

中長跑的綜合學科訓練法

(特別為城大渣打馬拉松 2009 備戰工作坊編寫)

教練/導師：黃德誠

引言

10 公里、半馬及全馬均屬長跑項目，要求運動員在盡可能減少體力消耗的情況下，保持既定的速度去跑；在高水平的比賽中，運動員更需要有加速和變速的能力。因此，正確的技術和合理的體力分配對這類長距離跑來說是非常重要。整體來說，這類長跑項目的表現，均是技術、體力、心理和營養結合的成果。

訓練是有系統地準備運動員作最高峰表現的過程。拉丁古語有云：「條條大路通羅馬」，也就是說要達至同一目標，實在有很多不同的途徑，以下的環節將以一個綜合學科的方法去探究長跑訓練。

技術方面

長 跑項目要求運動員能夠跑得輕鬆協調，因為這樣才可以節省能量消耗。正如 Zimkin (1959) 約在 50 年前所說：「動作協調得越好，越少肌肉參與運作，就可以工作得更持久」，所以正確的技術發揮絕對是跑步效能的關鍵。

跑的運動力學

跑 步是循環的動作，當中包括兩個主要階段：支撐及非支撐階段。人體向前移動主要是支撐階段後期，兩腿交替蹬地的結果。通過伸展蹬地腿的髖、膝、踝關節，一鼓較體重大的力量就會依向後及向下的方向，作用於地面（即作用力）；而從地面以反方向回傳過來的阻力（即反作用力），就會作用於人體並推動其前進。

跑步效能

若 跑步者消耗的能量是完全用以克服其遇上阻力時，便算有高的跑步效能。當中消耗能量最高的，莫過於兩腿蹬離地面的動作。此外，部分能量亦要用於對抗空氣的阻力（速度越高，阻力越大）和協調身體各部分之上。

跑步是肌肉迅速循環收縮和放鬆的動作，技術優秀的跑步者應能夠避免無謂的肌肉緊張，從而更有效地使用能量；所以「放鬆的能力對跑步效能尤為重要」（Schmolinsky, 1983）。

跑的姿勢

身體姿勢

1. 上體正直或稍前傾。
2. 頭部自然，眼平視，面部和頸部肌肉要放鬆。



後蹬與前擺

1. 當擺動腿通過身體垂直部位向前擺動時，支撐腿首先伸展髖關節，再迅速有力地伸展膝關節和踝關節。
2. 腳掌的小肌肉也要積極參加，最後用腳趾蹬離地面。
3. 在擺動腿前擺的過程中，小腿保持放鬆而自然下垂。
4. 後蹬結束時，支撐腿幾乎伸直或伸直，擺動腿的小腿與支撐腿幾乎呈平行的狀態。
5. 跑的距離越長，大腿抬起的高度越低。





騰空

1. 支撐腿蹬離地面後，小腿亦迅速向大腿靠攏，形成大、小腿邊折疊邊前擺的動作。
2. 同時，擺動腿以髖關節為軸，積極下壓，膝關節放鬆，小腿自然向下伸展，準備著地。



著地緩衝

1. 著地位置約在身體重心投影點前的一腳長至一腳半處。
2. 在中長跑中，可以用腳前掌著地過渡到全隻腳，亦可以用全腳著地。（腳著地的技術取決於運動員的訓練程度、跑的速度、與個人特點等。）
3. 腳著地後，支撐腿迅速彎屈進行緩衝，並為過渡到後蹬創造良好的條件。
4. 這時，擺動腿亦以大、小腿折疊的姿勢迅速向前擺動。



擺臂動作

1. 輕握雙拳，姆指放在食指上。
2. 肘關節自然彎曲，以肩為軸前後自然擺動。
3. 當臂擺到軀幹的垂直部位時，肘關節的角度要大一些，使肌肉得到短時間的放鬆。



速度的組合成分

跑 步的速度是由「步長」和「步頻」組成，它們之間的關係可以用下列公式表達：

$$\text{速度} = \text{步長} \times \text{步頻}$$

步長和步頻是互相依賴的，而且只有它們都互相配合時才能夠發揮最大的跑步效能。雖然速度可透過增加步長或增加步頻，甚至是兩者同時增加而達成；不過，在提升一項因素的時候，卻不可犧牲另一個。

長跑技術的力學分析

腿部動作

為 了方便分析，腿部動作可以分為三個階段：支撐階段、蹬地階段、恢復階段。

支撐階段（圖 6-7；13-14）

支撐階段由腳著地一刻開始，直至運動員的重心向前移過著地點後結束。支撐階段主要有兩個作用：（1）透過彎屈髖、膝及踝等關節，吸收身體在恢復階段後期，因受地心吸力牽引而下降時產生的撞擊力；和（2）在避免降低向前的動量之前題下，準備運動員邁出下一步。

腳的著地方法是跑的技術環節中最具爭議的地方，有些人主張應該以腳跟先著地，然後滾動至腳前掌，再以腳趾蹬離地面。不過，這種著地方法會降低了向前的動量（momentum），因為在腳跟著地的一剎那，腳部仍在向前的動作會繼續向前（牛頓第一定律），並形成一鼓向前的作用力（action）施加於地面，而地面亦會同時回應一鼓力度相同，方向相反（向後）的反作用力（reaction，牛頓第三定律），減慢了運動員向前的動量。同樣道理，刻意把小腿踢前以增大步長時，腳部於著地的一剎那也正在向前移動，所受到的反作用力一樣會減慢了向前的速度。

因此，較合理的著地方法應該是以腳前掌（外側）先著地，然後過渡至全腳觸地，並藉此緩衝部分腳著地時因地心吸力所產生的撞擊力；而且腳著地後亦應該繼續向後移動，利用從地面而來的反作用力使身體可以更快地向前推進。Nett（1964）指出當跑的距離增長時，速度會相應變慢，腳著地的部位也會向腳跟方向後移。其實大部分短跑運動員（包括頂級運動員），著地後腳跟都會觸及地面。Payne（1983）的研究亦發現，在 18 個參與 200 米或以下距離賽事的國際級短跑運動員之中，只有一個的腳跟是不接觸地面；在另一組共有 41 個從事 400 米至 1500 米賽事的國際級運動員之中，亦只有 6 個是採用腳跟不接觸地的技術。由此可見，無論是短跑還是中長跑運動員，都不應刻意禁止腳跟著地。

Deshon 與 Nelson (1964) 也從他們的研究總結了良好跑步效能之其中一個特點，就是運動員腳著地的位置，應該盡量接近身體重心在地上的投影點。

蹬地階段 (圖 7-9; 15-17)

支撐階段一結束，便會進入蹬地階段，直至蹬地腿的腳部 (腳趾) 離開地面為止。運動員這時應用力蹬伸髖、膝、踝關節，並向下、向後用力把身體推離地面。蹬離地面時的初速度是取決於髖、膝、踝關節的肌肉力量，也會影響到實際的步長。

恢復階段 (圖 2-5; 10-13)

恢復階段是指腳部蹬離地面後，被送前並準備下一次著地的一段期間。

支撐腿蹬離地面後，小腿應迅速向大腿靠攏，並形成大、小腿邊折疊邊前擺的動作。當小腿向後、向上靠攏大腿的時候，腳部應盡量貼近臀部，從而把腿的轉動慣量 (moment of inertia) 降至最低和增加角速度 (angular velocity)，使腿

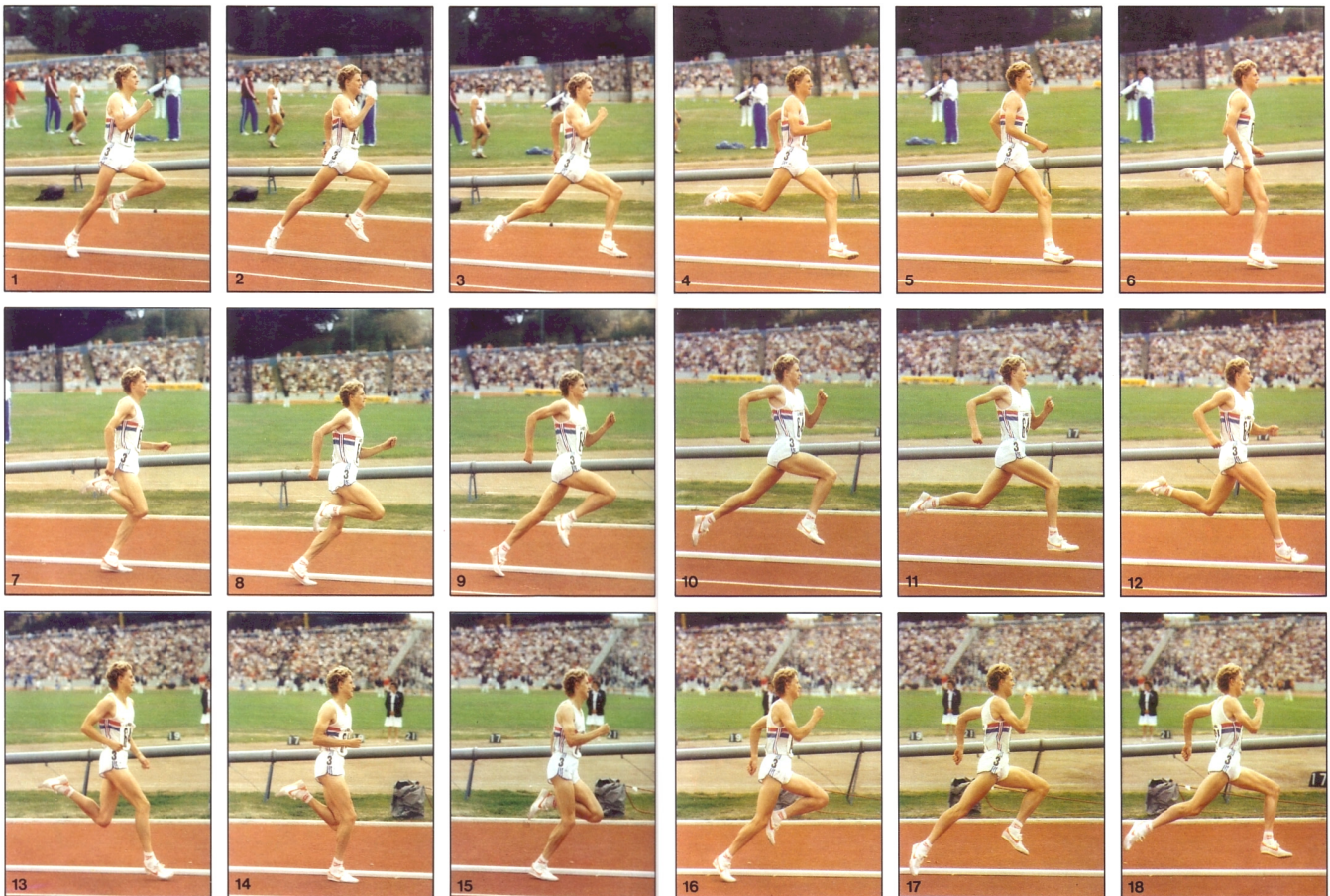
可以更迅速地向前擺出。當運動員的大腿達至水平或接近水平時，小腿應自然地向前擺動，準備著地。

手部動作

Hinrichs (1982) 從他的研究總結出，手部動作的主要功用是抵銷因腿部動作而產生的角動量 (angular momentum)。因長跑運動員的後蹬和恢復階段後期的前擺動作都比短跑運動員為弱，產生出來的角動量亦會較小；而且較低的步頻 (長跑運動員一般為每秒 3 步、短跑運動員為每秒 4.5 至 5 步) 亦使軀幹有更充裕的時間去為角動量作出反應，所以毋須太劇烈和用力的手部動作 (Dyson, 1986)。因此，長跑運動員應避免過劇的手部動作，以節省能量。

空氣阻力

在 所有跑的項目之中，部分的能量都會被浪費於克服空氣阻力；而空氣阻力的大小則與運動員跑速的「平方」成正比，所以速度越高，要抵抗的空氣阻力越大。跟據 Dyson (1986)，在



Steve Cram (英國)：1984 年奧運 1500 米銀牌 (3:33.40) 及 1985 年 1500 米世界紀錄保持者 (3:29.67)。

靜止的氣流下，若運動員的跑速為 10.67 米/秒（一般優秀短跑運動員的最高速度），作用於運動員身上的空氣阻力便有 15.93 牛頓或 3.58 磅。因此，在風特別大的日子，中長跑運動員都應該避免領先跑，並且應該盡量「躲」在對手的後邊或傍邊跑。

速度與年齡

根據 Anderson (n.d.)，透過攝錄了 162 名國際級跑步運動員（83 男，79 女）的比賽片段，並將其數碼化以進行力學分析後，美國北愛荷華州大學（University of Northern Iowa）的 Nancy Hamilton 博士發現，隨著年齡的增加，步頻的下降並不明顯（80 歲與 35 歲的相差只不過是 4 至 5%）。反觀另一方面，90 歲選手的步長卻比 35 至 39 歲的戲劇性地下降了 40%，（由每步 2.36 米縮短至 1.42 米）。她因而總結出：「雖然年長運動員的腿仍然能夠快速移動，但她們的步長卻已經大不如前」。



步長之所以變短，主要是髌和膝等關節的活動幅度下降所致。例如，Hamilton 博士發現膝關節在跑步時的活動幅度自 35 歲至 90 歲間竟減少了 33%（從 123 度下降至 95 度），這使到膝關節於腿向前擺動時折疊不足，腳與髌關節的距離變遠，力矩（moment）增大，影響了前擺的速度，也就影響了另一腿及時蹬地用力，把身體前送的速度。此外，髌關節在跑步時的活動幅度比膝關節下降得還要厲害，自 35 歲至 90 歲間減少了 38%，這些都影響了步長。因此，保持髌、膝關節及四頭肌（大腿前方的肌肉）的良好柔軟度，是年長運動員維持步長（也就是速度）的關鍵。

Hamilton 博士的另一項發現，就是年齡較大的運動員，腳接觸地面的時間也偏向較長。由於腳著地的時間越長，速度的損失也越多，所以在

保持一定力度的前提下，減少腳接觸地面的時間，也是提高速度的另一種方法。就以一個能在 30 分鐘內完成 5 公里的運動員為例，若她每一步能夠縮短 1/100 秒的時間，其總成績便可提升近一分鐘¹。

生理方面

運動中的各種動作，都是肌肉收縮的結果；而肌肉則必須得到能量的不斷供應，才能夠一直工作下去。然而，從食物分解所釋放出來的能量，並不能“直接”給肌肉使用，這些能量都要先用以製造一種儲存於肌肉之內，名為三磷酸腺苷（ATP，adenosine triphosphate）的高能量化合物，當 ATP 被分解時，所釋放出來的能量就可以提供給肌肉工作之用。

可惜，ATP 在肌肉內的儲存量極為有限，僅足以維持三數秒的盡最大努力活動（maximal efforts）之用；ATP 在人體內是不斷地被分解及重新合成，而重新合成 ATP 也是需要能量。人體內就有三個供能系統，可以供應能量作為重新合成 ATP 之用；當中兩個是無氧系統，另外一個則是有氧系統。

供能系統

ATP-PC 系統及乳酸系統（lactic acid system）是無氧系統，因為它們並不需要依賴氧氣來重新合成 ATP；氧氣系統（oxygen system）則是有氧系統，因為它必須在有充氧氣的情況下，才能夠重新合成 ATP。

ATP-PC 系統

在人體的肌肉細胞內，還儲存著另一種高能量化合物——磷酸肌酸（creatine phosphate，簡稱 PC）。當 PC 被分解的時候，就會釋放出能量，而這些能量就可以用來重新合成

¹ 假設運動員的步頻為每分鐘 180 步，她的 30-分鐘跑便要用上了 $180 \times 30 = 5,400$ 步。如果她每一步能節省 1/100 秒，她便能跑快 $5400 \times 1/100 = 54$ 秒了。

ATP。不過，PC 在人體內的儲存量也是極為有限，僅足以提供能量作另外幾秒的最大努力活動之用。此外，要重新合成 PC 的話，原來也是要用上 ATP 被分解時所釋放出來的能量。當 PC 被消耗殆盡後，就只能夠待活動結束後的恢復階段才能夠有效地被重新合成。雖然整個 ATP-PC 系統所提供的能量只足以維持約 10 秒的最大努力活動之用（如 100 米跑），但它卻是人體內最迅速的能量來源。

乳酸系統

在 無氧的情況下，碳水化合物²會在不完全分解的情況下釋放出能量以重新合成 ATP；不過，在無氧情況下的 ATP 產量，要遠低於在有氧情況下碳水化合物被完全分解時的出產。此外，乳酸這種無氧代謝下的副產物，也是影響到運動表要的因素。Holloszy（1982）指出，當乳酸積累到某一個上限後，人體便會因為肌肉嚴重疲勞而被逼停止工作。然而，乳酸系統仍然是一個相對迅速的能量來源，而且對於那些在 1 至 3 分鐘間完成的最大努力活動（如 400 米及 800 米跑）尤為重要。

氧氣系統

在 氧氣充足的情況下所產生的總能量是難以估計，因為不僅是碳水化合物，就連脂肪³及蛋白質⁴都可以被用作“燃料”，所以對於那些長時間的耐力活動（如馬拉松長跑），氧氣系統對 ATP 的重新合成特別重要。

² 在人體內，所有碳水化合物，都要先被轉化為葡萄糖（glucose）才可以被立刻使用；又或者被轉化為醣元（glycogen），儲存於肝或肌肉之中。（醣元亦泛指人體內各種碳水化合物的形式。）

³ 以脂肪作有氧分解來提供能量時，要比用碳水化合物時消耗多約 15% 的氧氣，這都不利於運動表現。

⁴ 除了在飢荒或碳水化合物嚴重衰竭的情況下，蛋白質對能量供應的貢獻是微乎其微。

運動時的能量來源

安靜或休息的時候

人 體處於安靜或休息的狀態時，氧氣供應充足，所以能量主要是由有氧系統提供，大約有三分之二的能量是來自脂肪的代謝，另外的三分之一則是來自碳水化合物，而蛋白質的貢獻只是微乎其微。

時間短、強度大項目

任 何只可以維持 2 至 3 分鐘的運動項目，如 100 米、200 米、400 米及 800 米跑等，均可被視為時間短而強度大的項目。碳水化合物是主要的燃料，脂肪次之，蛋白質再次是微乎其微。由於單靠有氧系統是無法迅速供應足夠能量作這類活動之用，經常要求到機體在氧氣短缺（oxygen deficit）的情況下提供能量作肌肉活動之用，所以無氧系統（包括 ATP-PC 系統及乳酸系統）是這類項目的主要供能系統。

對於時間極短而強度非常大的項目而言，ATP-PC 系統是主要的供能系統。對於要持續 2 至 10 分鐘才完成的項目，乳酸系統會逐漸取代 ATP-PC 系統而成為主要的供能系統。不過，在乳酸濃度不斷提高的情況下（無氧醣酵解⁵活動的結果），活動亦只得停止下來或改以較低的強度繼續進行。

時間長、強度小項目

任 何可以維持 10 分鐘或以上的運動項目，都可以被歸納於這個類別之中。有氧系統是這類活動的主要供能系統，碳水化合物和脂肪都是主要的供能系統。20 分鐘以內的運動項目主要以碳水化合物作為燃料，當運動持續下去（如 1 小時或以上），碳水化合物（醣元）的儲備明顯下降時，脂肪便會逐漸取而代之成為有氧系統的主要燃料。對於這類時間長而強度較小的項目來說，ATP-PC 系統及乳酸系統只在運動開始的階段，或運動中途及尾段，運動員要作加速或最後衝刺時，才會起著積極的作用。

⁵ 碳水化合物在無氧情況下被分解的過程。

時間再長的項目如馬拉松長跑，運動員於比賽完結時血液內乳酸的濃度往往只是安靜時的 2 至 3 倍⁶ (Costill 與 Fox, 1969)。對於這類運動員來說，導致疲累的原因包括：(1) 肝醣耗盡以致血糖濃度下降，(2) 肌醣耗盡而出現局部的肌肉疲勞，(3) 水分和電解質流失導致體溫上升，及 (4) 心理上感到沉悶等 (Costill, 1974)。

對長跑運動員的啟示

對於長跑項目運動員來說，其中一個很重要的關注事項就是步速的控制。如果運動員一開始時已經過快，又或者是過早作最後衝刺，乳酸就會積累至很高的水平，肌醣亦會提早衰竭，因而導致因疲勞提早出現而痛失比賽的後果。因此，長跑運動員應盡量維持一個既穩定而夠快的速度去完成大部分的賽程，並且在最後階段才作最後衝刺。

長跑項目的訓練方法

中長跑的訓練始終離不開提高身體的無氧及有氧代謝能力，距離越長，有氧代謝能力越加重要；反之亦然。

大多數的中長跑訓練計劃都會包含有氧和無氧的跑步練習，能夠把心率提升至最高心率的 80% 左右的練習，是側重於發展有氧代謝的能

力；把心率提升至最高心率的 90% 或以上的練習，是側重於鍛煉無氧代謝的能力。無氧及有氧訓練的比例，要視乎運動員的主要項目而定，跑的距離越長，應強調有氧訓練；反之亦然。

不同的跑步訓練法

長跑運動員普遍採用兩種主要的跑步訓練法：連續跑訓練法 (continuous running training) 及間歇跑訓練法 (interval running training)。此外，重覆跑 (repetition running training) 及 Fartlek 也是常用的兩種訓練方法。

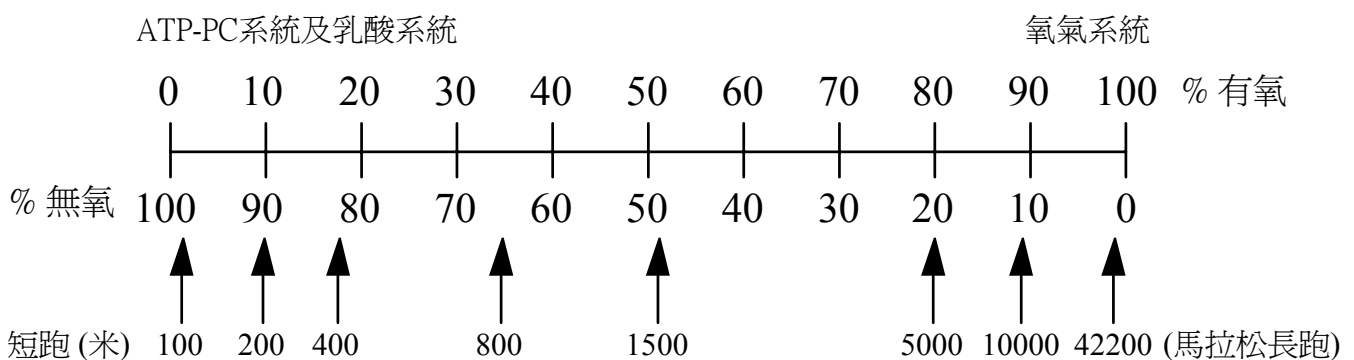
A. 連續跑訓練法

連續跑訓練通常涉及連續去跑較長的距離，Wilt (1968) 更把連續跑訓練法分為兩個類別：慢連續跑訓練法和快連續跑訓練法。

(1) 慢連續跑訓練法

慢連續跑是指以較慢的速度去跑較長的距離，這類跑步訓練法也常被稱為 LSD (long, slow distance)。一般來說，運動員應該以能夠提升心率至最高心率 80 至 85% 的速度，去跑賽程 2 至 5 倍的距離 (Fox, Bowers 與 Foss, 1993)。慢連續跑訓練法主要被長跑運動員作為基礎訓練或過度至快連續跑訓練前所用，又或者在恢復階段作為輕鬆跑練習之用。

個別徑賽項目的能量來源



圖一、無氧系統及有氧系統對不同徑賽項目的貢獻。(Fox, Bowers 與 Foss, 1993)

⁶ 安靜時血液內乳酸的濃度約為 10mg%。

(2) 快連續跑訓練法

相對於慢連續跑訓練法，快連續跑訓練法會在較快速的情況下進行，於是疲勞亦會提早出現，能夠完成的距離也會隨之而下降。跑的強度應該能夠提升運動員的心率至最高心率的 85 至 95% (Fox 等, 1993)。快連續跑練習亦較慢連續跑練習更能有效地模擬實際的比賽情況。

B. 間歇跑訓練法

間歇跑是由跑與休息交替進行而組成的訓練課，跑時的強度或速度通常比整課都是連續跑時要大、要快。休息時多進行較輕鬆的活動（走或慢跑）而較少完全停止下來。

C. 重覆跑訓練法

重覆跑訓練法與間歇跑訓練法的方式相近，不過跑的一段距離通常會較長（800 米或以上），跑與跑之間的恢復亦會較為完整（心率下降至每分鐘 120 次以下才再重覆下一次跑）。重覆跑經常被運動員用以模擬比賽的壓力，兩種較常採用的重覆跑形式如下 (Gardner 與 Purdy, 1970)：

- (1) 用比賽或更快的速度重覆地去跑賽程的一半距離，直至累積到賽程的 1.5 至 2 倍為止。
- (2) 以稍慢於比賽速度去重覆跑賽程的四分之三距離，直至累積到賽程的 1.5 至 2 倍為止。

D. Fartlek 訓練法

Fartlek 的瑞典語意是「速度遊戲」，這是在田徑場以外，在沒有秒表和測量過的跑道上進行的間歇跑。Fartlek 通常在野外進行，並且是快跑與慢跑互相交替的跑步練習，它可以被視為沒有特定跑速和休息時間的間歇跑。一個 Fartlek 訓練課的實際運作可以如下：

1. 慢跑 15 至 20 分鐘直至感到充分熱身；
2. 然後進行一組 200 米、300 米的快、慢跑，快跑時用相當於 400 米跑的速度進行；
3. 緊接著（在沒有停頓下）進行一個 800 米至 1200 米的持續跑，速度為接近 3000 米跑的速度；

4. 然後慢跑至呼吸回復暢順；
5. 再快跑 300 米左右（最好是上坡跑）；
6. 然後再進行一次 800 米至 1200 米的持續跑。

運動員可按照以上的方法跑下去，直至到達 5 至 15 公里的距離。當然，實際距離的長短和速度的快慢要視乎運動員的體適能狀況、訓練目的和練習時的地形環境而定。不過採用 Fartlek 訓練的運動員必須有良好的自我控制和監察的能力，否則一課 Fartlek 練習便會變成了漫無目的的「胡亂跑」。

間歇跑訓練法

我們不難理解得到在同一節訓練課中，運動員難以用近乎比賽的速度作一次以上的「全比賽距離」跑，因為跑的距離越長，運動員需要的恢復時間也就越久，若要勉強地跑上好幾次的話，在訓練的「質」方面，就必定會有所下降。而間歇跑訓練法的優點，就是能夠做到「質」與「量」並重。

A. 間歇跑訓練法的生理基礎

早於 1960 年代，Åstrand 等已發現間歇地進行活動，可以在不損「質」的情況下做上相當的「量」。在他們的自行車測試研究中，一個只能連續維持九分鐘的工作負荷（350 瓦），若轉以間歇形式進行，竟然可以在 1 小時內做上總共 30 分鐘的時間⁷。

⁷ 他們亦發現，活動階段的時間越長，就算把中間休息的時間相對地延長，被測試者仍然會越感到疲累。例如，若在同一工作負荷（350 瓦）之下，以活動三分鐘，休息三分鐘的形式間歇地進行，一小時之後，被測試者總共活動了三十分鐘，並感到精疲力竭。但若改以活動三十秒，休息三十秒的形式進行，一小時之後，被測試者同樣是活動了總共三十分鐘，但卻未有出現太疲累的現象；而且血液內乳酸的濃度（2.2 mM），只是稍高於安靜時之水平（1 mM，Åstrand 與 Rodahl, 1986），與連續活動九分鐘後（16.5 mM）及三分鐘間歇活動後（13.2 mM）的水平，相差甚遠。

Christensen 等 (1960) 亦在他們的跑步機測試研究中，發現類似的情況。在他們的實驗中，若跑步機的運行速度為每小時 20 千米，被測試者只能連續跑上 4 分鐘 (約 1300 米的路程)，而且在運動完結時，血液內乳酸的濃度為 16.5 mM。若改以跑 10 秒，休息 5 秒的形式進行，在 30 分鐘內，被測試者卻可以跑上 20 分鐘的時間 (約 6670 米的路程)，而且運動後血液中乳酸的濃度亦只是 4.8 mM。

實驗結束後血液內的乳酸仍處於低水平，正好顯明了無氧系統並非主要的供能系統，而且還需注意到就算是在跑與跑之間的休息階段，攝氧量和氣體交換都仍然是維持在高水平 (Åstrand 與 Rodahl, 1986)。

對長跑運動員的啓示

從以上的實驗結果可以清楚看見間歇跑訓練法相比起連續跑訓練法，容許運動員在較高的工率下完成更多的工作，而且通過調整每次跑的距離和速度、重覆跑的次數、恢復階段的時間和模式，就能夠有效地選擇個別或相關的供能系統來加以鍛煉 (Åstrand 與 Rodahl, 1986)。

B. 間歇跑訓練的實施方法

傳統的間歇跑訓練法起源於 1930 年代的德國，當時已非常著重訓練課的規劃及作息時間的控制 (Reilly, 1981)。Gerschler 與 Reindall 原本發展出來的間歇跑訓練模式，是重覆地在一指定時間內跑完一特定的距離，而且在跑與跑之間會作固定時間的慢跑 (Watts 與 Wilson, n.d.)。例如，一個 1500 米成績為 3 分 40 秒的運動員，就可重覆跑 8 次 400 米 (每次 57 至 58 秒)，中間以 3 分鐘時間慢跑 300 米作為休息 (Alford, Holmes, Hill 與 Wilson, 1985)。著名的捷克長跑運動員 Emil Zatopek (1952 年奧運 5000 米、10000 米及馬拉松的金牌得主)，就曾在一次訓練課中，作出了 20 次 200 米，40 次 400 米，及 20 次 200 米的間歇跑。



心率可以用作間歇跑訓練時量度訓練強度及恢復程度的標竿。傳統的間歇訓練法多採用 100 米，200 米，300 米及 400 米作跑的距離，並要求運動員的心率於每次跑畢後應達至每分鐘 180 次，而且在下一次跑之前，心率應回降至約每分鐘 120 次 (Alford 等, 1985; Reilly, 1981; Watts 與 Wilson, n.d.)。Watts 與 Wilson 並建議 800 米運動員可採用 100 米，200 米及 300 米作為快跑時的距離；1500 米運動員則可再加上 400 米；5000 米及 10000 米運動員則可以採用 200 米，400 米及 600 米作為快跑時的路程。

Fox 等 (1993) 認為策劃間歇訓練課時，要先考慮希望主要鍛煉的供能系統為何，然後再選擇適當的運動模式 (例：跑步運動員以跑步形式、游泳運動員以游泳形式、自行車運動員以騎自行車形式等) 進行訓練。訓練的強度及作息比例 (work-rest ratio) 則應根據要鍛煉之主要供能系統而定。例如：短跑運動員應著重距離短、強度大 (速度高) 而休息時間可以稍長的間歇跑訓練；馬拉松長跑運動員則可以用近乎比賽的速度，作 3 英哩的間歇跑 (Jensen 與 Fisher, 1979)。要判斷訓練時的強度是否恰當，Fox 等 (1993) 建議高中及大專學員的目標心率應達到最高心率的 85 至 95%。Sharkey 與 Holleman (1967) 的研究亦支持訓練時的心率要達至每分鐘 150 次或以上才會有顯著的訓練效果。

Sharkey (1986) 根據過往的研究指出，介乎於 2 至 5 分鐘，作息比例大至上相同的間歇訓練最能增進有氧系統的功能。此外，活動時間短 (例：15 秒)，作息比例為 1:1 的間歇訓練能同樣有效地改進有氧系統。反過來說，要有效地鍛煉無氧系統的功能，工作時間便不宜超過 90 秒，否則身體將逐漸採用有氧系統來繼續維持活動。Gaiga 與 Docherty (1995) 亦發現主要用以增強有氧系統的鍛煉，對間歇性劇烈活動同樣有幫助。

對大部分の間歇跑訓練課來說，Fox 等（1993）建議快跑的總距離應介乎一英哩半至二英哩之間。同時，若快跑的路程較長（例：800 碼或以上），可以採用 1:1 或 1:1.5 的作息比例；中等長度的快跑路程（例：400 或 600 碼），則可以採用 1:2 的作息比例；再短的快跑路程則宜採用 1:3 的作息比例。此外，Babineau 與 Leger（1997）更從研究中發現利用 400 米，800 米或 1600 米作為快跑時的距離，再配上 5:1 的作息比例，能有效地模擬耐力項目及反映運動員耐力方面的實際情況（在他們的實驗中是以 5000 米作為耐力跑的測試距離）。此外，利用 5:1 的作息比例，不但能提高訓練時的強度，更能大為縮減整個訓練課的時間。

至於休息方面，大部分的研究（Bogdanis，Nevill，Lakomy，Graham 與 Louis，1996；Signorile，Ingalls 與 Tremblay，1993）均支持採用運動量較低的活動以取代完全靜止下來的休息。

除了利用心率及作息比例作為規劃間歇跑訓練課時的標準外，Wilt（1968）亦提出了一套以跑步距離及運動員最佳時間作為參數的方案。根據 Wilt，若跑的距離在 55 至 220 碼之間，跑的時間應比運動員的最佳時間慢 1.5 至 5 秒。例如，若跑的距離為 110 及 220 碼，則每次跑時應以運動員 110 及 220 碼的最佳時間分別加上 3 及 5 秒為合。若跑的距離為 440 碼時，每次跑的時間應比運動員 1 英哩跑最佳時間的四分之一慢 1 至 4 秒。若跑的距離在 440 碼以上，則每 440 碼跑的時間應比該運動員 1 英哩跑時平均每 440 碼的時間慢 3 至 4 秒。

C. 計算訓練法

除了上述的方法外，還可以採用 Gardner 與 Purdy（1970）發展出來的「計算訓練法」。只要用運動員的最佳成績，查考得分表上的分數，然後根據所得分數採用適當的「速度表」來決定每次跑的距離和速度、重覆次數及休息時間。Jensen 與 Fisher（1979）指出這些速度表與當時一些世界級運動員所能承擔的訓練量有明顯的相關。

計算訓練法亦曾經出現過電子版本，並流傳於互聯網上。這套由 Michael Sargent 根據 Gardner 與 Purdy 的公式發展出來的計算訓練法電腦程式名為 Quintessential Sophistry Point and Pace Calculator，可惜由於一些版權的問題，這套程式已經無法再從互聯網上下載。

運動訓練原則

一般人都認同“Practice makes perfect”，Sharkey（1986）甚致說運動是由 99%的準備和 1%的表現所組成，但正如 Vernacchia，McGuire 與 Cook（1992）指出，練習不一定就可以做到完美（Practice does not necessary make perfect），只有從事完善的、有計劃及有目的之練習，方可達至完美的表現。最佳表現絕少無緣無故出現，它們往往都是細心準備的成果。再者，訓練計劃必須按照個別運動員的特點和項目的要求而製定，如果只是盲目地抄摘別人的訓練計劃而進行練習，往往只會弄巧反拙。因此，如何為個別運動員設定訓練計劃就顯得非常重要，難怪許多運動生理學家（Åstrand 與 Rodahl，1986；Fox 等，1993）都花了不少時間去探究運動訓練和參與的瞬間和長遠影響，並為此而提出了不少的建議和指引。

中長跑的訓練原則與一般的運動訓練原則大同小異，當中一些較為重要的訓練原則簡述如下：

專項性原則

訓 練計劃必須針對個別項目的主要供能系統及參與運動的肌肉（群）而設計（Fox 等，1993）。正如 Hewson 與 Hopkins（1996）指出，中等強度的連續跑能專門鍛煉氧氣系統，所以對長跑運動員的益處多於短跑運動員，但力量訓練對短跑運動員的貢獻則較大。他們的研究亦發現，長跑運動員的表現與他們每週進行中等強度連續跑的分量有顯著的相關。

除了供能系統的專門訓練外，活動的模式與實際的技術動作亦要盡量相同，即是游泳運動員

應以游泳作為訓練模式，自行車運動員應以騎自行車作為訓練模式，跑步運動員當然就要以跑步作為訓練模式了。Foster 等（1995）的研究亦發現，游泳訓練對跑步的表現雖然都有幫助，但貢獻始終不及跑步訓練來得明顯。

循序漸進原則

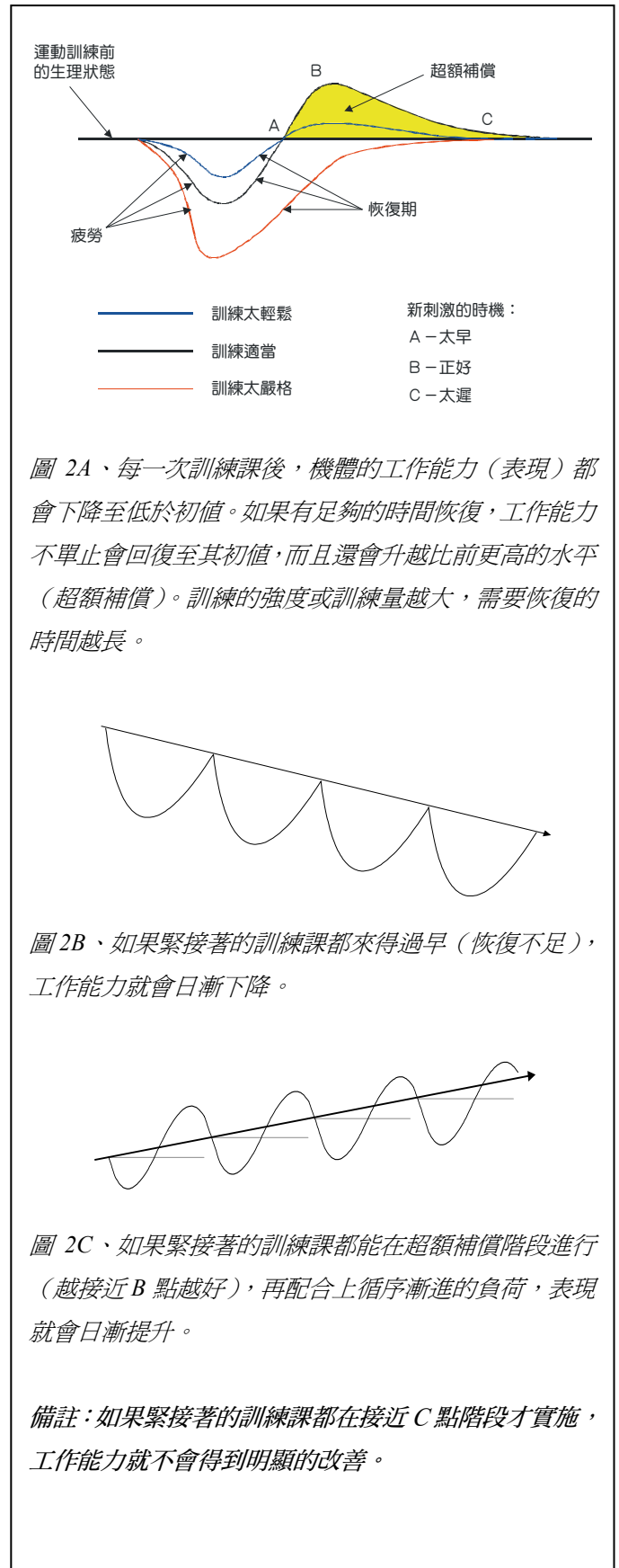
當 運動員的表現和實力有所提高，或對訓練的量或強度已經適應下來後，就是增加訓練量或強度的時候了。（Åstrand 與 Rodahl，1986）。Fox 等（1993）亦指出，在訓練的每一個階段，訓練量都必須接近運動員體適能的最高水平。此外，階梯式波浪型增加訓練負荷的方法較連續性直線增加負荷的方法更為有效。早於 1931 年，Christensen 已證明循序漸進地增加訓練量的重要（載於 Åstrand 與 Rodahl，1986）。Foster 等（1995）亦發現每星期增加 10% 跑步訓練的實驗組比每星期訓練量維持不變（每星期五天，每天 60 分鐘跑步練習）的控制組有顯著的進步。

作息有序原則

循 序漸進並不代表“每日”都要全力以赴，機體在刻苦訓練或比賽後都需要休息以作恢復。連續多天的艱苦耐力訓練不單止會妨礙糖元的恢復，還會延誤了肌肉內微細創傷的修補過程⁸。Knitter 等（2000）發現如果訓練涉及較大的離心收縮成分（如下坡跑），創傷一般會較為嚴重。Gómez 等（2002）亦發現一場 10 公里比賽過後，需要約 48 小時才能夠恢復過來。20 公里或更長的賽事（如馬拉松長跑），恢復所需的時間就更加長了。有證據顯示跑完一次馬拉松長跑比賽後，可能要 1 至 10 個星期才能夠完全恢復過來（Grobler 等，2004）。因此，必須要有休息的日子讓機體可以得到恢復，在這些日子運動員可以完全休息，不作任何練習；亦可做些輕鬆

⁸ 目前已經頗為確定長時間、劇烈的耐力訓練可以導致肌肉的微細創傷及臨時的功能障礙。很多個案都顯示了慢性的肌肉損傷、訓練及比賽能力下降，都與過往長時期從事大運動量的耐力訓練及比賽有關。（Grobler 等，2004）。

的跑步練習（如 LSD）。就算堅持每天練習，仍要遵守作息有序原則。



個別差異原則

就算運動員間的訓練或技術水平接近，對同一個訓練計劃仍可以有不同的反應。運動訓練不單止是一門科學，也是一門藝術；運動員切忌盲目抄摘別人（特別是一些成功運動員）的訓練計劃進行練習，所有訓練計劃必須針對個別運動員的特點（力量、耐力、速度等）和項目的要求（主要的供能系統、參與運動的肌肉群等）而製定，因為只有這樣才能夠完全發展個別運動員的潛能和達至最佳的訓練效果。

週期訓練原則

培育運動員並使其達至最佳表現，通常都要用上 6 至 8 年光境（Schmolinsky, 1983），國際級運動員的訓練計劃可以跨越數年之久。大多數的運動項目，一般把全年訓練週期劃分為三個主要階段（假設一年只有一個重大比賽）：

- (1) 準備階段（Pre-competition Phase）
- (2) 比賽階段（Competition Phase）
- (3) 休整階段（Recovery Phase）

準備階段及比賽階段的初期，應當強調訓練量（跑的總距離），強度則可稍低一些。比賽階段的後期，應強調訓練強度或質（速度耐力及速度感），但求貴精不貴多。在休整階段，運動員只適宜作少量的訓練，好讓機體得到充分的恢復，為來年的訓練及比賽做好準備。

營養方面

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（食物）。這些營養素共可分為六個類別：碳水化合物（醣類）、脂肪、蛋白質、維生素、礦物質和水分。

在正常情形下，無論是安靜時、日常活動及運動時所需的能量，都主要來自碳水化合物和脂肪，蛋白質的貢獻只是微乎其微。雖然維生素和礦物質並不提供熱量，它們對維持人體內正常的功能活動和新陳代謝都非常重要；不過均衡飲食以外的額外補充卻不會對運動表現帶來幫助（Fox 等，1993）。水對健康和運動都同樣重要，

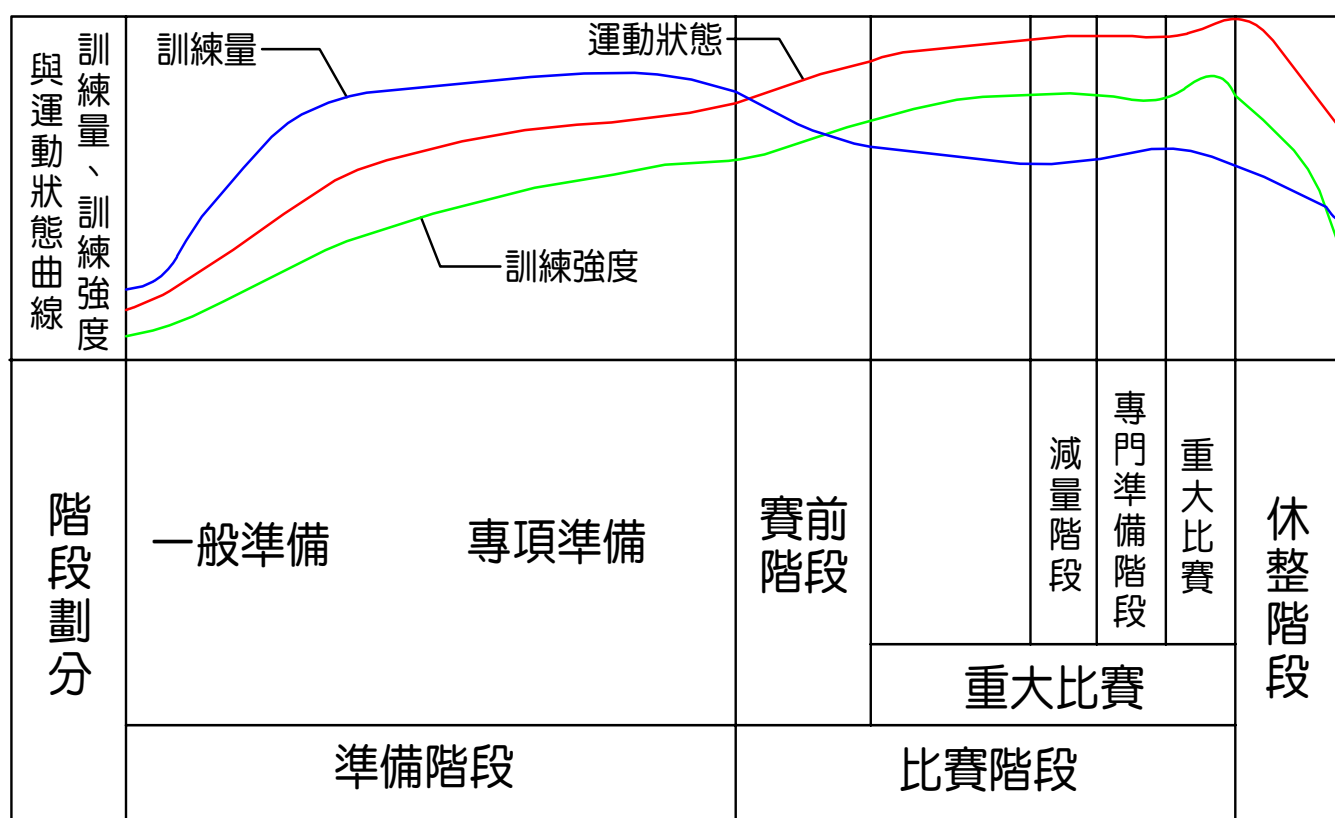


圖3、在訓練週期內的不同階段，量和質的比重均有所差異；越接近比賽，質比重越加重要。

脫水不但會降低運動表現，還會損害健康。因此，在酷熱的天氣下參與長時間的耐力活動時，就特別要確保得到足夠的水分補充。

運動員營養

一般人與運動員對食物需求的分別主要在於熱量的多少，運動員的需求會較多（Fox 等，1993）。根據 1989 年美國 National Research Council 推薦的日攝食量（recommended dietary allowance, RDAs），一個中等活躍的女性和男性每天分別需要 2200 及 2900 千卡的熱量。實際的熱量消耗會受到遺存、年齡、性別、體型、非脂肪部分重量、和運動的強度、頻率和持續時間所影響⁹。例如，一個重 70 千克的男性跑步者，若每天均以每分鐘 6 英哩的速度去跑 10 英哩，就要因此而多消耗 1063 千卡（Katch 與 McArdle，1993）。一個非常活躍，每天要吃上 5000 至 6000 千卡的人，每日便可能要分 4 至 5 餐進食。

由 American College of Sports Medicine、American Dietetic Association 及 Dietitians of Canada（2000）聯署的指引中就曾指出良好的營養有助體力活動及運動表現，也可促進運動後的恢復。它們建議運動員每天按照每千克體重去進食 6 至 10 克的碳水化合物，而蛋白質方面則為每天 1.2 至 1.4 克/千克體重。此外，膳食中應含有中等分量的脂肪（20 至 25% 能量）。至於維生素及礦物質方面，除非運動員是節食或偏食，否則並無需要額外攝取這方面的補充劑。不過，無論是運動前、運動進行間和運動後，都要補充足夠的水分。

運動前膳食

運動前的膳食，應足以準備運動員去進行活動，而又不會使其感到飢餓或胃部充滿未消化的食物。因此，ACSM、ADA 與 DC（2000）均建議運動前的膳食應該是：（1）水分充足以防

⁹ 更多關於體力活動和能量消耗的數據可參閱：Ainsworth, B. E. (2002, January). *The Compendium of Physical Activities Tracking Guide*.

止脫水，（2）低脂肪及纖維含量以助消化及減少腸肚不適，（3）高碳水化合物含量以維持血糖水平及醣元儲備，（4）中等蛋白質含量，和（5）運動員慣常的食物。

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，因為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為燃料的功能，於是引致運動開始後不久便出現疲勞現象，最終影響了運動表現。

醣元超補法 (Carbohydrate Loading)

在正常情況下，人體內每千克肌肉約儲存著 15 克的醣元，還有些儲存在肝臟內。進行長時間耐力項目（如馬拉松）時，體內的醣元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醣元儲備，理論上就能夠促進耐力項目的表現（以較快的速度去完成較長

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，因為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。

的路程)。耐力項目運動員就經常採用以下的醣元超補法去提升體內醣元的總儲備 (Fox 等, 1993):

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醣元儲備 (25 克/每千克肌肉)。
2. 第二種形式是先以運動來耗盡體內的醣元儲備, 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醣元儲備提升至原來的 2 倍。
3. 第三種方式同樣是先以運動來耗盡體內的醣元儲備。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醣元儲備提升得更高 (50 克/每千克肌肉)。

不過, 運動員必須留意無論採用何種醣元超補法, 體內都會同時儲存多一定分量的水分 (約為每 1 克醣元跟 3 克水同時儲存)。例如, 當每一千克肌肉內的醣元儲備由 15 克增加至 40 克時, 一個體重為 70 千克的運動員, 通常有 30 千克的肌肉¹⁰, 就會額外儲存著 750 克, 約 1.65 磅的醣元和 2.25 千克或 4.95 磅的水了; 這都有可能降低運動表現。

運動時進食碳水化合物

持續 1 小時或以上的耐力項目, 若能每小時按每千克體重進食 0.7 克碳水化合物 (約每小時 30 至 60 克), 便能夠促進運動表現; 這對於那些沒有做醣元超補法或沒有於運動前進食的運動員來說尤為有效。此外, 於運動開始後每隔 15 至 20 分鐘進食碳水化合物也比進行運動兩小時後才進食同等分量來得有效。再者, 碳水化合物應以葡萄糖類為主, 因為果糖類單獨可能會引起腸胃不適 (雖然兩者的混合物似乎有效)。至於以運動飲品或能量棒等固體食物加水

¹⁰ 人體 40% 的重量為肌肉。

作為碳水化合物的補充則無多大分別 (ACSM、ADA 與 DC, 2000)。

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, 體內的醣元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就非常重要, 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碳水化合物 (以每千克體重計 1.5 克), 並在 2 個小時後再次重覆進食相同分量, 便能夠迅速恢復體內的醣元儲備 (ACSM、ADA 與 DC, 2000)。不過, 如果緊接下來的訓練課或比賽是相隔一天或以上才進行時, 只要在這期間有足夠的碳水化合物以作補充, 那麼進食的時間便較為次要。

水分補充與脫水

雖然水不含熱量, 它卻是人體內的重要介質, 可以讓各種化學反應和新陳代謝在當中進行。水佔上了人體重量的 40 至 60%, 可以從飲品、食物及新陳代謝中獲得。另一方面, 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。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。

脫水 (dehydration) 會降低耐力表現和對熱的抵禦能力，長跑運動員就經常因脫水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，便可以因為脫水 (4%) 的緣故而慢了超過 2 分 48 秒 (Wilmore 與 Costill, 1994)。因此，耐力項目運動員必須確保運動前、進行中及完畢後有足夠的水分補充。根據 ACSM、ADA 與 DC (2000) 發出的指引：

運動前

在 運動開始前的 24 小時內，除了要攝取日常需要的正常分量 (約 8 杯水) 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。

運動進行中

運 動開始後，運動員每隔 15 至 20 分鐘，應攝取 150 至 350 毫升的水分。進行超過一小時的耐力項目時，飲料最好含有 4 至 8% 的碳水化合物。在每公升飲料中加入 0.5 至 0.7 克的鈉，可以使飲料更可口及增加飲的意欲。

運動後

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流失體重 150% 的水分，以防止出現脫水的情況。

對長跑運動員的啟示

許 多運動員的訓練計劃都忽略了營養因素的重要，跑的距離越長，營養方面對跑步表現的貢獻越大。計劃進行任何醣元超補法或打算在跑步時進食能量棒等補充劑的運動員，最好在正式比賽前先行試用，因為每個人對於醣元超補法及能量棒的反應都可能有差異。計劃跑 10 公里或以上距離賽事的運動員，亦應該練習在日常的跑步訓練進行間補充水分，使腸胃有足夠日子作出適應。無論是運動進行中進食或補充水分，都需要一定時間去練習。

運動心理方面

在 最高水平的運動表現當中，各運動員都是訓練有素，旗鼓相當，勝負已不再是分、秒之差，而是百分乃至是千分之一秒之別。單憑身體方面的準備已是難以確保勝利，因為在這高水平的競賽環境之下，運動員的鬥志往往才是決勝的關鍵。Orlick 與 Partington (1988) 所作的一項大型研究亦發現，在運動員的三種準備之中：技術、身體及心理，只有心理上的準備程度 (mental readiness) 與他們在奧運會決賽中的排名有顯著的相關；亦即是說，運動員心理上的準備做得越好，他們在奧運會決賽中的名次越前，而且當中多名的運動員更表示如果他們能夠早些做好心理上的準備工作，他們便可以更早達到自己的頂峰。

中長跑運動員的認知策略

長 跑運動員於跑步的過程中究竟在想甚麼，認知策略能否增進運動表現等，都是教練和運動員關心的課題；相關的研究多去探索聯想式思考 (association thinking) 和離解式思考 (dissociation thinking) 對馬拉松長跑表現的影響 (Master 與 Lambert, 1989; Silva 與 Appelbaum, 1989)。根據 Morgan 與 Pollock (1977) 的定議，聯想 (association) 是指各種監控身體和運動本身某方面 (如步速和剩餘要跑的路程) 的心理過程。離解 (dissociation) 是指任何用以把運動員從聯想式思考轉移過來的思想，如聽音樂、與別人交談、想像一些遙遠的景物或快樂的情境等 (Tammen, 1996)。

至於去探究馬拉松運動員如何在比賽中使用聯想式思考和離解式思考時，Master 與 Lambert (1989) 發現運動員在比賽時偏向採用聯想式思考，但在訓練時則偏向採用離解式思考或兩者均會採用。在 Silva 與 Appelbaum (1989) 的研究中亦發現成績較佳運動員都有用上包含聯想式思考和離解式思考的策略，而成績較差的運動員，普遍都在比賽開始後的初段採用離解式

思考的策略。Okwumabua, Meyers, Schleser 與 Cooke (1983) 發現初學者在參與較短距離測試 (1.5 哩跑) 時, 採用離解式思考的跑手比採用聯想式思考的跑手有較佳的成績; 他們的研究結果似乎支持離解式思考對初學者較有利。Tammen (1996) 則發現當步速加快後, 中長跑的精英運動員會偏向採用聯想式思考的策略。此外, 所有接受測試的跑手都報稱, 當步速加快後, 他們都察覺到思考方式的轉變——從離解式思考轉移至聯想式思考。

對中長跑運動員的啟示

總結以上的研究結果, 運動員 (特別是水平較高的運動員) 似乎在比賽或步速加快後偏向採用聯想式思考法。運動員應該不時留意其身體狀況, 如呼吸的頻率和暢順度、步履是否協調、肌肉是否放鬆等, 以衡量當前的步速是否合理及適宜。另一方面, 離解式思考似乎較能幫助初學者去降低訓練及比賽時的壓力。

結語

有些人可能堅持“運動能力是天賦的”。在某程度上, 這話的確是對的。例如, 最大

攝氧能力、快肌肉纖維和慢肌肉纖維在肌肉中的比例、乳酸系統的負載能力、最高心跳率等, 都是很大程度上由遺傳決定 (Fox, 1993)。然而, 正如 Singer (1986) 指出, 遺傳的確幫助了設置機器應如何運作, 但仍不能完全取代了努力以達至最佳的果效。Williams (1989) 亦說過, 雖然人無法改變遺傳的潛在能力, 但卻可藉著訓練去把潛能發揮至極限。

透過有系統的反覆訓練, 動作就能夠變得更自動化, 也就毋須神經系統的過度關注, 減少了無謂的能量消耗 (消除了非必要的動作)。不過, 亦必須要知道訓練是漫長的過程, 而且不可以操之過急。運動員普遍都要用上許多年的時間才能獲得佳績 (Åstrand 與 Rodahl, 1986), 冠軍級運動員更往往要訓練上 8 至 10 年的時間才能達至頂峰 (Sharkey, 1986)。正確的訓練當然能有效地改進身體各組織及系統的功能, 但反過來說, 操之過急往往只會弄巧反拙。例如, Hopkins (1991) 發現運動創傷的機率, 隨著訓練量的增加而同時有所提高, 而且過半的創傷皆因過度或突然增加訓練量所致。因此, 「忍耐」永遠都是中長跑訓練成功的關鍵。

References

1. Ainsworth, B. E. (2002, January). *The Compendium of Physical Activities Tracking Guide*. Prevention Research Center, Norman J. Arnold School of Public Health, University of South Carolina. Retrieved 2006-12-30 from the World Wide Web. http://prevention.sph.sc.edu/tools/docs/documents_compendium.pdf.
2. Alford, J., Holmes, B., Hill, R., and Wilson, H. (1985). *Complete Guide to Running*. London: Hamlyn.
3. 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.
4. Åstrand, I., Astrand, P.-O., Christensen, E. H., and Hedman, R. (1960). Intermittent muscular work. *Acta Physiologica Scandinavica*, **48**, 448-453.
5. Åstrand, P.-O., and Rodahl, K. (1986). *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise* (3rd ed.). Singapore: McGraw-Hill.
6. Babineau, C., and Leger, L. (1997). Physiological response of 5/1 intermittent aerobic exercise and its relationship to 5 km endurance performance. *International Journal of Sports Medicine*, **18**(1), 13-19.
7. Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Lakomy, H. K. A., Graham, C. M., and Louis, G. (1996). Effects of active recovery on power output during repeated maximal sprint cycling. *European Journal of Applied Physiology*, **74**, 461-469.
8. Christensen, E. H., Hedman, R., and Saltin, B. (1960). Intermittent and continuous running. *Acta Physiologica Scandinavica*, **50**, 269-287.
9. Costill, D. L. (1974). Muscular exhaustion during distance running. *Phys Sportsmed.*, **2**(10), 36-41.
10. Costill, D. L., and Fox, E. L. (1969). Energetics of marathon running. *Med Sci Sports*, **1**, 81-86.
11. Deshon, D. E., and Nelson, R. C. (1964). A cinematographical analysis of sprint running. *Research Quarterly*, **35**, 453-454.

12. Dyson, G. (1986). *Dyson's Mechanics of Athletics (8th Ed.)*. London, Hodder and Stoughton.
13. Foster, C., Hector, L. L., Welsh, R., Schrage, M., Green, M. A., and Snyder, A. C. (1995). Effects of specific versus cross-training on running performance. *European Journal of Applied Physiology*, **70**, 367-372.
14. 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.
15. Gaiga, M. C., and Docherty, D. (1995). The effect of an aerobic interval training program on intermittent anaerobic performance. *Canadian Journal of Applied Physiology*, **20**(4), 452-464.
16. Gardner, J. B., & Purdy, J. G. (1970). *Computerized Running Training Programs*. Los Altos: Tafnews Press.
17. Gómez, A. L., Radzwich, R. J., Denegar, C. R., Volek, J. S., & Rubin, M. R. et al. (2002). The effects of a 10-kilometer run on muscle strength and power. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, **16**(2), 184-191.
18. Goode, K. T., & Roth, D. L. (1993). Factor analysis of cognitions during running: Association with mood change. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, **15**, 375-389.
19. Grobler, L. A., Collins, M., Lambert, M. I., Sinclair-Smith, C., Derman, W., St Clair Gibson, A., and Noakes, T. D. (2004). Skeletal muscle pathology in endurance athletes with acquired training intolerance. *British Journal of Sports Medicine*, **38**, 697-703.
20. Hewson, D. J., and Hopkins, W. G. (1984). Specificity of training and its relation to the performance of distance runners. *International Journal of Sport Medicine*, **17**(3), 199-204.
21. Hinrichs, R. N. (1982). *Upper extremity function in running*. Ph.D. dissertation, Pennsylvania State University.
22. Holloszy, J. O. (1982). Muscle metabolism during exercise. *Arch Physical Med Rehab*, **63**, 231-234.
23. Hopkins, W.G. (1991). Quantification of training in competitive sports: Methods and application. *Sports Medicine*, **12**(3), 161-183.
24. Jensen, C. R., and Fisher, A. G. (1979). *Scientific Basis of Athletic Conditioning* (2nd ed.). Philadelphia: Lea & Febiger.
25. Katch, F. I., and McArdle, W. D. (1993). *Introduction to Nutrition, Exercise, and Health* (4th ed.). Philadelphia, PA: Lea & Febiger.
26. Knitter, A. E., Panton, L., Ratmacher, J. A., Petersen, A., and Sharp, R. (2000). Effects of β -hydroxy- β -methyl butyrate on muscle damage after a prolonged run. *Journal of Applied Physiology*, **89**, 1340-1344.
27. Masters, K. S., & Lambert, M. J. (1989). The relations between cognitive coping strategies, reasons for running, injury, and performance of marathon runners. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, **11**, 161-170.
28. National Research Council. (1989). *Recommended Dietary Allowances* (10th ed.). Washington, DC: National Academy Press.
29. Nett, T. (1964). Foot plant in running. *Track Technique*, **15**, 462-463.
30. Okwumabua, T. M., Meyers, A. W., Schleser, R., & Cooke, C. J. (1983). Cognitive strategies and running performance: An exploratory study. *Cognitive Therapy and Research*, **7**(4), 363-370.
31. Orlick, T., & Partington, J. (1988). Mental links to excellence. *The Sport Psychologist*, **2**, 105-130.
32. Payne, A. H. (1983). Foot to ground contact forces of elite runners. In H. Matsui and K. Kobayashi (Eds.), *Biomechanics VII-B*, pp. 746-753. Champaign, IL: Human Kinetics.
33. Payne, H. (1985). *Athletes in Action: The Official International Amateur Athletic Federation Book on Track and Field Techniques*. London, Pelham Books.
34. Reilly, T. (1981). Considerations in endurance training. In T. Reilly (Ed.), *Sports Fitness and Sports Injuries* (pp. 79-90). London: Faber and Faber.
35. Schmolinsky, G. (1983). *Track and Field*. Berlin: Sportverlag.
36. Sharkey, B. J. (1986). *Coaches Guide to Sport Physiology*. Champaign, IL: Human Kinetics.
37. Sharkey, B.J., and Holleman, J. P. (1967). Cardiorespiratory adaptations to training at specified intensities. *The Research Quarterly*, **38**(4), 698-704.
38. Signorile, J. F., Ingalls, C., and Tremblay, L. M. (1993). The effects of active and passive recovery on short-term, high intensity power output. *Canadian Journal of Applied Physiology*, **18**(1), 31-42.
39. Silva, J. M., & Appelbaum, M. I. (1989). Association-dissociation patterns of United States Olympic Marathon Trial contestants. *Cognitive Therapy and Research*, **13**(2), 185-192.
40. Singer, R.N. (1986). *Peak Performance... and More*. New York: Movement.
41. Tammen, V. V. (1996). Elite middle and long distance runners associative/dissociative coping. *Journal of Applied Sport Psychology*, **8**, 1-8.
42. Vernacchia, R., McGuire, R., and Cook, D. (1992). *Coaching Mental Excellence*. Dubuque, IA: Wm. C. Brown Communications.
43. Watts, D. C. V., and Wilson, H. (n.d.). *Middle and Long Distance, Marathon and Steeplechase*. London: British Amateur Athletic Board.
44. Williams, M. H. (1989). *Beyond Training: How Athletes Enhance Performance Legally and Illegally*. Champaign, IL: Leisure Press.
45. Wilt, F. (1968). Training for competitive running. In H. Falls (ed), *Exercise Physiology*. New York: Academic Press, pp. 395-414.
46. Zimkin, N.V. (1959). *Physiological Characteristics of Strength, Speed and Endurance*. Berlin: Sportverlag.
47. 圖多·博姆帕 (1990)。運動訓練理論與方法 (馬鐵, 郭小燕, 周豐, 馬挺譯)。北京: 人民體育出版社。