

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

整合肌電訊號暨壓力感測以評估骨盆底肌肌力控制機制 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 95-2221-E-040-003-
執行期間：95年08月01日至96年10月31日
執行單位：中山醫學大學物理治療學系

計畫主持人：陳怡靜
共同主持人：陳家進、陳進典
計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理：陳家禾
大學生-兼任助理：周瑞育

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢

中華民國 97年01月31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

整合肌電訊號暨壓力感測以評估骨盆底肌肌力控制機制

**Integration of EMG - Pressure Based System for Neuromuscular
Control of Pelvic Floor Muscles**

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 95-2221-E-040-003-

執行期間：95年8月1日至96年10月31日

計畫主持人：陳怡靜

共同主持人：陳家進、陳進典

計畫參與人員：陳家禾、周瑞育

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：中山醫學大學 物理治療學系
國立成功大學 醫學工程研究所
中山醫學大學 醫學系

中華民國 97 年 1 月 30 日

一、中英文摘要

骨盆底肌肉群不只是腹腔下的一個支撐而已，它更是排尿、排便以及生殖道出口把關的一個重要的器官。當骨盆底肌肉功能異常時將導致骨盆底功能障礙或失調。四肢骨骼肌肌力控制的主要機制，已被充分的研究，但目前並無學者探討骨盆底肌肉肌力控制的主要機制及肌肉功能的控制改善機轉。

一個結合多種生理訊號測量於一的多通道骨盆底功能測量儀器，將有助於分析了解肌力控制機轉。本研究第一年的部份是發展一套新型的無線傳輸資料擷取系統，以紀錄骨盆底肌肉收縮控制。陰道探頭分別有左右側的雙極式電極以分別記錄左右骨盆底肌電訊號。為增加研究的便利性，表面肌電訊號透過低功率傳輸的無線藍芽模組來進行記錄分析。

在此初步研究中，用此新型無線陰道探頭評估記錄三位自願受測者在平躺姿勢下執行最大自主性骨盆底肌肉收縮的相關訊號；除對評估儀器進行檢測外，也觀察骨盆底肌肉在收縮時左右兩側之間的協調性的關係。初步的結果顯示：下泌尿道功能障礙受測者，其骨盆底肌肉左右側的收縮並非完全對稱；此新型無線陰道探頭的設計將有助於骨盆底肌肉的相關研究，特別是在功能與結構變化上的深度了解。

以上為此年度研究的初期成果，延續上述研究的發現，將於下年度研發整合肌電訊號與位移生理訊號測量於一的多通道骨盆底功能測量儀器。可同步紀錄骨盆底肌在活動過程中造成陰道與附近結構移動影響。尤其是可以進一步分析不同的肌力表現（力量強相對於力量弱或左右不對稱的力量）對陰道在空間中位移影響分析。

關鍵字：骨盆底功能障礙、骨盆底肌、評估、

表面肌電圖電極、藍芽無線

In support of internal organs in abdominal cavity, pelvic floor muscles are more than important to serve as a door of urination, defecation and reproduction. Many of serious problems can be caused by dysfunction of pelvic floor muscles. Up to the present, little effort has been driven to physiological mechanisms of strengthening and force regulation for the pelvic floor muscle, though they have much been clarified in the skeletal muscles.

To gain a better insight into function of the pelvic floor muscles must rely on a new instrument to characterize sophisticatedly contraction dynamics of the muscles in a multi-facet dimensionality. In the first year of the current study, we developed a novel Bluetooth-based wireless data acquisition system, can simultaneously record electromyography (EMG) bilaterally. The EMG signals were recorded simultaneously and transmitted wirelessly via low-power Bluetooth module to avoid the inconvenience of wire connection, especially under dynamic movements.

Data were analyzed with respect to maximal voluntary pelvic floor contraction of three volunteer subjects. Our initial results show that even though both sides of PFMs work as a group but the contraction of the PFMs may be asymmetry, especially in patient with lower urinary tract dysfunction. Our wireless sensing device provides a novel tool to broaden our understanding of the coordination of bilateral PFMs of PFM contraction.

We will continue to develop a novel

Bluetooth-based wireless data acquisition system, can simultaneously record electromyography activity with the vagina position related to pubic bone during PFM contraction in the following study. Recording the position of vagina related to pubic bone could give us extra information about the role of PFM contraction in control of pelvic floor and relative organs and the continence mechanism.

Key words: pelvic floor dysfunction, pelvic floor muscle, evaluation, electromyogram, blue tooth

二、前言

骨盆底肌肉群不只是腹腔下的一個支撐而已，它更是排尿、排便以及生殖道出口把關的一個重要的器官。經由這些提肛肌的收縮與放鬆，使得膀胱及直腸排泄物平常不會外漏，而在需要排泄時又能夠充分的放鬆以便排空。

當骨盆底肌肉功能異常時，如：因來自於恥尾肌的受傷、破壞或是去神經所產生骨盆底肌肉鬆弛，包括骨盆底肌肉反射性收縮能力的喪失、肌肉無力或張力過低等，導致婦女產生應力性尿失禁或生殖器官向外脫垂，影響到病人性生活，甚至因為直腸脫垂而造成排便的困難 (Deindl et al., 1994; Wall & Davidson, 1992)。當由於壓力及情緒對於脊髓上的中樞神經之神經傳遞物質的釋放造成改變；或由於骨盆底肌肉局部的發炎、感染；甚至由於學習得來的行為情況改變，使得骨盆底肌肉產生過度緊張的狀況而無法有效的放鬆，導致骨盆底肌肉疼痛或無法有效率的排尿 (Diendle et al., 1998)。可見骨盆底肌肉的收縮控制在骨盆底功能障礙或失調 (pelvic floor dysfunction) 的病理生理機轉中扮演重

要的角色。

三、研究目的

四肢骨骼肌肌力控制的主要機制，已被充分的研究，但目前並無學者探討骨盆底肌肉肌力控制的主要機制及比較骨盆底肌肉運動訓練介入是否真能改變了這些控制機制。骨盆底肌肉分為左、右兩邊，個別接受來自左、右兩側的陰部神經支配，所以恥尾肌的受傷、破壞或是去神經的程度也會有左右不同的情況。本計畫的研究目的將針對收集骨盆底肌肉收縮控制，發展微小化的雙道表面 EMG 電極以同步收集左右兩側骨盆底肌肉電訊號的陰道探頭；改良傳統儀器在有線傳輸上所造成治療的不便，利用具備體積小、低功率傳輸的藍芽模組來達到短距離的無線傳輸，完成可攜式的穿戴裝置，並藉由訊號處理技術分析所收集之訊號，以探討骨盆底肌肉力控制機制。

四、文獻探討

在世界各地有越來越多學術單位或研發團體投入研究骨盆底肌功能的探討，顯見骨盆底肌肉的收縮控制在骨盆底功能障礙或失調 (pelvic floor dysfunction) 的病理生理機轉中的重要性。

Laycock (2001) 提出以手指測試骨盆底肌肉的 P.E.R.F.E.C.T 功能，其中 P (Power) 代表力量 R (Repetitions) 代表可收縮多少次。F (Fast)：快速收縮次數。E (Every)、C (Contraction)、T (Timed)：代表提醒受試者，每回可作幾次，每次收縮多久。這種簡單的評估方法，使用手指頭進行陰道或肛門指診，偵測收縮力量的強弱或放鬆的程度。方便作為臨床評估，但因有許多主觀判定的部分，較不適合作為研究評估之用。

中空壓力探頭偵測陰道 (perineometer) 或肛門直腸內壓力 (anorectal manometer) 因為骨盆底肌肉收縮時會對陰道或肛門產生擠壓造成壓力值改變，間接代表骨盆底肌肉力量的變化 (Bo et al., 1990)。這種評估方法簡單方便，但若受試者同時使用收縮腹肌，其腹壓增加向下推擠壓力儀將影響測量讀數。

經會陰部超音波 (translabial ultrasound) 因為非侵入性、方便使用之故，近來用以檢測骨盆底肌肉的收縮漸漸增加。藉計算影像中膀胱頸 (bladder neck)、尿道近端 (the proximal urethra) 及骨盆底肌相對於不動的恥骨聯合 (pubic symphysis) 之間的距離或角度改變來代表肌肉收縮的力量 (Dietz et al., 2002)。

利用肌電圖 (electromyogram, EMG) 可量測骨盆底肌肉在活動或靜止時的電氣生理現象。陰道電極的設計目前多為 Bipolar electrode EMG，比較兩電極間的電位變化以代表在電極下方肌肉群的電位變化，如此的設計所觀察到的仍是左右骨盆底肌合力的表現。故有必要在陰道測量探頭的兩側分別置入各一組 bipolar electrode，分別記錄左右兩側肌肉的肌電變化，則可克服其他測量儀器只允許紀錄總和的肌力改變的困境，若是可以同時測量力量改變，則骨盆底肌肌力控制機制與改善狀況將可因此進行探討。

五、研究方法

(A) 設計與建立微小化嵌入式無線系統會於陰部生理訊號擷取探頭:

利用購自於 Femiscan 公司的會陰探頭進行結構及功能上的修改，將不鏽鋼材質的表面電極分別安排在會陰探頭的左右兩側，單側電極皆以雙極 (bipolar) 輸入的方式與系統進行連接，了解左右側骨盆底肌肉群收縮時

的分別肌電訊號表現以達到同步記錄及分析的效果。

此外；改良傳統儀器在有線傳輸上所造成評估的不便，利用具備體積小、低功率傳輸的藍芽模組來達到短距離的無線傳輸。整個微小化無線系統的建構上，所有被動元件均以 SMD 包裝為主，因此系統功率消耗較低，體積較小。主要部份包含類比訊號處理單元、數位訊號處理單元、無線傳輸模組、可攜式裝置以及個人電腦所組成。目前整個訊號擷取系統中會陰擷取探頭所擷取到的肌電訊號分別在類比電路中先做前置的訊號處理，其中包括前置的差動放大、訊號濾波、系統阻抗匹配等處理，後端將以生理訊號送入多通道 12 bit 解析度的 A/D 轉換器中做類比及數位訊號的轉換，以數位的方式來紀錄其類比訊號的變化，在數位電路中，置入一組微控制器 PIC18F452，用以控制資料流的編碼及傳遞，透過高資料傳輸率的串列界面利用藍芽無線傳輸的方式傳至 PC 及可攜式裝置中。

(B) 測量儀器臨床測試評估:

三位無任何神經系統或肌肉骨骼系統問題的女性自願受測者 (年齡範圍: 24-35 歲) 執行最大自主性骨盆底肌肉收縮以記錄相關肌電訊號。其中一位受測者無任何下泌尿道問題 (normal subject)，一位有輕微應力性尿失禁問題 (mild stress urinary incontinence, SUI)，一位有間質性膀胱炎問題 (interstitial cystitis, IC)。

在平躺姿勢下，測試者將陰道評估儀置於受測者的陰道內適當位置。受測者保持 10 秒的完全放鬆以記錄骨盆底肌的 baseline (resting) EMG。接下來進行 5 秒最大自主收縮 5 秒放鬆共連續 5 次，以紀錄左右兩側骨盆底肌收縮情形。

所有記錄的訊號將及時被數位化並以藍芽無線傳輸的方式傳至 PC (放置在 5 公尺距離範圍內)，以作為及時監控 (real-time monitoring) 並儲存以供離線分析用。

六、結果與討論

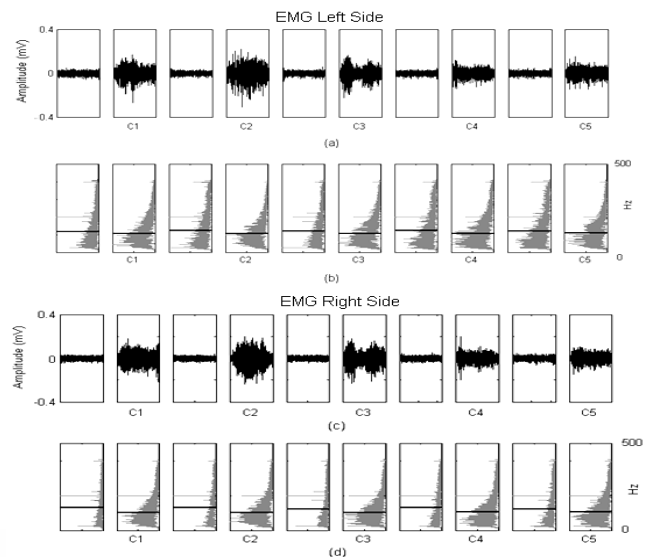
圖一為其中一位受測者連續五次收縮與放鬆過程左右兩側骨盆底肌肉分別的肌電圖表現。



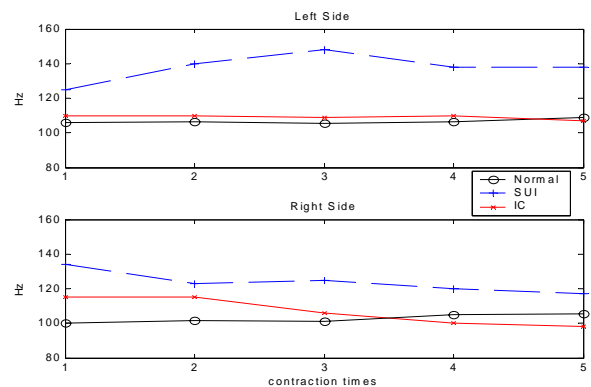
圖一 Typical recording of bilateral EMG signals.

對 EMG 訊號進行頻譜分析，原始訊號 (raw data) 與中頻 (median frequency) 的結果呈現於圖二。其中正常受測者左右兩側 EMG 中頻相近，在連續五次收縮後並無造成明顯的中頻偏移 (MDF shift)。相對的，間質性膀胱炎受測者的中頻在連續五次收縮之間的表現變異較正常者大 (large variation of 16Hz)；而尿失禁受測者則有左右側之間表現的差異 (圖三)。

在 EMG 頻譜分析中，中頻偏移常被用以作為觀察肌肉疲勞的參數 (Bonato et al., 2001)。在疲勞測試中隨著疲勞程度增加，較弱的肌肉的中頻往下偏移會較強狀的肌肉快。由初步的實驗結果可見，即使在五次五秒的收縮情形下，不同的受測者之間中頻分析結果表現卻不盡相同。因此 EMG 頻譜中頻不只是可以用來代表肌肉在收縮過程中肌肉徵招的形式，亦可用以觀察兩側骨盆底肌肉是否有強弱之分。



圖二 The (a) raw EMG and (b) MDF of five consecutive contractions recorded from left side of PFM and those, (c) and (d), from right side.



圖三 Comparison of MDF between left and right sides of EMG for normal (-o-), SUI (+-), and IC (-x-) subjects.

參考文獻

BØ K, Kvarstein B, Hagen RR et al. (1990). Pelvic floor muscle exercise for treatment of female stress urinary incontinence: II Validity of vaginal pressure measurements of pelvic floor muscle strength and the necessity of supplementary methods for control of correct contraction. *Neurourol Urodyn*, 9: 479.

Bonato P, Roy SH, Knafitz M, De Luca CJ

(2001). Time-frequency parameters of the surface myoelectric signal for assessing muscle fatigue during cyclic dynamic contractions. IEEE Trans Biomed Eng 48:745-753.

Deindl FM, Vodusek DB, Hesse U et al (1994). Pelvic floor activity patterns: comparison of nulliparous continence and parous urinary stress incontinence women. A kinesiological EMG study. Br J Urol, 73: 413.

Diendle FM, Vodusek DB, Bischoff CH et al. (1998). Dysfunctional voiding in women: Which muscles are responsible? Br J Urol, 82: 814.

Dietz HP, Jarvis SK, Vancaillie TG (2002). The assessment of levator muscle strength: A validation of three ultrasound techniques. Int Urogynecol J, 13: 156.

Lycock J & Jerwood D (2001). Pelvic floor muscle assessment: The PERFECT scheme. Physiotherapy, 87(12): 631.

Wall LL, Davidson TG (1992). The role of muscular re-education by physical therapy in treatment of genuine stress incontinence. Obstet Gynecol Surv, 47: 322.

七、計畫成果自評

計畫原為兩年期計畫，欲研發無線骨盆底功能測量儀器陰道探頭以利骨盆底肌肌力控制機制之評估。但本次計畫補助只通過一年，因此於此年度著重於完成微小化無線傳輸系統的建構，包含類比訊號處理單元、數位訊號處理單元、無線傳輸模組、可攜式

裝置等，並可在五公尺內正確無誤傳輸左右兩側骨盆底肌肌電訊號，其系統傳輸頻寬可達 230 kbps，可提供八組取樣頻率為 1k Hz 生理訊號傳輸，該年度預計進度已大致完成。第二年計畫經修改後提出，已在次年度通過，將著重於增加另一生理參數測量於既有之陰道探頭測量系統中，將有助於對骨盆底肌肌肉控制機轉進行多面向探討。

可供推廣之研發成果資料表

 可申請專利 可技術移轉

日期：97 年 1 月 30 日

國科會補助計畫	計畫名稱：整合肌電訊號暨壓力感測以評估骨盆底肌肌力控制機制 計畫主持人：陳怡靜 計畫編號：NSC 95-2221-E-040-003- 學門領域：醫學工程 醫用電子
技術/創作名稱	藍芽無線陰道探頭
發明人/創作人	陳怡靜、陳家進、陳家禾
技術說明	中文： 發展一套新型的無線傳輸資料擷取系統，以紀錄骨盆底肌肉收縮控制。經由修改市售陰道探頭，分別有左右側的雙極式電極以分別記錄左右骨盆底肌電訊號。為增加研究的便利性，表面肌電訊號透過低功率傳輸的無線藍芽模組來進行記錄分析。
	英文： A novel Bluetooth-based wireless data acquisition system, can simultaneously record electromyography (EMG) bilaterally was developed. The EMG signals were recorded using bilateral electrodes of a custom modified Femiscan™ probe. The EMG signals were recorded simultaneously and transmitted wirelessly via low-power Bluetooth module to avoid the inconvenience of wire connection.
可利用之產業 及 可開發之產品	骨盆底肌評估儀器
技術特點	微小化無線系統的建構，所有被動元件均以 SMD 包裝為主，因此系統功率消耗較低，體積較小。
推廣及運用的價值	有助於對骨盆底肌肌肉控制機轉進行多面向探討

※ 1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。

※ 2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。

※ 3. 本表若不敷使用，請自行影印使用。