

SOLUNUM SİSTEMİ VE EGZERSİZE UYUMU

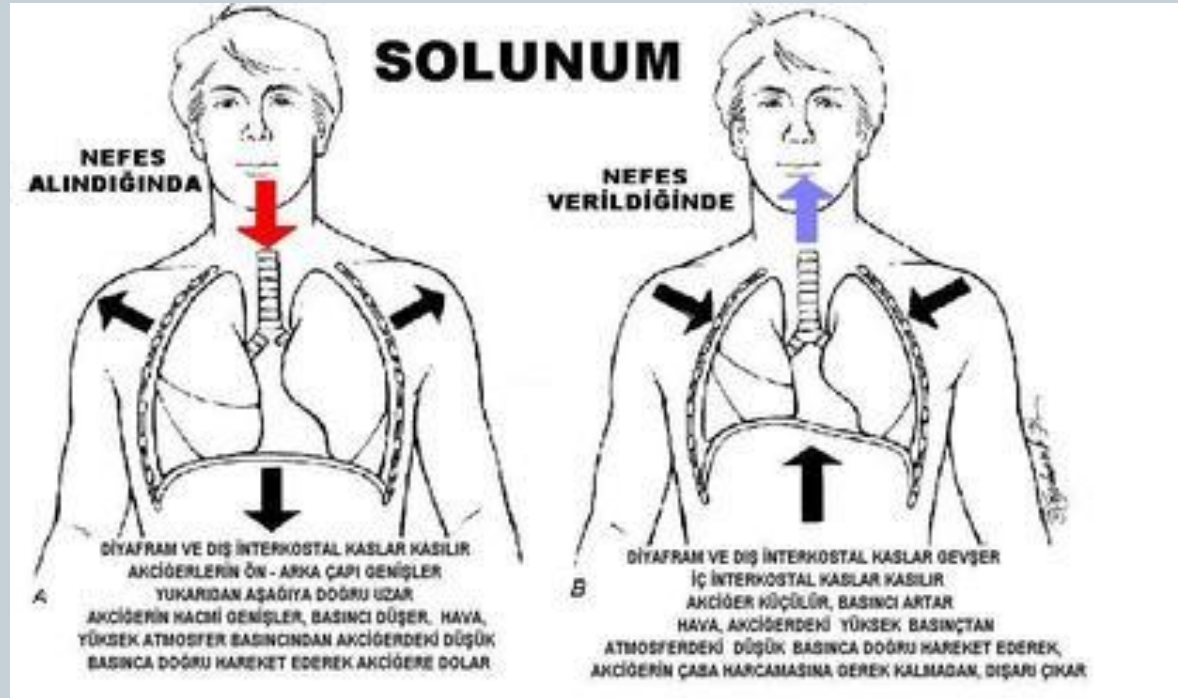


DR.ÖĞR. ÜYESİ FZT. GÜLNUR ÖZTÜRK



Solunum sisteminin görevi;

- Havanın akciğerlere girip çıkmasını ve gaz değişimini gerçekleştirerek, akciğerlere sabit miktarda yeterince O₂ ve CO₂ sağlamaktır.

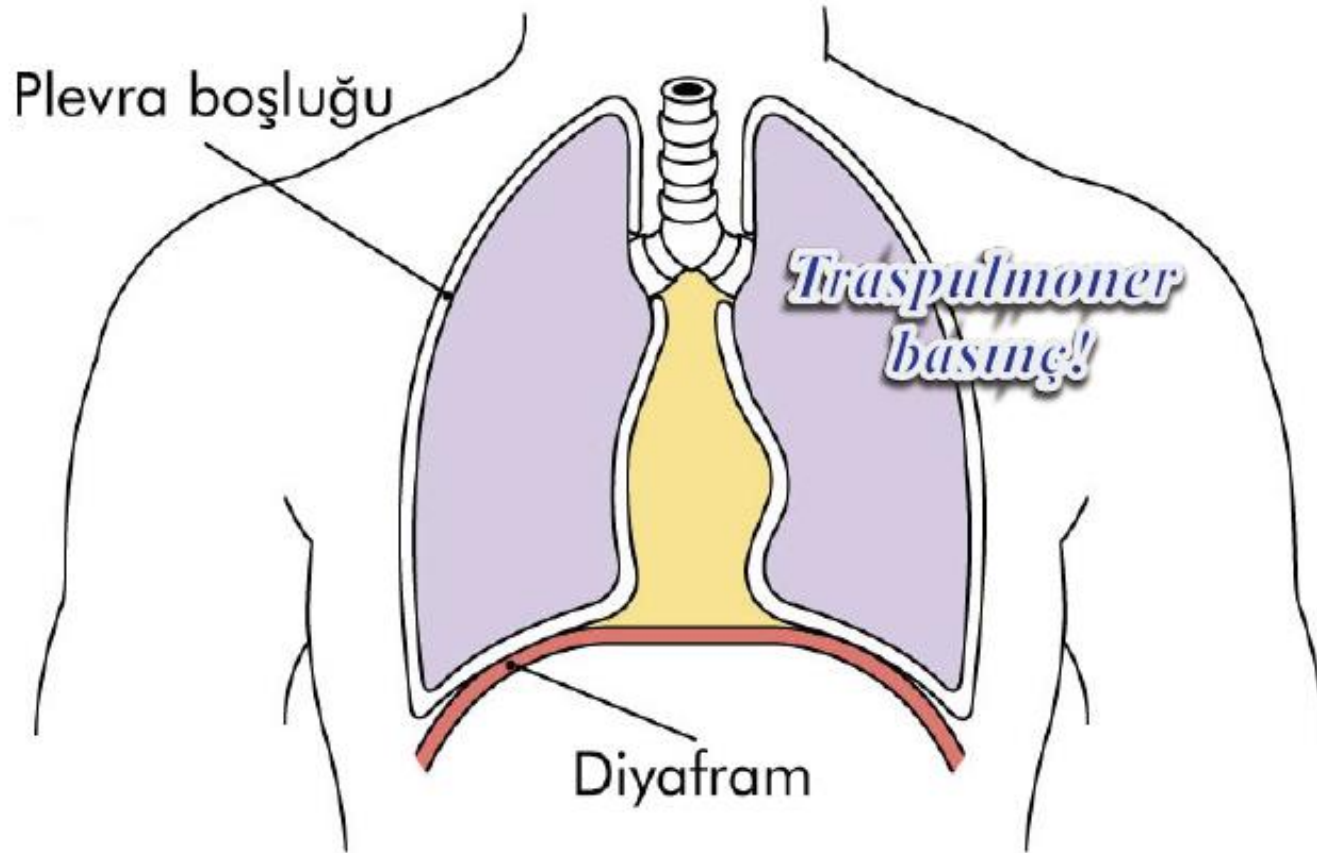


Solunum Kasları

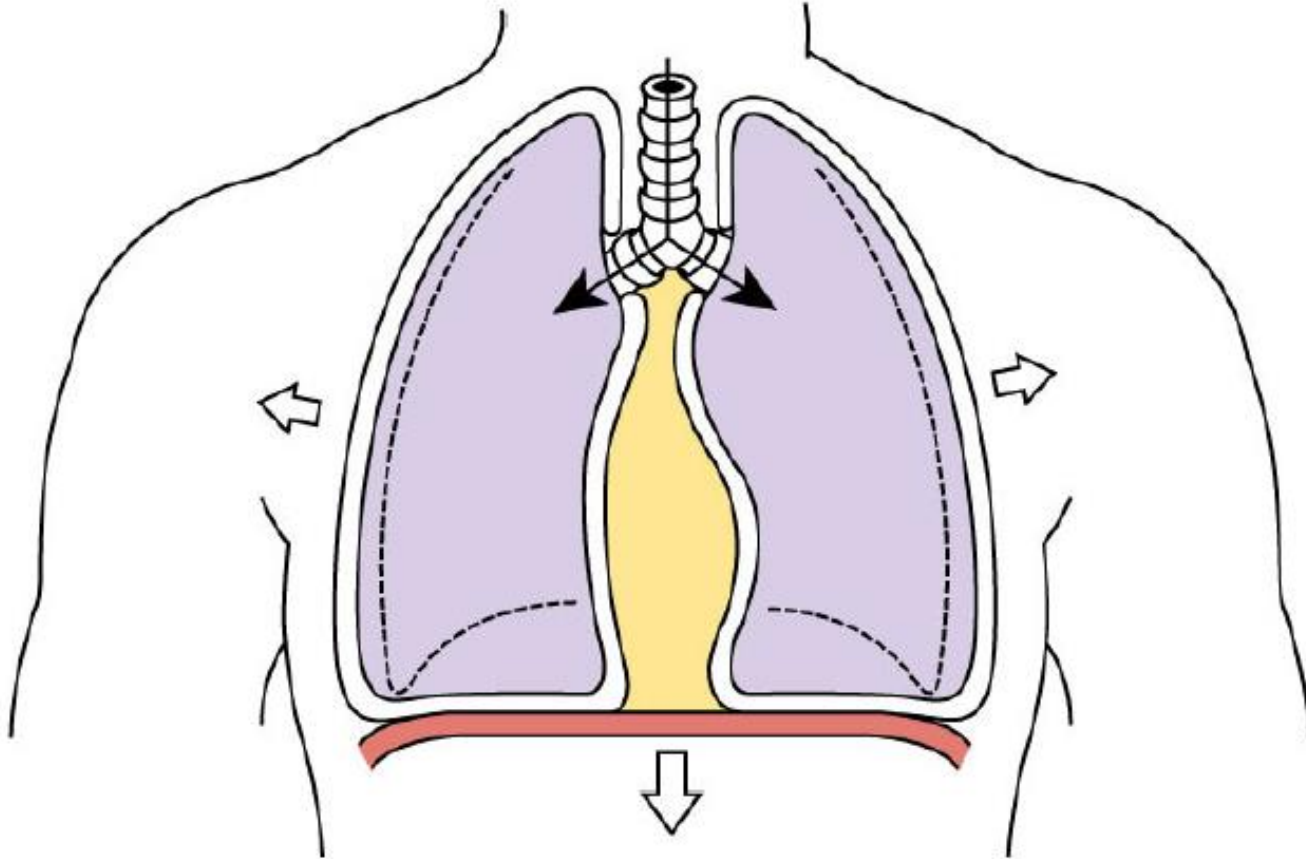


- **İnspirasyon** aktif bir süreçtir, inspiratuvar kasların kasılması ile gerçekleşir.
- İnspiratuvar kaslar
 - **Solunum Diyaframı:** İnspirasyonun temel kasıdır. Kubbe şeklindeki kas, kasılınca düzleşerek aşağı iner. Toraks boşluğu aşağı doğru genişler.

Havalandırma (Ventilasyon) – Diyaframın Rolü

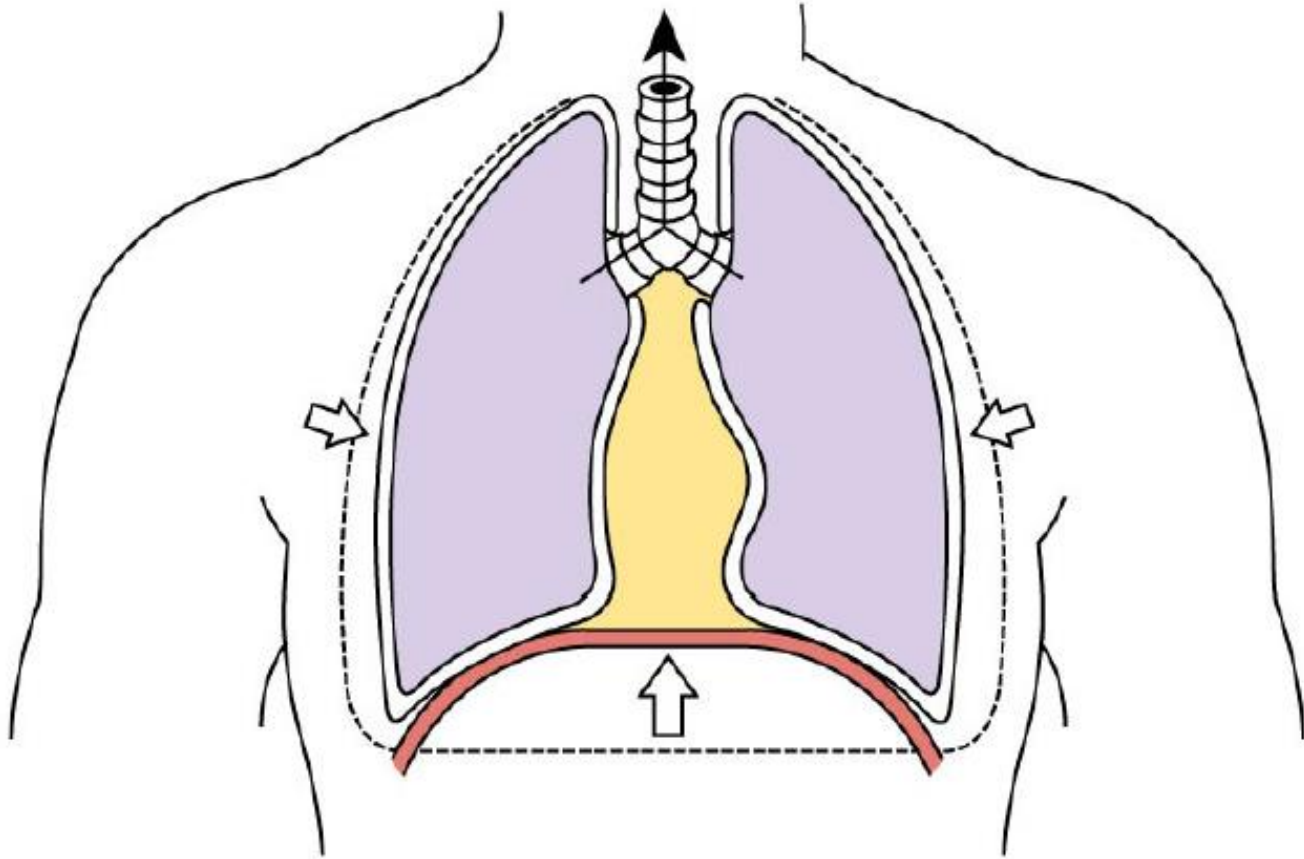


Havalandırma (Ventilasyon) – Diyaframın Rolü



DİYAFRAMIN KASILMASI

Havalandırma (Ventilasyon) – Diyaframın Rolü



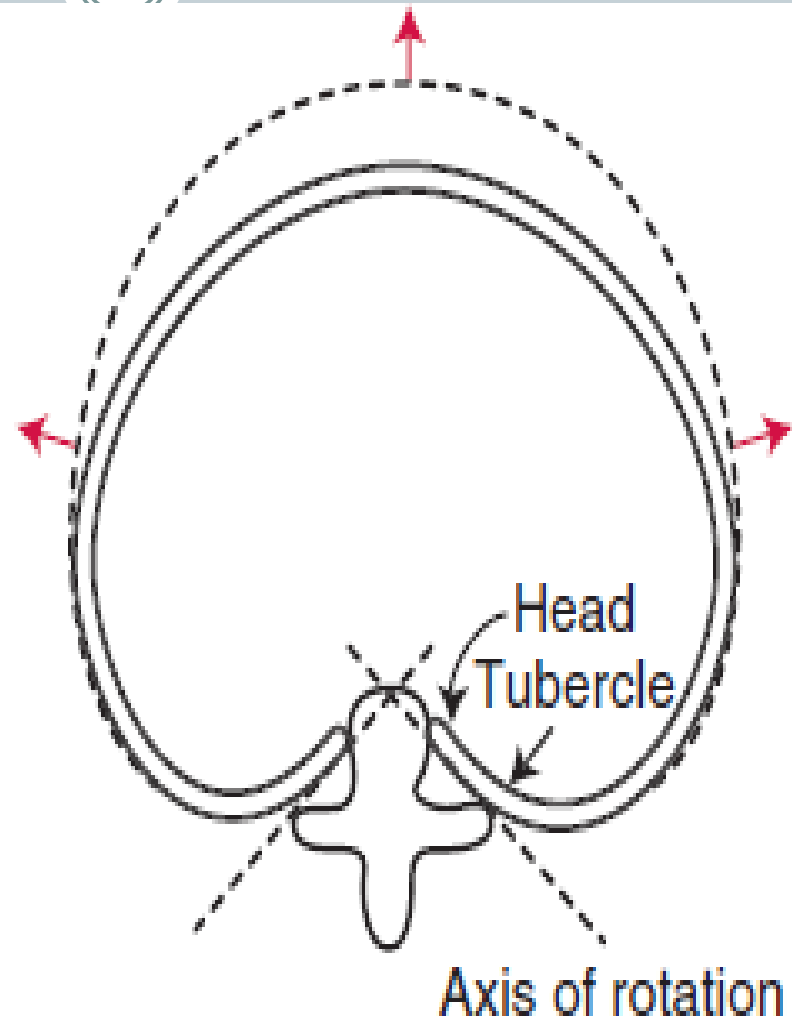
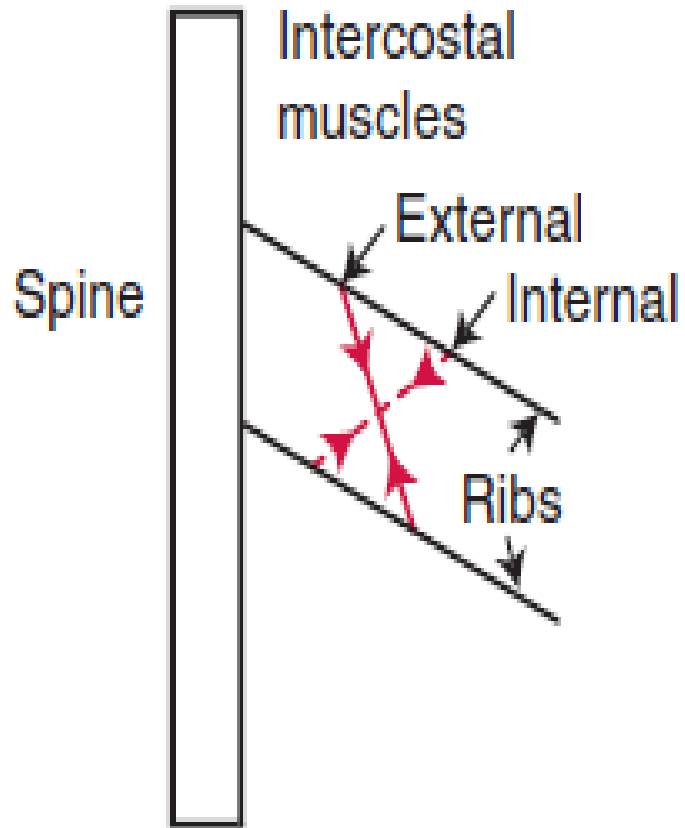
DİYAFRAMIN GEVŞEMESİ

Solunum Kasları



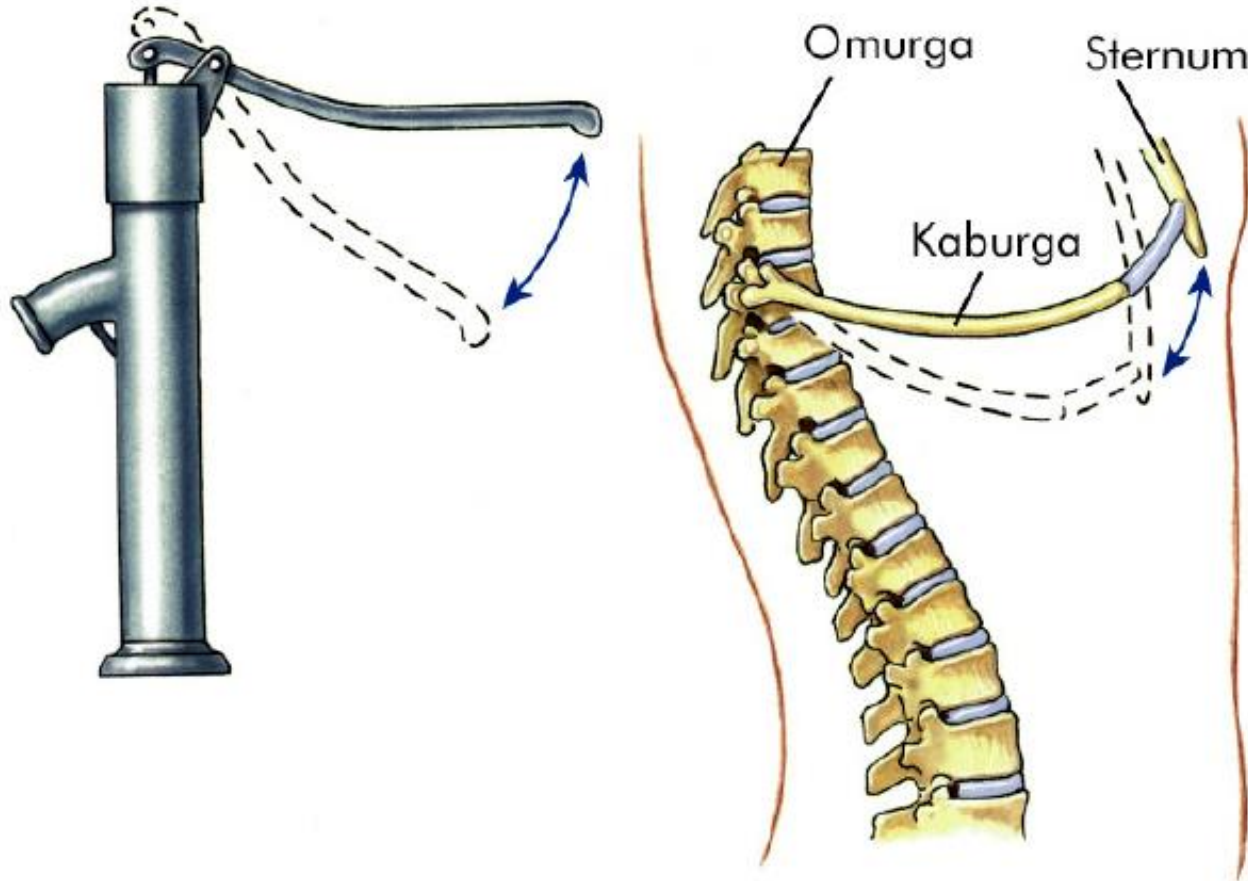
- İnspiratuvar kaslar
 - **Eksternal interkostal kaslar:**
Kasılmasıyla kostalar yukarı hareketlenir, toraks öne ve laterale doğru genişler.
 - **Aksesuar kaslar:** Sternomastoid ve diğer boyun kasları klavikula ve sternumu kaldırarak toraks genişlemesine yardımcı olur.

İnterkostal Kaslar



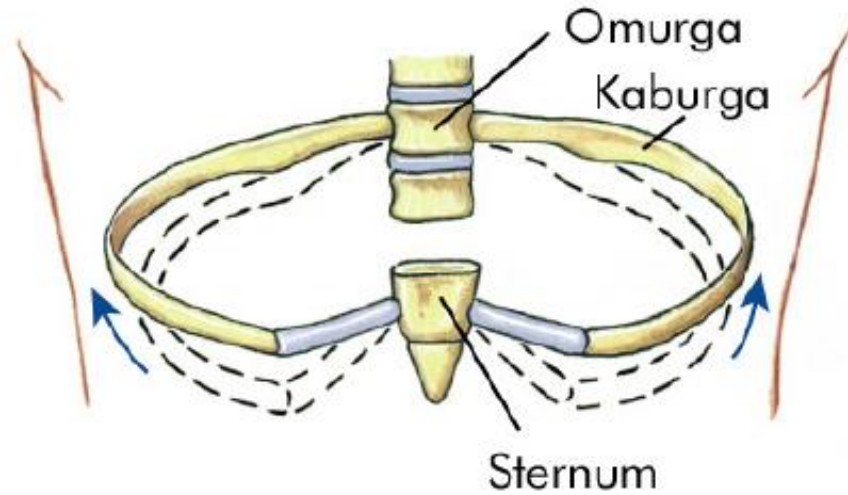
Havalandırma (Ventilasyon) – Göğüs Kafesi

“Tulumba kolu” hareketi ile göğüs kafesinin ön-arka çapının artması

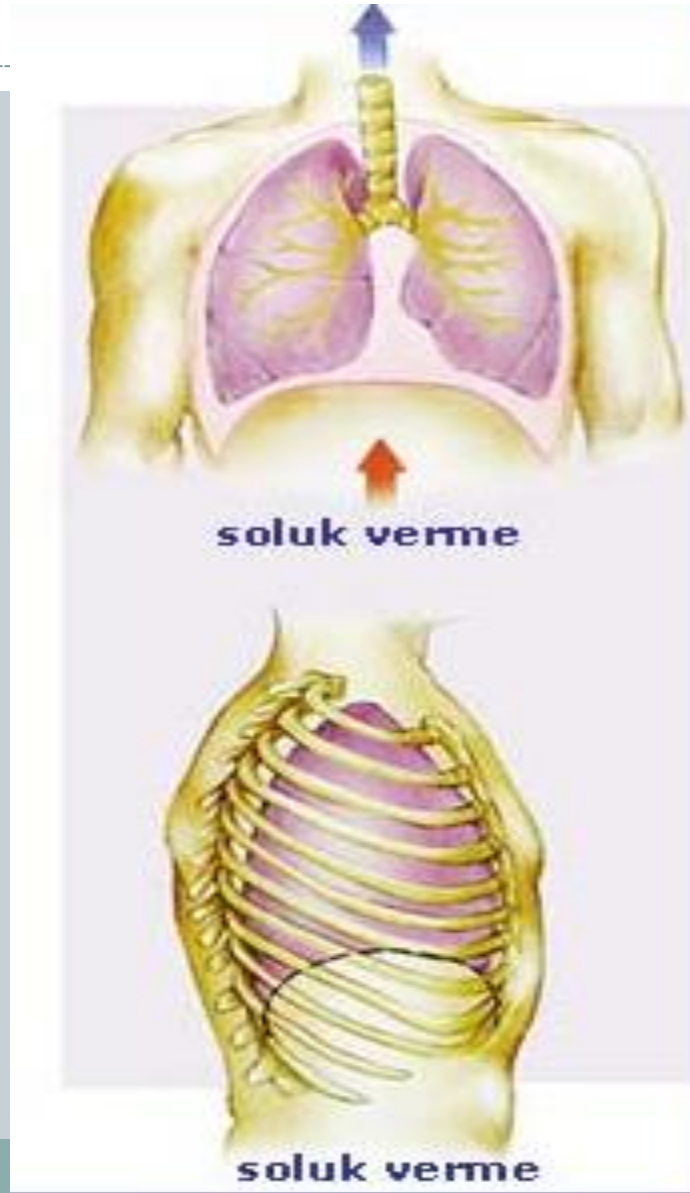


Havalandırma (Ventilasyon) – Göğüs Kafesi

“Kova kulbu” hareketi ile göğüs kafesinin yanıl çapının artması



Soluk verme (ekspirasyon)



Solunum Kasları



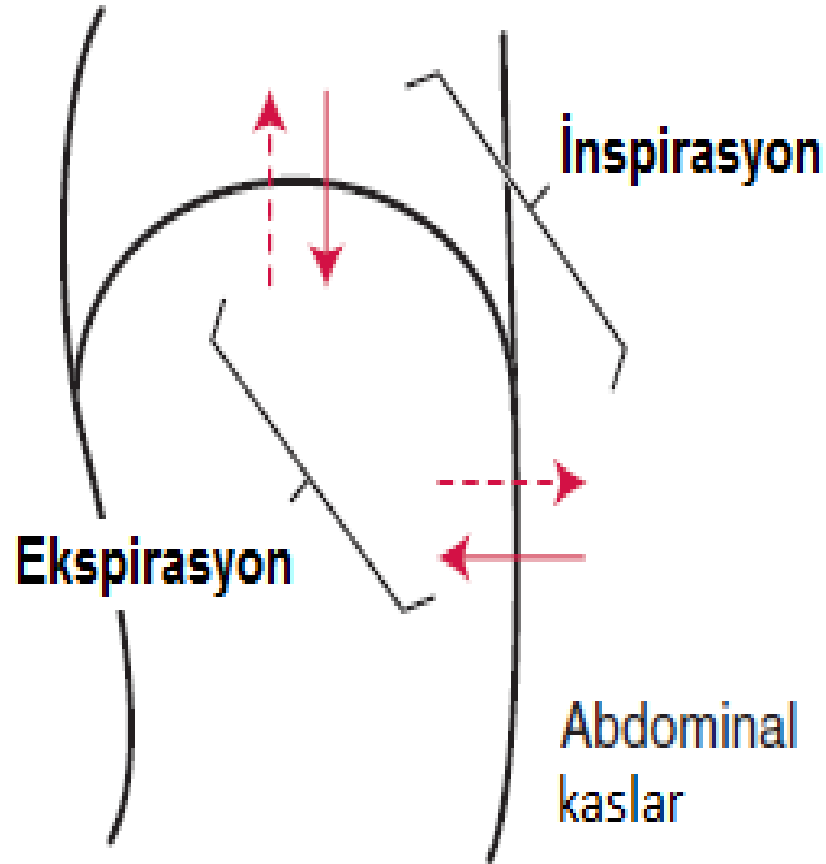
- **Ekspirasyon** (sakin solunum süresince) pasif bir süreçtir,
- inspirasyon ile dinlenim hacminin üzerine çıkarak genişleyen toraks ve akciğerler, ekspirasyonda elastik kuvvetlerin etkisi ile dinlenim hacmine geri döner.

Solunum Kasları



- Ekspiratuvar kas kasılması, egzersizde ya da hastalıkta gerekir
 - **Rektus abdominis:** abdomeni sıkıştırarak ve alt kostaları aşağı çekerek toraks boşluğunu azaltır.
 - **İnternal interkostal kaslar:** kasılmasıyla kostalar aşağı hareketlenir, toraks boşluğu azalır.

Abdominal Kasların Etkisi



→ **Aktif**
- - - - - → **Pasif**



- Diafragma ve eks. İnterkostal kaslar gevşer
- Torasik aralığın hacmi azalır
- İntraplevral basıncın negativitesi azalır
- Akciğerler küçülür
- İntrapulmoner basınç atmosferik basıncın üzerine yükselir
- Hava akciğerlerden çıkar

Solunum sisteminin yapı ve fonksiyonu



- Dokulara gereken O₂'nin sağlanması
- Dokularda oluşan CO₂ nin atılması
- Kan asiditesinin kontrolü (pH kontrolünü kanın CO₂ düzeyi üzerinden yapar)
- Sıcaklığın düzenlenmesi; Solunum ile dışarıya ısıtılmış ve nemlendirilmiş hava verilmesi, sıcaklık ve su buharı kaybına yol açmaktadır.
- Ağız yoluyla iletişim, şarkı söylemek



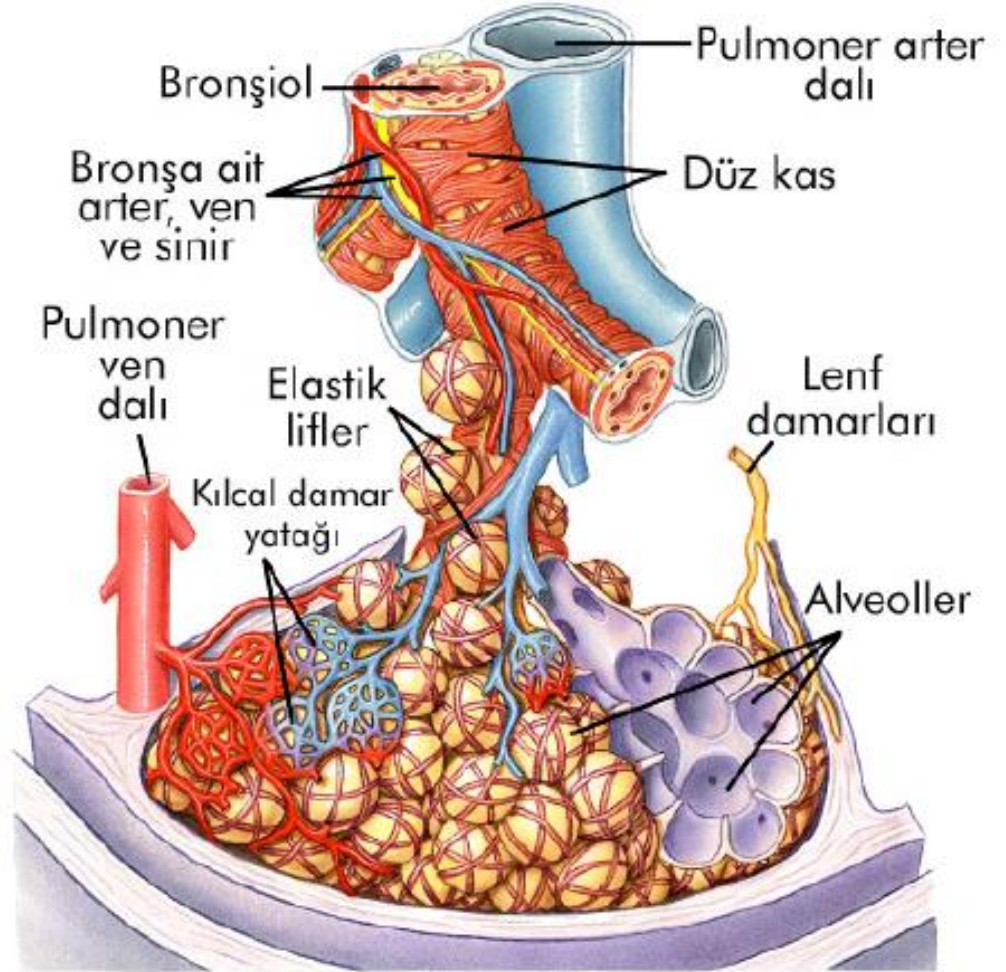
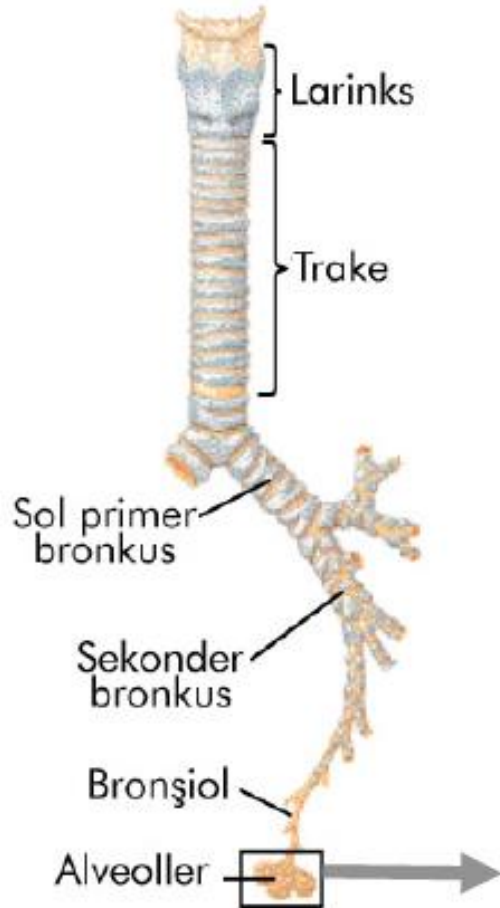
- Akciğerler ve kan arasındaki O_2 ve CO_2 değişimi ventilasyon ve diffüzyon sonucu oluşur.
- VENTİLASYON: havanın akciğerlere mekanik olarak girip çıkması işlemidir.
- DİFFÜZYON: Moleküllerin yüksek oldukları konsantrasyondan düşük oldukları konsantrasyona doğru yaptıkları rastgele hareketlerdir.

Solunum Yolları



- ◉ Üst solunum yolları
Burun deliklerinden larinksin ses tellerine kadar olan bölgesidir.
- ◉ Alt solunum yolları
Larinksten başlayıp terminal bronşcuklara kadar uzanır.
- ◉ Trakea
- ◉ Sağ-sol bronş
- ◉ Bronşiol
- ◉ Terminal bronşcuk
- ◉ Bronkioli respiratori
- ◉ Ductus alveolaris
- ◉ Alveol

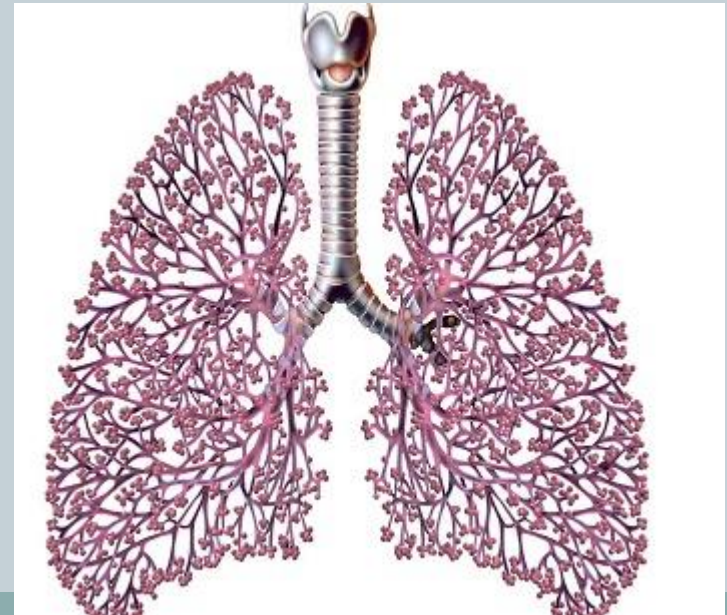
Solunum Sistemi: Genel Bakış



Yapı ve fonksiyon



- Alveoller: Oksijen ve CO_2 difüzyonu
- Alveol ve kapiller damar arası mesafe kısa: O_2 kolaylıkla eritrosite, CO_2 de alveollere geçer.
- Toplam alveol sayısı: 300 milyondan fazla
- Toplam alveaol yüzeyi:
50-100 m²



DİFFÜZYON

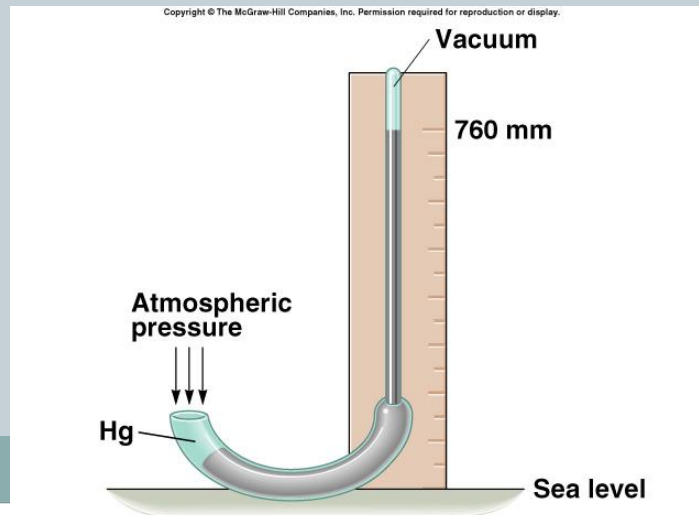


- Kısmi basınç, bir gaz karışımı içinde yer alan her bir gazın kendi basıncını tanımlamak için kullanılan bir terimdir.
- Oksijenin alveollerden kana geçişi için, alveollerdeki O_2 'nin kısmi basıncının (PO_2) kandakinden daha yüksek olması gerekir.
- Aynı şekilde karbondioksitin kandan alveollere geçmesi için, kandaki CO_2 kısmi basıncı (PCO_2) alveollerdekinden daha yüksek olmalıdır.

Kan gazları



- Atmosfer basıncını ölçmek için barometre kullanılır.
- Civa (Hg) sütununun mm olarak yüksekliğidir.
- Deniz seviyesinde: 760 mm Hg ($1 \text{ mm Hg} = 1 \text{ torr}$)



Konsantrasyon ve Parsiyel Basınç



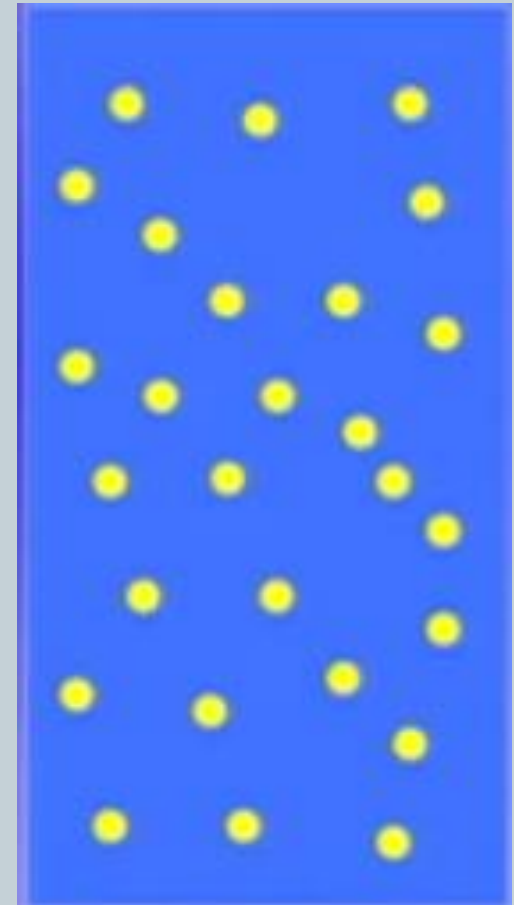
KURU HAVA: OKSİJEN %21

$[O_2] = 21 \text{ ml/dl}$

$FO_2 = 0.21$

$P_B = 760 \text{ mmHg}$ olduğu için

$PO_2 = 0.21 \times 760 \text{ mmHg}$
 $= 160 \text{ mmHg}$



Havadaki O_2
molekülleri

Alveol ventilasyonu



- Hava, pulmoner kana yakın olan akciğerlerin gaz değişim bölgelerinde devamlı olarak yenilenir.
- Bu bölgeler:
- Alveoller
- Alveol keseleri
- Alveol kanalları
- Solunum bronşiyolleri

- **Ölü boşluk havası:**
- Burun, farinks ve trakea gibi, gaz değişimin meydana gelmediği hava yolları.
- **Dakikada Alveoller ventilasyonu:**
- Alveollere ve yakınındaki gaz değişim alanlarına bir dakikada giren yeni havanın toplam hacmidir.

$$V_A = \text{frekans} \times (V_T - V_D)$$

V_A = dakikadaki alveol ventilasyonu hacmi

V_T = soluk hacmi

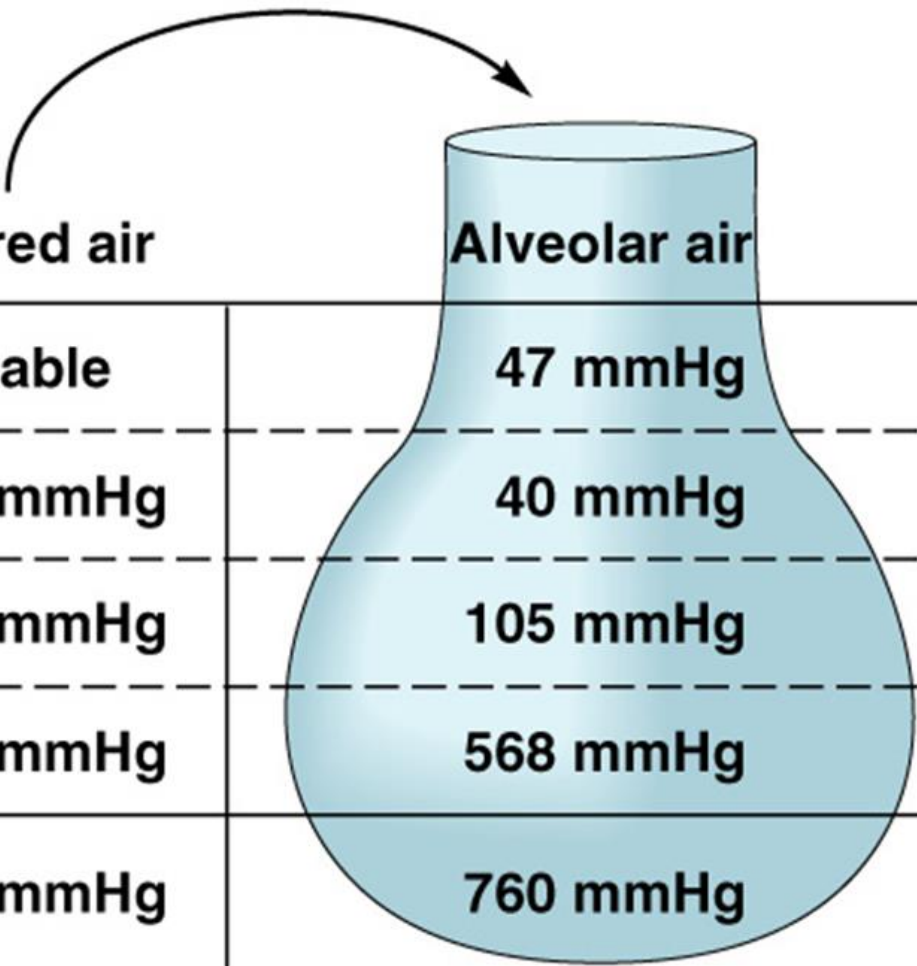
V_D = ölü boşluk

Ölü Boşluk (V_D) Kavramı

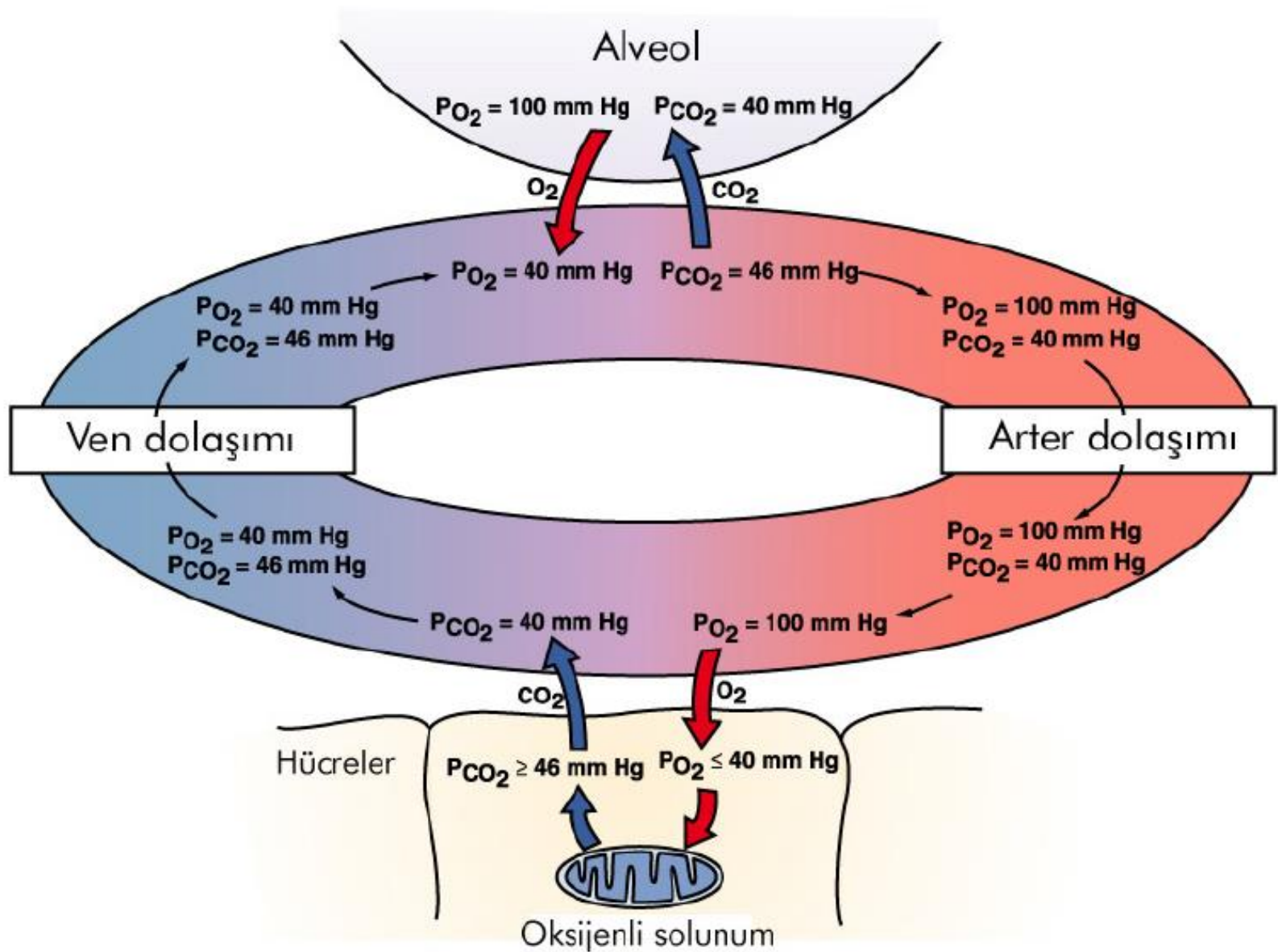
- Anatomik Ölü Boşluk
 - Hava iletim yollarında gaz değişimine katılmayan hava miktarı ~ 150ml
- Fizyolojik Ölü Boşluk
 - İşlevsiz alveollerin hacmi + anatomik ölü boşluk (*değişkendir*)

- Basınç farkı sıvılarda gazların net difüzyonuna neden olur (yüksek basınç alanından düşük basınç alanına doğru).

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



	Inspired air	Alveolar air
H_2O	Variable	47 mmHg
CO_2	000.3 mmHg	40 mmHg
O_2	159 mmHg	105 mmHg
N_2	601 mmHg	568 mmHg
Total pressure	760 mmHg	760 mmHg



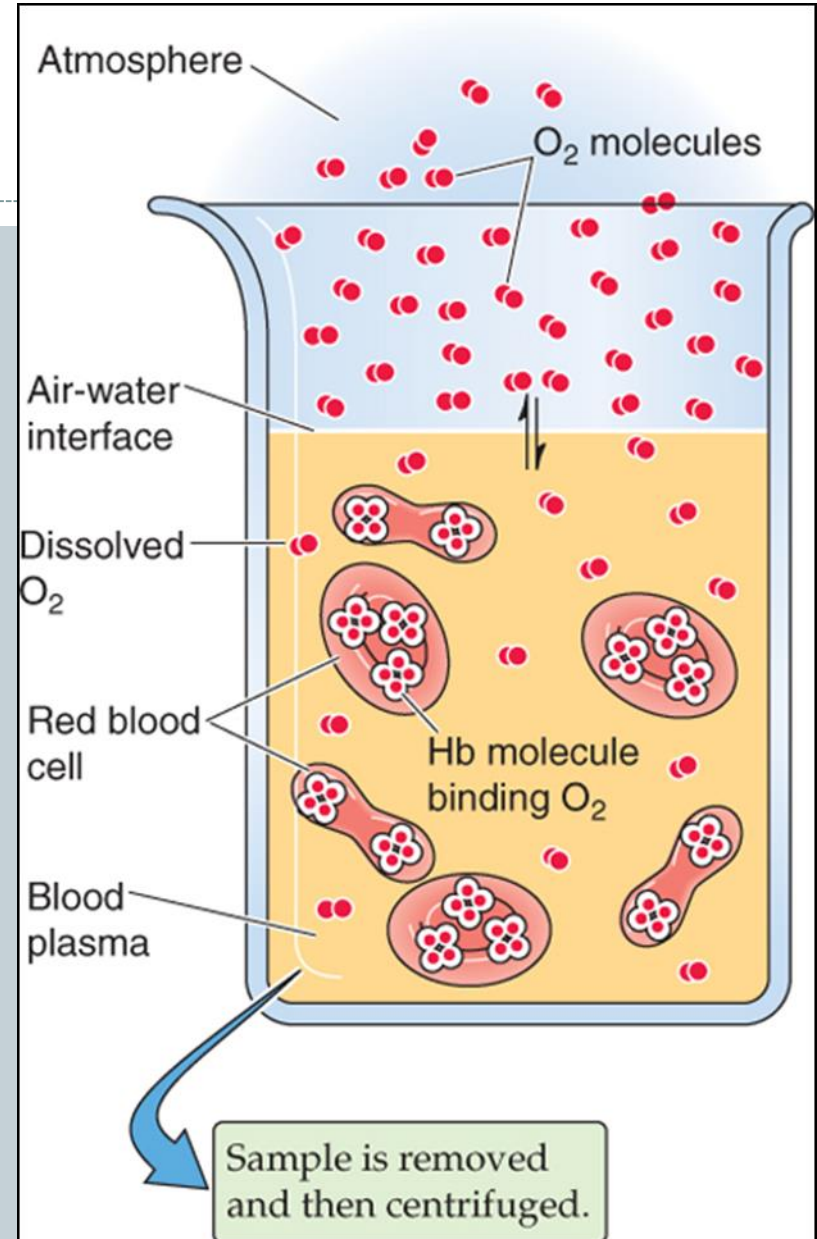


- Akciğerlere gelen kanda PO_2 40mm Hg, PCO_2 ise 45mm Hg'dır.
- Alveollerdeki PO_2 100mmHg, PCO_2 ise 40mmHg'dır.
- Akciğerlerden ayrılan kandaki değerler alveollerdeki ile aynıdır.

KANDA OKSİJENİN TAŞINMASI

O₂'nin;

- %97' si hemoglobin ile birleşmiş halde,
- %3' ü plazmada çözünmüş halde taşınır.



Hemoglobin



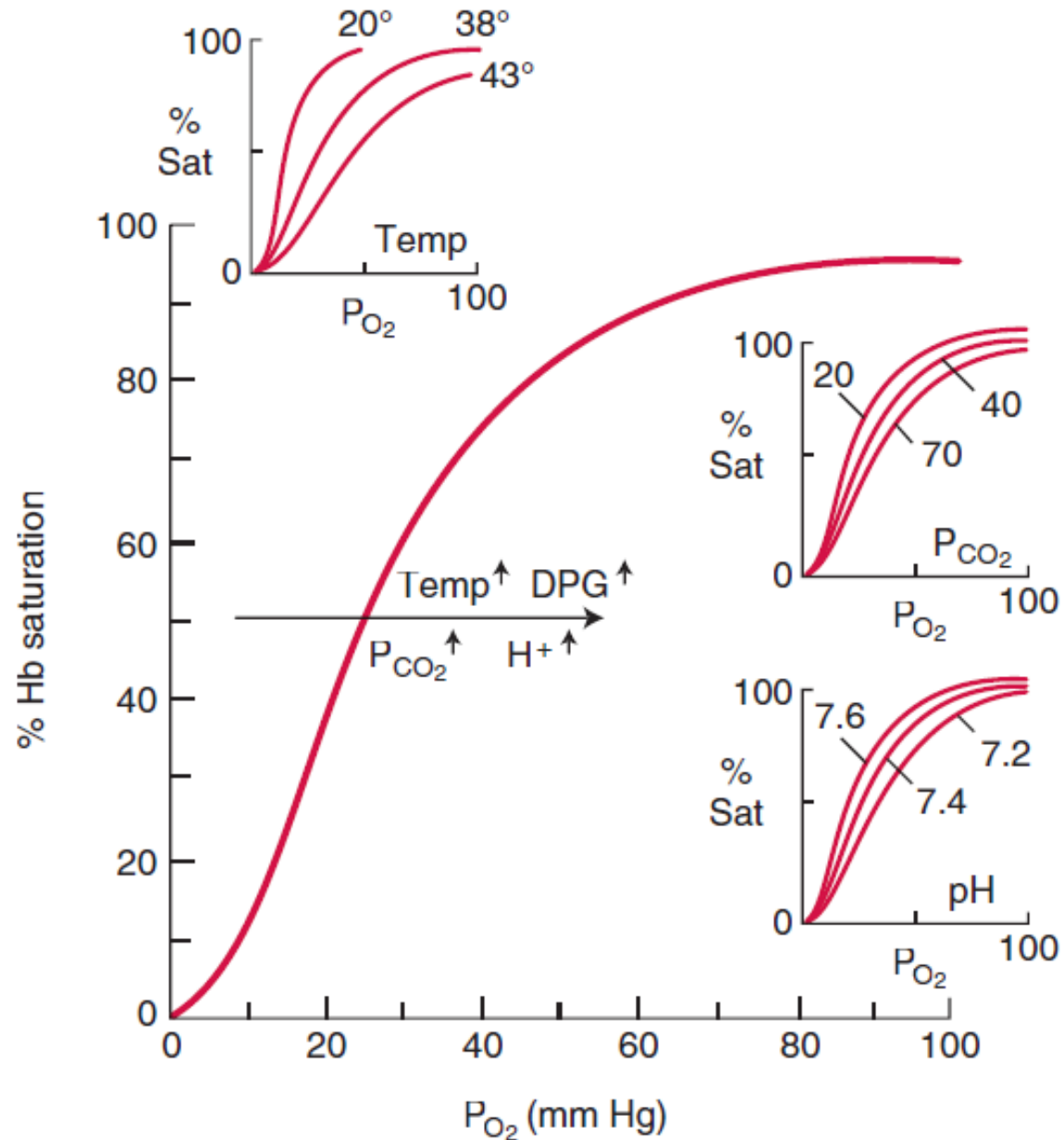
- Her gram Hb 1.34 ml oksijen taşır.
- Her bir hem molekülü 1mol O₂ bağlar ve 1mol Hb 4 mol O₂ bağlar.
- Deniz seviyesinde genç insanlarda oksijen saturasyonu %97-98 civarındadır
- Eritrosit hacminin %34'ü Hb'dir.

Oksijen-hemoglobin disosiyasyon eğrisini kaydıran faktörler



- 1. pH'nın (hidrojen iyonlarının artması) normal değerden düşmesi sağa kaydırır,
- 2. CO₂ konsantrasyonunda artma (sağa kaydırır)
- 3. Vücut sıcaklığında artma (sağa kaydırır)
- 4. 2,3- difosfogliserat (DPG) artması (sağa kaydırır)
- Eğrinin sağa kayması, akciğerlerde kanın oksijenlenmesinin artması ve oksijenin kandan dokulara geçişinde anlamlı bir etki var demektir.

O₂ Disosiasyon Eğrisinde Kayma





- Egzersiz, bazı hormonlar (tiroid ve büyüme), yüksek yerlerde yaşama, anemiler, hipoksiye neden olan hastalıklar alyuvarlarda 2,3 difosfogliserat (DPG) artışına neden olur.
- 2,3 DPG hemoglobine bağlanma konusunda O_2 ile yarışır ve O_2 'nin bağlanacağı kısımları doldurduğu için O_2 kana salınır

Co₂ Transportu



- Kanın her 100 ml' sinde 4 ml CO₂ dokulardan AC 'e taşınır.
- **Co₂ transportu:**
 - Çoğu bikarbonat iyonu (HCo₃⁻) (% 70)
 - Çözünmüş Co₂ (% 7)
 - Hemoglobine bağlanmış olarak Co₂ (% 23) (Carbaminohemoglobin)

İnnervasyon



- Terminal bronşcuklara kadar n.vagus ve sempatik sinirlerle innerve edilirler.
- Sempatik uyarı bronşları gevşetir.
- Parasempatik uyarı bronşları kasar.

Solunum Kontrolü



- Solunum spontan olarak santral sinir sistemi tarafından başlatılır.
- İnspiryum ve ekspiryum beyin sapındaki nöronlar tarafından otomatik oluşturulur.

Solunum merkezleri



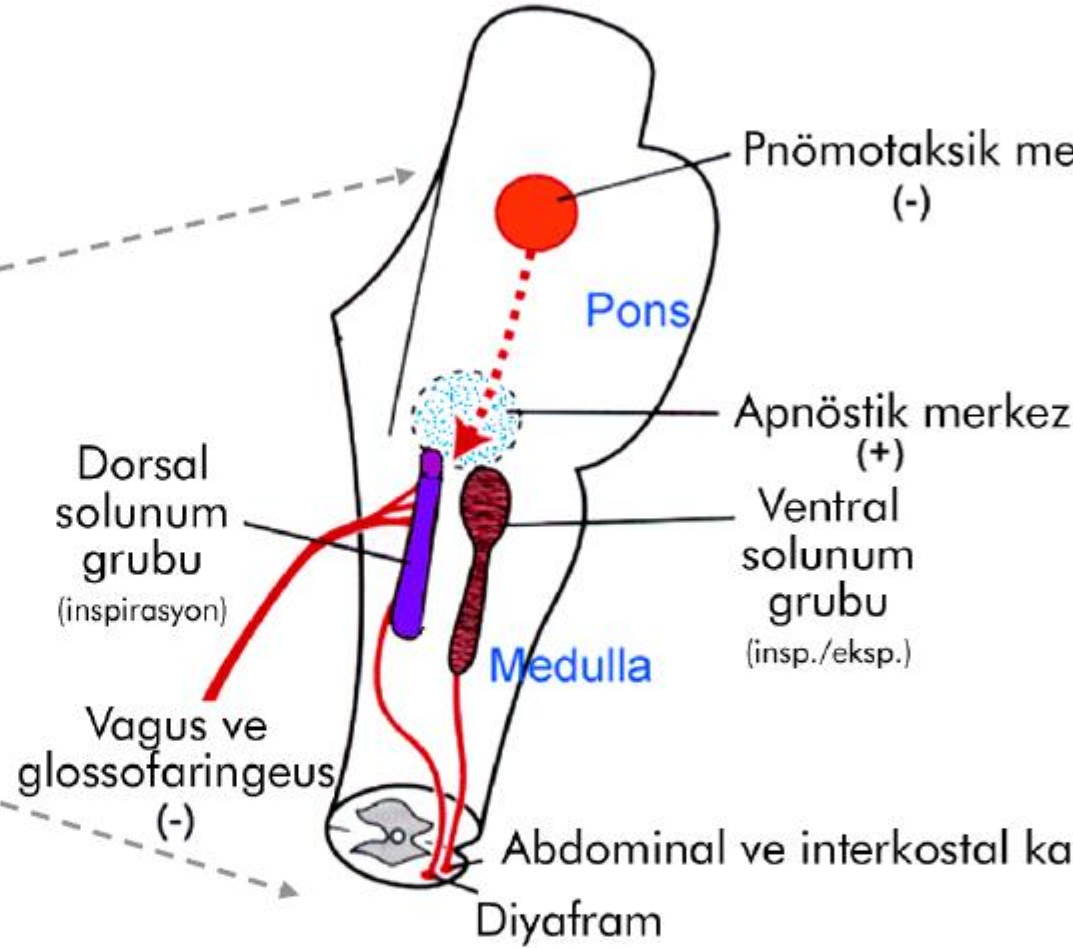
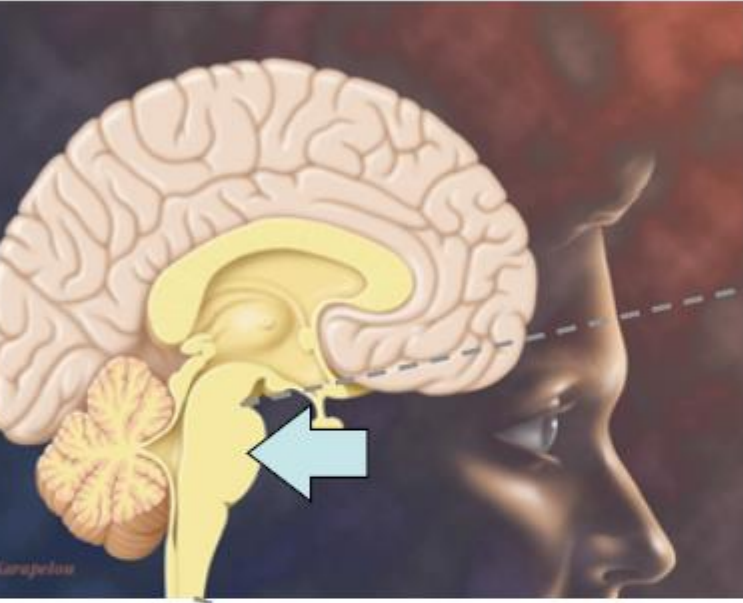
- Beyin sapının **medulla oblangata** ve **pons** bölgelerinde bulunan **nöron grupları** solunum işlevinin düzenlenmesinden sorumludur.
- Refleks bir düzenlemedir.
- Periyodik olarak solunum kaslarına uyarılar göndererek solunum frekansının ve derinliğinin ayarlanmasını sağlarlar.

Medullanın solunum merkezleri



- Fonksiyon olarak 3 farklı alanda incelenir:
- 1. dorsal respiratuvar grup (DRG)
(inspirasyon)(diyafram ile ilişkilidir)
- 2. ventral respiratuvar grup (VRG) (ekspirasyon ve yedek inspirasyon)
- 3.pnömotaksik merkez (solunum hızı ve derinliği)(inspirasyonu sınırlar)

Solunumun Sinirsel Kontrolü



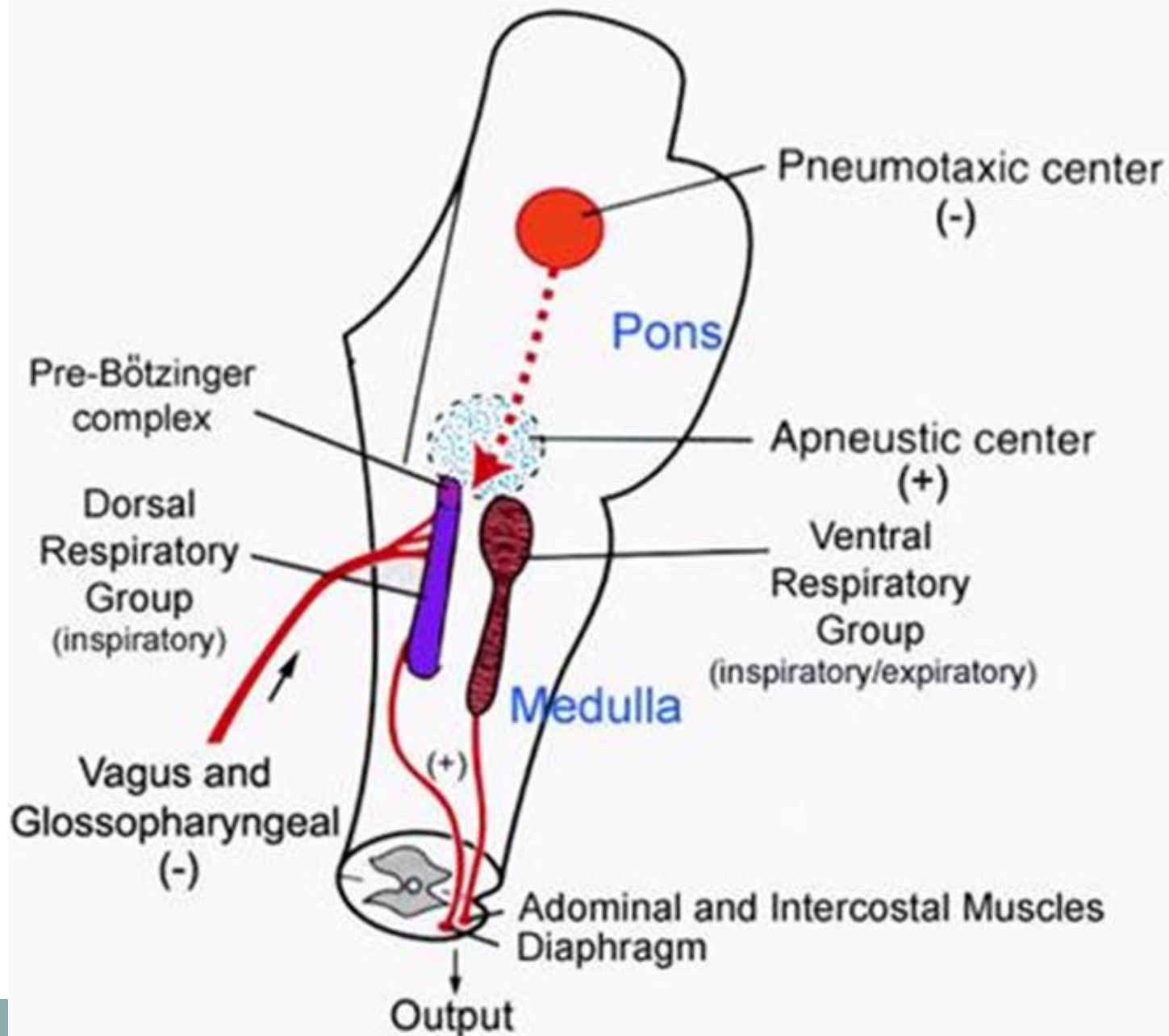
Pons

- Apnöstik merkez?
 - *Dorsal grubu etkiler,*
 - *İnspirasyon derinliği?*
 - *“Rampa”yı uzatır*

İnspirasyonda rampa sinyali



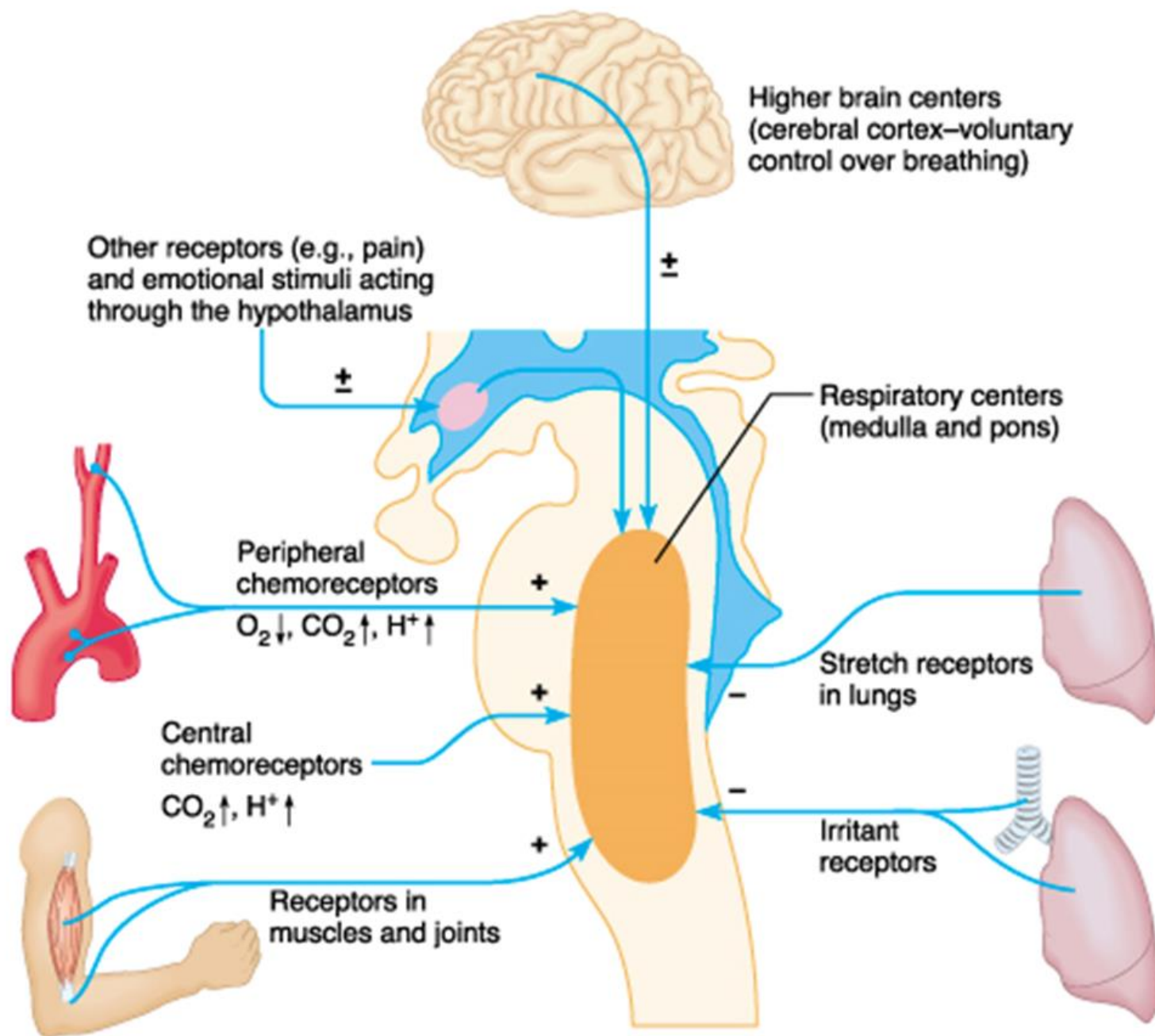
- İnspirasyon kaslarına iletilen sinir sinyali, aksiyon potansiyelinin doğuşu ile anında bir patlama şeklinde gelişmez.
- Önce bu sinyal zayıf başlar sonra rampa tarzında 2 saniye kadar giderek yükselir.
- Sonra bunu izleyen 3 saniye için bu sinyal kesilir.
- Ekspirasyon başlar.
- Döngü halinde devam eder.



Solunum merkezini etkileyen faktörler şunlardır;



- Akciğerlerdeki gerim reseptörlerinden gelen uyarılar (Hering-Breuer genişleme refleksi)
- Eklem kas ve tendonlardaki propioreseptörlerden gelen uyarılar,
- Kandaki H iyonu artışı,
- Aort kavsi ve karotid arterlerde bulunan kimyasal reseptörlerden (bu reseptörler kandaki PCO_2 , PO_2 ve PH değişikliklerine duyarlıdır) gelen uyarılar.
- Deri ve vücut ısısında meydana gelen değişiklikler,
- Hormonal (örneğin epinefrin) ve sinirsel faktörler



Solunumu Düzenleyen Kontrol Mekanizması

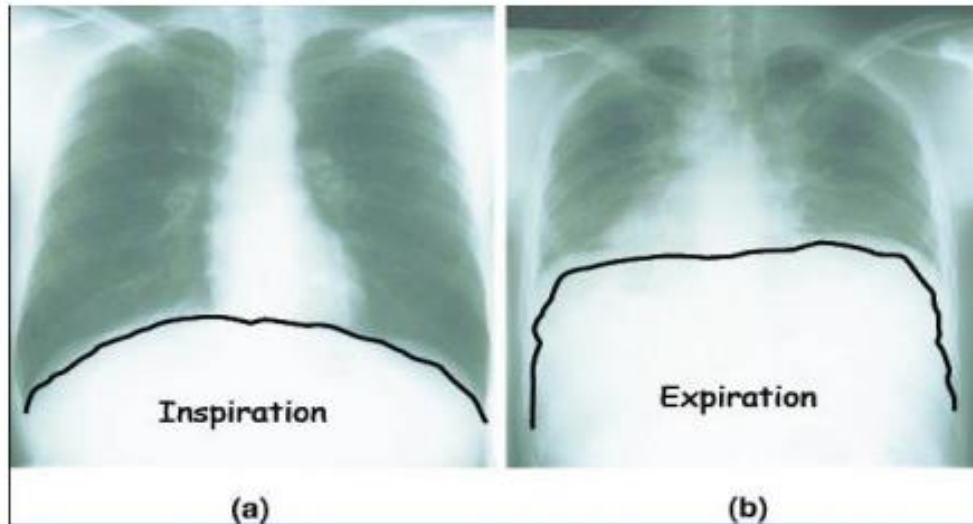


- Medullada bulunan solunum merkezleri,
- Beyinde, aort ve karotid arterlerde bulunan kemoreseptörler,
- Akciğerlerde bulunan gerilim reseptörleri ve
- Serebral motor korteks
- SOLUNUM bu merkezler tarafından özellikle kanın kimyasal yapısında, örneğin, O_2 , CO_2 ve H^+ iyonu konsantrasyonunda meydana gelen değişiklikler tarafından düzenlenir.

Ventilasyon= Havalanma

Dinlenimde ventilasyon :

- ◉ İnspirasyon sırasında diyafram ve dış interkostal kaslar kasılır.
- ◉ Göğüs duvarı genişler
- ◉ Alveol içi basınç düşer
- ◉ Hava akciğere dolar
- ◉ Atmosfer basıncı ve alveol içi basınç eşitlenir



Dinlenimde ventilasyon



- Dakika ventilasyon: 1 dakikada inspire ya da ekspire edilen hava miktarıdır.
 - Yaklaşık 6 lt
 - Vücut yüzeyi, cinsiyet ve yaş etki eden faktörler
 - **VE=Tidal volüm X Solunum frekansı**
-
- $VE = 0.5 \text{ lt} \times 12 \text{ soluk /dk} = 6 \text{ lt/dk}$



Egzersizde Ventilasyon



- Egzersizde ventilasyon Artar
- Şiddetli egzersizde;
- Solunum derinliği artar. Tidal volüm 2 lt'ye çıkabilir
- Solunum sıklığı artar: Dakikada 35-45
- Elit sporcularda dakikada 60-75

- $2 \text{ lt} \times 35 = 70 \text{ lt}$

- $2 \text{ lt} \times 75 = 150 \text{ lt}$



Bu değerleri dinlenim durumundaki ventilasyon ile karşılaştırınız.

Ventilasyon deęişiklikleri



- Egzersiz sırasında
- Egzersizin başlamasından önce →
- Egzersizin bitiminden sonra görülür.



Egzersizden önce ventilasyon artışı egzersizden hemen önce başlar.

- Bu artışın nedeninin serebral korteksten çıkan uyarılar olabilir

Egzersiz Sırasında Ventilasyon Artışı

- Başlıca neden: egzersiz sırasında üretilen CO₂ düzeyindeki artış.

Egzersiz

İlk birkaç saniyede hızlı artış: Nedeni kas ve eklem reseptörlerinin uyarılması

Hızlı artışı takiben yavaş artış.

- Eğer yüklenme maksimal şiddetin altında ise (submaksimal) artış kararlı düzeye (steady state) ulaşana dek devam eder.
- Maksimal egzersizlerde kararlı düzey oluşmayıp ventilasyon artışı egzersiz sonlandırılıncaya kadar devam eder.

Egzersizin Bitiminden Sonra Ventilasyon Artışı



- Egzersiz bitirilince ventilasyonda hızlı bir azalma görülür,
- Bu durum kas ve eklem reseptörlerindeki motor aktivitenin kesilmesi nedeniyledir.
- Ani azalmanın ardından yavaş ve dereceli azalma devam eder.
- Bu durum CO₂ üretimindeki azalma ile ilişkilidir.

Egzersizde Ventilasyon



- Antrenmalı kişide antrenmansız kişiye nazaran düşük ventilatuvar yanıt oluşur.
- **Düşük ventilatuvar yanıt:** Aynı iş yükü ve oksijen kullanımında daha düşük ventilasyon gereksinimi olması
- Daha çok dayanıklılık sporcularında gözlenir
- Nedeni: Periferik kemoreseptörler ve genetik nedenler olabilir.

Alveoler Ventilasyon Hızı



- Dakikada alveollere ve öteki bitişik gaz değişim alanlarına giren yeni hava hacmi
- Nasıl hesaplanır?
- Soluk hacminden ölü boşluk hacminin çıkartılması ile
- $(500-150) \times 12 = 4200$ ml dir.
- Dinlenimde alınan havanın % 70 i alveoler ventilasyona katılırken % 30 u ölü boşluktadır.

Orta Şiddetteki Egzersizde



- Soluk hacmi artar.
- Örn: Soluk Hacmi =1,6 lt,
- Ölü Boşluk=0,3 lt,
- Solunum frekansı=25 ise
- Alveolar ventilasyon =
- $(1,6 - 0,3) \times 25 = 32,5 \text{ lt/dk}$

Anaerobik eşik



- Aerobik enerji üretiminin gereksinimi sağlayamadığı ve anaerobik metabolizmanın devreye girdiği egzersiz düzeyi ve iş yoğunluğu düzeyi
- Bazı yazarlara göre: Laktik asidin artmaya başladığı iş yükü düzeyi

Terminolojide farklılıklar



- **Anaerobik eşik** = Metabolik eşik değeri
- Metabolik eşik değeri kullanılan metoda göre de adlandırılabilir.
- Gaz değişim metodu ile ölçüm yapılıyorsa: **Gaz değişim eşik değeri**
- Kan laktat değerleri ölçülerek belirlenirse: **Laktat eşik değeri**

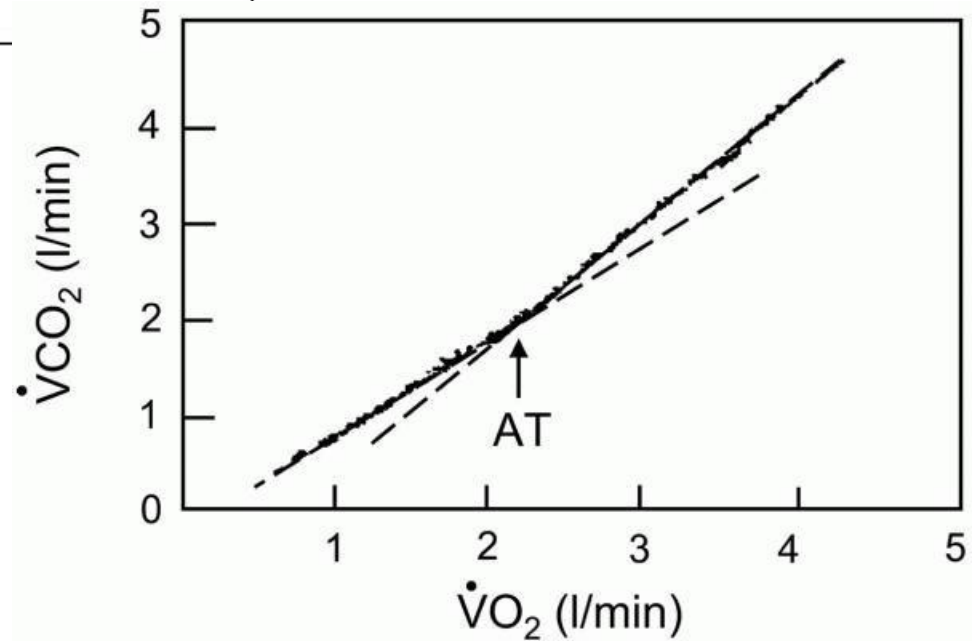
Anaerobik eşik



- Kanda: Laktik asid, pH ölçümü ile saptanabilir.
- Solunum havasında:
 - CO₂ üretimindeki artıştan saptanabilir. Anaerobik metabolizma aktif olduğunda ekstra CO₂ artışı oluşur.
 - Dakika ventilasyonu da anaerobik eşikle ilişkili değişir.



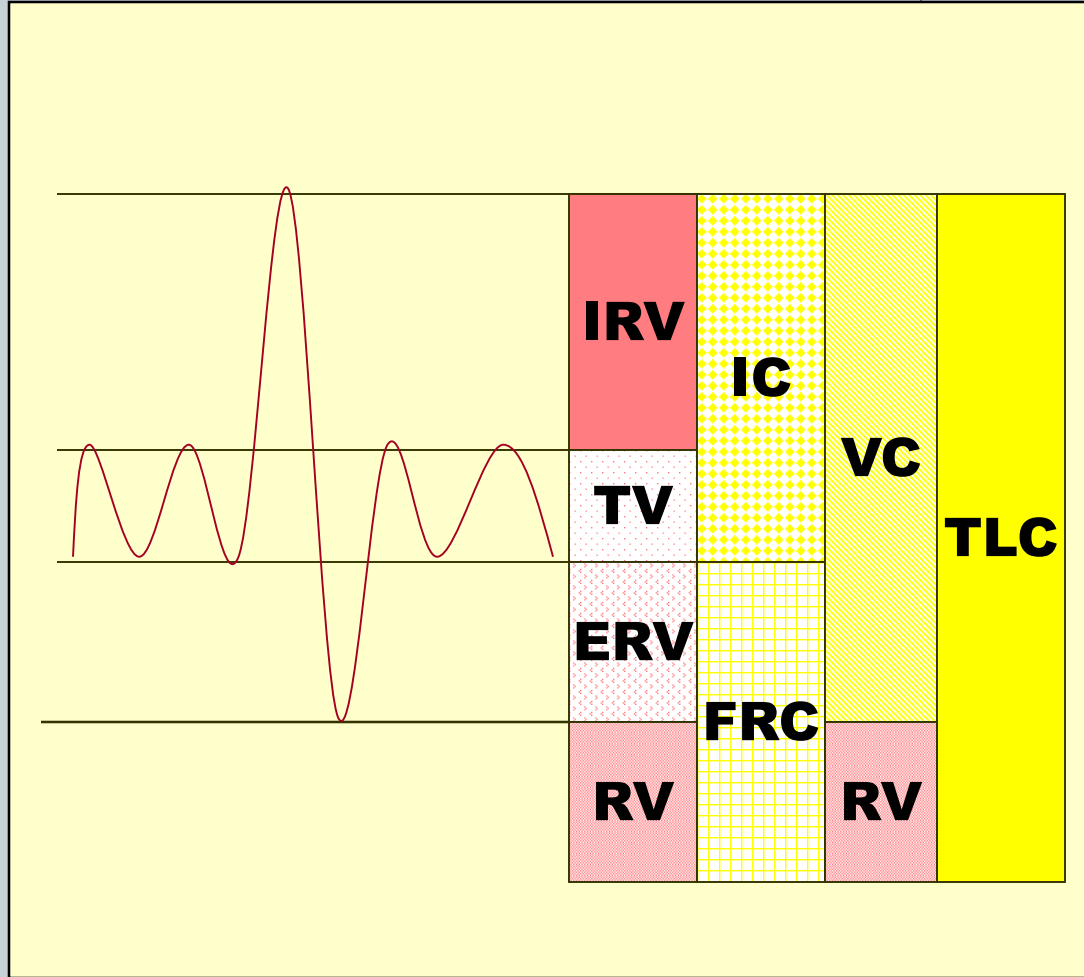
Anaerobik eşik, kan laktat düzeyi ya da $\dot{V}CO_2$ incelenerek bulunur



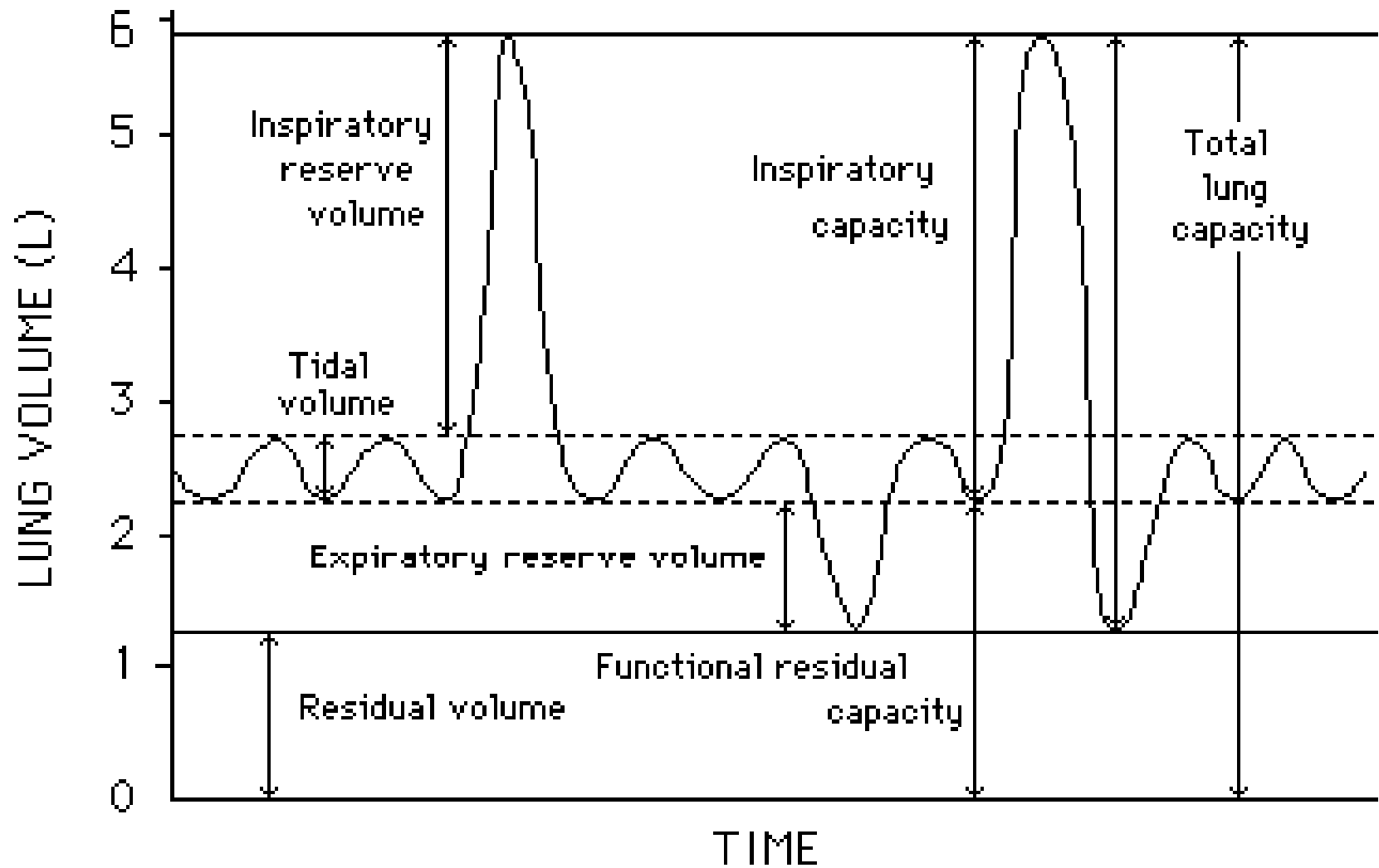
Spor yapan kişilerde akciğer hacim ve kapasiteleri

- Bazı sporcularda akciğer kapasiteleri daha büyüktür.
- Ancak genel olarak sporcu ve spor yapmayanlar arasında belirgin ve kesin farklılık yoktur.
- Olası farklılık nedenleri??
- Genetik? Vücut boyutu? Antrenman tipi?

Akciğer Hacimleri

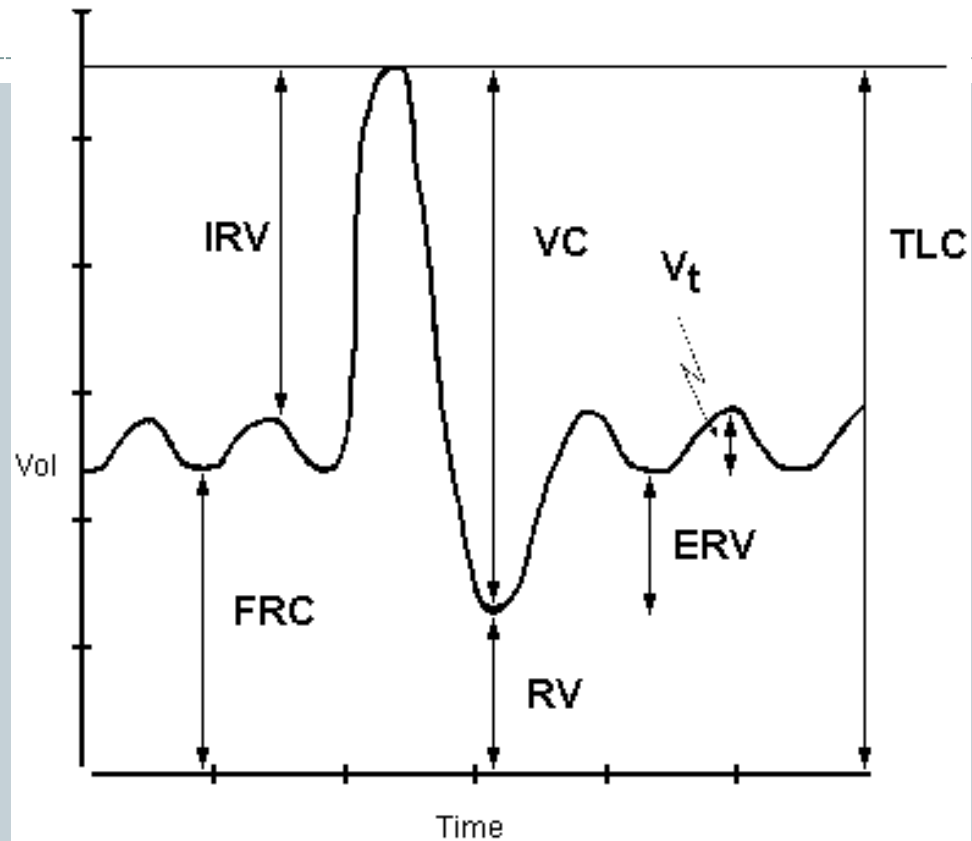


- 4 volüm
- 4 kapasite
- 2 veya daha fazla akciğer hacminin toplamı



- soluk hacmi (tidal hacim)
- inspirasyon yedek hacmi
- ekspirasyon yedek hacmi
- vital kapasite

Akciğer hacim ve kapasiteleri siprometre ile ölçülür.
Spirometri oldukça yararlı bilgiler sağlamasına rağmen;



- rezidüel hacim,
- fonksiyonel rezidüel kapasite ve
- total akciğer kapasitesi ölçümünde farklı testler kullanılır.

Egzersiz Sırasında Akciğer Hacim ve Kapasiteleri



- Egzersiz sırasında dakika ventilasyonda artış sağlamak için soluk hacmi artar.
- Buna bağlı olarak inspirasyon yedek hacmi ve ekspirasyon yedek hacminde azalma olur.



- Bir maratoncu aynı boy ve kilodaki normal bir insana göre benzer vital kapasiteye sahiptir.
- Yüzme, su topu ve dalma ile uğraşan sporcular göğüs kafesine suyun baskısı nedeniyle ek bir dirençle karşılaştıklarından vital kapasiteleri artmış olabilir.
- Vital kapasite artışı inspirasyon kapasitesinin artması ve residual volümün azalmasındandır.



Ventilasyon Aerobik Performansı Sınırlar mı ?



- Yaşlı kişilerde ventilasyon maksimal oksijen alımını sınırlayabilir.
- Sağlıklı genç bireylerde deniz seviyesindeki egzersizlerde ventilasyon aerobik performansı sınırlamaz
- Neden ?



- Ventilasyon (VE) artışı kalp debisi artışından daha fazladır.
- Debi 5-6 kat artarken (5 lt/dk'dan 25-30 lt/dk'ya),
- VE 32 kez (6 lt/dk'dan 190 lt/dk' ya) artar.
- Ventilasyondaki artma yeteneği kalbin kan pompalamasındaki artış yeteneğinden daha fazladır.



- Egzersiz sırasında ventilasyonun oksijen kullanımına oranı da artar.
- Dinlenimde ventilasyon 6 lt iken dokuların kullandığı oksijen 0,25 lt dir.
- Dinlenimde $VE/VO_2 = 6/0,25 = 24$.
- Maksimal bir egzersizde bu değer 190/5 ile 38 e yükselir.
- O halde ventilasyondaki artma yeteneği oksidatif metabolizmadaki artma yeteneğinden daha büyüktür.



- (MVV belirli kısa bir süre içinde istemli olarak yapılabilen maksimal solunum hacmidir.)
- Egzersiz sırasında ventilasyonda gözlenen artış hiçbir zaman maksimum istemli ventilasyonda (MVV) gözlenen artışın üzerine çıkmaz.
- MVV her zaman daha yüksek değerdedir.
- Bu bize maksimal bir egzersizde bile akciğerlerin bir miktar daha ventilasyon yapabileceğini gösterir.



- Akciğerlerdeki alveollerin gaz değişim yüzeyi çok büyüktür (50-100 m²).
- Şiddetli egzersizde kalbin pompaladığı kanın yalnızca 0,5 litrelik bir kısmı solunum sistemindedir.
- Yarım litrelik bir sıvı tenis kortunun bir yarısı genişliğindeki yüzeye yayılır.

Ancak; üst düzey sporcularda



- Çok yüksek egzersiz şiddetlerinde solunum sisteminin kanı yeterince oksijenize edemediği gösterilmiştir.
- Üst düzey dayanıklılık sporcularının % 40-50 sinde gözlenen bu duruma egzersizle oluşan **hipoksemi** denir.
- Artan dakika kalp atımı nedeniyle kanın akciğerlerden geçiş süresi kısalmasına bağlı olduğu düşünülmektedir.

