

## 근위 경골 골절의 골수내 정 고정술 (Intramedullary Nailing of Proximal Tibial Fractures)

변 영 수 · 신 동 주

대구파티마병원 정형외과

### 서 론

경골 골절은 장골 중에서 가장 흔히 발생하는 골절이며, 원위 2/3에서 가장 흔히 발생한다<sup>18,21,26)</sup>. 그러나 관절면을 침범하지 않는 경골의 근위 1/3 골절은 비교적 드물어 전체 경골 골절의 5~11%를 차지하며, 이 부위의 골절은 대부분 고 에너지 직접 손상으로 인하여 광범위한 연부조직 및 골 손상을 동반하게 되므로 치료에 어려움이 많다<sup>7,17,18,25)</sup>. 근위 경골 골절의 수술적 치료 목적은 정확한 축성 정렬을 교정하여 유지하고 길이와 회전 정렬을 복구하고 초기에 관절 운동을 허용하여 기능을 회복하는 것이며, 이러한 목적을 달성하기 위해 골절의 형태와 술자의 선호도에 따라 대부분 골수내 정 고정, 금속판 고정, 외고정 등이 선택된다<sup>2,3,5,7,12~14,16~18,22,28)</sup>.

근위 경골 골절에서 관절적 정복에 의한 금속판 고정은 해부학적인 정복을 얻을 수 있으나 광범위한 절개로 인하여 심각한 연부조직의 합병증이 발생할 수 있으며<sup>3)</sup>, 잠김 금속판 (locking plate)을 이용한 최소 침습적 금속판 골유합술은 부정 정렬의 발생률이 높게 보고되고 있다<sup>8,23)</sup>. 외고정은 개방성 골절뿐만 아니라 폐쇄성 골절에서도 다양하게 사용될 수 있으나 핀 주위 감염이나 부정 유합이 자주 발생한다<sup>11)</sup>. 근위 경골 골절에서 골수내 정 고정술은 비록 높은 비율의 부정 정렬이 보고되어 왔으나 부정 정렬을 일으키는 원인이 밝혀지고 이를 방지하는 방법들이 알려지면서 최근 더욱 널리 사용되고 있으며<sup>3,6,18,19)</sup>, 고정력에 대한 생역학적 실험에 의하면 근위 경골 골절에서 골수내 정이 잠김 금속판보다 더 큰 부하를 견딜 수 있다고 한다<sup>19)</sup>.

골수내 정 고정은 부하를 분담하고, 골막 혈액순환을 보존하고, 연부조직의 절개를 최소화하고, 대부분의 술자

에게 익숙하므로 대부분의 경골 간부 골절에 대하여 선택되는 치료 방법이며<sup>4,17,19,22)</sup>, 1970년대에 잠김 골수내 정 (locked IM nail)이 개발된 이래로 고정력의 향상으로 인



**Fig. 1.** Radiographs show a healed fracture of the proximal tibia with valgus deformity and apex anterior deformity after locked nail.

통신저자 : 신 동 주

대구시 동구 신암동 576-31  
대구파티마병원 정형외과  
Tel : 053-940-7320 • Fax : 053-954-7417  
E-mail : fatimaos@unitel.co.kr

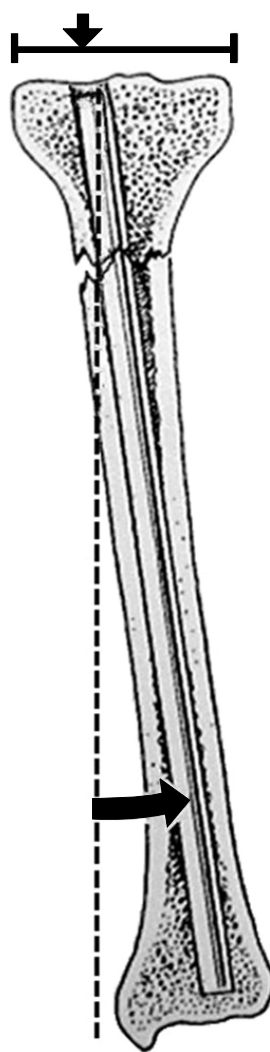
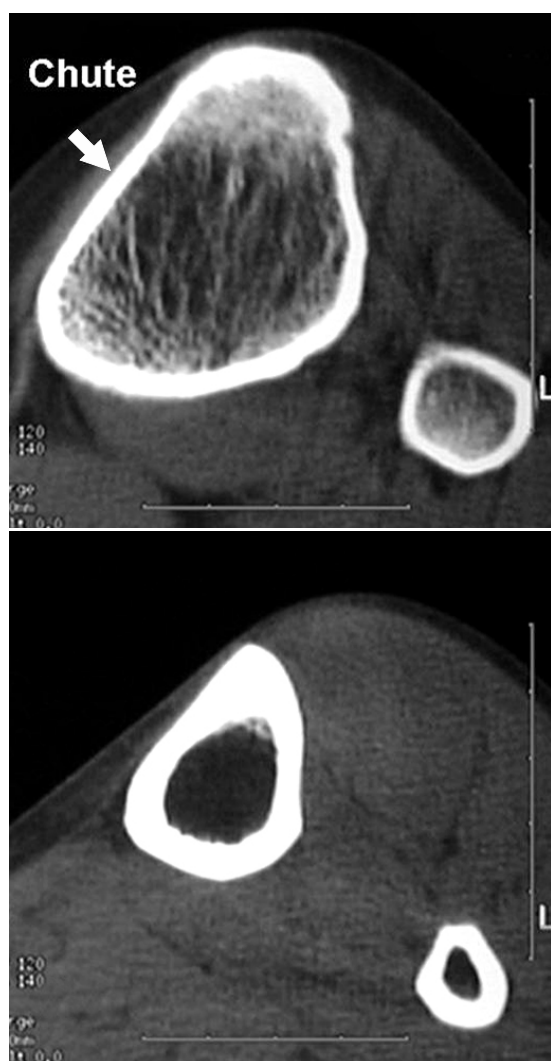
Address reprint requests to : Dong-Ju Shin, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Daegu Fatima Hospital, 576-31, Sinam-dong, Dong-gu, Daegu 701-600, Korea  
Tel : 82-53-940-7320 • Fax : 82-53-954-7417  
E-mail : fatimaos@unitel.co.kr

하여 그 적응증이 경골의 근위부와 원위부로 확대되었다. 경골의 중위 간부 골절에서는 골수강이 좁아서 골수내 정이 삽입되면 보통 골수내 정 주위로 골절이 정복되지만, 근위 골절에서는 골수강이 넓고 근의 견인력으로 인해 골수내 정 고정술 후 부정 정렬이 많이 발생한다 (Fig. 1)<sup>6,18,25</sup>. Freedman과 Johnson<sup>6</sup>은 골수내 정으로 치료한 133예의 경골 골절에서 부정 정렬의 발생률을 전체적으로는 12%, 12예의 근위 경골 골절에서는 58%로 보고하였으며, Lang 등<sup>18</sup>은 골수내 정으로 치료한 32예의 근위 경골 골절에서 부정 정렬의 발생률을 84%로 보고하였다. 최근 Nork 등<sup>22</sup>은 경골 근위 1/4 골절 37예에 대하여 슬관절을 굴곡시켜 골절의 정복이 손으로 유지되지 않으면 대퇴골 신연기 (femoral distractor)를 사용하거나 작은 금속판을 부가적으로 고정하여 골수내 정 고정술을 시행하였으며,

37예 중 단지 3예 (8%)에서 부정 정렬이 발생하였다고 하였다. 그들은 결론에서 근위 경골 골절에 대한 골수내 정 고정술은 안전하고 효과적인 치료 방법이지만 대부분의 경우에 일반적인 골수내 정 고정술에 여러 가지 부가적인 술기가 요구된다고 하였다.

골수내 정 고정술은 근위 경골 골절의 치료에 널리 선택되는 치료 방법이며, 특히 경골의 분절 분쇄 골절이나 다발성 손상이 동반된 경골 골절에 유용하다<sup>18,22</sup>. 그러나 근위 경골 골절을 골수내 정으로 고정할 때에 부정 정렬의 발생률이 높아 주의가 요하므로, 이 글에서는 근위 경골 골절을 골수내 정으로 고정할 때에 발생할 수 있는 부정 정렬의 원인과 부정 정렬을 방지하고 교정하는 방법에 대하여 기술하고자 한다.



**Fig. 2.** The CT scan of the proximal tibia shows triangular shape of the medullary canal with most narrow medial portion. The proximal-medial portion of the tibia is a chute (white arrow) that deflects the nail laterally because of lessened sagittal space and pronounced lateral slope of the medial cortex of the proximal tibia.

## 부정 정렬을 일으키는 원인

근위 경골 골절을 골수내 정으로 고정할 때에 가장 흔히 발생하는 부정 정렬의 형태는 외반 각 변형과 전방 각 변형이며, 근위 경골의 해부학적 구조, 근의 견인력, 골수내 정 삽입구 위치 및 골수내 정 구조가 부정 정렬을 일으키는 원인으로 알려져 있다<sup>3,5,6,18,25</sup>.

### 1. 근위 경골의 해부학적 구조

경골의 근위 골간단부는 골수강이 넓어서 상대적으로 직경이 작은 골수내 정이 골내막에 접촉되지 않고, 골절이 슬관절에 가까워 작은 근위 골편의 굴곡 능력이 커지므로 변형을 일으키는 힘을 감당하지 못하게 된다. 그 결과 골수내 정 삽입만으로도 골절이 정복되는 경골의 중위 간부 골절과는 달리 근위 경골 골절에서는 관상면과 시상면의 부정 정렬이 많이 발생한다<sup>3,5,6,17,18,22</sup>. 또한 삼각형으로 생긴 근위 경골의 전내측 피질골은 중심에서 후내측으로 경사져 있어 내측 골수강의 직경이 가장 좁고 근위부에서 원위부로 경사져 있어 골수내 정이 골수강의 중심에서 내측으로 삽입되면 골수내 정을 외측으로 기울어지게 함으로써 외반 각 변형을 일으키게 된다 (Fig. 2)<sup>4,5</sup>.

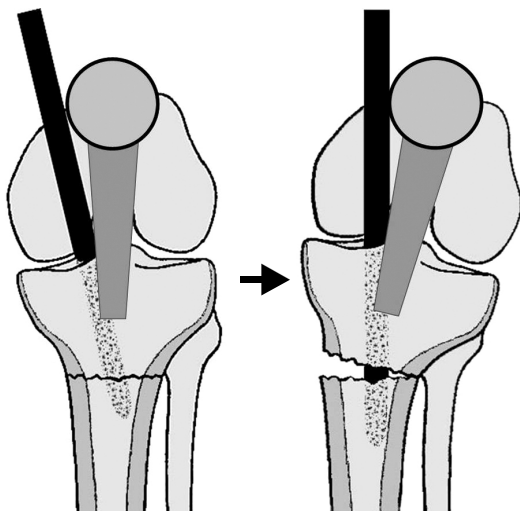
근위 경골의 외측면과 후면은 근들로 둘러싸여 있으나 전내측면은 피하에 놓여 있으므로 작은 근위 골편에 작용하는 외측면의 전방 및 외측 구획의 근들의 견인으로 인하여 외반 각 변형이 발생하는 경향이 있고 후방 구획의

근들의 견인으로 인하여 전방 각 변형이 발생하는 경향이 있다<sup>3,6,17</sup>. 또한 근위 골편에 작용하는 슬개건의 견인력이 굴곡 변형을 일으키는 원인이 되며, 슬관절이 굴곡되면서 슬개건이 근위 골편을 근위부로 당겨 전방 각 변형이 발생하게 된다<sup>3,5,18,22,24,25,28</sup>.

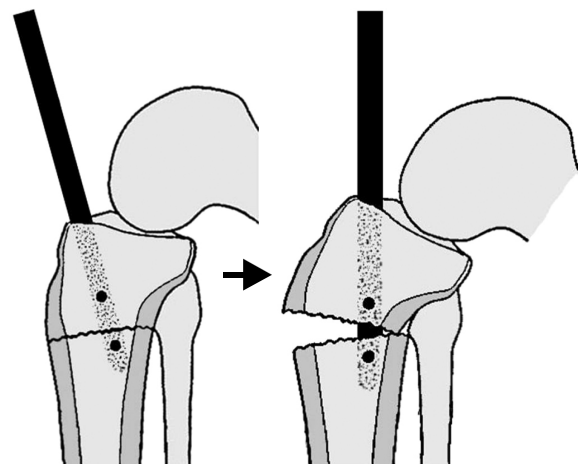
### 2. 골수내 정 삽입 위치

근위 경골 골절에서 만족스러운 정복을 얻기 위해서는 골수내 정이 근위 골편과 원위 골편의 중심 축에 정렬되어야 하며, 골수내 정 삽입구의 위치가 경골의 외측 과간 융기의 내측이어야 골수내 정이 골수강의 축과 일치하게 된다<sup>4,5,24</sup>. 그러나 골수내 정 삽입구가 보다 내측에 위치하게 되고 골수내 정 삽입각이 근위 골편 내에서 외측으로 향하게 되면 외반 부정 정렬이 발생하게 된다<sup>4,6,18,25</sup>. 이러한 경우는 슬개건의 내측으로 접근하여 골수내 정을 고정하게 될 때에 발생하기 쉬우며, 슬개건으로 인하여 삽입구가 약간 내측에 위치할 수 있고 골수내 정이 골절 부위를 통과하면서 외측으로 향하게 되어 외측 피질골과 마주치면서 골수내 정이 똑바르게 되므로 근위 골편을 외반 위치로 밀어서 외반 부정 정렬이 발생하게 된다 (Fig. 3).

골수내 정 삽입구가 경골 결절 상부의 골간단부 경사면에 만들어진다면 골수내 정이 골수강 내로 들어가기 위하여 후방으로 향하게 되어 골절 부위를 통과하면서 후방 피질골과 마주치면서 골수내 정이 똑바르게 되므로 전방 각 변형이 발생하게 된다 (Fig. 4)<sup>1,3,4,6,18,25,28</sup>.



**Fig. 3.** Medial entry point and laterally directed insertion angle of the nail into the proximal fragment results in valgus malalignment as the nail engages into the distal fragment.



**Fig. 4.** Posteriorly directed insertion of the nail into the proximal fragment results in apex anterior angulation at the fracture site when the nail engages into the distal fragment.



**Fig. 5.** Lateral radiograph of the proximal tibial fracture treated with an AO unreamed interlocking nail shows anterior displacement of the proximal fragment (posterior displacement of the distal fragment) by the wedge effect of the nail. Note. The AO unreamed interlocking nail has a more distally located Herzog bend.

### 3. 골수내 정 의 구조

골수내 정은 근위 1/3 부위에 후방 굴곡 (Herzog's bend)이 있고 이 굴곡은 골수내 정이 슬관절 내로 관통하지 않고 골수강으로 삽입되도록 11~15도의 각으로 디자인되어 있다<sup>5,20,25)</sup>. 후방 굴곡의 위치는 골수내 정에 따라 다양하며, 굴곡의 위치와 각이 골수내 정 의 삽입과 안정성에 영향을 미칠 수 있다<sup>5,9,20,22,25)</sup>. Henry 등<sup>9)</sup>은 근위 경골 골절에서 골수내 정 의 후방 굴곡이 원위 골편으로 삽입될 때에 골수내 정 의 후방 굴곡에 의한 췌기 효과 (wedge

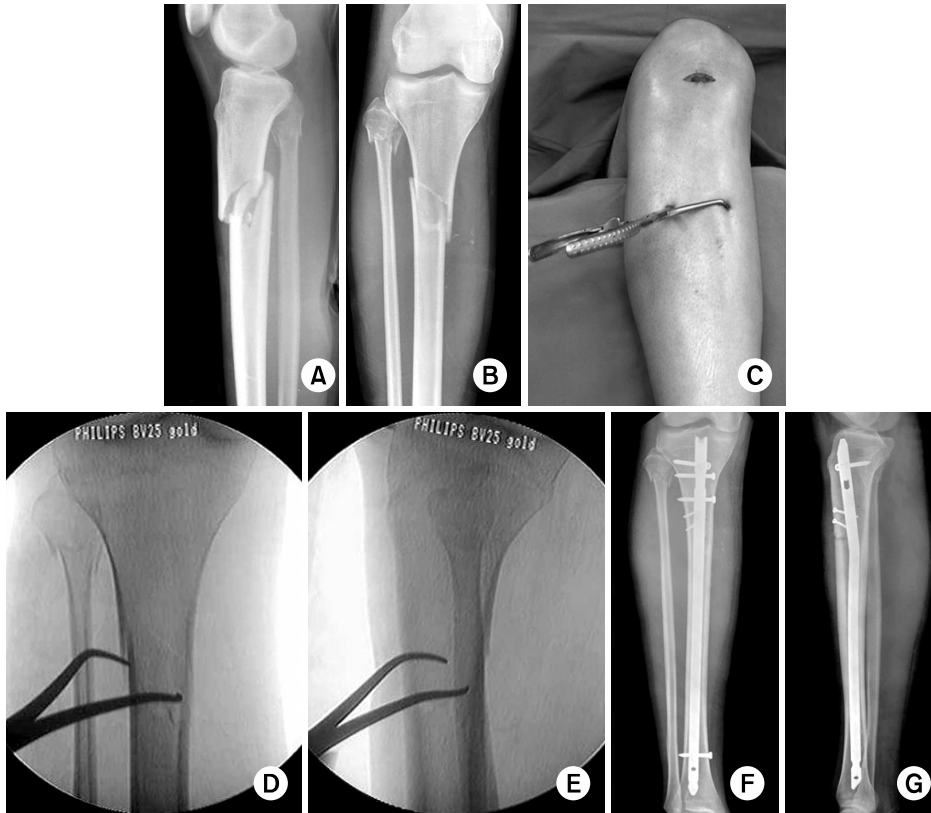


**Fig. 6.** Postoperative radiographs of this proximal tibial shaft fracture show good alignment after locked tibial nailing using the lateral starting point in line with the lateral intercondylar eminence and more proximal and posterior starting point.

effect)로 인하여 근위 골편이 전방으로 (또는 원위 골편이 후방으로) 전위가 일어난다고 하였다 (Fig. 5). Lang 등<sup>18)</sup>은 이론적으로는 보다 근위부에 굴곡이 있는 골수내 정이 보다 원위부에 굴곡이 있는 골수내 정보다도 원위 골편의 후방 전위가 덜 일어날 수 있다고 하였으며, Freedman과 Johnson<sup>6)</sup>은 근위 골편의 후방 피질골이 골절되었거나 작 으면 골수내 정 의 삽입각에 저항하여 골수내 정이 골수강으로 방향을 바로 잡지 못하고 원위 골편 내로 들어가면서 전방 각변형이 발생한다고 하였다.

### 부정 정렬을 예방하는 방법

근위 경골 골절을 골수내 정으로 고정할 때에 발생하는 부정 정렬을 방지하기 위한 방법으로 금속관고정이나 외 고정과 같은 다른 고정법을 선택하는 방법과 골수내 정 삽입술의 술식을 바꾸는 방법이 있다. 골수내 정 삽입술의 술식을 바꾸는 방법으로는 골수내 정 의 삽입 위치의



**Fig. 7.** (A, B) Initial radiographs show simple oblique fracture of the proximal tibia. (C, D, E) The fracture was reduced and alignment was maintained by temporary percutaneous use of pointed reduction forceps during nailing procedures. (F, G) Postoperative radiographs show anatomical reduction of the fracture after fixing with a locked tibial nail and adjunctive percutaneous lag screws.

변경<sup>3,4,18,27,28)</sup>, 대퇴골 신연기 또는 외고정 기구의 일시적인 사용<sup>4,5)</sup>, 차단 나사 (blocking screw, Poller screw)의 사용<sup>5,15,24)</sup>, 작은 금속판의 사용<sup>1,22)</sup>, 슬관절의 반신전 위치로 골수내 정<sup>28)</sup>의 삽입, 후방 굴곡이 보다 근위부에 위치한 골수내 정<sup>9)</sup>의 선택 등의 방법들이 있다.

### 1. 골수내 정<sup>9)</sup>의 삽입 위치의 변경

근위 경골 골절에서는 골수내 정<sup>9)</sup>의 삽입 위치에 따라 시상면이나 관상면의 부정 정렬이 발생할 수 있으므로 부정 정렬을 방지하기 위해서는 골수내 정<sup>9)</sup>을 삽입하기 전에 골절을 잘 정복하고 삽입 위치를 정확하게 잡는 것이 가장 중요하다. 근위 경골의 가장 윗부분에서 골수의 중심축은 경골 고평부의 중심에서 내측보다는 오히려 외측이며, 외측 삽입구를 선택하면 골수내 정<sup>9)</sup>의 삽입 부위에서 골수강의 시상 직경이 가장 크다<sup>4,10)</sup>. 따라서 많은 술자들은 근위 경골 골절을 골수내 정<sup>9)</sup>으로 고정할 때에 관상면에서는 외측 과간 융기 (lateral intercondylar eminence)와 같은 선상에 외측 삽입구를 만들어야 슬개건과 전내측 피질골의 영향을 피할 수 있어 외반 부정 정렬을 방지할 수 있다고 한다 (Fig. 6)<sup>3,4,18)</sup>.

시상면에서 골수내 정<sup>9)</sup>의 삽입구는 보통 경골 결절 상부

의 골간단부 경사면에 만들어진다. 그러나 이러한 삽입구의 위치는 골수내 정<sup>9)</sup>을 후방 피질골로 향하게 하여 전방 부정 정렬의 원인이 되므로 시상면에서 골수내 정<sup>9)</sup>의 삽입구는 표준 삽입구보다 근위 및 후방, 즉 전방삽자인대 부착부 바로 앞쪽에 만들어야 전방 부정 정렬을 방지할 수 있다<sup>3,4,18,27,28)</sup>.

### 2. 대퇴골 신연기 또는 외고정 기구의 사용

Buehler 등<sup>4)</sup>은 골절을 정복하고 골수내 정<sup>9)</sup>을 삽입하는 동안 정복을 유지하기 위하여 근위 경골 골절에 대퇴골 신연기의 사용을 제안하였다. 대퇴골 신연기를 사용하여 근위 경골에 작용하는 슬개건과 전외측 구획 근들의 견인력을 완화시켜 부정 정렬을 예방할 수 있으며, 대퇴골 신연기 대신에 외고정 기구를 같은 방법으로 사용할 수 있다. Schanz 핀은 경골의 근위부와 원위부의 내측에서 관절면과 평행하게 삽입하여야 하며, 근위부의 핀은 차단 나사와 유사하게 사용하기 위해 경골의 후방에 위치시킬 수 있다<sup>5)</sup>. 그리고 뾰족한 끝을 가진 정복 검자를 사용하여 정복적으로 골절을 정복하고 골수내 정<sup>9)</sup>을 삽입하는 동안 정복을 유지할 수도 있다 (Fig. 7)<sup>22)</sup>.



**Fig. 8.** (A, B) Initial radiographs show the proximal tibial fracture at the proximal meta-diaphyseal junction. (C, D) Postoperative radiographs show good alignment of the fracture fixed with a locked tibial nail and blocking screws to prevent malalignment. A blocking screw was placed lateral to the central axis to prevent valgus angulation and the other blocking screw was placed posterior to the central axis to prevent apex anterior angulation.

### 3. 차단 나사의 사용

차단 나사는 골수내 정이 원치 않는 방향으로 삽입되는 곳에 위치시키게 된다. 외반 각을 조절하기 위해서는 차단 나사를 중심 축에서 외측에 삽입하게 되며, 그러면 골수내 정은 차단 나사의 내측으로 삽입되어 골절 부위를 지나게 되므로 외반 각변형이 방지된다. 전방 각변형을 방지하기 위해서는 골수내 정이 차단 나사의 전방으로 지나도록 차단 나사를 중심 축에서 후방에 위치시키게 된다 (Fig. 8)<sup>5,15,16,24</sup>. 차단 나사를 사용하면 골간단부의 골수강의 폭을 감소시키고 골수내 정을 골수강의 중심으로 밀어 넣으므로써 골절의 정렬을 유지하고 내고정의 안정성이 증대되며, Krettek 등<sup>15</sup>에 의하면 내고정의 안정성이 25%까지 증가한다고 한다. Krettek 등<sup>16</sup>은 근위 경골 골절 10예와 원위 경골 골절 11예를 차단 나사를 사용하여 골수내 정으로 고정한 결과 관상면에서의 변형은 5도 외반에서 3도 내반 각변형으로 평균 1도였고 시상면에서의 변형은 6도 굴곡에서 11도 신전 각변형으로 평균 1.6도였다고 하였으며, 차단 나사는 경골의 골간단부 골절을 골수내 정으로 치료할 때에 각변형을 조절하는데 유용하다고 결론을 내렸다. Ricci 등<sup>24</sup>도 12예의 경골 근위 1/3 간부 골절을 차단 나사를 사용하여 골수내 정 고정을 시행한 결과 전 예에서 5도 미만의 각변형을 보였으며, 차단 나사는 경골 근위 1/3 간부 골절을 골수내 정으로 치료할 때에 골절의 정렬을 얻고 유지하는데 효과적이라고 결론지었다.

### 4. 작은 금속판의 보조적 고정

Benirschke 등<sup>1)</sup>은 근위 경골 골절을 골수내 정으로 고정할 때에 자주 발생하는 부정 정렬을 방지하기 위하여 골수내 정을 고정하기 전에 작은 금속판을 경골의 전방에 부가적으로 고정하는 방법을 제안하였다 (Fig. 9). 이러한 금속판은 단지 보강할 목적으로 사용하게 되므로 1/3 관형 금속판, 잠김 금속판 또는 저접촉 역동적 압박 금속판과 같은 비교적 작은 금속판을 편측 피질골만 짧은 나사로 고정하게 되며, 금속판의 위치는 골절의 정복을 돕고 유도핀의 위치나 골수강의 확공을 방해하지 않도록 미리 계획되어야 한다<sup>1,22,25</sup>. 이러한 금속판에 의한 골절의 안정성으로 근위 경골 골절을 골수내 정으로 고정하는 동안에 골절의 정렬이 유지되어 각변형과 전위가 방지된다. 이러한 작은 금속판을 이용한 보조적인 고정은 부정 정렬을 방지하는 쉬운 방법이기is 하나 연부조직을 절개하여 골막을 박리하고 골절 부위를 노출시켜야 하는 단점이 있으며, 이러한 단점은 작은 절개를 통하여 골막을 박리하지 않고 최소 침습적 방법으로 시행함으로써 최소화할 수 있다<sup>25</sup>.

### 5. 슬관절의 반신전 위치로 골수내 정의 삽입

대부분의 술자들은 경골 골절을 골수내 정으로 고정할 때에 슬관절을 적어도 90도로 굴곡시켜 시행하는데, 이러한 슬관절의 굴곡 위치는 특히 근위 경골 골절에서 슬개

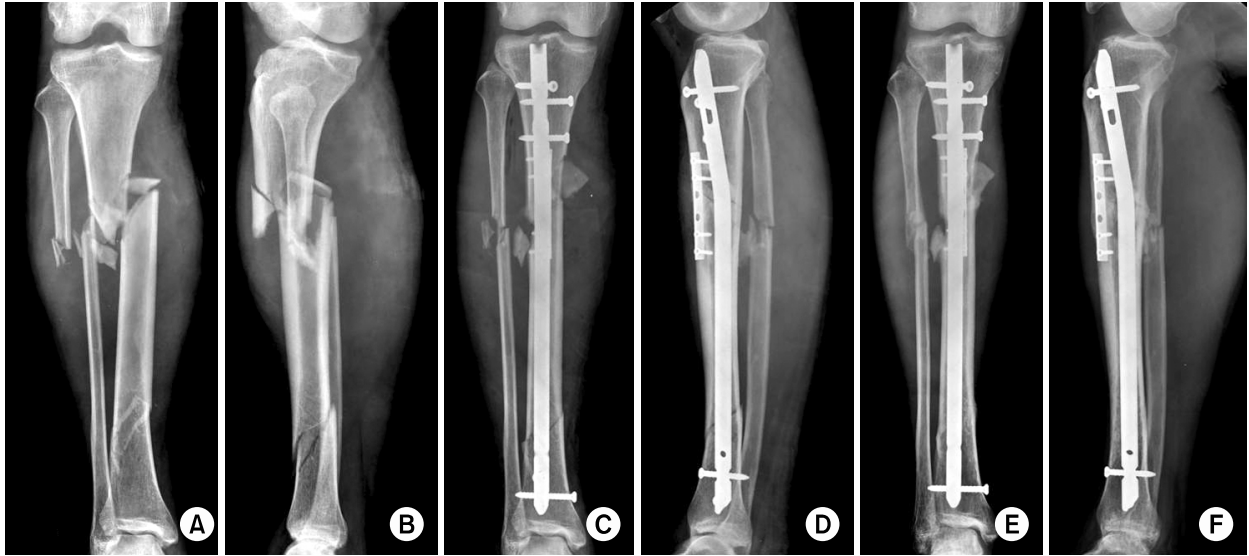


Fig. 9. (A, B) Initial radiographs show the segmental fracture of the proximal and distal tibial shafts.

(C, D) The proximal fracture was reduced and stabilized with a 1/3 tubular plate through a small incision before locked tibial nailing to prevent malalignment. Postoperative radiographs show anatomical alignment of the fracture fixed with a locked nail and a small plate.

(E, F) Radiographs 7 months after surgery show the healed fracture with external callus in good alignment.

건을 긴장시켜 결과적으로 근위 골편을 신전시키는 힘으로 작용하여 골절 부위에 전방 각변형을 일으킬 수 있다. Tornetta와 Collins<sup>28)</sup>은 근위 경골 골절을 골수내 정으로 고정할 때 슬관절을 15도~20도로 굴곡시켜 “반신전 위치”로 골수내 정을 삽입하므로 슬개건에 작용하는 긴장을 완화하여 전방 각변형을 최소화하였다. 그들은 25예의 근위 경골 골절을 반신전 위치로 무확공 교합성 골수내 정으로 고정하였으며, 그 결과 5도 이상의 전방 각변형을 보인 예는 한 예도 없었다고 하였다. 그러나 이러한 방법은 슬관절을 절개하여야 하는 단점이 있으며, 골수내 정을 삽입하는 동안에 활차 구 (trochlear groove)에 손상을 주지 않도록 주의하여야 한다<sup>5,28)</sup>.

## 6. 골수내 정의 구조의 개량

근위 경골 골절에서 골수내 정의 후방 굴곡에 의한 췌기 효과로 인하여 근위 골편의 전방 전위가 일어날 수 있으므로 골수내 정의 굴곡의 위치가 중요하다<sup>9)</sup>. 이러한 췌기 효과는 골수내 정의 후방 굴곡이 보다 작고 근위부에 위치한 골수내 정을 사용하여 후방 굴곡이 골절 부위보다 근위부에 위치하도록 하면 직접 해결이 가능하다<sup>9,25)</sup>. 그러나 근위 경골 골절을 위해 만들어진 골수내 정은 아직 없으므로 기존의 골수내 정 가운데서 적절한 것을 선택하여

야 한다.

경골의 근위 골간단부는 골수강이 넓어 골수내 정과 골내막이 접촉되지 못하므로 골절 부위의 안정성은 단지 근위부의 잠김 나사에 의해 유지되며, 대부분 골수내 정의 근위부 잠김 홀은 관상면 방향의 횡으로 향하게 되어 있어 골수내 정은 잠김 나사를 따라 평행 이동과 회전이 자유롭게 일어나게 되므로 부정 정렬과 고정 상실이 발생하게 된다<sup>17)</sup>. 따라서 근위 경골 골절을 골수내 정으로 고정할 때에 근위 골편의 안정성을 향상시킬 필요성이 있다. Laflamme 등<sup>17)</sup>은 생역학 연구에서 골수내 정의 근위부에 2개의 횡 나사에 2개의 사면 나사를 추가로 고정한 경우가 2개의 횡 나사로 고정한 경우보다 근위 경골 골절의 안정성을 현저하게 향상시켰으며, 금속판으로 고정한 경우와 비교될 수 있는 안정성을 제공하였다고 하였다.

## 요 약

골수내 정 고정술은 여러 장점들이 있어 근위 경골 골절의 치료에 널리 선택되는 유용한 치료 방법이나 경골 근위부의 넓은 골수강과 근의 견인력으로 인하여 골수내 정 고정술 후 높은 빈도의 부정 정렬이 발생하므로 술식 중에 상당한 주의가 요한다. 그러므로 근위 경골의 해부학적 특징과 골수내 정의 구조를 잘 이해하고 술전 계획을

잘 세워 부가적인 술식과 함께 골수내 정외 삽입 술식을 정확하게 시행하여야 부정 정렬을 방지하고 만족스러운 결과를 얻을 수 있다.

## 참 고 문 헌

- 1) Benirschke SK, Henley MB, Ott JW: Proximal one-third tibial fracture solution. *Orthop Trans*, **18**: 1055-1056, 1994.
- 2) Bolhofner BR: Indirect reduction and composite fixation of extraarticular proximal tibial fractures. *Clin Orthop Relat Res*, **315**: 75-83, 1995.
- 3) Bono CM, Levine RG, Rao JP, Bebrems FF: Nonarticular proximal tibia fractures: treatment options and decision making. *J Am Acad Orthop Surg*, **9**: 176-186, 2001.
- 4) Buehler KC, Green J, Woll TS, Duwelius PJ: A technique for intramedullary nailing of proximal third tibia fractures. *J Orthop Trauma*, **11**: 218-223, 1997.
- 5) Cannada LK, Anglen JO, Archdeacon MT, Herscovici D Jr, Ostrum RF: Avoiding complications in the care of fractures of the tibia. *AAOS Instr Course Lect*, **58**: 27-36, 2009.
- 6) Freedman EL, Johnson EE: Radiographic analysis of tibial fracture malalignment following intramedullary nailing. *Clin Orthop*, **315**: 25-33, 1995.
- 7) Gerber A, Ganz R: Combined internal and external osteosynthesis. A biological approach to the treatment of complex fractures of the proximal tibia. *Injury*, **29**(Suppl 3): 22-28, 1998.
- 8) Gosling T, Schandelmaier P, Muller M, Hankemeier S, Wagner M, Krettek C: Single lateral locked screw plating of bicondylar tibial plateau fractures. *Clin Orthop Relat Res*, **439**: 207-214, 2005.
- 9) Henley MB, Meier M, Tencer AF: Influences of some design parameters on the biomechanics of the undreamed nail. *J Orthop Trauma*, **7**: 311-319, 1993.
- 10) Hicks CA, Noble P, Tullos H: The anatomy of the tibial intramedullary canal. *Clin Orthop Relat Res*, **321**: 111-116, 1995.
- 11) Hutson JJ Jr, Zych GA: Infections in periarticular fractures of the lower extremity treated with tensioned wire hybrid fixators. *J Orthop Trauma*, **12**: 214-218, 1998.
- 12) Keating JF, Kuo RS, Court-Brown CM: Bifocal fractures of the tibia and fibula. Incidence, classification and treatment. *J Bone Joint Surg Br*, **76**: 395-400, 1994.
- 13) Kim JW, Oh CW, JK Oh, et al: Staged minimally invasive plate osteosynthesis of proximal tibial fracture. *J Korean Fracture Soc*, **22**: 6-12, 2009.
- 14) Krettek C, Gerich T, Miclau T: A minimally invasive medial approach for proximal tibial fractures. *Injury*, **32**(Suppl 1): A4-13, 2001.
- 15) Krettek C, Miclau T, Schandelmaier P, Stephan C, Möhlmann U, Tscherne H: The mechanical effect of blocking screws ("Poller screws") in stabilizing tibia fractures with short proximal or distal fragments after insertion of small-diameter intramedullary nails. *J Orthop Trauma*, **13**: 550-553, 1999.
- 16) Krettek C, Stephan C, Schandelmaier P, Richter M, Pape HC, Miclau T: The use of Poller screws as blocking screws in stabilizing tibial fractures treated with small diameter intramedullary nails. *J Bone Joint Surg Br*, **81**: 963-968, 1999.
- 17) Laflamme GY, Heimlich D, Stephen D, Kreder HJ, Whyne CM: Proximal tibial fracture stability with intramedullary nail fixation using oblique interlocking screws. *J Orthop Trauma*, **17**: 496-502, 2003.
- 18) Lang JG, Cohen BE, Bosse MJ, Kellam JF: Proximal third tibial shaft fractures. Should they be nailed? *Clin Orthop*, **315**: 64-74, 1995.
- 19) Mueller CA, Eingartner C, Schreitmüller E, et al: Primary stability of various forms of osteosynthesis in the treatment of fractures of the proximal tibia. *J Bone Joint Surg Br*, **87**: 426-432, 2005.
- 20) Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H: Manual of internal fixation. 3rd ed. Berlin, Germany, Springer-Verlag: 291-365, 1992.
- 21) Nicoll EA: Fractures of the tibial shaft. A survey of 705 cases. *J Bone Joint Surg Br*, **46**: 373-387, 1964.
- 22) Nork SE, Barei DP, Schildhauer TA, et al: Intramedullary nailing of proximal quarter tibial fractures. *J Orthop Trauma*, **20**: 523-528, 2006.
- 23) Phisitkul P, McKinley TO, Nepola JV, Marsh JL: Complications of locking plate fixation in complex proximal tibia injuries. *J Orthop Trauma*, **21**: 83-91, 2007.
- 24) Ricci WM, O'Boyle M, Borrelli J, Bellabarba C, Sanders R: Fractures of the proximal third of the tibial shaft treated with intramedullary nails and blocking screws. *J Orthop Trauma*, **15**: 264-270, 2001.
- 25) Safran O, Liebergall M, Segal D, Mosheiff R: Proximal



- tibial fractures - should we nail them? Am J Orthop, **30**: 681-684, 2001.
- 26) **Sarmiento A, Gersten LM, Sobol PA, Shankwiler JA, Vangsness CT**: Tibial fractures treated with functional braces. J Bone Joint Surg Br, **71**: 602-609, 1989.
- 27) **Tornetta P 3rd**: Technical considerations in the surgical management of tibial fractures. Instr Course Lect, **46**: 271-280, 1997.
- 28) **Tornetta P 3rd, Collins E**: Semiextended position of intramedullary nailing of the proximal tibia. Clin Orthop, **328**: 185-189, 1996.