

## 대퇴골 간부 골절시 사용한 금속물의 금속부전(Metal failure)의 기전에 대한 연구

영남대학교 의과대학 정형외과학교실

전춘배 · 서재성 · 안면환 · 안종철 · 인주철

### 서 론

최근 산업 발달과 교통수단의 급속한 증가 및 고속화로 인하여 골절환자가 증가되고 골절의 양상 또한 더욱 복잡해지고 있다. 따라서 골절의 치료에 있어서 보존적인 치료보다는 적극적인 방향인 수술적요법으로 금속내고정물을 이용하여 골절의 안정화와 조기 관절 운동 및 조기 체중부하를 시행하고 있다. 그러므로 금속 내고정물의 이용이 많아지고 따라서 금속 내고정물의 금속 부전증이 증가되고 있다<sup>1,2)</sup>. Magerl<sup>3)</sup>, Mear<sup>4)</sup>는 금속 부전의 원인으로 골절정복후 골절부위에 충분한 안전성이 얻어지지 않는 경우, 조기에 체중부하를 시킨 경우, 금속내고정물의 생체내부식을 주장했으며, Pohler와 Stranmann<sup>10)</sup>은 골절의 부적당한 정복, 부적절한 금속부착, 금속판 부착부 반대편의 피질골 결손등을 주장했다.

그러나 Magerl, Mear, Pohler & Stranmann 등이 주장한 금속부전의 원인은 방사선 소견, 관절운동시기 및 체중부하 시기등을 고려한 임상적인 추정에 의한 기술이다. 본 연구는 파손된 금속 내고정물의 표면을 관찰하여, 확실한 금속부전의 원인 혹은 기전을 알고져 시도하였으며, 이 방면의 연구보고는 아직 없는 것으로 사료

되어, 이 방면에 새로운 도전이라 사료된다.

### 재료 및 방법

1983년 5월부터 1989년 9월까지 영남의료원 정형외과에 대퇴골 간부골절시 사용한 금속 내고정물의 금속부전으로 타의료기관에서 전원되어 입원한 환자들중 금속파손 표면 관찰이 가능한 8례에 대해서 임상분석 및 금속파손 표면 관찰을 통한 금속 부전의 원인에 대해 알고져 하였다.

남녀 발생비율은 남자가 6명, 여자가 2명이었으며, 나이는 30 및 40대가 7명으로 활동기 남자에서 많았다(Table 1). 골절의 원인으로서는 교통사고에 의한 것이 8례중 6례였으며, 보행중

Table 1. Age and sex distribution

Age	Sex	M	F	Total
0~29		0	0	0
30~39		4	0	4
40~49		2	1	3
50~		0	1	1
Total		6	2	8

Table 2. Level of femur fracture

Level of fracture		No.
Proximal	1/3	2
Middle	1/3	4
Distal	1/3	2
Total		8

Table 3. Interval between operation and metal failure.

Interval(Months)	No of cases
Under 5	1
6—12	6
13—	1
Total	8

Table 4. Material of metal failure.

Material	No
Rowe plate	1
DCP	5
Jewett nail	1
Interlocking nail	1
Total	8

Table 5. Clinically suspected cause of metal failure.

Cause	No.
Deficiency of medial buttress	5
Incorrect position of implant	1
Incorrect selection of implant	2
Total	8

넘어져 발생한 것이 2례였다. 대퇴골 골절을 부위별로 보면, 근위1/3부위 골절이 2례, 중위 1/3부위 골절이 4례, 원위1/3부위가 2례였다 (Table 2). 골절의 내고정후 금속내고정물의 부전증이 발생하기까지의 기간을 보면 최저 4개월에서 최고 3년까지였다(Table 3).

금속 부전증이 생긴 금속의 종류를 보면 압박 금속판이 5례(이중 1례는 narrow plate), Jewett nail이 1례, Rowe plate screw부전이 1례, Interlocking nail이 1례였다(Table 4).

금속 부전의 임상적 원인을 살펴보면 압박 금속판의 위치선정 잘못으로 인한 빈구멍이 골절부위에 부착된 경우가 1례, interlocking screw가 골절부위에 너무 가까웠던 경우 1례 및 성인 남자 대퇴골 골절에 narrow plate를 사용한 경우 1례 등 부적절한 기구선정이 2례였고, 금속판 부착 반대편 피질골 결손이 5례였다(Table 5).

실험방법은 파손된 금속재료의 파손분석을 하기위해서 Steromicroscope(Wild Heerburg), Microscope(Leitz Laborlux 12ME), SEM(Scanning Electron Microscope, Hitachi S-570)을 이용하여 파손부위 표면의 crack initiator 위치와 전파방향, beach mark의 유·무 및 부식현상을 관찰하였다. 부식현상 확인을 위한 화학조성 분석을 위해 EPMA(Electrobeam probe for microanalysis)로 EDS(Energy Dispersive Spectroscopy)를 이용하여 실험하였다. 316L Stainless steel로 제작된 내고정금속의 microstructure를 관찰하기위해서 10% oxalic acid를 etchant로 사용하여 6Volt의 전압으로 1분간 electrolytic etching을 하고 SEM으로 관찰하였다.

## 성 적

본 연구에 제공된 316L Stainless Steel로 제작된 내고정물의 금속부전 8개의 Sample에 대하여 파손된 금속표면 관찰을 시행한 결과는

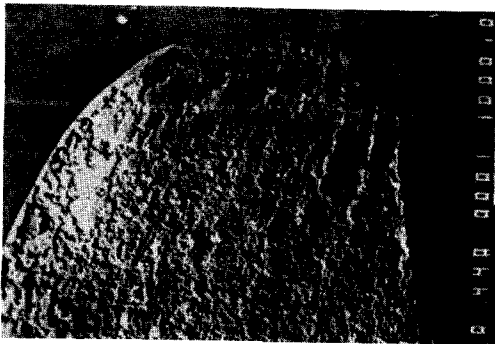


Fig. 1. Fracture surface showing the crack origin and course(50x).

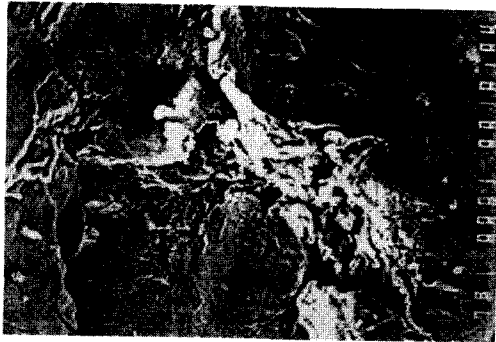


Fig. 2. Magnified view of the crack origin (1000x).

다음과 같다.

1) impact failure가 1례 관찰되었다.

Fig. 1,2는 첫번째 sample인 부전된 압박금속관의 파손면을 관찰한 사진이다. 이 사진에서 fatigue failure의 특징인 beach mark는 볼 수 없었고<sup>11-13)</sup>, 강한 외력에 의해서(one shot effect) 생긴 crack의 형태를 관찰할 수 있다<sup>14)</sup> crack이 plate의 윗쪽 표면의 screw hole부분에서 시작되어 전파하였음을 관찰하였다. 또, 이 sample의 crack origin부위에서 부식 현상을 볼 수 있었다. 이의 확인을 위해 EPMA로 EDS(Energy dispersive spectroscopy)를 이용하여 파손면에 존재하는 화학물질의 성분분석을 하였다(Fig. 3). 결과는 316L Stainless Steel에는 함유되어 있지 않는 염소 ion의 peak를 관찰할 수 있어서 crack origin부위의 부식현상을 확인할 수 있었다. 부식된 crack origin부위의 금속 표면사진(Fig. 4,5)에서 부식현상의 특징인 거북등 모양의 crack을 관찰할 수 있었다<sup>15)</sup>.

그러나, 부식현상이 crack을 생성한 직접적인

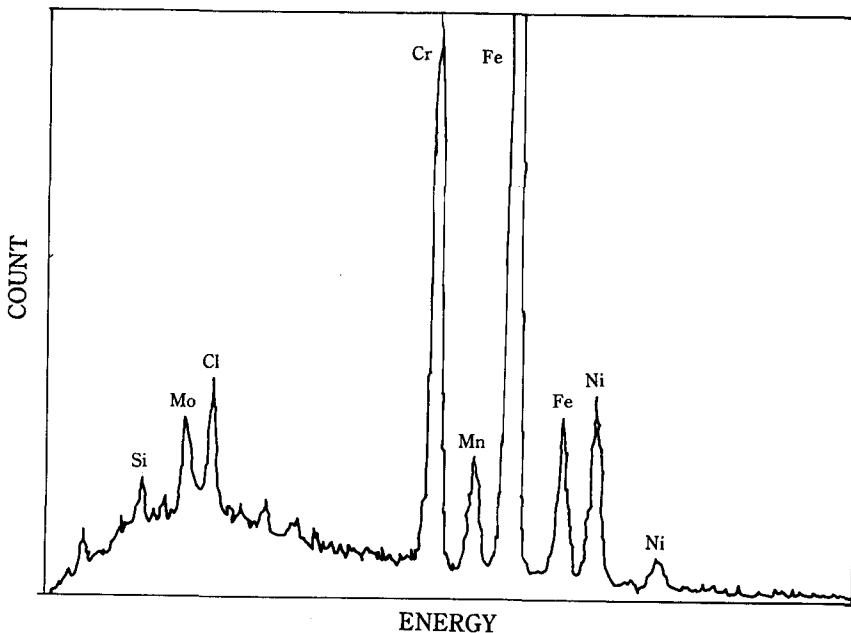


Fig. 3. EDS spectra observed in the corrosion wear area near the fracture origin.



Fig. 4. Typical corrosion-wear attacks observed in the screw hole area of the implantation materials view with stereomicroscope(13x).

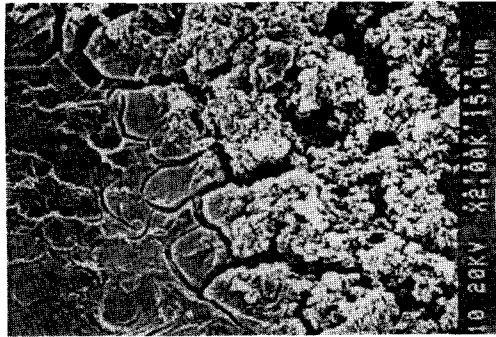


Fig. 5. Typical corrosion-wear attacks observed in the screw hole area of the implantation materials magnified view with SEM (2000x).

원인이라기 보다는 체내에 고정된 금속 삽입물이 심한 응력상태에 놓여있다가 그 응력을 이겨내지 못하고 crack을 생성했을때 염수성인 체액에 존재하는 염소 ion과의 전기화학적 작용에 의해 부식되면서 crack을 심화시켜 plate의 파손을 도왔다고 여겨진다.

2) fatigue failure로 6례를 관찰하였다.

두번째 sample은 44세 남자환자로 대퇴골 중위부 골절후 압박 금속판 내고정후 9개월만에 금속 부전이 발생한 경우로 Fig. 6에서 부전된 압박금속판을 볼 수 있다. 이 sample의 파손면을

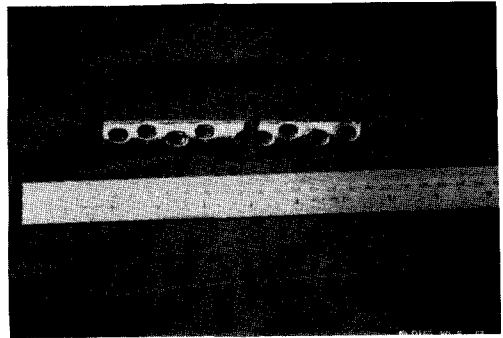


Fig. 6. Feature of failed DCP.

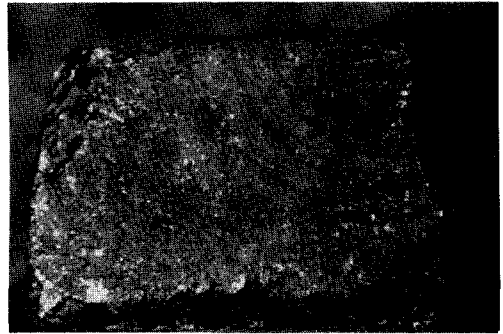


Fig. 7. Fracture surface showing beach mark (18x).

stereomicroscope을 이용하여 관찰한 결과 Fig. 7에 보이는 것처럼 뚜렷한 beach mark를 볼 수 있었다. 이 beach mark는 금속 내고정물에서 보편적으로 일어나고 있는 fatigue failure의 특징적인 금속파손 표면소견이다. 일반적으로 인체내 금속 고정물은 unilateral bending을 받게 된다<sup>16</sup>. 왜냐하면, plate가 고정되는 반대편의 피질골 결함이 instability의 원인이 되기 때문이다<sup>8-10</sup>. 그래서, plate의 윗쪽표면에 shear stress와 tensile stress가 생기게 된다. Fig. 7에서도 crack이 처음으로 생성되는 부위는 이러한 응력들 때문에 우측상단의 표면이 된다. 이 경우의 방사선 소견에서(Fig. 8) 내측지지벽 결핍(반대편 피질골 결함)을 관찰할 수 있다. Fig. 9는 plate를 부착시키기 위한 screw hole가공중에

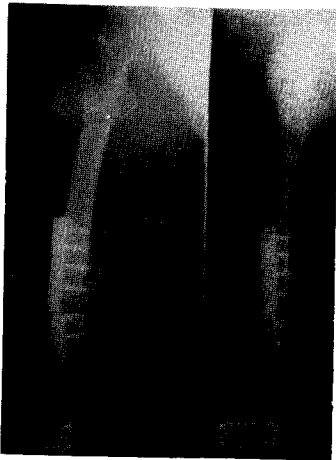


Fig. 8. X-ray showing the defect of medial buttress.



Fig. 9. Fracture surface showing defect by machining and beach mark(18x).

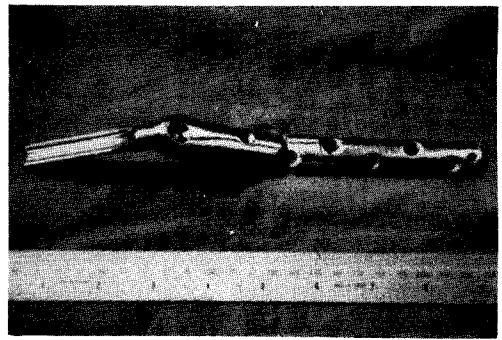


Fig. 10. Feature of failed Jewett nail.



Fig. 11. Fractography of implantation material showing beach mark(12x).



Fig. 12. Fractography showing typical machining mark on the screw hole surface (20x).

생긴 것으로 보이는 기계에 의한 길다란 줄무늬 (machining mark)를 관찰할 수 있었다. 이 machining mark가 stress riser로 작용하여 금속이 쉽게 파손되어 지도록 하는데 영향을 주었다고 보여진다<sup>11-13)</sup>. 세번째 sample은 Jewett nail부전된 경우로 Fig. 10에 나타나 있다. Fig. 11에서 파손면을 관찰하면 아주 미세한 beach mark를 볼 수 있다. 이 경우도 역시 fatigue failure로 여겨진다. Fig. 12에서 특징적인 machining mark를 관찰할 수 있어 기구제작시 손상 혹은 screw hole가공시에 생긴 기계적 손상이 fatigue

failure의 중요한 원인이 되었다고 생각된다. 네번째 sample은 Rowe plate의 screw가 부전된

경우이다. 파손된 screw의 파손면을 stereomicroscope을 이용하여 관찰해 보면 crack이 시작된

지점은 screw의 선단임을 알 수 있다. beach mark를 관찰할 수 있으므로 피로파괴라는 사실을 쉽게 알 수 있다(Fig. 13,14). 방사선 소견을 보면(Fig. 15) screw head부분이 plate에 의해 bending을 받는 경우 과도하게 비스듬히 screw를 고정시키게 되면 전단응력을 받아 쉽게 파손 될 수도 있다.



Fig. 13. Fracture surface of screw showing beach mark(20x).

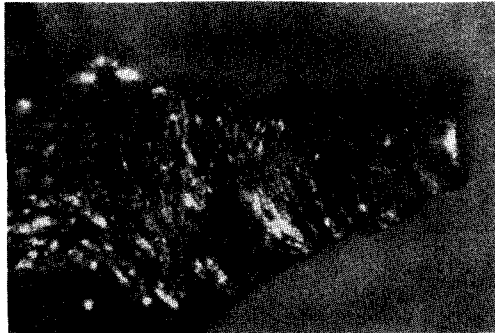


Fig. 14. Magnified view of thread showing beach mark(50x).

다섯번째 sample은 남자 30세 환자로 대퇴골 중위부 골절후 Narrow plate 내고정후 9개월만에 금속부전이 된 경우로 임상적으로 젊은 성인남자 대퇴골 골절에 Narrow plate(Fig. 16)는 부적당한 기구의 선택이었다. Fig. 17은 부전된 plate의 파손면을 보여준다. 전형적인 beach mark를 볼 수 있어 cyclic stress에 의한 fatigue failure임을 알 수 있고 screw hole에서 machining

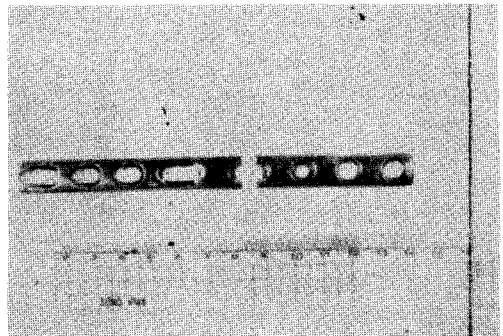


Fig. 16. Feature of failed narrow plate.

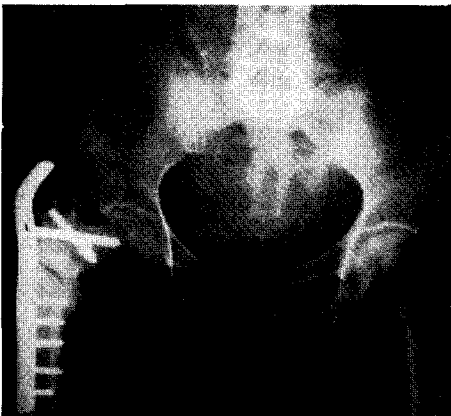


Fig. 15. X-ray showing the failed screw.

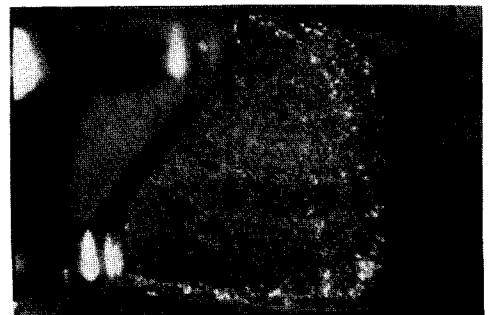


Fig. 17. Fracture surface showing beach mark (17x).

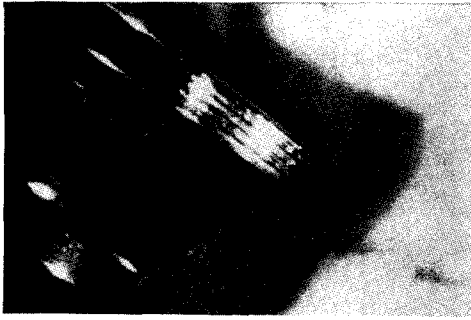


Fig. 18. Fracture surface showing machining mark(17x).



Fig. 19. Fracture surface showing two crack origin(13x).



Fig. 20. Fracture surface showing machining mark(17x).

mark(Fig. 18)를 볼 수 있다. rough machining에 의한 surface irregularity가 stress riser로 작용하게 되면 적은 stress에서도 파손될 수 있다<sup>11)</sup>

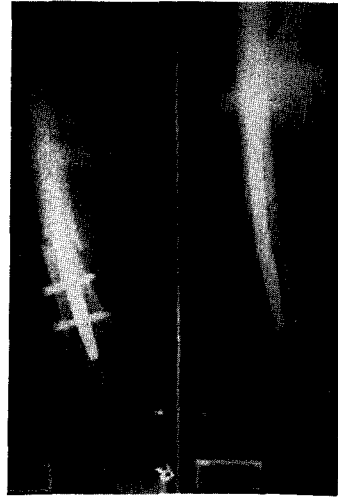


Fig. 21. X-ray showing the faulty too short distance from fracture site to interlocking screw.

13)

여섯번째 sample은 48세 남자 환자로 대퇴골 원위부 골절후 압박금속판 내고정후 9개월후 금속부전된 경우로 이 sample의 파손면에서 보면 좌측 하단과 우측 상단의 두곳에서 crack이 생성되어 전파되었다고 여겨진다(Fig. 19). Fig. 20에서 screw hole내벽에 machining mark를 볼 수 있고 crack origin부근에 국소적이고 미세한 beach mark가 보인다. 따라서 machining mark로 인해 stress가 집중되어 fatigue crack을 형성하여 cyclic stress의 반복으로 파손 되었다고 여겨진다.

일곱번째 sample은 30세 남자환자로 대퇴골 원위부 골절후 interlocking nail고정후 4개월만에 부전된 case로 임상적으로는 방사선 소견상(Fig. 21) interlocking screw가 골절부위에 너무 가까웠던 경우로 부적당한 기구선정으로 볼 수 있다. 금속 파손면을 보면(Fig. 22) beach mark를 볼 수 있어 cyclic bending에 의한 fatigue failure임을 알 수 있다.



Fig. 22. Fractography showing beach mark(35 x).

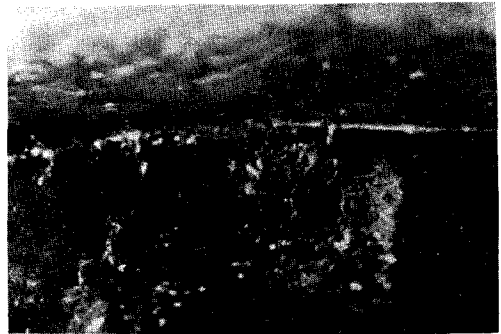


Fig. 24. Fractography showing multiple crack origin.

3) Stress-corrosion-crack의 예를 1례 관찰할 수 있었다.

여덟번째 sample인 압박금속판 부전(Fig. 23)의 파손된 부분의 screw hole를 stereomicroscope을 이용하여 관찰한 결과는 plate의 top surface와 안쪽 surface를 따라서 심한 cracking이 전파되었음을 관찰하였다(Fig. 24). crack의 전파경로를 추적하기 위해서 plate의 길이 방향으로 절단하여 10% oxalic acid를 etchant로 electrolytic etching한 결과 crack이 grain을 통과하여 진행되었음(Transgranular cracking)을 볼 수 있다(Fig. 25,26). 전형적인 Transgranular stress corrosion crack의 예로 금속 자체에 문제가 있었던 경우로 stress와 corrosion이 복합적으로



Fig. 25. Etched surface showing transgranular crack propagation(80x).

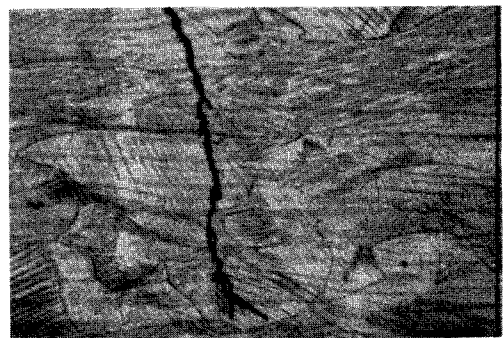


Fig. 26. Magnified view of etched surface showing transgranular crack propagation (16x).

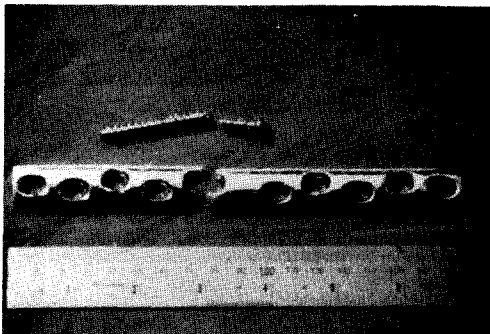


Fig. 23. Feature of failed DCP.

작용하여 더 쉽게 파손되었다고 여겨진다<sup>15)</sup>.

이상 부전된 금속의 파손면 관찰을 통한 원



Table 6. Fractographically analytical cause of metal failure.

Cause	No.
Impact failure	1
Fatigue failure	6
Stress corrosion crack	1
Total	8

인별 증례수는 Table 6과 같다.

## 고 찰

골절을 관혈적 정복 및 내고정술로 치료할때의 합병증으로 금속 내고정물의 변형 또는 부전증이 발생될 수 있다.

일반적으로 인체내에 삽입될 금속내고정물이 갖추어야할 요건으로는 첫째, 생체내에 삽입된 금속이나 금속에서 유리된 이차적인 물질에 대해 생체조직이 잘 적응해야하며, 국소적으로나 전신적으로 나쁜 영향을 미치지 않아야 한다. 즉, 생체적용성(Biocompatibility)이 좋아야 한다.

둘째, 삽입물이 일정하게 또는 반복적으로 작용하는 외부의 높은 응력에 잘 견딜수 있는 적절한 기계적 강도를 가져야 한다.

세째로, 비교적 염수성인 체액의 분위기에서 부식에 견딜수 있는 극히 우수한 내부식성을 지녀야 한다는 점이다<sup>17-19)</sup>. 이외에도 주물이나 기계적 가공이 손쉬우며, 가격이 저렴해야 한다<sup>9, 17)</sup>

특히 많이 사용되는 금속으로는 Co-Ni-Mo steel of AISI 306L, Co-Cr-Mo합금, Ti-6Al-4V등이 있으며 물질의 영률 및 피로강도에 따라 선택된다<sup>9, 20)</sup>.

현재 많이 사용되는 스위스 A.O팀의 압박 금속판은 Co-Ni-Mo steel of AIST 316Ldlek

이다.

금속부전의 시기를 보면 Perren<sup>23)</sup>은 내측 지지벽 없이 골절을 고정하는 내고정 금속판은 3-5개월에 부전된다고 하였고, Gozna<sup>24)</sup>는 3개월 Ruedi<sup>25)</sup>는 14-20주 라고 하였다. 본 연구의 예를 보면 4개월 1례, 3년이 1례, 나머지 6례는 6개월에서 12개월 사이였다.

금속 부전의 임상적 원인으로는 Magerl<sup>8)</sup>, Mear<sup>9)</sup>, Perren<sup>23)</sup>, Pohler & Stranmann<sup>10)</sup> 등이 주장한 골절 정복후 골절부위에 충분한 안정성이 얻어지지 않는 경우, 초기에 체중 부하를 시킨 경우, 금속 내고정물의 생체내 부식, 부적절한 금속 부착, 금속판 부착후 반대편의 파질골 결손등이 있다. 또, Pohler와 Stranmann<sup>10)</sup>은 어떠한 금속이던지 아무리 두꺼워도 결국은 피로부전될 고유의 골곡 파손 수치를 가진다고 하였으며, 금속의 피로 부전은 연속되는 반복적인 굴곡력이 작용한 까닭이라 하였다.

그러나, 파손된 금속 표면 관찰을 통한 실험 결과를 보면 피로파괴외에도 더욱 다양한 원인 혹은 기전들이 있음을 관찰할 수 있었다. 강한 외력에 의한 impact failure의 예를 관찰할 수 있었고, 그 파손 표면의 crack origin에서 부식 현상을 관찰할 수 있었다. 부식현상이 crack의 initiator로 혹은 crack의 심화에 작용을 했을 것으로 사료된다. 일반적으로 316L Stainless Steel은 특유의 부동태 피막(surface film)이 형성되어 있어서 부식에 강한 것으로 알려져 있으나, screw head와 plate의 screw hole surface에 어떤 stress에 의해 fretting이 일어나면 부동태 피막이 벗겨지고 국소적인 부식(Pitting corrosion)현상이 나타나게 되며, 더욱 심해지면 거북등 모양의 crack을 형성함을 관찰했다<sup>15, 26)</sup>.

일반적으로 알려진것 처럼 역시 fatigue failure가 6례로 가장 많이 관찰할 수 있었다. Beach mark는 어떤 cyclic stress에 의한 crack이 형성되고 다음 stress에 의해 crack이 형성될때 까지 기간에 먼저 생긴 crack에 부식생성물이 축적

되어 형성된다고 한다<sup>11)</sup>. 따라서 beach mark는 cyclic stress에 의한 fatigue failure의 특징이라 할 수 있다<sup>11-13)</sup>. 본 실험에서도 규칙적이고 반복적인 일정한 외력의 누적에 의한 금속 부전의 형태인 low consistent cyclic fatigue failure와 비교적 불규칙적이며 일정치 않은 외력의 누적에 의한 금속부전형태인 irregular cyclic fatigue failure를 관찰할 수 있었다. 그러나, 이 fatigue failure관찰에서 6례중 4례에서 특이한 machining mark를 관찰할 수 있었다. 이것은 기구(implant) 제조 과정의 잘못으로 인한 손상 혹은 수술시에 술자가 plate부착을 위해 screw를 screw hole에 고정시키기위한 시술과정에서 생기는 기계적 손상으로 이것이 fatigue failure의 stress riser로서 역할을 한 것으로 생각되어 수술시에 술자의 주의가 필요할 것으로 사료된다.

다음은 내고정 금속 자체의 문제에 의한 파괴로 보이는 stress corrosion crack을 관찰할 수 있었다. 일반적으로 316L Stainless Steel은 열처리 과정등에 문제가 있으면, crack이 grain의 outer surface를 따라 진행되는 intergranular cracking이 생긴다고 한다. 그러나, 이 case에서는 transgranular cracking으로 나타나 316L Stainless Steel 제작공정시 합금조성성분비가 달랐을 것으로 추측된다. 이 case의 관찰로 정형외과에서 흔히 쓰는 금속내고정물 자체의 결합에 의한 금속부전이 있으므로, 세심한 주의가 요망된다<sup>15)</sup>.

### 요 약

1983년 5월부터 1989년 9월까지 본 영남의료원 정형외과에 대퇴골 간부골절시 사용한 금속 내고정물의 금속 부전으로 입원한 경우 중 부전된 금속의 표면관찰이 가능한 8례에 대한 임상적 고찰 및 부전된 금속 파손 표면의 관찰을 통해 확인한 파손 원인을 요약하면 다음과 같다.

1. 금속 부전이 발생 내고정물의 종류는 압박

- 금속판 5례, Jewett nail 1례, Rowe plate screw 1례, interlocking nail 1례였다.
- 2. 금속 부전의 임상적 추정에 의한 원인으로는 반대편 피질골 결손 5례, 부적절한 위치선정 1례 및 부적절한 금속선택 1례였다.
- 3. 금속 내고정후 금속 부전이 되기까지의 기간을 보면, 4개월이 1례, 6개월에서 12개월 사이가 6례, 3년이 1례였다.
- 4. 부전된 내고정물의 파손면 관찰을 통해 확인한 금속부전의 원인을 보면,
  - 첫째, impact failure 1례
  - 둘째, fatigue failure 6례
 machining mark가 있어 이것이 stress riser로서 역할을 한 것으로 보이는 경우가 4례였으며, 이의 형태는 low consistent cyclic fatigue failure와 irregular cyclic fatigue failure의 형태를 관찰할 수 있었다.

셋째, Stress corrosion crack 1례를 관찰할 수 있었다.

- 5. 316L Stainless Steel은 내부식성이 좋은 금속이지만 fretting에 의해 특유의 부동태 피막이 손상되면 pitting corrosion을 일으키며 경우에 따라서는 파손의 기점으로 작용되어 failure의 주요 원인이 되기도 한다.
- 6. screw hole의 가공시 기계에 의한 손상 및 기구(implant) 제조 과정중 손상이 plate의 failure를 유발하는 중요한 원인이 될 수도 있다. 기계에 의한 손상은 응력을 집중시키므로 plate가 파손되기 쉽게 한다.

이상의 결과 임상적 추정에 의한 원인 이외에도 부전된 금속파손면 관찰을 통해 중요한 다른 원인을 찾을 수 있었으므로, 금속부전의 예방을 위해 앞으로 이 방향으로의 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- 1. 김원철, 이철승, 유충일 : Compression

- plate의 metallic failures 12예, 대한 정형외과학회지, 16 : 409, 1981.
2. 문명상, 옥인영, 박춘근 : 대퇴골 분쇄골절 치료에 사용된 내고정제의 금속 부전증, 대한 정형외과 잡지, 22 : 899, 1987.
  3. 최영덕, 이해영 : 골절치료에 사용된 금속 내고정물의 피로절손, 대한 정형외과학회지, 23 : 1195, 1988.
  4. 한문식, 최장식, 장재석 : 압박금소판 내고정술의 수술후 성적, 대한 정형외과학회지, 15 : 675, 1980.
  5. Allgower, M. : Clinical experience with a New Compression Plate "D.C.P." Acta. Orth. Suppl., 125 : 45, 1969.
  6. Danis, R. : The Classic the aims of internal Flxation. Clin. Orthop., 13 : 23, 1979.
  7. Muller, M.E. : Manual of Internal Fixation, springer Verlag Co., Berlin, Heidelberg, New york, 1970. 8. Magerl, F. et al. : Plate osteosynthesis of femoral shaft fractures in adults. Clin. Orthop., 138 : 62, 1979.
  8. Magerl, F. et al. : Plate osteosynthesis of femoral shaft fractures in adults. Clin. Orthop., 132 : 62, 1979.
  9. Mears, D.C. : Materials and orthopedic Surgery. 1st Ed., The Williams and Wilkins Co., Baltimore, 1979.
  10. Pohler, O. and Stranmann, F. : Characteristics of the stainless steel ASIF/AO implants, AO Bulletin, Official publication of the Sfwiss Association for the study of Internal fixation, Semptember, 1975.
  11. 이동녕 : 금속강도학, 문운당, 서울, 1987, pp.228-289.
  12. American Society for Metals : Metal hand book, 9th Edition, Vol. 1, 1986.
  13. American Society for Metals : Metal hand book, 8th Edition, Vol. 9, 1986, p.14.
  14. Nunes, J., Carraid, F.L., Larson, F.R. : Macrofractographic Technques in "Techniques of Metals Research", Vol. 2, Part 1, Wiley, New York, 1968, pp. 379-449.
  15. Fontana, M.G. Greene, N.D. : Corrosion Engineering, 2nd Ed., Mcgraw-Hill, New York, 1967, pp.7-115.
  16. Nunamaker, D.M.V., and Perren, S.M. : A Radiological and Histological Analysis of Fracture Healing Using Prebending of compression Plates. Clin. Orthop., 138 : 167, 1979.
  17. Galante, j.O., Laing, P.G. and Lantenschlager, E. : Bilmaterials. In Instructional Course Lectures, The American Academy of Orthopaedic surgeons. Vol. XX-IV : 1-20, 1975.
  18. Heppenstall, R.B. : Fracture Treatment and Healing. 1st Ed., W.B. Saunders Co., 1980, pp.113-172
  19. Scales, J.T. and Winter, G.D. : Corrosion of Orthopaedic Implants, J. Bone and Joint Surg., 41-B : 810-820, 1959.
  20. Winqvist, R.A. : Orthopedic knowledge update 2, 1st Ed., American Academy of Orthopedic Surgeons, illinois, P.370-373.
  21. Muller, M.E., Allgower, M., Schneider, R. and willenger, H. : Manual of Internal fixation, 1st Ed., The Springer-Verlag co., Berlin, 1981. p.154.
  22. Sequin, F. and Texhammer, R. : AO/ASIF instrumentation, 1st Ed., The Springer-Verlag Co., Berlin, 1981, p.11.
  23. Perren, S.M. : Physical and biological aspects of fracture healing with special reference to internal fixation. Clin. Orthop., 138 : 175, 1979.

24. Gozna, E.R : Biomechanics of musculoskeletal injury, 1st Ed., The Williams and Wilkins co., Baltimore, 1982, pp.104-105.
25. Ruedi, Th. p. and Luscher, J.N. : Results after internal fixation of comminuted fractures of the femoral shaft with D C plates. Clin. Orthop., 138 : 74, 1979.
26. 이환구, 정문상, 성상철, 최인호, 서병호, 신명철, 이유환 : AISI 316LVM강으로 KAIST에서 제작한 금속판 및 나사의 생체적 합성에 대한 동물실험, 대한 정형외과 학회지, 21 : 531, 1986.

-Abstract-

A study of the cause of metal failure in treatment of femur shaft fracture  
-Fractographical and clinical analysis of metal failure-

Chun Bae Jeon, Jae Sung Seo, Jong Chul Ahn, Myun Whan Ahn, Joo Chyl Ihn

*Department of Orthopedics  
College of Medicine, Yeungnam University*

The author fractographically analyzed the cause of metal failure(the first time this procedure has been used for this metal failure)and also analyzed it clinically. In this study, I selected eight cases which have been analyzed fractographically. In all these cases, the analysis was done after treatment of metal failure of implants internally fixed to femur shaft fractures at the Department of Orthopedic Surgery, Yeung-Nam University Hospital during the six year period from May 1983 to September 1989.

1. Metal failure occurred in five dynamic-compression plates, one Jewett nail, one screw in Rowe plate, and one interlocking nail.
2. The clinical cause of metal failure was deficiency of medial buttress in five cases, incorrect position of implant in one case, and incorrect selection of implant in two cases.
3. The time interval between internal fixation and metal failure was four months in one case, between five months to twelve months in six cases, three years in one case.
4. The fractographically analytical cause of metal failure was ; first, impact failure, one case, second, fatigue failure, six cases, machining mark(stress liser), four cases  
type : low consistent cyclic fatigue failure irregular cyclic fatigue failure third, stress corrosion crack, one case.
5. 316L Stainless Steel has good resistance to corrosion. However, when its peculiar surface film is destroyed by fretting, it shows pitting corrosion. This is, perhaps, the main cause of metal failure.
6. It is possible that mechanical injury occurred in implants during the manufacturing of implants or that making a screw hole is the main cause of metal failure.

Key words : fractographical analysis, fatigue failure, impact failure, stress corrosion crack, machining mark.