

## 第二章：技術分析篇

有些人認為跑步並不需要特別去學習，這是人類的本能之一，只要是四肢健全，身體正常發展，就會逐漸建立起跑步的技能。

### 跑步需要學習嗎？

**其**實，除非一出生就能夠做得到（例如呼吸），否則，如果要日漸透過「嘗試」和「練習」才能夠做得到的，都屬於需要學習的「技能」。

就以人的跑步技能為例，暫時仍未聽聞有人一出生後就「立刻」能夠跑步，反而每個人都需要經過「爬行」和「走路」，才可以逐漸進入「跑步」的階段，而且無論是爬行、走路，還是跑步，都要經過一段時間的「學習」、「嘗試」和「改善」，才可以日趨成熟和穩定。

根據香港衛生署的資料，嬰兒到了七個月大的時候，就開始懂得翻身，滿 12 個月時，可以用雙手和膝蓋爬行，甚至扶著傢具自行



站立起來及步行，有些更可以由成人牽著手走路，或獨自走幾步。到歲半左右，孩子通常已經會四處走動，只是步伐方面可能仍然不太穩定。不過，到了兩歲就能平穩地走，除了快步行外，還開始會跑及可以扶著欄杆上落樓梯。快到三歲大的時候，孩子已經可以跑得很快，並且能夠自行上落樓梯。就快到四歲的時候，孩子便能夠自如地跑、跳和攀爬。

由此可見，人的很多技能，包括跑步，都是需要慢慢從錯誤及失敗之中，逐漸學習和建立起來的。

### 學習的模仿對象

**學**習任何一種技能時，通常都是透過「示範」和「模仿」來進行，而示範和模仿的對象，往往也就是我們最熟悉和最信任的人。

孩子通常在出生後的四年內學會跑步，在這期間，他們最熟悉和最信任的人，無疑就是父母和兄弟姊妹了。入學之後，當孩子遇上較會跑的老師或同學時，他們又會取而代之成為孩子學習及改善跑姿的模仿對象。



人長大了後，如果仍然喜愛跑步，而且又想在跑步上有更大的進展，自然就會再找合適的模仿對象，而這時的最佳模仿對象，往往就是自己的教練和隊友。不過，亦有些人會較喜歡模仿一些世界級的精英運動員，例如世界或奧運的冠軍或紀錄保持者。不過，這些精英運動員是否就一定是最佳的模仿對象呢？

以世界冠軍或世界紀錄保持者作為終極的模仿對象似乎也很合情合理，因為他們既然能夠成為世界第一，就應該擁有最完善的跑步技能。不過，世界第一是一回事，技術最好或最正確卻是另一回事，

因為跑步技能只是致勝的其中一個關鍵，其他的如體能、心理質素和經驗（包括策略）也是非常重要；而且世界冠軍的技術亦未必人人可以模仿得到，就算模仿得到也未必是同樣適合自己採用。

就以有「捷克火車頭」之稱的



Emil Zatopek 為例，他是至今唯一能夠在「同一屆」奧運會裡面，奪得 5000 米、10000 米及馬拉松長跑冠軍的運動員。可是，他的跑姿和他的成就卻似乎不大相稱，因為他跑步的時候，不但是面容扭曲，非常用力，而且呼吸時亦發出很大的喘氣聲，這也是他為何被稱為「捷克火車頭」的原因之一。不過，他就是藉著驚人的體力和鬥志，取得了前無古人，後無來者的成就。

另一位在日本有「市民跑手」之稱的川內優輝選手，他是 2018 年度的



美國波士頓馬拉松比賽冠軍，他當日也是憑著無比的意志，在極端惡劣的天氣之中，擊敗眾多精英選手，當中還包括了一大群的非洲選手。不過，在技術上，他的上身扭動得非常厲害，肯定會影響到他向前的「動量」（momentum）。就連當日賽事直播時，不太熟悉他的旁述員起初也很懷疑以他的跑姿，能否一直維持著速度和領先的位置抵達終點。

還有另一位在日本有「隱者跑手」之稱的安藤友香選手，她是 2017 年度的



日本名古屋女子馬拉松比賽亞軍，也是日本人的第一名，她所做出的時間：2 小時 21 分 36 秒，是當時日本歷代以來的女子第四快時間。不過，在技術的層面上，她跑步時的雙手垂得很低，大大增加了手臂擺動時的「轉動慣量」（moment of inertia），也就會妨礙到手臂擺動時的「角速度」。

## 跑步技能的作用

早期，喜歡參與跑步的人數不多，參賽者的目標主要都是爭取更好成績，所以追求「正確」或者是「最佳」跑步技能的原因和作用總離不開想「跑得更快」。不過近十年來，參與跑步的人數越來越多，而且大部分的參賽者起初都是以「促進健康」為首要目標。就以「渣打香港馬拉松」為例，1997 年第一屆賽事只有 1,076 名參賽者，但 2007 年已經急增至 43,956 名，去到 2017 年更是多達 74,402 名，如果沒有參賽配額的限制，相信參賽的人數會更多。由於參與跑步的人數多了，跑步受傷的個案自然亦會相對提升，所以「預防受傷」亦成為了追求正確跑步技能的另一原因。



## 跑步也有「標準」技術嗎？

**某**些運動項目的技能，如羽毛球運動的搓「高遠球」，在技術層面上對「擊球點」和「手肘角度」等的要求都非常明確，但跑步卻一直都未見有一套較為明確和權威的「標準」技術指引。



就以最具爭議的跑步「著地」技術為例，應該是以「腳跟」先著地，還是「全腳」著地，又或者是「前腳掌」先著地；如果是「前腳掌」先著地，那麼「腳跟」又應否隨後著地等，就已經被爭論了超過半個世紀。既然一直都未有權威人士或專業組織能夠歸納出一套「標準」的跑步技術方案，於是一些頗具生意頭腦的商人，就乘機推出各種不同名目的「跑步方法」，甚致建立起認證制度，把生意發揚光大。

## 優秀中長跑技術的共通點

由於世界冠軍或紀錄保持者的跑姿也未必是最好或最付合力學的原則，所以個人就比較喜歡去觀察「一群」世界級精英運動員跑步時的姿勢。因為，這樣就可以「歸納」出一些精英跑步運動員在技術上面的「共通點」，而且比起只觀察或模仿「某一個」世界冠軍的技術特點來得「客觀」和可靠。況且現在不難在一些社交媒體平台（如 Youtube），尋找得到許多世界級精英跑步運動員的比賽片段，只要反復重播和觀察，甚致再透過一些應用軟件的協助，就可以用「慢動作」或「定鏡」去仔細分析他們的技術動作了。

由此可見，只要利用簡單的「觀察法」，就可以很容易去「歸納」出一些精英跑步運動員的技術「共通點」，只要把這些「共通點」，再與「運動科學」的知識和研究成果對照一下，就可以判斷這是否真正的「標準」技術了。



### 頭部和軀幹

- 身體的軀幹普遍較挺直，最多只有些微的前傾。
- 頭、頸和軀幹成一直線，眼平望。
- 面部和頸部的肌肉都很放鬆。



### 擺臂動作

- 手肘屈曲成 90 度左右或稍為小於 90 度。
- 手臂以肩關節為軸前後擺動，擺動的幅度很小，而且前後擺動的幅度一致。

- 從正面看時，兩手稍微向著身體的「縱軸」方向擺動，但「不會」越過縱軸，造成上身太大的扭動。
- 手臂的肌肉也很放鬆，「不會」很用力去擺臂。



縱軸

縱軸

### 腿部動作

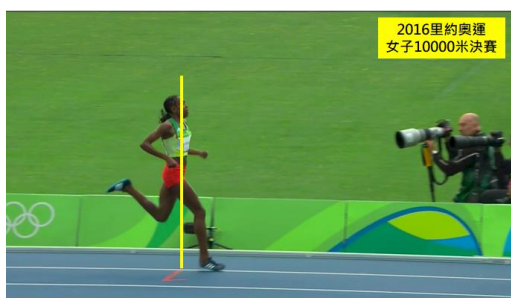
以下是埃塞俄比亞選手 Amaz Ayana，在奧運會破世界紀錄時的最後幾步動作：

#### 1. 著地位置

- 運動員的步幅雖然大，但著地之前並「沒有」刻意踢出小腿去增大步幅，小腿只是「自然」垂下，準備著地。



- 著地的位置大約在身體「重心」於地上投影點「前」的「一隻」腳位左右。

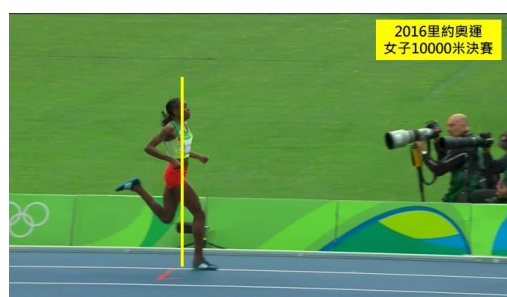


#### 2. 著地部位

- 運動員是以「前腳掌」先著地。不過，如果是再細心去觀察的話，更正確的應該是以「前腳掌」的「外側」先著地。



- 再「過渡」至「全腳」著地。  
(又或者是有些運動員，一著地的時候就是以「全腳」，亦即是前腳掌及腳跟「同時」著地。)



#### 3. 技撐階段

- 當「腳部」著地之後，「技撐階段」便正式開始。
- 腿部會輕微「屈膝」，以緩衝著地時的震盪。



#### 4. 後蹬階段

- 當身體「重心」開始越過「腳尖」的時候，就是「後蹬階段」的開始。



- 腿部會順序伸展「髖」、「膝」和「踝」關節。



- 最後以「腳趾」蹬離地面。



- 後蹬結束時，腿部「完全」伸直，或「差不多」完全伸直。(速度越高，腿部蹬伸得越直。)



#### 5. 摺疊與前擺

- 蹬離地面後，腿部邊向後摺疊，使「腳部」靠近「臀部」，邊向前擺動。



## 6. 準備著地

- 準備著地的時候，小腿「自然」下垂，並向下伸展，而且「沒有」刻意踢向前面。



- 最後再次在身體「重心」於地上投影點「前」的「一隻」腳位左右著地。



- 在跑步的過程中，兩腿就是不斷交替地重復做著上面的動作。

## 呼吸

直至「最後衝刺」階段為止，全程「大部分」的時間都表現得非常輕鬆自如。

## 整體而言

整體來說，運動員身體（特別是上身）的扭動幅度都很小（不過，女子運動員的扭動幅度就普遍較男子運動員大）；重心方面，無論是男、女運動員，重心上下跳動的幅度也是很小的。



無論是以「前腳掌」（外側）先著地，再「過渡」至「全腳」著地，或者是以「全腳」著地；腳著地至蹬離地面（觸地，foot contact）的時間都很短暫，整個「腿部」動作（亦即左腳或右腳）大約在 0.3 至 0.35 秒內完成（如果以每分鐘約 171-200 步計算）。



從觀察「歸納」出以上的一套世界級精英長跑運動員的技術「共通點」之後，接著就可以去對照一下「運動科學」（特別是「生物力學」）方面的知識和相關的研究結果，去衡量一下這些「共通點」是否足以構成一套「標準」的跑步技術動作了。

## 中長跑的特點

**首**先，要了解一下何謂「中長跑」，和中長跑的一些特點。中長跑是指 800 米及以上的徑賽項目。一般來說，800 米及 1500 米屬「中距離」跑；3000 米及以上的項目屬「長距離」跑。因此，渣打香港馬拉松的 10 公里、半馬及全馬賽事均屬於長距離跑。



整體來說，中長跑的技術特點就是要盡量減少體力（能量）消耗，維持既定的速度去跑。研究指出，跑步時用於肌肉收縮以支撐身體及推動其向前的能量消耗已佔上了總數的 80% 左右，擺動雙腿又用上約 7%，平衡身體又會再用上約 2%，單就這幾方面就合共用上了 89% 左右的總能量消耗。

因此，跑步的時候就要盡量去避免「無謂」的肌肉緊張，從而更有效地使用能量。因為當任何肌肉處於緊張狀態時，其實都是正在進行「等長收縮」(isometric contraction)，亦即「沒有」構成任何活動的肌肉收縮，所以同樣是會消耗能量。就好像用力握緊拳頭或坐「無影凳」的時候，雖然是「沒有」動作，但由於肌肉是正在進行「等長收縮」，所以仍然是會消耗能量，造成肌肉疲勞。總之，跑的距離越長，降低「無謂」的能量消耗就越加重要。

## 中長跑技術的動作分析

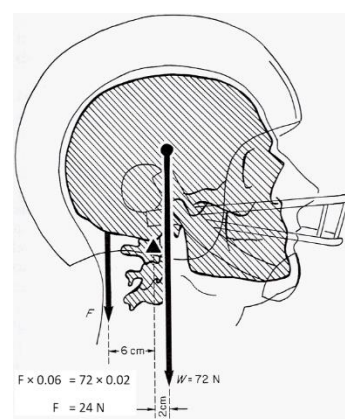
**接**下來將嘗試採用運動科學上的知識和研究結果，去驗證一下剛才從觀察所得，那些精英運動員的跑步技術是否合理，與及能否配合得到中長跑技術的特點或要求。

### 頭部和軀幹

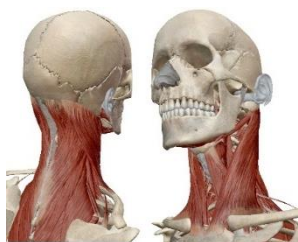
頭部和軀幹應該「盡量」挺直；頭、頸和軀幹「差不多」成一直線，「盡量」不要前傾。



就以頭部為例，有些運動員習慣垂下頭望著地面跑，這樣做會使到頭部的重心（即頭部重量的集中點）移前，增加了重臂（即頭部重心與頸椎關節支點的垂直距離）的長度，於是令到頸部後面的肌肉要使用更大的力量去承擔頭部的重量（因為力臂相對地短了），也就加速了頸部肌肉的局部疲勞。再者，垂下頭時，也會壓著了氣管，影響到氣道的暢通，妨礙了呼吸。



如果能夠盡量眼平望，並使到頭部保持較為挺直的姿勢，整個頭部的重量就能夠由頸部周圍的肌肉「平均地」承擔，這樣就不會造成頸部後面肌肉的局部疲勞。同樣道理，如果整個軀幹都能夠保持較為挺直的姿勢，軀幹和頭部的重量就能夠由整個軀幹的肌肉「平均地」承擔，也就不會造成背部肌肉的局部疲勞。



### 擺臂動作

就觀察所得，大部分精英跑步運動員的手肘都屈曲成 90 度左右或稍為小於 90 度，其實這亦不難理解。相對於垂下手臂去跑（如安藤友香的「隱者跑法」），屈曲手肘可以減少擺臂時的「轉動慣量」（moment of inertia,  $I$ ），這樣就能夠更有效地增加擺動手臂時的「角速度」（angular velocity,  $\omega$ ），於是手臂就可以擺動得更快，所以「絕大部分」世界級精英長跑運動員的手肘角度都很少超過 90 度。

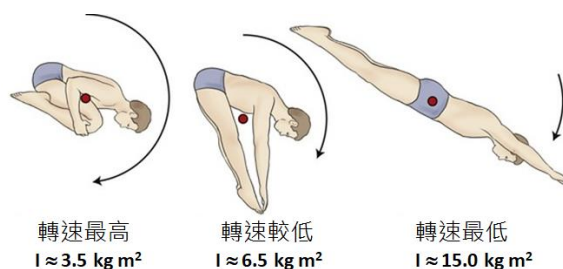


### 轉動慣量

所謂「轉動慣量」，其實就是指物體對於改變其「旋轉運動」所產生的「阻力」。轉動慣量的大小，亦即是阻力的大小，是

取決於物體的「質量」及質量圍繞著「旋轉軸」的「分佈」情況。轉動慣量越大，物體對於改變其旋轉運動所產生的阻力就越大，於是轉動起來的速度就越低。

例如，當高台跳水運動員在空中做抱膝動作時，身體各部分離開旋轉軸的距離較短，亦即是轉動慣量較小，所以轉速就較高。當他展開身體的時候，部分身體離開旋轉軸的距離變遠，轉動慣量大了，所以轉速就會下降。



在「轉動慣量」的公式裡面， $m$  及  $r$  分別是物體之內，「個別」微粒的質量及它們「各自」離開「旋轉軸」的距離。

$$I = mr^2$$

$$I = \sum_i m_i r_i^2 = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 + \dots$$

轉動慣量就是「所有」這些個別微粒的質量，「乘以」它們各自離開旋轉軸的距離的「平方」的「總和」。物體「整體」的質量越大（即  $m$  越大），轉動慣量就越大。

例如，粗壯的手臂或大腿，轉動慣量較大，擺動起來的阻力亦會較大，所以很少會見到高頭大馬的精英長跑運動員；反而大部分的精英長跑運動員都是身材瘦削，不會有「過分」發達的肌肉。

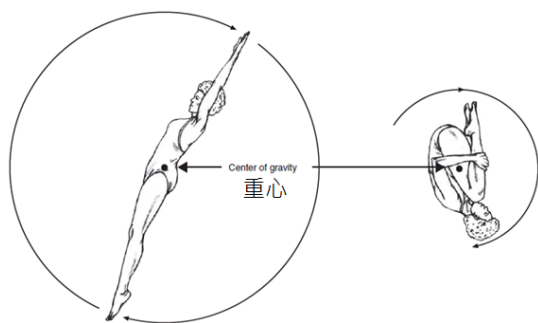
從「轉動慣量」公式，我們亦可以觀察到，質量越遠離旋轉軸心（即  $r$  越大），產生的轉動慣量越大，所以腿長的運動員，由於腿部「較大部分」的質量是遠離髖關



節的旋轉軸，所以擺動腿部時的轉動慣量就較大。此外，腳板較大(亦即質量較大)或穿著較重的跑鞋，都會增加了腿部擺動時的轉動慣量；亦即是說，穿著較輕身的跑鞋，在力學上的確是較為有利。

另一方面，物體內所有質量分佈越靠近旋轉軸心，轉動慣量越小，旋轉速度越快。如果我們細心觀察的話，不難發覺大部分的精英長跑運動員，他們小腿的肌肉，都較集中於小腿較高(亦即較近髖關節旋轉軸)的位置，這都有利於擺腿時減少轉動慣量，加快擺腿的速度。當然，這種肌肉的分佈狀態是先天的，亦即「自然選擇」(natural selection)的結果，後天的訓練只可以使到小腿的肌肉變得修長和結實，並不能把小腿的肌肉推高。

不過，原來我們也可以透過改變身體的姿勢去增加或者減少轉動慣量。在運動中減低轉動慣量以加快轉速的其中一個例子，就是跳水運動員在空中抱膝，摺疊上身的動作。因為這就可以縮短了質量和旋轉軸的距離，亦即是減小了轉動慣量，於是增加了運動員在空中轉體的速度，也就可以增加運動員在空中轉體的週數了。



另外，跑步時除了屈曲手肘以減少轉動慣量，加快擺臂速度外，腿部蹬離地面之後，一邊向後摺疊，一邊向前擺動的時候，運動員的「腳部」如果能夠「盡量」靠近「臀部」，亦可以減小腿部擺動時的轉動慣量，從而增加了擺腿向前的速度。

千萬不要少看質量離開旋轉軸的距離對轉速的影響。當距離( $r$ )增加至原來的2倍時，例如腿向後摺疊的時候，如果腳部離開臀部較遠，這樣腿部擺動時的轉動慣量就會變為原來的 $2^2 = 4$ 倍(因為 $I = mr^2$ )；大大增加了腿部向前擺動的阻力，也就會減慢了腿部向前擺動的速度了。

反過來說，當 $r$ 縮小至原來一半距離的時候，例如當腿向後摺疊時，如果腳部能夠貼近臀部，轉動慣量就會變為原來的 $(1/2)^2 = 1/4$ ；大大減少了轉動慣量，也就能夠增加腿部向前擺動的速度了。



當然，小腿向後摺疊的動作應該是「順勢」而行，如果太過刻意把腿向後「踢」來做出摺疊的動作，藉此使到腳部能夠盡量貼近臀部，就會浪費了過多無謂的體力及能量消耗，反而會降低了跑步效能。

除了手肘屈曲的角度外，擺臂時所用的力度和幅度也要注意。

### 擺臂的力度

研究指出，擺臂在中長跑的作用，主要是提高「升力」(lift, 即協助騰空, 垂直向上的力)、減少身體重心左右移動的幅度，與及「抵銷」兩腿擺動時產生的「角動量」(angular momentum)，而「並非」

去帶動身體前進。所以，過分用力的擺臂（特別是涉及過度的扭轉動作）不單會浪費體力和能量消耗，甚至會破壞了身體原本向前的「動量」(momentum)。

不過，亦不要誤以為限制擺臂動作就可以節省能量消耗。研究發現「擺臂」比起「限制擺臂」可以節省約 3 至 13% 的能量消耗（視乎限制擺臂時手放置的位置而定：背後 3%、胸前 9%、頭後 13%），因為原來以其他肌肉去抵銷兩腿擺動時所產生的「角動量」要比擺臂消耗更多能量。

此外，手部亦要輕握雙拳，不可過度用力，避免手部和臂部（特別是前臂）的肌肉過度緊張，消耗了額外的能量。正如先前提及過，就算肌肉在進行「沒有」動作的「等長收縮」，也是會消耗能量的。

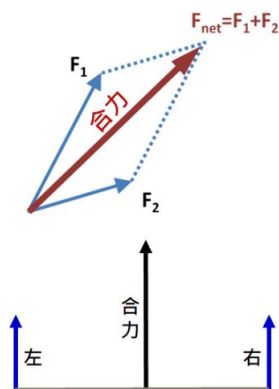
### 擺臂的幅度

手臂的擺動幅度應該與跑步的「速度」相配合，速度較高、步幅較大時，手臂的擺動幅度會較大；速度較低、步幅較小時，手臂的擺動幅度亦會較小。此外，兩臂前、後的擺動幅度亦要一致。



### 擺臂的方向

理論上兩臂應該沿著「正」前方和「正」後方的平面擺動才會得到最大的「合力」(resultant)，亦即是兩個或更多力「同時」作用於一個物體時所產生的「綜合」力量。



不過，「可能」是肩關節的內部構造問題，如果真正沿著這個「正」前方和「正」後方的平面擺臂時，肩關節總會有點「不自然」和僵硬的感覺；反而兩手稍微向著身體的「縱軸」(longitudinal axis) 方向擺動時會更加自如，而且只要擺臂時手部「沒有」越過縱軸，就不會造成上身過分的扭動。因此，就算會損失一點向前的「合力」，也值得讓手臂擺動得較為輕鬆自然，因為以長時間運作計算，會更有效率。



### 擺臂的常犯錯誤

最後，經常可以觀察到不少跑步運動員的上身扭動較為厲害，這除了是軀幹肌肉的力量可能不足和擺臂時手部越過縱軸太多外，更常犯的毛病反而是「肩關節」鎖得太緊，導致擺臂的動作「並非」以肩關節為軸進行，而是整個上身連「固定著」的手臂以脊椎為軸左右轉動（但驟眼看來卻是似手臂在擺動）。



另外，由於女性的骨盆較寬，所以兩腿擺動時，的確會比男性造成較大的上身扭轉動作。

總結了眾多的相關研究，中長跑的擺臂動作應該要盡量經濟省力，毋須過度積極，因為積極的擺臂動作（無論是向前或向後用力）對提供動力「向前」是「完全沒有」作用。擺臂的作用主要是保持身體平衡及重心的穩定，與及抵銷腿部擺動時產生的「角動量」。雖然積極的擺臂有助提高「升力」，有利於跑步時的蹬地騰空，但長時間的積極擺臂動作又會消耗過多能量，所以對中長跑來說反而會得不償失。

因此，對中長跑運動員來說，跑步的「大部分」時間，只適宜以「最少」的力度把兩臂「懸掛」於腰間，手肘屈曲成 90 度或稍為小於 90 度，並且輕握雙拳，用最經濟的力度和較少的幅度去「配合」腿部動作來擺臂；而且手臂擺動時，面部、頸部、肩膀和手臂的肌肉也要盡量放鬆，以減低無謂的能量消耗。此外，肩膀的肌肉過度緊張也會「鎖死」了肩關節，造成上身的「扭動」，而不是真正的擺臂動作。



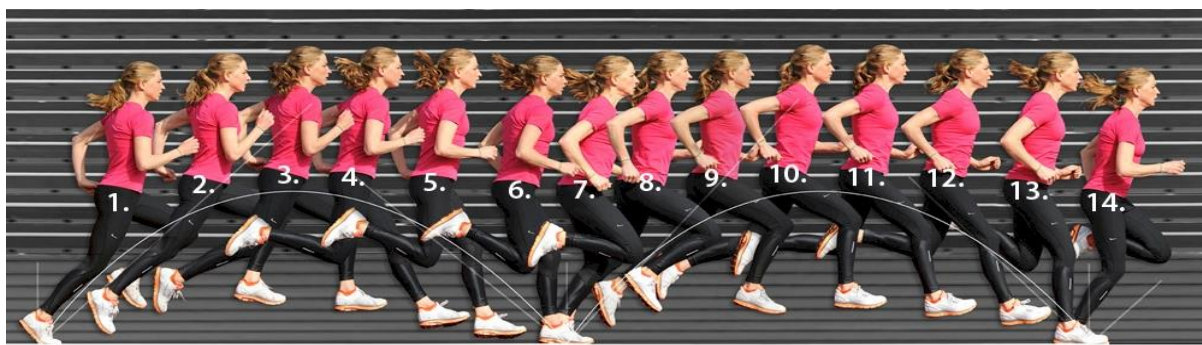
擺臂時的「幅度」和「力度」也必須與「速度」，亦即腿部擺動時的「幅度」和「力度」相配合，才能令到手臂和腿部的擺動達至相輔相成的效果。就以世界級的精英長跑運動員為例，他們跑 10000 米的時候，平均圈速只有 1:04（男子，27:00）至 1:14（女子，31:00）之間，但直至最後一圈的「最後衝刺」之前，他們擺臂的「幅度」和「力度」都是非常之小，而且面部、

頸部、肩膀和手臂的肌肉也是非常放鬆。反觀許多本地運動員的平均圈速只有 1:20（33:00 跑 10000 米）至 2:24（1:00:00 跑 10000 米）左右，但無論是手臂擺動的「幅度」和「力度」，往往比起這些速度更快的世界級精英運動員還要大，這實在是非常之不合情理。

當提高跑速的時候，腿部「蹬地」的力度增加，所以步幅自然也較大。由於跑步時是「左腿右臂、右腿左臂」，不斷交替地配合進行，所以如果腿部蹬地的力度根本不足或開始下降（於是步幅也會自然減少），而「勉強」用力加大擺臂去「帶動」腿部擺動的話，就不但會使到手臂與腿部的擺動不協調，而且還會令腿部要等到同一邊的手臂「回來」之後，才可以再向前邁出下一步，反而就會降低了步頻和速度。因此，蹬地有力，步幅較大時，手臂的擺幅自然較大；當體力下降，蹬地乏力，步幅變小時，手臂的擺幅自然也會變小。這時，不要「勉強」用力擺臂，試圖帶動腿部去擺動，否則不但會消耗更多能量，而且還會破壞了正在推動身體向前，但卻在逐漸減少的「動量」，使到跑速反而下降。

就算是進入了「最後衝刺」的階段，而且體力仍然充沛，也不要盡「洪荒之力」去擺臂，因為這樣會容易導致肌肉緊張，無謂地浪費更多能量，影響了擺臂的效果。





### 腿部動作

腿部動作是跑步技術之中，向來最具爭議的環節，有些商人甚致推出了各種設立「認證制度」的跑步方法。不過，就絕少見有世界級的精英長跑運動員是採用類似的方法去跑步。

腿部動作可以分開為「支撐」(圖中的 1、6-8、13-14) 及「騰空」(圖中的 2-5、9-12) 兩個階段去分析，當中又以「支撐」階段最具爭議。

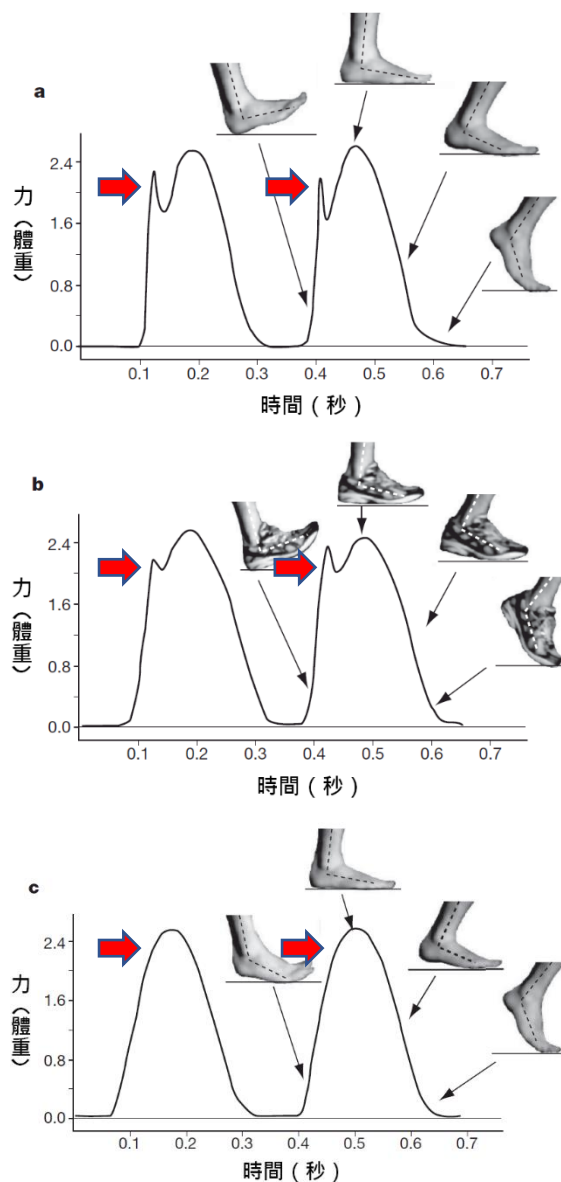
#### 支撐階段

「支撐階段」，就是指從腳「著地」至「同一腿」的腳「離開地面」的階段。正如先前已經談論過，有些人主張以「腳跟」先著地，然後「滾動」至前腳掌，再以腳趾蹬離地面。有些人則主張以「前腳掌」先著地，然後再「過渡」至「全腳」著地；當中部分人更主張腳跟「不應」著地。最後，亦有些人主張以「全腳」著地，亦即前腳掌和腳跟「同時」著地。



在第一章：〈裝備篇〉已經提及過，以「腳跟」先著地時，便要承受一鼓從地面「突而其來」的衝擊力，容易做成腿部受傷。此外，以腳跟先著地的人，一般在腳

著地時都會把腳伸得較直、較前，造成了一種「剎停」的效果(就像運動員衝線之後減速收步的動作)。因此，觀察世界級精英長跑運動員的著地技術時，亦絕少見有人是採用以腳跟先著地的方法。



一份以 936 名非精英長跑運動員為對像的半/全馬拉松長跑研究顯示，在 10 公里位置時，88.9%的參賽者是以腳跟先著地，3.4%是以全腳著地，1.8%是以前腳掌先著地，其餘 5.9%的參賽者兩腳著地時的方法並不一致。另外，當 286 名全馬參賽者，到達 32 公里位置時，所有原本以前腳掌先著地的參賽者均改為以全腳著地或以腳跟先著地；59.5%原本以全腳著地的參賽者，則改以腳跟先著地。

反觀另一份以 415 名精英長跑運動員為對像的半馬拉松研究顯示，在 15 公里位置時，74.9%的參賽者以腳跟先著地，23.7%是以全腳著地，1.4%是以前腳掌先著地。不過在前 50 名的選手之中，(最後一名的時間為 45:53，亦即相當於 5000 米跑 15:17 的速度)，只有 62.0%是以腳跟先著地，36.0%是以全腳著地，2.0%是以前腳掌先著地，以全腳著地的參賽者人數明顯地增加了不少，可見成績較佳的運動員都是偏向以全腳著地或以前腳掌先著地。另一份以 1991 名非精英馬拉松參賽者為對像的研究也顯示，成績較佳的運動員普遍都「不會」採用以腳跟先著地的跑法。

除了成績較佳的運動員似乎較少採用以腳跟先著地的跑法外，另一份以 222 名非精英運動員為對像的馬拉松研究還顯示，採用以腳跟先著地或以全腳著地的跑法時，脛骨所承受的震盪顯著比以前腳掌先著地的跑法為高。此外，當跑速增加時，無論是以腳跟先著地或以全腳著地，脛骨所承受的震盪都會隨之而增加，反觀以前腳掌先著地則沒有類似的情況。



世界級的精英長跑運動員，絕大多數都是採用以「前腳掌」先著地的方法，而且前腳掌著地之後，都會「過渡」至「全腳」著地，只差在全腳著地所維持的時間有所不同。速度越快，全腳著地所維持的時間越短；速度越慢，全腳著地所維持的時間越長。

許多人都誤以為前腳掌先著地就代表腳跟不可以著地，其實以前腳掌先著地「並不」代表不許讓腳跟著地。就算是短跑運動員(包括世界級的精英運動員)，大部分前腳掌著地之後，腳跟都會隨後觸及地面(只是時間非常短暫)。



這種著地方法的優點，不但可以藉此緩衝了部分由於腳著地時所要承受的撞擊力，還可以讓腿部的軟組織，如小腿肌肉、跟腱、足弓、足底筋膜等，儲存「著地」時收集得來的「彈性能量」(elastic energy)，等待肌肉發力蹬離地面時一起「反衝」(recoil)出來，增加了推動向前的動力。研究指出，這種彈性能量提供了接近「半數」的推動力，如果沒有了這種能量儲存機制，耗氧量將會提升 30 至 40%。

研究亦發現，當跑的距離增長，速度相應變慢時，腳著地的部位也會向「腳跟」的方向後移，近乎於「全腳」著地的跑法，不過這「並不」代表是轉為以腳跟先著地。

以「腳跟」先著地時，除了著地一刻要承受的那股衝擊力較大外，因為膝關節通常都伸得較直，腳也通常伸得較前，所以步幅雖然較大，但膝關節要承受的負荷也較大，於是就較有機會造成「膝關節」相關的跑步受傷。

以「前腳掌」先著地時，雖然著地一刻毋須承受那鼓突而其來的衝擊力，膝關節要承受的負荷也較少，但研究卻指出踝關節要承受的負荷相對較腳跟先著地的跑法大，所以同樣有較大機會造成「踝關節」的跑步受傷。

衡量過以上各種著地方法的得與失後，個人較偏向採用「前腳掌」先著地再「過渡」至「全腳」著地的方法，因為這種著地方法在吸收震盪和儲存彈性能量方面都較為優勝，而且這種也是世界級精英長跑運動員普遍採用的著地方法。

不過，跑步時也毋須太著意去考慮用哪一種方法著地，因為兩腿交替著地之間其實只有 0.3 至 0.35 秒的時間（以 1 分鐘有 170 至 200 步計算）去完成一次腿部的動作（包括支撐階段 + 騰空階段），在這一短瞬間去想得太多反而會擾亂了自己的步伐，破壞了動作的協調。

其實基於整個腳部的解剖結構，只要擺動腿著地前能夠讓小腿「自然」下垂，並且不要鎖死踝關節，整個腳部的重量分佈就會令「前腳掌」比「腳跟」先著地，並且偏向以「前腳掌」的「外側」先著地，

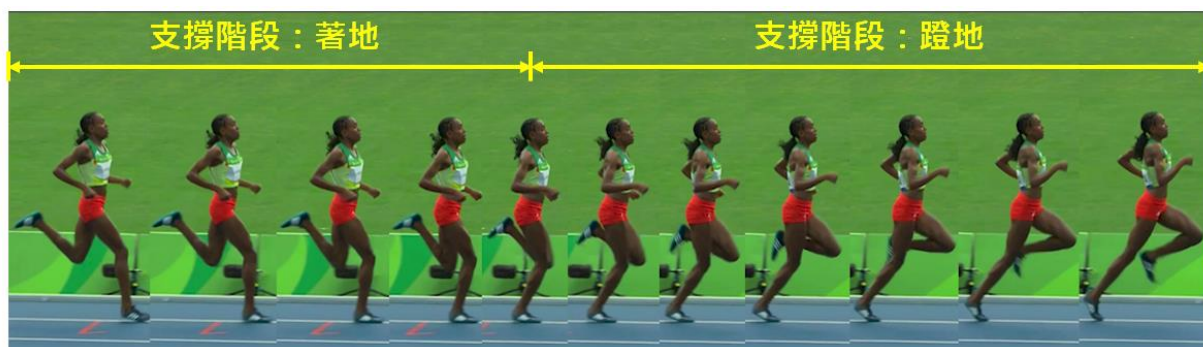
而這也就是大部分世界級精英長跑運動員的著地方法。



當擺動腿通過身體垂直部位向前擺動時，支撐腿的「蹬地階段」（即「支撐階段」的「後期」）也就正式開始。支撐腿先伸展髖關節，再「順勢」伸展膝關節和踝關節，最後以腳趾蹬離地面。後蹬結束時，支撐腿「近乎」伸直或「完全」伸直。

一般來說，跑的速度越高，蹬伸的力度越猛，支撐腿蹬伸得越直。因此，5000 米及 10000 米運動員的蹬伸會較馬拉松長跑運動員來得有力和直；而短跑運動員的蹬伸又會比中長跑運動員來得有力和直。

人體向前移動主要是「支撐階段」的「後期」，兩腿交替「蹬地」的結果。通過伸展支撐腿的髖、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」，action）；地面也就回傳一股「大小相同」，但「方向相反」的力量（即「反作用力」，reaction），推動人體前進。如果是以前腳掌先著地再過渡



至全腳著地的話，當肌肉收縮發力蹬地的時候，著地時儲存在軟組織內的彈性能量就會同時配合反衝出來，加大了施加於地面的作用力，也就增加了從地面回傳的反作用力，使到推動身體向前的力度更大。

### 騰空階段

當「支撐腿」的腳部「離開地面」後，「騰空階段」就正式開始。所謂「騰空階段」，就是指腳部「蹬離地面」後，被送向前並「準備著地」的一段期間。在騰空階段的開始，亦即支撐腿蹬離地面之後，小腿迅速向大腿靠攏，形成大、小腿「邊折疊，邊前擺」的動作。當小腿向大腿靠攏時，跑速越高，小腿會折疊得越靠近大腿，而腳跟也就會越貼近臀部。

從力學的角度看，良好的中長跑技術就是小腿向後折疊時要「盡量」向大腿靠攏，使腳跟得以「盡量」貼近臀部，因為這樣就可以減少腿部以髁關節為軸轉動時的「轉動慣量」，也就能夠增加兩腿邊折疊邊前擺的「角速度」，於是加快了腿部蹬伸後向前擺動再準備著地的動作。

根據「牛頓第三定律」，亦即「作用力」與「反作用力」定律，腿部唯一「真正」能夠把身體送前的動作，就只有支撐腿的「蹬地」動作。因此，任何「額外」的動作和用力，如「刻意」把小腿後踢向臀部或高抬大腿等，都是「無助」於推動身體向前，反而會浪費了體力或能量。

因此，跑步的時候，支撐身體及蹬伸腿部應該是最主要用力的動作，其他的動作都應該是「順勢」而行，否則就會降低了跑步的效能。

### 腿部動作注意事項

就算是採用了「前腳掌」先著地再「過渡」至「全腳」著地的跑法，仍需要盡量「輕腳」著地，以緩和騰空著地一刻的衝擊力。有些人似乎誤解了腳「著地時」必須要用力蹬地才可以得到更大的「反作用力」，以推動身體向前。其實，真正的用力蹬地應該在腳部著地緩衝「完成」後才正式開始，在著地一刻就用力蹬地只會加大了從地面而來的衝擊力。

因此，跑步時應該盡量「輕腳」著地，待完成了「前腳掌」過渡至「全腳」著地，亦即是著地緩衝及儲存彈性能量的過程後，才真正用力蹬地，並且要盡快完成蹬地動作，減少腳部滯留在地面的時間，繼



而再「順勢」完成蹬地腿「邊摺疊，邊前擺」的動作。整個腿部動作，除了支撐身體及用力蹬地之外，其餘的動作都應該是「順勢」而行，否則都只會浪費體力或能量，降低了跑步效能。

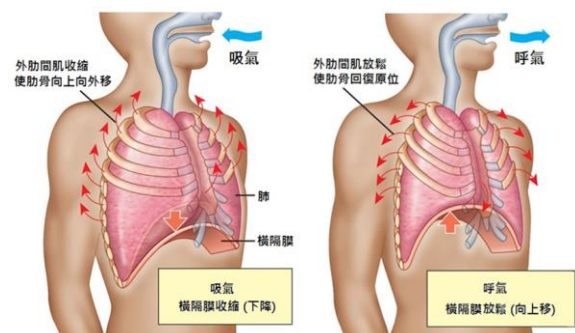
對大部分的跑步者來說，跑步時都不應去想用甚麼方法著地，反而應該以「輕腳著地，盡快起腳」為主要任務。所謂「輕腳著地」，就是指「落腳」時要做到幾乎「著地無聲」，以減少著地一刻的衝擊力。「盡快起腳」則是指完成了「整個」著地緩衝及儲存彈性能量的階段之後，才「盡快」做「用力蹬地」的動作，而「並非」像「青蜓點水」一樣，整個著地動作還未完成，便急於展開下一步。只要蹬地的力量夠大，腿就會蹬得越直，步幅也就越大，速度亦會越高，自然就會偏向以「前腳掌」先著地。如果蹬地的力量不足，步幅及速度下降，自然就會偏向以「全腳」著地。

另外，當進入了練習或比賽的最後階段，蹬地也較為乏力的時候，為了維持既有的「步幅」，往往著地「前」就會把腿伸得較直和較前，造成以「腳跟」先著地的情況。如果察覺到這個現象，就要立刻提示自己重新把注意力放在「輕腳著地，盡快起腳」上面，切忌再「勉強」用力蹬地，或跨出更大的步，以維持原來的步幅，因為這樣做往往只會降低整體速度。

## 呼吸

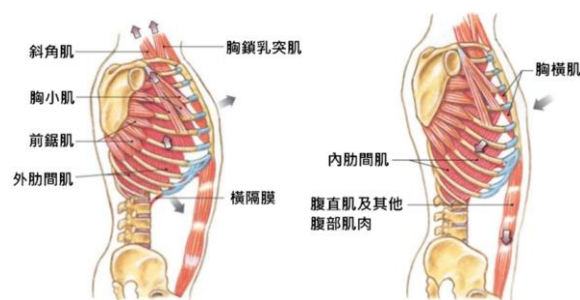
呼吸的作用就是為身體組織（如腦、心臟、肌肉）提供所需的氧氣，並同時帶走二氧化碳。有些教練主張跑步時用「腹式」呼吸，避免用「胸式」呼吸。不過，跑步時其實應該要「順其自然」，不要多想應該如何去呼吸，否則就會造成緊張。

大多數人從中學時代的科學課，就已經學過呼吸的機制：就是當肺內的氣壓低於大氣壓力時，空氣便會進入肺部；當肺內的氣壓高於大氣壓力時，空氣便會離開肺部。



吸氣前，肺內的壓力「等如」大氣壓力（海平面為 760 毫米水銀柱或 1 個大氣壓力）。吸氣時，橫膈膜「收縮」下降，外肋間肌「收縮」，使肋骨架向上向外移動；這都使到胸廓的容積增加，裡面的壓力減少，於是空氣便進入肺部。呼氣時，橫膈膜和外肋間肌「放鬆」，使得胸廓容積減少（回復至原來的大小），胸廓內的壓力增加，於是空氣便離開肺部。

跑步或做其他運動的時候，耗氧量上升，所以需要「用力」吸進更多的空氣，於是其他輔助呼吸的肌肉也會加入工作以增加胸廓的容積。例如，「胸鎖乳突肌」收縮以提升胸骨；「斜角肌」收縮以提升第一、二對肋骨；及「胸小肌」收縮以提升第三至五對肋骨。



另外，由於只有呼出更多含氧量低的空氣，才能夠吸進更多含氧量高的空氣，所以跑步或做其他運動時，往往需要使用到其他輔助肌肉，以進一步減少胸廓的容積。例如，「內肋間肌」收縮，使肋骨架下降；「腹肌」收縮，壓迫內臟把橫膈膜推向上，這些都能夠進一步減少胸廓的容積。

跑步的時候，由於氧氣的需求量及代謝時排出的二氧化碳量都要比安靜時大得多，所以呼吸的「頻率」與「深度」也會大大提高。總之，跑得越快，這兩方面的提升亦越高。

一般人的潮氣量（亦即每次呼或吸的換氣量），約為 350 至 500 毫升，每分鐘的呼吸頻率為 16 至 18 次，所以安靜時，每分鐘的通氣量為 6 至 9 升。但劇烈運動時，每分鐘的呼吸頻率可以超過 60 次，一呼或者一吸的潮氣量亦可以超過 2 升，所以劇烈運動時，每分鐘的通氣量可以超過 120 升。因此，有專家指出，除非人的呼吸管道能夠像猩猩的一般粗大，否則劇烈運動時就不太可能「單靠」鼻子進行呼吸，而且張開口呼吸還有助於散熱。



跑步時，應該著重呼吸的「深度」，特別是「呼出」的深度，多於是否用腹式呼吸，因為未能呼出更多「廢氣」的話，就難以吸入更多「新鮮」空氣進行氣體交換。至於要有本事和能夠「自然」地呼吸足夠深度的氣量，平日就同樣要鍛鍊呼吸的肌肉（包括輔助呼吸的肌肉），例如多做「深呼吸」的練習，甚致是吸漲後嘗試再多吸一些，呼盡氣後嘗試用腹肌再擠壓多一些出去等的呼吸練習。在正式練習或比賽之前，亦都要先做些同類的深呼吸練習，確保所有相關於呼吸的肌肉（包括輔助肌肉）都有足夠的「熱身」，才開始練習或比賽。



雖然跑步的時候都會間歇地留意呼吸，以判斷配速是否恰當，但也不要「過度」把專注力放在呼吸上面，因為這樣做會把不適的感覺「放大」，反而會影響到自己的信心和表現。

另外，跑步時如果能夠少用口去輔助呼吸，當然就可以避免氣流使到口腔內的黏膜乾涸，造成不適的感覺（特別是冬天）。但是，當要提升跑速時（如作最後衝刺），就難以避免要用鼻和口去同時呼吸了。這個時候，就應該要「順其自然」地去呼吸，不要再去想用甚麼方法或甚麼節奏去呼吸，否則就會破壞了自己的注意力和擾亂了跑步的節奏。如果真的想按住特定的呼吸節奏去跑，不妨嘗試 2 吸 2 呼，因為這個節奏能較有效去呼出更多二氧化碳。

## 步頻和步幅

**前**面已經提及過擺臂的「力度」和「幅度」必須與「跑速」相配合，刻意加大擺臂的「力度」和「幅度」不但無助於增加跑速，反而會造成擺臂和腿部動作不協調，影響了「步頻」和「速度」。

### 標準步頻？

所謂「步頻」，普遍是以「步/分鐘」（steps/minute，亦即是每分鐘多少步）為單位，而且無論是邁出左腳「或」右腳「一次」，都會被視之為一「步」。不過，正式的運動生物力學文獻卻普遍以「跨步/分鐘」（strides/minute）為單位，而且要左腳「和」右腳都先後「各」邁出「一次」才會被視為一個「跨步」。坊間的跑步書籍和跑友們所說的「步頻」，一般都是指「步/分鐘」（steps/minute）。另外，亦有需要留意一些跑步手錶品牌（如 Garmin）所指的步頻，通常是以「步/分鐘」為單位；而另外一些品牌（如 Polar）所指的步頻，雖然英文是以「steps/minute」為單位，但實際上則是以「跨步/分鐘」（strides/minute）為單位。

不少跑友都追求「每分鐘 180 步」的步頻，因為很多長跑教練及運動員都以此作為跑步技術的其中一個「標準」（gold standard）。至於這個「標準」的由來，其實可追溯至 1984 年，著名的長跑教練及作者 Jack Daniel，觀察了大約 50 名奧運會 800 米至馬拉松長跑項目男子及女子運動員的步頻，發現只有一個運動員的步頻是低於 180 步/分鐘，800 米及 1500 米運動員的步頻甚至是高達 200 步/分鐘。不過，從 3000 米（當年的女子項目）至馬拉松長跑（42.195 公里），運動員的步頻都是相差不大，只是跑的距離越長，步幅就相對地較少。



Jack Daniel 還在實驗室內對一名馬拉松冠軍運動員進行過跑步機測試，並發現當他以 7 分鐘/英哩的速度去跑時，步頻是 184 步/分鐘，加快至 6 分鐘/英哩時，步頻增加至 186 步/分鐘，當速度進一步提升至 5 分鐘/英哩時，步頻亦隨之而增加至 190 步/分鐘。當速度從 7 分鐘/英哩提升至 5 分鐘/英哩，亦即增加了 40%時，步頻只是從 184 步/分鐘增加至 190 步/分鐘，亦即只有 3.26%的增幅左右。可見運動員都愛維持著一個自己較為「舒適」的「步頻」去跑，而透過增加「步幅」來提升跑的速度。

| 速度                 |         | 步頻<br>(步/分鐘) |
|--------------------|---------|--------------|
| (分鐘/英哩)            | (英哩/小時) |              |
| 7                  | 8.57    | 184          |
| 6                  | 10.00   | 186          |
| 5                  | 12.00   | 190          |
| 備註：1 英哩 = 1.609 公里 |         |              |

根據他的研究結果，Jack Daniel 建議採用一個「接近」180 步/分鐘的步頻，其中一個原因是為了減輕腳部「著地」時從地面而來的衝擊力。他認為步頻越低，亦即代表騰空的時間越長，騰空的時間越長，亦即人體的重心升得越高，下降著地時腿部和腳部要承受的衝擊力也就越大，而這股衝擊力往往就是造成跑步受傷的原因。此外，他亦同時指出，不要把腳伸得太前，腳應該「盡量靠近」身體重心在地上投影點的位置著地。

## 步頻、步幅與速度的關係

其實，「速度」是「步頻」與「步幅」相結合而成的結果，因為：

$$\text{速度 (米/秒)} = \text{步頻 (步/秒)} \times \text{步幅 (米/步)}$$

所以，無論是增加「步頻」或「步幅」，又或者是兩者同時增加，都可以提升「速度」。不過，實際的經驗卻是兩者就如「魚與熊掌」，一般是難以同時兼得，問題反而是應該如何在兩者之間取個「平衡」。另一方面，當跑速增加的時候，其實「步頻」和「步幅」都會隨之而增加。

早於 1979 年，就已經有研究發現，當「跑速」從 2.5 米/秒增加至 5.5 米/秒時，「步幅」增加至原來的 1.7 至 1.8 倍，而「步頻」則增加至原來的 1.2 至 1.3 倍。

| 速度          |             |          |
|-------------|-------------|----------|
| 米/秒         | 時間/400 米    | 時間/10 公里 |
| 2.5         | 2:40        | 1:06:40  |
| 5.5         | 1:12        | 30:18    |
| 速度<br>(米/秒) | 平均步幅 (米/步)  |          |
|             | 男           | 女        |
| 2.5         | 0.97        | 0.93     |
| 5.5         | 1.79        | 1.60     |
| 速度<br>(米/秒) | 平均步頻 (步/分鐘) |          |
|             | 男           | 女        |
| 2.5         | 155         | 161      |
| 5.5         | 185         | 207      |

以 5.5 米/秒的速度來說，如果能夠跑足 5 公里或者是 10 公里，其實已經是世界級精英長跑運動員的比賽速度。當然參與該份研究的大學生，只是在跑步機上跑上短很多的時間。不過，從研究的結果亦可以看到，就算是能夠做到 180 步/分鐘的所謂「標準」步頻，如果未能夠「同時」維持「足夠」的步幅，實在亦難以跑到一個世界級的時間。

其實，另一份早期的研究亦指出，對於較慢的跑速，運動員「主要」是靠增加「步幅」以提高速度；對於較快的跑速，運動員「主要」是靠增加「步頻」以提升速度。而且，「步幅」的增加主要是由腿蹬離地面時的力量所造成（這當然也包括了著地時儲存於腿部軟組織內彈性能量的「反衝」），與腿的長度「並無」關係。亦即是說，腿長的人，如果蹬地的力量不足，步幅亦不會因為長腿而增大。

隨著配戴裝置的普及，有專家就利用具備心率監測器功能的跑步手錶，收集了 256 人的跑步數據。他們同樣發現，在跑速較高的情況下，「步頻」的貢獻較「步幅」為大。腿較長的運動員，「步頻」亦較低，主要都是靠「步幅」去達至特定的跑速。整體而言，在 1.64 米/秒至 4.68 米/秒的速度範圍內，「步頻」(SF, 跨步/分鐘)與「跑速」(V, 米/秒)的關係是：

$$SF = 75.01 + 3.006V$$

| 速度   |          |          |
|------|----------|----------|
| 米/秒  | 時間/400 米 | 時間/10 公里 |
| 1.64 | 4:04     | 1:41:38  |
| 4.68 | 1:25     | 35:36    |

不過要注意的是，上面公式計算的結果是以「跨步/分鐘」為單位，所以要把結果乘以 2，才會得到普遍被採用的「步/分鐘」單位。

就以 1:06:40 跑完 10 公里為例，這相當於 2.5 米/秒的速度，代入公式之後，計算出的步頻 (SF)

$$= 75.01 + 3.006(2.5)$$

$$= 82.5 \text{ 跨步/分鐘}$$

$$= 82.5 \times 2$$

$$= 165 \text{ 步/分鐘}$$

如果加快至 50 分鐘跑完 10 公里，亦即相當於 3.33 米/秒的速度，代入公式之後，計算出的步頻 (SF)

$$= 75.01 + 3.006(3.33)$$

$$= 85.0 \text{ 跨步/分鐘}$$

$$= 85.0 \times 2$$

$$= 170 \text{ 步/分鐘}$$

也就是說，當去到 50 分鐘跑完 10 公里的速度，一般都會上到每分鐘 170 步的步頻。若果速度進一步提升，例如 30:18 跑完 10 公里，亦即 5.5 米/秒的速度，計算出的步頻更加會達至 91.5 跨步/分鐘或 183 步/分鐘。當然，在同一跑速之下，不同人之間都會存在著一定的個別差異，但從以上的公式和計算可見，步頻會隨著跑速的增加而提升。此外，該份研究亦指出，較「健壯」人士主要是靠「步幅」去達成特定跑速，而「年長者」主要是靠增加「步頻」以提升跑速。

至於更快的跑速，如 100 米跑，另一份研究發現，對世界級精英 100 米跑運動員來說，「步幅」是「男性」運動員 100 米跑成績的決定性因素。就以牙買加飛人 Usain Bolt 為例，他只需 40 步左右便可以完成 100 米，所以平均步幅有 2.5 米；但對「女性」運動員來說，原來「步頻」才是決定性因素。此外，這份研究亦發現，成績較佳的男性運動員，身材都普遍較高和健壯；而成績較佳的女運動員雖然普遍是較為瘦小，但仍然是屬於較健壯的身型。因此，對於短跑運動員來說，肌肉力量的鍛鍊就顯得非常重要。

Jack Daniel 觀察的奧運選手，他們的水平都較一般運動員高，更不用說是一般的長跑愛好者。就以女子 3000 米來說，決賽前 8 名的成績都在 8:52 以內；至於男子 5000 米，決賽前 8 名的成績都在 13:25 以

內。就算是女子及男子馬拉松長跑項目，前 10 名的成績分別都在 2:32:07 及 2:12:57 以內。所以，按照他們的實力或比賽時的速度，他們的步頻都在 180 步/分鐘左右實在不足為奇。

| 項目        | 成績    | 速度       |      |      |
|-----------|-------|----------|------|------|
|           |       | 時間/400 米 | 米/秒  |      |
| 女子 3000 米 | 8:52  | 1:11     | 5.64 |      |
| 男子 5000 米 | 13:25 | 1:04     | 6.21 |      |
| 馬拉松       | 男     | 2:12:57  | 1:15 | 5.29 |
|           | 女     | 2:32:07  | 1:26 | 4.62 |

可是，很多人（包括本地的一些精英長跑運動員），與這些奧運長跑運動員的水平實在是還有一段距離，所以未必適宜同樣地以 180 步/分鐘作為跑步時的「標準」步頻。況且，不少研究都指出每個人通常都會「自然選擇」最適合自己的「步頻」和「步幅」去跑步，刻意去改變（無論是增加或減少）這些「步頻」和「步幅」都會降低其「跑步效能」，亦即在同一跑速之下要消耗更多的能量。

就以筆者自己為例，近期就進行過一些 2K 及 1K 的測試。根據跑步手錶記錄得來的數據，跑 2K 測試時，時間為 7:50.4。

|         |   |
|---------|---|
| 2K 測試成績 | 7:50.4  |
| 平均圈速    | 1:34.1<br>(1:31.4, 1:33.7, 1:35.0,<br>1:38.3, 1:32.2) |
| 平均步頻    | 164-168 步/分鐘  |
| 平均步幅    | 1.50-1.59 米   |

跑 1K 測試時，時間為 3:33.3。

|         |                                    |
|---------|------------------------------------|
| 1K 測試成績 | 3:33.3                             |
| 平均圈速    | 1:25.3<br>(1:24.9, 1:28.4, 0:40.0) |
| 平均步頻    | 169-176 步/分鐘                       |
| 平均步幅    | 1.62-1.67 米                        |

另外，在 2015 年的一次本地常青田徑男子 50-54 歲組 400 米決賽中，筆者跑出的時間為 1:01.81，由於當時並未購置跑步手錶，無法得到較詳盡的數據，但仍可藉著反覆播放比賽的錄像，統計到總共用了 205 步完成賽事，計算之後可以得到在圈速 1:01.81 的比賽速度下，平均步頻

$$= 205 \times \frac{60}{61.8}$$

$$= 199 \text{ 步/分鐘}$$

而平均步幅

$$= \frac{400}{205}$$

$$= 1.95 \text{ 米}$$

從上面的三組數據和計算就同樣可以見到，當筆者的圈速在 1:20 至 1:40 之間時，平均步頻為 164 至 176 步/分鐘，平均步幅為 1.50 至 1.67 米；但當圈速提升至 1:01 時，平均步頻不但超過 180 步/分鐘，甚至是接近 200 步/分鐘，而且步幅亦平均有 1.95 米的長度，比起圈速在 1:20 至 1:40 之間時，步幅增加了 16.7 至 30.0%。

整體而言，「步頻」和「步幅」不但是因人而異，而且和「跑速」有著一定的關係，通常都會隨著跑速提升而增加。另外，刻意去修改一個運動員的「步頻」或「步幅」反而有機會降低其跑步效能。不過，有時亦會見到有些運動員，一個週期的腿部動作還未完成，就已急於開始下一個週期，以致步頻動輒超過 200 步/分鐘。對於這類運動員來說，應該嘗試稍為調低步頻，但卻要把重點放在「完成」整個週期的腿部動作上面。當然，嘗試糾正的時候，也不可以一下子調得過低過急，否則運動員就會難以適應，反而降低了跑步時原有的節奏感和流暢度，甚致造成了失去繼續糾正技術的信心。

總之，實在沒有必要去盲目追求「所謂」180 步/分鐘的「標準」步頻，因為每個人都會按照自己的實際能力，「自動」去「選擇」跑步時最適合自己的步幅和步頻，只要步頻並不是偏離了 170-190 步/分鐘的範圍太遠，而且整個腿部的動作也大致上能夠完成，就不如安心按照自己「自然選擇」的步頻去跑。

至於步幅方面，只要跑步者的實力有所提升，腿部蹬地的力量增強，步幅自然就會增大，而且切忌刻意向前跨大步幅去跑，以免造成「腳跟」先著地時的「剎停」效果和增加了從地面而來的衝擊力。

### 「輕快跑」技術

**想** 跑得輕鬆很容易，慢慢跑就可以了。要跑得快也不難，拚命跑就可以了；不過，只怕是拚不了多久就要倒下。所以，跑步的最高境界，莫過能做到「輕快跑」。

「輕快跑」可以分為兩個層次。第一個層次，就是從「整體」上看，跑起來要「速度快」，但卻「輕鬆自在」，沒有半點肌肉緊張。第二個層次，就是從「技術」上看，跑的大部分時候，都要以「最輕」的力度，「盡快」去完成動作。

### 頭、頸和軀幹

- 身體的軀幹較正直或只有些微的前傾。
- 頭、頸和軀幹成一直線、眼向前望。
- 面部和頸部的肌肉要放鬆。



### 腿部動作

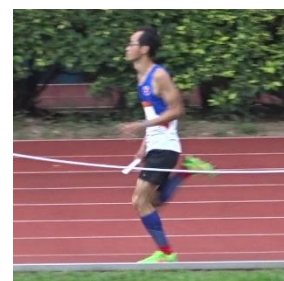
#### 著地

- 腳著地的位置在身體重心投影點前一隻腳左右的距離。
- 腳著地時要盡量「輕巧」，並且是以前腳掌先著地，再過渡至全腳著地；或以全腳著地。



#### 支撐

- 著地時支撐腿要適當彎屈膝關節，以緩衝撞擊力。



#### 後蹬

- 著地後支撐腿開始蹬伸腿部。
- 蹬伸時著重以臀部肌肉伸展髖關節，並「順勢」伸展膝關節和踝關節，最後由腳趾蹬離地面。
- 後蹬結束時，支撐腿「近乎」伸直或「完全」伸直。



## 騰空及前擺

- 支撐腿蹬離地面後，小腿「順勢」迅速向大腿靠攏，形成大、小腿「邊摺疊、邊前擺」的動作。
- 速度越高，小腿摺疊得越靠近大腿，腳跟也越貼近臀部。
- 當擺動腿（剛才的支撐腿）繼續向前擺動時，小腿「自然」向下伸展，準備著地。

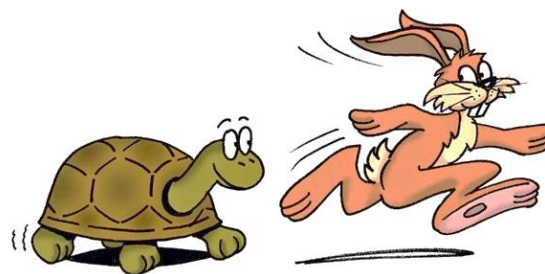


## 擺臂動作

- 以最少的力度輕握雙拳，並把雙手懸於腰間。
- 手肘屈曲成 90 度左右或稍為小於 90 度。
- 以肩關節為軸，隨著跑步時的腿部動作前後擺動。
- 手臂前後擺動的幅度一致。
- 從正面觀看的時候，兩手稍微向著身體的「縱軸」方向擺動，但不會越過縱軸，造成上身太大的扭動。



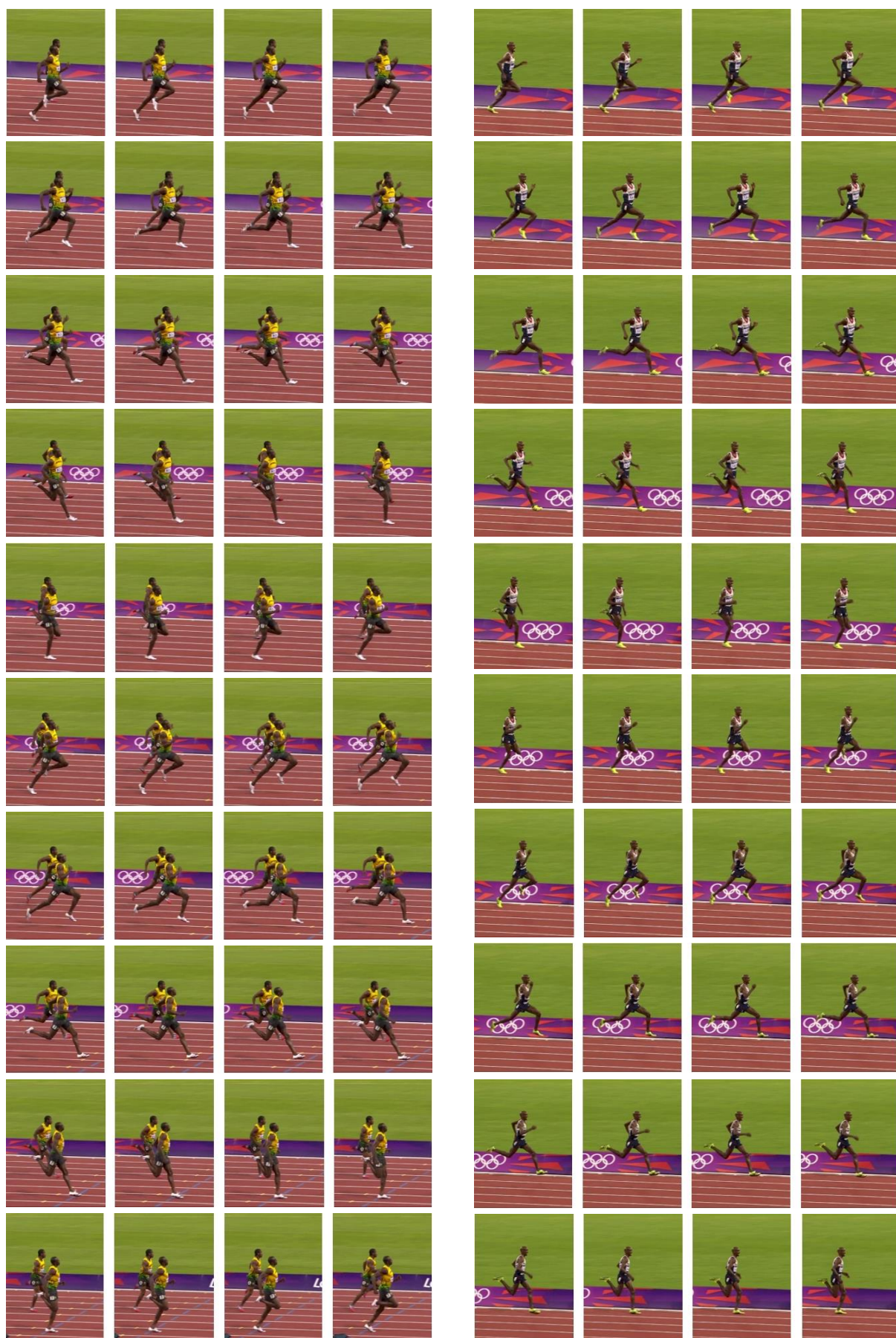
## 跑得「快」與「慢」的技術有分別嗎？

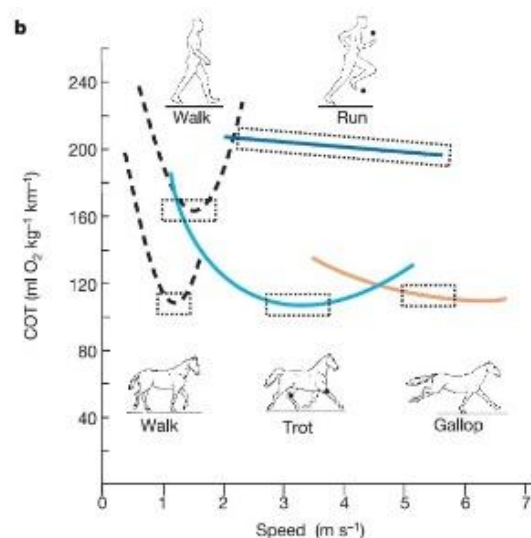
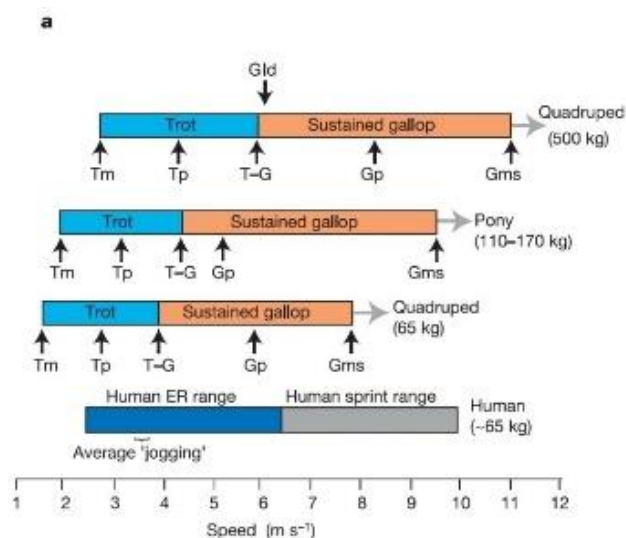


**早**期有些教練及運動員認為，長跑是以「腳跟」先著地，短跑則是以「前腳掌」先著地，而且腳跟不應隨後著地。不過，其實長跑和短跑的技術根本就沒有太大分別。下面就嘗試比較一下 100 米及 200 米世界紀錄保持者，牙買加飛人 Usain Bolt 及連續兩屆奧運 5,000 米及 10,000 米冠軍（2012 及 2016），英國 Mo Farah 跑步時的技術動作。

與先前的女子 10,000 米世界紀錄保持者埃塞俄比亞選手 Amaz Ayana 相比之下，Usain Bolt 及 Mo Farah 腿部向前擺動時，都是跨得較前，不過著地位置仍然是身體重心地上投影點「1 隻腳位」左右範圍。兩人均是以「前腳掌」的「外側」先著地，再過渡至「全腳」著地。著地時，兩者的膝部均是「微屈」。後蹬的最後階段，兩者的腿部均是「完全」蹬直，並且最後都是以「腳趾」蹬離地面。蹬地腿離開地面之後，同樣是小腿迅速向大腿靠攏，形成大、小腿「邊摺疊、邊前擺」的動作，而且腳部都是「緊貼」臀部。由於兩人的步幅均比 Amaz Ayana 大，所以擺臂的幅度也較大。因為 Usain Bolt 只需 40 步左右便可跑完 100 米，所以他的步幅及擺臂幅度都比 Mo Farah 大。至於身體姿勢方面，兩人的上身均保持挺直，頭、頸、身軀成一直線。由此可見，世界級精英長跑及短跑運動員的跑姿基本上分別不大。

Usain Bolt 在 2012 倫敦奧運時的技術動作： Mo Farah 在 2012 倫敦奧運時的技術動作：





研究結果顯示，當步行的速度達至 2.3 至 2.5 米/秒（即 8.3 至 9.0 公里/小時）的時候，人開始會偏向從「行」轉換為「跑」。因為跑的時候，腿部的軟組織，如跟腱、足底筋膜、小腿肌肉等，能夠在騰空著地時儲存起彈性能量，在腿部發力蹬離地面的同時「反衝」出來，這樣便可以「節省」本來要從「自身」提供的能量消耗，因而提高了跑步效能。

一般來說，人可以「正常」地「行走」至大約 3.0 米/秒（即 10.8 公里/小時）的速度，但當「行走」的速度達至 3.5 米/秒（即 12.6 公里/小時）的時候，其實「行」比「跑」要消耗多 30% 的能量。類似一些其他的兩足類動物（如袋鼠），人可以在頗為寬闊的速度範圍內調整跑速而毋須改變跑姿。所以，基本上並沒有分所謂「快」與「慢」的跑姿，亦即沒有分「精英運動員」和「業餘人士」的跑姿。

再從「運動肌動學」(motor learning) 的觀點看，人類「行走」或「跑步」的時候，都各自有一套獨立的「肌動程式」(motor programme)。當人跑步時要改變速度的時候，只是把不同的「數值」(如蹬地的力度和角度) 輸入到肌動程式的「參數」之中，程式自然就會因應輸出適切的跑步動作（如手臂與腿的擺動幅度）。

因此，世上並沒有分精英或初學者的跑步技術動作，綜合了眾多相關的運動科學研究結果和實際觀察，個人覺得「輕快跑」就是最簡單易做的跑步技術動作。「輕快跑」並非本人或任何人所創，也沒有設立任何形式的認證制度，對於任何想嘗試跑步或改善技術動作的人士都合用。



## 作者簡介



1. 退休中學體育科主任 (2020)
2. 退休中長跑教練 (2001)
3. 退役運動員 (1987)
4. 香港運動心理學會創會會員 (2003-現在)
5. **個人最佳成績**  
800 m - 2:04.60 (1984)  
1500 m - 4:15.66 (1984)  
5000 m - 16:59.87 (1983)
6. **教練經驗**  
1984-1987  
高露潔女子田徑訓練班中長跑教練  
1996-1998  
香港業餘田徑總會青年田徑隊中長跑教練  
1996-2000  
所屬運動員 Amie Shuttleworth 多次代表香港出席國際、埠際賽事及香港國際金一哩，並曾打破及保持多項學界紀錄：  
女子乙組 800 米 - 2:16.76 (2000-2001)  
女子乙組 1500 米 - 4:52.98 (2000-2018)  
年度最佳成績及香港排名：  
400 米  
1:00.79 (1999, 4th)  
1:00.16 (2000, 4th)  
800 米  
2:18.54 (1999, 1st)  
2:13.93 (2000, 1st)  
1500 米  
5:07.41 (1999, 3rd)  
4:42.57 (2000, 1st)  
1996-2001  
公民體育會暑期田徑訓練班中長跑教練  
1997-2 月  
帶領香港青年隊出席日本千葉縣舉行之第四屆亞洲越野錦標賽  
1997-2002, 2006-2014  
香港教練培訓委員會一級、二級及三級教練班，運動通論課程：運動心理學、肌動學習與表現導師

### 1999-2002

所屬運動員 Sarah Shuttleworth 多次代表香港出席國際田徑賽事，並於 2001 年打破香港青年組 (AAA Junior) 400 米紀錄，時間為 55.92。此外，亦曾打破及保持多項學界紀錄：

女子乙組 200 米 - 25.22 (2002-2016)  
女子乙組 400 米 - 57.29 (2002-現在)  
女子乙組 400 米 - 57.62 (2001-2002)  
女子乙組 800 米 - 2:15.76 (2001-現在)  
女子丙組 400 米 - 58.78 (2000-現在)  
女子丙組 800 米 - 2:19.72 (2000-現在)  
年度最佳成績及香港排名：

200 米  
25.94 (2000, 3rd)  
25.16 (2001, 2nd)  
400 米  
1:00.75 (1999, 3rd)  
58.46 (2000, 1st)  
55.92 (2001, 1st)  
800 米  
2:26.08 (1999, 2nd)  
2:24.32 (2000, 3rd)  
2:15.76 (2001, 1st)  
1500 米  
4:59.98 (2000, 3rd)

### 2006-2010

聯校運動中心緩步跑班教練

### 2007-2008

城大 Quali-Run for Wellness 2007 教練

### 2007-2020

城大渣打香港馬拉松 Running Clinic 教練

### 2009-2012

浸大渣打香港馬拉松訓練班教練

## 7. 近年個人比賽成績

香港常青田徑賽

2013 年 50 歲組 800 米第三名 (2:32.93)  
2014 年 50 歲組 800 米冠軍 (2:29.90)  
2015 年 50 歲組 400 米冠軍 (1:01.81，破香港 50 歲組分齡紀錄)  
2016 年 50 歲組 800 米季軍 (2:37.82)  
4x400 米冠軍 (4:10.46，破香港 50 歲組分齡紀錄)  
2017 年 50 歲組 4x400 米冠軍 (4:14.34)  
中華民國常青田徑國際錦標賽  
2014 年 50 歲組 800 米第三名 (2:37.24)  
2015 年 50 歲組 400 米冠軍 (1:02.98)  
800 米冠軍 (2:32.06)  
2018 年 55 歲組 400 米冠軍 (1:03.68)  
800 米冠軍 (2:36.81)

第 19 屆亞洲常青田徑賽 (新加坡舉行)

2016 年 50 歲組 1500 米第九名 (5:27.42)

## 參考資料

- Alexander, R. M. (2002). Energetics and optimization of human walking and running: The 2000 Raymond Pearl memorial lecture. **American Journal of Human Biology**, **14**, 641-648.
- Arellano, C. J. and Kram, R. (2012). The energetic cost of maintaining lateral balance during human running. **Journal of Applied Physiology**, **112**, 427-434.
- Arellano, C. J. and Kram, R. (2014). Partitioning the metabolic cost of human running: A task-by-task approach. **Integrative and Comparative Biology**, **54**(6), 1084-1098.
- Arendse, R. E., Noakes, T. D., Azevedo, L. B., Romanov, N., Schwellnus, M. P., and Fletcher, G. (2004). Reduced eccentric loading of the knee with the pose running method. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, **36**(2), 272-277.
- Bramble, D. and Lieberman, D. E. (2004). Endurance running and the evolution of Homo. **Nature**, **432**, 345-352.
- Cappellini, G., Ivanenko, Y. P., Poppele, R. E., and Lacquaniti, F. (2006). Motor patterns in human walking and running. **Journal of Neurophysiology**, **95**, 3426-3437.
- Cavagna, G. A., Saibene, F. P., and Margaria, R. (1964). Mechanical work in running. **Journal of Applied Physiology**, **19**(2), 249-256.
- Cavanagh, P. R. and Lafortune, M. A. (1980). Ground reaction forces in distance running. **Journal of Biomechanics**, **13**(5), 397-406.
- Daniels, J. (2014). **Daniels' Running Formula (3rd Ed.)**. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Dyson, G. (1986). **Dyson's Mechanics of Athletics (8th Ed.)**. London, Hodder and Stoughton.
- Elliott, B. C. (1979). Optimal stride length considerations for male and female recreational runners. **British Journal of Sports Medicine**, **13**, 15-18.
- Hamner, S. R., Seth, A., and Delp, S. L. (2010). Muscle contributions to propulsion and support during running. **Journal of Biomechanics**, **43**, 2709-2716.
- Hasegawa, H., Yamauchi, T., and Kraemer, W. J. (2007). Foot strike patterns of runners at 15-km point during an elite-level half marathon. **Journal of Strength & Conditioning Research**, **21**(3), 888-893.
- Hay, J. G. (1993). **The Biomechanics of Sports Techniques (4th Ed.)**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.
- Hinrichs, R. N. (1982). **Upper extremity function in running**. Ph.D. dissertation, Pennsylvania State University.
- Hinrichs, R. N., Cavanagh, P. R., and Williams, K. R. (1987). Upper extremity function in running. I: Center of mass and propulsion considerations. **International Journal of Sport Biomechanics**, **3**(3), 221-241.
- Hinrichs, R. N., Cavanagh, P. R., and Williams, K. R. (1987). Upper extremity function in running. II: Angular momentum considerations. **International Journal of Sport Biomechanics**, **3**(3), 242-263.
- Hoffman, J. (2014). **Physiological Aspects of Sport Training and Performance (2nd Ed.)**. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Högberg, P. (1952). Length of stride, stride frequency, flight period and maximum distance between the feet during running with different speeds. **Arbeitsphysiologie** **14**, 431-436.
- Kasmer, M. E., Liu, X. C., Roberts, K. G., and Valandao, J. M. (2013). Foot-strike pattern and performance in a marathon. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, **8**(3), 286-292.
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., and Costill, D. C. (2015). **Physiology of Sport and Exercise (6th Ed.)**. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ker, R. F., Bennett, M. B., Bibby, S. R., Kester, R. C., and Alexander, R. McN. (1987). The spring in the arch of the human foot. **Nature**, **325**(8), 147-149.
- Larson, P., Higgins, E., Kaminski, J., Decker, T., Preble, J., Lyons, D., McIntyre, K., and Normile, A. (2011). Foot strike patterns of recreational and sub-elite runners in a long-distance road race. **Journal of Sports Sciences**, **29**(15), 1665-1673.
- Lieberman, D. E., Venkadesan, M., Werbel, W. A., Daoud, A. I., Andrea, S. D., Davis, I. S., Mang'Eni, R. O., and Pitsiladis, Y. (2010). Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. **Nature**, **463**(28), 531-536.
- Liu, M. Q., Anderson, F. C., Schwartz, M. H., and Delp, S. L. (2008). Muscle contributions to support and progression over a range of walking

- speeds. **Journal of Biomechanics**, **41**(15), 3243-3252.
26. Nett, T. (1964). Foot plant in running. **Track Technique**, **15**, 462-463.
  27. Novacheck, T. F., (1998). The biomechanics of running. **Gait and Posture**, **7**(1), 77-95.
  28. Payne, H. (1985). **Athletes in Action: The Official International Amateur Athletic Federation Book on Track and Field Techniques**. London, Pelham Books.
  29. Paruzel-Dyja, M. Walaszczyk, A., and Iskra, J. (2006). Elite male and female sprinters' body build, stride length and stride frequency. **Studies in Physical Culture and Tourism**, **13**(1), 33-37.
  30. Pontzer, H., Holloway, J. H., Raichlen, D. A., and Lieberman, D. E. (2009). Control and function of arm swing in human walking and running. **The Journal of Experimental Biology** **212**, 523-534.
  31. Reber, L., Perry, J., and Pink. M. (1993). Muscular control of the ankle in running. **American Journal of Sports Medicine**, **21**, 805-810.
  32. Ruder, M., Jamison, S. T., Tenfrde, A., Mulloy, F., and Davis, I. S. (2019). Relationship of foot strike pattern and landing impacts during a marathon. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, **51**(10), 2073-2079.
  33. Sasaki, K. and Nptune, R. R. (2006). Differences in muscle function during walking and running at the same speed. **Journal of Biomechanics**, **39**(11), 2005-2013.
  34. Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., and Hawley, J. A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. **Sports Medicine**, **34**(7), 465-485.
  35. Van Oeveren, B. T., De Ruiten, C. J., Hoozemans, M. J. M., Beek, P. J., and Van Dieën, J. H. (2019). Inter-individual differences in stride frequencies during running obtained from wearable data. **Journal of Sports Science**, **37**(17), 1996-2006.
  36. Watts, D. C. V., and Wilson, H. (n.d.). **Middle and Long Distance, Marathon and Steeplechase**. London: British Amateur Athletic Board.
  37. Wilt, F. (1959). **How They Train**. Los Altos: Track & Field News.