

我国针灸学领域数智化进程的文献分析及思考*

张培铭^{1,2,3,4}, 李子勇^{2,4}, 姚思梦^{2,4}, 范宝超^{1,3},
蓝丹纯^{2,4}, 唐纯志^{1,3}, 陆丽明^{1,3**}

(1. 广州中医药大学针灸康复临床医学院 广州 510006; 2. 广州中医药大学第八临床医学院 佛山 528000;
3. 广州中医药大学华南针灸研究中心临床研究与大数据实验室 广州 510006; 4. 广州中医药大学附属
佛山中医院 佛山 528000)

摘要:我国针灸学领域步入了数智化时代,但目前尚未系统地深入发展。文章旨在对我国针灸数智化进程进行概述和思考,为针灸全域数智化发展提供系统性启示。通过检索知网、维普、万方文献,结合政策、案例、成果和资讯,分析当前针灸学在数字化、智能化方面所取的进展,并讨论其数智化当前所具的优势和面临的挑战。结果显示数智技术相关主题年发文量总体呈上升趋势,以机器人、经穴数字化、智能针灸仪器、临床决策模型为主,在学科全域显现出赋能潜力。近年来针灸数字化文献锐减,数智针灸研究量增加。最终得出,针灸数智化历经针灸学全域数字积累、智能逐渐增长、数智并进的历程,然其内部发展尚不均衡,须把握学科和时代机遇,打造和谐智慧针灸生态。

关键词:针灸 数智化 数字化 智能

DOI: 10.11842/wst.20250217001 CSTR: 32150.14.wst.20250217001 中图分类号: R245-0 文献标识码: A

1 引言

针灸学是研究体表医学和非药物干预的重要中医学学科,积累了深厚的文化底蕴和丰富的临床效验。中共中央国务院“关于促进中医药传承创新发展的意见”^[1]中指出,需要重视信息化在健全中医药服务体系中的支撑作用,包括诊疗信息电子化、建设互联网医院、开发智能辅助诊疗系统等;以及在中医药传承与开放创新发展中的促进作用,包括建立数字图书馆、知识数字化和影像化等。现代医学的发展对针灸标标准化、国际化的要求日益增加,针灸学科建设本身也需要得到新技术的赋能,使其内涵能以更生动、更适宜、更精确的方式具象化,数智化便是其必经之路。

尽管目前国内对“智慧针灸”的研讨风靡学界,但存在数智化、数字化、智能化涵义的混淆。数智化(Digital and intelligent transformation, DI Transformation)^[2-3]是数字化和智能化深度融合的产物,强调数据驱动的智能决策。其中,数字化(Digitization)即将信息转换为数字,传统的数字化方式比如算筹、绳结、书面等,而信息时代的数字化方式得到计算机技术的加持,包括用机器识别语言/编码、采用传感器识别生物信息、用语义网络表示知识等^[4]。智能化是一个更本土的概念,相比数字应用/产业化(Digitalization)^[4]还涉及设计适人化,即事物在类人[基于人工智能(Artificial Intelligence, AI)理念的决策]或拟人[基于过程自动化的工作模式,如自适应、自校正、自协调等]智能技术支持下形成能满足人各

收稿日期:2025-02-17

修回日期:2025-06-22

* 国家自然科学基金项目(No. 82405556):基于多组学整合方法探讨针刺治疗酒瘾男性戒断综合征的疗效与肠菌-宿主免疫关联,负责人:中国博士后基金项目(No. 2024M750464):中国博士后科学基金第75批面上资助,负责人:张培铭;广东省基础与应用基础研究基金项目(No. 2023A1515110682):基于肠道微生态-宿主异常代谢关系探讨电针的调脂效应及其多组学生物标志物的整合判别,负责人:张培铭。

** 通讯作者:陆丽明(ORCID:0000-0001-7821-4699),研究员,博士生导师,博士后合作导师,主要研究方向:中医药临床研究方法及基于人工智能算法的临床证据评估。

种需求的属性。数字化与智能化相辅相成。数字化是各学科体系智能化的资源基础,而智能化是各领域数字化转型的功能体现。因而智慧数字化与数字智慧化的深度融合能在针灸学发展中发挥出“1+1>2”的效果。

因此,有必要对我国针灸数智化进程进行梳理和研讨,了解其发展规律和趋势,总结优势和局限,为优化针灸数智生态明确方向。如下,本文基于文献分析对此进行了总结和思考。

2 文献可视化

为汇总针灸学领域数智化的文献信息,在知网、维普、万方以“数字”、“智能”、“数智”、“智慧”、“自动化”、“机器学习”、“中医药”、“针灸”、“针刺”、“艾灸”、“经络”、“穴位”构成检索式进行专业检索,检索时间为从建库以来至2024年10月,导入NoteExpress进行查重后共得到1793篇针灸数智化相关文献,剔除报纸、会议、年鉴、学位论文、专利,得到1095篇期刊文

献;进一步去除:①数控针灸及其衍生技术(譬如经皮穴位电刺激)治疗的相关临床报告(除非进行了过程自动化、生物反馈式、智能化革新);②针灸外部的数字化评估方法;③仅用于交互界面设计的工具论述;④不涉及中医针灸理论的康复设备研究;⑤不涉及针灸学内容的中医软硬件。对提取文献的数智化类型、数智化形式、作用层面、应用类型、赋能对象、来源期刊、文章类型、发表年份、发文量进行可视化^[5],最终得到271篇文献,纳入文献以工程学文献为最多(97篇),综述和临床研究次之(73篇和33篇),年发文量总体呈上升趋势,尤其是近8年。这些文献覆盖了数智化(95篇)、智能化(72篇)、数字化(104篇)三种类型,以机器人(23篇)、经络数字化(16篇)、智能电针仪(15篇)、穴位可视化(12篇)、智能艾灸仪(11篇)、临床决策模型(11篇)为数智化出现频率最高的具体形式,对学科全域展现了赋能潜力。按照数智化、数字化、智能化的分组情况可视化,如图1-图3所示。基于此,下文先从针灸数字化、智能化两方面成果进行分述,再对

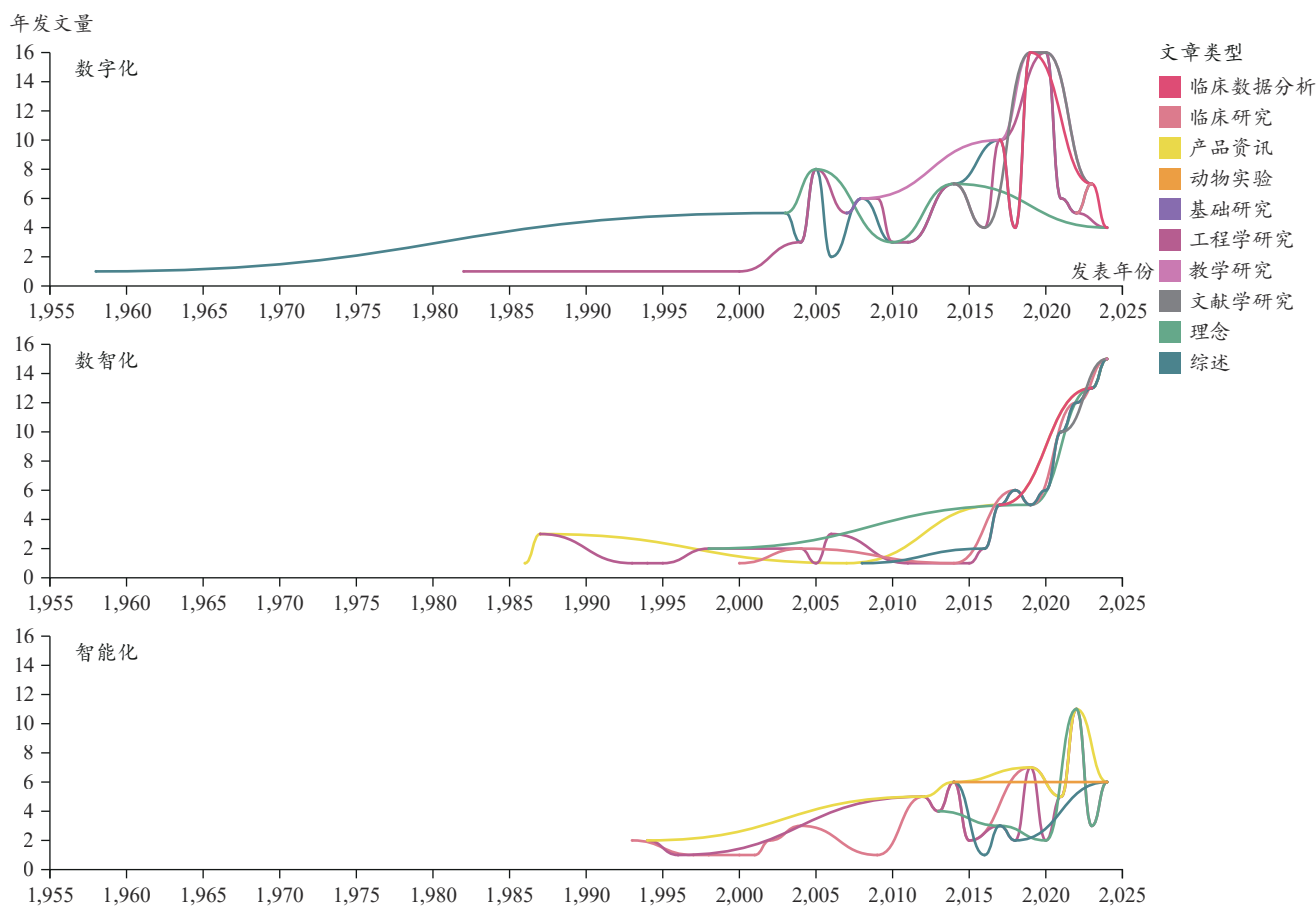


图1 我国针灸数智化文献年发表的趋势

Fig. 1 Trends in the publication of DI development of acupuncture in China

针灸的数智化进程进行讨论和展望。

3 针灸数字化的现状

图1显示,我国针灸数字化比智能化积累得更早且更多,符合数智化的发展规律。从图2可见,数字化更多独立地体现在经络、穴位及系统学科知识的宣教和体系建设上,涉及数字出版、语义网络构建、穴位生物电研究、针灸文化传承、经络数字化等重要形式。以下补充总结了六方面国内主要的针灸数字化内容。

(1)数据采集与分析:譬如采用基于可穿戴无线传感技术制备的橡胶手套,可实时动态检测全手掌穴位生物阻抗和电位^[6],将经络腧穴异常状态识别为现代医学能理解的物理信息,为下一步解释该信息背后反映的人体异常提供数据基础。

(2)经络腧穴数字化:譬如,南方医科大学在数字人研究的基础上对人体全身的肌筋膜进行了三维重建,结合数学分析方法对比了虚拟人体筋膜重建经线与经典经线^[7],推进了经脉实质的结构认识和信息化

研究。数字人技术还被应用到临床疾病分类^[8],将临床疾病状态映射至客观量化的穴位参数上。

(3) 针灸材料学、力学数字化: 研究者为了深入研究针刺过程借助了多种力学模型^[9-10]等, 将针刺材料-过程力学参数联系起来, 如构建了针具载荷与针具半径、材料的弹性模量、刺入深度和临界应力的压痕模型, 断裂能与材料韧性、剪切模量、裂纹面积、裂纹扩展长度、材料性质的断裂模型, 采用数学语言精确刻画针刺的挤压和切入过程, 有助于理解不同针具的应用表现和适用范围差异。

(4) 针灸量效数字化: 主要包括刺激模式和效应的量化、效应标志物的发现。一方面, 和上述针灸材料学、力学研究一样, 针刺手法量化测量及机理研究都是针灸量效数字化在“量”方面的重要研究内容, 前者是以数学语言在针灸“器”具角度进行量化, 后者是以数学语言在医师“术”式角度进行量化, 两者相结合还能科学量化单一到复合手法的力学参数; 另一方面, 通过研究多种刺激形式诱发的穴区乃至系统性机

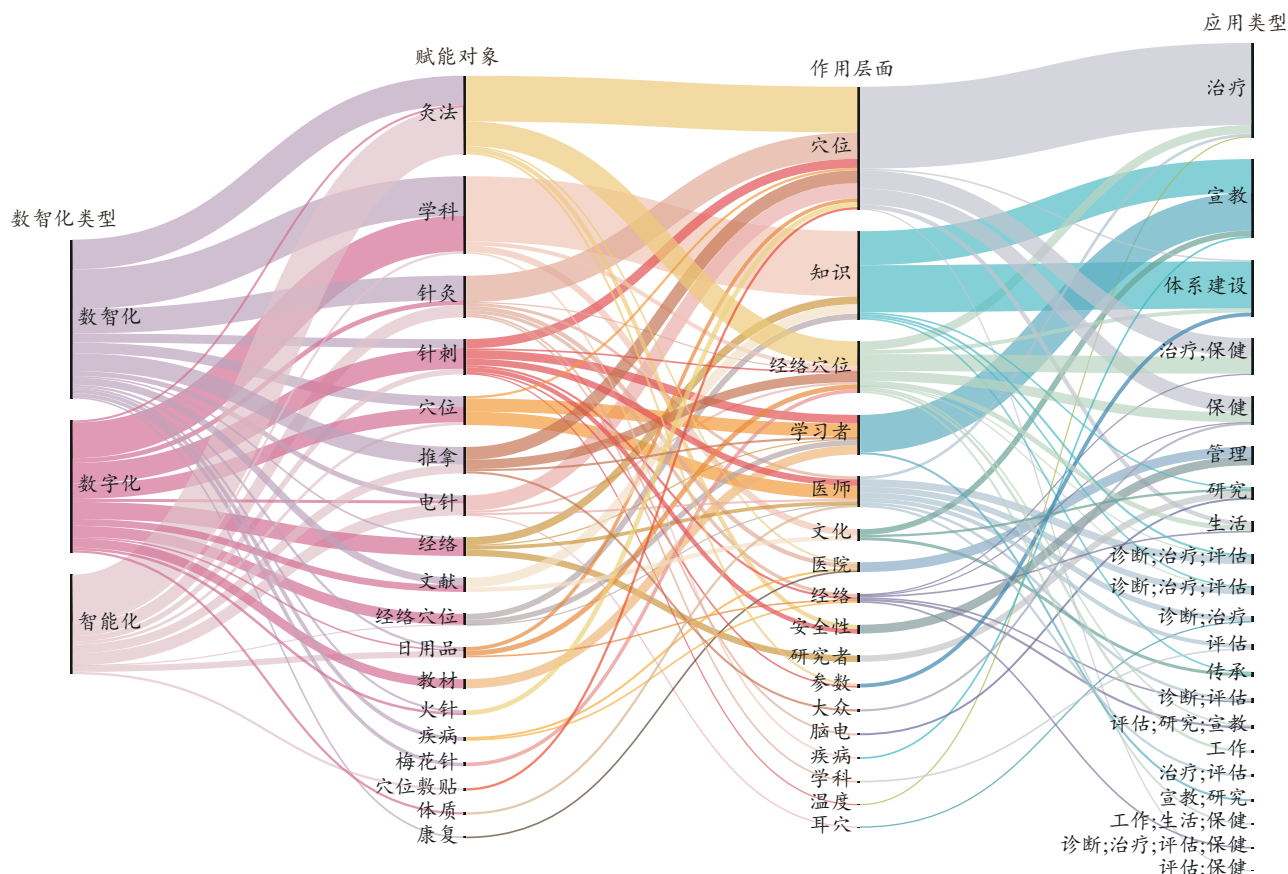


图2 数智化类型-赋能对象-作用层面-应用类型的桑基图

Fig. 2 Sankey diagram of DI types–empowered objects–aspects affected–application type

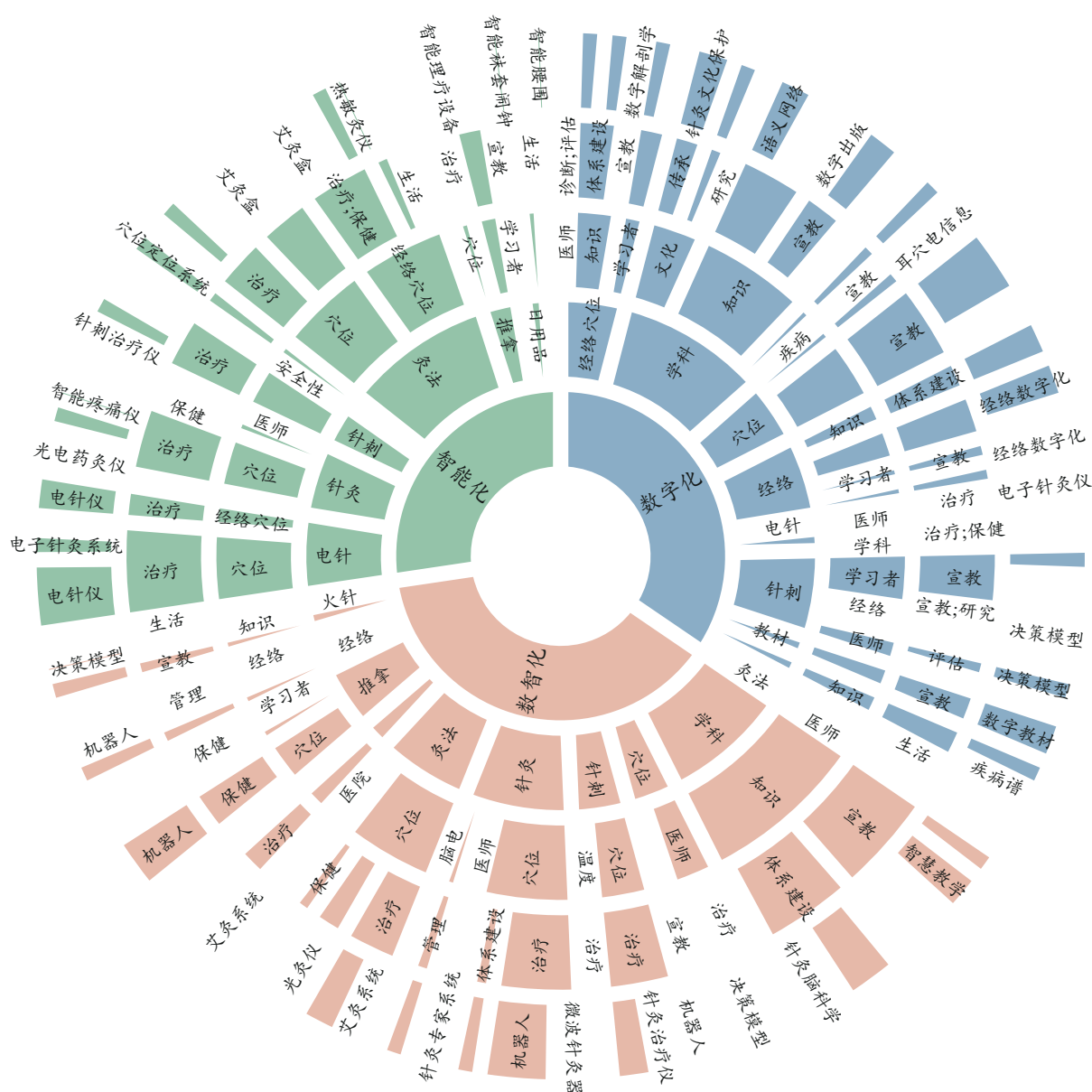


图3 数智化针灸赋能具体形式环形图(由内向外:数智化类型—赋能对象—作用层面—应用类型—具体形式)

Fig. 3 Ring chart of DI empowerment forms for acupuncture (layers: DI types—empowered objects—aspects affected—application type—concrete forms)

能变化,从采用单一响应指标来衡量,发展到通过高通量筛查发现能反映该系统性变化的特征,对针灸的“效”进行数学表示。应用数学模型搭建量效桥梁^[11],能为研究刺灸法的多维重要刺激参数特征与针灸系统性效应的关系提供重要支撑,有助于更为客观、精准地控制针灸的干预和评估针灸的疗效,也有利于针灸手法仿真系统^[12]的开发,推动数字化针灸传承发展。

(5) 针灸经验和文献信息数字化:譬如,采用电脑模拟或挖掘针灸治病处方、针灸手法,有利于易化老

中医临床经验的传承过程^[13-15];将针灸文化以数字博物馆^[16-17]的形式进行保护和传播;基于计算人文视角和应用神经网络等机器翻译技术传播重要针灸学经典著作^[18];通过梳理语义网络,既可构建三维人体知识库^[19],又有利于推动针灸电子病历^[20]等循证证据数字化整合成针灸医学知识图谱。

(6) 针灸管理数字化:主要体现形式是用于医院、医护、大众卫生健康管理的智库建设。其中,医疗机构针灸临床决策支持系统(Clinical decision support

system, CDSS)^[21]的搭建能推动智慧医院的发展, CDSS按系统结构可分为基于知识库和非基于知识库, 知识库存贮的医学知识由多来源的医学信息编译而成, 当然非基于知识库的CDSS也需要有数字化的经验供机器从中攫取规则。医护方面, 基于深度学习打造的针灸针自动计数云平台能帮助医护人员检查出针情况^[22], 改善针灸安全管理。此外, 健康移动应用基于四诊库、针灸学文本和图像资料库、所在地区和特定时间等信息^[23], 通过知识整合进行健康指导。不管是以上哪一种形式, 都离不开电子健康记录(Electronic health record, EHR), EHR对针灸诊疗信息进行数字化储存、连通, 能减轻纸质存档和调档的资源压力, 提高效率、便捷性, 并允许机器整合抽取对临床和保健有价值的信息。

综上, 将多模态的海量针灸实践信息转为基于数学语言和逻辑的信息, 为针灸的智能转型提供了资源基础。

4 智能化技术在针灸中的应用

从图1可见, 侧重针灸智能化的文献偏少, 近年来文献产出保持在较低水平; 图2、图3提示针灸纯智能化内容主要集中在一些针灸理疗仪器设备的人性化创新或改良, 尤其在灸法方面。以下补充总结了国内主要的四类针灸智能化技术。

(1) 针灸操作自动化控制技术: 纯针灸智能化的研发多针对自动化工程, 譬如智能艾灸仪, 其智能以温控技术为核心内容, 通过测温模块将穴温反馈给芯片, 调节艾条轴向运动等^[24], 但应用的是传统的控制算法; 基于心理学在功能和外观上引入适人的元素如人体工程学设计, 也会成为设备智能感的加分项^[25]。

(2) AI与机器学习(Machine learning, ML): 智能化离不开ML, ML从医疗保健、科研、教学、工作、生活数据中汲取养分转化为规则、关系、决策, 在外部类似场景的实践过程中体现出它的智能性, 相比单纯自动化的机械工作, 更强调类人/拟人, 即按照人的思维执行判断。譬如, 以阵列式传感器采集针刺过程中的触觉参数, 并基于模糊C均值聚类法形成了智能针刺手法识别方法, 其被证实能够有效识别提插捻转的四种基本针刺补泻动作^[26], 对手法宣教和传承产生重要价值。又如, 通过分析患者生理数据和病历, 提供针灸方案推荐。然而, 尽管目前很多综述文献论述了AI在针灸

诊疗模式、决策支持系统的潜在应用价值^[27], 但尚乏较强鲁棒性和泛化能力的针灸医学决策模型。

(3) 智能穿戴与物联网(Internet of things, IoT): 通过智能穿戴设备, 能追踪穿戴者的身体变化, 帮助调整应对方案。譬如, 可穿戴矫姿系统^[28]通过算法将感应值转换为脊柱实时图像, 并基于多参数控制穴位电刺激; 还能生成驼背评估报告, 并为患者匹配个性化矫正方案。IoT技术则能将针灸相关智能设备、系统连接到网^[29], 基于嵌入式业务数据处理模块^[30]将患者产生的生物数据实时采集, 从而做出反馈, 是智能穿戴与针灸临床决策的重要连接技术。

(4) 虚拟现实(Virtual reality, VR)与增强现实(Augmented reality, AR): 这两种技术目前主要体现在针灸教育和培训中的应用, 包括穴位的精准定位和实际操作模拟。譬如, 构建经络穴位实体模型(针灸铜人)与3D“数字人”的蓝牙信息通讯系统^[31], 实现基于知识库的实体形象化教学; 应用AR能获得更为虚实结合的效果, 如基于AR和双目视觉研发的针灸辅助系统^[32], 能够显示腧穴定位, 并根据使用者的需要进行交互操作, 获得真实人体各个腧穴的空间位置信息, 帮助学习者形成真实的腧穴理解。

综上, 针灸智能化涉及自动化、适人性、类人性, 经历了起初面向过程自动化的革新, 逐渐利用数字化成果向贴近人类智能方向发展的历程, 形成数、智相互拥抱、融合的局面。人这一智能体是大量智能、功能的集成, 因此多模型、功能集成^[33]也是针灸等学科智能化发展不可或缺的技术组成和趋势。

5 针灸数智化发展的优势与挑战

图1显示出近年来侧重于针灸数字化文献锐减, 数智针灸研究出现了量的跃升。图2、图3提示针灸领域数智化以针灸推拿机器人为具体形式, 多应用于治疗、保健和宣教。譬如, 提供灸法参数训练智能伺服机器人模拟人手进行多种手法艾灸, 搭载安全保护功能和自动化烟、灰清除系统, 在安全的前提下发挥仿真灸治效果^[34]; 临床决策支持系统(Clinical decision support system, CDSS)允许医护临床输入患者信息, 并生成个性化定制建议^[21], 在输入、整合分析过程中数字化, 在人机交互、整合输出与连续反馈过程中智能化。从中医哲学的角度, 这种融合趋势反映了数、智逐渐从针灸领域数智化外部特点转向体系中数字化(阴,

资源)、智能化(阳,功能)一体两面的内在属性。

通过对 Medline(经 PubMed)、Embase 检索外文进行文献补充,我们也发现了目前全球的针灸数智化相关的研究绝大多数由我国学者组织开展或主要参与,数字化方面的成果类型和内容与国内研究重叠度高,以针灸文献数据挖掘、临床量效指示物发现居多;单纯智能化方面的成果少,而高水准数智化的研究成果较多。Chan 等^[35]结合深度学习与解剖测量技术(分寸法取穴)研发机器人精准取穴方法,推动了针灸操作的自动化与标准化,可大大减少人工误差,提高治疗的效率和准确性。此外,He 等^[36]基于运动捕捉系统开发的针灸机器人,可通过柔性模拟临床手法提升治疗的复现性,分担针灸师的机械工作。此外,这些成果在国际的报告相对国内更为详尽、深入和严谨。这些研究虽多由国内团队主导,但通过国际合作与发表平台实现了成果的全球化传播,反映了我国在针灸数智化领域的引领地位。

5.1 针灸数智化发展的优势

针灸数智化发展最显著的优势在于学科和时代的双向奔赴,具体如下所述。

学科上,首先,作为优秀古老医学的一支奇葩,中医针灸学拥有悠久历史人文和海量临床经验,国际形式、人口老龄化、经济水平和生活方式影响下的疾病谱变化、大健康理念的出现等复杂客观因素既为针灸展示学科魅力提供契机,也对学科发展提出了更多要求;其次,中国式现代化理论的提出,使针灸学发展从片面革故鼎新回到了守正创新的道路上来,AI 的类人性为基于整体观的中医针灸学赋能新质生产力,提供更广阔的研究和应用扩展的空间^[37-38];此外,目前已有优秀的针灸数智化案例,新黄埔中医药联合创新研究院及多家中医药院校联合研制的“智慧针灸诊疗单元”深受市场欢迎,为后来者提供了学习的行业样板。同样的优秀案例还有浙江省中医院名老中医孪生机器人,以及国内首个“针灸数字诊室”,等等。

时代上,一方面,如上所述,针灸作为外治法的优秀代表,简便且兼具亲民性和专业性,符合大健康需求,其基于经络腧穴的健康知识的传播,还能促进人民群众的主动健康;另一方面,信息时代已下潜到 AI 阶段,国内外学者对针灸脑科学研究日趋重视,不仅是因为 AI 能服务于针灸学科建设,且针灸通过体表刺

激将信息传入脑内进行整合并输出指令,从而调节整体功能^[39],因而能为现代体表医学和智能科学深化贡献古老智慧。我中心许能贵教授提出“督脉为脑脉、主治脑腑疾病”,创建了“通督调神针刺法”主体的脑卒中分期治疗方案;其《针灸影像学》一书是国内首部针灸学与影像学、生物医工多学科交叉的专著。

可见,学科发展和时代特征的彼此需求,为针灸数智化提供了前所未有的机遇。

5.2 针灸数智化发展的挑战

5.2.1 针灸数智化发展的内部挑战

目前针灸数智化还面临着数据治理、数据隐私、技术标准化、人才结构、研发和推广成本等方面的挑战。2024 年国家中医药管理局会同国家数据局为更好地贯彻落实国务院相关文件精神,印发了《关于促进数字中医药发展的若干意见》,明确了上述部分问题和努力方向。

在数据治理和安全方面,目前针灸数字化信息[尤其是院内的临床电子病历(Electronic medical record, EMR)]还广泛存在缺失、失真等问题,包括针灸 CDSS 在内的应用尚面临系统性能、医学伦理风险的问题^[21],因此还需要对数智化技术在针灸领域进行适用性研究,为针灸学大模型夯实数据基础,并为推动行业数据流转提供安全环境,营造创新和应用互促的学科生态。目前针灸 CDSS 发展较缓,且即便是专科优势病种,决策质量和应用范围仍非常受限。一方面需要深入开展关于动态策略、生物反馈的针灸临床研究^[40],另一方面需要探索文本信息的挖掘方法,如何从叙事文本高效提取信息^[41]、量化信息、有机整合到医学决策中,是未来针灸数智化的一大挑战。

在智慧针灸规范化建设方面,《智慧针灸单元建设指南》团体标准解读已于今年发布^[42],未来仍有待试行和完善。在人才结构方面,需要全面提升针灸学行业的数字化思维,在确保中医针灸学教学质量的同时重视数据科学、人工智能专业或课程,培养更多针灸学复合人才。此外,研发和推广亟待得到更多支持,考虑到资源的有限性,一方面需要完善针灸数智化项目的遴选机制,集中力量办大事;另一方面,仍有必要为刚起步的探索项目提供合理的资金配置,但目前亟待寻找更合适的方法学以切实解决大量的小样本研究无法形成稳健模型证据这一问题,此外,未来还有必要打造更低成本的智能设备和智慧技术,让更

多的针灸学同行和受众参与到智慧建设中来。

5.2.2 针灸数智化发展的外部挑战

针灸数智化加剧了中医针灸海外本土化带来的契机-冲击矛盾。我们通过系统文献汇总,尚了解到近年来,除了国内学者,国际学术界对针灸数智化的关注也逐渐增加,国外研究团队的关注更多在于源自、借鉴针灸经络理念的一些派生技术或类似技术,比如远程激光针灸,Adly等^[43]通过基于物联网的激光针灸远程治疗类风湿关节炎,验证了智能化技术在跨区域针灸服务中的可行性;又如美国国立卫生研究院(National Institutes of Health, NIH)刺激外周活动以缓解病情(Stimulating peripheral activity to relieve conditions, SPARC)计划致力的“生物电子医疗”探索^[44],其“高分辨率神经回路图”与我国经典经络腧穴图谱异曲同工^[45]。此外,国外研究者也在尝试通过科学手段探讨经络腧穴的存在机制,并将其进行应用拓展,譬如利用基于模糊逻辑预测的生物技术系统,将穴位电流电压特性用于前列腺增生手术风险分类^[46]。NIH还正致力于建设穴位研究拓扑图谱和存储库(Topological Atlas and Repository for Acupoint Research, TARA)^[47]。因此,这要求我们国内的针灸从业者,在更好地继承弘扬中医针灸精髓的同时,需要跳出针灸学科发展的传统思维框架,综合学科内外视角,深入思考和挖掘针灸和经络的潜在相关学科的启示价值。

6 小结

综上,面对针灸数智化发展的契机-挑战,本文总结了推动针灸数智化系统性发展进程需关注的主要

路径如下。

(1)数据治理标准化:建立针灸诊疗多模态数据库,规范EMR数据结构,推动跨机构数据共享与安全流转。

(2)学科研究分层化:基础层聚焦经络数字化、量效模型、知识图谱构建,应用层探索针灸全域智能软硬件设施建设。

(3)复合式人才培养:在中医药院校增设医学信息学、生物工程等交叉课程,或开设计算针灸学课程,培养兼具针灸理论与数智技能的复合型人才。

(4)政策-产业协同和生态圈建设:医院针灸科依托政策性建设资源,包括国家中医优势专科建设项目,搭建“产学研医”合作平台,铺开智慧针灸诊疗单元的建设,基于数据标准化治理为后续智慧单元连通和协同的长远考虑做好准备。

(5)国际化推广策略:明确新时代背景下针灸学科的内涵和外延,并致力于国际期刊、学术会议及数字平台(如针灸知识图谱开源项目)建设,输出我国的针灸标准,保障我国针灸学在国际的知识产权。

古希腊先哲毕达哥拉斯建立了其“万物皆数”的基本哲学观点,万物能以数的形式被写入虚拟世界,虚拟世界也能帮助我们用数的思维认识和运用万物。针灸数智化迄今经历了针灸学全域数字积累、智能逐渐增长、数智并进的历程,然而其内部发展尚不均衡,须把握学科和时代双重机遇,优化针灸学领域数字化和智能化的匹配,以及数智技术和针灸学理论体系的匹配,形成良好智慧针灸生态。

[利益冲突] 本文不存在任何利益冲突。

参考文献

- 1 新华社. 中共中央国务院关于促进中医药传承创新发展的意见[N]. 人民日报, 2019-10-27(001).
- 2 Huang J W. Building intelligence in digital transformation[J]. Journal of Integrated Design and Process Science, 2018, 21(4):1-4.
- 3 Richie E. Evolving from digital transformation to intelligence transformation[EB/OL]. Forbes, Inc., (2023-11-21)[2024-11-23].
- 4 Gradillas M, Thomas L D W. Distinguishing digitization and digitalization: a systematic review and conceptual framework[J]. J Prod Innov Manage, 2025, 42(1):112-143.
- 5 Mauri M, Elli T, Caviglia G, et al. RAWGraphs: a visualisation platform to create open outputs[C]//Proceedings of the 12th Biannual Conference on Italian SIGCHI Chapter. Cagliari Italy. ACM, 2017:10.1145/3125571.3125585.
- 6 Lin J M, Lin C H. A novel wireless health monitor by using a wearable rubber glove with three-dimensional scanning elastic electrodes to measure acupuncture bio-potentials and impedances of a whole palm[J]. Technol Health Care, 2015, 24(Suppl 1):S3-10. [PubMed]
- 7 王春雷, 卞静, 原林, 等. 数字人体下肢筋膜重建经线与经络线形态学相似性的计算机化研究[J]. 解剖学报, 2008, 39(2):219.
Wang C L, Bian J, Yuan L, et al. A Digital Study on the morphologic comparability Between meridians and rebuild fascia lines in the VCH-M1's lower LI MB[J]. Acta Anatomica Sinica, 2008, 39(2):129.

- 8 潘主强, 张林, 颜仕星, 等. 中医临床数据疾病分类机器学习方法研究[J]. 计算机工程与应用, 2017, 53(13):146-154, 245.
Pan Z Q, Zhang L, Yan S, et al. Machine learning methods for diseases classification for TCM clinical data[J]. Computer Engineering and Applications, 2017, 53(13):146-154.
- 9 季恒, 谭为康, 巫桐雨, 等. 针刺疗法的力学基础[J]. 应用数学和力学, 2024, 45(6):803-822.
Ji H, Tan W K, Wu T Y, et al. The mechanics basis of acupuncture therapy[J]. Applied Mathematics and Mechanics, 2024, 45(6):803-822.
- 10 van Gerwen D J, Dankelman J, van den Dobbelsteen J J. Needle-tissue interaction forces: a survey of experimental data[J]. Med Eng Phys, 2012, 34(6):665-680.
- 11 宿翀, 陈子燚, 荣培晶. 医工结合的典范: 新一代智能技术在刺法参数量化中的应用与展望[J]. 世界针灸杂志, 2023, 33(3):296-298.
Su C, Chen Z Y, Rong P J. A paradigm of medical-industrial integration: application and prospects of new generation of intelligent technology in the parameter quantification for acupuncture manipulation[J]. World Journal of Acupuncture-Moxibustion, 2023, 33(3):296-298.
- 12 姜雨晨, 姜俊, 王福波, 等. 数字虚拟人体上针刺手法学的VR再现[J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(44):6643-6648.
Jiang Y C, Jiang J, Wang F B, et al. Virtual reality of acupuncture manipulation in digital virtual human[J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2016, 20(44):6643-6648.
- 13 姚为民. 电脑智能模拟楼百层老中医针灸治病及经穴图象的处理[J]. 浙江科技简报, 1982(5):14.
- 14 纪凤仙, 何应学, 吴俏燕. 郑魁山传统针刺手法数字化保护初探[J]. 西部中医药, 2016, 29(11):37-38.
Ji F X, He Y X, Wu Q Y. Study the digitized protection of Zheng Kuishan's traditional acupuncture technique[J]. Western Journal of Traditional Chinese Medicine, 2016, 29(11):37-38.
- 15 Tang S H, Yang H J. Function and application of traditional Chinese medicine inheritance calculate system[J]. Science of Traditional Chinese Medicine, 2022
- 16 张立剑, 冉升起, 申玮红, 等. 北京中医药数字博物馆“针灸馆”的构建思路[J]. 中国中医药信息杂志, 2006, 13(10):102, 105.
- 17 陆晓燕. 新媒体时代中医药文化的数字化保护研究: 以针灸铜人为例[J]. 智库时代, 2019(30):234, 236.
- 18 吴梦成, 林立涛, 胡蝶, 等. 我国古代典籍时代特征视角下的机器翻译研究[J]. 图书馆论坛, 2024, 44(10):93-102.
Wu M C, Lin L T, Hu D, et al. A study on machine translation of ancient Chinese books from the perspective of temporal characteristics[J]. Library Tribune, 2024, 44(10):93-102.
- 19 赵静, 庄天戈, 刘红菊, 等. 基于语义网络方法的三维可视化中医知识库[J]. 上海交通大学学报, 2005, 39(4):517-521, 526.
Zhao J, Zhuang T G, Liu H J, et al. Traditional Chinesemedicine(TCM) knowledge base of the visible human based on semantic network[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2005, 39(4):517-521.
- 20 王楷天, 叶青, 程春雷. 基于异构图表示的中医电子病历分类方法[J]. 计算机应用, 2024, 44(2):411-417.
Wang K T, Ye Q, Cheng C L. Classification method for traditional Chinese medicine electronic medical records based on heterogeneous graph representation[J]. Journal of Computer Applications, 2024, 44(2):411-417.
- 21 潘小丽, 白丽丽, 金舒文, 等. 智能针灸临床决策支持系统研究现状及发展策略[J]. 中华针灸电子杂志, 2024, 13(2):50-55.
Pan X L, Bai L L, Jin S W, et al. Research status and development strategies of intelligent acupuncture clinical decision support system[J]. Chinese journal of Acupuncture and Moxibustion(Electronic Edition), 2024, 13(2):50-55.
- 22 黄梓皓, 韦君逸, 陈海勇, 等. 一种基于深度学习的新型针灸针自动计数的云服务系统: 提高针灸安全性的策略(英文)[J]. Digital Chinese Medicine, 2024, 7(1):40-46.
Huang Z H, Wei J Y, Chen H Y, et al. A novel deep learning based cloud service system for automated acupuncture needle counting: a strategy to improve acupuncture safety[J]. Digital Chinese Medicine, 2024, 7(1):40-46.
- 23 陈涛. 子午流注掌上智能系统的实现[J]. 中国民族民间医药杂志, 2007, 16(1):22-25.
- 24 唐菊丽, 李恒聪, 李佳, 等. 一种新型智能精准艾灸设备的研制[J]. 时珍国医国药, 2018, 29(4):1010-1011.
- 25 于于尚红, 左洪亮. 设计心理学视角下便携式智能艾灸仪设计分析[J]. 模具制造, 2023, 23(12):154-155, 158
Yu S H, Zuo H L. Design and analysis of portable intelligent moxibustion instrument from the perspective of design psychology[J]. Die & Mould Manufacture, 2023, 23(12):154-155, 158.
- 26 苟升昇, 宿翀, 王磊, 等. 一种基于阵列式PVDF触觉传感器和机器学习的针刺手法识别系统[J]. 针刺研究, 2021, 46(6):474-479.
Gou S Y, Su C, Wang L, et al. Recognition system of acupuncture manipulations based on an array PVDF tactile sensor and machine learning[J]. Acupuncture Research, 2021, 46(6):474-479.
- 27 吴永娜. 机器学习在针灸应用中的靶点-个体化医疗及决策[J]. 光明中医, 2023, 38(17):3450-3454.
Wu Y N. Individualized medicine and decision of the target of machine learning in acupuncture and moxibustion[J]. Guangming Journal of Chinese Medicine, 2023, 38(17):3450-3454.
- 28 贺足翔, 万浩, 叶涛, 等. 基于动态监测脊柱形态与穴位电刺激的可穿戴矫姿系统研发[J]. 科技创新与应用, 2023, 13(17):26-29.
He Z X, Wan H, Ye T, et al. Development of wearable posture correction system based on dynamic monitoring of spinal shape and acupoint electrical stimulation[J]. Technology Innovation and Application, 2023, 13(17):26-29.
- 29 温川颀, 贾伟, 陈菊. 临床针灸辅助系统成果在基层医院的推广应用研究[J]. 临床医药文献电子杂志, 2016, 3(21):4329-4330.
- 30 付永民. 一种运用物联网技术实现针灸诊疗系统的方法[P]. 江苏: CN201210569304.0, 2013-04-10.
- 31 刘春飞, 张季, 王嘉, 等. 基于Unity3D技术的移动端数字人体腧穴仿真系统的设计与实现[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2021, 23

- (5):1490-1499.
- Liu C F, Zhang J, Wang J, et al. Design and implementation of acupoint simulation system of mobile digital human body based on Unity3D technology[J]. *Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica-World Science and Technology*, 2021, 23(5):1490-1499.
- 32 戴红芬, 胡畔, 刘娟, 等. 基于增强现实和双目视觉技术的针灸辅助系统[J]. *自动化技术与应用*, 2018, 37(4):26-30.
- Dai H F, Hu P, Liu J, et al. Acupuncture auxiliary system based on augmented reality and binocular vision technology[J]. *Techniques of Automation and Applications*, 2018, 37(4):26-30.
- 33 王果, 李立国, 董献文, 等. 孤独症智能治疗头盔的设计[J]. *医学食疗与健康*, 2021, 19(5):227-228.
- 34 胡梦雨, 冉龙薇, 卓翠丽, 等. 智能艾灸机器人模拟雀啄灸法治疗膝骨关节炎的临床效果[J]. *临床医学研究与实践*, 2024, 9(18):90-93.
- Hu M Y, Ran L W, Zhuo C L, et al. Clinical effect of intelligent moxibustion robot simulating bird-pecking moxibustion in the treatment of knee osteoarthritis[J]. *Clinical Research and Practice*, 2024, 9(18):90-93.
- 35 Chan T W, Zhang C, Ip W H, et al. A combined deep learning and anatomical inch measurement approach to robotic acupuncture points positioning[C]//2021 43rd Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc. IEEE, 2021:2597-2600.
- 36 He L, Yang H, Kang L, et al. Research on acupuncture robots based on the OptiTrack motion capture system and a robotic arm[J]. *J Tradit Chin Med*, 2025, 45(1):201-212.
- 37 郭义, 王江, 陈波, 等. 计算针灸学[J]. *中华中医药杂志*, 2020, 35(11):5394-5398.
- Guo O Y, Wang J, Chen B, et al. Computational acupuncture[J]. *China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy*, 2020, 35(11):5394-5398.
- 38 荣培晶, 王瑜, 许能贵. 脑科学研究助力针灸发展[J]. *针刺研究*, 2019, 44(12):859-862, 866.
- Rong P J, Wang Y, Xu N G. Brain science promotes the development of acupuncture in treating brain diseases[J]. *Acupuncture Research*, 2019, 44(12):859-862, 866.
- 39 荣培晶, 方继良, 俞裕天, 等. 基于针灸脑科学的神经调控技术研究进展[J]. *科技导报*, 2017, 35(11):77-84.
- Rong P J, Fang J L, Yu Y T, et al. Overview of the neuromodulation technique based on acupuncture brain science[J]. *Science & Technology Review*, 2017, 35(11):77-84.
- 40 Pan T, Zhang P M. Dynamic intervention strategies await inclusion in clinical evidence synthesis[J]. *BMJ Evid Based Med*, 2024, 29(2):137-138.
- 41 贾俊君, 刁微, 黄英男, 等. 平行病历书写专家共识(2023)[J]. *中国医学伦理学*, 2024, 37(1):120-124.
- Jia J J, Shu J, Huang Y N, et al. Expert consensus on parallel chart writing(2023)[J]. *Chinese Medical Ethics*, 2024, 37(1):120-124.
- 42 高俊虹. 《智慧针灸单元建设指南》团体标准解读[EB/OL]. 中国针灸标准网, 2025-06-09.[2025-08-14].
- 43 Adly A S, Adly A S, Adly M S. Effects of laser acupuncture teletherapy for rheumatoid arthritis elderly patients[J]. *Lasers Med Sci*, 2022, 37(1):499-504.
- 44 Jia T R. Research on and comparison of the stimulating peripheral activity to relieve conditions and acupuncture[C]//2020 4th International Conference on Computational Biology and Bioinformatics. Bali Island Indonesia. ACM, 2020:10.
- 45 马思明, 杨娜娜, 范浩, 等. 美国 SPARC 计划对中医针灸研究的挑战与启发[J]. *中国针灸*, 2020, 40(4):439-442, 444.
- Ma S M, Yang N N, Fan H, et al. Challenges and enlightenments of SPARC program on acupuncture and moxibustion researches in China[J]. *Chinese Acupuncture & Moxibustion*, 2020, 40(4):439-442, 444.
- 46 Filist S, Al-Kasasbeh R T, Shatalova O, et al. Biotechnical system based on fuzzy logic prediction for surgical risk classification using analysis of current-voltage characteristics of acupuncture points[J]. *J Integr Med*, 2022, 20(3):252-264.
- 47 Napadow V, Harris R E, Helmer K G. Birth of the topological atlas and repository for acupoint research[J]. *J Integr Complement Med*, 2023, 29(12):769-773.

The Digital and Intelligent Development of Acupuncture and Moxibustion in China: Discussion Based on Literature

ZHANG Peiming^{1,2,3,4}, LI Ziyong^{2,4}, YAO Simeng^{2,4}, FAN Baochao^{1,3},
LAN Danchun^{2,4}, TANG Chunzhi^{1,3}, LU Liming^{1,3}

(1. Medical College of Acu-Moxi and Rehabilitation, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510006, China; 2. The Eighth Clinical Medical College of Guangzhou University of Chinese Medicine, Foshan, 528000, China; 3. Clinical Research and Big Data Laboratory, South China Research Center for Acupuncture and Moxibustion, Guangzhou 510006, China; 4. Foshan Hospital of Traditional Chinese Medicine Affiliated to Guangzhou University of Chinese Medicine, Foshan 528000, China)

Abstract: Our acupuncture-moxibustion (Acu-Moxi) field has entered an era of digital and intelligent transformation, yet systematic and in-depth development remains limited. This article aims to provide an overview and reflection on the digital and intelligent progress of Acu-Moxi in China, offering systematic insights for the comprehensive development of this field. Through a retrieval from CNKI, VIP, and Wanfang databases, along with a discussion of relevant policies, case studies, achievements, and updates, the study evaluated the current advancements in the digitization and intelligence of Acu-Moxi, also discussing the current advantages and challenges. Findings revealed an overall upward trend in publications related to digital-intelligent technologies in Acu-Moxi, key forms including robotics, acupuncture point digitization, smart acupuncture devices, and clinical decision-making models, highlighting the empowering potential of digital intelligence across the discipline. Recently, publications of the Acu-Moxi digitization has decreased sharply, and the number of Acu-Moxi research about digital and intelligent transformation has increased. In conclusion, the field has undergone a transition from comprehensive digital accumulation to increasing intelligence, moving toward integrated digital-intelligent development. However, the internal development of digital and intelligent Acu-Moxi remains uneven. To achieve a harmonious intelligent Acu-Moxi ecosystem, it is crucial to leverage opportunities of discipline and times for systematic and balanced improvement.

Keywords: Acupuncture and moxibustion, Digital and intelligent transformation, Digitization, Intelligence

(责任编辑: 刘玥辰)