Solunum Sistemi

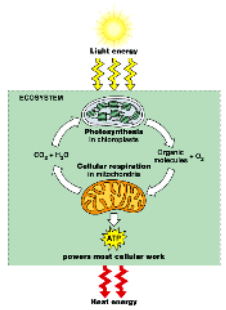
Doç. Dr. Hasan KOÇ

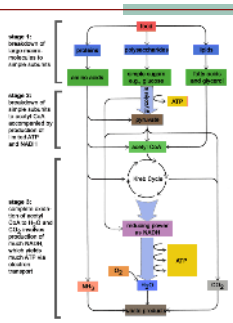
Solunum sisteminin fonksiyonları

- Primer görevi:
  - O_2 - CO_2 değişimidir.
- Sekonder görevleri ise:
  - Ses oluşumu
  - Balon şişirme, üfleme, gülme, hapşırma gibi günlük aktiviteler.
  - Kanın hidrojen iyon konsantrasyonunu (pH) düzenler.
  - Solunum sistemi kasları urinasyon, defekasyon, doğum gibi faaliyetlerde karın kaslarına yardımcı olur.
  - Mikroplara karsı vücudu savunur.
  - Kan pıhtısını tutar ve eritir.



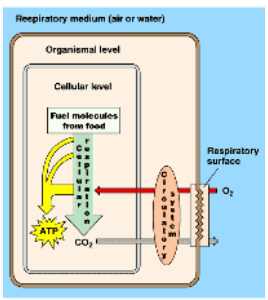
Hücresel solunum





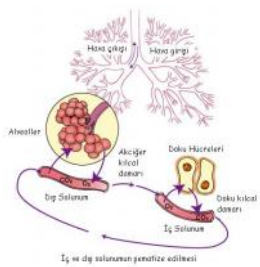
Solunum sistemi

- Hücresel solunumda besin maddeleri parçalanarak enerji elde edilir.
  - Burada O_2 kullanılırken su ve CO_2 meydana gelir.
  - Hücresel solunumun devamı için sürekli oksijene ihtiyaç duyulurken artık maddelerin de (CO_2) dışarıya atılması gerekir.
- Omurgalılarda gaz iletimi ve artık maddelerin gerekli organlara taşınması için kan, aracı olarak kullanılır.
- Artık maddelerden gazlar solunum, sıvı maddeler ise boşaltım sistemiyle atılır.



Solunum sistemi

- Genel olarak solunum sistemlerinin başlıca iki fonksiyonu vardır.
  - Dış çevre ile kan arasındaki gaz alışverişi (dış solunum). O_2 kandan alveollere, CO_2 alveollerden kana geçer.
  - Kan ile dokular arasındaki gaz alışverişi (iç solunum). O_2 kandan dokulara, CO_2 de dokulardan kana geçer.



İç ve dış solunumun genelleştirilmesi

Hayvanlarda gaz değişimi

- O_2 ve CO_2 difüzyonla pasif olarak deri veya solunumla ilgili özel epitellerden doğrudan doğruya geçerler.
- Gazların transfer oranını artırmak için solunumla ilgili epitel yüzey alanının alabildiğince geniş ve difüzyon aralığının da mümkün olduğunca dar olması gerekir.
  - Solunum yüzeyi (kürenin yüzey) alanını, çapının karesi şeklinde artar. Halbuki bu artış hacimde çapının küpü şeklinde gerçekleşir.
- Küçük hayvanlarda difüzyon için aralık küçük ve hacme göre yüzey alanı büyük, başka bir deyişle yüzey alanı / hacim oranları yüksektir.
- Rotifera gibi çapları 0.5 mm'den küçük hayvanlarda difüzyon gaz transferi için yeterlidir. Bazı hayvanlarda tüm vücut yüzeyi gaz transferine uygundur.

Hayvanlardaki solunumla ilgili adaptasyonlar

- Büyük hayvanlarda solunumla ilgili özelleşmiş yüzeyler mevcuttur.
  - Solunum yüzeyleri tek sıralı epitel hücrelerinden oluşmuş ve 0.5-5 µm kalınlığındadır.
  - İnsanlarda akciğer alveollerinde solunum yüzeyi, yaşa ve akçiğerlerin şişmesine bağlı olarak 50-100 m² arasında değişir. Halbuki vücut yüzeyi 2 m²'den azdır.
- Bir çok hayvanda solunum, solunum hareketleri ile epitel üzerindeki havanın veya suyun değiştirilmesi ile sağlanır.
- Ayrıca büyük hayvanlarda dokular ile solunum epiteli arasında O_2 ve CO_2 transferi için bir dolaşım sistemi gelişmiştir.
  - Kan olabildiğince geniş kılcal damarlar ağından akar ve solunum yüzeyinin hemen altında ince bir şerit halinde yayılır. Böylece mevcut gazların difüzyon aralığı da azaltılır.
  - Bu gazlar yoğun bir kan akımı ile solunumla ilgili yüzeye ve dokular içine taşınır.
- Dokularda gaz transferinin olabilmesi için difüzyon alanının geniş ve hücre ile ona yakın kılcal damarlar arasındaki aralığın az olması gerekir.

Hayvanlardaki solunumla ilgili sorunlar

- Vücut büyüklüğündeki artış genellikle 3 boyutta gerçekleşir. Bu durumda organizmanın hacmine oranla yeterince büyüklükteki yüzey alanının sağlanması sorun olmaktadır. Çünkü yüzey alanı (boyutun karesiyle), hacimden (boyutun küpüyle) çok daha yavaş artar. Bu hızlı enerji tüketimi için daha fazla O_2 isteyen hayvanlar için ciddi bir sorundur.
- Bir diğer sorunda bir çok organizmanın nispeten geçirgen olmayan vücut dış örtülerine sahip olmasıdır. Bu hayvanlara bir çok avantaj sağlarken gaz değişim yüzeyini vücudun belirli bir bölgesiyle sınırlar. Bu durumda yeterli miktarda gaz değişim alanı sağlama sorunu daha da ciddi olmaktadır.
- Hayvanlarda üç boyuttaki artışla sağlanan büyüklüğün getirdiği bir diğer sorun organizmanın vücuda içerisinde derinlerde bulunan bir çok hücrenin gaz değişim yüzeyinden uzak kalmasıdır.
- Gaz değişiminin yapıldığı nemli zarlar ile çevresel ortam arasında doğrudan temas olması zorunluluğu özellikle karasal organizmalar için ciddi sorundur. Nemli zarlar ortama açık olmalıdır. Geniş ince ve nemli yüzeyler genellikle nazik olduklarından ve mekanik hasarlardan kolayca etkilenirler.

Solunum tiplerinin genel özellikleri

- Genel olarak solunum için özelleşmiş yüzeyler vücut yüzeyinin içersine yönelmiş uzantıları ve dışarıya doğru yönelmiş uzantıları olmak üzere iki grup altında toplanabilir.
- Her solunum tipi aşağıdaki temel gereksinimleri karşılayacak tipte gelişmiştir.
  - Yeterince boyuttaki gaz değişim yüzeyi
  - Çevre ile gaz değişimin yapıldığı alandan daha içteki hücrelere gazların taşınması
  - Mekanik zedelenmelerde nazik olan solunum yüzeylerinin korunması
  - Aşırı su kaybına uğramadan gaz değiştirme yüzeyinin nemli tutulması.

Hayvanların oksijen ihtiyaçları

- Hayvanlar genellikle organizasyon düzeyine göre çok değişik aktivasyon ve buna bağlı olarak da farklı oksijen gereksinimi gösterirler.
- Organizasyon düzeyi düştükçe oksijene duyarlılık azalır.
- Bazı anaerobik canlılar hariç, tüm canlılar oksijene gereksinim duyarlar.
- Zeminde yaşayan bazı canlıların kan pigmentleri oksijen depo etme yeteneğindedir. Böylece oksijen yetersizliğine belirli bir süre dayanabilirler.
- Ayrıca canlıların hareket durumuna göre de oksijen gereksinimi büyük oranda değişir.
  - Örneğin, hareketsiz duran bir farede oksijen gereksinimi 2 500 mm3 O_2 /gr/saat iken, hareket halindeki farede 20 000 mm3 O_2/gr/saat'dir.

Hayvanlarda gaz değişimi

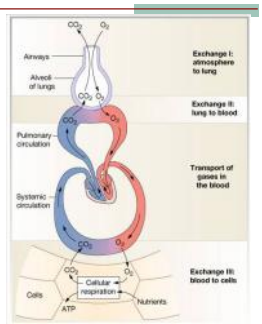
- Graham kanununa göre bir maddenin difüzyon hızı, onun molekül ağırlığının yada yoğunluğunun kare kökü ile ters orantılıdır.
- O_2 ve CO_2 molekülleri benzer hacimde oldukları için benzer oranda yayılır.
- Bir oksijenin taşınım sisteminin uygun oranlarda CO_2 taşınımını sağladığı düşünülür.

Solunumdaki ana safhalar

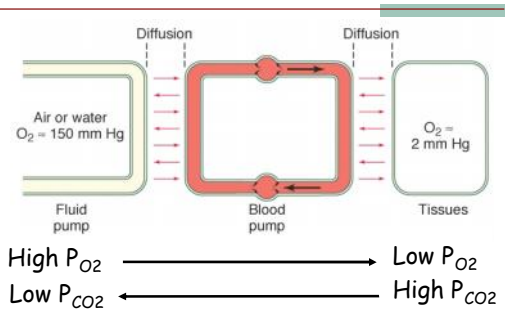
- Akciğer ve solungaçların solunum yüzeylerinde daima bir su ve hava akımını sağlayan solunum hareketlerinin olması
- Solunum epitelinde O_2 ve CO_2 gazlarının difüzyonu
- Gazların yoğun bir biçimde taşınımı
- Doku hücrelerindeki mitokondrilerle kılcal damarların duvarları arasındaki O_2 ve CO_2 difüzyonu

Solunumdaki ana safhalar

1. Ventilation
   - air is moved into and out of the lungs
2. Diffusion
   - gas exchange b/w alveolar air and pulmonary capillaries
   - gas exchange b/w systemic capillaries and tissue cells
3. Perfusion (transport)
   - ventilation and perfusion must be "matched" to support gas exchange (diffusion) at the tissues
4. Regulation
   - responding to metabolic need via homeostatic mechanisms



Omurgalılarda gaz transfer sistemi



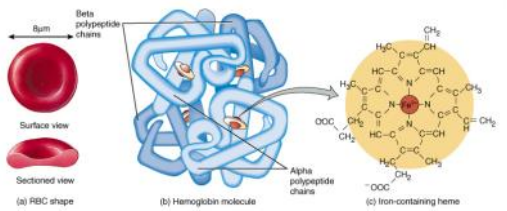
Solunum pigmentleri

- Solunum epitelinden difüz eden O_2, kanın karakteristik rengini veren solunum pigmentleri ile birleşir. En çok bilinen solunum pigmenti kırmızı renkli hemoglobindir.
- Oksijeni tutarak kandaki oksijen miktarını artırır. Solunum pigmenti bulunmazsa kandaki oksijen miktarı düşük olur.
- BUNSEN çözünürlük katsayısına göre 100 ml kanda 2,4 ml oksijen bulunur.
- Bu nedenle hemoglobin bulunmayan 100 ml'lik insan kanında 95 mm Hg'lik basınç (parsiyal = kısmi) basınçta 2,4 x 95/760 = 0,3 ml O_2 bulunur.
- İnsan kanında P O_2 basıncında toplam O_2 miktarı 20 ml.
- Bu 70 katlık artış hemoglobin ile O_2 kombinasyonundan ileri gelir.

Solunum pigmentleri

- Omurgasız hayvanların farklı gruplarında farklı solunum pigmentleri bulunur.
  - Pripulida, Brachiopoda ve Annelida'da *hemerythrin*;
  - Annelida'nın bazı türlerinde *chlorocruorin*;
  - Mollusca ve Arthropoda'da *hemocyanin*
  - Omurgalı ve bir çok omurgasız grubunda *hemoglobin* bulunur.
- Omurgalılar arasında sadece antartik buz balığı kanında solunum pigmenti bulunmaz.
  - Bu nedenle bu balığın kanındaki oksijen miktarı düşüktür. Hemoglobin yokluğu, kan miktarının artması ve kalbin hızlı çalışması ile giderilebilir.
  - Ayrıca düşük sıcaklıklarda yaşamasından dolayı tüm gazlar gibi O_2 de düşük temperatürde yüksek oranda çözünür.

Hemoglobin



HbA	% 96	HbA	2α, 2β
HbA_2	% 2	HbA_2	2α, 2Δ
HbF	% 2	HbF	2α, 2Ω

Hemoglobin

- Cyclostomata (yuvarlak ağızlılar) hariç omurgalı hemoglobininin molekül ağırlığı 68.000 daltondur.
- Her biri 2 polipeptit zincirinden oluşmuş 2 eşit parçadan yapılmış globin proteini ile birlikte demir içeren 4 porfirin halkası içerir.
- Hemoglobin yaklaşık olarak eşit ağırlığa sahip 4 alt üniteye sahiptir.
- Bu ünitelerin her biri bir polipeptit zincirine ve bir hem grubuna sahiptir.

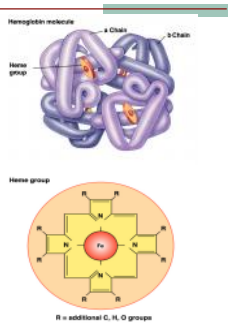
Hemoglobin (Hb) + Oksijen (O_2) ⇒ Oksihemoglobin (HbO_2)

Hemoglobin (Hb) + Karbonmonoksit (CO) ⇒ Karboksihemoglobin (HbCO)

Hemoglobin (Hb) + Karbondioksit (CO_2) ⇒ Karbaminohemoglobin ($HbCO_2$)

Hemoglobin (Hb)

- Increases the carrying capacity of blood for O_2
- Four protein (globin) chains, each attached to an iron-containing heme group
- Each heme group consists of a porphyrin ring with an iron atom in the center
- In humans, there are several forms of globin: α, β, δ, γ ; in adults (2α, 2β) and in fetus (2α, 2λ)
- Form dimers $\alpha_1 \beta_1 \alpha_2 \beta_2$
- Subunit interactions altered when Hb "binds to O_2 or to other molecules

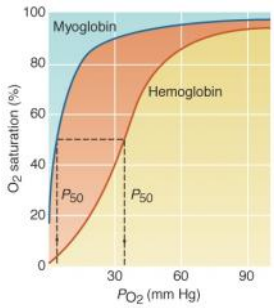


Miyoglobin

- Stores O_2 in vertebrate muscle
- Stores O_2 in vertebrate muscle
- Single heme
- Higher affinity for O_2 than Hb
- Cardiac muscle of diving mammals contain higher (8%) amounts of myoglobin than most mammals (e.g. 0.5% for a dog)

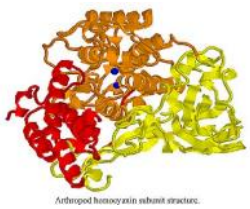


Hemoglobin & miyoglobin



Hemocyanin

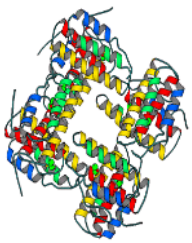
- Present in many invertebrates
- Copper-containing respiratory pigment
- Possesses properties similar to Hb
- No porphyrin ring
- Light blue colour when oxygenated



Arthropod hemocyanin subunit structure.

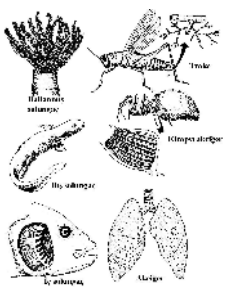
Hemerythrin

- Contains iron but not a porphyrin ring
- Present in the blood of certain marine invertebrates (e.g. sipunculoid worms, polychaetes)

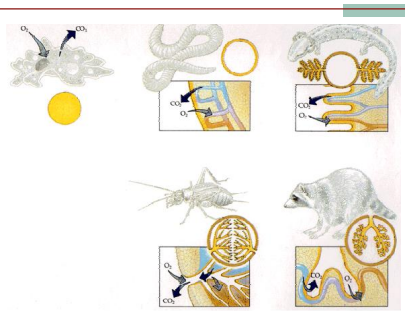


Hayvanlardaki solunum organları

- Dallanmış solungaçlar
- Deri
- Trake (Böcekler)
- Solungaçlar
  - Dış solungaç (Semenderler)
  - İç solungaç (Balıklar)
- Kitapsı akciğer (Örümcekler)
- Akciğerler (Omurgalılar)

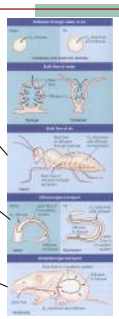


Hayvanlardaki solunum organları



Major respiratory strategies

- Circulating the external medium through the body (sponges, cnidarians, terrestrial arthropods)
- Diffusion of gases across the body surface accompanied by circulatory transport (aquatic invertebrates, terrestrial annelids, some frogs and salamanders)
- Diffusion across a specialized respiratory surface (gills or lungs) accompanied by circulatory transport (most mammals)

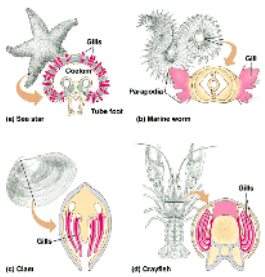


Deri

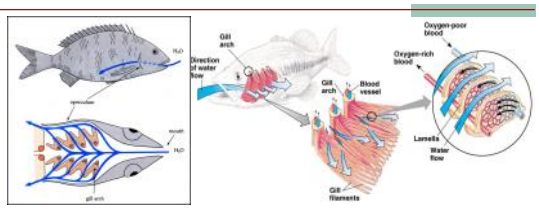
- Bir çok hayvanda deri önemli bir solunum organıdır. Gaz alışverişinin gerçekleştiği deri, özel solunum organı olan hayvanlarda bile az da olsa mevcuttur.
- Kurbağalarda akciğer bulunmasına rağmen deri solunumu insana göre daha önemlidir. İnsan derisindeki ölü tabaka (Stratum corneum) bir dereceye kadar solunumu engeller. Kurbağa derisinde keratin tabakasının çok ince olması, bol kan damarı içermesi, pulsuz olması ve nemli olması deri solunumunu artırıcı faktörlerdir.
- Sudaki oksijen havadan ve su içerisindeki bitkilerin fotosentezinden sağlanır. Sulu ortamda, CO_2'nin difüzyon hızı havadakinden aşağı yukarı 20-30 misli fazladır.
- Deriyle solunum yapan bazı ilkel çok hücreli canlılarda oksijenin vücut içerisine girebilmesi için bazı kanalcıklar ve yarıklar meydana gelmiştir. Ayrıca bu hayvanlarda, su değişimini sağlayabilmek için birçok yapı ortaya çıkmıştır.
- Fakat oksijen, 0,5 mm'den daha kalın olan dokuların içerisine difüzyonla giremez, bu yüzden yardımcı solunum organlarının bulunması gereklidir.

Solungaçlar

- Solunum yüzeyinin kıvrılması ve dallanmasıyla meydana gelir.
- Halkalı solucanlar (Annelida), kabuklular (Crustacea), yumuşakçalar (Mollusca), balıklar (Pisces), amfibi larvaları (Anura) ve tulumlularda (Tunicata) rastlanır.
- Solungaçların dallanması ve tüy şeklinde birçok çıkıntı taşıması, solunum yüzeyini büyülttüğü gibi, kan damarlarınca zengin olması da dış ortamla iç ortam arasında derişim farkının yüksek kalmasını sağlar.

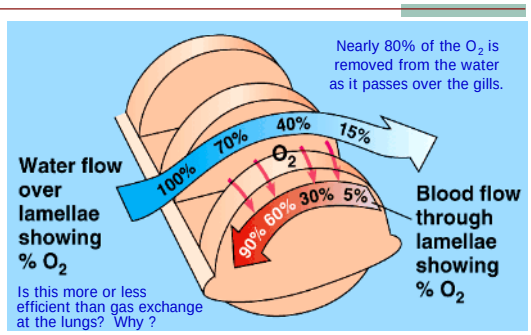


Solungaçlar



- Suda erimiş olan O_2 tek sıralı solungaç epitelinden ve ayrıca tek sıralı solungaç kılcalı epitelinden geçerek kana difüze olur.
- Kana geçen O_2 hemoglobin tarafından tutulur ve dolaşım ile bütün vücut hücrelerine ulaştırılır.

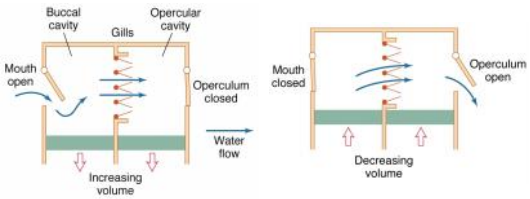
Solungaçlar



Solungaçlar

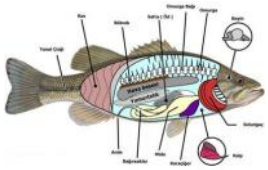
- Oksijenin suda çözünme oranı çok düşüktür. Havada % 21 iken deniz suyunda % 0.5'dir.
- Suda yaşayan hayvanlar O2 ihtiyaçlarını karşılayabilmeleri için solungaçlarını devamlı su akıntısına tutması gerekir.
- Oksijen alımının etkili olması için
  - Midye ve salyangozlarda solungaç ve sil hareketleri
  - Halkalı solucanlarda vücut hareketleri
  - Bazı kabuklularda yüzme hareketleri
  - Balıklarda ağız boşluğunun emme-basma hareketleri önemlidir

Solungaçlar



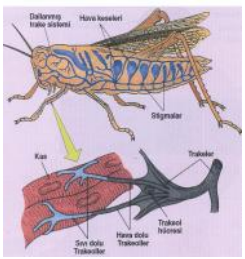
Balıkların Yüzme Kesesi

- Yüzme kesesi kemikli balıklarda gazın doldurulup boşaltıldığı yapıdır.
- Genellikle bir tanedir; çift olarak da bulunabilir.
- Oval kan damarlarıyla donatılmış olduğundan gaz emilmesini kolayca yapar. Fakat gaz doldurmak için "gaz bezi" adı verilen özel bir bez vardır.
- Ayrıca yüzme kesesi, balıkları yüksek su basıncından da korur.
- Bazı balıklarda (Ordo: Batrachioformes), yüzme kesesine bağlı bazı kasların kasılmasıyla, yüzme kesesi titreştirilerek ses çıkartılır.

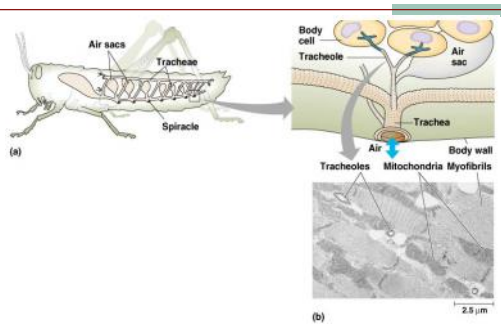


Trake Sistemi

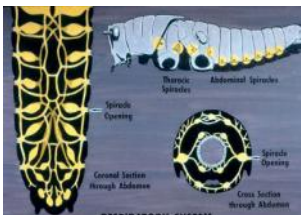
- Eklembacaklıların ve özellikle böceklerin büyük bir kısmında her segmentte "stigma" denilen bir çift delikle dışarıya açılan ve vücudun içerisine bir ağ gibi girmiş bir boru sistemi mevcuttur. Buna **trake sistemi** adı verilir.
- Solungaç ve akciğerlerde O_2 sadece emilmesine karşın, trake sisteminde O_2 dokulara, hatta hücrelere kadar bir taşıma sıvısı (kan, dolaşım sıvısı) olmaksızın direkt taşınır.
- Stigmalardan giren hava, trake kanalcıklarının ritmik hareketleriyle veya çoğu kez abdomen hareketleriyle ve bazen de pasif olarak dokulara kadar ulaşır.

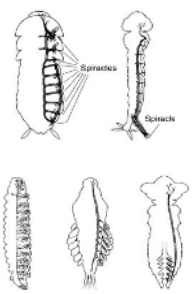


Trake Sistemi



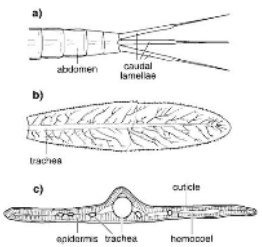
Trake Sistemi



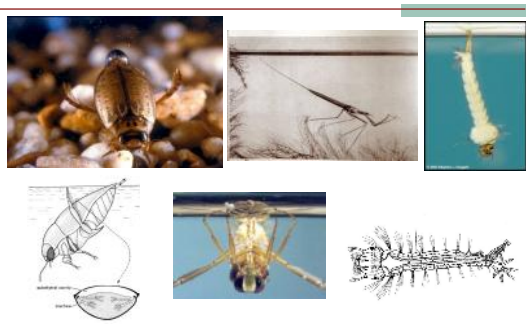


Sucul böceklerde solunum



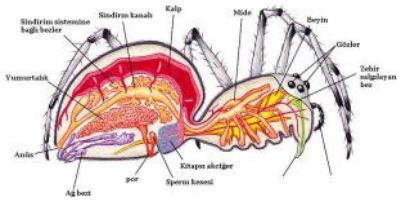


Sucul böceklerde solunum



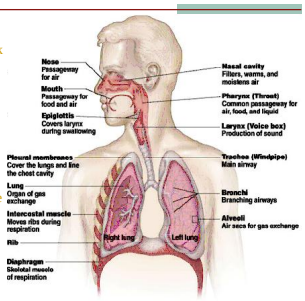
Kitapsı Akciğer

- Bu tip solunum tipik olarak örümcek ve akreplerde görülür.
- Bu organizmalarda ilk iki abdominal segmentten giren borucuklar bir kitabın yaprakları gibi dallanır.
- Bu yaprakçıkların üzerine kan ulaşımını sağlayan sistemler uzanır.

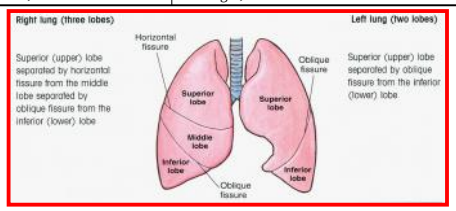


Akciğerler

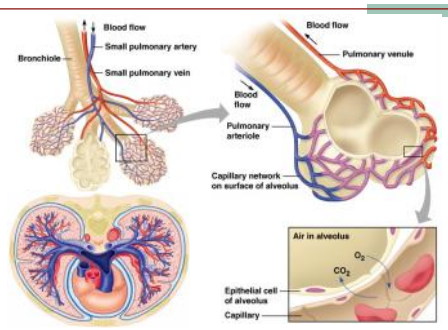
- Yüksek yapılı omurgalılarda görülür.
- Genellikle "alveol" adı verilen küçük keseciklere bölünmüştür. Alveolerin duvarları çok ince olup kan damarlarıyla donatılmıştır.
- Elastik liflerin alveoller arasına girmesiyle çok esnek bir yapı kazanmıştır.
- Alveollerin şekli ve dizilişi, su kaybını en aza indirecek ve yüzeyi sürekli nemli tutacak şekilde organize edilmiştir.
- Alveoler zar, vücut sıvısıyla dış ortamı birbirinden ayırır.
- Oksijen molekülleri, derişim farkından dolayı vücut sıvısına ve karbondioksit de dış ortama geçer.



Sağ Akciğerler	Sol Akciğerler
1. Has 2 fissures, 3 lobes	1. 1 fissure, 2 lobes
2. Anterior border straight	2. Anterior border interrupted by cardiac notch
3. Larger, heavier (700g)	3. Smaller, lighter (600g)
4. Shorter, broader	4. Longer, narrower

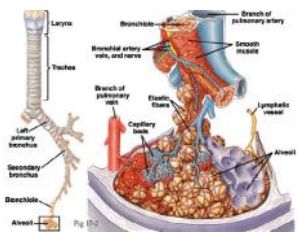


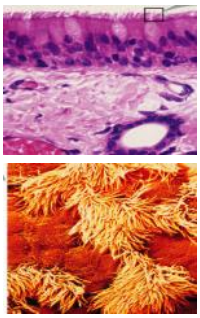
Akciğerler



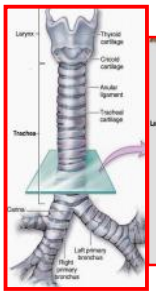
Solunum yolları

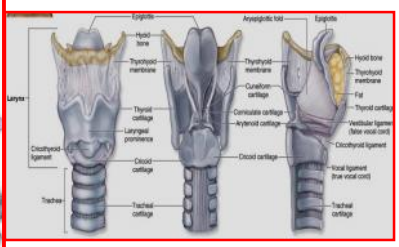
- Trake
- Bronş
- Bronşcuklar (6-12 dala ayrılır, duvarlarında esnek kıkırdak bulunur)
- Bronşioller (kıkırdak içermezler, içleri silyalı epitelle kaplıdır, mukozanın altında düz kas tabakası bulunur ve otonom sinirlerle idare edilir, sempatik; gevşeme, parasempatik; kasılma)
- Terminal bronşioller
- Bronchioli respiratorii
- Ductuli alveolares
- Sacculi alveolares



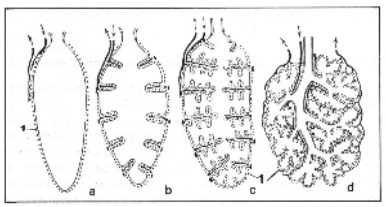






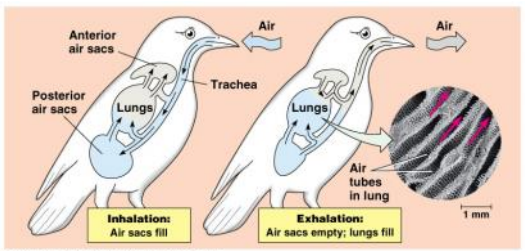


Akciğerler



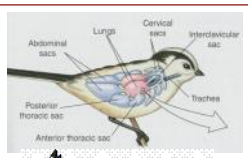
Akciğer tipleri: a) Düz epeperi, 1. Solunum kıvrımları. İbaşı amfibilerde, örneğin semenderlerde), b) Katlanmış keselere sahip akciğer (bazı amfibilerde), c) Dallanmış epeperi akciğer (bazı amfibilerde ve sürüngenlerde, d) Bronşçuklar şeklinde dallanmış akciğer (memeli hayvanlarda). ⟶ Kanın akış yönünü gösterir (Kühn'den).

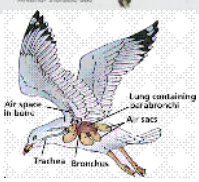
Kuşlarda solunum

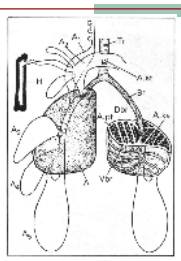


Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Kuşlarda solunum



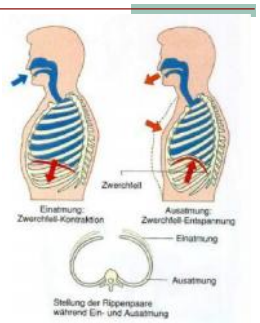




Kuşlarda akciğer ve hava kesecikleri. A) Akciğer, A, : A.pulmonalis, A.sis: Sternum dalı hava keseine değiyor, A.vp: Havakapiller, A.ch Akciğer dalcıkları, B) Boyun, Dor: Dorsal bronşlar, H) Humerus, Tr: Trake ve Ventral bronşlar (Kühn'den).

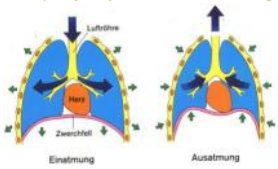
Soluk alma - verme mekanizması

- Bütün Tetrapod'larda soluk alma (inspirasyon) ve soluk verme (ekspirasyon) akciğerlerin genişlemesi ve daralması şeklinde olur.
- Bu olay esnasında akciğerlere hava kitle halinde girer ve çıkar.
- Göğüs kafesinin ve akciğerlerin genişlemesi diyafram ve kaburga kaslarının hareketi ile sağlanır.
- Diyaframın göğüs kafesine bakan kısmı konveks yani dışbükeydir. Diyaframın konsantrasyonu sonucu konveksliği azalır. Böylece akciğerler aşağıya doğru genişler ve soluk alma meydana gelir.
- Diyafram harketiyle gerçekleştirilen solunuma "abdominal solunum" da denir.
- Abdominal solunum normal solunumun % 75'ini oluşturur.

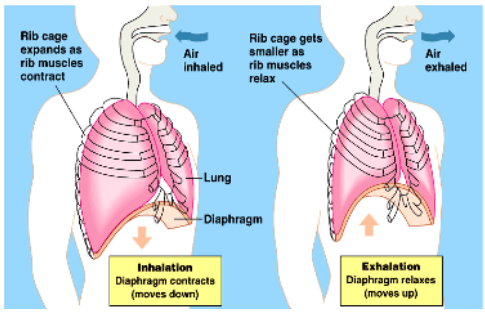


Soluk alma - verme mekanizması

- Kaburgalar omurgaya iki yerde eklem yapar. Eklem yüzeylerine kapitulum ve tuberkulum denir. Kaburgaların diğer ucu sternuma (göğüs kemiğine) bağlanır. Soluk alma esnasında kaburgaların posterior serisi daha çok hareket eder. Bu hareket dışarı ve öne doğrudur. Bu haraketle göğüs kafesinin yatay çapı genişleyerek göğüs boşluğunun hacmi artar. Böyle solunuma da "göğüs solunumu" adı verilir. Kadınlarda göğüs solunumu, erkeklerde karın solunumu hakimdir.
- İnspirasyonla genişlemiş olan göğüs boşluğu tamamen pasif olarak yani kas yardımı olmadan eski haline dönebilir. Göğüs boşluğunun pasif olarak eski durumuna dönmesini sağlayan faktörler şunlardır. Kaburgaların ağırlığı ve düşey hale getirilmesi, kaburganın kıkırdak kısımlarının bükülmesi, ayrıca gerilmiş olan karın kaslarının ve akciğerlerin esnekliğidir.

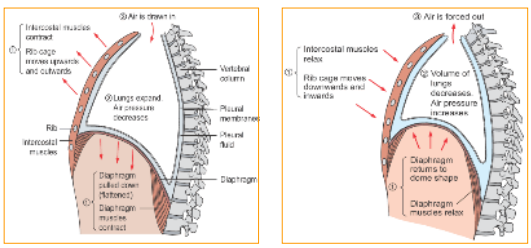


Soluk alma - verme mekanizması

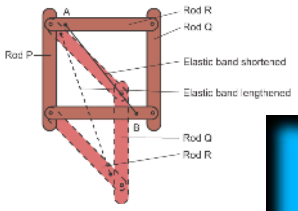


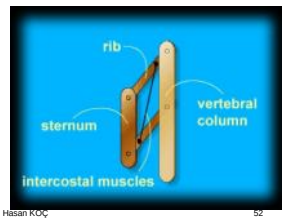
Soluk alma - verme mekanizması

Inhalation **Exhalation**

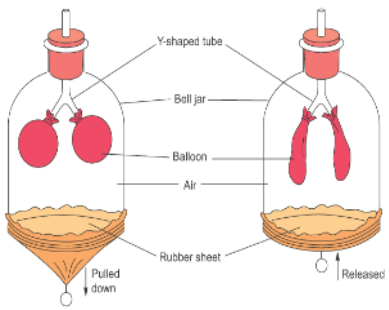


Soluk alma - verme mekanizması





Soluk alma - verme mekanizması



İnspirasyon & Ekspirasyon

	Rib cage in the human body	Rib cage model
Inhalation	Contraction of intercostal muscles	Shortening of the elastic band
	Upward and outward movement of rib cage	Upward and outward position of rods R and Q
Exhalation	Relaxation of intercostal muscles	Lengthening of the elastic band
	Downward and inward movement of rib cage	Downward and inward position of rods R and Q

İnspirasyon & Ekspirasyon

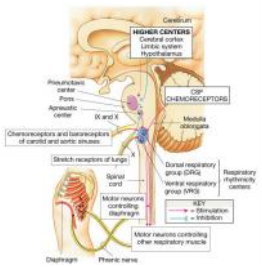
	Inspiration	Expiration
1. Diaphragm muscles	Contract	Relax
2. Diaphragm	Flattens	Dome shape
3. Intercostal muscles	Contract	Relax
4. Ribs and sternum	Raised	Lowered
5. Volume of thoracic cavity	Increases	Decreases
6. Pressure inside cavity	Decreases	Increases
7. Movement of air	Rushes into lungs	Forced out of lungs
8. Shape of lungs	Inflated	Deflated

Solunumun denetimi

- Solunum hareketleri bir ritim ile tekrarlanır. Nefes alma ve verme merkezleri tarafından kontrol edilir. Medulla oblangata'da bulunan solunum merkezleri ritmik olarak nefes alma ve verme impulsları gönderir. Bu ritmin esası tam olarak anlaşılamamıştır.
  1. Nefes alma merkezi, nefes alma kaslarına impuls göndererek nefes alınır.
  2. Akciğer alveolleri hava ile dolarak genişler ve gerilir. Bu gerilmeden meydana gelen impulslar solunum merkezine iletilerek nefes alma durdurulur.
  3. Medulla oblangata'daki nefes alma merkezinde meydana gelen impulslar bir çember çizerek soluk verme merkezine ulaşır.
  4. Bu şekilde soluk verme merkezi uyarılarak nefes verilir.
- Nefes verdiğimizde alveoller küçüldüğünden, durdurucu impulslar kesilir ve nefes alma merkezi tekrar devreye girer.

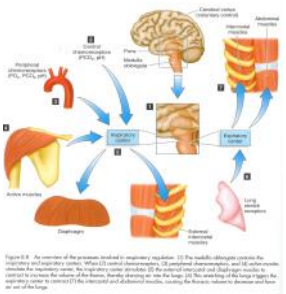
Solunum merkezlerinin lokalizasyonu

- Meduller Solunum Merkezi
  - İnspirasyon bölgesi - DRG - Dorsal solunum grubu nöronlar
  - Ekspirasyon bölgesi - VRG - Ventral solunum grubu nöronlar
- Pons Merkezleri
  - Pnömotaksik Merkez – Üst Ponsta lokalize
  - Apnöstik merkez - Alt Ponsta lokalize
- AC reseptörleri
  - AC gerim reseptörleri (Hering-Breuer refleksi)
  - Diğer reseptörler

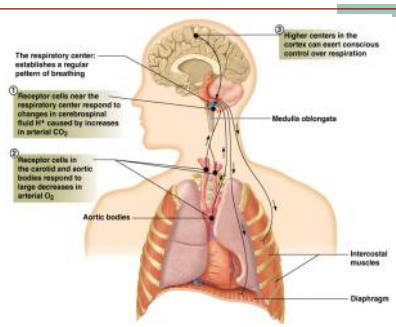


Solunumun düzenlenmesi

- Akciğerlerdeki gerilme reseptörlerinden gelen uyarılar,
- Eklem kas ve tendonlardaki proprioreseptörlerden gelen uyarılar,
- Kandaki H iyonu artısı,
- 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 (örnegin epinefrin) ve sinirsel faktörler

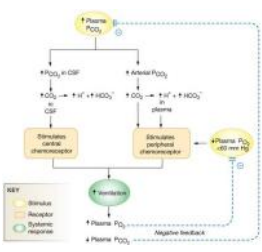


Solunumun düzenlenmesi



Solunumun Denetimi

- Solunum merkezi ayrıca vücudun diğer kısımlarından da bilgi alarak ona göre nefes almanın derinliğini ve oranını saptar.
  - Örneğin hızlı hareketlerle metabolizma işlevleri yükseldiğinden kandaki CO_2 miktarı da artar.
  - Artan CO_2'den dolayı solunum merkezi nefes almanın derinliğini ve sayısını belirler.
  - İstiyerek nefesimizi bir süre tutarsak da aynı olaylar olur. Alveollerdeki CO_2 miktarı yükselir.
  - Kanda yükselen CO_2 solunum merkezini uyarak istemimiz dışında nefes almış oluruz.



Solunum tipleri

- Eupnea
  - İstirahat solunumu. Ritmik olarak devam eden inspirasyon ve ekspirasyondur. Hızı ve derinliği değişmez. Solunumda hırıltı yoktur.
- Hyperpnea
  - Solunum sayısı veya derinliği veyahut her ikisi de arttığı solunum.
- Polypnea
  - Hızlı, yüzeysel, kesikli solunum. Sıcak havalarda köpeklerin yaptığı solunum.
- Apnea
  - Solunumun geçici süre durması
- Dyspnea
  - Güç solunum. Soluk alma ve verme güçlükle yapılır. Buna nefes darlığı da denir. Solunumda zorlanma vardır. Soluk yollarının bir bölümünde daralma olabilir. Soluk yolundaki yabancı cisim de dispneye neden olur.

Akciğer hacimleri (volümleri)

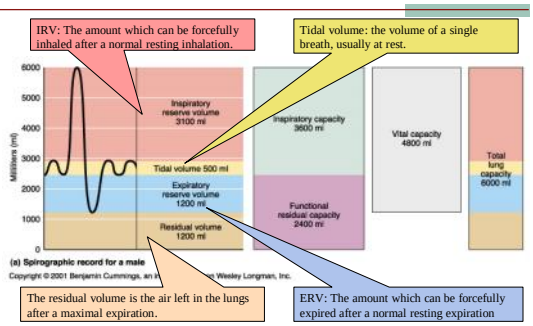
- Solunum hacmi (Solunum derinliği=Tidal volüm)
  - Solunum tipi ne olursa olsun inspirasyonla alınan ve ekspirasyonla verilen hava hacmidir. İnsanda ortalama 500 ml'dir
    - Solunum hacmi (ml) = 0.0074 x vücut ağırlığı (gram)
- İnspirasyon yedek volümü
  - Dinlenme halinde normal bir soluk almanın sonundan başlamak üzere, maksimum soluk alma ile akciğerlere alınabilen hava hacmidir. İnsan için ortalama 300 ml'dir.
- Ekspirasyon yedek volümü
  - Dinlenme halinde normal bir soluk vermeden sonra başlayarak maksimum bir soluk verme ile akciğerlerden çıkabilen hava hacmidir. Ortalama 1100 öl'dir.
- Rezidüel volüm
  - Maksimum bir soluk vermeden sonra, akciğerlerde kalan hava hacmidir. Ortalama 1200 ml'dir

Tür	Vücut ağırlığı (kg)	Solunum volümü (ml)
At	550	6000
Sığır	500	3800
Keçi	40	350
Köpek	8	150
Kedi	3	40
Tavşan	3	20

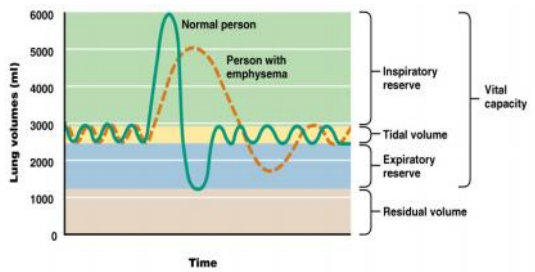
Akciğer kapasiteleri

- İnspirasyon kapasitesi (Solunum volümü + insp yedek volümü)
  - Dinlenme halinde iken soluk vermenin sonundan itibaren maksimum bir soluk alma ile alınabilen hava hacmidir. Ortalama 3500 ml'dir
- Fonksiyonel rezidüel kapasite (Eksp.yedek volümü + Residüel volüm)
  - Soluk verme sonunda akciğerlerde olan hava hacmidir. Ortalama 2300 ml'dr. Solunum derinliği arttıkça, fonksiyonel rezidüel kapasite artar.
- Vital kapasite (İnsp.yedek volümü + solunum vol. + eksp.yedek vol.)
  - Maksimum bir soluk almadan sonra, mümkün olan en kuvvetli soluk verme ile çıkarılabilen hava hacmidir. Ortalama 4500 ml'dir.
- Total AC kapasitesi (Vital kapasite + residüel volüm)
  - Maksimum bir soluk almanın sonundan akciğerlerde mevcut olan tüm hava hacmidir. Oralama 5700 ml'dir.

Akciğer hacimleri ve kapasiteleri



Akciğer hacimleri ve kapasiteleri



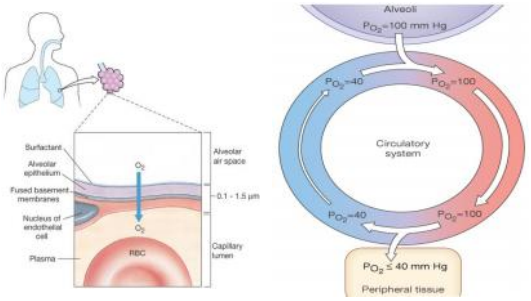
Oksijenin kanla taşınması

- Oksijen suda az çözünen bir gazdır .Bu yüzden kan plazmasında % 1.5 gibi küçük bir oranda bulunur. Geri kalan yaklaşık % 98.5 oksijen, eritrositler içerisindeki hemoglobin (Hb veya Hgb) ile taşınır.
- Her 100 ml kan, yaklaşık 20 ml oksijen ihtiva eder ve bunun 19.7 ml'si hemoglobine bağlı, geri kalan 0.3 rnl ise plazmada çözünmüş haldedir.
- Plazmada bulunan ancak bu % 1.5 oranındaki oksijen doku kapilerlerinden doku hücrelerine difüzyonla geçebilir. Geriye kalan %98.5'luk çok büyük bir oranın taşınmasında hemoglobin molekülünün önemi daha iyi anlaşılabilir.

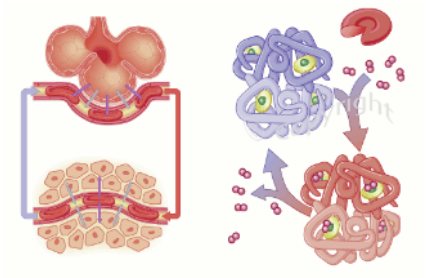
$$Hb + O_2 \leftrightarrow HbO_2$$

(Deoksihemoglobin) (Oksihemoglobin)

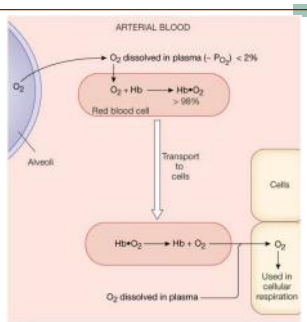
Oksijenin kanla taşınması



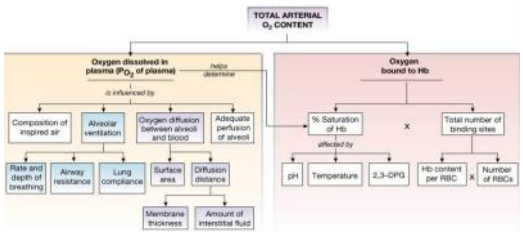
Oksijenin kanla taşınması



Oksijenin kanla taşınması



Oksijenin kanla taşınmasını etkileyen faktörler



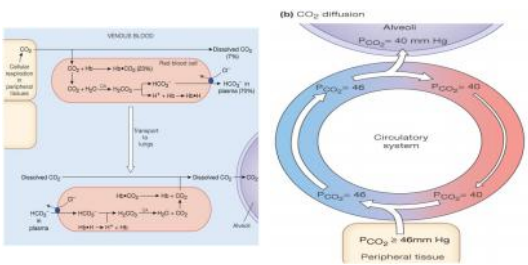
Karbondioksitin taşınması

- Normal dinlenme şartlarında her 1 00 rnl deoksijene kanda yaklaşık 55 rnl kadar bulunan karbondioksit başlıca üç şekilde taşınır.
  - **Çözünmüş olarak:** %7 gibi küçük oranda karbondioksit plazmada çözünmüş halde difüzyonla kandan alveollere geçer.
  - **Karbaminohemoglobin halinde:** Yaklaşık %23 oranında CO_2 Hb'in globini ile birleşerek karbaminohemoglobin ($Hb.CO_2$)oluşturur. $Hb.CO_2$ oluşumu pCO_2'den büyük oranda etkilenir. pCO_2'nın yüksek olduğu doku kapillerinde Hb, CO_2 ile birleşir. p CO_2'nin nispeten düşük olduğu pulmoner kapillerlerinde ise CO_2, Hb'den ayrılır.
  - **Bikarbonat iyonları halinde:** CO_2 taşımasının % 70 gibi bir oranda en yüksek olarak gerçekleştiği yoldur .
  - Karbonik anhidraz

$$CO_2 + H_2O \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow W + HCO_3^-$$

- Bu reaksiyonu gerçekleştiren enzim olan karbonik anhidraz enzimi bilinen en hızlı iş gören enzimdir. Bu reaksiyonda açığa çıkan hidrojen iyonlarının bir kısmı Hb ile birleşerek (H.Hb) Bohr etkisini oluşturur. Eritrositlerde biriken bikarbonat, düşük konsantrasyon gradientinden dolayı plazmaya diffüze eder. Plazma ve eritrositler arasındaki elektriksel denge Cl^-'ün negatif iyonları ile sağlanır. Bu olay klorid kayması olarak adlandırılır. Bu reaksiyonların net sonucu olarak hücrelerden alınan CO_2, plazmada bikarbonat olarak taşınır.

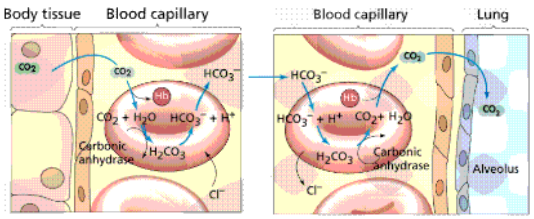
Karbondioksitin taşınması



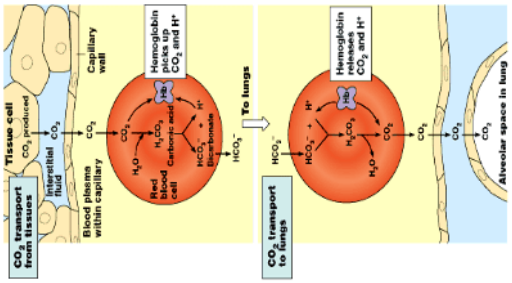
CO_2 taşınması

Dokulardan kana

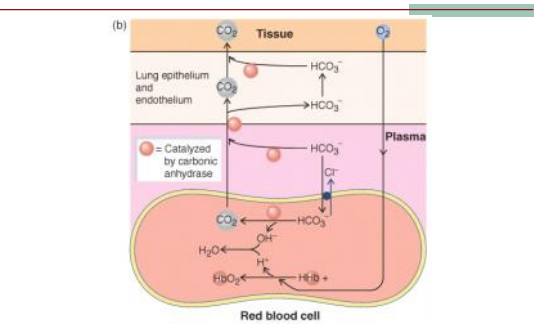
Kılcallardan akciğere



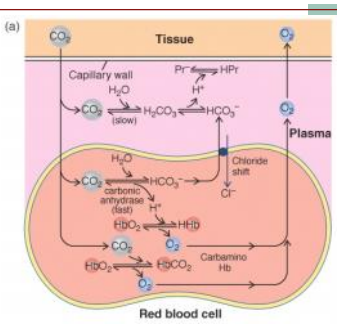
Karbondioksitin kanla taşınması



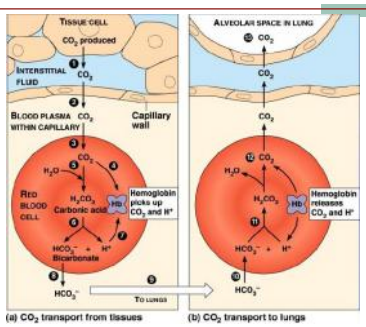
Gas exchange at the respiratory epithelium



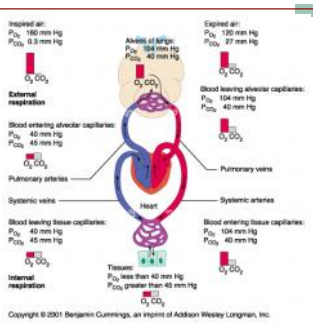
Gazların kanla taşınması



Gazların kanla taşınması



Vücutta gazların hareketi



Solunum Membranında Gazların Difüzyonunu etkileyen faktörler

- **Solunum membranındaki kısmi basınç farklılıkları:** Kısmi basınç farklılığı ne kadar büyükse gazın diffüzyonu o derece hızlı olur. Alveollerindeki pO_2 azaldığı zaman kana O_2 geçişi de azal1r.
- **Gaz değişim alanının inceliği:** Yaklaşık 0.2-0.6 mikrometre kadar olan ince solunum membranını, şayet akciğer dokusu iltihaplanırsa veya alveoller su ile dolarsa membranlardaki değişiklikten dolayı gaz değişimi zorlaşır. Gaz değişiminde, solunum membranının inceliğinin yanısıra yaklaşık 5 mikrometre kadar çaplarda olan pulmoner kapilerlerden yaklaşık 7-8 mikrometre çapındaki eritrositlerin kapiler endoteline sürtünerek geçmesi de difüzyonu artırıcı rol oynar.
- **Gazların lipitte eriyebilirliği:** Hem 0_2 hem de CO_2 surfaktant tabaka ve alveoller ile endotelial hücre membranlarından kolaylıkla difüze olur.
- **Toplam yüzey alanının genişliği:** Yaklaşık 140 m2,1ik büyük bir yüzeyde gaz değişimi gerçekleşir .Alveol1er yüzeyin zarar görmesi sonucunda yüzey alanın azalması (örneğin amfizemde olduğu gibi) gaz değişimini azaltacaktır .
- **Kan akışı ve bu akışın kontrolü:** Bu sayede pulmoner dolaşım ve pulmoner ventilasyon düzenlenir. Pulmoner kan ne kadar fazla ise kanın taşıdığı 02 de o derece fazla olur.

Adaptation	Reason
Thin walls (one-cell thick)	Shorter distance for gases to diffuse
Large number of air sacs present	Large surface area for gas exchange to occur
Water film covering the air sacs	Oxygen can dissolve in water for diffusion to occur
Dense network of blood capillaries around air sacs	Allow rapid transport of gases

Solunumla ilgili insanlarda görülen bazı durumlar

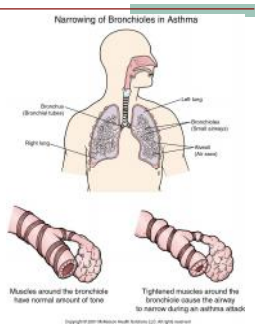
İnsanlarda görülen solunumla ilgili bazı durumlar

1) Astım
2) Bronşit
3) Cystic fibrosis
4) Amfizem
5) Pnömoni (zatürre)
6) Tüberküloz (verem)
7) Akciğer kanseri



Astım

- Astım, akciğerlere kadar olan hava yollarını (bronşlar) etkileyen bir hastalıktır.
- Sağlıklı bir kişide bu soluma olayı kolayca gerçekleşir. Astımlı bir kişide ise bazı dönemlerde soluma zorluğu meydana gelir.
- Astım atağı sırasında bronşlar (hava yolları) daralır ve havanın geçişi zorlaşır.
- Bu hava yolu daralmasının bazı nedenleri vardır.
  - Bronşları çevreleyen kasların kasılması sonucu hava yollarının daralması
  - Bronşun içini saran zarın şişmesi
  - Hava yollarında mukus (sümük - balgam) adı verilen yapışkan bir salgının aşırı salınması ve bu salgının hava yollarını yer yer tıkaması



Astımın bulguları

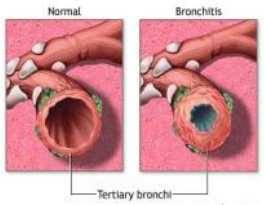
- Öksürük.
  - Astımın sık bir bulgusudur. Özellikle gece öksürüğü olur. Egzersiz, soğuk hava öksürüğü arttırabilir. Hava yollarındaki mukus birikimi ve bronşları çevreleyen kasların kasılması nedeni ile olur.
- Vızıltı.
  - Astım nöbetinin sık karşılaşılan bir bulgusudur. Akciğerdeki hava daralmış bronşlardan dışarı çıkarken zorlandığı zaman nefes verirken duyulur.
- Sık soluma.
  - Astım nöbeti sırasında daralmış ve içi mukus ile dolmuş bronşlarda soluk alıp verme işi zorlaştığından hasta daha sık nefes alıp verebilir.
- Göğüs duvarı derisinde çekilmeler.
  - Daha ağır astım nöbetlerinde görülen bir bulgudur. Göğüs duvarında kaburgalar arasındaki deri ve boynun önündeki deride içe çekilmeler olabilir. Bu bulgu saptandığında hemen hastaneye başvurunuz.

Astıma neden olan durumlar

- Allerjenler (allerjiye neden olan maddeler)
  - Normal kişilere hiçbir zararı olamayan allerjenlere, allerjik astımı olan bir kişi maruz kalınca bir allerjik reaksiyon olur. Bu reaksiyon sırasında tahriş edici bazı kimyasal maddeler yapılır ve hava yollarındaki dokuların içene salınır. Bu allerjenlerin bazıları şunlardır: Ev tozu, ev tozu akarları (böcekler), Çiçek tozları (polenler), Küf, Hayvan tüyü.
- Enfeksiyonlar
  - Solunum yolu enfeksiyonları (grip, nezle) astımlı kişide hava yollarını uyararak astım atağına neden olabilir. Bu enfeksiyonlar okul ve / veya kreşe giden çocuklarda sıktır.
- Hava değişimi
  - Mevsim değişimi, hava ısısının değişmesi (özellikle soğuk hava) ve nem oranının artması, astımlı bir kişide hava yollarını uyararak astım atağına neden olabilir
- Egzersiz
  - Astımlı bir kişide egzersiz hava yollarını uyararak astım atağına neden olabilir. Koşma gibi, daha fazla enerji tüketimine neden olan yoğun egzersiz türleri, birkaç dakika içinde bir astım atağına neden olabilir.
- Irritanlar (tahriş ediciler)
  - Bazı maddeler duyarlı olan bronşları tahriş edebilir. Bu maddeler şöyle sıralanabilir: Sigara dumanı, hava kirliliği, saç spreyleri, parfümler, temizlik maddeleri ve keskin kokular. Astımlı bir kişinin yaşadığı evin içinde hiç kimsenin sigara içmesine izin verilmemelidir.

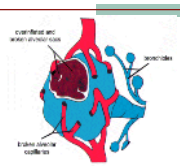
Bronşit

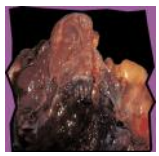
- akciğerlere hava akımını sağlayan bronş ağacının bulaşıcı hastalığıdır.
- Bronşlar hastalandığında şişerler ve balgam salgılarlar.
- Balgam, öksürdüğünüzde ağzınıza gelen salgıdır.
- Bronşların şişmesi solunumunuzu zorlaştırır ve soluduğunuzda hışırtıya neden olur.



Amfizem

- Akciğerlerde hava bulunması anlamına gelir.
- Bronş ve bronşiyollerin irrite eden duman yada başka maddelerin sürekli teneffüsü ile hava yollarının koruyucu mekanizması bozulur, artıklar atılamaz ve havayolları tıkanır.
- Havayollarının tıkanması havanın alveollerden atılmasını güçleştirir ve hava alveollerde hapsolur, alveoller gerilerek genişler.
- Sonuçta alveol çeperi haraplanır hipoksi ve hiperkapni gelişir.



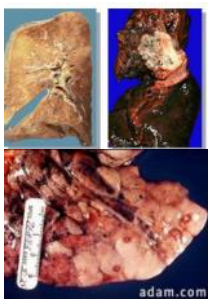


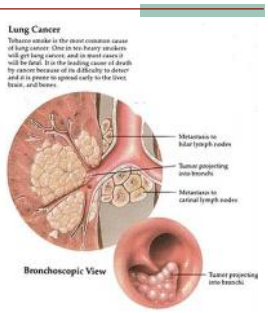
Pnömoni

- Zatürre ya da tıbbi adıyla pnömoni bakteri, virüs ve nadiren parazitlerin neden olduğu akciğer enfeksiyonu olarak tanımlanır.
- Akciğerde meydana gelen bu enfeksiyon, alveol adı verilen havayla dolu küçük akciğer keseciklerine iltihap hücrelerinin birikmesine ve yine bu alana kan damarlarından gelen serumun dolmasına neden olur.
- En yaygın nedeni pnomokok bakterilerinin neden olduğu bakteriyel pnomonidir.
- İçleri serum sıvısı ve iltihap hücreleri ile dolan, yani hava içeriğini kaybeden alveoller solunum işlevlerini yerine getiremezler.

Tüberküloz - verem

- Tıpta tüberküloz olarak adlandırılan verem hastalığına halk arasında ince hastalık da denmektedir.
- Tüberküloz, asıl olarak akciğerlerde yerleşen, fakat kan ve lenf yoluyla tüm vücuda dağılabilen mikrobik, bulaşıcı, süreğen bir hastalıktır.
- Tüberküloz basilinin (*Mycobacterium tuberculosis*) akciğerlerde oluşturduğu kendine özgü reaksiyon.
- Tedavi edilmezse basil tüm akciğere yayılır ve akciğer dokusunda ileri derecede harabiyet yapar.
- Hasta kişinin öksürmesi, aksırması, konuşması ve nefes alıp vermesi sırasında havaya saçılan mikroplar havada günlerce asılı halde canlı kalmaktadır. Hasta kişiyle teması olan yani kapalı bir ortamda uzun süre aynı havayı soluyan sağlam kişiler nefes aldıklarında havadaki bu mikroplar onların akciğerlerine ulaşır ve orada yerleşerek enfeksiyonu başlatır.
- Hastalık ani ve gürültülü olarak ortaya çıkmaz. Sinsi ve yavaş ilerler.
- Hastalar genellikle aylardır devam ede gelen halsizlik, iştahsızlık, kilo kaybı, hafif ateş, geceleri terleme gibi yakınmalarla hekime başvururlar. Zamanla bunlara öksürük ve balgam çıkarma da eklenir. Balgamda kan da gelebilir.





Lung Cancer

