

足部皮肤温度与糖尿病足溃疡风险相关性的 meta 分析

黄悦,汪清,陈丹,褚洁

和田地区人民医院,新疆 和田 848000

摘要: **目的** 探究糖尿病患者足部皮肤温度与糖尿病足溃疡(diabetic foot ulcers,DFU)发生风险之间的关联性。**方法** 由 2 名研究人员分别独立检索并筛选 PubMed、Web of Science、Cochrane、中国知网(CNKI)、万方数据知识服务平台(Wanfangdata)以及维普中文科技期刊全文数据库(VIP)中公开发表的有关糖尿病患者足部皮肤温度与 DFU 发生风险关联性的相关文献,应用 Stata v16.0 和 RevMan v5.3 软件进行 meta 分析。**结果** 共纳入研究文献 8 篇,其中包括 4 篇前瞻性队列研究、3 篇随机对照试验和 1 篇病例-对照研究;纳入研究对象 804 例,包括试验组 412 例和对照组 392 例。meta 分析结果显示,足部皮肤温度升高是 DFU 的危险因素($RR=1.95, 95\%CI:1.47\sim2.58$)。剂量-反应分析结果显示,足部皮肤温度与 DFU 发生风险之间呈线性关系($\chi^2=9.90, P=0.002; RR=1.17, 95\%CI:1.06\sim1.28$)。**结论** 足部皮肤温度与 DFU 之间存在相关性,研究结论仍需要更多临床证据予以验证。

关键词: 糖尿病;糖尿病足溃疡;足部皮肤温度;meta 分析

中图分类号: R587.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-3110(2022)09-1059-05 **DOI:** 10.3969/j.issn.1006-3110.2022.09.009

Meta-analysis on correlation between foot skin temperature and the risk of diabetic foot ulcers

HUANG Yue, WANG Qing, CHEN Dan, CHU Jie

Hotan Prefecture People's Hospital, Hotan, Xinjiang 848000, China

Abstract: **Objective** To explore the association between foot skin temperature and the incidence of diabetic foot ulcers (DFU) in patients with diabetes mellitus (DM). **Methods** Two reviewers independently searched the PubMed, Web of Science, the Cochrane Library, CNKI, Wanfang, and VIP databases to screen literatures regarding the correlation between foot skin temperature and the occurrence of DFU in patients with DM. A meta-analysis was performed using Stata v16.0 and RevMan v5.3. **Results** Eight articles, including 4 prospective cohort studies, 3 randomized controlled trials and 1 case-control study were included into this study. 804 subjects were enrolled, including 412 ones in the experimental group and 392 ones in the control group. The results of meta-analysis showed that elevated foot skin temperature was a risk factor for the incidence of DFU ($RR=1.95, 95\%CI: 1.47\sim2.58$). The dose-response analysis displayed that there was a linear correlation between foot skin temperature and DFU risk ($\chi^2=9.90, P=0.002; RR=1.17, 95\%CI: 1.06\sim1.28$). **Conclusion** There was a correlation between foot skin temperature and DFU, but this result still need to be validated by more clinical evidence.

Keywords: diabetes mellitus; diabetic foot ulcer; foot skin temperature; meta-analysis

糖尿病足溃疡(diabetic foot ulcers,DFU)是糖尿病患者的常见并发症,糖尿病的病程与局部缺血、神经病变、难愈性创伤等密切相关,糖尿病患者发生足部溃疡的风险较高(4%~10%),而溃疡愈合的可能性低,终生足部溃疡的风险高达 25%^[1-2]。此外,DFU 还可导致高截肢率和高死亡率,糖尿病足并发症患者五年死亡率和直接护理费用甚至与部分癌症相当,给社会、患者及家属带来巨大的经济负担和压力^[3]。为减轻

DFU 对糖尿病患者带来的负担,科研工作者提出了许多 DFU 的预防策略,在这些策略中,通过红外热像仪可视化足部皮肤表面温度分布被认为是一种有效评估 DFU 风险的手段,得到大量关注^[4-5]。以往针对足部胼胝体的研究发现,由于底层炎症存在,在胼胝体溃疡形成前,足部局部温度已出现升高,同时局部温度向周边部位扩散可能是足部胼胝体向溃疡进展的重要环节^[5-7]。尽管 DFU 与足部局部温度存在一定的关联性,但也有研究表明,基于局部皮肤温度评估糖尿病相关足部并发症的诊断价值较低^[8-9]。此外,通过足部温度监测以实现糖尿病足的早期诊断仍然缺乏准确量化指标。我国 2020 年发布的《糖尿病足防治专家共

基金项目:新疆维吾尔自治区卫生健康青年医学科技人才专项(WJWY-202101)

作者简介:黄悦(1982-),女,本科,副主任护师,主要从事糖尿病足相关研究工作。

识》^[10]并不推荐将足底温度监测作为诊断 DFU 的一线方法。目前对足部皮肤温度与 DFU 患病风险之间关系的研究结论不一致,因此进一步研究这一相关性对糖尿病患者具有重要意义。本研究旨在对现有文献进行 meta 分析,着力于足部皮肤温度与糖尿病人群 DFU 发生率的关联性,试图为糖尿病患者 DFU 早期诊断和健康管理提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

1.1.1 研究类型 国内外公开发表的关于足部皮肤温度与糖尿病人群 DFU 的随机对照实验(randomized controlled trial, RCT)、前瞻性队列研究(pro prospective cohort study, PCS)、病例-对照研究(case-control study, CCS)等可信度较高的实验性或观察性研究。

1.1.2 诊断标准 世界卫生组织(World Health Organization, WHO)的糖尿病足诊断标准、国际糖尿病足工作组(International Working Group on the Diabetic Foot, IWGDF)发布的 DFU 诊断指南^[11-13]以及其他受到学界认可的诊断指标。

1.1.3 研究对象 符合 1.1.2 诊断标准的糖尿病足患者,研究对象性别、年龄、国籍、种族不限。

1.1.4 结局指标 结局指标为 DFU 发生率,文献提供了危险比(risk ratio, *RR*)、风险比(hazard ratio, *HR*)或比值比(odds ratio, *OR*)和各自的置信区间(confidence interval, *CI*)。

1.1.5 排除标准 ①伴随严重疾病和感染者;②病例重复或数据无法使用的文献;③病例报道或机制研究;④其他 meta 分析或综述评论性文献。

1.2 文献检索策略 计算机系统检索 PubMed、Web of Science、Cochrane、中国知网(CNKI)、万方数据知识服务平台(Wanfangdata)以及维普中文科技期刊全文数据库(VIP)等数据平台,搜集有关糖尿病患者足部皮肤温度与 DFU 发生风险关联性的实验性或观察性研究,考虑到文献的时效性,检索时限设定为 2000 年 1 月—2022 年 3 月。文献检索过程中采用主题词与自由词相结合的检索方式,以 Pubmed 为例,检索式如下(#1 foot temperature OR foot skin temperature, #2 diabetic foot ulcers OR DFU OR ulceration, #3 #1 AND #2)。同时为避免重复和遗漏,对检索得到的参考文献进行校对和引文追溯。

1.3 文献筛选、数据提取及质量评价 由两名研究人员严格按照纳入标准和排除标准独立筛选文献、提取数据并交叉核对,如出现纳入文献不一致,则通过集体

讨论解决或交由第三位研究者协助判断。文献筛选时首先通过阅读文章题目和摘要以判断是否初步纳入,再次筛选时通过阅读全文以确定是否最终纳入。文献纳入后提取的资料主要包括第一作者、发表时间、研究地点、研究类型、样本量及分组情况、平均年龄、DFU 诊断标准和温度测量方式等。NoteExpress v3.6.0.9155 和 Mendeley v2.67.0 被用于管理文献和提取资料。使用纽卡斯尔-渥太华(Newcastle-Ottawa Scale, NOS)量表对纳入的研究进行质量评价,得分 ≥ 7 分的文献被认为是高质量研究^[14]。

1.4 统计学分析 使用 Stata v16.0 和 RevMan v5.3 对纳入文献中的数据进行统计分析,将文献研究中的计数资料归一为 *RR* 值,各效应量均需计算 95% *CI*。选择 *Q* 检验和 *I*² 检验作为异质性检验的指标, $P > 0.10$ 或 $I^2 < 50\%$ 时认为结果无统计学异质性并采用固定效应模型;反之则选择随机效应模型进行拟合,如存在异质性则通过 meta 回归分析以探讨异质性的来源。对纳入研究进行亚组分析或敏感性分析,潜在的发表偏倚采用 Begg's 和 Egger's 检验。最终参考 Orsini 等^[15]的方法提取以足部皮肤温度作为暴露因素的文献数据进行剂量-反应关系分析。

2 结果

2.1 文献检索结果 通过计算机初步检索共得到 759 篇文献,其中 PubMed 检索得到 264 篇,Web of Science 检索得到 222 篇,the Cochrane Library 检索得到 147 篇,CNKI 检索得到 65 篇,WanfangData 检索得到 40 篇,VIP 数据库检索得到 21 篇。通过文献标题和作者剔除数据库重复收录的文献 411 篇,余下文献 318 篇。通过阅读摘要排除不符合纳入标准的文献 141 篇,剩余 177 篇。阅读全文排除文献 162 篇,其中诊断标准未说明的文献 56 篇,数据不完整或前后不吻合的文献 51 篇,分组不合理的文献 44 篇,内容与本研究主旨无关的文献 11 篇,剩余文献 15 篇。进一步排除横断面研究 6 篇和描述性观点 1 篇,最终纳入研究 8 篇。文献筛选流程见图 1。

2.2 文献特征分析 最终纳入 8 篇文献,研究地区包括中国、美国和印度等国家,文献发表时间为 2004—2021 年。中文 3 篇、英文 5 篇,包含 3 份 RCT、4 份 PCS 和 1 份 CCS。纳入研究对象共 804 例,包括试验组 412 例和对照组 392 例。根据 NOS 评分结果,文献质量评分均较高,8 篇文献中 5 篇为高质量文献,纳入文献具体特征见表 1。

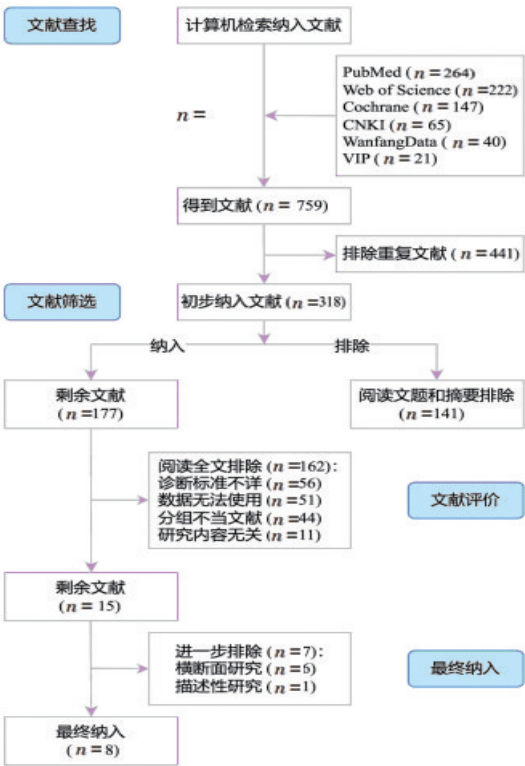


图 1 文献筛选流程
表 1 文献特征分析

纳入文献	年份	国家或地区	研究类型	例数 ^a (E/C)	年龄(岁,E/C)	诊断指标	测温工具	NOS评分
王云 ^[16]	2018	中国	PCS	57/29	57.1±10.2/ 59.4±13.1	WHO 诊断标准+Wagner 法 ^b	“双旭”红外测温仪	6
邓淑玲 ^[17]	2011	中国	PCS	64/64	45.2±9.3/ 43.4±7.5	钱荣立 ^[18] 糖尿病诊断+Wagner 法	Piccolo 测温仪	5
张立娟 ^[19]	2011	中国	PCS	31/29	60.1±10.2/ 64.6±7.9	WHO 糖尿病诊断标准+Wagner 法	WP-95-II	5
Armstrong ^[20]	2007	美国	RCT	112/113	68.2±9.6/ 69.7±10.4	美国糖尿病工作组 DFU 指南	TempTouch	7
Ghosh ^[21]	2021	印度	PCS	30/30	51.5±7.2/ 51.5±7.2	UT 溃疡分级 ^[22]	FORA IR10	7
Sun ^[23]	2006	中国	CCS	18/25	56.6±7.9/ 55.8±5.6	美国糖尿病协会标准	Spectrum 9000 MB	8
Lavery ^[24]	2004	美国	RCT	41/44	55.0±9.3/ 54.8±9.6	WHO 诊断标准	TempTouch	7
Lavery ^[25]	2007	美国	RCT	59/58	65.4±9.3/ 65.0±9.6	WHO 诊断标准	TempTouch	8

注:a 为 E-实验组,C-对照组;b 为 Wagner 法是 DFU 分级最常用的方法之一,根据伤口的大小、深度及位置来评价溃疡的严重程度。

2.3 meta 分析结果 将纳入的 8 篇文献中足部温度最高组相较于最低组的 RR 值进行合并,结果显示不同文献间不存在显著异质性($I^2=29.98\%<50\%$, $Q=$

10.00, $P=0.19>0.10$),故采用固定效应模型进行分析,结果显示高足部温度组 DFU 发生率显著高于对照组($\text{Log } RR=0.67$,95%CI:0.39~0.95; $RR=1.95$,95%CI:1.47~2.58),meta 分析结果的森林图见图 2。

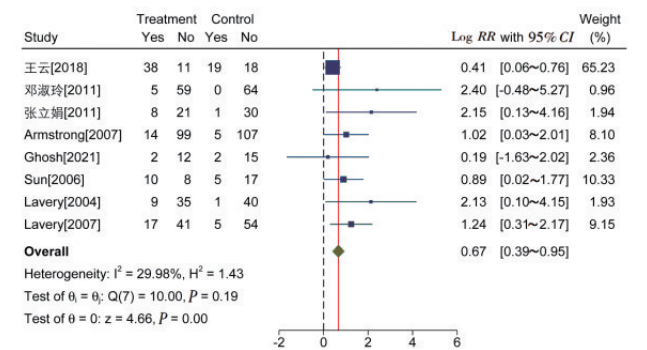


图 2 meta 分析森林图

2.4 亚组分析结果 对研究年份、研究类型、研究地点、样本量大小、人群性别、文献质量等因素进行亚组分析。结果显示,糖尿病患者足部皮肤温度与 DFU 之间的关联性在不同研究地区($Q=2.77$, $P=0.105>0.10$)和研究类型($Q=4.50$, $P=0.114>0.10$)中未观察到显著变异,但是在发表年份($Q=4.11$, $P=0.046<0.10$)、样本量($Q=3.11$, $P=0.077<0.10$)、研究质量($Q=3.30$, $P=0.069<0.10$)等亚组的文献间观察到了显著差异。根据 2.3 中 meta 分析合并结果,部分亚组的变异并未对总体纳入文献的异质性造成影响,亚组分析结果见表 2。

表 2 亚组分析结果

亚组	研究个数	Log RR	95%CI	Q 值	P 值
发表年份				4.11	0.046
2010 年后	4	0.48	(0.14~0.81)		
2010 年前	4	1.12	(0.60~1.63)		
研究地区				2.77	0.105
国内	4	0.54	(0.23~0.86)		
国外	4	1.12	(0.52~1.73)		
研究类型				4.50	0.114
PCS	4	0.48	(0.14~0.81)		
RCT	3	1.24	(0.60~1.88)		
CCS	1	0.89	(0.02~1.77)		
样本量				3.11	0.077
小于 100 例	5	0.55	(0.24~0.86)		
大于 100 例	3	1.20	(0.55~1.86)		
研究质量				3.30	0.069
普通质量研究	3	0.49	(0.15~0.83)		
高质量研究	5	1.05	(0.55~1.55)		

2.5 敏感性分析 参考杨博文等^[26]方法,对比固定

效应模型($\text{Log } RR = 0.67, 95\% CI: 0.39 \sim 0.95$)和随机效应模型($\text{Log } RR = 0.71, 95\% CI: 0.45 \sim 1.17$)合并结果之间的差异,结果显示两种方法的合并效应量结果较为接近,表明合并结果可靠。

2.6 发表偏倚检测 分别通过 Egger's 检验和 Begg's 检验对发表偏倚进行检测, Egger's 检验结果($P = 0.065 > 0.05$)和 Begg's 检验结果($P = 0.174 > 0.05$)均表明不存在明显的发表偏倚,发表偏倚检测漏斗图见图 3。

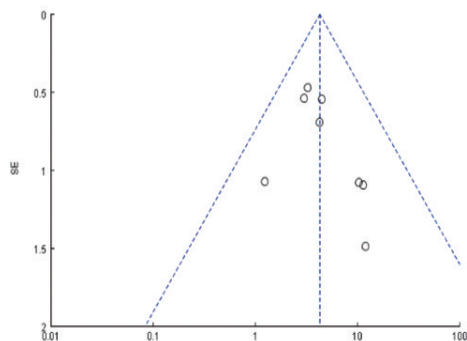


图 3 发表偏倚的漏斗图

2.7 剂量-反应分析 对各项研究中的足部皮肤温度计量资料进行收集,共得到 6 份研究中的 14 组数据,将数据归一为糖尿病患者足部皮肤温度与正常体温的差值,以温度差最低组(0.7°C)作为参照,通过最小二乘法评估足部皮肤温度与 DFU 发生风险之间的关系。剂量-反应分析结果显示,糖尿病患者足部皮肤温度与 DFU 发生率之间存在线性关系($\chi^2 = 9.90, P = 0.002 < 0.05$),且足部皮肤温度每升高 1.0°C ,患者发生 DFU 的风险增加 17.04% ($RR = 1.17, 95\% CI: 1.06 \sim 1.28$),剂量-反应分析结果见图 4。

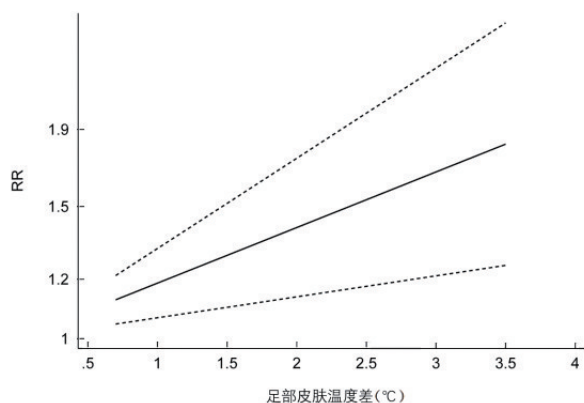


图 4 足部皮肤温度与 DFU 发生率之间的剂量-反应线性关系

3 讨论

有研究表明糖尿病患者足部皮肤表面温度变化与 DFU 的发生具有一定关系,但是否将足部皮肤温度监

测作为 DFU 的早期诊断手段却存在不同意见。随着人工智能技术的发展,动态、全天候局部温度监测已成为可能,对糖尿病患者足部温度研究再次成为近年研究热点^[27-28]。据统计,全球每年约有 400 万糖尿病患者发生 DFU,DFU 患者年病死率为 11%,截肢患者死亡率为 22%^[29],DFU 已从少见病渐变成常见病。在此背景下,研究糖尿病患者足部皮肤温度和 DFU 之间的关联性有利于尽早开展 DFU 的有效预防和健康

管理。本次 meta 分析共纳入 4 个 PCS、3 个 RCT 和 1 个 CCS 研究,使用 meta 分析系统评价足部皮肤温度和 DFU 发生风险间的关系,并首次对足部皮肤温度和 DFU 发生风险间的联系进行定量评价。固定效应模型拟合结果显示,足部皮肤温度升高会显著提升 DFU 发生风险,温度最高组 DFU 发生率为最低组的 1.95 倍;剂量反应分析结果显示,足部皮肤温度每升高 1.0°C ,患者发生 DFU 的风险增加 17.04%。据报道,足部温度升高与局部压力、神经炎症和组织损伤等因素密切相关^[30-31]。DFU 通常继发于原病灶的神经性营养不良性坏死,而神经病变导致的足动静脉短路、部分动脉血未经过微循环而直接进入静脉均导致局部皮肤温度升高^[32]。此外,高血糖状态导致皮肤微循环紊乱增加足部闭塞性和缺血性损伤的风险,微循环异常对行走、跑步等外界刺激的过激反应也是皮肤温度异常升高的主要原因之一^[33-34]。基于上述证据,糖尿病患者足部皮肤温度和 DFU 之间存在明确的生理关联,与本次 meta 分析的结论互为表里。

本次 meta 分析尚存在以下不足:①目前国内关于足部皮肤温度和 DFU 的 RCT 研究较少,研究结论对我国 DFU 患者的适用性有待检验;②纳入的部分研究样本量较小,降低了研究的检验效能;③不同的研究者在文献中采用的效应量不一致,合并效应量后的最终效应会与原始效应之间存在偏差;④纳入的研究缺少对性别变量的单独研究,因此无法观察到不同性别患者的足部皮肤温度与 DFU 之间的联系。上述局限性提示,后期临床研究应规范研究流程,合理设计研究方案,保证检测指标和评价体系的一致性、延续性和全面性。

综上所述,糖尿病患者足部皮肤温度升高会增加 DFU 发生风险,受纳入研究数量以及研究人群的限制,尚需开展更多大样本、多中心的 RCT 研究,以进一步验证本研究结论。

参考文献

[1] Singh N, Armstrong DG, Lipsky BA. Preventing foot ulcers in patients

- with diabetes[J]. JAMA, 2005,293(2):217-228.
- [2] 郑明珠,张曼华,侯晓菲,等. 老年Ⅱ型糖尿病患者口腔健康状况及相关生活质量影响因素分析[J]. 实用预防医学, 2022,29(4):487-490.
- [3] Armstrong DG, Swardlow MA, Armstrong AA, et al. Five year mortality and direct costs of care for people with diabetic foot complications are comparable to cancer[J]. J Foot Ankle Res, 2020,13(1):16.
- [4] Mendes R, Sousa N, Almeida A, et al. Thermography: a technique for assessing the risk of developing diabetic foot disorders [J]. Postgrad Med J, 2015,91(1079):538.
- [5] Quinn S, Saunders C, Cleland I, et al. A thermal imaging solution for early detection of pre-ulcerative diabetic hotspots [J]. Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc, 2019;1737-1740.
- [6] Killeen AL, Walters JL. Remote temperature monitoring in diabetic foot ulcer detection[J]. Wounds, 2018,30(4):44-48.
- [7] Oe M, Takehara K, Noguchi H, et al. Thermographic findings in a case of type 2 diabetes with foot ulcer due to callus deterioration[J]. Diabetol Int, 2017,8(3):328-333.
- [8] van Netten JJ, Pijls M, van Baal JG, et al. Diagnostic values for skin temperature assessment to detect diabetes-related foot complications [J]. Diabetes Technol Ther, 2014,16(11):714-721.
- [9] Armstrong DG, Lavery LA, Wunderlich RP, et al. Skin temperatures as a one-time screening tool do not predict future diabetic foot complications[J]. J Am Podiatr Med Assoc, 2003,93(6):443-447.
- [10] 多学科合作下糖尿病足防治专家共识编写组. 多学科合作下糖尿病足防治专家共识(2020版)[J]. 中华烧伤杂志, 2020,36(10):986.
- [11] Peters EJ, Lavery LA. Effectiveness of the diabetic foot risk classification system of the International Working Group on the Diabetic Foot[J]. Diabetes Care, 2001,24(8):1442-1447.
- [12] Schaper NC, van Netten JJ, Apelqvist J, et al. Practical guidelines on the prevention and management of diabetic foot disease (IWGDF 2019 update) [J]. Diabetes Metab Res Rev, 2020,36(S1):e3266.
- [13] Bus SA, Lavery LA, Monteiro-Soares M, et al. Guidelines on the prevention of foot ulcers in persons with diabetes (IWGDF 2019 update) [J]. Diabetes Metab Res Rev, 2020,36(S1):e3269.
- [14] Herzog R, Alvarez-Pasquin MJ, Díaz C, et al. Are healthcare workers' intentions to vaccinate related to their knowledge, beliefs and attitudes? A systematic review[J]. BMC Public Health, 2013,13:154.
- [15] Orsini N, Li R, Wolk A, et al. Meta-analysis for linear and nonlinear dose-response relations: examples, an evaluation of approximations, and software[J]. Am J Epidemiol, 2012,175(1):66-73.
- [16] 王云. 监测足部皮肤温度预测糖尿病足溃疡的价值分析[J]. 安徽医药, 2018,22(11):2203-2205.
- [17] 邓淑玲,叶仁群,辛俊平. 足部皮肤温度测定在糖尿病足预见性护理中的应用[J]. 现代临床护理, 2011,10(7):14-15.
- [18] 钱荣立. 关于糖尿病的新诊断标准与分型[J]. 中国糖尿病杂志, 2000,8(1):5-6.
- [19] 张立娟, 张秀华. 红外热像仪观察血府逐瘀汤对早期糖尿病足的影响[J]. 天津中医药大学学报, 2011,30(1):14-16.
- [20] Armstrong DG, Holtz-Neiderer K, Wendel C, et al. Skin temperature monitoring reduces the risk for diabetic foot ulceration in high-risk patients[J]. Am J Med, 2007,120(12):1042-1046.
- [21] Ghosh A, Ray S, Garg MK, et al. The role of infrared dermal thermometry in the management of neuropathic diabetic foot ulcers[J]. Diabet Med, 2021,38(4):e14368.
- [22] Armstrong DG, Lavery LA, Harkless LB. Treatment-based classification system for assessment and care of diabetic feet [J]. J Am Podiatr Med Assoc, 1996,86(7):311-316.
- [23] Sun P, Lin H, Jao SE, et al. Relationship of skin temperature to sympathetic dysfunction in diabetic at-risk feet [J]. Diabetes Res Clin Pract, 2006,73(1):41-46.
- [24] Lavery LA, Higgins KR, Lanctot DR, et al. Home monitoring of foot skin temperatures to prevent ulceration [J]. Diabetes Care, 2004,27(11):2642-2647.
- [25] Lavery LA, Higgins KR, Lanctot DR, et al. Preventing diabetic foot ulcer recurrence in high-risk patients: use of temperature monitoring as a self-assessment tool[J]. Diabetes Care, 2007,30(1):14-20.
- [26] 杨博文, 陈欣, 孙皓, 等. 网状 meta 分析中敏感性分析和一致性分析在 R 软件中的实现 [J]. 中国循证医学杂志, 2015,15(1):99-102.
- [27] Oliver N. Best foot forward[J]. Diabet Med, 2021,38(4):e14550.
- [28] Arteaga-Marrero N, Hernández A, Villa E, et al. Segmentation approaches for diabetic foot disorders[J]. Sensors, 2021,21(3):934.
- [29] Everett E, Mathioudakis N. Update on management of diabetic foot ulcers[J]. Ann N Y Acad Sci, 2018,1411(1):153-165.
- [30] 麦梨芳, 梁俊强, 王川, 等. 糖尿病足溃疡患者皮肤微循环结构改变研究[J]. 中华糖尿病杂志, 2014,6(7):509-512.
- [31] 邹译娴, 李国庆, 汤参娥, 等. 半乳糖凝集素 3 在糖尿病足溃疡患者中的表达[J]. 实用预防医学, 2018,25(6):649-651.
- [32] 莫嘉敏, 颜晓东, 黄秀禄, 等. 下肢动脉病变和组织微循环状况对伤口负压治疗糖尿病足溃疡的疗效影响[J]. 中华糖尿病杂志, 2021,13(3):209-214.
- [33] Balasubramanian GV, Chockalingam N, Naemi R. The role of cutaneous microcirculatory responses in tissue injury, inflammation and repair at the foot in diabetes [J]. Front Bioeng Biotechnol, 2021,9:732753.
- [34] 段艺杰, 任韦燕, 叶文强, 等. 日常运动对行走刺激下糖尿病足部微循环响应的影响[J]. 医用生物力学, 2021,36(S1):133.