

題目:低能量雷射治療手部骨折病例報告

Low-level Laser Effects for Hand Fracture without Open
Reduction Internal Fixation -A Case Report

Running title: 830nm diode laser for close hand fracture

作者: 張文典^{1、3}、吳季樺²、江昭皚¹

服務單位: 台灣大學生物產業機電工程研究所¹，銘傳大學生物醫學工程系²

大千綜合醫院復健科³

通訊作者: 張文典

服務單位: 大千綜合醫院復健科

地址: 苗栗市新光街 6 號

電話: 037-357125 ext 1156, 0922002769

傳真: (886)-37-336274

E-mail: steven-mandy@yahoo.com.tw

中文摘要

目前對於手部的非開放性骨折，通常以石膏、輕型石膏或藥物治療為主，較少對骨折處進行積極的介入治療，過去復健治療使用的光療-低能量雷射治療，也建議可於臨床上治療使用，但是目前無確切的治療參數。過去雖然有許多的動物及細胞實驗研究，證實低能量雷射照射對骨細胞具有正面助益，而低能量雷射介入臨床的療效研究卻非常少。本研究選取兩位無接受內固定手術的手部骨折患者，一位為 35 歲第三根掌骨骨折及第四根近端指骨骨折的女性，骨折發生後第二週，開始於兩個骨折處進行 830nm 二極體雷射(10Hz, duty cycle 50%, 60mW, 4.9J/cm², 830nm)照射;另一名為 70 歲第五根掌骨骨折的男性，骨折發生後第四週，開始於骨折處進行同樣雷射照射。每週進行五次的照射，經持續兩週的照射後，評估治療前後疼痛情形、腫脹情形及影像學上骨折改善情形，結果發現兩週治療後病人自覺疼痛減少，骨折部位腫脹消退，並且一位患者骨折部位於影像評估上，有癒合現象，但是另一名患者者無改變，未來仍需進行更多樣本研究來繼續觀察及探討。

關鍵字：低能量雷射治療、非開放性骨折、830nm 二極體雷射

壹、前言

手部骨折是因指骨或掌骨受到外在或內在力量的因素，造成骨頭的完整性與連續性產生部份或完全的斷裂。大部分的骨折是由外傷或骨質疏鬆症等因素造成。骨科醫師處理手部骨折，通常依據理學檢查及 X 光檢查，判定骨折的種類及穩定性。移位性或複雜性的骨折都以內固定或外固定方式處理，對於無移位性等較穩定的骨折，則以輕型石膏或保守治療來支持骨頭的癒合。復健治療接受骨科醫師轉會的手部骨折病患，對於手術固定後或無手術固定的骨折，通常以維持手指關節活動度、消除腫脹、促進骨折癒合、及降低疼痛為目標。

目前許多治療骨折的方法中，常以加速骨折癒合的速度為主要目標，超音波(ultrasound)及低能量雷射(low-level laser)可用於骨折癒合的復健治療設備，Lirani-Galvao 等(2006)學者發現超音波會促進蝕骨細胞活化，有助於骨折初期骨折斷面的碎片組織移除，而低能量雷射卻會促進成骨細胞活化，增加骨折後的造骨及骨骼硬度，可用於骨折恢復期治療⁽¹⁾。過去的研究發現低能量雷射作用是藉適當能量的給予，刺激生物細胞並誘發或強化一些生理反應，其中包括有：促進局部的血液循環、調節細胞的功能、提升免疫機能，促進細胞代謝及增殖能力等，而復健治療在雷射使用上認為可以加速蛋白質的合成，加速表皮之增生、抑制疼痛及促進骨頭和神經之生長等⁽²⁾。對於低能量雷射的定義為輸出小於 500mW，治療疾病劑量小於 $35\text{J}/\text{cm}^2$ ⁽²⁾，臨床使用的低能量雷射有 632nm 波長的氦氖(He-Ne)雷射及 940nm 的鎵砷(Ga-As)雷射，Oshiro (1998)學者研究發現越長的波長之相對穿透性越差，而 830nm 波長對於組織具有較佳的穿透性及組織吸收性⁽³⁾，因此，以 830nm 二極體低能量雷射運用於臨床治療策略上，具有良好的治療效果，特提出治療報告。

貳、研究方法

一、個案資料

1. 個案一:

一名 35 歲女性病患因車禍跌倒，導致左手被重物壓傷，到院後經 X 光影像檢查如圖 1、2 所示，發現左手第三根掌骨骨折(metacarpal base fracture)，並有移位(displacement)現象，及第四根近端指骨骨折(proximal phalanx fracture)，醫師使用輕型石膏及止痛消炎藥(Cataflam 25mg; Gelusil 100mg; Mydocalm 1mg)處置，並於一週後轉會復健治療，評估發現病患左手無法完全抓握並且疼痛，手背也有腫脹現象。

2. 個案二:

一名 70 歲男性病患，於家中不慎跌倒，右手伸出撐住桌緣時，因衝擊力道過大導致第五根掌骨撞擊後腫脹疼痛，前三週病患並未就醫，但因持續疼痛腫脹，於第四週就醫檢查發現為第五根掌骨骨折(Lt fifth metacarpal base fracture)，如圖 3、4 所示，因其為穩定性骨折，醫師使用輕型石膏及止痛消炎藥(Cataflam 25mg; Stacaine 100mg; Serratiopeptidase 5mg)處置，並轉會復健治療。評估發現病患右手抓握動作正常，並無關節受限情形，但於第五根掌骨骨折處有腫脹情形。

二、研究設計

1. 實驗流程

本研究治療及評估程序皆經由地區教學醫院醫學倫理委員會同意，並徵求個案同意後簽署同意書，需兩週內停止服用止痛藥物及輕型石膏，評估檢查於教學醫院內執行，而治療於地區教學醫院復健中心進行，個案經診斷為無手術固定的手部骨折，紀錄第一次 X 光影像紀錄、腫脹情形及疼痛分數後，進行連續兩週的低能量雷射治療，每週治療五次，兩週後再以相同方式評估治療結果。

2. 研究設備

(1) 二極體雷射治療

使用的低能量雷射(Painless Light PL- 830, Advanced Chips & Products Crop., USA) 波長為 830nm，輸出頻率為 10Hz，脈衝工作週期為 50%，由兩個近紅外線雷射二極體構成，輸出功率為 60mW(2*30mW)，直接與皮膚接觸面積為 370mm²，治療劑量為 9.2J/cm²，射出的雙帶條狀雷射距離 2.5 公分，放置於手部骨折處，使用固定帶固定，進行每週五次的治療，每次 10 鐘的療程，皆由同一位物理治療師執行治療。個案一左手手背的第三根掌骨骨折處及第四根近端指骨骨折處，由觸壓評估骨折點，將二極體雷射儀器直接接觸骨折點進行治療。個案二右手手背的第五根掌骨骨折處，同樣由觸壓評估骨折點，以相同方式直接接觸照射骨折點進行治療。

(2) X 光判讀

病患同意進行低能量雷射治療時，進行第一次 X 光影像評估，治療兩週後再第二次 X 光影像評估，藉由數位系統(Nu Film Version4.05s, Thinking System Corporation, USA) 觀察比較治療前後骨折部位的變化，骨折部位的癒合變化。

(3)自覺疼痛量表及腫脹

病患依過去疼痛經驗為標準，以過去最疼痛的感覺經驗為 10 分，0 分為完全無疼痛，畫於十公分的直線內，十公分又內細分 10 個一公分間距，畫出一個能代表最近疼痛的分數，而腫脹則依門診檢查來判別。

參、結果

如表 1 所示，個案一及個案二皆表示雷射照射治療期間疼痛減緩，兩週照射後自覺疼痛分數下降，個案一的左手第三根掌骨骨折處疼痛點下降 3 分，第四根近端指骨骨折處下降 2.7 分，兩骨折處的局部腫脹已於兩週後消失，個案二右手第五根掌骨骨折處疼痛點下降 5 分，局部腫脹也於兩週後消失。

在 X 光影像檢查下，個案一的左手第三根掌骨骨折及第四根近端指骨骨折，在兩週照射治療後，皆無骨痂形成，仍無明顯癒合的現象(圖 6、7)，但是個案二的右手第五根掌骨骨折發現有癒合的現象(圖 8、9)。

肆、討論

本研究是以 830nm 波長的二極體雷射進行臨床治療，雷射能量為 60mW 屬於復健治療儀器中的低能量雷射，在美國國家標準局(American National Standards Institute, ANNSI) 規定中屬於 3b 的雷射，本研究直接照射在病患骨折處，觀察對骨折患者的骨折癒合及效果。過去中醫及西醫復健治療的設備中，常以 630nm 的氦氖雷射及 940nm 的鐳鉀雷射為光療的治療設備，本研究採以 830nm 雷射為治療波長為骨折病患進行治療，過去 Oshiro (1998)學者研究發現雷射的相對吸收與波長成正比，過長的波長會導致穿透時被經過的組織所吸收，雖然 3b 類的低能量雷射無傷害皮膚的危險性，但對於需要傳透到受傷組織的能量卻大大減少，而降低治療的劑量⁽³⁾。相同學者也提出波長介於 830 與 904nm 之間，對人體組織有較好的穿透性⁽³⁾，因此，本研究選擇 830nm 波長來進行低能量雷射治療。與過去中醫及西醫復健治療的氦氖雷射及鐳鉀雷射方式不同，過去使用都以一定距離下大面積照射或以單點接觸照射，大面積的雷射照射是利用透過旋轉與震盪稜鏡，可將掃描器用光束掃過較大範圍的區域，從 3-50 公分的距離照射，通常用於大面積局部的治療⁽²⁾。由於光線的散射，使得單位面積的治療劑量將大為減少。而中醫復健常使用單點雷射的輸出，使用方法如雷射針灸的方式，則是以高密度集中掃描在一個光點，可用單點雷射直接與皮膚或黏液膜接觸，治療方向以針穴點或局部觸痛點為主，需要配合穴位進行⁽⁴⁾。本研究採接觸式，並且以 370mm² 長方形面積照射，目的為使直接照射骨折區域，同時也固定接觸區域，讓雷射光線能有效穿透，因此，本研究發現治療效果仍為良好，可提供臨床另一治療方式。

低能量雷射對於疼痛緩解的機轉仍不明，但因具有良好止痛效果，而常被臨床治療使用。過去使用低能量雷射治療來達到止痛效果的研究中，包含急性及慢性的骨骼肌肉疾病，都有明顯效果⁽⁵⁾。Bjordal 等(2007)等學者研究指出，低能量雷射在退化性關節炎之病患的短時間治療後，較電刺激及無治療的對照組，具有較佳的緩解疼痛效果⁽⁶⁾。過去的研究也證實，使用低能量雷射照射 30 秒後，能有效提高疼痛閾值，增加對疼痛的忍受能力⁽⁷⁾。本研究中也發現經兩週照射後，對於骨折後的疼痛，低能量雷射照射也能有效降低急性骨折產

生的疼痛感。

過去的研究發現雷射光的照射可促進細胞粒腺體的三磷酸腺苷(adenosine triphosphate, ATP)的產生⁽⁸⁾，提供加速細胞活化或代謝所需的能量，Mii 等(2007)學者發現低能量雷射刺激頸動脈，能增加血液流量⁽⁹⁾，本研究直接照射於骨折後週邊血管的腫脹處，發現雷射的促進代謝的功能，能使得病患腫脹情形改善，原因可能是增加週邊血管的運送代謝所導致。過去的研究中低能量雷射能藉由 ATP 活化，刺激增加骨細胞^(9、11、12)，也能刺激細胞內的鈣離子增加⁽¹³⁾。Nicola 等(2003)學者將威斯達鼠(Wistar rats)採股骨切斷術進行研究，發現低能量雷射照射對股骨骨折處，能增加骨折後再吸收及骨形成的活化⁽¹⁴⁾。Trelles & Mayayo (1987)學者也在鼠脛骨骨折研究中發現，經低能量雷射照射後，其骨折處會有血管生成(vascularization)及骨細胞(osteocytes)的形成⁽¹⁵⁾。過去的研究中，皆發現低能量雷射能刺激造骨細胞活化，但能量過高反而會導致抑制作用⁽¹⁶⁾。Hamajima 等(2003)學者的研究中發現，830nm 波長的低能量雷射對於骨折初期照射，能刺激造骨細胞(osteoblastic cell)在 osteoglycin 基因的表現，而促進成骨細胞的增殖和分化⁽¹⁷⁾。Pinheiro 等(2003)學者發現經手術造成股骨骨折的老鼠研究中，術後 5 天發現照射低能量雷射的骨容積及蝕骨細胞面積，較控制組明顯增加，術後 15 天卻發現造骨細胞面積增加⁽¹⁸⁾。Trelles & Mayayo(1987)學者也在脛骨骨折的老鼠研究中，以每兩天一次的照射治療，術後 24 天發現骨細胞的生成⁽¹⁵⁾。Renata 等(2003)學者於股骨骨折的老鼠研究中，術後照射 8 天並無觀察到骨生成現象，但只發現到骨細胞的增加⁽¹⁹⁾。本研究中個案一於骨折後 7 天開始使用低能量雷射照射，第 21 天後由影像觀察，並無骨癒合現象產生;個案二於骨折後 21 天天開始使用低能量雷射照射，於第 35 天發現骨癒合現象，過去因無相關人體實驗研究，低能量雷射雖然在骨折初期，能增加造骨細胞活性，但於巨觀的影像表現上不易觀察。個案二於 21 天後才開始進行照射治療，確有明顯的骨癒合影像表現，推論原因可能造骨細胞已開始進行修補，低能量雷射的刺激，增加造骨細胞修復的速度。因本研究只進行兩名個案進行討論，未來仍可增加個案數進行統計分析，比較 830nm 波長雷射對骨折癒合的影響。

伍、結論

本研究進行中收集兩名案例，為未接受任何手術處置的手部骨折病患，因手部骨折病患大部分都進行內固定開刀，為排除內固定對骨癒合的影響，只選取無內固定患者進行研究，發現一例有良好的癒合，而兩例在疼痛的緩解及腫脹的消除，皆有良好的效果，此可提供中醫及西醫在復健臨床治療的參考。

陸、參考文獻

1. Lirani-Galvao AP, Jorgetti V, da Silva OL: Comparative study of how low-level laser therapy and low-intensity pulsed ultrasound affect bone repair in rats. *Photomed Laser Surg.* 2006; 24: 735-740.
2. Hecox B, Andemicael Mehreteab T, Weisberg J: *Physical agents: a comprehensive text for physical therapists.* Norwalk: Appleton & Lange. 1994; 391-396.
3. Oshiro, T: *Low Level Laser Therapy.* Avon (U.K.): Wiley and Sons. 1988; 16-30.
4. Naeser, MA: Photobiomodulation of pain in carpal tunnel syndrome: review of seven laser therapy studies. *Photomedicine and laser surgery.* 2006; 24: 101-110.
5. Hanaoka K: *Devices for the relief and evaluation of pain: preface and comments Masui.* 2006; 55: 1078-1079.
6. Bjordal JM, Johnson MI, Lopes-Martins RA, Bogen B, Chow R, Ljunggren AE: Short-term efficacy of physical interventions in osteoarthritic knee pain. A systematic review and meta-analysis of randomised placebo-controlled trials. *BMC Musculoskelet Disord.* 2007; 22: 51,.
7. King CE, Clelland JA, Knowles CJ: Effect of helium-neon laser auriculotherapy on experimental pain threshold. *Physical therapy.* 1990; 70: 24-30.
8. Amat A, Rigau J, Waynant RW, Ilev IK, Tomas J, and Anders JJ: Modification of the intrinsic fluorescence and the biochemical behavior of ATP after irradiation with visible and

- near-infrared laser light. *Journal of photochemistry and photobiology*. 2005; 81: 26-32.
9. Mii S, Kim C, Matsui H, Oharazawa H, Shiwa T, Takahashi H, Sakamoto A: Increases in central retinal artery blood flow in humans following carotid artery and stellate ganglion irradiation with 0.6 to 1.6 microm irradiation. *J Nippon Med Sch*. 2007; 74: 23-29.
 10. Freitas IGF, Baranauskas V, Cruz-Höfling MA: Laser effects on osteogenesis. *Appl. Surface Sci*. 2000; 548–554.
 11. Silva Júnior AN, Pinheiro AL, Oliveira MG, Weismann R, Ramalho LM, Nicolau RA: Computerized morphometric assesment of the effect of low-level laser therapy on bone repair: an experimental animal study. *J. Clin. Laser Med. Surg*. 2002; 20: 83–87.
 12. Ueda Y, Shimizu N: Effects of pulse frequency of low-level laser therapy (LLLT) on bone nodule formation in rat calvarial cells. *J. Clin. Laser Med. Surg*. 2003; 21: 271–277.
 13. Coombe AR, Ho CT, Darendeliler MA, Hunter N, Philips JR, Chapple CC, Yum LW: The effects of low-level laser irradiation on osteoblastic cells. *Clin. Orthop. Res*. 2001; 4: 3–14.
 14. Nicola RA, Jorgetti V, Rigau J, Pacheco MT, dos Reis LM, Zângaro RA: Effect of low power GaAlAs laser (660 nm) on bone structure and cell activity: an experimental animal study. *Lasers Med. Sci*. 2003; 18: 89–94.
 15. Trelles MA, Mayayo E: Bone fracture consolidates faster with low-power laser. *Lasers Surg. Med*. 1987; 7: 36–45.
 16. Arisu HD, Turkoz E, Bala O: Effects of Nd:Yag laser irradiation on osteoblast cell cultures *Lasers Med Sci*. 2006; 21: 175–180.
 17. Hamajima S, Hiratsuka K, Kiyama-Kishikawa M, Tagawa T, Kawahara M, Ohta M, Sasahara H, Abiko Y: Effect of low-level laser irradiation on osteoglycin gene expression in osteoblasts. *Lasers Med Sci*. 2003; 18: 78-82.
 18. Pinheiro AL, Limeira Júnior Fd Fde A, Gerbi ME, Ramalho LM, Marzola C, Ponzi EA: Effect of 830-nm laser light on the repair of bone defects grafted with inorganic bovine bone

and decalcified cortical osseous membrane. *J. Clin. Laser Med. Surg.* 2003; 21: 383–388.

19. Renata A. Nicolau A Vanda Jorgetti A Josepa Rigau Marcos T.T. Pacheco A Luciene M. dos Reis Renato A. Zangaro: Effect of low-power GaAlAs laser (660 nm) on bone structure and cell activity: an experimental animal study *Lasers Med Sci.* 2003; 18: 89 – 94.

Abstract

At present regarding close bone fracture of hand is usually by the cast, splint or medication primarily, but it is less to cure the fracture area directly. In the physical therapy, it uses phototherapy, such as the low-level laser therapy, to treat in clinical, but treatment parameters are not confirmed. In the past researches, they confirmed that low-level laser could improve to increase the osteocyte in animal experiment, but human's studies were less reported. In our study, we select two subjects hand bone close fracture without surgery. One is 35 y/o female of third metacarpal bone fracture and the fourth proximal phalanx bone fracture. After onset for two weeks, she started to beam the 830nm diode laser (10Hz, duty cycle 50%, 60mW, 4.9J/cm², 830nm) to two fracture areas. Another is 70 y/o male of fifth metacarpal bone fracture. After onset for four weeks, he started to beam the same laser. The programs are the same to supply two weeks treatment and five times treatment each week. We evaluated the swelling, pain and X-ray image after treating. After two-weeks laser treatment it can improve to reduce swelling and pain. We found one fracture healing but another didn't in X-ray image. We suggest the efficacy of 830nm laser, and conduct the more studies to confirm in the future.

Key word: Low-level laser therapy, Close fracture, 830nm diode laser

表 1、雷射治療前後的自覺疼痛分數及局部腫脹情形

	自覺疼痛分數		局部腫脹	
	治療前	兩週治療後	治療前	兩週治療後
個案一				
左手第三根掌骨骨折	3.5/10	0.5/10	+	-
左手第四根近端指骨骨折	3.5/10	0.8/10	+	-
個案二				
右手第五根掌骨骨折	7.5/10	2.5/10	+	-

註：自覺疼痛以病患自訴疼痛除以 10 疼痛表示，局部腫脹由門診檢查後發現為(+)，如無腫脹為(-)