

Pulmoner Ventilasyonun Düzenlenmesi

- Kandaki PO_2 , PCO_2 ve pH homeostazisi, solunum ve dolaşım sistemleri arasındaki koordinasyon ile sağlanır.
- Solunum kasları, solunum merkezleri tarafından düzenlenen motor nöronlarla kontrol edilirler.
- Bu merkezler, solunum kaslarına düzenli olarak gönderdikleri sinir uyarıları ile solunum frekans ve derinliğini ayarlarlar.

Pulmoner Ventilasyonun Düzenlenmesi

- **Solunum merkezi** beyin sapında bulunur ve **3 ayrı merkezden** oluşmuştur. Bunlar;
 - **İnspirasyon merkezi** (dorsal solunum grubu),
 - **Ekspirasyon ve inspirasyon merkezi** (ventral solunum grubu) ve
 - **Pnömotaksik merkez**'dir (solunum hızı ve tipi grubu).

Pulmoner Ventilasyonun Düzenlenmesi

- **Solunum** ayrıca vücutta oluşan **kimyasal değişikliklerle** de **kontrol** edilir.
- Örneğin beynin bir bölgesi kandaki **CO₂** ve **H⁺ konsantrasyonu** artınca **solunum derinlik** ve **frekansını** artıran uyarılar gönderir.

Pulmoner Ventilasyonun Düzenlenmesi

- Solunumun artması da CO_2 'nin uzaklaştırılmasını sağlar.
- Solunum kontrolündeki değişiklikler özellikle CO_2 konsantrasyonundaki değişikliklerle ilgilidir.

Pulmoner Ventilasyonun Düzenlenmesi

- Kandaki CO_2 miktarı **çok** ise **karbonik asit** oluşur. Bu asit hemen **ayrışarak H^+ 'i serbest** bırakır.



- H^+ kanda **biriktikçe** kan **pH'ı düşer** ve kan asidesi artar. **PCO_2 yükselince solunum** artar.
- Bunun sebebi **CO_2 'nin kandan uzaklaştırılması** ve böylece **pH'ın miktarının kontrol edilebilmesidir.**

Pulmoner Ventilasyonun Düzenlenmesi

- Kemoreseptörlere ek olarak **solunumu etkileyen** diğer **nöral mekanizmalar**; A'ların çevresini saran plevrada, bronşlarda ve alveollerde bulunan **gerilim reseptörleridir**.
- Bu bölgeler **fazla gerilince** duyuşal uyarılar **ekspirasyon merkezine** iletilir.

Pulmoner Ventilasyonun Düzenlenmesi

- Bu merkezden gelen **motor uyarılar** da **inspirasyon** süresini **kısaltır**.
- Böylece **A'ların** fazla **gerilmesi engellenmiş** olur. Bu mekanizmaya **herring-bauer refleksi** denir.

Pulmoner Ventilasyonun Düzenlenmesi

- Serebral motor korteksin solunum üzerinde belli miktarda **istemli kontrolü** vardır.
- Ancak bu, solunum sisteminin otonom kontrolü nedeniyle **çok az etkilidir.**

Pulmoner Ventilasyonun Düzenlenmesi

- Örneğin **solunum 5 dk** boyunca **durdurulunca** kanda **CO₂** ve **H** **birikmeye başlar** ve O düzeyi düşer.
- Bu durumda medullada bulunan **solunum merkezi**, solunum yapmanın gerekli olduğuna karar verir ve **kişiyi solunum için zorlar**.

Pulmoner Ventilasyonun Düzenlenmesi

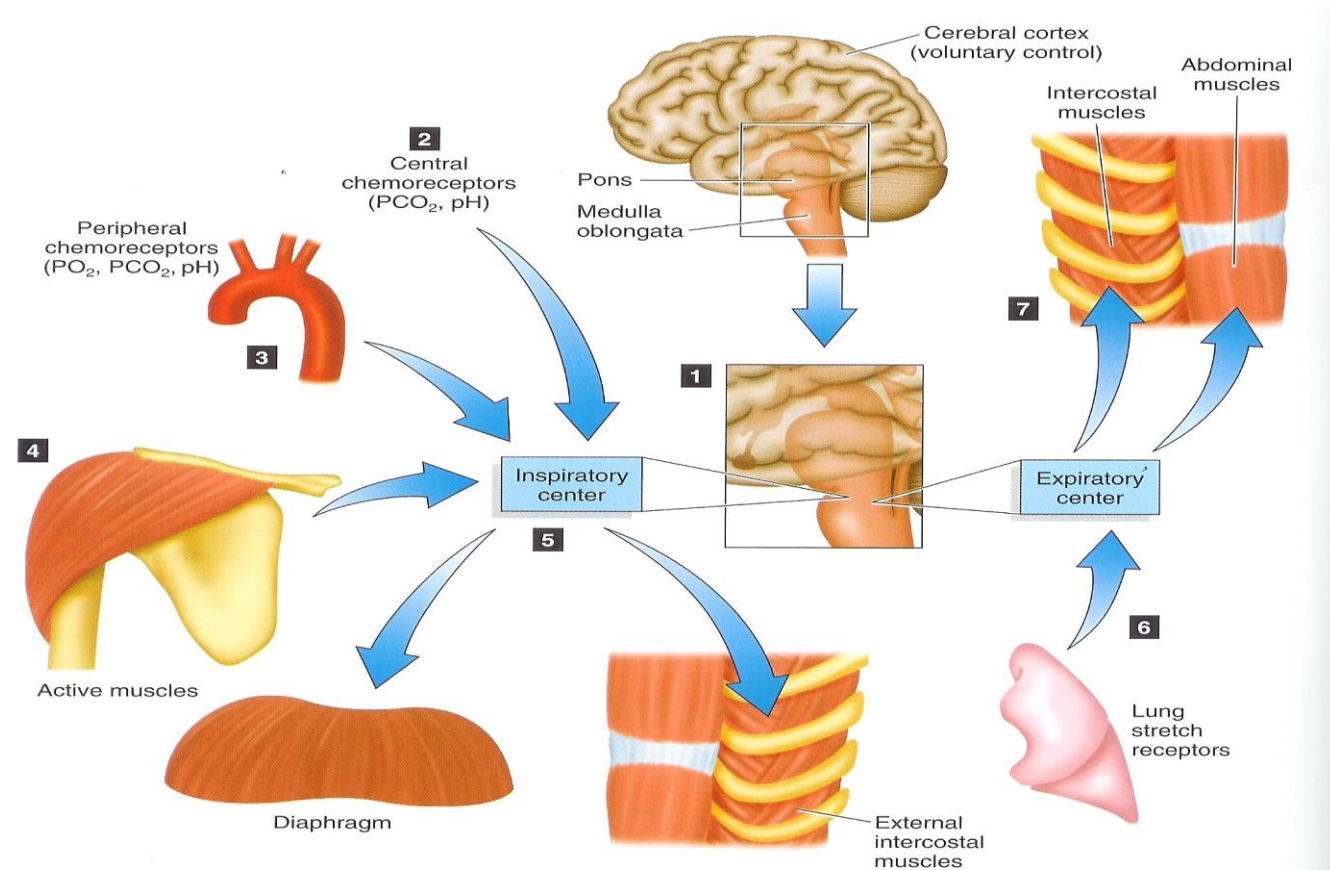


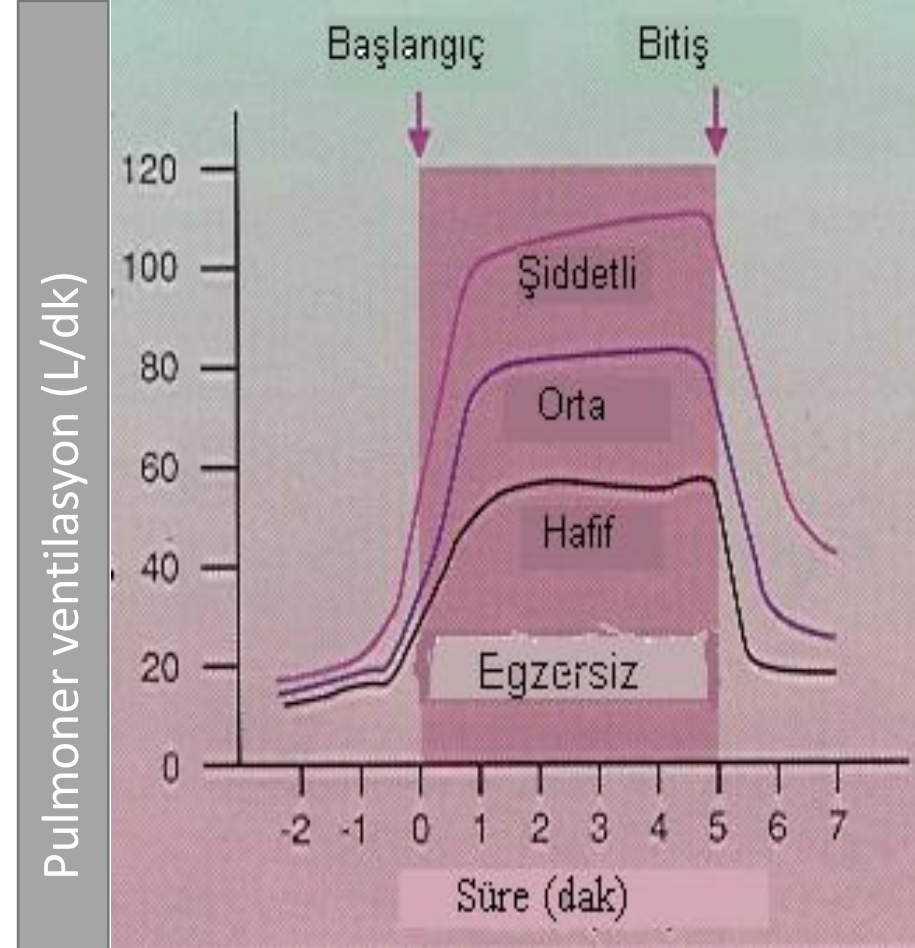
Figure 8.8 An overview of the processes involved in respiratory regulation. (1) The medulla oblongata contains the inspiratory and expiratory centers. When (2) central chemoreceptors, (3) peripheral chemoreceptors, and (4) active muscles stimulate the inspiratory center, the inspiratory center stimulates (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.

Pulmoner Ventilasyonun Düzenlenmesi

- **Egzersiz sırasında ventilasyon:** Egzersize başlayınca solunumda **iki aşamalı artış** görülür.
- Artışın ilk aşaması vücut hareketlerinin mekaniği sonucu oluşur.
- Egzersiz başlayınca herhangi kimyasal uyarı olmadan önce **serebral motor korteks** daha **aktif hale gelir** ve sinirsel uyarılar solunumdaki artıştan sorumlu sinir merkezine iletilir.

Pulmoner Ventilasyonun Düzenlenmesi

- Ayrıca çalışan kaslardan ve eklemlerden gelen **proprioseptif girdiler** hareket hakkında ek bilgi sağlar ve solunum merkezi yapılan harekete göre kendini ayarlar.



Pulmoner Ventilasyonun Düzenlenmesi

- Solunumdaki artışın daha dereceli olan ikinci aşaması, **arteriyal kanın ısı ve kimyasal yapısındaki değişiklikler** sonucu oluşur.
- Egzersiz **uzadıkça** daha fazla ısı, CO_2 ve H^+ açığa çıkması, O kullanımının ve **a-v O farkının artmasına** neden olur.

Pulmoner Ventilasyonun Düzenlenmesi

- Ayrıca daha fazla CO_2 kana difüze olması kandaki CO_2 ve H^+ düzeylerini yükseltir.
- Kemoreseptörler bu durumu algılar ve solunum merkezini uyararak solunum frekansı ile derinliğinin artmasına neden olur.

Pulmoner Ventilasyonun Düzenlenmesi

- Egzersiz bitince kasların enerji ihtiyacı **çabucak dinlenme durumundaki** düzeyine döner.
- Buna karşın **pulmoner solunumun normale** dönmesi daha **uzun sürer.**
- Solunum frekansı dokuların metabolik ihtiyacını karşılayacak kadar mükemmel değildir.

Pulmoner Ventilasyonun Düzenlenmesi

- Solunumun egzersiz sonrasında normale dönmesi için birkaç dakika geçmelidir.
- Çünkü solunum, egzersiz sonrasında öncelikle asit-baz dengesi, PCO_2 ve kan ısısına göre düzenlenir.
- Yapılan egzersizin şiddeti ile solunumun normale dönme süresi arasında doğrusal bir ilişki vardır.

Solunum Enerji Metabolizması

- O_2 içi ventilasyon eşitliği (solunum değeri): Dokularda harcanan O_2 miktarının (VO_2) solunan havaya (V_E) oranıdır ve solunum ekonomisinin göstergesidir.
- V_E/VO_2 harcanan her bir litre O_2 için solunan havanın miktarı ölçülerek belirlenir.

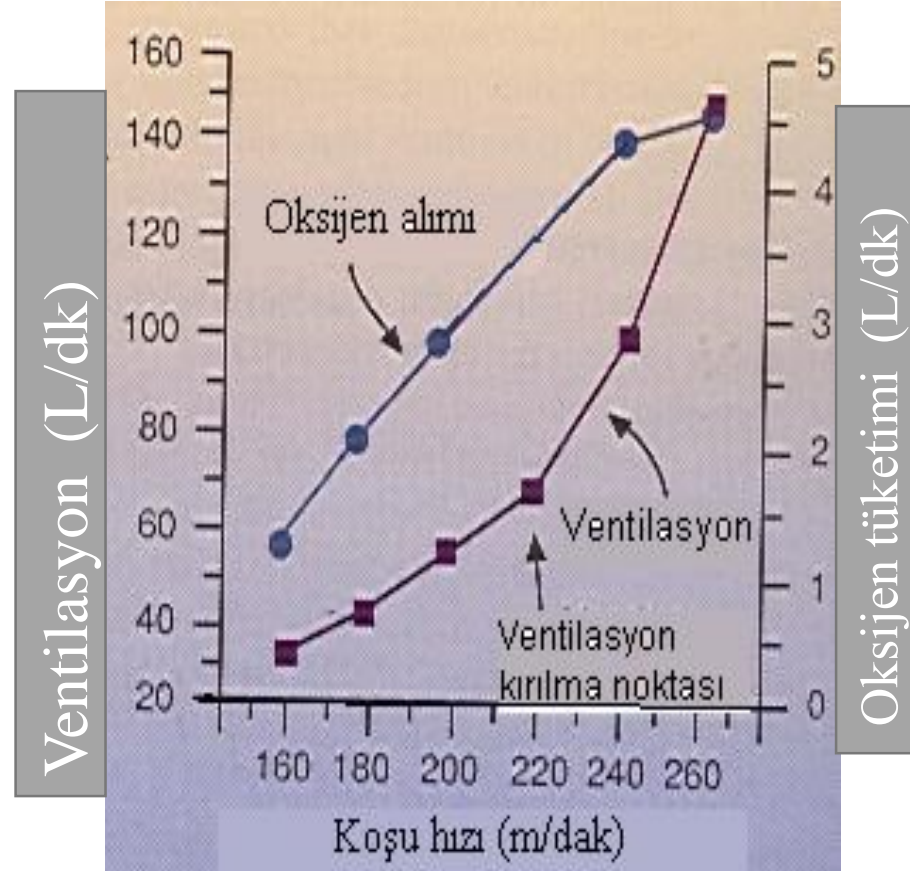
Solunum Enerji Metabolizması

- **Dinlenme** sırasında V_E/VO_2 , tüketilen **1 L O** için **23-28 L** havadır.
- Bu değer orta şiddetli bir egzersizde çok az değişir. **Maksimal egzersiz** sırasında **30 L** havaya ulaşabilir.
- Bu da, ventilasyonla ilgili kontrol sistemlerinin vücudun ihtiyaçlarına cevap verebilecek şekilde düzenlendiğini gösterir.

Solunum Enerji Metabolizması

- **Ventilasyon kırılma noktası**: Egzersiz şiddeti maksimuma doğru giderken **solunumun, O tüketimine** oranla daha **orantısız** olarak **artmaya başladığı** noktadır.
- Dakika başına üretilen CO₂ miktarındaki artışı da yansıtır.
- **Anaerobik eşik** kavramı ile aynı anlamda kullanılır.

Solunum Enerji Metabolizması



Solunum Enerji Metabolizması

- Egzersiz şiddeti kişinin VO_2max 'ının % 55'inden % 70'ine çıkınca kaslara gönderilen O miktarı enerji için gerekli O miktarını karşılayamaz.
- Ortaya çıkan açık anaerobik glikolizden daha fazla enerji harcanarak kapatılır ve LA birikimi artar.
- Oluşan LA, sodyum bikarbonat ile birleşir ve sodyum laktat, H_2O ve CO_2 oluşturur.

Solunum Enerji Metabolizması

- **CO₂ artışı** solunum merkezine uyarı göndererek solunumu artıran kemoresöptörleri uyarır.
- Böylece **ventilasyon kırılma noktası**, artan **CO₂ seviyesine** karşı bir **solunum refleksi** oluşturur.
- **Solunum** hızlı bir şekilde **ventilasyon kırılma noktasının üzerine çıkar.**

Solunum Enerji Metabolizması

- **Laktat eşiği ve anaerobik eşik:** O tüketiminde artışa neden olmadan orantısız şekilde artan solunum, ventilasyon kırılma noktasının LE ile bağlantılı olduğunu düşündürmektedir.
- **LE,** dereceli egzersiz testlerinde **kan laktat düzeyinin dinlenme düzeyinin üzerinde birikmeye** başladığı noktadır.

Solunum Enerji Metabolizması

- Ventilasyon kırılma noktası ise, dakikada üretilen CO_2 miktarındaki artışı yansıtır.
- Ventilasyon değişim oranı (Respiratory exchange ratio, RER), CO_2 üretiminin O tüketimine oranıdır.
- Öyleyse artan CO_2 üretimi RER'inde artmasını sağlar.

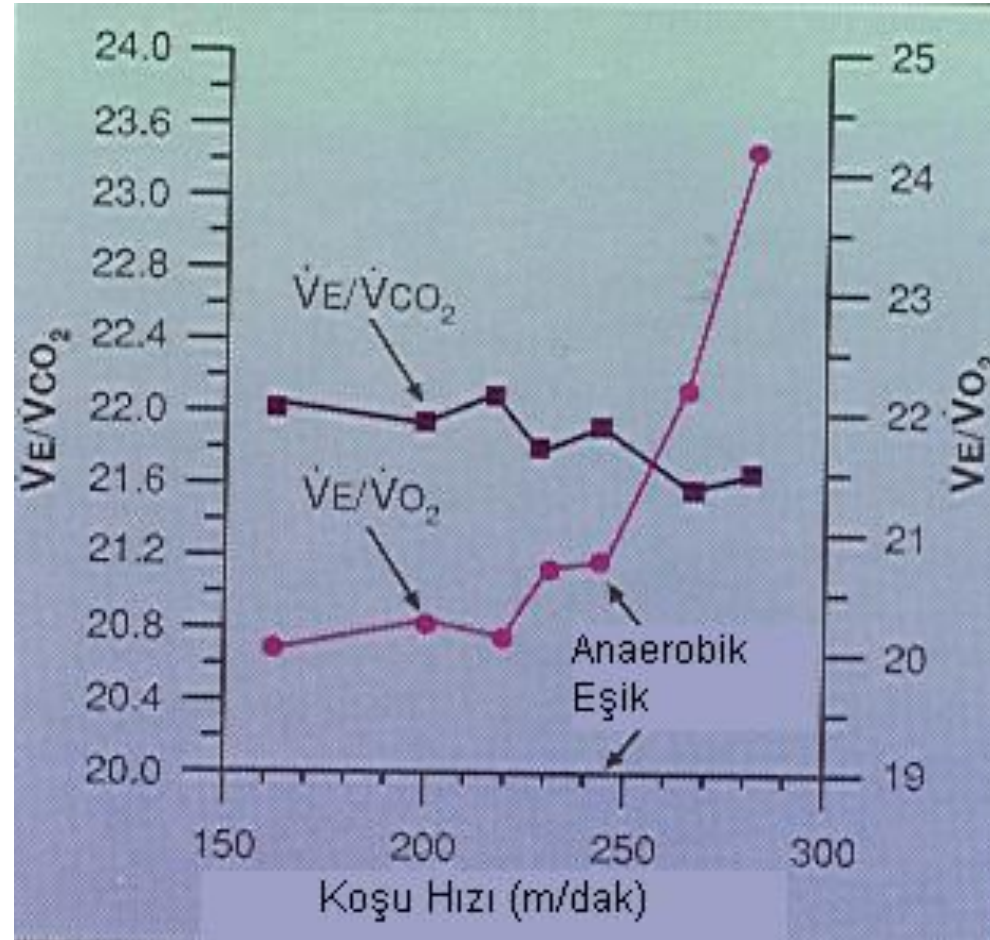
Solunum Enerji Metabolizması

- CO_2 'deki artış anaerobik metabolizmaya yönelik bir artıştır.
- AE, ventilasyon kırılma noktasına denk gelir. Bazı araştırmacılar RER'in AE'nin belirlenmesinde kan alımına alternatif olacağı görüşündeydi.
- Bugün, ventilasyon değerinin O ($V_E/V\text{O}_2$) ve CO_2 ($V_E/V\text{CO}_2$) için izlenmesi AE belirlemede en geçerli yöntemdir.

Solunum Enerji Metabolizması

- AE'nin tahmin edilmesindeki en önemli kriter V_E/VO_2 'deki sistemli artıştır.
- V_E/VO_2 'deki artış CO_2 'yi uzaklaştırmak için artan solunumun, vücudun ihtiyacı olan O'nun sağlanması ile orantılı olmadığını gösterir.
- O için gerekli ventilasyon değeri V_E/VO_2 , AE noktasından sonra ani bir artış gösterir.

Solunum Enerji Metabolizması



Performansı Kısıtlayan Solunum Faktörleri

- Dinlenme sırasında **vücutta** kullanılan **enerjinin** sadece **% 2'si** **solunum kasları** tarafından kullanılırken,
- zor bir egzersiz sırasında toplam **enerjinin % 15'i** **diyafram**, **interkostal kaslar** ve **abdominal kaslar** tarafından solunum için kullanılır.
- **Toparlanma** sırasında da toplam **enerjinin % 9-12'si** solunum için kullanılır.

Performansı Kısıtlayan Solunum Faktörleri

- Egzersiz sırasında solunum, alveolar CO_2 'deki artışı veya alveolar O 'daki **azalmayı önleyecek** kadardır.
- Maksimum egzersizlerde bile ventilasyon, kişinin maksimum kapasitesine kadar zorlanmaz.
- Bu kapasite maksimal istemli kapasite (MIK) olarak tanımlanır.

Performansı Kısıtlayan Solunum Faktörleri

- **Diyafram** diğer iskelet kaslarına göre **2-3 kat** daha **fazla oksidatif** kapasiteye ve **kapiller yoğunluğuna** sahiptir.
- **Böylece** uzun süreli egzersizlerde diğer kaslara göre **yağların oksidasyonu** ile daha **fazla enerji** elde eder.

Performansı Kısıtlayan Solunum Faktörleri

- Bu nedenle **uzun ve zorlu egzersizlerde** solunum kaslarının **glikojen depolarınının boşalması** solunumun **yorulmasına** neden olmaz.
- Havayolu direnci ve **gaz difüzyonu** sağlıklı kişilerde **egzersiz** yapmaya engel oluşturmaz.
- Çünkü **larinks boşluğu** ve **bronşlar genişler** ve egzersiz şartlarına **uyum sağlanır**.

Performansı Kısıtlayan Solunum Faktörleri

- Ancak **astım** gibi rahatsızlıkları olan kişilerde **bronşların daralması** ve **mukoza membranlarda ödem** oluşması solunumu sınırlayabilir.
- **Egzersiz yoğunluğunun** artmasıyla birlikte laktat ve **H⁺** üretimi de **artar**.
- Bu da enerji metabolizmasını yavaşlatır ve **kasların kontraksiyon kuvvetini azaltır**.

Asit-Baz Dengesinin Solunum Tarafından Düzenlenmesi

- **Asit** denilen moleküller **H⁺** açığa çıkarırlar.
- Kanda ve kaslarda, **serbest kalan** bu **H⁺** ile birleşerek onu **tamponlayıp etkisini azaltan** alkali **maddeler** bulunur.
- **Bu alkali** (baz özelliği gösteren) **maddelere tamponlayıcı** (buffer) **maddeler** de denir.



Asit-Baz Dengesinin Solunum Tarafından Düzenlenmesi

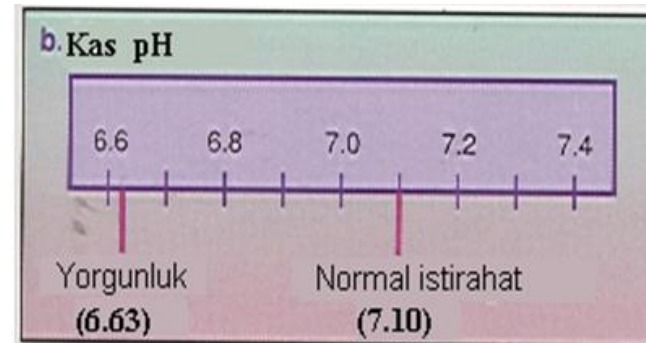
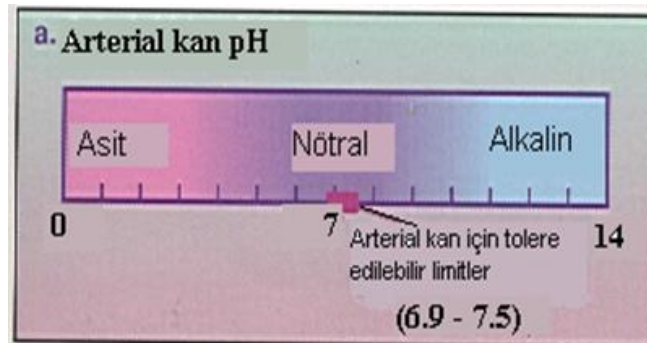
- H^+ konsantrasyonu genellikle **pH** değeriyle **ifade edilir**.
- Vücut sıvılarında H^+ konsantrasyonu **artınca** **pH** değerinin **düşmesine asidoz** veya **asidik durum** denir.
- Vücut sıvılarında H^+ konsantrasyonunun **azalması**, **pH** değerinin **artması** durumuna ise **alkaloz** veya **bazik durum** denir.

Asit-Baz Dengesinin Solunum Tarafından Düzenlenmesi

- **Dinlenme** sırasında vücut sıvıları **asitten** çok **baz** içerir.
- Ve **pH** değeri **kaslarda 7,1**, **kanda 7,4** seviyesindedir. **Arteriyel** kanda **tölere** edilebilir **pH** değeri **6,9-7,5**'dir.
- Bu değerlerin dışına çıktığında ancak birkaç dakika dayanılabilir.

Asit-Baz Dengesinin Solunum Tarafından Düzenlenmesi

- Hücre içi ve dışı sıvılarının pH'ı genellikle daha düşüktür ve **pH dengesinin ayarlanması** aşağıdaki işlemlerle gerçekleşir.
 - Kimyasal tamponlar,
 - Pulmoner ventilasyon ve
 - Böbrek fonksiyonları.



Asit-Baz Dengesinin Solunum Tarafından Düzenlenmesi

- Vücuttaki en önemli üç kimyasal tampon bikarbonat (HCO_3^-) iyonu, fosfat (Pi) ve proteindir.
- Bunlarla birlikte hemoglobin de önemli bir tampondur. HCO_3^- , kanda H^+ ile birleşir ve karbonik asidi oluşturur, böylece H^+ etkisini tamponlar.
- Karbonik asit, A'larda CO_2 ve H_2O 'ya ayrışır. CO_2 solunumla dışarı atılınca geriye sadece su kalır.

Asit-Baz Dengesinin Solunum Tarafından Düzenlenmesi

- H^+ ile **birleşen** ve bikarbonat miktarıyla **tamponlanan asit miktarı** birbirine **eşittir**.
- LA, pH'ı 7,4'den 7,0'a düşürünce, kandaki **bikarbonatın % 60'ı** kullanılır.
- **Dinlenme** sırasında da H^+ iyonu **vücuttan atılmadığında** kandaki **bikarbonatın önemli bir bölümü kullanılır**.

Asit-Baz Dengesinin Solunum Tarafından Düzenlenmesi

- Kan ve tamponlama maddeleri asidi olduğu yerden alıp atıldığı yer olan A'lara veya böbreklere getirir.
- Bu maddeler taşıma işleminden sonra tekrar kullanılabilir.

Asit-Baz Dengesinin Solunum Tarafından Düzenlenmesi

- H^+ , kas lifleri ve böbrek tübüllerinde öncelikle P_i tarafından tamponlanır.
- Kandaki H^+ artışı solunum merkezini uyarır ve solunum hızı artar.
- Bu durum bikarbonat iyonlarının birbirine bağlanmasını ve CO_2 'nin uzaklaştırılmasını kolaylaştırır.

Asit-Baz Dengesinin Solunum Tarafından Düzenlenmesi

- Böylece H^+ konsantrasyonu azalır ve kan pH'ı artar. Ancak bu geçici bir çözümdür.
- Daha kalıcı bir tamponlama için biriken H^+ iyonlarının böbrekler ve boşaltım sistemi yoluyla vücuttan atılması gerekir.
- Böbrekler tüm atık maddeleri ve H^+ 'leri kandan filtre ederek vücuttan uzaklaştırır.

Asit-Baz Dengesinin Solunum Tarafından Düzenlenmesi

- **Sürat** egzersizi sırasında büyük miktarda biriken **laktat** ve **H+**, **7,10** olan dinlenik **kas pH**'ını **6,70**'lere düşürür.
- Örneğin **400 m koşusu** sonunda **bacak kaslarında pH 6,63**'e düşer ve **kas laktat düzeyi** de **19,7 mmol/kg**'ye yükselir.

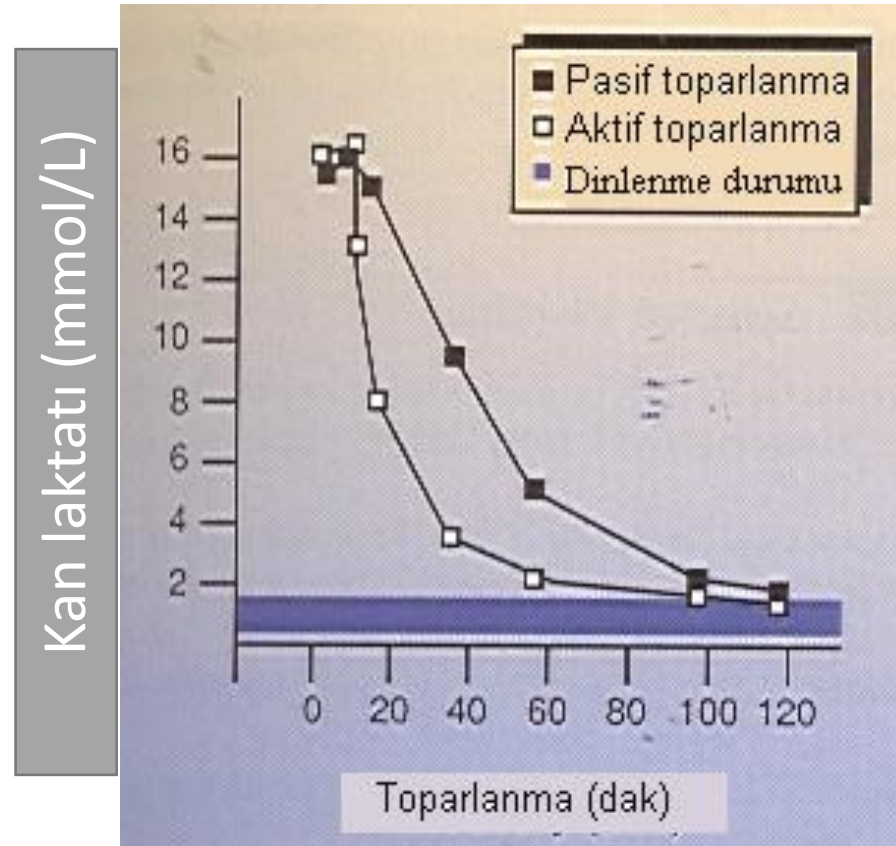
Asit-Baz Dengesinin Solunum Tarafından Düzenlenmesi

- Böyle bir egzersiz sonrasında **bu yan ürünler 5-10 dakika sonra dengeye** ulaşırlar.
- **Şiddetli egzersizler** sonrasında kan ve kas laktat düzeyinin **normal seviyelere ulaşması 1-2 saat** sürer.
- **PT** yerine **AT** bu laktatı kaslardan daha **çabuk uzaklaştırmaktadır**.

Asit-Baz Dengesinin Solunum Tarafından Düzenlenmesi

- Kan laktat seviyesi şiddetli bir anaerobik egzersizden 1-2 saat sonra da yüksek olsa bile kan ve kas H^+ konsantrasyonu 30-40 dk toparlanma sonrasında normale döner.
- Asit-baz dengesinin daha çabuk normale dönüşün sebebi, bikarbonat iyonu tarafından gerçekleştirilen kimyasal tamponlama ve CO_2 'nin solunum yoluyla uzaklaştırılmasıdır.

Asit-Baz Dengesinin Solunum Tarafından Düzenlenmesi



10) ANTRENMAN ADAPTASYONLARI: METABOLİK DEĞİŞİKLİKLER VE FİZİKSEL PERFORMANS

Düzenli yapılan egzersizler, yapılan antrenmanın aerobik veya anaerobik oluşuna bağlı olarak birçok metabolik ve morfolojik değişikliklere sebep olur.

Örneğin aerobik çalışmalar, dolaşım sistemini ve kasların ATP üretebilme kapasitesini geliştirir. Anaerobik çalışmalar ise kas gücünün ve asit-baz dengesinde oluşabilecek bozulmalara karşı organizmanın toleransının artmasını sağlar.

Aerobik Antrenman Sonucu Kasta Oluşan Adaptasyonlar

Aerobik antrenman ile görülen performans artışı antrenmana olan çok sayıda adaptasyonun sonucudur. Bu adaptasyonlar; kasta, enerji sistemlerinde, solunum ve dolaşım sistemlerinde değişiklikler yaratır. Örneğin kas liflerinin sürekli uyarılması sonucu aşağıdaki değişiklikler görülür;

Miyoglobin (Mg) miktarında değişiklik: Kas lifine gelen O_2 'ye bağlanan miyoglobinin, içeriğinde demir bulunur ve O_2 'yi hücre membranından alıp kullanıldığı yer olan mitokondriye getirir. Mg O_2 'yi depolar ve gerekli olduğunda serbest bırakır.

Aerobik Antrenman Sonucu Kasta Oluşan Adaptasyonlar

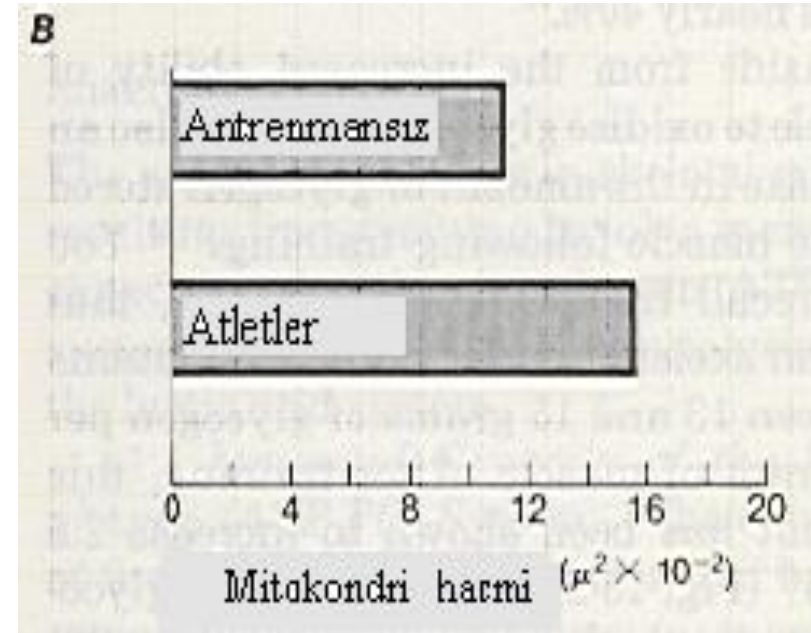
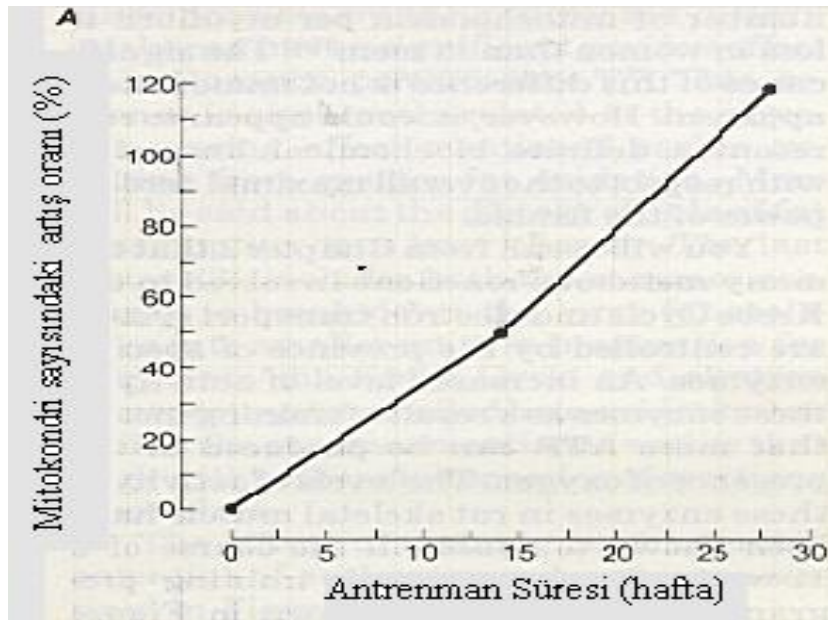
Depolanan bu O_2 özellikle egzersize başlama anında kullanılır. Çünkü kardiovasküler sistem egzersize başladığında mitokondriye O_2 sağlamada gecikir.

ST'lerde Mg miktarı fazladır. Mg, O_2 ile bağlanınca kırmızı renk alan bir pigment olduğundan bu kaslara kırmızı rengini verir. FT'lerin ise Mg miktarı azdır ve bu nedenle renkleri de beyazdır. FT'lerin yine Mg azlığından dolayı aerobik dayanıklılıkları da iyi değildir.

Hayvan deneylerinden elde edilen sonuçlara göre aerobik antrenmanlarla iskelet kasının Mg içeriği %75-80 oranında artırılabilir. Bu artış sadece antrenmana aktif olarak katılan kaslarda oluşur ve antrenman sıklığıyla doğru orantılıdır.

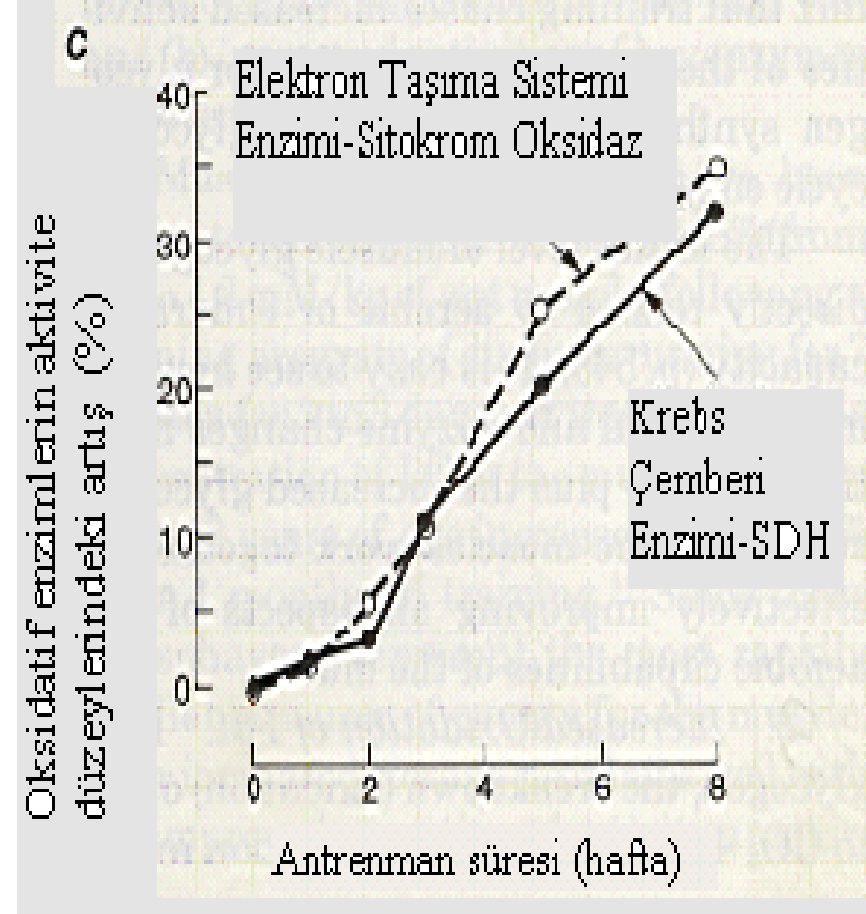
Aerobik Antrenman Sonucu Kasta Oluşan Adaptasyonlar

Mitokondri fonksiyonundaki değişiklikler: Aerobik antrenmanlar, kas liflerinin ATP üretim kapasitesini artıran mitokondrial değişikliklere neden olur. O₂ kullanma ve ATP üretme becerisi, kasta bulunan mitokondrilerin sayısı, hacimleri ve membran yüzey alanlarındaki artışla ilgilidir.



Aerobik Antrenman Sonucu Kasta Oluşan Adaptasyonlar

Dayanıklılık antrenmanlarıyla, aerobik enerji sisteminin farklı aşamalarında rol oynayan enzimlerin miktarlarında ve aktivite düzeylerinde artış görülür. Bunun sonucunda, iskelet kasındaki mitokondrilerin oksidatif fosforilasyonla aerobik olarak ATP üretme kapasiteleri artar.



Aerobik Antrenman Sonucu Kasta Oluşan Adaptasyonlar

Fareler ile yapılan bir çalışmada, 27 haftalık dayanıklılık antrenmanı sonucunda mitokondri sayısında yaklaşık %15 ve mitokondri hacminde %35'lik bir büyüme görülmüştür.

Oksidatif enzimlerde oluşan değişiklikler: Aerobik antrenmanlar sonucu; mitokondri sayısı, hacmi ve ATP üretme kapasitesindeki artışlar sonucunda, oksidatif enzimlerin aktivitesinde de artış görülür. Bu enzimlerin aktivitesindeki artış da VO_2 max'de gelişmeye neden olur.

Aerobik Antrenman Sonucu Kasta Oluşan Adaptasyonlar

Kas lif tipinde görülen değişiklikler: Kas liflerinin tümü aerobik ve anaerobik özellikler göstermesine rağmen, biyokimyasal özellikleri nedeniyle bazı lifler daha iyi aerobik veya anaerobik performansa sahiptir. Aerobik özelliği yüksek kas liflerine Tip1 ve anaerobik özellikleri gelişmiş kas liflerine de Tip2 denir. Tip1 (ST) ve Tip2 (FT) liflerinin antrenmana adaptasyonları farklıdır.

Antrenmanla Tip1 ve Tip2 liflerinde seçici hipertrofi oluşur. Aerobik antrenmanlar ST'lerde FT'lere oranla %7-22 oranında daha fazla büyümeye neden olmaktadır. Sürat koşucuları, gülle ve disk atıcılarında ise Tip2 lifler daha fazla bir hacme sahiptir.

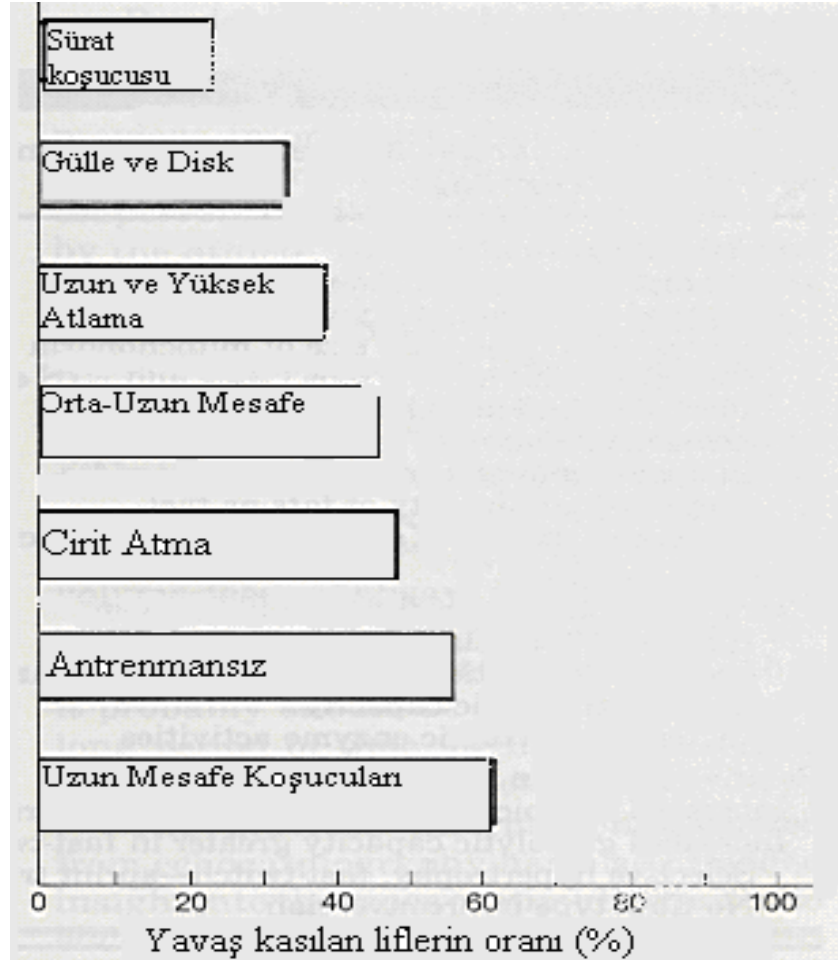
Aerobik Antrenman Sonucu Kasta Oluşan Adaptasyonlar

Ancak kas lifi tiplerinin oksidatif kapasiteleri antrenman ile değişmemektedir. ST'lerin aerobik kapasiteleri FT'lerden her zaman daha yüksektir.

Antrenmanla, FTa'ların (hızlı-glikolitik) FTb'lere (hızlı-oksidatif-glikolitik) dönüştüğü kanıtlanmıştır. Ancak Tip1'in Tip2'ye dönüşümünü kanıtlayan bir sonuca ulaşılmamıştır.

Antrenmanlar sonucunda Tip1 ve Tip2'lerin oranlarında da büyük değişiklikler olmamaktadır. Liflerin sayısı ve oranı genetik olarak belirlenmektedir. Bu bilgi, 'sporcu olunmaz, sporcu doğulur' tezini doğrulamaktadır.

Aerobik Antrenman Sonucu Kasta Oluşan Adaptasyonlar



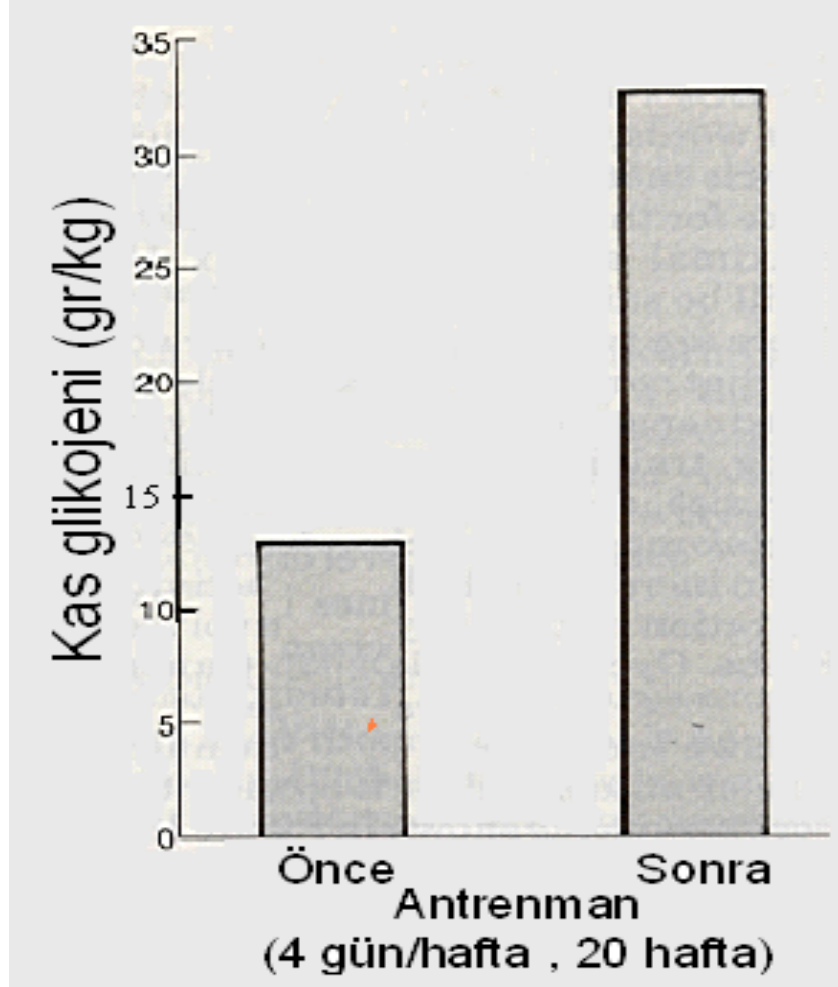
Yanda, farklı sporlar yapan kişilerin ve antrenmansız bireylerin sahip oldukları Tip2 (ST- yavaş kasılan) liflerinin oranları görülmektedir.

Aerobik Antrenman Sonucu Kasta Oluşan Adaptasyonlar

Kapiller damarlarda görülen değişiklikler: Uzun dayanıklılık antrenmanları sonucunda kapiller sayısı %15 oranında artabilmektedir. Bu durum daha fazla enerji üretilmesini ve kasların daha uzun süre çalışabilmesini sağlar.

Enerji kaynaklarının kullanımında görülen değişiklikler: İskelet kaslarının karbonhidratları kullanma kapasitesi artar. İnsanlarda 1kg kasa düşen glikojen miktarı 13-15gr'dır. Antrenmanla bu miktar 2,5 kat artabilir. Glikojen depolarındaki bu artış aerobik güçte artmaya neden olur.

Aerobik Antrenman Sonucu Kasta Oluşan Adaptasyonlar



Aerobik antrenmanlar ile iskelet kaslarının yağları kullanma kapasitesi de artar. Kaslara olan kan akışının, yağları metabolize ve mobilize eden enzimlerin aktivitelerinin artışıyla kasların, ATP üretebilme kapasiteleri gelişir. Ayrıca antrenmanlı kişiler aynı iş yükünde yağları enerji olarak daha fazla kullanırlar. Böylece glikojen kullanımını ve laktat oluşumu geciktirilmiş olur.

Aerobik Antrenman Sonucu Kasta Oluşan Adaptasyonlar

Yağın enerji olarak kullanılmasındaki artış, yağ asitlerinin parçalanması, taşınması ve aktive edilmesinde rol alan enzimlerin aktivitelerinin artmasıyla olur. Bunun sonucunda; intramüsküler trigliserit düzeyi (yağın kas içinde depolanmış hali) ve adipoz (yağ) dokulardan serbest bırakılan yağ asitlerinin miktarı artar. Araştırmalara göre; 8 haftalık antrenman programı uygulandığında, kas trigliserit miktarı 1,8 kat artmaktadır.

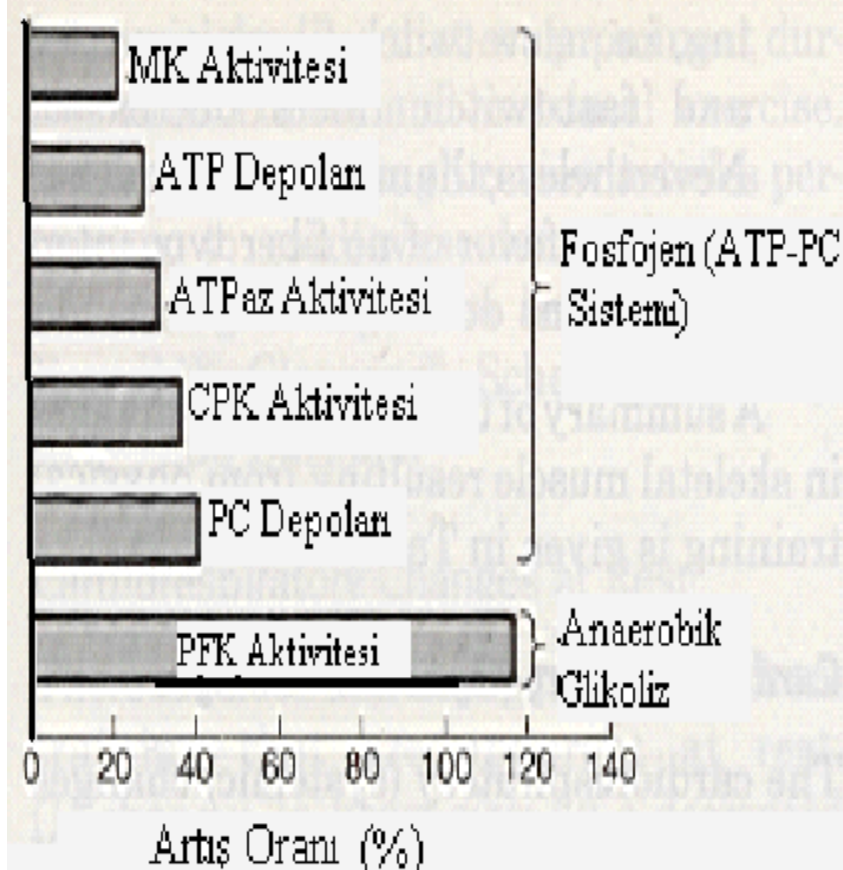
Sonuç olarak antrenmanla, enerji üretiminde yağ kullanımı artınca kas ve karaciğer glikojeni daha yavaş harcanmakta, laktik asit ve yorgunluk oluşumu gecikmektedir.

Anaerobik Antrenman Sonucu Kasta Oluşan Adaptasyonlar

Anaerobik antrenmanlar kas gücünün gelişmesini ve asit-baz dengesindeki bozulmalara karşı organizmanın toleransının artmasını sağlar. Anaerobik egzersizlerde, ATP-CP ile Anaerobik glikoliz sistemleri kullanıldığından yapılan antrenmanlar da bu sistemlerin gelişmesini sağlayacaktır.

ATP-PC sisteminde görülen değişiklikler: Hem aerobik hem de anaerobik antrenmanlar kastaki ATP-PC depolarını artırmaktadır. ATP-PC miktarının ve bu sistemde rol oynayan enzimlerin aktivite düzeylerinin artışı, ATP-PC enerji üretme sisteminin kapasitesini artırmaktadır. Bir çalışma, haftada 2-3 yapılan ve 7 ay süren uzun mesafe koşusunun, kas ATP depolarını %25 artırdığını ortaya koymuştur.

Anaerobik Antrenman Sonucu Kasta Oluşan Adaptasyonlar



Ancak anaerobik antrenman bu sistemin kapasitesini daha fazla artırmaktadır. Bu antrenmanlarla anahtar enzimlerin miktar ve aktivasyonlarında da artış görülür.

ATP'nin parçalanmasını sağlayan ATPaz, ATP'nin ADP'den sentezlenmesinde görevli olan MK (myokinaz) ve ATP'nin PC'den sentezlenmesinde katalizör olan CPK (kreatinfosfokinaz) en önemli enzimlerdir.

Anaerobik Antrenman Sonucu Kasta Oluşan Adaptasyonlar

Kasın glikolitik kapasitesinin artması: Fosforilaz, fosfofruktokinaz (PFK) ve laktatdehidrogenaz (LDH) enzimlerinin aktiviteleri 30sn'lik tekrarlayan egzersizler sonunda %10-25 oranında artmıştır. Ancak 6sn'lik egzersizler bu enzimlerde değişikliğe neden olmamıştır.

Anaerobik antrenman ile en çok aktivite artışı PFK'de %83 ile görülmüştür. Sürat ve güç sporcularında glikolitik enzim aktiviteleri, dayanıklılık sporcularına oranla daha fazladır. Özellikle fosforilaz ve PFK enzimleri ATP'nin anaerobik yoldan elde edilmesinde önemli iki enzimdir.

Anaerobik Antrenman Sonucu Kasta Oluşan Adaptasyonlar

Antrenmanın glikolitik kapasitedeki artışı gösteren diğer bir kanıtı ise maksimal egzersiz sonrasında laktik asit düzeyinde görülen artıştır. Glikolitik enzimlerin aktivasyonunun artması glikojenin laktik aside parçalanma hızını ve miktarını artırır. Ancak LA'nın artış sebebi motivasyon ve ağrı toleransındaki artış olabilir.

Anaerobik antrenmanlar sonucu Tip2'de daha fazla değişiklik görülür. Ancak bu değişiklik miktarı aerobik antrenmanlar sonucu Tip1'de görülen değişiklikler kadar belirgin değildir.

Anaerobik Antrenman Sonucu Kasta Oluşan Adaptasyonlar

Yapılan hareketin verimliliğinin artması: Anaerobik antrenmanlar özellikle yapılan harekete özel kas lifini uyararak hareketin daha verimli olmasını sağlarlar. Yüksek hızlarda ve ağır yüklerle yapılan antrenmanlar sonucu daha az enerji harcanarak daha çok iş yapılabilir hale gelir.

Aerobik enerji sistemlerinin gelişmesi: Uzun süreli anaerobik egzersizlerin sonlarında ihtiyaç duyulan enerjinin bir bölümü oksidatif metabolizma tarafından karşılanır. Bu nedenle tekrarlayan sürat koşuları tarzında antrenmanlar, aerobik kapasiteyi az da olsa geliştirir.

Anaerobik Antrenman Sonucu Kasta Oluşan Adaptasyonlar

Tamponlama kapasitesinin artması: Anaerobik antrenmanlar kasların LA'yı tölere etme kapasitesini artırır. Egzersizin süresi orta-uzun ve şiddeti yüksek olunca CO₂ ve LA'daki artışla birlikte H⁺ iyonları uzaklaştırılmaz ve pH düşer. Asit-baz dengesinin bozulması ve kas pH'ınının 7,0'dan aşağı inmesi performansı azaltır. Laktik asitin sebebi H⁺ iyonudur. Bikarbonat ve kas fosfatı gibi maddeler hidrojeni bağlarlar ve böylece kas liflerinin asiditesini önlerler.

8 haftalık anaerobik antrenmanın kasların LA'yı tamponlama özelliğini %12-50 oranında artırdığı bulunmuştur. Ancak aerobik antrenmanlar tamponlama mekanizması üzerinde çok etkili değildir.