

## • 综 述 •

新医科背景下智能手套技术在类风湿性关节炎手关节  
护理中的研究进展\*姜 珊, 华可凡, 黄 响, 类 倩, 侯思雨 综述, 邓慧琴 审核  
(安徽中医药大学, 安徽 合肥 230012)

**[摘要]** 类风湿性关节炎(RA)作为世界上十大最难治的慢性病之一,如何最常见的手关节护理尤为重要,密切影响患者的生活质量,如何减轻疼痛、维持功能和延缓退化正是手关节健康管理的关键。而当前新医科背景下医学科技迅速发展,基于数字化的智能手套在 RA 手关节的居家护理、健康管理等方面的结合应用逐渐广泛。该文就 RA 相关的智能手套进行系统总结和分析,以期为促进 RA 患者智慧化护理提供新思路 and 参考,为 RA 后续研究奠定基础。

**[关键词]** 手套; 类风湿性关节炎; 手关节; 护理; 智能监测; 综述

**DOI:**10.3969/j.issn.1009-5519.2024.12.030 **中图法分类号:**R593.22

**文章编号:**1009-5519(2024)12-2122-04 **文献标识码:**A

**Research and prospect of intelligent glove technology in rheumatoid hand joint  
care under the background of new medical sciences\***JIANG Shan, HUA Kefan, HUANG Xiang, LEI Qian, HOU Siyu, DENG Huiqin  
(Anhui University of Traditional Chinese Medicine, Hefei, Anhui 230012, China)

**[Abstract]** Rheumatoid arthritis(RA) is one of the ten most difficult chronic diseases in the world, among which the most common hand and joint care is particularly important, closely affecting the quality of life of patients. Among them, reducing pain, maintaining function and delaying degeneration are the key to the health management of hand joint. With the rapid development of medical science and technology under the current new medical background, digital intelligent gloves are gradually widely used in the combination of home care and health management of RA. This paper systematically reviewed and analyzed smart gloves related to RA, in order to provide new ideas and references for promoting intelligent care for patients with RA, and lay a foundation for follow-up research on RA.

**[Key words]** Smart gloves; Rheumatoid arthritis; Hand joints; Nursing; Intelligent monitoring; Review

类风湿性关节炎(RA)是一种慢性、以侵犯周围关节为主的风湿免疫性疾病,以腕、掌指、近端指间关节疼痛为早期常见症状,可致关节畸形、功能残疾<sup>[1]</sup>。据世界卫生组织统计,全球 RA 患病率达 0.3%~1.0%<sup>[2]</sup>,且 20~40 岁中青年多发,近年来年轻化趋势攀高。为降低患者致残率减轻家庭及社会负担,急需新思路、新方法积极来积极应对和突破。

自 2018 年教育部提出“四新”建设(新工科、新医科、新农科和新文科)以来,以数字、智能、精准为特点,综合运用多种新兴技术的新医科在慢性病领域受到了越来越多的关注<sup>[3]</sup>。其中,智能手套作为新医科浪潮下的重要产物,在 RA 的个性化治疗、健康管理、疾病干预服务等方面应用前景广阔。然而,关于智能手套国内外相关研究较少,医护人员和患者对其最新进展认知不足。因此,针对如何利用智能手套更好地服务 RA 患者值得探讨。

## 1 智能手套在 RA 手关节护理中的功能设计

### 1.1 保暖 RA 的疾病发作常与温度、湿度密切相

关,湿冷刺激会减少人体手部的血流量,从而影响手指的灵活性,对身体和工作造成阻碍。因此,手套的防寒保暖性能对于 RA 患者抵御寒冷环境尤为重要。马妮妮等<sup>[4]</sup>提出了一款较为轻便、可持续保暖的温控电热防护手套,并对其在有风(0.50 m/s)和无风(0.17 m/s)条件下加热与不加热时的防寒性能进行了探讨。研究结果显示,加热时的手背和手指皮肤温度、热感觉等级均有大幅度提升,与不加热条件下的手部皮肤温度均存在显著性差异;较之无风条件,虽然 0.5 m/s 风速会降低手套的防寒性能,但加热与不加热条件下皮肤温度的差异更显著。

然而,当前普通防寒手套和市面现有典型加热防寒手套普遍未能达到关节的保暖要求。杜吉辉等<sup>[5]</sup>设计的采用皮肤控温模式的智能防寒手套温控系统可在不同接触温度和压力条件下使手部皮肤温度基本保持在舒适范围内,达到安全舒适、操作方便、降低能耗的目的。类似的 MOUNTTEC 智能手套不仅能够实现加热均匀,同时在工艺制作上采用热压缝制、平纹弹力

布和单面触屏摇粒绒,为手部保温提供双重保障。

**1.2 渗透舒缓** 目前 RA 患者手关节疼痛多通过内服非甾体类抗炎药、免疫抑制剂或激素缓解,短期迅速奏效同时产生系列诸如胃肠道刺激、过敏、休克等不良反应,单纯依靠内服已并非长久之计。在方舒涵等<sup>[6]</sup>设计的多功能类风湿性腕关节炎康复手套中内置有中药熏洗层,配合腕部合谷、阳溪、阳池 3 个穴位处的球形磁石,在与外层的充气结构相接触过程中产生压力,发挥对手关节的熏洗作用,最大程度地借助外用护理手段帮助患者减轻关节处肿胀感及疼痛感。

据市场调查显示,当前市面上畅销的暖航智能手套主打红外线式中草药包无火艾灸功能,运用远红外热敷使药效渗入手指关节,达到减缓疼痛的效果。

**1.3 康复训练** RA 患者所表现的手指麻木、疼痛、触觉减退以及不同程度的手掌肌肉萎缩多与嵌发性的周围神经受损有关。某品牌智能手套在产品中安置伸缩大气泵,有效训练肌肉神经的同时使热感渗透直达皮下肌肉组织,从而解决患者肌肉萎缩无力或手部动作协调不良等问题。由陈建辉等<sup>[7]</sup>设计的一款用于 RA 患者预防关节变形智能手套 Manovivo,将 RA 患者由传统手部的被动训练转变为“被动+主动”治疗相结合,实现 1 加 1 大于 2 的效果,患者接受药物治疗同时启动手指活动开关,减少 RA 患者因僵硬或长时间不活动而导致废用性的功能减退。

## 2 智能手套在 RA 手指关节护理中的实现方式

智能手套在 RA 中的功能实现需要多门交叉学科的前沿技术融合支撑,根据工作原理具体由 3 种实现方式构成。

**2.1 材料** 选用碳纤维发热线或远红外发热线发射的远红外热能主动发热,以减轻关节疼痛并恢复一定程度的手指灵活性。手套的材料多由天然元素合成的混合物制成,可以吸收红外线并将其聚焦到手指关节上。在关节底层软组织的逐层渗透中刺激皮肤毛细血管扩张,促进血液流动,缓解病变神经疼痛。西班牙 DEMACSA 集团旗下的产品研发部 QUANTIC NANOTECH 展出了首个家用可穿戴式骨关节炎治疗手套系统 QNANO GLOVE。在其配套的综合治疗手套中融合了革命性技术,如形状记忆合金(SMA)和最先进的材料,用于干热疗法、振动、按摩及手指的主动与被动拉伸与伸展。

**2.2 信息采集与分析** 在指数型成长的物联网时代,芯片内核、小型化传感器等高精尖元器件层出不穷,作为信息处理的核心载体在智能手套等新型可穿戴设备中扮演重要角色。当前,针对 RA 患者的智能手套设计中多搭载生物医学传感器,在极为有限的空间内对手指信息进行检测。如手套中嵌入的红外热成像传感器,根据手关节各穴位段的能量阻滞情况不同,将手部脏腑经络测量到的热值形成代表不同梯度颜色的热图。基于前期中医界对机体寒热阴阳运行与代谢产热的相关性研究,采集到的热结构信息为进一步分析处理提供数据支撑。当手部疼痛发作时,皮

肤温度可以反映底层关节组织炎症的存在,温差与关节疼痛强度呈正相关,且软组织疼痛经过相关治疗后疼痛区温度明显降低。同时,RA 的影像学检查在智能手套中也有所体现。常见的 X 射线 CT 传感器通过发射能量大、穿透力强的 X 射线,根据手指关节中缺陷和无缺陷部位对 X 射线的吸收程度不同,探测器模块所接收到的信号强弱不同,并产生与辐射强度呈正比的电信号,借助微处理器,形成手部关节切片图像,围绕手指关节进行三维断面扫描与图像化数字呈现。

**2.3 数据传输与储存** 智能手套属于新型移动设备,通过各种传感器检测到的各类手部影像或生理参数传输到后台系统或云端形成大数据库。除此之外,蓝牙技术可漫游、灵活易用、高稳定性能在智能设备领域展现出强大力量。部分智能手套以蓝牙连接作为终端载体也可以完成低功耗连接和基本数据传输,蓝牙网关以 Wifi、4G 或 5G 等形式传输至服务器,患者、家属、医护人员通过电脑端或移动设备端对 RA 患者数据进行查阅。治疗型 Quantic Glove 设备简单、小巧,既可以让患者在家中通过智能手机或互联网控制,也可以让医疗专业人员远程控制。

## 3 智能手套在 RA 手指关节护理中的应用效果

### 3.1 优势

**3.1.1 信息监测便捷高效,护理服务场景拓宽** 智能手套通过将多传感技术与当下大数据相结合,动态记录患者的手指关节活动状态、疼痛指标及病情进展并进行数据分析。这些数据可以用于评估康复进展、跟踪疾病演变情况,弥补了以往单次或固定时间测量的局限性,为医生提供更准确的诊断依据,方便评定治疗效果,一定程度上减少护理人员工作量和患者反复复查次数<sup>[8-10]</sup>。同时,智能手套所配套的 APP 或小程序构成的智慧慢病管理模式为 RA 患者提供包括药物禁忌、康复训练、日常饮食营养搭配等方面的个性化护理方案,有利于了解 RA 相关内容和知识盲区,激发其自我护理的主观能动性,满足健康教育需求。此外,智能手套中的互联网系统为医患交流搭建快捷平台,患者在医患双方互动、信息共享和经验交流中受益,增强治疗信心,减轻疾病焦虑,并提高护理满意度和幸福感<sup>[11]</sup>。

**3.1.2 治疗成本降低,健康成效增强** 智能手套及时提供关节健康监测数据和指标,为医疗机构调配医疗资源提供重要的参考支撑。医疗机构了解患者关节健康状况前提下,可根据智能手套的反馈为 RA 患者实现即时上门或远程会诊,大大降低医患两方的治疗成本,提高关节健康管理成效。

**3.1.3 智能施护解放双手,患者生活质量提高** 中药熏蒸作为一种以补虚为主、祛邪为标的典型中医治疗手段,历史悠久,已被证实具有补充体内阳气,增强抵抗力、减少炎症水平,缓解疼痛的效果,患者接受度高<sup>[12-15]</sup>。部分与中医护理适宜技术相结合的智能控温手套内置有缓解 RA 手指关节麻木、僵硬等的中药包或中药药液,如具有除湿散寒的草乌、川乌;消肿止

痛之效的伸筋草、桂枝等诸药共同运作。二者的联合应用解放医生、护士、患者双手,充分发挥了中医独特优势,极大程度上增强用药安全性,既有补虚、加强人体免疫力的治本作用,又有抗炎、去肿、止痛的治标功能,达到标本同治效果<sup>[16-18]</sup>。患者生活质量在潜移默化中得到提升。

### 3.2 局限性

**3.2.1 材料工艺** 目前,碳纤维发热线式智能手套的性价比和安全性在 RA 患者的接受度方面存在部分劣势。无论是碳纤维原丝或碳纤维复合材料,昂贵的价格一直以来都是其未能在民用领域普及的重要原因。智能手套的保暖性能和发挥药效离不开介质加热,采用高性能的碳纤维发热材料生产成本相应增加,往往给患者带来价格不菲的预期<sup>[19-20]</sup>。在现有研究中,大部分 RA 患者表示愿意接受智能可穿戴设备,但对 RA 关节智能手套依从性的研究证据还不充分,仍需更大的样本量和随访时间证实。同时,对于 RA 此类的慢性病患者而言,手部的长期护理才是持续性缓解疼痛的关键,这对智能手套的耐用性、安全性提出了更高要求。而碳纤维材料硬度低,在局部较大冲击下易被击穿,与活动受限的畸形关节存在无法贴合的风险<sup>[21]</sup>。同时手套中的树脂基碳纤维复合材料长时间易熔化或脱落,耐老化问题亟待解决,其整体性能和加热速度是否适用于手套、能否满足患者设定的关节温度等有待考究。

**3.2.2 监测数据可利用度低** 对于 RA 患者而言,坚持定期复查对于判断病情控制情况,预防并发症等至关重要。在现有学者研究出的智能手套中,内部搭载的传感器多偏向于对手部关节软组织或解剖结构的影像显示,如医用 X 射线、CT 传感器、红外热成像传感器等。而针对诸如血沉、C 反应蛋白、类风湿因子等反映 RA 患者机体炎症水平的生化指标监测涉及较少。此外,在生理参数采集、分析和数据可视化显示过程中的真实性、可靠性、可利用性仍是个疑惑,目前研究尚不足证明其应用效果<sup>[22]</sup>。

**3.2.3 使用时节受限,灵活度缺乏** 当前大部分智能手套兼具康复治疗 and 监测一体,内部结构复杂,材料参差不齐,手套整体体积较为厚重,且多通过热敷、保温功能达到缓解疼痛功能,因此限制了其使用时节,不适用于 RA 患者夏季佩戴。另一方面,实现动态监测功能需要一定周期,长时间佩戴手套致使手部缺乏一定的灵活性,因而部分使用者在工作或学习时佩戴会极大地增加活动的不便,这不仅会降低患者工作和生活效率,也会减少手套护理的体验感<sup>[23]</sup>。

**3.2.4 应用研究滞后,护理效果考究不深** 目前,智能手套对 RA 手关节护理效果尚不确定。手套中的中药包药材质量、药液浓度、粉末或液体渗漏流失无法严格控制,反复加热可能导致药物成分的变化,也会对护理结果产生一定的影响。此外,虽然与传统给药方式相比,透皮外治具有避免首过效应、利于 RA 患者长期治疗等特点,但皮肤显著的屏障特性及手套本身厚度阻碍了药物吸收率,药物有效成分的透皮吸

收过程仍然处于推理阶段。

## 4 小结与展望

近年来,石墨烯材料的研究及应用有很大进展。石墨烯发热片采用塑料薄膜印刷原理,相对较软不易拉伸,受压能力强。而普遍的碳纤维发热片采用丝线结构,具有良好的拉伸性能<sup>[24]</sup>。未来在材料研究方面可结合 RA 患者手部变形特点,在手掌、手背及手指横断面等活动度较低的部分使用石墨烯材料,增加耐用性和稳定性,降低手套漏电、漏水危险。在易肿胀变形的手指骨连接处采用可随意弯曲的碳纤维材料。双材料结合为智能手套在 RA 护理的实际运用中提供保障。研发方面需要多次进行碳纤维及石墨烯纤维测试,发挥手套发热的最高性能。对于制备工艺能否充分保证内部搭载的硬件如红外线传感器其稳定性、安全性也是亟需关注的热点。以上设想希望能给予启示,并将更多前沿的生物材料应用在 RA 手指关节护理中。

运用 RA 智能手套可对手关节温度、活动度及炎症部位等实现智慧护理,护理服务模式日益创新,在不影响患者日常生活情况下,缓解其疼痛感。同时,也为 RA 的健康保健、疾病防护提供了可靠的依据和选择,促进 RA 手关节护理向家庭拓展延伸<sup>[25]</sup>。但是,根据文献分析,智能手套应用于 RA 患者日常生活或临床面临诸多挑战。目前,RA 智能手套的研究尚少,且多聚焦在手套设计结构、技术和理论上的可能性,手套实物研发和临床应用方面存在明显滞后性。因此,在结合大量有效的临床试验数据基础上,进一步研究其疗护作用值得期待。高效集成、算法优化、技术支持、利好政策等为智能手套研发、试产、量产至推广提供保障。未来基于智能手套构建 RA 患者的健康护理系统,将研究重点向 RA 智能手套的实际临床应用拓展,提高其临床运用价值,以推动智慧护理提质发展。

## 参考文献

- [1] JIANG Z M, ZENG S L, HUANG T Q, et al. Sinomenine ameliorates rheumatoid arthritis by modulating tryptophan metabolism and activating aryl hydrocarbon receptor via gut microbiota regulation[J]. *Sci Bull (Beijing)*, 2023, 68(14):1540-1555.
- [2] SHAMLAN G, AL-NOURI D M, ALATHBAH A A, et al. Antiarthritic, anti-inflammatory activity of *Moringa peregrina* seed oil and leaves in Freund's complete adjuvant-induced arthritis in rats[J]. *J King Saud Univ Sci*, 2021, 33(3):101350.
- [3] 王慧, 孔莉, 陈晓翔. 康复治疗技术在类风湿关节炎中的应用进展[J]. *中国康复理论与实践*, 2018, 24(4):405-409.
- [4] 马妮妮, 许凡菲, 卢业虎, 等. 温控电热防护手套研制与性能评价[J]. *现代纺织技术*, 2018, 26

- (5):26-33.
- [5] 杜吉辉, 苏云, 刘广菊, 等. 智能防寒手套温控系统设计及热舒适性研究[J]. 纺织学报, 2023, 44(4):172-178.
- [6] 方舒涵, 张泽鑫, 黄子怡, 等. 一款多功能的类风湿性腕关节炎护理手套[J]. 广东化工, 2021, 48(3):143-144.
- [7] 陈建辉, 陈建清, 赵德强. 一种类风湿关节炎患者预防关节变形手套[P]. 广东省: CN215535443U, 2022-01-18.
- [8] 俱阳阳, 周元, 叶霖, 等. 面向生命医学应用的氧气传感器研究进展[J]. 生命科学仪器, 2021, 19(6):14-21.
- [9] 汪长岭, 申倩, 李治, 等. 移动医疗中生物医学传感器及电极研究进展[J]. 中国医学装备, 2016, 13(3):139-142.
- [10] 哈铁军, 陈昌海, 孙晋科. 多源信息融合在医学领域的应用研究[J]. 医学信息, 2007, 20(5):706-709.
- [11] 许振丹, 范文强, 吴洁, 等. 互联网平台互动慢病管理模式对类风湿关节炎患者预后的影响[J]. 齐鲁护理杂志, 2023, 29(15):17-20.
- [12] 卜祥伟, 张红红, 张建萍, 等. 类风湿关节炎的中医药研究进展[J]. 环球中医药, 2019, 12(2):297-303.
- [13] 曹慧. 中药熏蒸在类风湿性关节炎患者中的护理价值研究[J]. 基层医学论坛, 2022, 26(9):109-112.
- [14] 刘秀锦, 韦艳珍, 史明, 等. 基础药物合壮药药熨与护理干预对风寒湿型膝关节骨性关节炎的临床影响[J]. 中国民族医药杂志, 2023, 29(1):13-16.
- [15] 潘云. 中药熏蒸治疗 60 岁以上女性类风湿关节炎患者关节疼痛护理[J]. 中文科技期刊数据库: 医药卫生, 2022(10):157-160.
- [16] 刘丽君, 岳慧玉, 刘文君, 等. 中药熏蒸联合微波治疗仪治疗类风湿性关节炎的临床观察[J]. 实用中医内科杂志, 2023, 37(7):127-129.
- [17] 张莉莉, 马将, 韦宇, 等. 川乌的临床应用及其用量探析[J]. 长春中医药大学学报, 2020, 36(3):429-432.
- [18] 尹谢添, 赵诗超, 向楠, 等. 桂枝附子汤调控 AGEs/RAGE/NF- $\kappa$ B 信号通路对类风湿关节炎大鼠的影响[J]. 中成药, 2023, 45(6):1809-1815.
- [19] 王松, 李应刚, 黄鑫华, 等. 碳纤维增强复合材料夹芯板的碰击损伤特性[J]. 高压物理学报, 2023, 37(1):106-116.
- [20] 杨小平, 荣浩鸣, 陆泽栋. 碳纤维导电复合材料的电学性能研究[J]. 材料工程, 2000(9):11-14.
- [21] 卜胤, 周昌, 王斯倩, 等. 碳纤维发热桥面热量耗散分析[J]. 中外公路, 2020, 40(5):311-315.
- [22] 杨帆, 徐军, 吴振生, 等. 基于 Web 端多节点红外热成像传感系统设计[J]. 激光杂志, 2022, 43(2):154-157.
- [23] 温建成, 王延红. 医学监测器[J]. 国外医学情报, 2002, 23(4):16-18.
- [24] 曾文强. 一种石墨烯发热线康复保健床垫[P]. 广东省: CN215686210U, 2022-02-01.
- [25] 徐靖贻, 施春香, 陈茹, 等. 类风湿关节炎患者晨僵评估及干预的研究进展[J]. 护理学报, 2022, 29(19):30-34.

(收稿日期:2023-10-20 修回日期:2023-12-21)

(上接第 2121 页)

- [25] ZAGO C A, JACOB C M A, DE ALBUQUERQUE DINIZ E M, et al. Autoimmune manifestations in SCID due to IL7R mutations: Omenn syndrome and cytopenias[J]. Hum Immunol, 2014, 75(7):662-666.
- [26] SHI T, DING Q, LIU X L, et al. Concordance of adenosine deaminase with immunoglobulins and lymphocyte subsets in EBV-related diseases[J]. Ital J Pediatr, 2023, 49(1):49.
- [27] GAO Z W, WANG X, ZHANG H Z, et al. The roles of adenosine deaminase in autoimmune diseases[J]. Autoimmun Rev, 2021, 20(1):102709.
- [28] ROIFMAN C M, ZHANG J Y, ATKINSON A, et al. Adenosine deaminase deficiency can present with features of Omenn syndrome[J]. J Allergy Clin Immunol, 2008, 121(4):1056-1058.
- [29] PANGLI B K, BRADDOCK S R, KNUTSEN A P. Omenn syndrome in a 10-month-old male with athymia and VACTERL association[J]. J Allergy Clin Immunol, 2023, 2(4):100153.
- [30] 张益玮, 王征莹, 赵红光, 等. 婴幼儿 VACTERL 综合征与抗磷脂综合征 1 例[J]. 现代医药卫生, 2022, 38(17):3053-3055.
- [31] ROIFMAN C M, GU Y P, COHEN A. Mutations in the RNA component of RNase mitochondrial RNA processing might cause Omenn syndrome[J]. J Allergy Clin Immunol, 2006, 117(4):897-903.
- [32] 刘超凡, 钱晓文, 王宏胜, 等. 脐血干细胞移植对儿童重组活化基因突变重症联合免疫缺陷病疗效分析[J/CD]. 中华细胞与干细胞杂志(电子版), 2020, 10(2):76-81.

(收稿日期:2023-11-29 修回日期:2024-01-21)