

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

以脛骨鑲嵌法重建後十字韌帶的生物力學研究：股骨隧道的 方向和位置與移植物受力和固定強度的關係

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2213-E-038-010-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：臺北醫學大學外科

計畫主持人：莊太元

共同主持人：何為斌

計畫參與人員：廖建忠, 劉育良

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 10 月 31 日

研究成果報告

題目

中文計劃名稱

以脛骨鑲嵌法重建後十字韌帶的生物力學研究:

股骨隧道方向和位置與移植物受力和固定強度的關係

Biomechanical Study of Inlay Posterior Cruciate Ligament Reconstruction:

The Effect of Femoral Tunnel Angle & Position on Graft Force & Fixation Strength

主持人資料:

計劃編號: 94-2213-E-038-010-

執行期限: 2005. 8. 1-2006. 7. 31

主持人姓名: 莊太元

共同主持人: 何為斌

執行機構: 台北醫學大學外科

計畫參與人員: 廖建忠, 劉育良

中文摘要:

關鍵詞: 膝關節/後十字韌帶/生物力學/比較研究

前言:

後十字韌帶在手術上, 較為一般醫師採行的脛骨隧道法(Transtibial Tunnel Method), 其使用關節鏡手術, 於脛骨和股骨鑽製隧道. 把肌腱移植物或是韌帶移植物, 植入隧道中, 再固定起來. 其中, 由於傳統的脛骨隧道法(Transtibial Tunnel Method)的結果, 不盡令人滿意, 近來慢慢轉移到所謂的脛骨鑲嵌法(Tibial Inlay Method).

脛骨鑲嵌法是直接在脛骨平台的後方, 也就是後十字韌帶的脛骨附著處 (Footprint of PCL). 直接製做一個

凹槽. 而把帶骨的移植物 (Bone-Patellar Tendon-Bone 或是 Quadriceps Tendon-Bone), 其骨頭側釘於凹槽處. 如此可以減少移植物在此處的轉彎, 進而減少移植物的鬆弛, 磨損.

依目前發表的臨床結果, 前十字韌帶重建大多可以得到滿意的結果; 但是後十字韌帶的重建得到的結果, 仍有很大的差異性.

手術不令人滿意的原因, 包括傳統的脛骨隧道法(Transtibial Tunnel Method), 在脛骨隧道後側的急轉彎, 造成移植物磨損或是鬆弛; 忽略了合併的受傷, 尤其後外側旋轉性的不穩定 (Posterolateral Rotational Instability) 等等.

以前學者所提出脛骨端轉彎固然重要, 因它會造成移植物的磨損或斷裂; 但根據以上實驗和臨床的發現, 以及最近的醫學會所報告的內容, 股骨端的轉彎所造成的影響也絕不可忽視.

目前股骨隧道的製作方法有二種模式, 都廣為大家所接受. 一種是傳

統的 Outside-in 的股骨隧道製作法，其為在大腿處開一傷口，將 PCL femoral guide 放置於理想位置之後，鑽入 K-Wire，而後根據此一 K-Wire 的位置，以中空的 Reamer 鑽製股骨隧道。

而 Inside-out 的股骨隧道製作法。其為經關節鏡手術的 Low Inferolateral Portal，在盡力彎曲膝關節後，將 PCL femoral guide 放置於理想位置之後，鑽入 K-Wire，而後根據此一 K-Wire 的位置，以中空的 Reamer 鑽製股骨隧道。Inside-out 的好處是不必在大腿再切一個傷口，也比較不會傷害股四頭肌。

本實驗的目的，在比較各組股骨隧道角度，利用測量股骨端(模擬)受力的模型，在膝關節彎曲 0、30、60 與 90 度時來測量各組的移植物受力(Graft Force)的情形。進一步釐清後十字韌帶重建時，為重塑膝蓋往後方向的穩定度，所選擇的隧道位置和角度，對於後十字韌帶重建所扮演的角色。

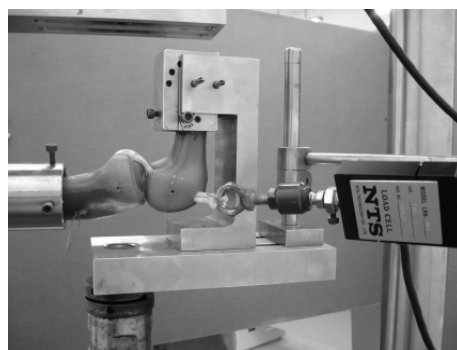
材料與方法：

10 隻成熟而體重都約在 100 公斤左右的豬，各取其兩個後肢，總共有 20 付完整的膝關節。隨機先分成 2 組，每組 10 隻，各取下肢帶骨足掌筋代替所謂股骨四頭肌或骨質韌帶。

第一組：，10 組股骨-後十字韌帶-脛骨結合物體 (femur-PCL-tibia complex)。脛骨隧道端也以鈦合金阻斷性螺絲固定。

第二組：，10 組股骨-後十字韌帶-脛骨結合物體 (femur-PCL-tibia complex)。脛骨隧道端也以鈦合金阻斷性螺絲固定。

20 組股骨-後十字韌帶-脛骨結合物體(femur-PCL-tibia complex)。在 90 度彎曲，正常旋轉角度，兩側分別固定在材料試驗機(MTS machine)上，股骨固定在基座(base)的夾具，由移植物經由隧道接上 LOAD CELL 之上。脛骨垂直固定在施力頭(cross-head)上的夾具上。做張力測試(Tensile strength test)。



先施以垂直加力於脛骨，以 50mm/min 的速度，施以向後移位 (posterior translation) 的力，施力到 140N 為止，記錄其 LOAD CELL 的應力。並觀察各小組移植物的變化。

以膝彎曲 90 度，60 度，30 度，及 0 度的各角度均做測試。

以 student T 驗來化較，分析各小組的差異。並分析負載/位移之線性迴歸因線。

結果：

在各組中我們取其中 7 組有效的實驗數據。

膝彎曲 90 度 INSIDE-OUT(I) 組 $42.79 \pm 6.5N$ ； OUTSIDE-IN(O) 組 $81.27 \pm 10.2N$ ($p=0.0034 < .01$, Student T test)

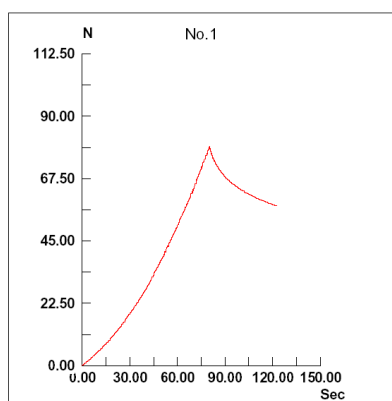
膝彎曲 60 度 INSIDE-OUT(I) 組 $60.45 \pm 5.5N$ ； OUTSIDE-IN(O) 組 $91.33 \pm 12.2N$ ($p < .05$, Student T test)

膝彎曲 30 度 INSIDE-OUT(I) 組
75.77 ± 5.6N,; OUTSIDE-IN(O) 組
77.97±8.0N (p>.05, Student T test)

膝彎曲 0 度 INSIDE-OUT(I) 組
91.33 ± 7.2N,; OUTSIDE-IN(O) 組
82.97±8.2N (p>.05, Student T test)

Force	Force
Maximum	Minimum
1	79.24
上極限	0.00
下極限	0.00
平均值	79.24
標準差	0.00

例: OUTSIDE-IN(O-6)組



例: OUTSIDE-IN(O-6)組

討論：

依過去針對後十字韌帶的股骨端的生物力學研究，各個學者提出了不同的看法，但並沒有股骨轉彎的生物力學的研究；其中各個學者對後十字韌帶股骨端的生物力學研究。Dr. Harner 著力在股骨端雙股 (double bundle)重建。其認為在各個膝蓋彎曲的角度，以 double-bundle 較能重塑膝的穩定度。Dr. Albright& Dr. Ortiz 等等長點(Isometry)的探討。利用不同的力量施予移植時，股骨端的等長點會

改變。而 Dr. Markolf 等則合併脛骨鑲嵌法(Tibial Inlay Method) 做生物力學的研究，支持在股骨端 Eccentric point 上做重建(前外束 anterolateral-AL bundle 的重建)；這樣在股骨端 Eccentric point 的重建，其移植物的受力(Graft Force)較少。

除了生物力學的研究，在 X 光影像學的研究上：若以脛骨鑲嵌法重建後十字韌帶，因可以精確地選擇鑲嵌的位置，Dr. Miller 等除了在臨床上採用鑲嵌法重建後十字韌帶之外，也在研究上，針對股骨端，提出關鍵角度(Critical Angle)；認為除了脛骨端轉彎的角度(一般稱為 Acute Turn)會影響移植植物之外，在股骨端轉彎的角度也不可忽視。

但在實驗之中，我們較難去掌握模型的 eccentric point 和 central point，因此這一部分是以 PCL anterolateral bundle 的 point 做為代表。

在實驗中，我們發現移植植物，在利用 INSIDE-OUT 股骨隧道製作法的方法。在膝彎曲 90 度時，有較小的移植植物受力。其他角度並沒有明顯的差異。因在後十字韌帶斷裂時的臨床表現上，當膝彎曲 90 度時，膝關節會受到較大後後的力量。本實驗也印證這個力量會傳至移植植物上。證實 INSIDE-OUT 和 OUTSIDE-IN 方法中移植植物受力的不同。

INSIDE-OUT 股骨隧道製作法的方法中，臨床上的這樣較小的受力，對移植植物而言，理論上會有較好的保護作用。但在臨床上，並不代表這就比較有利，相對的力量可能被股骨轉彎所吸收。而這樣的力量在股骨轉彎處可能會造成移植植物的傷害。

計畫成果自評：

從本研究作者得到以下幾點心得：

- 本實驗顯示，若以脛骨鑲嵌法重建後十字韌帶，利用 INSIDE-OUT 股骨隧道製作法的方法。在膝彎曲 90 度時，有較小的移植物受力，對移植物有較好的保護作用。
- 雖本實驗顯示，利用 INSIDE-OUT 股骨隧道製作法的方法。有較小的移植物受力。但我們認有部分的力量分散至股骨隧道的轉彎處。目前仍無法證實此力量在股骨隧道轉彎，是否會造成移植物的型變或磨損。
- 後十字韌帶重建術後的復建，膝彎曲角度的增加，應較保守。
- 本套以豬為實驗動物模型的生物力學測試模式，可運用於前十字韌帶，後十字韌帶，內外側側韌帶，和後外側構造等相關的生物力學研究
- 以壓力感測片受力板的受力及移植物的形變，來切入後十字韌帶移植物的癒合，是下一階段研究的重點。

參考文獻：

1. Miller MD, Bergfeld JA, Fowler PJ, Harner CD, Noyes FR. The posterior cruciate ligament injured knee: principles of evaluation and treatment. [Review] [58 refs]. *Instructional Course Lectures*. 1999; 48: 199-207.
2. Markolf KL, Zemanovic JR, McAllister DR. Cyclic loading of posterior cruciate ligament replacements fixed with tibial tunnel and tibial inlay methods. *Journal of Bone & Joint Surgery*. 2002; 84-A: 518-524.
3. McAllister DR, Markolf KL, Oakes DA, Young CR, McWilliams J. A biomechanical comparison of tibial inlay and tibial tunnel posterior cruciate ligament reconstruction techniques: graft pretension and knee laxity. *American Journal of Sports Medicine*. 2002; 30: 312-317.
4. Oakes DA, Markolf KL, McWilliams J, Young CR, McAllister DR. Biomechanical comparison of tibial inlay and tibial tunnel techniques for reconstruction of the posterior cruciate ligament. Analysis of graft forces. *Journal of Bone & Joint Surgery*. 2002; 84-A: 938-944.
5. Harner CD, Janaushek MA, Kanamori A, Yagi M, Vogrin TM, Woo SL. Biomechanical analysis of a double-bundle posterior cruciate ligament reconstruction. *American Journal of Sports Medicine*. 2000; 28: 144-151.
6. Daniel A, Oakes, Keith L, Markolf, Justin McWilliams, Charles R. Young, and David R. McAllister. The Effect of Femoral Tunnel Position on Graft Forces During Inlay Posterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med* 2003 31: 667-672
7. Clancy WGJ, Shelbourne KD, Zoellner GB, Keene JS, Reider B, Rosenberg TD. Treatment of knee joint instability secondary to rupture of the posterior cruciate ligament. Report of a new

- procedure. *Journal of Bone & Joint Surgery - American Volume*. 1983; 65: 310-322.
8. LaPrade RF, Muench C, Wentorf F, Lewis JL. The effect of injury to the posterolateral structures of the knee on force in a posterior cruciate ligament graft: a biomechanical study. *American Journal of Sports Medicine*. 30(2):233-8, 2002
 9. Lipscomb ABJ, Anderson AF, Norwig ED, Hovis WD, Brown DL. Isolated posterior cruciate ligament reconstruction. Long-term results. *American Journal of Sports Medicine*. 1993; 21: 490-496.
 10. Hughston JC, Degenhardt TC. Reconstruction of the posterior cruciate ligament. *Clinical Orthopaedics & Related Research*. 1982; 59-77.
 11. Kennedy JC, Hawkins RJ, Willis RB, Danylchuck KD. Tension studies of human knee ligaments. Yield point, ultimate failure, and disruption of the cruciate and tibial collateral ligaments. *Journal of Bone & Joint Surgery - American Volume*. 1976; 58: 350-355.
 12. Butler DL, Noyes FR, Grood ES. Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer in the human knee. A biomechanical study. *Journal of Bone & Joint Surgery - American Volume*. 1980; 62: 259-270.
 13. Gollehon DL, Torzilli PA, Warren RF. The role of the posterolateral and cruciate ligaments in the stability of the human knee. A biomechanical study. *Journal of Bone & Joint Surgery - American Volume*. 1987; 69: 233-242.
 14. Covey CD, Sapega AA. Injuries of the posterior cruciate ligament. [Review] [115 refs]. *Journal of Bone & Joint Surgery*. 1993; 75: 1376-1386.
 15. Girgis FG, Marshall JL, Monajem A. The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis. *Clinical Orthopaedics & Related Research*. 1975; 216-231.
 16. Chen CH, Chen WJ, Shih CH. Arthroscopic double-bundled posterior cruciate ligament reconstruction with quadriceps tendon-patellar bone autograft. *Arthroscopy*. 2000; 16: 780-782.