

장관골 골절 치료용 내고정 금속물의 결함에 대한 소고

순천향대학 의학부 정형외과학교실

정필준 · 최완석 · 나수균 · 최창욱 · 김학현

= Abstract =

A Consideration for Metallic Failure of internal Fixation Devices in Treatment of Long Bone Fractures

Pil Jun Cheong, M.D., Wan Surk Choi, M.D., Soo Kyoong Rah, M.D.
Chang Uk Choi, M.D. and Hak Hyun Kim, M.D.

Department of Orthopaedic surgery, College of Medicine, Soon Chun Hyang University

The ten cases of metallic failure after I-M nailing & plate fixation who were treated at department of orthopaedic surgery, Soon Chun Hyang University during nine years from June, 1974 to May, 1983 were clinically analysed.

The survey as summerized as follows:

1. Of the ten cases, six cases were seen the breakage of plate, two cases were the loosening of screw, one case was the breakage of nail & one case was the angulation of nail. Of the six cases of plates, two cases were DCP, three cases were ordinary plate & one case was Thornton plate.

2. Of the six cases who metallic failure occurred as plate failure, five cases were the femur fractures, one case was the tibia fracture. All case who metallic failure occurred as nail failure were femur fractures. Of the two cases of screw loosening, one case was the femur fracture. One case was the tibia fracture.

3. The average interval between operation and metallic failure.

1) The plate breakage was 6.3 months.

2) The screw loosening was 7 months.

3) The nail breakage was 6 months.

4) The nail angulation was 8 months.

4. The causes of failure after internal fixation.

1) The causes of plate breakage.

1. Thin nail

2. Empty plate hole with slip down.

3. Inadequate support with bone loss.

4. Slip down (retrauma).

2) The causes of screw loosening

1. Inadequate immobilization in comminuted fracture.

2. Early weight bearing.

3) The cause of nail breakage.

1. Thin nail.

4) The cause of nail angulation.

* 본 논문의 요지는 1982년에 대한 정형외과 추계 학술대회에서 발표하였음.

1. Abormal stress & overweight.

5. The metallic failure such as breakage, loosening and angulation of nail or plate can be prevented providing that the indications were thoroughly considered according to the level of fracture, type of fracture and degree of comminution, and that bony union process was observed accurately after I-M nailing and plate fixation.

Key Words: Metallic implants, Failure, Long bone fractures.

I. 서 론

골절 치료의 목적은 골절을 가능하면 정확히 정복한 후 고정을 거쳐 환자로 하여금 가능한한 빠른 시일에 거동 및 관절 운동을 하는데 있는 데 장관골 골절의 정복 및 고정 방법은 크게 비관혈적 정복 및 내외고정, 관혈적 정복 및 내고정으로 분류할 수 있다. 내고정을 목적으로 Lister가 최초로 슬개골 골절에 Silver wire를 사용한 이후 최근에는 스위스의 Müller등이 ASIF식 압박금속판을 개발하여 널리 사용하고 있다^{3,7,15)}.

관혈적 정복후 내고정은 단순 나사못, 금속선 고정에서 부터 골수강 내고정, 금속판 및 나사못 고정, 압박금속판 및 나사못 고정 등 다양하며 각기 그 장단점을 이용하여 골절의 개방창 유무, 골절 모양 및 골절 부위 등에 따라 적용을 달리하여 골절을 치료할 수 있다.

관혈적 정복후 실시하는 내고정 금속물은 선택 및 적용의 잘못, 조기 운동, 수술후 부적당한 고정 및 처치, 술기의 잘못 등에 의하여 파손, 굴곡, 이완 등의 후유증을 유발하여 골절 치료에 문제점을 일으키기도 한다.

저자들은 1974년 6월부터 1983년 5월까지 입원 치료한 골절 치료 환자 중 원격추시에서 내고정 금속물에 결함이 있었던 10례에 대하여 분석하고 문헌 고찰과 함께 보고하는 바이다.

II. 증례 분석

1. 연령 및 성별 분포

환자의 연령은 최연소자가 10세에서 최연장자가 52세였고 평균 연령은 34.1세였다. 10례 중 7례가 40세 이하로 골절의 빈도가 많은 연령군에서 빈도가 높았고 성별로는 남자가 8명, 여자가 2명으로 남자가 4배 많았다(Table I).

2. 골절의 원인 및 형태

골절의 원인으로는 10례 중 교통사고가 7례로 가

장 많았으며 추락사고가 2례 그리고 기계에 의한 경우가 1례였다(Table II).

골절 부위는 10례 중 8례가 대퇴골로 가장 많았고 나머지 2례는 경골이었다. 대퇴골 골절 8례 중 근위부에 2례, 중간부에 4례, 원위부에 2례였다. 경골 골절 2례는 근위부에 1례, 중간부에 1례였다(Table III).

골절 형태는 8례의 대퇴골 골절 중 4례는 횡골절, 2례는 사선골절, 1례는 나선골절, 1례는 분쇄골절이었다.

2례의 경골 골절 중 1례는 뼈의 손실을 동반한

Table 1. Age & sex distribution

Sex Age	M	F	Total
0 - 10		1	1
11 - 20			
21 - 30	2		2
31 - 40	4		4
41 - 50	1	1	2
over 50	1		1
Total	8	2	10

Table 2. Causes of injury

Case	No. of case
T. A.	7
Fall down	2
Machine	1
Total	10

* T.A. : Traffic accident

Table 3. Site of fracture

	P 1/3	M 1/3	D 1/3	Total
Femur	2	4	2	8
Tibia	1	1		2
Total	3	5	2	10

사선골절이었고, 1례는 분쇄골절이었다.

10례중 개방성 골절은 3례였는데 이중 2례는 대퇴골 골절, 1례는 경골 골절이었으며, 비개방성 골절은 7례였는데 이중 6례는 대퇴골 골절, 1례는 경골골절이었다.

3. 골절후 수술까지의 기간

10례중 4례는 골절후 당일에 수술을 실시하였으며 1례는 1주이내, 3례는 2주이내, 1례는 3주이내, 1례는 2달만에 실시하였다. 2달만에 실시한 1례는 장파열에 의한 복막염이 발병하여 일반외과에서 치료후 전과되었던례였다.

4. 수술방법

대퇴골 골절 환자 8례중 6례는 금속판 고정법, 2례는 Küntscher nailing, 6례의 금속판중 1례는 Thornton plate을 시술 하였다. 경골 골절 2례는 모두 금속판 고정법을 실시하였다.

5. 수술후 처치

대퇴골 골절환자는 2~3주간 부목고정후 X-선상 골유합 정도(가골형성 유무), 환자의 임상 증상(동통및 압통)등을 고려하여 부분체중부하를 시킨

다음 8~12주부터 전체중부하를 실시하였다.

금속판의 파손이 생겼던례중 장파열에 의한 복막염이 발생하였던례는 2개월후에 Küntscher nailing을 시행하였다. 6개월후에 골절부위에 열공이 보여 금속성 제거후 ordinary plate로 고정하여 3주간 부목고정후 12주후부터 전체중부하를 실시하였다.

금속정의 파손이 생겼던례는 2주간 부목고정후 부분체중부하를 실시한 후 12주만에 전체중부하를 실시하였는데 전체중부하후 6개월만에 금속정의 파손이 발생하였다.

대퇴골 전자간 골절환자에서는 조기 거동으로 합병증을 감소시킬 목적으로 술후 1주후에 부분체중

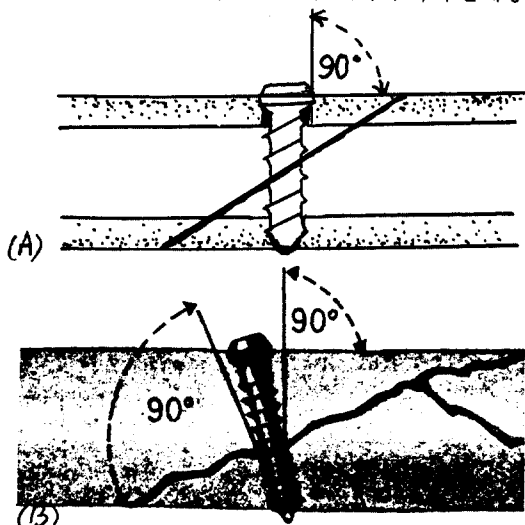


Fig. 1. (A) Compression screw inserted across oblique fracture line. (B) Simple spiral fracture with butterfly fragment; The screw is placed to bisect angles between a perpendicular to long axis of bone and a perpendicular to fracture p-lane.

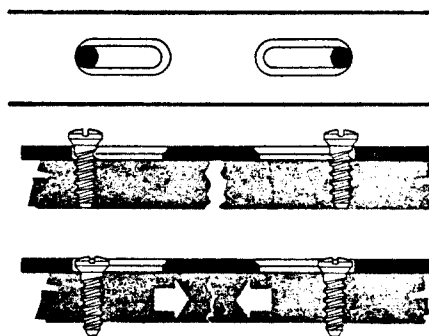


Fig. 2. Principle of DCP as self-compression plate.

Table 4. Associated injury in Femur fracture

Associated injury	No. of case
Tibia fracture	4
Fibula fracture	4
Patella fracture	1
Pelvic bone fracture	3
Clavicle fracture	1
Occipital fracture	1
Knee joint injury	1
Cerebral contusion	1
Others	2
Total	18

Table 5. Associated injury in Tibia fracture

Associated inj.	No. of case
Fibula fracture	1
Clavicle fracture	1
Cerebral contusion	1
Deep laceration	1
Sagital suture diastatic fracture	1
Others	1
Total	6

Table 6. Probable causes of metallic failure

Type of metal	Type of metallic failure & failure of fixation	Causes	No. of cases
Plate	Breakage	Thin nail	2
		Empty plate hole with slip down	1
		Inadequate support with bone loss	1
		Slip down	2
Screw	Loosening	Inadequate immobilization in comminuted fracture	1
		Early weight bearing	1
Nail	Breakage	Thin nail	1
	Angulation	Abnormal stress & overweight	1
Total			10

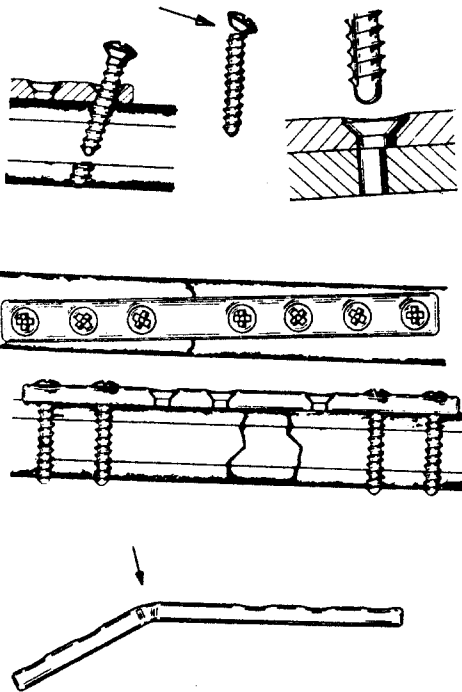


Fig. 3. Errors in application of plates and screw.

부하를 실시한 후 6주부터 전체중부하를 실시하였다.

경골 골절환자는 4~6주간 부목고정후 부분체중부하를 시킨후 PTB cast나 cast brace를 사용하여 전체중부하를 실시하였다. 1례는 개방성 골절로 뼈의 손실을 동반한 사선골절로 금속정의 굴곡으로 재차 금속판 고정및 골이식술을 시행하여 6주간 부목고정후 PTB cast를 사용하여 체중부하를

실시하였고, 1례는 4주간 부목고정후 cast brace를 사용하여 체중부하를 실시하였다.

6. 동반된 손상

대퇴골 골절에서는 경골 골절 4례, 비골 골절 4례, 장골 골절 3례등의 순으로 동반되었고 그밖에 슬개골 골절, 쇄골 골절, 후두골 골절, 슬관절 손상등이 동반되었다(Table IV).

경골 골절에서는 비골 골절, 쇄골 골절, 뇌타박상, 심부 열상등이 동반되었다(Table V).

III. 내고정 금속물에 대한 분석

1. 내고정 금속물 결합의 형태및 금속물의 종류
내고정 금속물의 결합은 파손, 굴곡및 이완이었는데 금속판의 파손은 6례, 나사못의 이완 2례, 금속정의 파손 1례, 금속정의 굴곡 1례였다. 금속정 2례는 모두 Küntscher nail 이었고 6례의 금속판중 2례는 DCP, 3례는 ordinary plate였다. 나머지 1례는 Thornton plate였다.

2. 내고정 금속물 결합의 발생시기

수술후 내고정 금속물의 결합이 일어날때까지의 기간은 최고 17개월서부터 최저 1개월로 평균 6.7개월이었으며 이 결과는 길²⁾등의 결과와 유사하였다.

3. 내고정 금속물 결합의 발생부위

내고정 금속물의 결합이 발생한 부위는 파손된 금속판 6례중 근위부 구멍에서 2례, 나사못을 고정하지 않은 중간 구멍에서 2례, 골절면과 같은 부위

Table 7. Case analysis

Case No.	Sex/ Age	Fx. Site	Fracture type	Cause of injury	Type of metal	Site of metallic failure	Interval btm. inj. & operation	Interval between operation & complication	Time of Wt. bearing		Type of metallic Failure & failure of fixation		Type of treatment for metallic failure
									Partial	Full	Partial	Full	
1	M/35	F.D.	O	T.A.	Ordinary Plate	Prox. hole	2 Mo	17 Mo	3 Wk	12 Wk	Plate breakage	DCP fixation	
2	M/26	F.M.	O	T.A.	DCP	Mid. hole	1 Wk	5 Mo	1 Wk	5 Wk	Plate breakage	Küntscher nailing	
3	M/35	F. Intertrochanter	C	T.A.	S-P Nail & thorn-ton plate	Dist. portion	2 Wk	2 Mo	1 Wk	5 Wk	Thornton plate breakage	Compression hip screw fixation	
4	F/10	T.M.	Bone Loss	T.A.	Ordinary plate	Mid. hole	1 d	9 Mo	6 Wk	10 Wk	Plate breakage	Ordinary plate fixation	
5	M/36	F.P.	T	Fall down	Küntscher nail	Prox. portion	1 d	6 Mo	3 Wk	12 Wk	Nail breakage	Küntscher nailing	
6	M/43	F.D.	T	T.A.	DCP & Screw	Dist. hole	5 d	5 Mo	4 Wk	12 Wk	Screw loosening	PGP nailing	
7	F/43	T.P.	C	T.A.	DCP & Screw Knowles' pin	Fracture site	3 Wk	9 Mo	4 Wk	8 Wk	Screw loosening	Condyle blade plate fixation	
8	M/52	F.M.	T	Machine	Ordinary plate	Proximal hole	1 d	3 Mo	2 Wk	8 Wk	Plate breakage	Küntscher nailing	
9	M/27	F.M.	T	T.A.	Küntscher	Mid. portion	2 Wk	8 Mo	2 Wk	8 Wk	Nail angulation		
10	M/34	F.M.	S	Fall down	DCP	Fracture site	2 Wk	2 Mo	3 Wk	9 Wk	Plate breakage	Küntscher nailing	

* M : male, F : female, Fx. site — F : femur, T : tibia, P : proximal 1/3, M : middle 1/3, D : distal 1/3, O : oblique, C : comminuted, T : transverse, S : spiral, T.A. : traffic accident, DCP : dynamic compression plate.

Fig. 4. (A) A ten year old girl with open fracture and bone lose of tibia. Before operation. **(B)** Nine months after operation, showing the breakage.

Fig. 4. (C) 14 months after reoperation, showing the union of fracture site. **(D)** Afte the removal of plate, the complete union was seen.

Fig. 5. (A) A 35 year old man with open distal one third fracture of femur. The operation was performed in other hospital. **(B)** 17 months after operation, showing the breakage of plate.

의 구멍에서 1 레가 생겼다. Thornton plate의 파손이 생긴 1 레는 원위부 구멍에서 발생하였다. 굴곡된 금속정 1 레는 중간부에서, 파손된 금속정 1 레는 근위부에서 발생하였다.

4. 내고정 금속물 결함의 발생후 처리

금속판 파손이 있었던 6 레중 3 레는 Küntscher nailing, 1 레는 DCP fixation, 1 레는 ordinary plate fixation을 사용하였고, Thornton plate에 파손이 생겼던 레는 compression hip screw를 사용하였다. 금속정 파손이 있었던 1 레는 Küntscher nailing을 시술하였고 나사못의 이완이 있었던 레는 PG P nailing과 condyle blade plate fixation을 시술하였다.

5. 내고정 금속물 결함의 원인적 고찰

금속판 파손 6 레중 2 레는 thin nail을 사용하였던 레인데 각각 10개 구멍및 12개 구멍을 가진 ordinary plate을 사용하였으며 뼈의 손실이 있었던 레는 금속판 고정및 골이식술을 시술하였으나 부적당한 고정에 의하여 발생하였던 것으로 사료되며 다른 1 레는 나사못을 고정하지 않은 부위에 외상을 받은후에 발생하였던 것으로 생각되고 나머지 2 레는 slip down에 의하여 발생되었던 것으로 생각된

Fig. 5. (C) Nine months after operation, there was seen the union of fracture site.

VI. 총괄 및 고찰

골절을 치료하기 위하여 골절 부위를 정확히 정복한 후 고정을 거쳐 가능한 빠른 시일에 거동 및 관절운동을 시킬 목적으로 관혈적 정복 후 내고정을 실시하는 방법이 최근에 보편적으로 많이 사용되고 있다.

내고정 금속물의 재료는 부작용이 적으면서 강한 강도의 물질을 얻고자 Stainless steel, Vitallium⁹⁾, Titanium 그리고 최근에는 Carbon까지 개발되고 있다^{7,15,17)}.

금속판을 1907년 처음으로 Lane이 사용한 이래 Sherman 금속판, Slotted 금속판, Eggers 금속판 등이 개발되었으나 최근 해부학적 정복과 견고한 내고정을 위하여 ASIF식 압박금속판이 개발되었고 이것을 개량한 것이 기동적 압박금속판(DCP)이다^{3,7)}.

그러나 이 내고정 금속물의 사용에는 몇가지 고려하여야 할 점이 있는데 금속판 및 나사못 사용시 유의점은 첫째, 나사못은 금속판과 나사 구멍에 정확하게 직각이어야 하고 마지막 나사를 삽입 할 때 까지 이미 삽입된 나사를 조이지 않았다가 나중에 여러개의 나사를 균등하게 조여야 된다¹⁵⁾. 둘째, 나사못이 들어갈 자리의 천공은 drill을 사용하여 나사못 기둥의 크기에 꼭 맞아야 된다. 셋째, 금속판은 장축에 평행하게 고정하여야 되며(Fig. 3)^{1,15)}, 넷째, 나사못 단독으로 접형골편을 동반한 사선골절을 고정할 때는 골절선과 직각 그리고 골의 장축과 직각의 중간에서 삽입하는 것이 안정성이 있고 견고하다(Fig. 1)^{1,15)}. 다섯째, 금속판의 길이는 해당 골직경의 5 배 이상이 정설이며 경골은 6~8 개의 구멍, 대퇴골은 10~12 개의 구멍이 이상적이다^{1,15)}. 여섯째, 금속판 구멍은 모두 나사못으로 고정되어야 견고하며 나사가 삽입되지 않은 금속판 구멍은 금속파손의 기점이 된다. 일곱째, 나사못의 길이는 반대편 골피질을 통과하여야 이상적이다¹⁾. 여덟째, 금속판 부착 반대측 골피질에 분쇄상 골편이 없어야 하며, 아홉째, 한개의 금속판으로는 굴절과 우력에 저항이 약하여 2 개의 금속판을 사용하여야 내고정의 이점을 살릴수 있다³⁾. 저자들의 경우는 thin nail 나사못이 삽입되지 않은 구멍, 부적당한 고정, 그리고 외상에 의하여 금속판의 파손이 발생하였다.

Pohler & Straumann¹⁴⁾ 등은 금속판 파손은 간헐적인 굴곡력에 의해서 야기된 material fatigue 때문에 생긴다고 하였고 Magerl¹⁰⁾은 과중한 부하나 증가된 주기는 피로파손의 발생을 촉진시킨다고 하였

Fig. 6. (A) A 26 years old man with DCP fixation in other hospital. One year after operation, showing the breakage of plate and screw by slip down. **(B)** There was occurred the metallic failure in middle hole without screw insertion.

다.

나사못 이완 2례 중 1례는 분쇄골절에서 부적당한 고정 및 다른 1례는 조기 체중부하 후에 발생하였던 것으로 생각된다.

금속정의 파손의 원인은 thin nail로 생각되고, 굴곡의 원인은 비정상적인 압력 및 과체중에 의한 것으로 생각된다.

Fig. 7. (A) A 36 year old man with proximal one third fracture of femur. 6 months after operation, there was seen the breakage of nail. **(B)** After reoperation.

다.

Laurence⁸⁾ 등은 분쇄 골절이나 정복이 잘 안된 경우에는 견고한 고정이 잘 안되고 정상 금속판에서도 구멍이 있는 부위가 약하고 이중에서도 가장 내측 구멍이 휘어짐이 가장 많이 가해진다. 길²⁾ 등은 나사를 박지 않은 금속판 구멍에서 금속파손이 잘 일어난다고 하였다. 저자들의 경우도 골절면에 가까운 내측 부위와 나사를 박지 않은 금속판 구멍에서 금속파손이 잘 일어났다.

Allen⁴⁾ 등은 내고정 금속물에서 가장 중요한 기계적 요인은 강도(strength)와 rigidity라 하였고 Carbon은 탄력성과 fatigue tolerance는 steel보다 높으나 강도는 비슷하다고 하였다¹¹⁾.

Hay Groves⁷⁾가 대퇴골에 골수강내 금속정 고정을 고안한후 Küntscher가 clover nail을 개발하여 골수강내 금속정내고정법을 대중화시켰다. 이 Küntscher nail외에도 Hansen-Street의 diamond-shaped nail, Schneider의 self-broaching nail, Lottes nail 그리고 Rush nail등이 사용되고 있는데 이중 Schneider nail이 가장 강하다^{3,7)}.

금속정 사용시 유의점은 첫째, 골수강내 금속정

Fig. 7. (C) 18 months after reoperation, showing the complete union of fracture site.

Fig. 8. (A) A 43 year old man with distal one third fracture of femur. Five months after operation showing the loosening of plate and plate and screw in the distal portion of plate. **(B)** One year after reoperation. There was not seen the union of fracture site.

은 폭이 넓을수록 강하므로 수강소파를 시도하여 보다 넓은 금속정을 선택할 수 있으나 골피질의 1/2 이상을 깎아서는 안된다^{1,6)}. 둘째, 금속정은 골꼭이 생기지 않도록 충분히 강하여야 하며 골수강내 꼭 맞아야 한다^{5,12)}. 셋째, 금속정의 길이는 적당하여야 하며 너무 길으면 슬관절내로 관통 할 수 있고 너무 짧으면 고정이 불충분하다⁵⁾. 넷째, 너무 큰 직경의 금속정을 무리하게 삽입시키면 감돈 및 종골절(longitudinal fracture)이 발생되고 너무 적으면 금속정의 굴곡, 파손, 이완등이 발생되어 견고한 고정을 얻을 수 없다^{3,18)}. 저자들의 경우는 금속정의 파손은 thin nail에 의하여, 금속정의 굴곡은 비정상적인 압력 및 과체중에 의하여 발생하였다.

Willengger(1971)¹⁹⁾ 등은 X-선상 보이는 가골은 골절부위에 불안정의 징조라고 하였고 견고한 내고정은 외가골의 출현을 억제하며 Moyon(1978)¹³⁾ 등은 단단한 고정하에서는 더 많은 골의 손실이 일어나고, Tonino(1976)¹⁶⁾ 등은 견고한 금속판은 골소공증을 야기한다고 하였다. 그러나 저자들의 경우는 견고한 고정을 한 경우가 금속파손이 덜 발생하였고 부적당한 고정을 한 경우에 금속파손이 더 잘 발생하였다.

Brewer⁶⁾ 는 수강소파는 최대 크기의 금속정을 사

용할 수 있도록 하여야 한다고 주장하였으며 술기의 결합과 관계가 있는 것으로 금속정의 길이, 수강소파방법 그리고 골절의 형태등 이라고 하였다. 일반적으로 금속정 내고정법은 중간부에 단순형골절시에 이상적이며 접형골편의 전위가 있거나 분쇄골절인 경우는 골수강내 고정과 함께 강선 고정을 하여야 된다고 하였다. 저자들의 경우는 분쇄골절인 경우에 부적당한 골절부 압박으로 금속파손이 더 잘 발생하였다.

V. 결 론

1. 10례중 6례는 금속판의 파손, 2례는 나사못의 이완, 1례는 금속정의 파손, 1례는 금속정의 굴곡이 발생하였으며 금속정은 모두 Küntscher nail이었고 6례의 금속판중 2례는 기동적 압박금속판, 3례는 ordinary plate, 1례는 Thornton plate 였다.

2. 금속판의 파손 6례중 5례는 대퇴골 골절이었고, 1례는 경골 골절이었으며 금속정의 결합은 전부 대퇴골 골절환자에서 발생하였고 나사못 이완 2례중 1례는 대퇴골에, 1례는 경골에 골절이 발생하였다.

3. 내고정 금속판의 파손은 술후 평균 6·3 개월, 나사못의 이완은 7 개월, 금속정의 파손은 6 개월, 금속정의 굴곡은 8 개월만에 일어났다.

4. 추적된 원인중 금속판 파손은 thin nail, 나사못이 삽입되지 않은 구멍에 외력이 작용하여 발생하였고, 빠손실이 있었던 환자에서 부적당한 고정, 그리고 외상에 의하여 발생하였다. 나사못의 이완은 분쇄 골절환자에서 부적당한 고정및 조기체중 부하후에 발생하였고 금속정의 파손은 thin nail에 의하여, 금속정의 굴곡은 비정상적인 압력및 과체중에 의한 것으로 생각된다.

5. 골수강내 금속판및 금속정 고정법은 골절 부위, 골절 모양, 골절의 분쇄성 정도에 따라 광범위한 검토후 내고정을 실시하고 술후 골유합 과정을 세밀히 관찰하여 처치하면 금속물의 파손이완및 굴곡등의 결함을 예방 할 수 있을것으로 본다.

REFERENCES

- 1) 강충남 : 골절과 탈구의 치료원칙, 골절과 탈구의 치료(1), 12-43, 1979.
- 2) 김원철, 이철승, 유종일 : *Compression plate of metallic Failures* 12 례. 대한정형외과 학회지, 16:409-418, 1981.
- 3) 대한정형외과학회 : 골절과 탈구의 일반적 양상. 정형외과학, 335-517, 84-115, 1982.
- 4) Allen, W.C., Piotrowski, G., Burstein, A.H., and Frankel, J.H. : *Biomechanical principles of intramedullary fixation*. Clin. Orthop., 60: 13-20, 1968.
- 5) Baker, G.I., M.D. & Edward A. Ramlom. M. D. : *Complication of treatment of fractures of the femoral shaft. Complication in Orthop. Surg. Vol. 1, 451-474, philadelphia, J. B. Lippincott company, 1978.*
- 6) Brewer, B.J., M.D. : *Errors & Cx. in intramedullary nailing of long bones. I.C.L. Vol. XXII 22:213-217, 1974. 1973.*
- 7) Harkess, J.W., M.D., Ch. B. : *Principle of Fracture & dislocation, fractures. Vol. 1, 1-96. Philadelphia, J.B. Lippincott company, 1975.*
- 8) Laurence, M., Freeman, M.A.R., Swanson, S. A.D., : *Engineering considerations in the internal fixation of fractures of the tibial shaft. J.B. J.S., Vol., 51-B:754-767, November 1969.*
- 9) Madson, E. : *Fixation of femoral shaft fracture by two strong vitallium plate. Acta orthop. scand., 38:397, 1967.*
- 10) Magerl, F. Wyss, A. Brunner, Ch. and Binder, W. : *Plate osteosynthesis of femoral shaft Fx. in adults. Clin. Orthop., 138:62-73, 1979.*
- 11) Martz, C.D. : *Stress Tolerance of Bone & Metal. J.B.J.S., 38-A:827-834, 1956.*
- 12) Mooney, V., M.D. : *Fractures of the shaft of the femur. fractures. Vol. 2, 1075-1129, Philadelphia, J.B. Lippincott company, 1975.*
- 13) Moyon, B.J.-L, Lahey, P.J., Jr, Weinberg E.H. Harris WH. : *Effect on intact femoral of dogs of the application and femoral of metal plates. J.B.J.S., 60-A:940-7, 1978.*
- 14) Pohler, O. and Straumann, F. : *Characteristics of the stainless steel ASIF/AO implants, AO Bulletin. Official publication of the swiss Association for the study of Internal fixation. September 1975 (cited by Margerl et al. 1979).*
- 15) Sisk, T.D. : *Fractures. Campbell's op. Orthop., Vol., 1, 508 - 713. St. Louis. Toronto, London, C.V. Mosby, company, 1980.*
- 16) Tonino, A.J., Danidson, C.L., Klopfer, P.J., Linclau, L.A. : *Protection from stress in bone and its effects : Experiments with stainless steel and plastic plates in dogs. J.B.J.S., 58-B:107-13, 1976.*
- 17) Uhthoff, H.K., Bardos, D.I., Liskova-kia. M. : *The advantages of titanium alloy over stainless steel plates for the internal fixation of fractures. J.B.J.S., 63-B:427-434, 1981.*
- 18) Watson-Jones, R., Adams, J.C., Bonnin, J.G., Burrows, H.J., King, T., Nicoll, E.A., Palmer, I., Saal, F. vom., smith, H., Trevor, D., Vaughan-Jackson, O.J. and Le Vay, A.D. : *Medullary Nailing of Fractures after Fifty Years. J.B.J.S., 32-B, 694, 1950.*
- 19) Willengger, H., Perren, S.M., Schenk, R., Primare & Sekundare : *Knochenbruchheilung. Chirurg. 42:241-52, 1971 (cited by Uhthoff et al. 1981).*