

당뇨병성 족부 궤양에 의한 절단술후 상처 치유와 발목-상완 지수, 족지-상완 지수, 족지압의 관계

강북삼성병원 정형외과

박세진 · 정화재 · 김유진 · 이재욱

Prognostic Factors of Wound Healing after Diabetic Foot Amputation; ABI, TBI, and Toe Pressure

Se-Jin Park, M.D., Hwa-Jae Jeong, M.D., Eugene Kim, M.D., Jae-Wook Lee, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Kangbuk Samsung Hospital, Seoul, Korea

=Abstract=

Purpose: The purpose of this study is to establish guidelines for ankle-brachial index (ABI), toe-brachial index (TBI) and toe pressure with regard to healing of diabetic foot amputation wound.

Material and Methods: We designed a retrospective study that included patients with diabetic foot ulcer. From 2008 to 2011, 46 patients who had suffered from amputation of a foot due to diabetic foot ulcer were included in this study. We divided them into amputation-success group and amputation-revision group, and compared their ankle-brachial index (ABI), toe-brachial index (TBI) and toe pressure between two groups. Amputation-revision group is that first forefoot amputation is failed to heal successfully and need to have another proximal amputation.

Results: Toe pressure was 78 mmHg (54~107) in the amputation success group, 0 mmHg (0~43) in the amputation revision group ($p=0.000$). Ankle-brachial index was 1.1650(1.0475~1.1975) in the amputation success group, 0.92(0.5275~1.0750) in the amputation revision group ($p=0.05$), and toe-brachial index was 0.6100(0.4050~0.7575) in the amputation success group, 0.00(0.00~0.4150) in the amputation revision group ($p=0.04$), respectively.

Conclusion: ABI, TBI, toe pressure of amputation success group were significantly higher than those of amputation revision group.

Key Words: Ankle-brachial index, Toe-brachial index, Toe pressure, Diabetic foot, Amputation

서 론

당뇨병성 족부 궤양의 발생 기전으로는 혈관의 변화에 따른 혈류의 장애, 말초 신경병증에 의한 감각의 이상 그리고 감염에 대한 저항력의 저하 등이 복합적으로 작용하는 것으로 알려져 있다.^{1,2)} 당뇨병환자의 약 1/3은 족부 궤양의 주된 위험 인자인 말초 혈관 질환을 가지

Received: October 16, 2012 Revised: October 30, 2012

Accepted: November 13, 2012

• Corresponding Author: Jae-Wook Lee, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Kangbuk Samsung Hospital,
108 Pyeong-dong, Jongno-gu, Seoul, Korea

Tel: +82-2-2001-2168 Fax: +82-2-2001-2176

E-mail: with3735@naver.com

고 있는 것으로 알려져 있으며³⁾ 이로 인하여 족부 궤양이 발생하고 치료가 제대로 되지 않은 경우 최종적으로 절단에 이르게 된다. 당뇨병성 혈관병변은 당뇨병 진단 계부터 발생하는 것으로 알려져 있으며 당뇨병성 족부 궤양을 가진 환자에서 절단을 예방하고 성공적인 치료를 위해서는 혈관 상태를 우선적으로 파악해야 하며, 혈관병변이 확인되는 경우 필요하면 혈관 개통술 혹은 혈관 재건술이 필요하고, 절단이 필요한 경우에는 절단 위치를 결정하고 절단 후 치유 가능성을 예상하기 위해서 정확한 혈관 상태 파악이 필요하다. 혈관 평가 방법으로는 크게 침습적 검사와 비침습적 검사로 구분할 수 있는데, 일반적으로 비침습적 검사를 먼저 시행하는 것이 권장된다. 비침습적 검사에는 발목-상완 지수(ABI, ankle-brachial index), 족지-상완 지수(TBI, toe-brachial index), 정맥과 동맥 도플러 검사, 경피적 산소 분압 측정법 등이 있다. 본 연구는 당뇨 족부 궤양으로 전족부의 절단술을 시행 받은 환자를 대상으로 절단술을 시행 받은 후 합병증 없이 절단부의 상처가 치료된 군과 치료 실패로 근위부의 재절단술을 시행한 군으로 나누고 두 군의 발목-상완 지수, 족지-상완 지수, 족지압(Toe pressure)을 비교하여 통계적인 유의성을 확인하고, 검사의 유용성에 대해 알아보하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

2008년 1월부터 2011년 12월까지 본원 정형외과에서 당뇨병성 족부 궤양으로 진단받고 치료받은 환자 중 절단술을 시행한 당뇨 족부 궤양 환자 46명을 대상으로 후향적인 연구를 실시하였다. 족지 절단술 혹은 족열 절단술을 1회 시행 후 치료가 종료된 군(절단 성공군) 36명과 족지 절단술 혹은 족열 절단술을 1회 시행 후 치료에 실패하여 근위부 동측 하지의 추가 절단술을 시행한 군(재절단군) 10명으로 구분하였다. 족지 절단술 혹은 족열 절단술 후 근위부로 이동하지 않고 같은 절단 수준(level)에서 다른 족지의 절단술을 시행한 경우는 재절단군에 포함하지 않고, 1회 절단술을 시행한 것으로 간주하였으며, 절단단의 상처 변연절제술 및 상처 봉합술은 추가적인 절단 수술 횟수에서 제외하였다. 모든 환자들의 ABI, TBI 및 족지압은 의무 기록을 통

해 확인하였으며, 여러 차례 시행한 경우는 최초 절단술을 시행할 당시의 검사값으로 정하였다. 족지에 당뇨병성 궤양이 있어서 검사를 시행하지 못한 경우는 대상에서 제외하였다. 또한, 말초혈관병변에 대해 입원 기간 중 혈관성형술을 시행 받은 환자는 대상에서 제외하였다.

2. 통계적 방법

초기의 ABI, TBI, 및 족지압 분석에는 Mann-Whitney U test를 사용하였다.

통계적 분석은 SPSS 프로그램 (IBM SPSS Statistics 20.0 (IBM, Armonk, New York, USA))을 이용하였으며 P값이 0.05미만인 경우를 유의수준으로 정하였다.

결 과

절단 성공군은 총 36명으로 남자 26명, 여자 10명이었으며 평균 연령은 66세(38~86세)이었고, 재절단군은 총 10명으로 남자 8명, 여자 2명이었으며 평균 연령은 75세(65~90세)였다. 두 군의 연령에 대한 통계상의 의미 있는 차이는 없었다($P>0.05$).

절단 성공군에서 족지 절단을 시행한 환자는 5명이었고, 족열 절단을 시행한 환자는 31명이었으며 이 중 4명의 환자에서 추가로 다른 족지의 족열 절단을 시행하였다. 재절단군에서는 2명이 족지 절단을 시행 받은 후 상처가 치유되지 않아 경경골 절단술을 시행 받았으며, 1명은 족지 절단술 후 상처가 치유되지 않아 족열 절단술을 시행 받았음에도 만족스러운 상처 치유에 실패하여 경경골 절단술을 시행받았다. 재절단군 중 7명은 족열 절단술 후 경경골 절단술을 시행받았다(Table 1).

족지압은 절단 성공군에서 78 mmHg (54~107), 재절단군에서는 0 mmHg (0~43)으로 두 군 사이의 통계학적인 의의가 확인되었다($p=0.000$, Fig. 1A). ABI는 절단 성공군에서 1.1650(1.0475~1.1975), 재절단군에서는 0.92(0.5275~1.0750)으로 두 군 사이에 통계학적인 의의가 있었다($p=0.05$, Fig. 1B). TBI는 절단성공군에서 0.6100(0.4050~0.7575), 재절단군에서는 0.00(0.00~0.4150)으로 역시 두 군 사이의 통계학적인 의의가 확인되었다($p=0.04$, Fig. 1C).

고 찰

당뇨병성 족부 궤양은 일단 궤양이 발생되면 잘 낫지 않는 대표적인 난치성 질환으로 다양한 치료 방법이 시도되고 있지만 여전히 절단술이 많이 시행되고 있다. 치료가 쉽지 않고 절단술을 시행하게 되는 많은 원인 인자가 있으나 그 중 가장 중요한 인자가 말초혈관질환이다. 적절한 혈액 순환이 되어야 궤양의 치료를 달성할 수 있으나 당뇨환자들은 당뇨병의 초기 단계부터 말초 혈액 순환에 장애가 발생하면서 궤양의 치유에 상당한 지장을 초래한다. 이러한 이유가 바로 당뇨병성 족부 궤양을 혈관병변이라고 생각하는 이유이다. 당뇨병성 족부 궤양의 치료에 있어 절단술을 결정하는데에는 비단 말초 혈관의 상태뿐만 아니라 환자의 전신 상태, 환자의 나이, 말초신경질환 상태, 동반된 감염 여부, 감염된 균주의 종류, 골수염 동반 여부, 궤양의 상태, 환자의 기대치나 치료에 대한 의지 등이 다양하게 고려되어

야 한다.⁴⁾ 하지만, 말초 혈관의 상태는 다른 모든 요소보다 가장 우선적으로 고려되어야 할 필수 요소이며 혈관 상태가 불량할 경우 어떠한 노력에도 불구하고 치료는 실패할 가능성이 높다. 일단 절단술을 시행하기로 결정하였다면 절단 위치를 결정하고 절단 후 치료 성공 여부를 예상하는데 있어 말초 혈관 상태를 파악하는 것은 반드시 선행되어야 한다.

Carter 등⁵⁾은 혈관 질환을 가지고 있는 309명의 환자를 대상으로 맥박 파형의 진폭, 족지압, ABI, TBI와 절단술의 상관 관계를 연구하여 발표하였는데 맥박 파형의 진폭, 족지압, ABI, TBI 지표들이 절단술과 높은 수준의 상관 관계가 있음을 확인하였다. 각각의 지표들의 값이 낮을수록 절단술이 의미 있게 증가함을 제시하였으며, 이 지표들의 값을 조합하여 판정할 경우 다수의 지표의 값이 낮을수록 절단의 위험성은 더 높아짐을 보고하였다. Marston 등⁶⁾도 ABI와 절단술 사이에 통계적으로 의미있는 관계가 있다고 하였고, Varatharajan

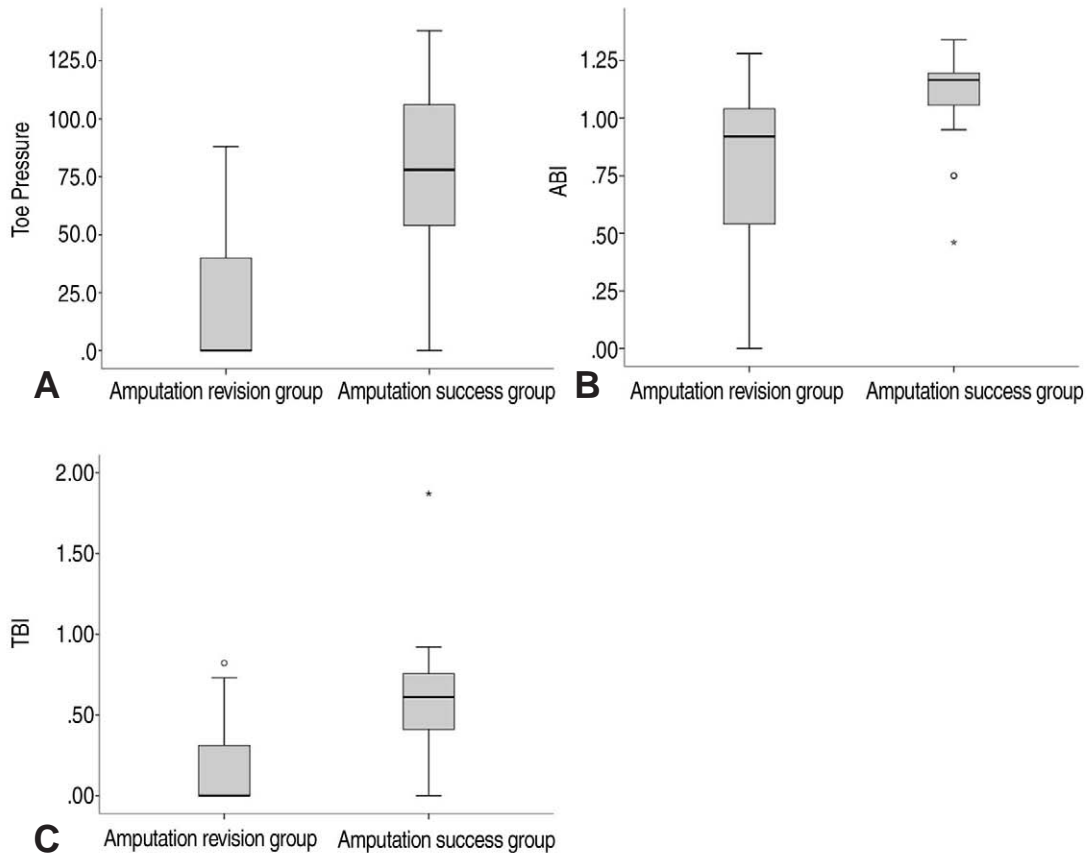


Figure 1. Boxplots of toe pressure, ABI, TBI. (A) Boxplot of toe pressure (B) Boxplot of ABI (C) Boxplot of TBI

등⁷⁾도 족지압과 TBI가 낮은 경우 절단의 위험이 증가함을 확인하였으며, 초기 1회성 측정보다는 연속적으로 다회 측정(multiple serial)이 더 의미 있는 수치라고 하였다.

이와 관련된 국내 논문을 보면, Lee 등⁸⁾은 한 차례 절단술을 시행한 군과 동측 재절단술을 시행한 군 사이의 ABI 값을 비교한 결과 동측 재절단술을 시행한 군의 ABI 점수가 더 낮게 나왔으며, 통계학적인 의의는 없었다고 하였다. 이 연구에는 동일 절단 수준(level)에서 추가 절단을 한 경우를 재절단군에 포함하여 환자군 설정에 있어서 본 연구와 차이가 있었다. 본 연구와 같은 방법으로 동일 절단 수준에서 추가 절단을 한 경우를 재절단군에 포함하지 않았더라면 결과는 다르게 나왔을 것으로 생각된다. 그리고 대상의 수가 많았다면 두 군 사이에 의미있는 차이가 확인 되었을 것이다.

절단술이 필요한 ABI, TBI, 족지압의 절대값에 대해서는 저자들마다 차이가 있다. Apelqvist 등⁹⁾은 족관절 압(ankle pressure)이 40 mmHg 미만인 경우 궤양의 치유를 기대하기 어렵고, 족지압이 45 mmHg 초과하는 경우 85%의 환자에서 궤양 치유가 이루어졌으나, 45 mmHg 이하인 경우 36%에서만 궤양 치유가 가능하였다고 하였다. Carter 등⁵⁾은 족지압이 30 mmHg 이하인 경우 절단의 상대위험도는 1.56~1.90라고 보고하였다.

본 연구에서도 앞에 언급한 연구와 비슷하게 절단 후 근위부로 추가 절단을 시행하지 않고 치료 종결된 군과 절단술 시행 후 치료에 실패하여 근위부로 추가 절단을 시행한 군의 ABI, TBI, 족지압을 비교하여 이들 세가지 지표 모두에서 두 군 사이에 의미 있는 차이가 있음을 확인하였다. 즉, 족지압이 높고 ABI와 TBI가 높을수록 절단술 후 상처치유의 가능성이 높아진다고 할 수

있다. 족지압의 경우에는 절단 성공군에서 족지압이 54 mmHg 이상이었으며 43 mmHg 이하인 경우는 모두 절단술 후 상처 치유에 실패하였다. TBI의 경우 치료 성공군에서는 0.40 이상의 값을 보임을 확인하였으며 재절단군에서는 대다수의 경우 TBI 값이 측정되지 않았거나 0.40 이하의 수치를 보였다. ABI의 경우 절단 성공군은 모두 1.0 이상이 됨을 알 수 있었으며 재절단군은 대다수에서 1.0 미만의 값을 보였다. 물론, ABI와 TBI의 경우 치료 성공군과 재절단군 사이에 중복되는 범위가 존재하기는 하나 유용한 지표로 사용될 수 있을 것으로 판단되며 3가지 지수를 모두 측정하여 판단한다면 절단술을 시행한 후 상처의 치유 예상에 있어 매우 큰 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

ABI, TBI 및 족지압은 측정이 비침습적이고 환자의 불편이 적은 장점이 있지만 석회화된 혈관에서는 실제 수치보다 검사값이 높게 나오는 경우가 많아 이에 대한 평가에 주의를 요한다. 말초혈관질환을 가진 환자의 동맥에서는 석회화가 발생하게 되는데, 특히 당뇨 환자와 말기 단계의 신장 질환을 가진 환자들에서 하지 동맥의 석회화는 더 흔하게 발생하며, 그 정도는 다양하다.^{10,11)} 하지 동맥의 석회화가 있는 경우 동맥혈관이 딱딱해져 압박에 저항하게 되므로 실제보다 ABI 값이 더 큰 값으로 나오게 된다. 이와 같이 말초 혈관 질환이 있음에도 불구하고 ABI가 높게 나오는 경우 ABI를 대신해서 TBI를 측정하거나¹⁰⁾ pole test^{12,13)}를 하는 것이 권장된다. Pole test는 족지와 족관절 부위의 동맥 혈류를 도플러를 이용하여 관찰 함과 동시에 양외위에서 다리를 천천히 거상시키면서 족지 및 족관절 부위의 도플러 신호가 없어질 때의 높이를 측정한 다음 그 높이를 압력으로 환산하여 족관절압과 족지압을 측정하는 방법이다. 석회화된 혈관을 커프(cuff)로 압박하여 측정할 때

Table 1. Types of amputation in the amputation success group and amputation revision group

| | Initial amputation type | | 2nd amputation type | | | |
|---------------------------|-------------------------|----|---------------------|---------|-----------|------------|
| | | | Ray | Chopart | Blow knee | Above knee |
| Amputation success group | Toe | 5 | - | - | - | - |
| | Ray | 31 | 4* | - | - | - |
| Amputation revision group | Toe | 3 | 1† | - | 3 | - |
| | Ray | 7 | - | - | 7 | - |

* Additional ray amputations were accomplished in other toes.

† Blow knee amputation was done at the end.

실제값보다 높게 측정되는 방법과 달리 석회화 유무에 상관없이 정확한 측정이 가능한 장점이 있으나, 족관절압이 45 mmHg 이하일 때, 족지압이 55~70 mmHg 이하일 때만 각각 pole test를 이용하여 측정가능하고 그 이상의 압력을 가질 경우는 다리를 최대한 거상하여도 혈류가 지속되어 측정할 수 없는 단점이 있다.¹³⁾ 하지의 허혈성 질환을 가진 환자군에서 커프로 압박하여 측정된 족관절압과 pole test를 이용하여 측정된 족관절압을 비교하였을 때 커프를 이용한 군이 pole test를 이용한 군보다 통계적으로 의미있게 높은 값을 보였다.^{12,13)}

Brooks 등¹⁴⁾은 당뇨병환자 174명과 정상인 53명의 ABI, TBI를 측정된 결과 정상인군에서 ABI 값은 0.93~1.28의 값을 보였고, 당뇨병환자군에서는 0.3~2.4의 값의 분포를 보였다. 정상인군과 당뇨 환자군 모두에서 ABI 값이 1.3미만인 경우에는 ABI가 증가하면 대체로 TBI가 증가하였으나, 당뇨 환자군 중 ABI가 1.3을 초과하는 환자들에서는 TBI는 오히려 감소하였다. 따라서 저명한 석회화가 있어서 ABI 값이 1.3을 초과하는 환자에서는 TBI 측정이 반드시 필요하며, TBI는 ABI를 대신하여 혈류 상태를 반영하는 믿을 수 있는 지표가 된다. 하지만 ABI가 1.3미만의 당뇨 환자군에서는 ABI와 TBI 사이에 일관된 상관 관계가 존재하므로 ABI 단독으로 족부의 혈류 상태를 파악하는 지표로 사용될 수 있다고 하였다.

광혈류 측정기를 이용하여 맥박 파형(wave amplitude)을 통해 말초 순환 상태를 파악할 수 있는데, 맥박 파형의 진폭(pulse wave amplitude)은 혈류의 양에 의해 결정되는 것이고 따라서 이것은 말초 순환의 정도를 나타내는 지표로 유용하게 사용할 수 있다고 하였다.^{5,15)} 이와 같은 연구에서는 족지 파형의 진폭이 4 mm 미만인 경우 절단의 상대 위험도는 4.20이었으며, 파형의 진폭이 낮은 경우 의미 있게 절단의 위험률이 증가하였다.⁵⁾

ABI, TBI 및 족지압은 측정 오차값이 비교적 높아 주의를 요한다. 측정 시 환자의 상태, 측정 방법 및 측정 기구가 기관별로 표준화되지 않으면 그 결과값에는 차이가 발생하기 때문에 해석에 주의가 필요하다.^{16,17)} Caruana 등¹⁷⁾은 ABI, TBI 측정이 말초 혈관 질환 평가에 강력한 도구임에는 이견이 없었으나 측정할 때 커프의 위치, 크기, 검사자의 숙련 정도들이 검사 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 주의가 필요하다고 하였다. 따

라서 임상에서 숙련된 검사자에 의해 ABI, TBI, 족지압 측정에 대한 일관된 측정 방법 및 측정 도구를 사용한다면 ABI 및 TBI의 측정은 말초 혈관 질환을 진단하고 경과를 평가하는 데 유용한 도구가 된다.

본 연구에서는 절단술을 시행 후 절단 성공군과 절단술 후 재절단술을 시행한 군 사이에 족지압, ABI, TBI가 통계적으로 의미 있는 차이를 보인다는 결론을 얻었다. 하지만 본 연구만으로 근위부로 재절단술을 초래하는 족지압, ABI, TBI의 절대값을 결정할 수는 없었다. 또한 혈관성형술 혹은 혈관재건술이 궤양 치유를 호전시키고 절단률을 낮출 수 있음¹⁸⁾에도 불구하고 치료 과정에서 시행한 혈관성형술 혹은 혈관재건술의 환자를 제외하여 이에 대한 평가를 하지 못한 점과 환자군이 상대적으로 적은 점이 본 연구의 제한점이라 할 수 있다. 또한, 근위부로의 재절단술을 시행하게 되는 변수로는 말초혈관병변 뿐만 아니라 감염의 여부 및 균주의 종류, 궤양의 상태 등 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 혈관 상태만을 분석한 것으로 이의 의미에 제한이 있다고 할 수 있다. 하지만, 이미 언급한 대로, 말초 혈관 병변은 절단술을 고려할 때 여러 가지 변수들 중에서 가장 우선적으로 고려되어야 할 기본 요소로 이에 대한 기준을 제시했다는 데 있어 본 연구의 의의가 있다고 할 것이다.

결 론

절단 성공군과 재절단군 사이의 ABI, TBI 및 족지압은 통계적으로 의미 있는 차이를 보였다. 족지압, ABI, TBI는 간단한 검사로 임상에서 말초 혈관 질환을 가진 당뇨병 환자의 진단 및 평가에 유용하며, 당뇨병성 궤양 치료로 절단 후 상처 치유의 가능성을 예상할 수 있는 의미있는 지표로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

REFERENCES

1. Shimoshige Y, Ikuma K, Yamamoto T, et al. The effects of zenarestat, an aldose reductase inhibitor, on peripheral neuropathy in Zucker diabetic fatty rats. *Metabolism*. 2000;49:1395-9.
2. Sundkvist G, Dahlin LB, Nilsson H, et al. Sorbitol and myoinositol levels and morphology of sural nerve in relation to

- peripheral nerve function and clinical neuropathy in men with diabetic, impaired, and normal glucose tolerance. Diabet Med.* 2000;17:259-68.
3. **Vale PR, McGrath MA.** *Peripheral vascular disease: a GP's guide to current management. Mod Med Australia.* 1996;39:92-103.
 4. **Park HY, Park SJ, Lee SH, et al.** *Clinical Analysis of Intractable Diabetic Foot Ulcers: Accessing Risk Factors. J Korean Foot Ankle Soc.* 2011;15:223-39.
 5. **Carter SA, Tate RB.** *The value of toe pulse waves in determination of risks for limb amputation and death in patients with peripheral arterial disease and skin ulcers or gangrene. J Vasc Surg.* 2001;33:708-14.
 6. **Marston WA, Davies SW, Armstrong B, et al.** *Natural history of limbs with arterial insufficiency and chronic ulceration treated without revascularization. J Vasc Surg.* 2006;44:108-14.
 7. **Varatharajan N, Pillay S, Hitos K, Fletcher JP.** *Implications of low great toe pressures in clinical practice. ANZ J Surg.* 2006;76:218-21.
 8. **Lee CB, Park HT, Ha JH, Kim MS, Choi SJ.** *Incidence and risk factors of ipsilateral foot and lower limb reamputation in diabetic foot patients. J Korean Foot Ankle Soc.* 2011;15:7-12.
 9. **Apelqvist J, Castenfors J, Larsson J, Stenstrom A, Agardh CD.** *Prognostic value of systolic ankle and toe blood pressure levels in outcome of diabetic foot ulcer. Diabetes care.* 1989;12:373-8.
 10. **Young MJ, Adams JE, Anderson GF, Boulton AJM, Cavanagh PR.** *Medial arterial calcification in the feet of diabetic patients and matched non-diabetic control subjects. Diabetologia.* 1993;36:615-21.
 11. **Vincent DG, Salles-Cunha SX, Bernhard VM, Towne JB.** *Noninvasive assessment of toe systolic pressures with special reference to diabetes mellitus. J Cardiovasc Surg.* 1983;24:22-8.
 12. **Smith FC, Shearman CP, Simms MH, Gwynn BR.** *Falsely elevated ankle pressures in severe leg ischaemia: the pole test-an alternative approach. Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1994;8:408-12.
 13. **Pahlsson HI, Wahlberg E, Olofsson P, Swedenborg J.** *Pole test for evaluation of arterial insufficiency in diabetic patients. Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1999;18:133-7.
 14. **Brooks B, Dean R, Patel S, Wu B, Molyneaux L, Yue DK.** *TBI or not TBI: that is the question. Is it better to measure toe pressure than ankle pressure in diabetic patients? Diabet Med.* 2001;18:528-32.
 15. **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.
 16. **Jeelani NU, Braithwaite BD, Tomlin C, MacSweeney ST.** *Variation of method for measurement of brachial artery pressure significantly affects ankle-brachial pressure index values. Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2000;20:25-8.
 17. **Caruana MF, Bradbury AW, Adam DJ.** *The Validity, reliability, reproducibility and extended utility of ankle to brachial pressure index in current vascular surgical practice. Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2005;29:443-51.
 18. **Apelqvist J, Elgzyri T, Larsson J, Londahl M, Nyberg P, Thorne J.** *Factors related to outcome of neuroischemic/ischemic foot ulcer in diabetic patients. J Vasc Surg.* 2011;53:1582-8.