

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

運動鞋在摩擦力、反彈能力、吸震能力動態效能之運動績效 研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2213-E-164-002-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：修平技術學院通識教育中心

計畫主持人：張志凌

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 10 月 23 日

行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告

運動鞋在摩擦力、反彈能力、吸震能力動態效能之運動績效研究
Sport Performance of Sports Shoes: A Study on the Dynamic Efficiency of
Friction, Energetic Efficiency and Cushioning

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 94-2213-E-164-002-

執行期間：94年8月1日至95年7月31日

計畫主持人：張志凌 修平技術學院 通識教育中心

共同主持人：李開偉 中華大學 工業工程與系統管理系

成果報告類型： 精簡報告 完整報告

執行單位：修平技術學院 通識教育中心

中 華 民 國 95 年 10 月 22 日

摘要

對於愛好運動的人，運動鞋的設計不只是外觀而已，功能性是很重要的考量依據。本研究期望以人體動態與專用運動鞋的交互作用時的防滑、避震、反彈能力差異性。提供給專項運動鞋生產設計者和專業運動員，或休閒參與專項運動項目時，選擇專項運動鞋的參考依據。

關鍵詞：防滑性、反彈能力、吸震能力、運動績效

ABSTRACT

To meet the demand of sports fans, the focus of the design of sports shoes is no more placed on exterior. Designers take functions into first consideration. In this study a stress is placed on the mutual effect of human body's dynamics and sports shoes. When the interrelation of friction, cushioning, energetic efficiency. Besides, it is necessary to find the difference of sport performance got the tests on the materials on a dynamic human body. All the results of the tests will be provided as reference data for designers and professional sportsman as well as those who select sports shoes for a special exercise.

Keywords: *friction, energy return, cushioning, sports performance*

壹、緒論

一、研究背景

近年來運動鞋已朝功能性、舒適性、機能性和流行性作大幅度的改善。專業功能鞋

子至少應朝向功能性、舒適性及機能性為主要研發考量，運動鞋的避震及防滑對於運動績效及運動傷害之預防影響最大。如Nike的氣墊、Reebok的蜂巢式結構、Converse的油包裝置等，這些都是強調避震的效果（趙志雄，1997）。

林寶城（1994）研究指出，運動鞋設計主要重點為：（一）緩衝作用（cushioning）；（二）穩定作用（stability）；（三）摩擦作用（friction）；（四）力能效率（energetic efficiency）。其中緩衝就是指吸震，摩擦就是防滑，力能效率就是指反彈的能力也就是彈性。

Kaelin等人（1985）由人體測試結果發現，鞋底較軟，反而測得較大的撞擊力峰值；Foti和Hamill（1993）也得到相同結果。Snel等人（1985）發現赤腳及穿著不同運動鞋的情況下，測得的撞擊力峰值沒有顯著差異。Nigg等人（1987）測試穿著鞋底不同硬度的運動鞋，測得撞擊力峰值和負荷率也沒有明顯的差異。由以上研究結果發現，運動鞋底硬度不同，不會改變其避震效果，這樣的結果和一般研究結果似乎有些出入。

Kaelin、Denoth、Stacoff、Stussi（1985）等人研究發現，材料測試只能測出鞋底的材料性質，不能測試出真正跑步時的避震效果；Frederick、Clarke、Hamill（1984）研究發現，鞋底材料和硬度、鞋跟厚度對撞擊力大小有明顯影響，鞋跟厚度與硬度其值越大，反彈能力越大。邱宏達等（1998）研究結果也發現，赤腳時和穿運動鞋時地面反作用的撞擊力峰值是相同的，但最大負荷率卻不相同，因此人體測試時應以最大負荷率來評估運動鞋的避震能力較為恰當。

本研究將以動態人體測試類擊劍鞋5雙

和功能性專項運動鞋5雙，檢測其吸震力(包括長刺動作峰值、矽膠墊片的吸震力)、反彈力，提供運動選手專業需要的考量，也提供適合一般消費者的運動鞋選擇參考數據。期望以運動鞋與人體交互作用中動態人體檢測，提供運動鞋製造廠商在研發與設計的人體實務應用重要的參考資料。

二、研究目的

本研究主要目的是以類擊劍鞋5雙(可在擊劍訓練或比賽使用)、功能性專項運動鞋5雙(排羽鞋、擊劍鞋、網球鞋、慢跑鞋和籃球鞋)，檢測其動態人體測試的吸震力也就是避震能力和反彈力的表現。其中包括長刺峰值、鞋內足跟加矽膠墊片的吸震能力的差異性。

本研究歸納目的有下列四項：

- (一) 類擊劍鞋的動態人體吸震力、反彈力差異性檢測。
- (二) 功能性專項運動鞋的動態人體吸震力、反彈力差異性檢測。
- (三) 類擊劍鞋的動態人體長刺峰值的吸震力差異性檢測。
- (四) 功能性專項運動鞋的動態人體長刺峰值的吸震力差異性檢測。
- (五) 鞋內足跟加矽膠墊片的動態人體吸震力平均數差異性檢測。

三、資料收集

本研究以單軸力板檢測吸震力(長刺峰值、矽膠墊片的吸震力)及反彈力的作用力和反作用力值，資料收集後再以SPSS for Windows統計軟體進行單因子變異數分析(one-way ANOVA)，顯著差異的接受水準設定為 $\alpha < .05$ ，達到顯著差異後，再以鄧

肯(Duncan)事後檢定。

貳、研究方法

一、研究對象

本研究受試者為男性 12 名，平均身高(標準差)為 174.5(4.42)公分，體重為 63.25(7.05)公斤，平均年齡 21.09(1.06)歲。皆為大專院校球類運動代表隊選手，至少接受 1 年以上專項運動的訓練，下肢沒有受傷或病痛。

二、研究設備和器材

- (一) 類擊劍鞋 5 雙：擊劍專用鞋 1 雙(中國李寧牌)、排球鞋 3 雙(美津濃 9KV-66009、9KV-54014、9KV-68762)、桌球鞋 1 雙(美津濃 8KM-64027)。
- (二) 功能性專項運動鞋 5 雙：擊劍專用鞋 1 雙(中國李寧)、排羽球兩用鞋 1 雙(亞瑟士 JS-1621045)、網球鞋 1 雙(Wilson)、慢跑鞋 1 雙(耐吉 Air Force Brigade 310103 101)、籃球鞋 1 雙(耐吉 Jordan XIX SE 308492 171)。
- (三) LP 公司生產的 insoles，L 型矽膠吸震墊片。
- (四) 單軸測力板 (Force Plate)。

三、實驗設計

- (一) 運動鞋分類：類擊劍鞋和功能性專項運動鞋。

1. 類擊劍鞋：提供需要高吸震力與摩擦力的運動項目使用，例如擊劍、排球、桌球等。類擊劍鞋實驗取樣 5 雙，依序代號為 A、B、

C、D和E號。其中特性說明如表一。

表一 類擊劍鞋特性說明

鞋類別	特 性	備註
A	合成橡膠大底；低密度且輕質，擊劍專用鞋；大底特厚 1.6 公分	擊劍鞋
B	橡膠（生膠）大底；後足部閃電波浪片紋路；內加吸震鞋墊；有較高避震功能，大底較厚。	排球鞋
C	橡膠（生膠）大底；平行波浪片；EVA 中底；內加吸震鞋墊；有較高避震功能，大底較厚。	排球鞋
D	橡膠（生膠）大底；平行波浪片；內加吸震鞋墊；有較高避震功能；高反彈；大底較厚。	排球鞋
E	橡膠（生膠）大底；平行波浪片；EVA 中底；大底厚特薄且柔軟，適合快速變換腳步。	桌球鞋

2.功能性運動鞋：包括擊劍鞋、排羽球兩用 代號為A、F、G、H和I，特性說明如表二。
球、網球鞋、慢跑鞋、籃球鞋等五雙，依序

表二 功能性運動鞋特性說明

鞋類別	特 性	備 註
A	合成橡膠大底；低密度且輕質，擊劍專用鞋；強調吸震，大底特厚 1.6 公分。	擊劍鞋
F	橡膠（生膠）大底，大底稍厚；強調高摩擦力。	排羽球兩用鞋
G	合成橡膠大底，硬度在本實驗功能鞋屬第二級；	網球鞋
H	合成橡膠鞋底；低密度且輕質，大底特薄且柔軟，可扭曲對折；重量最輕、最薄。	慢跑鞋
I	合成橡膠，鞋底最硬，大底最厚、重；耐磨。	籃球鞋

(二) 檢測項目：吸震力（15和分35公分高度垂直跳下、長刺動作峰值、矽膠墊片的吸震力）、反彈力檢測。

公分、35公分2種高度垂直跳下，做法如檢測項目之1.吸震力檢測（1）15公分、35公分高度垂直跳下的要點。

1.吸震力檢測

- (1) 15公分、35公分高度垂直跳下：受試者隨機依序以類擊劍鞋（5個水準）、功能性運動鞋（5個水準），跳下姿勢採相同固定方式，雙腳掌同時著地，著地瞬間約暫停一秒，並保持屈膝姿勢。以單軸測力板量測足部負荷及峰值，每個動作各做10次，取其平均值，撞擊的峰值越小表示吸震能力越好。
- (2) 長刺動作峰值：受試者先量測好長刺起點距離並做記號。保持預備姿勢（on guard）並靜止不動準備，長刺動作前腳跟位置應著在單軸測力板的中心位置，動作完成瞬間約停1秒鐘。
- (3) 矽膠墊片的吸震力：LP公司的 INSOLES 矽膠墊片固定在受試鞋內足跟部位。15

2.反彈力檢測

15公分、35公分高度上跳。預備時站在單軸測力板，雙腳與肩同寬屈膝姿勢。受試者隨機依序以類擊劍鞋（5個水準）、功能性運動鞋（5個水準），雙腳掌同時出力、著地，完成瞬間約暫停一秒，並保持屈膝姿勢。每個動作各做10次，取其平均值，在同一種工作高度，作用瞬間峰值越小表示反彈力越好。

參、結果與討論

- 一、類擊劍鞋（中國李寧擊劍專用鞋、美津濃 9KV-66009、9KV-54014、9KV-68762 排球鞋、美津濃 8KM-64027 桌球鞋）檢測
(一) 吸震力檢測

本實驗共分 3 組動作獨立檢測。第一組以 15 公分和 35 公分高處向下跳，並以單軸測力板量測其峰值。二組高度跳下的吸震力實驗，15 公分和 35 公分不同鞋子類型在吸震力都達到顯著水準 ($p = .001$) 如表三。15 公分的鄧肯 (Duncan) 事後檢定發現，A 號也就是擊劍鞋對其它四類型 (B, C, D, E) 的鞋子達到顯著差異，顯著值如表四。35 公分在吸震力也達到非常顯著水準 ($p = .000$)，經過事後檢定群族 (group) 如 $A > B, D, C > E$ ，擊劍鞋在 15 公分和 35 公分兩個高度的吸震力都有最佳的表現，擊劍鞋鞋底是屬於合成橡膠 (PU 發泡)，低密度且輕質，鞋底較厚 (包括

足根部)。擊劍鞋不管在 15 公分和 35 公分的高度表現皆屬最佳外，其餘四雙運動鞋在 15 公分高度的吸震力表現，平均數都沒有達到顯著差異。

但是在 35 公分高度的吸震力表現，B、D、C 都優於 E 鞋，顯然高度增加 (從 15 公分到 35 公分)，B、D、C 鞋底都有特殊的平行波浪片或更先進的閃電波浪片，其主要功能就是避震與安定性，它也是針對排球比賽使用。E 號鞋在避震力表現最差，它雖然也有平行波浪片，但是鞋底較薄且軟，它是屬於桌球專用鞋。

表三 類擊劍鞋15公分和35公分吸震力單因子變異數分析摘要表

變項		平方和	自由度	平均平方和	F 值	顯著性	事後檢定
下跳15公分	組間	376.066	4	94.016	5.470	.001*	A > B, C, D, E
	組內	945.281	55	17.187			
	總和	1321.347	59				
下跳35公分	組間	507.323	4	126.831	22.899	.000***	A > B, D, C > E
	組內	304.626	55	5.539			
	總和	811.949	59				

在第二組擊劍長刺動作 (lunge) 著地峰值檢測方面，長刺動作是擊劍比賽很重要的攻擊腳步。檢測結果，平均數未達顯著意義 ($p = .099$)，參考表五、表四。長刺腳步它是一種平行快速的弓劍跨步動作，主要撞擊部位就是前腳足跟。根據研究指出平均每刺一點就要做 30-50 長刺的動作 (擊劍, 1996)，一場 15 點的比賽平均需要 450-750 次的長刺動作，這將可能對足跟、踝關節、膝關節等造成傷

害。

本實驗的長刺動作是靜態的簡單長刺動作，平均長刺撞擊峰值為 63.17 公斤，本長刺峰值是在無速度與加速度要求下的值，與實際比賽誠屬不同。雖然長刺峰值沒有達到顯著差異，為了避免足跟撞擊的傷害，應再考慮其它避震作用的鞋材或輔助避震的材質，協助擊劍訓練或激烈比賽的避震能力。

表四 類擊劍鞋長刺峰值單因子變異數分析摘要表

變項		平方和	自由度	平均平方和	F 值	顯著性	事後檢定
長刺峰值	組間	40.228	4	10.057	2.056	.099	
	組內	269.089	55	4.893			
	總和	309.317	59				

在類擊劍鞋內足跟上加上 L 型矽膠墊片 (LP 公司生產的 insoles)，同樣在二個高度跳下的

吸震力實驗，15公分 ($p= .000$) 和35公分 ($p= .000$) 高度單因子變異數分析結果，如表五，兩個高度也都達到顯著差異。15公分的鄧肯事後檢定，A號擊劍鞋對其它四類型 (C, D, E, B) 的鞋子達到顯著差異，35公分的鄧肯

事後檢定， $A>D, B, C>E$ ，A號擊劍鞋對其它類擊劍鞋達顯著差異，D, B, C鞋對E鞋也達顯著水準，E鞋與不加矽膠墊片的結果一致，同樣在避震能力上表現皆敬陪末座。

表五 類擊劍鞋15公分和35公分吸震矽膠墊片單因子變異數分析摘要表

變項	平方和	自由度	平均平方和	F 值	顯著性	事後檢定	
15公分處跳下+矽膠墊片	組間	588.239	4	147.060	19.784	.000***	A>C, D, E, B
	組內	408.820	55	7.433			
	總和	997.059	59				
35公分處跳下+矽膠墊片	組間	895.259	4	223.815	31.605	.000***	A>D, B, C>E
	組內	389.492	55	7.082			
	總和	1284.751	59				

在二個高度跳下的吸震力實驗，15公分和35公分兩個高度不管是否鞋內足跟上L型矽膠墊片，不同鞋子類型的吸震力表現都達到顯著水準，符合信度的一致性。再以成對 t 檢定分析15公分不加與加上矽膠墊片組以及35公分不加與加上矽膠墊片組之成對差異比較，結果如表六。

15公分和35公分兩個高度在加上L型矽膠墊片後都達到顯著差異，研究證實L型矽膠

墊片對於兩種高度的避震力都有其效果，跳躍頻繁的運動如排球、籃球、擊劍等，鞋內加上矽膠墊片可達到避震效果，可避免地面反作用力大於人體肌肉骨骼系統所做之功或反覆長時間的動作，對人體下肢造成傷害，包括膝關節、踝關節和脛骨的傷害 (黃長福，1997)。

表六 15公分和35公分有無矽膠墊片成對樣本 t 檢定摘要表

變項	成對變數差異			t	自由度	顯著性(雙尾)	
	平均數	標準差	平均數的標準誤				
成對 1	15公分處跳下 15公分處跳下+矽膠墊片	.59	2.18	.28	2.11	59	.039*
成對 2	35公分處跳下 35公分處跳下+矽膠墊片	1.46	2.08	.27	5.43	59	.000***

(二) 反彈力檢測

在反彈力檢測方面，15公分和35公分的跳高單因子變異數分析結果如表七。15公分高度未達統計意義 ($p= .373$)；35公分高度達到顯著水準 ($p= .043$)。35公分高度的鄧肯事後

檢定發現，A (擊劍鞋)、B (排球鞋，具有閃電波浪片)在吸震力表現最佳和較佳的兩個水準，在反彈力表現最差，平均數低於E, D, C鞋，研究發現與 Frederick、Clarke、Hamill (1984) 的研究，鞋底材料和硬度、鞋跟厚度

對撞擊力大小有明顯影響，鞋跟厚度與硬度其值越大，反彈能力越大，結果略有不同。是否因為靜態材質檢測與動態檢測造成，值得爾後進一步探討。因此，如何兼顧避震能力與反彈力，應以運動項目特性的需要，做為選擇的依

歸，水平速度移位的運動，應著重於摩擦係數高與安定性高的運動鞋。屬於垂直速度較多的運動項目，應選擇避震能力較佳的運動鞋與反彈力較佳的運動鞋為首選。

表七 類擊劍鞋15公分和35公分跳高單因子變異數分析摘要表

變項		平方和	自由度	平均平方和	F 值	顯著性	事後檢定
15公分跳高	組間	73.903	4	18.476	1.084	.373	
	組內	936.987	55	17.036			
	總和	1010.889	59				
35公分跳高	組間	104.471	4	26.118	2.638	.043*	E, D, C>A, B
	組內	544.533	55	9.901			
	總和	649.004	59				

二、排（羽）球鞋、籃球鞋、慢跑鞋、擊劍和網球鞋功能性運動鞋檢測

（一）吸震力檢測結果

針對不同功能的排（羽）球鞋、籃球鞋、慢跑鞋、擊劍和網球鞋。本實驗分3組獨立動作檢測。第一組以15公分和35公分高處向下跳，並以單軸測力板量測其峰值，其描素性統計量如表八。15公分高度的單因子變異數分析發現，未達顯著水準（ $p = .155$ ），雖然15公分高度沒有達到顯著水準，A（擊劍鞋）有最

低的平均數（86.55公斤）。

35公分高度的吸震力檢測，以單因子變異數分析（ $p = .023$ ），達到顯著差異。再以鄧肯事後檢定發現，A（擊劍鞋）、F（排羽球鞋）對其它三類型 G, I, H 的鞋子達到顯著差異（表八）。擊劍專用鞋和排球鞋的避震力顯然優於鞋底較硬的網球鞋、籃球鞋，也優於鞋底特軟且特輕的慢跑鞋，目前運動鞋為了延展耐磨使用壽命，鞋底合成橡膠的硬度也隨著增加，鞋底硬度增加與避震能力應有很大關係。

表八 功能性運動鞋單因子變異數分析摘要表

變項		平方和	自由度	平均平方和	F 值	顯著性	事後檢定
下跳15公分	組間	343.477	4	85.869	1.737	.155	
	組內	2718.462	55	49.427			
	總和	3061.939	59				
下跳35公分	組間	665.655	4	166.414	3.073	.023*	A, F>G, I, H
	組內	2978.397	55	54.153			
	總和	3644.052	59				

鞋內足根部加入矽膠墊片對於吸震能力的影響，結果如表九。此與類擊劍鞋的結果略有不同，可能因為功能性專項運動鞋涵蓋功能較廣，如籃球鞋（耐吉Jordan XIX SE）鞋底較硬且重，且籃球運動跳躍的高度也較實驗採

用的高度—15公分和35公分高出甚多，也就是需要更大的避震能力。網球需要的是安定能力和耐磨特性二種的水平速度運動；慢跑鞋（耐吉Air Force Brigade 310103-101）它具有超軟特輕可曲折的特性。是否因為如此，只有35

公分高度加矽膠墊片達到顯著水準 (p=.004)，事後檢定A, F>G, I, H，與不加矽膠墊片吸震能力結果一致。15公分高度的吸震

力不管是否有加入矽膠墊片，平均數都未達顯著意義。

表九 功能性專項運動鞋單因子變異數分析摘要表

變項		平方和	自由度	平均平方和	F 值	顯著性	事後檢定
15公分處跳下+矽膠墊片	組間	254.219	4	63.555	1.291	.285	
	組內	408.820	55	7.433			
	總和	997.059	59				
35公分處跳下+矽膠墊片	組間	895.259	4	223.815	31.605	.004**	A, F>G>I, H
	組內	389.492	55	7.082			
	總和	1284.751	59				

在擊劍動作的長刺峰值檢測中，研究發現功能性運動鞋在長刺峰值試驗中達到顯著差異 (p=.001) 參考表十。事後檢定結果A, F>G, H, I，擊劍鞋和排羽兩用鞋，平均數都低

於其它三種功能性專用鞋，避震能力都優於其它運動鞋。這也符合擊劍鞋和排球鞋在擊劍運動長刺動作的避震能力，都優於其它籃球鞋、慢跑鞋和網球鞋等。

表十 功能性運動鞋單因子變異數分析摘要

變項		平方和	自由度	平均平方和	F 值	顯著性	事後檢定
長刺峰值	組間	381.654	4	95.413	5.286	.001**	A, F>G, H, I
	組內	992.725	55	18.050			
	總和	1374.378	59				

(二) 反彈力檢測

功能性運動鞋的反彈力檢測方面，15公分和35公分高度經過單因子變異數分析結果，15公分高度沒有達到顯著水準 (p=.206)，35公分上跳高度則達到顯著水準 (p=.027)，事後檢定發現 F, G>I, A, H (表十一)，也就是排

羽兩用鞋和網球鞋對擊劍鞋、慢跑鞋和籃球鞋有顯著意義。這結果也與類擊劍運動鞋在反彈力的結果大致相同，也就是擊劍鞋在所有的運動鞋包括功能性專項運動鞋、類擊劍運動鞋等，其反彈力表現在35公分高度都屬於最差的一級。

表十一 功能性運動鞋15和35公分反彈力單因子變異數分析摘要表

變項		平方和	自由度	平均平方和	F 值	顯著性	事後檢定
15公分跳高	組間	390.761	4	97.690	1.531	.206	
	組內	3510.092	55	63.820			
	總和	3900.853	59				
35公分跳高	組間	914.982	4	228.745	2.978	.027*	F, G>I, A, H
	組內	4225.211	55	76.822			
	總和	5140.193	59				

肆、結論與建議

一、類擊劍鞋方面：擊劍鞋具有最佳的避震效

果，排球鞋也可提供除了擊劍專用鞋以外，在擊劍運動訓練或比賽的替代鞋。

鞋內矽膠墊片的使用，在15或35公分的高度都能提供極佳的吸震效果。

二、功能性專項運動鞋方面：35公分高度擊劍鞋和排球鞋具有最佳的吸震能力，尤其對於擊劍動作長刺峰值的吸震更有良好效果。

三、擊劍運動不管在訓練或比賽，為了避免踝、膝等關節的運動傷害應以擊劍鞋為唯一選擇，其次可選擇排球鞋替代，為了減輕撞擊時反作用力所造成的傷害，鞋內足部可加矽膠墊片。

參考文獻

林寶城 (1994)。人體穿鞋與未穿鞋降落之動力學吸震性能分析，*政大體育*，7，65-99。

邱宏達、楊文賓、相子元 (1998)。鞋底避震反彈之人體及材料功能測試，*中華醫學工程學刊*。18，3，163-167。

從數據解析鞋類功能性現況及未來研發方針 (1999)。 *鞋技通訊*。89，30-37。

黃長福 (1997)。不同高度著地動作的生物力學分析。台北：漢文書局。

趙志雄 (1997)。運動鞋的避震及防滑，*鞋技通訊*。69，10，87-91。

擊劍 (1996)。擊劍教材編寫主編。北京：人民體育出版社。

Kaelin, X., Denoth, J., Stacoff, A., and Stussi, E. (1985). Cushioning during running-material tests contra subject tests. *Biomechanics: Current interdisciplinary research* (edited by Perren, S.), vol. 2.651-656, Martinus nijhoff psblisher.

Foti, T. and Hamill, J. (1993). Shoe cushioning effects on vertical ground reaction force

during running. *J. Biomechanics*. 27(6), 665.

Frederick, E. C., Clarke, T. E., and Hamill, C. L. (1984). The effect of running shoe design on shock attenuation. In *Sports Shoes and Playing Surfaces* (edited by Frederick), Human Kinetics Publishers, Inc. Champaign.

Nigg, B. M., Bahlsen, H. A., Luethi, S. M. and Stokes, S. (1987). The influence of running velocity and midsole hardness on external impact forces in heel-toe running. *J. Biomechanics*. 20 (10), 951-959.

SATRA, Footwear Centre (1992). Physical Test Method PM142 – Falling Mass Shock Absorption Test.

Snel, J. G., Delleman, N. J., Heerkens, Y. F. and Schenau, G. J. (1985). Shock-absorbing characteristics of running shoes during actual running. *Biomechanics IX-B* (edited by Winter, D., Norman, R., Wells, R., Hays, K. and Patla, A.), pp. 133-137. Human Kinetics, Champaign, IL.

Stergiou, N., Bates, B. T. and Davis, H. P. (1993). The effects of midsole hardness on shoe cushioning. *J. Biomechanics*. 26(3), 321.