

骨痠延長術之非侵入性定量評估

計畫編號：NSC 89-2213-E-002-046

執行期限：88 年 8 月 1 日至 89 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

一、中文摘要

骨痠延長術常用來矯形或增高，然而常伴隨有麻痺或腳板下垂之副作用，一直困擾著骨科之臨床醫師。為了連續監控在牽引過程中肌肉、神經之受力情形，本研究將報告所研發的外固定牽引器，它與傳統的牽引器最大的不同是可以長期連續的量測手術部位之牽引力量，這是國內第一宗可以量測力量之設計。我們希望藉由這項設計之成功可以令骨痠延長術之成功率更高而併發症更少，因此所有相關之機械力學設計與其相關電路將在本文中詳細分析，希望能對從事這方面研究或治療之人員有所幫助。

關鍵詞：骨痠延長術；張力計。

Abstract

The technique of distraction osteogenesis is often used in orthopedics and limb lengthening. However, it may cause clinical complications such as paralysis or foot dorsiflexion; and these side effects are cumbersome for clinical doctors. For monitoring and controlling the distraction force on the nerve and muscle tissues a novel approach is proposed in this investigation. The major difference between the proposed and the conventional retractors is that the new design is able to measure the stress or force continuously. As we know that this is the first device with the capability of measuring distraction force in Taiwan. The aim of this design is to improve the successful rate and to lower the side effects of distraction osteogenesis. Detailed mechanical design of the retractor and all the circuit diagrams are described here as clear

as possible to facilitate information interchange. We hope this information will be useful for other colleagues.

Keywords: distraction osteogenesis; strain gauge

二、前言

自 1905 年 Codivilla[1]從事腳部延長手術以克服兩腳長度不一的問題以來，骨痠延長術已被廣泛運用在矯形、外傷及肢體延長之應用，這種骨頭增生的原理，目前普遍接受的是“law of tension-stress”[2]、[3]，標準的手術步驟是將骨頭鋸斷，休息一星期左右，然後以 1mm/day 的速度將骨頭拉長，在拉長至預定的距離後再休息數十日等待增生骨頭硬化。然而這種手術方式對一些患者並不適用，有些人會伴隨著下肢麻痺或腳板下垂的症狀，這個原因可能是每個人對於每天 1mm 延長距離的反應並不一致，某些人也許可以以更大的牽引速度來縮短手術期間，而另一些人可能要以較慢的距離來減少併發症，所以臨床上一直沒有客觀和定量的方法來評估牽引參數的好壞。

為了解決這個問題，我們希望能研發另一更有效評估的方法，以生理的觀點而言不同的人其體重與肌肉強度並不一致，因此若能夠針對個體之差異以不同大小但穩定的力量來拉長骨頭，可能比以距離為拉長之依據要來的好，基於這種考量本計畫開發了適合小動物使用之延長牽引器，以進行人體應用前之動物實驗，此牽引器能夠直接量測牽引力量之大小，並配合市

售的數位電表（具有四千點的 data logger）達成可攜式長時間連續量測牽引力量的裝置。

雖然此系統目前應用在動物實驗上，然而此電路最終的目標還是要應用在人體上，以增進手術之癒後情況，基於這種量測方式通常需要長時間的記錄，所以裝置基本上是朝著可攜帶式的目標發展，因此我們在完成第一階段的電路之後，重新設計另一個更適用的力量量測電路，可以讓患者長時間攜帶，為了減少使用者更換電池的麻煩，電路必須是省電的設計，所以改良的方向就是朝著體積小而且省電的原則。基於這種理念，我們利用了原先之張力計另行設計了低耗電且體積小的力量量測電路，並對此電路之輸出與輸入進行校正測試，發現此電路在 $\pm 1.5V$ 供電下僅消耗 1.7mA 之靜態電流十分省電，且其輸出與輸入之關係，亦即靈敏度在 3120 倍增益下也有 6V/kg 之表現，合乎一般類比至數位擷取卡輸入大小之要求。

除了製作力量量測之電路外，在計畫執行過程中亦請醫工室呂重明先生設計製作了小型之外部固定牽引器，供動物實驗之用，目前本計畫在裝置之機械設計與電路設計已告一段落，正進行動物實驗之階段，詳細的電路設計及成果發表將如後所述。

三、方法

牽引器之機械設計

如圖 1 所示為所設計之外固定牽引器之原理，由於骨頭已斷裂，所有的力量將是骨骼肌施於牽引器之力量，因此必須將牽引器之螺旋延長部分一分為二，並在牽引器之間置入壓力換能器（PSM-2KAB，KYOWA ELECTRONIC INSTRUMENT）以量取牽引器之受力情形，此換能器由 350 Ω 之張力計所組成的惠斯登電橋構成，具有溫度補償及高靈敏度之優點，為了要放大壓力

的信號因此我們加入了 signal conditioner 之部分。

力量量測電路之雛形

圖 2 為牽引力量之放大及濾波電路，基本上有兩級放大，前級由儀表放大器（LM363）以 100 倍之增益將信號自電橋中取出，其次再由高精度運算放大器（OP07）組成之二階之 Butterworth 低通濾波器將高頻雜訊濾除，以提高信號雜訊之比值。在第二級放大之前須作抵補電位之調整，以避免高倍數的放大電路偏離工作點進入截止或飽和區域，因此使用兩個參考電壓源 IC（LM385）提供 $\pm 2.5V$ 之穩定電壓作為校正直流之用，而由 10k Ω 可變電阻所微調的直流電位經由另一高精度運算放大器（以加法器之形式）將未受力的牽引器歸零，而第二級的放大器則是由兩個高精度運算放大器以非反相放大器型式所串接而成，所達成之增益（平均分配）為 40。

至於連續擷取力量之裝置則以市售的三用電表（TES2732）達成 data logger 之功能（可離線記錄四千筆約 12-bit 資料）待收集完資料後再經由 RS-232 通訊埠將資料取入 PC 作進一步之分析。

省電、可攜式之電路改進

如圖 3 所示為改良後之電路，由於精密度對這個電路十分重要，所以整個電路的前半部份之功能是在調整抵補電壓（offset voltage），使得後級之高增益放大電路不會進入飽和區。其次是負責放大與濾波電路之設計，在放大電路方面共分為兩級：第一級的放大增益是 52 倍，第二級放大器的增益則設計成可調整的方式，其範圍在 60 至 1000 之間。放大器的架構是採用非反相輸入方式，其優點是輸入阻抗很大可避免負載效應。由於待測力量之變化並不快速，因此低通濾波器其高頻截止點

頻率設定於 7Hz，以避免高頻雜訊之干擾。

四、結果

在完成硬體之製作之後，為了測試此電路是否合乎使用之需求，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 作校正量測，以重量之拉力作為輸入，而圖 3 電路之輸出則連接至示波器及數位電表，得到此裝置之輸出與輸入之關係如圖 4 所示，每個量測值為五次實驗值之平均，其平均值與標準差亦標示於圖中，由於實驗所獲得之結果大致成線性之變化，因此依據這七點的數據我們作線性回歸，得到如圖中之方程式，其相關係數高達 0.998，而 $y = 68 - 0.6x$ 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)。

五、討論

目前為此本系統已大致開發完成，並已使用於兔子之實驗，唯實驗資料尚未齊全並持續在收集中，然而以硬體功能之完整性與正常性而言，皆已達當初規劃之目標，希望這些初步成果對國內從事相關研究的人員或實驗有所幫助。據我們了解國內從事這方面研究或手術的案例也不少，臺大醫院黃世傑教授就有多年的經驗，但能夠連續長期量測牽引力量的裝置就屬我們所開發的為國內第一宗，相信這是個突破，這次本研究群結合了電機、醫工及骨科的人員一起解決這個長期困擾骨科臨床醫師的問題著實令人興奮，除了繼續動物實驗之評估外，我們也開始著手於使用於人體外固定器之力量量測裝置的研發，並積極朝小型化、省電化的方向繼續改進我們的系統，相信在一年之內會有不錯的成績。

本計畫執行至今已將雛形電路[4]及改良後第二代電路[5]投稿於研討會論文

發表，目前正收集動物實驗之資料以便將完整結果投稿於國外學術期刊。

六、參考資料

1. Codivilla, A.: On the means of lengthening, in the lower limbs, the muscles and tissues which are shortened through deformity, Am. J. Orthop. Surg. 2:353,1905.
2. Ilizarov GA.: The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues. Part I: the influence of stability of fixation and soft-tissue preservation, Clin. Orthop. 238:249-281, 1989.
3. Ilizarov GA.: 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.
4. J.-Y. Li and F.-S. Jaw, "Development of an automatic system for anesthetic monitoring and control," Conference on Engineering Technology and Applications to Chinese and Western Medicine, May, 2000.
5. S.-W. Yang, J.-H. Wang and F.-S. Jaw, "Low-supply-voltage and low-power amplifier for strain gauge applications," Chinese biomedical engineering society annual meeting, December, 2000.

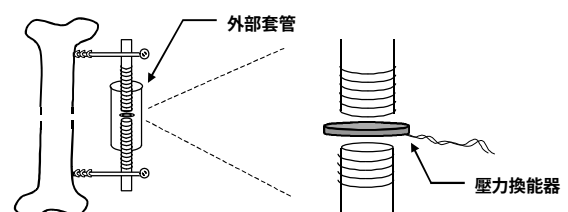


圖 1.

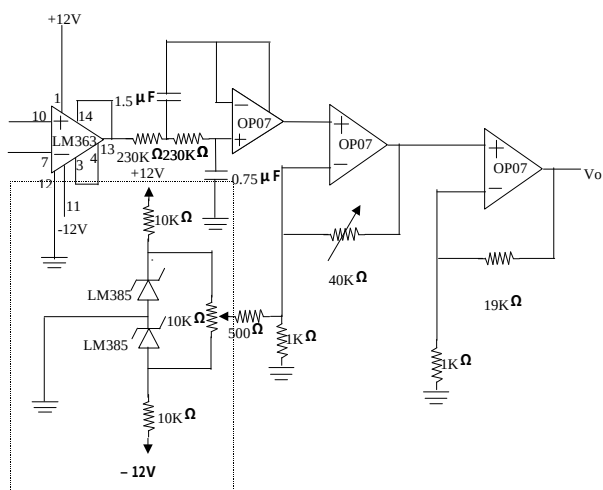


圖 2.

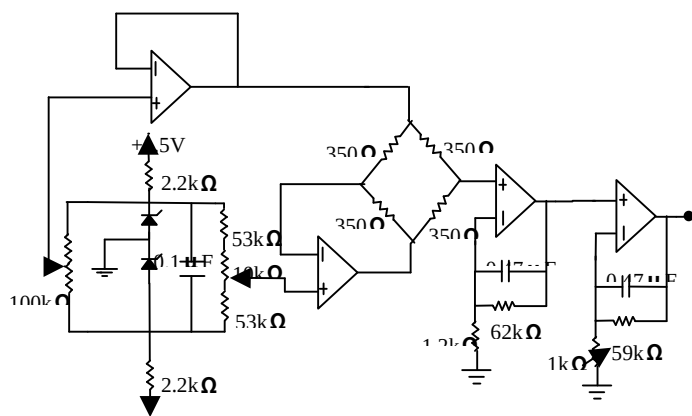


圖 3.

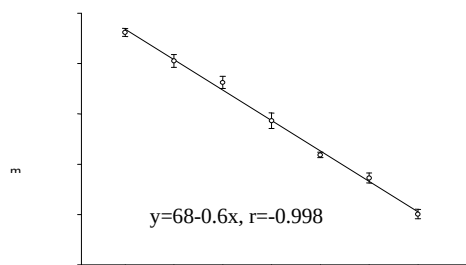


圖 4.