

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

膝關節炎病人臨床治療成效之生物力學評估(3/3)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2320-B-039-008-M08

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：中國醫藥大學物理治療學系

計畫主持人：吳鴻文

共同主持人：蘇芳慶，盧逸超

計畫參與人員：許弘昌、劉紹龍、簡蘊謙

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 11 月 1 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

膝關節炎病人臨床治療成效之生物力學評估(3/3)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC91-2320-B-039-008-M08

執行期間： 91年08月01日至 92年07月31日

計畫主持人：吳鴻文

共同主持人：蘇芳慶

計畫參與人員：許弘昌、劉紹龍、簡蘇譔

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：中國醫藥大學物理治療學系

中 華 民 國 92 年 10 月 31 日

中文摘要

退化性膝關節炎是最常發生在老年人身上的骨性關節炎之一。發生退化性膝關節炎的患者通常會有膝關節疼痛、膝關節僵硬、膝關節腫脹、膝關節關節活動度減少、肌肉萎縮等症狀發生。這些症狀會明顯的影響病人的步態、上下樓梯、從坐到站或跨越障礙物等日常功能性活動。在過去，已經有學者從生物力學的觀點去研究退化性膝關節炎在水平步行、上下樓梯及從坐到站等活動的動作分析，但是並無文獻探討退化性膝關節炎病人在跨越障礙物時的動作特徵，所以本研究的主要目的是從生物力學的觀點探討退化性膝關節炎病人在跨越障礙物時的動作分析。本研究利用動作分析系統及兩塊三維測力板系統，收集受試者水平步行及跨越不同高度障礙物時，下肢肢段關節位置及地面反作用力。一共有 12 位正常女性老年人及 12 位退化性膝關節炎女性病人參與此研究。研究結果顯示，退化性膝關節炎患者在水平步行與跨越障礙物時的動作特徵與正常女性老年人有顯著差異。這些差異包括水平步行時膝關節關節活動度變小，髌關節及膝關節的關節力矩變小，跨越障礙物時有較大的髌關節外展角度，步長較短，步寬較寬，跨越速度較慢及跨越著地後前腳之腳跟離障礙物有較近的距離。此外，當障礙物高度增加時，正常女性老年人及退化性膝關節炎女性病人下肢關節屈曲角度會隨著增加。而在退化性膝關節炎患者的健側與患側比較上，患側髌關節及膝關節的關節力矩比健側小。藉這些從退化性膝關節炎患者得到的生物力學方面的動作特徵可作為臨床診斷及治療的輔助指導方針。而在各種不同臨床治療成效方面以物理治療為治療方式之女性患者及藥物治療為主之患者，在接受治療後，不論是水平步行或是跨越 10 公分和 20 公分之障礙物，在動力學、運動學及步態特徵上均未具顯著差異。至於注射關節液治療之患者，在治療後可發現在步行與跨越不同高度障礙物時，膝關節及髌關節角度較治療前大，但未達統計差異；但是，動力學參數方面則無明顯差異存在。

Abstract

Knee Osteoarthritis (OA) is one of the most prevalent form of arthritis, especially in the elderly. Individuals with knee OA experience pain, joint stiffness and swelling, joint deformity and muscles atrophy. The symptoms with knee OA were limited activities of daily living such as walking ability, climbing up or down stairs, rising from a chair and stepping over obstacles. Previous biomechanical studies of knee OA focused on level walking, chair rising, and stairs climbing. However, there were little studies regarding about the motion characteristics of knee OA patients during stepping over obstacles. Therefore, the purpose of this study is to evaluate the gait characteristics during stepping over obstacles. Vicon motion analysis system and two AMTI force plates were used to collect the movement data of lower limbs and ground reaction forces and moments during level walking and stepping over obstacles. Twelve normal elderly females and twelve female patients with knee OA were recruited in this study. There were significant differences in the joint range of motion (ROM) of knee and, hip and knee joint moments during level walking between OA group and normal group. Also, comparing with normal subjects, greater ROM of hip abduction and step width, less step length, less heel-to-obstacle distance, and slower crossing speed were found in the patients with knee OA. The hip and knee joint moments on the affected side were less than that of the sound side in the patients with knee OA. These findings of biomechanical characteristics of knee OA patients during stepping over obstacles could be the additional guidelines for the clinical diagnosis and treatment.

目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目錄.....	III
圖目錄.....	V
表目錄.....	VII
符號與縮寫.....	VIII
第一章 緒論.....	1
1.1 文獻探討.....	1
1.1.1 退化性膝關節炎.....	1
1.1.2 危險因子.....	2
1.1.3 臨床症狀.....	4
1.1.4 正常老年人與正常年輕人步態特徵.....	5
1.1.5 退化性膝關節炎病人步態特徵.....	6
1.1.6 正常老年人與正常年輕人跨越障礙物動作特徵.....	8
1.1.7 總結文獻探討與研究動機.....	9
1.2 研究目的.....	10
1.3 研究假設.....	10
第二章 實驗方法.....	11
2.1 研究對象.....	11
2.2 實驗設備.....	12
2.2.1 動作分析系統.....	12
2.2.2 三維測力板系統.....	12
2.2.3 反光球.....	12
2.3 實驗流程.....	14
2.4 理論基礎.....	14
2.4.1 運動學.....	14
2.4.2 動力學.....	15
2.5 資料收集及重整.....	16
2.6 統計分析.....	16
第三章 實驗結果.....	18
3.1 受試者.....	18
3.2 水平步行.....	18
3.2.1 運動學.....	18
3.3.2 動力學.....	19
3.3 跨越不同高度障礙物下肢關節角度活動範圍.....	21
3.4 跨越不同高度障礙物步態特徵.....	26

3.5 不同臨床治療之成效.....	30
第四章 討論.....	31
4.1 退化性膝關節炎女性與正常女性老年人步態的差異.....	31
4.1.1 運動學.....	31
4.1.2 動力學.....	32
4.2 跨越不同高度障礙物下肢關節角度活動範圍.....	34
4.3 跨越不同高度障礙物步態特徵.....	35
4.4 臨床治療之成效.....	36
第五章 結論.....	37
參考文獻.....	38
附錄一.....	41
附錄二.....	42

圖目錄

圖 1.1 膝關節 X-光片.....	4
圖 2.1 動作分析系統及兩塊三維測力板系統.....	13
圖 2.2 反光球貼法.....	13
圖 2.3 可調高度式障礙物.....	14
圖 2.4 自由體圖.....	16
圖 2.5 跨越障礙物步態特徵之相關資料.....	17
圖 3.1 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性之健側與 患側在步行時下肢關節角度活動範圍.....	19
圖 3.2 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性的健側與 患側步行時髖關節最大力矩.....	19
圖 3.3 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性的健側與 患側步行時膝關節最大力矩.....	20
圖 3.4 正常女性老年人右腳跨越障礙物時關節屈曲角度之活動範圍.....	21
圖 3.5 退化性膝關節炎女性健側為跨越前腳跨越障礙物時 關節屈曲角度之活動範圍.....	22
圖 3.6 退化性膝關節炎女性患側為跨越前腳跨越障礙物時 關節屈曲角度之活動範圍.....	22
圖 3.7 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性患側為跨越 前腳跨越障礙物 10 公分時關節角度之活動範圍.....	23
圖 3.8 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性健側為跨越 前腳跨越障礙物 10 公分時關節角度之活動範圍.....	24
圖 3.9 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性患側為跨越 前腳跨越障礙物 20 公分時關節角度之活動範圍.....	24
圖 3.10 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性健側為跨越 前腳跨越障礙物 20 公分時關節角度之活動範圍.....	25
圖 3.11 退化性膝關節炎女性患側與健側為跨越前腳跨越障礙物 20 公分時關節角度之活動範圍.....	26
圖 3.12 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性患側為跨越 前腳跨越障礙物 10 公分之步態特徵.....	27
圖 3.13 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性健側為跨越 前腳跨越障礙物 10 公分之步態特徵.....	27
圖 3.14 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性患側為跨越 前腳跨越障礙物 20 公分之步態特徵.....	28
圖 3.15 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性健側為跨越 前腳跨越障礙物 20 公分之步態特徵.....	28
圖 3.16 退化性膝關節炎女性以健側及患側為跨越前腳跨越障礙物	

10 公分之步態特徵.....	29
圖 3.17 退化性膝關節炎女性以健側及患側為跨越前腳跨越障礙物	
20 公分之步態特徵.....	29

表目錄

表 3.1 受試者基本資料之平均值與標準差.....	18
表 3.2 正常女性老年人與退化性膝關節炎女性跨越不同高度 障礙物之跨越速度.....	30
表 4.1 過去文獻與本研究退化性膝關節炎的患者在走路時 膝關節的關節角度活動範圍.....	32

符號與縮寫

縮寫	說明
OA	退化性關節炎 (osteoarthritis)
ROM	關節角度活動範圍 (range of motion)
H	髖關節 (hip joint)
K	膝關節 (knee joint)
An	踝關節 (ankle joint)
AD	內收 (adduction)
F	屈曲 (flexion)
AB	外展 (abduction)
E	伸展 (extension)
L	跨越前腳 (leading foot)
T	跨越後腳 (trailing foot)
FE	屈曲-伸展 (flexion/extension)
ABD	外展-內收 (abduction/ adduction)
ROT	旋轉 (rotation)
DP	背曲-蹠曲 (dorsiflexion/plantarflexion)
A	患側 (affected side)
S	健側 (sound side)
TD	跨越後腳之腳尖到障礙物之水平距離 (toe distance)
HD	跨越前腳跨越著地後腳跟與障礙物之水平距離 (heel distance)
SL	跨越障礙物之步長 (step length)
HOC	跨越前腳腳跟至障礙物正上方時之垂直高度 (heel-obstacle clearance)
TOC	跨越前腳腳尖至障礙物正上方時之垂直高度 (toe-obstacle clearance)
VEL	跨越時速度 (velocity)
SW	跨越時步寬 (step width)

第一章 緒論

隨著年齡的增長，人們會伴隨著一些慢性疾病的產生。而退化性的骨性關節炎(Osteoarthritis, OA)就是最常見的疾病之一。退化性關節炎是關節軟骨受到破壞，所以又有人視退化性關節炎是一種”磨損及撕裂”(wear and tear)或是”退化性”(degenerative)的情況。退化性關節炎可以發生在全身的各個關節，特別是承受身體重量的關節(weight bearing joint)，其中又以下肢膝關節(knee joint)為最常發生退化的關節(Davis, 1988；Messier, 1992；Manetta, 2002)。發生退化性膝關節炎的病人常有膝關節疼痛、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病人走路的步態、跨越障礙物、上下樓梯、從坐到站等日常功能性的活動。這些的限制會影響到病人們從事功能性活動的獨立性，進而影響他們的生活品質或其照顧者的負擔(Messier, 1992；Fisher, 1997；Kaufman, 2001)。

退化性膝關節炎的病人因為下肢肌肉骨骼系統發生改變，可能造成退化性膝關節炎病人在平地走路與跨越障礙物時會與一般人不同。過去已有多位學者探討退化性膝關節炎的病人與正常年輕人或是正常老年人在走路時的步態差異，不過卻很少有關於東方人步態分析的研究。再者過去並無文獻探討退化性膝關節炎病人在跨越障礙物時的動作特徵，以及退化性膝關節炎病人利用健側(sound side)跨越障礙物和患側(affected side)跨越障礙物時的動作差異。藉由生物力學上的觀點來量化分析退化性膝關節炎患者在跨越障礙物時的動作特徵，並找出退化性膝關節炎患者與正常人之間動作特徵的差異是一相當重要的課題，同時利用這些量化的資料能提供臨床治療人員在評估與診療退化性膝關節炎患者時一個更有效的參考工具。

在過去二年的研究中，我們已針對膝關節炎患者與正常人由坐到站(sit to stand)關節運動的差異，以及站立平衡時重心的量化，而近年來，跨越障礙物的動作被廣泛運用來評估受試者下肢功能及平衡等問題。因此，我們將針對膝關節炎患者與正常人在跨越不同高度之障礙物再加以詳細評估。同時，並探討各種治療方式(物理治療、藥物治療、關節液注射)對膝關節炎患者在執行這些動作時的改善情形。另外，由於女性因膝關節炎不適而求助於門診醫療的比例遠高於男性患者，造成男性膝關節炎患者的資料較不易取得，因此，本研究將針對女性患者及正常女性作一比較。

1.1 文獻探討

1.1.1 退化性膝關節炎

隨著高齡化社會的來臨，一些退化性疾病也會隨著增加。而退化性膝關節炎

就是最常見的退化性疾病之一。退化性膝關節炎是屬於非發炎性的關節炎，所以並無法以一般的抽血檢查得知，通常要診斷患者是否有罹患退化性膝關節炎，都以 X-光的檢查為主。在 X-光的攝影下，會看見原來骨與骨之間的黑色部份(原軟骨所在位置，在 X-光中不呈現)逐漸變窄，同時原來平滑的硬骨表面也逐漸粗糙，甚致有骨刺的形成。嚴重時幾乎看不見兩者之間的空隙，關節甚至已經變形。退化性膝關節炎的成因，一般皆認為是由於膝關節軟骨受到過度的磨損而產生的，正常的膝關節軟骨是由軟骨細胞(chondrocyte)及軟骨母細胞(chondroblast)及細胞基質(matrix)所組成。成熟的軟骨組織並無血管供應營養，其養份及代謝皆經由擴散作用與滑囊液(synovial fluid)來達到物質的交換。正常關節軟骨組織的組成成份以水分最多，其次是第二型膠原蛋白(collagen)，和醣蛋白(proteoglycan)，軟骨細胞可分泌第二型膠原蛋白和醣蛋白。軟骨是由於膠原蛋白和醣蛋白聚集後規則排列緊密的聯在一起，再加上水分讓關節軟骨有一定的彈性與黏稠性(viscoelasticity)，而使得它具相當的壓縮功能，所以能夠承擔一部分的壓力。因此當軟骨本身出了問題後，就無法承受壓力與實行減壓的功能，然後導致關節軟骨發生一連串的變化，最後造成關節面被磨損，也就形成了退化性膝關節炎(Solomon, 2001)。

1.1.2 危險因子

目前對導致膝關節退化的危險因子並不很清楚，以下列舉幾項比較有相關的因素來做討論。

(1) 年齡：退化性膝關節炎，顧名思義，應該跟年紀脫離不了關係。隨著年齡的增長，軟骨細胞會肥大且增厚(hypertrophy)，導致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，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，關節腔減少，骨骼承受壓力的機會日益增加，進而產生了臨床上退化的症狀。Messier 等(1994)也指出退化性膝關節炎跟年齡是有相關的，尤其是表現在步態上。

(2) 性別：退化性膝關節炎跟性別也有很大關係。根據 Davis 等學者在 1991 發表的文獻指出，年齡介於 45 歲到 54 歲的男性罹患退化性膝關節炎的發生率是 2.3%，女性是 3.6%；年齡介於 55 歲到 64 歲的男性罹患退化性膝關節炎的發生率是 4.0%，女性是 7.2%；年齡介於 65 歲到 74 歲的男性罹患退化性膝關節炎的發生率是 8.4%，女性是 17.9%。由此可發現，在年齡超過 65 歲以上的老年人中，女性罹患退化性膝關節炎比例是男性的兩倍。在 2001 年 Zhang 等學者針對居住在北京市區，年齡層大於 60 歲的老年人所做的退化性膝關節炎的調查也發現，在中國人女性發生退化性膝關節炎的比例是男性的 1.45 倍。也就是說不管是東方人或是西方人，女性發生退化性膝關節炎的機會是要比男性高的。此外，在過去大部份的學者都認為西方人罹患退化性膝關節炎的比例要比東方人來

的高，或許是過去西方社會對退化性膝關節炎這方面的研究比東方社會來的透徹，所以一些統計資料也比東方人來的齊全，才會有這種臆測。不過這還只是在推論階段而已，真正的原因還需進一步的研究才可得知。

(3) 肥胖：肥胖也是造成退化性膝關節炎的危險因子之一。已有許多的研究及臨床證據顯示體型較肥胖的人罹患退化性膝關節炎的機率要比正常人來的高。Felson 等(1997)就提到肥胖與退化性膝關節炎的關係是呈現正相關的。也就是說，愈肥胖的人，其罹患退化性膝關節炎的機率愈大。Messier 等學者(2000)研究發現，退化性膝關節炎病人如果減輕體重，再配合適當的運動，將有助於改善病人膝關節疼痛的現象，同時在膝關節及踝關節的關節活動角度及角速度也會隨之增加。如果就以生物力學的觀點來看，正常的膝關節，承載重量的合力線剛好通過關節中點，而力量均勻分佈至整個關節面，肥胖會增加對下肢承重關節的負荷，導致膝關節的荷重增加，使得承載重量的合力離開膝關節中點，使局部關節面承受超常之壓力因而逐漸演變成退化性膝關節炎。所以控制體重將能使罹患退化性膝關節炎的機率降低。

(4) 膝關節損傷或過度使用：膝關節曾經受過傷，如膝關節骨折、半月板破裂、十字韌帶斷掉造成的膝關節不穩定的病人；或膝關節過度使用者，如足球員、短跑員等，由於這些人可能因為膝關節已經出現異常或長期對膝關節的負荷過重，也容易導致膝關節發生退化的現象。Kujala 等(1995)就提出足球員容易罹患退化性膝關節炎的原因是因為過度使用膝關節及膝關節易受傷導致膝關節不穩定所造成，而舉重選手易罹患退化性膝關節炎是因為膝關節長期負荷過重的重物所導致。

(5) 骨質密度：骨質密度(bone mineral density)越高的部位，越易得到退化性關節炎。Hulet 等(2002)研究發現，膝關節內翻變形的患者膝關節內側的骨質密度較外側來的高，故一般罹患退化性膝關節炎的病患大都是膝關節內側較膝關節外側要來的嚴重。

(6) 家族史：Williams 等(1993)在一篇回顧退化性關節炎與遺傳關係的文獻中提出，遺傳是造成退化性關節炎的明顯致病因素之一。

除了以上這些因素是目前比較被探討造成退化性膝關節炎的危險因子之外，還有研究報告(CDC, 1996)指出，退化性膝關節炎的盛行率可能跟種族或地區的特異而有所差異。例如，在亞洲或是太平洋週邊島嶼及西班牙裔的人種跟高加索裔的人種相比較之下，亞洲裔或是西班牙裔的人種較不容易罹患關節炎。然而過去很多有關退化性膝關節炎研究的文獻大都是以西方的人種為主，鮮少有文獻以東方人種做相關的探討。不過根據 Davis 等(1991)與 Zhang 等(2001)研究結果來看，西方人在罹患退化性膝關節炎的比例是比東方人高一些。Davis 等的研究中指出，55 歲以上的西方老年人，女性罹患退化性膝關節炎的比例是男性的 1.8 倍。Zhang 等的研究指出，60 歲以上的中國老年人，女性罹患退化性膝關節炎的比例是男性的 1.45 倍。由於造成退化性膝關節炎的危險因子還不是很清楚，以上所列舉的只是一般文獻中較常探討的危險因子，日後希望能有更多學者

對退化性膝關節炎的危險因子能有更深入的研究，早日對退化性膝關節炎這種疾病有更透徹的了解。

1.1.3 臨床症狀

病人在罹患退化性膝關節炎後，會造成病人在身體功能上的一些改變，以下就針對退化性膝關節炎病人的症狀做探討。

(1) 疼痛：病人在罹患退化性膝關節炎後最常發生也最常抱怨的就是膝關節的疼痛，有的學者指出這是由於關節面持續受到外力磨損而產生的一種修補過程，只是這種修補過程做會造成骨贅的形成，導致膝蓋關節的腫大、變形，週邊韌帶鬆弛而使得膝蓋關節不穩定，更加重關節面磨損程度，如此惡性循環，致使病人膝關節疼痛不已，尤其是內側膝關節(Solomon, 2001；O’Sullivan, 2001)。

(2) 膝關節僵硬：退化性膝關節炎的患者在長時間不動之後，常會有膝關節僵硬的情況發生，比如說久坐、早晨剛睡醒時，但活動一下膝關節之後情況就會改善。

(3) 膝關節腫脹：退化性膝關節炎的患者膝關節四周的軟組織較腫脹，腫脹有時是間歇性的(關節液增多)或是持續性的(關節囊變厚或有大量的骨贅增生)。

(4) 膝關節變形：退化性膝關節炎的症狀一開始是膝關節活動時關節腔內有軋軋音，此時表示關節面的軟骨逐漸被磨損而變得不平滑，時間久了之後關節逐漸變形，膝關節活動度變差且無法伸直；由於膝關節內側較易磨損，造成關節空腔變得狹窄，使得脛骨內偏形成O字形腿(圖 1.1)。如此一來，不僅造成行走效率變差，也增加膝關節的負擔，就更進一步加快關節變形的速度。

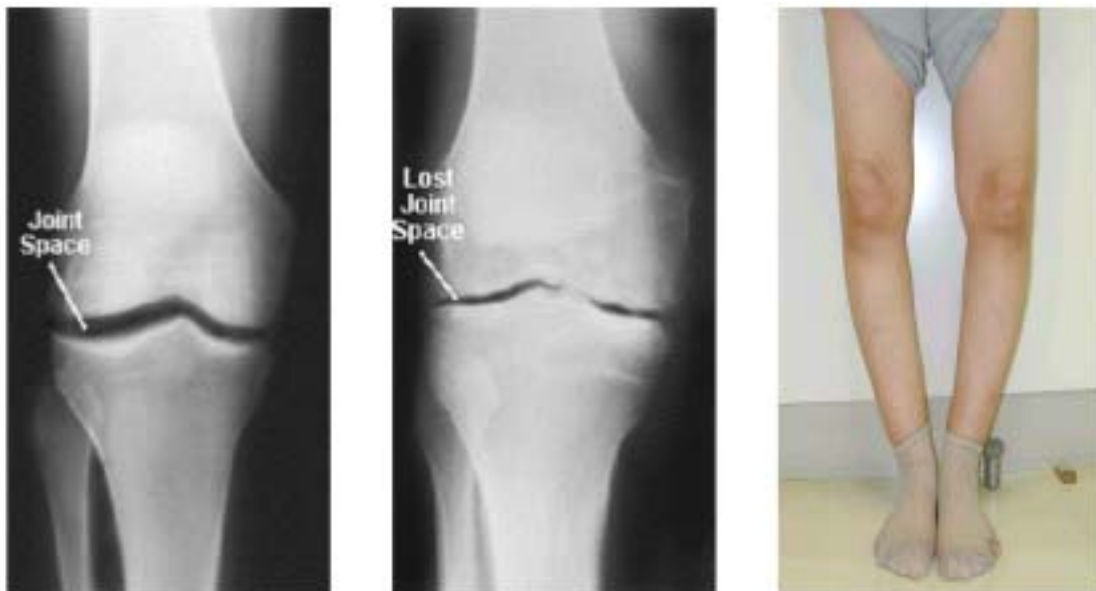


圖 1.1 膝關節 X-光片：左圖為正常的膝關節空腔，中圖因軟骨被磨損，關節空腔變得狹窄，右圖為膝關節變形成 O 型腿。

(5) 肌肉萎縮：患者在罹患退化性膝關節炎後，會因為疼痛而較少使用患側從事一些活動，久而久之造成股四頭肌(Quadriceps)及大腿後肌(Hamstrings)的萎縮，形成兩側大腿粗細不同的現象。此時若過份使用健側來從事活動，又會造成健側負荷過重，一樣會罹患退化性膝關節炎，如此惡行循環，將使得患者兩側均會罹患退化性膝關節炎。

(6) 活動受限：罹患退化性膝關節炎通常會造成膝關節的活動度減少、蹲下困難、走路不穩、下樓梯比上樓梯難等活動受到限制，進而造成患者無法從事一些日常功能性活動，如慢跑等，導致患者生活品質變差。

退化性膝關節炎的患者通常會因為膝關節功能的受限而影響患者的活動，加上患者的年齡層普遍為高年齡層的老年人，本身的活動能力及動機都比年輕人低落，這些因素都會造成老年人罹患退化性膝關節炎後變得不太願意去從事互外活動或社交活動，嚴重者甚至會影響到患者無法自行獨立完成一些日常功能性的活動，造成患者生活上的不方便，進而影響患者們的生活品質，其影響不得不讓我們去重視它。由於退化性膝關節炎會造成患者在肌肉骨骼系統上的病變，影響患者在從事一些日常功能性活動，如走路、從椅子上站起來、上下樓梯、跨越障礙物等活動的表現變差，進而造成患者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，因為較少活動造成肌肉的萎縮等等，退化性膝關節炎嚴重的患者到最後必須要更換人工膝關節，不僅造成社會醫療的負擔，也帶給患者負面的生活品質。

既然退化性膝關節炎會帶給患者這麼多的不便，那麼就需要更進一步深入的研究。本節將針對過去對於退化性膝關節炎病人與正常人在一些日常功能性活動上動作特徵做文獻的回顧，同時也回顧正常老年人與年輕人在走路步態上的生物力學特徵。從生物力學的觀點來看罹患退化性膝關節炎的病人動作變化，來釐清正常人與退化性膝關節炎的病人在生物力學上與正常人的動作特徵差異。

現在對於人類步態機制方面的研究，不管是運動學(kinematics)或是動力學(kinetics)方面，已經有很深入的了解及探討(Winter, 1991；Perry, 1992)。Clark學者(1995)指出，當人在走路時，身上會有超過一千條的肌肉去連結超過 200 個骨骼及 100 個關節來參與並完成走路這個動作。老年人因為神經肌肉骨骼系統的改變，所以在走路的步態上也會呈現出與年輕人不同的動作模式(Prince, 1997)。所以先了解正常老年人與正常年輕人在走路步態的差異是有其必要性的。以下先針對正常老年人與正常年輕人在走路時步態的運動學及動力學來做分開的討論。

1.1.4 正常老年人與正常年輕人步態特徵

在運動學方面，一般來說，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)也會比年輕人減少(Winter, 1991；Perry, 1992；Himann, 1988；Ostrosky, 1994)。Himann 等(1988)研究年齡層從 19 歲到 102 歲，一共 289 位男性及 149 位女性走路的速度，並以 62 歲為一個區分

點。發現 63 歲以上的老年人在走路速度及步長都明顯小於 62 歲以下的族群。Ostrosky 等(1994)研究了 30 位 60 歲到 80 歲正常的老年人與 30 位 20 歲到 40 歲正常的年輕人的步態特徵，也發現與 Himann 等人的結果相同。在關節角度的變化方面，雖然 Winter 指出，在步態分析中，正常的老年人在下肢關節角度的變化與年輕人相較起來是差不多的，但是還是有一些些微的變異存在。例如踝關節的動態關節角度活動範圍(range of motion, ROM)老年人比年輕人的小(24.9° vs. 29.3°)，但在髖關節的動態關節角度活動範圍老年人比年輕人大(40° vs. 32°)。正常老年人與年輕人走路時在膝關節角度的活動範圍是最明顯的。許多學者指出在承重反應期(loading response)時期，正常老年人的膝屈曲(knee flexion)角度要比年輕人來的少，而這膝關節屈曲角度的減少也會使得步長比正常年輕人來的短 (Winter, 1991; Ostrosky, 1994)。Oberg 等(1993)研究年齡層從 10 歲到 79 歲，一共 116 位男性及 117 位女性走路時下肢關節角度活動範圍的變化。發現在髖關節的關節角度活動範圍變化差異最小，也就是老年人跟年輕人是沒有顯著差異的。只是 Oberg 等並沒有去解釋為何跟 Winter 等學者的結果不同。

在動力學方面，正常老年人與年輕人在走路步態動力學方面的研究文獻其實並不多(Prince, 1997)，所以能探討的內容也有限。在 Winter 的文章中指出，正常老年人在踝關節背曲力矩極大值(peak ankle plantarflexor moment)會比年輕人來的小。此外，在站立期(stance phase)轉換到擺盪期(swing phase)時，正常老年人膝關節所吸收的能量要比年輕人來的高，這意味著正常老年人走路時的膝關節的屈曲力矩(flexion moment)要比年輕人小。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。

由以上的討論可知，正常老年人與年輕人在走路的步態分析中，不管是運動學或動力學，還是有差異的。而 Prince 等學者就指出老年人在步態上的改變是為了因應因為年齡的增長而出現的一些生理病變，例如肌力變小、關節較僵硬、平衡變差等因年齡造成的神經肌肉骨骼系統上變化所做出的調整策略。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。

1.1.5 退化性膝關節炎病人步態特徵

當我們要探討退化性膝關節炎病人的步態時，應該也要把年齡的因素放進來考慮。這樣才能更加精確的去比較罹患退化性膝關節炎的病人在行走步態上的差異。

Stauffer 等(1977)所做出來的研究顯示，退化性膝關節炎的病人在走路時的步態與正常年輕人相比較的話，退化性膝關節炎的病人在膝關節的關節角度、膝部等長收縮的肌力(isometric knee strength)、地面反作用力的極大值(peak ground-reaction force)都會比正常年輕人來的少。Brinkman 等(1985)也發現退化性膝關節炎患者在走路時膝關節的屈曲速度與伸展速度會減少，膝關節的關節活

動度也會減少。Kaufman 等學者(2001)收集了 139 位，年齡介於 30 歲到 82 歲，退化性膝關節炎程度在 grade II 的病人，與 20 位平均年齡在 30 歲的正常人做步態分析的研究中，也指出退化性膝關節炎病人在平地走路時膝關節的最大活動度(peak knee motion)會比正常人小 6 度(54° vs. 60°)。有罹患退化性膝關節炎的病人在走路速度上也比正常人來的慢。有罹患退化性膝關節炎的病人在走路時為避免膝關節的疼痛，會減少膝關節的伸展力矩(extension moment)及內收力矩(adduction moment)，藉由降低膝關節的承重來達到減低疼痛的效果。由 Kaufman 的研究中可知，有罹患退化性膝關節炎的病人在走路的步態上與正常人相比較是有明顯差異的。Hurwitz 等(2000)在探討罹患退化性膝關節炎的病人在平地走路，膝關節的疼痛與關節受力的情形。指出當膝關節疼痛上升時，膝關節的內收力矩(adduction moment)與屈曲力矩(flexion moment)的最大值都會下降；反之，在膝關節疼痛下降時，膝關節的內收力矩(adduction moment)與屈曲力矩(flexion moment)的最大值都會上升。

以上幾位學者所做的研究皆未控制年齡的因素。而我們知道，罹患退化性膝關節炎的患者皆以老年人居多，如果拿年輕人的資料與退化性膝關節炎患者的資料做比較，就容易把老年人及年輕人原本有的差異，如肌力較弱，走路速度較慢，關節活動度較小等差異忽略掉，所以之後就有一些學者將年齡因素控制在實驗設計中，也就是用年齡層相近的正常老年人與退化性膝關節炎患者的資料做比較。

Messier 等(1992)可以說是最早將退化性膝關節炎病人與同年齡層相符合的正常人做步態分析的研究。他們研究同年齡層退化性膝關節炎病人(男性 4 位，女性 11 位)與 15 位同年齡層正常老年人所做出的研究指出退化性膝關節炎病人在患側及健側的柔軟度(flexibility)都要比同年齡層的正常老年人來的差，走路速度較慢、步長較短、步頻較小、膝關節的關節活動度較小及關節角速度較小，但是髖關節的關節角速度較同年齡層的正常老年人大，Messier 等推測說退化性膝關節炎病人藉由增加髖關節的角速度來代償膝關節角速度的減少。

Manetta 等(2002)研究有罹患退化性膝關節炎的病人與同年齡層沒有退化性膝關節炎的正常老年人在髖關節與膝關節力矩在承重反應期(loading response)的比較。發現退化性膝關節炎病人在走路速度、膝關節的關節活動度及髖關節伸展力矩的極大值都比同年齡層沒有退化性膝關節炎的正常老年人來的小。Manetta 等指出，退化性膝關節炎病人膝關節的伸展力矩極大值會比同年齡層沒有退化性膝關節炎的人來的高可能是因為退化性膝關節炎病人的膝關節關節活動度受限所導致。此外，在 Manetta 等的資料中還可看出退化性膝關節炎患者的髖關節屈曲力矩也要比正常老年人小，只是 Manetta 等並沒有去解釋這個結果的差異。

Cheing 等學者(2001)針對中國人有罹患退化性膝關節炎(退化性膝關節炎程度在 grade II 或以上)的病人與同年齡層的正常人做有關步態的運動學方面的研究。Cheing 等學者發現，退化性膝關節炎病人走路要比同年齡層的正常人來的慢，步頻與步長等要比同年齡層的正常人來的小。在膝關節活動度方面，退化性膝關節炎病人在休息時膝關節活動度要比同年齡層的正常人小 11.2%，在走路

時要小14.7%。由這些數據來看，東方人在罹患退化性膝關節炎的病人其步態的變化與西方學者所做出的結果相符，在走路速度、步長、步頻及關節角度變化方面都要比同年齡層的正常人要來的低。

以上幾篇文獻都是有考慮到年齡的因素去探討退化性膝關節炎病人與正常人的步態分析。然而在 Messier 及 Manetta 的文獻中，並沒有明確提到說退化性膝關節炎病人其退化性膝關節炎的嚴重等級，由於膝關節的退化可能會隨著患者個人的情況而變得越來越嚴重，罹患退化性膝關節炎嚴重者將會導致患者更不利於行，而需藉助拐杖或助行器，其走路的步態可能因退化嚴重程度與否而有所不同。所以在實驗設計中去控制患者膝關節的退化嚴重程度將會影響整個實驗資料的偏差。Cheing 是針對中國人有罹患退化性膝關節炎的族群所做的步態分析研究，對於了解中國人退化性膝關節炎病人的步態有很大的幫助。可惜 Cheing 的研究中只有運動學的資料，缺乏了動力學的資料，是比較不足的地方。但不管是西方學者或是東方學者研究出來的資料都顯示，罹患退化性膝關節炎的患者在步態上的動作表現及特徵上與正常老年人還是有差異的。所以過去不管是用正常年輕人的資料或是用正常老年人的資料與退化性膝關節炎患者的資料做比較，都發現退化性膝關節炎患者在步態特徵上都與正常人有差異，這些差異歸納後包括走路速度較慢、步長較短、步頻較小、膝關節的關節活動度較小、膝關節力矩較小等，這些差異都可能會限制患者從事一些活動的能力。

1.1.6 正常老年人與正常年輕人跨越障礙物動作特徵

在過去，並無文獻去探討退化性膝關節炎病人在跨越障礙物時生物力學上的動作特徵。由於退化性膝關節炎病人在罹患關節炎後，可能因為肌肉無力或骨骼變形等症狀而影響到患者在從事跨越障礙物時的一些動作表現與正常人不同，可惜的是過去並沒有類似的研究文獻，所以以下將以探討正常老年人與年輕人跨越障礙物時的動作特徵，以做為退化性膝關節炎病人跨越障礙物動作特徵的比較。

Chen 等(1991)研究四個不同族群(年輕男性、年輕女性、老年男性、老年女性)在跨越四種不同的障礙物高度(0、25、52及152 mm)的研究時指出，隨著障礙物的高度增加，正常老年人用比較慢的跨越速度(crossing speed, CS)、比較短的步長(step length, SL)及跨越前腳(leading foot)離障礙物較近的 heel strike(obstacle-heel strike distance, HD)及較寬的步寬(step width, SW)來完成跨越障礙物的動作。比較有趣的是，隨著障礙物的高度增加，正常老年人與年輕人在跨越障礙物時與障礙物的最小跨越垂直高度(minimum foot clearance, FC)並無顯著性的差異，也就是年齡大小對於跨越前腳跨越障礙物時與障礙物的最小跨越垂直高度並無明顯差異。此外，隨著障礙物的高度增加時，不管是年輕人或老年人，跨越前腳與最小跨越高度的垂直距離也會隨著增加，但跨越速度是隨著障礙物高度增加而降低的。Begg 等(1998)研究 12 位年輕人(六位男性，六位女性)跨越三種不同障礙物高度(10%，20%，30%的腳長)的研究中也提出，隨著障礙物高度

的增加，跨越速度會隨之降低。Patla 等(1993)所做的研究也指出當障礙物高度增加時，跨越前腳與障礙物之間的垂直高度(toe-obstacle clearance)也會跟著增加。此外，Patla 等還提出當障礙物高度增加時，跨越前腳在跨越障礙物會使用較多的髖關節及膝關節的屈曲角度來當做調整的策略，而跨越後腳(trailing foot)則會使用較多的膝關節及踝關節的屈曲角度來做調整。另外，當障礙物高度增加時，跨越前腳在矢狀面(sagittal plane)的髖關節，膝關節及踝關節三個關節的屈曲角度也會跟著增加。作者解釋跨越前腳及跨越後腳在跨越不同高度時，在關節角度及跨越高度上的策略改變，都是為了要能夠安全的跨越障礙物，而不致發生絆倒(tripping)的情形。Sparrow 等(1996)用 12 位成年人研究跨越三種不同障礙物高度(10% , 25% and 40% 的腳長)時指出，跨越前腳與障礙物之間的垂直高度(leading foot clearance)並無直接的影響，反而是跨越後腳與障礙物之間的垂直高度(trailing foot clearance)會隨著障礙物高度的增加而增加，但是跨越後腳的跨越時間卻沒有因障礙物增高而有顯著的增加。Chou 等(1997) 用 14 位平均年齡在 23 歲的正常年輕人跨越四種不同障礙物高度(51、102、153 and 204 mm)的研究時發現，跨越後腳的足尖-與障礙物的垂直高度(toe-obstacle clearance)並不會隨著障礙物高度的增加而增加。這結果與 Sparrow 等提出的結果有所不同。

統合跨越障礙物運動學上的結果大致來說，隨著障礙物高度的增加，跨越速度會減慢，關節彎曲角度會變大，但是跨越前腳及跨越後腳與在跨越障礙物時與障礙物垂直高度之間的距離會不會隨著障礙物的高度增加而有所改變，還是有其不統一的變異性存在。而比較年輕人與老年人跨越障礙物時，老年人用比較慢的跨越速度、比較短的步長及跨越後利用比較靠近障礙物的水平距離跨越及以較寬的步寬來完成跨越障礙物的動作。

由以上跨越障礙物的運動學及動力學上的文獻回顧可知，當跨越不同障礙物高度時，不管是跨越前腳或是跨越後腳與障礙物高度之間的垂直距離都會受到障礙物高度的不同而有所影響，但障礙物高度的不同是影響跨越前腳較多或是影響跨越後腳較多的真正機轉，每個學者所研究發現的結果還不是很確定。另外，隨著障礙物高度的增加，跨越障礙物的速度會隨著降低。而由 Chen 等學者所做出的結果顯示，年齡的因素確實是會影響跨越障礙物的動作特徵。

1.1.7 總結文獻探討與研究動機

由以上的文獻回顧可以得知，罹患退化性膝關節炎的病人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。在過去，許多文獻都用正常年輕人的資料與退化性膝關節炎病人的資料做比較，只有少數幾篇(Messier, 1992；Cheing, 2001；Manetta, 2002)等用同年齡層正常老年人與退化性膝關節炎病人的資料做步態分析的比較。由於年輕人與老年人的動作上已經出現不少差異，而罹患退化性膝關節炎的病人又多以老年人居多，所以用正常年輕人的資料與退化性膝關節炎病人的資料

做比較時，就無法把正常年輕人與老年人的差異給排除。所以當我們要去探討退化性膝關節炎病人的動作分析時，應該要把年齡的因素給考慮進去。也就是說，利用同年齡層的正常老年人與罹患退化性膝關節炎的病人的資料做步態分析比較，才能較精確的比較出退化性膝關節炎病人的動作差異。此外，過去的文獻並沒有探討過退化性膝關節炎病人跨越障礙物時的步態特徵，所以本文將對退化性膝關節炎病人跨越不同高度障礙物步態特徵的做一初步的研究分析，希望能更進一步了解退化性膝關節炎病人在跨越不同高度障礙物時的步態特徵。

1.2 研究目的

本研究主要研究的目的有五：

1. 比較同年齡層的正常女性老年人與退化性膝關節炎女性病人在水平步行(level walking)時下肢運動學及動力學的差異。
2. 比較跨越不同高度障礙物時對同年齡層的正常女性老年人與退化性膝關節炎女性病人的下肢關節角度活動範圍與步態特徵的差異。
3. 比較退化性膝關節炎女性在水平步行時健側與患側的運動學及動力學的差異。
4. 比較退化性膝關節炎女性在跨越不同高度障礙物時健側與患側的運動學與步態特徵的差異。
5. 比較退化性膝關節炎女性在接受各種不同臨床治療（物理治療、藥物治療、關節液注射）後動作表現之差異。

1.3 研究假設

本研究的研究假設如下：

1. 同年齡層正常女性老年人與罹患退化性膝關節炎女性在水平步行時下肢的運動學及動力學有明顯差異。
2. 同年齡層正常女性老年人與罹患退化性膝關節炎女性在跨越不同高度障礙物時下肢的運動學與步態特徵有明顯差異。
3. 罹患退化性膝關節炎女性在水平步行時健側與患側的運動學及動力學有明顯差異。
4. 罹患退化性膝關節炎女性在跨越不同高度障礙物時健側與患側的運動學與步態特徵有明顯差異。
5. 罹患退化性膝關節炎女性在接受臨床治療前後患側的運動表現有明顯差異。

第二章 實驗方法

2.1 研究對象

因女性罹患退化性膝關節炎比例遠高於男性，所以本研究主要以 12 位退化性膝關節炎女性病患為研究對象。這 12 位女性病患皆由骨科醫生或復健科轉介而來，年齡層介於 50 歲到 67 歲。這 12 位女性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，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)如下：

1. 不能夠獨力行走而需要任何輔具或助行器者。
2. 有罹患神經系統方面的疾病，如帕金森氏症(Parkinson's disease)、阿茲海默氏症(Alzheimer's disease)、多發性硬化症(Multiple Sclerosis)等。
3. 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。
4. 有類風溼性關節炎(rheumatoid arthritis)或相關的下肢發炎性關節疾病，如痛風(gout)等。
5. 下肢有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 以上的患者。(根據 Kellgren and Lawrence grading system (1963) 區分，見附錄一)
7. 下肢關節(髖關節、膝關節及踝關節)的關節活動角度受限角度大於 10° 者。
8. 無法了解或完成整個實驗流程者。

另外有 12 位沒有下肢關節及神經肌肉骨骼方面的病變或傷害的女性自願受試者(以下簡稱為正常女性老年人)為研究對象。這 12 位正常女性老年人年齡層介於 50 歲到 62 歲。排除條件與前面所列相同。

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(附錄二)，才得以進行整個實驗至完成為止。所有實驗均在中國醫藥學院物理治療學系之動作分析實驗室完成。

在治療方面，接受關節液注射者(3 位)，每週注射一劑，在接受注射前及注五劑後，皆到實驗室進行資料收集。接受物理治療(3 位)者，則每隔三個月至實驗室收集資料。藥物治療者(6 位)，則每個月至實驗室收集資料，最多持續 6 次。

2.2 實驗設備

2.2.1 動作分析系統

使用七台 60 赫茲(60 Hz)的紅外線攝影機，並配合 VICON 370 動作分析系統(VICON 370 motion analysis system, Oxford Metrics Limited., UK)(圖 2.1)介面來收集資料。藉由七台攝影機收集貼在受試者身上特定位置的反光球所移動產生的三維軌跡(three-dimensional trajectory)，來定義出受試者某些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。

2.2.2 三維測力板系統

使用 AMTI 三維測力板系統(AMTI force plates, Type OR6-6, Watertown, MA, USA)(圖 2.1)。以 960Hz 收集受試者水平步行及跨越障礙物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 370 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。

2.2.3 反光球

反光球(retro-reflective markers)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 23 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)及薦骨一類(sacrum, midline of posterior superior iliac spine)(圖 2.2)。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。

除了以上三種主要的實驗設備外，動作分析實驗室尚有平面步道 9 米，可供受試者在實驗室行走及跨越障礙物。另有可調高度式障礙物一組(圖 2.3)，用以收集受試者跨越障礙物時資料。



圖 2.1 動作分析系統及兩塊三維測力板系統。

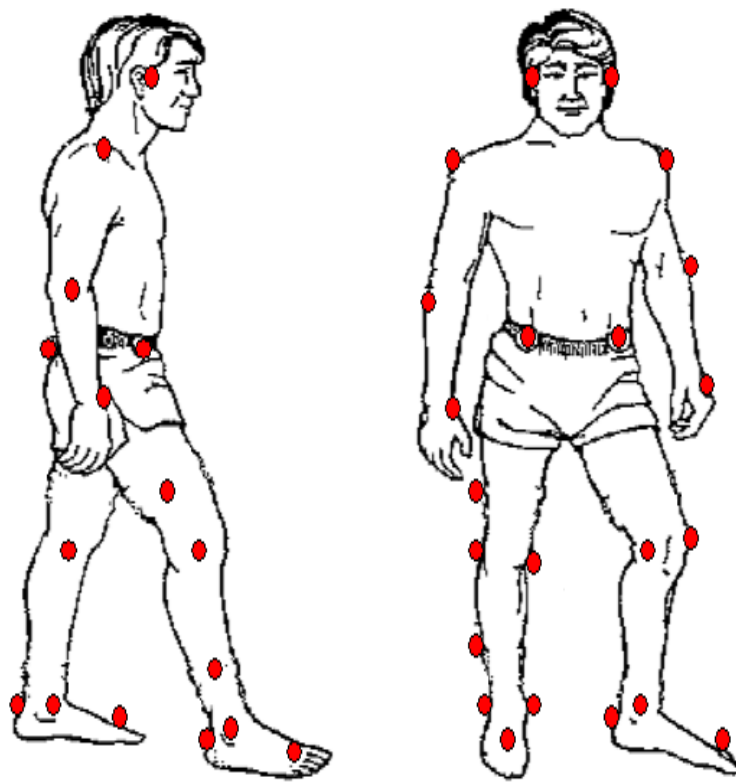


圖 2.2 反光球貼法



圖 2.3 可調高度式障礙物。

2.3 實驗流程

在實驗開始之前，會先設定及校正動作分析系統及三維測力板系統。所有受試者剛開始會接受一些過去病史(history)的詢問，以確定受試者不在本實驗排除條件之外，符合實驗之受試者會先換裝並簽署受試者同意書。之後便在受試者身上貼上反光球，首先收集受試者靜止站立時的資料，會先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，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，會請受試者在實驗室試走幾趟，讓受試者熟悉實驗室環境及貼上反光球後動作之感覺，待受試者能以平時動作表現後才開始收集資料。在整個實驗過程，受試者皆以裸腳之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。

2.4 理論基礎

2.4.1 運動學

透過反光球的位置可以訂定 7 個坐標系來計算關節的角運動。這 7 個坐標系包括：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)(Haug, 1992)。

利用旋轉矩陣可表示每一個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，其計算可利用下列方程式來

表示，

$$R^{p/d} = R_p^T \times R_d$$

其中 $R^{p/d}$ 是關節角運動在空間坐標系中的旋轉矩陣， R_p 及 R_d 分別是近端及遠端肢段位置的旋轉矩陣，符號 T 代表轉置矩陣。一般關節的角運動可以透過尤拉角(Euler angles)來表示。在計算尤拉角時，我們選擇 $y-x'-z''$ 的旋轉次序來求取關節角度。其中 y 軸旋轉的角度 α 代表屈曲-伸展(flexion/extension)，經 x' 軸旋轉的角度 β 代表外展-內收(abduction/adduction)，經由 z'' 軸旋轉的角度 γ 代表軸向旋轉(axial rotation)。旋轉矩陣跟尤拉角的關係式可由下列方程式來表示：

$$R_{yx'z''}(\alpha, \beta, \gamma) = [\Gamma_{ij}]_{3 \times 3}$$

$$= \begin{bmatrix} S\alpha S\beta S\gamma + C\alpha C\gamma & S\alpha S\beta C\gamma - C\alpha S\gamma & S\alpha C\beta \\ C\beta S\gamma & C\beta C\gamma & -S\beta \\ C\alpha S\beta S\gamma - S\alpha S\gamma & C\alpha S\beta C\gamma + S\alpha S\gamma & C\alpha C\beta \end{bmatrix}$$

在式子中 α 、 β 、 γ 的角度可進一步利用三角函數來做計算，如下列所示：

$$\beta = A \tan 2(-\Gamma_{23}, \sqrt{\Gamma_{13}^2 + \Gamma_{33}^2})$$

$$\alpha = A \tan 2(-\Gamma_{13} / C\beta, \Gamma_{33} / C\beta)$$

$$\gamma = A \tan 2(-\Gamma_{21} / C\beta, \Gamma_{23} / C\beta)$$

其中 C 代表 \cos ， S 代表 \sin 。 $A \tan 2$ 代表 \tan 的反函數，同時也考慮到象限計算的狀況。

2.4.2 動力學

當肢段的運動學，地面的反作用力與力矩及人體計測資料(anthropometric data)皆求得後，關節所受三維力量與力矩可以被進一步計算求取。我們利用肢段自由體圖(free-body diagram)(圖 2.4)的分析，透過牛頓-尤拉方程式(Newton-Euler equations)來求取。其式子如下：

$$F_p = ma - F_d - F_w$$

$$M_p = I\dot{\omega} + \omega \times I\omega - [M_d + r_d \times F_d + r_p \times F_p]$$

其中 F_p 是近端的關節力量， m 是肢段的質量， a 是肢段重心移動之加速度，

F_d 是遠端的關節力量， F_w 是肢段所受的重力， M_p 是近端的關節力矩， M_d 是遠端的關節力矩， r_p 是近端的力臂， r_d 是遠端的力臂， $\dot{\omega}$ 是肢段的角加速度， ω 是肢段的角速度。

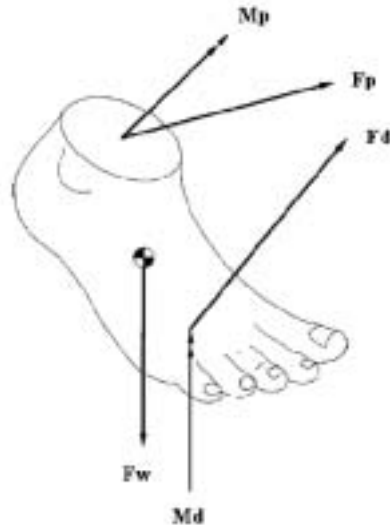


圖 2.4 自由體圖

2.5 資料收集及重整

所有受試者都收集可用之走路資料 6 筆及跨越障礙物 10 公分(包括健側為跨越前腳 6 筆及患側為跨越前腳 6 筆)及 20 公分(包括健側為跨越前腳 6 筆及患側為跨越前腳 6 筆)資料各 24 筆，共 54 筆可用資料。障礙物高度之選取參考 Chou 等(1997)研究之障礙物高度，擷取其 10 公分及 20 公分之高度。先將從動作分析系統收集來的反光球資料經過標定(label)之後，存成 c3d 的檔案格式。所有的反光球資料會先利用 generalized cross-validation spline smoothing (GCVSPL) (Woltring, 1986)以 6Hz 截止頻率濾掉雜訊。再經由自行撰寫的程式來計算出下肢各個關節的關節角度、關節力矩及跨越障礙物步態特徵之相關資料。為定義跨越障礙物動作特徵，本文採用 Chen (1991)之定義方式(圖 2.5)。

2.6 統計分析

本文的統計分析將分為三部份，分別是：

1. 正常女性老年人與退化性膝關節炎女性之相關資料比較，用獨立樣本 T 考驗(independent t test)。
2. 退化性膝關節炎女性健側(sound side)與患側(affect side) 之相關資料比較，用相依樣本 T 考驗(paired-t test)。
3. 比較不同高度之相關資料，用單因子變異數分析(One-way ANOVA)，並用

Tukey's test 做事後比較(post-hoc)。

- 退化性膝關節炎女性接受臨床治療前後之相關資料比較，用相依樣本 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。

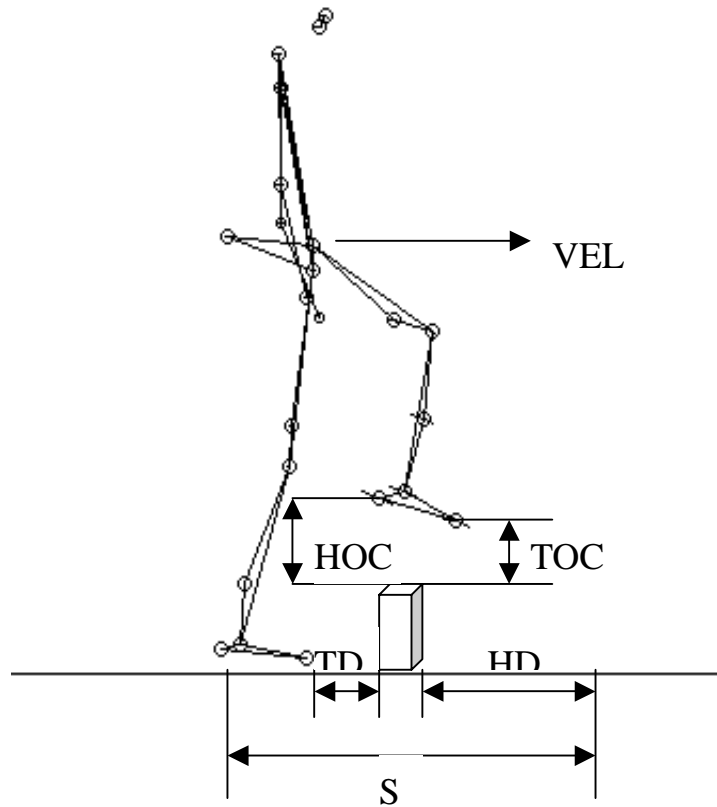


圖 2.5 跨越障礙物步態特徵之相關資料

TD：toe distance，跨越後腳之腳尖到障礙物之水平距離。

HD：heel distance，跨越前腳跨越著地後腳跟與障礙物之水平距離。

SL：step length，跨越障礙物之步長。

HOC：heel-obstacle clearance，跨越前腳之腳跟至障礙物正上方時之垂直高度。

TOC：toe-obstacle clearance，跨越前腳之腳尖至障礙物正上方時之垂直高度。

VEL：velocity，跨越時速度。

SW：step width，跨越步寬。

第三章 實驗結果

3.1 受試者

在受試者資料方面，正常女性老年人與退化性膝關節炎女性各 12 位。所有受試者的慣用側(dominant side)皆為右側。正常女性老年人的年齡介於 50 歲至 62 歲，平均年齡是 54.6 ± 4.1 歲，退化性膝關節炎女性的年齡介於 50 歲至 67 歲，平均年齡是 58.5 ± 5.9 歲；正常女性老年人的平均身高是 154.8 ± 3.8 公分，退化性膝關節炎女性的平均身高是 156.3 ± 5.9 公分；正常女性老年人的平均體重是 56.0 ± 6.5 公斤，退化性膝關節炎女性的平均體重是 56.8 ± 6.2 公斤；正常女性老年人的平均腳長是 76.9 ± 2.4 公分，退化性膝關節炎女性的平均腳長是 78.5 ± 4.2 公分；正常女性老年人與退化性膝關節炎女性的以上這些資料都沒有統計上的顯著差異(表 3.1)。在退化性膝關節炎的患側方面，所有退化性膝關節炎的女性皆為單側罹患退化性膝關節炎。其中有九位患者是在慣用側，三位在非慣用側；所有患者的膝關節退化程度都是在 grade II。

表 3.1 受試者基本資料之平均值與標準差(Mean±S.D)

受試者	年齡(歲)	身高(公分)	體重(公斤)	腳長(公分)
正常人	54.6 ± 4.1	154.8 ± 3.8	56.0 ± 6.5	76.9 ± 2.4
OA 患者	58.5 ± 5.9	156.3 ± 5.9	56.8 ± 6.2	78.5 ± 4.2

3.2 水平步行

3.2.1 運動學

正常女性老年人在走路時關節角度上的變化左腳及右腳是沒有顯著差異的。所以本文以下若有用正常女性老年人資料與退化性膝關節炎女性資料做比較時，正常女性老年人多以右側資料為主。

圖 3.1 為正常女性老年人與退化性膝關節炎女性之健側與患側在走路時下肢關節角度活動範圍。研究發現罹患退化性膝關節炎女性在走路時膝關節的關節角度活動範圍要比正常人來的小，不管是患側(比正常人小 6.6°)或健側(比正常人小 6.4°)，都有達到顯著的差異(independent t test, $P < 0.05$)。其它的如髌關節或踝關節的關節角度活動範圍則無顯著的差異。此外，在退化性膝關節炎女性下肢的健側與患側的各個關節角度活動範圍上，比較的結果是沒有差異的。

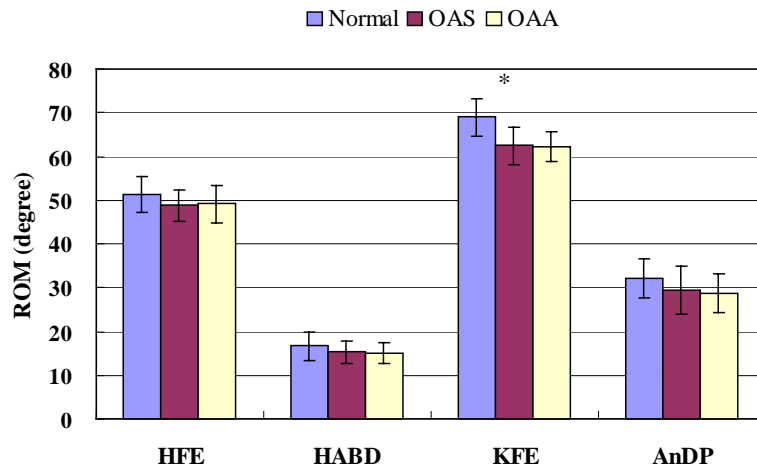


圖 3.1 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性之健側與患側在步行時下肢關節角度活動範圍。Normal：正常女性老年人，OA：退化性膝關節炎女性。S：健側，A：患側。H: hip, K: knee, An: ankle, FE: flexion/extension, ABAD: abduction/adduction, DP: dorsiflexion/plantarflexion. *: N-OAS, N-OAA ($P < 0.05$)

3.2.2 動力學

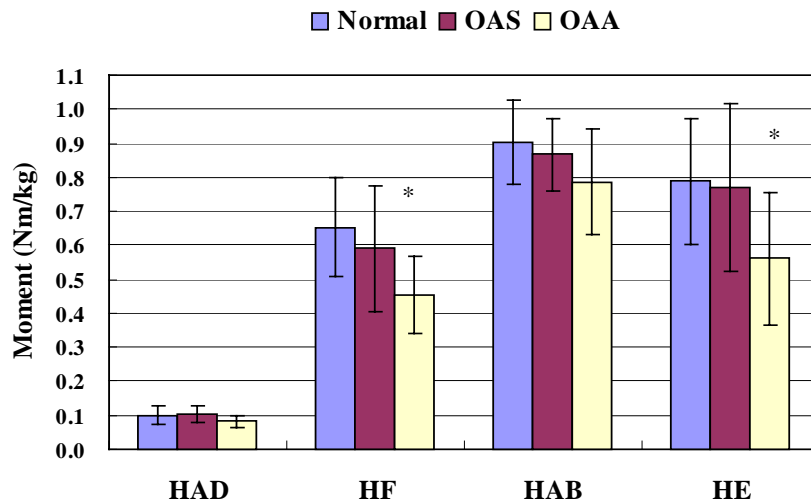


圖 3.2 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性的健側與患側步行時腕關節最大力矩。Normal：正常女性老年人，OA：退化性膝關節炎女性。S：健側，A：患側。H: hip, AD: adduction moment, F: flexion moment, AB: abduction moment, E: extension moment. *: N-OAA, OAS-OAA ($P < 0.05$)

圖 3.2 為正常女性老年人與退化性膝關節炎女性之健側與患側在走路時腕關節力矩最大值。研究發現罹患退化性膝關節炎女性在走路時，患側腕關節的屈曲力矩與伸展力矩的最大值都要比正常女性老年人(independent t test, $P < 0.05$)及健側(pair-t test, $P < 0.05$)要來的小，且都有顯著差異。其它如腕關節外展力矩(abduction moment)或內收力矩(adduction moment)則沒有顯著差異。而健側的最大值與正常女性老年人相比，則沒有顯著之差異。

圖 3.3 為正常女性老年人與退化性膝關節炎女性之健側與患側在走路時膝關節力矩最大值。研究發現罹患退化性膝關節炎女性在走路時，患側膝關節的屈曲力矩與伸展力矩的最大值都要比正常女性老年人(independent t test, $P < 0.05$)及健側(pair-t test, $P < 0.05$)要來的小，且都有顯著差異。其它如膝關節外展力矩或內收力矩則沒有顯著差異。而健側的最大值與正常女性老年人相比，則沒有顯著之差異。

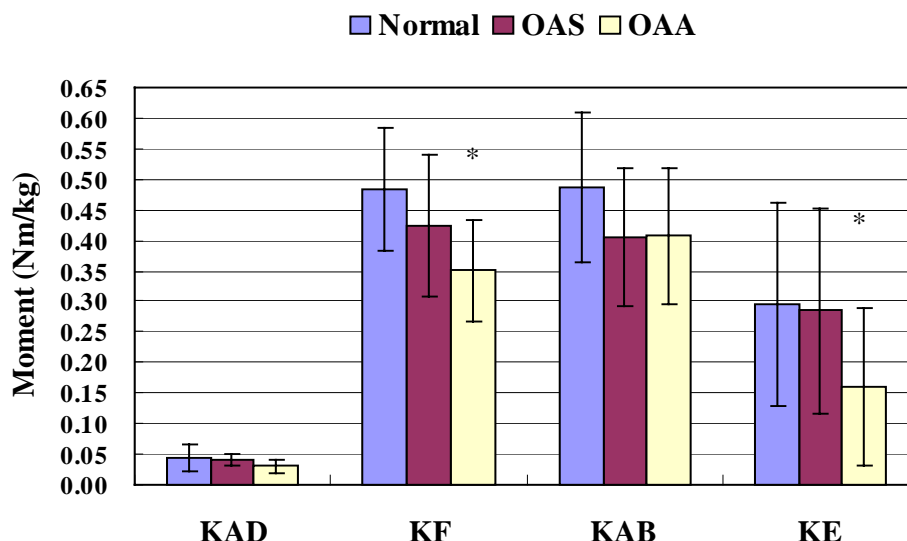


圖 3.3 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性的健側與患側步行時膝關節最大力矩。Normal：正常女性老年人，OA：退化性膝關節炎女性。S：健側，A：患側。K: knee, AD: adduction moment, F: flexion moment, AB: abduction moment, E: extension moment. *: N-OAA, OAS-OAA ($P < 0.05$)

3.3 跨越不同高度障礙物下肢關節角度活動範圍

隨著障礙物高度的增加，不管是正常女性老年人或是退化性膝關節炎女性，不管是跨越前腳或是跨越後腳，下肢關節在矢狀面(sagittal plane)的關節屈曲角度活動範圍也會隨著跨越高度增加而增加，且都有達到顯著差異。

圖 3.4 為正常女性老年人用慣用腳(右腳)在水平步行、障礙物 10 公分及障礙物 20 公分時，不管是障礙物 10 公分或障礙物 20 公分，跨越前腳的髖關節及膝關節的屈曲關節角度活動範圍會隨著障礙物高度的增加而增加；而在踝關節的屈曲角度方面，只有在水平步行與障礙物 10 公分，以及水平步行與障礙物 20 公分有顯著差異(one way ANOVA, $P<0.05$)，在障礙物 10 公分與障礙物 20 公分則沒有達到顯著差異。在跨越後腳方面，不管是障礙物 10 公分或障礙物 20 公分，髖關節及膝關節的屈曲關節角度活動範圍也會隨著障礙物高度的增加而增加；而在踝關節的屈曲角度方面，只有在水平步行與障礙物 20 公分，以及障礙物 10 公分與障礙物 20 公分有顯著差異(one way ANOVA, $P<0.05$)，在水平步行與障礙物 10 公分則沒有達到顯著差異。

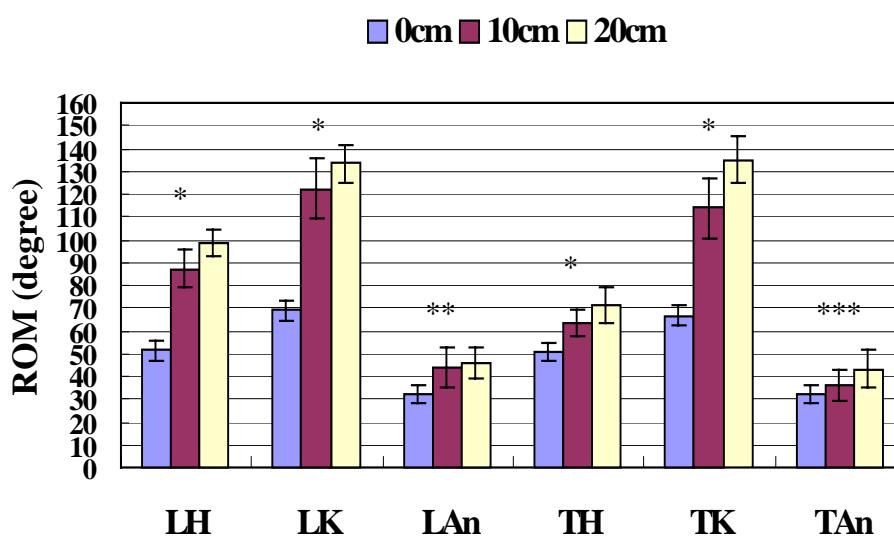


圖 3.4 正常女性老年人右腳跨越障礙物時關節屈曲角度之活動範圍。L：跨越前腳；T：跨越後腳。H: hip, K: knee, An: ankle。0cm：水平步行，10cm：障礙物 10 公分，20cm：障礙物 20 公分。*：0-10,0-20,10-20；**：0-10,0-20；***：0-20,10-20 ($p<0.05$)

圖 3.5 為退化性膝關節炎女性用健側當做跨越前腳在水平步行、障礙物 10 公分及障礙物 20 公分時，不管是障礙物 10 公分或障礙物 20 公分，跨越前腳(健側)的髖關節及膝關節的屈曲關節角度活動範圍會隨著障礙物高度的增加而增

加；而在踝關節的屈曲角度方面，只有在水平步行與障礙物 10 公分及水平步行與障礙物 20 公分有顯著差異(one way ANOVA, $P<0.05$)，在障礙物 10 公分與障礙物 20 公分則沒有達到顯著差異。在跨越後腳方面，不管是障礙物 10 公分或障礙物 20 公分，髌關節、膝關節及踝關節的屈曲關節角度活動範圍也會隨著障礙物高度的增加而增加(one way ANOVA, $P<0.05$)。

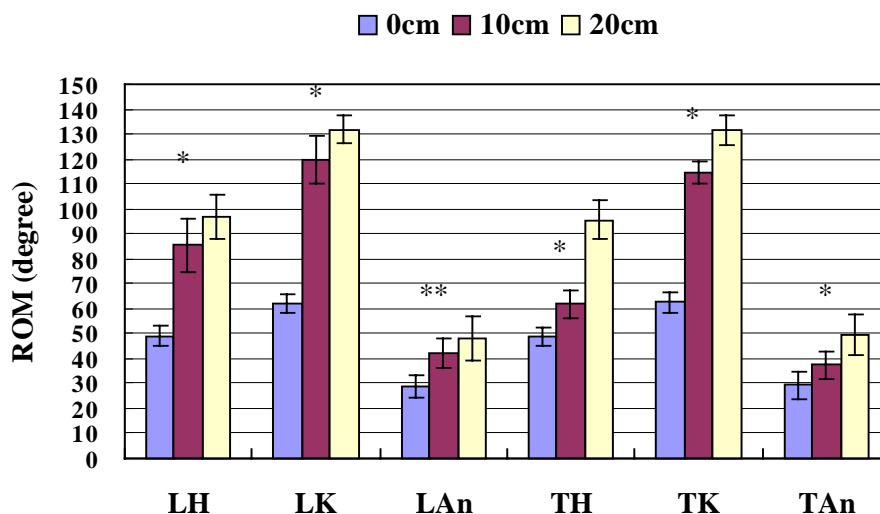


圖 3.5 退化性膝關節炎女性健側為跨越前腳跨越障礙物時關節屈曲角度之活動範圍。L：跨越前腳；T：跨越後腳。H: hip, K: knee, An: ankle。0cm：水平步行，10cm：障礙物 10 公分，20cm：障礙物 20 公分。*：0-10,0-20,10-20；**：0-10,0-20 ($p<0.05$)

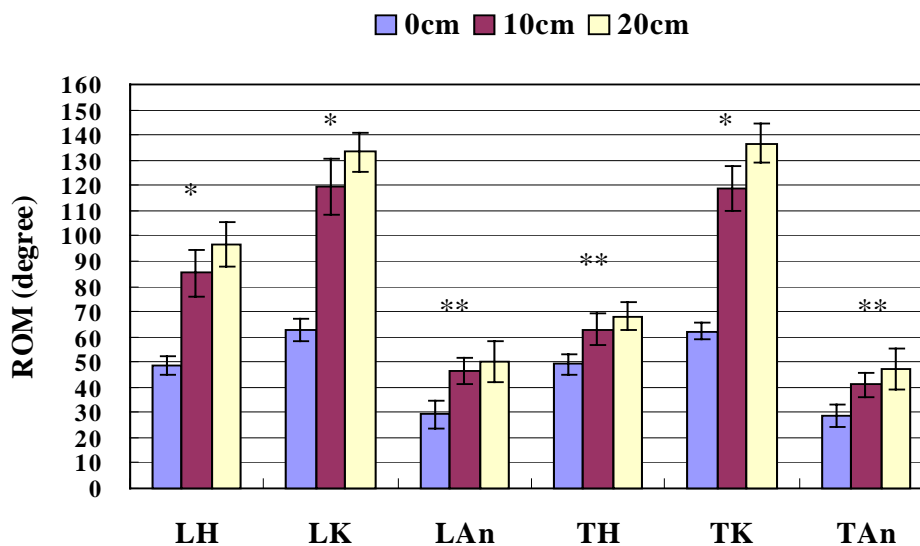


圖 3.6 退化性膝關節炎女性患側為跨越前腳跨越障礙物時關節屈曲角度之活動範圍。L：跨越前腳；T：跨越後腳。H: hip, K: knee, An: ankle。0cm：水平步行，10cm：障礙物 10 公分，20cm：障礙物 20 公分。*：0-10,0-20,10-20；**：0-10,0-20 ($p<0.05$)

圖 3.6 為退化性膝關節炎女性用患側當做跨越前腳在水平步行、障礙物 10 公分及障礙物 20 公分時，不管是障礙物 10 公分或障礙物 20 公分，跨越前腳(患側)的髌關節及膝關節的屈曲關節角度活動範圍會隨著障礙物高度的增加而增加；而在踝關節的屈曲角度方面，只有在水平步行與障礙物 10 公分，以及水平步行與障礙物 20 公分有差異(one way ANOVA, $P<0.05$)。在障礙物 10 公分與障礙物 20 公分則沒有達到顯著差異。在跨越後腳(健側)方面，不管是障礙物 10 公分或 20 公分，膝關節的屈曲關節角度活動範圍也會隨著障礙物高度的增加而增加；而在髌關節與踝關節的屈曲關節角度方面，只有在水平步行與 10 公分，以及水平步行與 20 公分有差異(one way ANOVA, $P<0.05$)，在障礙物 10 公分與障礙物 20 公分則沒有達到顯著差異。

圖 3.7 為若是將退化性膝關節炎女性的患側都當做跨越前腳，比較正常女性老年人(右腳先跨)跨越障礙物 10 公分時關節角度活動範圍，發現退化性膝關節炎女性的患側在跨越障礙物 10 公分時會有較大的髌關節外展-內收角度活動範圍(independent t test, $P<0.05$)。其中正常女性老年人的角度活動範圍為 $15.64^{\circ} \pm 2.27^{\circ}$ ，而退化性膝關節炎女性的角度活動範圍 $18.11^{\circ} \pm 2.72^{\circ}$ ，而在其它的關節角度活動範圍則沒有顯著差異。

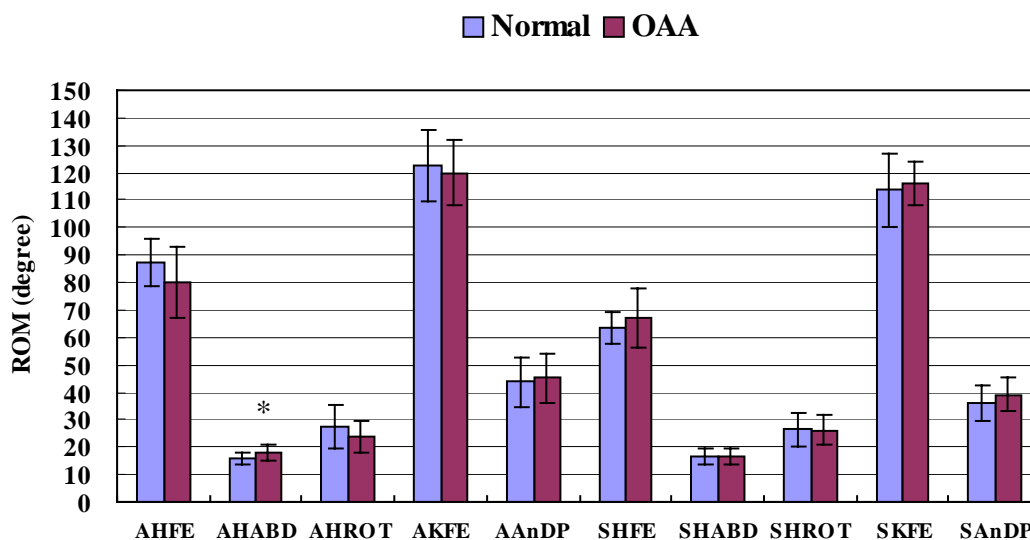


圖 3.7 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性患側為跨越前腳跨越障礙物 10 公分時關節角度之活動範圍。Normal：正常女性老年人，OA：退化性膝關節炎女性，S：健側，A：患側。H：hip，K：knee，An：ankle。FE：flexion/extension，ABD：abduction/adduction，ROT：rotation，DP：dorsiflexion/plantarflexion。

* $p<0.05$

圖 3.8 為若是將退化性膝關節炎女性的健側當做跨越前腳(患側為跨越後腳)，比較正常女性老年人右側當做跨越前腳，跨越障礙物 10 公分時關節角度活

動範圍，發現兩者在下肢各關節角度活動範圍並沒有顯著的差異。

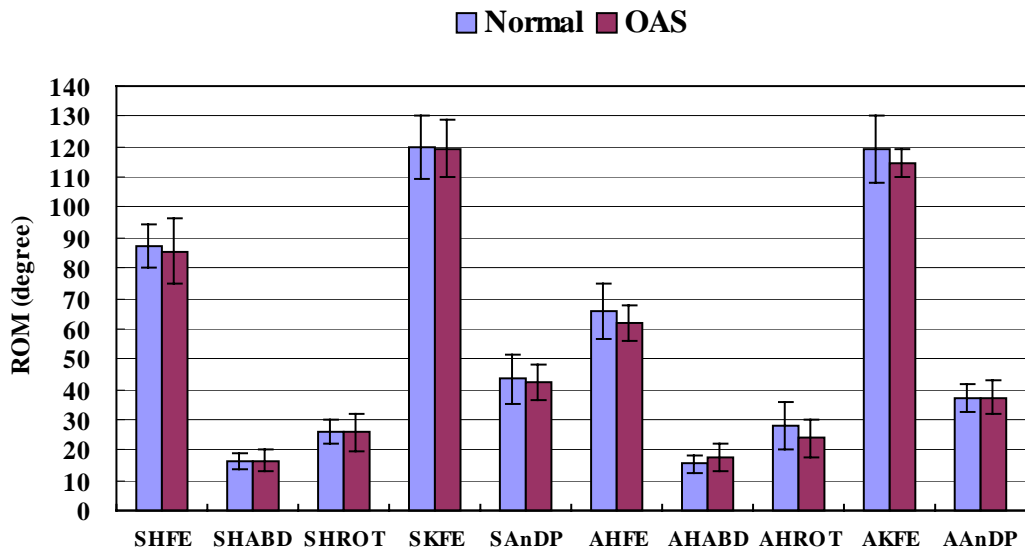


圖 3.8 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性健側為跨越前腳跨越障礙物 10 公分時關節角度之活動範圍。Normal：正常女性老年人，OA：退化性膝關節炎女性，S：健側，A：患側。H: hip, K: knee, An: ankle。FE: flexion/extension, ABD: abduction/adduction, ROT: rotation, DP: dorsiflexion/plantarflexion.

* $p < 0.05$

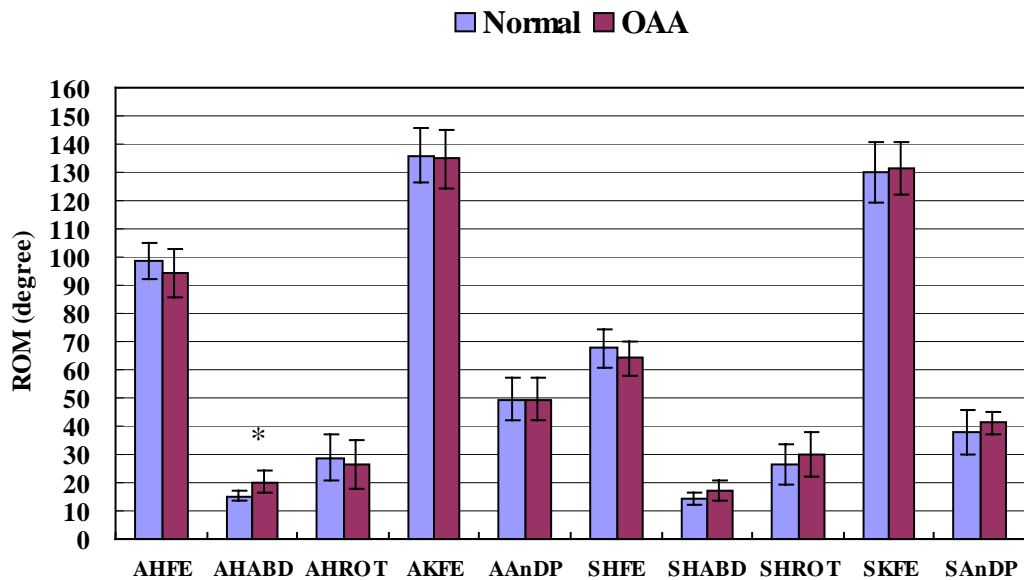


圖 3.9 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性患側為跨越前腳跨越障礙物 20 公分時關節角度之活動範圍。Normal：正常女性老年人，OA：退化性膝關節炎女性，S：健側，A：患側。H: hip, K: knee, An: ankle。FE: flexion/extension, ABD: abduction/adduction, ROT: rotation, DP: dorsiflexion/plantarflexion.

* $p < 0.05$

圖 3.9 為若是將退化性膝關節炎女性的患側當做跨越前腳，比較正常女性老年人右側當做跨越前腳，跨越障礙物 20 公分時關節角度活動範圍。發現退化性膝關節炎女性的患側當跨越前腳時，髖關節外展-內收角度活動範圍比正常女性老年人大，且有顯著差異(independent t test, $P < 0.05$)。其中正常女性老年人的角度活動範圍為 $15.32^\circ \pm 1.87^\circ$ ，退化性膝關節炎女性的角度活動範圍為 $20.30^\circ \pm 3.90^\circ$ ，而在其它的關節角度活動範圍則沒有顯著差異。

圖 3.10 為若是將退化性膝關節炎女性的健側當做跨越前腳(患側為跨越後腳)，比較正常女性老年人右側當做跨越前腳，在跨越障礙物 20 公分時關節角度活動範圍。其結果與跨越障礙物 10 公分類似，兩者在下肢各關節角度活動範圍並沒有顯著的差異。

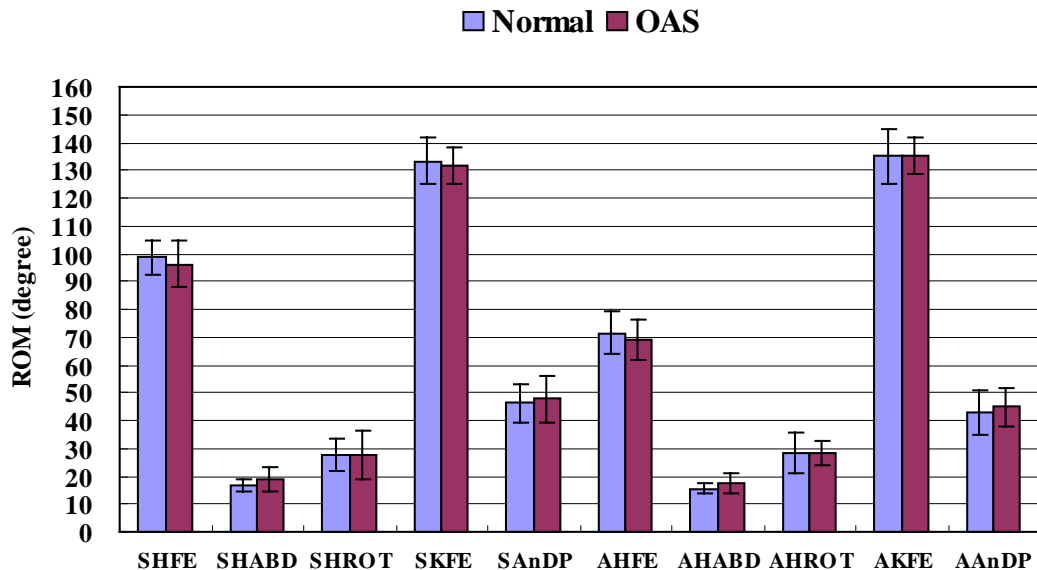


圖 3.10 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性健側為跨越前腳跨越障礙物 20 公分時關節角度之活動範圍。Normal：正常女性老年人，OA：退化性膝關節炎女性，S：健側，A：患側。H: hip, K: knee, An: ankle。FE: flexion/extension, ABD: abduction/adduction, ROT: rotation, DP: dorsiflexion/plantarflexion. $*p < 0.05$

圖 3.11 為若是以退化性膝關節炎女性的患側邊與健側邊做比較，發現只有在障礙物 20 公分，以患側先跨越障礙物的情況下，髖關節外展-內收角度活動範圍會比健側先跨越障礙物時來的大(pair-t test, $P < 0.05$)。其它像是在障礙物 20 公分以患側後跨與健側後跨，或是在障礙物 10 公分的情況下，下肢各關節的角度活動範圍都沒有顯著的差異。

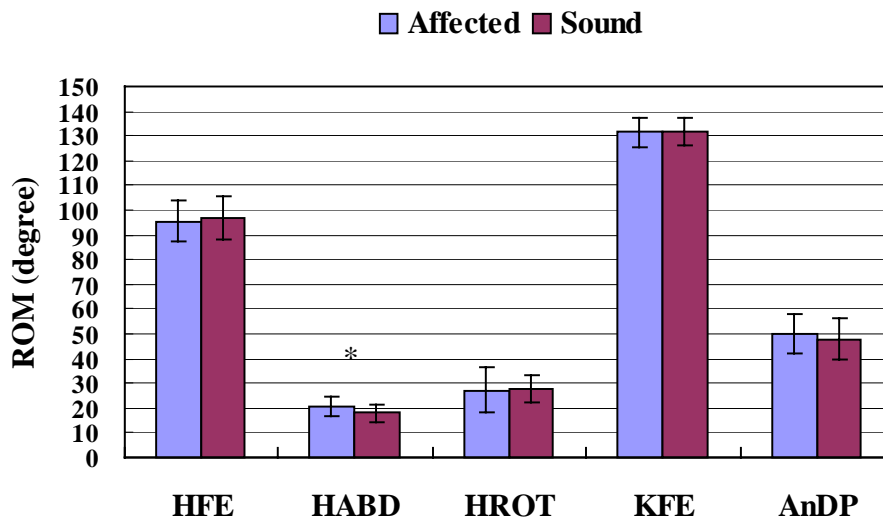


圖 3.11 退化性膝關節炎女性患側與健側為跨越前腳跨越障礙物 20 公分時關節角度之活動範圍。Affected：患側，Sound：健側。H: hip, K: knee, An: ankle。FE: flexion/extension, ABD: abduction/adduction, ROT: rotation, DP: dorsiflexion/plantarflexion. * $p < 0.05$

3.4 跨越不同高度障礙物步態特徵

在這部份將針對正常女性老年人與退化性膝關節炎女性在跨越障礙物的步態特徵做結果分析，所有分析參數包括 TD、HD、SL、SW、HOC、TOC 及 VEL 等(請參考圖 2.5 之定義)。為了要排除因個人的因素所造成的影響，在 TD、HD、SL、HOC、TOC 等均除以個人之腿長，SW 則除以個人之兩側 ASIS 距離來達到標準化(normalize)的目的。

圖 3.12 及圖 3.13 分別為退化性膝關節炎女性以患側及健側為跨越前腳跨越障礙物 10 公分時的步態特徵常數。不管是以患側或健側為跨越前腳跨越障礙物，發現在跨越前腳跨越著地後腳跟與障礙物之水平距離(HD)及跨越障礙物之步長(SL)都要比正常女性老年人小，跨越時兩腳步寬(SW)則比正常女性老年人大 (independent t test, $P < 0.05$)，其它特徵常數如 TD、HOC、TOC 則無顯著之差異。

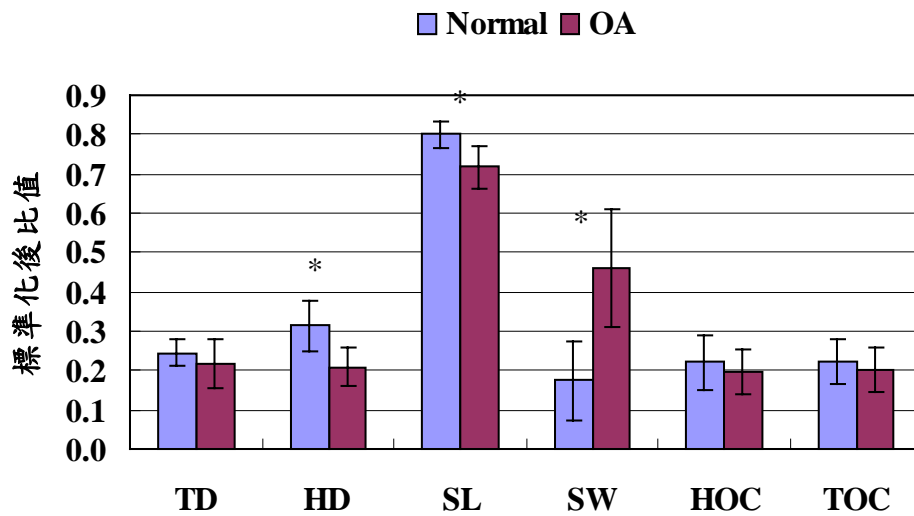


圖 3.12 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性患側為跨越前腳跨越障礙物 10 公分之步態特徵。Normal：正常女性老年人，OA：退化性膝關節炎女性。 $*p < 0.05$

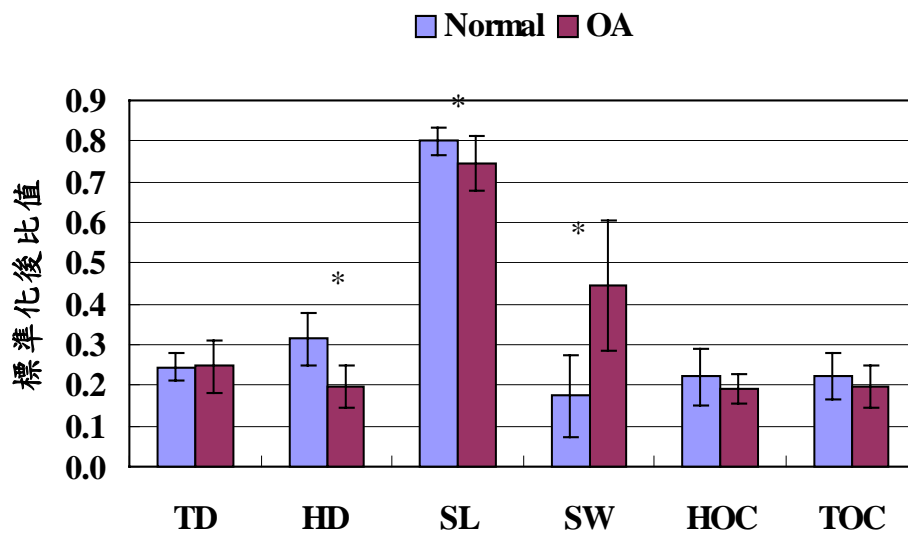


圖 3.13 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性健側為跨越前腳跨越障礙物 10 公分之步態特徵。Normal：正常女性老年人，OA：退化性膝關節炎女性。 $*p < 0.05$

圖 3.14 及圖 3.15 分別為退化性膝關節炎女性以患側及健側為跨越前腳跨越障礙物 20 公分時的步態特徵常數。不管是以患側或健側為跨越前腳跨越障礙物，發現在 HD 及 SL 都要比正常女性老年人小，SW 則比正常女性老年人大 (independent t test, $P < 0.05$)，其它特徵常數如 TD、HOC、TOC 則無顯著之差異，此結果與障礙物 10 公分時的結果雷同。

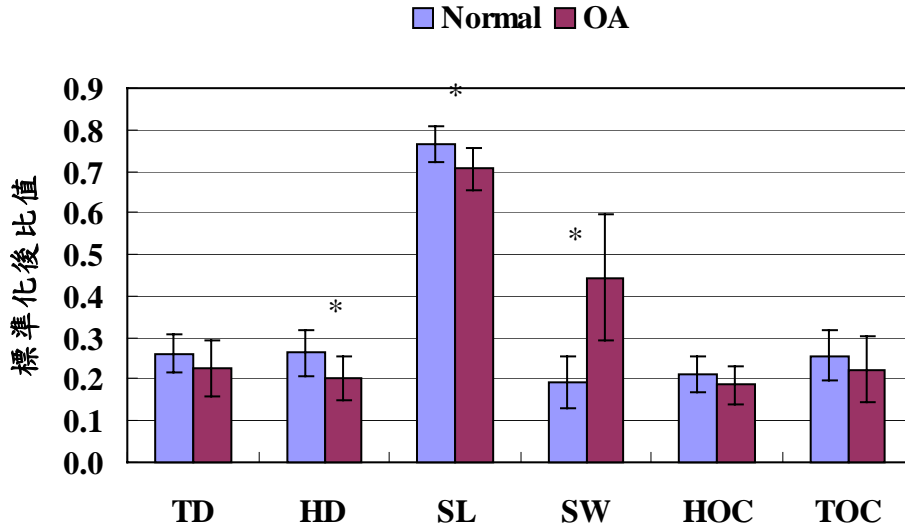


圖 3.14 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性患側為跨越前腳跨越障礙物 20 公分之步態特徵。Normal：正常女性老年人，OA：退化性膝關節炎女性。* $p < 0.05$

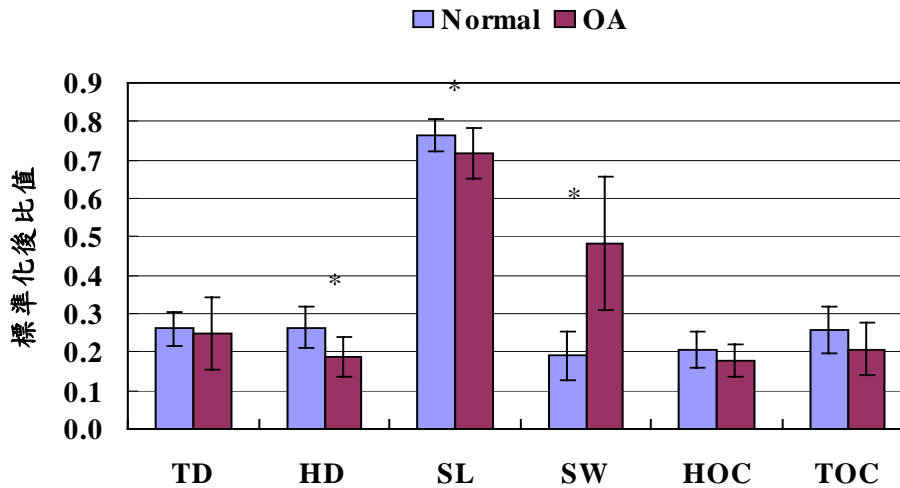


圖 3.15 正常女性老年人右側與退化性膝關節炎女性健側為跨越前腳跨越障礙物 20 公分之步態特徵。Normal：正常女性老年人，OA：退化性膝關節炎女性。* $p < 0.05$

圖 3.16 及 3.17 分別為退化性膝關節炎女性以健側與患側為跨越前腳跨越障礙物 10 公分及 20 公分的步態特徵常數。不管是在跨越障礙物 10 公分或 20 公分的情況，發現兩者在各項動作特徵上並無顯著差異。

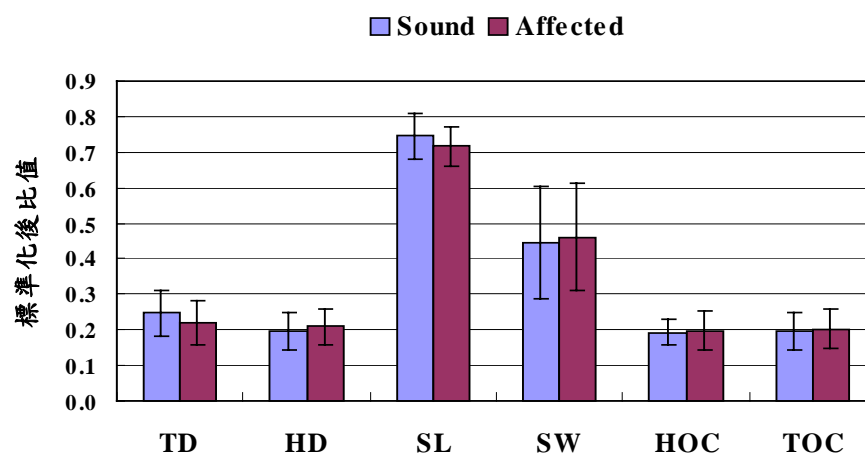


圖 3.16 退化性膝關節炎女性以健側及患側為跨越前腳跨越障礙物 10 公分之步態特徵。Sound：健側，Affected：患側。

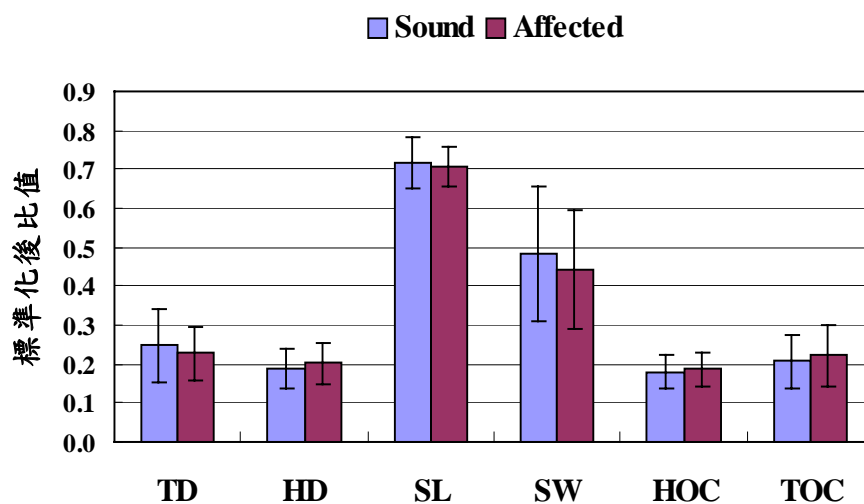


圖 3.17 退化性膝關節炎女性以健側及患側為跨越前腳跨越障礙物 20 公分之步態特徵。Sound：健側，Affected：患側。

表 3.2 為正常女性老年人與退化性膝關節炎女性在跨越障礙物 10 公分及 20 公分時的跨越速度。其中退化性膝關節炎女性還包括了健側為跨越前腳及患側為

跨越前腳的情況。結果顯示，隨著障礙物高度的增加，不管是正常女性老年人或是退化性膝關節炎女性健側為跨越前腳及患側為跨越前腳，跨越速度都會隨著高度增加而下降(independent t test, $P<0.05$)。此外，退化性膝關節炎女性在跨越障礙物 10 公分及 20 公分，不管是以健側為跨越前腳及患側為跨越前腳時的跨越速度都要比正常女性老年人時的跨越速度慢(independent t test, $P<0.05$)。但是如果比較健側為跨越前腳及患側為跨越前腳時的跨越速度，不管是障礙物 10 公分或 20 公分，都沒有顯著差異。

表 3.2 正常女性老年人與退化性膝關節炎女性跨越不同高度障礙物之跨越速度 (cm/s) (Normal: 正常女性老年人, OA: 退化性膝關節炎女性; sound: 健側, affected: 患側; obs10cm: 障礙物 10 公分, obs20cm: 障礙物 20 公分)

	Normal**	OA (sound)	OA (affected)
Obs10cm*	83.69 ± 9.06	74.23 ± 12.04	72.96 ± 11.86
Obs20cm*	72.47 ± 12.92	63.31 ± 9.62	62.05 ± 9.31

* $P<0.05$, Normal: 10-20, Sound: 10-20, Affected: 10-20

** $P<0.05$, Obs10cm: Normal-Sound, Normal-Affected;

Obs20cm: Normal-Sound, Normal-Affected

3.5 不同臨床治療之成效

在各種不同臨床治療成效方面，實驗結果顯示：以物理治療為治療方式之女性患者（3 位），在接受治療後，不論是水平步行或是跨越 10 公分和 20 公分之障礙物，在動力學、運動學及步態特徵上均未具顯著差異。以藥物治療為主之患者（6 位），在接受治療前後之動作表現上，運動學及動力學之各項參數值亦無顯著差異。至於注射關節液治療之患者（3 位），在治療後可發現在步行與跨越不同高度障礙物時，膝關節及髖關節角度較治療前大，但未達統計差異；但是，動力學參數方面則無明顯差異存在。

第四章 討論

根據以上結果，本研究證實罹患退化性膝關節炎女性在走路及跨越不同高度障礙物的動作特徵與正常女性老年人不同，而這些差異可能會影響罹患退化性膝關節炎女性從事日常功能性活動上的能力，讓患者的生活品質受到影響，甚至造成整個家庭或社會的負擔。

在過去有關退化性膝關節炎動作分析的研究中，Messier 等(1992)的退化性膝關節炎受試者平均年齡為 58 歲，及 Kaufman 等(2001)的退化性膝關節炎受試者平均年齡為 57 ± 12.5 歲，都與本研究的年齡層相似。本研究中的受試者，正常女性老年人的平均年齡是 54.6 ± 4.1 歲，退化性膝關節炎女性的平均年齡是 58.5 ± 5.9 歲。而其它相關研究(Hurwitz, 2000; Cheing, 2001; Manetta, 2002)的膝關節炎受試者的平均年齡都要比本研究中的平均年齡大。由於退化性膝關節炎與年齡有很大的關係，所以年齡層的相近與否就有其重要性。在本研究中的控制組與實驗組的受試者年齡都很相近，也都沒有達到統計上的顯著差異，所以在年齡的差異上並不大。此外，在過去的研究(Kaufman, 2001)利用年輕人的資料與退化性膝關節炎老人的資料做比較，而根據文獻回顧已知，年輕人與老年人在動作特徵已經出現差異，若再利用年輕人的資料與退化性膝關節炎老人的資料做比較，只會讓差異變大或模糊了真正的差異，而無法探討出退化性膝關節炎病人在動作上與正常老人的真正差異。所以本研究收集了同年齡未罹患退化性膝關節炎的正常女性老年人的資料來當做比較，以期能將年齡造成資料偏差的因素去除，真正比較出罹患退化性膝關節炎老人在動作上出現的差異。以下將分別對退化性膝關節炎女性在水平步行(包括運動學與動力學)及跨越障礙物的步態特徵與正常女性老年人的差異做結果討論。

4.1 退化性膝關節炎女性與正常女性老年人步態的差異

4.1.1 運動學

在過去已有許多文獻指出，罹患退化性膝關節炎的患者在走路時膝關節的關節角度活動範圍會比正常人小(Messier, 1992; Kaufman, 2001; Cheing, 2001)。本研究中發現，退化性膝關節炎女性的膝關節的關節角度活動範圍比正常女性老年人小 6.6° (圖 3.1)，這差距與 Kaufman 等發表的結果差距 6° 是差不多的。而在 Cheing 等(2001)針對中國人所做的結果，得到的差距甚至到達 8.8° 。由此可見，不管是西方人的資料或是東方人的資料，罹患退化性膝關節炎病人在膝關節關節角度活動範圍上是會減少的。此外，本研究中還發現，罹患退化性膝關節炎女性的健側，在走路時膝關節角度活動範圍也會小於正常女性老年人(OA(sound) < Normal: 6.4°)，這結果也與 Cheing 等所做出的結果接近 (OA(sound) <

Normal : 5.3°)。由此可知，罹患退化性膝關節炎老人不僅患側的膝關節關節角度活動範圍會受到影響，連健側的膝關節關節角度活動範圍也會受到影響，這或許可以說明退化性膝關節炎患者後期雙側的膝關節大部份皆有退化現象，只是一側較輕微，一側較嚴重(Schouten, 1992)。

表 4.1 表示過去文獻與本研究中退化性膝關節炎的患者在水平步行時膝關節的關節角度活動範圍與正常人之差異。

表 4.1 過去文獻與本研究退化性膝關節炎的患者在走路時膝關節的關節角度活動範圍

	Sound side	Affected side
Messier		OA < Normal 3°
Kaufman		OA < Normal 6°
Cheing	OA < Normal 5.3°	OA < Normal 8.8°
This study	OA < Normal 6.4°	OA < Normal 6.6°

造成退化性膝關節炎患者走路膝關節關節角度活動範圍減少的原因可能是因為膝關節的疼痛(Messier, 1992 ; Kaufman, 2001 ; O'Reilly, 1998)。在承重反應期，膝關節要吸收由地面傳來的地面反作用力，由於退化性膝關節炎患者之關節軟骨已經磨損，造成力量吸收不佳，地面反作用力會直接施力在脛骨與股骨的接觸面，造成膝關節疼痛。退化性膝關節炎患者為避免這種接觸性疼痛(contacted pain)，選擇了用較屈曲的膝關節來著地，故造成膝關節關節角度活動範圍的減少。此外，膝關節的僵硬也是造成膝關節關節角度活動範圍減少的原因之一(Messier, 1992)。此外，退化性膝關節炎患者會利用健側減少膝關節關節角度活動範圍的代償作用來平衡患側所產生的不正常步態(Messier, 1994 ; Cheing, 2001)。總之，罹患退化性膝關節炎的患者在走路時會因為膝關節的疼痛或因為膝關節僵硬而導致患側及健側的膝關節關節角度活動範圍減少，而這膝關節關節角度活動範圍的減少可能會限制患者從事其它日常功能性活動，比如上下樓梯(Kaufman, 2001)、跨越障礙物等。

4.1.2 動力學

在髖關節最大力矩的變化方面，退化性膝關節炎女性的髖關節屈曲力矩及髖關節伸展力矩都要比正常女性老年人小(圖 3.2)。在本研究中，退化性膝關節炎女性的髖關節最大屈曲力矩要比正常女性老年人小，這結果與 Manetta 等(2002)發表的結果類似，不過 Manetta 並沒有解釋這個結果。退化性膝關節炎女性的髖關節屈曲力矩比正常女性老年人小可能是因為肌肉萎縮造成的情形。罹患退化性膝關節炎的患者通常會有股四頭肌(quadriceps)及大腿後肌(hamstrings)萎縮的

現象發生(Tan, 1995; O'Reilly, 1997; Fisher, 1997; Cheing, 2001)。由於股直肌有幫忙做髖關節屈曲的作用，當股直肌肌力減少甚至萎縮時，髖關節的屈曲力矩就會相對的減少。此外，在本研究中還發現退化性膝關節炎女性的髖關節最大伸展力矩也要比正常女性老年人小(圖 3.2)，這結果也與 Manetta 等(2002)發表的結果類似，但是卻與 Messier 等(1994)發表的結果不同。Messier 等表示，退化性膝關節炎病人藉由增加髖關節的角速度來代償膝關節角速度的減少，因此退化性膝關節炎病人髖關節的伸展力矩要比正常人來的大。Messier 等指出這是“Quadriceps avoidance”的現象。但是在 Manetta 等發表的結果卻是退化性膝關節炎患者的髖關節最大伸展力矩比正常人小，Manetta 等解釋說因為退化性膝關節炎患者在走路速度上已經比正常人慢，所以並沒有出現髖關節角速度增加的代償現象，所以並沒有“Quadriceps avoidance”的現象產生。反而是因為走路速度減慢，造成髖關節的伸展力矩也隨之變慢。在本研究中雖然沒有探討到走路速度，不過就以退化性膝關節炎女性的髖關節最大伸展力矩比正常女性老年人小的結果，是與 Manetta 等發表的結果類似。

而在膝關節最大力矩方面，退化性膝關節炎女性的膝關節屈曲力矩及膝關節伸展力矩都要比正常女性老年人小(圖 3.3)。在過去的文獻中，雖然沒有提到退化性膝關節炎患者的膝關節屈曲力矩比正常人小，但是卻有多位學者提到大腿後肌的肌力會比正常人小。由於大腿後肌的肌力變小，造成退化性膝關節炎患者的膝關節屈曲力矩變小。此外，Hurwitz 等(2000)指出，當退化性膝關節炎患者膝關節疼痛上升的時候，患者的膝關節屈曲力矩會變小；相反的，當退化性膝關節炎患者膝關節疼痛下降的時候，患者的膝關節屈曲力矩會變大。所以疼痛也可能是膝關節屈曲力矩變小的原因之一。Kaufman 等指出罹患退化性膝關節炎的病人在走路、上下樓梯時為避免膝關節的疼痛，會減少膝關節的伸展力矩，藉由降低膝關節的承重來達到減低疼痛的效果。此結果也與本研究類似。本研究發現，退化性膝關節炎女性的膝關節伸展力矩會比正常女性老年人小(圖 3.3)。此外，股四頭肌的肌力減少也是膝關節伸展力矩比正常人低的原因。

在本研究中，退化性膝關節炎女性健側的髖關節和膝關節的屈曲力矩及伸展力矩與正常女性老年人相比較是沒有差異的(圖 3.2 和圖 3.3)。但是與患側比較都比患側的力矩大，這表示健側的肌力還未受到影響。雖然健側在膝關節的關節角度變化上已經有代償現象發生，但是在關節力矩上還未受到影響。這可能也是因為本研究中的退化性膝關節炎患者的膝關節退化程度還不嚴重，只有 grade II，還算是輕微的(mild)膝關節炎患者。這也可以解釋為何在本研究中退化性膝關節炎女性患側的膝關節內收力矩與正常女性老年人比較，並沒有達到顯著的差異。因為膝關節嚴重者，膝關節內側面會變形成 O 型腿。此時患者在走路時的膝關節內收力矩就會變大，在 Kaufman 等的研究結果就提到，退化性膝關節炎患者的內收力矩會比正常人大。但在本研究中由於患者膝關節退化程度還處於輕微的情況，所以並無內收力矩比正常人大大的現象。

4.2 跨越不同高度障礙物下肢關節角度活動範圍

在跨越不同障礙物高度方面，退化性膝關節炎女性與正常女性老年人在矢狀面的下肢關節屈曲角度活動範圍會隨著障礙物高度的增加而增加(圖 3.4、圖 3.5 及圖 3.6)。也就是說，當障礙物高度增加時，下肢關節需要較多的屈曲角度來跨越障礙物，以避免踢到障礙物。這結果與 Patla 等(1993)所提出的結果類似。Patla 等還提出當障礙物高度增加時，跨越前腳在跨越障礙物會使用較多的髖關節及膝關節的屈曲角度，而跨越後腳則會使用較多的膝關節及踝關節的屈曲角度來跨越障礙物。在本研究中，也發現跨越前腳會使用較多的髖關節及膝關節的屈曲角度，但是在跨越後腳卻沒有類似的結果。

在冠狀面的下肢關節角度活動範圍方面，退化性膝關節炎女性以患側當跨越前腳時，會比正常女性老年人有較多的髖關節外展-內收角度活動範圍，不管是障礙物 10 公分或是 20 公分(圖 3.7 及圖 3.9)。但是以健側為跨越前腳時卻沒有類似的現象發生(圖 3.8 及圖 3.10)。此外，當跨越障礙物的高度增加(障礙物 20 公分)時，此時患側會有更明顯的髖關節外展-內收角度活動範圍(圖 3.11)，但是健側卻沒有類似的現象，障礙物 10 公分時也沒有類似的現象。由於過去並無研究去探討退化性膝關節炎患者跨越障礙物時下肢的關節角度變化，本研究推測退化性膝關節炎患者以患側為跨越前腳時，之所以會利用類似“hip circumduction”的代償方式來跨越障礙物，是因為膝關節退化的原因而造成患者必須利用較多的髖關節外展角度來完成跨越障礙物這個動作。但是為什麼以患側為跨越前腳時會用較多的髖關節外展的代償動作來完成跨越動作，以健側為跨越前腳卻沒有類似的現象呢？以下有幾種可能的解釋。第一是為了減少膝關節接觸地面時產生的疼痛。由於在跨越障礙物時，下肢關節會以比平時走路時較多的屈曲角度來完成跨越動作，障礙物越高時腳抬的越高，地面的反作用力就越大，膝關節所承受的力量就越多，就越容易產生接觸性疼痛。此時當患側為跨越前腳跨越障礙物時，患側為了避免過度的膝關節伸展接觸地面而產生的接觸性疼痛，就改以較多的髖關節的外展角度的代償動作來減少膝關節的屈曲角度。所以當以健側為跨越前腳跨越障礙物時，這種代償現象就會消失。第二是因為肌肉萎縮無力。由於跨越障礙物需要髖關節及膝關節大量的屈曲角度，此時股四頭肌及大腿後肌扮演了非常重要的角色。但由於退化性膝關節炎患者這兩種肌肉的萎縮，造成患者以患側為跨越前腳時，無法用直接跨越的方式來完成，只能改變方式，利用髖關節較多的外展角度來完成跨越的動作。第三是膝關節的關節角速度降低。Messier 等(1992)研究結果顯示退化性膝關節炎患者的膝關節角速度較同年齡層的正常老年人小，而患者以患側為跨越前腳在跨越障礙物時，由於膝關節的關節角速度較小，為了避免去踢到障礙物，就改以較多的髖關節的外展角度的代償動作來完成跨越障礙物。此外，在跨越障礙物高度增加，困難度提高時，患側利用這種較多的髖關節的外展角度的代償動作就越明顯。不過由於過去並無研究去探討退化性膝關節炎患者跨越障礙物時下肢的關節角度變化，所以這種類似“hip

circumduction”的代償方式來跨越障礙物的結果還需要更多的研究支持。

4.3 跨越不同高度障礙物步態特徵

在本研究中，退化性膝關節炎女性在跨越不同障礙物高度時的步態特徵，不管是患側先跨或是健側先跨，其結果幾乎相當一致(圖 3.12 到圖 3.15)。患者在跨越障礙物時，跨越前腳跨越著地後腳跟與障礙物之水平距離(HD)及跨越障礙物之步長(SL)都要比正常女性老年人小，以及跨越時兩腳步寬(SW)要比正常女性老年人大。這結果與 Chen 等(1991)的結果類似。Chen 等研究年輕人與老年人跨越障礙物時的步態特徵，發現老年人跨越前腳跨越著地後腳跟與障礙物之水平距離及跨越障礙物之步長都會比年輕人小，跨越時兩腳步寬比年輕人大，Chen 等解釋說這是老年人在跨越障礙物時的跨越策略。老年人因為怕被障礙物絆倒所以選擇以較短的跨越步伐來跨越障礙物，又因為老年人肌力比年輕人弱，所以在跨越障礙物時在空中擺盪(swing)的時間較短，所以跨越後著地時腳跟會離障礙物較近。此外，老年人因為平衡上比年輕人差，所以改採用較寬的步寬來跨越障礙物。在本研究中，退化性膝關節炎患者也採用相同的策略來跨越障礙物。患者採用了較短的跨越步伐來避免踢到障礙物，又可能因為肌力不足，所以跨越前腳跨越後著地時腳跟會離障礙物較近。再來為了不被障礙物絆倒，在跨越時用較大的支持面(base of support)，即較寬的步寬來完成跨越的動作，這也呼應了本研究中另一發現，退化性膝關節炎患者會採用較大的髖關節外展的代償動作來完成跨越動作。比較有趣的是，退化性膝關節炎女性即使以健側為跨越前腳，其結果也與患側結果一致，與正常女性老年人有顯著差異。但是如果以退化性膝關節炎女性的健側與患側做比較，卻沒有顯著之差異(圖 3.16 及圖 3.17)。在走路的結果討論時提過，退化性膝關節炎女性在髖關節與膝關節的關節力矩上並無顯著之差異，然而退化性膝關節炎女性以健側為跨越前腳時，跨越後著地時腳跟也會離障礙物較近。不過由於走路與跨越障礙物時的挑戰性(challenge)不同，所以當患者越到跨越障礙物這種比較難的挑戰時，健側也會有與患側相同的效應出現。這或許也可以解釋為退化性膝關節炎患者在跨越障礙物時的另一種代償現象。而在其它的動作特徵方面，跨越前腳至障礙物正上方時之垂直高度(HOC 及 TOC)並未隨著障礙物高度的增加而增加，這結果與 Sparrow(1996)等的結果類似，但與 Chen 等的不同。Sparrow 等指出跨越前腳與障礙物之間的垂直高度並無直接的影響，反而是跨越後腳與障礙物之間的垂直高度會隨著障礙物高度的增加而增加，Sparrow 等解釋為視覺會引導跨越前腳的動作控制。這表示說在跨越障礙物時，視覺會去控制跨越前腳跨越時與障礙物的垂直高度距離以避免被障礙物絆倒，所以視覺的迴饋可能會比肌力的大小來的重要，這也是為何在本研究中跨越前腳至障礙物正上方時之垂直高度並未隨著障礙物高度的增加而增加的原因。

本研究中的結果還包括跨越不同障礙物高度時，隨著障礙物高度的增加，跨越速度會隨之降低，不管是退化性膝關節炎女性或是正常女性老年人(表 4.2)。

這結果也與許多學者的研究結果類似(Chen, 1991 ; Sparrow, 1996 ; Chou, 1997 ; Begg, 1998)。受試者為了要安全的跨越障礙物，會降低本身的前進速度，來達到跨越障礙物的目的(Chen, 1991 ; Sparrow, 1996)。此外，退化性膝關節炎患者在跨越速度上要比正常老年人慢，這或許表示膝關節的退化已經影響了患者跨越障礙物的能力。

4.4 臨床治療成效

本研究中，在物理治療、藥物治療、關節液注射等治療方式後，患者均表示膝關節患側之疼痛不適程度有所改善。但是，在水平步行及跨越障礙物時之運動學和動力學參數，在統計上卻均未達顯著差異。推究其因可能有以下二點：

- 一、受試者人數不多，且在持續追蹤上相當不易，大部分國人參與研究實驗之意願低落，且定期回診與參與後續實驗者人數不多，因此，部分受試者無法持續獲得實驗資料，使得最終分析之樣本數過少。此狀況與 Kaufman 等學者之觀察相同，初始 139 位患者，但最後僅 3 位完成實驗。
- 二、生物力學參數可明顯比較出膝關節炎患者與正常人之差異。但患者若接受短期治療，其對動作的改善並不足以大到在生物力學參數上具明顯變化。另外，膝關節炎患者之病史均長達數年，因此步行時已習慣於某一特定步態，短時間內不易有太大改變。

然而，在本研究結果上亦可發現膝關節和髖關節角度於治療後有增加之趨勢，若可增加完成全部實驗之受試者數目，或許可達統計學之顯著差異。這也將是本研究未來持續努力的方向。

第五章 結論

在本研究中，退化性膝關節炎女性在走路及跨越障礙物的動作特徵上與正常女性老年人有些許差異。在走路的動作特徵上，退化性膝關節炎患者膝關節關節角度活動範圍較小，髖關節及膝關節的伸展力矩及屈曲力矩也較小。在跨越障礙物的動作特徵方面，退化性膝關節炎的患者會用較多的髖關節外展來完成跨越的動作，在跨越時的兩腳步寬也會比較大，跨越速度會比正常人慢，步長會比正常人小，及跨越前腳跨越後著地後腳跟會離障礙物較近。而在退化性膝關節炎女性的健側與患側的比較方面，患側在髖關節及膝關節的伸展力矩及屈曲力矩也比健側小。當障礙物高度增加時，患側會比健側用較多的髖關節外展來完成跨越的動作。這些現象都說明了退化性膝關節炎的患者動作特徵上的改變，這些改變可能是因為股四頭肌和大腿後肌肌力不足、膝關節疼痛、或膝關節穩定度變差而造成。

本研究藉由生物力學的分析，找出退化性膝關節炎患者與正常人之間動作特徵的差異，希望這些量化的數據能提供臨床治療人員在治療退化性膝關節炎的患者時輔助的治療工具，例如在治療退化性膝關節炎患者時，不能只著重於治療患側，健側也應該納入治療或預防的方針，而在教導患者跨越障礙物時，應該請患者以靠近障礙物、速度放慢及較大的步寬來跨越障礙物，才不會造成跌倒的危險。

由於罹患退化性膝關節炎的患者以女性較多，所以本研究的受試者也以女性為研究主題。未來研究方向可以加入男性受試者，包括同年齡層的正常人與膝關節炎患者，研究性別在退化性膝關節炎患者對於跨越障礙物之步態特徵是否有差異。此外，還可以配合肌電訊號擷取儀(electromyography, EMG)來輔助動作分析系統及三維測力板，分析肌肉收縮的時期與大小，藉此研究退化性膝關節炎患者跨越障礙物時下肢肌肉收縮的情形。如此希望能讓退化性膝關節炎患者在跨越障礙物之步態特徵的研究中能有更完整的探討，也能提供更多生物力學上的資料給臨床的治療人員，作為診斷與治療退化性膝關節炎患者時更完整及有效的參考工具。

Reference

1. Begg RK, Sparrow WA and Lythgo ND. (1998) Time-domain analysis of foot-ground reaction forces in negotiating obstacles. *Gait and Posture*, 7:99-109.
2. Brinkmann JR and Perry J. (1985) Rate and range of knee motion during ambulation in healthy and arthritic subjects. *Phys Ther*, 65(7):1055-60.
3. CDC. (1996) Prevalence and impact of arthritis by race and ethnicity-United States, 1989-1991. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 45:373-378.
4. Cheing GL and Hui-Chan CW. (2001) The motor dysfunction of patients with knee osteoarthritis in a Chinese population. *Arthritis Rheum*, 45(1):62-8.
5. Chen HC, Ashton-Miller JA, Alexander NB and Schultz AB. (1991) Stepping over obstacles: gait patterns of healthy young and old adults. *J Gerontol*, 46(6): M196-203.
6. Chou LS and Draganich LF. (1997) Stepping over an obstacle increases the motions and moments of the joints of the trailing limb in young adults. *J Biomech*, 30(4):331-337.
7. Clark JE. (1995) Dynamical systems perspective on gait. In: Craik RB and Oatis CA, eds. *Gait Analysis. Theory and Application*. St-Louis, Mosby: 79-86.
8. Davis MA. (1988) Epidemiology of osteoarthritis. *Clin Geriatr Med*, 4:241-255.
9. Davis MA, Ettinger WH, Neuhaus JM, and Mallon KP. (1991) Knee osteoarthritis and physical functioning: evidence from the NHANES I epidemiologic followup study. *J Rheumatol*, 18:591-8.
10. Felson DT, Zhang Y, Hannan MT, Naimark A, Weissman B, Aliabadi P, et al. (1997) Risk factors for incident radiographic knee osteoarthritis in the elderly. The Framingham study. *Arthritis Rheum*, 40(4):728-733.
11. Fisher NM and Pendergast DR. (1997) Reduced muscle function in patients with osteoarthritis. *Scand J Rehab Med*, 29:213-221.
12. Haug EJ. (1992) *Intermediate Dynamics*. Englewood Cliffs, New Jersey. Prentice-Hall., p.71-75 and p.207-213.
13. Himann JE, Cunningham DA, Rechnitzer PA and Paterson DH. (1988) Age-related changes in speed of walking. *Med Sci Sports Exerc*, 20(2):161-6.
14. Hulet C, Sabatier JP, Souquet D, Locker B, Marcelli C and Cielpeau C. (2002) Distribution of bone mineral density at the proximal tibia in knee osteoarthritis. *Calcif Tissue Int*, 71(4):315-22.
15. Hurwitz DE, Ryals AR, Block JA, Sharma L, Schnitzer TJ and Andriacchi TP. (2000) Knee pain and joint loading in subjects with osteoarthritis of the knee. *J Orthop Res*, 18(4):572-9.
16. Kaufman KR, Hughes C, Morrey BF, Morrey M and An KN. (2001) Gait

- characteristics of patients with knee osteoarthritis. *J Biomech*, 34(7):907-15.
17. Kellgren JH, and Lawrence JS. (1963) Atlas of standard radiographs, department of rheumatology and medial illustrations, University of Manchester. Oxford, Blackwell.
 18. Kujala UM, Kettunen J, Paananen H, Aalto T, Battie MC, Impivaara O, et al. (1995) Knee Osteoarthritis in former runners, soccer playwes, weight lifters, and shooters. *Arthritis Rheum*, 38(4):539-46.
 19. Manetta J, Franz LH, Moon C, Perell KL and Fang M. (2002) Comparison of hip and knee muscle moments in subjects with and without knee pain. *Gait and Posture*, 16(3):249-54.
 20. Messier SP, Loeser RF, Hoover JL, Semble EL and Wise CM. (1992) Osteoarthritis of the knee: effects on gait, strength, and flexibility. *Arch Phys Med Rehabil*, 73:29-36.
 21. Messier SP. (1994) Osteoarthritis of the knee and associated factors of age and obesity: effects on gait. *Med Sci Sports Exerc*, 26(12):1446-1452.
 22. Messier SP, Loeser RF, Mitchell MN, Valle G, Morgan TP, Rejeski WJ, et al. (2000) Exercise and weight loss in Obese older adults with knee osteoarthritis: a preliminary study. *J Am Geriatr Soc*, 48:1062-1072.
 23. O'Reilly SC, Jones A, Doherty M. (1997) Muscle weakness in osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol*, 9:259-262.
 24. O'Reilly SC, Jones A, Muir KR and Doherty M. (1998) Quadriceps weakness in knee osteoarthritis: the effect on pain and disability. *Ann Rheum Dis*, 57:588-594.
 25. O'Sullivan SB and Schmitz TJ. (2001) Physical rehabilitation: assessment and treatment. 4th Edition. Philadelphia: F.A. Davis., p.689-692.
 26. Oberg T, Karsznia A and Oberg K. (1994) Joint angle parameters in gait: reference data for normal subjects, 10-79 years of age. *J Rehabil Res Dev*, 31(3):199-213.
 27. Ostrosky KM, VanSwearingen JM, Burdett RG and Gee Z. (1994) A comparison of gait characteristics in young and old subjects. *Phys Ther*, 74(7):637-44.
 28. Patla AE and Rietdyk S. (1993) Visual control of limb trajectory over obstacles during locomotion: effect of obstacle height and width. *Gait and Posture*, 1:45-60.
 29. Perry J. (1992) Gait analysis: normal and pathological function. Thorofare, NJ: SLACK.
 30. Prince F, Corriveau H, Hebert R and Winter DA. (1997) Gait in the elderly. [review] *Gait and Posture*, 5:128-135.
 31. Schouten JS, van den Ouweland FA and Valkenburg HA. (1992) A 12 year

- follow up study in the general population on prognostic factors of cartilage loss in osteoarthritis of the knee. *Ann Rheum Dis*, 51(8):932-937.
32. Solomon L, Warwick DJ and Nayagam S. (2001) *Apley's system of orthopaedics and fractures*. 8th edition. New York: Arnold., p.77-82.
 33. Sparrow WA, Shinkfield AJ, Chow S and Begg RK. (1996) Characteristics of gait in stepping over obstacles. *Hum Mov Sci*, 15:605-622.
 34. Stauffer RN, Chao EYS and Gyory AN. (1977) Biomechanical gait analysis of the diseased knee joint. *Clin Orthop Relat Res*, 126:246-55.
 35. Tan J, Balci N, Sepici V and Gener FA. (1995) Isokinetic and isometric strength in osteoarthrosis of the knee. A comparative study with healthy women. *Am J Phys Med Rehabil*, 74:364-369.
 36. Williams CJ and Jimenez SA. (1993) Heredity, genes and osteoarthritis. [review][109 refs] *Rheumatic Disease Clinics of North America*, 19(3):523-543.
 37. Winter DA. (1991) *The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological*. 2nd edition. New York: Wiley.
 38. Woltring HJ. (1986) A Fortran package for generalized, cross-validatory spline smoothing and differentiation. *Adv Eng Software*, 8:104-113.
 39. Zhang Y, Xu L, Nevitt MC, Aliabadi P, Yu W, Qin M, et al. (2001) Comparison of the prevalence of knee osteoarthritis between the elderly Chinese population in Beijing and whites in the United States: the Beijing osteoarthritis study. *Arthritis Rheum*, 44(9):2065-71.

附錄一

Kellgren and Lawrence Grading System (Kellgren, 1963)

0	Normal
1	Possible osteophytic lipping
2	Definite osteophytes and possible narrowing of joint space
3	Moderate multiple osteophytes, definite narrowing of joint space, some sclerosis, and possible deformity of bone contour
4	Large osteophytes, marked narrowing of joint space, severe sclerosis and deformity deformity of bone contour

附錄二

受測者同意書

根據文獻指出，65 歲以上的老年人，超過 27% 皆患有退化性膝關節炎之症狀。這些膝關節炎病患主要的抱怨有：膝關節疼痛或僵硬、站力穩定度不好、肌肉無力、膝關節功能退化等。而這些徵症會造成膝關節炎病人在日常生活的活動上感到困難，例如由坐到站立、上下樓梯、跨越障礙物及步行等等。由於目前造成膝關節炎的最主要因子仍不清楚，因此我們希望透過生物力學上的分析及長期追蹤膝關節退化的長期資料及治療成效的量化資料，來探討膝關節在治療前後的功能的改善情形。我們將使用動態分析系統(VICON370)及三維測力板(force plates)來得到您在靜止站立、步行、不同椅高下由坐到站及跨越不同高度障礙物時，下肢關節所承受的三維力量、力矩與關節功率。

在本研究中，我們將由儀器所收集到的下肢肌肉骨骼系統之靜態及動態的相關資料，來提供膝關節炎患者充分的臨床資訊，以避免從事日常生活中較易受傷的活動與姿勢。並深入了解膝關節炎病人下肢肌肉骨骼系統的生物力學，將各種臨床治療成效有系統的量化，更可作為日後臨床治療方法的評估及醫療資源消耗考量的參考。最後，感謝您參與本計畫，您個人的私密資料將永久保存，不會外漏，謝謝。

簽名：_____ 日期：____/____/____