

## **EGZERSİZ FİZYOLOJİSİ**

**Prof. Dr. Dr. Rüştü Güner**

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Spor Hekimliği Anabilim Dalı

### **AKTARILACAK KONULAR**

- Egzersizde Enerji Metabolizması
- Egzersizde Kasal Uyumlar
- Egzersiz Sonrası Toparlanma
- Sporcuyu Yorgun Hale Getiren Nedenler
- Egzersiz ve Dolaşım Sistemi
- Egzersiz ve Solunum Sistemi

### **ENERJİ SİSTEMLERİ**

- ATP'nin yeniden sentezlenmesi için gerekli enerji oksijenli ve oksijensiz metabolizmayla sağlanır.
- ATP, besinlerle alınan karbohidratlar, yağlar ve çok az da olsa proteinlerin metabolize edilmesiyle elde edilir.

### **ENERJİ SİSTEMLERİNİN SINIFLAMASI**

- Aerobik (Oksijenli) Enerji Metabolizması
- Anaerob (Oksijensiz) Enerji Metabolizması:
  - Alaktik Anaerob Enerji Metabolizması (Fosfajen Sistem)
  - Laktik Anaerob Enerji Metabolizması (Laktik Asit Sistemi)

### **ALAKTİK ANAEROB ENERJİ METABOLİZMASI FOSFAJEN SİSTEM**

- Kreatin fosfat (CP) kas hücrelerinde bulunan yüksek enerjili moleküldür.
- Çok yüksek şiddette ve 10 saniyeden daha az süren eforlarda enerjinin önemli kısmı bu yolla sağlanır.

CP  $\longrightarrow$  Pi + C + Enerji

Enerji + ADP + Pi  $\longrightarrow$  ATP

### **LAKTİK ANAEROB ENERJİ METABOLİZMASI LAKTİK ASİT SİSTEMİ**

- 10 saniye ile 2 dakika arasında süren şiddetli eforlarda enerjinin büyük bölümü bu sistemden karşılanır.
- Bu yolla sınırlı miktarda ATP yenilenir.
- 1 mol glikojenden 3 mol ATP

Glikojen  $\longrightarrow$  Laktik Asit + Enerji

Enerji + 3 ADP + 3 Pi  $\longrightarrow$  3 ATP

◆Laktik Asit kaslarda ve kanda yükselirse:

- Yorgunluğa yol açar.
- Kaslarda ağrı oluşur.
- Kasılma kuvveti düşer.
- Mitokondri enzim aktiviteleri engellenir.
- Karbohidratların yıkım hızı yavaşlar.

## **AEROBİK ENERJİ METABOLİZMASI OKSİJENLİ SİSTEM**

- 2 dakikadan daha uzun süren düşük şiddetli egzersizlerde enerjinin büyük bölümü bu yolla sağlanır.
- Oksijenin ortamda bulunması ile karbonhidrat ve yağların su ve karbondioksite kadar parçalanması ile enerji elde edilmesidir.
- Aerobik metabolizma sonucu 1 mol glikojenden 39 mol ATP, 1 mol yağ asidinden 130 mol ATP yenilenmektedir.

Glikojen + 6 O<sub>2</sub> → 6 CO<sub>2</sub> + 6 H<sub>2</sub>O + Enerji

Enerji + 39 ADP + 39 Pi → 39 ATP

Palmitik Asit + 23 O<sub>2</sub> → 16 CO<sub>2</sub> + 16 H<sub>2</sub>O + Enerji

Enerji + 130 ADP + 130 Pi → 130 ATP

## **ENERJİ ÜRETİMİ VE SPOR AKTİVİTELERİ**

- Hangi tür aktivite olursa olsun ortaya konan bedensel hareket için gerekli enerji bir metabolik yolla elde edilir ve sürekliliği sağlanır.
- Fiziksel aktivitenin süresi uzun, şiddeti düşük ise aerobik, süresi kısa, şiddeti yüksek ise anaerobik enerji yolları devreye girer.
- Aktivitenin şiddet ve süresine göre bu yolların katkısı değişik oranlarda olur.

## **EGZERSİZDE KASSAL UYUMLAR KAS FİZYOLOJİSİ**

- ◆ Hareket sisteminin temelini iskelet ve kaslar oluşturur.
- ◆ Kaslar yapı olarak üç gruba ayrılır:
  - Çizgili kaslar.
  - Düz kaslar.
  - Kalp Kası

## **KAS KASILMASI**

- ◆ Kas kasılması için aktin ve myozin flamanları etkileşir.
- ◆ Gerekli enerji ATP'den sağlanır.
- ◆ Myozin başına bağlanmış ATP parçalanır ve enerji açığa çıkar.
- ◆ Bu enerji myozin çapraz köprüsünde bükülme hareketine yol açar.
- ◆ Aktin flamanları ortaya doğru çekilir ve kasılma gerçekleşir.

## **İSKELET KASININ YAPISI**

- ◆ Tendon kasın kemiğe yapıştığı bölümdür.
- ◆ Kasın başlangıç noktası sabit, sonlandığı nokta ise hareketlidir.
- ◆ Kas son noktayı kendine doğru çekerek hareket eder.
- ◆ Kas kasılırken sadece çekebilir, hiçbir zaman itmez.
- ◆ Kaslar zıt etki yapanları ile birlikte çalışır.
- ◆ Kasın birisi kasılırken zıt taraftaki kas gevşer.

## **KAS KASILMA ÇEŞİTLERİ**

- ◆ İzometrik Kasılma
- ◆ Konsantrik kasılma
- ◆ Eksantrik kasılma
- ◆ İzokinetik kasılma

## **KAS LİFİ TİPLERİ**

- ◆ İskelet kasları farklı metabolik ve fonksiyonel özelliklere sahip kas liflerinden oluşur.
- ◆ Genel olarak lifler yavaş kasılan ve hızlı kasılan lif olmak üzere iki gruba ayrılırlar.
- ◆ Her kas işlevine göre değişik oranlarda her iki lif grubunu içerirler.
- ◆ Bu oranlar genetik ve yapılan spor dalının özelliğine göre farklılık gösterebilir.

## **KAS LİF TİPLERİNİN ÖZELLİKLERİ**

<b>ÖZELLİKLER</b>	<b>YAVAŞ</b>	<b>HIZLI</b>
Kasılma hızı	yavaş	hızlı
Kasılma süresi	uzun	kısa
Kasılma kuvveti	düşük	yüksek
Anaerobik kapasite	düşük	yüksek
Glikolitik enzim aktiviteleri	düşük	yüksek
Aerobik kapasite	yüksek	düşük
Oksidatif enzim aktiviteleri	yüksek	düşük
Myoglobin içeriği	yüksek	düşük
Mitokondri sayısı ve hacmi	yüksek	düşük
Yorgunluğa dayanıklılık	iyi	kötü
Kılcal damar içeriği	fazla	az
Rengi	kırmızı	beyaz
Glikojen içeriği	normal	normal

## **DAYANIKLILIK ANTRENMANLARININ KASLARA ETKİSİ**

- ◆ Düşük şiddette uzun süreli egzersizleri kapsayan çalışmalardır.
- ◆ Myoglobin miktarı artar.
- ◆ Glikojen depolanması artar.
- ◆ Mitokondrilerin sayısı, hacmi ve yüzey alanı artar.
- ◆ Aerobik metabolizmaya ait enzimler artar.
- ◆ Yağların salınımı, taşınımı ve kullanımı ile ilgili enzimler artar.
- ◆ Kas içi yağ miktarı artar.
- ◆ Yavaş kasılan lif tipi miktarı artar.
- ◆ Dolaşıma açılan kılcal damar sayısı artar.

## **KAS KUVVETİ**

- ◆ Bir kasın uygulayabileceği maksimum kuvvete kas kuvveti denir.
- ◆ Bir kasın en kısa zamanda meydana getirdiği kas kuvvetine patlayıcı kuvvet denir.

## **KAS KUVVETİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER**

- ◆ Yaş
- ◆ Cinsiyet
- ◆ Antrenman düzeyi
- ◆ Kasılmaya katılan kasların sayısı
- ◆ Kasın enine kesit alanı
- ◆ Kasın kasılma öncesi boyu
- ◆ Eklem açısı
- ◆ Hareketin hızı
- ◆ Kasın lif tipi yüzdesi
- ◆ Kas ısı
- ◆ Efor sonrası toparlanma
- ◆ Enerji deposu ve beslenme

## **KUVVET ANTRENMANLARININ KASLARA ETKİSİ**

- ◆ Yüksek şiddette ve kısa süreli interval egzersizleri kapsayan çalışmalardır.
- ◆ Sprint tipi ve ağırlık tipi antrenmanlar.
- ◆ Giderek artan yüklerle yapılan çalışmalar sonucu kas gelişir, büyür ve enine kesit alanı artar.
- ◆ Ağırlık antrenmanlarına, hızlı kasılan kas lifleri yavaş kasılanlara oranla daha iyi yanıt verirler.
- ◆ Kas büyümesi erkeklerde kadınlardan daha fazladır.
- ◆ Myofibrillerde sayı ve boyut artışı meydana gelir.
- ◆ Kasta depolanan ATP-CP miktarı artar
- ◆ Tendon ve bağ dokularda kuvvet artışı olur.
- ◆ Dolaşıma açılan kılcal damar sayısı artar.

## **KUVVET GELİŞİMİ**

- ◆ Kuvvetin oluşması ve antrene edilebilmesi için kas liflerinin çapının artması ve testosteron hormonunun olması gerekir.
- ◆ Kuvvet işe yarar ölçüde ergenlikten önce gelişmez ve geliştirilemez.
- ◆ 10 yaşına kadar kuvvet gelişimi vardır ancak kas kitlesinde belirgin artış yoktur.
- ◆ Erkeklerde 10 yaşlarından itibaren cinsiyet farkının görülmeye başlamasıyla hızlanan kuvvet gelişimi, 13-14 yaşlarında artmaya başlar.
- ◆ 18 yaşında erkeklerde kol ve bacaklarda maksimal kuvvet yüksek değerlere ulaşır.
- ◆ Daha sonra az da olsa artmaya devam eder, 35 yaşlarında sona erer.
- ◆ Kız çocuklarda kuvvet gelişimi oldukça doğrusal bir grafik çizer.
- ◆ Maksimal kuvvet gelişimi erkeklere oranla daha erken yaşlarda tamamlanır.
- ◆ 14 yaşlarında sınır değerlere erişen kızlar bu değerleri ancak sistemli antrenman yaparlarsa aşabilirler.

## **EGZERSİZ SONRASI TOPARLANMA**

### **FOSFAJEN DEPOLARININ YENİLENMESİ**

- ◆ Fosfajen depolarının yenilenmesinde yarılanma süresi 20-30 saniyedir.
- ◆ Fosfajen depoları en çok 3 dakika içinde yenilenir.
- ◆ ATP-CP yenilenmesinde gerekli enerji oksijenli sistemden karşılanır.

### **GLİKOJEN DEPOLARININ YENİLENMESİ**

- ◆ Uzun süreli egzersizlerden sonra yüksek karbonhidrat içeren diyet alındığında ilk 10 saat içinde önemli bir depo yenilenmesi olur.
- ◆ Depoların tamamı 48 saat içinde yenilenir.
- ◆ Kısa süreli kesintili eforlardan sonra normal bir diyetle iki saatte karbonhidrat depolarının önemli kısmı tamamlanır.

### **LAKTİK ASİTİN UZAKLAŞTIRILMASI**

- ◆ Laktik asidin uzaklaştırılması için gerekli enerji aerobik yolla sağlanır.
- ◆ Glikojene, glikoza, proteine çevrilebilir.
- ◆ Su ve karbondioksit indirgenabilir.
- ◆ Hem kalp hem de iskelet kasında yakıt olarak kullanılabilir.
- ◆ Egzersiz sonrası yapılan hafif aktiviteler laktik asitin uzaklaştırılma süresini kısaltır.

### **MYOGLOBİN OKSİJENLENMESİ**

- ◆ Myoglobine bağlı oksijen miktarı 300-350 ml kadardır.
- ◆ Egzersiz sonrası 1-2 dakika içinde bu yerine konur.

## **SPORCUYU YORGUN HALE GETİREN NEDENLER**

- ◆ Antrenman yanlışları: Laktik asit birikimine neden olan çalışmaların çok sık yapılması.
- ◆ Sporcunun özel hayatına özen göstermemesi
- ◆ Sporcunun beslenmemesine özen göstermemesi
- ◆ Psikolojik sorunlar
- ◆ Sporcunun sağlık sorunları
- ◆ Yorgunluk dinlenmeyle geçmeyecek hale geldiyse kronik yorgunluk haline gelir.
- ◆ Bulgular daha da artarsa sürantrenman durumu oluşur.

## **FİZYOLOJİK OLARAK YORGUNLUĞUN NEDENLERİ**

- ◆ Sinir kas bağlantı yerinde fonksiyonun bozulması
- ◆ Kan ısısının artması
- ◆ Glikojen depolarının yetersizliği
- ◆ Kreatin fosfat depolarının yetersiz hale gelmesi
- ◆ Laktik asit oluşumunun artması.
- ◆ Kan asit baz dengesinin asit tarafa kayması

## **LAKTİK ASİTE BAĞLI YORGUNLUĞUN GECİKTİRİLMESİ**

- ◆ Laktik asit birikim hızının azaltılması
- ◆ Kaslardan laktik asit atılımının artırılması
- ◆ Kaslardaki enzim aktivitesinin artırılması
- ◆ Laktik asitin kasta kana ve diğer kas liflerine geçiş hızı
- ◆ Çalışan kasa doğru kan akış hızı
- ◆ Laktik asit birikimine karşı toleransın artırılması

## **ANAEROBİK EŞİK**

- ◆ Laktik asitin kanda birikmeye başlamasının hızlandığı, anaerobik metabolizmaların belirgin şekilde artmaya başladığı efor düzeyidir.
- ◆ Bu sınır kanda laktik asitin 4 mMol olduğu değerdir.
- ◆ Dayanıklılık antrenmanlarının kendine özgü etkilerinden biri egzersiz sırasında çok az bir laktik asit birikimi ile egzersizi sürdürmeye çalışmaktır (Anaerobik eşiği yükseltmek).

## **EGZERSİZ VE DOLAŞIM SİSTEMİ**

- ◆ Enerji üretiminde besin maddelerinden ATP yenilenmesini sağlamak üzere metabolize edilmesi için oksijen gerekir.
- ◆ Oksijen akciğerler yoluyla kana geçer ve dolaşım sistemiyle dokulara iletilir.
- ◆ Dokulara oksijen sağlanması uygun kan akımı ile gerçekleşir.

## **KALP DEBİSİ**

- ◆ Dinlenme kalp debisi antrenmanlı ve antrenmansız bireyde aynıdır.
- ◆ Antrenmanlı bireyin dinlenik kalp atım hızı antrenmansız bireye oranla daha azdır.

## **DİNLENİK KALP DEBİSİ**

Dinlenme	Atım Hacmi	Kalp Atım Hızı	Kalp Debisi
Sedanter	70 ml	70 vuru/dk	4900 ml/dk
Antrenmanlı	100 ml	49 vuru/dk	4900 ml/dk

## **EGZERSİZDE KALP DEBİSİ**

Egzersiz	Atım Hacmi	Kalp Atım Hızı	Kalp Debisi
Sedanter	100 ml	200 vuru/dk	20.000 ml/dk
Antrenmanlı	111 ml	180 vuru/dk	20.000 ml/dk

## **EGZERSİZDE KAN AKIMI DÜZENLENMESİ**

- ◆ Dinlenik durumda kalp debisinin % 15-20'si kaslara giderken egzersiz şiddeti arttıkça kasa giden kan miktarında artış meydana gelir.
- ◆ Maksimal bir egzersizde toplam kalp debisinin % 80-85 kadarını alır.

## **EGZERSİZDE KAN AKIMI DÜZENLENMESİ**

- ◆ İç organlar ve deri gibi aktif olmayan dokularda damarlar refleks olarak daralır.
- ◆ Egzersizin başından itibaren kasların damarları refleks olarak genişler.
- ◆ Egzersiz devam ettikçe lokal sıcaklık, karbondioksit ve laktik asit düzeyi arttıkça ve oksijen düzeyi azaldıkça damarlar genişler.

## **OKSİJEN TAŞIMA SİSTEMİ**

- ◆ Dokularda ne kadar oksijen kullanıldığı arteriyo-venöz oksijen farkı kavramıyla açıklanabilir.
- ◆ Bu dokuya gelen ve dokudan ayrılan kandaki oksijen miktarı farkı ile saptanabilir.

## **OKSİJEN TÜKETİMİ**

- ◆ Oksijen tüketimi kalp atım hacmi, kalp atım hızı ve arteriyo-venöz oksijen farkı ile belirlenir.
- ◆ Oksijen tüketimi  $VO_2 = \text{Atım Hacmi} \times \text{Kalp Atım Hızı} \times \text{A-V } O_2 \text{ farkı}$
- ◆ Oksijen tüketimi dinlenik durum ve egzersiz sırasında farklılık gösterir.
- ◆ Maksimal egzersiz sırasında antrenmanlı ve antrenmansız birey arasında da farklılık bulunur.

## **ANTRENMANLI VE ANTREMANLI DENEKLERİN KARŞILAŞTIRMASI**

Koşullar	Atım Hacmi	Kalp Atım Hızı	a-v O <sub>2</sub> farkı	VO <sub>2</sub>
Sedanter	70 ml	70 vuru/dk	50 ml/L	245 ml/dk
Dinlenik				
Antrenmanlı	100 ml	50 vuru/dk	50 ml/ L	250 ml/dk
Dinlenik				
Sedanter				
Egzersiz	120 ml	195 vuru/dk	140 ml/L	3276 ml/dk
Antrenmanlı				
Egzersiz	150 ml	185 vuru/dk	155 ml/L	4300 ml/dk

## **EGZERSİZ VE SOLUNUM SİSTEMİ**

### **DİNLENİMDE SOLUNUM**

- ◆ Dinlenim koşullarında solunum kişiden kişiye değişir.
- ◆ Vücut yüzeyi, cins, yaş faktörleri etkilidir.
- ◆ Dakika Ventilasyon = 0.5 Litre x 12 = 6 Litre/dakika

### **EGZERSİZDE SOLUNUM**

- ◆ Egzersizde solunum derinliği ve solunum sıklığı artar.
- ◆ Solunum dakika sıklığı 35-45'e ulaşabilir.
- ◆ Soluk hacmi 2 litrenin üzerine çıkabilir.
- ◆ Dakika solunum 100 litrenin üzerine çıkabilir.
- ◆ İyi antrene erkek sporcularda 180 Litre, bayan sporcularda 130 Litreye ulaşabilir.
- ◆ Bu değerler dinlenim değerlerinin 25-30 katıdır.

- ◆ Egzersizde solunumun artması çalışan kaslarda oksijen tüketimi ve karbondioksit üretiminin artması ile orantılıdır.
- ◆ Dakika solunum karbondioksit üretimi ile düzenlenir.
- ◆ Antrene kişiler aynı iş yükünde antrenmansız bireylere oranla daha düşük dakika solunuma gereksinim duyarlar.
- ◆ Egzersizden önceki solunum artışından beyinden çıkan uyarılar sorumludur.
- ◆ Egzersizin başlamasıyla görülen hızlı solunum artışından çalışan kasların oluşturduğu harekete bağlı eklem reseptörlerinden kalkan sinir uyarıları sorumludur.
- ◆ Yavaş artış düşük şiddetli egzersizde kararlı dengeye ulaşıncaya kadar devam eder. Yavaş artıştan egzersiz sırasında üretilen karbondioksit sorumludur.
- ◆ Egzersiz biter bitmez solunumda hızlı düşüş görülür.
- ◆ Bu kas ve eklem reseptörlerindeki motor aktivitenin kesilmesi ile gerçekleşir.
- ◆ Hızlı düşüşün ardından yavaş dereceli düşüş olur.
- ◆ Yavaş düşüş karbondioksit üretiminin azalmasıyla kimyasal uyarıların azalmasından kaynaklanır.
- ◆ Egzersiz ne derece şiddetli ise solunumun dinlenme değerine düşüşü o kadar geç olur.

## **İLGİNİZE TEŞEKKÜRLER**