

Solunum Fizyolojisi

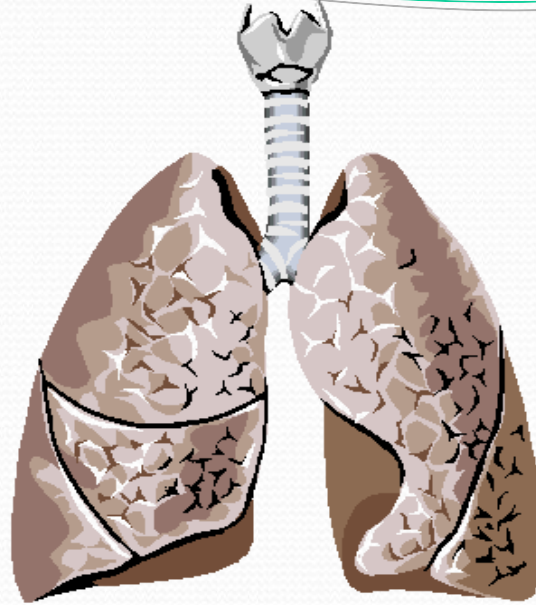


SOLUNUM SİSTEMİ

- ✓ Solunum organlarının görevleri
- ✓ İspirasyon, Ekspirasyon mekanizması
- ✓ Akciğer yüzey gerilimi
- ✓ Solunum hacmi, kapasite ve tipleri
- ✓ Akciğer ve alveolar ventilasyon
- ✓ Oksijenin hemoglobinden ayrılmasına neden olan etkenler
- ✓ Hipoksiya, siyanoz, dekompresyon hastalığı, asfeksi
- ✓ O₂ ve CO₂'in taşınması
- ✓ Solunumun sinirsel kontrolü

Homeostazis

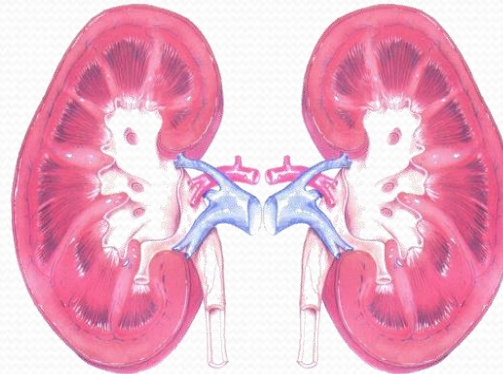
Akciğerler



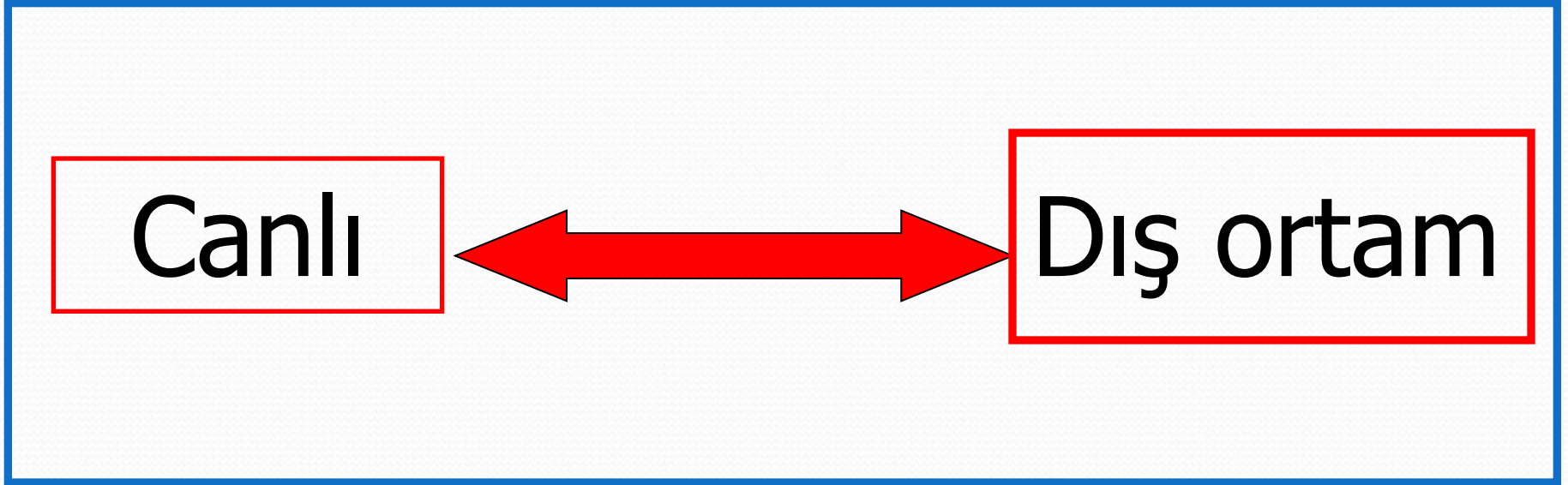
➤ $O_2 - CO_2$

➤ pH

Böbrekler



Solunum



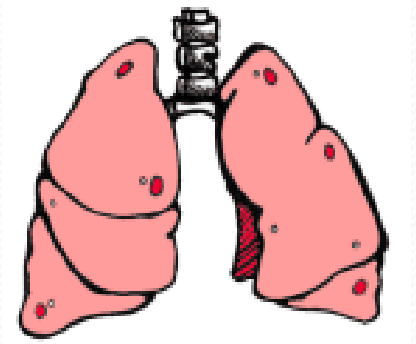
gaz alış-veriştir.

Solunum Organlarının Görevleri

1- Akciğerlere alınacak havanın ısıtılması, nemlendirilmesi, filtre edilmesi ve temizlenmesi

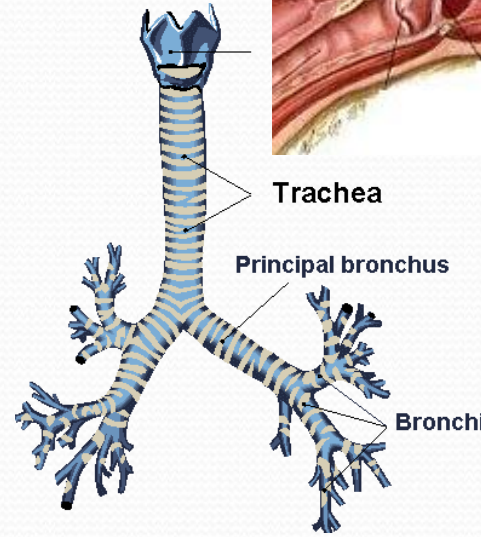
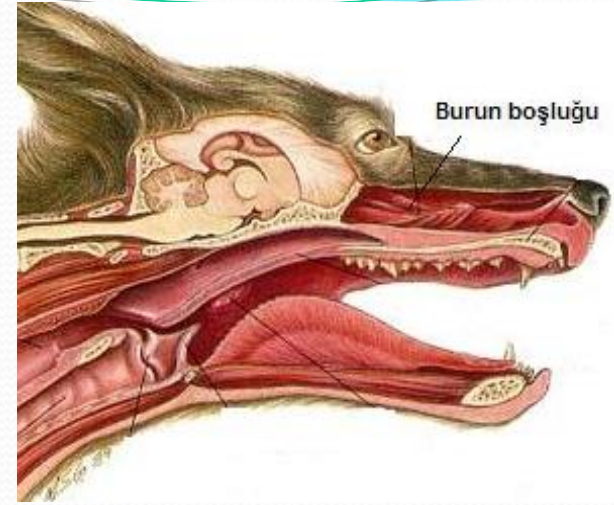
2- Dışarıdan alınan havanın taşınması (O_2 nin dokulara, CO_2 in dış ortama taşınması)

3-pH'in ayarlanarak homeostazisin devam ettirilmesi



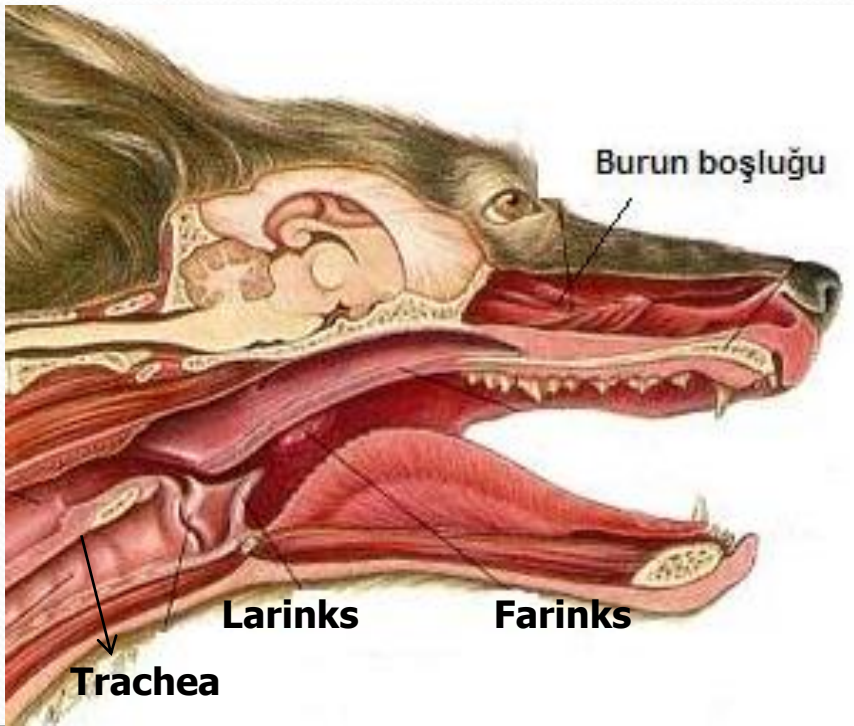
Solunum Organları

- Burun boşluğu
- Farinks
- Larinks
- Trachea
- Bronşlar
- Bronşioller
- Alveoller



- Diyafram
- Göğüs Kasları

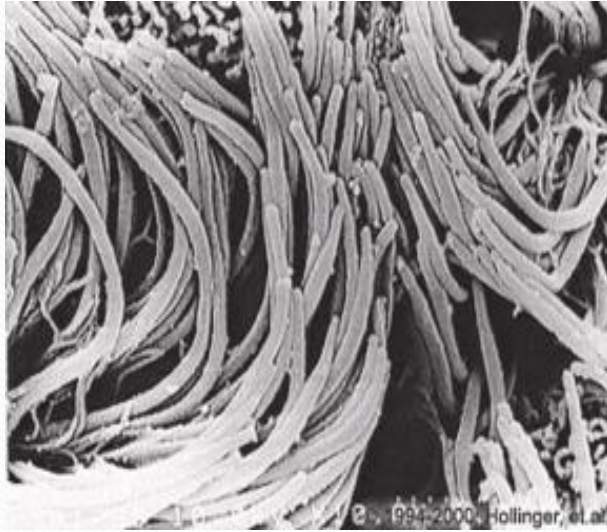
- Burun boşluğu
- Farinks



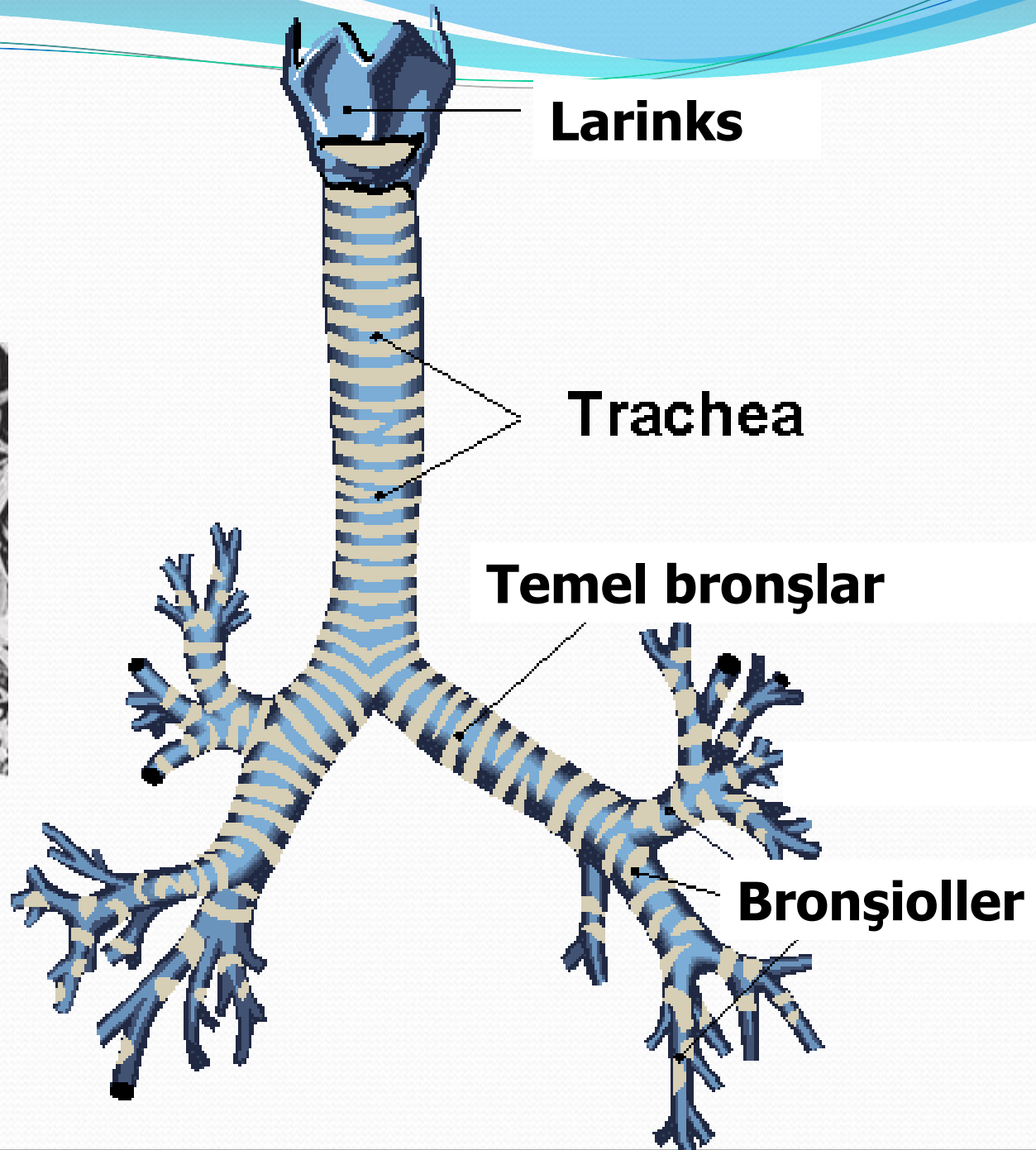
- Larinks

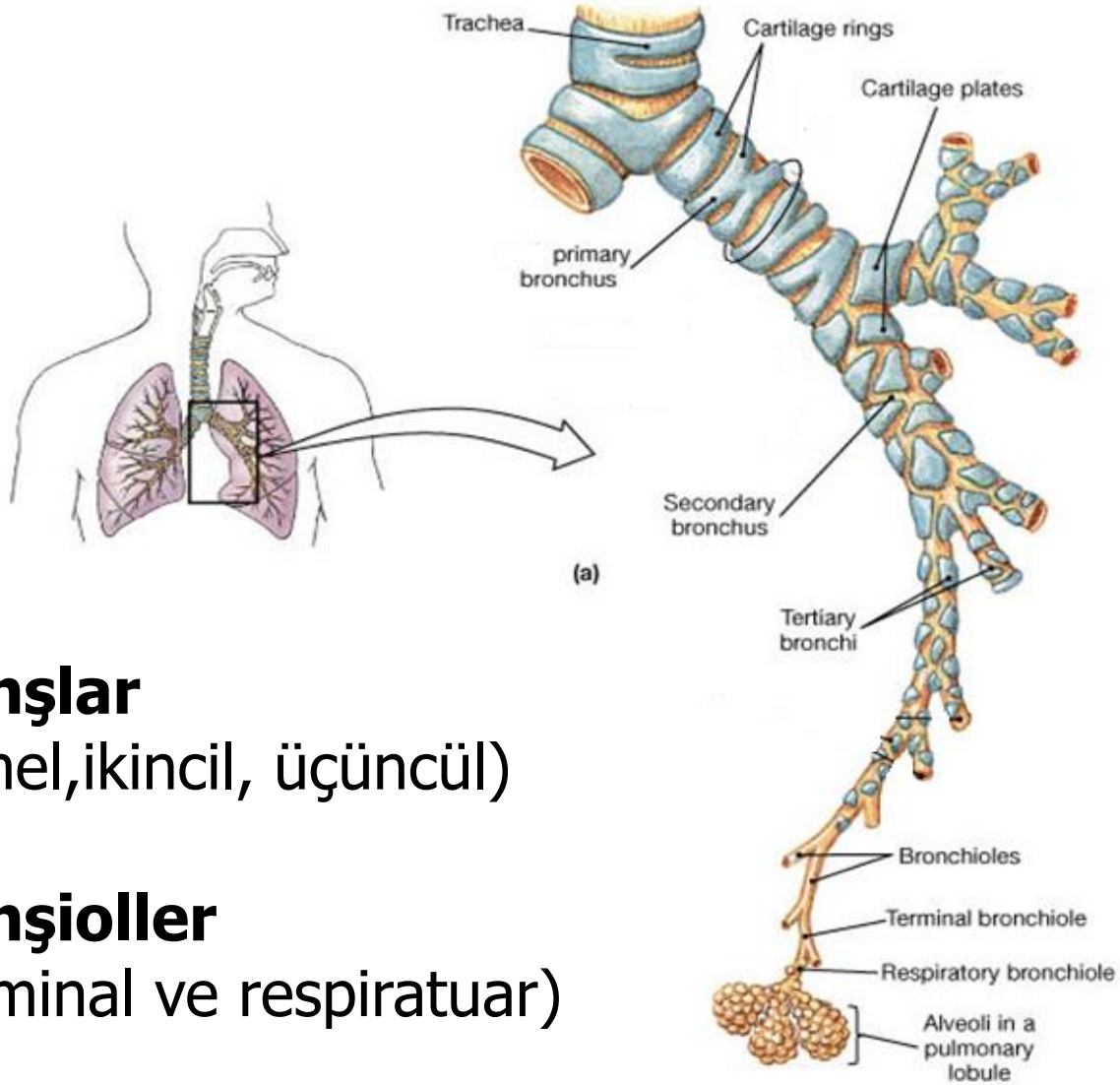


- Trachea



- Bronşlar





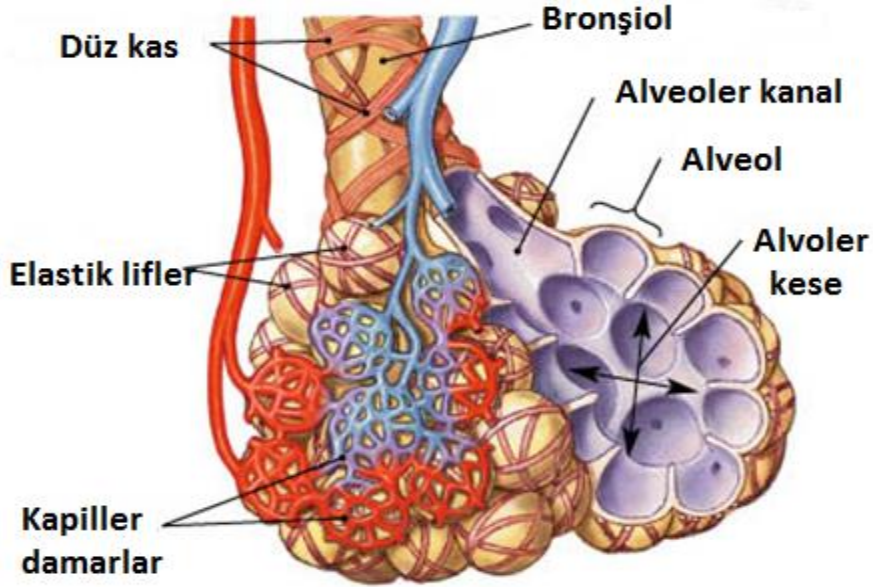
- Bronşlar**

- (Temel, ikincil, üçüncül)

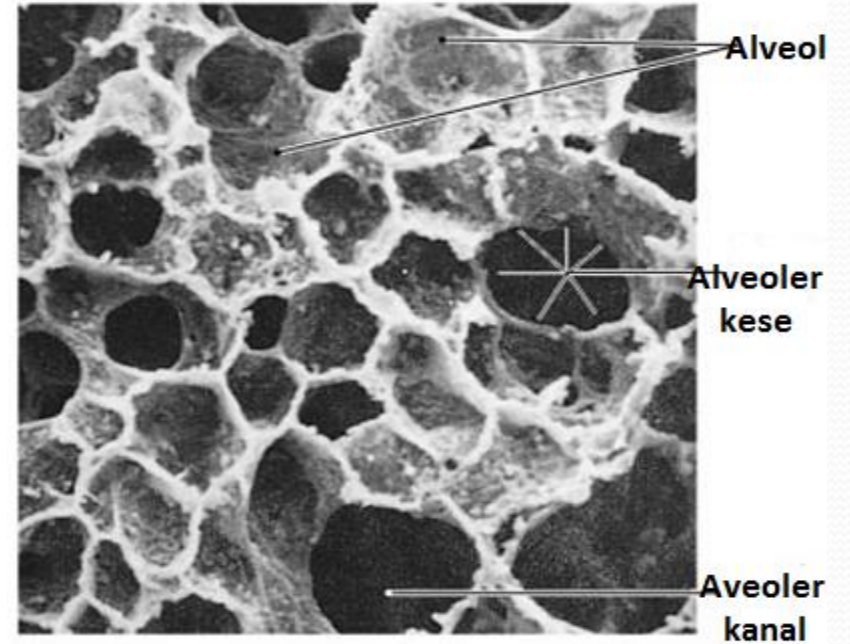
- Bronşioler**

- (Terminal ve respiratuar)

•Alveoller



Alveoler Yapı



Alveoler kanallar ve alveoller

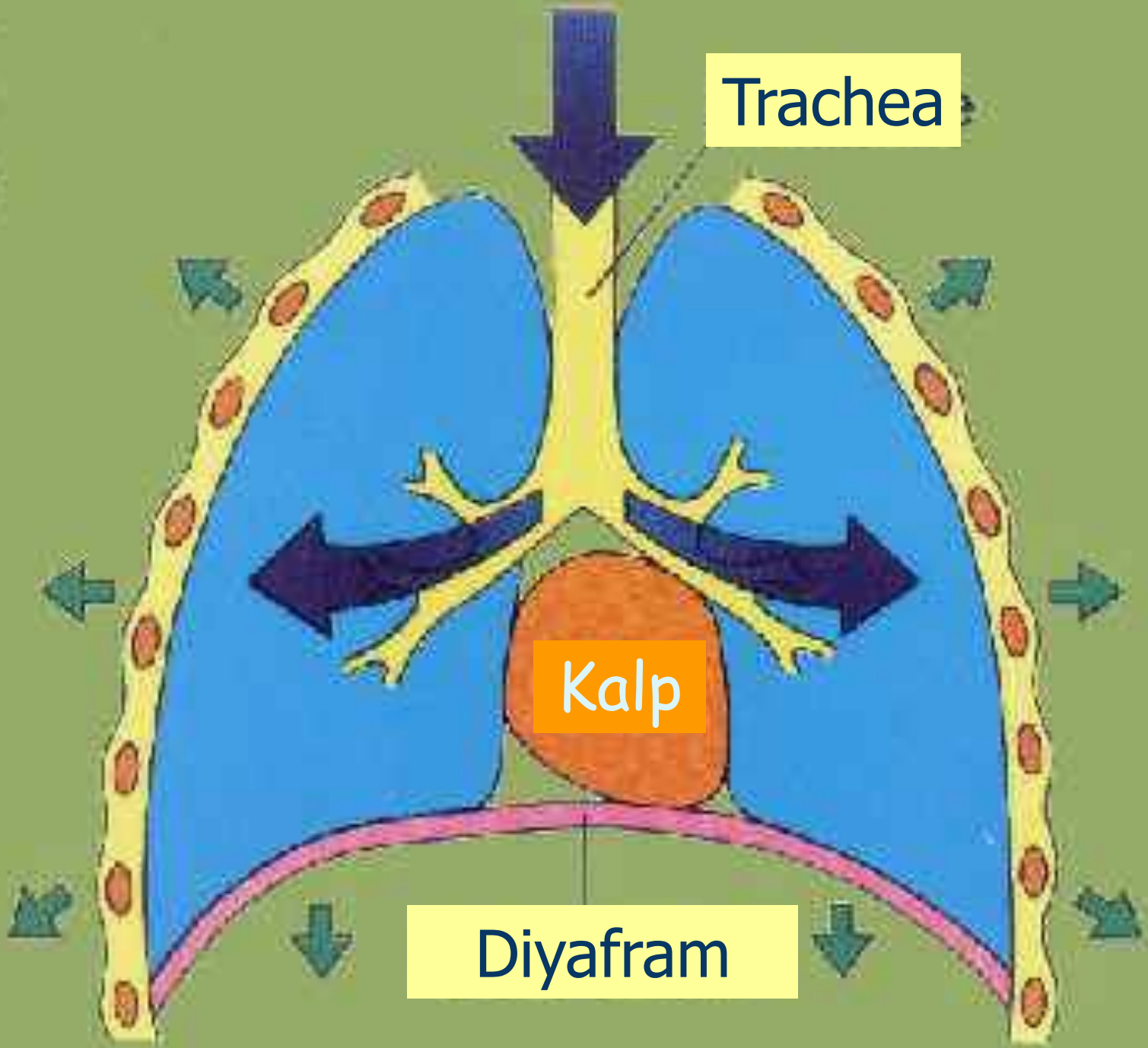
Diyafram

- Göğüs boşluğunu karın boşluğundan ayırır.
- Kubbe şeklindedir.
- Orta kısmı tendinöz, kenarlar kassaldır.
- Solunumun %75'inden sorumludur.

İnspirasyon Mekanizması

1. Diyaframın kontraksiyonu ve düzleşmesi
2. Kostaların öne ve yukarı hareketi
3. Göğüs kafesi ile akciğerlerin genişlemesi ve intrapulmonik basıncın azalmasıyla akciğerlere hava girmesidir.

İNSPİRASYON



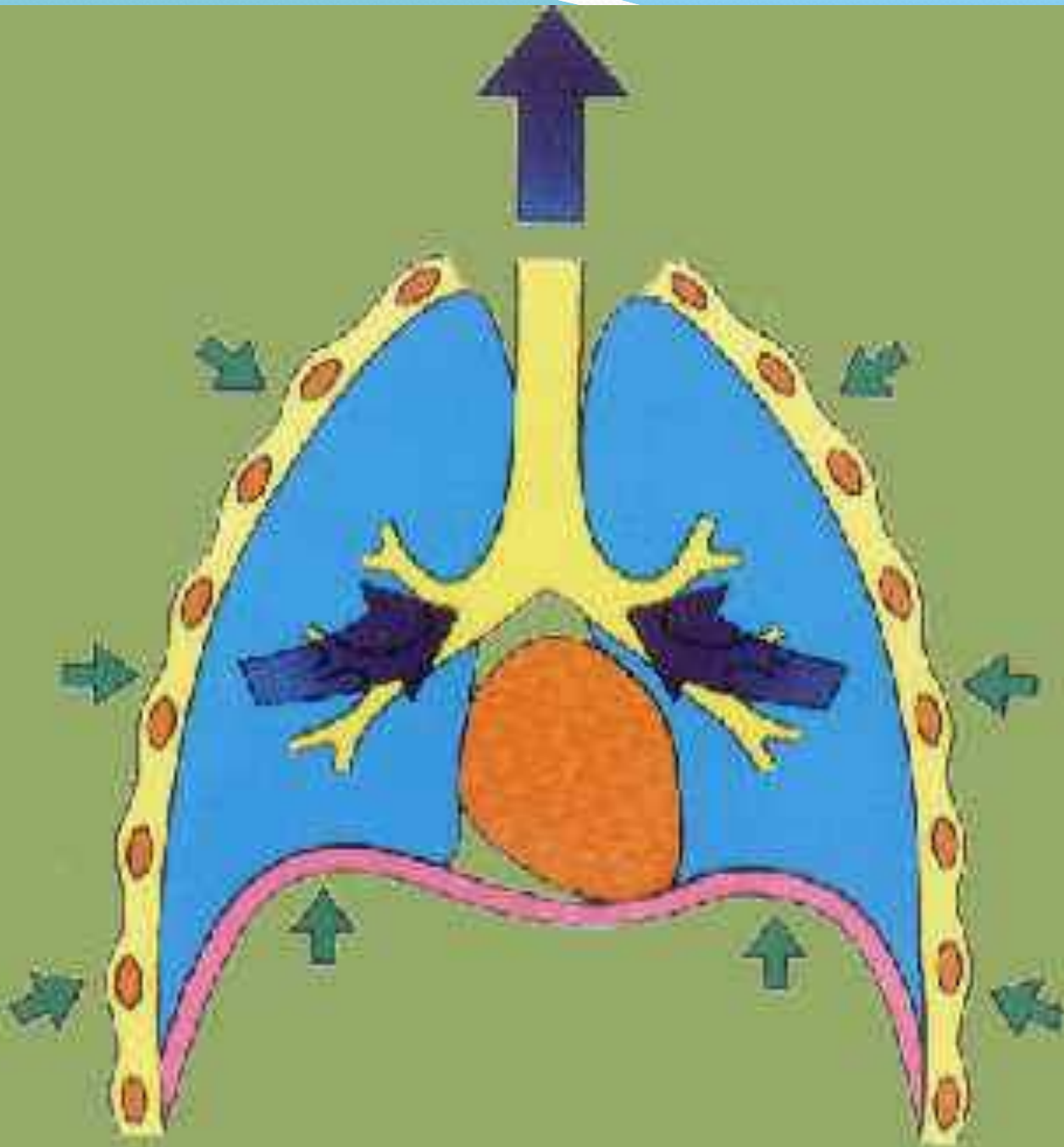
Ekspirasyon Mekanizması

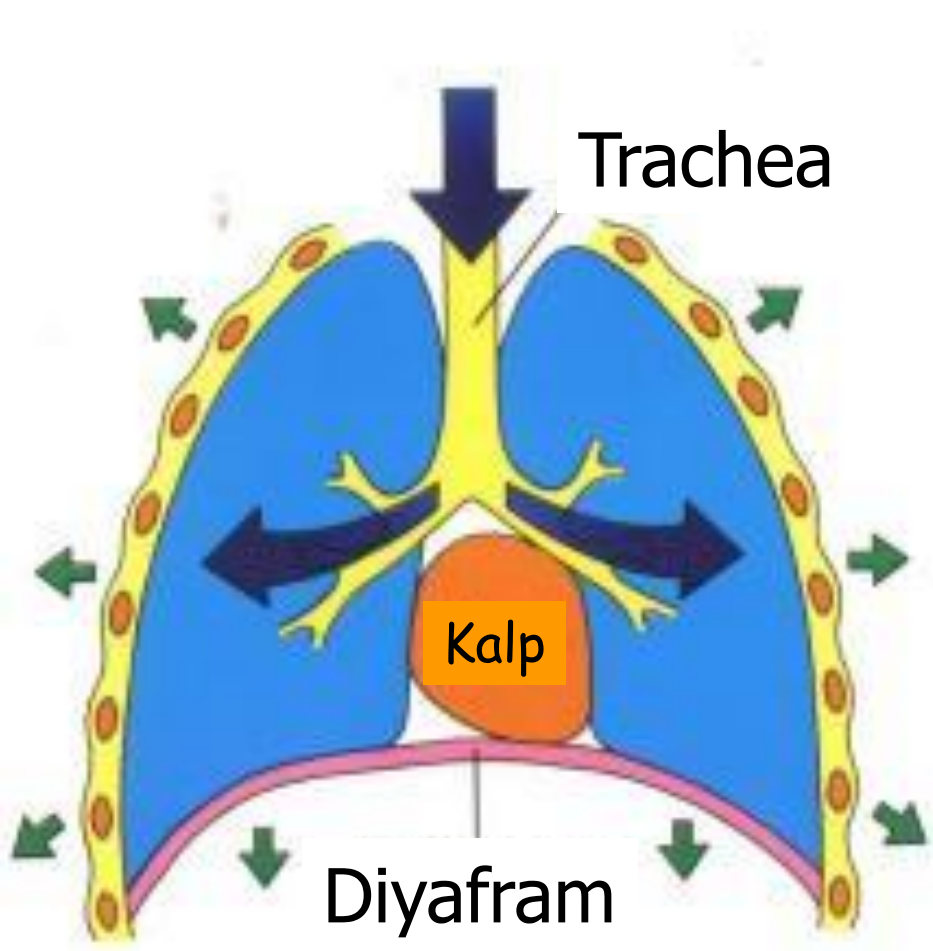
1. Diyaframın gevşemesi ve dışbükeyliğini artırması

2. Kostaların geriye ve aşağı hareketi

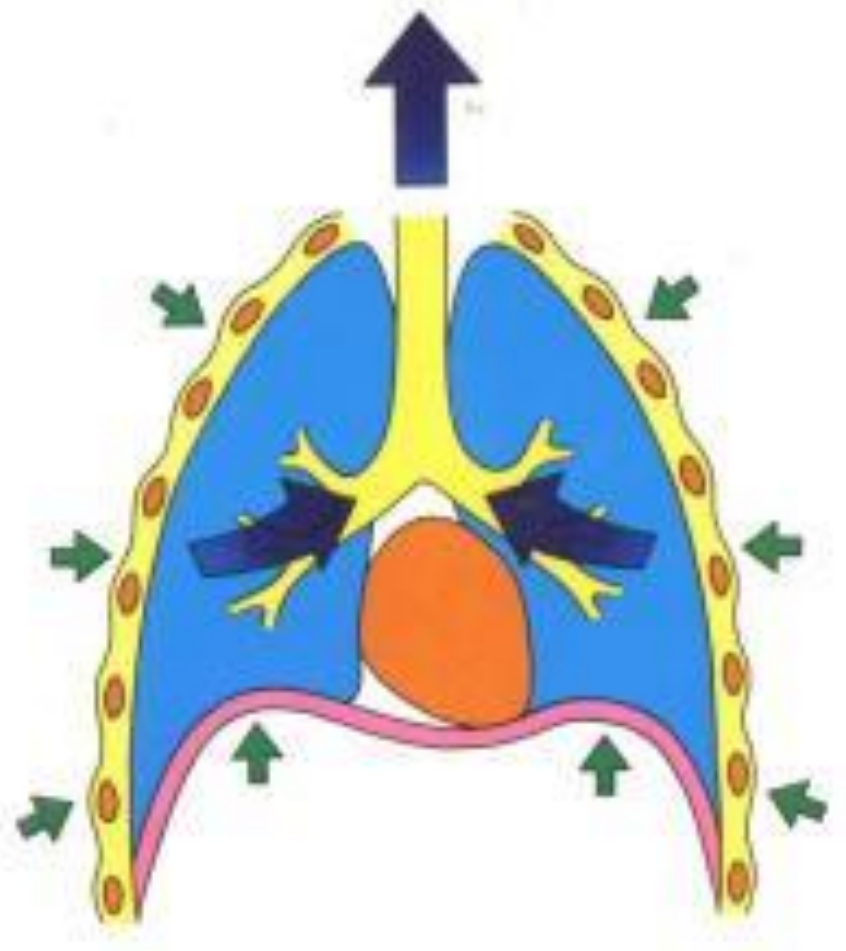
3- Göğüs kafesi ile akciğer volümünün küçülmesi ve intrapulmonik basıncın artmasıyla akciğerlerdeki havanın dışarı çıkmasıdır.

EKSPİRASYON





İNSPİRASYON



EKSPİRASYON



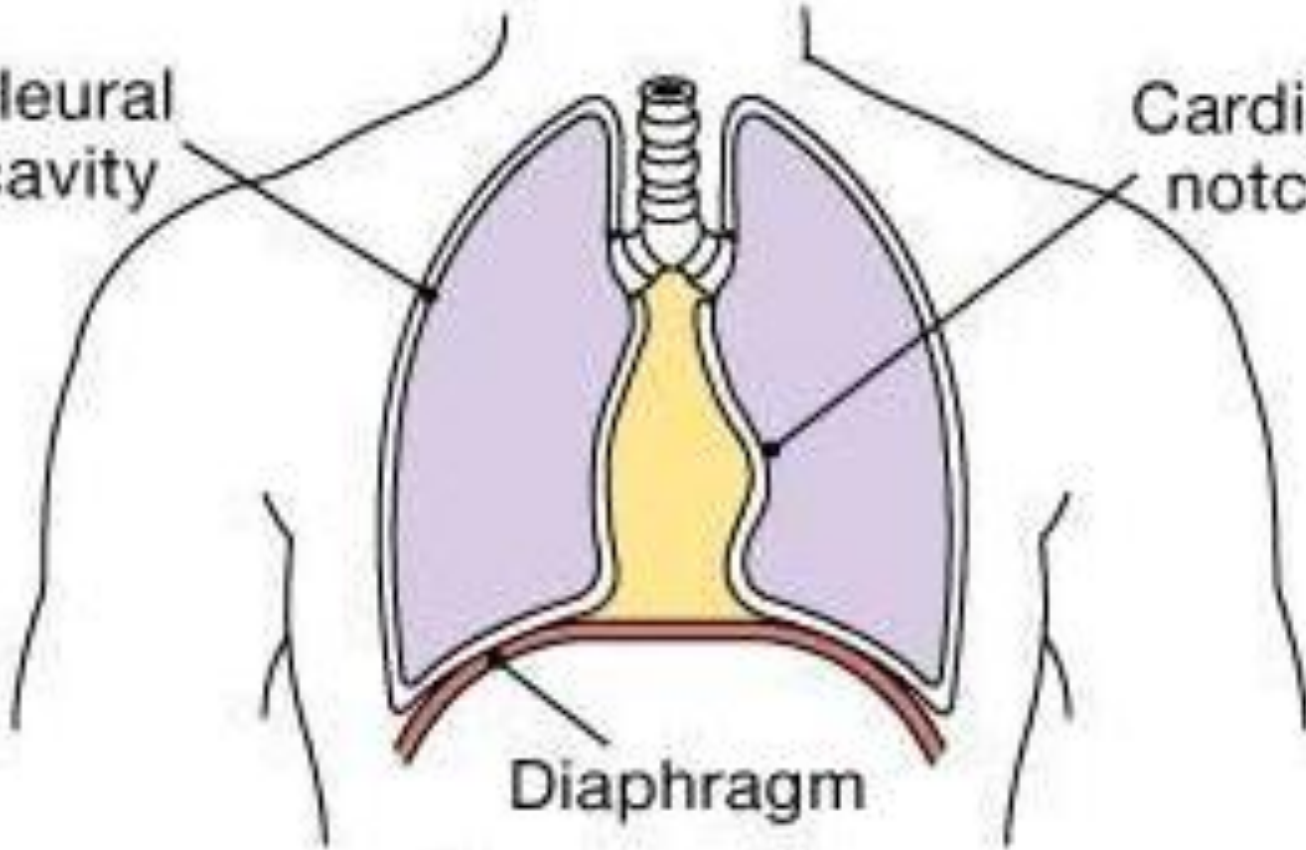
Kaburgalar ve sternum
yukarı kalkar

Diaphragma kasılır

(a)

Pleural cavity

Cardiac notch

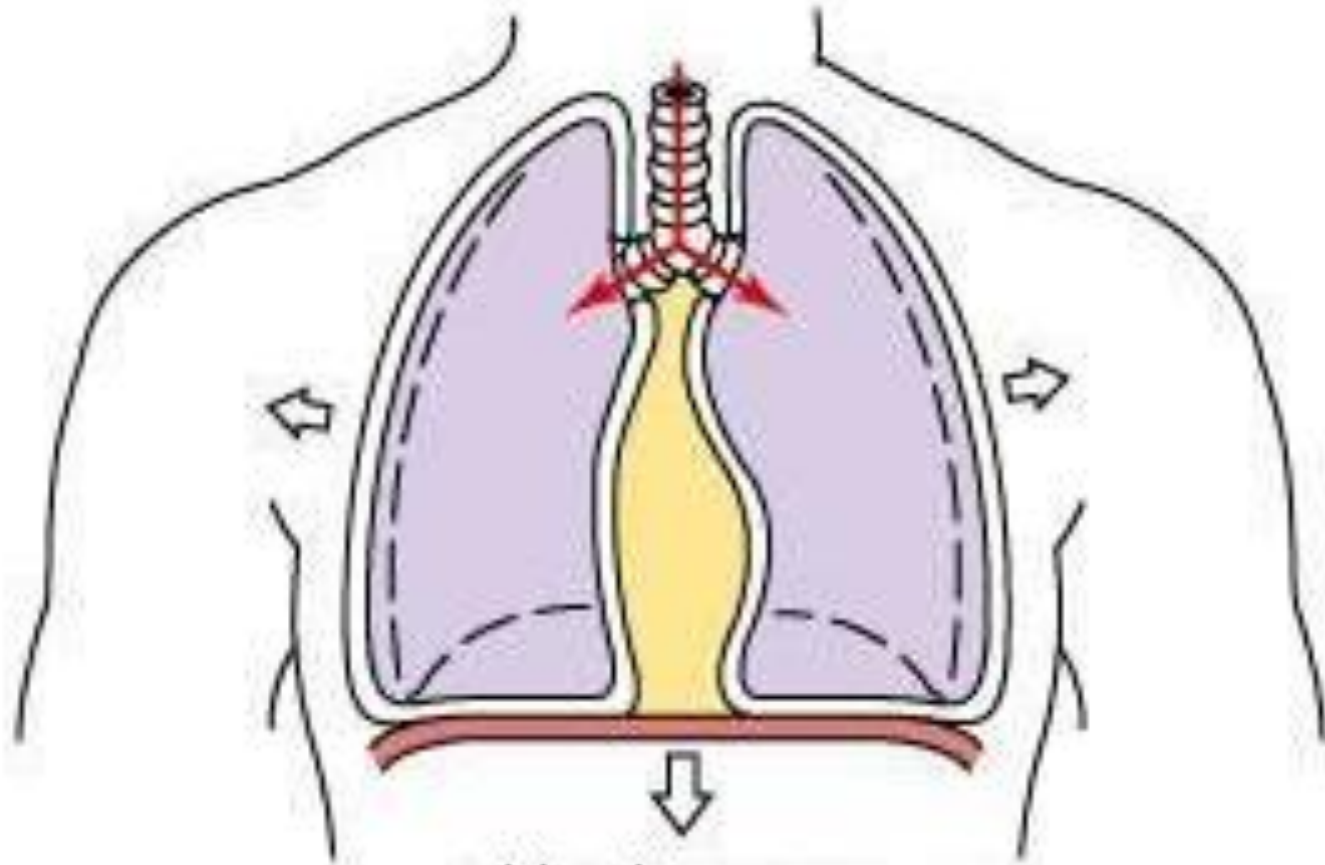


Diaphragm

$$P_{\text{dışarı}} = P_{\text{içeri}}$$

Dışarıdaki ve içerideki basınç eşittir, bu yüzden hava hareketi olmaz.

(b)



Hacim artar

$$P_{\text{dışarı}} > P_{\text{içeri}}$$

İçerideki basınç düşer, hava içeri girer

(c)

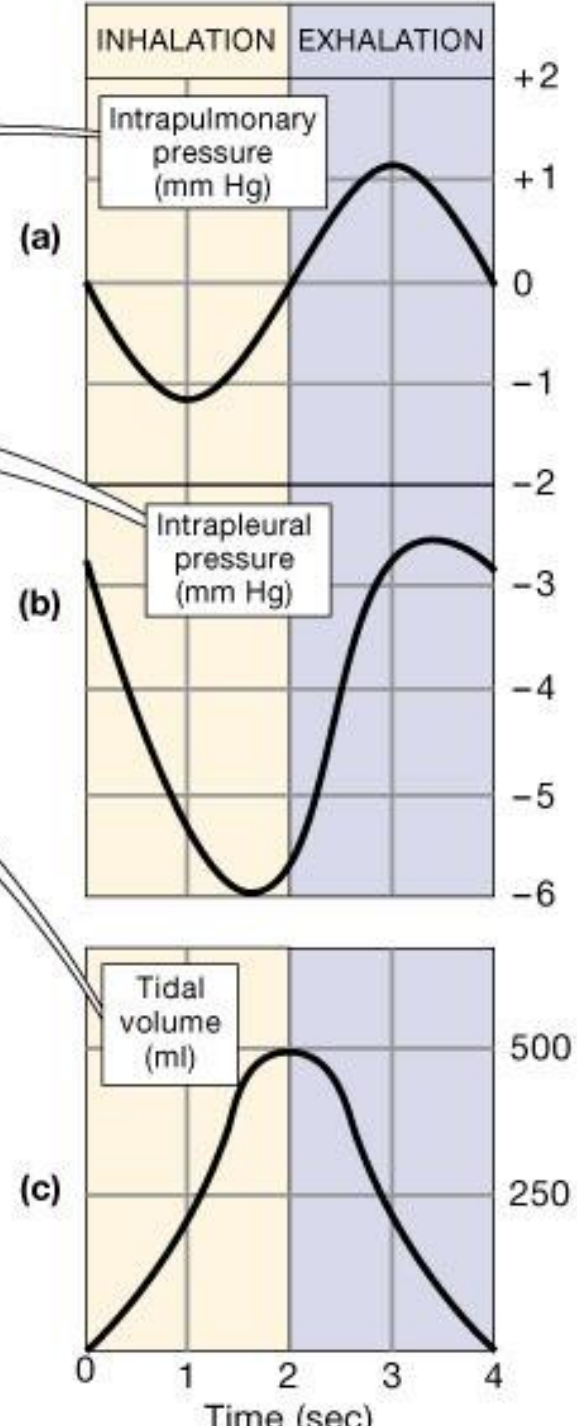
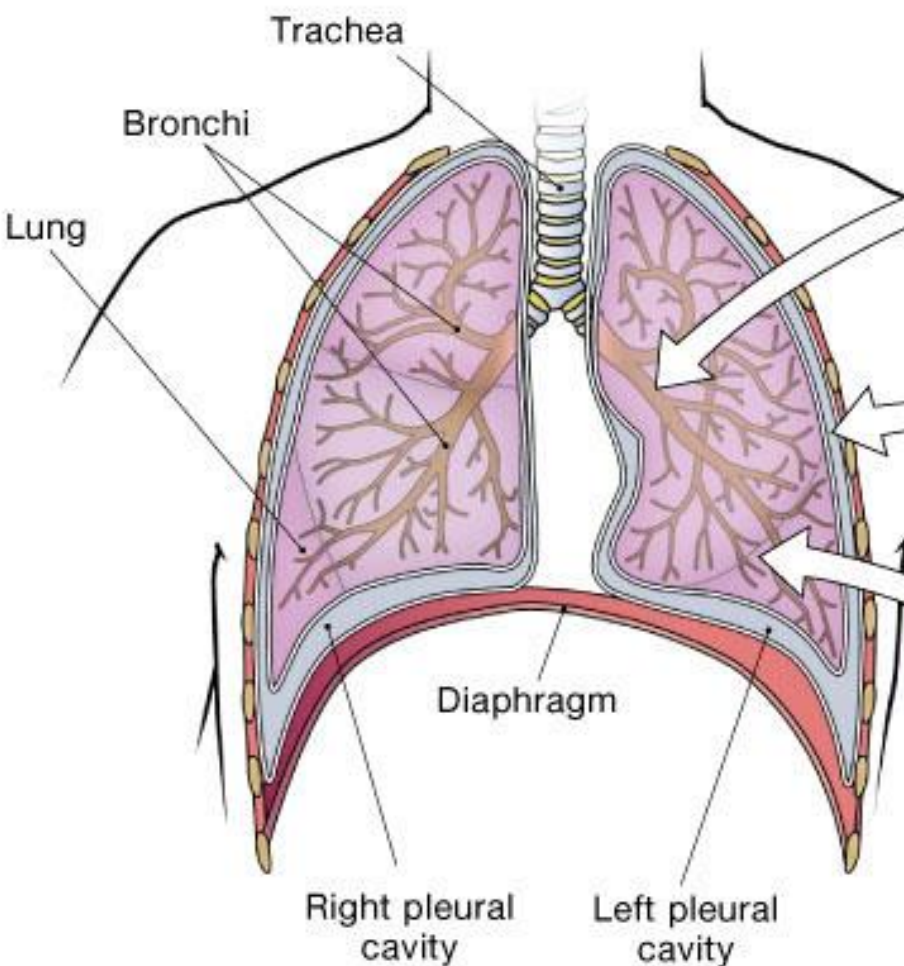


Hacim azalır

$$P_{\text{dışarı}} < P_{\text{içerisi}}$$

İçerideki basınç artar, hava dışarı çıkar

(d)

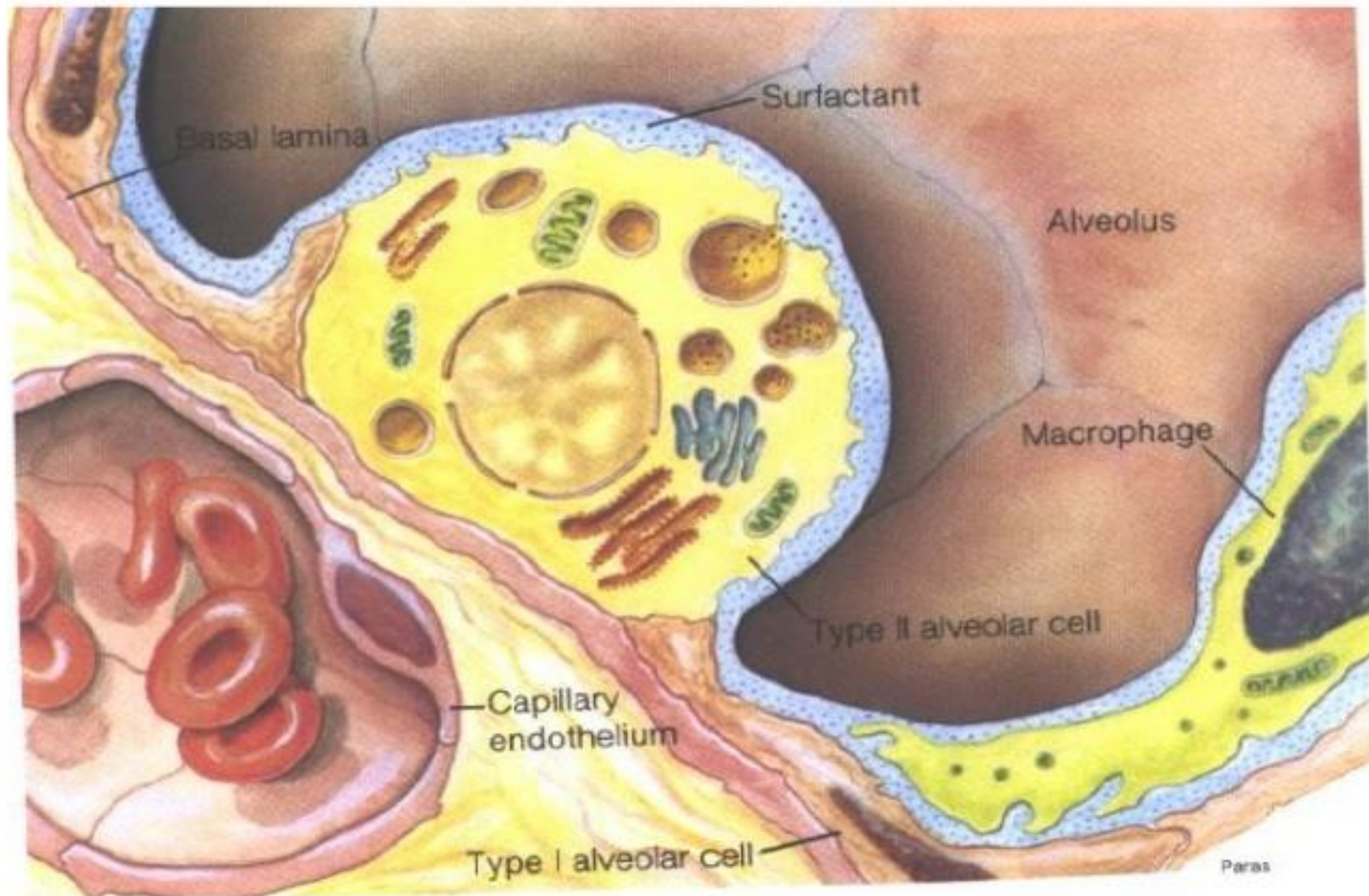


Akciğerlerin Fiziksel Özellikleri

- Uyum, Esneklik
- Yüzey gerimi

Akciğer Yüzey Gerilimi

- Akciğer yüzey gerilimini azaltan maddelere surfektan maddeler denir. (Ör: sabun, deterjan gibi)
- Surfektan maddeler protein, lipid, karbonhidrat karışımı bir kimyasal yapıya sahiptirler.
- Surfektan maddeler akciğerlerdeki Tip II hücreleri tarafından yapılırlar.
- Surfektan maddenin yapısında bulunan lesitin ve sfingomiyelin oranları fötusta akciğerlerin gelişimi hakkında bilgi verir.

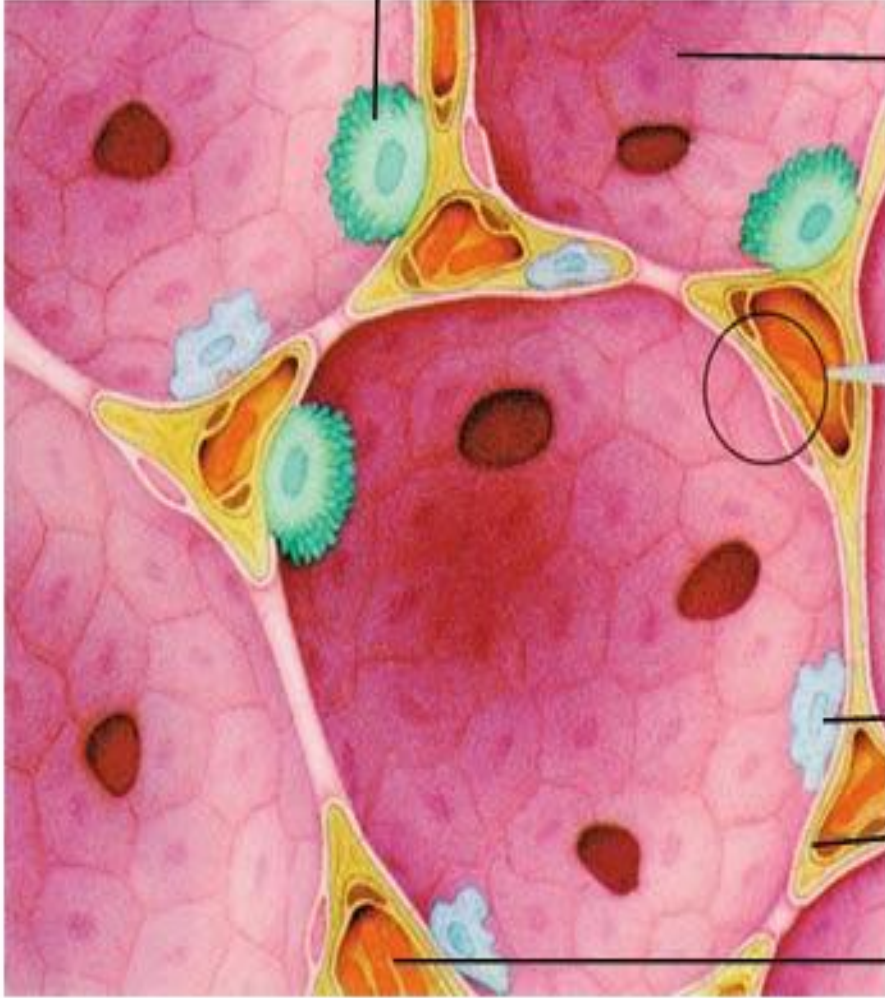


sürfaktan salgılayan hücre

alveol (gaz dolu)

kırmızı kan hücresi

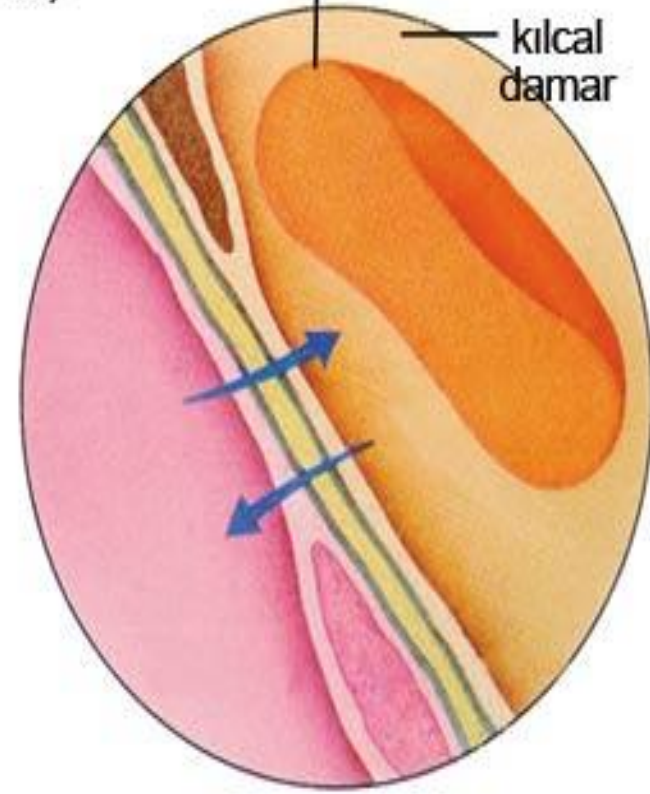
kılcal damar



makrofaj

solunum zarı

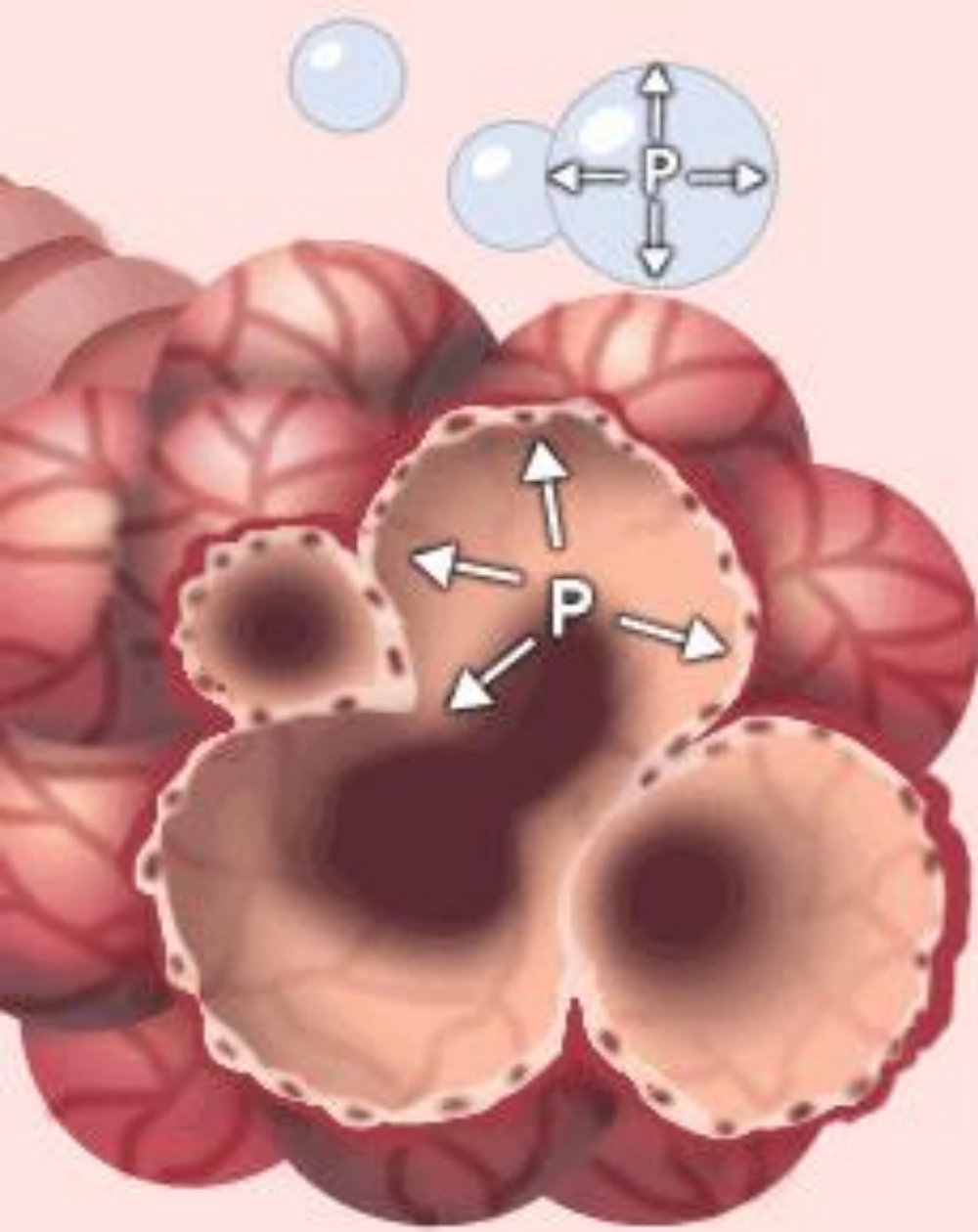
kırmızı kan hücresi



Surfektan maddelerin fonksiyonları:

- Alveollerin kollabe (büzülmesi) olmasını
- Alveollerin iç kısmının kan ile dolmasını

önler.



Alveoli with surfactant



Alveoli without surfactant

Akciğer Hacimleri

1. Normal Solunum Hacmi (Tidal volüm):
2. İnspirasyon Yedek Hacmi
3. Ekspirasyon Yedek Hacmi
4. Rezidüel Volüm
5. Minimal Volüm

1- Normal solunum hacmi (Tidal volüm):

Normal solunum sırasında inspirasyon ile alınan veya ekspirasyon ile verilen hava hacmidir.

2- İnspirasyon yedek hacmi:

Normal bir inspirasyondan sonra maksimal inspirasyonla akciğerlere giren hava hacmidir.

3- Ekspirasyon yedek hacmi:

Normal bir ekspirasyondan sonra maksimal ekspirasyonla akciğerlerden verilen hava hacmidir.

4- Rezidüel volüm:

Yapılması mümkün en kuvvetli
ekspirasyondan sonra akciğerlerde kalan
hava hacmidir.

5- Minimal volüm:

Canlı bir hayvanda ölçümü mümkün olmayan minimal volüm ancak göğüs boşluğu açılıp, akciğerler bir sünger gibi sıkıştırıldığında miktarı belirlenebilir.

Türlerde tidal volüm değerleri

At	1.75-12 litre
Sığır	1.90-7 litre
Koyun	0.28 litre
Keçi	0.31 litre
Köpek	0.17 litre
Kedi	0.04 litre
İnsan	0.50 litre

Akciğer Kapasiteleri

- 1- İnspirasyon Kapasitesi
- 2- Fonksiyonel Reziduel Kapasite
- 3- Vital Kapasite
- 4-Total Akciğer Kapasitesi

Akciğer Kapasiteleri

1- İnspirasyon kapasitesi:

Dinlenme durumunda normal bir ekspirasyondan sonra en kuvvetli inspirasyonla akciğerlere alınan hava hacmidir.

İnspirasyon yedek hacmi + Tidal volüm

2- Fonksiyonel reziduel kapasite:

Normal bir ekspirasyondan sonra akciğerlerde kalan hava hacmidir. Solunum derinliği artarsa fonksiyonel reziduel kapasite azalır.

Reziduel volüm + Ekspirasyon yedek volümü

3- Vital kapasite:

Maksimal inspirasyondan sonra mümkün olan en kuvvetli ekspirasyon ile çıkarılan hava hacmidir.

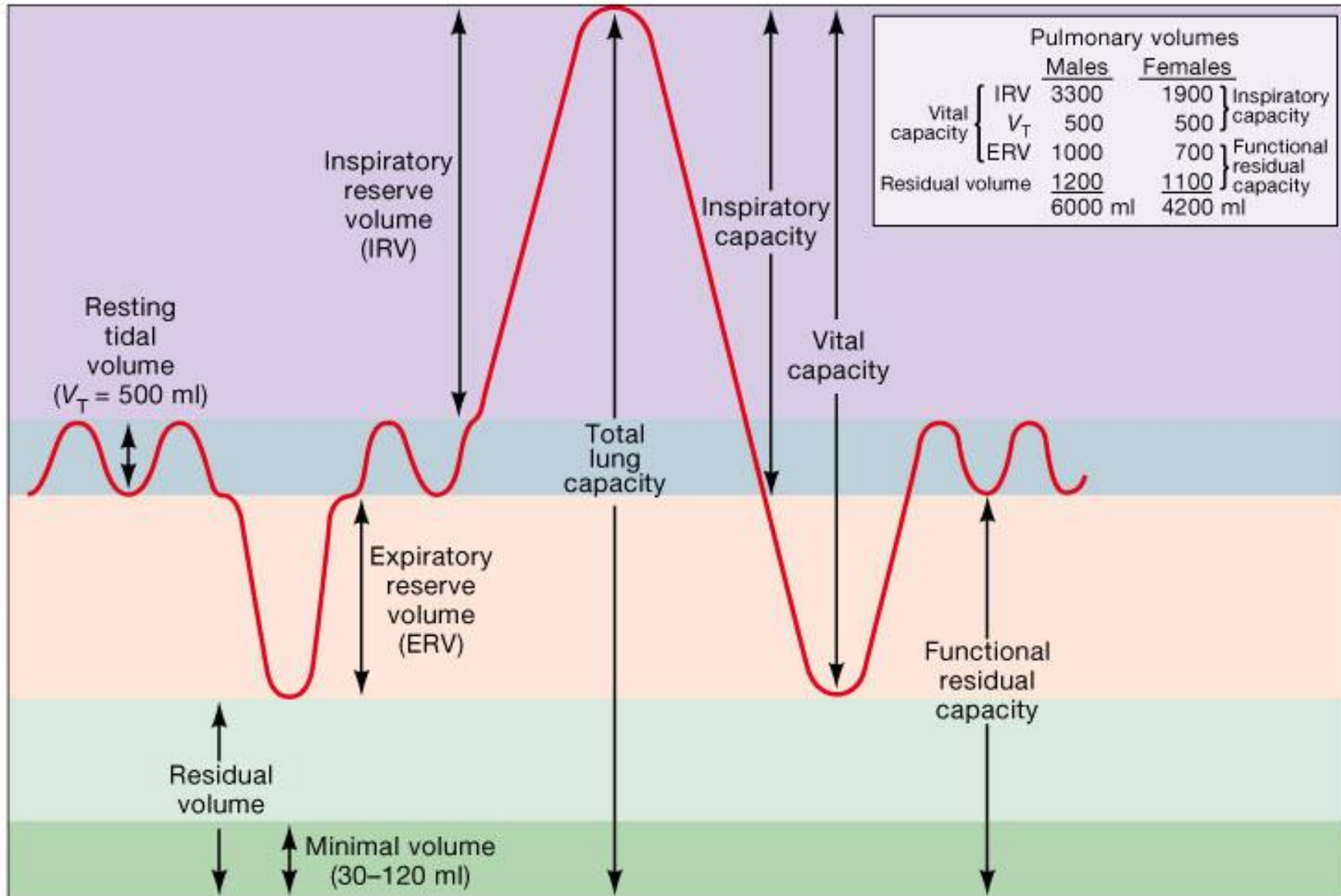
Reziduel volüm hariç diğer tüm volümlerin toplamıdır.

4- Total akciğer kapasitesi:

Maksimal inspirasyon sonunda akciğerlerde bulunan hava hacmidir.

Tüm akciğer volümlerinin toplamıdır.

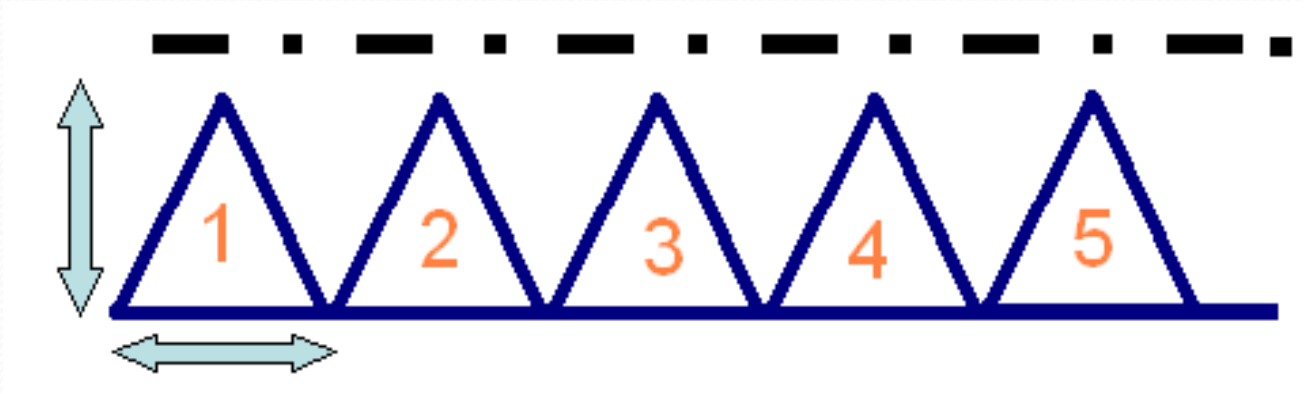
Solunum Volüm ve Kapasiteleri



Solunum Tip ve Evreleri

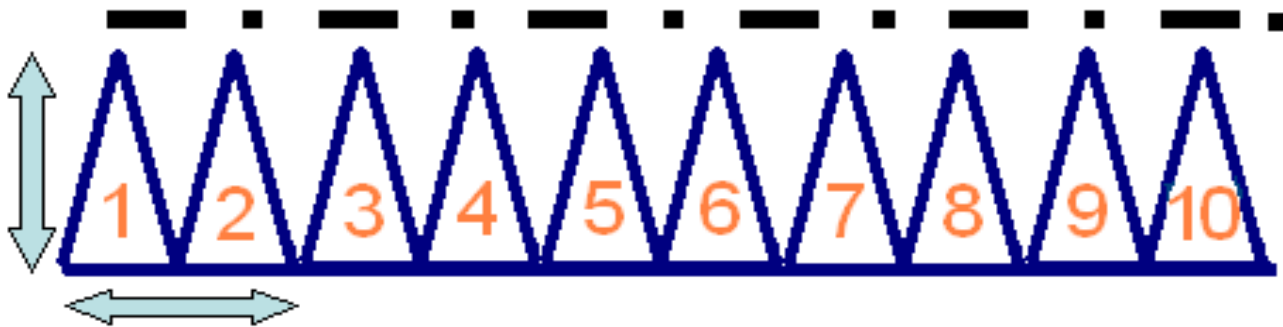
1- Eupnea:

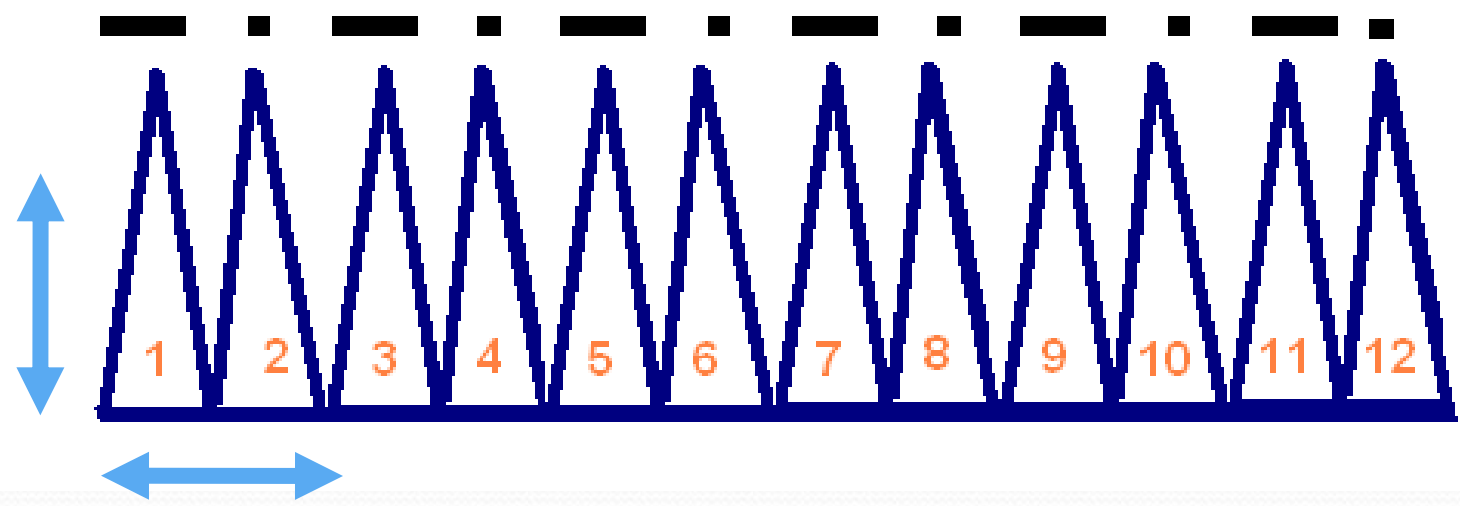
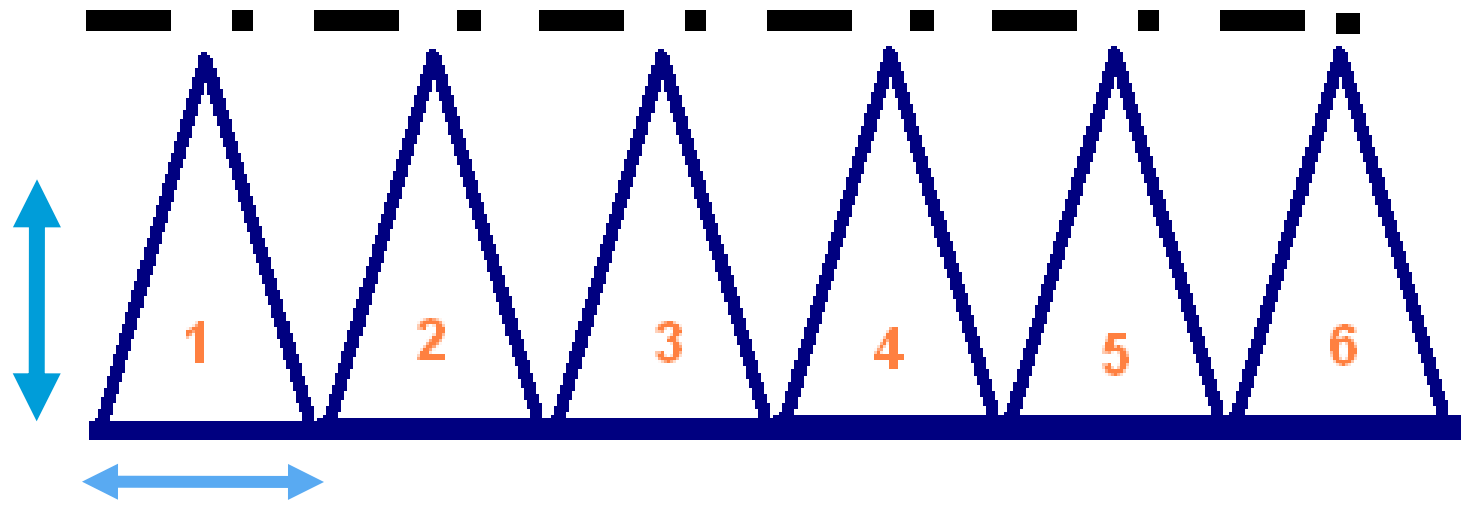
Dinlenme halinde iken yapılan solunum şekline denir.



2- Hyperpnea:

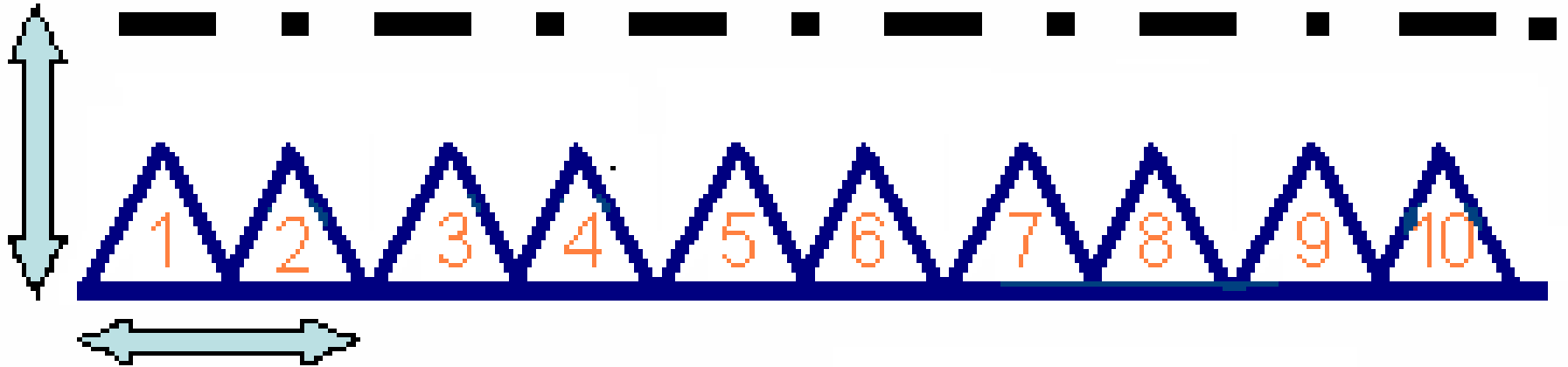
Solunum sayısı (frekansı) ya da derinliğinin veya her ikisinin birden artmasına denir.





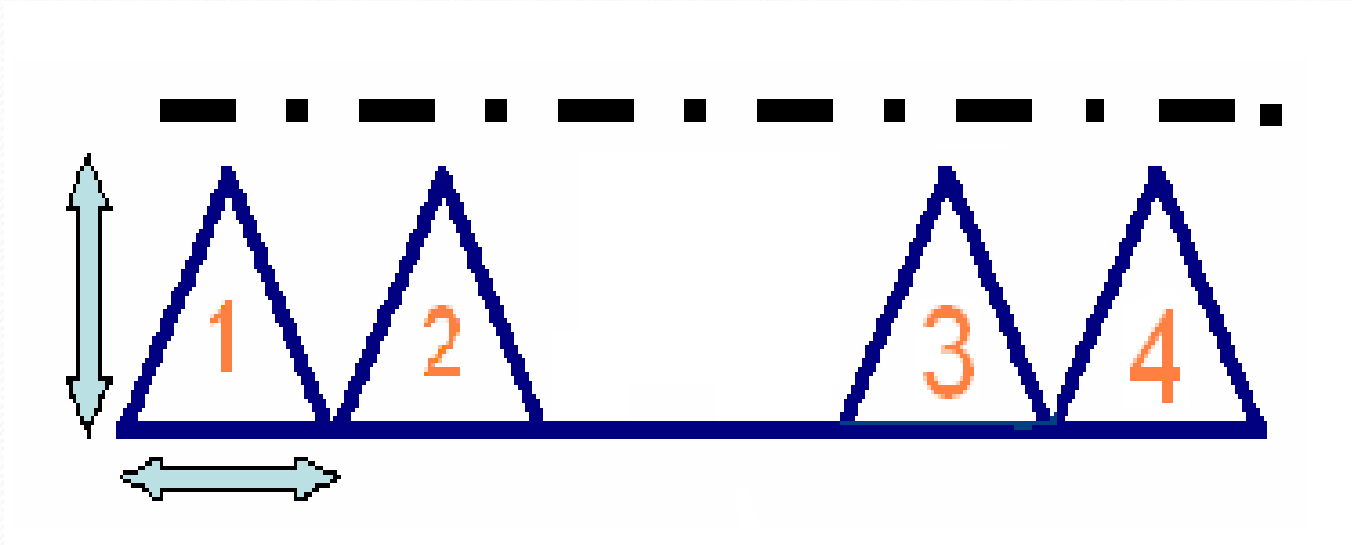
3- Polypnea:

Hızlı ve yüzeysel yapılan solunuma denir.



4- Apnea:

Solunumun geçici bir süre durması haline denir.



5- Dyspnea:

- Kalp ve diğer solunum kaslarının hastalıklarında görülen, güç ve sıkıntılı solunum şekline denir.
- Hayvan hareket halinde iken nefes alma ihtiyacı hisseder ve bunun için yoğun çaba harcar. Canlı bu zorlu solunumun farkındadır.
- Asthma ve costal tip solunum, dyspnea solunum şeklidir.

6- Cheyne –Stokes: Karmaşık tipte bir solunum şeklidir. Bazen solunum durur, sonra yavaş yavaş başlar ve hızlanır. Bundan sonra tekrar yavaşlama ve durma söz konusudur. Solunum sisteminin yeterli uyarılamamasından kaynaklanır.

7- Tachypnea: Solunumun çok hızlı bir şekilde yapılmasıdır.

8- Bradypnea: Solunumun normalin çok altında yavaş bir şekilde sürdürülmesidir.

9- Costal solunum:

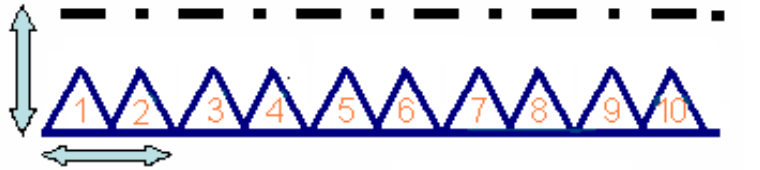
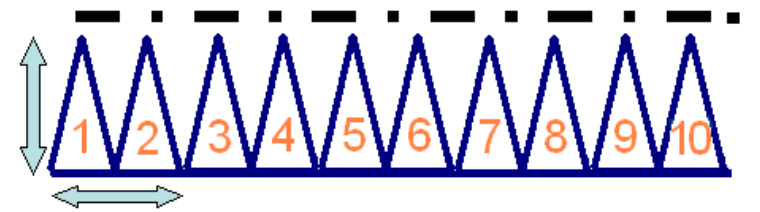
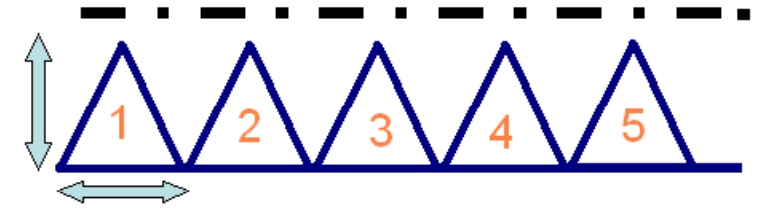
Kostaların hareketi daha belirgindir.
Dyspneada costal tip solunum rahatlıkla görülür.

10- Abdominal solunum:

Solunuma paralel olarak karın hareketleri izlenir. Eupnea halinde yapılan solunum abdominal tiptedir.

Solunum Tip ve Evreleri

1. Eupnea
2. Hyperpnea, Hypopnea
3. Polypnea
4. Apnea
5. Dyspnea
6. Tachypnea
7. Bradypnea
8. Cheyne-Stokes
9. Costal solunum
10. Abdominal solunum



Bazı Hayvan Türlerinde Solunum Sayıları

TÜR	ORTALAMA (solunum sayısı/dakika)	DEĞİŞİM SINIRLARI
At	12	8-16
Sığır	20	12-28
Buzağı	22	18-25
Koyun	19	12-20
Keçi	19	12-20
Kedi	25	20-40
Köpek	21	16-25
Domuz	40	32-58
Tavşan	39	
Tavuk	45	40-50
İnsan	15	12-20

Solunum frekansını (Dakika solunum sayısını) etkileyen faktörler

- Vücut büyüklüğü
- Yaş
- Egzersiz
- Heyecanlanma
- Çevre ısısı
- Gebelik
- Sindirim sisteminin doluluk derecesi
- Sağlık durumu

Dakika akciğer hacmi (Akciğer ventilasyonu)

- Bir dakikada akciğerlere giren ve çıkan hava hacmidir.
- Dakika akciğer hacmi = Solunum hacmi x Solunum sayısı

$$\text{Atta dakika hacmi} = 6000 \times 12 = 72.000 \text{ ml/dk}$$

Ölü Aralık

Alveollere kadar ulaşmayan havanın kaldığı bölgeye ölü aralık denir.

- ✓ Anatomik
- ✓ Alveoler
- ✓ Fizyolojik ölü aralık

Ölü Aralığın Hesaplanması

Ölü aralık = 0,33 x Tidal volüm

$$V_D = 0,33 \times V_T$$

At için ölü aralık hesaplanırsa

$$V_{D=0,33 \times 6000} = 1980 \text{ ml} \sim 2000 \text{ ml}$$

Alveolar Ventilasyon ve Hesaplanması

Ventilasyon havalandırma demektir. İspirasyon ve ekspirasyonda alveollerin hacmi çok az değişir. Akciğerlerin şişmesi ve büzülmesi sırasında hava yollarındaki volüm değişikliği alveollerdekinden daha fazladır.

Alveolar ventilasyon \neq Akciğer ventilasyonu

Alveolar ventilasyon

(Solunum hacmi – Ölü aralık) x Solunum sayısı

$$6000 - 2000 \quad \times \quad 12 = \underline{\underline{48.000 \text{ ml}}}$$

- Solunum derinliği azalır, fakat sıklığı artarsa

$$3000 - 2000 \quad \times \quad 24 = \underline{\underline{24.000 \text{ ml}}}$$

- Solunum derinliği artar, sıklığı azalırsa;

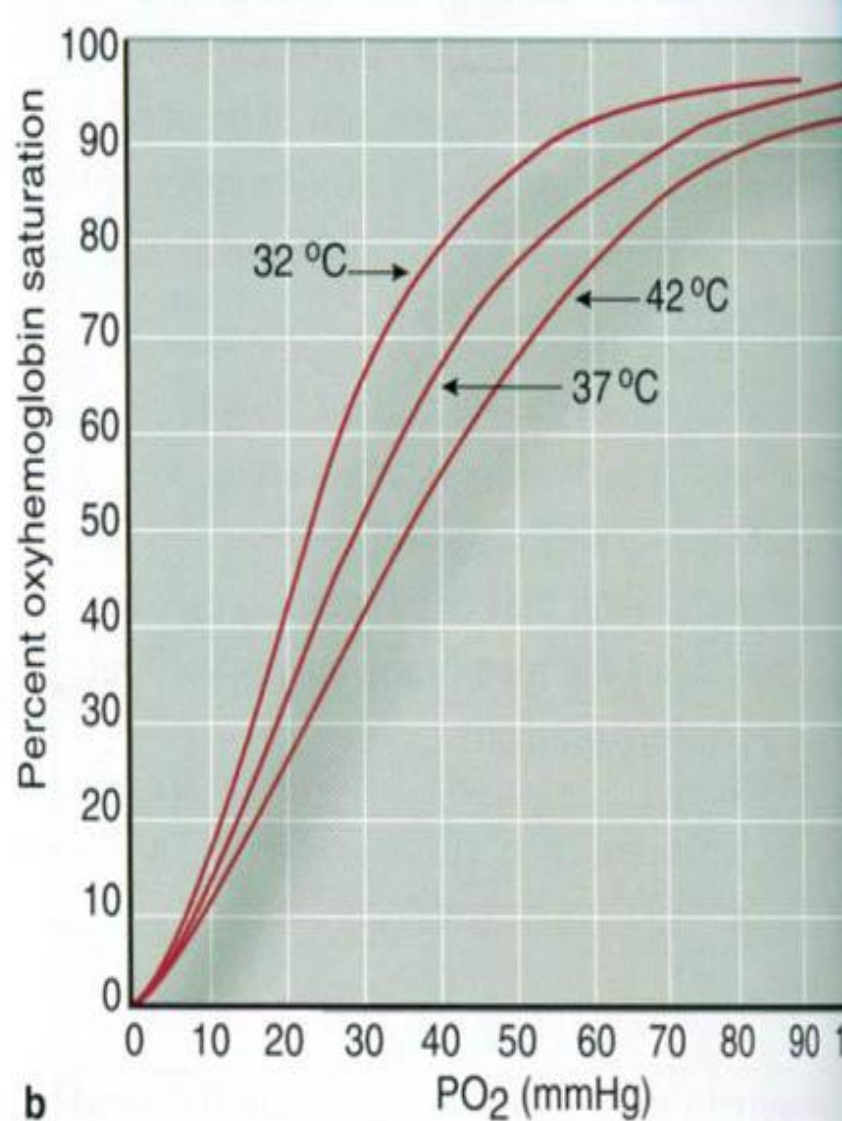
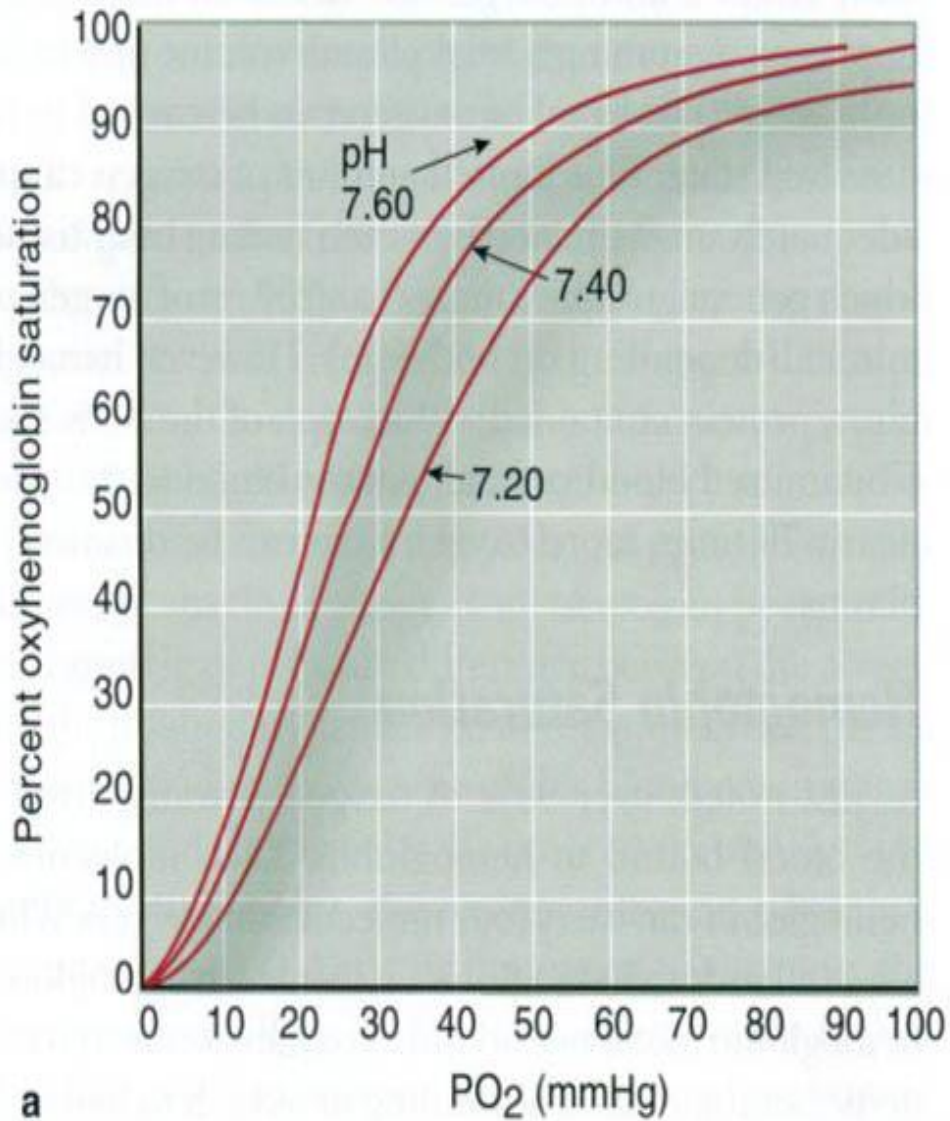
$$12000 - 2000 \quad \times \quad 6 = \underline{\underline{60.000 \text{ ml}}}$$

Oksijenin Hemoglobinden Ayrılmasına Neden Olan Etkenler

1- Ortamın reaksiyonunun aside kayması:

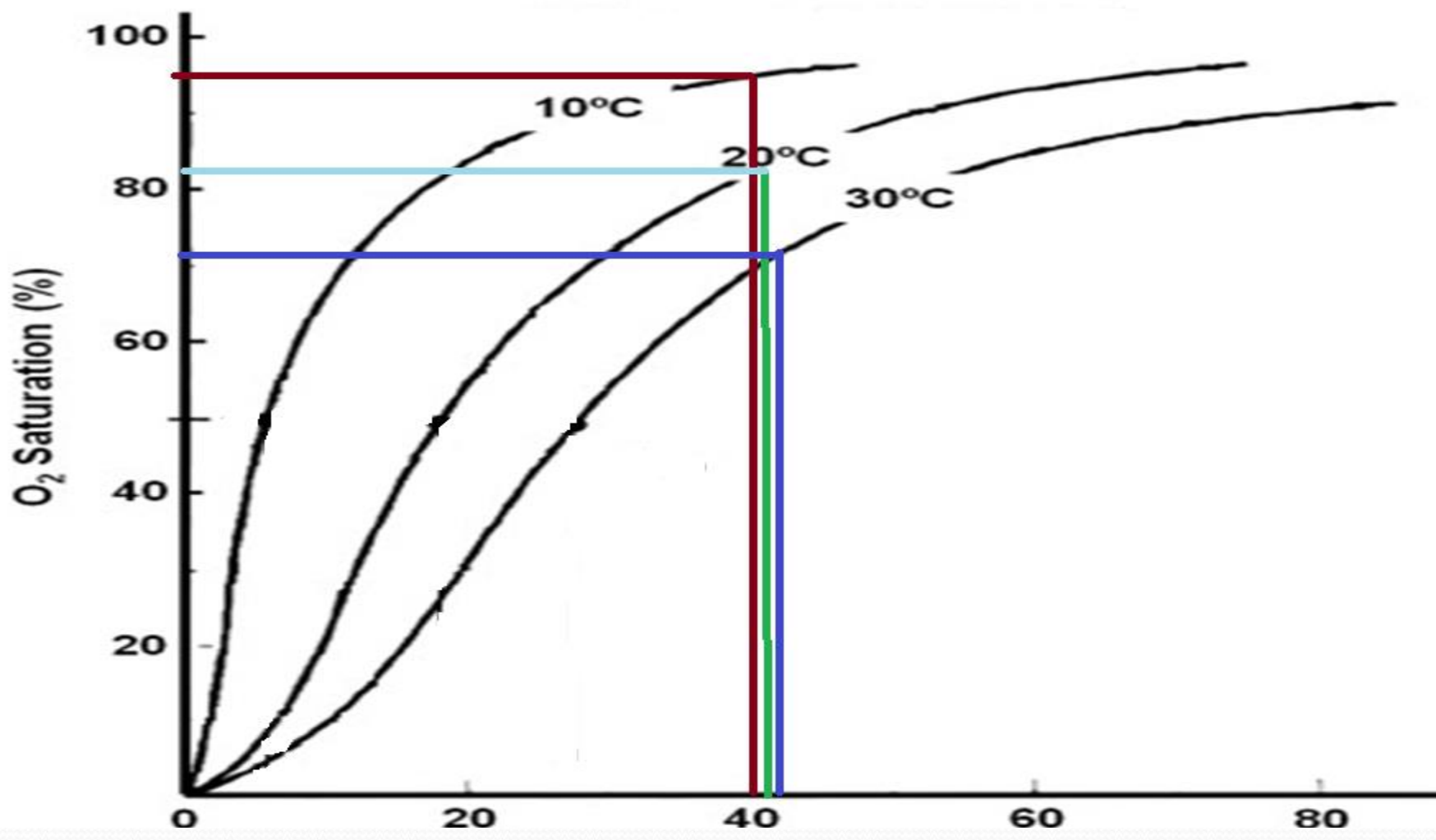
- ✓ H^+ miktarının artması
- ✓ CO_2 miktarının artması
- ✓ pH düzeyinin azalması

BOHR etkisi, O_2 'nin Hb'den ayrılmasına neden olur.



2- Isının artması:

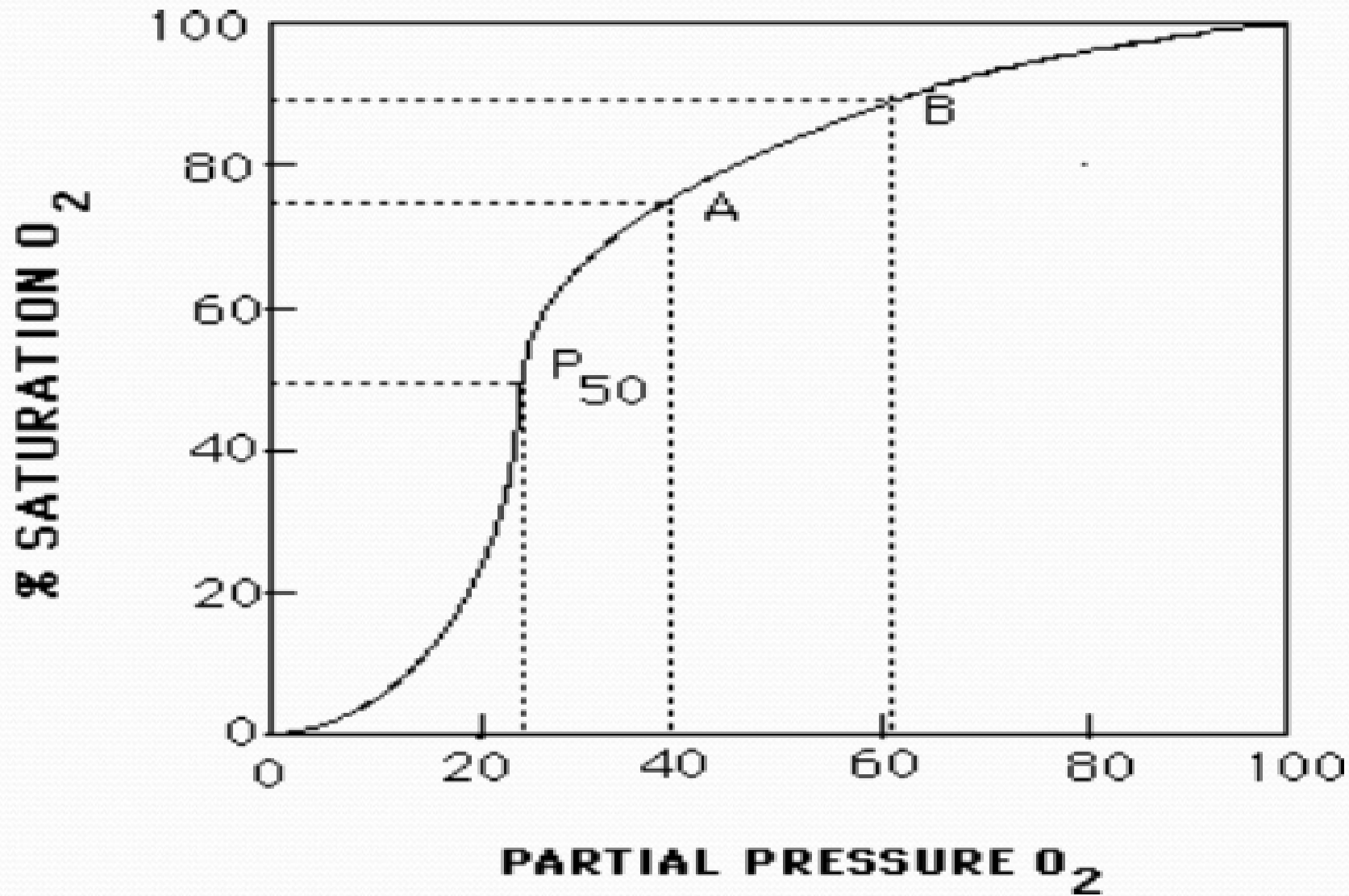
- ✓ Egzersizle birlikte vücutta ısı artışı olur. Aktif dokuda hemoglobin daha çok oksijeni serbest bırakarak oksijen ihtiyacını karşılamaya çalışır.
- ✓ Hücrelerde besinlerin yıkımlanması ile fosfat bileşikleri ve CO₂ miktarı artar.
- ✓ CO₂ miktarı artışıyla da hemoglobinden O₂ ayrılması hızlanır.



3- Oksijen basıncının düşmesi:

Dokuların aktivitesi arttıkça oksijene olan ihtiyaç da artar ve daha çok O_2 kullanılır. Kanda O_2 basıncı düştüğünde Hb daha fazla O_2 'ni serbest bırakır.

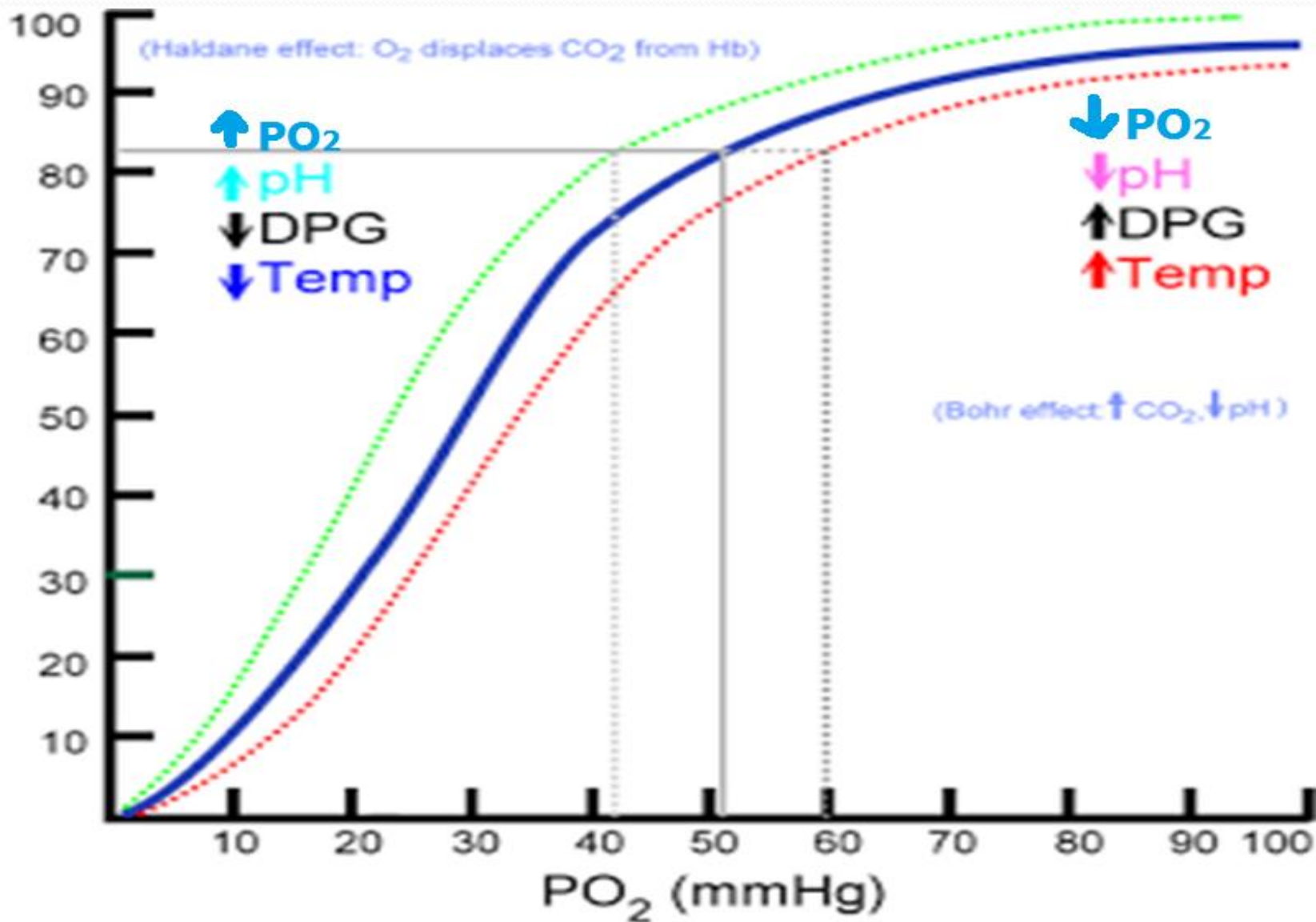
Böylece dokuların artan O_2 ihtiyacı karşılanmaya çalışılır.



4- Difosfogliserat (2,3 DPG) miktarının artışı:

- ✓ Alyuvarların yapısında bulunan 2,3 DPG oksijenini kaybetmiş Hb'ne bağlanır.
- ✓ Anemi, aşırı egzersiz, tiroit ve büyüme hormonları, yüksek yerlerde bulunma ve hipoksiyaya neden olan durumlarda alyuvarların DPG üretiminde artış olur. Bu sayede daha fazla O_2 serbest kalır ve artan O_2 karşılanmaya çalışılır.

Oxyhaemoglobin (% Saturation)

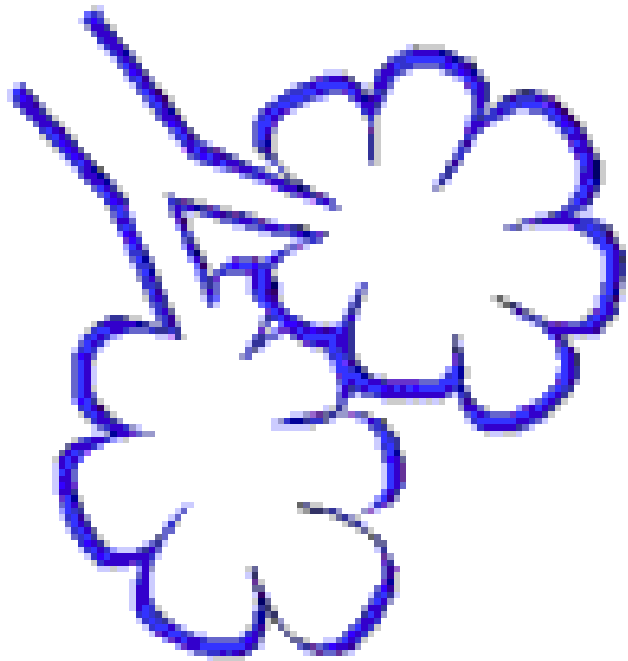


Hipoksiya

Dokulara yeterli miktarda O_2
sunulamamasıdır.

1- Hipoksik hipoksiya:

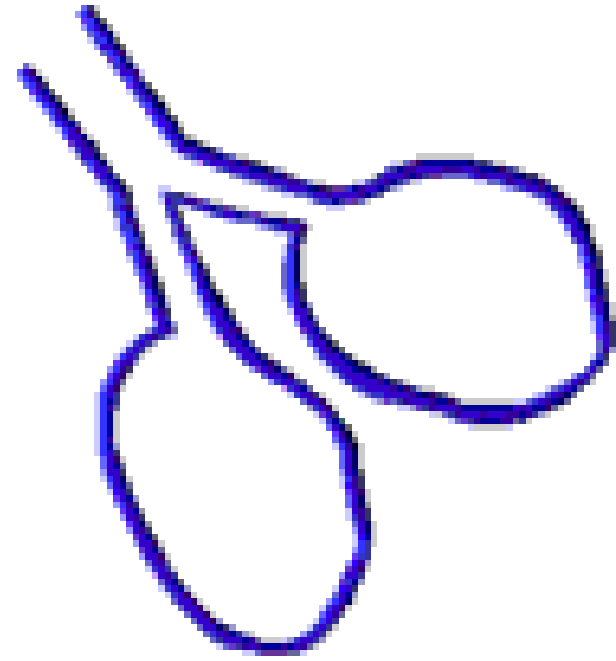
- ✓ Alveol havasında, kanda ve dış ortamda O_2 basıncı düşüktür.
- ✓ Yeterli O_2 alınabilmesi için solunum artırılır, ancak ortamda yeterli O_2 olmadığı için bu ihtiyaç karşılanamaz. Bu arada fazlaca CO_2 dışarıya verilir. BOHR etkisinin azalması nedeniyle O_2 'nin Hb'den ayrılması güçleşir.
- ✓ Dokular az olan O_2 'den yararlanamadığı için hipoksik hipoksiya gözlenir.
- ✓ Deniz düzeyinden yüksek yerlerde, emphysema, asthma, pneumoni gibi rahatsızlıklarda gözlenir.



Normal



Bronchitis



Emphysema

2- Anemik hipoksiya:

- ✓ Kanın O_2 basıncı normaldir.
- ✓ Hemoglobinin O_2 ile doymuşluğu tamdır.
- ✓ Ancak kanda dolaşan hemoglobin miktarı azalmıştır.
- ✓ Bu sebeple dokulara yeterli miktarda O_2 sunulamaz.
- ✓ Anemi, kan kayıpları, CO zehirlenmesinde gözlenir.

3- Stagnant Hipoksiya:

- ✓ Kanın O_2 basıncı normal olduğu halde herhangi bir nedenle vücudun bir kısmına veya tamamına az miktarda kan gitmesinden dolayı dokulara az miktarda O_2 sunulmuş olur.
- ✓ Bu tip hipoksiyada kanın hareketi yavaştır, kan dokularda uzun süre kalır. CO_2 kolayca uzaklaştırılmaz (BOHR etkisi) ve mevcut O_2 rahatça dokulara geçer.
- ✓ Venöz kanın kalbe dönüşünde meydana gelen dolaşım bozukluklarında ve kalp yetmezliklerinde gözlenir.

4- Histotoksik hipoksiya:

- ✓ Kanda O_2 basıncı ve miktarı normaldir.
- ✓ Hücre oksidasyon mekanizması bozulmuştur.
- ✓ Var olan O_2 kullanılamaz.
- ✓ Siyanür zehirlenmelerinde, bazı narkotikler ile fazla miktarda alkol alımında görülür.

Cyanosis (Siyanoz)

- ✓ Doku ve derinin normal pembemsi rengini kaybedip, mavimsi renge dönüşmesidir. Siyanozun nedeni kanda normalin çok üstünde indirgenmiş Hb (HHb) bulunmasıdır. (100ml kanda 5 g'dan fazla)
- ✓ Anemik ve histotoksik hipoksiyada görülmez.
- ✓ Hipoksik ve stagnant hipoksiyada görülür.

Dekompresyon Hastalığı

- ✓ Vurgun veya dalgıç paralizi adı ile de anılır.
- ✓ Eriyik haldeki azot gazının basıncın hızlı bir şekilde düşmesi nedeniyle gaz haline dönüşmesi ve vücuttan atılmadan gaz kabarcıklarının sinir sistemi veya akciğerlerde tıkanıklıklar oluşturmasıyla şekillenir.

Boğulma (Asfeksi)

- ✓ Larinkste meydana gelen şiddetli kasılmalar sonucunda şekillenen ölüm olayına denir.

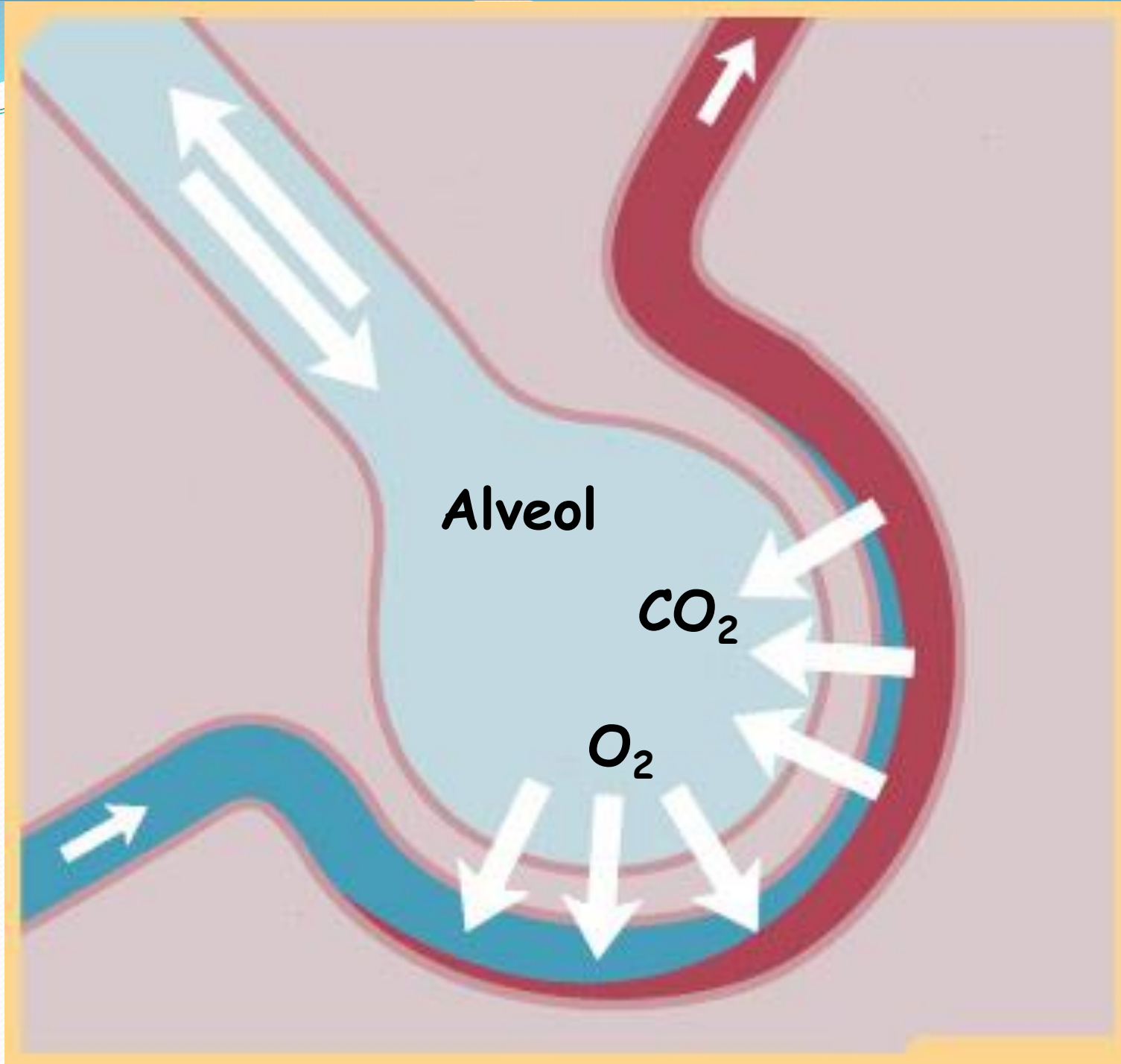
Oksijen ve Karbondioksitin Taşınması

Gazların taşınmasında basınç ve miktar önemli faktörlerdir.

Gazlar yüksek basınçtan düşük basınca doğru hareket ederler.

Atmosfer ve alveol havasında gazların basınç ve hacimleri (mm Hg ve %)

Gazlar	Atmosfer Havası	Alveol Havası
O ₂	159 (% 20.84 ml)	104 (% 13.6 ml)
CO ₂	0.3 (% 0.04 ml)	40 (% 5.3 ml)
N ₂	597 (% 78.6 ml)	569 (% 74.9 ml)
H ₂ O	3.7 (% 0.5 ml)	47 (% 6.2 ml)
TOPLAM	760 mm Hg	760 mm Hg



O₂'nin Taşınması

- Plazmada erimiş formda (%2)
- Proteinlere bağlı formda (%98)

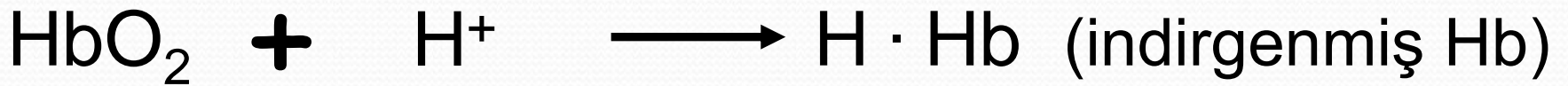
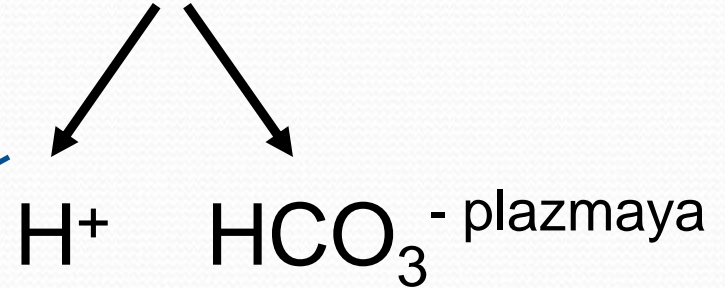


CO₂'nin Taşınması

- Plazmada erimiş formda (%7)
- Proteinlere bağlı formda (%23)
 $(\text{CO}_2 + \text{HHb} \longrightarrow \text{HbCO}_2 + \text{H}^+)$
- HCO₃⁻ iyonu halinde (%70)

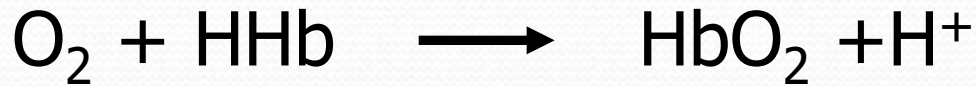
CO₂'nin Bikarbonat Formunda Taşınması

Dokularda açığa çıkan CO₂ plazmaya oradan da alyuvarlar içine alınır.



CO₂'nin Bikarbonat Formunda Taşınması

Alveolde oksijen kapillara alınır.



Plazmadan alınan bikarbonat ağığa çıkan H⁺ ile birleşir.

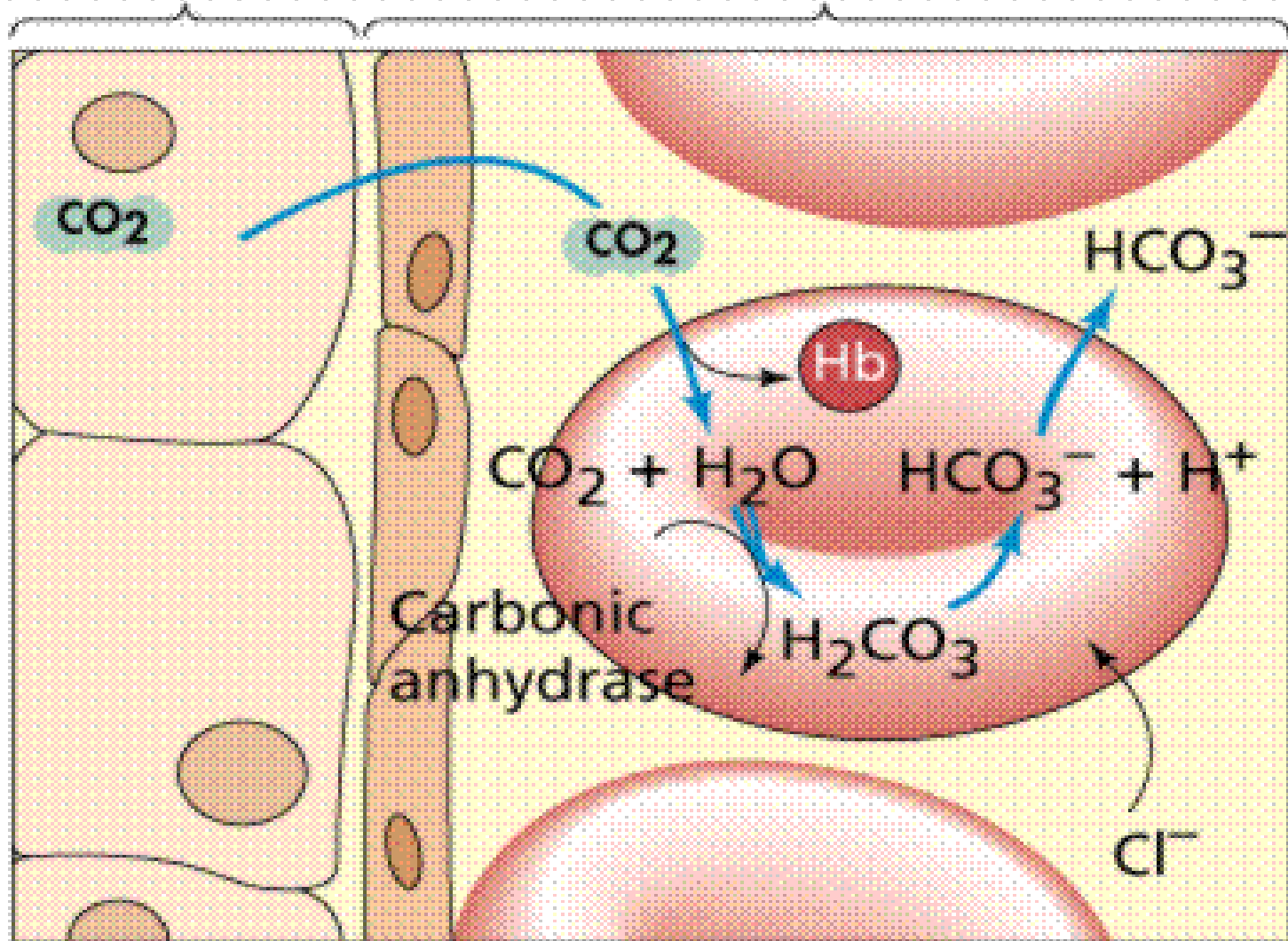


Ağığa çıkan karbondioksit plazmaya oradan da alveole verilerek vücut dışına atılır.

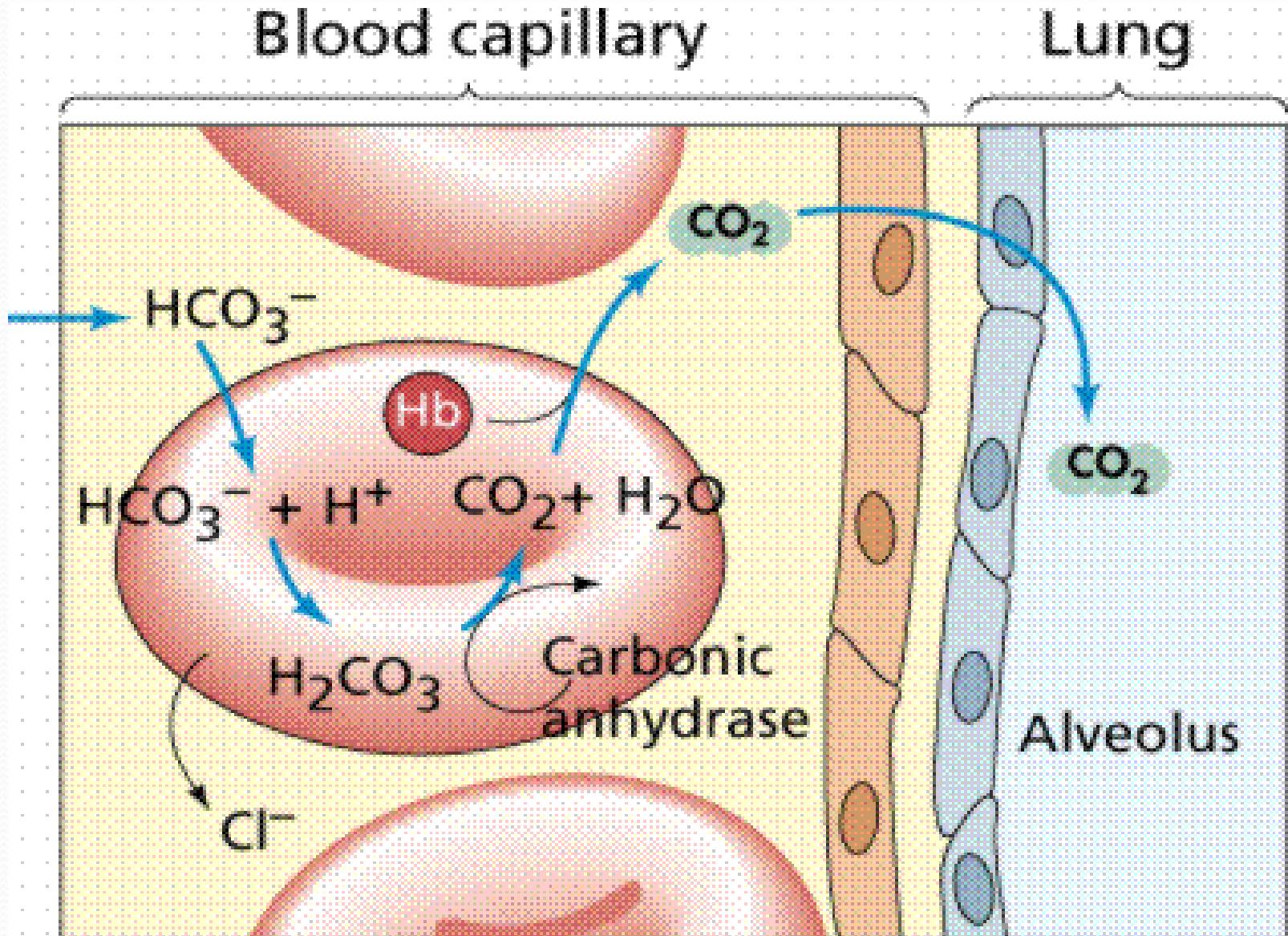
CO₂'nin Bikarbonat Formunda Taşınması (Doku)

Body tissue

Blood capillary



CO₂'nin Bikarbonat Formunda Taşınması (Akciğer)

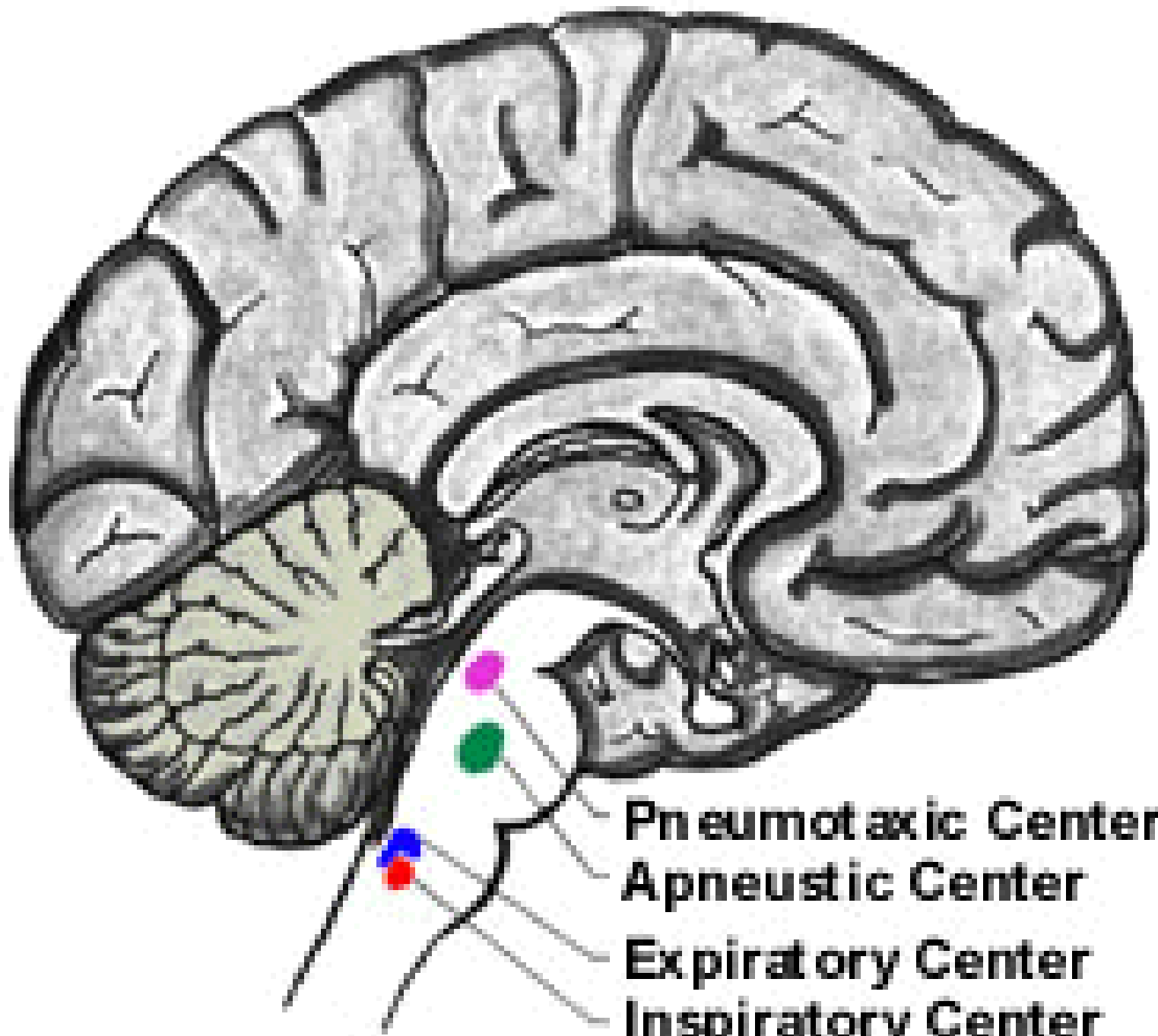


Solunumun Sinirsel Kontrolünde Üst Merkezler

➤ Solunumun kontrolünde pons cerebri ve medulla oblongata önemli rol oynar.

➤ İlgili merkezler:

- Apneustic merkez (inspirasyon derinliğinin düzenlenmesi)
- İspirasyon merkezi (inhalasyonun oluşmasında)
- Ekspirasyon merkezi (exhalasyonun oluşmasında)
- Pneumotaxic merkez (solunum hızını arttırır)



Pneumotaxic Center
Apneustic Center
Expiratory Center
Inspiratory Center

Solunumun kontrolü

- Normal solunum otomatik olarak devam eder.
- Solunum merkezleri reseptörler tarafından alınan duysal uyarımlar ile aktive edilir.
 - Gerim reseptörleri
 - Basınç reseptörleri (Baroreseptörler)
 - Kemoreseptörler
- Reseptörlerden alınan duysal uyarımlar ile solunum şekli değişir.

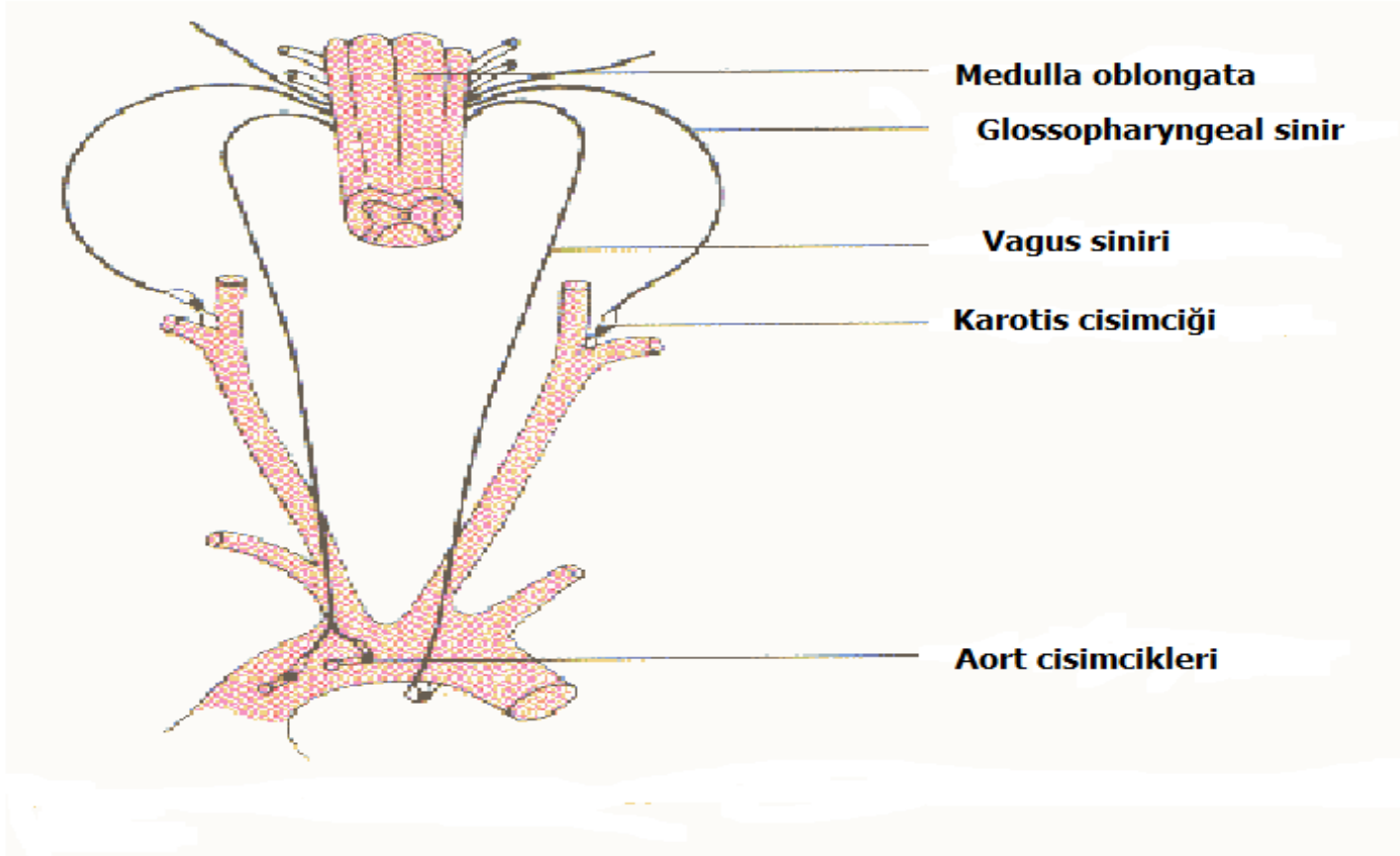
Gerim reseptörleri (Hering-Breuer refleksi)

- Bu reseptörler akciğerlerin her yanında, bronş ve bronşiollerin kas tabakası içinde lokalize olmuşlardır.
- Resöptörler uyarımı vagus sinirleri içinde merkeze iletirler.
- Hering-Breuer refleksi normal solunumda görülmez.
- Akciğerler sadece aşırı gerildiğinde uyarılırlar. (Soluk hacmindeki artış yaklaşık 1,5 litreyi geçtiğinde)
- Akciğerlerin aşırı gerilmesini önleyen koruyucu bir mekanizmadır.
- Solunum merkezleri uyarılarak inspirasyon inhibe, ekspirasyon ekzite edilir.

Baroreseptörler

- Baroreseptörler glomus aortikum ve glomus karotikumda bulunurlar.
- Baroreseptörler solunum merkezleri yanında solunumun ilişkide olduğu kalp ve damar sistemine de etkilidirler.
- Kan basıncı arttığında baroreseptörlerin inhibisyon etkisiyle solunum hızı azalır ve inspirasyonun azalmasına bağlı olarak kanın kalbe geri dönmesi yavaşlar, kalbe dönen kan miktarının azalmasıyla da kan basıncının düşer.

Baroreseptör ve Kemoreseptörler



Solunumun Kemoreseptörler Yoluyla Düzenlenmesi

ARTERİAL PO₂
düşmesi, artması

ARTERİAL pH
düşmesi, artması

ARTERİAL CO₂
düşmesi, artması

Periferel Kemoreseptörler
(glomus aortikum, glomus karotikum)

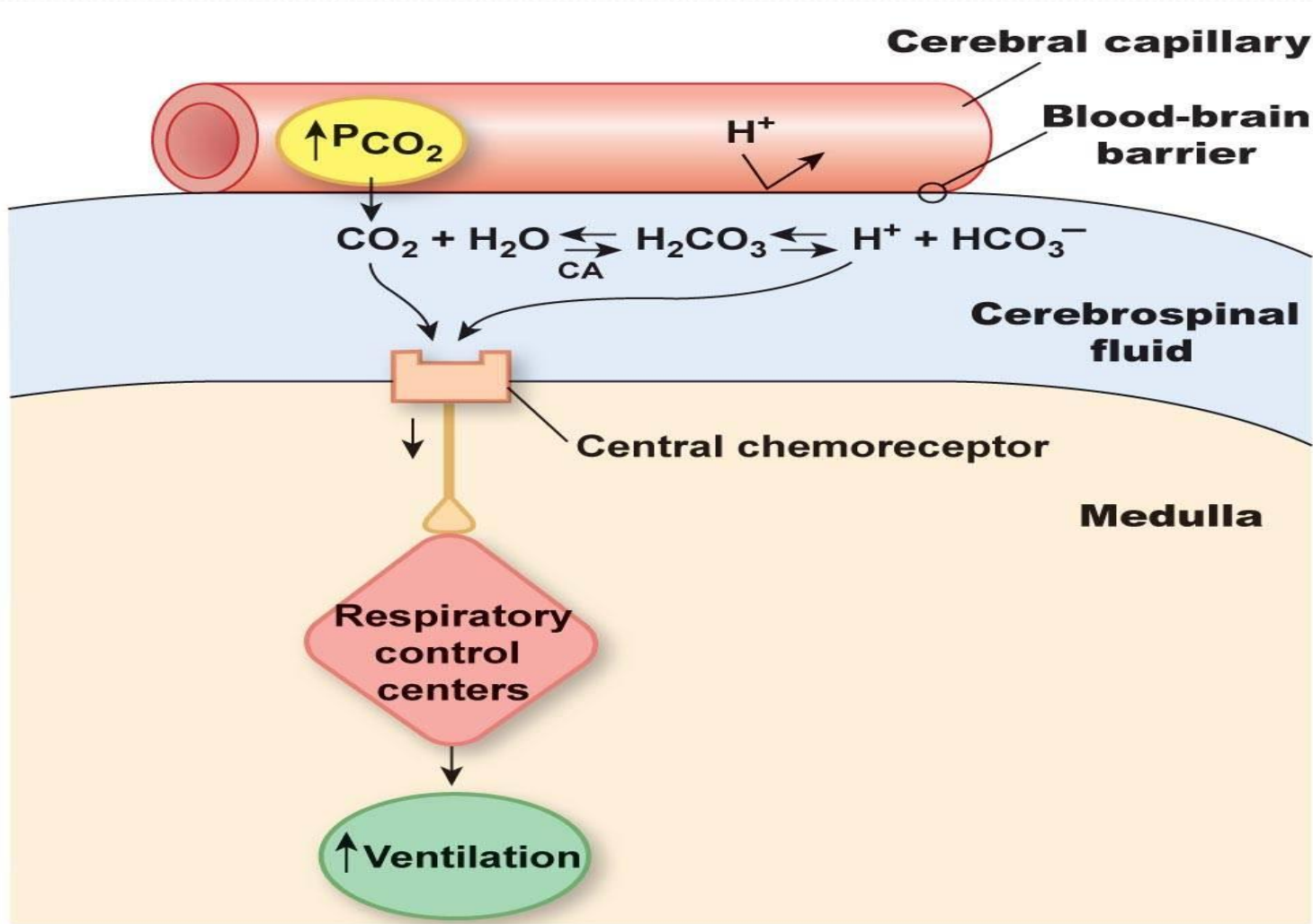
Merkezi Kemoreseptörler
(medulla oblangatada dördüncü ventrikül)

Pons cerebri ve medulla oblangatada yer alan Solunum Merkezlerine
(İnspirasyon ekspirasyon merkezleri)

Solunum Kasları

Ventilasyon (inspirasyon, ekspirasyon)

CO₂ artışının merkezi kemoreseptörlerdeki etkisi



Hipoventilasyon (Solunum Yüzeysel Bir Hal Aldığında)

PO_2 Düşer

PCO_2 Artar

pH Düşer

Merkezi ve Periferik Kemoreseptörler Uyarılır

Solunum Merkezleri Uyarılır

Solunum Kaslarının Kasılması Artar

Ventilasyon Derinleştirilir

Hiperventilasyon (Solunum Derinliğinin Artmasıyla)

PCO₂ Düşer

pH Artar

Merkezi ve Periferel Kemoreseptörler Uyarılır

Solunum Merkezleri Uyarılır

Solunum Kaslarının Kasılması Azaltılır

Ventilasyon Yavaşlar

Solunumun Kontrolü

