

中國醫藥大學
醫學研究所
碩士學位論文

糖尿病患者之分區足底壓力分析

**Sub-division of Plantar Pressure Analysis in
Diabetic Patients**

指導教授：吳鴻文 助理教授
共同指導教授：張文正 教授

研究生：李蒼牧

中華民國九十五年七月

中文摘要

背景與目的：足底潰瘍一直以來是危害糖尿病人生活品質的一大元兇，它容易讓人疏忽但是卻又難以確實治療的特性往往讓人感到遺憾，故足底潰瘍的發現與預防一直是相關研究者的焦點。目前相信，足底潰瘍的發生與足底壓力有著密不可分的關係，但影響足底壓力之因素繁多，難以定論。故透過足底分區壓力來個別觀察不同區域之壓力變化，有助於釐清在研究足底壓力與糖尿病足之間的關係。本論文之研究目的在於透過分區的方式探討糖尿病患步行時之足底壓力，將足底分為 10 個區域，分別與兩項血糖控制指標—糖化血色素以及飯前血糖對照，檢驗足底壓力與血糖控制之效果是否具有關聯性。

方法：本實驗共有 432 名受測者，皆為糖尿病患。本實驗排除無法獨立行走、具有足部神經病變或關節變形者，以及有其他影響運動功能之神經肌肉骨骼系統疾患。所有受測者皆進行臨床檢查、足底壓力測量以及病史收集三個階段之流程。收集受測者之基本身體資料、足底壓力相關參數、糖化血色素和飯前血糖。最後分別觀察各區壓力的特徵，以及各項壓力相關參數與血糖指標間的關聯性。

結果：本實驗發現，以最大平均壓力而言，糖尿病患第二掌骨與第三掌骨下的壓力最大，其次為腳跟。而在負載率，腳跟的負載率最高，其餘部位之負載率明顯較低。在衡量上，最大值也出現在第二腳掌與第三腳掌骨區域，顯示本區承受最多能量。而單點最大壓力同樣為第二第三腳掌骨有最大值，但明顯大拇趾的單點最大壓力比同區域之平均壓力大許多。在壓力參數與臨床檢查之相關性，本實驗發現平均壓力與糖化血色素在大腳趾與第一腳掌骨區域有中度正相關，其餘則無關聯性。單點最大壓力與糖化血色素主要在大腳趾與第一腳掌骨有低度正相關，其餘相關性則不明顯。

結論：糖尿病患的足底壓力模式與血糖控制有關。之後的研究可以分區觀察為基礎，深入探討足底壓力與週邊血管病變等相關併發症之間之關聯性。

關鍵字：糖尿病、足底壓力、神經病變、關節變形、足底潰瘍



Abstract

Purpose and background: The prevalence of diabetes mellitus is increasing every year in Taiwan. Many complications of DM have a great impact on the individuals with DM for life time. Neuropathy, sensory loss and muscle deficit make DM patients change there gaits and postures. These changes of walking mechanism maybe affect their plantar pressure abnormally. Alternant plantar pressure applies on different areas of plantar side of feet repeat and repeat. Finally, patients may suffer form foot ulceration without definite trauma. Individuals with DM have a higher rate of foot ulceration and lower extremity amputation than those without diabetes.

Result form previous research, foot ulceration of DM patient is associated with 1)neuropathy 2)avescular disease. Physical examinations for neuropathy and avascular disease combine with plantar pressure can predict the possibility of foot ulceration of DM patients. Furthermore, plantar pressure can also provide clinicians and health professionals a direct evidence to make up a proper decision.

The purpose of this study was to determine the pattern of DM patient's plantar pressure during level walking. By separating plantar pressure to 10 regions, and discus pressure associated parameters of these region with other clinical data, the relationships between plantar pressure and result of clinical examinations could be found.

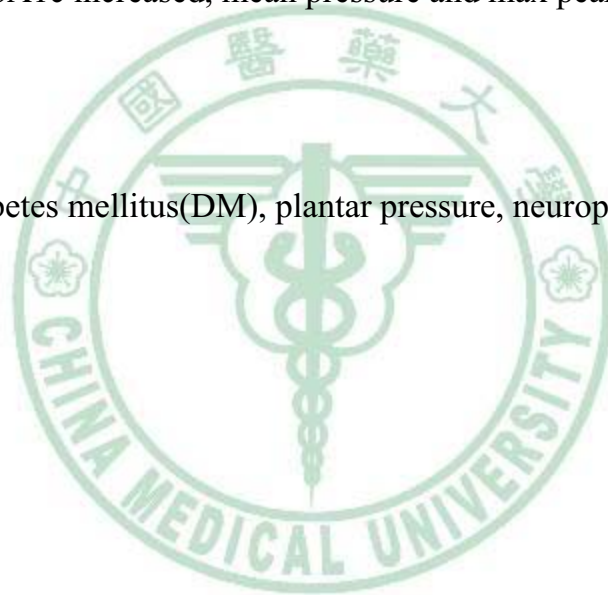
Methods: 432 subjects with DM patients participated in this study. DM patients with neuropathy, foot deformity and unable to walk independently

were excluded. HbA1c and the fasting blood glucose level(A.C.) were measured. And all of the subjects completed the pressure data collection and history taking.

Result: We found that subjects with DM have increased mean pressure on 2nd metatarsal bone and 3rd metatarsal bone. Mean load rate on heel was higher than other areas. Impulse on 2nd metatarsal bone was the highest of foot. Maximum peak pressure was located on 2nd metatarsal and 3rd metatarsal bone.

Discussion: The highest plantar pressure was located on forefoot 2nd metatarsal bone area. As HbA1c increased, mean pressure and max peak pressure increased.

Key words: Diabetes mellitus(DM), plantar pressure, neuropathy, deformity, ulceration.



誌謝

這個研究，是由於許多人共同的付出而完成的。首先必須感謝我的指導老師—吳鴻文老師以及新陳代謝科的傅教授指點我如此具有發展性的題材。其次，最辛苦的惟凡以及凱琳。他們這一年來協助我完成幾乎所有的工作，即使沒有任何報酬，也從未有一句怨言。能夠得到這麼優秀的學弟妹的幫助，是我在醫研所裡最幸運的一件事。而仁溢學長所提供的運算程式，彷彿助我百人之力，讓最繁複的工作也變的易如反掌。同為研究生的曜全，也在各方面與我彼此勉勵、提攜，能夠有這樣夥伴，真是我三輩子修來的福氣。醫研所的陳菲娜老師、新陳代謝科的桂梅姐、齊豫姐、以及文琪，如果沒有這些貴人的幫助，這個研究將難以推展。還有網路上，在線上伴我度過每一個工作的夜晚，幫我加油打氣的朋友們，謝謝你們。

最後，我要感謝我的父母，他們給我無條件的資助，讓我可以無憂無慮的完成學業。

一個工作的完成，意味著下一個工作的開始。希望下一次，我還能有機會參與像這樣融洽的研究群，為人類的無知，創造多一點點的可能性。

目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	III
誌謝.....	V
目錄.....	VI
圖目錄.....	IX
表目錄.....	XI
第壹章 緒論	- 1 -
第一節 研究背景與動機.....	- 1 -
第二節 研究目的.....	- 5 -
第貳章 文獻探討	- 6 -
第一節 糖尿病與其併發症.....	- 6 -
第二節 糖尿病與足部潰瘍.....	- 6 -
第三節 足部潰瘍的檢測.....	- 7 -
第四節 足底潰瘍產生之可能機轉.....	- 9 -
第五節 足底壓力與足部潰瘍.....	- 10 -
第六節 足底潰瘍之預防.....	- 13 -

第七節	足底壓力之應用	- 14 -
第八節	分區足底壓力之探討	- 15 -
第參章	研究方法與步驟	- 18 -
第一節	研究架構	- 18 -
第二節	研究對象	- 19 -
第三節	研究設備	- 21 -
第四節	資料收集	- 22 -
3-4-1	臨床檢查	- 23 -
3-4-2	足底壓力測量	- 23 -
3-4-3	病史調查	- 28 -
第五節	重要名詞釋義與操作型定義	- 29 -
第六節	資料分析及處理	- 30 -
第肆章	研究結果	- 32 -
第一節	受測者	- 32 -
第二節	足底壓力參數	- 32 -
第三節	臨床檢查資料	- 38 -
第四節	臨床檢查資料與足底壓力之相關性	- 39 -
4-4-1	臨床檢查資料與各區區域平均壓力之相關性	- 39 -
4-4-2	臨床檢查資料與單點最大壓力之相關性	- 45 -

第五章 討論	- 50 -
第一節 區域平均壓力	- 50 -
第二節 平均負載率	- 52 -
第三節 衝量	- 52 -
第四節 單點最大壓力	- 53 -
第六章 結論與建議	- 56 -
第一節 結論	- 56 -
第二節 今後研究方向與建議	- 57 -
參考文獻.....	- 58 -
附錄.....	- 68 -



圖目錄

圖 3-1: 研究架構圖	- 18 -
圖 3-2: 足底壓力系統及 0.5m壓力板.....	- 22 -
圖 3-3: 光學影像.....	- 25 -
圖 3-4: 靜態足底壓力分布圖	- 26 -
圖 3-5: 動態足底壓力分布圖.....	- 26 -
圖 3-6: 足底壓力分區圖.....	- 28 -
圖 4-1: 慣用與非慣用腳平均壓力分布比較圖.....	- 35 -
圖 4-2: 慣用與非慣用腳平均負載率分布比較圖.....	- 36 -
圖 4-3: 慣用與非慣用腳衝量分布比較圖.....	- 36 -
圖 4-4: 慣用與非慣用腳單點最大壓力分布比較圖.....	- 36 -
圖 4-5: 非慣用腳T1 區糖化血色素與最大壓力值散佈圖	- 40 -
圖 4-6: 非慣用腳MT1 區糖化血色素與最大壓力值散佈圖.....	- 40 -
圖 4-7: 非慣用腳MH區糖化血色素與最大壓力值散佈圖	- 41 -
圖 4-8: 慣用腳T1 區糖化血色素與最大壓力值散佈圖	- 41 -
圖 4-9: 慣用腳MT1 區糖化血色素與最大壓力值散佈圖.....	- 42 -
圖 4-10: 慣用腳MT2 區糖化血色素與最大壓力值散佈圖.....	- 42 -
圖 4-11: 慣用腳MT2 區飯前血糖與最大壓力值散佈圖	- 43 -

圖 4-12: 慣用腳MT3 區飯前血糖與最大壓力值散佈圖..... - 44 -

圖 4-13: 非慣用腳T1 區糖化血色素與最大單點壓力散佈圖..... - 46 -

圖 4-14: 慣用腳MT1 區糖化血色素與最大單點壓力散佈圖..... - 46 -

圖 4-15: 慣用腳T1 區糖化血色素與最大單點壓力散佈圖..... - 47 -

圖 4-16: 慣用腳MT1 區糖化血色素與最大單點壓力散佈圖..... - 47 -

圖 4-17: 慣用腳MT2 區糖化血色素與最大單點壓力散佈圖..... - 48 -



表目錄

表 3-1:足底壓力系統規格細項	- 21 -
表 4-1: 受測者基本資料之平均值與標準差(Mean±S.D.).....	- 32 -
表 4-2: 非慣用腳各區域壓力參數平均值與標準差(Mean±S.D.).....	- 34 -
表 4-3:慣用腳各區域壓力參數平均值與標準差(Mean±S.D.).....	- 35 -
表 4-4: 臨床檢查資料平均值與標準差(Mean± S.D.).....	- 38 -
表 4-5: 糖化血色素與各區平均壓力相關係數表.....	- 39 -
表 4-6: 飯前血糖與各區平均壓力相關係數表.....	- 43 -
表 4-7: 糖化血色素與各區單點最大壓力相關係數表.....	- 45 -
表 4-8: 飯前血糖與各區單點最大壓力相關係數表.....	- 48 -

第壹章 緒論

第一節 研究背景與動機

隨著時代的變遷，經濟的發展，台灣民眾的生活習慣與飲食文化也逐漸改變。而醫療的進步與生活水準的提高，讓過去不易引起重視的問題成為醫療領域注目的焦點。平均餘命的提高，慢性病逐漸成為主要的死因，而且持續增加。根據行政院衛生署的統計，糖尿病自民國 72 年起成為國人十大死因之一，如今已躍升為第四大死因(行政院衛生署, 2004)。不僅如此，對於糖尿病的醫療支出，也逐年穩定成長(行政院衛生署, 2004)。依目前人類的醫療科技，糖尿病尚無法完全根治，但經過良好的血糖控制以及健康照護，患者依舊可以提高生活品質，延長壽命。

由糖尿病所引發的併發症相當繁多，且經常對患者會造成一輩子(life time)的影響。在糖尿病諸多併發症中，週邊血管病變和週邊神經病變經常嚴重影響糖尿病患者的生活品質。由周邊神經病變所引起的症狀有感覺缺失(sensory loss)、麻木、感覺異常、肌肉徵召效率降低而造成肌力不足等後遺症；週邊血管的病變則會引發皮膚狀態異常、免疫能力下降、傷口不易癒合、夜間下肢疼痛以及容易產生血管栓塞等現象。週邊神經病變不只造成運動能力的衰退，由於末端神經的病

變，造成患者因疼痛感消失或是減弱而喪失自我保護以及警覺的機制，所以更容易受傷。而本體感覺的異常、肌力下降、關節變形等因素的影響，則會使糖尿病患者的步態發生外觀不易察覺的細微變化，這種變化將反映於行走時的足底壓力分布(van Deursen, 2004)。壓力的集中造成局部的摩擦力、壓力都有上升的趨勢，這樣的反覆應力的集中，將會使得皮膚組織變的脆弱，出現紅腫(dependent rubor)，甚至於潰瘍。

由於糖尿病患者自我保護機制下降，受傷或是產生皮膚潰瘍(ulceration)的機率提高，傷口不易癒合，免疫力下降造成患部容易一再感染。眾多因素交互作用下，往往造成糖尿病患的下肢特別容易受傷，並且難以痊癒，最後可能需要截肢。而截肢之癒後亦不佳，二度、三度截肢以及截肢後死亡率都較正常人高(曾慶孝, 1994)。

根據國外的研究指出，一個被診斷出有糖尿病的人，在他的一生中大約有 15%的機會發生足部潰瘍(Reiber, 1996)，而糖尿病患中，足部潰瘍每年的發生率(Incidence)約為 1%~4%(Reiber, 2001)，盛行率大約 4%~10%。足部潰瘍對糖尿病患者的影響不僅如此，糖尿病患足部潰瘍而需要截肢的比例也遠超於正常人；糖尿病患因為足部潰瘍而需要截肢的比例，是正常人的 10 倍到 30 倍(Reiber, 2001)。更糟的是，糖尿病患截肢之後的死亡率也遠高於一般無糖尿病者因為創傷等因

素而截肢的死亡率，糖尿病患在截肢之後一年死亡率是 13%到 40%，三年死亡率是 45%到 65%，五年死亡率更高達 39%到 80%！(Reiber, 2001)由於足部潰瘍不只本身影響患者生活品質，其病程發展亦經常走向令人遺憾的結局，所以預防足部潰瘍的發生，就成為了令人注目的重點之一。

糖尿病患的足部潰瘍來自於許多因素，但是最難預防者就是來自於足部壓力的變化，由於並非透過意外傷害造成，患者自身也難以感受這樣的壓力改變，於是逐漸累積造成潰瘍。早在 90 年代初期就有許多文獻指出，足底壓力與足底潰瘍的發生具有正相關性。1990 年 Sosenko 等人的研究中指出，透過足底表皮壓覺缺損的測試，對於足底潰瘍的關聯性大於單純的震動感覺測試以及溫度測試。顯示壓覺缺損確實可能為促成足底潰瘍的因素之一(Sosenko et al., 1990)。足底潰瘍或是壓力變化並非單純來自於步態的改變，1992 年 Veves 等人的研究指出，即使是因外傷而截肢的患者(非糖尿病患)，其足底壓力平均值仍然遠低於無截肢的糖尿病患者，這顯示足底壓力之提高並非單純來自於步態的改變，而是有其他因素共同的影響，而此發現再度將可能性指向了糖尿病的神經病變(Veves, Van Ross & Boulton, 1992^b)。同年，Veves 之另一前瞻性研究，認為同時具有高足底壓力與神經病變的糖尿病患者來說，極有可能在短時間內發生足底潰瘍，必須加以預

防(Veves et al., 1992^a)。歸納這些文獻的說法，神經病變極有可能是引發足底壓力升高的主因，而足底壓力的提高，與發生潰瘍的機率呈現正相關。

根據 2005 年 Singh 等人的回顧性文章中的統計，近 24 年有關於糖尿病足底潰瘍的研究，規模幾乎都僅止於數百人，雖然也有部分千人以上的文獻他們沒有回顧到，但這的確是少數(Singh, Armstrong & Lipsky, 2005)。例如 2003 年 Lavery 等人從 2001-2003 之間就進行了 1666 人的 2 年追蹤(Lavery et al., 2003)。並且根據他們的回顧，足底壓力的測量若合併其他神經學的測試，對於足底潰瘍的預測兼具信度以及效度。但也因為足底壓力所反映的是一個綜合性的結果，造成足底壓力在壓力特徵上的判讀標準複雜。足底壓力測試最大的問題在於，最恰當的壓力臨界點(optimal cutoff)難以界定。不同的研究報告中不同的受測者背景，不同的儀器，不同的測試方式，不同的測試流程對於壓力測試的數值影響非常大，不同的研究之間所訂定的壓力臨界值不管在數據上或是標準上往往缺乏一致性。

雖然在不同的學者，在不同的國家，不同的測量流程中，都各自找出足底潰瘍與足底壓力的關係。以足底壓力的量測，作為探討糖尿病足底潰瘍成因的指標，行有餘年，已是各界公認的可行之道之一。然一直以來，對於壓力的量測方式，判斷標準，仍缺乏統一且公認的

標準，故本研究以過去少見的分區壓力測量，企圖探討在詳細區分足底壓力的方式下，與過去之研究比較其異同，以期能提供過去相關研究結果不一致之可能解釋，並提出不同併發症之糖尿病患壓力集中之傾向，有助於臨床提早介入治療。

第二節 研究目的

基於研究背景以及動機，本研究提出以下問題進行探討：

1. 以神經病變與結構變形作為分類標準，將會反映在哪些區域，哪些足底壓力的相關參數上。

2. 足底壓力是否與血糖指標糖化血色素之數值變化而出現差異性。

進行上述研究問題之探討時，需提出本研究之假設：

1. 神經病變與結構變形將造成足底各區域壓力普遍性上升。

2. 足底壓力將因糖化血色素比例提高而增加。

本研究之主要目的在於透過將足底細分為十個部分分別探討各區域之各項壓力相關參數(平均壓力、平均負載率、衝量以及最大單點壓力)與臨床檢查資料(糖化血色素以及飯前血糖)間的相關性。更可以提供臨床工作者以及足部輔具製作者作為提供糖尿病患更恰當的幫助的依據，以提升糖尿病患的生活品質。

第貳章 文獻探討

第一節 糖尿病與其併發症

糖尿病起因於胰島素分泌量不足，和作用降低，導致胰島素無法被正常利用而引起高血糖的一種慢性新陳代謝障礙疾病，並且目前無法根治。根據衛生署統計，自民國 72 年起糖尿病成為國人十大死因之一，至今 20 幾年來死亡率雖然每年偶有消長，但基本上維持持續快速增加的趨勢。民國 93 年因糖尿病而死亡的人口數為 9191 人，較民國 83 年成長約 1.4 倍，目前為國人第四大死因(行政院衛生署，2004)。

糖尿病造成的長期性高血糖，將造成全身性的血管變化，進一步造成視網膜、腎絲球，冠狀動脈產生病變或造成血栓。高濃度血糖也會造成神經細胞所必要的肌纖維醇無法正常攝取，進一步造成神經傳導的衰退。血液中的眾多蛋白質也會吸附葡萄糖，且糖濃度越高，這些蛋白質糖化的比例就越大，糖化後的蛋白質將會降低原有的作用效率。故糖尿病幾乎可以在全身引起併發症。

第二節 糖尿病與足部潰瘍

糖尿病所引起的併發症相當複雜而繁多，其中足底潰瘍經常是嚴

重影響糖尿病患生活品質的併發症之一。在國外，Reiber(1996)提出一個糖尿病患，終其一生大約有 15%的機率，會發生足部潰瘍的問題。而總合下肢疾患，包括周邊血管、神經病變、足部潰瘍、下肢截肢，這些問題在糖尿病患的發生率竟是無糖尿病者的兩倍！

在美國，根據統計(Remsey et al., 1999)，要治療一個糖尿病足部潰瘍，平均需要花費高達 28000 美金。不僅如此，最令人害怕的是，糖尿病患的足底潰瘍往往因為無法痊癒一再感染而導致截肢。根據統計，同樣是足底潰瘍，糖尿病患演變為截肢下場的機率是一般人的 10 倍到 30 倍之間(Siitonen et al., 1993)。國內的研究(曾慶孝, 1994)也曾指出，國內大多數的截肢病患，起因來自於糖尿病。而二度三度截肢，也與糖尿病有關。令人遺憾的是，糖尿病患截肢後的死亡率也較常人來的高。由於足底潰瘍容易發生又不易治療，再加上根源的問題『糖尿病』本身無法根治，所以只要患者還活著，這樣的問題就可能持續不斷的折磨患者。所以長期以來，專家們一直相當重視糖尿病足的提早發現與治療。

第三節 足部潰瘍的檢測

在先前的研究，糖尿病照護相關醫療人員就發現足底潰瘍與週邊神經病變、週邊血管病變、足部變形等因素有關。1990 年 Sosenko

比較震動閾值以及溫度冷熱和壓覺測試等不同檢測方式，何者與足底潰瘍之關聯性較高，並且比較不同測試工具之間的敏感性與專一性，最後發現壓覺測試與震動閾值皆有相當不錯的敏感性，但在敏感性接近的情況下，壓覺測試有更好的特異性，這顯示了或許比起震動感覺，壓覺產生的機制可能更接近足底潰瘍的起因。

幾乎同時，有人提出足底壓力的測量亦能反映出足部關節活動度異常的結果(Fernando et al., 1991)，這個結果帶來了新的啟示。這顯示了足底壓力所反映的是一個總合性的結果，既能反映神經病變所造成的結果，亦能反映關節異常帶來的差異。但這也為足底壓力的解讀投下了另一個不確定因素，參與影響的因子越多，足壓就越難找出明確的判別基準，因為實驗中無法控制的因素太多了。

近年的研究再度證實足底壓力的變化可以反應出腳掌下組織薄化的改變(Abouaasha et al., 2001)。除此之外，也有研究者發現下肢肌肉失能同樣的會反映在足底壓力的變化上(Abboud, Rowley & Newton, 2000)。

2005 年 Singh 等人進行了過去 24 年間關於足底潰瘍相關研究的回顧，他們比較了各種不同檢測方式的敏感性與專一性，他們的結論提出先以 VPT test 以及 monofilament fiber 進行 touch test 之後再以足底壓力確認並評估患者的壓力分布，以確實給予治療及建議，是比較

可信，並且方便經濟的診斷方式。

第四節 足底潰瘍產生之可能機轉

目前較為廣泛接受的足底潰瘍產生的假說，主要是來自於週邊神經與血管病變，伴隨承受外力而產生創傷，並且合併感染等進一步問題(Boulton, 2004)。其中神經病變包括自律神經病變，感覺神經病變，運動神經病變三者。自律神經病變造成排汗異常，皮膚乾燥而易裂，而皮膚也可能變得脆弱而容易受傷。而感覺神經病變則有可能造成痛覺、震動、壓力、觸覺、溫度感的消失或不明顯，大幅降低患者本身的警覺性，嚴重者更可能出現異常感覺，如麻木、刺痛。這些感覺的異常都會干擾患者，使其無法敏銳的察覺足部的變化，以至於無法即時作出正確的反應。本體感覺的消失將造成患者行走與各種行動中平衡機轉的改變，而步態也同時出現細微的變化，這樣的變化卻會造成足底壓力分部的集中(Caselli, et al, 2002)。運動神經的病變可能帶來肌肉徵召的缺失，輕者肌力不足，重者肌肉萎縮不良於行，而運動神經的衰退造成足內肌(intrinsic muscle)的萎縮，這將會進一步的造成足步關節的變形；肌肉徵召的衰退，亦可能造成異常步態，而使足底局部壓力增加，應力的變化經過累積，進一步對足底軟組織造成影響，如長繭或是在關節處增生骨刺。

其次，週邊血管疾病可能造成血栓，常見於下肢，因此下肢供血不足引發不適感或是容易疲勞。而週邊循環不良更是降低免疫力的元兇，末端循環不良經常會造成傷口無法癒合，以及傷口容易感染等問題。

末端循環不良除了造成之週邊組織缺氧外，同時也會造成用藥成分無法隨血液到達患處。此外，當血糖過高時，造成白血球活性降低，而高濃度血糖所引發的蛋白質糖化效應，造成補體之結合位改變型態，影響淋巴球吞噬功能；膠原蛋白的變性也會降低傷口癒合的速度，這些問題都會造成傷口難以癒合，並且容易一再感染，而最後的結果往往導致截肢。

第五節 足底壓力與足部潰瘍

雖然研究普遍顯示足底潰瘍與足底壓力有關，從過去生物力學的實驗中，研究者觀察到下肢截肢的患者，往往會在行走中將重量偏向未截肢側。在行走中重心的不均勻分散，理論上將造成足底壓力的改變。於是有人懷疑，在過去的實驗中，許多神經病變的受測者也曾截肢，究竟是截肢造成壓力的變化？還是糖尿病本身有其他因素(如神經病變)造成足底壓力的改變？1992年 Veves 等人的實驗提供了一些線索，他們的研究中，受測者分為四組：(1)因為糖尿病而截肢(2)因

為其他外傷而截肢(3)糖尿病患且有神經病變但無截肢(4)無糖尿病的正常人，比較其足底壓力，結果發現因糖尿病足引發截肢之病患，其足壓大於因其他外傷而同樣單側截肢的患者。並且同樣為糖尿病患，是否截肢反而對足壓之影響無顯著差異。這顯示了所觀察到的足壓變化，確實來自於糖尿病，甚至可說是神經病變之影響。

隨著科技的演進，各種足壓的測量工具以及測量的執行方法都被加以研究(Sarnow et al., 1994; Donaghue et al, 1995; Vijay, 1998; Hughes, Rowland, & McMeekin, 2000)，這些研究證明了不同的實驗工具，不同的實驗流程，不同的受測族群，即使結果在趨勢上有一致性，依舊在數據上充滿了歧異性。

2002年 Caselli 等人提出一個概念，他們將糖尿病患依照神經病變的嚴重性加以分組，並且將足底壓力大致區分為兩塊，足前(fore foot)與足後(rare foot)，並且將足前足後的壓力值相除，將此比值定義為 F/R 值。他們發現對於一般的糖尿病患來說，足前足後的壓力均有提升，但是足前足後增加的比例並不相同，在神經病變最嚴重的那組，明顯的出現 F/R 值的提高，這顯示足前的壓力上升有比足後來的多的傾向。

2004年 Pataky 等人以足底特定的 5 個區域為觀察目標，探討無神經病變亦無周邊血管疾患之糖尿病患與正常人足底壓力有何不

同，結果他發現這些「狀況不錯」的糖尿病患，並非全足底壓力普遍性的壓力高於正常人，而是在某些特定區域壓力增加，某些區域壓力反而較低。這個研究結果提供了兩個重要的暗示：第一、糖尿病對於足底壓力的影響，可以在出現神經症狀以及血管病變之前就被突顯出來；第二、糖尿病患足底壓力之提升，並非普遍性之全足壓力上升，而是部分提高而部分減少。

2005 年 Singh 等人對於 EBSCO、MEDLINE、National Guideline Clearinghouse database 等三個搜尋系統，使用糖尿病(diabetes)與足部潰瘍(foot ulcer)以及感染(infection)和預防(prevention)等作為關鍵字來搜尋 1980 年一月到 2004 年四月為止所有的文章，他們比較了這 24 年來的文獻後整理出一些結論。其中在臨床的評估上，過去研究顯示出篩檢測試對於足部潰瘍以及引發的截肢並沒有明顯的效果，主要的原因有二，第一個原因為過去這方面的研究的樣本數量過低，所以無法反映出篩檢的效果。第二個原因是因為足部壓力檢查作為一個篩檢工具來說，它缺乏有力的參考標準，因為過去這方面的研究所建立的高危險臨界值多半來自於樣本數量狹小的研究，而且訂定的標準缺乏理論根據，這正是過去足底壓力的研究最缺乏兩樣因素。

第六節 足底潰瘍之預防

糖尿病足底潰瘍的預防主要以上述提及產生潰瘍之機轉，避免神經病變，血管病變，以及預防足部傷害三者構成。

神經病變與血管病變的原因皆來自於血糖異常，若能控制好血糖，就能避免神經病變與血管病變。血糖的控制除了靠飲食之外，有氧運動亦可增加胰島素的作用效率(國家衛生研究院, 2001)

2004 年 Armstrong 等人對糖尿病患者之日常活動量進行監視，他們利用計步器以及一些問卷來調查一群糖尿病患者連續 25 週的活動量，這些受測者一開始都是沒有足底潰瘍的糖尿病患者，他們發現最後難逃足底潰瘍的這些患者，他們的活動量相對上普遍偏低。這意味著對於這些高危險族群來說，或許低強度持續性的運動有助於預防足底潰瘍的發生。

此外針對足底潰瘍的高危險群，製作特製的鞋具也能有效降低足底壓力。近年甚至有人宣稱他們所設計的鞋具能有效的降低最多 30% 的足底壓力(van Schie et al, 2005)。但是這些效果，目前相信僅限於這些鞋具穿在腳上的時候(Donaghue, 1996)，所以鞋具的效用勢必與患者使用鞋具的動機息息相關(Baumhauer et al, 1997)。

第七節 足底壓力之應用

足底壓力的變化除了作為一個檢測工具來篩檢或是預測糖尿病患足底潰瘍的可能性之外，由於足底壓力測試提供直接的壓力數據，可作為規劃治療計畫以及製作保護性足部輔具的依據。1994 年 Sarnow 等人即指出足底壓力是否改變，可以作為考驗足部輔具的製作是否能確實降低患者發生足部潰瘍的機率。1996 年 Donaghue 等人利用鞋內壓力測試，他們對 52 位可能發生足底潰瘍的糖尿病患者進行連續 6 個月的追蹤，並且使用鞋內壓力感測器分別測量穿與不穿特製鞋墊時，行走中的足底壓力，他們發現雖然在提供特製鞋具的初期確實可以造成鞋內足底壓力的降低，但是長期下並沒有辦法持續性的改善鞋內足壓。也有人以足底壓力之變化來檢驗三種不同的鞋具對於足部潰瘍的預防效果(Baumhauer et al, 1997)，或是襪子在行走時對足底壓力造成的影響(Dai et al, 2006)。在神經系統的相關探討中，足底壓力大量應用在行走與平衡相關的疾病上，例如多發性硬化症患者(Ramdharry et al, 2006)以及帕金森氏症患者(Kimmeskamp & Henning, 2001)的步態分析。在運動方面，短跑選手的足底壓力的特徵，或許可以作為解釋他們腳掌骨疲勞性骨折的發生率高於一般人的理由(Weist, Eils & Rosenbaum, 2004)；2006 年 Mao 等人發現太極拳運動的過程中，第一掌骨頭以及足底前內側之足底壓力顯著提升；在國內也

曾進行短跑選手足弓差異所造成的影響之探討(陳文基, 2003)。足底壓力也逐漸應用在體適能以及健康上的探討，2004年 Birtane 以及 Tuna 探討肥胖者與非肥胖者之足底壓力分布有何差異。或許作為一個篩檢工具而言，足底壓力的敏感性略嫌不足，而比起震動感覺閾值或是觸覺測試等簡易的理學檢查來說，足底壓力之測量也不夠方便。但作為一個評估工具而言，足底壓力可提供臨床最直接的證據，使臨床工作者正確且直接的給予患者需要的幫助。

第八節 分區足底壓力之探討

隨著電腦科技的進步，足底壓力的測量工具日益先進，解析度與精密度也越來越高，一些學者開始企圖驗證足部受力改變的假設，於是有些人將足底大略分成足前部(fore foot)與足後部(rare foot)兩塊，企圖比較出足前與足後壓力的改變上是否有程度上的差異，確實這種方法比起單純只有紀錄下最大壓力點之壓力值能夠提供更多情報，也能進一步提供糖尿病足的特徵(Caselli, 2002)；有人則大膽的將足底分為 10 個區域，各別是腳跟(heel)內外側兩區、足中(mid foot)內外側兩區、第一腳掌骨(1st metatarsal bone)、第二腳掌骨(2nd metatarsal bone)、第三四五腳掌骨(3rd, 4th&5th metatarsal bone)、大腳趾(hallux)、第二腳趾(2nd toe)以及第三到五腳趾(3-5th toe)，分別比較各區域的壓力偏移

值，細分之下的結果發現，某些接近的區域的模式相當類似，但是某些區域雖然接近但是卻呈現不同特性(Prabhu, 2001)，此研究將第一第二腳指分為兩區，是因為這兩個區域對於糖尿病患來說，往往是足底潰瘍經常出現的區域。同樣分為 10 個區域，Bus 等人在 2005 年對於腳趾關節變形上的研究，卻有不同的方法，他將腳指的部分細分為 4 個區域，而腳掌與腳跟區域則簡化並且伴隨MRI顯影技術，增加測量之精確度。有些研究者則較保守，以功能性大致將足底分為五個區域來探討小孩子的分區壓力，他將足底分為足前內外側、腳跟內外側，以及足中(Stebbins et al, 2005)，兒童的足底因為總面積小，誤差的比例則相對加大，過度分區有時反而可能造成壓力特徵的混淆。而以足底壓力來進行神經系統疾病患者的步態分析時，研究者並不區分足底壓力的區塊，而是觀察壓力中心(COP)的移動路徑來解釋受測者的行走特徵(Kimmeskamp et al, 2001)。不同的分區方式，都是個別針對各自的研究目的來決定。早期的糖尿病足底壓力研究並不分區，只看最大值，而近年來的糖尿病足底壓力相關研究，多半以分區模式探討，這是由於足底壓力的變化，並非普遍性的壓力提升，而是由於步態細微的改變造成的此消彼長，故以分區探討在步態中不同時間點下的壓力分布，並與患者的併發症狀比對，有助於釐清在這種併發症對於步態以及壓力可能的影響。足底壓力所討論的參數，也並不只有單純的

壓力(pressure)一項，研究者在研究的過程中發現，只有壓力並不足以解釋糖尿病足之所以容易潰瘍的機轉。一般壓瘡的產生，除了壓力的大小有影響之外，壓力的承受時間也有重要的意義，於是壓力所累積的能量則以壓力時間積分值(pressure-time integral)或是衝量(impact)加以表示。但是這依舊不足，因為雖然可以經由步態的取樣算出一次步態週期(gait cycle)的各項壓力參數，但是行走原本就不會是單一循環的動作，所以一個人足底所累積的能量，勢必與這個人日常生活中活動的程度有關，所以在糖尿病足的探討中，也有研究者追蹤受測者每日行走步數來計算出累積壓力的指標(Donaghue, 1996; Armstrong, 2004)。而在扁平足方面的研究，足底與地面的接觸面積亦可作為區分高弓足與扁平足的足弓指標。

第參章 研究方法與步驟

第一節 研究架構

本研究之目的在於探討糖尿病患足底壓力在分區後，各區在不同組別間的趨勢，究竟有何增減。基於研究目的與文獻探討提供之參考，本研究之研究架構如下圖所示。

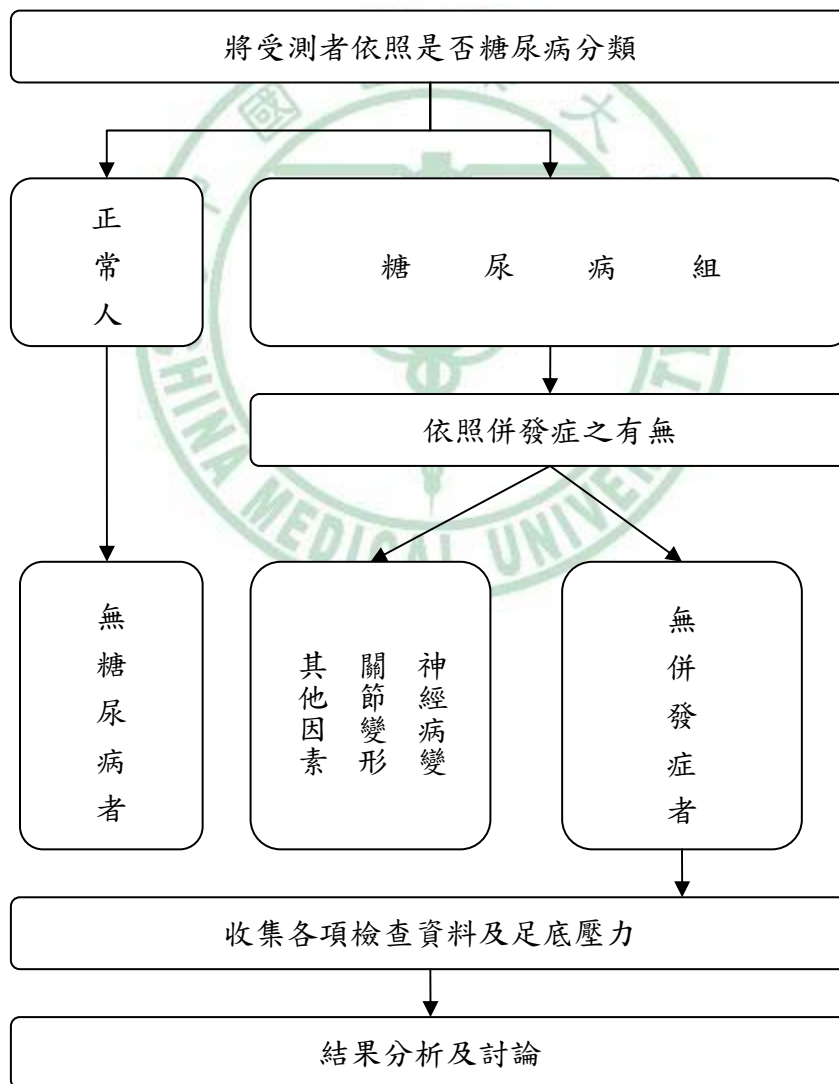


圖 3-1: 研究架構圖

其中糖尿病人依據足底潰瘍危險因子加以排除，若糖尿病患有足部神經病變，關節變形等問題，或其分組原則依照是否神經病變與足部變形加以區分。個別是無併發症其他足以影響行走能力隻神經雞肉血管相關疾患者，都與以排除。

第二節 研究對象

本研究以方便取樣選取台中市中國醫藥大學附設醫院，新陳代謝科糖尿病衛教中心之就診病患共 500 名，其中糖尿病患經過專科醫師診斷後確認，收案條件如下：

1. 所有參與中國醫藥大學附設醫院新陳代謝科糖尿病追蹤照護系統之糖尿病患者。但僅有葡萄糖失耐(IGT)以及空腹血糖異常(IFGT)者不算在內。

排案條件如下：

1. 半年內發生下肢神經肌肉骨骼重大傷害。
2. 具有影響運動功能之中樞神經疾患病史(如中風、帕金森氏症等)。
3. 無法獨立行走 10 公尺(無論是否使用行走輔具)。
4. 目前出現相關神經壓迫(椎間盤突出或神經根壓迫)，或任何造成下肢感覺異常，運動能力異常之疾患。

5. 經檢查確認其下肢神經病變者。
6. 經檢查後確認其下肢關節變形者。

本實驗之研究範圍與限制：

1. 本實驗之研究對象主要為中部地區前往中國醫藥大學附設醫院就診之病患，經過主治醫師診斷，並同意參與糖尿病衛教者。
2. 基於研究範圍之限制，本實驗之結果如應用到不同生活習慣、不同飲食習慣、不同種族之族群上可能會有限制。



第三節 研究設備

一. 實驗場所：

中國醫藥大學附設醫院新陳代謝科糖尿病衛教中心

二. 實驗器材：

1. 5 公尺行走步道

設置於中國醫藥大學附設醫院新陳代謝科糖尿病衛教中心，以木板構成，其高度與足底壓力系統等高，以確保步道之高度一致。

2. Footscan 足底壓力系統 (Footscan plate system, RSscan International., Belgium)

此系統包含三個部分，Footscan 3D system，Footscan 0.5m plate，Footscan gait software。其規格如下表：

表 3- 1:足底壓力系統規格細項

Dimensions	Active sensor surface	Amount of	Sensitivity	Max. Frequency
L x B x H (m)	L x B (m)	sensors (#)	(N/cm ²)	(Hz)
0,5 x 0,4 x 0,008	0,48 x 0,32	4096	0,27 - 127	500

(資料來源: RSscan International., Belgium. 網址: <http://www.rsscan.com/>)



圖 3-2: 足底壓力系統及 0.5m 壓力板
(圖像來源: RSscan International., Belgium. 網址: <http://www.rsscan.com/>)

3. 光學掃描器

Astra5400 scanner (maxium technologies inc., TW)

第四節 資料收集

本研究主要在於探討糖尿病患在平地行走時，足底各分區的壓力相關參數的變化，執行的過程一共分為三個主要階段：

第一階段：臨床檢查(Clinical Examination)

第二階段：足底壓力測量(Plantar pressure measurement)

第三階段：病史收集(History taking)

以下將分段說明。

3-4-1 臨床檢查(Clinical Examination)

臨床檢查主要分為理學檢查(Physical Examination)以及實驗室檢查(Laboratory Examinations)兩個部分，其中理學檢查的部分主要由 VPT test (Vibration Perception Threshold Test)、10-g Semmes-Weinstein monofilament touch test (Touch-Test Sensory Evaluator; North Coast Medical, Morgan Hill, CA)以及觸診(Palpation dorsalis pedis 以及 posterior tibia 的脈搏)三者構成。

而實驗室檢查(Laboratory Examinations)則收集飯前血糖，飯後血糖最近三個月內之平均值，以及糖化血色素(HbA1c)近三個月之平均數。以上資料收集皆為患者就醫時的例行檢查。都會在開始收集足底資料之前完成。

3-4-2 足底壓力測量(Plantar pressure measurement)

患者在進行完衛教與理學檢查後，向患者說明實驗過程並且徵求其同意。先收集靜態足底壓力分布圖，再以兩步方針(2 step protocol)收集兩腳動態足底壓力，並且以光學掃描器留下受測者之足底外觀影像，以觀察患者足底表皮特徵，是否出現異常狀態，並且作為校正足底面積以及分區之依據。

其中足底壓力測量過程中，全程裸足進行，首先以光學掃描器同

時掃描雙腳足底之皮膚外觀以及範圍大小。其次，在 5 公尺步道上由施測者進行示範與解說，行走之要領為輕鬆自然，抬頭看前方，並且讓受測者依示範練習 1-3 次，以確認受測者確實理解實驗流程，同時測量步距，選擇起始位置，以符合兩步方針，以期受測者開始行走後的第二步確實落在壓力板範圍內。正式擷取資料時，每來回一次步道即讓受測者休息 40 秒，一共擷取 6-8 次資料，並觀察受測者行走姿態，以速度、姿勢最穩定者取其中三次保存紀錄作為資料分析。

本階段中所收集到的資料分為兩個部分：

一. 影像資料

使用光學影像掃描器可以獲得受測者的足部外觀基本資料，包括足長，足寬，足底實際面積，皮膚狀態等基本資料。

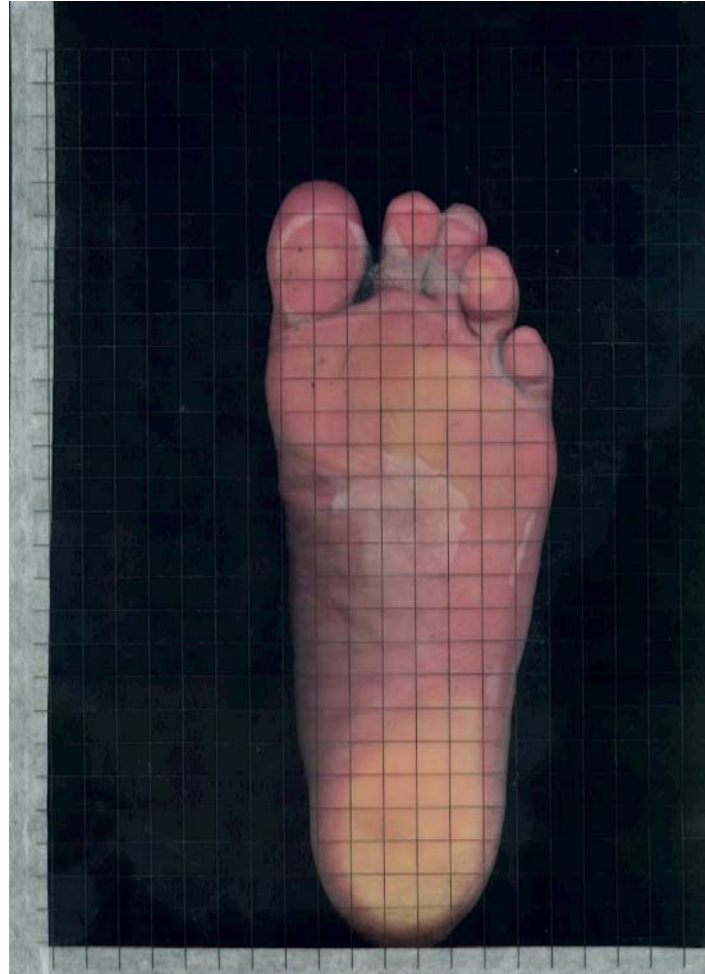


圖 3-3: 光學影像(圖中格線每單位為 1cm，平均誤差為 0.05mm)

二. 壓力資料

透過足底壓力系統所收集的資料，總共可以大致分為 4 個部分，分別敘述如下：

a. 靜態壓力分布圖

收集受測者靜止站立時，某一穩定瞬間的雙腳足底壓力。

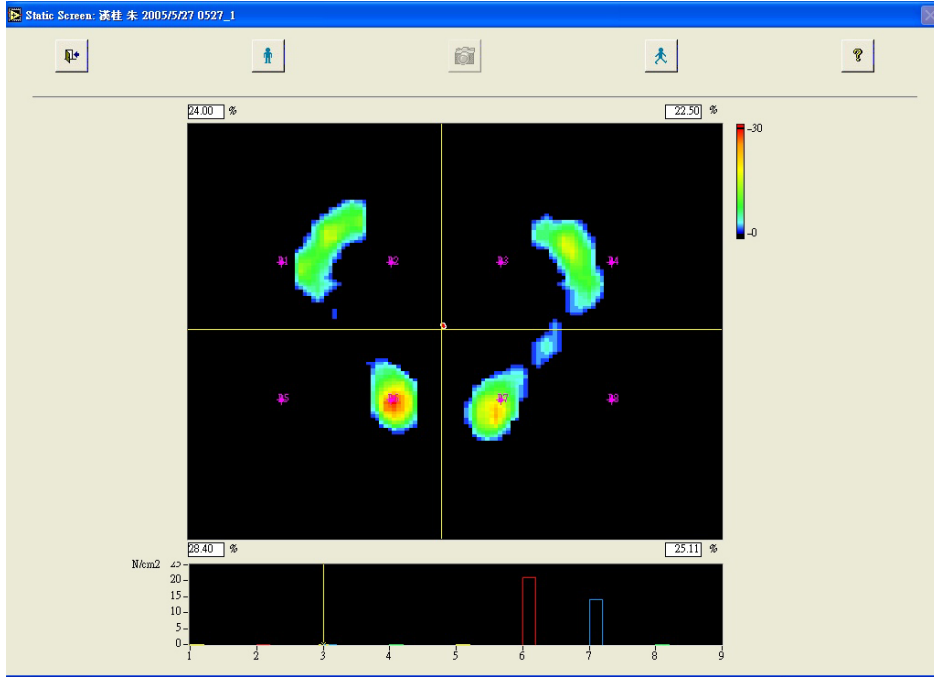


圖 3-4: 靜態足底壓力分布圖

b. 動態壓力分布圖

收集受測者在行走時，腳底接觸地面全程的壓力分布圖。

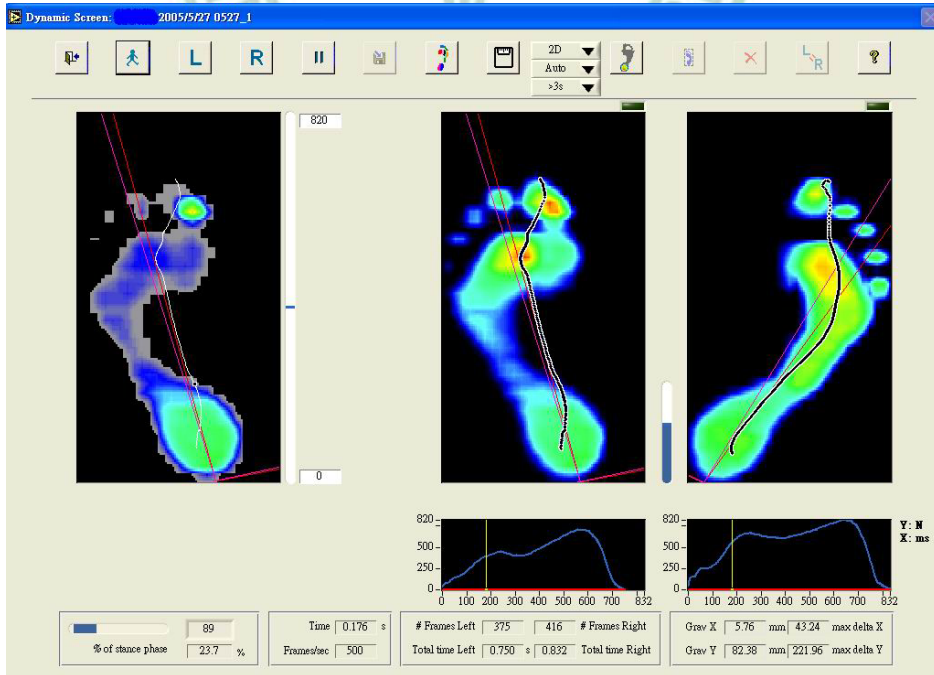


圖 3-5: 動態足底壓力分布圖

c. 各區塊之壓力參數

本實驗將足底分為十個區塊，以 500Hz 之取樣率收集每個壓力感測單元在整個站立期中受到的力量。根據壓力感測單元的分佈模式來決定各區塊之位置與面積(area size)，並且計算出整個區域在站立期中每個時間點上的平均壓力(mean pressure)，並且標記出最大平均壓力(max mean pressure)、壓力出現時間(start time)、壓力結束時間(end time)、最大壓力發生時間(timing of max pressure)等三項參數，然後再依據壓力出現到最大值發生這段期間內的壓力增加值計算出平均負載率(loading rate)，最後對壓力時間曲線積分計算出衝量(impulse)，並且標記出單點最大壓力發生位置以及數值(max peak pressure)等參數。本實驗以最大平均壓力(Max P)、平均負載率(MLR)、衝量(Impulse)、最大單點壓力(MPP)四者作為主要的分析參數，各參數代表之意義將於下節敘述之。

d. 各區塊定義

- | | |
|---|------------------------------------|
| 1. Hallux(T1) | 6. 4 th Metatarsal(MT4) |
| 2. Toe 2-5(T2-5) | 7. 5 th Metatarsal(MT5) |
| 3. 1 st Metatarsal bone(MT1) | 8. Mid Foot(MFT) |
| 4. 2 nd Metatarsal bone(MT2) | 9. Medial Heel(MH) |
| 5. 3 rd Metatarsal bone(MT3) | 10. Lateral Heel(LH) |

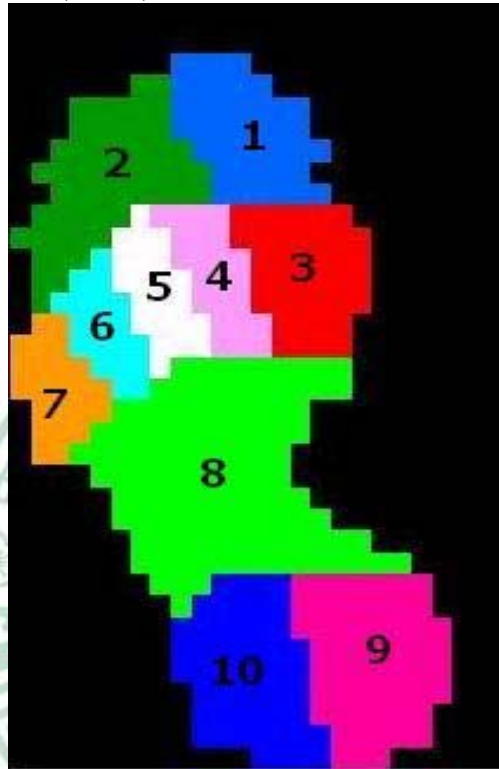


圖 3-6: 足底壓力分區圖

3-4-3 病史調查(History taking)

最後以問診的方式收集患者之相關病史，包括過去中樞神經病變史、目前用藥情形、相關下肢疾病史等。

第五節 重要名詞釋義與操作型定義

一. 兩步方針(2 step protocol)

本研究所指之兩步方針，意指在收集受測者行走相關情報時，以起步後的第二步開始擷取資料。在生物力學及醫療領域中，與行走相關之力學研究，兩步方針已證明在足底壓力之表現與 Mid Gait Protocol 並無顯著差異(Bus & de Lange, 2005)，再測信度良好，故採用兩步方針。

二. 區域平均壓力(Mean pressure)

單一區域，在某一瞬間的單位面積受力值。而這個平均值在某個時間點上會有極大值，本實驗中稱為最大平均壓力(Max P)。各區平均壓力皆隨時間有所變化，接觸的順序亦不相同，故每區之平均壓力最大值並不會出現在同一時間點上，單位為N/cm²。

三. 平均負載率(Mean Loading rate)

意指從該區域接觸地面瞬間起到最大值的增加率，將壓力對時間做圖，起始時間到最大壓力出現的區間內之平均斜率。計算方式如下：

$$\text{Loading rate} = \frac{P_{MAX} - 0}{T_{MAX} - T_0}$$

平均負載率可作為單位時間內壓力增加程度的指標，單位為

$\text{N/cm}^2 \cdot \text{sec}$ 。

四. 衝量(Imupulse)

本實驗之衝量以平均壓力對時間做圖，曲線下之面積代表之。衝量可作為一次步態週期中，該區域承受之總能量之指標，單位為 $\text{N} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2$ 。

五. 單點最大壓力(Max Peak Pressure)

意指單一區域中的所有壓力感應單元，在整個接觸時間中偵測到的最大力量，每個區域都各自有一個最大壓力點，並且不會出現在同一時間點上，單位為 N/cm^2 。

第六節 資料分析及處理

一. 敘述性統計 (descriptive statistic)

以敘述性統計來描述各組受測者之基本資料，各項足底壓力參數，血糖測試結果。

二. 單因子變異數分析 (One-way ANOVA)

以單因子變異數分析考驗壓力等參數在各區域之間是否有顯著差異。

三. 皮爾森積差相關 (Pearson's correlation coefficients)

利用皮爾森積差相關統計方法來比較，何種參數與血糖變化之間

具有相關性。



第肆章 研究結果

第一節 受測者

本研究之受測者一共 500 名，其中由於資料收集不全以及身體狀況不佳未能完成全部流程者不列入統計，最後總收案人數為 432 名，其中有 222 名女性，210 名男性，平均年齡 59.1 ± 12.6 歲(min:18, max:89)，平均身高 160.9 ± 7.9 cm，平均體重 66.4 ± 11.9 kg。

表 4- 1: 受測者基本資料之平均值與標準差(Mean \pm S.D)

	糖尿病組
人數	432
身高(cm)	160.9 ± 7.9
體重(kg)	66.4 ± 11.9
年齡(years)	59.1 ± 12.6

第二節 足底壓力參數

本實驗收集 4 種足底壓力相關參數，分別為最大平均壓力(Max P)、平均負載率(MLR)、衝量(Impulse)、最大單點壓力(MPP)。由於慣用邊與非慣用邊足底壓力相關參數之差異皆達顯著標準，故以下足

底壓力相關參數皆分為慣用側(D'm)與非慣用側(ND)分別比較並且呈現之。又，最大平均壓力乃該區域接觸地面過程中，出現最大值的瞬間壓力，故每一區塊之平均最大壓力並非同時出現，所以其總合也當然不等於全足平均壓力。



表 4-2: 非慣用腳各區域壓力參數平均值與標準差(Mean±S.D.)

ND	MaxP (N/cm ²)	MLR (N/cm ² · s)	Impulse (N · s /cm ²)	MPP (N/cm ²)
T1	11.0±3.9	42.9±22.0	2.1±1.1	37.8±16.5
T2-5	2.7±1.2	23.2±21.4	0.4±0.2	13.3±5.4
MT1	10.8±4.3	40.4±19.6	2.6±1.2	26.3±12.3
MT2	19.3±4.7	46.4±16.8	5.2±1.3	48.0±17.1
MT3	22.2±5.5	48.8±17.8	6.2±1.5	51.9±17.4
MT4	14.2±3.6	34.2±11.6	4.1±1.2	35.8±10.1
MT5	8.1±3.1	24.9±13.2	2.2±1.0	22.3±10.8
MFT	4.2±1.6	20.0±10.9	1.1±0.6	15.2±5.7
MH	16.9±3.5	85.4±28.3	4.9±1.2	38.2±9.9
LH	15.3±3.3	75.7±24.3	4.4±1.1	36.9±8.8

D'm: Domain side ° ND: Non-domain side °

表 4-3:慣用腳各區域壓力參數平均值與標準差(Mean±S.D.)

D'm	MaxP (N/cm ²)	MLR (N/cm ² · s)	Impulse (N · s /cm ²)	MPP (N/cm ²)
T1	9.9±3.5	47.4±27.3	1.9±1.1	32.9±16.8
T2-5	3.3±1.3	24.8±20.3	0.5±0.3	13.9±5.7
MT1	10.5±3.6	35.1±19.3	2.6±1.0	29.9±12.6
MT2	22.1±5.7	48.8±17.5	6.0±1.5	54.3±17.9
MT3	21.0±5.2	44.5±16.4	5.9±1.4	50.7±15.7
MT4	14.1±3.7	33.6±14.2	4.3±1.4	33.0±11.5
MT5	8.9±3.5	27.3±14.7	2.6±1.2	23.7±12.4
MFT	4.5±1.9	22.2±14.6	1.1±0.8	14.3±5.9
MH	15.4±3.4	80.7±26.0	4.3±1.2	36.6±10.4
LH	15.6±3.4	82.4±31.1	4.5±1.2	36.5±10.7

D'm: Domain side ◦ ND: Non-domain side ◦

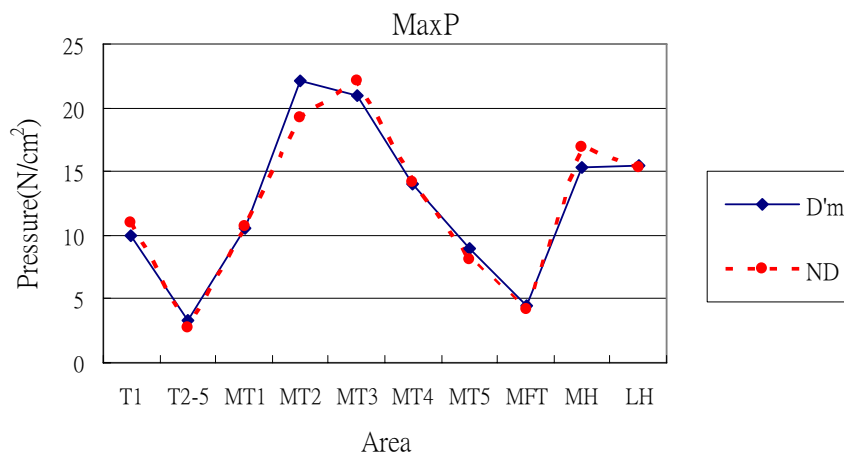


圖 4-1: 慣用與非慣用腳平均壓力分布比較圖

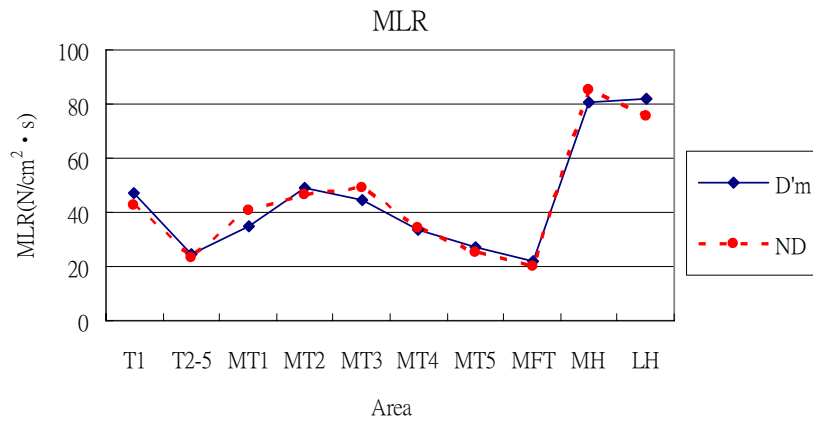


圖 4-2: 慣用與非慣用腳平均負載率分布比較圖

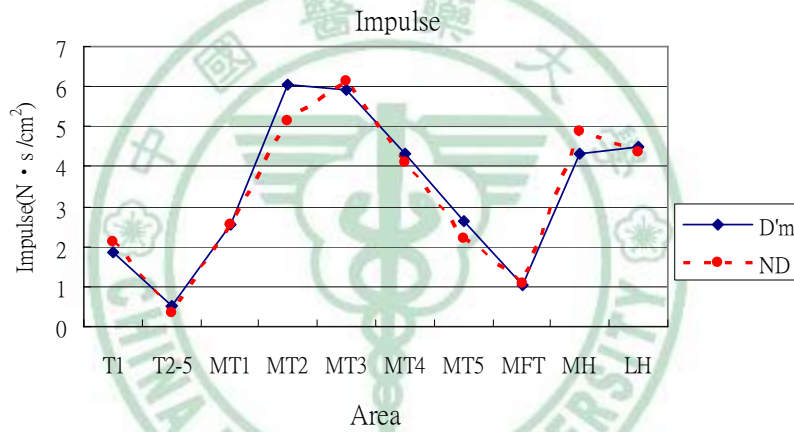


圖 4-3: 慣用與非慣用腳衝量分布比較圖

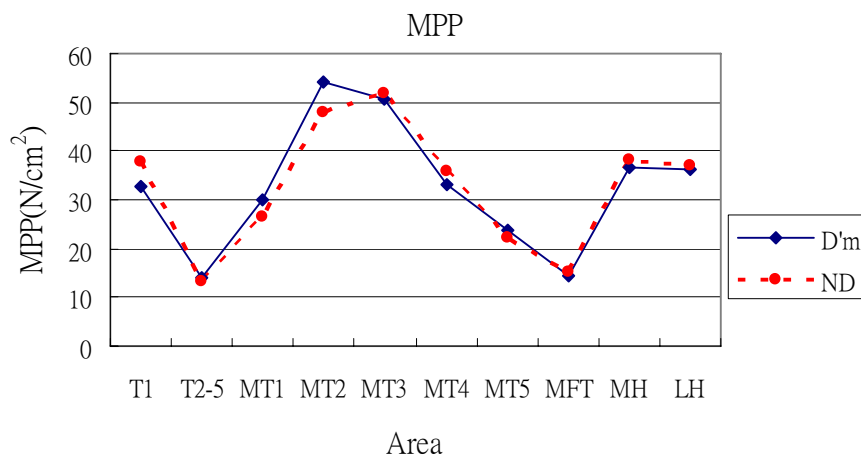


圖 4-4: 慣用與非慣用腳單點最大壓力分布比較圖

雙腳足底分成 10 個區域分別呈現其平均最大壓力值(MaxP)，顯示如表 4-2 與 4-3。其中慣用腳之平均壓力最大值落於 MT2 區(第二腳掌骨)，次高壓力值則於 MT3 區；而非慣用腳恰好相反，最大值落於 MT3 區，次高壓力值則落於 MT2 區(如圖 4-1)。

對平均負載率而言，最大值雙腳都出現在腳跟，但非慣用腳腳跟內側大於外側，而慣用腳則恰好相反(見圖 4-2)。

衝量可作為在整個站立期中所受到的全部能量的累積指標，本實驗顯示，慣用腳中量最大值出現在 MT3 區域，而非慣用腳之衝量最大值出現在 MT2 區域。

若單純觀察單點最大壓力，非慣用腳的單點最大壓力出現在 MT3 區域，MT2 次之，第三則是大腳趾；但是在慣用腳側，最大壓力值出現在 MT2，MT3 次之，第三同樣是大腳趾(見圖 4-4)。

第三節 臨床檢查資料

本實驗主要收集之實驗室資料(laboratory data)糖尿病患之糖化血色素(HbA1c)以及飯前血糖(A.C.)，控制組並無血糖相關資料。最後經過整理，共有 201 位受測者具有完整血糖紀錄。血糖相關參數資料如表 4-4。

表 4-4: 臨床檢查資料平均值與標準差(Mean± S.D.)

人數	HbA1c(%)	A.C.(mg/dl)
201	8.0± 1.6	160.7± 58.0

第四節 臨床檢查資料與足底壓力之相關性

4-4-1 臨床檢查資料與各區區域平均壓力之相關性

先計算出個人壓力參考值(體重 x 重力加速度/足底面積),再用平均最大壓力與之相減求出差值,利用差值與糖化血色素計算相關性,各分區相關性顯示如下表。

表 4-5: 糖化血色素與各區平均壓力相關係數表

Area	ND		D'm	
	r	Sig.	r	Sig.
T1	0.444	>0.001*	0.406	>0.001*
T2-5	-0.021	0.784	0.041	0.612
MT1	0.333	>0.001*	0.396	>0.001*
MT2	0.054	0.469	0.255	0.001*
MT3	0.075	0.310	0.08	0.277
MT4	0.046	0.531	0.053	0.468
MT5	-0.017	0.817	0.087	0.242
MFT	-0.003	0.967	0.106	0.164
MH	0.154	0.040*	-0.051	0.494
LH	0.120	0.102	0.072	0.327

*: Pearson Correlation, $p < 0.05$ 。r: correlation coefficient of Pearson Correlation。Sig.: significant。D'm: Domain side。ND: Non-domain side。

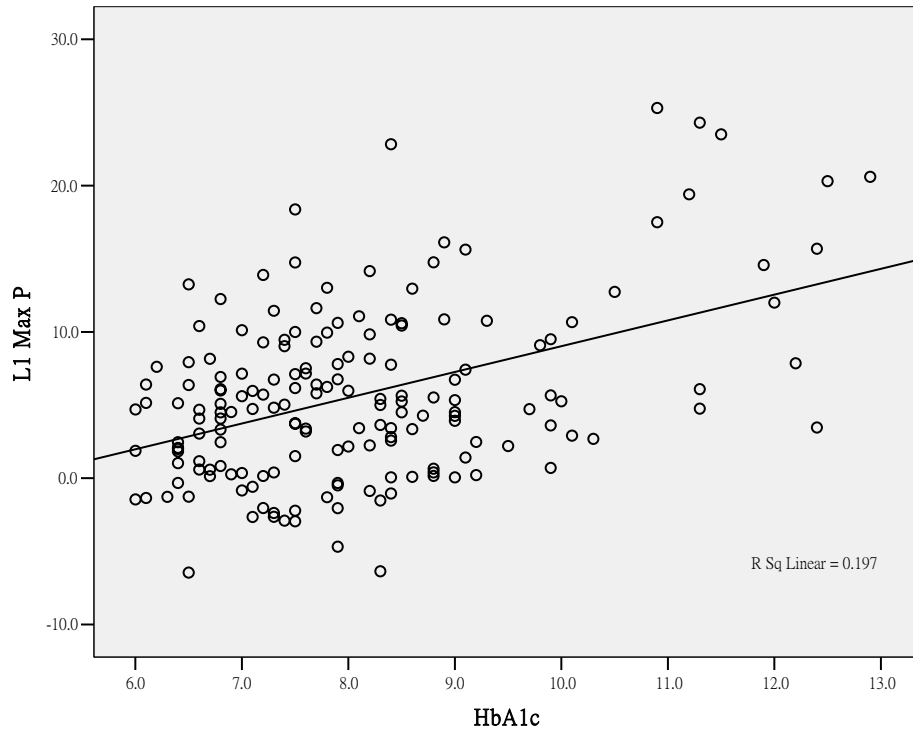


圖 4-5: 非慣用腳 T1 區糖化血色素與最大壓力值散佈圖

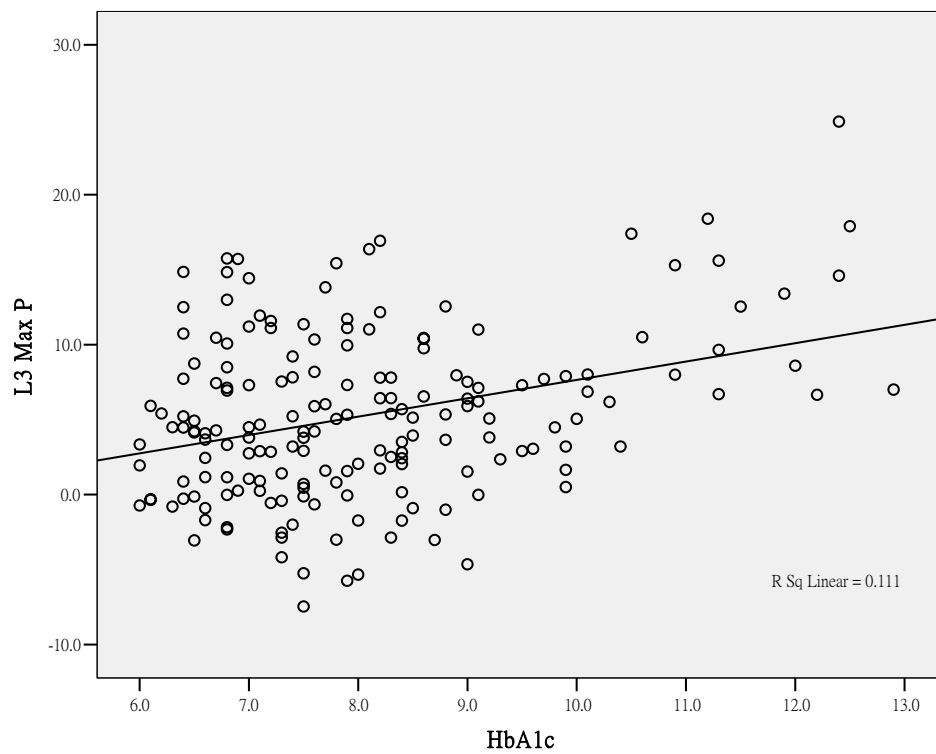


圖 4-6: 非慣用腳 MT1 區糖化血色素與最大壓力值散佈圖

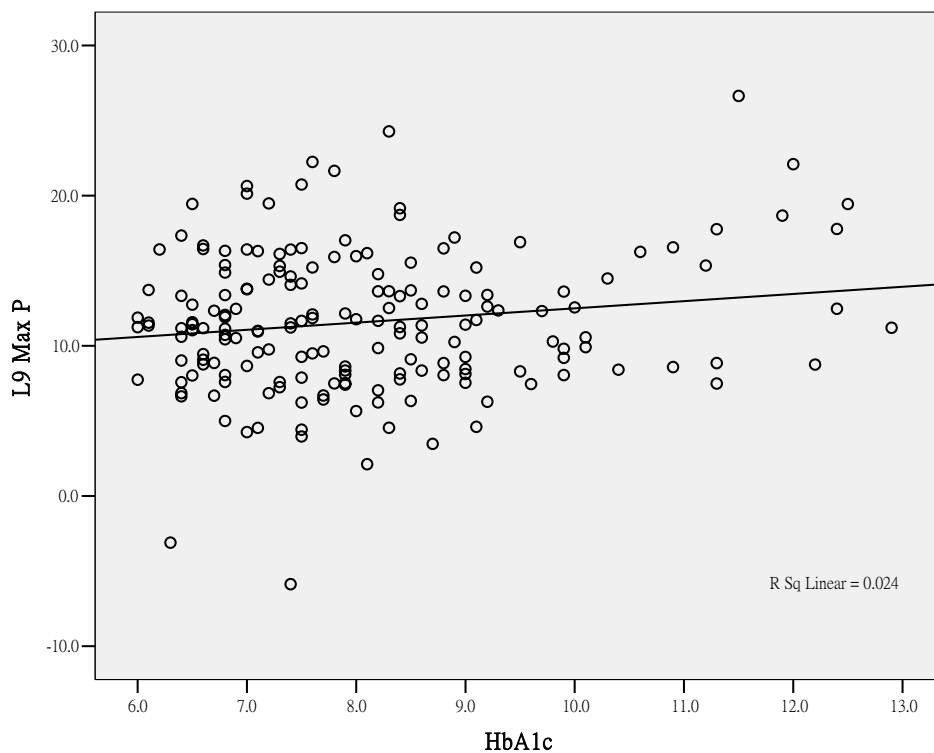


圖 4-7: 非慣用腳 MH 區糖化血色素與最大壓力值散佈圖

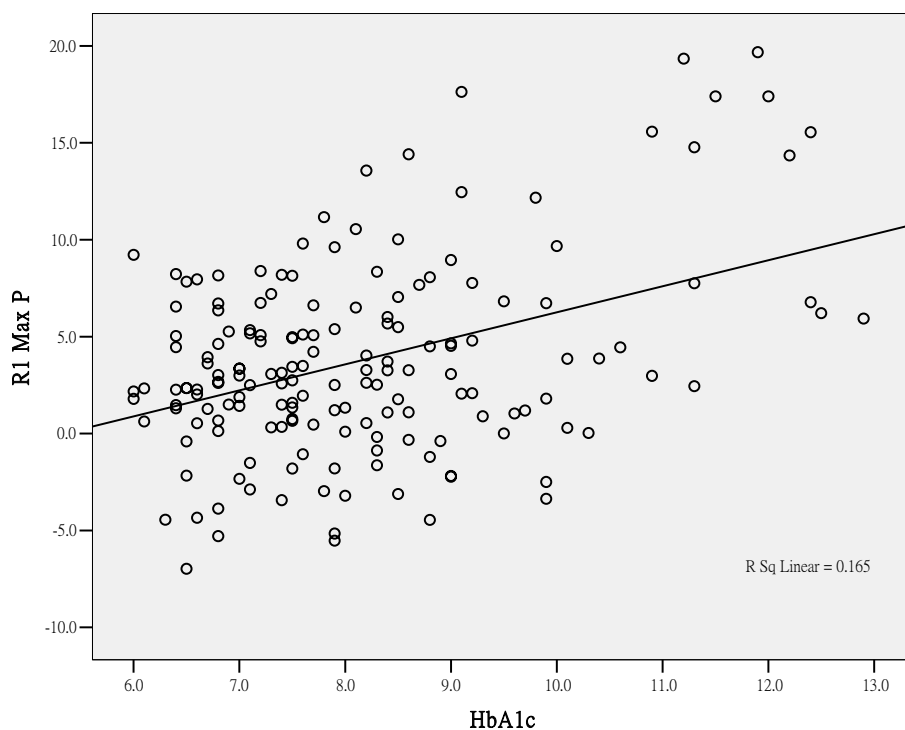


圖 4-8: 慣用腳 T1 區糖化血色素與最大壓力值散佈圖

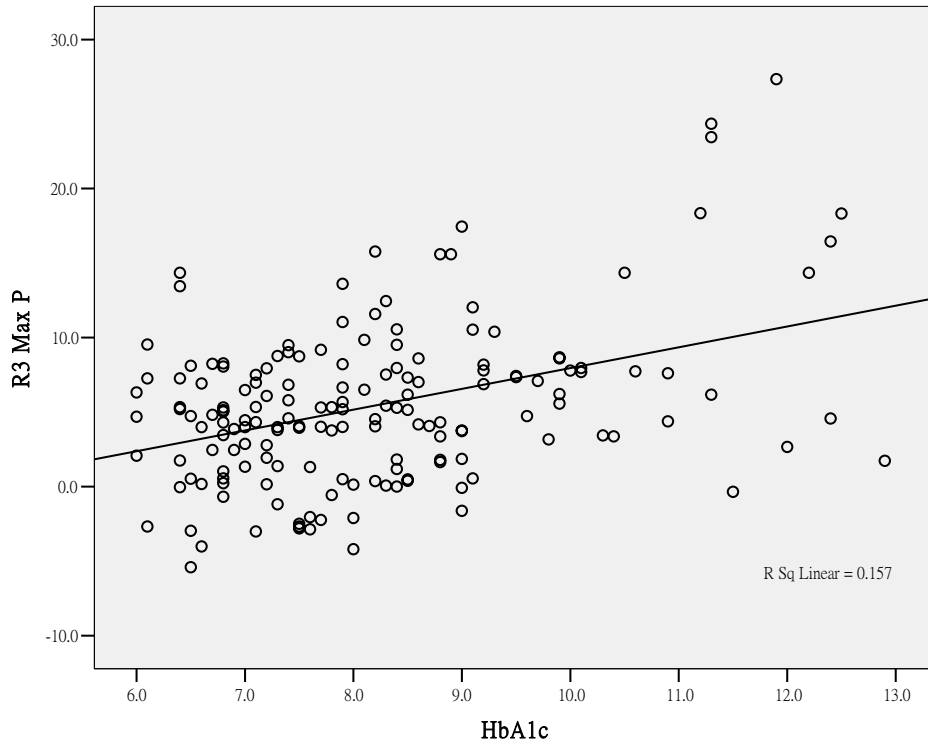


圖 4-9: 慣用腳 MT1 區糖化血色素與最大壓力值散佈圖

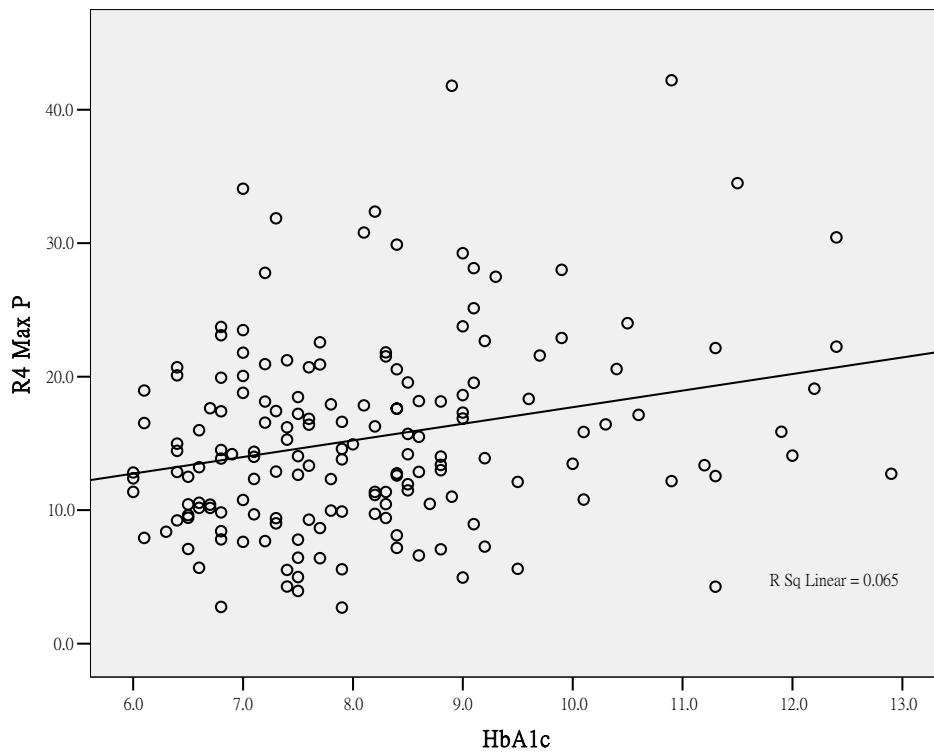


圖 4-10: 慣用腳 MT2 區糖化血色素與最大壓力值散佈圖

表 4-6: 飯前血糖與各區平均壓力相關係數表

A.C. vs Max P-BW/AREA				
Area	ND		D'm	
	r	Sig.	r	Sig.
T1	0.0974	0.1186	0.0961	0.1273
T2-5	0.0738	0.2618	0.0474	0.4829
MT1	0.0772	0.2203	0.1094	0.0799
MT2	0.1143	0.0657	0.1386	0.0257*
MT3	0.1054	0.0898	0.1558	0.0120*
MT4	0.0385	0.5367	0.1036	0.0963
MT5	-0.0664	0.2888	0.0475	0.4495
MFT	0.0330	0.6122	0.0415	0.5205
MH	0.0389	0.5325	0.0620	0.3202
LH	0.1113	0.0731	0.1076	0.0841

*: Pearson Correlation, $p < 0.05$ ◦ r: correlation coefficient of Pearson Correlation ◦ Sig.: significant ◦ D'm: Domain side ◦ ND: Non-domain side ◦

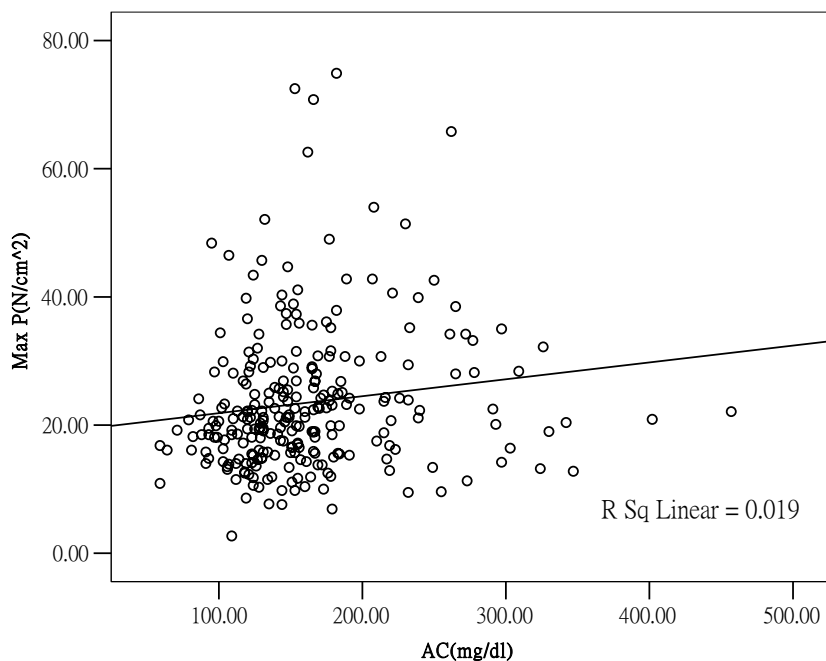


圖 4-11: 慣用腳 MT2 區飯前血糖與最大壓力值散佈圖

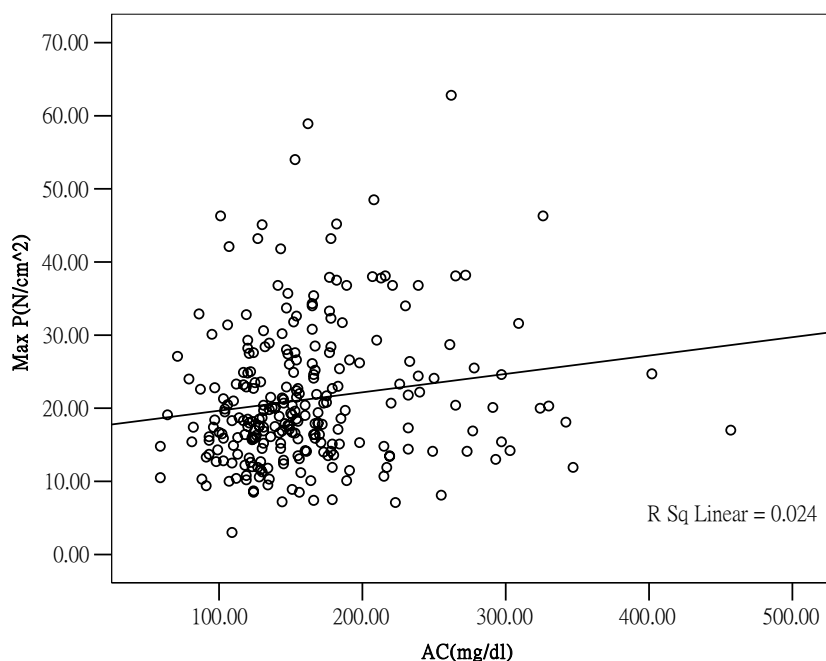


圖 4-12: 慣用腳 MT3 區飯前血糖與最大壓力值散佈圖

將糖化血色素與飯前血糖分別與各區平均壓力進行皮爾森積差相關檢驗。糖化血色素與各區平均壓力之相關係數與顯著水平如表 4-5 所示，在雙腳 T1 區與糖化血色素有中度正相關。而在非慣用腳的 MT1 區呈現中度正相關，腳跟內側則呈現低度正相關，其餘區域均接近無相關，且未達顯著水平。而慣用腳則在 MT1 區有中度正相關，MT2 區有低度正相關。

飯前血糖與各區平均壓力之相關係數顯示如表 4-6，在慣用腳 MT2 區(2nd Metatarsal)、MT3 區(3rd Metatarsal)有低度正相關，其餘區域皆近乎無相關，且未達顯著水平。

4-4-2 臨床檢查資料與單點最大壓力之相關性

表 4-7: 糖化血色素與各區單點最大壓力相關係數表

HbA1c vs MPP-BW/AREA				
Area	ND		D'm	
	r	Sig.	r	Sig.
T1	0.269	>0.001*	0.274	>0.001*
T2-5	-0.049	0.524	0.107	0.183
MT1	0.231	0.002*	0.189	0.012*
MT2	0.116	0.120	0.155	0.040*
MT3	0.029	0.690	-0.053	0.477
MT4	0.035	0.640	-0.048	0.519
MT5	-0.017	0.823	-0.024	0.745
MFT	0.096	0.210	0.124	0.103
MH	0.051	0.493	0.025	0.731
LH	0.020	0.787	0.076	0.301

*: Pearson Correlation, $p < 0.05$ ° r: correlation coefficient of Pearson Correlation ° Sig.: significant ° D'm: Domain side ° ND: Non-domain side °

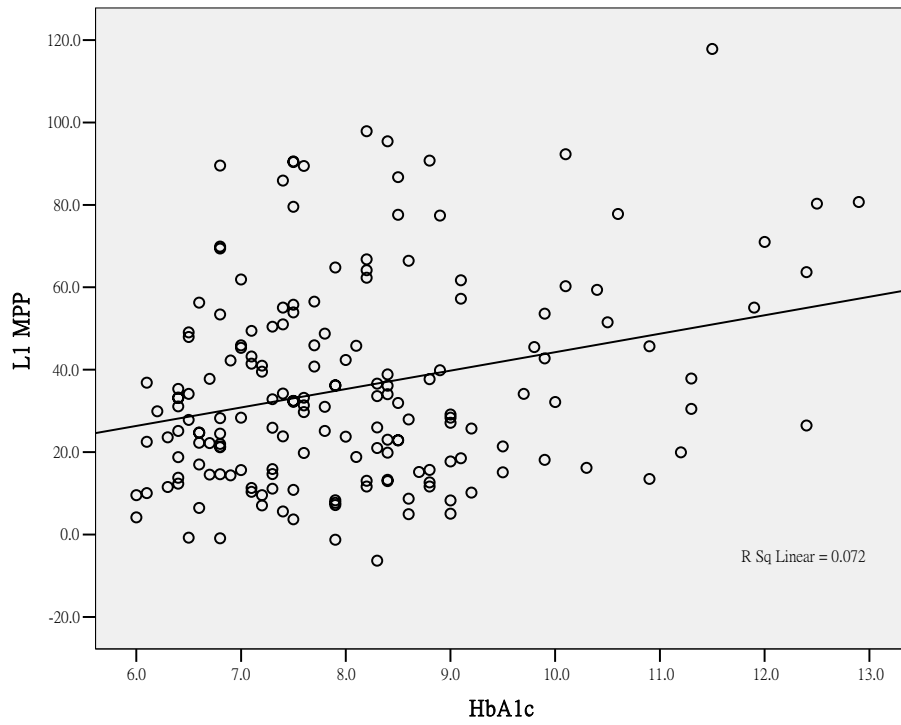


圖 4-13: 非慣用腳 T1 區糖化血色素與最大單點壓力散佈圖

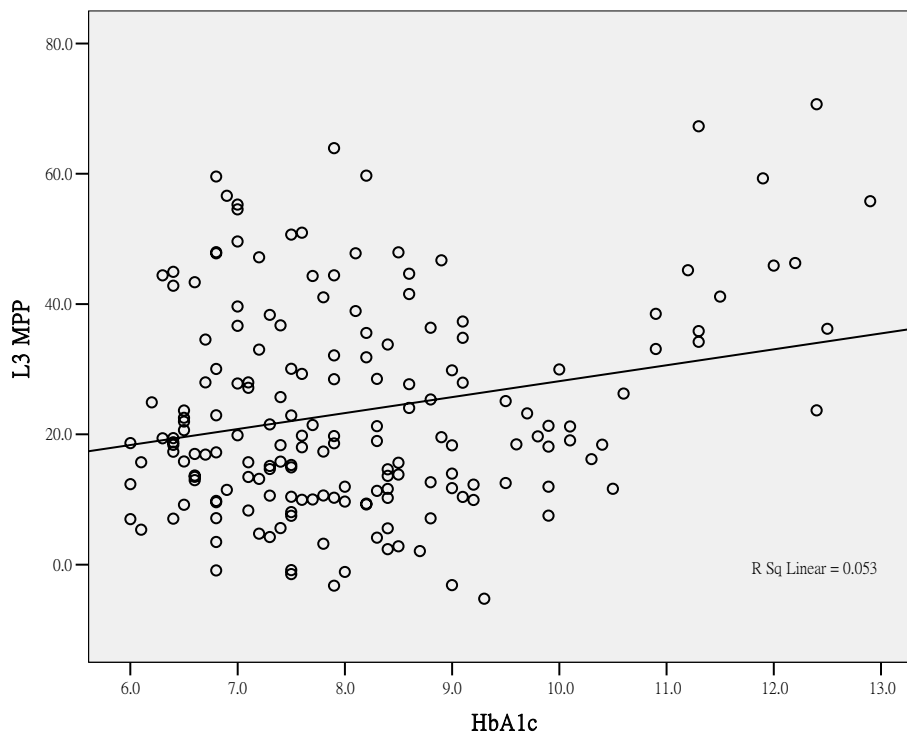


圖 4-14: 慣用腳 MT1 區糖化血色素與最大單點壓力散佈圖

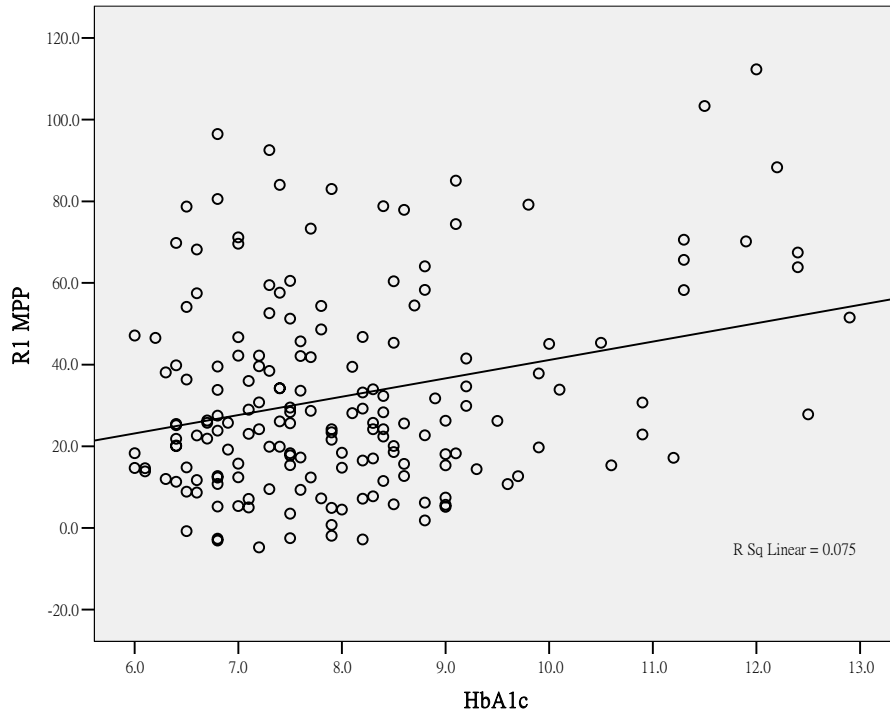


圖 4-15: 慣用腳 T1 區糖化血色素與最大單點壓力散佈圖

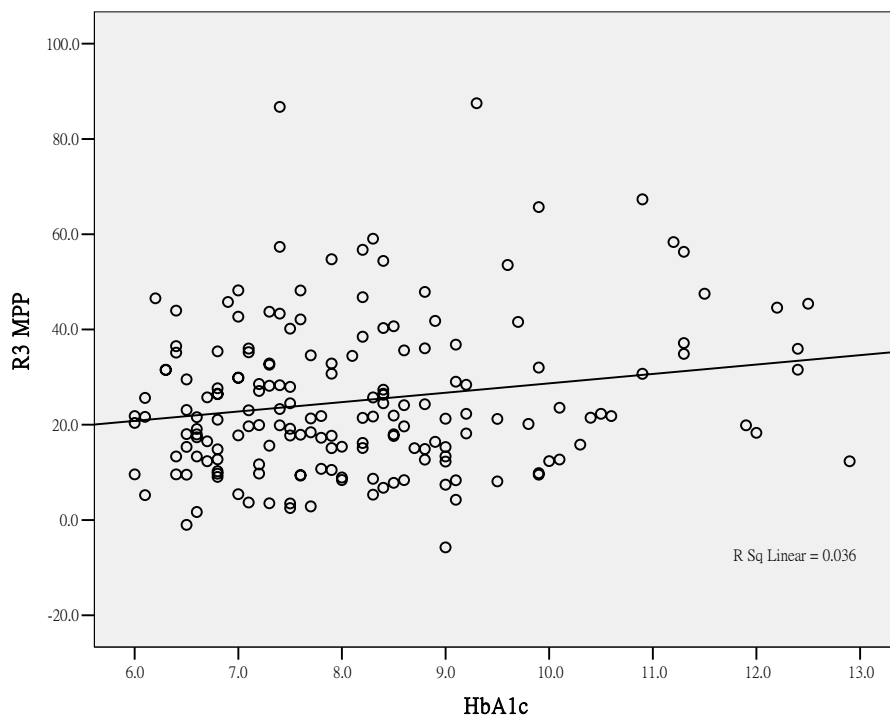


圖 4-16: 慣用腳 MT1 區糖化血色素與最大單點壓力散佈圖

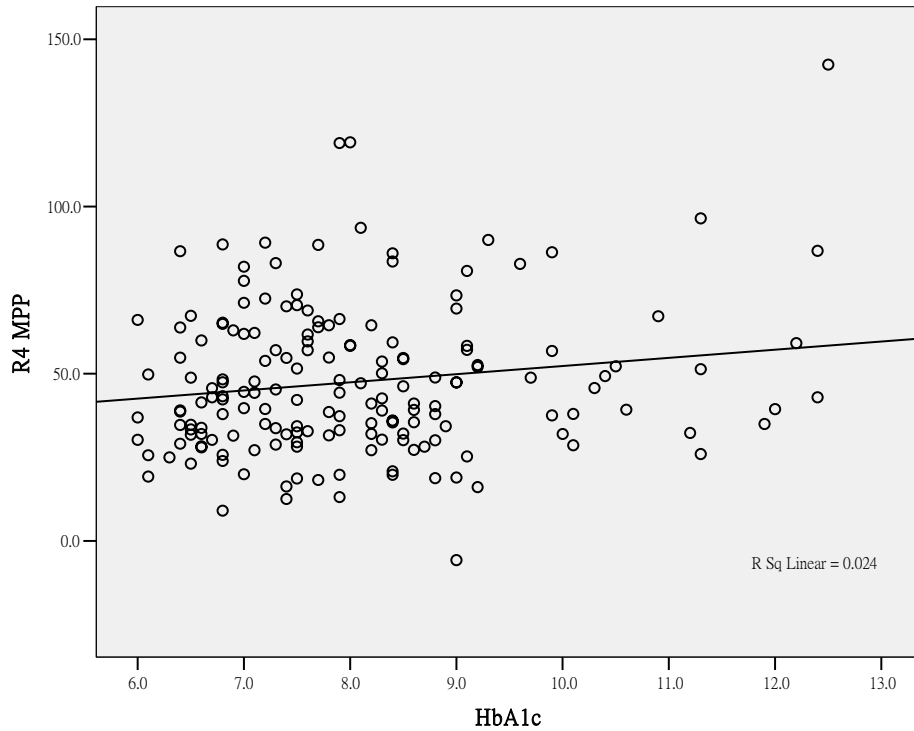


圖 4-17: 慣用腳 MT2 區糖化血色素與最大單點壓力散佈圖

表 4-8: 飯前血糖與各區單點最大壓力相關係數表

A.C. vs MPP-BW/AREA				
Area	ND		D'm	
	r	Sig.	r	Sig.
T1	0.0433	0.4890	0.0504	0.4250
T2-5	0.0982	0.1341	0.0447	0.5087
MT1	0.0603	0.3398	0.0651	0.2995
MT2	0.0090	0.8857	0.0567	0.3653
MT3	0.0060	0.9231	0.0928	0.1372
MT4	0.0819	0.1880	0.1061	0.0901
MT5	-0.0813	0.1956	0.0458	0.4670
MFT	0.0936	0.1491	0.1010	0.1209
MH	0.0672	0.2814	0.0321	0.6111
LH	0.0221	0.7228	0.0753	0.2269

r: correlation coefficient of Pearson Correlation ° Sig.: significant ° D'm: Domain side ° ND: Non-domain side °

將糖化血色素與飯前血糖分別與各區單點最大壓力進行皮爾森積差相關檢驗。糖化血色素與各區單點最大壓力之相關係數與顯著水平如表 4-7 所示，在非慣用腳T1 區、MT1 區(1st Metatarsal)以及慣用腳Toe1 區、MT1 區以及MT2 區與糖化血色素有低度正相關，且達顯著標準。其餘區域皆接近無相關，或未達顯著水平。

飯前血糖與各區平均壓力之相關係數顯示如表 4-8，所有區域皆近乎無相關，或未達顯著水平。



第五章 討論

透過分區探討足底壓力，可以發現足部壓力特別集中在某些部位，本章將逐項討論足底不同區域各呈現哪些不同之趨勢，並且哪些部分將隨血糖起伏而變化。

第一節 區域平均壓力

在早期的研究中，收集的壓力多半只是一整個站立期中某一瞬間出現的壓力最大值，僅止於一個小區塊，而且不管這一點出現在腳上任何一個部位，較少研究針對一整個區塊的平均壓力進行探討。近年則較多此類的分區探討。綜觀整個步態過程，平均壓力的相對極大值出現在兩個部分：足前以及腳跟。慣用腳平均壓力最大值出現在MT2區($22.1 \pm 5.7 \text{ N/cm}^2$)、MT3區($20.9 \pm 5.3 \text{ N/cm}^2$)，腳跟的外側為第三($15.6 \pm 3.4 \text{ N/cm}^2$)。非慣用腳側最大值出現在MT3($22.2 \pm 5.5 \text{ N/cm}^2$)區，MT2區次之($19.3 \pm 4.7 \text{ N/cm}^2$)，腳跟內側第三($16.9 \pm 3.5 \text{ N/cm}^2$)。若將本實驗與2005年Pataky等人之實驗相比，單以數據而言，該實驗右腳與本實驗慣用腳數據相比，大腳指分別為 20.5 N/cm^2 與 11.0 N/cm^2 ，差異較大。第一腳掌骨分別為 13.7 N/cm^2 與 10.8 N/cm^2 ，而第三腳掌骨分別為 20.5 N/cm^2 與 22.2 N/cm^2 ，相當接近。第五腳掌骨分別為 16.0

N/cm^2 與 8.1 N/cm^2 ，差異頗大。腳根部分則為 18.7 N/cm^2 ，與本實驗之 16.9 N/cm^2 (內側)與 15.3 N/cm^2 (外側)相去不遠。

本實驗計算糖化血色素與平均壓力之間部分有關聯性。在非慣用腳側，T1 與 MT1 區與糖化血色素呈現中度正相關($r=0.44$ 以及 $r=0.33$)，且達顯著水平；腳跟內側的 MH 區與糖化血色素有低度正相關($r=0.15, p=0.04$)；其餘區塊之壓力與糖化血色素幾乎無關。而慣用腳側之 T1、MT1 區與糖化血色素呈現中度正相關($r=0.41$ 以及 $r=0.40$)；MT2 區呈現低度相關($r=0.26, r=0.001$)。本實驗結果顯示，在經過體重標準壓力單位之校正後，糖化血色素將會與大腳指以及第一腳掌骨下平均壓力有線性關係，顯示進三個月內之血糖若控制不良，有可能會反映在足底壓力上。但對於血糖反應較不精確之飯前血糖，只與慣用腳 MT2 區、MT3 區，意即第二腳掌骨與第三腳掌骨此壓力較大值出現之區域壓力有正相關性，且為低度正相關($r=0.14$ 以及 $r=0.16$)。血糖之變化確實與足底壓力相關，血糖控制不良程度的提高，在人體足底壓力最大的兩個區域的壓力也會隨之提高。本實驗也觀察到，並非全足之壓力都隨血糖提升而有明確的變化，這再度驗證過去實驗中，足底壓力並非全足性提升之結論。

第二節 平均負載率

在過去的研究中，鮮少有研究直接討論平均負載率者，平均負載率之物理意義在於表現足底壓力提高的增加程度，或增加速度。或在行走的過程中，在 initial contact 時缺乏肌肉控制協調而任由肢體自由落下，較容易出現較大的負載率，或足底接觸面缺乏緩衝，足底組織薄化，造成壓力感測器瞬間大幅度受力，而非循序漸進時出現較大之負載率。或單純行走速度較快者，其負載率也可能較大。

在各區平均負載率中，主要以腳跟之MH、LH兩區之負載率為最大，慣用與非慣用側之差異並不明顯，平均負載率之最大值為慣用腳 $82.4 \pm 31.1 \text{ N/cm}^2 \cdot \text{s}$ ，非慣用腳 $85.4 \pm 28.3 \text{ N/cm}^2 \cdot \text{s}$ 。由於本實驗並未針對行走速度進行標準化，可能是測量值分散的理由。又將平均負載率與血糖等臨床檢測進行皮爾森積差相關之考驗，並無呈現相關性。可能是由於3個月內的血糖變化一來不足以造成足底組織薄化，二來也不足以造成行走速度的大副變動，故於相關性態討中必無明確之趨勢。

第三節 衝量

衝量為壓力-時間曲線下之積分，代表足部在整個接地面的過程中，總共受到的能量指標。在過去許多研究中均有提及本參數，或以

pressure-time integral 之形式表達(Kanade, 2006)。

由本實驗得知，非慣用腳衝量最大值落於 MT3 區，其次則為 MT2 區，顯示這兩區在整個步態中承受最大能量，第三則是腳跟內側。對慣用腳而言，最大值出現在 MT2 區，其次為 MT3 區，第三則為腳跟外側。與過去 Pataky 等人在 2005 年針對無糖尿病控制組與糖尿病換之對照實驗中，測量出右腳 PTI(pressure-time integral)之最大值位於第五腳掌骨，第三腳掌骨次之，第三為腳跟之結果略有不同，本實驗第五腳掌骨之衝量在兩腳均明顯較低。或許是因為該實驗對於 PTI 之計算方式與本實驗不同。而採樣的族群本身不態有所差異之故。

近年之研究報告顯示(Armstrong, 2004)，由於行走速度會直接造成步態中壓力的變化，走的越慢的人壓力越小，但是倘若計算 pressure-time integral，走得慢的人可能反而會有較大的衝量值。

而在實驗室檢查資料方面，糖化血色素與飯前血糖兩者對於衝量之相關性計算值皆未達顯著標準。

第四節 單點最大壓力

單點最大壓力值為過去 20 年間，糖尿病足底壓力相關研究最常應用之實驗資料，由於過去的測量工具並不如今日發達，難以精細區分一整個動態過程中的分區壓力，隨著電腦科技的發展，影像處理技

術的演進，足底壓力之研究方能趨於多樣化。單點最大壓力指的是在整個站立期中，足底接觸的所有壓力感測器所接受到的瞬間最大值。而本實驗將足底分為 10 個區域，故單點最大值也是每區各一個。

在足前部，MT2 區($54.3 \pm 17.9 \text{ N/cm}^2$)與MT3 區($51.9 \pm 17.4 \text{ N/cm}^2$)分別為慣用腳與非慣用腳之單點最大值之最大值。而大腳指則為雙腳單點最大值第三高的區域。1991 年Fernado等人的實驗，將糖尿病患依照神經病變與足部關節活動受限分組，其壓力最大值出現在兼具關節活動受限以及神經病變者。2001 年Peter等人的實驗中，將神經病變、週邊血管病變、足部變形，以及是否有足底潰瘍病史等多因素來將糖尿病患分類，兼具多種併發症之組別，足底壓力也較大。若與2005 年Pataky等人的實驗相比較，不管在左右腳，他們的實驗都指出大腳指與第三腳掌骨支單點最大值相近，但是本實驗很明顯可以發現，大腳指之單點最大值大約只有MT2 區或MT3 區的三分之二左右。

在實驗室檢查資料方面，本實驗發現糖化血色素與非慣用腳 T1 區以及 MT1 區有低度正相關($r=0.27$ 以及 $r=0.23$)，且達顯著標準 ($p>0.001$ 以及 $p=0.002$)。而慣用腳分別是 T1、MT1、MT2 這三個區域($r=0.27$, $r=0.19$, $r=0.16$)，與單點最大壓力值有低度正相關，且達顯著水平($p>0.001$, $p=0.01$, $p=0.04$)。故可歸納出糖尿病患若長期性血糖控制不良(糖化血色素與 3 個月內血糖平均值呈現線性關係)，則可能導

致足部壓力最大值的上升，但趨勢並未如平均最大壓力值明顯。



第陸章 結論與建議

第一節 結論

本研究以分區壓力實驗設計，收集台灣中部地區中國醫藥大學附設醫院之就診病患之相關病史、測量足底壓力、以及實驗室資料後觀察與比較不同數值之間的關係，目的在於透過足底分區之方式，尋找足底壓力分布的模式，並且尋找哪些區域、何種參數與血糖指標具有關聯性。本實驗發現足底壓力平均最大值會出現在第第二腳掌或第三腳掌骨之下，而腳跟兩區域則略低。負載率最大值集中出現在腳跟部位。在衡量方面，最大值與平均壓力表現模式相似，最大值出現在 MT2 與 MT3 區域。單點最大壓力最大值出現在 MT2 與 MT3 區，但同時大腳指之單點最大值反而比腳跟來的高。此結果可提供臨床工作者作為糖尿病患足部照護時的參考。

同時，本實驗發現糖化血色素與足底壓力相關參數，有相關性者並不多，但與大腳指以及第一腳掌骨接具有中度正相關可以作為臨床上的指標。而飯前血糖則主要與慣用腳第二第三腳掌骨下的平均壓力有相關性，但由於相關性低，可能不足以作為判斷的標準。

第二節 今後研究方向與建議

本實驗針對無關節變形與神經病變等併發症之糖尿病患，觀察奇足底壓力之分布，但由於實驗設計之限制，樣本之歧異性非常大，在許多參數中難以呈現顯著性，未來或許可以採取分層取樣，先行篩選各不同條件之患者後，再加以比較。又本實驗受限於醫療服務之考量，在收集資料的同時已對醫療單位提出改善患者壓力狀態之建言，亦有可能影響結果。本實驗對於足底分區採用人工目測方式，根據各骨性結構之地標(bony landmark)特徵來辨識各解剖構造的相對位置，但缺乏放射影像解剖學之佐證，若日後之研究能加入放射診斷，應該能夠避免分區過程中所產生的誤差，增加實驗精確度。

由本實驗之結果不難發現，某些區域對於壓力參數之表現有相當大的一致性，未來的研究或許可以透過因素分析，評估哪些相鄰區域的表現具有高度一致性，或許可以將這些區域合併唯一區加以探討，可以更具有代表性，並可簡化複雜的分區方式，避免分區過程中出現的誤差。

參考文獻

1. Abbott, C. A., Garrow, A. P., Carrington, A. L., Morris, J., van Ross, E. R., & Boulton, A. J. (2005). Foot ulcer risk is lower in South-Asian and african-Caribbean compared with European diabetic patients in the U.K.: the North-West diabetes foot care study. *Diabetes Care*, 28(8), 1869-1875.
2. Abbott, C. A., Vileikyte, L., Williamson, S., Carrington, A. L., & Boulton, A. J. (1998). Multicenter study of the incidence of and predictive risk factors for diabetic neuropathic foot ulceration. *Diabetes Care*, 21(7), 1071-1075.
3. Abboud, R. J., Rowley, D. I., & Newton, R. W. (2000). Lower limb muscle dysfunction may contribute to foot ulceration in diabetic patients. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 15(1), 37-45.
4. Abouaasha, F., van Schie, C. H., Griffiths, G. D., Young, R. J., & Boulton, A. J. (2001). Plantar tissue thickness is related to peak plantar pressure in the high-risk diabetic foot. *Diabetes Care*, 24(7), 1270-1274.
5. Ahroni, J. H., Boyko, E. J., & Forsberg, R. C. (1999). Clinical correlates of plantar pressure among diabetic veterans. *Diabetes Care*, 22(6), 965-972.
6. Armstrong, D. G., Lavery, L. A., Holtz-Neiderer, K., Mohler, M. J., Wendel, C. S., Nixon, B. P., et al. (2004). Variability in activity may precede diabetic foot ulceration. *Diabetes Care*, 27(8), 1980-1984.
7. Armstrong, D. G., Lavery, L. A., Kimbriel, H. R., Nixon, B. P., &

- Boulton, A. J. (2003). Activity patterns of patients with diabetic foot ulceration: patients with active ulceration may not adhere to a standard pressure off-loading regimen. *Diabetes Care*, 26(9), 2595-2597.
8. Armstrong, D. G., Lavery, L. A., Nixon, B. P., & Boulton, A. J. (2004). It's not what you put on, but what you take off: techniques for debriding and off-loading the diabetic foot wound. *Clinical infectious diseases*, 39(Suppl 2), S92-99.
 9. Baumhauer, J. F., Werve, R., McWilliams, J., Harris, G. F., & Shereff, M. J. (1997). A comparison study of plantar foot pressure in a standardized shoe, total contact cast, and prefabricated pneumatic walking brace. *Foot & ankle international*, 18(1), 26-33.
 10. Birtane, M., & Tuna, H. (2004). The evaluation of plantar pressure distribution in obese and non-obese adults *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 19(10), 1055-1059.
 11. Boulton, A. J., Vileikyte, L., Ragnarson-Tennvall, G., & Apelqvist, J. (2005). The global burden of diabetic foot disease. *Lancet.*, 366(9498), 1719-1724.
 12. Boulton, A. J. (2004). Pressure and diabetic foot: clinical science and offloading techniques. *The American Journal of Surgery*, 187(Suppl to may 2004), 17S-24S.
 13. Brem, H., Balledux, J., Bloom, T., Kerstein, M. D., & Hollier, L. (2000). Healing of diabetic foot ulcers and pressure ulcers with human skin equivalent: a new paradigm in wound healing. *Archives of surgery*, 135(6), 627-634.
 14. Bueker, B. J., van Deursen, R. W., Price, P., Manning, E. A., van Baal,

- J. G., & Harding, K. G. (2005). Plantar pressure in off-loading devices used in diabetic ulcer treatment. *Wound repair and regeneration*, 13(6), 537-542.
15. Bus, S. A., & Lange, A. D. (2005). A comparison of the 1-step, 2-step, and 3-step protocols for obtaining barefoot plantar pressure data in the diabetic neuropathic foot. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 20(9), 892-899.
16. Bus, S. A., Maas, M., Lange, A. d., Michels, R. P. J., & Levi, M. (2005). Elevated plantar pressures in neuropathic diabetic patients with claw/hammer toe deformity. *Journal of Biomechanics*, 38(9), 1918-1925.
17. Caselli, A., Pham, H., Giurini, J. M., Armstrong, D. G., & Veves, A. (2002). The forefoot-to-rearfoot plantar pressure ratio is increased in severe diabetic neuropathy and can predict foot ulceration. *Diabetes Care*, 25(6), 1066-1071.
18. Commean, P. K., Mueller, M. J., Smith, K. E., Hastings, M., Klaesner, J., Pilgram, T., et al. (2002). Reliability and validity of combined imaging and pressures assessment methods for diabetic feet. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 83(4), 497-505.
19. Dai, X. Q., Li, Y., Zhang, M., & Cheung, J. T. M. (2006). Effect of sock on biomechanical responses of foot during walking. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 21(3), 314-321.
20. Deursen, R. W. v. (2004). Mechanical Loading and Off-loading of the Plantar Surface of the Diabetic Foot. *Clinical infectious diseases*, 1(39 Suppl 2), S87-S91.
21. Donaghue, V. M., Giurini, J. M., Rosenblum, B. I., Weissman, P. N.,

- & Veves, A. (1995). Variability in function measurements of three sensory foot nerves in neuropathic diabetic patients. *Diabetes research and clinical practice*, 29(1), 37-42.
22. Donaghue, V. M., Sarnow, M. R., Giurini, J. M., Chrzan, J. S., Habershaw, G. M., & Veves, A. (1996). Longitudinal in-shoe foot pressure relief achieved by specially designed footwear in high risk diabetic patients. *Diabetes research and clinical practice*, 31(1-3), 109-114.
23. Duckworth, T., Boulton, A. J., Betts, R. P., Franks, C. I., & Ward, J. D. (1985). Plantar pressure measurements and the prevention of ulceration in the diabetic foot. *The Journal of bone and joint surgery. British volume.*, 67(1), 79-85.
24. Fernando, D. J. S., Masson, E. A., Veves, A., & Boulton, A. J. (1991). Relationship of limited joint mobility to abnormal foot pressures and diabetic foot ulceration. *Diabetes Care*, 14(1), 8-11.
25. Gregg, E. W., Sorlie, P., Paulose-Ram, R., Gu, Q., Eberhardt, M. S., Wolz, M., et al. (2004). Prevalence of lower-extremity disease in the US adult population ≥ 40 years of age with and without diabetes: 1999-2000 national health and nutrition examination survey. *Diabetes Care*, 27(7), 1591-1597.
26. Harrington, C., Zagari, M. J., Corea, J., & Klitenic, J. (2000). A cost analysis of diabetic lower-extremity ulcers. *Diabetes Care*, 23(9), 1333-1338.
27. Hessert, M. J., Vyas, M., Leach, J., Hu, K., Lipsitz, L. A., & Novak, V. (2005). Foot pressure distribution during walking in young and old adults. *BMC geriatrics [electronic resource]*. 5(8), Epub.

28. Holcomb, S. S. (2004). PAOD testing in diabetic patients. *The Nurse practitioner*, 29(11), 6-7.
29. Hughes, R., Rowlands, H., & McMeekin, S. (2000). A laser plantar pressure sensor for the diabetic foot. *Medical engineering & physics*, 22, 149-154.
30. Kanade, R. V., Deursen, R. W. M. v., Price, P., & Harding, K. (2006). Risk of plantar ulceration in diabetic patients with single-leg amputation. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 21(3), 306-313.
31. Katoulis, E. C., Boulton, A. J., & Raptis, S. A. (1996). The role of diabetic neuropathy and high plantar pressures in the pathogenesis of foot ulceration. *Hormone and metabolic research.*, 28(4), 159-164.
32. Kimmeskamp, S., & Hennig, E. M. (2001). Heel to toe motion characteristics in Parkinson patients during free walking *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 16(9), 806-812.
33. Lavery, L. A., Armstrong, D. G., Wunderlich, R. P., Tredwell, J., & Boulton, A. J. (2003). Predictive value of foot pressure assessment as part of a population-based diabetes disease management program. *Diabetes Care*, 26(4), 1069-1073.
34. van der Leeden, M., Steultjens, M., Dekker, J. H. M., Prins, A. P. A., & Dekker, J. (2006). Forefoot joint damage, pain and disability in rheumatoid arthritis patients with foot complaints: the role of plantar pressure and gait characteristics. *Rheumatology (Oxford, England)*, 45(4), 465-469.
35. Lobmann, R., Kayser, R., Kasten, G., Kluge, U., Neumann, W., & Lehnert, H. (2001). Effect of preventative footwear on foot pressure as determined by pedobarography in diabetic patients: a prospective

- study. *Diabetic medicine*, 18, 314-319.
36. Mao, D. W., Li, J. X., & Hong, Y. (2006). Plantar pressure distribution during Tai Chi exercise. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 87(6), 814-820.
37. Menz, H. B., & Morris, M. E. (2005). Clinical determinants of plantar force and pressure during walking in older people. *Gait & Posture*, 22, Epud.
38. Miranda-Palma, B., Sosenko, J. M., Bowker, J. H., Mizel, M. S., & Boulton, A. J. (2005). A comparison of the monofilament with other testing modalities for foot ulcer susceptibility. *Diabetes research and clinical practice*, 70(1), 8-12.
39. Newton, D. J., Bennett, S. P., Fraser, J., Khan, F., Belch, J. J. F., Griffiths, G., et al. (2005). Pilot study of the effects of local pressure on microvascular function in the diabetic foot. *Diabetic medicine*, 22(11), 1487-1491.
40. Orlin, M. N., & McPoil, T. G. (2000). Plantar pressure assessment. *Physical therapy*, 80(4), 399-409.
41. Pataky, Z., Assal, J.-P., Conne, P., H, H. V., & Golay, A. (2005). Plantar pressure distribution in Type 2 diabetic patients without peripheral neuropathy and peripheral vascular disease. *Diabetic medicine : a journal of the British Diabetic Association*, 22(6), 762-767.
42. Peters, E. J., & Lavery, L. A. (2001). Effectiveness of the diabetic foot risk classification system of the International Working Group on the Diabetic Foot. *Diabetes Care*, 24(8), 1442-1447.
43. Pham, H., Armstrong, D. G., Harvey, C., Harkless, L. B., Giurini, J.

- M., & Veves, A. (2000). Screening techniques to identify people at high risk for diabetic foot ulceration: a prospective multicenter trial. *Diabetes care*, 23(5), 606-611.
44. Prabhu, K. G., Patil, K. M., & Srinivasan, S. (2001). Diabetic feet at risk: a new method of analysis of walking foot pressure images at different levels of neuropathy for early detection of plantar ulcers. *Medical & biological engineering & computing*, 39(3), 288-293.
45. Ramdharry, G. M., Marsden, J. F., Day, B. L., & Thompson, A. J. (2006). De-stabilizing and training effects of foot orthoses in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis*, 12(2), 219-226.
46. Ramsey, S. D., Newton, K., Blough, D., McCulloch, D. K., Sandhu, N., Reiber, G. E., et al. (1999). Incidence, outcomes, and cost of foot ulcers in patients with diabetes. *Diabetes Care*, 22(3), 382-387.
47. Rao, S., Saltzman, C., & Yack, H. J. (2005). Ankle ROM and stiffness measured at rest and during gait in individuals with and without diabetic sensory neuropathy. *Gait & posture*, 14, [Epub ahead of print].
48. Reiber, G. E. (1996). The epidemiology of diabetic foot problems. *Diabetic medicine*, 13(Suppl 1), S6-11.
49. Reiber, G. E. (2001). *Epidemiology of foot ulcers and amputations in the diabetic foot*. St. Louis: Mo: Mosby.
50. Sarnow, M. R., Veves, A., Giurini, J. M., Rosenblum, B. I., Chrzan, J. S., & Habershaw, G. M. (1994). In-shoe foot pressure measurements in diabetic patients with at-risk feet and in healthy subjects. *Diabetes Care*, 17(9), 1002-1009.
51. van Schies, C. H. M., Rawat, F., & Boulton, A. J. (2005). Reduction

- of plantar pressure using a prototype pressure-relieving dressing. *Diabetes Care*, 28(9), 2236-2237.
52. Siitonen, O. I., Niskanen, L. K., Laakso, M., Siitonen, J. T., & Pyorala, K. (1993). Lower-extremity amputations in diabetic and nondiabetic patients. A population-based study in eastern Finland. *Diabetes Care*, 16(1), 16-20.
53. Singh, N., Armstrong, D. G., & Lipsky, B. A. (2005). Preventing foot ulcers in patients with diabetes. *JAMA : the journal of the American Medical Association*, 293(2), 217-228.
54. Sosenko, J. M., Marta, K., Ramon, S., & Bild, D. E. (1990). Comparison of quantitative sensory-threshold measures for their association with foot ulceration in diabetic patients. *Diabetes care*, 13(10), 1057-1061.
55. Stebbins, J. A., Harrington, M. E., Giacomozzi, C., Thompson, N., Zavatsky, A., & Theologis, T. N. (2005). Assessment of sub-division of plantar pressure measurement in children. *Gait & Posture*, 22(4), 372-376.
56. Veves, A., Murray, H. J., Young, M. J., & Boulton, A. J. (1992). The risk of foot ulceration in diabetic patients with high foot pressure: a prospective study. *Diabetologia*, 35(7), 660-663.
57. Veves, A., van Ross, E. R. E., & Boulton, A. J. M. (1992). Foot pressure measurements in diabetic and nondiabetic amputees. *Diabetes Care*, 15(7), 905-907.
58. Vijay, V., Seena, R., Lalitha, S., Snehalatha, C., & Ramachandran, A. (1998). A simple device for foot pressure measurement. Evaluation in south Indian NIDDM subjects. *Diabetes Care*, 21(7), 1205-1206.

59. Weist, R., Eils, E., & Rosenbaum, D. (2004). The Influence of Muscle Fatigue on Electromyogram and Plantar Pressure Patterns as an Explanation for the Incidence of Metatarsal Stress Fractures *The American Journal of Sports Medicine*, 32(8), 1893-1898
60. Willems, T. M., Clercq, D. D., Delbaere, K., Vanderstraeten, G., Cock, A. D., & Witvrouw, E. (2006). A prospective study of gait related risk factors for exercise-related lower leg pain. *Gait & Posture*, 23, 91-98.
61. Yavuzer, G., Yetkin, I., Toruner, F. B., Koca, N., & Bolukbasi, N. (2006). Gait deviations of patients with diabetes mellitus: looking beyond peripheral neuropathy. *Europa medicophysica*, [Epub ahead of print].
62. 行政院衛生署. (2004). 民國 93 年死因統計結果摘要. from <http://www.doh.gov.tw/statistic/index.htm>
63. 行政院衛生署. (2004). 民國 93 年國民醫療保健支出. from <http://www.doh.gov.tw/statistic/index.htm>
64. 吳思賢, & 陳建華. (1995). 淺談糖尿病足. *臨床醫學*, 56(4), 256-258.
65. 吳柏青, & 蕭崇聖. (2000). 糖尿病足部病變. *基層醫學*, 15(5), 89-92.
66. 國家衛生研究院疾病預防委員會. (2001). *身體活動與第 2 型糖尿病*. 台北市.
67. 陳文基. (2003). *扁平足弓和正常足弓走與跑之生物力學研究*. 國立體育學院. 碩士論文.

68. 曾慶孝, 戴東原, 張春琴, 陳建仁, & 林瑞祥. (1994). 糖尿病人下肢截肢後之死亡分析. *臺灣醫學會雜誌*, 93:10, 842-848.
69. 曾慶孝, 戴東原, 陳建仁, & 林瑞祥. (1994). 糖尿病下肢截肢之十年臨床分析. *臺灣醫學會雜誌*, 93:5, 388-392.
70. 謝勝湖. (1994). 糖尿病足病變的治療與預防之最新進展. *臺北市醫師公會會刊*, 44(4), 39-47.



附錄

足底壓力檢查基本資料

姓名：_____ 第_____次檢查 檢查日期：_____

身分證字號：_____ 流水號：_____

個人資料					
出生年月日	民國	年	月	日	性別
身高(cm)		體重(kg)		慣用腳	□左 □右
足長	L't	R't		足寬	

DM 發病日期_____

Deformity R _____

L _____

Neuropathy R _____

L _____

Ulcer history: R L _____

HbA1c _____

AC _____

BC _____

Other medical problem:

Heart Disease HTN Cerebral disorder

Nerv Root OA/RA Others _____

