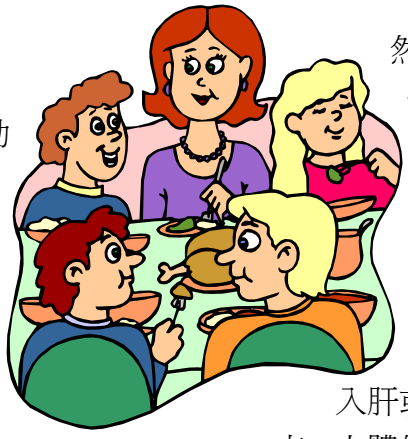
中長跑運動員的營養與水分補充

教練/導師：黃德誠

運動與營養素



人體在休息或從事體力活動時所需要的能量，都是來自日常飲食中的營養素（nutrients）。這些營養素共可分爲六個類別：醣類（碳水化合物）、脂肪、蛋白質、維生素、礦物質和水分。

醣類

醣類或碳水化合物（carbohydrates）是由碳、氫和氧原子所組成的化合物的總稱，分單醣（monosaccharides）、雙醣（disaccharides）和多醣（polysaccharides）。

醣類最簡單的結構是單醣類，如葡萄糖（glucose, $C_6H_{12}O_6$，亦稱血糖）、果糖[1]（fructose）和半乳糖[2]（galactose）。葡萄糖可以被人體細胞直接用來提供能量，亦可以肝醣（glycogen）的形式儲存於肌肉和肝之內，又或者被轉化成脂肪來儲存能量。人體能輕易地把果糖和半乳糖轉化成葡萄糖以提供能量。

雙醣類由兩個單醣組成，當中有蔗糖[3]（sucrose）、麥芽糖[4]（maltose）和乳糖[5]（lactose）。多醣類則是由三個或以上的單醣類組合而成，其中最普遍的有澱粉（starch）、纖維素（cellulose）和肝醣（glycogen）。

一個澱粉的分子可以由數百，甚至是數千個獨立的糖分子組成。澱粉的主要來源包括玉米、穀類、豆類及馬玲薯。纖維素是澱粉以外的另一種植物性多醣類，它是植物的主要結構成分。雖然纖維素難以被人體消化，亦無多大的營養價值，但卻有助於腸胃的日常運作，縮短食物殘渣通過消化道的時間，及降低血液內膽固醇的功效。

肝醣亦稱爲動物性澱粉，也是一個很大的分子結構。肝醣在食物中的蘊藏量並不高，反而當過剩的葡萄糖進入肝或肌肉時，則會被轉化成肝醣而儲存起來。人體的肝和肌肉內約有 375 至 475 克的肝醣儲備，當需要葡萄糖來提供能量的時候，這些肝醣儲備便會再度被轉化成葡萄糖，隨著血液被帶到正在工作的肌肉之中，以供應所需的能量。

碳水化合物的主要作用，就是爲人體內千億個細胞提供能量。食物中的碳水化合物，不論是各種醣類或澱粉，都要先分解成葡萄糖，才可以被血液運送到細胞來提供能量。如果這些葡萄糖仍未能滿足能量的需求，肝臟及肌肉的肝醣儲備就會被動用來提供能量。反過來說，過剩的糖分會以肝醣的形式被儲存起來，不過當肝及肌肉內都儲滿了肝醣後，剩餘的糖分便會被轉化成脂肪，儲存在皮膚下的脂肪細胞之中。因此，就算膳食是以碳水化合物爲主，若吸取了過多熱量的話，體內脂肪的含量仍然是會有所提高的。此外，攝取充足的醣類亦能避免人體以蛋白質作爲供能用途。

脂肪

脂肪（fats）也是由碳、氫和氧的原子組成，人體內超過 95%的脂肪，都是以三酸甘油脂（triglyceride）的形式出現。三酸甘油脂主要是由甘油（glycerol）和脂肪酸（fatty acid）的分子組合而成。脂肪酸又分爲飽和（saturated）與不飽和（unsaturated）兩種。日常食用牛油中的脂肪酸，就是以飽和脂肪酸爲主。一般來說，植物油內的脂肪酸，都是不飽和脂肪酸。再者，不論脂肪酸的飽和程度爲何，所有脂肪的熱量基本上

[1] 最甜的單醣類，大量存在於生果及蜜糖之中。

[2] 生產於哺乳類動物之乳腺中。

[3] 由葡萄糖和果糖構成，可從甘蔗和甜菜中獲得。

[4] 由兩個葡萄糖分子組成。

[5] 可從奶類中獲得，會被消化成葡萄糖和半乳糖。

都相同。大部分營養學家和醫護人員都認爲應以不飽和脂肪取代至小部分飽和脂肪的攝取量，以降低患上心血管疾病和各種癌症（如直腸癌）的機會。

除了三酸甘油脂外，部分脂肪還會以磷脂（phospholipids）、脂蛋白（lipoproteins）和膽固醇（cholesterol）等形式出現。膽固醇可以從食物攝取或體內自行製造而成，它是人體內一些重要功能（如製造膽汁和雌、雄激素）的重要營養素。可是，醫學界認爲三酸甘油脂和膽固醇均與各種心血管疾病有關，很多人亦開始從膳食中減少這類脂肪的攝取量。

脂蛋白是血液中運送脂肪的主要形態，它是血脂和蛋白質的結合體。高密度脂蛋白（high density lipoproteins, HDL）包含較多的蛋白質和相對地少的膽固醇；低密度脂蛋白（low density lipoproteins, LDL）包含較多的脂肪和相對地少的蛋白質成分。低密度脂蛋白較容易黏附在動脈的血管壁上，於是令血管變得狹窄而逐漸形成冠心病。反過來說，高密度脂蛋白能夠帶走血管壁上的膽固醇，亦能搶佔血管壁上的陣地，令低密度脂蛋白無處黏附，因而有助於預防心血管疾病。

由於人體對脂溶性維他命（如 A、D、E、K）和必須脂肪酸的需求，每日的膳食都應有一定的脂肪含量。低熱量－低飽和脂肪膳食、戒煙及有氧運動均有助提高體內高密度脂蛋白的水平。

蛋白質

蛋白質[6]（proteins）主要由氨基酸（amino acids）組成，是人體組織結構的材料。總共有二十種不同的氨基酸，其中八種不可以在人體內合成，必須從食物中攝取，稱爲必須（essential）氨基酸；其餘十二種可以在人體內合成，稱爲非必須（nonessential）氨基酸。建議成人每天應攝取約每千克體重 0.7 克的蛋白質，最少也要有每千克體重 0.35 至 0.5 克，但亦不可高於每千克體重 1 克的攝取量，否則蛋白質代謝時會提高腎臟的負荷。

維他命、礦物質

雖然維他命、礦物質都不含熱量[7]，但它們均是維持人體正常運動的重要營養素。一般來說，均衡的飲食已能夠提供足夠的維他命及礦物質，除有特別需要的人士外，毋需再作額外的補充。就算有需要補充額外的維他命及礦物質，也必須按照醫護人員的指示進行。此外，亦無確實證據顯示額外補充維他命或礦物質有助於提高運動表現。

水

水也是不含熱量，它佔上了人體重量的 40 至 60%。由於肌肉的重量有 75 至 80%是由水構成，而脂肪中水所佔的重量僅爲 15 至 30%，所以就算體重相同，肌肉較多的人體內儲存著的水分亦會較多。

水分可以從飲品、食物及新陳代謝中獲得；水分亦可以從排除尿液、糞便、出汗及氣體交換中流失。尿液中有 96%是水，成年人在正常情形下每天會排放 1000 至 1500 毫升的尿液。糞便中亦有 70%是水，所以正常人每天會從糞便流失約 100 毫升的水分；可是在腹瀉的情況下，水分流失的程度卻可達至 1500 至 5000 毫升。

水不僅是人體內的重要介質，也是調節體溫的重要物質。整個人體的表面約有二千五百萬條汗腺，在一般的氣溫下，人體每天會排放 500 至 700 毫升的汗液，但在酷熱的天氣下作劇烈運動時，汗液的流失可以高達 8 至 12 公升。馬拉松選手在一場正式比賽中就可以因汗液的流失而損失 6 至 10%的體重。此外，每天亦有 250 至 300 毫升的水分會在呼氣的過程中被排出體外。因此，進行長時間的耐力運動時，水分的補充便相當重要。

[6] 蛋白質除了碳、氫、氧外，還包含了氮的原子。

[7] 每克碳水化合物含 4 千卡熱量，每克脂肪含 9 千卡熱量，每克蛋白質含 4 千卡熱量。維他命、礦物質均不含熱量。

運動員的熱量需要

根據世界衛生組織，個人每天熱量需要的計算如下：

每天熱量需要 = 基礎代謝率 × 活動量份數

男性基礎代謝率的計算

年齡	基礎代謝率（千卡）
0 – 3	60.9 × 體重 – 54
>3 – 10	22.7 × 體重 – 495
>10 – 18	17.5 × 體重 + 651
>18 – 30	15.3 × 體重 + 679
>30 – 60	11.6 × 體重 + 879
>60	13.5 × 體重 + 487

女性基礎代謝率的計算

年齡	基礎代謝率（千卡）
0 – 3	61.0 × 體重 – 51
>3 – 10	22.5 × 體重 + 499
>10 – 18	12.2 × 體重 + 746
>18 – 30	14.7 × 體重 + 496
>30 – 60	8.7 × 體重 + 829
>60	10.5 × 體重 + 596

活動量份數的計算

	輕量	中量	大量
男	1.55	1.78	2.10
女	1.56	1.64	1.82

- 輕量活動：步行 4 至 5 公里、購物、洗衣、高爾夫球。
- 中量活動：園藝、單車、網球等。
- 大量活動：跑步、爬山、游泳、足球等。

計算實例

一名年齡爲 16 歲，體重爲 60 千克，每天都有跑步的男性，其每天熱量的需要如下：

基礎代謝率 = 17.5 × 60 + 651
= 1701（千卡）

每天熱量需要 = 1701 × 2.10
= 3572.1（千卡）

一般人與運動員對食物需求的分別主要在於熱量的多少，一個中等活耀的男性，每天熱量的需要約爲 2900 千卡（女性爲 2200 千卡），但耐力項目運動員一天的熱量需要可以超過 5000 至 6000 千卡，三項運動員每天熱量的需要甚至可以超過 10000 千卡。對於這類運動員，較適宜分開四至五餐來進食。

並無證據顯示，運動員的膳食有別於常人（除了分量之外），一般來說，醣類、脂肪和蛋白質在膳食中的比例爲：

醣類	55 至 60%
脂肪	25 至 30%
蛋白質	12 至 15%

運動時的燃料選擇

運動的強度增加時，會偏向採用醣類作爲燃料，當醣類能源的供應出現短缺時，運動能力就會下降。脂肪在不同運動強度時都會有分參與能源補給，但運動的強度增加時，脂肪的貢獻會減少[8]。雖然蛋白質在休息或運動時都可以作爲燃料，但除了在饑荒或節食的情況下，其貢獻只是微乎其微（少於 5%）。

運動時的水分補充

如果得不到足夠的水分補充，運動能力（特別是耐力項目）及對熱的適應能力就會明顯下降；長跑運動員往往就由於脫水（dehydration）的關係而被迫要把步速降低。一個本來可以在 35 分鐘內完成 10000 米的運動員，便可以因爲脫水（4%）的關係而慢了超過 2 分 48 秒（Wilmore 與 Costill，1994）。因此，在正式運動前，運動員必須確保已經攝取足夠的水分。在運動前的 24 小時內，除了要攝取日常需要的水分（約 8 杯）外，還要在運動開始前的 2 至 3 小時，攝取額外 400 至 600 毫升的水分。

[8] 有氧系統若以脂肪作爲燃料，要產生同量的 ATP，便要比用醣類作爲燃料時消耗多約 15%的氧氣（見講義四）。

雖然在流汗的時候，亦會同時流失電解質，但當劇烈出汗的時候，水分的流失要比電解質的流失來得嚴峻。因此，水分的補充要比電解質的補充來得重要。當人覺得口渴的時候，就會想喝水；而這口渴的機制是由腦內的視丘下部（hypothalamus）控制。不過，這個口渴的機制並不可靠，當覺得口喝的時候，往往已經是到達脫水的程度，而且就算到達這個地步，也只會斷斷續續地有想喝水的感覺，所以必須喝超過想渴水的分量。

運動開始後，每隔 15 至 20 分鐘，應攝取 150 至 350 毫升的水分。進行超過一小時的大強度項目時，飲料最好含有 4 至 8%的碳水化合物。由於在大多數的情形下，運動員都未能在運動進行中完全補充失去的水分，所以運動結束後應再攝取相當於體重流失 150%的水分，以防止出現脫水的情況。

運動時的膳食

許多運動員只著眼於訓練計劃和技術改進，反而忽略了營養補充對運動表現的重要。人體內血糖的濃度會在餐後兩個半至三小時後開始下降，於是會出現疲勞和工作效率下降的現象。當血糖的濃度進一步下降時，就會有饑餓的感覺出現。如果以血糖的濃度作爲基準，一般人每天至少要進食三餐；而運動員更要進食四至五餐，並以少食多餐的形式進行，以便能夠經常維持血糖的濃度和減少脂肪的堆積。

運動前膳食（Pregame Meal）

運動前應避免產生氣體的食物。此外，脂肪和蛋白質的消化較慢，應在運動前三至四小時食用；碳水化合物（谷類、果汁、多士）一般較易消化，可在運動前兩小時食用。運動前三十分鐘飲用流質食物，一般不會對運動做成不良影響，但這段期間亦不宜飲用糖分太高的飲料，以免因胰島素的分泌而降低血糖的濃度，也就降低了運動時的能量來源。

根據 Wilmore 與 Costill（1994），無論在耐力項目（超過 1 小時）開始前 5 分鐘、2 小時或進行間進食碳水化合物都能促進運動表現。但運動員切勿在運動開始前的 15 至 45 分鐘進食碳水化合物，因爲這樣做會激發胰島素（insulin）的分泌，使血糖濃度下降，而且也防礙了運用脂肪作爲燃料的功能，於是引致運動開始後不久便出現疲勞現像，最終影響了運動表現。

肝糖超補法（Carbohydrate Loading）

在正常情況下，人體內每千克肌肉約儲存著 15 克的肝醣，還有些儲存在肝臟內。進行長時間耐力項目（如馬拉松）時，體內的糖分可提供約個半小時的能量（Jensen 與 Fisher，1979）。因此，如果可以增加人體內的肝醣儲備，理論上就能夠促進耐力項目的表現。

耐力項目（馬拉松）運動員一般採用以下幾種方法來增加體內的肝醣儲備：

1. 連續在比賽前的 3 至 4 天進行高碳水化合物膳食，並且在這段期間避免進行劇烈的訓練，研究發現這種準備方式可以提高體內的肝醣儲備（25 克/每千克肌肉）。
2. 第二種形式是先以運動來耗盡體內的肝醣儲備，然後再連續幾日進行高碳水化合物膳食，研究發現這種方式可以把體內的肝醣儲備提升至原來的 2 倍。
3. 第三種方式同樣是先以運動來耗盡體內的肝醣儲備。首先是連續三日進行低碳水化合物、高脂肪及蛋白質膳食，並同時進行劇烈的運動訓練；之後便連續三日進行高碳水化合物膳食，並同時降低訓練量。研究發現，這種方式可把體內的肝醣儲備提升得更高（50 克/每千克肌肉）。

不過，運動員採用肝醣超補法時也要付出代價，就是身體會同時儲存多一定分量的水分（每 1 克肝醣跟 2.6 克水同時儲存）。例如，當每千克肌肉的肝醣儲備由 15 克增加至 40 克時，30 千克

的肌肉[9]就儲存著 750 克，約 1.5 磅的肝醣和 3.9 磅的水了。

運動後膳食

如果每隔幾天才進行劇烈的運動訓練或比賽，只要有均衡的膳食，經過一至兩天的日常進食後，體內的肝醣儲備便能夠恢復正常。不過，對於要連續多日進行劇烈的訓練或比賽，又或者在同一日內要進行的運動員來說，運動後進行高碳水化合物膳食也是非常重要，特別是運動結束後的 2 個小時之內。研究發現運動後立刻進食以每磅體重計，2/3 克的碳水化合物，並在 2 個小時後再次重複進食相同分量，便能夠迅速恢復體內的肝醣儲備（Anderson）。

參考資料

Adrogue, H. J., & Madias, N. E. (2000). Hyponatremia. *New England Journal of Medicine, **342***, 1581-1589.

American Academy of Pediatrics (2000). Climatic heat stress and the exercising child and adolescent. *Pediatrics, **106***, 158-159.

American College of Sports Medicine. (2002). *Current Comment: Pre-event meals*.

American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada. (2000). Joint position statement: Nutrition and athletic performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise, **32***(12), 2130-2145.

Anderson, O. Carbohydrate loading research: A revolutionary new way to slam 20 percent more glycogen into your muscles. Retrieved 2006-12-7 from http://www.pponline.co.uk/encyc/0310.htm.

Fox, E. L., Bowers, R. W., and Foss, M. L. (1993). *The Physiological Basis for Exercise and Sport* (5th ed.). Dubuque, IA: Wm. C. Brown.

Jensen, C. R., and Fisher, A. G. （1979）. *Scientific Basis of Athletic Conditioning* （2nd ed.）. Philadelphia: Lea & Febiger.

Katch, F. I. & McArdle, W. D. (1988). *Nutrition, Weight Control, and Exercise* (3rd ed.). Philadelphia, PA: Lea & Febiger.

Montain, S. J., Sawka, M. N., & Wenger, C. B. (2001). Hyponatremia associated with exercise: risk factors and pathogenesis. *Exercise and Sports Science Review, **3***, 113-117.

Murray, B., Stofan, J., & Eichner, E. R. (2003). Hyponatremia in athletes. *Sports Science Exchange, **16***(1), 1-6.

National Athletic Training Association (2000). Fluid replacement for athletes. *Journal of Athletic Training, **35***, 212-224.

Wilmore, J. H., & Costil, D. L. (1994). *Physiology of Sport and Exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Zambraski, E. J. (1990). Renal regulation of fluid homeostasis during exercise. In C. V. Gisolfi and D. R. Lamb (eds.) *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine. Vol. 3, Fluid Homeostasis During Exercise*. Indianapolis: Benchmark Press, pp. 247-280.

Eatwell 營養師（2001）。*卡路里計算機*。香港：明窗出版社。

王順正（1998）。*運動與健康*。台北：浩園文化。

賽前膳食的安排

如果比賽在晨早舉行，賽前膳食的安排便更加重要，因爲自對上一次的晚餐起計，經過了十二小時或以上之後，肝醣的儲備已經在最理想水平以下。賽前膳食能起到重新恢復能源儲備的作用，也就可以延遲疲勞的出現。

比賽在早上舉行：

之前一晚要進食高碳水化合物晚餐。比賽當日的早上，只宜吃一頓輕量的早餐或小吃。

比賽在下午舉行：

之前一晚及比賽當日的早上，都吃一頓高碳水化合物膳食。中午的時候，只宜吃一個輕量的午餐。

比賽在黃昏舉行：

比賽當日的早上和正午，分別吃一頓高碳水化合物的早餐及午餐。下午只宜再吃點小吃。

[9] 假設一個人的體重爲 70 千克，則全身肌肉的重量約爲 30 千克。

低血鈉症

低血鈉症（hyponatremia）是體液及電解質失衡的一種症狀，以致血漿內鈉（sodium）的濃度不正常地低於 135 微摩爾 / 公升的水平（正常的血鈉水平為 136 至 142 微摩爾 / 公升）。持續的低血鈉水平會影響腦部的滲透壓（osmotic pressure），導致水分急促地湧進腦部，造成腫脹及一系列的神經紊亂（神智不清、昏迷），嚴重者腦幹亦會受到破壞，造成死亡。血鈉的水平下降得越快、越低，死亡風險就越高（Murray，Stofan 與 Eichner，2003）。

當血鈉的水平下降至 125 至 135 微摩爾 / 公升時，一般並未有明顯的癥狀，有些人會出現不很嚴重的腸胃障礙（如反胃）。當血鈉的水平到達 125 微摩爾 / 公升或以下時，癥狀會變得明顯及嚴重，如頭痛、嘔吐、氣喘且帶響聲、手腳腫脹、坐立不安、不尋常的疲累、神智不清等（Adrogue 與 Madias，2000）。當血鈉水平進一步下降低於 120 微摩爾 / 公升時，就會出現呼吸停頓、昏迷、永久性腦部受損，甚至死亡（Murray，Stofan 與 Eichner，2003）。

運動員中出現的低血鈉症，通常是血漿內的水分高於正常水平。當運動員在持續時間長的運動前或進行中喝得太多時（一小時內喝進 3 公升或以上），出現低血鈉症的風險就會提高。此外，個子矮少（只要較少的水分就可以稀釋體液）、出汗較多，跑速較慢（運動的時間相對較長）的運動員，出現低血鈉症的風險也較高。

就算是安靜的時候，當飲用的分量高於尿液的最高生產量時，血鈉的濃度就會下降。例如，成人一般可喝進 1.5 公升 / 小時的水分，但尿液的最高生產量只為 1 公升 / 小時。不過，在大部分的情況下，輕量的過度飲用不會造成低血鈉症，很多人在日常生活中都有機會飲用過多的水分，但多餘的水分都會以尿液的形式排出體外。不過在運動的時候，由於流往腎臟的血量減少，所以尿液的產生亦較安靜時減低了 20 至 60%（Zambraski，1990）。同時，腎臟亦相應地重新吸收水和鈉，於是人體排泄水分的能力便隨之而下降。當喝進的水分遠超於尿液生產及排放的能力時，就有機會出現低血鈉症的情況。

體適能水平較高和經過熱適應的運動員，汗液中鈉的濃度會較低（< 40 微摩爾 / 公升），這都是由於汗腺重新吸收鈉的能力有所提升的緣故。返過來說，這兩方面較差的運動員，從汗液流失鈉的程度就會較高。Montain 等（2001）的研究指出，汗液中帶有較高鈉水平的運動員，就算沒有過度喝進太多水分，在長時間持續運動底下（超過 9 小時），也較容易出現血鈉水平偏低的情況。他們的計算也顯示，個子較小及女性運動員（通常個子也較男性小），出現低血鈉症的風險也較高。

由於每個人的汗液流失速率不同，所以各人應當喝的分量也有差異。雖然不同的權威組織都曾發出有關水分補充的指引，但都沒有一分提及過運動時要「盡量多喝」的建議。

American Academy of Pediatrics（2000）建議，就算不覺得口渴，在運動進行中，兒童（體重 40 千克）應每 20 分鐘喝進 150 毫升的水或含鹽的飲品；而青少年（體重 90 千克）則要喝上 250 毫升。American Dietetic Association，Dietitians of Canada 與 American College of Medicine（2000）的一份聯合指引就指出，在運動前的 2 小時，應喝進 400 至 600 毫升的水分，在運動進行中，每隔 15 至 20 分鐘，應喝上 200 至 300 毫升的水或運動飲料。National Athletic Training Association（2000）亦建議， 在運動前的 2 至 3 小時，應喝進 500 至 600 毫升的水或運動飲料，運動前的 10 至 20 分鐘，應喝進 200 至 300 毫升；每運動 10 至 20 分鐘，也要喝進 200 至 300 毫升的水分或運動飲料。

當然，以上的數字只能反映運動員的「平均」需要，個人必須按照自己的實際需要而作適當的調整。在這方面，比較運動前後體重的相差，便可對水分補充的分量提供到一定的數據。