

BÖLÜM 2

ENERJİ KAYNAKLARI (AEROBİK VE ANAEROBİK YOLLAR)

Esra ŞAHİNGÖZ BAKIRCI¹

Giriş

Kas kasılması ATP (adenozin trifosfat)'den elde edilen enerjiye bağlı olarak gerçekleşir. Son iki fosfatı ATP molekülüne bağlayan bağlar, yüksek enerjili fosfat bağlarıdır ve standart koşullarda bu bağların her birinde 7300 kalori enerji depo edilmiştir (1). ATP molekülünün fosfat gruplarının kararsız kimyasal bağlarının hidrolize edilmesiyle bir ADP (adenozin difosfat) ve bir Pi (inorganik fosfat) molekülüne dönüşür ve enerji ortaya çıkar. Açığa çıkan enerji iskelet kası kasılmasında çeşitli enzimatik aktivitelerde kullanılır (2).

Kas filamentlerinden miyozin başının ATPaz aktivitesi göstermesi kasılmada ATP kullanımını sağlar. Kasılmadan sonra sarkoplazmik retikulumda kalsiyum pompalanması ve aksiyon potansiyelinin membran boyunca yayılabilmesini sağlayan Na⁺/K⁺ ATPaz enzim aktiviteleri için de ATP gerekir (3). Kas lifinde mevcut olan ATP konsantrasyonu kasılmayı ancak birkaç saniye sürdürebilir. ATP, ADP'ye dönüştükten sonra, ADP'nin yeni ATP oluşturulmak üzere yeniden refosforile edilmesi gerekir. Bu refosforilasyonu sağlayan çeşitli enerji kaynakları vardır (1). Bu refosforilasyon ile ATP sirkülasyonunu sağlayan üç farklı sistem vardır; yüksek enerjili fosfat sistemi, anaerobik glikoliz ve aerobik oksidatif sistem. Tüm enerji sistemleri spor etkinliklerinde enerji sağlanmasına katkıda bulunmakla beraber gerçekleşen sportif aktivitenin özelliklerine göre aerobik ya da anaerobik yolak baskın olabilir (4).

¹ Uzm. Dr., Yozgat Şehir Hastanesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Kliniği, dresrasahingoz@gmail.com

ölçülebilir ve güvenilir bir göstergesidir. Anaerobik süreçlerle enerji sağlanabileceğinden, $VO_2\text{max}$ 'a ulaşıldıktan sonra kısa bir süre daha egzersiz yapmaya devam edilebilir. Artmış kalp atım hacmi, gelişmiş miyokard fonksiyonu ve kaslarda daha yüksek oksidatif metabolizma kapasitesi olması sayesinde eğitimli atletlerde $VO_2\text{max}$, sedanter bireylere kıyasla iki kat daha yüksek olabilir. Sağlıklı genç bireyler için ortalama olarak $VO_2\text{max}$ kadınlarda dakikada 38 mL/kg ve erkeklerde 44 mL/kg değerine sahiptir (1, 4).

Ağırlıklı olarak oksidatif sisteme dayanan spor aktiviteleri; 5000 metre, 10.000 metre koşular, maratonlar, 1500 metre yüzme ve futboldur. Bu tarz ağır sportif aktiviteler ve egzersizler sonrasında aerobik enerji deposunun büyük bir kısmı azalır. Bu durum oksijen borcuna ve kaslarda bulunan glikojen depolarının boşalmasına bağlıdır (14).

Ağır bir egzersiz esnasında vücutta depo edilen oksijenin tamamı ilk birkaç dakika içerisinde tamamen kullanılır. Egzersiz bitiminde normalden daha fazla oksijen alınarak oksijen depoları yenilenir. Ek olarak laktik asit ve fosfajen sistemlerinin yenilenmesi için oksijen gerekir. Vücuda sağlanması gereken bu fazladan oksijen miktarına oksijen borcu adı verilir. Vücutta oksijen borcunun ödenmesi ve fosfajen sistemin yenilenmesi sırasında başta oksijen kullanımı çok yüksek seyredip sonrasında azalmaktadır (18).

Kasların fosfajen sistemlerinin yenilenmesi kısa sürelerde gerçekleşebildiği halde, kas glikojeninin yerine konabilmesi günler alabilmektedir. Bu süre diyetten büyük ölçüde etkilenmekte olup; karbonhidrattan zengin diyetle bu yenilenme 2 günde sağlanabilirken, yüksek yağ-protein ya da yetersiz besin alımında günlerce sürebilmektedir (3, 14).

Kaynaklar

1. Yıldız, S.A., *Aerobik ve anaerobik kapasitenin anlamı nedir*. Solunum dergisi, 2012. 14 (1): p. 1-8.
2. Wells, G.D., H. Selvadurai, and I. Tein, *Bioenergetic provision of energy for muscular activity*. Paediatric respiratory reviews, 2009. 10 (3): p. 83-90.
3. Hargreaves, M. and L.L. Spriet, *Skeletal muscle energy metabolism during exercise*. Nature Metabolism, 2020. 2 (9): p. 817-828.
4. Rivera-Brown, A.M. and W.R. Frontera, *Principles of exercise physiology: responses to acute exercise and long-term adaptations to training*. Pm&r, 2012. 4 (11): p. 797-804.
5. Spriet, L.L., R.A. Howlett, and G.J. Heigenhauser, *An enzymatic approach to lactate production in human skeletal muscle during exercise*. Medicine and science in sports and exercise, 2000. 32 (4): p. 756-763.
6. Gaitanos, G.C., et al., *Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise*. Journal of applied physiology, 1993. 75 (2): p. 712-719.

7. Chamari, K. and J. Padulo, 'Aerobic' and 'Anaerobic' terms used in exercise physiology: a critical terminology reflection. *Sports medicine-open*, 2015. 1 (1): p. 1-4.
8. Korzeniewski, B. and P. Liguzinski, *Theoretical studies on the regulation of anaerobic glycolysis and its influence on oxidative phosphorylation in skeletal muscle*. *Biophysical chemistry*, 2004. 110 (1-2): p. 147-169.
9. Mukund, K. and S. Subramaniam, *Skeletal muscle: A review of molecular structure and function, in health and disease*. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Systems Biology and Medicine*, 2020. 12 (1): p. e1462.
10. Leto, D. and A.R. Saltiel, *Regulation of glucose transport by insulin: traffic control of GLUT4*. *Nature reviews Molecular cell biology*, 2012. 13 (6): p. 383-396.
11. Musi, N. and L. Goodyear, *AMP-activated protein kinase and muscle glucose uptake*. *Acta Physiologica Scandinavica*, 2003. 178 (4): p. 337-345.
12. Hardie, D.G., *AMP-activated protein kinase—an energy sensor that regulates all aspects of cell function*. *Genes & development*, 2011. 25 (18): p. 1895-1908.
13. Ohlendieck, K., *Proteomics of skeletal muscle glycolysis*. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Proteins and Proteomics*, 2010. 1804 (11): p. 2089-2101.
14. Plowman, S.A. and D.L. Smith, *Exercise physiology for health fitness and performance*. 2013: Lippincott Williams & Wilkins.
15. Hargreaves, M., *Skeletal muscle metabolism during exercise in humans*. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 2000. 27 (3): p. 225-228.
16. VØLLESTAD, N.K. and P.C.S. BLOM, *Effect of varying exercise intensity on glycogen depletion in human muscle fibres*. *Acta Physiologica Scandinavica*, 1985. 125 (3): p. 395-405.
17. Jacobs, R.A., et al., *Determinants of time trial performance and maximal incremental exercise in highly trained endurance athletes*. *Journal of Applied Physiology*, 2011. 111 (5): p. 1422-1430.
18. Gaesser, G.A. and C.A. Brooks, *Metabolic bases of excess post-exercise oxygen*. *Medicine and science in sports and exercise*, 1984. 16 (1): p. 29-43.