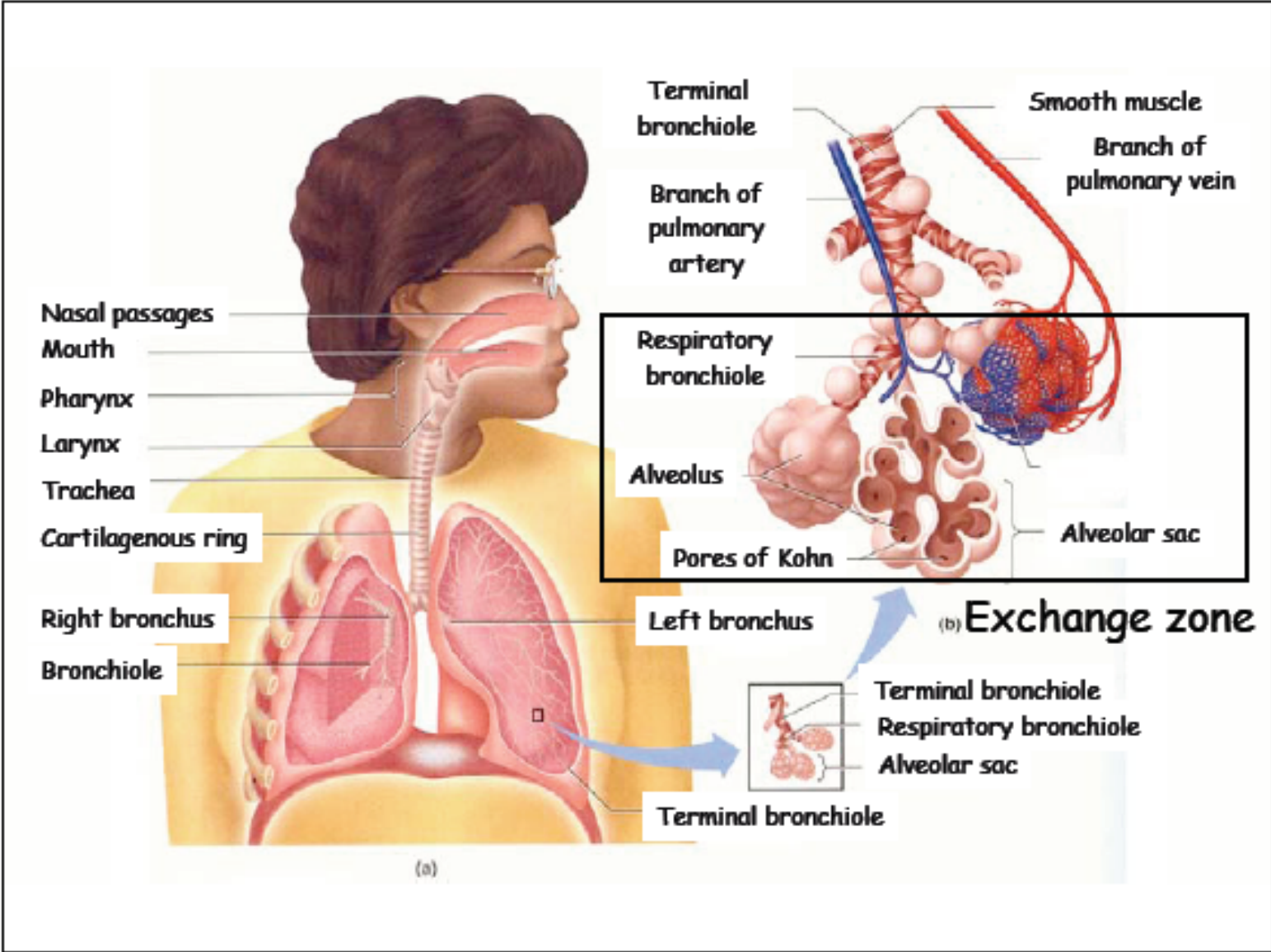


EGZERSİZDE SOLUNUM SİSTEMİ DEĞİŞİKLİKLERİ

PROF.DR.MİTAT KOZ

Respiratory System Functions

- ▶ **Gas exchange:** Oxygen enters blood and carbon dioxide leaves
- ▶ **Regulation of blood pH:** Altered by changing blood carbon dioxide levels
- ▶ **Voice production:** Movement of air past vocal folds makes sound and speech
- ▶ **Olfaction:** Smell occurs when airborne molecules drawn into nasal cavity
- ▶ **Protection:** Against microorganisms by preventing entry and removing them



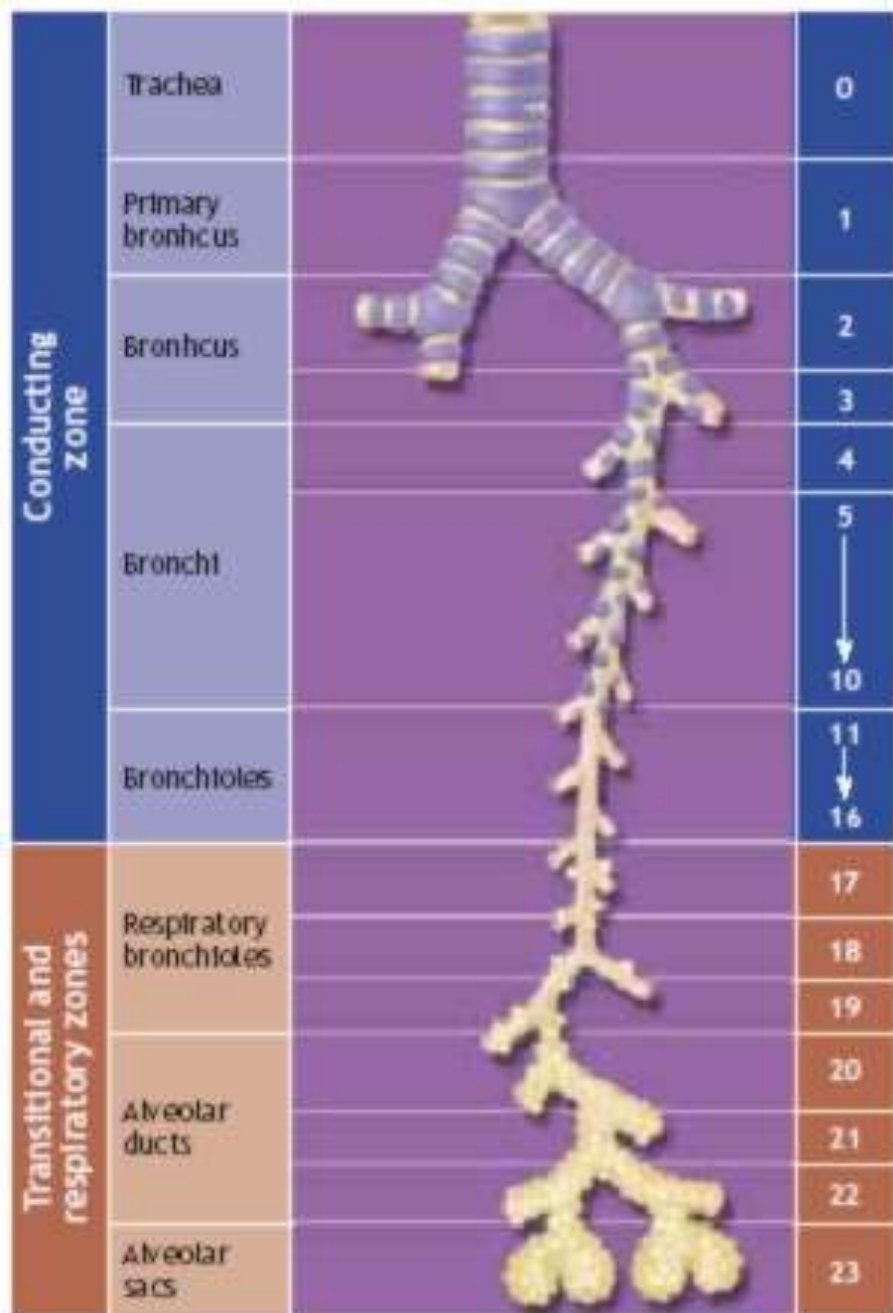


FIGURE 12.4 • Separation of human lung tissue into a series of discrete zones designated as conduction zones (zones 1 through 16) and transitional and respiratory zones (zones 17 through 23).

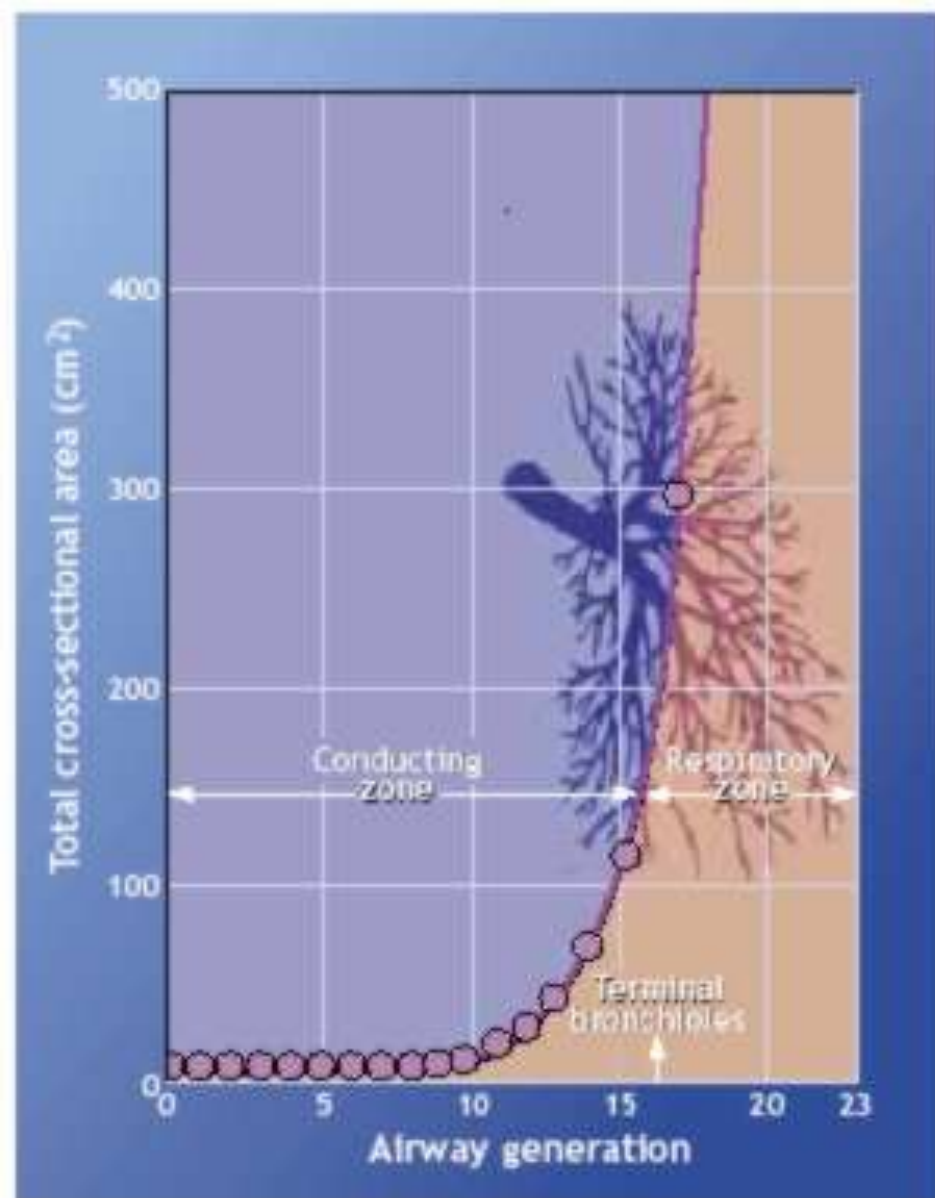
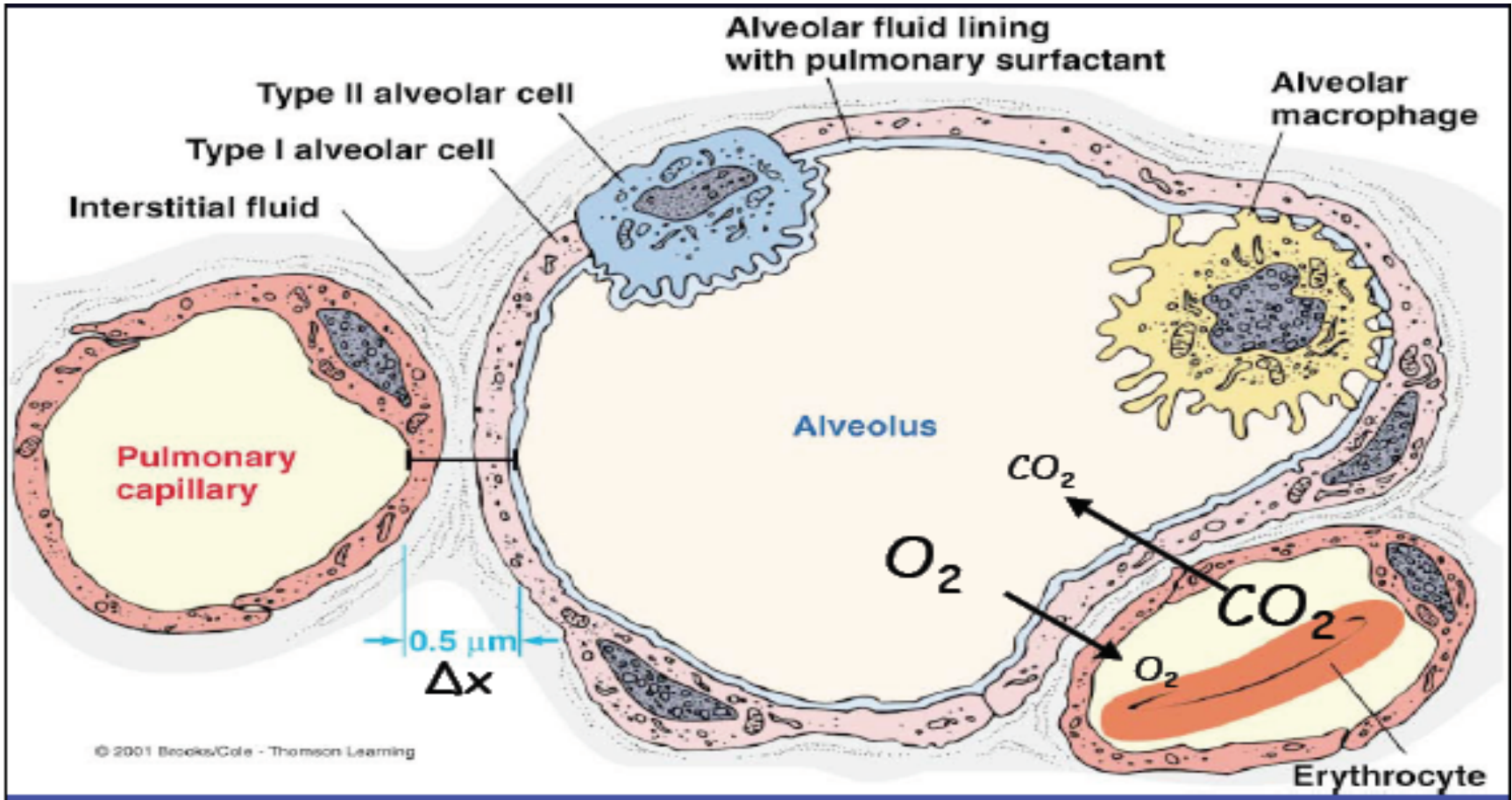


FIGURE 12.5 • Airflow in the lungs in relation to the total cross-sectional tissue area. Forward airflow velocity during inspiration decreases significantly because of the large increase in tissue cross-sectional area beginning in the region of the terminal bronchioles. (Modified from West JB. *Respiratory physiology—the essentials*. 5th ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1995.)



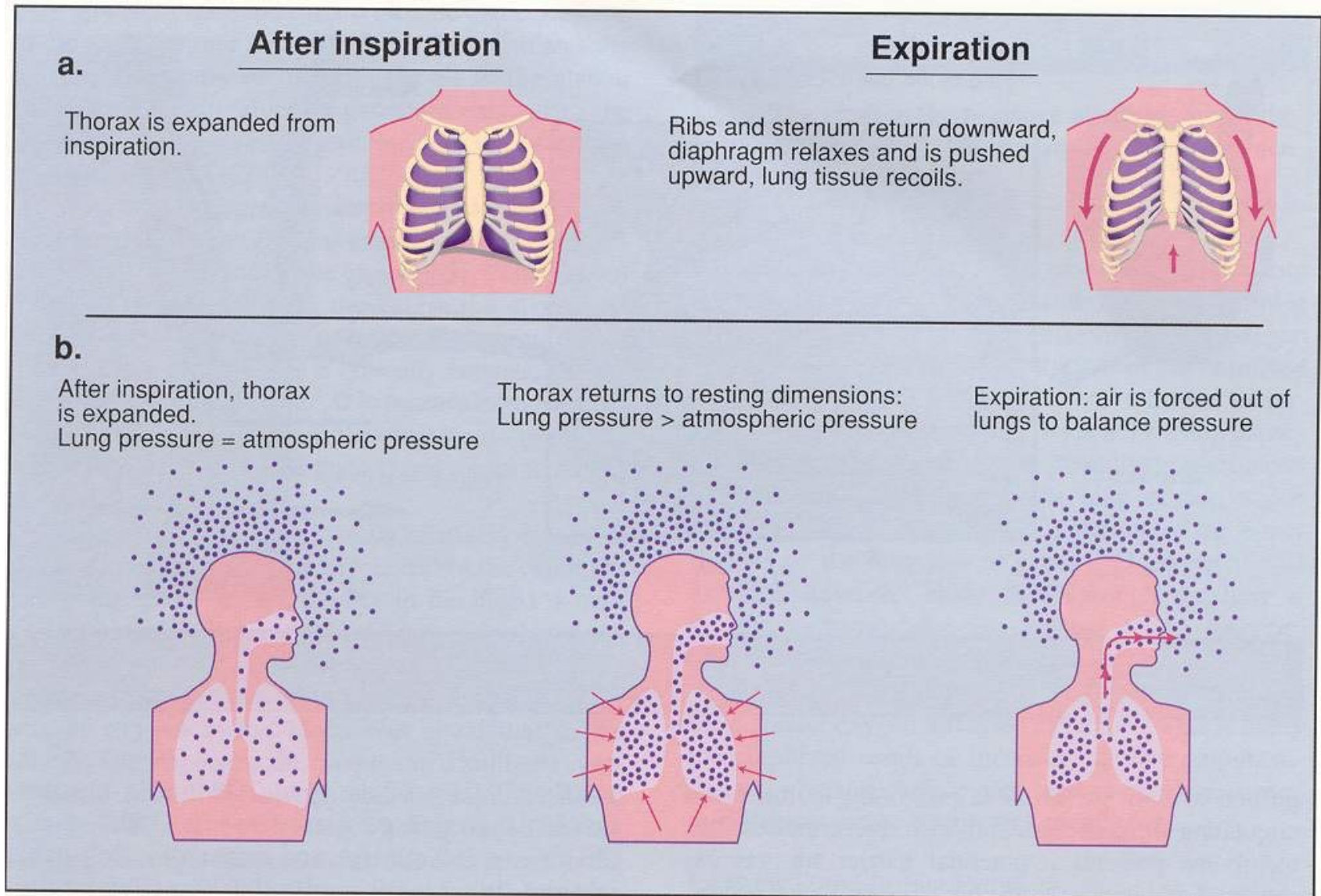
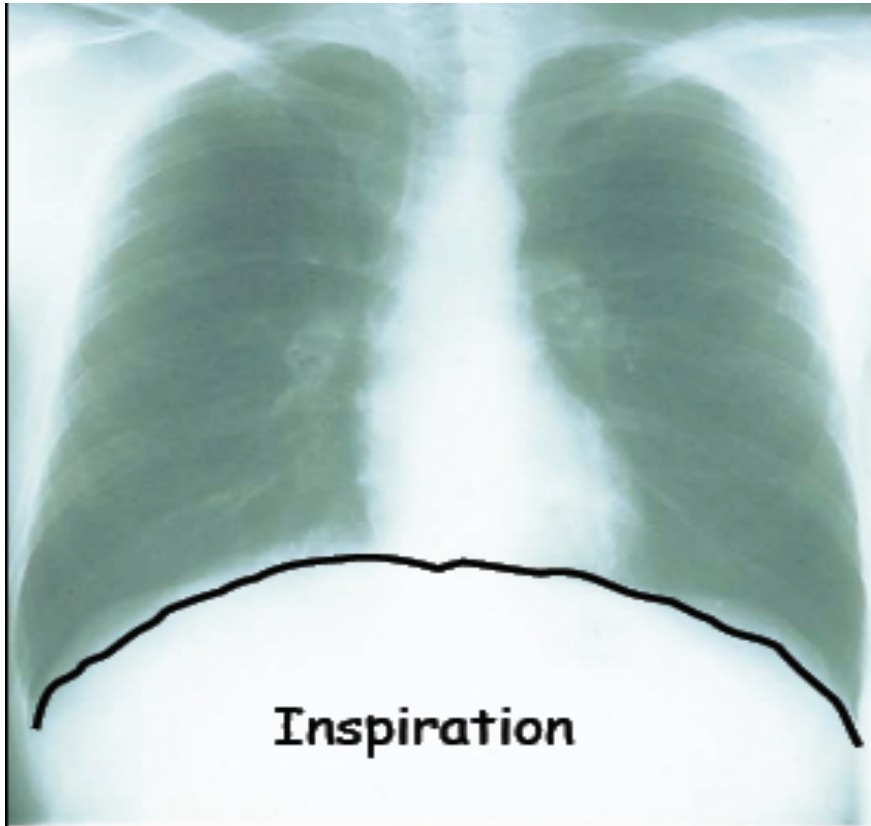
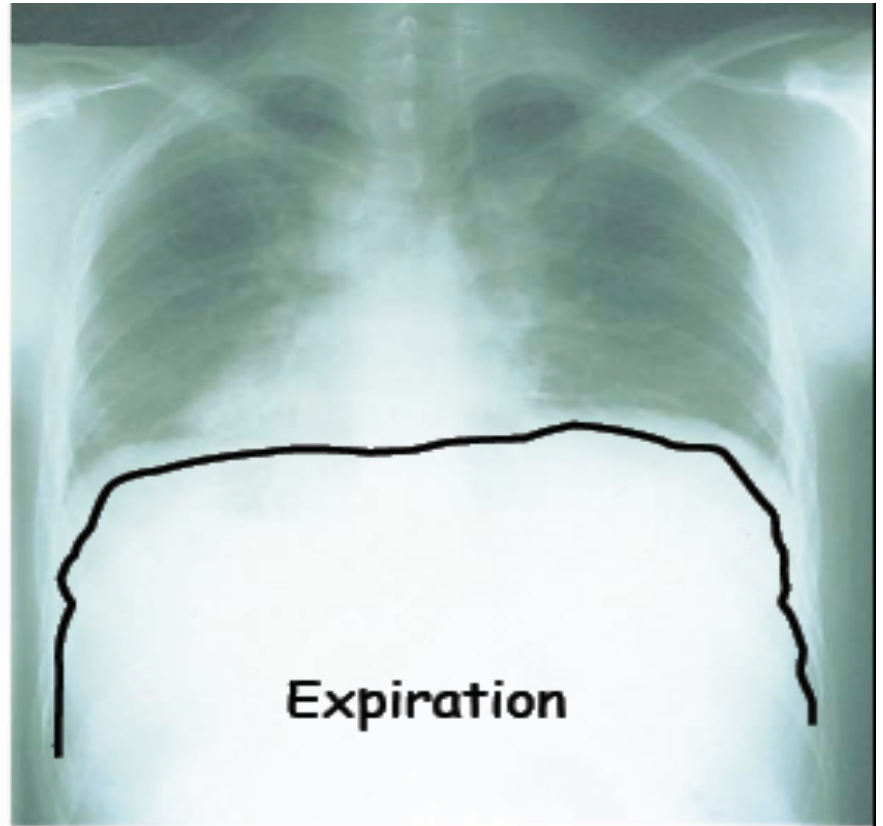


Figure 9.3 The process of expiration, (a) returning the thorax to its resting dimensions and (b) forcing air out of the lungs.



(a)



(b)

Solunum

- Ventilasyon
 - Pulmoner ventilasyon-
 - Alveoler ventilasyon
- Gaz değişim
 - Dokuda
 - Akciğerlerde
- Gazların taşınması
 - O₂
 - CO₂
- Solunumun kontrolü

Pulmoner ventilasyon

- Havanın pulmoner yani akciğer sistemine alınıp verilmesine ventilasyon denir
 - İspirasyon-nefes alma
 - Ekspirasyon –nefes verme

Solunum dakika hacmi *dakika ventilasyon*

- Bir dakikada solunum yollarına giren yeni hava miktarıdır(VE).
- Soluk hacmi (TV)ile soluk frekansının (f)çarpımıyla bulunur.
- $VE=TV \times f$

Dinlenimde ventilasyon

- Solunum hacmi 500 ml,
- Soluk frekansı dakikada 12
- Solunun dakika hacmi= $500 * 12 = \underline{6\text{lt/dk}}$

Egzersizde ventilasyon artar...

- Egzersizde ventilasyon artışı çalışan kaslarda O₂ tüketimi ve CO₂ üretiminin artması ile orantılıdır.
- Artış O₂ kullanımından ziyade CO₂ üretimi tarafından düzenlenir.
- Antrene bireyler aynı iş yükü yada oksijen kullanımındaki egzersizler sırasında antrenmansız bireylere göre daha düşük dakika ventilasyona gereksinim duyarlar.
- Bu düşük ventilatuvar yanıt özellikle dayanıklılık sporcularında gözlenmektedir.
- Nedeni periferik kemoreseptörler ve genetik faktörler olduğu düşünülmektedir.

- Şiddetli egzersizde solunum frekansı 35-45 e ulaşır, olimpiyat sporcularında 60-76 yükseldiği saptanmıştır.
- Soluk volümü 2 lt nin üzerine çıkabilir.
- **Sonuç olarak ventilasyon bir egzersizde 100 lt nin üzerine kolaylıkla çıkabilir .**
- Bu dinlenme değerlerinin 17 katıdır
- İyi kondüsyonlu dayanıklılık sporcularında bu rakam erkeklerde 180, kadınlarda 130 litreye çıkabilir.
- Bu değerler dinlenme değerlerinin 25-30 katıdır.

Egzersizde ventilasyon artışı...

- Ventilasyon değişiklikleri yalnızca egzersiz sırasında değil, egzersizin başlamasından önce ve bitiminden sonra da farklılıklar gösterir.

Ventilasyon artışı; *Egzersizden önce*

- Ventilasyon artışı egzersizden hemen önce başlar.
- Bu artışın nedeninin serebral korteksten yani beyin kabuğundan çıkan uyarılar olduğu sanılmaktadır.

Ventilasyon artışı; *Egzersiz sırasında*

- Egzersizin başlamasıyla ventilasyonda iki ana değişiklik oluşur.
- İlk birkaç sn de hızlı artış gözlenir (kas ve eklem reseptörlerinden gelen uyarılar),
- Bu hızlı artışı yavaş artış takip eder
- Eğer yüklenme maksimal şiddetin altında ise (submaksimal) artış kararlı düzeye (steady state) ulaşana dek devam eder.
- Maksimal egzersizlerde kararlı düzey oluşmayıp ventilasyon artışı egzersiz sonlandırılıncaya kadar devam eder.
- Bu değişikliklerden başlıca egzersiz sırasında üretilen CO₂ olmak üzere kimyasal uyarılar sorumludur.

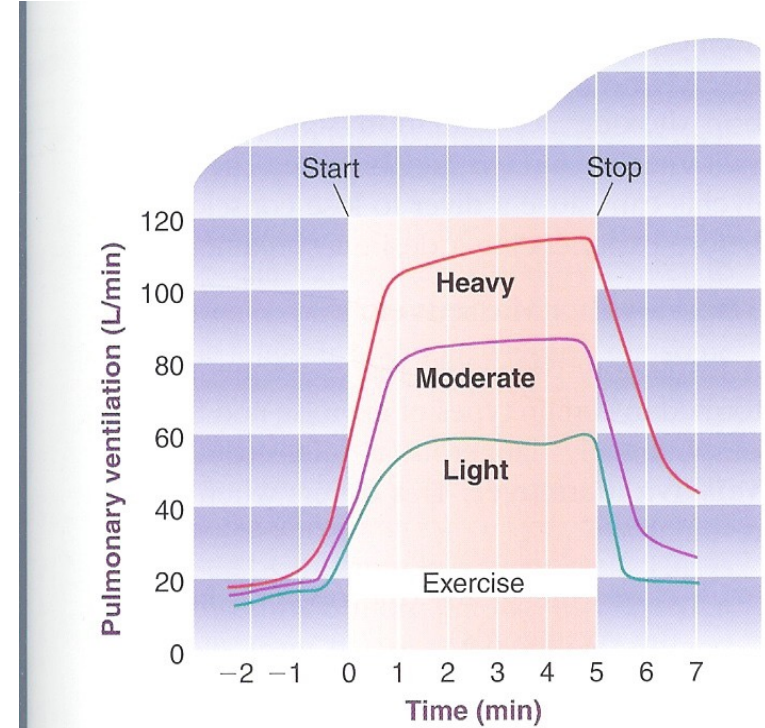


Figure 8.9 The ventilatory response to light, moderate, and heavy exercise. The subject exercised at each of the three intensities for 5 min. The ventilation volume tended to plateau at a steady-state value at the light and moderate intensities but continued to increase at the heavy intensity

Ventilasyon artışı; *Egzersiz sonrasında*

- Egzersiz bitirilince ventilasyonda da hızlı bir düşüş görülür,
- Bu kas ve eklem reseptörlerindeki motor aktivitelerin kesilmesi nedeniyledir.
- Ani düşüşün ardından yavaş ve dereceli bir düşüş olur.

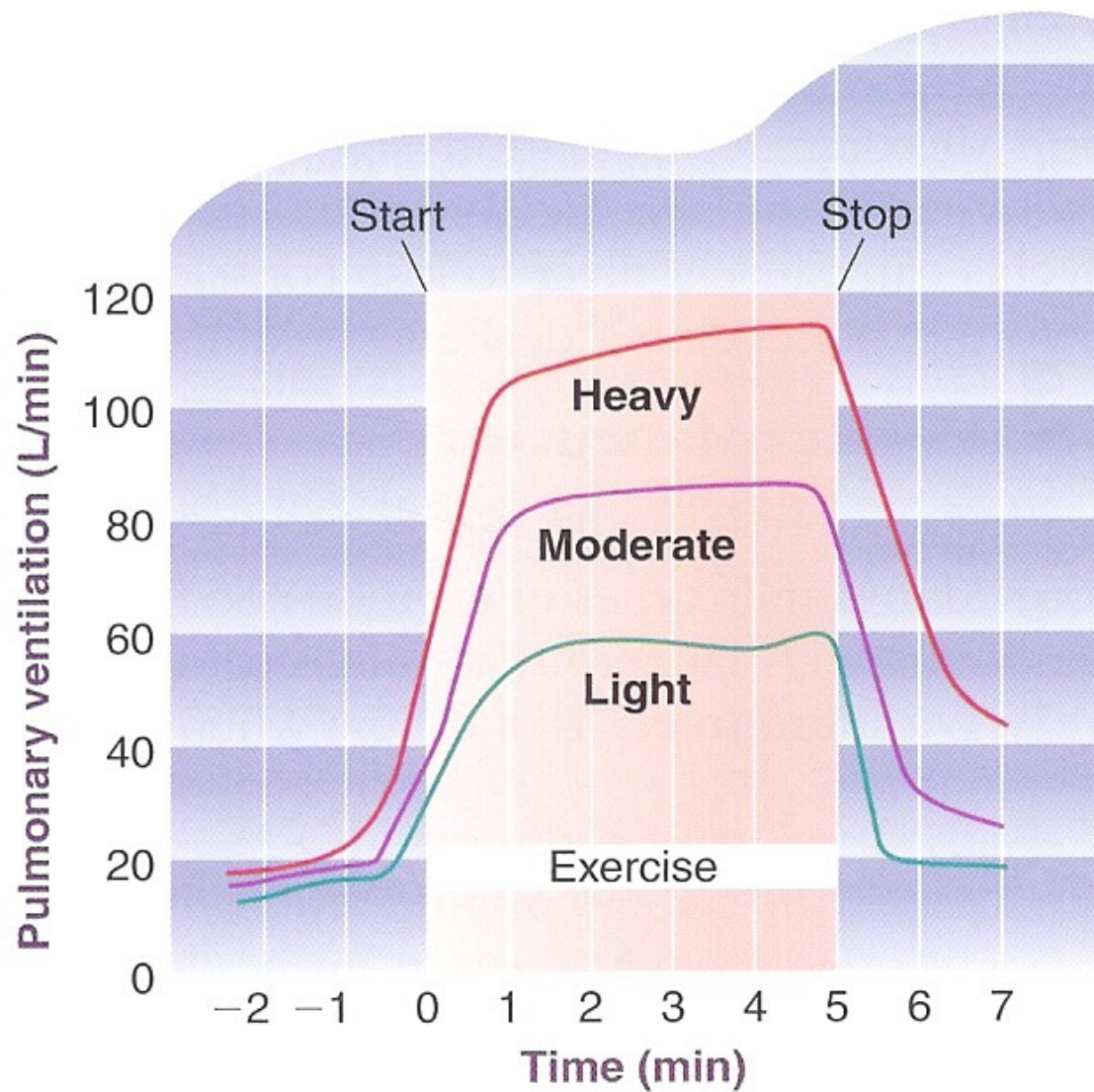
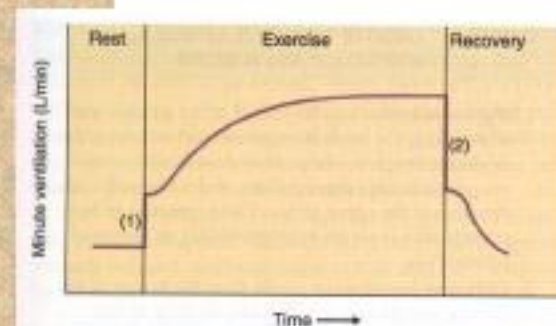
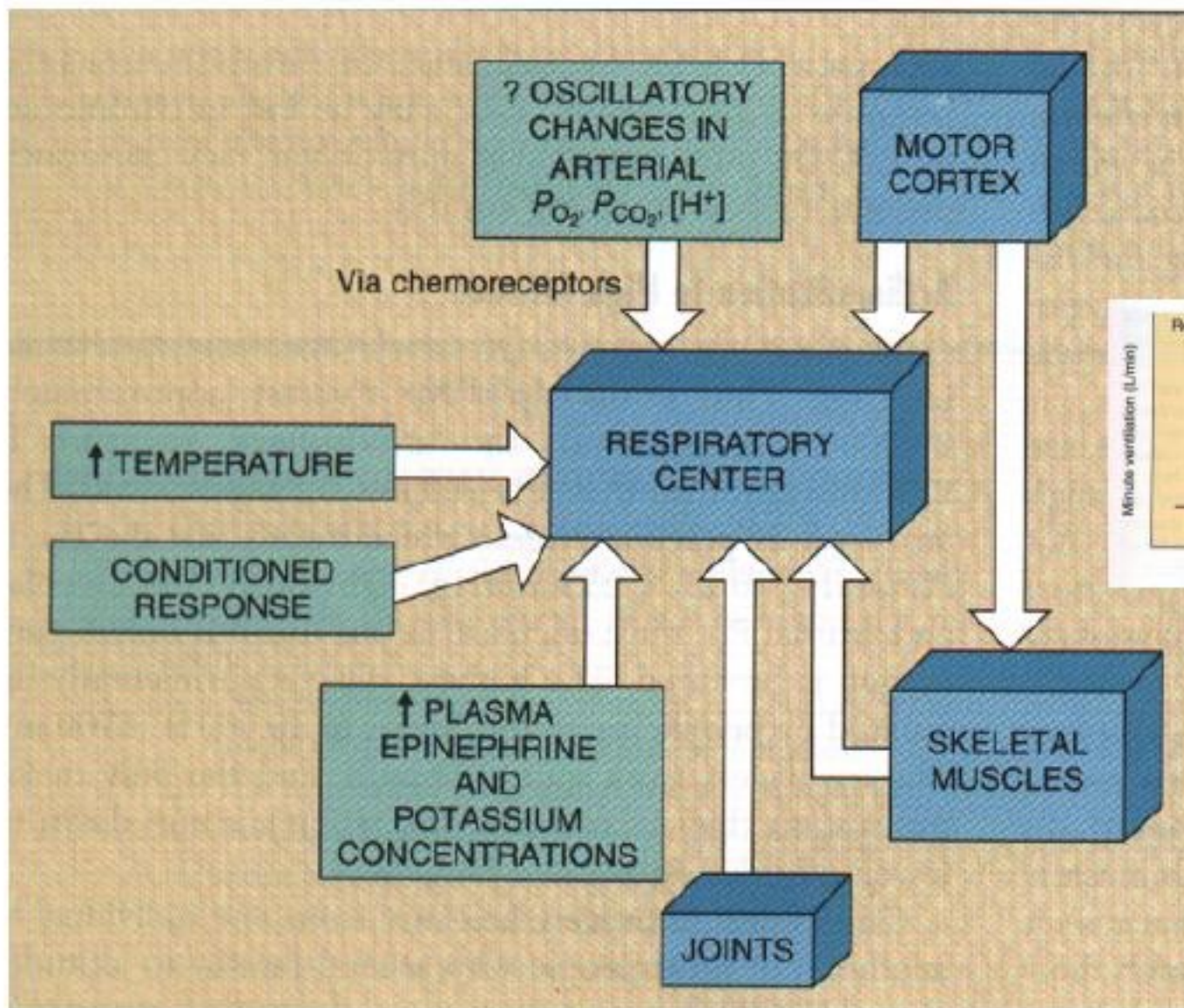


Figure 8.9 The ventilatory response to light, moderate, and heavy exercise. The subject exercised at each of the three intensities for 5 min. The ventilation volume tended to plateau at a steady-state value at the light and moderate intensities but continued to increase at the heavy intensity

Ventilation During Exercise



Sıcak ortamda uzun süreli egzersiz

- Submaksimal iş yüklerinde (laktat eşığının altında);
 - Ortam ısısının ve neminin düşük olduğu koşullarda dakika ventilasyonu sabit kalırken,
 - Sıcak ve nemli ortamda egzersiz süresiyle ilişkili olarak giderek yükselir.
- Nedeni ısı kaybının zorlaşması nedeniyle vücut ısısının yükselmesi, bununda doğrudan solunum kontrol merkezini uyarmasıdır.

Akciğer hacim ve kapasiteleri

Spirometri ?

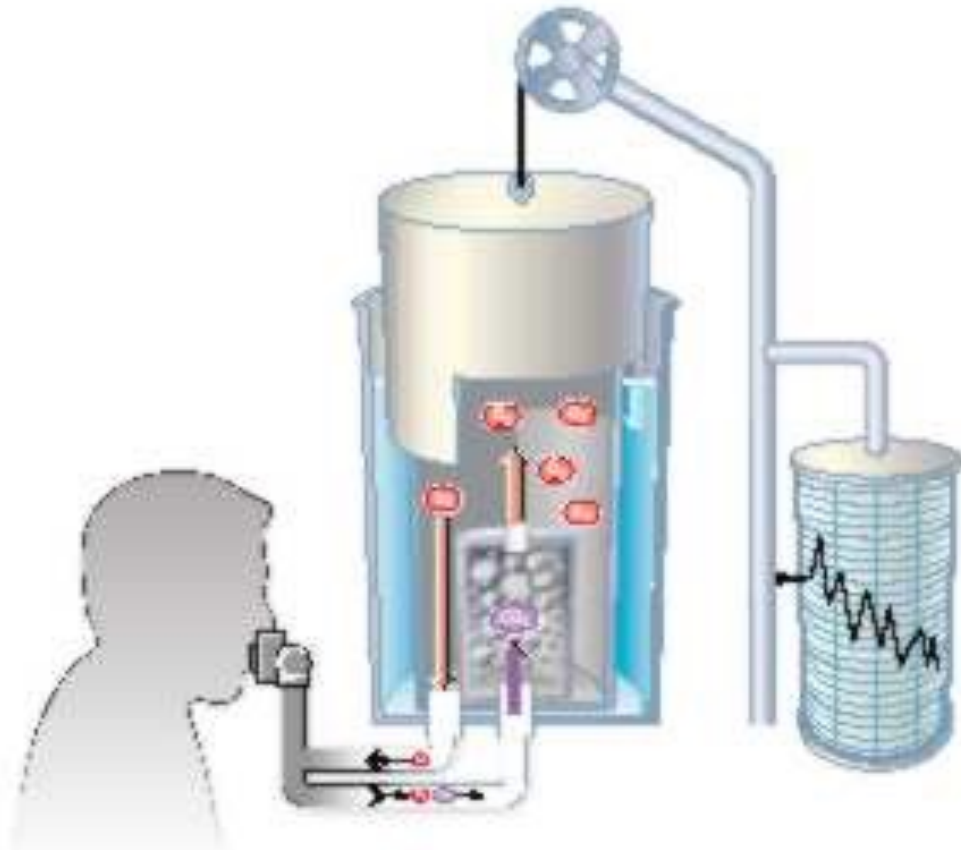
- Akciğer ventilasyonunun incelenmesinde akciğerlere giren ve çıkan hava miktarlarının kaydedilmesidir.

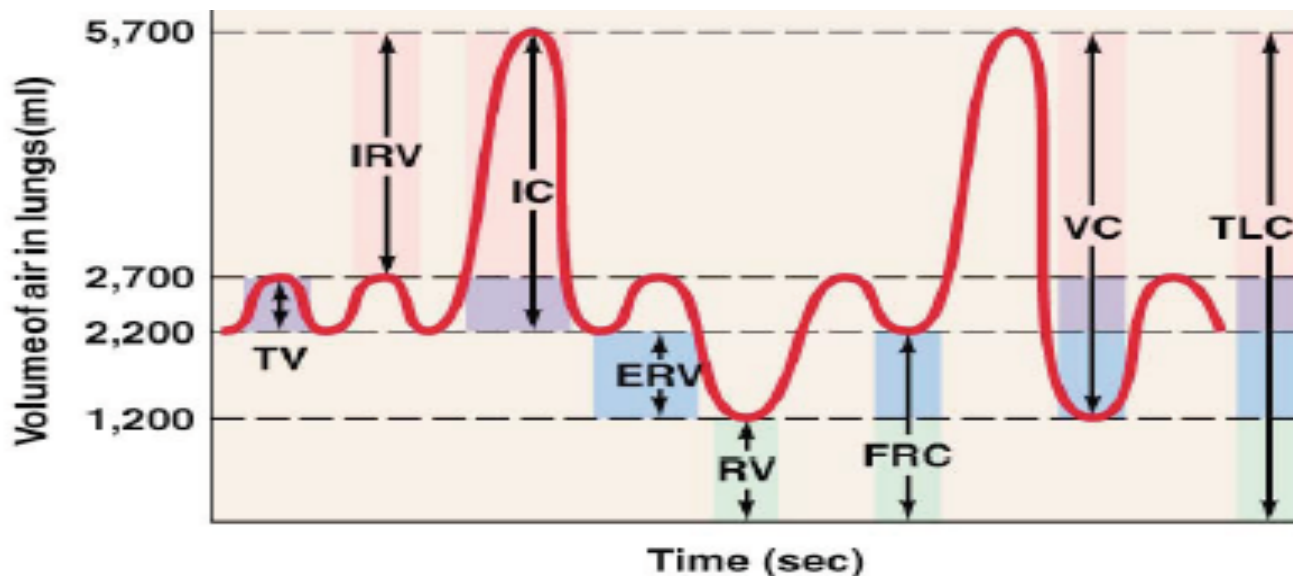
Spirometre ?

- Spirometri işlemini yapan cihazlar.

Spirogram ?

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





© 2001 Brooks/Cole - Thomson Learning

- TV = Tidal volume (500 ml)**
- IRV = Inspiratory reserve volume (3,000 ml)**
- IC = Inspiratory capacity (3,500 ml)**
- ERV = Expiratory reserve volume (1,000 ml)**
- RV = Residual volume (1,200 ml)**
- FRC = Functional residual capacity (2,200 ml)**
- VC = Vital capacity (4,500 ml)**
- TLC = Total lung capacity (5,700 ml)**

(b)

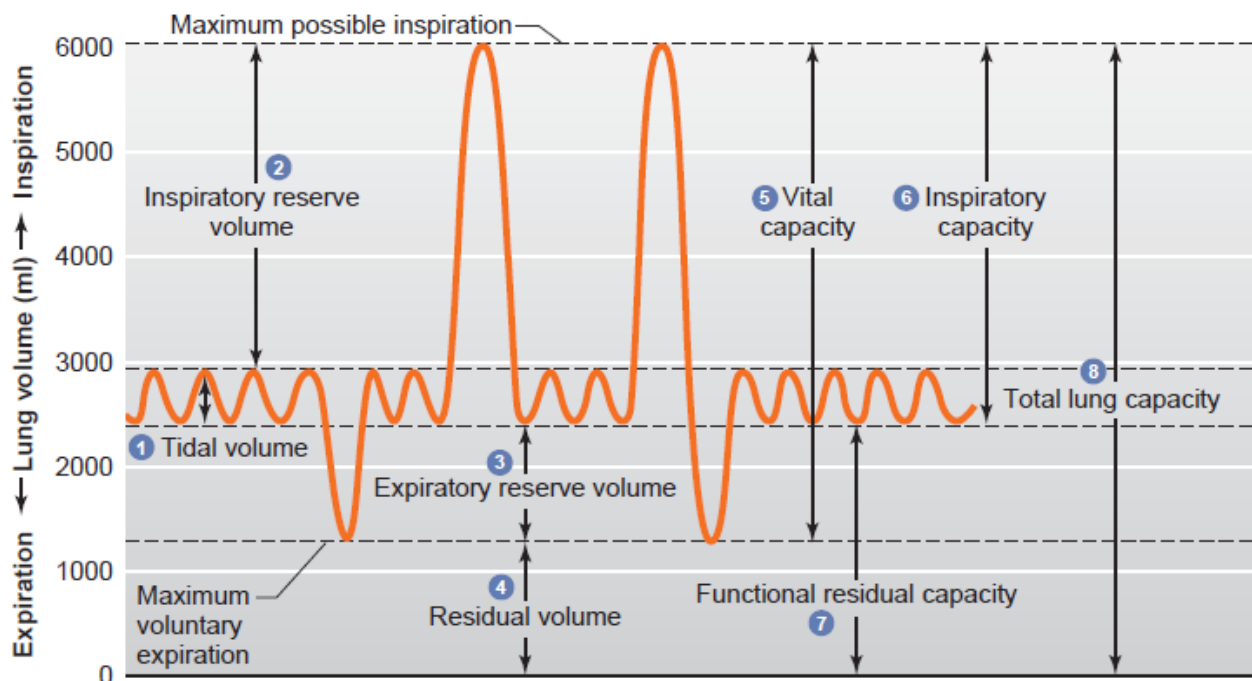
Values are average for a healthy young adult male; values for females are somewhat lower.

Akciğer hacimleri..

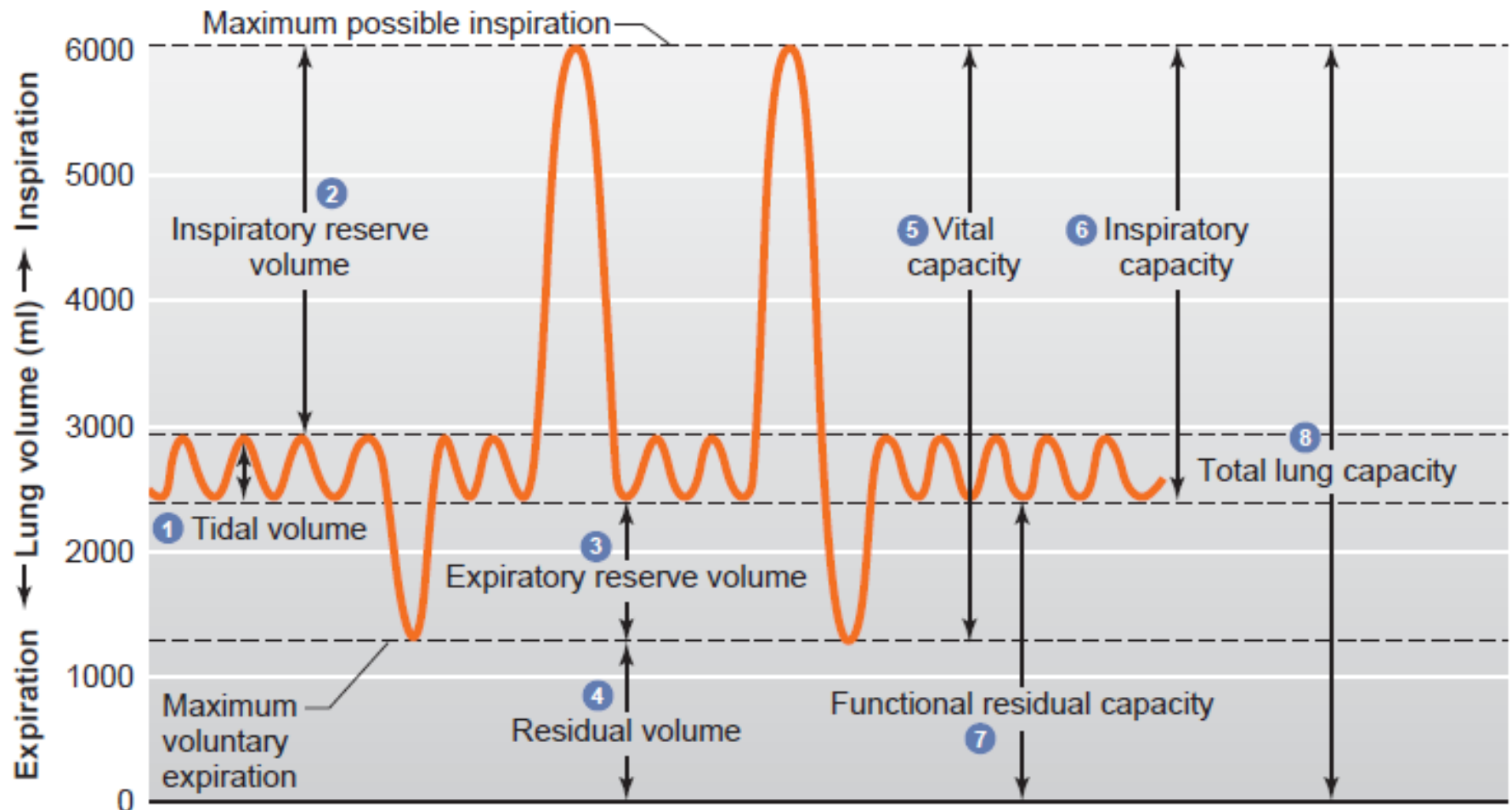
- Statik akciğer hacimleri
 - Soluk hacmi (tidal volüm)
 - İnspirasyon yedek hacmi
 - Ekspirasyon yedek hacmi
 - Artık (rezidüel) volüm
- Dinamik akciğer hacimleri
 - Zorlu ekspirasyon hacmi 1
 - Maksimum istemli ventilasyon

Lung Volumes and Capacities

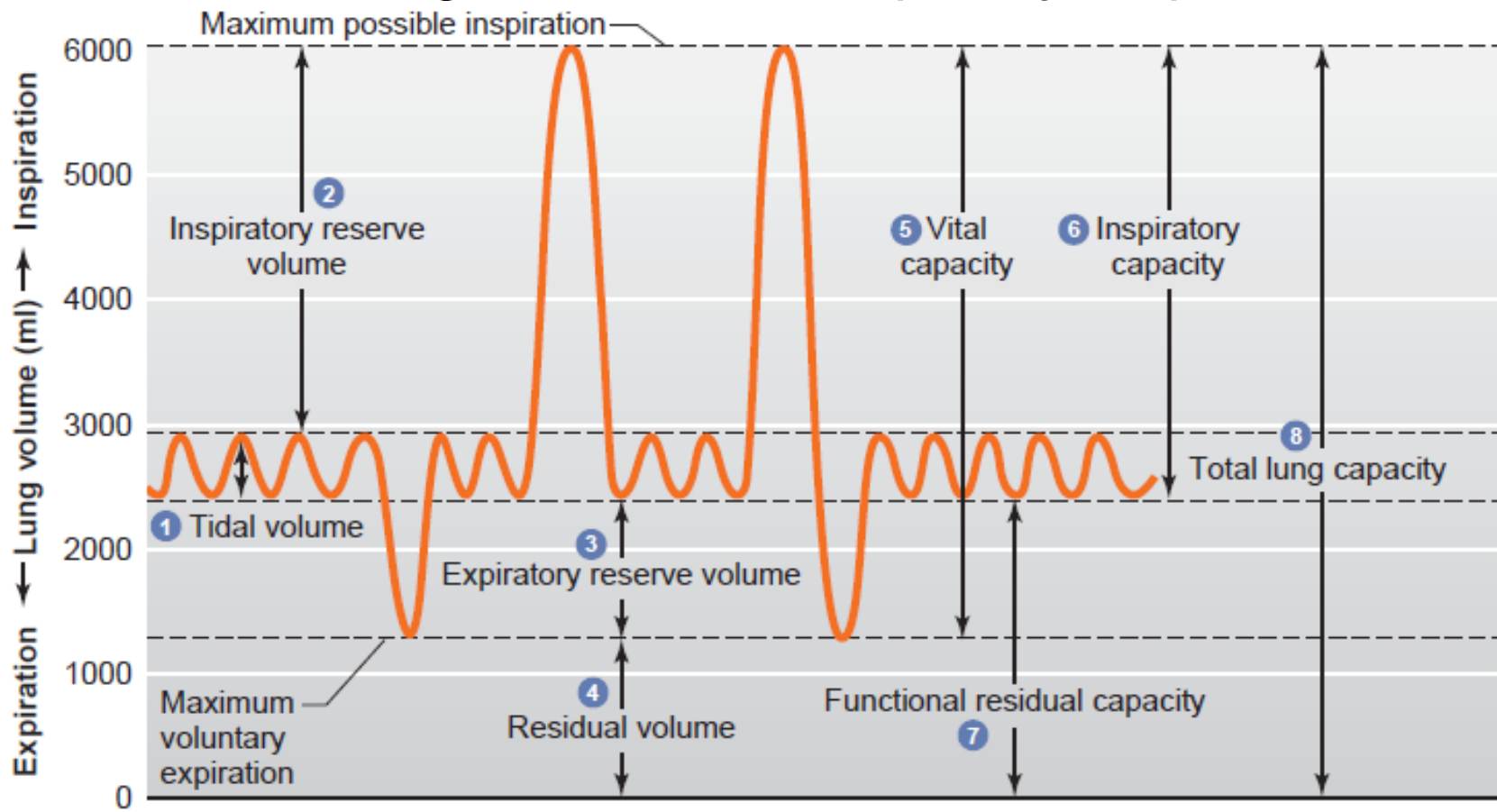
- ▶ Normally the volume of air entering the lungs during a single inspiration, called the **tidal volume (V_t)**, is approximately equal to the volume leaving on the subsequent expiration.
- ▶ The tidal volume during normal quiet breathing is termed the resting tidal volume and is approximately 500 ml depending on body size.



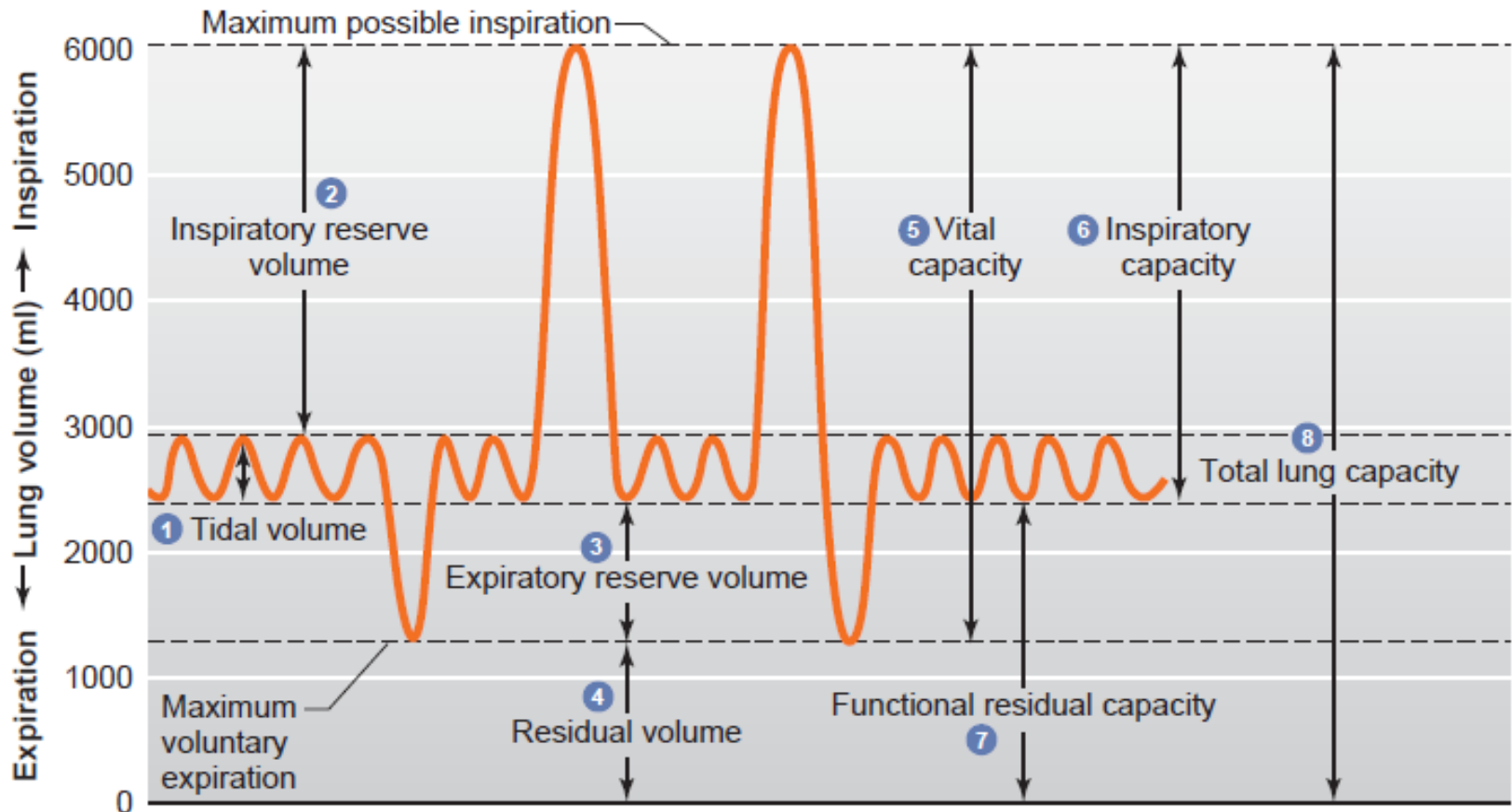
- ▶ The maximal amount of air that can be increased above this value during deepest inspiration is termed the **inspiratory reserve volume (IRV)** and is about 3000 ml—i.e., six times greater than resting tidal volume.



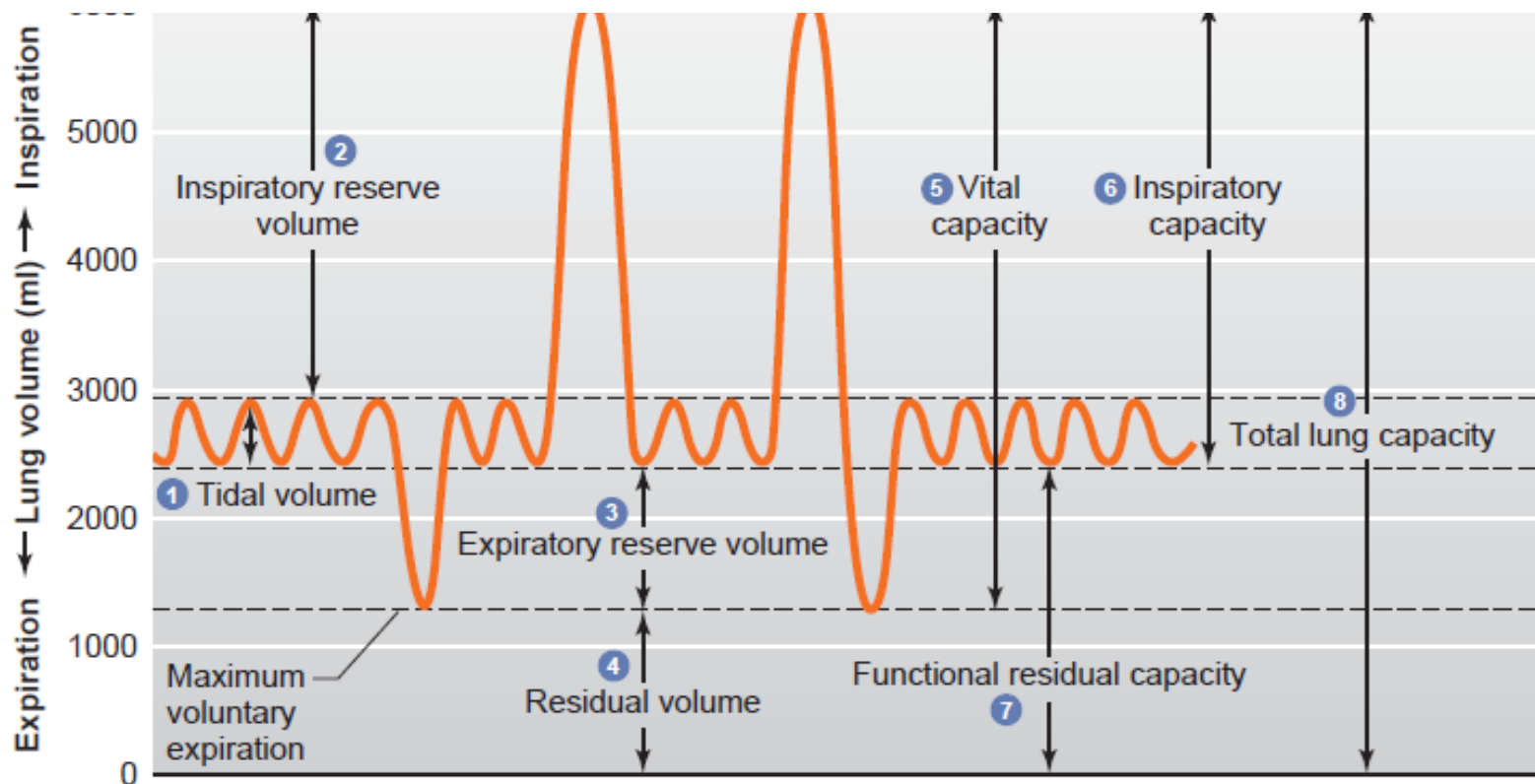
- ▶ This additional expired volume is termed the **expiratory reserve volume (ERV)** and is about 1200 ml.
- ▶ Even after a maximal active expiration, approximately 1200 ml of air still remains in the lungs; this is termed the **residual volume (RV)**.
- ▶ Thus, the lungs are never completely emptied of air.

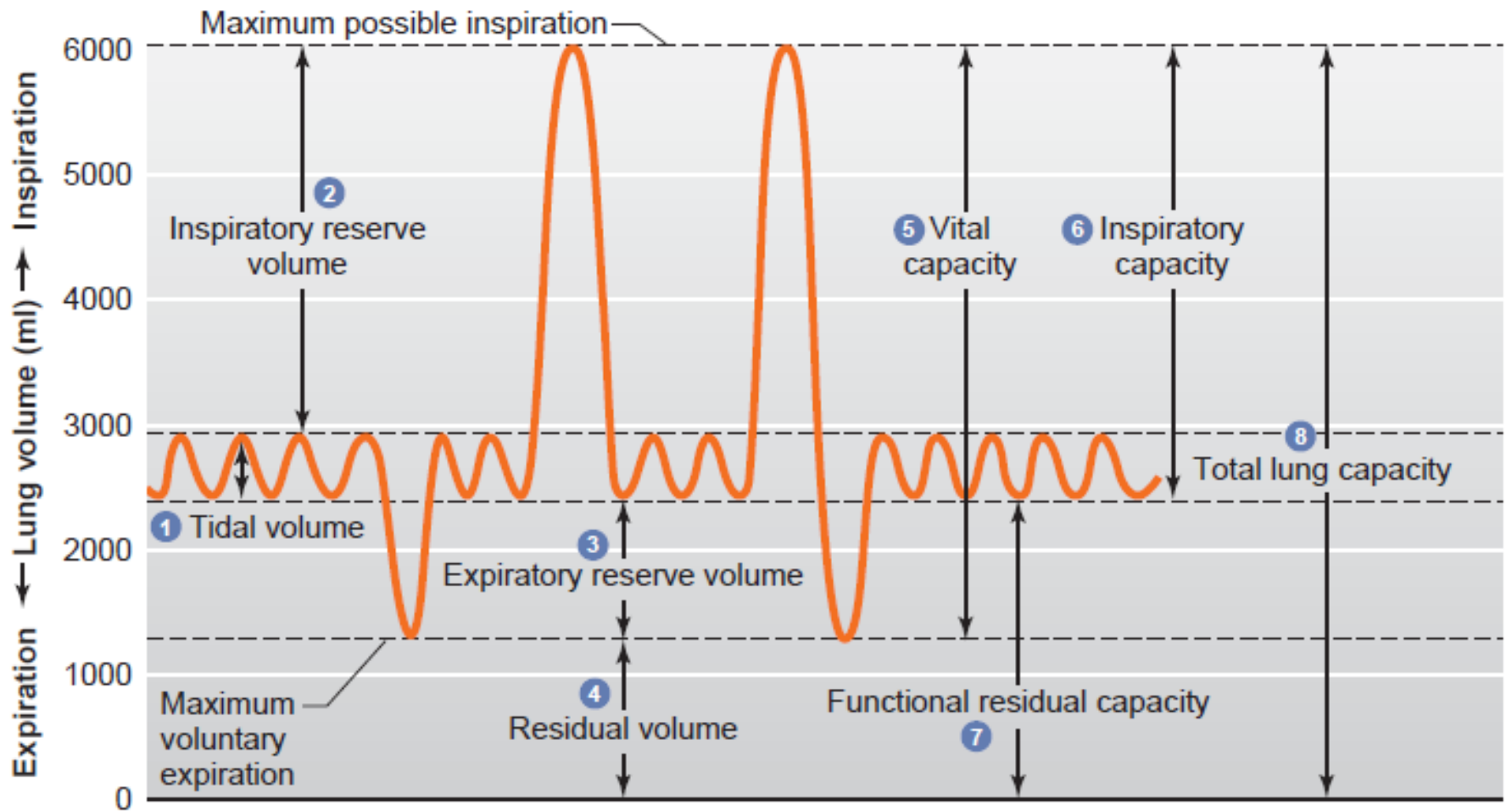


- ▶ After expiration of a resting tidal volume, the lungs still contain a very large volume of air.
- ▶ This is the resting position of the lungs and chest wall when there is no contraction of the respiratory muscles; this amount of air is termed the **functional residual capacity (FRC)** and averages about 2400 ml.



- ▶ **The vital capacity (VC)** is the maximal volume of air a person can expire after a maximal inspiration.
- ▶ Under these conditions, the person is expiring both the resting tidal volume and inspiratory reserve volume just inspired, plus the expiratory reserve volume.
- ▶ In other words, the vital capacity is the sum of these three volumes.
 - ▶ tidal volume
 - ▶ inspiratory reserve volume
 - ▶ expiratory reserve volume





Respiratory Volumes and Capacities for an Average Young Adult Male

Measurement	Typical Value*	Definition
Respiratory Volumes		
1 Tidal volume (TV)	500 mL	Amount of air inhaled or exhaled in one breath
2 Inspiratory reserve volume (IRV)	3000 mL	Amount of air in excess of tidal inspiration that can be inhaled with maximum effort
3 Expiratory reserve volume (ERV)	1200 mL	Amount of air in excess of tidal expiration that can be exhaled with maximum effort
4 Residual volume (RV)	1200 mL	Amount of air remaining in the lungs after maximum expiration; keeps alveoli inflated between breaths and mixes with fresh air on next inspiration
Respiratory Capacities		
5 Vital capacity (VC)	4700 mL	Amount of air that can be exhaled with maximum effort after maximum inspiration (ERV + TV + IRV); used to assess strength of thoracic muscles as well as pulmonary function
6 Inspiratory capacity (IC)	3500 mL	Maximum amount of air that can be inhaled after a normal tidal expiration (TV + IRV)
7 Functional residual capacity (FRC)	2400 mL	Amount of air remaining in the lungs after a normal tidal expiration (RV + ERV)
8 Total lung capacity (TLC)	5900 mL	Maximum amount of air the lungs can contain (RV + VC)

*Typical value at rest



Sporcu-akciğer kapasiteleri ?

- Bazı sporcular daha büyük akciğer kapasitelerine sahiptir.
- Bunun genetik bir özellik olduğu ve vücut boyutundan kaynaklandığı düşünülür.
- Bir maratoncu aynı boyutlardaki normal bir insana göre benzer vital kapasiteye sahiptir.
- Yüzme, su topu ve dalma ile uğraşan sporcularda torasik kafese suyun baskısı nedeniyle ek bir dirençle karşılaştıklarından vital kapasiteleri artmıştır.
- Bu inspirasyon kapasitesinin artması ve artık volümün azalmasındandır.

Cinsiyet farkı ?

- Tüm akciğer hacim ve kapasiteleri, kadınlarda erkeklerinkinden % 20-25 daha düşüktür.
- İri ve atletik kişilerde küçük ve zayıf kişilerden daha yüksektir.
- Sonuç olarak akciğer kapasite ve hacimlerdeki farklılıklar vücut yapısıyla ilgili olup sporcu olan ve olmayanlar arasında genel bir fark yoktur.

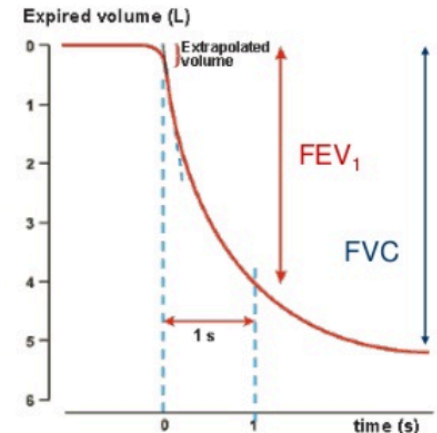
Zorlu vital kapasitesi ve zorlu ekspirasyon hacmi

- Dinamik akciğer volümleridir.
- Akciğer fonksiyonlarının değerlendirilmesinde kullanılan testlerden birisidir.
- Zamana karşı akciğerlerden çıkartılan hava miktarını tanımlamak için kullanılır.
- Bunun için ekspirasyonun birinci saniyesinde çıkartılan hava miktarını ölçülür ve buna FEV1 denir.
- FEV1 in zorlu vital kapasiteye (FEV1/FVC) oranı yaklaşık % 80 kadardır.
- Solunum yolunda herhangi bir obstruksiyon olduğunda bu değer düşer.

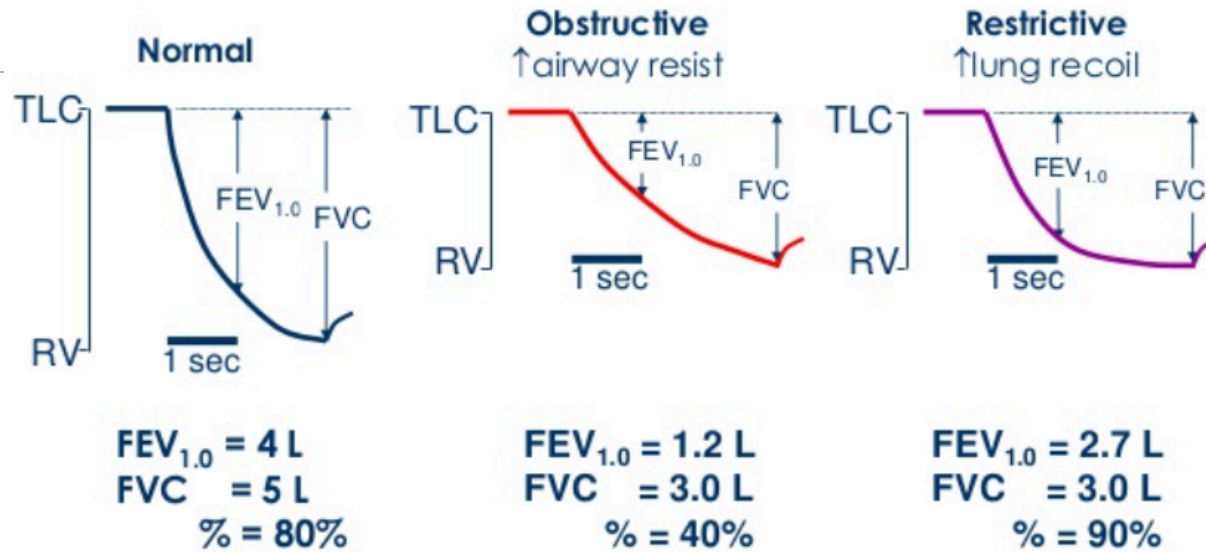
- ▶ A variant on this method is the ***forced expiratory volume in 1 s, (FEV1)***, in which the person takes a maximal inspiration and then exhales maximally as fast as possible.
- ▶ The important value is the fraction of the total “forced” vital capacity expired in 1 s.
- ▶ Normal individuals can expire approximately 80 percent of the vital capacity in one second.

FEV1/FVC

- Forced expiratory volume in 1 second
– 4.0 L
- Forced vital capacity
– 5.0 L
– usually less than during a slower exhalation
- $FEV_1/FVC = 80\%$



Forced Vital Capacity



- ▶ Measurement of vital capacity and FEV are useful diagnostically and are known as ***pulmonary function tests***.
- ▶ For example, people with ***obstructive lung diseases*** (increased airway resistance) typically have an FEV₁ that is less than 80 percent of the vital capacity because it is difficult for them to expire air rapidly through the narrowed airways.

Maksimum istemli ventilasyon

- Bir dakikada alınabilecek maksimum hava miktarıdır.
- Kişi 15 sn süresince hızlı ve derin soluk alıp verir.
- Bu süre içerisinde alabildiği hava miktarı 4 ile çarpılarak maksimum hava miktarı saptanır.

Egzersiz sırasında akciğer hacim ve kapasiteleri

- Egzersiz sırasında dakika ventilasyondaki artışları sağlamak için soluk volümü artar.
- Buna bağlı olarak ta inspirasyon yedek hacmi ve ekspirasyon yedek hacminde azalmalar olur.
- **Artan akciğer kan akımı nedeniyle total akciğer kapasitesi ve vital kapasitede azalma olur.**
- Sonuç olarak artık hacim ve fonksiyonel artık kapasite bir miktar artar.

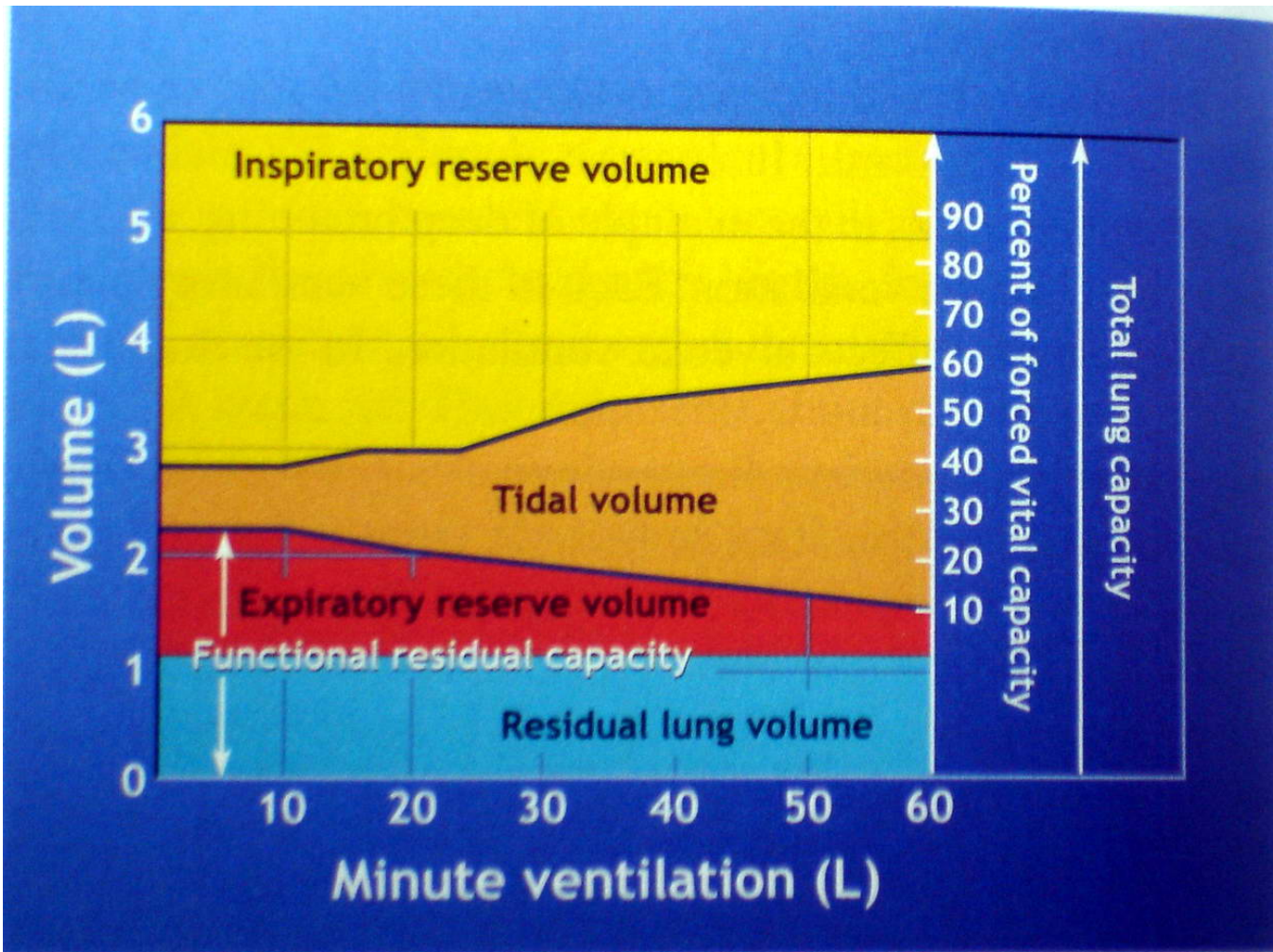


FIGURE 12.10 • Tidal volume and subdivisions of pulmonary air during rest and exercise.

Sigara-ventilasyon-performans

- Kronik sigara içenlerde artan hava yolu direnci nedeniyle solunum kaslarının gereksinim duyduğu oksijen miktarı artar.
- Şiddetli bir egzersiz esnasında sigara içenlerde ventilasyonun oksijen maliyeti içmeyenlere göre iki kat daha fazladır.
- Bu egzersizden 1 saat önce birkaç sigara içilmesi halinde de geçerlidir.
- Günde 20-30 sigara içenlerde bu farklılık yaklaşık 4 katıdır.

- Sigara içen birisi egzersizden 24 saat öncesine kadar hiç içmemişse, ventilasyonun oksijen maliyeti %25 düşer, ancak içmeyenlere göre hala % 60 fazlalık vardır.
- Sonuç olarak sigara performansı olumsuz etkiler, her şeye rağmen içiliyorsa da egzersiz öncesi içilmemelidir.

Ventilasyon aerobik performansı sınırlar mı ?

- Yaşlı bireylerde düşük akciğer ventilasyon oranının maksimal oksijen alımını sınırlayabilmektedir.
- Ancak üst düzey dayanıklılık sporcuları dışında sağlıklı genç bireylerde deniz seviyesindeki egzersizlerde ventilasyon aerobik performansı sınırlamaz
- Neden ?

Ventilasyon aerobik performans ilişkisi-1

- Ventilasyon artışı kardiyak output artışından daha fazladır.
- KO 5-6 kat artarken (5 lt/dk dan 25-30 lt/dkya), VE 32 kez (6 lt/dk dan 190 lt/dk ya)artar.
- Ventilasyondaki artma yeteneği kalbin kan pompalamasındaki artış yeteneğinden daha fazladır.
- Ventilasyondaki artma yeteneđi oksidadif metabolizmadaki artma yeteneđinden daha büyüktür.

Ventilasyon aerobik performans ilişkisi-4

- Akciğerlerdeki alveollerin gaz değişim yüzeyi çok büyüktür, yaklaşık 50-100 m² dir.
- Şiddetli bir egzersizde kalbin pompaladığı kanın yalnızca 0,5 litrelik bir kısmı solunum sistemindedir.
- Yarım litrelik bir sıvınının tenis kortunun bir yarısı genişliğindeki yüzeye yayıldığını varsayarsak akciğerlerin difüzyon yüzeyinin ne denli büyük olduğunu anlayabiliriz.

Elit dayanıklılık sporcularında ventilasyon
aerobik performansı sınırlar mı ?

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

Gaz deęiřimi; Solunum membranlarında Oksijen ve Karbondioksit deęiřimi

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

Parsiyel basınç-difüzyon hızı

- Bir hava karışımı oluşturan gazların her birinin tek başına oluşturdukları basınca parsiyel basınç denir ve gazın difüzyonu parsiyel basınç ile doğru orantılıdır.

Gazların parsiyel basınçları

Atmosfer havası

Gazın adı	Yüzdesi	Basıncı
Oksijen	% 20.8	159 mmHg
Nitrojen (azot)	% 79	597 mmHg
Karbondiyoksit 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
Karbondiyoksit 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

Akciğer ve dokularda gaz değiş-tokuşu

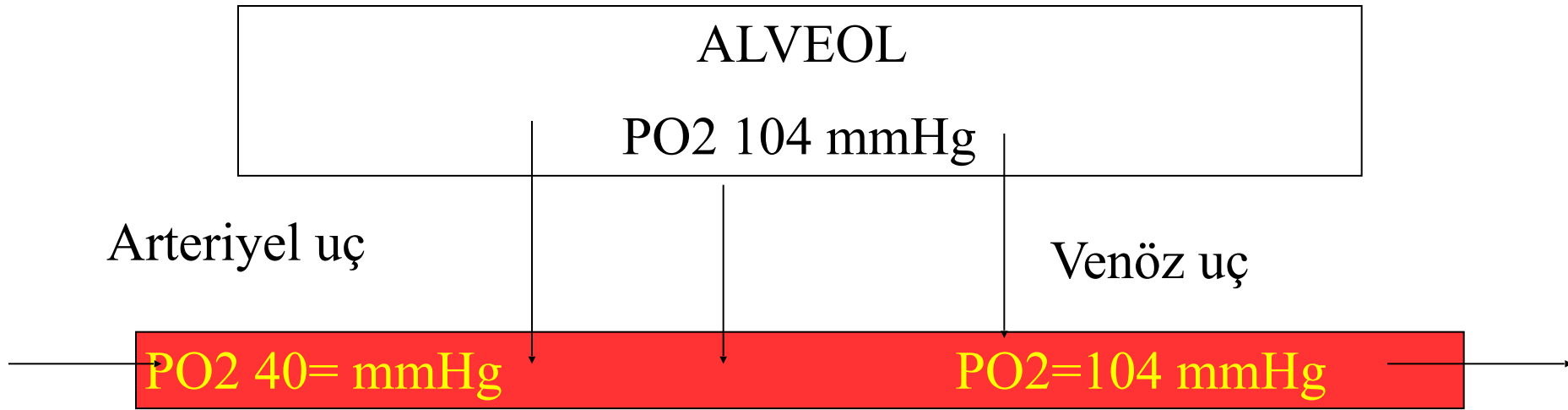
- O₂ ve CO₂ basın farklarına bağlı olarak yer değiştirirler
- Difüzyon.....

Alveol,kan ve dokulardaki oksijen ve karbondioksit basınçları

Alveolü çevereleyen venöz kanda;
PO₂ 40 mmHg,
PCO₂ 45 mmHg

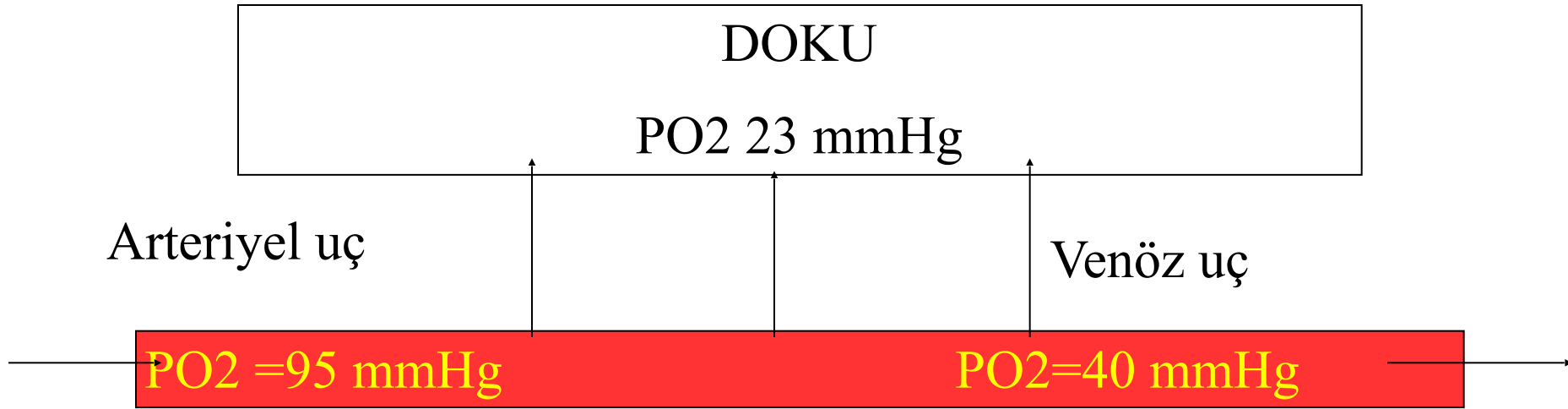
Oksijen difüzyonu akciğerlerde

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



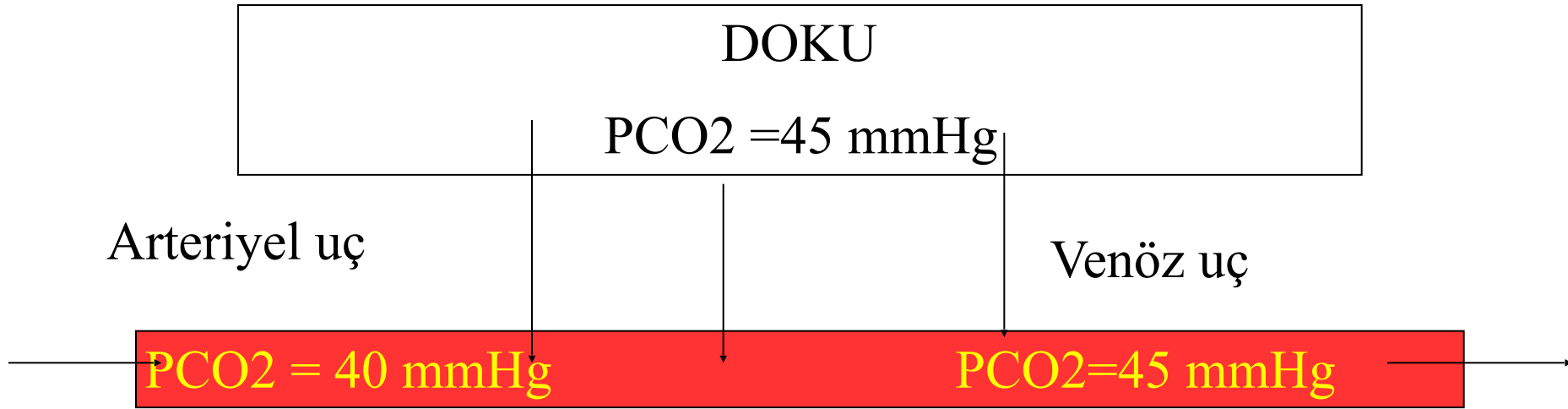
Oksijenin kapillerlerden dokuya geçiři

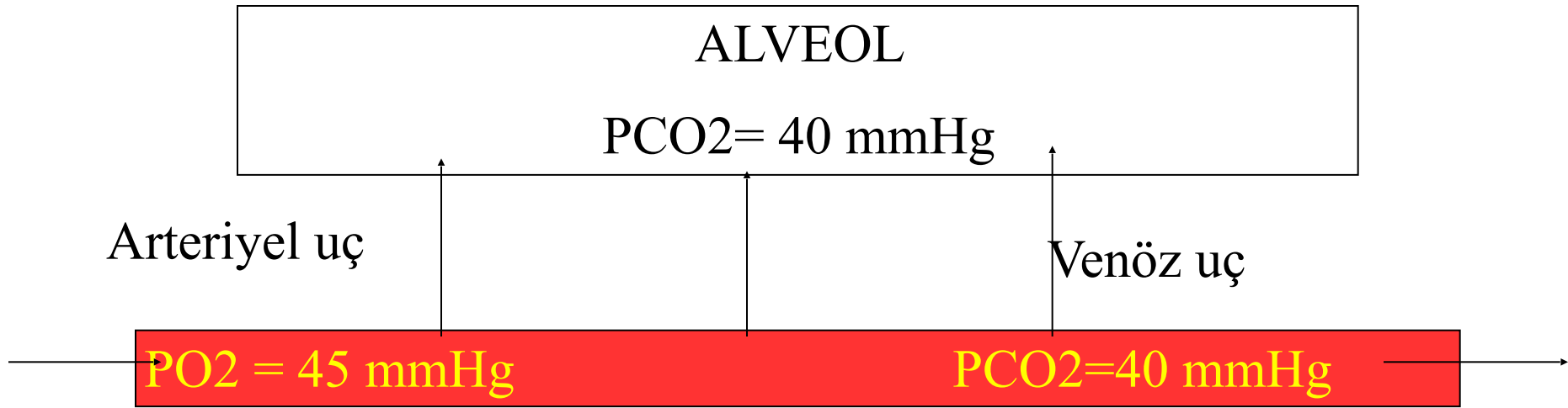
- Kanın bir bölümü alveoler kapillerlerden geçmez ve akciğerlerden gelen temiz kan ile karışır.
- Böylece arteriyel kanın PO₂ si 104 den 95 mmHg ya düşer
- Oksijen doku hücreleri tarafından sürekli kullanılmaktadır.
- Bu nedenle dokuda hücre içi O₂ si kapillerdeki O₂ den düşüktür.
- Hücre içi PO₂ si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



Karbondioksitin difüzyonu

- Oksijen dokular tarafından kullanılır, sonuçta hücre içi CO₂ miktarı artar.
- Böylece CO₂ dokudan kapillerlere difüze olur.
- Hücre içi PCO₂ 45, arteriyel kan PCO₂ si ise 40 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.





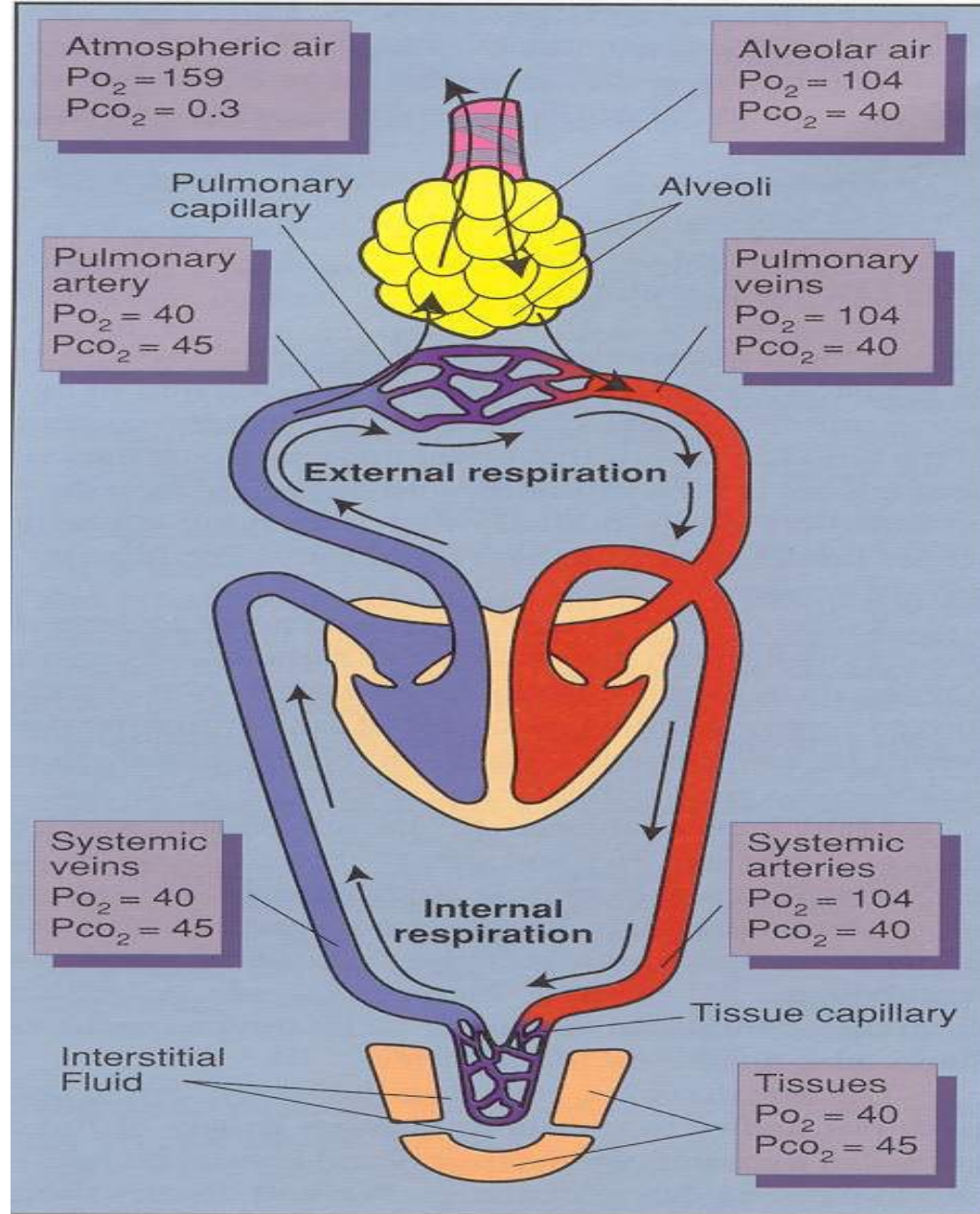


Figure 9.9 A summary of external and internal respiration.

Egzersiz sırasında difüzyon kapasitesi

- Şiddetli egzersizlerde kas dokusunda PO₂ 3 mmHg ya kadar düşerken, PCO₂ 90 mmHg ya kadar yükselebilir.
- Egzersiz sırasında akciğerlerde ve dokuda gaz değiş tokuşu genişleyen geçiş yüzeyi nedeniyle artar.
- Difüzyon kapasitesi, 1 dk da 1 mmHg farkında difüzyona uğrayan gaz volümüdür.
- Sporcular antrene olmayanlara göre hem egzersiz hem de dinlenimde daha yüksek difüzyon kapasitesine sahiptirler.
- Bu özellikle dayanıklılık sporcuları için geçerlidir.

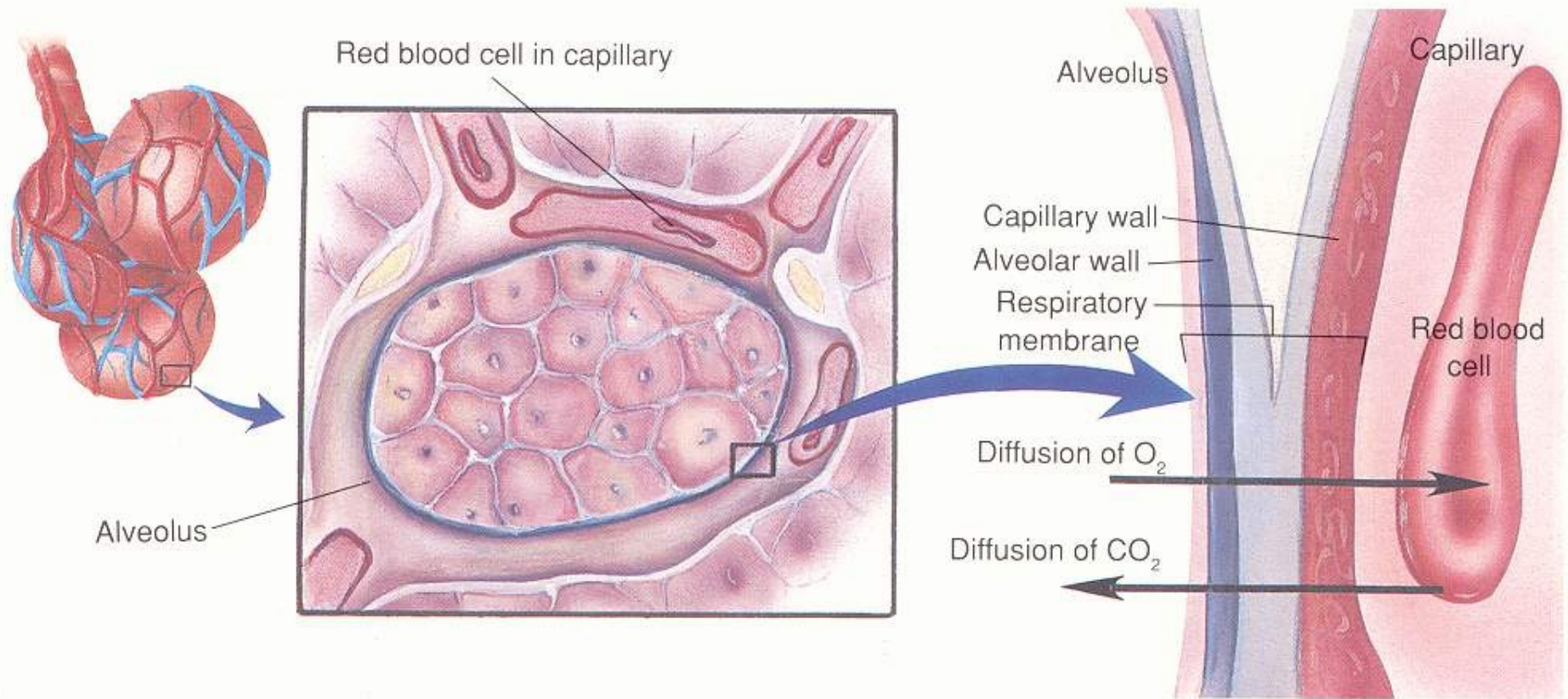


Figure 9.4 The respiratory membrane.

Gazların taşınması

- O₂ nin taşınması
- CO₂ nin taşınması

Kanda oksijenin taşınması

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

Oksijenin hemoglobinle bağlanması

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

Hb nin % saturasyonu

- Hemoglobinin oksijenle bağlanan yüzdesi hemoglobinin % saturasyonu olarak adlandırılır .
- Normalde 100 mmHg lık PO₂ de hemoglobinin oksijen saturasyonu % 98 dir.

Oksijen hemoglobin ayrışma eğrisi

- Oksijenle hemoglobin arasındaki ilişki oksijen hemoglobin ayrışma eğrisi ile ifade edilir.
- Eğri sağa kaydığında oksijen hemoglobinden ayrılırken, sola kaydığında ise bağlanma artar.
- Oksijen parsiyel basıncının düşmesi halinde hemoglobin saturasyonu da düşer. Ancak PO₂ nin 60 mmHG nin altına düşene kadar hemoglobin % saturasyonunda ciddi bir azalma olmaz.
- Alveoler PO₂ 60 mmHg iken Hb % saturasyonu 90 dır.

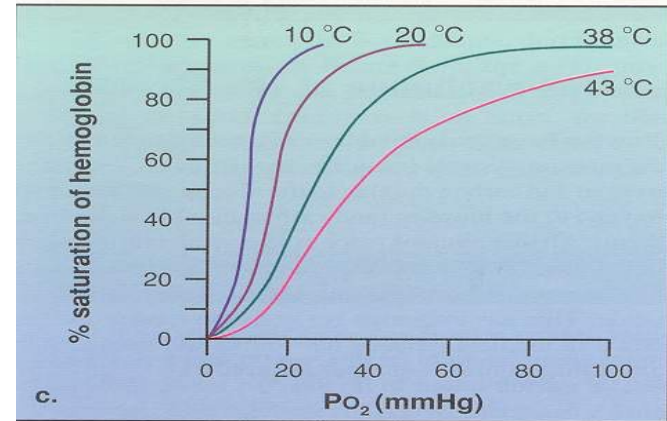
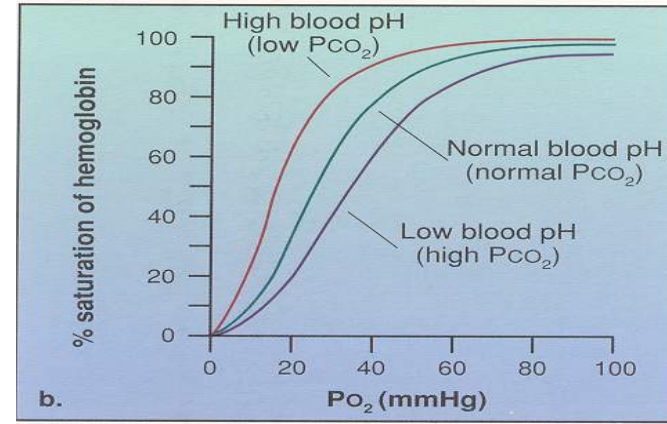
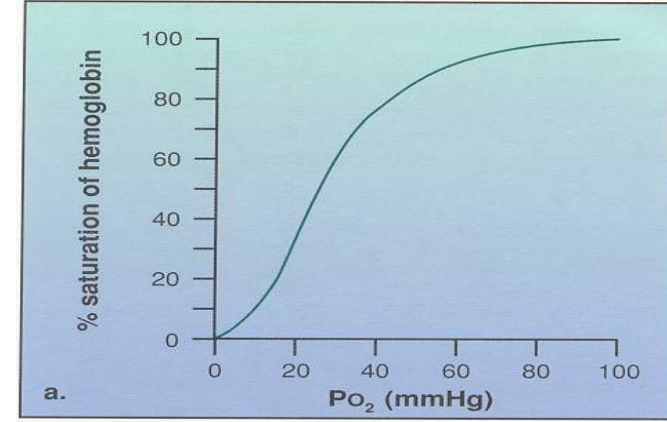


Figure 9.7 (a) The normal oxygen-hemoglobin dissociation curve and the effects of (b) blood pH and (c) blood temperature on its shape.

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 çözülmüş halde taşınır.
- Sonuçta 100 ml kanda taşınan O₂ miktarı yaklaşık 20 ml kabul edilir.
- Doku kapillerlerinden geçerken bu miktar azalır ortalama 15 ml ye düşer (PO₂ 40 mmHg, Hb % 75 doymuş)

Table 13-8

Oxygen Content of Systemic Arterial Blood at Sea Level

1 liter (L) arterial blood contains

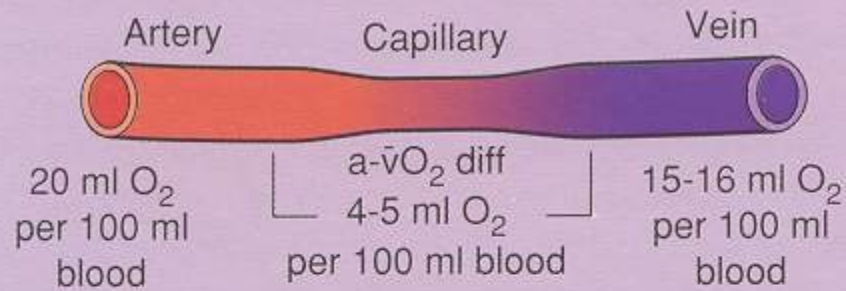
	3 ml	O ₂ physically dissolved (1.5%)
	<u>197 ml</u>	O ₂ bound to hemoglobin (98.5%)
Total	200 ml	O ₂

Cardiac output = 5 L/min

$$\begin{aligned} \text{O}_2 \text{ carried to tissues/min} &= 5 \text{ L/min} \times 200 \text{ ml O}_2/\text{L} \\ &= 1000 \text{ ml O}_2/\text{min} \end{aligned}$$

- Normal koşullarda 100 ml kan ile dokulara yaklaşık 5 ml oksijen taşınır. Buna arteriyo venöz oksijen farkı denir.
- Şiddetli egzersizler sırasında dokuda PO₂ 15 mmHg ya düşer.
- Bu sırada 100 ml venöz kan yalnızca 5 ml O₂ içerir. Bu arteriyo venöz O₂ farkınının 15 ml ye çıktığını gösterir

a. At rest:



b. During intense exercise:

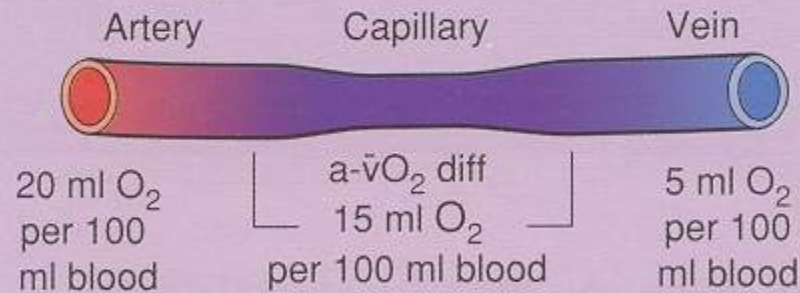


Figure 9.8 The arteriovenous oxygen difference ($a-\bar{v}O_2$ diff) (a) when at rest and (b) during intense exercise.

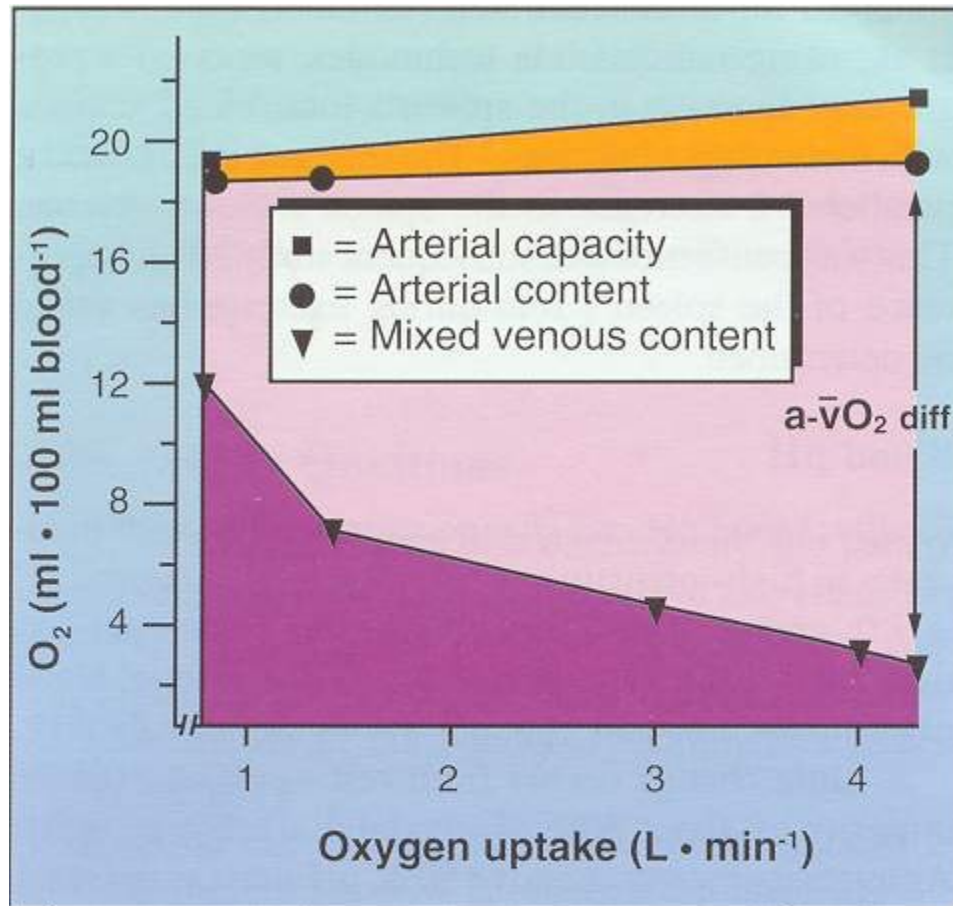


Figure 8.16 Changes in arteriovenous oxygen difference ($a-\bar{v}O_2$ diff) from low levels to maximal levels of exercise. Adapted from Åstrand and Rodahl (1986).

Oksijen hemoglobin ayrışma eğrisini etkileyen faktörler ve oksijen taşınmasındaki önemleri

- Eğriyi sağa kaydıran faktörler;
 - Hidrojen iyon artışı
 - CO₂ artışı
 - Isı artışı
 - DPG artışı(anaerobik glikoliz sırasında artar)

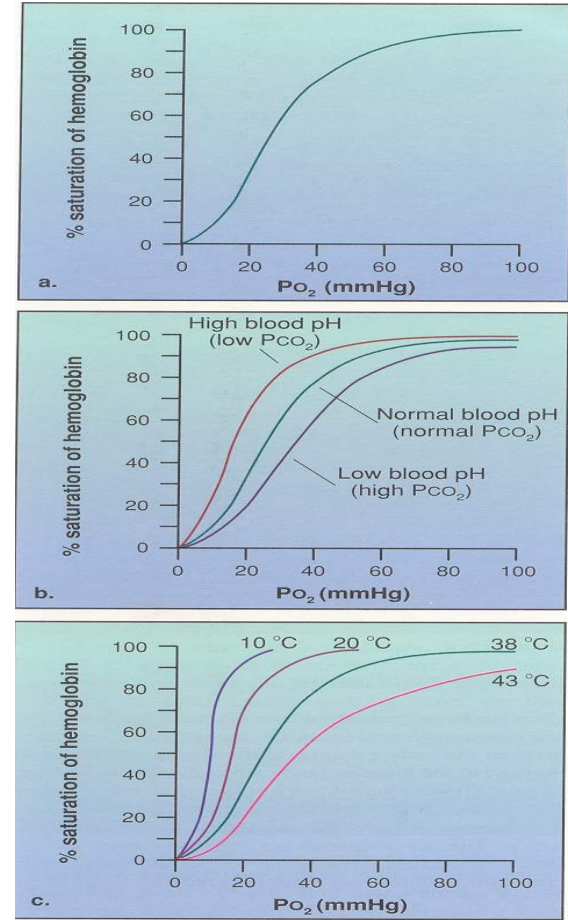


Figure 9.7 (a) The normal oxygen-hemoglobin dissociation curve and the effects of (b) blood pH and (c) blood temperature on its shape.

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.

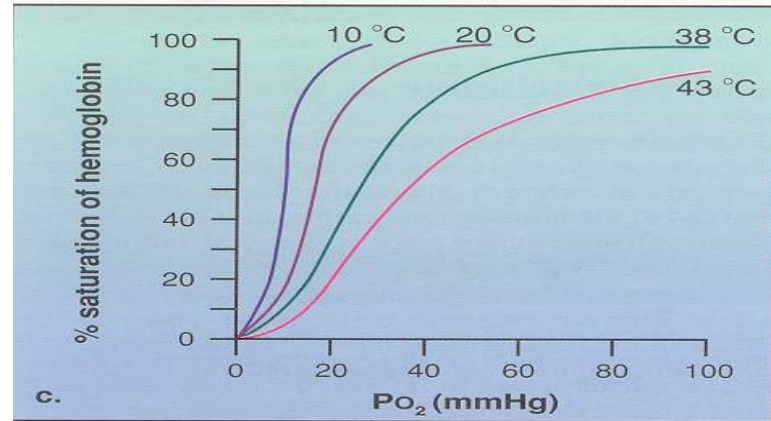
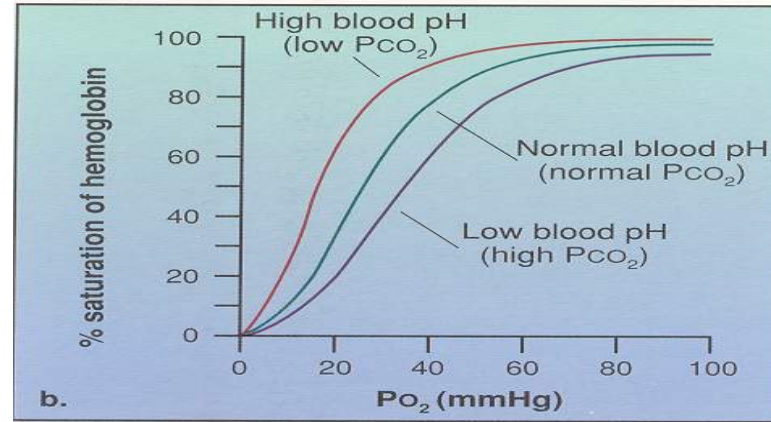
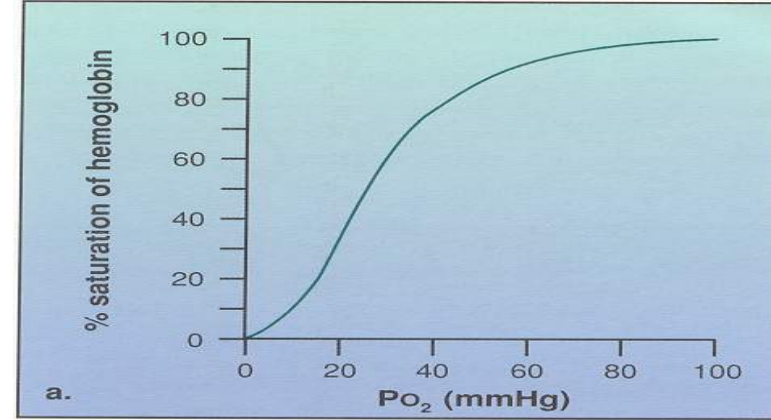


Figure 9.7 (a) The normal oxygen-hemoglobin dissociation curve and the effects of (b) blood pH and (c) blood temperature on its shape.

Karbondioksitin kanda taşınması

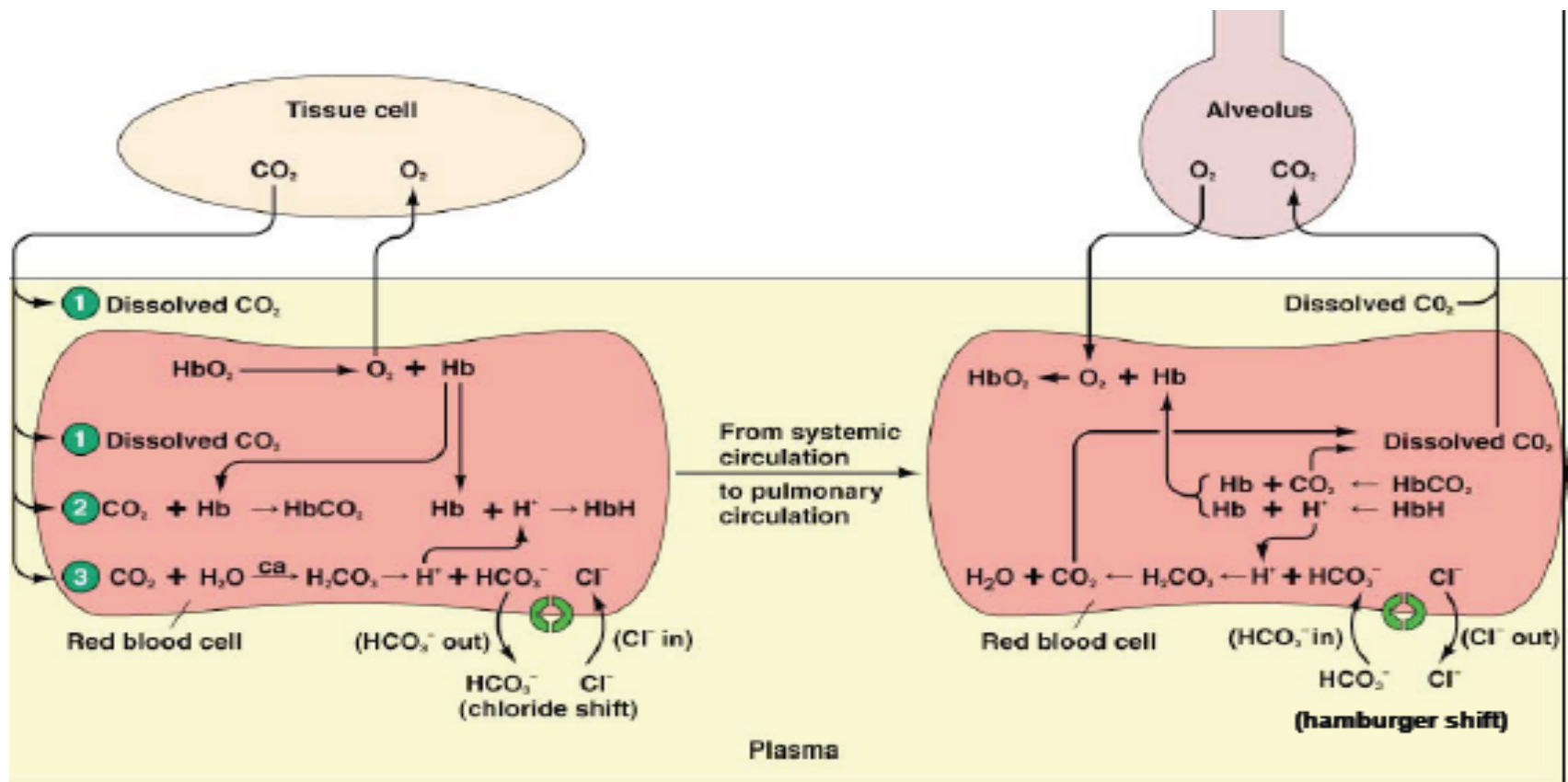
1. Karbondioksitin çözünmüş olarak taşınması
2. Bikarbonat iyonu şeklinde taşınması
3. Hemoglobin ve
4. plazma proteinlerine bağlı olarak karbomino bileşikleri halinde taşınması

CO₂ taşınması

- 100 ml kanda ortalama 4 ml karbondioksit dokulardan akciğerlere taşınır.
- Bunun büyük bir bölümü bikarbonat iyonu halinde taşınır- % 70
- Yaklaşık % 5-7 lik bir bölümde kanda çözünmüş olarak taşınır.
- CO₂ de hemoglobine bağlanabilir, hem de çok daha hızlı bir şekilde, oksijenden 250 kat daha hızlı.
- Ancak CO₂ nin basıncının düşük olması Hb bağlı CO₂ miktarını çok sınırlandırır.
- Yaklaşık olarak CO₂ nin % 23 bu şekilde taşınır.

CO₂ nin bikarbonat iyonu (HCO₃) şeklinde taşınması

- Kanda çözünen CO₂ eritrositlerin içine difüze olur ve orada su ile reaksiyona girerek karbonik asiti oluşturur.
- Bu reaksiyonu karbonik anhidraz enzimi katalizler.
- Karbonik asit bikarbonat ve hidrojen iyonlarına ayrılır.
- Hidrojen iyonlarının çoğunluğu hemoglobinle birleşir.
- Bikarbonat iyonları da eritrositlerden plazmaya geçerek klor iyonları ile yer değiştirir.
- Akciğerlerde bu reaksiyonların tersi işlemlerle tekrar CO₂ ve su oluşur.



ca = Carbonic anhydrase

© 2001 Brooks/Cole - Thomson Learning

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.
- Burada soluk alma (inspirasyon) ve verme (ekspirasyon) ile ilgili solunum merkezleri bulunmaktadır.

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 ve CO₂ 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 faktörler
 - Üst beyin merkezlerinden gelen uyarılar

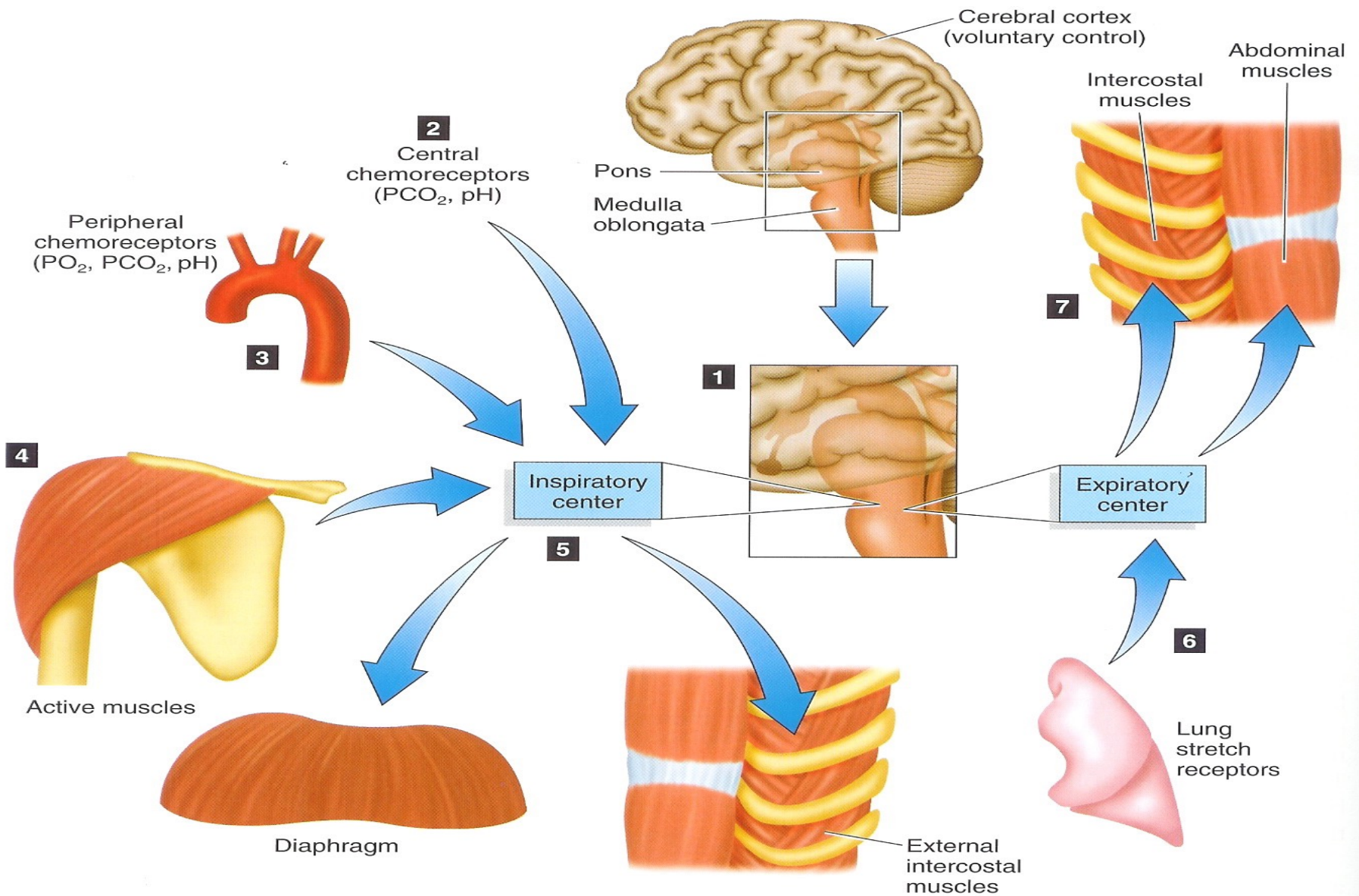


Figure 8.8 An overview of the processes involved in respiratory regulation. (1) The medulla oblongata contains the inspiratory and expiratory centers. When (2) central chemoreceptors, (3) peripheral chemoreceptors, and (4) active muscles stimulate the inspiratory center, the inspiratory center stimulates (5) the external intercostal and diaphragm muscles to contract to increase the volume of the thorax, thereby drawing air into the lungs. (6) This stretching of the lungs triggers the expiratory center to contract (7) the intercostal and abdominal muscles, causing the thoracic volume to decrease and force air out of the lungs.

Asit-baz dengesinin sađlanmasında solunumun rolü

- Yođun kas aktivitesi laktat ve H iyon konsantrasyonu üretiminde ve birikmesinde artışa yol açar. Asidozis
- Bu artış kas enerji metabolizmasını bozar.
- Solunum sistemi bu asidozis oluşumunu engelleyen birkaç tampon sisteminden birisidir ve özellikle egzersizde ve hemen sonrasında kritik önemi vardır.

- Laktik asit ve karbonik asit gibi asitler ortama hidrojen iyonu (H^+) salarlar.
- H^+ iyonlarının birikmesine izin verilmez.
- Tampon sistemi-tamponlama
 - $H^+ + \text{tampon} \rightarrow \text{H-tampon}$
- Dinlenim koşullarında vücut sıvıları bikarbonat, fosfat ve protein gibi bazlara daha fazla oranda sahiptir
 - pH Kasta 7,1, arter kanında 7,4 arasında değişir.
 - Kan pH sınırları 6,9-7,5 tir

- H^+ normalin üzerine çıkarsa ki bu düşük pH dır ve asidoz olarak isimlendirilir,
- H^+ normalin altına inerse alkaloz olarak isimlendirilir.
- pH çok dar sınırlar içinde tutulur.
 - Kimyasal tamponlar,
 - Solunum sistemi
 - Böbrekler

Kimyasal tamponlar

- Bikarbonat (HCO_3^-)***
- Fosfatlar
- Proteinler
- Hemoglobin

- $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{karbonik asit} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{su}$
- Laktik asit pH yı 7,4 ten 7 ye düşürdüğünde mevcut bikarbonatın % 60 kullanılır.
- Bu kimyasal tamponlar oluşan asitlerin oluştukları bölgeden dışarı atılacakları bölgelere (akciğerler ve böbrekler) taşıma işlevi yaparlar .
- Kanda serbest H^+ artışı solunum merkezlerini uyarır.

Antrenman ile Solunum (Respiratuar) Sisteminde Oluşan Adaptasyonlar

- Solunum sistemi fonksiyonları genellikle performansı sınırlamaz, çünkü egzersiz sırasında ventilasyon, kardiyovasküler sistem fonksiyonlarından çok daha fazla artar.
- Genel olarak, akciğer volüm ve kapasiteleri antrenman ile çok az değişir.

- Dayanıklılık antrenmanı sonrası
 - vital kapasite (maksimal bir inspirasyon sonrası ekspire edilen hava miktarı miktarı) çok az artar,
 - rezidüel volüm (maksimal bir ekspirasyondan sonra akciğerlerde kalan hava) çok az azalır, ve
 - total akciğer kapasitesi genel olarak değişmez.
 - Tidal volüm (solunum hacmi) ise istirahat ve submaksimal egzersiz sırasında fazla değişmez, ancak maksimal egzersizler sırasında artar.

Arteriyo-venöz O₂ farkı

- Antrenman ile arterial-venöz O₂ farkı (a-v O₂ farkı) özellikle maksimal egzersiz sırasında artar.
- Arterial kanın O₂ konsantrasyonu antrenman sonucunda fazla değişmez, ancak venöz kanda bulunan O₂ miktarı azalır.
- Bu nedenle vücutta kullanılan ve kalbin sağ bölümüne geri dönen kanda (venöz kanda) daha az O₂ kalır.
- Bu nedenle maksimal egzersiz sırasında a- v O₂ farkı artar.

Solunum verimliliđi

- Antrenman solunum verimliliğini de artırır.
- Solunum verimliliğinin artması, aynı miktarda oksijen tüketimi için solunan hava miktarının antrenmanlı kişilerde daha az olduğu anlamına gelir.
- Solunumun artması durumunda oksijen tüketimi de artacağı için, solunum verimliliğinin artmasıyla, özellikle uzun süreli egzersizlerde, solunum kaslarının oksijen tüketimi azalır ve bu şekilde çalışan iskelet kaslarına daha fazla oksijen gönderilir.

SON