

骨痂延長術之非侵入性定量評估 (II)

計畫編號：NSC 89-2213-E-002-046

執行期限：89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

主持人：王至弘 臺大醫院骨科

共同主持人：趙福杉 台灣大學醫學工程研究所

研究生助理：林家名 台灣大學醫學工程研究所

一、中文摘要

骨痂延長術在骨科手術中是常被利用的技術，但是都沒有量化骨頭拉長及肌肉張力之間的相關，所以某些病人在臨床手術上會發生腳板下垂或神經麻痺等後遺症，在本研究中發展一套力量量測電路以量測骨痂延長時力量之變化情形，經動物實驗之結果可知在拉長的開始時肌肉等軟組織的受力有快速上升之情形，而後約過 45 分鐘此張力會恢復至穩定值，隨著拉長距離之增加，肌肉所承受的張力有逐步遞增的現象，這些資訊對於增進手術之成功率應有所幫助。

關鍵詞：骨痂延長術；張力計；橋式放大器。

Abstract

The technique of distraction osteogenesis is often used in orthopedics. However, it causes clinical complications such as paralysis or foot dorsiflexion for some patients. This may be due in part to the correlation between bone distraction with muscle tension have not been measured. In this investigation a circuit was developed to record distraction force during distraction osteogenesis. The results from animal studies shown that the muscle tension raises rapidly in the beginning of distraction and almost declines to the initial value after 45 minutes. The static tension of the muscles increases as the distance of the distraction does. This information may be helpful to improve the success of such operations.

Keywords: distraction osteogenesis ; strain gauge ; bridge amplifier

二、前言

在生物力學之研究上經常利用張力計，以瞭解身體各部位在不同姿勢下（如站立、蹲下或跑步時）所承受的力量大小，本實驗室先前所發展之力量量測系統已應用在量測骨頭受力之情形，但仍然有些缺點需要進一步加以改進，因此本研究除了繼續改良力量量測系統外，在動物實驗方面，由於之前的實驗設計都只使用一個牽引器，時常發生牽引器脫落等問題，在此改成使用兩個牽引器作雙邊固定，其中一個內含壓力換能器。

本計畫除了完成了可攜式低功率的橋式放大電路之外，也以此電路進行骨痂延長之力量量測分析，並在實驗結束時以 X 射線將兔子脛骨延長 2cm 之結果拍攝下來作為佐証，並已將這部分之成果在中華民國醫工學會上發表[1]。

三、方法

動物實驗

實驗採用雄性紐西蘭白兔 (Newsealand Rabbit)，體重約為 1.5 公斤之間，將其脛骨 (tibia) 鋸斷再用 4 根骨釘及 2 個牽引器將其固定，一週過後再以每天 1 mm 的速率將腿骨拉開，其時間約為 1 個月，而 1 mm 又等分為 3 次去拉開，每次拉開骨頭其肌肉的力量變化會隨著壓力換能器產生電壓值的改變，經由力量量測電路將

其呈現，其電壓值經過數位電錶讀入電腦中。

電路設計

為了將來可攜式之目的，所以以省電的設計為主，由於張力計的電阻值只有 350Ω ，耗電流相當大，所以改成單電源參考電壓 (LM385)，並將參考電壓值降低使耗電流量降低。此外採用低耗電且高精度之運算放大器 (OP290) 作為主動元件，其電路設計如圖 1 所示，在前級有一調整抵補電壓，以避免電路進入飽和區而無法正常工作，在放大濾波電路方面共分為兩級：第一級的增益是 20 倍，第二級之低通濾波器其截止頻率是 0.36Hz 且額外提供 20 倍的增益，使得整個電路之增益達到 400 倍。

三、結果與討論

電路特性

此電路的正電源靜態電流約為 3.5mA ，幾乎都是消耗在張力計上，而負電源約為 0.123mA ，可說是相當的省電。在完成硬體製作之後，為了測試此電路是否合乎實際使用之需求，並且也進一步了解整個力量量測裝置之規格，因此我們模擬兔子單隻腳之承重範圍，從 0 至 600g 之間每次增加 100g 之重量作校正之量測，如圖 2 所示為重量與輸出電壓之關係，由於實驗所獲得之結果十分線性，因此以這七點的數據作線性回歸，如圖中之方程式，其相關係數高達 0.998，而 $F = -0.248 + 0.0003x$ 之直線方程式則代表了整個裝置之靈敏度與抵補電位 (offset voltage)，並依此方程式換算兔子經過拉開骨頭之後其肌肉所產生的力量。

力量分析

經過 1 個月的實驗之後，兔子的脛骨共約被拉開 2cm ，每一次的拉長都會量測其電壓之變化 (如圖 3 所

示)，每一次拉開骨頭之後會馬上量測其電壓值，之後每隔 15 分鐘量測一次，待其電壓值沒有變化時則再進行另一次的拉開，如此動作共三次即完成一天拉 1mm 的距離。在圖 3 中共有 4 段波形，每一部分都是連續 3 天量測的平均波形，由圖可以得知在拉開時其肌肉的張力會瞬間變大，但由於肌肉的適應性使其張力會隨著時間而變小，每一次拉開 $1/3\text{mm}$ 的距離後約 30 至 45 分鐘拉力會恢復到穩定值。此外這 4 段波形的第一個點代表其肌肉靜態之張力，這個靜態張力有隨著拉長距離逐步增加的趨勢 (如圖 3 所示)，但到了手術的末期增加的速度有趨緩的現象。

圖 4 是一次拉開 1mm 距離與一次拉開 $1/3\text{mm}$ 距離的輸出電壓比較，由圖中可知一次拉開 1mm 距離必須要較長的時間電壓值才能恢復至穩態，大約需 150 分鐘，而一次拉開 $1/3\text{mm}$ 距離的只需要 30 分鐘，此外一次拉開 1mm 距離反應出來的肌肉張力值也較大。

組織驗證

在整個實驗過程中除了力量之量測外，也在延長術剛開始、中期及結束時拍攝 X 光片，以觀察骨頭延長後癒合之情況，圖 4 為開始時 (A) 與一個半月 (B) 後之情形，雖然開始時骨頭並未對得很齊，但並不影響最後之癒合結果。

參考文獻

- (1) C.-M. Lin, J.-H. Wang, C.-M. Lu and F.-S. Jaw, "Force analysis of distraction osteogenesis," Chinese biomedical engineering society annual meeting, December, pp. 547-548, 2001.
- (2) J. -H. Wang, Y. -S. Chen, F. -C. Chang and F. -S. Jaw, "Preliminary study on quantitative evaluation of distraction osteogenesis," Conference on Engineering

Technology and Applications to Chinese and Western Medicine., 226-228, May, 2000.

- (3) U. Tietze and Ch. Schenk, "Electronic Circuit: Design and Applications." Paris, 823, 1992.
- (4) G.A. Ilizarov, "The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues. Part II: the influence of the rate and frequency of distraction," Clin. Orthop. 239:263-285, 1989.

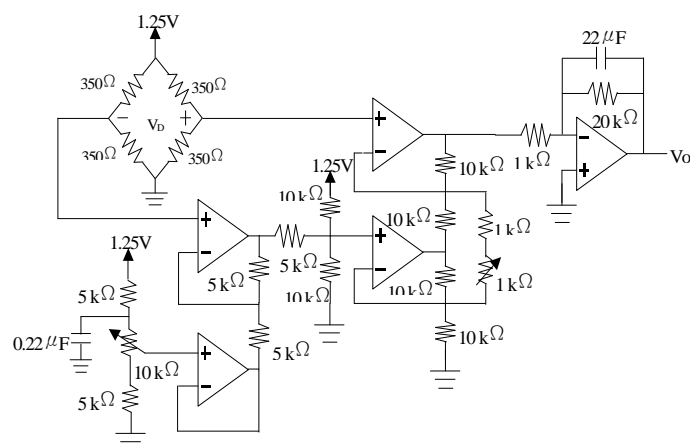


圖 1. 力量量測電路

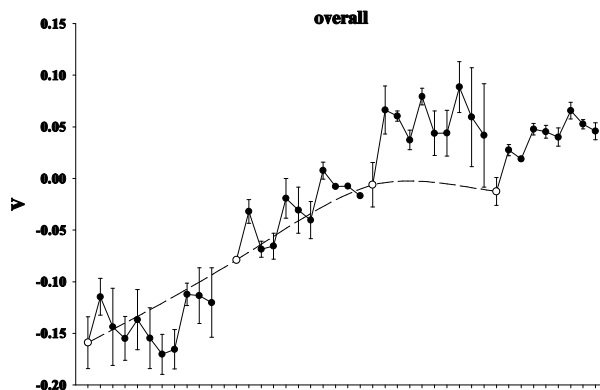


圖 3. 拉開與輸出電壓之關係，其中每一段波形的第一點 (O) 是未拉開前之電壓值，在此以虛線連接。

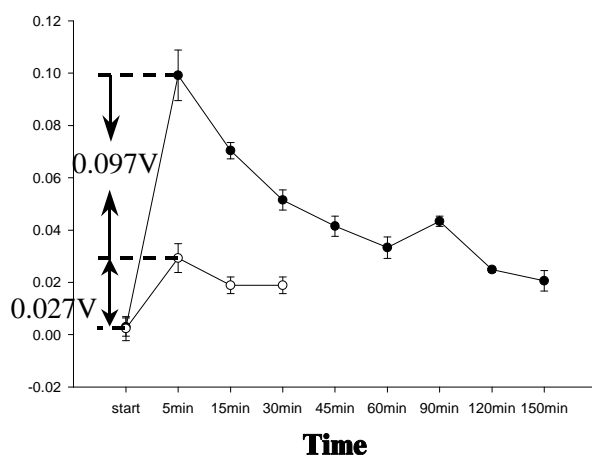


圖 4. 不同拉開距離之比較

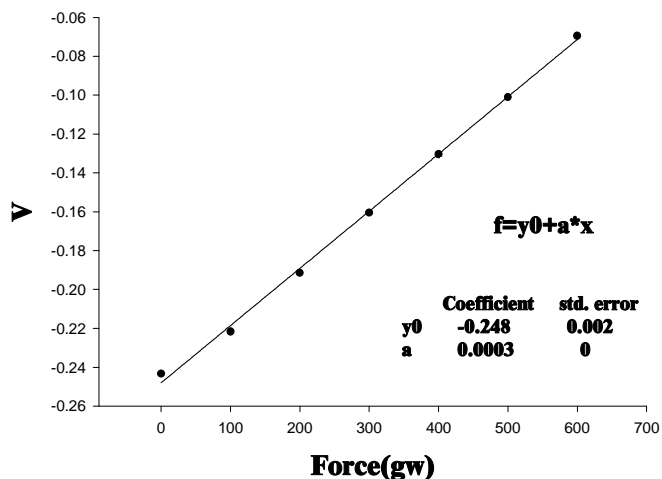


圖 2. 力量與輸出電壓之關係

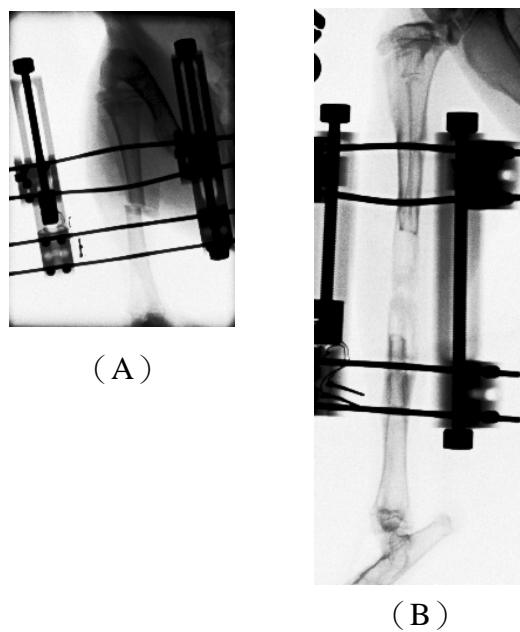


圖 5. 兔子脛骨之 X 光片。(A) 為剛手術完之情形 (8 月 15 日)，(B) 為拉長約 2cm 後之情形 (10 月 5 日)。