

(4):120-128.

[27] Qualls S H. Caregiving families within the long-term services and support system for older adults[J]. *Am Psychol*,2016,71(4):283-293.

[28] 谢冰. 院舍老年人的家庭支持研究——以济南市 F 老年公寓为例[D]. 济南:山东大学,2007.

[29] Habjanic A, Pajnikihar M. Family members' involvement in elder care provision in nursing homes and their considerations about financial compensation: a qualitative study[J]. *Arch Gerontol Geriatr*,2013,56(3):425-431.

[30] O'Shea F, Weathers E, Mccarthy G. Family care experiences in nursing home facilities[J]. *Nurs Older People*, 2014,26(2):26-31.

[31] Helgesen A, Athlin E, Larsson M, et al. Relatives' participation in everyday care in special care units for people with dementia[J]. *Nurs Ethics*,2015,22(3):404-416.

[32] Heid A R, Bangert L R, Abbott K M, et al. Do family proxies get it right? Concordance in reports of nursing home residents' everyday preferences[J]. *J Appl Gerontol*,2015,36(6):667-691.

[33] Tjia J, Lemay C A, Bonner A, et al. Informed family member involvement to improve the quality of dementia care in nursing homes[J]. *J Am Geriatr Soc*,2016,65(1):59-65.

[34] Powell C, Blighe A, Froggatt K, et al. Family involvement in timely detection of changes in health of nursing homes residents: a qualitative exploratory study[J]. *J Clin Nurs*,2018,27(1):33-35.

[35] Abrahamson K, Bernard B, Magnabosco L, et al. The experiences of family members in the nursing home to hospital transfer decision[J]. *BMC Geriatr*,2016,16:184.

[36] 马瑞丽. 农民养老中子女支持的性别差异研究[J]. *华中农业大学学报(社会科学版)*,2015(4):13-21.

[37] 詹奕,李海峰,陈天勇,等. 老年人的家庭和非家庭社会关系与生活满意度的关系[J]. *中国心理卫生杂志*,2015,29(8):593-598.

[38] Bauer M, Fetherstonhaugh D, Tarzia L, et al. Staff-family relationships in residential aged care facilities: the views of residents' family members and care staff[J]. *J Appl Gerontol*,2014,33(5):564-585.

[39] Port C L. Identifying changeable barriers to family involvement in the nursing home for cognitively impaired residents[J]. *Gerontologist*,2004,44(6):770-778.

[40] Gaugler J E, Zarit S H, Pearlin L I. Family involvement following institutionalization: modeling nursing home visits over time[J]. *Int J Aging Hum Dev*,2003,57(2):91-117.

[41] Fukahori H, Matsui N, Mizuno Y, et al. Factors related to family visits to nursing home residents in Japan[J]. *Arch Gerontol Geriatr*,2007,45(1):73-86.

(本文编辑 赵梅珍)

## 糖尿病足溃疡复发因素及预防策略的研究进展

许娇,苏继亮,胡婷婷,洪伊荣,何朝珠

**Factors associated with foot ulcer recurrence in diabetic patients** Xu Jiao, Su Jiliang, Hu Tingting, Hong Yirong, He Chaozhu

**摘要:** 综述糖尿病足溃疡复发的影响因素包括足底压力、周围神经病变、周围血管病变、足部外伤、血糖控制不佳及其他(吸烟、日常活动负重、C-反应蛋白水平升高),预防复发的措施包括识别和筛查高危因素、卸载足部压力、选择合适的治疗鞋和鞋垫、手术卸载、自我护理、健康教育、信息化管理、依从性管理等,提出采取多种预防措施的综合性护理干预有助于减少糖尿病足溃疡的复发率。

**关键词:** 糖尿病; 足溃疡; 复发; 足部压力; 治疗鞋; 鞋垫; 自我护理; 依从性; 预防措施

**中图分类号:** R473.5 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2019.11.105

糖尿病足溃疡(Diabetic Foot Ulcer,DFU)作为糖尿病最严重的并发症之一,其致残致死率极高<sup>[1]</sup>。糖尿病患者因其较高的免疫及氧化应激水平,易导致组织细胞损伤,而血糖过高使损伤组织不易愈合,易发生感染,在各种诱因的作用下,使糖尿病足极易复发。Winkley 等经 18 个月的随访研究指出,DFU 的复发率为 43.2%<sup>[2]</sup>,70% 的足部溃疡患者在治疗后的 5 年内有复发性病变<sup>[3]</sup>,大约 40% 的患者在溃疡愈合后 1 年内复发,3 年内几乎达到 60%,5 年内可至

65%<sup>[4]</sup>。溃疡复发的定义为无论哪个部位的溃疡再次发生<sup>[5]</sup>,Winkley 等<sup>[2]</sup>将溃疡复发定义为与之前溃疡相同或不同部位发生的直径至少 5 mm 的全层表皮破损。溃疡的复发率高,显著增加糖尿病患者足部护理的长期费用<sup>[6]</sup>,进一步增加了截肢和危害患者健康的风险。降低溃疡的复发率是糖尿病足领域面临的主要挑战之一。本文对影响 DFU 复发的因素和预防措施进行综述,为护理同仁提供参考。

### 1 DFU 复发的影响因素

**1.1 足底压力** 足底压力是 DFU 存在的最高、最大的负荷<sup>[7]</sup>,高足底压力与溃疡的发展密切相关<sup>[8]</sup>。DFU 通常由于患者垂直或剪切力高的区域的重复性压力引起。异常足部压力是溃疡发生的独立危险因素<sup>[9]</sup>,高足底压力使局部组织发生缺血性坏死最终导

作者单位:南昌大学护理学院(江西 南昌,330006)

许娇:女,硕士在读,护师

通信作者:何朝珠,1250896898@qq.com

科研项目:江西省自然科学基金委支撑项目(20151BAB205102)

收稿:2019-01-15;修回:2019-03-13

致溃疡发生。引起足底压力增高的主要因素包括糖尿病周围神经病变、足部畸形、关节活动受限、胼胝等病变及不合适的鞋袜等。

**1.2 周围神经病变** 糖尿病周围神经病变是患者再发溃疡的独立预测因素<sup>[10]</sup>,有周围神经病变的患者再发溃疡的风险是无周围神经病变患者的 1.755 倍<sup>[11]</sup>。周围神经病变主要累及患者运动、感觉及自主神经。运动神经病变导致患者内在肌肉萎缩,形成足部畸形,促使足底压力增高而导致溃疡的发生。感觉神经病变导致患者保护性感觉丧失,使患者忽视组织损伤的警告信号,直至出现并发症和全身症状。自主神经病变会导致血流不平衡和皮肤湿润减少,使伤口愈合延迟。

**1.3 周围血管病变** 周围血管病变是 DFU 复发的危险因素<sup>[5]</sup>,周围血管病变的患者 DFU 复发的风险增加了 3 倍<sup>[12]</sup>。Khalifa 等<sup>[13]</sup>也指出,周围血管病变是溃疡复发的重要独立潜在危险因素。周围血管病变会影响足部血液循环障碍造成足部营养不良和缺血性坏死最终导致溃疡的发生。

**1.4 足部外伤** 外伤是导致溃疡再发的重要诱因<sup>[10]</sup>。胡辉等<sup>[14]</sup>认为,DFU 复发的诱因是足部血管或神经病变部位的表皮小损伤。由于糖尿病患者血管和神经病变,轻微的外伤或损伤都会形成溃疡。轻微病变损伤可以最强烈地增加溃疡复发的概率,是溃疡复发最强烈的预测因子<sup>[15]</sup>。Armstrong 等<sup>[4]</sup>也指出皮肤损伤的早期迹象(丰富的愈伤组织,水疱或出血)是溃疡复发的最强预测因素。

**1.5 血糖控制不佳** 血糖控制差是再溃疡的重要危险因素<sup>[16]</sup>,血糖高会影响组织的修复,造成 DFU 愈合困难。Connor 等<sup>[17]</sup>指出,糖化血红蛋白(HbA1c)平均水平高的患者,DFU 的复发率更高。胡辉等<sup>[14]</sup>也指出,HbA1c 每升高 1% 发生溃疡的危险增加 1.41 倍。

**1.6 其他** 除上述原因外,也有其他原因会导致 DFU 的复发。吸烟是患者再发溃疡的独立预测因素,吸烟患者再发溃疡的风险是无吸烟患者的 1.858 倍<sup>[11]</sup>。吸烟会使血管收缩并损伤血管内皮系统,增加下肢动脉硬化病变的风险,进而增加溃疡复发的风险。其次,日常的活动负重对溃疡复发也有影响,更多的活动负重会增加足部的负荷致使溃疡复发<sup>[18]</sup>。足底组织损伤后负重活动的变化会影响患者的病变和溃疡复发。高水平的 C-反应蛋白对溃疡复发也有显著影响<sup>[19]</sup>,C-反应蛋白是反映足部溃疡感染的指标,足部感染易诱发溃疡发生。Dubský 等<sup>[20]</sup>指出,C-反应蛋白升高是 DFU 复发的独立预测指标。

## 2 DFU 复发的预防措施

**2.1 高危因素的识别和筛查** 预防 DFU 复发的第一步是要识别高危患者的高危因素。糖尿病足管理指南指出糖尿病患者应每年筛查 1 次,高危患者根据

危险因素决定筛查的频率<sup>[21]</sup>。研究表明对糖尿病患者进行筛查和检查可以确定未来的溃疡风险从而预防溃疡的发生<sup>[22]</sup>。足底压力筛查用 Footscan<sup>®</sup> 足底压力系统,观察患者足底压力变化情况,尽早进行早期防护与治疗,控制溃疡发生。周围神经病变由 10 g 尼龙丝触觉检查和振动感觉阈值(VPT)进行监测。外周血管病变采用踝肱指数(ABI)检查血管情况。VPT>25V,ABI<0.8 是高危足溃疡风险的重要指标。目前临床上采用 Gavin's 糖尿病足溃疡危险因素加权值积分法来筛选低、中、高危足,根据低、中、高危足进行三级预防来预防溃疡的发生。

**2.2 足部压力的卸载** 足部压力卸载被认为是治疗和抵抗足底溃疡的基石之一。目前国际指南主张将足底最大压力减少至少 30%,以降低 DFU 的风险<sup>[23]</sup>,卸载通过降低高压灶处的压力并将其重新分布在足部的整个承重表面上来治愈溃疡。现在常用压力卸载有治疗鞋及鞋垫等可卸载装置和手术等方法。

**2.2.1 治疗鞋和鞋垫** 多项研究表明,长期穿压力改善的定制鞋(<200 kPa)并且每天穿戴时间在 80% 以上的患者,可使 DFU 复发率显著降低<sup>[18,24-25]</sup>。使用足够的压力卸载鞋是强有力的保护剂,可防止溃疡的复发。穿戴德国生产的一种“糖尿病”鞋(LucRo<sup>®</sup> 鞋)在 1 年内可以将 DFU 复发率降低 45%<sup>[26]</sup>。不合适的鞋垫同样也会增加足部的压力导致溃疡的发生,新型的鞋垫可使足部的剪切力降低 2.5 倍,溃疡复发也相应降低<sup>[27]</sup>。目前治疗鞋及鞋垫在国外得到广泛的运用。但是在国内,由于治疗鞋及鞋垫昂贵且未进入医保系统,限制了患者的使用。

**2.2.2 手术** 手术卸载,也称为内部卸载,通过矫正畸形使足部接触表面最大化,降低足底表面的压力,恢复关节的活动性和正确的姿势。压力卸载的首选是使用治疗鞋和鞋垫,当治疗鞋和鞋垫失效时,可以尝试手术卸载,特别是针对畸形导致的溃疡,手术卸载后溃疡复发率只有 2.4%~6.6%<sup>[28]</sup>。针对不同的足部畸形和病变采取不同的手术方法,这些方法可以有效缓解前足的峰值压力,减少溃疡的复发。屈肌腱切断术可以释放屈肌腱收缩,允许脚趾采取更直立的姿势,以减轻溃疡部位压力,它使足溃疡愈合率达到 96.3% 而复发率降至 9.8%<sup>[29]</sup>。第一跖趾关节置换术可以缩短愈合时间,减少复发性溃疡<sup>[30]</sup>。经皮跟腱延长术可以通过降低足底压力来促进前足溃疡愈合和防止复发<sup>[28]</sup>。下肢神经减压术使同侧溃疡复发和新溃疡发生的年度风险为 4.28%,是文献中报道的最低值<sup>[31]</sup>。运用足部手术时考虑其安全性和有效性,但由于大部分足溃疡患者年纪偏大,并有慢性基础疾病,一定程度上限制了其应用。

**2.3 自我护理** 自我护理是预防 DFU 的重要因素。自我护理主要从饮食、血糖监测、运动和足部护理四个方面进行护理。每天遵循糖尿病饮食计划,并及时

监测和控制血糖情况,通过血糖值,可以了解自己的情况并能及时通过医生调整自己的血糖。每天运动 30 min 可以促进足部的血液循环,但活动时运用活动监测器,识别活动中的有害变化并通知患者和医护人员,帮助患者实现健康安全的活动模式<sup>[19]</sup>。糖尿病足患者需定期检查高危足以及及时发现疾病的迹象和受伤的前兆。溃疡的复发最常发生在与前一次溃疡相同足部的不同部位,且溃疡愈合后的 12 个月是溃疡复发的最高风险期<sup>[32]</sup>。足部护理需做到“三保”,即保持皮肤清洁、保持皮肤柔软、保持足部温暖,良好的足部护理行为完全可以避免物理性损伤,从而预防溃疡的发生。

**2.4 健康教育** Armstrong 等<sup>[4]</sup>指出,在干预策略中健康教育是十分重要的,可以提高患者对糖尿病相关足部问题和足部护理的认识。健康教育具有多种形式和方法,将自我效能纳入糖尿病教育,采用自我效能的教育计划,可以显著改善足部自我护理行为和足部护理知识<sup>[33]</sup>。简单直观的思维导图式健康教育,从足部护理、自我检查、修剪指甲、医疗支持、优选鞋和优选袜 6 个方面也可提高患者自我管理的能力<sup>[34]</sup>。目前临床上大多采用小册子进行健康教育,但有研究指出,相对于小册子,患者更愿意采用互联网式的干预<sup>[35]</sup>。互联网信息化的健康教育模式可显著提升患者的自我管理能力,对预防溃疡具有重大的临床意义。然而单独的健康教育并不能有效地减少溃疡和截肢的发生。在临床实践中,健康教育通常与各种其他预防性干预措施相结合。

**2.5 信息化管理** DFU 患者由于周围神经和血管的病变可能无法识别溃疡复发的警告信号,采用信息化系统如短信平台、警报系统等有助于警示患者预防溃疡再次发生。有厂家的智能鞋垫系统利用警报系统监测足部压力以卸载未受保护的足底压力,防止足部溃疡的发生<sup>[36]</sup>。高危患者有效使用红外线温度计作为家庭监测工具,识别炎症组织及采取措施防止足部溃疡复发<sup>[37]</sup>,足部温度被证明是预防 DFU 复发的重要组成部分。测温并辅以短消息服务(SMS)和语音信息形式的 mHealth 组件作为使用测温设备的提醒,促进足部护理<sup>[38]</sup>。有研究应用移动电话应用程序“My Foot Care”获取足部照片并监测溃疡发展的进度<sup>[39]</sup>,可以警示患者并提高患者的自我照护能力。

**2.6 依从性管理** 依从性在预防 DFU 中发挥重要因素,研究表明患者遵循建议(足部护理,监测足部温度或穿戴治疗鞋等)比不遵循建议的人有更好的结果<sup>[4]</sup>。预防策略中压力卸载装置需要非常高的依从性才能使它们有效,但患者仅在规定时间内 22%~28%内佩戴它们<sup>[40]</sup>。各种预防性干预措施的总体效果也因患者的不遵守而受到抑制。目前的重点是识别不依从或预期不依从的患者,并采取措施提高患者的依从性及为患者提供适当的基于证据的足部护理

以预防溃疡的复发。有研究者使用客观的监测工具即依从性监测器,附着于治疗鞋内测量患者 7 d 内穿着和脱鞋的时间并准确记录可提高减压的有效性<sup>[25]</sup>,是评估治疗依从性的可行且客观的方法。

### 3 小结

DFU 是糖尿病患者的重大负担,即使溃疡愈合,足部溃疡仍经常复发,增加了患者的痛苦,严重影响患者的生活质量。预防足部溃疡复发至关重要,足部护理、自我信息化管理和鞋类等措施预防复发性足部溃疡的证据基础非常强,有强有力的证据支持足部皮肤温度的家庭监测联合治疗鞋,采取信息化管理、监测系统,并提高患者遵守的依从性可以预防溃疡的复发。目前,关于溃疡复发的文献尚以国外居多,国内文献较少,主要集中于对糖尿病足初发溃疡的研究,这提示国内在此方面尚需进一步的关注,特别是溃疡复发的预防策略大都来自于国外文献,国内应进一步加大此方面的研究。及时筛查、识别糖尿病足溃疡复发先兆,在缓解期采取多种预防措施的综合护理干预,使患者溃疡能真正治愈,减轻痛苦及医疗负担,提高患者生存和生活质量。

#### 参考文献:

- [1] Boulton A J, Vileikyte L, Ragnarsonentevall G, et al. The global burden of diabetic foot disease[J]. *Lancet*, 2005,366(9498):1719-1724.
- [2] Winkley K, Stahl D, Chalder T, et al. Risk factors associated with adverse outcomes in a population-based prospective cohort study of people with their first diabetic foot ulcer[J]. *Journal of Diabetes & Its Complications*, 2007,21(6):341-349.
- [3] Dorresteijn J A N, Kriegsman D M W, Valk G D. Complex interventions for preventing diabetic foot ulceration [J]. *Cochrane Database Syst Rev*,2015(8):CD007610.
- [4] Armstrong D G, Boulton A J M, Bus S A, et al. Diabetic foot ulcers and their recurrence[J]. *New Engl J Med*, 2017,376(24):2367-2375.
- [5] Peters E J, Armstrong D G, Lavery L A. Risk factors for recurrent diabetic foot ulcers: site matters[J]. *Diabetes Care*,2007,30(8):2077-2079.
- [6] Apelqvist J, Ragnarsonentevall G, Larsson J, et al. Long-term costs for foot ulcers in diabetic patients in a multidisciplinary setting [J]. *Foot & Ankle International*,1995,16(7):388-394.
- [7] Fawzy O A, Arafa A I, El Wakeel M A, et al. Plantar pressure as a risk assessment tool for diabetic foot ulceration in egyptian patients with diabetes[J]. *Clin Med Insights Endocrinol Diabetes*,2014,7(7):31-39.
- [8] Fernando M E, Crowther R G, Lazzarini P A, et al. Plantar pressures are elevated in people with longstanding diabetes-related foot ulcers during follow-up [J]. *Plos One*,2017,12(8):1-17.
- [9] 严励. 糖尿病患者足底压力检测的意义及影响因素[J]. *中华医学杂志*,2007,87(26):1808-1809.
- [10] 麦梨芳,李永洁,张利峰,等. 首发糖尿病足患者 5 年再

- 发溃疡情况及相关因素分析[J]. 护理学杂志, 2016, 31(11):18-21.
- [11] Mantey I, Foster A V M, Spencer S, et al. Why do foot ulcers recur in diabetic patients? [J]. *Diabet Med*, 2010, 16(3):245-249.
- [12] 朱平, 任萌, 徐刚, 等. 糖尿病周围神经病变和血管病变对糖尿病足溃疡的相互作用及相关性探讨[J]. *中国糖尿病杂志*, 2013, 21(12):1074-1077.
- [13] Khalifa W A. Risk factors for diabetic foot ulcer recurrence: a prospective 2-years follow-up study in Egypt [J]. *Foot (Edinb)*, 2017, 35:11-15.
- [14] 胡辉, 李岩, 吴波. 连续随访强化教育对糖尿病足溃疡复发的预防作用[J]. *护理学杂志*, 2014, 29(20):69-70.
- [15] Waaijman R, de Haart M, Arts M L, et al. Risk factors for plantar foot ulcer recurrence in neuropathic diabetic patients[J]. *Diabetes Care*, 2014, 37(6):1697-1705.
- [16] Örneholm H, Apelqvist J, Larsson J, et al. Recurrent and other new foot ulcers after healed plantar forefoot diabetic ulcer[J]. *Wound Repair Regen*, 2017, 25(2):309-315.
- [17] Connor H, Mahdi O Z. Repetitive ulceration in neuropathic patients [J]. *Diabetes Metab Res Rev*, 2004, 20(Suppl 1):S23-S28.
- [18] Owings T M, Apelqvist J, Stenström A, et al. Plantar pressures in diabetic patients with foot ulcers which have remained healed [J]. *Diabet Med*, 2009, 26(11):1141-1146.
- [19] Ciccone M M, Marchese A, Generali A, et al. Interventional Therapy in Diabetic Foot: Risk Factors, Clinical Events and Prognosis at One Year Follow-up (A Study of 103 Cases)[J]. *Pak J Biol Sci*, 2012, 15(16):789-794.
- [20] Dubský M, Jirkovská A, Bem R, et al. Risk factors for recurrence of diabetic foot ulcers: prospective follow-up analysis in the Eurodiale subgroup [J]. *Int Wound J*, 2013, 10(5):555-561.
- [21] 吴宇超, 童南伟. 《2016 APMA/SVS/SVM 临床实践指南: 糖尿病足的管理》关于糖尿病足溃疡预防的解读[J]. *重庆医科大学学报*, 2017, 42(3):251-252.
- [22] Lucoveis M D L S, Gamba M A, Paula M A B, et al. Degree of risk for foot ulcer due to diabetes: nursing assessment[J]. *Rev Bras Enferm*, 2018, 71(6):3041-3047.
- [23] Bus S A, Armstrong D G, van Deursen R W, et al. IWGDF guidance on footwear and offloading interventions to prevent and heal foot ulcers in patients with diabetes[J]. *Diabetes Metab Res Rev*, 2016, 32(Suppl 1):25-36.
- [24] Bus S A, Roelof W, Mark A, et al. Effect of custom-made footwear on foot ulcer recurrence in diabetes[J]. *Diabetes Care*, 2013, 36(12):4109-4116.
- [25] Bus S A, Waaijman R, Nollet F. New monitoring technology to objectively assess adherence to prescribed footwear and assistive devices during ambulatory activity [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2012, 93(11):2075-2079.
- [26] Miller D R, Enoch S, Blow M, et al. Effectiveness of a new brand of stock 'diabetic' shoes to protect against diabetic foot ulcer relapse. A prospective cohort study [J]. *Diabet Med*, 2004, 21(6):646-648.
- [27] Lavery L A, Lafontaine J, Higgins K R, et al. Shear-reducing insoles to prevent foot ulceration in high-risk diabetic patients[J]. *Adv Skin Wound Care*, 2012, 25(11):525-524.
- [28] La Fontaine J, Lavery L A, Hunt N A, et al. The role of surgical off-loading to prevent recurrent ulcerations [J]. *Int J Low Extrem Wounds*, 2014, 13(4):320-334.
- [29] Scott J E, Hendry G J. Effectiveness of percutaneous flexor tenotomies for the management and prevention of recurrence of diabetic toe ulcers: a systematic review [J]. *J Foot Ankle Res*, 2016, 9(1):25-34.
- [30] Armstrong D G, Lavery L A, Vazquez J R, et al. Clinical efficacy of the first metatarsophalangeal joint arthroplasty as a curative procedure for hallux interphalangeal joint wounds in patients with diabetes[J]. *Diabetes Care*, 2003, 26(12):3284-3287.
- [31] Nickerson D S. Low recurrence rate of diabetic foot ulcer after nerve decompression[J]. *J Am Podiatr Med Assoc*, 2010, 100(2):111-115.
- [32] Galea A M, Springett K, Bungay H, et al. Incidence and location of diabetic foot ulcer recurrence [J]. *R Medicine*, 2009, 12(4):181-186.
- [33] Ahmad Sharoni S K, Mohd Razi M N, Abdul Rashid N F, et al. Self-efficacy of foot care behaviour of elderly patients with diabetes [J]. *Malays Fam Physician*, 2017, 12(2):2-8.
- [34] 谭玉婷, 黄颖, 罗志娟, 等. 思维导图用于 0 级糖尿病足患者健康教育效果探讨 [J]. *护理学杂志*, 2016, 31(11):92-95.
- [35] Greenwell K, Sivyer K, Vedhara K, et al. Intervention planning for the REDUCE maintenance intervention: a digital intervention to reduce reulceration risk among patients with a history of diabetic foot ulcers [J]. *BMJ Open*, 2018, 8(5):e019865.
- [36] Najafi B, Ron E, Enriquez A, et al. Smarter sole survival: will neuropathic patients at high risk for ulceration use a smart insole-based foot protection system? [J]. *J Diabetes Sci Techn*, 2017, 11(4):702-713.
- [37] Lavery L A, Higgins K R, Dan R L, et al. Home monitoring of foot skin temperatures to prevent ulceration [J]. *Diabetes Care*, 2015, 27(11):2642-2647.
- [38] Lazoporras M, Bernabeortiz A, Sacksteder K A, et al. Implementation of foot thermometry plus mHealth to prevent diabetic foot ulcers: study protocol for a randomized controlled trial [J]. *Trials*, 2016, 17(1):206-216.
- [39] Ploderer B, Brown R, Seng LSD et al. Promoting self-care of diabetic foot ulcers through a mobile phone App: user-centered design and evaluation [J]. *JMIR Diabetes*, 2018, 3(4):e10105-e10118.
- [40] Sabapathy S R, Periasamy M. Healing ulcers and preventing their recurrences in the diabetic foot [J]. *Indian J Plast Surg*, 2016, 49(3):302-313.