

中國醫藥大學
醫學研究所
碩士學位論文

外側楔型鞋墊對退化性膝關節炎患者
水平步行之療效探討

The Effects of Inserted Lateral Wedged Insole on the Level Walking in
Patients with Knee Osteoarthritis involving the Medial Compartment

指導教授：許弘昌 副教授

共同指導教授：吳鴻文 助理教授

研究生：周立偉

中華民國九十五年七月

學位考試委員審定書

中國醫藥大學 醫學研究所

碩士候選人學位考試

論文題目

中文：外側楔型鞋墊對退化性膝關節炎患者水平步行之療效探討

英文：The Effects of Inserted Lateral Wedged Insole on the Level Walking in Patients with Knee Osteoarthritis involving the Medial Compartment

本論文係 周立偉 於中國醫藥大學醫學研究所完成之碩士論文，經考試委員審查及口試合格，特此證明。

考試委員

許弘昌

吳鴻文

張文正

洪章仁

蘇芳慶

所長：藍先元

中華民國 九十五 年 七 月 八 日

中文摘要

外側楔型鞋墊對退化性膝關節炎患者水平步行之療效探討

目的：隨著高齡化社會的來臨，膝關節為最常發生退化的關節。退化性膝關節炎的患者常有膝關節疼痛、膝關節僵硬、膝關節活動度減少、下肢肌肉萎縮、走路速度較慢等徵狀發生。這些徵狀明顯的會影響患者在從事一些日常功能性活動，進而造成患者易發生一些潛藏的危險。本研究嘗試解釋退化性膝關節炎患者在水平步行時下肢運動學及動力學的差異。外側楔型鞋墊已被應用在治療退化性膝關節炎，但是其生物力學機轉並未被深入探討，同時是否會產生副作用仍不清楚。本實驗中，外側楔型鞋墊對水平步行所造成的影響及副作用將被探討。最終，期望將外側楔型鞋墊應用於臨床上，以減緩退化性膝關節炎的惡化，維持老年人之生活品質，以及減少醫療成本支出（藥物，復健，手術）。

方法：選擇十二名確定診斷為退化性膝關節炎的門診患者（八名女性，四名男性；平均年齡： 70.7 ± 5.9 歲）給予外側高 12 mm 的外側楔型鞋墊治療十二週。比較受試前和十二週後的自覺疼痛指數和嚴重程度（Lequesne Index）。以站立 X - 光評估受試者在受試前裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足之間的距骨跟骨夾角，距骨傾斜角以及股骨脛骨夾角是否有明顯改變。接

著利用三度空間動作分析和力板系統來計算受試者水平行走時運動學和動力學參數，包括空間時間參數，下肢關節，軀幹和頭部的活動角度變化，下肢各關節受力及承受力矩改變情形，以及身體重心擺動情形。所有參數以相依樣本 T 考驗 (paired-t test) 檢定。所有資料之 $P < 0.05$ 即達到統計上的顯著意義。

結果：十二名患者全程完成所有十二週之實驗步驟。患者使用外側楔型鞋墊後不論是症狀的改善或是疼痛的減輕都有明顯的差異 ($P < 0.0001$)，但 X-光檢查評估距骨跟骨夾角，距骨傾斜角以及股骨脛骨夾角時都沒有明顯改變。受試者會以較大的步寬來維持平衡，增加穩定度。並透過擺盪期時間增加和站立期佔步態週期百分比減少來減少膝關節承重，以減緩膝關節退化的惡化。外側楔型鞋墊可以直接造成踝關節的內翻外翻角度增加和蹠屈背屈角度減少。而膝關節的屈曲伸展角度在十二週後明顯減少。足踝部的內翻力矩峰值和內旋力矩峰值明顯增加、還有足踝外翻力矩峰值和蹠屈力矩峰值明顯減少。膝部的伸展力矩峰值在立即變化和十二週後追蹤都有增加的趨勢。髌屈曲力矩峰值和外展力矩峰值也有減少的趨勢。

結論：外側楔型鞋墊治療退化性膝關節炎雖然在 X-光上並無明顯變化，但從步態分析中確實可以發現一些運動學和動力學參數的變化。更長時間的追蹤以瞭解外側楔型鞋墊的長程效果和避免負面作用是相當重要的。

關鍵詞：退化性膝關節炎，外側楔型鞋墊，水平步行，步態分析，復健。

英文摘要

The Effects of Inserted Lateral Wedged Insole on the Level Walking in Patients with Knee Osteoarthritis involving the Medial Compartment

Objective : The knee joints are most frequently involved degenerative arthritis for the patients in the older society. The patients with knee osteoarthritis (OA) may have the following complaints : knee joint pain, stiffness of the knee joint, limited range of motion (ROM), wasting of the lower limb muscle, and decreased walking speed. These symptoms can decrease the performance of some activities of daily life obviously and followed a potential dangerousness. This research attempts to explain the changes of the kinetics and kinematics of the lower limbs while knee OA patients performing level walking. Lateral-wedge insole has been used to treat knee OA, but the biomechanical nature has not been well studied, and its side effect is unclear. In this study, the influence and the side-effect of the lateral-wedge insole will be investigated. Finally, we expected to apply the insole clinically to slow the degenerative process of the knee joint, to maintain life quality of the elder, and to reduce the medical costs (medicine, physical therapy, and surgery) .

Methods : Twelve outpatients (eight female and four male, mean age, 70.7; standard deviation, 5.9) with knee OA involving the medial compartment were prospectively treated with an inserted wedged insole with lateral elevation of 12 mm for twelve weeks. The visual analog scale (VAS) scores for subjective knee pain and the remission score of the Lequesne index of severity for knee OA were assessed before and 3-months after treatment. Standing radiographs with and without insoles were used to analyze the femorotibial, talocalcaneal and talar tilt angles at baseline, immediate and final assessment. Three-dimensional motion

analysis system and force platform were used to calculate kinematic and kinetic gait parameters in level walking, including spatiotemporal parameters, range of motion (in lower limbs, trunk and head), forces and moments in hip, knee and ankle joints and sway range of the center of gravity. Difference in all parameters between baseline assessments and immediate or final assessments were compared using a paired t test.

Results : The 12 patients who completed the 12-weeks study were evaluated. Participants wearing the inserted lateral wedged insole had significantly improved VAS pain score and remission score of the Lequesne index ($P < 0.0001$). No significant differences were found in femorotibial, talocalcaneal and talar tilt angles while comparison among values at baseline, immediate and 3-months after treatment. Patients using a lateral wedged insole had an immediate and significant increase in step width, heel maximum height, and swing phase time, but reduced stance phase of the gait cycle as compared with the baseline data. Beside, increased ROM in ankle inversion-eversion and decreased ankle plantar-dorsiflexion ROM were found. They also generated more ankle invertor moment, internal rotator moment, knee extensor moment, and less ankle plantar flexor moment, ankle evertor moment and hip flexor and abductor moment.

Conclusion : The inserted lateral wedged insole may induce symptomatic relief in patients with medial compartment knee OA, but not make any significant changes in the radiographs taken in the static position. The therapeutic effects were further evaluated during the dynamic phase with motion analysis system and force plates to determine the kinematic & kinetic effects. Longer-term clinical follow up should be addressed in future studies.

Key words : knee osteoarthritis , lateral wedged insole , level walking , gait analysis , rehabilitation .

致謝

本論文得以完成要感謝許多人。首先要感謝我的指導老師許弘昌主任這兩年來在研究及課業上的悉心指導。也要感謝運動醫學系吳鴻文主任在研究上的建議與教導，使我能順利完成研究。此外，還要感謝台北市立聯合醫院復健科高木榮主任和前醫學院院長余仁教授在研究構思和設計上，提供寶貴的經驗及精神上的鼓勵。

接下來要感謝的是協助參與本研究的所有受試者，沒有他們不求回報的配合研究，這篇論文是一定無法完成的。另外，還要感謝運動力學實驗室的成員一仁溢、蒼牧、以及運動醫學系的學妹，祺雅和孟亭，協助我收集及處理實驗資料。此外，還要感謝長健復健器材有限公司張智勝先生和歐柏（Opp0）醫療器材有限公司的江志勇先生幫我解決外側楔型鞋墊製作上的問題。這篇論文的完成，還有兩個很重要的人要感謝的一洪振芳和林敬育，謝謝他們在我最需要的時候，提供統計方法和圖表製作上的諮詢和協助。感謝醫院同仁，研究所同學，以及那些曾經鼓勵及支持我的人，伴我渡過這兩年難忘的研究生涯。

最後，感謝我親愛的家人，爸爸、媽媽、老婆、還有兩個可愛的兒子一育揚和育聖，給我最大的支持與鼓勵，使我能無後顧之憂的完成此論文。

僅以此文，獻給他們。

目 錄

學位考試委員審定書.....	1
中文摘要.....	2
英文摘要.....	4
致謝.....	6
目 錄.....	7
圖目錄.....	11
表目錄.....	14
第一章 前言.....	15
第一節 研究背景.....	15
1.1.1. 退化性膝關節炎的盛行率與臨床特性.....	15
1.1.2. 退化性膝關節炎患者的步態特性.....	18
1.1.3. 外側楔形鞋墊的由來及應用.....	23
1.1.4. 使用外側楔形鞋墊後的步態特徵.....	26
1.1.5. 總結文獻探討與研究動機.....	28
第二節 研究目的.....	30
第二章 研究方法.....	31
第一節 研究材料.....	31
2.1.1. 研究對象.....	31

2.1.2. 實驗設備	33
(1) 動作分析系統 (Motion Analysis System)	33
(2) 三維測力板系統 (Force plates)	34
(3) 反光球 (Retro-reflective markers)	35
(4) 平面步道	37
(5) 外側楔型鞋墊及鞋子	37
第二節 研究設計	39
2.2.1. 實驗室流程	39
2.2.2. 實驗步驟	40
第三節 統計方法	41
第三章 研究結果	42
第一節 描述性統計分析	42
3.1.1. 受試者資料	42
3.1.2. 受試者自覺疼痛指數 (Visual Analog Scale)	43
3.1.3. 受試者退化性膝關節炎嚴重程度 (Lequesne Index)	44
3.1.4. 受試者下肢 X-光變化	45
3.1.5. 受試者步態分析中的空間與時間參數	48
第二節 推論性統計分析	50
3.2.1. 自覺疼痛指數 (Visual Analog Scale) 比較	50

3.2.2. 退化性膝關節炎嚴重程度 (Lequesne Index) 比較	51
3.2.3. 下肢 X-光變化比較.....	52
3.2.4. 空間與時間參數比較.....	55
3.2.5. 下肢關節、軀幹、及頭部活動角度比較.....	65
3.2.6. 下肢各關節受力及承受力矩之比較.....	77
3.2.7. 身體重心 (center of gravity) 改變之比較.....	92
第四章 討論.....	97
第一節 結果討論.....	97
4.1.1. 受試者主觀症狀改善情形.....	97
4.1.2. 下肢 X-光改變情形.....	99
4.1.3. 空間與時間參數改變情形.....	102
4.1.4. 下肢關節、軀幹、及頭部活動角度改變情形.....	104
4.1.5. 下肢各關節受力及承受力矩改變情形.....	106
4.1.6. 身體重心 (center of gravity) 改變情形.....	111
第二節 其他相關性討論.....	113
第三節 研究限制.....	115
第五章 結論與建議.....	118
第一節 結論.....	118
第二節 建議.....	121

參考文獻.....	122
附錄一.....	130
附錄二.....	131
附錄三.....	132
附錄四.....	133



圖目錄

圖 2.1	(左) 正常成人膝關節 X-光 (右) 退化性膝關節炎患者 X-光	31
圖 2.2	中國醫藥大學運動力學實驗室	33
圖 2.3	紅色光攝影機	34
圖 2.4	VICON 動作分析系統	34
圖 2.5	三維測力板系統	35
圖 2.6	反光球貼在受試者身上的特定位置	36
圖 2.7	反光球貼在受試者身上的實驗照片	36
圖 2.8	外側楔型鞋墊 (外側, 後側, 內側視圖)	38
圖 2.9	外側楔型鞋墊 (上, 下視圖)	38
圖 2.10	(左) 運動鞋 (右) 將鞋墊置於運動鞋中	38
圖 3.1	A. 股骨脛骨夾角, B. 距骨跟骨夾角, C. 距骨傾斜角	46
圖 3.2	步態週期示意圖	49
圖 3.3	步態週期的相關參數	49
圖 3.4	受試者之自覺疼痛指數 (VAS) 比較	50
圖 3.5	受試者之 Lequesne Index 比較	51
圖 3.6	受試者股骨脛骨夾角比較	52
圖 3.7	受試者距骨跟骨夾角比較	53
圖 3.8	受試者距骨傾斜角比較	54

圖 3.9 受試者跨步長比較.....	56
圖 3.10 受試者步長比較.....	57
圖 3.11 受試者步寬比較.....	58
圖 3.12 受試者足跟離地最大高度比較.....	59
圖 3.13 受試者步行速度比較.....	60
圖 3.14 受試者週期時間比較.....	61
圖 3.15 受試者站立期時間比較.....	62
圖 3.16 受試者擺盪期時間比較.....	63
圖 3.17 受試者站立期佔步態週期百分比之比較.....	64
圖 3.18 受試者髖關節屈曲伸展角度之比較.....	66
圖 3.19 受試者髖關節外展內收角度之比較.....	67
圖 3.20 受試者髖關節旋轉角度之比較.....	68
圖 3.21 受試者膝關節屈曲伸展角度之比較.....	69
圖 3.22 受試者膝關節外展內收角度之比較.....	70
圖 3.23 受試者膝關節旋轉角度之比較.....	71
圖 3.24 受試者踝關節蹠屈背屈角度之比較.....	72
圖 3.25 受試者踝關節內翻外翻角度之比較.....	73
圖 3.26 受試者踝關節腳趾內外向角度之比較.....	74
圖 3.27 受試者軀幹屈曲伸展，側彎，旋轉角度之比較.....	75

圖 3.28 受試者頭屈曲伸展，側彎，旋轉角度之比較.....	76
圖 3.29 受試者腕關節前向分力，後向分力之比較.....	78
圖 3.30 受試者腕關節內向分力，外向分力之比較.....	79
圖 3.31 受試者腕關節張力，擠壓受力之比較.....	80
圖 3.32 受試者腕關節力矩之比較.....	82
圖 3.33 受試者膝關節前向分力，後向分力之比較.....	83
圖 3.34 受試者膝關節內向分力，外向分力之比較.....	84
圖 3.35 受試者膝關節張力，擠壓受力之比較.....	85
圖 3.36 受試者膝關節力矩之比較.....	86
圖 3.37 受試者踝關節前向分力，後向分力之比較.....	87
圖 3.38 受試者踝關節內向分力，外向分力之比較.....	88
圖 3.39 受試者踝關節張力，擠壓受力之比較.....	89
圖 3.40 受試者踝關節力矩之比較.....	91
圖 3.41 受試者重心內外側擺動幅度比較.....	93
圖 3.42 受試者重心垂直擺動幅度比較.....	94
圖 3.43 受試者重心左側，右側擺動速度極值之比較.....	95
圖 3.44 受試者重心上，下擺動速度極值之比較.....	96

表目錄

表 2.1 排除條件 (exclusion criteria)	32
表 3.1 受試者基本資料平均值 (Mean) 和標準差 (S.D.)	42
表 3.2 受試者自覺疼痛指數平均值 (Mean) 和標準差 (S.D.)	44
表 3.3 受試者 Lequesne Index 之平均值 (Mean) 和標準差 (S.D.) ..	45
表 3.4 受試者受測前裸足『站立 X 光』檢查的角度資料.....	47
表 3.5 受試者受測前穿外側楔型鞋墊『站立 X 光』檢查的角度資料...	47
表 3.6 受試者十二週後裸足『站立 X 光』檢查的角度資料.....	48
表 4.1 下肢站立 X-光角度變化.....	100
表 4.2 空間與時間參數變化.....	103
表 4.3 下肢關節、軀幹、及頭部活動角度變化.....	105
表 4.4 踝關節受力及力矩變化.....	106
表 4.5 膝關節受力及力矩變化.....	107
表 4.6 髖關節受力及力矩峰值變化.....	109
表 4.7 身體重心變化.....	112

第一章 前言

第一節 研究背景

1.1.1. 退化性膝關節炎的盛行率與臨床特性

隨著環境衛生的改善和醫療科技的進步，人類的壽命得以延長，然而隨之而來的老年醫療照護問題便更形重要。台灣地區於民國八十二年底正式邁入所謂的『高齡化社會』（即世界衛生組織（WHO）定義，65歲以上的人口佔總人口之百分比超過百分之七）。身體的老化，人類的骨骼肌肉系統也會產生許多變化。常見的老年骨骼肌肉系統的變化，包括骨折、骨質疏鬆症、退化性關節炎、肌腱韌帶病變等，而退化性關節炎（degenerative arthritis）就是最常見的退化性疾病之一。

退化性關節炎¹⁻³，又稱骨關節炎（osteoarthritis），可以發生在全身各個關節，包括了手關節、膝關節、髖關節及脊柱關節。由於骨關節炎的臨床症狀多樣化，且與放射影像學上的表現呈不完全一致性，所以造成流行病學的統計上有極大的變異。超過一半以上的成年人在常規的影像學檢查中發現有退化性關節炎的現象，但是僅有四分之一的 Kellgren and Lawrence stage II 的骨關節炎患者以及六成的stage III 的骨關節炎患者在臨床上有症狀表現（附錄一）（Kellgren, 1957; Hart, 2000; Cunningham, 1984）⁴⁻⁶。文獻上針對有症狀的骨關節炎的盛行率，統計如

下：手關節 (Hand joint) — 40 到 49 歲約有 10%，70 歲以上佔 80%；
髖關節 (Hip joint) — 55 歲以上佔 2-10%；膝關節 (knee joint) —
45 歲以上約有 15%，75 歲以上佔 40%。承受身體重量的關節 (weight
bearing joint)，其中又以下肢的膝關節是最常發生退化的關節
(Cunningham L, 1984; Felson D, 1990; Petersson, 1996; Peat,
2001)⁶⁻⁹。

正常的膝關節，構造上包括三個關節面：內側脛骨股骨關節面
(medial tibiofemoral compartment)、外側脛骨股骨關節面 (lateral
tibiofemoral compartment) 和膕骨股骨關節面 (patellofemoral
compartment)。膝關節囊是人體最大的關節囊；關節囊外除了包覆的肌肉
及肌腱外，內側和外側各有一條副側韌帶；關節囊內則有前、後十字韌帶，
內、外側半月板和膕肌腱。關節囊能分泌粘性淺黃色之關節液，為關節軟
骨之營養來源與關節面之潤滑作用。退化性膝關節炎的病因，主要是因為
膝關節結構上出現病變，關節軟骨 (cartilage) 細胞會肥大且增厚
(hypertrophy)，導致關節囊內滑囊液養份供應不足，軟骨隨之變性，第
二型膠原蛋白被第一型的膠原蛋白所取代。透明軟骨轉性為纖維軟骨，軟
骨的表面由平滑逐漸變為粗糙，造成關節軟骨能承受壓力機轉的能力降
低，相對地使骨骼承受壓力增加，逐漸的關節面被磨損，進而形成關節腔
狹窄、形成骨刺，然後產生臨床症狀。

許多學者探討過導致膝關節退化的危險因子，包括了年齡，性別，肥胖，膝關節損傷或過度使用等^{10, 11}，但是膝關節的排列(knee alignment)更是扮演著一個很重要的角色¹²。正常的膝關節，承載重量的合力線剛好通過關節中點，且力量均勻分佈至整個關節面¹³。當各種造成載重合力線離開膝關節面中點的原因發生時，會使局部關節面承受超過平常之壓力因而逐漸演變成退化性關節炎。通常兩側膝關節都會發生，但病變程度並不一定一樣。Ahlback 等學者(1968)¹⁴曾在發表的文獻指出，退化性關節炎早期主要由內側關節面開始受到影響，約為外側關節面的十倍。

發生退化性膝關節炎的病人，早期的症狀包括膝部酸痛無力，膝窩處僵硬不靈活，無法輕鬆蹲下，蹲下後不易站起來，上下樓梯不方便，偶爾伴有膝關節腫大的現象。症狀加重時，則出現內側膝關節疼痛，向上牽連引起腰酸背痛，向下蔓延引起小腿肚疼痛或足踝疼痛，股四頭肌逐漸萎縮，膝關節漸形成內翻變型(varus deformity)，無法走遠路，夜裏睡覺時膝部會酸痛，早晨起床時膝關節僵硬尤為嚴重。更厲害的退化性關節炎，則疼痛加劇，變型更加明顯，膝部關節角度受限，屈曲攣縮不能完全伸直，關節活動時有摩擦聲，走路時左右搖擺，速度較慢，需要拐杖或旁人幫忙。這些徵狀明顯的會影響患者在從事一些日常功能性活動¹⁵，如走路、從椅子上站起來、從蹲姿到站立、上下樓梯、跨越障礙物等活動的表現變差，同時較少活動更會造成下肢肌肉的萎縮，平衡感及協調能力減弱，

進而造成患者容易發生一些潛藏的危險，如走路或跨越障礙物時跌倒造成骨折等等。在一個英國的研究報告中，Carr AJ (1999)¹⁵指出超過九成的退化性膝關節炎的患者表示在他們的日常生活 (activities of daily living, ADLs) 中具有某些程度的不方便，不亞於類風濕性關節炎 (rheumatoid arthritis) 患者。這些退化性關節炎所造成的個人，甚至於家庭及社會的不方便，不僅會造成社會醫療的負擔，也帶給患者負面的生活品質。

1.1.2. 退化性膝關節炎患者的步態特性

從過去的文獻中我們可以知道：在運動學方面，正常老年人在走路的速度上會比年輕人來的慢，步長 (step length) 會比年輕人短，步頻 (cadence) 也會較年輕人減少。在關節角度的變化方面，Winter (1991)¹⁶ 指出在步態分析中，正常老年人在下肢關節角度的變化與年輕人比較，存在著一些變異：老年人的踝關節動態關節角度活動範圍 (dynamic range of motion) 比年輕人小，但髖關節的動態關節角度活動範圍比年輕人大，但並不是非常明顯；至於在膝關節角度的活動範圍則是最明顯的，他指出在承重反應期 (loading response)，正常老年人的膝關節屈曲 (knee flexion) 角度要比年輕人來的少，因此造成老年人的步長比正常年輕人來的短。在動力學方面，在 Winter 的文章中指出，正常老年人在踝關節蹠

屈力矩峰值 (ankle plantarflexor peak moment) 會比年輕人來的小。另外，從站立期 (stance phase) 轉換到擺盪期 (swing phase) 時，正常老年人走路時的膝關節屈曲力矩 (flexion moment) 要比年輕人小，這可能和正常老年人膝關節所吸收的能量要比年輕人來的高有關係。至於在髖關節的部份正常老年人與年輕人則是沒有很明確的差異。Prince 等學者 (1997)¹⁷ 更指出老年人在步態上的改變是為了因應年齡的增長而出現在神經肌肉骨骼系統上的一些生理變化，例如肌力變差、關節變得比較僵硬、以及平衡變差等所做出的調整策略。這些策略包括了走路速度比年輕人來的慢、步長比年輕人短、步頻也比年輕人小、關節角度減少、關節力矩出現變化等等。

Stauffer 等學者 (1977)¹⁸ 比較退化性膝關節炎患者和正常年輕人在走路時的步態，發現退化性膝關節炎患者的膝關節活動角度、膝部長收縮的肌力 (isometric knee strength)、以及地面反作用力峰值 (peak ground-reaction force) 都會比正常年輕人來的少。

Kaufman 等學者 (2001)¹⁹ 收集了 139 位患者 (47 位男性，92 位女性)，年齡介於 30 歲到 82 歲 (平均年齡： 57 ± 12.5 歲)，退化性膝關節炎程度在 Grade II 的患者，與 20 位正常人 (9 位男性，11 位女性)，年齡介於 20 歲到 42 歲 (平均年齡： 57 ± 12.5 歲) 做步態分析比較，指出退化性膝關節炎患者的走路速度上比正常人來的慢，在擺盪期

(swing phase) 時，有最大的膝關節屈曲角度 (maximum knee flexion angle)。在平地走路 (level walking) 時，退化性膝關節炎患者的膝關節最大活動度 (peak knee motion) 會比正常人小 6 度 (54° 和 60°)。在走路時，為了維持膝關節的穩定度，膝關節會先受到一個屈曲力矩 (flexor moment) 的作用，然後才是伸展力矩 (extensor moment)。和正常人比較，退化性膝關節炎患者的膝關節伸展力矩峰值 (knee peak extension moment) 會減少，同時內翻力矩 (varus moment) 會明顯增加，藉此來降低膝關節的承重，以達到減低步行時膝關節疼痛的效果。由 Kaufman 的研究中可知，退化性膝關節炎患者的走路步態，確實與正常人有明顯差異的。另外，在 Kaufman 的研究中也發現性別差異和身體質量指數 (Body mass index (BMI) — kg / m^2) 對退化性膝關節炎的影響：雖然兩性在步行速度上沒有明顯的差距，但女性受試者的膝關節屈曲和伸展力矩峰值 (peak knee flexion and extension moments) 確實較男性患者大，這可以解釋女性較容易罹患退化性膝關節炎；同時當身體質量指數 (BMI) 增加時，可以藉由降低膝關節伸展力矩 (knee extension moment) 來減少膝關節的承重。

Al-Zahrani 和 Bakheit (2002)²⁰ 選擇了 58 名被認為需要接受膝關節置換術的嚴重退化性膝關節患者 (平均年齡：71 ± 8.4 歲；男性 14 名，女性 44 名；自覺膝疼痛指數 (VAS) 介於 5.48 和 7.88 之間) 與 25

名健康老年人（平均年齡：69 ± 7.29 歲；男性 10 名，女性 15 名）接受測試，他們發現這些退化性膝關節患者確實在步行時比健康老年人有較短的跨步長（stride length），較慢的步行速度（walking velocity），以及較長的站立期（stance phase of the gait cycle）。更進一步，他們發現這些退化性膝關節患者的踝關節，膝關節以及髖關節的動態關節角度活動範圍（dynamic range of motion）比健康老年人減少；膝屈曲力矩（knee flexion moment）增加但膝功率（knee power）並沒有增加，推測可能是因為在站立期（stance phase）時，股直肌（rectus femoris）持續收縮所造成的，至於在前擺盪期（pre-swing）的踝背屈力矩（ankle dorsiflexion moment）和踝功率（ankle power）則是同步減少，他們推測應該是患者藉由走較慢的速度來達到動態穩定（dynamic stability）的目的。

Baliunas 和 Hurwitz 等學者（2002）^{21,22} 探討退化性膝關節炎患者在平地走路（level walking）時，膝關節的疼痛與關節受力的情形。他們指出當膝關節疼痛上升時，膝關節的外部內收力矩峰值（peak external adduction moment）與外部屈曲力矩峰值（peak external flexion moment）都會下降；反之，當膝關節疼痛下降時，膝關節的外部內收力矩峰值（peak external adduction moment）與外部屈曲力矩峰值（peak external flexion moment）都會上升。

林瀛洲等學者 (2005)²³ 藉由步態分析來評估早期退化性膝關節炎患者細微且臨床上不易觀察到步態變化。他們選擇了 26 位單側有症狀的退化性膝關節炎患者 (年齡： 65.7 ± 8.5 歲) 和 20 位年齡，身高，體重相當的正常老人 (年齡： 63.6 ± 11.3 歲) 作測試，確實發現了退化性膝關節炎患者的骨盆上傾和下傾 (pelvic tilt up & down)，膝關節外翻 (knee valgus)，足踝背屈和旋轉 (ankle dorsiflexion and ankle rotation) 的角度位移峰值 (peak angular displacement) 明顯低於正常老人；但膝關節內翻 (knee varus) 的角度位移峰值則明顯高於正常老人。同時他們也發現退化性膝關節炎患者的髖關節屈曲和外展 (hip flexion and abduction)，膝關節伸展和外翻 (knee extension and valgus) 以及足踝蹠曲 (ankle plantarflexion) 的力矩峰值 (peak moment) 明顯優於正常老人；而膝關節的屈曲和內翻 (knee flexion and varus) 的力矩峰值則明顯低於正常老人。因此推論退化性膝關節炎患者藉著減少骨盆的上傾和下傾來限制下肢活動；限制足踝背屈和旋轉以及膝外翻來減輕疼痛。因為膝關節的內翻變形 (varus deformity) 以及韌帶鬆弛而造成膝內翻角度增加，進而導致下肢承重力線內移而將過度的壓力集中在膝關節內側；隨著內翻變形的惡化，為了要維持膝關節在步行中的穩定度，勢必要以增加外翻力矩來達到此目的。

總結上述各學者對退化性膝關節炎患者不論在步態特徵，運動學

(kinematics) 及動力學 (kinetics) 上的表現，與健康成年人比較確實有極大的差異，這些差異都可能限制了老年人的日常生活能力，包括了行走，上下樓梯，跨越障礙物，以及從坐到站等。

1.1.3. 外側楔形鞋墊的由來及應用

在了解退化性膝關節炎所造成的症狀和日常生活障礙，以及運動學和動力學上的特點後，接著要探討的是有哪些治療方法可以改善老年人退化性膝關節炎的問題。

對於退化性膝關節炎之治療，首重對引發病因之瞭解以及對膝關節內部狀況之評估 (Gaby, 1999; Felson, 2006)^{1, 24}。體重過重須先訂下減肥計劃，其他的原發病因如半月板破裂、十字韌帶斷裂、下肢不等長、脊柱側彎、痛風、類風濕性關節炎等都應該針對原因予以治療。藥物治療上可給予非類固醇消炎止痛藥物 (non-steroid anti-inflammatory drug, NSAID)，葡萄糖胺 (glucosamin) 或膝關節玻尿酸注射 (hyaluronic acid)。膝部局部物理治療和活動時戴用護膝都是對患者有幫助的。膝痛發作時應減少活動，尤其是避免載重之運動，但是仍要注意股四頭肌之復健，做無載重性的運動，防止肌肉萎縮無力。當患者的膝部站立 X-光檢查顯現內側關節面變窄、長出骨刺，力學軸偏向膝內側時，可以進一步安排做膝關節鏡檢查。如果關節損害只局限在內側脛骨股骨關節面，而其他兩個關節面

均正常，可以考慮行脛骨高位切骨術 (high tibial osteotomy)²⁵ 治療。當嚴重到影響所有關節面時，病人的膝痛無法獲得減緩時，可以考慮做全人工膝關節置換術 (total knee arthroplasty)²⁶。這其中所耗費的社會及醫療資源不可計數。所以，尋求其他的治療方法以減緩退化性膝關節炎的惡化，將是刻不容緩。

Sasaki T 和 Yasua K. (1987)²⁷ 首度嘗試著將新型的『外側楔型鞋墊 (laterally wedged insole)』應用在治療內側退化性膝關節炎 (medial osteoarthritis of the knee) 患者身上。他們以患者自述疼痛減輕情況，走路狀態及 X-光檢查作為療效評估工具，發現對於輕度膝關節退化性患者 (Stages I, II, 和 III) 有明顯的改善，但嚴重的患者 (Stages IV) 則效果不好。所以他們建議可以將楔型鞋墊應用在矯正退化性膝關節炎的內翻變形問題 (varus deformity)，當成早期退化性膝關節炎的保守療法的選擇之一。Maillefert JF (2001)²⁸ 和 Pham T (2004)²⁹ 等學者指出退化性膝關節炎的患者在穿過外側楔型鞋墊後，可以減輕膝關節疼痛的問題，並減少非類固醇類消炎止痛藥 (NSAID) 的用量。Toda Y (2002)³⁰ 和 Russel Rubin BH (2005)³¹ 等學者更指出較好的效果會表現在年輕患者以及單位體重中下肢 lean body mass (L-LBM) 較高的患者；相對來說，較年長的患者同時合併下背及薦部痛 (sarcopenia) 的患者則效果較差。

外側楔型鞋墊的高度和角度的選擇已有多位學者嘗試過，包括了 Crenshaw 等人 (2000)³² 以 5 度傾斜角的外側楔型鞋墊當作實驗材料；Maillefert JF (2001)²⁸ 和 Pham (2004)²⁹ 以特殊材料(Ledos material) 加工成一楔型物黏在足跟處，但文獻中未提出高度為何；所以何者型式的鞋墊比較合適退化性膝關節炎的患者一直未有定論。直到 Toda 等學者 (2004)³³ 採用雙盲實驗，利用站立 X-光檢查和患者自覺症狀改善程度來評估並比較不同高度 (8, 12 和 16 mm) 的外側楔型鞋墊發現，高度越高 (傾斜角度越大) 的鞋墊可以造成較大股骨脛骨夾角 (femorotibial angle) 的外翻矯正 (valgus correction)。而適度的傾斜角及高度的鞋墊 (8- or 12-mm elevation wedged insoles) 比較舒適且對減低疼痛的效果較好。

外側楔型鞋墊在臨床上被應用來治療內側退化性膝關節炎，目的希望在生物力學上會藉由減少內側脛骨股骨關節面 (medial tibiofemoral compartment) 的承重 (loading) 來減緩膝骨關節炎的惡化。Toda 等學者 (2001, 2003)^{34, 35} 讓患者穿外側楔型鞋墊後，追蹤站立 X-光檢查發現在距骨跟骨夾角 (talocalcaneal angle)，距骨傾斜角 (talar tilt angle) 以及股骨脛骨夾角 (femorotibial angle) 都有明顯的改變。但是不同方式的使用鞋墊，如直接放在傳統鞋子中，或是以綁帶綁在腳底下使用 (subtalar strapping)，雖然患者的自覺症狀改善及滿意程度皆有顯著

差異，但在 X-光檢查上的角度變化並非都有明顯改變。這可能是因為長時間骨關節的退化現象（如關節間隙狹窄，骨刺，膝蓋內翻變形）無法藉由數週至數月短時間的非手術介入而改變；同時，單次的平面靜態影像學檢查確實無法真實的表現出明顯差異，所以更進一步的動態評估來探討其中運動學和動力學的差異是絕對必要的。

1.1.4. 使用外側楔形鞋墊後的步態特徵

Crenshaw 等學者（2000）³² 首度利用動作分析（motion analysis system）和測力板系統（force plate）來評估及比較健康成年人（年齡： 27.7 ± 6.5 歲；身高： 167.1 ± 9.6 公分；體重： 67.7 ± 15.1 公斤）穿平底鞋墊和外側楔型鞋墊（5 度傾斜角）前後的立即步態變化。結果在步態分析中的時間和空間參數（temporal and spatial parameters），髖關節、膝關節、踝關節的角度變化，以及髖關節和踝關節的動力學（kinetics）變化上並無明顯差距。但在外側楔型鞋墊組則發現膝關節的外部內翻力矩（external varus moment）和膝內側骨關節面承重（medial compartment load）有減少的現象，推測這可能是導致退化性膝關節炎患者疼痛減輕和改善功能的主要原因。

Kerrigan DC 等學者（2002）³⁶ 進一步比較不同高度和不同傾斜角的鞋墊對退化性膝關節炎患者步態的立即影響。15 名確定診斷為退化性膝

關節炎患者（年齡： 69.7 ± 7.6 歲），依隨機順序穿五種不同的鞋墊（平常習慣的鞋子，5 度和10 度的外側楔型鞋墊，3.175-mm 和 6.35-mm 高的平底鞋墊），接受動作分析和力板系統測試。他們發現兩種外側楔型鞋墊都會明顯的減少患者步行時膝關節的內翻扭力（knee varus torque），這可以用患者減慢步行速度和鞋墊的緩衝效應（cushioning effect）來解釋。另外，和不穿鞋墊時的步態比較，5 度的外側楔型鞋墊可以減少大約 6% 的外部膝內翻扭力峰值（Peak external knee varus torques），10 度的外側楔型鞋墊可以減少約 8% 的外部膝內翻扭力峰值。雖然在統計上，步行速度並無顯著差異，但 10 度的外側楔型鞋墊和 6.35-mm 高的平底鞋墊確實會造成較多的不舒服。

Kakahana 等學者（2004）³⁷ 比較正常年輕人（平均年齡約 25 歲）穿不同高度的外側楔型鞋墊（平底鞋墊，3 度和 6 度）所時立即產生的運動學及動力學效應。他們發現較高的楔型鞋墊會明顯減少步行時的膝關節內翻力矩（knee joint varus moment），同時增加距骨關節外翻力矩（subtalar joint valgus moment）。但是在穿不同高度的外側楔型鞋墊時，不管在膝關節或距骨關節上的角度並無明顯改變，作者推測這可能是因為壓力中心（center of pressure）外移和距骨關節外翻力矩的力臂變長所造成的。隔年，這些學者（2005）³⁸ 再進行另一個研究，他們讓 13 名健康老人（年齡： 64.6 ± 2.3 歲）及 13 名有退化性膝關節的老人（年齡：

63.3 ± 5.6 歲) 個別穿外側六度傾斜角的楔型鞋墊 (6 degrees lateral wedge) 和平底鞋墊 (0 degrees control wedge) 來做比較。結果發現外側楔型鞋墊同樣可以明顯減少健康老人及退化性膝關節炎老人的膝關節內翻力矩 (knee joint varus moment) 和增加距骨關節外翻力矩 (subtalar joint valgus moment)。

1.1.5. 總結文獻探討與研究動機

雖然近年來，我們已明確的瞭解到退化性膝關節炎的患者在步態特徵方面與正常人有差異。這些差異包括走路的速度慢、步長較短、步頻較少、關節活動度減少及關節力矩變小等。在臨床上，尋找延緩及改善退化性膝關節炎惡化的治療方法更是當務之急。雖然已有若干文章針對外側楔型鞋墊對退化性膝關節炎的影響提出一些看法，但仍有許多不足之處，包括如下：

- (1) 之前的研究多著重於穿外側楔型鞋墊的靜態 X-光評估，以及立即步態變化，但是對於水平步行 (level walking) 的運動學和動力學長期變化之觀察仍嫌不足。
- (2) 過去的文獻並未提及穿外側楔型鞋墊前後，身體重心 (center of gravity) 的改變。
- (3) 大多數的研究只觀察和探討足部，踝部和膝關節之間的影响，未

提到外側楔型鞋墊是否會影響腕部及軀幹和頭部的動力學及運動學。

(4) 從未有人探討穿外側楔型鞋墊是否會導致其他關節的代償受力增加，或影響站立平衡 (stance balance)。

外側楔型鞋墊的構想雖已提出十餘年，但仍只保持在實驗室階段，未被廣泛應用於臨床實務上。期望透過本研究，解決上述先前學者研究不足之處，並應用於臨床之上，以減緩退化性膝關節炎的惡化，維持老年人之生活品質，以及減少醫療成本支出（藥物，復健，手術）。



第二節 研究目的

本研究主要目的：

- (1) 進一步探討外側楔型鞋墊對退化性膝關節炎患者水平步行 (level walking) 的下肢運動學及動力學的長期變化及差異。
- (2) 觀察穿外側楔型鞋墊前後，身體重心 (center of gravity) 的改變狀況。
- (3) 觀察並探討外側楔型鞋墊對足踝部，膝關節，髖部及軀幹和頭部之間的關係。
- (4) 探討穿外側楔型鞋墊是否會導致其他關節的代償受力增加，或影響站立平衡 (stance balance)。
- (5) 將實驗結果分析及探討，促使外側楔型鞋墊應用於臨床上。

第二章 研究方法

第一節 研究材料

2.1.1. 研究對象

本研究以復健科或骨科門診確定罹患退化性膝關節炎患者為研究對象。診斷標準以美國風濕病學會 (American College of Rheumatology) 所制定之標準為依據 (見附錄二)。患者年齡必須在 50 歲以上，自述內側膝關節疼痛，早晨起床時膝關節僵硬尤為嚴重 (超過三十分鐘)，關節活動時有摩擦聲 (crepitus on motion)，X-光檢查確定膝關節內側長有骨刺，且有關節間隙狹窄現象 (圖2.1)。患者除了一些不影響行走能力的慢性疾病，如高血壓、糖尿病等外，如果有以下任何條件不符，也不予參與本實驗，排除條件 (exclusion criteria) 如表2.1。



圖 2.1 (左) 正常成人膝關節 X-光 (右) 退化性膝關節炎患者 X-光

表 2.1 排除條件 (exclusion criteria)

-
1. 不能夠獨力行走而需要任何輔具或助行器者。
 2. 罹患神經系統方面的疾病，如腦中風 (cerebral vascular accident)、帕金森氏症 (Parkinson's disease)、阿茲海默氏症 (Alzheimer's disease)、多發性硬化症 (Multiple Sclerosis) 等。
 3. 類風溼性關節炎 (rheumatoid arthritis) 或相關的下肢發炎性關節疾病，如痛風 (gout) 等。
 4. 下肢關節 (髖關節、膝關節及踝關節) 有受過外傷或曾經骨折者。
 5. 下肢做過任何型式的手術，如關節置換術、截肢 (amputation) 或韌帶重建術 (ligament repair) 等。
 6. 膝關節退化的程度在 grade II 以下的患者。(根據 Kellgren and Lawrence grading system (1963) 標準，見附錄一)
 7. 實驗過程中，持續或曾經接受物理治療者。
 8. 無法了解或完成整個實驗流程者。
-

本實驗內容經『中國醫藥大學附設醫院人體試驗委員會 (China Medical University Hospital Instituted Review of Board)』審查通過 (見附錄三)，每位受試者在予以告知並了解整個實驗目的與流程之後，均要簽署受試者同意書，才得以進行整個實驗至完成為止。所有實驗均在

中國醫藥大學運動力學實驗室完成（圖2.2）。



圖 2.2 中國醫藥大學運動力學實驗室

2.1.2. 實驗設備

(1) 動作分析系統 (Motion Analysis System)

使用六台 1000 赫茲 (1000 Hz) 的紅色光攝影機 (圖2.3)，並配合 VICON 612 動作分析系統 (VICON 612 motion analysis system, Oxford Metrics Limited., UK) (圖2.4) 介面來收集資料。藉由六台攝影機收集貼在受試者身上特定部位的反光球所移動產生的三維軌跡 (three-dimensional trajectory)，來定義出受試者軀幹及上、下肢肢段在實驗室中的位置。再經由程式之計算可得出下肢關節角度活動度的大小。



圖 2.3 紅色光攝影機



圖 2.4 VICON 動作分析系統

(2) 三維測力板系統 (Force plates)

使用 AMTI 三維測力板系統 (AMTI force plates, Type OR6-6, Watertown, MA, U. S. A.) (圖2.5)。以1000 赫茲 (1000Hz) 收集受試者水平步行時地面反作用力及力矩。並藉由類比數位轉換器 (A/D converter) 與 VICON 612 動作分析系統達到同步的效果。配合動作分析系統所得到的下肢肢段位置資料，加以運算後可得到下肢關節的角度及三維受力情形。



圖 2.5 三維測力板系統

(3) 反光球 (Retro-reflective markers)

反光球為直徑 2.5 公分圓形的球型物，球表層再貼上 3M 的反光貼紙，藉由六台紅色光攝影機所投射出來的光線返射回去，讓攝影機擷取其位置。實驗期間，有 27 顆反光球貼在受試者身上的特定位置，分別是身體兩側的顳顎關節 (temporo-mandibular joint)、肩峰 (acromion)、肱骨外上髁 (lateral epicondyle of the humerus)、橈骨莖突 (styloid process of radius)、髌骨前上嵴 (anterior superior iliac spine)、大腿外側 (lateral thigh)、股骨外上髁 (lateral epicondyle of femur)、小腿外側 (lateral shank)、腳踝外踝 (lateral malleolus)、第二趾骨尖 (second metatarsal head)、腳跟 (calcaneus) 及薦骨一顆 (sacrum, midline of posterior superior iliac spine) (圖2.6) (圖2.7)。此外，在靜止站立時還包括了股骨內髁 (medial epicondyle of femur) 及腳踝內踝 (medial malleolus)，以便計算受試者活動時膝關節及踝關節之中心。藉由股骨內、外上髁及腳踝內、外髁的中心點，定義為膝關節及

踝關節之中心。並計算膝關節及踝關節中心於靜止站立時，分別相對大腿及小腿其它三顆反光球之位置，以便於受試者活動時計算膝關節及踝關節中心之動態位置。

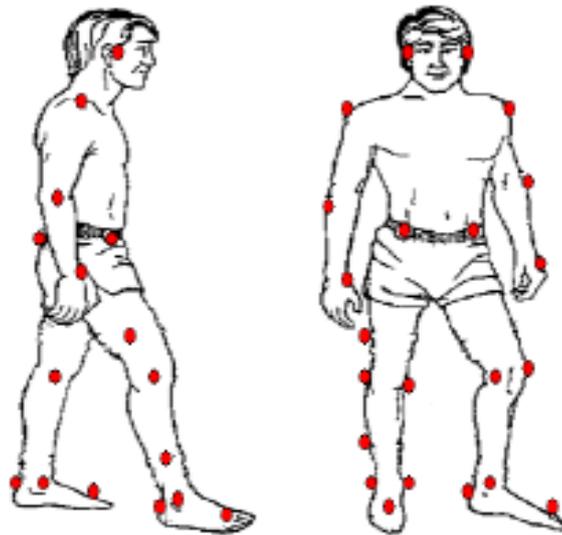


圖 2.6 反光球貼在受試者身上的特定位置

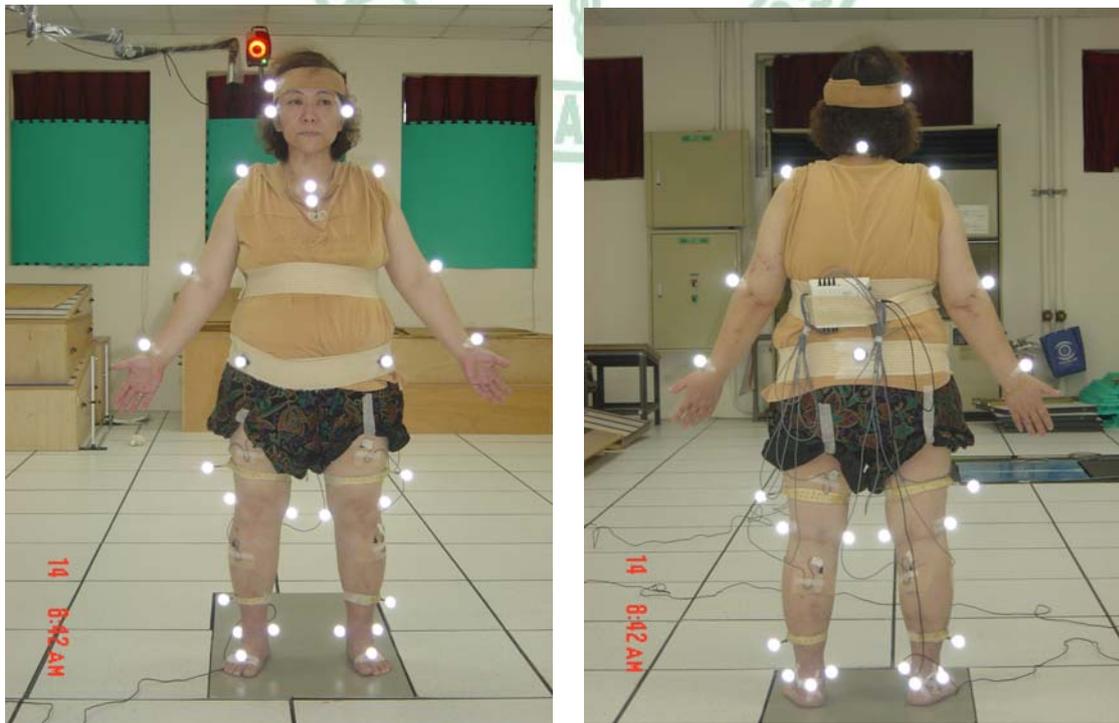


圖 2.7 反光球貼在受試者身上的實驗照片

透過反光球的位置我們可以訂定七個坐標系來計算關節的角運動，包括：骨盆坐標系 (pelvis coordinate system)，兩側之大腿坐標系 (bilateral thigh coordinate systems)，兩側之小腿坐標系 (bilateral shank coordinate systems)，兩側足部坐標系 (bilateral foot coordinate systems)，其計算肢段座標系統，主要採用 Helen Hayes model 定義之方式。利用旋轉矩陣可表示每一個下肢肢段在空間中的位置，透過矩陣的運算，我們可將關節角運動視為遠端肢段相對於近端肢段的運動。當下肢肢段的運動學，地面的反作用力與力矩以及人體計測資料 (anthropometric data) 取得後，關節所受三維力量與力矩可以被進一步計算求取。我們可以利用肢段自由體圖 (free-body diagram) 的分析，透過牛頓-尤拉方程式 (Newton-Euler equations) 來求取實驗相關資料。

(4) 平面步道

位於動作分析實驗室中，可供受試者在實驗室行走，上述之三維測力板即安置於此平面步道中。

(5) 外側楔型鞋墊及鞋子

選擇市面上常見的平底四分之三足、硬式鞋墊為基本材料，自行加工於鞋底黏上外側高度為 12 mm 的軟木塞楔型片 (圖2.8) (圖2.9)。

實驗中為避免鞋墊滑脫，使用市售足踝護具（OPPO®，2201 ankle brace）固定鞋墊。為減少實驗誤差，患者回家穿鞋墊時，給予固定形式之運動鞋（圖2.10）。



圖 2.8 外側楔型鞋墊（外側，後側，內側視圖）



圖 2.9 外側楔型鞋墊（上，下視圖）



圖 2.10（左）運動鞋（右）將鞋墊置於運動鞋中

第二節 研究設計

2.2.1. 實驗室流程

在實驗開始前，我們會先設定並校正動作分析系統及三維測力板系統。所有受試者在接受實驗前會先詢問其過去病史(past history)，以確定受試者不在本實驗排除條件之外，同時了解並記錄其相關資料，包括：年齡，性別，罹病時間(Disease duration) (患者回憶膝關節疼痛時間)，患者自覺疼痛指數(Visual Analog Scale, VAS) 以及退化性膝關節炎嚴重程度(Modified Lequesne Index of Severity for Knee OA) (附錄四)。符合本實驗之受試者在充分明白實驗目的及步驟後，換裝並簽署受試者同意書。

患者換裝後，先測量身高及體重(以計算「身體質量指數」，Body mass index (BMI) — kg / m^2)，軀幹周長(頭圍，胸圍，腰圍)及下肢肢段的長度，和下肢關節(髌，膝，踝)角度等相關資料，以作為後續資料分析之依據。之後便在受試者身上貼上包括股骨內髌及腳踝內髌等共27顆反光球，首先收集受試者靜止站立時的資料，用以訂定膝關節及踝關節之中心，之後再把股骨內髌及腳踝內髌的反光球拿掉，才不妨礙受試者接下來做動作的表現。

幫受試者貼完反光球後，會請受試者在運動力學實驗室中試走幾趟，讓受試者熟悉實驗室環境及貼上反光球後動作的感覺，待受試者能以

平時動作表現後再開始收集資料。在整個實驗過程中，受試者分別以裸腳及穿上外側楔型鞋墊（以足踝護具固定鞋墊）兩種型態在實驗室中行走，且都能完成整個實驗而無身體異常之現象或下肢關節疼痛的現象。

2.2.2. 實驗步驟

- (1) 於復健科或骨科門診選擇實驗對象，共 12 名退化性膝關節炎患者。
- (2) 所有受試者接受理學檢查及過去病史的詢問，以確定受試者符合本實驗受試標準，並簽署受試者同意書。
- (3) 穿外側楔型鞋墊前、後接受『站立X光』和『動作分析系統，三維測力板系統』檢查。
- (4) 在實驗室中，請患者以自覺舒適速度，在 6 公尺長的步道上來回行走，測試並收集患者於水平步行（level walking）下之相關資訊。
- (5) 請病患將外側楔型鞋墊帶回家穿（每天至少八個小時）。
- (6) 十二週後，再請患者接受『站立X光』及回實驗室接受『動作分析系統，三維測力板系統』檢查。
- (7) 實驗過程中，患者不得接受物理治療，類固醇關節或韌帶注射，以及玻尿酸關節注射等治療，如膝關節疼痛嚴重，統一以固定單一非類固醇消炎止痛藥（meloxicam）治療。

第三節 統計方法

本文的統計分析軟體使用的是 Statistical Package for Social Science (SPSS, 13.0) for Windows, 文中統計方法分成三個部分：

1. 受試者接受測試前的自覺疼痛指數 (Visual Analog Scale, VAS) 和退化性膝關節炎嚴重程度 (Lequesne Index of Severity for Knee OA) 與穿外側楔型鞋墊十二週後的比較, 用相依樣本 T 考驗 (paired-t test)。
2. 受試者接受測試前的第一次穿外側楔型鞋墊『站立X光』檢查和十二週後裸足『站立X光』檢查分別與測試前裸足『站立X光』檢查作比較, 其中的股骨脛骨夾角, 距骨跟骨夾角, 以及距骨傾斜角, 以相依樣本 T 考驗 (paired-t test)。
3. 受試者接受測試前的第一次穿外側楔型鞋墊的『動作分析系統, 三維測力板系統』檢查和十二週後裸足檢查分別與測試前裸足檢查作比較, 所有的參數也同樣以相依樣本 T 考驗 (paired-t test)。

所有資料之 $P < 0.05$ 即達到統計上的顯著意義。

第三章 研究結果

第一節 描述性統計分析

3.1.1. 受試者資料

參與本實驗的退化性膝關節炎患者共 12 位（女性：8 名；男性：4 名）。所有受試者的慣用側（dominant side）皆為右側，左、右腳膝關節退化程度相當。

表 3.1 受試者基本資料平均值（Mean）和標準差（S.D.）

編號	性別	年齡	身高 (cm)	體重 (kg)	平均身體質量指數	左側膝主動關節角度	右側膝主動關節角度	左側膝被動關節角度	右側膝被動關節角度
1	女	71	145.5	58.5	27.63	115	113	120	120
2	男	71	167	52	18.65	110	113	120	125
3	女	78	152	65	28.13	122	115	130	122
4	女	78	154.5	68.5	28.69	113	98	120	108
5	女	73	148	48	21.91	109	112	125	120
6	男	72	166	71.5	25.95	120	100	130	103
7	女	69	147	70.5	32.63	115	95	120	105
8	女	54	147	68.5	31.69	112	120	116	122
9	女	67	151.5	68	29.63	122	121	126	125
10	男	71	170	70.5	24.39	113	115	130	125
11	男	72	154	67.5	28.46	105	120	121	125
12	女	72	138	56	29.41	117	119	125	125
平均值		70.7	153.4	63.7	27.3	114.4	111.8	123.6	118.8
標準差		5.9	9.3	7.7	3.8	5.0	8.7	4.6	8.0

退化性膝關節炎患者的年齡介於 54 歲至 78 歲，平均年齡是 70.7 ± 5.9 歲；平均身高是 153.4 ± 9.3 公分；平均體重是 63.7 ± 7.7

公斤；平均身體質量指數 (B.M.I.) 是 27.3 ± 3.8 。平均膝關節角度：右側主動關節角度是 111.8 ± 8.7 ；左側主動關節角度是 114.4 ± 5.0 ；右側被動關節角度是 118.8 ± 8.0 ；左側被動關節角度是 123.6 ± 4.6 (表 3.1)。

3.1.2. 受試者自覺疼痛指數 (Visual Analog Scale)

『自覺疼痛指數 (Visual Analog Scale, VAS)』是一種由受試者自述疼痛強度 (pain intensity) 的評估工具，已被廣泛應用在臨床上追蹤患者骨骼肌肉系統疼痛改善情形。測試的方法為準備一張空白紙張，在上面只有一條長十公分的直線，一端標示 0，另一端標示 10。測試時會告訴患者：0 表示完全不痛，10 表示最痛 (無法忍受的痛)，請患者拿筆在直線上劃下自己疼痛的程度，疼痛指數即可用標有刻度的直尺量出長度來表示 (以 mm 為單位)。

所有受試者在接受實驗前會先記錄『自覺疼痛指數 (Visual Analog Scale, VAS)』。在接受第一次『動作分析系統，三維測力板系統』檢查後，請病患將外側楔型鞋墊帶回家穿 (每天至少八個小時)。十二週後，再請患者回實驗室接受第二次『動作分析系統，三維測力板系統』檢查。檢查前，我們會再紀錄『自覺疼痛指數 (Visual Analog Scale, VAS)』。

表 3.2 受試者自覺疼痛指數平均值 (Mean) 和標準差 (S.D.)

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均值	標準差
受測前	62	48	59	57	65	73	71	42	43	41	41	48	54.2	11.3
十二週後	34	39	43	49	52	59	54	23	31	26	29	31	39.2	11.5

3.1.3. 受試者退化性膝關節炎嚴重程度 (Lequesne Index)

『退化性膝關節炎嚴重程度(Lequesne Index of Severity for Knee OA)』(見附錄四)是被公認用來評估膝關節退化程度的一個具有信效度的指標。它主要是以患者日常生活中活動情形為評分要點，包括了活動時的膝關節疼痛情形，平常走路的能力，上下樓梯、蹲下以及在不平的路面上走路的難易度。程度最輕為 0 分，最嚴重是 24 分 (Modified Lequesne index : 22 分)。

在接受實驗前同樣會記錄所有受試者的『退化性膝關節炎嚴重程度 (Lequesne Index of Severity for Knee OA)』。在接受第一次檢查後，請病患將外側楔型鞋墊帶回家穿 (每天至少八個小時)。十二週後，再請患者回實驗室接受第二次檢查。檢查前，我們會再紀錄『退化性膝關節炎嚴重程度』。

表 3.3 受試者 Lequesne Index 之平均值 (Mean) 和標準差 (S.D.)

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均值	標準差
受測前	11	8	10	11	11	13	13	8	9	8	10	11	10.3	1.7
十二週後	6	5	7	8	8	10	10	5	7	5	6	7	7	1.7

3.1.4. 受試者下肢 X-光變化

所有受試者在接受實驗前都會接受裸足(不穿外側楔型鞋墊)的『站立 X 光』檢查。所有受試者皆罹患雙側退化性膝關節炎，膝關節退化程度根據 Kellgren and Lawrence grading system (1963) 標準，Grade III 有 8 名，Grade IV 有 4 名。實驗當天會請受試者穿上外側楔型鞋墊(以足踝護具固定鞋墊)，接受另一次『站立 X 光』，然後請病患將外側楔型鞋墊帶回家穿(每天至少八個小時)。十二週後，再請患者接受裸足的『站立 X 光』檢查。

所有受測者的三次『站立 X 光』檢查中可計算出股骨脛骨夾角 (femorotibial angle, FTA)，距骨跟骨夾角 (talocalcaneal angle, TCA)，以及距骨傾斜角 (talar tilt angle, TTA)。股骨脛骨夾角 (FTA) 是指股骨遠端三分之一段的中線和脛骨近端三分之一段的中線所形成的夾角(圖 3.1.A)。以距骨內、外側頂端連線中點 (medial and lateral convex ends of the trochanter talus) 和內、外踝最遠端連線中點 (distal ends

of the malleoli) 劃一直線，另在距離外踝遠端 2.5 公分處一條直線平行於地面 (a line parallel to floor, passing through 2.5 cm distal to the lateral malleolus)，此水平直線的垂直線和上述直線的交角就是距骨跟骨夾角 (TCA) (圖 3.1.B)。距骨傾斜角 (TTA) (圖 3.1.C) 則由距骨 (trochanter talus) 內、外側頂端連線和水平線相交所形成。



圖 3.1 A. 股骨脛骨夾角，B. 距骨跟骨夾角，C. 距骨傾斜角

表 3.4 受試者受測前裸足『站立 X 光』檢查的角度資料

編號	股骨脛骨 夾角(右)	距骨跟骨 夾角(右)	距骨傾斜 角(右)	股骨脛骨 夾角(左)	距骨跟骨 夾角(左)	距骨傾斜 角(左)
1	172	8	6	174	7	6
2	174	10	7	172	12	7
3	178	13	10	175	13	10
4	171	4	5	174	3	8
5	173	5	4	174	9	2
6	180	8	8	180	0	9
7	183	3	5	180	1	5
8	176	3	12	175	11	5
9	175	3	6	172	1	7
10	174	4	2	175	5	1
11	176	6	1	175	10	7
12	175	1	8	176	1	6
平均值	175.6	5.7	6.2	175.2	6.1	6.1
標準差	3.3	3.3	3.0	2.4	4.6	2.5

表 3.5 受試者受測前穿外側楔型鞋墊『站立 X 光』檢查的角度資料

編號	股骨脛骨 夾角(右)	距骨跟骨 夾角(右)	距骨傾斜 角(右)	股骨脛骨 夾角(左)	距骨跟骨 夾角(左)	距骨傾斜 角(左)
1	171	3	4	172	6	6
2	175	8	7	171	9	8
3	175	4	7	175	3	10
4	174	6	3	170	3	8
5	173	8	4	173	11	2
6	180	5	7	180	4	9
7	182	5	6	178	2	6
8	176	0	14	176	11	7
9	175	2	7	174	5	7
10	170	9	1	173	4	0
11	175	10	1	175	1	1
12	175	6	7	175	4	8
平均值	175.1	5.5	5.7	174.3	5.3	6
標準差	3.2	2.8	3.3	2.7	3.2	3.1

表 3.6 受試者十二週後裸足『站立 X 光』檢查的角度資料

編號	股骨脛骨 夾角(右)	距骨跟骨 夾角(右)	距骨傾斜 角(右)	股骨脛骨 夾角(左)	距骨跟骨 夾角(左)	距骨傾斜 角(左)
1	176	5	5	174	8	8
2	175	3	8	175	7	9
3	173	12	11	175	16	10
4	173	5	5	172	3	8
5	170	9	5	173	6	3
6	183	5	7	176	2	9
7	183	5	5	177	9	5
8	176	6	10	174	7	9
9	172	7	8	174	1	9
10	174	9	2	173	7	1
11	174	2	20	175	1	15
12	174	0	5	174	0	5
平均值	175.3	5.7	7.6	174.3	5.6	7.6
標準差	3.8	3.1	4.4	1.3	4.3	3.5

3.1.5. 受試者步態分析中的空間與時間參數

步態週期 (Gait cycle) 是指步行中從單腳的某一個特定時期，到同一腳回到同一個特定時期的一個循環週期，其中包含了站立期 (stance period) 和擺盪期 (swing period)。站立期 (stance period) 是指從腳開始著地，直到完全離地前，一般可依序細分為開始足跟著地期 (initial contact)，承重反應期 (loading response)，站立中期 (mid-stance)，站立末期 (terminal stance) 到前擺盪期 (pre-swing) 共五個階段，這段腳與地面接觸的時期，在平面行走時大約佔步態週期的 60%。緊接著是擺盪期 (swing period)，指的是當腳開始離開地面，直到再次接觸的地

面的這段時期，同樣也依序分成三個階段：擺盪前期（initial swing），擺盪中期（mid-swing），和擺盪後期（terminal swing），這段腳離開地面的時期，在平面行走時大約佔步態週期的 40 %。（圖3.2）

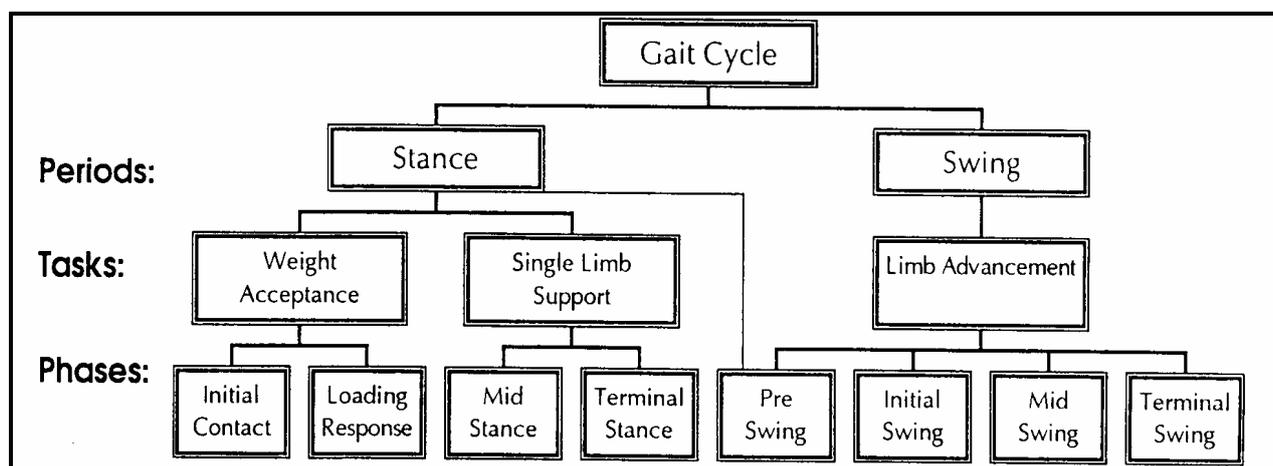


圖 3.2 步態週期示意圖

從單腳的開始足跟著地期（initial contact）到同一腳回到下一次的開始足跟著地期所需要的時間，稱作一個跨步時間（stride time）；到對側腳的開始足跟著地期所需要的時間，則稱作一步時間（step time）。而在此時間內移動的距離則稱之跨步長（stride length）與步長（step length）。兩腳之間的距離稱作步寬（step width）。步行速度（gait velocity）則由步行移動的距離除以所耗用的時間來取得。（圖3.3）

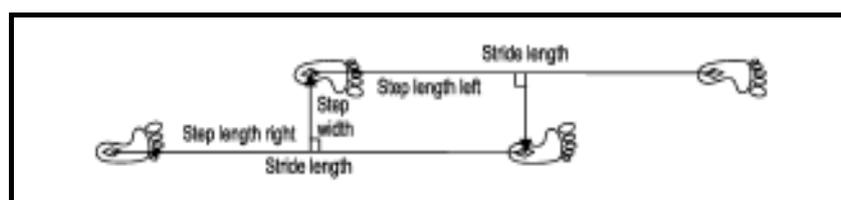


圖 3.3 步態週期的相關參數

第二節 推論性統計分析

3.2.1. 自覺疼痛指數 (Visual Analog Scale) 比較

圖3.4 為受試者在受試前和將外側楔型鞋墊帶回家穿十二週後之自覺疼痛指數比較。

研究發現患者在受試前自覺疼痛指數平均為 54.2 ± 11.3 ，穿外側楔型鞋墊十二週後之自覺疼痛指數平均為 39.2 ± 11.5 ，疼痛情形明顯改善，且有顯著差異。(paired-t test, $P < 0.05$)

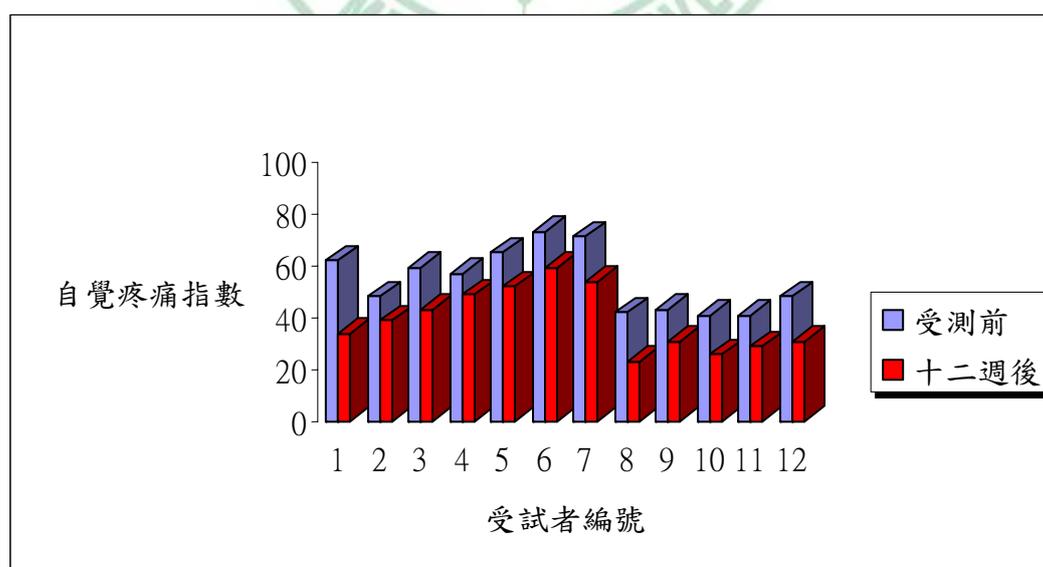


圖 3.4 受試者之自覺疼痛指數 (VAS) 比較

3.2.2. 退化性膝關節炎嚴重程度 (Lequesne Index) 比較

圖3.5 為受試者在受試前和將外側楔型鞋墊帶回家穿十二週後之膝關節炎嚴重程度 (Lequesne index) 比較。

研究發現患者在受試前Lequesne index 平均為 10.3 ± 1.7 ，穿外側楔型鞋墊十二週後之 Lequesne index 平均為 7.0 ± 1.7 ，Lequesne index 減少，嚴重程度減輕，且有顯著差異。(paired-t test, $P < 0.05$)

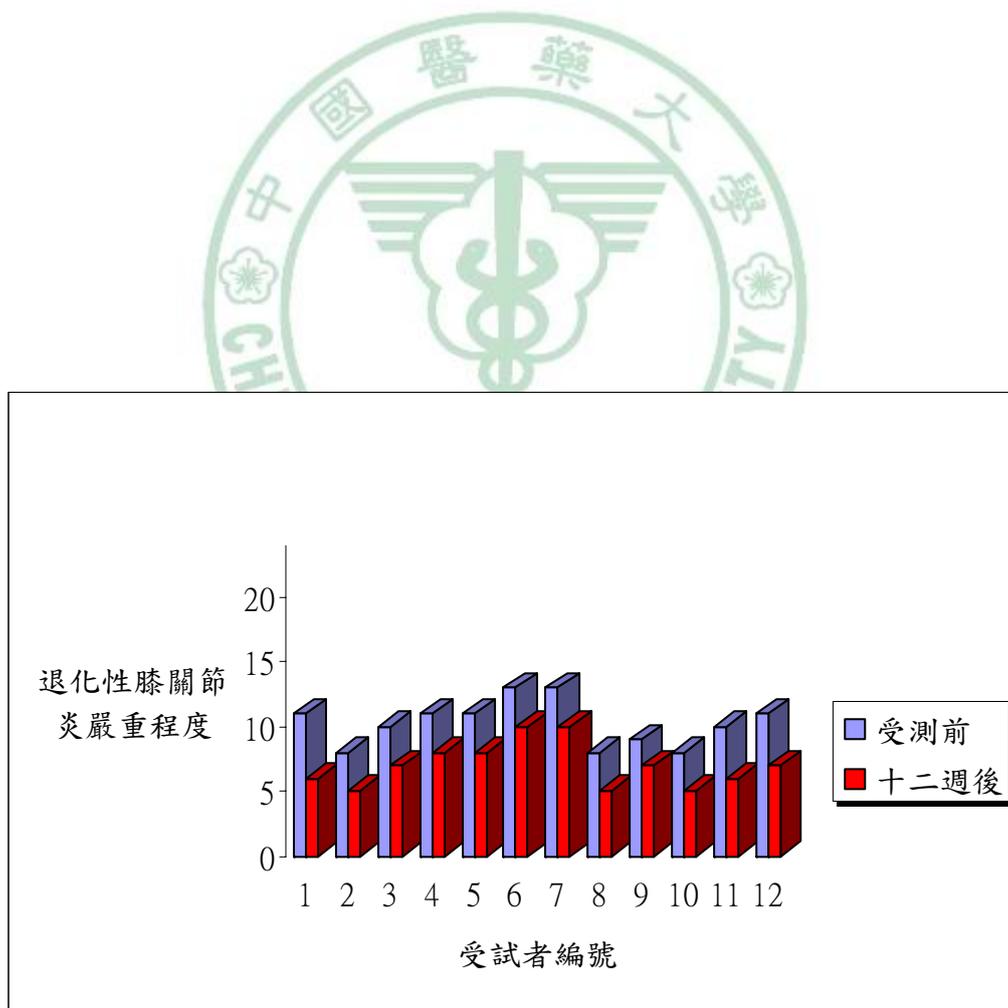


圖 3.5 受試者之 Lequesne Index 比較

3.2.3. 下肢 X-光變化比較

在本實驗過程中，我們會安排受試者在受試前接受裸足和穿外側楔型鞋墊的『站立 X 光』檢查，另外在受試者將外側楔型鞋墊帶回家穿十二週後回來接受測試時再接受一次裸足的『站立 X 光』檢查。

圖 3.6 為受試者在『站立 X 光』檢查中測量出的左、右腳股骨脛骨夾角 (femorotibial angle, FTA) 在受試前裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, 右腳 $P = 0.352$; 左腳 $P = 0.096$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 (右腳 $P = 0.67$; 左腳 $P = 0.175$) 都沒有顯著差異。

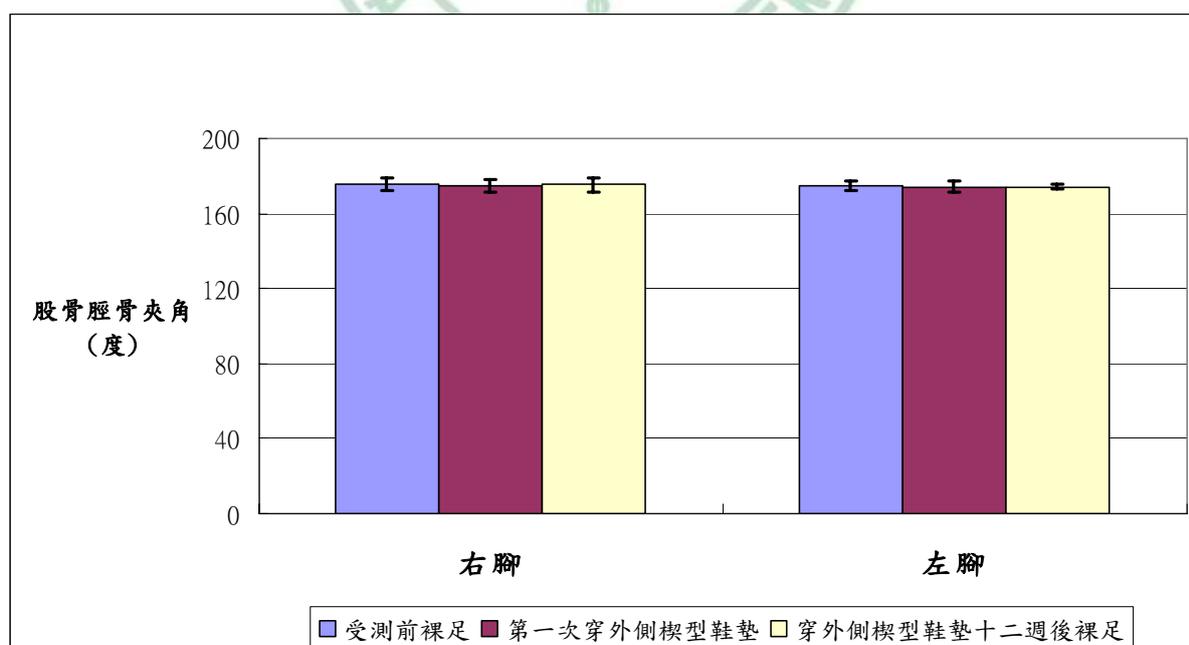


圖 3.6 受試者股骨脛骨夾角比較

圖 3.7 為受試者在『站立 X 光』檢查中測量出的左、右腳距骨跟骨夾角 (talocalcaneal angle, TCA) 在受試前裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, 右腳 $P = 0.989$; 左腳 $P = 0.54$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 (右腳 $P = 1.0$; 左腳 $P = 0.7$) 都沒有顯著差異。

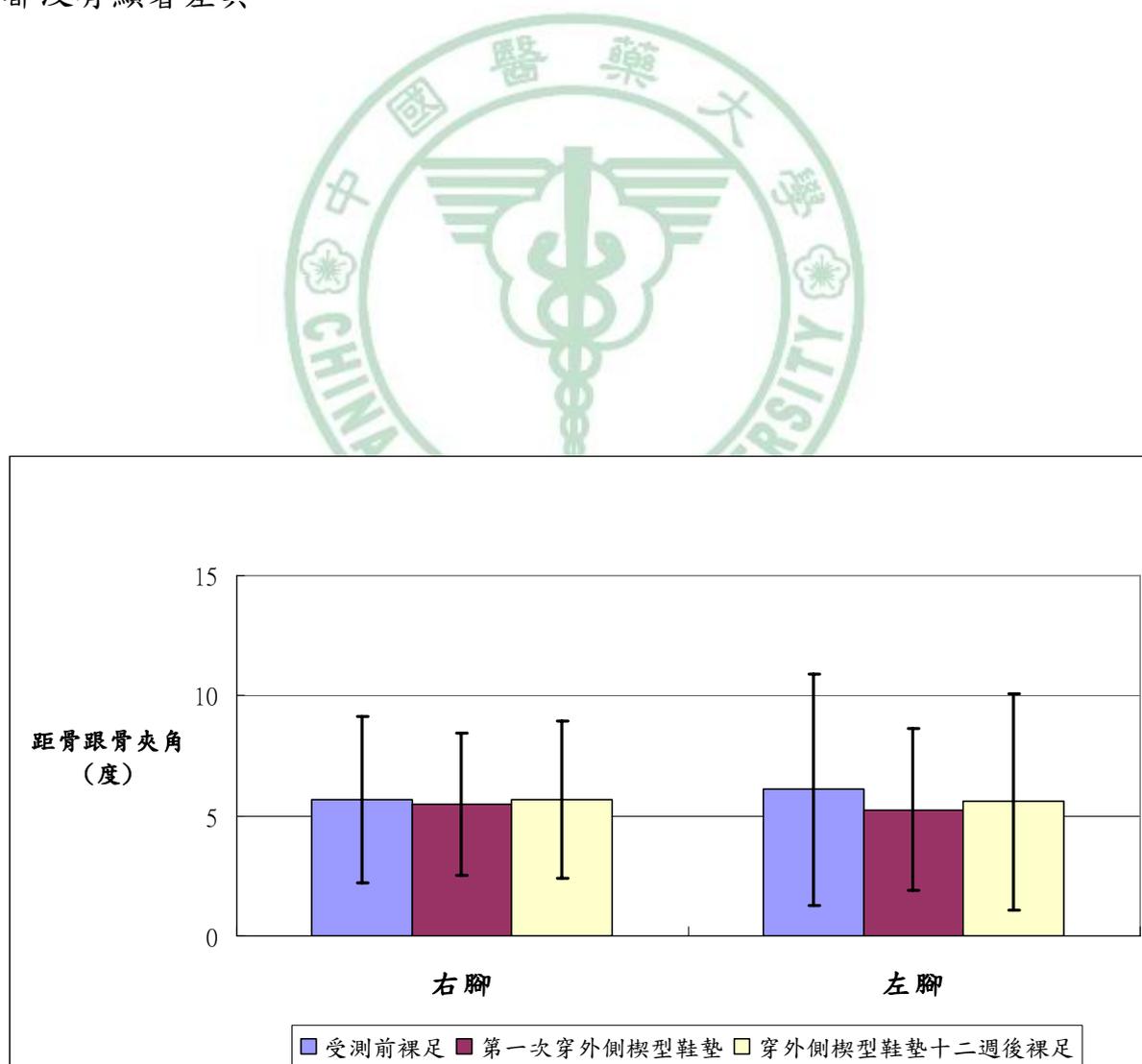


圖 3.7 受試者距骨跟骨夾角比較

圖 3.8 為受試者在『站立 X 光』檢查中測量出的左、右腳距骨傾斜角 (talar tilt angle, TTA) 在受試前裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, 右腳 $P = 0.256$; 左腳 $P = 0.891$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 (右腳 $P = 0.409$; 左腳 $P = 0.059$) 都沒有顯著差異。

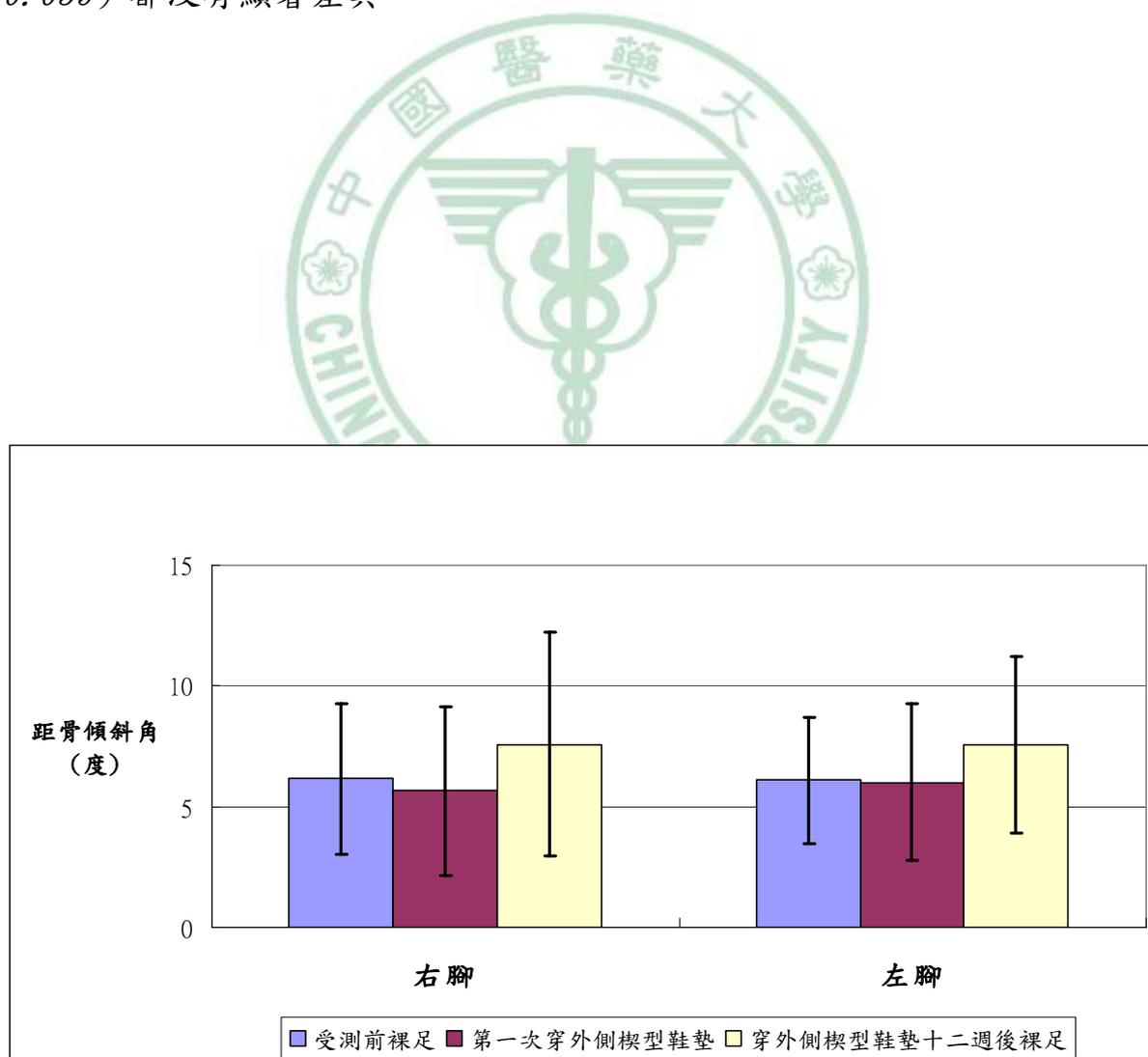


圖 3.8 受試者距骨傾斜角比較

3.2.4. 空間與時間參數比較

在本實驗過程中，我們會安排受試者在受試前接受裸足和穿外側楔型鞋墊的『動作分析系統，三維測力板系統』檢查，另外在受試者將外側楔型鞋墊帶回家穿十二週後回來再接受一次裸足的『動作分析系統，三維測力板系統』檢查。

實驗中，我們可取得的空間與時間的參數（spatiotemporal parameters）包括了跨步長（stride length），步長（step length），步寬（step width），步行速度（gait velocity），足跟離地最大高度（heel maximum height），週期時間（cycle time），站立期時間（stance phase time），擺盪期時間（swing phase time），以及站立期佔步態週期百分比。

因為參與本實驗的退化性膝關節炎患者慣用側（dominant side）皆為右側，且左、右腳兩側膝關節退化程度相當，所以我們在本次實驗『動作分析系統，三維測力板系統』檢查中，僅選取受試者右腳資料作分析。

圖 3.9 為受試者的右腳跨步長 (stride length) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, $P = 0.732$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.544$) 都沒有顯著差異。

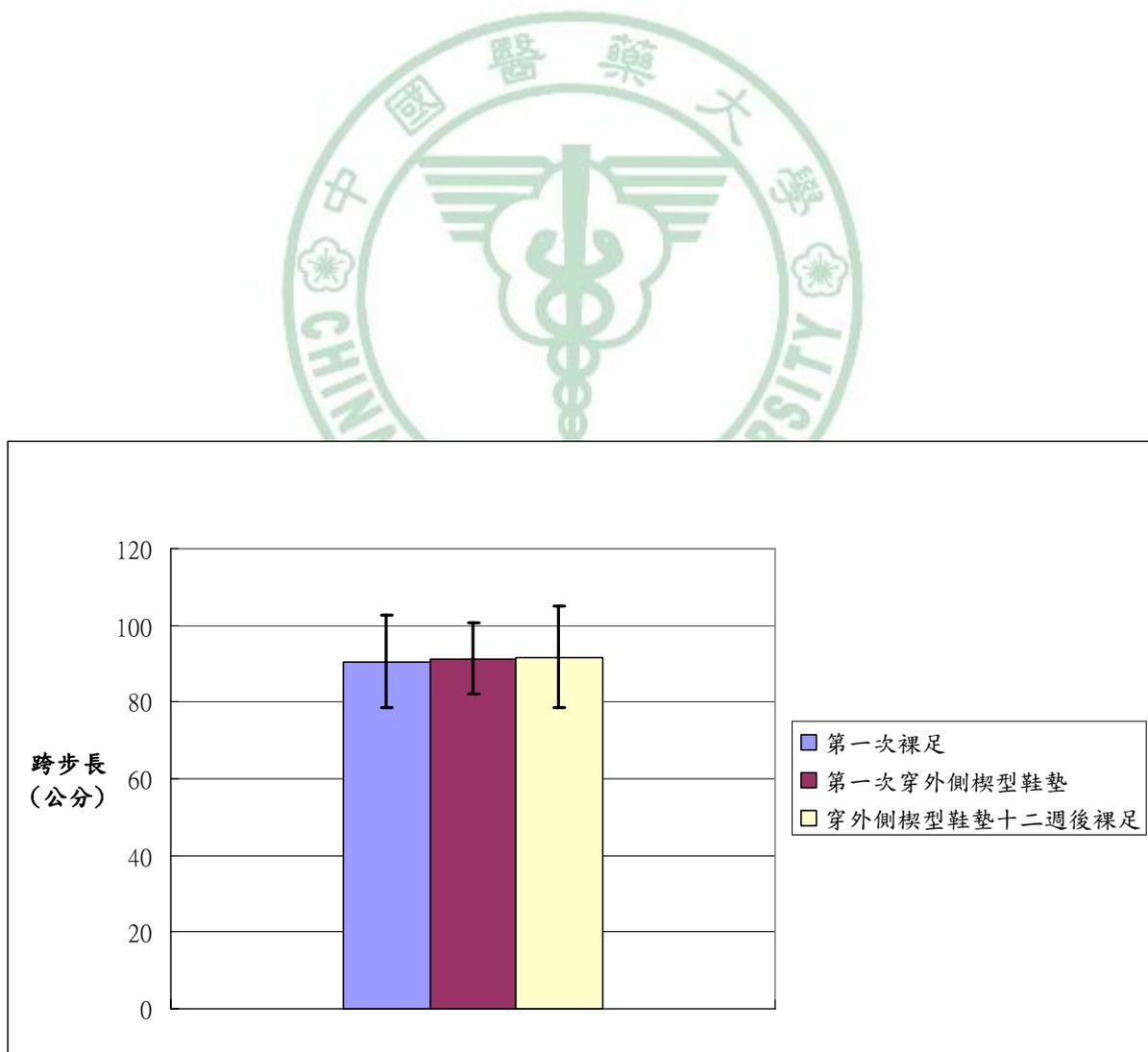


圖 3.9 受試者跨步長比較

圖 3.10 為受試者的步長 (step length) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, $P = 0.485$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.255$) 都沒有顯著差異。

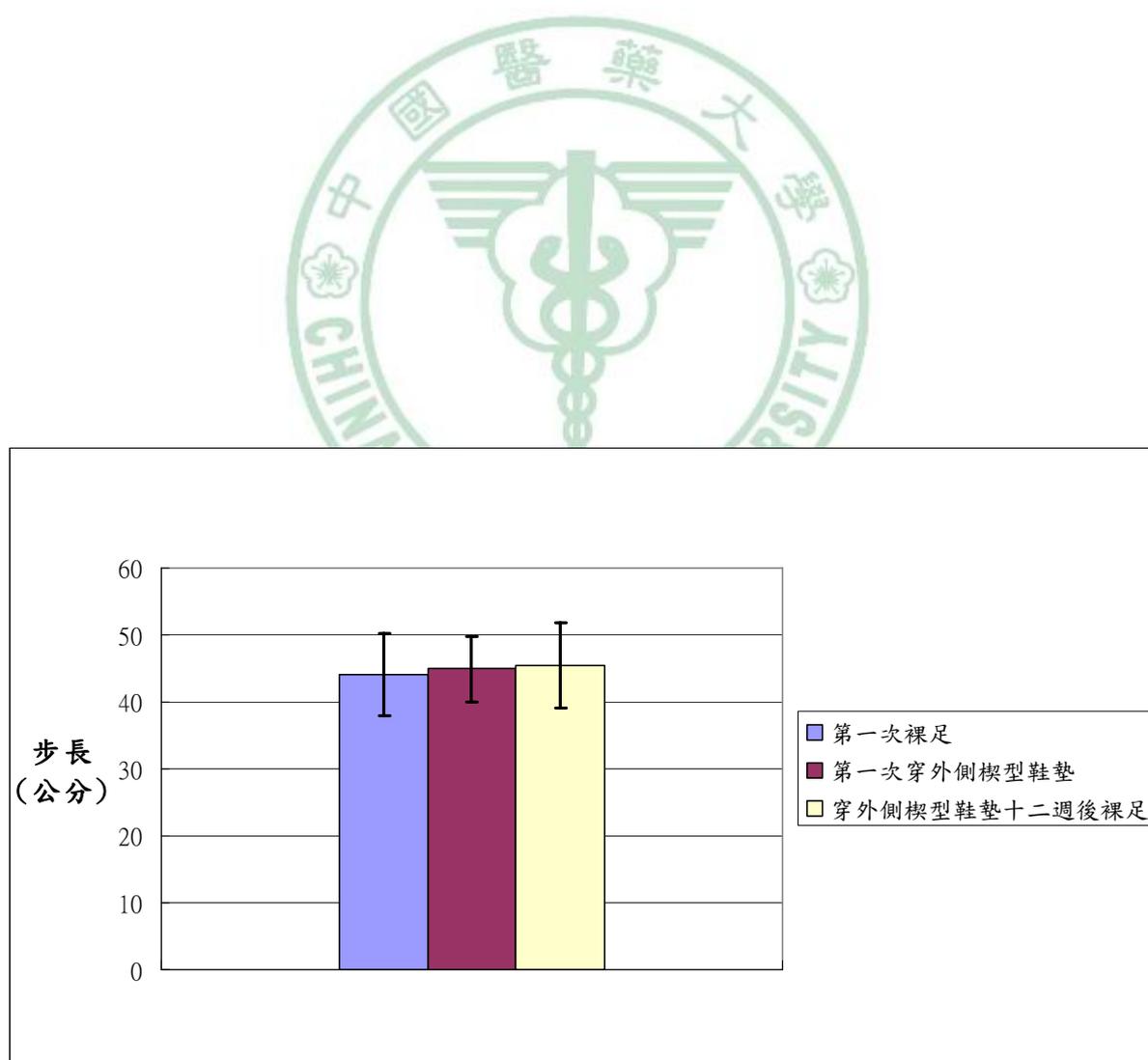


圖 3.10 受試者步長比較

圖 3.11 為受試者的步寬 (step width) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, $P = 0.009$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.009$)，步寬 (step width) 都明顯增加，具有統計上差異 ($P < 0.05$)。

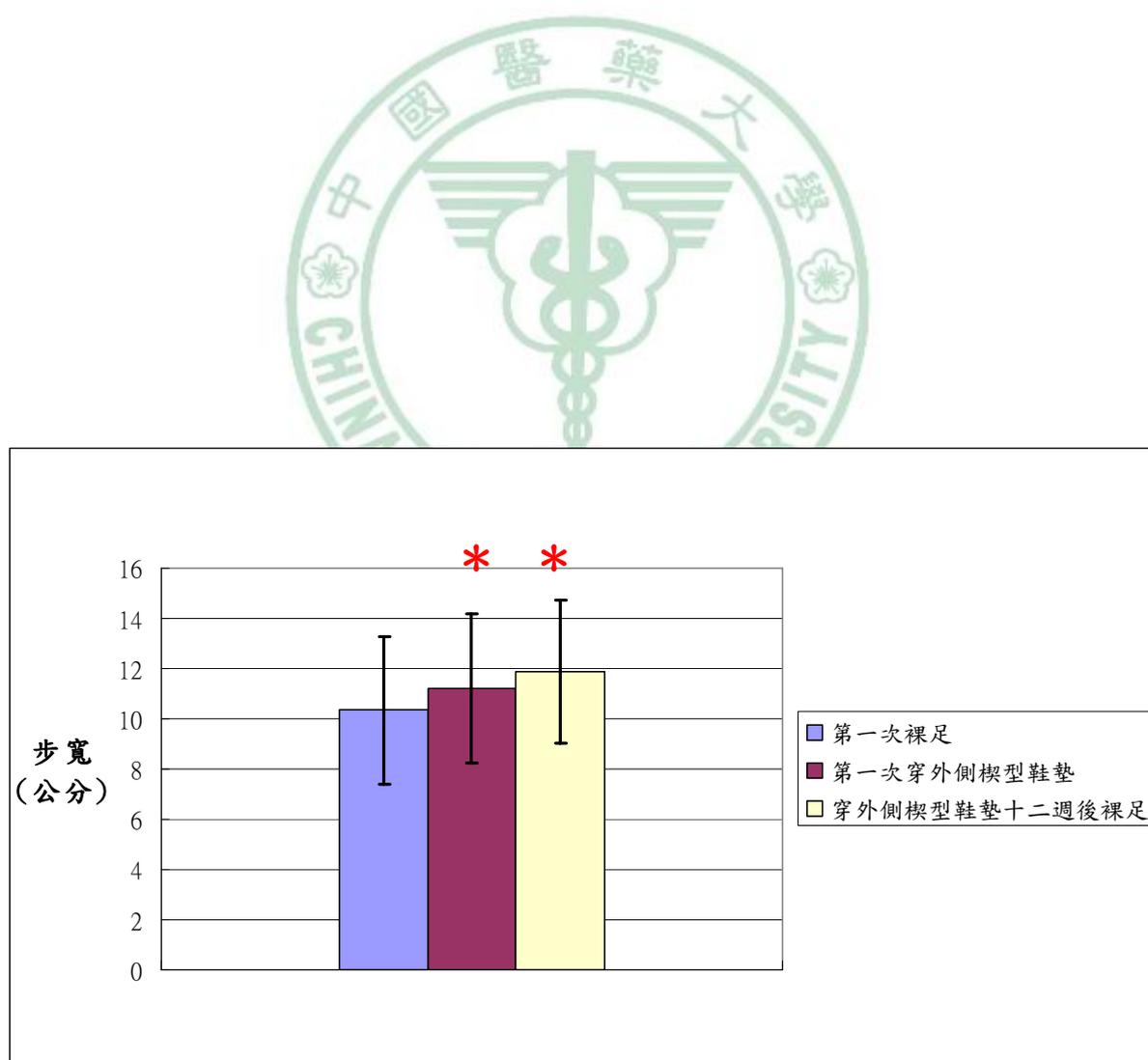


圖 3.11 受試者步寬比較

圖 3.12 為受試者的右腳足跟離地最大高度(heel maximum height)在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現在第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較，足跟離地最大高度(heel maximum height)明顯增加，具有統計上差異(paired-t test, $P = 0.001$) ($P < 0.05$)。但是在穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較時 ($P = 0.716$) 並沒有顯著差異。

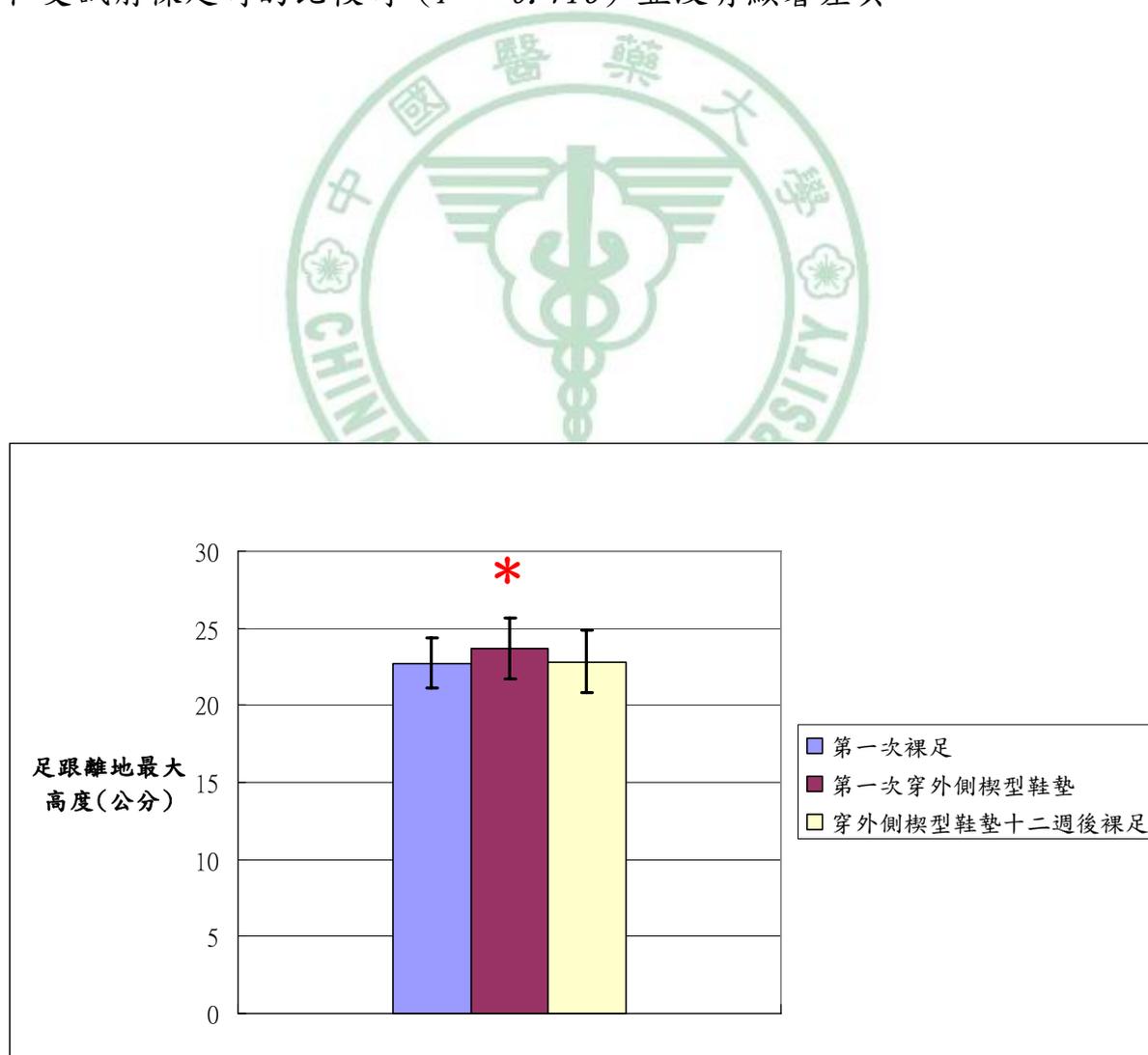


圖 3.12 受試者足跟離地最大高度比較

圖 3.13 為受試者的步行速度 (gait velocity) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, $P = 0.574$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.929$) 都沒有顯著差異。

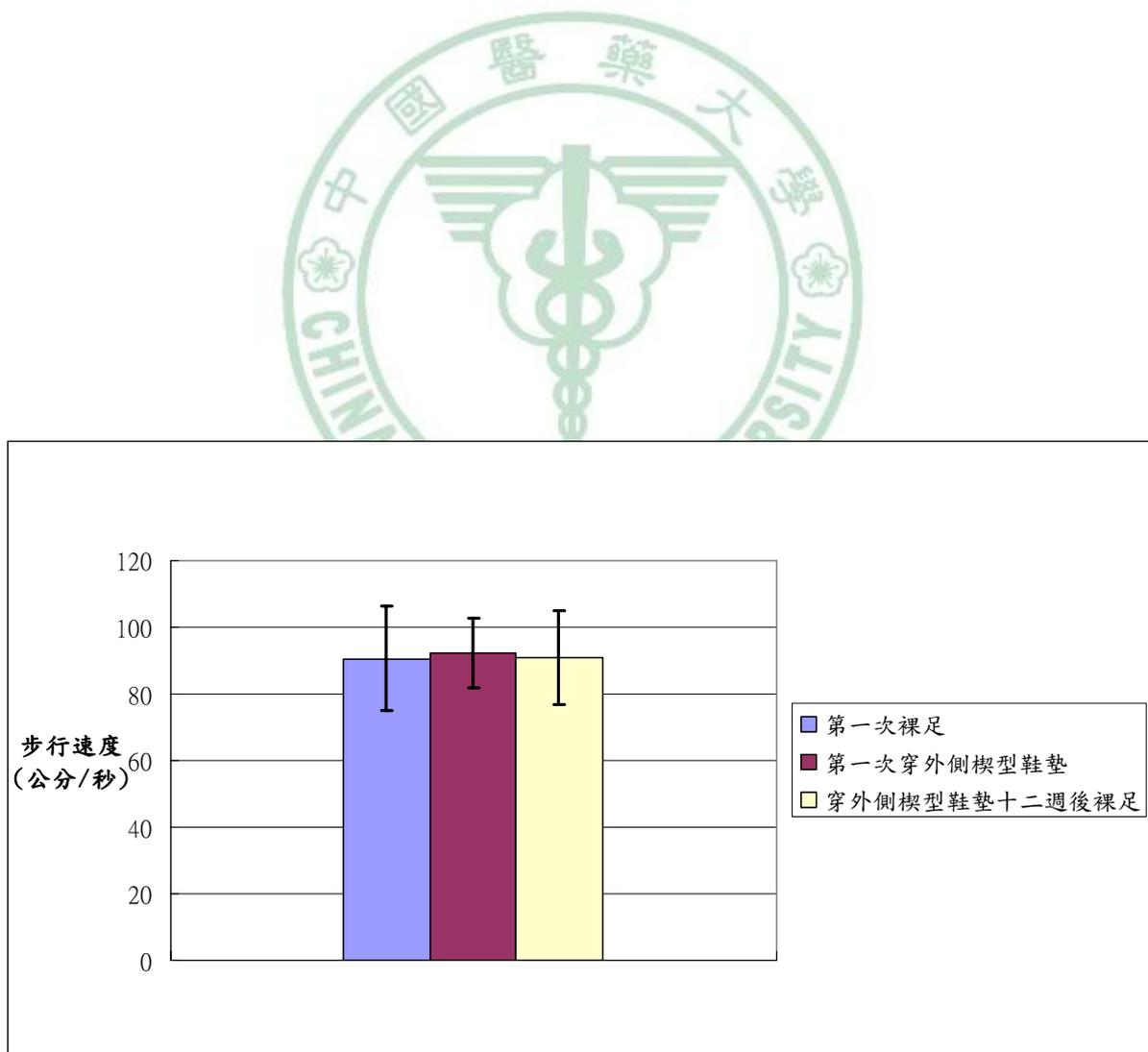


圖 3.13 受試者步行速度比較

圖 3.14 為受試者的右腳週期時間 (cycle time) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, $P = 0.709$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.924$) 都沒有顯著差異。

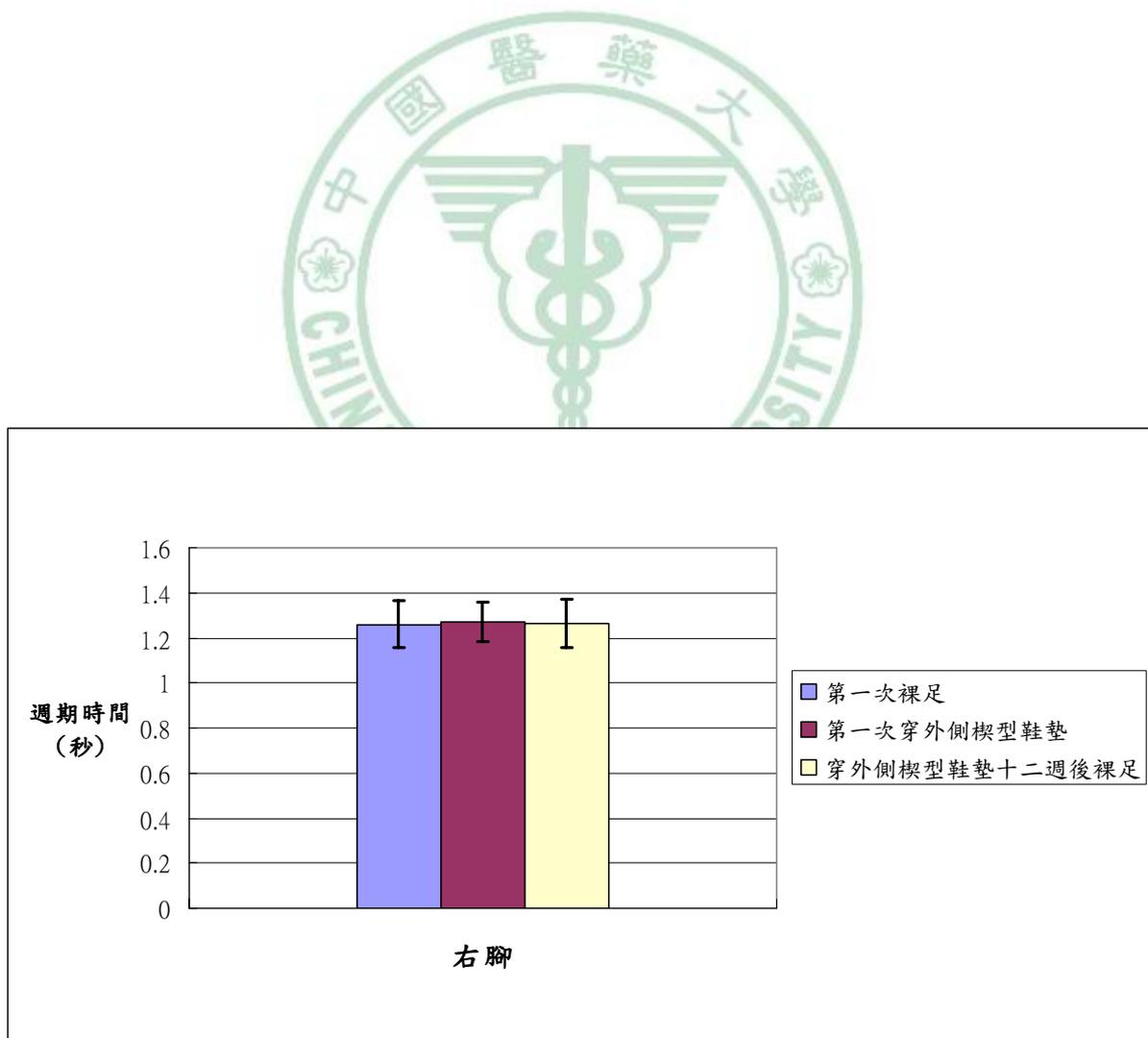


圖 3.14 受試者週期時間比較

圖 3.15 為受試者的右腳站立期時間 (stance phase time) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, $P = 0.179$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.739$) 都沒有顯著差異。

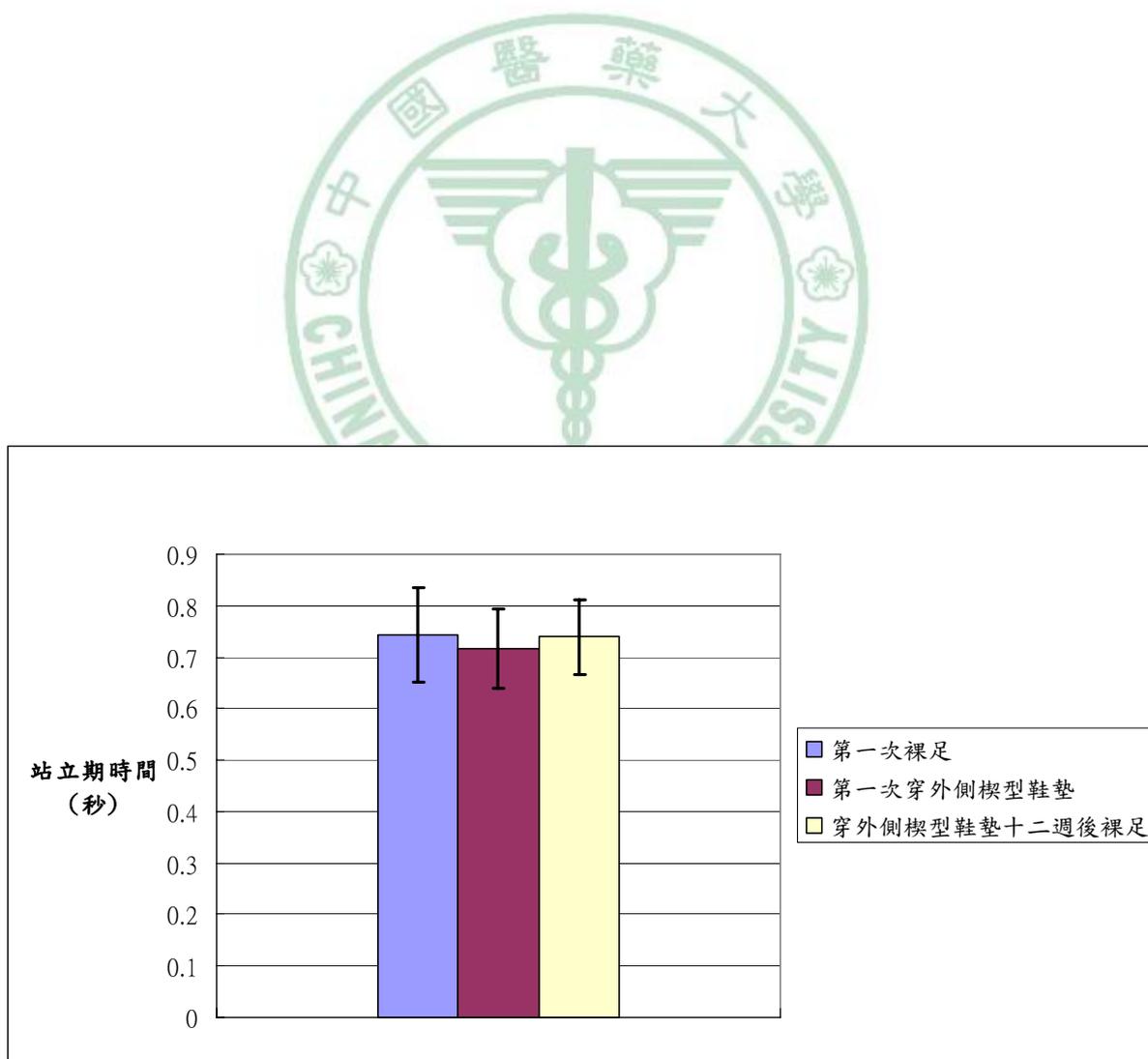


圖 3.15 受試者站立期時間比較

圖 3.16 為受試者的右腳擺盪期時間 (swing phase time) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現在第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較，擺盪期時間 (swing phase time) 明顯增加，具有統計上差異 (paired-t test, $P = 0.000$) ($P < 0.05$)。但是在穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較時，並沒有顯著差異 ($P = 0.42$)。

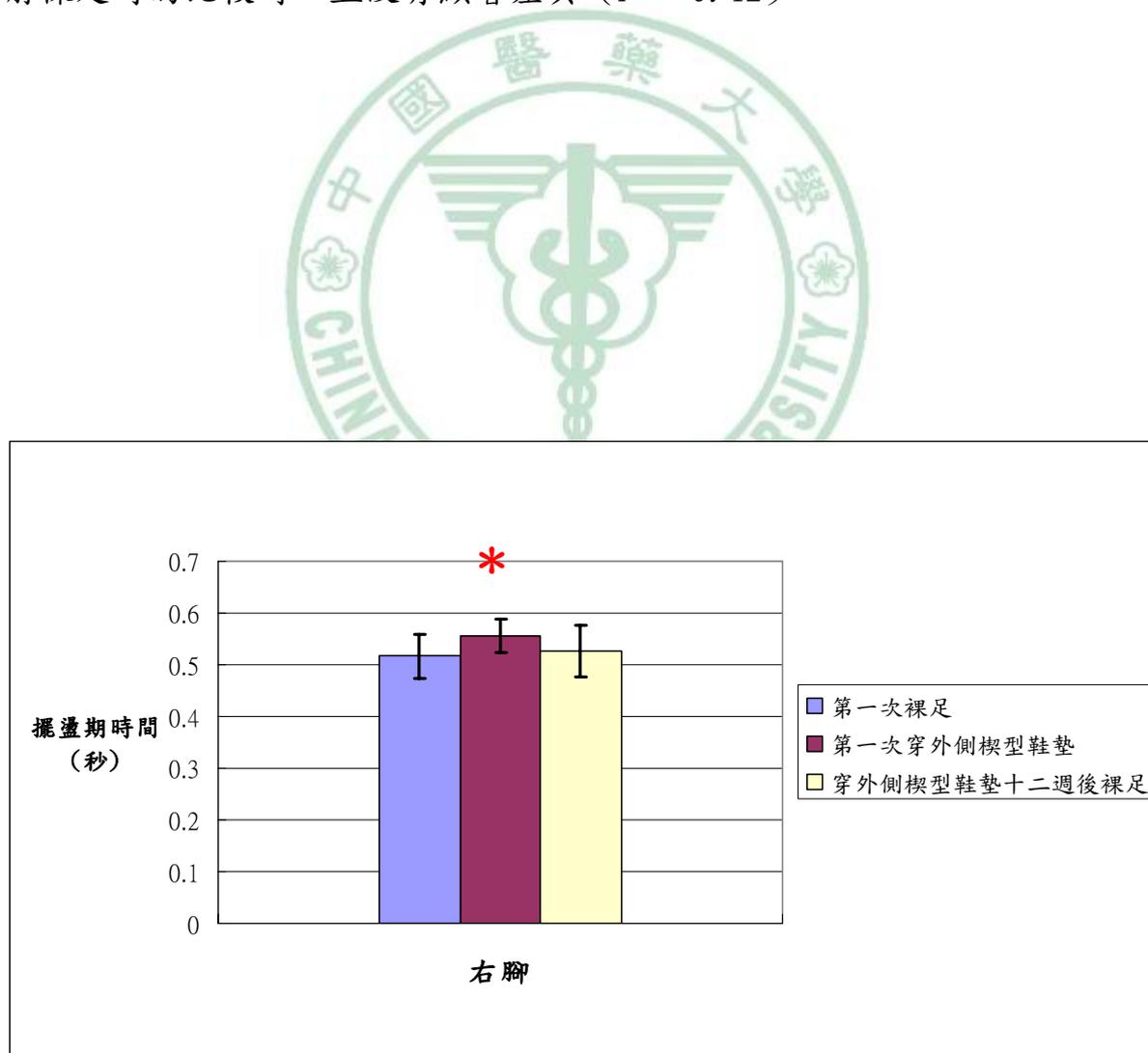


圖 3.16 受試者擺盪期時間比較

圖 3.17 為受試者的右腳站立期佔步態週期百分比在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現在第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較，站立期佔步態週期百分比明顯減少，具有統計上差異 (paired-t test, $P = 0.002$) ($P < 0.05$)。但是在穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較時，並沒有顯著差異 (paired-t test, $P = 0.475$)。

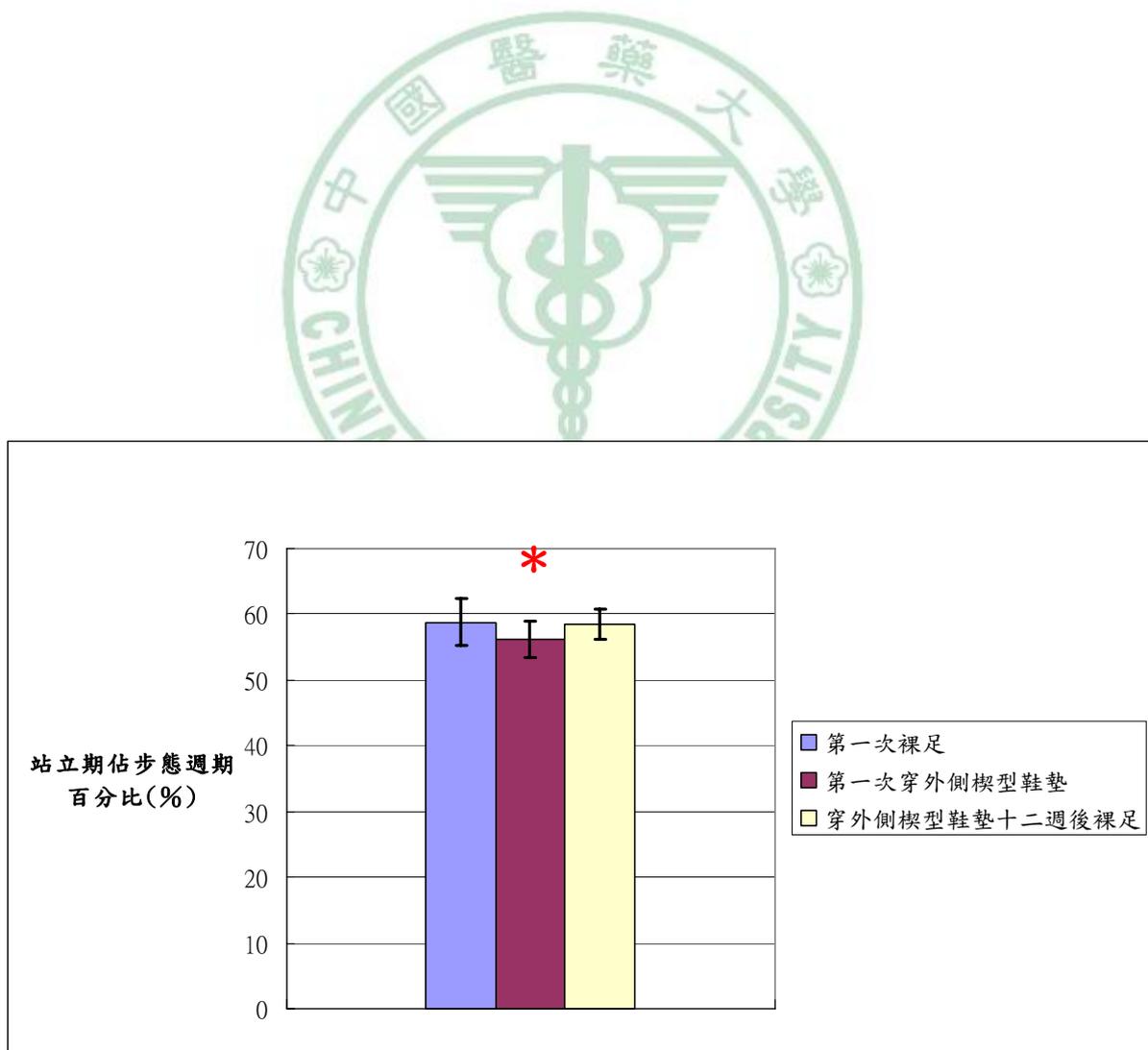


圖 3.17 受試者站立期佔步態週期百分比之比較

3.2.5. 下肢關節、軀幹、及頭部活動角度比較

實驗中，利用紅色光攝影機，並配合 VICON 612 動作分析系統 (VICON 612 motion analysis system, Oxford Metrics Limited., UK) 介面來收集反光球反射的訊號，來計算出受試者頭部，軀幹及下肢關節活動角度的大小。

我們可取得的參數包括了髖關節 (hip joint) 的屈曲伸展 (flexion-extension)、外展內收 (abduction-adduction)、和旋轉 (rotation) 角度；膝關節 (knee joint) 的屈曲伸展 (flexion-extension)、外展內收 (abduction-adduction)、和旋轉 (rotation) 角度；踝關節 (ankle joint) 的蹠屈背屈 (plantar flexion-dorsiflexion)、內翻外翻 (inversion-eversion)、和腳趾內外向 (toe in-out) 角度以及軀幹 (trunk) 和頭部 (head) 的屈曲伸展 (flexion-extension)、側彎 (side bending)、旋轉 (rotation) 角度。

同樣因為參與本實驗的患者為右側慣用側 (dominant side)，且左、右腳兩側膝關節退化程度相當，所以我們僅選取受試者右腳資料作分析。

圖 3.18 為受試者的右腳髁關節屈曲伸展 (hip flexion-extension) 角度在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, $P = 0.097$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.218$) 都沒有顯著差異。

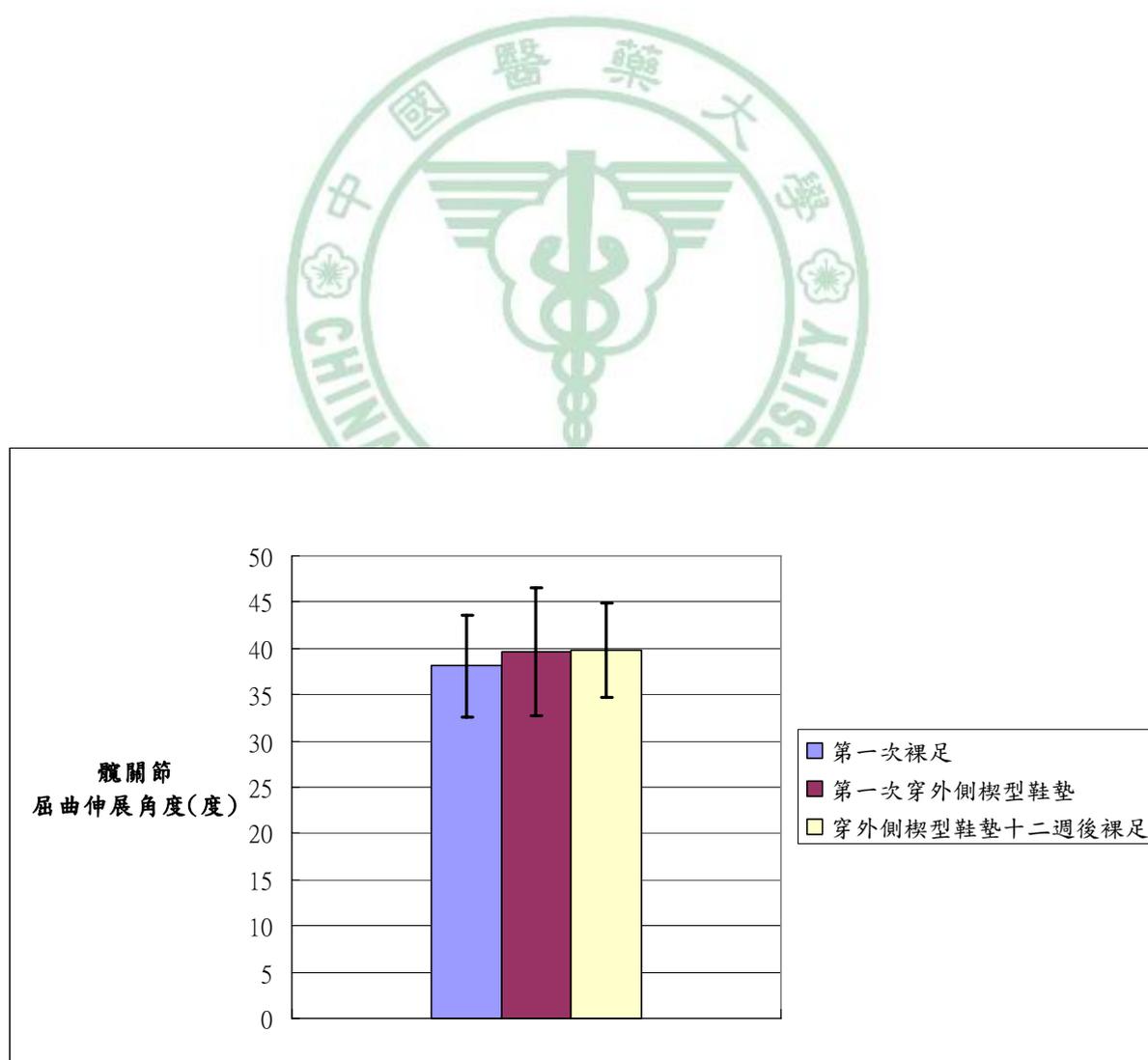


圖 3.18 受試者髁關節屈曲伸展角度之比較

圖 3.19 為受試者的右腳髖關節外展內收（hip abduction-adduction）角度在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較（paired-t test, $P = 0.602$ ），還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較（ $P = 0.687$ ）都沒有顯著差異。

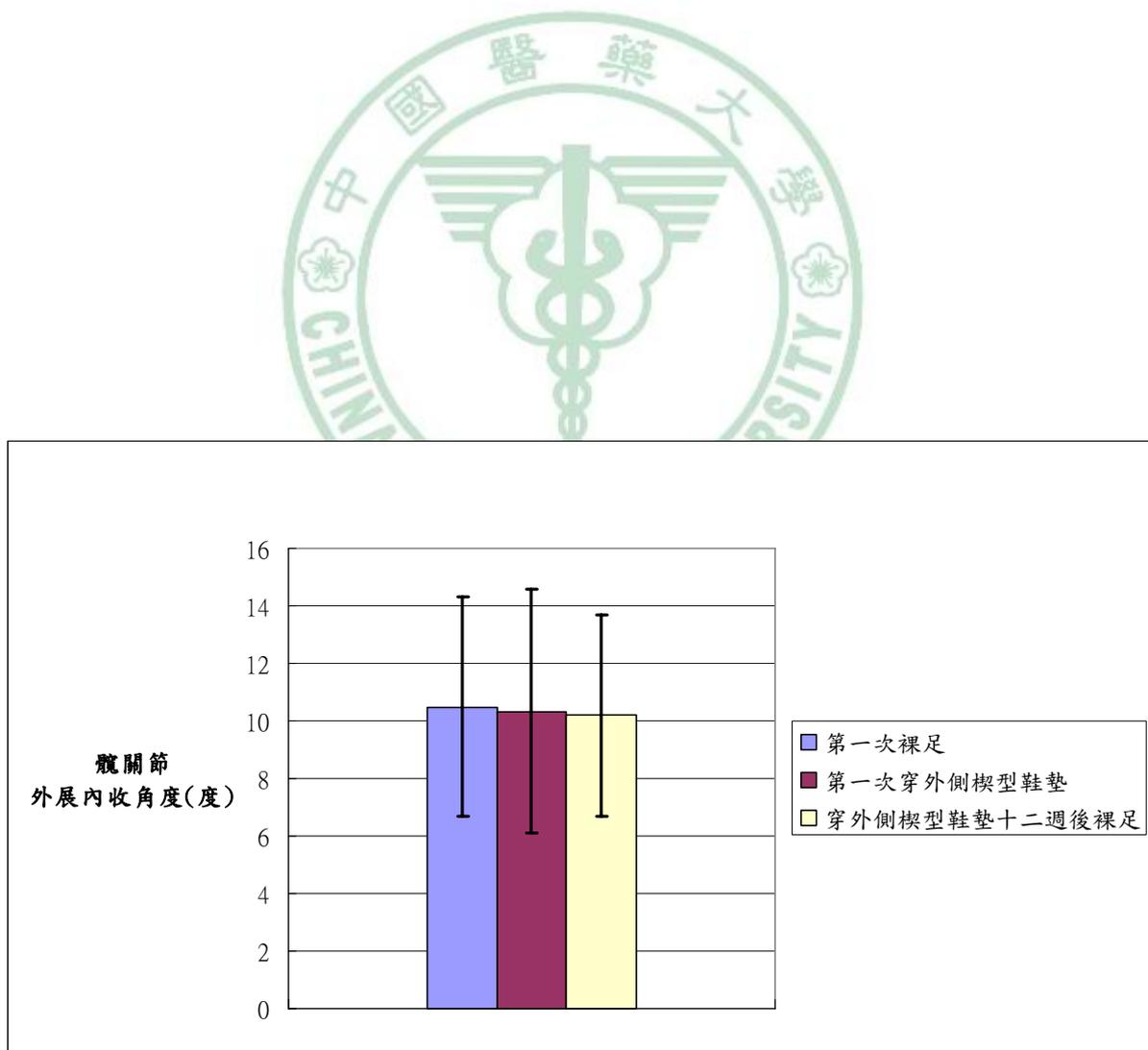


圖 3.19 受試者髖關節外展內收角度之比較

圖 3.20 為受試者的右腳髖關節旋轉 (hip rotation) 角度在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, $P = 0.172$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.635$) 都沒有顯著差異。

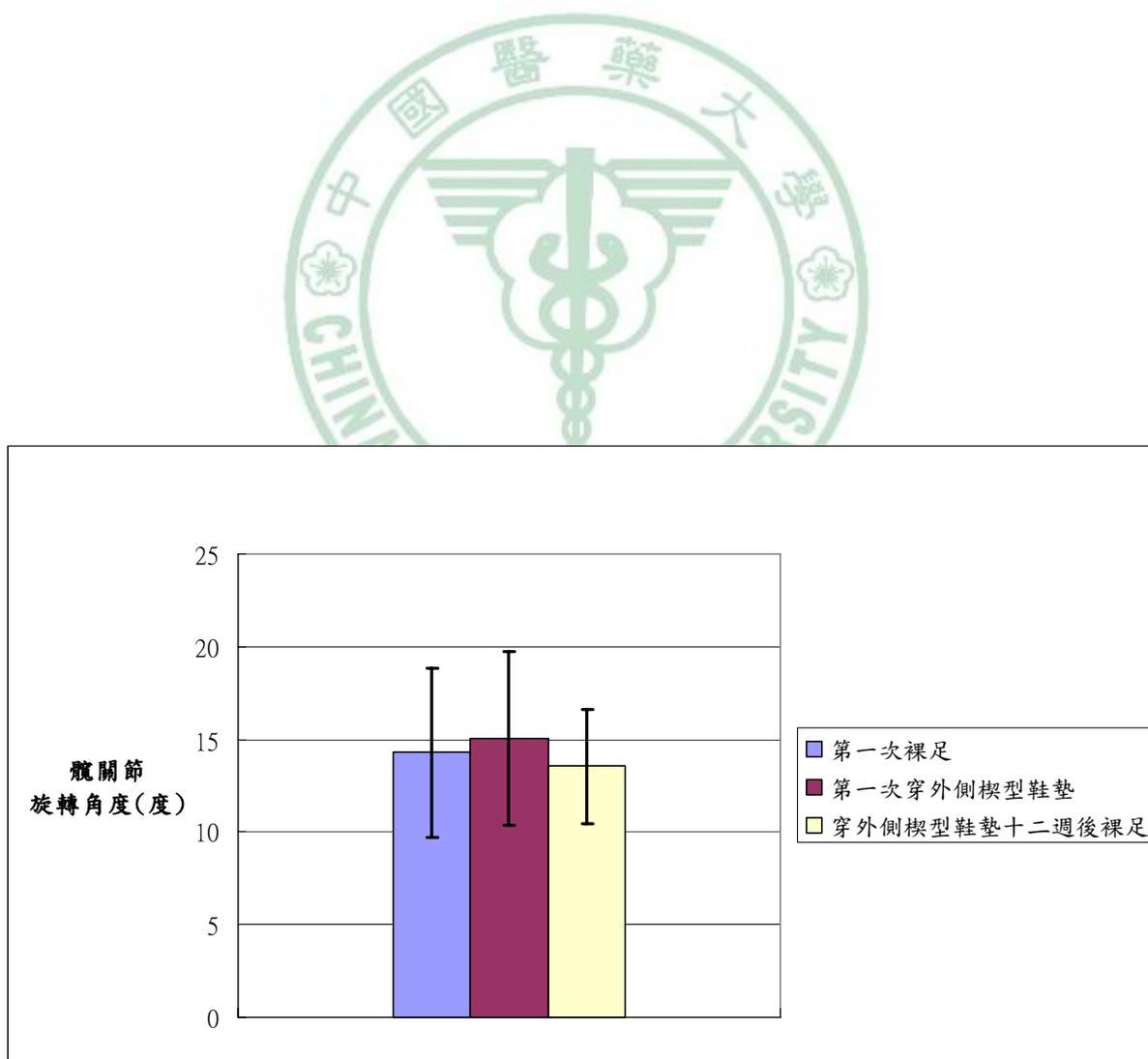


圖 3.20 受試者髖關節旋轉角度之比較

圖 3.21 為受試者的右腳膝關節屈曲伸展 (knee flexion - extension) 角度在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現雖然第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較沒有顯著差異 (paired-t test, $P = 0.372$)，但是在穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較，膝關節屈曲伸展 (knee flexion - extension) 角度明顯減少，具有統計上差異 ($P = 0.005$) ($P < 0.05$)。

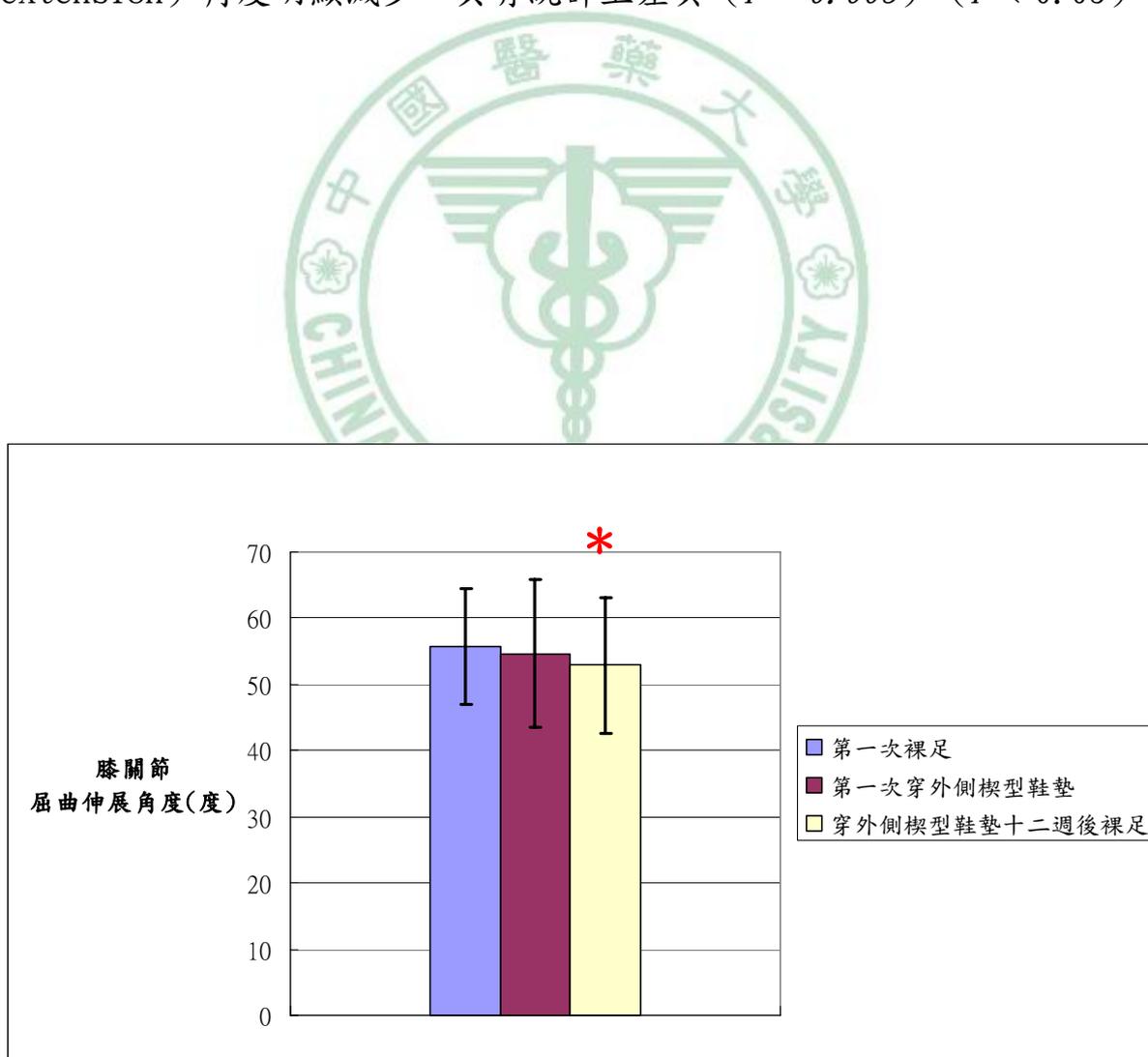


圖 3.21 受試者膝關節屈曲伸展角度之比較

圖 3.22 為受試者的右腳膝關節外展內收 (knee abduction - adduction) 角度在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, $P = 0.807$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.311$) 都沒有顯著差異。

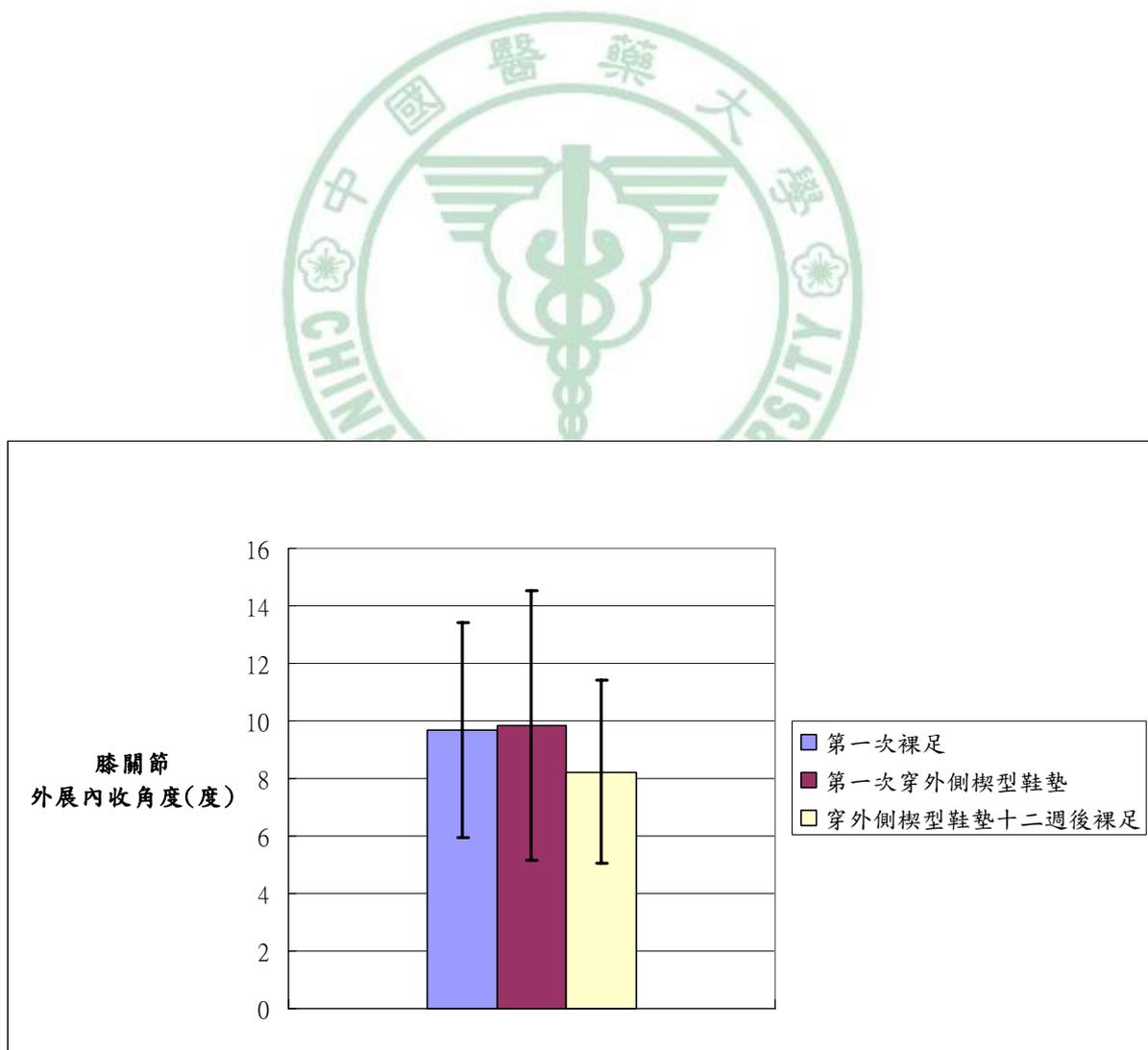


圖 3.22 受試者膝關節外展內收角度之比較

圖 3.23 為受試者的右腳膝關節旋轉 (knee rotation) 角度在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, $P = 0.941$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.923$) 都沒有顯著差異。

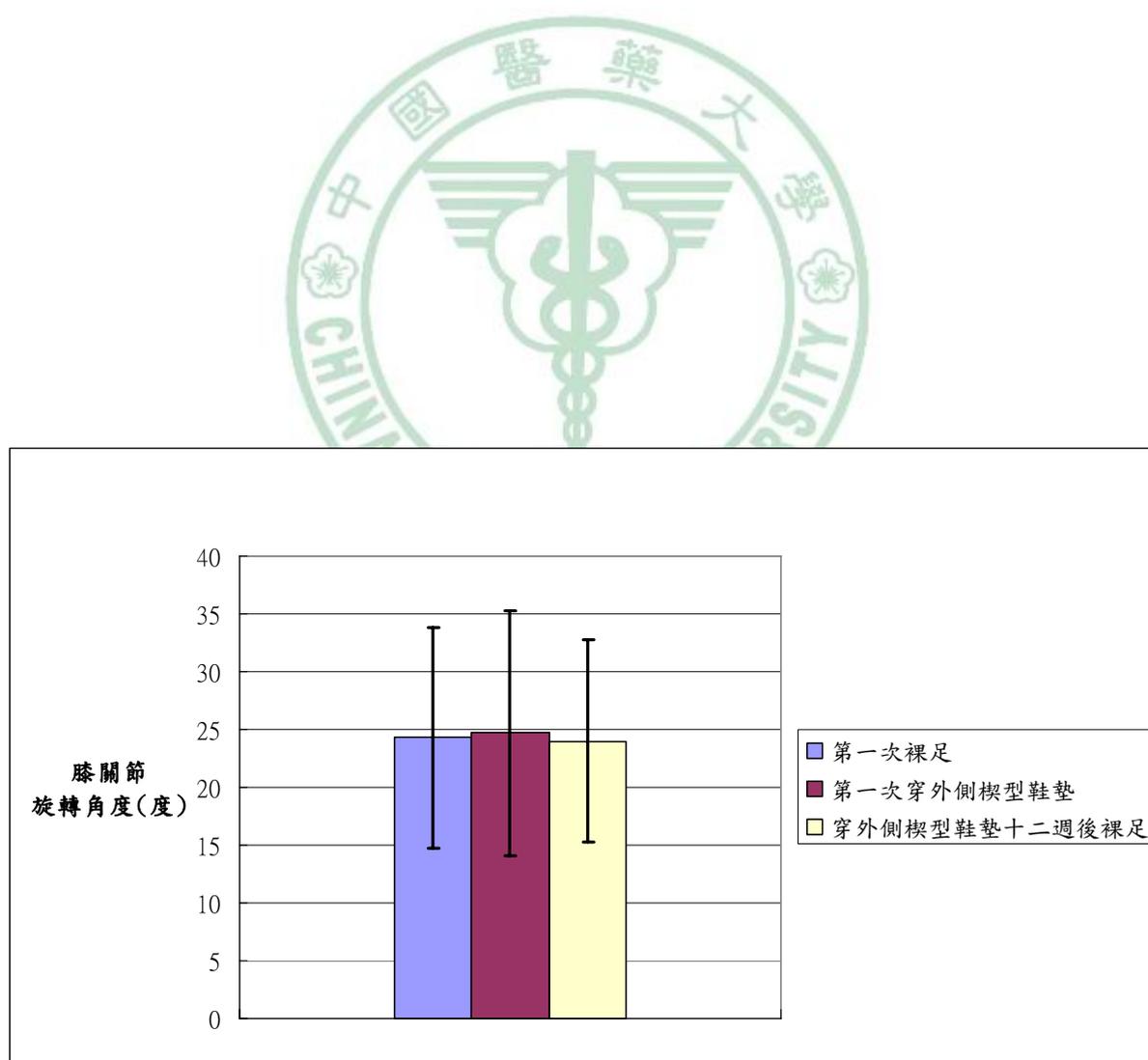


圖 3.23 受試者膝關節旋轉角度之比較

圖 3.24 為受試者的右腳踝關節蹠屈背屈 (plantar flexion - dorsiflexion) 角度在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較，踝關節蹠屈背屈 (plantar flexion - dorsiflexion) 角度明顯減少，具有統計上差異 (paired-t test, $P = 0.002$) ($P < 0.05$)。但是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較則沒有顯著差異 ($P = 0.789$)。

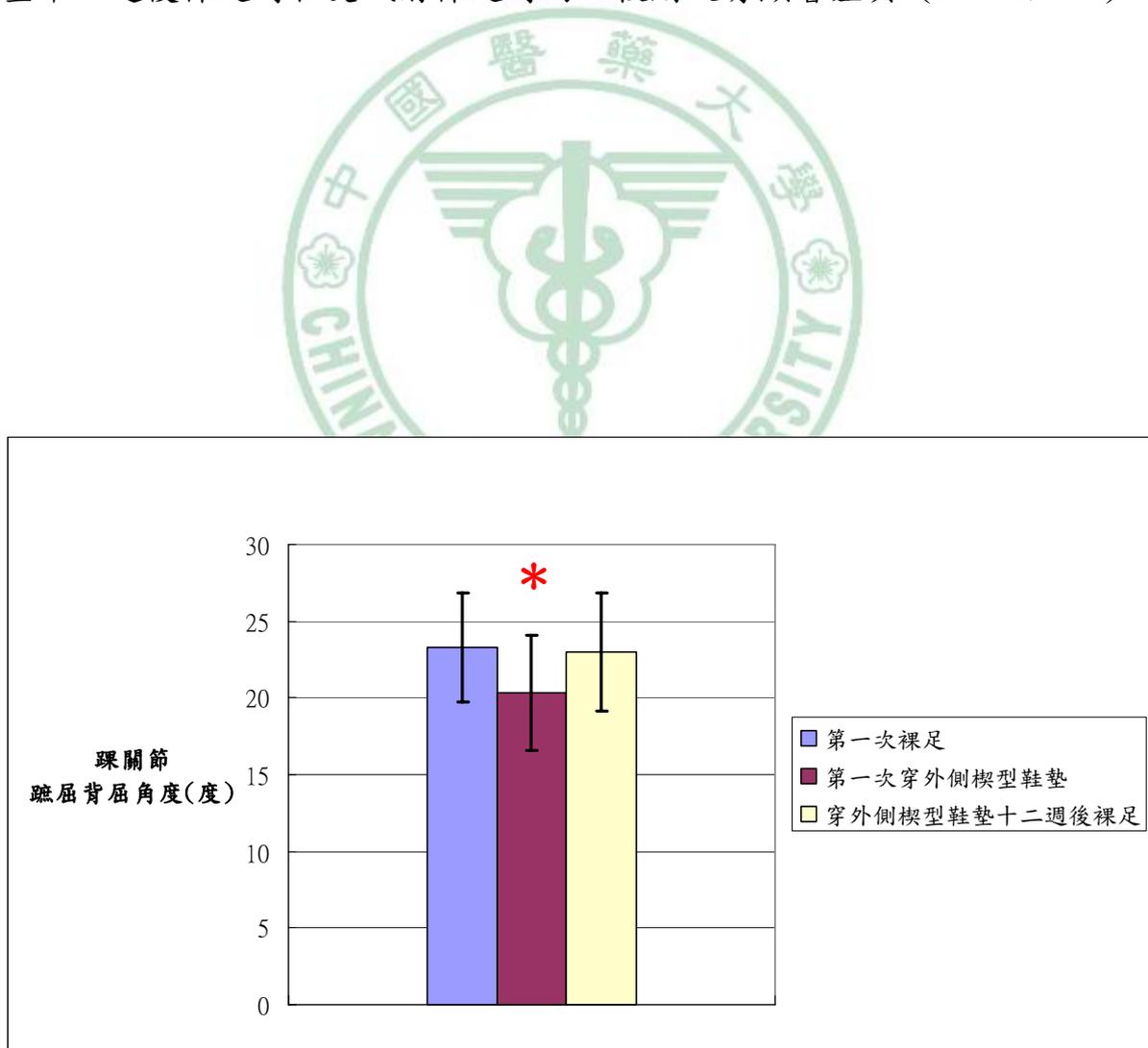


圖 3.24 受試者踝關節蹠屈背屈角度之比較

圖 3.25 為受試者的右腳踝關節內翻外翻 (inversion - eversion) 角度在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較，踝關節內翻外翻 (inversion - eversion) 角度明顯增加，具有統計上差異 (paired-t test, $P = 0.042$) ($P < 0.05$)。但是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較則沒有顯著差異 ($P = 0.273$)。

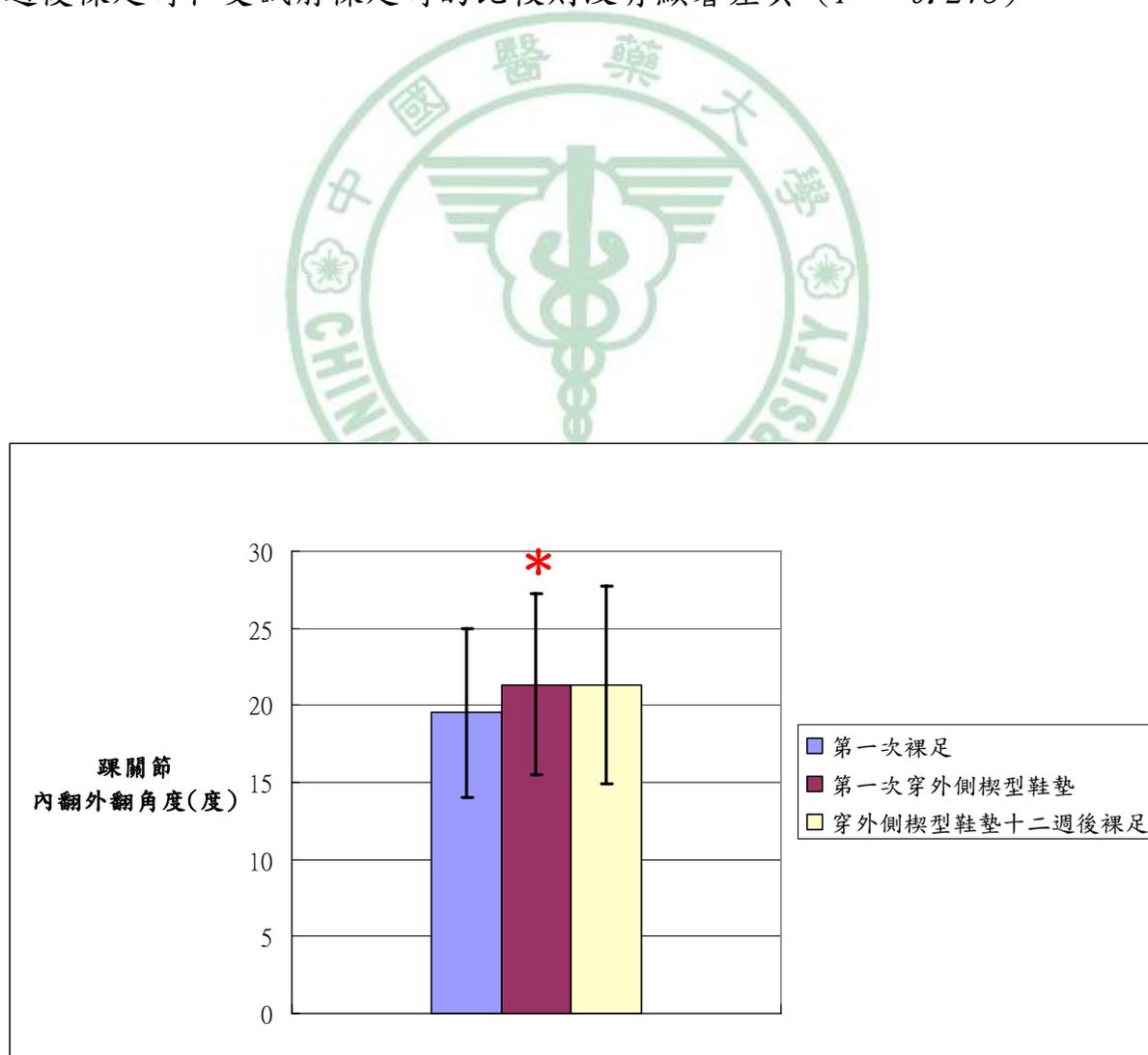


圖 3.25 受試者踝關節內翻外翻角度之比較

圖 3.26 為受試者的右腳腳趾內向-外向 (toe in-out) 角度在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, $P = 0.167$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.907$) 都沒有顯著差異。

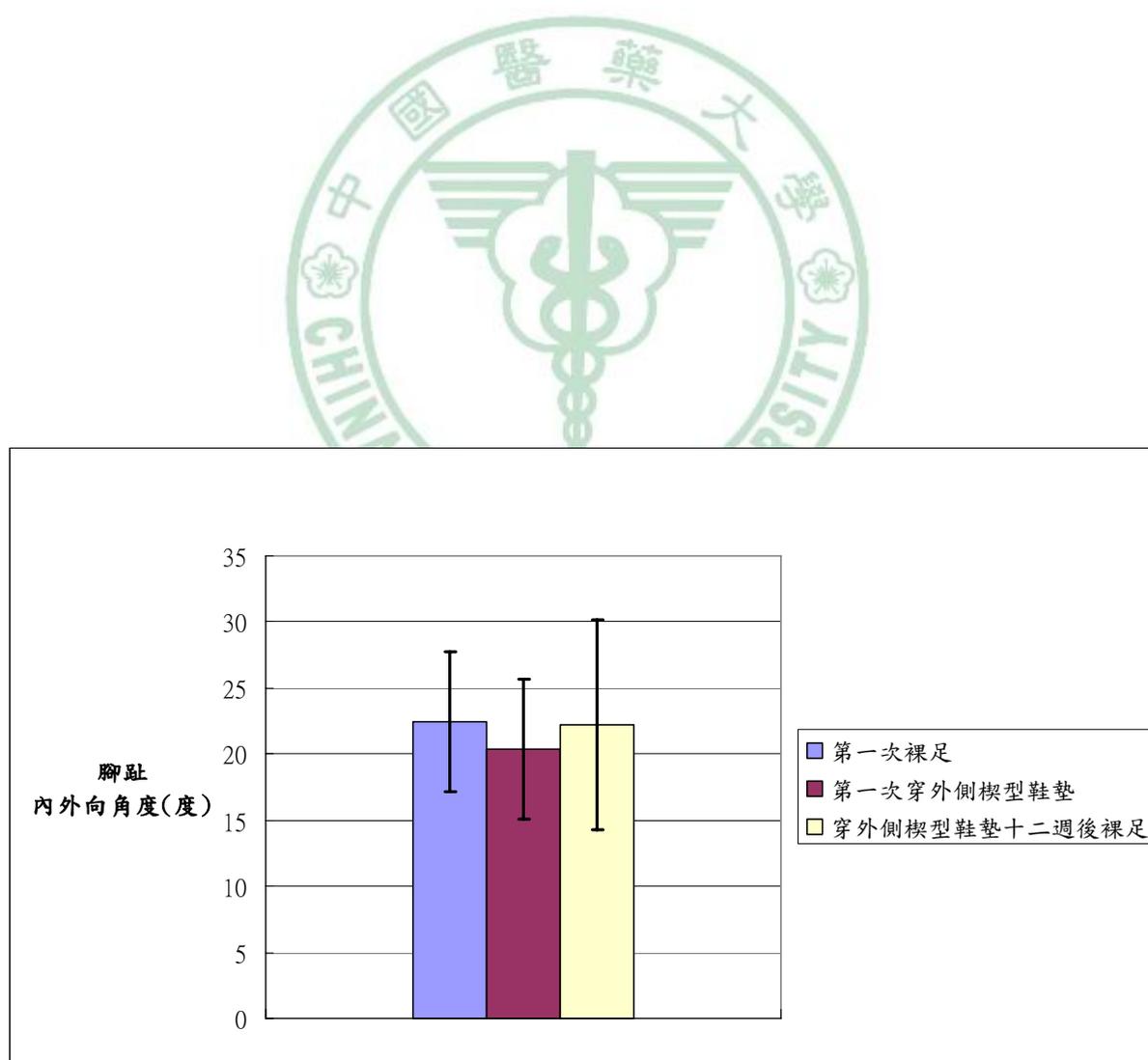


圖 3.26 受試者踝關節腳趾內外向角度之比較

圖 3.27 為受試者軀幹 (trunk) 的屈曲伸展 (flexion - extension)、側彎 (side bending)、旋轉 (rotation) 角度在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, 屈曲伸展 $P = 0.351$; 側彎 $P = 0.567$; 旋轉 $P = 0.562$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 (屈曲伸展 $P = 0.676$; 側彎 $P = 0.142$; 旋轉 $P = 0.689$) 都沒有顯著差異。

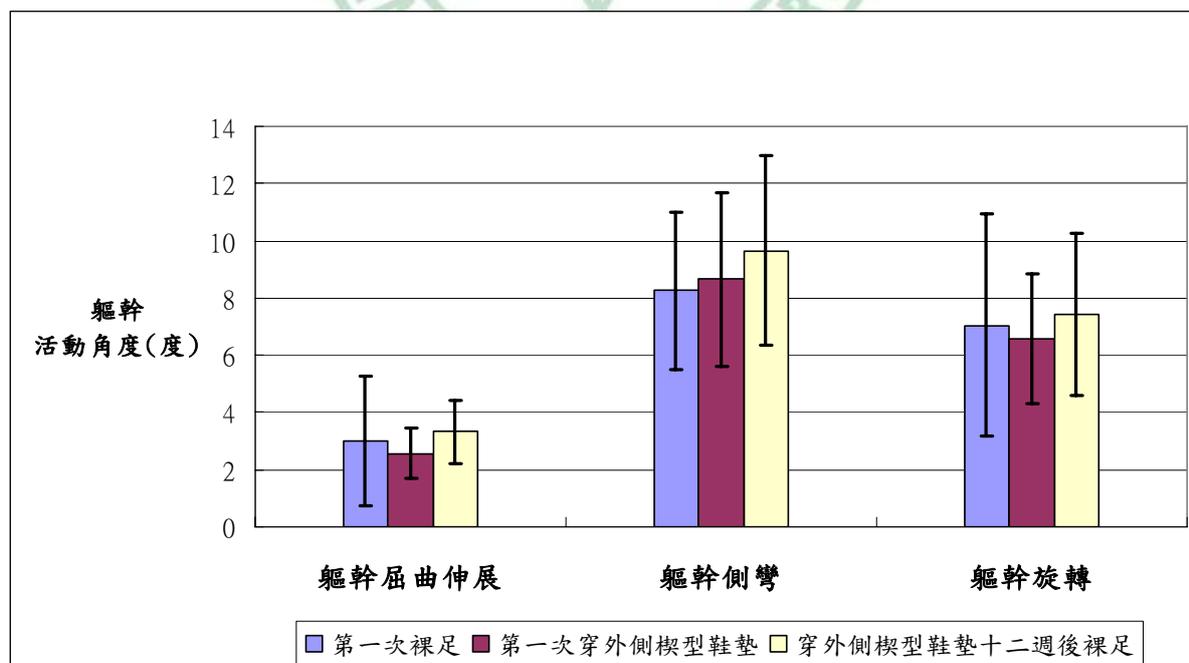


圖 3.27 受試者軀幹屈曲伸展，側彎，旋轉角度之比較

圖 3.28 為受試者頭部(head)的屈曲伸展(flexion - extension)、側彎(side bending)、旋轉(rotation)角度在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, 屈曲伸展 $P = 0.286$; 側彎 $P = 0.662$; 旋轉 $P = 0.840$) , 還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 (屈曲伸展 $P = 0.605$; 側彎 $P = 0.522$; 旋轉 $P = 0.895$) 都沒有顯著差異。

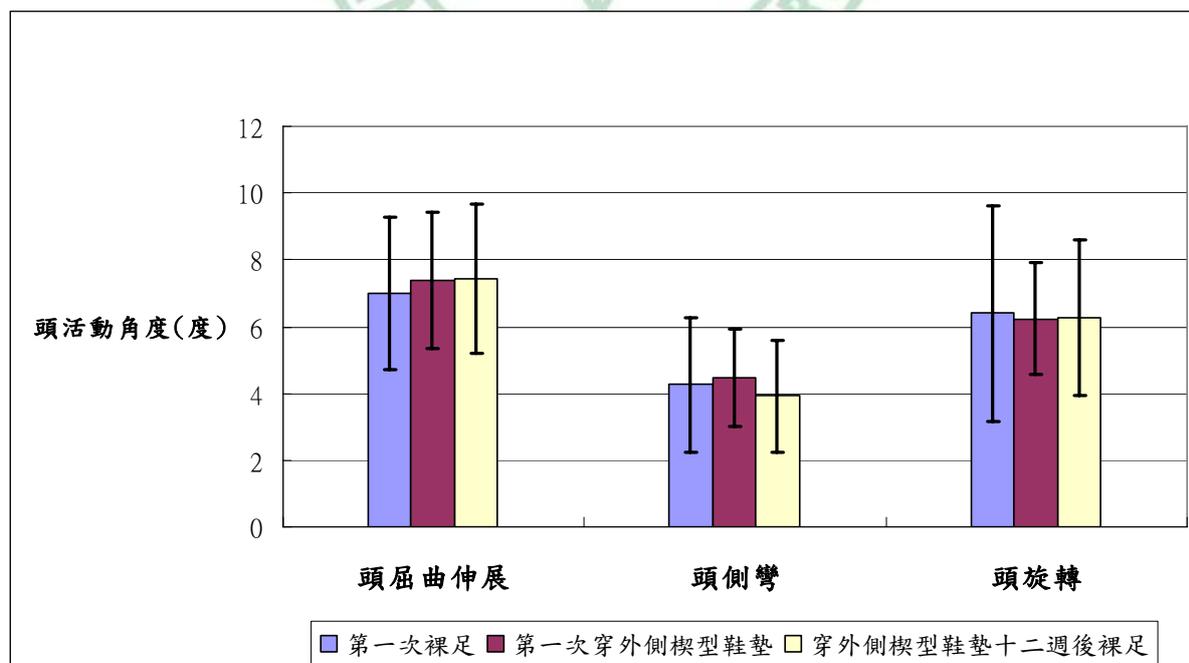


圖 3.28 受試者頭屈曲伸展，側彎，旋轉角度之比較

3.2.6. 下肢各關節受力及承受力矩之比較

實驗中，利用紅色光攝影機配合 VICON 612 動作分析系統 (VICON 612 motion analysis system, Oxford Metrics Limited., UK) 介面來收集反光球反射的訊號，可以算出受試者的人體計測資料 (anthropometric data)，同時加上行走在三維測力板上所取得的地面的反作用力訊號，關節所受三維力量與力矩可以被進一步計算求取。

我們可取得的參數包括了髖關節 (hip joint)、膝關節 (knee joint)、和踝關節 (ankle joint) 的前向分力 (anterior force)、後向分力 (posterior force)、內向分力 (medial force)、外向分力 (lateral force)、張力 (tension force)、和擠壓受力 (compression force)。另外還有髖關節和膝關節的內收 (adductor)、外展 (abductor)、屈曲 (flexor)、伸展 (extensor)、內旋 (internal rotator)、和外旋 (external rotator) 力矩 (moment) 以及踝關節的內翻 (invertor)、外翻 (evertor)、蹠屈 (plantar flexor)、背屈 (dorsiflexor)、內旋 (internal rotator)、和外旋 (external rotator) 力矩。

同樣因為參與本實驗的患者為右側慣用側 (dominant side)，且左、右腳兩側膝關節退化程度相當，所以我們僅選取受試者右腳資料作分析。

圖 3.29 為受試者髖關節的前向分力 (anterior force) 和後向分力 (posterior force) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現前向分力 (anterior force) 在第一次穿外側楔型鞋墊時，明顯較受試前裸足時減少，統計上有顯著差異 (paired-t test, $P = 0.001$) ($P < 0.05$)，但穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.115$) 則沒有顯著差異。

後向分力 (posterior force)，不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.221$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.373$) 都沒有顯著差異。

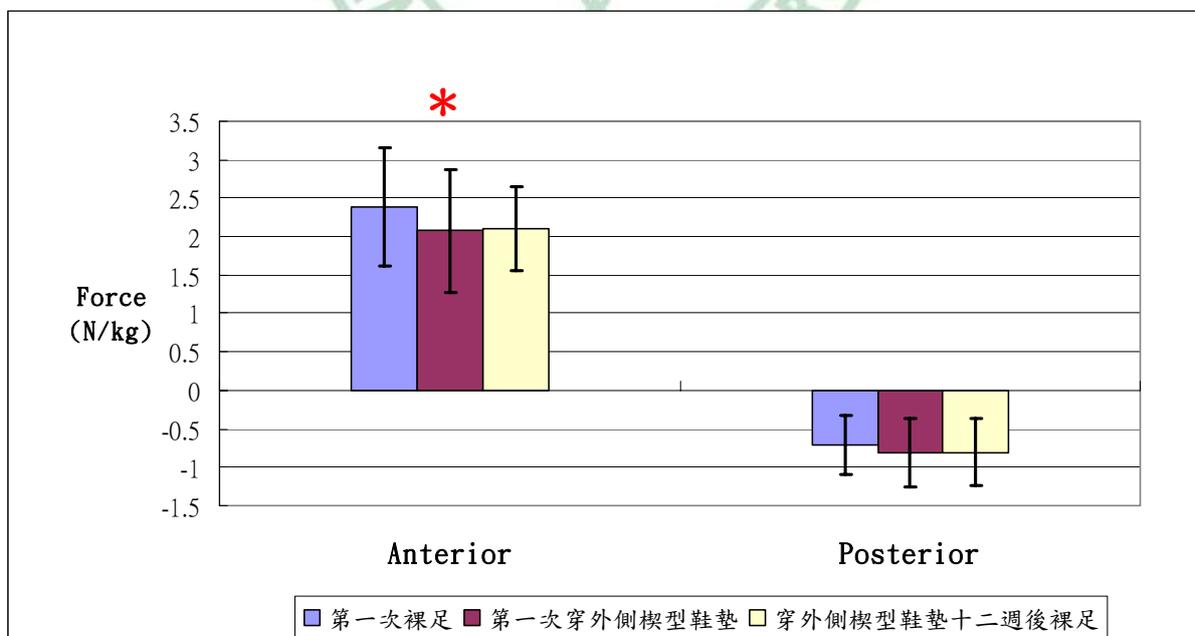


圖 3.29 受試者髖關節前向分力，後向分力之比較

圖 3.30 為受試者髁關節的內向分力 (medial force) 和外向分力 (lateral force) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現內向分力 (medial force)，不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, $P = 0.785$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.625$) 都沒有顯著差異。

外向分力 (lateral force) 雖然在第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.253$) 沒有顯著差異，但是在穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時，明顯較受試前裸足時減少，統計上有顯著差異 ($P = 0.031$) ($P < 0.05$)。

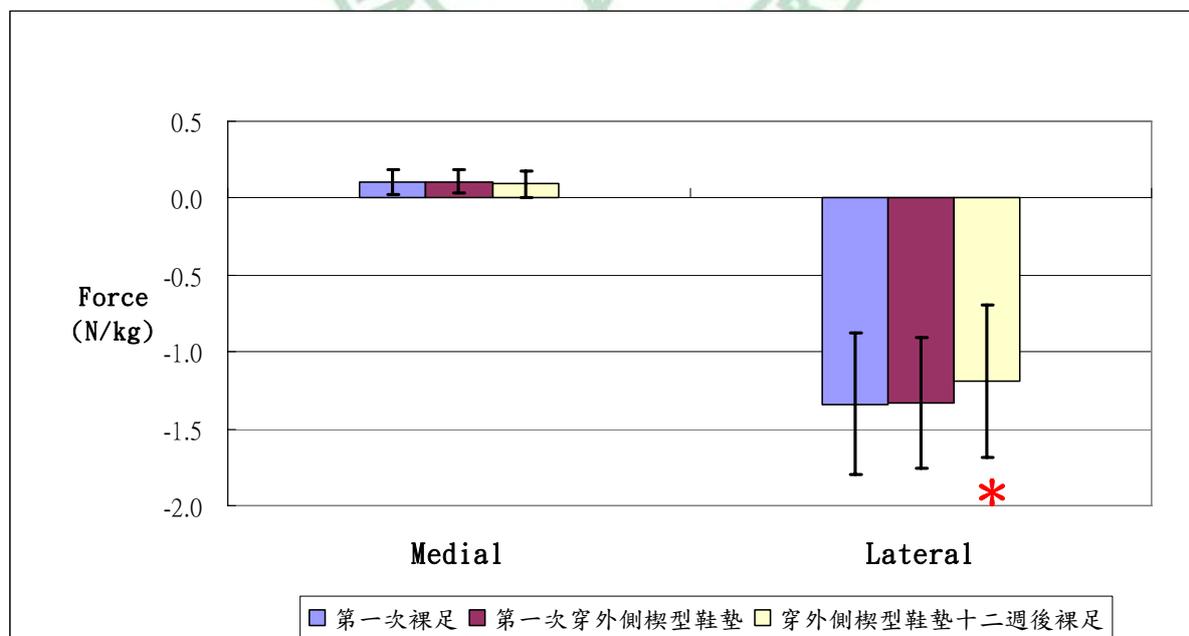


圖 3.30 受試者髁關節內向分力，外向分力之比較

圖 3.31 為受試者腕關節的張力 (tension force) 和擠壓受力 (compression force) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, 張力 $P = 0.439$; 擠壓受力 $P = 0.318$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 (張力 $P = 0.560$; 擠壓受力 $P = 0.679$) 都沒有顯著差異。

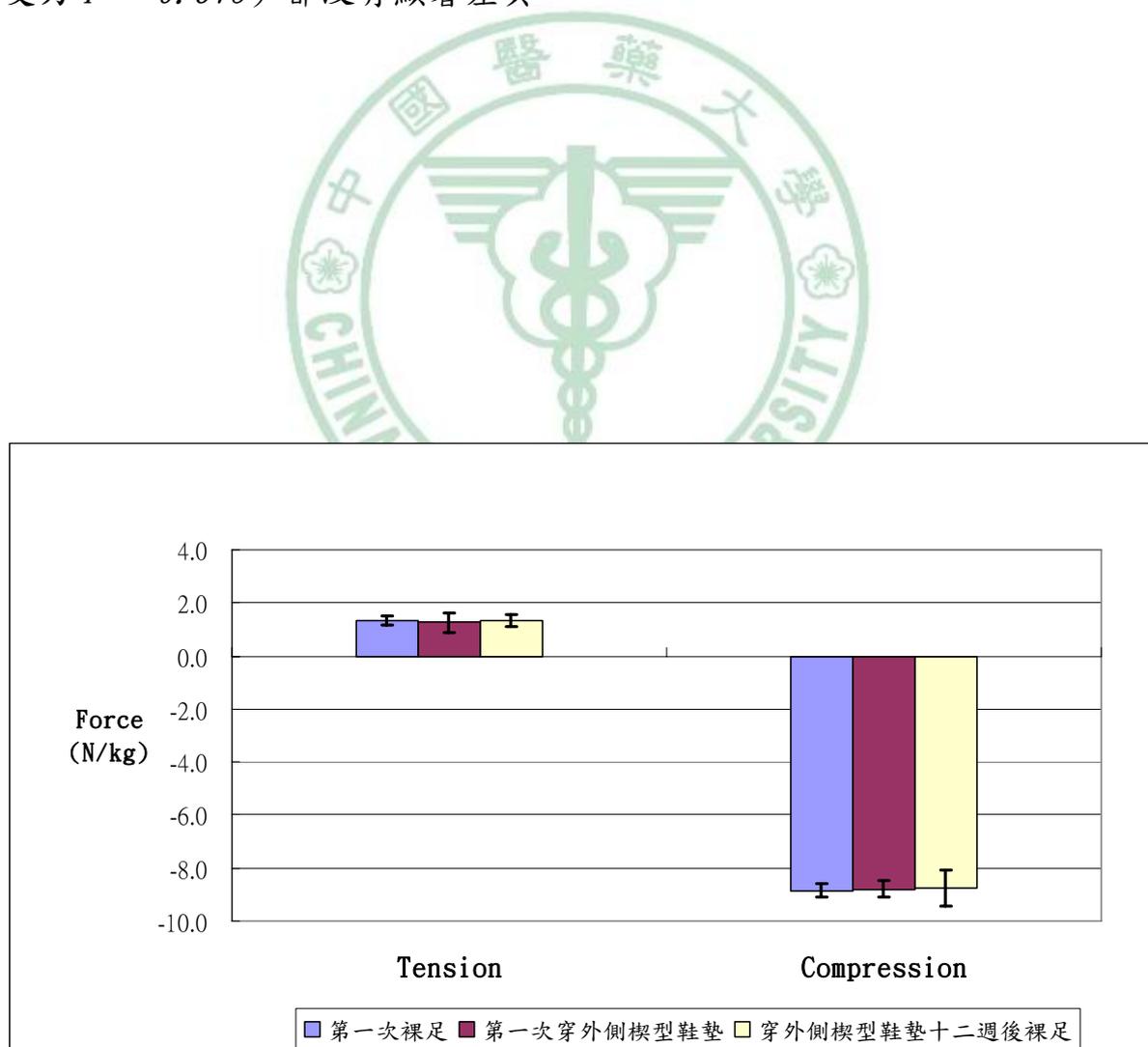


圖 3.31 受試者腕關節張力，擠壓受力之比較

圖 3.32 為受試者髖關節的力矩 (moment) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現內收力矩 (adductor moment) 和外展力矩 (abductor moment) 不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (內收 $P = 0.472$; 外展 $P = 0.802$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 (內收 $P = 0.700$; 外展 $P = 0.070$) 都沒有顯著差異。

伸展力矩 (extensor moment) 在第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.700$)，和穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.053$) 都沒有顯著差異。屈曲力矩 (flexor moment) 在第一次穿外側楔型鞋墊時，明顯較受試前裸足時減少，統計上有顯著差異 ($P = 0.039$) ($P < 0.05$)，但穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.529$) 則沒有顯著差異。

內旋力矩 (internal rotator moment) 在第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.158$)，和穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.644$) 都沒有顯著差異。但外旋力矩 (external rotator moment) 不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.034$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.022$) 都明顯減少，統計上有顯著差異 ($P < 0.05$)。

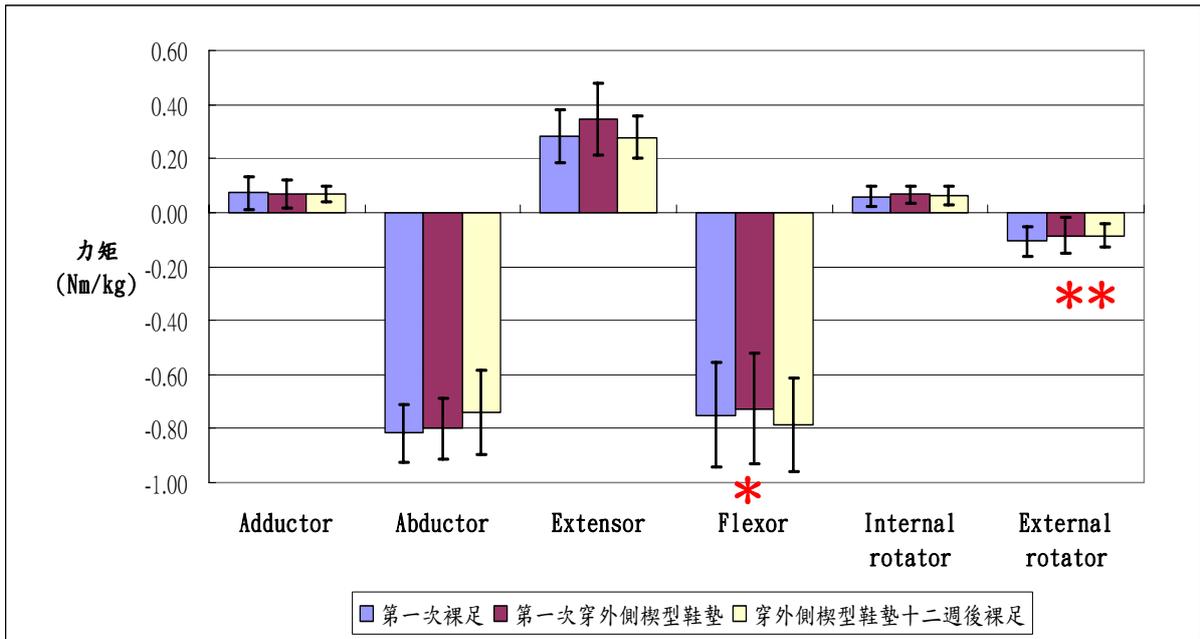


圖 3.32 受試者髖關節力矩之比較



圖 3.33 為受試者膝關節的前向分力 (anterior force) 和後向分力 (posterior force) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現前向分力 (anterior force) 在第一次穿外側楔型鞋墊時，明顯較受試前裸足時減少，統計上有顯著差異 (paired-t test, $P = 0.002$) ($P < 0.05$)，但穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.380$) 則沒有顯著差異。

後向分力 (posterior force)，不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.160$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.795$) 都沒有顯著差異。

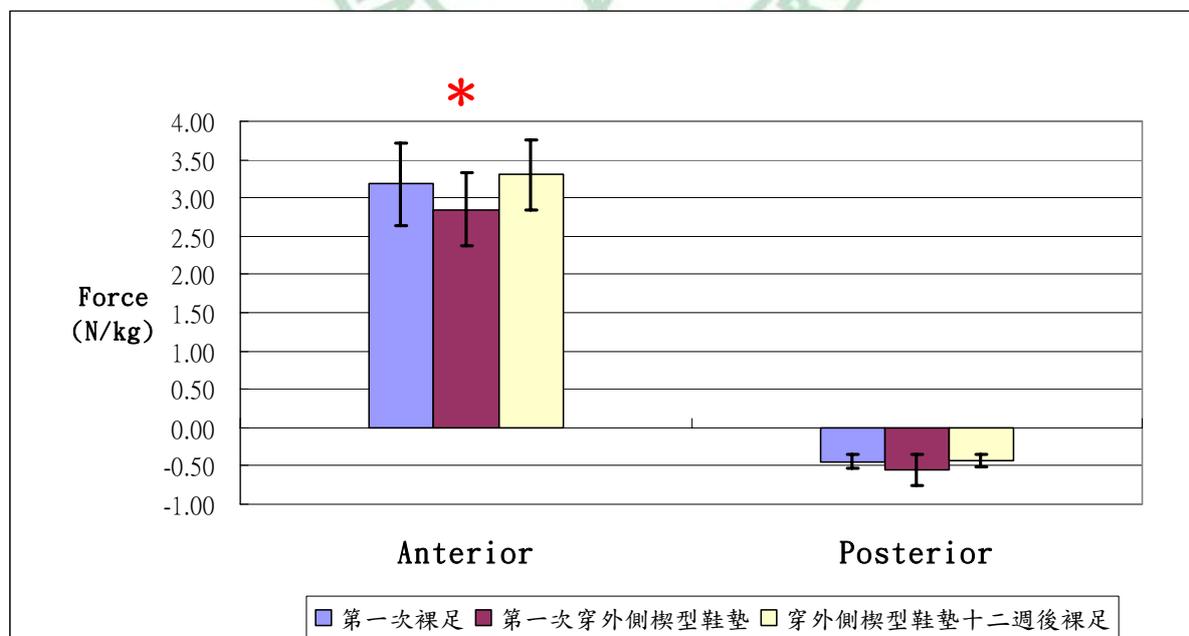


圖 3.33 受試者膝關節前向分力，後向分力之比較

圖 3.34 為受試者膝關節的內向分力 (medial force) 和外向分力 (lateral force) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現內向分力 (medial force)，不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, $P = 0.615$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.165$) 都沒有顯著差異。

外向分力 (lateral force) 在第一次穿外側楔型鞋墊時，明顯較受試前裸足時增加，統計上有顯著差異 ($P = 0.017$) ($P < 0.05$)，但穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.235$) 則沒有顯著差異。

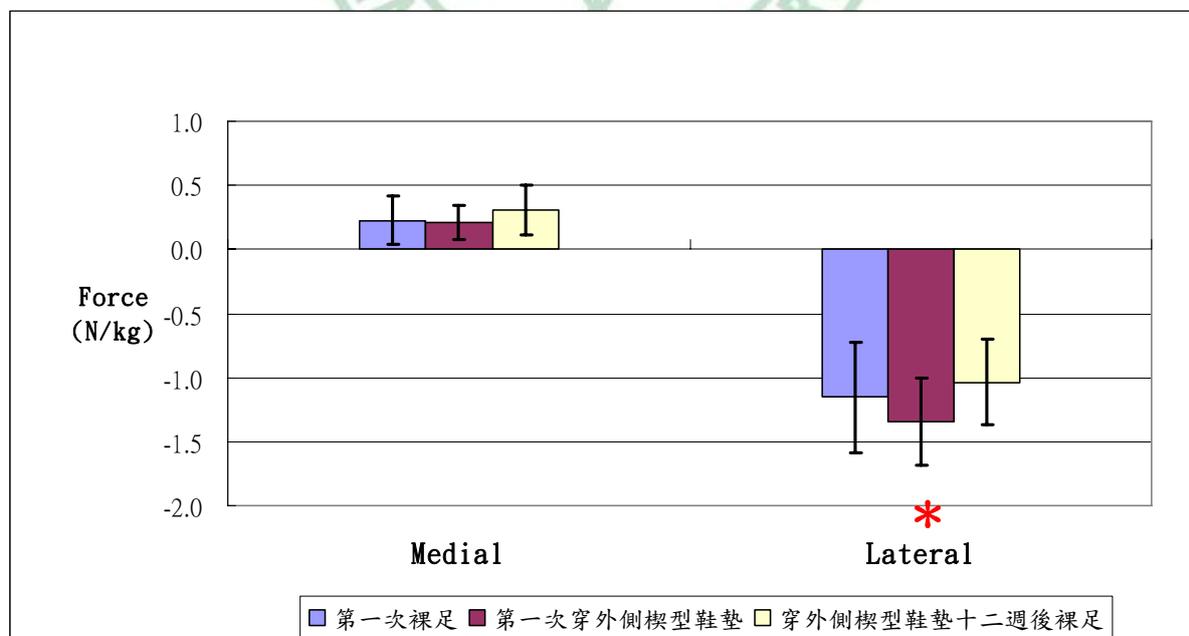


圖 3.34 受試者膝關節內向分力，外向分力之比較

圖 3.35 為受試者膝關節的張力 (tension force) 和擠壓受力 (compression force) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, 張力 $P = 0.402$; 擠壓受力 $P = 0.530$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 (張力 $P = 0.243$; 擠壓受力 $P = 0.370$) 都沒有顯著差異。

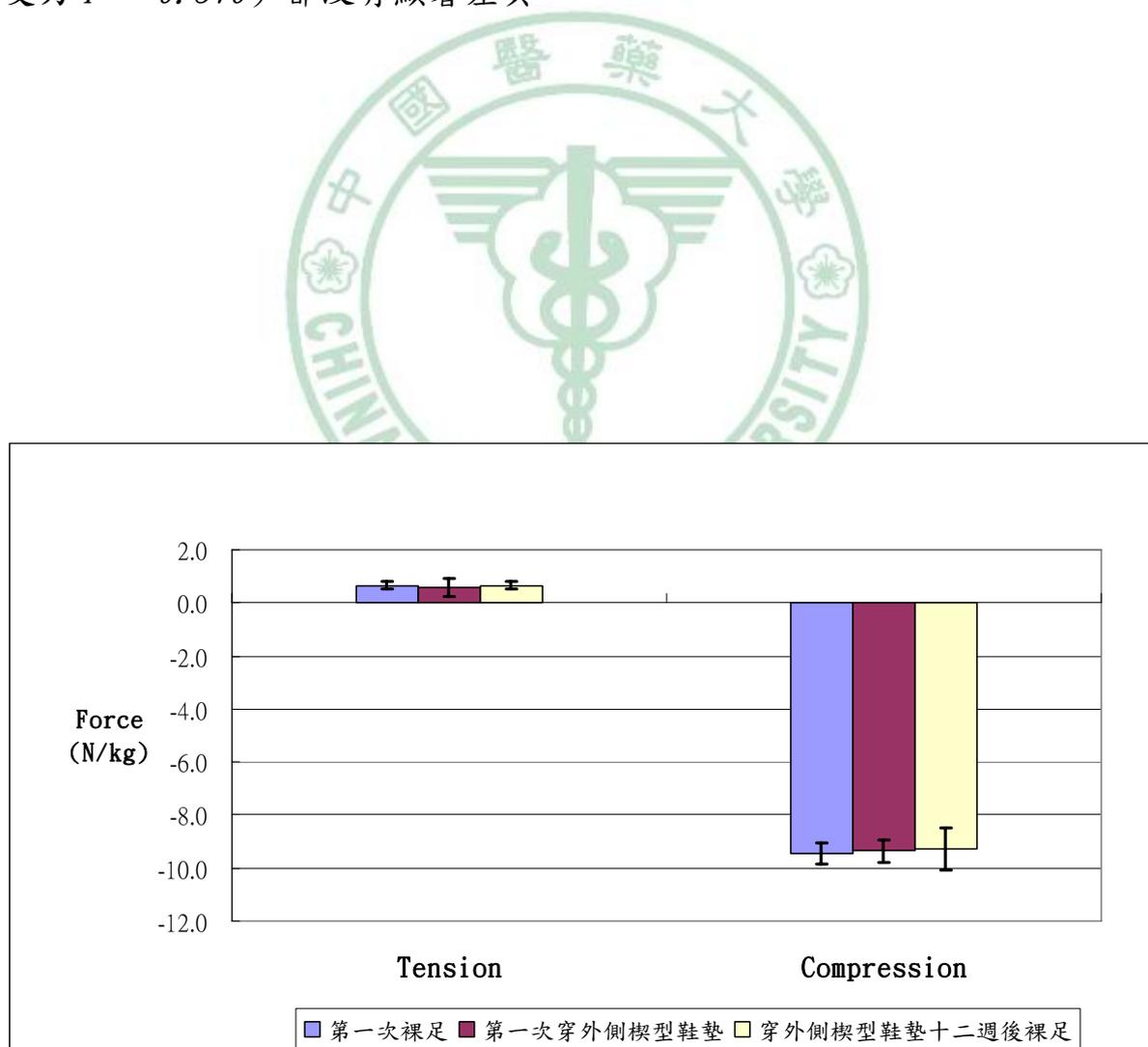


圖 3.35 受試者膝關節張力，擠壓受力之比較

圖 3.36 為受試者膝關節的力矩 (moment) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現伸展力矩 (extensor moment) 在第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, $P = 0.292$)，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時較受試前裸足時同樣都有增加的趨勢 ($P = 0.061$)，但未達統計上的顯著差異，

其餘的內收力矩 (adductor moment)、外展力矩 (abductor moment)、屈曲力矩 (flexor moment)、內旋力矩 (internal rotator moment) 和外旋力矩 (external rotator moment)，不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (內收 $P = 0.061$ ；外展 $P = 0.171$ ；屈曲 $P = 0.606$ ；內旋 $P = 0.063$ ；外旋 $P = 0.532$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 (內收 $P = 0.251$ ；外展 $P = 0.545$ ；屈曲 $P = 0.103$ ；內旋 $P = 0.826$ ；外旋 $P = 0.282$) 都沒有顯著差異。

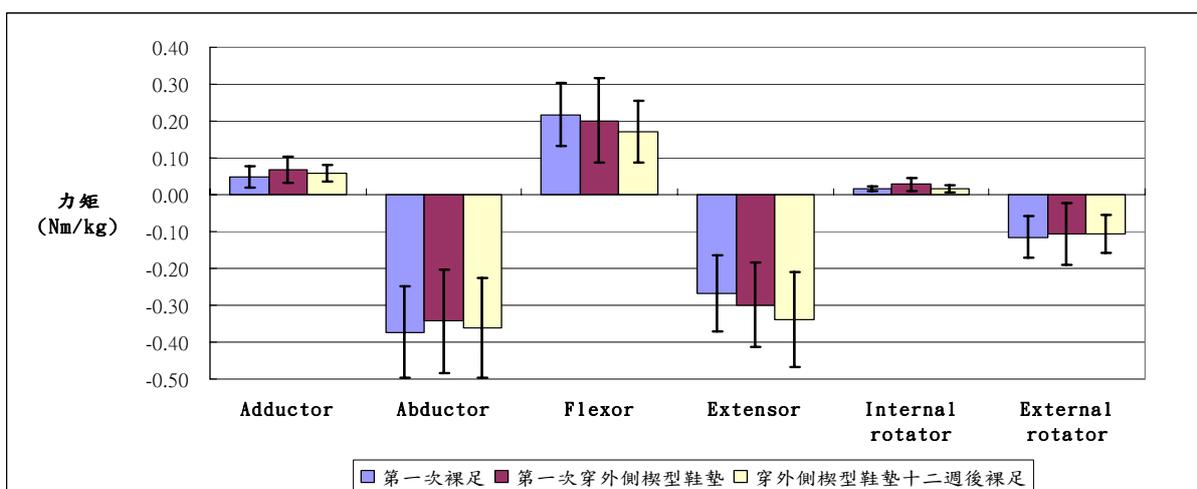


圖 3.36 受試者膝關節力矩之比較

圖 3.37 為受試者踝關節的前向分力 (anterior force) 和後向分力 (posterior force) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現前向分力 (anterior force) 在第一次穿外側楔型鞋墊時，明顯較受試前裸足時增加，統計上有顯著差異 (paired-t test, $P = 0.003$) ($P < 0.05$)，但穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.748$) 則沒有顯著差異。

後向分力 (posterior force)，不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.294$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.333$) 都沒有顯著差異。

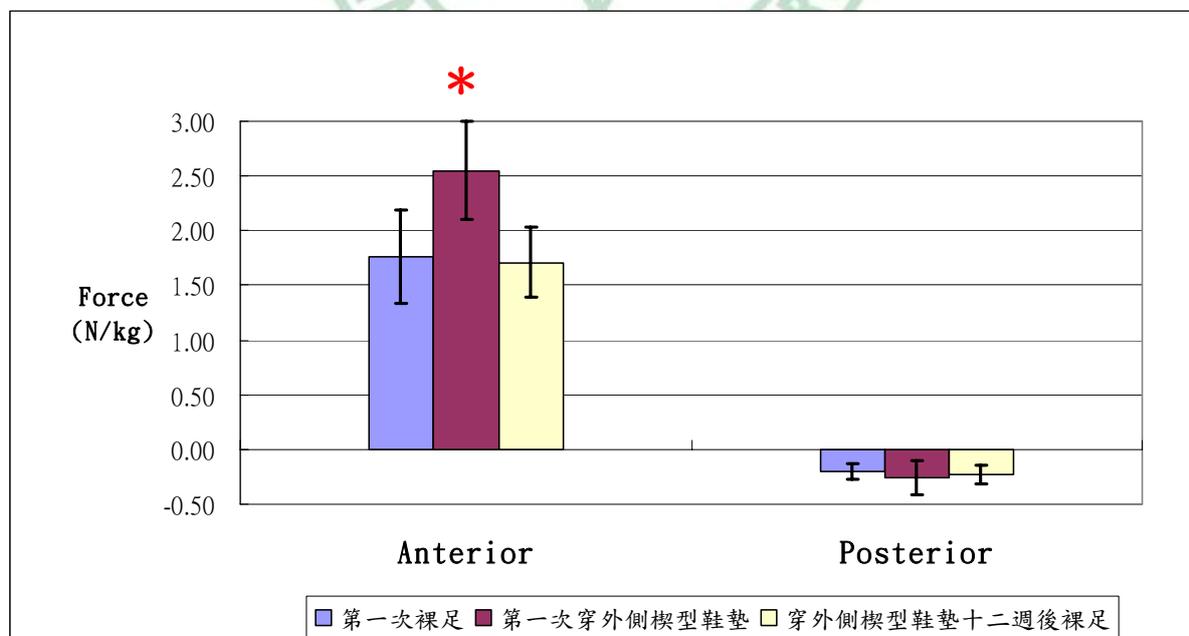


圖 3.37 受試者踝關節前向分力，後向分力之比較

圖 3.38 為受試者踝關節的內向分力 (medial force) 和外向分力 (lateral force) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現內向分力 (medial force)，不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, $P = 0.143$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.769$) 都沒有顯著差異。

同樣的，外向分力 (lateral force) 不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, $P = 0.900$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.938$) 都沒有顯著差異。

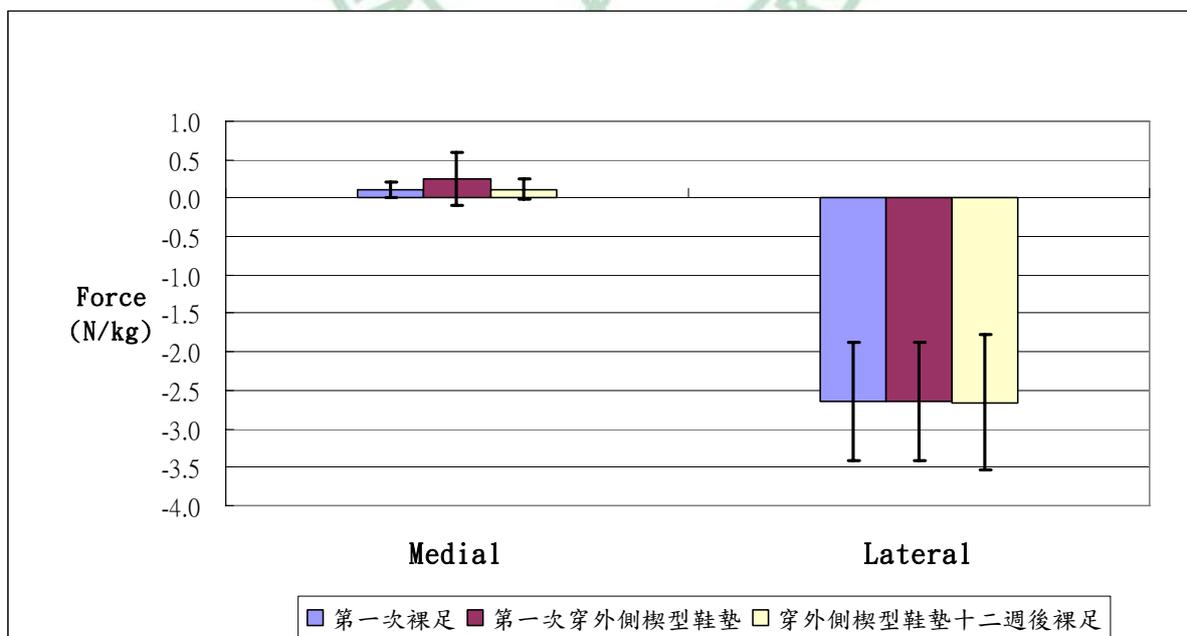


圖 3.38 受試者踝關節內向分力，外向分力之比較

圖 3.39 為受試者踝關節的張力 (tension force) 和擠壓受力 (compression force) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, 張力 $P = 0.310$; 擠壓受力 $P = 0.060$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 (張力 $P = 0.771$; 擠壓受力 $P = 0.524$) 都沒有顯著差異。

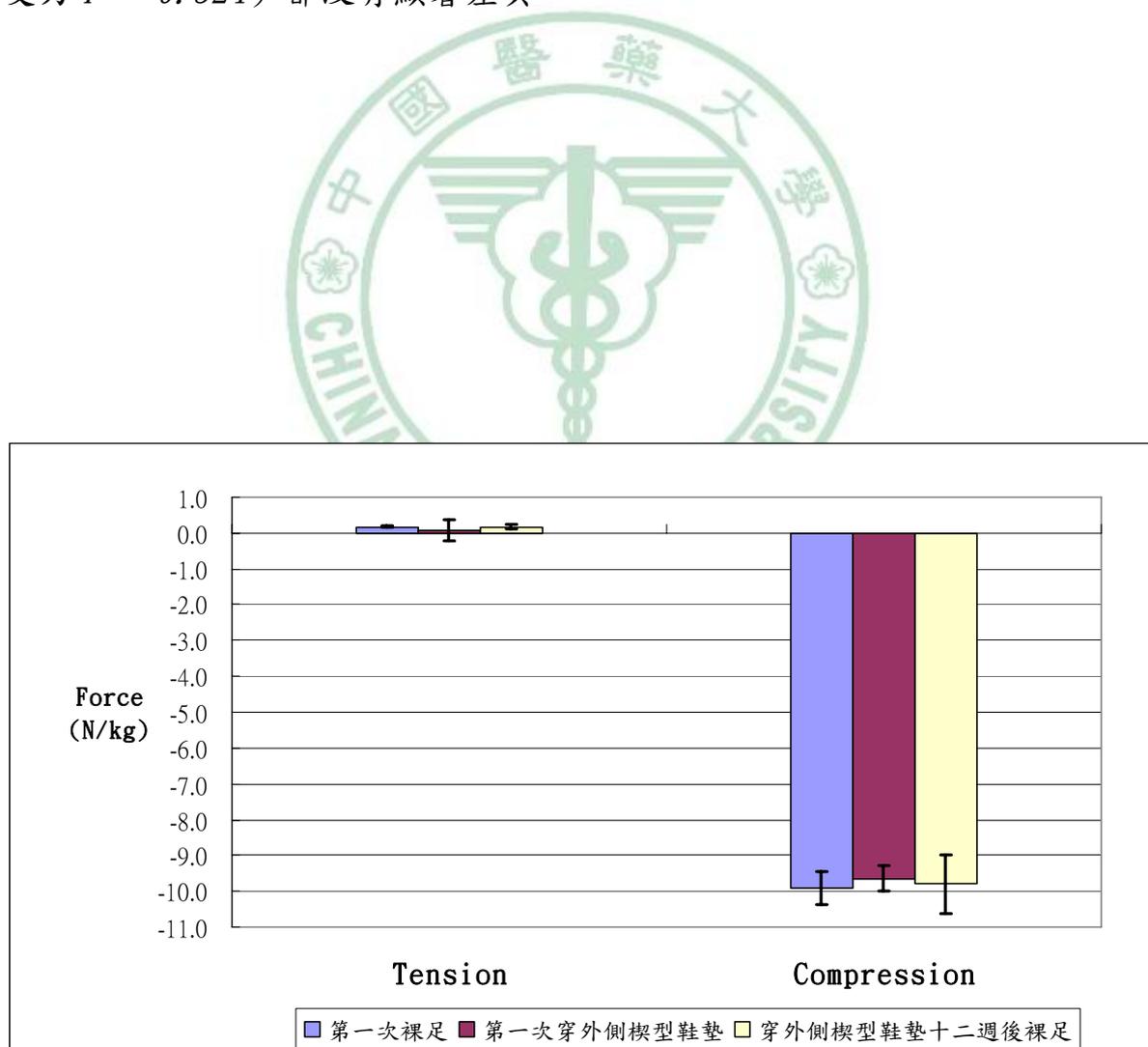


圖 3.39 受試者踝關節張力，擠壓受力之比較

圖 3.40 為受試者踝關節的力矩 (moment) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現第一次穿外側楔型鞋墊時的內翻力矩 (invertor moment) 和內旋力矩 (internal rotator moment) 比受試前裸足時增加，達統計上的顯著差異 (paired-t test, 內翻 $P = 0.000$; 內旋 $P = 0.006$) ($P < 0.05$)，第一次穿外側楔型鞋墊時的蹠屈力矩 (plantarflexor moment) 比受試前裸足時減少，同樣達統計上的顯著差異 ($P = 0.002$) ($P < 0.05$)；而這三個力矩在穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 (內翻 $P = 0.451$; 內旋 $P = 0.704$; 蹠屈 $P = 0.363$) 則都沒有顯著差異。

外翻力矩 (evertor moment) 雖然在第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.388$) 沒有顯著差異，但是在穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時，明顯較受試前裸足時減少，統計上有顯著差異 ($P = 0.030$) ($P < 0.05$)。

其餘的背屈力矩 (dorsiflexor moment) 和外旋力矩 (external rotator moment)，不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (背屈 $P = 0.281$; 外旋 $P = 0.426$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 (背屈 $P = 0.423$; 外旋 $P = 0.453$) 都沒有顯著差異。

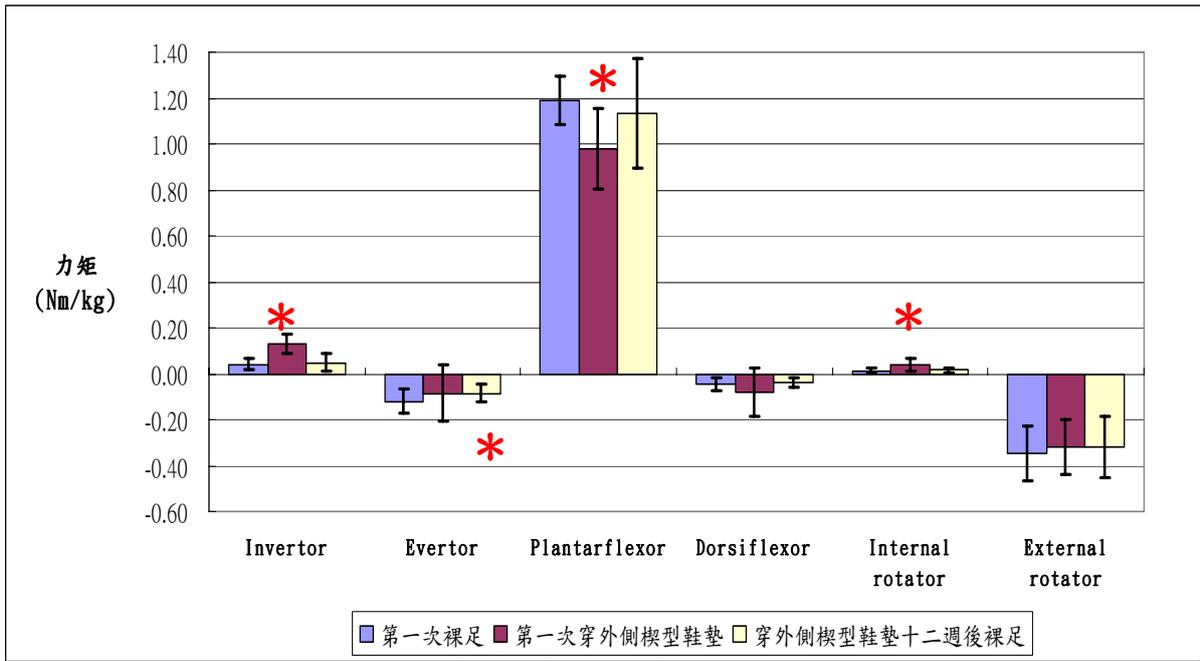


圖 3.40 受試者踝關節力矩之比較



3.2.7. 身體重心 (center of gravity) 改變之比較

實驗中，利用紅色光攝影機配合 VICON 612 動作分析系統 (VICON 612 motion analysis system, Oxford Metrics Limited., UK) 介面來收集反光球反射的訊號，可以算出受試者的人體計測資料 (anthropometric data)，同時加上行走在三維測力板上所取得的地面的反作用力訊號，便可以計算出身體重心 (center of gravity, COG) 在步行中的變化。

我們可取得的參數包括了身體重心移動的範圍 (COG sway range)，包括內外側擺動幅度 (medial-lateral) 和垂直擺動幅度 (vertical)；以及身體重心移動速度極值 (COG maximum velocity)，包括了左右側擺動 (right-left) 和上下擺動 (upward-downward)。



圖 3.41 為受試者的身體重心移動的範圍 (COG sway range) - 內外側擺動幅度 (medial-lateral) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, $P = 0.075$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.109$) 都沒有顯著差異。

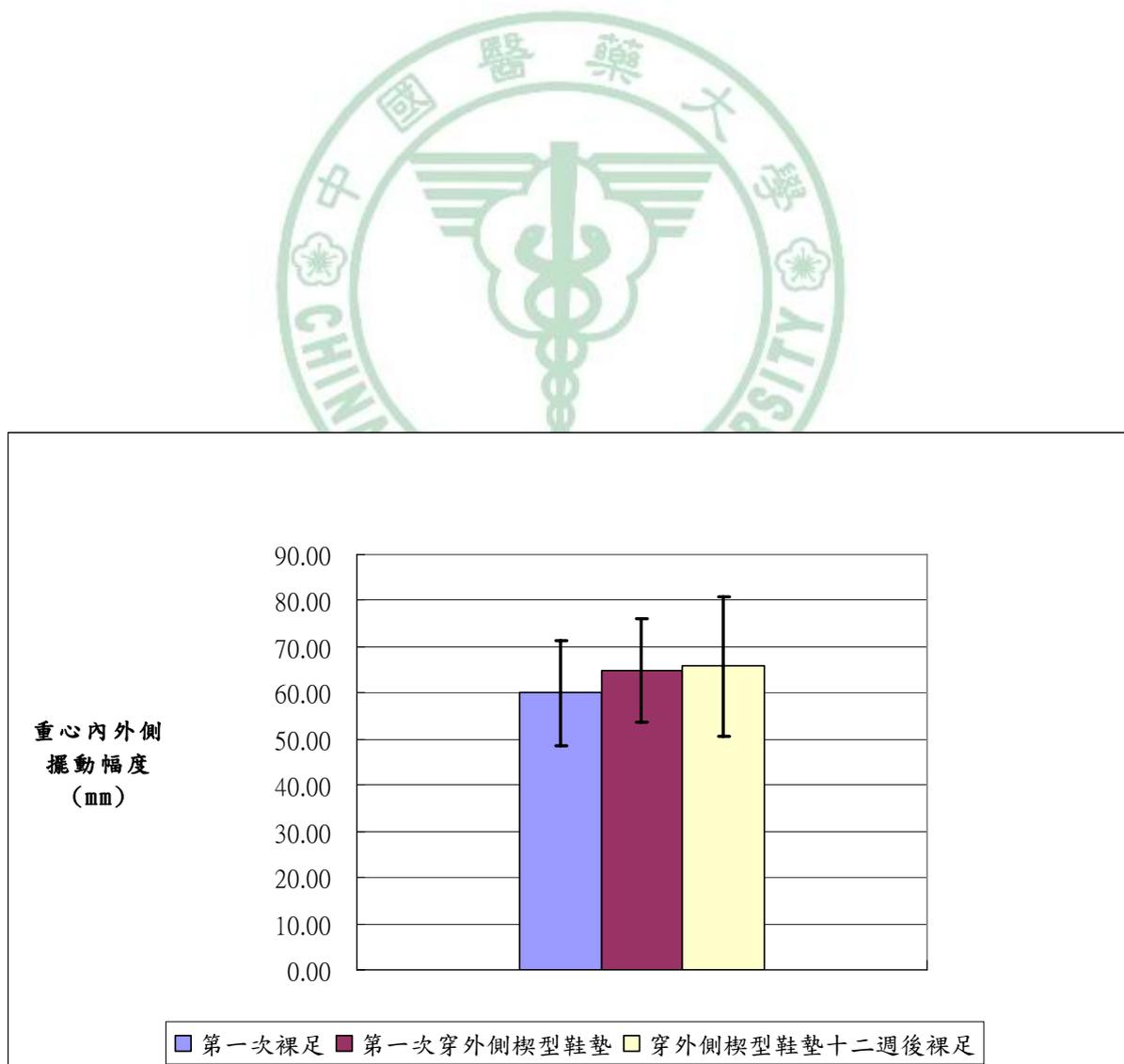


圖 3.41 受試者重心內外側擺動幅度比較

圖 3.42 為受試者的身體重心移動的範圍 (COG sway range) - 垂直擺動幅度 (vertical) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, $P = 0.205$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 ($P = 0.145$) 都沒有顯著差異。

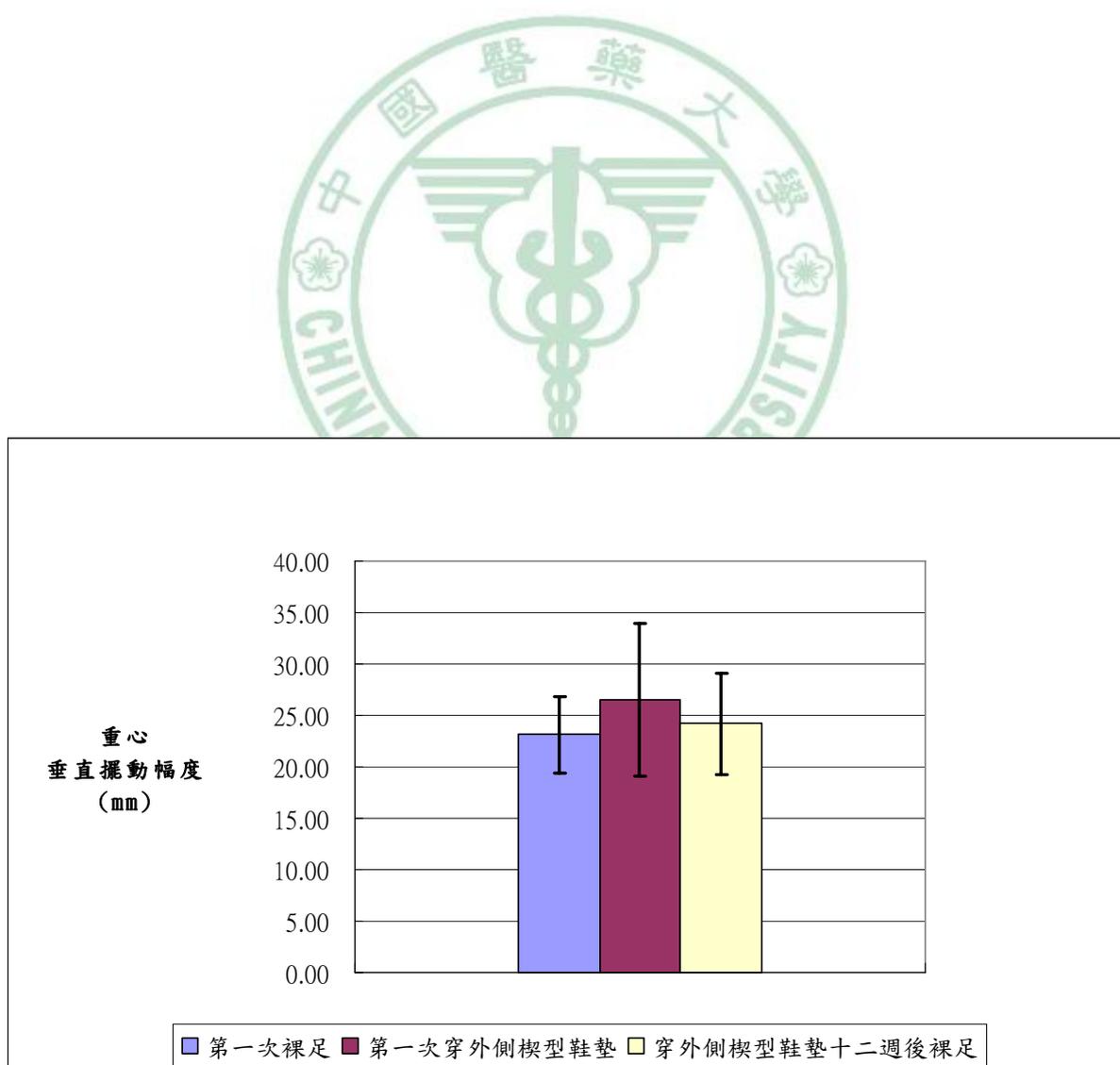


圖 3.42 受試者重心垂直擺動幅度比較

圖 3.43 為受試者的身體重心移動速度極值 (COG maximum velocity) - 左右側擺動 (right-left) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現重心右側擺動速度極值，在第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較有明顯增加，統計上有顯著差異 ($P = 0.002$) ($P < 0.05$)；但在穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較，雖然有增加的趨勢，但沒有顯著差異 ($P = 0.063$)。

重心左側擺動速度極值，在第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較，雖然有增加的趨勢，但沒有顯著差異 ($P = 0.058$)；但在穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較有明顯增加，統計上有顯著差異 ($P = 0.013$) ($P < 0.05$)。

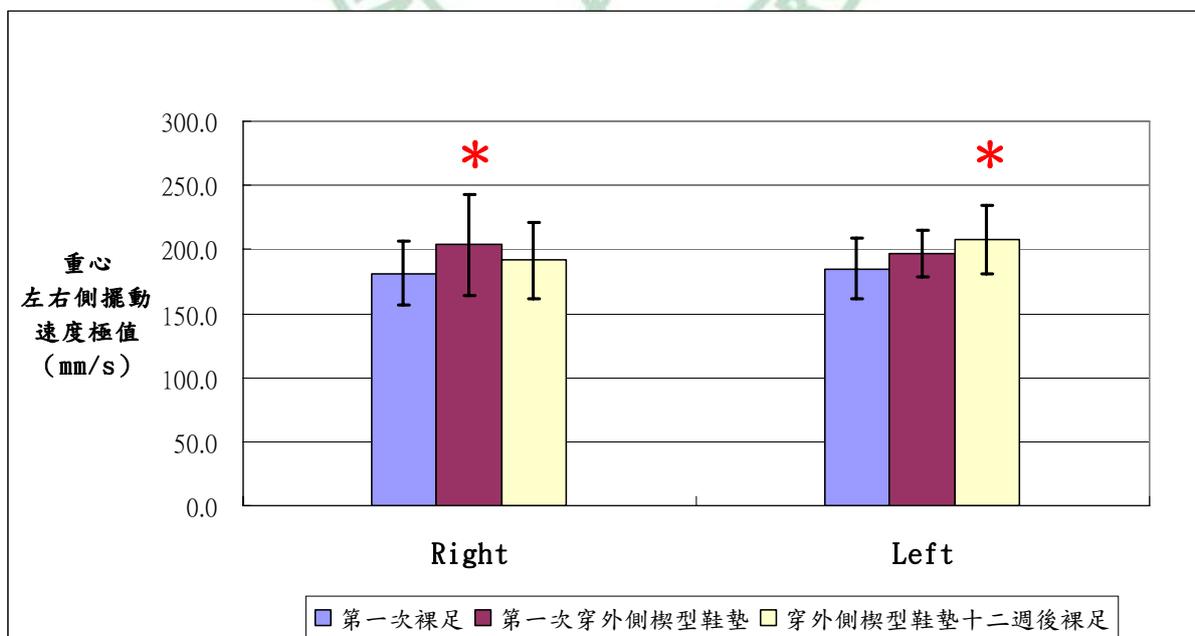


圖 3.43 受試者重心左側，右側擺動速度極值之比較

圖 3.44 為受試者的身體重心移動速度極值 (COG maximum velocity) - 上下擺動 (upward-downward) 在第一次裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足間的比較。

研究發現不論是第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較 (paired-t test, upward $P = 0.608$; downward $P = 0.403$)，還是穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較 (upward $P = 0.390$; downward $P = 0.163$) 都沒有顯著差異。

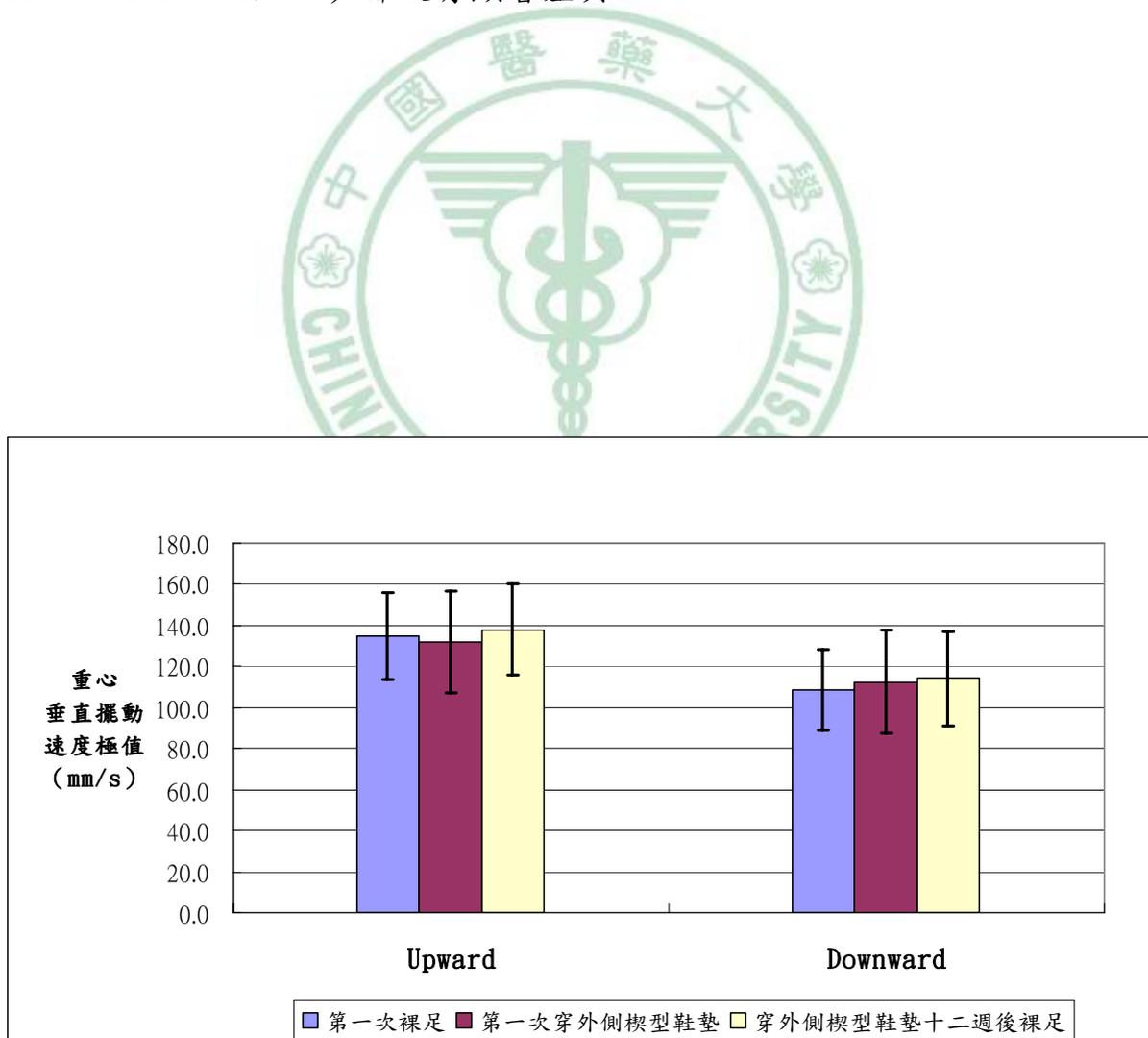


圖 3.44 受試者重心上，下擺動速度極值之比較

第四章 討論

第一節 結果討論

4.1.1. 受試者主觀症狀改善情形

在本研究中，我們選擇『自覺疼痛指數 (Visual Analog Scale, VAS)』和『退化性膝關節炎嚴重程度 (Lequesne Index of Severity for Knee Osteoarthritis)』作為受試者在穿十二週外側楔型鞋墊前、後症狀改善之比較。

研究發現受試前患者的自覺疼痛指數 (VAS) 平均值為 54.2 (標準差為 11.3)，十二週後平均值為 39.2 (標準差為 11.5)，疼痛情形明顯改善。而受試前患者的 Lequesne index 平均值為 10.3 ± 1.7 ，穿外側楔型鞋墊十二週後之 Lequesne index 平均值為 7.0 ± 1.7 ，Lequesne index 減少，嚴重程度也有明顯減輕現象。

參與本實驗之受試者平均年齡為 70.7 ± 5.9 歲，因雙側退化性膝關節炎所造成的疼痛及日常生活不便（步行困難，不耐久站行走，上下樓梯不方便，以及無法蹲下等）已困擾多年，同時也都接受過藥物（非類固醇類消炎止痛藥）和物理治療，但因為服用藥物所造成的腸胃不適症狀，以及需要家人接送復健所造成的耗時和不方便，所以對先前治療的滿意度普遍都不佳。

『外側楔型鞋墊』對受試者而言是一種新的嘗試，減少了患者服藥產生的不舒服以及害怕長期服藥有副作用的疑慮，同時外側楔型鞋墊是由患者帶回家在日常生活中使用（希望每天將鞋墊置於運動鞋中行走和運動，至少六至八小時），不需要增加患者到醫院治療的時間，所以就患者自覺改善及滿意程度而言，研究顯示為正面的反應。這和先前文獻中受試者的反應幾乎相同，症狀及疼痛情形都有顯著改善。

實驗設計時，為了避免因為介入其他治療干擾『外側楔型鞋墊』效果評估，所以要求患者不得接受物理治療，類固醇關節或韌帶注射，以及玻尿酸關節注射等治療，如膝關節疼痛嚴重，統一以固定單一非類固醇消炎止痛藥（meloxicam）治療。而本實驗中十二名患者皆確實遵照規定且未因嚴重疼痛而接受藥物治療。

但因為『自覺疼痛指數（VAS）』和『退化性膝關節炎嚴重程度（Lequesne Index）』是患者主觀對症狀及疼痛情形的表述，所以我們必須要考慮到是否存在著其他可能造成假陽性的原因：參與本實驗的受試者退化性膝關節炎嚴重程度較重（K - L Grade III : 8 名，Grade IV : 4 名），且部分患者已被骨科醫師建議接受手術治療（膝關節置換術），參與本研究受測時可能會造成對『外側楔型鞋墊』效果評價過高的可能性。所以除了患者主觀的表述外，在選擇『外側楔型鞋墊』當治療工具之前，其他客觀且更詳細的評估工具是必要的。

4.1.2. 下肢 X-光改變情形

下肢排列 (lower limb alignment) 和幾何學 (geometry) 的改變會影響到各關節 (踝、膝、髖) 之間的角度變化和承重狀態 (force loading)，進而影響到退化性關節炎的進展。所以矯正下肢關節角度的變形 (angular deformity) 和重新分配關節受力就變成了選擇和設計治療退化性膝關節炎的主要考量。^{39, 40}

『X-光檢查』長久以來就是確定診斷退化性膝關節炎的標準工具，它可以讓臨床醫師清楚知道膝關節內、外側是否長有骨刺，股骨脛骨關節間隙是否有狹窄現象，更進一步可以瞭解膝關節是否有內翻變形 (varus deformity)，排列不當 (mal-alignment) 的現象。同時『X-光檢查』更是骨科醫師在手術前決定手術方式 (脛骨高位切骨術或人工膝關節置換術)，以及手術後評估效果的必要工具。

任何期望改變下肢排列來達到矯正或延緩退化性關節炎惡化的介入性治療，都需要完整詳細的評估。將『外側楔型鞋墊 (laterally wedged insole)』應用在治療內側退化性膝關節炎 (medial osteoarthritis of the knee) 患者身上一直以來被期待可以當作延緩患者接受手術治療時程的保守療法選擇之一。

所有相關於外側楔型鞋墊效果評估的文獻報告都選擇 X-光檢查為基礎評估工具，一方面 X-光檢查是篩選受試病患確定診斷時的工具，另一

方面研究者也希望從 X-光中發現關節角度的些微變化。Toda 等學者 (2001, 2003)^{34, 35} 讓患者穿外側楔型鞋墊後，追蹤站立 X-光檢查發現在距骨跟骨夾角 (talocalcaneal angle)，距骨傾斜角 (talar tilt angle) 以及股骨脛骨夾角 (femorotibial angle) 都有明顯的改變。其中以綁帶綁在腳底下使用 (subtalar strapping) 的角度變化最明顯。

在本研究中，我們選擇了 Toda 的評估方法來追蹤受試者在受試前裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足之間的膝關節和踝關節角度是否有變化。研究顯示距骨跟骨夾角 (talocalcaneal angle)，距骨傾斜角 (talar tilt angle) 以及股骨脛骨夾角 (femorotibial angle) 都沒有明顯改變 (表4.1)，推測可能的原因有四個：

第一、Toda 的受試對象為日本民眾，因為民情及生活習慣的關係，日本老人居家多為赤腳在屋內行走，所以實驗設計上，Toda 以綁帶將外側楔型片綁在腳底下使用 (subtalar strapping)。如此一來，腳底和楔型

表 4.1 下肢站立 X-光角度變化

站立 X-光角度	立即變化	十二週後變化
股骨脛骨夾角 (FTA)	-	-
距骨跟骨夾角 (TCA)	-	-
距骨傾斜角 (TTA)	-	-

註：『立即變化』指第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較；

『十二週後變化』指穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較。

『-』：無顯著差異。

片密合度較高且不影響受試者日常生活。本實驗研究對象為台灣傳統社會的老年人，平常多穿著雨鞋從事農耕，或是居家中穿著拖鞋或皮鞋走路，無法依照 Toda 的方式實驗，所以我們採用受試者可以接受及配合的方式 - 將外側楔型鞋墊放在鞋子中穿，同時為了減少實驗誤差，我們給予固定形式之運動鞋讓受試者回家穿，但這和在 Toda 的研究中僅發現股骨脛骨夾角有差異仍有不同。

第二、先前的文獻報告中，退化性膝關節炎受試者多選擇嚴重程度較輕 (Grade I or II) 之患者，Toda Y (2002)³⁰ 和 Russel Rubin BH (2005)³¹ 等學者也指出年輕患者以及單位體重中下肢 lean body mass (L-LBM) 較高的患者會有較好的效果。而本實驗中之十二名受試者平均年齡為 70.7 ± 5.9 歲，嚴重程度也較重 (Grade III : 8 名, Grade IV : 4 名)，如此長時間骨關節的退化現象 (如關節間隙狹窄，骨刺，膝蓋內翻變形) 勢必無法藉由數週至數月短時間的非手術介入而改變。

第三、本研究樣本數不足，小樣本數容易受到樣本變異數過大而導致無法達到顯著差異的標準。

第四、單次的平面靜態影像學檢查可能無法真實的表現出下肢關節角度的明顯差異^{39, 40}。

所以更進一步的動態評估來探討其中運動學和動力學的差異是絕對必要的。

4.1.3. 空間與時間參數改變情形

評估及診斷一名退化性膝關節炎的患者，除了從自訴症狀，理學檢查和 X-光檢查得到證據外，詳細瞭解患者的步態變化也是我們選擇治療方法的一大考量。從過去的文獻中可以知道，退化性膝關節炎患者和正常年輕人的空間時間參數 (spatiotemporal parameters) 比較起來，步行的速度會比較慢 (slower walking velocity)，跨步長比較短 (shorter stride length)，還有站立期佔步態週期的比例也比較長 (longer stance phase of the gait cycle)²⁰，這些都是因為退化性膝關節炎導致下肢無力和膝部疼痛所產生的代償步態。

在本研究中，我們利用了『動作分析系統和三維測力板系統』檢查來追蹤受試者在受試前裸足，第一次穿外側楔型鞋墊，以及穿外側楔型鞋墊十二週後裸足之間的空間時間參數 (spatiotemporal parameters) 是否有變化。

研究發現 (表 4.2)，受試者第一次穿外側楔型鞋墊時的空間時間參數和受試前裸足比較，步寬 (step width) 明顯增加、足跟離地最大高度 (heel maximum height) 明顯增加、擺盪期時間 (swing phase time) 明顯增加、以及站立期佔步態週期百分比明顯減少。而在穿外側楔型鞋墊十二週後裸足與受試前裸足比較，僅發現步寬 (step width) 明顯增加。

表 4.2 空間與時間參數變化

空間與時間參數	立即變化	十二週後變化
跨步長 (stride length)	-	-
步長 (step length)	-	-
步寬 (step width)	明顯增加	明顯增加
步行速度 (gait velocity)	-	-
足跟離地最大高度 (heel maximum height)	明顯增加	-
週期時間 (cycle time)	-	-
站立期時間 (stance phase time)	-	-
擺盪期時間 (swing phase time)	明顯增加	-
站立期佔步態週期百分比	明顯減少	-

註：『立即變化』指第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較；

『十二週後變化』指穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較。

『-』：無顯著差異。

退化性膝關節炎患者因為疼痛和下肢無力，步行時的平衡狀態本來就不是很好，第一次穿外側楔型鞋墊行走時，勢必會以較大的步寬來維持平衡，增加穩定度；同時因為腳下多了一個鞋墊，受試者可能不自覺地將腳抬高以避免跌倒。經過十二週後，未出現預期中因習慣鞋墊而導致步寬逐漸減少的現象，與受試前裸足比較，步寬仍明顯增加，這可能是因為受試時間仍不夠長，無法出現預期的效果。

膝關節退化，關節軟骨承受壓力能力降低，骨骼承受壓力增加，而膝關節承重主要發生在站立期。站立期時間無顯著變化和擺盪期時間明顯增加會造成站立期佔步態週期百分比明顯減少，可以預期膝關節承重時間會相對減少，對關節軟骨的壓力應可減少，以減緩膝關節退化的惡化。

4.1.4. 下肢關節、軀幹、及頭部活動角度改變情形

從文獻中可以知道，退化性膝關節炎患者和正常年輕人的下肢關節角度比較起來，不論是髖關節、膝關節、還是踝關節的動態關節活動角度 (dynamic range of motion) 都明顯的減少²⁰，大多數的學者皆同意這和退化性膝關節炎導致膝部疼痛以及本體感覺失調 (impaired knee proprioception)⁴¹ 有相關。

過去對外側楔型鞋墊的研究，僅提到以 X-光評估踝關節的距骨跟骨夾角和距骨傾斜角以及膝關節的股骨脛骨夾角變化，但從未有學者針對下肢踝、膝、髖關節，軀幹和頭部的多方向活動角度變化作過詳細地報告。從肢體軀幹排列 (alignment) 的觀點來看，任一關節角度的變化都可能造成其他關節角度的改變。這也是我們在選擇一項新的治療方法時，必須要考慮是否會造成其他關節或部位的不良影響。

本研究發現，受試者第一次受測時，因為加了外側楔型鞋墊導致踝關節的內翻外翻 (inversion-eversion) 角度比受試前裸足明顯增加是可以理解的。同時因為受試時，我們以足踝護具固定鞋墊讓受試者在實驗室中行走，所以會造成踝關節的蹠屈背屈 (plantar - dorsiflexion) 角度明顯減少。這些現象在十二週後的裸足實驗中就消失了。至於膝關節的屈曲伸展 (flexion - extension) 角度在十二週後的裸足實驗中明顯減少，可能是因為受試者害怕失去平衡而跌倒所產生的代償結果 (表 4.3)。

表 4.3 下肢關節、軀幹、及頭部活動角度變化

關節活動角度	立即變化	十二週後變化
髖關節的屈曲伸展 (flexion-extension)	-	-
外展內收 (abduction-adduction)	-	-
旋轉 (rotation)	-	-
膝關節的屈曲伸展 (flexion-extension)	-	明顯減少
外展內收 (abduction-adduction)	-	-
旋轉 (rotation)	-	-
踝關節的蹠屈背屈 (plantar - dorsiflexion)	明顯減少	-
內翻外翻 (inversion-eversion)	明顯增加	-
腳趾內外向 (toe in-out)	-	-
軀幹的屈曲伸展 (flexion-extension)	-	-
側彎 (side bending)	-	-
旋轉 (rotation)	-	-
頭部的屈曲伸展 (flexion-extension)	-	-
側彎 (side bending)	-	-
旋轉 (rotation)	-	-

註：『立即變化』指第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較；

『十二週後變化』指穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較。

『-』：無顯著差異。

軀幹和頭部的屈曲伸展 (flexion-extension)，側彎 (side bending) 和旋轉 (rotation) 角度在立即變化和十二週後變化上並沒有明顯變化 (表 4.3)，這可能是因為單靠一雙外側楔型鞋墊僅可以影響到下肢的活動，對於軀幹和頭部的角度變化影響不大，或許可以讓我們在選擇這個治療方法時，比較放心不會造成軀幹和其他關節的不良影響。

4.1.5. 下肢各關節受力及承受力矩改變情形

本研究之介入治療工具為『外側楔型鞋墊』，穿上鞋墊後測試踝關節的受力分力，其中前向分力（anterior force）明顯增加，這可能是因為我們使用的是四分之三足鞋墊加工貼上外側楔型片，所以產生足部後高前低的情形所造成的。在力矩變化方面，因綁上外側楔型鞋墊導致足踝內翻和蹠屈受限所造成的立即效果，包括內翻力矩峰值（invertor moment）和內旋力矩峰值（internal rotator moment）明顯增加、還有蹠屈力矩峰值（plantar flexor moment）明顯減少都是可接受的（表 4.4）。

表 4.4 踝關節受力及力矩變化

受力及力矩	立即變化	十二週後變化
前向分力 (anterior force)	明顯增加	-
後向分力 (posterior force)	-	-
內向分力 (medial force)	-	-
外向分力 (lateral force)	-	-
張力 (tension force)	-	-
擠壓受力 (compression force)	-	-
內翻力矩峰值 (invertor moment)	明顯增加	-
外翻力矩峰值 (evertor moment)	-	明顯減少
蹠屈力矩峰值 (plantar flexor moment)	明顯減少	-
背屈力矩峰值 (dorsiflexor moment)	-	-
內旋力矩峰值 (internal rotator moment)	明顯增加	-
外旋力矩峰值 (external rotator moment)	-	-

註：『立即變化』指第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較；

『十二週後變化』指穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較。

『-』：無顯著差異。

穿外側楔型鞋墊十二週後的測試中，因為是採裸足測試，之前足部後高前低的情形消失，所以前向分力（anterior force）便恢復和受試前裸足一樣。在力矩變化方面，前述之發現同樣消失，推測應該是鞋墊的立即效應消失所造成的。但是值得注意的是，我們發現外翻力矩峰值（evertor moment）在穿外側楔型鞋墊十二週後明顯減少，這是否因為一段時間穿外側楔型鞋墊導致足踝外側肌群少使用而造成肌力減退的不當影響，確實需要更長時間的觀察。

表 4.5 膝關節受力及力矩變化

受力及力矩	立即變化	十二週後變化
前向分力 (anterior force)	明顯減少	-
後向分力 (posterior force)	-	-
內向分力 (medial force)	-	-
外向分力 (lateral force)	明顯增加	-
張力 (tension force)	-	-
擠壓受力 (compression force)	-	-
內收力矩峰值 (adductor moment)	-	-
外展力矩峰值 (abductor moment)	-	-
屈曲力矩峰值 (flexor moment)	-	-
伸展力矩峰值 (extensor moment)	有增加的趨勢	有增加的趨勢
內旋力矩峰值 (internal rotator moment)	-	-
外旋力矩峰值 (external rotator moment)	-	-

註：『立即變化』指第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較；

『十二週後變化』指穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較。

『-』：無顯著差異。

穿上鞋墊後，我們觀察膝關節的立即受力情形發現，前向分力（anterior force）代償性的減少，而內向分力（medial force）沒有改變，外向分力（lateral force）明顯增加，暗示著受力由膝內側轉移到膝外側，對於減緩內側脛骨股骨關節面（medial tibiofemoral compartment）的受力應有幫助，但這個現象在十二週後的追蹤中並沒有持續存在，或許需要更長的時間來觀察。

在力矩變化方面，我們發現只有伸展力矩峰值（extensor moment）在立即變化和十二週後變化上有增加的趨勢，但沒有達到統計上的差異（表 4.5）。Annegret Mündermann（2005）⁴² 的研究團隊發現退化性膝關節炎患者在站立期的膝屈曲範圍（range of knee flexion）較小，伴隨著較小的淨股四頭肌力矩（net quadriceps moment）。Kaufman（2001）¹⁹ 也提到了退化性膝關節炎患者會透過減少膝伸展力矩峰值（knee extensor moment），避免股四頭肌收縮（quadriceps avoidance），來達到減低疼痛的目的。本實驗中，伸展力矩峰值（extensor moment）不論是立即影響還是十二週後的追蹤，同樣都有增加的趨勢，我們推測外側楔型鞋墊或許具有補強因膝關節退化導致股四頭肌肌力不足所造成的低膝伸展力矩峰值（knee extensor moment）的功效，類似踝足裝具（ankle-foot orthosis）應用在中風患者練習走路時，增加膝伸展及穩定能力一樣。本實驗中未達統計上的差異，可能是因為樣本數不足所造成的。

同樣在穿上鞋墊後，我們觀察髖關節的立即受力情形發現，前向分力（anterior force）明顯的減少，但是其他方向的分力並沒有明顯改變，這可能是剛穿上鞋墊時不習慣，受試者比較不敢走太快所造成的。

十二週後的追蹤時，我們意外地發現外向分力（lateral force）有明顯減少的現象，但為何會有此變化，或許需要更進一步的實驗設計及證明來解釋。

表 4.6 髖關節受力及力矩峰值變化

受力及力矩	立即變化	十二週後變化
前向分力 (anterior force)	明顯減少	-
後向分力 (posterior force)	-	-
內向分力 (medial force)	-	-
外向分力 (lateral force)	-	明顯減少
張力 (tension force)	-	-
擠壓受力 (compression force)	-	-
內收力矩峰值 (adductor moment)	-	-
外展力矩峰值 (abductor moment)	-	有減少的趨勢
屈曲力矩峰值 (flexor moment)	明顯減少	-
伸展力矩峰值 (extensor moment)	有增加的趨勢	-
內旋力矩峰值 (internal rotator moment)	-	-
外旋力矩峰值 (external rotator moment)	明顯減少	明顯減少

註：『立即變化』指第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較；

『十二週後變化』指穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較。

『-』：無顯著差異。

在力矩的立即變化中，我們發現屈曲力矩峰值 (flexor moment) 和外旋力矩峰值 (external rotator moment) 明顯減少，但伸展力矩峰值 (extensor moment) 有增加的趨勢。而十二週後變化上，卻發現外展力矩峰值 (abductor moment) 有減少的趨勢和外旋力矩峰值 (external rotator moment) 明顯減少 (表4.6)。

Annegret Mündermann (2005)⁴² 發現退化性膝關節炎患者在站立期後期 (terminal stance) 時的髖屈曲力矩峰值 (hip flexor moment) 較年齡相當的控制組多了 18.1%。同時膝關節退化越嚴重，患者的膝內收力矩 (knee adduction moment) 越大，髖內收力矩峰值 (peak hip adductor moment) 就越小。膝關節退化越不嚴重的患者因為有足夠強度的髖外展肌群 (hip abductor muscle) 來維持行走時軀幹的擺動，來減少膝內收力矩 (knee adduction moment)。Alison Chang²¹ 更提出較大的髖外展力矩 (hip abductor moment) 可以保護並延緩同側內側退化性膝關節炎的惡化。

本實驗中，我們發現穿上外側楔型鞋墊可以立即降低髖屈曲力矩峰值 (hip flexor moment)，讓步態趨於正常健康老年人，具有正面的意義。但相反的，十二週後的追蹤中，外展力矩峰值 (abductor moment) 卻有減少的趨勢，和過去文獻中的結論相衝突，是因為樣本數太少，受到樣本變異數過大所產生的誤差；還是外側楔型鞋墊確實會導致此趨勢，反而造成內側退化性膝關節炎的惡化，需要更長時間和更多樣本數的觀察來證明。

4.1.6. 身體重心 (center of gravity) 改變情形

隨著年紀的變大，平衡控制系統 (balance control system) 會隨之減少維持動態穩定度的能力 (dynamic stability)，而這主要是透過改變身體重心來達到目的⁴³。文獻中指出老年人的平衡不良主要表現在較大且較快的內側-外側身體重心移動⁴⁴，同時身體重心內外側擺動的移動距離增加，可能也是造成膝內收力矩峰值增加的原因之一⁴²。

在我們的研究中發現 (表4.7)，身體重心 (Center of Gravity) 內外側擺動 (medial-lateral) 的移動範圍 (sway range)，不論是在立即變化還是十二週後的變化中雖然沒有統計上的差異，但都有增加的趨勢，同時左、右側擺動移動速度峰值 (maximum velocity) 也有統計上意義，但上下擺動 (upward-downward) 移動速度峰值則沒有差異。

在穿外側楔型鞋墊的立即變化中，我們認為可能是因為受試者第一次穿鞋墊時平衡變差，靠身體左右擺動將承重分散在對側腳所造成的代償變化。至於在十二週後與受試前的比較中，原本預期不論是內外側擺動的移動範圍還是移動速度峰值，都應該在熟悉外側楔型鞋墊，或是出現治療效果後減少，但或許是因為十二週時間仍太短，無法呈現外側楔型鞋墊所期望的結果，也可能是因為樣本數不足，小樣本數容易受到樣本變異數過大而導致無法達到顯著差異的標準。

表 4.7 身體重心變化

身體重心 (Center of Gravity)	立即變化	十二週後變化
移動範圍 (sway range)		
- 內外側擺動幅度 (medial-lateral)	有增加的趨勢	有增加的趨勢
- 垂直擺動幅度 (vertical)	-	-
移動速度峰值 (maximum velocity)		
- 右側擺動 (right)	明顯增加	有增加的趨勢
- 左側擺動 (left)	有增加的趨勢	明顯增加
- 上下擺動 (upward-downward)	-	-

註：『立即變化』指第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較；

『十二週後變化』指穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較。

『-』：無顯著差異。



第二節 其他相關性討論

『外側楔型鞋墊』的構想雖然已被提出十餘年，但仍只保持在實驗室階段，未被廣泛應用於臨床實務上。本實驗選擇使用一自製之外側楔型鞋墊讓患者穿十二週，以瞭解其產生之效應。

(一) 從外側楔型鞋墊的高度來探討：

Toda 等學者 (2004)³³ 比較不同高度 (8, 12 和 16 mm) 的外側楔型鞋墊發現，高度越高 (傾斜角度越大) 的鞋墊可以造成較大股骨脛骨夾角 (FTA) 的外翻矯正 (valgus correction)。而適度的傾斜角及高度的鞋墊 (8- or 12-mm elevation wedged insoles) 比較舒適且對減低疼痛的效果較好。就實驗的敏感度來說，選擇較高的鞋墊可以得到較好的實驗結果，但是卻會造成受試者不舒服，順應性減少，所以本實驗折衷選擇了 12 mm 的楔型片黏於平底鞋墊底部來當作治療工具。

(二) 從外側楔型鞋墊的樣式來探討：

先前學者的研究中，有使用全足鞋墊置於皮鞋中，或直接將外側楔型片綁在腳上等，尚無定論；另外足弓墊的存在與否更是未被重視。本實驗採用市售四分之三足平底鞋墊自行加工，維持原內側足弓以增加與腳底之密合度和穩定度，再將外側楔型鞋墊放在鞋子中穿，這可能因此減少矯正的效果。

(三) 從穿外側楔型鞋墊後評估效果的時間來探討：

在本實驗中，穿外側楔型鞋墊的立即效果(immediate effect)比穿外側楔型鞋墊十二週後的效果(long-term effect)明顯，但在十二週後的裸足檢查中，許多變化都不具統計上的意義，這可能是追蹤時間還不夠長，本實驗可以作為長期穿外側楔型鞋墊研究的先趨實驗(pilot study)。

(四) 從每天穿外側楔型鞋墊的時間來探討：

Toda (2005)⁴⁵ 比較穿鞋墊時間分成短(少於 5 小時)，中(5 - 10 小時)，長(大於 10 小時)的三組的效果，建議每天穿 5 - 10 小時是最好的，所以本實驗建議受試者每天穿 6 - 8 小時。

第三節 研究限制

綜合以上的討論，可能因為下列幾項干擾因素及實驗限制，造成實驗最後未出現預期的結果或未達顯著差異：

(一) 所選擇的樣本族群不適合：

先前的文獻報告中，受試者多為嚴重程度較輕 (Grade I or II)，Toda Y (2002)³⁰ 和 Russel Rubin BH (2005)³¹ 等學者也指出年輕患者以及單位體重中下肢 lean body mass (L-LBM) 較高的患者會有較好的效果。而本實驗中之十二名受試者平均年齡為 70.7 ± 5.9 歲，嚴重程度也較重，所以可能造成實驗結果與先前的報告略有不同。

(二) 個體間的差異性：

每位受試者的膝關節退化程度仍存在著變異性，另外身體質量 (BMI) 的差異，受試者是否合併腰椎退化，髖關節退化，踝關節退化疼痛，還有受試者的順從性，回家的活動量和穿外側楔型鞋墊的時間不同，這都可能影響測試時的表現結果。

(三) 樣本數不足：

本研究的樣本數僅有 12 人，無法進行實驗組和控制組的結果比較，導致樣本的差異性影響實驗結果，未來的研究應該可以進行更大樣本數的

研究，更可以進一步探討不同樣式設計的外側楔型鞋墊的使用成效。

(四) 人為的實驗誤差：

- (1) 貼反光球及綁上座標訊號標記的人為誤差：27 顆反光球必須要貼在特定的身體標記上，如果受試者較胖，定位不容易，都可能會造成此人為誤差。
- (2) 實驗時穿外側楔型鞋墊的人為誤差：因為實驗時無法穿鞋子，所以必須用護踝綁住鞋墊，再將反光球貼在上面。穿外側楔型鞋墊的過程中，鞋墊相對於踝關節運動中心的位置微小的差距就可能造成受試者表現不同。
- (3) 後續資料處理時的人為誤差：在後續的資料處理標記過程中，也會因為不同處理者產生不同的結果，而造成人為誤差。

(五) 即時效果或長程效果的探討：

本研究實驗設計是比較『立即變化』(第一次穿外側楔型鞋墊時和受試前裸足時的比較)和『十二週後變化』(穿外側楔型鞋墊十二週後裸足時和受試前裸足時的比較)之間的差異，從實驗過程及結果中，我們僅可以推論可能機轉，但無法明確證明其因果關係。

(六) 實驗所設計的測試方法會影響評估使用外側楔型鞋墊的成效：

一般而言，低強度的活動，例如平地行走 (level walking) 測試能提供的變化訊息有限，在較大的活動強度中，例如上下樓梯，快走等，下肢肌肉活動及關節活動角度增加，關節受力增加，應該可以得到更多訊息。未來的實驗設計或許可以選擇比平地行走(level walking)更多樣化的測試項目，例如跨越障礙物 (obstacle crossing) 或是從坐到站立 (sit to stand) 的動作。



第五章 結論與建議

第一節 結論

退化性膝關節炎患者的運動旋轉中心 (center of rotation) 相對於正常人呈現向內偏移的現象，表示患者的關節結構發生變化，改變了原來的受力軌跡，使得受力點向內偏移，導致內側受力變大，膝內收力矩 (knee adduction moment) 越大，暗示著膝內側關節面承重越大，關節磨損越厲害，退化的速度也更快，所以改善膝關節不正常的受力情形，是治療退化性膝關節炎重要的處置原則。

目前公認治療內側退化性膝關節炎的主要目標是減少膝內收力矩峰值 (peak knee adduction moment) 來減緩內側脛骨股骨關節面 (medial tibiofemoral compartment) 的負重，非手術的治療包括專用護膝 (brace)、步態訓練、和股四頭肌肌力訓練等，鞋具輔具 (footwear modifications) 更是目前研究的主流。

從我們的實驗結果可以提出幾個外側楔型鞋墊應用在退化性膝關節炎患者的效果及建議：

- 一. 就患者主觀的『自覺疼痛指數 (VAS)』和『退化性膝關節炎嚴重程度 (Lequesne Index)』來看，本研究發現在使用外側楔型鞋墊後，不論是症狀的改善或是疼痛的減輕都有明顯的差異。

- 二. 『X-光檢查』是評估療效的基本工具，但是本研究在評估距骨跟骨夾角，距骨傾斜角以及股骨脛骨夾角時都沒有明顯改變，更進一步的動態評估來探討其中運動學和動力學的差異是絕對必要的。
- 三. 在空間時間參數 (spatiotemporal parameters) 方面，受試者會以較大的步寬來維持平衡，增加穩定度。並透過擺盪期時間增加和站立期佔步態週期百分比減少來減少膝關節承重，以減緩膝關節退化的惡化。
- 四. 下肢關節，軀幹和頭部的活動角度變化方面，外側楔型鞋墊直接造成踝關節的內翻外翻角度增加和蹠屈背屈角度減少。而膝關節的屈曲伸展角度在十二週後明顯減少。至於軀幹和頭部的屈曲伸展，側彎和旋轉角度都沒有明顯變化。
- 五. 關節受力情形方面，外側楔型鞋墊造成膝關節內向分力沒有改變，外向分力明顯增加，暗示著受力由膝內側轉移到膝外側，對於減緩內側脛骨股骨關節面 (medial tibiofemoral compartment) 的受力應有幫助，需要更長的時間來觀察。
- 六. 身體重心 (Center of Gravity) 內外側擺動的移動範圍有增加的趨勢，同時左、右側擺動移動速度峰值 (maximum velocity) 增加也有統計上的意義，但上下擺動 (upward-downward) 移動速度峰值則沒有差異。可能是因為受試者第一次穿鞋墊時平衡變差，靠身體左右擺動將承重分散在對側腳所造成的代償變化。

七. 下肢踝、膝、髖關節力矩變化方面，外側楔型鞋墊的立即效應包括了

- (1) 足踝部的內翻力矩峰值 (invertor moment) 和內旋力矩峰值 (internal rotator moment) 明顯增加、還有蹠屈力矩峰值 (plantar flexor moment) 明顯減少。
- (2) 膝部的伸展力矩峰值 (extensor moment) 在立即變化和十二週後追蹤都有增加的趨勢，推測外側楔型鞋墊可能具有補強股四頭肌肌力不足，類似踝足裝具 (ankle-foot orthosis) 的功效。
- (3) 外側楔型鞋墊可以立即降低髖屈曲力矩峰值 (hip flexor moment)，讓步態趨於正常健康老年人，具有正面的意義。

八. 穿外側楔型鞋墊十二週後發現一些疑似負面反應，包括：

- (1) 足踝外翻力矩峰值 (evertor moment) 明顯減少，是否因為足踝外側肌群少使用而造成肌力減退的不當影響，確實需要更長時間的觀察。
- (2) 髖關節外向分力 (lateral force) 有明顯減少的現象，需要更進一步的實驗設計及證明來解釋。
- (3) 髖關節外展力矩峰值 (abductor moment) 有減少的趨勢，和過去的文獻中的結論相衝突，是否會造成內側退化性膝關節炎的惡化，需要更長時間的觀察來證明。

第二節 建議

外側楔型鞋墊的構想雖已提出十餘年，但仍只保持在實驗室階段，未被廣泛應用於臨床實務上。外側楔型鞋墊的開發及應用除了硬體的研發製作：外側楔型鞋墊材質的選擇，角度及高度的選擇等；還需要軟體的配套措施：例如臨床上適用患者的選擇和教育，另外更重要的是一套有效可信的評估標準。

在未來外側楔型鞋墊足部輔具的臨床研究中，提出幾個建議：

- 一. 針對不同膝關節退化程度的患者，設計不同的外側楔型鞋墊(如不同角度或高度, 有無足弓, 全足或非全足)，並從事多次重複的研究測試，進一步了解外側楔型鞋墊對於臨床患者的適用性。
- 二. 穿鞋墊的方式，雖然過去的文獻認為將外側楔型片綁在腳下所造成的X-光下的角度變化最大，但在臨床上並不符合台灣本國人的使用方式，發展完全本土化的外側楔型鞋墊並廣泛應用是最重要的。
- 三. 本研究中確實發現外側楔型鞋墊的立即和長期（十二週）效果，造成些許運動學和動力學的變化，但是更長期的影響更需要密切的追蹤，以避免出現代償性的不良步態變化，或反而加速內側退化性膝關節炎的惡化。

參考文獻

1. Felson DT. Osteoarthritis of the Knee. N Engl J Med 2006;354:841-8.
2. JM J, RS K, NE L, MC N, Y Z, MF S. Osteoarthritis: New Insights, Part 1: The Disease and Its Risk Factors. Ann Intern Med 2000;133:635-46.
3. BAYAT N, KEEN HI, HILL CL. Randomized clinical trials of osteoarthritis: a review. APLAR Journal of Rheumatology 2005;8:171-6.
4. Kellgren L, Lawrence J. Radiological assessment of osteoarthritis. Ann Rheum Dis 1957;16:494-502.
5. Hart D, Spector T. Definition and epidemiology of osteoarthritis of the hand: a review. . Osteoarthritis Cartilage 2000;8(Suppl A):S2 - S7.
6. Cunningham L, Kelsey J. Epidemiology of musculoskeletal impairments and associated disability. Am J Public Health 1984;74:574-9.
7. Felson D. The epidemiology of knee osteoarthritis: results from the Framingham Osteoarthritis Study. Semin Arthritis Rheum

- 1990;20:42-50.
8. Petersson I. Occurrence of osteoarthritis of the peripheral joints in European populations. *Ann Rheum Dis* 1996;55:659-61.
 9. Peat G, McCarney R, Croft P. Knee pain and osteoarthritis in older adults: a review of community burden and current use of primary health care. *Ann Rheum Dis* 2001;60:91-7.
 10. Felson D, Hannan M, Naimark A, Berkeley J, Gordon G, Wilson P. Occupational physical demands, knee bending, and knee osteoarthritis: results from the Framingham study. *J Rheumatol* 1991;18:1597-2.
 11. O' Reilly S, KR M, M D. Occupation and knee pain: a community study. *Osteoarthritis Cartilage* 2000;8:78-81.
 12. Sharma L, Song J, Felson D, David T, Cahue S, Shamiyeh E et al. The role of knee alignment in disease progression and functional decline in knee osteoarthritis. *Journal of the American Medical Association* 2001;286(2):188-95.
 13. Miyazaki T, Wada M, Kawahara H, Sato M, Baba H, Shimada S. Dynamic load at baseline can predict radiographic disease progression in medial compartment knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*

2002;61:617-22.

14. Ahlback S. Osteoarthritis of the knee: a radiographic investigation. *Acta Radiol Diagn (Stockh)* 1968;Suppl 277:7-72.
15. Carr A. Beyond disability: measuring the social and personal consequences of osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* 1999;7:230-8.
16. Winter D. The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological. 2nd edition. New York: Wiley 1991.
17. Prince F, Corriveau H, Rebert R, Winter D. Gait in the elderly. [review] *Gait and Posture* 1997;5:128-35.
18. Stauffer R, Chao E, Gyory A. Biomechanical gait analysis of the diseased knee joint. *Clin Orthop Relat Res* 1977;126:246-55.
19. Kaufman KR, Hughes C, Morrey BF, Morrey M, An K-N. Gait characteristics of patients with knee osteoarthritis. *Journal of Biomechanics* 2001;34:907-15.
20. Al-Zahrani KS, Bakjeit AMO. A study of the gait characteristics of patients with chronic osteoarthritis of the knee. *Disability and Rehabilitation* 2002;24(5):275-80.

21. Chang A, Hayes K, Dunlop D, Song J, Hurwitz D, Cahue S et al. Hip abduction moment and protection against medial tibiofemoral osteoarthritis progression. *Arthritis & Rheumatism* 2005; 52 (11):3515-9.
22. Baliunas AJ, Hurwitz DE, Ryals AB, Karrar A, Case JP, Block JA et al. Increased knee joint loads during walking are present in subjects with knee osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage* 2002;10:573-9.
23. Yin-Chou L, Chih-Kuan C, Ngok-Kiu C, Jung-Feng C, Yiu-Chung L, Fuk-Tan TS. Gait Deviations in Patients with Early Osteoarthritis of the Knee. *Tw J Phys Med Rehabil* 2005; 33 (3):123-30.
24. Gaby AR. Natural Treatments for Osteoarthritis. *Altern Med Rev* 1999;4(5):330-41.
25. Chiang H, Hsu H-C, Jiang C-C. Dome-shaped High Tibial Osteotomy: A Long-term Follow-up Study. *J Formos Med Assoc* 2006; 105(3):214-9.
26. Eisenhart-Rothe Rv, Graichen H, Hudelmaier M, Vogl T, Sharma L, Eckstein F. Femorotibial and patellar cartilage loss in patients

- prior to total knee arthroplasty, heterogeneity, and correlation with alignment of the knee. *Ann Rheum Dis* 2006; 65:69–73.
27. Sasaki T, Yasua K. Clinical evaluation of the treatment of osteoarthritis knee using a newly designed wedged insole. *Clin Orthop* 1987;221:181–7.
28. Maillefert JF, Hudry C, Baron G, Kieffert P, Bourgeois P, Lechevalier D et al. Laterally elevated wedged insoles in the treatment of medial knee osteoarthritis: a prospective randomized controlled study. *Osteoarthritis and Cartilage* 2001;9:738–45.
29. Pham T, Maillefert J-F, Hudry C, Kieffert P, Bourgeois P, Lechevalier D et al. Laterally elevated wedged insoles in the treatment of medial knee osteoarthritis: A two-year prospective randomized controlled study. *OsteoArthritis and Cartilage* 2004;12:46–55.
30. Toda Y, Segal N, Kato A, Yamamoto S, Irie M. Correlation between body composition and efficacy of lateral wedged insoles for medial compartment osteoarthritis of the knee. *J Rheumatol*

2002;29(3):541-5.

31. Russel Rubin BH, NHDPod(SA), Hylton B, Menz P, BPod(Hons). Use of Laterally Wedged Custom Foot Orthoses to Reduce Pain Associated with Medial Knee Osteoarthritis. *J Am Podiatr Med Assoc* 2005; 95(4):347 - 52.
32. Crenshaw S, Pollo F, Calton E. Effects of lateral-wedged insoles on kinetics at the knee. *Clin Orthop Relat Res* 2000;375:185-92.
33. Toda Y, Tsukimura N, Kato A. The Effects of Different Elevations of Laterally Wedged Insoles With Subtalar Strapping on Medial Compartment Osteoarthritis of the Knee. *Arch Phys Med Rehabil* 2004;85:673-7.
34. Toda Y, Segal N, Kato A, Yamamoto S, Miyukiirie. Effect of a Novel Insole on the Subtalar Joint of Patients with Medial Compartment Osteoarthritis of the Knee *J Rheumatol* 2001;28:2705-10.
35. Toda Y, Segal N. Usefulness of an Insole With Subtalar Strapping for Analgesia in Patients With Medial Compartment Osteoarthritis of the Knee. *Arthritis & Rheumatism (Arthritis Care & Research)* 2002;47(5):468-73.
36. Kerrigan DC, Lelas JL, Goggins J, Merriman GJ, Kaplan RJ, Felson

- DT. Effectiveness of a Lateral-Wedge Insole on Knee Varus Torque in Patients With Knee Osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83:889-93.
37. Kakihana W, Akai M, Yamasaki N, Takashima T, Nakazawa K. Changes of Joint Moments in the Gait of Normal Subjects Wearing Laterally Wedged Insoles. *Am J Phys Med Rehabil* 2004;83:273-8.
38. Kakihana W, Akai M, Nakazawa K, Takashima T, Naito K, Torii S. Effects of laterally wedged insoles on knee and subtalar joint moments. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86(7):1465-71.
39. Wang WJ, Crompton RH. Analysis of the human and ape foot during bipedal standing with implications for the evolution of the foot. *Journal of Biomechanics* 2004; 37:1831-6.
40. Teixeira LF, Olney SJ. Relationship between alignment and kinematic and kinetic measures of the knee of osteoarthritic elderly subjects in level walking. *Chical Biomechanics* 1996;11(3):126-34.
41. Bennell KL, Hinman RS, Metcalf BR, Crossley KM, Buchbinder R, Smith M et al. Relationship of knee joint proprioception to pain and disability in individuals with knee osteoarthritis. *Journal*

- of Orthopaedic Research 2003;21:792-7.
42. Mündermann A, Dyrby CO, Andriacchi TP. Secondary gait changes in patients with medial compartment knee osteoarthritis: Increased load at the ankle, knee, and hip during walking Arthritis & Rheumatism 2005;52(9):2835 - 44.
43. Hahn ME, Chou LS. Age-related reduction in sagittal plane center of mass motion during obstacle crossing. J Biomech 2004; 37(6):837-44.
44. Chou L-S, Kaufman KR, Hahn ME, Brey RH. Mediolateral motion of the center of mass during obstacle crossing distinguishes elderly individuals with imbalance. Gait and Posture 2003; 18:125-33.
45. Toda Y, Tsukimura N, Segal N. An optimal duration of daily wear for an insole with subtalar strapping in patients with varus deformity osteoarthritis of the knee. Osteoarthritis Cartilage 2005;13(4):353-60.

附錄一

退化性膝關節炎患者關節破壞程度之評估 — X光之分級

(Radiography Grading of Osteoarthritis : Kellgren - Lawrence Classification)

Grade 1	Subtle narrowing of the joint space and osteophytic lipping
Grade 2	Joint space narrowing with definite osteophyte formation
Grade 3	Narrowing of joint space, sclerosis, osteophytes and joint deformity
Grade 4	Marked narrowing of the joint space, severe sclerosis, large osteophytes and definite deformity of bone ends

* Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 16:494-502, 1957

附錄二

退化性膝關節炎 (Knee Osteoarthritis) 診斷標準 —

American College of Rheumatology criteria

<i>Criteria for classification of idiopathic OA of the knee</i>		
Clinical and Laboratory	Clinical and Radiographic	Clinical*
Knee pain plus at least five of nine: Age >50 Stiffness <30 minutes Crepitus Bony tenderness Bony enlargement No palpable warmth ESR <40 mm/hour RF <1:40 SF OA 92% sensitive 75% specific	Knee pain plus at least one of three: Age >50 Stiffness <30 minutes Crepitus plus Osteophytes 91% sensitive 86% specific	Knee pain plus at least three of six: Age >50 Stiffness <30 minutes Crepitus Bony tenderness Bony enlargement No palpable warmth 95% sensitive 69% specific

*Alternative for the clinical category would be four of six, which is 84% sensitive and 89% specific.

RF=rheumatoid factor; SF OA= synovial fluid signs of OA (clear, viscous, or white blood cell count <2000/mm³).



附錄三

人體試驗委員會人體試驗計畫同意書



中國醫藥大學附設醫院

CHINA MEDICAL UNIVERSITY HOSPITAL

台灣省台中市北區育德路 2 號

No.2 Yuh Der Road Taichung Taiwan R.O.C.

TEL: (04)22052121

人體試驗委員會人體試驗計畫同意書

Tel: 886-4-22052121 ext: 4003 Fax: 886-4-2208-2385

中國醫藥大學附設醫院 台中市北區育德路 2 號

中國醫藥大學附設醫院復健部周立偉醫師所提臨床試驗「外側楔型鞋墊對退化性膝關節炎患者日常功能（椅子上站起來、水平步行、站立平衡、跨越障礙物）的影響」之研究案已獲同意。

本院編號：DMR94-IRB-86

中國醫藥大學附設醫院人體試驗委員會已審查通過上述為期十二個月的研究案。

計劃有效期限到 2006 年 09 月 19 日為止。在有效期屆滿之前，研究計劃主持人應向人體試驗委員會報告研究計劃的進行狀況。若屆時尚未完成，應重新申請。

該計劃任何部分若欲更改，需向人體試驗委員會重新提出申請。計劃主持人對受試者任何具有危險而且未能預期之問題，例如：對藥物、放射性元素或對醫療器材產生不良反應等，需立即向人體試驗委員會主任委員提出書面報告。



主任委員

傅成禮

中華民國九十四年九月二十日

附錄四

退化性膝關節炎嚴重程度 (Index of severity for knee OA)

Table 1. Modified Lequesne index of severity and abbreviations used in this study		
	Point	Abbreviation
A. Pain or discomfort		
1. During nocturnal bedrest with full extension of the knee		1. Bedrest
No pain	0	
Only on movement or in certain positions	1	
Without movement	2	
2. Duration of morning stiffness or pain after getting up		2. Morning stiffness
No pain	0	
Less than 15 min	1	
15 min or more	2	
3. Remaining standing for 30 min increases pain		3. Standing
No pain	0	
With pain	1	
4. Pain on walking		4. Walking
No pain	0	
Only after walking some distance	1	
Early after starting	2	
5. When getting up from sitting position without the help of arms		5. Getting up
No pain	0	
With pain	1	
B. Distance walked		
6. Maximum distance walked		6. Maximum distance
Without limit	0	
More than 1 km, but limited	1	
About 1 km (about 15 min)	2	
From 500 to 900 m (about 8-15 min)	3	
From 300 to 500	4	
From 100 to 300	5	
Less than 100	6	
C. Activities of daily living*		
7. Can you go up a standard flight of stairs?		7. Up stairs
8. Can you go down a standard flight of stairs?		8. Down stairs
9. Can you squat?		9. Squat
10. Can you walk on uneven ground?		10. Uneven ground

* Point score: easily (0), with difficulty (1), impossible (2)

膝關節炎病人疼痛指數(Lequesne's Index)評分表

		點數 有下列症狀請打✓
一、疼痛及不舒服評分		
1. A)晚上上床，腳移動會痛或不舒服	1	<input type="checkbox"/>
B)晚上上床，腳不移動會痛或不舒服	2	<input type="checkbox"/>
2. A)早上起床，腳僵硬或痛的時間少於 15 分鐘	1	<input type="checkbox"/>
B)早上起床，腳僵硬或痛的時間超過 15 分鐘	2	<input type="checkbox"/>
3. A)站立 30 分鐘期間，站愈久愈來愈痛	1	<input type="checkbox"/>
4. A)走一小段路後痛	1	<input type="checkbox"/>
B)剛要走路時就會痛	2	<input type="checkbox"/>
5. 從一個位子起來而沒有手撐，會感覺不舒服或痛	1	<input type="checkbox"/>
二、走路距離評分		
6. A)大於 1 公里(沒有時間限制)	1	<input type="checkbox"/>
B)1 公里(時間 15 分鐘)	2	<input type="checkbox"/>
C)500 至 900 公尺(時間 8-15 分鐘)	3	<input type="checkbox"/>
D)300 至 500 公尺	4	<input type="checkbox"/>
E)100 至 300 公尺	5	<input type="checkbox"/>
F)少於 100 公尺	6	<input type="checkbox"/>
7. A)撐 1 支拐杖走路	1	<input type="checkbox"/>
B)撐 2 支拐杖走路	2	<input type="checkbox"/>
三、每日關節活動能力評分		
8. 爬上一層樓的樓梯?	容 易 困 難	<input type="checkbox"/>
	1	<input type="checkbox"/>
	2	<input type="checkbox"/>
9. 爬下一層樓的樓梯?	容 易 困 難	<input type="checkbox"/>
	0	<input type="checkbox"/>
	1	<input type="checkbox"/>
	2	<input type="checkbox"/>
10. 可以蹲?	容 易 困 難	<input type="checkbox"/>
	0	<input type="checkbox"/>
	1	<input type="checkbox"/>
	2	<input type="checkbox"/>
11. 在不平的路面走路?	容 易 困 難	<input type="checkbox"/>
	0	<input type="checkbox"/>
	1	<input type="checkbox"/>
	2	<input type="checkbox"/>
總點數		<input type="checkbox"/>