

赤足與穿鞋跑步時 對足後部外翻程度之影響

翁梓林、鐘民儒*

摘 要

對於長期慢跑的人而言，跑步時足後部接觸地面的過度外翻與足部傷害的關係很大，而從慢跑鞋的改良上，可以有效的控制足後部的外翻情形。本研究的目的在於比較赤足與穿鞋跑步時：（一）地面接觸期前 10%阿基里斯腱的平均角速度；（二）地面接觸期阿基里斯腱外翻角度的最大變化值之間的差異，並探討本研究使用的慢跑鞋在設計上的問題。以 16 名男性受試者分別赤足與穿鞋在跑步機以 3.5 m/s 的速度進行測試，用高速攝影機 125 f/s 從正後方拍攝。得到的結果為：穿鞋跑步時在地面接觸期前 10%阿基里斯腱的平均角速度比赤足跑步時增加（ $p<.05$ ）；穿鞋跑步時在地面接觸的阿基里斯腱外翻角度的最大變化值比赤足跑步時增加（ $p<.05$ ）。本研究使用的慢跑鞋，並無法改善跑步時足後部外翻的情形。因此發現：（一）在鞋子底墊後部外側的設計上要比較圓滑，以減少足後部外側接觸地面時足部所形成的力矩。（二）必須在鞋子底墊的後部內側增強硬度及加強鞋內足弓處的穩固性，以減少鞋子變形的程度及足部與鞋子之間的相對運動，適度的保護足部。

關鍵詞：內翻、外翻、足後部

* 翁梓林：國立臺北師範學院體育學系教授

鐘民儒：國立臺北師範學院體育學系碩士生

投稿收件日：93 年 09 月 30 日；修正日：93 年 12 月 24 日；接受日：94 年 01 月 03 日

赤足與穿鞋跑步時 對足後部外翻程度之影響

翁梓林、鐘民儒*

壹、緒 論

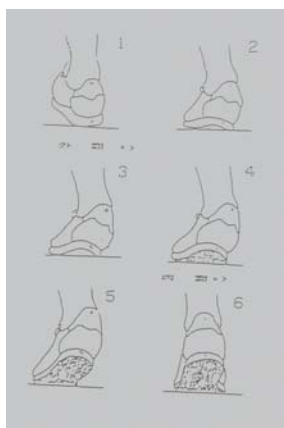
一、前言

在各個年齡層中，慢跑是非常普遍的運動，Krissoff and Ferris（1979）及 Cavanagh（1990）等人發現大約有三分之二的慢跑者，都受過運動傷害，位置分別是在膝部、踝部、脛腓骨、阿基里斯腱等地方。而造成這些傷害的原因有很多，包括場地、鞋子、運動型態（強度、頻率）、個人因素（體重、足型）及接觸地面時足後部的過度外翻（overpronation）等等。有關足後部接觸地面時過度外翻的情形，由於人體足部骨骼構造的關係，在慢跑時，從足跟外側接觸地面，一直到起蹬期結束，這段接觸時間前 50%是稱為外翻（pronation），後 50%稱為內翻（supination）（圖 1），如果把足部分為前半部（forefoot）及後半部（rearfoot），外翻主要是發生在足後部接觸地面時，外翻的程度越大，就越容易造成足部的傷害（Clement et al., 1981）。

Nigg（1987）認為鞋子必須提供足後部內外側的穩固性，以及鞋墊的柔軟性，才能有效地減少足後部的的外翻現象，降低因過度外翻而造成阿基里斯腱、肌肉、韌帶的過度負荷，保護下肢免於受到傷害。所以如何利用鞋子有效控制足後部的的外翻運動，是大家所感到興趣的，但是目前市面上的慢跑鞋琳瑯滿目，究竟有無減低足後部外翻的功能，令人存疑。本研究希望從赤足與穿鞋跑步時足後部的運動學變化，來探討赤足與穿鞋跑步時足後部的的外翻情形及鞋子對足部的保護功

* 翁梓林：國立臺北師範學院體育學系教授
鐘民儒：國立臺北師範學院體育學系碩士生

能，並且針對這些問題，謀求可行的改善方法，讓愛好跑步者及國內製鞋業者得到一些參考的資訊。



1.接觸地面 2.外翻 (pronation) 3.內翻 (supination)

圖 1 足部接觸地面時的內外翻情形 (左足)

二、問題背景

Clarke 等人 (1984) 指出在跑步時，足部的內外翻現象主要是發生在距下關節 (subtalar joint)，同時會引起小腿的旋轉 (rotation)，外翻 (pronation) 包括 eversion、abduction、dorsiflexion 等動作，內翻 (supination) 包括 inversion、adduction、plantarflexion 等動作。由於此內外翻是一個複雜的三度空間動作，在測量上較困難，而最簡單的方法是從背後來測量地面接觸期跟骨與阿基里斯腱在額狀面的相對運動，用它來描述足部的運動 (Soutas-Little, et al., 1987)，一般是指阿基里斯腱與跟骨在內側 (medial) 所形成的角度 (簡稱為 β) (圖 2)。

在瞭解測量地面接觸期足後部運動的方法之後，有關赤足與穿鞋跑步時足後部運動學變化的研究，是很多人所關注的，因為由此可以評估所使用的慢跑鞋是否有保護足後部的功能。在最近幾年有關於赤足與穿鞋跑步時足後部外翻動作的研究如下：Nigg (1986) 研究發現穿鞋跑步時阿基里斯腱角度的最大變化值比赤足跑步時顯著增加，穿鞋跑步時在地面接觸期中的前 10% 阿基里斯腱的平均角速度則比赤足跑步時顯著減少。Stacoff 等 (1989) 研究則發現穿鞋跑步時阿基里斯腱角度的最大變化值與赤足跑步時並無顯著的差異，穿鞋跑步時在地面接觸期中的前 10% 阿基里斯腱的平均角速度則比赤足跑步時顯著增加。Stacoff 等 (1991)

研究則發現穿鞋跑步時阿基里斯腱角度的最大變化值比赤足跑步時顯著增加，穿鞋跑步時在地面接觸期中的前 10% 阿基里斯腱平均角速度也比赤足跑步時顯著增加。

從上述的研究中可以發現，探討足後部外翻動作的主要變數有兩個（圖 3）：一是足後部在地面接觸期中，前 10% 阿基里斯腱的平均角速度（簡稱 $\dot{\beta}_{10}$ ），因為在地面接觸的前期，足後部的受力非常大，其與脛骨的傷害有關，必須去了解這短時間內的變化。二是足後部在地面接觸時，外翻動作期間阿基里斯腱角度的最大變化值（ $\Delta\beta_{\max}$ ），因為其變化越大，對膝部與踝部內外側的傷害就越大。至於研究結果會不一致的主要原因，是因為所採用的運動鞋不同所引起，因為不同的設計與材質，會有不同的功能，由此也可以瞭解到並不是所有的慢跑鞋都具有保護足部的功能。在瞭解赤足與穿鞋跑步時足後部外翻的情形後，可以用來探討本研究使用的慢跑鞋在底墊及內外側穩固性設計上，是否能減少足後部的過度外翻，及保護足部免於受到傷害。

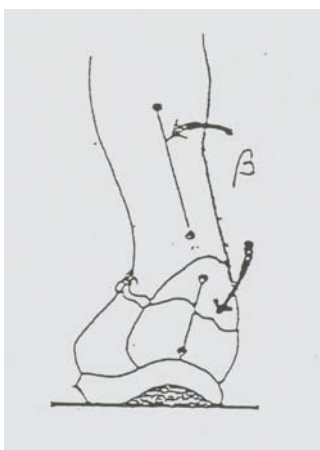


圖 2 阿基里斯腱角度（左足）

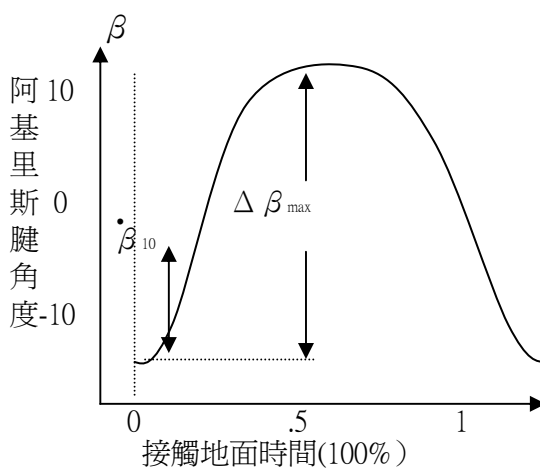


圖 3 $\dot{\beta}_{10}$ 及 $\Delta\beta_{\max}$ 的定義

三、研究目的

本研究之目的是比較赤足與穿著運動鞋跑步時足後部外翻的運動學差異，所要探討的問題如下：

（一）赤足與穿著運動鞋跑步時，兩種狀況下足後部在地面接觸期前 10% 阿

基里斯腱平均角速度 ($\dot{\beta}_{10}$) 的差異性如何？

(二) 比較赤足與穿著運動鞋跑步時，兩種狀況下足後部在地面接觸期，阿基里斯腱角度最大變化值 ($\Delta\beta_{\max}$) 的差異性如何？

四、研究限制及假定

本研究的限制是僅採用二度空間攝影，而足部的內外翻是一個複雜的三度空間動作，但本研究因只針對足後跟阿基里斯腱之角度變化進行觀察，故只使用二度空間之攝影分析法。因此本研究配合此研究方法其

研究的假定如下：

- (一) 穿著運動鞋時，足跟在鞋內的動作與鞋子外表的動作完全相同。
- (二) 標記是放在皮膚表面上，用皮膚表面的角度來代表實際骨骼的角度。

貳、研究方法與步驟

本研究方法與步驟分為四個部分：一是受試者，二是慢跑鞋，三是實驗步驟，四是資料處理。

一、受試者

本研究的受試者為十六名男性大學生及研究生，身高為 174.2 ± 7.2 公分，體重為 68.5 ± 7.6 公斤，年齡為 21.1 ± 2.9 歲。

二、慢跑鞋

本研究使用的慢跑鞋是在市面上隨機抽取，型號為愛迪達 (Adidas) 3327d 型。

三、實驗步驟

本研究實驗步驟分為：(一) 標記設計 (二) 器材擺設 (三) 正式拍攝。

(一) 標記設計

本實驗之標記是採用 Nigg 的方法，使用馬丁式測量器及奇異筆，分別在受試者的左足做下列標記：

1.赤足時

- (1)：在跟骨的下方。
- (2)：在跟骨的上方。
- (3)：在阿基里斯腱上位於兩骰骨的正中間。
- (4)：在(3)點上方 15 公分位於小腿寬度的正中間(圖 4)。

2.穿鞋時

- (1)：在鞋子後方底墊的正中點。
- (2)：在鞋帽的正中點。
- (3)：在阿基里斯腱上位於鞋帽的正上方。
- (4)：在(3)點上方 15 公分位於小腿寬度的正中間(圖 5)。

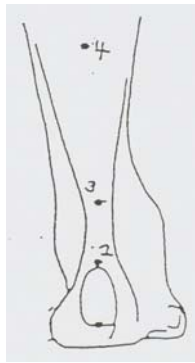


圖 4 赤足時標記設定

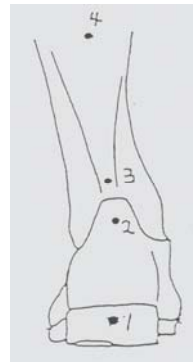


圖 5 穿鞋時標記設定

(二) 器材擺設

將 KODAK 高速攝影機擺設於距跑步機後方三公尺處，拍取足後部在額狀面的運動資料。

(三) 正式拍攝

受試者以 3.5m/s 的速度在跑步機上，分別以赤足及穿著運動鞋，進行跑步，然後以 KODAK 高速攝影機以每秒 125 張進行拍攝(圖 6)。

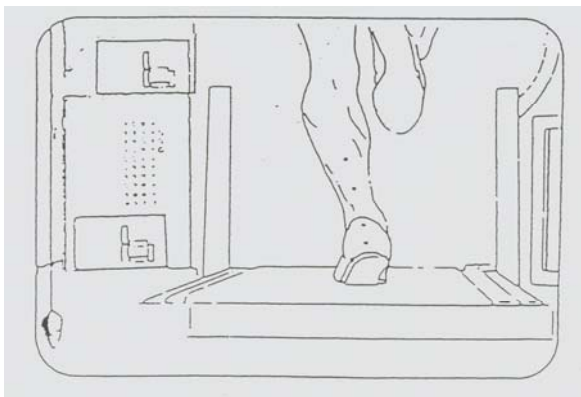


圖 6 正式拍攝情形

四、資料處理

本研究的資料處理分為三部份：(一) 資料數位化 (二) 變數計算 (三) 統計方法。

(一) 資料數位化

本研究的資料是取每一位受試者在赤足及穿鞋跑步時，左腳接觸地面時的資料，經過國立台灣師範大學生物力學實驗室影片分析系統處理後，每一位受試者取 5 步 (footstrike) 加以平均，在經由多項式平滑 (polynomial smooth) 處理 ($R^2=0.95\pm 0.01$)，以減少因處理資料時所產生的誤差。

(二) 變數計算

1. $\dot{\beta}_{10}$ ：(地面接觸期第 10% 張影片的阿基里斯腱角度 — 地面接觸期第一張影片的阿基里斯腱角度) $\div$ (10% 的地面接觸時間)。

2. $\Delta\beta_{\max}$ ：地面接觸期最大的阿基里斯腱角度 — 地面接觸期第一張影片的阿基里斯腱角度。

(三) 統計方法

1. 以相依樣本 t 考驗比較赤足與穿鞋跑步時，足後部在地接觸期前 10% 阿基里斯腱的平均角速度之間的差異 ($\alpha=0.05$)。

2. 以相依樣本 t 考驗比較赤足與穿鞋跑步時，足後部在地接觸期阿基里斯腱外翻角度的最大變化值之間的差異 ($\alpha=0.05$)。

參、結果與討論

一、足後部在地面接觸期前 10% 阿基里斯腱的平均角速度 ($\dot{\beta}_{10}$)

赤足與穿著運動鞋跑步時，足後部在地面接觸期前 10%阿基里斯腱的平均角速度 ($\dot{\beta}_{10}$) 達到顯著差異 ($p<.05$) (表 1)。赤足跑步時的 $\dot{\beta}_{10}$ 為 3.87 ± 2.33 rad/sec，穿著運動鞋跑步時則為 5.65 ± 2.10 rad/sec。此結果與 Stacoff 等人 (1989，1991) 的研究相似，穿著運動鞋時的平均角速度之所以會比赤足跑步時大的原因，一般推敲起來可能是因為穿著運動鞋跑步，在接觸地面時的底面積一定會比赤足跑步時大，所以當足後部外側接觸地面時，穿運動鞋跑步足部受力的力矩會比赤足跑步時大 ($\tau = F \times r$)，因此會造成接觸地面瞬間的轉矩加快。由上述得知，本研究所使用的運動鞋也面臨到這個問題，因為坊間的慢跑鞋主要強調的功能都是在於吸震及接觸地面時的穩固性，較少考慮到減少足部的外翻。因此有許多研究者 (Cavanagh, 1984; Nigg & Bahlsten, 1988) 建議，要減少穿著運動鞋跑步時足部受力的力矩，必須從縮短力臂著手，在鞋子底墊後部外側的設計上要比較圓滑，以減少足後部外側接觸地面時足部的所形成的力矩。

表 1 足後部在地面接觸期前 10%阿基里斯腱的平均角速度

數 值 狀 態	$\dot{\beta}_{10}$ $\dot{\beta}_{10}$ (rad/s)
赤 足	3.87 ± 2.33
穿 鞋	5.65 ± 2.10
t 值	2.88*

* $p<.05$

二、足後部在地面接觸期外翻動作期間阿基里斯腱角度的最大變化值 ($\Delta \beta_{\max}$)

赤足與穿著運動鞋跑步時，足後部在地面接觸期，阿基里斯腱外翻角度的最大變化值($\Delta \beta_{\max}$)達到顯著差異($p < .05$) (表 2)。赤足跑步時的 $\Delta \beta_{\max}$ 為 12.42 ± 3.62 deg，穿著運動鞋跑步時則為 16.01 ± 4.43 deg。此結果與 Nigg (1986) 和 Stacoff 等人 (1991) 的研究相似，穿著運動鞋時的角度變化之所以會比赤足跑步時大，主要的原因可能有兩個：(一) 鞋子底墊的後部側太軟 (Nigg & Morlock, 1987)；(二) 鞋內後部內側的穩固性不夠 (Stacoff, et al., 1991)。由上述可以得知本研究所使用的運動鞋，在設計上可能比較偏向鞋子底墊的吸震能力，以致於鞋子底墊太軟，雖然可以減少跑步足部的受力，但是卻無法改善外翻的情形。因此 Nigg 建議在鞋子底墊的後部內側增強硬度，在足後部外翻的過程當中，減少鞋子變形的程度，適度的保護足部。其次在鞋內後部內側的穩定性不夠，所以在鞋內後部內側靠近足弓處的穩固性必須加強，也就是讓足部與鞋子之間能夠契合，減少足部與鞋子的相對運動，避免發生鞋子功能很強，但是還是無法使足部免於受到傷害的現象產生。

表 2 足後部阿基里斯腱外翻角度的最大變化值

數 值 狀 態	$\Delta \beta_{\max}$	$\Delta \beta_{\max}$ (deg)
赤 足		12.42 ± 3.62
穿 鞋		16.01 ± 4.43
t 值		3.56^*

* $p < .05$

肆、結 論

根據本研究的結果與討論，得到下列結論：

一、穿鞋跑步時在地面接觸期前 10%的阿基里斯腱平均角速度比赤足跑步時增加。本研究使用的慢跑鞋，無法減低足後部的外側接觸地面時足部的受力的力矩，必須從縮短力臂著手，鞋子底墊後部外側的設計上要比較圓滑，以減少足後部外側接觸地面時足部的所形成的力矩。

二、穿鞋跑步時在地面接觸期的阿基里斯腱外翻角度最大變化值比赤足跑時增加。本研究使用的慢跑鞋，無法改善足後部外翻的情形。必須在鞋子底墊的後部內側增強硬度及加強鞋內後部內側足弓處的穩固性，減少鞋子變形的程度及足部與鞋子之間的相對運動，適度的保護足部。

伍、後續研究

- 一、研究鞋子在動力學方面的問題，包括壓力的分佈及地面的反作用力。
- 二、結合整個運動生物力學上的研究，探討未來運動鞋設計的方向。

參考文獻

- Cavanagh, P. R. (1984). Running shoe sole construction. *U. S. Patent Number 4, 449*, 306.
- Cavanagh, P. R. (Ed.) (1990). *Biomechanics of distance running*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Clarke, T. E., Frederick, E. C., & Hamill, C. L. (1984). The study of rear foot movement in running. In E. C. Frederick (Ed.), *Sport shoes and playing surfaces (pp. 166-189)*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Clement, D. B., Taunton, J. E., Smart, G. W., & McNicol, K. L. (1981). A survey of overuse of running injuries. *Physician Sports Medicine*, 9, 47-58.
- Krissoff, W. B., & Ferris, W. D. (1979). Runner's injuries. *The Physician and Sports Medicine*, 7(12), 55-64.
- Nigg, B. M. (Ed.) (1986). *Biomechanics of running shoes*. Champaign, IL: Human Kinetics.

- Nigg, B. M., & Bahlsen, H. A. (1988). Influence of heel flare and midsole construction on pronation, supination, and impact forces for heel-toe running. *International Journal of Sport Biomechanics*, **4**, 205-219.
- Nigg, B. M., & Morlock, M. (1987). The influence of lateral heel flare of running shoes on pronation and impact force. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **19**, 249-302.
- Soutas-Little, R.W., Beavis, G. C., Verstraete, M. C., & Markus, T. L. (1987). Analysis of foot motion during running using a joint co-ordinate system. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **19**(3), 285-293.
- Stacoff, A., Kaelin, X., & Stuessi, E. (1991). The effect of shoes on the torsion and rearfoot motion in running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **23**, 482-490.
- Stacoff, A., Kaelin, X., Stuessi, E., & Segesser, B. (1989). The torsion of the foot in running. *International Journal of Sport Biomechanics*, **5**, 375-289.

Effect the Rearfooted-Pronation During Running on the Barefoot and Shod-Foot

Tzu-lin Wong & Ming-ju Chung *

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the differences of barefoot and shod-foot during running in the following 2 aspects: (1) average angular velocity of achilles tendon on the first 10% of ground contact; (2) the difference of maximum variety about the pronation angle of achilles tendon on ground contact, and explore any problems related to the design of the running shoes used in this experiment. Sixteen male runners participated voluntarily in this study. The high-speed video camera was operated at 125Hz and was used to record the participants when they are performing the treadmill 3.5m/s. Two findings are: (1) the rear outside shoe sole must be tactful in order to decrease the torque when outside rearfoot contacts the ground; (2) the strength at the cushioning of shoe sole and the stability of the arch of foot must be increased in order to minimize the degree of deformation and relative-motion between the foot and shoe and to protect foot.

Key words: rearfoot, pronation, barefoot

* Tzu-lin Wong: Professor, Department of Physical Education, National Taipei Teachers College
Ming-ju Chung: Graduate Student, Department of Physical Education, National Taipei Teachers College