

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

機械刺激對骨延長之影響

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2314-B-002-189-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：國立臺灣大學醫學院骨科

計畫主持人：黃世傑

共同主持人：呂東武

計畫參與人員：王廷明，劉彥宏

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 11 月 3 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫進度報告

機械刺激對骨延長之影響

計畫編號：NSC 92-2314-B-002-189

執行期限：92年8月1日至93年7月31日

主持人：黃世傑

國立臺灣大學醫學院骨科

共同主持人：呂東武

國立臺灣大學醫學工程學研究所

計畫參與人員：王廷明

國立臺灣大學醫學院骨科

劉彥宏

國立臺灣大學醫學工程學研究所

一、中文摘要

骨延長增生手術目前是治療長短腳，肢段變形，骨性缺損，及骨折後癒合不全等疾病最被廣泛使用的方法。不同的機械因子會明顯的影響骨性增生的生理過程，這些因素包括相鄰斷面之間的距離大小，應變的大小，應變的速度，外力施加的形式，重複的次數以及刺激的時機等。除此之外，增生的骨痂會減少近端及遠端骨肢段彼此間的相對運動，而骨痂生成量又被兩個骨肢段間運動所影響。至於癒合遲緩及癒合不全卻是因為過度的骨肢段間運動所造成。此外，軸向或側向的骨肢段間運動也會對癒合過程有不同的影響。所以機械刺激對於骨性增生影響的相關知識對於評估及決定固定器穩定程度和斷面之間的力學狀態非常有幫助。

本計畫利用三維動作分析技術求出在不同日常生活動作中，隨術後天數增加，斷面兩端骨肢段間相對運動亦趨減少，而地面反作用力則呈現增加的現象。

關鍵詞：外固定器，骨肢段間運動，機械性外刺激，步態分析

Abstract

Distraction osteogenesis is a

well-established technique for bone lengthening that has widespread clinical applications in the treatment of limb length discrepancies, limb deformities, bone defects and fracture nonunion. It is well known that bony consolidation associated with distraction osteogenesis is a complex process that is influenced by multiple factors. Different mechanical conditions significantly affect the biological process of osteogenesis, including gap size, strain magnitude, strain rate, nature of loading, number of cycles and timing of mechanical stimuli. Apart from these factors, the developing callus also affects the healing process. The developing callus reduces the relative movement between the proximal and distal bone fragments. The amount of callus formed is affected by interfragmentary movement. Less callus formation is achieved with a generally stable fixation whereas a larger callus forms with an unstable fixation. Delayed union or nonunion can result from excessive interfragmentary movement and the influence of axial and shear interfragmentary movements on the healing process can be quite different. Knowledge of the influence of mechanical stimuli on the formation of bone is therefore helpful for the assessment and determination of the suitability of the level of fixation stability and the mechanical conditions at the gap.

This study used 3D gait analysis technique

to measure the interfragmentary motion under different daily activities. It was found that the interfragmentary motions were reduced and the ground reaction forces increased with increased postoperative period.

Keywords : external fixator, interfragmentary motion, mechanical stimulation, gait analysis

二、緣由與目的

骨延長增生手術目前是治療長短腳，肢段變形，骨性缺損，及骨折後癒合不全等疾病最被廣泛使用的方法。此方法基本上是将兩骨段以一個外固定器連接，並在術後，藉由有控制的拉長以誘發骨性增生。其間須維持一適當速度拉長，以使骨頭斷面處繼續保持骨性增生。當停止拉長時，骨性增生也會跟著停止，緊接著在骨斷面增生的骨痂也會漸漸固化。儘管治療上述疾病有正向療效，骨延長術需要長期將外固定器固定在肢體外依然是個問題(大約一至二個月會延長一公分) (Huang, 1997; Huang and Kuo, 1998)。

目前已有許多的方法應用在加速骨性增生的速度，例如：電刺激以及機械性的壓力 (Huang, 1997; Huang and Chang, 1997; Pepper et al., 1996)。骨性增生所伴隨的固化作用是一個非常複雜的過程，同時也受到很多因素所影響。到目前為止，動物實驗的研究報告也顯示，不同的機械因子會明顯的影響骨性增生的生理過程，這些因子包括相鄰斷面間的距離大小、應變的大小、應變的速度、外力施加的形式、重複的次數以及刺激的時機 (Claes et al., 1998; Goodship, 1992; Goodship and Kenwright, 1985)。另一方面，增生的骨痂也會影響癒合的過程。增生的骨痂會減少近端及遠端骨肢段彼此間的相對運動，骨痂生成量受兩骨肢段間運動所影響。穩定的固定會使得較少的骨痂形成，而相對的，不穩定的固定就會使較多的骨痂生成。至於癒合遲緩及癒合不全卻是因為過度的骨肢段間運動所造成。同時軸向或側向的骨肢段間運動也會對癒合過程有不同的影響。所以機械刺激對於骨性增生影響的相關知識對於評估及決定固定器穩定程度和斷面之間的力學狀態非常有幫助，對現今手術技術的進步亦有很

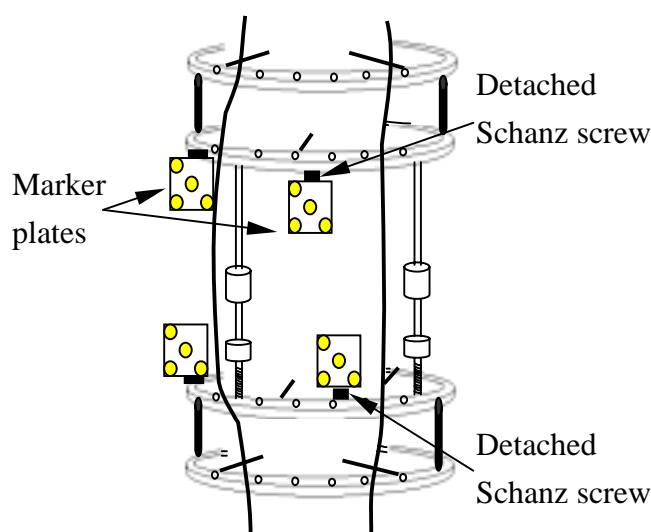
大的助益。

本計畫旨在測量接受骨延長增生手術病人進行功能性動作時，骨肢段間運動及地面反作用力的情形，目的是確定及監測初期骨肢段間的運動，並決定初期固定穩定度合適與否，進而探討其與骨性增生的關係。

三、方法

骨外固定器

本計畫受試者係臺大醫院骨科因長短腳須施行股骨延長術的病患。骨肢段切斷後用外固定器來加以固定(圖一)。每一位病患至少分別植入兩根 Schanz 骨釘於上下骨肢段中，並以金屬線分別環繞在上下骨肢段外圍。另製作四片不產生形變的方形板，每一片各貼有四顆紅外線反光球。其中兩片方形板固定在上下各一的金屬骨釘上，另外兩片分別組裝在外固定器的上下金屬鐵環，用以測量骨肢段間的剛體運動。進行測試時，將金屬骨釘與外固定器分離，於是上下兩骨肢段間的運動就可以藉由兩片固定在骨釘上的方形板之反光球運動量測。兩片固定在外固定器上下金屬環的方形板，當作是參考點。實驗結束時，兩個金屬骨釘會再與外固定器相連接，以作為額外的穩定機構。

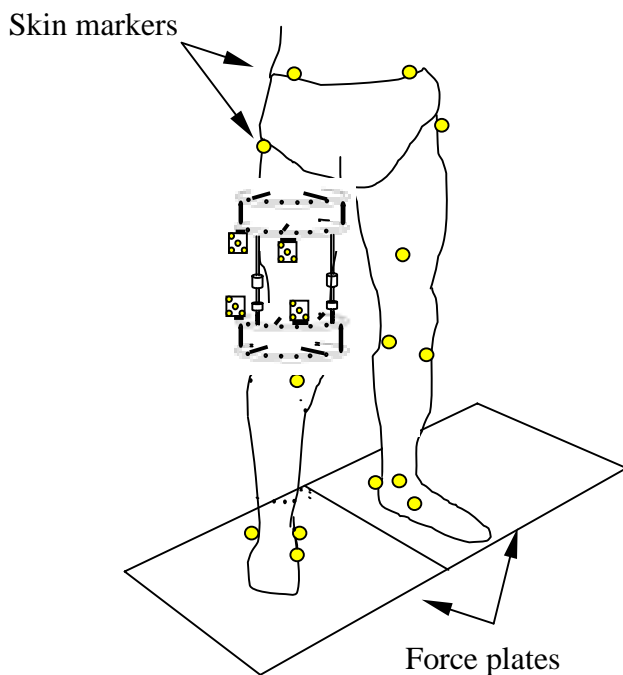


圖一、骨外固定器及連接反光球方形板金屬骨釘

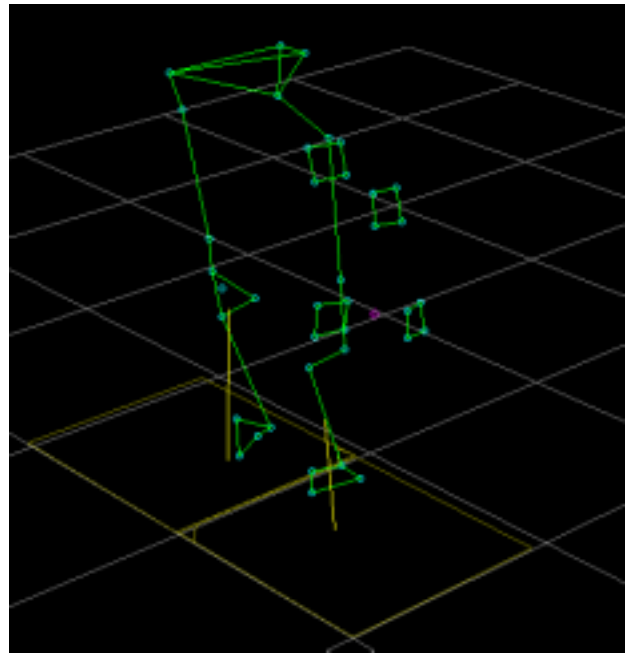
動作分析

受試者均於步態實驗室中利用三維動作量測系統(Vicon, Oxford Metrics, U.K.)之紅外線攝影機攝取肢段在空間中的位置，並利用兩塊測力板(AMTI, Mass., U.S.A)來測量運動過程中的地面反作用力(圖二、三)。

受試者部分下肢骨標記亦貼上 10mm 的反光球，作為分析各關節運動及受力之用。測試前必須把金屬骨釘與外固定器之間的連接部分解除，使其各自獨立分離，並將连接有反光球的方形板附著在金屬骨釘及外固定器鐵環上。



圖二、裝置骨外固定器受試者粘貼反光球標記利用三維動作量測系統及測力板量測資料

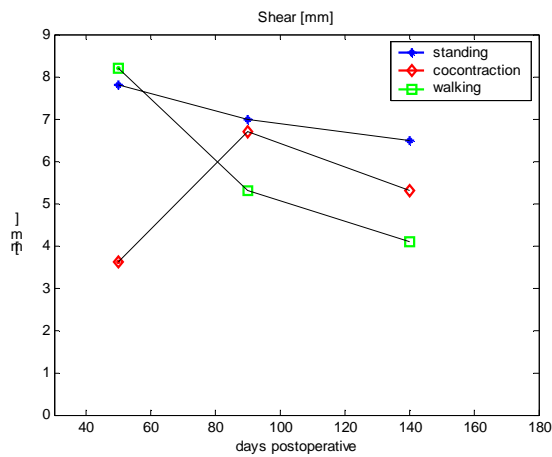


圖三、站立時動作分析系統所測得各肢段反光標記之空間位置

四、結果與討論

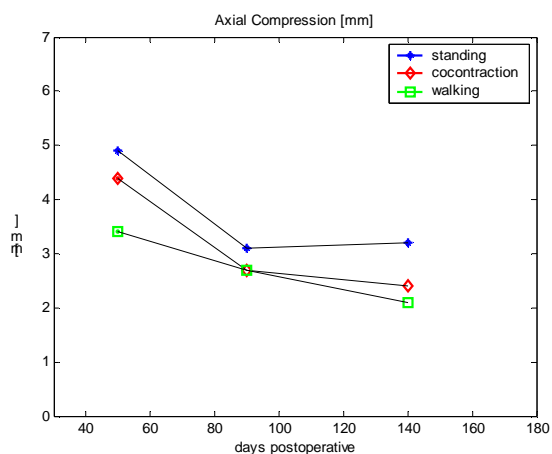
骨肢段間運動與骨性增生

利用動作分析力動學與動力學理論分析接受骨延長術受試者於術後不同天數(45, 90, 135 天)在功能性動作下兩肢段間軸向與側向之相對位移。圖四所示即為一典型受試者(女性, 車禍造成骨生長板損傷, 體重約為 50 kg)之分析結果。結果顯示, 術後 45 天, 雙腳站立時, 兩骨肢段側向位移約 7.8 mm。大腿股四頭肌與膕後肌共同收縮(cocontraction)時側向位移約 3.7 mm。緩慢步行時側向位移則約為 8.2 mm。術後 90 天, 雙腳站立時, 兩骨肢段側向位移約 7.0 mm。大腿股四頭肌與膕後肌共同收縮時, 側向位移約為 6.8 mm。緩慢步行時, 側向位移則約為 5.1 mm。術後 135 天, 雙腳站立時, 兩骨肢段側向位移約 6.7 mm, 大腿股四頭肌與膕後肌共同收縮時, 側向位移約為 5.3 mm, 緩慢步行時側向位移則約為 4.0 mm。由此可見, 手術後隨著天數增加, 伴隨骨性增生作用, 固化作用益趨明顯, 使得進行相同功能性動作時側向位移減少。



圖四、術後不同天數功能性動作兩骨肢段側向位移

如圖五所示，手術後 45 天，相較於未承重下，雙腳站立時，兩骨肢段軸向位移約為 4.9 mm。大腿股四頭肌與膕後肌共同收縮時，軸向位移約為 4.5 mm。緩慢步行時，軸向位移則約為 3.4 mm。術後 90 天，雙腳站立時，兩骨肢段軸向位移約為 3.2 mm。大腿股四頭肌與膕後肌共同收縮時，軸向位移約為 2.7 mm。緩慢步行時，軸向位移約為 2.7 mm。術後 135 天，雙腳站立時，兩骨肢段軸向位移約為 3.5 mm。大腿股四頭肌與膕後肌共同收縮時，軸向位移約為 2.5 mm。緩慢步行時，軸向位移則約為 2.2 mm。由此可見，軸向位移隨著術後天數增加，骨性增生作用及固化作用益趨明顯，使得進行相同功能性動作時軸向位移減少。

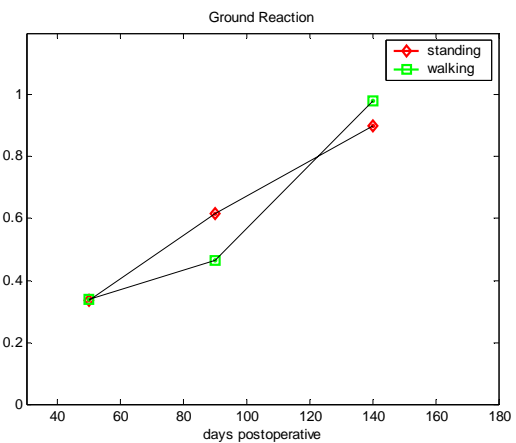


圖五、術後不同天數功能性動作兩骨肢段相較於未承重下軸向位移

比較側向位移與軸向位移，側向位移量在不同功能性動作下普遍大於軸向位移量，

顯示兩骨肢段在骨增生作用及固化作用尚未完全展現下，側向呈現較不穩定狀態。

地面反作用力資料顯示（圖六），術後 45 天，雙腳站立時，地面反作用力約為 0.33 倍體重(BW)。術後 90 天，雙腳站立之地面反作用力約為 0.61 BW，而術後 135 天雙腳站立之地面反作用力則約為 0.90 BW。術後 45 天進行緩慢步行之最大地面反作用力約為 0.34 BW，術後 90 天進行緩慢步行之最大地面反作用力約為 0.46 BW，術後 135 天則約為 0.98 BW。



圖六、術後不同天數功能性動作地面反作用力

術後隨著天數增加，伴隨骨性增生作用，固化作用益趨明顯，使得進行相同功能性動作時地面反作用力增加。

五、計畫成果自評

本計畫依時程完成利用三維動作分析技術求出在不同活動中，不同程度的機械性外刺激對於斷面兩端的骨肢段之間的相對運動與地面反作用力的影響。結果顯示骨增生作用及固化作用隨術後天數增加。由分析所得可了解兩骨肢段間斷面處相對之側向與軸向位移，對於了解術後兩骨肢段間變化及接受此手術的患者的治療與照顧有很大的助益。

不過遺憾的是，由於計劃在外固定器上裝置力規之經費預算被刪除，以致無法直接量出施加於外固定器之外力以配合解釋此計畫所求出之結果。未來相關研究應朝此方向深入探討。

六、參考文獻

1. Claes, L. E.; Heigele, C. A.; and

Neidlinger-Wilke, C. e. a.: Effects of mechanical factors on the fracture healing process. *Clinical Orthopaedics*, 355(Suppl): S132-S147, 1998.

2. Goodship, A. E.: Mechanical stimulus to bone. *Ann Rheum. Dis*, 51: 4-6, 1992.
3. Goodship, A. E., and Kenwright, J.: The influence of induced micromovement upon the healing of experiemntal tibial fractures. *Journal of Bone & Joint Surgery*, 67B: 650-655, 1985.
4. Huang, S. C.: Effect of electrical stimulation on callus maturation during callus distraction in rabbits. *J Formos Med Assoc*, 96: 429-34, 1997.
5. Huang, S. C., and Chang, C. W.: Electrophysiologic evaluation of neuromuscular functions during limb lengthening by callus distraction. *J Formos Med Assoc*, 96: 172-8, 1997.
6. Huang, S. C., and Kuo, K. N.: Differential lengthening of the radius and ulna using the Ilizarov method. *Journal of Pediatric Orthopedics.*, 18(3): 370-3, 1998.
7. Pepper, J. R.; Herbert, M. A.; Anderson, J. R.; and Bobechko, W. P.: Effect of capacitive coupled electrical stimulation on regenerate bone. *Journal of Orthopaedic Research*, 14: 296-302, 1996.

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫進度報告

機械刺激對骨延長之影響

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 92-2314-B-002-189

執行期間：92年8月1日至93年7月31日

計畫主持人：黃世傑

共同主持人：呂東武

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

執行單位：國立臺灣大學醫學院骨科

中 華 民 國 93 年 10 月 28 日