

REVIEW ARTICLE

KESEIMBANGAN CECAIR BADAN SEMASA SENAMAN DALAM KEADAAN BERHABA

Rabindarjeet Singh

Sports Science Unit,
School of Medical Sciences, Universiti Sains Malaysia
16150 Kubang Kerian, Kelantan, Malaysia

Major sporting events in Asia are commonly staged in hot environments where the average daytime temperature is generally 29-31°C with the average relative humidity ranging from 80-95%. Exercise capacity and exercise performance are reduced when the ambient temperature is high and it has major implications for competitors as well as for spectators and officials. Prolonged exercise leads to progressive water and electrolyte loss from the body as sweat is secreted to promote heat loss. The rate of sweating depends on many factors and increases in proportion to work rate and environmental temperature and humidity. Sweat rates are highly variable and can exceed 2L.h⁻¹ for prolonged periods in high heat. Since dehydration will impair exercise capacity and can pose a risk to health, the intake of fluid during exercise to offset sweat losses is important. Carbohydrate-electrolyte fluid ingestion during exercise has the dual role of providing a source of carbohydrate fuel to supplement the body's limited stores and of supplying water and electrolytes to replace the losses incurred by sweating. The composition of the drinks to be taken will be influenced by the relative importance of the need to supply fuel and water which, in turn depends on the intensity and duration of exercise activity, the ambient temperature and humidity. Carbohydrate-electrolyte solutions appear to be more effective in improving performance than plain water. There is no advantage to fluid intake during exercise of less than 30-minute duration. Complete restoration of fluid balance after exercise is an important part of the recovery process and becomes even more important in hot, humid conditions. If a second bout of exercise has to be performed after a relatively short interval, the speed of rehydration becomes of crucial importance. Rehydration after exercise requires not only replacement of volume losses, but also replacement of some electrolytes, primarily sodium. Studies show that rehydration after exercise can be achieved only if sweat electrolyte losses as well as water are replaced. Drinks with low sodium content are ineffective at rehydration and they will only reduce the stimulus to drink. Addition of small amount of carbohydrate to the rehydrating drinks may improve the rate of intestinal uptake of sodium and water and will improve palatability. The volume of the rehydration beverage consumed should be greater than the volume of sweat lost to provide the ongoing obligatory urine losses and palatability of the beverage is a major issue when a large volume of fluid has to be consumed.

Key words : exercise, dehydration, thermoregulation, fluid balance, sweating, fluid intake, electrolyte, carbohydrate solutions, performance

Pengenalan

Keseimbangan air adalah kritikal bagi fungsi semua organ dalam tubuh dan untuk penjagaan

kesihatan secara umumnya (1, 2). Air ialah bahan perantara bagi penghantaran nutrien, gas dan bahan kumuhan serta untuk semua tindakbalas biokimia sel dan tisu. Air adalah penting untuk mengekalkan

Jadual 1: Kesan hipohidrasi ke atas kuasa aerobik maksimum dan kapasiti kerja fizikal.

Kajian	Prosedur Dehidrasi	Δ Berat Badan	Persekitaran Ujian	Bentuk Senaman	Kuasa Aerobik Maksimum	Kapasiti Kerja Fizikal
Armstrong <i>et al.</i> (9)	Diuretik	-1%	Neutral	TM	ND	\downarrow 6%
Caldwell <i>et al.</i> (24)	Senaman	-2%	Neutral	CY	ND	\downarrow 7W
	Diuretik	-3%	Neutral	CY	\downarrow 8%	\downarrow 21W
Saitin (35)	Sauna	-4%	Neutral	CY	\downarrow 4%	\downarrow 23W
	Sauna, haba, senaman, Diuretik	-4%	Neutral	CY	ND	\downarrow (?)
Pinchan <i>et al.</i> (125)	Sekatan pengambilan cecair	-1%	Panas	CY	-	\downarrow 6%
		-2%	Panas	CY	-	\downarrow 8%
		-3%	Panas	CY	-	\downarrow 20%
Craig and Cummings (26)	Haba	-2%	Panas	TM	\downarrow 10%	\downarrow 22%
		-4%	Panas	TM	\downarrow 27%	\downarrow 48%
Buskirk <i>et al.</i> (25)	Senaman, haba	-5%	Neutral	TM	\downarrow 0.22 L.min ⁻¹	-
Webster <i>et al.</i> (27)	Senaman dalam	-5%	Neutral	TM	\downarrow 7%	\downarrow 12%
	haba, sauna					
Herbert and Ribisl (126)	?	-5%	Neutral	CY	-	\downarrow 12%
Houston <i>et al.</i> (127)	Sekatan pengambilan cecair	-8%	Neutral	TM	ND	\downarrow 17%

TM= treadmill; CY=basikal ergometer

isipadu darah yang secukupnya dan seterusnya fungsian sistem kardiovaskular. Keupayaan badan untuk mengagih semula air antara kompartmen cecair dalam tubuh menjadi sumber simpanan untuk meminimumkan kesan kekurangan air. Setiap kompartmen cecair ini mengandungi elektrolit. Kepekatan dan komposisi elektrolit ini adalah amat penting dalam mengawal pergerakan cecair antara kompartmen intrasel dan ekstrasel serta mengekalkan potensial elektrolit membran (1-3). Ciri-ciri kimia-fizikal air juga membantu dalam homeostasis termal melalui konduksi termal dan pengewapan haba pendam.

Semasa senaman, haba yang terhasil dari metabolisme tenaga boleh meningkat dengan mudahnya sepuluh kali ganda bagi individu yang sihat dan aktif manakala bagi seorang atlit yang terlatih ia boleh meningkat sehingga 20 kali ganda (4). Hampir 80% dari tenaga ini dibebaskan sebagai haba dan sebahagian kecil ditukarkan menjadi kerja otot. Pembebasan haba ini akan mengikut kecerunan suhu dari otot ke kor badan, kemudiannya ke kulit dan seterusnya ke persekitaran luar. Untuk mengelakkan penyimpanan haba dan peningkatan suhu badan, haba yang dihasilkan melalui metabolisme harus dibebaskan ke persekitaran bagi tujuan mengekalkan suhu badan dalam had-had fisiologi yang kecil.

Semasa rehat, kelebihan haba pada tubuh dapat dielakkan secara asasnya melalui sinaran, konveksi dan konduksi serta sejumlah kecil hilang

melalui sejatan peluh. Semasa bersenam, sejatan peluh menjadi cara utama bagi pemindahan haba (4). Oleh yang demikian, apabila suhu ambien melebihi suhu kulit, kehilangan haba hanya boleh berlaku melalui sejatan peluh pada permukaan kulit. Penyejukan 1L peluh daripada permukaan kulit dapat membebaskan haba dari tubuh sebanyak 580 kcal (5). Kehilangan peluh yang signifikan juga boleh berlaku jika senaman berintensiti tinggi dilakukan dalam persekitaran yang sejuk.

Pengeluaran peluh pada kadar yang tinggi adalah penting semasa senaman jangka masa panjang bagi mengehadkan peningkatan suhu badan yang mungkin terjadi. Semasa senaman, kadar peluh yang melebihi 2 L.jam⁻¹ boleh dikekalkan untuk beberapa jam oleh individu yang terlatih dan telah menyesuaikan diri dengan keadaan yang panas dan lembap (6). Walau bagaimanapun kehilangan peluh yang banyak mempunyai kelemahan kerana perpeluhan ini boleh menyebabkan dihidrasi badan secara progresif. Pada kadar peluh yang tinggi, sebahagian besar peluh tidak disejatkan malah akan menitis daripada badan dan kulit. Peluh yang menitis ini tidak berkesan dalam penyejukan badan dan tidak berfaedah kepada atlit, malah ia boleh meningkatkan risiko dihidrasi.

Kehilangan cecair badan

Kadar berpeluh bergantung kepada keperluan menghilangkan haba, iaitu bergantung kepada kadar

penghasilan haba dan suhu persekitaran (7). Penghasilan haba berkadar terus kepada intensiti senaman, dalam sukan berlari dan berbasikal. Untuk kebanyakan sukan lain, intensiti senaman tidak tetap tetapi terdiri daripada tahap rehat, dan intensiti rendah dan tinggi.

Dalam acara maraton, pelari yang lebih pantas mempunyai kadar kehilangan peluh yang lebih tinggi berbanding dengan pelari yang perlahan. Walaupun pelari pantas berlari untuk tempoh yang singkat, tetapi jumlah kehilangan peluh pada pelari tersebut tidak berkaitan dengan masa yang diambil untuk menamatkan larian maraton. Kadar penghasilan peluh dalam kalangan peserta dalam semua acara sukan berbeza antara satu sama lain. Seseorang orang berpeluh mandi dan kebanyakan peluh ini menitis daripada permukaan badan tanpa berlaku sejatan. Hal ini boleh dianggap sebagai mekanisme berpeluh yang tidak berkesan. Kadar rembesan peluh tidak ada perhubungan terus dengan kadar penghasilan haba. Alasan seseorang merembes peluh yang berlebihan masih kurang jelas. Semasa acara maraton yang diadakan pada suhu persekitaran yang rendah (10 °C), pelari yang bertanding dalam keadaan yang sama dengan pengambilan cecair yang sama mungkin akan kehilangan berat badan sebanyak 1% hingga 6% (0.7-4.2 kg bagi individu yang beratnya 70kg) (8). Pada persekitaran suhu yang tinggi, kehilangan peluh yang bersamaan dengan 8% daripada berat badan mungkin berlaku pada pelari maraton. Kehilangan tersebut ini adalah 5-6 liter air bagi individu yang berat badannya 70 kg (5).

Kehilangan air serendah 2% daripada berat badan boleh menjejaskan toleransi untuk bersenam (5, 9-11) dan jika kehilangan ini melebihi 5% daripada berat badan, kapasiti senaman boleh mengurang sebanyak 30% (12). Kehilangan cecair badan diagihkan ke pelbagai bahagian di antara plasma, cecair intrasel dan ekstrasel. Pengurangan pada isipadu plasma mempunyai implikasi yang signifikan dan kemungkinan boleh jeaskan prestasi senaman secara signifikan. Pengaliran darah ke otot-otot harus dikekalkan sepanjang sesi senaman untuk membekalkan oksigen dan substrat ke otot-otot yang terlibat dan juga untuk mengeluarkan karbon dioksida dan bahan sisa yang lain. Pengaliran darah ke kulit seharusnya mencukupi supaya dapat membawa haba ke permukaan badan untuk dibebaskan. Jika isipadu darah berkurangan kerana kehilangan cecair, kemungkinan timbul kesukaran bagi memenuhi keperluan kadar aliran yang tinggi ke otot dan kulit. Kekurangan isipadu plasma juga

akan mengakibatkan peningkatan kelikatan darah dan memaksa jantung bekerja lebih keras bagi mengepamkan darah dalam sistem pengedaran darah (12-21). Oleh itu, dihidrasi mungkin lebih penting berbanding dengan kekurangan substrat dalam menyebabkan kelesuan semasa senaman yang berpanjangan, terutamanya dalam cuaca panas. Yang menyebabkan kehilangan cecair adalah tinggi dan tidak mungkin digantikan semasa senaman. Dalam keadaan ini, aliran darah ke bahagian kulit juga terjejas, untuk mengekalkan tekanan vena pusat dan aliran darah ke otot. Hal ini akan mengurangkan kehilangan haba dan seterusnya mengakibatkan peningkatan suhu badan (22).

Kesan dehidrasi ke atas prestasi senaman

Banyak kajian telah dilakukan untuk menyelidik pengaruh dehidrasi ke atas kuasa aerobik maksimum dan kapasiti kerja fizikal (23). Kapasiti kerja fizikal bagi intensiti senaman aerobik yang progresif akan menurun apabila seseorang sudah mengalami dehidrasi (23). Kapasiti kerja fizikal mengalami penurunan yang disebabkan oleh kehilangan jumlah air yang kecil (marginal) (kehilangan berat badan 1-2%), dan penurunan kapasiti ini akan menjadi semakin besar apabila kehilangan air semakin bertambah (9, 24). Kesan dehidrasi ke atas kemerosotan kapasiti kerja fizikal adalah lebih besar dalam iklim panas berbanding dengan iklim sejuk (24-27). Dalam persekitaran yang beriklim sederhana, kehilangan air yang kurang daripada 3% berat badan didapati tidak mengubah kuasa aerobik maksimum. Kuasa aerobik maksimum menurun apabila dehidrasi mencapai atau melebihi 3% berat badan. Dalam persekitaran yang panas, Craig dan Cummings (26) telah menunjukkan bahawa kehilangan air yang sedikit (2% dari berat badan) hingga sederhana (4% dari berat badan) telah menyebabkan penurunan kuasa aerobik maksimum yang besar. Malahan pada tahap dehidrasi yang rendah (1.8%) masa prestasi untuk senaman berintensiti tinggi (90% VO_{2max}) juga menurun (11). Adalah dipercayai bahawa sistem kawalatur suhu, melalui peningkatan suhu dengan kehilangan air badan, memainkan peranan yang penting dalam penurunan prestasi senaman. Jadual I menunjukkan rumusan penyelidikan yang berkaitan dengan kesan dehidrasi ke atas kuasa aerobik maksimum dan kapasiti kerja fizikal.

Berkaitan dengan kesan dehidrasi terhadap toleransi fisiologi semasa senaman submaksimum, Adolph (28) telah melaporkan bahawa 16% daripada

askar yang tidak minum dan 2% dari askar yang meminum mengikut *ad libitum* masing-masing telah mengalami kepenatan dari terikan haba semasa melakukan perjalanan enduran (4-6.5km/jam, 2-23jam, $T_a \sim 38^\circ\text{C}$) di gurun. Ladell (29) mengadakan percubaan iaitu subjek berjalan selama 140 min dalam persekitaran panas ($T_a \sim 38^\circ\text{C}$) sambil diberi minuman gabungan air dan garam yang berbeza. Beliau telah melaporkan bahawa kepenatan daripada terikan haba telah terjadi pada 75% daripada subjek yang tidak menerima air dan 7% daripada subjek yang mengambil air. Secara jelasnya, kajian ini menunjukkan dehidrasi meningkatkan kejadian kepenatan daripada terikan haba. Baru-baru ini, Sawka *et al.* (30) mengadakan percubaan iaitu subjek dikehendaki berjalan di atas treadmill bagi jangka masa yang panjang ($\sim 25\% \text{VO}_{2\text{max}}$ selama 140min) dalam persekitaran yang kering dan panas ($T_a \sim 49^\circ\text{C}$, kelembapan=20%) ketika subjek berada dalam keadaan euhidrasi atau dehidrasi pada tahap 3%, 5% dan 7% daripada berat badan. Kesemua lapan subjek dalam keadaan euhidrasi dan dehidrasi pada tahap 3% dapat menyempurnakan ujian. Sementara itu, tujuh subjek yang mengalami dehidrasi pada tahap 5% juga dapat menyempurnakan ujian tersebut. Bagi keadaan dehidrasi pada tahap 7%, enam subjek tidak dapat menghabiskan ujian dan hanya mampu melakukan perjalanan selama 64 minit pada puratanya. Hal ini jelas menunjukkan bahawa dehidrasi meningkatkan insiden kepenatan daripada terikan haba.

Dehidrasi juga mengganggu prestasi atlit dalam pertandingan larian jarak sederhana kompetitif. Armstrong *et al.* (9) dalam kajian mereka meminta atlit yang berada dalam keadaan euhidrasi dan dehidrasi berlari pada jarak 1,500m, 5,000m dan 10,000m. Keadaan dehidrasi (2% daripada berat badan) diperolehi dengan cara diuretik, dan isipadu plasma berkurangan sebanyak 11%. Prestasi larian didapati merosot pada semua jarak larian, khususnya pada jarak larian jauh ($\sim 5\%$ bagi jarak larian 5000 dan 10000m) berbanding dengan jarak yang lebih dekat (3% bagi jarak larian 1500m). Burge *et al.* (31) telah menyelidik prestasi simulasi mendayung 2000m dan mendapati pendayung mengambil lebih masa purata 22 saat untuk menghabiskan ujian apabila berada dalam keadaan dehidrasi berbanding dengan euhidrasi. Di samping itu, dehidrasi juga mengurangkan purata kuasa mendayung sebanyak 5%.

Dalam senaman yang berpanjangan, kadar peluh mungkin boleh mencapai $2-3 \text{ L}\cdot\text{jam}^{-1}$. Gabungan kesan dehidrasi yang progresif dan

peningkatan suhu badan boleh menimbulkan ancaman yang besar kepada pelari. Dalam acara maraton yang diadakan pada suhu persekitaran yang tinggi, pelumba mungkin kehilangan berat badan sebanyak 8%. Hal ini adalah bersamaan dengan kehilangan sebanyak 13% daripada jumlah air badan (6). Walaupun dalam acara jarak sejauh 10km, kemungkinan kehilangan air melebihi 2% daripada berat badan boleh berlaku. Kebanyakan nilai suhu rektal yang tertinggi diperolehi daripada pelumba jarak jauh selepas larian yang kurang daripada jarak marathon. Dalam kalangan pelumba dalam perlumbaan 14km, Sutton (32) melaporkan suhu rektal melebihi 42°C dalam lebih daripada 30 kes dalam tempoh beberapa tahun. Dalam kes-kes ini, hiperthermia kemungkinan lebih sering berlaku apabila kadar penghasilan haba adalah sangat tinggi, seperti dalam perlumbaan 10km (33). Pada intensiti senaman yang tinggi ini, aliran darah pada kulit mungkin berkurangan disebabkan sebahagian keluaran jantung telah diagih ke otot yang bekerja. Oleh itu, kadar kehilangan haba akan berkurangan.

Untuk ulasan yang menyeluruh tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kehilangan cecair semasa senaman dan kesan dehidrasi ke atas prestasi senaman, sila rujuk kepada Lamb & Brodowicz (34) dan Maughan & Shirreffs (5).

Penggantian cecair semasa senaman

Kehilangan cecair badan yang menyebabkan pengurangan isipadu plasma yang kecil pun boleh menjejaskan kapasiti kerja fizikal (35). Semasa senaman yang berpanjangan, pengekal isipadu plasma merupakan faktor yang amat penting. Peningkatan kadar denyutan progresif biasanya berlaku semasa bersenam pada beban kerja yang tetap. Perkara ini mencerminkan peningkatan keluaran jantung yang diperlukan untuk memenuhi keperluan peningkatan aliran darah ke kulit untuk meningkatkan kadar kehilangan haba, di samping mengekalkan bekalan oksigen dan substrat kepada otot-otot yang bekerja (36). Pengagihan semula aliran darah ini melibatkan pengurangan aliran darah dari usus ke hepar yang mungkin menurunkan kadar pengosongan gastrik dan penyerapan usus. Kadar maksimum penyerapan air daripada usus semasa senaman berat kemungkinan menjadi tidak sepadan dengan kadar kehilangan peluh yang tinggi (37).

Kemampuan untuk melakukan senaman yang berpanjangan dalam keadaan panas memerlukan penggantian air yang hilang untuk mengelakkan dehidrasi. Beberapa kajian telah menunjukkan

bahawa pengambilan air semasa senaman adalah berkesan untuk meningkatkan prestasi dan melambatkan titik mula lesu (9, 37-42). Untuk mengekalkan kadar keluaran kerja yang tinggi atau prestasi bersenam dalam keadaan panas, mungkin juga dihadkan oleh bekalan karbohidrat yang sedia ada sebagai bahan bakar bagi otot-otot yang bekerja. Oleh itu, minuman karbohidrat berelektrolit yang diambil semasa senaman mempunyai dua fungsi, membekalkan air untuk menggantikan air yang hilang melalui peluh dan sebagai suplemen bahan bakar yang punca karbohidrat tersimpan dalam tubuh adalah terhad (5, 34, 43-47). Below *et al.* (38) telah menunjukkan bahawa pengambilan air dan karbohidrat mempunyai kesan aditif dan tidak bersandar terhadap prestasi senaman. Satu kajian telah menunjukkan penggantian air pada kadar 100ml seminit tidak meningkatkan enduran berbasikal pada 70% VO_{2max} , sedangkan pengambilan 4% minuman glukosa-berelektrolit telah dapat memanjangkan masa senaman secara signifikan (48). Kadar substrat dan air yang boleh dibekalkan kepada seseorang semasa senaman adalah dihadkan oleh kadar pengosongan gastrik dan penyerapan usus, malah tidak jelas yang mana satu proses mengehadkannya. Secara umumnya, kadar pengosongan gastrik dianggap akan menentukan kadar maksimum pengambilan cecair dan substrat yang sedia ada (34, 44).

Meningkatkan kandungan karbohidrat dalam minuman akan melambatkan kadar pengosongan gastrik (49) dan mengurangkan kadar air yang boleh dibekalkan. Akan tetapi kehadiran glukosa dan natrium di dalam ruangan usus kecil dapat merangsang penyerapan dengan syarat osmolaliti cecair tidak tinggi (50). Sebaliknya, meningkatkan kandungan karbohidrat dalam minuman akan meningkatkan jumlah bekalan bahan bakar, tetapi ia cenderung mengurangkan kadar jumlah air yang boleh diserap oleh usus. Jika keperluan air diutamakan, maka kandungan karbohidrat dalam minuman seharusnya rendah, tetapi ini mengehadkan kadar pembekalan substrat (karbohidrat). Komposisi minuman yang perlu diambil semasa senaman akan dipengaruhi oleh keperluan untuk membekalkan bahan bakar dan air. Pembekalan ini juga bergantung kepada intensiti dan tempoh senaman, suhu dan kelembapan persekitaran serta ciri-ciri fisiologi dan biokimia seseorang atlet. Jika keutamaan adalah penggantian air, maka minuman isotonik atau hipotonik sederhana yang mengandungi karbohidrat dan natrium adalah lebih efektif (51). Kebanyakan

minuman sukan dalam pasaran mengandungi 6-8% karbohidrat, lebih kurang 20-25mmol.L⁻¹ natrium dan kepekatan kalium yang rendah (4-5 mmol.L⁻¹). Formula kandungan minuman ini menggambarkan kompromi antara penggantian air pada kadar tertinggi dan pembekalan karbohidrat yang terbanyak. Daripada rumusan kajian-kajian lepas, adalah dilaporkan bahawa kadar pengosongan gastrik yang sama diperolehi bagi minuman yang mengandungi karbohidrat antara julat 0-10% (52).

Dengan menggunakan pelbagai model eksperimen terhadap kesan-kesan penggunaan beberapa jenis minuman yang berbeza telah dijalankan secara meluas. Kebanyakan kajian tersebut telah menunjukkan kesan-kesan positif terhadap pengambilan minuman ke atas prestasi senaman. Coyle *et al.* (53) telah menunjukkan bahawa senaman pada beban kerja yang tetap boleh dikekalkan 30% lebih lama (dari 3 hingga 4 jam) apabila minuman berkarbohidrat diberikan semasa senaman. Sebegitu juga, lima kajian lain yang dikendalikan dengan teliti telah menunjukkan bahawa pengambilan minuman berkarbohidrat dapat meningkat prestasi berbasikal bagi kayuhan yang dilakukan secara berterusan selama 2 jam atau lebih (54-58). Walau bagaimanapun, tiga kajian yang lain menunjukkan bahawa pengambilan minuman berkarbohidrat tidak memberi kesan positif dan tiada satu pun daripada kajian tersebut menunjukkan prestasi senaman terjejas (59-61). Dalam semua kajian yang menunjukkan kesan positif, jumlah isipadu minuman yang diambil adalah antara 0.4 hingga 2.7 liter dan pengambilan karbohidrat adalah antara 120 hingga 410 gram.

Dalam kajian senaman intermiten berbasikal yang berpanjangan dan diikuti dengan pecutan selama 12 hingga 14 minit pada intensiti yang tinggi, didapati prestasi meningkat apabila minuman yang mengandungi pelbagai jenis gula pada kepekatan 50, 60 atau 75g.L⁻¹ diberikan pada kadar 8.5ml.kg⁻¹.hr⁻¹ (62) atau minuman yang mengandungi 6% sukrosa (42g dalam 692ml) diberikan (63). Begitu juga, apabila minuman 47g campuran glukosa-sukrosa dengan tambahan elektrolit atau 55g campuran glukosa polimer-fruktosa dengan tambahan elektrolit juga boleh meningkatkan prestasi pecutan berbasikal yang bertahan selama 6 minit (44). Walau bagaimanapun, tiada peningkatan prestasi senaman apabila minuman yang diberikan mengandungi polimer glukosa rendah, fruktosa (76g dalam 1.27L) atau 8-10% polimer karbohidrat (44, 64, 65).

Seperti mana dalam kajian berbasikal, prestasi larian juga meningkat apabila minuman

berkarbohidrat diberikan (90g sukrosa dalam 500ml (66); minuman yang mengandungi 7% karbohidrat berelektrolit (67). Dalam satu kajian berjalan kaki yang berpanjangan, masa berjalan meningkat apabila minuman 120g polimer glukosa dalam 1.5L air diberikan berbanding dengan plasebo (68). Dalam satu kajian yang lain, iaitu subjek boleh mengubah kelajuan treadmill untuk mencapai jarak larian maksimum dalam tempoh masa yang ditetapkan atau menamatkan jarak larian yang ditetapkan dalam masa tersingkat, Williams dan rakan-rakan, telah menunjukkan peningkatan kelajuan pada peringkat akhir ujian larian apabila minuman mengandungi karbohidrat diberikan (69, 70).

Dalam kajian lapangan, meskipun terdapat banyak kesukaran dalam mengendalikan kajian sedemikian dan kekurangan kajian yang dikawal dengan teliti, masih terdapat kajian-kajian yang menunjukkan kesan ergogenik melalui pengambilan minuman glukosa berelektrolit. Dalam satu ujian berjalan/larian, subjek yang diberi minuman glukosa berelektrolit dapat menamatkan jarak sejauh 7 batu (11.2 km) manakala subjek yang tidak diberikan minuman hanya dapat mencapai jarak purata 7.5km (71). Dalam satu kajian iaitu dua kumpulan pelari maraton yang sepadan mengambil 1.4L sama ada air biasa atau minuman glukosa berelektrolit, didapati 60% daripada peserta yang mengambil minuman glukosa berelektrolit dapat berlari lebih pantas daripada yang dijangkakan berbanding dengan 40% pelari yang mengambil air biasa (72). Begitulah juga dengan pemain bola sepak yang diberi 7% polimer glukosa semasa latihan perlawanan didapati kurang menggunakan glikogen sebanyak 31% berbanding dengan kumpulan plasebo (73). Penggunaan glikogen yang kurang ini memberikan kelebihan kepada pemain pada penghujung perlawanan, kajian ini telah menunjukkan bahawa pemain yang bermula dengan simpanan glikogen otot yang rendah, berlari pada jarak yang kurang khususnya semasa separuh masa kedua dan menggunakan lebih masa untuk berjalan serta berlari pada kelajuan yang rendah (74).

Walaupun terdapat bukti jelas yang menunjukkan kesan positif pengambilan air dan kesan negatif akibat dehidrasi terhadap prestasi senaman (75), masih terdapat ramai atlet yang tidak mengambil minuman yang mencukupi untuk menggantikan air yang hilang melalui peluh semasa senaman (76). Sebahagian dari fenomena ini disebabkan oleh mekanisme dahaga yang kurang sensitif pada manusia. Biasanya rangsangan untuk meminum akan tercetus apabila tahap dehidrasi

mencapai kehilangan air sebanyak 2% daripada berat badan (28). Tahap dehidrasi ini sudah cukup untuk menjejaskan prestasi senaman dan kapasiti regulasi suhu. Meminum air boleh dirangsang kepada suatu takat dengan meningkatkan citarasa sesuatu minuman (77) atau dengan mendidik para atlet melalui proses peningkatan kesedaran tentang perlunya usaha untuk menambah pengambilan air dalam situasi dehidrasi mungkin berlaku.

Rehidrasi Selepas Senaman

Penggantian air dan kehilangan elektrolit selepas tempoh senaman merupakan sesuatu yang amat penting untuk mengekalkan kapasiti senaman apabila latihan yang sama perlu dilakukan berulang kali. Keperluan untuk penggantian air dengan jelasnya bergantung kepada jumlah kehilangan air semasa senaman, semasa tidak bersenam dan juga bergantung kepada masa dan jenis senaman yang berikutnya. Atlet yang tinggal di kawasan panas akan mengalami kehilangan air yang banyak walaupun mereka tidak melakukan senaman.

Faktor-faktor asas yang mempengaruhi proses rehidrasi selepas senaman adalah komposisi dan jumlah air yang diambil. Air kosong bukanlah minuman yang ideal untuk rehidrasi selepas senaman terutamanya apabila pemulihan keseimbangan cecair yang cepat dan sempurna diperlukan. Pengambilan air kosong selepas senaman akan mengakibatkan penurunan kepekatan natrium plasma dan osmolaliti plasma dengan cepat, yang diikuti dengan diuresis (78, 79). Perubahan ini membawa kesan dalam mengurangkan rangsangan untuk meminum dan merangsangkan penghasilan air kencing iaitu kedua-dua kesan ini melambatkan proses rehidrasi. Walau bagaimanapun, apabila minuman yang mengandungi elektrolit diambil, keluaran air kencing akan berkurangan dan tahap keseimbangan air akan menghampiri keadaan sebelum senaman (80). Nielsen *et al.* (81) dan penyelidik lain (78, 79, 82, 83) telah menunjukkan perbezaan kadar dan takat perubahan isipadu plasma apabila pelbagai minuman karbohidrat berelektrolit diberikan semasa pemulihan dehidrasi akibat daripada senaman. Peningkatan isipadu plasma adalah lebih besar apabila minuman yang hanya mengandungi natrium sebagai kation tunggal yang di tambah, berbanding dengan minuman yang mengandungi kurang elektrolit tetapi lebih karbohidrat ataupun minuman yang mengandungi tambahan kalium. Dalam kajian Nose *et al.* (79) isipadu plasma tidak dapat dipulih

sehingga selepas 60 minit apabila air kosong diambil bersama-sama dengan kapsul plasebo (sukrosa). Sebaliknya, apabila natrium klorida dicampurkan dengan air untuk mendapat larutan salin yang berkepekatan efektif pada 0.45% (77 mmol L⁻¹), isipadu plasma dipulihkan dalam masa 20 minit. Dalam kajian yang menggunakan natrium klorida, pengambilan air secara sukarela adalah lebih tinggi sementara penghasilan air kencing adalah lebih rendah: iaitu 29% daripada air yang diambil telah hilang sebagai air kencing dalam tempoh 3 jam berbanding dengan 49% dalam kajian yang menggunakan air kosong. Kelewatan rehidrasi dalam kajian yang melibatkan pengambilan air kosong adalah hasil daripada kehilangan air sebagai air kencing akibat daripada pemulihan pantas aktiviti renin plasma dan paras aldosteron ke tahap kawalan (84).

Hasil kajian-kajian ini telah menunjukkan bahawa jumlah penghasilan air kencing dalam beberapa jam selepas senaman dipengaruhi oleh kuantiti natrium yang diambil. Oleh itu, tambahan natrium dalam minuman rehidrasi boleh dijustifikasikan berdasar kepada dua perkara. Pertama, natrium merangsang penyerapan glukosa dalam usus kecil: penyerapan air daripada lumen usus adalah proses pasif dan ditentukan oleh kecerunan osmotik setempat. Pengangkutan aktif bersama bagi glukosa dan natrium menghasilkan kecerunan osmotik yang mendorong penyerapan bersih air, dan dengan itu kadar rehidrasi adalah lebih tinggi apabila minuman glukosa-natrium diberi berbanding dengan air kosong. Kedua, penggantian kehilangan peluh dengan air kosong akan menyebabkan pencairan darah jika isipadu air kosong yang diminum adalah besar. Penurunan osmolaliti plasma dan kepekatan natrium yang berlaku dalam keadaan ini akan mengurangkan rangsangan untuk minum dan akan mendorong penghasilan air kencing (79) dan berpotensi untuk mengakibatkan sesuatu keadaan yang lebih buruk seperti hiponatremia (76).

Melalui penyelidikan yang sistematik mengenai perhubungan antara kehilangan natrium di seluruh badan melalui peluh dan keberkesanan pemulihan keseimbangan cecair dengan minuman yang mempunyai pelbagai kepekatan natrium, Shirreffs dan Maughan (85) telah menunjukkan bahawa dengan memberikan jumlah air yang mencukupi, euhidrasi akan dicapai apabila pengambilan natrium lebih tinggi daripada kehilangan natrium melalui berpeluh. Oleh itu adalah dicadangkan minuman yang sesuai diambil

untuk rehidrasi selepas senaman seharusnya mengandungi kepekatan natrium yang sama dengan peluh yang dihasilkan.

Keperluan untuk mengganti balik natrium wujud daripada peranannya sebagai ion utama dalam cecair ekstrasel. Adalah dispekulasi bahawa kemasukan kalium, kation utama intrasel, dapat meningkatkan penggantian air intrasel selepas senaman dan seterusnya mendorong rehidrasi (86, 87). Nielsen *et al.* (81) telah menunjukkan bahawa pemulihan isipadu plasma dalam masa 2 jam selepas dehidrasi adalah lebih cepat apabila cecair yang bernatrium tinggi diberikan. Akan tetapi, rehidrasi intrasel lebih cenderung kepada minuman yang mengandungi kepekatan kalium yang lebih tinggi. Yawata (88) mendapati bahawa adanya kecenderungan untuk pemulihan cecair ruang intrasel yang lebih baik dengan larutan kalium klorida berbanding dengan larutan natrium klorida bagi tikus yang didehidrasikan akibat haba walaupun isipadu larutan kalium klorida yang sedikit diberikan. Dalam kajian tentang kesan penambahan elektrolit pada minuman, Maughan *et al.* (86) mendapati bahawa jumlah isipadu air kencing yang kecil dihasilkan selepas rehidrasi apabila minuman yang mengandungi natrium atau kalium diambil berbanding dengan minuman tanpa elektrolit. Pengurangan isipadu plasma sebanyak 4.4% didapati dengan dehidrasi dalam semua percubaan tetapi kadar pemulihan isipadu plasma adalah paling perlahan apabila minuman yang mengandungi kalium klorida diambil. Walau bagaimanapun, didapati tiada perbezaan dalam pecahan cecair yang tersimpan selepas 6 jam meminum minuman yang mengandungi elektrolit. Kajian ini menunjukkan bahawa penambahan kalium adalah sama berkesan dengan natrium dalam pengekal air yang diminum selepas dehidrasi akibat senaman. Penambahan salah satu ion ini secara signifikan akan meningkatkan pengekal pembahagian cecair yang diminum; tetapi apabila isipadu yang diminum adalah sama dengan jumlah cecair yang hilang semasa senaman, didapati tiada kesan aditif daripada penglibatan kedua-dua ion ini seperti mana yang dijangkakan sekiranya mereka bertindak secara berasingan ke atas ruang-ruang cecair badan yang berlainan (89). Dengan menggunakan sejenis minuman buah-buahan semulajadi yang mempunyai kandungan kalium yang tinggi serta kandungan natrium yang rendah, Singh dan rakan-rakan (90), dan Saat *et al.*, (91) mendapati bahawa pemulihan isipadu plasma dan darah selepas dehidrasi akibat senaman adalah sama antara air kelapa dan minuman

karbohidrat-berelektrolit semasa rehidrasi selama 2 jam. Ini menunjukkan peranan kalium dalam peningkatan rehidrasi melalui rehidrasi intrasel.

Banyak kajian (78, 80-83, 92) menunjukkan bahawa rehidrasi yang tidak lengkap atau dehidrasi 'involuntari' biasanya berlaku. Salah satu sebab untuk fenomena ini adalah kerana respon dipsogenik yang normal tidak mencukupi untuk menggantikan dengan sepenuhnya cecair yang hilang semasa senaman yang berlaku sebelum ini (92, 93). Tambahan pula, kehilangan air kencing tetap wujud walaupun dalam keadaan dehidrasi sebab keperluan untuk mengeluarkan bahan-bahan sisa metabolik. Sekiranya rehidrasi yang berkesan ingin dicapai, isipadu cecair yang diminum selepas berpeluh akibat senaman atau kepanasan seharusnya melebihi isipadu peluh yang hilang. Hal ini diselidik oleh Shirreffs *et al.* (94) yang mengkaji pengaruh isipadu minuman yang diambil ke atas keberkesanan rehidrasi akibat senaman sehingga mencapai lebih kurang 2% berat badan. Isipadu minuman yang diambil adalah bersamaan dengan 50%, 100%, 150% dan 200% daripada kehilangan peluh selepas senaman. Untuk mengkaji interaksi antara isipadu minuman dan kandungan natrium, satu minuman dengan kandungan bernatrium rendah (23 mmol.L⁻¹) dibandingkan dengan minuman bernatrium tinggi (61 mmol.L⁻¹).

Bagi kedua-dua minuman ini, isipadu air kencing yang dihasilkan mempunyai kaitan dengan jumlah isipadu yang diminum. Isipadu air kencing yang paling sedikit dihasilkan apabila minuman yang diminum adalah 50% daripada kehilangan air, manakala isipadu air kencing yang paling banyak terhasil apabila 200% daripada kehilangan air diambil. Semua subjek tidak dapat kembali ke keadaan euhidrasi apabila mereka hanya minum jumlah isipadu air yang bersamaan dengan atau kurang daripada jumlah kehilangan peluh: tanpa mengambil kira komposisi minuman. Apabila isipadu minuman bersamaan dengan 150% daripada jumlah kehilangan peluh diminum, subjek berada dalam keadaan sedikit hipohidrasi 6 jam selepas minum sekiranya minuman kajian mempunyai kepekatan natrium yang rendah. Mereka juga berada dalam keadaan yang sama apabila isipadu yang diambil adalah bersamaan dengan 2 kali ganda jumlah kehilangan peluh. Apabila minuman yang mengandungi kepekatan natrium yang tinggi diminum, cecair badan dapat dikekalkan untuk membolehkan subjek berada dalam keadaan hiperhidrasi 6 jam selepas meminum air sebanyak 150% atau 200% daripada jumlah kehilangan peluh.

Cecair badan yang berlebihan ini akhirnya akan hilang melalui pengeluaran air kencing atau melalui kehilangan peluh sekiranya individu itu sambung bersenam atau beralih ke suatu persekitaran yang panas. Dalam kajian ini, isipadu plasma dianggarkan menurun sebanyak 5.3% disebabkan oleh dehidrasi. Enam jam selepas minum, corak isipadu plasma meningkat dan berkadar terus dengan jumlah minuman yang diminum, tanpa mengambil kira jenis minuman. Peningkatan ini juga bercenderung menjadi lebih tinggi bagi mereka yang minum minuman yang bernatrium tinggi.

Semasa mengkaji kesan dehidrasi akibat senaman dan rehidrasi sebelum sesi senaman yang berikutnya, Burge *et al.* (31) mendapati bahawa keberkesanan rehidrasi dengan air selepas dehidrasi selama 24 jam dapat mengurangkan prestasi maksimum mendayung yang berikutnya. Walau bagaimanapun, Fallowfield *et al.* (95) dan Wong *et al.* (83) mendapati bahawa pengambilan minuman karbohidrat-berelektrolit semasa tempoh pemulihan selama 4 jam dapat masing-masing mempertingkatkan dan mengekalkan kapasiti enduran yang berikutnya. Begitu juga, berbanding dengan plasebo air, minuman yang mengandungi natrium-karbohidrat-berelektrolit yang tinggi dapat meningkatkan keberkesanan rehidrasi dan prestasi berbasikal apabila jumlah 120% daripada kehilangan air diminum dalam tempoh rehidrasi selama 2 jam (96). Sungguhpun terdapat keberkesanan rehidrasi dengan minuman natrium-karbohidrat-berelektrolit tinggi selepas dehidrasi akibat senaman, tetapi kajian berikutnya, menunjukkan bahawa pengambilan cecair ini tidak meningkatkan prestasi ujian-masa berbasikal kemungkinan disebabkan oleh kesan hiperinsulinemia yang menentang faedah rehidrasi (97).

Citarasa minuman dan pengambilan secara voluntari.

Dalam kebanyakan kajian, isipadu tetap diminum dalam semua percubaan. Dalam keadaan seharian, pengambilan minuman akan ditentukan oleh interaksi faktor-faktor fisiologi dan psikologi. Dalam satu kajian untuk meneliti keberkesanan citarasa dan kandungan minuman bagi menggalakkan rehidrasi selepas kehilangan peluh, 8 orang lelaki bersenam dalam keadaan panas untuk menghilangkan 2.1% daripada berat badan mereka (98). Dalam tempoh 2 jam selepas senaman, mereka dibenarkan minum minuman kajian (air berkarbonat, minuman sukan komersial atau campuran jus oren/

limau) seberapa banyak yang boleh pada setiap percubaan yang berasingan.

Dalam kajian tersebut, subjek minum minuman sukan dan campuran jus oren/limau dalam isipadu yang lebih dan mencerminkan kegemaran subjek terhadap citarasa minuman ini. Selepas senaman, subjek didapati berada dalam keadaan keseimbangan cecair negatif tetapi melalui minuman, mereka dapat beralih kepada keseimbangan cecair yang positif dalam semua percubaan. Penghasilan air kencing adalah terbanyak dengan meminum minuman berelektrolit-rendah dalam jumlah isipadu yang paling banyak dan penghasilan air kencing adalah terendah selepas meminum cecair rehidrasi oral. Keputusan ini bukan sahaja menunjukkan kepentingan citarasa untuk menggalakkan pengambilan minuman, tetapi juga mengesahkan hasil kajian terdahulu yang menunjukkan kandungan minuman berelektrolit sederhana adalah perlu sekiranya minuman yang diminum ingin dikekalkan sebagai cecair dalam badan. Faedah pengambilan minuman yang bercitarasa enak akan hilang disebabkan oleh penghasilan air kencing yang lebih tinggi. Air kosong ialah minuman yang paling kurang berkesan, kerana pengambilan yang rendah masih lagi mengakibatkan kehilangan air kencing yang banyak secara relatif. Pengambilan air menyebabkan penurunan osmolaliti dan kepekatan natrium, yang seterusnya mengurangkan kandungan vasopressin dan aldosteron yang beredar dalam darah. Hal ini akan mengakibatkan penyerapan semula air dalam ginjal yang rendah dan peningkatan dalam pengeluaran air kencing.

Perkara yang perlu diambilkira oleh atlit bagi proses penggantian cecair badan yang hilang

Terdapat banyak faktor yang akan mempengaruhi keperluan atlit dalam menangani penggantian cecair semasa latihan dan pertandingan. Faktor-faktor seperti, komposisi cecair, jumlah isipadu minuman dan kekerapan meminum adalah bergantung kepada situasi semasa individu. Selain faktor-faktor di atas, ciri-ciri fisiologi seperti perbezaan yang besar antara individu dalam kadar berpeluh, kadar pengosongan gastrik dan proses penyerapan minuman dalam usus, akan juga mempengaruhi pengambilan minuman semasa senaman. Kadar berpeluh dalam keadaan yang terkawal semasa bersenam pada beban kerja 70% daripada VO_{2max} dalam 1 jam pada suhu persekitaran 23°C didapati berada pada julat 426 hingga 1665 g/

jam (99). Dari maklumat ini adalah dianggap logik, bahawa individu yang mempunyai kadar berpeluh tertinggi akan memerlukan penggantian air yang tertinggi. Walau bagaimana pun, apa jua garis panduan bagi kadar pengambilan dan komposisi minuman yang perlu diambil mesti diberi perhatian yang sewajarnya apabila dipraktikkan oleh seseorang atlit.

Banyak organisasi (100-105) telah mengesyorkan tatacara yang sesuai bagi penggantian air. Pada tahun 1975, *American College of Sports Medicine* (100) telah mengesyorkan pengambilan minuman sebanyak 400 hingga 500ml, 10 hingga 15 min sebelum senaman. Organisasi ini juga menggalakkan pengambilan minuman yang kerap semasa pertandingan dan minuman seharusnya mengandungi gula dan elektrolit yang rendah (2.5% glukosa dan 10 mmol.L⁻¹ natrium) supaya tidak memperlambatkan pengosongan gastrik. Kadar ini kemudiannya dikaji semula dan jumlah isipadu sebanyak 500ml di minum, 2 jam sebelum senaman untuk berhidrasi yang secukupnya dan juga bagi memperuntukkan masa untuk pembuangan air yang berlebihan (103). Cadangan pada tahun 1984 (101) telah mengesyorkan hiperhidrasi sebelum senaman, iaitu pengambilan 400 hingga 600ml air sejuk, 15-20 minit sebelum sesuatu acara sukan. Sehubungan ini, pengambilan minuman sejumlah 100-200 ml bagi setiap 2 km hingga 3 km dicadangkan. Dengan ini, jumlah keseluruhan pengambilan cecair boleh mencapai sehingga 1400 – 4200 ml pada keadaan ekstrim. Dengan mengambil kira nilai-nilai ekstrim ini, adalah tidak mungkin bahawa seseorang pelari elit dapat menampung pengambilan air pada kadar 2L.jam⁻¹. Kadar ini telah dikaji semula dan disyorkan agar individu yang terlibat dalam senaman mengambil minuman dari awal lagi dan pada jeda masa yang kerap demi menggantikan air yang hilang pada kadar yang mencukupi atau meminum jumlah air yang maksimum mengikut toleransi badan (103). Adalah disyorkan agar minuman yang diambil lebih sejuk daripada suhu persekitaran (15°C ke 22°C) dan cita rasa ramuan yang dapat menggalakkan palatabiliti dan mendorong penggantian air (103).

Intensiti dan Tempoh Senaman

Kadar penghasilan haba metabolik semasa senaman adalah bergantung kepada intensiti senaman dan berat badan seseorang. Ia berkadar terus kepada kelajuan sesuatu aktiviti seperti berlari dan berbasikal. Kadar peningkatan suhu badan di peringkat awal senaman dan pada tahap keadaan

malar, peningkatan suhu ini adalah berkadar terus kepada kadar metabolisme. Dengan ini kadar penghasilan peluh mempunyai perhubungan yang rapat dengan beban kerja absolut. Walau bagaimanapun, kebanyakan sukan termasuk permainan bola, aktiviti berintensiti tinggi yang singkat diselangi oleh tempoh rehat atau aktiviti berintensiti rendah.

Oleh kerana masa bagi mengekalkan aktiviti berintensiti tinggi agak singkat; iaitu tempohnya adalah dalam julat 10-30 minit, ia dianggap bahawa air dan substrat yang sedia ada dalam badan secara biasanya tidak menghadkan prestasi aktiviti yang berterusan semasa tempoh ini dan mengambil minuman yang berkarbohidrat tidak akan meningkatkan prestasi senaman pada tempoh yang singkat ini. Walaupun kadar peluh mungkin tinggi, jumlah air yang hilang melalui peluh agak kecil semasa senaman berintensiti tinggi. Maka secara umumnya, penggantian air tidak diperlukan semasa senaman tersebut. Tambahan pula terdapat masalah yang berkaitan dengan penggantian air semasa senaman yang berintensiti tinggi iaitu tempohnya kurang daripada 30 minit. Kadar pengosongan gastrik mungkin merupakan faktor penentu utama bagi minuman yang diambil dan akan terjejas semasa senaman berintensiti tinggi. Untuk mencapai kadar pembekalan cecair yang tinggi dari perut, jumlah pengambilan cecair yang banyak diperlukan. Jika ini dilakukan pada intensiti senaman yang melebihi 80% VO_{2max} , ia pasti akan mengakibatkan loya dan muntah.

Pada senaman berintensiti rendah, tempoh senaman berkadar songsang kepada intensiti senaman. Apabila jarak perlumbaan bertambah, rentak senaman individu yang dapat dikekalkan menurun (106). Begitu juga, dalam acara maraton semua pelari bersaing pada jarak yang sama tetapi pelari yang perlahan secara umumnya berlari pada intensiti dan beban kerja yang rendah (107). Pelari yang pantas akan bersenam pada beban kerja yang lebih tinggi, maka kadar peluh pelari ini adalah tinggi tetapi kerana mereka adalah aktif dalam tempoh masa yang singkat, jumlah kadar kehilangan peluh semasa perlumbaan adalah sama dengan pelari yang perlahan, dan ini tidak berkaitan dengan masa yang diambil untuk menamatkan larian (108). Oleh itu, keperluan untuk mengganti balik air adalah sama dari segi jumlah yang diperlukan tanpa mengambil kira kelajuan larian. Bagi pelari maraton yang perlahan, intensiti senaman tidak melebihi 60% VO_{2max} , fungsi gastrousus kemungkinan tidak akan terjejas malah akan bersamaan dengan kadar

pengosongan gastrik semasa istirehat iaitu 40ml/min (49, 62, 109, 110). Maka secara teori, kehilangan air ini sepatutnya dapat diatasi dengan pengambilan air secara oral, tetapi kadar pengosongan gastrik biasanya lebih rendah daripada kadar maksimum 40 ml.min⁻¹. Tidak dapat dinafikan bahawa kebanyakan atlet yang bersenam pada intensiti tinggi dalam keadaan yang panas akan mengalami kekurangan cecair badan.

Komposisi minuman

Tambahan kepada kajian mengenai pengambilan minuman yang sejuk sebagai minuman optimum semasa senaman enduran (103), terdapat bukti-bukti sebagaimana yang dihuraikan di atas telah menunjukkan bahawa memang terdapat alasan yang kukuh untuk mengambil minuman yang mengandungi campuran karbohidrat dan elektrolit. Prestasi senaman yang dilakukan secara berpanjangan didapati telah meningkat dengan tambahan sumber tenaga dalam bentuk karbohidrat; iaitu jenis karbohidrat yang diambil tidak memberi perbezaan. Glukosa, sukrosa dan oligosakarida telah menunjukkan kesan yang baik dalam meningkatkan kapasiti enduran. Beberapa kajian baru-baru ini menunjukkan bahawa minuman glukosa-polimer rantai panjang adalah lebih berkesan untuk digunakan oleh otot semasa senaman berbanding dengan minuman glukosa atau fruktosa (111), tetapi ada juga kajian lain yang menunjukkan tiada perbezaan dalam kadar pengoksidaan glukosa atau glukosa-polimer yang diambil (112, 113). Walau bagaimanapun, fruktosa yang diambil adalah kurang dioksidasikan berbanding dengan glukosa atau glukosa-polimer (112). Kepekatan fruktosa yang tinggi harus dielakkan untuk menjauhi dari risiko mengalami gangguan gastrousus (112).

Kandungan karbohidrat dalam minuman bergantung kepada beberapa faktor. Kepekatan karbohidrat yang tinggi akan memperlambatkan pengosongan gastrik, dengan itu ia akan mengurangkan jumlah cecair yang sedia ada untuk diserap. Kepekatan karbohidrat yang terlalu tinggi akan mengakibatkan rembesan air ke dalam usus dan dengan itu akan meningkatkan risiko dihidrasi. Walau bagaimanapun, apabila perlu membekalkan sumber tenaga semasa senaman, peningkatan kandungan karbohidrat minuman akan meningkatkan pembekalan karbohidrat ke tempat penyerapan di usus kecil. Apabila kepekatan karbohidrat meningkat, isipadu yang dikosongkan daripada gaster akan berkurangan tetapi jumlah

karbohidrat yang dikosongkan akan meningkat.

Terdapat bukti yang menunjukkan bahawa hanya elektrolit natrium yang harus ditambah ke dalam minuman yang diambil semasa senaman biasanya ditambah dalam bentuk natrium klorida. Natrium akan merangsangkan pengambilan air dan glukosa dalam usus kecil dan akan membantu mengekalkan isipadi cecair ekstrasel. Kebanyakan minuman ringan bergas (cola atau pelbagai perasa oren) mengandungi jumlah natrium yang amat sedikit ($1-2 \text{ mmol.L}^{-1}$) sedangkan minuman sukan biasanya mengandungi natrium sebanyak $10-25 \text{ mmol.L}^{-1}$. Walaupun kandungan natrium yang tinggi mungkin merangsang penyerapan air dan glukosa di jejunum, tetapi ia cenderung menjadikan citarasa minuman tersebut tidak begitu sedap. Adalah penting bahawa minuman yang diminum semasa atau selepas senaman perlu mengandungi citarasa yang sedap untuk merangsang pengambilan minuman. Oleh itu, kebanyakan minuman sukan yang dihasilkan pada umumnya diformulasi untuk memastikan keseimbangan di antara dua matlamat iaitu keberkesanan dan cita rasa.

Apabila jangka masa senaman melebihi 3 hingga 4 jam, terdapat kelebihan dalam pengambilan minuman bernatrium untuk menjauhi daripada risiko hiponatraemia, yang telah dilaporkan berlaku apabila mengambil minuman bernatrium rendah dalam jumlah yang terlampau banyak (12, 114-116). Natrium juga perlu untuk rehidrasi selepas senaman, ini amat penting khususnya apabila senaman itu perlu diulang dalam tempoh masa beberapa jam. Jika minuman yang diambil hanya mengandungi sedikit atau tiada natrium, osmolaliti plasma akan menurun, penghasilan air kencing akan dirangsang dan kebanyakan air yang diminum tidak dapat disimpan dalam badan. Apabila terdapat tempoh rehat yang lebih panjang antara satu sesi senaman dengan sesi senaman yang lain, ia mungkin boleh menggantikan balik natrium dan elektrolit lain melalui pemakanan tanpa suplementasi tambahan.

Adalah menjadi satu kelebihan untuk mengambil minuman sejuk (4°C) kerana ia akan mempercepatkan pengosongan gastrik dan oleh itu akan meningkatkan pengambilan minuman. Tambahan pula pada suhu yang rendah citarasa kebanyakan minuman karbohidrat berelektrolit akan meningkat.

Status Latihan

Sudah jelas bahawa latihan akan memberi sedikit perlindungan terhadap pewujudan penyakit

kepanasan semasa bersenam dalam persekitaran yang panas. Adaptasi ini adalah amat jelas apabila latihan dikendalikan dalam persekitaran yang panas (117). Salah satu faedah latihan dalam persekitaran panas ialah peningkatan isipadu plasma (118) yang berlaku dalam tempoh beberapa jam selepas selesai sesi senaman dan mungkin berlanjutan sehingga beberapa hari (119, 120). Hipervolaemia selepas senaman ini harus dianggap sebagai respon akut dan bukannya sebagai suatu adaptasi, walaupun mungkin merupakan salah satu respon pertama yang berlaku apabila seseorang individu memulakan sesuatu program latihan.

Dalam kalangan atlit terlatih, peningkatan isipadu plasma semasa rehat membolehkan individu yang terlatih-enduran untuk mengekalkan jumlah isipadu darah yang lebih tinggi semasa senaman (121). Perkara ini membenarkan pengekaln pengeluaran kardiak yang lebih baik akan tetapi mengakibatkan sirkulasi haemoglobin yang berkepekatan rendah. Tambahan pula, peningkatan isipadu plasma ini berkait dengan peningkatan kadar berpeluh yang mengehadkan peningkatan suhu badan (122). Peningkatan isipadu plasma berlaku secara progresif bagi 6 hari yang pertama, dengan mencapai nilai lebih kurang 23% lebih tinggi daripada kumpulan kontrol dengan perubahan kemudiannya yang sedikit sahaja (122, 123). Adaptasi utama dari segi peningkatan kadar berpeluh dan respon thermoregulatori yang lebih berkesan berlaku lewat sedikit berbanding dengan adaptasi kardiovaskular (124). Melalui latihan, pengekaln suhu badan yang lebih sempurna dapat dicapai dengan meningkatkan kadar berpeluh. Walaupun kadar berpeluh membenarkan kehilangan haba penyejatan yang lebih, sebahagian peluh yang tidak tersejat akan meningkat dan menitis daripada kulit tanpa menghilangkan haba (103). Walaupun kadar berpeluh yang tinggi mungkin diperlukan untuk memastikan kehilangan haba penyejatan yang mencukupi, malangnya ramai individu tidak mempunyai mekanisme berpeluh yang efisien.

Kesimpulan

Sesi senaman yang berpanjangan boleh mengakibatkan dehidrasi kerana keperluan regulasi suhu dalaman melalui berpeluh. Kemerosotan kapasiti kerja ada hubung kait dengan perubahan kedua-dua isipadu dan osmolaliti yang disebabkan oleh kehilangan peluh. Gangguan fungsi fisiologi dapat dikurangkan jika keseimbangan air yang lebih baik dapat dipelihara melalui minuman semasa

senaman yang berpanjangan. Pemulihan keseimbangan air mengambil masa yang lama kerana limitasi dalam kadar pengambilan dan pengagihan semula air ke kompartmen-kompartmen air dalam badan. Rasa dahaga sahaja, tidak mencukupi sebagai petanda dalam pemulihan keseimbangan air, oleh itu seseorang atlit patut digalakkan meminum lebih daripada keinginannya atau jumlah isipadu yang sekurang-kurangnya bersamaan dengan berat badan yang hilang. Selepas senaman, pemulihan keseimbangan cecair yang sempurna adalah satu faktor penting dalam fasa pemulihan senaman dan akan menjadi lebih penting dalam keadaan yang panas dan kelembapan tinggi. Rehidrasi selepas senaman bukan sahaja melibatkan penggantian kehilangan isipadu peluh tetapi juga penggantian elektrolit, terutamanya natrium. Kebanyakan kajian telah menunjukkan bahawa rehidrasi selepas senaman hanya boleh tercapai sekiranya kehilangan elektrolit dan air melalui peluh dapat digantikan semula. Minuman yang bernatrium rendah tidak berkesan ketika dehidrasi kerana ia mengurangkan rangsangan untuk minum. Penambahan jumlah karbohidrat yang sedikit dalam minuman rehidrasi mungkin dapat meningkatkan kadar penyerapan natrium dan air dalam usus serta menambah citarasa minuman. Sebagai rumusnya, isipadu minuman rehidrasi haruslah melebihi isipadu air yang hilang melalui peluh dan air kencing, akan tetapi jika isipadu cecair yang besar diperlukan, citarasa minuman tersebut menjadi isu utama.

Correspondence:

Profesor Rabindarjeet Singh, BSc (Hons)(Essex), PhD (London),
Sports Science Unit,
School of Medical Sciences,
Universiti Sains Malaysia, Health Campus
16150 Kubang Kerian, Kelantan, Malaysia
Phone: +609 766 4833 or +609 766 3000 ext 4833
Fax: +609 764 1945
E-mail: rabindar@kck.usm.my

Senarai Rujukan

- 1 Mack GW & Nadel ER. Body fluid balance during heat stress in humans. In: *Environmental physiology*. Fregly MJ, Blatteis CM (eds.). New York: Oxford University Press 1996; 187-214.
- 2 Sawka MN. Body fluid response and hypohydration during exercise-heat stress. In: *Human performance physiology and environmental medicine at terrestrial extremes*. Pandolf KB, Sawka MN, Gonzalez RR. (eds). Indianapolis: Cooper Publishing Group 1988; 227-266.
- 3 Sawka MN & Montain SJ. Fluid and electrolyte supplementation for exercise heat stress. *Am J Clin Nutr* 2000; **72** (suppl):564S-572S.
- 4 Sparling PB & Millard-Stafford M. Keeping sports participants safe in hot weather. *Physician Sportmed* 1999; **27**:27-34
- 5 Maughan RJ & Shirreffs SM. Fluid and electrolytes loss and replacement in exercise. In: *Oxford Textbook of Sports Medicine*. Harries M, Williams C, 1998.
- 6 Costill DL. Physiology of marathon running. *J Am Med Assn* 1972; **221**:1024-1029.
- 7 Maughan RJ & Noakes TD. Fluid replacement and exercise stress. *Sports Med* 1991; **12**:16-31.
- 8 Whiting PH, Maughan RJ & Miller JDB. Dehydration and serum biochemical changes in marathon runners. *Eur J Appl Physiol* 1984; **52**:183-187.
- 9 Armstrong LE, Costill DL & Fink WJ. Influence of diuretic-induced dehydration on competitive running performance. *Med Sci Sports Exerc* 1985; **17**:456-461.
- 10 Nielsen B, Sjogaard G & Bonde-Petersen F. Cardiovascular, hormonal and body fluid changes during prolonged exercise. *Eur J Appl Physiol* 1984; **53**:63-70.
- 11 Walsh RM, Noakes TD, Hawley JA & Dennis SC. Impaired high-intensity cycling performance time at low levels of dehydration. *Int J Sports Med* 1994; **15**:392-398.
- 12 Saltin B & Costill DL. Fluids and electrolyte balance during prolonged exercise. In: *Exercise, Nutrition and Metabolism*. Horton ES, Tenjung RL (eds). New York, Macmillan, 1988; 150-158.
- 13 Costill DL & Fink WJ. Plasma volume changes following exercise and thermal dehydration. *J Appl Physiol* 1974; **37**:521-525.
- 14 Fortney SM, Nadel ER, Wenger CB & Bove JR. Effect of blood volume on sweating rate and body fluids in exercising humans. *J Appl Physiol* 1981; **51**:1594-1600.
- 15 Fortney SM, Wenger CB, Bove JR & Nadel ER. Effect of hyperosmolality of control of blood flow and sweating. *J Appl Physiol* 1984; **57**: 1688-1695.
- 16 Greenleaf JE, Convertino VA, Stremel RW, Bernauer EM, Adams WC, Vignau SR & Brock PJ. Plasma (Na⁺), (Ca²⁺), and volume shifts and thermoregulation during exercise in man. *J Appl Physiol* 1977; **43**:1026-1032.
- 17 Horstman DH & Horvath SM (1972). Cardiovascular and temperature regulatory changes during progressive dehydration and euhydration. *J Appl Physiol* 1972; **33**:446-450.

- 18 Nadel ER. Circulatory and thermal regulations during exercise. *Fed Proc* 1980; **39**:1491-1497.
- 19 Nadel ER, Fortney SM & Wenger CB. Effect of dehydration state on circulatory and thermal regulation. *J Appl Physiol* 1980; **49**:715-721.
- 20 Nielsen B. Effects of changes in plasma volume and osmolarity on thermoregulation during exercise. *Acta Physiol Scand* 1974; **90**:725-730.
- 21 Saltin B & Stenberg J. Circulatory response to prolonged severe exercise. *J Appl Physiol* 1964; **19**:833-838.
- 22 Rowell LB. Human Circulation. Oxford University Press, New York, 1986.
- 23 Sawka MN, Montain SJ & Latzka WA. Body fluid balance during exercise-heat exposure. In: *Body fluid balance: exercise and sport*. Buskirk ER, Puhl SM (eds). Boca Raton, FL; CRC Press, 1996; 143-161.
- 24 Caldwell JE, Ahonen E & Nousiainen U. Differential effects of sauna-, diuretic- and exercise-induced hypohydration. *J Appl Physiol* 1984; **57**:1018-23.
- 25 Buskirk ER, Lampietro PF & Bass DE. Work performance after dehydration: effect of physical conditioning and heat acclimatization. *J Appl Physiol* 1958; **12**:189-194.
- 26 Craig EN & Cummings EG. Dehydration and muscular work. *J Appl Physiol* 1966; **21**:670-674.
- 27 Webster S, Rutt R & Weltman A. Physiological effects of a weight loss regimen practiced by college wrestlers. *Med Sci Sports Exerc* 1990; **22**:229-234.
- 28 Adolph EF. Physiology of man in the desert. Interscience, New York, 1947
- 29 Ladell WSS. The effects of water and salt intake upon the performance of men working in hot and humid environments. *J Physiol* 1955; **127**:11-46.
- 30 Sawka MN, Young AJ, Francesconi RP, Muza SR & Pandolf KB. Thermoregulatory and blood response during exercise at graded hypohydration levels. *J Appl Physiol* 1985; **59**:1394-1401.
- 31 Burge CM, Carey MF & Payne WR. Rowing performance, fluid balance, and metabolic function following dehydration and rehydration. *Med Sci Sports Exerc* 1993; **25**:1358-1364.
- 32 Sutton JR. Clinical implication of fluid balance. In: *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine, Vol 3: Fluid Homeostasis during Exercise*. Gisolfi CV, Lamb DR (eds). Carmel, IN: Benchmark Press, 1990; 425-448.
- 33 England AC, Fraser DW, Hightower AW, Tirrinazi R, Greenberg DJ, Powell KE, Slovis CM & Varsha RA. Preventing severe heat injury in runners: Suggestions from the 1979 Peachtree road race experience. *Ann Int Med* 1982; **97**:196-201.
- 34 Lamb DR & Brodowicz GR. Optimal use of fluids of varying formulation to minimise exercise-induced disturbances in homeostasis. *Spt Med* 1986; **3**:247-274.
- 35 Saltin B. Circulatory response to submaximal and maximal exercise after thermal dehydration. *J Appl Physiol* 1964; **19**:1125-1132.
- 36 Rowell LB. Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. *Physiol Rev* 1974; **54**:75-159
- 37 Costill DL, Kammer WF & Fisher A. Fluid ingestion during distance running. *Arch Environ Health* 1970; **21**:520-525.
- 38 Below PR, Mora-Rodriguez R, Gonzalez-Alonso J & Coyle EF. Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1995; **27**:200-210.
- 39 Montain SJ & Coyle EF. The influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J Appl Physiol* 1992; **73**:1340-1350.
- 40 Sawka MN. Physiological consequences of dehydration: exercise performance and thermoregulation. *Med Sci Sports Exerc* 1992; **24**:657-670.
- 41 Sawka MN, Francesconi RP, Young AJ & Pandolf KB. Influence of hydration level and body fluids on exercise performance in the heat. *JAMA* 1984; **252**:1165-1169.
- 42 Sawka MN & Pandolf KB. Effects of body water loss on physiological function and exercise performance. In: *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine, Vol 3: Fluid Homeostasis during Exercise*. Gisolfi CV, Lamb DR (eds). Carmel, IN: Benchmark Press, 1990; 1-38.
- 43 Coyle EF & Coggan AR. Effectiveness of carbohydrate feeding in delaying fatigue during prolonged exercise. *Spt Med* 1984; **1**:446-458.
- 44 Murray R. The effects of consuming carbohydrate-electrolyte beverage on gastric emptying and fluid absorption during and following exercise. *Spt Med* 1987; **4**:322-351.
- 45 Singh R, Gusbakti R, Ang BS & Sirisinghe R.G. Effect of Carbohydrate Ingestion on exercise metabolism and performance in high ambient temperature and humidity. *Abstracts of the 10th International Conference of Biochemistry of Exercise*, Sydney, Australia, 1997.
- 46 Singh R, Gusbakti R, Sirisinghe RG, Ang BS & Low AL. Effects of ingesting carbohydrate-electrolyte beverages during cycling performance in high heat and humidity. *Programme and Abstracts of the 18th SEA Games Scientific Congress*. Malaysia. 1995.
- 47 Tsintzas O-K, Williams C, Singh R, Wilson W & Burrin J. influence of carbohydrate-electrolyte drinks on marathon running performance. *Eur J Appl Physiol* 1995; **70**: 154-160.
- 48 Maughan RJ, Fenn CE & Leiper JB. Effects of fluid, electrolyte and substrate ingestion on endurance capacity. *Eur J Appl Physiol* 1989; **58**:481-486.
- 49 Costill DL & Saltin B. Factors limiting gastric emptying during rest and exercise. *J Appl Physiol* 1974; **37**:679-683.

- 50 Leiper JB & Maughan RJ. Experimental models for the investigation of water and solute transport in man: implication for oral rehydration solutions. *Drugs* 1988; **36 (suppl. 4)**:65-79.
- 51 Farthing MJG. History and rationale of oral rehydration and recent development in formulating an optimal solution *Drugs* 1988; **36(suppl. 4)**:80-90.
- 52 Maughan RJ. Optimising hydration for competitive sport. In: *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine: Optimizing Sports Performance*. Lamb DR, Murray R (eds). Carmel, IN, Benchmark Press, 1997; 139-184.
- 53 Coyle EF, Coggan AR, Hemmert MK & Ivy JL. Muscle glycogen utilisation during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *J Appl Physiol* 1986; **61**:165-172.
- 54 Björkman O, Sahlin K, Hagenfeldt I & Wahren J. Influence of glucose and fructose ingestion on the capacity for long-term exercise in well-trained men. *Clin Physiol* 1984; **4**:483-494.
- 55 Coggan AR & Coyle EF. Effect of carbohydrate feedings during high-intensity exercise. *J Appl Physiol* 1988; **65**:1703-1709.
- 56 Coggan AR & Coyle EF. Metabolism and performance following carbohydrate ingestion late in exercise. *Med Sci Spt Exercs* 1989; **21**:59-65.
- 57 Coyle EF, Hagberg JM, Hurley BF, Martin WH, Ehsani AH & Holloszy JO. Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise can delay fatigue. *J Appl Physiol* 1983; **55**:230-235.
- 58 Ivy J, Costill DL, Fink WJ & Lower RW. Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. *Med Sci Spts* 1979; **11**:6-11.
- 59 Brookes JD, Davies GJ & Green LF. The effects of normal and glucose syrup work diets on the performance of racing cyclists. *J Spt Med* 1975; **15**:257-265.
- 60 Felig P, Cherif A, Minigawa A & Wahren J. Hypoglycaemia during prolonged exercise in normal men. *New Eng J Med* 1982; **306**:895-900.
- 61 Flynn MG, Costill DL, Hawley JA, Fink WJ & Neuffer PD, Fielding RA & Sleeper MD. Influence of skeletal carbohydrate drinks on cycling performance and glycogen use. *Med Sci Spt Exercs* 1987; **19**:37-40.
- 62 Mitchell JB, Costill DL, Houmard JA, Flynn MG, Fink WJ & Beltz JD. Effects of carbohydrate ingestion on gastric emptying and exercise performance. *Med Sci Spt Exercs* 1988; **20**:110-115.
- 63 Murray R, Seifert JG, Eddy DE, Paul GL & Halaby GA. Carbohydrate feeding and exercise: effect of beverage carbohydrate content. *Eur J Appl Physiol* 1989; **59**:152-158.
- 64 Kingwell B, McKenna MJ, Sandstrom ER & Hargreaves M. Effect of glucose polymer ingestion on energy and fluid balance during exercise. *J Spt Sci* 1989; **7**:3-8.
- 65 Murray R, Paul GL, Seifert JG, Eddy DE & Halaby GA. The effects of glucose, fructose and sucrose ingestion during exercise. *Med Sci Spt Exercs* 1989; **21**:275-282.
- 66 Sasaki H, Maeda J, Usui S & Ishiko T. Effect of sucrose and caffeine ingestion on performance of prolonged strenuous running. *Int J Spt Med* 1987; **8**:261-165.
- 67 Macaraeg PVJ. Influence of carbohydrate electrolyte ingestion on running endurance. In: *Nutrient utilisation during exercise*. Fox EL (ed). Columbus, Ross Laboratories, 1983, 91-96.
- 68 Ivy JL, Miller W, Dover V, Goodyear LG, Sherman WM et al. Endurance improved by ingestion of a glucose polymer supplement. *Med Sci Spt Exercs* 1983; **15**:466-471.
- 69 Williams C. Diet and endurance fitness. *Am J Clin Nutr* 1989; **49**:1077-1083.
- 70 Williams C, Nute MG, Broadbank L & Vinall S. Influence of fluid intake on endurance running performance: a comparison between water, glucose and fructose solutions. *Eur J Appl Physiol* 1990; **60**:112-119.
- 71 Cade R, Spooner G, Schlein E, Pickering M & Dean R. Effect of fluid, electrolyte, and glucose replacement on performance, body temperature, rate of sweat loss and compositional changes of extracellular fluid. *J Spt Med Phy Fit* 1972; **12**:150-156.
- 72 Maughan RJ & Whiting PH. Factors influencing plasma glucose concentration during marathon running. In: *Exercise Physiology*. Dotson CO, Humphrey JD (eds). New York, AMS Press. 1985; **Vol 1**:87-98.
- 73 Leatt P. *The effects of glucose polymer ingestion on skeletal muscle glycogen depletion during soccer match-play and its resynthesis following a match*. M.Sc Thesis, University of Toronto, 1986.
- 74 Saltin B & Karlsson J. Die Ernährung des sportlers. In: *Zentrale themen der Sportmedizin*. Hollmen W (ed). Berlin, Springer-Verlag, 1977.
- 75 Herbert WG (ed). In: *Ergogenic aids in sport*, 1983; 56-98.
- 76 Noakes TD. *Lore of Running*, 3rd edn. Cape Town, Oxford University Press, 1992.
- 77 Hubbard RW, Szyk PC & Armstrong LE. Influence of thirst and fluid palatability of fluid ingestion during exercise. In: *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*, Vol 3: Fluid Homeostasis During Exercise, Gisolfi CV, Lamb DR (eds), Carmel, IN, Benchmark Press, 1990: 39-95.
- 78 Costill DL & Sparks KE. Rapid fluid replacement after thermal rehydration. *J Appl Physiol* 1973; **34**:299-303.
- 79 Nose H, Mack GW, Shi X & Nadel ER. Role of osmolality and plasma volume during rehydration in humans. *J Appl Physiol* 1988; **65**:325-331.

- 80 Gonzalez-Alonso J, Heaps CL & Coyle EF. Rehydration after exercise with common beverage and water. *Int J Sports Med* 1992; **13**: 399-406.
- 81 Nielsen B, Sjogaard G, Ugelvig J, Knudsen B & Dohmann B. Fluid balance in exercise dehydration and rehydration with different glucose-electrolyte drinks. *Eur J Appl Physiol* 1986; **55**: 318-325.
- 82 Carter JE & Gisolfi CV. Fluid replacement during and after exercise in heat. *Med Sci Sports Exercs* 1989; **21**:532-539.
- 83 Wong SH, Williams C, Simpson M & Ogaki T. Influence of fluid intake pattern on short term recovery from prolonged, submaximal running and subsequent exercise capacity. *J Sports Sci* 1998; **16**:143-152.
- 84 Nose H, Mack GW, Shi X & Nadel ER. Involvement of sodium retention hormones during rehydration in humans. *J Appl Physiol* 1988; **65**:332-336.
- 85 Shirreffs SM & Maughan RJ. Volume repletion following exercise-induced volume depletion in man: replacement of water and sodium losses. *Am J Physiol* 1998; **274**:F868-F875.
- 86 Maughan RJ, Owen JH, Shirreffs SM & Leiper JB. Post-exercise rehydration in man: effects of electrolytes addition to ingested fluids. *Eur J Appl Physiol* 1994; **69**: 209-215.
- 87 Nadel ER, Mack GW & Nose H. Influence of fluid replacement beverages on body fluid homeostasis during exercise and recovery. In: *Perspectives in exercise science and sports medicine*. Vol 3, Fluid homeostasis during exercise. Gisolfi CV, Lamb DR (eds). Carmel, Benchmark, 1990; 181-205.
- 88 Yawata T. effect of potassium solution on rehydration in rats: comparison with sodium solution and water. *Jpn J Physiol* 1990; **40**:369-383.
- 89 Leiper JB, Owen JH & Maughan RJ. Effects of ingesting electrolytes solutions on hydration status following exercise dehydration in man. *J Appl Physiol* 1993; **459**:28P.
- 90 Singh R, Saat M, Sirisinghe RG & Nawawi M. Rehydration with fresh young coconut water, carbohydrate-electrolyte beverage and water following exercise-induced dehydration. *Can J Appl Physiol* 2001; **2b(Suppl)**: S267-S268.
- 91 Saat M, Singh R, Sirisinghe RG & Nawawi M. Rehydration after exercise with fresh young coconut water, carbohydrate-electrolyte beverage and plain water. *J Physiol Anthropol* 2002; **21**:93-104
- 92 Greenleaf JE. Problem: Thirst, drinking behavior, and involuntary dehydration. *Med Sci Sports Exercs* 1992; **24**: 645-656.
- 93 Gisolfi CV & Duchman SM. Guidelines for optimal replacement beverages for different athletic events *Med Sci Sports Exercs* 1992; **24**: 679-687.
- 94 Shirreffs SM, Taylor AJ, Leiper JB & Maughan RJ. Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and drink sodium content. *Med Sci Sports Exer* 1996; **18**:1260-1271.
- 95 Fallowfield JL, Williams C & Singh R. The influence of ingesting a carbohydrate-electrolyte beverage during 4 hours of recovery on subsequent endurance capacity. *Int J Spt Nutr* 1995; **5**:285-299.
- 96 Singh R, Brouns F, Kovacs E & Senden J. Cycling performance and fluid balance following dehydration and rehydration. *Programme and Abstracts of the 1996 International Pre-Olympic Scientific Congress*, Dallas, Texas, USA. 1996.
- 97 Singh R, Brouns F & Kovacs E. Effects of rehydration efficacy after exercise-induced dehydration on subsequent cycling performance *SEA J Trop Med Pub Health* 2002; **33**:378-388.
- 98 Maughan RJ & Leiper JB. Post-exercise rehydration in man: effects of voluntary intake of four different beverages. *Med Sci Sports Exercs* 1993; **25(suppl)**:S2.
- 99 Greenhaff PL & Clough PJ. Predictors of sweat loss in man during prolonged exercise. *Eur J Appl Physiol* 1989; **89**:1629-1632.
- 100 American College of Sports Medicine. Position statement on prevention of heat injuries during distance running. *Med Sci Sports* 1975; **7**:vii-ix.
- 101 American College of Sports Medicine. Position statement on prevention of thermal injuries during distance running. *Med Sci Sports Exercs* 1984; **16**:ix-xiv.
- 102 American College of Sports Medicine. Position stand on the prevention of thermal injuries during distance running. *Med Sci Sports Exercs* 1987; **19**:529-533.
- 103 American College of Sports Medicine. Position stand on exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exercs* 1996; **28**:I-vii.
- 104 National Institute for Occupational Safety and Health. Occupational exposure to hot environments. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1986; 88-95.
- 105 United States Military (1991). Fluid replacement and heat stress, Marriott BM, Rosemont C (eds). Washington, DC: National Academy Press, 1991.
- 106 Davies CTM & Thompson MW. Aerobic performance of female marathon and male ultramarathon athletes. *Eur J Appl Physiol* 1979; **41**:233-245.
- 107 Maughan RJ & Leiper JB. Aerobic capacity and fractional utilisation of aerobic capacity in elite and non-elite male and female marathon runners. *Eur J Appl Physiol* 1983; **52**:80-87.
- 108 Maughan RJ. Thermoregulation and fluid balance in marathon competition at low ambient temperature. *Int J Sports Med* 1985; **6**:15-19.

- 109 Duchman SM, Blieler TL, Schedl HP, Summers RW & Gisolfi CV. Effects of gastric function on intestinal composition or oral rehydration solutions. *Med Sci Sports Exercs* 1990; **22(suppl)**:S89.
- 110 Rehrer NJ, Beckers E, Brouns F, Ten Hoor F & Saris WHM. Fluid intake and gastrointestinal problems in runners competing in a 25-km race and a marathon. *Int J Spt Med* 1989; **10(suppl. 1)**:S22-S25.
- 111 Noakes TD. The dehydration myth and carbohydrate replacement during prolonged exercise. *Cycling Sci* 1990; 23-29.
- 112 Massicote D, Peronnet F, Brisson G, Bakkouch K & Hillaire-Marcel C. Oxidation of a glucose polymer during exercise; comparison with glucose and fructose. *J Apply Physiol* 1989; **66**:179-183.
- 113 Rehrer NJ. *Limits to fluid availability during exercise*. De Vrieseborsch: Haarlem, 1990.
- 114 Frizell RT, Lang GH, Lowance DC & Lathan SR. Hyponatremia and ultramarathon running. *JAMA* 1986; **255**: 772-774.
- 115 Noakes TD, Goodwin N, Rayner BL, Braken T & Taylor RKN. Water intoxication: a possible complication during endurance exercise. *Med Sci Sports Exercs* 1985; **17**:370-375.
- 116 Noakes TD, Norman RJ, Buck RH, Godlonton J, Stevenson K & Pittaway D. The incidence of hyponatremia during prolonged ultraendurance exercise. *Med Sci Sports Exercs* 1990; **22**:165-170.
- 117 Senay LC. Effects of exercise in the heat on body fluid distribution *Med Sci Sports* 1979; **11**:42-48.
- 118 Hallberg L & Magnusson B. The aetiology of sports anaemia. *Acta Med Scand* 1984; **216**:145-148.
- 119 Davidson RJL, Robertson JD, Galea G & Maughan RJ. Haematological changes associated with marathon running. *Int J Spt Med* 1987; **8**:19-25.
- 120 Robertson JD, Maughan RJ & Davidson RJL.. Changes in red cell density and related parameters in response to long distance running. *Eur J Appl Physiol* 1988; **57**:264-269.
- 121 Convertino VA, Keil LC & Greeleaf JE. Plasma volume, renin and vasopressin responses to graded exercise after training. *J Appl Physiol* 1983; **54**:508-514.
- 122 Mitchell D, Senay LC, Wyndham CN, van Rensburg AJ, Rogers GG & Strydom NB. Acclimatization in a hot, humid environment: energy exchange, body temperature, and sweating. *J Appl Physiol* 1976; **40**:768-778.
- 123 Senay LC, Mitchell D & Wyndham CH. Acclimatization in a hot humid environment: body fluid adjustments. *J Appl Physiol* 1976; **40**:786-796.
- 124 Wyndham CH, Rogers GG, Senay LC & Mitchell D. Acclimatization in a hot humid environment: cardiovascular adjustments. *J Appl Physiol* 1976; **40**:779-785.
- 125 Pichan G, Gauttam RK, Tomar OS, Bajaj AC. Effect of primary hypohydration on physical work capacity. *Int J Biometerol* 1988; **32**:176-180.
- 126 Herbert WG & Ribisl PM. Effects of dehydration upon physical working capacity of wrestlers under competitive conditions. *Res Quart* 1971; **43**:416-422.
- 127 Houston ME, Marrin DA, Green HJ & Thompson JA. The effect of rapid weight loss on physiological functions in wrestlers. *Physician Sportsmed* 1981; **9**:73-78.