

科技部補助產學合作研究計畫成果精簡報告

機能襪套鞋之功能性分析以及改良

計畫類別：技術及知識應用型
計畫編號：MOST 106-2622-E-040-002-CC3
執行期間：106年11月01日至108年01月31日
執行單位：中山醫學大學職能治療學系

計畫主持人：羅世忠

計畫參與人員：大專生-兼任助理：李彤

處理方式：
公開方式：立即公開

中華民國 108 年 04 月 30 日

中文摘要：襪套鞋是指構成部分像襪子一樣的襪套式鞋款，非常具有彈性、跟穿襪子一樣。襪套鞋有著足踝包覆、材質輕量，透氣度高並且可以彈性延展，據報導也具有高止滑度、高穩定性、減低衝擊力各關節承受力等生物力學特性。國內鞋子廠商具有襪套鞋的製造能力以及專利，然而這些相關生物力學功能性的資料並不容易由中小企業廠商取得，因此本研究計畫主要與廠商合作並以動作分析系統以及腳底力量測系統，分析研究襪套鞋在舒適度以及生物力學功能性上的特點，並提未來製作上的評估改良，研究主要是以兩個自變數包括行走動作(走路以及急停)以及不同的鞋子情況對地面衝擊力量以及下肢關節運動與受力的影響。

中文關鍵詞：襪套, 動作分析, 生物力學

英文摘要：Socks-like sneakers has a construction that grips a foot like the band of a sock, very flexible like wearing socks. The sock-like sneakers feature an ultra-supportive fit surrounding the ankle. The material is lightweight, high permeability and can be elastically stretched. It is also reported to have well biomechanical properties such as high slip resistance, high body stability, and reduced impact and joint bearing. Domestic shoe manufacturers have high - quality manufacturing capacity and patents of sock-life sneakers. However these related biomechanical data is not easy to obtain for the small and medium enterprises. Therefore the aims of this study is to cooperate with the small and medium enterprises and to explore the benefit of sock-like sneakers on the comfort and biomechanical properties (ground impact force, body stability and joint loads of the lower limb extremity) mainly based on human motion analysis system and foot pressure measurement system with two independence, including moving strategies (level walking and cutting motion) and different sets of sneakers.

英文關鍵詞：sock-like sneakers, motion analysis system, biomechanics

(一) 計畫之背景及目的

I. 研究計畫背景

運動鞋是運動的重要工具之一，一雙運動鞋的好壞，間接影響到運動成效。因此，運動鞋的設計是結合了無數的科技，並針對各種運動類型之運動系統及動作模式的負荷，加以設計的[1, 2]。

襪套鞋 (Socks Like Sneaker) 是指構成部分像襪子一樣的襪套式鞋款，球鞋的裡面有一層布套狀的鬆緊縮口，非常具有彈性、跟穿襪子一樣。襪套鞋有著足踝完整包覆、材質可以彈性延展以及材料輕量等特性，並且透氣度高，可以抑制臭味防止細菌孳生，整雙鞋都可以丟進洗衣機方便清洗，除此之外，這些一體成形的鞋身或是內靴設置也都讓球鞋的舒適度大幅提升，也可增加原有的鞋子的止滑度以及穩定性[1, 3]。

有許多國際運動鞋大廠如 nike, adidas 近幾年來也開發出相類似的鞋子如 Nike Air Presto Ultra Mid Flyknit, adidas ACE 16+ PureControl Ultra Boost, PUMA IGNITE evoKNIT, Nike Free Mercurial Superfly Flyknit SP 等，可以此類特質的鞋子正掀起新的風潮。

一般球鞋的製作需要透過七大程序包括：打版、剪裁、針車、成型、上底、入楦以及最後的包裝，其中針車是把剪裁下來的組件縫合固定，需要大量的作業人力來完成的[4]。而使用套襪式可以加熱鞋底塑化，自動黏貼上襪套而成襪套鞋，因此可以自動化製鞋，加上沒有使用黏著劑，可以達到安全接觸、清洗以及伏貼等特性，國內廠商 feebees[5]也以自行研發技術採用無化學物質的製程，過程中從傳統 40 道工序縮減成 1 站式生產，從傳統 200 人經手才能製作的高人力消耗，縮減成 1 人即可完成製作，不僅在消耗上有顯著的成效，同時整體運用可回收之材料，更是不會有浪費資源的模式，不僅對人體是有益，對環境與勞工都有著正面的突破。

然而這些舒適性、止滑度、穩定性、衝擊力以及各關節承受力等生物力學相關的資料實驗器材，中小企業廠商並不容易取得，加上這些實驗資料仍須配合人體肌肉骨骼系統的知識，才有利於解析實驗結果，因此尋求學術資源的合作是一個好的合作方式。

II 研究目的

本研究計畫主要目的是以動作分析系統、肌電訊號以及腳底壓力量測系統，分析研究襪套鞋在舒適度以及生物力學功能性上的特點，並提供未來製作上的評估改良，研究目的分述如下

- (1) 瞭解不同走路策略對地面衝擊力量、身體穩定度以及下肢關節運動與受力的影響，走路策略包括正常走路以及跑步急停之行走動作。
- (2) 瞭解不同的套襪鞋對地面衝擊力量、身體穩定度以及下肢關節運動與受力的影響，套襪鞋包括廠商自製以及一般運動鞋。

(三) 研究方法、進行步驟說明

i. 主要實驗設備包括：

硬體方面：本實驗室以三維動作分析系統（Motion Analysis Corporation）與測力板(Bertec)進行相關實驗。

1. 三維動作分析系統：主要以 Motion Analysis Corporation, Eagle Digital Realtime system, 6 部。
2. 測力板: 2 塊 Bertec (型號 BP 4550-08, 45 cm *50 cm, USA)。
3. 廠商測試用套襪鞋 (圖一)。

軟體方面

1. EVA: 動作資料收集軟體。
2. Matlab 7.0: 進行 3 維運動學與動力學程式撰寫與分析。
3. SPSS 14: 統計分析軟體。



圖一、套襪鞋之外觀

ii 本研究計畫之研究方法:

本研究計畫之研究方法包括，牛頓力學之逆向動力學計算等，茲分別敘述如下。

牛頓力學之逆向動力學計算

利用動作分析擷取系統，所用的定理主要為牛頓運動學及尤拉角方程式 (Euler angles)[6]，計算關節力以及關節力矩，本實驗採用的 42 顆反光球標記黏貼在人體全身，其黏貼的位置如圖二。



圖二、Motion analysis 系統全身模型之反光球黏貼位置

進行步驟

實驗流程

受測者包括 8 位健康年輕人，年紀約在 20~30 間，沒有任何肌肉骨骼傷痛病史，在實驗前簽署實驗同意書，並完成上肢肢段的計測資料包括長度、寬度、圓周大小、關節最大活動範圍與體重身高等。實驗時，受測者身上貼上反光球。

受測者以走路（圖三）以及跑步急停（圖四）方式完成實驗動作，兩種變因包括（1）正常走路以及跑步急停之行走動作、（2）不同的鞋子狀況。

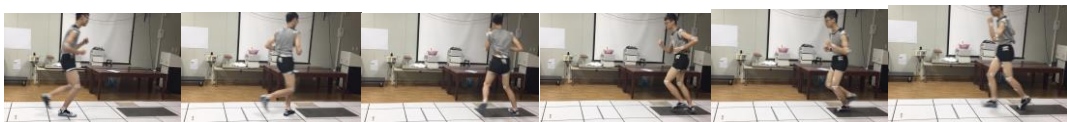
隨機選用行走動作以及不同鞋子情況(如圖四)，再利用動作分析系統(Motion Analysis Corporation)擷取頻率(sampling rate)為 60Hz，測力板擷取頻率 1200Hz，紀錄反光球軌跡資料以及力板資料（圖五）。



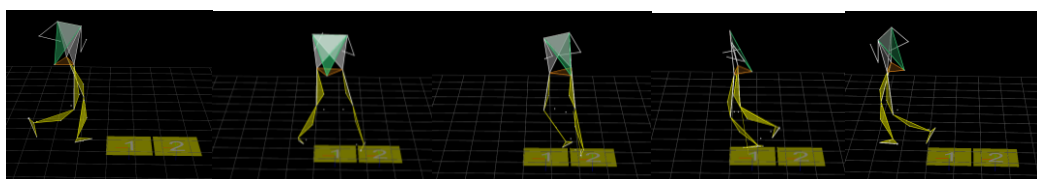
圖三、走路之動作分析實驗



圖三、跑步之動作分析實驗



圖四、跑步急停之動作分析實驗



圖五、EVA 動作分析軟體辨識與處理空間軌跡

資料收集

實驗開始，隨機選取鞋子條件包括沒穿鞋(赤腳)、一般運動鞋以及套襪鞋，受測者走路暖身數分鐘後，同步收集動作資料與測力板。Motion Analysis 動作資料擷取系統分別以 60Hz 的頻率擷取人體上所黏貼的反光球三維空間座標，以及 1200Hz 的頻率擷取測力板資料，並由動作分析系統控制軟體(EVaRT 5.0)收集到個人電腦中，每次資料收集時間 8 秒。

在實驗期間如果發生漸進性心絞痛 (Progressive angina)、收縮壓明顯降低的反應、頭重腳輕、意識模糊、蒼白、發紺、噁心或周邊循環不足、血壓過度升高與受試者希望停止時則終止測試。

資料處理

將收集到的人體上所黏貼的反光球三維空間座標與測力板資料，經由逆向動力學法計算得到下肢各關節之關節力(joint force) 與關節力矩(joint moment)，而身體的重心轉移、轉移速率、壓力中心軌跡等重要時間空間參數、運動學以及動力學都是重要的計算資料。

資料統計

以二因子重複變異數分析(two-way repeated ANOVA)，分析 8 位年經健康受測者，沒有肌肉骨骼傷痛歷史、年紀身高體重相似的受測者，在三種不同行走動作策略以及不同廠牌之鞋子下，運動學、動力學以及腳底壓力之差異，以了解不同行走動作策略以及不同鞋子狀況下對使用者肌肉骨骼系統之影響，並試圖尋找較佳的套襪鞋舒適以及功能性等重要參考資訊。

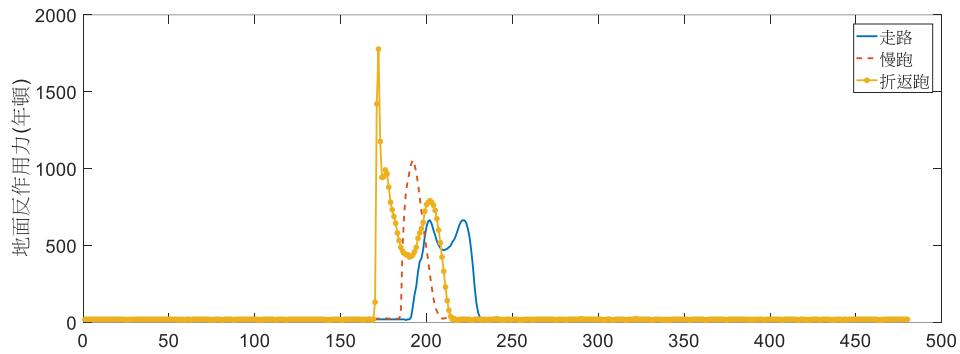
結果

地面反作用力

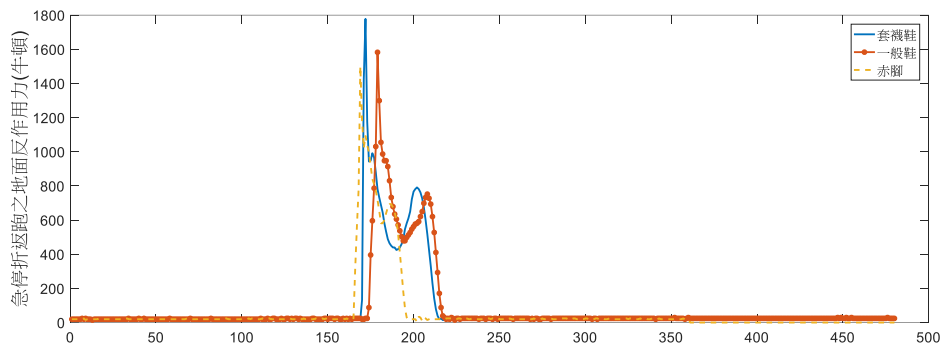
以 55 公斤受試者在穿著套襪鞋時在走路、慢跑以及急停折返跑三種不同移動方式之地面反作用力分析中發現，急停折返跑的地面反作用力為體重的 3.5 倍，慢跑的地面反作用力為體重的 2 倍，而走路的地面反作用力為體重的 1.3 倍(使用慣用腳右腳分析) (圖六)。另外 55 公斤受測者在套襪鞋、一般鞋以及赤腳三種不同鞋子的方式下急停折返跑時的地面反作用力表現相近，套襪鞋在

此個案上有較大的正向力表現（圖七），但是整體上並沒有明顯的統計上差異（圖八）。

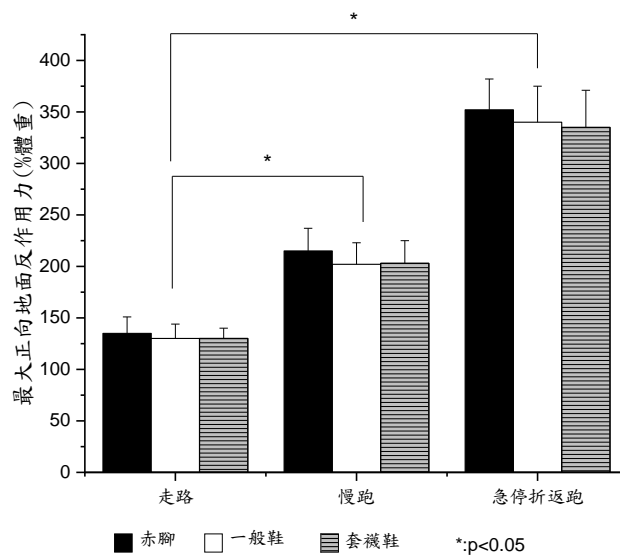
三種行走方式（走路、慢跑以及急停折返跑）下，在最大正向地面反作用力有明顯的差異($p < 0.05$)，但是在套襪鞋、一般鞋以及赤腳三種穿鞋情況上並沒有明顯的差別，左右腳則在急停折返跑上有明顯的最大正向地面反作用力差別，其他在走路以及慢跑上則沒有明顯最大正向地面反作用力差別（圖八）。



圖六、55 公斤受測者穿著套襪鞋時在走路、慢跑以及急停折返跑三種不同移動方式之地面反作用力變化情形



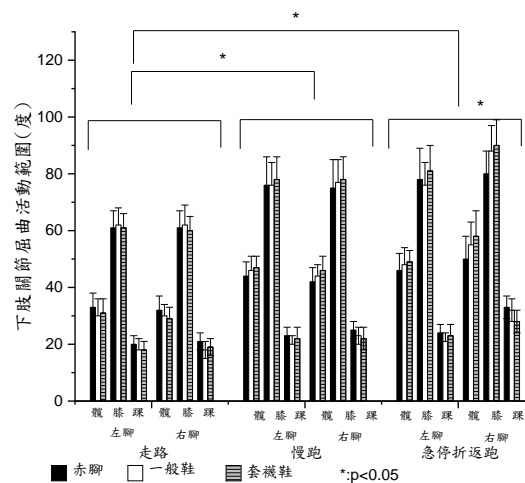
圖七、55 公斤受測者在套襪鞋、一般鞋以及赤腳三種不同鞋子的方式下急停折返跑時的地面反作用力變化情形



圖八、三種穿鞋情況（套襪鞋、一般鞋以及赤腳）以及三種行走方式（走路、慢跑以及急停折返跑）下，最大正向地面反作用力

關節活動度

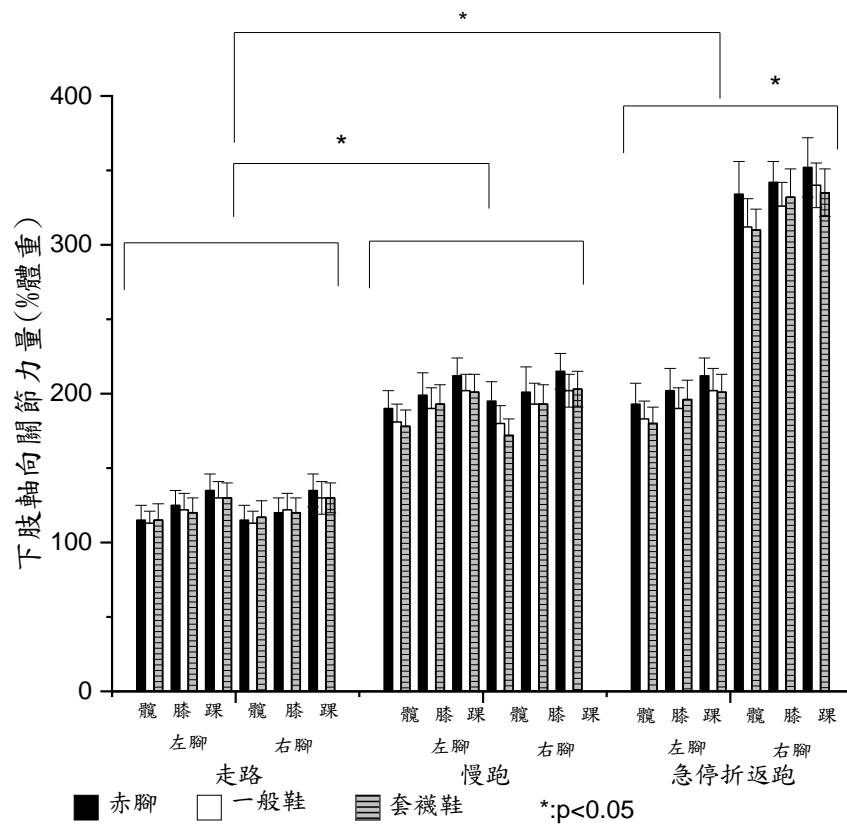
在走路時下肢關節活動度的分析上，髖關節屈曲平均是 34 度，膝關節 62 度，踝關節蹠屈 20 度，而在慢跑上髖關節屈曲 45 度，膝關節 76 度，踝關節蹠屈 23 度，急停折返跑髖關節屈曲 55 度，膝關節 82 度，踝關節蹠屈 30 度，三者有明顯的差異(p<0.05)，但是關節活動度在套襪鞋、一般鞋以及赤腳三種鞋子情況比較上並沒有明顯的差異。



圖九、左右腳、三種穿鞋情況（套襪鞋、一般鞋以及赤腳）以及三種行走方式（走路、慢跑以及急停折返跑）下，下肢各關節的活動範圍

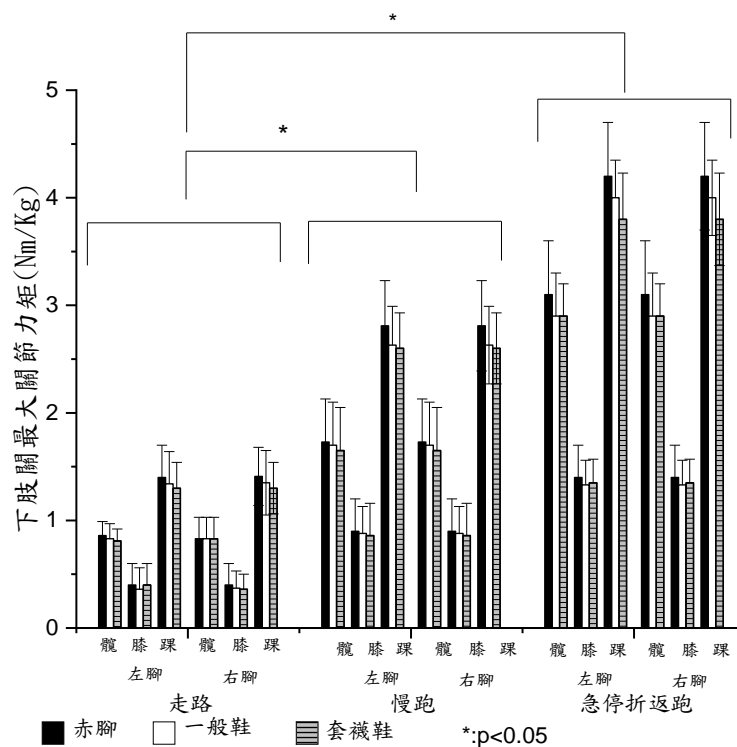
關節力量

在走路時下肢關節力量分析上，髌關節軸向力平均是 121% 體重，膝關節軸向力 126% 體重，踝關節軸向力 131% 體重，而在慢跑上髌關節軸向力平均是 188% 體重，膝關節軸向力平均是 193% 體重，踝關節軸向力平均是 201% 體重，急停折返跑髌關節軸向力平均是 324% 體重，膝關節軸向力平均是 330% 體重，踝關節軸向力平均是 341% 體重，三者有明顯的差異($p < 0.05$)，但是在套襪鞋、一般鞋以及赤腳三種鞋子情況在關節力量比較上並沒有明顯的差異。



關節力矩

在走路時下肢關節屈曲力矩分析上，走髌關節屈曲力矩平均是 0.83 Nm/Kg，膝關節屈曲力矩平均是 0.42 Nm/Kg，踝關節屈曲力矩平均是 1.42 Nm/Kg，而在慢跑上髌關節屈曲力矩平均是 1.63 Nm/Kg，膝關節屈曲力矩平均是 0.81 Nm/Kg，踝關節屈曲力矩平均是 2.81 Nm/Kg，急停折返跑髌關節屈曲力矩平均是 3.02 Nm/Kg，膝關節屈曲力矩 1.45 Nm/Kg，踝關節屈曲力矩平均是 4.92 Nm/Kg，三者有明顯的差異($p < 0.05$)，但是在套襪鞋、一般鞋以及赤腳三種鞋子情況上在關節力矩的比較上並沒有明顯的差異。



圖十、左右腳、三種穿鞋情況（套襪鞋、一般鞋以及赤腳）以及三種行走方式（走路、慢跑以及急停折返跑）下，下肢各關節的關節力矩

討論以及結論

本研究以三種不同的移動方式以及三種鞋子狀況，來比較說明套襪鞋的功能，在走路上，套襪鞋、一般鞋以及赤腳在關節活動度、關節力量以及關節力矩上，三者並沒有明顯的差別。

Zhang[7]提出赤腳、人字拖和涼鞋相比，發現涼鞋在第一峰值垂直 GRF 的力量變化率較小以及赤足行走產生更大的內側 COP 位移，而對於本研究而言，一般運動鞋對比赤腳時，的確在走路、慢跑以及折返跑時，運動鞋的第一峰值垂直 GRF 的力量變化率較小，然而赤腳對套襪鞋在比折返跑時卻發現兩者在第一峰值垂直 GRF 的力量變化率沒有明顯差異，這可能是套襪鞋在鞋底的厚度沒有很厚，加上急停折返跑時衝擊力大，造成套襪鞋的機收衝擊量較差，未來可以在鞋子的厚度上再進一步研究。

一般使用的鞋子推薦用於“一般”腳，需要具有緩衝性和足夠的柔韌性，足以讓腳在步態週期中自然前進。但是一般鞋缺乏額外的旋前(pronation)控制功能，這可能會限制所需的足部運動而使效率高的跑步者損傷[8]。由於本次研究只能就基本的運動學以及動力學上分析，因此如何提高分析套襪鞋在旋前運動的功能

評估是下一階段可以進行的方向。另外包括在鞋跟的中心處測量堆疊高度、外鞋底幾何、中鞋底包裹、平台寬度以及中鞋底硬度這些都可能是影響套襪鞋的功能。

雖然在研究後簡易詢問受測者有關一般運動鞋以及套襪鞋間的比較，大部分的受測者大都認為套襪鞋的在穿著上較費力，但是穿後的舒適感上佳，移動性好，但是在此研究的數據比較上並沒有明顯的差異，可能是此次的研究測試並沒有要求受測者盡力快速完成跑步以及折返跑，而使得三者鞋子的情況(赤腳一般運動鞋以及套襪鞋)在這些不同的移動狀況下的比較並沒有明顯的差異，因未來如果要強化區別套襪鞋的功能，可以以反應性的條件設計，比如使用 balance mater 測試動態移動時的平衡反應能力，應該可以較為明確了解貼覆性佳的套襪鞋的特質。

參考文獻

1. Major, M.J., J. Scham, and M. Orendurff, The effects of common footwear on stance-phase mechanical properties of the prosthetic foot-shoe system. *Prosthet Orthot Int*, 2017: p. 309364617706749.
2. Sun, P.-C., et al., Effects of varying material properties on the load deformation characteristics of heel cushions. *Medical engineering & physics*, 2008. 30(6): p. 687-692.
3. Sinclair, J., et al., Influence of footwear designed to boost energy return on running economy in comparison to a conventional running shoe. *Journal of sports sciences*, 2016. 34(11): p. 1094-1098.
4. 豐泰公司. 豐泰 nike 球鞋製作. 2017:
<https://www.stockfeel.com.tw/nike%E6%A6%82%E5%BF%B5%E8%82%A1-%E8%B1%90%E6%B3%B09910/>
5. Feebees 公司. 2017: http://www.feebeeshop.com.tw/關於_feebees-24.html.
6. Winter, D.A., *Biomechanics and motor control of human movement*. 2009: John Wiley & Sons.
7. Zhang, X., et al., A comparison of gait biomechanics of flip-flops, sandals, barefoot and shoes. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2013 6:45
8. Matthew B.W., et al., *Athletic Footwear and Orthoses in Sports Medicine*, 2017, Springer

106年度專題研究計畫成果彙整表

計畫主持人：羅世忠			計畫編號：106-2622-E-040-002-CC3			
計畫名稱：機能襪套鞋之功能性分析以及改良						
成果項目			量化	單位	質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等)	
國內	學術性論文	期刊論文		0	篇	
		研討會論文		0		
		專書		0	本	
		專書論文		0	章	
		技術報告		0	篇	
		其他		0	篇	
	智慧財產權及成果	專利權	發明專利	申請中	0	件
				已獲得	0	
			新型/設計專利		0	
		商標權		0		
		營業秘密		0		
		積體電路電路布局權		0		
		著作權		0		
		品種權		0		
	其他		0			
	技術移轉	件數		0	件	
		收入		0	千元	
	國外	學術性論文	期刊論文		0	篇
			研討會論文		0	
專書			0	本		
專書論文			0	章		
技術報告			0	篇		
其他			0	篇		
智慧財產權及成果		專利權	發明專利	申請中	0	件
				已獲得	0	
			新型/設計專利		0	
		商標權		0		
		營業秘密		0		
		積體電路電路布局權		0		
		著作權		0		
		品種權		0		
其他		0				

	技術移轉	件數	0	件	
		收入	0	千元	
參與計畫人力	本國籍	大專生	1	人次	學習動作分析系統進行輔具發展以及開發
		碩士生	0		
		博士生	0		
		博士後研究員	0		
		專任助理	0		
	非本國籍	大專生	0		
		碩士生	0		
		博士生	0		
		博士後研究員	0		
		專任助理	0		
其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)					

本產學合作計畫研發成果及績效達成情形自評表

成果項目		本產學合作計畫預估研究成果及績效指標 (作為本計畫後續管考之參據)	計畫達成情形
技術移轉		預計技轉授權 0 項	完成技轉授權 0 項
專利	國內	預估 0 件	提出申請 0 件，獲得 0 件
	國外	預估 0 件	提出申請 0 件，獲得 0 件
人才培育		博士 0 人，畢業任職於業界 0 人	博士 0 人，畢業任職於業界 0 人
		碩士 0 人，畢業任職於業界 0 人	碩士 0 人，畢業任職於業界 0 人
		其他 0 人，畢業任職於業界 0 人	其他 0 人，畢業任職於業界 0 人
論文著作	國內	期刊論文 0 件	發表期刊論文 0 件
		研討會論文 0 件	發表研討會論文 0 件
		SCI論文 0 件	發表SCI論文 0 件
		專書 0 件	完成專書 0 件
		技術報告 0 件	完成技術報告 0 件
	國外	期刊論文 0 件	發表期刊論文 0 件
		學術論文 0 件	發表學術論文 0 件
		研討會論文 0 件	發表研討會論文 0 件
		SCI/SSCI論文 0 件	發表SCI/SSCI論文 0 件
		專書 0 件	完成專書 0 件
		技術報告 0 件	完成技術報告 0 件
		其他協助產業發展之具體績效	新公司或衍生公司 0 家
計畫產出成果簡述 ：請以文字敘述計畫非量化產出之技術應用具體效益。 (限600字以內)	以動作分析系統以及測力板等生物力學工具評估人體穿戴鞋具或是功能性輔具，是可行並且能夠提供進階發展所需。本計畫之簡易套襪鞋評估的初步結論是移動性好，舒適感佳在穿著上較費力，仍有待進一步發展。		
請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估	<input checked="" type="checkbox"/> 達成目標 <input type="checkbox"/> 未達成目標 (請說明，以100字為限) <input type="checkbox"/> 實驗失敗 <input type="checkbox"/> 因故實驗中斷 <input type="checkbox"/> 其他原因 說明：		
本研究具有政策應用參考價值	<input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 是，建議提供機關		

	(勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關)
本研究具影響公共利益之重大發現	<input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 是 說明：(以150字為限)