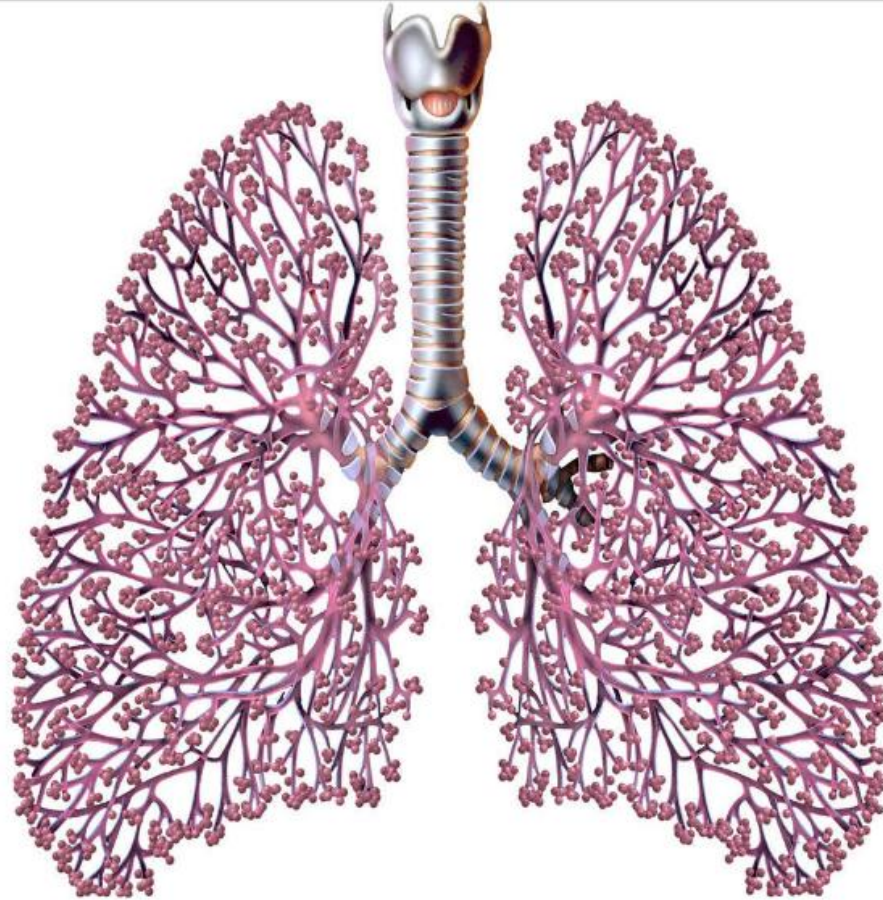
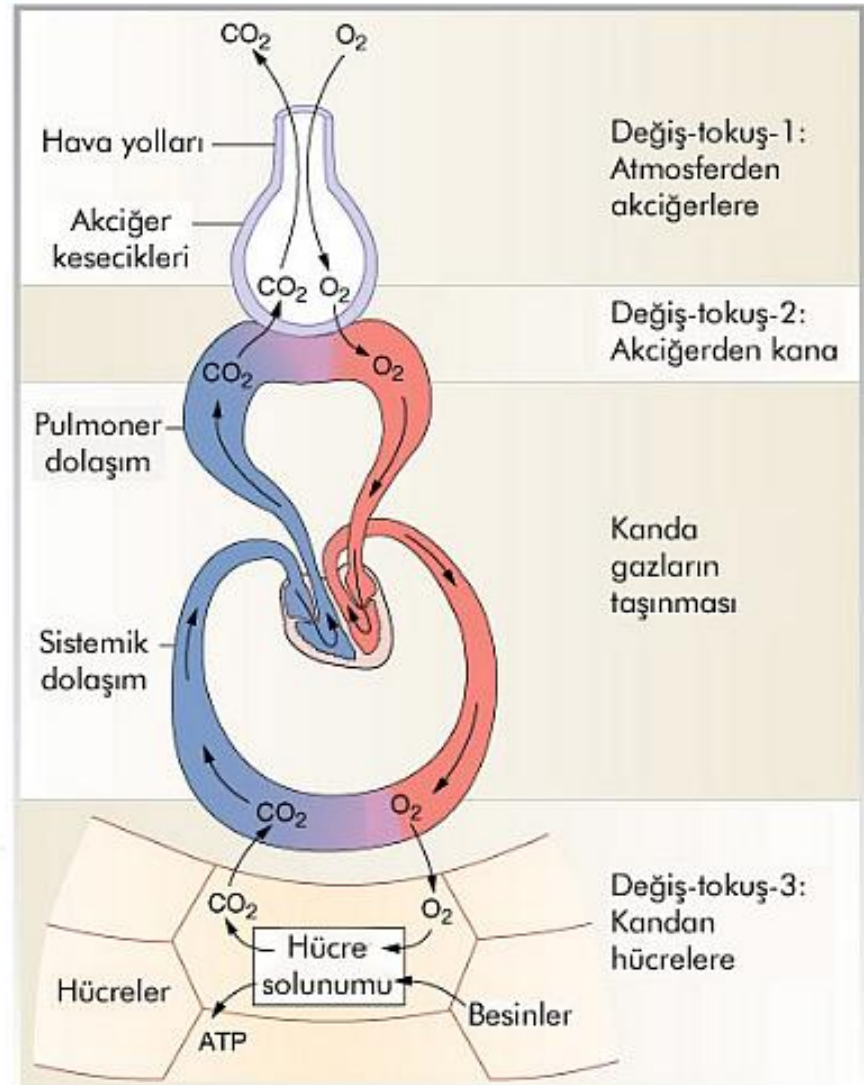


SOLUNUM SİSTEMİ FİZYOLOJİSİ



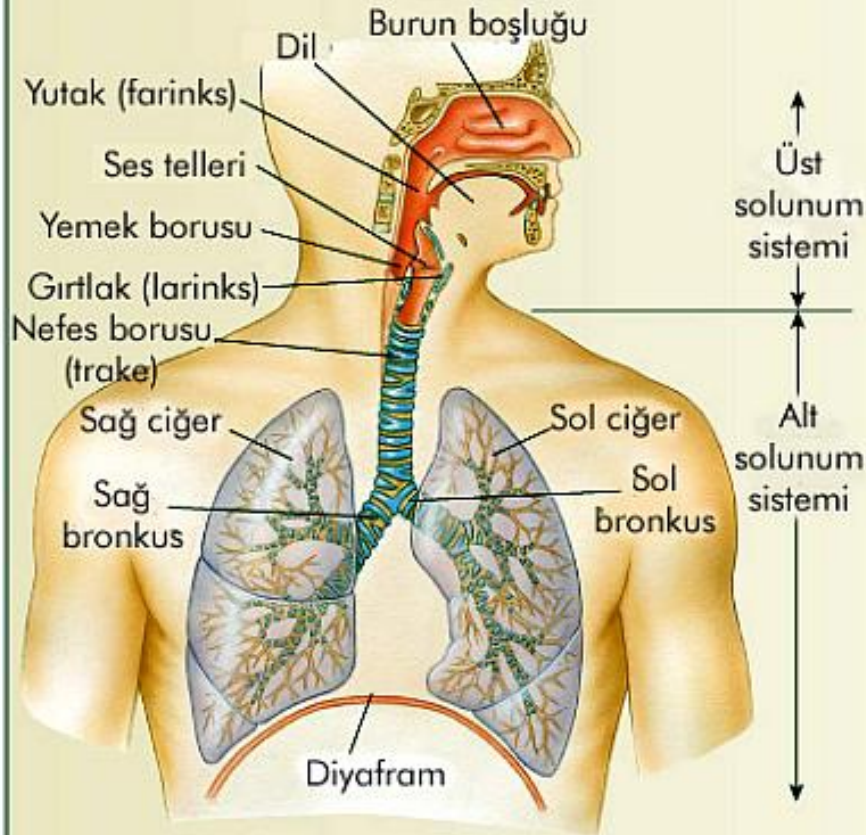
Solunum Sistemi Ne İş Yapar?

- O₂ değişimi
 - Havadan kana
 - Kandan hücrelere
- CO₂ değişimi
 - Hücrelerden kana
 - Kandan havaya
- Kan pH'sının düzenlenmesi
- Ses çıkartma

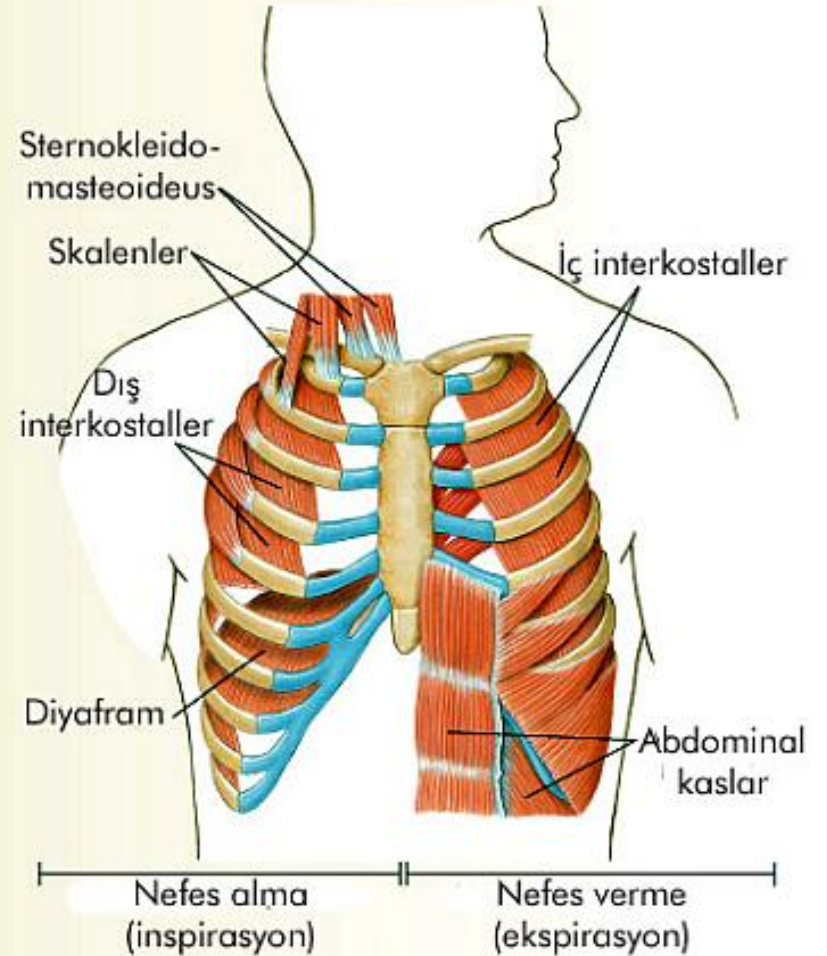


AKCİĞER VE GÖĞÜS BOŞLUĞUNUN YAPISI

SOLUNUM SİSTEMİ



Havalandırma kullanılan kaslar



İletim Bölümü

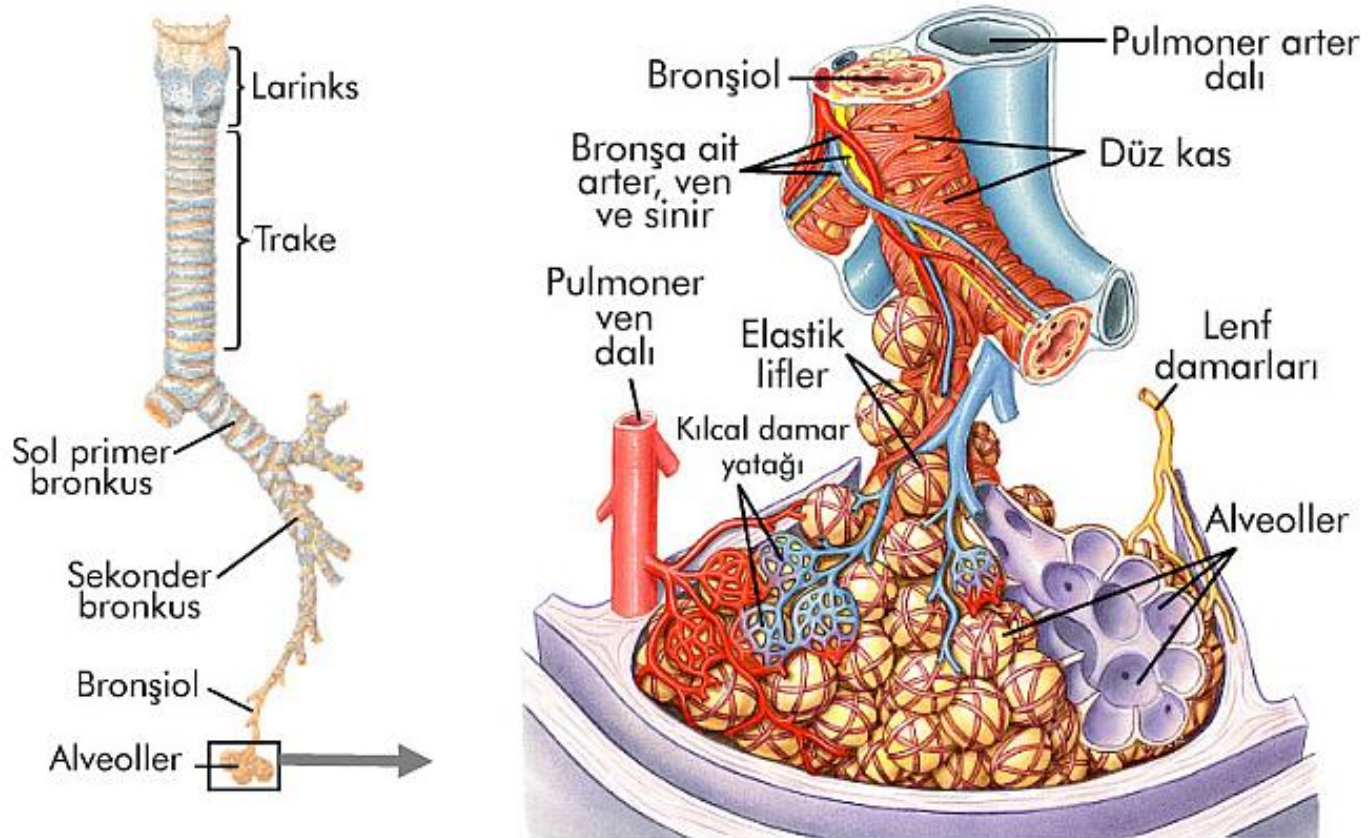
- Havayı dışarıdan alarak gaz değişimin olduğu bölgelere taşıyan geçiş bölümüdür
- Havayı süzer, nemlendirir ve ısıtır

Solunum Bölümü

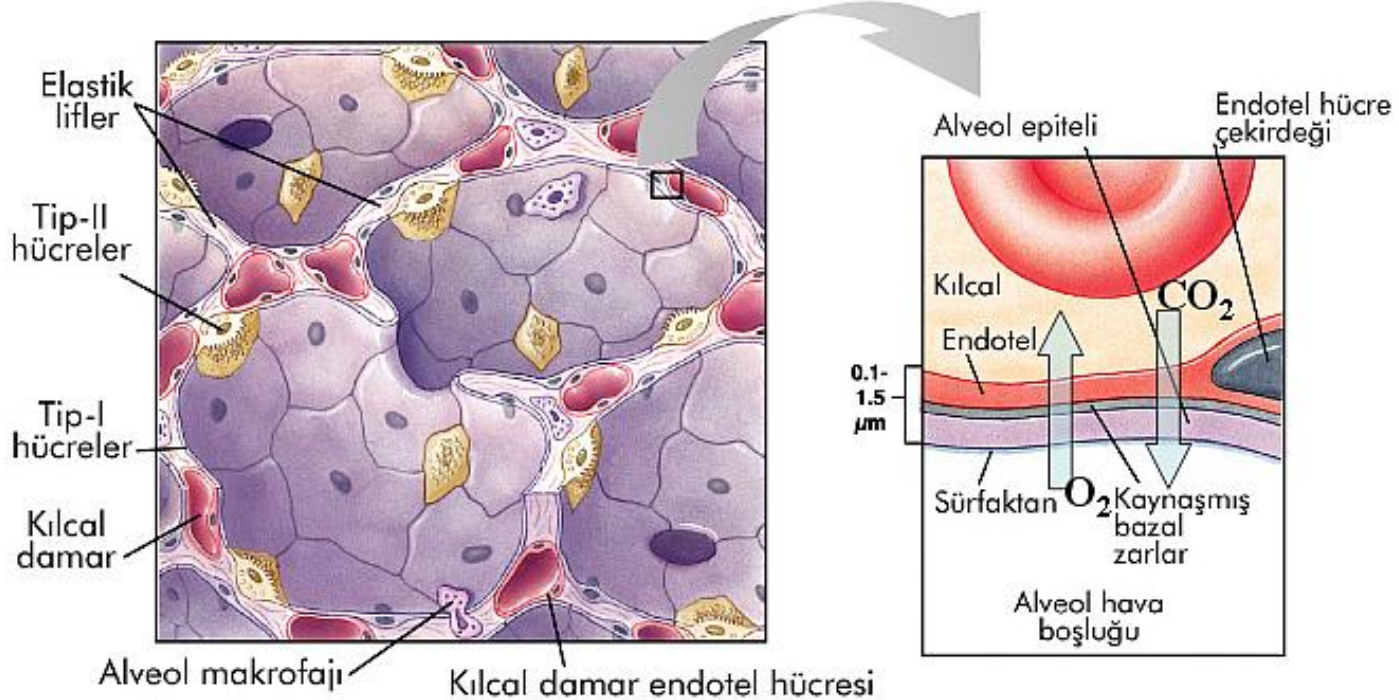
- Gaz değişiminin (değiş-tokuşunun) yapıldığı bölümdür
- İçerdiği yapılar:
 - Respiratuar bronşiyoller
 - Alveol kanalları
 - Alveoller

	Dalların adı	Dallardaki boruların sayısı
İletici bölge	Trakea	1
	Bronşlar	2
		4
		8
	Bronşiyoller	16
	Terminal bronşiyoller	32 ↓ 6×10^4
Solunum bölgesi	Solunumsal bronşiyoller	↓ 5×10^5
	Alveol kanalları	↓
	Alveol keseleri	8×10^6

- Akciğerler yaklaşık 300 milyon alveol içerir ve her alveolün çapı yaklaşık olarak 200 μm 'dir.



- ❖ Alveoler doku (parankim), elastin ve kollajen lifler içerir ve epitelyal hücre tabakasıyla çevrelenmiştir.
- ❖ Epitelyal hücreler **Tip I ve Tip II pnömositler** olarak adlandırılır. **Tip II pnömositler pulmoner sürfaktan sentezleyen hücrelerdir.**
- ❖ **Sürfaktan alveollerde yüzey geriliminin azalmasını sağlar.**
- ❖ Gaz değişimin gerçekleştiği **solunum membranı** alveol epitel hücresi, kapiller endotel hücresi, intersitisyel aralık ve sürfaktan tabakasını içerir (toplam yüzey alanı 50 -100 m²)

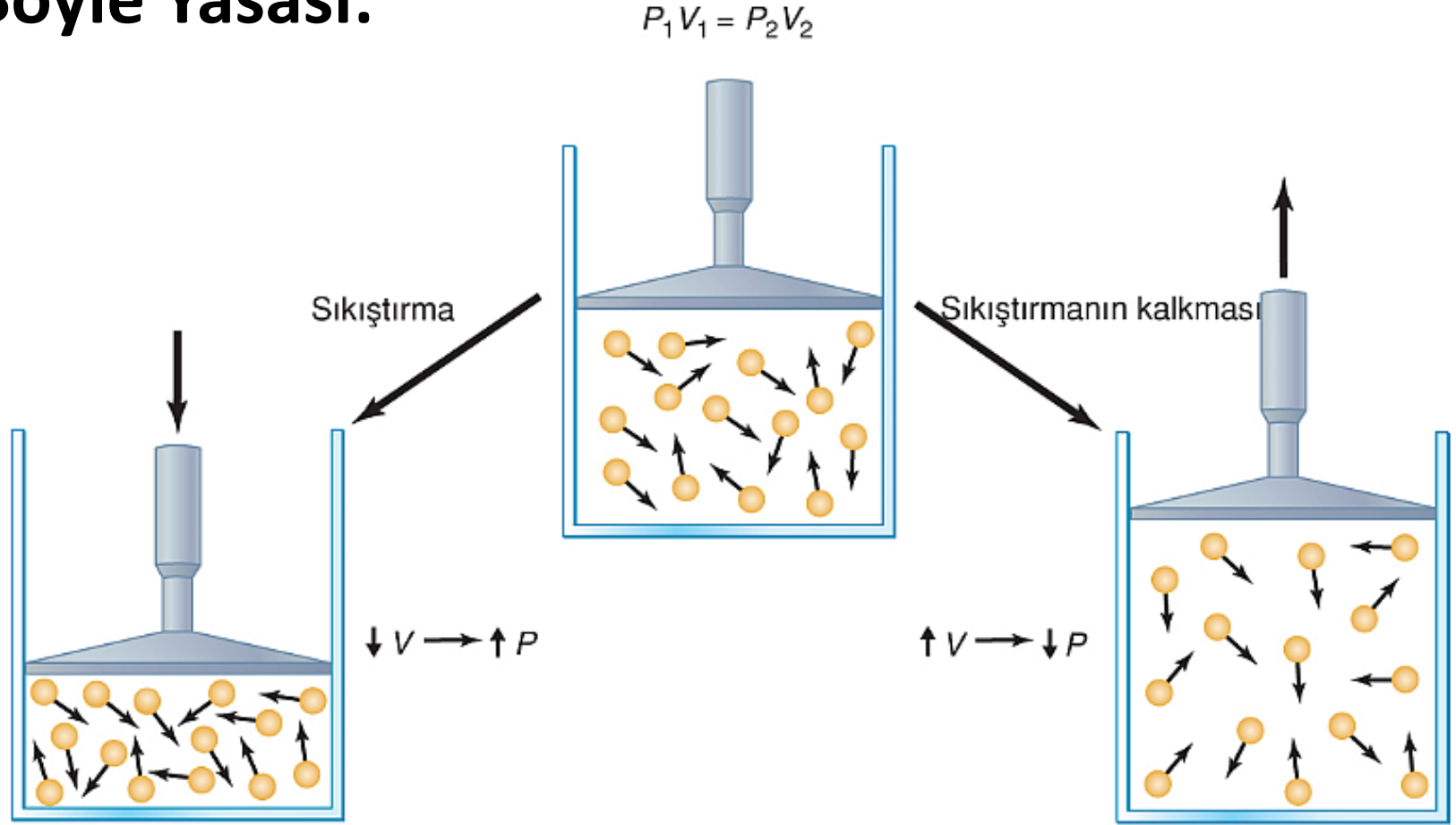


- Solunum yollarının iletim bölümüne ait yapıların duvarları **düz kas** yapısındadır ve **otonom sinir sistemi** tarafından kontrol edilir. Parasempatik sistem muskarinik reseptörler aracılığıyla bronkokonstriksiyona, sempatik sistem ise **β_2 adrenerjik reseptörleri aracılığıyla** bronkodilatasyona neden olur.
 - ***Adrenalin (Epinefrin), isoproterenol ve albuterol gibi β_2 reseptör agonistleri havayollarını gevşetici etkileri nedeniyle astım tedavisinde kullanılan ajanlardır.***

Ventilasyon

- Ventilasyon birim zamanda akciğerlere (veya alveollere) girip çıkan hava miktarıdır (sağlıklı erişkinlerde dakikada 12-16 kez)
- Ventilasyonun gerçekleşmesini sağlayan başlıca kaslar **interkostal kaslar** ve **diyafram**dır.
- İki fazı vardır;
 - **İnspirasyon:** nefes alma
 - **Ekspirasyon:** nefes verme
- Göğüs kafesi (toraks) içi hacmin değişmesi sayesinde gerçekleşir.

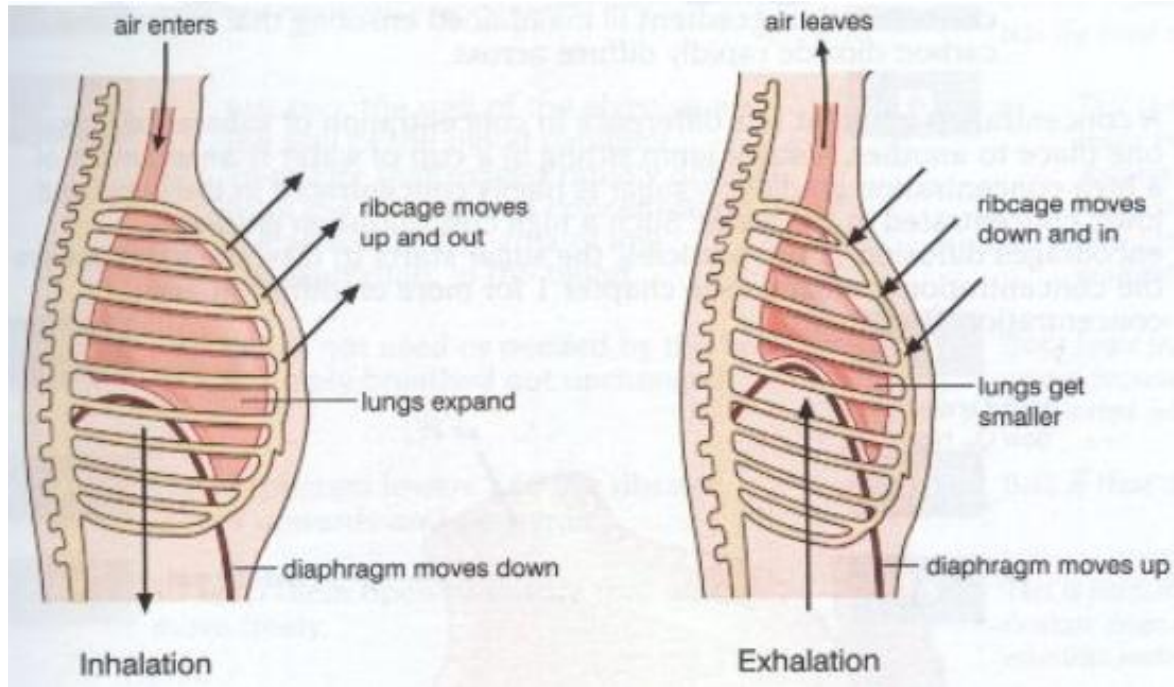
Boyle Yasası:



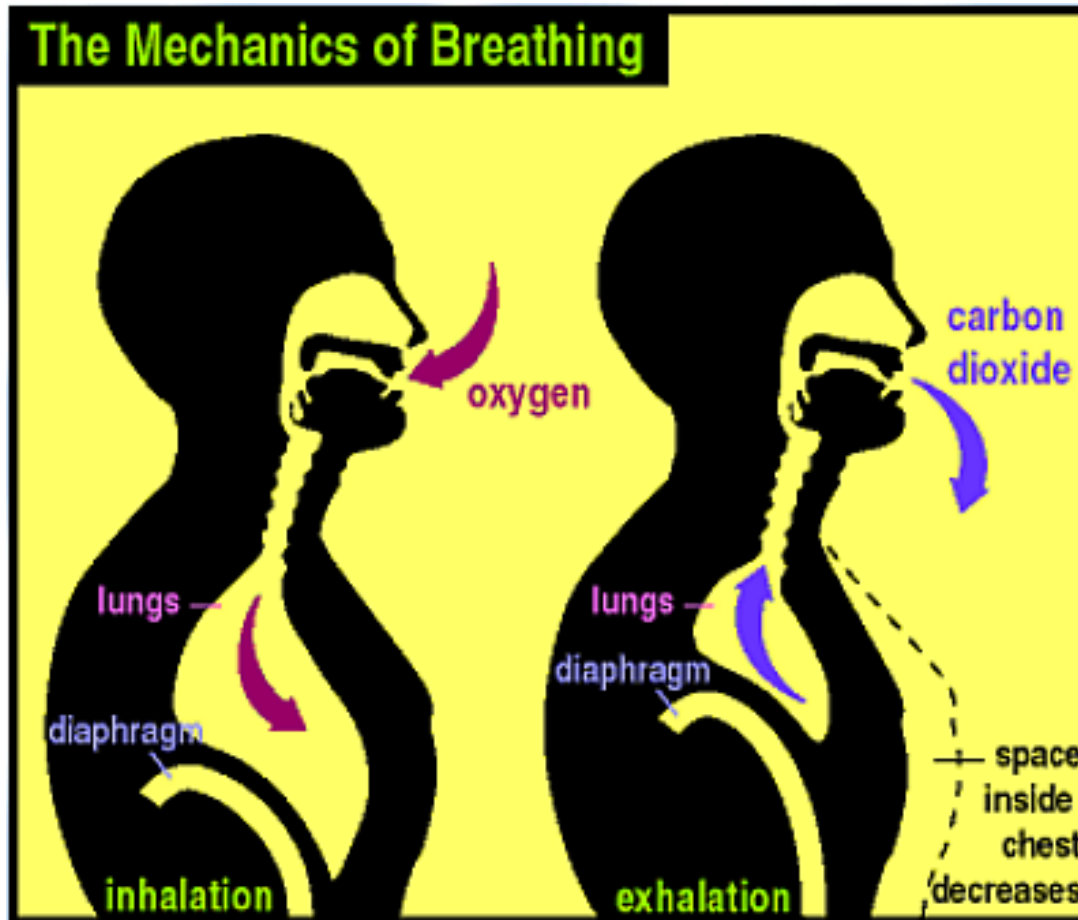
Şekil 13.8 Boyle yasası: Sabit sayıda gaz moleküllerinin yaptığı basınç (sabit sıcaklıkta) kabın hacmi ile ters orantılıdır. Kabın sıkışması ile kap içindeki basınç artar. Kaptaki sıkıştırma kaldırılacak olursa kabın içindeki basınç düşer.

İnspirasyon: Eksternal interkostal kaslar ve diyaframın kasılmasıyla gerçekleşir.

- **Eksternal interkostal kasların kasılması** > kostalar ve sternum yukarı kalkar > torasik boşluğun ön-arka genişliği artar > akciğerler içindeki hava basıncı azalır > hava akciğerlere doğru akar
- **Diyaframın kasılması** > diyafram aşağı doğru inerek düzleşir > torasik boşluğun dikey genişliği artar > akciğerler içindeki hava basıncı azalır > hava akciğerlere doğru akar



Ekspirasyon: Eksternal interkostal kaslar ve diyafram gevşer > kostalar ve sternum dinlenim durumuna döner > torasik boşluk hacmi inspirasyon öncesi değerine ulaşır > akciğerler içindeki hava basıncı artar > hava akciğerlerden dışarıya verilir

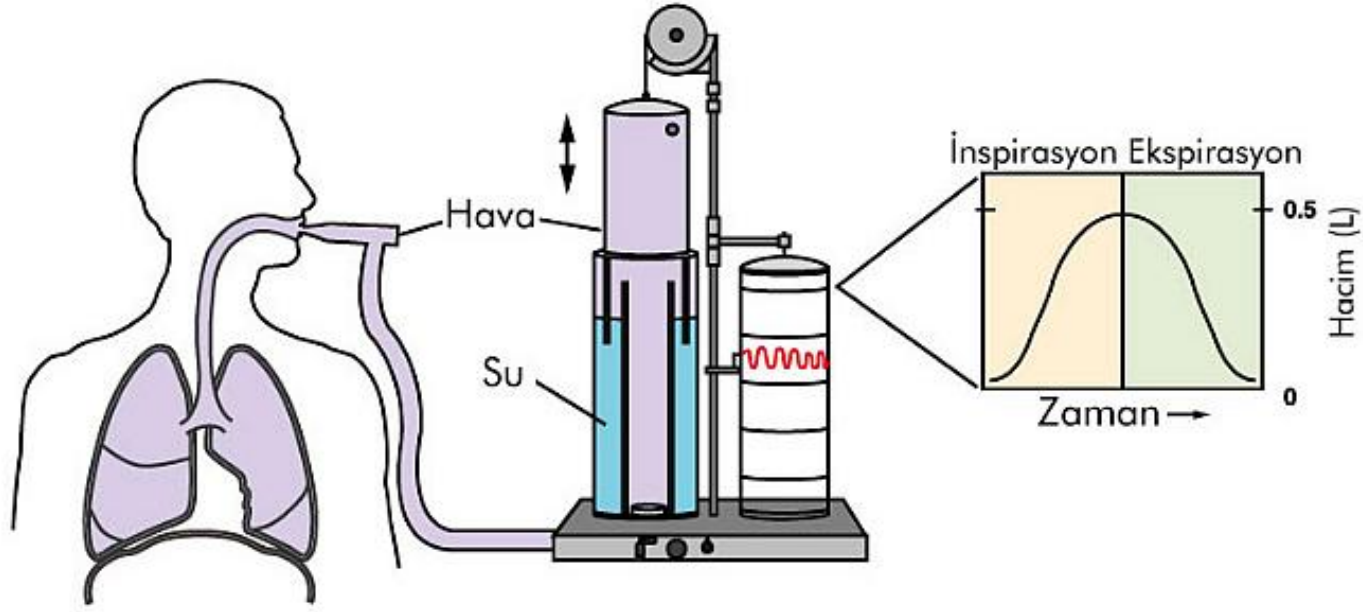


Akciğer Hacim ve Kapasiteleri

Akciğer Hacimleri

- Statik akciğer hacimleri spirometre olarak adlandırılan cihazla ölçülür.
- Dinlenim durumunda her bir inspirasyonla akciğerlere giren ve ekspirasyonla akciğerlerden çıkan hava miktarına **soluk hacmi (tidal hacim; TV)** denir.
- **Soluk hacmi yaklaşık 500 ml kadardır.**
 - % 70'i alveollere ulaşır
 - % 30'u iletim yollarını doldurur ve alveollere ulaşamaz
(anatomik ölü boşluk; 150 ml)

Akciğer Hacimleri: Spirometre



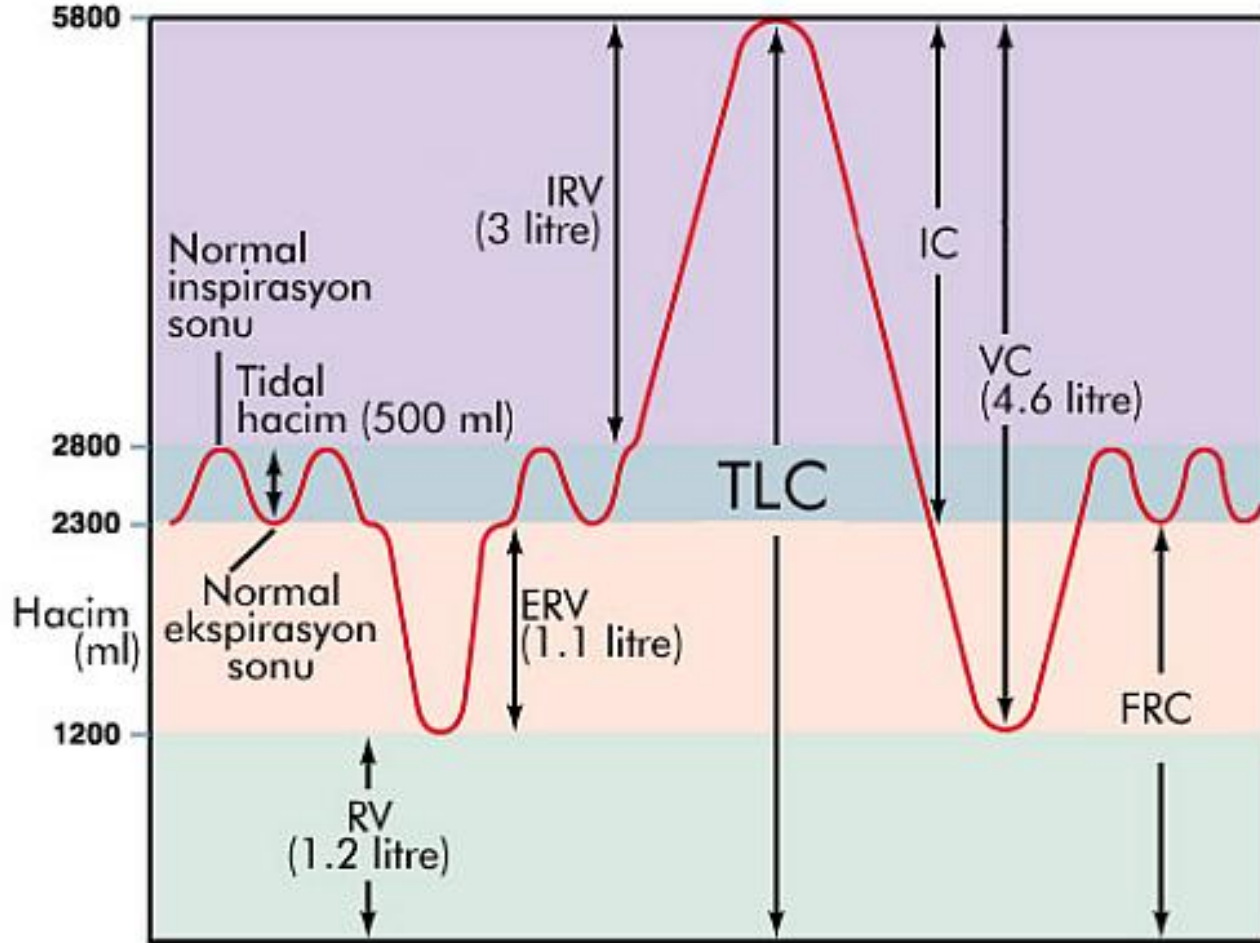
- **İnspirasyon yedek hacmi (IRV):** normal bir inspirasyonu takiben alınan maximum hava miktarı (3000 ml)
- **Ekspirasyon yedek hacmi (ERV):** normal bir ekspirasyonu takiben çıkarılabilen maksimum hava miktarı (1200 ml)
- **Rezidüel hacim (RV):** Akciğerlerden çıkarılamayan hava miktarıdır (1200 ml). Spirometreyle ölçülemez, ölçülebilmesi için helyum dilüsyon yöntemi kullanılır.

Akciğer Kapasiteleri

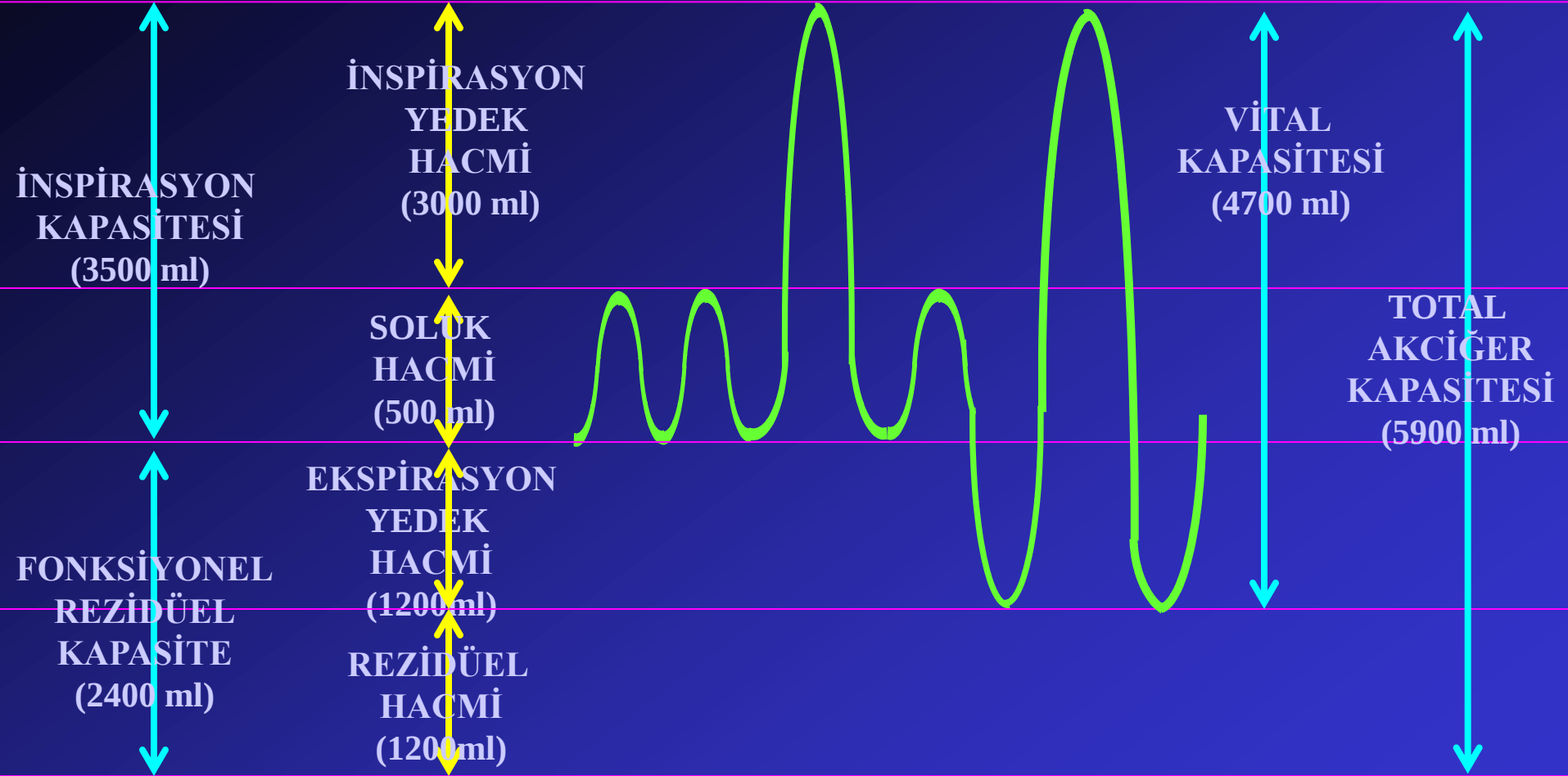
İki veya daha fazla hacmin toplamından oluşurlar.

- **İnspirasyon kapasitesi (IC):** Normal bir ekspirasyon sonrasında alınabilen maksimum hava miktarıdır. **IC = TV + IRV** (500 ml + 3000 ml = 3500 ml)
- **Fonksiyonel Rezidüel kapasite (FRC):** Normal bir ekspirasyonun ardından akciğerlerde kalan hava miktarıdır. **FRC = ERV + RV** (1200 ml + 1200 ml = 2400 ml)
- **Vital kapasite (VC) :** Maksimal bir inspirasyonu takiben maksimum ekspirasyonla çıkarılabilen toplam hava miktarıdır. **VC = IRV + TV + ERV** (3500 ml + 1200 ml = 4700 ml)
 - Vital kapasite vücut büyüklüğü, cinsiyet (erkeklerde) ve fiziksel aktiviteye bağlı olarak artar ve yaşla birlikte azalır.
- **Total Akciğer kapasitesi (TLC):** Tüm akciğer hacimlerinin toplamıdır
TLC = VC + RV (4700 ml + 1200 ml = 5900 ml)

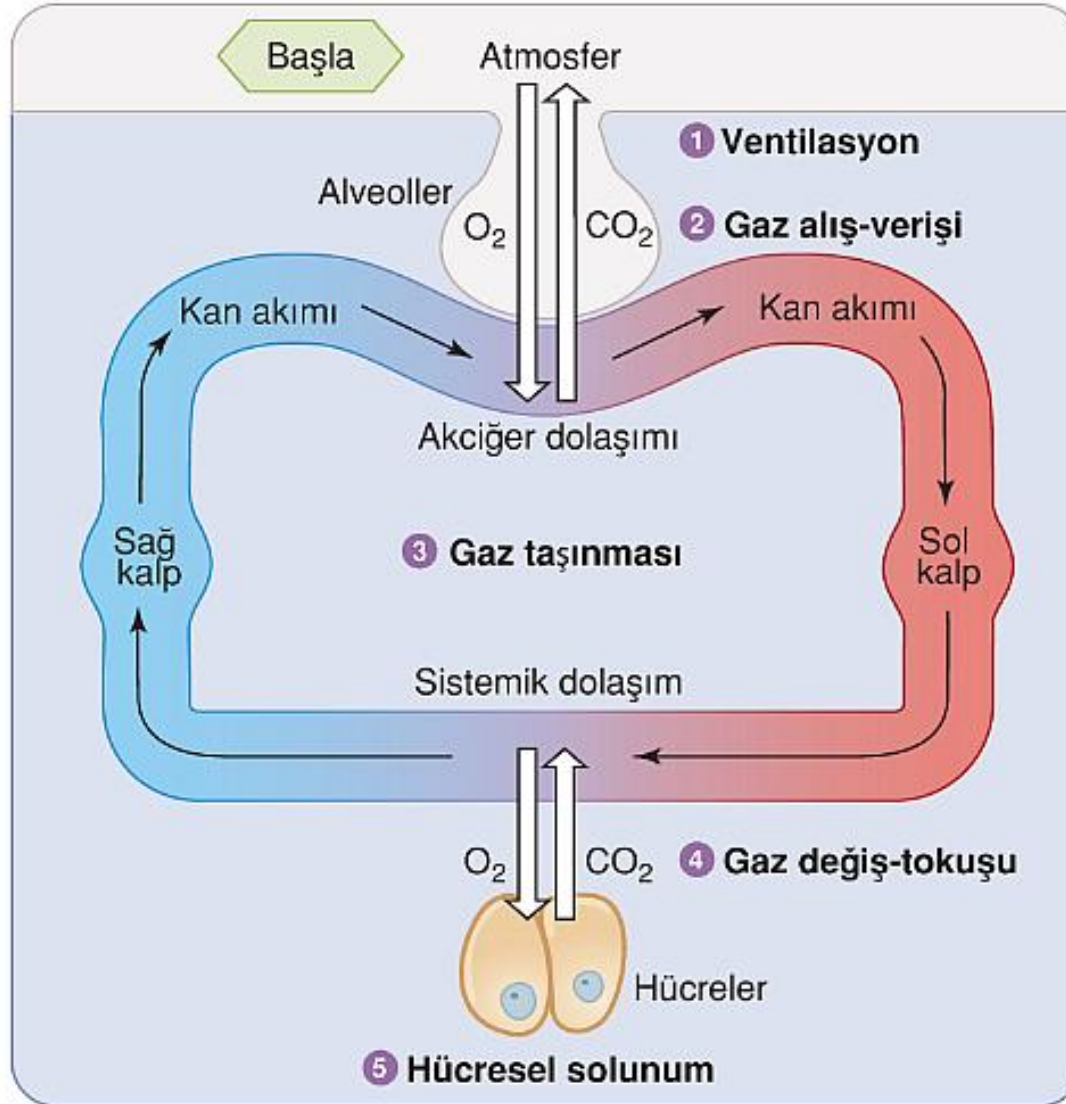
Akciğer Hacim ve Kapasiteleri



Kapasite: En az iki hacim değerin toplamı



Alveollerde Gaz Alış-Verişi



- Gaz alış-verişi **parsiyel (kısmi) basınç gradiyenti** yönünde basit difüzyonla gerçekleşir.
- Atmosfer basıncı (deniz seviyesinde) = **760 mmHg**
- Atmosferi oluşturan gazlar ve parsiyel basınçları:

Azot (N_2) = % 78 **596 mmHg**

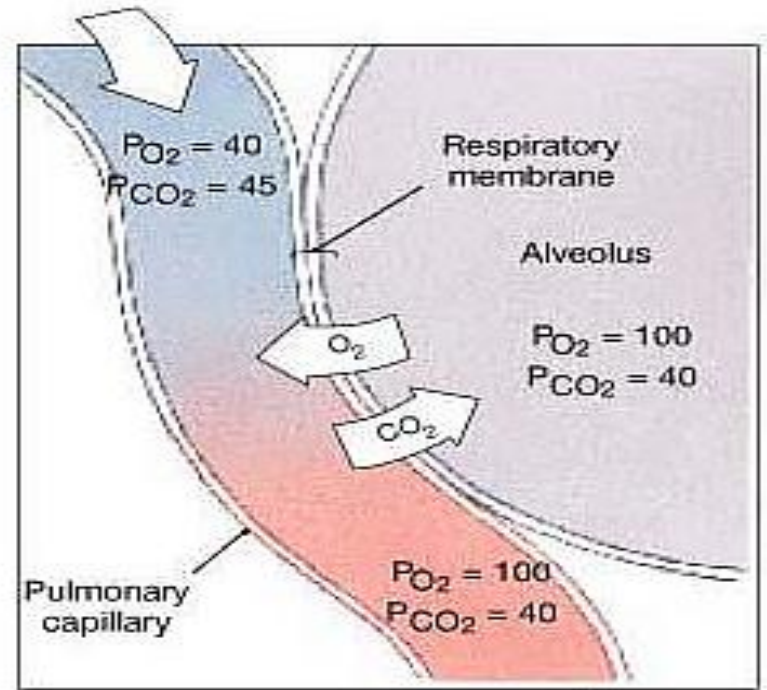
Oksijen (O_2) = % 21 **160 mmHg**

Karbondiyoksit (CO_2) = % 0,04 **0,25 mm Hg**

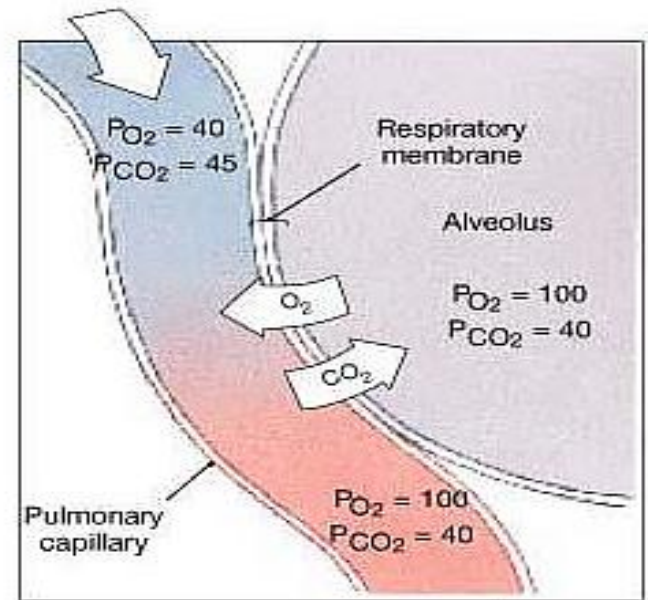
- *Gazlar yüksek basıncın olduğu bölümden düşük basıncın olduğu bölüme doğru hareket ederler.*

Vücuttaki parsiyel O₂ ve CO₂ basınçları (normal, dinlenim durumunda):

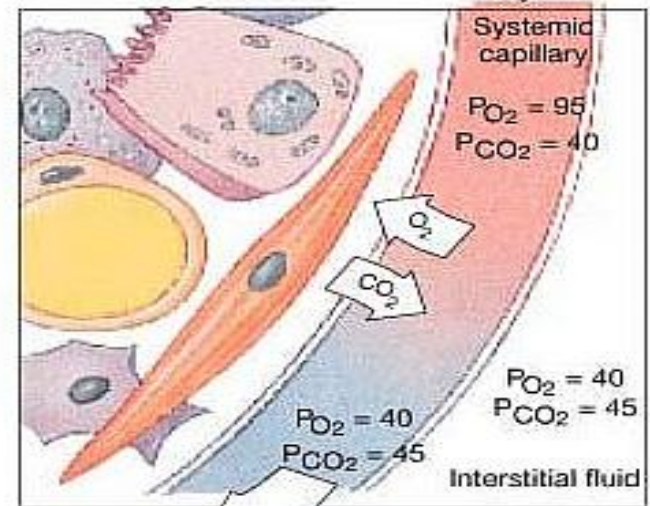
- **Alveollerde**
 - PO₂ = 100 mmHg
 - PCO₂ = 40 mmHg
- **Alveoler kapillerde**
 - Alveoler kapillere girerken;
 - PO₂ = 40 mmHg (sistemik dolaşımdan gelen kanda oksijen miktarı düşük, oksijenin büyük bir kısmını harcamış durumda)
 - PCO₂ = 45 mmHg (sistemik dolaşımdan gelen kanda karbondioksit miktarı yüksek, hücrelerin ürettiği karbondioksiti toplamış durumda)



- Kapillerde gazların difüzyonu gerçekleşir; **O₂ alveollerden kana, CO₂ kandan alveollere geçer.**
- Alveoler kapillerden çıkarken;
 - **PO₂ = 100 mmHg**
 - **PCO₂ = 40 mmHg**



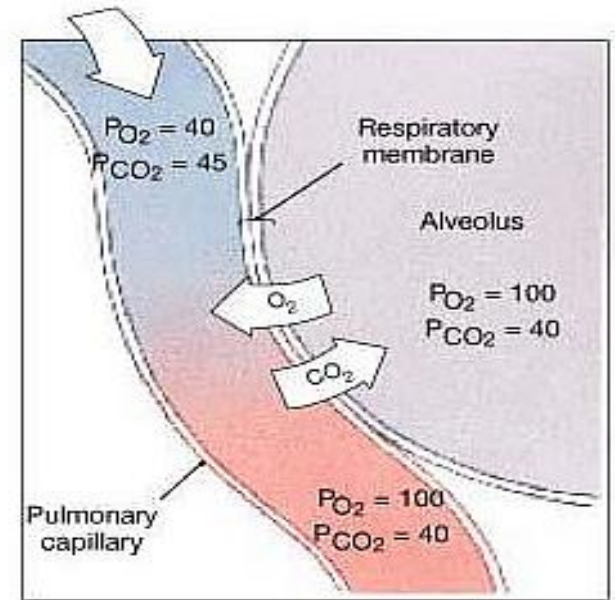
(a)



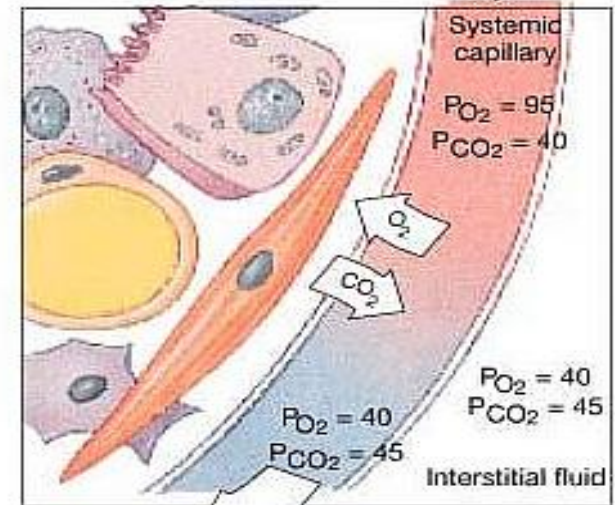
(b)

- Alveoler kapillerden çıkan kan sol atriuma gelir ve sol ventrikül tarafından sistemik dolaşıma pompalanır. Arterler ve arteriollerde dolaşan kanda gaz değişimi yoktur.

- Sistemik kapillere girerken,
 - $PO_2 = 100$ mmHg
 - $PCO_2 = 40$ mmHg
- Hücrelerde,
 - $PO_2 = 40$ mm Hg
 - $PCO_2 = 45$ mm Hg
- Sistemik kapillerden çıkarken,
 - $PO_2 = 40$ mm Hg
 - $PCO_2 = 45$ mm Hg

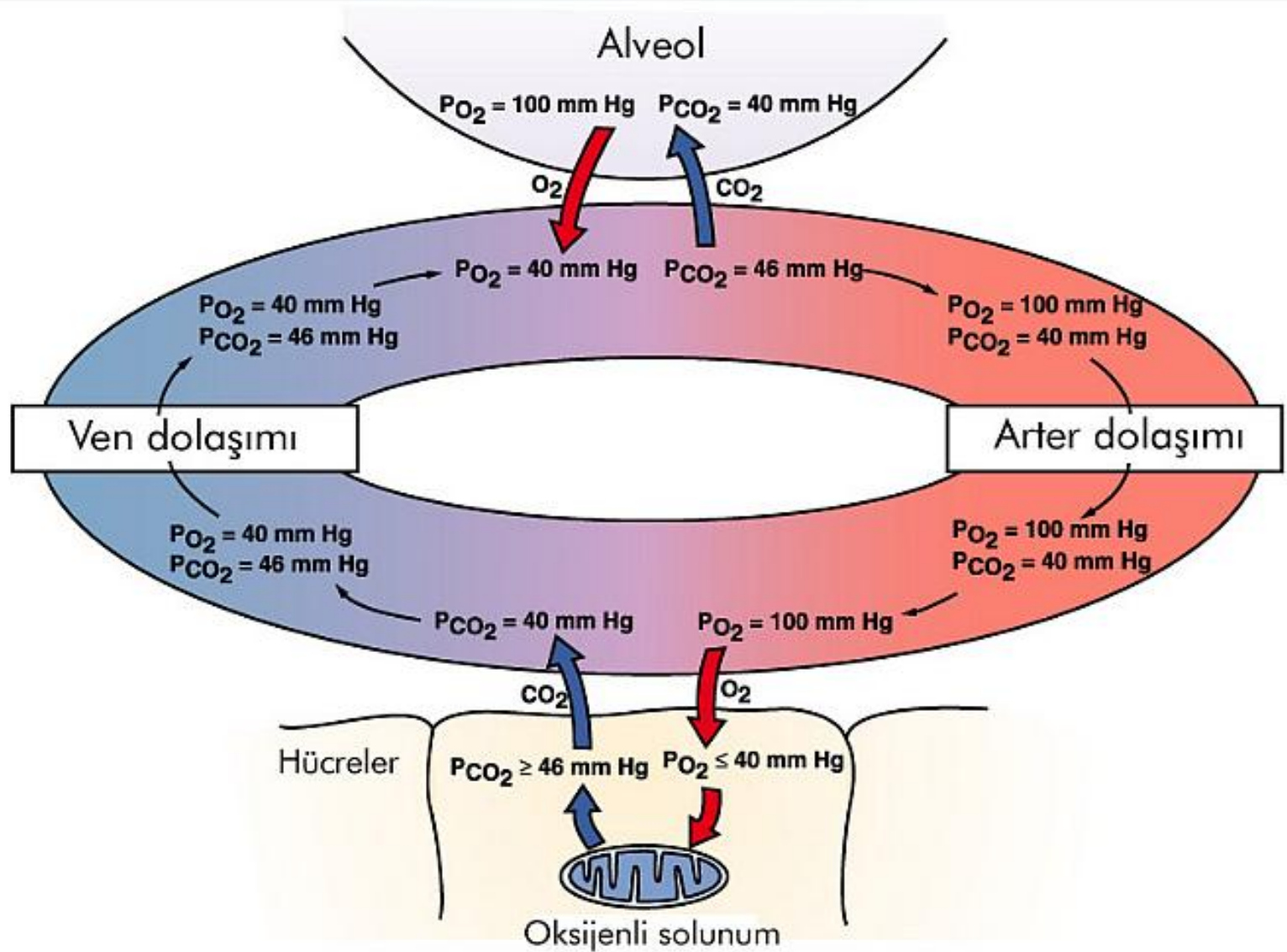


(a)



(b)

- Sistemik kapillerve hücreler arasındaki basınç farkından dolayı O_2 sistemik dolaşımdan hücrelere doğru geçerken, CO_2 ise hücrelerden sistemik dolaşıma geçer.
- Sistemik kapillerden çıkan kan venüller ve venler aracılığıyla sağ atriuma gelir. Venüller ve venlerde dolaşan kanda gaz değişimi yoktur. Sağ atriuma gelen kan sağ ventriküle geçer ve buradan akciğerlere pompalanır.



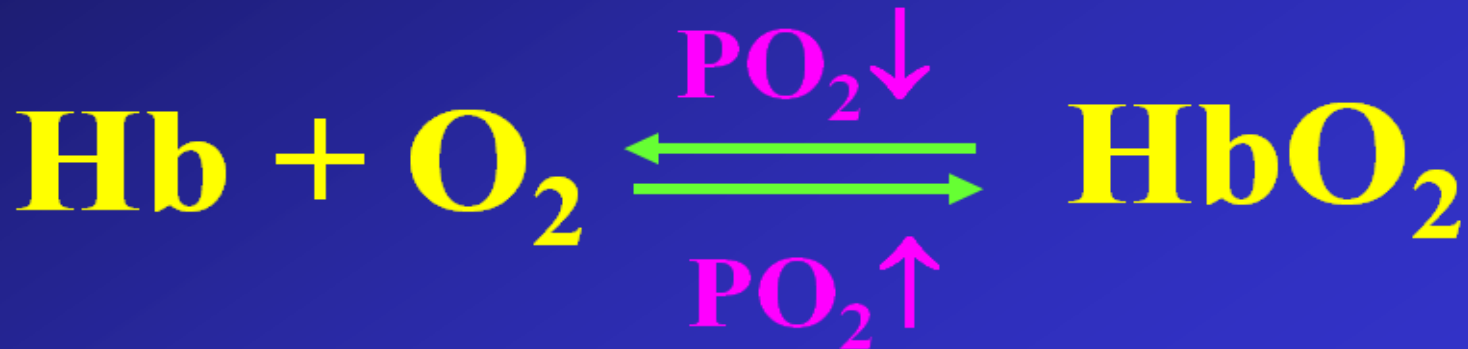
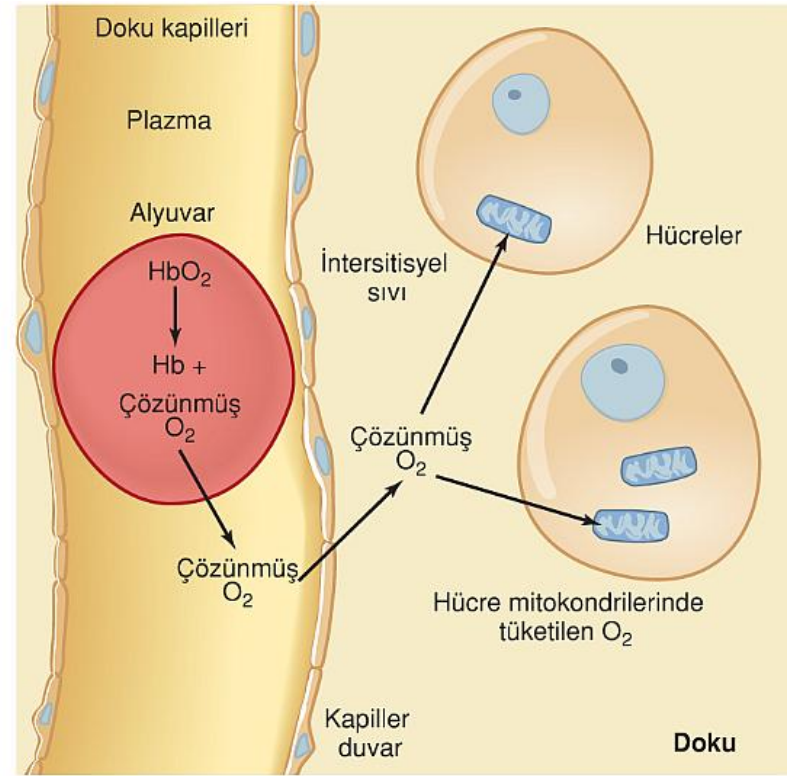
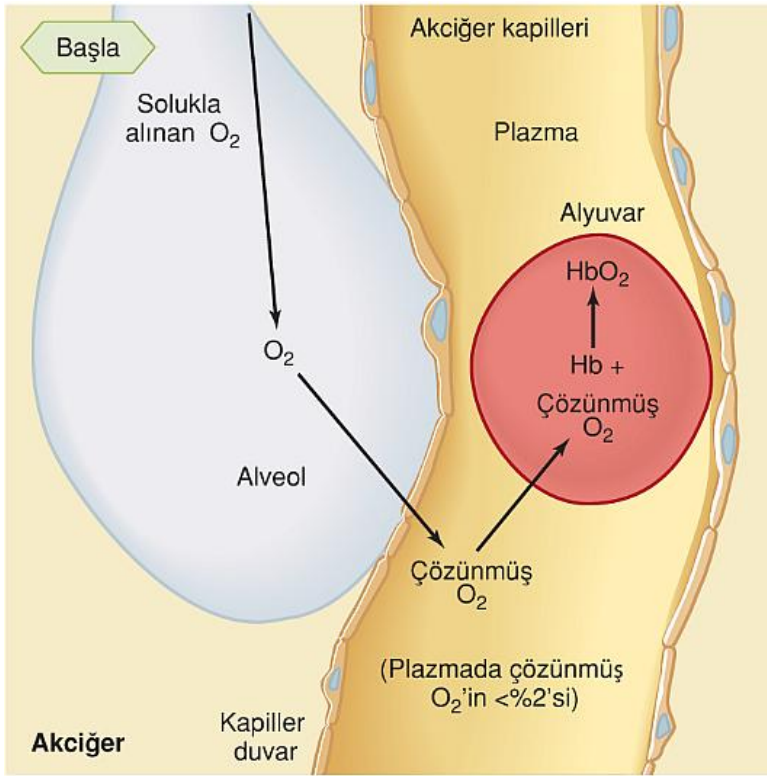
Oksijenin Taşınması

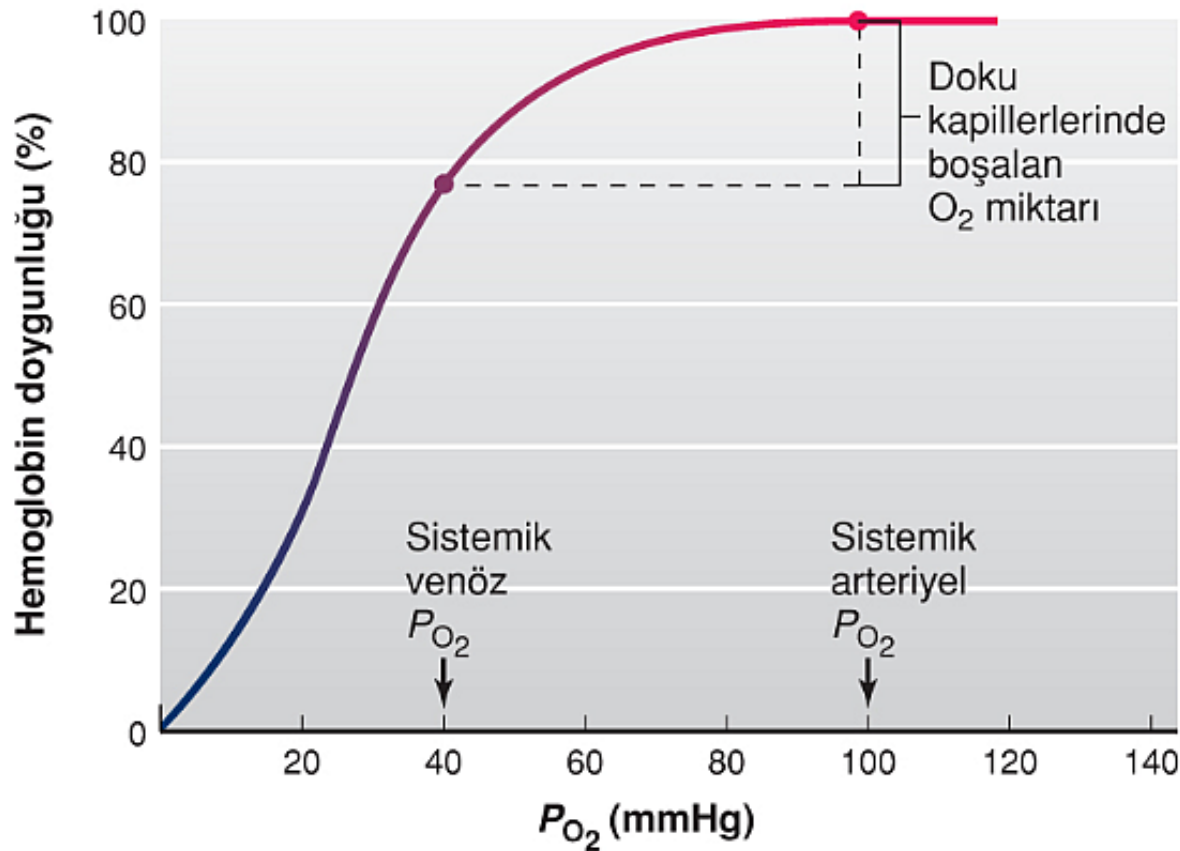
- O_2 kanda iki farklı yolla taşınır:

1 – Hemoglobine bağlı halde (% 97)

2 – Plazmada çözünmüş halde (% 3)

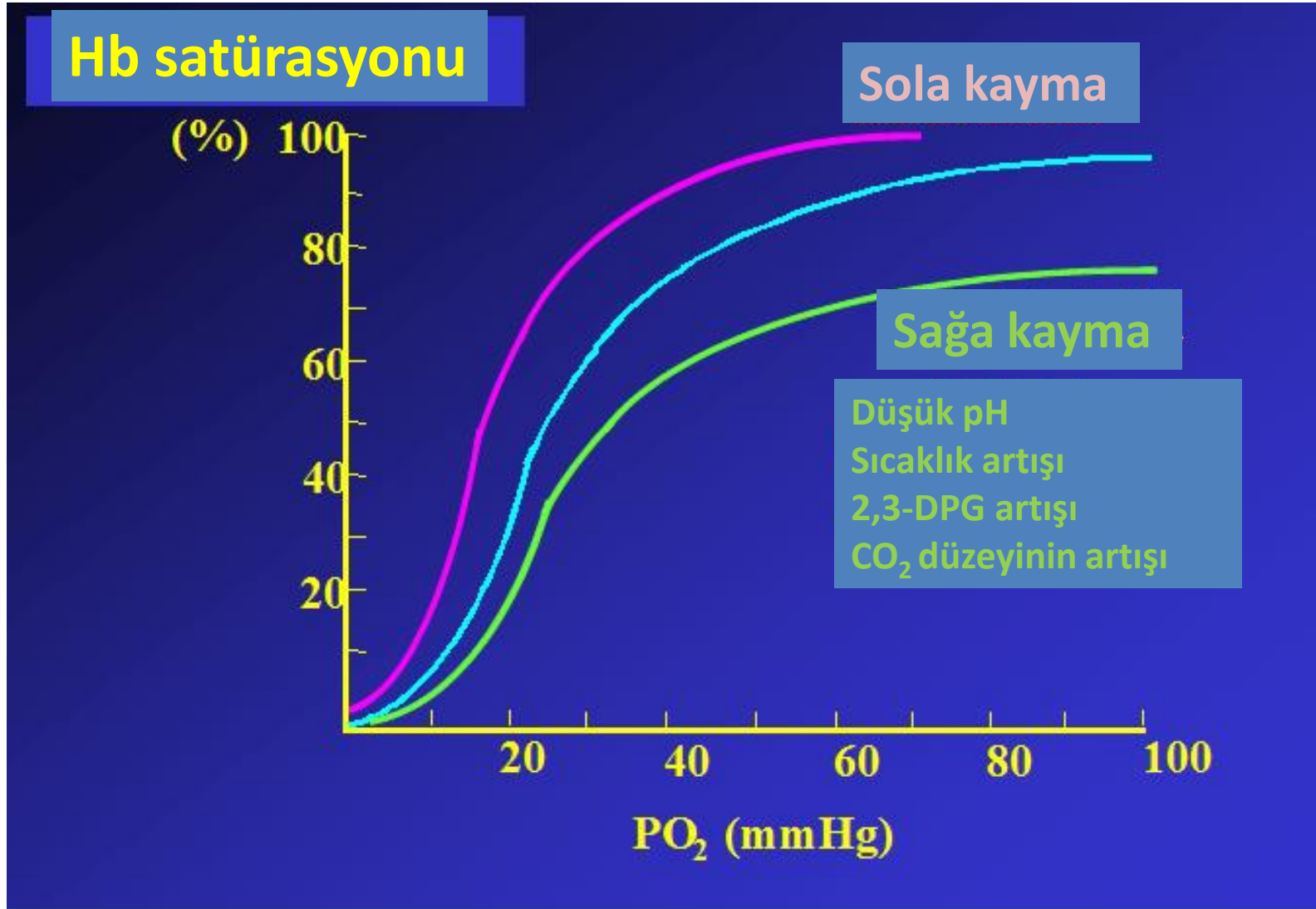
Hemoglobin satürasyonu (doygunluk oranı): O_2 taşıyan hemoglobin moleküllerinin yüzdesidir. Kandaki parsiyel oksijen basıncıyla (PO_2) ilişkilidir.





Şekil 13.26 Oksijen-hemoglobin ayrışma (dissosiyasyon) eğrisi. Bu eğri, 37°C sıcaklık ve normal arteriyel H^+ derişimine sahip kana aittir. Herhangi bir kan hemoglobin derişiminde y-ekseni, ml oksijen olarak oksijen kapsamını da gösterebilir. %100 doygunlukta, normal kandaki hemoglobin miktarı 200 mL oksijen taşır.

- Dokuların ihtiyacına göre Hb-O₂ dissosiasyon eğrisinin konumu değişebilir. Eğri sağa kaydığında Hb'den O₂'in ayrılması daha kolay, sola kaydığında ise daha zor hale gelir.



- Dissosiasyon eğrisinde kaymaya neden olan faktörler:

Sola kayma

(Hb'nin O₂'e affinitesi artar)

- HbF
- pH ↑
- CO₂ ↓
- Sıcaklık ↓

Sağa kayma

(Hb'nin O₂'e affinitesi düşer)

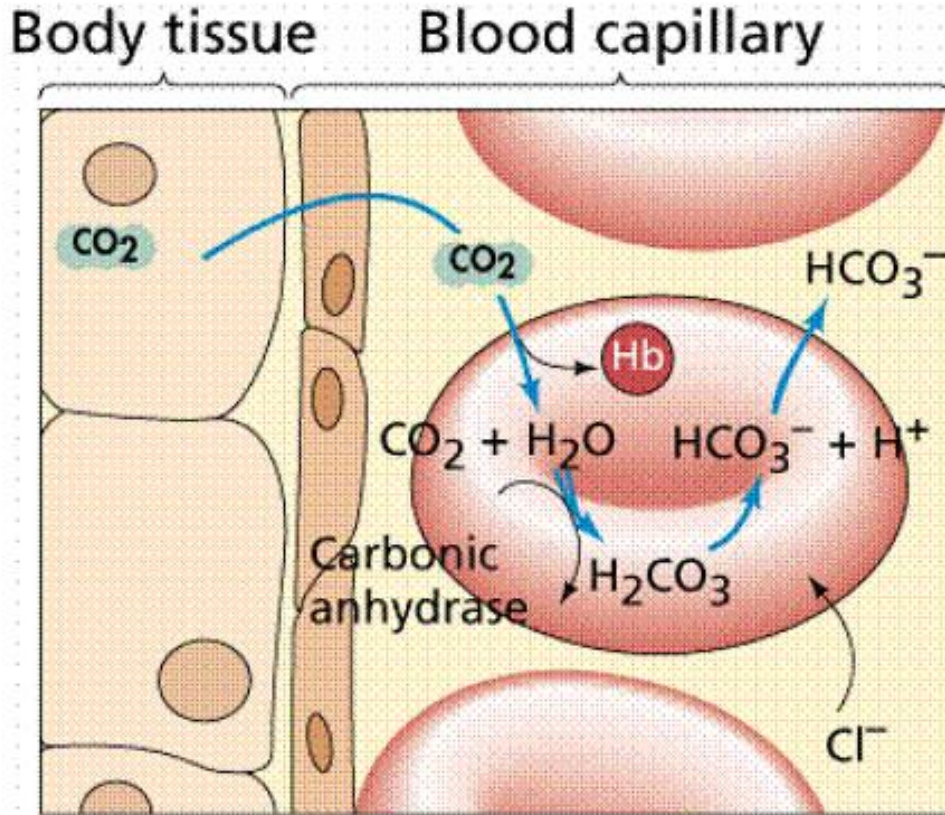
- pH ↓
- CO₂ ↑ (Bohr etkisi)
- Sıcaklık ↑
- 2,3-DPG ↑

Egzersiz

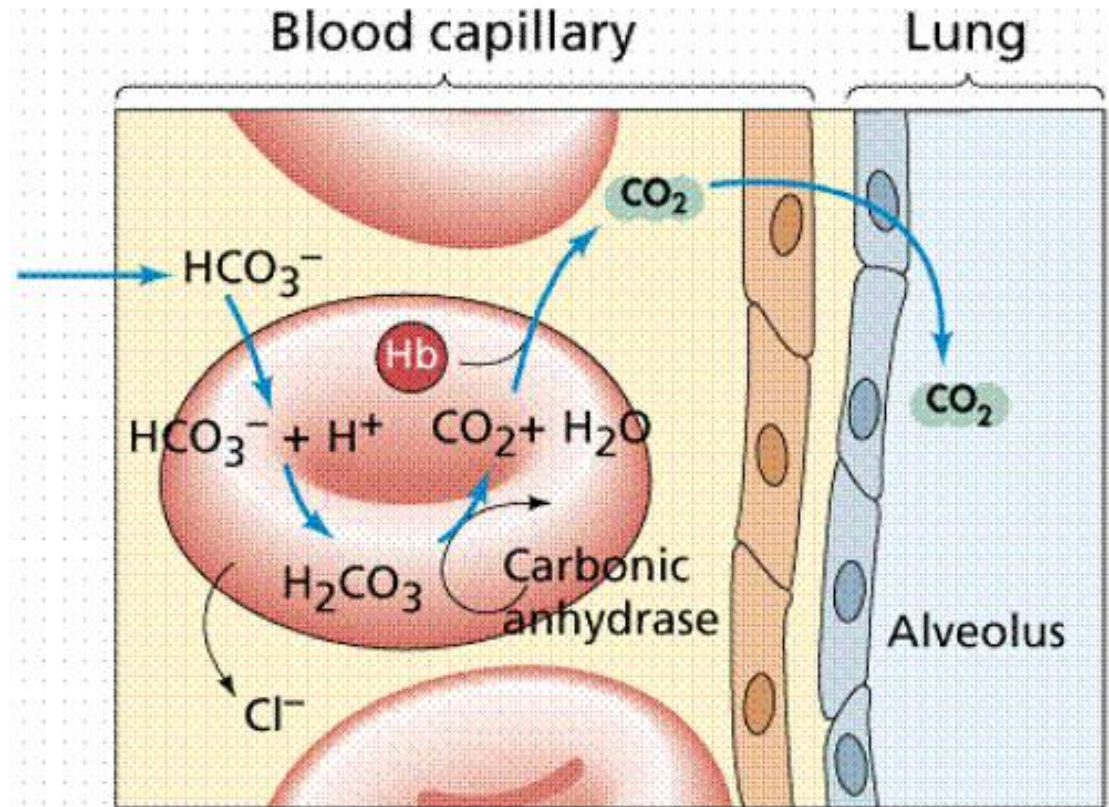
Karbondioksitin Taşınması

- 3 farklı yolla taşınır:
 - 1 – Bikarbonat (HCO_3^-) iyonu halinde – % 60**
 - Eritrositlerde bulunan karbonik anhidraz enzimi aracılığıyla
 - 2 – Hemoglobine bağlı halde – % 30**
 - Karbaminohemoglobin
 - 3 – Plazmada çözünmüş halde – % 10**

- **Dokulardan kana CO₂ geçişi sırasında,** kana geçen CO₂'in büyük bir kısmı eritrositlere difüze olur. Eritrositler içinde CO₂'in bir kısmı doğrudan Hb ile birleşiir. Bir kısmı ise eritrosit içinde bulunan H₂O molekülleri ile birleşierek **karbonik aside (H₂CO₃)** dnşiir. **Karbonik anhidraz** enzimi bu reaksiyona aracılık eder. Oluřian karbonik asit H⁺ ve HCO₃⁻ iyonlarına ayılır. H⁺ büyük oranda Hb ile birleşiir (tamponlanır). HCO₃⁻ iyonları ise eritrositlerden plazmaya geçer.

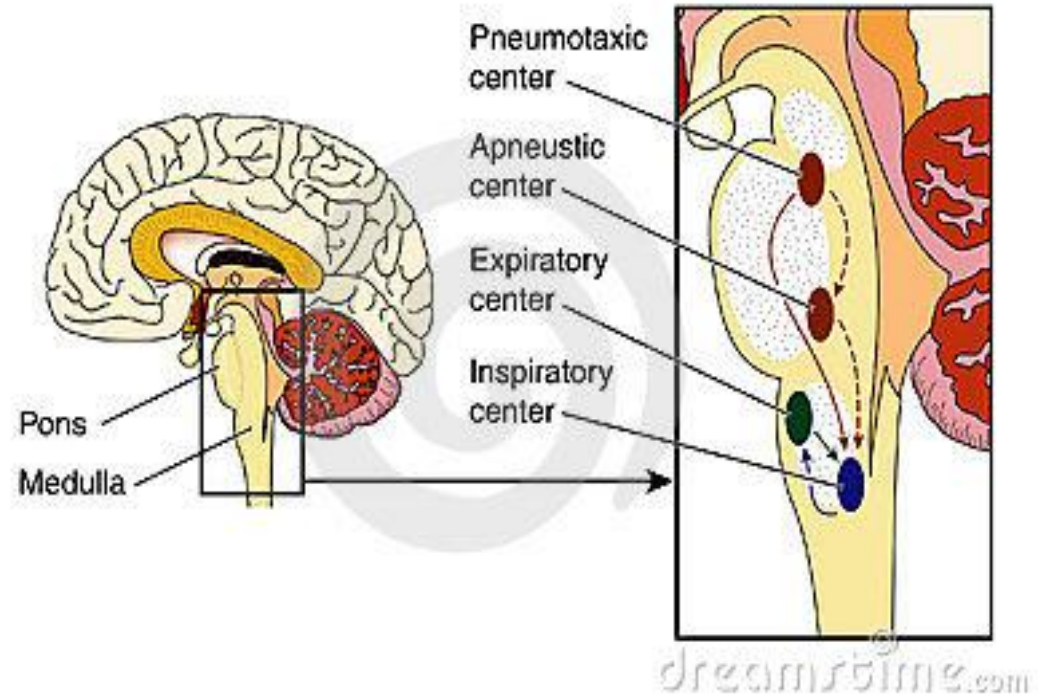


- **Alveolar kapillerlerde ise** HCO_3^- iyonları H^+ iyonlarıyla birleşerek H_2CO_3 'i oluştururlar. H_2CO_3 , CO_2 ve H_2O 'ya ayrışır. CO_2 alveole difüze olur ve ekspirasyonla vücut dışına atılır.
- Oksijenin Hb'e bağlanması CO_2 'in kandan uzaklaştırılmasını kolaylaştırır. (**Haldane etkisi**)



Solunumun Düzenlenmesi

- Beyindeki farklı merkezler tarafından istemli ve istemsiz olarak kontrol edilebilir:
 - İstemsiz yanıt
 - Medulla oblongata, pons
 - İstemli yanıt
 - Serebral korteks



- **Medulla ritmik ve istemsiz solunumun kontrolünde rol oynar ve birbirleriyle etkileşen farklı nöron grupları inspirasyon (I nöronları) ve ekspirasyon (E nöronları) üzerine etkilidir.**
 - I nöronları – inspirasyonun gerçekleşmesini sağlayan solunum kaslarını uyarır
 - E nöronları – I nöronlarını inhibe ederek ekspirasyonun gerçekleşmesini sağlarlar
- **Apnöstik ve Pnömotaksik merkezler ise ponda bulunurlar**
 - **Apnöstik merkez I nöronlarını stimüle eder**
 - **Pnömotaksik merkez apnöstik merkezi inhibe ederek inspirasyonu sonlandırır**

Kemoreseptörler

- **Periferik kemoreseptörler**

- Aort ve karotid arter üzerinde bulunurlar
- Arteriyel PO_2 değişimlerini algırlar
- Hipoksi (düşük O_2), hiperkapni (yüksek CO_2) ve pH azalması durumunda solunum merkezlerine uyarı gönderirler

- **Santral kemoreseptörler**

- Medullada bulunurlar
- Hiperkapnide ve beyin-omurilik sıvısında (serebrospinal sıvı) H^+ iyon konsantrasyonunun artmasıyla (pH azalması) uyarılırlar
- Solunum merkezlerine gönderilen uyarılarla solunum hızlı bir biçimde arttırılarak (hiperventilasyon) durum dengelenmeye çalışılır

The respiratory center:
establishes a regular
pattern of breathing

③ Higher centers in the
cortex can exert conscious
control over respiration

Santral Kemoreseptörler

Arteriyel CO_2 miktarında artış
Serebrospinal sıvıdaki H^+
iyonlarının artışı

Periferik Kemoreseptörler

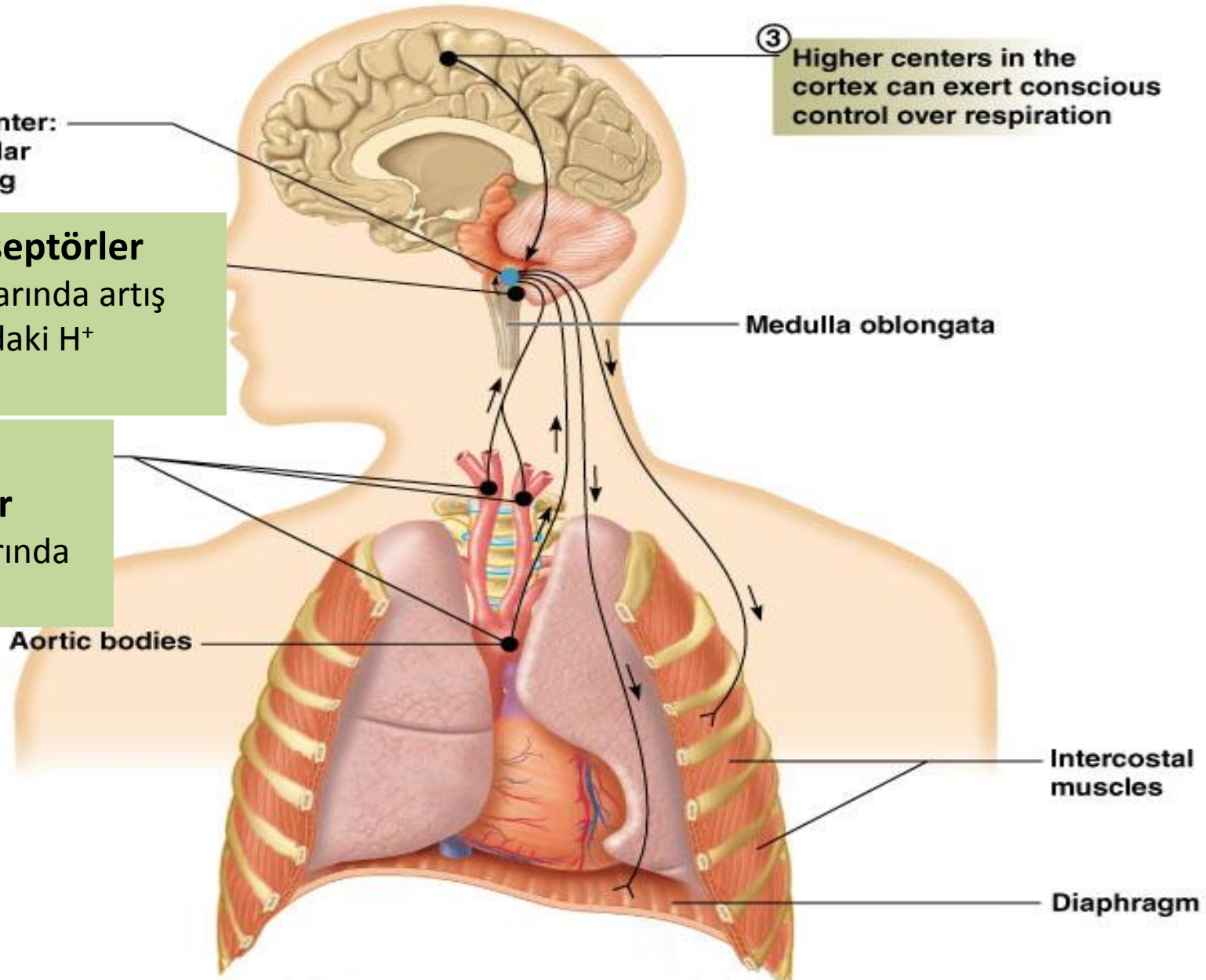
Arteriyel O_2 miktarında
azalma

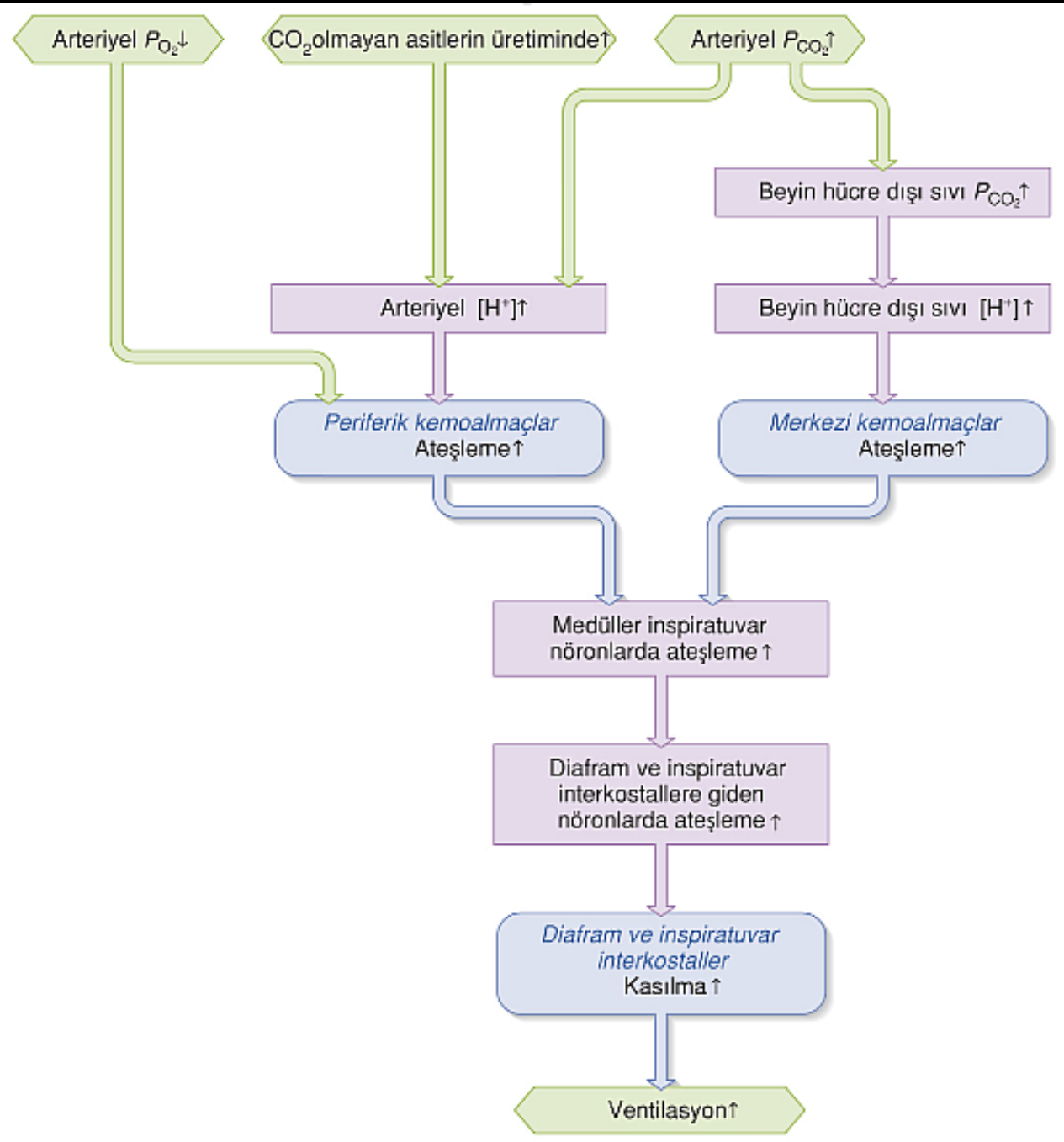
Medulla oblongata

Aortic bodies

Intercostal
muscles

Diaphragm





Solunum İşlevinin Bileşik Kontrolü

