



12-31-2009

### Pressure Pain Threshold, Pressure Pain Tolerance, and Compliance at Different Sites on the Biceps Brachii Muscles Prior to and Following Eccentric Exercise

Jo-Tong Chen

Kuo-Wei Su

Ta-Shen Kuan

Yun-Fu Chou

Chang-Zern Hong

Follow this and additional works at: <https://rps.researchcommons.org/journal>

 Part of the [Rehabilitation and Therapy Commons](#)

#### Recommended Citation

Chen, Jo-Tong; Su, Kuo-Wei; Kuan, Ta-Shen; Chou, Yun-Fu; and Hong, Chang-Zern (2009) "Pressure Pain Threshold, Pressure Pain Tolerance, and Compliance at Different Sites on the Biceps Brachii Muscles Prior to and Following Eccentric Exercise," *Rehabilitation Practice and Science*: Vol. 37: Iss. 3, Article 3. DOI: [https://doi.org/10.6315/2009.37\(3\)03](https://doi.org/10.6315/2009.37(3)03)  
Available at: <https://rps.researchcommons.org/journal/vol37/iss3/3>

This Original Article is brought to you for free and open access by Rehabilitation Practice and Science. It has been accepted for inclusion in Rehabilitation Practice and Science by an authorized editor of Rehabilitation Practice and Science. For more information, please contact [twpmrscore@gmail.com](mailto:twpmrscore@gmail.com).

原著

## 肱二頭肌不同部位於離心收縮後壓痛閾值、 壓痛耐受度及組織順應性之變化

陳若佟<sup>1,2</sup> 蘇國偉<sup>1</sup> 官大紳<sup>1,2</sup> 周詠富<sup>1</sup> 洪章仁<sup>2,3</sup>

國立成功大學醫學院附設醫院復健部<sup>1</sup> 國立成功大學醫學院復健學科<sup>2</sup>  
弘光大學物理治療學系<sup>3</sup>

遲發性肌肉酸痛(delayed onset muscle soreness)常發生於激烈又不熟練的運動之後，其症狀於運動後第二、三天最嚴重，通常在運動後第五到七天緩解。發生機轉一般認為與肌肉離心收縮(eccentric contraction)有關，但肌肉不同部位受影響的程度尚未完全釐清，本實驗的目的在於探討肌肉離心收縮所造成的遲發性肌肉酸痛在肌肉不同部位的影響程度。

本研究針對 25 名正常年輕人，19 名男性，6 名女性，平均年齡為  $24.7 \pm 2.8$  歲，利用高阻力離心收縮使其肱二頭肌疲乏，再於肱二頭肌不同部位，包括近端肌腱-肌肉交接處、肌肉運動點、遠端肌腱-肌肉交接處及遠端肌腱-骨頭交接處，評估其視覺類比分數(visual analogue scale)、壓痛閾值(pressure pain threshold)、壓痛耐受度(pressure pain tolerance)及組織順應性(tissue compliance)之變化。評估的時間是在運動前、運動後立刻施測、運動後第二天、第三天、第四天及第五天以探討不同時間、測量位置及兩者間交互作用對上述四項評估參數的影響。

實驗結果顯示：受試者在運動後第二天視覺類比分數最高，壓痛閾值及壓痛耐受度最低，之後受試者的疼痛會逐漸下降，壓痛閾值及壓痛耐受度會逐漸上升，不同時間點各組間均具有顯著差異。組織順應性則於運動後第二天明顯較高，其餘時間點間則沒有顯著差異。不同評估部位間的比較則發現除了遠端肌腱-骨頭交接處及近端肌腱-肌肉交接處兩組間於組織順應性具統計上的差異，其餘各組間無顯著差異。我們認為遲發性肌肉酸痛於肌肉不同部位，包括肌肉-肌腱-骨頭交接處均具有相近似之表現。(台灣復健醫誌 2009；37(3)：169 - 177)

**關鍵詞：**遲發性肌肉酸痛(delayed onset muscle soreness)，離心收縮(eccentric contraction)，壓痛閾值(pressure pain threshold)，壓痛耐受度(pressure pain tolerance)，組織順應性(tissue compliance)

### 前 言

遲發性肌肉酸痛常發生於激烈又不熟練的運動之後，症狀可能從輕微的肌肉僵硬、漲痛感，至肌肉劇烈酸痛、緊繃。這些症狀大多在運動後 12 至 48 小時之間出現，在運動後第二及第三天最為嚴重，在運動後第五到七天就會自行慢慢緩解。<sup>[1]</sup> 由於遲發性肌肉

酸痛的症狀常可於數日內自行緩解，其發生率的相關研究相當缺乏，但一般均認同其發生相當普遍，幾乎每一個人都曾於激烈運動後經歷過這些症狀。<sup>[2]</sup> 遲發性肌肉酸痛除了會造成受傷肌肉緊繃、肌力下降，還可能造成關節吸收衝擊的能力降低，並影響肌肉關節的本體感覺回饋，<sup>[3]</sup> 這些除了會導致患者運動協調能力下降，或不正確的使用其他肌肉來代償，也會增加患者受傷的危險，進一步影響其運動表現。

投稿日期：98 年 2 月 9 日 修改日期：98 年 4 月 1 日 接受日期：98 年 4 月 9 日

通訊作者：陳若佟醫師，國立成功大學醫學院復健學科，台南市 704 北區勝利路 138 號

電話：(06) 2353535 轉 5258 E-mail：jotong@mail.ncku.edu.tw

相較於肌肉等長收縮(isometric contraction)或向心收縮(concentric contraction)，肌肉離心收縮較容易產生遲發性肌肉酸痛。<sup>[1]</sup> Armstrong 等學者認為這可能是因為在肌肉離心收縮時，每條肌纖維所承受的張力較大，容易造成 actin-myosin 連結的破壞所造成。<sup>[2]</sup> 關於遲發性肌肉酸痛的發生機轉，一般認為是在高張力的肌肉收縮運動後，造成肌肉纖維及周圍結締組織在結構上的微小傷害(microtrauma)，引發一連串發炎反應及發炎物質累積，刺激肌肉和神經末端並產生肌肉熱、漲、痛，肌力下降，關節活動度變差等不舒服的症狀。<sup>[1]</sup> 然而肌肉不同部位在此機轉之下受影響的程度尚未完全釐清，Hedayatpour<sup>[4]</sup>於 97 年利用股四頭肌離心收縮於運動後 24 至 48 小時產生遲發性肌肉酸痛，分別在股四頭肌不同部位去測量視覺類比分數、壓痛閾值、膝蓋彎曲活動度及作 40%最大收縮力(maximal voluntary contraction)時之表面肌電訊號(surface EMG)，發現在股四頭肌最末端，靠近膝蓋骨(patella)的肌肉肌腱交接處在壓痛閾值及表面肌電圖的振幅下降最多，作者認為在遠端的肌肉肌腱交接處特別容易因為拉長性肌肉收縮而受傷。作者並提出此有可能是因為在肌肉肌腱交接處大部分是由較容易受傷的第二型肌纖維組成，而且肌纖維在此處是以較斜的角度(oblique arrangement)排列而成，對於張力的承受度較低，也較容易受傷。Gibson 等人<sup>[5]</sup>利用高阻力的踝關節蹠屈(plantarflexion)運動來誘發脛骨前肌(tibialis anterior)的遲發性肌肉酸痛，結果發現肌肉及肌腱-骨頭交接處是較被活化的位置，而肌腱本身則較不受影響。本實驗的目的就是要探討肌肉離心收縮所造成的遲發性肌肉酸痛在肌腱-肌肉交接處、肌肉運動點及肌腱-骨頭交接處等臨床上較容易受傷的部位的影響程度。

肌肉酸痛的定量除了以視覺類比分數來量化病患的疼痛程度，臨床上也常用痛覺壓力計(pressure algometer)來測量局部組織的壓痛閾值及壓痛耐受度來量化軟組織的敏感度。痛覺壓力計由一個單位為 kg/cm<sup>2</sup> 的壓力錶加上末端面積為 1 cm<sup>2</sup> 的橡皮活塞所組成，以每平方公分面積上所承受的外力(Kg/cm<sup>2</sup>)來量化加壓在軟組織上的壓力，並測量局部組織開始感受到疼痛的最小壓力閾值及所能夠忍受疼痛的最大耐受度。如果肌肉酸痛愈嚴重，其視覺類比分數愈高(正比關係)，但壓痛閾值及壓痛耐受度反而降低(反比關係)。痛覺壓力計被證實可用來量化肌肉對壓痛覺的敏感度，如肌膜疼痛(myofascial pain)、纖維肌痛症(fibromyalgia)及關節炎活性等。<sup>[6]</sup> Merskey 和 Spear<sup>[7]</sup>發現即使評估的施測者不同，使用痛覺壓力計所測得

的壓痛閾值仍具有良好的一致性。Reeves 等人進一步利用同樣的痛覺壓力計評估肌膜疼痛症的激痛點(trigger point)，發現也有很好的正確性和可靠性。<sup>[8]</sup> 因此目前臨床上常使用痛覺壓力計評估治療前後激痛點的壓痛閾值及壓痛耐受度變化，並以此來量化激痛點活化的程度。組織順應性是指當軟組織承受每單位壓力時，其被壓縮變形的程度，亦即組織硬度(stiffness)的倒數。組織順應性可用來量化軟組織的質地變化，例如肌肉的緊繃或是發炎、腫脹，這些變化均可能會改變其組織順應性。<sup>[9]</sup> 臨床上，組織壓痛閾值、壓痛耐受度及順應性已被廣泛運用來量化評估肌肉的壓痛敏感度及僵硬、緊繃程度。

本實驗即是要利用肱二頭肌進行離心收縮來誘發遲發性肌肉酸痛，並於運動前、運動後立刻施測、運動後第二天、第三天、第四天及第五天，在肱二頭肌不同部位去測量視覺類比分數、壓痛閾值、壓痛耐受度及組織順應性，並比較其變化。

## 材料與方法

本研究對象為於醫學中心所公開徵求之正常年輕人共 25 位(19 位男性, 6 位女性)，平均年齡是 24.7 ± 2.8 歲。有下列情況則予以排除，包括：正在接受舉重訓練者，於實驗前一星期內曾服用止痛藥或肌肉鬆弛劑者，經臨床檢查，肱二頭肌有肌腱炎、肌肉拉傷、肌膜激痛點者及有頸椎神經根病變(radiculopathy)或脊髓病變(myelopathy)者。

本研究利用學者之前建立的實驗模式來誘發肱二頭肌遲發性肌肉酸痛，讓肱二頭肌重複做漸進式高阻力離心收縮至肌肉疲乏，此方法已在先前的實驗被證實能有效引發遲發性肌肉酸痛。<sup>[10]</sup> 實驗步驟如下：受試者於坐姿下，慣用側上肢置於桌面上約與肩膀等高，將肘關節完全彎曲，由施測者將啞鈴放置到受試者手上。受試者握住啞鈴後做緩慢的手肘伸直運動至肘關節完全伸直(圖 1)，肌肉收縮時間持續約三秒鐘。接下來由施測者將啞鈴移走，受試者空手回到起始肘關節完全彎曲姿勢，再由施測者將啞鈴重新放置到受試者手上，並重複以上步驟做肘關節伸直運動。男性受試者從 30 磅啞鈴開始，當受試者出現啞鈴控制不穩，無法負重於三秒鐘內做協調、緩慢的肘關節伸直運動時，則降低啞鈴磅數至 20 磅，並重複以上步驟至無法負荷止，最後再以 10 磅啞鈴做手肘伸直運動至受試者疲乏為止。女性受試者則是從 20 磅啞鈴開始，之後再降低啞鈴磅數至 10 磅，並持續做緩慢手肘伸直運動，直到受試者疲乏為止。

本實驗於肱二頭肌上評估四個部位，分別是近端肌腱-肌肉交接處(proximal tendon-muscle junction)、肌肉運動點(motor point)、遠端肌腱-肌肉交接處(distal tendon-muscle junction)及遠端肌腱-骨頭交接處(distal tendon-bone junction)。其中近端肌腱-肌肉交接處是先觸摸到肩胛骨的喙突(coracoid process)，再順著肱二頭肌往遠端約 4 公分處；肌肉運動點是以肌肉收縮時肌肉(muscle belly)最突出處的中心點代表；遠端肌腱-肌肉交接處是先找到橈骨粗隆(radial tuberosity)，再順著肱二頭肌往近端約 4 公分處；遠端肌腱-骨頭交接處則是肱二頭肌肌腱附著於前臂橈骨粗隆之處(圖 2)。於上述肱二頭肌上的四個部位，分別評估四項參數，包括了視覺類比分數、壓痛閾值、壓痛耐受度及組織順應性。在視覺類比分數上，我們採用 100 釐米的視覺類比量表評估受測者主觀的疼痛程度，以一條 100mm 的直線，左方標上“0”代表完全沒有疼痛，右方標上“10”代表極度疼痛，請受測者以筆在直線上做一記號代表其疼痛程度，再將其公分值記錄下來作為其疼痛分數。壓痛閾值和壓痛耐受度則藉由痛覺壓力計(pressure threshold meter, Pain Diagnostics & Thermography Inc. NY 11023)根據 Fisher<sup>[11]</sup>所發表的方法施測。使用痛覺壓力計於上述肱二頭肌上的四個標記部位處，施予一穩定且垂直下壓的力量，壓力計施壓增加之速度為每秒鐘一公斤(圖 3)。當受測者在“開始覺得疼痛或不舒服”時向施測者示意，由施測者記下當時的壓力值(單位為  $\text{kg}/\text{cm}^2$ )，此即為其壓痛閾值。再持續加壓至受試者自覺無法忍受時，記下之壓力值即為最大壓痛耐受度。組織順應性則採用組織順應計(tissue compliance meter, Pain Diagnostics & Thermography Inc. NY 11023)，和前述痛覺壓力計一樣，在肱二頭肌上的四個標記部位處，我們固定施予二公斤垂直下壓的力量，於儀器上可測得肌肉組織受外力擠壓變形的程度(單位為 mm)而求得其組織順應性(圖 4)。在此由於我們施予的是垂直下壓的力量，肌肉主要的變形是厚度的壓縮量，以每公斤外力作用下肌肉厚度的壓縮量( $\text{mm}/\text{kg}$ )來代表其組織順應性。

上述四項參數測量的時間為受試者做手肘伸直運動前(test 1)、運動後立刻施測(test 2)、運動後第二天(test 3)、運動後第三天(test 4)、運動後第四天(test 5)及運動後第五天(test 6)，並於運動後第七天接受再訪查，以了解是否仍遺存任何不適的症狀。受試者被要求在實驗期間避免接受任何有關遲發性肌肉酸痛的藥物或物理治療。

統計分析是以 SPSS10.0 軟體，利用二因子變異數分析(two-way ANOVA with repeated measures)以探討

不同時間(T)、測量位置(locations：PTMJ, M, DTMJ, DTBJ)及兩者間交互作用對受試者視覺類比分數、壓痛閾值、壓痛耐受度及組織順應性四種參數的影響效果( $\alpha = 0.05$ )，若具顯著差異再經由 Turkey-HSD test 做各組間的事後比較。



圖 1. 受試者於坐姿下，將肘關節完全彎曲，由施測者將啞鈴放置到受試者手上。



圖 2. 肱二頭肌上評估的四個部位，分別是近端肌腱-肌肉交接處(proximal tendon-muscle junction, PTMJ)、肌肉運動點(motor point, M)、遠端肌腱-肌肉交接處(distal tendon-muscle junction, DTMJ)及遠端肌腱-骨頭交接處(distal tendon-bone junction, DTBJ)。

## 結 果

研究結果發現：不同時間(T)及測量位置兩者間沒有交互作用(interaction)，且主要影響因子(main effect)為時間(T)。視覺類比分數(圖 5)方面，大部份受試者在運動後即感到些許不舒服，在運動後第二天(test 3)視覺類比分數達到最高，之後受試者的視覺類比分數會逐



圖 3. 使用痛覺壓力計來測量壓痛閾值和壓痛耐受度，於肱二頭肌上的四個標記部位處，施予一穩定且垂直下壓的力量，壓力計施壓增加之速度為每秒鐘一公斤。



圖 4. 使用組織順應計來測量組織順應性，固定施予二公斤垂直下壓的力量，於儀器上可測得肌肉厚度的壓縮量(mm)，以承受每單位壓力時，肌肉厚度的壓縮量(mm/kg)來代表其組織順應性。

漸下降，且不同時間點各組間比較均具有顯著差異。在運動後第五天(test 6)視覺類比分數即已大幅降低，於運動後七天再訪查，所有關於遲發性肌肉酸痛的不適症狀均已緩解。不同評估部位，包括近端肌腱-肌肉交

接處、肌肉運動點、遠端肌腱-肌肉交接處及遠端肌腱-骨頭交接處四組均有相同的趨勢，且各部位間並沒有統計學上的差異( $\alpha > 0.05$ )。壓痛閾值(圖 6)及壓痛耐受度(圖 7)在運動後第二天(test 3)達到最低，之後會逐漸上升，在運動後第五天二者會上升至運動前的數值附近。壓痛閾值於不同時間點各組間比較均具有顯著差異，壓痛耐受度則除了於運動後第四天(test 5)及運動後第五天(test 6)外，其餘各時間點間具有顯著差異。此趨勢於評估的四個部位均相同，且不同測量部位間亦沒有統計學上的差異。組織順應性(圖 8)則於運動後第二天(test 3)明顯較高，其餘各時間點間沒有顯著差異。不同評估部位間的比較則發現遠端肌腱-骨頭交接處及近端肌腱-肌肉交接處兩組間具統計上的差異，其餘各部位間並沒有統計學上的差異( $\alpha > 0.05$ )。

## 討 論

遲發性肌肉酸痛通常發生於激烈又不熟練的運動之後，尤其是肌肉離心收縮被認為最為相關。其病程通常是在運動結束後會感覺肌肉有輕微漲痛、僵硬(stiffness)及壓痛感(tenderness)。在運動後 24 到 48 小時之間，這些症狀的嚴重度會達到最高，除了肌肉劇烈酸痛、緊繃，還可能出現肌肉無力及活動度變差等症狀。而一般在運動後第五到七天這些症狀可以自行緩解，並不會留下後遺症。參與本實驗的 25 位受試者，在主觀的視覺類比分數方面於運動後第二天達到最高，之後會逐漸下降。於運動後第五天大部分疼痛分數均已降至零，而這也和先前的文獻報告及大多數人的臨床經驗相一致。且這種視覺類比分數隨時間變化的趨勢於四個不同評估部位，包括近端肌腱-肌肉交接處、肌肉運動點、遠端肌腱-肌肉交接處及遠端肌腱-骨頭交接處，均有相同的變化。以痛覺壓力計來測量壓痛閾值及壓痛耐受度，也發現相一致的結果。於四個不同部位來評估，其壓痛閾值及壓痛耐受度均是在運動後第二天達到最低，之後會逐漸上升，於第五天所測量的數值就逐漸趨近運動前的狀態了。於運動後一周再訪查受試者，肱二頭肌的不適症狀均已緩解，可恢復受試前的各項活動。因此我們認為本實驗所引發的遲發性肌肉酸痛和一般因參與激烈又不熟練的運動之後所造成的遲發性肌肉酸痛的病程是相符合的。

關於遲發性肌肉酸痛的致病機轉，有許多理論假說：之前認為是激烈運動所產生的乳酸及其他的代謝廢物堆積所造成，不過 Schwane 等人的研究<sup>[12]</sup>發現在運動後約一小時，血液中的乳酸含量就會降回至運動前的狀態，而且和相同運動強度的等長肌肉收縮或向

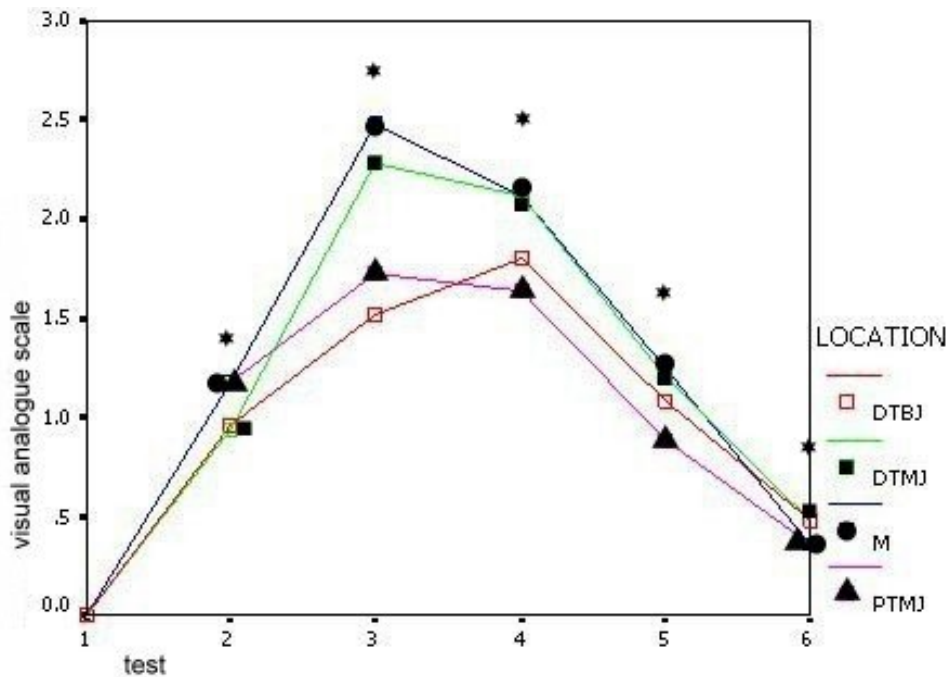


圖 5. 視覺類比分數 (Tests: 1 受試者做手肘伸直運動前、2 運動後立刻施測、3 運動後第二天、4 運動後第三天、5 運動後第四天及 6 運動後第五天；Locations: □ distal tendon-bone junction、■ distal tendon-muscle junction、● motor point、▲ proximal tendon-muscle junction。) 在運動後第二天(test 3)達到最高，之後會逐漸下降，且不同時間點各組間比較均具有顯著差異(\*:  $\alpha < 0.05$ )。

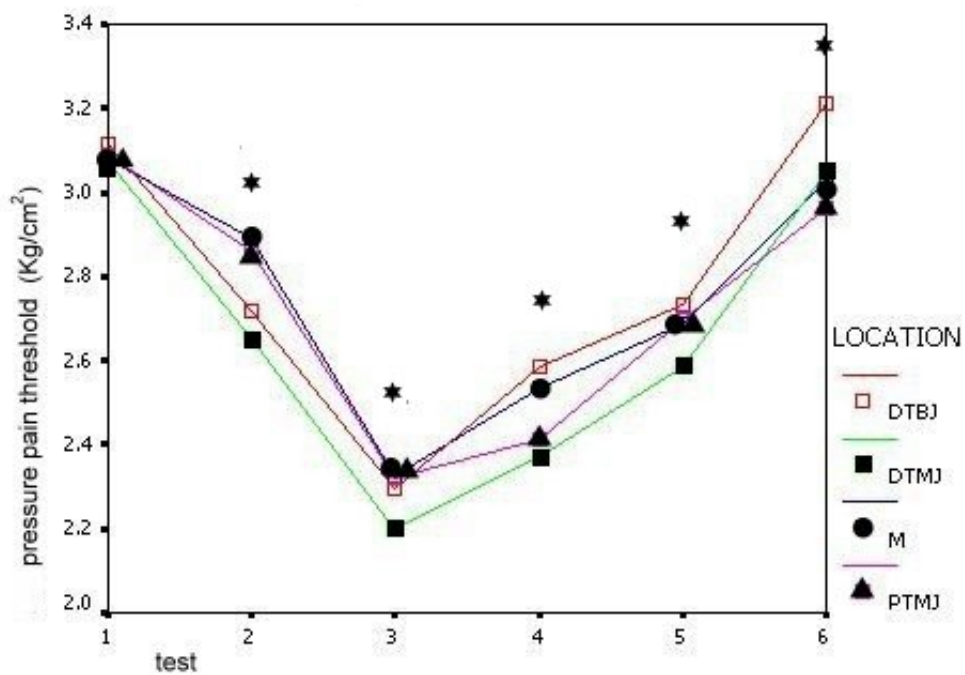


圖 6. 壓痛閾值 (Tests: 1 受試者做手肘伸直運動前、2 運動後立刻施測、3 運動後第二天、4 運動後第三天、5 運動後第四天及 6 運動後第五天；Locations: □ distal tendon-bone junction、■ distal tendon-muscle junction、● motor point、▲ proximal tendon-muscle junction。) 運動後第二天(test 3)達到最低，之後會逐漸上升，且不同時間點各組間比較均具有顯著差異(\*:  $\alpha < 0.05$ )。

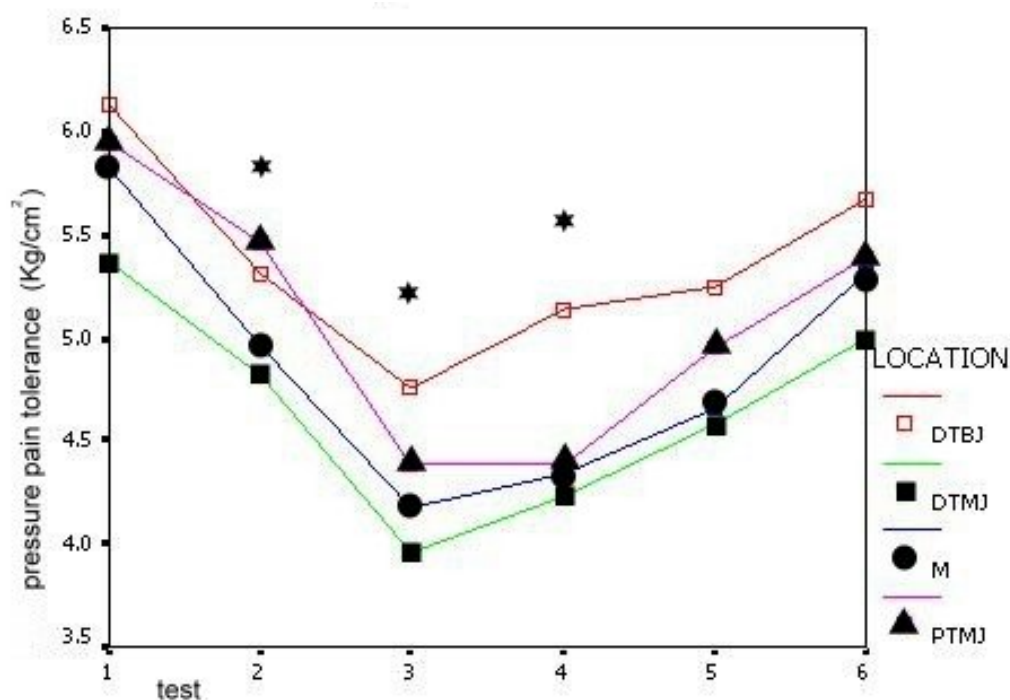


圖 7. 壓痛耐受度(Tests: 1 受試者做手肘伸直運動前、2 運動後立刻施測、3 運動後第二天、4 運動後第三天、5 運動後第四天及 6 運動後第五天; Locations: □ distal tendon-bone junction、■ distal tendon-muscle junction、● motor point、▲ proximal tendon-muscle junction。)運動後第二天(test 3)達到最低, 之後會逐漸上升, 且除了於運動後第四天(test 5)及運動後第五天(test 6)外, 其餘各時間點間具有顯著差異(\*:  $\alpha < 0.05$ )。

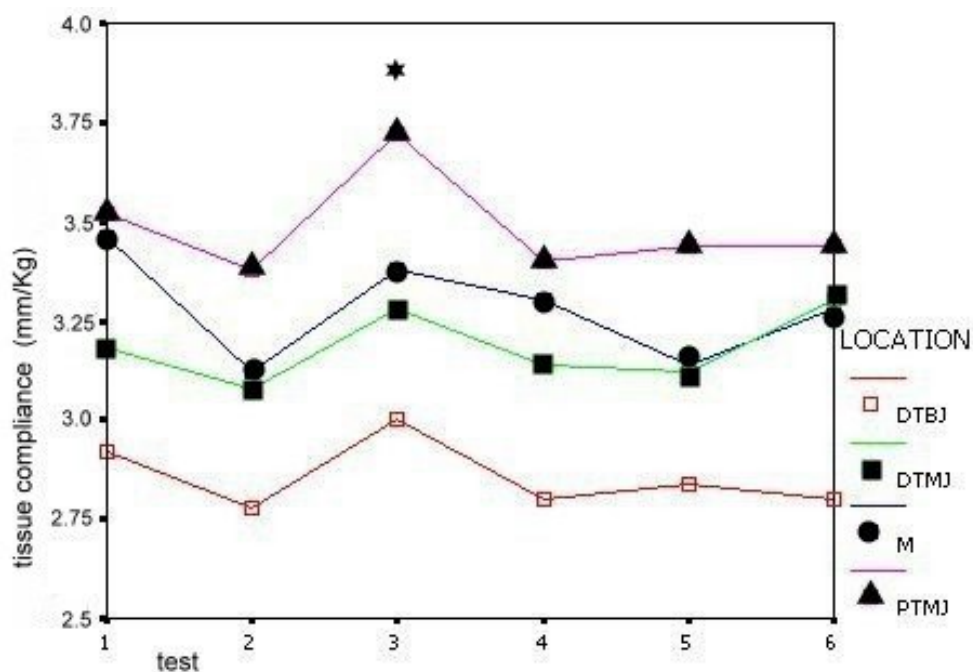


圖 8. 組織順應性(Tests: 1 受試者做手肘伸直運動前、2 運動後立刻施測、3 運動後第二天、4 運動後第三天、5 運動後第四天及 6 運動後第五天; Locations: □ distal tendon-bone junction、■ distal tendon-muscle junction、● motor point、▲ proximal tendon-muscle junction。)於運動後第二天(test 3)明顯較高(\*:  $\alpha < 0.05$ ), 其餘各時間點間沒有顯著差異。不同評估部位間的比較則發現遠端肌腱-骨頭交接處(DTBJ)及近端肌腱-肌肉交接處(PTMJ)兩組間具統計上的差異, 其餘各部位間並沒有統計學上的差異。

心肌肉收縮比較，肌肉離心收縮運動所消耗的能量是較低的。所以乳酸的堆積和激烈運動後馬上發生的急性肌肉疼痛和疲乏較相關，但此機轉和遲發性肌肉酸痛的致病機轉並不相同，後者的病程表現也不一樣，其症狀通常於運動後 12 至 48 小時之間出現，在運動後第二及第三天最為嚴重。Newham<sup>[13]</sup>的研究發現於肌肉離心收縮運動後，血液中的肌氨酸激酶(creatine kinase, CK)有升高的情形，認為肌肉酸痛可能和肌肉纖維的損傷有關。Friden<sup>[14]</sup>將作離心收縮運動後的肌肉在顯微鏡下觀察，發現肌纖維有結構上的破壞，特別是結構較脆弱的 Z 線(Z-line, Z-disk)，此外也發現快速收縮及低氧化能力(low oxidative capacity)的第二型肌肉纖維(type II muscle fiber)破壞較嚴重。其他曾被提出的理論還包括有肌肉痙攣、結締組織破壞、發炎及離子不平衡等。<sup>[1,2]</sup> Armstrong<sup>[2, 14]</sup>和 Smith<sup>[16]</sup>整合各派學說及實驗結果提出一個模組來說明遲發性肌肉酸痛的致病機轉：在高張力的肌肉收縮後易造成肌肉纖維及周圍結締組織在結構上的微小破壞(micro-trauma)，特別是較脆弱的 Z 線及肌漿網(sarcoplasmic reticulum)的破壞，造成鈣離子不正常累積、巨噬細胞聚集、前列腺素 E2(prostaglandin E2)增加並刺激神經末端產生疼痛感。除此之外，受傷部位組織胺(histamine)及激肽(kinin)等發炎物質累積亦會造成局部組織水腫(edema)及溫度上升，並進一步刺激肌纖維和肌腱內的痛覺受器，使肌肉產生酸、麻、漲、痛等不舒服的感覺，甚至影響肌力及活動度。雖然此假說可解釋大部分遲發性肌肉酸痛的臨床表現，但是肌肉不同部位，包括肌腱-肌肉交接處、肌肉運動點及肌腱-骨頭交接處，在此機轉之下受影響的程度並不清楚。本實驗的目的就是要探討肌肉離心收縮所造成的遲發性肌肉酸痛在肌肉不同部位的影響程度。

在本實驗中我們發現若從近端肌腱-肌肉交接處、肌肉運動點、遠端肌腱-肌肉交接處及遠端肌腱-骨頭交接處這四個肱二頭肌上的不同部位來比較，遠端肌腱-肌肉交接處的壓痛閾值及壓痛耐受度的確較其他三個部位低，但四個不同部位間的比較則不具統計學上的差異。本實驗和 Hedayatpour<sup>[4]</sup>的發現有差異之處，推測原因可能在於測量比較的位置不同所致。Hedayatpour 測量的位置是從股四頭肌的下二分之一肌肉到膝蓋骨處，均分成五個點來測量，就解剖構造而言除了最下端之測量點是位於遠端肌肉-肌腱交接的部位，其餘肌肉上測量點並不具解剖構造上之特異性。就材料力學的理論來看，不同組織交接的地方是應力集中(stress concentration)之處，這些地方也常是較容易產生傷害之處，如網球肘發生於肌肉-骨頭交接

處、很多肌腱炎亦好發於肌腱-肌肉交接處或肌腱-骨頭交接處。而本研究所測量的位置，除了肌肉運動點(運動神經與肌肉交接處)之外，其餘三個位置都是肌肉和肌腱，或是肌腱和骨頭交接的地方，這些點都是容易因應力集中而受傷的部位，實驗結果也顯示在這些部位壓痛閾值和壓痛耐受度均降低，且降低的程度四個部位間並沒有明顯差異。所以我們認為肌肉離心收縮對肱二頭肌造成的微小傷害並不是侷限在某一位置，包括肌肉-肌腱-骨頭交接處等應力集中點均具有相近似之表現。

本實驗除了使用痛覺壓力計來評估壓痛閾值及壓痛耐受度，另外亦藉由組織順應計來測量肱二頭肌不同位置及不同時間組織順應性的變化。結果發現在運動後第二天(test 3)時組織順應性最高，這代表著組織在相同受力下形變量最大。我們推測此結果可能是因肌肉離心收縮造成肌纖維及結締組織的微小破壞，並引發後續發炎反應及肌肉水腫所造成。但是此肌肉傷害及發炎反應似乎並不嚴重，因為在運動第三天及之後所測得的組織順應性，和運動前的數值就沒有顯著差異了。

雖然遲發性肌肉酸痛一般在運動後五到七天會自行緩解，但仍然會影響運動員表現並容易產生運動傷害，因此有相當多的研究致力於其預防及治療。非類固醇抗發炎藥物(non-steroid anti-inflammatory drug)可抑制花生四烯酸(arachidonic acid)的代謝，抑制發炎反應，減少肌肉內的水腫及壓力，但用非類固醇抗發炎藥物來治療遲發性肌肉酸痛，各家實驗成效卻差異很大，推測原因可能是不同種類的肌肉離心收縮造成的肌肉損傷嚴重程度不同，使用的藥物種類、劑量和服用時間長度不同等因素有關。<sup>[17]</sup> 至於非藥物性的物理治療，諸如冰敷<sup>[18,19]</sup>、熱療、按摩<sup>[20]</sup>、超音波<sup>[21,22]</sup>、電刺激<sup>[10]</sup>、高壓氧<sup>[23]</sup>甚至服用深海魚油<sup>[24]</sup>等，多數都是沒有效果或是成效僅限於單篇實驗報告。由本實驗結果來看雖然受試者均沒有接受任何相關治療，但大部分受試者於運動後第五天疼痛分數均已降至零，且其壓痛閾值及壓痛耐受度均是在運動後第五天時就逐漸趨近運動前的數值了。於運動後七天再訪查，所有關於遲發性肌肉酸痛的不適症狀均已緩解。由此結果亦再次印證遲發性肌肉酸痛絕大部分臨床表現之病程是相當良性且可自行恢復的。

本研究僅是初步的巨觀評量，希望未來能利用 Shah<sup>[25]</sup>的微量分析的技巧(microanalytical technique)去分析肌肉不同部位生化環境的變化，如該處的 pH 值，氫離子、遲緩激肽(bradykinin)、正腎上腺激素(norepinephrine)、血清素(serotonin)、substance P、tumor

necrosis factor- $\alpha$ 及 interleukin 1 $\beta$ 的濃度等，或許能進一步了解遲發性肌肉酸痛在肌肉不同部位所造成的影響。

## 結 論

本實驗藉由肱二頭肌肌肉離心收縮引發遲發性肌肉酸痛，結果發現遲發性肌肉酸痛於肌肉不同部位，包括肌肉-肌腱-骨頭交接處均具有相近似之表現。

## 參考文獻

1. Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors. *Sports Med* 2003;33:145-64.
2. Armstrong RB. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Med Sci Sports Exerc* 1984;16:529-38.
3. Saxton JM, Clarkson PM, James R, et al. Neuromuscular dysfunction following eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:1185-93.
4. Hedayatpour N, Falla D, Arendt-Nielsen L, et al. Sensory and electromyographic mapping during delayed-onset muscle soreness. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40:326-34.
5. Gibson W, Arendt-Nielsen L, Graven-Nilsen T. Delayed onset muscle soreness at tendon-bone junction and muscle tissue is associated with facilitated referred pain. *Exp Brain Res* 2006;174:351-60.
6. Fischer AA. Pressure algometry over normal muscles. Standard values, validity and reproducibility of pressure threshold. *Pain* 1987;30:115-26.
7. Merskey H, Spear FG. The reliability of the pressure algometer. *Brit J Soc Clin Psychol* 1964;130-6.
8. Reeves JL, Jaeger B, Graff-Radford SB. Reliability of the pressure algometer as a measure of myofascial trigger point sensitivity. *Pain* 1986;24:313-21.
9. Fischer AA. Tissue compliance meter for objective, quantitative documentation of soft tissue consistency and pathology. *Arch Phys Med Rehabil* 1987;68:122-5.
10. Jennifer D, Carl G, David H. Effect of microcurrent stimulation on delayed-onset muscle soreness: a double blind comparison. *J Athl Train* 1999;34:334-7.
11. Fischer AA. Pressure threshold meter: its use for quantification of tender spots. *Arch Phys Med Rehabil* 1986; 67:836-8.
12. Schwane JA, Watrous BG, Johnson SR, et al. Is lactic acid related to delayed-onset muscle soreness? *Phys Sports Med* 1983;11:124-7.
13. Newham DJ, Jones DA, Edwards RH. Plasma creatine kinase changes after eccentric and concentric contractions. *Muscle Nerve* 1986;9:59-63.
14. Friden J, Lieber RL. Structural and mechanical basis of exercise induced muscle injury. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:521-30.
15. Armstrong RB. Initial events in exercise-induced muscular injury. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22:429-35.
16. Smith LL. Acute inflammation: the underlying mechanism in delayed onset muscle soreness? *Med Sci Sports Exerc* 1991;23:542-51.
17. Loram LC, Mitchell D, Fuller A. Rofecoxib and tramadol do not attenuate delayed-onset muscle soreness or ischemia pain in human volunteers. *Can J Physiol Pharmacol* 2005;83:1137-45.
18. Kylie LS, Peter B, David W, et al. Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: a randomized controlled trial. *Br J Sports Med* 2007;41:392-7.
19. Isabell WK, Durrant E, Myrer W, et al. The effect of ice massage, ice massage with exercise, and exercise on the prevention and treatment of delayed onset muscle soreness. *J Athl Train* 1992;27:208-17.
20. Hilbert JE, Sforzo GA, Swensen T. The effect of massage on delayed onset muscle soreness. *Br J Sports Med* 2003; 37:72-5.
21. Stacy JC, Richard MD, Draper DO, et al. Pulsed ultrasound fails to diminish delayed-onset muscle soreness symptoms. *J Athl Train* 1998;33:341-6.
22. Craig JA, Bradley J, Walsh DM, et al. Delayed-onset muscle soreness: lack of effect of therapeutic ultrasound in humans. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:318-23.
23. Harrison BC, Robinson D, Davison BJ, et al. Treatment of exercise-induced muscle injury via hyperbaric oxygen therapy. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:36-42.
24. Lenn J, Uhl T, Mattacola C, et al. The effect of fish oil and isoflavons on delayed onset muscle soreness. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:1605-13.
25. Shah JP, Phillips TM, Danoff JV, et al. An in vivo microanalytical technique for measuring the local biochemical milieu of human skeletal muscle. *J Appl Physiol* 2005;99:1977-84.

# Pressure Pain Threshold, Pressure Pain Tolerance, and Compliance at Different Sites on the Biceps Brachii Muscles Prior to and Following Eccentric Exercise

Jo-Tong Chen,<sup>1,2</sup> Kuo-Wei Su,<sup>1</sup> Ta-Shen Kuan,<sup>1,2</sup> Yun-Fu Chou,<sup>1</sup> Chang-Zern Hong<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Medicine and Rehabilitation, National Cheng Kung University Hospital, Tainan;

<sup>2</sup>Department of Physical Medicine and Rehabilitation, College of Medicine, National Cheng-Kung University, Tainan;

<sup>3</sup>Department of Physical Therapy, Hungkuang University, Taichung.

Delayed onset muscle soreness (DOMS) refers to skeletal muscle pain that follows strenuous and unaccustomed physical activity. The intensity of discomfort peaks at 24 to 48 hours, and subsides within 5 to 7 days post-exercise. It appears that DOMS occurs most frequently following unaccustomed eccentric exercise. However, it is not clear whether sensitivity to pain is uniform over the surface of the muscle, or whether some locations become more sensitive following eccentric exercise. The purpose of this study was to evaluate the effect of DOMS at various sites of muscle following a bout of eccentric exercise.

A total of 25 subjects (mean age:  $24.7 \pm 2.8$  years) were recruited for this study. Muscle fatigue and DOMS were induced in the dominant biceps brachii by resisted eccentric muscle contractions. The visual analog pain scale results, pressure pain threshold, pressure pain tolerance and tissue compliance were evaluated at different sites on the biceps brachii, including the proximal tendon-muscle junction, motor point, distal tendon-muscle junction, and distal tendon-bone junction. All the parameters were recorded prior to exercise, immediately after, and 2, 3, 4, and 5 days after exercise. Two-way ANOVA with repeated measurements was used to analyze any significant difference between time and locations groups.

It was found that peak VAS and the lowest pressure pain threshold and pressure pain tolerance appeared 2 days post-exercise. Significant differences in VAS, pressure pain threshold and pressure pain tolerance were found between time groups, but not between location groups. Tissue compliance was highest 2 days after exercise. The results indicate that DOMS has a similar effect on several areas of the muscle, such as at muscle-tendon-bone junctions. (Tw J Phys Med Rehabil 2009; 37(3): 169 - 177)

**Key Words:** delayed onset muscle soreness, eccentric contraction, pressure pain threshold, pressure pain tolerance, tissue compliance