

**Polton Sports  
Science &  
Performance Lab**



# **METABOLISME ENERGI TUBUH & OLAHRAGA**

M. Anwari Irawan

*Sports Science Brief*

[www.pssplab.com](http://www.pssplab.com)



## METABOLISME ENERGI TUBUH & OLAHRAGA

M. Anwari Irawan

Volume 01 (2007) ■ No. 07

### 1. Pendahuluan

Di dalam berbagai jenis olahraga baik olahraga dengan gerakan-gerakan yang bersifat konstan seperti jogging, marathon dan bersepeda atau juga pada olahraga yang melibatkan gerakan-gerakan yang eksplosif seperti menendang bola atau gerakan smash dalam olahraga tenis atau bulutangkis, jaringan otot hanya akan memperoleh energi dari pemecahan molekul *adenosine triphosphate* atau yang biasa disingkat sebagai ATP.

Melalui simpanan energi yang terdapat di dalam tubuh yaitu simpanan *phosphocreatine* (PCr), karbohidrat, lemak dan protein, molekul ATP ini akan dihasilkan melalui metabolisme energi yang akan melibatkan beberapa reaksi kimia yang kompleks. Penggunaan simpanan-simpanan energi tersebut beserta jalur metabolisme energi yang akan digunakan untuk menghasilkan molekul ATP ini juga akan bergantung terhadap jenis aktivitas serta intensitas yang dilakukan saat berolahraga.



Photo by Jimmy Harris

### 2. Aktivitas Aerobik & Anaerobik dalam Olahraga

Secara umum aktivitas yang terdapat dalam kegiatan olahraga akan terdiri dari kombinasi 2 jenis aktivitas yaitu aktivitas yang bersifat aerobik

dan aktivitas yang bersifat anaerobik. Kegiatan/jenis olahraga yang bersifat ketahanan seperti jogging, marathon, triathlon dan juga bersepeda jarak jauh merupakan jenis olahraga dengan komponen aktivitas aerobik yang dominan sedangkan kegiatan olahraga yang membutuhkan tenaga besar dalam waktu singkat seperti angkat berat, push-up, sprint atau juga loncat jauh merupakan jenis olahraga dengan komponen aktivitas anaerobik yang dominan.

Namun dalam beragamnya berbagai cabang olahraga akan terdapat jenis olahraga atau juga aktivitas latihan

dengan satu komponen aktivitas yang lebih dominan atau juga akan terdapat cabang olahraga yang menggunakan kombinasi antara aktivitas yang bersifat aerobik & anaerobik.

Aktivitas aerobik merupakan aktivitas yang bergantung terhadap ketersediaan oksigen untuk membantu proses pembakaran sumber energi sehingga juga akan bergantung terhadap kerja optimal dari organ-organ tubuh seperti jantung, paru-paru dan juga pembuluh darah untuk dapat mengangkut oksigen agar proses pembakaran sumber energi dapat berjalan dengan sempurna. Aktivitas ini biasanya merupakan aktivitas olahraga dengan intensitas rendah-sedang yang dapat dilakukan secara kontinu dalam waktu yang cukup lama seperti jalan kaki, bersepeda atau juga jogging.

Aktivitas anaerobik merupakan aktivitas dengan intensitas tinggi yang membutuhkan energi secara cepat dalam waktu yang singkat namun tidak dapat dilakukan secara kontinu untuk durasi waktu yang lama. Aktivitas ini biasanya juga akan membutuhkan interval istirahat agar ATP dapat diregenerasi sehingga kegiatannya dapat dilanjutkan kembali. Contoh dari kegiatan/jenis olahraga yang memiliki aktivitas anaerobik dominan adalah lari cepat (sprint), *push-up*, *body building*, gimnastik atau juga loncat jauh. Dalam beberapa jenis olahraga beregu atau juga individual akan terdapat pula gerakan-gerakan/aktivitas seperti meloncat, mengoper, melempar, menendang bola, memukul bola atau juga mengejar bola dengan cepat yang bersifat anaerobik. Oleh sebab itu maka beberapa cabang olahraga seperti sepakbola, bola basket atau juga tenis lapangan disebutkan merupakan kegiatan olahraga dengan kombinasi antara aktivitas aerobik dan anaerobik.



### 3. Metabolisme Energi Saat Berolahraga

Inti dari semua proses metabolisme energi di dalam tubuh adalah untuk menresintesis molekul ATP dimana prosesnya akan dapat berjalan secara aerobik maupun anaerobik. Proses hidrolisis ATP yang akan menghasilkan energi ini dapat dituliskan melalui persamaan reaksi kimia sederhana sebagai berikut:



Di dalam jaringan otot, hidrolisis 1 mol ATP akan menghasilkan energi sebesar 31 kJ (7.3 kkal) serta akan menghasilkan produk lain berupa ADP (*adenosine diphosphate*) dan Pi (inorganik fosfat). Pada saat berolahraga, terdapat 3 jalur metabolisme energi yang dapat digunakan oleh tubuh untuk menghasilkan ATP yaitu hidrolisis *phosphocreatine* (PCr), glikolisis anaerobik glukosa serta pembakaran simpanan karbohidrat, lemak dan juga protein.

Pada kegiatan olahraga dengan aktivitas aerobik yang dominan, metabolisme energi akan berjalan



Photo by Giovanni JL

melalui pembakaran simpanan karbohidrat, lemak dan sebagian kecil ( $\pm 5\%$ ) dari pemecahan simpanan protein yang terdapat di dalam tubuh untuk menghasilkan ATP (*adenosine triphosphate*). Proses metabolisme ketiga sumber energi ini akan berjalan dengan kehadiran oksigen ( $\text{O}_2$ ) yang diperoleh melalui proses pernafasan.

Sedangkan pada aktivitas yang bersifat anaerobik, energi yang akan digunakan oleh tubuh untuk melakukan aktivitas yang membutuhkan energi secara cepat ini akan diperoleh melalui hidrolisis *phosphocreatine* (PCr) serta melalui glikolisis glukosa secara anaerobik. Proses metabolisme energi secara anaerobik ini dapat berjalan tanpa kehadiran oksigen ( $\text{O}_2$ ).

Proses metabolisme energi secara anaerobik dapat menghasilkan ATP dengan laju yang lebih cepat jika dibandingkan dengan metabolisme energi secara aerobik. Sehingga untuk gerakan-gerakan dalam olahraga yang membutuhkan tenaga yang besar dalam waktu yang singkat, proses metabolisme energi secara anaerobik dapat menyediakan ATP dengan cepat namun hanya untuk waktu yang terbatas yaitu hanya sekitar  $\pm 90$  detik. Walaupun prosesnya dapat berjalan secara cepat, namun metabolisme energi secara anaerobik ini hanya menghasilkan molekul ATP yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan metabolisme energi secara aerobik (2 ATP vs 36 ATP per 1 molekul glukosa).

Proses metabolisme energi secara aerobik juga dikatakan merupakan proses yang bersih karena selain akan menghasilkan energi, proses tersebut hanya akan menghasilkan produk samping berupa karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Hal ini berbeda dengan proses metabolisme secara anaerobik yang juga akan menghasilkan produk samping berupa asam laktat yang apabila terakumulasi dapat menghambat kontraksi otot dan menyebabkan rasa nyeri pada otot. Hal inilah yang menyebabkan mengapa gerakan-gerakan bertenaga saat berolahraga tidak dapat dilakukan secara kontinu dalam waktu yang panjang dan harus diselingi dengan interval istirahat.

### 3.1. Proses Metabolisme Secara Anaerobik

#### 3.1.1. Sistem PCr

*Creatine* (Cr) merupakan jenis asam amino yang tersimpan di dalam otot sebagai sumber energi. Di dalam otot, bentuk *creatine* yang sudah ter-fosforilasi yaitu *phosphocreatine* (PCr) akan mempunyai peranan penting dalam proses metabolisme energi secara anaerobik di dalam otot untuk menghasilkan ATP.

Dengan bantuan enzim *creatine kinase*, *phosphocreatine* (PCr) yang tersimpan di dalam otot akan dipecah menjadi Pi (inorganik fosfat) dan *creatine* dimana proses ini juga akan disertai dengan pelepasan energi sebesar 43 kJ (10.3 kkal) untuk tiap 1 mol PCr. Inorganik fosfat (Pi) yang dihasilkan melalui proses pemecahan PCr ini melalui proses fosforilasi dapat mengikat kepada molekul ADP (*adenosine diphosphate*) untuk kemudian kembali membentuk molekul ATP (*adenosine triphosphate*). Melalui proses hidrolisis PCr, energi dalam jumlah besar (2.3 mmol ATP/kg berat basah otot per detiknya) dapat dihasilkan secara instant untuk memenuhi kebutuhan energi pada saat berolahraga dengan intensitas tinggi yang bertenaga. Namun karena terbatasnya simpanan PCr yang terdapat di dalam jaringan otot yaitu hanya sekitar 14-24 mmol ATP/kg berat basah maka energi yang dihasilkan melalui proses hidrolisis ini hanya dapat bertahan untuk mendukung aktivitas anaerobik selama 5-10 detik.

Karena fungsinya sebagai salah satu sumber energi tubuh dalam aktivitas anaerobik, suplementasi *creatine* mulai menjadi populer pada awal tahun 1990-an setelah berakhirnya Olimpiade Barcelona. *Creatine* dalam bentuk *creatine monohydrate* telah menjadi suplemen nutrisi yang banyak digunakan untuk meningkatkan kapasitas aktivitas anaerobik. Namun secara alami, *creatine* ini akan banyak terkandung di dalam bahan makanan protein hewani seperti daging dan ikan.

Data dari hasil-hasil penelitian dalam bidang olahraga yang telah dilakukan menunjukkan bahwa konsumsi *creatine* sebanyak 5-20 g per harinya secara rutin selama 20 hari sebelum musim kompetisi

berlangsung dan penguranginya menjadi 5 gr/hari saat memulai kompetisi dapat memberikan peningkatan terhadap jumlah *creatine* & *phosphocreatine* di dalam otot dimana peningkatannya ini juga akan disertai dengan peningkatan dalam performa latihan anaerobik. Data juga membuktikan bahwa cara terbaik untuk ‘mengisi’ *creatine* di dalam otot pada saat menjalani rutinitas latihan adalah mengimbangnya dengan mengkonsumsi karbohidrat dalam jumlah besar & mengkonsumsi lemak dalam jumlah yang kecil.

### 3.1.2. Glikolisis (Sistem Glikolitik)

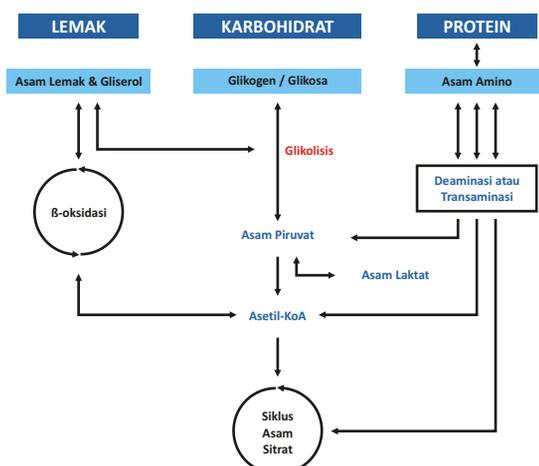
Glikolisis merupakan salah satu bentuk metabolisme energi yang dapat berjalan secara anaerobik tanpa kehadiran oksigen. Proses metabolisme energi ini menggunakan simpanan glukosa yang sebagian besar akan diperoleh dari glikogen otot atau juga dari glukosa yang terdapat di dalam aliran darah untuk menghasilkan ATP. Inti dari proses glikolisis yang terjadi di dalam sitoplasma sel ini adalah mengubah molekul glukosa menjadi asam piruvat dimana proses ini juga akan disertai dengan pembentukan ATP. Jumlah ATP yang dapat dihasilkan oleh proses glikolisis ini akan berbeda bergantung berdasarkan asal molekul glukosa. Jika molekul glukosa berasal dari dalam darah maka 2 buah ATP akan dihasilkan namun jika molekul glukosa berasal dari glikogen otot maka sebanyak 3 buah ATP akan dapat dihasilkan.



Photo by Jimmy Harris

Molekul asam piruvat yang terbentuk dari proses glikolisis ini dapat mengalami proses metabolisme lanjut baik secara aerobik maupun secara anaerobik bergantung terhadap ketersediaan oksigen di dalam tubuh. Pada saat berolahraga dengan intensitas rendah dimana ketersediaan oksigen di dalam tubuh cukup besar, molekul asam piruvat yang terbentuk ini dapat diubah menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O di dalam mitokondria sel. Dan jika ketersediaan oksigen terbatas di dalam tubuh atau saat pembentukan asam piruvat terjadi secara cepat seperti saat melakukan *sprint*, maka asam piruvat tersebut akan terkonversi menjadi asam laktat.

### 3.2. Metabolisme Energi Secara Aerobik



Gambar 1.1

Pada jenis-jenis olahraga yang bersifat ketahanan (*endurance*) seperti lari marathon, bersepeda jarak jauh (*road cycling*) atau juga lari 10 km, produksi energi di dalam tubuh akan bergantung terhadap sistem metabolisme energi secara aerobik melalui pembakaran karbohidrat, lemak dan juga sedikit dari pemecahan protein. Oleh karena itu maka atlet-atlet yang berpartisipasi dalam ajang-ajang yang bersifat ketahanan ini harus mempunyai kemampuan yang baik dalam memasok oksigen ke dalam tubuh agar proses metabolisme energi secara aerobik dapat berjalan dengan sempurna.

Proses metabolisme energi secara aerobik merupakan proses metabolisme yang membutuhkan kehadiran oksigen (O<sub>2</sub>) agar prosesnya dapat berjalan dengan sempurna untuk

menghasilkan ATP. Pada saat berolahraga, kedua simpanan energi tubuh yaitu simpanan karbohidrat (glukosa darah, glikogen otot dan hati) serta simpanan lemak dalam bentuk trigeliserida akan memberikan kontribusi terhadap laju produksi energi secara aerobik di dalam tubuh. Namun bergantung terhadap intensitas olahraga yang dilakukan, kedua simpanan energi ini dapat memberikan jumlah kontribusi yang berbeda.

Secara singkat proses metabolisme energi secara aerobik seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.1. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa untuk meregenerasi ATP, 3 simpanan energi akan digunakan oleh tubuh yaitu simpanan karbohidrat (glukosa, glikogen), lemak dan juga protein. Diantara ketiganya, simpanan karbohidrat dan lemak merupakan sumber energi utama saat berolahraga dan oleh karenanya maka pembahasan metabolisme energi secara aerobik pada tulisan ini akan difokuskan kepada metabolisme simpanan karbohidrat dan simpanan lemak.

### 3.2.1. Pembakaran Karbohidrat

Secara singkat proses metabolime energi dari glukosa darah atau juga glikogen otot akan berawal dari karbohidrat yang dikonsumsi. Semua jenis karbohidrat yang dikonsumsi oleh manusia baik itu jenis karbohidrat kompleks (nasi, kentang, roti, singkong dsb) ataupun juga karbohidrat sederhana (glukosa, sukrosa, fruktosa)



Photo by Cynthia Sopa

akan terkonversi menjadi glukosa di dalam tubuh. Glukosa yang terbentuk ini kemudian dapat tersimpan sebagai cadangan energi sebagai glikogen di dalam hati dan otot serta dapat tersimpan di dalam aliran darah sebagai glukosa darah atau dapat juga dibawa ke dalam sel-sel tubuh yang membutuhkan.

Di dalam sel tubuh, sebagai tahapan awal dari metabolisme energi secara aerobik, glukosa yang berasal dari glukosa darah ataupun dari glikogen otot akan mengalami proses glikolisis yang dapat menghasilkan molekul ATP serta menghasilkan asam piruvat. Di dalam proses ini, sebanyak 2 buah molekul ATP dapat dihasilkan apabila sumber glukosa berasal dari glukosa darah dan sebanyak 3 buah molekul ATP dapat dihasilkan apabila glukosa berasal dari glikogen otot.

Setelah melalui proses glikolisis, asam piruvat yang di hasilkan ini kemudian akan diubah menjadi Asetil-KoA di dalam mitokondsia. Proses perubahan dari asam piruvat menjadi Asetil-KoA ini akan berjalan dengan ketersediaan oksigen serta akan menghasilkan produk samping berupa NADH yang juga dapat menghasilkan 2-3 molekul ATP. Untuk memenuhi kebutuhan energi bagi sel-sel tubuh, Asetil-KoA hasil konversi asam piruvat ini kemudian akan masuk ke dalam siklus asam-sitrat untuk kemudian diubah menjadi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), ATP, NADH dan FADH<sub>2</sub> melalui tahapan reaksi yang kompleks. Reaksi-reaksi yang terjadi dalam proses yang telah disebutkan dapat dituliskan melalui persamaan reaksi sederhana sebagai berikut:



Setelah melewati berbagai tahapan proses reaksi di dalam siklus asam sitrat, metabolisme energi dari glukosa kemudian akan dilanjutkan kembali melalui suatu proses reaksi yang disebut sebagai proses fosforlasi oksidatif. Dalam proses ini, molekul NADH dan juga FADH yang dihasilkan dalam siklus asam sitrat akan diubah menjadi molekul ATP dan H<sub>2</sub>O. Dari 1 molekul NADH akan dapat dihasilkan 3 buah molekul ATP dan dari 1 buah molekul FADH<sub>2</sub> akan dapat menghasilkan 2 molekul ATP. Proses metabolisme energi secara aerobik melalui pembakaran glukosa/glikogen secara total akan menghasilkan 38 buah molekul ATP dan juga akan menghasilkan produk samping berupa karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) serta air (H<sub>2</sub>O). Persamaan reaksi sederhana untuk menggambarkan proses tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :



### 3.2.2. Pembakaran Lemak

Langkah awal dari metabolisme energi lemak adalah melalui proses pemecahan simpanan lemak yang terdapat di dalam tubuh yaitu trigeliserida. Trigeliserida di dalam tubuh ini akan tersimpan di dalam jaringan adipose (*adipose tissue*) serta di dalam sel-sel otot (*intramuscular triglycerides*). Melalui proses yang dinamakan lipolisis, trigeliserida yang tersimpan ini akan dikonversi menjadi asam lemak (*fatty acid*) dan gliserol. Pada proses ini, untuk setiap 1 molekul trigeliserida akan terbentuk 3 molekul asam lemak dan 1 molekul gliserol.

Kedua molekul yang dihasilkan melalui proses ini kemudian akan mengalami jalur metabolisme yang berbeda di dalam tubuh. Gliserol yang terbentuk akan masuk ke dalam siklus metabolisme untuk diubah menjadi glukosa atau juga asam piruvat. Sedangkan asam lemak yang terbentuk akan dipecah menjadi unit-unit kecil melalui proses yang dinamakan β-oksidasi untuk kemudian menghasilkan energi (ATP) di dalam mitokondria sel.

Proses β-oksidasi berjalan dengan kehadiran oksigen serta membutuhkan adanya karbohidrat untuk menyempurnakan pembakaran asam lemak. Pada proses ini, asam lemak yang pada umumnya berbentuk rantai panjang yang terdiri dari ± 16 atom karbon akan dipecah menjadi unit-unit kecil yang terbentuk dari 2 atom karbon. Tiap unit 2 atom karbon yang terbentuk ini kemudian dapat mengikat kepada 1 molekul KoA untuk membentuk asetil KoA. Molekul asetil-KoA yang terbentuk ini kemudian akan masuk ke dalam siklus asam sitrat dan diproses untuk menghasilkan energi seperti halnya dengan molekul asetil-KoA yang dihasilkan melalui proses metabolisme energi dari glukosa/glikogen.

### 3.4. Metabolisme Energi untuk Olahraga Kombinasi Aerobik & Anaerobik.

Beberapa jenis olahraga beregu atau individual seperti sepakbola, bola basket atau juga tenis merupakan olahraga yang menggunakan kombinasi antara aktivitas intensitas tinggi dan aktivitas intensitas rendah. Pada jenis olahraga ini, proses metabolisme energi di dalam tubuh dapat berjalan secara simultan melalui metabolisme energi secara aerobik dan anaerobik. Pada aktivitas dengan intensitas tinggi yang

membutuhkan power secara cepat seperti saat berlari untuk mengejar bola atau saat memukul bola dengan keras, metabolisme energi tubuh akan berjalan secara anaerobik melalui sumber energi yang diperoleh dari simpanan ATP, simpanan *phosphocreatine* (PCr) dan simpanan karbohidrat. Sedangkan saat melakukan aktivitas dengan intensitas rendah seperti saat berlari secara perlahan, metabolisme energi tubuh akan berjalan secara aerobik dengan sumber energi diperoleh dari simpanan karbohidrat (glikogen otot & glukosa darah), lemak dan juga protein.



Pada olahraga beregu yang umumnya merupakan kombinasi antara *endurance* serta *speed & power*, diantara semua bentuk simpanan energi yang akan digunakan dalam proses metabolisme energi baik secara aerobik maupun anaerobik, 2 simpanan energi yaitu simpanan karbohidrat (glikogen otot & glukosa darah) dan simpanan lemak akan memberikan kontribusi yang lebih besar untuk menyediakan energi bagi tubuh. Diantara simpanan lemak & karbohidrat, simpanan karbohidrat akan memberikan kontribusi yang lebih besar di dibandingkan dengan simpanan lemak untuk menghasilkan energi dalam olahraga beregu. Dan oleh karena simpanan karbohidrat berada dalam jumlah yang terbatas dibandingkan dengan simpanan lemak maka berkurangnya simpanan karbohidrat merupakan pembatas bagi kemampuan tubuh untuk mempertahankan performa pada olahraga ini.

### 3.5. Ringkasan Singkat Metabolisme Energi & Simpanan Energi Tubuh

Secara ringkas, sistem metabolisme energi untuk menghasilkan ATP dapat berjalan secara aerobi (dengan oksigen) dan secara anaerobik (tanpa oksigen). Kedua proses ini dapat berjalan secara simultan di dalam tubuh saat berolahraga. Pada aktivitas-aktivitas olahraga yang membutuhkan energi besar dalam waktu yang cepat atau pada olahraga dengan intensitas tinggi. Metabolisme energi akan berjalan secara anaerobik melalui hidrolisis *phosphocreatine* (PCr) serta melalui proses glikolisis glukosa/glikogen otot. Sedangkan pada cabang-cabang olahraga dengan intensitas rendah-sedang yang memiliki komponen aerobik tinggi seperti jogging, maraton, triathlon atau juga bersepeda jarak jauh, metabolisme energi tubuh akan berjalan secara aerobik dengan kehadiran oksigen melalui pembakaran simpanan karbohidrat, lemak dan protein.



Photo by Brooke Novak

Pada olahraga beregu yang merupakan kombinasi antara aktivitas intensitas tinggi dan aktivitas intensitas rendah, metabolisme energi juga akan berjalan secara aerobik dan anaerobik dan juga menggunakan sumber-sumber energi yang sama yaitu *phosphocreatine* (PCr), karbohidrat, lemak dan juga



protein. Diantara semua bentuk simpanan energi yang terdapat di dalam tubuh, simpanan karbohidrat dan lemak merupakan sumber nutrisi utama yang akan digunakan untuk menyediakan energi bagi kontraksi otot. Keduanya akan menjadi sumber energi utama bagi tubuh saat berolahraga yang persentase kontribusinya terhadap produksi energi akan ditentukan oleh intensitas olahraga serta lamanya waktu berolahraga.

Bentuk simpanan energi di dalam tubuh yang merupakan penentu performa pada saat berolahraga yaitu simpanan karbohidrat dapat diproses melalui 2 jalur metabolisme baik yaitu melalui pembakaran glukosa/glikogen (secara aerobik) maupun melalui glikolisis glukosa/glikogen (secara anaerobik) untuk menghasilkan ATP. Sedangkan simpanan lemak yang terdapat di dalam tubuh hanya dapat diproses secara aerobik untuk menghasilkan ATP, dimana proses ini juga akan membutuhkan ketersediaan karbohidrat agar proses pembakarannya menjadi sempurna.



## Referensi :

1. Benardot, D. *Advanced Sports nutrition*. Human Kinetics, Champaign, IL, 2006.
2. Jeukendrup, A. & Gleeson, M. *Sport nutrition : An introduction to energy production and performance*. Human Kinetics, Champaign, IL, 2004.
3. Dennis, S.C., & Noakes, T.D., Exercise: muscle & metabolic requirement. In *Encyclopedia of Food Sciences & Nutrition*, 2nd Edition, Caballero, B. Trugo, L.C., & Finglas, P.M., Eds., Academic Press. 2003.
4. Litwak, S.R., *Energy Metabolism*. In *Encyclopedia of Food Sciences & Nutrition*, 2nd Edition, Caballero, B. Trugo, L.C., & Finglas, P.M., Eds., Academic Press. 2003. Elsevier Science, 2003.
5. Hatfield, F.C. *Hardcore bodybuilding : a scientific approach*. Contemporary Books, 1993.
6. Romijn, J.A., Coyle, E.F., Sipossis, L.S., Gastadelli, A., Horowitz, J.F., Endert, E., & Wolfe, R.R., Regulation of endogenous fat & carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity & duration. *American Journal of Physiology*. 265: E380-E391, 1993.
7. Coyle, E.F., Jeukendrup, A.E., Wagenmaker, A.J.M., Saris, W.H.M., Fatty acid oxidation is directly regulated by carbohydrate metabolism during exercise. *American Journal of Physiology*. 273: E261-E275, 1997.
8. Romijn, J.A., Coyle, E.F., Sipossis, L.S., Zhang, X.J., & Wolfe, R.R., Fat oxidation during strenuous exercise. *Journal of Applied Physiology*. 76(6):1939-1945. *Journal of Applied Physiology*. 76(6): 1939-1945.
9. Havenetidis, K., Matsuka, O., Cooke, C.B., & Theodore, A. The use of varying creatine regimens on sprint cycling. *Journal of Sports Science & Medicine*, 88-97, 2003.
10. Clark, J.F., Creatine & phosphocreatine : a review of their use in exercise & sport. *Journal of Athletic Training*. Volume 32 No.1, 1997