

대퇴골 간부 원위부 골절에서 교합성 골수정의 피로파손

을지외과대학병원 정형외과학교실

최원식 · 김한정 · 이광원 · 민영식 · 김하용 · 손문호*

— Abstract —

Fatigue Fracture of the Interlocking Nail in the Treatment of the Distal Part of the Femoral Shaft Fractures

Won-Sik Choy, M.D., Hwan-Jung Kim, M.D., Kwag-Won Lee, M.D.,
Young-Sik Min, M.D., Ha-Yong Kim, M.D., Moon-Ho Shon, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Eul-Ji College of Medicine, Tae Jon, Korea

Closed intramedullary nailing with or without interlocking screws has been a widely accepted method for the fixation of fractures of the femoral shaft. The design of the interlocking nail introduces the potential for high stress concentrations at the proximal and distal holes. The authors experienced six cases of metal failure of the interlocking nail in the treatment of fractures of the distal part of the femoral shaft from February 1992 to March 1995.

The predisposing factors to fatigue fracture of the interlocking nail were studied. In all patients, the fracture of femur was five centimeters or less from the more proximal of the two distal screw-holes.

The risk of fatigue failure may be minimized by using nails that have a larger diameter, by using nails long enough to be driven down to the subchondral area of the knee joint and by avoiding early weight-bearing.

Key Words : Femur, Shaft Fracture, Fatigue Fracture, Interlocking Nail

* 통신저자 : 최 원 식
대전광역시 중구 목동 24번지
을지외과대학병원 정형외과학교실

• 본 논문의 요지는 1996년 제 40차 대한정형외과학회 추계학술대회에서 구연되었음.

서 론

최근 교통사고의 증가와 대형화로 인하여 대퇴골 골절의 빈도가 증가되고 있으며 금속공학 및 수술수기의 발전으로 골수강내 금속정 고정술이 대퇴골 간부골절의 치료에 널리 사용 되고 있다. 또한 과거에는 단순 금속정 고정이 부적당하였던 간부골절, 특히 근위부 및 원위부 분쇄골절들에 대하여도 현재는 나사못 고정술을 시행하는 교합성 경성 골수강내 금속정 고정술(interlocking nailing)을 시행하여 치료하고 있다. 골수강내에 나사못 고정을 시행하지 않는 골수강내 금속정은 피로응력에 의하여 드물게 파손되지만, 교합성 골수강내 금속정 고정술을 시행한 경우에는 근위부와 원위부의 나사못 홈부위에 피로 응력의 집중으로 금속정의 파손이 종종 보고되고 있다. 저자들은 본원에서 발생한 교합성 골수강내 금속정의 원위부 피로 파손을 연구 분석하여 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

연구대상 및 방법

1992년 2월부터 1995년 3월까지 대전율지병원 정형외과에서 대퇴골 골절로 진단받고 치료받던 중 교합성 경성 골수강내 금속정 부전이 발생한 9례중에서, 원위부에서 피로파손이 일어난 5명 가운데 2차례의 파손이 일어났던 경우를 포함하여 6례를 대상으로 연령 및 성별분포, 골절의 원인 및 형태, 수술시기 및 수술방법, 금속 부전 발생까지의 기간, 피

로 골절 부위의 치료 및 경과에 따라 분석하였다.

결 과

모든 금속정의 피로 골절은 교합성 골수강내 금속정의 두 개의 원위부 나사못 홈중 근위부 홈에서 발생하였고, 대퇴골 원위부에서 금속정 피로 파손이 일어날 때 골절부위의 골유합은 되어 있지 않았다.

1. 연령 및 성별 분포

환자의 연령은 최연소 23세에서 최연장 62세로 평균 41세였으며 5명중 4명은 남자환자로 활동량이 많은 청장년의 남자 환자에서 주로 발생하였다.

2. 골절의 원인 및 골절형태

모두 교통사고에 의하여 발생한 폐쇄성 골절이었고 골절 형태는 3례에서 분쇄 골절이었으며 2례에서는 사골절이었다. 슬관절로부터 원위 골절부까지의 길이는 최대 15.5cm부터 최단 9.6cm로 평균 12.0cm이었으며 분쇄 골편의 최대 길이는 8.5cm이었다 (Table 1).

3. 수술시기 및 수술방법

수술은 수상 후 14일 이내에 실시 되었고 6례 모두 금속정의 근위부 및 원위부에 나사못 고정을 시행하여 교합성 내고정을 시행하였으며 4례는 원위부에 2개의 나사못으로 고정을, 2례는 1개의 나사못으로만 고정을 시행하였다. 수술후 방사선 검사에서 모든 례에서 정상적인 대퇴골 길이를 유지하였으며,

Table 1. Data on six cases who had a broken nail.

Case	Sex, Age (Yrs.)	Mechanism of injury	Status of Soft Tissue, Type of Commminution ¹⁾	Distance of Fracture from Knee (cm)	Distance of Most Proximal Distal Screw-Hole from Fracture (cm)	Time to Fracture of Implant (Mos.)
1	M, 54	Traffic acc.	Closed, III	15.5	5.0	12
2	M, 62	Traffic acc.	Closed, II	12.5	1.4*	3
3	M, 23	Traffic acc.	Closed, II	15.0	3.0	5
4	F, 42	Traffic acc.	Closed, III	9.6	1.2	5
5	M, 24	Traffic acc.	Closed, III	9.6	0.3*	2.5
6	"	"	"	"	1.4	2.7

* Only more distal screw used.

2개의 원위 고정 나사못홈 중 근위홈에서 골절부의 원위부까지의 거리는 0.2cm부터 5cm이었다. 금속정의 평균 굵기는 11.2mm이었고 평균 길이는 39.2cm이었으며 모든례에서 골이식을 시행하지 않았다. 2명의 환자는 수술 4주후부터 부분 체중부하를 허락하였으며, 3례는 동반 손상으로 인하여 6주이상 체중부하가 불가능하였다.

4. 금속 부전 발생까지의 기간

금속정의 피로 골절은 1차수술후 최소 2달 15일에서 최고 12달에 나타났으며, 1례는 2차 수술후 2달 10일만에 다시 금속정 피로 골절이 일어났다.

5. 피로골절부위의 치료 및 경과

4례에서 2차 수술시 처음 사용한 것보다 평균 1.75mm 더 굵은 금속정을 슬관절에 가깝게, 좀더 대퇴골 원위부로 깊게 삽입하였고 (Table 2), 2례에서

는 자가장골이식도 함께 시행하였으며, 1례는 2차 수술을 거부하여 술후 4년만에 3도의 내반각변형과 30도의 전방 각변형상태로 부정유합된 상태에서 금속정을 제거하였다. 2차 수술후 다시 금속정의 피로 파손이 발생한 환자는 장하지 석고부목 보조기 (long leg cast brace)를 사용하였으며, 2차 수술을 시행한 4례에서 수술 후 최소 1년간 추시관찰 결과 방사선적인 골유합 소견이 보이고 있었다. 5명의 환자 모두에서 슬관절 운동제한은 없었으며, 3명은 현재 일상적인 일에 복귀가 가능하였고, 2명은 다른 부위의 동반손상으로 목발을 이용하여 보행을 하고 있었다.

증례 보고

24세 남자로 교통사고로 우측 대퇴골 원위부 골절이 발생하여 (Fig. 1), 내원 6일 후 좌측 대퇴골에

Table 2. Data on used interlocking nails.

Case	Sex, Age (Yrs.)	Length and Type of Nail (1°OP)	Diameter of Nail (mm)	Type of Nail (2°OP)	Length and Diameter of Nail (mm)
1	M, 54	Universal	360, 10	AIM™	360, 13
2	M, 62	Vari-Wall	400, 12	Remove	-
3	M, 23	Russell-Taylor	400, 12	Russell-Taylor	420, 13
4	F, 42	Universal	380, 11	Universal	380, 13
5	M, 24	Russell-Taylor	420, 11	Gross-Kempf	420, 12
6	"	Gross-Kempf	420, 12	Long leg cast brace	-

Fig. 1. Preoperative anteroposterior and lateral radiographs of a twenty-four year-old boy who had a comminuted fracture of the distal part of the femoral shaft.

대하여 금속정(지름: 11mm, 길이: 42cm)을 이용한 내고정을 시행하였다(Fig. 2). 술후 2주째부터 목발 보행을 시작하여 퇴원 시킨 후 술후 2달 15일째 넘

Table 3. Data on interlocking nails of femur.

	Material	Diameter of screw hole (Nail Diameter)
AIM™	Titanium	Ø5.5mm(9-12mm) Ø7.0mm(13-15mm)
Gross-Kempf	Stainless	Ø4.6mm(10-11mm) Ø6.35mm(12-13mm)
Russell-Taylor	Stainless	Ø4.5mm(8-9mm) Ø5.0mm(10-11mm) Ø6.4mm(12-15mm)
Universal	Stainless	Ø4.9mm(9-14mm)
Vari-Wall	Stainless	Ø5.0mm(9-13mm)

어저 원위 나사못 구멍에 금속 부전이 발생하였다(Fig. 3). 대퇴골 골절부에서 슬관절까지의 길이는 9.3cm이었으며 골절부에서 금속정의 피로 파손부까지의 길이는 3mm이었다. 금속정 제거 후 좀더 짧은 금속정(지름: 12mm, 길이: 42cm)을 이용하여 골수강내 고정술을 시행하였고 골절부에 금속정의 피로 파손부까지의 길이는 14mm이었으나, 술후 2달 20일째 다시 금속정 파손이 일어나(Fig. 4), 장하지 석고부목 보조기를 시행하여 골유합을 얻었다.

고 찰

대퇴골은 신체에서 가장 큰 장골로써 강력한 외력에 의해서나 고속 손상의 결과로 인해 주로 골절이 발생하며, 동반손상이 많고, 연부조직 손상이 심하다. 따라서 적절하지 못한 치료나 불충분한 치료시 부정 정렬, 하지 단축, 슬관절구축 등의 합병증이

Fig. 2. Radiographs made immediately postoperatively demonstrate adequate restoration of the length and alignment of the femur. The more proximal distal screw of this dynamically locked nail is within 0.3 centimeters of the fracture.

Fig. 3. Radiographs made eleven weeks after postoperation. The distal screw hole of the nail was broken.

Fig. 4. A-P and lateral radiographs made at 11 weeks demonstrate breakage of more proximal hole of distal two screw hole.

속발되어 나타난다.

대퇴골 골절의 치료 방법은 크게 골 전인 및 석고 고정과 관혈적 정복 및 금속 내고정으로 나뉜다. 특히 대퇴골 원위부 골절에 있어 과거의 비수술적 치료는 하지 단축 및 부정 정렬의 문제로 현재 거의 시행하지 않고 있으며, 대부분의 경우 금속판을 이용한 관혈적 정복 및 금속정을 이용한 내고정을 하고 있다^{4,8}.

대퇴골 골수강내 금속정은 1918년 Hey Groves에 의해 장골간부 골절에 처음으로 시도되어, 1940년 Kuntscher nail¹³이 소개된 이후, Klemm 및 Gross, Kempf등이 회전에 대한 고정을 보강하여 더욱 적응증이 넓어 졌다^{1,3,11}. 그 후 Russell-Taylor, Brooker-Wills, Huckstep 등에 의해 유사한 교합성 골수강내 금속정이 개발 되어 현재 교합성 골수강내 고정술이 대퇴골 간부 골절의 치료에 보편화 되고 있는 추세이다^{8,10,12}.

골수강내 금속정 고정술은 다른 내고정 및 외고정 기구와는 달리 신체 운동 중심부에 가압도록 위치함으로써 부하를 적게 받으며, 이로 인해 피로 부전이 적으며⁸ 또한 골절 가골이 서서히 부하를 받아 골절 치유를 촉진하고, 금속판의 응력차폐(stress shielding) 효과로 야기되는 골파질의 약화를 방지할 수 있는 장점이 있다¹⁵. 그 외에도 부정 유합의 빈도가 적고, 하지 기능의 조속한 회복 및 짧은 이 병율과 빠른 골 유합의 장점이 보고 되고 있어 근래에 많이 각광 받고 있다. 또한 금속 공학 및 수술 수기의 발전으로, 고정 나사못의 추가적인 삽입은

대퇴골의 간부 특히 분쇄 골절이나 근위부 또는 원위부 골절에 골수강내 금속정의 사용범위를 넓혀 주었다¹⁷.

그러나 고정 나사못의 삽입으로 인하여 골수강내 금속정 삽입시에는 문제되지 않았던 교합성 금속정의 파손이 새로운 합병증으로 등장 하였으며 교합성 금속정 삽입의 증가로 인하여 그 수도 증가 한다고 하였다^{6,16,18}. Hoeltze¹⁷은 보행 주기중 입각기(stance phase)동안에 대퇴골의 근위부에서 가장 큰 힘을 받는다고 하였으며, Weinstein등¹⁶은 근위부 금속정 파손이 일어났던 10례를 대상으로 분석하였는데, 근위부의 접합부에서는 금속의 화학적 구성 성분이 서로 상이함으로 인해 발생된 cracking이 그 원인이라고 하였으며, Zimmerman등¹⁰은 근위부의 round crosssection과 cloverleaf cross-section의 경계부에서 주로 일어났다고 하였다. 또한 Robert등¹⁴은 교합성 금속정의 파손이 일어난 7례에서 원위 나사 못함중 근위 홈에서 주로 일어났다고 보고하였으며 저자의 6례 모두에서도 원위 나사못함 중 근위 홈에서 발생하였다. 금속정의 원위 나사못 홈에서 피로 파손이 잘 일어나는 이유는 금속정의 나사못 홈부위의 금속량이 근위부와 간부에 비하여 상대적으로 적으며, 원위 나사못 고정시 금속의 마모로 인한 홈집(nicking)으로 인하여 피로 응력을 증가시키는 역할을 한다고 할 수 있다. Robert등¹⁴은 원위 나사못 함중 근위 홈과 골절 부위와의 거리와 응력사이의 관계를 분석하여 원위 나사못 함중 근위 홈에서 피로응력이 가장 크다고 하

였고, 골절부와의 거리가 5cm이내에 있을 경우 교합성 금속정의 피로 내구 한계점(fatigue endurance limit)보다 더 큰 응력이 발생한다고 하였으며, 저자의 6례 모두에서 골절부와의 거리가 5cm이내에서 피로 골절이 발생하였다.

또한 골절된 대퇴골이 골유합을 통하여 골절전 내구성(original stiffness)의 50%를 얻기 전에 조기 체중 부하를 시작하면 교합성 금속정의 피로 내구 한계점(fatigue endurance limit)보다 더 큰 응력이 골절부에 작용하여 금속정의 피로골절이 발생하므로, 골유합이 이루어질 때까지 충분한 기간동안 체중 부하를 연기해야 한다고 하였다^{2,10}.

결 론

대전율지병원 정형외과에서 대퇴골 원위부 골절로 진단 받고 치료 받던 중 교합성 경성 골수강내 금속정 부전이 발생한 6례에 대한 임상적 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 대퇴골 원위부 골절에서 금속정의 피로 골절은 다음 몇가지 방법으로 줄일 수 있다고 생각 된다.

첫째, 슬관절의 연골하 부위까지 충분히 깊게 금속정을 삽입함으로써 골절부와 원위 나사 홈 사이의 거리를 길게 함으로써 피로 응력을 줄여주어야 한다.

둘째, 방사선적으로 골절의 유합이 보일 때까지 체중 부하를 연기하여야 한다.

셋째, 금속정의 두께를 두껍게 하거나 나사 홈을 작게 줄여주는 등의 금속정 디자인의 변화가 필요할 것이며 원위부의 나사못 고정시 보다 신중히 정확히 고정하여야 할 것이다.

대퇴골 원위골절의 치료에 골수강내 금속정을 삽입을 시행할 경우 위의 여러 가지 점에 유의하여 시술한다면 수술 후의 금속정의 피로 파손을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

1) 노약우, 이동선, 이광원 : 대퇴골 간부 골절의 폐

- 쇄적 골수강 내고정술. *대한정형외과학회지*, 21:646-650,1986.
- 2) 박승림, 김형수, 문경호 : 대퇴골 간부 골절 치료에서의 금속 부전. *대한정형외과학회지*, 9:97-104,1996.
- 3) 유명철, 이윤남, 안재성, 김봉건 : 대퇴골 간부 골절시 conventional Kuntscher IM nailing과 Interlocking IM nailing의 경험. *대한정형외과학회지*, 24:741-749, 1989.
- 4) Allgower MA and Spiegel PG : internal fixation of fracture. *Clin Ortho*, 138:26-29,1979.
- 5) Bagby WG : Compression bone-plating. *J. Bone and Joint Surg*, 59-A:625-631,1977.
- 6) Beaupre GS, Schneider E and Perren SM : Stress Analysis of a partially Slotted Intramedullary Nail. *J. Orthop. Res.*,2:369-376,1984.
- 7) Hoeltzel, D. : The Contribution of an Implanted Intramedullary Nail to the Load Carrying Capacity of a Fractured Femur. *Thesis. University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota*, 1984.
- 8) Jensen JS, Johanson J and Morch A : Middle Third Femoral Fractures Treated With Medullary Nailing or AO Compression Plates. *Injury*, 8:174-181,1977.
- 9) Johnson KD and Greenberg M : Comminuted Femoral Shaft Fractures. *Orthop Clin N Am*, 18:133-147,1987.
- 10) Johnson KD, Johnson DWC and Parker B : Comminuted Femoral Shaft Fractures : Treatment by Roller Traction. Cerclage Wires and an Intramedullary Nail. *J Bone and Joint Surg*, 66-A:1222-1235,1984.
- 11) Kempf L, Grosse A and Beck G : Closed locked intramedullary nailing. *J Bone and Joint Surg*, 67-A:709-719,1985.
- 12) Klemm KW and Borner M : Interlocking Nailing of Complex Fractures of the Femur and Tibia. *Clin Orthop*, 8:1356-1359,1985.
- 13) Kuntscher G : Die Marknagelung von Knochenbrüchen : *Tierexperimenteller Teil, Klin Wschr*, 19:6,1940.
- 14) Robert WB, Steven ER and Kent LL : Fatigue fracture of the Interlocking Nail in the Treatment of Fractures of the Distal Part of the Femoral Shaft. *J Bone and Joint Surg*, 69-A:1391-1399,1987.
- 15) Rockwood CA, Green DP and Vucholz RW : Fractures in Adults 3rd Ed. Vol. 2, pp. 1653-1723, Philadelphia, J.B Lippincott Co,1991.
- 16) Weinstein AM, Clemow ST and Clawson DK :

Retrieval and Analysis of Intramedullary Rods. *J. Bone and Joint Surg.*, 63-A:1443-1448, Dec.1981

- 17) **Winqvist RA, Hansen ST and Clawson DK** : Closed Intramedullary Nailing of Femoral Fractures. A Report of Five Hundred and Twenty Cases. *J. Bone and Joint Surg.*, 66-A:529-539,

April 1984.

- 18) **Zimmerman KW and Klasen HJ** : Mechanical Failure of Intramedullary Nails after Fracture Union. *J. Bone and Joint Surg.*, 65-B(3): 274-275, 1983.