

KARDİYOVASKÜLER SİSTEMİN EGZERSİZE UYMU

GİRİŞ

- Aerobik egzersiz
- Oksijen gerekli
- Oksijenin dokulara taşınması
- Egzersiz şiddeti arttıkça O₂ gereksinimi de artar
- Isının sabit tutulması

KVS ORGANİZASYONU

- KVS kalp ve kan damarlarından oluşmuş bir sistemdir.
- Kalp; Kanı damarlara pompalayan kassal bir pompa,
- Damarlar;
 - Kalpten çıkan tüm kanı vücuda dağıtan **arterler**,
 - Periferdeki kanı toplayıp tekrar kalbe taşıyan **venler**,
 - İkisi arasında bulunan ve
 - kan akımını azaltıp çoğaltabilen **arteriyoller** ile
 - metabolik değişimlerin yapıldığı **kapillerler** ve
 - kanın tekrar toplanmaya başladığı **venüllerden** oluşur.

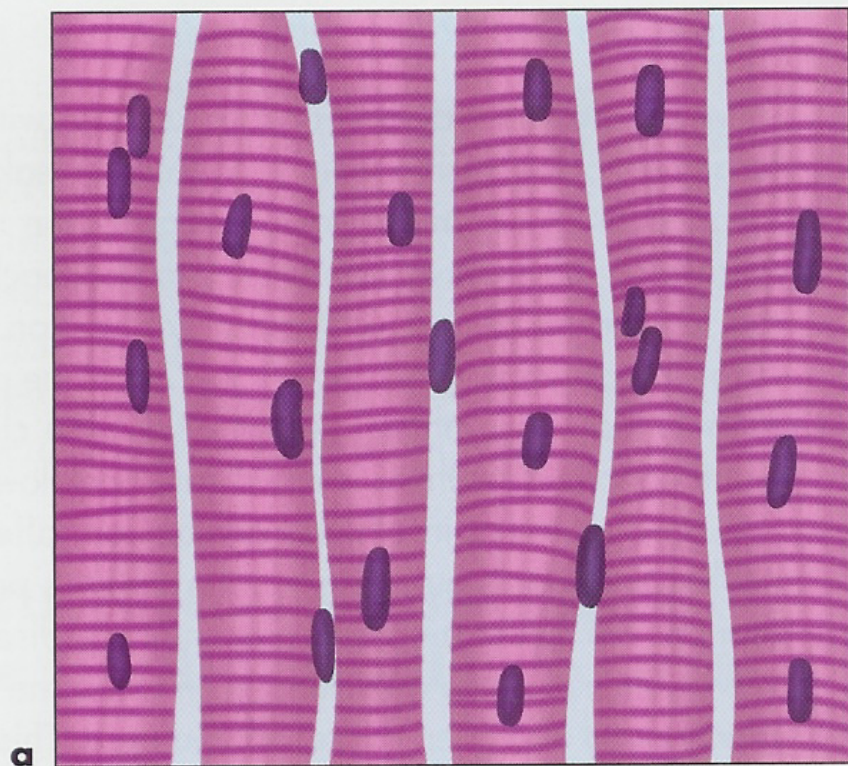
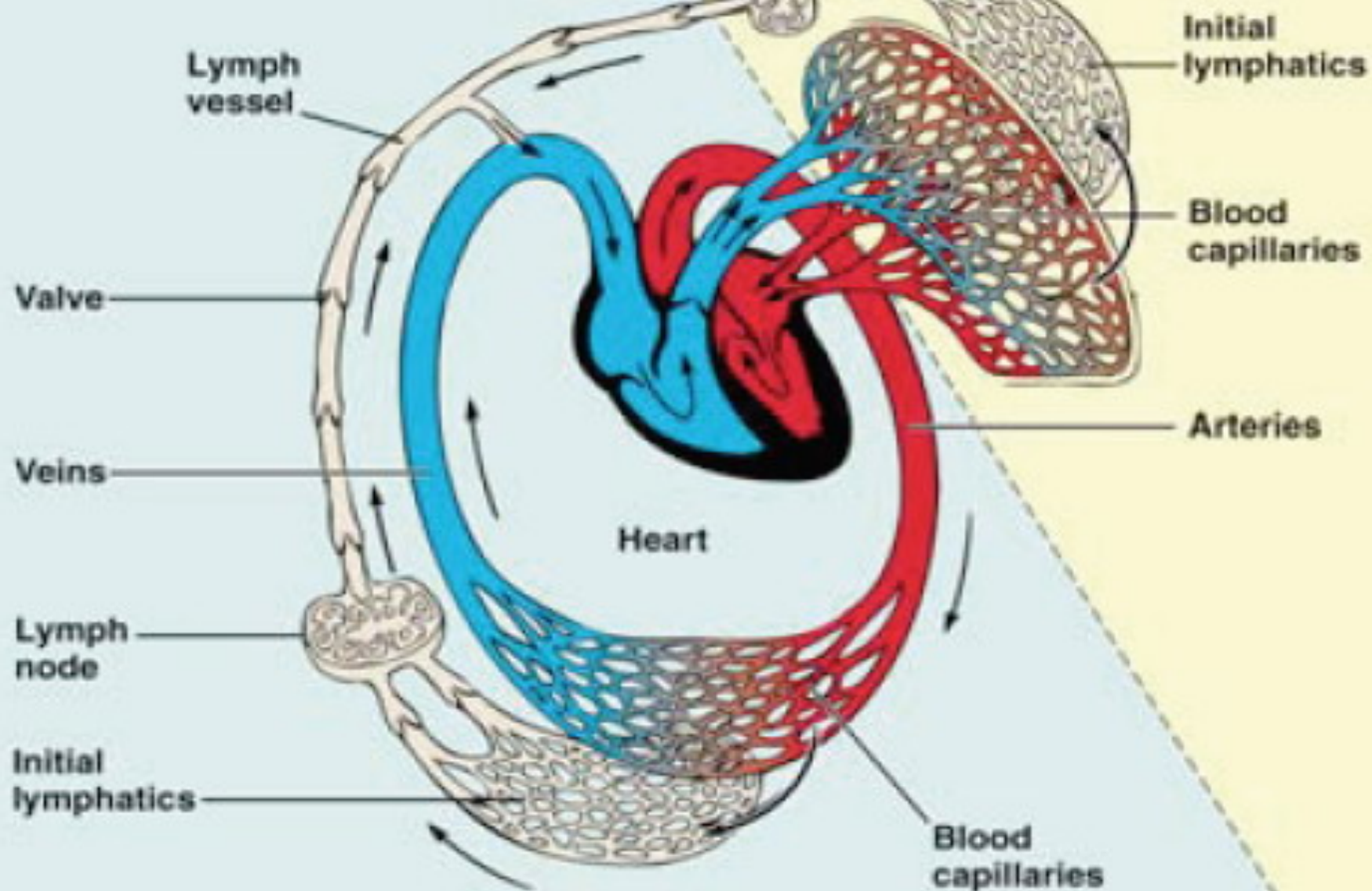


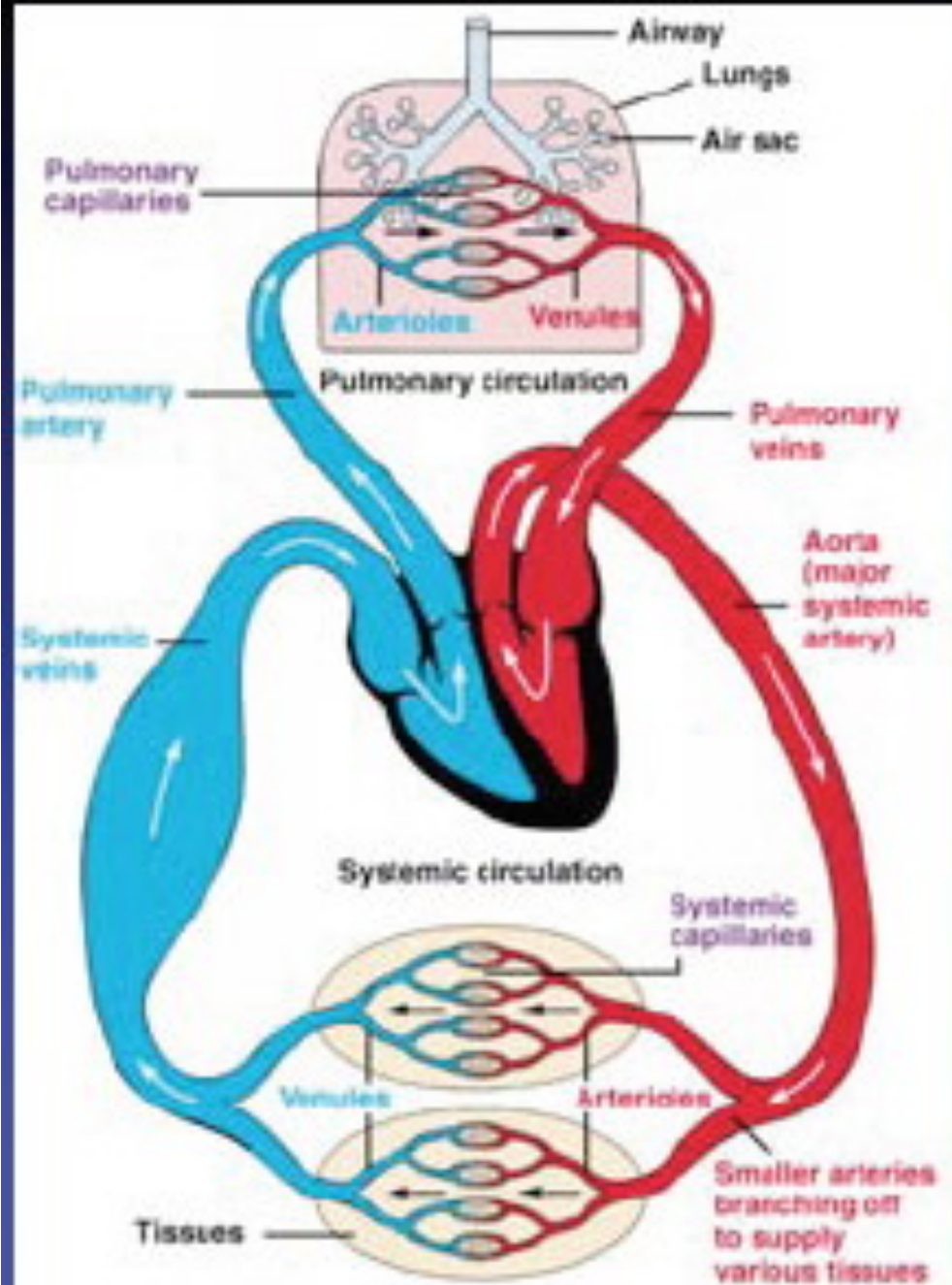
Figure 7.2 Micrographs of (a) skeletal muscle and (b) cardiac muscle. Both muscle types appear striated, but only the cardiac muscle fibers are connected by dark-staining intercalated disks.

**Systemic
circulation**

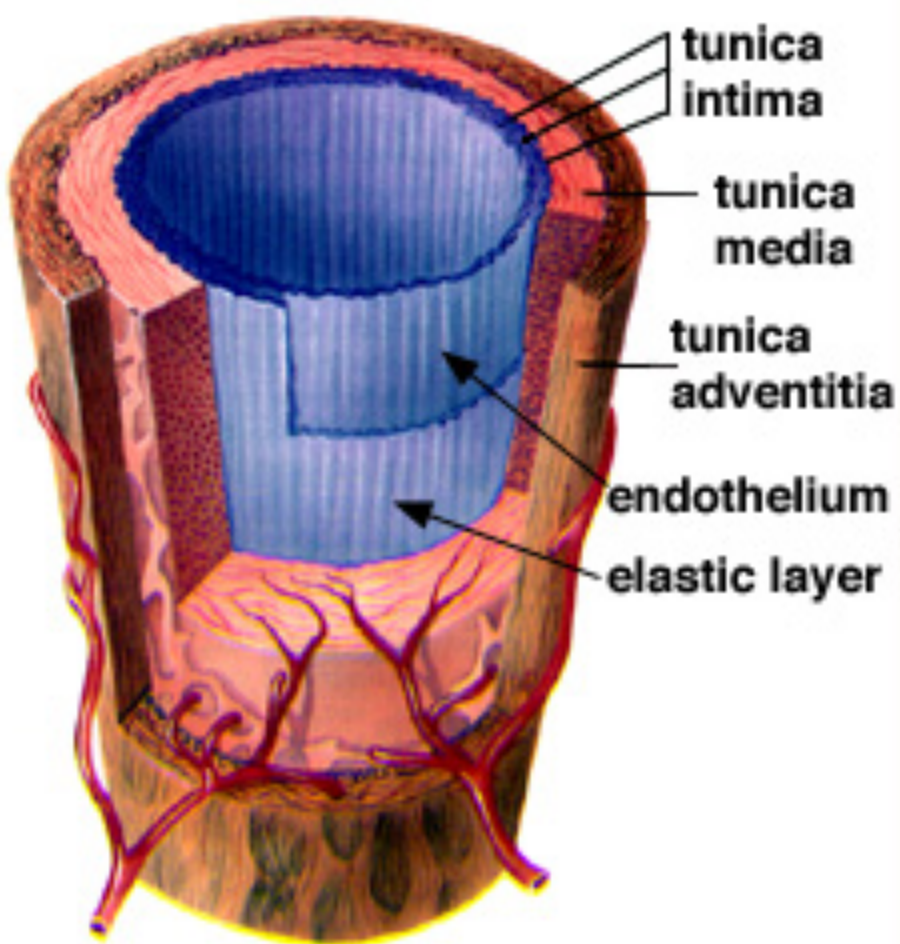
Lymph node

**Pulmonary
circulation**

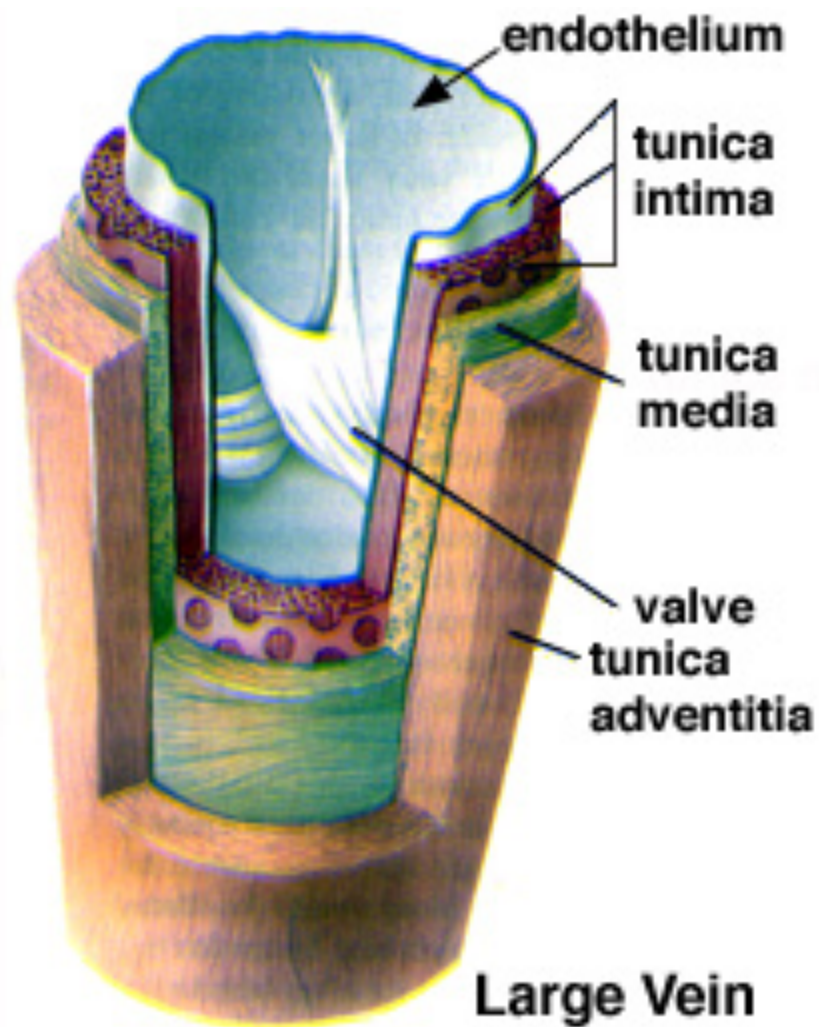




For simplicity, only two capillary beds within two organs are illustrated.



Muscular Artery



Large Vein

Kalbin yapısı...

- Kalp dört odacıktan oluşur;
 - Sağ atriyum - kulakçık
 - Sağ ventrikül- karıncık
 - Sol atriyum- kulakçık
 - Sol ventrikül- karıncık
- Sağ kalp
- Sol kalp

Kalpte uyarı oluşumu ve uyarı iletiminin denetlenmesi

- Kalp kası uyarılması için sinirsel impulsa gereksinimi olmayan, kendi uyarılarını kendisi oluşturabilme özelliği olan bir kasdır.
- Kalp kası otonom sinir sisteminin etkisi altındadır, ancak bu etki kalpteki uyarıları başlatma değil, kalbin kendiliğinden oluşturduğu kasılmayı düzenleyici niteliktedir.

Kalbin Sinirsel Kontrolü

- Kalp çalışması serebrum, hipotalamus, medulla oblongata, ve otonom sinir sistemi tarafından farklı seviyelerde düzenlenir.
- Otonom sinir sisteminin kalp üzerindeki etkileri düzenleyici tarzdadır, kalp çalışmasını hızlandırıcı ya da yavaşlatır ve kalp atımlarının oluşması için gerekli değildir.
- Örneğin vücuttan çıkartılan bir kalbin dış ortamda çalışmasına devam etmesi.

Kalbin Endokrin Kontrolü

- Kimyasal transmitterler sinir sistemi tarafından kalp aktivitesini düzenlemek için kullanılırlar.
- Otonom sinir sisteminde oluşan genel bir sempatik aktivite artışı böbreküstü bezlerinin medüller bölümünü etkiler ve böbrekler de kana epinefrin ve nor epinefrin salar.
- Epinefrin ve nor epinefrin kalbin kasılma hızını ve gücünü artırır.

Kardiyak aritmiler

- Bradikardi- 60 atım dakika altı
- Taşikardi – 100 atım dakika üstü

Kardiyak Output (Kardiyak Çıkış):

- Kardiyak output(KO) her bir ventrikülün bir dakikada pompaladığı kan miktarıdır.
- Genellikle sol ventrikülün pompaladığı kan miktarı ölçülür ve KO sol ventrikül fonksiyonunun bir göstergesi olarak kabul edilir.
- KO kalp atım hızı ile atım hacminin çarpımına eşittir.

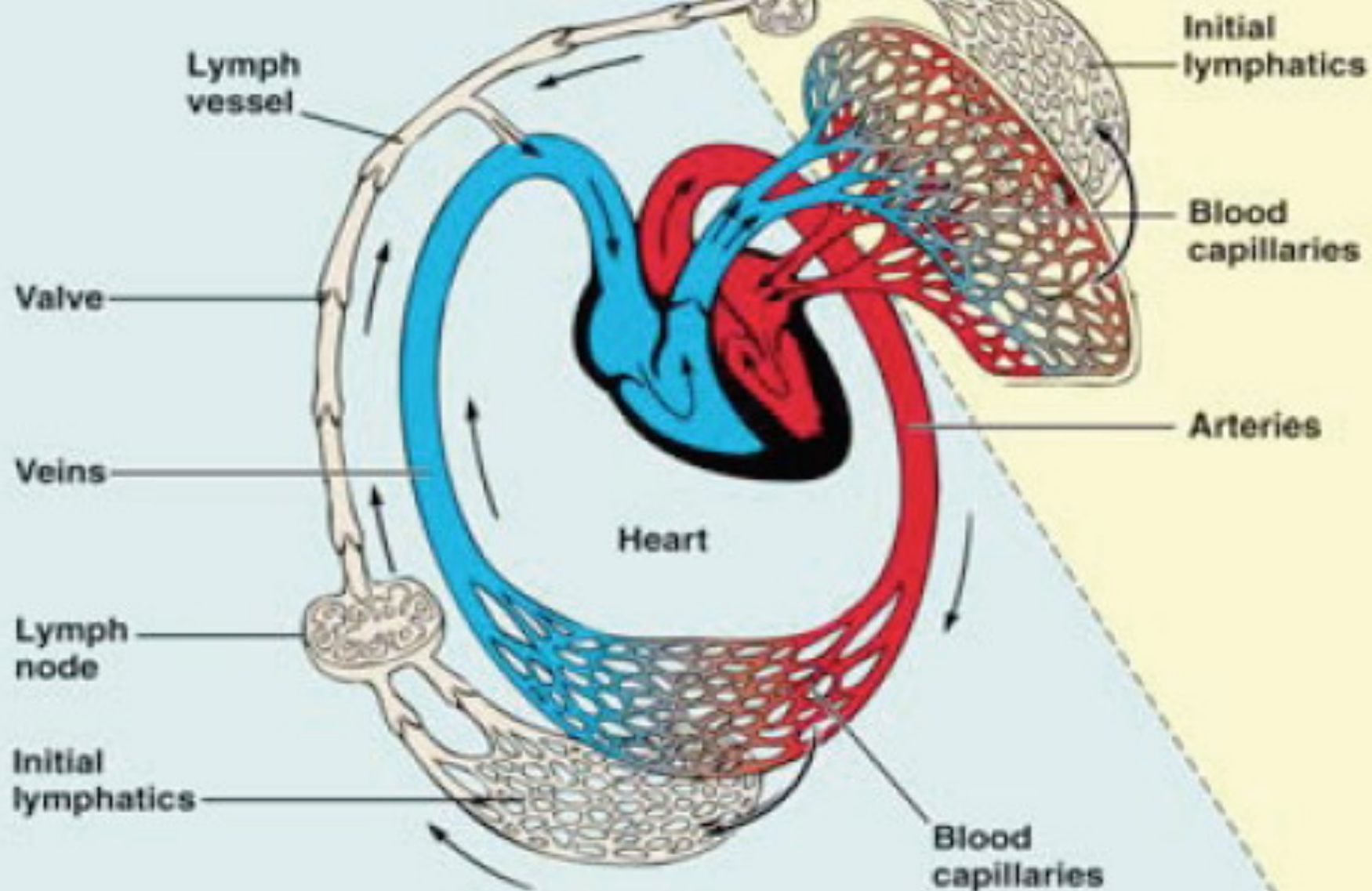
Dolaşıım sisteminin bölümleri

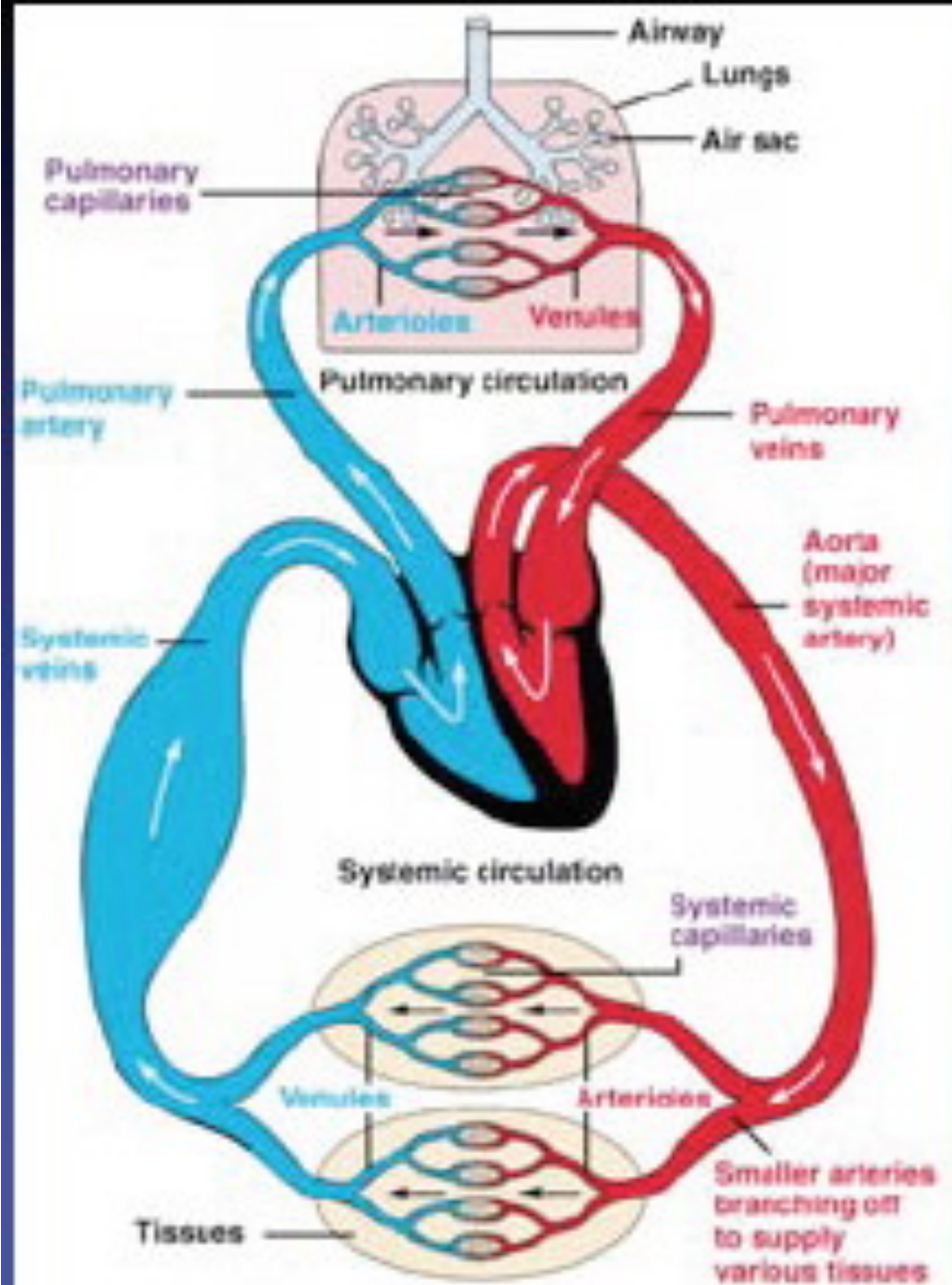
- **AORT VE BÜYÜK ARTERLER**
- **KÜÇÜK ARTERLER VE ARTERİOLLER**
- **KAPİLLER DAMARLAR**
- **VENÜLLER ve VENLER**

Systemic circulation

Lymph node

Pulmonary circulation



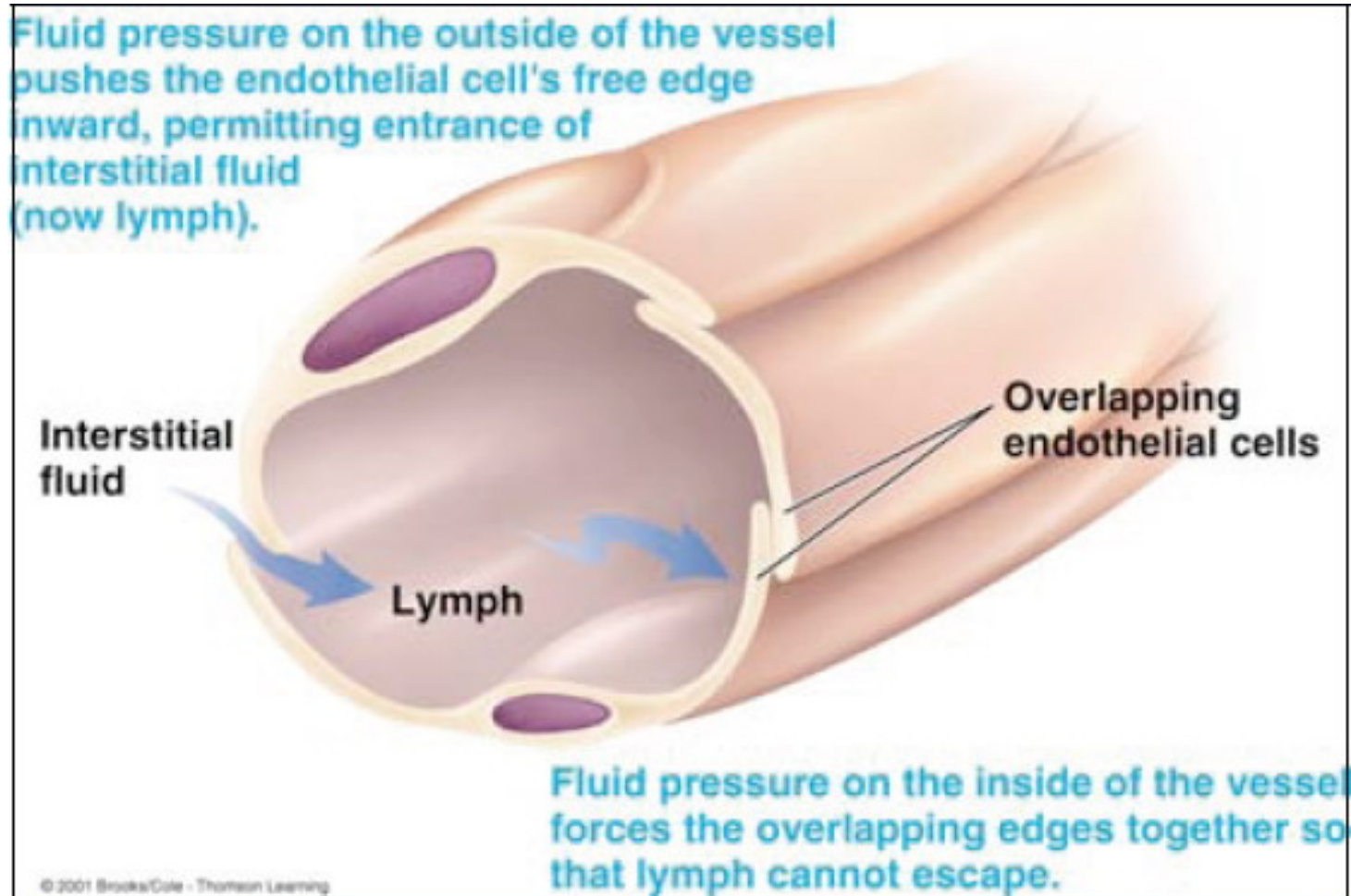


For simplicity, only two capillary beds within two organs are illustrated.

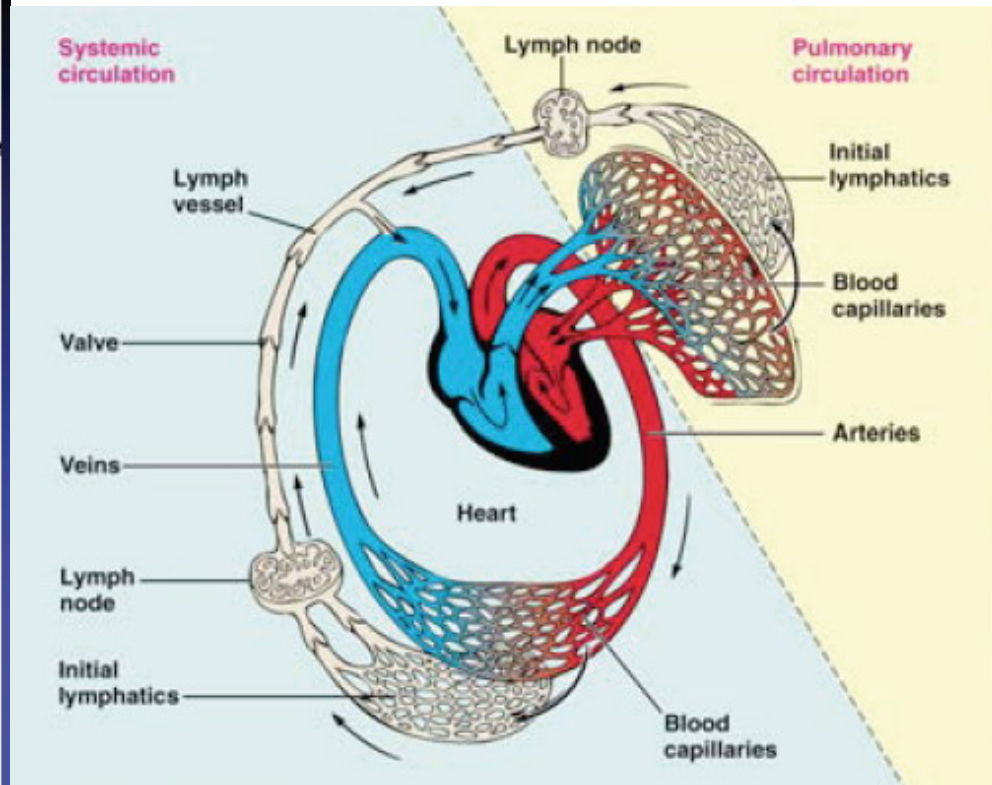
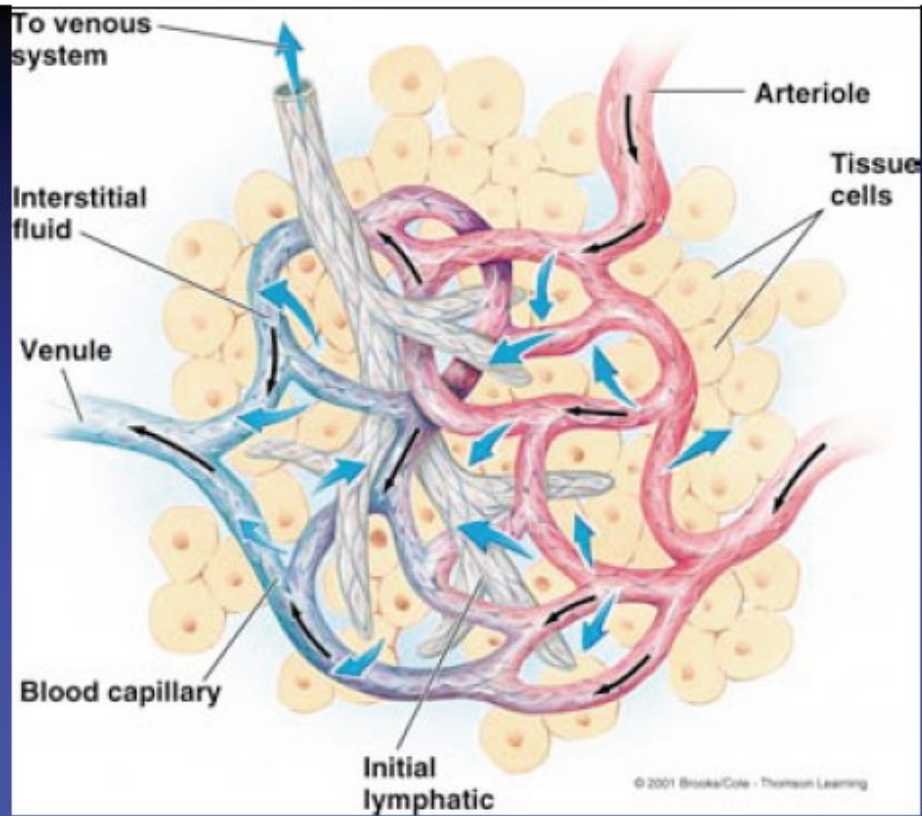
Lenfatik dolaşım

- Tek sıra epitel hücrelerinden yapılmış dolaşım sistemidir.
- Periferdeki lenf damarları birleşerek büyük lenf damarlarını oluşturur. Bunlar duktus torasikus ve duktus lenfatikustur.
- Bu büyük damarlar vena jugularise boşalırlar.
- Lenfatik dolaşım kandan dokuya geçen proteinlerin ve sıvının dokudan uzaklaştırılmasında son derece önemlidir.
- Lenfatik sistem çalışmadığı durumlarda şişlik-ödem oluşur.

Lenf damarları



Kapiller + lenfatik sistem



Egzersizizin KVS e etkisi,

- Akut etki;
 - Tek bir egzersize verilen cevap,
- Kronik etki;
 - Bir süre yapılan düzenli egzersizler ile gerek egzersiz anında gerekse istirahatte KVS de görülen değişiklikler ve kazanılan kalıcı özellikler,
 - Kronik uyum veya cevap olarak ta isimlendirilir.

KVS nin egzersize cevap verme yolları

Egzersiz ile KVS de iki ana değişiklik oluşur.

1. Kardiyak output artışı
2. Kan akımının, kan dağılımının yeniden düzenlenmesi

Kardiyak output

- 1 dakikada kalpten pompalanan kan miktarı.

KO etki eden faktörler ?

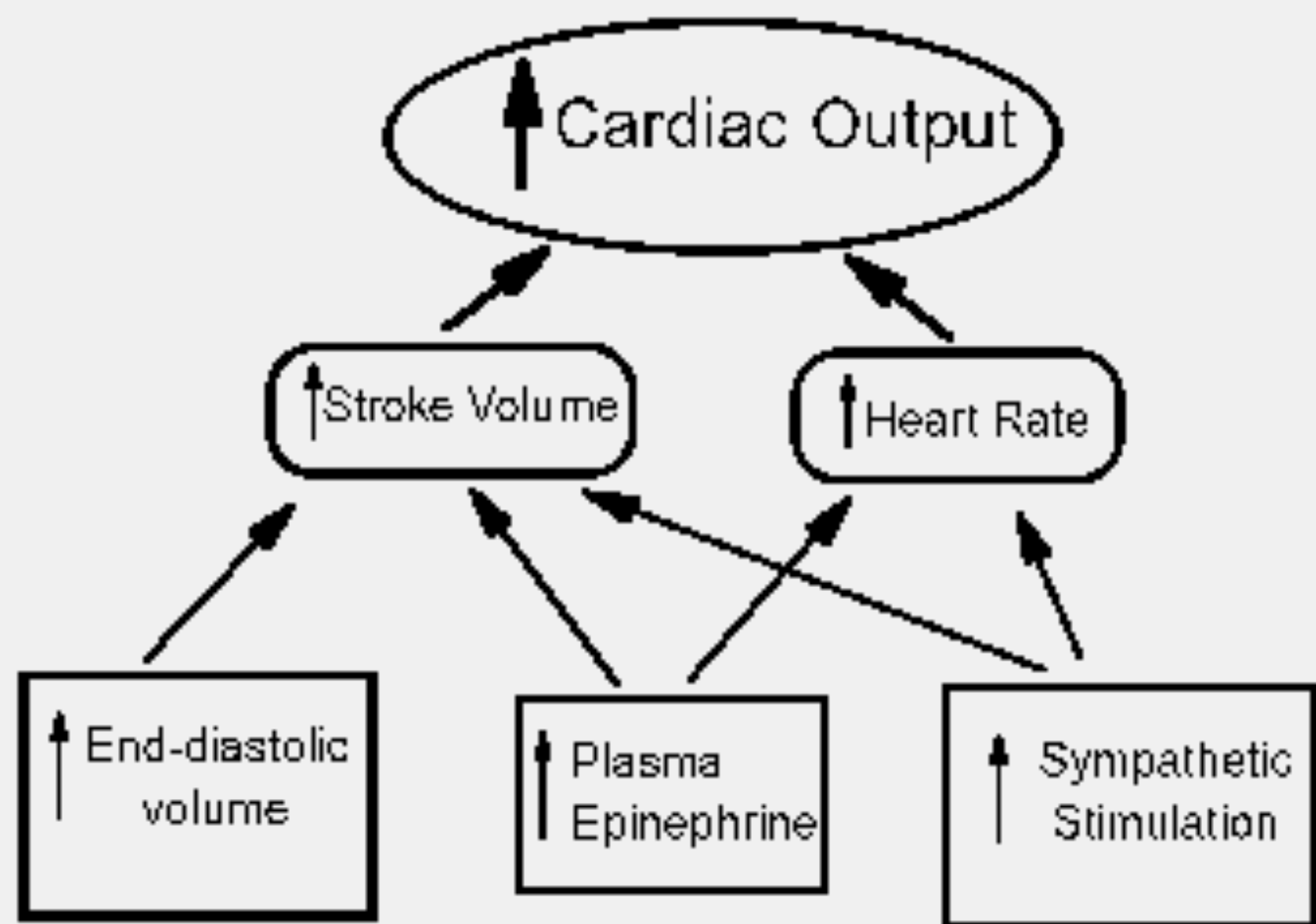
- Kalp atım hızı
- Atım hacmi

Farklı bireylerin KO değerleri

Birey	KO (L/dk)	AH (L/atım)		KAH (atım/dk)
Sedanter (dinlenim)	4,9	0,070	x	70
Sedanter (max.)	23,4	0,120	x	195
Maratoncu (max.)	28,8	0,156	x	190
Mitral stenozlu hasta (max.)	9,5	0,050	x	190

Kardiyak Output un Düzenlenmesi:

- KO nun hesaplanmasındaki formülde de görüleceği gibi KAH ve AH dan herhangi birsinin veya ikisi birden değişmesiyle KO değişebilmektedir.
- KAH ve AH ise kişinin içinde bulunduğu fizyolojik duruma göre değişebilmektedir.

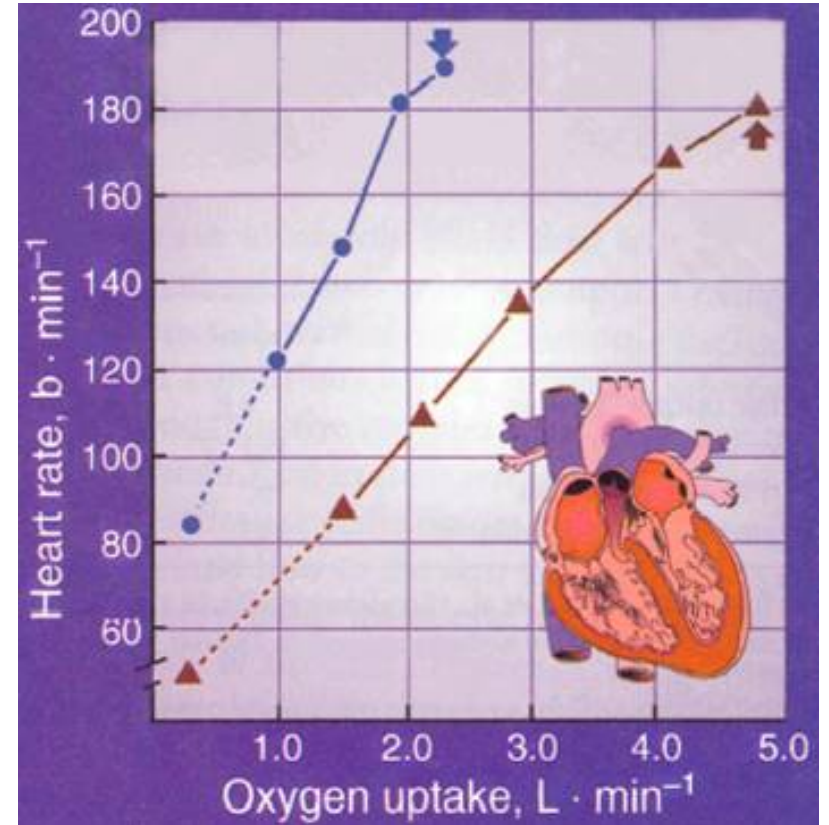


KAH nın Kontrolü:

- Normal KAH SA nodunda oluşan potansiyeller tarafından düzenlenir.
- SA nodu dolayısıyla da KAH otonom sinir sisteminin ve bazı hormonların kontrolü altındadır.
- Sempatik stimülasyon KAH nı artırırken parasempatik uyarılma yavaşlatır.
- Az da olsa ayrıca kan ısı, pH, iyon konsantrasyonları, hormonlar, sinirlilik, ağrı, egzersiz, ateş gibi otonomik kontrolün dışındaki faktörlerinde KAH üzerine etkileri vardır.

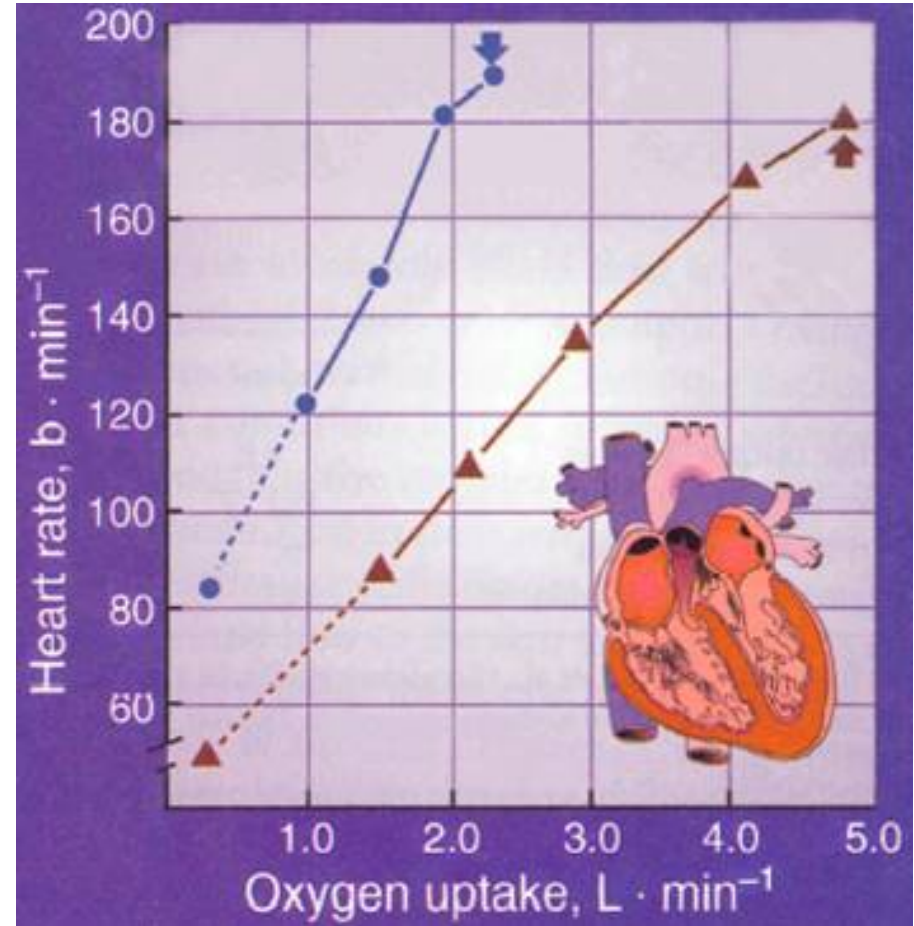
KAH artışına egzersizin etkisi

- Egzersiz başlangıcından hemen önce veya egzersiz başlar başlamaz sempatik nöro-hüморal etkiyle KAH istirahat düzeyinin üzerine çıkar.
- Bu emosyönel KAH artışına egzersize bağı artış takip eder.



Düşük şiddetlerde ve sabit yüklerde yapılan egzersizlerde esnasında nabız(KAH) artışı

- Nabız birkaç dakika içinde bir düzeye ulaşır (dengeli düzey) ve orada kalır.
- İş yükü arttıkça nabız da ona paralel olarak artmaya devam eder ve yeni bir dengeli düzeye ulaşır.



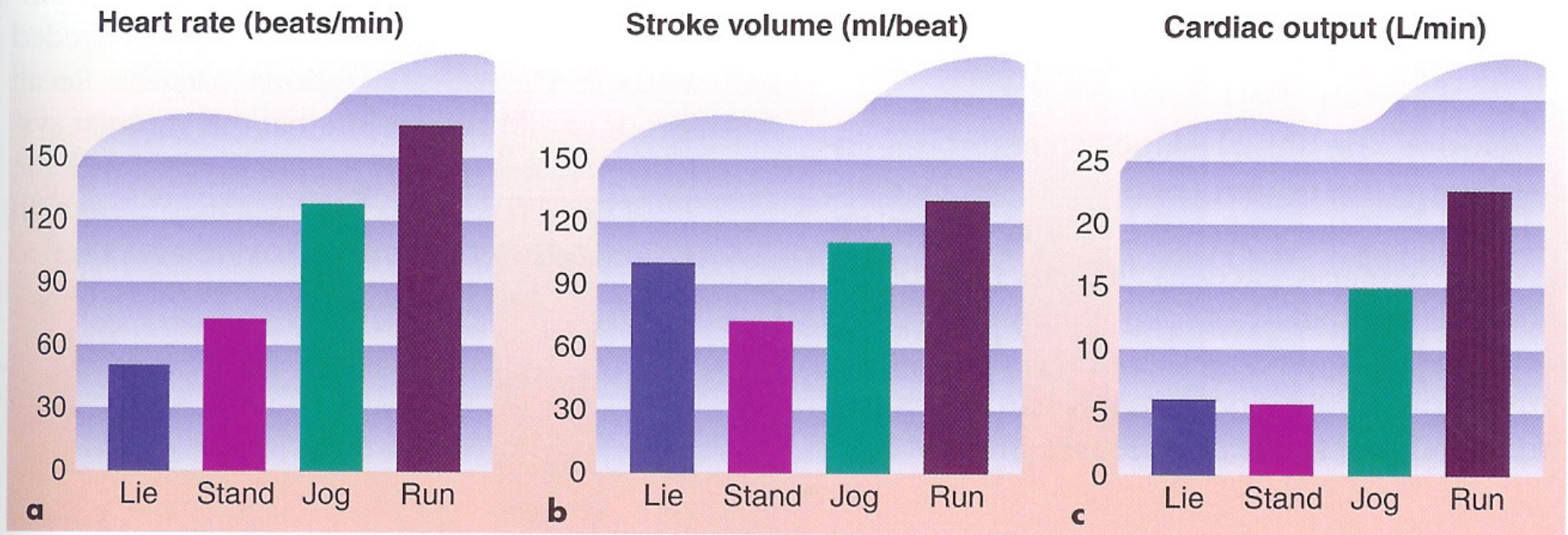


Figure 7.15 Changes in heart rate, stroke volume, and cardiac output with changes in posture (lying supine and standing upright) and in the level of exercise (jogging at 8 km/h and running at 12 km/h).

Yüksek şiddetteki egzersizlerde nabız artışı

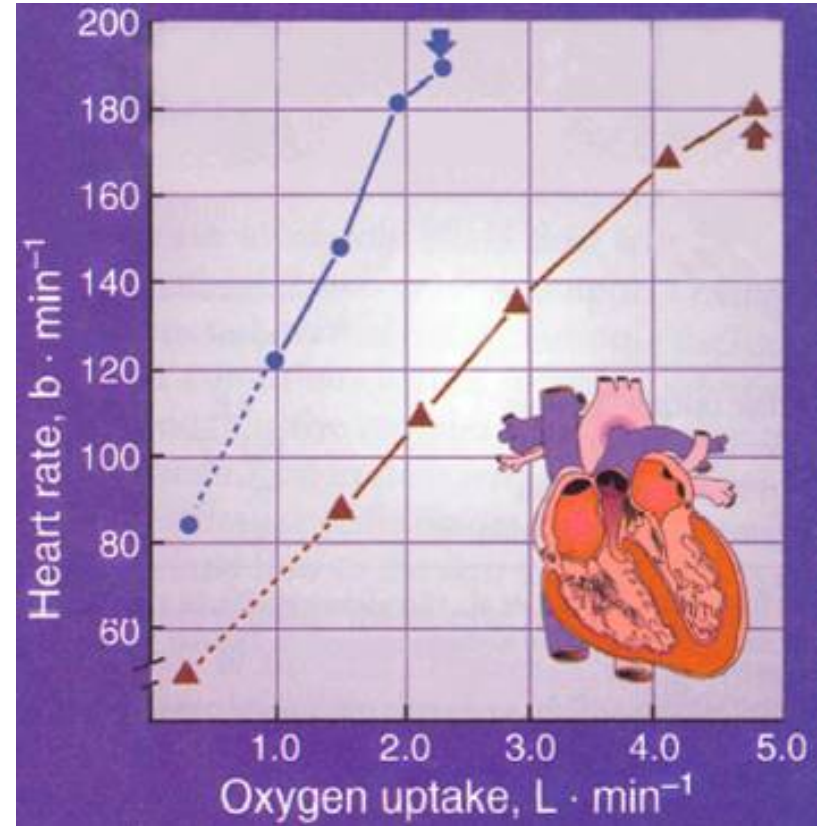
- Nabızın kararlı düzeye ulaşması zaman alır.
- Maksimal egzersizde kararlı düzeye ulaşamaz, nabız sürekli artar.

Artan iş yüklerinde nabız artışı

Maksimal KAH

- İş yükü arttıkça KAH da artar ve öyle bir düzeye gelir ki daha fazla artmaz, buna maksimal KAH denir.
- Her bireyin bir maksimal KAH vardır.
- Maksimal KAH ölçümle bulunabileceği gibi 220-yaş formülüyle de (bayanlar için 226-yaş) hesaplanabilir.
- 220-yaş formülü sıkça kullanılan bir yöntemdir ve hata payı ± 10 dur.

- Kondüsyonu yüksek , antrenmanlı bireyler aynı iş yüklerinde sedanter olanlardan daha kısa sürede dengeli düzeye ulaşırlar.



- Aynı O₂ tüketimini gerektiren bir iş kolla yapılırsa bacaklarla yapılana oranla KAH daha fazla artırır.

KAH artışına egzersiz tipinin etkisi ?

- Sürat koşularında en fazla,
- Halter ve fırlatma sporlarında en az,
- Dayanıklılık sporlarında ise ikisinin arasında artışlar gözlenir.

- Submaksimal şiddetin üzerinde egzersiz yapıldığında KO artışı yalnızca KAH artışı ile sağlanır.

Egzersiz sonrası KAH'nın normale dönüşü...

- İki faktöre bağlıdır;
 - Egzersiz şiddetine,
 - Bireyin kondüsyon düzeyine

KO etki eden faktörler ?

- Kalp atım hızı
- Atım hacmi

Atım hacmi (AH)

- Atım hacmi (stroke volume) her bir ventriküler kasılmada (herbir kalp atımında) pompalanan kan miktarıdır.
- Atım hacmi diyastol sonu hacim (doluş hacmi) ile sistol sonu hacim (boşalma hacmi) arasındaki farktır.
- Bu durumda
 - $\text{Atım Hacmi} = \text{diyastol sonu hacim} - \text{sistol sonu hacim}$ dir.
- Egzersizde AH artar, artışa her iki parametre de katkıda bulunur.

Atım hacmi değerleri..

- Sedanter yatar pozisyonda 100 ml
- Sedanter dikey pozisyonda 70-90 ml.
- Sedanter max egzersizde 100-120 ml
- Antrene birey dinlenim 100-120 ml
- Antrene max.egzersiz 150-170 ml
- Çok iyi antrene max.egz. 200-210 ml

AH nin düzenlenmesi -1

- Atım hacmi 3 faktöre bağlı olarak değişir.
 - Sistolün başlangıcında ventrikülün içerdiği kan miktarı (diastol sonu volüm)-venöz dönüş(+)
 - Ventriküllerin kasılma gücü (sistol sonu volüm)(-)
 - Ortalama aortik basınç(-).
- Bu durumda;
- Atım Hacmi= diastol sonu hacim-sistol sonu hacim, formülüne göre ventrikülün her bir kontraksiyon öncesi ve sonrası hacminin değiştirilmesi ile AH ve dolayısıyla da KO değiştirilebilir.

Venöz dönüş

(Kanın kalbe tekrar dönüşü)

- Ayakta dik duruş pozisyonunda fazlaca zaman geçirdiğimiz için KVS kanın tekrar kalbe toplanmasında yerçekimini yenmek durumdadır.
- Venöz dönüşü 4 faktör etkiler-yardımcı olur;
 - Bacak venlerinin refleks vazokonstriksiyonu
 - İskelet kaslarının pompalayıcı etkisi
 - Venöz kapaklar
 - Solunum pompası

Venöz dönüş

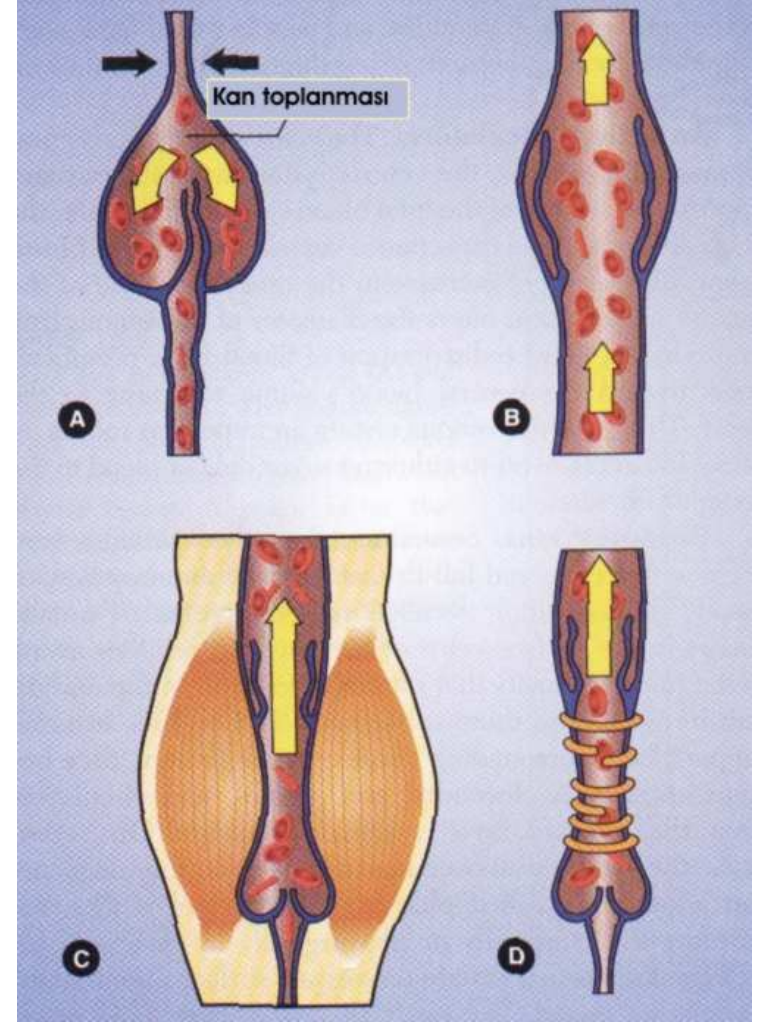
Bacak venlerinin refleks vazokonstriksiyonu ve Venöz kapaklar

- Venler arterlerden daha fazla genişleyebilir olduklarından, gerektiğinde kan deposu gibi işlev görebilirler.
- Venöz kan depoları ven duvarındaki düz kasların kasılmasıyla aktif olarak mobilize edilebilir.
- Alt ekstremitedeki büyük venlerde bulunan kapaklar kanın tek yönde akışını sağlarlar
- Sempatik uyarılma venlerde bu tür bir daralmaya(venöz tonus) yol açar, bu da venöz basıncı ve dolayısıyla da diyastol sonu volümü artırır.

Venöz dönüş

Kas pompası

- İskelet kası kasılmalarının oluşturduğu ritmik basınçlar venlerdeki kanı kalbe doğru iter, iskelet kaslarının bu etkisi iskelet kası pompası olarak bilinir.



Venöz dönüş

Solunum Pompası

- Venöz dönüş solunum pompası olarak isimlendirilen mekanizma aracılığıyla solunum esnasında da solunum olaylarından etkilenir.
- İnspirasyon esnasında göğüs boşluğu basıncındaki düşme, karın içi basıncındaki yükselme venöz basıncı artırarak kanı abdominal bölgeden kalbe doğru yönlendirir.

AH nin düzenlenmesi -2

- Atım hacmi 3 faktöre bağlı olarak değişir.
 - Sistolün başlangıcında ventrikülün içerdiği kan miktarı (diyastol sonu volüm)-venöz dönüş
 - Ventriküllerin kasılma gücü (sistol sonu volüm)
 - Ortalama aortik basınç.

AH Kontrolü-3

- AH artışında asıl önemli pay sistol sonu volüm yani ventriküllerin kasılma gücündeki artıştır.
- Çünkü dinlenimde her bir sistol sonrasında ventrikül içeriğinin % 40 ventrikülde kalır.
- Bu nedenle AH kasılma gücünün artırılması veya azaltılmasıyla değiştirilebilir.

- Kasılma gücündeki değişiklikler 2 ana fizyolojik faktör ile gerçekleştirilir;
 - 1-Diyastol sonu volümün değiştirilmesi (Frank Starling kalp kanunu)
 - 2-Ventriküllerin sempatik uyarılmasının değiştirilmesi-ekstremssek düzenleme



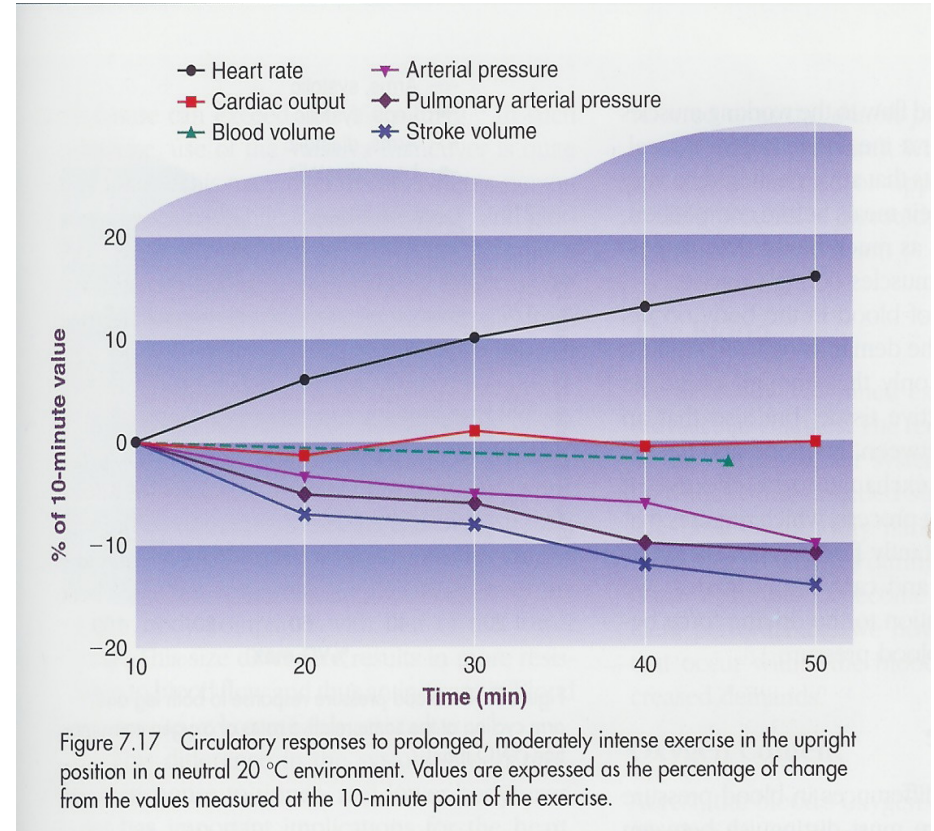
Figure 7.12 Increases in stroke volume with increasing heart rate and exercise intensity in trained cyclists and untrained subjects. Notice how the trained cyclists' stroke volumes continue to increase with increasing exercise intensity up to maximal exercise intensities.

Egzersizde AH artışı..

- Egzersiz şiddetiyle linear olarak artar ve şahsın maksimal değerine ulaşır.
- Maksimal atım hacmine maksimal kapasitenin % 40-50 sinde (submaksimal iş yükleri) ulaşılır, bu noktadan sonra egzersiz şiddeti artırılrsa da daha fazla artmaz.

Kardiyovasküler kayma

- Aerobik egzersiz uzadığında yada sıcak ortamda sabit iş yükünde yapıldığında atım hacminde kademeli bir azalma, kalp hızında ise artış gözlenir.
- Sistemik ve pulmoner arter basıncı da düşer.
- Bunlar topluca kardiyovasküler kayma olarak tanımlanır ve genellikle vücut ısısı artışı ile birlikte gözlenir.



Nedeni - Hipotez

- KO un deriye gönderilen miktarındaki artışı vücut ısını düşürmek amacıyla deriye giden kan miktarındaki artış.
- Ayrıca terleme ve kapiller dışına sıvı kaçması nedeniyle kan hacminde de küçük miktarlarda azalma.
- Bütün bunlar sonuçta merkezi venöz basıncı düşür ki buda kalbe gelen kanı ve böylece de diyastol sonu volümü (DSV) düşürür.
- DSV nin düşüşü ile atım hacmi de düşer.
- Bu düşüş KAH artışı ile telafi edilir.
 - KO un sabit kalabilmesi için.

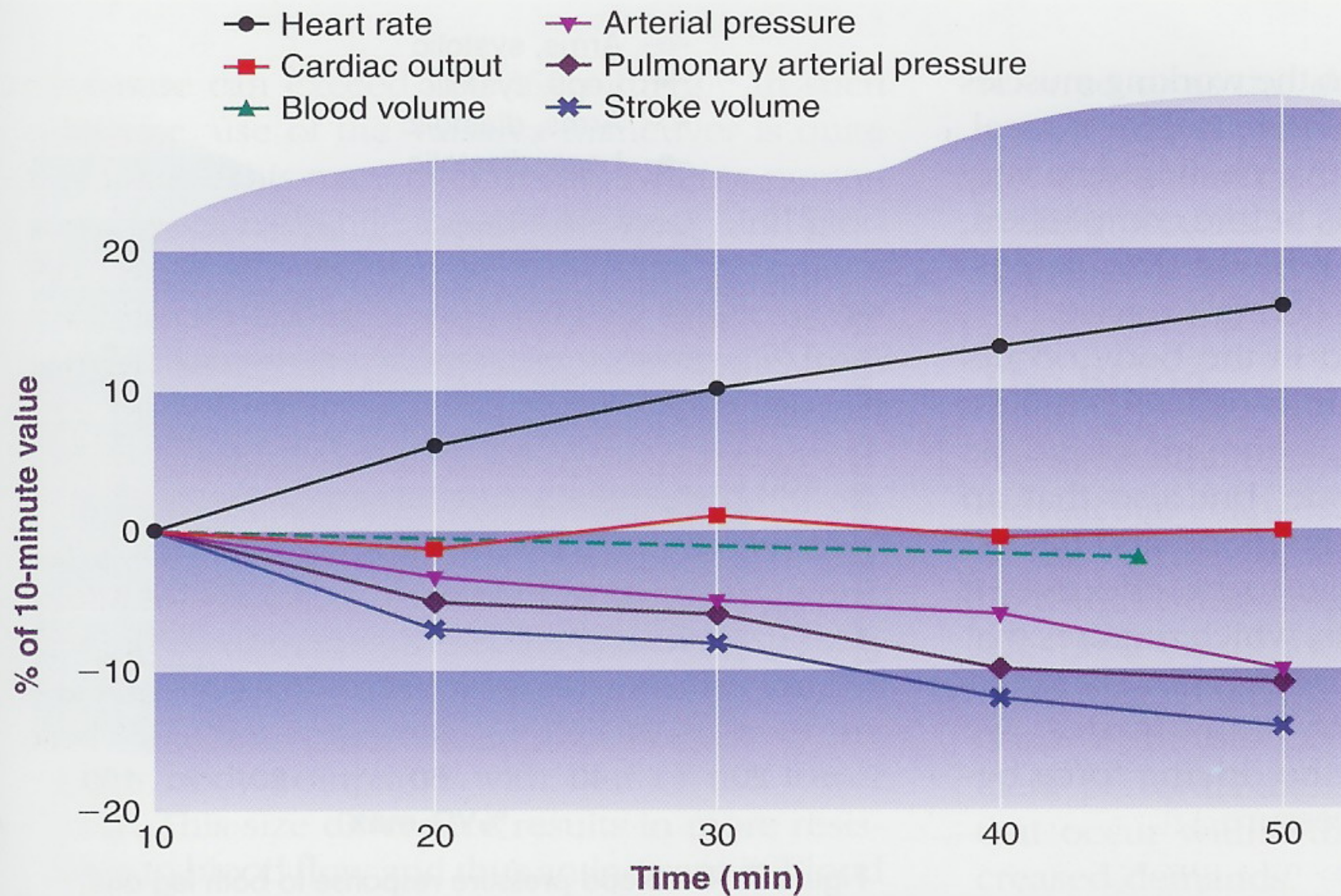


Figure 7.17 Circulatory responses to prolonged, moderately intense exercise in the upright position in a neutral 20 °C environment. Values are expressed as the percentage of change from the values measured at the 10-minute point of the exercise.

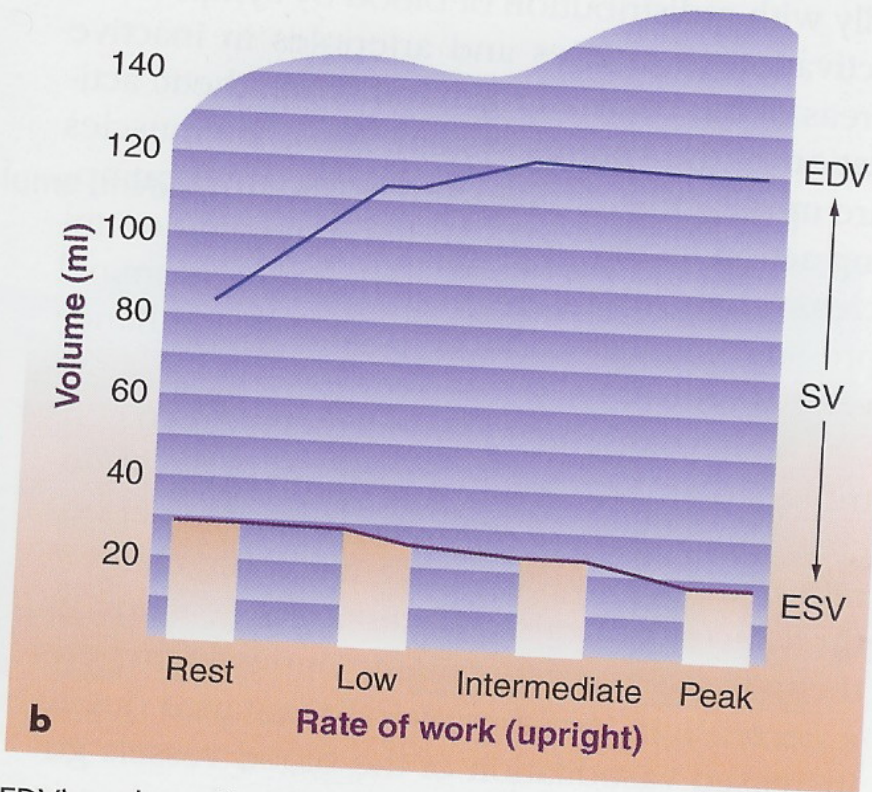
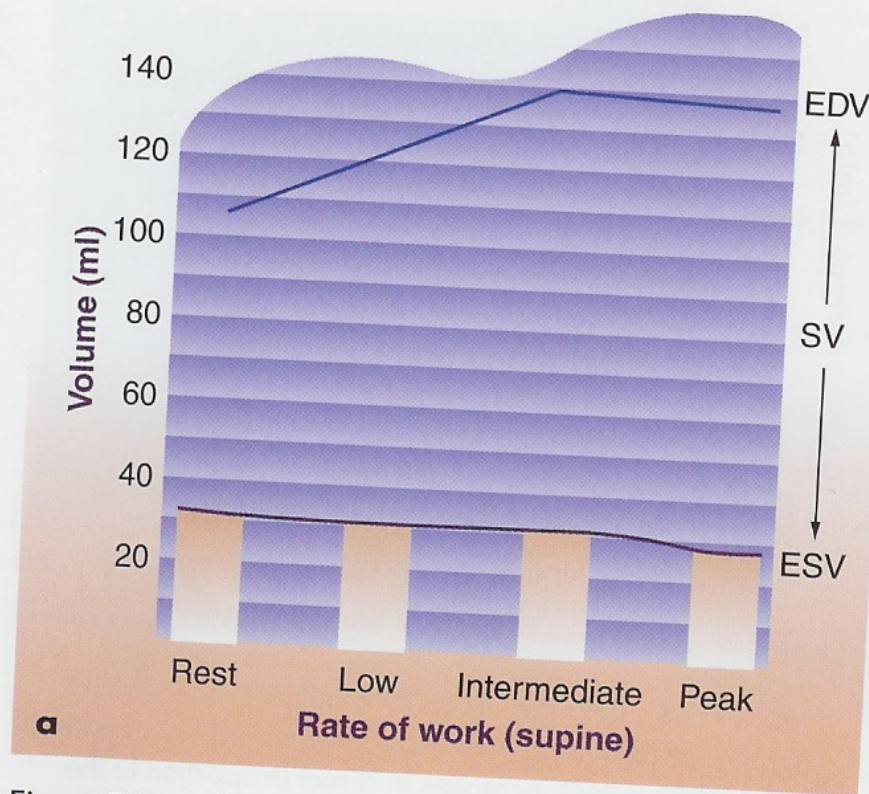


Figure 7.13 Changes in left ventricular end-diastolic volume (EDV), end-systolic volume (ESV), and stroke volume (SV) at rest and during low-, intermediate-, and peak-intensity exercise when the subject is (a) in the supine position and (b) in the upright position.

AH nin düzenlenmesi

- Atım hacmi 3 faktöre bağlı olarak değişir.
 - Sistolün başlangıcında ventrikülün içerdiği kan miktarı (diyastol sonu volüm)
 - Ventriküllerin kasılma gücü (sistol sonu volüm)
 - Ortalama aortik basınç.

Egzersizde kan basıncı ?

- Egzersizde aktif olan kasların arteriyolleri genişler, inaktif kas ve dokuların damarları ise daralır.

- Efora katılan kas kitlesi büyük olduğu takdirde (koşmada olduğu gibi) genişleyen damarların periferik direnç etkisi daralan damarların direnci ile dengelenir ve sonuçta R çok az bir değişme gösterir
- Sonuç olarak
 - sistolik basınç artar,
 - diyastolik basınç değişmez veya çok az yükselir,
 - ortalama arteriyel basınçta da çok az artma olabilir.

- Tüm vücudun kullanıldığı dayanıklılık türü aktivitelerde sistolik basınç egzersiz şiddetindeki artışa paralel artar
- 200 mmHg ya çıkabilir, 240-250 mmHg normal.
- SB ın artışı KO artırır ve aynı zamanda da kapillerlerdeki metabolik değişimi hızlandırır.

- Diyastolik basınç değişimleri daha düşüktür, çünkü DB kalbin diyastolü esnasında yani dinlenimi anındaki basınçtır, yükselmesi için neden yoktur.
- 15 mmHG dan daha fazla yükselme anormal cevaptır.

- SB artışı submaksimal iş yüklerinde dengeye ulaşır, iş yükü arttıkça basınç ta artar.
- Eğer bu düzeyde devam edilirse düşebilir de.
- DB sabit kalır.
- SB düşüşü normaldir; aktif kaslardaki arteriyel dilatasyonu gösterir ki total periferik diencin düştüğünü gösterir.

Ağırlık çalışmalarında kan basıncı

- Ağırlık çalışmalarında kan basıncı aşırı yükselir.
- Yüksek yoğunluktaki çalışmalarda 480/350 mmHg yi aşabilir.
- Bu gibi durumlarda Valsalva Manevrası'nın oluşumu yaygındır.
 - Kişinin ağız, burun ve glottisi kapalıyken nefes vermeye çalışmasıdır.
 - Bu esnada toraks basıncı aşırı yükselir.
 - Kan basıncındaki yükselmenin büyük bir bölümü Valsalva Manevrası ile oluşan yüksek iç basıncı yenmek için kullanılır.

Statik çalışmalarda kan basıncı...

- Hem sistolik, hem de diyastolik basınçlar belirgin olarak artar,
- Sonuçta ortalama arteriyel basınçta artar
- Hipertansif bireyler için sakıncalıdır.

Dinamik egzersizlerde kan basıncı...

- Sistolik basıncı artırmakla beraber diyastolik basınç, sonuçta da ortalama arteriyel basınç artmaz veya çok az değişir.

- Aynı mutlak enerji tüketim hızında üst ekstremitenin kullanıldığı durumlarda daha yüksek kan basıncı oluşur.
- Efora katılan kas kitlesi küçük ise periferik direnç dolayısıyla da ortalama arter basıncı artar.
- Sistolik basınçtaki üst ve alt ekstremitelerde farklılıklarının kalbe uygulanması kalbin oksijen kullanım ve kan ihtiyacı hakkında fikir verir ve double product (DP) olarak bilinir.
 - $DP = HR \times SB$
- Statik veya dinamik dirençli egzersizde veya üst gövde egzersizlerinde DP yükselir ki bu kalbin maliyetini artırır.

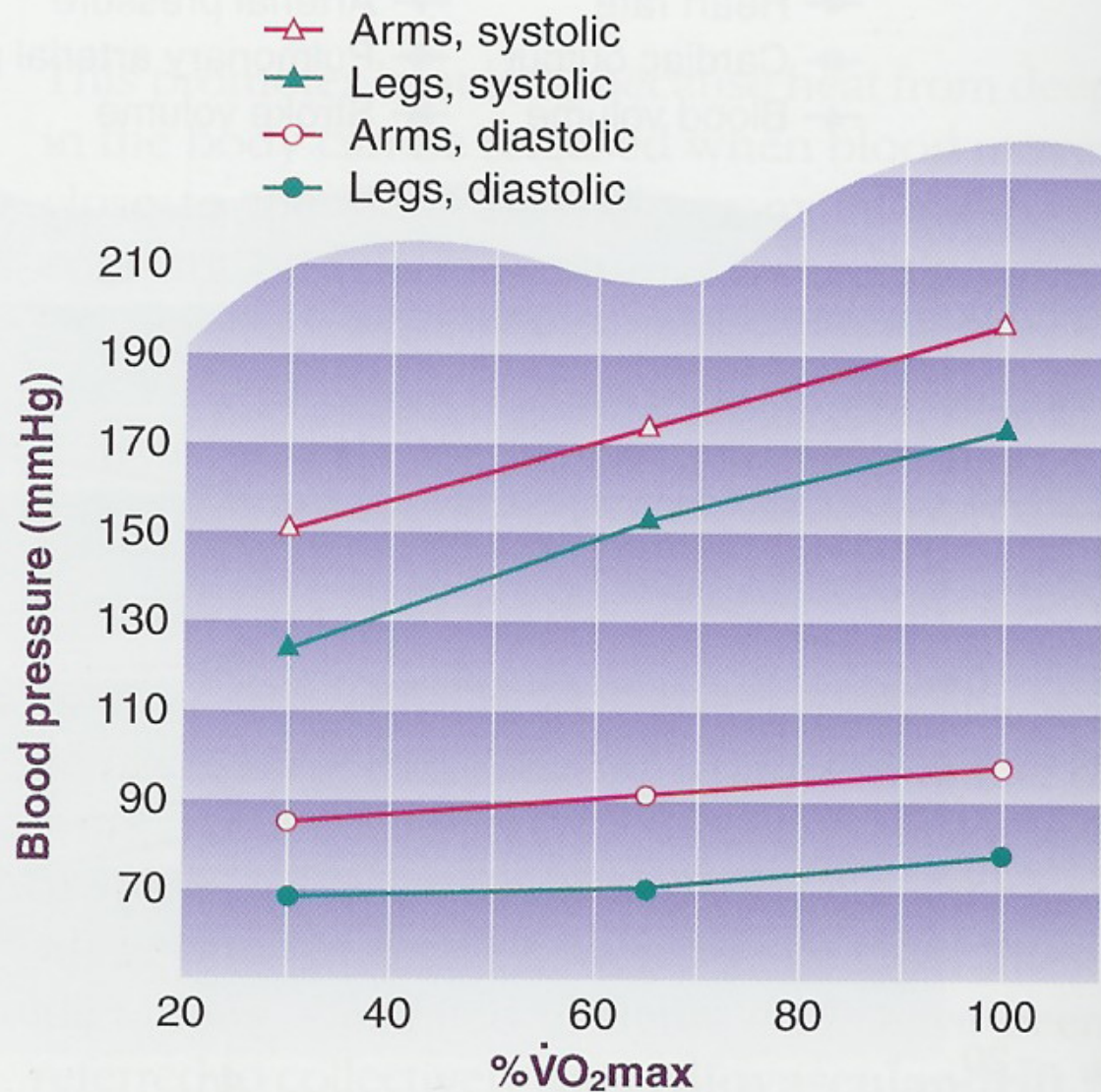


Figure 7.18 Blood pressure response to both leg and arm cycling at the same relative rates of oxygen consumption (% $\dot{V}O_2\text{max}$).

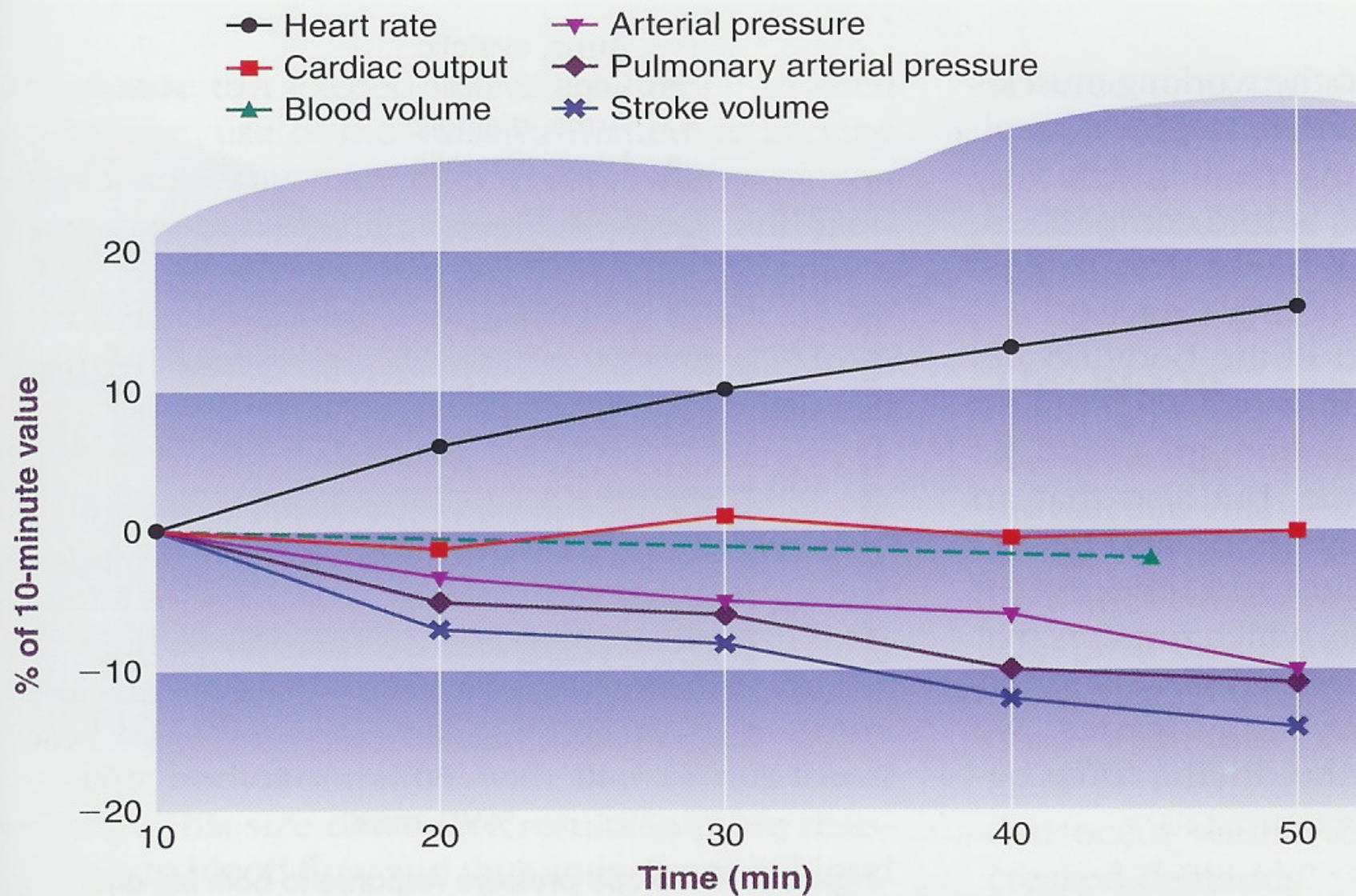


Figure 7.17 Circulatory responses to prolonged, moderately intense exercise in the upright position in a neutral 20 °C environment. Values are expressed as the percentage of change from the values measured at the 10-minute point of the exercise.

KVS nin egzersize cevap verme yolları

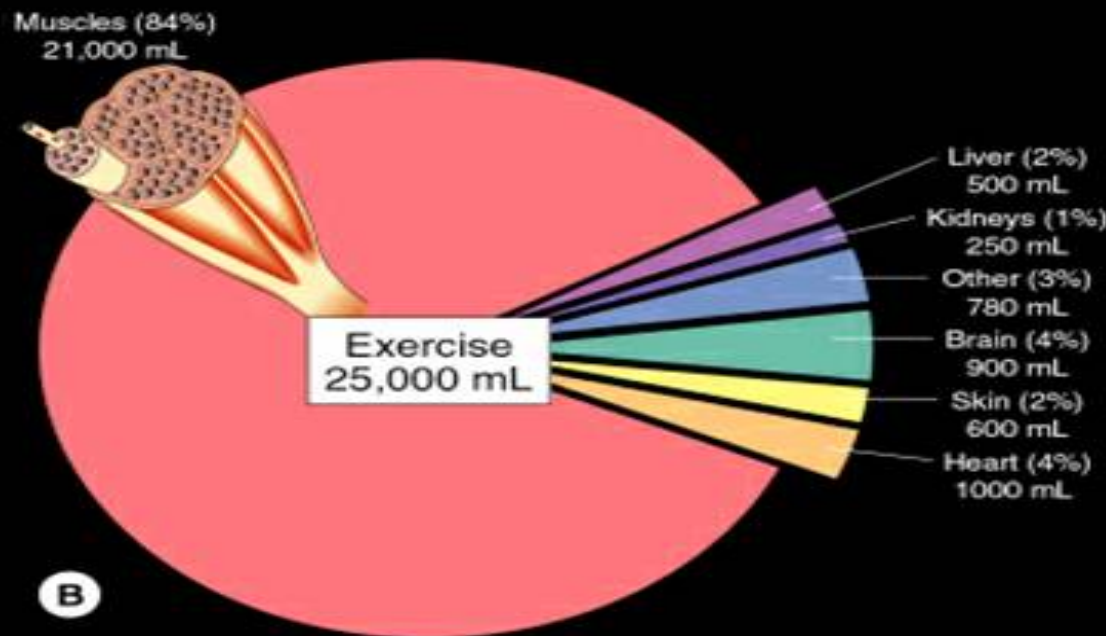
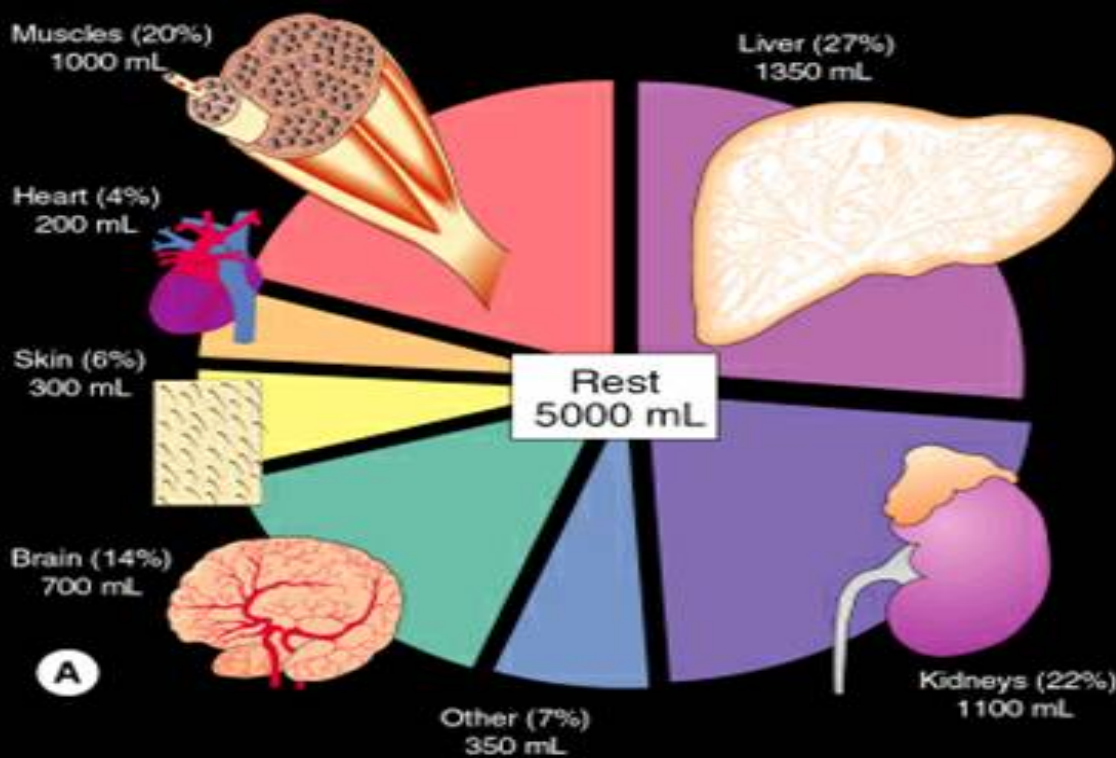
Egzersiz ile KVS de iki ana değişiklik oluşur.

1. Kardiyak output artışı
2. Kan akımının, kan dağılımının yeniden düzenlenmesi

Kan akımının yeniden ayarlanması

- Egzersizde dokuların ihtiyacına göre kaptan çıkan kan, inaktif dokulardan alınır ve aktif olan dokulara yönlendirilir.
- En belirgin değişiklik iskelet kaslarında görülür.
 - Dinleminde KO nun % 15-20 sini alan kaslar egzersizde % 85 ini alırlar.

**Dinlenimde
ve
egzersizde
kan dağılımı
kastaki
artışa dikkat
!**



Etkili mekanizmalar

- Aktif iskelet kası arteriollerinin refleks vazodilatasyonu (özellikle egzersizin başında)
- Vücudun inaktif bölgelerindeki arteriollerin refleks vazokonstruksiyonu
- Aktif iskelet kasındaki;
 - lokal ısı artışı,
 - CO₂ birikmesi,
 - Laktik asit artışı
 - O₂ azalması,
 - Hücre dışı K ve adenozin konsantrasyonlarının artışı nedeniyle vazodilatasyon

Kandaki deęişimler

- Kan dolaşıım sisteminin bir bölümüdür.
- Metabolizma arttıkça kanın görevi de artar.

Daha fazla oksijen gereksinimi...
(arteriyovenöz oksijen farkı)
($a-vO_2$ farkı)

- Arter kanı 20 ml O_2 içerir
- Venöz kan 14-15 ml O_2 içerir
- Fark 5-6 ml- bu $a-vO_2$ farkıdır.
 - Dokular tarafından kullanılan oksijen
- Egzersiz şiddeti arttıkça $a-vO_2$ farkı artar, 3 katı kadar artabilir
 - Venöz kandaki O_2 miktarı düşer

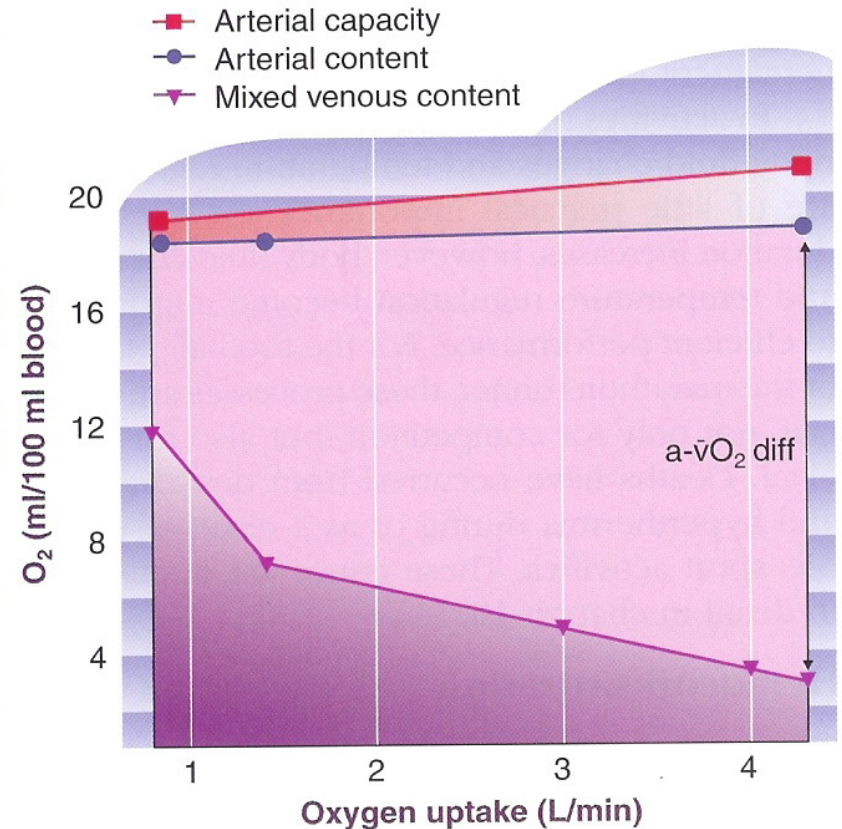


Figure 7.19 Changes in arterial-venous oxygen difference ($a-vO_2$ diff) from low levels to maximal levels of exercise.

Plazma hacmindeki değişim

- Egzersizin başlangıcında damardan hücrelerarası boşluğa hızlı plazma geçişi olur.
- İki nedeni vardır:
 - Kan basıncı ve dolayısıyla da hidrostatik basınç artışı
 - Kasta metabolik artıkların birikmesi ozmotik basınç yaratarak kas hücresi içine sıvı çeker.

- Uzamış egzersizlerde plazma volümünde % 10-20 veya daha fazla azalma olabilir.
- Benzer bir şekilde 1 dakika süreli tüketici bir egzersizde plazma volümünde % 15-20 lik bir azalma gözlenmiştir.
- Ağırlık çalışması ile çalışmanın şiddeti ile orantılı olarak plazma volümünde azalma gözlenir.
 - 1 maksimum tekrarın % 40 ında % 7.7 azalma
 - 1 maksimum tekrarın % 70 ında % 13,9 azalma

- Egzersiz şiddeti veya çevre koşulları terlemeye yol açıyorsa ilave plazma kayıpları da beklenmelidir.
- Terleme de hücrelerarası bölümden sıvı kaybı olmasına karşın, terleme devam ettikçe bu bölümde de sıvı azalır.
- Bu durumda hücrelerarası bölümün ozmotik basıncı artar ki bu daha da fazla plazmanın damar dışına çıkmasına yol açar.

Plazma volümündeki azalma performansı bozar

- Aktif dokulara giden kan azaltılır.
 - Isı kaybının sorun olduğu uzun süreli aktivitelerde deriye giden kan miktarını artırıp ısı kaybını hızlandırmak amacıyla aktif dokulara giden toplam kan miktarı azaltılmalıdır.
- Kanın viskozitesi artar.
 - Kan akışı zorlaşır ki bu oksijen taşımalarını sınırlar-özellikle hematokrit % 60 ı aşarsa

Hemokonsantrasyon

- Plazma volümü azaldığında hemokonsantrasyon oluşur.
- Kanın sıvı bölümünün azalması dolayısıyla hücrel ve protein oranının göreceli olarak artmasıdır.
- Kan daha konsantre olur.
- Hemokonsantrasyon kırmızı hücre konsantrasyonunu geçici olarak % 20-25 oranında artırır.
- Hematokrit % 40-50 ye çıkabilir.
- Toplam kan hücre sayısında değişme olmaz.

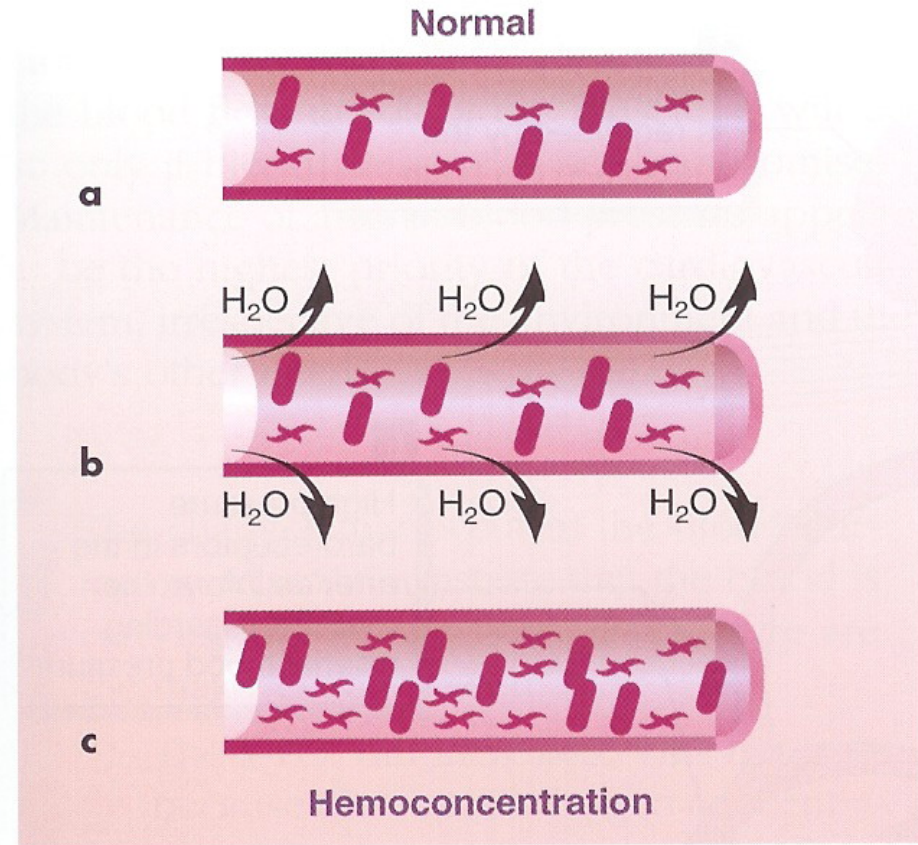


Figure 7.20 (a) A blood vessel with normal blood concentration. (b) Hemoconcentration occurs when H_2O leaves the blood vessels, (c) increasing the concentration of the substances that remain in the blood.

Hemokonsantrasyon

- Hematokrit artışının net etkisi toplam hücre sayısında artış olmasa bile birim ünitadaki kırmızı kan hücresi sayısı artar.
- Kan konsantre hale gelir.
- Kırmızı hücre konsantrasyonunun artışı birim ünitadaki hemoglobin miktarını da artırır.
- Bu kanın oksijen taşıma kapasitesini önemli miktarda artırır ki bu egzersizde avantajlı bir durumdur.

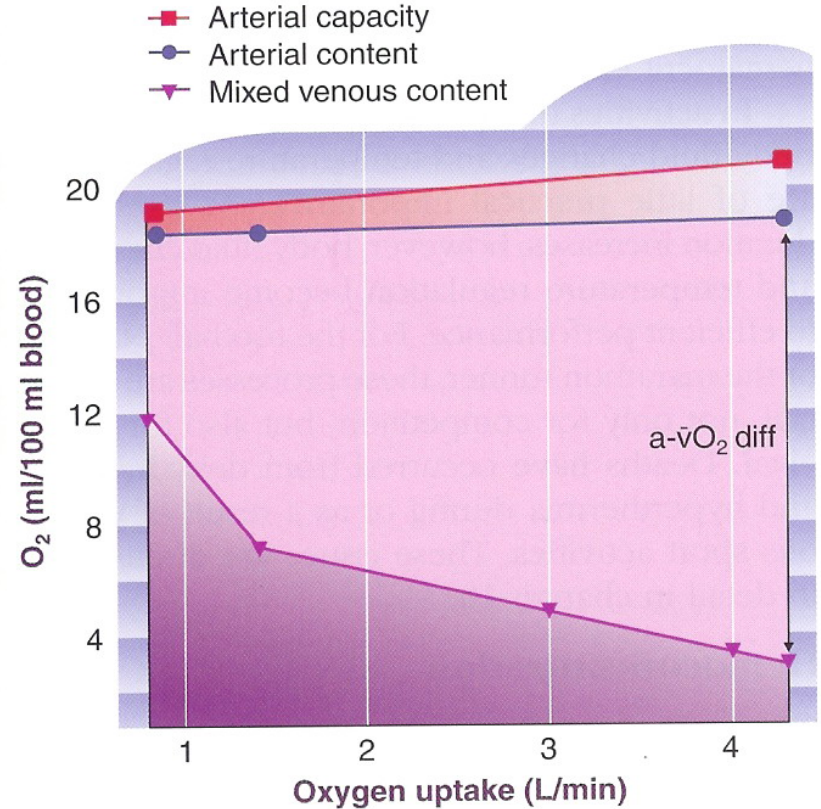


Figure 7.19 Changes in arterial-venous oxygen difference ($a-\bar{v}O_2$ diff) from low levels to maximal levels of exercise.

Kan pH sındaki değişim

- Kan pH sı orta-yüksek şiddetteki egzersizlerde oldukça değişebilir.
- Nötral pH 7.0, üstü alkali, altı asidik.
- Dinlenimde arteriyel kan pH sı 7.4, hafif alkalik.

- Maksimal aerobik kapasitenin yaklaşık % 50 si şiddetine kadar yapılan egzersizlerde çok küçük değişiklikler oluşur.
- % 50 nin üzerine çıktığı zaman pH düşmeye başlar, kan asidik bir duruma geçer.
- Düşüş başlangıçta yavaş yavaştır, ancak tükenme noktasına yaklaştıkça hızlanır.
- Maksimal sprint türü aktiviteleri takiben 7.0 ve hatta daha düşük pH değerleri gözlenmiştir.
- Aktif kasta pH 6.5 hatta daha da altına düşebilir.

- Kan pH sındaki düşüş anaerobik metabolizmadaki dolayısıyla da laktik asit üretimindeki artışa bağlanmaktadır.

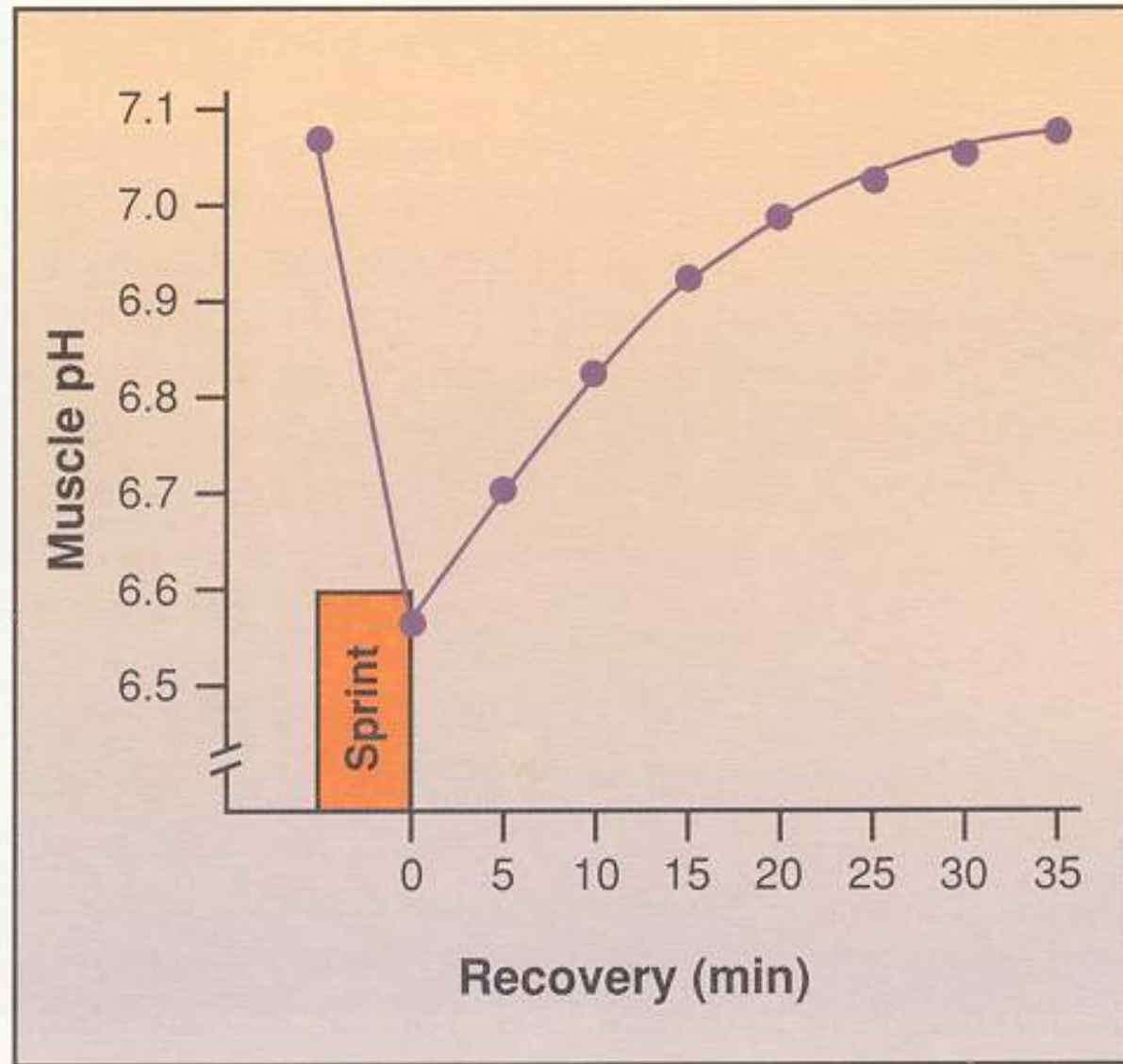
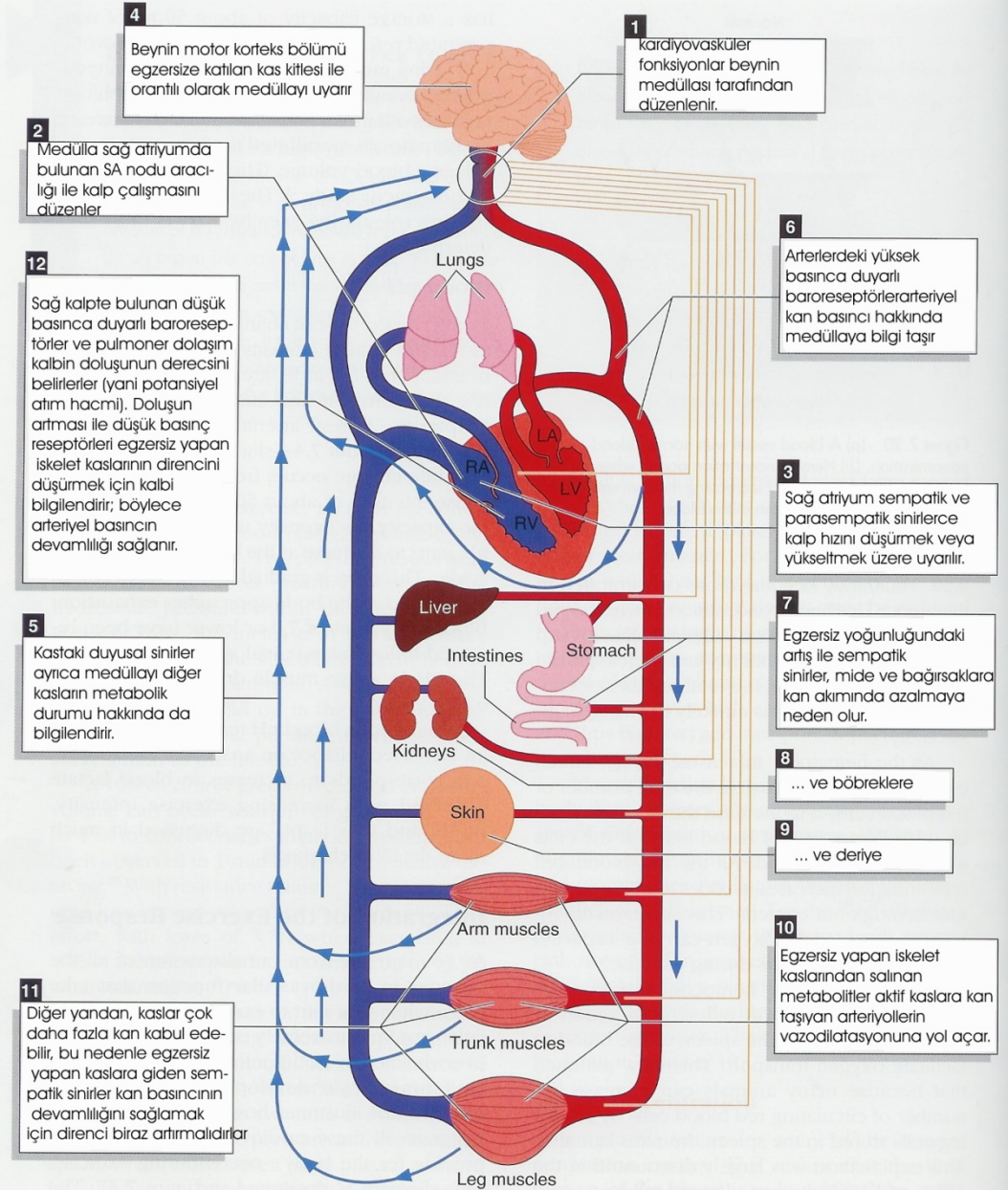


Figure 5.21 Changes in muscle pH during sprint exercise and recovery.

Egzersizde dolaşım sistemi fonksiyonlarının düzenlenmesi (özet)



Kardiyovasküler sistem fonksiyonların egzersize cevabının düzenlenmesi

Antrenman ile Dolaşım ve Solunum Sistemlerinde (kardiorespiratuvar) Oluşan Adaptasyonlar

- Kardiorespiratuvar sistemde meydana gelen değişiklikler, temel olarak oksijen taşıma sistemini etkileyen değişikliklerdir.
- Oksijen taşıma sistemi, dolaşım, solunum ve doku düzeyindeki birçok faktörü içerir.
- Bu faktörler birlikte çalışarak, oksijenin çalışan kaslara taşınmasını sağlarlar
 - Dolaşım sistemindeki değişiklikler
 - Solunum sistemindeki değişiklikler

Kardiyovasküler (kalp-damar) sistemde oluşan uyumlar

- Antrenman sonucu kardiyovasküler sistemde birçok adaptasyon oluşur.
- Bunlar,
 - kalbin hacmi,
 - kalbin atım volümü-hacmi (strok volüm),
 - kalp atım sayısı,
 - kalbin dakika atım volümü-hacmi (kardiyak output veya kardiyak debi),
 - kan akımı, kan basıncı ve kan miktarında olan değişiklikler olarak tanımlanabilir.

Kalbin büyüklüğünün artması

- Sporcularda kalbin büyüklüğü (hacmi) sporcu olmayanlara göre daha fazladır.
- Bu büyüme haline "dilatasyon" yada "hipertrofi" denir.
- Kalp odacıklarının büyümesi ile kalbin içerisine alabildiği kan miktarı ve her bir atımda pompalayabildiği kan miktarı (kalp atım volümü veya strok volüm) artar.
- Bu nedenle bir dakikada pompalayabildiği kan miktarı da (kalbin dakika atım volümü veya kardiyak output veya kardiyak debi) artar.
- İyi antrene edilmiş sporcularda kalbin egzersiz sırasında pompaladığı kan miktarı, dakikada 35-40 litreye kadar çıkabilir.

Kalpte hipertrofi(büyüme)

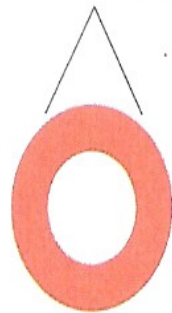
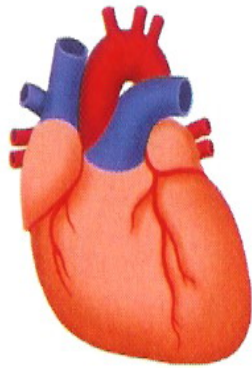
- Hipertrofi kendini 2 şekilde gösterir
 - Ventrikül boşluğu büyümesi (kavite dilatasyonu)
 - Ventrikül çeperi kalınlaşması
- Her ikisine de beraber rastlanabilir, ancak ikisi aynı zamanlarda oluşmaz

Hacim yükü ve Ventrikül boşluğu büyümesi (kavite dilatasyonu)

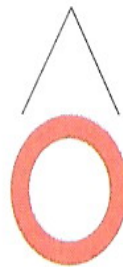
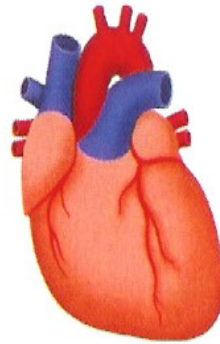
- Bisiklet, uzun mesafe koşusu gibi dayanıklılık sporlarında kalp hacim yüküne maruz kalır ve sol ventrikül diyastol çapı büyür(kavite dilatasyonu).
- Bu durum, diastol (kalbin gevşemesi) sırasında ventriküle dolan kan miktarının da daha fazla olduğu anlamına gelir.
- Aynı zamanda atım volümünün de artmasına neden olur
- Dayanıklılık sporlarında kavite dilatasyonu genellikle bradikardi ile birlikte (ventriküllerin doluş süresini uzatmak için).
- Kavite dilatasyonu fonksiyonel bir uyumdan ibarettir
- Sol ventrikül arka duvarı ve ventriküllerrası septumda hafif hipertrofi ile birlikte oluşur.

Basınç yükü- Ventrikül çeperi kalınlaşması(kassal hipertrofi)

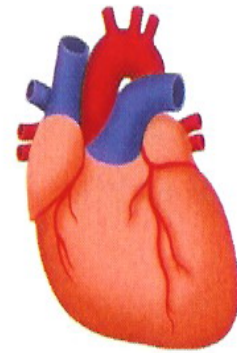
- Çekiç atma, gülle atma, halter gibi statik tipteki kassal aktivitelerin olduğu spor dallarında kalp sık sık basınç yükü ile karşı karşıya gelir.
- Basınç yükü ile sık olarak karşılaşan kalpte sol ventrikül çeperinde kalınlaşma (kassal hipertrofi) görülür.
- Ventrikül hacmi değişmez veya çok az artar.
- Sporcular hem statik, hem de dinamik türde aktiviteler yaptıklarında her iki tipteki kalp hipertrofisi de beraber görülebilir.



Endurance-trained athlete



Sedentary person
free from heart disease



Resistance-trained athlete

Figure 9.1 Left ventricular hypertrophy of the heart as a result of increased chamber size and increased wall thickness.

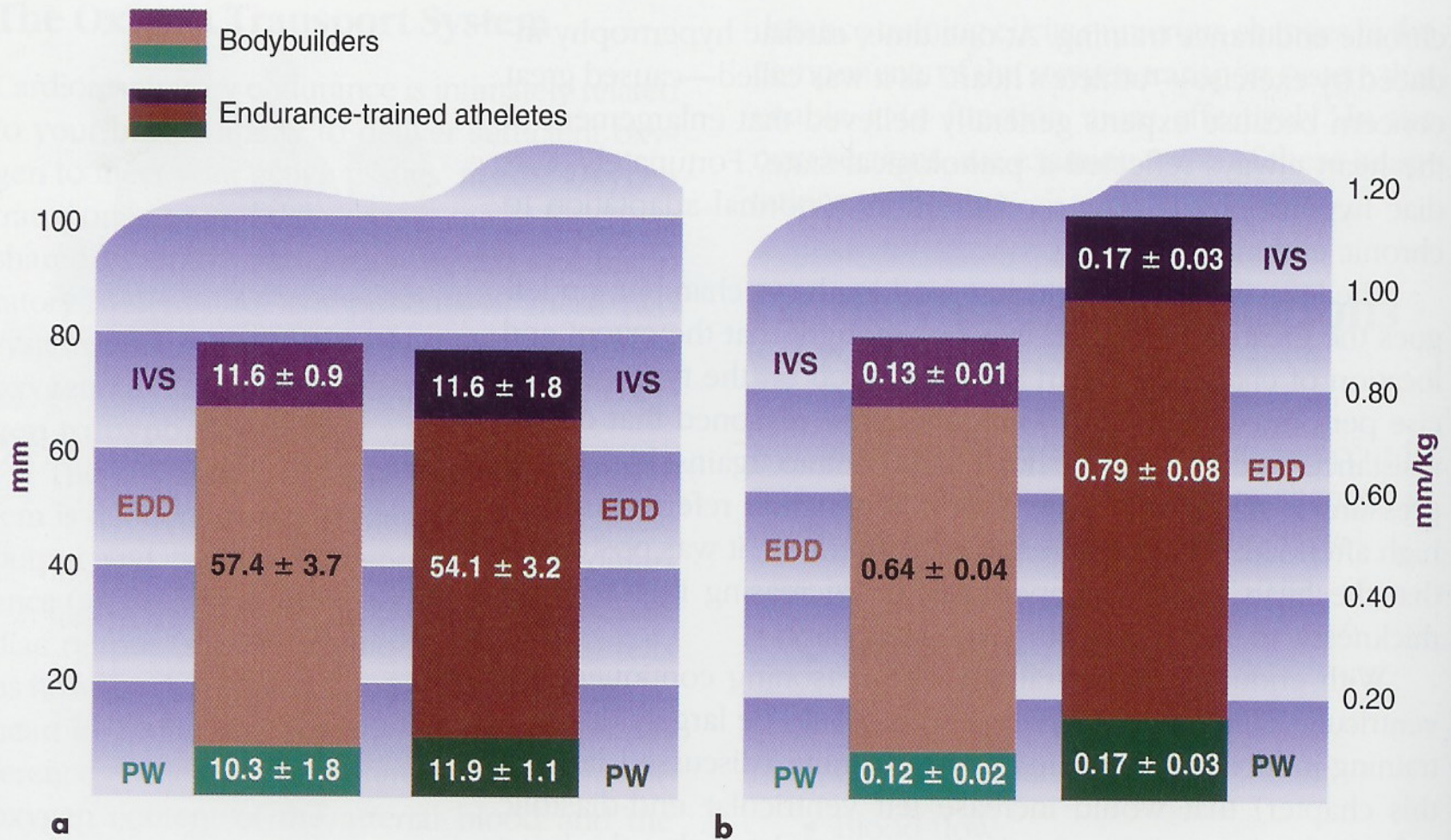
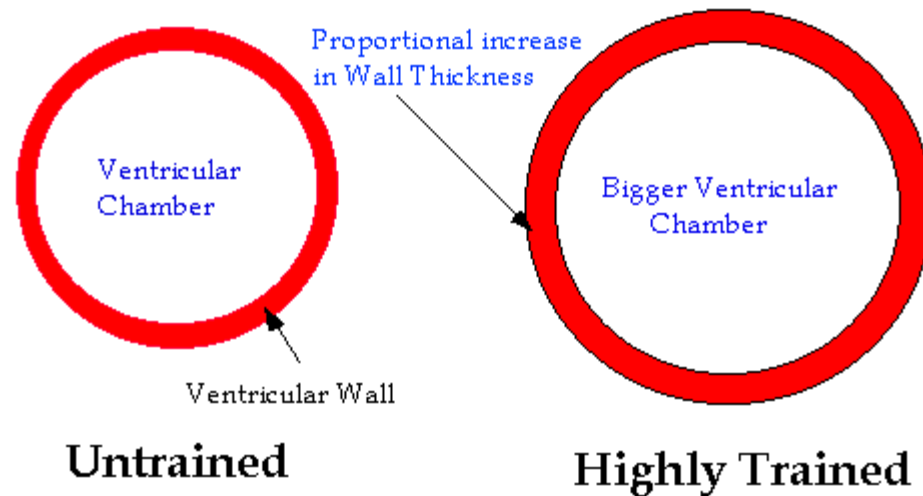
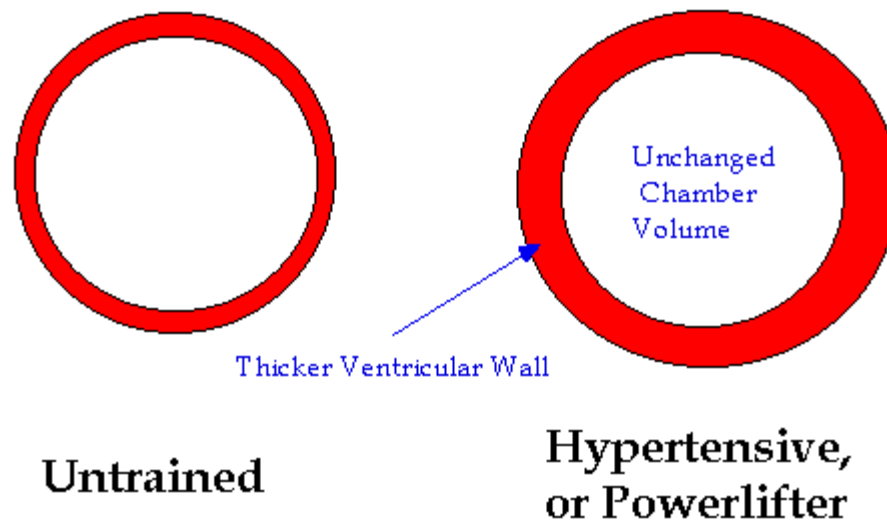


Figure 9.2 End-diastolic left ventricular dimensions of elite bodybuilders and highly trained endurance athletes, expressed (a) as absolute values and (b) relative to body weight. Although the absolute dimensions for the two groups of athletes were similar, the endurance-trained athletes had much larger values when adjusted for size differences between the two groups. IVS = interventricular septum; EDD = end-diastolic diameter; PW = posterior wall. Adapted by permission, from A. Urhausen and W. Kindermann, 1989, "One- and two-dimensional echocardiography in body builders and endurance-trained subjects." *International Journal of Sports Medicine* 10: 139-144.

Heart Dimensions and Training



Changes due to Hypertension, or intense strength training



İstirahat kalp atım sayısında azalma-1

- Dayanıklılık antrenmanı sonucunda istirahat kalp atım sayısı önemli miktarda azalır.
- Bu adaptasyona **egzersiz bradikardisi** adı verilir.
- Antrenmanlı ve antrenmansız olan kişiler karşılaştırıldığında, istirahat kalp atım sayıları arasındaki fark oldukça belirgindir.
- Antrenmanlı olmayan bir kişide yaklaşık 70-80 atım/dak olan kalp atım sayısı, iyi antrene olmuş dayanıklılık sporcularında 40 atım/dak veya daha az olabilir.
- Antrenman sonucu istirahat sırasında kalp atım sayısında meydana gelen bu azalmanın nedeni, antrenman ile artan istirahat kalp atım volümü (strok volüm)'dür.

Submaksimal kalp atım sayısı

- Antrenmandan sonra gelişen en önemli değişikliklerden biri aynı submaksimal iş yükünde kalp atım sayısının daha az olmasıdır.
- Kalp daha ekonomik çalışıyor.
- Submaksimal egzersiz sırasında daha iyi aerobik kapasite, belli bir iş yükünde daha düşük bir kalp atım sayısı ile sonuçlanır.
- Kalp atım sayısındaki azalma antrenman ile daha da belirginleşir.
- Bu da antrene olmuş kalbin aynı iş için, antrene olmamış kalpten daha az çalışması anlamına gelir.

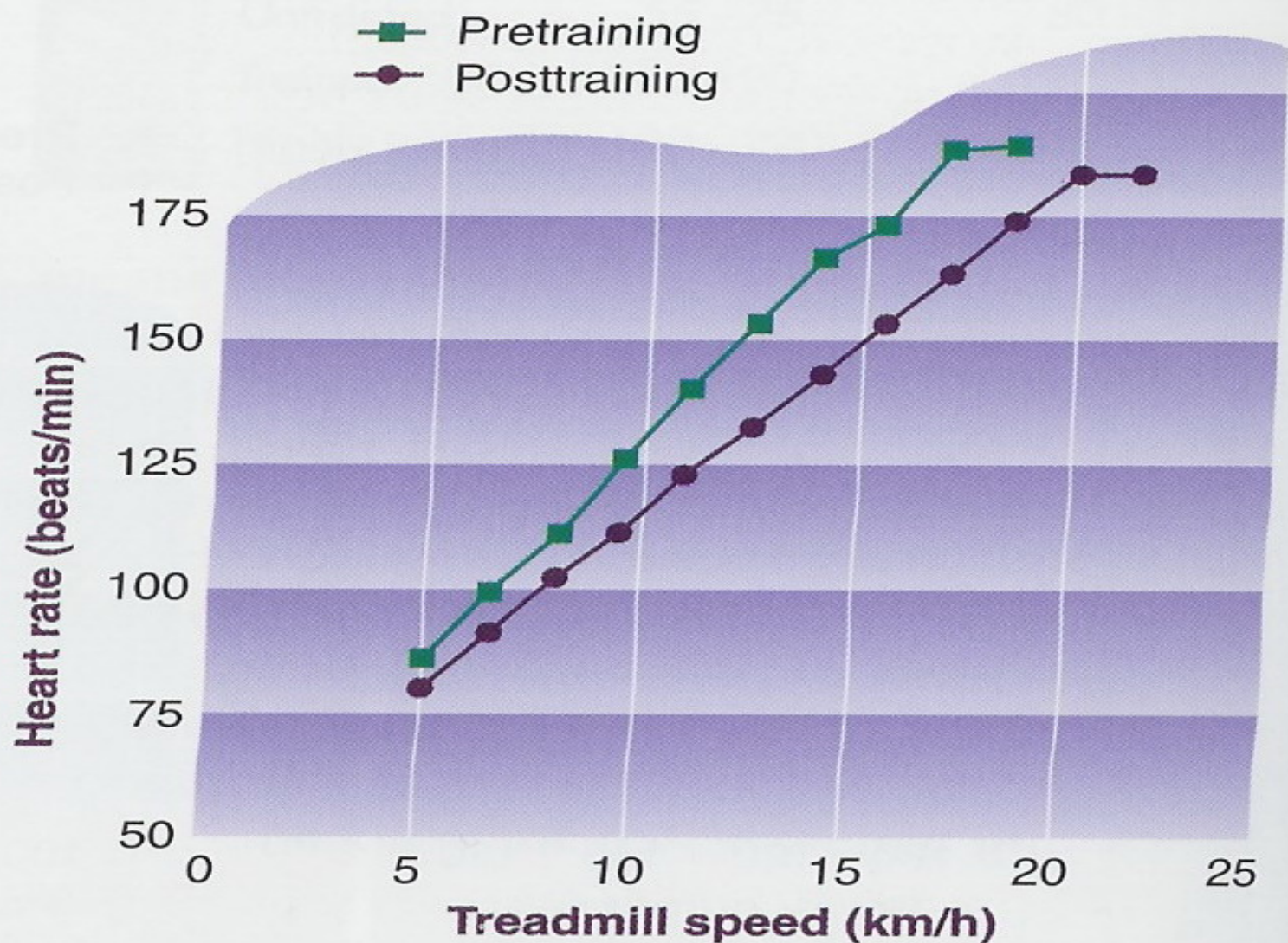


Figure 9.6 Changes in heart rate with endurance training while walking, jogging, and running on a treadmill at increasing velocities.

Maksimal kalp atım sayısı

- Genellikle maksimum kalp atım sayısı sabittir.
- Dayanıklılık antrenmanlarından sonra da, maksimal egzersizler sırasındaki maksimum kalp atım sayısı fazla değişmez.
- Hatta maksimal kalp atım sayısı dayanıklılık antrenmanlarından sonra biraz düşebilir.
- Dayanıklılık antrenmanı yapan sporcular, spor yapmayan aynı yaştaki kişilere oranla daha düşük bir maksimal kalp atım sayısına sahiptirler
- Dayanıklılık antrenmanlarından sonra, antrenmana adaptasyon olarak oluşan maksimal kalp atım sayısındaki bu bir miktar azalmanın nedeni tam olarak bilinmemektedir.

Toparlanma sırasında kalp atım sayısı

- Kalp atım sayısının istirahat değerine dönmesi için geçen süre dayanıklılık antrenmanları sonucunda kısalır.
- Kalp atım sayısının egzersizden sonra ne kadar sürede istirahat değerine geri döndüğü, kardiyorespiratuvar uygunluğun bir göstergesi olarak değerlendirilir.
- Genel olarak daha iyi antrene olmuş bir kişi daha hızlı normale döner.
- Bu nedenle antrenman programı uygulanırken toparlanma kalp atım sayısının izlenmesi, antrenman ile oluşan adaptasyon hakkında bilgi verir.

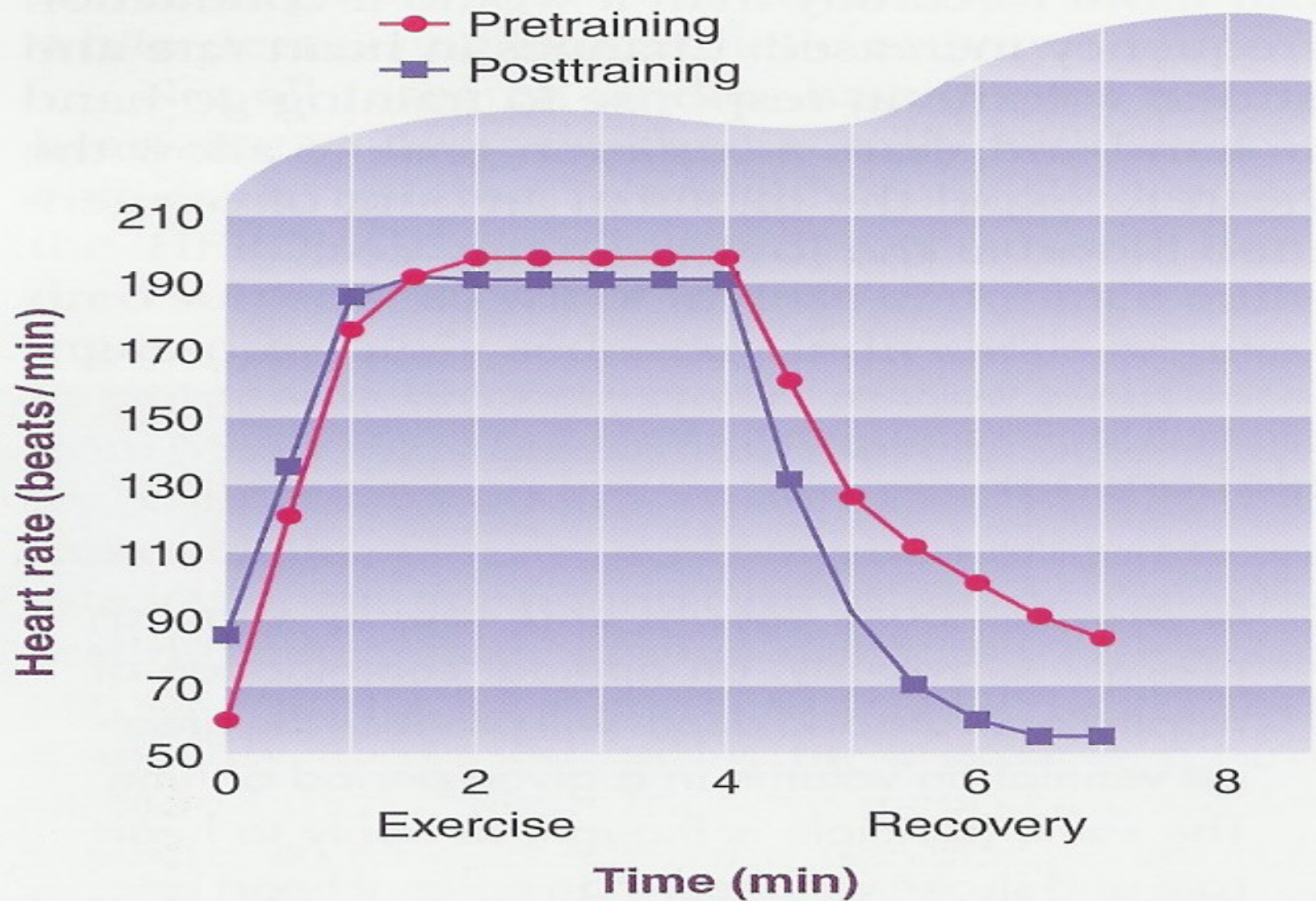


Figure 9.7 Changes in heart rate recovery with endurance training.

Atım hacmi değerleri..

- Sedanter yatar pozisyonda 100 ml
- Sedanter dikey pozisyonda 70-90 ml.
- Sedanter max egzersizde 100-120 ml
- Antrene birey dinlenim 100-120 ml
- Antrene max.egzersiz 150-170 ml
- Çok iyi antrene max.egz. 200-210 ml

İstirahat atım volümü-1

- Antrenmanlı ve antrenmansız kişilerde istirahat sırasındaki kardiyak debi yaklaşık olarak aynıdır.
- İstirahat kalp atım hızı daha düşük..
- Bu nedenle, istirahat sırasında antrenmanlı kişilerin veya sporcuların atım volümü, spor yapmayanlara oranla daha yüksektir.
- Atım volümündeki artış, dayanıklılık sporu yapan sporcularda daha belirgindir.
- Bu artış, kalpte meydana gelen hipertrofi ve kalbin kasılma gücünün artışına bağlıdır.

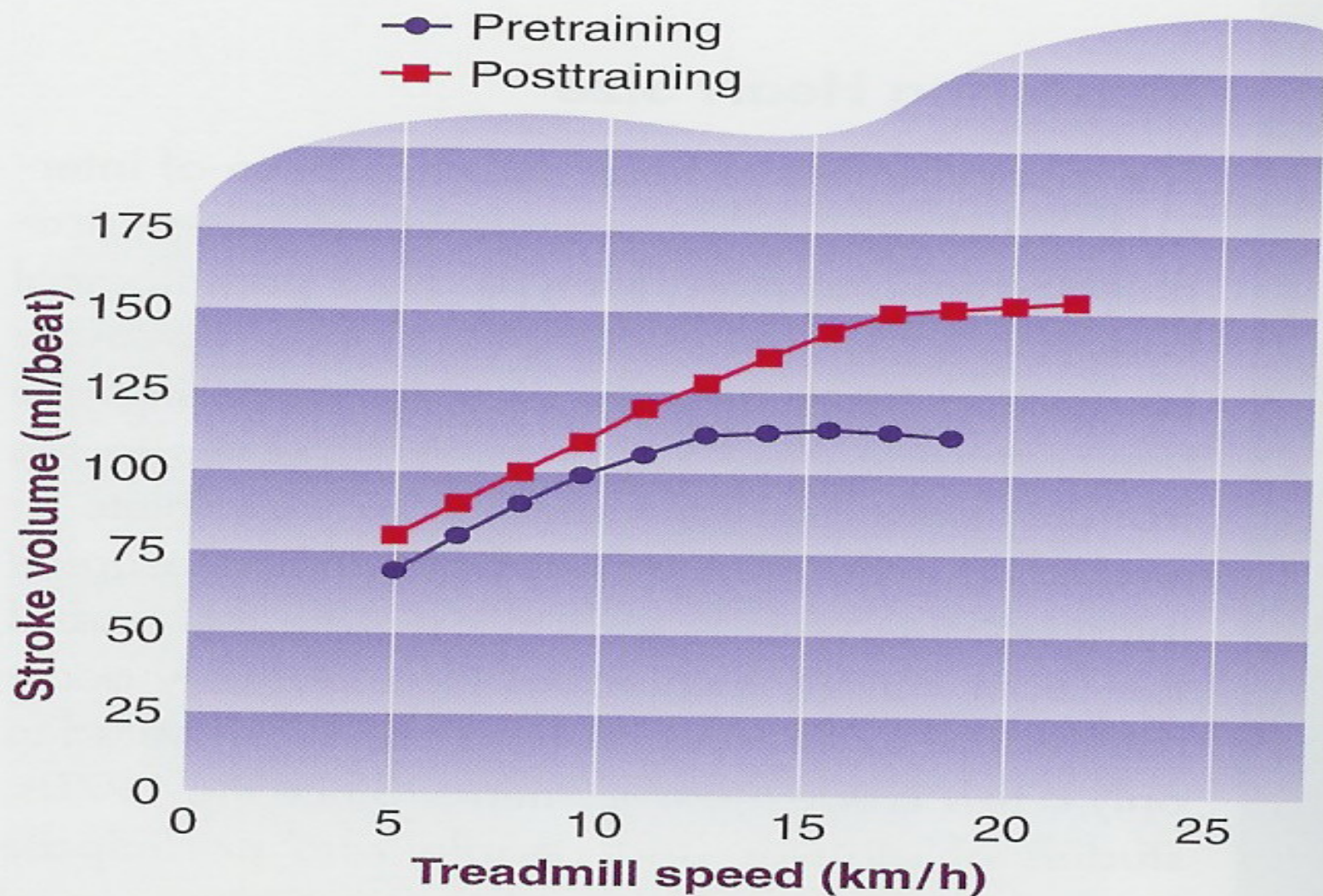


Figure 9.4 Changes in stroke volume with endurance training while walking, jogging, and running on a treadmill at increasing velocities.

Submaksimal atım volümü

- Antrenmandan sonra aynı submaksimal iş yükünde atım volümü artar.
- Bunun nedeni istirahat düzeyinde olduğu gibi ventriküler kavitenin büyümesi ve kalp kasının kasılma kuvvetinin artmasıdır.
- Buna bağlı olarak kaviteye dolan kan miktarı ve dolayısıyla atım volümü artar.

Maksimal atım volümü

- Antrenmanla maksimal atım volümü de artar.
- Bu artışın nedeni daha önce de açıklandığı gibi kardiyak hipertrofi ve miyokardın kasılma kuvvetinin artmasıdır.
- Kasılma kuvvetinin ve ventriküler hacmin artması, her atımda daha fazla kanın kalpten pompalanmasını sağlar.

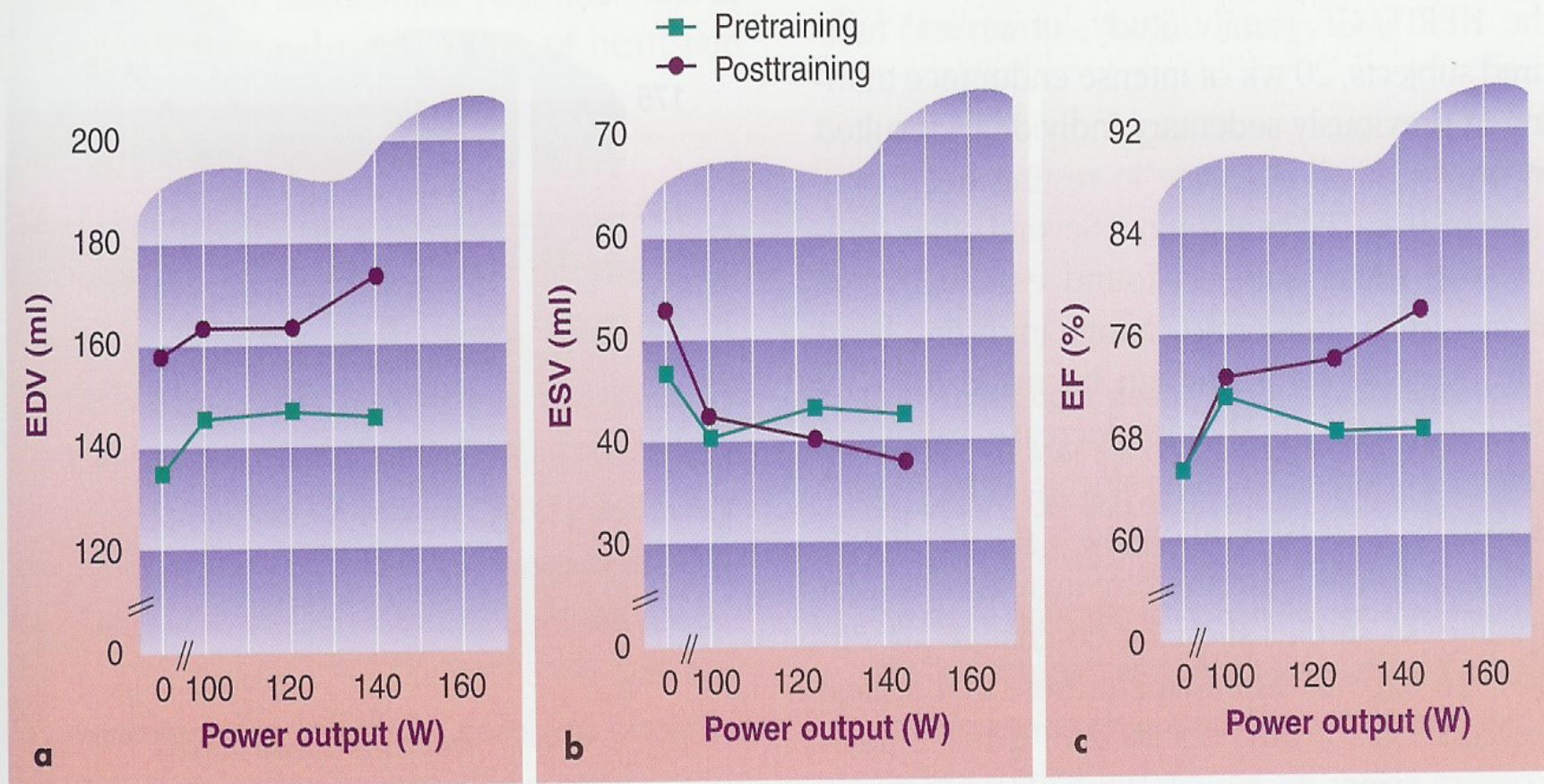


Figure 9.5 Differences in (a) end-diastolic volume (EDV), (b) end-systolic volume (ESV), and (c) ejection fraction (EF) with increasing power output in individuals before and after endurance training. See the text for an explanation of these findings.

Kardiyak debi

- Kalbin bir dakikada pompaladığı kan miktarı veya kardiyak output.
- Kardiyak output veya kardiyak debi, kalbin bir dakikada vücuda pompalayabildiği kan miktarıdır.
- Bu da atım volümü ve kalp atım sayısının bir sonucudur.
- Dayanıklılık antrenmanları sonrasında atım volümü artar ve kalp atım sayısı ise azalır.

İstirahat veya submaksimal kardiyak debi

- Dayanıklılık antrenmanları sonrasında istirahat veya submaksimal bir iş yükü sırasında kardiyak debi miktarında fazla bir değişiklik olmaz.
- Aynı iş yükünde antrenmanlı kişilerin kardiyak debisi biraz düşük bile olabilir.
- Bunun nedeni tam olarak bilinmemekle birlikte, artan a-v O_2 farkı olabilir.
- Kaslar antrenmana adaptasyon sonucunda aynı miktarda kandan daha fazla O_2 alıp kullanabilir hale gelirler.
- Bu da kardiyak debinin bir miktar azalmasına neden olur.
- Bir başka deyişle, kalpten bir dakikada pompalanan kan miktarı azalır ve dolayısı ile antrenman sonucu kalbin yükü biraz azalır.

Maksimal kardiyak debi

- Maksimal kardiyak debi antrenmanla artar.
- Bunun nedeni maksimal atım volümünün artmasıdır.
- Çünkü maksimal kalp atım sayısı fazla değişmez.
- Maksimal kardiyak debi, antrenmansız kişilerde 14-16 L/dak, antrenmanlı kişilerde ise 20-25 L/dak ve dayanıklılık sporcularında ise 40 L/dak ve daha üzeri olabilir.

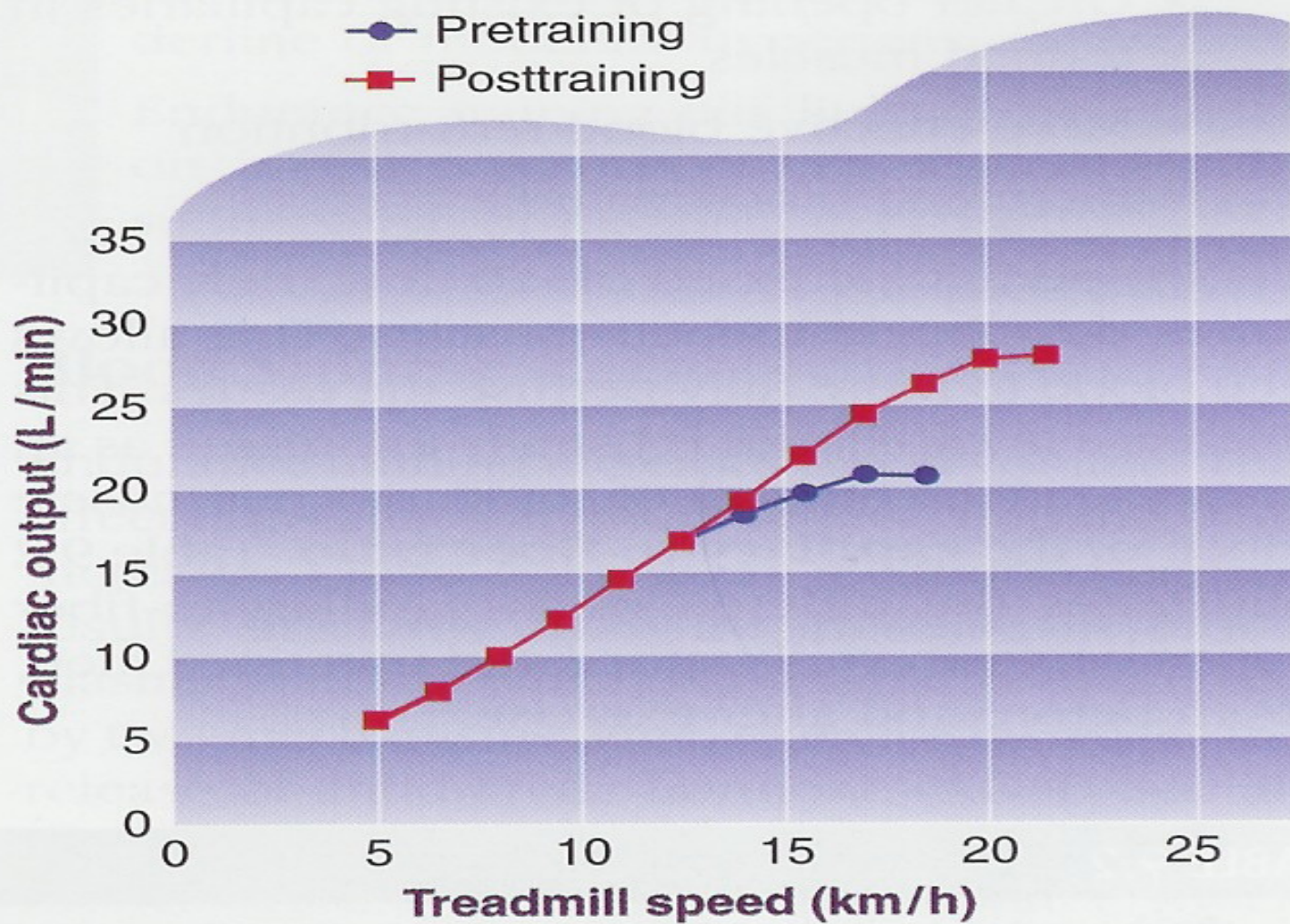
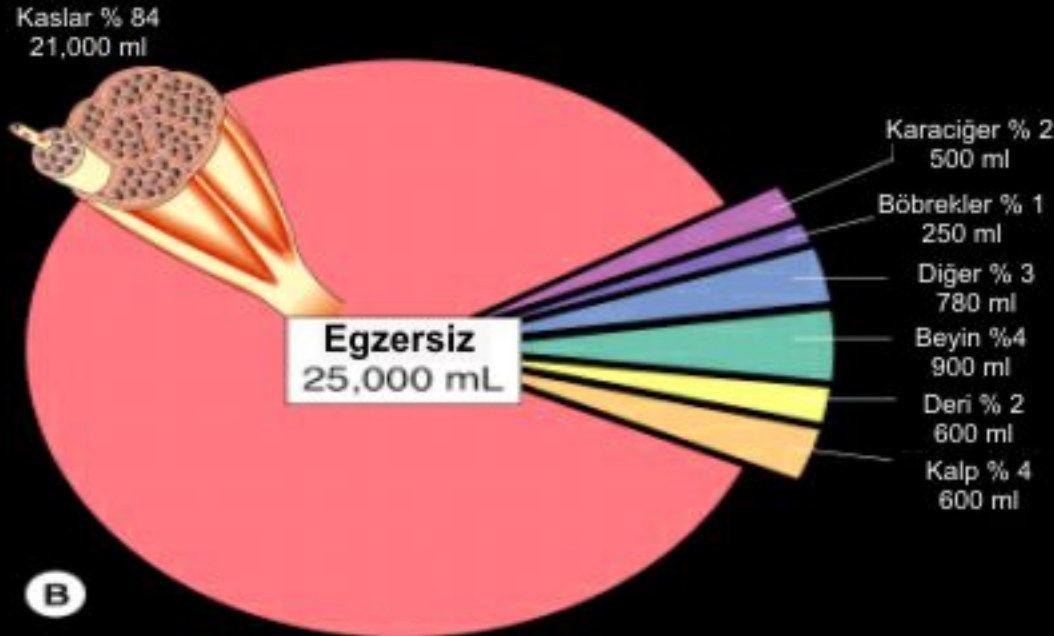
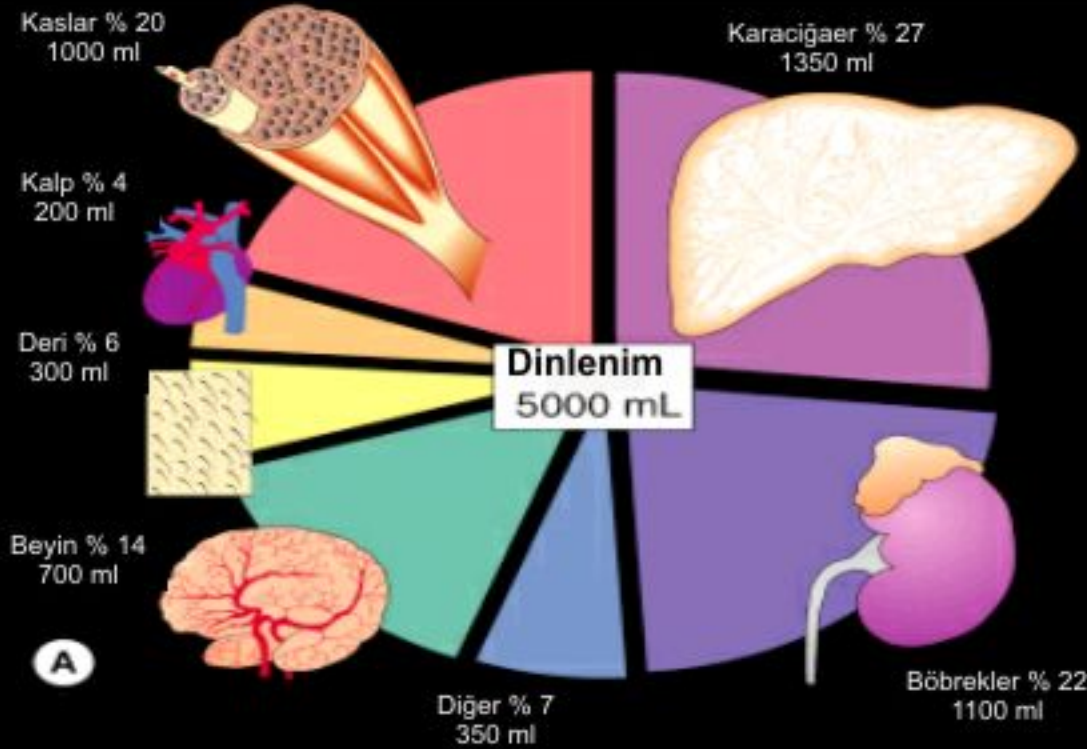


Figure 9.8 Changes in cardiac output with endurance training while walking, jogging, and running on a treadmill at increasing velocities.

Kan akımı, kan volümü ve kapillarizasyon-1

- Vücuttaki kan miktarı bellidir.
- Çalışan kasların daha fazla oksijen ve besin maddelerine ihtiyaçları vardır.
- Bu nedenle egzersiz sırasında bu kaslara daha fazla kan gönderilmesi gerekir.
- Antrenman ile kaslarda ve kardiovasküler sistemde bazı adaptasyonlar oluşur ve daha fazla kan bu kaslara gönderilir.
- Kasta meydana gelen adaptasyonlar şu şekilde sıralanabilir;
 - antrene olmuş kaslarda artan kapillarizasyon (artan kapiller damar sayısı),
 - antrene olmuş kaslarda daha fazla kapiller damarın aktif hale geçmesi ve
 - daha etkili kan akımı dağılımı.

Dinlenimde ve egzersizde kan dağılımı kastaki artışa dikkat !



Kan akımı, kan volümü ve kapillarizasyon-2

- Kan akımının daha fazla olabilmesi için, antrenmanlı kaslar yeni kapiller damar geliştirirler.
- Ağırılık antrenmanları sonucu oluşan iskelet kası hipertrofisi, genellikle kapiller yoğunlukta artışla birlikte.
- Kapiller yoğunluk, bir iskelet kası lifini saran kılcal damarların (kapiller) sayısını gösterir.
- Koşma, yüzme veya bisiklet gibi yarışlara hazırlık için yapılan uzun süreli dayanıklılık antrenmanları bir miktar kas hipertrofisine ve çoğunlukla da kapiller yoğunlukta artışa neden olurlar.

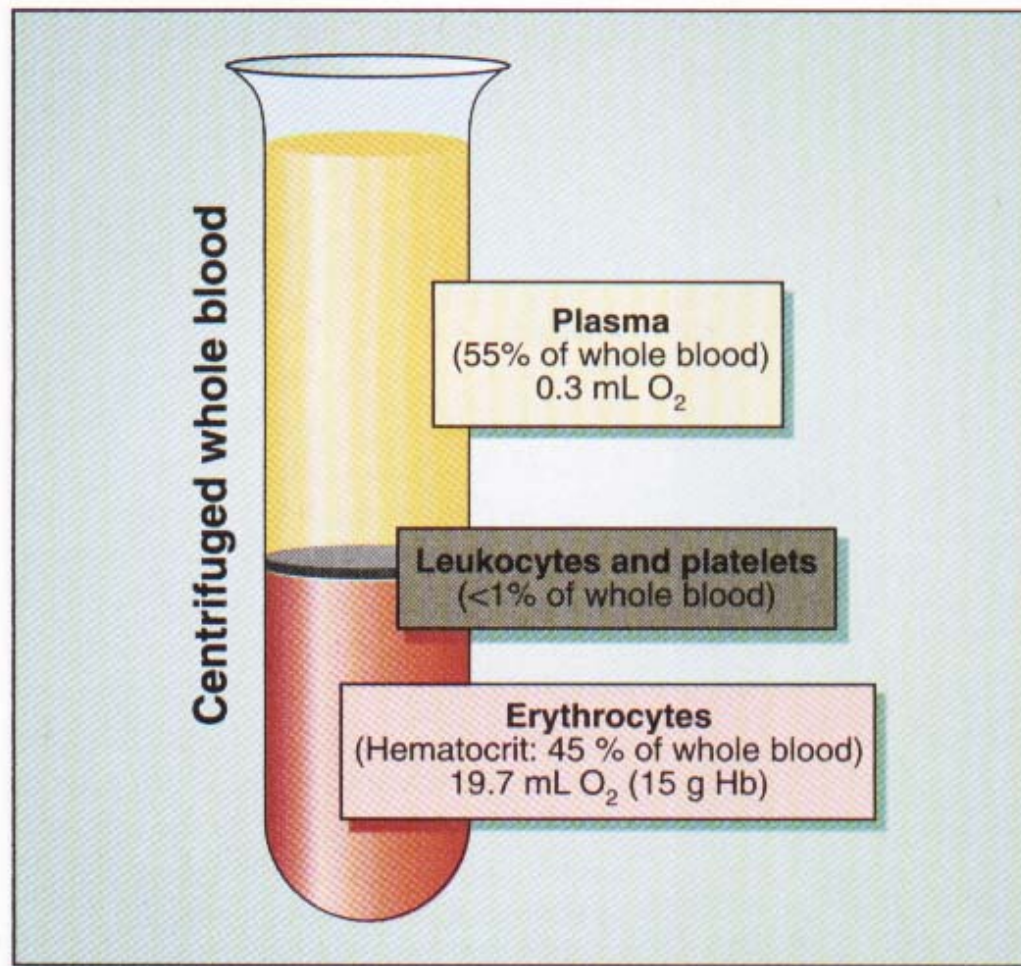
Kan akımı, kan volümü ve kapillarizasyon-3

- Dayanıklılık antrenmanı yapan bireylerin, antrenmansız bireylere göre bacak kaslarındaki kılcal damar oranının % 5-10 oranında daha fazla olduğu belirtilmektedir.
- Uzun süre dayanıklılık antrenmanı yapan bireylerin vücutlarındaki kılcal damar sayısının % 15 kadar artabileceği gösterilmiştir.
- Sporcularda her bir lifi çevreleyen kılcal damar sayısı 5.9 iken, spor yapmayanlarda bu sayı 4.4'tür.

Daha fazla kapiller daha etkili metabolik değişim

- Antrenmanlı kişilerin daha fazla kılcal damara sahip olması, çalışan kas lifleri ile kan arasında gazların, ısının, atık maddelerin ve besinlerin değişiminin daha rahat ve mükemmel şekilde yapılmasına olanak sağlar.

- Kanın yapısında meydana gelen değişiklikler.



Kan temel olarak iki bölümden oluşur:

1. Plazma olarak adlandırılan sıvı bölüm ve
2. Şekli elemanlardan-hücrelerden oluşan katı bölüm.

Kan akımı, kan volümü ve kapillarizasyon-5

- Dayanıklılık antrenmanları sonrası kan volümünde de artış meydana gelir.
- Bu artış genel olarak plazmada oluşur.
- İki nedenden dolayı plazma artışı gözlenir;
 - Antidiüretik hormon (ADH) artışı-su tutulumu
 - Bazı hormonların ve plazma proteinlerinin antrenman sonucunda artması, kanda daha fazla sıvı tutulmasına neden olur ve dolayısı ile kanın plazma volümü artar.

Kan akımı, kan volümü ve kapillarizasyon-6

- Ayrıca kanda bulunan kırmızı kan hücrelerindeki (eritrositler) artışlar da kan volümündeki genel artışa katkıda bulunabilir.
- Diğer bir ifadeyle hemoglobin miktarı da antrenmanla artış gösterir.
- **Kandaki kırmızı kan hücrelerinin miktarı artarken, plazma volümü daha fazla oranda artar.**
- Bu nedenle kanda hücre miktarı artarken hematokrit azalır.

Kan akımı, kan volümü ve kapillarizasyon-7

- Hematokrit kanın vizkozitesini (akışkanlığını) belirler.
- Dayanıklılık antrenmanları sonucunda kanda kırmızı kan hücresi miktarının ve hemoglobinin artması, buna karşılık hematokritin azalması antrenmana bir adaptasyon olarak değerlendirilir.
- İyi antrene sporcularda hematokrit azalması anemik sayılabilecek düzeylere kadar inebilir (pseudoanemia).

Kan akımı, kan volümü ve kapillarizasyon-8

- Hematokritin azalması kanın viskozitesini azaltarak küçük kapiller damarlarda bile daha rahat akmasını sağlar.
- Dolayısı ile bu şekilde aktif kaslara daha fazla O² götürülebilir.
- Ayrıca kaslara giden kan miktarı, kardiyak debinin daha büyük bir oranının kaslara gönderilmesi ile daha da artar.
- Antrenman ile, egzersiz sırasında aktif olmayan bölgelere giden kan miktarı azaltılır.
- Bu şekilde kanın büyük kısmı aktif kaslara yönlendirilmiş olur.

Kan akımı, kan volümü ve kapillarizasyon-9

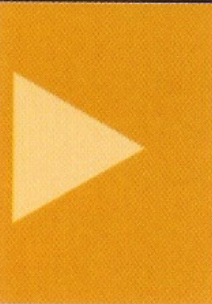
- İyi antrene sporcularda hemoglobin ve toplam kırmızı kan hücresi miktarlarının tüm kana oranları normalin altında olsa bile toplam kan hücresi ve hemoglobin miktarları yüksektir.

Kan akımı, kan volümü ve kapillarizasyon-10

- Özetle, plazma volümündeki artış dayanıklılık antrenmanının oluşturduğu önemli bir adaptasyondur.
- Çünkü antrenman ile plazma volümünde meydana gelen bu artış, atım volümünün de artmasına neden olur.
- Plazma volümü artınca, kan volümü de artar.
- Bu şekilde kalbe daha çok kan gelir.
- Kalbe daha çok kan gelince, kalpten de daha çok kan pompalanabilir.
- Bir başka deyişle, kalbin atım volümü artar.
- Atım volümü de oksijen tüketimini etkiler.
- Sonuçta kanın oksijen taşıma kapasitesi iyileşir.
- Ayrıca yoğun çalışma ile kırmızı kan hücresi yenilenmesi hızlanabilir-genç hücreler

TABLE 9.3

Differences in Total Blood Volume, Plasma Volume, Blood Cell Volume, and Hematocrit Between a Highly Trained Endurance Athlete and an Untrained Individual



Subjects	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Total blood volume (L)	Plasma volume (L)	Blood cell volume (L)	Hematocrit (L)
Highly trained male athlete	25	180	80.1	7.0	4.2	2.8	40.0
Untrained man	24	178	80.8	5.6	3.2	2.4	42.9

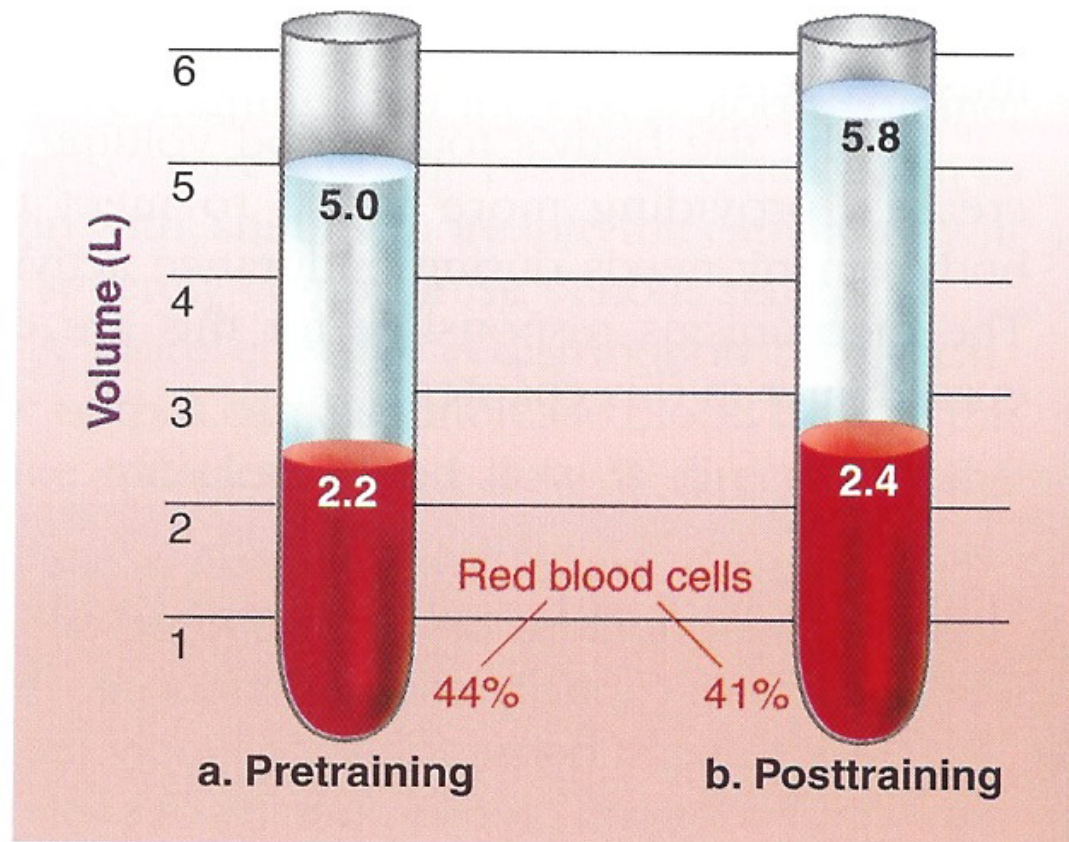


Figure 9.9 Increases in total blood volume and plasma volume with endurance training. Note that, although the hematocrit (percentage of red blood cells) has decreased from 44% to 41%, the total volume of red blood cells has increased slightly.

Kan basıncında meydana gelen değişiklikler:

- Antrenman sonucunda aynı iş yükündeki kan basıncı antrenman öncesine oranla daha düşüktür.
- Bunun yanı sıra, sınırda veya orta derecede hipertansiyonu (yüksek kan basıncı) olan kişilerde de antrenmanla istirahat diastolik ve sistolik kan basıncında önemli düşmeler görülmüştür.
 - Sistolik 10 mmHg
 - Diyastolik 8 mmHg

- Dirençli egzersizler ağır yükler kaldırılırken sistolik ve diyastolik basınçlarda büyük artışlara yol açabilirken, bu yüklerle sürekli çalışma dinlenim kan basıncında yükselmelere yol açmaz.
- Hipertansiyon haltercilerde ve güç, kuvvet sporu yapanlarda yaygın değildir.
- Kardiyovasküler sistem dirençli çalışmaya dinlenim kan basıncını düşürerek yanıt verir.