



12-1-1989

### Biomechanics and Rehabilitation of Interlocking Nailing

Linr-Yue Lin

Jin-Sheng Lin

Chorng-Song Chou

Jin-Fu Tsai

Tu-Sheng Lee

*See next page for additional authors*

Follow this and additional works at: <https://rps.researchcommons.org/journal>



Part of the [Rehabilitation and Therapy Commons](#)

#### Recommended Citation

Lin, Linr-Yue; Lin, Jin-Sheng; Chou, Chorng-Song; Tsai, Jin-Fu; Lee, Tu-Sheng; and Hsu, Tao-Chang (1989) "Biomechanics and Rehabilitation of Interlocking Nailing," *Rehabilitation Practice and Science*: Vol. 17: Iss. 1, Article 16.

DOI: <https://doi.org/10.6315/3005-3846.1771>

Available at: <https://rps.researchcommons.org/journal/vol17/iss1/16>

This Original Article is brought to you for free and open access by Rehabilitation Practice and Science. It has been accepted for inclusion in Rehabilitation Practice and Science by an authorized editor of Rehabilitation Practice and Science. For more information, please contact [twpmrscore@gmail.com](mailto:twpmrscore@gmail.com).

---

## Biomechanics and Rehabilitation of Interlocking Nailing

### Authors

Linr-Yue Lin, Jin-Sheng Lin, Chorng-Sonq Chou, Jin-Fu Tsai, Tu-Sheng Lee, and Tao-Chang Hsu

## 從生物力學觀點研討互鎖式髓內釘及復健治療

林玲玉 林進盛\* 周崇頌 蔡金福\* 李士生\* 徐道昌\*\*

本文報告25名複雜、不穩定的股、脛骨骨折採用Grosse-Kempf互鎖式髓內釘(Interlocking Intramedullary Nail)的初步結果。因其生物力學設計上與傳統的髓內釘極其不同(1)，重量完全由釘子承受。因此早期復健強調輕微部分載重，必須等到骨痂長出，拿掉一端的螺釘(bolt)，才可以完全載重，否則釘子容易斷掉或彎曲(8)。在本次追蹤中，病人大多沒有活動化(Dynamination)但結果良好的，股骨病例中占88.9%，脛骨病例中占81.3%，沒有釘子彎曲或斷掉的情況。

*Key words: biomechanics, rehabilitation, interlocking nail.*

### 前言：

過去對於粉碎性、複雜性或不穩定的股、脛骨骨折，在以往互鎖式髓內釘未發展前，治療上極為困難，乃因為傳統的髓內釘加環紮法(Cerclages Wire)，常造成癒合不良、肢體變短或排列不正種種缺點。

互鎖式髓內釘(以下簡稱IN)，就是在傳統的髓內釘的一端或兩端各鎖上螺釘(bolt)。1940年Kuntscher開始有了IN的構想[1]。直1970年德國的Klemm及Schellmann開始將之運用於臨床[2]。同年法國的Grosse再將它重新合併後來Kempf的發明，於是有了Grosse-Kempf nail。1981年這種技術首先引進了美國。在1984年Veith首先報告了64個病例，得到很好的結果。1985年又有了Brooker-Wills nail的發展來治療股骨骨折。所以現今有三種形式的IN，各有其生物力學上的優劣。

Grosse-kempf IN，有固定式(static)及活動式(dynamic)兩種。固定式是在骨頭的兩端都鎖上螺釘，而活動式則只在一端鎖上(圖一)。固定式的病人當有穩定骨痂形成時，拿掉一端的螺釘而成為活動式的過程稱為活動化(dynamization)。IN有種種以下的優點，譬如：可以儘早承重及關節活動；美觀；減

少癒合不良及感染的危險性；減少住院天數；需要骨移植情況減少。以上種種的優點，使得IN治療複雜性骨折形成新的趨勢。成功的手術及配合完整的復健可以達到髁及膝關節全範圍運動，沒有肌肉萎縮及腿長變短的情況及骨頭排列正常的最好結果。

回顧以往各家報告，對於固定式IN，何時能完全載重各有不同的看法。大部分主張必須活動化才能完全載重；而有些則持不同主張[4]，認為只要有穩定的骨痂，不須經活動化，也可完全載重。本次病人在開刀後原先是採前者的復健計劃，但病人疏於連繫，大多自行採取後者方式。本文報告這些病例術後功能性結果，就並些兩種不同載重方式，試探討其利弊。並參考文獻，對三種IN，探討其動力學上的差異。

### 材料與方法：

台中榮總，從1987年一月至1988年3月共有25個複雜性股、脛骨骨折接受Grosse-Kempf IN手術治療。其中股骨有9例，而脛骨有16例。男與女之比為21比4。年齡由15歲到64歲，平均是45.5歲。追蹤時間由7個月至22個月，平均是12.5個月。骨折的種類

台中榮民總醫院 復健醫學科，\*台中榮民總醫院 外科部骨科

\*\*台北榮民總醫院 復健醫學部

如附表一。粉碎性骨折若局限在峽部(isthmus)一邊，我們採活動式IN，若在峽部兩邊則打固定式IN。打固定式有20例，活動式有5例。

表 1

Comminuted fracture:	
Type	II -- 3 cases
Type	III -- 5 cases
Type	IV -- 6 cases
Segmental fracture: 3 cases	
Malunion : 1 case	
Nonunion : 6 cases	
Spiral : 1 case	

復健的目標在於維持關節活動度，保持肌力及儘早走動。病人在開完刀第二天，患側在未載重情況下，可做髖、膝及踝各關節全範圍的自主協助運動及主動活動。並做臀肌及肌四頭肌的等長收縮，以防萎縮[7]。教導病人如何使用拐杖。如果病人採用活動式IN，開完刀第二天即可鼓勵病人在可忍受範圍內完全載重。但若採用固定式IN，只能部分載重(採三點步態)，直到穩定的骨痂長出(一般約在12星期)，活動後，才可完全載重踩地。採回溯的方法，從1988年4月至10月約診病人至門診追蹤。用三方面來評估病人的結果[8]：(一)為髖、膝及踝關節的活動範圍(二)為肌肉萎縮程度(三)為骨頭癒後X光後情況。將病人分成極佳(Excellent)，佳(Good)，尚可(Fair)及差(Poor)四種結果。"Excellent"定義為關節運動範圍完全，沒有肌肉萎縮及X光顯示骨折排列整齊。"Good"為關節範圍輕微受限，小於2公分的萎縮及X光骨折彎曲小於5度。"Fair"為關節範圍損失至少25°，肌肉萎縮大於2公分及角度變形在5度與10度之間。"Poor"則是劇烈的關節範圍受限及肌肉萎縮和骨折彎曲變形超過10度。

### 結果：

在16例股骨骨折中(表2)，結果極佳或佳有3例占81.3%，尚可或差共3例占18.3%。而9例脛骨骨折(表2)中，極佳或佳有8例占88.9%，而尚可或差有1例占11.1%。當骨折的位置不痛及X光上有延續的外在架橋式(bridging)骨痂，就可認定為癒合時間。本次

病人癒合時間由10到28個星期，平均是16星期。活動化(Dynamization)，有的在第16星期、或第20星期。大多數病人因疏於連繫，沒有活動化，就完全載重，然後經過12至16個月直接完全拿掉IN。而採用活動式的病人，雖鼓勵立刻完全載重，但大多數病人畏懼傷口疼痛，也是沒有立刻完全載重。

表 2: Functional Results Following Femoral IN

		No.	%
Excellent	Full hip and knee motion	6	66.7
	No muscle atrophy		
	Normal radiographic alignment		
Good	Slight loss of hip or knee motion	2	22.2
	Less than 2-cm muscle atrophy		
	Angular deformity less than 5°		
Fair	Moderate(25%) loss of hip or knee motion	1	11.1
	More than 2 - cm muscle atrophy		
	Angular deformity 5° -- 10°		

### 併發症：

(1) 感染：有二個病例有骨髓炎，但均原先就是不癒合(Nonunion)，然後再接受IN手術。

(2) 關節範圍受限：有一個病例，膝關節只達85°，其餘病人多在3個月內恢復原先運動範圍。

(3) 癒合不良(Malunion)：有4個病例內翻(Varus)變形，分別為7°，8°，13°，13°。三個發生在股骨骨折下1/3，一個位於股骨上1/3。其中三個原先就是癒合不良或不癒合的病例。

(4) 腿不等長：有4病例不等長超過2公分。其中三個原先是癒合不良或不癒合，另一個是股骨中1/3第四型粉碎性骨折。曾有文獻報告[3]太早承重或活動化太早會造成腿縮短的現象。此病人於第四個月活動化，而在第六個月完全載重雖然在活動化後沒完全載重，但肢體縮短和活動化過早很有關係。

(5) 癒合遲緩：有一個病例，28週才癒合。在25個病例中，無釘子彎曲或斷掉的現象。

討論：

IN 的構想來自 Kuntscher (圖二)，固定式的 IN，由上或下來的力量均由 IN 承擔，中間粉碎的骨折不承擔重量，所以一旦打上固定式 IN，理論上肢體就不易縮短。而活動式 IN，力量不僅由 IN 承擔，而且也會傳至骨折處，所以太早活動化會造成肢體縮短。而作用於股骨的力量有三種(圖三)：軸向荷重(Compression Force Or Axial Load)，旋轉力量(Torsion Force)及彎曲動量(9)(Bending Force)。正常的股骨彎曲動量為 1000 kg/cm，而 Kuntscher Nail 的彎曲硬度只有正常股骨的 10-20% [6]，而三種 IN (K-S, G-K, B-W) 為 55~70%，所以如果骨折的骨頭不能荷重，用 Kuntscher Nail 是不夠的；而若用 IN，在早期也是不能完全載重，只能部分載重，必須等到有架橋式的骨痂形成，荷重才能傳到骨頭，由骨頭分擔彎曲動量，穩定度才夠。這就是為何有些病人太早完全載重，造成 IN 彎曲或斷掉的原因。而在旋轉硬度方面，Kuntscher Nail 只為正常股骨的 1%，而三種 IN 雖為 Kuntscher Nail 的三倍 [1]，但也僅為 3%，所以太早完全載重，易發生癒合不正的現象 (varus)。而在軸向荷重方面，G-K IN 可承受 4 倍體重，K-S IN 可承受 3.5 倍體重，而 B-W IN 是 1.5 倍體重。所以採用 B-W IN 太早完全載重比前二者 IN 易發生肢體縮短的現象。雖然在生物力學上，G-K IN 及 K-S 優於 B-W IN，但前二者的缺點 (1) 為昂貴、遠端的螺絲難打上需較有技術的醫生，而且放射線暴露較多，更需要活動化。而 B-W IN，只需打近端的螺絲，遠端沒有螺絲，手術較簡單，X 光暴露較少。但此次均採用 G-K IN，及因其適應症廣及穩定性強。

表三是各家報告癒合的時間 [2,5]，由乃 13 週至 17 週。而本次病例平均約 16 週，並無太大的差異。表四，乃回顧文獻綜合各家治療複雜股骨骨折的併發症，在各種不同方式治療中，其中以 IN 治療結果最好。而本次報告併發症多於以往，在於有三個原本就有併發症 (不癒合及癒合不良)，再重新接受 IN 手術的。

表 3: Functional Results Following Tibial IN

		No.	%
Excellent	Full knee and ankle motion No muscle atrophy Normal radiographic alignment	9	56.3
Good	Slight loss of hip or knee motion Less than 2-cm muscle atrophy Angular deformity less than 5°	4	25.0
Fair	Moderate(25%) loss of hip or knee motion More than 2 - cm muscle atrophy Angular deformity 5° -- 10°	2	12.5
Poor	Marked loss of knee or ankle motion Marked muscle atrophy Angular deformity greater than 10°	1	6.3

表 4 Union Time (Weeks)

Author	Year	Union Time (Weeks)
Johnson	(1984)	13.8
Veith	(1984)	13.5
Thoresen	(1985)	16
Christie	(1988)	17
Vgh-Tc	(1987)	16

到底需不需要活動化後，才可完全載重呢？本次原本是希望病人能夠活動化，再完全載重。但僅只有 4 個病例有活動化。其中一個病例在 4 個月時活動化，而在 6 個月時完全載重，然而此病人二腿長相差了 6 公分，乃因太早活動化造成了肢體縮短。所以活動化的缺點有下列幾點：(一) 很難決定何時才能活動化，一般是在 10-12 週 [4]，但每個病人骨折癒合時間不等，骨折粉碎程度不一，若太早活動化造成了肢體縮短，就喪了 IN 原本設計的用意。(二) 病人及醫生均要多花時間來活動化。而活動化也有以下優點：(一) 若活動化時間正確，則活動化以後，完全載重，可加速骨頭癒合。(二) 病人活動化後，完全載重，可早日恢復關節運動範圍及肌力。不活動化也有其優缺點，優點是病人可少做一次小手術及肢體可保證不易縮短。但其缺點有下列二點：(一) 若不事先囑咐病人，過早完全載重而不活動化，釘子是很

容易彎曲或斷掉。(二)病人畏懼釘子彎曲或斷掉，常會延遲完全載重的時間，造成關節範圍損失及肌肉萎縮。本次病例平均完全載重時間為16星期，而肌肉萎縮大於2公分有4個病例，1到2公分的有5個病例。所以活動化與不活動化各有其利弊但現今的趨勢已漸漸採用不活動化；但相對地，要加強病人術後復健如：持之有恆的各項肌力運動及關節運動，並且囑咐病人未經醫生許可不可完全載重，以免產生釘子彎曲及斷掉的悲慘命運。

現今高速車禍日愈增多，複雜性骨折相對提高，而IN是近年來新發展出來治療複雜性股、脛骨骨折，配合適當的復健治療，能達到令人滿意的結果。

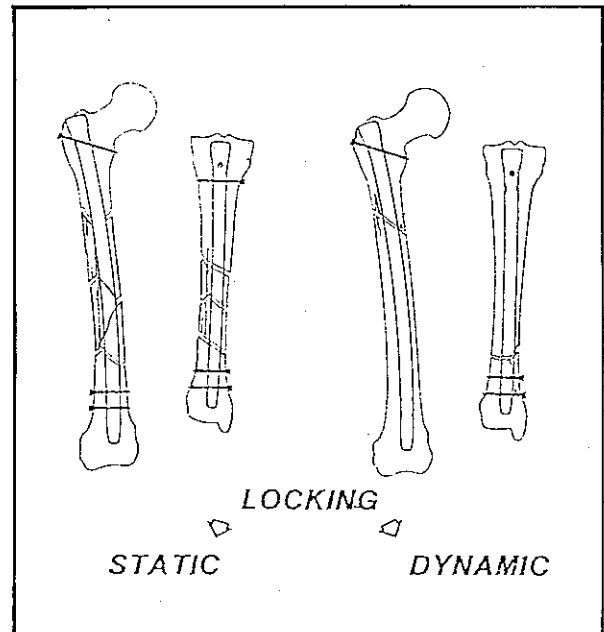


圖 1：互鎖式髓內釘有二種形式。左邊兩圖為固定式，右邊兩圖為活動式。

表 5: Results of Treatment of Complex Femur Fractures

Author	Year	No.	% Non-union	% Infection	Shortening		Angulation	Refraction	ROM Knee
					1cm	2cm			
Magerl plate	1979	67	12%	3%	7.2%	0%	12%	3%	120°
Ruedi plate	1979	131	14%	6%	-	-	-	9%	-
Rothwell closed IM nail	1982	32	6%	0%	44%	6%	6%	0%	-
Winqvist closed IM nail	1980	245	0.8%	0.4%	7.3%	3%	2%	0%	128°
Veith IN	1984	64	5%	1.5%	3.1%	1.5%	-	0%	127°
Johnson Traction	1984	32	22%	0%	78%	44%	12.5%	3%	120°
Open nail and cerclage		23	22%	13%	48%	-	0%	9%	120°
IN		24	4%	0%	13%	4%	0%	0%	120°
Wiss IN	1985	112	2%	0%	1.5%	0%	12.5%	1%	120°
VGH-TC IN	1987	9	0%	11%	11%	33%	22%	0%	130°

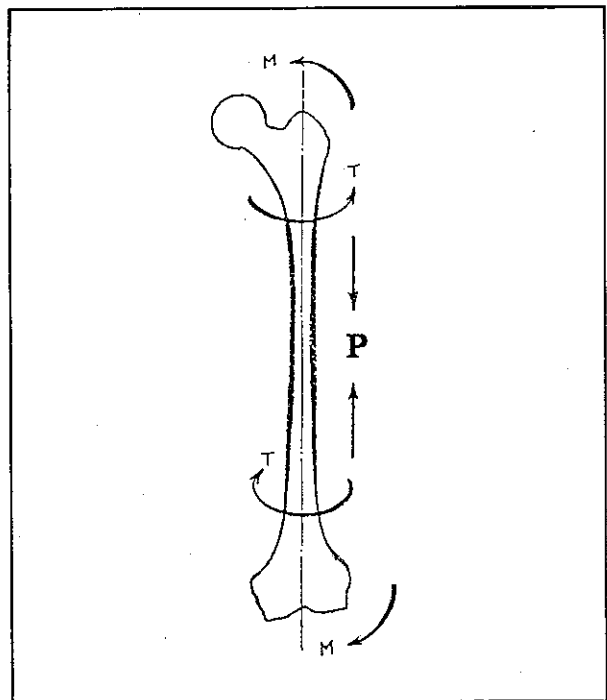


圖 2：作用於股骨的三種力量

- P: compression force; 軸向荷量
- T: Torsion force; 旋轉力量
- M: Bending movement; 彎曲動量



圖 3：59歲女性，右脛骨、腓骨粉碎性骨折



圖 4：與圖三相同病人，接受固定式互鎖髓內釘

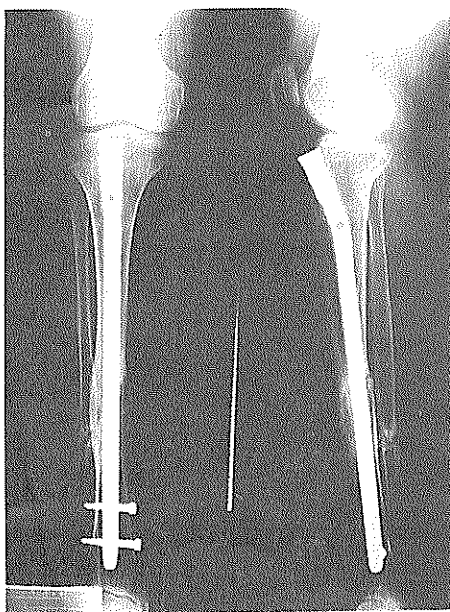


圖 5：與圖三相同病人，經過三個月骨痂長出，拿掉近端螺絲，變成活動式的互鎖髓內釘

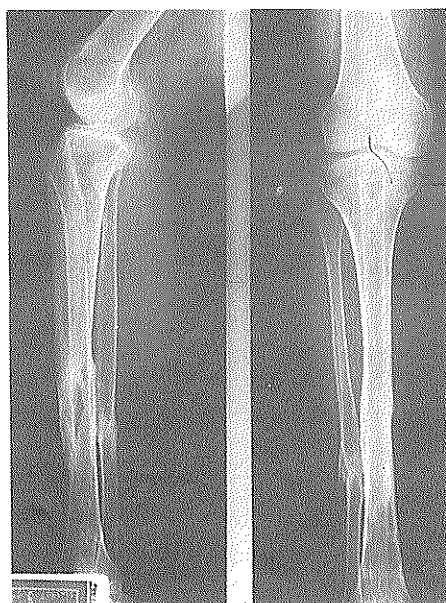


圖 6：與圖三相同病人，經過15個月後，拿掉所有的釘子。

參考文獻

1. Reinders J, Mockwitz J: Technical faults and complications in interlocking nailing of femoral and tibial fractures. *Acta Ortho Belgica* 50(5): 577-589, 1984.
2. Johnson KD, Johnston DWC, Papker B: comminuted Femoral shaft Fractures: Treatment by Roller Traction, Cerclage Wires and an Interlocking Intramedullary Nail. *JBJS* 66A(8):1223-1235, 1984.
3. Klempf I, Grosse A, Beck G: Closed Locked Intramedullary Nailing. *JBJS* 67A(5): 709-720, 1985.
4. Wiss DA, Fleming CH, Matta JM, Clark D: Comminuted and Rotationally Unstable Fractures of the Femur Treated with an Interlocking Nail. *Clin Ortho and Rel Res* 212(Nov):35-47, 1986.
5. Thorsen BD, Alho A, Ekeland A: Interlocking Intramedullary Nailing in Femoral Shaft fractures. *JBJS* 67A(9): 1311-1320, 1985.
6. Johnson KD, Tencer AF, Blumenthals: Biomechanical Performance of Locked Intramedullary Nail Systems in Comminuted Femoral Shaft Fractures. *Clin Ortho and Rel Res* 206(may): 151-161, 1986.
7. Nichols P.J.R.: Rehabilitation After Fractures of the Shaft of the the Femur. *JBJS* 45B(1):96-102, 1963
8. Klemm KW, Borener M: Interlocking Nailing of Complex Fractures of the Femur and Tibia. *Clin Ortho and Rel Res* 212(11):89-100, 1986.
9. Aginsky J, Reis ND: The present state of medullary nailing of the femur: biomechanical limitations and Problems of the blood supply to the fracture due to reaming. *Injury*: 11(3): 190-196, 1979.

## Biomechanics and Rehabilitation of Interlocking Nailing

Lin-Yue Lin, \*Jin-Sheng Lin, Chorng-Song Chou

\*Jin-Fu Tsai, \*Tu-Sheng Lee, \*\*Tao-Chang Hsu

Twenty five comminuted unstable fractures of femur or tibia were treated with the Grosse-Kempf interlocking nail. The biomechanical properties of interlocking nail are quite different from the intramedullary nail. The osteosynthesis material assumes the full load in static interlocking nail, though in Kuntscher nail, the osseous cylinder itself can bear the weight. Partial weight-bearing

is permitted in early stage. Full weight-bearing is allowed after the dynamization while the bridging callus are formed. Too early weight-bearing will produce bending or fracture of the nail. Excellent or good result were obtained in 88.9% of the patients of femoral fractures, and 81.3% of the patients of tibia fractures. There was no bending or fracture of nail.

---

Department of Physical Medicine and Rehabilitation, \*Division of Orthopedics,  
Department of Surgery, Taichung General Veterans Hospital  
\*\*Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Taipei, General Veterans Hospital