AHM
Archives of Hand and Microsurgery

Review Article

pISSN 2586-3290 · eISSN 2586-3533
Arch Hand Microsurg 2020;25(3):207-218
https://doi.org/10.12790/ahm.20.0037

Received: July 8, 2020
Revised: August 17, 2020
Accepted: August 17, 2020

Corresponding author:
Yoo-Joon Sur
Department of Orthopedic Surgery, Uijeongbu St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, 271 Cheonbo-ro, Uijeongbu 11765, Korea
Tel: +82-31-820-3066
Fax: +82-31-846-3671
E-mail: yoojoon@catholic.ac.kr
ORCID:
https://orcid.org/0000-0002-7192-4046

© 2020 Korean Society for Surgery of the Hand, Korean Society for Microsurgery, and Korean Society for Surgery of the Peripheral Nerve. All Rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

경골 개방성 골절의 연부 조직 재건

김영우, 박호연, 서유준

가톨릭대학교 의과대학 정형외과학교실

Soft Tissue Reconstruction for Open Tibia Fractures

Young-Woo Kim, Ho-Youn Park, Yoo-Joon Sur

Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

Tibia fractures are the most common long bone fracture and about 24% of them are open fractures. Open fractures accompany disruption of the soft tissue around the fracture site and the fractures are exposed to the external environment. Contamination of the fracture site and devitalization of the injured soft tissue greatly increase the risk of infection, nonunion, and other complications. The first and most important treatment goal of open fractures is prevention of infection. To accomplish this objective, immediate radical debridement and irrigation, second-look operation, and subsequent soft tissue reconstruction should be performed as soon as possible. However, early soft tissue reconstruction is not always possible and when it should be delayed, negative pressure wound therapy is recommended. Among various reconstructive armamentarium including skin graft, local flaps, pedicled flaps, and free flaps, the best method need to be chosen based on patient's general condition, size of defect, neurovascular status, range of injury zone, and cosmetic and functional perspectives. Preoperative in-depth evaluation of vascular structures is mandatory and free flaps are preferred when the range of injury zone is wide.

Keywords: TIbia, Open fractures, Soft tissue injuries, Reconstructive surgical procedures, Surgical flaps

서론

개방성 골절은 단순히 골절 부위가 개방창을 통해서 외부 환경에 노출되어 있음을 의미하는 것이 아니라, 폐쇄성 골절보다 고에너지 손상으로서 골절의 분쇄 정도가 심하고, 연부 조직의 손상이 동반되어 있으며, 신경 및 혈관 손상 가능성이 높음을 뜻한다. 개방성 골절은 폐쇄성 골절에 비하여 감염이나 불유합 등의 합병증 발생률이 현저히 높기 때문에 치료에 세심한 주의가 요구된다. 개방성 골절 이후에 감염이 발생하면 긴 치료 기간이 소요되며 환자는 심각한 경제적, 기능적 손실을 피할 수 없게 되므로, 개방성 골절의 치료에 있어서 가장 중요한 것은 감염 방지이며 이를 위한 일차 치료 목표는 연부 조직 재건을 통해서 개방성 골절을 빨리 폐쇄성 골절로 전환시키는 것이다.

경골 골절은 장관골 골절 중에서 가장 흔한 골절이며, 이 중에서 약 24% 정도가 개방성 골절이다[1]. 경골은 한쪽 면이 피부와 피하 지방 조직으로만 덮여 있기 때문에 다른 장관골보다 연부 조직의 손상을 동반한 개방성 골절이 발생하기 쉬운 반면에, 주변에 연부 조직 재건에 이용할 수 있는 공여 조직이 제한적이고 상지에 비하여 혈액 공급도 풍부하지 않아서 손상된 연부 조직을 재건하는 일은 항상 어렵고 의료진을 고

민스럽게 만든다. 본 종설은 경골 개방성 골절에 동반된 연부 조직 손상의 치료에 도움이 되고자 최근의 치료 경향을 소개하고 저자들의 의견을 추가하여 경골 개방성 골절의 연부 조직 재건술에 대해 정리하였다. 본 종설에 포함된 영상 자료는 기관 생명윤리위원회의의 승인을 받고 동의서 면제 하에 사용되었다(UC20RISI0109).

분류

개방성 골절의 분류로는 Gustilo 분류(Table 1)가 가장 널리 사용되고 있다[2,3]. Gustilo 분류는 분류 기준이 너무 간단하고 다소 주관적이어서 관찰자 간 일치도(inter-observer agreement)가 60% 정도에 불과한 단점이 있지만, 반대로 임상적으로 적용하기가 쉽고, 이미 널리 사용되고 있어서 의료진 간의 의사소통이 원활하다는 장점이 있다. 또한, 분류에 따라 치료 결과와 장기적 예후의 예측이 가능한 것도 또 다른 이점이다[4,5]. 제1형에서 제3형으로 갈수록 치료 결과와 장기적 예후가 불량한데, 감염 발생률은 제1형이 0%-2%, 제2형이 2%-10%인 반면에 제3형은 10%-50% 정도로 현저히 높은 것으로 보고된 바 있다[2,6]. 하지만 이와 같은 장점에도 불구하고, Gustilo 분류는 개방성 골절에 동반된 연부 조직의 손상 정도를 육안으로 확인되는 개방창의 크기만으로 평가하게 되어 있어서, 연부 조직의 손상 정도와 범위, 신경이나 혈관 손상 여부에 대한 정확한 정보가 반영되어 있지 않으며, 이로 인해 연부 조직의 손상 정도에 대한 정확한 평가 및 재건술의 계획 수립에는 유용성이 떨어진다.

Gustilo 분류에서 혈관 손상이 동반된 경우를 제3C형으로 분류하였는데 여기에서 제3C형은 동맥혈 공급이 완전 차단되어 허혈 상태에 빠져 있으며 즉각적인 혈관 재개통이 필요한 경우를 말한다. 즉, 제3C형 경골 개방성 골절은 개방성 골절과 동반되어 전 경골 동맥, 후 경골 동맥 및 비골 동맥이 모두 손상되어 원위부의 혈액 공급이 완전히 차단된 경우만으로 한정된다. 따라서 세 개의 주요 동맥 중에서 하나 또는 두 개의 동맥이 손상되었더라도 족부와 족관절부의 동맥혈 공급이 완전 차단되지 않으면 이는 제3C형에 해당되지 않으며, Gustilo 분류는 이처럼 동맥의 일부 손상이 있는 경우를 따로 구분하지 않는다. 이러한 분류 방법의 한계는 Gustilo 분류가 1970-1980년대에 소개된 점을 고려하면, 당시에 혈관 손상을 평가할 수 있는 영상 검사 방법이나 유리 피판술(free flap)을 이용한 연부 조직 재건술이 현재처럼 발달되어 있지 않았고 연부 조직 재건술에 대한 이해도 부족했기 때문인 것으로 추측된다. 정형외과나 외상외과, 또는 혈관외과 의사의 관점에서 혈관의 손상 여부를 평가할 때 가장 중요한 것은 손상된 하지의 동맥혈 공급이 원활하게 이루어지는가를 확인하는 것이지만, 연부 조직 재건의 관점에서는 손상된 하지의 동맥혈 공급이 원활하게 이루어지는지 뿐만 아니라 유리 피판술 시에 수혜부 혈관 경(recipient vascular pedicle) 역할을 할 수 있는 모든 혈관의 상태가 어떠한지에 대한 정확한 평가가 반드시 필요하다.

Table 1. Gustilo classification of open fractures

Type	Description
1	Wound < 1 cm in length, clean
2	Wound > 1 cm in length, without extensive soft tissue damage/flaps/avulsion
3	Extensive soft tissue damage, segmental fracture, amputation, gunshot injury, or farm injury
3A	Adequate soft tissue coverage irrespective of the size of the wound
3B	Extensive soft tissue injury with periosteal stripping requiring soft tissue reconstruction
3C	Arterial injury requiring repair

Modified from Gustilo et al. [3]

이러한 관점의 차이는 문헌으로 보고된 경골 개방성 골절에 동반된 혈관 손상 발생률의 편차가 크다는 것을 통해서도 알 수 있다. 경골 개방성 골절 중에서 혈관 손상이 동반된 경우를 1985년에 Lange 등[7]은 6.4%, 1987년에 Caudle과 Stern [8]은 9%, 2012년에 Soni 등[9] 은 2.5%라고 보고하였으나 연구자들은 혈관 손상을 Gustilo 분류의 제3C형에 해당하는 경우로 한정하였다. 반면에 1998년에 Waikakul 등[10]은 93명의 제3A형 및 제3B형 경골 개방성 골절 환자에서 주요 혈관에 대한 외과적 탐색술을 시행하여 제3A형의 3.7%, 제3B형 환자의 28.2%에서 혈관 손상이 있음을 보고하였다. 또한, 2009년에 Duymaz 등[11]은 유리 피판술을 이용한 연부 조직 재건술을 시행한 경골 개방성 골절 환자의 28.9%에서 수술 전에 시행한 computed tomography (CT)-angiogrpahy에서 혈관 손상이 발견되었다고 보고하였고, 2010년에 Haddock 등[12]은 54.6%, 2019년에 O'Malley 등[13]은 29%에서 혈관 손상이 발견되었다고 보고하였다. 물론 30-40년 사이에 비약적으로 발전한 영상 검사 방법도 이와 같은 차이에 큰 영향을 끼쳤겠지만, 유리 피판술을 이용한 연부 조직 재건술이 널리 사용되면서 수술 전 혈관 상태 평가의 중요성을 인식하게 된 것이 주된 요인이라고 생각한다. 연부 조직 재건술 시행 전 혈관 상태의 평가가 중요한 이유는 유리 피판술의 시행 유무 및 수혜부 혈관 경의 선택에 있어서 중요한 판단 기준이 될 뿐만 아니라, 혈관 손상 여부에 따라 연부 조직 재건술의 치료 결과와 예후도 큰 차이가 있기 때문이다. 치료 결과와 예후의 차이는 손상된 혈관을 수혜부 혈관 경으로 사용하지 않더라도 유효하며, 이는 혈관 손상 여부가 하퇴부 손상의 중증도를 나타내는 지표 역할을 하기 때문이다[14,15]. Chummun 등[14]은 제3B형을 두 가지로 나누어서 혈관 손상이 없는 경우는 제3B형, 혈관 손상이 있는 경우는 제3B+형으로 구분하는 분류 방법을 제안하였으며(Table 2), Stranix 등[15]은 제3B형을 손상되지 않은 동맥의 수에 따라 세 가지로 나누어 제3B-3형, 제3B-2형, 제3B-1형으로 구분하는 분류 방법을 제안하였다(Table 3).

경골 개방성 골절에서 연부 조직 재건술이 필요한 경우에는 수술 전에 conventional angiography나 CT-angiography를 시행하여 전 경골 동맥, 후 경골 동맥 및 비골 동맥의 손상 여부를 정확하게 평가하고 앞서 소개한 변형된 Gustilo 분류 방법을 참고하여 치료 계획을 수립하는 것이 적합한 수술 방법의 선택 및 치료 결과 예측에 도움이 될 것으로 생각한다.

https://doi.org/10.12790/ahm.20.0037

Table 2. Chummun's modified Gustilo classification of open fractures

Type	Description
1, 2	Same as Gustilo classification
3	Extensive soft tissue damage, segmental fracture, amputation, gunshot injury, or farm injury
3A	Adequate soft tissue coverage irrespective of the size of the wound
3B	Injury requiring soft tissue reconstruction, with all 3 vessels intact
3B+	Injury requiring soft tissue reconstruction, with a vascular injury but at least 1 axial vessel patent
3C	Devascularized limb, with all 3 vessels injured

Modified from Chummun et al. [14].

Table 3. Stranix's modified Gustilo classification of open fractures

Type	Description
1, 2	Same as Gustilo classification
3	Extensive soft tissue damage, segmental fracture, amputation, gunshot injury, or farm injury
3A	Adequate soft tissue coverage irrespective of the size of the wound
3B	Injury requiring soft tissue reconstruction
3B-3	With 3 vessels intact
3B-2	With 2 vessels intact (1 vessel injured)
3B-1	With 1 vessel intact (2 vessels injured)
3C	Devascularized limb, with all 3 vessels injured

Modified from Stranix et al. [15].

초기 치료

손상된 연부 조직의 초기 치료에서 가장 중요한 것은 감염 방지를 위한 충분하고 철저한 창상 세척 및 변연 절제술이다. 창상 세척 및 변연 절제술의 시행 시기에 대해서는 오랫동안 수상 후 6시간 이내에 시행하도록 권장되어 왔다[5,16,17]. 그러나 최근에 수상 후 창상 세척 및 변연 절제술을 시행하기까지 걸린 시간과 감염 발생률 사이에 연관성이 없다는 연구 결과가 보고되었고, 그 이후로 개방성 골절의 창상 세척 및 변연 절제술 시행 시기에 대해서는 다소 논란의 여지가 있는 상태이다[18-21]. 하지만 저자들은 비록 감염 발생률에 큰 차이가 없더라도 창상 세척 및 변연 절제술을 포함한 개방성 골절의 초기 수술적 치료는 가능한 한 빨리 시행해야 한다고 생각한다.

창상 세척과 관련해서 세척액의 종류와 사용량, 고압 분사기 같은 보조 기구 사용 여부 등에 대해서는 어떤 특정 재료나 방법이 더 우수하다고 증명된 바가 없다[5]. 이보다는 일반적인 세척 방법으로 창상 세척을 시행하되, 충분히 많은 양의 생리 식염수를 사용하여 노출되어 있는 개방창뿐만 아니라 조직과 구획 사이 사이의 숨어 있는 공간까지 깨끗하게 세척하는 기본 원칙의 준수가 가장 중요하다고 생각한다.

변연 절제술은 표면에서부터 심부로 진행하며 이물질은 물론이고 오염되거나 손상 정도가 심하여 회생 불가능한 조직은 모두 제거하도록 한다. 변연 절제술을 시행할 때는 과감하고 철저하게 하는 것이 바람직하다. 연부 조직 재건술에 대한 부담감 때문에 변연 절제의 범위가 축소되는 것은 옳지 않으며, 생존 여부가 불확실한 조직은 감염균의 배지가 되지 않도록 모두 제거해야 한다. 지혈대(tourniquet)는 제한적으로 사용하는 것이 권장되는데, 지혈대를 사용하면 실혈량을 줄일 수 있고 수술 시야가 좋은 장점이 있지만 조직의 손상 정도 및 생존 여부를 판단하는 데에는 방해가 되기 때문이다. 창상 세척 및 변연 절제술을 시행하고 난 후에는, 즉시 일차 봉합이나 연부 조직 재건을 시행하는 경우를 제외하면 대개 음압 창상 치료법(negative pressure wound therapy)을 적용하여 개방창이 외부 환경에 노출되지 않도록 한다. 이 때 주의해야 할 점은 신경이나 혈관, 건 또는 골 조직이 직접 스펀지에 접촉되지 않도록 하는 것이다. 개방성 골절의 치료에서 음압 창상 치료법의 역할에 대해서는 아직까지 논란의 여지가 있으나 대체적으로 기존의 고식적인 창상 치료 방법보다는 이점이 많다는 의견이 더 우세하다[22-29]. 창상 세척 및 변연 절제술을 철저하게 실시했더라도, 손상된 연부 조직의 생존 여부는 유동적이고 시간의 경과에 따라 괴사나 감염이 진행될 수 있으므로 음압 창상 치료법을 적용한 후에는 48-72시간 이내에 2차 창상 세척 및 변연 절제술을 시행하는 것이 바람직하다[5,17,24].

연부 조직 재건의 시기

서론에서 언급한 바와 같이 개방성 골절의 일차 치료 목표는 손상된 연부 조직을 재건하여 개방성 골절을 빨리 폐쇄성 골절로 전환시키는 것인데, 언제 연부 조직 재건술을 시행할지 결정하는 것은 쉽지 않은 문제이다. Godina [30]는 1986년에 외상 후 연부 조직 재건술을 시행받은 532명의 치료 결과를 분석하여 보고하였는데, 시간이 경과할수록 혈관 조직을 포함한 연부 조직의 염증성 변화(inflammatory change) 및 섬유화(fibrosis), 감염균의 집락 형성(colonization)이 진행되므로 수상 후 72시간 이내에 연부 조직 재건술을 시행해야 가장 우수한 치료 결과를 기대할 수 있다고 하였다. 그 이후로 Godina [30]가 제안한 72시간 이내 연부 조직 재건술 시행은 34년이 지난 지금까지도 외상 환자의 연부 조직 재건술에 있어서 표준 치료지침으로 여겨지고 있다. 경골 개방성 골절의 연부 조직 재건도 Godina [30]의 치료지침에 따라 최대한 빨리, 이상적으로는 수상 후 72시간 이내에 시행하는 것이 권장된다[31-33]. 개방성 골절에서 감염의 원인은 수상 당시의 창상 오염보다 병원 내 감염이 대부분이므로 연부 조직 재건술을 빨리 시행하여 개방창이 병원 내 환경에 노출되는 시간과 횟수를 줄이면 감염 발생 가능성을 낮출 수 있다[34]. 그런데 Godina [30]의 치료지침을 모든 환자에게 적용하는 것은 현실적으로 몹시 힘든 일이다. 환자나 의료진의 여러 사정에 의해서, 또는 의료 서비스를 제공하는 의료기관의 제반 여건에 따라서 72시간 내에 초기 치료와 2차 창상 세척 및 변연 절제술, 연부 조직 재건술을 모두 시행하는 것이 불가능한 경우도 많다. Shammas 등[35]은 2008년부터 2015년까지 미국의 National Trauma Databank에 등록된 3,297명의 경골 개방성 골절 환자의 치료 과정을 분석하여 보고했는데, 연부

조직 재건술은 평균적으로 수상 후 230.1시간이 경과한 후에 시행되었으며, 인종이나 지역, 보험 가입 상태 등의 사회적 요인과 환자의 연령이나 외상의 중증도 같은 의학적 요인에 따라 연부 조직 재건술의 시행 시기에 많은 차이가 있었다.

한편, Godina [30]의 치료지침이 소개된 이후로 30여 년의 기간 동안 새로운 창상 치료 방법과 창상 피복 재료가 비약적으로 개발되어 개방창과 연부 조직 결손의 치료에도 많은 발전적 변화가 있었다. 그 중에서 음압 창상 치료법은 1990년대부터 임상적으로 사용되기 시작했으며 개방창과 외부 환경의 접촉을 차단시켜주고 부종 감소, 감염 방지, 개방창 크기 감소, 치유 촉진 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있다[36-38]. 처음에는 만성 개방창의 치료 방법으로 도입되었으나 점차 사용 범위가 확대되었고 현재는 개방성 골절의 치료에도 많이 활용되고 있다. 아직 많은 논란이 있으나, 음압 창상 치료법을 사용하면 경골 개방성 골절의 연부 조직 재건술을 수상 후 72시간 이내에 시행하지 않더라도 우수한 치료 결과를 얻을 수 있으므로 Godina [30]의 치료지침은 더 이상 유효하지 않다는 의견도 여러 연구자들에 의해 제시되었다[22,34,39-41]. 저자들은 경골 개방성 골절의 연부 조직 재건 시기 결정에 있어서 원칙적으로는 Godina [30]의 치료지침을 참고하여 가능한 조기에 시행하도록 노력해야 하지만, 음압 창상 치료법을 활용하면 다소 유연성을 가져도 된다고 생각한다.

연부 조직 재건술의 시행 시기를 결정함에 있어서 다발성 외상(polytrauma) 환자는 일반 외상 환자와 구별해서 다른 관점에서 고민할 필요가 있다. 연부 조직 재건술 고려 시의 전제 조건은 적절한 초기 치료의 결과로 개방창에 괴사 조직이 남아 있지 않고 감염의 징후도 보이지 않아야 하며, 환자의 전신 상태가 양호하여 연부 조직 재건술을 감당할 수 있어야 한다. 그런데 다발성 외상 환자는 전신 상태가 불안정하기 때문에 연부 조직 재건술을 서둘러서 시행하면 연부 조직 재건술의 결과가 좋지 못한 것은 물론이고 환자의 전신 상태도 악화될 가능성이 있다. 다발성 외상 환자에서 외상 자체에 의한 신체의 손상과 이로 인해 유발되는 전신적 염증 반응을 1차 손상(first hit)이라고 하며, 1차 손상 후에 발생하는 감염 등의 합병증이나 1차 손상으로부터 전신 상태가 회복되지 않은 상태에서 시행되는 추가적인 수술에 의한 전신 반응을 2차 손상(second hit)이라고 하는데, 2차 손상은 전신 상태를 급격히 악화시킬 수 있다[42-44].

다발성 외상 환자의 치료 개념은 1970년대의 delayed surgery에서 1980년대의 early total care, 2000년대의 damage control surgery (DCS) 를 거쳐서 2010년대에는 early appropriate care와 safe definitive surgery로 발전하였는데, 2차 손상으로 인한 전신 상태 악화를 방지하고 우수한 치료 결과를 얻고자 하는 것이 변화의 주된 이유이다[45,46]. 다발성 외상 환자에 동반된 개방성 골절의 치료에도 위의 개념이 도입되어 소위 damage control orthopedics가 시행되고 있다. 이런 관점에서 볼 때 다발성 외상 환자에 동반된 개방성 골절의 연부 조직 재건술 시행 시기도 2차 손상이 발생하지 않도록 환자의 전신 상태를 고려하여 결정해야 한다. 2017년에 Cherubino 등[34]은 DCS 개념을 연부 조직 재건술에도 접목시켜서 damage control soft tissue reconstruction이라는 용어와 개념을 처음으로 소개하였다.

연부 조직 재건 방법

손상된 연부 조직을 재건하고자 할 때는 환자의 전신 상태, 기저 질환, 골절의 양상, 손상의 정도, 신경 및 혈관의 손상 여부, 결손의 크기와 깊이, 손상 구역(zone of injury)의 범위, 환자와 의료진의 선호 방법, 미용 및 기능적 측면 등을 모두 고려하여 적절한 방법을 선택해야 한다. 연부 조직 재건 방법은 단순 창상 봉합술에서부터 피부 이식술, 국소 피판술(local flap), 유경 피판술(pedicled flap), 유리 피판술에 이르기까지 여러 가지가 있는데, 천공지 피판술(perforator flap)의 도입으로 다양성이 더 증대되었다. 과거에는 재건 사다리(reconstructive ladder) 개념에 의거하여 간단한 재건 방법을 먼저 고려하고 여의치 않으면 더 복잡한 재건 방법을 고려하였으나, 현재에는 미세 수술의 발전으로 수술의 난이도가 높더라도 가장 우수한 치료 결과를 얻을 수 있는 방법을 먼저 고려하는 재건 엘리베이터(reconstructive elevator)나 재건 파이(reconstructive pie) 개념도 널리 받아들여지고 있는 추세이다[47].

경골 개방성 골절의 연부 조직 재건 방법은 결손 부위의 해부학적 위치에 따라서 다소 차이가 있다. 과거에는 근위부 1/3은 비복근피판술(gastrocnemius flap), 중간부 1/3에는 가자미근 피판술(soleus flap), 원위부 1/3은 유리 피판술이 주로 추천되었으며, 혈액 공급이 풍부하여 감염에 대한 저항성이 더 뛰어날 뿐만 아니라 빈 공간(dead space)을 채울 수 있으며 결손 부위에 맞게 3차원적으로 모양을 변형시키기 쉽다는 이유로 근막피부 피판술(fasciocutaneous flap)보다 근 피판술(muscle flap)이 더 권장되었다[48]. 하지만 근래에는 근막피부 피판술과 근 피판술의 치료 결과에 유의한 차이가 없는 것으로 보고된 바 있으며 천공지 피판술이 널리 사용되면서 하퇴부의 연부 조직 재건에도 다양한 유경 또는 유리 천공지 피판술이 활용되고 있다[48-51]. Hallock [49]과 Al-Mugaren 등[51]은 이러한 최신의 치료 경향을 반영하여 유용한 하퇴부 연부 조직 재건 방법을 결손 부위의 해부학적 위치에 따라 분류하여 제시하였으며, 국내에서는 Park [52,53]과 Lee [54]가 하퇴부의 연부 조직 재건 방법에 대하여 수술 술기를 포함하여 자세히 기술한 바 있으므로, 이를 참고하면 적절한 연부 조직 재건 방법의 선택에 도움이 될 것으로 생각된다. 본 종설은 저자들이 주로 사용하는 연부 조직 재건 방법을 증례와 함께 간단하게 소개하도록 하겠다.

1. 국소 피판술

결손부의 크기가 작은 경우에는 인접한 피부 조직을 이용하여 결손부를 덮을 수 있는데, 여러 가지 방법 중에 전위 피판(transposition flap)이나 양경 피판(bipedicled flap)이 유용하다(Figs. 1, 2). 하지만 결손부의 크기가 크거나 빈 공간(dead space)이 있으면 사용하기 곤란하므로 적용 가능한 경우가 제한적이다.

https://doi.org/10.12790/ahm.20.0037

Fig. 1. (A, B) A 53-year-old male patient with open tibiofibular fracture involving proximal 1/3 of the left leg. (C) After radical debridement and negative pressure wound therapy, the soft tissue defect was covered with transposition flap and split thickness skin graft. (D) Photograph obtained 2 months after the operation. The informed consent and publication permission from the patient were waived by Institutional Review Board.

Fig. 2. (A, B) A 32-year-old female patient was consulted for treatment of left open tibiofibular fracture after external fixation and wound approximation. (C, D, E) The external fixation was converted to the intramedullary nailing and the necrotic soft tissue was thoroughly debrided. The soft tissue defect was reconstructed with bipedicled flap and delayed split thickness skin graft. The informed consent and publication permission from the patient were waived by Institutional Review Board.

2. 유경 근 피판술

유경 근 피판술은 혈액 공급이 풍부하고 혈관 경의 해부학적 변이가 적어서 실패율이 낮으며 미세 혈관 문합술이 필요하지 않으므로 매우 유용한 방법이다. 비복근 피판술은 근위부 1/3의 연부조직 재건에 사용하는데, 주로 내측 두(medial head)를 사용하지만 결손부의 위치에 따라 외측 두(lateral head)를 이용할 수도 있다(Fig. 3). 비복근은 두꺼워서 충분한 회전과 이동이 어려운 경우가 종종 있는데, 근육의 기시부를 부분적으로 대퇴골에서 분리하거나 근막을 제거하는 방법, 근육에 여러 개의 횡 절개선을 만드는 방법, 거위발 건(pes anserinus) 아래로 지나가게 하는 방법 등을 사용하면 해결할 수 있다. 외측 두를 이용할 때는 총 비골 신경이 손상되지 않도록 조심해야 하고 내측 두보다 길이가 짧은 점을 염

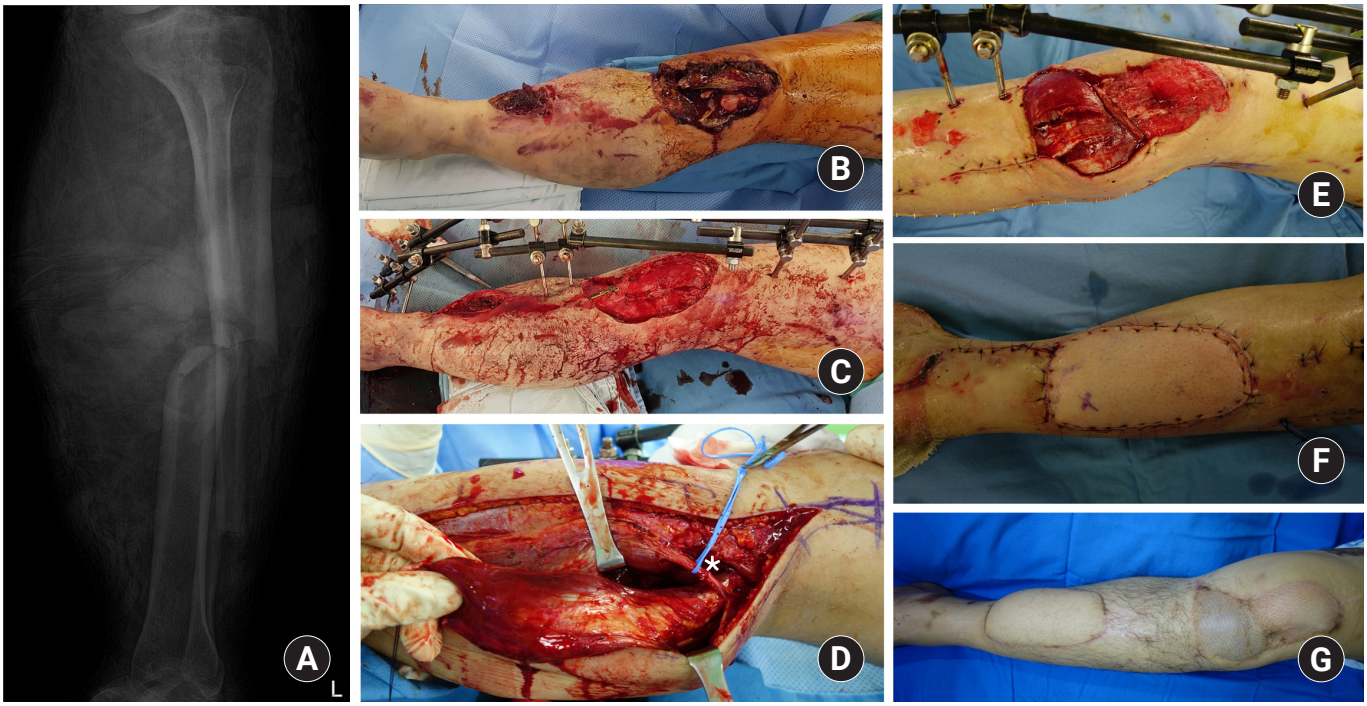

Fig. 3. A 41-year-old male polytrauma patient presented following a motorcycle accident. (A, B) The patient suffered from left distal femur comminuted fracture, knee open dislocation, patellar tendon avulsion fracture, and open tibiofibular fracture. (C) The initial treatment consisted of external fixation, radical debridement, primary repair of ligaments and joint capsule of left knee joint, internal fixation of patellar tendon avulsion fracture, and application of negative pressure wound therapy. (D, E) The prepatellar soft-tissue defect related to patellar tendon avulsion fracture was reconstructed with lateral gastrocnemius pedicled flap and split thickness skin graft. The common peroneal nerve was preserved (white asterisk). (F) The soft tissue defect related to open tibiofibular fracture was reconstructed with contralateral anterolateral thigh free flap. (G) Photograph taken 1 year after the accident. The informed consent and publication permission from the patient were waived by Institutional Review Board.

두에 두어야 한다.

가자미근 피판술은 중간부 1/3의 연부 조직 재건에 유용하다. 결손부의 크기가 크면 가자미근 전체를 사용해야 하나, 가자미근 전체를 사용하면 회전 반경이 커서 회전 및 이동에 어려움이 생기는 단점이 있다. 따라서 결손부를 다 덮을 수 있다면 내측 반가자미근 피판술(medial hemi-soleus flap)을 시행하는 것이 더 편리하다(Fig. 4). 또한 원위부 기저(distally based) 내측 반가자미근 피판술은 원위부 1/3의 연부 조직 재건에 사용할 수 있다[55]. 단, 근위부 기저(proximally based) 내측 반가자미근 피판술에 비하여 혈액 공급이 원활하지 못해서 피판 말단부 괴사가 자주 일어나므로 근 천공지(muscle perforator)를 최대한 보전하도록 노력해야 한다.

3. 유경 근막피부 피판술

유용하게 사용할 수 있는 근막피부 피판술에는 피부 천공지(cutaneous perforator)를 이용한 프로펠러 피판술(propeller flap)과 신경피부 피판술(neurocutaneous flap)이 있다. 하퇴부를 주행하는 세 개의 동맥 모두에서 여러 개의 피부 천공지가 분지되는데, 경골 개방성 골절에서는 전면 구획의 연부 조직과 전 경골 동맥이 손상되는 경우가 많으므로 후 경골 동맥이나 비골 동맥에서 분지하는 피부 천공지를 이용한 프로펠러 피판술이 더 안전하다(Fig. 5). 결손부의 크기가 크지 않고 주변에 박동성(pulsatility)이 강한 피부 천공지가 있다면 프로펠러 피판술을 고려할 수 있다. 프로펠러 피판술은 정맥 울혈이 잘 발생하는 단점이 있으므로, 혈관경을 박리할 때는 천공지가 모혈관(mother vessel)에서 분지하여 피판에 이르는 부위까지 충분한 길이를 확보하고 주변 조직에서 완전히 분리해서 혈관 경의 꼬임이나 눌림이 발생하지 않도록 주의해야 한다. 신경피부 피판술 중에는 복재 신경(saphenous nerve)과 비복 신경(sural nerve)을 이용한 신경피부 피판이 유용한데(Fig. 6), 복재 신경피부 피판술은 근위부 기저나 원위부 기저로 모두 사용이 가능하며, 비복 신경피부 피판술은 원위부 기저로 사용된다. 정맥 울혈의 가능성이 있으므로 혈관 경을 박리할 때는 신경 주변의 피하 지방 조직 및 근막을 포함하여 폭이 3 cm 이상이 되도록 하는 것이 중요하다.

4. 유리 피판술

앞에서 설명한 국소 피판술이나 유경 근 피판술, 유경 근막피부 피판술의 공통된 단점은 손상 구역의 범위가 넓은 경우에는 사용하기가 곤란하다는 것이다. 손상 구역은 괴사 구역(zone of necrosis), 정체 구역(zone of stasis), 충혈 구역(zone of hyper-

https://doi.org/10.12790/ahm.20.0037

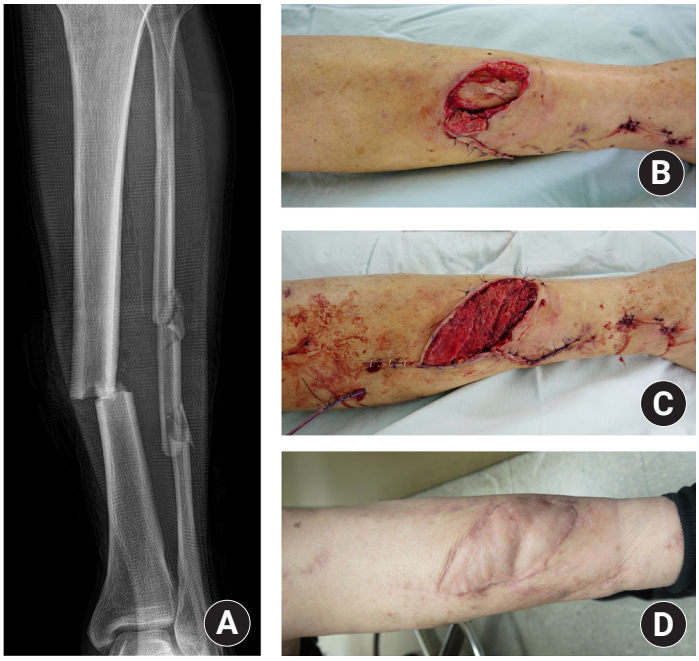

Fig. 4. (A, B) Clinical case of a 73-year-old man with left tibiofibular open fracture caused by a pedestrian accident. (C) The soft tissue defect was reconstructed with proximally based medial hemisoleus flap and split thickness skin graft. (D) Photograph obtained 6 months after the operation. The informed consent and publication permission from the patient were waived by Institutional Review Board.

Fig. 5. A 28-year-old male patient presented following a motorcycle accident. (A, B) A foreign body was stuck in the fracture site. (C, D) After thorough debridement and negative pressure wound therapy, the soft tissue defect was reconstructed with posterior tibial artery perforator based propeller flap and split thickness skin graft. (E) Photograph obtained 3 months after the operation. The informed consent and publication permission from the patient were waived by Institutional Review Board.

Fig. 6. (A, B) A 31-year-old male patient presented following a motorcycle accident with left tibiofibular open fracture. (C) The soft tissue defect was reconstructed with proximally based saphenous nerve neurocutaneous flap. (D) Photograph taken 3 months after the operation. The informed consent and publication permission from the patient were waived by Institutional Review Board.

emia)의 세 구역으로 구분하지만, 실제로는 세 구역을 뚜렷하게 구분하기 힘들고 전체적인 손상 구역의 정확한 범위가 어디까지인지조차도 판단하기가 어렵다[56,57]. 그런데 개방성 골절은 대부분 고에너지 손상으로 손상 구역 범위가 넓어서 국소 피판술이나 유경 피판술의 공여부가 손상 구역 내에 포함되는 경우가 많다. 국소 또는 유경 피판술의 피판이나 혈관 경이 손상 구역 내에 있으면 혈액 순환이 불량하고 피판의 괴사가 발생할 가능성이 높다. 따라서 국소 피판술이나 유경 피판술은 손상 구역 범위가 좁고 결손부 주변의 연부 조직 상태가 건강한 경우에만 사용해야 한다. 반면에 유리 피판술은 신체의 다른 부위에서 피판을 거상하여 결손부를 재건하는 것이므로 적절한 수혜부 혈관 경을 선택하여 혈관 문합만 성공적으로 시행하면 우수한 치료 결과를 얻을 수 있다. 결손부에 건강한 연부 조직과 풍부한 혈액 공급이 제공되므로 연부 조직의 재건뿐만 아니라 감염 방지, 골 유합 촉진 등 개방성 골절의 전반적인 치료 측면에도 더 유리하다. 또한 국소 및 유경 피판술은 크기와 위치에 제약이 많이 따르지만 유리 피판술은 적절한 수혜부 혈관 경만 존재한다면 크기나 위치와 상관없이 시행할 수 있다. 따라서 광범위 결손이나 결손부 주변의 연부 조직 상태가 불량한 고에너지 손상일 경우에는 유리 피판술의 시행이 더 권장된다. 천공지 피판의 도입 이후로 신체의 어느 부위에서나 다양한 종류의 유리 피판을 거상할 수 있게 되었는데, 수많은 유리 피판 중에서 연부 조직 재건에 어떤 유리 피판을 선택할지는 의료진의 선호도에 따라 다를 것이다.

저자들은 피판 선택 시에 근 피판보다는 근막피부 피판을 더 선호하는데, 미용적인 측면에서 더 우수하고 동일 부위에 추가적인 수술이 필요한 경우에 창상 관리에 대한 부담이 덜하기 때문이다. 개방성 골절의 치료 과정에서 적지 않은 경우에 골 이식술이나 내고정물 제거술 등의 추가적인 수술이 필요한데, 근 피판술 및 피부 이식술을 시행한 부위에 피부 절개를 가하면 피부가 탈락되거나 괴사되는 등, 창상 치유에 문제가 발생할 가능성이 있다. 반면에 근막피부 피판은 피판의 경계 부위를 따라서 피부 절개를 가하고 혈관 경이 손상되지 않도록 주의하면 창상 치유에 문제가 발생하는 경우가 거의 없다. 저자들은 많은 피판 중에서 전외측 대퇴부 피판을 가장 선호하는데, 다양한 크기의 피판 거상이 가능하며, 비교적 긴 혈관 경을 얻을 수 있어서 손상 구역에서 벗어난 부위에서 혈관 문합이 가능한 장점이 있다(Figs 3, 7). 게다가, 많은 경우에 동측의 대퇴부에서 피판을 거상하여 수술 부위를 이환된 하지 한 곳에 국한시킬 수 있고, 무엇보다도 수술 과정에서 환자의 체위 변경이 필요하지 않아서 편리하다. 그 이외에는 결손부의 크기가 광범위한 경우에 광배근 피판(latissimus dorsi flap)을 선호하며, 다른 부위에서 피판의 거상이 여의치 않을 때에 복직근 피판(rectus abdominis flap)을 사용하기도 한다.

결론

경골 골절은 장관골 골절 중에서 가장 흔한 골절이며 해부학적 특성상, 연부 조직의 손상을 동반한 개방성 골절이 발생하기 쉽다. 개방성 골절의 치료에서 가장 중요한 것은 감염의 방지이며, 이를

https://doi.org/10.12790/ahm.20.0037

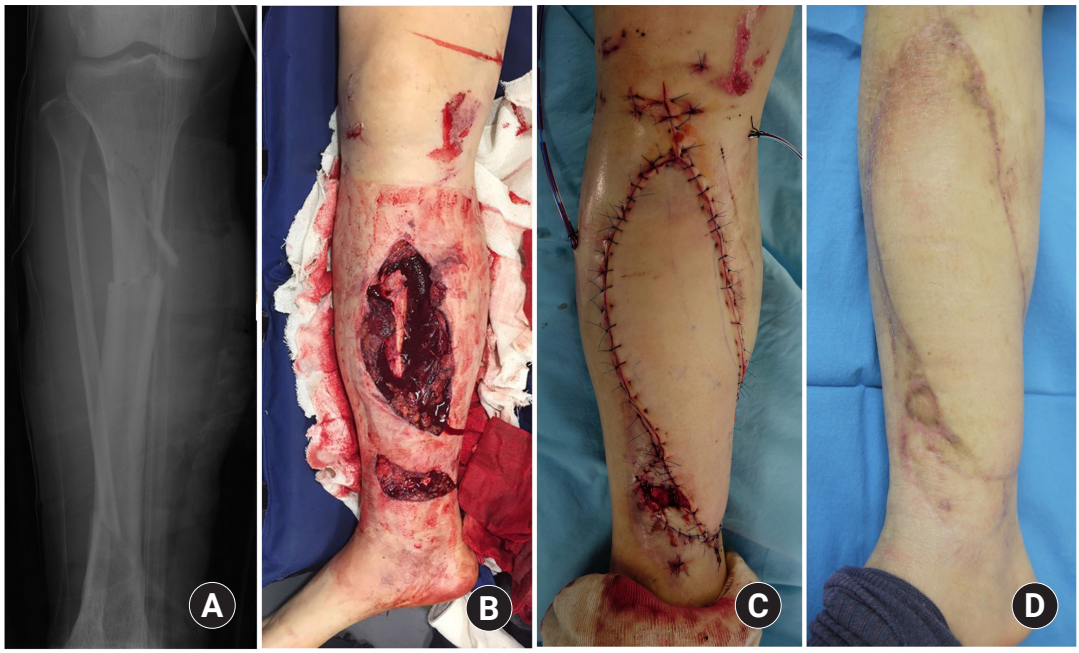

Fig. 7. (A, B) Clinical case of a 58-year-old man with right tibiofibular open fracture caused by a motor vehicle accident. (C) The soft tissue defect was reconstructed with ipsilateral anterolateral thigh free flap and split thickness skin graft. (D) Photograph obtained 1 year after the operation. The informed consent and publication permission from the patient were waived by Institutional Review Board.

위해서는 연부 조직을 재건하여 개방성 골절을 빨리 폐쇄성 골절로 전환시켜야 한다. 연부 조직의 재건 시기는 빠르면 빠를수록 좋지만, 다발성 외상 환자의 경우처럼 조기에 연부 조직 재건술을 시행할 수 없을 때는 음압 창상 치료법을 적극적으로 이용해야 한다. 수술 전에는 손상 구역 및 혈관의 손상 여부에 대한 정확한 평가가 반드시 필요하며, 이를 바탕으로 각각의 환자 별로 가장 적절한 재건 방법을 선택해야 할 것이다.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors have nothing to disclose.

REFERENCES

1. Court-Brown CM, McBirnie J. The epidemiology of tibial fractures. J Bone Joint Surg Br. 1995;77:417-21.
2. 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.
3. Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN. Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. J Trauma. 1984;24:742-6.
4. Brumback RJ, Jones AL. Interobserver agreement in the classification of open fractures of the tibia. The results of a survey of two hundred and forty-five orthopaedic surgeons. J Bone Joint Surg Am. 1994;76:1162-6.
5. Melvin JS, 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.
6. Patzakis MJ, Wilkins J. Factors influencing infection rate in open fracture wounds. Clin Orthop Relat Res. 1989;(243):36-40.
7. Lange RH, Bach AW, Hansen ST Jr, Johansen KH. Open tibial fractures with associated vascular injuries: prognosis for limb salvage. J Trauma. 1985;25:203-8.
8. Caudle RJ, Stern PJ. Severe open fractures of the tibia. J Bone Joint Surg Am. 1987;69:801-7.
9. Soni A, Tzafetta K, Knight S, Giannoudis PV. Gustilo IIIC fractures in the lower limb: our 15-year experience. J Bone Joint Surg Br. 2012;94:698-703.
10. Waikakul S, Sakkarnkosol S, Vanadurongwan V. Vascular injuries in compound fractures of the leg with initially adequate circulation. J Bone Joint Surg Br. 1998;80:254-8.
11. Duymaz A, Karabekmez FE, Vrtiska TJ, Mardini S, Moran SL. Free tissue transfer for lower extremity reconstruction: a study of the role of computed angiography in the planning of free tissue transfer in the posttraumatic setting. Plast Reconstr Surg. 2009;124:523-9.
12. Haddock NT, Weichman KE, Reformat DD, Kligman BE,

Levine JP, Saadeh PB. Lower extremity arterial injury patterns and reconstructive outcomes in patients with severe lower extremity trauma: a 26-year review. J Am Coll Surg. 2010; 210:66-72.
13. O'Malley O, Trompeter AJ, Krishnanandan S, et al. How common are vascular injuries in open tibial fractures?: a prospective longitudinal cohort study. Eur J Orthop Surg Traumatol. 2019;29:1119-24.
14. Chummun S, Wigglesworth TA, Young K, et al. Does vascular injury affect the outcome of open tibial fractures? Plast Reconstr Surg. 2013;131:303-9.
15. Stranix JT, Lee ZH, Jacoby A, et al. Not all Gustilo type IIIB fractures are created equal: arterial injury impacts limb salvage outcomes. Plast Reconstr Surg. 2017;140:1033-41.
16. Crowley DJ, Kanakaris NK, Giannoudis PV. Debridement and wound closure of open fractures: the impact of the time factor on infection rates. Injury. 2007;38:879-89.
17. Zalavras CG. Prevention of infection in open fractures. Infect Dis Clin North Am. 2017;31:339-52.
18. 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.
19. 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.
20. Srour M, Inaba K, Okoye O, et al. Prospective evaluation of treatment of open fractures: effect of time to irrigation and debridement. JAMA Surg. 2015;150:332-6.
21. Mener A, Staley CA, Lunati MP, Pflederer J, Reisman WM, Schenker ML. Is operative debridement greater than 24 hours post-admission associated with increased likelihood of post-operative infection? J Surg Res. 2020;247:461-8.
22. Rinker B, Amspacher JC, Wilson PC, Vasconez HC. Subatmospheric pressure dressing as a bridge to free tissue transfer in the treatment of open tibia fractures. Plast Reconstr Surg. 2008;121:1664-73.
23. Stannard JP, Volgas DA, Stewart R, McGwin G Jr, Alonso JE. Negative pressure wound therapy after severe open fractures: a prospective randomized study. J Orthop Trauma. 2009;23:552-7.
24. Schlatterer DR, Hirschfeld AG, Webb LX. Negative pressure wound therapy in grade IIIB tibial fractures: fewer infections and fewer flap procedures? Clin Orthop Relat Res. 2015; 473:1802-11.
25. Virani SR, Dahapute AA, Bava SS, Muni SR. Impact of negative pressure wound therapy on open diaphyseal tibial fractures: a prospective randomized trial. J Clin Orthop Trauma. 2016;7:256-9.
26. Liu X, Zhang H, Cen S, Huang F. Negative pressure wound therapy versus conventional wound dressings in treatment of open fractures: a systematic review and meta-analysis. Int J Surg. 2018;53:72-9.
27. Costa ML, Achten J, Bruce J, et al. Effect of negative pressure wound therapy vs standard wound management on 12-month disability among adults with severe open fracture of the lower limb: the WOLLF randomized clinical trial. JAMA. 2018;319:2280-8.
28. Kim JH, Lee DH. Negative pressure wound therapy vs. conventional management in open tibia fractures: Systematic review and meta-analysis. Injury. 2019;50:1764-72.
29. Grant-Freemantle MC, Ryan ÉJ, Flynn SO, et al. The effectiveness of negative pressure wound therapy versus conventional dressing in the treatment of open fractures: a systematic review and meta-analysis. J Orthop Trauma. 2020;34:223-30.
30. Godina M. Early microsurgical reconstruction of complex trauma of the extremities. Plast Reconstr Surg. 1986;78:285-92.
31. Wood T, Sameem M, Avram R, Bhandari M, Petrisor B. A systematic review of early versus delayed wound closure in patients with open fractures requiring flap coverage. J Trauma Acute Care Surg. 2012;72:1078-85.
32. Liu DS, Sofiadellis F, Ashton M, MacGill K, Webb A. Early soft tissue coverage and negative pressure wound therapy optimises patient outcomes in lower limb trauma. Injury. 2012; 43:772-8.
33. Haykal S, Roy M, Patel A. Meta-analysis of timing for microsurgical free-flap reconstruction for lower limb injury: evaluation of the Godina principles. J Reconstr Microsurg. 2018; 34:277-92.
34. Cherubino M, Valdatta L, Tos P, et al. Role of negative pressure therapy as damage control in soft tissue reconstruction for open tibial fractures. J Reconstr Microsurg. 2017;33(S 01): S08-13.
35. Shammas RL, Mundy LR, Truong T, et al. Identifying predictors of time to soft-tissue reconstruction following open tibia fractures. Plast Reconstr Surg. 2018;142:1620-8.
36. Krug E, Berg L, Lee C, et al. Evidence-based recommendations for the use of negative pressure wound therapy in traumatic wounds and reconstructive surgery: steps towards an international consensus. Injury. 2011;42 Suppl 1:S1-12.
37. Harvin WH, Stannard JP. Negative-pressure wound therapy in

https://doi.org/10.12790/ahm.20.0037

acute traumatic and surgical wounds in orthopaedics. JBJS Rev. 2014;2:01874474-201404000-00001.
38. Robert N. Negative pressure wound therapy in orthopaedic surgery. Orthop Traumatol Surg Res. 2017;103(1 Suppl): S99-103.
39. Steiert AE, Gohritz A, Schreiber TC, Krettek C, Vogt PM. Delayed flap coverage of open extremity fractures after previous vacuum-assisted closure (VAC) therapy: worse or worth? J Plast Reconstr Aesthet Surg. 2009;62:675-83.
40. Raju A, Ooi A, Ong YS, Tan BK. Traumatic lower limb injury and microsurgical free flap reconstruction with the use of negative pressure wound therapy: is timing crucial? J Reconstr Microsurg. 2014;30:427-30.
41. Lee ZH, Stranix JT, Rifkin WJ, et al. Timing of microsurgical reconstruction in lower extremity trauma: an update of the Godina paradigm. Plast Reconstr Surg. 2019;144:759-67.
42. Oh HK. Damage control and provisional fixation. J Korean Fract Soc. 2010;23:346-52.
43. Lenz A, Franklin GA, Cheadle WG. Systemic inflammation after trauma. Injury. 2007;38:1336-45.
44. Kim JJ, Kim KH. Management of polytrauma. J Korean Orthop Assoc. 2018;53:1-8.
45. D'Alleyrand JC, O'Toole RV. The evolution of damage control orthopedics: current evidence and practical applications of early appropriate care. Orthop Clin North Am. 2013;44:499-507.
46. Pape HC, Andruszkow H, Pfeifer R, Hildebrand F, Barkatali BM. Options and hazards of the early appropriate care protocol for trauma patients with major fractures: towards safe definitive surgery. Injury. 2016;47:787-91.
47. Jeon BJ, Mun GH. Perspectives on reconstructive microsurgery in Korea. J Korean Med Assoc. 2011;54:604-16.
48. Melvin JS, Dombroski DG, Torbert JT, Kovach SJ, Esterhai JL, Mehta S. Open tibial shaft fractures: II. Definitive management and limb salvage. J Am Acad Orthop Surg. 2010;18:108-17.
49. Hallock GG. Evidence-based medicine: lower extremity acute trauma. Plast Reconstr Surg. 2013;132:1733-41.
50. Cho EH, Shammas RL, Carney MJ, et al. Muscle versus fasciocutaneous free flaps in lower extremity traumatic reconstruction: a multicenter outcomes analysis. Plast Reconstr Surg. 2018;141:191-9.
51. AlMugaren FM, Pak CJ, Suh HP, Hong JP. Best local flaps for lower extremity reconstruction. Plast Reconstr Surg Glob Open. 2020;8:e2774.
52. Park JW. Reconstruction of traumatic soft tissue defect: local Flap. J Korean Fract Soc. 2010;23:251-6.
53. Park JW. Reconstruction of a traumatic soft tissue defect. J Korean Fract Soc. 2015;28:256-65.
54. Lee JH. Treatment of traumatic soft tissue defect: free flap. J Korean Fract Soc. 2010;23:257-62.
55. Park IJ, Sur YJ, You SL. Reconstruction of the soft tissue defect on anteromedial surface of the leg using medial hemisoleus flap. Arch Reconstr Microsurg. 2014;23:76-81.
56. Yaremchuk MJ, Brumback RJ, Manson PN, Burgess AR, Poka A, Weiland AJ. Acute and definitive management of traumatic osteocutaneous defects of the lower extremity. Plast Reconstr Surg. 1987;80:1-14.
57. Loos MS, Freeman BG, Lorenzetti A. Zone of injury: a critical review of the literature. Ann Plast Surg. 2010;65:573-7.

경골 개방성 골절의 연부 조직 재건

김영우, 박호연, 서유준

가톨릭대학교 의과대학 정형외과학교실

장관골 중 가장 흔히 골절되는 뼈는 경골이며 이 중 약 24%는 개방성 골절이다. 개방성 골절은 폐쇄성 골절에 비해 감염이나 불유합 등, 합병증 발생률이 현저히 높기 때문에 세심한 치료가 필요하다. 개방성 골절의 치료에서 가장 중요한 것은 감염 방지이며, 이를 위해서는 일차적으로 철저한 창상 세척과 변연 절제술을 시행하고 가능한 빨리 연부 조직을 재건해야 한다. 다발성 외상 환자처럼 조기에 연부 조직 재건술을 시행하기 불가능할 때는 음압 창상 치료법의 사용이 권장된다. 손상된 연부 조직을 재건할 때는 환자의 전신 상태, 결손의 크기와 깊이, 신경 및 혈관 손상 여부, 손상 구역의 범위, 미용 및 기능적 측면을 모두 고려하여 피부 이식술, 국소 피판술, 유경 피판술, 유리 피판술 중에서 적절한 방법을 선택해야 한다. 특히, 하지의 혈관 손상 여부에 대한 정확한 평가와 손상 구역의 범위에 대한 고려가 중요하며, 손상 구역의 범위가 넓은 경우에는 유리 피판술이 더 유리할 것으로 생각된다.

색인단어: 경골, 개방성 골절, 연부 조직 손상, 재건술, 피판술

접수일 2020년 7월 8일 **수정일** 2020년 8월 17일 **게재확정일** 2020년 8월 17일

교신저자 서유준

11765, 의정부시 천보로 271, 가톨릭대학교 의정부성모병원 정형외과

TEL 031-820-3066 **FAX** 031-846-3671 **E-mail** yoojoon@catholic.ac.kr

ORCID https://orcid.org/0000-0003-0090-9970

https://doi.org/10.12790/ahm.20.0037