

당뇨병성 족부 궤양 및 감염에서의 절단

한승환, 박영창

연세대학교 의과대학 강남세브란스병원 정형외과학교실

Amputation in Diabetic Foot Ulcer and Infection

Seung Hwan Han, Young Chang Park

Department of Orthopaedic Surgery, Gangnam Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Amputation of diabetic foot ulcer and infection is a critical modality for saving a patient's life from life threatening infections or ischemic limbs. However, it can cause serious handicaps or complications, such as lifetime shortening and re-amputation of the other limb. The minimal amputation is the main goal of amputation in diabetic patients. However, insufficient amputation can have a harmful effect on patients. The decision of amputation is very difficult and should be made using multidisciplinary approaches. All aspects of the patient's situation, including vascular status, degree of infection, and medical conditions should be considered. The foot surgeon should keep in mind the notion that proper amputation can lead to a new life for diabetic foot patients.

Key Words: Diabetic foot, Ulcer, Infection, Amputation

서론

당뇨발 환자에서의 절단은 감염과 괴사된 조직의 광범위 제거라는 궁극적 치료방법이자, 치료의 마지막 치료 단계로 환자 생명 유지에 있어 매우 중요한 치료이지만, 시행 후 환자에게 상당한 장애와 합병증을 남길 수 밖에 없어 환자와 의사에게는 피하고 싶은 치료 방법이기도 하다.

미국 당뇨병학회에 따르면 당뇨병환자에서의 절단은 매년 80,000건 이상 시행되고 있으며 전체 절단 원인의 60% 이상을 차지한다고 하며, 지금도 전 세계에서 매 30분마다 절단술이 시행되고 있다.¹⁾ 절단은 발가락 절단과 같은 소절단(minor amputation)에서부터 족관절 상부에서 시행하는 대절단(major amputation)까지 다양하게 시행되며, 특히 대절단의 경우 환자에게 추후 많은 합병증을 유발할 수 있다. 한 역학조사에 의하면 대절단 후 5년 이내

에 다른 쪽 다리를 절단할 가능성이 약 50% 이상이며, 절단 후 5년 생존율은 약 40% 정도로, 대장암의 5년 생존율이 약 60% 정도인 것을 고려하면 환자에게 매우 치명적인 수술이라고 할 수 있다.^{2,3)} 이는 다리의 절단으로 운동 능력이 저하되고, 포도당을 섭취할 수 있는 근육량이 감소되며, 절단에 의한 스트레스가 궁극적으로 혈당조절 실패를 야기하여 당뇨병으로 인한 합병증을 악화시키기 때문이다. 따라서, 적극적인 대절단술보다는 가능한 한 소절단술을 시행하여 두 발로 서거나 보행을 할 수 있도록 하는 것이 당뇨병 치료의 궁극적인 목표이다.

과거에는 당뇨병 환자에서 족지만 감염되고 괴사되어도 환자의 생명을 구하기 위해 하퇴부나 대퇴부에서 절단을 많이 시행하였지만, 항생제, 영양 의학, 창상 치료법 등의 발전으로 최근에는 소절단 수술이 일차적으로 고려되고 있으며, 이로 인해 환자의 활동 능력에 큰 변화를 가지고 왔다. 최근 소절단 수술 후 재수술률이 10% 정도로 낮게 보고되는 것으로 보아 가능하면 소절단을 일차적으로 고려해야 하며, 방사선 소견, 검사실 소견, 임상 경험 및 수술 소견 등을 고려해서 절단 부위를 결정하는 것이 중요하다.⁴⁾

Received January 22, 2014 Revised February 2, 2014 Accepted February 3, 2014
Corresponding Author: Seung Hwan Han
Department of Orthopaedic Surgery, Gangnam Severance Hospital, 211 Eonju-ro, Gangnam-gu, Seoul 135-720, Korea
Tel: 82-2-2019-3410, Fax: 82-2-573-5393, E-mail: osmedic@yuhs.ac

Financial support: None.

Conflict of interest: None.

Copyright ©2014 The Korean Foot and Ankle Society. 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/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

본 론

1. 절단의 적응증(indication of amputation)

당뇨발 절단의 가장 많은 원인은 당뇨병성 혈관병증(diabetic vasculopathy)에 의한 말초 혈액 순환 장애로 발생한 괴저(gangrene), 그리고 약물치료나 배농술로는 치료가 불가능한 당뇨병성 족부 감염(diabetic foot infection)이나 궤양(ulcer)이 발생한 경우이다(Fig. 1). 당뇨병성 샤콧 신경 관절병증(diabetic Charcot neuroarthropathy)에서와 같이 교정하기 어려운 심한 족부 변형과 골수염이 있는 경우에도 절단의 적응증이 될 수 있다.⁵⁾

그러나 이러한 적응증 이외에도 당뇨발이 발생한 경우 환자의 경제적 측면이나 전신 상태, 이전의 보행 가능 유무 등을 종합적으로 고려하여 절단 여부를 판단해야 하는 경우도 있다. 가령, 심한 패혈증이 동반된 당뇨발 감염 환자에서 배농술이나 변연절제술로 장기적으로 치유가 가능할지라도 환자의 전신 상태나 연령, 이전의 보행 유무 등을 고려 시 감염의 근원인 당뇨발을 급히 제거해야 될 필요가 있는 경우 절단술이 일차적으로 고려되기도 한다.

2. 절단 부위(level of amputation)의 결정

절단 부위를 결정하는 것은 매우 어려운 일이며 특히 우리나라의 경우 문화적 특성상 절단을 꺼리는 경향이 있기 때문에 신중히 결정해야 한다. 절단의 결정과 절단 부위의 결정은 환자의 상태, 절단의 득과 실을 잘 가늠하여 결정해야 된다. 작은 상처나 감염에서도 대절단을 시행하는 것은 환자의 치료가 용이하거나 치료 기간을 단축할 수도 있는 장점이 있으나, 환자의 입장에서는 생

존율과 재활에 있어 중요한 문제이므로 절단 전에 이에 대한 충분한 논의가 필요하다. 즉, 최근 소절단에 의한 뒤꿈치 보행을 목표로 다양한 치료를 시행하지만, 장기간의 치료가 오히려 환자의 전신 상태에 부정적인 영향을 줄 수도 있으므로, 하지의 보존(limb salvage)에 대한 정확한 지표와 적응증을 환자에 맞춰 설정해야 된다. 이는 다리의 상태, 수술 전 환자의 활동 정도, 전신적 상태 등을 종합적으로 고려하여 판단해야 하므로, 정형외과 의사 단독으로 판단하기보다는 다학제적 접근(multidisciplinary approach)을 통해 관련된 전문분야 의사들과의 협진을 통해 결정해야 한다.^{6,7)}

일단 절단 시행이 결정되면, 절단의 적절한 부위가 결정되어야 한다. 일반적으로 절단하고 남은 하지 길이를 최대한으로 보존하고 성공적인 재활과 의지를 통한 성공적인 보행의 기회를 높이기 위해 하지 절단은 가능한 원위부에서 시행되어야 한다. 족지 또는 중족 절단 이후의 성공적인 재활은 일반적이나 하퇴 및 대퇴 절단 이후에는 얻기가 어렵다. 대퇴 절단을 근위부에서 시행할수록 상처 치료 가능성이 높지만, 재활과 보행의 성공률은 떨어진다. 절단에 있어 특히 무릎 관절의 보존이 중요하다. 하퇴 절단은 대퇴 절단과 비교하여 운동성을 보존하고 성공적인 재활을 할 가능성이 높다. 환자들이 하지 절단 이후에 걸어 다니지 못하는 이유는 일반적인 보행과 비교하여 의족을 하고 보행하는 것은 균형 감각과 운동 협응 능력이 요구되는데 많은 당뇨발 절단 환자들에게서 이러한 기능이 결여되어 있기 때문이며, 한쪽 하지의 하퇴 절단 후 의족 보행 시 에너지 소모가 40%, 한쪽 하지의 대퇴 절단 후의 의족 보행 시 에너지 소모가 60% 정도 증가하기 때문이다.^{8,9)} 결과적으로 전체 하퇴 절단 환자의 70% 미만과 전체 대퇴 절단 환자의 30%



Figure 1. Severe diabetic foot necrosis (A) and infection (B) which necessitate amputation.

미만이 의족을 하고 독립적으로 보행하게 되며, 그렇지 못한 당뇨 환자들은 보행 재활에 실패하여 당뇨가 악화될 가능성이 매우 높다.¹⁰⁻¹³⁾

예외적으로, 절단 전부터 보행 상태가 좋지 못한 당뇨 환자들은 절단 이후에 보행할 수 있는 가능성이 낮으므로, 상처와 연관된 다양한 위험성을 피하기 위해 절단은 가능한 한 근위부에서 시행되어야 한다.^{3,4)} 또한 보행이 불가능한 환자들은 종종 하퇴 절단 이후 무릎 관절의 굴곡구축이 발생하며, 절단 전에 이차적으로 궤양이 발생하거나 괴사가 진행될 가능성이 높아 결국에는 대퇴부를 절단해야 한다. 일차적 무릎 관절 절단 또는 대퇴 절단은 이러한 위험성을 피하게 해주고 향후 대퇴 절단의 필요성을 경감시켜 준다. 이와 비슷하게 극도로 높은 수술의 위험성이 있는 환자들에게서 근위부의 대퇴 절단이 선호될 수도 있으며, 여러 차례의 수술과 관련된 위험을 피하기 위해서 한 번의 수술을 통하여 성공적인 창상 치유를 시행하는 것이 중요하다. 임상적으로 보자면, 능숙한 임상 의에 의한 하퇴 절단에서는 80%, 대퇴 절단에서는 90%의 치유 성공률이 보고되고 있다.^{14,15)}

절단을 시행할 부위와 관련하여 최종 결정을 내릴 때 전반적인 임상적 상황도 고려되어야 한다. 상대적으로 건강하고, 치료에 대한 의지가 있으며, 의족으로 성공적인 재활을 할 가능성이 높은 환자들이라면 의사는 최대한 원위부의 소절단을 시행하고 높은 실패율을 받아들여야 한다. 소절단은 주로 국소 부분 마취하에 시행되며, 수술 위험성이 상대적으로 적다. 이러한 원위부의 소절단 시 하퇴나 대퇴를 절단하는 대절단보다 장기간 장애가 훨씬 적으며, 성공의 가능성이 상대적으로 낮아도 많은 환자들이 원한다. 족부의 혈액 공급이 좋지 않아 근위부나 광범위 절제가 필요한 경우라도 혈관 성형술(angioplasty) 또는 혈관 우회술(bypass graft)에 의해 혈액 공급을 향상시켜 상처 치료의 성공률을 높이거나 원위부에서 성공적으로 절단술을 시행할 수도 있으며, 최근 새로운 기술의 발전으로 점점 소절단이 비율이 높아지고 있는 추세이다.^{4,16)} 족부 절단에서 남아 있는 피부에서의 감각 소실 여부는 그 자체로 근위부 절단의 이유가 되지 않으며, 의지와 신발 소재의 발전으로 감각의 저하를 어느 정도 보살할 수 있다. 또한 절단 후 환자가 의지를 착용하여 거동이 어려울 것 같은 경우에 일차 창상 치유를 목적으로 좀 더 근위부의 절단도 고려할 수 있으며, 환자의 순응도도 수술 후 처치 및 장기적 예후에 중요하기 때문에 절단 부위 결정에 중요하게 고려해야 된다. 다양한 의학적 합병증을 겪고 있고 성공적인 재활의 가능성이 적은 노령 환자들의 경우에는, 여러 번 시술하는 위험을 피하기 위해서 한 번의 수술로 상처를 치유하는 것을 우선시하여 절단 부위를 결정해야 한다. 절단이 시행되는 위치와 상관 없이 하지 절단은 매우 중요하고 삶의 질과 직결되기 때문에, 환자는 각각의 절단에 따른 장단점을 충분히 설명받은 후 의견 결정 과정에 참여해야 할 것이다.

3. 수술 전 검사

절단 부위를 결정하기 위해 족부의 혈류 상태와 감염의 파급 상태를 검사하는 것은 필수적이며, 모든 검사 소견을 종합하여 절단 부위를 결정하게 된다. 절단 부위는 괴사된 정도와 감염의 정도를 고려하여 결정하며, 하지로 가는 혈류 상태도 절단 부위를 결정하는 중요한 요소이다. 혈류 상태를 파악하기 위해서는 발목-상완 지수(ankle brachial index, ABI), 도플러 동맥압 측정(arterial Doppler sonography), 경피적 산소분압(transcutaneous oxygen pressure, TcPO₂), 족지압(toe pressure) 측정 등이 시행되고 있다. 그러나 이러한 보고들은 대부분 대퇴부나 하퇴부 절단 상처 치유와 연관된 보고들로 족부 내에서 적절한 절단 부위를 결정하는 데는 어려움이 많다.

1) 발목-상완 지수(ankle brachial index)

발목-상완 지수란 발목 부위에서 측정된 수축기 혈압 수치를 상완부에서 측정된 수축기 혈압 수치로 나눈 값이며, 선별 검사(screening test)로 가장 많이 사용된다. 혈류를 측정하기 위해 도플러 초음파나 관용정맥파(photoplethysmogram)를 사용하며, 측정치가 1.0 이상이면 정상, 그 이하인 경우 혈관 폐색을 의미하고, 측정치가 0.40 이하이면 창상 회복 예후가 좋지 않다.¹⁷⁾ 그러나 당뇨 환자의 경우 동맥의 석회화가 심하며 좁아져 있어 실제의 혈압보다 측정된 혈압이 높게 나올 수 있어 민감도가 낮고, 위음성이 많으므로 결과의 해석에 주의를 요한다.¹⁸⁾ 또한, 발목 관절 이상에서만 측정하는 값으로 그 발목 관절 이하, 즉 족부의 혈류 상태를 정확히 반영하지 못하는 한계점이 있어 족부 절단의 예후와 위치를 결정하는 데 큰 도움이 되지 못하는 단점이 있다. 그러나 무릎 이하 대절단이 가능한지의 여부를 판단하는 데 도움이 될 수 있다.

2) 족지압(toe pressure) 측정

족지 혈압의 측정은 전족부 절단 등의 원위부 절단 시 가장 유용한 선별 검사로, 족지압이 40 mmHg 이상이거나 상완-족지 지수가 0.7 이상인 경우 상처의 치료와 예후에 좋은 것으로 알려져 있다. 그러나 족지압이 30 mmHg 이하이거나 상완-족지 지수가 0.3 이하인 경우 예후가 좋지 못해 절단의 가능성이 높다.^{19,20)} 국소의 색전증(embolism)에 의해 족지에 괴사나 궤양이 일어난 경우에는 발 전체 혈류 정도와 관계없이 국소 부위의 혈류가 차단되는 것이므로 족지압 측정이 의미가 없을 수 있다.

3) 경피적 산소분압(transcutaneous oxygen pressure) 측정

검사 부위가 피부에서 산소 분압을 측정하는 것으로 비교적 정확하면서 비침습적이라는 장점이 있으며, 실제로 측정 부위 조직의 산소 분압을 측정하므로 조직의 기능적 혈류 공급 상태를 비교적 정확히 파악할 수 있는 장점이 있다. 측정 부위에서의 산소 분

압을 반영하므로 검사 전에 병변 부위의 혈관 분포 영역(angiosome)을 잘 파악하여 검사를 시행하여야 한다. 일반적으로 측정 부위 산소 분압이 30~40 mmHg 이상이면 창상 회복을 기대할 수 있다고 보고하고 있다.^{21,22)} 그러나 측정치가 측정실 온도에 민감하여 일정 온도(24°C~28°C)를 유지하는 것이 필요하며, 측정 전에도 환자의 다리를 30분 이상 노출시켜 주변 온도에 순응할 수 있게 해야 하는 번거로움이 있다. 또한, 30분 이상 산소 분압 측정치의 평균값을 측정하므로 측정 부위가 많아질수록 검사 시간이 길어지는 단점이 있으며, 국소적인 염증이나 부종 등이 있는 경우 실제 산소 분압보다 낮은 수치를 보이는 단점이 있음을 인지해야 한다. 경피적 산소압 측정은 성공적인 특정 절단 부위의 치유를 예측하는 데 사용된다. 절단부 치유를 예측하는 다른 검사들처럼, 경피적 산소압 측정은 치유되지 않을 상처보다 치유될 상처를 예측하는 데 더 정확하며, 산소압 40 mmHg 이상은 성공적인 상처 치유를 예측할 수 있으며 민감도도 높은 것으로 알려져 있다.^{23,24)} 그러나 환자의 경피적 산소압이 상처 치유의 유무를 결정해줄 수 없는 20~40 mmHg 사이에 측정되는 경우가 많다. 이러한 환자들에게는 다리를 30도로 3분간 들고 있게 한 후 경피적 산소압을 추가로 측정하는 것이 유용하다. 다리를 들고 있는 상태에서 경피적 산소압이 15 mmHg로 떨어진다면 상처 치유의 실패를 예측할 수 있다.²¹⁾

4) 도플러 동맥압 측정(arterial Doppler sonography) 및 맥박파 측정(pulse wave recording)

이 방법은 비교적 간단하고 재현성이 높아 대혈관 및 소혈관까지 검사가 가능하다. 초음파를 사용하여 주요 부위 혈관의 흐름을 소리와 그래프로 확인할 수 있고, 그래프의 모양에 따라 monophasic, diphasic, triphasic 형태로 구분하며 정상에서는 triphasic 형태로 나타난다. 당뇨 환자의 경우 동맥의 석회화 등으로 실제보다 크게 측정될 수 있으므로 시술 전에 반드시 확인한다. 모든 혈관을 부위별로 검사해야 하기 때문에 시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 도플러 동맥압 측정 및 pulse wave recordings는 절단부의 상처 치유를 예측하는 데 큰 도움이 될 뿐 아니라, 쉽게 시행 가능하고 비용이 높지 않으며 비침투성의 검사이다. 허벅지에서부터 장딴지까지의 압력이 크게 떨어지거나 슬와 동맥의 도플러상 혈류가 없다면 원위부 절단 후 상처 치유가 실패할 가능성이 높다고 예측할 수 있다. 그러나 도플러 검사만으로 어떠한 절단이 환자에게 가장 좋을 것이라고 예측하기는 어렵다. 족지압 30 mmHg 미만과 같이 발목의 도플러 동맥압이 35 mmHg 미만으로 측정되면 소절단 후 절단의 실패와 연관성이 높다.^{24,25)} 특히, 석회화된 혈관을 가진 당뇨 환자들에게 도플러 동맥압 측정은 한계를 가질 수 있으며, 이러한 경우에는 맥박량 측정(pulse volume recording)이 도플러 동맥압 측정과 함께 매우 중요하다. 파형 분석은 동맥벽 석회화로 인해 위음성으로 정상보다 높게 측정된 압력을 구별할 수 있게 해준다.

5) 컴퓨터 혈관 조영술(computed tomogram angiography)/혈관 조영술(arteral angiography)

이 방법은 조영제를 사용하는 것으로, 침습적인 검사이며 병변이 있는 다리의 혈관 폐색 부위를 검사하는 방법이다. 컴퓨터 혈관 조영술은 비교적 시술이 간단하고, 침습적 혈관 조영술과 비교 시 민감도와 특이도에 차이는 없다고 보고되고 있다.²⁶⁾ 현재 컴퓨터 혈관 조영술을 일차적으로 시행하며 일차 컴퓨터 혈관 조영술에서 폐색이 발견되면 이차적으로 침습적 혈관 조영술로 혈관 확장이나 스텐트 삽입술을 시행하게 된다. 혈관 조영술의 경우 혈관 폐색의 정확한 부위를 파악하는 데 도움을 주나 기계적 폐색이 다리로 가는 전체 혈류 상태를 반영하지 못하는 단점이 있다. 혈류 상태 검사에서 비정상 소견을 보이고 조영술상 혈관 폐색이 발견되는 경우, 혈관 재건술이나 혈관 성형술을 시행하는 데 도움이 된다. 혈관 조영술을 위한 조영제 투여가 당뇨 환자에서 급성 신부전을 일으킬 가능성이 30% 이상 되므로 시술 전후 신장 기능 상태와 변화에 주의를 요하며, 충분한 수액공급과 항산화제의 투여로 신기능 저하를 예방할 수 있다고 한다.²⁷⁾

6) 단순 방사선 사진

단순 방사선 사진으로 뼈의 침식, 신경병성 관절병증, 동맥의 석회화 등을 관찰한다. 단순 방사선 검사는 당뇨발 진단에 필수적인 검사이지만 임상적인 증상이 없는 경우에도 골공해 등의 골수염 소견이 있을 수 있으므로 반드시 검사실 검사와 병행하여 골수염 유무를 판정해야 한다. 그러나 발열이나 염증 지표(erythrocyte sedimentation rate, C-reactive protein)의 상승이 없는 경우가 많으므로 다른 추가적인 검사, 즉 동위 원소 검사나 자기공명영상 촬영 등을 추가적으로 시행하는 경우가 많다.

7) 자기공명영상 검사

골수염의 유무만을 판단하는 동위원소 검사와는 달리 감염이 동반된 당뇨족 환자에서 뼈와 연부조직의 이상을 모두 검사할 수 있으며, 농양이나 골수염의 진단에 효과적이다. 감염의 파급 정도를 비교적 정확히 판단할 수 있으며 절단 및 변연절제술의 부위를 정하는 데 중요한 검사라 할 수 있다. 그러나 골내 부종의 경우 감염과 당뇨병성 신경관절병증을 감별해야 하므로 주의를 요한다.

4. 절단의 원칙

가능한 한 절단은 원위부에서 시행하여 다리를 보존하는 것이 원칙이나, 불충분한 절단은 추가적인 감염과 괴사의 추가 절단 또는 환자의 전신상태에 영향을 줄 수 있다. 적절한 절단 위치를 결정하는 것은 중요하며 다음과 같은 원칙에 따라 절단을 시행한다.

1) 모든 감염조직 및 괴사조직은 제거하는 것이 원칙이며, 수술 전에 수술 부위 피부의 혈류 상태를 파악하고 절단 부위와 절개부위를 계획한다.

2) 감염과 괴사가 없더라도 혈류 상태가 좋지 않은 건(tendon), 관절막(capsule) 및 족장판(plantar plate)은 반드시 제거한다.

3) 지혈대의 경우 말초 혈관 폐색이 있는 경우 사용하지 않는 것이 원칙이며, 감염이 있는 환자에서는 지혈대 사용이 가능하나 감염이 근위부로 파급될 수 있으므로 squeezing은 시행하지 않는다.

4) 절단면을 덮을 연부조직은 추후 보행 시 발생하는 절단면의 전단력과 압력에 견딜 수 있어야 하므로 체중 부하 부위에는 피하조직 및 근육과 같은 연부 조직을 반드시 같이 덮어준다.

5) 봉합부의 연부조직 및 피관은 수술로 인한 일차 손상이 발생한 부위로 염증 및 혈류 저하에 취약하므로 가능한 한 조심스럽게 다루며, 겸자(forcep) 등에 의해 손상 발생 시 수술 후 감염과 괴사의 원인이 될 수 있다.

6) 봉합부 피관과 절단된 뼈를 부착 시 뼈의 절단면에 의해 압력이 발생되지 않도록 절단면은 가능한 한 날카롭지 않게 하고, 피부가 바로 뼈에 부착되는 것은 피해야 한다. 피부가 충분히 덮이지 않는 경우 피하조직 및 연부 조직으로 뼈를 감싸주고, 부분적 피부이식을 시행할 수도 있다.

7) 절단 시 피관을 여유있게 남겨서 봉합 부위에 과도한 긴장이 가해지지 않도록 하며, 연부 조직으로 일차 봉합이 불가능한 경우 뼈를 추가적으로 절단한다.

8) 절단 시 감염 또는 괴사 조직이 완전히 제거되어 깨끗하다면 일차 봉합이 가능하나, 염증이 남아 있는 경우에는 최대한 죽부를 보존하기 위해 개방성 절단(open amputation)을 시행할 수 있으며, 감염이 조절된 이후 이차 봉합을 시행할 수 있다. 의지 착용에 불편을 느끼는 경우가 많다.

결론

당뇨 환자에서의 절단술은 괴사되거나 감염된 조직을 제거하는 광범위한 의미에서의 변연절제술이다. 환자의 기능을 회복시키기 위해 최소한의 절단술을 시행하는 것이 원칙이나, 불충분한 절단술은 환자의 생명과 삶의 질에 영향을 줄 수 있음을 간과해서는 안 된다. 환자의 하지 기능의 보존과 삶의 연장이라는 두 목표를 신중히 고려하여 절단을 시행하여야 하며, 적절히 시행된 절단술은 당뇨 환자에게 새로운 삶의 시작임을 숙지해야 하겠다.

REFERENCES

- Philbin TM, Berlet GC, Lee TH. Lower-extremity amputations in association with diabetes mellitus. *Foot Ankle Clin*. 2006;11:791-804.
- Resnick HE, Carter EA, Lindsay R, Henly SJ, Ness FK, Welty TK, et al. Relation of lower-extremity amputation to all-cause and cardiovascular disease mortality in American Indians: the Strong Heart Study. *Diabetes Care*. 2004;27:1286-93.
- Tentolouris N, Al-Sabbagh S, Walker MG, Boulton AJ, Jude EB. Mortality in diabetic and nondiabetic patients after amputations performed from 1990 to 1995: a 5-year follow-up study. *Diabetes Care*. 2004;27:1598-604.
- Bae JI, Won JH, Han SH, Lim SH, Hong YS, Kim JY, et al. Endovascular revascularization for patients with critical limb ischemia: impact on wound healing and long term clinical results in 189 limbs. *Korean J Radiol*. 2013;14:430-8.
- Gil J, Schiff AP, Pinzur MS. Cost comparison: limb salvage versus amputation in diabetic patients with charcot foot. *Foot Ankle Int*. 2013;34:1097-9.
- Sanders LJ, Robbins JM, Edmonds ME. History of the team approach to amputation prevention: pioneers and milestones. *J Vasc Surg*. 2010;52 3 Suppl:3S-16S.
- Fisher TK, Scimeca CL, Bharara M, Mills JL Sr, Armstrong DG. A step-wise approach for surgical management of diabetic foot infections. *J Vasc Surg*. 2010;52 3 Suppl:72S-75S.
- Waters RL, Perry J, Antonelli D, Hislop H. Energy cost of walking of amputees: the influence of level of amputation. *J Bone Joint Surg Am*. 1976;58:42-6.
- Pinzur MS. The metabolic cost of lower extremity amputation. *Clin Podiatr Med Surg*. 1997;14:599-602.
- Fletcher DD, Andrews KL, Hallett JW Jr, Butters MA, Rowland CM, Jacobsen SJ. Trends in rehabilitation after amputation for geriatric patients with vascular disease: implications for future health resource allocation. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83:1389-93.
- Toursarkissian B, Shireman PK, Harrison A, D'Ayala M, Schoolfield J, Sykes MT. Major lower-extremity amputation: contemporary experience in a single Veterans Affairs institution. *Am Surg*. 2002;68:606-10.
- Couch NP, David JK, Tilney NL, Crane C. Natural history of the leg amputee. *Am J Surg*. 1977;133:469-73.
- Steinberg FU, Sunwoo I, Roettger RF. Prosthetic rehabilitation of geriatric amputee patients: a follow-up study. *Arch Phys Med Rehabil*. 1985;66:742-5.
- Keagy BA, Schwartz JA, Kotb M, Burnham SJ, Johnson G Jr. Lower extremity amputation: the control series. *J Vasc Surg*. 1986;4:321-6.
- Robbs JV, Ray R. Clinical predictors of below-knee stump healing following amputation for ischaemia. *S Afr J Surg*. 1982;20:305-10.
- Canaud L, Alric P, Berthet JP, Marty-Ané C, Mercier G, Branchereau P. Infrainguinal cutting balloon angioplasty in de novo arterial lesions. *J Vasc Surg*. 2008;48:1182-8.
- LoGerfo FW, Coffman JD. Current concepts. Vascular and microvascular disease of the foot in diabetes. Implications for foot care. *N Engl J Med*. 1984;311:1615-9.
- Nam SC, Han SH, Lim SH, Hong YS, Won JH, Bae JI, et al. Factors affecting the validity of ankle-brachial index in the diagnosis of peripheral arterial obstructive disease. *Angiology*. 2010;61:392-6.
- Bonham PA, Cappuccio M, Hulsey T, Michel Y, Kelechi T, Jenkins C, et al. Are ankle and toe brachial indices (ABI-TBI) obtained by a pocket Doppler interchangeable with those obtained by standard laboratory equipment? *J Wound Ostomy*

- Continence Nurs.* 2007;34:35-44.
20. Carter SA, Tate RB. Value of toe pulse waves in addition to systolic pressures in the assessment of the severity of peripheral arterial disease and critical limb ischemia. *J Vasc Surg.* 1996;24:258-65.
 21. Bacharach JM, Rooke TW, Osmundson PJ, Gloviczki P. Predictive value of transcutaneous oxygen pressure and amputation success by use of supine and elevation measurements. *J Vasc Surg.* 1992;15:558-63.
 22. Ballard JL, Eke CC, Bunt TJ, Killeen JD. A prospective evaluation of transcutaneous oxygen measurements in the management of diabetic foot problems. *J Vasc Surg.* 1995;22:485-90.
 23. Bunt TJ, Holloway GA. TcPO₂ as an accurate predictor of therapy in limb salvage. *Ann Vasc Surg.* 1996;10:224-7.
 24. Verta MJ Jr, Gross WS, van Bellen B, Yao JS, Bergan JJ. Forefoot perfusion pressure and minor amputation for gangrene. *Surgery.* 1976;80:729-34.
 25. Bone GE, Pomajzl MJ. Toe blood pressure by photoplethysmography: an index of healing in forefoot amputation. *Surgery.* 1981;89:569-74.
 26. Scherthaner R, Stadler A, Lomoschitz F, Weber M, Fleischmann D, Lammer J, et al. Multidetector CT angiography in the assessment of peripheral arterial occlusive disease: accuracy in detecting the severity, number, and length of stenoses. *Eur Radiol.* 2008;18:665-71.
 27. Marenzi G, Assanelli E, Marana I, Lauri G, Campodonico J, Grazi M, et al. N-acetylcysteine and contrast-induced nephropathy in primary angioplasty. *N Engl J Med.* 2006;354:2773-82.