

개방성 하지 골절에서 음압 상처 치료 후 지연성 연부조직 재건술에 대한 치료 결과

Delayed Soft Tissue Coverage after Negative Pressure Wound Therapy in Open Fractures of Lower Extremities

박기철 • 김홍식 • 오정한 • 최승석*

한양대학교 의과대학 구리병원 정형외과학교실, *성형외과학교실

목적: 하지의 개방성 골절에서 음압 상처 치료 후의 지연성 연부조직 재건술의 임상적 결과에 대해 알아보고자 하였다.

대상 및 방법: 2007년 6월부터 2011년 2월까지 15명의 환자에서 발생한 16예의 개방성 하지 골절을 대상으로 하였다. 남성이 13명, 여성이 2명이었으며, 평균연령은 39.0세(7-65세)였다. 본 연구에서는 음압 치료 후 시행한 지연성 연부조직 재건술의 이식편 상태, 기능적 결과, 골유합 및 창상 감염 등의 합병증에 대해 확인하였다.

결과: 수상 후 평균 29.3일(9-50일)간 음압 상처 치료를 시행하였으며, 수상 후 평균 36.1일(21-60일)에 연부조직 재건술을 시행하였다. 5예에서 피부이식술, 8예에서 유리 피판술 그리고 3예에서 국소 피판술을 시행하였으며, 최종 추시 시 이식편의 실패는 관찰되지 않았다. 골유합은 평균 5.2개월(3-8개월)에 관찰되었으며, 2예에서 지연 유합이 발생하였으나 최종 추시 시 골유합을 확인할 수 있었다.

결론: 동반 손상으로 인해 조기 연부조직 재건술을 시행할 수 없는 개방성 하지 골절에서 음압 상처 치료 후 지연성 연부조직 재건술을 시행하는 것은 이식편의 실패, 골절 부위의 불유합 등의 합병증을 줄일 수 있어 유용한 치료 대안으로 생각한다.

색인단어: 개방성 하지 골절, 음압 상처 치료, 지연성 연부조직 재건술

서 론

고 에너지 손상에 의한 하지의 개방성 골절은 많은 경우 광범위한 연부조직의 결손을 동반하며, 적절한 시기에 연부조직 결손에 대한 치료가 시행되지 못할 경우 감염, 연부조직의 괴사 및 하지의 절단으로 이어질 수 있다.¹⁾ 연부조직의 결손을 동반한 하지의 개방성 골절의 이상적인 치료방법은 수상 후 72시간 내 골절 부위의 내고정술 및 연부조직의 재건술을 시행하는 것이나,²⁾ 많은 경우 고 에너지 손상으로 인한 주요 장기의 손상 및 다발성 골절 등으로 인해 전신 상태가 불량하여 조기에 연부조직 재건술을 시행하지 못하는 경우가 흔하다.³⁾ 최근 음압 상처 치료 등 창상 처

치 기법의 발전은 조기에 연부조직 재건술을 시행하지 못하는 경우의 치료에 많은 도움이 되고 있다. 본 연구에서는 하지의 개방성 골절에서 음압 상처 치료 후의 지연성 연부조직 재건술의 임상적 결과에 대해 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

2007년 6월부터 2011년 2월까지 본 교실에서 개방성 하지 골절로 인해 발생한 연부조직 결손에 대해 음압 상처 치료 후 수상일로 부터 최소 3일 이후에 연부조직 재건술을 시행한 15명의 환자(16예)를 대상으로 하였다(Table 1). 대상 환자군은 뇌, 흉부, 복부 등의 주요 장기 동반 손상으로 전신 상태가 불량하여 조기에 연부조직 재건술이 불가능하였던 경우였다.

남성이 13명, 여성이 2명이었으며, 평균 연령은 39.0세(7-65세)였다. 모든 골절은 Gustilo classification⁴⁾으로 분류하였으며, II형이 3예, III-A형이 4예, III-B형이 9예였다. 골절 부위는 경골이 13예,

접수일 2011년 7월 5일 수정일 2011년 9월 18일

게재확정일 2012년 1월 16일

교신저자 박기철

구리시 교문동 249-1, 한양대학교 의과대학 구리병원 정형외과

TEL 031-560-2317, FAX 031-557-8781

E-mail kcpark@hanyang.ac.kr

Table 1. Patients Characteristics in This Study

Patients	Sex	Age	Fracture site	Tissue defect	Fracture classification (Gustilo classification)	Wound size (cm)
1	M	23	Tibia	Ankle	II	4×5
2	M	32	Tibia	Lower leg	III-B	10×10
3	M	7	Tibia	Ankle	III-A	10×8
4	M	34	Tibia	Lower leg	III-B	20×8
			Femur	Thigh	III-A	4×10
5	F	34	Tibia	Lower leg	III-B	5×10
6	M	36	Femur	Thigh	III-B	15×6
7	M	31	Tibia	Lower leg	III-B	10×6
8	F	60	Tibia	Lower leg	III-B	15×8
9	M	65	Tibia	Lower leg	III-B	15×6
10	M	36	Femur	Thigh	III-A	4×20
11	M	56	Tibia	Lower leg	III-B	13×10
12	M	42	Tibia	Lower leg	III-B	10×6
13	M	40	Tibia	Lower leg	II	3×4
14	M	61	Tibia	Lower leg	II	5×4
15	M	30	Tibia	Lower leg	III-A	10×4

M, male; F, female.

대퇴골이 3예였으며, 6예의 환자에서는 개방성 골절 부위 외의 동반 골절이 존재하였다.

모든 환자는 수상일에 창상의 세척 및 철저한 변연 절제술을 시행한 뒤 상처에 직접 접촉하는 폴리우레탄 스펀지(polyurethane sponge), 배액관(evacuation tube), 수집통(collecting cannister) 및 진공 펌프로 구성된 음압 상처 치료 장치(V.A.C.[®], Kinetic Concepts Inc., San Antonio, TX, USA)를 적용하였다. 먼저 변연 절제술이 시행된 창상 부위의 모양과 크기에 맞게 폴리우레탄 스펀지를 재단하여 창상 부위에 위치시킨 후 배액관을 통과시키고 투명 접착성 필름을 이용하여 밀봉한 뒤 배액관의 끝을 진공 펌프에 연결시킨 후 125 mmHg의 음압을 연속적 모드로 적용하였다. 2-3일마다 창상의 육아조직 형성을 관찰하고 창상의 세척과 추가적인 변연 절제술을 시행하면서 폴리우레탄 스펀지를 교체하였다. 연부조직 재건술을 받을 수 있을 정도로 환자의 전신 상태가 회복되고, 창상 부위에 감염의 증거가 없이 건강한 육아조직이 생성되었을 때 연부조직 재건술을 시행하였다.

모든 환자에서 감염이 없는 경우 수상일부터 창상 부위의 재건술 시행 1주 후까지 1세대 세팔로스포린(1st generation cephalosporin)을 투여하였으며 추가적으로 aminoglycoside계 항생제 또한 손상 정도를 고려하여 투여하였다. 심부 감염이 된 1예에서는 Methicillin 내성 황색포도상구균(methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, MRSA)이 동정되어 Vancomycin을 약 40일간 투여하여 치료하였으며 1예의 표재성 감염 환자에서는 1세대 세팔로스포린 투여를 통해 치료하였다. 골절 부위의 고정은 11예에서

수상일에 변연 절제술 후 외고정 장치를 이용한 한시적 고정술을 시행하였고, 이후 비확공성 골수내정 고정술 또는 최소 침습적 금속판 고정술을 이용하여 최종적인 고정술을 수상 후 평균 17.6일(7-40일)에 시행하였으며, 나머지 5예에서는 수상 당일에 비확공성 골수내정 고정술을 시행하였다.

이들을 대상으로 술 후 이식편의 상태, 기능적 결과, 골유합, 창상부위의 감염 등의 합병증에 대해 후향적으로 조사하였다.

결 과

1. 이식편의상태

수상 후 평균 29.3일(9-50일)간 음압 상처 치료를 시행하였으며, 연부조직 재건술이 시행되기까지는 평균 36.1일(21-60일)이 소요되었다. 음압 상처 치료 후 최종 치유 시 창상의 크기는 수상 당시 창상의 크기보다 평균 51.3% (30-64%)의 감소를 보였다. 개방창의 최종 치료 방법으로 5예에서 피부 이식술, 8예에서 유리 피판술(전외측 대퇴부 피판 6예, 광배근피판 2예) 그리고 3예에서 비복근 피판을 이용한 국소 피판술을 시행하였으며(Table 2), 모든 예에서 이식편의 실패는 관찰되지 않았다(Fig. 1).

2. 기능적결과

Klemm과 Börner⁵⁾의 판정기준에 의하면 우수 1명(6.7%), 양호 7명(46.7%), 보통 7명(46.7%)으로 모든 환자에서 보통 이상의 결과를 보였다(Table 3).

Table 2. Clinical Results

Case	Coverage	Coverage timing (d)	Complications	The rate of decrease in wound size (%)	Bone union (mo)	Definitive fixation	Duration of negative pressure therapy
1	ALT	25	Superficial infection	55	5	IM nailing	25
2	GAS	38		64	3	MIPO	34
3	STSG	28		30	4	MIPO	23
4	ALT	40		56	6	IM nailing	40
5	STSG	40		55	6	IM nailing	40
6	ALT	36		58	4	IM nailing	30
7	LD	30		51	5	MIPO	25
8	ALT	36	Deep infection	53	5	IM nailing	22
9	ALT	38		54	6	MIPO	20
10	ALT	50		56	8	IM nailing	50
11	STSG	60		32	8	IM nailing	40
12	LD	21		46	5	IM nailing	22
13	GAS	29		53	4	MIPO	21
14	GAS	37		50	5	MIPO	9
15	STSG	49		60	5	IM nailing	49
16	STSG	21		48	4	MIPO	19

ALT, anterolateral thigh; IM, intramedullary; GAS, gastrocnemius; MIPO, minimally invasive percutaneous osteosynthesis; STSG, split thickness skin graft; LD, latissimus dorsi.

3. 골유합

골유합의 평균 시기는 수상 후 평균 5.2개월(3-8개월)이었으며, 2예에서는 지연 유합이 관찰되었으나 최종 추시 시 골유합이 관찰되었다. 지연 유합이 발생한 2예 중 1예는 골결손이 보이지 않아 조기 장골 이식을 시행하지 않았으며, 나머지 1예는 골결손이 존재하여 신연 골 연장술을 시행하여 골유합을 얻을 수 있었다. 4명의 환자에서는 골절 부위에 골결손이 존재하고 개방성 골절로 인해 골막 손상이 심하여 추후 불유합이 확실시되었으므로 내고정술 후 2개월째 자가 장골 이식술을 시행하여 골유합을 얻을 수 있었다.

4. 합병증

수상 후 합병증으로는 1예에서 Methicillin 내성 황색포도상구균(MRSA)에 의한 심부 감염이 발생하였으나, Vancomycin을 이용한 항생제 치료와 지속적인 변연 절제술 및 음압을 이용한 상처 치료를 40일 동안 시행한 후 단계적인 골수내정 고정술과 피부 이식술을 통해 치료가 가능하였다(Fig. 2). 또한, 1예에서 피부 이식 부위에 표재성 감염이 발생하였으나, 항생제 치료 후 감염 증상이 소실되었으며, 다른 1예에서는 수상 후 비골신경 마비가 발생하였으나 특별한 치료 없이 수상 3개월 후 회복되었다.

고 찰

연부조직의 결손을 동반한 하지의 개방성 골절 시 연부조직 재건술의 적정 시기는 매우 중요하나, 여러 연구에서 서로 상반된 의견이 제시되고 있다. Yaremchuk 등⁶⁾은 수상 후 평균 17일 이후에 시행한 지연성 연부조직 재건술이 양호한 결과를 보인다고 주장하였다. 반면 Godina²⁾는 수상 72시간 이후에 지연성 연부조직 재건술을 시행한 환자에서 약 20%의 이식편의 완전 괴사와 29%의 술 후 감염이 발생하였으나, 72시간 이내에 상처 부위에 대해 조기 봉합 또는 조기 연부조직 재건술을 시행한 경우에는 1% 미만의 이식편의 괴사와 2% 미만의 술 후 감염만이 발생하여 72시간 내에 연부조직 재건술을 시행하는 것이 유리하다고 보고한 바 있다. 초기에 창상 피복을 시행하지 못할 경우 점진적인 조직의 섬유화와 부종 발생이 유발되어 적절한 골절 부위 고정술 및 연부조직 재건술을 시행하지 못하게 만들며, 이는 피판술의 실패와 감염의 위험을 증가시킨다.²⁾ 따라서, 연부조직의 결손을 동반한 개방성 골절 시 가능한 초기에 골절 부위의 고정술과 연부조직의 재건술을 시행하는 것이 이식편의 실패, 창상 부위의 감염 및 불유합 등의 합병증을 줄이는 가장 좋은 방법임은 이미 여러 연구를 통해 보고되었다.^{1,2,7)} 그러나, Steiert 등³⁾은 연부조직 결손을 동반한 개방성 골절의 경우 교통사고나 추락사고와 같은 고 에너지 손상으로 인해 약 67%에서 생명에 지장을 주는 뇌, 흉부, 복부



Figure 1. (A) A 31-year-old man sustained type III-B open tibia shaft fracture combined with both femur and head trauma. The hemodynamic state was unstable. (B) The vacuum-assisted closure system was applied to the open wound after debridement and temporary external fixation which was damaged by controlled surgery. (C) Unreamed tibial nail, femoral nails and plate were applied at two weeks after injury. (D) Anterolateral thigh flap was applied at 36 days after injury. (E) Autogenous iliac bone graft was applied to the bone defect at 2 months after injury to enhance bone healing. (F) The fractures were healed without complication. (G) Clinical photograph shows successful result after 4 months using the anterolateral thigh flap.

등의 주요 장기 손상이 동반된다고 보고하였다. 이러한 경우, 무리하게 조기에 개방성 골절에 대한 고정술 및 연부조직 재건술을 시행하게 된다면 전신성 염증반응 증후군 또는 다발성 기능장

에 증후군이 유발되어 환자의 생명이 위험하게 될 수 있다.^{8,9)} 따라서, 이런 경우에는 환자의 전신 상태에 무리가 되지 않는 범위의 변연 절제술과 외고정 장치를 이용한 골절 부위의 한시적 고

Table 3. The Criteria of Functional Results by Klemm and Börner

Patients		n (%)
Excellent	Full knee and ankle motion	1 (6.7)
	No muscle atrophy	
Good	Slight loss of knee or ankle motion	7 (46.7)
	Less than 2 cm of muscle atrophy	
	Angular deformity less than 5°	
Fair	Moderate (25°) loss of knee or ankle motion	7 (46.7)
	More than 2 cm muscle atrophy	
	Angular deformity 5°-10°	
Poor	Marked loss of knee or ankle motion	0 (0)
	Marked muscle atrophy	
	Angular deformity greater than 10°	

정 및 음압 상처 치료를 이용한 창상피복 후 환자의 전신 상태가 호전된 이후에 최종적인 골절 부위 고정술 및 지연성 연부조직 재건술을 시행하는 것이 적합할 것이다. 본 연구에서도 다발성 손상 및 전신 상태 불량으로 조기 연부조직 재건술이 불가능했던 16예의 개방성 하지 골절에 대해 수상 직후 철저한 변연 절제술과 음압 상처 치료를 이용한 창상관리 후 지연성 연부조직 재건술을 시행한 결과 이식편의 실패 없이 모두 치료되었다.

개방성 골절 시 창상피복의 지연은 인대, 근육 및 신경 혈관 조직의 섬유화, 하지의 부종, 창상 부위 감염의 가능성을 증가시켜 지연성 연부조직 재건술의 실패를 유발하는 원인이 된다.¹⁰⁾ 조기 연부조직 재건술이 불가능할 경우 음압 상처 치료를 이용하는 것은 창상 부위 간질액의 흡입을 통한 부종 감소, 세균번식의 예방, 창상 부위 국소 혈류량의 증가 및 육아조직 생성의 자극을 통해 이식편에 적합한 착상부위를 제공함으로써 연부조직 재건술의 성공 가능성을 높이는 데 도움이 된다.^{11,12)} 또한, Joseph 등¹³⁾은 연

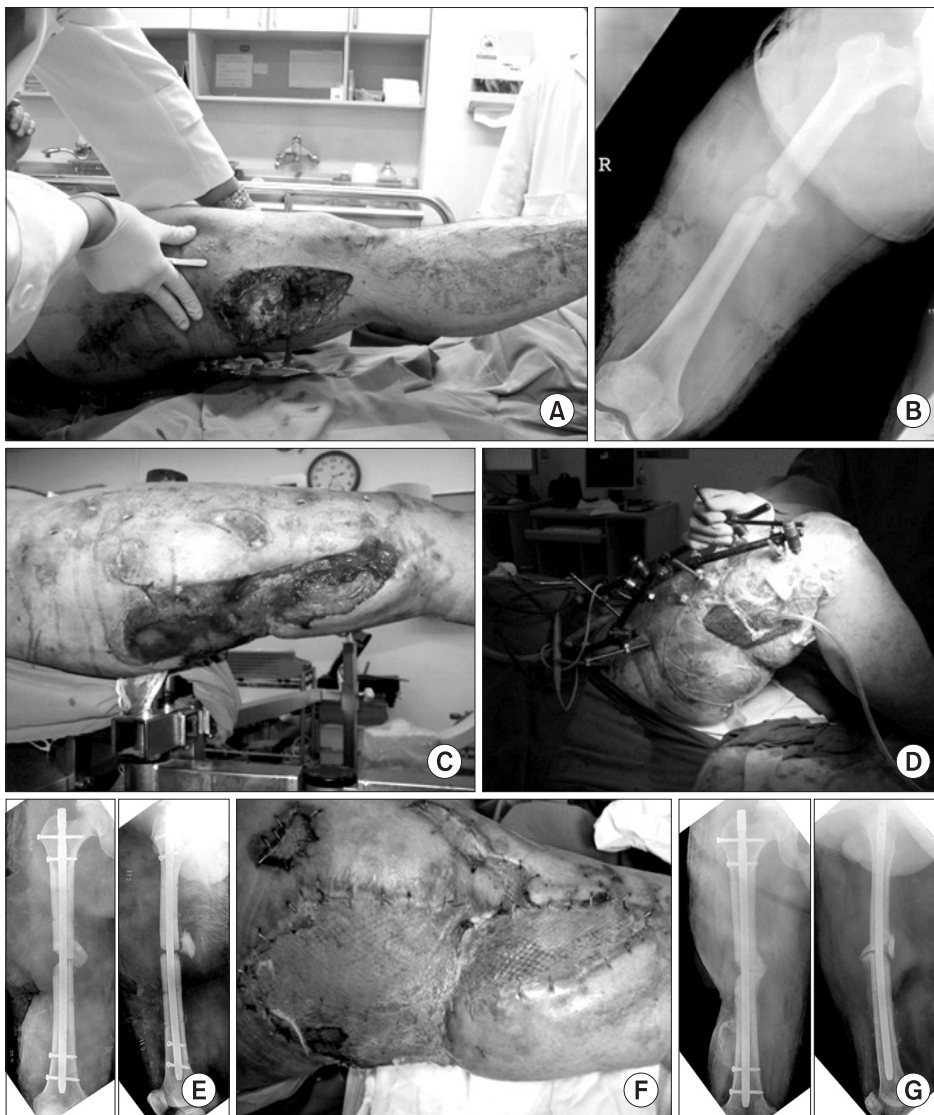


Figure 2. A patient with deep wound infection by methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. (A, B) Photograph and radiograph show extensive soft tissue defect and open comminuted fracture of femur shaft. (C) Severe deep wound infection developed after injury. (D) Repeated debridement and change of vacuum-assisted closure system for approximately 40 days. (E) After the infection subsided, undreamed femoral nail was applied. (F) Photograph shows successful result after 14 days using split-thickness skin graft. (G) The radiographs at 24 weeks after surgery show bridging callus around the fracture site.

부조직 결손에 대해 6주간의 음압 상처 치료를 시행한 결과 결손 부위의 크기가 약 78% 감소했다고 보고하였으며, 이는 음압 상처 치료가 연부조직 재건술 시 이식 범위를 감소시켜 지연성 연부조직 재건술의 성공 가능성을 높일 수 있음을 보여준다. 본 연구에서도 평균 29.3일간의 음압 상처 치료 후 결손부위의 크기가 평균 51.3% 감소하였다. 본 연구에서의 창상 감소율이 Joseph 등¹³⁾의 결과에 비해 다소 낮게 측정되었는데, 이는 Joseph 등¹³⁾이 창상 크기의 측정 시 삼차원적 부피를 이용하였고 평균 6주간의 음압 상처 치료를 시행한 반면, 본 연구에서는 창상 크기의 측정 시 이차원적 넓이만을 측정하여 창상의 깊이 회복을 반영하지 않았고, 환자의 전신 상태가 회복되면 연부조직 재건술을 시행하여 음압 상처 치료 기간이 상대적으로 짧았기 때문이라고 생각한다.

본 연구에서는 기능적 결과상 8명의 환자(53.4%)에서 양호 이상의 결과를 보여 개방적 골절임에도 불구하고 비교적 양호한 결과를 얻었는데, 이는 13예에서 관절 외 골절로 골절 자체가 관절에 손상을 주지 않았으며, 골절에 대한 내고정술을 시행한 후 지속수동운동(continuous passive motion) 등을 이용하여 조기에 관절 운동을 시작하였기 때문으로 생각한다. 또한 대상 환자 군이 심한 근육의 결손이나 신경 손상을 동반하지 않았던 것도 다른 연구에 비해 좋은 결과를 보인 이유로 생각한다.

Hertel 등¹⁴⁾은 수상 후 24시간 이내에 즉각적인 연부조직 재건술을 시행한 환자들과 평균 4.4일째에 연부조직 재건술을 시행한 환자들을 비교한 결과 전자에서는 평균 5.6개월째에 골유합이 관찰된 반면, 후자에서는 평균 11.6개월째에 골유합이 관찰되었다고 보고하여 지연성 연부조직 재건술의 단점으로 골절부위의 불유합 가능성을 제기한 바 있다. 본 연구에서는 지연성 연부조직 재건술을 시행한 16예의 환자 중 2예에서 지연 유합이 발생하였으나, 최종 추시 시 골유합을 확인할 수 있었으며 모든 예에서 불유합 없이 평균 5.2개월째에 골유합이 이루어져 양호한 결과를 보였다. 이는 음압 상처 치료를 이용한 적절한 창상피복이 세균침투 및 번식을 억제하여 감염에 의한 불유합을 예방하였으며, 혈류가 왕성한 육아조직을 신속하게 생성하게 함으로써 항생제 전달 및 골유합에 도움이 되었을 것이라 생각한다.

교통사고나 추락사고와 같은 고 에너지 손상에 의한 하지의 개방성 골절은 골 결손이 동반되는 경우가 많으며, 이러한 경우 조기 자가 장골 이식술 등의 적극적인 치료가 불유합이나 지연 유합을 예방할 수 있을 것으로 생각된다. Kesemenli 등¹⁵⁾은 20예의 골 결손이 동반된 개방성 경골 골절 환자에 대해 조기 자가 장골 이식술을 시행한 결과 1예에서만 지연 유합이 발생하였고, 나머지 19예에서는 지연 유합이나 불유합 없이 평균 28주에 골유합을 얻을 수 있었다고 보고하여 조기 골 이식술의 유용성에 대해 말한 바 있다. 본 연구에서도 4예에서 조기에 자가 장골 이식술을 시행하였고 전 예에서 최종적으로 골유합을 얻을 수 있었다.

결론

개방성 하지 골절에서 연부조직 결손에 대한 치료 방법으로 철저한 변연 절제술 후 조기에 연부조직 재건술을 시행하는 것이 가장 이상적인 방법이나 동반 손상으로 인해 조기 연부조직 재건술이 불가능할 경우에는 음압 상처 치료 후 지연성 연부조직 재건술을 시행하는 것이 좋은 치료방법 중의 하나라고 생각한다.

참고문헌

1. Yazar S, Lin CH, Wei FC. One-stage reconstruction of composite bone and soft-tissue defects in traumatic lower extremities. *Plast Reconstr Surg*. 2004;114:1457-66.
2. Godina M. Early microsurgical reconstruction of complex trauma of the extremities. *Plast Reconstr Surg*. 1986;78:285-92.
3. 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.
4. 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.
5. Klemm KW, Börner M. Interlocking nailing of complex fractures of the femur and tibia. *Clin Orthop Relat Res*. 1986;212:89-100.
6. 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.
7. Ninković M, Schoeller T, Benedetto KP, Anderl H. Emergency free flap cover in complex injuries of the lower extremities. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*. 1996;30:37-47.
8. Hildebrand F, Giannoudis P, Krettek C, Pape HC. Damage control: extremities. *Injury*. 2004;35:678-89.
9. 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.
10. Cierny G 3rd, Byrd HS, Jones RE. Primary versus delayed soft tissue coverage for severe open tibial fractures. A comparison of results. *Clin Orthop Relat Res*. 1983;178:54-63.
11. DeFranzo AJ, Argenta LC, Marks MW, et al. The use of vacuum-assisted closure therapy for the treatment of lower-

- extremity wounds with exposed bone. *Plast Reconstr Surg.* 2001;108:1184-91.
12. Kanakaris NK, Thanasis C, Keramaris N, Kontakis G, Granick MS, Giannoudis PV. The efficacy of negative pressure wound therapy in the management of lower extremity trauma: review of clinical evidence. *Injury.* 2007;38 Suppl 5:S9-18.
 13. Joseph E, Hamori CA, Bergman S, Roaf E, Swann NF, Anastasi GW. A prospective randomized trial of vacuum-assisted closure versus standard therapy of chronic nonhealing wounds. *Wounds.* 2000;12:60-7.
 14. 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.
 15. Kesemenli CC, Kapukaya A, Subaşı M, Arslan H, Necmioğlu S, Kayıkçı C. Early prophylactic autogenous bone grafting in type III open tibial fractures. *Acta Orthop Belg.* 2004;70:327-31.

Delayed Soft Tissue Coverage after Negative Pressure Wound Therapy in Open Fractures of Lower Extremities

Ki-Chul Park, M.D., Hong-Sik Kim, M.D., Jeong-Han Oh, M.D., and Seung-Suk Choi, M.D.*

*Departments of Orthopedic Surgery, *Plastic Surgery, Guri Hospital, Hanyang University College of Medicine, Guri, Korea*

Purpose: To evaluate the delayed soft tissue coverage after previous negative wound therapy in treating wounds associated with open lower extremity fracture.

Materials and Methods: Between June 2007 and February 2011, delayed soft tissue coverage of open lower extremity fractures after previous use of a negative pressure vacuum device, were performed in 15 consecutive patients. Patients included 13 male and 2 female, and their mean age was 39.0 (7-65) years old. Information on the time from injury to definitive wound coverage, type of coverage, functional result, bone union, and complications such as infection were collected.

Results: The vacuum-assisted closure devices was applied for an average of 29.3 (9-50) days, and the mean time from injury to definitive wound was 36.1 (21-60) days. Skin graft coverage was performed in 5 cases, free flap in 8 cases, and local flap in 3 cases. The mean time to radiographic union was 5.2 (3-8) months and delayed union occurred in 2 cases.

Conclusion: Delayed soft tissue coverage after previous negative wound therapy was considered an alternative treatment method in open lower extremity fractures associated with severe concomitant injury.

Key words: open fractures, negative pressure wound therapy, delayed soft tissue coverage

Received July 5, 2011 **Revised** September 18, 2011 **Accepted** January 16, 2012

Correspondence to: Ki-Chul Park, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Guri Hospital, Hanyang University College of Medicine, 249-1, Gyomun-dong, Guri 471-701, Korea

TEL: +82-31-560-2317 **FAX:** +82-31-557-8781 **E-mail:** kcpark@hanyang.ac.kr