대한골절학회지 제16권, 제1호, 2003년 1월
The Journal of the Korean Society of Fractures
Vol.16, No.1, January, 2003

심한 개방성 경골 간부 골절의 혼합형 외고정 장치와 제한적 내고정술을 이용한 치료

한홍준 · 채수욱 · 정을오

원광대학교 의과대학 정형외과학교실

<국문초록>

목 적 : 경골 간부의 심한 개방성 골절에 대해 혼합형 외고정 장치를 이용한 외고정술과 제한적 내고정술을 시행 후 결과를 분석하여 임상적 유용성을 알아 보고자 한다.

대상 및 방법 : 1998년 6월부터 2001년 6월까지 경골 간부 골절중 Gustilo분류상 Ⅱ형 이상의 심한 개방성 골절시 본원에서 개발한 혼합형 외고정 장치(AnyFix®)와 함께 제한적 내고정술을 시행후 1년이상 추시 관찰이 가능한 25례의 환자를 대상으로 하였다. 남자는 20례, 여자는 5례였으며 평균 연령은 45세(11세-72세)이었고, 결과는 방사선학적으로 골유합 기간과 지연 유합, 불유합, 부정 유합의 여부등을 분석하였으며, 수술후와 최종 추시상에 임상적으로 동통 유무, 관절 운동범위, 창상 감염 발생, 연부 조직 피복등을 관찰하였다. Gustilo분류상 Ⅱ형은 6례, ⅢA형은 9례, ⅢB형은 10례였다. 손상 원인으로는 교통사고가 18례, 추락 사고가 2례, 압궤 손상이 5례이였다.

결 과 : 25례중 15례에서 합병증 병발없이 골유합을 얻었으며 골유합기간은 평균 6.8개월이었다. 10례는 개방성 창상을 동반한 골결손과 심한 분쇄골절로 염증 조절후 조기에 2차적 골이식이 필요하였는데 이 중 9례에서 외고정 장치의 재고정없이 골유합을 얻었고 평균 골유합 기간은 8.7개월이었고 1례에서만 불유합으로 골수내 금속정 삽입 및 골이식술을 시행하였다. 골절 부위의 동통을 호소한 경우는 없었으나 2례에서만 경도의 관절강직 소견이 보였고, 창상 감염은 2례에서 발생하여 항생제 치료 및 창상 소독으로 치료 되었다. 심한 연부조직 손상을 동반한 5례중 외고정 장치의 재고정없이 3례에서 피판 이식술을 시행하였으며, 1례에서 근육 이전술, 1례에서 광범위한 피부 이식술을 시행하여 적절한 연부 조직 피복이 가능하였다.

결 론 : 경골 간부의 심한 개방성 골절에서 혼합형 외고정 장치와 제한적 내고정술을 이용하여 골절편의 해부학적 안정적 고정으로 조기 골유합을 얻을 수 있으며, 부수적인 연부조직 손상없이 고정이 가능하다는 점에서 유용한 방법이라 사료되며 혼합형 외고정 장치는 장치의 교체없이 골이식술이나 연부조직 재건술이 가능하다는 점에서 유용한 방법이라 사료된다.

색인단어 : 경골, 개방성 골절, 제한적 내고정술, 혼합형 외고정 장치

※**통신저자** : **한 홍 준**
전북익산시 신용동 344-2
원광대학교의과대학 정형외과학교실
TEL : 063-850-1253, FAX : 063-852-9329
e-mail : hhj@wonkwang.ac.kr

* **본논문은** 2002**년도 원광대학교교비지원으로 이루어졌음.**
* **본논문의 요지는** 2002**년제** 28**차대한 골절학회추계 학술대회에서 구연되었음.**

서 론

연부조직손상을동반한심한개방성골절의경우 감염의 위험으로 내고정술 보다는 외고정술을 시행해왔다. 하지만제한적내고정술은골절부위의감염 위험이 적으며비교적정확한정복과 초기안정화를 통해조기골유합을얻을수있어외고정술시에도제한적 내고정술을 함께 이용하고 있다[1,15]. Ilizarov와 같은 원형 외고정기의 경우 골 조직에 대한 자극이 적고공간배열조정이용이하고 병변에대한삼차원적인교정이가능하나부피가 크고거추장스러워환자가 불편해 하며 술기의 어려움과 지연유합, 불유합, 핀감염, 신경혈관손상등의합병증발생빈도가 높으며 골이식이나연부조직재건술등의이차적인 수술이어렵다고보고되어왔다[4,9,13]. 이에경골의심한개방성골절에대해혼합형외고정장치를이용한 외고정술과제한적내고정술을시행후결과를분석하여임상적유용성을알아보고자한다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

1998년 6월부터 2001년 6월까지 경골 간부 골절중 Gustilo분류상 II 형 이상의 심한 개방성 골절시 본원에서개발한혼합형외고정장치인 AnyFix®(Fig. 1)와

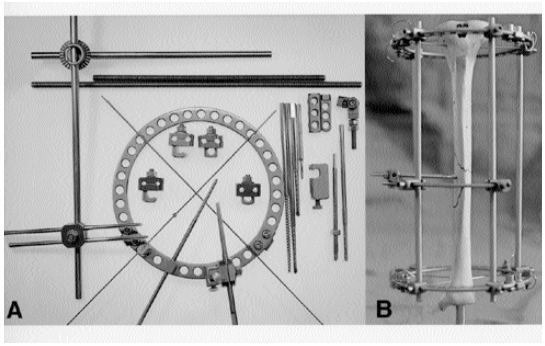

Fig. 1: Components(A) and model(B) of AnyFix® that was invented by authors. Those are ring(full or 2/3), K-wire, clamp, rod, half pin, push pin and crane pin.

함께 제한적 내고정술을 시행후 최소 1년이상(12-27개월) 추시 관찰이 가능한 25례의 환자를 대상으로 하였다. 남자는20례, 여자는5례였고, 연령분포는 11세에서 72세까지 평균 45세였으며, Gustilo분류상 II형은 6례, IIIa형은 9례, IIIb형은 10례였다. 수상 원인으로는교통사고가 18례, 압궤손상이 5례, 추락사고가 2례이었다. 25례 모두에서 혼합형 외고정 장치를 사용하였으며 최소절개의개방창을통한지연나사못(lag screw), K-강선 및 강선을 이용한 제한적 내고정술을시행하였다. 이중지연나사못 10례, K-강선 7례, 지연 나사못과 K-강선 혼합 7례, 지연 나사못과 강선을이용한경우가 1례이였다.

2. 수술방법및술후평가방법

C형 영상 증폭기하에서 해부학적 정복을 시도하여제한적최소 피부절개를시행, 지연나사못, K-강선및강선을이용하여고정력과안정성을증가시키기위해제한적내고정술로관혈적 정복을시행한후 골단(epiphysis)에 2개의금속환(full 또는 2/3 ring)에 K-강선으로 고정한후 3-4개의 rods로 금속환을 연결하고, half pins와 특수하게고안된 push pins, crane pins등을골간이나골간단에삽입하여정복유지고정하였으며, 1례을 제외하고 골유합이 완전히 이루어질때까지유지하였으며(definitive modality), 대부분골유합후 외고정 기구를 한번에 제거 하였다. 수술후 관절운동을 즉시 시행하였고, 단순 방사선상 분쇄, 고정정도에 따라 평균 4주경부터 부분 체중부하를 허용하였다.

방사선학적 평가와 임상적 평가를 모두 시행하였으며, 방사선학적으로단순방사선촬영을시행하여 골절정복상태, 골유합시기, 지연유합, 불유합, 부정유합의여부등을분석하였고, 분절골절의경우골유합은 모든 골절 부위가 유합되는 시기로 하였다. 수술후와 최종 추시상에 임상적으로 동통 유무, 관절운동범위, 감염 발생, 연부 조직 피복등을 관찰하였으며, 또한 피부 및 연부조직의 피복을 위하거나 부가적인골이식 수술을시행할시외고정기와 내고정기의제거및교체등의여부에대해서도분석하였다.

결 과

25례중 15례에서 골절의 완전유합이 이루어져서 외고정 장치를 제거한 시기는 수술후 2개월부터 이루어졌으며, 최장 9개월까지 골유합기간은 평균 6.8

개월(3.2개월-9.1개월)이었다. 10례는 개방성 창상을 동반한골결손과심한분쇄골절로염증조절후조기에이차적골이식이필요하였는데이중외고정장치의 재고정없이 골이식을 시행한 경우가 7례였고 외고정장치의재고정없이 핀이나 K-강선의교체와골이식술을 시행한 경우가 3례였다. 이 중 9례에서 골유합을 얻었고 평균 골유합 기간은 8.7개월(6.4개월-13.2개월)이었으며, 1례에서만불유합으로외고정장치제거후골수강내금속정삽입술및골이식술을시행하였다. 심한 연부조직 손상을 동반한 5례중 외고정 장치의 재고정없이 3례에서 피판 이식술을 시행하였으며, 1례에서 근육 이전술, 1례에서 광범위한 피부이식술을시행하여적절한연부조직피복이가능하였다.

골절 부위의 동통을 호소한 경우는 없었으며 2례에서만 경도의 관절강직 소견이 보였으나 일상생활에는 불편을 호소하지 않았으며, 5례에서 경도의 핀 주위감염이있었으나 항생제치료등으로 해결되어서문제가 되지는않았다. 창상 감염은 2례에서발생하여항생제치료및창상소독으로 ESR, CRP의정상화소견등염증소견이관찰되지않았다.

증 례

증례1

34세남자로 교통사고로인한경골 간부중간부에서근위부까지 Gustilo분류IIIb의개방성분쇄골절로 수상후 즉시 골절 부위 창상에 대해서 세척 및 변연절제술을 시행하였다. 골단(epiphysis)에 2개의 금속환을 K-강선으로고정한후 4개의 rods로금속환을연결하고, 분쇄골절에대해서는골막의 손상을최소화하면서 제한적 관혈적 정복술로 2개의 지연나사(lag screw) 고정을 실시한후 AnyFix®를 이용하여 혼합형 외고정술을 시행하였다. 관절운동은 수술 직후부터 그리고체중부하는수술 후약 3주부터하였으며, 술후 5.1개월에 완전 골유합을 얻었다. 외고정 기구를 완전 제거 후 임상적으로 만족을 보였으며, 관절 운동장애도거의없었다(Fig. 2).

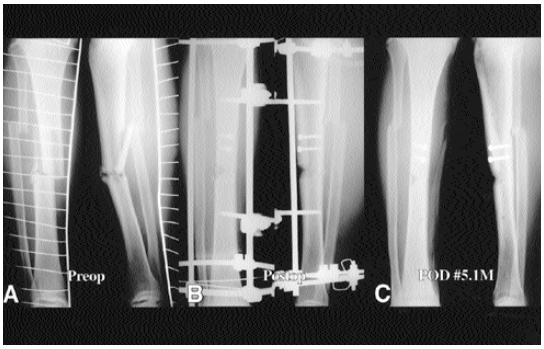

Fig. 2 : (**A**) The preoperative AP and lateral radiographs of 34-year-old man with a comminuted mid-shaft tibiofibular fracture of Gustilo open type**III**b. (**B**) Immediate postoperative AP and lateral radiographs with hybrid external fixation(half pin, lag screws and AnyFix®). (**C**) At 5.1 months after operation, the frame was removed with an excellent result.

증례2

29세 남자로교통사고로인한 경비골간부원위부에 Gustilo분류 II 의개방성분쇄골절로수상후즉시 골절 부위 창상에 대해서 세척 및 변연 절제술을 시행하였다. 골단(epiphysis)에 금속환을 K-강선으로 고정한후 3개의 rods로금속환을연결하고, 분쇄골절에대해서는골막의 손상을최소화하면서제한적관혈적 정복술로 1개의 지연나사(lag screw) 고정과 push pin을 삽입하여 정복한후 AnyFixR를 이용하여 혼합형외고정술을시행하였다. 원위비골에대해서도금속판 삽입을 시행하였다. 관절운동은 수술직후부터 시행하였으며, 분쇄와함께골결손으로술후 4주에 외고정 장치의 변화 없이 골 이식술을 시행하였다. 술 후 9.2개월에 완전 골유합을 얻었다. 외고정 기구를완전제거후경도의족관절운동제한이있었으나 일상 생활에 지장을 초래하지 않았으며 임상적으로 만족을보였다(Fig. 3).

증례3

42세 남자로 교통사고로 인한 경비골 원위부에 Gustilo분류 IIIb의 개방성 분절 골절로 수상후 즉시 골절 부위 창상에 대해서 세척 및 변연 절제술을 시행하였다. 골단(epiphysis)에 2개의 금속환을 K-강선으로고정한후 4개의 rods로금속환을연결하고, 분쇄

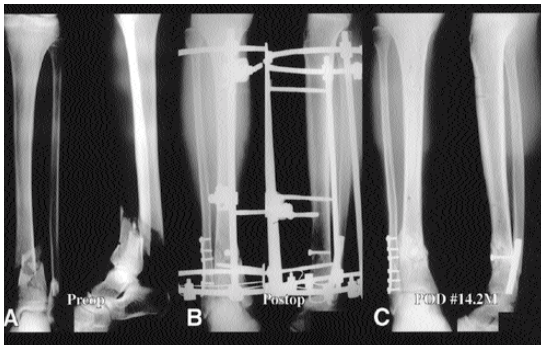

Fig. 3 : (**A**) The preoperative AP and lateral radiographs of 29-year-old man with a comminuted distal shaft tibiofibular fracture of Gustilo open type Ⅱ. (**B**) Immediate postoperative AP and lateral radiographs with hybrid external fixation(half pin, push pin, lag screw and AnyFixR). (**C**) At 4 weeks after operation, bone grafting without change of external fixator was done. The last follow up radiographs at 14.2 months show good union.

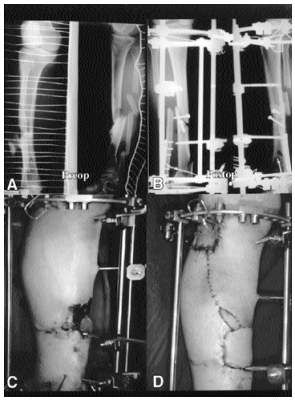

Fig. 4 : (**A**) The preoperative AP and lateral radiographs of 42-year-old man with a segmental distal shaft tibiofibular fracture of Gustilo open type Ⅲb. (**B**) Immediate postoperative AP and lateral radiographs with hybrid external fixation(half pin, olive pin, lag screws and AnyFixR). (**C,D**) At 5 weeks after operation, saphenous flap operation without change of external fixator was done.

골절에대해서는골막의손상을최소화하면서제한적 관혈적 정복술로 근위부 골절에 2개의 지연나사(lag screw)을원위부골절에 olive pin 고정하여정복한 후 AnyFixR를 이용하여 혼합형 외고정술을 시행하였다. 5주경에 외고정기구의 변화없이 표재 비골동맥을 이용한 피판술을 시행하였고 술 후 13.2개월에 완전 골유합을 얻었다. 외고정 기구를 완전 제거 후 임상적으로만족을보였으며, 관절운동장애도거의 없었다(Fig. 4).

고 찰

개방성골절은고에너지손상으로연부조직손상과골결손을동반한경우가많아치료에어려움이많다. 개방성 골절의 치료의 목적은 감염을 예방하여 창상의초기치유와골절의정복과고정으로유합하여 기능을 회복시키는데 있다. 적극적인 창상 세척 변연술, 효과적인 항생제 투여, 골절의 안정화, 연부조직의피복과함께골결손시조기의골이식술등의 수술적 방법등이 있다. 그러나 초기 치료의 결정에 따라서 예후에 많은 영향을 미치게 된다. 개방성 골절의안정된고정은연부조직에더이상의손상을피하고연부조직의안정화로혈류공급을 개선하여감염예방과골절치유를긍정적인방향으로진행시킬 수있다[7].

개방창의치료는감염및골괴사를줄이기위해세척및 변연절제술과 함께지연 일차봉합술 또는 이식술등의연부조직제건술로봉합한다. 저자들의경우 심한 연부조직 손상을 동반한 5례중 외고정장치의재고정없이 3례에서피판이식술을시행하였으며 1례에서근육이전술, 1례에서광범위한피부이식술을시행하여적절한연부조직피복이가능하였다.

개방성골절 치료방법으로기존의치료방법인석고나견인등의보존적치료법으로는골절 정복이어려우며, 수술적치료로금속판 내고정술과골수강내 금속정고정술, 외고정기를이용한고정술등이있다. 관혈적 정복과 내고정술시에 정상적인 해부학적 정복이 가능하여 안정성을 얻을수 있으나 연부조직의 손상을더욱악화시키고골편으로가는혈류에장애를가져와불유합, 부정유합과감염의발생등이많이 발생한다하였다[3,9]. 그러므로연부조직의손상을최소화할수있으며만족할만한고정의안정성을얻을 수있는외고정장치를이용한치료법에대해서연구가 활발이 되고 있다. 이러한 외고정기에는 측방 외

고정기와원형외고정기및이를혼합한혼합형외고정기로 나눌수 있다. 일측면 한평면 외고정 장치(unilateral one-plane fixator)는구조적으로 관절주위짧은 골편에 안정된 고정을 얻을 수 없어 원형 외고정기구가골절치료에 많이사용되는데이중대표격인 Ilizarov외고정 기구는 미세 축방향운동을 허용하여 가골형성의촉진과함께연부조직의손상이적어사지의 삼차원적 교정과 골 연장술에 좋은 방법이나, 기기설치와사용이복잡하여수술술기가어렵고강선에의한근육과 건의고정으로관절의운동제한과 구축, 통증과함께치료도중환자가매우불편하다는 문제가있고, 부가적인 골이식술과어려운 연부조직의시술등의이차수술이어려운점이지적되어왔다[4,7,13,17].

혼합형 외고정장치는이러한외고정 기기의문제점을해결하기위해사용되는것으로간편하고응용이 용이하며 견고하여 조기 관절 운동이 가능하고, 원형 외고정 기구에 비해 장치의 부피가 작아 골 및 연부 조직에 대한 치료가 용이한 장점이 있다[8,12]. Khalily 등[9]은 제한적 내고정술과 경피적 나사못 삽입을포함한외고정술이라정의하였으며, Pugh 등[12]은긴장 K-강선과원형고정기와함께 half-pin과일측면 bars을혼합한경우라 정의하였다. 저자들의경우 본 교실에서 고안된 AnyFix®는 2/3 ring segment, 1/3 ring segment, 8mm smooth rod 및 threaded rod와 ring segment로부터 half-pin을 고정하는 pin-fixation bolt, smooth rod에서 half-pin을 고정하는 pin clamp등으로 구성되어있어, pin fixator와 ring fixator의장점을최대로활용할수 있도록 되어 있다. 이러한 혼합형 외고정기는 여러저자들에 의해서 생역학적 비교 연구결과, 압박강성도와굽힘강성도등에서원형외고정기와 유사하며, 경우에 따라서 더 우수한 기계적 특징을갖고있다고보고하고있다[10,12,14].

외고정기에의한비관혈적정복술시내고정에비해 골절의 정복의 정확도가 많이 감소 되나, 관혈적 정복에의한내고정술은수술 창상으로골절편의혈류 장애에 의해 불유합, 지연유합과 고정물의 해리, 염증, 연부 조직의 손상을 더욱 악화 시켜서 개방성 골절의적응에는한계가있어왔다. 이에이를극복키 위해혼합형외고정시술시미세피부절개와제한적 내고정술 시행하는데 이의 이론적 배경으로 골절편 내내고정은골절편의해부학적고정과함께골절사이간격과골절편의미세한 움직임을 감소시키며이론적으로 외고정기의 stress를 감소해 주는 기전으로 높은 전단 응력을 피할수 있고, 골절 사이 간격감소로 특히 전후 굴곡 변형을 더욱 줄이며 이로 일차성 골유합을기대할수가있어여러저자들에의해골절의 조기 치료에 많이 적용되고 있다[1,6,9,11,15]. Weiner 등[18]은 50례의심한경골골절시에외고정과함께제한적 내고정술을시행하여 82%의좋은결과을 얻었다 하였으며, 본 교실에서도 경골의 관절주위 및 분쇄골절에대해서혼합형외고정장치와 12례에서제한적 내고정술을 시행하여 85%이상의 양호한 결과를얻었다[8]. Griffiths 와 Thordarson은[5] 16례의원위경골의관절내골절에대해서제한적내고정술후혼합형외고정장치를이용하여 족관절의 관절운동을분석하여 발표 하였고, 또한 Tornetta 등[16]도 26례의 천장 골절에서 내고정과 외고정을 병용하여 21례에서 좋은결과를보고하였다.

개방창의감염과골수염발생률은개방성골절일수록 정확하고 안정된 정복을 시행함으로써 감염률을 최소화 할 수 있다고 하였는데[2,6], 본 연구에서도 정확한제한적내고정술로강선이나핀에 심한감염없이 창상 감염만 단 2례에서만 발생하여 항생제와 창상소독으로감염을정상화하였으며, 동반된연부조직손상및골결손시외고정장치를외상이없은부위에 위치시켜 연부조직과골결손의치료을 위해조기에외고정장치을유지한상태에서골이식술을시행하였고 연부조직 결손에 대해서 조기의 피복술로 감염률과불유합및절단등의합병증을피할수있었다.

결 론

심한경골간부의 개방성골절에서혼합형외고정장치와 제한적 내고정술로 골절편의 해부학적인 안정적고정으로조기골유합을얻을수있으며부수적인 연부조직손상없이고정이가능하다는 점에서유용한방법이라사료되고혼합형외고정 장치을교체없이유지한채골이식술이나연부조직재건술이가능하다는점에서유용한방법이라사료된다.

REFERENCES

1) **Bach AW and Hansen ST** : Plates Versus external fixation in severe open tibial shaft fractures. A randomized trial, Clin, Orthop 241:89-94,1989.
2) **Caudle RJ and Stern PJ** : Severe open fractures of the tibia. J Bone Joint Surg, 69-A:801-806,1987.
3) **Chapman MW and Mahoney M** : The role of early internal fixation in the management of open fractures, Clin. Orthop 138:120,1979.
4) **Fleming B, Paley D and Kristiansen T** : A biomechanical analysis of the Ilizarov external fixator. Clin Orthop, 241:95-105,1989.
5) **Griffiths GP and Thordarson DB** : Tibial plafond fractures : limited internal fixation and a hybrid external fixation, Foot & Ankle International, 17:444-448, 1996.
6) **Gustilo RB and Anderson JT** : Prevention of infection in the treatment of the thousand and twenty-five open fracture of long bones. Retrospective and prospective analysis. J Bone joint surg. 58A:453-458,1976.
7) **Gustilo RB, Merkow RL and Templeman D** : The management of open fracture, J Bone Joint Surg, 72-A:299-304,1990.
8) **Han HJ, Kim YJ, and Kim JM** : Hybrid external fixation for periarticular or segmental fractures of tibia, J of Korean Society of Fractures 14:44-51,2001.
9) **Khaliy C, Voor MJ and Seligson D** : Fracture site motion with Ilizarov and hybrid external fixation. J Orthop. Trauma, 12(1):21-26,1998.
10) **Lundy DW, Albert MJ and Hutton WC** : Biomechanical comparison of hybrid external fixators. J Orthop. Trauma, 12-7:496-503,1998.
11) **Marsh JL, Smith ST and Do TT** : External fixation and limited internal fixation for complex fractures of the tibial plateau. J Bone Joint Surg, 77-A:661-673,1995.
12) **Pugh KJ. Wolinsky PR. Dawson JM and Stahlman GC** : The biomechanics of hybrid external fixation. J Orthop. Trauma, 13-1:20-26,1999.
13) **Song HR, Rho JY, Cho SH et al** : Biomechanical analysis of Korean Ilizarov fixator, J of Korean Orthop Surgery, 32:332-339,1991.
14) **Song KS and Si HJ** : Treatment of tibial fractures using the Ilizarov external fixator. J of Korean Orthop Surgery, 33:1437-1443,1998.
15) **Spiegel PG and Vanderschilden JL** : Minimal internal and external fixation in the treatment of open tibial fractures. Clin. Orthop 178:96-103,1983.
16) **Tornetta P, Weiner L, Bergman M, et al** : Pilon fractures : treatment with combined internal and external fixation. J Orthop Trauma, 7:489-496,1993.
17) **Tucker HL, Kendra JC and Kinnebrew TE** : Management of unstable open and closed tibial fractures using Ilizarov method. Clin Orthop, 280:125-135,1991.
18) **Weiner LS, Kelley M, Yang E, et al** : The use of combination internal fixation and hybrid external fixation in severe proximal tibia fractures. J Orthop Trauma, 9-3:244-250,1995.

Abstract

Hybrid External Fixation and Limited Internal Fixation for Severe Open Tibial Shaft Fractures

Hong Jun Han, M.D., Soo Uk Chae, M.D., Ul Oh Jeung, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine,
Wonkwang University Hospital, Iksan, Korea

Purpose: To evaluate the radiographic and clinical results of severe open tibial shaft fracture treated by hybrid external fixation and limited internal fixation.

Materials and Methods: We reviewed 25 patients open tibial shaft fracture(≥Gustillo classification type II) which were treated with hybrid external fixation(AnyFixR) that was invented by authors and limited internal fixation between June 1998 to June 2001. 20 males and 5 females were minimum follow up period of 12 months(12-27 months). The mean age was 45 old years(11-72 old years). The results were based on the assessment radiographical analysis with duration of bony union, delayed union including of states of nonunion and malunion, clinical analysis with pain, joint range of motion, wound infection and skin & soft tissue coverage. All fractures were classified according to the Gustilo classification, there were 6 cases of type II, 9 cases of type IIIa and 10 cases of type IIIb. The cause of injury, there were 18 cases of motor vehicle accident, 5 cases of direct trauma and 2 cases of fall from height.

Results: In twenty-five cases, fifteen had union, the average time of bone union was 6.8 months and additional bone graft without change of external fixator performed in ten cases, but one case have failed and then change of intramedullary nail with bone graft. In the group of bone graft, bone union was completed at mean 8.7 months. According to the clinical analysis, no pain in the fracture site, in complications, there were 2 cases of mild joint range of motion that has acceptable result and 2 cases of wound infection were treated with effective antibiotics theraphy and wound dressing. Five cases need to coverage of the open wound, 3 cases were flap operation and each case were muscle transfer, skin graft without change of external fixator.

Conclusion: The use of hybrid external fixation and limited internal fixation in severe open tibial shaft fracture to be successful for the stabilization of fracture and subsequent plastic and/or orthopaedic procedure for muscle and skin coverage, bone grafting are more easily accomplished without change of external fixator.

Key Words : Tibia, Open fracture, Limited internal fixation, Hybrid external fixator

Address reprint requests to
Hong Jun Han, M.D.
Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine, Wonkwang University
344-2, Shinyong-dong, Iksan, 570-711, Chunbuk, Korea
Tel : +82.63-850-1253, Fax : +82.63-852-9329
e-mail : hhj@wonkwang.ac.kr