

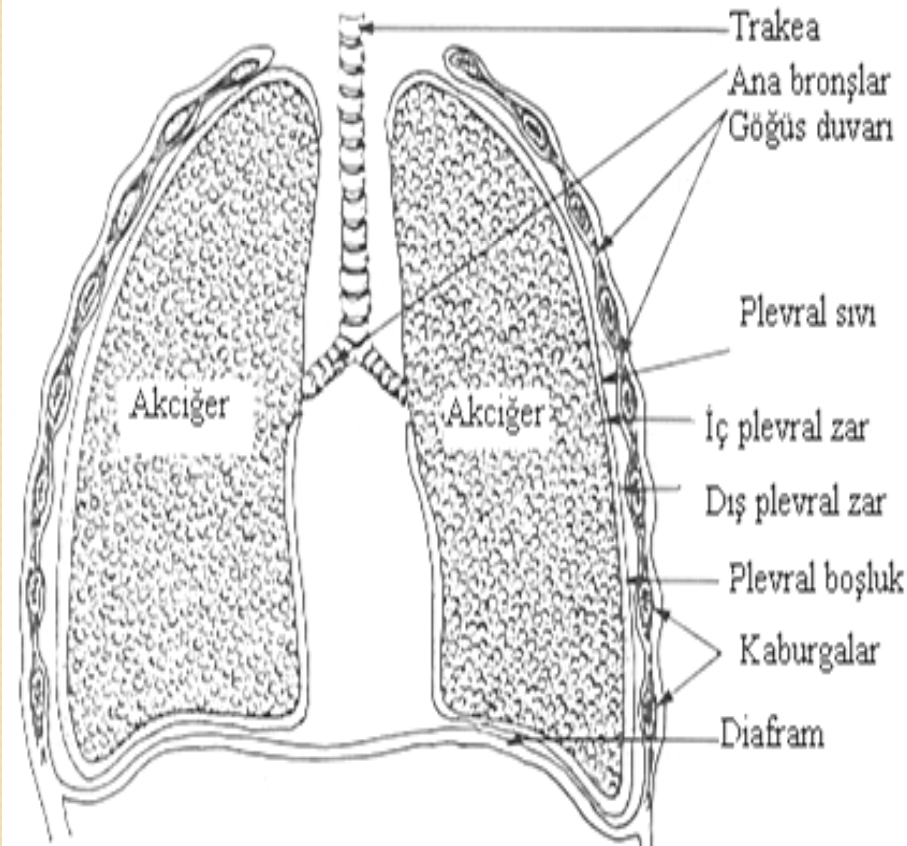


SOLUNUM SİSTEMİ VE EGZERSİZ

- Egzersiz sırasında çalışan kaslar, ihtiyaç duydukları enerji için oksijen (O_2) kullanır ve karbondioksit (CO_2) retir.
- Akciğerler, hava ile kanın karşılaştığı organlardır. O_2 'nin atmosferdeki hava ile kan arasındaki transferini ve büyük bir kısmı metabolik olarak üretilen CO_2 'in vücuttan atılmasını sağlar.

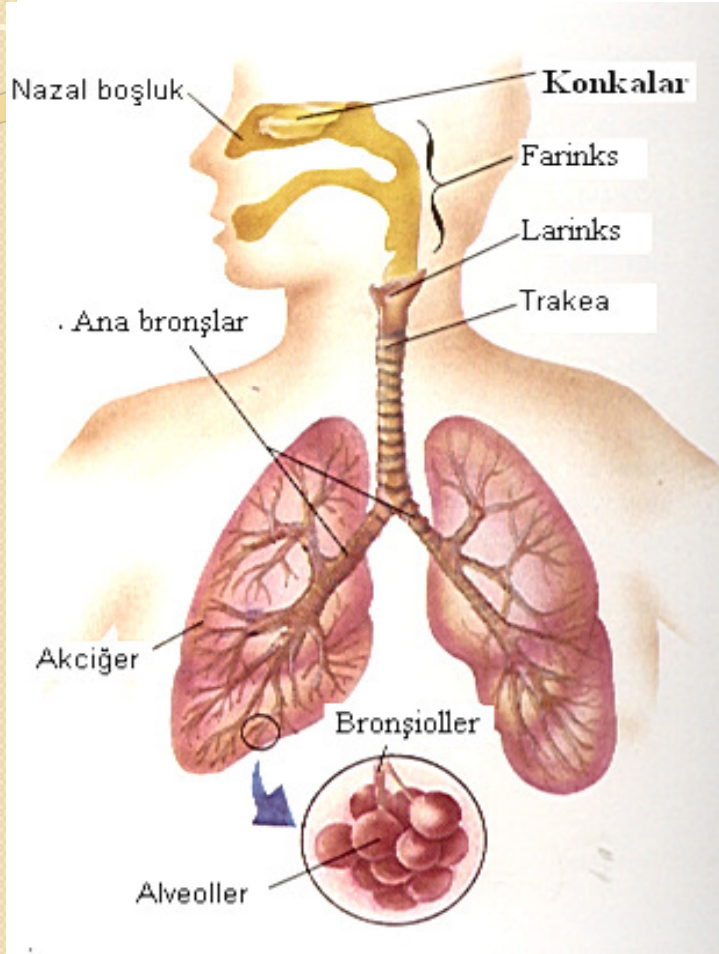
- Akciğerler ve kan arasındaki O_2 ve CO_2 değişimi **ventilasyon** ve **diffüzyon** sonucu oluşur.
- Havanın akciğerlere mekanik olarak girip çıkması işlemine ventilasyon denir.
- Diffüzyon ise, moleküllerin yüksek konsantrasyondan düşük oldukları konsantrasyona doğru yaptıkları rastgele hareketlerdir.
- İstirahatten şiddetli bir egzersize geçilmesi, akciğerlere giren ve dışarı solunan hava hacminde değişikliğe neden olur. Bu miktar, dakikada 6 litreden 160 litreye kadar çıkabilir.

Akciğerlerin Temel Anatomisi



Akciğerler ve kaburgalar arasında yer alan bu iki zar ve aralarındaki sıvı ventilasyon sırasında meydana gelebilecek sürtünmeyi azaltır.

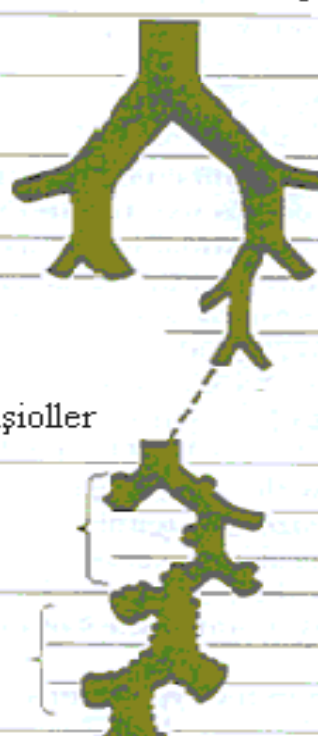
- Hava burun veya ağız yolu ile boğaz olarak da bilinen **farinks**'e (hava ve yiyeceklerin ulaştığı yere) ulaşır.
- Farinksten geçen hava ses tellerini içeren **larinks**'e (ses ve solunum organı) ve oradan da soluk borusu denilen **trakea**'ya ulaşır.
- Trakeadaki hava vücut ısısına göre ayarlanır, filtre edilir, nemlenir ve akciğerlere ulaşır. Trakea akciğerlerde **bronş**'lara, ve daha sonrada **bronşiol**'lere ayrılır.
- Bronşioller, gaz değişiminin meydana geldiği (O_2 'nin kana verilip CO_2 'nin alındığı) hava kesecikleri denilen **alveol**'lerde sonlanır.



Genel olarak, gaz değişimine katılmayan ağız, burun, larinks, trakea, bronşlar ve bronşiollele “**iletim bölgesi**” gaz değişiminin meydana geldiği alveollere ise “**solunum bölgesi**” adı verilir.

Solunum bölgesi İletim bölgesi

Bölümlerin isimleri	Her bölümdeki tüplerin sayısı
Trakea	1
Bronşlar	2
Bronşiollele	4
	8
	16
Terminal bronşiollele	32
	6×10^4
Solunum bronşiollele	5×10^5
Alveolar bölge	



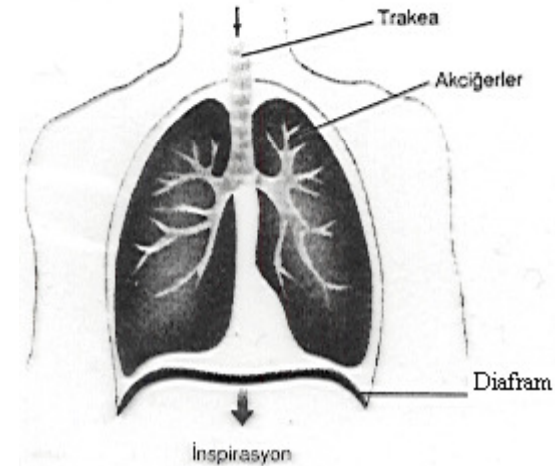
Akciğerlerdeki gaz değişimi alveollerde yapıldığından bu kesecikler vücuttaki organların hepsinden daha fazla kapiller damara (kılcal damar) sahiptir.

VENTİLASYON

- Ventilasyon iki bölümden oluşur: **inspirasyon ve ekspirasyon.**
- Havanın akciğerlere girişine inspirasyon, havanın akciğerlerden çıkışına ise ekspirasyon denir.

İnspirasyon (nefes alma)

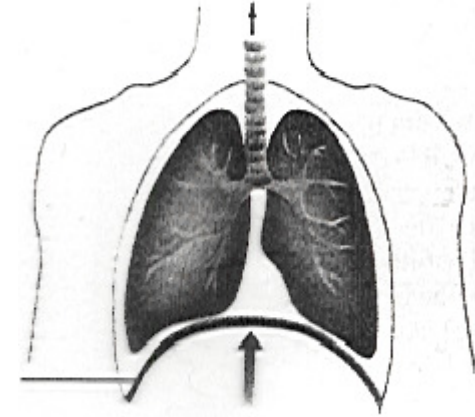
- İnspirasyon sırasında kaburgalar ve sternum (göğüs kemiği), interkostal kaslar ve aynı zamanda diafram kasılır göğüs kafesi ve akciğerler genişler ve hacmi artar.
- Bu durumda akciğerlerin içindeki basınç azalır.
- Basıncın yüksek olduğu dışardan, basıncın düşük olduğu akciğerlere doğru hava akışı meydana gelir ve hava içeriye girer.



Ekspirasyon (nefes verme)

- Diafram ve interkostal kaslar gevşer, göğüs boşluğu daralır, akciğerler sıkışır, akciğer hacmi azalır, alveollerdeki basınç artar,

•ve hava akciğerlerden dışarıya doğru itilir.



Diafram

Ekspirasyon

- **İstirahat ventilasyonu :**

İstirahat sırasında, MDV, cinsiyet ve vücut büyüklüğüne göre farklılıklar gösterir. İstirahat sırasında, ortalama solunum volümü 0.50 L (500 ml) solunum frekansı ise yaklaşık 12 soluk/dak'dır. Bu durumda, maksimum dakika ventilasyonu yaklaşık 6 L/dak olur.

- **Egzersiz ventilasyonu :**

Egzersiz sırasında maksimum dakika ventilasyonu artar. Bunun en önemli nedeni, kasların kullandığı O₂ ve ürettiği CO₂ miktarının artmasıdır.

- Yapılan egzersizin şiddetine bağlı olarak maksimal dakika ventilasyonu, erkeklerde 180 L/dak, bayanlarda ise 130 L/dak gibi değerlere ulaşabilir.
- Solunum frekansı ise, özellikle de şiddetli egzersizler sırasında 12 soluk/dak'dan 35-45 soluk/dak'ya kadar çıkmaktadır.

Alveolar Ventilasyon

- Alveollere ulaşan ve gaz değişimine uğrayan, yani kapiller damarlardaki kanın oksijenlenmesini ve kandaki karbondioksitin akciğerlere geçişini sağlayan hava miktarına **alveolar ventilasyon** denir.

❖ Alveolar ventilasyon;

1) Solunumun derinliği (yani solunum volümü),

2) Solunum frekansı ve

3) Anatomik ölü boşluk miktarı olmak üzere üç faktöre bağlıdır.

Anatomik Ölü Boşluk

- Her solukta akciğerlere alınan havanın tümü alveollere ulaşmaz ve gaz değişimine katılamaz. İşte bu hava volümüne “Anatomik ölü boşluk” denir.

Akciğer Volüm ve Kapasiteleri

İnspirasyon yedek volümü (İYV), normal bir inspirasyonun ötesinde yapılan derin bir inspirasyon ile akciğerlere alınabilen (solunabilen) maksimal hava volümüdür.

Ekspirasyon yedek volümü (EYV), normal bir ekspirasyonun ötesinde derin bir ekspirasyon ile ekspire edilebilen (akciğerlerden dışarı verilebilen) hava volümüdür.

Rezidüel volüm (RV) ise maksimal bir ekspirasyondan sonra, akciğerlerde kalan hava volümüdür.

Vital kapasite (VK), maksimal bir inspirasyondan sonra akciğerlerden dışarı verilebilen, maksimal hava volümüdür. Vital kapasite, solunum volümü, inspirasyon yedek volümü ve ekspirasyon yedek volümün toplamından oluşur.

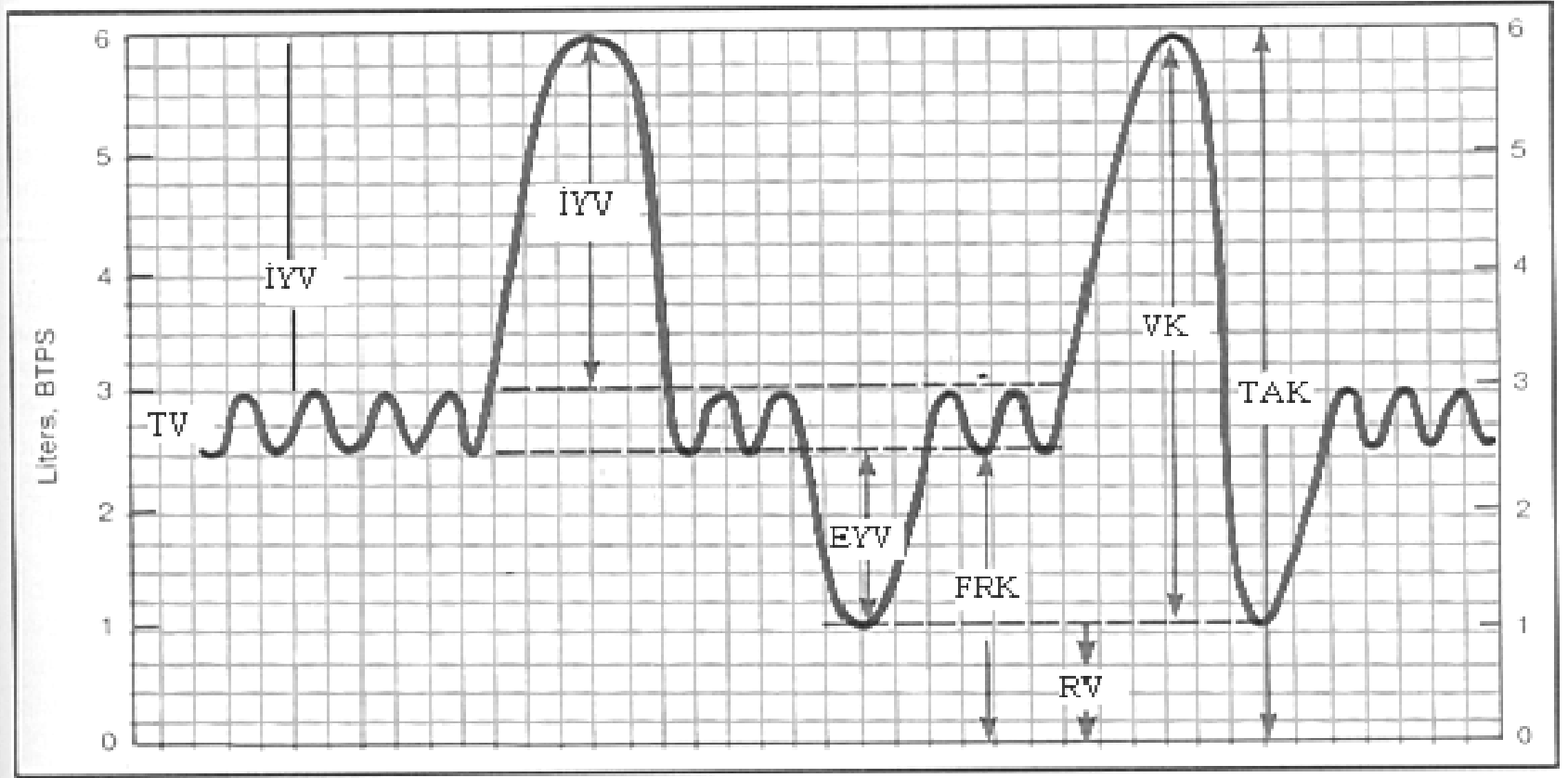
Total akciğer kapasitesi (TAK), maksimal bir inspirasyondan sonra akciğerlerde bulunan hava volümüdür.

İnspirasyon kapasitesi (İK), normal istirahat ekspirasyon düzeyinden sonra, maksimal bir inspirasyonla alınan hava volümüdür. İnspirasyon kapasitesi, solunum volümü ve inspirasyon yedek volümünün toplamıdır.

Fonksiyonel rezidüel kapasite (FRK), normal ekspirasyondan sonra akciğerlerde kalan hava volümüne denir ve ekspirasyon yedek volümü ve rezidüel volümden oluşur.

Zorlu vital kapasite (ZVK), maksimal inspirasyondan sonra süratle ve zorlu olarak yapılan ekspirasyon ile verilen hava hacmidir.

- Bu volüm ve kapasiteler vücut büyüklüğü ve vücut pozisyonuna bağlı olarak değişiklikler gösterir.



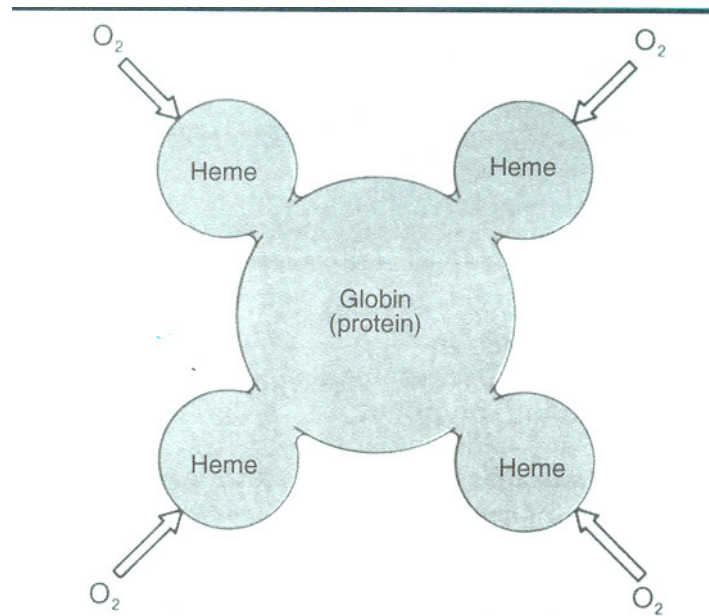
Gazların Kısmi Basıncı

- Solunan hava bir gaz karışımıdır. Bir gaz karışımı içinde her bir gazın uyguladığı bireysel basınca “**kısmi basınç**” adı verilir. Bu basınca **parsiyel basınç** da denilmektedir.
- Solunan hava % 79.04 oranında nitrojen, % 20.93 oranında O₂ ve % 0.03 oranında CO₂'den oluşmaktadır.
- Deniz seviyesinde atmosferik basınç (veya barometrik basınç) yaklaşık olarak 760 mmHg'dır.

Kanda Oksijen ve Karbondioksitin Taşınması

- Oksijen kanda kırmızı kan hücrelerinde (= alyuvar = eritrosit) bulunan hemoglobine (Hb) bağlı olarak (% 98) ve kanın sıvı kısmında çözünmüş (% 2) olarak iki şekilde bulunur.
- Çözünmüş O_2 dokuların oksijen ihtiyacının küçük bir bölümünü karşılayabilir. Örneğin, istirahatte dakikada ihtiyaç duyulan toplam 250-300 ml oksijenin sadece % 3-4'ü çözünmüş oksijenden sağlanır.

HEMOGLOBİNİN YAPISI



- Vücuttaki yaklaşık 4-6 milyar kırmızı kan hücresi içinde bulunan hemoglobinin O₂ taşıma kapasitesi, plazmada çözünebilen O₂'den 70 kat daha fazladır.
- Her 100 ml kanda erkeklerde 14-18 gr, bayanlarda ise 12-16 gr hemoglobin bulunur.

Miktar olarak bir gram hemoglobin 1.34 ml oksijen ile birleşir. Her 100 ml kanda ortalama 15 gr hemoglobin bulunur ve bu da her 100 ml kanda 20 ml oksijen olduğu anlamına gelir.
(15 x 1.34 = 20 ml)

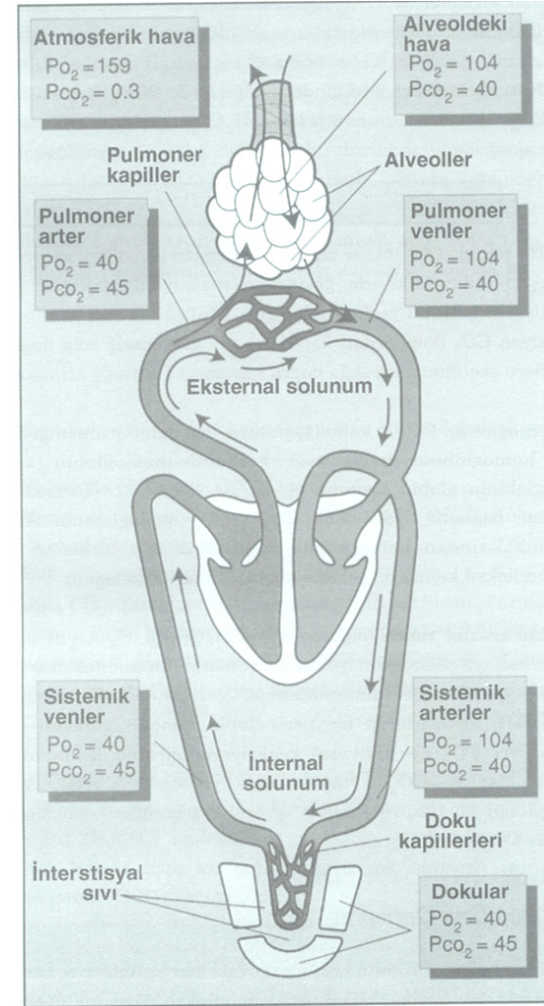
Oksijen-Hemoglobin Ayrılma Eğrisi

- Hemoglobinin oksijen ile birleşmesine oksihemoglobin (HbO_2), oksijenden ayrılmasına ise deoksihemoglobin adı verilir.
- Hemoglobinin O_2 ile birleşmesini etkileyen çeşitli faktörler vardır. Bunlar ;
 - ✓ O_2 ve CO_2 'in kandaki kısmi basınçları,
 - ✓ Kandaki 2,3-difosfogliserat (2,3-DPG) düzeyi,
 - ✓ Kanın ısısı,
 - ✓ pH değeridir.

Karbondioksitin Kanda Taşınması

- Karbondioksit de O_2 gibi kanda taşınır ve kanda 3 değişik şekilde bulunur.
 - Plazmada çözünmüş CO_2 olarak,
 - Karbonik asitten ayrılan bikarbonat iyonu (HCO_3^-) olarak,
 - Hemoglobine bağlı olarak.

EKSTERNAL VE İTERNAL SOLUNUM



- **Oksijen Taşınması ve Dokular Tarafından Alımına Etki Eden Faktörler**

Oksijenin dokulara taşınması ve dokular tarafından alınımı üç önemli değişkene bağlıdır;

1. Kandaki O₂ miktarı
2. Kan akımının miktarı
3. Bölgesel koşullar

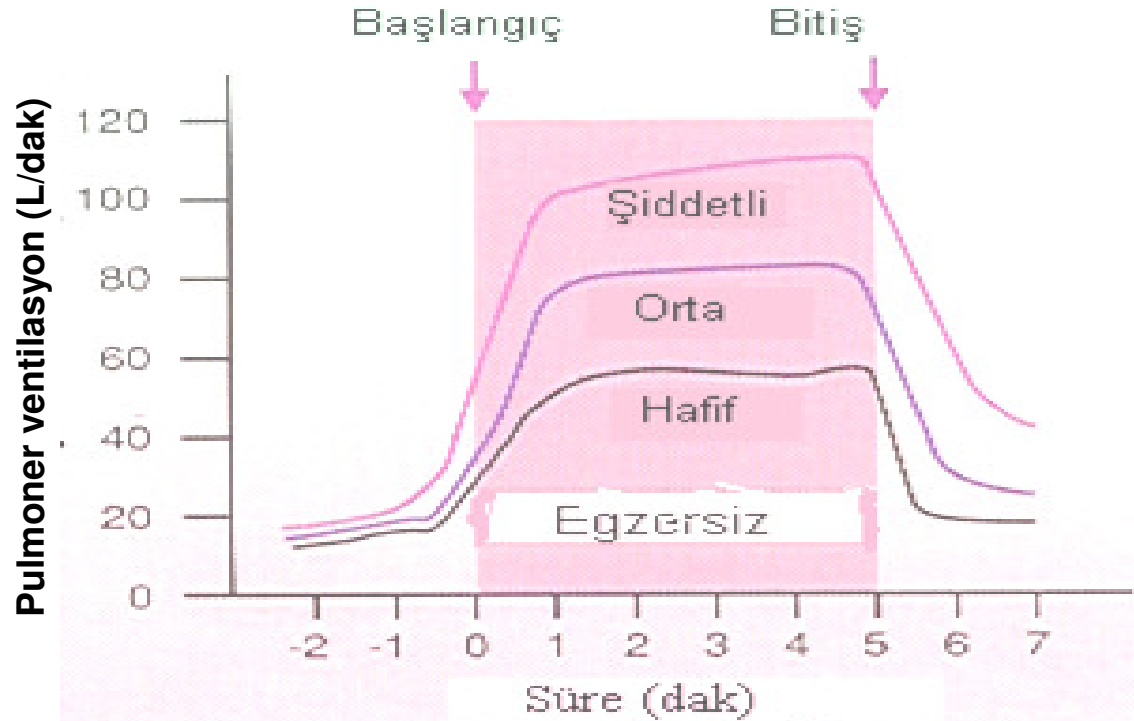
- Egzersiz sırasında oluşan bir çok bölgesel değişiklikler kaslara giden ve kaslar tarafından alınan O_2 miktarını etkiler.
- ❖ Örneğin, egzersiz laktik asit üretimini artırır. Ayrıca egzersizden dolayı artmış olan metabolizma, CO_2 konsantrasyonunu ve kas ısısını da yükseltir.
- ❖ Bu da kaslara ulaşan O_2 miktarının ve kullanımının artmasına neden olur.

Karbondioksitin Kaslardan Uzaklaştırılması

Doku ve kapiller kan arasındaki kısmi basınç farkına bağlı olarak, CO_2 hücrelerden basit diffüzyon yolu ile uzaklaştırılır.

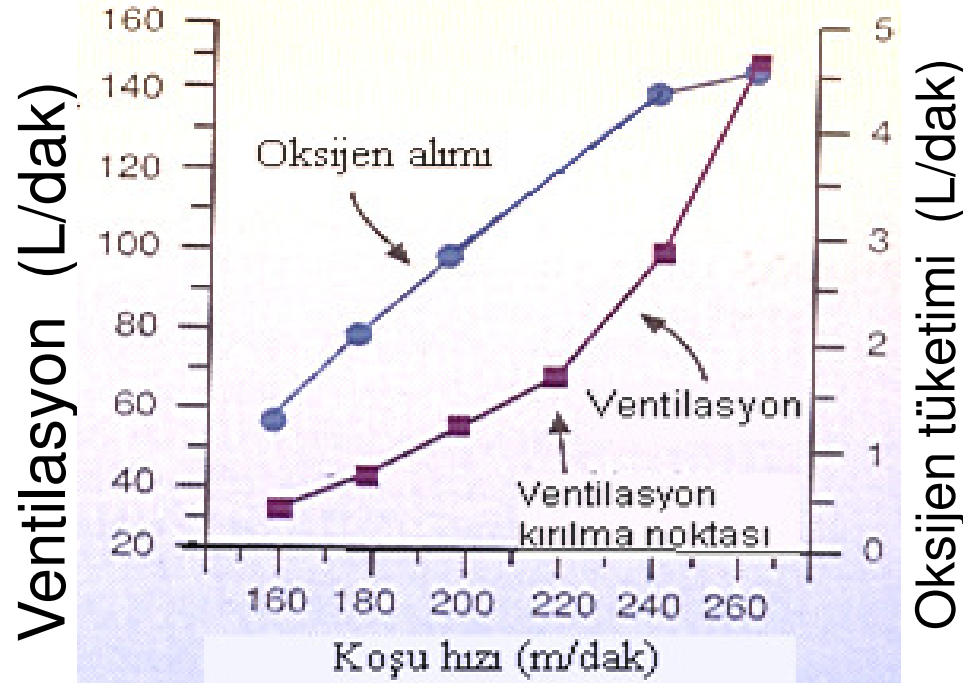
Egzersiz Sırasında Ventilasyon

- ◆ Fiziksel aktivitenin başlaması ile birlikte solunumda iki aşamalı bir artış meydana gelir. Solunumda ani oluşan hissedilebilir artışı, solunum derinliğinde ve frekansında oluşan daha dereceli bir artış izler.



Ventilasyonun Kırılma Noktası

- Egzersiz şiddeti maksimuma doğru yükselirken, belli bir noktada solunum oksijen tüketimine oranla daha orantısız bir şekilde artar. Bu nokta “**ventilasyonun kırılma noktası**” olarak isimlendirilir.



- **Laktat eşiği ve Anaerobik Eşik:**
Oksijen tüketiminde bir artışa neden olmadan orantısız şekilde artan solunum, ventilasyonun kırılma noktasının laktat eşiği ile bağlantılı olabileceği fikrine neden olmuştur.
- **Ventilasyon değişim oranı** (respiratory exchange ratio = RER), CO₂ üretiminin O₂ tüketimine olan oranıdır.

Asit-Baz Dengesinin Solunum Tarafından Düzenlenmesi

- Karbonhidrat, yağ ve protein metabolizmaları sonucunda inorganik asit üretilir. Bu asitler ayrışarak vücut sıvılarındaki H^+ iyonu konsantrasyonunu artırır.
- Serbest H^+ iyonu etkisini azaltmak için, kan ve kaslarda H^+ iyonu ile birleşip onu tamponlayan veya nötralize eden bazı **alkali maddeler** bulunur.

❖ **H⁺ iyonu konsantrasyonu genellikle pH değeri ile ifade edilir ve aralarında ters bir ilişki vardır.**

• Vücut sıvılarındaki H⁺ iyonu konsantrasyonu arttığında, pH değeri düşer. Bu duruma **asidik durum** veya **asidoz** adı verilir.

• Vücut sıvılarındaki H⁺ iyonu konsantrasyonu azaldığında, pH değeri artar. Bu duruma da **bazik durum** veya **alkaloz** denir.

Performansı Kısıtlayan Solunum Faktörleri

- Dokularda oluşan tüm işlemlerde olduğu gibi, akciğer solunumu ve gazların taşınması için de enerji gerekir.
- Solunum frekansı ve derinliği arttıkça, harcanan enerji de artar.
- Maksimum egzersizlerde bile, ventilasyon kişinin maksimum kapasitesine (istemli olarak havayı akciğerlere taşımak için yapılan solunum) kadar zorlanmaz. Bu kapasite, **maksimal istemli ventilasyon (MİV)** olarak isimlendirilir.

- Bazı araştırmacılar, birkaç saat süren zorlu solunumun (maraton koşusunda olduğu gibi) glikojen depolarının tükenmesine ve solunum kaslarının yorulmasına neden olabileceğini iddia etmişlerdir.



✓ Havayolunun direnci ve akciğerlerdeki gaz diffüzyonu, normal ve sağlıklı kişilerde egzersiz yapmaya bir engel oluşturmaz.

- Maksimal egzersizler sırasında bile, akciğerlerden gelen kan oksijen ile yaklaşık doymuş durumdadır. Ancak, çok şiddetli egzersizlerde normalin üzerinde oksijen tüketen kişiler, bazı solunum engellemeleri ile karşılaşabilirler.



- Hava yollarının çapı, normalden daha dar olan kişilerde solunum sistemi performansı sınırlayabilir. Örneğin, astım hastalığı, bronşların daralmasına (bronkospazm) ve mukoz membranlarda ödeme neden olur.