

## MODUL TEMU 12 ERGOGENIK

**Abdurrasyid, S.ST, M. Fis**

Capaian pembelajaran

1. Menjelaskan fungsi ergogenic
2. Menjelaskan mekanisme suplemen dalam menurunkan kelelahan
3. Menjelaskan pengaruh suplemen dalam performa atlet

Secara umum ergogenic merupakan suplemen, latihan atau fenomena yang dapat meningkatkan performa fisik. Pada Olimpiade atau kejuaraan dunia terlihat bahwa ada perbedaan kinerja antara memenangkan medali emas, perak, atau perunggu dimana terlihat perbedaan hanya 1%-2% kinerjanya. Karena ketenaran dan potensi imbalan uang terkait dengan kemenangan untuk atlet elit, akan menjadi daya pikatnya mereka menggunakan bantuan ergogenic. Namun, beberapa bantuan ergogenic juga menjadi populer di kalangan penggemar kebugaran. Beberapa bantuan ergogenic juga ada yang dilarang untuk digunakan oleh atlet profesional dalam kompetisi internasional. Tidak semua bantuan ergogenic ilegal, tetapi banyak dari zat kimia buatan dapat meningkatkan kinerja dan memiliki efek samping negative. Untuk mengetahui status obat atau suplemen untuk digunakan oleh atlet di Olimpiade, Pan American Games, atau Paralympic Games, lihat situs Web Badan Anti-Doping AS (<http://www.usada.org/dro/>).

Bantuan ergogenik berpotensi cukup panjang dan mencakup nutrisi, obat-obatan, praktik pelatihan seperti latihan pemanasan atau ketinggian, dan bahkan bantuan biomekanis, seperti pakaian renang yang mengurangi friksi. Efek dari beberapa bantuan ergogenic telah dibahas sebelumnya seperti: karbohidrat dan suplementasi protein, penyerapan cairan yang cukup, pelatihan ketinggian, dan pemanasan. Dalam bab ini, bantuan ergogenic tambahan akan dibahas sangat populer dan telah cukup diteliti untuk memungkinkan kesimpulan mengenai keefektifannya. Ergogenic aids biasanya meningkatkan kinerja dengan mempengaruhi kemampuan daya tahan, kekuatan atau kekuasaan, atau komposisi tubuh.

### **Suplemen Meningkatkan Oksigen Tubuh**

Oksigen diperlukan untuk metabolisme aerobik dan untuk pemulihan setelah se anaerobik (EPOC). Bantuan pengiriman oksigen akan meningkatkan ketersediaan oksigen untuk metabolisme selama aktivitas atau selama pemulihan dari aktivitas. Jika ketersediaan oksigen selama aktivitas meningkat, kinerja tubuh dapat ditingkatkan, terutama untuk aerobik atau aktivitas daya tahan. Jika ketersediaan oksigen meningkat selama periode pemulihan setelah aktivitas, pemulihan dapat ditingkatkan dan kemampuan untuk performa juga dapat ditingkatkan. Di bawah ini, bentuk peningkatan ketersediaan oksigen selama dan setelah aktivitas, termasuk doping darah, erythropoietin (EPO), dan suplementasi oksigen. Bantuan lainnya saat ini sedang dikembangkan dan tidak boleh digunakan oleh atlet karena zat tersebut akan mudah terdeteksi, tetapi dapat digunakan untuk mengobati berbagai keadaan penyakit.

- **Hematide:** protein sintesis yang menstimulasi produksi sel darah merah (dengan mengikat reseptor EPO)
- **Gene doping:** modulasi gen untuk meningkatkan produksi sel darah (merangsang produksi EPO) atau faktor lain yang terkait dengan kemampuan aerobik (aerobik) enzim)
- **Penambah oksigen darah:** zat artifisial untuk mengangkut oksigen dalam darah (berbasis hemoglobin pembawa oksigen, emulsi perfl uorocarbon)
- **Modulator hemoglobin:** zat yang menurunkan afinitas oksidasi-hemoglobin, sehingga meningkatkan pelepasan oksigen ke jaringan (clofi brate, bezafi brate).

## Doping Darah

Doping darah mengacu pada sarana volume darah total atau massa sel darah merah yang meningkat di atas normal. Semua bentuk doping darah dilarang untuk digunakan di Olimpiade pada tahun 1984. Metode asli doping darah melibatkan infus sel darah merah dengan tujuan meningkatkan jumlah sel darah merah. Ini dicapai baik melalui **transfusi autologus**, di mana sel-sel darah merah yang sebelumnya ditarik dari orang yang sama diinfuskan kembali, atau **transfusi homolog**, di mana sel-sel darah merah yang diperoleh dari orang lain yang diinfuskan. Kedua metode menghasilkan peningkatan volume darah dan jumlah sel darah merah. Tujuan dari doping darah, ketika digunakan oleh atlet, adalah untuk meningkatkan massa sel darah merah sehingga kemampuan untuk mengangkut dan memberikan oksigen ke jaringan otot meningkat. Doping darah terutama akan memberikan pengaruh kinerja daya tahan, bukan kinerja anaerobik seperti angkat beban atau sprint pendek.

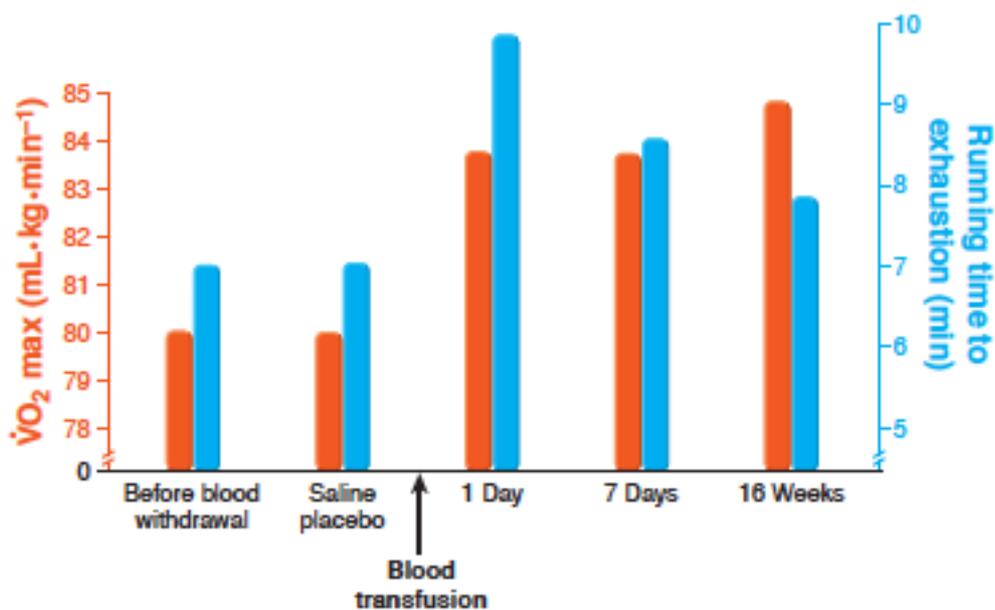
Pada awal 1972, sebuah penelitian menunjukkan bahwa penarikan 800 hingga 1200 mililiter sel darah merah, kemudian sel dilakukan pendinginan selama 4 minggu, dan kemudian reinfus kembali akan menghasilkan peningkatan yang cukup besar dalam penanda kinerja daya tahan. Reinfusi sel darah merah menghasilkan 9% peningkatan kemampuan treadmill  $VO_2$  peak dan peningkatan 23% dalam waktu kinerja treadmill. Penelitian lain setelah 1972 menunjukkan hasil yang tidak konsisten, dengan beberapa menunjukkan tidak ada efek dan lain-lain perbaikan signifikan dalam penanda kinerja daya tahan dengan doping darah. Pada tahun 1980, sebuah penelitian yang menggunakan transfusi autologus mulai mengungkapkan mengapa doping darah menunjukkan hasil yang tidak konsisten mengenai kinerja daya tahan. Dalam penelitian tersebut mengambil sampel pelari jarak jauh yang sangat terlatih diuji pada waktu-waktu berikut:

1. Sebelum pengambilan darah.
2. Sesaat setelah penarikan darah (sebelum ditarik sel darah merah bisa digantikan oleh tubuh dengan normal sarana fisiologis).
3. Setelah infus plasebo saline setelah pengambilan darah.
4. Setelah reinfusi 900 mililiter darah yang sudah ada disimpan dengan pembekuan.
5. Setelah jumlah sel darah merah kembali normal setelah reinfusi darah

Hasil pada  $O_2$  peak dan waktu berjalan hingga habis ditunjukkan pada Gambar 14-1. Hasilnya jelas menunjukkan bahwa reinfusi plasebo dari saline memiliki sedikit efek. Namun,  $O_2$  peak tetap meningkat hingga 16 minggu setelah transfusi darah, dan

waktu berjalan sampai habis, meskipun masih meningkat 16 minggu setelah transfusi, secara bertahap menurun dari 1 hari setelah transfusi.

Mengapa penelitian yang dikutip di atas mulai menjelaskan mengapa hasil yang tidak konsisten mengenai kinerja daya tahan dan doping darah ditunjukkan selama tahun 1970-an? Beberapa penelitian pada tahun 1970-an tidak menanamkan jumlah darah yang cukup dan menginfuskan darah terlalu dini setelah penarikan darah.<sup>37</sup> Tampaknya setidaknya 900 mililiter darah harus diinfuskan ulang dan setidaknya 5 sampai 6 minggu dan mungkin hingga 10 minggu harus diizinkan setelah penarikan darah bagi tubuh untuk mengembalikan volume darah normal sehingga infus darah menghasilkan jumlah sel darah merah di atas normal. Jika kedua faktor ini tidak terpenuhi, sedikit atau tidak ada peningkatan kinerja O<sub>2</sub>peak atau daya tahan akan terjadi.



**Figure 14-1. Effects of blood doping using blood reinfusion.**

Reinfusion of blood results in increased  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  and running time to exhaustion. *Orange bars,  $\dot{V}O_{2\text{max}}$ ; Blue bars, running time to exhaustion.* \*Significantly different than the control value.

(Adapted from Buick FJ, Gledhill N, Froese AB, et al. Effect of induced erythrocythemia on aerobic work capacity. *J Appl Physiol.* 1980;48:636–642.)

Faktor lain yang penting adalah bagaimana darah disimpan sebelum reinfusi. Kedua penelitian tahun 1972, yang menunjukkan tidak ada perubahan dalam kinerja, dan studi tahun 1980, yang menunjukkan peningkatan kinerja, menggunakan transfusi autologus untuk meningkatkan volume darah. Namun, penelitian 1972 menyimpan darah menggunakan pendingin, dan studi tahun 1980 menyimpan darah dengan membeku setelah penarikan. Pendinginan darah menghasilkan sekitar 40% sel darah merah dihancurkan, dan darah hanya dapat disimpan selama sekitar 5 minggu menggunakan pendingin. Pembekuan darah menghasilkan hanya sekitar 15% dari sel-sel darah merah yang dihancurkan dan dapat digunakan untuk menyimpan darah untuk jangka waktu yang lebih lama. Dengan demikian, penelitian yang mendinginkan

darah untuk jangka waktu yang lama tidak menunjukkan peningkatan kinerja daya tahan, sedangkan studi pembekuan darah memang menunjukkan peningkatan dalam kinerja daya tahan. Jika doping darah dilakukan dengan benar, peningkatan O<sub>2</sub>peak dan kinerja daya tahan memang terjadi.

Berapa banyak peningkatan kinerja yang dapat diharapkan dengan doping darah? Transfusi autologus dari 920 mililiter darah pada pelari jarak jauh yang mengalami penurunan waktu 5 mil (8 km) simulasi berjalan pada treadmill sebesar 51 detik atau 2,7% dibandingkan dengan infus 920 mililiter dari sebuah plasebo salin. Sebagian besar penurunan ini dalam waktu yang terjadi dalam 2,5 mil terakhir (4 kilometer), di mana doping darah menghasilkan 33 detik (3,7%) penurunan waktu dibandingkan dengan plasebo salin. Selain itu, hasil menunjukkan bahwa peningkatan dengan doping darah sebagian besar karena peningkatan jumlah sel darah merah dan bukan karena perluasan volume darah total (plasebo salin), yang dapat meningkatkan curah jantung.

Doping darah, terutama ketika dilakukan menggunakan transfusi homolog, memang memiliki beberapa risiko yang melekat. Peningkatan jumlah sel darah merah dapat menyebabkan darah menjadi terlalu kental atau pembekuan, kemungkinan menyebabkan gagal jantung atau stroke. Transfusi homolog membawa beberapa risiko tambahan dibandingkan dengan transfusi autologus. Ketidakesesuaian jenis darah dari donor dan penerima dapat mengakibatkan reaksi alergi, dan ada risiko infeksi, seperti hepatitis, virus dengan kekebalan manusia (HIV), atau patogen yang ditularkan melalui darah lainnya. Doping darah meningkatkan kinerja daya tahan tetapi dilarang dalam acara atletik. Bentuk doping darah yang lebih baru menggunakan hormon EPO dieksplorasi di bagian selanjutnya.

### **Erythropoietin**

Erythropoietin (EPO) adalah hormon alami yang menstimulasi produksi sel darah merah oleh sumsum tulang (lihat Bab 10). Ketika hipoksia, atau kurangnya oksigen yang mencukupi dalam darah, dirasakan oleh reseptor di ginjal, EPO diproduksi dan dilepaskan ke dalam aliran darah. Sejumlah kecil EPO juga diproduksi oleh hati (kurang dari 10% dari jumlah total) dan jumlah yang sangat kecil oleh otak. 18,76 EPO beredar ke sumsum tulang, di mana ia berikatan dengan reseptor spesifik yang menstimulasi eritropoiesis, atau pembentukan sel darah merah, dan ke permukaan erythroblasts atau sel darah merah yang belum matang, yang meningkatkan kemampuan eritroblas untuk bertahan hidup dan matang menjadi sel darah merah. Sel darah merah matang, atau eritrosit, dilepaskan ke dalam darah, meningkatkan jumlah total sel darah merah. Ini meningkatkan pengiriman oksigen ke jaringan yang menghasilkan EPO serta jaringan lain. Tanpa stimulus hipoksia, produksi EPO oleh ginjal, hati, dan otak berhenti.

Recombinant human EPO (rHuEPO) menjadi tersedia pada tahun 1985 dan dilarang digunakan oleh Komisi Medis Komite Internasional (IOC) pada 1990. Namun, para atlet ketahanan terus berupaya menggunakan EPO untuk meningkatkan kemampuan daya tahan. rHuEPO awalnya dikembangkan untuk mengobati berbagai keadaan penyakit, seperti anemia dan kanker. Namun, efek yang mungkin dari injeksi rHuEPO pada manusia yang sehat ditunjukkan pada awal 1991, 31 rHuEPO administrasi jelas meningkatkan kinerja olahraga O<sub>2</sub>peak dan daya tahan di kedua terlatih<sup>83</sup> dan

subyek yang terlatih daya tahan.<sup>14</sup> Dalam satu penelitian, 6 minggu setelah injeksi subkutan dosis rendah rHuEPO dalam mata pelajaran yang cukup terlatih hingga terlatih dengan baik, hal berikut terjadi:

- VO<sub>2</sub>peak meningkat 6% hingga 8%
- Waktu untuk kelelahan pada treadmill meningkat 13% menjadi 17%
- Konsentrasi hemoglobin dan hematocrit meningkat sekitar 10%

Injeksi rHuEPO di atlet ketahanan laki-laki terlatih tiga kali seminggu selama 30 hari atau sampai hematokrit mencapai 50% menghasilkan berikut:

- Hematokrit meningkat 18,9% (42,7-50,8%)
- Waktu bersepeda hingga kelelahan meningkat 9,4% (12,8–14,0 menit)
- Bersepeda Vo<sub>2</sub> Peak meningkat 7% (63,8-68,1 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>)

Administrasi rHuEPO dihentikan dalam penelitian ini setelah hematokrit 50% tercapai. Namun, kadar hematokrit secara drastis dapat melebihi tingkat ini dengan administrasi rHuEPO. Peningkatan ekstrim hematokrit serta efek samping lainnya dapat terjadi dengan pemberian rHuEPO.

Hingga 18 kematian pada pengendara sepeda yang kompetitif di akhir 1980-an dilaporkan terkait dengan penggunaan rHuEPO. Seperti semua hormon, sekali hormon buatan dilepaskan ke dalam aliran darah, konsekuensinya sulit untuk dikendalikan atau diprediksi. Efek samping yang berkaitan dengan injeksi rHuEPO meliputi:

- Meningkatkan viskositas darah
- Peningkatan adhesi platelet
- Meningkatnya jumlah trombosit
- Hipertensi arteri
- Sakit kepala
- Keram otot
- Infeksi saluran pernapasan atas
- Anemia posttreatment
- Konvulsi
- Pengembangan sel darah merah yang tidak lengkap

Efek samping ini menempatkan seorang atlet yang memilih untuk menggunakan rHuEPO dengan risiko besar untuk serangan jantung atau stroke dan masalah peredaran darah lainnya.

Meskipun mekanisme utama dimana rHuEPO meningkatkan kinerja daya tahan adalah dengan mempengaruhi jumlah sel darah merah, tindakan lain dari EPO juga dapat meningkatkan kemampuan daya tahan. Sebagai contoh, pada tikus, administrasi EPO sendiri atau bersama dengan hasil kerja treadmill tidak hanya dalam peningkatan hematokrit, tetapi juga dalam hal berikut:

- Peningkatan konsentrasi enzim metabolik (sitokromek oksidase, sintase sitrat, fosfofruktokinase)

- Perubahan kontraktibilitas otot (peningkatan myosin lambat rantai berat yang terkait dengan serat otot tipe I)

Efek dari pelatihan EPO dan pelatihan ketahanan pada faktor-faktor ini pada tikus aditif. Ini berarti bahwa tikus yang menerima EPO dan tidak berolahraga menunjukkan perubahan positif pada semua faktor di atas, sedangkan mereka yang menerima EPO dan berolahraga menunjukkan tanggapan yang lebih besar di semua faktor di atas.

## **Suplemen Oksigen**

Suplemen oksigen mengacu pada peningkatan kandungan oksigen atau tekanan udara udara terinspirasi, yang keduanya meningkatkan tekanan parsial oksigen. Meningkatkan tekanan parsial oksigen berpotensi meningkatkan oksigen yang dibawa oleh darah dan jumlah oksigen yang tersedia untuk metabolisme aerobik. Suplementasi oksigen dapat digunakan segera sebelum, selama, atau segera setelah pertarungan kerja. Beberapa atlet profesional, seperti pemain sepak bola Amerika, menggunakan suplementasi oksigen selama pertandingan, percaya itu akan meningkatkan kinerja atau membantu pemulihan.

Suplemen oksigen segera sebelum pertarungan kerja dapat membantu kinerja dengan meningkatkan jumlah oksigen dalam aliran darah, yang dapat mengurangi ketergantungan pada sumber energi anaerobik. Kurva disosiasi oxyhemoglobin (Bab 6) memastikan bahwa, pada ketinggian yang dekat dengan permukaan laut, sel darah merah mendekati 100% jenuh dengan oksigen. Dengan demikian, oksigen tambahan pada ketinggian dekat dengan permukaan laut akan bernilai kecil untuk meningkatkan saturasi oksigen hemoglobin. Oksigen tambahan mungkin sedikit meningkatkan jumlah oksigen yang terlarut dalam plasma. Namun, hanya sejumlah kecil oksigen yang terlarut dalam plasma, sehingga peningkatan akan menjadi nilai minimal dalam meningkatkan ketersediaan oksigen.

Oksigen tambahan segera setelah pertarungan kerja yang berpotensi membantu pemulihan dengan meningkatkan oksigen yang tersedia untuk metabolisme aerobik selama pemulihan (EPOC). Tapi penelitian menunjukkan bahwa mirip dengan suplementasi oksigen pada awalnya sebelum pertarungan kerja di ketinggian dekat dengan permukaan laut, suplementasi segera setelah pertarungan kerja minimal akan mempengaruhi ketersediaan oksigen untuk metabolisme aerobik. Menghirup oksigen 100% atau udara normal selama 4 menit setelah lari treadmill hingga kelelahan yang berlangsung sekitar 6 menit tidak menghasilkan konsentrasi laktat darah yang lebih rendah setelah 4 menit pemulihan.<sup>98</sup> Juga tidak ada perbedaan dalam waktu (sekitar 2 menit) lari kedua sampai kelelahan setelah periode pemulihan pernapasan baik udara normal atau 100% oksigen. Meskipun informasi yang tersedia minimal, itu menunjukkan bahwa bernapas 100% oksigen dalam periode pemulihan tidak membantu pemulihan atau kinerja dalam pertarungan kerja berikutnya.

Telah lama diketahui bahwa suplementasi oksigen selama latihan meningkatkan kinerja. Pada tahun 1954, pada tahun yang sama saat Roger Bannister menjadi orang pertama yang berlari satu mil dalam waktu kurang dari 4 menit, peneliti dokter ini menunjukkan bahwa meningkatkan persen oksigen dalam udara yang diinspirasi menjadi lebih besar daripada 21% peningkatan waktu berjalan hingga habis. <sup>8</sup> Pada pengendara sepeda yang terlatih baik, pengendara sepeda off-road, dan triatlet,

meningkatkan persen oksigen dalam udara inspirasi sementara pada ketinggian sedang (1860 meter) juga meningkatkan kinerja. Para atlet melakukan enam interval bersepeda sambil menyelesaikan tugas jumlah pekerjaan (100 kilojoule), dengan tujuan menyelesaikan interval secepat mungkin. Total waktu rata-rata yang diperlukan untuk menyelesaikan enam interval saat menginspirasi oksigen 21% adalah 6 menit dan 17 detik. Ketika menghirup oksigen 26% dan oksigen 60%, total waktu rata-rata yang dibutuhkan menurun masing-masing 5% dan 8%. Sangat menarik untuk dicatat bahwa oksigen 26% menghasilkan tekanan parsial oksigen yang sama seperti pada permukaan laut di ketinggian (tekanan barometrik) di mana interval dilakukan.

Beberapa atlet yang tinggal dan pelatihan di ketinggian sedang dan lebih tinggi untuk jangka waktu yang lama kehilangan kemampuan untuk mempertahankan kecepatan lintasan permukaan laut karena hilangnya adaptasi perifer dan neuromuskuler. Oksigen tambahan dapat digunakan (seperti yang ditunjukkan oleh Wilber et al. Studi yang dikutip di atas) selama sesi pelatihan sementara pada ketinggian sedang untuk mengimbangi hilangnya kemampuan untuk mempertahankan kecepatan lintasan permukaan laut, dan dengan demikian membantu meningkatkan kinerja permukaan laut setelah pelatihan di ketinggian. Oksigen tambahan selama latihan pertarungan di ketinggian telah terbukti memberi manfaat bagi kinerja tingkat laut di para pendayung elit, atlet ketahanan, dan atlet lari. Dengan demikian, meskipun oksigen tambahan sebelum dan sesudah pertarungan latihan mungkin tidak secara signifikan mengubah kinerja, menggunakan oksigen tambahan saat pelatihan di ketinggian tampaknya menjadi nilai untuk meningkatkan kinerja saat kembali ke permukaan laut.

### **Suplemen Penghambat Kelelahan**

Banyak jenis suplemen yang berbeda telah digunakan untuk membatasi kelelahan dan meningkatkan kinerja, dengan keberhasilan tergantung pada kondisi spesifik dari stres latihan. Jenis suplemen ini biasanya menyangga keasaman yang dihasilkan dari metabolisme, yang dapat menunda kelelahan. Suplemen ini dapat bekerja dalam beberapa situasi dan tidak pada yang lain, berdasarkan efek yang tepat dari suplemen pada mekanisme yang mengakibatkan kelelahan dalam proses kelelahan yang kompleks.

### **Blood Buffering**

Tubuh secara ketat mengatur pH darah, tetapi di bawah kondisi kelelahan atau pH darah olahraga ekstrim turun dari kisaran pH normal 7,35-7,45. Olahraga akan menyebabkan penurunan pH darah, dengan olahraga berat yang menyebabkan pH darah sekitar 7,1 (otot bisa mencapai 6,8 pH). Dalam beberapa kasus, pH darah dapat menurun bahkan lebih rendah pada atlet yang sangat anaerobik. Penurunan pH disebabkan oleh produksi metabolisme ion hidrogen dan asam lainnya, seperti asam laktat, asam piruvat, dan asam asetat. Namun, peningkatan keasaman tidak hanya tergantung pada produksi asam, tetapi juga pada sistem penyangga, atau penyangga darah. Sistem buffer bikarbonat adalah sistem penyangga yang paling penting dalam darah dan membantu mempertahankan pH konstan. Dalam darah dan cairan tubuh, bahan kimia yang terlibat dalam sistem buffer bikarbonat adalah natrium bikarbonat.

Sejumlah reaksi dapat terjadi yang melibatkan ion bikarbonat yang mempengaruhi pH darah.

1. Ion bikarbonat adalah benar-benar basa konjugasi asam karbonat [Nonenzymatic acid–base reaction]  

$$\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \leftrightarrow [\text{H}_2\text{CO}_3]; \text{pK}_a = 6.14$$
2. Asam karbonat, bagaimanapun, sangat cepat dikonversi menjadi CO<sub>2</sub> dan air oleh karbonat anhidrase, menjadikannya spesies jinak [Enzymatic reaction];  

$$[\text{H}_2\text{CO}_3] \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}; \text{pK}_a = 6.14$$
3. Produk aksi karbonat anhidrase, yaitu air dan CO<sub>2</sub>, bersifat jinak. Air dapat diserap ke dalam sistem tubuh, dan CO<sub>2</sub> bisa kadaluwarsa
4. HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan H<sup>+</sup> dapat diatur oleh mekanisme fisiologis yang beroperasi di ginjal.

Dalam tinjauan komprehensif, McNaughton dan rekan memeriksa dasar untuk menggunakan natrium bikarbonat sebagai bantuan ergogenik untuk membantu menyangga efek dramatis latihan pada pH darah dan bagaimana hal ini dapat diterjemahkan ke peningkatan kinerja. Biasanya, 0,3 g·kg massa tubuh – 1 massa adalah dosis yang digunakan. Dosis yang lebih tinggi memiliki banyak gejala yang merugikan, seperti diare, yang membatasi kepraktisan penggunaan dosis yang lebih tinggi. Sebagaimana ditunjukkan dalam ulasan ini, efek pada kinerja adalah karena dosis, waktu konsumsi, dan toleransi. Sekitar 10% dari subyek tidak mentoleransi suplementasi bikarbonat. Selain itu, dehidrasi dan kerentanan yang terkait dengan stres panas adalah faktor yang harus dipantau. Namun, suplementasi natrium bikarbonat dapat efektif dalam meningkatkan berbagai jenis pertunjukan di mana penurunan pH darah mungkin terkait dengan proses kelelahan. Efek dari bikarbonat pada kinerja dapat kecil tetapi signifikan. Tabel 14-1 menunjukkan tanggapan khas dalam berbagai jenis kegiatan

### **Phosphate Loading**

Meskipun buffer pH kecil di otot skelet, fosfat anorganik tidak berkontribusi pada mekanisme buffering. Buffer lain dalam otot rangka termasuk histidin asam amino dan carnosine. Jika kadar fosfat anorganik ekstraseluler dan intraseluler meningkat, lebih banyak fosfat tersedia untuk metabolisme aerobik dan untuk digunakan sebagai penyangga (seperti bikarbonat). (Ingat bahwa produksi aerobik adenosine triphosphate (ATP) membutuhkan hidrogen dan dengan demikian menurunkan keasaman.) Hal ini telah menyebabkan konsep menggunakan suplemen yang mengandung Pi untuk menambah proses ini. Hanya sedikit data yang ada pada jenis suplemen ini, dan efektivitas suplemen makanan semacam itu dibatasi oleh regulasi fosfat anorganik yang sangat dikontrol oleh ginjal. Dalam sebuah studi oleh Kraemer et al., Pengendara sepeda yang sangat terlatih melakukan empat tes lari cepat 30 detik (tes Wingate) yang dipisahkan oleh 2 menit, dengan dan tanpa suplemen multibuffer yang mengandung fosfat anorganik, bikarbonat, dan carnosine. Temuan adalah bahwa suplemen makanan ini tidak mempengaruhi keseimbangan asam basa dan tidak meningkatkan kinerja uji Wingate. Itu muncul untuk membantu beberapa penanda pemulihan antara sprint (peningkatan tingkat postexercise 2,3-DPG dan rasio 2,3-DPG / Hb). Dengan demikian, pemuatan fosfat tampaknya tidak menjadi cara yang sangat efektif untuk meningkatkan kinerja intensitas tinggi.

**Table 14-1. Effects of Sodium Bicarbonate on Performance**

Author	Exercise Mode or Sport-Specific Exercise	Dose (g·kg body mass <sup>-1</sup> )	Loading Time Before Exercise	Reported Ergogenic Effect
Single-Bout Exercise (Listed by Publish Date)				
Lindh et al., 2007	200-m freestyle swim	0.3	60–90 min	↓mean performance times in NaHCO <sub>3</sub> trial (-1 s)
Siegler et al., 2007	Cycle to exhaustion at 120% of PPO	0.3	60 min	No difference in TTE
Robergs et al., 2005	Cycle to exhaustion at 110% of PPO	0.2 NaHCO <sub>3</sub> + 0.2 NaCitrate	60 min	No difference in TTE
Van Montfoort et al., 2004	Run to exhaustion (range 19–23 km·hr <sup>-1</sup> )	0.3 NaHCO <sub>3</sub> or 0.525 NaCitrate or 0.4 NaLactate	90 min	↑NaHCO <sub>3</sub> trial (-2.7%) ↑NaCitrate trial (-2.2%) ↑NaLactate trial (-1.0%)
Raymer et al., 2004	Forearm exercise to fatigue	0.3	90 min	↑TTE and PPO in NaHCO <sub>3</sub> trial (-12%)
Gordon et al., 1994	90 s Wingate test at 0.05 kg·kg body mass <sup>-1</sup>	0.3 g or	45 min	No difference
Multiple-Bout Exercise				
Maestuura et al., 2007	Ten 10-s RS interspersed with passive recovery (range 30–360 s)	0.3 divided into six ingestion periods every 10 min	60 min	No difference in peak or mean power output
Artioli et al., 2007	Simulated judo performance (assessed in number of throws)	0.3	120 min	5.1% more throws in NaHCO <sub>3</sub> trial as well as ↑average power in Wingate test for upper limbs
Mero et al., 2004	Interval swim (2 × 100 m with 10 min passive rest between intervals)	0.3	60 min	↓second swim time (-0.9 s) in NaHCO <sub>3</sub> trial*
Bishop et al., 2004	Series of five 6-s RS (4:1 work to rest ratio)	0.3	90 min	↑in total work and ↑ in work and PO in sprints 3 to -5
Aschenbach et al., 2000	Eight 15-s intervals of maximal forearm exercise (20-s active recovery between sets)	0.3	Split into equal doses at 90 and 60 min	No difference
Endurance Performance				
Bishop and Claudius, 2005	Two 36-min "halves" of intermittent field hockey specific activity	0.2 twice	Split at 90 and 20 min	No difference in total work over 72 min; ↑work performed in 7 of 18 second half sprints
Price et al., 2003	Two 30-min intermittent cycling trials	0.3	60 min	↑average related PO during maximal spring efforts
Stephens et al., 2002	30-min continuous cycling at ~70% $\dot{V}O_{2max}$ followed by a performance ride (time to complete 469 ± 21 kJ work)	0.3 (60 min ingestion time)	90 min	No difference in performance
Chronic Loading				
Douroudos et al., 2006	30-s Wingate (0.075 kg·kg body mass <sup>-1</sup> )	0.5 for 5 d 0.3 for 5 d	None on day of trial	↑average power in 0.5 g NaHCO <sub>3</sub> only
Edge et al., 2006	6–12 2-min cycle intervals at 140–170% of LT (in addition to regimented training)	0.2 twice	90 and 30 min	↑ performance at LT after 8 wk of training on NaHCO <sub>3</sub>

\*Additional use of creatine (Cr) supplementation but did not have a Cr only trial included in the methodology.

PPO: peak power output; PO: power output; TTE: time to exhaustion; RS: repeated sprint; LT: lactate threshold.

Adapted with permission and modified from: McNaughton LR, Siegler J, Midgley A. Ergogenic effects of sodium bicarbonate. *Curr Sports Med Rep.* 2008;7(4):230–236.

## Hormon

Hormon terjadi secara alami di dalam tubuh. Beberapa hormon mempengaruhi sintesis protein otot dan penggunaan substrat metabolik, yang mungkin menyebabkan peningkatan massa otot. Massa otot yang meningkat berpotensi menghasilkan peningkatan kekuatan maksimal. Ini membuat beberapa hormon menarik mungkin bantuan ergogenic untuk atlet. Hormon menelan juga digunakan untuk mengontrol

siklus menstruasi, yang juga dapat mempengaruhi kinerja fisik. Bagaimana hormon memberikan pengaruh pada fungsi tubuh telah dibahas sebelumnya dan tidak akan dibahas secara luas di sini. Kemungkinan efek pada kinerja fisik dari hormon yang paling sering digunakan oleh atlet dibahas di bagian berikut.

## **Steroid**

Sebuah tinjauan komprehensif baru-baru ini tentang penggunaan steroid anabolik dan hormon pertumbuhan (GH) diterbitkan sebagai posisi berdiri oleh Asosiasi Kekuatan dan Pengkondisian Nasional.<sup>44</sup> Testosteron memiliki sifat androgenik (karakteristik seks sekunder) dan anabolik (untuk membangun atau meningkatkan pertumbuhan). Banyak bentuk sintetis yang disalahgunakan oleh atlet adalah semua bentuk hormon testosteron laki-laki (Gambar 14-2). Karena banyaknya perubahan dalam testosteron sekarang tersedia, istilah yang sekarang digunakan adalah penggunaan atau penyalahgunaan androgen. Sebagaimana dibahas secara rinci dalam Bab 7, testosteron adalah hormon utama pada laki-laki yang menstimulasi karakteristik seks sekunder selama pubertas dan memberi sinyal efek anabolik dengan latihan olahraga. Testosteron menstimulasi efek anabolik melalui reseptor androgen pada elemen pengatur DNA sel. Konsentrasi testosteron adalah 20 hingga 30 kali lebih rendah pada wanita. Meskipun masih sangat efektif dan menggunakan mekanisme yang sama, konsentrasi yang lebih rendah membuat perannya pada wanita kurang menonjol. Konsentrasi rendah pada wanita adalah salah satu alasan wanita yang berlatih secara alami tidak perlu khawatir untuk mendapatkan otot yang sangat besar. Namun, dengan konsentrasi rendah seperti di tubuh, penggunaan androgen sintetis sangat efektif pada wanita, menghasilkan perubahan dalam banyak jaringan tubuh yang mungkin ireversibel (misalnya, karakteristik seks sekunder). Dengan demikian, penggunaan androgen pada wanita memiliki konsekuensi serius.

Jelas, penggunaan androgen sintetis dengan program pelatihan resistensi secara dramatis meningkatkan kekuatan, kekuatan, dan ukuran otot. Selain itu, membantu untuk meningkatkan pemulihan dari latihan dan tekanan persaingan. Kombinasi manfaat dikenal baik untuk pelatih dan atlet dan telah menggunakan obat-obatan anabolik ini menggoda selama bertahun-tahun. Efek samping dan risiko penggunaan androgen juga dikenal dan termasuk dilarang dari kompetisi, mengakhiri karir, dan kehilangan status pahlawan dalam olahraga mereka (misalnya, hilangnya nominasi hall-of-fame, medali dan gelar yang dihapus, hilangnya pendapatan dari endorsement, dll). Namun, androgen perancang baru, seperti tetrahydrogestrinone (TGH), masih muncul di tempat kejadian yang tidak diuji secara positif dalam tes obat yang umum digunakan dan tidak ditemukan oleh lembaga yang melakukan pengujian obat lanjutan sampai setelah beberapa atlet sudah menggunakannya. Selain itu, mencari cara baru untuk menghindari deteksi obat anabolik dalam pengujian obat juga terus berlanjut. Jadi, memerangi penggunaan narkoba ilegal dalam olahraga terus menjadi tantangan bagi badan-badan yang mengatur dalam olahraga. Banyak efek samping untuk berbagai jenis androgen telah dicatat dan terkait dengan jenis androgen sintetis yang disalahgunakan. Lembaga Penyalahgunaan Obat Nasional telah mendokumentasikan beberapa efek negatif utama penggunaan androgen sintetis, dan mereka adalah sebagai berikut:

1. Penyalahgunaan steroid dapat menyebabkan masalah kesehatan yang serius, bahkan yang tidak dapat diperbaiki lagi. Beberapa yang paling berbahaya

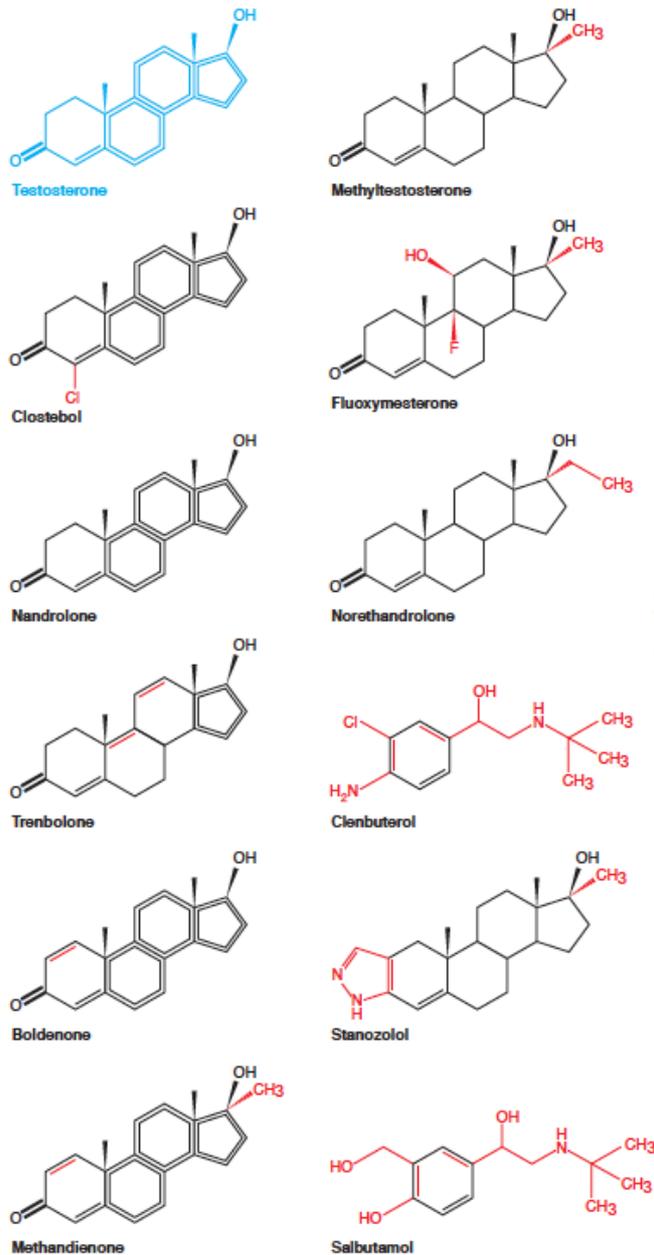
termasuk kerusakan hati, penyakit kuning (pigmentasi kulit, jaringan, dan cairan tubuh berwarna kekuningan), retensi cairan, tekanan darah tinggi, peningkatan LDL-C (kolesterol jahat), dan penurunan HDL-C (baik kolesterol). Efek lain yang dilaporkan termasuk gagal ginjal, jerawat parah, dan gemetar. Selain itu, ada beberapa efek samping yang spesifik jender dan usia:

- Untuk pria - menyusutnya buah zakar, mengurangi jumlah sperma, infertilitas, kebotakan, perkembangan payudara, meningkatkan risiko kanker prostat.
- Untuk wanita - pertumbuhan rambut wajah, kebotakan pola pria, perubahan atau penghentian siklus menstruasi, pembesaran klitoris, suara yang diperdalam
- Untuk remaja — pertumbuhan terhambat karena pematangan kerangka prematur dan percepatan perubahan pubertas; remaja berisiko tidak mencapai tinggi yang diharapkan mereka jika mereka mengambil steroid anabolik sebelum percepatan pertumbuhan remaja yang khas

2. Selain itu, orang yang menyuntikkan steroid anabolik menjalankan risiko tambahan tertular atau menularkan HIV / acquired immunodeficiency syndrome (AIDS) atau hepatitis, yang menyebabkan kerusakan serius pada hati.

## **Human Growth Hormone**

Hormon pertumbuhan (GH), sering disebut hormon pertumbuhan manusia (HGH) ketika berbicara tentang hal itu sebagai suplemen obat telah menerima banyak perhatian di atletik selama 5 tahun terakhir. Dengan meningkatnya kecanggihan tes untuk penggunaan androgen sintesis, HGH memiliki menjadi obat pilihan di antara beberapa atlet dalam upaya untuk menghindari pengujian obat dan mendapatkan beberapa manfaat dari obat anabolik. Namun, sekarang tes untuk penggunaan GH telah dikembangkan dan telah digunakan. Banyak pelatih dan atlet tidak menyadari bahwa HGH hanya dapat diambil melalui suntikan dan harus disimpan dalam keadaan dingin atau akan menurun, membuatnya tidak efektif. Peran fisiologisnya adalah pertumbuhan tulang linier pada anak-anak, oleh tindakan pada epiphysis (lempeng pertumbuhan) dan diferensiasi osteoblas, dan untuk mempromosikan metabolisme anabolik (pembentukan jaringan), menghasilkan tubuh yang diubah. Tindakan GH termasuk sintesis hati dan lokal dan pelepasan mediator utamanya, faktor pertumbuhan seperti insulin-I (IGF-I). Ini berbagi beberapa peran ini dengan IGF-I, yang berarti bahwa efek langsung GH dan / atau produksi lokal IGF-I keduanya diperlukan untuk pertumbuhan yang optimal. Sebagaimana dibahas dalam Bab hormon, GH adalah keluarga polipeptida dan bukan hormon tunggal. Namun, 22-kD, bentuk asam amino-191 adalah apa yang dibuat oleh DNA dan apa yang perusahaan farmasi buat dan modifikasi untuk penggunaannya secara klinis. Banyak tindakan GH dapat dikaitkan dengan varian GH atau agregat GH dengan protein yang mengikat sehingga membuat tes untuk penggunaan GH menantang dari perspektif analitis dan hukum. Namun, seperti yang disebutkan di Bab hormon, tes baru untuk doping GH telah dilaksanakan oleh Badan Anti-Doping Dunia dan telah digunakan untuk mendeteksi penggunaan GH pada atlet.



**Figure 14-2.** The male sex hormone testosterone (upper left corner) has been modified in many ways. The modifications generally maintain the basic ring structure of testosterone and mimic its physiological actions.

Dengan dosis konvensional, telah ditunjukkan bahwa HGH tampaknya tidak menjadi zat anabolik yang efektif untuk orang yang lebih muda, atau agen anti penuaan pada orang tua, membuat penggunaannya bahkan lebih mencurigakan.<sup>55,56</sup> Satu studi oleh Graham et al., Namun, memang menunjukkan perbaikan jangka pendek dalam produksi kekuatan otot dan metabolisme protein dengan penggunaan akut 6-hari pada orang yang tidak terlatih. Sebuah penelitian oleh Meinhardt et al.<sup>61</sup> memeriksa HGH (2 mg·day<sup>-1</sup> suntik subkutan) suplementasi selama 6 minggu. pada pria dan wanita. Mereka juga pada pria saja memeriksa GH dan testosteron (250 mg·wk<sup>-1</sup> disuntikkan intramuskular), atau perawatan gabungan. Para penulis menyatakan 'Pertama, massa sel tubuh pada awal berkorelasi dengan semua ukuran kinerja fisik. Kedua, hormon pertumbuhan secara signifikan mengurangi massa lemak, meningkatkan massa tubuh tanpa lemak melalui peningkatan air ekstraseluler, dan peningkatan massa sel tubuh ketika diberikan dengan testosteron. Ketiga, hormon pertumbuhan menyebabkan peningkatan signifikan secara statistik pada kapasitas lari yang tidak dipertahankan

setelah periode washout 6 minggu dalam kelompok pria dan wanita, dan peningkatannya lebih besar ketika hormon pertumbuhan diberikan bersama testosteron pada pria. Akhirnya, perubahan massa sel tubuh tidak berkorelasi dengan peningkatan kapasitas lari, kecuali ketika hormon pertumbuhan adalah co-dikelola dengan testosteron. " Tingkat penggunaan dan dosis HGH digunakan oleh atlet sulit untuk ascertain. Manfaat yang masih samar-samar dan mungkin tidak sebanding dengan risiko yang terkait dengan efek samping yang menyertai penggunaannya, terutama karena dampak nyata datang dengan penggunaan testosteron secara bersamaan. Efek samping, terutama dosis tinggi HGH, termasuk yang berikut:

1. Akromegali adalah penyakit pertumbuhan tulang yang abnormal dan gigantisme. Menariknya, banyak binaragawan memerlukan operasi plastik untuk memperbaiki beberapa perubahan anatomi, terutama wanita (misalnya, telinga, prosedur hidung). Efek samping yang terkait dengan penyakit ini termasuk yang berikut:
  - Kulit kasar, berminyak, menebal
  - Berkeringat ekstrim dan bau badan
  - Pertumbuhan kecil jaringan kulit (tag kulit)
  - Kelelahan dan kelemahan otot
  - Suara yang dalam, serak karena suara yang membesar
  - tali dan sinus
  - Mendengkur parah karena obstruksi atas
  - saluran napas
  - Gangguan penglihatan; sakit kepala
  - Lidah bengkak
  - Nyeri dan mobilitas sendi terbatas
  - Penyimpangan siklus menstruasi pada wanita
  - Hati, hati, ginjal, limpa, dan lainnya yang menggelembung
  - organ
  - Meningkatkan ukuran dada (barrel chest)
2. Hipoglikemia: konsentrasi glukosa darah rendah. Beberapa orang dengan hipoglikemia memiliki terlalu banyak insulin, yang menyebabkan penyerapan glukosa ke dalam sel. GH merangsang pelepasan insulin dari pankreas, dan insulin memediasi konsentrasi glukosa darah yang lebih rendah dengan merangsang masuknya ke dalam sel.
3. Belly distensi karena pertumbuhan organ
4. Sindrom terowongan karpal: pergeseran saraf di pergelangan tangan, yang menyebabkan rasa sakit, diciptakan oleh pertumbuhan tulang yang diinduksi
5. Nyeri sendi: ini dapat terjadi karena tindakan peningkatan pertumbuhan di jaringan ikat sendi

## **Insulin**

Sebagaimana dibahas dalam Bab Hormon, insulin penting untuk penggantian hormon pada pasien yang pankreas tidak dapat memproduksi insulin (diabetes tipe I). Atlet menggunakan obat ini dalam upaya untuk meningkatkan komposisi tubuh atau kinerja berdasarkan sifat pertumbuhan-mempromosikan sebagai hormon alami yang disekresi dalam menanggapi makanan dan olahraga. Peran utama hormon adalah regulasi ketat glukosa darah. Ia dibantu dalam fungsi ini oleh glukagon hormon antagonisnya. Namun, itu juga telah dilihat sebagai obat anabolik, dengan sedikit data

untuk mendukung penggunaannya untuk tujuan ini. Efek mediasi untuk sintesis protein dalam sel adalah karena sistem sinyal reseptor-mediated untuk merangsang sintesis protein serta penyerapan glukosa. Efektivitas hormon ini sebagai obat tetap tidak jelas karena efek dramatis pada metabolisme glukosa dan redundansi dengan hormon anabolik lainnya, yang tidak begitu ketat diatur. Efek samping bisa parah, termasuk keadaan hipoglikemik jangka panjang, kematian karena syok insulin, dan kerusakan otak.

### **Insulin Like Growth Factor (IGF)**

Mirip dengan GH, IGF-I telah dianggap sebagai bantuan ergogenic berdasarkan peran yang dikenal dalam anabolisme jaringan otot. Peran ganda dalam berbagai jaringan target membuat efek samping berpotensi dramatis (misalnya, kanker). Karena hubungannya dengan GH, dampak negatifnya terhadap pelepasan dan fungsi GH yang normal dikompromikan. Saat ini, ada sedikit atau tidak ada data eksperimen untuk memahami kemanjuran suplementasi IGF-I pada atlet.

### **Kontrasepsi Oral**

Penggunaan kontrasepsi oral (OCPs) telah menjadi semakin populer di kalangan atlet wanita, dan sekarang diperkirakan bahwa penggunaan mereka adalah sebagai umum di antara atlet sebagai kalangan populasi umum. Sebagian besar, popularitas ini dikaitkan dengan perbaikan dalam dosis dan jenis estrogen eksogen dan progesteron (progestogen) yang digunakan. Secara umum, dosis yang digunakan saat ini jauh lebih sedikit dibandingkan ketika OCP pertama kali tersedia, sehingga efek sekunder juga kurang diucapkan. Tergantung pada dosis steroid seks yang terkandung di dalamnya, serta waktu ketika dosis puncak terjadi, OCP dapat secara luas ditugaskan untuk tiga kategori: monophasic, biphasic, dan triphasic. Dari ketiga, monophasic dan triphasic OCPs adalah yang paling umum diresepkan saat ini. Pil kontrasepsi oral monophasic diformulasikan untuk mempertahankan kadar estrogen dan progestogen konstan selama siklus menstruasi 28 hari. Sebaliknya, pil kontrasepsi oral triphasic membuang tiga dosis estrogen yang berbeda, dan biasanya progestogen, sepanjang siklus 28 hari. Akibatnya, kadar hormon steroid yang beredar bervariasi sesuai dengan interval 4 minggu. Karena perempuan mungkin memberikan respon yang sangat berbeda terhadap tipe OCP spesifik, dan begitu banyak variasi OCP monophasic dan triphas, sangat sulit untuk mencapai kesimpulan yang luas dan mencakup mengenai dampak OCP pada kinerja atletik.

Perhatian utama wanita yang mengonsumsi OCP adalah bahwa mereka dapat menyebabkan retensi air dan dengan demikian menambah berat badan. Memang, laporan perasaan kembung adalah umum di antara atlet serta nonathletes, terlepas dari apakah mereka memakai OCP monophasic atau triphasic. Meskipun konsistensi klaim perasaan kembung, penelitian menunjukkan bahwa status pelatihan dapat menentukan apakah kenaikan berat badan benar-benar terjadi. Secara khusus, penelitian terbatas yang tersedia menunjukkan bahwa wanita terlatih mungkin mengalami kenaikan berat badan yang signifikan sebanyak 2 kilogram selama 6 bulan, sedangkan wanita yang tidak terlatih tidak menunjukkan perubahan berat badan. Selanjutnya, perubahan komposisi tubuh dapat menyertai penggunaan OCP. Secara khusus, OCP triphasic telah dikaitkan dengan peningkatan persentase lemak tubuh jika mereka diambil setidaknya selama 4 bulan. Peningkatan massa lemak ini,

biasanya 3% hingga 10%, dapat menjadi masalah dalam olahraga yang biasanya mendorong massa tubuh dan lemak yang minimal, seperti lari jarak jauh dan senam.

Karena bahkan progesteron endogen diketahui mempengaruhi regulasi suhu inti, tidak mengejutkan bahwa analog sintetisnya, progestogen, yang digunakan dalam OCP, juga berdampak pada suhu internal betina yang memakai OCP. Memang, ketika konsentrasi progestogen tertinggi selama siklus 28-hari dari resep OCP, suhu inti juga mencapai puncaknya. Hal ini paling jelas ketika menggunakan OCP triphasic, di mana dosis progestogen bervariasi selama interval 28 hari. Dalam OCP monophasic, di mana dosis progestogen tetap stabil, begitu juga suhu, tetapi pada nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol yang tidak diresepkan OCP. Dalam olahraga di mana termoregulasi yang tepat sangat penting untuk kinerja yang optimal, seperti lari jarak jauh atau sepak bola, peningkatan suhu inti OCP yang mungkin memiliki efek yang merugikan. Penelitian terbaru, bagaimanapun, tampaknya bertentangan dengan asumsi ini. Armstrong dkk. menemukan bahwa wanita yang memakai OCP beradaptasi dengan stres pelatihan ketahanan dan aklimatisasi panas serta wanita tidak meminumnya.

Selain pengaturan suhu, area lain di mana OCP tampaknya memberikan pengaruh substansial adalah pemanfaatan substrat. Baik saat istirahat dan selama latihan, wanita terlatih dan tidak terlatih mengambil OCP menunjukkan peningkatan ketergantungan pada lipid untuk produksi ATP dan, sebagai hasilnya, efek glikogen-sparing. Tentu saja, efek glikogen-sparing ini akan bermanfaat dalam jangka panjang. acara durasi seperti maraton. Sampai sekarang, bagaimanapun, manfaat ini belum dikonfirmasi secara ilmiah.

Pada wanita yang memakai OCP monophasic, di mana status endokrin steroid seks dipertahankan konstan selama siklus 28 hari, penelitian telah menghasilkan hasil yang bertentangan mengenai efek OCP pada  $O_2\text{max}$ . Meskipun satu studi yang memeriksa kapasitas aerobik puncak selama 6 bulan mendokumentasikan penurunan yang signifikan dalam  $O_2\text{max}$  dari ~8%, penelitian lain yang memeriksa efek jangka pendek (3 minggu) dari OCP monophasic gagal mengidentifikasi variabilitas apa pun dalam kapasitas aerobik. Selain perbedaan dalam durasi penggunaan OCP, juga penting untuk dicatat bahwa wanita yang mengalami penurunan dalam latihan aerobik secara fisik aktif, sedangkan mereka yang tidak terlatih.

Tidak seperti kurangnya bukti dengan OCP monophasic, dampak OCP triphasic pada kapasitas aerobik maksimal cukup jelas. Penelitian secara konsisten menunjukkan bahwa wanita yang memakai OCP rekombinan menunjukkan penurunan  $VO_2\text{max}$  yang signifikan.<sup>21</sup> Selama dua siklus OCP penuh, penurunan kapasitas aerobik puncak adalah ~5%, tetapi setelah enam siklus ditemukan ~15%. Pada titik ini, data menunjukkan bahwa OCP monophasic akan lebih sesuai dengan atlet ketahanan wanita.

Meskipun OCP monophasic tampaknya tidak mempengaruhi kinerja anaerobik, ada beberapa bukti bahwa, ketika menggunakan formulasi triphasic, jangka pendek, latihan habis-habisan adalah yang paling mengesankan selama siklus 28-hari ketika tingkat estrogen dan progestogen berada pada titik terendah. . Telah disarankan bahwa perbaikan dalam kinerja anaerobik ini terkait dengan peningkatan kapasitas buffering laktat dan dengan demikian pengaturan pH dalam berkontraksi otot.

Tidak seperti kinerja anaerobik, literatur mengenai interaksi kekuatan otot dan OCP konsisten. Baik OCP monophasic maupun triphasic mengubah produksi kekuatan otot secara maksimal. Ini benar baik pada atlet wanita dan wanita yang tidak terlatih.

Karena banyaknya variasi OCP, sulit untuk sampai pada kesimpulan yang kuat mengenai pengaruhnya terhadap kinerja atletik. Temuan yang paling konsisten tampaknya adalah sebagai berikut:

- Kekuatan tidak sensitif terhadap fluktuasi status hormonal yang dibawa oleh OCP.
- Kinerja anaerob dapat bervariasi sepanjang siklus 28 hari triphasic — tetapi tidak monophasic — OCPs, sehingga performa puncak ketika steroid seks berada pada titik terendah.
- Aerobik kebugaran menurun dengan penggunaan OCP triphasic.

## **CAFFEINE**

Kafein adalah salah satu zat yang paling banyak dikonsumsi di dunia dan memiliki efek farmakologi dan psikoaktif. Kafein dianggap sebagai "xanthine alkaloid" dan ditemukan dalam berbagai konsentrasi dalam makanan seperti biji kopi, daun teh, coklat, dan coklat. Jadi, kita mengambil kafein dari segala sesuatu mulai dari minuman ringan (37-71 miligram) hingga obat penghilang rasa sakit (misalnya, dua tablet Extra Strength Excedrin, 130 miligram). Dalam masyarakat berenergi tinggi ini, kita tampaknya terobsesi untuk mencapai "semburan energi," dan ini biasanya melibatkan penggunaan kafein.

Tingkat kafein dalam makanan sangat bervariasi tergantung pada persiapan. Kopi, teh, dan cola (yaitu minuman ringan), masing-masing, mengandung sekitar 60 hingga 150, 40 hingga 60, dan 40 hingga 50 miligram kafein per cup.<sup>79</sup> FDA telah membatasi jumlah kafein untuk minuman cola dan minuman ringan lainnya. hingga 71 miligram per 12 oz.

Kafein, meskipun tidak memiliki nilai gizi, telah menarik perhatian banyak atlet kompetitif dan penggemar kebugaran rekreasi sebagai ergogenic hukum. Atlet ketahanan menjadi tertarik pada kafein pada akhir 1970-an karena studi perintis awal menunjukkan peningkatan kapasitas daya tahan. Kafein termasuk dalam banyak suplemen multikomponen untuk mengoptimalkan energi dan kondisi suasana hati sebelum berolahraga.

Mekanisme aksi yang mendasari beragam dan bergantung pada tuntutan latihan (Gambar 14-3). Kafein memiliki banyak efek pada sistem saraf pusat serta efek kognitifnya. Ini juga mempengaruhi fungsi hormonal, metabolik, otot, kardiovaskular, paru-paru, dan ginjal selama istirahat dan olahraga. Misalnya, merangsang bronkodilatasi alveoli, vasodilatasi pembuluh darah, aktivasi saraf kontraksi otot, filtrasi darah di ginjal, sekresi catecholamine, dan lipolisis. Efek metabolik, fisiologis, dan hormonal kafein ini menurunkan rasio pertukaran pernafasan, kelelahan perifer, rating of the perceived exertion (RPE), dan ambang batas untuk kortisol yang diinduksi oleh latihan dan pelepasan  $\beta$ -endorphin. Mereka juga meningkatkan penyerapan oksigen, curah jantung, ventilasi, tingkat sirkulasi epinefrin, tingkat metabolisme, dan

oksidasi lemak selama latihan ketahanan pada orang yang terlatih dan tidak terlatih. Yang menarik, satu mitos jangka panjang adalah kafein dapat menyebabkan dehidrasi, tetapi bukan ini masalahnya

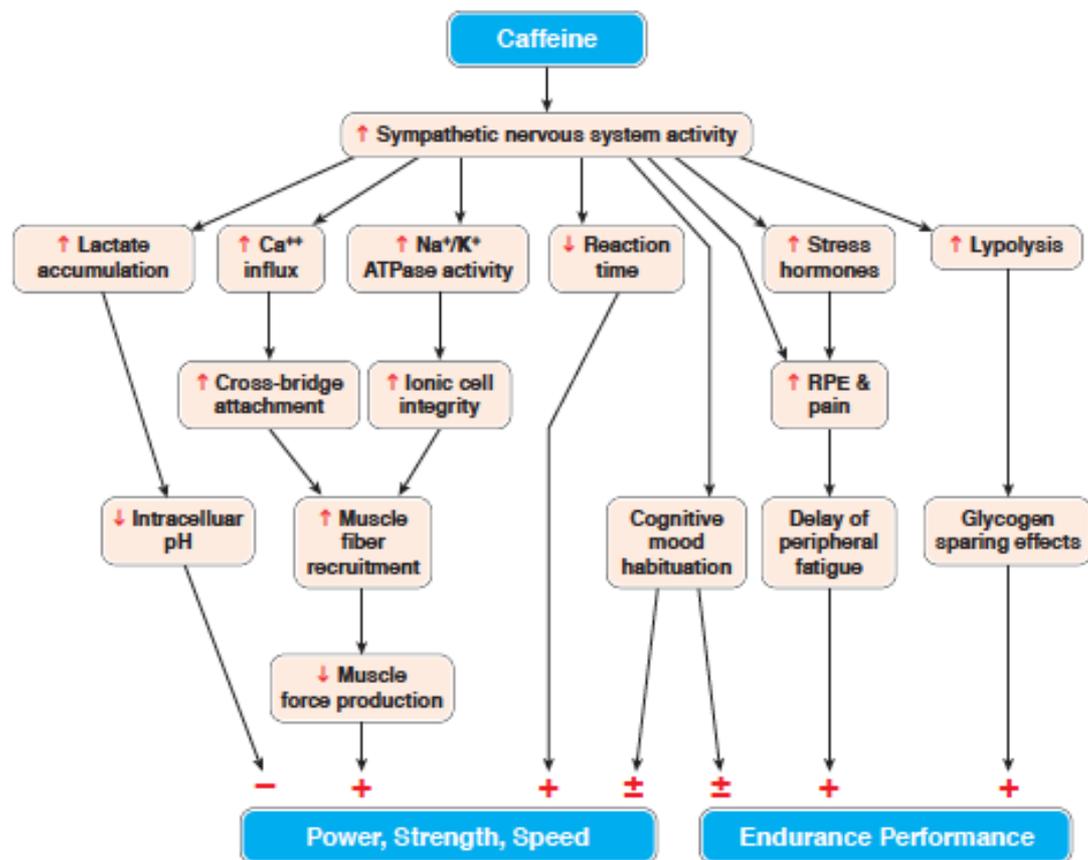
Seperti yang dibahas dalam ulasan, kafein dapat secara signifikan meningkatkan kinerja hingga beberapa persen dalam berbagai tugas. Studi kafein yang melibatkan latihan daya tahan telah menunjukkan peningkatan hasil kerja dan waktu hingga habis. Kafein juga meningkatkan kinerja selama bersepeda jangka pendek dan berjalan sekitar 5 menit.

Namun, efek ergogenic positif samar-samar selama sprint dan latihan daya yang berlangsung kurang dari 3 menit, mungkin karena jumlah penyelidikan yang terbatas dan protokol berbeda yang digunakan. Dalam sprint dan peristiwa daya yang sangat bergantung pada sistem fosfat ( $\leq 10$  detik), kafein meningkatkan output daya puncak, kecepatan, dan kekuatan isokinetik. Namun, dalam peristiwa yang sangat bergantung pada sistem glikolitik (15 detik hingga 3 menit), tidak ada perbaikan yang ditemukan dengan penggunaan kafein. Bahkan, itu mungkin telah merugikan kinerja selama serangan olahraga berulang-ulang.

Selain itu, konsumsi berbagai tingkat dosis kafein diberikan tidak ada efek ergogenik pada kekuatan maksimal dan daya tahan selama tes kekuatan isokinetik dari 15 pengulangan. Dalam tenis, olahraga individu yang membutuhkan konsentrasi dan keterampilan, kafein meningkatkan akurasi memukul, kecepatan lari, kelincahan, dan keberhasilan bermain secara keseluruhan, mungkin karena itu meningkatkan waktu reaksi dan kewaspadaan mental. Pemain tenis juga melaporkan dorongan energi yang lebih tinggi selama jam terakhir bermain. Aplikasi praktis berikut untuk kafein dapat dikemukakan

1. Nonusing atlet yang mempertimbangkan kafein sebagai bantuan ergogenic tidak akan terbiasa dengan efek kognitif dan fisiologinya. Oleh karena itu, nonusers harus menguji dampaknya sebelum menerapkan strategi kafein untuk pelatihan atau kompetisi.
2. Karena penghentian kafein menurunkan kinerja olahraga, atlet terhabituasi dapat mempertimbangkan untuk menelan dosis rendah ( $\leq 3$  mg·kg<sup>-1</sup>) kafein untuk menghindari gejala penarikan yang tidak diinginkan yang terkait dengan penghentian total. Bahkan, dosis yang lebih rendah mungkin sama efektifnya.
3. Jika seorang atlet memutuskan untuk berhenti mengonsumsi kafein sebelum kompetisi untuk meningkatkan efek ergogeniknya selama kompetisi, ia harus mengurangi konsumsi kafein setidaknya 1 minggu sebelum kompetisi untuk benar-benar bebas dari efek penarikan. Untuk menghindari potensi gejala negatif, dosis harus dikurangi secara bertahap selama 3 hingga 4 hari, daripada berhenti tiba-tiba. Melanjutkan kafein pada hari kompetisi akan memberikan efek ergogenic yang diinginkan, seperti halnya untuk nonuser.
4. Konsumsi kafein dapat memberikan pelatihan daya tahan volume tinggi atau intens. Tiga atau empat hari berturut-turut tingkat rendah asupan kafein, selama periode hari-hari pelatihan yang berat, dapat berfungsi sebagai bantuan ergogenic dalam mempersiapkan persaingan.
5. Waktu paruh kafein adalah sekitar 4 hingga 6 jam, dan konsentrasi plasma telah terbukti mencapai puncak dalam 30 hingga 60 menit. Oleh karena itu, kafein harus dicerna, paling lambat, 3 jam sebelum daya, sprint, dan daya tahan pendek atau 1 jam sebelum acara ketahanan yang berkepanjangan.

- Redosing akut dengan kafein tidak selalu meningkatkan kinerja; namun, jika kejadiannya lebih dari 6 jam, mungkin bermanfaat.
- Karena kafein meningkatkan kadar laktat plasma dan menurunkan pH intraseluler, kafein dapat dikontraindikasikan bagi atlet dalam acara sprint yang berlangsung 30 detik hingga 3 menit. Penelitian lebih lanjut diperlukan.



**Figure 14-3.** Caffeine has many mechanisms by which it can affect performance. Its many effects result in the ability to increase performance in a wide variety of activities. (From Sökman B, Armstrong LE, Kraemer WJ, et al. Caffeine use in sports: Considerations for the athlete. *J Strength Cond Res.* 2008;22:978–986.)

## SUPLEMEN NUTRISI

### Kreatin

Kreatin adalah salah satu yang paling berhasil, karena meningkatkan kekuatan dan kekuatan, namun suplemen gizi yang disalahartikan (mis., Bukan steroid atau asam amino) di pasaran saat ini. Creatine ditemukan pada tahun 1835 oleh seorang ilmuwan dan filsuf Perancis, Michel-Eugène Chevreu; jadi telah dikenal selama hampir dua abad. Creatine (methylguanidino acetic acid) adalah senyawa yang mengandung senyawa organik, mengandung nitrogen, yang tidak penting, yang disintesis di hati dari tiga asam amino: arginine, glisin, dan metionin. Sembilan puluh lima persen atau lebih dari creatine tubuh disimpan dalam otot rangka. Oleh karena itu, otot rangka adalah target utama untuk suplementasi, terutama ketika peningkatan kinerja fisik adalah tujuan (lihat Kotak 14-3). Gambar 14-4 menunjukkan metabolisme creatine dalam kondisi diet normal (panel A) dan ketika seseorang menggunakan suplementasi (panel B).

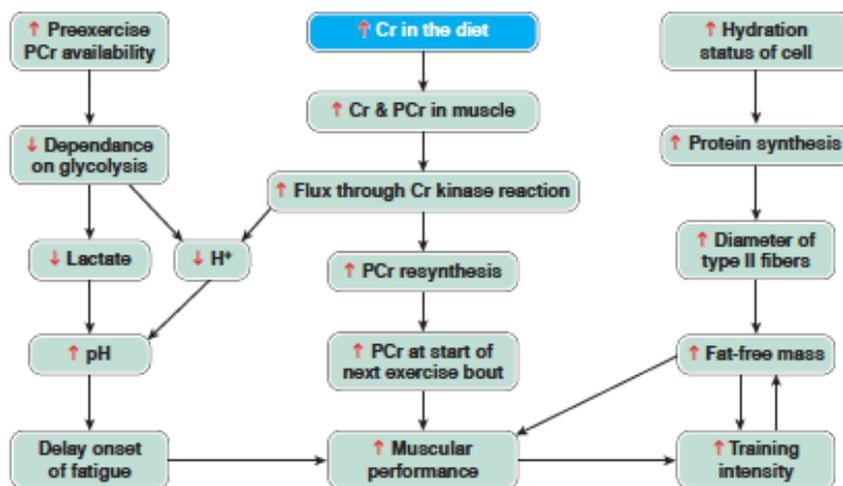
Biasanya, sekitar 1 gram sehari diperoleh melalui asupan makanan yang normal (misalnya, daging merah dan ikan), dan meskipun seseorang dapat meningkatkan asupan makanan dari sumber-sumber tersebut, adalah sulit untuk mencerna creatine pada tingkat yang diperlukan untuk meningkatkan konsentrasi otot. Konsentrasi creatine dalam otot dapat ditingkatkan dengan rejimen pembebanan cepat (5 hari menelan 4 x 5 gram sehari) atau rezim lambat-loading (30 hari menelan 2 x 5 gram sehari). Biasanya, setelah regangan pembebanan, dosis pemeliharaan (3 hingga 5 gram per hari) dicerna untuk mempertahankan konsentrasi creatine otot yang tinggi.

Meskipun mekanisme yang tepat (s) yang memediasi efek positif creatine pada kinerja fisik tetap menjadi topik penelitian, mekanisme utama tampaknya terkait dengan dukungannya terhadap metabolisme fosfat membantu dalam produksi ATP (lihat Bab 2). Kolam creatine mempengaruhi jumlah phosphocreatine (PCr) yang tersedia dan dapat dipecah menjadi komponen dasar creatine dan fosfat. Dalam proses ini, energi yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengikat molekul fosfat menjadi molekul adenosin difosfat (ADP), membuat ATP, senyawa energi yang dibutuhkan untuk kontraksi otot. Dengan demikian, pengaruh suplementasi creatine pada produksi energi tampaknya menjadi salah satu mekanisme utama yang meningkatkan konsentrasi kreatin dalam otot skeletal mempengaruhi kinerja. Gambar 14-5 menggambarkan efek mekanisme dimana suplementasi meningkatkan kinerja.

Ulasan menyimpulkan bahwa creatine adalah suplemen yang aman dan efektif untuk meningkatkan kekuatan dan kekuatan. Pada awal penelitiannya, creatine telah disalahkan karena kram otot, tetapi jika seseorang terhidrasi dengan baik, kram dan toleransi panas telah terbukti tidak berbeda dari kondisi plasebo. Setelah pemuatan, seseorang biasanya mendapatkan 2 hingga 3 pon (0,9-1,4 kilogram) massa tubuh, yang diduga karena peningkatan jumlah air tubuh yang tertahan di otot untuk mempertahankan gradien osmotik normal. Seiring dengan kenaikan berat badan ini, peningkatan kekuatan, kekuatan, dan daya tahan otot lokal juga terjadi. Ini telah mengarahkan para peneliti, pelatih, dan atlet untuk menyimpulkan bahwa kualitas latihan dapat ditingkatkan dengan suplementasi. Peningkatan kinerja fisik bahkan telah diamati pada pria dan wanita yang lebih tua.

Peningkatan kualitas latihan latihan resistensi atau jumlah berat yang dapat diangkat setelah suplementasi dapat menyebabkan peningkatan kekuatan dan kekuatan yang lebih cepat dengan pelatihan ketahanan.<sup>86</sup> Meskipun suplementasi umumnya menghasilkan peningkatan kekuatan dan kekuatan, ada respon variabel karena fakta bahwa beberapa orang memiliki kadar creatine istirahat yang lebih tinggi secara alami di otot mereka. Mereka yang memiliki konsentrasi creatine otot istirahat tinggi menunjukkan sedikit perubahan dalam konsentrasi creatine otot dan sedikit penambahan berat badan dengan suplementasi dan tidak merespon suplementasi. Peningkatan rata-rata kekuatan otot (1-, 3-, atau 10-RM) setelah suplementasi creatine sementara latihan resistensi 8% lebih besar daripada peningkatan rata-rata kekuatan otot setelah konsumsi plasebo sementara pelatihan resistensi (20% vs 12%).<sup>72</sup> Namun, peningkatan kekuatan memang memiliki jangkauan yang luas. Misalnya, bench press 1-RM meningkat dari 3% menjadi 45% dengan suplementasi. Jadi, sudah jelas bahwa suplementasi creatine dapat meningkatkan kekuatan pada orang-orang yang sehat. Menariknya, baru-baru ini dilaporkan bahwa suplementasi creatine dapat mempengaruhi fungsi serebral.

Namun, harus dicatat bahwa manfaat kinerja yang terkait dengan suplementasi creatine diturunkan ke jenis spesifik aktivitas otot. Artinya, karena perannya dalam rephosphorylation dari ADP untuk ATP pada hidrolisis PCR, manfaat dari konsumsi creatine yang paling jelas dengan intensitas tinggi, jenis kegiatan sprint, terutama ketika upaya berulang terlibat. Demikian juga, efek suplementasi creatine selama pelatihan ketahanan dimanifestasikan selama set berulang yang terdiri dari beberapa pengulangan. Sebaliknya, kinerja pengulangan tunggal dari latihan resistensi, atau upaya, tunggal singkat, semua, seperti upaya menembak, tidak mungkin langsung meningkatkan dengan suplementasi creatine sebagai otot mengandung cukup ATP untuk memenuhi tuntutan seperti singkat upaya. Tetapi perbaikan dapat terjadi seiring waktu sebagai akibat dari peningkatan volume pelatihan yang dimungkinkan oleh suplementasi creatine. Untuk para atlet yang mengandalkan metabolisme aerobik, konsumsi creatine tidak memberikan keuntungan, bahkan seiring waktu.



**Figure 14-5. Mechanisms by which creatine supplementation improves physical performance.** The increased muscle concentrations of creatine improve maximal strength and the quality of weight training sessions, resulting in increased fat-free mass over time, which further increases maximal strength.