

# 性別對足跟墊軟組織力學性質之隨時間恢復的影響

陳忠獻<sup>1</sup> 楊世偉<sup>2</sup> 陳宇威<sup>2</sup>

<sup>1</sup>國立陽明大學物理治療暨輔助科技學系 <sup>2</sup>國立陽明大學醫學工程研究所

E-Mail: f5205305420@msn.com

## 摘要

本研究在探討步行後足跟墊軟組織其力學性質隨時間恢復的機制。本研究為年齡 20 歲至 30 歲的 18 位男性及 13 位女性，身體質量指數介於 18.5 至 24.2 之間，分為男性及女性兩組，步行 30 分鐘後、休息 5、10、15 及 20 分鐘六種狀況，收集足跟墊軟組織厚度、壓縮指數、勁度、彈性係數、能量耗散比率、彈性與黏滯係數比率及黏滯係數的變化。結果顯示足跟墊軟組織方面，男性會有較大的卸載厚度、末端線性區 40%體重點的勁度、彈性係數以及黏滯係數。而受步行及休息時間因素影響方面，在步行 30 分鐘後有厚度變薄、壓縮指數減少、真實彈性係數減少、能量耗散比率減少、黏滯係數減少、彈性與黏滯係數比率增加，休息 10 分鐘恢復 50%步行後變化的程度，休息 20 分鐘恢復至步行前的表現。

關鍵詞：足跟墊軟組織、超音波影像、力學性質

## 壹、前言

足跟墊軟組織重要的力學性質是由於他本身獨特的解剖構造，神經、血管、纖維組織、彈性組織及脂肪組織所構成的複合性結構層層相互影響才能表現出其獨特之回彈性（resilience）。因此究竟足跟墊軟組織如何達到減震、吸震及其所表現出來的力學性質是被矚目的重點。因此許多文獻針對個體因素影響足跟墊軟組織受力及卸載時恢復原先狀態的表現，並指出這些性質可能會隨受測者的年紀、性別、身體質量指數、足跟疼痛症候群或是糖尿病、類風濕性關節炎等系統性疾病這些因素而改變。

本實驗首先將針對性別對足跟墊軟組織的力學性質之影響進行探討，並進一步探討性別對足跟墊軟組織力學性質之恢復性的影響。若能了解時間因素及性別因素對於人體足跟墊軟力學性質之恢復性的影響，將對足跟墊軟組織作用的機制有更清楚的認知，進一步能提供臨床上治療足跟墊軟組織相關問題時有更多的參考依據。

## 貳、研究方法

本實驗的研究對象主要為年齡 20 歲至 30 歲，身體質量指數（Body Mass Index, BMI）介於 18.5 至 24.2 之間的年輕學子。依性別分為男性及女性兩組，並排除以下條件：1. 有先天及後天性神經、肌肉、骨骼系統疾病。2. 患有系統性疾病，如糖尿病、類風濕性關節炎。3. 中重度下肢變形或曾遭受

重大外傷或下肢手術等。4. 受測者最近三月內有足踝扭傷或急性關節發炎。5. 受測者最近三月內於足跟施打類固醇。本實驗主要是量測足跟墊軟組織在受力時其組織厚度的變化情形。受測者前足蹠骨位置利用魔鬼粘固定於實驗平台上，而後足跟墊軟組織位置下方之實驗平台部分開了一個洞用來放置透明壓克力壓痕器（plexiglas indenter），壓痕器上方與足底接觸面積大小與超音波探頭之大小一致（ $6.37\text{ cm}^2$ ），以傳導足跟之作用力於夾具上，而不會直接壓迫超音波探頭而造成探頭偏移或受損。壓痕器下測試前讓受測者平躺 15 至 20 分鐘，接著請受測者站在實驗平台上，受測足跟位於壓痕器上方，以量測足跟墊軟組織的矢狀切面影像，而此切面為沿著受測者的足跟中點與第二腳趾的足軸連線。前足固定於實驗平台上，然後請受測者依節拍器之固定的頻率（1 Hz）使受測足跟交替抬離約 5 公分並踩踏於壓痕器上，此步驟以超音波及荷重元儲存足跟墊軟組織連續 6 秒的厚度及受力變化。接著請受測者以固定步速（4 km / hour）赤腳行走於跑步機上 30 分鐘後依上述步驟測量足跟墊軟組織，然後休息 5 分鐘、10 分鐘、15 分鐘及 20 分鐘後再量測一次。以所測得之參數繪出受力-位移圖，並進而推導出下列力學性質來表示足跟墊軟組織的特性：

1. 足跟墊軟組織厚度（thickness, T）：厚度之量測定義為從跟骨粗隆內側突起的下方至皮膚邊緣之距離。2. 壓縮指數（compressibility index, CI）：負載厚

度與卸載厚度之比值。3. 勁度 (stiffness, S) : 受力除以位移量, 表示足跟墊軟組織受力時抵抗變形的抵抗力。4. 彈性係數 (elastic modulus, E) : 受力除以接觸面積得到應力, 並除以應變。值越大表示足跟墊軟組織在受力時越不易形變。5. 能量耗散比率 (energy dissipation ratio, EDR) 此值越大表示足跟墊軟組織吸收衝量的能力越佳。6. 彈性與黏滯係數比率 (ratio of elastic modulus and viscosity,  $\lambda$ ) 及黏滯係數 (viscosity,  $\eta$ ) :  $\lambda$  值為彈性與黏滯係數比率, 值越大表示彈性係數越大, 越接近彈性體的意思。

### 參、結果與討論

參與本實驗的受測者共 31 位, 男性 18 位, 女性 13 位, 結果如表 1 所示, 兩組間除年紀外, 其餘身高、體重及身體質量指數均有顯著差異 ( $p < 0.01$ )。

表 1 受測者基本資料

	男性族群(N=18)	女性族群(N=13)
Age	24.5±0.9	25.5±2.5
Height (cm)**	172.72±5.30	161.92±4.46
Body Weight (Kg)**	68.44±6.66	50.73±4.57
BMI (kg/m <sup>2</sup> )**	22.98±2.44	19.31±1.05

\*\* $p < 0.01$

結果如表 2 顯示足跟墊軟組織方面, 男性會有較大的卸載厚度(男 18.6mm; 女 16.1mm)、末端線性區 40%體重點的勁度(男 162.6 N/mm; 女 103.1 N/mm)、彈性係數(男 730.2 KPa; 女 487.4 KPa)以及黏滯係數(男 201.5 KPa\*s; 女 124.9 KPa\*s)等參數。

表 2 不同性別之足跟墊軟組織參數

	男性族群	女性族群	t-test (t值)	顯著性 (p值)
卸載厚度(mm)*	18.6±1.9	16.1±2.1	3.475	0.002
長度(mm)	8.3±1.1	7.7±1.4	1.357	0.186
壓縮指數(%)	44.7±5.8	47.7±7.1	-1.297	0.205
反曲點勁度(N/mm)	9.1±5.5	8.7±3.3	0.272	0.788
40%重量點勁度(N/mm)*	162.6±56.2	103.1±29.3	3.829	0.001
彈性係數(KPa)*	730.2±210.9	487.4±104.4	4.220	0.000
真實彈性係數(KPa)*	907.7±208.9	652.8±135.8	3.818	0.001
能量耗散比率(%)	66.8±12.7	68.8±11.1	-0.472	0.640
黏滯係數(KPa*s)*	201.5±73.9	124.9±35.3	3.834	0.001
彈性與黏滯係數比率	11.4±1.9	12.0±1.9	-0.841	0.407

\* $p < 0.05$

而受步行及休息時間因素影響方面, 結果如表 3 及圖 2 所示, 在步行 30 分鐘後會有厚度變薄(男 5.1%; 女 8.0%)、壓縮指數減少(男 5.1%; 女 8.0%)、真實彈性係數減少(男 6.0%; 女 8.0%)、能量耗散比率減少(男 18.0%; 女 21.6%)、黏滯係數減少(男 27.9%; 女 23.1%)、彈性與黏滯係數比率增加(男 22.6%; 女 15.1%), 休息 10 分鐘恢復了 50%步行後變化的程度, 休息 20 分鐘恢復至步行前的表現。

表 3 足跟墊軟組織隨時間變化比率

	步行前	步行 30 分鐘後	休息 5 分鐘	休息 10 分鐘	休息 15 分鐘	休息 20 分鐘
卸載厚度(mm)	男 8.3±1.1 女 7.7±1.4	7.9±1.0(-5.1%)* 7.0±1.3(-8.0%)*	8.0±1.1(-3.1%)* 7.3±1.4(-5.1%)*	8.2±1.1(-1.0%)* 7.3±1.4(-3.1%)*	8.2±1.1(-1.0%)* 7.3±1.4(-3.1%)*	8.3±1.1 7.6±1.4(-1.0%)*
壓縮指數(%)	男 44.7±5.8 女 47.7±7.1	42.2±5.5(-5.1%)* 43.9±6.0(-8.0%)*	43.3±5.9(-3.1%)* 45.5±6.9(-5.1%)*	43.9±5.9(-1.0%)* 46.5±7.2(-3.1%)*	44.2±6.0(-1.0%)* 46.9±6.8(-1.0%)*	44.7±5.8 47.6±7.2(-1.0%)*
反曲點勁度(N/mm)	男 9.1±5.5 女 8.7±3.3	9.3±3.8 7.3±4.1	9.6±3.4 8.4±2.2	9.2±3.9 8.3±3.9	11.0±3.9 7.6±3.5	10.0±3.8 8.4±3.3
40%重量點勁度(N/mm)	男 148.1±57.4 女 92.8±26.5	150.6±53.2 101.9±36.0	153.0±54.9 95.5±25.5	153.0±54.9 96.4±34.0	155.4±54.2 96.0±28.9	152.7±53.6 92.0±28.4
彈性係數(KPa)	男 766.3±205.5 女 517.4±104.4	741.8±205.2(-2.3%)* 488.5±102.5(-5.5%)*	738.8±212.5(-2.5%)* 492.5±113.6(-5.3%)*	766.8±218.0 512.9±112.7	767.9±207.6 518.7±113.9	766.6±227.3 520.9±114.0
真實彈性係數(KPa)	男 907.7±208.9 女 652.8±135.8	854.0±196.0(-6.0%)* 600.1±126.9(-8.0%)*	866.9±206.8(-4.5%)* 618.5±133.4(-4.2%)*	874.9±196.5(-3.6%)* 630.2±133.4(-3.6%)*	886.3±198.1(-2.3%)* 633.3±134.9(-3.1%)*	896.9±207.1 643.4±139.9
能量耗散比率(%)	男 66.8±12.7 女 68.8±11.1	54.3±10.6(-18.0%)* 53.1±12.8(-21.6%)*	61.3±11.3(-8.1%)* 58.9±14.6(-14.3%)*	61.8±13.3(-7.3%)* 62.9±13.9(-9.1%)*	62.1±12.4(-6.4%)* 63.1±12.2(-8.9%)*	64.1±14.9 64.8±10.3
黏滯係數(KPa*s)	男 201.5±73.9 女 124.9±35.3	146.6±59.4(-27.9%)* 96.1±27.9(-23.1%)*	166.6±55.7(-12.8%)* 110.8±31.0(-14.2%)*	183.7±64.4(-7.0%)* 114.8±36.9(-10.9%)*	193.9±66.8 117.5±28.4	200.4±61.6 124.2±34.2
彈性與黏滯係數比率	男 11.4±1.9 女 12.0±1.9	14.1±4.1(+22.0%)* 13.5±2.6(+15.2%)*	11.0±1.8 11.8±2.6	11.3±2.5 11.9±2.7	11.3±2.3 11.9±2.5	11.5±1.8 12.1±1.7

\* $p < 0.05$ , 與步行前相比

### 肆、結論與建議

年輕男性在身高、體重、身體質量指數等體格上的參數皆會較年輕女性高大。而在足跟墊軟組織力學特性方面, 年輕男性的卸載厚度、負載及卸載曲線末端線性區 40%體重點的勁度、及彈性係數及黏滯係數等參數會較女性來的大。而受步行及休息時間因素影響的力學特性方面, 厚度、壓

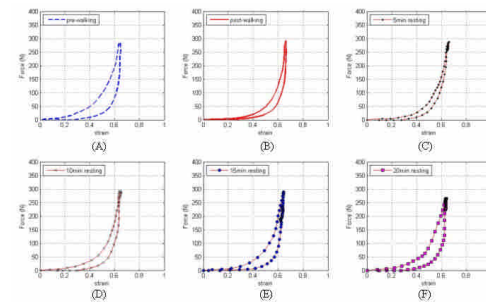


圖 2 足跟墊軟組織整體於各量測情況下的受力-位移曲線(A)步行前(B)步行後(C)休息 5 分鐘(D)休息 10 分鐘(E)休息 15 分鐘(F)休息 20 分鐘

縮指數、彈性係數、能量耗散比率、彈性與黏滯係數比率以及黏滯係數等參數皆會受時間因素影響而變化, 主要在步行 30 分鐘後會有厚度變薄、壓縮指數、彈性係數、能量耗散比率及黏滯係數減少、彈性與黏滯係數比率增加。大約休息 10 分鐘會恢復 50%的程度, 在休息 20 分鐘後可以完全恢復至近似步行前的表現。而男性及女性在部分參數之恢復性有不同之影響, 彈性係數及能量耗散比率大致來說女性步行後變化及恢復的程度較多。

### 伍、參考文獻

[1] Rome K. Mechanical properties of the heel pad: current theory and review of the literature. *The Foot*.1998;8:179-185

[2] Jahss MH, Michelson JD et al. Investigations into the fat pads of the sole of the foot: anatomy and histology. *Foot Ankle*. 1992;13:233-242