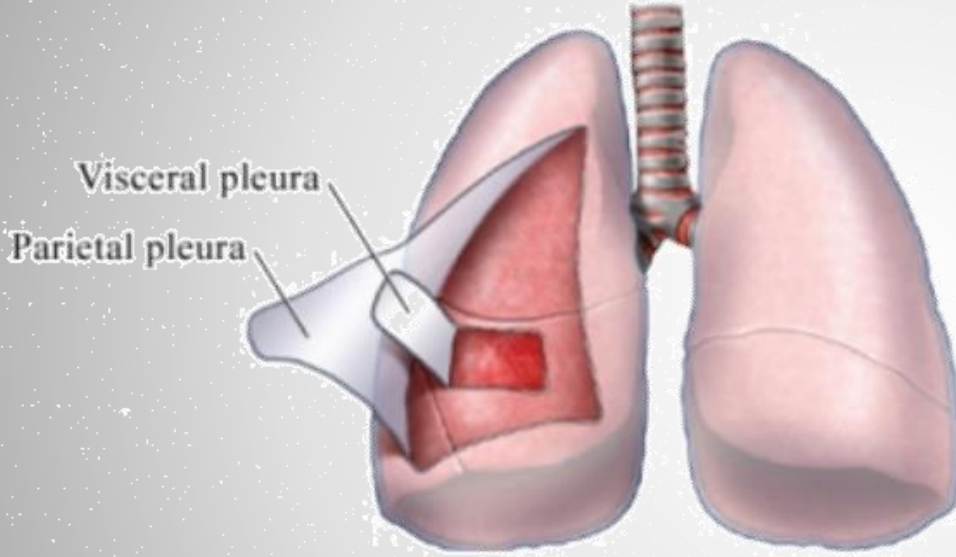
"Tulumba kolu" hareketi ile göğüs kafesinin ön-arka çapının artması



"Kova kulbu" hareketi ile göğüs kafesinin yanal çapının artması



Akciğer Mekanik



Viseral plevra

Plevra boşluğu

Parietal plevra

✓İntrapleural basınç -4 mmHg

- ✓Akciğerler elastiktir ve büzülmeye meyleder
 - ✓Göğüs duvarı dışarı doğru genişlemek ister
 - ✓İntrapleural sıvı lenfatiklerce sürekli drene edilir
- Bu 3 kuvvet subatmosferik negatif pleura içi basıncı oluşturur ve akciğerlerin kollabe olmasını (büzülmesini) engeller.

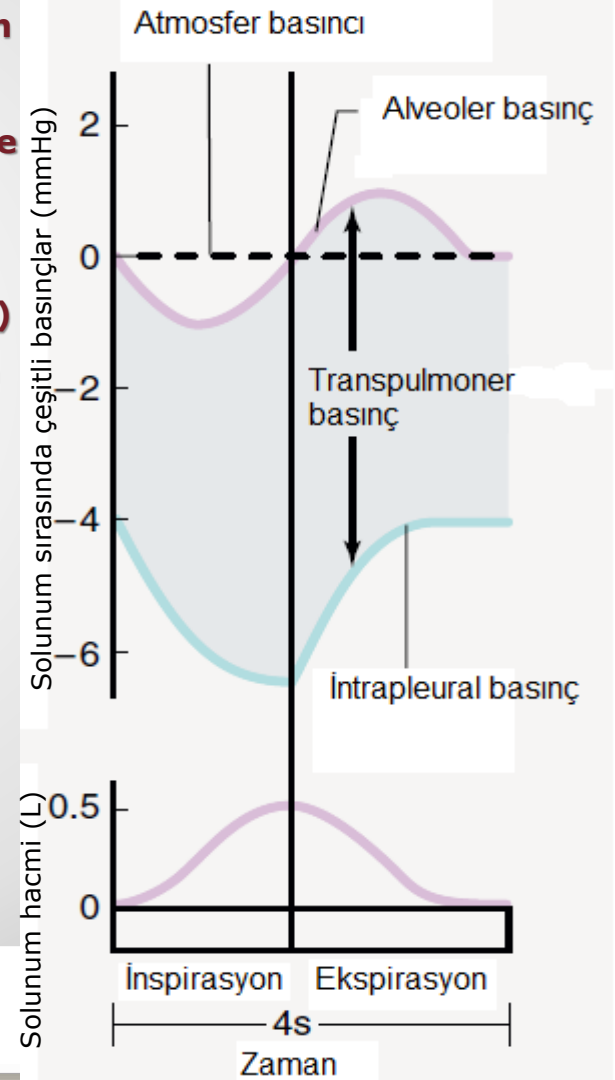
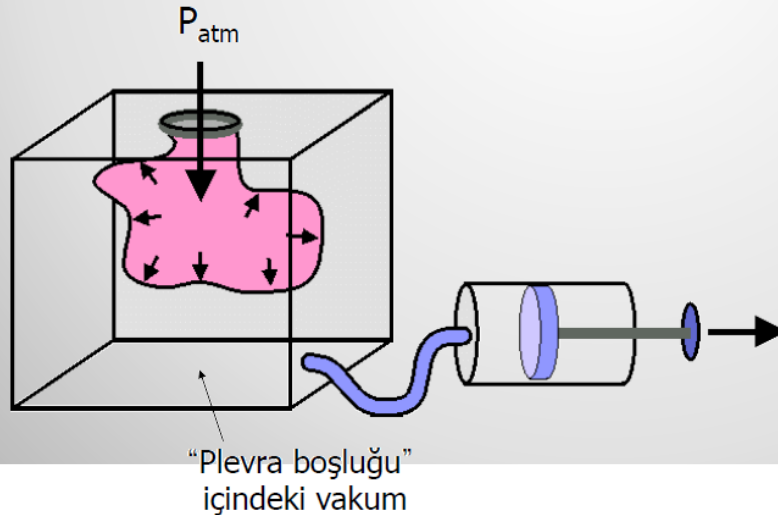
✓Göğüs duvarı delinince Pip 0 mmHg olur, yani bu 2 kuvvet ortadan kalkar. Akciğerler kollabe olur, göğüs duvarı dışarı yükselir (Pnömotoraks)

Akciğer Mekanik

✓İnspirasyon sırasında -4 mmHg olan Pip basınç göğüs kafesinin genişlemesiyle daha fazla negatif olur (-6 mmHg). Ptp daha pozitif olur. Palv basınç atmosfer basıncından daha küçük olur ve hava akciğerlere akar.

✓ $P_{tp} = P_{alv} - P_{ip}$ → $P_{tp} = 0 - (-4) = -4$ mmHg (Dinlenimde)
→ $P_{tp} = 0 - (-6) = -6$ mmHg (İnspirasyonda)

✓Yani inspirasyonda Palv kıyasla Pip basınç aktif olarak daha da düşürülür ve Ptp basınç artırılır.



Akciğer Mekanikliği

✓ **Akciğer Kompliyansı (Genişliyebilirliği):** Sertliğin zıttıdır. Düşük kompliyans demek AC'lerin genişleyebilmesi için normalden daha büyük bir Ptp oluşturmak demektir. Yani artmış sertlik nedeniyle AC'leri genişletmek için inspirasyonda daha negatif bir Pip oluşturulmalıdır. Buda nefes alma sırasında diyafram ve dış interkostal kasların daha güçlü kasılmalar yapmasını gerektirir.

✓ Akciğer kompliyansı 2 faktöre bağlıdır:

✓ **Akciğer elastikiyeti** (Parankim dokudaki elastin ve kollajen liflerden kaynaklanır)

✓ **Alveoler yüzey gerilimi** (AC'leri genişletmek için elastik bağ dokuyu germe yanında sıvı yüzey gerilimini de yenmek gerekir)

Yüzey Gerilimi

✓Alveoler tip II hücreler alveollerin yüzeyindeki su molekülleri arasındaki çekim kuvvetini belirgin şekilde azaltan deterjan benzeri **SÜRFEKTAN** denen bir madde salgılar. Yani sürfektan yüzey gerilimini azaltıp kompliyansı artırır (kollapsı engeller, AC'lerin daha rahat genişlemesini sağlar).

✓Tip II hücrelerce yapılır

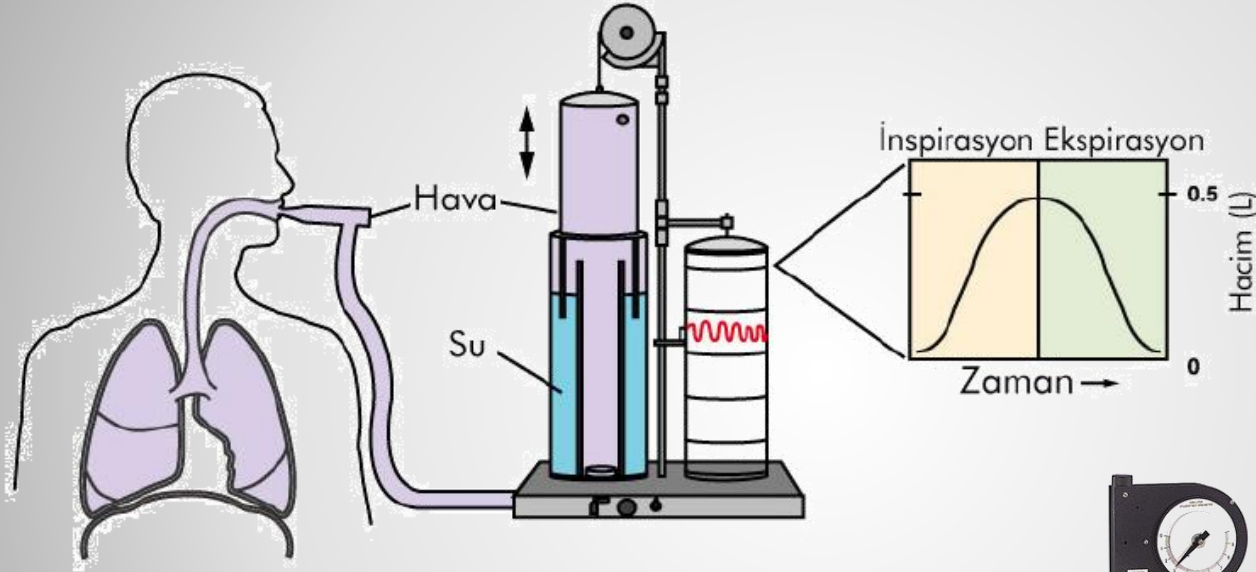
✓Fosfolipit, protein ve iyonlardan oluşmuş kompleks bir karışımdır. En önemli bileşeni bir fosfolipit olan DİPALMİTOLFOSFATİDİLKOLİN (DİPALMİTOLLESİTİN)'dir.

✓Küçük alveoller daha zor şişirilir (Laplace yasası $P=2T/r$). Sürfektan etkisiyle küçük alveoller daha rahat şişer ve stabil olur (büyük alveollerin içine girmez).

✓Derin nefes almak sürfektan üretimini artırır, yüzeysel solunum baskılar (Tip II hücrelerin gerilmesi sürfektan salınımını uyarır).

✓Fötusta üretim gebeliğin sonlarında olur.

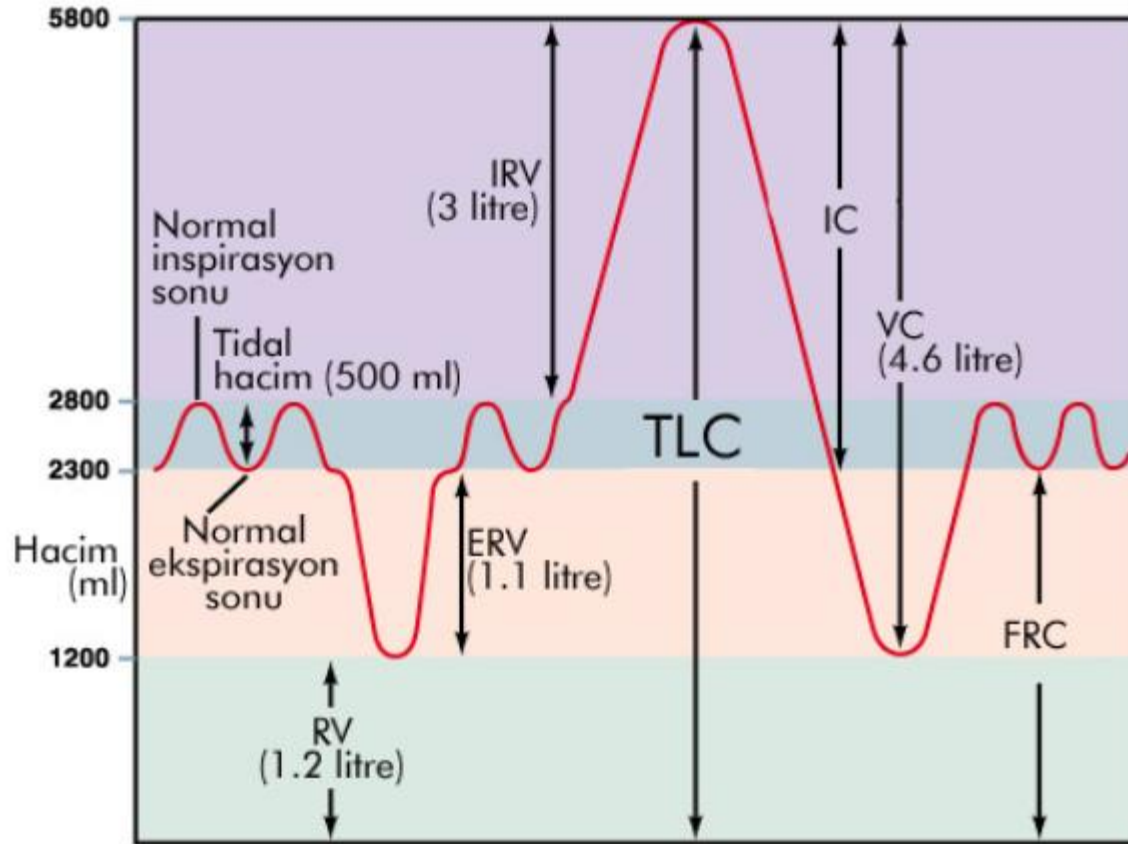
Akciğer Hacim ve Kapasiteleri



Spiro-: Ruh, nefes...
-metre: ölçüm

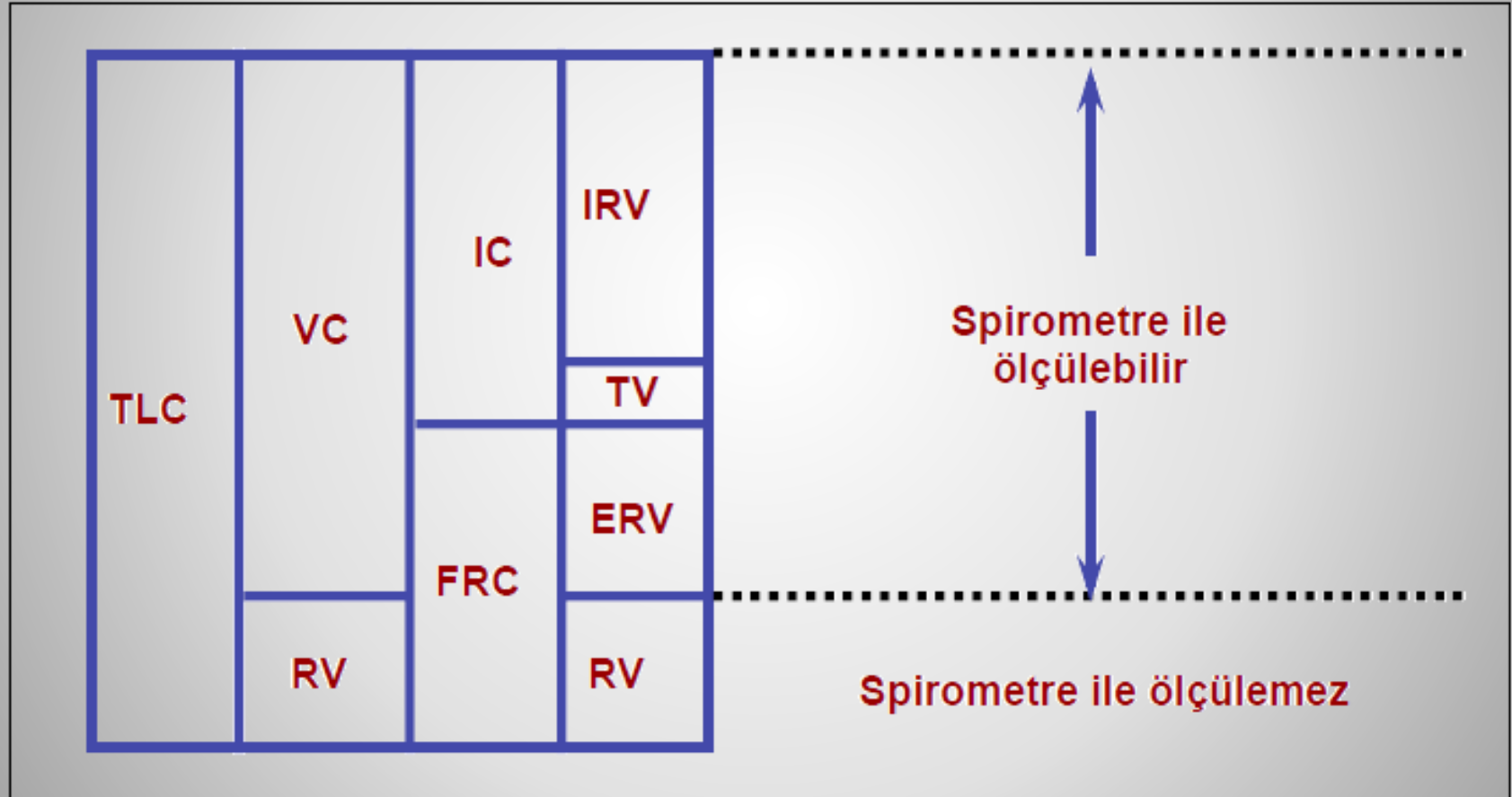


Akciğer Hacim ve Kapasiteleri



Kapasite: En az iki hacim değerinin toplamı

Akciğer Hacim ve Kapasiteleri



Solunum Tipleri

- ✓ **Eupnea:** Dinlenme sırasındaki normal sessiz nefes alıp-verme
- ✓ **Hyperpnea:** Derinliği artmış soluma (egzersiz)
- ✓ **Polipnea:** Yüzeysel ve sık soluma (köpeklerde tipiktir)
- ✓ **Dispnea:** Soluma zorluğu (patolojik, ağır egzersiz, vb.)
- ✓ **Ortopnea:** Vücut pozisyonunu değiştirerek solunum yapma
- ✓ **Apnea:** Solumanın durması (istemli, sinirsel depresyon, vb.)
- ✓ **Hiperventilasyon:** Fazla havalanma (heyecansal vb.)
- ✓ **Hipoventilasyon:** Azalmış havalanma (yavaş soluk, astım, vb.)

Alveoler Ventilasyon

✓ Akciğer Ventilasyonu: Dinlenme sırasındaki tidal volüm x solunum frekansı

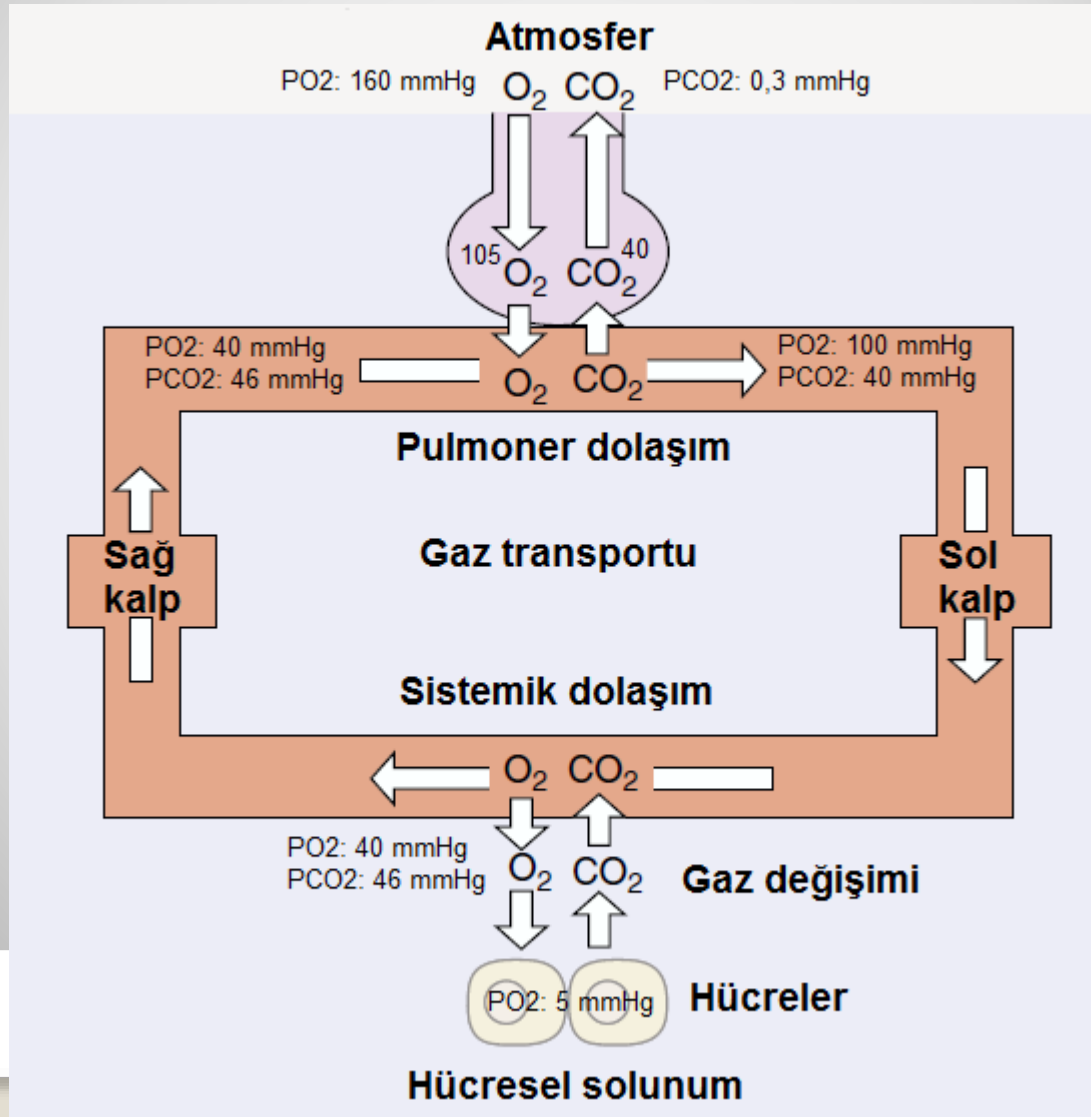
$$\text{Akciğer Ventilasyonu} = 500 \text{ ml} \times 12 = 6000 \text{ ml}$$

✓ Alveoler ventilasyon: Alveollere ulan hava hacmi (anatomik ölü boşluk yani 150 ml hariç)

$$\text{Alveoler Ventilasyon} = 350 \text{ ml} \times 12 = 4200 \text{ ml}$$

Fizyolojik ölü boşluk = Anatomik Ölü Boşluk + Alveoler Ölü Boşluk
(değişkendir, sağlıklı kişilerde oldukça küçük, çeşitli akciğer hastalıklarında önemli boyutlara ulaşabilir)

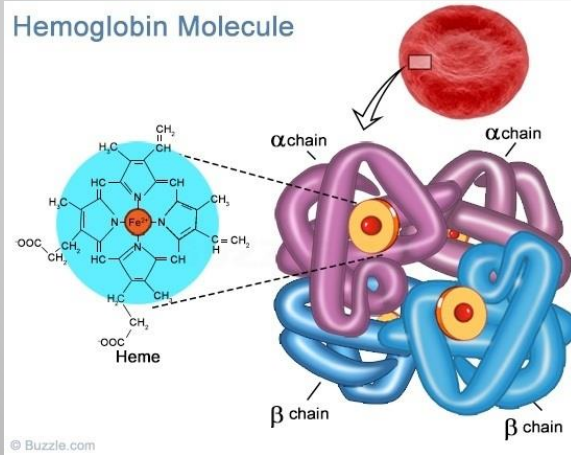
Alveoler ile Kan Arasında Gaz Değişimi



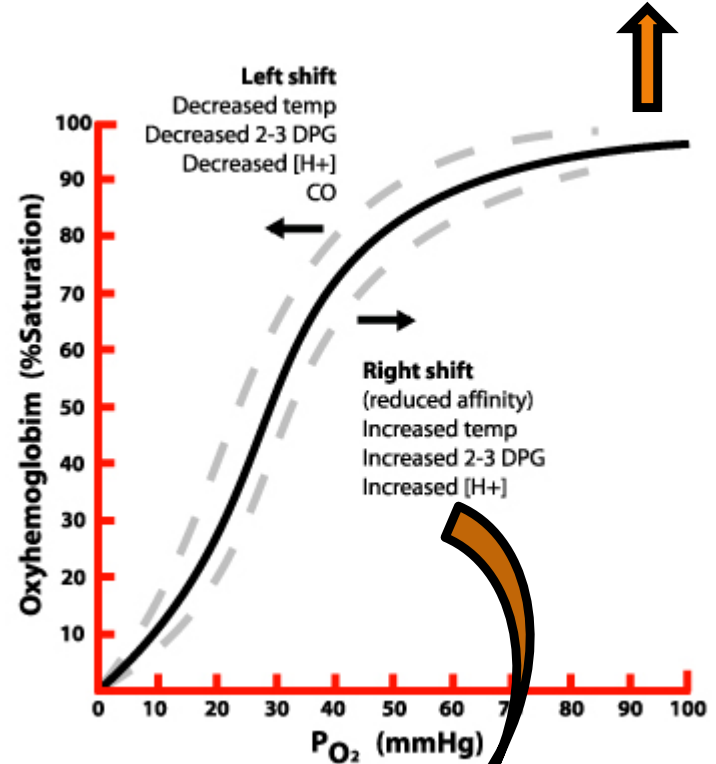
Kanda Oksijen Taşınması

✓ **Oksijen** } %1,5 kanda çözünmüş
 } %98,5 Hb'e bağlı (HbO₂)

Hemoglobin Molecule



Plato önemli
bir güvenlik
faktörüdür!!!



BOHR etkisi

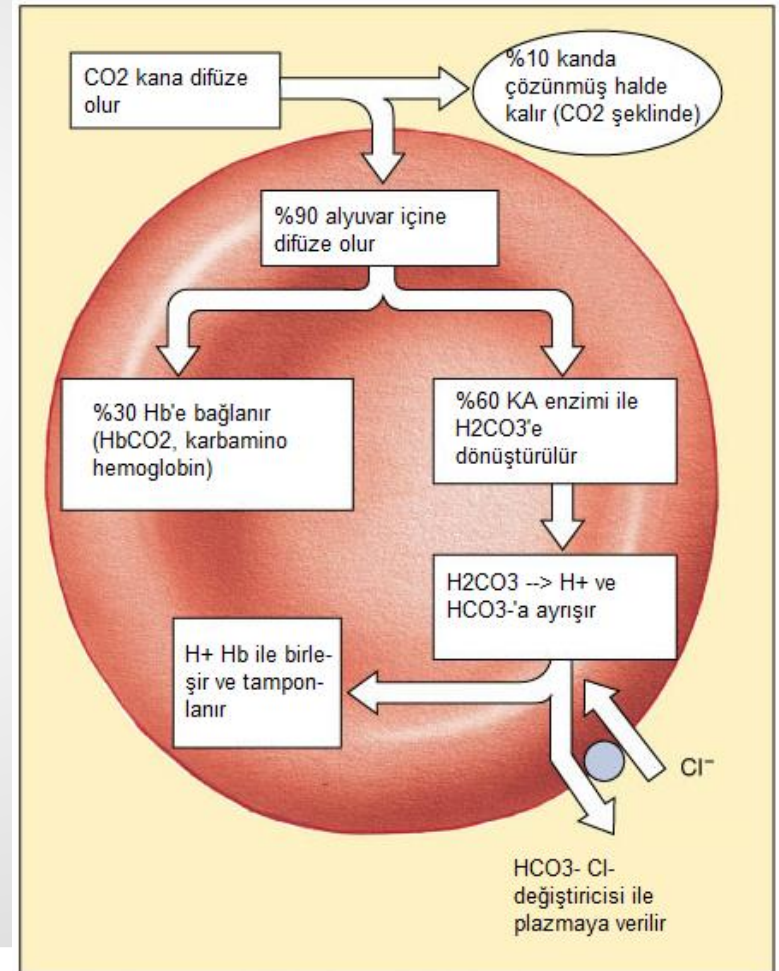
Hb'nin O₂'e olan
ilgisi asitlik ve CO₂
konsantrasyonu ile
ters orantılıdır!!!

Kanda Karbondioksit Taşınması

✓CO₂ } %10 kanda çözünmüş halde
%30 HbCO₂
%60 Bikarbonat formunda

HALDANE etkisi

Bohr etkisine benzer. Alveoler bölgede O₂'nin Hb'e bağlanmasıyla asidik karakter kazanan Hb'den daha fazla H⁺ serbestlenir. H⁺'de HCO₃ ile birleşip CO₂ oluşturur. CO₂'de ekspirasyonla dışarı atılır.

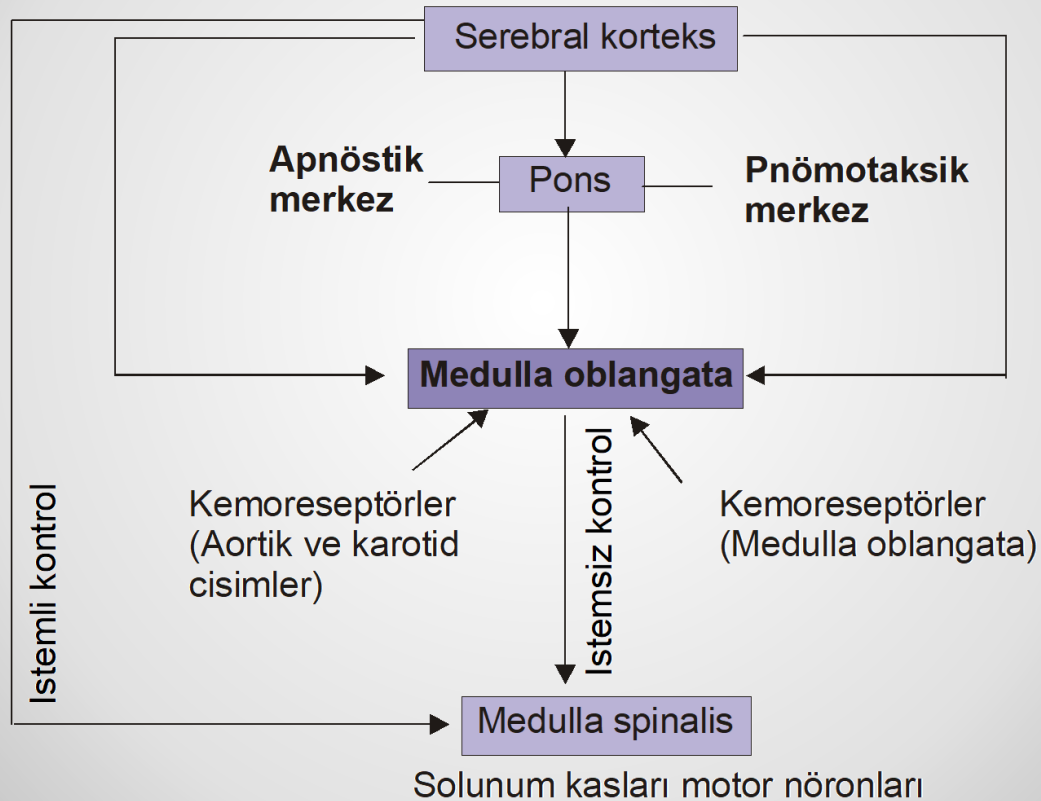


Hipoksi

✓ Dokulardaki oksijen yetersizliğine denir.

- 1. HİPOKSİK HİPOKSİ:** Arteriyel kandaki PO_2 düzeyinin azalmasıdır. Yüksek irtifalarda, hipoventilasyonda, alveoler zarın kalınlaşması, difüzyonun azalması, şantlar, ventilasyon-perfüzyon eşitsizlikleri nedeniyle oluşur.
- 2. ANEMİK HİPOKSİ:** Arteriyel PO_2 normaldir. Ama anemi nedeniyle dokulara yeterli O_2 taşınamaz. CO zehirlenmesi de bu tarz bir hipoksi oluşturur.
- 3. İSKEMİK (STAGNANT) HİPOKSİ:** Kan akımının azalması sonucu oluşur.
- 4. HİSTOTOKSİK HİPOKSİ:** Dokulara yeterli oksijen ulaşır. Ancak siyanür zehirlenmesinde olduğu gibi hücrelerin O_2 'i kullanamaması söz konusudur.

Solunumun Kontrolü

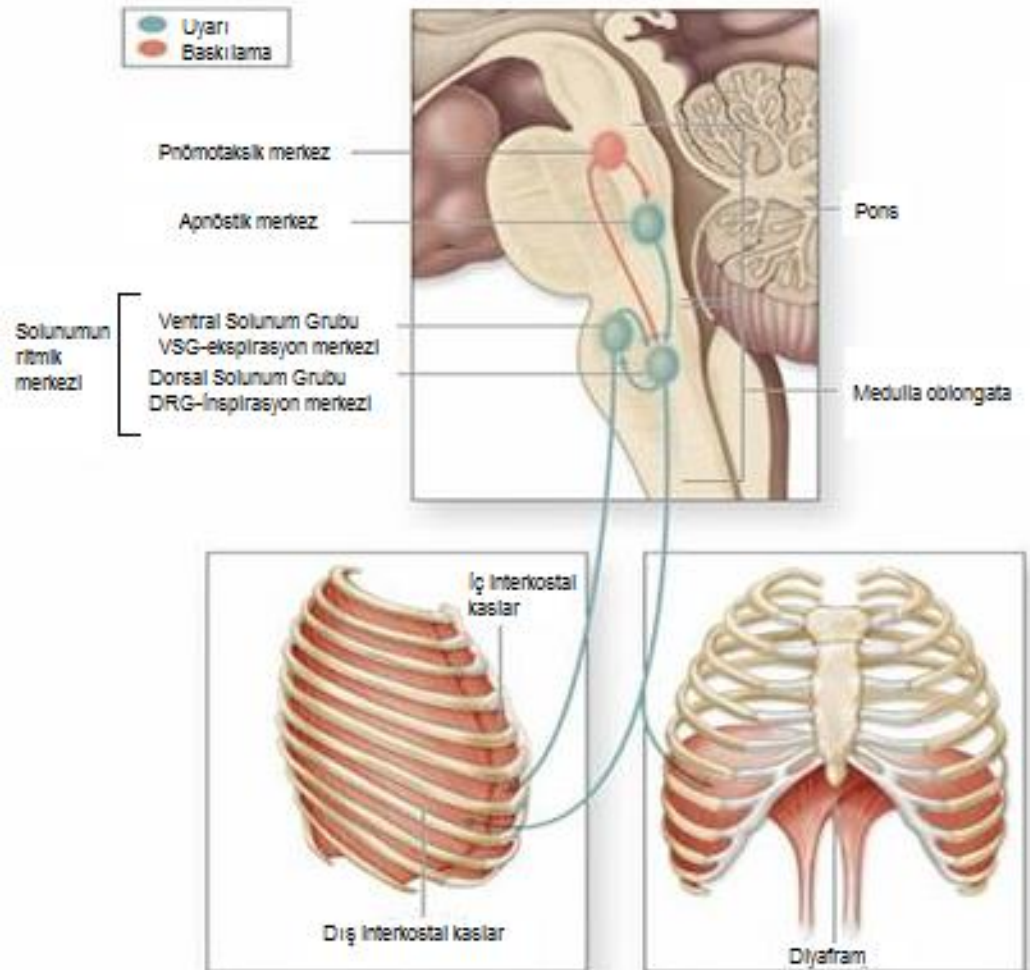


Solunumun Kontrolü

✓ Solunumun kontrolü nöral ve kimyasal sistem tarafından sağlanır.

✓ **Nöral sistem**, solunumun derinlik ve ritminin koordineli sürdürülmesinden sorumludur.

✓ **Kimyasal sistem** ise dakika ventilasyondan sorumludur ve dakika ventilasyon kan gazları ile değerlendirilir; kandaki karbondioksit ve hidrojen iyonlarının konsantrasyonu dakikalık ventilasyonu belirler.



Solunumun Sinirsel Kontrolü

✓**Dorsal Solunum Grubu**: Solunumun düzenlenmesinde Dorsal Solunum Nöron Grubu ana rolü oynar. Medullanın dorsal bölgesinde yer alır ve esas olarak inspirasyondan sorumludur. Bu bölgede aynı zamanda periferik kemoreseptörlerden, baroreseptörlerden ve akciğerlerdeki çeşitli reseptör tiplerinden (Hering-Breuer Refleksi) uyarıları solunum merkezine taşıyan vagus ve glossofaringeus sinirlerinin duyuşal lifleri de sonlanır.

✓**Ventral Solunum Grubu**: Medullanın ventrolateral kısmında yer alır. Esas olarak ekspirasyonu gerçekleştirir. Normal ve hafif bir solunumda aktif değildir. Egzersiz gibi ekspirasyonun aktif olduğu dönemlerde devreye girer.

✓**Pnömotaksik Merkez**: Ponsun dorsal üst kısmında yer alır. Solunum hızı ve derinliğinin belirlenmesine yardım eder. Pnömotaksik merkezin esas görevi inspirasyonu sınırlamaktır. İnspirasyonun sınırlanması, aynı zamanda ekspirasyonu ve tüm solunum periyodunu kısaltmak suretiyle solunum frekansını da arttıran sekonder bir etkiye sahiptir. Güçlü bir pnömotaksik sinyal, solunum frekansını dakikada 30-40'a yükseltebilirken, zayıf pnömotaksik sinyal, hızı dakikada sadece 3-5 solunuma indirebilir.

✓**Apnöstik Merkez**: DSG nöronlarını uyararak inspirasyonda rol oynar. Özellikle derin nefes alma (iç çekme) ile ilgilidir.

Solunumun Kimyasal Kontrolü

✓ Kan PO_2 , PCO_2 ve H^+ miktarlarını algılayan periferik ve merkezi reseptörlerce yürütülür.

✓ **Periferik kemoreseptörler**: Aortik ve Karotid Cisimciklerde bulunur. N. Vagus ve N. Glossofaringeus'un aferent sensorik lifleriyle beyin sapındaki solunumun ritmik merkezine (DSG) kan CO_2 ve H^+ yoğunluğu hakkında bilgi gönderilir.

✓ **Merkezi kemoreseptörler**: Medullada bulunur. Buradaki kemoreseptörler de DSG'na veri yollar. Beyin dokusu ekstraselüler sıvısının H^+ konsantrasyonunun artmasıyla uyarılırlar. Bu artış esasen CO_2 artmasından dolayısır.

Açık Bir Nefesle

Yaşamınızda kalıcı bir dönüşüm gerçekleştirin. Çok daha güzel çok daha pozitif düşüncelere sahip olun isteklerinizin hepsini hayata geçirmek için nefesle bağlantı oluşturun.

