

柔性可穿戴设备用于慢性伤口处理的研究进展

杨扬¹, 陈德凤², 彭婉琳³, 董旭辉⁴, 李蓓⁴, 李佳宝⁴, 何梦欣⁴

摘要: 柔性可穿戴设备在慢性伤口处理中的优势集中于动态监测、按需治疗、远程协作等方面, 具有降低慢性伤口管理成本, 提升慢性伤口护理效率等作用。该文对柔性可穿戴设备的概念, 其在慢性伤口状态监测、治疗方面的应用现状及其面临的问题进行综述, 分析在国内慢性伤口患者中推广柔性可穿戴设备所面临的问题, 旨在为提升慢性伤口的护理质量提供借鉴。

关键词: 慢性伤口; 柔性可穿戴设备; 伤口护理; 伤口监测; 伤口愈合; 综述文献

中图分类号: R472.9 **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2025.04.111

Research progress of flexible wearable devices in chronic wound management Yang

Yang, Chen Defeng, Peng Wanlin, Dong Xuhui, Li Bei, Li Jiabao, He Mengxin. School of Nursing, Youjiang Medical University For Nationalities, Baise 533000, China

Abstract: The advantages of flexible wearable devices in chronic wound management primarily lie in their capability for dynamic monitoring, on-demand treatment, and remote collaboration, which contribute to reducing the costs associated with managing chronic wounds and improving the efficiency of care. This paper provides a comprehensive review of the concept of flexible wearable devices, their applications in the status monitoring and treatment of chronic wounds, and the challenges encountered. It also analyzes the difficulties faced in the domestic promotion of these devices among patients with chronic wounds, aiming to offer insights for enhancing the quality of care in this field.

Keywords: chronic wounds; flexible wearable devices; wound care; monitoring of wounds; wound healing; review

慢性伤口是指经至少 1 个月的正规治疗仍未愈合且无愈合迹象的伤口^[1]。据统计, 慢性伤口的发生率为 2.21%^[2], 美国约有 670 万例慢性伤口患者^[3], 每年给医疗系统带来约 250 亿美元的经济负担^[4], 而中国每年的慢性伤口患者约为 3 000 万例, 人均医疗花费约为 55 960 元^[5]。研究显示, 老年人是我国慢性伤口患病比例最多的人群, 随着老年人口的增多, 慢性伤口患者的数量正在逐渐增加^[6]。近年来随着材料科学、人工智能的飞速发展, 柔性可穿戴设备为慢性伤口治疗提供了新的选择。柔性可穿戴设备是集成伤口治疗与监测于一体的闭环系统, 可不受时空限制, 为慢性伤口患者提供持续精准伤口评估、伤口状态监测, 并提供个性化治疗方案, 以加速慢性伤口愈合、提升治疗效率^[7]。但由于柔性可穿戴设备尚处于起步阶段, 在应用中还存在着诸如生物安全性未知、载药剂量有限、应用成本高等问题。因此, 本文综述了柔性可穿戴设备的基本概念及在慢性伤口监测与治疗中的应用进展, 旨在为未来优化柔性可穿戴设备设计提供参考。

1 柔性可穿戴设备概述

柔性可穿戴设备是指将传感设备与柔性材料相结合, 使用者可直接穿戴在身上的电子设备^[8], 其具

有弹性模量低、应变传感功能优异等特点^[9]。目前柔性可穿戴设备根据基底材质不同, 主要分为弹性体基、纸基、织物基和凝胶基 4 种类型^[10]。与传统可穿戴设备相比, 柔性可穿戴设备的核心优势在于能够融合生物传感技术、微电子技术和通讯技术等多学科技术, 为慢性伤口的实时监测和个性化治疗提供技术支持^[11]。这种创新性的治疗方式, 将伤口护理从传统被动干预转为主动和智能化的个性治疗, 为慢性伤口管理提供了新途径。通过结合跨学科的先进技术, 柔性可穿戴设备不仅提高了慢性伤口的治疗效果, 同时也提升了患者的生活质量。随着该类设备在设计和功能上的持续优化, 有望在未来成为伤口护理领域的重要工具。

2 柔性可穿戴设备应用于慢性伤口监测

2.1 监测伤口 pH 值 监测慢性伤口的 pH 值对于及时发现感染并评估愈合进程至关重要。早期感染通常难以通过肉眼识别, 导致许多患者延迟就诊, 错失最佳治疗时机, 进而可能引发严重并发症^[12-13]。实时监测技术使得医护人员能够及时评估伤口愈合进度并据此调整治疗和护理方案^[14]。Zhang 等^[15]基于柔性聚氨酯基底和球面镜双光聚合技术研发的全息 pH 传感伤口绷带, 能够通过颜色变化实时反映 pH 值, 可通过肉眼或智能手机摄像头实时查看, 该绷带克服传统传感器的质量、体积以及视角限制等问题, 使伤口 pH 值的监测更加方便快捷。为减少残留渗液对测量准确性的影响, Iversen 等^[16]在基于单壁碳纳米管皮肤贴片传感器中加入了水合传感器, 以确保

作者单位: 1. 右江民族医学院护理学院(广西 百色, 533000); 2. 广西壮族自治区人民医院胃肠·疝·肠痿外科; 3. 成都市第七人民医院; 4. 广西中医药大学护理学院

通信作者: 陈德凤, de_feng_chen@163.com

杨扬, 男, 硕士在读, 学生, 1318269925@qq.com

收稿: 2024-09-06; 修回: 2024-11-18

所监测到的数值来自伤口渗液,结果表明,该设备对 pH 测量具有高灵敏度。与电化学传感器不同,Seo 等^[17]基于甲萘酚酞设计的色变传感器可直接应用在纱布、袜子等棉纺织品上,在生产时仅需将甲萘酚酞溶解于溴化十六烷基三甲基铵,后将棉纺织品浸入其中即可制备该传感器,能在 pH 值 6~9 通过颜色变化直观显示 pH 变化。该设备可以直接用自来水清洗,极大地提升该传感器的可用性。目前,监测慢性伤口 pH 值是柔性可穿戴设备发展最为成熟的应用方向,伤口护理人员可通过动态监测 pH 值,及时调整护理方案,提升伤口护理效率^[18]。

2.2 其他生理数据的监测 慢性伤口治疗中,对温度、尿酸、乳酸和一氧化氮等生理指标的监测同样关键,伤口处生理指标的变化能够明确地反映伤口感染状态、炎症程度及愈合进程^[19-24]。Pal 等^[25]基于水凝胶膜超疏液研发了一款纸基智能绷带,该设计将可穿戴的恒电位仪与智能绷带组合,通过循环伏安法和计时电流法量化伤口处的 pH 值和尿酸水平,并通过无线的方式向医护人员实时报告伤口状况,绷带的内置电池可使用 7 d,在治疗结束时绷带可以直接进行焚烧处理而恒电位仪可拆卸消毒,极大地节约了使用成本,提升了临床应用的可行性。Simoska 等^[26]基于柔性基质利用碳超微电极阵列设计了一款柔性可穿戴设备,通过电化学传感器监测伤口处的一氧化氮、尿酸和绿脓菌素水平,该设备使用纸基智能绷带和方波伏安法评估了柔性碳超微电极阵列在模拟伤口介质中的电化学性能,并确定了各分析物的检测极限和线性动态范围,结果显示柔性碳超微电极阵列作为可穿戴传感器,具有实时监测慢性伤口愈合过程的潜力,有助于及时干预和制定更有效的治疗策略。不同于仅具监测能力的设备,Kalasin 等^[27]基于 Mxene 水凝胶设计了一款通过监测伤口电压差的变化而预测组织愈合的柔性可穿戴设备,通过集成射频识别标签和近场通信技术,实现了与传感器的无缝对接以及无需传统电池供电的创新设计,从而降低了运行成本以及频繁接触伤口而导致感染的风险。该设备根据不同 pH 条件下的电压和电流响应,使用有限元方法模拟伤口修复过程中表皮和真皮层的电势分布以及伤口在不同愈合阶段的电压差变化,结合量子力学与分子力学方法模拟敷料中氢离子的迁移路径,以及其与皮质类固醇和胶原蛋白的相互作用,揭示氢离子在伤口愈合过程中的作用。然而,伤口数值容易受到周围环境的影响,进而需要对检测算法进行适时调整以确保测量精度,未来设计者可将机器学习算法引入柔性可穿戴设备的设计中^[28]。基于金属传感器的可穿戴设备在监测过程中的精确度容易被伤口渗液及传感器分布位置所影响,未来设计者可利用机器学习等人工智能算法,将伤口环境或传感器位置分布所带来的测量误差进行校正,提高伤口监测的精确度。

3 柔性可穿戴设备应用于慢性伤口治疗

3.1 电刺激 目前已有研究证实,伤口处电刺激具有清除自由基、改善伤口再上皮化、促进血管生成、减轻炎症的作用^[29]。而传统的电刺激设备需要埋入皮下和经皮导联,具有很高的感染风险,且需要二次手术才能取出电极,这极大地制约了电刺激设备在临床的推广,而基于柔性电刺激器的可穿戴设备可以避免电刺激应用时的侵入性操作^[30]。Jiang 等^[31]设计了一款由柔性印刷电路板、微控制器单元、传感器和刺激器组成的柔性可穿戴设备,集成传感器和刺激器,其可实时显示伤口电阻和温度数据,伤口护理人员可根据伤口处电阻和温度数据的变化决定是否进行电刺激。结果表明,与仅使用无菌伤口敷料的对照组相比,治疗组的愈合速度提升 25%,真皮重塑增强 50%。电刺激已被证明能有效地促进慢性伤口愈合,但是由于缺少与传感器监测数值的互动,不能自动根据伤口情况来进行治疗,需要伤口护理人员根据伤口处生理数据决定是否对伤口进行电刺激。未来的研究者应将传感器与治疗设备相结合,使治疗设备自动识别伤口处生理数据对伤口进行按需治疗,完成伤口治疗与监测的闭环。

3.2 药物递送 抗生素直接局部应用于伤口创面,会使得药物爆破式释放,不仅抗菌效果短暂,不良反应还会损害伤口处正常组织,且更有可能造成细菌耐药,因此,开发具有良好抗菌性能和智能响应型持续释放的抗菌敷料已成为当今生物医学领域的研究热点^[32]。Pang 等^[33]研发了一款创新的双层结构智能敷料,其通过集成传感器实时监测创面温度,当伤口温度升高,温度控制模块控制紫外线发光二极管发射紫外线,触发下层水凝胶释放抗生素,以达到抑制感染的作用。此外,通过蓝牙模块敷料能将伤口状况无线传输,实现对伤口愈合进程的动态监测。该集成敷料具有良好的灵活性、兼容性、较高的监测灵敏度和耐用性,能实时监测伤口状态,监测细菌感染,根据需要提供有效的治疗。虽然目前柔性可穿戴设备可以基于敏感性水凝胶释放药物,但是由于载药量受到设备尺寸限制,载药量不足以及如何保持药物活性和控制给药剂量仍是柔性可穿戴设备领域目前亟待解决的难题,未来可提升药物递送效率、提升制剂中的药物含量,使柔性可穿戴设备更好地服务于患者。

3.3 电刺激联合药物递送 慢性伤口治疗过程中各种治疗方法并不是孤立存在,而是需要根据患者的具体情况进行选择和联合应用,以达到最佳的治疗效果^[34]。集成多种功能的柔性可穿戴设备在慢性伤口治疗领域逐渐受到关注。Sun 等^[35]设计了一款柔性可穿戴设备,该设备使用压电材料聚偏二氟乙烯作为自供电体系,将负载盐酸万古霉素的羟基化碳纳米管作为电场药物释放系统,为了提升药物释放的效率,

研究者通过水洗处理构建多孔结构,为药物释放提供通道的同时,提高材料压电响应面面积,促进抗菌药物的高效释放,结果表明在该电场的控制下药物释放率为 88.57%,大鼠皮肤缺损感染伤口愈合率是单独电刺激的 1.26 倍。Shirzaei 等^[36]基于电敏感性水凝胶研发了一款集成伤口状态监测,药物释放和电刺激的一款柔性可穿戴设备,该设备配备了温度、pH 值、铵、葡萄糖、乳酸和尿酸传感器,根据伤口处生理数值的变化,伤口治疗人员可以主动控制水凝胶释放药物以及对伤口处进行电刺激,研究者将小鼠分为 4 组,空白对照组、药物递送组、电刺激组和药物递送与电刺激联合治疗组,结果表明,与空白对照组相比,治疗组小鼠的伤口闭合率明显更高,而联合电刺激与药物递送的治疗组伤口闭合率最高,胶原蛋白沉积率和肉芽组织形成率也最高。

3.4 渗液管理 有效的渗液管理对促进伤口愈合至关重要^[37]。Ge 等^[38]基于 Janus 薄膜和热敏水凝胶技术,开发了一款集渗液管理和按需释放药物为一体的柔性可穿戴敷料。它可以实现伤口渗液管理和按需伤口治疗的有效协同,该敷料由两部分组成,伤口贴片和配备 NFC 天线的柔性电路。伤口贴片的伤口渗出液管理模块可以实现液体的自泵送和储存,传感模块可以同时监测伤口的温度和湿度,为感染性伤口的诊断和药物释放提供参考,通过电压控制液态金属加热电路,实现热敏水凝胶微球按需释放药物。此外,敷料的模块化设计降低了维护成本,并使其能够适应不同大小的伤口。研究者还特别开发了配对应用程序,不仅能够记录、分析数据,还能远程控制药物的释放过程。闭环智能伤口敷料可以连续监测温度和湿度信息,并根据伤口情况提供按需给药反馈,在加速伤口愈合、促进组织再生、促进胶原蛋白沉积等方面发挥重要作用。如今 Janus 薄膜和敏感性水凝胶等新型材料已在慢性伤口领域取得了显著成果^[39],未来研究者可将新型材料与其他传感器和药物递送系统相结合,以开发更智能的伤口敷料,提升临床伤口护理的质量。

4 挑战与展望

4.1 优化设计 尽管柔性可穿戴设备为慢性伤口治疗提供了新的选择,但实际应用仍面临诸多挑战。目前,柔性可穿戴设备大多处于研发和动物实验阶段,其在人体上的长期安全性和效果未得到充分验证。传感器在监测伤口生理数值和药物递送的敏感性方面也容易受到温度、pH 值、伤口渗液等伤口环境的影响,此外,传感器电池寿命有限,充电方式不便等因素都制约着柔性可穿戴设备的临床推广^[40]。未来的研究需要集中在提高设备的安全性、稳定性、准确性和用户友好性上,同时应探索更有效的电池续航技术和充电解决方案,以提高柔性可穿戴设备的可应用性和

推广性。

4.2 数据处理与分析 在柔性可穿戴设备的应用中,连续和个性化的医疗监测数据已被证明优于使用间歇性临床数据的治疗效果^[41]。尽管可穿戴设备在收集医疗数据方面展现出巨大潜力,但当前在数据处理和隐私保护方面仍面临挑战^[42],这主要是因为原始的传感器数据通常由设备供应商持有,而处理后的医疗信息则归医疗机构所有。在实际应用中,这种分割的数据管理方式使患者难以直接掌握和了解健康数据,进而影响数据的透明度和患者的参与度。未来研究者可加入数字健康顾问系统^[43],帮助患者解决使用过程中遇到的技术问题,解释临床数据的含义等以及由患者决定数据的使用,将保护数据的安全性和提升数据的透明度相平衡。

4.3 经济效益 在制作过程中,柔性可穿戴设备由于制作工艺复杂,部分原材料昂贵,使用次数有限等原因导致其成本过高难以向临床转化,给患者或消费者带来高额的费用^[44]。降低柔性可穿戴设备的成本,能有效地促进其在临床的推广。随着人工智能和材料科学的发展,未来科研人员可借助 3D 打印、光刻技术、生成式 AI 等技术降低制造与设计成本。深入研究生物材料,研发出生物相容性更高的柔性可穿戴产品,延长设备使用时间,并提升其回收利用的效率,降低废弃设备对环境的污染,促使其向临床转化,使之更好地服务于伤口护理。

5 小结

柔性可穿戴设备凭借其灵活性、便捷性等优势逐渐受到人们的关注。这些设备通过伤口状态监测、电刺激、药物递送等功能,为慢性伤口的治疗提供了新的选择,也大幅提升了慢性伤口治疗的效率,减轻了反复治疗为患者带来的痛苦。然而,其应用过程还存在一系列问题,如由于材料的限制性、伤口数据处理的复杂性,以及如何保持封装药物的活性等,加上缺少测量伤口三维数据的设备和尚不成熟的医疗数据存储和处理体系,限制了其广泛应用。此外,当前柔性可穿戴设备尚停留在初步发展阶段,而慢性伤口的治疗时间较长,与人体长期接触的安全性尚未得知。未来研究者应聚焦提升柔性可穿戴设备的抗菌效率和生物安全性,同时,引入数字健康顾问系统及时向患者解释治疗过程和医疗数据,从而提升治疗的透明度和参与度。柔性可穿戴设备的发展有望进一步优化治疗方式,为患者提供更有效、更个性化的护理服务。

参考文献:

[1] Jia X, Dou Z, Zhang Y, et al. Smart responsive and controlled-release hydrogels for chronic wound treatment [J]. *Pharmaceutics*, 2023, 15(12): 2735.

[2] Gethin G, Probst S, Stryja J, et al. Evidence for person-centred care in chronic wound care: a systematic review

- and recommendations for practice[J]. *J Wound Care*, 2020, 29(Sup9b): S1-S22.
- [3] Fife C E, Carter M J. Wound care outcomes and associated cost among patients treated in US outpatient wound centers; data from the US wound registry[J]. *Wounds*, 2012, 24(1): 10-17.
- [4] Olsson M, Järbrink K, Divakar U, et al. The humanistic and economic burden of chronic wounds; a systematic review[J]. *Wound Repair Regen*, 2019, 27(1): 114-125.
- [5] Fu X. State policy for managing chronic skin wounds in China[J]. *Wound Repair Regen*, 2020, 28(4): 576-577.
- [6] 孟浩, 苏建隆, 王睿, 等. 889 例体表慢性难愈合创面住院患者临床流行病学研究[J]. *解放军医学院学报*, 2022, 43(3): 253-258.
- [7] Farahani M, Shafiee A. Wound healing: from passive to smart dressings[J]. *Adv Healthc Mater*, 2021, 10(16): e2100477.
- [8] 刘丰, 韩京龙, 齐骥, 等. 智能可穿戴设备的研究和应用进展[J]. *分析化学*, 2021, 49(2): 159-171.
- [9] 杨玲玲, 张西正, 胡家庆, 等. 柔性可穿戴生理监测设备的研究与应用现状[J]. *医疗卫生装备*, 2017, 38(5): 118-122, 128.
- [10] 孟兰, 杨春卿, 刘希臣, 等. 可穿戴柔性电子应变传感器进展及其应用研究[J]. *电子元件与材料*, 2024, 43(1): 14-22.
- [11] Wang C, Sani E S, Gao W. Wearable Bioelectronics for chronic wound management[J]. *Adv Funct Mater*, 2022, 32(17): 2111022.
- [12] Siaw-Sakyi V. Early wound infection identification using the WIRE tool in community health care settings; an audit report[J]. *Br J Community Nurs*, 2017, 22(Sup12): S20-S27.
- [13] 王一如, 白姣姣. 微环境 pH 值对慢性创面愈合影响的研究进展[J]. *护理学杂志*, 2023, 38(19): 121-124.
- [14] Negut I, Grumezescu V, Grumezescu A M. Treatment strategies for infected wounds[J]. *Molecules*, 2018, 23(9): 2392.
- [15] Zhang Y, Hu Y, Montelongo Y, et al. A conformable holographic sensing bandage for wound monitoring[J]. *Adv Funct Mater*, 2024, 34(16): 2308490.
- [16] Iversen M, Monisha M, Agarwala S. Flexible, wearable and fully-printed smart patch for pH and hydration sensing in wounds[J]. *Int J Bioprint*, 2022, 8(1): 447.
- [17] Seo H S, Lim H, Lim T, et al. Facile and cost-effective fabrication of wearable alpha-naphtholphthalein-based halochromic sensor for wound pH monitoring[J]. *Nanotechnology*, 2024, 35(24): 245502.
- [18] Tang N, Zheng Y, Jiang X, et al. Wearable sensors and systems for wound healing-related pH and temperature detection[J]. *Micromachines (Basel)*, 2021, 12(4): 430.
- [19] Power G, Moore Z, O'Connor T. Measurement of pH, exudate composition and temperature in wound healing; a systematic review[J]. *J Wound Care*, 2017, 26(7): 381-397.
- [20] Derwin R, Patton D, Strapp H, et al. Wound pH and temperature as predictors of healing; an observational study[J]. *J Wound Care*, 2023, 32(5): 302-310.
- [21] Nery R A, Kahlow B S, Skare T L, et al. Uric acid and tissue repair[J]. *Arq Bras Cir Dig*, 2015, 28(4): 290-292.
- [22] Britland S, Ross-Smith O, Jamil H, et al. The lactate conundrum in wound healing; clinical and experimental findings indicate the requirement for a rapid point-of-care diagnostic[J]. *Biotechnol Prog*, 2012, 28(4): 917-924.
- [23] Lindley L E, Stojadinovic O, Pastar I, et al. Biology and biomarkers for wound healing[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2016, 138(3 Suppl): 18S-28S.
- [24] Williams D E, Boon E M. Towards understanding the molecular basis of nitric oxide-regulated group behaviors in pathogenic bacteria[J]. *J Innate Immun*, 2019, 11(3): 205-215.
- [25] Pal A, Goswami D, Cuellar H E, et al. Early detection and monitoring of chronic wounds using low-cost, omniphobic paper-based smart bandages[J]. *Biosens Bioelectron*, 2018, 117: 696-705.
- [26] Simoska O, Duay J, Stevenson K J. Electrochemical detection of multianalyte biomarkers in wound healing efficacy[J]. *ACS Sensors*, 2020, 5(11): 3547-3557.
- [27] Kalasin S, Sangnuang P, Surareungchai W. Intelligent wearable sensors interconnected with advanced wound dressing bandages for contactless chronic skin monitoring; artificial intelligence for predicting tissue regeneration[J]. *Anal Chem*, 2022, 94(18): 6842-6852.
- [28] 王文君, 郑丽敏, 程泓宇, 等. 机器学习在可穿戴智能传感系统中的应用与进展[J]. *科学通报*, 2023, 68(34): 4630-4641.
- [29] 唐仲钰, 但年华, 陈一宁. 微电流促愈合的研究进展[J]. *中国生物医学工程学报*, 2024, 43(1): 117-128.
- [30] Wu P, Xu C, Zou X, et al. Capacitive-coupling-responsive hydrogel scaffolds offering wireless in situ electrical stimulation promotes nerve regeneration[J]. *Adv Mater*, 2024, 36(14): e2310483.
- [31] Jiang Y, Trotsyuk A A, Niu S, et al. Wireless, closed-loop, smart bandage with integrated sensors and stimulators for advanced wound care and accelerated healing[J]. *Nat Biotechnol*, 2023, 41(5): 652-662.
- [32] 尹祖秀, 黄婷婷, 王建英, 等. pH 响应型抗菌水凝胶伤口敷料的制备及促愈合性能[J]. *高分子材料科学与工程*, 2024, 40(4): 29-39.
- [33] Pang Q, Lou D, Li S, et al. Smart flexible electronics-integrated wound dressing for real-time monitoring and on-demand treatment of infected wounds[J]. *Adv Sci (Weinh)*, 2020, 7(6): 1902673.
- [34] Falanga V, Isseroff R R, Soulika A M, et al. Chronic wounds[J]. *Nat Rev Dis Primers*, 2022, 8(1): 50.
- [35] Sun Y, Tang Y, He Y, et al. A self-powered wound dressing based on "Lock-ON/OFF" drug release combined electric stimulus therapy for accelerated infected wound healing[J]. *Adv Funct Mater*, 2024, 34(16): 2315086.
- [36] Shirzaei Sani E, Xu C, Wang C, et al. A stretchable

wireless wearable bioelectronic system for multiplexed monitoring and combination treatment of infected chronic wounds[J]. *Sci Adv*, 2023, 9(12): eadf7388.

[37] 王玲, 胡爱玲. 伤口造口失禁专科护理[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018: 102-110.

[38] Ge Z, Guo W, Tao Y, et al. Wireless and closed-loop smart dressing for exudate management and on-demand treatment of chronic wounds [J]. *Adv Mater*, 2023; e2304005.

[39] 张波, 胡希丽, 曲丽君. 微流控纺丝技术及多元结构微流控纤维柔性可穿戴应用[J]. *复合材料学报*, 2023, 40(5): 2536-2549.

[40] Gong X, Yang J, Zheng Y, et al. Polymer hydrogel-based multifunctional theranostics for managing diabetic wounds[J]. *Adv Funct Mater*, 2024, 34(26): 2315564.

[41] Spatz E S, Ginsburg G S, Rumsfeld J S, et al. Wearable digital health technologies for monitoring in cardiovascular medicine[J]. *N Engl J Med*, 2024, 390(4): 346-356.

[42] Ginsburg G S, Picard R W, Friend S H. Key issues as wearable digital health technologies enter clinical care [J]. *N Engl J Med*, 2024, 390(12): 1118-1127.

[43] Perret S, Alon N, Carpenter-Song E, et al. Standardising the role of a digital navigator in behavioural health: a systematic review[J]. *Lancet Digit Health*, 2023, 5(12): e925-e932.

[44] 房东阳, 金义光. 可穿戴设备在药物递送中的研究进展[J]. *材料工程*, 2024, 52(8): 76-86.

(本文编辑 黄辉, 吴红艳)

儿童安宁疗护中共同决策的研究进展

徐婷¹, 王瑜婷¹, 李随¹, 马尉蓝¹, 封亚萍²

摘要: 儿童安宁疗护共同决策的实施可减少决策冲突和决策后悔, 提高决策参与度和护理满意度。本文通过对儿童安宁疗护共同决策实施的途径及步骤展开综述, 分析儿童安宁疗护共同决策实施的障碍, 并提出促进共同决策在儿童安宁疗护中实施的对策, 旨在为我国安宁疗护患儿实施共同决策提供参考。

关键词: 共同决策; 患儿; 生命限制性疾病; 儿童安宁疗护; 姑息护理; 实施途径; 障碍因素; 综述文献

中图分类号: R473.72; R48 **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2025.04.115

Research advances on shared decision-making in pediatric palliative care Xu Ting,

Wang Yuting, Li Sui, Ma Weilan, Feng Yaping. School of Nursing, Hangzhou Normal University, Hangzhou 311121, China

Abstract: The implementation of shared decision-making in pediatric palliative care can reduces decision conflict and decision regret, and increases participation in decision-making and satisfaction with care. This paper reviews the approaches and steps of implementing decision-making in pediatric palliative care, analyzes the barriers to the implementation of shared decision-making in pediatric palliative care, and proposes strategies to promote the implementation of shared decision-making in pediatric palliative care, aiming to provide scientific basis for the implementation of shared decision-making in pediatric palliative care in China.

Keywords: shared decision-making; pediatric patients; life limiting diseases; pediatric palliative care; implementation approach; barriers; literature review

据调查, 全球有 2 100 多万儿童受到生命限制性疾病的影响, 其中约 800 万例需要专门的安宁疗护服务^[1]。儿童安宁疗护(Pediatric Palliative Care, PPC) 也称儿童姑息护理^[2], 是指对患有生命受限性疾病的患儿及其家庭提供身体、心理、社会和精神方面的积极全面照护^[3-4]。其总体目标是使用整体的跨学科方法来优化生活质量, 并最大限度地减少患有生命受限性疾病的患儿的痛苦, 提高护理质量^[5]。儿童安宁疗护在国外已广泛开展, 而我国安宁疗护面临关注不足、机构缺乏和研究不充分的问题^[6]。研究表明, 大

多数家庭在面临关键选择时更偏向于采取共同决策的方式^[7], 并且共同决策通常被推荐为患有生命限制性疾病的儿童的理想决策方法^[8]。共同决策(Shared Decision Making, SDM)是指医患双方共同参与医疗决策的过程, 通过交换临床相关的选项、风险和益处等各种信息, 并充分考虑患者和家属的偏好、需求和价值观, 选择最佳适宜方案的决策模式^[9]。研究指出, 儿童安宁疗护共同决策的实施可减少决策冲突和决策后悔, 提高决策参与度和护理满意度^[10-13]。本文综述了儿童安宁疗护共同决策的实施途径、实施障碍, 并提出相关对策, 以期提高患儿及其父母的决策参与度、决策自我效能, 减少决策冲突和决策后悔, 提高儿童安宁疗护质量, 为今后促进我国儿童安宁疗护共同决策的临床实践提供参考。

1 儿童安宁疗护共同决策的实施

1.1 决策辅助工具 决策辅助工具是一种专门设计来促进患者积极参与临床决策的工具, 它通过提

作者单位: 1. 杭州师范大学护理学院(浙江 杭州, 311121); 2. 杭州师范大学附属医院
通信作者: 封亚萍, fengyaping3433@163.com
徐婷, 女, 硕士在读, 学生, 731050473@qq.com
科研项目: 浙江省医药卫生科技项目(2022KY963); 杭州市生物医药和健康产业发展扶持专项(2022WJC035)
收稿: 2024-09-06; 修回: 2024-11-16