

护理工程学的发展现状及展望

许嘉乐, 张智霖, 周兰姝

(海军军医大学 护理系, 上海 200433)

护理工程学(nursing engineering)是以生物医学工程、护理学理论为基础的跨学科综合性应用学科群,旨在通过采用工程学的理论与方法来解

1 护理工程学学科发展历程

护理工程学的起源最早可以追溯到 20 世纪 90 年代, Hendrickson^[2] 在 1993 年提出了护理工程师的概念。2015 年, Eisenhauer^[3] 主张延续生物医学工程的路线建立一个新的学科概念, 认为护理工程学并非“护理学”与“生物医学工程”的简单组合, 而是一门运用先进工科技术手段来满足护理复杂实践需要的新学科, 呈现“1+1>2”的成效。随着护理工程学概念的提出与发展, 国内外高校陆续建立了相应的科研、教学机构。现国外护理工程学科的教育模式已趋于成熟, 包括双学位培养、联合培养、项目培养、跨学科平台合作培养等多种形式^[4]。这些模式为护理工程学科的发展提供了多元化教育途径。2008 年, 美国麻省大学阿默斯特分校首次开创了护理-生物医学工程联合博士培养项目^[5]。2015 年, 杜肯大学在本科层面开展护理-工程双学位联合培养, 本科生进行 4 年生物医学工程课程加 1 年护理课程的学习^[6]。2019 年, 约翰霍普金斯大学设立护理学与生物医学工程博士联合培养项目^[7]。同年范德堡大学开设“2+3”护理学与生物医学工程博士联合培养项目^[8]。2021 年, 佛罗里达大西洋大学设立护理与生物医学工程联合培养项目, 学生将获得护理本科学位和生物医学工程硕士学位^[9]。

相较于国外, 我国护理-工程交叉学科人才培养起步较晚。近年来国内高校开始探索与国际接轨的“护理+”复合型领军人才培养模式。2019 年, 北京

协和医学院开设“4+2”学制的卓越护理人才贯通培养班, 旨在培养能够融合并应用人工智能、大数据应用、智能护理等跨学科知识的护理人才^[10]。四川大学于 2020 年获批“四川省护理与材料医工交叉研究中心”省部级科研平台, 次年开始招收护理与材料医工交叉研究方向硕士研究生, 展望先进材料作为医工交叉研究的前景^[11]。2023 年, 武汉大学成立智慧护理工程研究中心, 着力于护理工程学学科方向建设、“护理+工科”交叉领域合作、现代医疗装备产学研相结合^[12]。总体而言, 我国护理-工程发展前景广阔, 可在未来借鉴国外学科发展经验进一步完善学科建设。

2 护理工程学研究领域

2.1 跨空间远程医疗服务 该类研究尝试将计算机技术、多媒体信号处理技术同医疗通信技术融合, 旨在通过建立数据中心、会诊系统等远程医疗设施, 实现高清照片、声音、视频和病历数据等医疗信息共享^[13]。其突破了地域束缚, 能够充分利用所依托专业技术较强的综合医院优势, 从事远距离健康活动和医疗服务, 对于缓和医疗资源分配的不平衡也起到了积极作用, 偏远地区的护士可以利用远程医疗技术使患者与外地医疗专业人员远程沟通, 确保患者获得专业护理服务^[14]。目前国外学者高度聚焦于远程医疗对专科领域护理干预措施及有效性研究分析, 选择随机对照试验探究远程医疗对个体健康预后的影响, 主要以慢性病患者为研究对象, 涉及精神疾病、急危重症、乡村医疗、安宁疗护等多个领域^[15]。国内研究^[13]以远程医疗在专病专科护理的综述总结较为多见, 涉及帕金森等多类专科疾病管理以及慢性伤口护理等多种健康问题, 论述总结远程医疗的护理干预措施和方式。

2.2 生物医学信号传感监测 该类研究通过智能手表、压力传感鞋垫、超声波贴片等柔性可穿戴设备和植入式传感器进行多模态监测数据(包括体温、氧合、心率、血糖、压力、电生理数据), 通过机器学习等方法处理和分析传感数据^[16], 能够检测紧急健康事件并预测多种健康结局的发生发展, 并将结果反馈给医护人员。目前国内外有关传感技术的护理工程研究领域主要聚焦于:(1)风险事件如跌倒事件的检

【收稿日期】 2024-12-10 【修回日期】 2024-12-25
【基金项目】 国家社会科学基金重大项目(21&ZD188);老年长期照护教育部重点实验室(海军军医大学)
【作者简介】 许嘉乐, 硕士在读, 电话:021-81871511
【通信作者】 周兰姝, 电话:021-81871511

测,通过集成加速度计、陀螺仪、磁力计等传感器,能够实时监测用户的活动状态,并通过算法分析判断跌倒事件发生与否。(2)生理数据如血糖、血压、睡眠的无创持续监测,通过可穿戴设备获取生理信息,并使用深度学习算法监测数据,具有非侵入式、舒适便捷的优势^[16]。(3)症状识别与病情预测,可穿戴设备能够识别关键症状,收集长期动态数据以协助疾病诊断。

2.3 护理辅具创新与系统优化 该类研究致力于通过研发工具、技术革新的方式满足患者多样化、多层次的需求。此类研究方向包括护理材料、护理产品、护理环境、护理流程的更新,有利于提升护理工作质效。在护理辅具创新方面,研究基于“以人为本”的设计宗旨,利用护理工程技术为临床辅具的特殊性问题解决、个体需求满足提供了保证。辅具创新包括日常护理、药物管理、患者安全、康复锻炼、辅助运输等多种类型,国内外学者多通过临床试验来评估新护理辅具的有效性、安全性以及对患者健康结果的影响。在护理流程再造和标准化方面,部分研究通过工程学方法优化护理流程,减少护理工作重复劳动,降低护士非必要工作负荷,有利于提升护理效率,保证护理质量并降低成本。例如,林薇等^[17]通过优化胸痛中心信息化诊治流程,有效减少了胸痛患者诊疗耗时,提升了患者整体满意度和就诊体验。

2.4 数字健康软件与智能交互 该类研究通过采取应用程序、网站和可穿戴设备等方式达到健康监测、疾病管理、健康教育和健康行为改变的目的^[18]。随着技术迭代,数字健康干预已突破传统服务模式,逐步匹配家庭-社区-医院延续性护理模式,包括在健康教育指导、症状监测、延续护理、人文关怀、辅助临床决策以及护理教学、护理工作辅助等方面的应用^[19]。目前护理工程研究重点在于将护理理论和研究的概念应用于健康信息应用和系统的设计中,开发针对不同病种患者不同需求的数字健康管理软件,并探究对患者健康预后的影响。有研究^[20]显示,健康程序的应用能够改善高血压患者治疗的依从性。同时部分研究也将虚拟现实技术与护理教学辅助、护理技能培训、心理护理、疼痛护理相结合,通过开发虚拟现实技术软件、设备来创建虚拟医疗环境,以沉浸式体验的形式达到教学和护理目标^[21]。有研究^[22]通过评估虚拟现实技术作为教学工具在护理危重病人中的实用性,发现虚拟现实技术能够提升教学效率和教学满意度。

2.5 护理机器人设计与研发 该类研究主要聚焦于不同功能机器人的研发与应用,主要分为物理辅

助和社交辅助机器人两类。物理辅助机器人能够帮助护理人员分担简单的高重复任务或具有高风险的危险任务,在一定程度上减轻了护士的工作负担。例如,转运机器人可以完成卧床患者的转运、换乘、姿势变换等活动,保证患者安全并提升护理效率^[23]。外骨骼机器人能够辅助患者运动康复,实时观测患者活动力度和活动范围,并基于运动数据定制个性化康复方案^[24]。社交辅助机器人拥有情感治疗、陪伴、认知训练和社会促进的功能,体现人文关怀的照理念^[25]。此外,部分研究聚焦于用户与机器人产品及系统之间的交互动态,以显著改善用户体验,推动人与机器人之间自然、流畅交互为最终目标,让此类产品更加“贴心”地为用户服务,提高并扩展智能科技产品的接纳度与使用范围。例如,Lin等^[26]以迭代方式开发了直观、高效和符合人体工程学的机器人远程操作界面,显著提升用户体验。

2.6 医疗多模态信息处理与数据分析 该类研究通过技术手段整合和分析来自不同来源和形式的数据,以提升护理质量和效率。在多模态数据关联与存储方面,部分研究通过自动语音处理、可穿戴技术等方式收集有用的语义信息,创建可用于模型构建的共享数据集,为后续分析提供研究基础^[27]。在多模态数据融合与信息抽取方面,人工智能可以利用多模态数据中的各种组合互补信息,识别单个模态内部和跨模态的重要特征,进行多模态数据融合,从而实现更好的决策^[28]。部分研究通过开发能够集成不同数据模态(如图像、文本和语音)的算法,从海量且类型多样的医学数据中抽取医疗因果关系,以达到协助临床决策支持、诊断、预测的目的。也有研究通过可穿戴设备收集患者的生理数据,结合人工智能算法构建数字孪生模型,达到模拟临床试验、疾病预测和远程监测治疗进展的目的^[29]。

2.7 护理工程资助项目代表课题 美国国立卫生研究院(National Institute of Health, NIH)作为全球规模最大、最具影响力的生物医学研究机构之一,其资助项目的趋势特征对于护理工程学研究热点和重点具有指导意义。本文列举 NIH 护理工程资助项目代表课题,详见表 1。

3 护理工程师工作领域

护理与工程师之间的合作关系一直存在,以往护士的主要角色是提供临床专业知识,承担辅助产品设计、测试和评估的责任^[30]。现在护理工程人员已经逐渐跳脱出依附于工程学从业者的关系,发展成为一种新兴的独立职业。这些护理领域的开发型专业人才能够通过非传统的视角来审视病人的护理,解决与护理有关的装备技术管理、技术保障、技

术创新和质量安全等方面的问题^[31]。在产品研发阶段,护理工程师在临床护理人员 and 产品研发部门之间起到了桥梁的作用。当临床提出护理需求时,护理工程师会将这些需求转化为初级工程学方案,并将这些方案要求呈现给专业的研发部门,最后经过反复的论证、修正形成可实施的完整方案^[32]。而

在产品应用阶段,护理工程师负责做好日常设备管理,确保设备的工程学参数、模式的设置和优化在护理方面最大程度地适应人体生理、病理指标的需求,根据患者的个体差异进行灵活设置和优化,使护理更加高效、安全。

表 1 美国 NIH 护理工程资助项目代表课题

研究领域	起始时间(年)	课题名称
跨空间远程医疗服务	2019	在莫桑比克初级保健诊所内针对青少年抑郁症实施综合移动医疗保健
	2021	塞内加尔改善婴幼儿营养的移动信息干预措施影响和执行情况
	2023	基于远程医疗的谵妄评估工具诊断准确性的开发和评估
生物医学信号传感监测	2022	一种基于射频的新型跌倒评估和预防系统
	2023	开发和验证用于无创血压监测的可穿戴超声波传感器
	2024	可检测/预测阿片类药物引起呼吸抑制的可穿戴无线呼吸监测系统
护理辅具创新与系统优化	2020	用于安全独立如厕转移的床边马桶的开发和评估
	2023	基于指标的血液透析插管技能训练智能模拟器
	2023	过滤眼镜可防止光引起的褪黑激素抑制,同时保持夜班护士的视力和警觉性
数字健康软件与智能交互	2008	通过智能手机应用程序促进患者与提供者关于健康生活方式行为的交流
	2022	基于虚拟现实的认知干预预防老年外科患者谵妄和认知障碍
	2023	以数据驱动的数字参与来评估和满足家庭护理人员的需求
护理机器人设计与研发	2020	一种新型社会辅助机器人对长期护理环境中老年人轻微认知障碍、阿尔茨海默症和相关性痴呆的影响
	2023	使用基于社区的优价机器人运动系统进行康复
	2024	应用可控可穿戴外骨骼对痉挛状态患者进行腿部拉伸
医疗多模态信息处理与数据分析	2021	智能重症监护病房:普适传感和人工智能增强临床决策
	2021	开发和评估机器学习阿片类药物预测和风险分层电子平台
	2022	对护士倦怠的增强预测:工程、生物伦理学、护理的协同作用

护理工程师作为新兴发展职业,其岗位职责尚无统一定义。研究者参考临床工程师工作领域对护理工程师的岗位职责进行罗列,以便深入了解该职业的能力要求^[33]。其岗位职责包括:(1)采用工程技术和护理理论相结合的手段,对护理设备进行技术、质量、效能的临床验证评价,确保研发产品临床使用的安全性、有效性、可靠性和适宜性;(2)按照临床需求合作研发先进的护理用具和应用软件,促进临床需求向技术产品转化,形成创新与应用间的良性循环;(3)对临床护理人员进行设备操作培训,达到保障设备使用质量、降低医疗器械不良事件的目的;(4)根据护理需求灵活调整设备工程学参数和设置模式,并及时检查、维修设备,确保功能与需求吻合。

4 未来展望

目前护理学科面临极大挑战,同时也迎来了新的发展机遇。新兴技术如照护机器人、智慧病房、可穿戴监测设备等为护理工作带来了全新视感和深远影响。新技术的应用不仅弥补了传统护理在资源、技术、智能等方面的不足,还推动了护理实践和教育的全方位变革与创新,护理工程学顺势而生。护理工程学的发展促进了护理学与材料学、信息学、计算

机学等众多工科的合作研究,打破护理重复性劳动的刻板印象,体现了以人为本的创新思想^[30]。护理工程学是一门以复杂的现实问题为导向的实践性学科,实践要求护理人员在处理问题时能够跨越各个领域多角度进行思考,采用系统化流程进行问题识别、技术方案开发、实施到评估的全方位管理。因此,在教学过程中,应注重临床的实际需要,鼓励学员发展创造性思维,提出解决方案,致力于培养能够从事跨学科研究与创新的复合型人才,有效改善护理教育、护理科研、护理实践三者分离的局面,弥补学科专业化导致的学科割裂现象,促进护理工程学持续利好发展。

【关键词】 交叉学科;护理工程学;综述

doi:10.3969/j.issn.2097-1826.2025.01.005

【中图分类号】 R47-05 【文献标识码】 A

【文章编号】 2097-1826(2025)01-0017-04

【参考文献】

- [1] GLASGOW M E S, COLBERT A, VIATOR J, et al. The nurse-engineer: a new role to improve nurse technology interface and patient care device innovations[J]. J Nurs Scholarsh, 2018, 50(6):601-611.
- [2] HENDRICKSON M F. The nurse engineer: a way to better nursing information systems[J]. Comput Nurs, 1993, 11(2):67-71.

- [3] EISENHAUER W. The time has come for nursing engineering [EB/OL]. [2024-12-09]. https://pdxscholar.library.pdx.edu/etm_fac/88/.
- [4] 袁邻雁,李玲利,贺婷婷,等.“护理+工程”跨学科研究生教育培养的启示[J].护士进修杂志,2022,37(22):2094-2097.
- [5] University of Massachusetts Amherst.Nursing engineering laboratory [EB/OL]. [2024-12-04]. <https://people.umass.edu/ynoh/>.
- [6] Duquesne University.Biomedical engineering and nursing [EB/OL]. [2024-12-04]. <https://www.duq.edu/academics/colleges-and-schools/nursing/undergraduate-programs/bme/bsn-dual-degree/index.php>.
- [7] Johns Hopkins University School of Nursing.DNP Executive/MBA dual degree [EB/OL]. [2024-12-04]. <https://ecatalogue.jhu.edu/nursing/dual-joint-degrees/dnp-executive-mba/>.
- [8] 周滢,李峥,周晨曦,等.美国护理工程学教育的发展与现状[J].解放军护理杂志,2020,37(6):58-61.
- [9] Florida Atlantic University.New degree programs combine nursing with AI and biomedical engineering [EB/OL]. [2024-12-04]. <https://www.fau.edu/newsdesk/articles/nursing-engineering-degrees.php>.
- [10] 中国医学科学院北京协和医学院.北京协和医学院首创“卓越护理人才贯通培养改革试验班” [EB/OL]. [2024-12-04]. <https://www.pumc.edu.cn/yxbd/c731c712cf93441e9cd58066a5d3bcc0.htm>.
- [11] 四川大学华西护理学院.四川大学华西护理学院简介 [EB/OL]. [2024-12-04]. <https://wcn.scu.edu.cn/xyjj/xygk.htm>.
- [12] 武汉大学护理学院.武汉大学智慧护理工程研究中心简介 [EB/OL]. [2024-12-04]. <https://sns.whu.edu.cn/info/2061/28263.htm>.
- [13] 孙倩倩,周守君.我国远程医疗的现状,问题及发展对策[J].南京医科大学学报:社会科学版,2022,22(1):25-30.
- [14] NIERENGARTEN M B. Continuous expansion of telehealth in cancer care [J]. *Cancer*, 2024, 130(5): 657-658.
- [15] 朱涵菲,任子淇,花红霞,等.基于 PubMed 数据库的远程护理文献计量学分析[J].护理研究,2020,34(8):1311-1318.
- [16] FLYNN C D, CHANG D. Artificial intelligence in point-of-care biosensing: challenges and opportunities [J/OL]. [2024-12-04]. <https://www.mdpi.com/2075-4418/14/11/1100>. DOI: 10.3390/diagnostics14111100.
- [17] 林薇,许敬华,盛慧球,等.信息化流程改进在胸痛中心的应用[J].解放军护理杂志,2019,36(8):76-79.
- [18] 苑秋辰,杨浩杰,麻盛森,等.基于 Python 语言美国国家科学基金会护理-信息-工程学相关立项情况分析[J].军事护理,2023,40(6):112-116.
- [19] WHITMORE C, BIRD M, MCGILLION M H, et al. Impact of nurse scientist-led digital health interventions on management of chronic conditions [J]. *Nurs Outlook*, 2020, 68(6): 745-762.
- [20] ABU-EI-NOOR N I, AIJEESH Y I, BOTTCHEER B, et al. Impact of a mobile phone app on adherence to treatment regimens among hypertensive patients: a randomised clinical trial study [J]. *Eur J Cardiovasc Nurs*, 2021, 20(5): 428-435.
- [21] 马娟娟,尹斐,孙淑艳,等.基于 Web of Science 的护理虚拟仿真技术文献计量学分析[J].军事护理,2023,40(8):45-48.
- [22] GARCIA-PAZO P, POL-CASTAÑEDA S, MORENO-MULET C, et al. Virtual reality and critical care education in nursing: a cross-sectional study [J/OL]. [2024-12-04]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260691723002654>. DOI: 10.1016/j.nedt.2023.105971.
- [23] CHENG G, HUANG Y, ZHANG X, et al. An overview of transfer nursing robot: classification, key technology, and trend [J/OL]. [2024-12-04]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921889024000368>. DOI: 10.1016/j.robot.2024.104653.
- [24] GUPTA A, PRAKASH N B, SANNYASI G, et al. Effect of overground gait training with ‘Mobility Assisted Robotic System-MARS’ on gait parameters in patients with stroke: a pre-post study [J/OL]. [2024-12-04]. <https://bmncneuro.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12883-023-03357-6>. DOI: 10.1186/s12883-023-03357-6.
- [25] CHEVALLIER M. Staging Paro. The care of making robot(s) care [J]. *Soc Stud Sci*, 2023, 53(5): 635-659.
- [26] LIN T C, KRISHNAN A U, LI Z. Intuitive, efficient and ergonomic tele-nursing robot interfaces: design evaluation and evolution [J]. *ACM THRI*, 2022, 11(3): 1-41.
- [27] GALATZAN B J, CARRINGTON J M, GEPHART S. Testing the use of natural language processing software and content analysis to analyze nursing hand-off text data [J]. *CIN*, 2021, 39(8): 411-417.
- [28] 蔡程飞,李军,焦一平,等.基于深度学习的医学多模态数据融合方法在肿瘤学中的进展和挑战[J].数据与计算发展前沿,2024,6(3):3-14.
- [29] JOHNSON Z, SAIKIA M J. Digital twins for healthcare using wearables [J/OL]. [2024-12-04]. <https://www.mdpi.com/2306-5354/11/6/606>. DOI: 10.3390/bioengineering11060606.
- [30] OERTHER D B, GLASGOW M E. The nurse+ engineer as the prototype V-shaped professional [J]. *Nurs Outlook*, 2022, 70(2): 280-291.
- [31] LANDSMAN K, GIULIANO K K. Nurse-engineer partnerships in academia [J]. *AJN*, 2023, 123(3): 44-46.
- [32] ZHOU Y, LI Z, LI Y. Interdisciplinary collaboration between nursing and engineering in health care: a scoping review [J/OL]. [2024-12-04]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020748921000328>. DOI: 10.1016/j.ijnurstu.2021.103900.
- [33] 吕毅,包家立.临床工程学[M].北京:人民卫生出版社,2019:1-9.

(本文编辑:沈园园)