

# 移动健康在糖尿病足延续护理中的应用进展

伍莎<sup>1</sup>, 易琦峰<sup>1,2</sup>, 肖倩<sup>3</sup>, 陈嘉<sup>1</sup>, 黄辉<sup>2</sup>, 孙梦圆<sup>1</sup>

(1.中南大学湘雅护理学院, 湖南长沙 410013;

2.中南大学湘雅三医院 护理教研室, 湖南长沙 410013;

3.中南大学湘雅三医院 内分泌科)

糖尿病足(diabetic foot, DF)为糖尿病下肢神经和/或外周血管病变相关的足部组织感染、溃疡或破坏,是糖尿病患者致死、致残的重要原因,其高额的治疗和护理费用也给患者和社会带来沉重负担<sup>[1-2]</sup>。DF复发风险较大,愈合后1、3、5年复发率分别达40%、60%和65%<sup>[3]</sup>,每20秒全球就有1例DF患者截肢<sup>[4]</sup>;我国每年DF病死率和截肢率分别为11%和22%<sup>[5]</sup>。然而85%的DF截肢是可预防的,早期识别高危足,建立有效的管理、干预机制能大幅缓解疾病管理不当造成的恶化<sup>[6-7]</sup>。移动健康(Mobile health, mHealth)是一种采用移动远程保健技术为社会大众提供公共卫生、医疗保健和管理患者相关信息等的移动化医疗保健服务,在DF延续护理的应用中具有巨大发展潜力<sup>[8-11]</sup>。本研究对mHealth在DF延续护理中的应用进展进行综述,以期对mHealth在我国DF延续护理领域中的实施提供借鉴和参考。

## 1 移动健康在糖尿病足延续护理中的具体应用

移动健康主要通过足底温度监控与压力监测、数字成像等移动技术实现对DF的远程监测;通过手机应用程序、网站平台、微信、短信、电子文档等平台,提高DF患者自我管理能力和实现远程会诊功能。

### 1.1 远程监测

1.1.1 基于温度监控的DF溃疡风险远程监控 由于DF溃疡发生与足底温度分布有关,足溃疡发生一周之前可能会出现足底温度升高。Frykberg等<sup>[12]</sup>使用了一种基于物联网概念的智能垫子,监测和评估足溃疡患者足部温度的变化。该垫子采用红外热成像技术,通过人体发出的热量获取热成像,患者只需双足踩在垫子上20s,服务器便可显示其足底温度,准确预测DF溃疡风险,足底温度升高的患者提示其足溃疡风险高。Arts等<sup>[13]</sup>使用带有温度

传感器的称重秤精确测量DF患者的足底温度,因足底温度不对称能高度预警即将发生的足溃疡,研究采取双足温度差异 $>2.2^{\circ}\text{C}$ 作为家庭足部皮温的监测预警指标,患者赤足站在称重秤热标尺上约25s,即可通过显示器读取温度数据,该装置正确预测了97%的DF溃疡,可作为家庭DF足部自我筛查工具。未来可将该技术与其他mHealth技术结合,以期更方便、及时进行患者的足部监测与干预。

1.1.2 基于光纤传感器(fiber optic sensor, OFS)系统的足底压力监测 压力是足溃疡形成的危险因素。Tavares等<sup>[14]</sup>提出一个基于OFS系统的无创电子健康架构方案,该方案采取双轴OFS并结合e-Health技术,OFS将两个同轴光纤布拉格光栅(fiber bragg grating, FBG)元件纳入矫形鞋垫,光纤受力时曲率和损耗值将发生变化,可通过光功率技术监测患者行走过程中足底压力和剪切力。该技术可提醒患者早期纠正行走姿势和方式,并评估和诊断DF溃疡。Najafi等<sup>[15]</sup>研究设计了附光纤传感器系统的智能袜,由5个嵌入式传感器的纤维编织而成,分别监测大脚趾、第一跖骨头、第五跖骨头、中足和足后的足底温度与压力,患者穿着智能袜后,可通过光学放大器和微处理器,对每个传感器的运动、温度和压力变化进行监控和存储。智能袜提高了识别有溃疡风险的足底点的敏感性和特异性,可用于DF的常规检查。此外,该种创新传感器可帮助专家快速评价卸载鞋对于减轻患者足底压力和剪切力的效果。未来可进一步优化OFS方案,在不同性别和年龄组患者个体中验证其功能。

1.1.3 基于数字成像技术的足部远程监测 Yap等<sup>[16]</sup>研究了一种用于评估和监测DF的标准化数字图像采集的移动应用程序,其Jaccard相似性指数(Jaccard similarity index, JSI)为0.89~0.91,证明了该技术具有较高可靠性,在未来,标准化的足底照片结合先进的计算机视觉算法,可监测DF的足部形状、质地、颜色等变化。Wang等<sup>[17]</sup>开发了一个分析伤口图像的应用程序,能够在图像捕捉盒的帮助下捕捉伤口图像,并能检测伤口边界和确定愈合状

【收稿日期】 2020-11-20 【修回日期】 2021-02-26  
【基金项目】 湖南省自然科学基金项目(2019JJ40469); 护理学湖南省重点实验室(2017TP1004)  
【作者简介】 伍莎, 硕士在读, 护士, 从事慢病护理研究  
【通信作者】 易琦峰, 电话: 0731-88618462

态。Ploderer等<sup>[18]</sup>开发的新的手机应用程序“My Foot Care”,通过使用手机足底照片和跟踪功能提供的客观DF溃疡大小数据来监控其进展,被证实具有一定可行性。高光谱成像技术的发展为可穿戴设备的运用提供更精准支持,该技术可根据测量的氧合血红蛋白和脱氧血红蛋白水平来评估溃疡处或附近的组织氧合,应用于预测DF溃疡愈合<sup>[19]</sup>。高光谱成像作为DF诊断和监测工具的应用仍处于起步阶段,需行临床有效性研究。此外,高光谱成像目前是一种实验性且昂贵的技术,仅在临床环境中进行研究,在家庭环境下的应用尚未开发。

总之,通过移动健康设备监测DF患者足部温度变化,足部压力和溃疡伤口情况,有利于预测或减少足溃疡发生风险。但不同仪器间的监测敏感性和数据测量的可重复性,还需要在未来研究中进一步验证。

### 1.2 提高自我管理能力

DF常迁延不愈,积极的居家自我行为管理是患者院外管理亟待落实的关键性问题,包括控制血糖、足部日常护理、正确的鞋袜选择、个性化锻炼等。

#### 1.2.1 基于网络的自我管理软件

Ferreira等<sup>[20]</sup>开发了一个基于网络的DF自我管理足踝运动软件,网页内容包括足部自我评估、足部护理、定制足踝运动以增强肌肉、增加运动范围和改善功能三大方面,可根据患者不同情况制定个性化治疗方案,该软件基于专家和用户的高度一致性,被认为具有预防糖尿病多发性神经病并发症的潜力,应用于DF患者自我监测和个性化足踝锻炼。Parmanto等<sup>[21]</sup>开发了一个移动应用程序,以支持DF患者的足部皮肤状况监测、足部护理咨询和足部自我护理,结果显示,该软件可提高患者的自我管理水平,同时促进患者和医护人员的沟通等。Kilic等<sup>[22]</sup>开发了一款具有沟通功能、远程监测患者信息的手机APP,通过手机APP对患者进行足部护理教育、随访及指导,6个月后患者知识、行为和自我效能明显提升。

研究<sup>[9]</sup>发现,优化APP的人机交互设计,如直观易用的互动界面、易于阅读理解的文本和敏感识别的点击区域等,可提高患者的积极性与满意度。如何结合DF患者的个人特质及具体情况对实施综合性、密集的教育干预方式具有重要意义。

#### 1.2.2 基于短信、微信的自我管理干预

短信和微信干预均因方便经济广泛应用于医疗保健领域。Ahmad等<sup>[23]</sup>的研究发现,通过手机短信提示DF患者每天进行自身足部健康监测与管理,内容包括足部自我检查、使用保湿霜等足部护理、合适鞋袜使用和适当修剪脚趾甲等,可提高DF患者的护理知识

知晓度,改善预防行为。Lazo-porras等<sup>[24]</sup>等利用短消息和语音信息形式的mHealth组件,提醒患者进行足部护理,可有效预防DF溃疡复发。覃雪梅等<sup>[25]</sup>基于微信平台对DF患者进行延续性护理干预,建立多学科管理小组,通过在微信群以文字、视频和图片或动画形式发送疾病知识内容,医患和病友之间加强互动,6个月后明显提高了DF患者的自我管理行为与自我效能,有助于预防糖尿病高危足。医护人员通过微信设置的定期复查提醒功能,给予患者及时就诊检查反馈,有助于了解患者病情进展,提高患者遵医行为及满意度,可作为一种延伸性医疗服务<sup>[26]</sup>。

### 1.3 实现远程会诊功能

#### 1.3.1 基于社交网络的远程会诊

Facebook为医生、护士和医疗保健机构提供了一个社交平台,患者可借助平台向DF患者及其照顾者分享个人经验和DF最新研究等方面真实有用的足部保健信息<sup>[27]</sup>。Orbita公司设计的Orbita Voice平台,通过智能语音技术结合编程的语音智能设备,指导患者或其护理者每天更换敷料,并评估溃疡前病变的足部温度,进行足部检查以防溃疡恶化,方便家庭管理DF。此外,语音设备可警示患者检查每天运动目标是否达标或负重运动超过可接受活动阈值<sup>[28]</sup>。Eva等<sup>[29]</sup>开发传统语言教育性视频对DF患者进行足部护理知识指导,将种族因素整合到传统语言中,以克服知识转移过程中的沟通障碍,其视频内容包括观察溃疡前征兆、修剪脚趾甲、穿袜子和检查鞋类等,结果表明在诊断为糖尿病并有DF风险患者中,使用DF护理教育视频可增强患者对DF护理知识的了解,以及早发现并预防DF溃疡风险。

#### 1.3.2 基于电子文档的远程会诊

交互式网络溃疡记录电子文档为医护人员提供了一个系统的工作过程,通过交互式网络溃疡记录和移动电话进行远程医疗咨询。Ge等<sup>[30]</sup>开发了利用采集终端、伤口描述、数据库及相关软件建立的伤口信息管理系统,Kolltveit等<sup>[31]</sup>利用基于网络的交互式溃疡记录电子文档使医生和护士更系统地进行伤口评估和记录,医护人员在足溃疡恶化期间对患者进行更全面的评估,有助于提供整体护理。Smith-strm等<sup>[32]</sup>在一项随机对照试验中发现,社区护士每周通过交互式网络溃疡记录方式进行远程医疗咨询,每6周与医疗专家进行咨询和沟通,结果与每两周到门诊进行溃疡伤口愈合治疗相比,远程医疗组截肢患者的比例明显降低,且提高了该医疗专业人员的伤口护理知识和技能。既能节省医患时间,又可提高医护人员专业技能,提升医患双方治疗满意度。未来可

通过多种 mHealth 设备帮助患者进行居家管理,更好实现多学科远程会诊功能,使患者参与 DF 长期管理更积极主动。

## 2 移动健康在糖尿病足延续护理应用中的问题及建议

2.1 提高远程监测的稳定性与普及率 临床实践指南<sup>[34]</sup>强调糖尿病患者每日足底测温应纳入标准预防保健,不同的病理表现出不同的测温表型,使得热数据更好地为适当的护理提供信息,未来可应用于基于温度监控的 DF 溃疡风险远程监控。远程医疗脚垫的应用,可帮助专家快速检查卸载鞋对于减轻剪切力和有害足底压力的效果,实现对各种类型的温度模式分类管理。但足底压力监测所需实验室设备较昂贵,识别足部解剖范围有限,远程监控仪器的敏感性和数据的准确性需进一步验证,需阐明提高低风险人群的分类准确性和实用性<sup>[10,12]</sup>。

2.2 完善移动医疗功能 DF 移动医疗与应用程序存在功能待完善、样本量小、干预时间短等问题,且老年人和低收入人群手机拥有率低,足部护理准确性尚未得到评估验证,但多种干预方式结合如语音识别技术结合便捷式设备促进及时干预为未来趋势,APP 功能也需进一步完善,如识别、分类 DF 高危患者干预的技术,开展个性化指导与健康教育,以满足不同需求患者。

2.3 建立多学科多方式联合的远程医疗体系 DF 指南推荐的 MDT 诊疗模式<sup>[33]</sup>强调各学科间的密切合作。基于移动医疗的远程会诊比医院诊疗更具挑战性,存在技术及知识应用等方面障碍,建议加强医护人员之间有效沟通,制定 mHealth 实践指南,鼓励多学科合作,如临床医生、足科医生、营养师、护士等<sup>[34]</sup>。激励患者或护理人员采取有效策略,提高足部评估的有效性与会诊效率;安排患者与足病医生、营养科医生及时预约等。

2.4 提高患者使用依从性 移动医疗对 DF 患者要求较高,如要求患者保持细致的记录,依赖患者识别警报和触发干预等<sup>[12]</sup>,工作流程较繁琐。DF 患者多为老年人群,存在不同程度的行动障碍,管理智能手机方面灵活性较低<sup>[35]</sup>;拍摄伤口照片时行动受限;缺乏使用 APP 的经验,导致不喜欢使用智能手机;当患者依从性降低时,无法确保每一次警报都能成功与患者沟通,也影响移动医疗的干预效果。因此,建议针对人群特点,加强设备使用、伤口护理和图像拍摄等知识和技术方面培训,使用过程中与患者积极互动。此外开发者应考虑移动医疗的推送形式和内容,使用大字体字体,明亮清晰的屏幕移动应用程序,提供合适远程监测方案,以促进 mHealth

顺利应用于 DF 延续护理<sup>[36]</sup>。

## 3 小结

DF 是糖尿病最具破坏性的并发症之一,在人们的躯体、心理和家庭均造成较大影响。mHealth 在 DF 延续护理尤为重要。mHealth 通过各种远程监测技术、APP、社交媒体和短信平台等可实现远程监测,提高自我管理能力和远程会诊功能。基于 mHealth 在 DF 延续护理应用中的问题,提出提高远程监测的稳定性与普及率、完善移动医疗功能、建立多学科多方式联合的远程医疗体系和提高患者使用依从性建议,构建适合我国 DF 患者的 mHealth 延续护理模式是本研究进一步探索的方向。

【关键词】 移动健康;糖尿病足;疾病管理

doi: 10.3969/j.issn.1008-9993.2021.03.013

【中图分类号】 R473.5 【文献标识码】 A

【文章编号】 1008-9993(2021)03-0053-04

### 【参考文献】

- [1] JEFFCOATE W J, VILEIKYTE L, BOYKO E J, et al. Current Challenges and Opportunities in the Prevention and Management of Diabetic Foot Ulcers[J]. Diabetes Care, 2018, 41(4): 645-652.
- [2] 中华医学会糖尿病学分会, 中华医学会感染病学分会, 中华医学会组织修复与再生分会, 等. 中国糖尿病足防治指南(2019 版)(D)[J]. 中华糖尿病杂志, 2019, 11(2): 92-108.
- [3] INGELFINGER J R, ARMSTRONG D G, BOULTON J M, et al. Diabetic Foot Ulcers and Their Recurrence[J]. N Engl J Med, 2017, 376(24): 2367-2375.
- [4] 齐梦影, 田刻平, 严谨, 等. 糖尿病足早期预防干预措施的研究进展[J]. 解放军护理杂志, 2018, 35(23): 42-46.
- [5] LI L, CHEN J, WANG J, et al. Prevalence and risk factors of diabetic peripheral neuropathy in type 2 diabetes mellitus patients with overweight/obese in Guangdong province, China[J]. Prim Care Diabetes, 2015, 9(3): 191-195.
- [6] BUS S A, LAVERY L A, MONTERIRO-SOARE 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): 1-18.
- [7] 冉兴无. 用指南规范医疗行为, 进一步降低我国糖尿病足的截肢率[J]. 中华糖尿病杂志, 2019, 11(2): 81-82.
- [8] GEE P M, GREENWOOD D A, PATERNITI D A, et al. The ehealth enhanced chronic care model: a theory derivation approach[J]. J Med Internet Res, 2015, 17(4): 86-103.
- [9] MARQUES A D B, MOREIRA T M M, JORGE T V, et al. Usability of a mobile application on diabetic foot self-care[J]. Rev Bras Enferm, 2020, 73(4): 1-6.
- [10] HAZENBERG C E V B, STEGGE W B A D, BAAL S G V, et al. Telehealth and telemedicine applications for the diabetic foot: a systematic review[J]. Diabetes, 2020, 36(3): 1-34.
- [11] 刘娜, 王杰, 陈丹丹, 等. 移动健康干预在孕期体重质量管理中应用的研究进展[J]. 中国护理管理, 2018, 18(5): 674-677.
- [12] FRYKBERG R G, GORDON I L, REYZELMAN A M, et al. Feasibility and efficacy of a smart mat technology to predict de-

- velopment of diabetic plantar ulcers[J]. *Diabetes Care*, 2017, 40(7):973-980.
- [13] ARTS L, DE NEVE J, BAHARLOU S, et al. Assessing diabetic foot infections with the thermoscale; a comparative thermometry device designed as a patient self-screening tool[J]. *Int J Low Extrem Wounds*, 2020, 8(6):1-5.
- [14] TAVARES C, DOMINGUES M, ANSELMO F N, et al. Gait Shear and Plantar Pressure Monitorin: A Non-Invasive OFS Based Solution for e-Health Architectures[J]. *Sensors*, 2018, 18(5):1-16.
- [15] NAJAFI B, MOHSENI H, GREWAL G S, et al. An optical-fiber-based smart textile (smart socks) to manage biomechanical risk factors associated with dia-betic foot amputation[J]. *Diabetes Sci Technol*, 2017, 11(4):668-677.
- [16] YAP M H, CHATWIN K E, NG C C, et al. A new mobile application for standardizing diabetic foot images[J]. *J Diabetes Sci Technol*, 2018, 12(1):169-173.
- [17] WANG L, PEDERSEN P C, Strong D M, et al. Smartphone-based wound assessment system for patients with diabetes[J]. *IEEE Trans Biomed Eng*, 2015, 62(2):477-488.
- [18] PLODERER B, BROWN R, LSD S, 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):1-52.
- [19] WEINGARTEN M S, SAMUEL J A, NEIDRAUER M, et al. Diffuse near-infrared spectroscopy prediction of healing in diabetic foot ulcers; a human study and cost analysis[J]. *Wound Repair Regen*, 2012, 20(6):911-917.
- [20] FERREIRA J S S P, SACCO I C N, SIQUEIRA A A, et al. Rehabilitation technology for self-care; Customised foot and ankle exercise software for people with diabetes[J]. *PLoS ONE*, 2019, 14(6):1-15.
- [21] PARMANTTO B, PRAMANA G, DAIHUA X Y, et al. Development of mHealth system for supporting selfmanagement and remote consultation of skincare [J]. *BMC Med Inform Decis Mak*, 2015, 30(15):114-118.
- [22] KILIC M, KARADAG A. Developing and evaluating a mobile foot care application for persons with diabetes mellitus; a randomized pilot study[J]. *Wound Manag Prev*, 2020, 66(10):29-40.
- [23] AHMAD M, SEYED M A, MAHIN S, et al. The effect of short message service (SMS) on knowledge and preventive behaviors of diabetic foot ulcer in patients with diabetes type 2[J]. *Diabetes Metab Syndr*, 2019, 13(2):1255-1260.
- [24] LAZO-PORRAS M, BERNABE-ORTIZ, 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.
- [25] 覃雪梅, 刘洁, 吴金玲, 等. 基于微信平台的延续性护理对糖尿病足患者自我管理行为及自我效能的影响[J]. *国际护理学杂志*, 2020, 39(5):954-957.
- [26] 郑亚华, 陈鸿尔, 张天华, 等. 病友支持团队管理在 2 型糖尿病患者居家自我管理中的应用[J]. *中国护理管理*, 2014, 14(9):936-938.
- [27] ALQARNI Z A, YUNUS F, HOUSEH M S. Health information sharing on facebook; an exploratory study on diabetes mellitus [J]. *J Infect Public Health*, 2016, 9(6):708-712.
- [28] BASATNEH R, NAJAFI B, ARMSTRONG D G. Health sensors, smart home devices, and the internet of medical things; an opportunity for dramatic improvement in care for the lower extremity complications of diabetes [J]. *J Diabetes Sci Technol*, 2018, 12(3):577-586.
- [29] EVA A A, SALDY Y, EIY L S, et al. Development and evaluation educational videos of diabetic foot care in traditional languages to enhance knowledge of patients diagnosed with diabetes and risk for diabetic foot ulcers[J]. *Prim Care Diabetes*, 2020, 14(2):104-110.
- [30] GE K, WU M, LIU H, et al. Wound documentation by using 3G mobile as acquisition terminal; an appropriate proposal for community wound care[J]. *Int J Low Extrem Wounds*, 2015, 14(3):200-203.
- [31] KOLLTVEIT B-CH, THORNE S, GRAU M, et al. Telemedicine follow-up facilitates more comprehensive diabetes foot ulcer care; a qualitative study in home-based and specialist health care [J]. *J Clin Nurs*, 2018, 27(6):1-33.
- [32] SMITH-STRM H, IGLAND J, STBYE T, et al. The effect of telemedicine follow-up care on diabetes-related foot ulcers: a cluster-randomized controlled noninferiority trial [J]. *Diabetes Care*, 2018, 41(1):96-103.
- [33] BUS S A, VANNETTEN J J, LAVERY L A, et al. IWGDF guidance on the prevention of foot ulcers in at-risk patients with diabetes [J]. *Diabetes Metab Res Rev*, 2016, 32(S1):16-24.
- [34] KOLLTVEIT B C H, GJENGEDAL E, GRAUE M, et al. Conditions for success in introducing telemedicine in diabetes foot care; a qualitative inquiry[J]. *BMC Nurs*, 2017(16):2-10.
- [35] WILDENBOS A, PEUTE L, JASPERS M. Aging barriers influencing mobile health usability for older adults; a literature based framework (MOLD-US) [J]. *Int J Med Inform*, 2018, 114(6):66-75.
- [36] ISAKOVI M, SEDLAR U, VOLK M, et al. Usability pitfalls of diabetes mHealth apps for the elderly[J]. *J Diabetes Res*, 2016, 29(2):1-9.

(本文编辑:沈园园)

欢迎登陆《解放军护理杂志》投稿平台

<http://cpnj.smmu.edu.cn>