

경골 천정 골절에 대한 Ilizarov 외고정 방법의 생역학적 비교 (두개의 경골 금속환 이용 고정법 대 두개의 경골 금속환 및 족관절 경첩 이용 고정법)

원광대학교 의과대학 정형외과학교실*
한국 표준 과학 연구원, 소재 특성 평가 센터 내구성 그룹**

김학선* · 김태균* · 허용학**

— Abstract —

Comparison of Biomechanical Stability of the Ilizarov External Fixation Methods for Treatment of Tibial Pilon Fractures

Hak-Sun Kim, M.D.*, Tae-Kyun Kim M.D.*
and Young-Hak Huh Ph.D.**

Department of Orthopedic Surgery, WonKwang University Hospital
Material Evaluation Center, Performance Group
Korea Research Institute of Standards and Science***

In order to compare mechanical stability of the Ilizarov external fixation methods for treatment of pilon fracture of the tibia, six human amputated tibiae were utilized to simulate Ruedi type I, II, and III fractures anatomically and non-anatomically reduced. Six fracture models which were either anatomically(3) or non-anatomically(3) reduced were first stabilized by the Ilizarov construct composed of two tibial rings and foot assembly with connecting rods and ankle hinges and underwent axial load compression test using Instron. And then same tests were repeated on the models in which ankle hinges between the tibial rings and foot assembly were removed to examine biomechanical effect of the ankle hinges on the fracture stability. When the fracture model was fixed by the construct without ankle hinges, 720 N-780 N were required to disrupt fracture stability. When the fracture was non-anatomically reduced and was fixed by the construct without ankle hinges, 420 N-520 N were required to disrupt the fracture stability. The current study suggests that Ilizarov fixation system should have the construct composed of two tibial rings and foot assembly with connection rods and ankle hinges to prevent fracture destabilization during early ankle motion and weight-bearing in the tibial pilon fracture.

Key Words: Tibia, Pilon fracture, Ilizarov

※ 통신저자: 김 학 선
전북 이리시 신용동
원광대학교 의과대학 정형외과학교실

서 론

경골의 천정 골절은 관절내의 골절이면서 주변의 연부 조직이 빈약하여 골절치료를 많은 난점이 있다²⁾. 이에 대한 치료 방법으로써 석고 고정, 종골 견인술, 관혈적 정복술 및 내고정술, 석고 고정과 최소 내고정술등의 방법이 사용되고 있다^{5,7,9)}. 근래까지는 AO술식에 따른 관혈적 정복술 및 내고정술이 가장 결과가 좋은 것으로 알려져 왔으나¹³⁾ 관혈적 정복술 시 많은 합병증의 발생 때문에 외고정 방법도 주장되고 있다¹⁾. 이러한 외고정 장치중 하나인 Ilizarov 기구를 이용하여 치료하는 방법도 있을 수 있겠다. 그러나 이때 외고정 기구의 형태에 관하여는 Benedetti와 Argnani⁶⁾가 족관절 경첩기구를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우의 증례만을 제시하였고 각각 경우의 적응증에 대하여서는 아직 정설이 없다. 천정 골절 치료시 족관절 경첩기구를 사용하면 외고정기구가 너무나 크고 무겁게 되고, 사용하지 않으면 족관절의 고정이 없이 근위부에 단 2개의 환만으로 충분한 골절 고정력이 있는가 하는 의문이 생기게 된다. 따라서 저자들은 이러한 의문점을 해결하기 위해 사체의 경골에 인위적으로 천정 골절을 만들고 이에 족관절 경첩 기구를 착용한 유무와 해부학적 정복인 된 경우와 안된 경우의 기계적 안정성을 생체 역학적 실험을 통하여 알아 보아 Ilizarov를 이용한 경골 천정 골절의 치료의 기준을 제시하고자 한다.

연구재료 및 방법

1. 연구 재료

교통 사고로 인하여 슬관절 상부 절단을 한 6개의 경골을 이용하였다. 이 중 우측이 3개 좌측이 3개이고 연령은 20세에서 37세(평균 28세)이었고 전례에서 남자 이었다. 경골의 하부 1/2이상이 완전한 것만을 연구 대상으로 하였으며 경골은 절단 직후에 족관절의 인대를 제외하고 모든 연부 조직을 제거하였다. 이후 절골도와 망치를 이용하여 경골의 천정 골절을 만들었으며 이때 원위 비골도 같이 골절을 만들었다. Ilizarov 외고정 기구를 이용하여 고정

하였으며 비골의 골절 원위부와 근위부에도 각각 1개 이상의 강선을 사용하여 고정하였다. 실험물의 채취 장소와 실험을 행한 장소와의 거리 때문에 실험물은 -20℃ 하에서 1-3일간 보관후 역학적 실험을 시행하였다.

2. 실험 방법

6개의 경골을 가지고 Ruedi 분류상 제 1, 2, 3형의 골절을 각각 2개씩 만들었고, 이들은 그림 1에서와 같이 골절부 근위부에 1개의 환, 골절부에 1개의 환과 족관절 경첩기구를 이용하여 종골에 1개의 환 등으로 총 3개의 환을 이용하여 고정을 하였다(Fig. 1-A). 이때 각 Ruedi 분류상 1개는 해부학적 정복하고 외고정 장착하였고, 다른 1개는 해부학적 정복을 하지 않고 외고정 기구를 장착 하였다. 이렇게 고정을 한후 Instron(USA, Model 4501)을 이용하여 종축 압박 역학 실험을 시행하였다(Fig. 2). 경골의 양측을 기계의 중심에 맞추어 양측을 저자가 만든 겹자를 이용하여 잡고 분당 2mm의 속도로 압박력을 가하였고 압박력을 나타내는 그래프는 분당 10mm의 속도로 진행을 시키었다(Fig. 3-A, B). 이렇게 족관절의 경첩기구가 장착한 상태로 1500N까지 압박력을 가하여 외고정의 실패가 일어나는지를 관찰하였다. 또한 실제로 경골 골절 근위부와 골절부에 각각 1개의 Ilizarov 환을 사용 하였을 때의 골절 고정 안정도 검사를 위하여 족관절의 경첩기구를 제거후(Fig. 1-B) 같은 방법으로 골절 정복의 실패할 때까지 종축 압박을 가하였다. 이때 외고정의 실패가 일어나는 기준은 그래프상에서 항복점이 나타나는 점을 기준으로 하였다. 해부학적 정복의 기준은, 2mm이상의 전위가 있으면 해부학적 정복이 안된 것으로 하였다.

결 과

이상의 방법으로 경골의 천정 골절에 대해 Ilizarov 외고정 기구를 이용하여 족관절의 경첩 기구를 장착한 경우는 골절의 Ruedi 분류에 관계없이 1500N 이상에서도 안정성이 있었다.

해부학적 정복을 시행하고 족관절의 경첩기구를 사용하지 않은 경우는 Ruedi 분류상 1형은 780N, 2형은 720N, 3형은 730N까지 안정성이 있었다. 그

Fig. 1-A. Photograph showing pilon fracture of the cadaver's tibia is fixed by Ilizarov external fixator with ankle hinges.

B. Photograph showing pilon fracture of the cadaver's tibia is fixed by Ilizarov external fixator without ankle hinges.

Fig. 2. Photograph showing axial loading compression test using Instron.

러나 해부학적 정복이 되지 않은 경우는 Ruedi 분류상 1형은 520N, 2형은 450N, 3형은 420N까지만 안정성이 있었다(Table 1).

고찰 및 결론

천정골절은 Destot가 1911년 Pilon이란 용어로 처음 소개한 이후 분류, 발생 기전 및 치료 방법에 대한 많은 주장이 있었다^{1,10}. 천정 골절의 치료에 대하여서는 지금까지는 AO술식에 의한 치료 방법이 가장 우수하다고 여러 저자들이 주장하고 있으나^{4,14} 개방성 골절이거나 분쇄가 심한 경우 또는 연부 조직의 종창이나 타박이 심한 경우 경골의 원위부

내측에 견고한 내고정을 하고자 할때 골절부 정복후 금속판을 부착하기 위해서는 연부 조직과 골막을 광범위하게 박리해야 하며 이에 따른 환부 감염, 연부 조직의 괴사 등의 중요한 합병증이 많이 발생하게 된다. 또 금속판을 부착 한다 하여도 골절의 분쇄가 심한 경우는 안정성을 부여할 만한 원위부 골편이 남아 있지 않아서 정복된 골편을 금속판 및 나사로 고정하기가 어려운 경우가 많다. 이러한 문제점들 때문에 Bone등[®]과 서등[®]은 분쇄가 심하거나 개방성인 경우는 외고정 장치를 사용하는 것을 주장하였다. 외고정 장치를 이용하여 치료시 족관절도 함께 고정하므로 족관절의 운동이 문제가 되지 않을까 하는 염려가 되나 Bone등[®]은 족관절을 10주 이상 고정된 경우에도 족관절의 운동 제한 등의 문제는 없었다 하였다. 그러나 저자들의 경험에 의하면 Ilizarov 외고정 장치를 사용하여 치료한 경우 8주 이상 족관절을 고정한 경우에는 실제로 족관절의 운동제한이 심하였다. 따라서 이러한 족관절의 운동제한의 문제점을 해결하기 위해서는 족관절에 경첩 기구를 사용하여 외고정 장치후에도 족관절의 운동이 가능하게 하든지 아니면 족관절 고정을 시행하지 않아야 하였다. 그러나 족관절 경첩기구를 사용하게 되면 외고정 기구가 너무 크고 무겁게 되어 환자가 많은 불편을 호소하고 만일 경첩기구를 사용하지 않으면 족관절 상부의 2개의 환만으로 고정력이 충분한가 하는 의문점에 봉착하게 된다. 따라서 저자들은 이러한 문제점에 대한 답을 얻기 위해 족관절 경첩 기구를 장착한 경우와 장착하지 않은 경우의 고

Fig. 3-A. Graph showing the strain-stress curve on axial load compression in the case of anatomic reduction of the Ruedi type III fracture fixed by Ilizarov external fixation with ankle hinges.

B. Graph showing the strain-stress curve on axial loading compression in the case of anatomic reduction of the Ruedi type III fracture fixed by Ilizarov external fixation without ankle hinges.

Table 1. The mechanical stability of Ilizarov external fixation on axial load compression according to the Ruedi's fracture type.

Type	With hinge apparatus		Without hinge apparatus	
	Anatomic	Non-anatomic	Anatomic	Non-anatomic
I	More than 1500 N*	More than 1500 N	780 N	520 N
II	More than 1500 N	More than 1500 N	720 N	450 N
III	More than 1500 N	More than 1500 N	730 N	420 N

N* : Newton

정력을 비교하여 이에 대한 기준을 제시 하고자 하였다. 저자들의 결과에 따르면 족관절의 경첩 기구를 장착하고 해부학적 정복이 된 경우에는 골절의 형태에 관계없이 1500N 이상의 고정력을 가졌다. Rohner등¹²⁾은 경골 골절후 나사못 고정으로 1580N 이상의 고정력을 가지면 체중부하를 할 수 있다고 하였으며 이에 따르면 족관절의 경첩기구를 장착한 경우는 골절의 형태에 관계 없이 체중 부하를 할 수 있는 고정력을 가짐을 알수 있다. 염등³⁾과 David¹⁰⁾에 의하면 60kg의 체중의 사람이 기립시 족관절에 떨어지는 힘은 약 700N 이하가 된다 하였다. 저자들의 실험에서 경첩 기구를 장착하지 않고 해부학적 정복이 된 경우도 700N 이상의 고정력을 가지므로 순수하게 종축의 부하만 작용한다면 족관절의 경첩 기구 없이도 체중부하가 가능하다. 하나 실제 인체에 미치는 힘은 순수 종축의 부하외에도 염전등의 힘이 작용하며 이 힘은 염등^{3,15)}에 의하면 순수 종축 부하의 1.3배까지 될 수 있으므로 족관절의 경첩 기

구를 사용하지 않고 해부학적 정복이 된 경우는 체중 부하시 안전성을 자신하기 어렵고, 체중 부하가 없는 관절 운동의 정도는 가능 할 것으로 추측된다. 하나 해부학적 정복이 되지 않고, 2개의 환으로만 고정하고 족관절 경첩기구를 사용하지 않은 경우는 단지 400-500N 정도의 축성 압박력에 견딜 수 있으므로 체중 부하 없이 관절 운동만 하는 것도 안전하다고 할 수 없을 것으로 추측 된다.

이상의 결과를 가지고 종합하여 보면 경골의 천정 골절을 Ilizarov 외고정 기구를 이용하여 치료 할때, 해부학적 정복이 된다면 족관절 경첩기구 사용시는 부분적인 체중부하가 가능하고, 사용 안할 경우에도 체중 부하 없이 족관절의 운동이 가능하다. 하지만, 해부학적 정복이 안된 경우에는 경첩기구를 사용하지 않으면 체중부하가 없는 족관절의 운동도 위험하지 않을까 추측된다.

REFERENCES

- 1) 박희전, 조웅문 : 경골 천정골절의 임상적 고찰. *대한정형외과학회지*, 22:860-867, 1987.
- 2) 서광윤, 권철수, 김용욱, 주석규 : 경골 천정 골절의 임상적 고찰(A-O방법에 따른 치료와 삼각외고정 장치를 이용한 치료의 비교 연구). *대한정형외과학회지*, 27:158-168, 1992.
- 3) 염영일, 박호상, 박현철 : 생체 역학 개론. *생체역학 전문과정 위원회*, 42-43, 1994.
- 4) 이준모, 박명식, 황병연, 김진두 : 경골 Pilon 골절의 임상적 고찰. *대한정형외과학회지*, 25:668-675, 1990.
- 5) Ayeni JP : Pilon fractures of the tibia: A study based on nineteen cases. *Injury*, 19:109-113, 1988.
- 6) Benedetti GB, Argnani F : Treatment of intra-articular fractures. In Maiocchi AB, Aronson J ed : *Operative principles of Ilizarov*. Baltimore, Williams & Wilikins:187-188, 1991.
- 7) Bone LB : Fractures of the tibial plafond: The pilon fractures. *Orthop Clin North Am*, 18:95-104, 1987.
- 8) Bone LB, Stegemann P, McNamara K and Seibel R : External fixation of severely comminuted and open tibial pilon fractures. *Clin Orthop*, 292:101-107, 1993.
- 9) Bourne RB : Pilon fractures of the distal tibia. *Clin Orthop*, 240:42-46, 1989.
- 10) David AW : *Biomechanics of human movement*. Waterloo, Jhon Wiley & Sons:90-93, 1979.
- 11) Ovadia DN and Beals RK : Fractures of the tibial plafond. *J Bone and Joing Surg*, 68-A:543-551, 1968.
- 12) Rohner R, Cordey JJ and Perren SM : Rigidity of pure lag screw fixation as a function of screw inclination in an in vitro spiral osteotomy. *Clin Orthop*, 178:74-79, 1978.
- 13) Ruedi TP and Allgower M : The operative treatment of intraarticular fractures of the lower end of the tibia. *Clin Orthop*, 138:105-110, 1979.
- 14) Szyszkowitz R : Fractures of the distal third of the tibia with extension into the ankle joint:"Pilon fractures". In Allgower M ed. *Manual of internal fixation*. 3rd ed. Berlin, Springer-Verlag:586-591, 1990.
- 15) Youm Youngil : Personal communication, 1994.