

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

正常與病態前足部足橫弓之研究(2/3)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2314-B-002-205-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立臺灣大學醫學院骨科

計畫主持人：王崇禮

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 92 年 5 月 29 日

The alignment and plantar pressure of the metatarsal head with
elevated heel

Key words: metatarsal head, elevated heel, plantar pressure

前言

Metatarsalgia 是臨床上常見的足部問題之一〔1〕，造成 metatarsalgia 的原因有許多〔2〕，包括 Morton's neuroma〔3〕，intermetatars phalangeal bursitis〔4〕，Rheumatoid arthritis，Flexor tendon tendinitis〔5〕等，除了以上常見的原因外，部分的患者其疼痛的原因是由於構造上的異常或 metatarsal head 的局部壓力太大。Morag 及 Cavanagh 認為和 plantar pressure distribution 相關的原因包括足部的構造，足底組織的物理特性 (physical characteristics)，足部附近的肌肉動作 (muscle action) 及患者的步態型態 (Gait style)〔6〕。他們更進一步闡述，和步行時腳底壓力最有相關的構造因子是第一根 metatarsal head 和腳跟下的軟組織厚度及腳弓的狀態〔7〕。

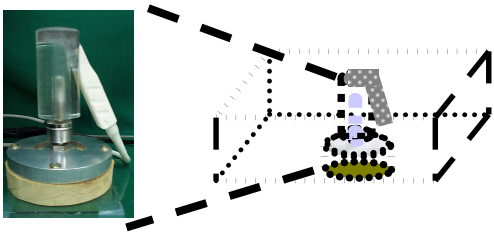
高跟鞋一直被認為是對足部不好的鞋子，當足跟被提高到某一程度後，人的重心可能會前移〔8〕，腰椎的曲度接著改變〔9〕，而有骨盆傾斜度的變化〔10〕，前足部份的垂直受力會明顯上昇〔10〕。而當走路時，腳踝會位在較 plantar flexion 的位置，較少的 pronation 而且減少前足的外展角度〔8〕。近年來有許多新的測量腳底壓力的方法，利用這些方法都一再證明穿高跟鞋時會明顯增加第一根 metatarsal head 的壓力〔11〕，在步行時增加前足的負荷，此負荷會沿著前足內側及大腳趾而前足外側會減少接觸面積，力量及最高壓力〔12〕，這些研究對高跟鞋對腳底壓力的影響都有很好的研究，但卻都沒有提及腳底軟組織的變化，而腳底軟組織的厚度及特性對腳底的病變有很重要的影響。

第一年的計畫中我們設計超音波來測量腳底站立時軟組織之厚度及壓力〔13〕藉此推測前足 metatarsal head 的排列，第二年利用同樣的設計來測量腳跟高度增加時正常人的 metatarsal head 下軟組織厚度的變化及壓力的變化。

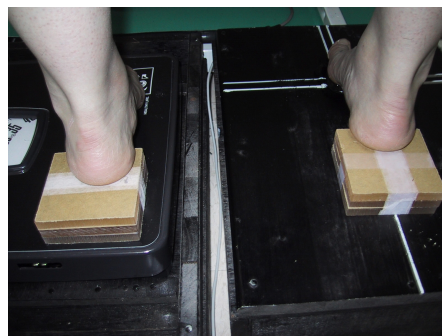
材料及方法

總共有 21 名健康的受試者，11 個男性及 10 位女性，平均年齡 31.2 ± 3.7 (範圍：27 到 42 歲) 參與本研究。所有的受試在過去 12 個月內沒有任何全身性疾病或腳、足不舒服。理學檢查這些受試者皆沒有 foot-ankle complex 的異常，沒有足部胼胝或潰爛。實驗的步驟對受試者詳細的解釋及說明，而且所有受試者都簽署 informed consent。本院的倫理委員會通過本實驗的實驗內容及步驟。

10 MHZ linear-array transducer (CL 10-5, ATL)，被埋在一根亞克力棒中，這根亞克力棒的直徑有 4 公分，形成一個 transducer-acrylic rod complex，在這個 transducer-acrylic rod complex 的下方接上一個 Load cell，被將 load cell 的測量值於 digital display 上顯現(圖一)，將 transducer acrylic rod complex 置入一個木製的箱子中，箱子的表面切開一個 4 公分直徑的圓洞，將 transducer-acrylic rod complex 由此圓洞露出，transducer 的表面和木箱的表面截平，所有的受試者都被要求赤腳一腳站在本箱上，另一腳則站在一個和木箱的體重記上，兩腳分開約 15-20 公分，體重計的目的在於確定體重的一半落於具有 transducer-acrylic rod complex 的木箱上，在這個木箱的表面沿著 transducer 四周我們畫了一個十字形的記號，十字形的交點即為探頭的位置，利用這樣簡單的 marker，受試者可以較輕易地將 metatarsal head 置於探頭上面。



圖一



圖二

受試者將一腳踏在木箱上，請其調整其 metatarsal head 恰好於 transducer 的中央，而體重計的重量恰為其體重之半，此時於 display 可讀出 Load cell 所承受的壓力，即為當時那根 MTH 所承重的壓力，此時超音波也掃瞄到 MTH 下的軟組織，我們所使用的超音波機器為 HDI5000 (Advanced Technology Laboratories, Bothell, WA, USA)。在超音波螢幕上可看見 MTH 的皮質

(cortex) 和其下的軟組織，由於超音波的 transducer 是和 MTH 的長軸成平行，故此時超音波顯現的為 longitudinal scan。在圖上第一層的 echogenic line 為 plantar skin，接著一層 medium echogenicity 的 layer 是 MTH 下的 soft tissue。最深，有很強 echogenic line with acoustic shadow 者為 plantar metatarsal cortex。由表層量到 metatarsal cortex 就是 MTH 下的軟組織厚度。

受試者兩腳下的各根 MTH 的壓力及 soft tissue 厚度皆被測量，接著於受試者兩側角跟墊上 2cm 高的木塊，並測量每個 MTH 於墊上木塊後之壓力及 MTH 下軟組織厚度，接著將腳後跟之墊木增加至 3cm 及 4cm 並重覆前面之測量步驟，以模擬受試者穿著 high heel shoes 時前足之壓力及皮下軟組織之變化（圖二）。

結果

在站立時，受試者的 MTH 的平均壓力以中央之第二趾，第三趾及第四趾明顯較第一趾、第五趾為大，其中左足以第三趾最大而右足以第二趾為最大（表一），而 MTH 下的 soft tissue 厚度左右足皆以第一趾最後而後遞減或 MTH 的排列成一和地面有一夾角之直線。

當腳跟墊上 2cm 的木塊時，5 根 MTH 的壓力都明顯上昇（表二），當腳跟高度提高至 3cm 時，第一、二、三根的 MTH 的壓力持續上昇，但第四、五根 MTH 的壓力則開始下降，當腳跟的高度持續增加到 3 公分時，第一、二、三根 MTH 的壓力持續上升，而第四、五根 MTH 的壓力則明顯下降。

以腳底 MTH 下的軟組織而言，當腳跟的高度由 2 公分提高到 4 公分時，其腳底軟組織的厚度並無任何變化（表三），顯示 MTH 的排列並無改變。

表一、受試者站立時之 MTH 壓力及軟組織的厚度

	R1	R2	R3	R4	R5	L1	L2	L3	L4	L5
平均壓力(kpa)	16.9	29.1	31.5	26.3	16.5	19.2	35.4	34.3	29.8	21.5
標準差	10.4	10.0	12.7	11.2	7.0	10.9	18.0	12.8	11.6	7.9
平均厚度(cm)	1.03	0.827	0.746	0.73	0.614	1.022	0.8	0.73	0.728	0.6
標準差	0.183	0.164	0.136	0.142	0.119	0.205	0.16	0.14	0.124	0.114

表二、不同腳跟高度下，MTH 的壓力變化

kPa	R1	R2	R3	R4	R5	L1	L2	L3	L4	L5
站立時	16.9	29.1	31.5	26.3	16.5	19.2	35.4	34.3	29.8	21.5
墊高 2cm	21.5	44.3	43.2	32.6	18.5	23.4	56.2	56.9	44.7	29.3
墊高 3cm	25.0	48.9	46.0	32.5	15.7	27.8	64.9	57.4	44.3	22.8
墊高 4cm	30.0	54.5	44.9	28.6	12.4	29.6	69.6	66.3	41.8	16.8

表三、不同腳跟高度下，MTH 下軟組織厚度的變化

	R1	R2	R3	R4	R5	L1	L2	L3	L4	L5
站立時	1.03	0.83	0.75	0.73	0.61	1.02	0.8	0.73	0.73	0.6

墊高 2cm	1.04	0.80	0.73	0.7	0.61	1.00	0.75	0.68	0.69	0.57
墊高 3cm	1.02	0.79	0.73	0.71	0.65	1.00	0.75	0.69	0.69	0.60
墊高 4cm	1.01	0.78	0.74	0.72	0.70	0.99	0.75	0.70	0.70	0.70

討論

本研究發現當腳跟高度提高時前足的負荷會明顯上升，這和過去的研究相似(8,11,12,14,15)。增加前足的負荷被認為是身體的重心(center of mass)因為腳跟的升高而前移所致。在 Snow (8) 的研究中發現當受試者穿上高跟鞋時，驅幹變的比較屈區，但患者並無其他相關的驅幹調整機制。當驅幹角度增大而無其他姿勢調整時，便可能造成重心的前移，在 Murray (16) 及 deLateur (17) 的研究中當穿上高跟鞋時也有同樣的驅幹角度及重心的變化，這可以解釋當腳跟高度增加時，受試者的前足高度會增加。

本研究另外一個有趣的結果就是當腳跟高度持續增加時，第一、二、三趾的壓力持續增加，其中又以第二、三趾的增加較為明顯，而第四、五趾的壓力在腳跟的高度增至 3 公分時反而減少，而隨著腳跟高度增至 4 公分時，第四、五趾壓力更明顯下降，顯示當腳跟高度增加時，腳底的壓力不僅轉移到前足，且是轉移到前足的內側(1、2、3 趾)，而外側的壓力反而減少。Nyska (12) 在他的研究中報告當站立時，腳底的壓力沿著腳跟，分布到中足(midfoot)的內側，而後到前足內側到大姆趾。當穿上高跟鞋時，前足的動量中心會更往內移動，使得前足的內側壓力更增大，而足部外側的接觸面積、力量及最大力量都會明顯下降，這和我們的研究相似。McBride 也報告當受試者穿上高跟鞋的其第一根 metatarsal head 受的 ground reaction force 是 barefoot 的 2 倍(11)，在我們的研究中第一根 metatarsal head 所受的力量約為 barefoot 的 1.8 倍和 McBride 類似。Nyska 的研究(12)中 medial forefoot 的 pressure 增加約 40%，而本研究則約增加 100%。

在本研究中也測量了足跟高度增加時前足軟組織厚度的變化，這是首次的測量，過去的研究都無類似的資料，本研究發現當腳跟高度增加時，前足 MTH 下的軟組織厚度並不會隨著高度的增加而減低。換一句話說，當站立時前足腳底的軟組織已被壓扁，當腳跟的高度增加時，雖然重心前移，前足壓力增大但前足 MTH 下的軟組織以無可更壓迫性(compressibility)，硬度已達最高。因此，即使壓力增大也不會改變軟組織厚度，此為初次的發現。

在過去的提高腳跟對足部壓力，動力學的研究中，大部分的受試者皆為女性受試者，因為實際上是只有女性會穿高跟鞋，而且研究者希望受試者對高跟鞋有一定的熟悉度，其下之的 muscle 以適應此高跟鞋且達到一定的平衡。本研究所做的並非真正高跟鞋而是提高腳跟對前足的影響，因此參加的受試者男女各半，且本研究的項目只有站立的狀態，非步行的狀態，較不需受試者的習慣。

許多高跟的定義皆為 6-7 公分，而本研究只做到 4 公分。主要的理由是進行研究中當腳跟的高度大於 4 公分時，部分受試者因沒有穿高跟鞋的經驗，常會有明顯的平衡問題或前足痛，少

數受試者其 4th & 5th MTH 已和探頭接觸不良而失去檢查的可靠性。而且當腳跟提升至 4 公分時，已明顯看出腳跟高度對前足（MTH）壓力及軟組織的影響，故本研究只做到 4 公分提高腳跟高度。

本研究加上體重計來確認受試者的體重只有一半位於探頭及 load cell 上（兩腳平均分布），這是以前研究沒有做到的。但是，因受試者於即使站立不動時仍有少量體重移位，這種輕微的移位對軟組織的厚度無不大的影響，但卻多多少少影響壓力測量的穩定性，特別當腳跟提高時，而且為了 transduce 和腳底有良好的接觸而必需塗上 Gel，使得腳底的稍微滑動，這些可能都多少影響測量準確性，但整個結果的傾向應仍相當可靠。

Reference

1. Albert SF. Soft tissue causes of metatarsalgia. *Clin Podiatr Med Surg*. 1990; 7: 579-95.
2. Iaghocoo A, Coari G, Palombi G, Valesini G. Sonography in the study of metatarsalgia. *J Rheumatol* 2001; 28: 1338-401
3. Read JW, Noakes BJ, Kerr D, Crichton KJ, Slater HK, Bonar F. Morton's metatarsalgia: sonographic findings and correlated histiopathology. *Foot Ankle Int* 1999; 20: 153-61.
4. Zanetti M, Strehle JK, Zollinger H, Hodler J. Morton neuroma and fluid in the intermetatarsal bursal on MR images of 70 asymptomatic volunteers. *Radiology* 1997; 203: 516-20.
5. Hartmann W. The tendon sheaths and synovial bursal of the foot. *Foot Ankle* 1981; 1: 247-69.
6. Morag E, Cavanagh PR. Structural and functional predictors of regional peak pressures under the foot during walking. *Biomechanics* 1999; 32: 359-70.
7. Cavanagh PR, Morag E, Boulton AJM, Young MJ, Deffner KT, Pammer SE. The relationship of static foot structure to dynamic foot function. *J Biomechanics* 1997; 30: 243-50.
8. Snow RE, Williams KR. High heeled shoes: their effect on center of mass position, posture, three-dimensional Kinematics, rearfoot motion, and ground reaction force. *Arch phys Med Rehabil* 1994; 75: 568-76.
9. Bendix T, Sorensen SS, Klausen K. Lumbar curve, trunk muscles, and line of gravity with different heel heights. *Spine* 1984; 9: 223-7.
10. Opila KA, Wagner SS, Schiowitz S, Chen J. Postural alignment in barefoot and height-heeled stance. *Spine* 1988; 13: 542-7.
11. Mc Bride ID, Wyss UP, Cooke TDV, Murphy L, Philips J, Olney S. First metatarsopalangeal joint reaction forces during height-heel gait. *Foot ankle* 1991; 11: 282-8.

12. Nyska M, McCabe C, Linge K, Klenerman L. Plantar foot pressure during treadmill walking high-heel and low-heel shoes. *Foot Ankle Int* 1996; 17:662-666.
13. Wang TG, Hsiao TY, Wang TM, Shau YW, Wang CL. Measurement of vertical alignment of metatarsal heads using a novel ultrasonographic device. *Ultrasound in Med & Biol* 2003; 29: 373-7.
14. Snow RE, Williams KR, Holmer GB. The effect of wearing high-heeled shoes on pedal pressure in women. *Foot Ankle* 1992; 13: 85-92.
15. Opilia-Correia KA. Kinematics of high-heeled gait with consideration for age and experience of wearers. *Arch Phys Med Rehabil* 1990; 71:905-9.
16. Murray MP, Kory RC, Sepic SB. Walking pattern of normal women. *Arch Phys Med Rehabil* 1970; 51: 637-50.
17. DeLateur BJ, Giacomini RM, Questad K, Ko M, Lehmann JF. Footwear and posture; compensatory strategies for heel height. *Am J Phys Med Rehabil* 1991; 70: 246-54.