

당뇨발 환자에서 Syme 절단술의 위험 인자

곽희철, 김전교^{†,a}, 김영준, 이정환*, 이운성인제대학교 의과대학 부산백병원 정형외과학교실, *마취통증의학교실, [†]육군훈련소 지구병원 정형외과

Risk Factors of Syme Amputation in Patients with a Diabetic Foot

Heuichul Gwak, Jeongyo Kim^{†,a}, Youngjun Kim, Jeonghan Lee*, Woonseong LeeDepartments of Orthopaedic Surgery and *Anesthesiology and Pain Medicine, Busan Paik Hospital, Inje University College of Medicine, Busan, [†]Department of Orthopaedic Surgery, District Hospital, Korea Army Training Center, Nonsan, Korea

Purpose: This study examined the factors affecting the treatment of diabetes mellitus foot patients who had undergone a Syme amputation.

Materials and Methods: This study included 17 patients diagnosed with a diabetes mellitus foot and who had undergone a Syme amputation from January 2010 to January 2014. Some of the risk factors (age, body mass index [BMI], disease duration, smoking, ankle brachial index [ABI], HbA1c, serum albumin, total lymphocyte, C-reactive protein [CRP], and serum creatine) that affect the successful Syme amputation were analyzed.

Results: The healing rate of a Syme amputation was significantly higher when the lymphocyte count was above 1,500 mm³ (p=0.029). The factors affecting the surgical outcome according to multivariate analysis were HbA1c and the BMI (p=0.014, p=0.013). Regarding reamputation, there was a significant difference with HbA1c, lymphocyte, and BMI (p=0.01, p=0.03, and p=0.01). No significant differences were observed with age, disease duration of diabetes mellitus, smoking, ABI, serum albumin, CRP, and serum creatine.

Conclusion: The HbA1c level, BMI and total lymphocyte count are risk factors that must be considered for successful Syme amputation in patients with diabetic foot disease.

Key Words: Diabetic foot, Risk factors, Syme amputation

서론

당뇨발은 하지 절단의 가장 흔한 원인으로 알려져 있다. 하지 절단의 방법 선택 시에는 침범한 병변의 위치 및 혈행 상태 등을 전반적으로 고려하여 선택해야 한다. 하지 절단 중에서 Syme 절단술은 하퇴 절단 및 대퇴 절단에 비하여 수술 후 사망률이 낮고 회복

률이 높으며 재활이 쉽고 조기 보행을 할 수 있는 등의 장점을 가진다고 알려져 있다.^{1,2)} 족부의 병변 시 Syme 절단술의 적응증이 될 수 있으나 하퇴 절단술을 선택하는 경향이 많다. Syme 절단술 후 발생할 수 있는 수술 후 감염의 재발 및 골수염 등의 합병증이 하퇴 절단술보다 빈번하다 여겨지고 있으며, 수술적 난이도가 비교적 더 쉬운 하퇴 절단술이 선호되기 때문이다.¹⁾

하지 절단술의 수술 결과 향상 및 합병증 개선과 관련한 여러 연구들이 있었다. Dickhaut 등³⁾은 혈중 albumin과 같은 영양 지표나 총 림프구수와 같은 면역 요인들이 정상수치일 때 하지 절단술 후 성공적인 결과를 예측할 수 있다고 하였고, Wagner⁴⁾는 하지 절단술 후 당뇨발 환자의 창상 치유에 있어 조직에 영양을 줄 수 있는 충분한 수준을 혈중 albumin 2.5 g/dL, 총 림프구수 1,500 mm³ 이상인 경우 등으로 제시하였다. 하지만 Syme 절단술에 영향을 미치는 인자들 및 그 수치에 대해 구체적으로 기술한 보고는 비교적 적

Received January 23, 2016 Revised April 13, 2016 Accepted April 19, 2016

Corresponding Author: Jeongyo Kim

Department of Orthopaedic Surgery, District Hospital, Korea Army Training Center, 450-8 Deukandae-ro, Yeonmyeup, Nonsan 33012, Korea

^aCurrent affiliation: Department of Orthopaedic Surgery, Busan Paik Hospital, Inje University College of Medicine, 75 Bokji-ro, Busanjin-gu, Busan 47392, Korea
Tel: 82-51-890-6129, Fax: 82-51-892-6619, E-mail: bluewhistle@hanmail.net

Financial support: None.

Conflict of interest: None.

Copyright ©2016 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/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

다. 이에 저자들은 당뇨병으로 인해 Syme 절단술을 시행한 환자들을 분석하여 어떤 인자들이 수술 후 예후에 영향을 미치는지를 알아보고, 이를 활용하여 당뇨병 환자의 하지 절단에 있어 좋은 적응증이 될 수 있는 Syme 절단술의 성공적인 치료 요인을 찾아보고자 하였다.

대상 및 방법

2010년 1월부터 2014년 1월까지 인제대학교 부산백병원에서 당뇨병으로 진단받고 Syme 절단술을 시행하였던 17예를 대상으로 하였다. 본 연구는 인제대학교 부산백병원 임상연구윤리위원회(Institutional Review Board)의 승인을 받았다. 모든 수술은 1인의 술자(H.G.)에 의해 시행되었다. 본 연구는 전족부 및 중족부의 감염이나 무혈성 괴사 등에 적용하였으며, 발바닥에 충분한 피부가 있고 후족부에 혈액순환이 좋은 경우에 한하여 적용하였다. 족부의 동맥경화증 등과 같은 혈관 및 혈액 순환에 문제가 있는 경우, 중추신경계, 말초신경계에 문제가 있는 경우, 특히 족부의 감각 이상이 있는 경우, urea nitrogen이 증가하는 경우, 휴식 시에도 지속되는 통증이 있는 경우에는 Syme 절단술을 적용하지 않았으며, 보존적 치료에도 불구하고 절단술이 불가피한 경우만을 대상으로 하였다. 대상자 가운데 원위 수준 절단의 적응증이었으나 Syme 절단술을 시행한 경우는 없었다. 모든 환자의 의무 기록을 통하여 여러 인자에 대해 후향적으로 비교 분석하였다. 연령, 성별, 과거력 등 환자의 기본적인 정보와 체질량지수(body mass index, BMI), 당뇨병의 이환 기간, 흡연 유무, 발목-상완 지수(ankle brachial index, ABI) 등을 조사하였고, 혈액검사결과를 통해 당화혈색소(HbA1c),

혈중 albumin, 총 림프구수, C-reactive protein (CRP), creatine 등을 확인하였다.

평균 연령은 62.9세(39~85세), 평균 BMI는 22.0 kg/m² (15.0~33.6 kg/m²), 평균 당뇨 이환 기간은 15.4년(7~30년), 평균 흡연율은 66.3%, 평균 ABI는 0.9 (0.44~1.09), 평균 HbA1c는 9.0% (7.0%~13.5%), 평균 혈중 albumin은 2.9 mg/dL (2.0~3.7 mg/dL), 총 림프구수는 1,410 mm³ (630~2,290 mm³), 평균 CRP는 8.9 mg/L (0.75~36.62 mg/L), 평균 creatine은 1.9 mg/dL (0.42~6.2 mg/dL)였다.

각 항목들에 대하여 통상적으로 사용되는 기준치 이상의 값을 가지는 환자군과 기준치 미만의 값을 가지는 환자군으로 나누어 수술 성공률을 분석하였다. 기준치는 연령 65세, HbA1c 8.0%, 혈중 albumin 2.5 g/dL, ABI 0.9, BMI 25.0 kg/m², creatine 1.2 mg/dL, CRP 3.2 mg/L, 총 림프구수 1,500 mm³로 지정하였다. 전족부와 중족부로 나뉘어지는 병변 부위에 따른 수술 성공률도 통계적으로 비교해 보았다. 수술 성공률은 전체 환자들 중 재수술을 시행하지 않고 좋은 결과를 얻은 경우를 수술 성공이라 정의하여 이를 통해 구하였다. 수술 결과에 미치는 각 인자들의 영향력을 분석하기 위해 통계를 통한 다변량 분석을 시행하였다.

Syme 절단술 이후 재수술 없이 성공적으로 치료가 된 군을 1군, 수술 이후 재수술이 필요한 군에 대하여 2군으로 분류하였다. 초기 절단술 후 감염, 골수염 등의 원인으로 인해 다시 동측 하지의 근위부 절단술을 시행한 경우는 재수술이라 정의하였다. 총 17예에서 13예(76.5%)는 한 차례만 절단술을 시행 받았고, 4예(23.5%)에서는 재수술을 시행하였다.

모든 예에서 수술 전 육안적 병변의 위치와 크기를 확인하여 분

Table 1. Wound Features in Healed Group and Unhealed Group

Patient No.	Group	Sex	Age (yr)	Wound site	Size*	Cause
1	1	Male	54	Forefoot	Small	Necrosis
2	1	Male	50	Forefoot	Small	Ulcer, infection, necrosis
3	1	Male	58	Midfoot	Middle	Necrosis
4	1	Male	68	Midfoot	Middle	Infection, necrosis
5	1	Male	39	Midfoot	Large	Infection, necrosis
6	1	Male	57	Forefoot	Small	Infection, necrosis
7	1	Male	61	Forefoot	Small	Necrosis
8	1	Male	72	Forefoot	Small	Necrosis
9	1	Male	70	Midfoot	Middle	Infection, necrosis
10	1	Female	78	Midfoot	Middle	Infection, necrosis
11	1	Male	85	Midfoot	Middle	Infection
12	1	Male	66	Forefoot	Small	Necrosis
13	1	Female	46	Forefoot	Middle	Necrosis
14	2	Female	49	Midfoot	Middle	Infection
15	2	Female	70	Forefoot	Middle	Ulcer, infection, necrosis
16	2	Male	62	Midfoot	Middle	Infection, necrosis
17	2	Female	85	Forefoot	Middle	Infection, necrosis

Group 1: healed group, Group 2: unhealed group.

*Small: <5 cm, middle: 5~10 cm, large: >10 cm.

Table 2. Rate of Healing by Divided Standard Value

Factor		No. of patients	Success of treatment (n)	Rate of healing (%)	p-value*
Age (yr)	≥65	8	6	75.0	0.665
	<65	9	7	77.8	
HbA1c (%)	≥8.0	12	8	66.7	0.208
	<8.0	5	5	100.0	
Albumin (g/dL)	≥2.5	13	11	84.6	0.219
	<2.5	4	2	50.0	
Smoking	Yes	9	7	77.8	0.665
	No	8	6	75.0	
ABI	≥0.9	4	3	75.0	0.700
	<0.9	13	10	76.9	
BMI (kg/m²)	≥25.0	4	2	50.0	0.219
	<25.0	13	11	84.6	
Creatine (mg/dL)	≥1.2	9	7	77.7	0.665
	<1.2	8	6	75.0	
CRP (mg/L)	≥3.2	13	10	76.9	0.700
	<3.2	4	3	75.0	
Total lymphocyte (mm³)	≥1,500	8	8	100.0	0.029
	<1,500	9	5	55.6	
Wound site	Forefoot	9	7	77.7	0.893
	Midfoot	8	6	75.0	

ABI: ankle brachial index, BMI: body mass index, CRP: C-reactive protein.

*Statistical analysis by chi-square test.

류하였다(Table 1). 영상의학 검사(단순방사선 촬영, 자기공명영상 촬영 등) 및 핵의학 검사(bone scan)도 시행하여 육안적 병변과 비교하였으나, 육안적 병변과 뚜렷한 위치 차이는 관찰되지 않았다. 재수술한 4예 중 2예는 상처 부위 괴사 및 감염, 궤양의 악화가 원인이었으며, 1예는 괴사 및 감염이 원인이며 1예는 감염이 원인이 되어 재수술을 시행하였다(Table 1). 두 군에서 각 인자들 사이에 통계적 차이가 있는지에 대해서도 비교해 보았다.

통계 분석은 IBM SPSS version 21.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA) 통계 프로그램을 이용하여 카이제곱 분석 및 다변량 분석을 시행하였으며, 비모수인 변수에 대해서는 Mann Whitney U-test를 사용하여 비교를 시행하였다. 유의수준은 p값이 0.05 이하일 때 통계상 유의한 것으로 정의하였다.

결 과

총 림프구수 1,500 mm³ 이상에서는 수술 성공률이 100%, 1,500 mm³ 이하에서는 수술 성공률이 55.6%의 결과를 보여 1,500 mm³ 이상의 총 림프구수를 갖는 군에서 더 높은 수술 성공률을 보였다(p=0.029; Table 2). 연령, BMI, 흡연 유무, ABI, HbA1c, albumin, CRP, creatine에서는 통계적으로 기준치를 나누어 비교한 수술 성공률의 유의한 차이가 없었다(Table 2). 전족부 및 중족부로 구분되는 병변 부위에 따른 수술 성공률의 차이도 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 2).

각각의 인자들이 수술결과에 미치는 영향력을 분석하기 위해 다

Table 3. Factors' Effect to the Operative Outcome

Factor	p-value*
Age	0.554
DM duration	0.917
HbA1c	0.014
Albumin	0.280
Smoking	0.663
ABI	0.841
BMI	0.013
Creatine	0.371
CRP	0.733
Total lymphocyte	0.052

DM: diabetes mellitus, ABI: ankle brachial index, BMI: body mass index, CRP: C-reactive protein.

*Statistical analysis by multivariate analysis.

변량 분석법을 이용한 통계를 시행하였다(Table 3). HbA1c 및 BMI가 술 후 성공률에 의미 있는 영향을 미쳤으며(p=0.014, p=0.013), 총 림프구수를 포함한 연령, 당뇨 이환 기간, 흡연 유무, ABI, albumin, CRP, creatine은 통계적으로 의미가 없었다. Syme 절단술 후 재수술 없이 회복된 1군과 재수술을 시행한 2군에서의 각 인자들을 비교하였다(Table 4). HbA1c, BMI와 총 림프구수는 두 군에서 통계적으로 의미 있는 차이가 있었으나(p=0.01, p=0.01, p=0.03), 연령, 당뇨 이환 기간, ABI, albumin, CRP, creatine은 두 군에서 통계적인 차이를 나타내지 않았다.

Table 4. Values of Factors in Healed Group and Unhealed Group

Factor	Group 1	Group 2	p-value
Age (yr)	61.8	66.5	0.55
DM duration (yr)	15.5	15.0	0.91
HbA1c (%)	8.5	10.7	0.01
Albumin (g/dL)	3.00	2.65	0.27
ABI	0.83	0.89	0.58
BMI (kg/m ²)	20.3	27.6	0.01
Creatine (mg/dL)	2.1	1.1	0.14
CRP (mg/L)	9.4	7.2	0.73
Total lymphocyte (mm ³)	1,540	1,010	0.03

Group 1: healed group, Group 2: unhealed group.

DM: diabetes mellitus, ABI: ankle brachial index, BMI: body mass index, CRP: C-reactive protein.

고 찰

Syme 절단술은 1843년 Syme⁵⁾에 의해 소개되었고, Wagner⁴⁾에 의해 널리 알려진 하지 절단의 한 방법이다. 이후 여러 학자들에 의해 Syme 절단술의 장점들이 보고되었다. Syme 절단술은 하퇴 절단술에 비해 이환율과 사망률을 감소시키고, 보행 훈련 없이 조기 체중부하가 가능하며, 절단 말단부에 적은 압력과 적은 에너지 만으로도 더 나은 보행을 가능하게 한다. 재활이 쉽고 빠른 회복으로 인해 입원 기간이 짧아지면서 Syme 절단술은 재활이나 병원 비용적 측면에서도 훨씬 효율적이라 할 수 있다.^{1,2,4,6-8)}

이와 같은 여러 장점에도 불구하고 Syme 절단술은 수술 후 감염 등의 합병증으로 인한 절단술의 실패로 하퇴 절단보다 이차적인 대체 방법으로 선택되고 있다. Syme 절단술 실패의 가장 근본적인 이유는 골수염과 감염의 재발이며, 그 외에 긴 당뇨병 이환 기간, 말초동맥질환, 괴사 등이 있다.²⁾

Syme 절단술에 있어 이와 같은 합병증을 줄이기 위한 노력들이 있었다. 빈번하게 발생하는 뒤꿈치 패드의 전위에 대하여 뒤꿈치 패드를 경골의 원위 전면에 연결하거나,²⁾ 후방 경골 동맥을 술 전에 도플러 등을 통해 확인하여 평가하고, 뒤꿈치 패드에 부착된 지방을 충분히 보존하고 심부 근육까지 봉합하는 방법 등이 제시되었다.⁹⁾ 감염을 줄이기 위해 2회에 걸친 수술법도 제시되었으나, Pinzur 등¹⁾은 2회에 걸쳐서 시행하는 수술법과 1회의 수술만 하는 경우에 있어 기능적인 결과에 큰 차이가 없다고 보고하였으며, 1회의 수술을 권장하였다. 본 연구에서도 1회의 수술을 시행하였다.

이와 같이 Syme 절단술의 성공률을 높이기 위한 여러 시도들이 있었으나, 기본적으로 당뇨병 환자의 하지 절단 시 성공률은 환자의 영양상태, 면역상태, 병변부의 충분한 혈행상태 등으로 좌우된다고 볼 수 있다.¹⁾ Syme 절단술에서도 이와 같은 요인들이 충분히 고려되어야 하지만, 이에 대한 구체적인 연구는 하퇴 절단술에 비해 비교적 부족한 상태이다. 이에 저자들은 Syme 절단술의 성공에 영향을 미치는 여러 인자들에 대해 후향적으로 연구하여 비교 분석하였으며, 이를 기존의 문헌들에서 제시된 결과들을 참고하여

살펴보았다.

Dormandy 등¹⁰⁾은 하지 절단술 이후 영양상태가 불량한 군이 그렇지 않은 군에 비하여 절단술 후 3개월 내 재절단율이 19% 이상 증가한다고 하였으며, Pedersen과 Pedersen¹¹⁾은 하지 절단술을 시행한 환자의 72%가 영양상태가 불량하다고 제시하였다. Dickhaut 등³⁾은 혈중 albumin 수치나 총 림프구수와 같은 면역 요인들이 영양상태의 지표가 되며 이 지표가 정상 수치일 때 Syme 절단술 후 성공적인 결과를 예측할 수 있다고 하였다. Pinzur 등¹⁾은 혈중 albumin 수치가 상처치유를 예측할 수 있으며 혈중 albumin 수치 2.5 g/dL가 임계지표라고 발표했다. Yu 등⁸⁾은 적절한 영양조건에서 prealbumin 수치가 16.0 mg/dL를 넘어설 때 더 효과적이라고 보고했으며 총 림프구수가 1,500 mm³를 넘어설 때 절단술 후 성공적인 결과를 예측하는 지표가 된다고 하였다. 본 연구에서 albumin은 의미 있는 결과를 보이지 않았으나, 총 림프구수의 경우 기존 문헌들에서 기준으로 제시된 1,500 mm³ 이상인 경우에 Syme 절단술의 성공률이 더 높았으며, 재절단술 유무에 의한 두 군의 비교에 있어서도 통계적으로 유의한 차이가 나타나 총 림프구수는 Syme 절단술의 성공에 영향을 미친다는 사실을 살펴볼 수 있었다.

Christman 등¹²⁾은 8.0% 이하의 HbA1c는 유일하게 Syme 절단술 후 회복률에 큰 영향을 미친다고 하였고, Jung 등¹³⁾은 HbA1c는 불량한 당 조절의 지표로 판단되며 당뇨병의 절단 위험요인 중 하나라고 제시하였다. 본 연구에서도 재절단술을 시행한 군에서 그렇지 않은 군과 비교해볼 때 HbA1c가 의미 있는 차이를 보였다.

혈행 상태는 여러 문헌들에 의해 하지 절단술의 성공률을 좌우하는 중요한 인자로 제시되어 왔다. Pinzur 등¹⁾은 당뇨 환자에서 최소한 0.6 이상의 ABI가 측정되어 상처회복에 충분한지를 고려하여 Syme 절단술을 결정한다면 더 좋은 결과를 얻을 수 있다고 제시하였다. 본 연구에서 혈행을 대표하는 인자로 ABI를 선정하여 살펴보았으나, 통계적으로 유의한 결과가 나타나지는 않았다. Pinzur 등¹⁾이 제시한 0.6 이하의 안 좋은 예후의 수치인 경우가 본 연구에서는 1예였고, 향후 보다 많은 환자들을 통한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. Reus 등¹⁴⁾은 흡연이 혈행에 제한을 주며 하지 절단의 위험성 및 상처회복을 저해한다고 제시하였지만 본 연구에서는 흡연 유무에 의해 통계적으로 의미 있는 결과가 나타나지는 않았다.

슬관절 아래 혈관 수술에 있어 신기능이 좋지 않을 경우 성공률이 떨어진다는 것에 기인하여 신장 기능이 병변 치유에 예후인자가 될 수 있을 것으로 판단하였다. 그러나 Pinzur 등¹⁾이 시행한 연구에서와 같이 혈중 creatine 수치를 비교해 보았으나 본 연구에서도 의미 있는 결과가 나타나지 않았다.

Choi 등¹⁵⁾에 따르면 하지 절단술 이후 술 후 합병증으로 인해 재절단술을 시행한 군에서 그렇지 않은 군보다 높은 BMI를 나타냈다고 하였으며 본 연구에서도 재절단술을 시행한 군에서 BMI가 의미 있는 차이를 보였다. Choi 등¹⁵⁾과 Ohsawa 등¹⁶⁾은 고령이 전신상태



Figure 1. (A) A 59-year-old man had type II diabetes, amputated toes and skin necrosis. (B) Syme amputation was performed well and walk freely with prosthesis after healing.



Figure 2. (A) A 62-year-old man had diabetic foot ulcer. (B) Below knee amputation was performed due to difficulty of infection control and laboratory abnormality.

및 영양상태에 영향을 미치기에 환자의 나이가 재절단술의 위험 요소라고 제시하였으나, 본 연구에서는 통계적으로 의미 있는 차이가 나타나지 않았다.

이와 같이 여러 인자들을 살펴 본 결과 본 연구에서는 총 림프구수, HbA1c, BMI가 Syme 절단술 후 성공에 영향을 미치는 인자로 나타났다. 실제 본 연구에서 Syme 절단술을 시행 받은 59세 남자 환자의 경우 HbA1c가 7.9%, BMI가 19.0 kg/m², 총 림프구수가 1,610 mm³였으며, 술 후 감염 없이 잘 회복된 것에 반해(Fig. 1), 62세 남자 환자의 경우 HbA1c 10.5%, BMI 31.0 kg/m², 총 림프구수 1,100 mm³로 영양상태 및 당 조절, 면역요인 등이 좋지 않은 것으로 보였으며, Syme 절단술 이후 골수염으로 다시 하퇴 절단술을 시행 받았다(Fig. 2).

본 연구의 제한점으로는 후향적 연구이며, 환자수가 비교적 적다는 점, 경피적 혈관 내 성형술 유무에 따라 환자를 분류하여 살펴보지 않았다는 점 등을 들 수 있다. 또한 향후 이와 같은 단점을 보완하여 추가적인 연구가 이뤄져야 할 것이다.

결론

HbA1c, BMI, 총 림프구수 등이 당뇨병 환자의 Syme 절단술 후 좋은 예후에 고려될 수 있는 인자로 생각된다. 이와 같은 인자들을 바탕으로 당뇨병 환자에 있어 Syme 절단술을 신중하게 선택하여 시행한다면 좋은 치료 결과를 얻을 수 있을 것이다.

REFERENCES

1. Pinzur MS, Stuck RM, Sage R, Hunt N, Rabinovich Z. Syme ankle disarticulation in patients with diabetes. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85:1667-72.
2. Frykberg RG, Abraham S, Tierney E, Hall J. Syme amputation for limb salvage: early experience with 26 cases. *J Foot Ankle Surg.* 2007;46:93-100.
3. Dickhaut SC, DeLee JC, Page CP. Nutritional status: importance in predicting wound-healing after amputation. *J Bone Joint Surg Am.* 1984;66:71-5.
4. Wagner FW Jr. Management of the diabetic neurotrophic foot

- part II. A classification and treatment program for diabetic, neuropathic, and dysvascular foot problems. In: *The American Academy of Orthopaedic Surgeons, editor. Instructional course lectures. St. Louis: CV Mosby; 1979. p.143-65.*
5. Syme J. Surgical cases and observations. Amputation at the ankle-joint. 1843. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;256:3-6.
 6. 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.
 7. Aulivola B, Hile CN, Hamdan AD, Sheahan MG, Veraldi JR, Skillman JJ, et al. Major lower extremity amputation: outcome of a modern series. *Arch Surg.* 2004;139:395-9.
 8. Yu GV, Schinke TL, Meszaros A. Syme's amputation: a retrospective review of 10 cases. *Clin Podiatr Med Surg.* 2005;22:395-427.
 9. Bowker JH. Partial foot and Syme amputations: an overview. *Clin Prosthet Orthot.* 1987;12:10-3.
 10. Dormandy J, Belcher G, Broos P, Eikelboom B, Laszlo G, Konrad P, et al. Prospective study of 713 below-knee amputations for ischaemia and the effect of a prostacyclin analogue on healing. *Hawaii Study Group. Br J Surg.* 1994;81:33-7.
 11. Pedersen NW, Pedersen D. Nutrition as a prognostic indicator in amputations. A prospective study of 47 cases. *Acta Orthop Scand.* 1992;63:675-8.
 12. Christman AL, Selvin E, Margolis DJ, Lazarus GS, Garza LA. Hemoglobin A1c predicts healing rate in diabetic wounds. *J Invest Dermatol.* 2011;131:2121-7.
 13. Jung HG, Kim YJ, Shim SH, Paik HD. Lower extremity amputations for the diabetic foot complication. *J Korean Foot Ankle Soc.* 2006;10:1-6.
 14. Reus WF, Robson MC, Zachary L, Heggers JP. Acute effects of tobacco smoking on blood flow in the cutaneous micro-circulation. *Br J Plast Surg.* 1984;37:213-5.
 15. Choi SJ, Lee CB, Kim MS, Ha JH, Park HT. Incidence and risk factors of ipsilateral foot and lower limb reamputation in diabetic foot patients. *J Korean Foot Ankle Soc.* 2011;15:7-12.
 16. Ohsawa S, Inamori Y, Fukuda K, Hirotsuji M. Lower limb amputation for diabetic foot. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2001;121:186-90.