

SOLUNUM SİSTEMİ FİZYOLOJİSİ

PROF.DR.MİTAT KOZ

- Solunum işi-ventilasyon
- Gaz değişimi
- Gazların taşınması
- Solunum kontrolü

Solunum Sisteminin Fonksiyonlar

- Oksijen temin eder.
- Karbondioksidi atar.
- Kanın hidrojen iyon konsantrasyonunu (pH şını) düzenler.
- Konuşmak için gerekli sesleri üretir (fonasyon).
- Mikroplara karşı vücudu savunur.
- Kan pıhtısını tutar ve eritir.
- Biyoaktif maddelerin üretimi, metabolizması, düzenlenmesi

Solunum

- Solunum kelimesi iki anlamda kullanılır.
 - Hücresel düzeyde ve
 - Organizma düzeyinde.
- Hücresel düzeyde oksidatif metabolizma anlamında kullanılmaktadır.
- Organizma düzeyinde ise solunum, gaz değişim yüzeylerinin, yani akciğerlerin atmosfer havası ile havalanması demektir.

Solunum sistemini oluşturan yapılar

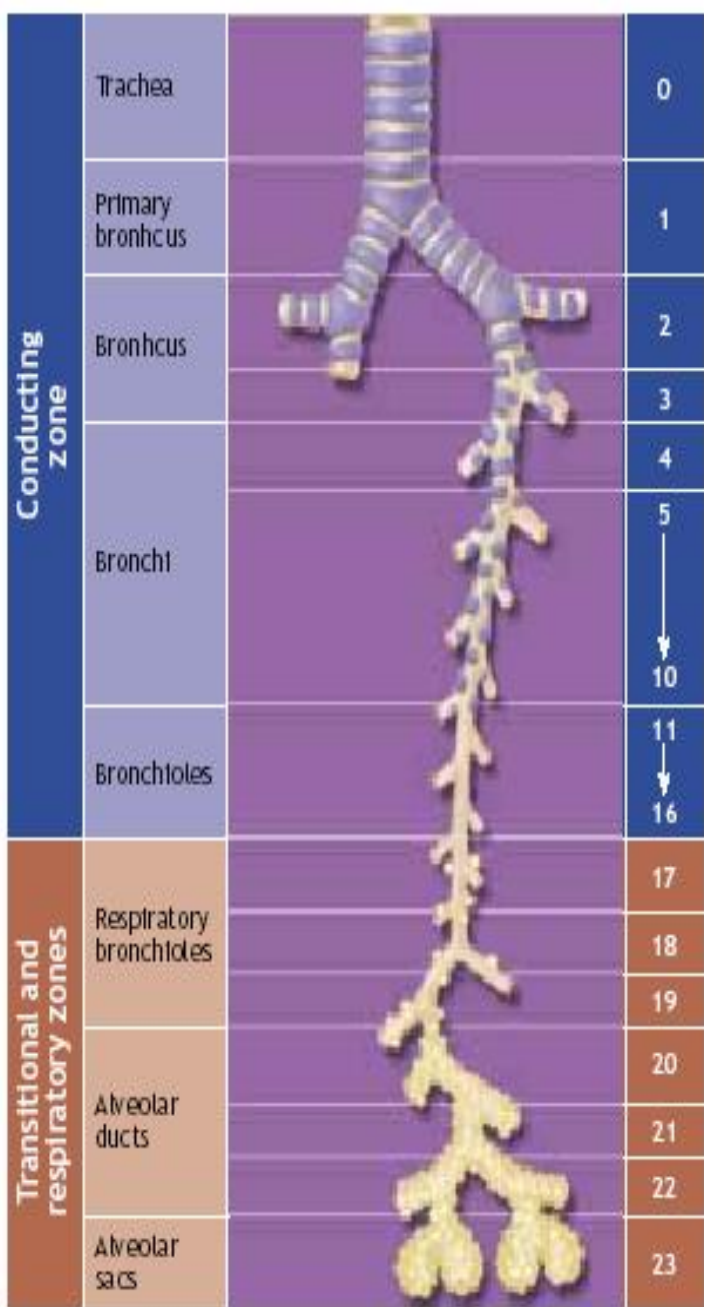


FIGURE 12.4 • Separation of human lung tissue into a series of discrete zones designated as conduction zones (zones 1 through 16) and transitional and respiratory zones (zones 17 through 23).

- Solunum sistemi burun, ağız, farinks (yutak), larinks (gırtlak), trakea (soluk borusu), bronşlar, bronşioller, ve alveollerden oluşur.
- Trakeadan sonra ilk dallanan yapılara bronşlar, bronşlardan sonraki daha dar çaplı yapılara da bronşioller denilmektedir.
- Bronşlar, bronşioller ve terminal bronşiollerde gaz alışverişi olmaz, bu kanallar anatomik ölü boşluk olarak adlandırılır.
- Anatomik ölü boşlukta bulunan hava hacmi 150 ml dir.
- **Gaz değişimi yapılan alanlar ise respiratuvar bronşiol, duktus alveolaris, ve alveol keseleridir.**
- Anatomik ölü boşluk nedeni ile her bir solunum ile akciğerlere alınan 500 ml havanın yalnızca 350 ml sinde gaz değişimi yapılmaktadır.

- Havayollarındaki koruyucu mekanizmalar
 - Silyar aktivite
 - Fagositoz aktivite

Silya

- Farinksden, respiratuvar bronşiollemler sonuna kadar tüm havayolu boyunca, epitelyal yüzeyler silya içerir.
- Tüm havayolu boyunca ayrıca mukus salgılayan epitel hücreleri ile çeşitli bezler bulunur.
- Silyalar sürekli olarak farinkse doğru hareket halindedirler.
- Bu yapıyı mukustan yapılmış bir yürüyen merdivene benzetebiliriz.
- Bu yürüyen merdiven sayesinde solunum havasındaki toz mukusa yapışır ve yavaş ama sürekli hareket halindeki silya hareketleriyle farinkse doğru iletilir ve farinkse varınca burada yutulur veya dışarı atılır.

- Bu mukus yürüyen merdiveni akciğerleri temiz tutmak için çok önemlidir.
- Silyer aktivite zararlı pek çok etkenle inhibe edilebilir.
- Örneğin sigara içmek silyaları saatlerce immobilize eder.
- Silyer aktivitenin azalması akciğer enfeksiyonu ile ya da atılamayan mukusun havayolunu tıkamasıyla sonuçlanabilir.

- İkinci koruma mekanizması fagositlerdir.
- Tüm havayolu ve alveoller boyunca bulunan fagositler solunumla alınan küçük parçacıkları ve bakterileri fagosit ederek bunların öteki akciğer hücrelerine ya da kan dolaşımına geçmesini önlerler.

Alveol

- Kapiller damarlar ile temas eden alveol yüzeyinin toplam alanı 75 m² dir
- Tip II hücreleri surfaktan denilen bir madde sentezlerler.
- Sürfaktan maddesi alveollerin sönmelenmesini engelleyerek onların şişkin olmasını sağlar.

VENTİLASYON (AKCİĞER HAVALANMASI)

- Havanın pulmoner yani akciğer sistemine alınıp verilmesine pulmoner ventilasyon denir.
- Ventilasyon inspirasyon ve ekspirasyon olayları ile gerçekleştirilir.

Solunum Mekanikleri

- Yüksek basınç $\xrightarrow{\text{Hava}}$ Düşük basınç
(Boyle Yasası)
- İncspiryum: alveol basıncının atmosferik basıncın altına inmesiyle gerçekleşir.

Atmosfer - Alveol arası basınç gradyenti

- İnspiratuar kasların kasılmasıyla alveollerin hacmi artar.
- Alveoler basınç azalır.
- Alveoler basınç atmosferik basıncın altına iner.

Dakika Ventilasyon

- Bir dakikada solunum yollarına giren yeni hava miktarıdır ve VE harfleri ile ifade edilir.
- Soluk hacmi-Tidal volüm (TV) ile soluk frekansının (f)çarpımıyla bulunur.
 - $VE=TV \times f$.
- Dinlenimde solunum hacmi 500 ml, soluk frekansı da dakikada 12 dir.
- Bu durumda dinlenimde ventilasyon veya solumun dakika hacmi $=500 \times 12=6\text{lt/dk}$ dır.
- Egzersizde ventilasyon artar.

Alveoler Ventilasyon

- Akciğerlerde gaz değişimin gerçekleştiği bölgelere yeni havanın ulaşma hızına alveoler ventilasyon denir.
- Gaz değişimi; alveoller, alveol keseleri, alveol kanalları ve respiratuvar bronşiyollerdir.
- Solunum havasının bir kısmı gaz değişiminin yapıldığı bölgelere ulaşmaz, burun, farinks, trakea, bronş ve bronşiyoller gibi gaz değişiminin olmadığı bölgelerde kalır.
- Bu bölgelerde kalan havaya gaz değişimine katılmadığı için ölü boşluk havası denir. Ölü boşluk hacmi 150 ml kadardır.
- Alveoler ventilasyon hızı dakikada alveollere ve öteki bitişik gaz değişim alanlarına giren yeni hava miktarıdır.
- Soluk hacminden ölü boşluk hacminin çıkartılmasıyla bulunur.
- Miktarı $(500-150)*12=4200$ ml dir.

Akciğer hacim ve kapasiteleri

Spirometri ?

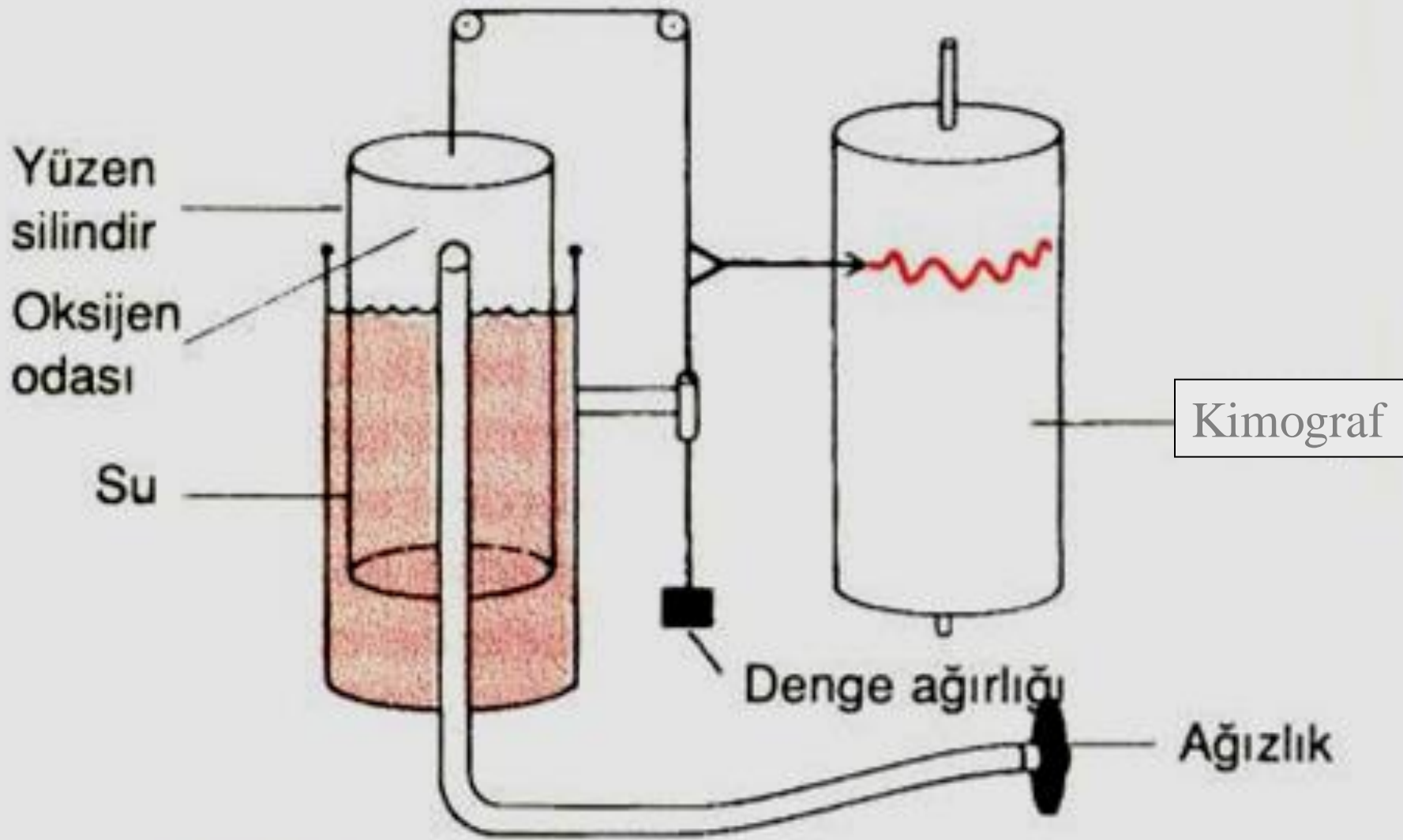
- Akciğer ventilasyonunun incelenmesinde akciğerlere giren ve çıkan hava miktarlarının kaydedilmesidir.

Spirometre ?

- Spirometri işlemini yapan cihazlar.

Spirogram ?

- Spirometre ile elde edilen akciğer hacim ve değişikliklerini gösteren diyagram.



Spirometrenin şematik yapısı

Hacim değişikliklerinin ölçülmesinde SPIROMETRE kullanılır

Solunum Fonksiyon Testleri:

- Akciğerlerin hacim ve havanın akış hızına göre fonksiyonlarını aydınlatmaya yönelik uygulamalardır.

Kullanım amaçları:

- 1- Akciğer veya kalp hastalıklarının teşhis ve tedavisinde
- 2- Tedavinin değerlendirilmesi ve reversibilitenin araştırılmasında
- 3- Cerrahi girişim öncesi solunum kapasitesinin saptanmasında
- 4- Malüliyet durumunun tespitinde
- 5- Egzersizin kondüsyon üzerine etkilerinin gösterilmesinde
- 6- Kitle taramaları (epidemiyolojik araştırmalarda)

I. Basit Spirometrik ölçümler:

- 1-Statik Akciğer Hacimleri:
 - Vital Kapasite (VK)
 - Soluk Hacmi
 - İnspirasyon rezerv hacmi
 - Ekspirasyon rezerv hacmi
 - İnspirasyon Kapasitesi
 - Zorlu vital Kapasite
- 2- Dinamik Akciğer Hacimleri:
 - ZVK1 (FEV)
 - ZVK1 % (FEV1)
 - ZVK1/VK (Tiffeneau İndeksi)
 - MEF 25-50-75
 - Maksimal İstemli Ventilasyon (MIV)
 - Akım-Hacim Grafikleri

Statik akciğer hacim ve kapasiteleri

Soluk hacmi (tidal volüm)

- Her normal solunum hareketi ile akciğerlere alınan veya akciğerlerden çıkarılan hava miktarıdır.
- Miktarı ortalama genç insanlarda 500 ml kadardır.

İnspirasyon yedek hacmi

- Normal soluk hacminin üzerine alınabilen fazladan soluk hacmidir.
- Genel olarak 3000 ml civarındadır.

Ekspirasyon yedek hacmi

- Normal bir ekspirasyon hareketinden sonra, zorlu bir ekspirasyonla fazladan çıkarılabilen hava miktarıdır.
- Değeri yaklaşık 1100 ml civarındadır.

Artık (rezidüel) volüm

- En zorlu bir ekspirasyondan sonra bile akciğerlerde kalan hava hacmidir
- Değeri yaklaşık 1200 ml kadardır.

Akciğer kapasiteleri

- Solunum döngüsündeki olaylar tanımlanırken bazen akciğer hacimlerinin iki yada daha fazlasının bir arada ifade edilmesi gerekebilir.
- Bu tür kombinasyonlar akciğer kapasiteleri olarak tanımlanır.

Akciğer kapasiteleri

- İnspirasyon kapasitesi
- Fonksiyonel artık kapasite
- Vital kapasite
- Total akciğer kapasitesi

İnspirasyon kapasitesi

- Soluk hacmi ile inspirasyon yedek hacminin toplamına eşittir
- Değeri yaklaşık $3000+500=3500$ ml dir.

Fonksiyonel artık kapasite

- Ekspirasyon yedek hacmi ile artık hacmin toplamına eşittir.
- Bu normal bir ekspirasyondan sonra akciğerlerde kalan hava miktarıdır.
- Değeri yaklaşık $1100+1200=3100$ ml dir.

Vital kapasite

- İspirasyon yedek hacmi, soluk hacmi ve ekspirasyon yedek hacimlerinin toplamına eşittir.
- Akciğerlere girip çıkan maksimum hava miktarının göstergesidir.
- Değeri $3000+500+1100=4600$ ml

Total akciğer kapasitesi

- Akciğerlerin mümkün olan en büyük inspirasyon hareketi sonrasında akciğerlerde bulunan maksimum hava miktarıdır.
- Vital kapasiteye artık volümün ilavesiyle bulunur.
- Değeri $4600+1200=5800$ ml dir.

Dinamik akciğer hacimleri

- Zorlu vital kapasite ZVK (Forced Vital Capacity=FVC)
- Zorlu ekspirasyon hacmi(Forced Expiratory Volume=FEV, FEV1)
- Maksimum istemli ventilasyon (Maximum Voluntarily Ventilatioin=MVV)

Zorlu vital kapasite ZVK(Forced Vital Capacity=FVC)

- Maksimum bir soluk almayı takiben zorlayarak maksimum bir soluk verme ile çıkarılan hava miktarıdır.

Zorlu ekspirasyon hacmi (Forced Expiratory Volume=FEV, FEV1)

- Ekspirasyonun ilk birinci saniyesinde çıkarılabilen hava miktarıdır.
- Ekspirasyonun birinci saniyesinde toplam ekspirasyonun % 80 i dışarı verilmelidir (FEV1/FVC= % 80).

Maksimum istemli ventilasyon (Maximum Voluntarily Ventilatation=MVV)

- Bir dakikada maksimum olarak yapılan hızlı ve derin solunma ile akciğerlere alınabilen hava miktarıdır.
- Genelde 15 saniye süreyle yapıлып 4 ile çarpılmak suretiyle bulunur.
- Sağlıklı kişilerde MVV 140-180 L/dk, kadınlarda 80-120 L/dk.

Dinamik Akciğer Fonksiyon Testleri

Zorlu Vital Kapasite (ZVK veya
FEV)

$$FEV1 = \% 80$$

Vital kapasiteye etki eden faktörler

- Yaş
- Cinsiyet
- Vücut ağırlığı
- Boy
- Vücut yüzeyi (m^2)
- Vücut postürü

Akciğer hacim ve kapasiteleri insandan insana yaş, cinsiyet, vücut yüzeyi, antrenmanlı olup olmama durumuna göre farklılık göstermektedir.

Cinsiyet farkı ?

- Tüm akciğer hacim ve kapasiteleri, kadınlarda erkeklerinkinden % 20-25 daha düşüktür.
- İri ve atletik kişilerde küçük ve zayıf kişilerden daha büyüktür.

Gaz değişimi; Solunum membranlarında Oksijen ve Karbondioksit değişimi

- Gaz değişimi basınç/konsantrasyon farkına ve gazların eriyebilirlik derecelerine göre difüzyon ile gerçekleşir.
- Atmosfer havasından alveollere Oksijen
- Alveollerden atmosfere ise CO₂ geçer.

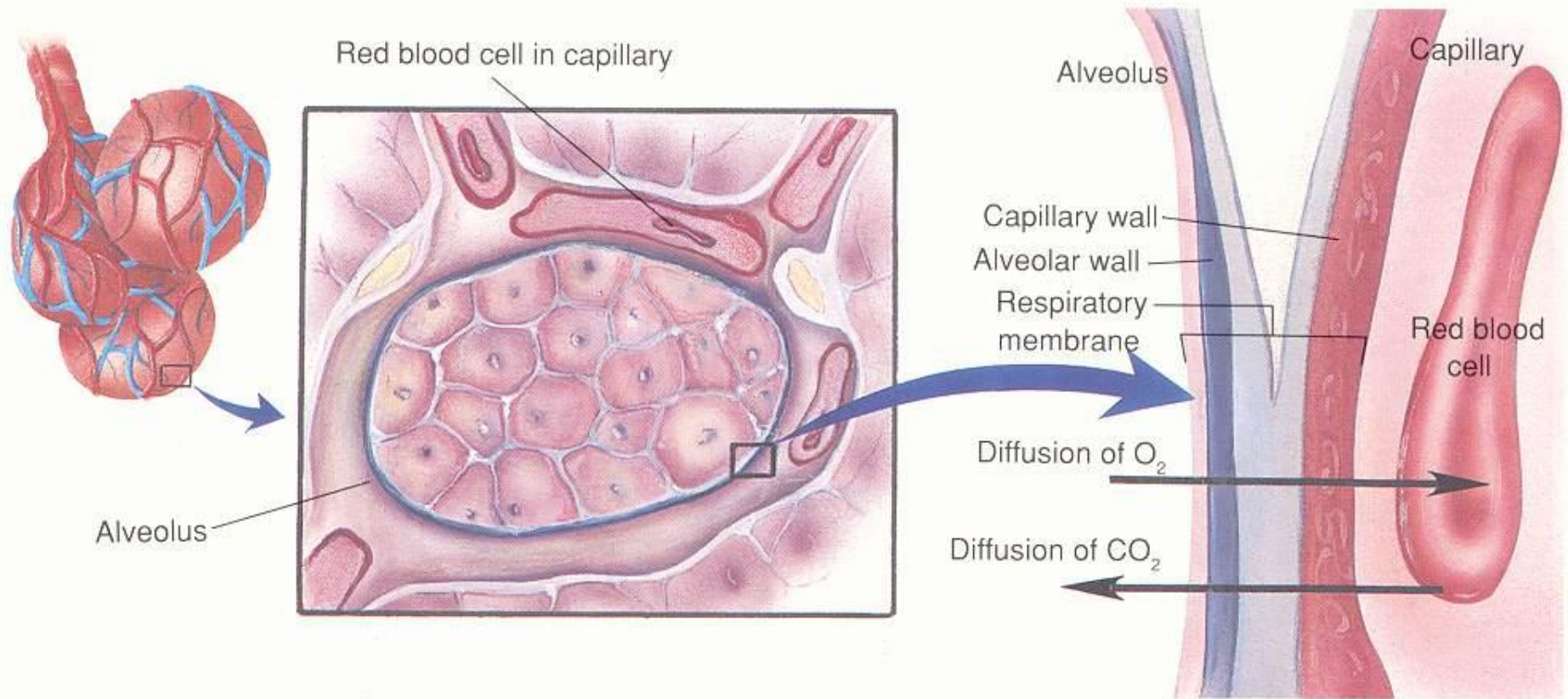


Figure 9.4 The respiratory membrane.

Parsiyel basınç-difüzyon hızı

- Bir hava karışımını oluşturan gazların her birinin tek başına oluşturdukları basınca parsiyel basın denir ve gazın difüzyonu parsiyel basınç ile doğru orantılıdır.
- Gazın parsiyel basıncı büyüdükçe, o karışımdaki konsantrasyonu da artmaktadır.

Gazların parsiyel basınçları

Gazın adı	Yüzdesi	Basıncı
Oksijen	% 20.8	159 mmHg
Nitrojen (azot)	% 79	597 mmHg
Karbondioksit Ve diğerleri	% 0.04	0.3 mmHg
Su	% 0.50	3.7 mmHg
Toplam	100	760

Solunum yollarındaki havanın parsiyel basıncı

- Solunum yollarına giren kuru hava alveollere ulaşmadan önce nemlendirilir.
- 37 C de su buharı basıncı 47 mmHg dır.
- Alveollerdeki basınç 760 mmHg dan daha yüksek olamayacağı için su buharı, isnpirasyon yollarındaki diğer tüm gazları seyreltir.

Solunum Yollarındaki Gazların Parsiyel Basınçları

Gazın adı	Yüzdesi	Basıncı
Oksijen	% 19,67	149 mmHg
Nitrojen (azot)	% 74	564 mmHg
Karbondioksit Ve diğerleri	% 0.03	0.4 mmHg
Su	% 6,20	47 mmHg
Toplam	100	760

Alveol havasındaki gazların basınçları

- Alveollerdeki artık volüm nedeniyle her soluk alışverişte yeni gelen hava ile alveolde bulunan eski hava karışır. Özellikle CO₂ miktarının artması diğer gazları seyreltir.

Alveol havasındaki gazların parsiyel basınçları

Gazın adı	Yüzdesi	Basıncı
Oksijen	% 13,6	104 mmHg
Nitrojen (azot)	% 79.4	596 mmHg
Karbondioksit Ve diğerleri	% 5,3	40 mmHg
Su	% 6,2	47 mmHg
Toplam	100	760

Eskpirasyon havası

- Alveol havası ile ölü boşluk havasının karışımıdır.
- Ölü boşluk havasının oranı ile alveolar havanın oranı eskpirasyon havasındaki gazların miktarını belirler.

Ekspirasyon havasındaki gazların parsiyel basınçları

Gazın adı	Yüzdesi	Basıncı
Oksijen	% 15,7	120 mmHg
Nitrojen (azot)	% 74.5	566 mmHg
Karbondioksit Ve diğerleri	% 3,6	27 mmHg
Su	% 6,2	47 mmHg
Toplam	100	760

Akciğerlere Gelen Kandaki Gazların Basınçları

- Pulmoner arterlerle akciğerlere gelen kanda oksijen parsiyel basıncı 40 mmHg, CO₂ basıncı ise 45 mmHg dır.
- Diğer bir ifadeyle akciğerlere gelen venöz kanda, alveol içindeki atmosfer havasına oranla, CO₂ basıncı daha yüksek, O₂ basıncı ise daha düşüktür; bu sebeble, CO₂ 5 mmHg lık bir fark ile alveol içine geçerken, O₂ de 64 mmHg lık bir farkla alveolden kana geçmektedir.
- Böylece alveolü terkeden kanda PO₂ 104, PCO₂ 40 mmHg olur.
- Kanın bir bölümü alveoler kapillerlerden geçmez ve alveollerden gelen temiz kan ile karışır.
- Böylece arteriyel kanın PO₂ si 104 den 95 mmHg ya düşer.
- Diğer bir ifadeyle kan akciğerleri 95 mmHg lık PO₂ ve 40 mmHg lık PCO₂ ile terk eder.

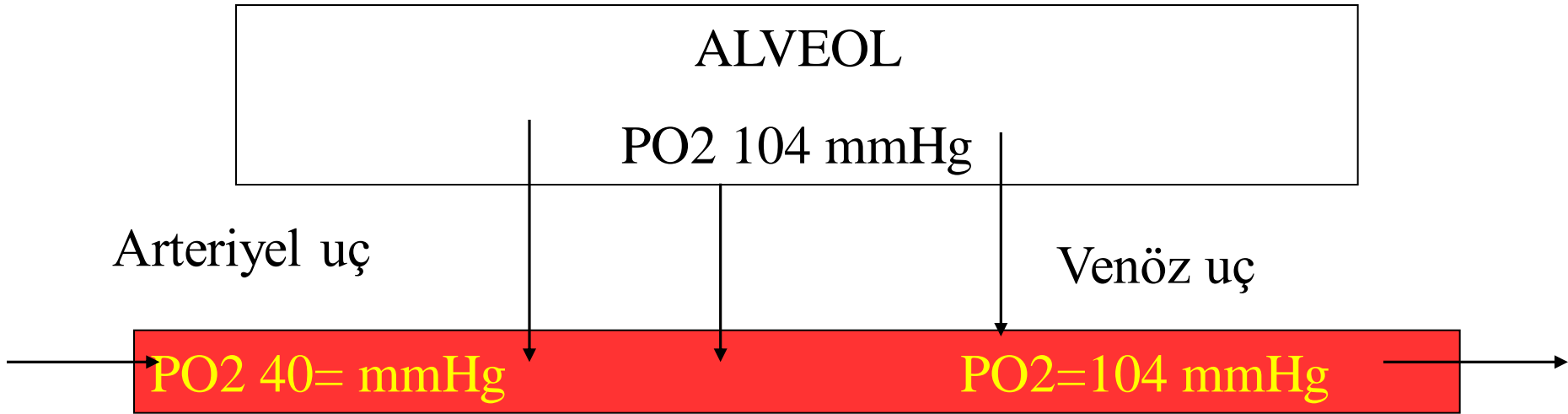
O₂ ve CO₂ yer deęiřtirmesi..

- O₂ ve CO₂ basınç farklarına bağlı olarak yer değiştirirler
- Difüzyon.....

Alveol,kan ve dokulardaki oksijen
ve karbondioksit basınçları

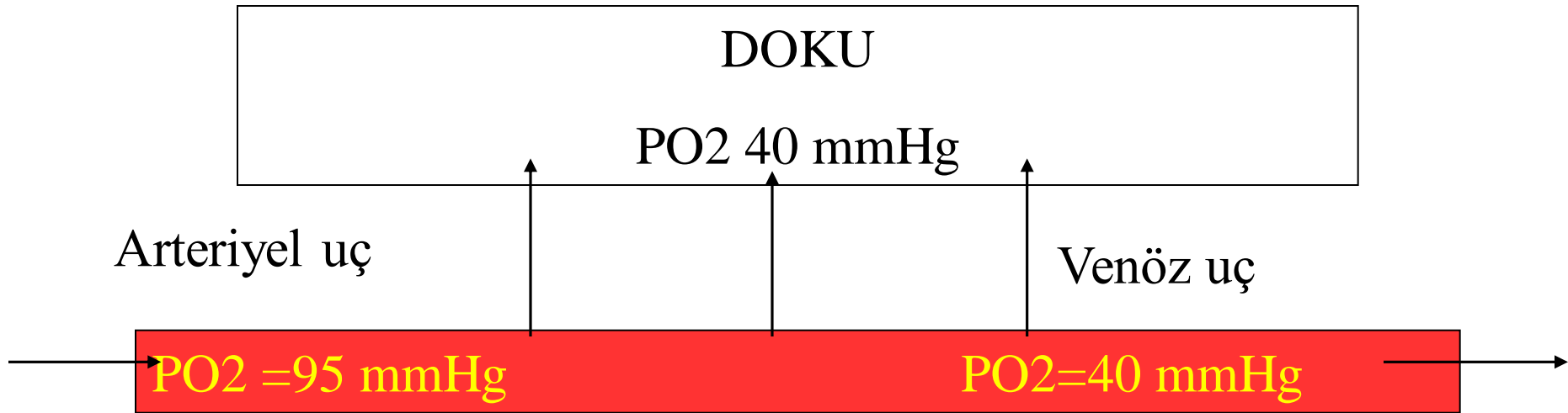
Oksijen difüzyonu akciğerlerde

- 104 mmHg dan 40 mmHg ya doğru gaz difüzyonu olur.
- Fark 64 mmHg dır



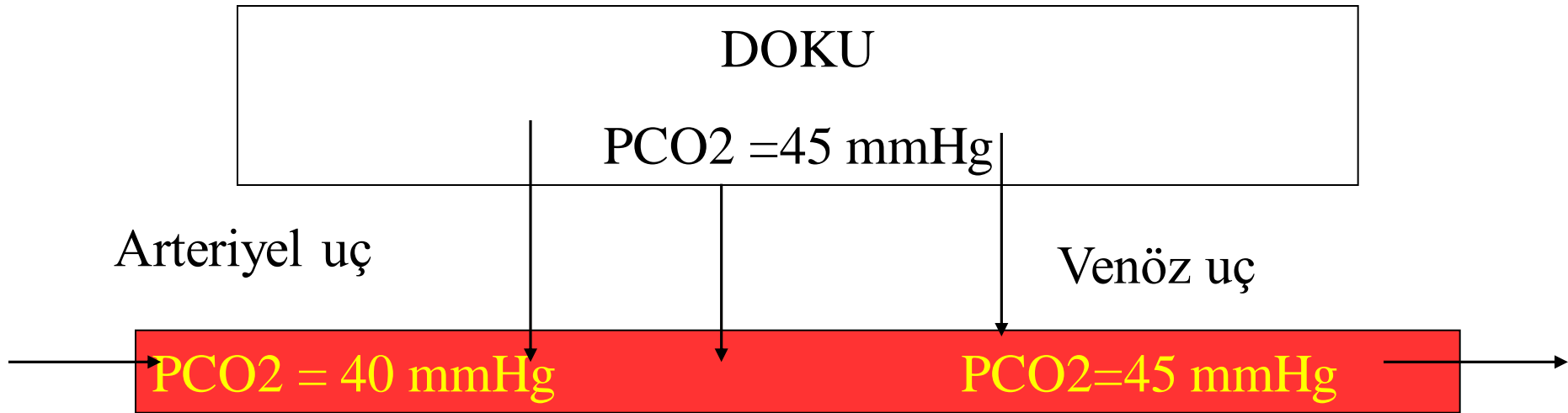
Oksijenin kapillerlerden dokuya geçişi

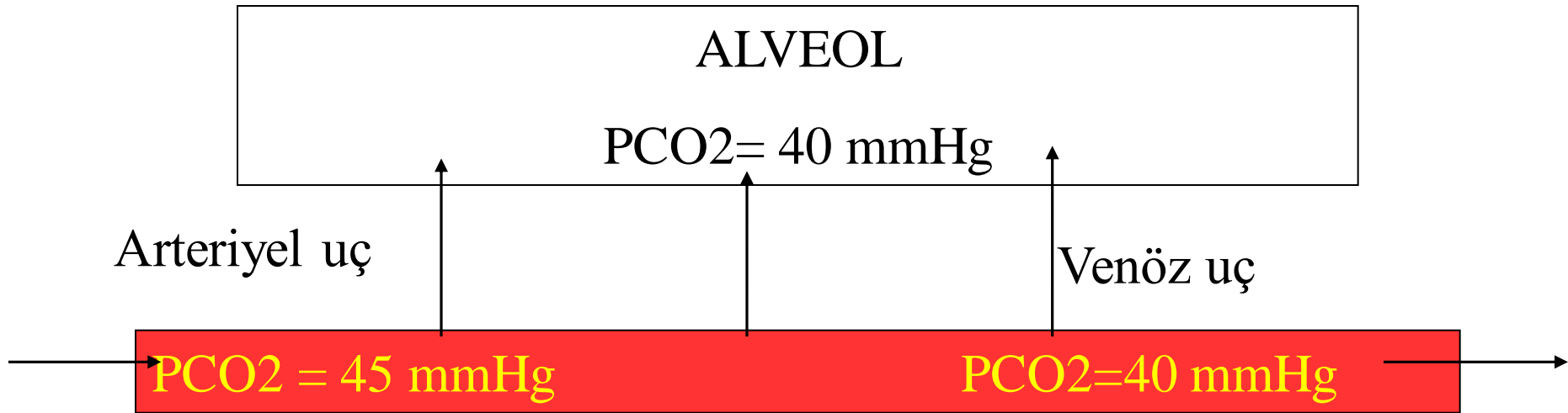
- Kanın bir bölümü alveoler kapillerlerden geçmez ve akciğerlerden gelen temiz kan ile karışır. Böylece arteriyel kanın PO₂ si 104 den 95 mmHg ya düşer
- Oksijen doku hücreleri tarafından sürekli kullanılmaktadır.
- Bu nedenle dokuda hücre içi O₂ si kapillerdeki O₂ den düşüktür.
- Hücre içi PO₂ si 5-40 mmHg arasında değişir, ortalama 23 mmHg dır.
- Kan PO₂ si kapillerlere geldiğinde hızla 40 mmHg ya düşer.



Karbondioksitin difüzyonu

- Oksijen dokular tarafından kullanılır, sonuçta hücre içi CO₂ miktarı artar.
- Böylece CO₂ dokudan kapillerlere difüze olur.
- Hücre içi PCO₂ 45, kapiller kanın arteriyel bölümünün PCO₂ si ise 40, venöz bölümü ise 45 mmHg dır. 5 mmHg lık farkla difüzyon olur.
- Pulmoner kapillerlere giren kanda PCO₂ 45 mmHg, alveol havasında PCO₂ 40 mmHg dır. 5 mmHg lık farkla difüzyon olur.





Kanda oksijenin taşınması

- Akciğerden kana geçen oksijenin % 97 si hemoglobine bağlı olarak taşınır.
- % 3 ise plazmada ve hücrede çözünmüş durumda taşınır

Oksijenin hemoglobinle bağlanması

- Oksijenin hemoglobinle bağlanması geri dönüşümlü bir bağlanmadır.
- Akciğerde yüksek bir afinite ile birbirlerine bağlanırken, dokuda ise birbirlerinden ayrışırlar.

Oksijen hemoglobin birleşme eğrisi

- Oksijenle hemoglobin arasındaki ilişki oksijen hemoglobin birleşme eğrisi ile ifade edilir.
- Eğri sağa kaydığında oksijen hemoglobinden ayrılırken, sağa kaydığında ise bağlanma artar.

Hemoglobinle birleşen maksimum oksijen miktarı...

- 100 ml kan 15 gr hb içerir
- 1 gr hb 1,34 ml oksijen bağlayabilir.
- Hb O₂ ile % 100 doyduğunda 20 ml oksijen bağlar.
- Ancak Hb % 97 doyduğundan 100 ml kan 19,4 ml oksijen bağlar.
- İlaveten 0,3 ml de kanda çözünmüş halde taşınır.
- Sonuçta 100 ml kanda taşınan O₂ miktarı yaklaşık 20 ml kabul edilir.

Dokuya geçen O₂ miktarı- arteriyo venöz O₂ farkı (a-V)O₂

- Kan doku kapillerlerinden geçerken bu miktar (20 ml) azalır ortalama 15 ml ye düşer
- Çünkü PO₂ 40 mmHg dır ve bu durumda Hb % 75 doymuştur.
- Normal koşullarda 100 ml kan ile dokulara yaklaşık 5 ml oksijen taşınır.
- Buna arteriyo venöz oksijen farkı denir.

Oksijen hemoglobin birleşme eğrisini kaydıran faktörler ve oksijen taşınmasındaki önemleri

- Eğriyi sağa kaydıran faktörler(O_2 ve hemoglobini birbirinden ayrıştırır);
 - Hidrojen iyon artışı
 - CO_2 artışı
 - Isı artışı
 - DPG artışı

Egzersizde eğri....

- Egzersizde eğri birkaç faktörün etkisiyle sağa kayar ve sonuçta dokuya daha fazla oksijen bırakılır. Bunlar;
 - CO₂ üretiminin artması,
 - Ortamın asitleşmesi
 - Isı artışı,

Akciğerlerde eğri..

- Dokuda eğriyi sağa kaydıran faktörlerin tam tersi akciğerlerde etkilidir.
- Sonuçta akciğerlerde hemoglobin ile oksijen birbirine bağlanır.

Karbondioksitin kanda taşınması

- 100 ml kanda ortalama 4 ml karbondioksit dokulardan akciğerlere 4 yolla taşınır.
 1. Karbondioksitin çözünmüş olarak taşınması
 2. Bikarbonat iyonu şeklinde taşınması
 3. Hemoglobine bağlanarak
 4. Plazma proteinlerine bağlı olarak karbomino bileşikleri halinde taşınması

Bikarbonat iyonu şeklinde

- Karbondioksit % 70 oranında plazmada HCO₃ iyonu şeklinde taşınır.
- Hücrelerde oluşan CO₂, kana geçtiği zaman eritrositler içine alınır.
- Eritrositler içinde CO₂, karbonik anhidraz enziminin etkisiyle H₂O ile birleşir.
- $$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons{\text{Karbonik anhidraz}} \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$$
- Yukarıdaki reaksiyonda ortaya çıkan hidrojen iyonları hemoglobin molekülüne bağlanır, bikarbonat iyonları ise eritrositlerden plazmaya çıkar ve akciğerlere kadar plazmada gelir.
- Kan akciğerlere gelince, bikarbonat iyonlarının eritrositler içine girmesi ile reaksiyon tersine döner, sonuçta su ve karbondioksit oluşur ve solunum yoluyla dışarı atılır.
- Karbondioksitin % 70 i bu yolla taşınır.

Hemoglobine bağlı olarak:

- Karbondioksidin bir kısmı doğrudan hemoglobin molekulüne bağlanarak taşınır.

Kanda çözünmüş olarak:

- Çok az bir kısmı plazmada fiziksel olarak çözünmüş halde taşınır.

Plazma proteinleri ile birleşerek:

- Az bir kısmı da plazma proteinleri ile karbamino bileşikleri oluşturarak taşınır.

Solunumun kontrolü

- Solunumun hızı ve derinliği vücudun metabolik gereksinimlerine göre ayarlanır.
- Solunum, sinir sistemi tarafından alveoler ventilasyon hızı ayarlanarak PO₂ ve PCO₂ basınçları çok değişse bile sabit tutulur.
- Bu işlevler merkezi sinir sisteminde bulunan solunum merkezi tarafından yapılır.

Solunum merkezi

- Solunum merkezi beyin sapında bulunur

Solunumun düzenlenmesi

- Solunum merkezlerine direkt ve indirekt olarak kimyasal ve sinirsel yollarla uyarılar gelmektedir.
- Solunum merkezini etkileyen faktörler şunlardır;
 - Akciğerlerdeki gerilme reseptörlerinden gelen uyarılar,
 - Eklem kas ve tendonlardaki propioreseptörlerden gelen uyarılar,
 - Kandaki H iyonu artışı,
 - Aort kavsi ve karotid arterlerde bulunan kimyasal reseptörlerden (bu reseptörler kandaki PCO₂, PO₂ ve PH değişikliklerine duyarlıdır) gelen uyarılar.
 - Deri ve vücut ısısında meydana gelen değişiklikler,
 - Hormonal (örneğin epinefrin) ve sinirsel faktörlerle

Hipoksi

- Oksijen azlığıdır.
- Çeşitleri;
 1. Hipoksik hipoksi-PO₂ düşük
 2. Anemik hipoksi-Hb düşük
 3. Stegnant hipoksi-dolaşım bozukluğu
 4. Histotoksik hipoksi-doku O₂ yeterince kullanmıyor.

Anoksi

- Oksijenin hiç olmamasıdır.
- Organizmaya hipoksiye uyum sağlar (bir dereceye kadar) ama anoksi durumunda ölür.

Hiperkapni

- Vücut sıvılarında karbondioksit birikmesi anlamında kullanılır.
- Hipoventilasyon yada dolaşım yetersizliği ile hipoksi ile birlikte hiperkapni oluşur.

Siyanoz

- Derinin mavimtrak renk almasıdır.
- Nedeni deri damarlarında, özellikle kapillerlerde deoksijene hemoglobin miktarının artmasıdır.
- Deoksijene hemoglobin koyu mavimor renktedir.

Solunum tipleri

- Eupnea: normal solunum
- Hiperpne: solunumun frekansının ve derinliğinin artması
- Polipne: solunumun sıklığının artması
- Apne: solunumun geçici olarak durması
- Dispne: solunumun güçleşmesi; ventilasyonun hava isteğini karşılayamaması-hava açlığı
 - Hiperkapni ve daha az ölçüde hipoksi
 - Solunum kaslarının yapmak zorunda olduğu iş
 - Ruhsal durum