

國立臺灣體育學院體育研究所
碩士學位論文

靜態伸展運動與經皮神經電刺激
對延遲性肌肉酸痛的影響效應
**The Effect of the Static Stretch Exercise and
Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation
on Delayed Onset Muscle Soreness.**



研究生：陳百鍊 撰

指導教授：趙榮瑞 教授

中華民國九十四年六月

論文名稱：靜態伸展運動與經皮電刺激對延遲性肌肉酸痛的影響效應

總頁數：84

院校所組別：國立台灣體院學院體育研究所體育組
畢業時間及提要別：九十四學年度第二學期碩士學位
論文提要

研究生：陳百鍊

指導教授：趙榮瑞

論文提要內容：

中文摘要

本研究旨在探討靜態伸展運動經皮神經電刺激對延遲性肌肉酸痛症狀之影響。28位健康男、女學生隨機分派到(1)接受15分鐘的股四頭肌靜態伸展運動(2)接受15分鐘經皮神經電刺激在股四頭肌上(3)控制組。

受試者皆進行登階運動來誘發非慣用腳的股四頭肌產生延遲性肌肉酸痛。資料的收集包括3個依變相：關節活動度、肌肉疼痛指數及腿圍腫脹程度。並測量運動前及運動後立刻、24、48及72小時不同治療方法的差異性。資料收集後以二因子變異數分析考驗其差異結果。研究結果顯示：關節活動度在治療與時間因子的交互作用達顯著水準($p < .05$)；肌肉疼痛指數與腿圍腫脹在時間因子變項上達顯著水準($p < .05$)。因此，本研究顯示靜態伸展運動和經皮神經電刺激在治療DOMS症狀後關節活動度的改善是有療效的。雖然兩組在肌肉疼痛與肌肉腫脹比控制組改善，然未達統計顯著水準。

關鍵詞：膝關節活動度，肌肉酸痛指數，肌肉腫脹

Chen, Bye-Then(2005).The Effect of the Static Stretch Exercise and Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Delayed Onset Muscle Soreness. Unpublished master's thesis, National Taiwan College of Physical Education, Taichung.

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of static stretch exercise and TENS on DOMS. Twenty-eight health volunteers were randomly assigned to three groups : (a) Subjects who 15min static stretch quadriceps (b) subjects with TENS on quadriceps for 15 min (c) control group. The step test required subjects to do their non-domain lower extremity to exhaust and assured that DOMS would be produced. Data were collected on three dependent variables : ROM , MSI , MSC. Data were collected on five occasions : pre-and post-induced DOMS and 24 、 48 、 and 72 hours after treatment. Two-way ANOVA were used to compare the statistical difference. The results indicated that the ROM of treat over the time was interaction significantly ($p < .05$). The main effect for time factor in MSI and MSC were revealed significant difference ($p < .05$). Thus, this study suggest that static stretch exercise and TENS are effective in treat ROM but on MSI and MSC may not be an accurate indicate on DOMS.

Key words : range of motion(ROM),muscle soreness index (MSI),muscle swelling circumference(MSC)

謝誌

當報告完論文審核後，頓時的內心真不知道該如何得表達是歡喜呢？還是悲？回想這三年來的點點滴滴，從就讀研究所開始就是百般的挫折與不順，一來單位主管並不願意配合我上課的時間，因此，每學期皆對選課問題而煩惱。二來，我是非本科系的研究生，所以又要多選修許多學分，所以在整個求學過程中相當辛苦，也因為如此，我也特別珍惜每次上課的時間，深怕浪費到自己所爭取到的僅有半天假。三年後的今天，無論在工作場所，或是探究學問上，我對於問題的看法，會從多方面去思考、判斷，並且有自信的去表達自己的看法，這是在三年前我所學不到的。

如今畢業了，首先，我要感謝的第一人是我的指導教授：趙榮瑞教授。趙教授除了在論文的細心指導外，最重要的是讓我重拾自信心及自我肯定，這是任何金錢都買不到的。這三年來我從不敢發表文章到相繼的提出二次海報發表及一次的口頭發表過程，我想讀研究所的我已經無任何遺憾了。此刻再說一聲趙教授謝謝您。其次，我要感激曾經教導過我的任課老師包括心理學的廖主民博士、運動生理學的呂欣善主任及運動科學的許壬榮所長、統計學的林房贊教授等，因為我從他們身上學習到許多求學的態度及理念。還要感謝口試委員林貴福博士及謝錦城博士，沒有他們的指導，我的論文是無法達到一定的水準。

最後要感謝我的家人：爸爸、媽媽無條件的支持，使我從好不容易考上研究所直到好不容易才畢業，沒有他們的支持就沒有今天的我。更要感謝的是我的愛妻碧慧，這三年來無怨無悔的照顧我那三位寶貝女兒盈安、盈誼及盈雅，讓他

們能平安的長大，目前已就讀小學及幼稚園，而我因為求學的關係一直無法參與他們的成長過程，至今仍感到抱歉萬分。在人生的旅程中，有如此多的恩師及家人的幫忙，我一定會永遠的感激及懷念。

目次

中文摘要	.....	I
英文摘要	.....	II
謝誌	.....	III
目次	.....
表次	.....
圖次	.....

第壹章 緒論

第一節	研究背景與動機	.....	1
第二節	研究目的	.....	6
第三節	研究問題	.....	6
第四節	研究假設	.....	7
第五節	研究限制	.....	7
第六節	名詞操作性定義	.....	8

第貳章 文獻探討

第一節	有關 DOMS 發生機轉的文獻探討	.....	11
第二節	有關治療延遲性肌肉酸痛的文獻探討	.....	20
第三節	本章總結	.....	27

第參章 研究方法與步驟

第一節	研究流程	.....	29
第二節	研究對象	.....	30
第三節	預備實驗研究	.....	30
第四節	研究程序與方法	.....	31

第五節 資料處理	42
----------------	----

第肆章 結果與討論

一 結果

第一節 受試者基本資料	43
第二節 膝關節活動度 (ROM)	44
第三節 肌肉疼痛指數 (MSI)	50
第四節 腿圍腫脹程度 (MSC)	55

二 討論

第一節 膝關節伸展角度方面 (ROM)	60
第二節 疼痛指數 (MSI)	62
第三節 肌肉腫脹 (MSC)	64

第伍章 結論與建議

第一節 結論	67
第二節 建議	67

參考文獻

中文部份	70
英文部份	72

附錄

附錄一	81
附錄二	83

表次

表 4-1：受試者基本資料一	43
表 4-2：不同組別在不同時間的關節活動度	44
表 4-3：不同組別在不同時間膝關節活動度變異數分析摘要表	46
表 4-4：膝關節活動度之組別在時間上之單純主要效果變異數	47
表 4-5：不同組別在不同時間的疼痛指數	51
表 4-6：不同組別在不同時間疼痛指數變異數分析摘要表	52
表 4-7：時間成對的比較(疼痛)	52
表 4-8：不同組別在不同時間的腫脹程度	56
表 4-9：不同組別在各時間其腫脹程度的變異數分析摘要表	57
表 4-10：時間成對的比較(腫脹)	57

圖次

圖 1-1：視覺類比疼痛指數量表	9
圖 3-1：誘發 DOMS 的登階運動	33
圖 3-2：膝關節活動度的測量	35
圖 3-3：腿圍腫脹的測量	37
圖 3-4：站立時，股四頭肌的伸展運動	39
圖 3-5：電極片的放置位置	41
圖 4-1：以時間為 X 軸，以組別為個別線	48
圖 4-2：以組別為 X 軸，以時間為個別線	49
圖 4-3：以時間為 X 軸，以組別為個別線	53
圖 4-4：以組別為 X 軸，以時間為個別線	54
圖 4-5：以時間為 X 軸，以組別為個別線	58
圖 4-6：以組別為 X 軸，以時間為個別線	59

第壹章 緒論

本研究旨在探討靜態伸展運動與經皮神經電刺激對於延遲性肌肉酸痛的影響效應。本章共分七節，第一節、研究背景與動機；第二節、研究目的；第三節、研究問題；第四節、研究假設；第五節、研究限制；第六節、研究限制；第七節、名詞操作性定義。茲如分述如下：

第一節 研究背景與動機

運動誘導肌肉酸痛的研究，近年來廣為各研究者所討論 (Clarkson & Tremblay; 1988; DeVries 1961; Evans, 1987; 毛慶禎, 1994; 黃廖植, 1995)，若以肌肉酸痛的時間來分類，目前有兩種類型是因運動所引起的肌肉酸痛，第一類即是在激烈運動當中發生肌肉酸痛，而運動停止之後，又迅速消失疼痛，即稱為急性肌肉酸痛 (acute muscle soreness) (賴金鑫, 1983)。這一類型的肌肉酸痛並不需要任何治療的介入，其原因是因無氧運動後，血流及氧氣供應不足 (缺血) 及代謝物累積。如乳酸或鉀離子的暫時堆積使得肌肉疲乏而產生疼痛，只要在運動後有充分的血流及氧氣供應或是運動後能有足夠強度的緩和運動，便會很快地讓急性肌肉酸痛消失 (Clarkson et al., 1988)。另一類型稱之為：延遲性肌肉酸痛 (delayed onset muscle soreness, 簡稱 DOMS) 是指個體突然在進行劇烈運動或從事不習慣的運動後一段時間內，參與運動的肌肉所表現出的一種延遲性酸痛，它不同於急性軟組織損傷或感染所引起的疼痛，其表現出的酸痛與發展過程是相對獨立，目

前對於引起 DOMS 產生機制仍不十分清楚(洪長青、陶江，1999)。所以，國內外各項運動的教練或是體適能指導者往往會擔心選手及熱愛運動的大眾在平時訓練課程中或在比賽結束後一、二天會產生 DOMS 的症狀而影響到運動表現，甚至要休息一段時間才能夠再回到運動場上。因此，如何實施最有效的運動療法，加以預防或降低 DOMS，是相當重要的一環(Abraham, 1977; 鄭秀琴，1999)。

有關延遲性肌肉酸痛的表現如下：

(一)DOMS 容易發生在各種離心運動：

尤其是從事不熟悉或不常從事的運動型態如登階運動，下坡跑及登山活動後的下山步行等各種離心性的肌肉收縮運動，並且像大運動量的比賽如馬拉松競賽皆易引起延遲性肌肉酸痛的現象(楊曉冰，1994)。因為離心運動容易引發肌肉或肌肉與肌腱交接處之部位受傷，而等長或向心收縮運動則較少發生肌肉損傷(Clarkson, 1990)。DOMS 會發生在技術高超的優秀選手，也會發生在未經訓練的一般大眾身上，同時也會發生在高強度的運動量，也會表現在低強度的運動量上(洪長青、陶江，1999)。

(二)DOMS 發生時間：

在運動停止後 8-24 小時，即可感覺到，而酸痛的程度在 24-48 小時達到最高峰，並持續 5-7 天後慢慢消失，最先出現在肌腹、肌腱交接處而後擴散到整塊肌肉或肌群(Armstrong, 1990; Asmussen, 1956; DeVries, 1961)。楊曉冰(1994)認為肌肉疼痛出現在運動後 24 小時，而 48-72 小時疼痛達到最高峰，以後逐漸緩解，8-10 天後完全消失。

(三)DOMS 會影響運動表現(Armstrong, 1990),導致局部肌群腫脹(Denegar et al., 1989),局部關節活動度降低(Stauber et al., 1990),肌力減退,有時甚至減至原有肌力的 50%以下(楊曉冰, 1994),肌肉疼痛(Clarkson & Tremblay, 1988; Ebbeling & Clarkson, 1989)及肌肉攣縮的現象(DeVries, 1966)。

(四)DOMS 還伴有肌肉以外其它系統的功能變化,包括個體心血管系統對運動負荷的反應變強,如最大心跳率,無氧閾值與最大乳酸耐受能力均增加(洪長青、陶江, 1999)。

綜合上述,DOMS 容易發生在離心運動後的 24 小時,而酸痛程度在 24-48 小時達到最高峰,並在 5-7 天後才慢慢消失。臨床特徵包括肌群腫脹,關節僵硬,肌力減退與疼痛及其它一些系統性的功能變化。

為了找出一種真正對延遲性肌肉酸痛有治療的效果,進而提昇運動水準,各國研究人員沒有不相繼提出各種治療方式加以處理延遲性肌肉酸痛。在藥物方面,包括使用非類固醇消炎藥(Donnelly, McCormick, Maughan, Whiting & Clarkson 1988; Hill & Richardson, 1989; Politino, Smith & Waggoner, 1985),阿斯匹靈(Francis & Hoobler, 1987),Ibuprofen (Donnelly, Maughan & Whiting, 1990; Hasson, Daniels, & Divine, 1993),Dexamethasone、Inotophoresis(Hasson, Wible, Barnes, & Williams, 1992)。在營養療法方面,包括維生素 C(洪長青、陶江, 1999; Staton, 1952),口服避孕藥(Thompson, 1997),芍藥甘草湯(柴田哲生, 1996)。而在物理治療方面有伸

展運動療法 (Stretching exercise) (DeVries, 1961 ; Buroker & Schwane, 1989; 林威秀、黃啟煌，1999 ; 陳忠慶、謝伸裕，1995)。冷療法 (Cryotherapy) (Yackzan , Adams , & Francis , 1984 ; Braun & Clarkson, 1989 ; 陳忠慶等，1995)。經皮神經電刺激 (transcutaneous electrical nerve stimulation) (Denegar , Perrin , Rogol, & Rutt , 1989 ; Denegar, & Perrin , 1992)超音波 (ultrasound) (Hasson et al., 1989),快速自主收縮療法 (high speed voluntary muscle contractions,以下簡稱 HSVC)(Gulick, Kimura, Silter, Paolone, John, & Kelly ,1996 ;林學宜，1993)，按摩療法 (massage) (Hilbert , Sforzo & Swensen, 2003; Isabell, Durrant, Myrer, & Anderson, 1992 ; Smith Leating , Spratt, McCammon, & Smith,1994; Wenos , Brilla, & Morrison,1990 ; 林威秀、黃啟煌，1999)，熱身療法 (warm-up)(David & Edward, 1989)。在運動訓練方面有適應理論 (Byrnes, Clarkson, White, Hsieh, & Fryman, 1985 ; 毛慶禎，1994)。

雖然每一種療法皆顯示能有效的減輕 DOMS 反應的症狀，然而在另一篇研究報告中又有學者提出不同的看法，認為其療效並不能有效的降低 DOMS 的症狀。回顧過去的文獻中，其中以伸展運動療法，經皮神經電刺激療法和快速自主收縮療法等，在減輕 DOMS 的效果方面，有許多文獻研究結果顯示有正面效果，但在內容論證仍顯不足。

在物理治療方面，針對靜態伸展運動而言，許多教練、選手或一般熱愛運動的大眾皆認為靜態伸展運動，不僅實施方便、安全而且可以提昇運動的執行及避免傷害的發生 (Prentice , 1983 ; Shellock & Prentice, 1985)。雖然有些學者

的實驗結果並不支持離心收縮後所產生的 DOMS，利用靜態伸展療法有正面的減輕效果(Buroker et al., 1989 ; David & Edward, 1989)，但也有許多學者認為從事靜態伸展對於 DOMS 有正面的療效(陳忠慶等，1995 ；林學宜，1993 ； Gulick , Kimura Silter, Paolone, John, & Kelly, 1996)。段昌平等(1984)指出靜態伸展會使縮短的肌纖維朝一定的方向拉長，持續一段時間後，會抑制肌肉痙攣並減少延遲性肌肉酸痛的發生。此外，伸展運動易學且實施起來相當簡單並不需要別人特別的幫忙。假使運動後產生的 DOMS，能經由靜態伸展運動而能有效減輕其症狀，應當值得大力推廣，可惜的是，就其對 DOMS 產生的療效方面，目前國內的相關研究並不多，且持續療效仍不清楚，確實有進一步研究的必要。

此外就經皮神經電刺激療法(transcutaneous electrical nerve stimulation;簡稱 TENS)對 DOMS 症狀而言，國外的學者包括 Denegar 等(1989)及 Denegar 和 Perrin(1992)皆認為 TENS 對於離心運動後產生的 DOMS，研究結果雖然是肯定的，但效果確是短暫的。而且 Denegar 等人(1989)的研究設計，並沒有加入控制組，所以實驗的結果並不能確定療效是否由 TENS 所產生的。而在 Denegar 等(1992)所設計的實驗結果認為 TENS 確實能減輕 DOMS 後所產生的疼痛症狀，但對於其它症狀，如關節活動度的減少及肌肉痙攣的改善等症狀，卻認為 TENS 並無法有效的改善。

本研究希望根據上述所言，藉由激烈的離心運動產生 DOMS 後，利用 TENS 及靜態伸展運動的方法對此症狀做進一步的探討，另一方面本研究相關之文獻，在國內較罕見，也無任何研究有關 TENS 與靜態伸展運動對延遲性肌肉酸痛

的差異性，假設研究結果顯示出兩種不同的治療方式皆有顯著的療效，則對運動科學領域將有所貢獻。

第二節 研究目的

本研究之目的，藉由比較經皮神經電刺激及靜態伸展療法對於處理延遲性肌肉酸痛的療效進行探討分析，並將所得成果，提供國內各級運動教練及體育指導人員之參考。分析項目如下：

- 一、參種不同的處理方式，在 DOMS 前及 DOMS 後的 24、48 及 72 小時關節活動度的差異性。
- 二、參種不同的處理方式，在 DOMS 前及 DOMS 後的 24、48 及 72 小時腿圍腫脹的差異性。
- 三、參種不同的處理方式，在 DOMS 前及 DOMS 後的 24、48 及 72 小時對疼痛指數的差異性。

第三節 研究問題

根據研究目的，本研究將探討下列問題：

- 一、參種不同的處理方式，在 DOMS 前及 DOMS 後的 24、48 及 72 小時關節活動度是否有顯著差異性。
- 二、參種不同的處理方式，在 DOMS 前及 DOMS 後的 24、48 及 72 小時腿圍腫脹是否有顯著差異性。
- 三、參種不同的處理方式，在 DOMS 前及 DOMS 後的 24、

48 及 72 小時對疼痛指數是否有顯著差異性。

第四節 研究假設

本研究假設如下：

- 一、參種不同的處理方式在 DOMS 前及 DOMS 後的 24、48 及 72 小時關節活動度皆有顯著的差異。
- 二、參種不同的處理方式在 DOMS 前及 DOMS 後的 24、48 及 72 小時腿圍腫脹程度皆有顯著的差異。
- 三、參種不同的處理方式在 DOMS 前及 DOMS 後的 24、48 及 72 小時對疼痛指數的降低皆有顯著的差異。

第五節 研究限制

本研究的受試者人數 30 人，年齡層介於 20-25 歲，而且是一般的大學生，在本研究期間，動作操作實施過程，動作之要求，只能口頭勸戒，也並沒有完全控制受試者的飲食與身體活動、生活型態及行為也均照常，則是筆者無法有效約束之處，增加筆者的困擾。所以，本研究結果的推論，若要推廣到其它的階層，包括選手或是老年人則必須有所限制。

第六節 名詞操作性定義

一、延遲性肌肉酸痛

此種由運動所引起的疼痛只在運動後 8-24 小時發生的肌肉酸痛，通常於運動後 24 至 72 小時達到最高峰，5-7 天後才會慢慢消失。主要症狀為局部肌群腫脹，局部關節活動度的下降，肌力的減退與疼痛，並會影響到日常的身體活動 (Armstrong, 1984)。

二、經皮神經電刺激

其理論基礎是依據 Melzack 和 Wall(1965)提出的門閥理論 (gate control theory) 後而發展的。所謂門閥理論是根據刺激大 A β 纖維，可以抑制 A δ 纖維和 C 疼痛纖維的傳導，而 TENS 的頻率與強度設計足以刺激 A β 、A δ 神經纖維而達止痛的效果。本研究以 Danmeter 公司 (丹麥) 所設計的 elpha 2000 型的 TENS 為研究工具，屬傳統式的高頻、低強度電刺激器，其頻率設定在 10-150Hz，波寬為 50-250 μ sec，輸出電流為 0-60mA，時間為 15 分鐘，強度 (mv) 以受試者所能忍受的最高強度為主，是一種攜帶型，操作簡易，安全的電刺激儀器。

三、靜態伸展運動 (static stretch exercise)

指藉由特定運動方式來拉長縮短的肌肉、肌腱，以增加關節活動度 (陳聰毅、杜春治，2001)。

本研究的股四頭肌群的靜態伸展運動皆須在無痛的範圍內伸展，且在終點端須停止 50 秒，然後休息 10 秒，連

續 15 次，總共靜態伸展運動為 15 分鐘。

四、膝關節活動度

本研究採用標準型的量角器 (standard goniometer) ，所有受試者皆是在俯臥的姿勢下並且在不疼痛與勉強的情況做出主動動作時，所能測量出膝關節屈曲與伸展最大角度之和，即是本研究所定義的膝關節活動度。(Isabell, Durrant, Myrer, & Anderson, 1992)。

五、肌肉酸痛的測量

本研究是採用視覺類比疼痛指數量表 (visual analogue pain scale; 簡稱 VAS)，來評估受試者在產生 DOMS 後肌肉酸痛的程度 (Gulick et al., 1996; Boyce et al., 2005)。受試者在一條 10 公分的線上劃上記號，線的最左端為 "0" 表示沒有疼痛，線的最右端為 "10" 表示再痛不過。VAS 量表如圖 1-1 所示。

Visual Analogue scale

No pain

Worst pain

Imaginable

圖 1-1

VAS 量表被視為用來決定人類疼痛強度是具有信度及效度。(Lee, kieckhefer, 1989 ; Price, McGrath, Rafii, & Buckingham, 1983)。

六、肌肉腫脹測量

本研究採用公制的測量用皮尺，具有一致性的張力，以確保測量受試者腿圍的準確性。首先以股骨的外上髁 (epicondyle of femur) 為固定點，然後再往上量 2.5、5、7.5、10 公分增加本實驗前、後腿圍腫脹的測量點，再求 5 次固定點區的平均值作為本研究肌肉腫脹前、後測量差異的依據。(Gulick et al.,1996)。

七、離心收縮

指肌肉收縮時，由於外力的作用，肌肉長度不但沒有縮短，反而被拉長。也就是肢體運動的方向與外力作用的方向相同，而與肌肉收縮的方向相反，因此肌肉收縮產生的力量，對肢體的移動而言，將產生一減速的作用，即為離心收縮(林學宜 1993)。本研究是採用登階運動的方式，使受試者的慣用腳先踏上箱子(向心收縮)，再非慣用腳踏上箱子，兩腳皆踏上箱子後，再由慣用腳先踏下箱子，最後才是非慣用腳踏下箱子(離心收縮)，此登階程序即是本研究誘發 DOMS 的方法。

第貳章 文獻探討

本章旨在探討延遲性肌酸痛的發生機轉及有關藥物及物理治療對於延遲性肌肉酸痛的治療方法。本章共四節：第一節、有關 DOMS 發生機轉的文獻探討；第二節、有關藥物對於 DOMS 療效的文獻探討；第三節、有關物理治療對於 DOMS 療效的文獻探討；第四節、本章總結。茲分述如下：

第一節 有關 DOMS 發生機轉的文獻探討

一、延遲性肌肉酸痛發生的機轉：

自 1902 年 Hough 提出 DOMS 是肌肉損傷的觀點以後，學者就不斷地進行探索，提出各種不同的理論來解釋。大多數學者認為疼痛是由第 III 對有髓鞘的神經末梢和第 IV 對無髓鞘神經末梢受到刺激引起的，這兩對神經末梢主要位於肌肉組織中，特別在肌腱交接點與腱鞘內(徐佶，1993)。而引起疼痛的刺激物則包括化學、力學、或是熱學因素都可能引起肌肉損傷，但仍沒有最終的答案。也就是引起延遲性肌肉酸痛發生的機轉為何，至今仍未被證實，有許多學者提出一些實驗假說包括有：

- (一) 乳酸堆積理論
- (二) 肌肉痙攣理論
- (三) 結締組織損傷理論

(四)肌肉損傷理論

(五)急性發炎理論

茲分述如下：

(一)乳酸堆積理論：

之前有學者相信 DOMS 是由於乳酸堆積理論所形成的，如 Abraham(1977)指出肌肉運動強度過大，氧氣供應不足，造成細胞間滲透壓改變，特別是乳酸堆積，刺激到神經末梢，引起肌肉疼痛和局部水腫現象。林鎮岱(1995)將 15 位高中三年級缺乏體育鍛鍊的學生分成三組，在離心運動前，分別施以熱身運動及伸展運動。再以離心運動方式誘發 DOMS，之後再檢查血液中乳酸與 DOMS 的關係，結果顯示，實驗前各組乳酸變化無顯著變化，而運動後，發現控制組的乳酸上升 2.9 倍，伸展組上升 2.4 倍，熱身組上升 83%，實驗結果還顯示，受試者的酸痛程度大時，其乳酸濃度也大為增加。也就是說，熱身運動可加速體內糖類的有氧代謝，增進循環，並減少無氧代謝的堆積，進而減少 DOMS 的發生。然而有多位學者對延遲性肌肉酸痛與乳酸堆積理論感到質疑，因為找不到兩者之間的關係，例如 Schwane 等(1983)試圖驗證乳酸與延遲性肌肉酸痛的關係時，在 7 位受試者進行 45 分鐘跑步機跑步時，分別在運動前、中、後測量乳酸值，結果發現，兩者間沒有什麼關連存在。

林麗娟和林學宜(1993)在探討運動後，乳酸堆積和延遲性肌肉酸痛的關係時，對 10 位大學生的非慣用手以離心收縮運動來誘發延遲性肌肉酸痛，於運動前，運動後第 4 分鐘及 24、48、72 小時，抽血分析血漿乳酸值，並測量二頭肌的疼痛指數和肘關節的伸展角度，結果發現，運動後血乳酸濃度

和延遲性肌肉酸痛並無顯著的關係。

陳相榮(1988)指出高強度運動後，產生的乳酸可能會引起與疲勞有關的肌肉酸痛，但是乳酸代謝消除在靜態恢復時，乳酸排除的半衰期估計為 25 分鐘，而動態恢復只要 11 分鐘，根據這些半衰期估計靜態恢復乳酸從血液中完全排除約須 2 小時，但動態恢復卻小於 1 小時。此與延遲性肌肉酸痛在運動後 8-24 小時發生，兩者顯然在時間上不符合。因此，顯然兩者並無相關。

Asmussen(1956)的研究指出，肌肉在向心運動時，新陳代謝的活動較強，也有乳酸堆積的現象，但並沒有產生延遲性肌肉酸痛，只是運動當中會有疼痛和疲勞，也就是運動所產生的乳酸，並不是引起延遲性肌肉酸痛的原因。Schwane 等(1983)比較受試者以相同的速度分別進行平地跑和下坡跑 45 分鐘的乳酸量和攝氧量的方法，直接來驗證乳酸理論，結果顯示，下坡跑的乳酸量與攝氧量都比平地跑的量少，但下坡跑所產生的延遲性肌肉酸痛卻比上坡跑嚴重許多。此外 Miles 與 Clarkson(1994)以具有 McArdle's disease 的患者進行延遲性肌肉酸痛的實驗，因為這些患者本身缺乏磷酸(phosphorylase)並不會產生乳酸，但在從事大強度的離心運動後，仍然會有延遲性肌肉酸痛的現象。另外，林麗娟和林學宜(1993)，亦表示高強度運動 3-5 分鐘內乳酸達到頂點，運動後由於血液循環，補充足夠的氧氣，有助於體內乳酸的排除，約再 10-15 分鐘後開始排除，而到 30 分鐘就可恢復安靜時的水準，因此，延遲性肌肉酸痛與乳酸發生的時間並不符合。

綜合上述的研究結果，我們可以得知用乳酸堆積來解釋

DOMS 產生機制似乎並不確切，尤其是乳酸堆積為何能引起運動後 24-48 小時才產生 DOMS 的症狀呢？因兩者在時間上無法相吻合，所以可以得知延遲性肌肉酸痛的乳酸堆積理論已遭到推翻否定。

(二) 肌肉痙攣理論

由 DeVries(1961)提出認為運動會引起活動部位缺血，缺血引起血液循環不良，導致疼痛物質的堆積，如果疼痛物質累積過多，超過一定的負荷，就會引發疼痛，而疼痛又會引起反射性痙攣造成局部缺血的時間延長，如此惡性循環，使得肌肉產生延遲性肌肉酸痛。

DeVries 依據的論證是在研究表面電擊時發現有 DOMS 的患者其肌電圖活動有明顯地增加。此外段昌平、傅湘琦、趙天德和盧鼎厚(1984)，在做靜態伸展運動對延遲性肌肉酸痛的影響，結論是運動後進行靜態伸展運動，能夠減緩或抑制肌肉痙攣，減少延遲性肌肉酸痛的發生。其所提出的解釋是靜態伸展運動因為是緩慢的伸展肌肉，不會引起牽張反射(Stretch reflex)，而隨著肌纖維的被動拉長，縮短的肌節會隨之朝一定的方向拉長，持續一段時間後，便能使收縮方向不一致的肌節得到伸展，從而緩解或抑制肌肉痙攣的發生。然而此一論點又受到一學者 Friden 等(1983)的質疑，其研究發現大白鼠在離心運動後的 2-3 天，取其肌肉檢驗分析，發現大白鼠肌纖維大都正常，並沒有因缺血性組織損傷引起肌纖維壞死或肌纖維完全斷裂，研究結果認為酸痛的肌肉中不缺缺血，就不會引起酸痛，此與缺血一痙攣的理論不一致。此外，Mccully (1985)發現離心運動後。肌肉的肌電活動增強，

但肌電活動的大小與酸痛程度卻無顯著的關係，這與 DeVries 的理論並不一致。

綜合上述的結論，肌肉痙攣與延遲性肌肉酸痛是有關係存在的，因為肌肉痙攣是一種惡性循環的現象，但藉由靜態伸展能夠減緩肌肉痙攣的發生。

(三)結締組織損傷理論

骨骼肌的基本結構是由中間的肌腹及兩端的肌腱所構成的。肌腹中有肌內膜、肌束膜、肌外膜向肌腹兩端延伸於纖維性的肌腱或肌膜(盧鼎厚，黃啟煌，1997)。

Hough(1902)指出未受訓練的肌肉參與長時間的工作或訓練可能會使肌肉內的肌纖維或結締組織受到損傷而引起酸痛，尤其是從事大強度的離心運動後，因肌外膜是在每一肌束周圍包裹，並連接相鄰肌束的主要成分。所以，它可能是引起結締組織損傷理論的關鍵因子。Asmussen(1956)將肌肉做主動與被動運動後，研究不同運動方式對於疼痛差異，結果發現肌肉做被動運動後疼痛程度會增強且集中在肌腱部位。他認為造成這種現象的原因是肌纖維的彈性較大，而結締組織較堅硬而且彈性小，因此結締組織若受到牽拉後較易受傷而引起發炎現象。Abrahan(1977)研究受試者離心運動後尿中羥脯氨酸(OHP，是結締組織損傷後產生的)這種代謝指標證實了結締組織損傷與延遲性肌肉酸痛之間的關係。因為OHP出現的最高值剛好在延遲性肌肉酸痛最嚴重的運動後48小時。且在運動後的4天內，尿中的OHP的濃度，皆顯著的高於運動前的濃度。此外，Newham，McPhail，Mills及Edwards(1983)的研究結果發現肌肉離心收縮的疼痛也都

集中在肌腱周圍，此與 Asmussen(1956)所作的實驗結果是一致的，也就是疼痛是由於損傷的結締組織引起腫脹產生機械性刺激的結果。

藉由上述的實驗結果，我們可以得知肌肉酸痛中以結締組織最易損傷，因為它的結構是較堅硬、彈性小而且離心收縮的疼痛都集中在肌腱周圍。因此推斷結締組織損傷也是延遲性肌肉酸痛的理論因素之一。

(四)肌肉損傷理論

Hough(1902) 研究結果發現延遲性肌肉酸痛與肌肉的機械張力有十分密切的關係。因為他認為疼痛是肌肉本身某種損傷所引起的。而且過去的研究也顯示肌纖維的傷害可能是促成肌肉酸痛最主要的機轉(Armstrong, Ogilvie, & Schwane, 1983; Friden, Seager & Ekblom, 1988)。而且離心式的運動比其它的運動方式更容易造成受傷的機制(Stauber, Clarkson, & Fritz, 1990)，因為離心式運動所徵召參與肌肉收縮的運動單元較其它運動型式少，因此比較容易損傷。而且更會引起肌纖維內超微結構的受損，例如 Z-line 和收縮肌纖維受到損傷(陳忠慶、謝伸裕，1995)。近年來，又有很多學者研究證明骨骼肌損傷是引起肌肉疼痛最主要因素。Kuipers(1994)的研究中認為在從事離心性收縮的運動時，較大的機械負荷會導致肌肉損傷進而造成發炎反應，引起肌肉酸痛。此外 Fridan 等(1983)在研究重複下台階運動所引起的延遲性肌肉酸痛，發現骨骼肌纖維內有超微的結構產生變化。段昌平等(1984)研究超過習慣性負荷強度的運動所引起的骨骼肌超微結構的改變包括了肌原纖維、粒腺體、溶酶體等構造上改變，並且

出現了 Z 線斷裂，消失、錯位；肌節長短不一，肌動蛋白、肌凝蛋白排列紊亂；粒腺體腫脹、變形、破損等現象，並發現運動後即刻，肌原纖維已經產生變化；而骨骼肌結構的最大變化出現在運動後的 24 小時，此與延遲性肌肉酸痛出現的時間是一致的。毛慶禎(1994)從生理學的角度來觀察，發現延遲性肌肉酸痛是肌纖維膜受到結構性與化學性傷害所造成的，不僅肌纖維產生微小的損傷，其它如肌腱、韌帶也可能受到傷害，因而導致延遲性肌肉酸痛。田野、王義潤、楊錫讓和唐朝樞(1993)採用持續性下坡跑運動，觀察離心運動後對大鼠的比目魚肌超微結構的影響，結果發現離心運動後會引起骨骼肌纖維排列變得不規則，肌絲卷曲、Z 線異常。此外，陳英杰、郭慶芳、趙保路和祈文娟(1993)從化學性假說的觀點認為延遲性肌肉酸痛與自由基損傷有關，如(O²⁻、OH)與接觸的生物大分子反應後，導致膜脂質過氧化，使酶蛋白失去活性、DNA 雙螺旋解聚、鹼基斷裂，最後細胞功能下降，死亡。也就是說運動後會產生過多的自由基，導致延遲性肌肉酸痛產生。目前也有學者認為離心運動後細胞內 Ca²⁺是產生延遲性肌肉痠痛的中心機制。屈竹青、盧鼎厚和王義潤等學者(1993)發現骨骼肌長時間等長收縮後，肌絲結構變化伴隨著時間增加而增加，胞漿內 Ca²⁺濃度會隨時間的增加而上升，在肌原纖維內結構變化越劇烈，Ca²⁺的濃度也越高。田野等人(1993)在大鼠跑台實驗發現，運動後引起粒線體、Ca²⁺量增加，24 小時達到最高峰，48 小時尚未恢復。因此證明了 Ca²⁺增加及粒腺體的聚鈣作用與肌纖維損傷在時間上與延遲性肌肉酸性有相關。除了肌纖維型態的超微結構及化學性假說可以顯示出證據之外，血液中的酵素變化也為肌肉損傷提

供最好的指標，其中以肌酸激酶（creatine kinase；簡稱 CK）被認為是骨骼肌受傷最好且專一性的指標（Lefebvre，Laroute，Braun，Lassourd，& Toutain，1996）。

肌酸激酶是一種雙鍵，主要存在於肌肉、心臟和腦部，此三處有任何損傷，均可能引起此酶的上升，因此，臨床上測定肌酸激酶的活性變化，可用來診斷肌纖維是否已經受到損傷（鄭桂玫，洪明吉，2000）。楊曉冰（1994）研究顯示，大強度的離心運動後，血清肌酸激酶值明顯升高，而肌酸激酶升高的程度，高峰時間與運動方式有關。然而，徐佶（1993）卻指出，血清肌酸激酶顯示的肌肉損傷並不像是導致延遲性酸痛的產生，因為由肌酸激酶反映的損傷與延遲性酸痛發生的時間並不一致，肌酸激酶的最大值出現的時間在運動後 4-7 天，然而延遲性肌肉酸痛最嚴重的時間要提早些，都在運動後的 24-72 小時。因此，肌酸激酶並不能證明是引起延遲性肌肉酸痛的生化指標。

根據上述的理論得知運動後肌纖維損傷的現象與延遲性肌肉酸痛出現的時間是一致的，此外，肌纖維膜受到結構性的改變與化學性的傷害，可能是引起延遲性肌肉酸痛的根源。而血清中肌酸激酶值是否能檢視延遲性肌肉酸痛的指標，仍須更進一步的探討。因此，延遲性肌肉酸痛可能與肌肉損傷是否有關還須再研究。

（五）急性發炎理論

陳忠慶、金明央（1997）發現在從事激烈的離心運動後初期（運動停止後的 72 小時期間），發炎反應的物質可能會進入到受傷的肌肉組織中，參與損傷肌纖維的修復工作，使得損

傷組織可以獲得修復。發炎反應與 DOMS 剛好會發生一些相類似的症狀，包括：肌肉疼痛、腫脹和功能喪失；肌細胞滲透情形會發生改變，尤其是巨噬細胞最明顯；血液中生化指標也會增加，例如白血球細胞、Cytokines、鐵、鋅....。

Smith(1991)認為急性發炎反應是延遲性肌肉酸痛的基基本機制，因為高強度的離心運動後會出現與急性發炎反應相類似的症狀，包括水腫、疼痛，功能受限。Schwane 等人(1983)研究發現離心運動後，受試者在出現延遲性肌肉酸痛時伴隨著周圍白血球細胞增多。Kuiper, Drukker, & Frederik(1983)研究小白鼠在-10°斜坡跑後 2 小時發現小白鼠比目魚肌內有中性多核細胞的聚集現象。Armstrong(1984)發現小白鼠運動後肌肉間隙中有巨噬細胞的出現，且離心運動組較多。綜合以上的論證都應驗了延遲性肌肉酸痛確實與急性發炎反應有關聯存在。但是仍有學者認為離心運動後並沒有在損傷的肌肉發現周圍有白血球增多的現象。Friden 等人(1983)在離心運動的肌肉檢驗中，在肌肉損傷部位並未發現巨噬細胞聚集。Round, Jones 和 Cambridge(1987)在運動後 9-14 天發現有大量單核細胞聚集，這與急性發炎的時間不符合，因為白血球會在運動後 24 小時大量出現，而在 48 小時達到最高峰，這與延遲性肌肉酸痛發生的時間也不一致。洪長青和陶江(1999)亦提出發炎反應的時間與 DOMS 時程變化並不一致，DOMS 在運動後 24-48 小時內出現最高峰，而發炎反應的高峰是出現在運動後的 72-96 小時，兩者在時間上並不相吻合。

根據上述的理論，急性發炎與延遲性肌肉酸痛是有許多相似處存在。包括都會產生水腫、疼痛及功能受限，但仍有學者發現兩者發生的時間前後並不相符合。因此，仍值得進

一步的探討。

綜合以上 5 個理論機制，皆試圖來解釋延遲性肌肉酸痛的理論機制，但沒有一個理論能夠完全說明造成延遲性肌肉酸痛的原因，因為皆有其不足之處，都只能解釋其中一部份的原因。所以，到目前為止造成延遲性肌肉酸痛的真正機制是如何？仍然不很清楚，皆只能根據各種理論來推斷，因此真正產生的機制仍然有待大家共同努力來研究與探討。

第二節 有關治療延遲性肌肉酸痛的文獻探討

一、藥物方面

Staton(1952)提出 Vitamin C，能有效的預防 DOMS，但未能區分出實驗組與控制組。Hill 和 Richardson(1989) 研究局部的止痛抗發炎藥膏 (10% triethanolamine salicylate) 對 DOMS 的影響，研究結果顯示，止痛劑組與安慰劑組的自覺疼痛表值分別是 3.4 與 4.4，然而此實驗僅量測受試者自我疼痛的感覺，而無分析其它生化值。Gulick 等人 (1996) 研究 NSAID 對 DOMS 後 24 到 48 小時的症狀減輕療效，結果顯示 NSAID 並無法減輕 DOMS 的症狀，除非是服用較多的劑量，才能有療效反應。其它如在藥物方面，包括使用非類固醇消炎藥 (Hill & Richardson, 1989; Politino, Smith & Waggoner, 1985)，阿斯匹靈 (Francis, & Hoobler, 1987)，Ibuprofen (Donnelly, Maughan & Whiting, 1990; Hasson, Daniels, & Divine, 1993) Dexamethasone、Inotophoresis (Hasson, Wible, Barnes, & Williams, 1992)。在營養療法方面包括維生素 C

(洪長青、陶江，1999；Staton，1952)，口服避孕藥 (Thompson,1997)，芍藥甘草湯(柴田哲生，1996)。

以上所列的藥物大部分都沒有顯著的療效，所以不在此做進一步的探討。

二、經皮神經電刺激療法(簡稱 TENS)

Denegar 和 Perrin(1992)對 40 位女性平均年齡 22 ± 4.3 歲，利用 kin-com 的等速機器來誘導非慣用手的手肘產生 DOMS，然後採隨機分派的方式分為 TENS 組(將電擊片分別置於肱二頭肌與肱二頭肌腱處，(波頻 90pps，波寬 90usec)及冷療組與冷療組加 TENS 組及控制組。研究結果顯示，單獨的 TENS 組與冷療加 TENS 組皆能有效的減輕疼痛，但對於持續療效並沒有進一步的說明，實驗結果並顯示 TENS 的療效並無法增加關節活動度及肌力。Denegar 和 Huff(1988)針對 24 名受試者，採用不同型式的 TENS 分別是(高頻短波寬；低頻長波寬)研究其對 DOMS 的影響。結果證明，兩種不同型式 TENS 均能有效的減輕疼痛，然而對關節活動度的恢復，並無顯著的療效。接著 Denegar 等人(1989)又對 8 位女性受試者利用 TENS 來治療因運動所產生的 DOMS，結果顯示 TENS 能有效的減輕疼痛，並且對關節活動的增加也有顯著的療效。此外，林學宜(1993)所做的研究，對 30 位體育系的學生，平均年齡 19-28 歲，利用離心收縮來誘發非慣用手的手肘產生 DOMS，採隨機分派方式到 TENS 組(波頻 5-100Hz，時間 15min)及 HSVC 組。結果證明 TENS 會減輕受試者 DOMS 之狀態，而且 TENS 也能延遲疼痛最高點的出現，對 DOMS 也有持續性的療效；此外亦證明了 TENS 也可

以作為處理 DOMS 症狀中肘關節即時恢復伸展角度的有效療法。

綜合上述說明了 TENS 確實能夠減輕 DOMS 後所產生的疼痛但對於是否能增加關節活動度則有待更進一步的研究。

三、按摩療法 (massage)

Wenos 等 (1990) 研究 9 名受試者，利用運動使其雙腳達到 DOMS 的症狀，然後設計一腳為實驗組 (使用按摩來處理) 另一腳則為控制組 (即沒有任何處理) 研究結果發現按摩對減輕 DOMS 並沒有顯著的療效。

Hilbert 等 (2003) 研究 18 位受試者，男 9 位、女 9 位，利用離心收縮運動來誘發大腿後肌群 (hamstring muscle) 產生 DOMS，然後以隨機分派的方式分為按摩組 (瑞典式按摩手法) 與控制組，並於 DOMS 後的 2、6、24、48 小時分別接受按摩療法，研究結果顯示按摩組與控制組對於疼痛的減輕，最大的力距及關節活動度的改善，都沒有顯著差異。按摩組只有在 DOMS 產生後的 48 小時，對於疼痛的指數的降低有顯著低於控制組，然而研究結論卻指出此疼痛的降低應是心理效應大於生理的作用。

林威秀與黃啟煌 (1999) 針對 14 名大學生，平均年齡 30 歲以下，分為按摩組及伸展組，利用離心收縮來誘發股四頭肌產生 DOMS，按摩組於運動後 24 小時接受 15 分鐘的按摩，並於運動後的 24、48、72 小時，分別再接受處理一次，研究結果顯示按摩組只比伸展組降低較多肌酸激酶的活性，但對於降低疼痛指數及增加關節活動度，則不如伸展組有療效。

綜合上述的文獻，按摩療法對於延遲性肌肉酸痛的症狀

，並無任何顯著的療效，對於疼痛指數的降低應是受試者的心理作用大於生理效應。

四、超音波療法 (ultrasound)

Hasson 等 (1989) 研究 18 位受試者，利用十分鐘的登階運動來誘發左腿產生 DOMS，然後隨機分配到超音波組，假處理組及控制組，超音波組的處方為 1:4 的 pulsed 波型，強度為 $0.8\text{w}/\text{cm}^2$ ，頻率為 1.0MHz，時間為 20 分鐘。研究結果顯示，超音波療法比假處理組及控制組更能有效的減輕 DOMS 的症狀。

根據上述的文獻，超音波能減輕 DOMS 的症狀，但後繼在國內、外的相關文獻卻很少，值得往後的研究者繼續的探討。

五、電離子通透法 (dexamethasone Iontophoresis)

Hasson 等 (1992) 研究 18 位受試者平均年齡 23.5 ± 5 歲，利用 10 分鐘的登階測驗來誘發左大腿的 DOMS，然後隨機分派到實驗組 6 位，控制組 6 位 (沒有任何處理) 及假處理組，實驗組是採用電離子通透療法，將抗發炎藥劑直接處理在股內側肌群的遠端及股外側肌群的近端，也就是最疼痛的地方，時間為 20 分鐘。研究結果顯示，電離子通透療法能有效的減輕 DOMS 後的自覺疼痛指數，但對於肌肉功能 (Muscle function) 執行並無顯著的效果。

根據上述的文獻，電離子通透法是一種利用電流的方式將藥物穿透入皮膚內，雖然能減輕 DOMS 後的疼痛，但對於肌肉功能的執行並無顯著的效果。

六、冷療法(cryotherapy)

Yackzan 等(1984)研究冷療對 DOMS 的影響，將 30 位女性受試者，利用離心收縮方式來誘發手肘屈肌群產生 DOMS，結果發現冷療法對減輕疼痛與增加肘關節伸展角度皆沒有顯著的療效。Braun 和 Clarkson(1989)以 7 位女性受試者，利用最大離心收縮運動來誘發前臂屈肌群產生 DOMS，觀察冷療法對 DOMS 的影響，以另一隻手為控制組(即不做任何處理)。研究結果，冷療法並未降低因離心運動所造成的傷害。另外，Isabell 等(1992)研究 22 位受試者(11 位男性、11 位女性，平均年齡 20.3 ± 2.1 歲)，隨機分配到冰按摩組、控制組及冰按摩組配合運動，利用離心收縮運動來誘發手肘屈肌群產生 DOMS，並在運動後分別接受 15 分鐘冷療法，及 DOMS 後的 0、2、4、6、24、48、72、96 小時，三組分別再接受不同的治療方式各 15 分鐘，而且並在治療後的 2、4、6、24、48、72、96 及 120 小時，分別測量受試者的關節活動度、肌力、自覺疼痛指數、肌酸激酶值。結果發現三組不同的療法皆沒有顯著的差異，研究結果發現，冷療法對於治療 DOMS 症狀還有負面的影響。包括運動後 24 及 48 小時肌力與關節活動度更減少，及疼痛指數卻更增加。但 Denegar 等(1992)的研究卻又發現，經由冷療法處理 DOMS 症狀 20 分鐘後，可以即刻減輕疼痛，但持續性的療效，則沒有進一步的說明。此論點也和 Gulick, Kimura, Silter, Paolone, John 及 Kelly(1996)的研究結果一致。Gulick 等作者利用冰按摩，在於受試者產生 DOMS 的前臂伸肌群，治療 20 分鐘，並在運動後 24、48、及 72 小時分別再接受治療一次。結果證明冰按摩確實能減少 DOMS 所帶來的疼痛，其理由是冷療能抑制

游離神經末梢的活性，因而增加疼痛的閾值。但對於 DOMS 其它相關症狀的減輕則沒有顯著差異。陳忠慶和謝伸裕(1995)研究伸展療法與冷療法對於 DOMS 的影響，研究結果顯示冷療法的處理，並不能有效的減輕 DOMS 症狀包括疼痛指數、CK 活性的狀態及增加關節活動度，最大肌力的恢復，結論是建議冷療法可能不適合用來處理 DOMS 的症狀。

綜合上述的文獻，冷療法對於 DOMS 症狀的減輕並無顯著的效果，但對於疼痛指數的改善，雖有治療的效果，但仍有所爭議，值得未來做更進一步的研究。

七、伸展療法(stretch exercise)

最早是由 DeVries(1961)提出其方法，利用受試者的身體重量來伸展其手足以減輕 DOMS 後的疼痛，九人中有七人，減輕可是在 DeVries 的研究中並沒有詳細的說明伸展的時間、次數及頻率，且沒有控制 DOMS 產生的機制，因此，在比較疼痛的差異上較不客觀。接著 DeVries(1966)將靜態伸展的時間加以訂定，結果仍認為靜態伸展對減輕 DOMS 有顯著的幫助。Torgan (1985)所做的實驗結果，支持伸展運動可減輕疼痛。然而 Buroker 和 Clarkson (1989)利用登階運動來誘導 DOMS，並於運動後即刻及運動後 24 小時內每隔 2 小時，運動後 24-72 小時內每隔 4 小時，進行每組 10 次，每次 30 秒的靜態伸展，結果顯示運動後的靜態伸展，並沒有顯著的減輕 DOMS 的症狀。David 和 Edward(1989)研究靜態伸展及暖身運動對 DOMS 的影響，利用登階運動來誘發股四頭肌產生 DOMS。將 62 位男、女受試者隨機分配到靜態伸展組、暖身組、靜態伸展加暖身組及控制組。靜態伸展組是利用 5 種伸

展運動來伸展大腿的股四頭肌群，各進行 2 次，每次 50 秒，總共 18 分鐘。暖身組則是用階高 10cm 的階梯，大約消耗 2.7METs(9.4ml.kg⁻¹.min⁻¹)，進行 10 分鐘。再連續 5 天，每隔 24 小時，記錄受試者的肌肉酸痛指數，研究結果顯示 DOMS 後利用靜態伸展或是運動前暖身運動，對於 DOMS 症狀中疼痛指數的降低，兩者皆沒有顯著的療效。陳忠慶和謝伸裕(1995)研究伸展療法與冷療法對 DOMS 的影響，以 30 位體育系的學生，隨機分派到靜態伸展、冷療及控制三組，利用離心運動使非慣用手的手肘二頭肌產生 DOMS。靜態伸展組於運動後 0、1、2、24、48 及 72 小時各接受一次手肘二頭肌的伸展運動，研究結果顯示，接受靜態伸展處理之後，可以減輕受試者 DOMS 的狀態且能增加關節活動度，改善肌酸激酶的活性及疼痛指數的恢復速率，建議這種療法可以作為治療 DOMS 的一種有效的治療方法，且能增加關節活動度，及疼痛指數的恢復速率。林威秀和黃啟煌(1999)研究按摩、伸展對 DOMS 的影響，以 14 位一般大學生為受試者，利用負重被動半蹲運動，來誘發股四頭肌產生 DOMS。伸展組於運動後立即接受 10 分鐘的伸展，按摩組則在運動後 2 小時接受 15 分鐘的按摩，兩組皆於運動後 24、48、72 小時再各接受同樣處理，並測量運動前與運動後 24、48 與 72 小時兩組 DOMS 的症狀，研究結果顯示，伸展運動比按摩更能有效的降低疼痛指數，然而伸展運動對於關節活動的增加雖高於按摩療法，然而未達到顯著水準。

此和 Gulick(1996)在針對不同的治療方式對 DOMS 所產生的療效，研究結果顯示靜態展對於改善關節活動度，並無顯著的效果，是相同的結論。

綜合上述的文獻分析顯示，大部分的研究結果皆證實靜態伸展運動療法對於減緩 DOMS 的症狀是一種有效的治療方法，但在關節活動的改善方面卻沒有一致的看法，也是本研究須加以探討的問題。

八、快速自主收縮療法

Hasson, Mundorf, Barnes, & Williams (1989) 利用快速自主收縮療法(在每分鐘 300 度的速度下作 20 次的膝關節最大自主伸展與彎曲，總共作 6 回合每回合間隔 3 分鐘)，然後對 10 位有 DOMS 症狀的受試者加以治療，研究結果顯示快速自主收縮療法，對於受試者股四頭的最大肌力，最大轉距及總功能的恢復都有顯著的療效，且對 DOMS 症狀的減輕也有幫助。林學宜(1993)比較經皮神經電刺激與快速自主收縮療法對 DOMS 的影響時，亦認為快速自主收縮療法能改善 DOMS 症狀的關節活動度、疼痛指數及肌酸激酶的活性。

綜合上述的文獻，得知快速自主收縮療法對於 DOMS 症狀的減緩，是一種有效的治療方式。

第三節 本章總結

由以上的文獻探討所述，可歸納以下幾點：

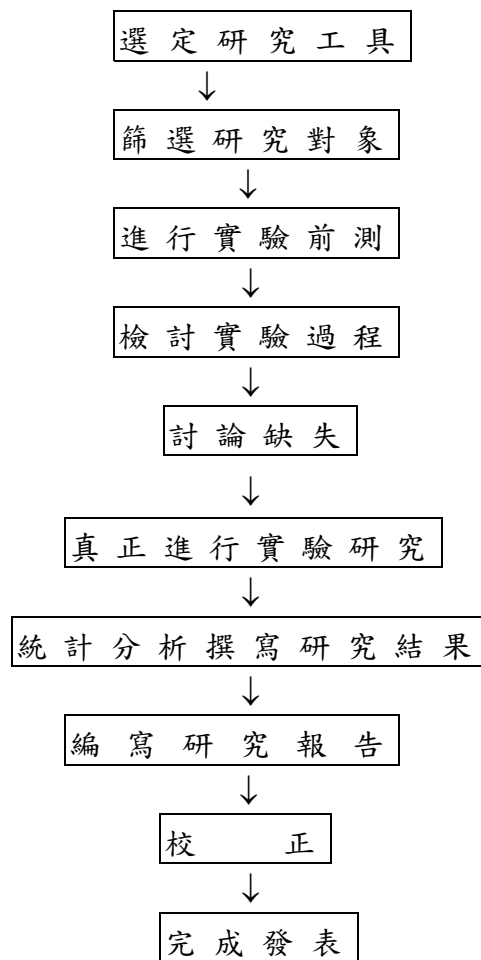
- 一、藥物、按摩療法及冷療法對於減緩 DOMS 的症狀並沒顯著的療效。按摩療法若能減輕疼痛指數，也只是心理療效。而冷療法甚至對於 DOMS 的症狀還有負面的效果存在。

- 二、超音波療法、快速自主收縮療法、電離子通透法對於 DOMS 的症狀，是一種有效的治療方法，但有關的文獻探討仍顯得不足。
- 三、經皮神經電刺激療法在治療 DOMS 的效果上，贊成與反對的文獻皆有，因為 TENS 並無法完全解緩 DOMS 的症狀，尤其是在關節活動方面，所以，不能確定其對 DOMS 的療效。
- 四、靜態伸展運動療法在處理 DOMS 的症狀方面，也是有爭議的，雖然大部分的文獻皆支持其對 DOMS 是一種有效的治療方式，但仍須進一步的探討。

第參章 研究方法與步驟

本章內容包括第一節、研究流程；第二節、研究對象；第三節、先前研究；第四節、研究程序與方法；第五節、資料處理。茲分述如下：

第一節 研究流程



第二節 研究對象

本研究對象係針對醫院實習生(即大專生)以弘光科技大學、輔英大學及仁德醫專各 10 位，共 30 位均自願參與實驗。在實驗開始前，每位受試者均須了解本實驗的目的、過程和可能發生的危險因素，並在受試者須知與參與同意書上(附錄一)簽名，且須填寫健康情況調查表(附錄二)，並排除是否高血壓、心臟疾病、糖尿病、及過去 6 個月沒有上、下肢骨折的病史，而且受試者也不可有肝臟、腎功能障礙、胃及氣喘等疾病問題。並且在實驗前的一星期，受試者要停止劇烈的身體活動，並且在資料的收集期間，暫停服用任何消炎藥物及飲用咖啡、抽煙等刺激性食品，並且不可在有肌肉酸痛的部位從事按摩熱敷、冷敷的治療。

第三節 預備實驗研究

由於利用離心收縮運動來誘導肌肉酸痛的程序，在所有的文獻報告，皆無一致的實驗程序，為了確保參與本實驗的所有受試者皆能在進行離心收縮運動的程序中，皆達到 DOMS 的狀態。先採預備實驗研究，首先由 5 位樹人醫專的學生(與正式研究的受試者不同)先接受酸痛誘發的運動程序。

本實驗採用登階運動方式誘發受試者的股四頭肌產生肌肉酸痛，首先，受試者的慣用腳須先踏上箱子，而後非慣用腳再踏上箱子，兩腳踏上箱子後，慣用腳先踏下地面，其次才是非慣用腳(即踏上箱子慣用腳向心收縮，踏下箱子非慣用

腳變為離心收縮)。箱子的高度是小腿長度 110%(即地板到膝關節的高度)，此外受試者的非慣用腳須另外額外負擔 10%身體重量的沙包，以增加誘發肌肉酸痛。受試者在執行登階運動前，可先從事 2 分鐘未額外負重的登階運動，當作實驗前的熱身活動，及讓受試者熟悉整個登階程序。整個登階運動的頻率為 1 分鐘，要執行 15 次的登階，連續 10 分鐘(Hasson, Barnes, Hunter, & Williams, 1989)。總共受試者須完成上、下登階運動共 150 次。若在 10 分鐘內無法完成全部過程，則被排除在本實驗之外。

接著在運動後的 24、48 及 72 小時，要讓受試者主動做膝關節屈曲與伸直運動並完成視覺類比疼痛指數量表。假設在 0-10 分的疼痛指數中，受試者若填寫 ≥ 3 ，則表示受試者已達到 DOMS 的狀態，若填寫酸痛的指數 < 3 ，則表示受試者未達到 DOMS 狀態，必須經過一段時間後再重複上述的登階運動。故本實驗便以此程序當作正式實驗時誘導 DOMS 的運動方式(Gulick, Kimura, Silter, Paolone, John, & Kelly, 1996)。

第四節 研究程序與方法

一、研究程序

本研究的受試者以隨機分派的方式分成靜態伸展組，經皮神經刺激組及控制組。每組共有 10 位受試者，首先，每位受試者須到實驗室 2 次，第一次是介紹每個人有關實驗過程，及填寫個人資料。第二次到實驗室則是要測量每位受試者在運動前非慣用腳的膝關節伸直與屈曲的評量角度，運動前的疼痛指數及記錄大腿的腿圍等。而在正式實驗的前一星期

，嚴格限制受試者不可從事劇烈的身體活動及肌力訓練。實驗日訂於當天的下午 5：00 開始，接著利用登階運動來誘發受試者達到 DOMS 的狀態，並且在運動後的 24、48、72 小時再測量膝關節的活動度，評估疼痛指數及記錄大腿的腿圍。受試者在 DOMS 誘發運動後，必須準時地接受靜態伸展運動及經皮神經電刺激的處理，而處理的時間為運動後的 0、24、48 小時，也就是間隔 24 小時須再各治療一次，總共 3 次，以上所述即為本實驗的研究程序。

二、研究方法：

(一)誘發 DOMS 的運動方法：

採用登階運動的方式來誘導非慣用腳的股四頭肌群產生延遲性肌肉酸痛。受試者之非慣用腳的腳踝再多負載身體重量百分之十的沙包，然後採用非慣用腳先踏上箱子（向心收縮），其次才是非慣用腳踏上，兩腳都登上後，慣用腳是先踏下箱子，最後才是非慣用腳（離心收縮）。頻率是每 4 秒完成上、下箱子，連續 10 分鐘，總共要完成 150 次。（如圖 3-1）



圖 3-1：誘發 DOMS 的登階運動

(二) 膝關節活動度：

在實驗前要先求每位受試者俯臥於治療床上，維持股骨在正常的解剖位置避免有外翻或屈曲的情形產生，並且要求髖關節在 0° 的位置。然後利用固定帶將骨盆固定，與對側的膝蓋窩，以避免受試者在測量中產生代償作用，並由三位領有國家證照及中華民國物理治療學會所核定的主治級物理治療師依序要求受試者在不疼痛、不勉強的範圍內完成膝關節最大的伸直與屈曲角度。首先物理治療師將標準型的量角器歸零後，再將量角器的中心點固定於非慣用腳的股骨外上踝 (lateral epicondyle of the femur)，量角器的近心端則位於股骨的外側中心線，以股骨的大轉子 (greater trochanter of the femur) 為基準點，而將遠心端固定於腓骨外側的中心線，以腳踝的外踝 (lateral malleolus) 為基準點，而且腳踝須維持在正常的位置 (90°) (Cynthia & Joyce, 1988)。並且，在實驗過程中不能對受試者有任何的幫助或是口語的鼓勵。每一位物理治療師各執行一次測量，中間隔 20 秒，非慣用腳共須測量 3 次，再求平均值，當作本研究膝關節的活動度。受試者將在酸痛誘發運動後的 24、48、72 小時各做同樣程序一次。(如圖 3-2)



圖 3-2：膝關節活動度的測量

(三)肌肉酸痛的測量程序：

受試者在實驗前須先測其非慣用腳的股四頭肌群肌肉酸痛程度，本實驗是採用視覺類比疼痛指數量表(visual analogue pain scale;簡稱 VAS，受試者在十公分的線上劃記劃，線上標有刻度最小單位為 1mm，線的最左端為”0”，表示完全沒有酸痛；線的最右端為”10”，表示再痛不過(worst pain imaginable)。每位受試者在線上劃一個”×”表示自己的酸痛程度，量測從最左端的原點到”×”的距離，取到小數點第一位。當受試者在做完主動的膝關節屈曲與伸直運動時，立即填寫 VAS 的量表，並在酸痛誘發運動後的 24、48、72 小時各再評估肌肉酸痛的指數一次。

(四)肌肉腫脹的測量程序：

受試者在參與本實驗前須先測量大腿的腿圍，以做為運動完後肌肉腫脹程度的依據。而測量非慣用腳的腿圍工具則是利用標準型的皮尺，其具有良好張力能確保腿圍前後的一致性測量。本研究測量腿圍是先以非慣用腳的股骨外上踝為固定點，並且在離股骨外上踝處 2.5、5、7.5、10 公分位置，另增加測量腿圍的標記(Gulick et al.,1996)，求其 5 次測量腿圍的平均值，當作本研究誘發運動完後肌肉腫脹差異性的依據。此外受試者將在酸痛誘發運動後的第 24、48、72 小時，各做同樣的處理一次。(如圖 3-3)



圖 3-3：腿圍腫脹的測量

(五)靜態伸展組的處理程序：

受試者在實驗前須完全了解整個靜態伸展運動的程序，接著進行 DOMS 誘發運動。靜態伸展運動的程序，是在受試者產生 DOMS 症狀後立即處理及 24、48 小時各執行 1 次的伸展運動，本研究是以股四頭肌的靜態伸展運動為主要的代表例。靜態伸展運動的程序是採用 Larsen 等(2005)所設計的運動，如下：

(1)站立時：股四頭肌的伸展方式

位置：受試者站立，一手扶著牆壁，身體不可往前傾斜。

動作：受試者一手拉著非慣用腳的腳踝往臀部方向，慢慢伸展股四頭肌的肌群。(如圖 3-4)



圖 3-4：站立時，股四頭肌的伸展運動

本研究的股四頭肌群的靜態伸展運動皆須在無痛的範圍內伸展，且在終點端須停止 50 秒，然後休息 10 秒，連續 15 次，總共靜態伸展運動為 15 分鐘。

在伸展過程中，物理治療師在旁觀察受試者骨盆是否有傾斜，酸痛現象是否產生。本研究以非慣用腳的股四頭肌群為主要伸展為例。每一種伸展運動須執行 50 秒，休息 10 秒，重複 5 次，總共 15 分鐘，伸展過程中以受試者所能忍受的範圍內慢慢伸展。

(六) TENS 組的處理方式：

於運動後立即處理，本實驗採用 Danmeter 公司(丹麥)所設計之自動經皮神經電刺激來治療大腿股四肌群因運動後誘發出的 DOMS 狀態，TENS 的波型有數種，本研究採用頻率為 10-150Hz，波寬為 50-250 μ sec，輸出電流為 0-60mA，

屬於矩形，間歇電流，強度(mv)以受試者所能接受的最高強度為主。

首先，檢查受試者是否對 TENS 有禁忌存在，最大禁忌為使用心律調節的受試者，若無此問題，則進行下列步驟：

(1)由具有國家證照認證的物理治療師檢查儀器配備是否齊全，包括電源、電極片的黏度與清潔，電線是否安全，電刺激的所有開關是否歸零。

(2)受試者在誘發 DOMS 狀況後，首先治療師讓受試者以最舒適的姿勢坐在治療椅上接受治療，並讓受試者露出股四頭肌的部位，檢查皮膚感覺是否正常，在將疼痛區的腿毛用刀片刮乾淨，及用酒精棉擦乾淨，以減少電刺激時阻力的存在。

(3)電極片的放置位置：將 3 公分的電極片共 4 片，二片電擊片放置於股內側肌的遠心端和另二片電極片置於股外側肌的近心端 (distal head of vastus medialis and proximal head of vastus lateralis)，因為此二區是股四頭肌最酸痛的區域(Hasson, Wible, Barnes, Williams , 1992) 刺激強度的決定，則以受試者能接受的最高強度為準則，平均強度在 20-50 mv 之間，時間為 15 分鐘，受試者將在酸痛誘發運動後的 0、24、48 小時各作同樣的處理一次。(如圖 3-5)



圖 3-5、電極片的放置位置

第五節 資料處理

本研究在全部施測完畢後且經資料處理分類後，主要統計分析採 SPSS 10.0 for windows 統計套裝軟體進行下列各項分析：

- 一、以描述性統計分析各項基本資料之平均數、標準差。
- 二、以獨立樣本單因子變異數分析考驗不同三個組，在年齡、身高、及體重是否有差異。
- 三、以二因子混合設計趨向分析，來考驗三種不同的處理方式，在運動前及運動後的 24、48、72 小時所得的疼痛指數、關節活動角度、肌肉腫脹是否達顯著差異。當變異數分析結果達到統計上的顯著水準時，則再以 Turkey 法 (T) 進一步作事後的多重比較分析。
- 四、本研究的顯著差異水準訂為 $\alpha=.05$ 。

第肆章 結果與討論

本章依照實驗結果的數據，經統計分析後，分為第一節、受試者基本資料 第二節、膝關節活動度(簡稱 ROM) 第三節、肌肉疼痛指數(簡稱 MSI) 第四節、肌肉腫脹程度(簡稱 MSC) 等四部分，茲分述如下加以說明：

一、結果：

第一節 受試者基本資料

本研究以隨機分配的方式，將 30 名受試者分為靜態伸展組、電療組(TENS 組)及控制組共三組，在研究期間因伸展組與控制組各有一名受試者因疼痛不願意配合實驗而中途退出，所以，參與本研究的受試者最後為 28 位(男 15 位，女 13 位)，其基本資料如表 4-1 所示。

表 4-1 受試者基本資料(N=28，平均數±標準差)

組別(人數)	年齡(歲)	身高(公分)	體重(公斤)
伸展組 (N=9)	21.78±1.64	162.22±3.63	56.89±6.51
電療組 (N=10)	20.50±1.65	162.8 ±6.46	56.70±6.02
控制組 (N=9)	22.11±1.83	165.67±6.76	58.11±5.67

由表 4-1 的受試者資料，經統計分析後，顯示出伸展組、

電療組及控制組三組的受試者分別在年齡、身高、體重等三方面皆沒有顯著差異存在 ($p>.05$)。

第二節 膝關節活動度 (ROM)

一、伸展組、電療組及控制組三組在運動前、運動後立刻及 24 小時、48 小時及 72 小時等時段，經由不同治療方式後所測得的膝關節活動度的平均值±標準差的資料如(表 4-2)所示。

表 4-2 不同組別在不同時間的關節活動度(單位：度)

組別	時間	平均數	標準差
伸展組 (N=9)	運動前	124.56	4.36
	運動後立刻	113.67	4.18
	24 小時	109.44	6.23
	48 小時	108.67	4.09
	72 小時	114.11	4.04
電療組 (N=10)	運動前	126.00	3.40
	運動後立刻	114.50	5.15
	24 小時	108.00	7.09
	48 小時	103.90	6.87
	72 小時	112.25	7.76
控制組 (N=9)	運動前	128.00	6.20
	運動後立刻	114.89	9.39
	24 小時	102.89	10.13
	48 小時	94.89	9.27
	72 小時	104.11	9.47

關於不同組別在膝關節活動度的變異數分析摘要表則呈現在(表 4-3)所示。本研究結果也以剖面圖表達於(圖 4-1、圖 4-2)。由(表 4-3)的資料顯示：兩個自變項主要效果分析發現，受試者間組別自變項並未達到顯著的水準($p>.05$)，但在受試者內的時間主要效果項達到顯著的水準，顯示不同的時間下受試者的關節活動度的確有明顯的差異存在($p<.05$)。此外，由(表 4-3)的資料顯示組別與時間有交互作用存在(組別*時間)($p<.05$)。由於交互作用達到顯著水準，主要效果即失去分析價值，因此，必須就組別在時間上進行單純主要效果考驗結果如(表 4-4)所示。若從剖面圖來觀察，亦可發現有明顯的交叉或非平行線段，顯示有交互作用存在。由(表 4-4)之膝關節活動度之組別在時間上單純主要效果分析摘要表顯示，不同的組別在 48 小時及 72 小時有顯著的差異存在，也就是控制組的膝關節活動度在誘導 DOMS 後的 48 小時及 72 小時皆明顯低於伸展組與電療組的角度。此外，雖然伸展組在 48 小時及 72 小時的膝關節活動度高於電療組，但二組的治療對於關節活動度並沒有顯著的差異存在($p>.05$)。換句話說，伸展組與電療組在 DOMS 後，對於關節活動度的恢復皆顯著的優於控制組，尤其是在 DOMS 後的 48 及 72 小時差異最大。

表 4-3 不同組別在不同時間膝關節活動度變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F 值	p
組別	657.51	2	328.76	1.87	.175
時間	9158.25	4	2289.56	192.72*	.000
組別×時間	1016.96	8	127.12	10.70*	.001
組內(誤差)	4400.38	25	176.02		
受試者間殘差	1188.01	100	11.88		
全體	17078.12	139			

p<.05*

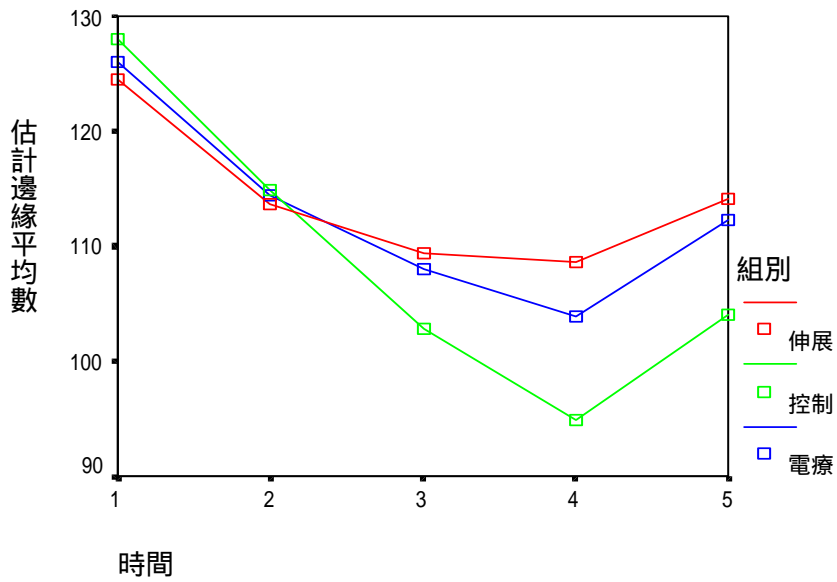
表 4-4：膝關節活動度組別在時間上單純主要效果變異數分析

摘要表

時間	組別 組別平均數與標準誤 (I)	組別 (J)	平均數差異 (I-J)
運動前	伸展組	電療組	-1.44
	(124.56±1.58)	控制組	-3.44
	電療組	伸展組	1.44
	(126.00±1.50)	控制組	-2.00
	控制組	伸展組	3.44
	(128.00±1.58)	電療組	2.00
運動後 立刻	伸展組	電療組	-.83
	(113.67±2.19)	控制組	-1.22
	電療組	伸展組	.83
	(114.50±2.08)	控制組	-.39
	控制組	伸展組	1.22
	(114.89±2.19)	電療組	.39
運動後 24 小時	伸展組	電療組	1.44
	(109.44±2.65)	控制組	6.56
	電療組	伸展組	-1.44
	(108.00±2.52)	控制組	5.11
	控制組	伸展組	-6.56
	(102.89±2.05)	電療組	-5.11
48 小時	伸展組	電療組	4.77
	(108.67±4.09)	控制組	13.78
	電療組	伸展組	-4.77
	(103.90±6.87)	控制組	9.01*
	控制組	伸展組	-13.78*
	(94.89±9.27)	電療組	-9.01*
72 小時	伸展組	電療組	1.81
	(114.11±4.04)	控制組	10.00*
	電療組	伸展組	-1.81
	(112.30±5.40)	控制組	8.19*
	控制組	伸展組	-10.00*
	(104.11±9.47)	電療組	-8.19*

p<.05*

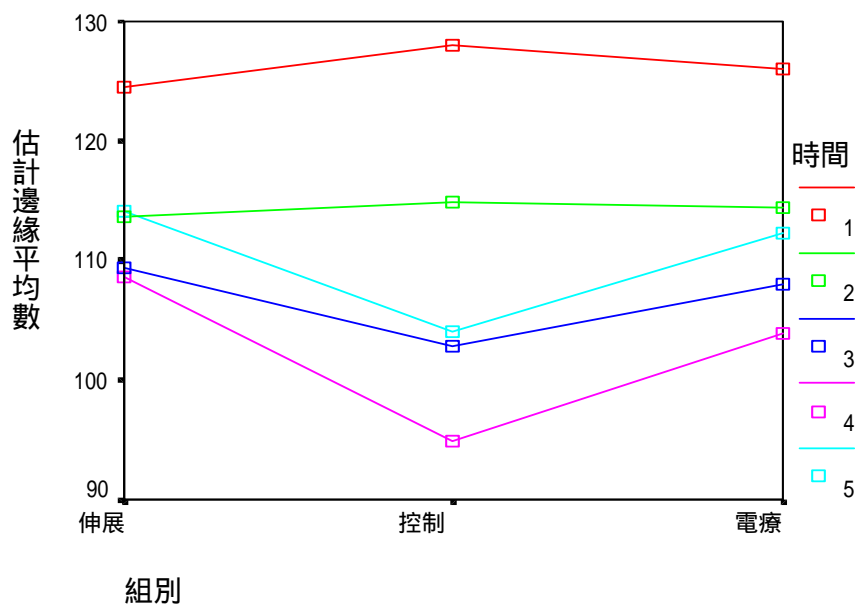
MEASURE_1 的估計邊緣平均數



- 1：代表 DOMS 前的 ROM
- 2：代表 DOMS 後立刻的 ROM
- 3：代表 DOMS 後 24 小時的 ROM
- 4：代表 DOMS 後 48 小時的 ROM
- 5：代表 DOMS 後 72 小時的 ROM

圖 4-1 以時間為 X 軸，以組別為個別線

MEASURE_1 的估計邊緣平均數



- 1：代表 DOMS 前的 ROM
- 2：代表 DOMS 後立刻的 ROM
- 3：代表 DOMS 後 24 小時的 ROM
- 4：代表 DOMS 後 48 小時的 ROM
- 5：代表 DOMS 後 72 小時的 ROM

圖 4-2 以組別為 X 軸，以時間為個別線

第三節 肌肉疼痛指數(MSI)

(一)伸展組、電療組及控制組三組在運動前疼痛指數皆為零。因此，本研究主要分析三組在運動完後立刻與 24 小時、48 小時及 72 小時等時段，經由不同的治療方式後所測的疼痛指數的平均值與標準差，如(表 4-5)所示。本研究也以剖面圖呈現於(圖 4-3、圖 4-4)中。關於疼痛指數的變異數分析摘要表則呈現在(表 4-6)中。

由(表 4-6)的研究資料顯示，兩個自變項的主要效果分析發現，受試者間的組別自變項，並未達到顯著的差異水準 ($p>.05$)顯示不同的組別在疼痛指數上並無明顯的差異。而且組別與時間兩變項間(組別 \times 時間)也未有交互作用($p>.05$)未達顯著差異水準，因此，無須進行單純主要效果分析。但在受試者內時間自變項上則有顯著的水準($p<.05$)，表示不同的時間下，受試者的疼痛指數的確有所不同。若從剖面(圖 4-3、圖 4-4)亦可觀察到有非平行或明顯的交叉。經由事後比較(見表 4-7)可以看出，5 個水準平均數的兩兩比較，除了水準 2(運動完後立刻)與水準 4(運動後 48 小時)相比(平均數差為 .474， $p=.057$)及水準 3(運動後 24 小時)與水準 4(運動後 48 小時)(平均數差為 -.176， $p=.395$)為不顯著外，其餘各水準的兩兩比較均達顯著水準，顯示在不同的時間其疼痛指數的確有所不同。而且以運動後立刻的疼痛指數最高，平均數為 3.09。然而從(圖 4-3)所示，靜態伸展組的受試者於 DOMS 產生後會隨著時間的增加而逐漸減少疼痛指數，分別 24 小時、48 小時、72 小時各為(2.39，2.22，1.11)並在第 72 小時達到最少。接受電療組的受試者於 DOMS 產生後在第 24 小時疼痛

指數降低為 2.20，在第 48 小時時，疼痛指數又升高至 2.48，但之後隨著時間的增加在第 72 小時，疼痛指數又降到最低點為 1.55。

反觀控制組，疼痛指數在第 24 小時也是減少至 2.72，但在第 48 小時時，疼痛指數達到最高為 3.17，然而在第 48 小時之後，疼痛指數也隨著時間的延長而緩慢的下降，至 72 小時為 2.11。

表 4-5 不同組別在不同時間的疼痛指數

組別	時間	平均數	標準差
伸展組 (N=9)	運動後立刻	3.00	.00
	24 小時	2.39	.93
	48 小時	2.22	1.30
	72 小時	1.44	.98
電療組 (N=10)	運動後立刻	3.04	.13
	24 小時	2.20	.82
	48 小時	2.45	.69
	72 小時	1.55	.86
控制組 (N=9)	運動後立刻	3.22	.67
	24 小時	2.72	.97
	48 小時	3.17	1.41
	72 小時	2.11	1.05

表 4-6 不同組別在不同時間疼痛指數變異數分析摘要表

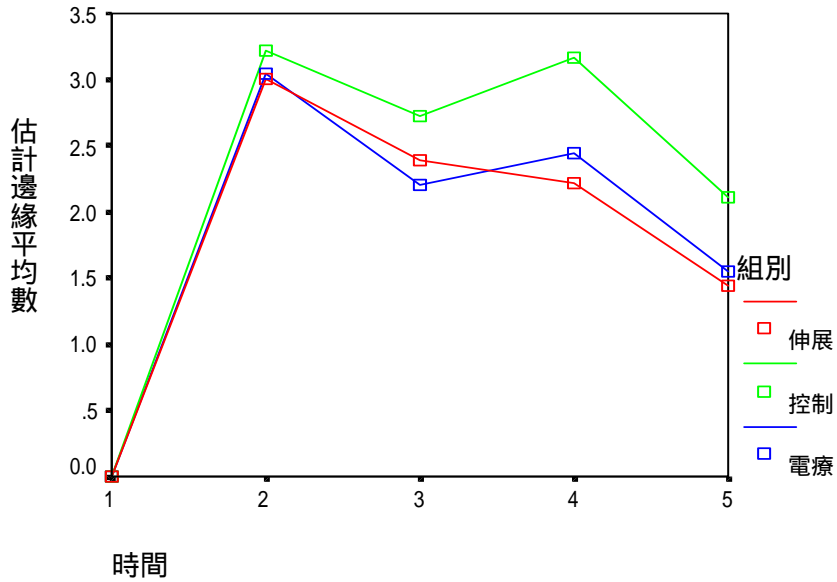
變異來源	SS	df	MS	F 值	p
組別	6.58	2	3.29	1.94	.165
時間	27.72	3	9.24	17.82*	.000
組別×時間	1.79	6	.29	.55	.767
組內(誤差)	33.97	25	1.36		
受試者間殘差	47.39	100	.47		
全體	117.45	136			

p<.05*

表 4-7 時間成對的比較(疼痛)

時間 (I)	時間 (J)	平均數差異 (I-J)	標準誤	顯著性
1	2	-3.087*	.073	.000
	3	2.437*	.172	.000
	4	-2.613*	.220	.000
	5	-1.702*	.183	.000
2	1	3.087*	.073	.000
	3	.650*	.183	.002
	4	.474	.237	.057
	5	1.386*	.171	.000
3	1	2.437*	.172	.000
	2	-.650*	.183	.002
	4	-.76	.203	.395
	5	.735*	.102	.000
4	1	2.613*	.220	.000
	2	-.474	.237	.057
	3	.176	.203	.395
	5	.911*	.172	.000
5	1	1.702*	.183	.000
	2	-1.386*	.171	.000
	3	-.735*	.182	.000
	4	-.911*	.172	.000

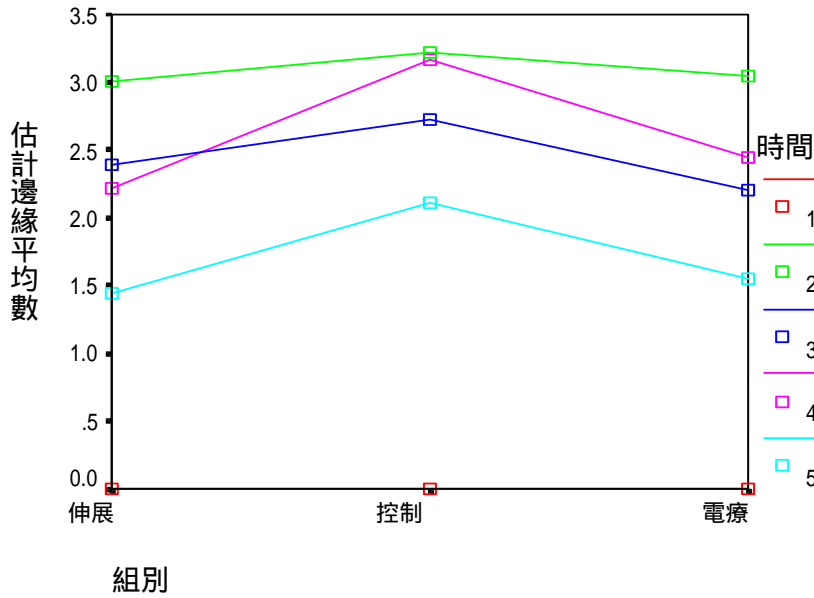
MEASURE_1 的估計邊緣平均數



- 1：代表 DOMS 前的 MSI
- 2：代表 DOMS 後立刻的 MSI
- 3：代表 DOMS 後 24 小時的 MSI
- 4：代表 DOMS 後 48 小時的 MSI
- 5：代表 DOMS 後 72 小時的 MSI

圖 4-3 以時間為 X 軸，以組別為個別線

MEASURE_1 的估計邊緣平均數



- 1：代表 DOMS 前的 MSI
- 2：代表 DOMS 後立刻的 MSI
- 3：代表 DOMS 後 24 小時的 MSI
- 4：代表 DOMS 後 48 小時的 MSI
- 5：代表 DOMS 後 72 小時的 MSI

圖 4-4 以組別為 X 軸，以時間為個別線

第四節 肌肉腫脹程度(MSC)

伸展組、電療組及控制組三組在運動前、運動後立刻、運動後 24 小時、48 小時及 72 小時等時段，經由不同的治療方式之後，所測得的大腿腫脹之平均數與標準差如(表 4-8)所示，本研究也以圖表呈現於(圖 4-5、圖 4-6)。關於肌肉腫脹的變異數分析摘要表則如(表 4-9)所示。而由(表 4-9)的研究資料顯示，兩個自變項的主要效果分析發現，受試者間組別自變項並未達到顯著的水準，($p>.05$)顯示不同組別在腫脹程度上並沒有明顯差異。而且組別與時間兩變項(組別*時間)並沒有交互作用存在，未達顯著差異水準($p>.05$)。因此，無須進行單純主要效果分析。

但在受試內設計的時間自變項則達到顯著的差異水準，($p<.05$)。顯示在不同時間下，受試者的腫脹程度的確有所不同。若從剖面圖觀察(如圖 4-5、圖 4-6)亦有明顯的交叉或非平行線段。經由事後比較如(表 4-10)可以顯示，5 個水準平均數兩兩比較，只有水準 1(運動前)與水準 2、3、4、5(運動後立刻、24、48 及 72 小時)相比較有顯著水準外(平均數差為 $-.912$ ， $p=.00$ ； $-.741$ ， $p=.00$ ； $-.896$ ， $p=.00$ ； $-.747$ ， $p=.000$)，其它各水準兩兩比較均未達到顯著水準。顯示在 DOMS 症狀產生後各組在不同時間下，腫脹程度並無明顯的差異。

然而，由(圖 4-5)得知，伸展組的受試者在產生 DOMS 後雖然腿圍立即腫脹，但在實施靜態伸展運動後，在第 24 小時測量為 40.97 即有減少的趨勢，第 48 小時略為減少至 41.03，並於第 72 小時下降到最少為 40.80。

電療組的受試者在誘發出 DOMS 後腫脹為 40.11，經由

電療後，第 24 小時有明顯的減少腿圍腫脹為 39.82，而後又隨著時間的增加到第 48 小時測量腫脹為 39.97，之後又隨著時間的延長逐漸減少腫脹到第 72 小時為 39.80。

反觀控制組的受試者於誘導出 DOMS 後，腿圍的腫脹程度即隨著時間的增加而逐漸地增加，並於 DOMS 後的第 48 小時腫脹達到最高峰為 39.85，但之後又逐漸地減少腿圍的腫脹，到了第 72 小時測量時則為 39.80。

表 4-8 不同組別在不同時間的腫脹程度(單位：公分)

組別	時間	平均數	標準數
伸展組 (N=9)	運動前	40.26	2.32
	運動後立刻	41.24	2.20
	運動後 24 小時	40.97	2.24
	運動後 48 小時	41.03	2.09
	運動後 72 小時	40.80	2.01
電療組 (N=10)	運動前	39.34	2.40
	運動後立刻	40.11	2.50
	運動後 24 小時	39.82	2.28
	運動後 48 小時	39.97	2.38
	運動後 72 小時	39.80	2.27
控制組 (N=9)	運動前	38.57	2.99
	運動後立刻	39.54	2.87
	運動後 24 小時	39.60	2.95
	運動後 48 小時	39.85	2.69
	運動後 72 小時	39.80	2.52

表 4-9 不同組別在各時間其腫脹程度的變異數分析摘要表

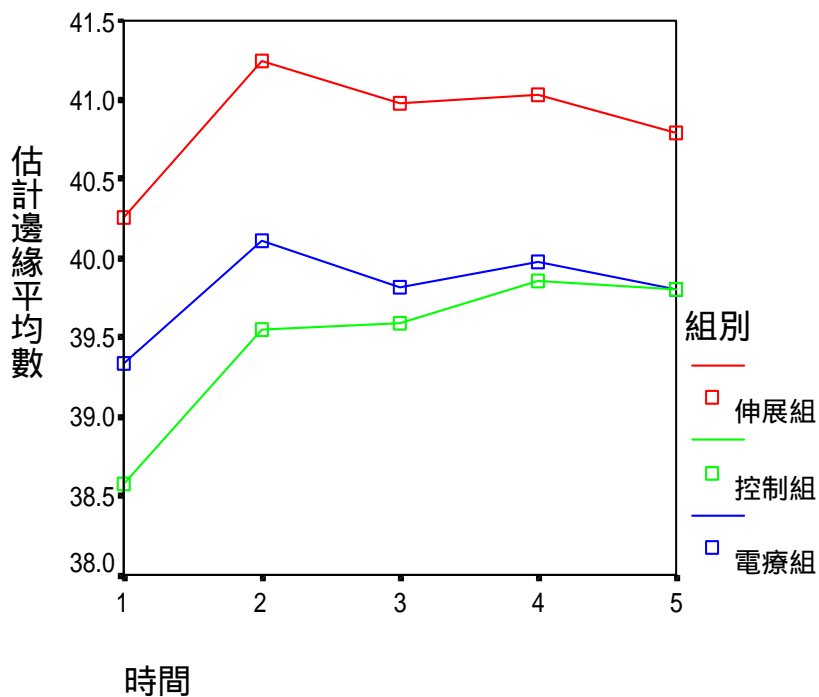
變異來源	SS	df	MS	F 值	p
組別	47.26	2	23.63	.80	.46
時間	15.89	4	3.97	24.19*	.00
組別×時間	2.57	8	.32	1.96	.06
組內(誤差)	740.65	25	29.63		
受試者間殘差	16.43	100	.16		
全體	822.80	139			

p<.05*

表 4-10 時間成對的比較(腫脹)

時間 (I)	時間 (J)	平均數差異 (I-J)	標準誤	顯著性
1	2	-.912*	.071	.000
	3	-.741*	.102	.000
	4	-.896*	.120	.000
	5	-.747*	.120	.000
2	1	.912*	.071	.000
	3	.171	.088	.064
	4	1.593E-02	.188	.894
	5	.165	.130	.216
3	1	.741*	.102	.000
	2	-.171	.088	.064
	4	-.155	.101	.139
	5	-5.78E-03	.129	.965
4	1	.869*	.120	.000
	2	-1.59E-02	.118	.894
	3	.155	.101	.139
	5	.149	.090	.112
5	1	.747*	.102	.000
	2	-.165	.130	.216
	3	5.778E-03	.129	.965
	4	-.149	.090	.112

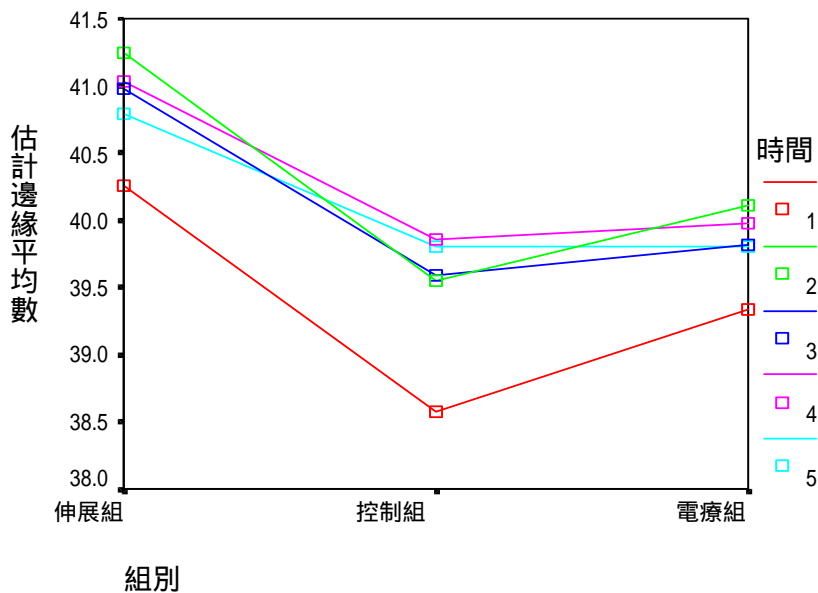
MEASURE_1 的估計邊緣平均數



- 1：代表 DOMS 前的 MSC
- 2：代表 DOMS 後立刻的 MSC
- 3：代表 DOMS 後 24 小時的 MSC
- 4：代表 DOMS 後 48 小時的 MSC
- 5：代表 DOMS 後 72 小時的 MSC

圖 4-5 以時間為 X 軸，以組別為個別線

MEASURE_1 的估計邊緣平均數



- 1：代表 DOMS 前的 MSC
- 2：代表 DOMS 後立刻的 MSC
- 3：代表 DOMS 後 24 小時的 MSC
- 4：代表 DOMS 後 48 小時的 MSC
- 5：代表 DOMS 後 72 小時的 MSC

圖 4-6 以組別為 X 軸，以時間為個別線

二 討論

有關延遲性肌肉酸痛產生的機制與治療方法，目前廣被運動科學界所重視，然而有關減輕延遲性肌肉酸痛的治療方法，仍然沒有一致性的答案。因為受試者對於酸痛的認知，並無法有明確的感受，因此增加研究的困難度。先前的文獻顯示靜態伸展療法(DeVries, 1961; Torgan, 1985; 陳忠慶等 1995; 林威秀等 1999)皆認為靜態伸展療法對於減輕 DOMS 症狀有正面療效。然而持相反論點也有(Buroker 等 1989; David 等 1989; Gulick 等 1996)。而有關經皮神經電刺激療法對減輕 DOMS 症狀的文獻(Denegar 等 1988, 1989, 1992; 林學宜 1993)皆認為電刺激療法只能減緩 DOMS 部分的症狀。故本研究以膝關節伸展角度，疼痛指數，肌肉腫脹來探討靜態伸展療法與經皮神經電刺激療法當作判斷延遲性肌肉酸痛程度的指標。

第一節 膝關節伸展角度方面(ROM)

當肌肉在從事高強度的離心運動後而產生 DOMS 會伴隨著 ROM 的下降並在 24-48 小時達到最低點(黃廖植, 1995)。從持續性療效方面來分析，本研究的受試者在接受靜態伸展療法處理後的第 24 小時即有逐漸恢復膝關節活動度的趨勢，在第 48 小時既有明顯恢復關節活動度，並且與控制組的膝關節活動度達到顯著的差異($p < .05$)，但與電療組則無明顯的差異存在($p > .05$)。而且伸展組的受試者在第 72 小時恢復膝關節活動度達到最高，且與控制組有顯著的差異存在

($p < .05$)。但伸展組與電療組在關節活動度的恢復比較上仍無顯著的差異存在 ($p > .05$)。雖然，控制組在第 72 小時的關節活動也有增加的現象，但進步的幅度仍比另二組不佳。本研究的結果與段昌平 (1984)，林學宜 (1993)，陳忠慶等 (1995)，和 Denegar 等 (1992) 所獲得的結果相似。靜態伸展療法能增加關節活動度的原因，根據 DeVries (1966) 指出，可能是伴隨著靜態持續伸展運動之後，因而打破了疼痛痙攣循環 (pain-spasm cycle)，導致肌肉能夠放鬆。此外靜態伸展會刺激到高爾肌腱器，抑制了運動神經元減少肌肉張力 (林威秀等 1999)。而緩慢的從事靜態伸展運動能恢復運動後骨骼肌超微結構的變化，加強骨骼肌收縮蛋白的合成過程，並促進其功能的恢復，阻斷延遲性肌肉酸痛的發展。一般的伸展時間皆須 15-30 秒，才能增加關節活動度 (Feland 等，2001)。本研究的靜態伸展組是採用伸展 50 秒，休息 10 秒即是為了減少肌肉張力，使得肌纖維能夠放鬆，相對地關節活動度也會增加。雖然伸展的強度不易有標準化，一般都是在受試者能忍受的範圍內伸展 (DeVries, 1966)，且伸展的持續時間也沒有統一的標準，但根據本研究的結果及上述的文獻，仍可推測受試者在接受靜態伸展運動的治療後，對於關節活動度的增加及恢復情形，應有正面的療效。

至於經皮神經電刺激組比控制組更能有效的恢復關節活動度，尤其是在 DOMS 產生後的第 48 與 72 小時更達到顯著的差異 ($p < .05$)，此結果與林學宜 (1993) 所研究的結果相似。因為電刺激的強度會引起肌肉產生收縮，而造成局部肌肉群產生類似唧筒 (pump) 作用，有助於週邊血管的擴張，血流量增加，藉由循環的改善，減少肌肉攣縮及關節僵硬，改善了

關節活動度(Clemente,1991)。此外，經由電刺激也會直接影響到 Group III 及 Group IV 的神經纖維，經由體感覺交感神經的反射弧(somatosympathetic reflex arc)，抑制交感神經的活動，導致局部血流的增加(Kaada 等，1984)。

本研究的靜態伸展組與經皮神經電刺激組在 DOMS 產生後的第 24 小時與控制組在膝關節活動度恢復上並未達到顯著的療效($p>.05$)，探其原因，可能是處理的次數太少及時間過短所致，而隨著治療的次數與時間的增加，其效果即明顯的呈現出來。經由上述的文獻及本研究的結果，可推測受試者在接受經皮神經電刺激或是從事靜態伸展運動對於關節活動的增加及恢復情形，應有正面的療效。

第二節 肌肉疼痛指數(MSI)

DOMS 產生的疼痛要在運動中或肌肉受到觸壓才會感覺到疼痛，而且疼痛的程度在運動完後的 24-48 小時達到最高峰，疼痛要持續數天才會完全消失。也就是說，即使受試者不活動，也感覺不到肌肉疼痛，因此，本研究利用疼痛指數的大小來表示受試者肌肉疼痛的嚴重性應是合理的。

本研究的結果顯示，經由靜態伸展運動與經皮神經電刺激後受試者所產生的肌肉疼痛都比控制組來得低。此研究結果也與林學宜(1993)，Denegar 等(1989)及 Denegar 和 Perrin(1992)所發現的結果相類似。

伸展療法方面：從(圖 4-3)可觀察出，接受靜態伸展療法的受試者疼痛指數呈現波段式的下降，也就是從事靜態伸展運動可以減少因 DOMS 所產生的疼痛現象。此結論與林威秀

等(1999)及 Torgan(1985)及 Denegar 等(1992)的研究結果是相同的。藉由緩慢的伸展肌肉，使縮短不一致的肌節得到伸展，有效的減緩或抑制肌肉痙攣，達到肌肉放鬆而減少延遲性肌肉酸痛的發生(黃廖植，1995)。所以從相關文獻探討與本研究的結果顯示，靜態伸展運動對減輕 DOMS 所產生的疼痛症狀，是有正面的幫助。

電療組方面：從(圖 4-3)可觀察出接受電刺激的受試者其疼痛指數也比控制組減少的原因。根據 Melzack 和 Wall(1965)所提出的門閥理論認為刺激大 A β 纖維，可以抑制 A β 纖維與 C 疼痛纖維的傳導。因為高強度的 TENS 刺激後會使 A δ 痛覺受器(pain receptor)，釋出類似嗎啡物質，抑制了 C 纖維的疼痛傳入，而達到止痛效果。

Cheng 等(1980)從藥理學方面提出高頻率電刺激藉由活化神經輸入系統因而釋出血清素(serotonin)，而低頻率的電刺激則會釋放腦內嗎啡(endorphin)，抑制痛覺神經纖維的傳遞，而達到止痛作用。

雖然從(圖 4-3)可觀察出伸展組與電療組對於 DOMS 後疼痛的減輕比控制組有效，然而在統計學上三組不同的治療方式仍對 DOMS 產生的疼痛並沒有顯著的差異。雖然 DOMS 誘導後的 24-48 小時控制組的疼痛指數式一直在升高，分別是 2.72 與 3.17，反之，伸展組的疼痛指數在第 24 小時與 48 小時分別是 2.22 與 1.44，而電療組在第 24 小時與 48 小時分別是 2.20 與 2.45。

探究伸展組與電療組並沒有與控制組在疼痛指數方面有達到顯著差異的可能原因是本研究評估受試者的疼痛指數是採用視覺類比疼痛亮表，其特點是將疼痛分成階段式的不同

等級，而且受試者必須在三天填寫疼痛的差異程度，而影響受試者疼痛的因素包括個人對疼痛的認知，時間的變遷及複雜的心理因素。此外，測量疼痛的工具也會影響到研究的結果，例如，High 等(1989)選用 Talag(1973)所編製的肌肉酸痛量表(muscle soreness scale)，從 0 分完全不會酸痛到 6 分極度疼痛，結果靜態伸展組與熱身組對於 DOMS 後所產生的疼痛並無顯著差異。Gulick 等(1996)利用視覺類比疼痛量表，研究不同的治療方式對於 DOMS 後的疼痛差異性，結果藥物組，冰按摩組及靜態伸展組與上肢肌力組對於治療 DOMS 後所引起的疼痛並無明顯的差異。林學宜(1993)，陳忠慶等(1995)及林威秀等(1999)對於疼痛的測量則是採用壓力測徑器來比較不同組別對於 DOMS 後所產生的疼痛，結果不同的治療方式對於疼痛的減輕反而皆有明顯的差異。綜合上述，可以說明一點，研究者所選用的測量工具會影響到研究的結果。本研究對於肌肉疼痛的測量是採用視覺類比疼痛量表，因此，研究結果顯示靜態伸展組、電療組及控制組在 DOMS 後所產生的疼痛在治療上並無明顯的差異存在。

第三節 肌肉腫脹程度(MSC)

運動後誘導出 DOMS 症狀，所有的受試者的大腿腿圍皆立即產生明顯的腫脹，如(圖 4-5)所示。可能原因是當股四頭肌在做離心運動時加速局部血液流向肌肉群，血管內壓力增加，導致血管內液體流向組織間隙，因而增加腿部肌群的腫脹(Buroker, 1989)。也有可能是離心運動引起肌肉損傷而出現某種程度的腫脹，而這種腫脹會因血管中通透性增加，而

使得豐富的蛋白質液體，可以滲透入損傷的肌纖維中(陳忠慶等，1997)。而且在 DOMS 後的 24、48 及 72 小時肢體的腫脹最明顯(Stauber 等，1990)。雖然，靜態伸展組、電療組及控制組在運動後的 24、48 及 72 小時對降低腿部腫脹並無明顯的差異存在。然而從(圖 4-5)仍可觀察出，靜態伸展組在在從事伸展運動後的 24、48 及 72 小時，其腿部腫脹會隨著時間的延長而逐漸減少。因為股四頭肌在離心運動後會因運動單元的緊張造成肌肉痙攣，導致腫脹情形，藉由緩慢的靜態伸展運動會促使肌肉放鬆，減少肌肉張力，分散腿部腫脹區域。

電療組在 DOMS 產生後的第 24 小時也有降低腿部的腫脹，在 48 小時又稍為增加腫脹，然而在第 72 小時又逐漸地減少腿部的腫脹。Cummings(1992)指出電刺激會引起腫脹區域的肌肉收縮，產生類似主動運動的肌肉唧筒(muscle pumping)作用，促動聚積在組織間隙的多餘水分，會因壓力的變化而回流到血液循環中。至於控制組在 DOMS 誘導後的第 24 小時至第 48 小時腿部的腫脹持續增加，因為受試者的大腿肌群有局部肌肉損傷，組織內的液體堆積，又並未作任何的治療，因此，會比其它兩組的腫脹更明顯。在第 72 小時才稍為減少腿部腫脹的情形。

然而靜態伸展療法和經皮神經電刺激療法與控制組對於減少腿部腫脹方面在統計學上並沒有明顯的差異($p>.05$)。可能是利用皮尺來測腿圍本身就有誤差存在，因為測量者無法精準的控制每次測量受試者腿圍時皮尺的緊縮程度，因而影響到研究結果。

對於如何測量肌肉的腫脹程度，達到更精準的方法呢？

Gulick(1996)與 Boyce 等(2005)即提出若能將腫脹的肢體置入盛滿水位的桶子內，藉由水流的溢出。產生水位的差異，再測量出 DOMS 前、後肢體腫脹的差異程度。

其次，也有可能研究設計上，受試者的治療次數太少或每次治療時間太短，導致於腿圍的腫脹在三組之間並沒有明顯療效。因此，若能在實驗的設計上，增加治療的次數及時間，或許會呈現較有差異的結果。

所以，教練或是運動防護員尚且不要以目前的研究結果而忽視了利用靜態伸展運動或是經皮神經電刺激對於減少肌肉腫脹的可能之療效。

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究的結果經討論之後可以得到以下結論：

- 一、靜態伸展療法或經皮神經電刺激療法可作為處理 DOMS 症狀中膝關節活動度的恢復，尤其是在 DOMS 產生後的第 48 及 72 小時最為顯著。
- 二、靜態伸展療法或經皮神經電刺激療法比控制組能降低 DOMS 症狀後腿部的疼痛指數，然而並未達到統計上的顯著水準。
- 三、靜態伸展療法或經皮神經電刺激療法比控制組能降低 DOMS 症狀後的肌肉腫脹程度，然而並未達到統計上的顯著水準。

第二節 建議

由本研究的過程和結果，對將來有關 DOMS 療效的研究有以下幾點建議：

- 一、本研究誘發 DOMS 的方法是利用登階運動，然而實驗設計的不同，包括誘發 DOMS 的運動型式、強度、持續時間和負荷不同也會產生差異。而以 DOMS 後的疼痛指數 ≥ 3 即可進入本研究的正式程序，研究者認為並不是很科學的方法，可能會影響到研究的結果。建議若能利用等速離心運動的儀器來誘發受試者產生 DOMS，再比對血

液的生化分析後，再進行正式的研究程序會對研究結果產生比較客觀的答案。

- 二、參與本實驗的受試者結皆為 20 歲左右的學生，所以研究結果有其局限性，將來如能擴大至不同的年齡層及不同背景的受試者，如運動員或老年人，也可以長期坐式生活的人來當受試者，相信更能增加研究結果的推論性。
- 三、本研究的靜態伸展運動方法是伸展 50 秒，休息 10 秒，然而不同的伸展運動方式，強度與時間仍會影響到研究的結果，因此如何將靜態伸展運動的治療方法科學化，也會影響到研究的結果。
- 四、本研究的經皮神經電刺激儀器是選用 Danmeter 公司所設計的儀器，然而不同的品牌、不同的頻率、不同電波型式、乃至不同的電擊片放置位置也都會影響到研究的結果。因此，往後的研究者如何將電刺激儀器標準化，也是一個值得參考的工具。
- 五、DOMS 產生後的疼痛程度皆由受試者主觀的判斷。而且，研究者所選用的測量工具又會影響到受試者對疼痛的認知。因此，建議往後的研究者如何在受試者對疼痛的認知上更能科學化也會影響到研究的結果。
- 六、本研究的受試者太少共 28 位，而且也沒有對受試者做抽血的生化分析(例如比較實驗前、後 CK 值或是 Ca^{+2} 的變化情形)，然而在忙碌的醫院實習學生並不願意太認真的參與本研究，更不願做抽血的生化分析。因此，建議往後的研究者在受試者參與研究的意願上也要加以考慮。
- 七、本研究的受試者在誘發 DOMS 後，研究者並無法有效的控制日常生活的活動，仍然如往常般的在床墊上為病人

從事運動治療，無形中有時就會伸展到股四頭肌群，也會影響到研究的結果。建議往後的研究者如何有效的控制受試者的日常生活也是值得參考。

八、建議後續的研究者可在肌肉腫脹，疼痛指數及關節活動三者之間上是否有相關性存在作更進一步的探討。其次若能在不同的治療方式中再增加一項運動療法，也許在對 DOMS 症狀的療效會更有幫助。

九、本研究的實驗過程及治療的次數太少，若往後的研究者能增加治療的次數及時間上的延長，將可更明確的觀察出對 DOMS 的療效。

參考文獻：

中文部份

- 毛慶禎(1994)：延遲性肌肉酸痛。中華體育，8(1)，114-117。
- 田野、王義潤、楊錫讓、唐朝樞(1993)：運動性骨骼肌結構機能變化的機制研究—II：力竭運動對粒腺體鈣代謝水平的影響。中國運動醫學雜誌，1，31-33。
- 林鎮岱(1995)：血乳酸與延遲性肌肉酸痛的關係。北京體育大學學報，2，18。
- 林學宜(1993)：快速自主收縮及經皮神經電刺激對延遲性肌肉酸痛的影響。國立台灣師範大學體育研究所碩士論文。
- 林麗娟、林學宜(1993)：乳酸和延遲性肌肉酸痛的關係。體育學報，16，299-311。
- 林威秀、黃啟煌(1999)：按摩、伸展對延遲性肌肉酸痛的影響。大專體育，1(1)，17-27。
- 段昌平、傅湘琦、趙天德、盧鼎厚(1984)：針刺和靜力牽張對延遲性肌肉酸痛過程中骨骼肌超微結構的影響。北京體育學報，4，8-19。
- 洪長青、陶江(1999)：運動性延遲性肌肉酸痛研究進展。湖北體育科技，3，25-28。
- 屈竹青、盧鼎厚、王義潤(1993)：針刺對力竭肌，延遲性結構變化的促恢復作用及機制探討。北京體育學報，2，63-72。
- 徐佶(1993)：關於肌肉延遲疼痛的肌理研究綜述。體育與科學，6，29-30。
- 柴田哲生(1996)：芍藥甘草湯對子宮肌平滑肌前列腺素生成的影

- 響。日本產科學會雜誌，10(4),324-341。
- 陳忠慶、金明央(1997)：急性發炎反應與延遲性肌肉酸痛的關係之探討。北體學報，6，227-240。
- 陳相榮(1988)：運動生理學。台中：精華出版社。
- 陳英杰、郭慶芳、趙保路、祁文娟(1993)：延遲性肌肉損傷與自由基代謝異常—運動延遲性肌肉損傷機制探討之二。中國運動醫學雜誌，2，65-69
- 陳忠慶、謝仲裕(1995)：伸展療法與冷療法對延遲性肌肉酸痛的影響。體育學報，20，281-291。
- 陳聰毅、杜春治(2001)：伸展運動在運動健身的意義。大專體育，57，83-87。
- 黃廖植(1995)：伸展性肌肉酸痛。國立體育學院論叢，5(2)，159-171。
- 楊曉冰(1994)：延遲性肌肉疼痛。中國運動醫學雜誌，4，221-224。
- 鄭秀琴(1999)：延遲性肌肉酸痛之機轉，處理及預防方法。萬能學報，21，369-378。
- 賴金鑫(1983)：運動醫學講座。台北：健康世界雜誌社。
- 鄭桂玫、洪明吉(2000)：肌酸激酶對肌肉運動傷害評估之探討。大專體育，49，189-193。
- 盧鼎厚、黃啟煌(1997)：骨骼肌損傷的機制及其預防兼論運動負荷的安排問題。體育學報論叢，7(2)，1-15。
- 魏曉燕(1998)：延遲性肌肉酸痛產生基理綜述。重慶師院學報，4，42-44。

英文部份

- Abraham, W. A. (1977). Factors in delayed onset muscle soreness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 9(1), 11-20.
- Armstrong, R. B., Ogilvie, R.W., & Schwane, J. A. (1983). Eccentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 54, 80-93.
- Armstrong, R. B. (1984). Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16, 529-538.
- Armstrong, R. B. (1990). Initial events in exercise-induced muscular injury. *Medicine of Science in Sports and Exercise*, 22(4), 429-435.
- Asmussen, E. (1956). Observations on experimental muscular soreness. *Acta Rheum Scand*, 2, 109-116.
- Boyce, S. H., Quigley, M.A., Campbell, S (2005). Management of ankle sprains ; a randomized controlled trial of the treatment of inversion injuries using an elastic support bandage or an aircast ankle brace, *Br.J.Sports Med*, 39, 91-96.
- Braun, B., & Clarkson, P.M. (1989). Effect of cold treatment during eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21, 32.
- Buroker, K. C., & Schwane, J.A. (1989). Does post-exercise static stretch alleviate delayed muscle soreness? *Phys Sportsmed*, 6, 65-83.

- Byrnes, W. C., Clarkson, P. M., White, J. S., Hsieh, S. S., & Fryman, P. N.(1985). Delayed onset muscle soreness following repeated bouts of downhill running, *Journal of Applied physiology*, 59, 710-715.
- Cheng R, Mckibbin L, Rey B, Pomeranz B (1980). Electroacupuncture elevates blood cortisol levels in naïve horses; sham treatment has no effect. *Intern J Neuroscience* ,10, 97-97.
- Clarkson, P. M. (1990). Too much too soon: aftermath of overextension. *Sports Science Exch*, 2,1-4.
- Clarkson, P. M., & Tremblay, I. (1988). Exercise induced muscle damage. *Journal of Apply Physiology*, 65, 1-6.
- Clemente, F.R. (1991). Effect of motor neuromuscular electrical stimulation on microvascular perfusion of stimulated rat skeletal muscle. *Phys Ther*, 71, 397-406.
- Cummings, J. P. (1992). Additional therapeutic uses of electricity, In Gersh MR(ed). *Electrotherapy in Rehabilitation*. David company: Philadelphia.
- Cynthia, C. N., Joyce, W. (1988). *Measurement of joint motion*. American: Boston University.
- David, M.H., & Edward, T.H. (1989). The effects of static stretching and warm-up on prevention of delayed onset muscle soreness. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60(4), 357-361.
- Denegar, C.R., Huff, C.B. (1988). High and low frequency TENS

- in the treatment of musculoskeletal pain; A comparison study. *Athletic Training*, 23, 235-257.
- Denegar, C. R., Perrin, D. H. Rogol, A.D., & Rutt, R. (1989). Influence of transcutaneous nerve stimulation on pain, range of motion, and serum cortisol concentration in females experiencing delayed onset muscle soreness. *JOSPT*, 11, 100-103.
- Denegar, C. R., & Perrin, D.H. (1992). Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation, cold, and a combination treatment on pain, decreased range of motion, and strength loss associated with delayed onset muscle soreness. *Journal of Athletic Training*, 27(3),200-206.
- DeVries, H. A. (1961). Electromyographic observations on the effects has on muscle distress. *Research Quarterly*, 32,468.
- DeVries, H. A. (1961). Electromyographic observation of effect of static stretch up on muscular distress. *Research Quarterly*, 32,468-479.
- DeVries, H. A. (1966). Quantitative electromyographic investigation of the spasm theory of muscle pain. *American Journal of Physiology Medicine*, 45,119-134.
- Donnelly, A. E., McCormick, K., Maughan, R. J., Whiting, P. H., & Clarkson, P. M. (1988). Effects of a non-steroidal anti-inflammatory drug on delayed onset muscle soreness and indices of damage. *Brit. J. Sports Medicine*, 22,35-38.
- Donnelly, A. E., Maughan, R. J., & Whiting, P. H. (1990). Effects of ibuprofen on exercise-induced muscle soreness and

- indices of muscle damager. *Br J Sports Medicine*, 3, 191-195.
- Ebbeling, C. B., & Clarkson, P. M. (1989). Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Medicine*, 7, 207-234.
- Evans, W. J. (1987). Exercise-induced skeletal muscle damage. *The physician and Sports medicine*, 15,89.
- Feland, J. B., Myrer, J. W., Schulthies, S. S. (2001). The effect of duration of stretching of the hamstrings muscle group for increase range of motion in people aged 65 years or older . *Phys. Therapy*, 81, 1110-1117.
- Francis, K.T., & Hoobler, T. (1987). Effects of aspirin on muscle soreness. *Journal of Sports Medicine*, 27, 333-337
- Friden, J., Seager, J., & Ekblom, B. (1988). Sublethal muscle fiber injuries after high intensity anaerobic exercise. *Eur Journal of Apply Physiology*, 57,360-368.
- Friden, J. Sjostrom, M., & Edblom, B. (1983). Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *Int Journal of Sports Medicine*, 4,170-176.
- Gulick, D. T., Kimura, I. F., Silter, M., Paolone, A., John, D., & Kelly, I. V. (1996).Varies treatment techniques on signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. *Journal of Athletic Training*, 31(2), 145-152.
- Hasson. S., Barnes, Hunter, M., & Williams, J. H. (1989). Therapeutic effect on high speed voluntary muscle contraction on muscle soreness and muscle performance .*J. Orthop. Sports Phys. Ther.*,10,499-507.

- Hasson, S., Daniels J., & Divine, J. (1993). Effects of ibuprofen use on muscle soreness, damage and performance. *Journal of Sports Medicine*, 1,9-17.
- Hasson, S. M., Mundorf, R., Barnes, W. S., & Williams, J. H. (1989). Effect of Ultrasound on muscle Soreness and performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21,S36 (.Suppl.).
- Hasson, S. M., Wible, C. L., Barnes, W. S., & Williams, J. H. (1992). Dexamethasone iontophoresis: effect on delayed muscle soreness and muscle function. *Can J Sports Science*, 1,8-13.
- Hilbert, J. E., Sforzo, G. A., & Swensen, T. (2003). The effects of massage on delayed onset muscle soreness. *Br J Sports Med*, 37,72-75.
- Hill, D. W., & Richardson, J. D. (1989). Effectiveness of 10% trolamine salicylate cream on muscular soreness induced by a reproducible program of weight training, *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 11, 19-23.
- Hough, T. (1902). Ergographic studies in muscular soreness. *Americal Journal of Physiology* ,7,76-92
- Isabell, W. K., Durrant, E., Myrer, W., Anderson, S. (1992). The effects of ice massage, ice massage with exercise, and exercise on the prevention and treatment of delayed onset muscle soreness. *Journal of Athletic Training*, 27(3), 208-216.
- Jensen, M. P., Karoly, P., Braver, S.(1986). The measurement of

- clinical pain intensity: a comparison of six methods. *Pain*, 27, 117-126.
- Kaada, B., Hegland, O., Okledalan, O., Opstad, P. K., (1984). Failure to influence the VIP level in the cerebrospinal fluid by transcutaneous nerve stimulation in humans. *Gen Pharmacol*, 15, 563-565.
- Kuiper, H. Drukker, J., & Frederik, P. M. (1983). Muscle fiber necrosis associated with human marathon runners. *The Journal of Neuro Science*, 59, 185-203.
- Kuiper, H. (1994). Exercise-induced muscle damage. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 3, 132-135.
- Larsen, H., Lund, H., Christensen, R., Rogind, H., Samsoe, D. B., Bliddal, H. (2005). Effect of static stretching of quadriceps and hamstring muscles on knee joint position sense. *Br. J. Sports. Med*, 39, 43-46.
- Lee, K. A., & Kieckhefer, H. A. (1989). Measuring human responses using Visual analogue scales. *West J Nurs Res*, 11, 128-132.
- Lefebvre, H. P., Laroute, V., Braun, J. P., Lassourd, V., & Toutain, P. L. (1996). Non-invasive and quantitative evaluation of post-injection muscle damage by pharmacokinetic analysis of creatine kinase release. *Veterinary Research*, 27, 61-343.
- Macintyre, D. L., Reid, W. D., Lyster, D. M., McKenzie, D. C. (2000). Different effects of strenuous eccentric exercise on the accumulation of neutrophils in muscle in women and men.

- Ear J Appl Physiol*, 81, 47-53.
- Mccully, K. K. (1985). Injury to skeletal muscle fibers of mice following lengthening contractions. *J.Appl.Physiol.*, 59, 119-126.
- Melzack, R., & Wall, P. D. (1965).Pain mechanisms: A new theory.*Science*,150-971.
- Miles, M. P., & Clarkson, P. M. (1994). Exercise-induced muscle pain,soreness and cramps. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 34,203-216.
- Newham, D. J., Jones, D. A., & Clarkson, P. M. (1987). Repeated high-force eccentric exercise; Effects on muscle pain and damage. *Journal of Applied Physiology*, 63, 1381- 1386.
- Newham, D. J., McPhail, G., Mills, K. R., & Edwards, R. H. (1983). Ultrastructural Changes after concentric and eccentric contractions. *J Neuro I Sci*, 61, 109-122.
- Paxton, S. L. (1980): Clinical use of TENS. A survey of physical therapists. *Physical Therapy*, 60, 38-44.
- Politino, V., Smith, S.L., & Waggoner, W.C. (1985).A clinical study of topical 10% triethanolamine Salicylate cream for relieve of post-exercise muscle pain. *Athletic Training*, 20, 29-31.
- Prentice, W. E. (1983). A comparison of static stretching and PNF stretching for improving hip joint flexibility. *Athletic Training*, 18, 56-59.
- Round, J. M., Jones, D. A., & Cambridge, G. (1987). Cellular infiltrates in human skeletal muscle: exercise induced

- damage as a model for inflammatory muscle disease? *Journal of Neurol Science*, 82, 1-11.
- Schwane, J. A., Watrous, B. G., Johnson, S. R., & Armstrong, R. B. (1983). Is lactic acid related to delayed onset muscle soreness. *Physician and Sports Medicine*, 11(3), 124-131.
- Shellock, F. G., & Prentice, W. E. (1985). Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of Sports related injuries. *Sports Medicine*, 2, 267-278.
- Smith, L. L. (1991). Acute inflammation: The underlying mechanism in delayed onset muscle soreness? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 542-551.
- Smith, L., Leating, M., Spratt, D. J., McCammon, M. R., & Smith, S. S. (1994). The effects of athletic massage on delayed onset muscle soreness, creatin kinase, and neutrophil count: A preliminary report, *JOSPT*, 19(2), 93-99.
- Staton, W. M. (1952). The influence of ascorbic acid in minimizing post-exercise muscle soreness in young men. *Research Quarterly*, 44, 458-469.
- Stauber, W. T. Clarkson, P. M., & Fritz, V. K. (1990). Extracellular matrix disruption and pain after eccentric muscle action. *Journal of Apply physiology*, 69(3), 868-874.
- Thompson (1997). The effects on oral contraceptive on delayed onset muscle soreness following exercise. *Contraception*, 56(2), 59-65.
- Torgan, C. J. (1985). *The effect of static stretching upon muscular distress*. Champaign: Human kinetics.

- Wenos, J. Z., Brilla, L. R., & Morrison, M. J. (1990). Effect of massage on delayed onset muscle soreness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22, (2,supply), 34.
- Yackzan, L., Adams, C., & Francis, K.T. (1984). The effects of ice massage on delayed muscle soreness. *American Journal of Sports Medicine*, 12, 159-165.

附錄一 受試者須知及參與同意書

依實驗研究規定，研究者應將研究過程可能發生的危險向受試者說明清楚，包括會引起明顯的肌肉酸痛、下肢出現腫脹、關節僵硬、移動不遍及出現無力感。且應盡其所能保護受試者之健康與權益，並隨時回答受試者的問題。受試者如改變意願時，可隨時退出實驗而不受任何限制，但應事先通知研究者。

本研究的題目是：經皮神經電刺激對延遲性肌肉酸痛的影響。

目的：比較快速自主收縮及經皮神經電刺激對處理延遲性肌肉酸痛之療效。

本實驗中，您將接受一次肌肉延遲性肌肉酸痛之誘發及三次經皮神經電刺激或治療，並實驗四次(1)膝關節(2)肌肉疼痛指數(3)腿圍的測量。為了讓實驗能順利進行並獲取正確的實驗結果，請在實驗期間確實遵守下列事項：

- 1、在實驗前四十小時內，請不要參加任何激烈運動特別是下肢的離心收縮，禁止喝酒之，或改變平常的生活習慣，亦請保持平常的影響習慣。
 - 2、實驗前四十八小時，請不要影用咖啡、茶、可口可樂、及其它含有興奮作用的飲料。
 - 3、請在指定時間前穿著運動服裝到達復健科運動治療室。
 - 4、請據實填寫健康情況調查表。
 - 5、實驗時間自民國九十四年十二月一日至十二月三十一日。
- 測驗前我們將詢問您是否遵循以上事項，如不符合則

擇期再測。參加這項研究您可以親自體驗一個實驗過程，而我們亦會對您說明，研究的結果、意義和價值。所獲得的資料僅供研究之用，並絕對保密以保障您的隱私權。

我了解以上有關事宜，也志願同參與上述研究。

受試者簽名：_____

出生年月日：_____

地址：_____

聯絡電話：_____

日期：_____

見證人簽名：_____

如果測驗期間，您若改變意願，請即時通知研究人員，您可隨時退出實驗而不受任何限制。或是有任何不舒服時，可至台中醫院復健科接受治療，並由研究者付費。

謝謝您的協助與合作

研究者：陳百鍊

聯絡電話：0921375671

e-mail：bye1818@yahoo.com.tw

附錄二 受試者健康情況調查表

本調查表在幫助您了解自身之健康情況，並協助研究者判定您再實驗前是否需要更進一步的健康檢查。請據實回答，並請您在「有、無、不確定」欄內打✓。

	有	無	不確定
1、高血壓	----	----	-----
2、心臟病	----	----	-----
3、糖尿病	----	----	-----
4、支氣管炎	----	----	-----
5、貧血	----	----	-----
6、心率不整	----	----	-----
7、藥物過敏	----	----	-----
8、緊張、情緒或心理異常	----	----	-----
9、氣喘	----	----	-----
10、快速起立時，會頭暈或輕微疼痛	----	----	-----
11、頭昏眼花、暈倒或頭痛的現象	----	----	-----
12、經常性胃痛	----	----	-----
13、激烈運動後，極端疲憊，很難恢復	----	----	-----
14、在過去的六個月期間，您是否增進行過重量訓練呢？有的話，請進一步說明：			

15、在過去的一年當中，是否有發生過其他的疾病，如出現過神經肌肉方面的問題，或非慣用腳會發生肌肉酸痛的現象，或接受手術與藥物的治療？有的話，請進一步說明：

16、本人以上所做的健康說明均為屬實。

受試者簽名： _____ 日期： _____
見證人簽名： _____ 日期： _____
研究者簽名： _____ 日期： _____