당뇨병발의 원인, 진단, 합병증 및 치료

서 동 교

울산대학교 의과대학 강릉아산병원 정형외과

Etiology, diagnosis, complications, and treatments of diabetic foot

Dong-Kyo Seo, MD

Department of Orthopaedic Surgery, GangNeung Asan Hospital, University of Ulsan College of Medicine, Gangneung, Korea

Background: Diabetic foot is one of the complications of diabetes mellitus, accompanied by infection, ulcer, deformity, and neuropathic arthropathy. The prevalence of diabetic foot is approximately 10% to 20% in adult diabetic patients over 30 years. Patients with diabetic foot show decreased life quality due to long-term treatment and hospital admission for various complications. Therefore, it is important to understand the etiology of diabetic foot and to prevent the accompanying complications.

Current Concepts: Multiple complications of diabetic foot such as ulcers, infections, and deformities are derived from neuropathy (sensory, motor, and autonomic nerves) and angiopathy. Careful physical and radiologic examinations and laboratory evaluations are necessary to diagnose diabetic foot. Dressings, surgical decompressions, antibiotics, and vascular interventions are helpful for the treatment of ulcers in diabetic foot. Maintaining proper blood glucose levels and medication help control the neuropathies. Furthermore, patients should be educated on careful foot care to prevent complications.

Discussion and Conclusion: Diabetic foot and its accompanying complications are difficult to treat and decrease patients' quality of life. To prevent complications of diabetic foot, management of blood glucose, patient education on self-foot care, screening of high-risk factors, and cooperation of various medical specialists are needed.

Key Words: Diabetic foot; Etiology; Diagnosis; Treatment; Complications

서론

당뇨병발은 당뇨병에서 생기는 여러 가지 합병증의 하나

로, 말초 혈관병증과 신경병증 등을 원인으로 발생하며 감염과 궤양, 발의 변형, 신경성 관절병증 등을 동반하는 만성질환이다[1]. 당뇨병은 미국에서 2천 5백만 명의 유병률을 보이는데 고령화와 함께 그 발생률이 증가하고 있다. 특히 40세 이상에서 급격히 증가하며, 65세 이상 인구의 약 26%가 당뇨를 가지고 있기 때문에[2], 이환율, 사망률, 직장과 가족으로부터의 격리되는 시간 등 사회적인 손실이 크다[3]. 미국에서 당뇨를 가진 7억 8천 5백만 명을 2007년부터 2013년까지 조사한 결과, 당뇨병발과 연관된 감염은 응급실 방문과 입원의 중요한 원인이었다[4]. 2016년 대한당뇨병학회

Received: June 30, 2021 Accepted: July 15, 2021

Corresponding author: Dong-Kyo Seo
E-mail: dongkyoseo@ulsan.ac.kr

© Korean Medical Association

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.

보고에 따르면, 우리나라 당뇨병 유병률은 2010년 10.1%, 2011년 12.4%, 2014년 13.7%로 증가하고 있으며[5], 2018년 기준으로 30세 이상 성인 7명 중 1명(13.8%), 65세 이상 성인에서는 약 10명 중 3명(27.6%)이 당뇨병을 가지고 있다. 당뇨병의 만성 합병증인 당뇨병발은 입원이나 수술치료를 필요로 하며 삶의 질을 저하시키는 중요한 원인이다[6]. 당뇨병 환자 중 4-10%가 당뇨병발 증세를 보이고, 약 5%가 궤양을 경험하며, 15-25%의 당뇨병 환자가 평생 한 번은 당뇨병발 증세를 경험한다[7]. 하지 절단 환자의 44.8%가 당뇨병이 동반되어 있으며, 당뇨병이 있는 경우 궤양은 7.8배, 하지 절단은 10배 증가한다[8]. 환자와 의료진들에게 당뇨병발 예방에 대한 교육과 검진, 적극적인 치료를 할 경우 하지 절단율을 49-85% 감소시킬 수 있다[9]. 따라서 당뇨병발의 원인을 잘 이해하고 적극적인 교육을 통하여 합병증을 예방하는 것이 중요하다[9].

당뇨병발의 원인

당뇨병은 부적절한 인슐린 분비와 인슐린에 대한 감소된 반응을 보이는 대사질환이다. 이로 인해 고혈당 상태가 발생하는데, 이 혈당을 장기간에 걸쳐서 잘 조절하는 것이 혈관, 신경, 신장, 안구 등의 합병증을 막는 방법이다[10]. 이는 당뇨병발의 예방에서 마찬가지로 적용된다.

당뇨병발의 원인이 되는 신경병증은 주로 감각신경의 신경병증(sensory neuropathy)이며, 이는 당뇨병발의 궤양과 감염의 주된 원인이다. 발의 감각이 저하된 환자는 급성 외상이나 반복된 충격을 알아차리는 것이 늦어져 연부조직 파괴가 발생한다. 양측 하지에 대칭으로 발생하며, 환자들은 스타킹을 신거나 장갑을 낀 것 같은 둔한 하지 감각을 호소한다. 대체로 점진적인 진행양상을 보여 간과하기 쉽고 결과적으로 합병증을 동반하여 환자의 삶의 질을 낮추게 된다[11,12]. 신경 섬유는 길이가 긴 신경의 원위부에서 먼저 발생하므로, 발가락과 중족골두 부위에서 증상이 흔히 발생한다. 신경병증의 원인은 정확히 밝혀진 바가 없지만, 부검 연구 결과 신경혈관의 변화로 신경에 허혈이 발생하는 것

을 확인하였다. 소비톨(sorbitol)의 축적과 최종 당 산화물(advanced products of glycosylation)의 증가로 인해 미세혈관 변화가 일어난다는 설이 가장 유력하다.

운동신경의 신경병증(motor neuropathy)은 발의 내재근을 마비시켜 갈퀴발가락(claw toe)이 발생한다. 이때, 중족족지관절이 과신전되면서 중족골두(metatarsal head)가 발바닥 쪽으로 밀리게 된다. 골두 족저부에서 기계적 압력이 증가하고 지방패드가 원위부로 이동하게 되면서 궤양이 발생한다. 지간관절은 굴곡되어 족배측이 돌출되는데 신발과 마찰이 생겨 궤양이 발생한다[13].

자율신경의 신경병증(autonomic neuropathy)은 땀 분비와 피부 온도조절에 이상을 일으킨다. 이로 인해 피부는 마르고 딱딱해지고 굳은살이 생겨서 잘 갈라진다. 발바닥에 이런 변화는 감염으로 이어진다.

말초신경의 혈관병증(peripheral angiopathy)도 보통 신경병증에 동반되며, 궤양의 연부조직 재생을 늦춘다. 혈관병증은 조직의 허혈 상태를 유발하여 괴사를 발생시키고 조직 말단의 회복을 방해하며 허혈성 통증을 유발한다. 혈관의 죽상경화 변화도 당뇨가 없는 환자에서 보다 더 흔하고 심한 형태를 보인다[14]. 혈관의 경화가 국소적으로 일어나는 비당뇨병 환자에 비해 당뇨병 환자는 혈관경화가 혈관 전체에 걸쳐서 광범위하게 나타난다. 이런 광범위한 경화는 방사선 검사 상에서 납 파이프의 형태를 보이며, 혈관 우회술의 성공률을 낮추는 원인이 된다. 말초 혈관질환은 절단의 고위험군이며, 나이, 당뇨병 유병기간, 흡연, 조절되지 않는 고혈당, 당뇨병성 말초 신경병증과 연관이 있다[15,16].

궤양은 관절의 강직과 피부의 굳은살, 신경병증과 혈형 장애가 있는 상태에서 반복적인 외상과 기계적 스트레스가 가해지면서 발생한다[17,18]. 또한, 운동신경의 신경병증에 의한 발의 변형과 구축, 보행이상 등도 궤양의 발생 원인이다. 당뇨병 환자의 68%에서 피부 각질이나 망치족지, 감각 또는 자율신경의 신경병증 증상을 보이며 나중에 궤양이나 감염으로 이어질 수 있다[19]. 전경골건(tibialis anterior tendon)이 가진 발목의 족배굴곡 기능이 약해지면 보행 시 발바닥의 바닥에 접촉하여 압력이 받는 시간이 길어지면서 궤양이 발생한다는 보고도 있다[20]. 한 연구에 의하면 보통

당뇨병발 궤양의 77%가 1년 이내에 치유되지만, 울혈성 심부전, 만성신장질환, 독립 보행이 불가능한 환자에서는 치유가 지연된다[21].

당뇨병발의 진단

당뇨병발의 진단을 위해서는 우선 진찰실에 들어오는 환자를 보면서 보행을 관찰하고, 당뇨병의 이환 기간과 인슐린 의존성 여부 등을 물어본다. 신발의 형태를 확인한 뒤, 신발과 양말을 벗기고 위생 상태와 가피(괴사딱지), 궤양의 유무 등 피부 상태를 관찰한다. 갈퀴발가락, 후족부 정렬, 뼈의 돌출부 등 발의 변형도 관찰한다. 또한, 당뇨병발 환자는 신경병증과 혈관병증이 함께 있는 경우가 많으므로 이에 대한 증상도 관찰한다. 신경병증의 경우 타는 듯한 느낌, 저림, 감각 저하, 이물감 등을 호소한다. 나일론 단일 세섬유 감각검사(Semmes-Weinstein monofilament test), 진동검사, 신경전도검사 등을 시행해 볼 수 있다. 혈관평가는 발목상완지수(ankle brachial index), 혈관 도플러초음파검사, 경피적 산소분압 및 족지 혈압(transcutaneous oxygen pressure, TcPO₂ and toe pressure), 컴퓨터단층혈관조영술 등으로 진단할 수 있다.

또한, 영상검사도 당뇨병발의 진단에 도움이 된다. 단순방사선검사로 뼈의 골절이나 탈구, 변형, 동맥의 석회화 등을 관찰할 수 있다. 골주사검사는 자기공명영상검사에 비해서 저렴한 비용으로 골수염을 진단할 수 있지만, 골수염 외에도 뼈의 신진대사가 증가하는 모든 부위에 방사선 섭취가 증가하는 비특이적 양성소견을 보이는 단점이 있다. 자기공명영상검사는 뼈와 연부조직의 이상을 모두 검사할 수 있으며 농양이나 골수염 검사에 효과적이다.

혈액검사(laboratory evaluation)는 주로 일반혈액검사(complete blood cell count), 적혈구침강속도, C반응단백질 등을 검사한다. 또한, 혈당과 당화혈색소는 환자의 치료 순응도 및 혈당 조절을 확인할 수 있다. 206명의 환자를 대상으로 한 코호트 연구에서 45%가 10% 이상의 당화혈색소를 보였다[22]. 당화혈색소 수치가 높으면 하지 궤양을 가진 환

자에서 절단율이 상승하고 치료기간이 길어진다.

당뇨병발의 합병증 및 치료

궤양은 당뇨병발에서 생기는 가장 흔한 합병증이며 경제적인 부담 또한 크다[23]. 궤양의 자연 경과와 위치, 크기, 깊이 등에 따라 달라진다. 주로 큰 궤양이 치료가 더 어렵지만 작은 궤양이라도 치료 결과를 예측하기는 힘들다. 발바닥의 궤양은 주로 하중에 의해서 발생하며, 발등의 궤양은 신발과의 접촉에 의해서 발생한다. 궤양에 관여하는 위험인자는 신경병증, 발의 변형, 굳은살, 압력, 말초 혈관질환, 관통 손상, 좁은 신발 등이다[24]. 또한 알코올 중독이나 이혼과 같은 정신과적 문제와 당뇨 유병기간, 부적절한 대사관리 등도 원인으로 보고된다[25]. The International Working Group on the Diabetic Foot에서는 당뇨환자의 임상 결과를 예측하는 위험 분류를 하였는데 이는 비교-대조군 연구에서 궤양의 발생 및 절단율과 유의한 상관관계를 보였다[26]. 일단 한번 궤양이 발생하면 이 환자의 말초 신경병증이 앞으로도 궤양이 지속적으로 발생할 정도로 심해졌다는 것을 암시하며, 이는 새로운 궤양 발생과 절단의 중요한 위험인자가 된다[27,28].

궤양은 신경병증으로 감각이 소실된 발에 압력이 증가하여 발생하며, 혈관병증으로 인한 허혈이 있으면 회복이 어렵다. 따라서, 혈류를 개선하고 상처 부위의 압력을 제거하는 것이 중요하다. 상처를 주기적으로 관찰하고 소독하여 이차 감염을 방지하고, 습윤 드레싱으로 창상 회복을 돕는다. 굳은살(callus)나 골증식(osteophyte)에 의한 압력, 발의 변형이나 중족골두에 의한 압박은 수술로 절제를 하여 감압을 시도해 볼 수 있다. 또한, 국소부위의 하중을 줄이기 위해 전 접촉석고고정(total contact cast)이나 특수제작한 깔창, 보조신발 등을 이용하며, 전족부에 압력이 과도한 경우 아킬레스건 연장술을 시도해 볼 수 있다. 혈류 개선을 위한 치료로는 약물치료, 고압산소 치료, 혈관 확장술 또는 우회로 이식술 등이 있다. 음압기구를 이용한 창상 치료에 호전에 없는 경우, 피부이식이나 국소, 유리피판을 이용한 수술적 치료를

시도해 볼 수 있지만 혈관병증이 있는 경우 성공률이 낮아서 환자 선택에 주의가 필요하다.

궤양에는 감염이 흔히 동반되는데 다른 감염과 달리 복합균 감염이 많고, 백혈구 기능이 떨어져있다[29,30]. 혐기성균에 대한 배양검사와 약물 감수성 검사를 제대로 시행하는 것이 중요하다. 흔한 균주로는 그람양성구균(gram-positive cocci: e.g., staphylococci, group B streptococci, and enterococci), 그람음성호기성막대균(gram-negative aerobic rods: *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Proteus*, and *Pseudomonas* spp.), 혐기성균(anaerobes: *Bacteroides fragilis* and other *Bacteroides* spp., *Clostridium* spp., and peptostreptococci)이 있으며, 이들의 혼합감염이 흔하다. 특히, 항생제 내성이 있는 균들(vancomycin-resistant enterococci and staphylococci, methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*)이 있는 경우 감염전문의와 상의하여 적절한 항생제를 선택해야 한다.

당뇨병발에서 말초신경 신경병증의 치료는 혈당 조절이 중요하다. 다양한 연구에서 고혈당과 말초신경 신경병증의 증세가 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다[31]. 운동, 식이요법, 인슐린 투여 등으로 당화혈색소 수치를 7.0 mg/dL 아래로 조절하여야 한다. 혈당 조절 외에도 흡연, 심혈관 질환의 과거력, 고혈압, 이상지질혈증 등도 중요한 원인이므로 이에 대한 관리도 필요하다[32]. 통증성 신경병증은 말초신경뿐만 아니라 중추신경의 기능과 구조적 변화를 동반한다. 신경의 기능을 정상으로 되돌리기는 힘들기 때문에, 대증적 증상 치료를 하여야 한다. 일반적인 신경병성통증(neuropathic pain)에 사용하는 항우울제, 항경련제, 아편유사제 등을 사용한다.

말초 혈관의 치료 목적은 조직에 적절한 산소를 공급하게 하여 새로운 육아 조직을 만들고 미생물 침입에 대한 면역반응을 높이는 데 있다. 우선 금연, 체중 조절, 혈당, 고지질, 고혈압을 잘 관리하여 위험 요소를 줄여야 한다. 보행 운동을 통해서 근육의 퇴화를 막고 대사 효율을 높이며 측부혈관을 발달시킬 수 있다. 항혈소판제나 혈관확장제의 사용도 도움이 된다. 이러한 치료에도 통증이나 궤양, 조직 괴사가 진행되면 경피적 혈관 중재술을 시행해 볼 수 있다. 주로 풍선

혈관성형이나 스텐트삽입술을 시도한다.

궤양은 치료뿐만 아니라 예방도 중요하다. 한번 치료에 성공하더라도 앞서 언급한 여러 위험인자들 때문에 재발할 가능성이 높다. 수술로 발의 구조적 문제와 혈류를 개선할 수 있지만, 신경병증과 같은 근본적인 원인이 해결되지 않기 때문이다. 발에 문제가 생길 경우 나타나는 주의 신호인 고통을 잘 느끼지 못하는 환자들은 보조기나 적절한 신발은 착용하는 것을 쉽게 잊어버린다. 19개의 연구를 종합적으로 분석한 결과 1년 이내 재발률은 약 40%이며, 3년 이내 60%, 5년 이내 65%가 재발한다[33].

그러므로 환자가 교육을 받고 스스로 발을 관리하는 것이 중요하다[34]. 발에 상처가 생겨도 감각 저하로 인지하지 못하는 경우가 많기 때문에 발의 피부와 발가락 사이를 매일 관찰하여 상처나 물집, 굳은살 등을 살펴본다. 순한 비누를 이용하여 매일 발을 씻고 잘 말려준다. 목욕 후 발톱이 부드러운 상태에서 잘라주며, 발가락의 종축에 수직으로 잘라서 내향성발톱이 생기지 않도록 한다. 두꺼워진 발톱은 피부에 자극을 줄 수 있으므로 깎아주는 것이 좋는데, 특수한 수술 기구가 필요하므로 전문의와 상의하여 시술을 받는 것이 좋다. 마르고 딱딱해진 피부는 습윤 로션을 발라주도록 하며, 발가락 사이는 쉽게 물러지기 때문에 안 바르는 것이 좋다. 알코올 성분이 들어간 제품은 피부가 쉽게 마르기 때문에 피하는 것이 좋다. 뜨거운 물주머니나, 뜨거운 물에 목욕, 전기장판, 온열기구는 화상 예방을 위해 피하는 것이 좋다. 압력이 분산되고 딱 끼지 않는 신발을 선택하고 맨발 보행을 피하며 실내에서는 실내화를 신도록 한다. 신발은 너무 조이거나 느슨하지 않으며 피부를 자극하지 않는 것이 좋다. 새 신발은 하루 1-2시간씩 천천히 신어서 적응하도록 한다. 혈액 순환을 방해하는 흡연, 코르셋, 조이는 벨트, 다리 꼬거나 책상다리로 앉기, 오래 서 있기를 피한다.

결론

당뇨병발은 혈관병증과 신경병증을 원인으로 발에 구조적 변화, 궤양, 감염 등이 발생하는 합병증이다. 이로 인해 사회

경제적 부담이 증가하고, 환자 개인의 삶의 질이 저하되므로 적극적인 치료와 예방이 필요하다. 합병증의 발생률을 줄이고 하지 절단을 막기 위하여 적절한 혈당 관리, 정기적인 발검진, 고위험군 선별, 환자와 가족에게 발 관리 교육, 여러 전문분야 의료진의 협진이 필요하다.

찾아보기말: 당뇨병발, 원인, 진단, 치료, 합병증

ORCID

Dong-Kyo Seo, <https://orcid.org/0000-0002-5071-6870>

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

1. Bus SA, Van Netten JJ, Hinchliffe RJ, Apelqvist J, Lipsky BA, Schaper NC; IWGDF Editorial Board. Standards for the development and methodology of the 2019 International Working Group on the Diabetic Foot guidelines. *Diabetes Metab Res Rev* 2020;36 Suppl 1:e3267.
2. Lipsky BA, Berendt AR, Cornia PB, Pile JC, Peters EJ, Armstrong DG, Deery HG, Embil JM, Joseph WS, Karchmer AW, Pinzur MS, Senneville E; Infectious Diseases Society of America. 2012 Infectious Diseases Society of America clinical practice guideline for the diagnosis and treatment of diabetic foot infections. *Clin Infect Dis* 2012;54:e132-e173.
3. Lee JH, Chung CH. Diabetic foot: past and present. *J Korean Diabetes* 2011;12:69-71.
4. Skrepnek GH, Mills JL Sr, Lavery LA, Armstrong DG. Health care service and outcomes among an estimated 6.7 million ambulatory care diabetic foot cases in the U.S. *Diabetes Care* 2017;40:936-942.
5. Kim BY, Won JC, Lee JH, Kim HS, Park JH, Ha KH, Won KC, Kim DJ, Park KS. Diabetes fact sheets in Korea, 2018: an appraisal of current status. *Diabetes Metab J* 2019;43:487-494.
6. Reiber GE. Diabetic foot care: financial implications and practice guidelines. *Diabetes Care* 1992;15 Suppl 1:29-31.
7. Zhang P, Lu J, Jing Y, Tang S, Zhu D, Bi Y. Global epidemiology of diabetic foot ulceration: a systematic review and meta-analysis. *Ann Med* 2017;49:106-116.
8. Task Force Team for Basic Statistical Study of Korean Diabetes Mellitus of Korean Diabetes Association, Park IeB, Kim J, Kim DJ, Chung CH, Oh JY, Park SW, Lee J, Choi KM, Min KW, Park JH, Son HS, Ahn CW, Kim H, Lee S, Lee IB, Choi I, Baik SH. Diabetes epidemics in Korea: reappraise nationwide survey of diabetes "diabetes in Korea 2007". *Diabetes Metab J* 2013;37:233-239.
9. Bakker K, Apelqvist J, Schaper NC; International Working Group on Diabetic Foot Editorial Board. Practical guidelines on the management and prevention of the diabetic foot 2011. *Diabetes Metab Res Rev* 2012;28 Suppl 1:225-231.
10. Ismail-Beigi F. Clinical practice. Glycemic management of type 2 diabetes mellitus. *N Engl J Med* 2012;366:1319-1327.
11. Costigan M, Scholz J, Woolf CJ. Neuropathic pain: a maladaptive response of the nervous system to damage. *Annu Rev Neurosci* 2009;32:1-32.
12. Won JC, Kim SS, Ko KS, Cha BY. Current status of diabetic peripheral neuropathy in Korea: report of a hospital-based study of type 2 diabetic patients in Korea by the diabetic neuropathy study group of the Korean Diabetes Association. *Diabetes Metab J* 2014;38:25-31.
13. Robertson DD, Mueller MJ, Smith KE, Commean PK, Pilgram T, Johnson JE. Structural changes in the forefoot of individuals with diabetes and a prior plantar ulcer. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84:1395-1404.
14. Melton LJ 3rd, Macken KM, Palumbo PJ, Elveback LR. Incidence and prevalence of clinical peripheral vascular disease in a population-based cohort of diabetic patients. *Diabetes Care* 1980;3:650-654.
15. Apelqvist J, Agardh CD. The association between clinical risk factors and outcome of diabetic foot ulcers. *Diabetes Res Clin Pract* 1992;18:43-53.
16. Apelqvist J, Larsson J, Agardh CD. Medical risk factors in diabetic patients with foot ulcers and severe peripheral vascular disease and their influence on outcome. *J Diabetes Complications* 1992;6:167-174.
17. Monteiro-Soares M, Boyko EJ, Ribeiro J, Ribeiro I, Dinis-Ribeiro M. Predictive factors for diabetic foot ulceration: a systematic review. *Diabetes Metab Res Rev* 2012;28:574-600.
18. Bus SA, van Deursen RW, Armstrong DG, Lewis JE, Caravaggi CF, Cavanagh PR; International Working Group on the Diabetic Foot. Footwear and offloading interventions to prevent and heal foot ulcers and reduce plantar pressure in patients with diabetes: a systematic review. *Diabetes Metab Res Rev* 2016;32 Suppl 1:99-118.
19. Holewski JJ, Moss KM, Stess RM, Graf PM, Grunfeld C. Prevalence of foot pathology and lower extremity complications in a diabetic outpatient clinic. *J Rehabil Res Dev* 1989;26:35-44.
20. Abboud RJ, Rowley DI, Newton RW. Lower limb muscle dysfunction may contribute to foot ulceration in diabetic patients. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2000;15:37-45.
21. Prompers L, Schaper N, Apelqvist J, Edmonds M, Jude E, Mauricio D, Uccioli L, Urbancic V, Bakker K, Holstein P, Jirkovska A, Piaggese A, Ragnarson-Tennvall G, Reike H, Spraul M, Van Acker K, Van Baal J, Van Merode F, Ferreira I, Huijberts M. Prediction of outcome in individuals with diabetic foot ulcers: focus on the differences between

- individuals with and without peripheral arterial disease. The EURODIAB Study. *Diabetologia* 2008;51:747-755.
- 22.Nather A, Cao S, Chen JLW, Low AY. Prevention of diabetic foot complications. *Singapore Med J* 2018;59:291-294.
- 23.Saar WE, Lee TH, Berlet GC. The economic burden of diabetic foot and ankle disorders. *Foot Ankle Int* 2005;26:27-31.
- 24.Lavery LA, Peters EJ, Armstrong DG. What are the most effective interventions in preventing diabetic foot ulcers? *Int Wound J* 2008;5:425-433.
- 25.Bresater LE, Welin L, Romanus B. Foot pathology and risk factors for diabetic foot disease in elderly men. *Diabetes Res Clin Pract* 1996;32:103-109.
- 26.Peters EJ, Lavery LA; International Working Group on the Diabetic Foot. Effectiveness of the diabetic foot risk classification system of the International Working Group on the Diabetic Foot. *Diabetes Care* 2001;24:1442-1447.
- 27.Abbott CA, Carrington AL, Ashe H, Bath S, Every LC, Griffiths J, Hann AW, Hussein A, Jackson N, Johnson KE, Ryder CH, Torkington R, Van Ross ER, Whalley AM, Widdows P, Williamson S, Boulton AJ; North-West Diabetes Foot Care Study. The North-West Diabetes Foot Care Study: incidence of, and risk factors for, new diabetic foot ulceration in a community-based patient cohort. *Diabet Med* 2002;19:377-384.
- 28.Boyko EJ, Ahroni JH, Stensel V, Forsberg RC, Davignon DR, Smith DG. A prospective study of risk factors for diabetic foot ulcer. The Seattle Diabetic Foot Study. *Diabetes Care* 1999;22:1036-1042.
- 29.Citron DM, Goldstein EJ, Merriam CV, Lipsky BA, Abramson MA. Bacteriology of moderate-to-severe diabetic foot infections and in vitro activity of antimicrobial agents. *J Clin Microbiol* 2007;45:2819-2828.
- 30.Mooney V, Wagner FW Jr. Neurocirculatory disorders of the foot. *Clin Orthop Relat Res* 1977;(122):53-61.
- 31.Boulton AJ, Kempler P, Ametov A, Ziegler D. Whither pathogenetic treatments for diabetic polyneuropathy? *Diabetes Metab Res Rev* 2013;29:327-333.
- 32.Tesfaye S, Chaturvedi N, Eaton SE, Ward JD, Manes C, Ionescu-Tirgoviste C, Witte DR, Fuller JH; EURODIAB Prospective Complications Study Group. Vascular risk factors and diabetic neuropathy. *N Engl J Med* 2005;352:341-350.
- 33.Armstrong DG, Boulton AJM, Bus SA. Diabetic foot ulcers and their recurrence. *N Engl J Med* 2017;376:2367-2375.
- 34.Lincoln NB, Radford KA, Game FL, Jeffcoate WJ. Education for secondary prevention of foot ulcers in people with diabetes: a randomised controlled trial. *Diabetologia* 2008;51:1954-1961.

Peer Reviewers' Commentary

당뇨병발은 당뇨환자의 4-10%에서 발생되며, 당뇨환자의 15-25%는 평생 한번 당뇨병발을 경험할 정도로 흔한 당뇨합병증이다. 하지 절단의 대부분이 당뇨병발 때문이며, 당뇨병발의 만성 합병증으로 입원이나 수술을 필요로 하여 개인의 삶의 질을 저하시키고 개인과 사회에 부담으로 작용한다. 당뇨병발의 원인을 잘 이해하고 적극적인 교육을 통하여 합병증을 예방하는 것이 개인 뿐 아니라 사회경제적 부담을 줄이는데 중요한 역할을 한다. 이 논문은 당뇨병발의 원인, 증상, 진단법, 합병증 및 치료에 대한 최신 논문들을 정리하여 기술하고 있다. 신경병증 및 말초 혈관 병증 등 당뇨병발의 기전에 대한 최신 연구 자료를 통해 이해를 돕고, 치료에 대한 실제적 접근 방법을 제시하여 근거 중심의 당뇨병발 치료에 도움을 줄 것으로 판단된다.

[정리: 편집위원회]