BUKU AJAR

FISIOLOGI OLAHRAGA

EDISI REVISI

Dr. Rahmat Hermawan, M.Kes

Editor :
Prof. Dr. H. Wahyu Kahiwikarta, dr. SpKO. AIF

Dipindai dengan CamScanner

REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN
CIPTAAN

Dalam rangka pelindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan	:	EC00202117524, 26 Maret 2021
Pencipta		
Nama	:	**RAHMAT HERMAWAN**
Alamat	:	Jl. Panglima Polim GG. Sawo II/22B Kec. Tanjungkarang Barat Bandar Lampung 35152 Lampung, Bandar Lampung, LAMPUNG, 35152
Kewarganegaraan	:	Indonesia
Pemegang Hak Cipta		
Nama	:	**RAHMAT HERMAWAN**
Alamat	:	Jl. Panglima Polim GG. Sawo II/22B Kec. Tanjungkarang Barat Bandar Lampung 35152 Lampung, Bandar Lampung, LAMPUNG, 35152
Kewarganegaraan	:	Indonesia
Jenis Ciptaan	:	**Buku**
Judul Ciptaan	:	**FISIOLOGI OLAHRAGA**
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia	:	1 Desember 2020, di Bandar Lampung
Jangka waktu pelindungan	:	Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.
Nomor pencatatan	:	000244373

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001

Disclaimer:
Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.

Dipindai dengan CamScanner

BUKU AJAR

FISIOLOGI OLAHRAGA

Dr. Rahmat Hermawan, M.Kes

Editor :
Prof. Dr. H. Wahyu Kahiwikarta, dr. SpKO. AIF

AURA
ANUGRAH UTAMA RAHARJA

Dipindai dengan CamScanner

KEBUTUHAN ENERGI DALAM BEROLAH RAGA

Konsep yang sangat penting dan berhubungan erat sekali dengan gerak atau aktivitas fisik, serta merupakan pula sebagai suatu kajian ilmu pengetahuan yang tidak bisa dilepaskan dalam kegiatan pendidikan jasmani maupun olahraga yang sering disebut sebagai energi. Energi atau tenaga yang dihasilkan oleh tubuh sangat besar sekali peranannya untuk mendukung aktivitas sehari-hari. Contohnya, seperti kerja, tidur, makan, baca, belajar dll. Sedangkan untuk kegiatan yang berhubungan dengan olahraga, seperti melempar, menangkap, berlari, memukul, merangkak, mendorong, mengangkat, menarik, menendang, dll.

Pentingnya konsep ini menjadi jelas ketika seseorang menyadari bagaimana tubuh melayani keragaman gerak serta juga mampu melakukan aktivitas olahraga yang berbeda. Contoh gambaran ragam aktivitas, seseorang melakukan berbagai aktivitas dengan lingkup penggunaan energi yang berbeda, seperti lari jarak pendek, maraton, renang dengan berbagai jarak, dan lintas alam. Bahkan di dalam aktivitas yang sama, pengerahan energi bisa berubah dari satu waktu ke waktu lainnya dan seterusnya. Misalnya, kegiatan olahraga seperti basket, sepakbola, baseball, dan tenis: seorang atlet mampu mempertahankan suatu gerakan secara konstan, sedangkan pada saat yang bersamaan ia juga harus mampu melakukan lomba lari jarak pendek sekuat tenaga.

Konsep rangkaian *(continuum concept)* adalah secara keseluruhan dapat berguna pada aktivitas olahraga dan didukung oleh pengamatan yang lebih menyeluruh atau luas serta riset yang lebih spesifik.

Definisi Energi

Energi didefinisikan secara sederhana sebagai kapasitas atau kemampuan untuk melaksanakan pekerjaan. Ada beberapa bentuk

Dipindai dengan CamScanner

energi yang kita kenal selama ini, yaitu energi kinetik, energi potensial, energi mekanik, energi panas, energi listrik dan energi kimia. Energi yang berhubungkan dengan gerakan dikenal sebagai kinetik, energi mekanis yang dilakukan berdasarkan posisi, seperti membungkuk, seperti contohnya menerima tamu dengan membungkuk, memanah atau mengangkat badan melawan gaya berat adalah sebuah hasil dari energi potensial. Energi kimia menyediakan suatu sumber energi potensial. Sebagai contoh, di dalam tubuh bahan makanan diuraikan secara reaksi kimia, pelepasan energi kimia pada gilirannya digunakan untuk menyatukan campuran kimiawi yang lain: campuran tadi akan melepaskan energi kimia, dan ini semua digunakan dalam rangka melakukan pekerjaan secara mekanis.

Catatan: Sebagian dari bahan kimia atau tenaga potensial yang kita makan dikonversi ke mekanis atau tenaga gerak dalam otot.

Satuan ukuran energi yang biasa dipakai adalah kalori. Satu kalori adalah jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur dari 1 gram air sama dengan 1 selsius (C). Satu kilokalori (kcal) adalah jumlah dari 1000 kalori. Unit yang paling sering digunakan dalam menggambarkan kandungan energi makanan dan persyaratan energi pada berbagai aktivitas fisik.

Penerapan Konsep Energi

Lima hal penting dari penerapan konsep energi pada olahraga dan pendidikan jasmani dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Penyusuan Program Latihan Fisik (*The Construction of Physical Training Programs*)

Dalam menyusun suatu program latihan agar memiliki hasil yang maksimal, maka harus dirancang berdasarkan pengembangan kemam-puan atlet, khususnya aspek fisiologis yang melibatkan energi untuk kerja otot. Sebagai contoh, energi yang dibutuhkan selama lomba lari jarak pendek berbeda dengan kebutuhan energi yang diperlukan sepanjang lari maraton. Program latihan dibuat dengan tujuan meningkatkan persediaan energi yang mampu diproduksi dalam

Dipindai dengan CamScanner

tubuh khususnya untuk pencapaian program tadi. Demikian pula pada kasus yang lain, olahraga yang berbeda juga memerlukan energi yang sama untuk mendukung program latihan masing-masing. Sebagai contoh, cara yang ditempuh untuk menyediakan energi bagi perenang 400 meter, sama besarnya dengan energi yang disediakan untuk seorang pelari.

Latihan harus juga mempertimbangkan kemampuan fisiologis yang memper-hatikan secara spesifik jenis otot, yang ada di dalam setiap manusia. Pada dasarnya, ada dua jenis serabut otot, yaitu serabut otot putih (*fast-twitch*/FT) untuk tenaga aktivitas tinggi yang cenderung bekerja lebih kuat secara "cepat". Sedangkan serabut otot merah (*Slow-Twitch*/ST) untuk tenaga yang beraktivitas rendah yang cenderung bekerja lebih kuat secara "lambat" atau "lama". Perbedaan penggunaan energi potensial antara kedua serabut otot yang berhubungan dengan program latihan jasmani akan dibahas dalam bab khusus.

2. Pencegahan, Penundaan, dan Pemulihan dari Kelelahan (*The Prevention, Delay, and Recovery from Fatigue*)

Pengetahuan tentang bagaimana energi yang diproduksi selama di dalam tubuh guna menyediakan tenaga bagi manusia dengan berbagai pemahaman tentang kelelahan, serta bagaimana pula dapat menunda dari kelelahan. Contoh, hampir semua orang pernah melihat seorang pelari memimpin perlombaan berada pada barisan pertama dan akhirnya sampai finish. Dalam hal ini, berlari terlalu cepat merupakan awal timbulnya kelelahan sampai akhir lomba, sedangkan mencegah pelari dari kelelahan sampai finish merupakan cara yang ditempuh melalui energi yang diproduksi tubuh dan dapat dipertahankan, paling tidak menunda terjadinya kelelahan secara seksama. Dari sudut pandang fisiologis, pelari dapat memelihara ritme langkah dari jarak tempuh lomba lari yang cukup panjang dengan penggunaan energi secara efisien dan tanpa menghamburkan tenaga yang lebih besar.

Memperlambat timbulnya kelelahan sampai akhir lomba dan pencegahan serta pemulihan dari kelelahan juga berhubungan dengan pemahaman dan bagaimana menyediakan energi bagi otot. Dalam

Dipindai dengan CamScanner

beberapa hal, kelelahan dapat sepenuhnya dicegah dengan membiarkan sejenak beristirahat dari pekerjaan yang berat. Sebagai contoh, kerja pada suatu situasi yang sangat berat dapat menyebabkan kelelahan dalam beberapa menit ketika dilakukan secara terus menerus. Berilah waktu istirahat 10-20 detik untuk melakukan pemulihan otot agar terhindar dari kelelahan dengan cara melaku-kan rileksasi. Informasi semacam ini sangat berharga bagi perencanaan latihan yang paling intensif sebab metode latihan seperti itu adalah metode yang efektif.

3. Nutrisi dan Penampilan

Informasi mengenai ilmu gizi dan kemampuannya dalam tubuh manusia telah dibahas sangat luas dan beragam. Sebagai contoh, telah ditemukan pencapaian daya tahan otot yang dapat ditingkatkan melalui diet kaya akan karbohidrat. Demikian juga telah ditemukan, proses pencernaan dari glukosa pada konsentrasi yang rendah sangat diharapkan pencapaiannya, dengan ditingkatkan pencapaian daya tahan dan penundaan dari kelelahan. Bahkan proses pencernaan dari suatu makanan yang banyak beberapa jam sebelum latihan secara eksperimen telah menunjukkan adanya peningkatan pencapaian daya tahan dan penundaan kelelahan. Penerapan dari hasil penemuan ini pada olahraga melibatkan suatu pemahaman dimana makanan lebih digunakan untuk energi otot dan menunjukkan pengaturan yang berkenaan dengan aturan makan yang mempengaruhi ketersediaan bahan bakar energi.

4. Pemeliharaan Suhu Tubuh (*The Maintenance of Body Temperature*)

Suhu badan yang stabil memerlukan jumlah panas (energi) yang diproduksi oleh badan sama dengan jumlah panas yang diserap oleh lingkungannya. Selama latihan, produksi panas meningkat di dalam tubuh sesuai dengan jumlah pekerjaan yang dilakukan. Untuk mencegah kenaikan yang berlebihan suhu tubuh atlet selama latihan, pelatih harus mengenali efektivitas dan kerugiannya, terutama penguapan keringat, tidak dilarang menggunakan peralatan olahraga atau pakaian yang lengkap. Pelatih sepak bola harus mengatakan bahwa pemain yang menggunakan pakaian lengkap selama sesi latihan pada hari yang panas dapat meningkatkan serangan panas. Serangan

Dipindai dengan CamScanner

panas yang serius di dalam olahraga tidaklah terbatas pada sepak bola saja, olahraga apapun atau aktivitas fisik apapun dapat berpotensi penuh resiko sepanjang terkait dangan panas. Dalam olahraga gulat, pegulat sering kehilangan jumlah air yang banyak, terutama olahraga yang diselenggarakan di luar rumah. Sebagai contoh, serangan panas banyak menyerang pelari jarak jauh.

Kenyataannya sedikit sekali pelatih yang menyadari akan bahaya terhadap kehidupan atlet. Apabila keringat keluar semakin deras karena disebabkan serangan panas yang berlebihan maka akan terjadi kehilangan cairan tubuh sehingga tubuh mengalami dehidrasi yang menyebabkan darah menjadi pekat dan lebih parah lagi akan muncul penyakit *heat stroke. S*alah satu upaya mengurangi terjadinya pengeluaran keringat yang berlebihan dan untuk menurunkan suhu tubuh maka minum sangat dianjurkan oleh para pelatih kepada atletnya dalam situasi latihan yang panas, baik yang disebabkan karena intensitas latihan yang tinggi maupun lingkungan tempat berlatih yang suhunya tinggi pula.

5. Pengendalian Berat Badan (*The Control of Body Weight*)

Hubungan yang sangat erat dengan gizi adalah permasalahan kegemukan dan pengendalian berat badan. Penyebab utama kegemukan karena kurang gerak atau ketiadaan aktivitas fisik. Salah satu konsep yang paling utama mengenai pengendalian berat badan adalah keseimbangan energi. Ketika wujud makanan yang dimakan lebih banyak dari energi yang digunakan dalam wujud aktivitas atau berlatih, maka berat badan akan meningkat.

Pada prinsipnya pengendalian berat badan berlaku pula untuk yang bukan atlet, seperti halnya seorang atlet pasti punya masalah berat badan, sedangkan atlet lebih terkait dengan pencapaian massa otot atau bebas lemak. Dalam kasus apapun, pengontrolan berat badan harus dipelajari dan secara menyeluruh dipahami oleh pelatih maupun guru pendidikan jasmani. Pengendalian keseimbangan energi dan berat badan perlu melibat-kan prinsip ilmu gizi dan komposisi tubuh. Sebagai contoh, pemahaman nilai energi dari makanan, perbedaan antara kekurangan berat dalam kaitan dengan dehidrasi dan dalam kaitan kehilangan berat badan, serta resiko atau juga dengan cepat

Dipindai dengan CamScanner

menuju keberhasilan berat yang diinginkan akan memungkinkan untuk mengadopsi secara ilmiah praktek mengenai berat badan yang diinginkan dan kebiasaan makan yang bergizi.

Sistem Energi

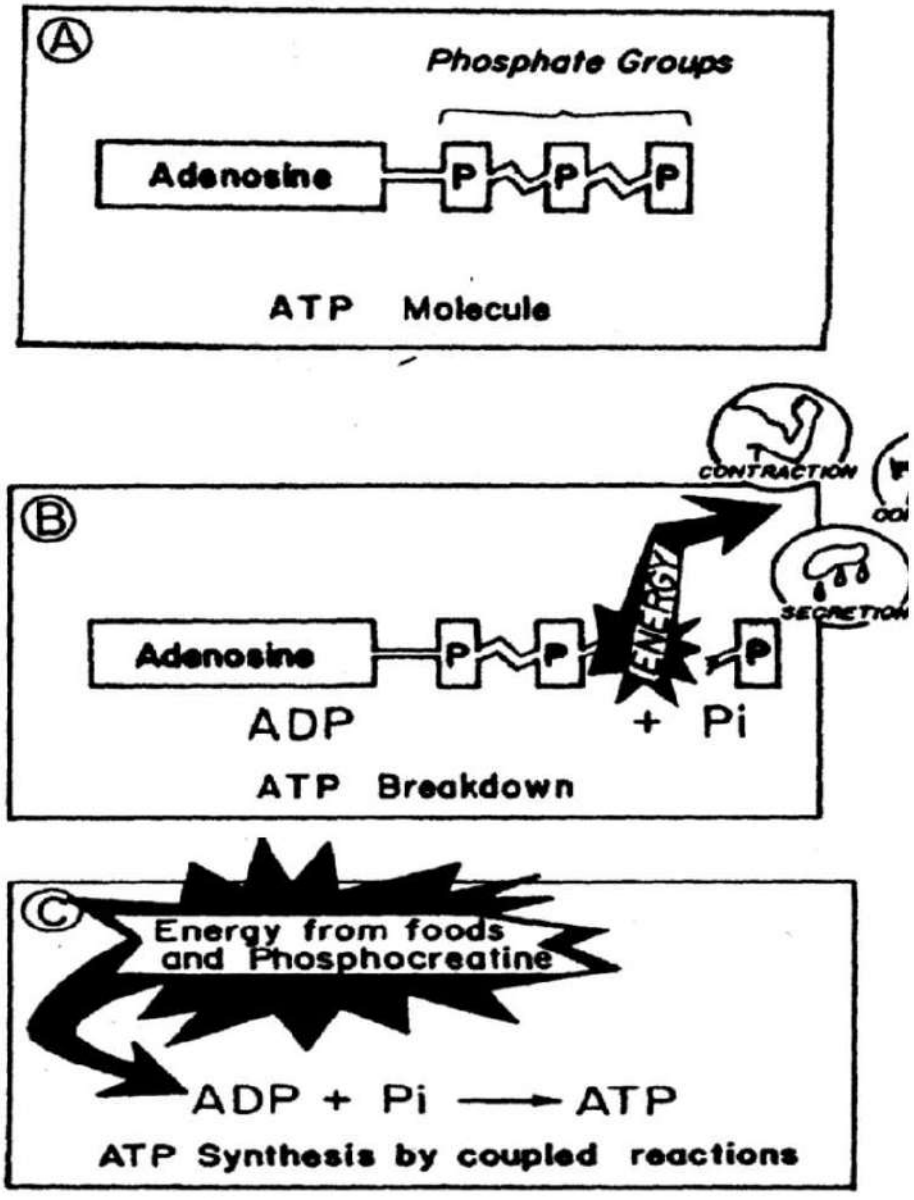
Berbagai aktivitas olahraga melibatkan permintaan energi secara spesifik. Sebagai contoh, lari jarak pendek, melompat dan melempar adalah aktivitas yang berdaya ledak tinggi (*high-power*), sehingga menuntut suatu penggunaan energi yang relatif besar dan dalam suatu periode waktu yang singkat. Pada aktivitas pengeluaran tenaga yang rendah, menuntut produksi energi membutuhkan suatu peniode waktu yang panjang. Sedangkan aktivitas olahraga lainnya, kita melihat sebuah campuran keduanya, yaitu pengeluaran tenaga tinggi maupun rendah.

Sumber Energi yang Segera - ATP (*The Immediate Energy Source* — ATP)

Adenosine tri-phosphate, atau disingkat ATP, adalah bentuk energi kimia yang digunakan dengan segera untuk aktivitas otot. Ini merupakan salah satu yang paling penting yang disebut campuran "kaya energi". Energi tadi disimpan di banyak sel, terutama sel otot. Bentuk lain dari energi kimia, seperti yang tersedia dalam bahan makanan yang kita makan, harus dirubah ke dalam bentuk ATP yang sebelumnya digunakan oleh sel-sel otot. Struktur kimiawi dari ATP adalah kompleks tetapi secara sederhana ATP terdiri dari suatu kompleks besar dari molekul adenosine dan tiga komponen yang lebih sederhana disebut kelompok fosfat. Dua kelompok fosfat lainnya yang tersedia adalah "energi yang mengikat tinggi'. Dengan kata lain energi yang disimpan pada tingkat tinggi dari energi kimia potensial. Ketika ikatan fosfat secara kimiawi dipecah, maka energi dilepaskan dan memungkinkan sel untuk melaksanakan kegiatan. Beberapa pekerjaan yang dilakukan oleh sel tergantung jenis sel, sebagai contoh, pekerjaan mekanis (kontraksi) dilakukan oleh sel-sel otot (polos, skeletal, dan jantung), keutamaan syaraf dengan sel syaraf, dikelola oleh sel yang keluar (seperti sel endokrin), dan seterusnya. Semua pekerjaan biologis yang dilakukan oleh sel manapun memerlukan bentuk energi yang

Dipindai dengan CamScanner

diperoleh dengan cepat dan uraian memecah ATP. Jumlah energi yang dilepaskan di dalam tubuh setiap satu mol ATP yang dipecah diperkirakan adalah sekitar 7 sampai 12 kcal. Satu mol ditentukan oleh jumlah suatu campuran kimiawi dengan mempertimbangkan; berat badan yang tergantung pada jumlah dan macam atom yang menyusun campuran itu.



Gambar I.1 Proses Perubahan ATP menjadi ADP dan Kembali menjadiATP di dalam Tubuh (Edward L.Fox, 1983:12)

Dipindai dengan CamScanner

Dari gambar 1.1 di atas dapat disimpulkan bahwa perubahan terjadi dalam 3 (tiga) proses, yaitu; (1) ATP terdiri dari molekul besar disebut adenosin dan tiga komponen yang sederhana disebut kelompok fosfat, (2) Energi dilepas dari pemecahan ATP yang dipakai untuk kerja secara biologis. Blok bangunan ATP yang diuraikan adalah meng-hasilkan pemecahan ATP menjadi ADP (adenosine diphosphate) dan fosfat inorganik (*inorganic phosphate*/PI), dan (3) Energi untuk mengurai ATP datang dari pemecahan makanan dan phosphocreatine (PC). Energi ini merupakan pasangan energi yang dibutuhkan dari reaksi penguraian kembali ATP.

Prinsip Reaksi Berpasangan (*The Principle of Coupled Reactions*).

Begitu energi dilepaskan ketika ATP dipecah maka tidak heran bila energi itu diperlukan untuk membangun atau mengurai kembali ATP. Membangun blok ATP untuk mesintesis ATP yang menghasilkan uraiannya yaitu adenosine di-phosphate (dua phosphate/ADP) dan fosfat ionik (Pi). Energi untuk ATP disintesis kembali yang datang dari tiga rangkaian reaksi kimia yang berbeda, yang benlangsung di dalam tubuh. Dua di antaranya tergantung pada makanan yang kita makan, sedangkan yang lain tergantung campuran kimiawi yang disebut phosphocreatine. Perhatikan bahwa phosphocreatine serupa dengan ATP dan disimpan di sel otot. Energi yang dilepas dari pasangan rangkaian reaksi ini dengan energi yang dibutuhkan pada reaksi yang mesintesis kembali ATP. Dengan kata lain, memisahkan reaksi secara fungsional merupakan prinsip pokok yang melibatkan produksi metabolisme dari ATP.

Metabolisme Aerobik dan Anaerobik

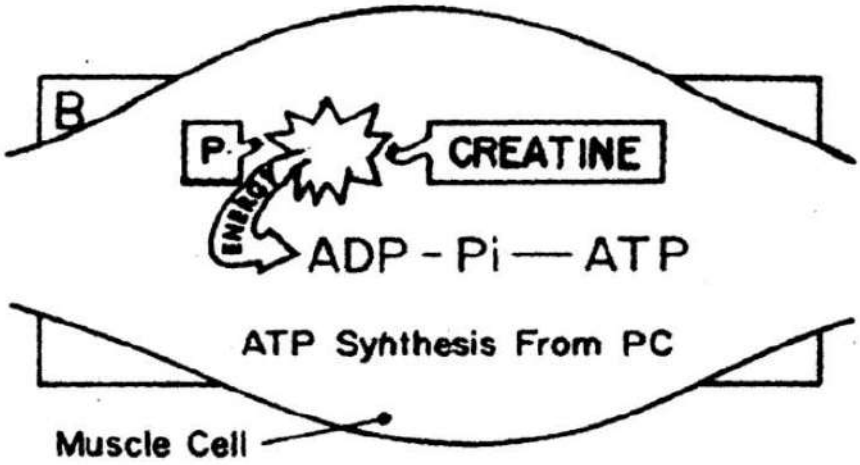
lstilah metabolisme mengacu pada berbagai rangkaian reaksi kimia yang berlangsung di dalam tubuh, mencakup pada hal yang telah disebutkan tadi. Aerobik kegiatan yang mengacu pada oksigen, sedangkan anaerobik artinya kegiatan tanpa menggunakan oksigen. OIeh karena itu, metabolisme aerobik mengacu pada satu rangkaian reaksi kimia yang memerlukan adanya oksigen. Metabolisme Anaerobik berarti kebalikannya, yaitu sebuah rangkaian reaksi kimia yang tidak memerlukan adanya oksigen. Dua di antara ke tiga rangkaian dari reaksi mesintesis kembali ATP, rangkaian ATP-PC dan

Dipindai dengan CamScanner

rangkaian asam laktat adalah anaerobik, sedangkan, rangkaian oksigen yang lain adalah aerobik.

ATP-PC : Sistem Fosfagen

PC adalah singkatan dari phosphocratine, campuran fosfat berhubungan secara erat pada ATP+PC, seperti ATP disimpan di dalam sel otot dan ketika dipecah (ketika kelompok fosfat dipindahkan), sebagian besar energi lepas. Energi yang dilepaskan tentu saja digabungkan ke energi yang penting untuk sintesa ulang ATP. Dengan kata lain, ATP dipecahkan dengan cepat selama kontraksi otot, secara terus-menerus diperbaharui dari ADP dan Pi oleh energi yang dibebaskan sepanjang uraian dari PC yang disimpan. Untuk setiap molekul PC yang dipecah, 1 molekul ATP yang disintesis ulang.



Gambar I.2. Phosphocreatine, Disimpan di dalam Sel Otot, ketika Kontraksi Otot ATP Dipecah dan Dibentuk Kembali secara Cepat melalui Pembebasan Energi hasil Pemecahan PC (Edwar L.Fox, 1983:14)

Selanjutnya, di dalam terminologi kimiawi, reaksi gabungan menjadi seperti ini:

PC --→ Pi + C + Energi

Energy + Pi + ADP --→ ATP

Dipindai dengan CamScanner

PC pecah ke dalam bagian komponennya, fosfat inorganik (Pi) dan kreatin (C) melepaskan energi untuk sintesis ulang dari ATP.

Total otot menyimpan ATP dan PC (secara bersama dipakai phosphagen) sangat kecil hanya sekitar 0,3 mol untuk wanita dan 0,6 mol untuk pria. Dengan begitu jumlah energi yang diperoleh dari sistem ini dibatasi. Sebenarnya, jika kita berlari 100 m secepat mungkin, penyimpanan phosphagen dalam otot yang bekerja kemungkinan akan menjadi kosong pada akhir lari. Bagaimanapun, kegunaan dari ATP-PC yang ada dalam sistem ini cepat menghasilkan energi dibanding kuantitasnya. Ini sangat penting berkenaan dengan aktivitas fisik yang mampu kita lakukan. Sebagai contoh, aktivitas lari jarak pendek, lompat, mengayun, menendang, dan keterampilan yang lain yang hanya sebentar untuk menyelesai-kannya semua tergantung pada phosphangen yang disimpan sebagai sumber energi utamanya.

Sistem Asam Laktat (*The Lactic Acid System*)

Sistem ini secara teknis dikenal sebagai anaerobik glycolysis. Glycolysis mengacu pada uraian karbohidrat (gula); anaerobik, seperti dijelaskan diawal tidak membutuhkan oksigen. Pada sistem ini, uraian gula (karbohidrat dan bahan makanan) persediaan energi yang diperlukan dihasilkan ATP, ketika karbohidrat hanya secara parsial dipecah; salah satu hasil akhirnya adalah asam laktat (oleh karena itu dinamakan sistem asam laktat). Ketika asam laktat diakumulasikan di dalam otot dan darah dengan tingkat jangkauan yang sangat tinggi, kelelahan otot secara temporer akan timbul. Hal ini sangat terbatas, dan merupakan penyebab "awal" kelelahan Pembatasan yang lain dari sistem asam laktat yang berhubungan dengan mutu anaerobiknya hanya sedikit mol ATP yang dapat diuraikan ulang sebagai gula dibandingkan dengan hasil yang mungkin ketika oksigen ada.

Sebagai contoh hanya tiga mol ATP yang dapat dihasilkan dari anaerobik yang uraiannya 180 g (sekitar 6 oz) dan glikogen (glikogen adalah format penghasil glukosa di otot). Kita lihat secara seksama, aerobik yang menguraikaan 180 g glikogen akan menghasilkan cukup energi untuk mengurai ulang dengan hasil yaitu sebesar 39 mol ATP. Reaksi yang digabungkan untuk sistem asam Iaktat dapat diringkas sebagai berikut:

Dipindai dengan CamScanner

(C6H1206)n + 2C3 H6 03 + Energy

(glikogen) (Laktat)

Energy + 3pi + 3ADP -→3ATP

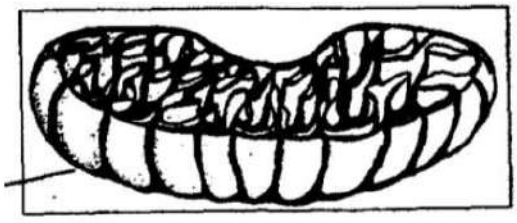
Sistem asam laktat, seperti sistem ATP-PC sangat penting karena menyediakan persediaan yang cepat ke energi ATP. Sebagai contoh, berlatih pada urutan maksimum 1 sampai 3 menit, seperti lomba lari jarak pendek 400 atau 800 m, tergantung dengan berat sistem asam laktat untuk energi ATP. Juga, seperti lari 500 m atau satu mil, sistem asam laktat digunakan sebagian besar secara dominan untuk penyelesaian di akhir lomba atau tanding.

Ketika ATP dipecah selama kontraksi otot, maka dengan cepat diperbaharui oleh energi yang dibebaskan sepanjang kegiatan, seperti lari jarak pendek, lompat, dan menendang tergantung phosphagen yang disimpan untuk sumber energi utamanya.

Pada sistem asam laktat (anaerobik glycolysis). Karbohidrat (glikogen) dipecah bukan secara aerobik tetapi tanpa oksigen. Energi yang dilepaskan setama uraian ini digunakan untuk manyatukan kembali ATP.

Oksigen atau Sistem Aerobik

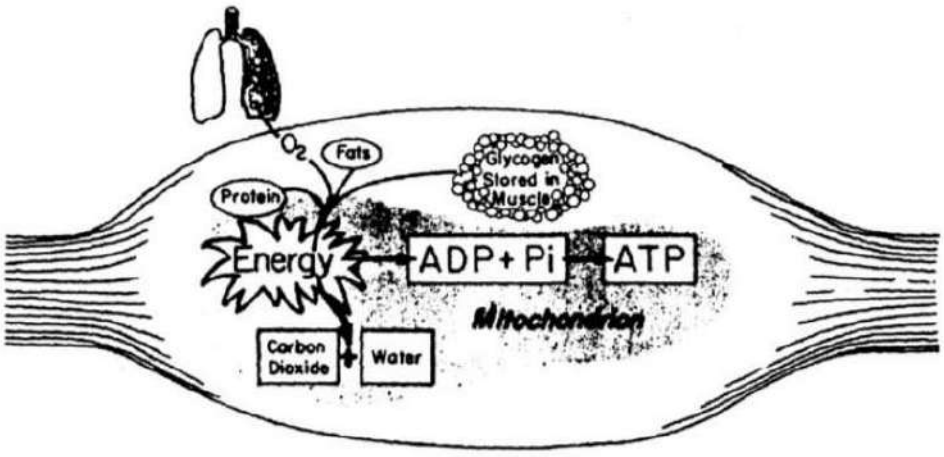
Di dalam tubuh, oksigen memecahkan glikogen dari 180 g untuk karbon dioksida dan air menghasilkan energi yang cukup untuk membuat 39 mol ATP. Bagian dari reaksi ini, seperti bagian anaerobik terdapat di bawah sel otot. tetapi dibatasi untuk meng-khususkan subselular yang disebut mitokondria. Mitokondria (mitochondrion) adalah sel badan yang berbentuk slop yang biasanva ditunjukkan sebagai kekuatan terbesar dari sel karena mereka adalah pusat aerobik untuk menghasilkan energi ATP. Sebagai gambaran, sel-sel otot kaya akan mitokondria.



Gambar I. 3. Penampang Mitochondria (Edward l. Fox, 1983: 17)

Dipindai dengan CamScanner

ATP yang berlebihan dapat dihasilkan selama metabolisme aerobik dan temvata tidak ada kelelahan selama produksi berlangsung. Karbon dioksida yang dihasilkan oleh diffusi bebas dari sel otot ke darah dan dibawa menuju paru-paru, di mana tempat terjadinya penghembusan nafas.. Air yang dihasilkan berguna di dalam sel itu sendiri, dan menurut fakta unsur pokok yang terluas dari sel adalah air. Ciri-ciri lain sistem aerobik yang harus diingat adalah menyangkut tipe bahan makanan yang dibutuhkan untuk pemecahan. Tidak hanya glikogen tetapi lemak dan protein dapat menjadi bahan kimia melalui jalan aerobik yang disebut siklus Krebs dan sistem pengangkutan elektron ke karbon dioksida dan air, dengan pembebasan energi dari sintesis ATP. Sebagai contoh, pemecahan 256 g (9 oz) lemak akan menghasilkan 130 mol ATP. Selama latihan, antara glikogen dan lemak tetapi bukan protein sebagai sumber terpenting yang menghasilkan energi (ATP). Terdapat ribuan reaksi kimia yang termasuk di dalam sistem aerobik. Kita tidak akan membahas secara satu persatu dari reaksi tersebut, tetapi akan membahas hanya tiga bagian dari reaksi kimia yang dianggap sangat penting, yaitu (1) aerobik glycolysis, (2) Krebs cycle, dan (3) sistem pengangkutan elektron (*Electron Transport System*). Lebih lanjut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar I.4. Oksigen, atau Sistem Aerobik. Oksigen Memecah Karbohidrat, Lemak dan bahkan Protein, Menyediakan Energi untuk Mengurai Ulang ATP (Edward L.Fox, 1983: 18)

Dipindai dengan CamScanner

Aerobic Glycolysis

Aerobic glycolysis berarti memecah glikogen atau glikosa di dalam oksigen. Hal ini sangat mengherankan karena selama ini dikenal bahwa glycolysis merupakan cara yang dilakukan tanpa adanya oksigen (anaerobik). Sebenarnva, hanya terdapat satu perbedaan antara anaerobik glycolysis yang telah dibahas diawal dengan aerobik glycolyis bahwa terjadinya ketika persediaan oksigen yang cukup: asam laktat tidak akan mengumpul. Dengan kata lain, kehadiran oksigen menghalangi pengumpulan asam laktat tetapi tidak di dalam resintetis dari ATP.

Di sini oksigen tidak mengalihkan sebagian besar mendahului asam laktat, asam piruvat pada sistem aerobik dan mengurai ulang ATP. Jadi selama glycolysis aerobik, 180 gram glikogen dipecah menjadi 2 mol asam pyruvat, membebaskan energi yang cukup dan resintesis 3 mol ATP. Pasangan reaksi ini dapat diringkas sebagai berikut:

$(CaH12O6)n$ -------> 2 $C3H4O3$ + Energy

(glikogen) (pyruvat acid)

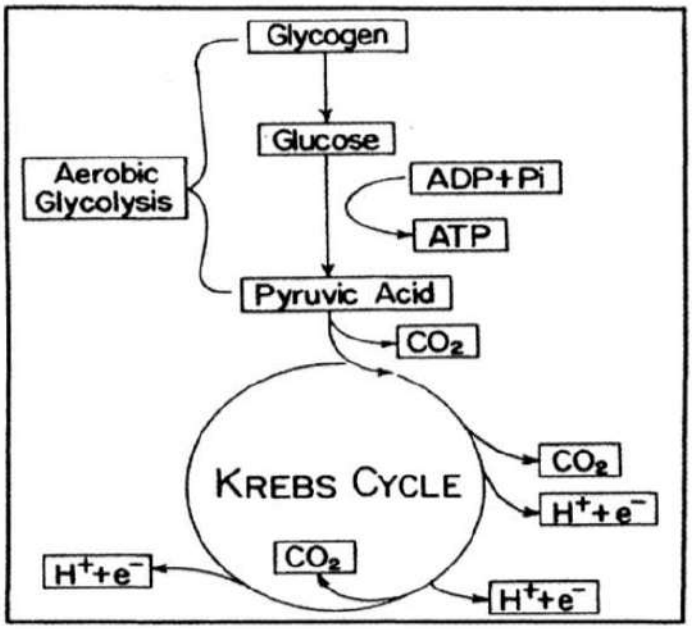
Energy + 3 ADP + 3 Pi ---→ 3 ATP

Siklus Krebs

Pembentukan asam pyruvat selama glikolisis aerobik dilanjutkan pada siklus Krebs setelah ditemukan oleh Sir Hans Krebs. Sebagai penemu pertama yang memenangkan Piala Nobel tahun 1953. Siklus ini disebut juga dengan siklus asam tricarboxylic (trikarbosilat) dan sebagai siklus asam sitrat setelah beberapa bagian ditemukan pada siklus ini. Di sini terjadi perubahan dua unsur kimia yang terpenting yang terjadi selama siklus Krebs.- yaitu menghasilkan C02 dan oksidasi (pemindahan elektron). Sebagaimana yang telah disebutkan di awal, pembuatan C02 menyebar ke darah dan dibawa ke paru-paru yang telah dibuang dari tubuh. Oksidasi adalah pemindahan elektron dan penggabungan unsur kimia. Pada kasus ini, elektron berpindah ke dalam bentuk atom hidrogen (H) dari atom karbon yang terlebih dahulu berbentuk asam pyruvat dan sebelum glikogen. Atom hidrogen

Dipindai dengan CamScanner

terdiri dari partikel positif yang disebut proton (berdasarkan ion hidrogen) dan perubahan partikel negatif yang disebut elektron.



Gambar I.5. Proses Pembentukan Energi pada Siklus Krebs (Edward L.Fox, 1983).

Berdasarkan gambar I.5 di atas menunjukan bahwa asam pyruvat merupakan hasil akhir dari glikolisis aerobik, kemudian masuk ke siklus Krebs, di sini terjadi perubahan kimia: (1) melepas C02, dari tubuh ke paru-paru; dan (2) oksidasi, merubah ion hidrogen (H) dan elektron (e), yang terakhir masuk ke sistem pengangkutan elektron *(electron transport system)* untuk mengurai secara kimiawi.

Jadi, ketika atom hidrogen berpindah dan bergabung. penggabungan itu disebut pengoksidasian. Pembentukan CO2 dan pemindahan elektron ke dalam siklus Krebs merupakan hubungan antara: asam pyruvat yang terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen. Ketika H berpindah hanya C dan O (unsur kimia dari karbon dioksida) yang tersisa. Jadi di dalam siklus Krebs asam pyruvat adalah hasil pengoksidasian dari pembentukan C02. hasil pembentukan dari glikolisis aerobik memasuki siklus Krebs setelah perubahan sedikit unsur kimia. Di dalam siklus terjadi: (1) pembebasan karbon dioksida yang dibuang oleh tubuh dari paru-paru dan (2) oksidasi, perubahan dari ion hidrogen dan elektron serta sistem pengangkutan ke perubahan unsur kimia berikutnya.

Dipindai dengan CamScanner

Sistem Pengangkutan Elektron (*Electron Transport System*)

Selanjutnya pemecahan glikogen dari hasil pembuatan H2O yang terbentuk dari ion hidrogen dan elektron yang dipindahkan ke dalam siklus Krebs serta oksigen yang kita hirup. Bagian yang khusus dari reaksi ini di mana pembentukan H20 disebut sistem pengangkutan elektron atau rangkaian pernafasan. Pada pokoknya yang terjadi di dalam sistem pengangkutan elektron adalah ion hidrogen dan elektron yang diangkut ke oksigen oleh elektron di bagian reaksi enzimatis dan hasil akhirnya adalah air. dengan kata lain: yaitu 4 ion hidrogen ditambah 4 elektron ditambah 1 mol oksigen menghasilkan 2 mol air. Sebagai elektron yang dibawa dalam rangkaian pernapasan, energi dibebaskan dari ATP sebagai resintesis di dalam pasangan reaksi. Pasangan elektron yang membawa rangkaian. energi yang cukup dilepaskan untuk resintesis dengan rata-rata 3 mol ATP. Secara keseluruhan, 12 pasang elektron berpindah melalui pemecahan 180 gram glikogen dan selanjutnya 36 mol ATP dihasilkan. Oleh karena itu, selama terjadinva metabolisme aerobik, sebagian besar hasilnva adalah 39 mol ATP yang diresintesis di dalam sistem pengangkutan elektron pada waktu yang sama air dibentuk.

Kesimpulan untuk Metabolisme Aerobik

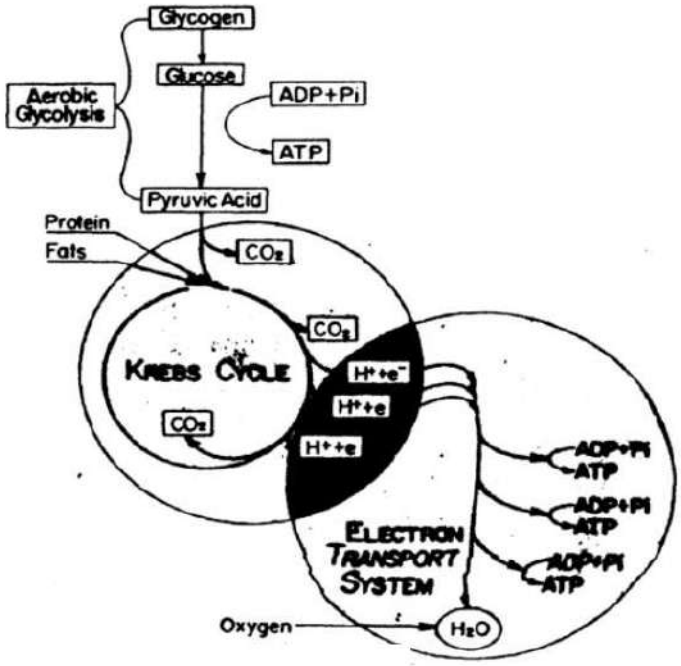
Pasangan reaksi termasuk dalam pemecahan 180 gram glikogen sebagai berikut: $(C6H12O6)n + 6O2 \rightarrow 6\ CO2 + 6\ H2O +$ energy (glikogen)

Energi + 39 ADP + 39 Pi $\rightarrow$ 39 ATP

Dengan demikian bahwa total 39 mol ATP adalah resintesis dari glikolisis aerobik 3 mol dan 36 melalui sistem pengangkutan elektron. Pasangan reaksi termasuk di dalam pemecahan aerobik dari bentuk lemak, asam piruvat sebagai berikut:

Kesimpulan dari sistem aerobik dapat dilihat pada gambar berikut:

Dipindai dengan CamScanner



Gambar I.6 Tiga Proses Reaksi Kimia Penghasil Energi (ATP) di dalam Tubuh (Edward L.Fox, 1983:21)

Dari gambar di atas dapat disimak bahwa glikogen dioksidasi pada tiga bagian utama dari reaksi kimia : (1) Glikolisis aerobik, (2) Siklus Krebs dimana CO2 dihasilkan dari H dan e dipindahkan; dan (3) Sistem pengangkutan elektron.

Jumlah oksigen yang kita butuhkan untuk mengurai kembali satu mol ATP adalah kira-kira sekitar 3,5 liter, jika glikogen sebagai sumber bahan bakar maka dari 4,0 liter berupa lemak (1000 ml setara dengan 1.0567 qt). Pada saat istirahat, kebanyakan dari kita mengkonsumsi sekitar 0,2 sampai 0,3 liter atau 200 sampai 300 ml oksigen per menit. Dengan kata lain, satu mol ATP menghasilkan aerobik setiap 12 sampai 20 menit dibawah kondisi istirahat normal. Selama latihan maksimal, satu mol ATP dapat menyalurkan aerobik untuk kerja otot setiap menit pada tubuh kita. Untuk latihan maksimal daya tahan atlet, lebih dari 1,5 mol ATP dapat menguraikan kembali aerobik dan menyalurkan ke otot setiap menit selama usaha yang maksimal.

Ringkasan, bahwa sistem aerobik dapat menggunakan lemak dan glikogen untuk meresintesis ATP dalam jumlah yang besar tanpa

Dipindai dengan CamScanner

rangsangan dan menghasilkan kelelahan. Dengan menanggapi semangat olahraga. untuk melihat sistem aerobik terutama untuk memproduksi ATP selama waktu yang lama, tipe aktivitas daya tahan. Sebagai contoh, selama lari marathon (42,2 km atau 26,2 mil) kira-kira 150 mol dari ATP memerlukan Iebih dari 2,5 jam untuk istirahat. Seperti pengeluaran dari energi ATP hanya mungkin karena terjadi kelelahan di awal dapat dihindari melalui jumlah besar makanan (glikogen dan lemak) serta oksigen yang tersedia.

Beberapa karakteristik umum dari sistem tiga enegri yang dijelaskan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Karakteristik Umum dari Sistem Energi

Sistem ATP	Siatem asam Lactic	Sistem oksigen
Anaerobic	Anaerobic	Aerobic
Sangat cepat	Cepat	Lambat
Bahan baker kimia : PC	Bahan baker makanan : glikogen	Bahan baker makanan : glikogen, lemak dan protein
Produksi ATP sangat terbatas	Produksi ATP terbatas	Produksi ATP tak terbatas
Penyimpanan otot terbatas	Melalui produksi, asam lactic, menyebabkan otot lelah	Tidak ada kelelahan di dalam produksi
Digunakan dengan cepat atau kekuatan besar, aktivitas dalam waktu yang sempit	Digunakan untuk 1 aktivitas dalam waktu 3 menit	Digunakan untuk ketahanan atau aktivitas yang lama

Konsumsi Oksigen

Oksigen diperlukan untuk memecah karbohidrat dan lemak yang datang melalui udara ketika kita bemafas. Pemecahan (oksidasi) untuk karbohidrat (kecuali glikogen) atau lemak yang diperlukan oksigen dalam jumlah yang khusus. Sebagai contoh 192 gram oksigen diperlukan untuk oksidasi 180 gram glikogen. Dengan bentuk lemak seperti asam laktat 515, 2 liter oksigen diperlukan untuk mengoksidasi 256 gram lemak. Kuantitas oksigen yang dikeluarkan memecahkan bahan makanan sama dengan jumlah oksigen yang kita perlukan. Pada

Dipindai dengan CamScanner

saat istirahat jumlah oksigen yang kita hirup kira-kira 0.2 sampai 0.3 liter per menit, selama latihan yang maksimal rating meningkat dari 3 - 6 liter per menit, tergantung pada faktor lain, seperti jenis kelamin, umur dan tingkat kebugaran.

Singkatan dari volume oksigen yang dihirup per menit adalah V02: V adalah lambang untuk volume, O2 menunjukan oksigen per unit waktu, biasanya permenit. Penyingkatan maksimum V02 digunakan untuk pengubahan volume oksigen maksimal yang digunakan per menit selama latihan (seperti 3 sampai 6 liter per menit yang telah disebutkan). Vo2 maksimal adalah ukuran yang sah dari kekuatan fungsional yang terdapat dalam sistem energi aerobik.

Produksi Energi (panas)

Ketika oksigen memecah sejumlah glikogen atau lemak, jumlah yang khusus dari energi sangat diperlukan. Sebagai contoh, ketika 134.4 liter oksigen mengoksidasi 180 gram glikogen, 686 kcal energi yang diperlukan. Setengahnya ditangkap oleh energi ATP. Energi sisanva berbentuk panas dan sisanya disimpan di dalam tubuh atau akhimya menghilang ke lingkungan. Beberapa energi diperlukan ketika memecah ATP yang digunakan oleh sel di dalam kerja biologi. Di sini energi yang tersisa selalu berbentuk panas walaupun telah disimpan. Jumlah energi yang diperlukan ketika sejumlah oksigen dikonsumsi untuk memecah sejumlah glikogen atau lemak yang dapat dihitung sama dengan sejumlah panas yang diproduksi atau sejumlah oksigen yang dikonsumsi. Ketika 1 liter oksigen dikonsumsi dengan glikogen sebagai sumber makanan, 5 kcal panas diperlukan. Dengan panas sebagai bahan bakar, hanva 4.7 kcal panas diperlukan untuk mengkonsumsi perliter oksigen. Ini merupakan hubungan langsung antara konsumsi oksigen dengan energi dari produksi panas di dalam tubuh.

Pengeluaran Energi

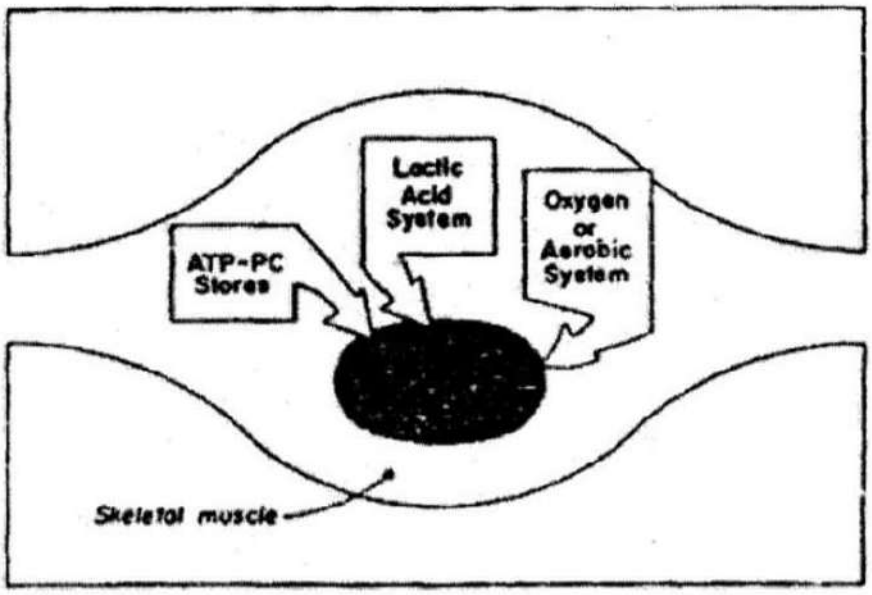
Pengeluaran energi berdasarkan jumlah energi yang diperlukan untuk diberikan sewaktu beraktivitas. Biasanya diukur atau diperkirakan dari jumlah oksigen yang dikonsumsi selama aktivitas dilakukan. Sebagai contoh. sewaktu berlari, pengeluaran energi adalah 0.2 mol oksigen per kilogram berat badan dan per meter lari. Jadi, jika

Dipindai dengan CamScanner

berat badan 70 kg dan berlari 1500 m. pengeluaran energi kamu kira-kira 0.2 X 70 X 1500 = 21 liter oksigen. Jika ini diambil bahwa glikogen adalah termasuk bahan makanan yang utama. Selanjutnya dari 21 liter oksigen akan digantikan 21 x 5 = 105 kcal energi yang dikeluarkan selama berlari, pengeluaran energi bergantung pada berbagai aktivitas. Pengeluaran energi selama istirahat 60 sampai 85 kcal per jam untuk setiap orang yang mempunyai berat badan 70 kg.

Konsep Rangkaian (*Continuum*) Energi

ATP adalah bentuk *immediate* (bentuk segera) dari energi muscular (energi otot). Seperti ditunjukkan kembali pada gambar berikut,



Gambar I.7. Penyediaan Energi (ATP) di dalam Otot Rangka (Edward 1. Fox, 1983:27)

Berdasarkan gambar I.7 di atas, bahwa ATP disediakan dalam tiga cara: (1) disimpan berupa phosphagen (ATP dan PC); (2) sistem lactic acid (asam laktat) atau anaerobik glycolysis, dan (3) oksigen, atau sistem aerobik.

Kita juga mempelajari bahwa kemampuan dari setiap sistem untuk menyediakan sebagian besar ATP diperlukan sejumlah aktivitas yang berhubungan dengan jenis aktivitas yang dilakukan secara khusus. Sebagai contoh, pada aktivitas jangka pendek seperti lari 100 meter menggunakan intensitas yang tinggi. Sebagian besar dari ATP

Dipindai dengan CamScanner

disediakan melalui persediaan sistem phosphagen. Tapi sebaliknya aktivitas dengan jangka lebih lama seperti marathon 42,195 km menggunakan intensitas rendah, yang didukung hampir seluruhnya oleh oksigen atau sistem aerobik. Pada pertengahan aktivitas yang telah disebutkan bertumpu pada sistem asam laktat untuk pembuatan ATP sebagai contoh, pada lari 400 dan 800-m. Juga di pertengahan aktivitas tersebut yang memerlukan suatu paduan dari kedua metabolisme baik aerobik maupun anaerobik, contohnya 1500 m (lari 1 mil). Pada aktivitas selanjutnya dalam sistem anaerobik ini menyediakan bagian besar ATP sepanjang kegiatan pada saat start sampai finis, dan sistem aerobik tentu saja mendominasi sepanjang periode lari.

Interaksi pada Sistem Energi

Ketergantungan sistem energi akan terjadi bilamana interaksi antar sejumlah sistem yang disebabkan karena perubahan jarak renang atau lari sehingga terjadi perubahan penampilan kecepatan. Sebagai contoh, total ATP dibutuhkan sepanjang lari 100 m dalam batas kapasitas sistem phospagen. Selama peristiwa ini, selain ATP yang diperlukan pada tingkat sistem phosphagen, tetapi juga lebih pada sistem asam laktat dan sistem aerobik secara bersamaan. Dengan kata lain, sistem energi yang terbanyak selama melakukan lari 100 m adalah phosphagen yang disimpan. Begitu pula pada lari cepat 200 m situasi serupa timbul berkenaan dengan tingkat di mana ATP dibutuhkan. Sistem phosphagen adalah sistem yang mampu menyediakan ATP pada tingkat yang cepat atau seperti tiba-tiba. Total ATP dibutuhkan sepanjang melakukan kegiatan lari ini tidak hanya dihasilkan dengan sistem phospagen sendiri tetapi juga diperlukan sistem asam laktat. Selama melakukan lari 200 m, sistem anaerobik adalah penyokong utama dari energi ATP.

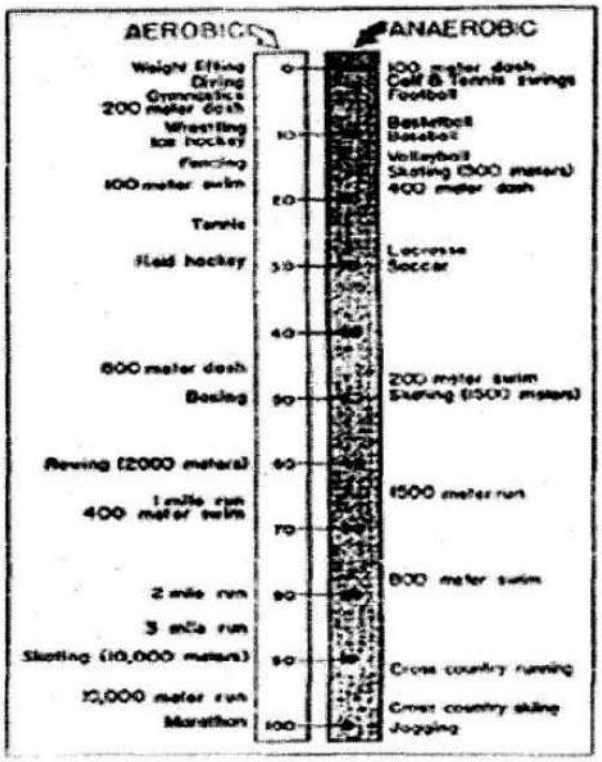
Pada penurunan kecepatan dan jangka waktu atau pertambahan jarak, sistem energi paling banyak bergeser kearáh mekanisme asam laktat dan aerobik. Dengan demikian ketika ada suatu interaksi dari phosphagen, asam laktat, dan sistem aerobik sepanjang lari jarak 400 m dan berenang 100 m, terjadi suatu pemisahan dominasi oleh asam laktat dan sistem aerobik di dalam

Dipindai dengan CamScanner

penyediaan energi ATP sepanjang melakukan lari 800 m dan 1500 m serta di dalam beberapa kegiatan berenang. Selama lari maraton dan berenang 1500 m didominasi oleh sistem aerobik.

Rangkaian Energi dan Olah Raga Lain

Kedua sistem anaerobik dan aerobik menyediakan sedikitnya beberapa ATP selama melakukan penampilan semua aktivitas yang ditunjukkan. Suatu sistem biasanya menyediakan lebih (seperti ditunjukkan oleh persentase dari anaerobik dan aerobik) selama aktivitas dilakukan dibanding dengan sistem lainnya. Hal ini sangat penting di dalam olahraga. Apakah kamu pernah berpikir bahwa penampilan dari seorang pelari maraton akan dapat ditingkatkan seandainya phosphagen dan sistem asam laktat mereka dikembangkan terlebih dahulu? Jawabannya adalah "tidak" sebab, seperti yang telah diindikasikan pada sebuah kesatuan rangkaian, energi yang diperlukan untuk melakukan lari selama 2,5 sampai 3 jam sangat dipengaruhi oleh suplai sistem aerobik.



Gambar I.8 Rangkaian Energi (*Energy Continuum*) dari BerbagaiAktivitas Olahraga (Edward L. Fox, 1983:27)

Dipindai dengan CamScanner

Saat Penampilan

Karena sangat banyaknya aktivitas olah raga yang berbeda, maka tidak akan mungkin untuk mendiskusikannya secara satu per satu. Oleh karena itu, kita akan menggunakan saat penampilan (performan) dari suatu aktivitas. Saat penampilan digambarkan sebagai waktu yang diperlukan untuk melakukan keterampilan seperti halnya di dalam latihan, pertandingan, atau kegiatan olahraga lainnya. Sebagai contoh, suatu pertandingan bola basket di sekolah dalam waktu 32 menit (empat kuarter, tiap kuarter 8 menit). Saat penampilan yang lama ini mengindikasikan bahwa suplai energi mengandung sistem aerobik. Dalam permainan bola basket mengandung keterampilan seperti melompat, menembak, dan bertahan, serta melakukan pergerakan dengan intensitas tinggi. Berdasarkan hal tersebut walaupun sebuah permainan tersebut dapat diselesaikan dalam beberapa menit, keahlian mereka secara keseluruhan adalah anaerobik. Bola basket tidak hanya mempunyai satu komponen aerobik saja tetapi juga memiliki komponen anaerobik juga. Contoh lain dari olah raga yang masuk ke dalam kategori permainan umum adalah anggar, sepak bola, golf, hockey es, tenis, bola voli dan gulat. Demikian pula dalam olah raga seperti berjalan, berenang, bersepeda, ski, dan ski dengan kecepatan tinggi, saat penampilan mengacu kepada kebanyakan durasi lamanya sebuah permainan, menjadi tidak terikat pada jenis keterampilan yang dimilikinya. Hanya membutuhkan waktu antara 4 dan 5 menit, sebagai contoh, seorang pelari 1500 m atau satu mil, begitu juga untuk seorang perenang membutuhkan waktu antara 4 sampai 5 menit untuk berenang gaya bebas sejauh 400 m. Kedua aktivitas tersebut memerlukan saat penampilan yang sama dari masing-masing yang terkait dengan sistem energi, dalam sebuah cara yang sama pula.

Agar diingat, bahwa lebih pendek waktu penampilan (performan) dari suatu aktivitas, semakin besar energi yang dikeluarkan untuk melakukan aktivitas dan semakin tinggi kebutuhan akan energi. Jika suatu sistem ditingkatkan melalui sebuah latihan, maka peningkatan performan secara otomatis akan menyertainya. Selama melakukan sebuah aktivitas dengan intensitas tinggi dengan waktu performan yang singkat, maka sistem asam laktat memberikan

Dipindai dengan CamScanner

pengaruh yang sangat kecil. Hal yang sama juga akan terjadi untuk aktivitas dengan intensitas rendah dengan waktu performan yang lama, maka sistem asam laktat memberikan pengaruh yang sangat besar. Hanya pada aktivitas di antara keadaan ekstrim ini yang memberikan pengaruh pada sistem asam laktat untuk memberikan dukungan kebutuhan total energi ATP dalam porsi yang besar. Keseluruhan pola tersebut begitu berbeda dari sistem phospagen dan sistem aerobik.

Alasan untuk perbedaan tersebut ada dua. Pertama, bahwa hal tersebut membutuhkan waktu untuk "mengaktifkan" sistem asam laktat. Hal in berarti bahwa pada saat waktu performan aktivitas kurang dan atau sama dengan waktu "aktivitas", sejumlah energi dapat disediakan oleh sistem asam laktat. Kedua, bahwa sistem laktat membatasi waktu performan sampai taraf tertentu karena adanya faktor kelelahan otot yang disebabkan terjadinya penumpukkan asam laktat. Oleh karena itu, dalam rangka menunda kelelahan yang disebabkan oleh asam laktat selain aktivitas yang panjang, maka kontribusi energi melalui sistem asam laktat harus di jaga dengan aktivitas yang rendah.

Sebagaimana diindikasikan oleh tingginya kurva asam laktat, maka kontribusi energi dari sistem ini adalah rendah, bahkan ketika dalam penggunaan penuh, dibanding-kan dengan sistem yang lain. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem asam laktat sendiri pada umumnya tidak mendominasi penyaluran ATP dalam setiap aktivitas apapun, bahkan pada aktivitas di mana sistem laktat adalah penting.

Pengaturan Petunjuk Rangkaian

Kita lebih mudah untuk menentukan sistem energi utama atau sistem yang terkandung di dalam sebuah performan dan beberapa jenis olah raga yang umum. Informasi seperti itu penting bagi pengembangan program latihan yang sesuai. Rangkaian waktu performan dapat dibagi menjadi empat daerah terpisah.

Daerah Satu

Daerah pertama meliputi semua aktivitas yang menuntut waktu performan kurang dan 30 detik. Dalam aktivitas ini, sistem energi yang utama adalah phosphagen atau sistem ATP-PC. Contoh sebagian dari aktivitas olah raga yang termasuk dalam rangkaian

Dipindai dengan CamScanner

Daerah Satu adalah tolak peluru, lari jarak pendek 100 m, golf, tenis, dan sepak bola.

Daerah Dua

Area ini meliputi aktivitas olah raga yang membutuhkan waktu antara 30 detik sampai 1 1/2 menit. Dalam aktivitas ini sistem energi yang mendominasi adalah sistem ATP-PC dan sistem asam laktat. Contoh aktivitas olah raga pada area ini adalah renang gaya bebas 100 m, lari 200 m dan 400 m, dan speed skating 500 m.

Daerah Tiga

Area yang ketiga membutuhkan waktu aktivitas antara 11/2 - 3 menit. Sebagaimana di dalam Daerah Dua, ada dua sistem energi yang digunakan dari kasus ini, yaitu sistem asam laktat (atau glikolisis anaerob) dan sistem oksigen.

Daerah Empat

Daerah empat menghadirkan aktivitas olah raga yang memerlukan waktu pelaksanaan lebih dari 3 menit. Di sini suplai utama ATP akan diberikan oleh sistem oksigen, atau aerob. Contoh aktivitas olah raga pada daerah ini adalah lari maraton, lintas alam (lari, bersepeda, ski), renang gaya bebas jarak 1500 m, dan jogging.

Asam laktat diakumulasikan secara menyeluruh dalam darah setelah selesai latihan lengan dari kaki, performa dari 11 grup atlet. Dalam hal ini, atlet kebanyakan pria, yang mana anggotanya menyelesaikan regu nasional sepanjang tahun 1972 dan 1974 pada Pertandingan olimpiade dan Kejuaraan dunia dari Eropa. Atlet bertanding dalam event aerobik (lintas alam dan ski antar negara) telah ditemukan untuk mengurangi akumulasi asam laktat menjadi rendah, sedangkan mereka selalu melakukan aktivitas yang berat pada olah raga aerobik dan anaerobik (antara lain ski di pegunungan, lari 800 m, dan dayung) memiliki nilai yang lebih tinggi. Nilai-Nilai yang rendah dapat juga dilihat pada atlet yang berhubungan dengan lari jarak pendek, seperti hockey es dan skating yang cepat. Dari beberapa contoh tersebut dapat dilihat apakah yang bekerja di dalam aktivitas fisik adalah suatu energi contimum, suatu rangkaian yang berhubungan dengan cara bagaimana ATP dibuat dan jenis aktivitas fisik yang dilakukan.

Dipindai dengan CamScanner

Rangkaian Energi dan Aktivitas Berlari serta Berenang

Mungkin cara yang terbaik lebih cepat untuk menggam-barkan ide energi *continuum* dengan melihat secara lebih dekat pada jalur energi dari aktivitas berenang. Total jumlah jumlah ATP diperlukan sepanjang pemenuhan dari berbagai aktivitas. Perhitungan total jumlah mol ATP dibutuhkan sepanjang aktivitas ditunjukkan pada sumbu vertical dan dihitung dari data harga energi. Karena sejumlah ATP yang diperlukan untuk kegiatan apapun, seperti berenang atau berlari sebagian besar bergantung pada jarak tempuh yang dilakukan. ATP yang diperlukan telah diplot terhadap jarak dalam meter kegiatan (sumbu horizontal).

Daerah yang diarsir menggambarkan jumlah kapasitas sistem energi untuk penyedia ATP. Daerah tersebut telah diperkirakan dari data yang diperoleh dan sejumlah studi berbeda yang dilakukan pada manusia. Dari "tumpukan" ini dapat melihat bahwa kedua sistem phosphagen dan sistem asam laktat telah digunakan untuk kemammpuan sepanjang pemenuhan dari suatu kegiatan, total sekitar 1,8 mol ATP akan disediakan. Kebanyakan ATP yang dapat disediakan oleh asam laktat sendiri (kapasitas asam laktat maksimal) sekitani .2 mol.

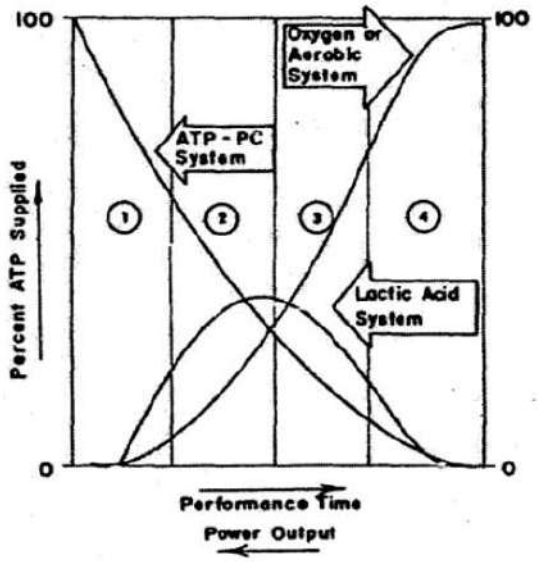
Bukti Laboratorium untuk Konsep Rangkaian Energi

Konsep rangkaian energi adalah suatu dugaan yang disamaratakan dari suatu pengamatan. Sejak pengamatan ini dilakukan secara ilmiah, konsep rangkaian yang didapatkan adalah sangat akurat. Bagaimanapun juga, ada berbagai kemungkinan untuk lebih menyederhanakan dan mengurangi ketidak konsistenan. Kebetulan, di dalam kasus "rangkaian energi," ada data labora-torium sekarang yang tersedia yang menunjukkan konsep yang dapat diukur dengan akurat.

Anda masih ingat bahwa V02 maks menjadi satu-satunya indikator yang paling dapat dipercaya dari tenaga pada sistem energi aerob. Atlet pria dan wanita yang merupakan anggota tim nasional Swedia. (data untuk wanita tidak lengkap karena pada waktu pengujian, tahun 1967 sampai 1968, banyak tim wanita diorganisasi untuk kompetisi nasional dan intemasional).

Dipindai dengan CamScanner

Catatan: bahwa nilai V02 maks begitu tinggi dalam kelompok tersebut yang melakukan pertandingan pada jenis olah raga aerob dan nilai V02 maks rendah pada jenis olah raga anaerob. dalam daerah ini adalah meliputi lari jarak 800 dan 1500 m, renang gaya bebas jarak 200 dan 400 m, senam, tinju (minimal 3 ronde) dan gulat (minimal 3 ronde)



Gambar I.9. Empat Daerah aktivitas Olahraga Spesifik yang Mencakup Rangkaian Energi (Edward L. Fox, 1983:35)

Tes memanjat tangga dan mengangkat beban dalam waktu sepuluh detik telah digunakan secara diam-diam oleh anggota regu untuk evaluasi dari sistem fosfagen itu. Hasilnya ditunjukkan pada atlet yang berpartisipasi dalam jangka pendek, kegiatan intensitas yang tinggi harus menggunakan anaerobik yang tinggi (fosfagen), sedangkan mereka yang bertahan memiliki nilai yang relatif rendah.

Tabel 2. Empat Daerah Rangkaian Energi

Daerah	Waktu Pelaksanaan	Sistem Energi Utama yang Digunakan	Contok Aktivitas
1	< 30 detik	ATP-PC	Lari 100 m, golf dan tenis, sepak bola.
2	30 det-1½ men	ATP-PC dan asam laktat	Lari 200-400 m, speed skating, renang 100 m.
3	1½ men–3 men	Asam laktat dan O_2	Lari 800 m, senam, tinju (min 3 ronde), gulat (min 2 ronde).
4	> 3 menit	O_2	Sepak bola, lintas alam, ski, lari maraton, renang.

Dipindai dengan CamScanner

Ringkasan

- Salah satu konsep yang paling utama yang berhubungan ilmu pengetahuan olahraga dan pendidikan jasmani adalah produksi energi pada manusia.
- Energi berlaku untuk olahraga dalam pemahaman bagaimana cara menyusun program latihan fisik.
- Konsep energi berlaku untuk olahraga dengan pemahaman bagaimana cara mencegah, menunda, dan memulihkan dari kelelahan.
- Konsep energi berlaku bagi olahraga dengan pemahaman hubungan antara ilmu gizi dan tujuan latihan.
- Konsep energi berlaku bagi olahraga dengan pemahaman bagaimana berat badan dikendalikan dan bagaimana suhu tubuh tetap di pertahankan
- Energi adalah kemampuan dari suatu pekerjaan. Energi kinetik berhubungan dengan gerakan seperti menarik atau memukul. Energi potensial adalah energi dari kebaikan posisi. seperti tundukan. Energi kimia adalah energi potensial yang telah diwakili oleh makanan yang kita makan.
- Unit dari penghitungan energi adalah kalori, jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur dari 1 gram air 1 C. Kilocalories (kcal) adalah jumlah dari 1000 kalori.
- Kerja (W) adalah hasil dari tenaga (F) yang dilakukan melalui jarak (d): W= F x d. Kekuatan (P) adalah kerja per unit waktu (t): P = W/t = (F x d)/t.
- ATP adalah bentuk dari energi unsur kimia yang dapat dipakai unuk aktivitas otot. yang disimpan di dalam sel otot.
- Energi yang diperlukan untuk mensintesis ATP datang dari energi yang diperlukan selama memecah makanan dan unsur kimia lainnya yang terdapat di dalam tubuh.. Pasangan energi yang diperlukan dari energi yang dipakai sistem ini disebut pasangan reaksi yang berprinsip dasar terlibat dalam produsi metabolisme ATP.

Dipindai dengan CamScanner

- Metabolisme aerobik berdasarkan bagian dari reaksi kimia di dalam ada oksigen.
- Sistem ATP-PC adalah sistem energi anaerobik adalah resintesis ATP dan energi yang diperlukan ketika PC pecah. Ini sangat cepat tetapi sumber ATP terbatas yang digunakan secara dominan dengan hasil kekuatan besar dan waktu yang relatif singkat untuk beraktivitas.
- Sistem asam laktat adalah anaerobik, resintesis ATP dan energi yang diperlukan selama memecah gula (glikogen) ke asam laktat. Penjumlahan terakhir menyebabkan kelelahan otot. Sistem energi utama ini digunakan selama kegiatan yang memerlukan waktu antara 1 sampai 3 menit untuk beraktivitas.
- Sistem oksigen menggunakan glikogen dan lemak sabagai bahan bakar resintesis ATP. Melalui reaksi kimia bahwa meletakkan di dalam sel mitokondria, sistem yang menghasilkan ATP dalam jumlah yang besar tetapi tidak melelahkan produksi. Sistem aerobik digunakan terutama ketika tugas ketahanan atau kurang tenaga saat aktivitas dilakukan.
- Glikogen dioksidasi dalam tiga bagian utama reaksi kimia, glycolysis aerobik di mana asam pyruvat dibentuk dari beberapa ATP
- Gagasan rangkaian energi didasarkan pada fakta bahwa kemampuan dari tiap sistern energi dapat menyediakan ATP yang dihubungkan dengan jenis aktivitas yang dilakukan secara spesifik.
- Pada akhirnya rangkaian jangka pendek dengan aktivitas olahraga intensitas tinggi, seperti lari 100 m, yang mana porsi utama dari ATP disuplai oleh sistem phospagen.

Sebaliknya, aktivitas pada jangka yang panjang dengan intensitas olah raga yang rendah, seperti lari maraton, yang mana didukung oleh sistem aerobik.

- Pada pertengahan rangkaian aktivitas olah raga mempercayakan pada asam laktat untuk energi ATP, seperti lari 400 dan 800 m adalah contoh dari aktivitas ini.

Dipindai dengan CamScanner

- Juga pada pertengahan rangkaian aktivitas yang memerlukan suatu campuran dan kedua-duanya metabolisme aerobik maupun anaerobik, seperti lari 1500 m.
- Dalam mengevaluasi aktivitas olah raga didasarkan sanak keluarga rnereka yang memposisikan dengan diam-diam rangkaian energi, dua aspek yang harus dipertimbangkan: kapasitas, atau total jumlah ATP yang diperlukan selama capaian, dan tenaga, atau tingkat di mana ATP dipenlukan selarna tujuan. Karena jejak dan berenang, suatu evaluasi yang canggih dapat dibuat dan dikenal dan data biaya energi dan arsip capaian dunia.
- Posisi yang relatif dari rangkaian energi olah raga dapat diperkirakan dari pencapaian waktu. Pencapaian waktu dari suatu aktivitas digambarkan sebagai waktu yang diperlukan dalam rnelaksanakan ketrampilan seperti halnya dalam melengkapi bermain menurut aturan, bertanding atau suatu event.
- Rangkaian energi dan pencapaian dapat dibagi menjadi empat area yang berbeda:
    a. Area pertama yang meliputi aktivitas kurang dari 30 detik untuk melaksanakan Sistem energi phosphagens (ATP dan PC).
    b. Area kedua meliputi aktivitas antara 30 sampai 90 detik, dilaksanakan dengan Sistem energi utarna ATP-PC dan sistem asam laktat.
    c. Area ketiga meliputi aktivitas yang menuntut antara 1,5 sampai 3 menit untuk dilaksanakan. Sistem energi utama yang digunakan adalah asam laktat dan sistern aerobik.
    d. Area keempat meliputi aktivitas yang menuntut capaian lebih besar atau lebih dari 3 menit. Sistern energi utama adalah aerobik atau sistem oksigen.

Dipindai dengan CamScanner

BAHAN BAKAR UNTUK LATIHAN

Aspek yang sangat penting dari konsep energi adalah persediaan bahan bakar selama latihan. Persediaan bahan bakar (makanan) untuk otot selama latihan merupakan suatu hal yang sangat membantu anda dalam memahami tentang kebutuhan nutrisi atlet anda. Demikian pula, memi-liki otot yang bagus dan kuat merupakan impian setiap pria, ia akan tampil lebih percaya diri bila tubuhnya sehat serta berotot. Untuk mendapatkan bentuk tubuh yang sehat dan kuat tidak hanya cukup dengan latihan fisik saja, namun pembentukan otot yang kuat dipengaruhi oleh beberapa pola makan (menu makanan) yang dikonsumsi.

Otot yang baik dan kuat akan mudah terbentuk jika asupan berupa cairan dan makanan kaya nutrisi yang seimbang serta dilakukan dengan latihan fisik secara rutin. Asupan makanan yang sehat dan seimbang terhadap tubuh sangat berguna bagi kesehatan khususnya bagi sistem pencernaan. Jika pencernaan dalam tubuh manusia sehat, maka proses latihan fisik pada saat membentuk otot yang kuat juga akan berjalan lancar. Dalam rangka membantu *pembentukan otot* tersebut sebaiknya menekankan pada 5 atau lebih porsi makanan harian yang berupa buah dan sayuran, biji-bijian, sereal, kacang-kacangan, dan cairan yang cukup. Cairan yang cukup ini sangat berguna unntuk menghindari terjadinya dehidrasi.

Bahan Makanan

Pengertian umum dari persediaan bahan bakar adalah jenis dan bahan makanan yang digunakan untuk memproduksi adenosine trifosfat (ATP) selama latihan. Ada tiga jenis bahan makanan: (1) Protein, (2) Karbohidrat yakni, glukosa yang tersedia dalam bentuk glikogen, dan (3) Lemak. Anda akan mengingat lagi bahwa energi yang dilepaskan dari ketiga bahan makanan dapat digunakan dalam sistem oksigen untuk membangkitkan ATP dari karbohidrat tersebut. Karena itu, karbohidrat bertindak sebagai satu-satunya sumber energi untuk formasi ATP dan *anaerobic glycolysis* atau sistem asam laktat.

Dipindai dengan CamScanner

Untuk mendapatkan hasil dari latihan fisik, maka ketiga jenis bahan makanan tersebut sangat dominan sebagai bahan bakar yang bertujuan membentuk energi, sedangkan untuk membentuk otot hanya membutuhkan kombinasi karbohidrat dan protein saja. Protein memiliki peranan yang penting dalam membangun dan memperbaiki otot. Sedangkan karbohidrat mampu menyediakan energi untuk bahan bakar selama melakukan latihan fisik.

Beberapa asupan makanan yang dapat membantu membentuk otot yang kuat:

- **Buah dan sayuran**. Buah dan sayuran merupakan faktor dasar dari semua diet yang sehat. Diet sehat ini selalu menyertakan buah dan sayuran untuk membantu menurunkan berat badan dan dapat memberikan asupan serat, vitamin, mineral, dan cairan. Pada sayuran juga terdapat sejumlah kecil protein.
- **Susu rendah lemak**. Susu rendah lemak ini dapat berguna untuk menyediakan protein yang berkualitas tinggi, karbohidrat, dan vitamin penting seperti vitamin D, potasium, dan kalsium.
- **Daging**. Daging dipercaya sebagai sumber protein, besi, dan asam amino termasuk leusin. Kandungan besi pada daging berguna untuk melakukan transportasi oksigen ke otot. Nutrisi yang terdapat pada daging mampu memupuk pertumbuhan otot.
- **Daging ayam warna gelap**. Mengkonsumsi daging ayam tanpa kulit memang cukup baik untuk kesehatan dikarenakan rendah lemak. Memilih daging ayam yang berwarna gelap mampu meningkatkan zat besi sebesar 25 persen dalam tubuh, serta meningkatkan 3 kali zink yang dapat membantu meningkatkan sistem kekebalan tubuh yang baik.
- **Telur**. Satu telur sehari sangatlah baik untuk program diet sehat, meskipun demikian jangan sampai kuning telurnya terbuang. Telur diperkaya dengan asam amino esensial, kuning telur juga mengandung protein dan nutrisi lainnya seperti lutein yang sangat berguna untuk kesehatan mata.
- **Kacang**. Mengkonsumsi kacang mentah tanpa garam atau kacang yang dipanggang merupakan sumber protein yang baik dan juga

Dipindai dengan CamScanner

mengandung vitamin, ***antioksidan***, serat dan lemak sehat yang cukup membantu untuk daya tahan tubuh.

- **Biji-bijian**. Karbohidrat yang berkualitas banyak terdapat pada biji-bijian, disamping itu biji-bijian juga mengandung sejumlah kecil protein, dimana protein tersebut mampu memberikan energi dan membentuk otot, bersama dengan serat, vitamin dan antioksidan yang terkandung didalam biji-bijian.

Untuk membentuk otot yang kuat dan sehat memang membutuhkan proses dan tidak instan, oleh sebab itu tidak ada ruginya jika mencoba beberapa tips pola makan di atas untuk membantu pembentukan otot anda. **Karbohidrat** dan protein selalu bersaing sebagai asupan pembentuk tubuh. Bagi sebagian orang protein merupakan asupan sangat baik untuk membentuk tubuh, tapi ada sejumlah orang bilang bahwa karbohidrat tak kalah baik. Lantas, manakah asupan terbaik pembentuk otot tubuh? Untuk mengetahui asupan mana yang terbaik agar tubuh berotot, Anda bisa membandingkan kedua asupan itu. Berikut paparannya, seperti dilansir *Healthmeup.*

Karbohidrat

Karbohidrat disimpan sebagai glikogen, yang mencegah tubuh dari sumber energi yang berasal protein. Karbohidrat juga memproduksi insulin pengontrol hormon anabolik, yang merupakan hormon pertumbuhan dan bermanfaat untuk membangun otot. Manfaat karbohidrat, antara lain: (1) sumber energi yang baik, (2) memiliki kandungan erat yang tinggi, (3) membantu menurunkan berat badan, dan (4) mencegah penyakit seperti gangguan pencernaan dan penyakit jantung.

Makanan karbohidrat, berupa: biiji-bijian, kacang-kacangan dan sayuran, pisang, kentang. Ketika Anda mengonsumsi karbohidrat: Saat energi diproduksi dari karbohidrat, kondisi itu akan menjadi bahan bakar latihan otot yang memberikan performa yang baik. Bila seseorang memiliki energi, maka otot akan berkontraksi dengan mudah dan tak akan merasa lapar atau pusing setelah latihan. Ide makanan ringan sebelum pergi latihan. Sepotong roti gandum dengan satu

Dipindai dengan CamScanner

sendok makan selai kacang dan madu bisa sumber energi yang baik sebelum memulai latihan.

Protein

Protein merupakan unsure makanan yang bisa membangun otot didasarkan pada kandungan protein dan juga asam amino. Sementara, untuk mendapat manfaat itu Anda bisa mengonsumsi asupan yang mengandung protein dengan porsi kecil sepanjang hari. Manfaat protein, antara lain; (1) membantu membangun tulang, otot, darah, kulit dan tulang rawan, (2) makanan yang kaya protein, mengandung vitamin dan mineral seperti magnesium, besi, seng, vitamin B dan E, (3) meningkatkan kekebalan tubuh, dan (4) protein menghasilkan enzim, hormon dan antibodi yang berguna bagi tubuh untuk membantu proses metabolisme, regulasi dan kekebalan tubuh. Makanan berprotein, berupa: daging, telur, ayam, brokoli, susu, bayam.

Setelah menjalani latihan, tubuh membutuhkan pemulihan untuk membangun sel otot lagi, karena itu Anda harus mengonsumsi makanan yang memiliki asupan protein. Bahkan dianjurkan untuk mengonsumsi camilan yang kaya protein seusai latihan. Demikian pula, selama 30 menit latihan sangat disarankan mengkonsumsi camilan yang kaya protein untuk mempercepat proses pemulihan.

Pada umumnya bahan makanan dapat dibagi dalam 3 (tiga) kelompok besar, yaitu:

- Bahan makanan sumber energi berupa; bahan makanan sumber karbohidrat, lemak dan protein
- Bahan makanan sumber zat pembangun tubuh, berupa; bahan-bahan makanan sumber protein
- Bahan makanan sumber zat pengatur, berupa; bahan-bahan makanan sumber vitamin dan mineral

Karbohidrat dan Lemak Sebagai Bahan Bakar

Ada dua faktor yang sangat berpengaruh pada pilihan dari hubungan antara karbohidrat dan bahan bakar lemak selama latihan (1) intensitas dan lamanya latihan serta (2) diet.

Dipindai dengan CamScanner

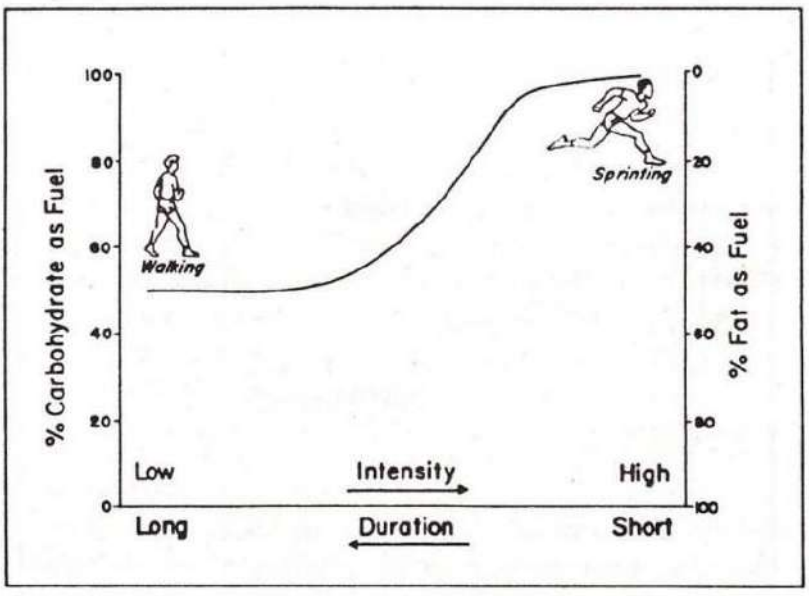
Protein Sebagai Bahan Bakar

Meskipun protein dapat digunakan sebagai bahan bakar energi untuk sistem aerobik, tetapi bahan bakar ini tidak terlalu penting selama latihan dalam bentuk apapun. Protein digunakan sebagai bahan bakar metabolik hanya terjadi apabila bahan makanan lain tidak tersedia.

Pengaruh Intensitas dan Lama Latihan

Intensitas latihan meningkat dan lama waktu latihan menurun, bahan bakar yang utama berpindah kearah karbohidrat. Satu alasan untuk penggunaan produksi ATP berpindah ke arah metabolisme anaerobic (sistem asam laktat) dalam latihan berat dan waktu relatif pendek. Seperti yang baru disebutkan, karbohidrat adalah satu-satunya bahan bakar untuk sistem ini. (seharusnya ditunjukkan disini bahwa selama latihan berat tapi singkat, seperti lari jatak pendek 100 m, bahan bakar utama untuk pengumpulan kembali ATP adalah phospocreatine atau PC hanya sebuah kuantitas karbohidrat yang tidak terlalu banyak yang dapat dihancurkan pada sebuah latihan jangka pendek tersebut).

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut,



Gambar II.1 Intensitas Latihan Menurun dan Lama Latihan Meningkat (Edward L.Fox, 1983:41)

Dipindai dengan CamScanner

Pada gambar II.1 menunjukkan bahwa intensitas latihan menurun dan lamanya latihan meningkat, di sini sumber utama bahan bakar yang digunakan adalah lemak. Meski lemak adalah sebuah bahan bakar utama selama usaha latihan yang lebih lama, karbohidrat masih dianggap penting terutama pada permulaan atau awal penampilan. Penggunaan karbohidrat lebih besar pada awalnya kemudian dengan perlahan namun secara terus-menerus membutuhkan lemak seiring dengan penampilan yang dilakukan. Pentingnya karbohidrat dalam arena daya tahan yang membutuhkan sebuah "tendangan" di akhir. Selama "tendangan" karbohidrat ini merupakan bahan bakar yang penting dilibatkan dalam sistem asam laktat.

Pentingnya karbohidrat selama latihan yang lebih lama ditegaskan oleh fakta bahwa penipisan persediaan di dalam otot hampir selalu beriringan dengan kelelahan otot. Hal ini memang benar meskipun ada sedikit lemak yang masih tersedia di otot sebagai bahan bakar. Namun, penipisan persediaan karbohidrat dan kelelahan otot dalam peristiwa ini, sampai saat ini belum diketahui secara pasti.

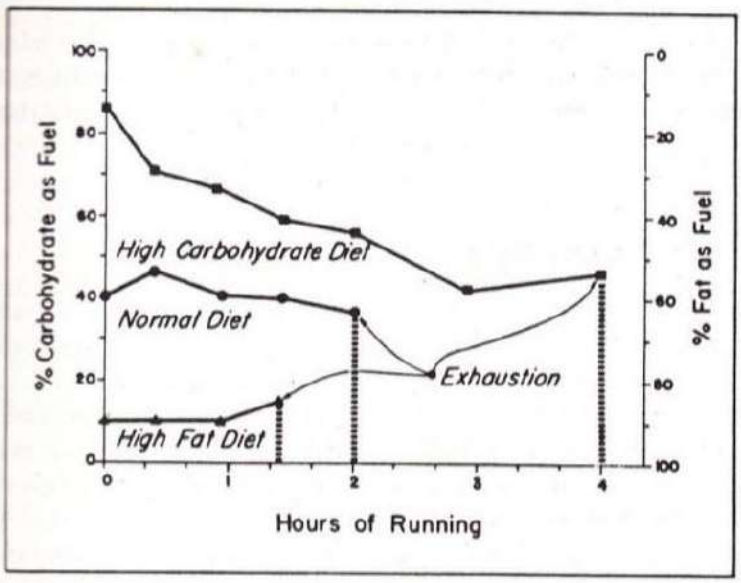
Pengaruh Diet

Percobaan membedakan pengaruh pada sebuah diet yang normal dengan diet karbohidrat yang berat serta diet lemak yang tinggi. Sebuah diet normal atau juga disebut sebagai diet campuran memuat setidaknya 55% karbohidrat, 30% lemak, dan 15% protein. Seperti yang dapat anda lihat, selama latihan daya tahan (dalam hal ini lari), pola penggunaan bahan bakar yang berhubungan dengan diet normal adalah salah satu hal yang sudah kita jelaskan di atas : karbohidrat lebih suka digunakan, tapi kemudian lemak adalah yang paling digemari. Orang-orang yang melakukan diet normal selama periode waktu atau beherapa hari berlari selama 2 jam sebelum kelelahan tiba. Setelah beberapa hari pada sebuah intensitas yang tinggi, diet karbohidrat yang rendah, bahan bakar pilihan selama latihan adalah lemak. Hal ini dengan jelas mengindikasikan bahwa ketcrsediaan pada sebuah bahan bakar sebagai penentu melalui diet adalah faktor penting dalam pemilihan bahan bakar. Perhatikan juga bahwa ketika seorang

Dipindai dengan CamScanner

yang sedang dalam diet lemak ketat, kelelahan hanya muncul pada 85 menit, 35 menit lebih cepat daripada pada diet campuran.

Lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar berikut yang didasari dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Christensen dan Hansen pada tahun 1939.



Gambar II.2 Karbohidrat atau Lemak yang Kita Makan akan Berkurang Selama Latihan dan Berpengaruh pada Kegiatan Diet (Edward L.Fox, 1983:43)

Tiga ciri penting yang nampak kelihatan adalah:

1. karbohidrat digunakan dalam jumlah yang lebih besar, biasanya di awal latihan.
2. meski dengan ketersediaan karbohidrat yang luas ini, ada sebuah pilihan untuk metabolisme lemak bersamaan dengan latihan yang berlangsung.
3. berikut diet karbohidrat yang tinggi, seseorang dapat berlari selama 4 jam sebelum kelelahan tiba. Periode daya tahan ini adalah 2 kali berhubungan dengan diet campuran dan hampir 3 kali yang lerhubungan dengan diet lemak ketat.

Beberapa penemuan ini, diperoleh pada tahun 1939 merupakan permulaan untuk menginspirasi pentingnya diet karbohidrat dalam penampilan daya tahan.

Dipindai dengan CamScanner

Bentuk Bahan Bakar Karbohidrat

Ada dua contoh bentuk dari karbohidrat, yaitu glukosa dan glikogen. Glukosa adalah sebuah gula sederhana dari bentuk dasar karbohidrat yang biasa digunakan dalam tubuh. Hampir semua karbohidrat diubah menjadi glukosa sebelum digunakan. Ini merupakan glukosa darah yang berperan sebagai hahan bakar dalam proses metabolisme untuk otot rangka. Beberapa glukosa yang disuplai ke otot oleh darah diubah menjadi glikogen dan disimpan di dalam otot (*intramuscularly*). Glikogen adalah sebuah polimer dari glukosa dan merupakan sejumlah molekul glukosa yang secara kimia dirangkaikan bersama-sama. Di dalam tubuh manusia, glikogen menggambarkan bentuk persediaan dan penyimpanan glukosa, dan juga memerankan sebagai bahan bakar metabolisme untuk otot rangka.

Glukosa Darah

Pengambilan glukosa dari darah oleh otot rangka selama istirahat adalah agak kecil. Namun, selama latihan panjang berlangsung, pengambilan glukosa dari darah meningkat sangat hanyak sekali, terhitung sebesar 30% sampai 40% dari total bahan bakar yang digunakan oleh sistem oksigen selama sesi latihan. Pemeliharaan glukosa darah pada suatu tingkat yang cukup adalah sangat penting pada setiap waktu sebab glukosa adalah sumber utama bahan bakar untuk otak. Tingkatan glukosa dalam darah diikuti pula oleh porsi diet karbohidrat, kemudian beberapa aturan pada tingkat berikut-nya oleh hati. Hati menyimpan glikogen dalam jumlah yang cukup banyak, ketika level gukosa darah rendah, glikogen hati dihancurkan dan glukosa dilepaskan ke dalam darah. Ketika level glukosa darah tinggi, hati mengambil glukosa dari darah dan menyimpannya sebagai glikogen. Sebuah sumber utama glukosa darah selama latihan yang lama berasal dari penghancuran glikogen hati. Tentunya, latihan dapat mencapai sebuah mekanisme titik ketegangan untuk mempertahankan level glukosa. Hal ini sudah sangat dikenal selama ini. Contohnya kelelahan fisik secara umum mengikuti usaha daya tahan yang dapat disertai oleh level glukosa darah yang rendah (hypoglycemia).

Dipindai dengan CamScanner

Glikogen yang disimpan oleh otot tidak dapat secara langsung memasok darah dengan glukosa. Namun, hal ini harus dihancurkan terlebih dahulu oleh asam laktat melalui "anaerobic glycolysis". Asam laktat kemudian menyebar ke dalam darah dan di bawa ke hati. Di sini dapat diubah menjadi glukosa dan dapat juga disimpan sebagai glikogen hati atau dikeluarken kembali ke dalam darah.

Glikogen Otot

Glikogen yang tersimpan dalam otot menunjukkan bentuk lain dari karbohidrat yang digunakan sebagai bahan bakar metabolisme. Penyimpanan glikogen otot sangat berguna untuk melawan penyalahgunaan diet. Penggunaan glikogen otot selama latihan tergantung pada sejumlah faktor, yaitu intensitas, lama, dan jenis latihannya. Dapat diperkirakan keduanya, intensitas dan lamanya latihan meningkat, begitu pula jumlah glikogen otot yang digunakan. Data menampilkan bersepeda pada intensitas sub maximal konstan pada ergometer. Pada experimen seperti ini, subjek berhenti sebentar setiap 20 menit, dan saat biopsy diambil. Biopsy adalah pergerakan sebuah potongan jaringan kecil, pada kasus ini potongan jaringan diambil dari salah satu otot quadriceps, vastus lateralis. Jaringannya kemudian dianalisis untuk melihat kandungan glikogen. Perhatikan bagaimana glikogen secara tidak nyata digunakan pada saat kelelahan. Glikogen telah digunakan terutama sebagai bahan bakar sistem oksigen, sistem energi ini banyak dipakai selama latihan panjang. Kenyataan yang dapat dilihat bahwa jumlah glikogen tetap tersedia setelah kelelahan terjadi. Kelelahan pada kasus ini berlangsung diakibatkan oleh jumlah yang besar dari asam laktat pada darah dan otot, dan tergantung pada sistem energi asam laktat. Cara latihan sendiri dapat mempengaruhi derajat pada glikogen yang digunakan pada otot. Jumlah glikogen yang digunakan tergantung pada keterkaitan otot tersebut selama latihan. .Jika otot vastus lateralis misalnya, lebih aktif selama bersepeda dibanding selama aktifitas lain, penggunaan glikogen terbesar oleh otot itu seharusnya terjadi selama bersepeda. Ini adalah kenyataan, bahwa jumlah glikogen yang digunakan oleh vastus selama bersepeda 20 menit sama dengan jika digunakan untuk lomba 30 km (19 mil) dan dalam bersepeda 60 menit, penggunaan glikogen oleh otot sebanding dengan lari selama 100 km

Dipindai dengan CamScanner

(62 mil). Membandingkan lari dengan yang lain dan ski lintas alam (cross country) selama 7 jam terjadi penipisan glikogen dalam vastus. Ski lintas alam termasuk dalam contoh olahraga yang membutuhkan aktivitas berat oleh banyak otot; disamping dengan penipisan dalam vastus (di atas 7 jam penggunaan glikogen sebanding dengan penggunaan pada lari 12 jam) di sana mempertimbangkan penggunaan glikogen di otot lengan terutama pada deltoideus.

Gambaran yang lebih luas tentang huhungan antara penggunaan glikogen otot dan cara latihan menunjukkan hasil eksperimen meliputi dua aktifitas yang sama, lari pada tahap latihan dan lari menaiki bukit. Intensitas metabolisme sama pada kedua kasus tersebut. Untuk masing-masing dari 3 otot kaki utama meliputi penggunaan glikogen selalu lebih banyak pada saat lari telah selesai menaiki bukit.

Kebanyakan otot manusia mengandung dua unsur serabut atau unit penggerak, yaitu *fast twitch* (FT) dan *slow twitch* (ST). Serabut FT secara metabolis dan psikologis sesuai untuk pekerjaan/kegiatan yang berintensitas tinggi namun tidak lama. Contohnya, lari cepat, terdapat penyusutan dari serabut FT pada otot yang terjadi secara sempurna, proses penyusutan serabut tersebut secara cepat dan kapasitas yang tinggi bagi proses yang menghasilkan ATP, proses ini dilakukan oleh sistem asam laktat (anaerobic glycolysis) kemampuan aerobiknya agak lambat. Karena adanya unsur-unsur itu maka serabut tersebut sering juga dihubungkan dengan serabut glikolitik (FG) yang cepat. Selanjutnya, serabut slow twitch (ST) memiliki ciri yaitu mempunyai kapasitas aerobik tinggi dan kapasitas anaerobic yang lemah; keduanya juga mengalami masa penyusutan yang lebih lambat. Karena itu, serabut tersebut disebut juga sebagai serabut oxidative (SO) yang lambat. Dari ciri tadi, akan mudah untuk menilai bahwa serabut ST lebih sesuai untuk olahraga daya tahan atau dalam latihan aerobik.

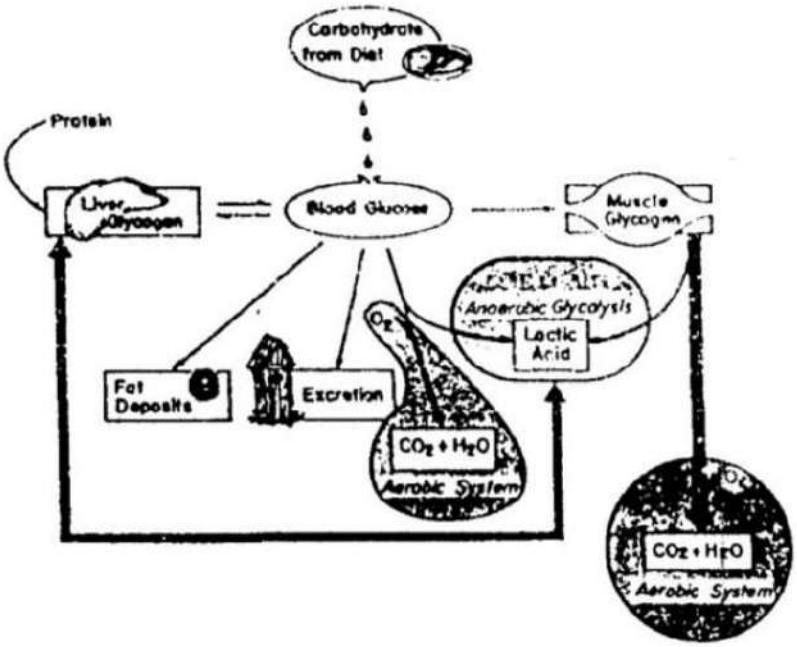
Penggunaan glikogen otot dalam dua jenis serabut di dalam vastus lateralis mengandung sedikitnya 60% unsur serabut ST dan 40% unsur serabut FT. Rata-rata waktu yang dipakai para pelari adalah dibawah 2,5 jam (147 menit). Tingkat penipisan glikogen jauh lebih besar dalam serabut ST pada otot vastus dengan jelas menunjukkan

Dipindai dengan CamScanner

bahwa serabut tersebut lebih aktif daripada serabut FT saat berlari. Serabut FT cenderung ditemukan pada kerja berintesitas tinggi dan waktu yang singkat, sedangkan serabut ST terlibat hanya sedikit, hal ini diindikasikan dari tampilan proses penipisan glikogennya.

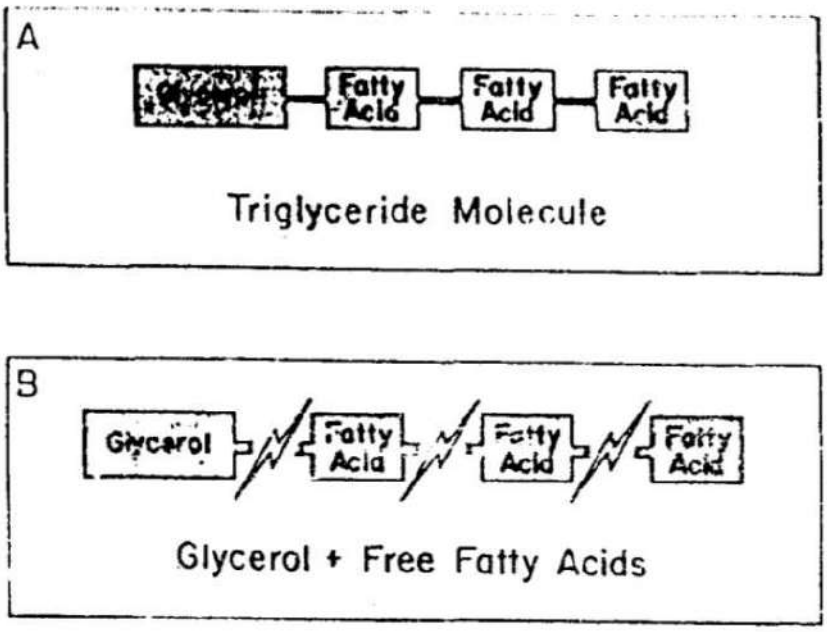
Beberapa Bentuk Lemak Sebagai Baban Bakar

Seperti karbohidrat, lemak mempunyai sebuah bentuk yang dapat digunakan dalam tubuh free fatty acids "FFA" (asam lemak bebas). Lemak diperoleh melalui diet atau dicema, asam lemak dihasilkan dari sebuah zat yang disebut glycerol. Setelah asam lemak diserap oleh sel-sel intestinal, mereka diubah menjadi triglycerida. Triglicerida memuat I unit (mole) glycerol dan 3 unit (moles) asam lemak. Ketika triglicerida dipecahkan, 1 mol glycerol dan 3 mol asam lenak bebas dilepas. (lihat gambar II.4 bagian A)



Gambar II.3 Hubungan antara Glukosa Darah dan Hati dari Glikogen Otot (Edward L.Fox, 1983:51)

Dipindai dengan CamScanner



Gambar II.4 Energi dari Asam Lemak Bbebas (Free Fatty Acid) (A) Triglicerida, Bentuk Penyimpanan Asam Lemak Bebas, Memuat 1 mol glycerol dan 3 mol Asam Lemak. (B) Ketika Dihancurkan, 1 mol Glycerol dan 3 mol Asam Lemak Bebas Dilepaskan (Edward L.Fox, 1983:52)

Penyimpanan triglicerida ditemukan dalam jaringan lemak di otot kerangka. Ketika dibutuhkan oleh otot, asam lemak bebas dari jaringan adipose dilepaskan dan triglicerida diangkut oleh darah ke otot, dimana mereka dioksidasikan. Mobilisasi FFA dari persediaan lemak tubuh ke otot adalah sebuah perhatian penting dengan pengurangan berat badan tubuh melalui pengurangan lemak tubuh. Ada dua bentuk bahan bakar utama yang disediakan lemak selama latihan: (1) free fatty acids yang diangkut melalui darah dari jaringan lemak (adipose), dan (2) penyimpanan triglycerida di dalam otot rangka dirinya sendiri,

Asam Lemak Bebas (Free Fatty Acid) dalam Darah

Seperti yang telah disebutkan bahwa persediaan triglycerida dalarn jaringan adipose dihancurkan untuk FFA, yang kemudian diangkut melalui darah ke otot rangka. Selama latihan yang cukup lama dalam intensitas sedang, asam lemak bebas yang dilepaskan

Dipindai dengan CamScanner

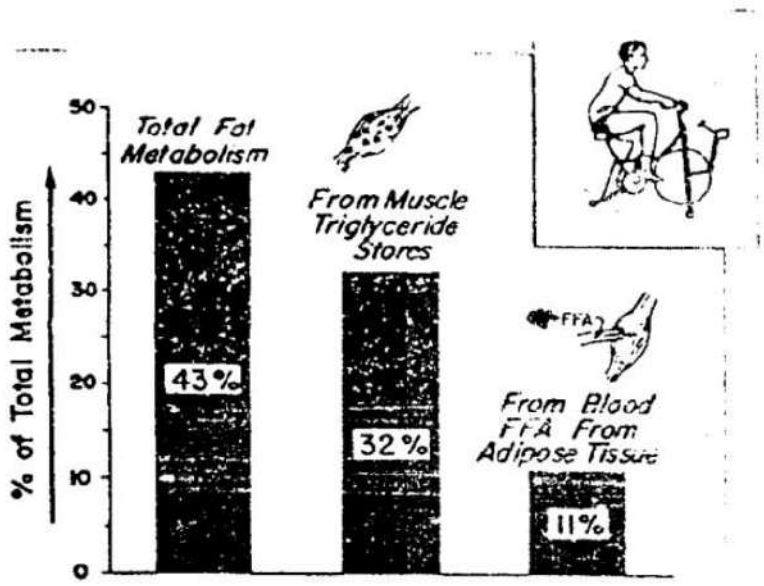
darah ini menggambarkan sebuah sumber utama bahan bakar untuk produksi ATP oleh sistem oksigen. Dalam penemuan yang ditunjukan dalam gambar II.5 oksidasi FFA\ dihitung untuk 11% dari metabolisme total pada otot tungkai selama I jam bersepeda gerak submaximal. Penemuan lainnya didapatkan melalui teknik penelitian yang berbeda, telah mengindikasikan bahwa FFA dapat dihitung 25% sampai 90% dari total metabolisme latihan.

Penggunaan FFA oleh kerja otot timbul karena adanya hubungan pada bagaimana banyaknya asam lemak bebas dalam darah. Peningkatan FFA oleh jumlah pasokan diet lernak seharusnya akan mempertinggi penggunaan FFA. Peningkatan penampilan daya tahan yang disebabkan oleh cara ini merupakan sebuah proses untuk menggantikan penghematan glikogen. Dalam proses ini, asam lemak bebas yang tersedia sekarang lebih suka digunakan sebagai bahan bakar, kemudian penghematan glikogen otot dapat menunda kelelahan.

Penyimpanan Triglycerida Otot

Informasi mengenai triglycerida di dalam otot kurang lengkap tidak seperti halnya mengenai glikogen. Karena itu, eksperimen terbaru yang menunjukan triglycerida otot digunakan secara luas dengan mempertimbangkan aktifitas daya tahan yang lama. Dengan memperhatikan gambar II.5 di bawah ini, anda dapat melihat bahwa triglycerida otot menyediakan cukup bahan bakar sebanyak 32% total metabolisme pada otot tungkai selama kerja submaximal satu jam dengan jumlah 75% dari total metabolisme lemak.

Dipindai dengan CamScanner



Gambar II.5 Oksidasi Asam Lemak Bebas (FFA), Penyimpanan Triglycerida dan Total Metabolisme Lemak pada Otot Tungkai Selama Kerja Submaksimal (Edward L.Fox, 1983:53)

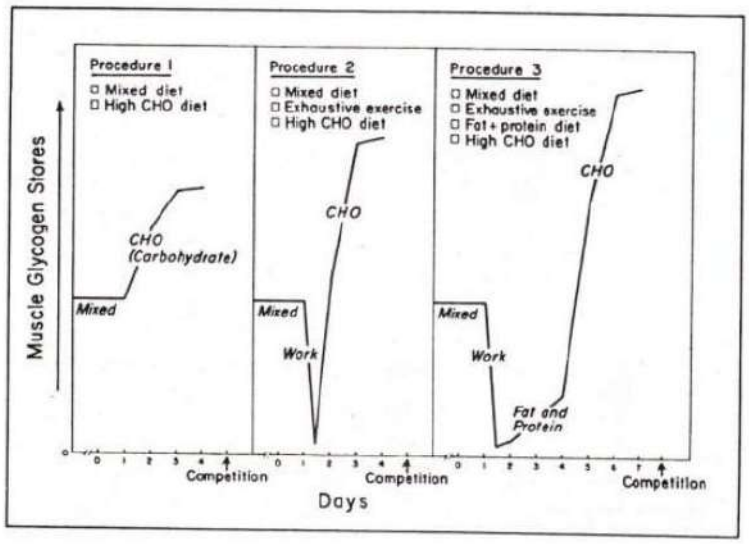
Bahan Bakar untuk Latihan Daya Tahan

Pada akhirnya, kita menyadari bahwa semua bahan bakar dapat diperhatikan pe berapa hanyak masing-masing berperan untuk total metabolisme selama pencapaian daya tahan seperti kerja submaximal selama I jam. Triglycerida dan glikogen menycdiakan sekitar 75 % bahan bakar, sebaliknya bahan bakar darah di tulang meliputi asam bebas lemak dan glikogen yang sisanya sekitar 25%.

Berikut ini dapat disimak hasil penelitian yang dilakukan oleh Saltin dan Hermansen dalam rangka penyimpanan glikogen otot melalui tiga model perlakuan. Pada perlakuan I, makan biasa ditambah diet karbohidrat serta tanpa latihan, ternyata glikogen yang tersimpan hanya cukup untuk lima hari pertandingan (kompetisi). Perlakuan II, makan biasa ditambah diet karbohidrat serta latihan mencapai maksimal (*exhaustive*), ternyata glikogen yang disimpan di otot hanya cukup untuk lima hari juga. Sedangkan pada perlakuan III, makan biasa ditambah diet karbohidrat dan latihan mencapai maksimal serta diet lemak dan protein, ternyata glikogen yang disimpan di otot bisa bertahan untuk delapan hari kompetisi. Labih

Dipindai dengan CamScanner

jelasnya dapat dilihat dalam gambar berikut. Karena itu, hasil penelitian ini dapat dijadikan pertimbangan sebagai langkah untuk meningkatkan glikogen otot dalam menghadapi pertandingan yang cukup lama, seperti suatu kompetisi atau kejuaraan yang membutuhkan waktu sangat panjang. Contohnya, kalau di Indonesia seperti kompetisi sepakbola Indonesia Super Leage (ISL), hanya tim yang benar-benar mempersiapkan secara maksimal yang dapat bertahan lama, persiapan itu tentu yang utama adalah aspek fisik, di samping aspek teknik, taktik dan mental.



Gambar II.6 Percobaan untuk Tiga Perlakuan dalam Meningkatkan Penyimpanan Glikogen Otot yang Dilakukan oleh Hermansen dan Saltin (Edward L.Fox, 1983:277)

Bahan Bakar untak Lari Jarak Pendek

Gambaran yang sangat jelas bahwa usaha dengan intensitas yang tinggi sedikit lebih rumit. Bahan bakar makanan yang utama disimpan dalam otot berupa glikogen. Aktivitas yang tetap dengan waktu relatif singkat maka bahan bakar utamanya adalah phospocreatine (PC). Karena itu, penyimpanan glikogen yang cukup banyak akan mendukung kebutuhan bakar baik yang berupa pertandingan yang cukup panjang maupun yang relatif singkat seperti lari jarak pendek.

Dipindai dengan CamScanner

Ringkasan

- Ada tiga jenis bahan makanan, yaitu: protein, karbohidrat (gula) dan lemak. Masing-masing mampu bertindak sebagai bahan bakar untuk membangun energi ATP selama latihan.
- Tidak biasa protein digunakan sebagai bahan hakar selama latihan, karena karbohidrat dan lemak sebagai bahan bakar utama.
- Selama latihan yang cukup lama dengan intensitas yang lehih rendah, pada awalnya karbohidrat bertindak sebagai bahan bakar utama, kemudian lemak menyusul sebagai bahan bakar dalam latihan itu.
- Diet mempengaruhi ketersediaan dari makanan sebagai bahan bakar. Dari sebuah studi, dua makanan pokok suatu diet yaitu lemak tinggi untuk satu hari akan mengalami kelelahan ketika mereka melakukan latihan yang diperpanjang. Setelah beberapa hari pada sebuah diet karbohidrat tinggi melalui waktu daya tahan meningkat tiga kali lipat.
- Glukosa adalah dasar yang digunakan pada karbohidrat. Sebagai bahan bakar, glukosa diangkut ke otot oleh darah. Penyimpanan bentuk glukosa adalah glikogen, yang mana disimpan di dalam otot rangka dan hati.
- Pengambilan glukosa dari darah oleh otot ditingkatkan selama latihan dan dapat meliputi 30 sampal 40% bahan bakar yang dioksidasi selama latihan yang diperpanjang.
- Pemakaiañ glikogen otot adalah bergantung pada intensitas, lama, dan model aktivitas dari latihan serta kelompok otot yang berbeda.
- Penipisan glikogen otot selama latihan pada umumnya mengakibatkan kelelahan walaupun lemak masih banyak tersedia sebagai bahan bakar.
- Pola Penipisan glikogen otot, serabut otot lambat (*slow twitch*) atau motor unit direkrut selama latihan yang cukup lama, pekerjaan dengan intensitas rendah, serabut otot cepat (*fast*

Dipindai dengan CamScanner

twitch) selama kerja menunjukan intensitas yang tinggi dengan waktu yang pendek.

- Fakta bahwa jenis serabut yang berbeda mempunyai tingkat pekerjaan yang berbeda pula. Asam lemak bebas (FFA) merupakan bentuk lemak dasar dapat digunakan sebagai bahan bakar. Mereka disimpan di dalam adipose dan jaringan otot sebagai triglycerides.
- Selama latihan moderat yang diperpanjang, asam lemak bebas diangkut dari jaringan adipose oleh darah dan triglycerida otot sebagai bahan bakar yang menyumbang sekitar 11 sampai 32% dari total metanolisme oksidasi.

Dipindai dengan CamScanner

PROSES PEMULIHAN
(*RECOVERY PROCES*)

Proses yang terjadi dalam fase pemulihan setelah latihan hanya berlangsung sebatas latihan itu sendiri. Sebagai contoh, tidak sempurnanya pemulihan yang dilakukan setelah latihan atau pertandingan pada akhirnya akan menurunkan performa si atlet itu sendiri. Hal tersebut bukan berarti tidak memungkinkan untuk membuat jadwal pertandingan baru setiap minggu, meski dilakukan di sela-sela berlangsungnya turnamen. Penjelasan pada bab ini akan sangat membantu anda sebagai pelatih dalam memulihkan performa dan stamina para atlet secara maksimal.

Bisa dikatakan bahwa konsep yang paling tepat dalam pemulihan adalah konsep utang (*debt*) oksigen. Namun, masih ada beberapa persepsi mengenai konsep utang oksigen tersebut. Karena itu, kita akan membahasnya dengan beberapa faktor yang berkaitan dengan hal itu, yaitu:

1). Restorasi fosfagen otot (ATP dan PC)

2). Pengisian mioglobin dengan oksigen

3). Pengisian glikogen otot

4). Perpindahan asam laktat dari otot ke dalam darah.

Konsep Utang Oksigen (*Oxygen Debt*)

Kita tahu bahwa selama kegiatan pemulihan setelah latihan energi kita terkuras. Tetapi secara terus menerus konsumsi oksigen kita tetap stabil. Jumlah oksigen yang dikonsumsi (V02) selama pemulihan, mengkonsumsi pada saat istirahat dan dalam waktu yang sama disebut utang oksigen. Hal ini ditunjukkan secara skematis pada Gambar III.1 di bawah ini. Istilah utang oksigen pertama kali dipakai pada tahun 1922 oleh ahli fisiologi latihan terkenal lnggris, A. V. Hill, bertepatan

Dipindai dengan CamScanner

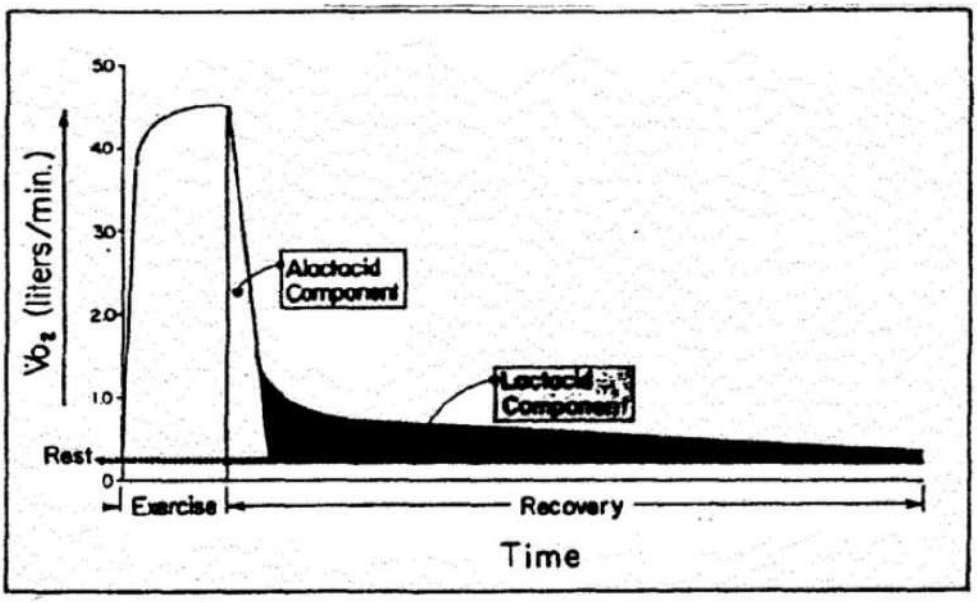
dengan Nobel Prize untuk bidang fisiologi yang dianugerahkan kepadanya.

Konsep utang oksigen ini dikembangkan oleh Hill apa adanya. Artinya, oksigen yang dikonsumsi berfungsi untuk memu-lihkan energi yang terkuras ketika latihan. Kesalahan interpretasi mengenai utang oksigen selama ini ditunjukkan bahwa oksigen ekstra yang dikonsumsi selama pemulihan hanya digunakan untuk mengembalikan oksigen yang dipinjam oleh beberapa organ dalam tubuh. Kecuali, berkurangnya oksigen dalam otot (kombinasi dengan mioglobin) dan pembuluh darah sekitar 0,6 liter. Utang oksigen, dapat dikatakan akan bertambah 30 kali lebih besar pada para atlet selama latihan secara maksimal.

Utang oksigen memiliki dua komponen, yaitu:

1). Porsi utang oksigen lambat disebut komponen utang oksigen asam laktat (laktasit), yang berhubungan dengan kemampuan energi dalam perpindahan asam laktat dari otot dan darah.

2). Porsi utang oksigen cepat yang disebut komponen utang oksigen alaktasit. Istilah 'alataksit' berarti tidak berhubungan dengan asam laktat.



Gambar III.1 Utang Oksigen Didefinisikan sebagai Jumlah Oksigen yang Dikonsumsi selama Pemulihan setelah Latihan (Edward L.Fox, 1983:60)

Dipindai dengan CamScanner

Istilah ini digunakan pertama kali pada tahun 1933, yang menyatakan bahwa tidak semua utang oksigen berhubungan dengan perpindahan asam laktat dari otot dan darah. Karena pada waktu itu sering terjadi salah interpretasi tentang hal ini, maka dibuatlah istilah 'alaktasit' untuk mempertegas bahwa utang oksigen tidak berhubungan dengan asam laktat. Meskipun pada waktu itu, istilah komponen alaktasit belum digunakan, namun sekarang diketahui bahwa komponen utang oksigen alaktasit mampu menyuplai oksigen penting yang dibutuhkan oleh energi guna restorasi fosfagen otot. Jika telah diketahui sebelumnya, mungkin istilah komponen fosfagen otot juga sudah digunakan sejak dahulu.

Restorasi pada Peyimpanan Fosfagen Otot

Penyimpanan otot dapat menyediakan sumber energi yang segera yaitu ATP dan PC. ATP merupakan sumber energi utama yang digunakan secara langsung oleh otot, dimana energi yang disumbangkan oleh PC langsung digunakan imtuk resistensi ATP. Meskipun sistem fosfagen dapat menyuplai energi utama yang dibutuhkan setelah latihan, ia juga dibutuhkan di setiap aktivitas yang berhubungan dengan otot.

Kecepatan Pengisian Fosfagen

Pengisian fosfagen berlangsung dengan cepat, sebagaimana ditunjukkan bahwa latihan yang dilakukan dalam waktu 10 menit secara kontinyu dari kerja submaksimal. Biopsi otot diambil sebelum dan sesudah latihan pada menit ke-1, 2, 5, dan 10 ketika pemulihan. Menganalisis otot-otot ini dimaksudkan untuk mengetahui konsentrasi ATP dan PC. Sebagaimana dapat dilihat pada porsi pokok ATP dan PC yang digunakan waktu latihan yang dialirkan dalam otot selama 2 atau 3 menit.

Diperkirakan pengisian fosfagen ini berlangsung antara 20 sampai 30 detik. Kecepatan pengisian fosfagen memiliki arti bahwa pemulihan performa tergantung pada kepadatan sistem ATP dan PC terhadap energi (seperti ditunjukkan dalam area satu pada tabel 2, halaman 23).

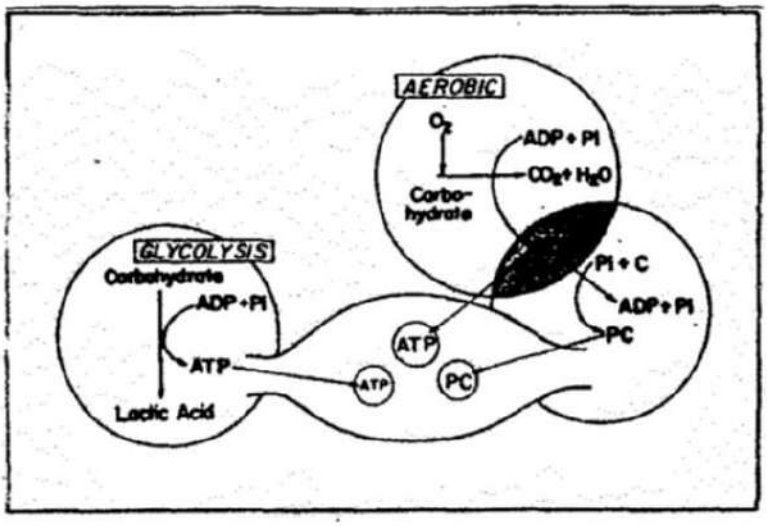
Adanya penambahan fosfagen di sela-sela latihan memang diperlukan untuk mencegah akumulasi asam laktat. Bentuk pengu-

Dipindai dengan CamScanner

rangan dan pengisian fosfagen selama latihan ditunjukkan pada interval latihan (bersepeda) antara 30 sampai 60 detik.

Energi Pengisian fosfagen

Restorasi pusat ATP dan PC dalam otot selama pemulihan setelah latihan memerlukan energi. Energi ini sebagian besar diperoleh melalui oksigen dari hasil peleburan karbohidrat dan lemak. Dikatakan bahwa asam laktat juga berfungsi sebagai penyuplai energi. Bagaimanapun juga, beberapa ATP yang disiñtesis digunakan secara langsung oleh otot dan sisanya melebur bersama energi yang dihasilkan pada proses berikutnya serta digunakan untuk mensintesis PC. Kemudian PC tersebut disimpan dalam otot. Sedangkan, fosfokreatin tidak disintesis secara langsung oleh energi yang timbul dari peleburan bahan makanan, hanya ATP saja yang disintesis dalam cara ini. Untuk mengingat selama pemulihan, ATP disintesis secara langsung dan PC disintesis secara tidak langsung oleh sistem oksigen dan mungkin juga termasuk sistem asam laktat. Rangkuman proses ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar III.2 Kemampuan Pengisian Fosfagen (Edward L.Fox, 1983:64)

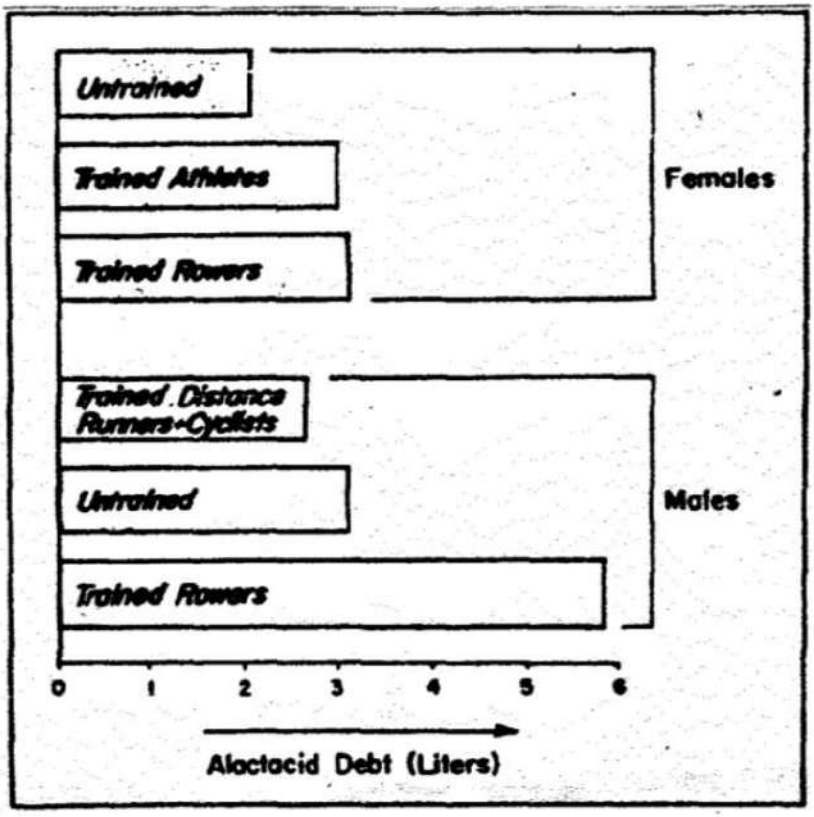
Energi yang digunakan untuk pengisian fosfagen diambil dari sistem oksigen (aerobik) dan mungkin sistem asam laktat (glikolisis).

Utang Oksigen Alaktasit dan Pengisian Fosfagen

Sebagaimana disebutkan sebelumnya, keterlibatan sistem oksigen pada restorasi fosfagen otot direfleksikan dalam sebuah

Dipindai dengan CamScanner

peningkatan konsumsi oksigen, yang dapat meningkatkan kadar alaktasit pada utang oksigen. Utang oksigen alaktasit terpenuhi dalam waktu 2-3 menit. Besar kecilnya utang merefleksikan fosfagen yang telah disimpan atau digunakan otot. Sebeluninya juga telah disebutkan bahwa jumlah total fosfagen yang digunakan 0,6 mol untuk atlet pria yang belum terlatih dan 0,3 mol untuk atlet wanita yang belum terlatih. Jika semua terpenuhi secara maksimal selama latihan, maka akan menghasilkan kurang lebih 4 liter oksigen untuk restorasinya. Ukuran komponen utang alaktasit biasanya antara 2,0 sampai 3,5 liter oksigen. Ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar III.3. Ukuran Utang Alaktasit yang Dimiliki oleh Atlet Terlatih (*Trained Athletes*) maupun Atlet tidak Terlatih (*Untrained Athletes*) Pria dan Wanita, (Berdasarkan data dari Hagerman dan Fox, 1973;dan Lesmes, 1976) (Edward L.Fox, 1983:65)

Utang alaktasit terbesar ditemukan pada atlet dayung pria dan wanita. Para atlet ini harus melakukan tugas berat pada lengan dan kaki. Mereka harus mendayung cepat tanpa henti sejauh 1000-2000 meter. Waktu perlombaannya pun cukup singkat yaitu 4 menit untuk

Dipindai dengan CamScanner

wanita dan 6 menit untuk pria, sehingga mereka memerlukan tenaga anaerobik dan daya tahan aerobik ekstra.

Pengisian Mioglobin dengan Oksigen

Mioglobin, ditemukan protein dalam otot rangka yang mengikat oksigen (02) dan memfasilitasi penyebarannya (diffusi) ke dalam sel otot. Mioglobin memiliki struktur dan fungsi mirip dengan hemoglobin yang ditemukan dalam sel darah merah. Meskipun kenyataannya hal ini lebih cenderung pada hemoglobin otot. Mioglobin ditemukan dengan jumlah lebih besar pada serabut otot lambat (*slow twitch*) daripada serabut otot cepat (*fast twitch*) dengan satu alasan bahwa tenaga aerobik mendominasi serabut otot lambat yang berwarna merah.

Kemampuan Mioglobin Menyimpan Oksigen

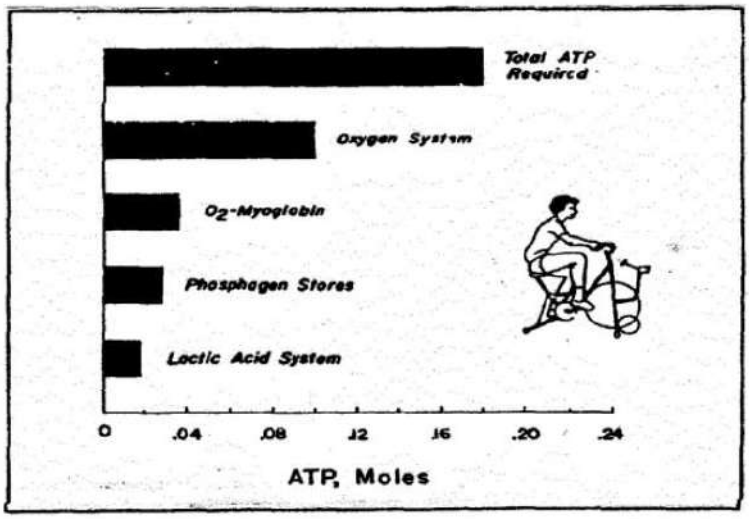
Jumlah oksigen yang disimpan di mioglobin sekitar 11 ml per kg otot. Jadi, sekitar 30 kg otot (66 Ib) untuk setiap orang dengan berat 70 kg (154 Ib), total kemampuan tubuh menyimpan oksigen terhadap mioglobin mencapai 330 ml (30 kg otot X 11 ml 02 per kg otot), oksigen-mioglobin (02-mioglobin) yang dimiliki para atlet dapat mencapai 500 ml, atau 0,5 liter. Namun bukan berarti memiliki jumlah oksigen yang signifikan. 02-mioglobin berperan penting selama latihan.

Peran Mioglobm dalam Latihan

02-mioglobin menyuplai oksigen dengan cepat ke otot. Sebagai contoh, selama fase latihan, sebelum sistem pengangkutan oksigen (pernafasan dan sirkulasi) dapat menyuplai oksigen tambahan, okigen terlebih dahulu mengikat mioglobin. Meskipun suplai oksigen ini kecil, tapi dapat menunda akumulasi asam laktat dalam otot dan darah. Khususnya pada latthan yang hanya dilakukan sebentar-sebentar (*intermitten*), dimana oksigen yang mengikat mioglobin bertambah ketika kita beristirahat dan memulai latihan lagi. Lihat gambar IV.2. menunjukkan eksperimen bersepeda. ATP yang dibutuhkan dihitung setelah satu jam terakhir latihan. Waktu tersebut dibagi dalam interval waktu 15 detik yang diikuti interval waktu istirahat selama 15 detik pula. Total ATP yang dibutuhkan, yaitu 20 persennya disuplai oleh oksigen yang mengikat mioglobin. Mioglobin berfungsi memfasilitasi

Dipindai dengan CamScanner

diffusi oksigen dan darah (pembuluh kapiler) ke mitokondria dalam serabut otot (oksigen juga sesekali dikonsumsi oleh mitokondria).

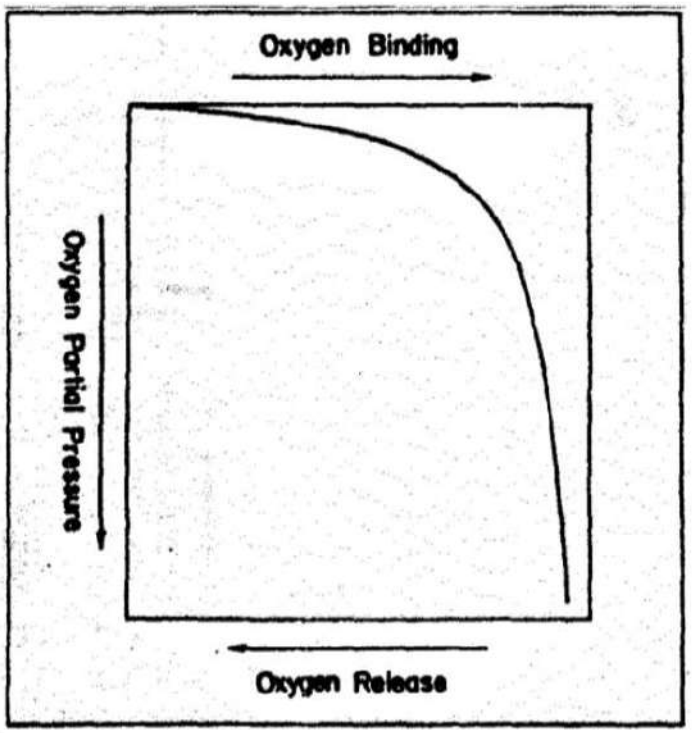


Gambar III.4. Selama Latihan Dilakukan Sebentar-Sebentar (*intermitten*) terjadi Pengikatan Oksigen terhadap Mioglobin. Total ATP yang dibutuhkan selama latihan, 20 % disuplai oleh oksigen yang mengikat mioglobin. (Edward L.Fox, 1983:66)

Kecepatan dan Kemampuan Pengisian O^2-Mioglobin

Seperti halnya fosfagen, 02-mioglobin terisi dengan cepat selama pemulihan perfonna. Pengisian 02-mioglobin ini lebih cepat daripada pengisian fosfagen. Karena 02-mioglobm tidak mengan-dung metabolis sumber energi. Dengan kata lain, restorasi mioglobin terhadap oksigen tidak tergantung pada hasil metabolis ATP per detik. Oksigen tersebut mengikat mioglobin secara kimia, sebagaimana oksigen mengikat hemoglobin. Pengikatan secara kimia ini sangat bergantung pada eksistensi oksigen dalam otot dan darah. Hubungan antara eksistensi oksigen dan pengikatan oksigen terhadap mioglobin dapat dilihat pada gambar di bawah ini. Eksistensi oksigen diwakili oleh sumbu horizontal yang berfungsi sebagai tekanan parsial oksigen. Dalam gambar, tekanan parsial oksigen berada di bawah area kotak. lni artinya bahwa tekanan parsial oksigen bergerak cepat. Sehingga, menyebabkan oksigen yang mengikat mioglobin berubah drastis.

Dipindai dengan CamScanner



Gambar III.5. Hubungan antara Eksistensi Oksigen dan Pengikatan Oksigen terhadap Mioglobln. Kurva melengkung ke bawah tekanan Parsial Oksigen (dl bawah area kotak). (Edward L.Fox, 1983:41)

Sebagai contoh, selama latihan tekanan parsial oksigen menurun dalam serabut otot yang mengandung mioglobin. Sedangkan pertambahan tekanan parsial oksigen, menyebabkan miglobin kembali terisi oksigen.

Hubungan Pengisian O2-Mioglobin terhadap Pengisian Ulang Utang Oksigen Alaktasit

Utang oksigen alaktasit terisi ketika oksigen menyebar ke dalanmya. Hal itu terjadi saat berlangsung pemulihan performa yang digunakan oleh sistem energi aerobik guna penambahan fosfagen otot. Oksigen yang menyebar ke dalamnya juga digunakan untuk penambahan mioglobin. Sedangkan penambahan 02-mioglobin digunakan untuk pengisian ulang utang oksigen alaktasit itu sendiri. Meski dua proses pemulihan tersebut berhubungan dengan oksigen yang mereka gunakan, namun perlu diingat bahwa pengisian ulang

Dipindai dengan CamScanner

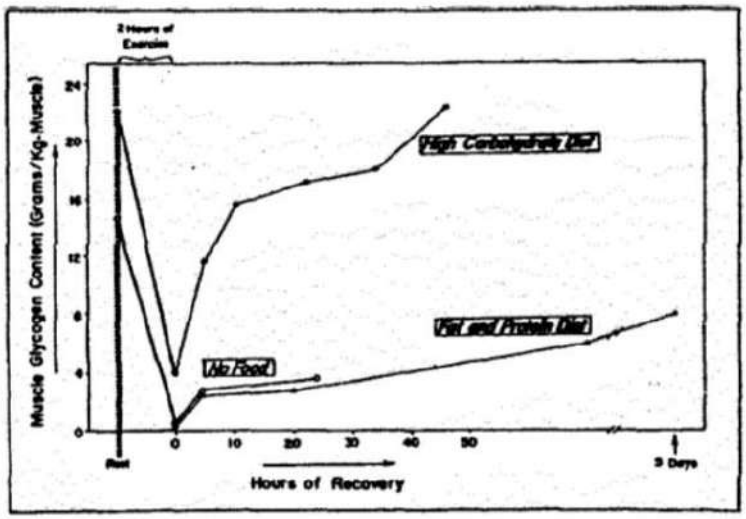
utang oksigen alaktasit menggunakan proses metabolis (sintesis ATP). Sementara untuk penambahan 02-mioglobin tidak.

Restorasi Kandungan Glikogen Otot

Pada bab sebelumnya, glikogen dinyatakan berperan sebagai "bahan bakar" ketika latihan. Glikogen sangat dibutubkan oleh oksigen dan asam laktat, serta sebagai faktor penunda kelelahan otot selama pemulihan setelah latihan.

Pengaruh Diet dan Intensitas serta Durasi Latihan

Pengaruh diet terhadap pengisian glikogen otot bergantung pada perpanjangan waktu latihan. Lihat gambar III.6.. Data dalam gambar berdasarkan eksperimen yang dilakukan selama 2 jam latihan untuk menurunkan glikogen otot (vastus lateralis) sebanyak mungkin. Jam pertama, latihan daya tahan berenang, ski, lari dan bersepeda. Jam kedua, mengulangi daya tahan bersepeda secara maksimal dengan menggunakan argometer.



Gambar III.6. Diet dapat Mempengaruhi tingkat pengisian Glikogen otot selama perpanjangan waktu latihan. (Edward L.Fox, 1983:41)

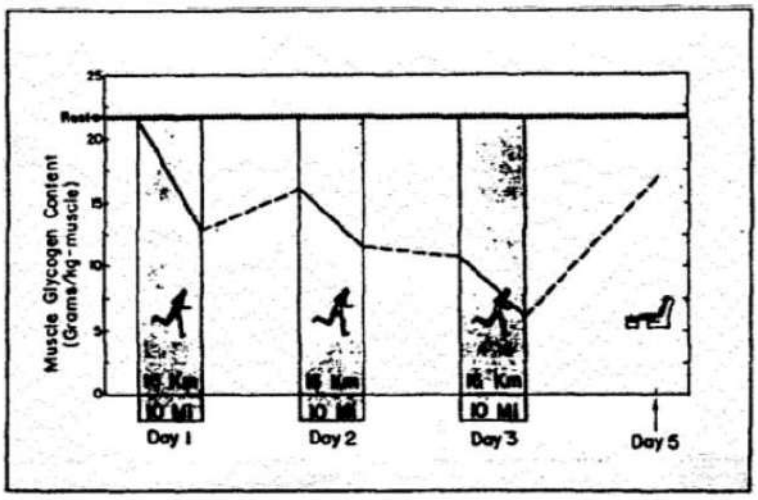
Kemudian diet dilakukan tanpa mengkonsumsi makanan, asupan lain yang mengandung lemak tinggi, dan makanan berkabohidrat tinggi. Berikut ini penjelasan tentang pengisian glikogen otot setelah perpanjangan waktu latihan.

Dipindai dengan CamScanner

Perpanjangan Waktu Latihan

1. Penambahan glikogen otot yang telah maksimal membutuhkan makanan (diet) berkarbohidrat tinggi.
2. Hanya jumlah glikogen otot yang tidak signifikan ditambahkan setelah 5 hari, jika tidak ada karbohidrat makanan yang dikonsumsi.
3. Meski mengkonsumsi makanan berkarbohidrat tinggi, tetap memerlukan waktu 46 jam untuk memaksimalkan penambahan glikogen otot.
4. Penambahan glikogen otot dipercepat selama 10 jam pemulihan.

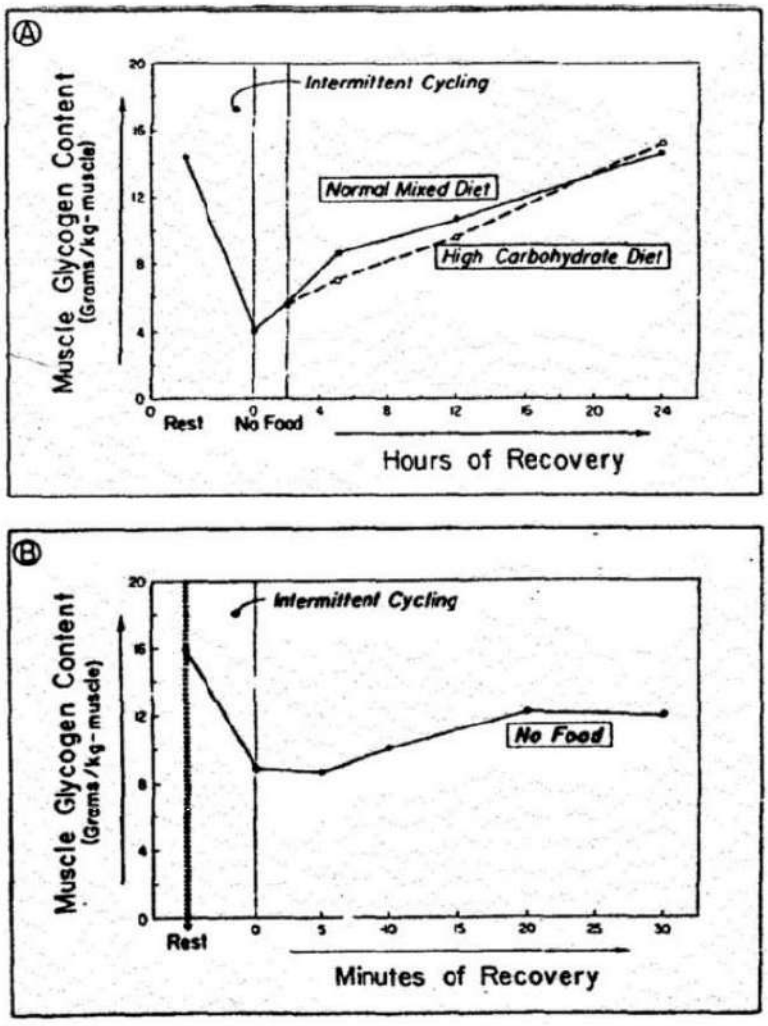
Lama waktu yang dibutuhkan untuk memaksimalkan pengisian glikogen otot selama latihan perpanjangan memiliki implikasi penting bagi pelatih dan atlet daya tahan. Salah satunya jadwal latihan. Dengan jadwal ketat maka daya tahan atlet akan terlatih. Intensithya latihan daya tahan dapat menurunkan kadar glikogen dalam kerja otot secara drastis. Sebagai contoh, setelah 3 hari bertusrut-turut berlatih lari (16 km atau 10 mil), glikogen otot terus menurun hingga tingkat terendah. Diketahui juga bahwa kadar glikogen tidak akan kembali sebelum latihan berakhir 1 minggu (5 hari).



Gambar III.7. Intensifnya Latihan Daya Tahan dapat Menurun-kan Kadar glikogen. (Edward L.Fox, 1983:70)

Dipindai dengan CamScanner

Perlu diingat bahwa informasi di atas hanya menjelaskan tentang pengisian glikogen berdasarkan perpanjangan waktu latihan. Libat gambar di bawah yang menunjukan bahwa hasil eksperimen bersepeda dengan interval waktu antara 1 sampai 3 menit. Kemudian, ditambahkan waktu 30 detik untuk perpanjangan latihan. Eksperimen ini dilakukan oleh 2 grup. Grup pertama mengkonsumsi makanan berkarbohidrat berkadar normal, selama 24 jam masa pemulihan. Dan grup kedua mengkonsumsi makanan berkarbohidrat tinggi. Pada dua jam pertama pemulihan, kedua grup tidak diperbolehkan mengkonsumsi makanan.



Gambar III.8. Diet mempengaruhi tingkat pengisian glikogen otot berdasarkan waktu, intensitas tinggi, dan istirahat latihan. (Edward L.Fox, 1983:71)

Dipindai dengan CamScanner

Berikut Latihan Sesaat:

1. Sejumlah glikogen penting dapat disatukan kembali di dalam waktu 2 jam pada masa pemulihan dalam asupan makanan (karbohidrat)
2. Melengkapi pemenuhan glikogen otot dalam mengikuti latihan sesaat (intermittent) tidak memerlukan sesuatu yang lebih tinggi dibanding diet karbohidrat normal.
3. Dengan diet karohidrat normal maupun tinggi dapat melengkapi glikogen otot untuk pengisian kembali dibutuhkan waktu 24 jam
4. Pemenuhan glikogen otot adalah yang paling cepat pemulihannya selama 5 jam pertama.

Sekalipun hanya dalam jumlah yang relatif kecil glikogen dipugar sepanjang 30 menit pada masa pemulihan pertama, itu tetap berpengaruh baik bagi atlet bukan daya tahan. Betapapun itu, bagi atlet tidak biasa untuk melaksanakan beberapa kali kegiatan yang sama atau beberapa kegiatan yang berbeda di dalam suatu kompetisi, maka penting bagi mereka untuk menjaga dari kehabisan glikogen otot lengkap (tentu saja tidak kehabisan total, sehingga terjadi serangan (penyakit) yang disebabkan dari kerja intensitas tinggi waktu relatif pendek. Seperti aktivitas dalam olahraga senam, kompetisi bolabasket, gulat, waktu untuk mencoba lintasan kolam renang, dan bagaimanapun kecilnya kenaikan glikogen otot yang disimpan dapat membantu awal dalam pemulihan.

Faktor yang Mempengaruhi Perbedaan dalam Pengisian kembali Glikogen Otot

Pengisian kembali glikogen otot mengikuti jangka waktu yang pendek dengan interisitas pekerjaan tinggi sangat berbeda bila mengikuti latihan daya tahan yang diperpanjang, tetapi pertimbangan untuk perbedaannya belum dibahas. Kita akan menyelidiki area ini sekarang. (Tetap di dalam pikiran tidak semua faktor yang terlibat telah dikenali dengan memuaskan). Pertama, jumlah glikogen yang dihabiskan mungkin adalah sebuah faktor yang mengatur seberapa cepat glikogen dipugar. Selama latihan yang lama, glikogen habis selalu lebih besar. Kedua, mengikuti latihan yang lama adalah biasa bila menemukan glukosa darah rendah - dalam kaitan dengan

Dipindai dengan CamScanner

penghabisan glikogen hati. Bagaimanapun, selama intesitas tinggi, latihan sebentar-sebentar (*intermittent*), glikogen hati sangat jarang dihabiskan. Sebagai konsekuensi, glukosa darah diukur selama pemulihan normal dan sering juga lebih tinggi. Oleh karena itu, ketersediaan karbohidrat (glukosa), yang mana penting untuk mengurai kembali (*resynthesis*) glikogen akan lebih besar dari latihan sebentar-sebentar ini, sehingga dapat membantu menjelaskan mengapa jumlah pengisian kembali glikogen penting dalam masukan karbohidrat yang berkenaan dengan pengaturan makan yang tidak mengikuti aktivitas seperti ini, tetapi setelah latihan yang lama. Akhirnya, ada beberapa bukti pengisian kembali glikogen otot adalah lebih cepat bagi serabut otot cepat (FT) dibanding dengan serabut otot lambat (ST). Serabut FT secara istimewa direkrut untuk latihan intensitas tinggi, dan ST serabut digunakan dalam latihan intensitas yang lama dan lebib rendah.

Pengisian kembali Glikogen Otot

Pelatih bijaksana akan mengijinkan beberapa hari pada atletnya untuk pemulihan dengan melakukan sejumlah diet tinggi karbohidrat terutama bagi daya tahan atletnya. Jika mungkin beberapa hari tidak pulih, paling tidak diberikan ijin 10 hari.

Untuk atlet bukan daya tahan, hanya satu hari dari jumlah karbohidrat normal berkenaan dengan pengaturan makan hatus dicukupi untuk pemulihan glikogen otot setelah latihan intensitas tinggi dan latihan sebentar-sebentar. Jika ini tidak mungkin, maka diijinkan sedikitnya 5 hari. Dengan latihan sebentar-sebentar, beberapa resynthesis glikogen dapat diharapkan pulih dalam 2 hari pertama (akan terjadi dalam 30 menit) bahkan kekurangan masukan makanan (karbohidrat). Hal ini membantu penundaan kehabisan glikogen secara progresif sebagai hasil pencapaian yang diulangi atas latihan dengan jangka waktu pendek.

Satu aspek untuk pengisian kembali glikogen otot yang perlu diperhatikan adalah kebutuhan energi. Sejak energi dilepaskan manakala glikogen dipecah. Energi diperlukan untuk resynthesis glikogen. Sebagian terbesar, energi ini disediakan oleh sistem aerobic

Dipindai dengan CamScanner

Pemuatan Glykogen Otot

Dari semua informasi ilmiah yang tersedia mengenai ilmu faal olahraga, yang berhubungan dengan pemuatan glikogen otot (*muscle glikogen loading*) atau "ganti-rugi hebat" telah digunakan secara luas oleh atlet dan pelatih. Pemuatan glikogen otot adalah suatu prosedur latihan-diet yang diarahkan pada otot untuk meningkatkan tinggi glikogen yang tidak biasa. Salah satu studi yang pertama untuk menghasilkan efek supercompensasi, penyimpanan glikogen dalam otot vastus lateralis dapat digandakan. Prosedur secara relatif sederhana adalah dua orang ditempatkan pada sebelah atas dari suatu sepeda ergometer. Latihan dilakukan dengan satu kaki sedang kaki yang lain adalah diistirahatkan dengan rileks. Begitu kedua-duanya bekerja secara serempak dengan satu kaki kiri sementara kaki yang lain dibiarkan. Vastus lateralis dicoba ke arah kelelahan dalam rangka mengurangi glikogennya yang menyimpan sampai mendekati nol. Selama tiga hari berurutan mengikuti latihan, kedua-duanya mengkonsumsi suatu diet yang berisi hampir karbohidrat eksklusif. Tidak ada latihan yang dilakukan selama kegiatan ini. Setelah tiga hari pada diet ini, penyimpanan glikogen di dalam otot kaki yang dicoba dua kali dari otot kaki yang beristirahat.

Riset berikut telah menetapkan bahwa peningkatan glikogen otot lokal lebih lanjut bisa dipromosikan jika mengikuti latihan dengan mengupayakan kehabisan glikogen, intinya dengan mengkonsumsi suatu diet protein untuk tiga hari sebelum mengkonsumsi diet karbohidrat tinggi.

Hubungan Laktasit Komponen Utang Oksigen

Lebih awal, kedua komponen (menyangkut) hutang oksigen tersebut. Konsumsi Oksigen sepanjang komponen lactacid dihubungkan untuk kepindahan asam laktat terkumpul di dalam darah dan otot selama latihan. Asam laktat adalah suatu produk uraian glikogen anaerobic. Dengan kata lain, memberi energi yang diperlukan, asam laktat dapat diubah kembali ke glikogen. Ada beberapa bukti bahwa sintesa glikogen pada porsi awal pemulihan (sekitar 30 menit). Dalam hal ini, energi perlu lebih dibanding yang

Dipindai dengan CamScanner

disediakan oleh oksigen yang dikonsumsi sepanjang komponen utang oksigen lactacid.

Barangkali perlu dikatakan bahwa asam laktat itu hanya salah satu dari beberapa glikogen pendahuluan. Sumber bahan bakar yang utama karena agak lambat untuk mengurai kembali (*resynthesis*) glikogen selama mengikuti latihan yang lama, nampaknya karbohidrat diambil melalui diet.

Kepindahan Asam Laktat dari Otot dan Darah

Kepindahan asam laktat dari otot dan darah adalah penting bagi sempurnanya pemulihan dari olahraga yang dilakukan yang sangat tergantung sistem asam laktat untuk energy. Asam laktat dapat dipindahkan dari darah dengan cepat jika orang melaksanakan latihan ringan (antara lain; berjalan atau latihan berlari konstan) dibanding jika seseorang beristirahat sepanjang periode pemulihan.

Latihan Pemulihan dan Pemanasan

Latihan sebentar-sebentar (*intermittent*) yang seketika mengikuti sesi latihan atau kompetisi merupakan latihan pemulihan di mana tingkat asam laktat dalam darah akan berkurang dengan cepat bila dibandingkan dengan beristirahat. Hal ini merupakan dasar fisiologis untuk praktek seperti itu. Bagaimanapun juga, ketika asam laktat dipindahkan dengan cepat mengikuti latihan pemulihan berlanjut, tentu saja merupakan tindakan yang bersifat bijaksana, bila menasehati atlet untuk berlatih secara terus-menerus sepanjang periode pemulihan dibanding dengan latihan hanya sebentar-sebentar, hal ini merupakan hal yang biasa. Dengan demikian, baik atlet maupun pelatih sudah mempelajari melalui pengalaman latihan, untuk pemulihan dengan cepat sehingga dengan begitu dapat melaksanakan lebih baik di dalam menghadapi kompetisi berikutnya.

Perpindahan Asam Laktat dan Komponen Utang Oksigen Laktasit

Perpindahan asam laktat dari otot dan darah memerlukan energi. Sekali lagi, mayoritas energi mi dibuat oleh sistem aerobic. Apa yang terjadi pada asam Iaktat? Asam laktat itu bisa dikonversi ke glikogen otot. Berbagai kemungkinan lain meliputi konversi untuk: (1) glikogen hati; (2) glukosa darah; (3) protein; dan (4) gas asam-arang

Dipindai dengan CamScanner

(C02) dan air (H20) yang belakangan diketahui berhubungan dengan asam laktat dapat dioksidasi oleh sistem aerobic. Dengan kata lain, asam laktat digunakan sebagai suatu bahan bakar berkenaan dengan metabolisme, dengan menguraikan aerobiknya yang menyediakan energi untuk bentuk ATP. Keduanya berupa otot rangka dan jaringan ginjal, hati dan otot jantung adalah asam laktat mampu untuk pemanfaatan sebagai bahan bakar. Jumlah oksigen yang diperlukan untuk memindahkan kuantitas asam laktat yang ditentukan sangat bervariasi pada langkah pemulihan yang berbeda. Oleh karena itu, apakah ada suatu hubungan antara sebab dengan pengaruhnya secara langsung.

Utang oksigen laktasit bervariasi dalam ukuran, berkisar sampai sekitar 8 liter. Separuh waktunya utang lactacid mengikuti latihan menyeluruh telah diperkirakan sekitar 15 menit selama istirahat pemulihan. Oleh karena itu, seperti ditunjukkan bahwa 50% utang nantinya "dibayar kembali" di dalam 15 menit, dan sekitar 95% dalam 1 jam. Informasi ini berguna bagi pelatih yang ingin menentukan batas maksimal dan minimal untuk cepat membayar yang menyangkut utang laktasit bagi atletnya.

Beberapa aspek pemulihan yang dirangkum di dalam Tabel berikut, merupakan perbandingan dari masing-masing kegiatan yang berhubungan dengan wakru yang dibutuhkan untuk pulih asal setelah mengikuti berbagai latihan maupun aktivitas lainnya. Seperti kondisi bagaimana keadaan tubuh dalam menghadapi terjadinya utang oksigen, asam alaktasit, asam laktat maupun pembayaran kembali asam laktat dan alaktasit.

Dipindai dengan CamScanner

Tabel 3. Waktu Pemulihan yang Direkomendasikan setelah Latihan Menyeluruh

Proses Pemulihan	Waktu Pemulihan yang Direkomendasikan	
	Minimal	Maksimal
Pemugaran Glikogen otot (ATP dan PC)	2 menit	3 menit 5 menit
Pembayaran Kembali Utang O2 Alaktasid	3 menit 10 hari	46 hari (setelah latihan lama 24 hari (setelah latihan
Pemugaran Mioglobin Otot	5 hari	sebentar sebentar) 1 hari (latihan- pemulihan) 2 hari (istirahat-pemulihan)
Pemugaran Glikogen Otot	30 menit 1 hari	1 hari
Kepindahan asam laktat dariotot & darah	30 menit	
Pembayaran kembali utang O2 laktasit		

Ringkasan

- Utang oksigen digambarkan sebagai jumlah oksigen dikonsumsi selama pemulihan di atas apa yang akan biasanya telah dikonsumsi pada posisi diam di dalam periode waktu yang sama.

  Utang oksigen mempunyai dua komponen, alactacid adalah persediaan energi untuk pengisian kembali phosphagen, dan laktasit adalah persediaan energi untuk kepindahan asam laktat dari otot dan darah.
- Pengisian kembali phosphagen otot lebih cepat hanya membutuhkan sekitar 2 sampai 3 menit
- Selama latihan sebentar-sebentar (intermittent), periode yang ringkas menyediakan waktu untuk beberapa phosphagen, yang dapat digunakan kembali selama periode pekerjaan yang berikut
- Energi untuk pemugaran phosphagen diperoleh dari sistem aerobic, dengan suatu kontribusi mungkin dari system asam laktat juga.

Dipindai dengan CamScanner

- Ukuran dari utang oksigen alactacid adalah 2 sampai 3.5 liter. Persediaan energi untuk pengisian kembali phosphagen adalah " dibayar kembali" dalam 3 sampai 5 menit.
- Myoglobin menyimpan oksigen (di atas 0.5 liter) dan memudahkan diffusi oksigen ke dalam mitochondria di sel otot. Selama latihan penyimpanan 02 myoglobin menurun. Selama pemulihan, ketika oksigen melimpah (utang oksigen alaktasit), diisi ulang hanya dalam beberapa menit.
- Melengkapi pengisian kembali glikogen otot selama pemulihan dari latihan yang berlajut lama mengambil sekitar 46 jam jika di rumah makan diet karbohidrat tinggi. Sekitar 60% diisi ulang dalam 10 jam dari seluruh pemulihan.
- Latihan daya tahan yang diulang-ulang dapat mengurangi penyimpanan glikogen pada tingkat yang sangat rendah. Hal ini bisa mendorong ke arah kelelahan yang kronis.
- Pengisian kembali glikogen otot yang berlangsung jangka pendek, intensitas tinggi, latihan sebentar-sebentar dan berakhir dalam 24 jam dengan masukan karbohidrat normal. Sekitar 45% diisi ulang dalam 5 jam pertama dari pemulihan. Beberapa pengisian kembali glikogen berlangsung di dalam 30 menit pemulihan tanpa masukan makanan.
- Pengisian kembali Glikogen pada serabut otot *fast-twitch* nampaknya lebih cepat dari pada serabut otot *slow-twitch*.
- Penyimpanan Glikogen otot dapat digandakan jika mengikuti latihan kehabisan glikogen, dan diet karbohidrat dikonsumsi untuk tiga hari. Ini dikenal sebagai glikogen loading atau *supercompensation* (ganti-rugi hebat).
- Energi untuk resintesis glikogen selama pemulihan disediakan oleh sistem oksigen. Sepanjang periode pemulihan yang segera (1 sampai 11/2 jam) mungkin beberapa: asam laktat diubah kembali ke glikogen, dengan utang oksigen laktasit menyediakan energi.
- Selama pemulihan, asam laktat dikonversi ke hati dan glikogen otot, glukosa darah, protein, dan partikel CO2 dan H2O. asam

Dipindai dengan CamScanner

laktat digunakan untuk mempertimbangkan bahan bakar metabolik pada sistem energi aerobik.

- Energi diperlukan untuk konversi asam laktat pada format lain yang disediakan oleh sistem oksigen dan meliputi komponen utang oksigen. Komponen utang oksigen komponen adalah lebih besar dan dibayar kembali secara perlahann dibanding utang oksigen alaktasit.
- Disarankan waktu pemulihan maksimal dan minimal yang direkomendasikan untuk kelelahan latihan dapat dihitung atas dasar informasi tersebut di atas.

Dipindai dengan CamScanner

PENERAPAN KONSEP OTOT SYARAF (*NEUROMUSCULAR SYSTEM*)

Sebagai seorang guru pendidikan jasmani dan olahraga, apalagi sebagai seorang pelatih, dituntut memiliki pengetahuan tentang gerak, karena gerak merupakan hal yang utama dalam beraktivitas terutama dalam kegiatan pendidikan jasmani dan berolahraga. Untuk mengetahui lebih luas tentang gerak sepantasnya bila para pelatih maupun guru penjasorkes memahami pula tentang konsep otot syaraf (*neuromuscular system*). Banyak hal yang dapat dipelajari yang berhubungan dengan otot syaraf, diantaranya tentang kontraksi, relaksasi, kelelahan, jenis serabut otot yang sesuai dengan cabang olahraga yang dilatih, dll.

Salah satu permasalahan terbaru dan mungkin paling menarik dalam penelitian di bidang olahraga ialah yang berkaitan dengan adaptasi atau penyesuaian neuromuscular (otot syaraf) terhadap latihan. Pada bab sebelumnya, telah dibahas tentang serabut otot cepat (*fast-twitch*; FT) dan serabut otot lambat (*slow-twitch*; ST). Dewasa ini sudah dilakukan penelitian tentang serabut otot tersebut secara terpisah. Hasil riset ilmu pengetahuan dan teknologi keolahragaan (IPTEKOR) terbaru, para peneliti telah membuktikan hipotesis mereka terhadap binatang. Sebagai contoh, korelasi antara performa otot dan jenis serabut (fiber) telah ditemukan dalam otot skeletal (kerangka) manusia; seperti juga halnya eksperimen dengan menggunakan otot kerangka binatang.

Beberapa penemuan seperti ini mempunyai arti yang sangat penting bagi para pelatih dan atlet karena penemuan tersebut dapat membantu menentukan jumlah variasi performa dari satu individu ke individu lain dan dari satu aktivitas ke aktivitas lainnya. Hasil penemuan menunjukkan bahwa terdapat sebuah hubungan antara performa otot dan jenis fiber. Demikian pula, variasi dalam distribusi FT atau ST akan mempengaruhi performa. Pada kasus ini, kita perlu

Dipindai dengan CamScanner

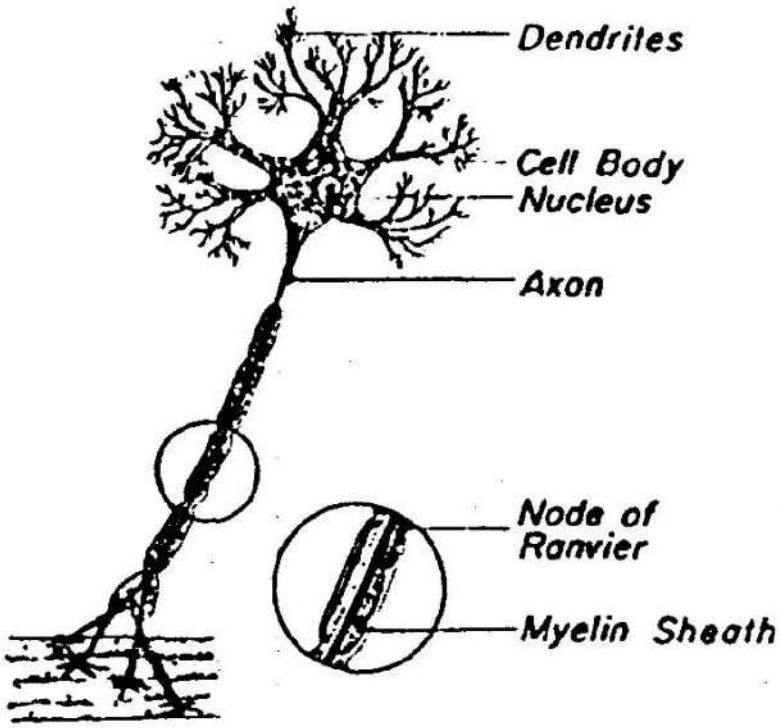
mengetahui konsep neuromuscular sebagai distribusi jenis serabut otot para atlet yang berbeda dalam bidang olahraga dan berbagai bentuk klasifikasi jenis serabut otot selama latihan dengan berbagai tipe dan intensitas latihan. Pada skala lebih luas, jelas perlu diketahui bagaimana sebuah keterampilan gerak (*motor skills*) yang dihasilkan.

Istilah neuromuscular mengacu pada struktur syaraf dan otot, karena itu pada kesempatan ini, kita akan membahas tetang penerapan konsep neuromuscular dalam olahraga. Pada dasarnya, ada dua jenis syaraf yaitu syaraf sensorik disebut *afferent nerve* dan syaraf motorik disebut *efferent nerve*. Syaraf sensorik menyampaikan informasi dari *peri-peri* (seluruh saraf tepi di kulit) ke sistem syaraf pusat (*central nervous system* di otak) dan pembuluh syaraf tulang belakang/spinal cord). Syaraf motorik menyampaikan informasi dari sistem syaraf pusat ke organ-organ penerima, seperti kelenjar dan otot. Ada tiga jenis otot dalam tubuh manusia, yaitu otot polos, otot jantung, dan otot rangka (skeletal). Sekarang ini, kita hanya akan membahas otot skeletal saja, karena berkaitan dengan gerak atau aktivitas jasmani.

Struktur Syaraf

Dasar fungsional dari unit anatomi syaraf adalah neuron atau sel syaraf. Strukturnya ditunjukkan pada gambar IV.1 di bawah ini. Neuron terdiri dan: (1) badan sel (*soma*); (2) beberapa serabut syaraf pendek (*dendrite*); dan (3) serabut syaraf panjang (*axon*). Meskipun secara teknis dendrit dan akson adalah serabut syaraf, namun istilah "serabut syaraf' secara umum hanya digunakan sebagai referensi akson. Dendrit mengirim impuls ke badan sel, sedangkan akson mengeluarkannya dari badan sel.

Dipindai dengan CamScanner



Gambar IV.1. Struktur Dasar Fungsional dan Unit Anatomis Syaraf atau Sel Syaraf (Edward L.Fox, 1983:87)

Pada serabut syaraf dalam jumlah besar, seperti pusat otot rangka di atas, aksonnya dikelilingi oleh pelepah mielin. Lapisan tersebut secara umum terdiri dari lipid (lemak) dan protein. Lapisan mielin tidak menjalar di sepanjang serabut, tetapi berada di dalam segmen-segmen yang memiliki ruang-ruang kecil. Ruang-ruang kecil ini disebut *Node of Ranvier*.

Fungsi Syaraf

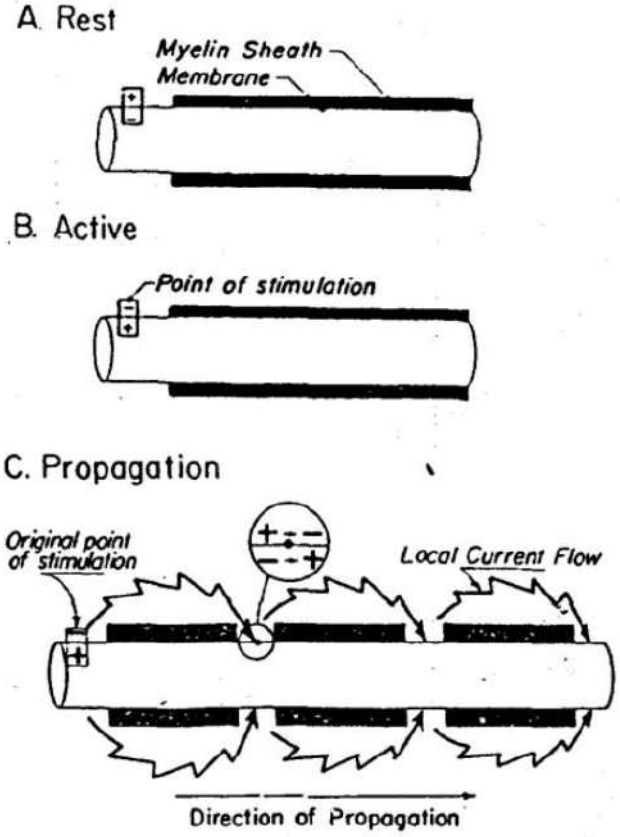
Informasi yang dikirim dari syaraf-syaraf tepi ke sistem syaraf pusat melalui syaraf sensorik menimbulkan berbagai jenis rangsangan, seperti sinar, sentuhan, bau, tekanan, dan sebagainya. Hubungan syaraf sensorik dengan syaraf pusat adalah untuk menyuplai berbagai rangsangan atau respon-respon motorik, yang digunakan sebagai respons refleksi. Contoh, ketika tangan Anda secara tidak sengaja menyentuh kompor panas, maka reseptor sensitif-panas di kulit langsung mengirim informasi melalui syaraf sensorik ke sistem syaraf

Dipindai dengan CamScanner

pusat. Kemudian, syaraf sensorik meneruskannya ke syaraf motorik untuk menyampaikan informasi tersebut ke tangan; terjadilah kontraksi otot, dan secara reflek terangkatlah tangan dari kompor panas itu.

Impuls Syaraf

Informasi yang dikirim dan diteruskan oleh syaraf sensorik dan motorik berbentuk energi elektrik, disebut impuls syaraf. Impuls syaraf dapat dirasakan sebagai sebuah gangguan elektrik pada titik stimulasi syaraf. Dengan kata lain, impuls syaraf digerakkan dan diperbesar oleh respons terhadap rangsangan.



Gambar IV.2 : Peristiwa Rangsang Syaraf dan Propagasi Impuls Syaraf (Edward L.Fox, 1983:89)

(A) Keadaan di Luar Syaraf adalah Positif (B) Stimulus Menyebabkan Potensial Aksi dari Aliran Arus Lokal. (C) Aliran Arus Lokal Menimbulkan Potensial Aksi Baru dan Aliran Arus di Daerah Akson. (Edward L.Fox, 1983:89)

Dipindai dengan CamScanner

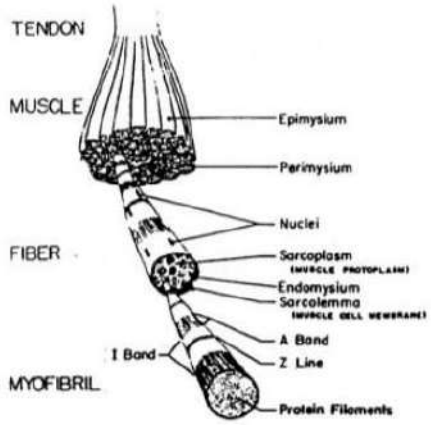
Ketika serabut syaraf beristirahat dari aktivitasnya, ion-ion sodium (Na) lebih cenderung berada di luar membran syaraf dan berubah positif secara elektris. Sedangkan, yang berada di dalam syaraf menjadi negatif (lihat Gambar IV.2). Jadi, terdapat perbedaan potensial antara sebelah luar dan sebelah dalam serabut syaraf. Pada saat sebuah rangsangan dikirim ke syaraf, membran syaraf menjadi mudah ditembus ion sodium, dan menyebar dalam syaraf. Akibatnya, sebelah luar syaraf menjadi negatif dan sebelah dalam positif (lihat Gambar). Bisa dikatakan bahwa dengan rangsangan yang cukup dapat menyebabkan terjadinya polaritas syaraf.

Sinapse dan Persimpangan Neuromuscular

Pada saat impuls syaraf menjangkau ujung akson, ia akan melakukan pelepasan zat kimia. Kemudian, impuls syaraf meneruskan informasi lain dari satu syaraf ke syaraf lainnya (sinapse) atau dari syaraf ke otot (persimpangan neuromuscular). Sebagai contoh, sebuah impuls syaraf yang disebarkan di sepanjang syaraf motorik menyebabkan pelepasan zat asetilkolin yang disalurkan ke persimpangan neuromuscular. Selanjutnya, asetilkolin menghasilkan potensial aksi dalam otot. Potensial aksi ini disebarkan ke seluruh otot dan terjadilah kontraksi otot.

Struktur Otot Rangka (Skeletal)

Sub unit struktural dan fungsional otot skeletal dijelaskan pada gambar di bawah ini



Gambar IV.3: Bagian dari Struktur dan Fungsional Otot Rangka (Edward L.Fox, 1983:90)

Dipindai dengan CamScanner

Serat Konektif (*Connective Tissue*)

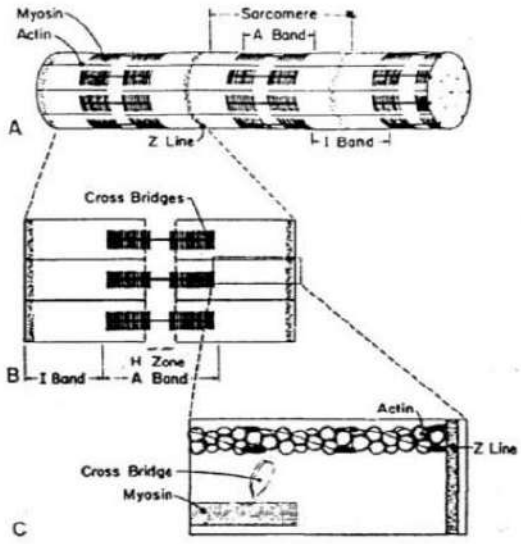
Seluruh otot yang dikelilingi oleh serat konektif disebut epimisium. Subunit terbesar otot adalah fascikulus, yang juga dikelilingi oleh serat konektif yaitu perimisium. Fascikulus terdiri dari mungkin hanya satu serabut otot atau bahkan ratusan serabut otot. Individual fiber otot atau sel otot dikelilingi oleh syaraf konektif yang disebut endomisium. Serat konektif berfungsi meningkatkan integritas dan kekuatan otot. Serat konektif yang dilibatkan ketika terjadi kelelahan otot selama beberapa hari pertama latihan yang intensif.

Miofibril

Membran sel pada serabut otot (atau sel otot) disebut sarkolema. Bagian dalam serabut terdiri dari komponen-komponen subselular, seperti protoplasma (disebut sarkoplasma dalam sel otot), nukleus, mitokondria, glikogen, ATP, dan PC. Yang membedakan antara komponen-komponen sel dalam sel otot dengan sel-sel Iainnya adalah miofibril. Miofibril terdiri dari dua filamen protein dasar yang tebal (miosin) dan yang tipis (aktin). Protein tersebut secara geometris disebarkan ke seluruh otot.

Sarkomere

Unit fungsional terkecil miofibril adalah sarkomere. Sarkomere didefinisikan sebagai jarak antara dua ganis Z. Ketika distimulasikan unit ini akan memendek.



Gambar IV.4: Struktur Miofibril (Edward L.Fox, 1983:92)

Dipindai dengan CamScanner

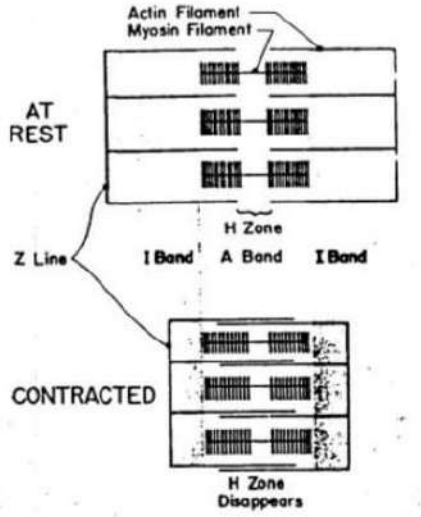
Pita I (I band) pada sebuah sarkomere hanya berisikan filamen aktin yang diperluas dari garis Z ke pusat sarkomere. Pita A (A band) terdiri dari filamen aktin dan miosin. Proyeksi-proyeksi kecil yang menyebar dari filamen miosin ke filamen aktin disebut hubungan-silang myosin (Cross Bridge). Proyeksi ini merupakan instrumental yang mempengaruhi pemendekan otot selama kontraksi isotonik. Pusatnya berada dalam pita A di mana tidak terjadi hubungan-silang, yang disebut zona H.

Fungsi Otot Skeletal

Untuk memahami berbagai fungsi otot skeletal memerlukan beberapa metode, seperti kategorisasi kontraksi otot dan analisis komparatif pada serabut otot. Pada seksi ini kita akan membahas konsep-konsep neuromuscular.

Teori Perlintasan Filamen pada Kontraksi Otot

Ketika otot mengalami kontraksi secara isotonik,yaitu ketika Ia meningkatkan tensi dan memendek di mana filamen aktin melintasi filamen miosin menuju pusat sarkomere. Di sini jelas bahwa stimulasi (rangsangan) otot, crossbridge atau hubungan silang miosin membentuk ikatan filamen aktin. Proses ini disebut formasi aktomiosin yang bergantung pada kehadiran ion kalsium (Ca). Selama proses ini ATP melebur ke ADP dan Pi, pemendekan otot dan tensi meningkat. Saat stimulasi berhenti, otot rileks dan kembali ke kondisi semula.



Gambar IV.5 Teori Perlintasan Filamen pada Kontraksi Otot (Edward L.Fox, 1983:93)

Dipindai dengan CamScanner

Ringkasan beberapa peristiwa penting yang terjadi selama kontraksi otot dapat dilihat dalam table berikut ini.

Tabel 4 : Ringkasan Peristiwa selama Kontraksi Otot berdasarkan Teori Perlintasan Filamen.

Tingkat Kontraksi	**Peristiwa**
Istirahat	Hubungan-silang diperluas ke aktin
	Aktin dan miosin terpisah
Stimulasi	Ca^{++} dilepaskan
	Aktin dan miosin bergabung—aktomiosin
Kontraksi	Hubungan-silang gagal—kolaps
	Penyusutan otot—aktin melintasi miosin
	Tensi dinaikkan
	ATP-ADP + Pi + energi
Relaksasi	Stimulasi berhenti
	Ca++ dipindahkan
	Otot kembali ke posisi istirahat

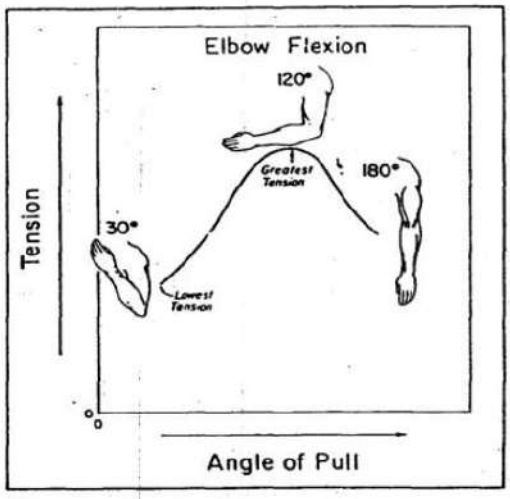
Jenis Kontraksi Otot

Ada empat jenis dasar kontraksi otot, yaitu:

1. Kontraksi Isotonik

Pada kontraksi ini, pemendekan otot terjadi bersamaan dengan meningkatnya tensi otot. Jenis kontraksi ini terjadi di semua aktivitas pengangkatan. Kontraksi ini disebut juga kontraksi dinamis dan kontraksi konsentrik.

Dipindai dengan CamScanner



Gambar IV.6: Tegangan Terbesar pada Bisep Tekukan Lengan dengan Sudut Tekukan Mencapai 120 dan Terkecil 30°. (Edward L.Fox, 1983:94)

Tensi dikembangkan ketika kontraksi isotonik tidak maksimal dan melebihi gerakan yang dilakukan. Contoh, lihat gambar V.6, tensi bertambah ketika fleksi siku melakukan pengangkatan konstan pada sudut gabung (tekukan). Sebagaimana dapat dilihat pada gambar di atas, tensi (kekuatan) terbesar berada pada bisep saat sudut gabung mencapai 120 derajat, di mana kekuatan terkecilnya terjadi pada sudut gabung 30 derajat. Karena kekuatan dibutuhkan otot untuk mengangkat sebuah objek, maka kekuatan harus lebih besar daripada objek yang diangkat.

2. Kontraksi Isometrik

Kata isometrik berasal dan kata; iso (sama) dan matrik (panjang). Ketika terjadi kontraksi isometnik otot meningkatkan tensinya tetapi tidak merubah panjangnya. Kontraksi isometnik juga terjadi dalam aktivitas olahraga; misalnya gulat. Nama lain dari kontraksi isometrik adalah kontraksi statis.

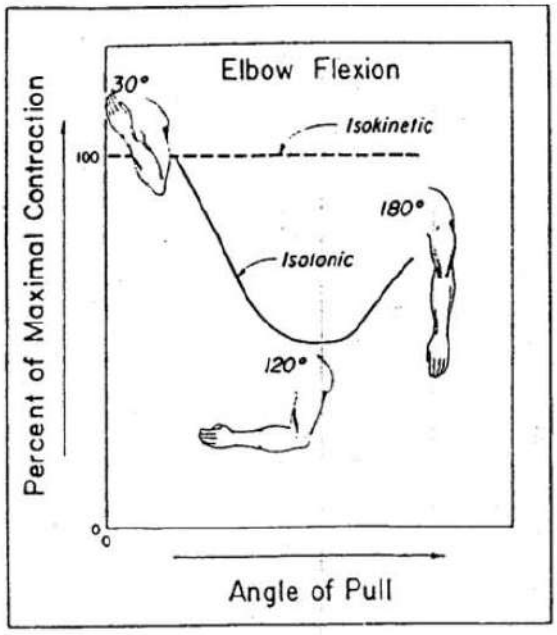
3. Kontraksi Eksentrik

Kontraksi ini berlawanan dengan kontraksi isotonik dan konsentrik. Contoh kontraksinya adalah saat tidak melakukan apa-apa atau pasif. Seperti halnya ketika berlari menuruni bukit atau berjalan ke bawah. Di sini, otot mengalami kontraksi secara eksentrik.

Dipindai dengan CamScanner

4. Kontraksi Isokinetik

Kontraksi isokinetik didefinisikan sebagai sebuah kontraksi maksimal terhadap kecepatan konstan dengan gerakan penuh. Contohnya, hentakan lengan pada saat berenang gaya bebas. Untuk lebih jelasñya, dapat dilihat dalam gambar di bawah ini.

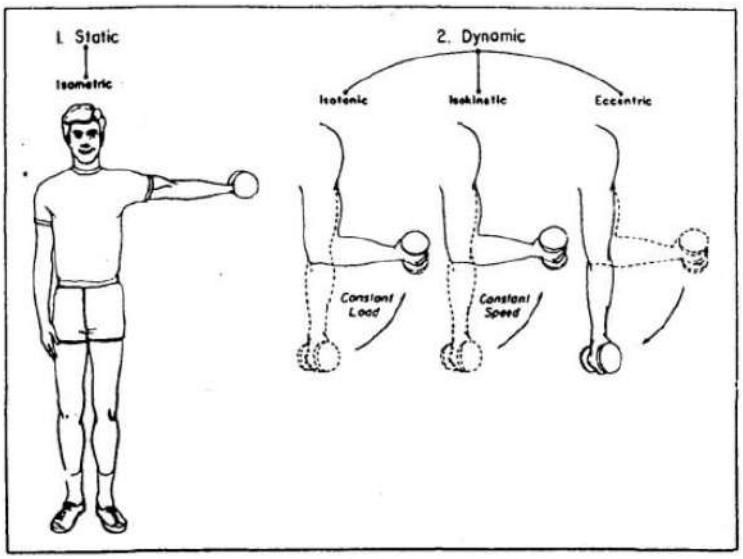


Gambar IV.7 : Gerakan Maksimal terjadi pada Kontraksi Isokinetik, bukan pada Kontraksi Isotonik. (Edward L.Fox, 1983:96)

Kontraksi isotonik juga dapat ditimbulkan dengan menggunakan peralatan. Peralatan tersebut dapat dirancang atau dipasang dengan posisi antara 0 – 300 derajat, sehingga dapat menghasilkan berbagai kecepatan gerakan isotonik. Kecepatan gerakan dengan menggunakan peralatan ketika latihan bisa mencapai 200° per detik.

Untuk pengontrolan kontraksi isokinetik ini diperlukan peralatan khusus, contoh lihat gambar V,8. Peralatan khusus tersebut adalah mesin *bench-press* (bangku pengepresan). Dilihat dan sudut pandang teoritis, kontraksi isokinetik dan program latihan isokinetik merupakan sebuah metode yang tepat untuk meningkatkan performa olahraga. Dan, jenis kontraksi ototnya dapat kita lihat pada gambar V.8 berikut mi.

Dipindai dengan CamScanner



Gambar IV.8. Jenis Kontraksi Otot (Edward L.Fox, 1983:97)

Kelelahan Otot

Pada saat-saat tertentu, kita pernah mengalami kelelahan otot. Dari pengalaman itu, maka timbulah gagasan untuk meneliti apa penyebab kelelahan otot tersebut dan bagaimana cara pencegahannya atau penanganannya. Dari penelitian telah ditemukan bahwa kelelahan berkaitan dengan jenis kontraksi otot yang dialami. Kelelahan otot yang disebabkan oleh latihan mengangkat barbel. Tingkat kelelahan dievaluasi oleh respons objek terhadap tingkat kelelahan itu sendiri. Seperti dalam gambar, otot terbebani oleh kontraksi eksentrik (negatif) dan mengendur mengikuti kontraksi konsentrik (isotonik). Sedangkan, kelelahan yang disebabkan oleh kontraksi isometrik (statis) lebih besar daripada kontraksi konsentrik, namun masih berada di bawah kontraksi eksentrik.

Teori Kelelahan (soreness) Otot

- Kerusakan serat, seperti robeknya serabut otot merupakan akibat yang ditimbulkan dari kelelahan otot.
- Keletihan otot bisa juga disebabkan oleh kekejangan (spame) otot lokal (ini dapat mengurangi aliran darah dalam otot, akibatnya timbul nyeri). Kasus ini disebut "teori kekejangan."

Dipindai dengan CamScanner

- Peregangan yang berlebihan dapat merusak serat-serat konektif yang mengelilingi serabut otot dan tendon; menimbulkan kelelahan otot.

Studi yang dilakukan akhir-akhir ini, dirancang khusus untuk menginvestigasi teori tersebut. Dapat disimpulkan bahwa keletihan otot lebih disebabkan oleh gangguan terhadap elemen serat konektif dalam otot dan tendon.

Pencegahan terhadap Kelelahan Otot

- Peregangan tidak hanya dapat membantu untuk mencegah kelelahan, tetapi juga mempertahankan struktur otot.
- Latihan peregangan harus dilakukan sebaik mungkin, agar tidak merusak serat konektif. Selain itu, para atlet juga dianjurkan untuk mengkonsumsi vitamin C sebanyak 100 mg per hari, selama 30 hari.
- Cukup disayangkan bahwa untuk mendapatkan cara pencegahan dan penanganan yang tepat untuk kelelahan otot ini perlu dilakukan penelitian lagi.

Motor Unit

Mayoritas syaraf motorik tunggal (motoneuron) mempunyai banyak cabang dari serabut otot. Syarafmotorik dan semua serabut otot disebut motor unit (pengerak). Jika terdapat banyak serabut otot dalam motor unit, maka kontraksi akan menguat. Tetapi jika hanya sedikit, maka kontraksi akan melemah. Dan, respons ototnya dapat ditingkatkan berdasarkan ukuran dan jumlah motor unit yang distimulasi.

Ada dua dasar unit motor yang fungsi khususnya cukup berbeda, yaitu unit FT dan ST atau fiber FT dan ST. Saat mi, fiber FT dapat dibagi lebih detail yaitu serabut otot manusia dan serabut otot binatang. Oleh karena itu, kita hams mengetahui perbedaan antara dua jenis dasar tersebut.

Metode Pengklasifikasian Jenis Serat (Fiber)

Klasifikasi jenis serabut ditemukan dalam analisis histokimia pada sebuah sampel serat otot yang dihasilkan dan prosedur biopsi. Analisis tersebut secara kimia menggunakan serat otot yang diberi zat

Dipindai dengan CamScanner

pewarna guna mengetahui adanya enzim aerobik dan anaerobik. Variasi warna merefleksikan berbagai variasi dalam konsentrasi enzim.

Ketika sampel otot berwarna dilihat dengan mikroskop, nampak jelas. Perlu dijelaskan bahwa fiber otot yang dihasilkan motor unit merupakan jenis yang sama. Contohnya, motor unit FT hanya berisikan fiber-fiber FT, dan motor unit ST hanya fiber-fiber ST.

Potensi Aerobik dan Anaerobik pada Unit FT dan ST

Kapasitas anaerobik FT Iebih besar daripada unit ST. Sebagai contoh, ketika unit tersebut berisikan enzim, maka ia memfasilitasi reaksi sistem ATP-PC. Enzim dalam fiber FT, sama aktifnya dengan fiber ST (sebuah enzim lebih "aktif" ketika mempunyai kapabilitas fungsional Iebih besar daripada enzim lainnya). Selain itu, ada yang lebih penting lagi, yakni enzim glikolitik (asam laktat) yang ditemukan di antara unit-unit tersebut, tetapi enzim dalam fiber FT dua kali lebih aktif daripada enzim dalam fiber ST. Dengan kata lain, fiber FT lebih cocok "secara biokimia" untuk aktivitas-aktivitas, seperti sprinting (Iari cepat).

Pada bagian lain, kapasitas aerobik fiber ST lebih besar dariipada fiber FT. Enzim yang digunakan dalam reaksi sistem aerobik pun juga lebih tinggi.

Kecepatan Kontraksi pada Unit FT dan ST

Waktu yang dibutuhkan serabut FT untuk meningkatkan tensi maksimalnya adalah kurang lebih sepertiga dari yang dibutuhkan serabut ST. Sebagaimana ditketahui, salah satu alasan mengapa waktu kontraksi unit FT lebih besar adalah kapasitas anaerobiknya. Faktor penting lainnya adalah ukuran motoneuron (syaraf motorik) yang berada dalam unit FT, motoneuron unit FT lebih besar daripada motoneuron unit ST. ini berarti, impuls syaraf yang menyebabkan motor unit berkontraksi disebarkan ke akson Iebih cepat.

Daya Kontraksi pada Unit FT dan ST

Daya kontraksi (tensi) dalam unit FT Iebih besar daripada kontraksi dalam unit ST. Daya lebih besar berkaitan dengan ukuran serabut masing-masing individu dan jumlah serabut yang membentuk motor unit. Berdasarkan kecepatan kontraksi, maka informasi ini

Dipindai dengan CamScanner

secara tidak langsung menjelaskan bahwa persentasi yang lebih tinggi pada motor unit harus dapat memanfaatkan daya otot yang lebih besar pula.

Rekrutmen FT dan ST dalam Olahraga

Meskipun FT dan ST sering digunakan dalam aktivitas olahraga, namun ST lebih diutamakan dalam latihan daya tahan. Sebaliknya, FT lebih diutamakan dalam aktivitas, sepenti lari cepat (sprinting). Salah satu aplikasi terpenting dari penjelasan ini adalah daerah latihan. Hal ini jelas bertujuan untuk meningkatkan potensial metabolis serabut FT. dan serabut FT akan aktif selama sesi latihan.

Distribusi Serabut FT dan ST pada Olahraga

Pada berbagai kasus, tingkat persentasi serabut dapat mewakili performa atlet kelas dunia (khususnya pria), meski tidak secara keseluruhan. Sebagai contoh, kelompok pelari maraton mempunyai serabut ST rata-rata 80%, namun satu diantara pelarinya hanya memiliki 50%. Pada bagian lain, kelompok sprinter atau jumper mempunyai serabut FT rata-rata 62%, tetapi salah satu diantaranya hanya memiliki 48%. Dengan kata lain, pelari maraton dan sprinter pada dasarnya memiliki persentasi serabut ST dan FT yang sama.

Heritabilitas Faktor Neuromuscular

Fakta menyatakan bahwa distribusi jenis serabut manusia ditentukan oleh hereditas (keturunan). Penjelasan hereditas seperti ini dapat diperoleh dengan memban-dingkan variabilitas anak kembar dan sifat yang dimiliki masing-masing anak. Hal ini mengindikasikan adanya genetik yang sangat kuat.

Kelelahan Otot Lokal

Dengan merujuk pada penampilan olahraga, kelelahan otot lokal dibatasi untuk mekanisme kontraktil (sebagai lawan dari persimpangan neuromuscular). Telah kita ketahui bahwa serabur FT pada mekanisme kontraktil merupakan penyebab keletihan yang lebih memungkinkan daripada serabut ST. Sebagaimana disebutkan sebelumnya, serabut FT memiliki kapasitas aerobik rendah, tapi memiliki kapasitas glikolitik tinggi. Jadi, mayoritas energi yang dihasilkan adalah melalui glikolisis aerobik. Dan, ini menyebabkan

Dipindai dengan CamScanner

akumulasi asam laktat., akumulasi asam laktat direpresentasikan sebagai rasio konsentrasi asam laktat dalam serabut FT dan ST. Ini berarti asam laktat lebih banyak diproduksi oleh serabut FT daripada serabut ST. Perhatikan bagaimana tensi dalam otot menurun (diukur sebagai torque) karena adanya peningkatan asam laktat FT/ST.

Kelelahan Mempengaruhi Performa Daya Tahan

Kelelahan mempengaruhi daya tahan, tidak disebabkan oleh akumulasi asam laktat. Kenyataannya, telah diketahui bahwa konsentrasi asam laktat yang dimiliki oleh enam pelari, berdasarkan perlombaan maraton Boston, rata-rata hanya 19,3 mg per 100 ml darah (mg %). Kelelahan yang mempengaruhi latihan daya tahan terdiri dari komponen otot lokal dan seluruh komponen tubuh. Kelelahan otot lokal, sebagaimana telah disebutkan sebelumnya, berhubungan dengan penurunan glikogen otot dalam fiber FT dan ST. Kelelahan di seluruh tubuh akan menyebabkan kelelahan otot lokal dan faktor-faktor lain, seperti: (1) redahnya tingkat glukosa darah (hypoglycemia); (2) penurunan glikogen hati; (3) kehilangan cairan tubuh (dehidrasi); (4) kehilangan elektrolit tubuh (garam dan potasium); (5) suhu tubuh tingggi (hipertermia); dan (5) kejenuhan.

Kelelahan dan Performa pada Olahraga

Kemungkinan penundaan dan pencegahan keletihan otot lokal dan seluruh tubuh telah memacu para peneliti untuk bereksperimen. Dengan pencegahan terjadinya keletihan, para atlet akan tetap memiliki performa yang baik ketika dan setelah mengikuti perlombaan.

Ringkasan perbedaan antara unit motor FT dan ST ditunjukkan dalam tabel 5 berikut mi.

Tabel 5: Ringkasan perbedaan antara unit motor FT dan ST

Karakteristik	FT	ST
Kapasitas aerobik	rendah	tinggi
Kapasitas anaerobik	tinggi	rendah
Densitas kapiler	rendah	tinggi
Waktu kontraksi	cepat	lambat
Daya kontraksi	tinggi	rendah
Bentuk rekrutmen	*sprint*	latihan daya tahan
Distribusi pada atlet	tinggi	tinggi
	(tanpa latihan daya tahan)	(latihan daya tahan)
Keletiahan	cepat	lambat

Dipindai dengan CamScanner

Secara fisiologis, latihan fisik dapat membentuk instrumen pencegahan kelelahan. Artinya, ketika seorang atlet berlatih keras, tidak terjadi akumulasi asam laktat. Bahkan, terdapat "penghematan glikogen" tubuhnya dan lebih menggunakan lemak untuk bahan bakar daripada glikogen. Hasilnya glikogen otot lutut, dihasilkan oleh gerakan maksimal lutut pada kecepatan 1800 per detik. Dari sini perlu dicatat dua poin: pertama, puncak daya yang dihasilkan oleh otot lutut atlet dengan 61% fiber FT Iebih besar; dan kedua, terjadi penurunan daya selama pengulangan kontraksi pada atlet dengan kontribusi serabut FT 38%. Ini berarti unit (fiber-fiber) FT mampu menghasilkan daya lebih besar, sehingga Iebih cepat terjadi kelelahan. Tentu, pengaruh lain dari latihan adalah lingkungan. Meningkatnya penyesuaian diri (adaptasi) terhadap lingkungan panas dapat membantu menurunkan suhu tubuh tinggi (hipertermia), dehidrasi, dan hilangnya elektrolit selama latihan. Kasus ini akan dibahas pada bab berikutnya.

Indra Organ Otot

Dua indra organ otot yang paling penting adalah kumparan otot dan tendon golgi. Organ-organ ini secara umum berhubungan dengan indra kinestetik,yaitu kesadaran keadaan tubuh. Namun, mereka juga berperan dalam pengontrolan gerak reflek dan gerak yang disengaja.

Kumparan Otot (muscle spindle)

Kumparan otot berada dalam fiber otot khusus yang disebut fiber intrafusual (fiber otot biasa disebut ekstrafusual). Syaraf sensorik dililit mengelilingi pusat kumparan. Ketika kumparan diregang, impuls syaraf digerakkan dalam syaraf sensorik dan informasi dikirim ke sistem syaraf pusat. Secara otomatis, informasi tersebut memberi tahu berapa banyak motor unit yang harus dikontraksikan agar gerakan halus yang dikirim dapat kembali melalui syaraf motorik ke otot.

Kumparan juga memiliki peranan penting dalam motor skil. Di bawah kendali korteks motor dalam otak, ujung kumparan dapat berkontraksi (hanya sebagai kontraksi fiber ekstrafusual). Ketika ini terjadi, pusat kumparan teregang. Dengan kata lain, ketika motor skill sengaja digunakan, maka ujung kumparan otot ikut terlibat dalam

Dipindai dengan CamScanner

kontraksi. keterlibatan kumparan otot ini disebut putaran gama atau sistem gama.

Organ Tendon Golgi

Organ tendon golgi, terletak didalam tendon, juga rentan terhadap peregangan. Namu, karena mereka berada dalam tendon melebihi otot itu sendiri, maka mereka teregang ketika otot yang mereka tempati berkontraksi. Informasi yang dikirim organ tendon golgi ke sistem syaraf pusat berhubungan dengan kekuatan kontraksi. Jika kontraksi terlalu kuat akan menimbulkan luka, informasinya pun dikembalikan ke sistem syaraf pusat, dan otot kembali berelaksasi.

Pusat Syaraf Tertinggi dan Kontrol Gerakan

Sebagaimana telah dijelaskan, gerakan sederhana, seperti penarikan tangan Anda dari kompor panas, secara refleksif hanya menggunakan stimulus dan pembuluh syaraf tulang belakang (spinal cord) tanpa melibatkan pusat syaraf tertinggi, yakni otak. Secara umum berbicara, neuron motornya berada dalam pembuluh syaraf tulang belakang (neuron motor lebih rendah) mempengaruhi kontraksi otot yang sebenamya. Sedangkan, neuron yang lebih tinggi berada dalam pusat program yang lebih tinggi pula (otak) sebagai rangkaian sebuah kontraksi.

Daerah-Daerah Pemacu pada Otak (cortex)

Ada dua daerah pemacu dalam otak, yaitu daerah pemacu utama dan sistem piramida, dan daerah prapemacu dan sistem ekstrapiramida. Daerah pemacu terdiri dan neuron-neuron khusus yang dapat menimbulkan gerakan pacu ketika distimulasi (diberi rangsangan). Bentuk gerakan terbentuk berdasarkan pola pemacu masing-masing.

Daerah Pemacu Utama dan Sistem Piramida

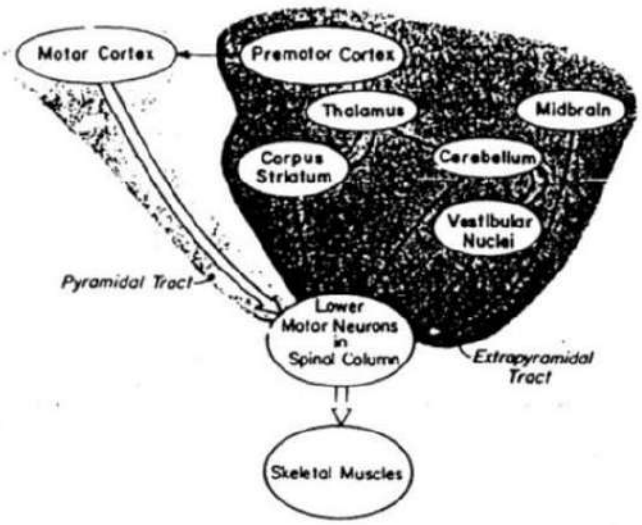
Daerah pemacu utama, atau korteks pemacu, otak terdiri dan kelompok kelompok neuron pemacu, beberapa di antaranya berperan sebagai sel Betz. Korteks pemacu dibagi menjadi sub-sub daerah berdasarkan fungsi gerak khusus organ tubuh. Contoh; gerakan kaki, tangan, paha, bahu, lidah, jan, dan sebagainya.

Dipindai dengan CamScanner

Akson dan neuron pemacu yang lebih tinggi (berada dalam otak) bergerak turun, melalui sistem piramida, ke neuron pemacu yang lebih rendah (dalam pembuluh syaraf tulang punggung/spinal cord). Kemudian, ke luar dan urat syaraf tulang punggung menuju otot-otot khusus.

Daerah Pramotorik dan Sistem Ekstrapiramida

Pada bagian depan daerah pemacu utama adalah daerah pramotork. Daerah motorik (pemacu) dan pramotorik (prapemacu) dihubungkan oleh serabut gabungan. Stimulasi sel-sel pemacu di daerah prapemacu menghasilkan bermacam bentuk gerakan yang lebih kompleks daripada yang dikendalikan oleh korteks pemacu. Akson dan neuron prapemacu turun ke neuron pemacu yang lebih rendah melalui sebuah rangkaian jalur langsung dan rumit, disebut sistem piramida lihat gambar di bawah. Salah satu pusat penyambung (relay) pada sistem piramida ini adalah cerebellum (otak kecil sebelah belakang). Bagian otak ini bertanggung jawab terhadap koordinasi bentuk gerakan yang melibatkan banyak otot. Otak kecil (Cerebellum) sangat dibutuhkan oleh para atlet dan siapa saja yang suka berolahraga.



Gambar IV.9 : Jaringan Daerah Pemacu pada Sistem Piramida dan Ekstrapiramida. (Modifikasi dan penggambaran ulang dari Gatz, 1966 dalam Edward L. Fox, 1983:110)

Dipindai dengan CamScanner

Pelaksanaan Gerakan Voluntir

Pukulan balik (forehand) dalam olahraga tenis merupakan salah satu jenis skill gerakan ekskusi. Jika skill tersebut baru pertama kali dilakukan (Anda baru mempelajarinya), maka gerakan akan terfokus dalam sub area korteks pemacu yang melibatkan tubuh dalam gerakan. Dari situ, serangkaian respons akan dihubungkan melalui sistem piramida ke neuron pemacu yang lebih rendah dalam pembuluh syaraf tulang belakang (spinal cord), kemudian otot merefleksikan skill tersebut. Karena skill "dipelajari" maka bentuk gerakannya pun menjadi kurang alami. Ketika gerakan menjadi lebih umum, gerakan tersebut dikirim ke daerah prapemacu. Sebagaimana Anda ketahui bahwa ada banyak alasan untuk daerah pemacu ini, mengapa dinyatakan sebagai daerah "keterampilan olahraga".

Ringkasan

- Unit fungsional dasar pada sebuah syaraf adalah neuron atau sel syaraf. Yang terdiri dari tubuh dendrit, dan akson.
- Syaraf sensorik menyampaikan informasi dari syaraf tepi atau peri-peri (di kulit) ke sistem syaraf pusat (di otak dan syaraf tulang belakang/spinal cord), di mana syaraf motorik mengirimkan informasi dari sistem syaraf pusat ke organ-organ efektor, seperti kelenjar dan otot. Refleksi adalah contoh pada syaraf sensorik dan syaraf motorik, serta sistem syaraf pusat yang bekerja secara bersama-sama.
- Impuls syaraf adalah infomasi dalam bentuk energi elektrik yang menyebar di sepanjang akson.
- Miofibril dan komponen-komponen serabut otot berisikan dua filamen protein, yaitu miosin dan aktin.
- Klasifikasi kontraksi otot, antara lain:
  - Isotonik—pemendekan otot bersamaan dengan meningkatnya tegangan (tensi)
  - Isometrik— tegangan otot meningkat, tetapi panjang tidak berubah

Dipindai dengan CamScanner

- Isokinetik—pemendekan otot bersamaan dengan peningkatan tegangan (tensi) secara maksimal ke seluruh ruang gerak pada kecepatan konstan.
- Eksentrik—pemanjangan otot bersamaan dengan meningkatnya tensi

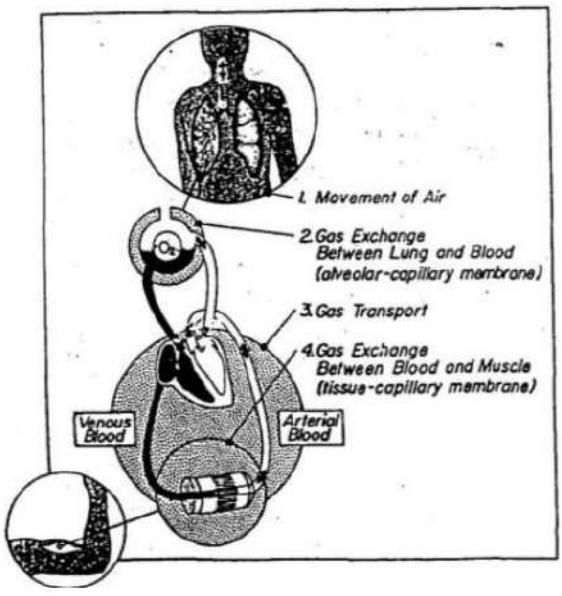
- Kelelahan otot terjadi satu atau dua hari setelah kontraksi eksentrik.
- Sebuah serabut Syaraf motorik (pemacu) dan semua serabut otot yang dilayaninya disebut motor unit. Pada dasarnya, ada dua jenis serabut otot dalam otot manusia, yaitu fast-twitch (FT) dan slow-twitch (ST).
- Kumparan otot (muscle spindle) dan organ tendon golgi memiliki sensor informasi berdasarkan aktivitas otot.
- Daerah motorik dalam otak (korteks) ketika distimulasi menghasilkan gerakan pacu. Daerah motor utama, dibagi menjadi sub-sub daerah yang sesuai dengan fungsi gerak organ tubuh. Daerah pramotor bertanggung jawab atas kesempurnaan dan bentuk gerak. Daerah ini juga disebut daerah "skills olahraga".

Dipindai dengan CamScanner

SISTEM PENGANGKUTAN OKSIGEN

Salah satu cara untuk menyediakan energi yang digunakan dalam waktu yang cukup lama, terutama dalam aktivitas fisik atau olahraga yang membutuhkan waktu di atas tiga menit adalah penyediaan oksigen (O2). Pada bab terdahulu kita telah mendiskusikan tentang pentingnya oksigen berkaitan dengan produksi energi (ATP). Oksigen akan diangkut dari lingkungan sekitar ke otot kemudian dikonsumsi oleh "mitokondria". Pengangkutan oksigen (O2) dan pemindahan karbon dioksida (CO2) penting melibatkan sistem sirkulasi pernapasan, itulah gerakan udara menuju paru-paru yang terjadi sesuai dengan pergantian oksigen (O2) dan karbon dioksida (CO2) antara paru-paru dan darah. Dalam sistem pernapasan ini, pengangkutan oksigen dan karbondioksida oleh darah terjadi sebagaimana juga pergantian gas antara darah dan otot.

Tujuan utama bab ini akan mendiskusikan proses sirkulasi dan jalannya pernapasan berkaitan dengan olahraga.



Gambar V.1. Hubungan Fungsional antara Jalannya Pernapasan dan Sistem Pengangkutan Oksigen (Edward L.Fox, 1983:164)

Dipindai dengan CamScanner

Gerakan Udara: Ventilasi Paru — Paru

Gerakan ritmik udara menuju dan keluar dari paru-paru disebut "*pulmonary ventilation*", jumlah udara yang diedarkan oleh paru - paru dalam satu menit disebut sebagai peredaran udara permenit.

Peredaran Udara Permenit (*Minute Ventilation*)

Para ahli fisiologi berpendapat tentang jalannya pernapasan menunjukan peredaran udara pernapasan dalam bentuk VE. V berarti volume, E artinya "expired", habis dari titik atas "V" mengacu pada satu menit. Karena itu, VE = Jumlah udara yang habis dalam satu menit. VE adalah kegunaan volume dari udara yang diedarkan tiap bernapas dan disebut sebagai "tidal volume" (TV). Sedangkan jumlah pernapasan diambil permenit (f). symbol ini digunakan oleh para ahli fisiologi yang digunakan sebagai frekuensi pernapasan.

$$V_E = TV \times f$$

Selama olahraga, peredaran udara meningkat hingga setinggi 180 liter permenit bagi atlet pria yang terlatih. Bila anda bernafas sekitar 0,5 liter permenit dengan 15 kali gerakan nafas permenit, maka: 0,5 X 15 = 7,5 liter/menit

Ventilasi Selama Olahraga

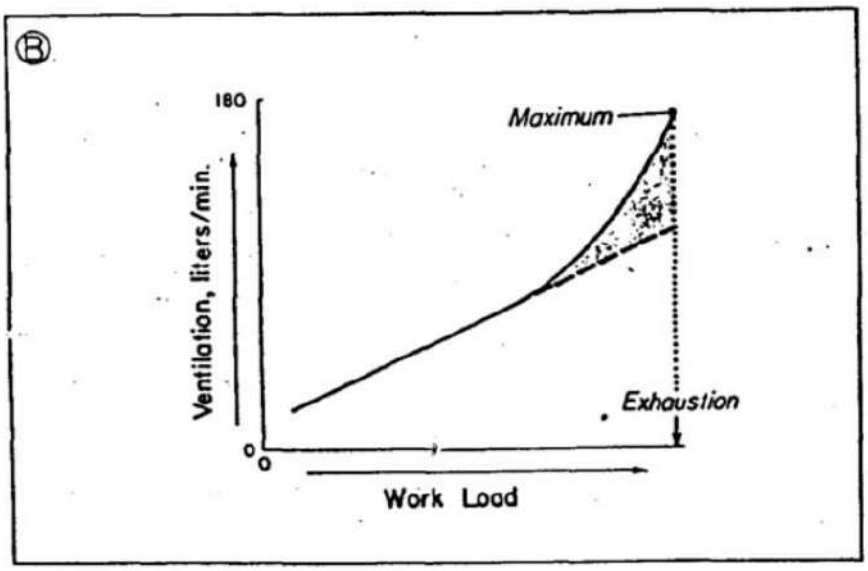
Peredaran udara (Ventilasi) berubah sebelum, selama dan setelah olahraga. Perubahan sekilas dalam peredaran udara sebelum olah raga dimulai disebut sebagai "Anticipatory rise" (peningkatan bersifat lebih dulu) karena merupakan sebuah hasil dari antisipasi olahraga berikutnya. Ketika olahraga dimulai ada peningkatan besar yang langsung dalam peredaran udara tersebut. Kecepatan peningkatannya mendorong para peneliti mempercayai bahwa itu merupakan hasil pengaruh dari alat penerima rangsang (receptor) lokal yng bekerja di dalam otot dan sendi. Setelah beberapa menit berolahraga secara submaksimal ventilasi terus naik tetapi kecepatan menurun, sampai pada tingkat tertentu bahkan sampai akhir latihan. Jika olahraga dilakukan secara maksimal, peredaran udara (ventilasi)

Dipindai dengan CamScanner

terus menerus naik secara perlahan sampai kelelahan. Setelah olah raga berakhir, peredaran udara kembali normal secara perlahan pula.

Ventilasi Sebagai Batas untuk Penampilan

Secara umum kita sepakat bahwa penampilan fisik terbatas oleh peredaran udara paru-paru pada setiap orang yang sehat. Perlu diketahui bahwa peredaran udara meningkat secara tidak proposional. Artinya, peredaran udara dalam beban kerja lebih besar dari yang dibutuhkan untuk jumlah oksigen yang dikonsumsi dan sering disebut "*Hyper-ventilation* "



Gambar V.2 Peredaran Udara Pernapasan (Ventilasi) dengan Beban Kerja. Hyperventilation (diarsir) (Edward Fox, 1983:166)

Hyper artinya "lebih" atau "besar" penyebab hyperventilation berkaitan dengan tingginya kenaikan dalam karbon dioksida dan asam laktat yang mengikuti olahraga berat.

Pertukaran Gas antara Udara dan Ruang Mati (Alveolar Ventilasion Vs Dead Space)

Agar otot disediakan oksigen yang cukup dan memudahkan akibat dari karbon dioksida, maka porsi yang besar dari darah yang diedarkan harus mencapai "Alveoli" merupakan terminal kecil kantung darah yang ada dalam paru-paru dan memiliki hubungan erat dengan darah dalam kapiler paru-paru. Disinilah pertukaran gas antara

Dipindai dengan CamScanner

udara dan darah terjadi. Perederan udara alveoli disebut "Alveolar ventilation". Udara yang tidak masuk pada alveoli menetap dalam apa yang disebut "dead space" (tempat mati) kita menyebutnya "mati" karena tidak ada pertukaran gas dengan darah bisa terjadi di sana. Contoh tempat mati itu adalah hidung, mulut dan tempat perlintasan pernapasan seperti tenggorokan.

Dalam keadaan normal pada sesorang yang tengah istirahat, volume tempat mati yang berhubungan dengan pernapasan adalah sekitar 150 ml. Di luar volume pasang naik 500 ml saja, kemudian hanya 350 ml saja yang mengubah udara tempat alveolar (hanya 70 % dari volume pasang naik). Karena itu, penting sekali untuk menghembuskan napas pada kedalaman yang cukup untuk meningkatkan "alveolar ventilation" jika penapasan seseorang dangkal tidak akan menjadi masalah berapa tingkat kecepatannya, karena kebanyakan udara akan tetap dalam "tempat mati" dan menjadi tidak efektf untuk pertukaran gas. Sebuah contoh yang baik dan mungkin kurang tepat, yaitu ventilasi bisa dilihat pada seekor anjing yang terengah- engah disuatu hari yang panas.

Ventilasi dan Merokok

Kebanyakan kita yang berpartisipasi dalam kegiatan fisik dan olahraga sangat akrab dengan ungkapan bahwa "merokok dapat membuat anda bernapas pendek", pernyataan ini ada benarnya. Merokok secara kronis dapat menyebabkan, antara lain meningkatnya penyumbatan jalan udara, yang menjadikan sulitnya udara keluar dan masuk paru-paru. Dengan kata lain, pembuluh yang berhubungan dengan pernapasan (seperti diafragma, interkostalis, scaleni, sternocleidomastoid dan perut) harus bekerja lebih keras lagi untuk paru-paru agar bisa menyaring volume udara yang sudah ada. Ini berarti pada gilirannya bahwa otot yang berhubungan dengan pernapasan akan menuntut oksigen yang lebih banyak. Saat olahraga berat, seorang perokok menghadapi penyumbatan jalan udara hingga dua kali lebih banyak dari orang yang tidak merokok. Ingat, bahwa meskipun orang yang tidak merokok selama 24 jam sebelum olahraga bisa mengurangi penyumbatan jalannya udara, tetapi tetap saja masih kuat penyumbatan dari orang-orang yag tidak merokok selamanya.

Dipindai dengan CamScanner

Karena itu, para perokok harus ditekankan selama olahraga yang berat, ada pengurangan yang cukup signifikan dalam peralihan udara paru-paru, konsumsi oksigen yang maksimal serta waktu yang cukup untuk daya tahan.

Merokok dan Penampilan

Hambatan akan bertambah terhadap ventilasi yang di akibatkan oleh merokok yang kronis, sehingga bisa menyebabkan penurunan drastis dalam ketersediaan oksigen bagi otot yang bekerja. Konsekuensinya kemampuan daya tahan, peredaran udara pernapasan dalam paru-paru dan konsumsi oksigen yang maksimal kemungkinan secara signifikan akan menurun.

Beberapa hambatan tambahan atas peredaran udara bisa dikurangi dengan mengurangi dan menghentikan merokok selama 24 jam sebelum berolahraga. Dengan demikian, para atlet yang bertahan dan yang tak bisa atau tak mau "membuang kebiasaan" bisa membantu penampilannya dengan tidak merokok saat bertanding.

Angin Kedua (second wind)

Anda semua pasti pemah mendengar atau malah mengalami fenomena yang disebut "angin kedua". Angin kedua biasanya digambarkan sebagai sebuah transisi yang terjadi tiba - tiba dan sebuah perasaan atau kelelahan selama latihan panjang yang baru saja berlangsung menuju sebuah latihan yang lebih menyenangkan dan tidak menimbulkan perasaan stress, sebagaimana ditunjukan dan istilahnya angin kedua tersebut sering kali dihubungkan dengan pernapasan yang lebih menyenangkan kendati faktor - faktor lain seperti melepaskan dari kelelahan otot, bisa juga terjadi di sini. Berikut ini beberapa penyebab yang memungkinkan terjadinya angin kedua tersebut:

Sebab-sebab Angin Kedua (second wind)

- Kelegaan dari kesulitan bernapas yang disebabkan oleh pengaturan peralihan udara yang lamban di awal latihan /olahraga
- Pergantian asam laktat yang terakumulasi sejak awal dalam latihan sebagai sebuah hasil dari perubahan aliran darah yang terlambat dalam otot yang bekerja.

Dipindai dengan CamScanner

- Pemanasan yang cukup
- Kelegaan dari kelelahan otot, khususnya diafragma
- Faktor-faktor psikologis

Rasa yang Melekat pada Bagian Dalam Tubuh

Peristiwa angin kedua ini adalah juga sangat dikenal baik oleh kebanyakan atlet. Terjadinya diawal latihan yang biasanya selama melakukan kegiatan lari dan berenang sebagai latihan yang berlanjut. Untuk beberapa saat rasa sakit menjadi sangat besar dan ia harus melambatkan atau berhenti berlatih sama sekali. Penyebab rasa sakit seperti itu tidaklah dikenal secara pasti. Bahkan telah disarankan bahwa keadaan seperti itu merupakan ketidak sediaan oksigen (*hypoxia*) di dalam diafragma dan otot antara tulang iga (*intercostal muscles*) yang tidak cukup aliran darah yang terlibat.

Pertukaran Gas

Ketika udara segar ada dalam alveoli, pergantian oksigen dan karbondioksida diantara udara dan darah bisa terjadi, letak pertukaran ini dalam alveolar *capillary membrance,* lapisan tipis jaringan yang memisahkan udara dalam alveoli dan dalam kapiler pernapasan. Pertukaran gas kedua terjadi antara darah dan jaringan dalam apa yang disebut "jaringan dinding kapiler" (*Tissue Capillary Membrance*). Meskipun pertukaran dua gas tersebut terjadi dalam tempat yang berbeda, keduanya terlibat dalam proses fisika dan diffusi, karena itu akan didiskusikan bersama.

Diffusi

Diffusi terjadi akibat gerakan molekul secara acak, dalam hal ini molekul gas. Gerakan secara acak sendiri berdasarkan energi kinetik dari molekul gas. Gas menembus (diffuse) dari area gerakan molekul yang lebih besar, sebuah karakteristik dan konsentrasi yang tinggi menuju area yang memiliki gerakan molekuler yang lebih sedikit (dengan konsentrasi lebih rendah). Ringkasnya : gas bergerak dengan diffusi dari konsentrasi yang lebih tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah.

Dipindai dengan CamScanner

Tekanan Gas Parsial

Oleh karena gerakan gas bergerak stabil, pasangan molekul gas adakalanya bertabrakan satu sama lain, baik dengan dinding maupun dengan kandungannya. Banyaknya benturan sebanding dengan konsentrasi gasnya itu sendiri, karena dengan keberadaan konsentrasi molekul yang lebih besar kemungkinan benturan pun lebih. banyak. Hal ini juga sebanding terhadap tegangan sebagian yang digunakan oleh pasangan gas. Tegangan sebagian atau suatu gas mungkin digambarkan sebagai tekanan yang digunakan dalam hubungannya dengan persentase atau konsentrasi gas di dalam suatu volume. Sebagai contoh, di dalam udara kering konsentrasi oksigen kira-kira 21% (0,21), dan nitrogen adalah 79% (0,79). Tekanan (barometric) total (Pb) yang digunakan oleh kedua gas sedang di laut adalah 760 mm air raksa(Hg). menurut definisi, kemudian, tegangan sebagian oksigen(P02) sama dengan 760 x 0,21= 159,6 mm Hg, dan zat nitrogen (PN2) adalah 760 x 0,79= 600,4 mm Hg. Secara matematis, tekanan gas di bagian dapat dihitung sebagai berikut.

$$P_x = P_b \times f_x$$

Px = Partial pressure of Gases

Pb = Barometric Pressure

Fx = Fractional Concentration of Gases

Tekanan gas parsial menjadi satu-satunya faktor paling utama menentukan pertukaran gas di kapiler alveoli dan dinding jaringan kapiler darah

Gradien Tekanan Oksigen (P 02) dan Tekanan Karbondioksida (PCO2) dalam Tubuh

Agar oksigen menembus dari udara di dalam alveoli menuju kapiler darah di dalam paru-paru, maka tekanan oksigen (P02) di dalam alveoli harus lebih tinggi dari pada tekanan oksigen (P02) di darah. Sebaliknya yang benar untuk tekanan gas asam-arang (PCO2) di

Dipindai dengan CamScanner

dalam darah harus lebih tinggi dibanding alveoli karena gas asam-arang menembus dari darah ke alveoli. Pengaturan diffusi untuk pertukaran pada dinding kapiler alvioli juga berlaku pula untuk pertukaran pada dinding jaringan kapiler. Tekanan parsial dan gradien untuk oxygen (PO2) dan gas asam-arang (PCO2) di dinding ditunjukan pada tabel 6 berikut.

Walaupun tekanan parsial dan gradien oksigen dan gas asam-arang adalah faktor yang paling utama sedangkan proses diffuse factor lain yang mempengaruhi kecepatan dan jumlah pertukaran gas.

Tabel 6. Tekanan Parsial pada Gradien Oksigen dan Gas Asam-Arang di Kapiler Alvioli

	Tegangan sebagian (mm Hg)	
Diffusion Site	O_2	CO_2
Alveoli- membrance kapiler		
Alveoli	100	40
	1	1
pembuluh darah(kapiler berkenaan dengan paru-paru)	40	47
DIFFUSION GRADIENT =	60	7
Jaringan – membran kapiler		
Arteri darah	100	40
	1	1
otot pembuluhdarah	30	50
(rest)	1	1
ototo pembuluh darah	10	70
(exercise)	———	———
DIFFUSION GRADIENT =	70 – 90	10 – 30

Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Pertukaran Gas

- Tekanan gas parsial
- Panjangnya jalur diffusi, yaitu tebalnya dinding yang melintas ketika **diffusi**.
- Jumlah sel darah merah (saran perpindahan gas paling utama) dan jumlah myoglobin (hemoglobin otot).
- Area permukaan untuk diffusi

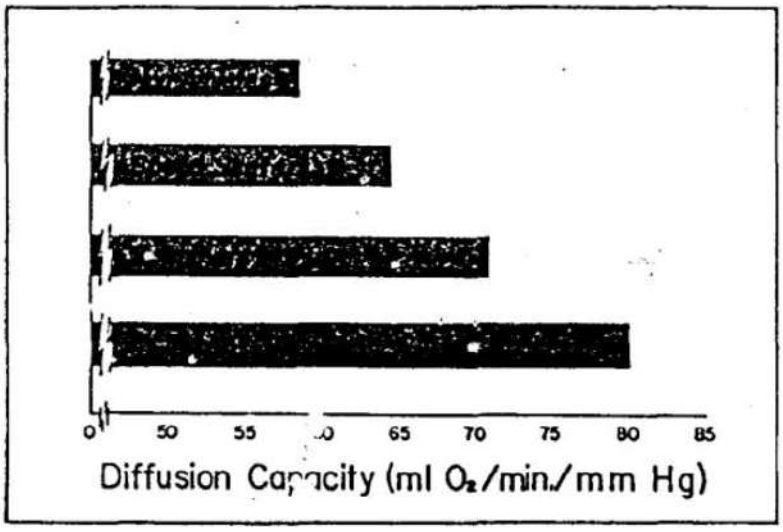
Faktor berikutnya, area permukaan untuk diffusi yang berkaitan dengan ukuran tubuh dan bergantung pada jumlah kapiler yang terbuka yang berhubungan langsung dengan peredaran udara

Dipindai dengan CamScanner

alveoli dan atau serabut otot. Olahraga meningkatkan jumlah peredaran udara alveoli dan kapiler yang terbuka yang mendukung diffusi gas.

Kemampuan Diffusi pada Atlet

Kapasitas diffusi pada dinding kapiler alveoli pada beberapa atlet pria selama berlatih maksimal di tunjukan dalam gambar VI-3. Kapasitas diffusi itu diukur sebagai jumlah oksigen yang menembus permenit dan tekanan gradien mm air raksa (Hg) permenit, antara udara di alveoli dan kapiler darah paru-paru (ml O2/menit/mm Hg).



Gambar 5.3. Kapasitas Diffusi di dinding Kapiler Alveoli selama Latihan Maksimal, (Diadopsi dari Maksud dkk., 1971 dalam Edward Fox 1983: 172)

Perhatikan juga bahwa semua atlet, khususnya para atlet daya tahan (perenang) memiliki kapasitas diffusi yang lebih kuat dibandingkan dengan yang bukan atlet. Pola yang sama berlaku juga bagi atlet perempuan meskipun nilai absolutnya lebih rendah, Kapasitas diffusi yang lebih besar dari para atlet harus dikaitkan dengan area permukaan kapiler alveoli yang lebih besar pula. Pada akhirnya terkait dengan ukuran tubuh, karena itu, harus dicermati pula bahwa para pendayung yang memiliki kapasitas diffusi sangat luas, juga memiliki ukuran badan terbesar diantara kelompoknya.

Dipindai dengan CamScanner

Pengangkutan Gas oleh Darah

Oksigen dan karbon dioksida dibawa dalam darah melalui dua bentuk : bisa jadi larut dalam darah atau secara kimiawi bercampur dengan darah.

Gas - Gas yang Larut

Ketika Oksigen dan karbon dioksida terkena kedalam plasma darah, porsi cairan dari darah, molekul yang larut atau tercampur dalam larutan tapi secara kimiawi tidak tergabung dengan molekul cair yang membentuk plasma. (Ini mirip yang terjadi dengan minuman berkarbonat. Pada dasarnya, karbon dioksida larut dalam minuman dan kemudian minuman tersebut ditutup. Ketika botol atau kaleng tersebut dibuka, tekanannya naik dan karbo dioksida "menggelembung" dari larutan). Jumlah gas yang larut dalam darah tergantung pada daya larut atau kekuatan larutan pada gas dan tekanan parsialnya. Tekanan parsial di bawah normal, jumlah oksigen yang larut sangat sedikit (hanya 15 % dan jumlah total yang diangkut) jumlah CO2 yang larut juga kecil hanya 5 % dan total CO2 yang dibawa dalam darah.

Pengangkutan 02 di dalam Larutan Kimia- Oxyhemoglobin

Bagian oxigen yang terbesar dibawa oleh sel darah merah dicampur secara kimia dengan haemoglobin (Hb). Hemoglobin adalah suatu campuran kompleks yang berada di dalam sel darah merah dan tersusun dari dua unit dasar, yang berisi besi dan sebuah globin, yang mana adalah suatu protein. Oksigen secara kimiawi bergabung dengan heme atau besi membagi ke dalam bentuk oxyhemoglobin.

Hb + 02 ----------→ Hb02

Hemoglobin Oxigen Oxyhemoglobin

Seperti anda mengira, jumlah 02 yang berkombinasi dengan Hb ditentukan oleh tekanan oksigen (P02). Setiap gram Hb adalah mampu bercampur dengan paling banyak 1,34 ml oxygen. Konsentrasi hemoglobin secana normal sekitar 15 gram per 100 ml darah. setiap gram Hb secara maksimal dapat bercampur dengan 1,34 ml 02.

Dipindai dengan CamScanner

kemudian setiap 100 ml darah dapat mengangkut di atas 1,34 x 15= 20,1 ml oksigen.

Merokok dan Oxyhemoglobin

Akhir - akhir ini, pengaruh merokok terhadap hambatan sirkulasi udara sering dirakan. Merokok juga mempengaruhi jumlah oksigen yang bisa dibawa oleh haemoglobin. Salah satu yang dihasilkan dari rokok yang terbakar adalah karbon monoksida (CO). Karbon dioksida memiliki daya lekat (afinitas) yang lebih tinggi untuk Hb dibandingkan oksigen. Karena itu, ketika CO dan 02 hadir, seperti saat seorang perokok menghirup setelah mengambil sebuah tiupan, karbon monoksida lebih cepat bergabung dengan Hb. Ketika karbon monoksida bercampur dengan Hb, sangat tidak memungkinkan bagi Oxyhemoglobin untuk dibentuk karena karbon monoksida bercampur dengan unit kimia yang sama dari Hb (heme) sebagai mana biasa bisa terhubung dengan oksigen. Sebagai hasilnya, kemampuan untuk membawa oksigen dari darah bisa berkurang. Pada perokok kronis dan berat pengurangan bisa sekitar 10 %.

Doping Darah

Pada tahun 1976 finish pelari jarak jauh Lasse Viren telah berkata melalui tekanan "doping darah" karena ia telah menempatkan dirinya sebagai yang pertama baik dalam lari 5000 maupun 10000 m, bahkan berlomba menempati ururtan pertama untuk yang kelima kali pada lari marathon. Pencapaian seperti itu tentu saja sangat spektakuler. tidak heran suatu "alasan" telah dicari. Doping darah, kepindahan dan penuangan kembali darah yang dilaksanakan untuk meningkatlkan volume darah sementara, dan yang paling penting adalah menaikkan banyaknya sel darah merah. Seperti baru saja dibahas bahwa sel darah merah berisi haemoglobin. Jadi, memuat lebih banyak darah dengan hemoglobin akan meningkatkan kemampuan membawa oxygen dari darah. Secara teoritis akan mendorong kearah suatu pencapaian daya tahan yang meningkat. Studi ilmiah tentang doping darah dan daya tahan telah memproduksi hasil yang berlawanan.. beberapa studi telah menunjukkan bahwa doping darah telah meningkatkan kemampuan daya tahan antara 15 dan 35% (yang diukur melalui lari di treadmill sampai mencapai

Dipindai dengan CamScanner

kelelahan) dan oxigen dikonsumsi maksimal antara 5 dan 13 % pada atlet daya tahan maupun bukan atlet.

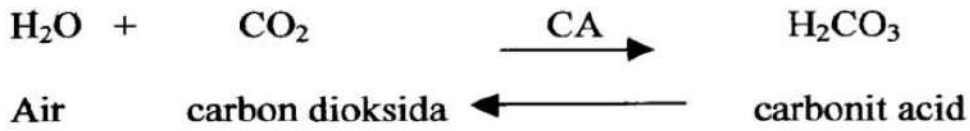
Efek doping darah pada penampilan berlari di treadmill telah diselidiki menggunakan pengalaman para pelari sebagai subyek penelitian. Setiap subyek disuruh berlari 4-5 mil pada treadmill di laboratorium. Pada satu kesempatan, subyek berlari dibawah kondisi normal tanpa bantuan darah yang diinfuskan yang disebut "prerun". Pada kesempatan lain, subyek berlari dua hari setelah menerima infuse 920 ml sel darah merahnya sendiri (yang sebeluinnya) telah dilemahkan dengan garam yang bersifat normal (salin/bersifat garam adalah suatu cairan menyehatkan yang mempunyai konsistensi air darah) ini disebut "postrun". Subyek berlari dua hari, satu kali sebelumnya (prerun) dan satu kali setelahnya (postrun) infuse salin 920. Pada gambar garis vertikal yang menunjukan waktu yang berbeda antara postrun dan prerun dari setiap kondisi, yaitu sebelum dan setelah doping darah dan setelah infuse salin (bersifat garam), bahwa pelari bisa berlari yakni 5 miles lebih cepat (51 detik lebih cepat dari rata-rata) setelah doping darah. Tercatat pula bahwa infuse salin tidak punya efek berarti pada pencapaian lari. Temuan yang terakhir ini, tentu saja sangat berarti bahwa pencapaian setelah doping darah untuk infus sel darah merah dan bukan hanya untuk peningkatan volume darah.

Banyak studi yang sama, tidak menemukan efek apapun dari doping darah terhadap pencapaian daya tahan, konsumsi oxigen maksimal, respon denyut jantung (*heart rate*) selama latihan. Beberapa alasan untuk melawan ketidak konsistensi ini berasal dari disain eksperimen yang lemah, volume infus kembali yang tidak cukup, infuse kembali darah yang tidak sesuai penarikan, dan penyimpanan darah melalui pendinginan dari pada pembekuan.

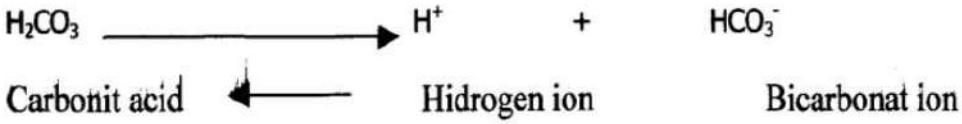
Pengangkutan CO2 di dalam Campuran Kimia

CO2 dibawa campuran ke dalam darah dalam dua format atau bentuk yang berbeda. Satu bentuk adalah ion bikarbonat, didalam sel darah merah ada suatu enzim disebut carbonic anhydrase (CA) mempercepat reaksi CO2 dan air (H20) untuk membentuk asam karbonik (H2C03):

Dipindai dengan CamScanner



Asam Carbonic pecah atau memisahkan ke dalam ion hydrogen (H+) dan ion bicarbonat.



Sekitar 65% C02 diangkut oleh darah dalam bentuk ion bicarbonat.

Bentuk kimia lain dari CO2 disebut sebuah campuran carbamino. Suatu larutan carbamino merupakan suatu campuran kimia CO2 dan satu protein. seperti protein suatu globin pada haemoglobin. protein lainnya ditemukan dalam plasma darah. Secara bersama disebut protein plasma. Sekitar 30% dari total CO2 diangkut ke dalam darah dalam bentuk Carbamino.

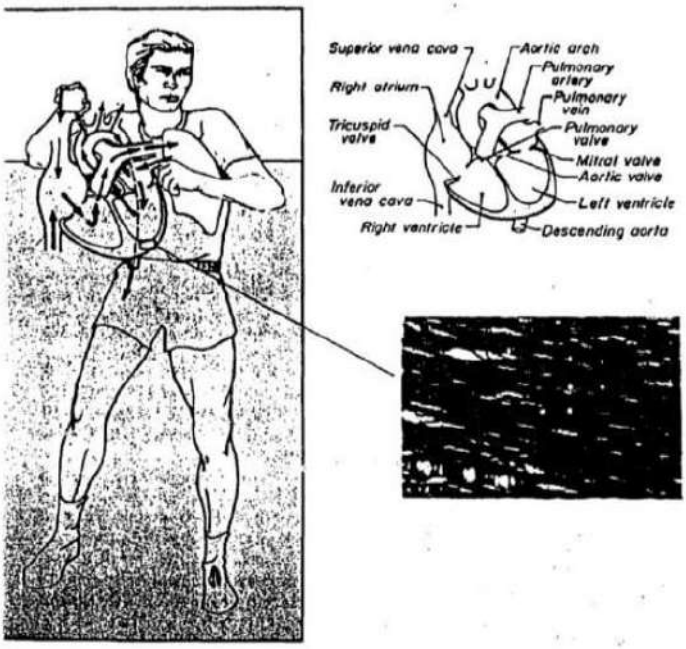
Pengangkutan Gas Pada Aliran Darah

Dua aspek penting dari hubungan sistem sirkulasi terhadap ilmu faal olahraga dan aktivitas fisisk adalah "cardiac Output" (keluaran jantung) dan distribusi aliran darah. Mendiskusikan konsep yang penting ini, kita akan memulainya dari tinjauan terhadap anatomi dan fisiologi jantung.

Anatomi dan Fisiologi Jantung

Jantung manusia memiliki empat ruang : atria kiri dan kanan (atrium) serta kamar jantung bagian kiri dan kanan (ventrikel). Biasanya jantung dipertimbangkan sebagai dua pompa : Jantung sebelah kiri meliputi atrium dan ventrikel kiri dan jantung sebelah kanan meliputi atrium dan ventrikel kanan. Jantung kiri memompa darah melalui sistem sirkulasi ke seluruh jaringan tubuh, seperti otot rangka, jantung kanan memompa darah ke jantung sebelah kanan melalui vena capa dan dari jantung sebelah kanan pula jantung memompa darah ke paru-paru melalui sirkulasi paru-paru.

Dipindai dengan CamScanner



Gambar V.4 Jantung Manusia (Diadopsi dari Edward L. Fox, 1983:178)

Pompa Jantung dan arah Aliran Darah

Darah dari kepala dan anggota badan bagian atas juga dari batang tubuh dan anggota badan bagian bawah kembali melalui "Vena Cava" superior dan inferior secara berturut-turut menuju atrium bagian kanan. Kemudian menuju kamar jantung bagian kanan (ventrikel), ketika ventrikel tersebut mengkerut (contraction), maka pompa "tricuspidalis" menutup untuk mencegah mengalirnya kembali darah ke atrium. Dalam waktu bersamaan, pompa paru-paru membuka seterusnya darah keluar dari arteri paru-paru menuju paru-paru. Ketika kembali dari paru- paru (melalui vena pulmonalis) darah sudah habis pada atrium dan ventrikel sebelah kiri, di sini pengaturan pompa sama seperti ventrikel sebelah kanan, kecuali nama pompanya berbeda yaitu pompa mitralis menutup untuk mencegah kembalinya darah ke atrium dan pompa aorta terbuka darah mengalir ke seluruh jaringan tubuh. Sesekali, jika sebuah pompa rusak atau menutup tidak tepat, darah yang tidak teratur menyebabkan jantung berisik atau bunyi desiran yang tidak normal.

Dipindai dengan CamScanner

Struktur Mikroskopik pada Otot Jantung

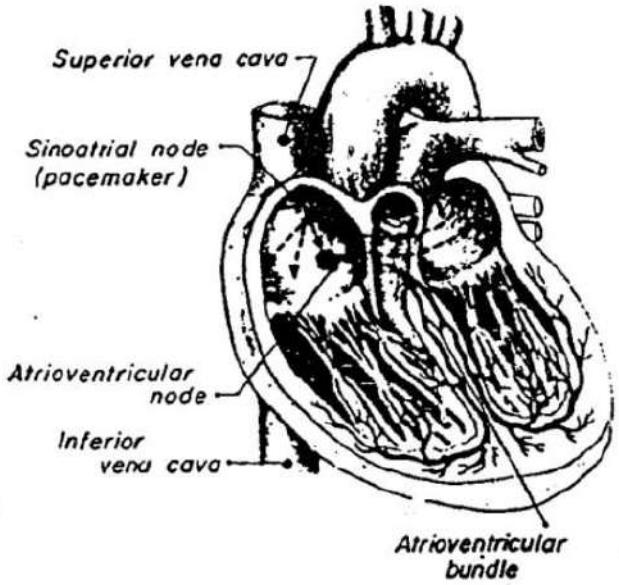
Otot jantung yang nampak lebih dekat disebut myocardium. Otot jantung adalah serupa dengan otot rangka mempunyai ciri lurik (*striated*) berisi myofibril dan filament protein myosin serta actin. Kenyataannya, kontraksi myocardium terjadi berdasarkan teori *slidding filament* pada kontraksi otot. Dalam otot jantung, semua serabut atau sel secara anatomis saling berhubungan seperti yang ditunjukan pada gambar VI-4. Serabut myocardial dihubungkan ujung ke ujung oleh apa yang disebut dengan cakram intercalated (*intercalated disk*). Cakram ini tidak lain hanyalah dinding sel, sebab semua serabut otot jantung saling behubungan. Jantung bertindak sebagai satu serabut yang besar. Artinya, ketika satu serabut otot berkontraksi, maka semua serabut otot di dalam jantung berkontraksi pula, hanya serabut tertentu di motor unit yang kontraksi, tidak semua serabut di dalam otot. Pengaturan seperti itu dikenal sebagai suatu syncytium fungsional. Artinya, secara fungsional ketika satu serabut berkontraksi semua serabut berkontraksi pula, dan syncitium dengan fakta bahwa semua sel saling behubungan. Sebenarnya, ada dua syncytia fungsional, satu untuk atria dan satu untuk ventrikel jantung. Maknanya adalah bahwa pertama kontraksi atrium secara bersama dan ventrikel menyusul kemudian. Jenis pengaturan ini paling efektif untuk melakukan tindakan memompa yang diperlukan jantung.

Sistem Kerja Jantung

Jantung mempunyai suatu irama kontraksi (contractile rhythm) yang tidak bisa dipisahkan. yaitu; jika semua saraf menyediakan jantung terputus, jantung masih berlanjut untuk menghasilkan rangsang saraf yang menyebabkan kontraksi pada suatu pertunjukan secara berirama. Pada umumnya, autorhythm ini berasal suatu area khusus dari jaringan yang disebut sebagai **sinoatrial node** (S-A node). Bagaimanapun, semua jaringan jantung mempunyai sifat seperti ini. S-A node terletak di belakang dinding dari atrium kanan (lihat gambar VI-5). Karena denyut jantung yang normal dimulai dari S_A node, kadang-kadang dikenal sebagai perintis (pacemaker) jantung.

Dipindai dengan CamScanner

Dari S-A node, jantung atau rangsangan saraf menyebar ke seluruh atrium. Karena itu, atrium pertama kali berkontraksi, mengendapkan isinya ke dalam ventrikel. Kemudian impuls dari area khusus yang lain yaitu atria yang aktif dari jantung yang disebut sebagai atrioventricular node (A-V node) juga terletak di atrium sebelah kanan tepatnya di pertemuan atrioventricular (atrioventicular junction). Dari A-V node merambat pada sebuah bendel dari bentuk yang sama pada jaringan khusus yang disebut atrioventricular bundle (A-V bundle) ke cabang dari ventrikel kanan dan kiri. Bendel ini banyak memberikan cabang yang akhirnya mencapai ke seluruh myocardium ventricular, dan menyebabkan kontraksi.



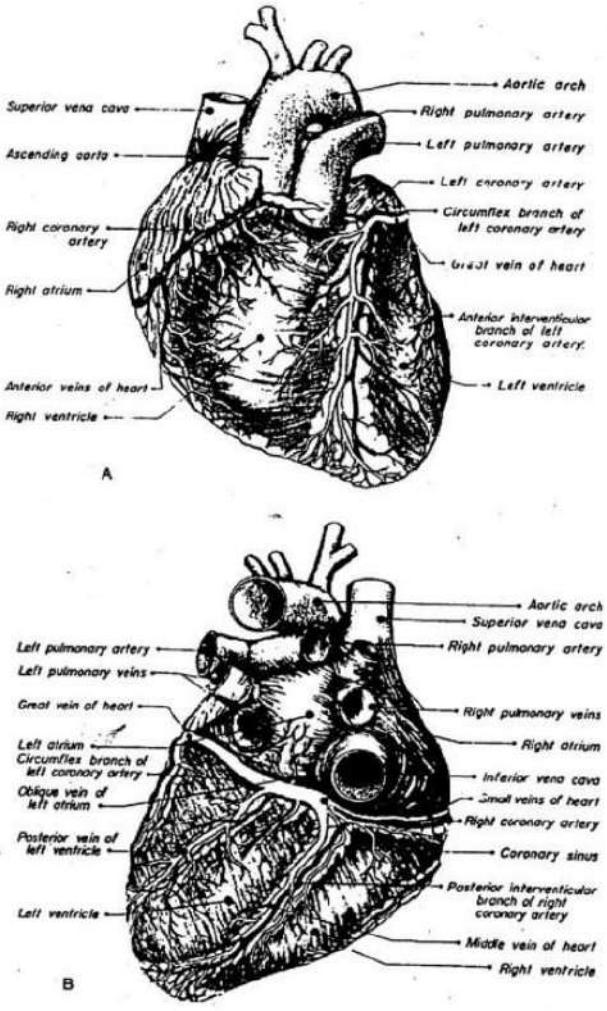
Gambar V.5. Sistem Hantaran Listrik di Jantung (Dimodifikasi dan Digambar kembali oleh Landau, 1976, dalam Edward L.Fox, 1983:180)

Suplai Darah ke Jantung

Seperti jaringan lainnya, otot jantung juga memerlukan darah untuk menyediakan oksigen dan untuk menghasilkan sampah (waste). Suplai darah ke jantung dimaksudkan sebagai "sirkulasi koroner" Otot jantung disuplai oleh dua urat nadi (arteri) utama : pembuluh darah koroner bagian kiri dan pembuluh darah koroner bagian kanan.

Dipindai dengan CamScanner

Keduanya berasal dari batang nadi (aorta), diatas pompa aorta dan mengelilingi jantung. Semua ***anatomose*** bekerja sama pada belakang permukaan jantung, cabang - cabang yang dilepaskan sedemikian rupa sehingga seluruh miokardium memberikan jaringan kerja yang kaya pada jaringan vascular. Cabang utama dari arteri koroner sebelah kiri disebur ***circumflex branch*** sedangkan arteri koroner sebelah kanan secara sederhana dikenal sebagai cabang arteri koroner sebelah kanan. Pembuluh darah koroner menjalankan samping arteri. akhirnya mereka semua mengalir ke pembuluh darah yang sangat besar disebut sebagai sinus koroner, yang pada gilirannya deposito darah vena langsung ke atrium kanan jantung.



Gambar V.6 Sirkulasi Jantung. (Dimodifikasi dan Digambar kembali oleh Landau, 1976 dalam Edward L. Fox, 1983:181)

Dipindai dengan CamScanner

Cardiac Output Selama Latihan

Jumlah darah yang dipompa masuk dalam 1 menit oleh ventrikel kanan maupun kiri jantung disebut ***cardiac output***, yang ditandai dengan huruf Q. Cardiac output sekitar 5 sampai 6 liter permenit pada waktu seseorang sedang istirahat. Pengeluaran meningkat dengan latihan, mencapai nilai tertinggi sekitar 35 liter permenit pada atlet daya tahan yang sangat terlatih selama latihan maksimal.

Cardiac output mempunyai dua komponen, stroke volume (SV) dan heart rate (H R). komponen ini terkait sebagai berikut;

Q	=	SV	x	HR
Cardiac output		Stroke volume		Heart rate

Misalnya, pada seseorang dengan stroke volume 75 ml per detak dan denyut jantung (*heart rate*) sekitar 70 detak permenit (kedua nilai diambil pada waktu istirahat), cardiac output akan jadi 75 x 70 = 5250 ml permenit atau 5,25 liter permenit.

Stroke Volume Selama Latihan

Stroke vulume didefinisikan sebagai jumlah darah yang dipompa oleh jantung perdenyut. Pada orang yang tidak terlatih dalam keadaan istirahat dan posisi tegak lurus stroke volume adalah antara 70 dan 80 ml perdenyut; sedangkan pada atlet daya tahan pria yang sangat terlatih dalam keadaan istirahat dengan posisi tegak lurus, SV adalah 100 sampai 110 ml per detak. Stroke volume meningkat pada nilai yang paling tinggi selama latihan submaximal dan tidak meningkat lebih lanjut selama kerja maksimal. Stroke volume maksimal bagi orang yang tak terlatih mencapai nilai antara 110 - 120 ml perdenyut, sedangkan atlet daya tahan pria yang terlatih sangat tinggi nilai rata-rata terbentang dari 150 sampai 170 ml, dengan nilai individu sama ringan seperti 200 ml per denyut.

Stroke volume pada wanita menunjukkan pola yang sama melihat di orang (pada atlet yang tidak terlatih dan pada atlet daya tahan tinggi). Bagaimanapun, stroke volume absolut lebih kecil pada wanita, terutama karena ukuran jantungnya lebih kecil,

Dipindai dengan CamScanner

Denyut Jantung (*heart rate*) Selama Latihan

Heart rate adalah seringnya jantung berdetak permenit. Pada umumnya detak jantung antara 60 sampai 80 kali permenit pada pria dan wanita yang tidak terlatih, tetapi pada umumnya tingkat lebih rendah (40 - 55 detak perminggu) pada atlet daya tahan yang sangat terlatih. Denyut jantung meningkat selama latihan; itu secara langsung berhubungan dengan intensitas kerja yang dilakukan. Peningkatan denyut jantung secara normal pada laki-laki dan perempuan terlatih lebih rendah dibanding bukan atlet, bahkan selama usaha maksimal. Bagaimanapun, seperti ditunjukan sebelumnya, karena stroke volume adalah jauh lebih tinggi pada atlet, cardiac output juga jauh lebih tinggi selama latihan maksimal. Jantung lebih efisien, memerlukan lebih sedikit oksigen- ketika darah dipompa jumlah yang sama dengan stroke voleme relative lebih tinggi serta denyut jantung (heart rate) yang relatif rendah. Dengan begitu jantung atlet lebih efisien dalam keadaan istirahat dan semua tingkat selama latihan.

Tidak seperti *cardiac output* dan *stroke volume*, denyut jantung (*heart rate*) lebih mudah diukur, baik melalui suatu *electrocardiograph* maupun melalui pengujian sendiri (menempatkan tangan secara langsung atas payudara kiri atau meraba arteri radial pada pergelangan tangan atau arteri temporal di depan telinga). Karena mudahnya mengukur denyut jantung adalah paling sering digunakan sebagai suatu index fungsi peredaran, keduanya dilakukan pada kondisi istirahat dan berlatih. Makin banyak pelatih yang mengajarkan atletnya, bagaimana cara mengambil denyut nadi (*hearts rate*)nya dan mengenai intensitas kerja, pulih asal dari latihan dan latihan fisik.

Distribusi Aliran Darah selama Latihan

Sepanjang pemompaan jumlah darah meingkat selama latihan, terdapat pendistribusian ulang darah mengalir kepada otot yang bekerja (aktif) menerima bagian yang lebih besar dari total cardiac output, seperti ditunjukkan Tabel 7. Dicatat bahwa 85% total aliran darah (cardiac output) dialihkan kepada otot yang aktif selama latihan maksimal, sedang hanya 15% dibagi-bagikan kepada otot yang beristirahat. Jadi, selama latihan darah diarahkan dari jaringan yang tidak aktif menuju otot yang bekerja.

Dipindai dengan CamScanner

Pendistribusian kembali selama latihan bahwa total arus darah sekitar 30 liter permenit, jumlah yang perfusi otot adalah 25,5 liter permenit. Jika di sana tidak ada pendistribusian kembali darah bahkan total aliran darah total 30 liter permenit akan tersedia hanya 4,5 liter untuk otot yang bekerja (15% dari 30 liter = 4,5 liter). Melalui penghitungan, dalam ketidakhadiran pendistribusian kembali aliran darah, supaya aliran darah otot mencapai nilai 25 liter permenit selama latihan, maka total *cardiac output* harus menjadi 170 liter permenit. Pentingnya pendistribusian kembali aliran darah selama latihan adalah demikian jelas.istribusian aliran darah tergantung pada dua mekanisme: (1) penyempitan refleks pada arteriol yang disediakan bagian tubuh yang tidak aktif, seperti ginjal, hati, dan kulit (suatu proses yang disebut *vasoconstriction*) ; dan (2) pelebaran arteriol yang disediakan otot rangka, suatu proses yang dihasilkan di tempat itu "vasodilator metabolites" seperti asam laktat dan carbon dioksida (pelebaran dirinya sendiri disebut vasodilation). Sistem kendali yang rangkap ini menyediakan tingkatan darah yang optimal mengalir ke manapun dan semua bagian badan di bawah kondisi istirahat dan terutama sekali kondisi berlatih.

Tabel 7. Distribusi Arus Darah (Cardiac Output) Selama Istirahat dan Latihan Maksimal

	Rest		Latihan	
Organ	Percent	L / M	Percent	L /M
Tulang	3	0,3	0,3	0,15
Otak	15	0,9	4	1,2
Jantung	5	0,3	4	1,2
Ginjal	25	1,5	2	0,6
Hati	25	1,5	3	0,9
Otot	15	0,9	85	25,5
Kulit	5	0,3	1	0,3
Lain – nya	5	0,3	1	0,3
TOTAL	100	6,0	100	30

Sistem Pengangkutan Oksigen

Pada awal bab ini dikatakan bahwa, di samping bertanggung jawab untuk kepindahan gas asam-arang, system cardiorespiratory mempunyai suatu fungsi yang kritis mengirimkan oksigen kepada otot

Dipindai dengan CamScanner

yang bekerja, karena itu disebut sistem pengangkutan oksigen. Kita membicarakan tentang banyak komponen dari sistem ini, tetapi suatu faktor tambahan harus tercakup di dalam diskusi sedemikian ini, sehingga pengangkutan oksigen mungkin dapat dipahami secara penuh. Faktor ini adalah seperti perbedaan oksigen bercampur di vena dan arteri. Hubungan dari komponen in pada stroke volume dan heart rate - serta hubungan dari tiga volume dari oxigen yang diangkut, dinyatakan dengan persamaan berikut.

VO_2	=	SV	x	HR	x	$_a$-vO_2diff
Transported Oxigen		Stroke Volume		Heart Rate		arterial – mixed Venous O_2 Difference

Kamu akan teringat kembali bahwa hasil stroke volume dan heart rate sama dengan cadiac output. seperti perbedaan oxygen yang bercampur di vena dan arteri (a- V 02) mencerminkan dua faktor; (1) berapa banyak oksigen otot menyerap dari darah arteri, maka semakin sedikit di dalam darah vena, dengan hasil bahwa a-V02 diff meningkat, dan (2) keseluruhan distribusi aliran darah. Contoh terakhir, distribusi selama latihan, ketika darah banyak menuju ke otot yang bekerja dan berkurangnya pada janingan yang tidak aktif. Di bawah kondisi latihan, a-V02 diff meningkat, karena otot yang aktif menyuling oksigen lebih dibanding lakukan janingan yang tidak aktif, dengan begitu oksigen yang tinggal di darah vena berkurang.

Tiga komponen meningkat selama berlatih, masing-masing mendukung pada keseluruhan peningkatan konsumsi oksigen. Stroke volume A-VO2 difference adalah 30 dan 10% lebih besar, secara berurutan pada pelari maraton dibanding pada orang yang tidak terlatih. Dua faktor ini, stroke volume dan a-VO2 diff, tanggung jawab seluruhnya 36% konsumsi oxigen maksimal lebih besar pada pelarii maraton, karena denyut jantung maksimal pada atlet ini lebih rendah dari pada yang tidak terlatih.

Dipindai dengan CamScanner

Pengangkutan Oksigen dan Penampilan Daya Tahan

Sistem oksigen metabolisme aerobik menyediakan bagian yang utama ATP yang diperlukan untuk latihan yang lama, kemampuan fungsional sistem pengangkutan oxigen adalah lebih penting selama pencapaian daya tahan. Ada tiga kemampuan yang membutuhkan perhatian: (1) konsumsi oksigen maximal; (2) ambang rangsang aneorobic, pemanfaatan V02 max dan produksi asam laktat; dan (3) derajat efisien.

Kemampuan Konsumsi 02 Maksimal Pada Sistem Pengangkutan 02

Satu faktor yang berhubungan dengan keberhasilan pencapaian daya tahan adalah jumlah oksigen maksimal yang diangkut ke dan oleh otot yang bekerja. Seperti digambarkan sebelumnya, konsumsi oksigen yang maksimal (V02 max) lebih tinggi dikategorikan pada atlet daya tahan dan pelari jarak jauh. Pentingnya VO2 maks bukanlah satu-satunya faktor yang mendukung keberhasilan penampilan daya tahan.

Secara relatif lebih kecil sekitar 10% pada V02 max berikut, dalam hal ini, delapan minggu latihan interval pada pria dan wanita yang bukan atlet. Pada studi lain, peningkatan rata-rata pada VO2 maks mengikuti delapan sampai sampai 16 minggu latihan variasi antara 5 dan 15% dengan perubahan individu setinggi 20 sampai 25 %. Ini berarti bahwa seorang pria yang mempunyai rata-rata nilai VO2 maks adalah 50 ml per kg badan permenit diharapkan latihan meningkatkan VO2 max sekitar 60 ml/kg/ menit, seorang wanita yang memulai tugas rata-rata nilai adalah 40 ml/kg/m dapat mengharapkan suatu peningkatan sekitar 48 ml/Kg/menit. Nilai ini bagi pria dan wanita yang terlatih masih 18% di bawah para atlet juara.

Faktor lain dari latihan harus menjadi penting dalam menetapkan sasaran akhir untuk sistem pengangkutan oksigen. Yang penting bahwa V02 max mempunyai 93 % komponen genetik.

Dipindai dengan CamScanner

Ambang Rangsang Anaerobic--Kehadiran Manfaat VO2 maks dan Produksi Asam Laktat

Bukan hanya besarnya VO2max yang penting untuk penampilan daya tahan, persentase V02 max dapat digunakan tanpa kelelahan dalam kaitan dengan akumulasi asam laktat pun sangat berarti. Pemanfaatan persen V02 max digambarkan sebagai jumlah konsumsi oksigen selama latihan dihitung dengan pembagian konsumsi oksigen (VO) selama latihan (VO2) dengan perkalian 100.

%VO2 max = V02/VO2max x 100

Sebagai contoh, jika anda memiliki V02 adalah 1,5 liter permenit selama latihan dan V02 max anda sebesar 3,0 liter permenit, selanjutnya anda akan memanfaatkan 1,5/3,0 x 100 = 50% maksimal anda. Sementara orang lain pun akan menggunakan V02 yang sama (1,5 liter permenit) dengan V02 maxnya sebesar 4,0 liter permenit, hanya akan memanfaatkan 1,5 / 4,0 x 100 = 37,5% yang maksimalnya. Dengan kata lain, latihan untuk individu yang terakhir, walaupun menuntut V02 yang sama akan bersifat lebih mudah. Jadi, % V02 max adalah bermanfaat sebagai suatu index bagaimana tekanan latthan yang berkaitan kemampuan maksimal seseorang.

Asam laktat mulai berakumulasi setelah % V02 max tertentu dicapai. Ini sebagai "titik awal" untuk akumulasi asam laktat yang disebut ambang rangsang anaerobic dan sungguh berbeda antara atlet daya tahan, seseorang yang tidak terlatihm, dan bukan atlet. Contoh, ambang rangsang anaerobic sekitar 65% dari V02 max bagi bukan atlet tetapi mendekati 80% pada pelari jarak jauh. Catatan dari Derek Clayton, tentang ambang anaerobic pada pelari marathon dunia yang paling gemuk (2 jam, 8 menit, 33 detik) adalali sangat tinggi sekitar 86% dari V02 maxnya karena kita mempelajari lebih awal. Akumulasi asam laktat dalam darah dan otot menyebabkan kelelahan otot secara temporer, mudah untuk memahami suatu keuntungan dari relative tingginya ambang rangsang pada penampilan daya tahan.

Hubungan antara persentase V02 max, akumulasi asam laktat darah, dan jarak lari perlombaan untuk atlet yang dilatih daya tahan. Belajar dari hubungan ini, menjadi jelas bahwa tingginya V02 max dan

Dipindai dengan CamScanner

tingginya ambang rangsang anaerobic akan lebih tinggi pula keberhasilan pencapaian daya tahan. Jadi tingginya VO2 max menunjukan tingginya genetika.

Efisiensi dan Sistem Pengangkutan Oksigen

Efisiensi, atau jumlah oksigen yang dibutuhkan pada tingkatan latihan yang ditentukan, merupakan komponen yang penting bagi pencapaian daya tahan. Misalnya, dua pelari dengan V02 max yang sama, siapa yang membutuhkan lebih sedikit oksigen untuk berlari pada kecepatan yang sama akan memanfaatkan lebih sedikit VO2 maxnya, karena itu akan sedikit kelelahannya. Dengan kata lain, berlari yang semakin efisien akan mampu berlari lebih cepat selagi tidak mengalami apapun derajat tingkat kelelahnya.

Di dalam suatu studi efisiensi pada para pelari berbagai jarak, telah ditemukan bahwa para pelari marathon memerlukan lebih sedikit oxigen pada kecepatan yang sama dibanding pada pelari jarak menengah. Perbandingan derajat tingkat efisiensi mudah dilihat bahwa pelari maraton adalah antara 5 - 10% lebih efisiensi jumlah oxigen yang diperlukan untuk menempuh jarak yang ditentukan. Bagaimanapun, hal ini dapat dihitung bahwa antara 25 sampai 50 liter oksigen bisa disimpan selama 2 1/2 jam penampilan maraton. Hal ini akan sangat berarti karena lebih sedikitnya tekanan pada sistem pengangkutan oksigen.

Dari perkiraan respon jantung dan paru-paru (*cardiorepiratory*) selama pencapaian lari marathon 2 jam, 26 menit dan 30 detik. Tercatat bahwa respon peredaran untuk suatu derajat jauh lebih besar dibanding respon yang berhubungan dengan pernapasan (terutama sekali ventilasi). Secara rinci cardiac output, stroke volume dan heart rate adalah tekanannya lebih besar selama pertandingan. Rata-rata, pemeliharaan-nya hampir pada tingkatan maksimal sepanjang; keseluruhan lomba. Sebenarnya, telah diperkirakan bahwa heart rate dan cardiac output pada pemenang lari marathon Boston 1968 adalah maksimal paling sedikitnya untuk suatu penampilan 2 jam, 2 menit 17 detik.

Dipindai dengan CamScanner

Dapat dirangkum bahwa ada tiga kapasitas fisiologis yang penting untuk keberhasilan dalam pencapaian daya tahan:

1. tingginya V02 max
2. tingginya ambang rangsang anaerobic
3. tingginya effisiensi dan sistem pengangkutan oksigen

Pengaruh Amphetamin pada Daya Tahan

Pada olimpiade 1972, seorang perenang Amerika, Rick DeMont dibatalkan meraih medali emas karena ia melakukan pengobatan atas penyakit asma yang dideritanya. Pengobatan tersebut mengandung ephedrine, sebuah obat yang sama dengan "aphetamine". Amphitamin merupakan stimulan yang kegiatannya meniru sistem saraf simpatetik. Kagiatan berikutnya dan kewaspadaan secara umum dan meningkat dalam kecepatan jantung (heart rate), cardiac output, tekanan darah (blood pressure), dan metabolisme

Penelitian ilmiah tentang akibat aphetamines dalam tekanan penampilan tak selalu menghasilkan temuan yang konsisten. Kebanyakan studi menunjukan bahwa bagaimana pun juga aphetamines berpengaruh besar untuk daya tahan tubuh. Berikutnya hasil suatu studi yang dirancang secara tepat telah menunjukkan dosis varian aphetamines tidak mempengaruhi tingkat *heart rate* atau kapasitas daya tahan maksimal selama berlatih submaximal. (Walaupun heart rate maksimal telah ditemukan meningkat secara bermakna, efek seperti itu tidak nampak seperti hubungannya dengan kemampuan daya tahan). Bahkan yang terbaru, telah ditunjukkan bahwa ephedrine didalamnya tidak punya efek pada beberapa ukuran terhadap kemampuan kerja fisik.

Pengangkutan Oksigen dan Penampilan pada Ketinggian di Atas Permukaan Laut

Telah dikenal untuk suatu saat penampilan fisik di atas permukaan laut. Jelas sekali terutama pada ketinggian di atas 4000 sampai 5000 feet (1300 sampai 1650 meter). Pengurangan dalam penampilan ini berkaitan dengan "hypoxia, adalah suatu penurunan

Dipindai dengan CamScanner

tekanan parsial dari oksigen pada pernapasan inspirasi. Anda akan teringat bahwa gradien tekanan (PO2) antara paru-paru dan darah serta antara darah dan jaringan sangat penting berkenaan dengan kapasitas sistem pengangkutan oksigen. Semakin parah dari hypoxia itu adalah lebih besar ketinggian, semakin besar pengurangan dalam penampilan.

Karena sistem pengangkutan oksigen lebih menghalangi pada ketinggian yang lebih tinggi, dan tidaklah mengejutkan menemukan bahwa VO2 max turun sebagai akibat meningkatnya ketinggian. Rata-rata, V02 max untuk individu yang tidak terlatih adalah berkurang sekitar 3% untuk setiap 1000 kaki (305 m) di atas 5000 kaki (1524 m). Sebagai contoh, pada 10.000 kaki (3050 m), V02 max akan berada pada 15% di bawah yang di ukur di atas permukaan laut (penurunan VO2 max mulai pada 5000 kaki, untuk setiap 1000 kaki tetap. Pada kasus 5000 kaki ini adalah 10.000 - 5000 = 5000, kecepatan menurun sekitar 3%, jadi 3% X 5 = 15%). Untuk atlet yang terlatih secara baik, tingkat penurunan V02 max tidak mungkin begitu besar; bagaimanapun, mulai menurun cepat pada ketinggian yang lebih rendah. Pengurangan adalah sekitar 2% untuk setiap 1000 kaki di atas permukaan laut. Jadi, pada 10.000 kaki V02 max pada atlet yang terlatih baik sekitar 20% akan lebih rendah dari nilai yang diukur di atas permukaan laut. Kelompok pelari jarak menengah yang terlatih baik pada ketinggian 7500 kaki (2300 m) dan pada 13.000 kaki (4000 m). Bagaimanapun penurunan penampilan terbesar biasanya pada lari daya tahan.

Pada tingkat rendah untuk ketinggian moderat (5000 sampai 10000 kaki), kegiatan olahraga yang biasanya dilakukan 2 menit atau kurang, tidak merugikan bila dipengaruhi oleh hypoxia. Sesungguhnya secara teoritis, sebab udara lebih padat di atas permukaan laut, para pelari cepat dan atlet pada kegiatan di lapangan mempunyai suatu keuntungan terkait dengan lebih sedikitnya hambatan. Bagaimanapun pada ketinggian yang lebih tinggi, penampilan kegiatan yang kekal sekitar 1 menit bisa menderita. Efek seperti itu jika ada di atas suatu 5% berkurang dari penampilan pada kegiatan yang 440 yard.

Dipindai dengan CamScanner

Penyesuaian Diri pada Perubahan Ketinggian

Jika suatu permukaan laut ke suatu area ketinggian yang moderat. Di sana ada peningkatan ventilasi, cardiac output, dan denyut jantung (dan kadang stroke volume dengan baik) pada kemampuan yang lebih tinggi, keduanya pada istirahat dan latihan submaximal. Jelas sekali (seperti telah disebut barusan), V02 max dan penampilan daya tahan adalah menurun. Semua respon ini adalah bentuk dari orang yang tidak dapat menyesuaikan diri (unacclimatized). Jika berlanjut tinggal diketinggian di atas permukaan laut, proses aklimatisasi terjadi dan beberapa respon kembali ke nilai-nilai di permukaan laut (orang lain tidak pernah cukup menjangkaunya). Pengaruh aklimatisasi ini merupakan segi penampilan daya tahan pada ketinggian 7500 kaki. Peningkatan kinerja dengan aklimatisasi (dalam hal ini, tinggal di ketinggiian 7500 kaki untuk tiga sampai empat minggu tapi masih 3 sampai 4% di bawah standar yang ditetapkan di atas permukaan laut.

Dua perubahan fisiologis penting yang terjadi cukup pesat selama proses aklimatisasi yaitu *hyperventilation* dan konsentrasi peningkatan haemoglobin.

Hyperventilasi

Siapapun yang berada di ketinggian atau di atas permukaan laut akan mengalami sesak napas yang menyertai usahanya meskipun mungkin sedikit.

Hiperventilasi ini merupakan respon langsung terhadap hipoksia (diturunkan tekanan O2) dan merupakan salah satu langkah pertama dalam proses aklimatisasi. Selama hyperventilasi, karbondioksida adalah "tertiup angina" menyebabkan tekanan O2 (PO2) dan pH di udara alveoli dan darah sistemik meningkat.

Peningkatan Konsentrasi Hemoglobin

Respon lain yang sangat dini untuk hipoksia adalah peningkatan jumlah sel darah merah dan pada konsentrasi haemoglobin. seperti yang dibahas sebelumnya peningkatan ini tercatat kapasitas oksigen dari pembuluh darah arteri.

Dipindai dengan CamScanner

Latihan pada Ketinggian Moderat

Telah disarankan bahwa kombinasi dari latihan dipermukaan laut dan ketinggian dengan kinerja moderat memiliki potensi yang berdampak pada kinerja latihan daya tahan

Ringkasan

- Ventilasi paru-paru (*Pulmonary Ventilation*) adalah gerakan udara yang masuk ke dalam dan ke luar paru-paru. Jumlah udara yang disaring dalam satu menit disebut menit ventilasi
- Ventilasi meningkat sedikit sebelum latihan dimulai (*anticipatory rise*). Peningkatan paling besar dan paling cepat pada awal latihan, selanjutnya kenaikan lebih lamban, dan dalam latihan sub maksimal ditunjukan sebuah peningkatan yang datar.
- Pada seorang yang sehat penampilan fisik tidak dibatasi oleh ventilasi paru-paru.
- Ventilasi alvioli mengacu pada udara yang masuk kedalam alveoli (terminal udara di paru-paru) yang berhubungan dengan darah. Udara yang berada di luar alveoli (dalam hidung, mulut, dan bagian-bagian penerima udara lainnya) mengisi bagian yang mati dimana tidak teijadi pertukraan gas.
- Perokok yang kronis akan menyebabkan peningkata terhambatnya jalan udara yang bisa menurunkan penampilan daya tahan. Peningkatan hambatan bisa dikurangi dengan tidak merokok selama 24 jam sebelum tampil.
- Angin kedua adalah sebuah perubahan dan perasaan tidak nyaman yang terjadi diawai latihan menuju latihan yang panjang. Menjadi sebuah perasaan yang lehih nyaman yang berhubungan dengan pemafasan dan faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap lepasnya kelelahan otot.
- Rasa nyeri dibagian samping yang terjadi dalarn latihan disebabkan oleh kurnagnya oksigen dalam otot pernapasan. Pada umumnya terjadi saat lari dan renang.

Dipindai dengan CamScanner

- Difusi adalah gerakan molekul dari sebuah konsentrasi yang tinggi ke yang lebih rendah Pergantian gas pada kapiler alvioli dan dinding jaringan kapiler otot, melibatkan diffusi.
- Banyak faktor penting menetukan terjadinya pertukaran gas pada tekanan parsial dan gas yang terlihat. Tekanan parsial terhadap gas merupakan tekanan yang dipcrgunakan dalam hubungannya dengan konsentrasi gas dalam suatu volume. Tekanan parsial dari oksigen merupakan yang tertinggi dalam alveoli dan terendah dalam jaringan otot.
- Kapasitas diffusi paru-paru merupakan hal terbesar dalam daya tahan atlet.
- 02 dan CO2 dibawa ke dalam darah dalam kcampuran kimiawi dengan haemoglobin. Karbon dioksida juga dibawa secara kimiawi dalam bentuk ion bikarbonat dan campuran karbamino.
- Doping darah, perpindahan dan masuk kembali darah dari/ke sel darah merah dilakukan sebagai sebuah upaya meningkatkan penampilan daya tahan dengan meningkatkan kemampuan membawa oksigen pada darah. Meski pun doping darah telah menunjukan kemampuannya untuk meningkatkan daya tahan, namun efek dan akibatnya secara kontroversi tidak direkomendasi khususnya bagi para atlet yang sudah teriatih. Doping darah ini merupakan suatu cara yang ilegal dalam kejuaraan resmi seperti olimpiade.
- Jantung merupakan sebuah otot yang memompa peredaran darah dalam system serkulasi darah. Arah aliran darah dikontrol oleh katup yang tidak langsung di tempatkan di dalam jantung. Miokardium (otot jantung) bersifat sinsitium (syncytium) artinya semua serabut otot jantung saling berhubungan (interconnected). Jadi, kontraksi jantung sebagai sebuah serabut.

Dipindai dengan CamScanner

LATIHAN BERBEBAN (WEIGHT TRAINING)

Otot sebagai salah satu komponen tubuh yang dapat menghasilkan gerakan untuk mencapai *performance* yang tinggi melalui kontraksinya. Kemampuan otot yang maksimal dapat meningkatkan kinerja seseorang yang pada akhirnya akan meningkatkan prestasi individu dalam berolahraga. Performa otot yang tinggi tersebut sering kali diukur atau diwujudkan melalui kekuatan dan daya tahan otot. Untuk mencapai kemampuan otot berupa kekuatan dan daya tahan tersebut hanya bisa dicapai melalui latihan.

Bompa (1994) mengatakan, bahwa latihan merupakan suatu aktivitas olahraga yang sistematis, progresif, dan dilakukan dalam waktu yang panjang sesuai dengan tingkat individu, yang bertahan membentuk fungsi fisiologis dan psikologis manusia untuk memenuhi syarat-syarat yang dibebankan padanya. Pada umumnya latihan digambarkan sebagai suatu proses berulang, dan secara sistematis serta melibatkan pengetahuan dalam proses mencapai tujuan akhir yaitu mengoptimalkan prestasi atlet. Karena itu, metode latihan adalah suatu cara latihan yang dilakukan dalam waktu lama, yang juga secara sistematis, berulang-ulang dengan beban latihan kian hari kian meningkat jumlah bebannya.

Untuk mencapai prestasi tinggi dalam olahraga, seseorang harus berlatih melalui suatu proses latihan yang terprogram dan tersusun secara sistematis yang dilakukan secara berulang-ulang dan makin hari makin bertambah beban latihannya sesuai dengan prinsip latihan. Dalam setiap program latihan, ada beberapa aspek utama yang perlu mendapat perhatian untuk dibina. Aspek-aspek tersebut menurut Harsono (1988), "Ada empat aspek latihan yang perlu diperhatikan dan dilatih secara seksama oleh atlet, yaitu (a) latihan fisik, (b) latihan teknik, (c) latihan taktik, dan (d) latihan mental." Demikian pula Bompa (1994) juga menjelaskan bahwa ada empat persiapan yang

Dipindai dengan CamScanner

harus diperhatikan dalam latihan yaitu, "*Physical preparation, technical preparation, tactical preparation, psychological preparation*."

Pada tahap latihan persiapan fisik (*Physical preparation*) umum, materi latihan biasanya lebih ditekankan pada pembentukan atau peningkatan kemampuan berbagai aspek fisik, seperti kekuatan, kecepatan, daya tahan, daya ledak, kelentukan, kelincahan, keseimbangan, koordinasi, dan stamina. Aspek-aspek tersebut hanya dapat dicapai atau ditingkatkan dengan melakukan suatu latihan. Salah satu bentuk atau model latihan yang lebih efektif peningkatannya dapat dilakukan dengan menggunakan *weight training,* dimana dengan latihan ini dapat terjadi penambahan jumlah sarcomere dan filament serabut otot (filamen aktin dan miosin yang diperlukan dalam kontraksi otot), sehingga dengan terbentuknya serabut-serabut otot yang baru maka kekuatan otot dapat meningkat.

Latihan berbeban (*weight training)* dapat dilakukan antara lain dengan teknik latihan isometrik, isokinetik dan isotonik. Ketiga teknik latihan tersebut mempunyai pengaruh pada peningkatan kekuatan otot tetapi respon yang terjadi pada masing-masing teknik mempunyai ciri khas sendiri-sendiri. Latihan dengan teknik isotonik merupakan suatu teknik latihan yang paling sering dilakukan untuk meningkatkan kekuatan otot. Pada latihan isotonik dapat diberikan dengan beban atau sering disebut dengan *'heavy resistance exercise'*, yang merupakan metode paling berguna untuk latihan penguatan otot. Karena latihan ini merupakan latihan yang dinamis maka latihan ini dapat meningkatkan tekanan intramuskuler dan menyebabkan peningkatan aliran darah, sehingga latihan ini tidak cepat menimbulkan kelelahan. Pada latihan isotonik ada beberapa metode yang dapat digunakan, diantaranya adalah metode *De Lorme* dan metode *Oxford.*

Metode *De Lorme* dan metode *Oxford* merupakan metode *isotonic resistance exercise. Isotonic resistance exercise* adalah suatu bentuk latihan dengan melakukan gerakan dinamis melawan tahanan pada sepanjang lingkup gerak sendi. Pada latihan metode *De Lorme* dilakukan dengan memberikan beban dari beban rendah ke tinggi. Sebaliknya latihan metode *Oxford* diberikan dengan beban dari tinggi ke rendah.

Dipindai dengan CamScanner

Prinsip-prinsip latihan menurut Bompa adalah partisipasi aktif, perkembangan menyeluruh, spesialisasi, individualisasi, variasi, model dalam proses latihan, beban meningkat. Jadi, prinsip-prinsip latihan harus mempertimbangkan: pembebanan berlebih, konsistensi, kekhususan, kemajuan, ciri pribadi, keadaan latihan, periodisasi, masa stabil, tekanan-tekanan dalam berlatih. Di samping itu harus diperhatikan pula adalah waktu istirahat, kekhususan, variasi latihan, *detraining*, individualisasi.

Metode latihan berbeban (*weight training*) merupakan salah satu metode latihan yang paling banyak digunakan oleh para pelatih kita untuk membina dan meningkatkan kondisi fisik atletnya. Metode ini sangat sederhana karena dapat menggunakan peralatan yang sederhana pula seperti barbel, dumbell, baju beban, dan lain sebagainya. W*eight training* adalah latihan yang menggunakan *barbells*, *dumbells* dan beban lainnya sebagai suatu metode *conditioning* untuk meningkatkan prestasi atlet di dalam cabang olahraga pilihannya masing-masing. Menurut Harsono, metode latihan berbeban adalah latihan yang menggunakan beban untuk memperoleh peningkatan kekuatan, daya ledak serta daya tahan, apabila dilakukan dengan benar. O'Shea (1976) mengemukakan bahwa tujuan dari prinsip latihan berbeban untuk atlet adalah mengembangkan kekuatan otot, power otot dan daya tahan otot.

Seperti halnya latihan pliometrik, di dalam latihan berbeban secara fisiologis terjadi suatu gerakan adalah juga melakukan rangsangan syaraf somatif (alfa motorneuron) setelah terjadi proses informasi yang diperoleh melalui indera dan akibat rangsangan peregangan mendadak pada otot spindle yang disebabkan oleh tekanan berat beban yang dilakukan oleh para atlet akibat gerakannya naik turun. Untuk dapat mengemukakan bagaimana otot itu berkontraksi sehingga menghasilkan gerakan dan menjadikan *power* yang kuat dapat dilihat dari pertautan atau tumpang tindih antara filamen aktin dan miosin yang terdapat di dalam otot spindel. Jadi gerakan latihan berbeban itu baru bermakna apabila setiap gerakannya mampu membuat filamen aktin dan miosin bertautan atau tumpang tindih (*slidding filament*), karena itu proses terjadinya gerakan di dalam otot tidak dapat dilihat langsung dengan mata.

Dipindai dengan CamScanner

Metode latihan berbeban dengan gerakan mengangkat dan menurunkan beban secara teratur serta beban latihannya ditambah sedikit demi sedikit secara teratur dan meningkat secara progresif sehingga akan merangsang otot berkontraksi secara cepat, dan pada akhirnya akan menimbulkan kekuatan dan kecepatan yang besar dan optimal. Untuk mencapai tujuan dari latihan berbeban diperlukan suatu program latihan yang tepat. Sehubungan dengan itu perlu disusun program latihan dengan dosis latihan yang tepat dengan mempertimbangkan prinsip-prinsip latihan. Seperti halnya metode latihan lainnya, metode latihan berbeban juga dalam pelaksanaannya mempertimbangkan prinsip-prinsip latihan dengan tujuan agar pelaksanaan metode latihan berbeban tersebut dapat terarah dan tepat sasaran yang akan dituju.

Prinsip Dasar Program Latihan Berbeban

1. Prinsip Beban Lebih (*The Overload Principle*)

Kekuatan otot akan berkembang dengan efektif saat otot atau kumpulan otot diberi beban dan pada saat itu latihan berbeban sangat diperlukan. Penggunaan latihan tahanan dengan cara merangsang otot melalui adaptasi fisiologis yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan otot. Kekuatan suatu otot yang tidak diberi beban (suatu otot dilatih melawan tahanan yang normal) jika tetap dipertahankan dari tingkat awalnya maka tetap tidak akan meningkat. Prinsip *overload* ini adalah prinsip latihan yang paling mendasar dan paling penting, karena itu apabila tanpa prinsip ini di dalam latihan tidak mungkin prestasi seseorang akan meningkat. Prinsip latihan berbeban menuntut seseorang harus berlatih dengan sangat keras, serta memberikan pengulangan dengan intensitas yang cukup tinggi (M. Sajoto, 1988). Kalau latihan dilakukan secara sistematis maka diharapkan dapat beradaptasi semaksimal mungkin kepada latihan berat yang diberikan pelatih, serta dapat bertahan terhadap *stress* yang ditimbulkan latihan yang berat tersebut, baik stress fisik maupun mental.

Kita tahu bahwa fisiologis dalam tubuh kita pada umumnya mampu untuk menyesuaikan diri dengan berbagai latihan dan tantangan yang lebih berat dari beban yang biasa kita jumpai sehari-

Dipindai dengan CamScanner

hari. Kalau beban ringan tidak ditambah (tidak *overload*), maka berapa pun kita berlatih peningkatan prestasi tidak akan mungkin. Jadi faktor beban lebih atau *overload* merupakan faktor yang sangat menentukan dalam kemajuan latihan.

2. Prinsip Ketahanan Progresif (*The Principle of Progressive Resistance*)

Prinsip progresif adalah penambahan beban dengan memanipulatif intensitas, repetisi dan lama latihan. Penambahan beban dilakukan dengan meningkatkan beban secara bertahap dalam program latihan. Progresif artinya adalah apabila otot lelah menunjukkan gejala kemampuannya meningkat, maka beban ditambah untuk memberi stress baru bagi otot yang bersangkutan.

Karena otot yang dibebani memperoleh penambahan kekuatan saat latihan berbeban maka selanjutnya program latihan berbeban lebih memastikan untuk mempertahankan kekuatan otot. Dengan kata lain, latihan beban lebih yang berulang kali dilakukan tidak menjadi sebuah beban karena hanya menambah kekuatan saja. Untuk alasan tersebut pada latihan berbeban dan daya tahan otot yang dilatih harus ditingkatkan secara periodik lewat program latihan berbeban. Suatu cara untuk mengukur sebuah proses latihan berbeban yang baru diperkenalkan pada seseorang adalah melalui perhitungan waktu pemberian beban dapat diangkat sebelum set berakhir. Contohnya, saat permulaan dari sebuah program latihan, seorang atlet seharusnya mampu mengangkat 80 kg sebanyak 8 kali sebelum set berakhir atlet tersebut mungkin mampu mengangkatnya sebanyak 12 kali hingga kelelahan. Pada saat itu beban harus ditambah ke beberapa tingkatan agar penurunan tingkat kelelahan berada di angka 8. Pada saat seperti ini harus diulangi sesering yang dibutuhkan melalui lamanya program latihan. Dalam keadaan seperti ini, otot akan selalu bekerja dalam zona pembebanan berat. Program latihan penambahan kekuatan yang diikuti asas ini disebut: Latihan Ketahanan Progresif (*Progresif - Resistance Exercise*)

3. Prinsip Latihan Bersusun (*The Principle of Arrangement of Exercise*)

Di dalam program latihan berbeban harus disusun terlebih dahulu, misalnya kumpulan otot yang lebih besar harus dilatih terlebih dahulu sebelum otot yang lebih kecil agar tidak mengalami kelelahan

Dipindai dengan CamScanner

guna efektifnya latihan. Pada kelompok otot bagian kaki dan pinggul harus lebih dahulu dilatih sebelum otot bagian lengan.

Program latihan juga harus disusun sedimikian rupa agar latihan tidak terjadi melibatkan otot yang sama secara berturut-turut, hal tersebut mendukung pada saat pemulihan setiap kali sehabis pengangkatan beban. Sebagai contoh, *bench press* dan *overhead* atau *standing press* tidak dapat dilakukan salah satunya setelah yang lain dilakukan karena kedua latihan tersebut menggerakan kelompok otot yang sama. Justru beberapa latihan yang melibatkan kelompok otot yang berbeda harus saling berkaitan satu sama lainnya. Menggerakan tulang kaki di bagian belakang tubuh dan bagian otot posterior kaki serta mengayun ayunkan tumit yang lebih rendah dan engkel secara berturut-turut tentu saja sangat berguna sekali dalam keberlangsungan latihan berbeban.

Program latihan berbeban secara spesifik ada dalam beberapa cara sebagai contoh, perkembangan kekuatan otot secara khusus tidak hanya pada kelompok yang dilatih, tetapi juga kepada pola gerakan yang dihasilkan dari latihan tersebut. Dengan kata lain, latihan ketahanan beban tampaknya menjadi kemampuan motorik secara khusus. Ini berarti bahwa melatih kelompok yang lebih pada gerakan nyata guna perkembangan kekuatan tubuh, yang secara langsung dapat diterapkan selama pelaksanaan pergerakan tubuh, dan akan lebih efektif jika pola gerakan ditiru semirip mungkin, yang berguna untuk meningkatkan kemampuan menendang, misalnya kalau dalam permainan sepak bola. Jadi, program latihan berbeban harus melibatkan otot - otot yang bekerja lewat pola gerakan yang disesusaikan dengan tendangan sepak bola.

Keterampilan motorik khusus mungkin paling nampak pada atlet yang berpartisipasi dalam kejuaraan olahraga kompetisi. Walaupun sering kali dalam dua bidang olahraga dipergunakan oleh kelompok otot yang sama, namun pola gerakan yang mereka tampilkan cukup berbeda. Demikian pula, seringkali pemain sepak bola yang berada dalam kondisi yang tidak prima untuk bermain basket. Jenis kekhususan yang seperti ini sering terlibat dalam olahraga tunggal. Sebagi contoh, seorang pelari cepat (sprinter) dalam olimpiade

Dipindai dengan CamScanner

yang sedang dalam keadaan prima dapat diduga berada dalam kondisi yang memprihatinkan (tidak prima) untuk berlari marathon. Tetapi aktifitas yang dilakukan bersamaan dapat melibatkan kelompok otot dan pola gerakan otot yang sama.

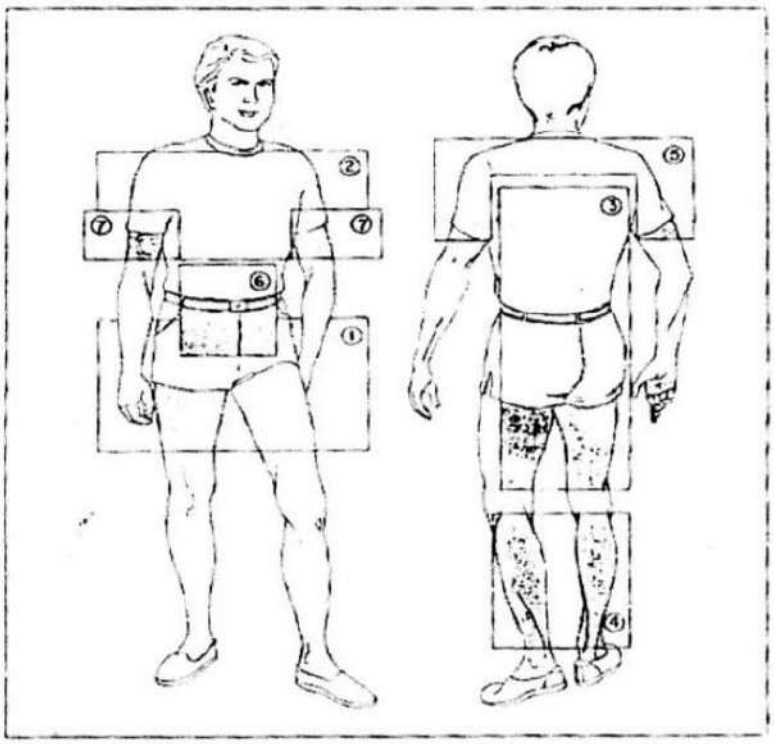
Dalam hampir semua kegiatan olahraga walupun kelompok otot yang sama sedang aktif kemampuan motorik khusus membutuhkan sebuah hubungan antara kekuatan dan kecepatan yang spesifik pula. Mekanisme Psikologis bawah sadar yang khusus seperti ini tidak sepenuhnya mampu dimengerti. Bukti baru mendukung teori bahwa faktor otot syaraf seperti koordinasi yang dikembangkan dan otot yang sama akan terlibat. Di samping menjadi kemampuan motorik, pengembangan kekuatan dan latihan secara khusus adalah berguna untuk sudut sendi dimana kelompok otot dilatih dan pada jenis otot yang melakukan kontraksi. Kekhususan sudut sendi yang secara nyata mengikuti program latihan isometrik adalah latihan yang umumnya dilakukan pada sudut sendi yang tunggal.

Walaupun penerapan yang serupa pada program isokinetik, informasi terbaru menyarankan bahwa hasil penambahan kekuatan dari latihan isokinetik pada kecepatan tinggi umumnya lebih baik.

4. Prinsip Kekhususan Latihan (*The Principle of Specificity*)

Pada latihan tiap otot hendaknya tidak bersamaan dalam melakukan program latihan. Misalnya, kalau latihan mau pembentukan otot dada maka latihan hendaknya fokus ke latihan otot dada saja tidak melatih otot yang lain agar latihannya maksimal.

Dipindai dengan CamScanner



Gambar VI.1 Kelompok Otot Utama dan Kelompok Otot yang Lebih Besar harus Dilatih Terlebih dahulu, (Edward L.Fox, 1983)

Petunjuk:

1. Kaki bagian atas dan bagian pinggul
2. Dada dan lengan bagian atas
3. Punggung dan aspek posterior kaki
4. Kaki yang lebih rendah dan ankel
5. Kedua bahu dan aspek posterior dan lengan bagian atas
6. Bagian perut
7. Aspek anterior lengan bagian atas

Agar prestasi dapat meningkat, harus selalu berusaha untuk berlatih dengan beban kerja yang lebih berat daripada yang mampu dilakukannya saat itu, atau dengan perkataan lain, harus senantiasa berusaha untuk berlatih dengan beban kerja yang ada di atas ambang rangsang kepekaannya (*threshold of sensitivity*). Dasar fisiologis prinsip ini berpedoman kepada suatu bukti bahwa hasil dari latihan adalah

Dipindai dengan CamScanner

efesiensi fungsional organisme, dan sekaligus kapasitas kerja secara bertahap meningkat dalam waktu yang cukup lama. Organisme akan memberikan reaksi berupa perubahan morfologis, fisiologis, dan psikologis sebagai pemenuhan kebutuhan adanya peningkatan beban latihan.

Latihan sebaiknya diberikan bertahap dari latihan yang ringan semakin lama semakin ditingkatkan yang diatur sedemikian rupa seperti latihan yang dimulai dari menggerakkan otot yang besar kemudian baru dilanjutkan dengan melatih kelompok-kelompok kecil. Tahapan-tahapan dalam latihan yaitu: (a) aktivitas peregangan (*stretching*), (b) pemanasan (*warming up*), (c) pelaksanaan latihan inti dasar (*formal activity*), (d) latihan inti lanjutan, dan (e) pendinginan (*coolling down*).

5. Prinsip *Reversibel*

Kualitas fisik yang diperoleh akan menurun kembali apabila tidak dilakukan latihan dalam waktu tertentu oleh karena itu latihan harus berkelanjutan atau berkesinambungan.

Harsono mengemukakan bahwa prinsip dan syarat latihan berbeban (*weight training*) yang diperhatikan adalah:

a. Latihan berbeban harus dimulai oleh pemanasan yang menyeluruh
b. Bebannya harus lebih (overload) dianjurkan 8-12 RM untuk setiap latihan, dan penentuan 8 RM melalui *trial and error*. Bentuk latihan dapat menggunakan beban patokan kira-kira setengah berat badan kita dan disesuaikan dengan kondisi atlet.
c. Agar hasil perkembangan otot efektif, setiap bentuk latihan dilakukan per set, dan istirahat antara set 3-15 menit.
d. Setiap mengangkat, mendorong atau menarik beban harus dilaksanakan dengan teknik yang benar.
e. Setiap bentuk latihan harus dilakukan dalam ruang gerak (*range of motion*) yang seluas-luasnya, yaitu dari ekstensi penuh sampai kontraksi penuh.
f. Agar pengembangan otot tidak berat sebelah latihlah antagonis dan antagonis.

Dipindai dengan CamScanner

g. Pengaturan pernapasan harus teratur, sebaiknya menghirup nafas waktu melakukan bagian yang terberat dari latihan dan membuang napas pada waktu bagian relaksasi dari latihan dan jangan menahan nafas.
h. Selesai latihan atlet harus dalam keadaan lelah otot lokal sebentar saja.
i. Latihan berbeda sebaiknya dilakukan 3 kali dalam seminggu, jadi istirahat latihan sedikitnya 48 jam dan tidak lebih dari 96 kali. Setelah 6-10 minggu akan terlihat pengaruh dari latihan tersebut.
j. Pada waktu permulaan berlatih ditujukan untuk pembentukan otot secara keseluruhan.
k. Harus diawasi oleh pelatih yang mengetahui tentang latihan berbeban.
l. Repetisi sedikit dengan beban berat akan menghasilkan kekuatan, sebagai pedoman kalau berlatih untuk kekuatan bagi cabang olahraga yang tidak terlalu banyak menggunakan kekuatan seperti bulutangkis, tenis meja, softball, berat latihannya adalah 8-12 repetisi, untuk latihan gulat, tinju, judo, dan sebagainya 6-10 repetisi, untuk latihan *power* 12-15 repetisi dan untuk latihan daya tahan otot 20-25 repetisi.

Pelaksanaan metode latihan berbeban terbagi menjadi sistem set dan sistem sirkuit. Harsono menyatakan sistem set adalah melakukan beberapa repetisi (ulangan) suatu latihan, kemudian disusul dengan istirahat, kemudian mengulangi lagi repetisi semula. Ada yang melakukan dua set untuk setiap bentuk latihan, dan ada pula yang tiga set.

Sedangkan sistem sirkuit *weight training* adalah bentuk latihan berbeban yang terdiri dari beberapa stasion (pos). Latihan tertentu dilakukan pada tiap-tiap pos dengan jumlah pengulangan yang spesifik. Banyak pos yang dipakai pada program permulaan 8 sampai 10 pos dan jangan lebih dari 12. Sebaiknya latihan berbeban (*weight training*) jangan melampaui 100 gerakan setiap latihan dan minimal 70 gerakan. Selanjutnya Bompa juga mengatakan bahwa untuk meningkatkan kekuatan dan kecepatan pada jenis olahraga yang bersifat klinis seperti sprint, olahraga tim, dengan pembebanan 30%-50% dari kemampuan

Dipindai dengan CamScanner

maksimal, jumlah latihan 2-4 set, 3-6 repetisi, dengan istirahat antara set adalah 2-6 menit. Nossek mengemukakan untuk latihan kekuatan dan kecepatan dapat menggunakan 30-50% kemampuan maksimal, 6-12 repetisi dilakukan dalam 4-6 set dilakukan secara eksplosif dan istirahat 2-5 menit.

Untuk mengetahui kemajuan diperlukan pencatatan tentang: atlet, tanggal mulai latihan, berat angkatan maksimal, berat untuk angkatan minimal, jumlah ulangan serta jumlah set, otot yang dilatih, adanya kelemahan target, kemajuan dan kemunduran dan penentuan sikap lebih lanjut.

Berdasarkan berbagai pendapat tentang pelaksanaan dan penetapan dosis latihan berbeban, maka kita mencoba menetapkan dosis latihan berbeban yang ditujukan untuk peningkatan daya ledak untuk melakukan lempar cakram. Dosis latihan yang dimaksud adalah menggunakan 8 set, 8-12 repetisi, denyut nadi 85-90% dari denyut nadi optimal, beban untuk memulai latihan diambil 60% dari berat angkatan maksimal mahasiswa (repetisi maksimal), istirahat 3-5 menit dilakukan dengan intensitas tinggi, dan dengan sistem set. Bentuk latihan berbeban yang akan diberikan dalam contoh ini adalah:

1. Bench pres

Tahapan pelaksanaan:

a. Posisi tidur sejajar dengan bangku *bench press*
b. Kedua telapak kaki menempel di lantai
c. Punggung rata dengan bangku, tidak ada celah
d. Posisi lengan memgang dumbbell, tidak ada celah.
e. Turunkan *dumbbell* hingga posisi siku sejajar dengan bahu dengan posisi *forearm* kita
f. Tarik nafas saat menurunkan beban dan hembuskan nafas saat menaikkan beban.

2. Leg press

Tahapan pelaksanaan:

a. Posisi tidur di mesin *leg press*
b. Tangan memegang handel yang tersedia

Dipindai dengan CamScanner

c. Kaki diletakkan pada pijakan yang tersedia, dan dibuka selebar bahu
d. Lutut ditekuk hingga paha sejajar dengan pijakan yang tersedia
e. Tarik nafas saat menurunkan beban dan hembuskan nafas saat mengangkat beban.

3. Cable Crossover

Tahapan pelaksanaan:

a. posisi berdiri dengan punggung tegak dengan tubuh sedikit condong ke depan
b. satu kaki maju ke depan untuk jaga keseimbangan
c. posisi lengan terbentang sambil memegang handel *crossover*
d. posisi siku sejajar dengan bahu
e. sudut lengan sedikit ditekuk
f. posisi lengan disatukan di depan dada
g. menggunakan sendi bahu saja untuk menyatukan lengan
h. sudut lengan tetap dipertahankan sedikit menekuk
i. tarik nafas saat membentangkan lengan dan hembuskan nafas saat menyatukan lengan.

4. Leg extention

Tahapan pelaksanaan:

a. Posisi duduk di *leg extention*
b. Punggung tegak bersandar pada bangku yang tersedia
c. Kaki dikaitkan di belakang bantal yang tersedia di bawah
d. Posisi antara bantalan dengan paha belakang saling menempel
e. Tangan lurus memegang handel yang tersedia
f. Bantalan kaki dinaikkan hingga lutut lurus
g. Tarik nafas saat menurunkan beban dan hembuskan nafas saat mengangkat beban.

Dipindai dengan CamScanner

5. ***Chest press***

Tahapan pelaksanaan:

a. Posisi duduk sesuai dengan bangku pada mesin *chest press*
b. Kedua telapak kaki menempel di lantai atau berpijak pada tumpuan yang tersedia
c. Punggung rata dengan bangku, tidak ada celah
d. Posisi lengan memegang pegangan pada mesin lurus di depan dada
e. Posisi siku sejajar dengan bahu
f. Saat menurunkan beban, posisi siku lebih rendah
g. Posisi siku tidak lebih mundur dari pada bahu, sejajar dengan bahu
h. Tarik nafas saat menurunkan beban dan hembuskan nafas saat menaikkan beban.

6. ***Wrist curl***

a. posisi duduk dengan punggung tegak
b. posisi *forearm* menempel pada paha
c. posisi telapak tangan menghadap ke bawah memegang stang barbell
d. angkatlah pergelangan tangan ke atas untuk mengangkat stang barbell
e. turunkan stang barbell ke bawah
f. tarik nafas saat menurunkan beban dan hembuskan nafas saat mengangkat beban.

Beberapa Karakteristik dari Kontraksi yang Dimiliki Otot :

1. Isotonik (dinamis, konsentris)

Otot memendek selama tegangan berkembang.

2. Isometrik (statis)

Tegangan otot mengembang namun tidak mengubah panjang otot.

Dipindai dengan CamScanner

3. Esentrik

Otot memanjang selama tegangan berkembang

4. Isokinetik

Otot memendek selama tegangan yang dikembangkan melalui jarak penuh dan gerakan yang dilakukan pada kecepatan yang konstan.

Karena setiap jenis otot yang digunakan terlibat hampir seluruh kegiatan olahraga, maka tiap jenis kontraksi yang direncanakan seputar program latihan berbeban akan dideskripsikan lebih lanjut.

1. Program Isotonik

Sebuah program isotonik melibatkan pelaksanaan latihan melawan tahanan yang dicirikan dengan mengangkat beban yang berat secara bebas atau beban bertumpuk seperti yang digunakan pada Gym umumnya. Program latihan berbeban sistem isotonik dikembangkan pertama kali oleh Delorme dan Watkinks pada 64 tahun yang lalu. Walaupun program ini dikembangkan untuk tujuan rehabilitasi, konsep dasar pemikiran Delorme dan Watkins tetap digunakan hingga saat ini untuk pengembangan beberapa program olahraga. Salah satu dari pemikiran mereka yang terpenting adalah konsep : repetisi maksimum (RM). Sebuah RM didefinisikan sebagai beban maksimal yang mampu diangkat beberapa kali oleh otot atau kelompok otot sebelum akhirnya berhenti karena lelah. Sebagai contoh, jika seseorang mampu mengangkat beban sebanyak 8 X saja, kemudian berhenti serta tidak mampu untuk melanjutkannya kembali, beban tersebut sebanyak 8 RM. Jelasnya beban yang sama dapat menjadi 10 RM bagi orang lain, atau bagi individu yang sama, dalam lingkungan yang berbeda.

Bagi setiap kelompok otot yang dilatih, berdasarkan program isotonik yang asli dari DeLorme dan Watkins seperti di bawah mi:

Set 1 : 10 X pengulangan pada ½ dari beban 10 RM

Set 2 : 10 X pengulangan pada ¾ dari beban 10 RM

Set 3 : 10 X pengulangan pada beban 10 RM

Program ini membutuhkan pelaksanaan dari ketiga set. Tiap set adalah jumlah pengulangan yang dilakukan terus-menerus tanpa beristirahat. Seperti yang dapat dilihat, set pertama dan kedua tidak

Dipindai dengan CamScanner

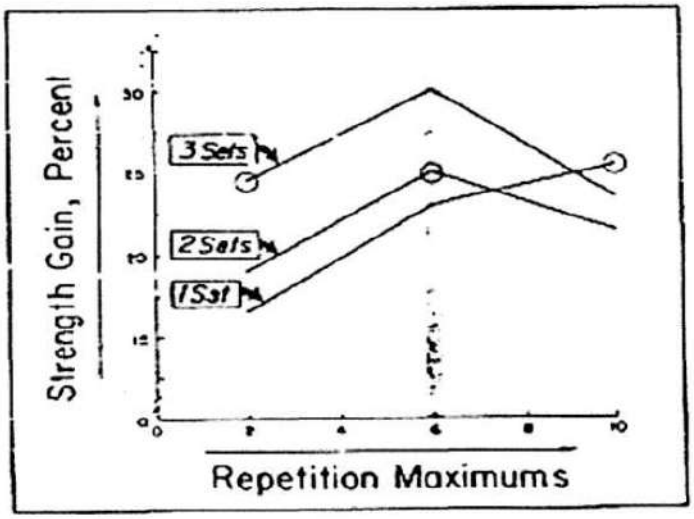
maksimal hanya setengah dan tigaperempat beban. Set ketiga didesain untuk memenuhi prinsip beban lebih. Sesuai dengan prinsip beban lebih progresif, beban lebih yang baru ditetapkan saat 15 kali pengulangan dari tiap 10 RM beban dapat dilakukan. Bagaimanapun juga banyak pertanyaan yang telah muncul seputar program latihan beban lebih ini.

Pengulangan dan Set

Berdasarkan data penelitian komparatif bahwa hasil studi yang menggunakan program isotonik yang bervariasi luas dalam segi set dan juga beban. ***Pertama,*** bahwa keuntungan kekuatan isotonik yang signifikan dibuat dalam program yang terdiri dari satu set pada beban 2 RM dan sebanyak 3 set pada beban 10 RM. ***Kedua*** dapat dilihat bahwa tiga kombinasi yang cukup berbeda menghasilkan keuntungan yang sama besar: Tiga set pada beban 2-RM, dua set pada beban 6-RM, dan satu set pada beban 10-RM, dari keseluruhannya menghasilkan 25% kekuatan.

Untuk keuntungan kekuatan yang terbaik dalam studi ini sebuah program terdiri dari tiga set pada beban 6-RM, tampaknya menjadi yang paling produktif. Bagaimanapun juga, dalam studi khusus membandingkan beberapa program yang melibatkan tiga set, telah ditemukan bahwa beban dari 2 ke 3 RM, 5-6 RM, dan 9-10 RM memproduksi kekuatan yang sama besar. Selanjutnya, dalam sebuah studi yang hanya melibatkan satu set, disimpulkan bahwa beban yang optimal adalah diantara 3-9 RM. Demikian pula hasil studi lainnya, program latihan terdiri atas enam set pada beban 2-RM, tiga set pada beban 6-RM, dan tiga set pada beban 10 RM, semuanya memproduksi keuntungan yang sama dan signifikan dalam meningkatkan kekuatan.

Dipindai dengan CamScanner



Gambar VI.2 Kekuatan Isotonik pada Angkatan 10-RM Meningkat Luar Biasa. (Edward L.Fox, 1983)

Melalui penemuan di atas, dapat disimpulkan bahwa keuntungan kekuatan isotonik yang signifikan dapat dibuat dari beberapa program yang terdiri atas sekurang-kurangnya satu set dan sebanyak-banyaknya enam set. Dengan beban mulai 2 RM hingga 10 RM. Sebuah pandangan praktis, bahwa kombinasi program kekuatan isotonik terdiri dari antara satu dan tiga set, serta beban antara 2 dan 10 RM pada beban terbanyak. Namun, enam set pada beban terbanyak dapat membutuhkan waktu yang lama.

Frekuensi dan Durasi

Dalam program orisinil Delorme dan Watkins frekuensi maksimal sebuah latihan sebanyak empat hari seminggu yang dapat ditoleransi secara lebih konsisten dan sebuah periode waktu yang relatif lama. Di antara para pelatih beban saat ini, umumnya disetujui bahwa sebuah program latihan berbeban isotonik tiga hari setiap minggu akan memproduksi keuntungan yang signifikan dan diharapkan dapat menjadi program latihan berbeban yang dapat berlangsung selama enam minggu atau lebih.

Kekuatan Otot Melawan Daya Tahan Otot

Kekuatan isotonik didefenisikan sebagai latihan kekuatan otot untuk menarik secara maksimal, sedangkan daya tahan otot adalah

Dipindai dengan CamScanner

kemampuan kelompok otot untuk mengulangi pengulangan beban pada periode waktu yang lama. Pada umumnya, pengembangan kekuatan otot melalui latihan beban daya tahan isotonik dapat dicapai dengan baik melalui program yang terdiri dari pengulangan yang rendah dan beban yang tinggi. Dengan kata lain, daya tahan otot, diduga dikembangkan dengan baik, lewat program pengulangan yang tinggi dan beban yang rendah. Walaupun banyak peraturan yang masih membedakan antara "program kekuatan" dan "program daya tahan ", namun bukti ilmiah bagi perbedaan semacam itu tidaklah konsisten, meskipun gagasan tersebut mungkin sudah dianggap baku, karena itu harus dilakukan klarifikasi lebih lanjut.

Klarifikasi tentang istilah "ketahanan tingkat rendah" kita harus mengingat bahwa prinsip beban lebih progresif juga merupakan sebuah keperluan bagi pengembangan daya tahan otot. Bila dilanjutkan lebih lama pengulangan saat otot tidak dibebani apapun, maka akan memiliki efek kecil bagi daya tahan otot. Kelanjutan aturan tersebut berdasarkan bahwa kekuatan dan daya tahan telah nyata berkembang sama besar melalui latihan dengan pengulangan rendah dan beban yang tinggi atau dengan pengulangan yang banyak dan beban yang rendah.

Dalam situasi ini, baik yang disebut program daya tahan maupun program kekuatan terdiri dari tiga sesi latihan setiap minggunya, untuk enam atau tujuh minggu. Tiap sesi program latihan daya tahan terdiri dari kelentukan siku tangan dengan rata-rata 40 kali pengulangan setiap menitnya, dengan beban 11 lb hingga menjadi lelah.

Program kekuatan terdiri dari latihan "*arm curls*" yang sesuai dengan proses dalam program latihan Delorme dan Watkins. Bagaimanapun juga, harus dicatat bahwa proses ini melibatkan 30 kali pengulangan dan karena beberapa pengulangan juga tidak dapat dianggap sebagai sebuah program pengulangan tingkat rendah. Sebagai contoh dalam studi terbaru ditemukan bahwa kekuatan isotonik dapat dikembangan secara lebih signifikan dengan program latihan yang melibatkan 12 kali pengulangan dengan beban maksimal sebesar 80%, dari pada 20 kali pengulangan dengan beban maksimal

Dipindai dengan CamScanner

50%. Dengan kata lain, daya tahan isotonik meningkat dengan signifikan lebih baik.

Dalam studi terbaru, ketiga jenis program isotonik dibandingkan dalam hal kekuatan dan daya tahan tubuh. Program pertama terdiri dari pelaksanaan ketiga set yang melakukan 6-8 kali pengulangan beban (RM). Hal ini direncanakan sebagai sebuah daya tahan tingkat tinggi dari program pengulangan yang sedikit (rendah). Program kedua terdiri dari kemampuan melakukan dua set dari beban mulai 30-40 RM. Program ketiga yang diuji memiliki ketahanan rendah, yaitu program pengulangan di mana individu mengangkat satu set pada beban 100-150 RM. Frekuensi dari setiap program adalah tiga kali setiap minggu dan lamanya adalah 9 minggu. Baik kekuatan isotonik maupun daya tahan isotonik diukur secara teratur sebelum dan sesudah latihan.

Perbandingan dalam hal keuntungan pada daya tahan dan kekuatan otot meliputi tiga program latihan beban yang berbeda:

1. Beban tinggi, tingkat pengulangan rendah
2. Beban menengah, pengulangan menengah
3. Beban rendah, pengulangan rendah.

Hasil dari beberapa poin tersebut, ternyata program tingkat pembebanan tinggi dan tingkat pengulangan rendah sebagai program yang paling efektif dalam meningkatkan baik kekuatan maupun daya tahan otot.

Bagaimanapun juga, keuntungan dalam hal daya tahan, walaupun lebih baik dalam program pembebanan tingkat menengah dan rendah tetapi tidak berbeda secara statistik dari pada hanya penambahan keuntungan pada program pembebanan tingkat tinggi. Penemuan ini merupakan poin tambahan bagi beban tingkat tinggi dan pengulangan tingkat rendah (sedikit), sehingga paling efektif dalam meningkatkan kekuatan dan daya tahan.

Keuntungan kekuatan dan daya tahan yang sama dapat dicapai dengan cara yang sama dan dapat diraih dengan cara yang lebih ekonomis, melalui intensitas tinggi namun teknik pengulangan yang lebih rendah (sedikit). Karena sebagian besar dari beberapa

Dipindai dengan CamScanner

kegiatan olahraga melibatkan kelompok atau kumpulan otot utama dari tubuh, maka program dasar isotonik harus terdiri dari latihan inti yang mengembangkan otot-otot yang bersangkutan.

Harap diingat, banyaknya set antara satu dan tiga set, beratnya beban harus antara 2-10 RM. Pada awal program, hendaknya direkomendasikan beban yang lebih berat dan pengulangan beberapa kali, sebagai contoh: 2 set dengan beban 10 RM pada akhir program, tiga set dengan beban 6 RM dapat digunakan, karena kombinasi ini telah menunjukan dapat menghasilkan penambahan kekuatan yang kokoh, seperti dilihat pada Gambar IV.2

Saat permulaan sebuah program latihan isotonik, selalu ada pertanyaan tentang bagaimanakah mengurangi beban awal berbagai macam latihan. Cara terbaik adalah dengan berlatih dan melakukan kesalahan (*trial and error*). Jika sebuh beban seberat 10 RM yang diinginkan, kemudian atlet harus mengangkat beban tersebut lebih dari periode waktunya dengan tujuan memperoleh poin beban tersebut hanya dapat diangkat 10 kali sebelum akhirnya terjadi kelelahan. Bagi beberapa latihan berbeban perkiraan beban awal (2 set pada beban 10 RM) dapat dibuat, bila seseorang mengetahui berat badan yang dilatih dan jumlah beban yang mampu diangkatnya dalam satu kali angkatan. Jika yang pertama tadi telah diketahui. Beban 10 RM untuk "*the clean press*" dan "*arm curl*" juga dapat diperkirakan karena sepertiganya berat tubuh manusia ditambah 10 LB untuk '*bench press*" squat dan leg press, beban sebesar 10 RM harus diperkirakan setengah berat badan ditambah 10 lb.

Jika kemampuan maximal angkatan beban telah diketahui, beban 10 RM untuk standing press, bench press, arm curl, dan squat harus sekitar 40% dari angkatan bebannya. Dari sebuah pandangan praktis direkomendasikan bahwa program kekuatan isotonik terdiri dari antara 1-3 set serta beban antara 2-10 RM, 6 set pada beban terbanyak dianggap akan membutuhkan waktu sedemikian rupa, tetapi penting bagi orang yang berlatih untuk menemukan beban awal yang tetap melalui latihan dari kesalahan yang dilakukan. Menggunakan prinsip-prinsip dasar dalam daftar di atas semakin banyak latihan bagi aktifitas olahraga apa pun.

Dipindai dengan CamScanner

2. Program Isometrik

Isometrik melibatkan kontraksi otot yang ditampilkan dengan melawan tahanan beban yang tidak dapat digerakan. Jenis latihan otot semacam ini sangat populer di AS, saat 2 orang ilmuwan Jerman Hettinger dan Muler, melaporkan bahwa kekuatan dapat ditingkatkan 5% setiap minggunya, ketika tahanan isometrik dilakukan 6 detik pada dua pertiga kekuatan maximal sekali setiap hari untuk 5 hari setiap minggu.

Karena sedemikian diharapkannya penemuan di atas maka merubah seluruh konsep latihan kekuatan dan memicu banyak murid baru menggunakan teknik isometrik. Menariknya sebagian besar murid baru ini gagal untuk mendukung pendirian bahwa kekuatan dapat dikembangkan rata-rata 5% setiap minggu bagaimanapun juga mereka mengkorfimasi bahwa kekutan dapat ditingkatkan secara signifikan saat tahanan isometrik dilakukan selama enam detik pada dua pertiga kekuatan maksimal satu kali setiap hari selama lima hari setiap minggunya.

Jumlah dan Intensitas Kontraksi

Beberapa studi sependapat dengan dampak dari junlah dan intensitas kontraksi isometrik pada penambahan (keuntungan) kekuatan yang telah dilakukan khusus untuk mengurangi kontraksi jika dilakukan pada lebih dua pertiga dari kekuatan maksimal seperti yang dilaporkan oleh Hettinger dan Muller akan menghasilkan keuntungan (penambahan) kekuatan yang lebih besar. Dan hasilnya sejauh ini telah dicapai sebagai contoh dalam suatu studi ditemukan penambahan kekuatan pada seseorang dengan menggunakan 2/3 kontraksi program isometrik tersebut satu kali sehari sama dengan menggunakan 80% kontraksi maksimal program isometrik 5 kali setiap hari. Dalam studi lainnya digunakan satu kontraksi setiap hari dengan kelompok murid SMU yang berbeda (laki-laki dan perempuan) melakukan kontraksi sebanyak 25, 50, 75 atau 100 dari kekuatan maksimalnya. Hasilnya menunjukan bahwa seluruh kelompok dengan pengecualian mereka yang berlatih dengan 25 % daya tahan maksimal meningkatkan kekuatan mereka. Studi lainnya telah menghasilkan bahwa yang berbeda tetap lebih maju, faktanya melalui suatu studi yang

Dipindai dengan CamScanner

dikendalikan oleh Muller sendiri diketahui bahwa kekuatan isometrik maksimal dapat dikembangkan paling baik jika latihan telah dijadwalkan 5 hari per minggu dan terdiri dari mulai 5 - 10 kali kontraksi yang masing-masing diadakan setiap 5 detik sekali. Akan tampak bahwa program yang paling akhir (program Muller yang terbaru yaitu dari 5-10 kontraksi yang diadakan setiap 5 detik sekali) merupakan petunjuk praktis yang terbaik dari kegunaan kontraksi maksimal jika satu angkatan maksimal dipakai, maka akan sulit atau tidak mungkin untuk dinilai dengan cermat persentase latihan seseorang yang sesungguhnya, tanpa lengkapi dengan peralatan yang tepat. Walaupun kekuatan dapat ditingkatkan dengan kontraksi sekecil-kecilnya 50% dan maksimal (seperti yang diterapkan di atas) pilihan terbaik tampaknya tetap pada kontraksi maksimal.

Dalam istilah daya tahan otot isometrik, latihan isometrik telah ditunjukan meningkatkan kemampuan seseorang guna menopang sebuah kontraksi isometrik, bagaimanpun juga beberapa program yang menghasilkan peningkatan daya tahan otot isometrik ini dapat dianggap memiliki perubahan.

Frekuensi dan Durasi

Program isometrik terbaru umumnya memiliki frekuensi latihan lima hari setiap minggu. Walupun mungkin seperti sebuah jadwal keuntungan yang pokok dalam kekuatan dan daya tahan otot telah diteliti dalam program dengan frekuensi latihan tiga hari per minggu. Frekuensi apapun, jangka waktu program latihan setidak-tidaknya 4-6 minggu dengan keuntungan lebih baik yang dibuat dengan durasi (jangka waktu) lebih lama.

Kekhususan Sudut Sendi

Seperti yang disebutkan sebelumnya, pengembangan kekuatan dalam latihan isometrik menjadi berguna luar biasa pada sudut sendi, di mana latihan dilakukan. Dalam studi program isometrik terdiri dari 3 kekuatan tarikan (kontraksi) maksimal pada sudut siku tangan selama 6 detik dengan sudut tarikan 170 seperti yang ditunjukan dengan jelas peningkatan pada kekuatan isometrik lebih baik pada latihan sudut 90 derajat pada siku tanggan. Informasi ini tersedia untuk menjelaskan bahwa jika kekuatan isometrik melebihi tinggkatan

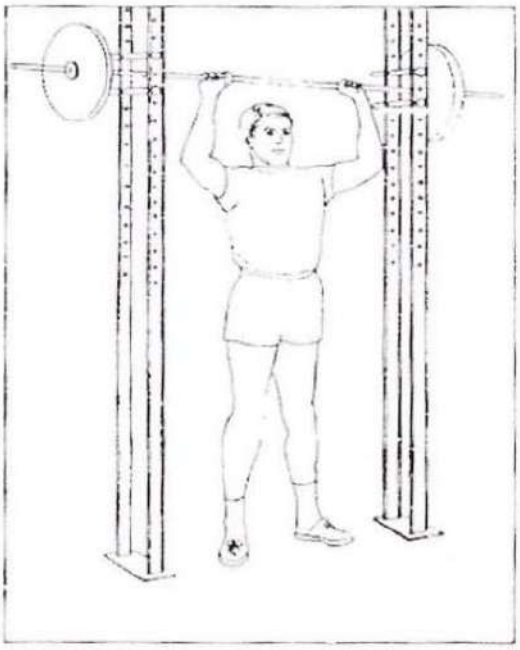
Dipindai dengan CamScanner

sewajarnya latihan harus dilakukan lebih dari satu siku, dalam banyak kejadian hal ini berarti sebuah dampak negatif dari latihan isometrik.

Fungsi Isometrik (Power Rack)

Kegunaan isometrik melibatkan kontraksi yang dilakukan dengan beban. Latihan seperti ini biasanya mengkombinasikan latihan isotonik dan isometrik, di mana para atlet melakukan sebuah gerakan ledakan dengan penuh kecepatan, kemudian latihan secara isometrik menyokong pergerakan beberapa detik.

Demikianlah keuntungan dari kedua tipe kontraksi dengan beberapa latihan yang dilakukan sebagai suatu peralatan merujuk sebagai "Power Rack", alat ini pada dasarnya adalah sebuah rak untuk mendukung barbel pada level yang berbeda-beda. Berputar-putar atau berhenti diposisi pada beberapa inchi, biasanya 2 inchi, di atas beberapa putaran di mana barbel setengah istirahat atau antara istirahat dan berhenti, putaran dapat distel sedemikian rupa. Latihan dilakukan dengan mengangkat barbel secara cepat melawan pemberhentian di bagian atas kemudian menahannya di sana selama 3 sampai 7 detik dalam tangga yang berdiri atau dalam posisi *overhead press.* Lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar berikut ini



Gambar VI.3 Isometrik Power Rack

Dipindai dengan CamScanner

Program Isometrik Bagi Para Atlet

Banyaknya olahraga membutuhkan kekuatan dan daya tahan isometrik. Contoh olahraga tinju, beberapa daya tahan dan kekuatan isometrik akan dibutuhkan oleh seorang petinju yang berhadapan dengan posisi lawannya. Dalam senam, kekuatan dan daya tahan isometrik sungguh dibutuhkan dalam keseimbangan atau mendukung kepastian posisi tubuh. Sebuah program isometrik dasar bagi para atlet diberikan beberapa latihan yang tertulis dapat dilakukan dengan latihan isometrik biasa atau dengan fungsi isometrik (power rack).

Jika program isotonik digunakan dengan program isometrik kemudian tahap-tahap latihan dijadwalkan sedemikian rupa sehingga program isotonik dilakukan pada hari senin dan kamis, sedang program isometrik pada hari selasa dan jumat serta hari rabu, sabtu dan minggu sebagai hari istirahat. Hampir semua latihan isotonik dapat dilakukan secara isometrik dengan baik hal tersebut dapat digunakan sesuai dengan olahraga yang lebih spesifik.

3. Program Isokinetik

Seperti yang telah didiskusikan sebelumnya, sebuah kontraksi isokinetik adalah salah satu di mana tegangan maksimal yang dikembangkan melalui tahap penuh dan gerakan tulang sendi pergerakan ini dikontrol oleh kecepatan gerakan di mana peralatan khusus dibutuhkan. Keuntungan dari kontraksi isokinetik sebagaimana dibandingkan dengan sebuah kontraksi isotonik didiskusikan dalam sebuah bab terakhir. Berdasarkan barbagai studi yang telah dilakukan sejauh ini jelas bahwa keuntungan kekuatan dari latihan isokinetik adalah sesuatu yang mungkin bisa dilakukan. Sebagai contoh selama 3 hari setiap minggu, Program 8 minggu latihan isokinetik ditemukan bahwa kekuatan isokinetik meningkat sekitar 30%.

Speed Specifity (Kecepatan Khusus)

Seperti yang baru disebutkan salah satu bentuk unik dari latihan isokinetik dalam kecepatan gerakan dapat dikontrol selama proses latihan. Hal ini mungkin adalah merupakan bentuk terpenting dari latihan isokinetik karena hubungan dengan latihan olahraga yang sebagian besar aktifitas olahraga daya tahan otot dilakukan selama

Dipindai dengan CamScanner

gerakan dengan kecepatan yang berbeda. Hubungan antara daya tahan otot dan kecepatan gerakan telah didiskusikan sebelumnya.

Beberapa studi terbaru telah dilakukan sebuah usaha untuk menjawab pertanyaan ini, dengan proses pencarian yang cukup lama. Salah satu hasil studi tentang perubahan dalam daya tahan dari kekuatan isokinetik dari kelompok otot quadriceps di bagi kedalam dua kelompok dan berlatih tiga hari setiap minggu untuk 6 minggu. Latihan terdiri atas 2 menit pertambahan waktu maksimal dari latihan kelentukan pada tulang sendi kaki. Suatu kelompok dari orang yang berlatih pada gerakan kecepatan yang rendah (36/detik) sementara kelompok yang lainnya berlatih pada gerakan kecepatan tinggi (108/detik).

Bagaimana pun juga dengan latihan isokinetik yang cepat seluruh bagian kurva kecepatan dan ketahanan bergerak naik ke arah bagian kanan. Suatu kenyataan bahwa berlatih pada kecepatan rendah (lambat) menghasilkan peningkatan yang luar biasa pada kekuatan, hanya pada gerakan dengan kecepatan yang rendah. Di lain pihak, berlatih pada kecepatan tinggi menghasilkan peningkatan dalam hal kekuatan pada seluruh tipe kecepatan kontraksi dan di bawah latihan kecepatan, dengan kata lain keseluruhan kurva kecepatan dan ketahanan sunguh-sungguh bergerak naik dan ke kanan mengikuti latihan isokinetik kecepatan tinggi. Walaupun tidak ditunjukan dalam tabel, ditemukan bahwa berlatih pada kecepatan tinggi meningkatkan daya tahan otot pada kecepatan otot tinggi lebih dari latihan kecepatan rendah yang meningkatkan daya tahan pada kecepatan rendah. Dalam studi lainnya kedua latihan kecepatan yang berbeda kembali diselidiki lagi melalui program latihan yang terdiri dari latihan kaki secara maksimal Pada kelompok satu, latihan terdiri atas penampilan 5 dan 6 set dilajutkan latihan kaki maksimal pada kecepatan 60/detik. Hal tersebut dicanangkan sebagai program latihan kecepatan rendah. Pada kelompok dua, latihan terdiri dari penampilan 5 dan 12 set dilanjutkan latihan kaki maksimal pada sebuah kecepatan 300 detik, hal ini disusun sebagai program latihan kecepatan tinggi. Tiap kelompok menampilkan jumlah yang sama dan total pekerjaan selama tahap latihan dari tiap latihan 3 hari setiap minggu selama 6 minggu. Kurva

Dipindai dengan CamScanner

kecepatan dan daya tahan masing-masing diatur sebelum dan sesudah program latihan.

Latihan pada gerakan kecepatan tinggi akan meningkatkan kekuatan sama besar, baik pada gerakan kecepatan tinggi maupun rendah, sedangkan latihan pada sebuah kecepatan rendah menghasilkan peningkatan dalam kekuatan hanya pada gerakan kecepatan yang lebih rendah.

- Latihan isokinetik pada kecepatan rendah, menghasilkan peningkatan kekuatan yang kokoh hanya pada gerakan kecepatan yang rendah
- Latihan isokinetik pada kecepatan tinggi, menghasilkan peningkatan kekuatan pada seluruh jenis gerakan kecepatan.
- Latihan isokinetik pada kecepatan tinggi, meningkatkan daya tahan otot pada kecepatan lebih tinggi dan latihan kecepatan rendah menghasilkan daya tahan pada gerakan kecepatan rendah

Kembali pada pertanyaan asal "dapatkah kurva kecepatan dengan daya tahan diubah ke atas dan ke arah kanan melalui latihan kekuatan isokinetik?" jawabannya adalah "ya". Bagaimana juga, ingat bahwa untuk merubah keseluruhan kurva latihan isokinetik berkecepatan tinggi haruslah digunakan.

Program Isokinetik Bagi Para Atlet

Karena sedikit sekali penemuan yang telah dilakukan untuk menggunakan latihan isokinetik, maka untuk saat ini tidaklah mungkin mendukung sebuah program khusus bagi para atlet. Bagaimanapun juga usaha untuk merancang sebuah program, petunjuk berikut ini bisa dipertimbangkan.

Prinsip-Prinsip Latihan Isokinetik

- Frekuensi latihan haruslah antara 2-4 hari setiap minggu
- Durasi latihan setidaknya 6 minggu atau lebih
- Pola gerakan melibatkan keahlian dari setiap cabang olahraga masing-masing di mana si atlet berlatih, haruslah gerakan yang ditirukan semirip mungkin selama tahap latihan berlangsung.
- Kecepatan latihan haruslah secepat atau bahkan lebih cepat dari pada gerakan kecepatan yang melibatkan kemampun atlet di bidang

Dipindai dengan CamScanner

mana atlet tersebut berlatih, jumlah kontraksi maksimal setiap set antara 8-15 set dan tiap latihan yang harus digunakan.

4. Program Essentrik

Tidak terlalu banyak keuntungan yang dikenal dari program latihan berbeban essentrik bagi para atlet yang telah dilakukan bertahun-tahun, bagaimanpun juga para peneliti secara akademis telah dicekoki oleh fakta bahwa sebuah otot dengan kekuatan maksimal dapat menghasilkan sekurang-kurangnya 40% lebih tekanan secara essentrik dari pada secara konsentrik. Pada awalnya itu merupakan suatu teori bahwa dengan tekanan yang lebih besar, kekuatan yang lebih besar dapat dikembangkan dengan program essentrik. Ketika beberapa studi dilakukan dengan tujuan menguji hipotesis tadi, hasilnya menunjukan bahwa latihan dengan kontraksi essentrik maksimal tidak menghasilkan peningkatan kekuatan yang lebih baik daripada latihan dengan kontraksi konsentrik (isotonik) yang maksimal. Fakta menunjukan, bahwa beberapa program yang melibatkan baik kontraksi konsentrik maupun essentrik dihasilkan dalam keuntungan kekuatan, kontraksi konsentrik indentik dengan kekuatan. Seperti sudah dijelaskan, bahwa rasa sakit yang dialami oleh otot selama beberapa hari pertama dalam latihan berbeban, lebih banyak ditimbulkan melalui kontraksi essentrik dari pada dengan jenis kontraksi lainnya. Oleh sebab itu dapat disimpulkan bahwa kegunaan kontraksi essentrik bagi peningkatan kekuatan tidak begitu tampak bahkan faktanya dapat memberikan rasa sakit yang lebih bagi otot.

Sebelum membandingkan program latihan mana yang paling baik, ada baiknya anda melihat gambaran tentang bentuk latihan kontraksi otot di halaman 66 (Gambar IV.8)

Program Manakah yang Terbaik?

Sampai saat ini, jelas sudah bahwa setiap program latihan yang telah kita bahas memiliki beberapa keuntungan dan kerugian. Timbul pertanyaan, program manakah yang terbaik atau paling tepat. Dalam membandingkan kesulitan masing-masing program sampai muncul adanya permasalahan. Adanya permasalahan yang dihubungkan dengan berbagai faktor yang membedakan dari jenis kontraksinya.

Dipindai dengan CamScanner

Namun beberapa studi telah melakukan perbandingan terhadap berbagai jenis program latihan beban yang berbeda.

Program Isotonik Lawan Program Isometrik

Program isometrik terdiri dari dua kontraksi maksimal yang diadakan setiap 6-8 detik tiap kontraksi adalah sudut sendi yang berbeda. Frekuensi latihan beserta durasinya adalah 3 hari setiap minggu selama 12 minggu untuk semua program secara berurutan. Hanya ada satu program isotonik yang terbaik untuk program isometrik, demikian pula sebaliknya. Dengan kata lain dua tipe program tersebut cukup mampu dibandingkan dalam keadaan seperti ini. Sebuah survei dari studi yang membandingkan antara program isotonik dan isometrik telah disimpulkan oleh Clarke (1974 dalam Fox, 1983)) seperti berikut ini:

Latihan Isometrik Melawan Isotonik

Pada umumnya, motivasi lebih unggul dengan latihan isotonik karena mereka dapat menguji dirinya sendiri. Bagaimanapun juga latihan isometrik dapat dilakukan di mana saja, tapi sebaliknya latihan isotonik dapat ditempatkan sesuai keinginan pada ruang yang tersedia dan membutuhkan peralatan khusus. Kedua bentuk latihan isometrik maupun isotonik sama-sama mengembangkan kekuatan otot. Sebagian besar studi tidak membenar-kan satu metode lebih baik dari metode yang lainnya, sedangkan beberapa peneliti telah melaporkan keuntungan yang lebih baik bagi orang yang berlatih menggunakan bentuk isotonik. Daya tahan otot dikembangkan lebih efektif lewat latihan isotonik dari pada melalui latihan isometrik. Proses pulih asal dari kelelahan otot, lebih cepat sesudah latihan isotonik daripada setelah latihan isometrik.

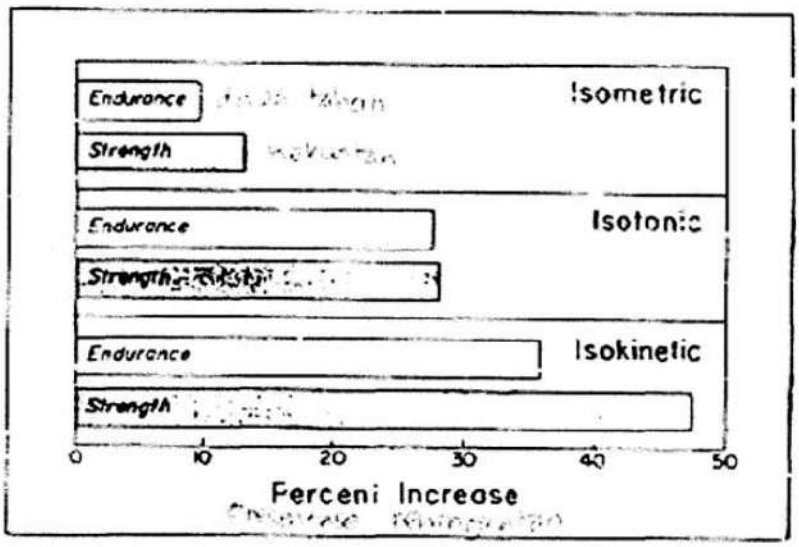
Latihan isometrik, bila dipandang dari satu sisi dapat mengembangkan kekuatan secara signifikan, sedangkan pada sisi lainnya ternyata tidak dapat mengembangkan kekuatan. Kesimpulan lainnya, yaitu latihan isotonik menghasilkan sebuah keseragaman yang lebih dalam mengembangkan kekuatan.

Program Isotonik Melawan Isokinetik dan Isometrik

Pada beberapa studi perbandingan penambahan kekuatan antara program isotonik, isometrik dan isokinetik. Dalam hal ini

Dipindai dengan CamScanner

mudah untuk menyimpulkan bahwa program isokinetik adalah sesuatu yang lebih baik dari pada program lainnya dalam meningkatkan baik kekuatan otot maupun daya tahan otot. Bagaimana juga harus digaris bawahi ketersediaan perlengkapan isokinetik lebih terbatas bila dibandingkan dengan perlengkapan metode latihan lainnya. Sebagai tambahan seluruh angkatan beban berkelas internasional yang kompetitif masih menggunakan beban bebas (program isotonik) sebagai metode pilihan untuk mengembangkan kekuatan. Penemu lainnya, yang langsung pada para pelatih di lapangan, perlu untuk menjawab pertanyaan secara utuh yang menunjukan bahwa dengan metode latihan berbeban adalah tetap yang terbaik. Mengenai jawaban tersebut harus selalu diingat bahwa tidak mungkin ada metode tunggal yang terbaik bagi semua olahraga. Untuk mendapat gambaran tentang peningkatan kekuatan dan daya tahan otot dari masing-masing metode latihan berbeban melalui beberapa jenis kontraksi, dapat dilihat dalam Gambar VI.4 di bawah ini.



Gambar VI.4 Perbandingan dari Program Isometrik, Isotonik dan Isokinetik. (Edward L.Fox, 1983)

Latihan Sirkuit

Latihan sirkuit merupakan jenis program latihan yang berbeda dan mungkin juga lebih efektif dalam mempersiapkan para atlet untuk menghadapi suatu kompetisi. Program ini terdiri dari sejumlah pos di mana para atlet diberikan latihan yang biasanya dalam sebuah waktu

Dipindai dengan CamScanner

khusus. Pos tersebut dianggap selesai setelah atlet melakukan latihan pada seluruh pos yang ada. Latihan pada berbagai macam pos yang terdiri dari latihan berbeban tetapi juga diikut sertakan lari, renang, bersepeda dan menendang. Untuk itulah latihan sirkuit didesain sedemikian rupa untuk meningkatkan daya tahan otot dan kelentukan, serta bila renang, lari, dan bersepeda diikut sertakan dalam pos maka dapat meningkatkan daya tahan jantung dan pernapasan dengan baik.

Merancang Sirkuit

Sirkuit harus mengikut sertakan beberapa latihan yang akan mengembangkan kemampuan praktis yang dibutuhkan dalam olahraga di mana seorang atlet berlatih. Sebagai contoh sirkuit yang terdiri dari latihan berbeban baik untuk olahraga di mana kekuatan otot adalah faktor utama sedangkan otot jantung sebagai faktor pendukung atau kurang diutamakan (seperti olahraga: senam, tinju, renang jarak pendek, lari cepat, dan angkat besi). Sebaliknya lari, renang, bersepeda, dan olahraga lainnya di mana otot jantung merupakan faktor yang lebih penting daripada kekuatan maka dalam sirkuit harus disertakan. Demikian pula, seperti ski lintas alam, lari jarak menengah dan jauh, berenang, bersepeda. Tanpa memperhatikan lagi bagi olahraga manakah sirkuit tersebut didesain. Sirkuit tersebut harus disusun antara 6 hingga 15 pos dan membutuhkan waktu antara 5-20 menit untuk diselesaikan. Biasanya setiap sirkuit melakukan beberapa kali suatu tahap latihan, dan istirahat hanya diperbolehkan 15-20 detik antara pos latihan. Untuk pos latihan berbeban, beban haruslah distel sehingga otot yang bekerja mengalami kelelahan secara nyata. Setelah melakukan pengulangan sebanyak mungkin dalam waktu yang telah diatur (selama 30 detik). Beban ini harus ditingkatkan secara periodik dengan tujuan untuk mendukung program progresif sebagai rangkaian latihan dan harus disusun sedemikian rupa sehingga tidak ada dua pos yang terdiri dari latihan yang melibatkan beberapa kelompok otot yang sama. Frekuensi latihan harus 3 hari setiap minggu dengan durasi sekurang-kurangnya 6 minggu.

Beberapa Contoh Latihan Sirkuit

Contoh dan bentuk sirkuit dapat dilihat pada bagan di bawah ini. Misalnya, sirkuit A hanya melibatkan latihan daya tahan beban

Dipindai dengan CamScanner

sementara sirkuit B mengikut sertakan baik ketahanan beban dan aktifitas otot jantung, demikian pula sirkuit A dan C didesain khusus bagi cabang olahraga yang menganggap bahwa kekuatan otot merupakan faktor utama, sirkuit B didesain bagi olahraga dimana daya tahan otot jantung ikut dilibatkan. Sirkuit lainnya berdasarkan pada rinsip-prinsip umum, artinya tanpa memperhatikan dominasi kebutuhan salah satu aspek tertentu.

Contoh Program Latihan Sirkuit

Jangka waktu	10-12 minggu
Frekuensi	3 hari setiap minggu
Tahap	Sirkut A = 3, sirkuit B = 2
Waktu	Sirkuit A = 71/2 menit, sirkuit B= 15 menit
Jumlah waktu	Sirkuit A & C = 22 ½ menit, sirkuit B = 30 menit
Beban	40 – 55 % dari 1 RM
Pengulangan	Sirkuit A & B sebanyak mungkin dalam 30 detik, sirkuit C 12- 15 kali dalam 30 detik
Istirahat	15 detik antara pos

SIRKUIT A

POS

1. Bench Press
2. Bench knee sit up
3. Knee (leg) extension
4. Pull down-lat machine
5. Back hyperextension
6. Standing (overhead) press
7. Dead lift
8. .Arm curl
9. Leg curl (knee flexion)
10. Upright rowing

SIRKUIT B

POS

1. Running
2. Push-up atau pull-ups
3. Bent-knee sit ups
4. Vertical Jump
5. Standing (overhead) Press
6. BIcyling (3 menit)
7. Hip Stretch
8. Rope Jumping (1 menit)
9. .Bent over rowing
10. Hamstring stretch

Dipindai dengan CamScanner

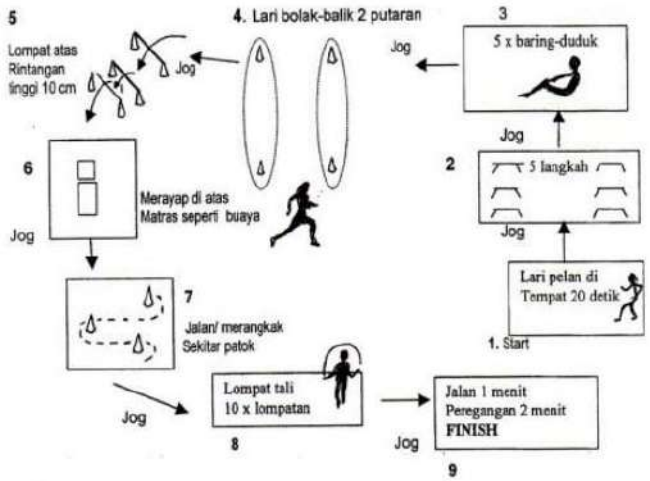
11. Upright rowing
12. Running (660 yard)

SIRKUIT C

POS

1. squat
2. shoulders press
3. knee flexion
4. bench prees
5. leg press
6. elbow flexion
7. back hyperextension
8. elbow extension
9. sit-ups
10. vertical fly (Ayunan tangan horizontal ke depan dengan lengkungan sudut siku 90 derajat).

Berikut ini merupakan suatu contoh bentuk latihan sirkuit untuk meningkatkan kebugaran jasmani bagi siswa SMP lengkap dengan penjelasan pada masing-masing pos.



Gambar VI.4 Latihan Sirkuit untuk Meningkatkan Kebugaran Jasmani bagi Siswa SMP

Dipindai dengan CamScanner

Dampak dari Latihan Sirkuit

Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, latihan sirkuit dapat disusun untuk meningkatkan kekuatan otot, daya ledak (power), daya tahan otot, kelentukan, serta daya tahan otot jantung dan paru. Bagaimanapun juga, hasil latihan sirkuit ini akan berpengaruh secara fisiologis dan tergantung pula dengan bentuk sirkuit yang dirancang. Sebagai contoh, bahwa beberapa sirkuit yang terdiri dari latihan ketahanan beban hanya menghasilkan keuntungan untuk aspek kekuatan sedangkan pada daya tahan otot jantung dan paru-paru menghasilkan keuntungan minim (memiliki dampak paling sedikit dari keseluruhan latihan, jika sirkuit tersebut hanya disusun lima atau enam pos saja).

Meskipun daya tahan otot jantung dan paru dapat meningkat dari latihan sirkuit, namun latihan sirkuit secara khusus yang menyangkut aktivitas daya tahan sudah tercakup dalam pos-pos yang telah disusun. Besarnya peningkatan daya tahan umum, tidak sehebat dari program menyeluruh yang terdiri dari lari, renang atau bersepeda.

Dari hasil penelitian yang ada dapat disimpulkan bahwa latihan sirkuit tampak menjadi sebuah teknik latihan yang efektif untuk mengubah kekuatan dan daya tahan otot, dan terbatas bagi kelentukan, serta daya tahan otot jantung dan pernapasan. Latihan sirkuit digunakan pada semua tahapan program, karena itu dapat direkomendasikan bagi para atlet yang olahraganya membutuhkan kekuatan otot tingkat tinggi, power, daya tahan otot, serta tingkat daya tahan otot jantung dan paru yang lebih rendah.

Efek yang paling jelas dari program latihan berbeban adalah peningkatan dalam kekuatan dan daya tahan otot, sebagaimana yang baru saja dibahas. Apa yang menyebabkan hal ini meningkat? Apakah perubahan lainnya terjadi sebagai hasil dari latihan beban? Jawaban bagi pertanyaan tersebut ada pada penjelasan selanjutnya.

Hipertropi Otot

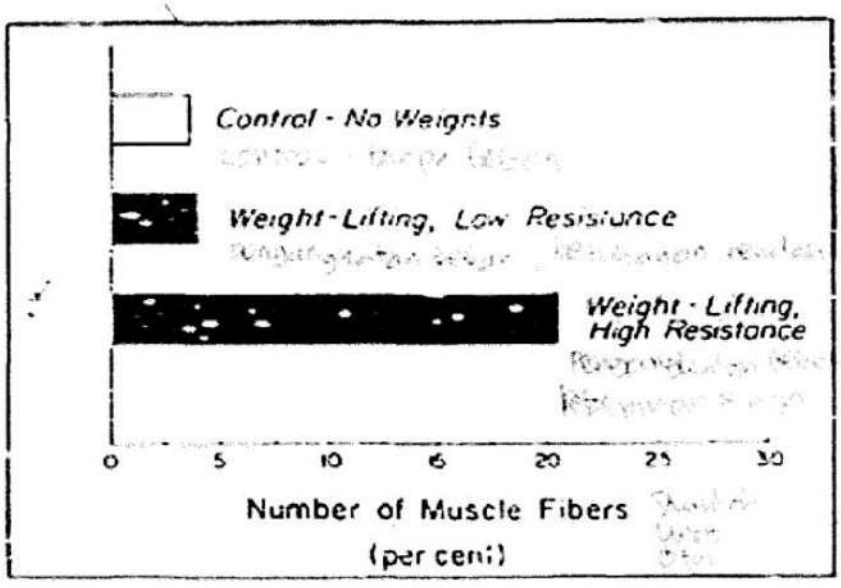
Keuntungan dalam kekuatan dan daya tahan otot biasanya diikuti oleh sebuah peningkatan dalam ukuran pembuluh darah otot seseorang, dan dikenal dengan istilah hipertropi otot. Bukti alami bahwa hipertropi otot terjadi sebagai hasil dari latihan berbeban telah

Dipindai dengan CamScanner

dikumpulkan lebih dari dua abad. Pada hipertropi semacam itu, pada ilmu mekanika dan studi klasik, lebih dari 80 tahun lalu menyatakan bahwa peningkatan ukuran, yang ditandai dengan peningkatan diameter serabut otot yang telah ada sebelumnya. Artinya, tidak ada serabut otot baru yang berkembang. Kesimpulan ini baru diujikan dalam studi dengan binatang, yakni tikus, di mana telah terjadi peningkatan pembuluh darah otot yang yang diberi program latihan berbeban. Jumlah peningkatan otot dihasilkan dari apa yang disebut pemisahan otot longitudinal (*Longitudinal Fiber Splitting*). Pemisahan otot longitudinal terjadi pada serabut *fast-twitch* (gelap) dan *slow twitch* (terang)

Pada manusia, sesuai dengan program latihan berbeban adalah sebuah peningkatan diameter dari serabut otot yang telah ada sebelumnya dimana hal tersebut diakibatkan jumlah miofibril yang luar biasa, jumlah protein, dan hipertropi jaringan ikat, tendon dan ligamen.

Peningkatan 20% dari jumlah pembuluh darah di otot ditemukan pada kucing selama lima hari setiap minggu, selama 34 minggu, dari program Angkat beban. Lebih jelas dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar VI.5 Peningkatan 20% dari Jumlah Pembuluh Darah di Otot setelah Program Angkat Beban. (Edward L.Fox, 1983:154)

Dipindai dengan CamScanner

Dapat disampaikan beberapa bukti yang menunjukkan bahwa hipertropi pada serabut *fast twitch* (kejangan tinggi) hubungannya dengan latihan beban. Sebagai contoh, area otot hipertropi *fast twitch* diamati ternyata meningkat setelah 8 minggu latihan berbeban. Lebih lanjut, diketahui bahwa persentase area otot hipertropi *fast twitch*, umumnya lebih besar pada atlet angkat besi daripada orang yang tidak berlatih beban. Tidak ditemukan ada bukti perbedaan antara serabut *fast twitch* dan serabut *slowt twitch* (kejangan rendah) yang dilibatkan dalam program latihan berbeban. Perlu ditekankan bahwa hipertropi otot pada wanita umumnya tidak sebaik pada pria, bahkan ketika mereka memiliki keuntungan yang sama dalam hal kekuatan.

Hasil penemuan dari suatu studi menunjukkan bahwa peningkatan terbesar dalam ukuran otot wanita sekitar 0,6 cm atau kurang dari ¼ inchi. Artinya, bahwa hipertropi otot pada wanita sebagai sebuah hasil dari program latihan berbeban tidak akan menjadi besar atau menghasilkan sebuah efek seperti pada pria. Karena itu, hipertropi otot diatur oleh hormon testoteron, yang ditemukan dalam banyak tingkatan yang lebih tinggi umumnya terjadi pada pria daripada wanita, sehingga penambahan hipertropi pada kekuatan otot wanita lebih sedikit daripada pria.

Perubahan Biokimia

Beberapa studi menyetujui mengenai adanya perubahan biokimia yang merupakan hasil dari latihan berbeban. Tercatat tidak ada perubahan dalam enzim-enzim yang terlibat dalam sistem ATP-PC, hal yang sama tidak terjadi perubahan dalam otot yang mengangkat beban, terutama pada beberapa enzim glikolis anaeobik. Sedangkan lebih kuat, telah ditemukan akibat pengulangan beban terhadap aktifitas enzim-enzim yang melibatkan sistem aerobik (sekitar 30%). Volume mitokondria telah menunjukkan adanya pengurangan terutama untuk meningkatkan ukuran miofibril dan volume sarkoplasma. Demikian pula telah dicatat adanya peningkatan dalam konsentrasi ATP (18%), PC(22%), Glikogen (66%).

Penemuan di atas menyarankan bahwa perkembangan dalam perubahan kekuatan dan daya tahan, sebagai hasil dari latihan berbeban, adalah sesuai dengan aliran dalam otot. Bagaimanapun juga,

Dipindai dengan CamScanner

faktor-faktor neuromuscular seperti halnya koordinasi yang lebih baik dan otot-otot yang berbeda juga dilibatkan (dan mungkin unit-unit motorik yang berbeda dalam otot yang sama).

Perubahan dalam Komposisi Tubuh

Bagi kebanyakan pria dan wanita latihan ketahanan beban menghasilkan sedikit atau tanpa perubahan berat beban total, tetapi akan ada perubahan dalam komposisi tubuh. Akan terjadi penurunan berat badan yang relatif signifikan, dan penambahan yang signifikan dalam berat badan (seperti massa otot), serta tubuh nampak kekar.

Perubahan pada Kelentukan

Pada umumnya dikenal dua jenis kelentukan, yaitu: statis dan dinamis. Kelentukan statis adalah mempertahankan jarak gerakan tulang sendi, sementara kelentukan dinamis adalah daya tahan pada gerakan tulang sendi. Kelentukan statis dapat ditingkatkan pada program latihan berbeban melalui latihan peregangan Dengan latihan peregangan, akan menambah kelentukan yang signifikan yang dilakukan dalam dua hari setiap minggu dan dilaksanakan lima minggu.

Dalam hampir seluruh olahraga dan aktifitas fisik, kelentukan adalah sebuah komponen penting dari latihan, dan tidak jarang dapat mencegah cedera otot yang serius. Bagaimanapun juga, perlu dicatat bahwa terlalu banyak kelentukan dapat mengakibatkan trauma pada otot. Seperti halnya kecelakaan tulang sendi, yang praktis terjadi secara kontak dalam olahraga.

Efek pada Gerakan (Motorik) dan Penampilan Atlet

Penelitian yang melibatkan latihan ketahanan beban dan perubahan dalam penampilan motorik atlet, telah ditunjukkan bahwa kemampuan khusus seperti kecepatan dalam berenang, melempar, dan berlari dapat dikembangkan secara signifikan melalui program latihan berbeban. Suatu pandangan baru dari hasil penelitian, bahwa perkembangan kekuatan dan motorik melalui pengembangan olahraga Clarke (1974) dicapai kesimpulan sebagai berikut:

Kedua bentuk latihan kekuatan baik isometrik maupun isotonik dapat menghasilkan perkembangan dalam banyak

Dipindai dengan CamScanner

pelaksanaan gerak di olahraga. Walaupun bukti pada saat ini bermasalah, namun pada umumnya diterima bahwa program latihan berbeban progresif (isotonik) adalah yang lebih baik. Biasanya latihan dibatasi pada kontraksi tunggal dan durasi yang pendek, atau usaha program isotonik yang terbatas kepada pertandingan tunggal, tidak efektif dalam pengembangan kekuatan maupun kemampuan motorik. Latihan daya tahan yang kuat, baik isotonik maupun isometrik diperlukan untuk hasil yang terbaik. Ketakutan terhadap efek "putaran otot (*muscle bound*)" dari latihan berbeban hampir seluruh studi menunjukkan bahwa gerakan kecepatan dapat lebih ditambah daripada diperlambat, sebagai sebuah konsekuensi dari pengembangan kekuatan. Sebagai tambahan pada latihan umumnya, perencanaan program latihan untuk memperkuat beberapa otot yang terlibat dalam sebuah olahraga akan meningkatkan kemampuan bagi motorik atlet.

Efek Mengkonsumsi Steroid Selama Latihan Berbeban

Di antara para atlet dalam beberapa olahraga (angkatan beban kompetitif) adalah suatu praktek yang lumrah untuk menggunakan steroid anabolik androgenik. Sebuah steroid adalah kata lain dari hormon seksual pria yaitu testoteron yang disembunyikan pada testis. Istilah "anabolik" mengacu pada perkembangan karakteristik seksualitas pria sekunder. Steroid diambil dari ide penambahan massa otot dan kekuatan otot, yang mana secara langsung akan menuju peningkatan latihan.

Bagaimanapun juga melakukan praktek seperti itu sangat berbahaya melalui sebuah tindakan medis dan seharusnya perlu diberi sanksi oleh individu atau organisasi olahraga manapun.

Program Latihan Berbeban Bagi Wanita

Seperti halnya pria, wanita merespon program latihan berbeban dengan peningkatan power dan daya tahan otot. Untuk itulah, penyusunan dari program latihan berbeban bagi atlet pria dan wanita harus mengikuti prinsip umum yang sama. Persentase peningkatan kekuatan untuk wanita pada semua bagian, namun salah satu kelompok otot (lengan) jauh lebih baik daripada pria walaupun juga menunjukkan efek dari program latihan berbeban yaitu pada penambahan kekuatan. Para wanita terkemuka yang menjadi atlet

Dipindai dengan CamScanner

pelari dan pelempar dalam even nasional umumnya berumur antara 16-23 tahun.

Hal yang penting di sini adalah para wanita ini lebih kuat daripada wanita pada umumnya. Tetapi kekuatan mereka lebih kokoh, secara praktis setelah enam bulan latihan. Informasi ini menyarankan bahwa program latihan berbeban dapat dan harus dilaksanakan oleh para wanita yang berharap ingin mengembangkan kemampuan mereka dalam aktivitas sehari-hari yang menuntun kekuatan yang prima.

Latihan Berbeban Tahunan

Seringkali muncul pertanyaan bagaimana para atlet harus melatih beban dalam setahun penuh. Program berbeban yang paling dikonsentrasikan harus diadakan selama musim istirahat, karena itu, sebuah program harus menitik beratkan peningkatan kekuatan, power dan daya tahan otot dalam seluruh kelompok otot secara langsung dilibatkan dalan even olahraga yang lebih spesifik di mana atlet tersebut berlatih. Pada tahap awal, para atlet dapat melanjutkan latihan beban lamanya (frekuensinya) 3-4 hari setiap minggu (jadwal digunakan selama musim istirahat). Asalkan program istirahat telah sukses, perhatian yang utama selama sesi awal harus mempertahankan kekuatan selama sesi istirahat. Pertanyaan lain yang sering muncul dari para pelatih adalah keharusan para atlet dalam melakukan latihan beban selama musim istirahat. Jawabannya tergantung dari ada atau tidaknya para atlet kehilangan kekuatan atau perlu menambah kekuatan lebih selama musim tersebut. Dalam kondisi seperti ini, tahap latihan berbeban kemungkinan layak untuk setidaknya dua kali setiap minggu. Bagaimanapun juga, jika tingkat kekuatan yang diinginkan telah dicapai melalui tahap istirahat awal, maka selanjutnya tahap pemeliharaan kekuatan mungkin hanya membutuhkan satu kali latihan setiap minggunya. Dalam kondisi ini, tahap latihan satu kali setiap minggu dapat menjadi altematif dasar latihan, antara tubuh bagian atas dan bawah.

Dipindai dengan CamScanner

Ringkasan

- Ada empat prinsip yang membentuk dasar dari hampir seluruh program latihan daya tahan.
- Suatu cara untuk menilai sebuah proses latihan berbeban yang baru diperkenalkan adalah perhitungan waktu pemberian beban dapat diangkat sebelum set berakhir.
- Daya tahan otot adalah kemampuan kelompok otot untuk mengulangi pengulangan beban pada periode waktu yang lama
- Program isometrik terdiri dari dua kontraksi maksimal yang diadakan setiap 6-8 detik tiap kontraksi adalah sudut tulang sendi yang berbeda.
- Frekuensi latihan beserta durasinya adalah 3 hari setiap minggu selama 12 minggu untuk semua program latihan.
- Pada manusia, sesuai dengan program latihan berbeban, adalah sebuah peningkatan diameter dari otot-otot yang telah ada sebelumnya dimana hal tersebut diakibatkan jumlah miofibril yang luar biasa, jumlah protein, dan hipertropi, jaringan ikat, tendon dan ligamen.
- Beberapa bukti yang menunjukkan bahwa hipertropi pada serabut *fast twitch* (kejangan tinggi) hubungannya dengan latihan beban.
- Hipertropi otot pada wanita umumnya tidak sebaik pada pria, termasuk aspek kekuatan.
- Hipertropi otot diatur oleh hormon testoteron, yang ditemukan dalam banyak tingkatan yang lebih tinggi umumnya terjadi pada pria daripada wanita, sehingga penambahan hipertropi pada kekuatan otot wanita lebih sedikit daripada pria.
- Telah dicatat adanya peningkatan dalam konsentrasi ATP (18%), PC(22%), Glikogen (66%) dari latihan berbeban.
- Setelah latihan berbeban, khususnya pada perubahan komposisi tubuhj akan terjadi penurunan berat badan yang

Dipindai dengan CamScanner

relatif signifikan, dan penambahan massa otot, serta tubuh nampak kekar

- Latihan berbeban hampir seluruh studi menunjukkan bahwa gerakan kecepatan dapat lebih ditambah daripada diperlambat, sebagai sebuah konsekuensi dari pengembangan kekuatan.
- Sebagai tambahan pada latihan umumnya, perencanaan program latihan untuk memperkuat beberapa otot yang terlibat dalam sebuah olahraga akan meningkatkan kemampuan bagi motorik atlet

Dipindai dengan CamScanner

INDEKS

A

Aerobic Glycolysis, 13
Aerobik, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 28, 29, 34, 39, 50, 52, 54, 65, 78, 79, 107, 148
Aktin, 71, 72, 84, 116, 117
Aktivitas Fisik, 1, 2, 5, 10, 24, 86
Alveolar Ventilation, 89
Amphitamin, 110
Anaerobic Glycolysis, 30, 38, 39
Anaerobik, 8, 10, 11, 13, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 28, 29, 52, 78
Anatomose, 102
Anticipatory Rise, 87, 113
Asam Laktat, 9, 10, 11, 13, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 30, 34, 35, 38, 39, 47, 48, 49, 50, 52, 55, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 78, 80, 81, 88, 90, 105, 107, 108
Asam Piruvat, 13, 15
Asam Tricarboxylic (Trikarbosilat), 13
Asetilkolin, 70
Asupan Makanan, 30, 31, 58
Axon, 67

B

Bahan Bakar, 4, 16, 18, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 55, 61, 62, 65, 81
Bahan Makanan, 2, 6, 10, 12, 17, 19, 30, 31, 33, 34, 45, 50
Bebas Lemak, 5, 43
Berat Badan, 5, 7, 18, 27, 31, 32, 41, 123, 133, 149, 152
Biologis, 6, 8
Biopsi, 77
Biopsi, 49

C

Cairan Tubuh, 5, 80
Carbamino, 98
Cardiac Output, 103, 104, 105, 109, 110, 112
Cerebellum, 83
Circumflex Branch, 102
Cortex, 82

D

Daya Ledak (Power), 146
Daya Tahan, 4, 16, 17, 32, 35, 36, 37, 39, 42, 43, 45, 52, 55, 56, 58, 59, 64, 79, 80, 90, 94, 96, 97, 103, 104, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 119, 124, 130, 131, 132, 134, 135, 137, 138, 139, 142, 143, 146, 148, 149, 150, 151, 152
Dead Space, 89
Dehidrasi, 5, 30, 80, 81
Deltoideus, 39
Dendrite, 67
Diafragma, 89, 91
Diet Campuran, 35, 36
Diet Karbohidrat, 35, 36, 37, 43, 45, 58, 60, 64
Diffusi, 12, 52, 53, 64, 91, 93, 94, 114

E

Efektif, 4, 100, 116, 118, 120, 123, 132, 141, 142, 146, 150
Ekstrafusual, 81
Electrocardiograph, 104
Elektron, 12, 13, 14, 15, 16
Endokrin, 6
Endomisium, 71

Dipindai dengan CamScanner

Energi, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 38, 45, 47, 48, 49, 50, 53, 54, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 69, 79, 84, 86, 91
Energi Kimia, 2, 27
Energi Kinetik, 2, 91
Energi Listrik, 2
Energi Mekanik, 2
Energi Panas, 2
Energi Potensial, 2, 3, 27
Epimisium, 71
Ergometer, 38, 60

F

Filament, 100, 116
Finish, 3, 96
Fisiologis, 2, 3, 61, 81, 110, 112, 115, 117, 118, 122, 146

G

Gerak, 1, 2, 5, 42, 66, 67, 81, 82, 85, 116, 123, 150
Glikogen, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 28, 30, 32, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 45, 47, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 64, 71, 80, 81
Glikogen, 28, 37, 38, 40, 44, 55, 58, 59, 63, 64, 148, 152
Glukosa, 4, 10, 30, 37, 38, 45, 58, 61, 64, 80
Glycerol, 40, 41
Glycolysis, 10, 11, 12, 13, 19, 28

H

Heart Rate, 97, 103, 104, 106, 109, 110
Heat Stroke, 5
Hemoglobin, 52, 53, 93, 95, 96
Hidrogen, 13, 14, 15
Hormon Anabolik, 32
Hyperventilation, 88, 112
Hypoglycemia, 37, 80
Hypoxia, 91, 110, 111

I

Ilmu Gizi, 4, 5, 27
Immediate, 6,19
Impuls Syaraf, 69, 70, 78, 81
Insulin, 32
Intensitas Latihan, 5, 34, 35, 67
Intercostal Muscles, 91
Interkostalis,, 89
Intermitten, 52, 53
Interval Latihan, 50
Intrafusual, 81
Intramuscularly, 37

J

Jarak Jauh, 5, 96, 107, 108
Jarak Pendek, 1, 2, 6, 10, 11, 24, 44, 143

K

Kalori, 2, 27
Karbohidrat, 4, 10, 17, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 43, 45, 50, 56, 58, 59, 60, 61, 64
Kegemukan, 5
Kelelahan, 3, 4, 10, 12, 17, 23, 27, 28, 35, 36, 37, 38, 42, 45, 55, 60, 64, 65, 66, 71, 76, 77, 79, 80, 81, 88, 90, 91, 97, 108, 113, 116, 119, 133, 141, 143
Kemampuan Fisiologis, 3
Keseimbangan Energi, 5
Komposisi Tubuh, 5, 149, 152
Konektif, 71, 77
Kontraksi, 6, 9, 11, 66, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 81, 82, 84, 85, 100, 101, 114, 116, 121, 123, 128, 134, 135, 136, 137, 138, 140, 141, 142, 150, 152

Dipindai dengan CamScanner

L

Lipid, 68
Lomba, 1, 2, 3, 11, 38, 109

M

Massa Otot, 5, 149, 150, 153
Metabolisme, 8, 12, 15, 20, 27, 29, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 42, 43, 62, 107, 110
Metode, 4, 72, 75, 115, 116, 117, 118, 124, 141, 142
Miofibril, 71, 147, 148, 152
Mioglobin, 47, 48, 52, 53, 54
Miokardium, 102, 114
Miosin, 71, 72, 84, 116, 117
Mitochondria, 11, 64
Motor Skill, 67, 81
Motor Unit, 45, 77, 78, 81, 85, 100
Muscle Spindle, 81, 85

N

Neuromuscular, 66, 67, 70, 72, 79, 149
Node Of Ranvier, 68
Nutrisi, 4, 30, 31

O

Oksidasi, 13, 14, 17, 42, 43, 46
Olahraga, 1, 2, 3, 4, 6, 17, 21, 22, 27, 28, 39, 58, 60, 61, 66, 67, 74, 75, 79, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 98, 111, 115, 117, 120, 121, 124, 128, 133, 137, 139, 142, 143, 144, 149, 150, 151, 153

P

Pacemaker, 100
Panas, 2, 4, 5, 18, 27, 68, 81, 82, 89
Pembentukan Otot, 30, 32, 121, 124
Penampilan, 20, 21, 22, 35, 36, 42, 79, 88, 97, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 138, 149
Pendidikan Jasmani, 1, 2, 5, 27, 66
Polimer, 37
Program Latihan, 2, 3, 23, 27, 75, 115, 118, 119, 120, 121, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 135, 138, 140, 142, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153
Protein, 12, 31, 32, 33, 34, 35, 43, 45, 52, 60, 61, 64, 68, 71, 84, 95, 98, 100, 147, 152
Proton, 14
Protoplasma, 71
Pulmonary Ventilation, 87, 113

Q

Quadriceps, 38, 138

R

Reaksi Enzimatis, 15
Restorasi,47, 49, 50, 53, 55
Rileksasi, 4

S

Sarkomere, 71, 72
Scaleni,, 89
Second Wind, 90
Sel Darah Merah, 52, 93, 95, 96, 97, 112, 114
Sel Otot, 6, 8, 9, 11, 12, 27, 33, 52, 64, 71
Serabut Glikolitik, 39
Serangan Panas, 4, 5
Sistem Phosphagen, 20, 25
Skeletal, 6, 66, 67, 70, 72
Slidding Filament, 100, 117
Soma, 67
Spinal Cord, 67, 82, 83, 84
Sternocleidomastoid, 89
Striated, 100

Dipindai dengan CamScanner

Stroke Volume, 103, 104, 106, 109, 112

T

Tekanan Parsial, 53, 54, 95, 111, 114
Tenaga, 1, 2, 3, 6, 25, 27, 28, 29, 52
Tendon Golgi, 81, 82, 85
Tidal Volume, 87
Triglycerida, 40, 41, 42, 46

V

Vasoconstriction, 105
Vasodilator Metabolites, 105
Vastus Lateralis, 38, 39, 55, 60
Vena Cava, 99
Ventilasi, 87, 89, 90, 109, 112, 113
Ventrikel, 98, 99, 100, 101, 103
Vo2 Max, 107, 108, 109, 111

W

Waste, 101

Dipindai dengan CamScanner