

## 당뇨병성 족부질환의 수술치료

서울대학교병원 정형외과학교실  
이동연, 김일영

### Surgical Treatment of Diabetic Foot Disease

Dong Yeon Lee, Il Young Kim

Department of Orthopedic Surgery, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

#### Abstract

Diabetic foot diseases which require surgical treatment consists of diabetic foot ulcer, infection and neuropathic arthropathy. Surgical procedures for diabetic foot ulcers and infections such as drainage, debridement, partial foot amputation and major limb amputation are most common procedures and arthodesis with or without deformity correction can be performed for specific diabetic neuropathic arthropathies. Underlying pathomechanism of diabetic foot disease includes diabetic peripheral neuropathy and vasculopathy. Treating physicians should be aware that concomitant complications of long-standing diabetic status such as cardiovascular and renal dysfunction should be addressed to treat intractable diabetic foot diseases successfully. However, with advent of adjuvant treatment which increases vascular supply on ischemic limb disease, proper surgical treatment on diabetic foot disease can prevent or delay major limb amputations, sustaining functional capability of diabetic patients. (J Korean Diabetes 2011;12:88-94)

**Keywords:** Diabetic foot disease, Ulcer, Infection, Neuropathic arthropathy, Debridement, Partial foot amputation, Major limb amputation

당뇨병성 족부질환의 병태 생리에는 당뇨병성 신경병증과 혈관병증이 원인 요소로 작용하며 약물 치료 및 창상 소독 등의 보존적 치료에도 불구하고 호전되지 않는 경우가 있다. 수술적 치료를 요하는 당뇨병성 족부질환의 대부분은 족부에 생긴 궤양과 감염이고, 그 밖에는 신경병성 관절병증(neuropathic arthropathy)으로 인한 관절 파괴나 변형이 있다. 수술적 치료를 결정하기에 앞서 수술적 치료의 대상이 되는 당뇨병성 족부질환 환자들은 대부분 장기간 당뇨병을 앓아 온 환자들로 혈당 조절이 잘 되지 않아 심혈관계 및 망막, 신장 등에도 합병증을 동반하는 경우가 많다는 점을 고려하여야 한다. 따라서, 수술 전후의 위험도 평가 및 위험 관리에 많은 주의를 기울여야 하며 수술적 치료가 성공을 거두기 위해서는 적극적인 혈당 조절 및 신체 기능을 유지하기 위한 보존적 치료가 적절히 이루어져야 한다.

#### 궤양 및 감염

당뇨병환자에서 당뇨병성 신경병증으로 인한 감각 저하와 함께 당뇨병성 혈관병증으로 인한 허혈 상태가 동반되면 족부에 생긴 창상이 잘 치유되지 못하고, 만성 궤양화 되며, 화농성 염증이 발생하게 된다. 하지만, 당뇨병성 혈관병증이 없는 경우에도 혈당 관리가 잘 되지 않는 경우에는 정상적인 창상 치유기전이 작용하지 못하여 감염의 치유도 지연되는 것으로 알려져 있다. 말초 신경병증이 궤양을 일으키는 가장 중요한 원인이며 궤양이 있는 환자 중 80% 이상에서 말초 신경병증을 가지고 있다[1].

당뇨병성 족부 궤양의 분류에는 Wagner의 분류가 흔히 사용되어 왔으며(Table 1) 이는 창상의 깊이를 기준으로 분류하는 방법이다[2]. 최근에는 궤양의 깊이와 허혈의 정도를 나누어 구분하는 깊이-허혈(Depth-

Ischemia) 분류법(Table 2)이 도입되어 많이 사용되고 있다[3].

## 1. 비수술적 치료

비수술적인 치료로는 궤양이 감염이 없고, Wagner 분류상 1,2등급의 표재성이고, 하지 혈류에 큰 문제가 없을 경우 거즈, 필름, 하이드로콜로이드, 하이드로겔, 알지네이트, 폼 등을 이용하는 고식적인 창상 치료와 혈소판 기원 성장인자(Platelet Derived Growth Factor, PDGF)나 섬유아세포 성장 인자(Fibroblast Derived Growth Factor, FDGF)와 같은 다양한 성장 인자, 콜라겐 등을 사용한 드레싱 방법, Dermagraft와 같은 국소적인 약물 요법과 고압 산소 요법 또는 전접촉 석고(Total Contact Cast) 등을 시도해 볼 수 있다. 그외에 여러 가지 약물 치료가 시도되고 있으나 아직까지 그 유용성이 확실하지 않고 비용이 매우 높아 경제적인 부담이 있다. 전접촉 석고로 치료할 경우 5~8주에

80~90%에서 궤양의 치유를 얻을 수 있으나 약 30% 내외에서 다시 재발한다고 한다[4]. 감염이 있는 당뇨병성 족부 궤양의 경우에는 주로 혐기성 균과 호기성 균의 혼합감염으로 심부 농양을 형성하고 근막을 따라 빠르게 전파되고, 허혈과 대식세포의 기능 저하 등 면역력이 저하되며 신장 기능 저하로 전신적 항생제 투여에 반응이 뚜렷하지 않고 혼합치료(cocktail therapy)가 곤란하여 치료가 어렵다.

## 2. 수술적 치료

수술적 치료로는 궤양이 골, 인대, 근막 등 심부 까지 진행되고 심한 골 및 연부 조직 감염이 동반된 경우에 시행하며 크게 국소 변연 절제술, 재건술과 절단술로 나뉘며 그외 교감신경 절제술, 동맥재건술 등이 있다.

### 1) 국소 변연 절제술

국소 변연 절제술은 혈관병증이 심하지 않은 경우에는

**Table 1.** Wagner-Meggitt classification

Grade 0	Pre-ulcerative lesions; healed ulcers; presence of bony deformity
Grade 1	Superficial ulcer without subcutaneous tissue involvement
Grade 2	Penetration through the subcutaneous tissue: may expose bone, tendon, ligament, or joint capsule
Grade 3	Osteitis, abscess, osteomyelitis
Grade 4	Partial foot gangrene
Grade 5	Gangrene of the entire foot

Adapted from Wagner. Orthopedics 1987;10:163-72 [2].

**Table 2.** The depth-ischemia classification of diabetic foot lesions

Depth classification	
0	The at-risk foot: previous ulcer or neuropathy with deformity that may cause new ulceration
1	Superficial ulceration, not infected
2	Deep ulceration exposing a tendon or joint (with or without superficial infection)
3	Extensive ulceration with exposed bone and/or deep infection
Ischemia classification	
A	Not ischemic
B	Ischemic without gangrene
C	Partial (forefoot) gangrene of the foot
D	Complete foot gangrene

Adapted from Wagner. Orthopedics 1987;10:163-72 [2] and Brodsky. Instr Course Lect 1999;48:289-303 [3].

모든 괴사 조직, 굳은살, 농루(sinus tract), 누공(fistula), 염증이 있는 골조직과 연부 조직 및 인대와 같은 무혈성 조직 등을 모두 제거하고 배농술을 실시하여야 하며, 이 때 괴사조직의 제거는 반드시 건강하고 충분한 출혈이 있는 조직이 나올 때까지 시행하여야 한다(Fig. 1). 그러나 제거 이전에 상처 부위로의 혈류 상태를 고려해야 함은 물론인데 심한 혈관병증이 동반된 궤양에서는 괴사조직의 제거술 자체가 더 큰 상처를 만드는 것이므로 광범위한 제거술은 삼가고 가급적 괴사된 조직만을 제거하는 것이 좋다. 이후 상처의 상태에 따른 적절한 상처 드레싱을 실시하여 건강한 육아조직이 차 오르게 유도해야 한다. 환자의 입장에서 상처치료에 있어 가장 중요시되는 점은 반드시 흡연을 금지하고 상처부위의 체중부하를 가급적 금지시키는 것이며 이를 위해 적절히 고안된 신발이나 운동화, 보행 보조기, 목발 등을 사용하거나 전접촉 석고 붕대 등이 권장되고 있다.

## 2) 재건술

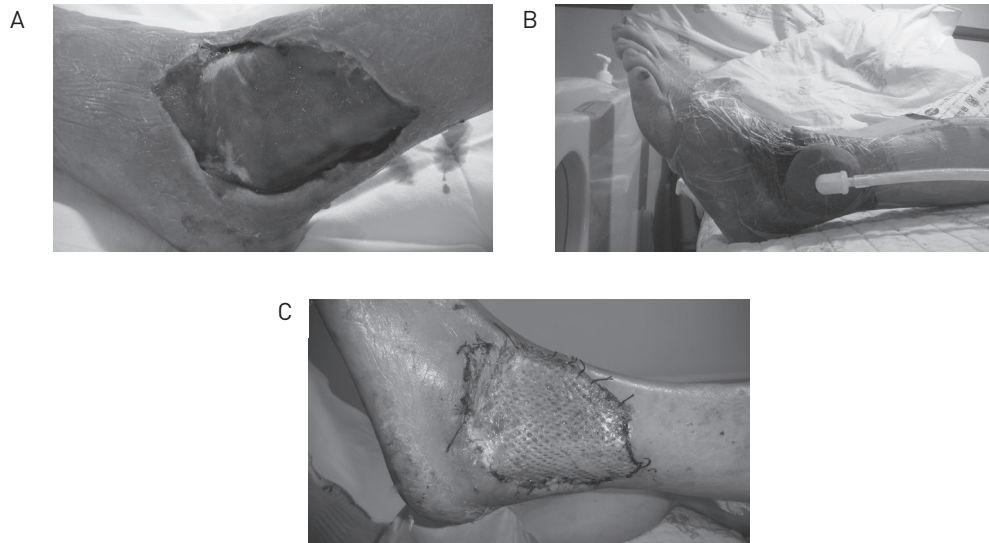
재건술의 목적은 양발로 보행이 가능하게 하고, 족부재건시 골격계 변형을 교정하여 궤양이 재발하는 것을 방지하는데 있다. 따라서 궤양이 5번 중족골두 부위에 있으면 중족골 경부부터 제거하는 것이 좋고,

2번부터 4번 중족골두에 궤양이 있으면 족배부를 통해서 절골술을 하여 족저부로 돌출된 중족골두를 족배부로 재위치 시켜야 한다. 1번 중족골두에 생긴 궤양은 이곳에 염증이 있을 때만 제거하고 가능하면 보존해야 한다. 족저부 중간에 생기는 궤양도 골성 돌출과 관계가 있는 경우가 많으므로 제한된 골 고정으로 교정해 주어야 재발을 방지해 줄 수 있다.

재건술에는 식피술, 국소 피판술, 유리 조직 이전술 등이 있으며 사용되는 피판은 감각의 재생이 가능하여 체중 부하시 방어 감각을 유지할 수 있고, 감염을 조절할 정도의 혈류 공급이 좋은 조직이어야 하며 신발을 착용하기에 적합한 모양을 얻을 수 있어야 하며 보행 중에 발생하는 전단력에 저항할 정도의 내구성을 갖추어야 한다[5,6].

### (1) 식피술

궤양결손 부위가 깊지 않고, 건이나 골 등이 노출되지 않았을 때 우선적으로 고려될 수 있다. 감염 등이 다 조절되고 난 후 피하에 육아조직이 충분히 형성되면 환자의 다른 공여부로부터 부분층 피부를 채취하여 이식을 시행할 수 있다. 비교적 간단한 수술로서 큰 범위의 피부 결손을 복구할 수 있어 많이 사용되는 방법이다(Fig. 1).



**Fig. 1.**

Severe diabetic foot disease with infection was treated surgically by repeated debridement, negative pressure wound therapy (NPWT) and partial thickness split skin graft. (A) Debridement of severe diabetic foot disease with intractable infection. (B) Induction of healthy granulation tissue using NPWT. (C) Reconstruction of skin defect using split thickness skin graft after complete infection control.

## (2) 국소 피판술

감염이 동반되어 건이나 근막 등이 노출된 경우에 비교적 크기가 작고 혈행이 잘 유지될 경우에 시행해 볼 수 있으며 전신 상태가 좋지 않은 당뇨병환자에게 적절한 수술 방법으로 사료된다. 장점으로는 족부결손 부위를 족부 조직으로 덮어줄 수 있으나 회전축에 따른 적용 범위의 제한성, 혈액순환의 저하로 인한 실패 가능성과 결손부위가 큰 경우에는 부적합할 경우가 많다. 족저부 재건에 이용할 수 있는 국소피판은 대개 후경골동맥에 의해 혈액 공급을 받으므로 이 부위의 혈관에 병변이 있는지 확인해야 한다. 따라서 혈관 우회수술을 전경골 동맥이나 비골 동맥에 시행하면 국소 동맥 피판을 사용하지 못하므로 유리 피판을 사용하여 재건하여야 한다. 혈관의 병변 확인은 혈관 조영술과 같은 침습적인 검사보다는 초음파나 도플러를 이용한 혈류 측정을 하는 것이 좋을 것으로 사료된다. 그러나 궤양의 크기가 크거나 비침습적인 검사에서 혈류 장애가 의심되는 경우는 혈관 조영술을 시행하여 유리 조직 이식술의 가능 여부, 절단술의 필요 여부, 절단술의 범위 등을 결정할 수 있을 것으로 사료된다. 국소 피판의 단점으로는 감각 피판을 얻기 힘들다는 점인데 이로 인한 궤양의 재발 가능성이 높고 새로운 궤양의 발생도 고려해야 할 것이다[6].

## (3) 유리 피판술

궤양의 적절한 변연 절제술 후 감염이 조절되었을 때 식피술이나 국소 피판술로 피복되지 않는 연부 조직 결손에 사용될 수 있는데 특히 건이나 골 조직이 노출되었을 때 유용한 적응증이 될 수 있다. 유리 피판의 장점으로는 술자에 의해 크기를 조절할 수 있고 좀 더 근치적으로 괴사 및 감염된 조직이나 반흔 조직을 제거할 수 있는 장점이 있지만 비용이 많이 들고 보행이 가능할 때까지의 치료 기간이 길다는 단점이 있다[7].

인조 혈관 이식술은 당뇨병이나 신부전이 있는 환자에서는 수술의 부적응증일 뿐 아니라 수술 실패의 주요 원인으로 여겨지고 있다. 하지만 인조 혈관 이식술과 유리피판술을 동시에 시행하여 성공한 예가 보고되고 있고, 이런 수술방법이 절단의 높이를 제한하고 치유속도를 촉진시키고 조기 보행이 가능하게 하며 주변 조직의 저항을 낮추어 혈행을 개선시키며 또한 이는 감염을 예방하며 혈관을 새로 자라게 할 수 있어 궁극적으로 사지를 보존할 수도 있어 고려해 볼 수도 있다[8-10].

## 3) 절단술

장골(長骨, long bone) 부위에서 자르는 것을 절단,

관절 부위에서 자르는 것을 관절 이단(關節 離斷, disarticulation)이라고 한다. 수술 시 절단단(stump end)을 봉합하는 것은 폐쇄성(閉鎖性, closed) 절단이며, 절단부위에 잔존하는 감염 등을 치료하기 위하여 절단단을 한시적으로 열어놓은 것을 개방성(開放性, open) 절단이라 한다. 최근까지도 절단술은 당뇨병성 족부 궤양의 주된 수술적 치료였다. 현재도 적절한 보존적 치료에도 반응을 보이지 않는 저항성 감염이나 허혈성 손상으로 인한 괴사 소견이 있을 때에는 1차적으로 고려되는 수술 방법이다. 하지만, 당뇨병 환자에서 하퇴 절단이나 대퇴 절단 후 활동 능력이 현저히 떨어지고 5년 내 사망할 확률이 높아진다는 점을 감안하여 최근에는 최대한 발 뒤꿈치를 살리는 제한적인 절단술을 시행하면서 절단단의 생존을 돕기 위한 추가적인 시술을 시행하는 방법들이 많이 시도되고 있다. 제한적 절단술을 시행할 때는 절단부 끝에 통증이 없으면서 외상에 견딜 수 있게 재건해야 한다[11,12].

### (1) 족지 절단(Toe Amputation) (Fig. 2)

발가락이 괴사된 경우나 창상이 골수염 등으로 진행하여 낫지 않는 경우 발가락뼈(족지골) 부위에서 절단수술을 시행하게 된다. 괴사가 있는 부위 바로 근위부의 지골을 절단하고 연부 조직을 봉합하면 모양으로도 큰 차이가 없고 보행에도 큰 지장이 없을 수 있다. 다만 무지의 경우 중족골-족지 관절에서 이단술을 시행할 경우 보행시 감아올림 효과(windlass effect)가 없어지므로 보행에 지장이 오게된다. 무지를 절단할 경우 다른 족지들에 족저부에 궤양이 생길 가능성이 높으면, 중간발가락(2,3,4지)의 절단 시 주변 발가락의 변형이 필연적이기 때문에 두개 이상의 족지를 절단해야 할 경우 족지 전체를 절단하는 것이 오히려 결과가 좋다.

### (2) 중족골 절단(Transmetatarsal Amputation) (Fig. 2)

여러 발가락이 괴사되어 있거나 괴사부위가 근위부로 퍼지는 경우, 감염이 동반되어 있는 경우 중족골을 통해 발 앞쪽 부위를 전체적 혹은 부분적으로 절단하게되는데, 하나나 두개의 발가락에 괴사가 진행되어 중족골부위에서 절단할 경우 족지열 절단(lay amputation)이라고 하고 발가락 전체가 괴사 혹은 감염되어 전체를 절단할 경우 전체 중족골 절단(total transmetatarsal amputation)이라고 한다.

### (3) 리스프랑 절단(Lisfranc Amputation, Metatarso-Tarsal Joint Disarticulation) (Fig. 2)

리스프랑 관절이란 발 중간부위의 중족골(metatarsal)과 족근골(tarsal bone)이 이루는 관절로 이 부위에서

절단하는 것을 리스프링 절단이라고 한다. 뒤꿈치로 디딜 수 있는 장점이 있으나 침족변형(발목이 아래쪽으로 꺾이는 변형)이 발생할 가능성이 높아 많이 사용되지는 않는다.

(4) 쇼파 절단(Chopart Amputation, Mid-tarsal Joint Disarticulation) (Fig. 2)

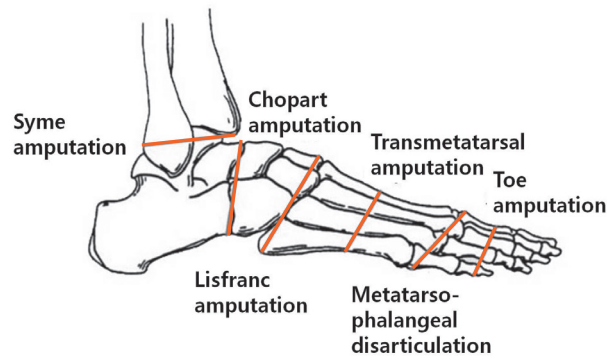
쇼파 관절이란 발 중간부위의 족근골 사이에 이루어지는 관절로 이 부위에서 절단하는 것을 쇼파절단이라고 한다. 쇼파 절단 역시 뒤꿈치로 디딜 수 있는 장점이 있으나 침족변형(발목이 아래쪽으로 꺾이는 변형)이 발생할 가능성이 높다.

(5) 사임 절단(Syme Amputation) (Fig. 2)

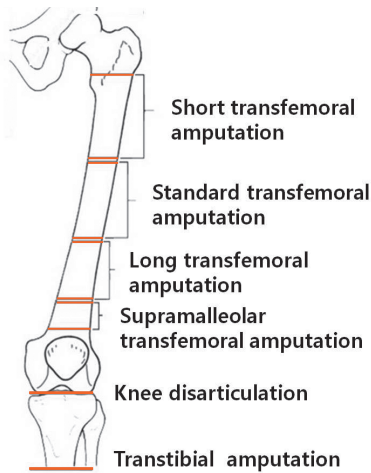
발목 관절보다 1 cm 정도 상방 부위에서 경골 및 비골을 절단하고, 거골과 종골(발뒤꿈치뼈)을 제거한 후 발 뒤꿈치의 두꺼운 피부판을 이용하여 절단단을 형성함으로써 체중 부하가 쉽도록 절단하는 방법이다. 절단시에는 내과와 외과 부위의 튀어나온 부위를 절제해 주어야 의지 착용 시나 보행 시 피부에 가해지는 압력을 줄일 수 있다. 리스프링 절단이나 쇼파 절단에 비해서도 더 효과적인 의지 착용이 가능할 수 있다.

(6) 하퇴 절단(Trans tibial Amputation, Below Knee Amputation) (Fig. 3)

많이 시행되는 표준 절단술로 경골과 비골의 중간부를 통해서 절단이 이루어지며 절단단의 길이가 12.5~17.5



**Fig. 2.**  
Amputations around foot and ankle.



**Fig. 3.**  
Major amputations of lower limb.



cm이 이상적이다. 이보다 짧으면 짧은 하퇴 절단이라고 하는데, 하퇴 의지를 착용하기 위해서는 최소한 3~5 cm의 절단단이 필요하다.

(7) 대퇴 절단(Transfemoral Amputation, Above Knee Amputation) (Fig. 3)

하퇴절단과 함께 표준적인 절단술로 대퇴골의 중간부위에서 절단이 이루어지는데, 슬관절 의지 착용을 위해서는 슬관절에서 약 10 cm 상부에서 절단하는 것이 좋다. 정상측의 35% 이내를 남기는 절단을 짧은 대퇴 절단이라고 하는데, 이 경우에도 최소한 소전자부에서 5 cm 이상의 길이가 보존되어야 한다.

### 신경병성 관절병증(Neuropathic Arthropathy)

신경병성 관절병증이란 중증의 감각신경 마비가 있는 환자에서 저절로 발생하는 뼈와 관절의 손상으로 정의되며, 당뇨병, 매독, 척수공동증, 말초 신경 손상, 나병 등으로 인한 감각신경 마비가 원인으로 알려져 있으며 최근에는 당뇨병으로 인한 신경병성 관절병증의 발생이 가장 큰 원인을 차지한다. 우리 나라는 선진국에

비해 당뇨병성 신경병성 관절병증의 빈도가 적은 편이기는 하지만 점차 빈도가 증가하는 것으로 알려져 있으며 특히 오랜기간 이환된 당뇨병환자가 증가함에 따라 급격히 증가할 가능성도 있다. 당뇨병성 신경병성 관절병증 시에는 뼈의 흡수와 파괴가 나타나는 것이 일반적이며 급성 염증기에는 골수염과 같은 다른 당뇨 합병증과 감별하는 것이 중요하다. 기본적으로는 수술 전후의 결과가 좋지 않고 불유합이나 감염 등의 합병증의 빈도가 높기 때문에 보존적인 치료를 하는 것이 원칙이지만, 보존적인 치료의 단점으로 오랫동안 체중 부하를 하지 못한다는 점, 환자가 의사의 지시를 잘 따르지 않아 악화될 가능성, 석고나 보조기에 의한 피부 손상 등이 있어 수술적 치료가 필요한 경우가 있다[13, 14]. 수술적 치료를 시행할 경우에는 변형을 교정하고 견고한 내고정을 시행하며, 자가골 이식 등의 방법을 통해 골형성을 촉진하여야 합병증의 빈도를 낮출 수 있다(Fig. 4).

### 참고문헌

1. Levin ME. Preventing amputation in the patient with

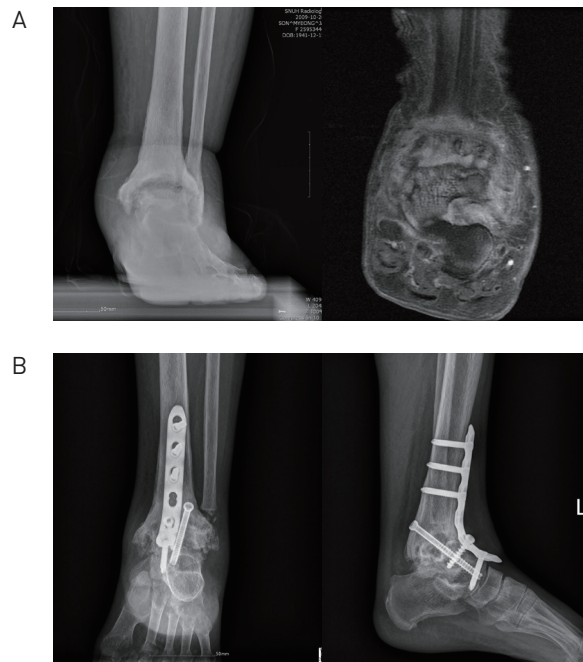


Fig. 4.

Case of diabetic arthropathic patient. (A) Severe bone destruction and resorption due to diabetic neuropathic arthropathy. Usually patients complain lesser degree of pain than nonneuropathic arthritic patients because of neuropathy. (B) We achieved successful ankle fusion by stable fixation of ankle joint and addition of autogenous bone graft.

- diabetes. *Diabetes Care* 1995;18:1383-94.
2. Wagner FW Jr. The diabetic foot. *Orthopedics* 1987;10:163-72.
3. Brodsky JW. Evaluation of the diabetic foot. *Instr Course Lect* 1999;48:289-303.
4. Laing PW, Cogley DI, Klenerman L. Neuropathic foot ulceration treated by total contact casts. *J Bone Joint Surg Br* 1992;74:133-6.
5. Cohen BK, Zabel DD, Newton ED, Catanzariti AR. Soft-tissue reconstruction for recalcitrant diabetic foot wounds. *J Foot Ankle Surg* 1999;38:388-93.
6. Goldner MG. The fate of the second leg in the diabetic amputee. *Diabetes* 1960;9:100-3.
7. Levin ME. Diabetic foot ulcers: pathogenesis and management. *J ET Nurs* 1993;20:191-8.
8. Quiñones-Baldrich WJ, Kashyap VS, Taw MB, Markowitz BL, Watson JP, Reil TD, Shaw WW. Combined revascularization and microvascular free tissue transfer for limb salvage: a six-year experience. *Ann Vasc Surg* 2000;14:99-104.
9. Vermassen FE, van Landuyt K. Combined vascular reconstruction and free flap transfer in diabetic arterial disease. *Diabetes Metab Res Rev* 2000;16 Suppl 1:S33-6.
10. Lepäntalo M, Tukiainen E. Combined vascular reconstruction and microvascular muscle flap transfer for salvage of ischaemic legs with major tissue loss and wound complications. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1996;12:65-9.
11. Armstrong DG, Lavery LA, Harkless LB, Van Houtum WH. Amputation and reamputation of the diabetic foot. *J Am Podiatr Med Assoc* 1997;87:255-9.
12. Attinger CE, Ducic I, Cooper P, Zelen CM. The role of intrinsic muscle flaps of the foot for bone coverage in foot and ankle defects in diabetic and nondiabetic patients. *Plast Reconstr Surg* 2002;110:1047-54; discussion 1055-7.
13. Schon LC, Marks RM. The management of neuroarthropathic fracture-dislocations in the diabetic patient. *Orthop Clin North Am* 1995;26:375-92.
14. Stuart MJ, Morrey BF. Arthrodesis of the diabetic neuropathic ankle joint. *Clin Orthop Relat Res* 1990;253:209-11.