

금속내고정재의 생체내 변형

한림대학부속 강남성심병원 정형외과학교실

장익열 · 정영기 · 조원호 · 안병문 · 조석현*

=Abstract=

Clinical Failures of Internal Fixation

Ik Yull Chang, M.D., Yung Khee Chung, M.D., Won Ho Cho, M.D.,

Byung Moon Ahn, M.D. and Suk Hyun Cho, M.D.**

Department of Orthopaedic Surgery, Kang Nam Sacred Heart Hospital, Hallym College, Seoul, Korea

Since the first attempt of internal fixation not much more than a century ago, implants have come to play an important role in orthopaedic surgery.

Yet little has been reported about complications which may result from implant surgery.

During the period of May 1980 to April 1984, 32 cases of fixation failures were treated in the Department of Orthopaedic Surgery, Hallym College, Kang Nam Sacred Heart Hospital and results were obtained as follows:

1. The most common area involved femoral shaft, but the highest rate was distal femur.
2. The most common period of failure was between 2 to 4 months postoperatively.
3. The leading cause of failure was remaining defects at fracture site.
4. The authors recommend accurate reduction of fracture and bone graft, if necessary, adequate immobilization postoperatively and co-operation of patient to avoid failure of implant.

Key Words: Metallic implants, Failures, Clinical, Plate and screw, etc.

I. 서 론

골절에 대한 치료방법은 보존적 요법과 수술적 요법으로 대별할 수 있는 바, 수술적 요법의 경우 대개 내고정을 한다는 것은 잘 알려져 있는 사실이다.

1858년 von Langenbeck¹⁾이 대퇴골 경부골절에서 내고정을 시도한 이래 Kirschner¹¹⁾는 내고정과 견인을 겸용할 수 있는 K강선, Lane¹³⁾은 금속판, 그리고 Hey-Groves⁹⁾는 골수강정을 처음 개발하여 사용하였다.

최근에 금속공학, 생체역학, 수술수기 등의 발전으로 내고정술이 더욱 광범위하게 적용되므로써 이때 사용한 내고정재의 생체내 변형이 적지않은 예에서 동반되었다. 그러므로 성공적인 수술을 위해서는 생체역학, 해부학, 골절생리학, 금속공학에 대한 논문은 제248차 대한정형외과학회 월례집담회에서 구연되었음.

한 보다 철저한 지식이 필요하게 되었다¹¹⁾.

본 한림대학 부속 강남성심병원 정형외과학교실에서는 1980년 5월부터 1984년 4월까지 금속내고정을 실시한 394례중 생체내 변형이 온 32례를 Willenegger¹⁰⁾ 분류로 분석하고 문헌고찰과 함께 보고하고자 한다.

II. 증례분석

1. 생체내 변형이 일어난 부위는 쇄골 3례, 상박골 2례, 전박골 2례, 대퇴골 상부 3례, 대퇴골 간부 17례, 대퇴골 하부 4례, 경골 1례였으며 대퇴골 간부에서 가장 호발하였다(Fig. 1).

2. 발생빈도는 전체 394례중 32례로 8%였으며, 이중 대퇴골 하부는 16례중 4례로 가장 높은 발생빈도를 보였다(Table 1).

3. 생체내 변형이 발생할 때까지의 기간은 최저 3주에서 최고 12개월까지이며 최저 2개월에서 4개월사이가 11례로 가장 많았다(Fig. 2).

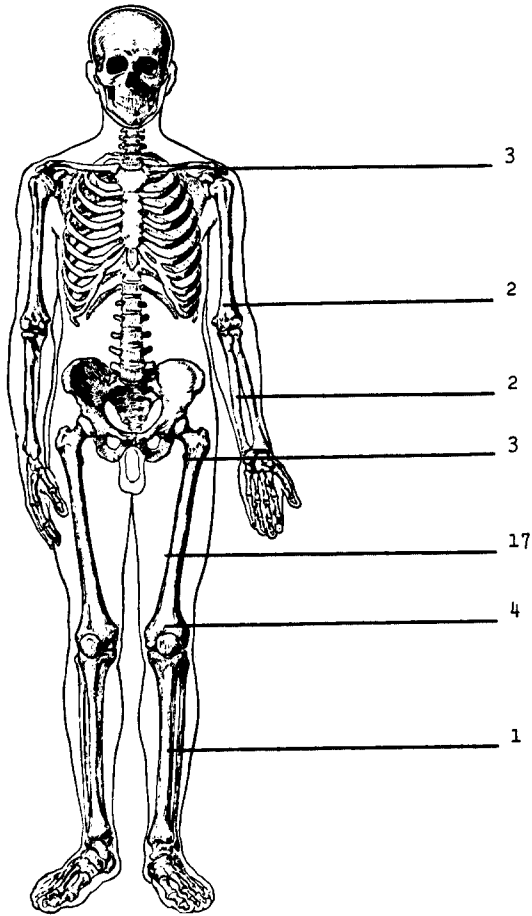


Fig. 1. Location of fixation failure.

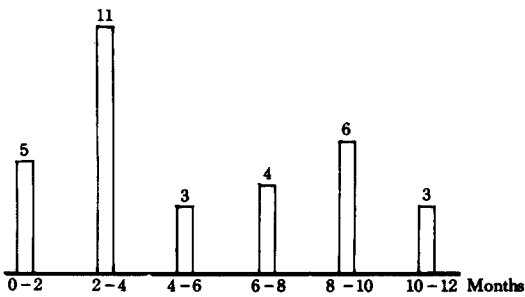


Fig. 2. Onset of fixation failure.

4. 생체내 변형의 원인은 Willenegger²⁰⁾ 분류방식에 의거하여 부적절한 내고정재를 사용한 경우 2례, 내고정재의 위치가 잘못된 경우 3례, 불충분한 골지대 18례중 부적절한 골절간압박 4례, 불완전정복 2례, 골결손이 계속된 경우 9례, 골이식을 하지않은 경우 2례, 약한 골 1례였으며, 골괴사의 경우 1례, 수술후 부적절한 치료에 의한 경우 8례로 골결손이 계속된 경우가 가장 높은 발생

Fig. 3. Case 1. A) Postop. B) 4mos. Postop. Hoffman ext. fixation. C) 27mos. Postop.

Table 1. Clinical incidence

Location	No. of failure	Total case
Femur		
Prox. 1/3	3	66
Middle 1/3	17	102
Distal 1/3	4	16
Tibia	1	61
Forearm bones	2	58
Humerus	2	80
Clavicle	3	11
Total	32	394

빈도를 보였으며, 이러한 생체내 변형이 한가지 원인에 의해서라기 보다는 여러가지 원인이 복합되어

Table 2. Causes of fixation failure

Cause	No. of case
Inadequate implant	2
Incorrect position of implant	3
Insufficient bone supports	18
Inadequate interfragmental compression	(4)
Inadequate reduction	(2)
Remaining defect	(9)
Absence of cancellous bone grafts	(2)
Weak bone	(1)
Bone necrosis	1
Inadequate postop. Tx	8

일어난다고 생각되었다(Table 2).

5. 생체내 변형의 치료로는 18례에서 내고정재의 교체와 골이식을 하였으며 2례에서는 내고정재의 교체만을 시행하였다. 또 내고정재를 제거한 12례 중 2례에서만 골이식을 하였다(Table 3).

Table 3. Tx. of fixation failure

Tx	No. of case
Implant replacement \bar{c} B-G	18
Same type heavier metal	(14)
Other type heavier metal	(4)
Implant replacement \bar{s} B-G	2
Removal of implant \bar{c} B-G	2
Removal of implant \bar{s} B-G	10
B-G; Bone graft	

Fig. 4. Case 2. A) 3mos. Postop. B) 5mos. Postop.

Fig. 5. Case 3. A) 3wks. Postop. B) 4mos. Postop. C) Implant replacement with bone graft.

3. 부적절한 골절간압박의 예로, 관혈적 금속판 내고정을 시행한 대퇴골 상과골절로 3주후 기존 과골절 분리가 있었고, 4개월후에는 금속나사의 이완을 보여 내고정재의 교체 및 골이식을 실시하였다(Fig. 5).

4. 부적절한 정복의 예로서 K강선의 고정후 해부학적 정복이 얻어지지 않아 금속정 내고정을 시행하였으나, 생체내 변형이 발생하여 재정복하고 K강선을 추가 고정하였다(Fig. 6).

5. 골절부 골결손이 계속 남아있는 예로 대퇴골 간부골절에서 금속판 내고정후 2개월후에 금속판 단절이 발생하여 내고정재의 교체와 골이식술을 시행하였으며 1년후 추시하였다(Fig. 7).

6. 약한 골의 예로 대퇴골 간부골절에서 Küntscher¹¹⁾씨 금속강정 내고정과 골이식을 하였으나 골절부가 함몰되어, 금속판 내고정 및 골이식을 다시 하였으며 수술 1년 8개월후 추시하였다(Fig. 8).

7. 수술후 부적절한 치료에 의한 예로 전방쇄골 관절탈구환자로 수술후 1년후 K강선 단절이 발생하였다(Fig. 9).

IV. 고 찰

골, 연골 및 금속은 일련의 재질로서 물리적 힘이 가해질 때 탄성(elasticity), 소성(plasticity), 점성(viscosity), 강도(strength)의 4가지 기계역학적 특성을 갖는다고 하였다²⁾. 즉 탄성(elasticity)은 용수철과 같은 성질로 외력과 변형이 비례하는 Hooke의 법칙이 적용되며, 외력이 제거되면 정상으로 되돌아 오는 현상이고, 소성(plasticity)은 진흙덩어리에서처럼 중력이 가해질 때 항복점(yield point)까지는 변화가 없다가 중력이 제거된 후에도 영구적 변형이 일정하게 남는 것을 말하며, 점성(viscosity)은 주사기내의 액체처럼 외력이 가해질 때 시간에 의존하는 변형이 있으며, 탄력의 회복이 없는 것이 특징이라고 하였다. 강도(strength)는 가해진 스트레스에 대한 재질의 저항력을 말하며, 재질의 변형이 오기 직전 단위면적당 받는 최대의 신장력(tensile force)을 U.T.S. 즉 **ultimating tensile force**라 하고 탄성한계를 중심으로 탄성구역과 소성구역으로 나뉘지며 U.T.S.을 지나서 변형이 오는 특성이 있다³⁾ (Fig. 10).

응력·의력곡선(stress-strain curve)에서 계수(modulus)와 강직(stiffness)이 큰 재질일수록 경사각이 크며(Fig. 11), Brittle fracture가 일어나고, 이에 비해 경사각이 완만한 경우 Ductile fracture가 일어난다고 하였으며⁴⁾, 또한 재질의 변형이 일어나지 않

Fig. 6. Case 4. A) Postop. B) 2wks. Postop. C) Re-reduction & additional K-wire fixation.

III. 증례보고

1. 부적절한 내고정재를 사용한 예로서 관혈적 K강선 및 나사고정을 한 후에 전원된 상박골 상과 개방성분쇄골절 환자로 생체내 변형이 발생하여 호프만Hoffman¹⁰⁾씨 외고정과 골이식을 실시하고 수 상 2년 3개월까지 추시하였다(Fig. 3).

2. 내고정재가 잘못 위치한 예로 우측 쇄골 외측 단 골절로 관혈적 금속핀을 고정하였으나, 우 견갑부에 이물감으로 수술후 3개월만에 본원에 래원하였다(Fig. 4).

Fig. 7. Case 5. **A)** 2mos. Postop. **B)** Implant replacement with bonegraft.

Fig. 8. Case 6. **A)** Postop. **B)** 7mos. Postop. Secondary bone graft. **C)** 20mos. Postop.

는 범위의 무한대의 주기성부하응력(cyclic loading stress)을 내구한도(endurance limit)라 하며(Fig. 12) 재질의 피로수명(fatigue life)은 주기성 부하(loading cycle)횟수와 관계가 있다고 하였다. 그러므로

재질이 내구한도(endurance limit)보다 큰 주기성부하응력(cyclic loading stress)을 받게되면 피로파괴(fatigue fracture)이 온다고 하였다⁵⁾.

한편 이러한 내고정재들이 생체내 사용의 많은 문

Fig. 9. Case 7. A) Postop. B) 12mos. Postop.

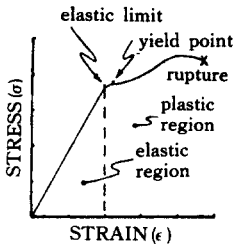


Fig. 10. The stress-strain curve.

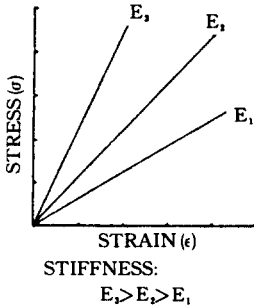


Fig. 11. Modulus of rigidity.

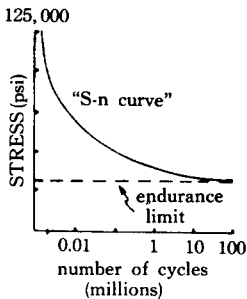


Fig. 12. Endurance limit.

제점 중 대표적인 것으로 부식(corrosion)과 조직반응(tissue reaction)이 있는데 부식(corrosion)에는 ① Galvanic corrosion, ② Passivation, ③ Crevice corrosion ④ Stress corrosion, ⑤ Intergranular corrosion, ⑥ Fretting corrosion이 있으며⁸⁾, Galvanic corrosion은 생체내에서 금속이 음극과 양극을 형성하므로써 전기적으로 한개의 전해질 세포 즉 전지를 형성하며 부식을 일으키는 것이며, Passivation은 금속과 전해질사이에 방어막이 형성되지만 이것이 문질리거나 긁히는 등 물리적 힘에 의해 파손되어 더욱 부식이 촉진되는 것이며, Grevice corrosion은 산소가 결핍된 조그만 틈에서 산소의 경사가 일어나 저산소지역은 음극, 고산소지역은 양극을 형성하며, 또한 금속염이 가수분해로 틈 (crevice)에서 산의 농도를 증가시키므로 금속나사주위의 부식(corrosion)과 요입(pitting)을 일으켜 피로파절(fatigue fracture)을 초래할 수 있다고 한다⁹⁾. Stress corrosion은 소와(pit)의 기저부가 음극이 되고 금속표면은 양극상태에서 금속에 계속적인 신장내력(tensile stress)이 가해질 때 외력이 기저부에 집중되어 변형이 일어난다고 한다¹⁰⁾.

또한 조직반응(tissue reaction)이란 생체내 금속이 이물질로 작용하므로써 조직파괴와 내고정재 변형이 오는 일련의 과정으로 Mears¹⁴⁾는 금속이 움직이고 굽힘으로 금속부식물이 생성되어, 이것이 조직세포에 흡수되어 세포에서 리소솜효소(lysosomal enzyme)가 유리되고 활성화되므로 금속주위 조직이 파괴되면서 금속의 이완이 초래된다고 했다.

반면에 Parren¹⁷⁾에 의하면 단기내고정재(short term implant)의 경우는 골피질(cortical bone)에서 내고정재의 고정력이 점차 감소하기는 하지만 Primary bone healing이 될때까지는 고정력이 남아있게 되므로, 골유합이 먼저 일어나느냐 혹은 금속판 피로(plate fatigue)가 먼저 일어나느냐의 상호 경쟁관계가 성립된다고 했다.

또한 Metal failure분류로 Willenegger방법 이외에 Black¹⁾는 Functional failure, Material failure,

True mechanical failure로 Winquist와 Frankel¹³⁾은 Plastic failure, Brittle failure, Fatigue failure로 분류하였다.

이러한 금속내고정재의 생체내 변형의 원인을 고찰해 볼 때 Mears¹⁴⁾는 첫째 골절부의 충분한 안정성을 얻지 못할때 둘째, 너무 일찍 체중부하를 한 경우 셋째, 금속 내고정재의 부식과 디자인 부족이 원인이라고 했으며, Piehler¹⁵⁾는 대부분의 실패기전은 수술수기의 미흡함에 있다고 했다.

그러므로 Winquist와 Frankel¹³⁾은 내고정술을 시행하려는 외과의사에게 첫째 내고정재가 생체 역학 기능에 어떤 도움을 줄 것인가 둘째, 그 내고정재에 얼마만큼의 힘이 부가될 것인가 셋째, 그 내고정재에 가해지는 수명은 얼마인가의 세 가지 문제를 제시했으며, Galante⁷⁾ 등은 내고정재의 기본 요구조건으로 기능응력(functional stress)을 견딜 수 있는 강도(strength)를 가지며 체조직과 체액 상호관계에서 부식에 반드시 저항할 수 있어야 하며 생체구조와 비슷한 변형특성이 있어야 스트레스의 집중을 피할 수 있고 체조직과 생리적 일치성이 절대적으로 필요하다고 했다.

이상의 문헌고찰을 배경으로 저자들이 치험한 증례를 재분석해 볼 때 부적절한 내고정재를 사용한례(Fig. 3)는 수술후 반석고 고정으로 견고한 고정을 얻지 못한 즉 부적절한 수술후 처치와 동반되어 나타났다. 내고정재가 잘못 위치한 례(Fig. 4)는 수술수기의 미흡함이 주요 원인이었으며, 부적절한 골절간 압박의 례(Fig. 5)는 부적절한 정복과 동반되었고, 부적절한 정복의 례(Fig. 6)는 내고정재의 잘못 위치한 경우와 골절부의 충분한 안정을 얻지 못한 것이 원인으로 보였으며, 골절부 골결손이 계속 남아 있는 례(Fig. 7)는 골이식을 하지 않은 경우와 너무 일찍 체중부하를 한 것이 원인이었고, 약한 골의 례(Fig. 8)는 골결손이 계속 남은 경우와 동반되었다. 이상의 례로 미루어 보아 금속내고정재의 생체내 변형이 여러가지 원인이 복합되어 나타남을 알 수 있었다.

V. 결 론

1. 내고정재의 생체내 변형이 가장 호발한 부위는 대퇴골이었다.
2. 내고정재의 생체내 변형의 발생빈도는 대퇴골 하부가 가장 높았다.
3. 수술후 내고정재의 생체내 변형은 2개월에서 4개월사이에 가장 많이 발생되었다.
4. 내고정재의 생체내 변형의 원인은 결손이 계

속된 경우가 가장 많았다.

5. 내고정재의 생체내 변형의 치료로는 내고정재의 교체와 골이식을 실시하여 좋은 결과를 얻었다.

6. 내고정재의 생체내 변형의 방지에 중요한 점은 정확한 정복과 골이식술후에 적절한 고정이 중요하며, 환자와의 협조정도에도 영향이 있었다.

REFERENCES

- 1) Black, J.: *Failure of Implants for Internal Hip fixation Ortho. Clinic. N.Am.* 5: 4, 833, 1974.
- 2) Cochran, G.V.B.: *A Primer of Orthopaedic Biomechanics, 1st. Ed., pp. 73, N.Y., Churchill Livingstone Inc., 1982.*
- 3) Cochran, G.V.B.: *A Primer of Orthopaedic Biomechanics, 1st. Ed., pp. 83, N.Y., Churchill Livingstone Inc., 1982.*
- 4) Cochran, G.V.B.: *A Primer of Orthopaedic Biomechanics, 1st. Ed., pp. 84, N.Y., Churchill Livingstone Inc., 1982.*
- 5) Cochran, G.V.B.: *A Primer of Orthopaedic Biomechanics, 1st. Ed., pp. 90, N.Y., Churchill Livingstone Inc., 1982.*
- 6) Cochran, G.V.B.: *A Primer of Orthopaedic Biomechanics, 1st. Ed., pp. 105-107, N.Y., Churchill Livingstone Inc., 1982.*
- 7) Galante, J.O., Laing, P.G. and Lautenschlager, E.: *Biomaterials. Instructional Course Lectures, The American Academy of Orthopaedic Surgeons. Vol. 25. pp. 1, 1975.*
- 8) Galante, J.O., Laing, P.G. and Lautenschlager, E.: *Biomaterials. Instructional Course Lectures, The American Academy of Orthopaedic Surgeon. Vol. 25. pp. 4-6, 1976.*
- 9) Hey-Groves, E.W.: *Modern Methods of Treating Fractures, Bristol, John Wright and Son., 1916.*
- 10) Hoffmann, R.: *Acta Chir. Scand, 107;72, 1954.*
- 11) Kirschner, M.: *Ueber Nagel Extension. Beitr, Klin, Chir, 64: 266-279, 1909.*
- 12) Küntscher, G.: *The Practice of Intramedullary Nailing, pp. 21, Springfield, Charles C Thomas, 1967.*
- 13) Lane, W.A.: *The Operative Treatment of Fracture, pp. 71, London, Medical Publishing Co., 1914.*
- 14) Mears, D.C.: *Materials and Orthopaedic Sur-*

- gery. 1st Ed. pp. 75. Baltimore, The Williams and Wilkins Co., 1979.
- 15) Mears, D.C.: *Materials and Orthopaedic Surgery*. 1st Ed. pp. 130. Baltimore, The Williams and Wilkins Co., 1979.
- 16) Mears, D.C.: *Materials and Orthopaedic Surgery*. 1st Ed. pp. 207-208. Baltimore, The Williams and Wilkins Co., 1979.
- 17) Perren, S.M., Matter, P., Ruedi, T. and Allgower, M.: *Biomechanics of fracture healing after internal fixation*. In *Surg. Ann.* 1975, pp. 361. edited by L.M. Nyhus, N.Y., Appleton-Century Crofts, 1975.
- 18) Piehler, H.: *Regulation of Orthopaedic Surgical Implant*, pp. 71. Pittsburgh, Carnegie-Mellon University, 1976.
- 19) von Langenbeck, B.: *Verh. Dtsch. Ges. Chir.*, 7: 92, 1878.
- 20) Willenegger, H.: *Die Behandlung der Luxationsfrakturen des oberen Sprunggelenks nach biomechanischen Gesichtspunkten*. *Helv. chir. Acta* 28, 225, 1961.
- 21) Wilquist, R.A. and Frankel, V.H.: *Complications of Implant Use*. In *Complications in Orthopaedic Surgery*, Vol. 1., pp. 99. Edited by Epps, C.H. Jr., Philadelphia, Toronto, J.B. Lippincott Co., 1978.
- 22) Winquist, R.A. and Frankel, V.H.: *Complications of Implant Use*. In *Complications in Orthopaedic Surgery*, Vol. 1., pp. 100-101. Edited by Epps, C.H. Jr., Philadelphia, Toronto, J.B. Lippincott Co., 1978.
-