

일리자로프 외고정 기구를 이용한 경골 감염성 불유합의 치료 시 불유합의 위치 및 연부조직 재건술에 따른 치료 결과의 비교

이수경 · 김정렬 · 임종한 · 이준모

전북대학교 의학전문대학원 정형외과학교실, 임상의학연구소

목 적: 경골의 감염성 불유합에 대하여 발생 위치 및 유리 피판술 시행 유무에 따른 치료 결과 및 합병증을 비교해 보고자 하였다.
대상 및 방법: 경골의 감염성 불유합에 대해 일리자로프 외고정 기구로 치료한 후 3년 이상 추시가 가능하였던 36예를 대상으로 하였다. 불유합의 위치는 근위부 14예, 중간부 10예, 원위부 12예였다. 연부조직 결손에 유리 피판술을 시행한 8예를 A군, 유리 피판술을 시행하지 않은 17예를 B군으로 하였다. 불유합 부위와 유리 피판술 시행 여부에 따라 치유지수, 골적 결과, 기능적 결과 및 합병증을 비교 분석하였다.
결 과: 전예에서 골유합을 얻었으며, 골절의 불유합 위치가 근위부인 경우에 평균 치유지수 35.6일/cm로 우수한 결과를 보였고 ($p=0.038$), 골적 결과 ($p=0.025$) 및 기능적 결과 ($p=0.03$)에서 중간부, 원위부 골절에 비해 통계학적으로 의미 있게 우수한 결과를 보였다. 유리 피판술을 시행한 경우에서 평균 치유지수 30.3일/cm로 우수한 결과를 보이며 ($p=0.015$), 양호 이상 골적 결과 ($p=0.025$) 가 및 기능적 결과 ($p=0.015$)에서 우수한 결과를 보였다.
결 론: 경골의 감염성 불유합이 근위부에서 발생한 경우 다른 부위에 비해 우수한 결과를 보이며, 유리 피판술을 시행한 경우 빠른 염증 치유 및 골유합을 얻을 수 있어 치료 결과를 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다.

색인 단어: 경골, 감염성 불유합, 골결손, 연부조직 결손, 일리자로프 외고정 기구

Comparison of Treatment Outcomes of Infected Nonunion of the Tibia by Ilizarov Fixator according to Location of Nonunion and Reconstruction of Soft Tissue Defect

Soo Kyung Lee, M.D., Jung Ryul Kim, M.D., Ph.D., Jong Han Lim, M.D., Jun Mo Lee, M.D., Ph.D.

Department of Orthopedic Surgery, Medical School, Research Institute of Clinical Medicine,
Chonbuk National University, Jeonju, Korea

Purpose: To study clinical results and complications in the treatment of infected nonunion of the tibia according to location of nonunion and reconstruction for soft tissue defect.

Materials and Methods: 36 cases of tibia infected nonunion which were treated with the Ilizarov included in this study. There were proximal 1/3 in 14, middle 1/3 in 10, and distal 1/3 in 11 cases. Coverage of the soft tissue were treated with the free flap in 8 cases as classified group A and non-free flap in 17 cases classified group B. We evaluated the healing index, complications and comparing the results of each treatment by the Paley method.

Results: Bone union was achieved in all cases. The proximal nonunion showed better results than those in the middle and distal area; average healing index: 35.6 days/cm ($p=0.038$), bone results: 92.9% ($p=0.025$), functional result: 90.5% ($p=0.03$). Group B showed significantly better results as it showed average healing index: 30.3 days/cm ($p=0.015$), bone results: 85.7% ($p=0.025$), functional results: 90.5% ($p=0.015$).

Conclusion: The nonunion of proximal 1/3 showed better results than other sites. Soft tissue reconstruction with free flap that control infection more effectively, could be improved the treatment outcomes.

Key Words: Tibia, Infected nonunion, Bone defect, Soft tissue defect, Ilizarov external fixator

통신저자 : 김 정 렬

전북 전주시 덕진구 금암동 634-18
전북대학교 의학전문대학원 정형외과학교실
Tel : 063-250-1767 • Fax : 063-271-6538
E-mail : jrkeem@chonbuk.ac.kr

Address reprint requests to : Jung Ryul Kim, M.D., Ph.D.

Department of Orthopedic Surgery, Medical School, Chonbuk National University, 634-18, Geumam-dong, Dugjin-gu, Jeonju 561-712, Korea
Tel : 82-63-250-1767 • Fax : 82-63-271-6538
E-mail : jrkeem@chonbuk.ac.kr

접수: 2009. 8. 26
심사 (수정): 2009. 9. 10
게재확정: 2009. 12. 28

서 론

경골의 골절은 다른 부위의 골절에 비해 개방성 골절이나 연부 조직 손상 빈도가 높은 부위이며, 혈액 공급이 감소하여 골 치유 능력이 저하되기 때문에 골감염 및 불유합이 흔하게 발생한다^{1~3,5,8,9)}. 경골 감염성 연부 조직 결손은 혈관 손상과 이에 따른 주변 괴사 조직으로의 혈액 공급을 감소하여 골 치유 능력과 감염 치유능력을 감소시킨다^{9,10,17)}. 감염성 연부 조직 결손에 대해 유리 피판술과 일리자로프기구를 이용한 치료는 치료 기간의 단축과 보다 우수한 결과를 얻을 수 있다고 보고되어 있다^{10,12,13,18,19)}.

한편, 경골은 해부학적 위치에 따라 혈액 공급이 다르며 경골의 근위부는 해부학적으로 중간부나 원위부에 비해 비교적 풍부한 혈액 공급을 받는 부위이다. 따라서 부위에 따라 치료 결과가 다를 것이라고 예상되지만 현재까지 불유합의 부위에 따른 비교 연구는 없는 상태이다.

본 연구에서는 경골의 불유합의 위치에 따라 골유합 기간 및 치료 결과를 비교해 보고자 하였고, 연부 조직 결손에 대해서 유리 피판술을 시행한 군과 시행하지 않고 연부 조직을 재건했던 군을 비교하여 유리 피판술의 유용성과 불유합의 위치에 따른 적당한 연부 조직 결손 치료에 대하여 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

1997년 3월부터 2005년 5월까지 경골의 감염성 불유합에 대해 일리자로프 외고정 기구로 치료한 후 3년 이상 추시가 가능한 36예를 대상으로 하였다. 남자가 31예, 여자가 5예였으며, 평균 나이는 42세 (범위; 18~67세)이며, 31예에서 타병원에서 수술적 치료 시행 후 본원으로 연부 조

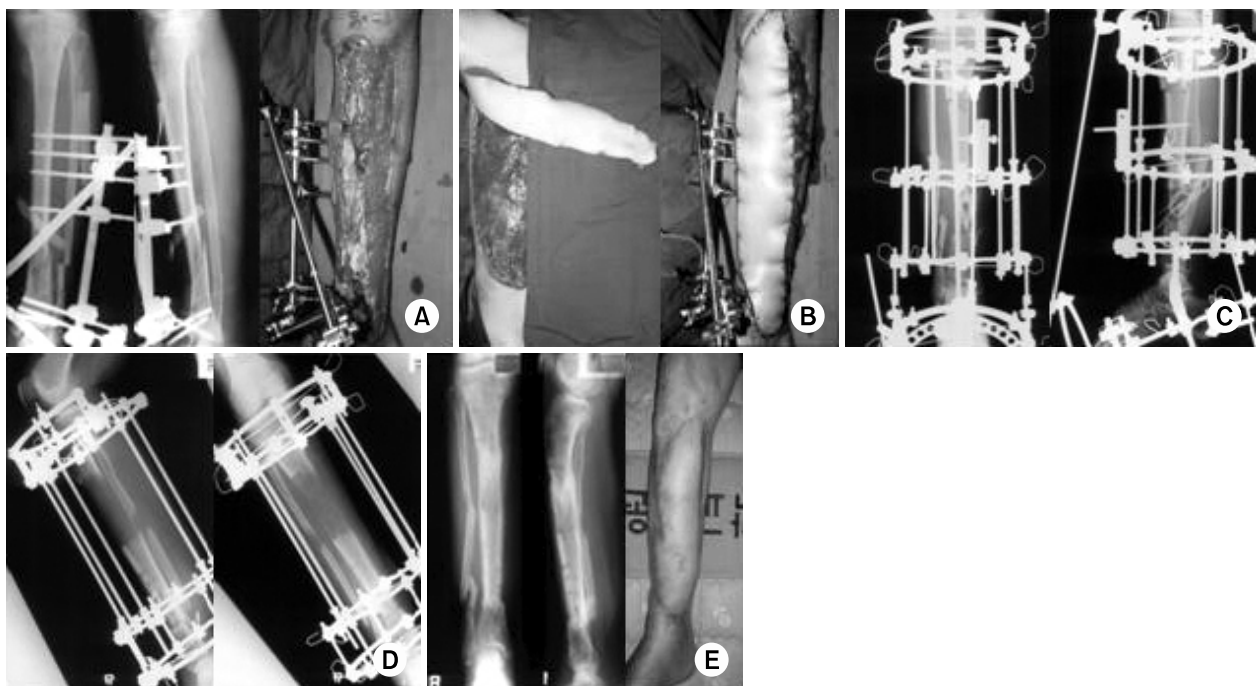


Fig. 1. The 67 year-old male sustained comminuted open fracture of the right distal tibia and fibula (Gustilo III-c type) with soft tissue defect by traffic accident. External fixation was done, but delayed soft tissue coverage, then developed infected nonunion with chronic osteomyelitis according to Paley classification at postoperative 5 months.

(A) Roentgenograms showed nonunion tibia with soft tissue defect.

(B) The free flap of latissimus dorsi applied to soft tissue defect site.

(C) After radical excision of all necrotic tissue, applied bifocal Ilizarov frame with acute shortening of 6cm in length and inserted vancomycin beads.

(D) Follow-up study at eight months after operation with Ilizarov technique showed consolidation of regenerates and union of docking site.

(E) Roentgenograms fifteen months after operation showed excellent bone and functional result.

직 결손이 동반된 감염성 경골 불유합으로 전원되었으며, 전원손상 원인은 교통사고가 32예 (86.5%)로 가장 많았고, 추락사고가 3예 (8.3%), 산업장 둔상 사고 1예 (2.8%)였다. 36예 모두 개방성 골절이었다. 개방성 골절의 유형은 제II형이 4예, 제III-A형이 5예, 제III-B형이 19예, 제III-C형이 8예였다. 수상 후 일차적 치료로 일측성 외고정술을 26예, 혼합형 외고정술 10예에서 시행하였다. 단순 방사선 사진상 경골 고평부에서 발목 관절면까지 길이를 삼등분하여 불유합 위치를 근위부 14예, 중간부 10예, 원위부 12예로 구분하여 평가하였으며, 연부조직의 재건 방법으로 유리 피판술을 시행한 경우와 시행하지 않은 경우를 나누어 평가하였다.

2. 치료 방법

모든 예에서 염증 소견 및 만성 골수염이 확인된 골에 대하여 시기에 관계없이 감염성 골 절제 및 일리자로프 외고정술을 시행하였으며, 연부 조직 손상에 대해서는 주변 연부 조직의 상태에 따라 국소 피판술 및 근이전술을 시행하였으며, 이에 주변 연부 조직을 이용한 재건이 불가능한 경우 유리 피판술을 시행한 8예를 A군 (Fig. 1)으로 분류하였고, 국소 피판술을 시행한 11예, 피부 이식을 시행한 12예, 피판술 및 피부 이식을 하지 않은 5예를 B군으로 분류하였다 (Fig. 2). 유리 피판술은 광배근 유리 피판술을 4예, 박근 유리 피판술을 4예 시행하였다. 불유합의 위치가 근위부에서 1예 (1/8, 12.5%) 유리 피판술을 시행하였으며,

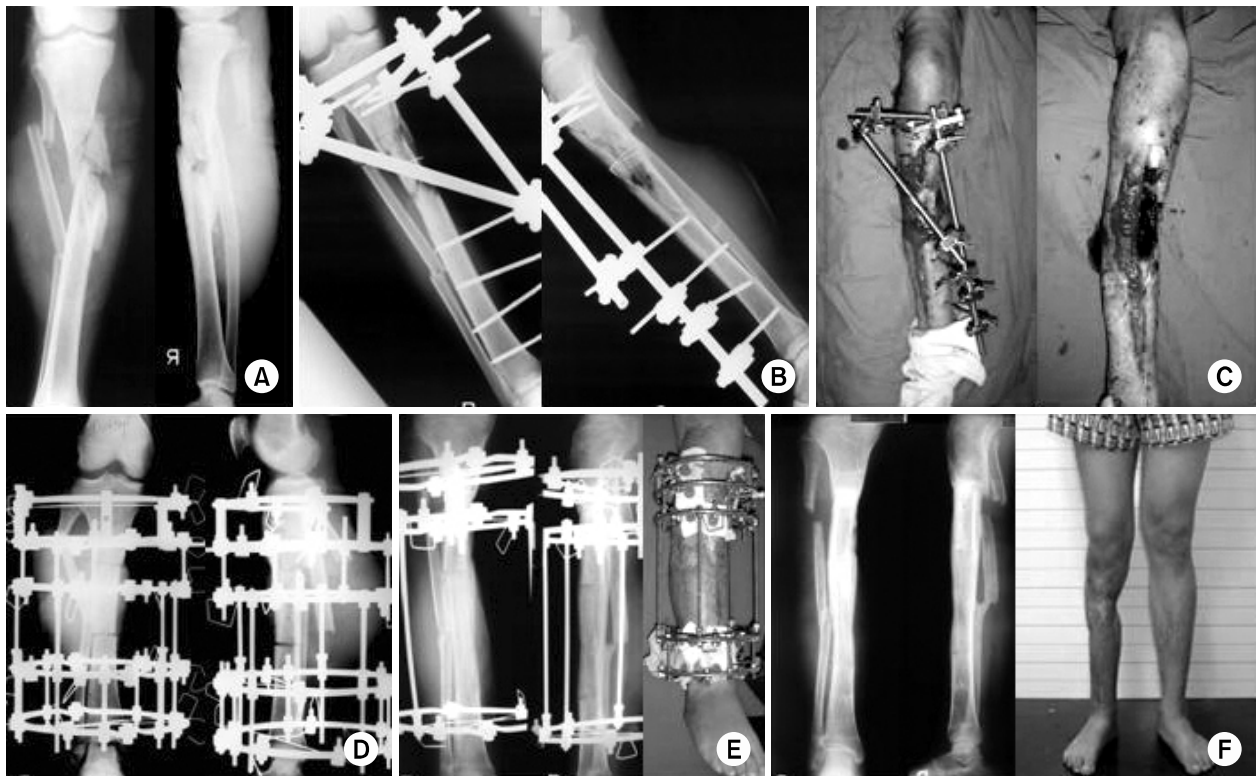


Fig. 2. The 27 year-old male sustained comminuted open fracture of the right tibia and fibula (Gustilo III-c type) with soft tissue defect by traffic accident. We couldn't check posterior tibial artery pulsation in ankle area. Closed reduction and external fixation was done, because unstable vital condition. Then developed infected nonunion with chronic osteomyelitis according to Paley classification at postoperative 3 months.

(A) Roentgenograms showed comminuted tibia and fibular fracture.

(B) Closed reduction and external fixation was done in emergency operation.

(C) Then developed infected nonunion with soft tissue defect after 3 months.

(D) After radical excision of all necrotic tissue, applied bifocal Ilizarov frame with acute shortening of 5 cm in length.

(E) Follow-up study at 10 months after operation with Ilizarov technique showed consolidation of regenerates and union of docking site.

(F) Roentgenograms 16 months after operation showed excellent bone result and good functional result.

중간부 3예 (3/8, 37.5%), 원위부 4예 (4/8, 50.0%)에서 유리 피판술을 시행하였다. 33예에서는 근위부 또는 원위부의 한 부위에 피질골 절골술을, 3예에서는 두 부위에 피질골 절골술을 시행하였다. 골 연장은 피질골 절골 및 일리자로프 외고정술 1주일 후 하루 네 차례, 1 mm/day 연장을 시행하였다. 골 신연술 후에 접촉 부위 해면골 이식술은 29예에서 시행하였고, 감염 재발과 연부 조직 삽입 방지를 위한 항생제 혼합 시멘트 bead 사용은 28예에서 시행하였다. 감염성 골 절제 및 일리자로프 외고정술 시 광범위 골절제 부위에 항생제 혼합 시멘트 bead 삽입 시 균 배양 검사를 실시하였으며, 32예 중 22예에서 균은 동정이 되지 않았고, 포도상 구균 6예, 연쇄상 구균 2예 및 그람 음성 막대균 2예가 동정되었다. 항생제는 수술 후 평균 25일 사용하였으며, 항생제의 종류에 따라 반코마이신 16예, 3세대 세팔로스포린계열 12예, 2세대 세팔로스포린계열 8예 사용하였다. 1주 간격으로 C 활성 단백질 (CRP) 검사를 실시하여 삽입 후 평균 3.8주 (2~6주)에 제거하였다.

3. 연구 방법

모든 예에서 골유합의 유무 및 기간을 알아보았고, 신연 신연 골 생성술을 이용한 골 신연에 대하여 일리자로프 외고정 기구를 이용한 치료기간을 일/cm 단위로 산출한 치유 지수 (healing index)를 측정하였다. 합병증은 Paley의 분류에 따라 문제점 (problems), 방해점 (obstacles), 진성 합병증 (true complication)으로 나누었다. 결과의 판정은 Paley의 기준에 따라 골적 결과와 기능적 결과로 평가하였으며, 골적 결과는 골유합, 감염 유무, 변형, 하지 부동의 유무 등을 기준으로 하여 우수, 양호, 보통, 불량으로 구분하여 평가하였으며, 기능적 결과는 동통, 관절 구축, 연부 조직 위축, 보행 시 파행 등의 유무 및 일상생활 수행 능력정도를 평가하였다^{15,16)}.

4. 통계학적 방법

통계학적 방법은 SPSS 11.0 version을 이용하여 결손 위치에 따른 치료 결과와 연부조직 재건 방법에 따라 Chi-square test, Independent T-test를 사용하였으며 유의 수준은 p-value가 0.05 이하인 경우로 하였다.

결 과

수상 후 신연골형성술 및 연부 조직 재건술까지의 평균 기간은 6.5개월 (2~10개월)이며, 전 예에서 감염 근치 및 연부 조직 재건과 골유합을 얻었으며, 일리자로프 외고정

기에 의한 평균 골연장 길이는 6.7 cm (3.5~12.4 cm), 평균 골연장율 (percentage of increment)은 18.3%였고, 평균 골유합 기간은 10.6개월 (8~14개월), 평균 치유 지수 (healing index)는 54.6일/cm이었다. 외고정 기간은 신연골 형성 기간 및 경화기간을 합하여 평균 10.4개월 (9~16개월)이었다.

불유합 위치에 따른 평균 골 치유지수는 근위부 45.6 days/cm, 중간부 53.8 days/cm, 원위부 59.8 days/cm이었으며, 근위부에서 중간부와 원위부에 비해 골 1 cm 신연에 약 8.2~14.2일 단축되어 통계학적으로 의미있게 감소되었으나 ($p=0.038$), 중간부와 원위부 간에는 통계학적 의의는 없었다 (Fig. 3).

중간부 불유합에 있어 유리 피판술을 시행한 예에서 평균 골 치유지수는 46.8 days/cm, 유리 피판술을 시행하지 않은 예에서 56.8 days/cm이었으며, 원위부 불유합에 있어 유리 피판술을 시행한 경우 골 치유지수는 46.2 days/cm, 유리 피판술을 시행하지 않은 예에서 66.6 days/cm으로 빈도수가 적어 통계학적으로 의의는 없었으나 ($p>0.05$), 유리 피판술을 시행한 경우 중간부 및 원위부의 골 치유지수가 근위부의 골 치유지수와 유사한 결과를 보였다.

Paley에 의한 골적 결과는 근위부가 양호 이상이 92.9%, 중간부 80.0%, 원위부 71.2%이었으며, 기능적 결과는 근위부 90.5%, 중간부 80.0%, 원위부 75%로 근위부가 중간부와 원위부에 비해 골적 ($p=0.025$), 기능적 결과 ($p=0.03$)가 우수하였으며, 중간부는 원위부에 비해 골적 결과에서는 통계학적으로 의미있게 우수하였으나 ($p=0.03$), 기능적 결과에서는 통계학적 의의는 없었다 (Fig. 4).

Paley의 분류에 따른 합병증으로는 편위위 감염은 전 예에서 1개 이상 발생하였다. 그외, 근위부에서는 조기 골경화 1예, 신경 건인 1예, 중간부에서는 신경건인 1예, 연부 조직 삽입 1예, 재골절 1예, 원위부에서는 지연 골 경

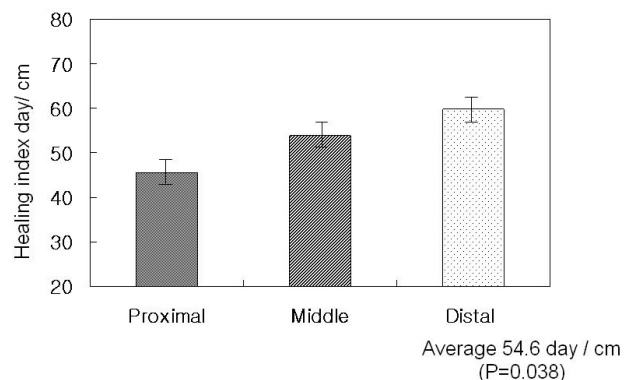


Fig. 3. The healing index of proximal location show shorter than other site ($p=0.038$).

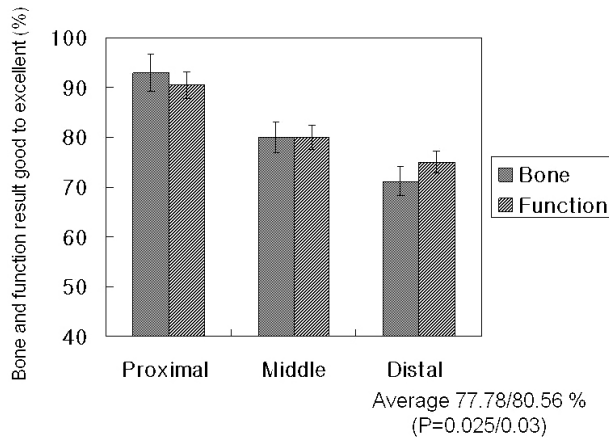


Fig. 4. The bone and functional result of proximal location show better than other site ($p=0.025$, $p=0.03$).

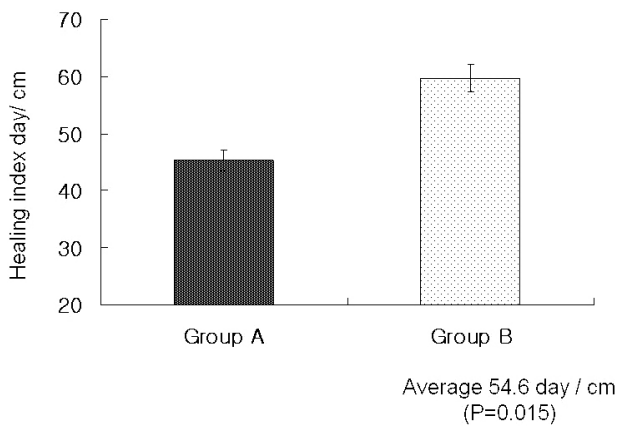


Fig. 5. The healing index of group A show shorter than group B ($p=0.015$).

화 1예, 침족 변형 1예, 재골절 1예를 보였으나 통계학적인 의미는 없었다 ($p>0.05$).

연부조직의 재건 방법에 따라 평균 골 치유지수는 A군이 45.3 days/cm, B 군이 59.7 days/cm로 A군에서 약 14.4일이 감소하였으며 이는 통계학적 의미가 있었다 ($p=0.015$) (Fig. 5). 골적 결과에서는 A군 85.7%, B군 70.6%에서 양호 이상의 결과를 보였으며, 기능적 결과는 A군이 90.5%, B군이 71.4%에서 양호 이상의 결과를 보여, A군에서 골적, 기능적으로 우수한 결과를 보였다 ($p=0.025/0.015$) (Fig. 6). 중간부 1예, 원위부 1예에서 유리 피판술의 표층 감염성 부분 과사로 변연 제거술과 2차 피부 이식술을 시행하였다. 합병증으로 A군에서 조기, 지연 골 경화 1예, 신경 경인 1예, 재골절 1예를 보였고, B군에서 신경 견인 1예, 골 단축 부위 연부 조직 감염 1예, 재골절 1예를 보였다 ($p>0.05$). 자가골 해면골 이식을 시행한 모든 예에서 골유합을

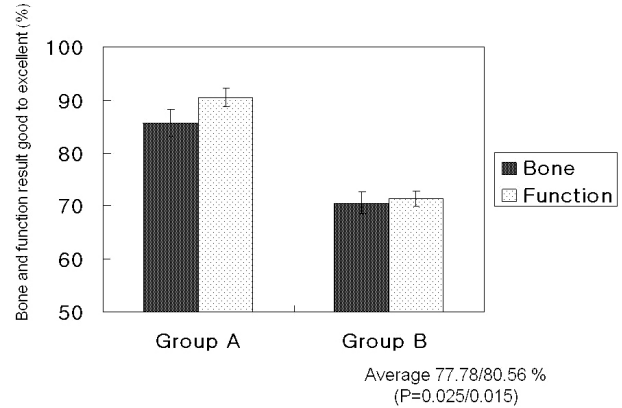


Fig. 6. The bone and functional result of group A show better than group B ($p=0.025$, $p=0.015$).

얻었으며, 골 공여부의 통증은 소실되었고, 그 외 공여부의 합병증은 보이지 않았다.

고 찰

감염성 불유합 치료의 가장 중요한 단계는 만성 감염의 근치이며, 감염성 골조직을 근치적으로 제거하여야 하고 풍부한 혈액 공급이 되도록 연부 조직 재건을 실시하여 감염 근치뿐만 아니라 골유합을 촉진시켜야 한다^{3,4,7,14,15}.

경골에서는 불유합 부위에 따라 근위부, 중간부, 원위부에 혈액 순환 및 연부 조직 결손에 차이를 보이게 되며, 불유합이 근위부에 위치할수록 원위부에 비해 혈액 공급량이 많고 골주위에 양호한 연부 조직이 존재하여 근육, 피부를 이용한 재건이 용이하여 근위부 불유합에서 다른 부위에 비해 골적 치유 지수와 골적 결과 및 기능적 결과가 통계학적으로 우수하게 나타났다. 이러한 결과는 불유합 부위가 원위부일수록 골유합 및 감염의 근치가 쉽지 않다는 것을 말하며, 이에 여러 차례의 장기간 수술적 치료가 필요할 수도 있다.

연부 조직 결손과 만성 골수염이 동반된 경골 불유합에 대한 여러 가지 치료방법 등이 소개되었으며, 일리자로프 외고정술이 활발히 사용되기 이전에는 광범위 골절제 후 자가골 이식 및 금속 내 고정술 또는 광범위 골조직 제거 및 혈관 부착 비골 이식술을 시행하였으나, 감염의 제발 및 불유합, 공여부 합병증 등의 합병증 증가로, 최근에는 일리자로프외고정장치를 이용하여 감염성 골조직 제거와 신연 골 형성술은 유리 피판술과 병행하여 우수한 결과를 보고하고 있다^{6,11,16}. 이에 저자들은 경골의 감염성 불유합의 치료에 있어서 불유합이 원위부에 위치할수록 연부 조직의 회복에 각별한 주의와 노력이 필요하리라 생각되며, 혈관 상태가 좋은 유리 피판술을 병행시 골 치유 지수와 골

유합을 효과적으로 향상시킬 수 있다. 이러한 유리 피판술에 대하여 Han 등¹⁰⁾은 연부조직 결손과 만성 골수염이 동반된 경골 불유합에 대하여, 유리 피판술과 일리자로프를 이용한 외고정술이 환자들의 항생제 사용기간, 입원기간 감소와 골유합을 증가를 나타남을 보고하였다. 연부조직 결손이 동반된 경골 감염성 불유합 시 연부조직 재건과 일리자로프 외고정 장치를 이용한 병행치료가 골유합의 촉진, 골 치유지수 및 합병증의 감소에 유용하다는 많은 연구가 보고되고 있으며, 특히 연부 조직 상태가 양호한 유리 피판술이 국소 피판술이나 피부이식술에 비해 우수한 결과를 보이는 연구가 보고되고 있다^{6,10)}. 이는 유리 피판술이 광범위한 연부 조직 결손 부위를 피복하여, 골 주위 조직에 신생 혈관과 육아조직을 형성하여, 감염성 조직의 파괴와 신생골 형성과 골 유합을 촉진시키는 반면, 불유합 주변의 불량한 연부 조직을 이용한 재건은 양호한 유리 피판에 비해 골절의 유합과 감염에 대한 저항 능력이 저하되어 있기 때문이다. 그러나 유리 피판술 시행은 수술 술기가 어려우며, 유리 피판술 혈관 접합부위의 혈전이나 혈종에 의해 여러 차례 재수술이 필요할 수 있으며, 이식 실패 시 절골이나 절단 등의 골에 대한 수술적 치료가 필요하고 또한 공여부위의 통증이나, 조직 결손에 따른 합병증이 있다. Tukiainen와 Asko-Seljavaara¹⁹⁾는 유리 피판술을 먼저 시행하고 나중에 일리자로프 고정술을 시행하였다고 보고하였고, Jupiter 등⁹⁾은 유리 피판술과 동시에 일리자로프 기구 고정을 하여 좋은 결과를 보고하였으며, Lowenberg 등¹³⁾은 유리 피판술과 골연장술을 동시에 시행한 경우와 유리 피판술을 시행하고 추후에 일리자로프 고정술을 시행한 경우 모두 만족스런 결과를 보고하였다. 저자들은 연부 조직 결손이 동반된 경우에는 일측성 외고정 고정 상태에서 유리 피판술을 시행하였으며, 유리 피판술이 생존 후 3~4주가 경과한 후에 광범위 사골 절제술 및 일리자로프고정술과 피절골 절골술을 동시에 시행하였다. 저자들은 유리 피판술과 일리자로프 고정술을 동시에 시행하는 경우는 장시간의 수술시간이 요구되며, 유리 피판술 후 핀삽입이 유리 피판의 생존에 좋지 않은 영향을 줄 수 있고, 유리 피판술 후 처치가 곤란하며, 경우에 따라서는 직경이 큰 링을 사용해야 하기 때문에 골편의 안정성에 문제가 될 수 있으므로 동시에 시행하는 것은 장점보다는 단점이 많을 것으로 생각한다. 따라서 유리 피판술을 먼저 시행하여 피판의 생존이 확실하면 이차적 일리자로프 고정술을 시행하여야 하는 것을 권유한다.

일리자로프 고정술에 있어 철저한 감염성 골조직과 연부 조직을 충분히 제거해야 하며, 제거 부위의 빈공간에 감염의 근치 및 연부 조직의 삽입을 예방하기 위해 항생제 혼합 시멘트를 삽입하여 감염성 염증을 조절하여 원위부 피

절골 절골술과 이에 따른 신연 골연장과 골 접촉 부위의 해면골 이식술을 시행한다. 일리자로프 외고정을 이용한 신연 골형성술 시 골 접촉부위 (Docking site)는 단계적 연장 시 주변 연부 조직 삽입으로 인해 골유합 어려운 부위로 대부분의 경우 해면골 골이식이 필요하며, 또한 광범위 감염성 골조직 제거 시 항생제 혼합 시멘트 삽입하여 C 반응 단백질을 검사하여 제거 시기를 결정하였다.

연부 조직 결손과 골결손이 동반된 경골의 감염성 불유합을 치료하는데 있어 일리자로프 외고정을 이용한 치료는 연부 조직 및 골결손을 극복할 수 있는 매우 효과적인 치료법이지만, 정확한 수기와 함께 치료 과정 중 나타나는 합병증에 대한 적절한 처치를 함으로써 보다 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료되며, 근위부보다는 중간부나 원위부에서 발생하는 불유합이 결과가 좋지 않으므로, 이 부위의 감염성 불유합에 대해서는 유리 피판술을 시행하는 것이 치료 결과를 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다.

결 론

연부 조직 결손과 골결손이 동반된 경골의 감염성 불유합의 치료 시 일리자로프 외고정 기구를 이용한 치료는 우수한 결과를 보이며, 근위부 불유합은 다른 부위에 비해 치료 결과가 우수함을 알 수 있었다. 또한, 유리 피판술을 이용한 연부 조직 재건술을 시행하면 빠른 감염 치유 및 골유합을 얻을 수 있어 치료 결과를 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 경골 불유합에 의한 합병증을 줄일 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) Alt V, Meeder PJ, Seligson D, Schad A, Atienza C Jr: The proximal tibia metaphysis: a reliable donor site for bone grafting? Clin Orthop Relat Res, **414**: 315-321, 2003.
- 2) Aronson J, Johnson E, Harp JH: Local bone transportation for treatment of intercalary defects by the Ilizarov technique. Biomechanical and clinical considerations. Clin Orthop Relat Res, **243**: 71-79, 1989.
- 3) Cattaneo R, Catagni M, Johnson EE: The treatment of infected nonunions and segmental defects of the tibia by the methods of Ilizarov. Clin Orthop Relat Res, **280**: 143-152, 1992.
- 4) DeCoster TA, Gehlert RJ, Mikola EA, Pirela-Cruz MA: Management of posttraumatic segmental bone defects. J Am Acad Orthop Surg, **12**: 28-38, 2004.
- 5) Dendrions GK, Kontos S, Lyristsis E: Use of the

- Ilizarov technique for treatment of non-union of the tibia associated with infection. *J Bone Joint Surg Am*, **77**: 835-846, 1995.
- 6) **Duman H, Sengezer M, Celikoz B, Turegun M, Isik S**: Lower extremity salvage using a free flap associated with the Ilizarov method in patients with massive combat injuries. *Ann Plast Surg*, **46**: 108-112, 2001.
 - 7) **Freeland AE, Mutz SB**: Posterior bone grafting for infected ununited fractures of the tibia. *J Bone Joint Surg Am*, **58**: 653-657, 1976.
 - 8) **Gordon L, Chiu EJ**: Treatment of infected nonunions and segmental defects of the tibia with staged microvascular muscle transplantation and bone-grafting. *J Bone Joint Surg A*, **70**: 377-386, 1988.
 - 9) **Gustilo RB, Merkow RL, Templeman D**: The management of open fractures. *J Bone Joint Surg Am*, **72**: 299-304, 1990.
 - 10) **Han SB, Park YW, Park HW, Kim HW, Kim BH**: Comparison of treating tibial nonunion with bone and soft tissue defect: Ilizarov only versus free flap and Ilizarov. *J Korean Orthop Asso*, **37**: 754-758, 2002.
 - 11) **Ilizarov GA**: The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues. Part II. The influence of rate and frequency of distraction. *Clin Orthop Relat Res*, **239**: 263-285, 1989.
 - 12) **Jupiter JB, Kour AK, Palumbo MD, Yaremchuk MJ**: Limb reconstruction by free-tissue transfer combined with the Ilizarov method. *Plast Reconstr Surg*, **88**: 943-954, 1991.
 - 13) **Lowenberg DW, Feibel RJ, Louie KW, Eshima I**: Combined muscle flap and Ilizarov reconstruction for bone and soft tissue defects. *Clin Orthop Relat Res*, **332**: 37-51, 1996.
 - 14) **Maini L, Chadha M, Vishwanath J, Kapoor S, Mehtani A, Dhaon BK**: The Ilizarov method in infected nonunion of fractures. *Injury*, **31**: 509-517, 2000.
 - 15) **Paley D**: Problems, obstacles and complication of limb lengthening by the ilizarov technique. *Clin Orthop Relat Res*, **250**: 81-104, 1990.
 - 16) **Paley D, Catagni MA, Argnani F, Villa A, Bennedetti GB, Cattaneo R**: Ilizarov treatment of tibial nonunions with bone loss. *Clin Orthop Relat Res*, **241**: 146-165, 1989.
 - 17) **Schöttle PB, Werner CM, Dumount CR**: Two-stage reconstruction with free vascularized soft tissue transfer and conventional bone graft for infected nonunions of the tibia: 6 patients followed for 1.5 to 5 years. *Acta Orthop*, **76**: 878-883, 2005.
 - 18) **Sen C, Kocaoğlu M, Eralp L, Gulsen M, Cinar M**: Bifocal compression-distraction in the acute treatment of grade III open tibia fracture with bone and soft-tissue loss: a report of 24 cases. *J Orthop Trauma*, **18**: 150-157, 2004.
 - 19) **Tukiainen E, Asko-Seljavaara S**: Use of the Ilizarov technique after a free microvascular muscle flap transplantation in massive trauma of the lower leg. *Clin Orthop Relat Res*, **297**: 129-134, 1993.