

ORGANİZMANIN YAKITLARI

Dr. Emin ERGEN * — Caner AÇIKADA **

Sportif açıdan vücudun fiziksel iş yapabilme yeteneği, enerjiyi mekanik kullanıma çevirebilmesi ile ilgilidir. Bu enerji, hareketin yapılmasında görevli işlevsel birimler olan kas hücrelerinde depolanmış durumda bulunan ATP (adenozintrifosfat) moleküllerinin parçalanması ile açığa çıkmaktadır. Hücresel enerjinin oluşmasında gerekli maddeler (besinler, oksijen, enzimler vb.), **Enerji Taşıma Sistemi** (dolaşım, solunum, sindirim sistemlerinin tümü) ile dokulara iletilir. **Enerji Değişim Sistemi** (hücresel alanda enerji oluşumunda görevli kimyasal maddeler) ise ATP yapımında rol oynamaktadır.

Burada, besinlerden ATP oluşumuna kadar olan zincirleme kimyasal olaylara bir göz atmakta yarar umuyoruz. (Daha ileriki yazılarda ATP'den enerji çıkışı ile kas kasılması arasındaki ilişkileri ele alacağız.)

Vücutta Enerji Taşınması :

Hücreler için gerekli temel enerjinin besinlerle alındığını biliyoruz. Ağızda başlayan sindirimde, tüm yiyecekler çeşitli enzimlerle daha kolay kullanılabilir basit parçalara (karbonhidratlar glikoza, protein amino asitlere vb.) bölünürler. Bağırsaklardan emilip dolaşıma katılan bu maddeler, kullanılmak üzere gerekli yerlere (karaciğere, kaslara vb.) gönderilir veya depolanır (yağ dokusu şeklinde olduğu gibi).

Vücutta Enerji Değişimi - Oluşumu :

Organizmanın yakıtları karbonhidratlar ve yağlardır. Proteinler ise enerji oluşumu için, an-

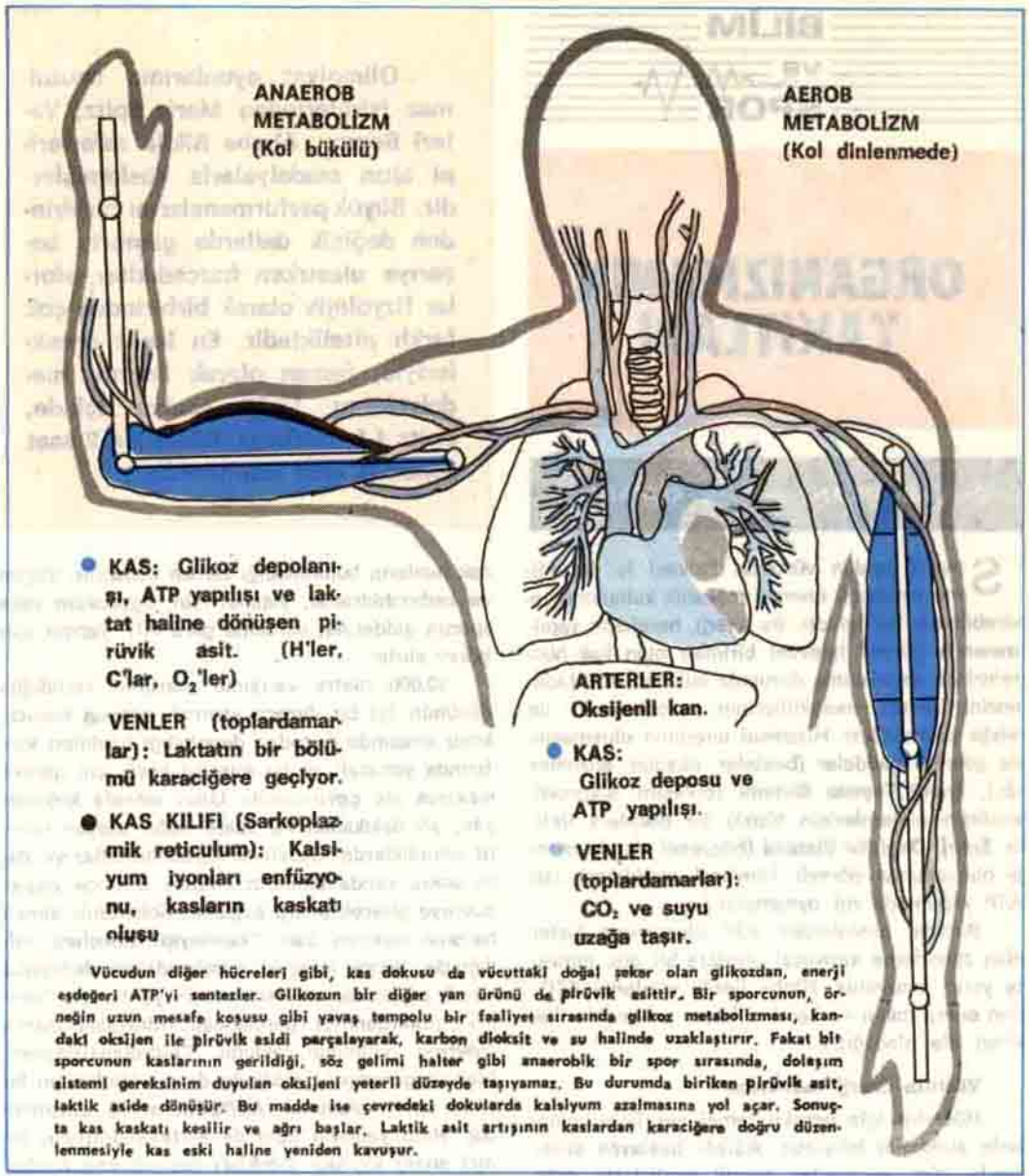
Olimpiyat oyunlarının unutulmaz isimlerinden Mark Spitz, Valeri Borzov, Abebe Bikila zaferlerini altın madalyalarla süslemişlerdir. Büyük performanslarını birbirinden değişik dallarda gösterip başarıya ulaşırken harcadıkları eforlar fizyolojik olarak birbirinden çok farklı niteliktedir. En basit örnekleriyle, zaman olarak Borzov, madalyalarını 10-20 saniye içinde, Spitz 1-2 dakikada, Bikila ise 2 saat sonunda elde etmişlerdir.

cak bunların bulunmadığı zaman kullanılır. Yağlar ve karbonhidratlar, yapılan işin, egzersizin veya sporun şiddetine, süresine göre ATP yapımı için görev alırlar.

10.000 metre yarışının startının verildiğini düşünün. İyi bir derece yapmak isteyen koşucu, koşu sırasında önceden depoladığı besinleri kaslarında yakacak ve bu enerjiyi koşu için gerekli mekanik işe çevirecektir. Uzun mesafe koşuları gibi, 3-5 dakikadan 1-2 saate kadar uzayan sportif etkinliklerde, öncelikle karbonhidratlar ve daha sonra kanda bunların miktarı azalınca yağlar devreye girerek enerji sağlanır. Solunumla alınan havanın oksijeni kanı "**tazeleyip**" dokulara geldiğinde, hücre içindeki mitokondrium dediğimiz küçük yapılarda, bazı enzimlerin yardımıyla "yanma" (indirgenme) gerçekleşir. Kimyasal olarak elektron yitiminin olduğu, "hidrojenizleşme" (dehidrogenasyon) şeklinde de nitelenilebilen bu yolla enerji oluşumu, **AEROBİK** enerji oluşumudur. Hem yağların hem de karbonhidratların temel enerji kaynağı oldukları düşünülürse, bunlardan hangisinin öncelikle aerobik enerji oluşumuna katılacağı sorusu akla gelebilir. Bu, süt ile (yağlı olduğundan) biranın (alkollü, hidrokarbon taşıdığından) karşılaştırılmasına benzer. Belirli koşullarda birbirlerine göre yeğlenirler. Örneğin, yağlar yalnızca oksijenli ortamda parçalanabildikleri halde, karbonhidratlar, biraz sonra açıklanacağı gibi, oksijensiz olarak da parçalanabilirler. Karbon atomu başına hesaplandığında, 6 karbonlu glikozun bir molekülü, aerobik yolla 38 molekül ATP oluşumuna izin verir. Oysa 18 karbonlu stearik asidin oksidasyonu ile 147 molekül ATP olur. Bu hesapça yağlar, 30 gibi daha

* Spor Hekimliği Uzmanı.

** Gezi Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bölümü Öğretim Görevlisi.



**ANAEROB
METABOLİZM
(Kol bükülü)**

**AEROB
METABOLİZM
(Kol dinlenmede)**

- **KAS:** Glikoz depolanması, ATP yapılışı ve laktat haline dönüşen pirüvik asit. (H'ler, C'lar, O₂'ler)

VENLER (toplardamarlar): Laktatın bir bölümü karaciğere geçiyor.

- **KAS KILIFI (Sarkoplazmik retikulum):** Kalsiyum iyonları enfüzyonu, kasların kaskatı oluşu

ARTERLER:
Oksijenli kan.

- **KAS:**
Glikoz deposu ve ATP yapılışı.
- **VENLER (toplardamarlar):**
CO₂ ve suyu uzağa taşır.

Vücudun diğer hücreleri gibi, kas dokusu da vücuttaki doğal pekar olan glikozdan, enerji eşdeğeri ATP'yi sentezler. Glikozun bir diğer yan ürünü de pirüvik asittir. Bir sporcunun, örneğin uzun mesafe koşusu gibi yavaş tempolu bir faaliyet sırasında glikoz metabolizması, kandaki oksijen ile pirüvik asidi parçalayarak, karbon dioksit ve su halinde uzaklaştırır. Fakat bir sporcunun kaslarının gerildiği, söz gelimi halter gibi anaerobik bir spor sırasında, dolaşım sistemi gereksinim duyulan oksijeni yeterli düzeyde taşıyamaz. Bu durumda biriken pirüvik asit, laktik aside dönüşür. Bu madde ise çevredeki dokularda kalsiyum azalmasına yol açar. Sonuçta kas kaskatı kesilir ve ağrı başlar. Laktik asit artışının kaslardan karaciğere doğru düzenlenmesiyle kas eski haline yeniden kavuşur.

büyük bir oranda ATP üretimine katılabilir. Ayrıca yağların depolanması daha kolaydır. Ancak, karbonhidratların oksijenle parçalanıp enerji üretimine katkıları daha ekonomiktir. Şöyle ki, glikozun parçalanıp 38 molekül ATP oluşturması için 6 molekül oksijen gerekir. Oysa parçalanıp 147 molekül ATP oluşması için ise 26 molekül oksijen gerekmektedir. Yani karbonhidratların yanmak için % 12 daha az oksijene gereksinimleri vardır.

Şimdi de bir sürat yüzücüsünü, ya da orta mesafe (800-1.500 m.) koşucusunu düşününüz. Çok

kısa sürede büyük eforlar harcamak zorunda olduklarından, bu sporcuların oksijeni alıp, kanla dokulara taşımaları ve bu yolla enerji üretmeleri için yeterli süreleri yoktur.

11 ayrı kimyasal basamağın ard arda gerçekleşmesi ile yalnızca karbonhidratlar oksijensiz olarak parçalanabilir ve ATP üretimine katkılarıdır. ANAEROBİK enerji oluşumu dediğimiz bu yolla, her glikoz molekülü 2 molekül ATP üretimine katkıda bulunabilir. Görüldüğü gibi, birbirine kıyasla aerobik yol, ATP üretiminde 18 kez daha avantajlıdır. Anaerobik yolla enerji oluşurken,

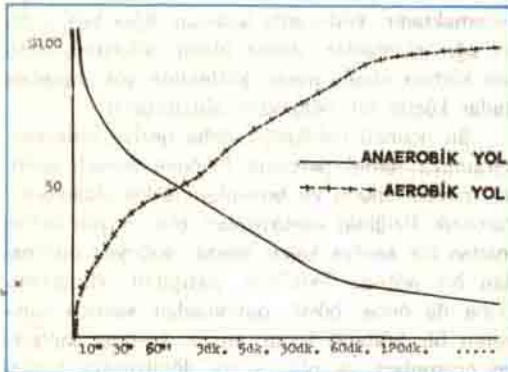
ENERJİ SİSTEMİ	YAKIT	AEROBİK YANMA İÇİN GEREKLİ OKSİJEN MOLEKÜLÜ	SONUÇTA OLUŞAN ATP MOLEKÜLÜ	KULLANMA SÜRESİ
AEROBİK	GLİKOZ	6	38	6-120 dk.
	SERBEST YAĞ ASIDI	26	147	çok uzun
ANAEROBİK	GLİKOZ	—	2	1-3 dk.

glikozun parçalanması ile ortaya laktik asit çıkmaktadır. Bu madde belirli bir süre sonra, anaerobik yolla enerji oluşumu mekanizmasını, kimyasal reaksiyonları yavaşlatarak ya da durdurarak engellemektedir. Böylece, sporcunun performansı sınırlanır. Çünkü kaslarda laktik asidin etkisi ile yanma, ağrı gibi yakınmalar başlar, kasılma kuvveti azalır. Bir başka deyiş ile kas hücreleri "zehirlenmiştir". Belki de aşırı zorlanan kasların sakatlanmaması için bir uyarı yapan (kimyasal reaksiyonu durdurarak veya ağrı duyusu oluşturarak) laktik asit, koruyucu görev yapıyor da denebilir.

Bazı spor dallarında ise öyle eforlar harcanır ki, çok kısa bir süre içinde maksimum performans gösterilmelidir. Örneğin çıkış noktasından fırlayan bir sprinterin ilk 6-8 saniye için harcayacağı efor, aerobik ve laktik asidin ürettiği anaerobik enerji sistemleri ile karşılanamayacak kadar kısa bir sürede yapılır. Yalnızca

kaslarda depolanmış durumda bulunan ve lüdi-likle kullanılabilir "övrensel enerji taşıyıcıları" olarak adlandırılan fosfagenler (ATP ve KP), yapılarındaki fosfat gruplarının ayrılmasıyla büyük bir enerji açığa çıkarırlar. İşte bu enerji, hücrel işlevleri ve spora özgü kas kasılmasının gerektirdiği kimyasal reaksiyonu başlatır. Sporcu-nun harcayabileceği maksimum efor, kaslardaki yüksek enerjili fosfagen miktarına bağlıdır. Yapılan araştırmalarda, hemen herkeste 6-8 saniyelik bir maksimum efora izin verecek kadar depo edilebilen ATP+KP ile bir sprinterin bu sürede 70 metre koşabildiği halde, sıradan bir atletin ancak 50-60 metre koştuğu bulunmuştur. Bunun nedeni, antrenmanlarda ATP ve Kreatin Fosfatın (KP) kaslarda biraz daha artırılabilceğidir. Kaslarda bulunan ATP deposu, "ATP Havuzu" olarak da adlandırılır. Bu havuzdaki eksikliği ise bir "Enerji Paketi" olan kreatin fosfat (KP) karşılar. KP kendi fosfat grubunu, ATP'nin yeniden yapımı (resentez) için verir. Yukarıda anlatılan aerobik ve anaerobik enerji oluşumu yolları da ATP oluşumu için adeta bir "mekik" gibi reaksiyonlara girerler. Kısaca HER ŞEY ATP YAPIMI İÇİNDİR. Çünkü hiçbir hücre ATP'siz işlev göremez, yaşayamaz.

Özetleyecek olursak, vücutta hücrel enerji ATP'ye bağımlıdır. ATP'ler ise besinlerin aerobik ya da anaerobik yolla parçalanması sonucu ortaya çıkan enerjiden yararlanarak yenilenirler. Aerobik enerji sistemi, uzun süren, düşük tempo ve yoğunluktaki fiziksel çalışmalarda, anaerobik enerji ise kısa ve şiddetli eforlarda kullanılan yollarıdır. Abebe Bikila aerobik sistemi, Borzov anaerobik sistemi, Spitz ise hem laktik asit oluşumunu, hem de laktik asit oluşmadan önce kaslarda depolanmış ATP miktarını artırmaya yarayan antrenmanlarla başarıya ulaşmışlardır.



AEROBİK VE ANAEROBİK ENERJİ YOLLARININ SPORUN SÜRESİNE GÖRE ENERJİ ÜRETİMİNE KATKI ORANLARI: Görüldüğü gibi süre uzadıkça aerobik sistem daha büyük oranda enerji oluşumu için rol oynamaktadır.

Gelecek sayımızda, "Yük altında organizma: Solunum, dolaşım, kas, eklem ve kemikler üzerindeki etkileri" konusunu ele alacağız.