

Difficult Fractures & Problems

개방성 골절의 치료의 최신 지견

박기철[✉] • 송영식

한양대학교 구리병원 정형외과

The Current Concepts in the Management of Open Fractures

Ki-Chul Park, M.D., Ph.D.[✉] and Young-Sik Song, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Hanyang University Guri Hospital, Guri, Korea

Open fractures require infection prevention, injured soft tissue management, and fracture fixation. Moreover, it should be treated according to the emergency surgery. The main goals of treatment are life preservation, limb preservation, infection prevention, and functional restoration. Treatment procedure is carried out in the following order. Early diagnosis and management in the emergency room, appropriate antibiotic treatment, adequate irrigation and thorough debridement, fracture fixation and wound restoration (temporary stabilization of the fracture and covering of the wound, definite fixation of the fracture and soft tissue coverage). Herein, we discuss the current trends in each treatment phase to be helpful to other clinicians regarding the applicability of these steps in clinical practice.

Key words: open fractures, debridement, external fixators, internal fixators

서론

개방성 골절이란 골절 부위가 개방 창상을 통해서 외부 환경과 연결되어 있는 골절을 말하며 골절 주위의 피부와 연부조직의 손상이 동반된다. 따라서 폐쇄성 골절에 비해 감염의 위험성이 높고, 불유합이 발생할 가능성이 높으며, 초기에 적절한 치료가 이루어지지 않으면 심한 경우 절단으로까지 이어지게 된다. 개방성 골절의 치료와 예후는 손상기전, 주위 연부조직의 손상 정도, 개방성 골절의 분류 및 세균 오염의 종류 등에 따라 결정된다(Table 1)¹⁾. 수상 시 오염된 상처가 감염의 원인이 될 수 있으나 상처에 대한 치료 중 외부 환경의 노출에 의한 이차 세균 감염이 보다 많은 감염의 원인이므로 가능한 한 빨리 폐쇄성 상처로 전환시켜 주는 것이 좋다. 또한 개방성 골절의 감염은 골절 치유와 예후에 중대한 영향을 끼치므로 감염의 예방과 손상된 연부조직의 치유

를 위하여 응급 수술에 준해 처치하여야 한다.

개방성 골절의 치료의 개념은 의학의 발전에 따라 생명의 보존(life preservation)에서부터 사지의 보존(limb preservation), 감염의 예방(infection prevention), 그리고 최근에는 기능의 회복(functional restoration)의 개념으로 발전했다.²⁾ 실제로 많은 환자들이 개방성 골절 치료 후에 발생하는 사지의 변형이나 지속되는 통증으로 이차적 절단술을 고려하기로 한다.³⁾ 따라서 개방성 골절의 환자의 치료함에 있어 감염의 예방, 골유합과 더불어 기능의 회복도 고려하여 치료 방향을 정하여야 한다.

개방성 골절의 치유는 다음의 순서로 요약될 수 있다. (1) 응급실에서의 초기 진단 및 처치, (2) 적절한 항생제를 투여, (3) 충분한 세척과 철저한 변연 절제술, (4) 골절의 고정 및 창상 수복(임시적인 골절의 안정과 창상의 덮음, 최종 골절의 고정과 연부조직 덮음)이다.

응급실에서의 초기 진단 및 처치

개방성 골절 환자가 응급실에 오면 전신적인 신체진찰과 이학적 검사를 통해 환자의 활력 기능의 회복과 생명에 지장을 초래

Received June 27, 2017 Revised August 7, 2017 Accepted August 19, 2017

[✉]Correspondence to: Ki-Chul Park, M.D., Ph.D.

Department of Orthopedic Surgery, Hanyang University Guri Hospital, 153 Gyeongchun-ro, Guri 11923, Korea

TEL: +82-31-560-2187 FAX: +82-31-557-8781 E-mail: kcpark722@gmail.com

Table 1. Gustillo-Anderson Classification of Open Fracture¹⁾

Type	Wound (cm)	Contamination	Soft-tissue damage	Bone injury
1	<1	Clean	Minimal	Simple, minimal comminution
2	>1	Moderate	Moderate, some muscle	Moderate comminution
3A	>10	High	Severe with crushing	Soft-tissue cover possible
3B	>10	High	Severe loss of cover	Requires reconstructive surgery
3C	>10	High	Vascular injury requires repair	Requires reconstructive surgery

하는 문제가 없는지 확인하고 이에 대한 치료를 시행한다. 응급실로 내원하는 개방성 골절 환자의 30% 이상에서 한 부위 이상 손상 부위를 가지고 있다. 이에 대해 응급실에서는 전문외상처치술(advanced trauma life support) protocol에 따라 철저한 검사가 필요하다. 필요에 따라서는 전신 컴퓨터 단층촬영(computed tomography, CT)이 머리, 목, 척추, 가슴, 골반에 대해서 수상부위를 확인하는 데 도움이 될 수 있다.

국소적으로 수상 부위에 대해서는 혈액학적으로 불안정성을 유발하는 개방창의 출혈은 소독 거즈와 탄력 붕대를 이용한 압박으로 지혈을 하고 개방창에 대한 평가와 이에 대한 치료를 시행한다. 개방창의 위치, 크기, 형태 및 주변 연부조직의 손상 정도를 확인하여 기록하여야 하며 사진을 촬영하면 기록을 남기는 데 유용하다.⁴⁾ 골절의 심한 전위나 탈구가 있는 경우에는 주위 피부조직에 긴장이 많아져 폐쇄성이었던 골절도 개방성으로 바뀔 수 있고, 경우에 따라서는 치료 치침에 영향을 줄 수 있어 이에 대한 주의를 기울여야 한다. 혈관 및 신경 손상은 영구적 장애를 남길 수 있으므로 맥박, 말단부의 온도 및 색깔, 모세혈관 재충혈(capillary refill), 족관절/상완 지수(Ankle/Brachial Index)를 확인하여 혈관 손상 여부를 확인해야 하며, 골절의 도수정복 후에도 혈액순환이 호전되지 않는 경우에는 혈관 손상을 의심해야 한다. 혈관 손상을 확신 하기 위해서는 동맥 도플러(arterial doppler)나 CT 혈관 조영술(angiogram)이 필요하며, 특히 CT 혈관 조영술은 혈관 손상 부위와 막힌 정도, 부형 순환(collateral circulation) 등을 알 수 있어 매우 유용하다. 그러나 쇼크가 있는 경우에는 고 용량의 조영제로 인해 급성 신부전을 유발할 수 있어 주의해야 한다. 손상의 위치 및 기전별로 다양한 신경 손상이 발생할 수 있고 신경이 압박되는 경우에는 점진적인 운동 및 감각의 이상이 발생할 수 있으므로 환자의 상태가 안정적이며 협조가 가능하다면 운동 및 감각의 이상 유무를 체계적, 반복적으로 확인해야 한다. 개방창에 대한 검사가 끝나면 생리식염수로 적신 거즈로 덮고 골절된 상, 하지에 부목 고정을 한다.

항생제의 투여

적절한 항생제의 사용은 수술창상의 감염률을 감소시키는 데 매

우 중요하다.⁵⁾ 개방성 골절의 경우 정맥내 항생제 투여는 환자가 응급실에 도착하는 즉시 시행하여야 한다.⁶⁾ 입원 전 기간에 걸쳐 항생제를 투여하기보다는 제1형, 2형 개방성 골절은 24시간 동안, 제3형 개방성 골절은 72시간 동안 항생제를 투여하고, 변연 절제술 및 타 수술 시행 후 24시간 동안 항생제를 사용하는 것이 최근 가장 많이 사용되는 방법이며, 예방적인 항생제 사용에 있어서 이보다 더 오랜 기간 투여하는 것은 이론적 근거가 불충분하다.⁷⁾ 사용 항생제의 선택은 일반적으로 제1형 또는 제2형 개방성 골절에서는 1세대 cephalosporin의 사용이 적절하다.^{8,9)} 제3형 개방성 골절에서는 1세대 cephalosporin과 함께 gram negative 균의 감염 예방을 위해 aminoglycoside를 병행하여 사용하고 있는데, 이에 대한 이론적 근거는 아직 불충분하다.^{8,10)} 따라서 aminoglycoside의 사용에 대해서 추가적인 연구가 필요하고 현재는 의사의 판단에 의해 결정하게 된다. 배액관을 유지하는 동안 항생제를 계속 투여할 필요는 없으며, 외고정 장치를 하고 있는 환자에게 핀 삽입 부위의 감염을 예방하기 위해 항생제를 계속해서 사용하는 것은 바람직하지 못하다. 또한 항생제의 사용이 변연 절제술, 괴사 조직 및 오염 물질의 제거를 대체할 수는 없다.

수술 시 국소 항생제로 antibiotic bead pouch 방법을 사용할 수 있다. Ostermann 등¹¹⁾은 제3형의 개방성 골절 환자에게 tobramycin이 함유된 polymethylmethacrylate (PMMA) bead를 전신 항생제와 같이 사용하여 전신 항생제만 사용한 환자군에 비해 감염률이 감소하였다고 보고하였다. 이 방법은 국소적으로 고농도의 항생제를 사용하면서 aminoglycoside로 인한 전신적인 부작용을 낮출 수 있다는 점이 있다.

세척 및 변연 절제술

세균을 감소시키고 감염을 최소화하기 위한 창상의 변연 절제와 세척은 가장 중요한 요소이다. 변연 절제술은 오염되거나 죽은 연부조직을 철저히 제거할 수 있도록 창상 주변의 피부를 더 절개하는 것이 좋으나 필요한 정도만 절개하고, 원래의 창상과 새로운 절개에 의해 만들어지는 피판에 괴사가 발생하지 않도록 주의해야 한다.

변연 절제는 피부로부터 피하조직 및 심부조직의 순서로 차례

차례 시행하고 깨끗하지 못한 피부 끝이나 오염된 피부는 모두 제거해야 하며, 피하지방 조직과 근막은 혈액 공급이 좋지 않은 조직이므로 오염된 부분은 철저히 절제해야 한다. 손상되어 괴사된 근육은 세균 번식의 좋은 배지가 되므로 생존이 불가능하거나 오염된 부분은 모두 절제하는 것이 원칙이다. 근육의 생존 가능성을 판단하는 4가지 기준(Scully's 4C)은 근육의 색깔(color), 근육의 경도(consistency), 근육의 출혈 능력(capacity to bleed), 및 근육의 수축도(contractility)이며, 이 중 근육의 수축도 및 경도가 임상적으로 믿을 수 있는 지표이다. 그러나 쇼크로 인한 저산소증(hypoxemia)이 있거나 지혈대를 사용한 경우에는 이러한 지표로 근육의 생존성을 판단하기 어렵다는 것을 염두에 두어야 한다.

생존 가능성이 의심스러울 때는 절제를 하는 것이 원칙이다. 근육은 약 10% 정도만 남아도 상당한 기능을 기대할 수 있으므로 철저한 변연 절제술을 시행해야 한다. 건은 세균의 배지가 되지 않고 근육의 기능을 유지하기 위해서 필요한 조직이므로 가능한 한 보존을 하는데, 건 외막(peritenon)으로 싸여 있지 않고 노출된 건은 생존이 어려우므로 오염이 된 건 외막도 가능한 한 절제하지 않고 충분한 세척을 시행한다. 뼈를 싸고 있는 골막도 같은 원칙이 적용된다. 골조직은, 특히 골 간부 피질골의 경우 상대적으로 혈액공급이 적기 때문에 감염에 취약하다. 연부조직이 부착된 골조직은 보존하는 것이 원칙이며 골조직에 부착된 연부조직을 잘 보존하도록 노력해야 한다. 골막 등의 연부조직이 부착되지 않은 작은 유리 피질골 골편은 제거하는 것이 좋으나 피질골 골편이 큰 경우 제거 여부를 결정하기가 어렵다. 그러나 큰 유리 피질골 골편이라도 제거하는 것이 원칙이며 골편을 맞춰 정복에 사용하고 골 고정이 된 다음에는 감염 위험을 줄이기 위해 유리 골편을 제거한다. 골편이 관절면의 주요 부분인 경우에는 예외적으로 골편을 보존해야 한다. 이 부위는 주로 혈액순환이 풍부한 해면골조직이고, 관절면의 결손 시 심각한 기능적 장애를 유발하게 되므로 오염 물질을 철저히 제거하고 보존한다.

개방성 골절의 성공적인 치료를 위해서는 철저한 변연 절제술이 가장 중요하며, 적절한 판단을 위해서는 많은 경험이 필요하므로 개방성 골절에 대한 풍부한 경험을 가진 전문가가 시행해야 한다. 만일 고 에너지 폭발 손상, 심하게 오염된 상처, 수상 후 12시간 이상 지연되어 치료를 시작한 경우, 변연 절제술이 만족스럽지 못했던 경우 등에서는 48시간 내지 72시간 뒤에 다시 상처를 확인하여 생존 가능성 평가와 변연 절제술을 시행한다(second look surgery).¹²⁾

변연 절제술은 시기가 중요하며 이에 대해서는 아직 논란의 여지가 있다. 과거에는 '6-hour rule'이라 하여 수상 후 6시간 이내에 시행하는 것이 권장되어 왔다.¹³⁾ 그러나 최근에 보고된 여러 문헌들에 의하면 개방성 골절에서 변연 절제술을 6시간 이내에 치료한 환자군과 6시간 이상 지연된 환자군 간에 통계적으로 유의한 감염 발생의 차이를 보이지 않았다.¹⁴⁻¹⁶⁾ 따라서 환자의 전

신 상태를 고려하여 수상 후 24시간 내에 경험이 많은 의사가 철저히 변연 절제술을 시행하는 것이 단순히 빨리 하는 것보다 감염을 예방하는 데 보다 더 효과적이라고 할 수 있을 것이다. 창상 세척은 세균 수를 감소시키고 남은 오염물질을 제거하며 혈종을 제거하여 창상을 잘 보이게 해준다. 생리식염수의 양은 창상의 크기와 오염 정도에 따라 다르지만 대개 제1형, 2형, 3형 개방성 골절에 따라 각각 생리식염수 3 L, 6 L, 9 L 이상으로 'solution for pollution is dilution' 원칙하에 충분히 사용한다.¹⁷⁾ 생리식염수에 항생제 또는 소독약을 첨가하는 것은 아직 명확한 근거가 있지 않으므로 생리식염수에 항생제를 첨가할 필요는 없다.¹⁸⁾ 또한 과산화수소수(hydrogen peroxide), 알코올(alcohol), 포비돈-아이오다인(povidone iodine) 등을 사용하는 것은 조골세포(osteoblast)의 기능과 상처의 회복을 떨어뜨리고 연골에 손상을 야기할 수 있어 주의를 요한다. 세척 시 압력은 저압(low pressure) 세척을 보통 사용하며 고압 세척은 정상 조직까지 손상을 줄 수 있고 이물질들을 더 깊은 곳으로 밀어 넣을 가능성이 있다. 저압의 세척 방법 중의 하나로 intravenous line을 이용할 수도 있다(Fig. 1). 그러나 최근에 실시된 The Fluid Lavage of Open Wounds (FLOW) investigators 연구에서는 2,447명의 환자를 대상으로 생리식염수 또는 castile soap을 사용하여 고압(high pressure [>20 psi]), 저압(lower pressure [5-10 psi])과 초저압(very lower pressure [1-2 psi]) 세척 후 재수술 비율, 유해 비율(hazard ratio) 등을 비교하였는데, 연구 결과 압력에 따른 결과의 차이는 없었으며, 생리식염수만을 사용한 경우에 비해 soap을 사용한 군에서 재수술 비율이 높았다고 보고하였다.¹⁹⁾



Figure 1. Low-pressure wound irrigation using intravenous line with normal saline.

골절의 고정 및 창상 수복

개방성 골절에서 연부조직과 골의 치유에 있어 골절의 해부학적 정복 및 안정화는 매우 중요하다. 골절부의 안정화를 통하여 주위 혈관, 신경조직의 추가적인 손상을 줄이고, 주위 조직의 국소 관류를 증가시킨다. 또한 연부조직의 부종이 줄어들고 사공(dead space)이 줄어들어서 감염의 위험성을 감소시켜 초기 창상 치료에 도움을 준다. 또한 동통을 감소시키고 조기에 거동이 가능하게 되어 심부 정맥 혈전증이나 폐의 문제를 줄일 수 있으며 조기 관절운동으로 관절강직을 줄일 수 있다. 고정 방법의 선택은 처음 치료를 시작할 때 적절히 판단해야 하는데, 해부학적인 위치, 골절의 특성, 오염의 정도, 개방성 상처의 크기와 위치, 골 결손 여부, 주위 피부나 연부조직의 상태, 다른 동반 손상의 유무, 전반적인 환자의 상태 등을 고려해서 결정한다. 제1형의 개방성 골절은 폐쇄성 골절과 비슷한 방식으로 치료하나 제2, 3형의 개방성 골절은 손상 정도에 따라 고정물을 선택한다. 궁극적인 고정을 초기 수술 시에 반드시 고려할 필요는 없으며, 연부조직의 상태가 호전될 때까지 일시적인 외고정 장치로 고정하는 것이 좋을 수도 있다.²⁰⁾

1. 임시적 외고정 및 창상 덮음

심한 개방성 골절과 골 결손이 있는 경우에서 외고정은 주로 임시적인 고정 방법으로 사용되며 간혹 본 치료(definitive treatment) 방법으로도 사용된다.²¹⁾ 외고정의 장점으로는 손상 부위에 더 이상의 손상 없이 쉽고 빠르게 골절부에 적용할 수 있고 창상 관리에 편리하며 상하 관절의 조기 운동과 조기 거동이 가능하다. 또한 추후 본 치료 시 외고정 기기를 골절 부위의 정복을 위한 도

구로도 사용할 수 있다. 외고정 시 핀의 삽입 위치는 연부조직 손상이 없는 곳이어야 하고 본 치료 부위에 핀이 삽입되면 감염 위험도가 높아지기 때문에 추후 본 치료를 고려하여 이를 피해서 삽입해야 한다(Fig. 2). 임시적 외고정의 사용 기간과 외고정 제거 후 최종 고정 사이의 기간에 대해서는 Bhandari 등²²⁾이 시행한 systematic review에서는 외고정 고정 기간과 외고정 장치 제거 후 본 고정 사이의 기간은 짧을수록 감염률이 감소한다고 하였다. Melvin 등¹⁷⁾은 핀 부위의 감염의 우려되지 않는다면 외고정 장치 제거와 동시에 본 고정을 하는 것이 좋다고 하였다.

골 결손부에 대한 치료는 일반적으로 골 결손 크기를 고려하여 치료방침이 결정되는 경향이 있다. 5 cm 미만의 골 결손의 경우 자가골 이식술(autogenous bone graft), 5 cm 이상의 골 결손의 경우 induced membrane technique (Masquelet technique), 신연골 형성술(distraction osteogenesis), 생비골 이식술(vascularized fibular graft) 등을 이용하여 치료할 수 있다. 이 중 Masquelet technique은 혈관부착 이식을 하지 않아도 되고 감염의 가능성이 있는 개방성 골절의 환자에서 사용시 좋은 결과를 보인다.²³⁾ Masquelet technique은 1986년도에 소개된 방법으로 2단계의 수술로 이루어진다. 첫 번째는 광범위한 변연 절제술과 PMMA spacer 삽입하고 골 결손부를 포함하여 외고정이나 내고정물로 고정하는 단계이다. 두 번째는 골 이식의 단계로 6-8주 후 membrane maturation을 거친 이후, 기존에 삽입되었던 PMMA spacer를 induced membrane 손상을 최소화하며 제거를 하고 membrane 안으로 자가 국소골을 이식하는 단계이다(Fig. 3). 기존의 여러 논문들에서 Masquelet technique에서 골유합과 하지 기능 회복에 좋은 결과가 있다고 보고하고 있다.²⁴⁻²⁷⁾

창상의 봉합 시기에는 아직 확립된 합의점은 없으나 변연 절제

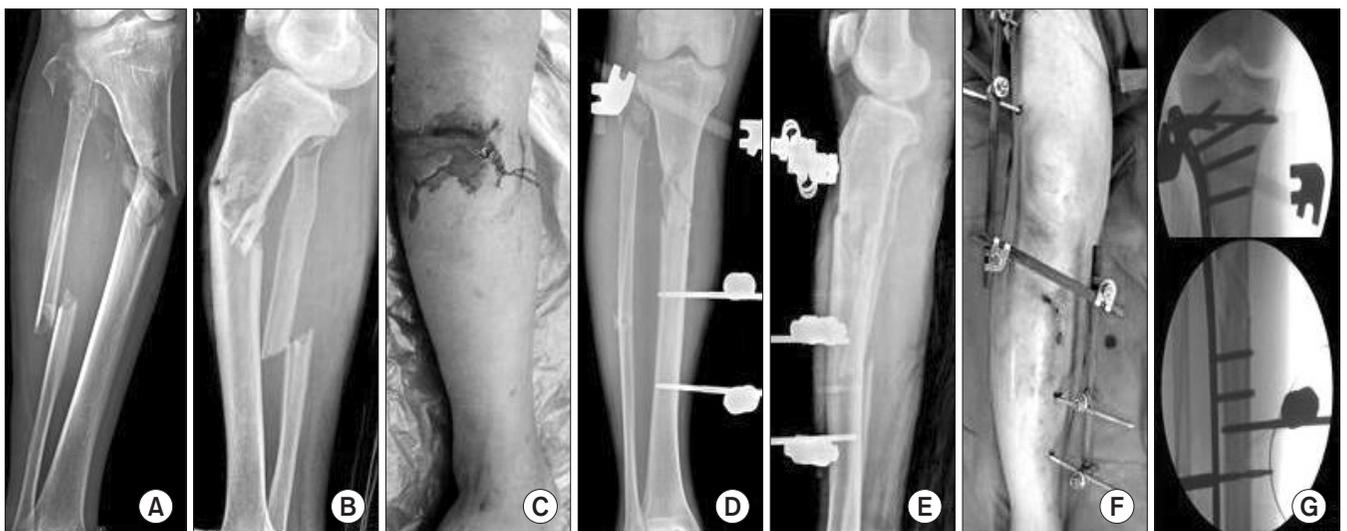


Figure 2. (A, B) A 61-year-old male with a right shaft fracture of the tibia and (C) open wound (Gustillo-Anderson classification type II). (D-F) Planning of pin placement is essential to avoid a compromise of definitive internal fixation. (G) External fixator was used as a reduction tool.

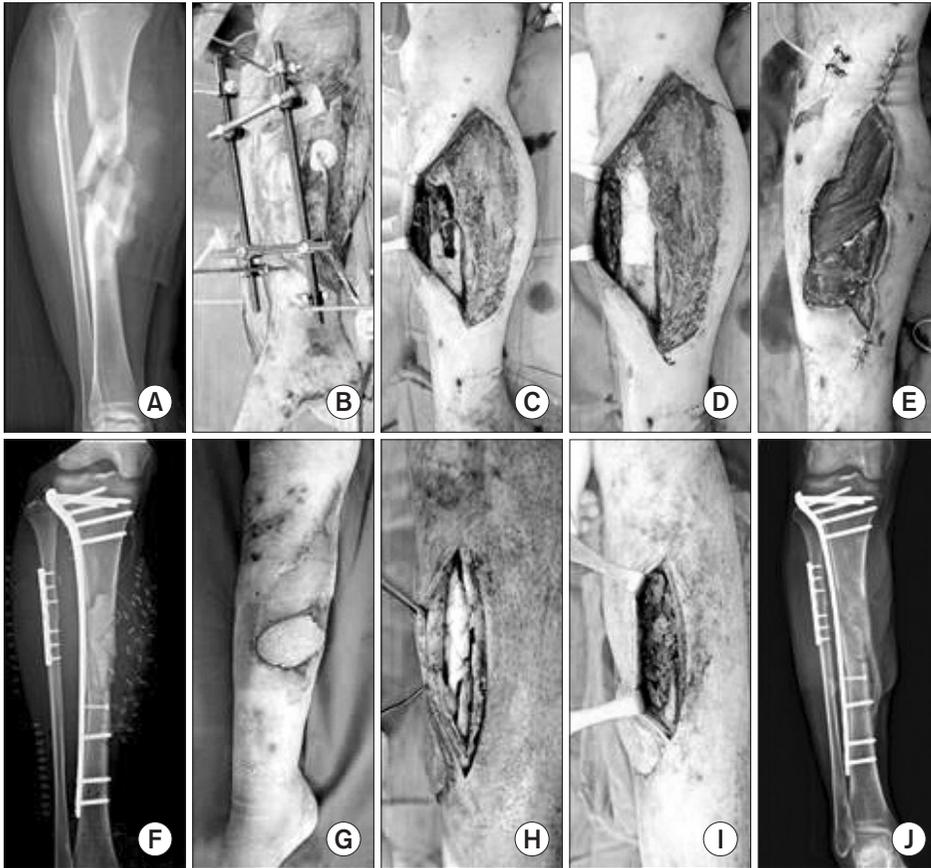


Figure 3. (A) A 42-year-old male with a right shaft fracture of the tibia and open wound (Gustillo-Anderson classification type 3B). (B) External fixator and vacuum-assisted closure was applied. (C) After 5 days of injury, large bone defect was observed when definitive plate fixation was performed. (D) Polymethylmethacrylate was filled in bone defect. (E) Soft tissue defect was reconstructed by gastrocnemius flap. (F) The fibula fracture was fixated at the same time to increase stability. (G) After 6 weeks, the wound was healed without complications. (H, I) Autogenous bone graft was performed using the Masquelet technique. (J) After 7 months, the fracture was united without complications.

가 완전하게 이루어지기 전에 시행해서는 안 되고, 개방성 창상의 손상 정도에 따라 피부 결손이 없는 경우에는 일차 봉합이나 지연 봉합이 가능할 수 있다. Melvin 등¹⁷⁾은 제 1형부터 제3A형의 개방성 골절에서 창상이 오염되지 않고 깨끗해야 하며, 모든 괴사된 조직과 이물이 제거될 수 있어야 하고, 피부에 무리한 긴장 없이 봉합될 수 있으면 일차 봉합하여도 결과가 좋다고 하였다. Scharfenberger 등²⁶⁾이 시행한 전향적인 cohort 연구에서는 제3A형 이하의 개방성 골절에 대해 일차 봉합하고 고정 수술한 군과 반복적인 변연 절제 후 지연 봉합하면서 고정하는 군을 비교한 결과 감염률과 불유합율이 일차 봉합하는 경우가 통계적으로 더 낮았다고 하였다. 따라서 일차 봉합이 가능한 환자를 적절히 선별한 후 일차 봉합 및 고정 수술하는 것은 좋은 방법이라 할 수 있다(Fig. 4).

제3B형의 같은 일차 봉합이 어려운 피부 결손이 있는 경우에는 초기에 antibiotic bead pouch 방법이나 음압 상처 치료법(vacuum-assisted closure)을 이용하여 창상을 덮고 이후 호전되면 피부 이식이나 피부 이식술로 전환할 수 있다. 음압 상처 치료법은 상처에 음압을 가하여 세포의 액을 제거하고 혈액순환을 증가시키며 세균 제거를 촉진하고 치유성 육아 조직의 증식을 촉진한다. 음압 상처 치료법을 임상에서 실제 사용하다 보면 스폰지가 피부

에 닿는 부위에서 maceration이 종종 발생하고 외고정 기기 핀으로 인해 적용의 어려움이 생기기도 한다. 이런 경우 surgical gel을 습기 차단제(moisture barrier)로 사용하면 maceration이 발생하는 것을 예방할 수 있으며, ioban (antimicrobial incise drape)을 이용하면 스폰지의 장착을 쉽게 할 수 있다. 개방성 골절에서 연부조직 결손에 대해 초기 치료로 음압 상처 치료법을 시행한 경우 추후 피부판술 없이 일차 봉합술을 시도해 볼 수 있고(Fig. 5), 피부판술을 하여도 이식해야 할 크기가 줄어들 수 있다.²⁹⁾ 그러나 장기간 사용은 이차 감염의 우려가 있으므로 피부 결손의 복원 시기는 가능한 한 초기에 시행하는 것이 원칙이다.

2. 최종 골절의 고정 및 창상 수복

하지의 개방성 간부 골절에서 외고정에 비해 골수강내 금속정으로 고정 시 높은 골유합률과 빠른 회복, 그리고 부정 정렬 및 추가적인 수술의 발생 빈도 등의 합병증 발생률이 적어 최근에는 깊고, 넓은 범위의 오염, 혈관 손상 및 기형이 있는 경우를 제외하고는 골수강내 금속정이 많이 사용된다.³⁰⁻³²⁾ 골수강내 금속정 사용 시 확공성 금속정을 사용하면 확공에 의한 골막 혈류 증가로 인해 골 치유를 촉진시킬 수 있고, 더 큰 직径의 금속정과 교합 나사못을 사용할 수 있어 보다 안정적인 고정력을 얻을 수 있다. 개방



Figure 4. (A) A 53-year-old male with a right shaft fracture of the tibia and (B) open wound (Gustillo-Anderson classification type 3B). (C) The fracture was fixated using the minimally invasive plate osteosynthesis technique. (D) At the same time, soft tissue defect was reconstructed by gastrocnemius flap. (E, F) After 1 year, the fracture united and (G) the wound healed without complications. (H) Function of the right limb was normal (images courtesy of CW Oh, M.D.).

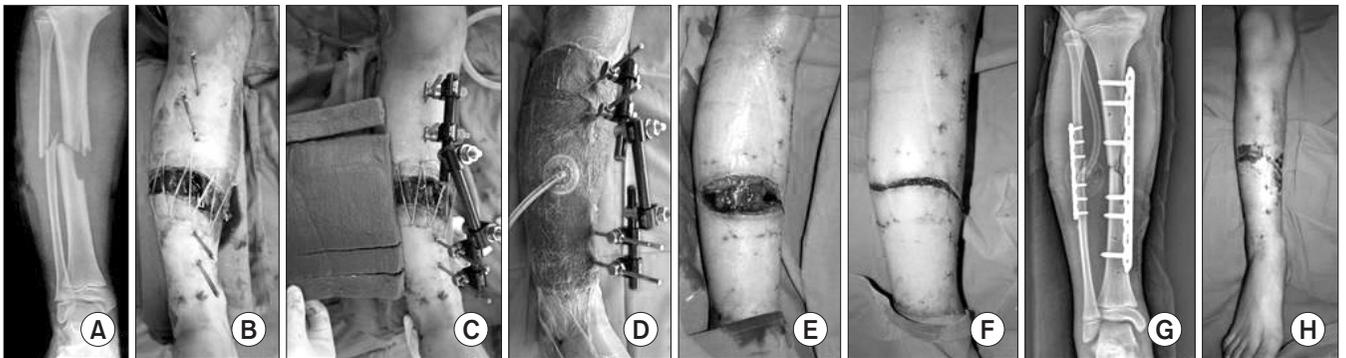


Figure 5. (A) A 10-year-old male with a shaft fracture of the right tibia and fibula. (B) The open wound (Gustillo-Anderson classification type 3B) was approximated using a surgi loop. (C) Using surgical gel to prevent skin maceration. (D) The sponge was applied using the OPSITE® (Smith & Nephew). (E) After 6 days, the open wound became smaller. (F) The wound was sutured. (G) The fractures were fixated using a plate at the same time. (H) After 2 weeks, the wound healed without complications.

성 경골 골절에 대해 확공성 또는 비확공성 골수내 정 고정술을 시행한 무작위 연구에서는 두 군 간에 재수술 발생 비율이 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.^{33,34} 손상 부위에 따라 금속판 고정술이 필요할 수도 있다. 금속판 고정은 상지에서의 연부 조직 손상이 적은 간부 골절, 관절주위나 관절내 골절에 주로 사용된다. 개방성 골절에서 금속판 고정 시 최소한의 추가적인 피부 절개와 골막 절개로 접근하여야 하며, 혈관 조직이 풍부한 연부 조직으로 덮어야 한다.³⁵

피부 결손이 있는 경우에는 초기에 임시적으로 창상을 덮고 이후 호전되면 피부 이식이나 피판 이식술로 전환한다. 감염률 및 유리 피판 실패율이 수상 후 72시간 내에 연부조직 결손을 덮은 경우가 72시간에서 3개월 내에 덮은 경우에 비해 더 낮게 나타났고, 최근에는 개방창에 대해 철저한 변연 절제술을 하고 수상 후

72시간 내에 연부조직을 덮는 ‘Fix and Flap’ 프로토콜이 도입되었다.^{34,35} 반복적으로 변연 절제한 후 지연해서 연부조직을 덮던 과거 방법에 비해 ‘Fix and Flap’ 방법은 낮은 감염률을 보이는 등 우수한 결과들이 보고되고 있다.³⁶ Hertel 등³⁷도 수상 직후 연부 조직 수술을 받은 군이 평균 4.4일에 수술 받은 군과 비교하여 감염률, 골유합률, 재수술 비율이 유의미하게 낮았다고 보고하였다. 따라서 피부 결손의 복원 시기는 second look surgery가 필요한 상황이 아니라면 가능한 조기에 시행하는 것이 바람직하다.

3. 개방성 골절 환자의 치료 증례

개방성 골절의 환자의 치료는 골절의 특성, 오염의 정도, 개방성 상처의 크기와 위치, 골결손 여부, 주위 피부나 연부조직의 상태 등에 따라 적절한 수술법을 선택할 수 있어야 한다. 48세 남성으

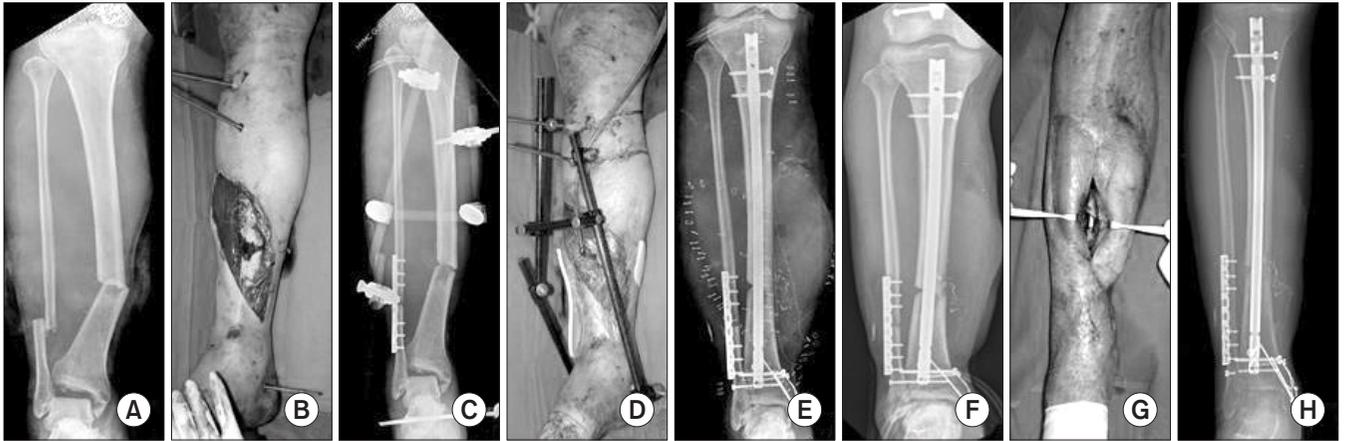


Figure 6. (A) A 48-year-old male with a right shaft fracture of the tibia and fibula and (B) open wound (Gustillo-Anderson classification type 3B). (C) External fixator was applied and fibula fracture was fixated with a plate. (D) The sponge was applied. (E) After 5 days, the fracture was fixated with intramedullary nail. (F) After 2 months, bone defect was observed. (G) Autogenous iliac bone graft was performed. (H) After 18 months, the fracture was united.

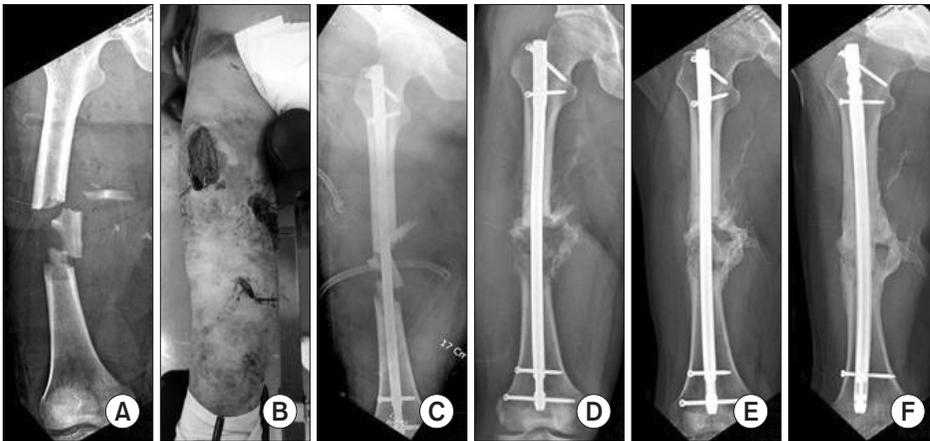


Figure 7. (A) The same patient in Figure 6 with a combined right shaft segmental fracture of the femur and (B) open wound (Gustillo-Anderson classification type 3A). (C) The fracture was fixated with intramedullary nail. (D) After 2 months, the fracture was in union. (E) After 6 months, the fracture was in union. (F) After 18 months, the fracture was united.

로 교통사고 후 발생한 다발성 골절로 내원하였다(Fig. 6, 7). 이학적 및 방사선적 검사상 우측 대퇴골 간부의 제3A형 개방성 분절 골절과 우측 경골 및 비골 원위 1/3간부의 제3B형의 개방성 골절, 족관절 골절이 동반되었다. 수상 당일 대퇴골 간부 골절에 대해서는 초기에 골수강내 금속정 삽입 수술을 하였고, 경골 개방성 골절에 대해서는 주변 조직을 변연 절제한 후 외고정 장치를 이용한 임시 고정을 하였다. 비골 골절에 대해서는 골절의 안정성을 증가시키기 위해 금속판을 이용한 내고정술을 하였다. 창상에 대해서는 음압 상처 치료를 하였다. 5일 경과 후 경골의 외고정 장치를 제거하고 골수강내 금속정 삽입술과 족관절 골절에 대해 긴장대 기법(tension band technique)과 나사못을 이용하여 고정하였고, 피부 결손 부위에 대해서는 유리 피판술을 시행하였다. 수술 후 2개월째 경골의 골 결손부위에 조기 자가골 이식을 하였고 이후 골유합을 얻을 수 있었다. 대퇴골 간부 골절은 추가적인 골

이식 없이 골유합을 얻었다.

결론

개방성 골절은 정형외과 영역에서 치료하기 어려운 분야 중에 하나이고 전신적으로 환자를 평가하고 치료하지 않으면 환자가 생명을 잃을 수도 있는 골절이다. 환자를 처음 보는 응급실에서부터 원칙에 준해서 환자를 철저히 평가하여야 하고 치료에 있어서는 환자의 생명과 관련된 부분부터 우선 순위를 가지고 접근을 해야 하여 정형외과 영역에서는 감염의 예방, 골유합, 기능의 회복이라는 각각의 목표를 가지고 치료를 해야 할 것이다.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors have nothing to disclose.

감사의 글

We would like to express our thanks to CW Oh, M.D. from Kyungpook National University for preparing the figure.

REFERENCES

- Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am.* 1976;58:453-8.
- Okike K, Bhattacharyya T. Trends in the management of open fractures. A critical analysis. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88:2739-48.
- Rivera JC, Wenke JC, Pugh MJ. Open fracture care during war: opportunities for research. *J BJS Rev.* 2016;4:01874474-201610000-00003.
- Morgan BW, Read JR, Solan MC. Photographic wound documentation of open fractures: an update for the digital generation. *Emerg Med J.* 2007;24:841-2.
- Gosselin RA, Roberts I, Gillespie WJ. Antibiotics for preventing infection in open limb fractures. *Cochrane Database Syst Rev.* 2004;1:CD003764.
- Hauser CJ, Adams CA Jr, Eachempati SR; Council of the Surgical Infection Society. Surgical Infection Society guideline: prophylactic antibiotic use in open fractures: an evidence-based guideline. *Surg Infect (Larchmt).* 2006;7:379-405.
- Ryan SP, Boulton CL, O'Toole RV. Open diaphyseal tibia fractures. In: Sethi MK, Jahangir A, Obremskey WT, ed. *Orthopedic traumatology: an evidence-based approach.* New York: Springer; 2013. 303-19.
- Hoff WS, Bonadies JA, Cachecho R, Dorlac WC. East Practice Management Guidelines Work Group: update to practice management guidelines for prophylactic antibiotic use in open fractures. *J Trauma.* 2011;70:751-4.
- Jaeger M, Maier D, Kern WV, Südkamp NP. Antibiotics in trauma and orthopedic surgery: a primer of evidence-based recommendations. *Injury.* 2006;37 Suppl 2:S74-80.
- Murray CK, Obremskey WT, Hsu JR, et al. Prevention of infections associated with combat-related extremity injuries. *J Trauma.* 2011;71:S235-57.
- Ostermann PA, Seligson D, Henry SL. Local antibiotic therapy for severe open fractures. A review of 1085 consecutive cases. *J Bone Joint Surg Br.* 1995;77:93-7.
- Zalavras CG. Prevention of infection in open fractures. *Infect Dis Clin North Am.* 2017;31:339-52.
- Haury B, Rodeheaver G, Vensko J, Edgerton MT, Edlich RF. Debridement: an essential component of traumatic wound care. *Am J Surg.* 1978;135:238-42.
- Pollak AN, Jones AL, Castillo RC, Bosse MJ, MacKenzie EJ; LEAP Study Group. The relationship between time to surgical debridement and incidence of infection after open high-energy lower extremity trauma. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92:7-15.
- Schenker ML, Yannascoli S, Baldwin KD, Ahn J, Mehta S. Does timing to operative debridement affect infectious complications in open long-bone fractures? A systematic review. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94:1057-64.
- Namdari S, Baldwin KD, Matuszewski P, Esterhai JL, Mehta S. Delay in surgical débridement of open tibia fractures: an analysis of national practice trends. *J Orthop Trauma.* 2011;25:140-4.
- Melvin SJ, Dombroski DG, Torbert JT, Kovach SJ, Esterhai JL, Mehta S. Open tibial shaft fractures-- I. Evaluation and initial wound management. *J Am Acad Orthop Surg.* 2010;18:10-9.
- Sambandam SN, Gul A. Comparison of soap and antibiotic solutions for irrigation of lower-limb open fracture wounds. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87:2588; author reply 2588-9.
- FLOW Investigators, Bhandari M, Jeray KJ, et al. A trial of wound irrigation in the initial management of open fracture wounds. *N Engl J Med.* 2015;373:2629-41.
- Roberts CS, Pape HC, Jones AL, Malkani AL, Rodriguez JL, Giannoudis PV. Damage control orthopaedics: evolving concepts in the treatment of patients who have sustained orthopaedic trauma. *Instr Course Lect.* 2005;54:447-62.
- Antich-Adrover P, Martí-Garin D, Murias-Alvarez J, Puente-Alonso C. External fixation and secondary intramedullary nailing of open tibial fractures. A randomised, prospective trial. *J Bone Joint Surg Br.* 1997;79:433-7.
- Bhandari M, Zlowodzki M, Tornetta P 3rd, Schmidt A, Templeman DC. Intramedullary nailing following external fixation in femoral and tibial shaft fractures. *J Orthop Trauma.* 2005;19:140-4.

23. Masquelet A, Fitoussi F, Begue T, Muller G. Reconstruction of the long bones by the induced membrane and spongy autograft. *Ann Chir Plast Esthet.* 2000;45:346-53.
24. Aparid T, Bigorre N, Cronier P, Duteille F, Bizot P, Massin P. Two-stage reconstruction of post-traumatic segmental tibia bone loss with nailing. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2010;96:549-53.
25. Flamans B, Pauchot J, Petite H, et al. Use of the induced membrane technique for the treatment of bone defects in the hand or wrist, in emergency. *Chir Main.* 2010;29:307-14.
26. Stafford PR, Norris BL. Reamer-irrigator-aspirator bone graft and bi Masquelet technique for segmental bone defect non-unions: a review of 25 cases. *Injury.* 2010;41 Suppl 2:S72-7.
27. Uzel AP, Lemonne F, Casoli V. Tibial segmental bone defect reconstruction by Ilizarov type bone transport in an induced membrane. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2010;96:194-8.
28. Scharfenberger AV, Alabassi K, Smith S, et al. Primary wound closure after open fracture: a prospective cohort study examining nonunion and deep infection. *J Orthop Trauma.* 2017;31:121-6.
29. Dedmond BT, Kortesis B, Pungler K, et al. The use of negative-pressure wound therapy (NPWT) in the temporary treatment of soft-tissue injuries associated with high-energy open tibial shaft fractures. *J Orthop Trauma.* 2007;21:11-7.
30. Henley MB, Chapman JR, Agel J, Harvey EJ, Whorton AM, Swiontkowski MF. Treatment of type II, IIIA, and IIIB open fractures of the tibial shaft: a prospective comparison of unreamed interlocking intramedullary nails and half-pin external fixators. *J Orthop Trauma.* 1998;12:1-7.
31. Tornetta P 3rd, Bergman M, Watnik N, Berkowitz G, Steuer J. Treatment of grade-IIIb open tibial fractures. A prospective randomised comparison of external fixation and non-reamed locked nailing. *J Bone Joint Surg Br.* 1994;76:13-9.
32. Bhandari M, Guyatt GH, Swiontkowski ME, Schemitsch EH. Treatment of open fractures of the shaft of the tibia. *J Bone Joint Surg Br.* 2001;83:62-8.
33. SPRINT Investigators, Bhandari M, Guyatt G, et al. Study to prospectively evaluate reamed intramedullary nails in patients with tibial fractures (S.P.R.I.N.T.): study rationale and design. *BMC Musculoskelet Disord.* 2008;9:91.
34. Shepherd LE, Costigan WM, Gardocki RJ, Ghiassi AD, Patzakis MJ, Stevanovic MV. Local or free muscle flaps and unreamed interlocked nails for open tibial fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 1998;350:90-6.
35. Clifford RP, Beauchamp CG, Kellam JF. Plate fixation of open fractures of the tibia. *Orthop Trauma Direct.* 2009;7:25-9.
36. Gopal S, Majumder S, Batchelor AG, Knight SL, De Boer P, Smith RM. Fix and flap: the radical orthopaedic and plastic treatment of severe open fractures of the tibia. *J Bone Joint Surg Br.* 2000;82:959-66.
37. Hertel R, Lambert SM, Müller S, Ballmer FT, Ganz R. On the timing of soft-tissue reconstruction for open fractures of the lower leg. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1999;119:7-12.

치료하기 어려운 골절 및 합병증

개방성 골절의 치료의 최신 지견

박기철[✉] · 송영식

한양대학교 구리병원 정형외과

개방성 골절은 감염의 예방과 손상된 연부조직의 처치 및 골절의 고정을 요하며 응급 수술에 준해 처치를 하여야 한다. 치료는 생명의 보존부터 사지의 보존, 감염의 예방, 그리고 기능의 회복을 목표로 하며 다음과 같은 순서로 치료를 한다. 응급실에서 초기 진단 및 처치, 적절한 항생제의 투여, 충분한 세척과 철저한 변연 절제술, 골절의 고정 및 창상 수복(임시적인 골절의 안정과 창상의 덮음, 최종 골절의 고정과 연부조직 덮음) 등이다. 본 중설에서는 각각의 치료 순서에 따라 현재 임상에서 실제로 적용되고 있는 최신 치료 경향에 대해 알아보고 임상에서 적용하는 데 도움을 주고자 한다.

색인단어: 개방성 골절, 변연 절제술, 외고정, 내고정

접수일 2017년 6월 27일 수정일 2017년 8월 7일 게재확정일 2017년 8월 19일

[✉]책임저자 박기철

11923, 구리시 경춘로 153, 한양대학교 구리병원 정형외과

TEL 031-560-2187, FAX 031-557-8781, E-mail kcpark722@gmail.com