

人工智能与中医药前沿研究专栏

DOI: 10.16305/j.1007-1334.2025.z20250305003

基于人工智能的针灸临床诊疗技术研究进展

苗诗雨^{1,2}, 赵佳玥^{1,2*}, 杨元祯^{1,2}, 张朝阳^{1,2}, 黄菁^{1,2}, 鲁珊珊^{1,2}, 李湘^{1,2}, 袁若愚^{1,2}, 李若雨^{1,2}, 阳伟红^{1,2,3,4}

1. 天津中医药大学实验针灸学研究中心(天津 301617); 2. 天津中医药大学针灸推拿学院(天津 301617); 3. 国家中医针灸临床医学研究中心(天津 300193); 4. 天津市现代中医理论创新转化重点实验室(天津 301617)

【摘要】 针灸是中医学的重要组成部分, 现今在世界范围内已得到广泛认可及应用, 其对于慢性疾病和疼痛等症状有着显著疗效。随着科技的快速发展, 人工智能技术开始和针灸学领域结合并取得一系列新研究进展, 使针灸疗效和针刺操作精确度得到提高。综述基于人工智能的针灸临床诊疗技术研究进展, 分别从腧穴定位、选穴处方、针刺操作与针灸疗效预测 4 个方面探讨传统针灸与人工智能技术的结合现状, 旨在使人工智能技术与针灸临床诊疗技术更好地融合, 推动针灸技术的客观化和标准化进程, 为临床实践提供依据和指导。

【关键词】 人工智能; 针灸; 中医; 临床应用; 标准化; 现代化

Research progress on acupuncture clinical diagnosis and treatment technologies based on artificial intelligenceMIAO Shiyu^{1,2}, ZHAO Jiayue^{1,2*}, YANG Yuanzhen^{1,2}, ZHANG Chaoyang^{1,2}, HUANG Jing^{1,2}, LU Shanshan^{1,2}, LI Xiang^{1,2}, YUAN Ruoyu^{1,2}, LI Ruoyu^{1,2}, YANG Weihong^{1,2,3,4}

1. Research Center of Experimental Acupuncture Science, Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 301617, China; 2. School of Acupuncture-Moxibustion and Tuina, Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 301617, China; 3. National Clinical Research Center for Chinese Medicine Acupuncture and Moxibustion, Tianjin 300193, China; 4. Tianjin Key Laboratory of Modern Chinese Medicine Theory of Innovation and Application, Tianjin 301617, China

Abstract: Acupuncture is an important part of traditional Chinese medicine, which is widely recognized and applied globally. It has shown significant efficacy in treating chronic diseases, pain, and other symptoms. With the rapid development of technology, artificial intelligence (AI) has been integrated into the field of acupuncture, resulting in a series of new research advancements that improve both the therapeutic effects of acupuncture and the precision of needling manipulations. We review the progress in acupuncture clinical diagnosis and treatment technologies based on AI, exploring the integration of traditional acupuncture and AI technologies from four aspects: acupuncture point localization, point selection prescriptions, needling manipulations, and acupuncture efficacy prediction. The aim is to better integrate AI technology with acupuncture clinical practices, fostering the objectification and standardization of acupuncture techniques, and providing evidence and guidance for clinical practice.

Keywords: artificial intelligence; acupuncture; traditional Chinese medicine; clinical application; standardization; modernization

人工智能是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的全新技术。随着科技不断创新, 人工智能中图像识别、机器学习、神经网络、机器人等关键技术发展迅猛, 极大地推动了其在

中医学领域多学科交叉融合发展^[1]。针灸作为中医疗法的重要拼图, 是一种“由外及内”的治疗方法。使用针具对经脉、腧穴进行刺激以通调脉络、调理气血, 可使人体阴阳平衡、脏腑协调, 最终达到身健体康的目的。但针灸在临床应用推广方面存在一些现实问题, 限制了现代针灸学的发展^[2]。针灸疗效评估长期以来面临着挑战, 其主要依赖患者主观报告及医生经验性判断, 缺乏精确的量化标准。以疼痛缓解程度评估为例, 患者个体间的表述差异显著, 而医生的判断亦受主

[基金项目] 国家重点研发计划项目(2022YFC3500404); 2024 年天津中医药大学研究生科研创新项目(YJSC-20240019)

[作者简介] 苗诗雨, 男, 硕士研究生, 主要从事针刺神经免疫学机制和针灸作用原理研究工作; *赵佳玥为共同第一作者

[通信作者] 阳伟红, 讲师; E-mail: ouyang8463@126.com

观因素干扰,难以实现客观、统一的疗效评定。人工智能技术为解决这一难题提供了新路径。借助可穿戴设备与各类传感器,能够采集患者的生理数据,涵盖心率、血压、皮肤电反应等多维度信息。同时,结合功能磁共振成像(fMRI),可对大脑神经活动的动态变化进行监测。通过机器学习算法对这些多源数据进行深度分析,可挖掘其中的特征与规律,有望实现对针灸疗效的客观、精准评估。在穴位定位方面,不同医生的操作存在主观性与模糊性,这可能导致定位偏差,进而影响针灸治疗的效果与质量控制。人工智能图像识别算法可用于开发智能穴位定位系统,通过拍摄患者穴位部位的图像,利用算法进行分析与识别,辅助医者更准确地进行进针操作,提升穴位定位的准确性与一致性。

人工智能与针灸的融合,代表了传统医学在方法学上的创新突破,在彰显针灸治疗特色与优势的同时,有效规避了传统评估与操作过程中的诸多弊端,为针灸学科的现代化发展开辟了新方向。人工智能技术现被用于腧穴定位、针灸处方、针刺手法量化、针灸疗效预测等方面。其中,基于神经影像表征的针刺疗效预测正在成为人工智能结合针灸诊疗体系中的热门领域。本文将分别从腧穴定位、选穴处方、针刺操作、针灸疗效预测等方面综述人工智能技术在针灸临床诊疗体系中的应用情况。

1 人工智能与腧穴定位

1.1 研究现状 传统中医广泛采用的是各种“寸”系统来确定人体腧穴(同身寸法、骨度分寸法等),即依靠体表上一些皮肤标记或骨性标志来辨别穴位,并通过按、触、捏等手法揣穴。穴位的识别与定位依赖于施术者的手法与临床经验技能,而个体化差异导致人体上“寸”的标准和穴位的位置会有很大不同,这在一定程度上限制了针灸临床诊疗技术智能化、现代化的发展和推广。人工智能技术的应用对人体穴位的精准智能化识别定位以及相关医疗仪器技术的更新有着重要的作用^[3]。目前对腧穴的智能化定位的一般思路框架主要分为人体各部位特征点的数据采集、手工标注训练集、训练输出模型、检测生成模型与特征点、对特征点和穴位进行位置关联、最终确定穴位定位。目前,针对穴位定位的自动化、智能化方法主要分为以传统机器学习为主导的自动化定位方法和基于深度学习的智能化穴位定位方法,后者在现代研究中占据主流地位。其中在目标识别和特征点定位的卷积神经网络框架下,有研究^[4-7]已经在人脸识别检测、姿势检测、手势识别等领域得到应用,实现了对人体特征点的精准检测。有研究^[8]首次将生成对抗网络(一种深度学习模型)应用于眼部穴位的自动定位,分别提出有监督的眼部穴

位定位网络和无监督的眼部穴位定位网络,并通过改进基于条件对抗网络的图像到图像转换(Pix2pix)图像生成方式以及循环一致性生成对抗网络(CYCLEGAN)的生成器和判别器,降低了背景对图像生成的影响,使其更适合网络自动定位,训练效率更高、操作更便捷、准确度也更高。另有研究^[9]利用深度学习模型 HRNet 和 ResNet 架构,结合 MMPose 和 MMDetection 工具箱进行二维手部穴位定位,发现经矫正和标注等处理后的训练模型可以提高穴位检测的准确性,尤其 HRNet-w48 模型在定位精度上超越人类标注者,ResNet 在处理大尺寸图像时性能提升明显。

以上研究表明,通过人工智能实现对穴位的智能化定位已经成为一种研究趋势。但是人体的穴位分布密集且广泛,人体的形状和特征点也不尽相同,这令实现全身穴位的智能定位还存在一定困难。目前只有针对人体手、耳、面、背等部位的一些常用穴位的智能化定位研究,所以为人体特征点识别而构建的大数据库仍需要进一步更新,需要更多更全面的人体穴位图像。有团队针对这一研究现状构建了 AcuSim 数据集,并使用基于多层次感知器的深度学习模型进行技术验证,发现其准确率可靠并稳定于 99.73%,但因其合成模型的准确性和泛化能力有待进一步验证,故而大数据库的建立仍有较大的研究空间^[10]。另外,需要把人体特征点和穴位进行更加精细的位置关联整合,去掉其他因素对人体特征点识别的干扰,最重要的是如何将智能化穴位定位技术进行临床转化,在保证准确度和安全性的情况下需要将每项更新技术进行详细的临床验证和评价。

1.2 智能针灸机器人在腧穴定位领域的应用 智能针灸机器人可实现“感知-决策-行为-反馈”的闭环工作过程,可协助生产、服务生活、自动执行工作。

智能针灸机器人实现针刺操作的重要前提是穴位定位,现在国内主要常见的有数字经络智能针灸机器人、激光针灸机器人、中医通络机器人等,其研究的重心也是将中医经络穴位理论客观且定量地运用到智能针灸机器人研发中^[11]。数字经络智能针灸机器人的工作原理是基于数字经络理论的矢量经络图和基于双目视觉测量的自动定位^[12]。激光针灸机器人由全局和局部相机构成,其利用深度学习对复杂穴位分布密集的部位进行关键点定位,全局 Kinect 深度相机进行人体姿态识别并获取肢体位置,局部相机再分部位进行关键点定位^[13]。另有 OptiTrack 运动捕捉系统也被运用到智能针灸机器人系统上,该系统通过其 7 个红外摄像头记录穴位的 3D 坐标,可以实现机器人定位误差在 3.3 mm 内,后采用深度学习方法,通过识别语音关键词来检测得气感,准确率达 94.52%,有效实现针灸操作的

自动化和量化^[14]。智能化针灸机器人系统的核心技术包括深度学习人体部位检测器、寸测量网格、坐标变换和机器人控制等,其将人体部位小数据集图像的 30% 用于测试,在 Nvidia DGX2 系统中使用基于高性能数值计算的开源软件库(Tensorflow)框架进行训练,通过机器人捕捉图像,深度卷积神经网络分析和检测图像中的人体部分,再基于输出边界框采用寸测量法生成网格,网格生成后机器人对定位的相应穴位进行识别治疗^[15]。中医通络机器人通过定量分析症状-穴位的关系,基于图论建立具有中医思维的人工智能模型,运用数字经络理论的矢量经络图和基于双目视觉测量的自动定位开展工作^[11]。中医智能医疗设备的不断创新升级,是穴位定位智能化的一类重要临床转化成果,不管是用于临床治疗还是临床教学,其意义非凡。

穴位识别与定位的智能化研究作为针灸临床诊疗与人工智能结合中的“眼睛”环节,对图像数据的处理、深度学习技术的应用以及人体特征点与穴位的联系是研究重点。穴位智能化识别定位研究还有很大的提升空间,需要临床医生的专业知识和经验的补充。未来该研究会成为中医智能化医疗领域中的重要拼图,或可推动其他学科如生命医学工程、人体传感技术的跨领域合作发展。

2 人工智能与选穴处方

2.1 传统选穴处方发展瓶颈 腧穴的选择和处方是针灸治疗中的关键步骤。临床操作中,医者通过望、闻、问、切四诊合参的方法收集患者信息,根据证候进行鉴别;然后选择主要穴位,并规定穴位组合。医者对穴位的选择和处方遵循辨证与辨经结合、辨证与辨病结合的原则,但同时也会过于依赖医生的个人经验。大多数疾病缺乏标准化的穴位选择方案,从而导致不同医者对同种疾病的治疗效果参差不齐。同时,传统针灸选穴处方的个体化干预模式与社会信息化发展、大数据模式的崛起不相适应,导致治疗手段的个体化、单一化^[16]。所以,如何在保持较高针灸临床诊断水平的基础上实现一种科学化、系统化的干预体系转变,从而高效分析处理针灸临床数据,是一个值得深入探讨的问题^[17]。

2.2 基于人工智能的选穴处方 随着新技术的发展,基于人工智能的数据挖掘方法对于分析各种繁杂的数据显示出明显优于传统数据处理方法的优势。首先,人工智能具有高效数据处理和快速决策处方的能力。根据现有研究观点,人工智能能够快速处理海量针灸数据。例如,利用数据挖掘技术,可对大量临床案例、古籍文献中的选穴信息进行分析;在面对患者时,能迅速依据其症状匹配出可能有效的穴位组合。^[16]另一项

研究^[18]结果表明,通过构建针灸主题数据仓库,存储大量古代医籍、临床诊疗医案等数据,结合分布式计算平台与数据挖掘算法,能快速为临床提供选穴方案,极大提高诊疗效率,节省医者诊疗时间。其次,人工智能有全面的知识整合和将整合知识标准输出的能力。人工智能可整合现有数据库中的古今中外针灸知识,囊括经络穴位理论、古代医家经验及现代研究成果。如华东师范大学、上海中医药大学等单位联合开发的“数智岐黄”中医药大模型,以众多中医典籍及海量文献为数据基础,构建知识融合体系。这使得选穴处方能够综合多方面知识,且按照既定算法输出,避免因医生个体知识差异导致的选穴偏差,保证选穴方案在一定程度上的标准化与规范化^[3]。再者,人工智能具备基于大数据对实际情况进行客观分析的能力,可根据大数据学习与分析,减少主观因素干扰。以针灸治疗带状疱疹后遗神经痛的研究为例,可利用人工智能数据挖掘技术对权威医学期刊上的临床研究数据进行分析,发现选穴与患者年龄、性别、病程等因素的相关性,总结出具有较高应用价值的选穴组合和模式,为临床提供更客观的选穴依据^[19]。

基于人工智能的数据挖掘方法可以提出有效的穴位组合和针灸治疗方案,使临床疗效更加可靠稳定。关联规则是重要的数据挖掘技术,可用于探索穴位组合模式在疾病治疗中的应用,其中 Apriori 算法是该领域最常用的算法^[20]。Apriori 算法的原理是揭示有价值的关联规则,其中支持度和置信度必须满足事先确认的最小值。该领域 Apriori 算法的应用方式简要概述就是先建立各种疾病的穴位数据库,再找到穴位组合模式。穴位组合的数据储存源包括中国知网(CNKI)、中国生物医学数据库(CBM)、中国科技期刊数据库(VIP)、万方数据知识服务平台、Science Direct、PubMed、Web of Science、EMBASE 等,基于构建良好的数据库可计算出许多重要的 Apriori 模型参数,进而生成频繁的项目集^[20-22]。该领域研究中 Apriori 算法有两个关键参数,即支持度和置信度:支持度是衡量所有组合中穴位出现频率的指标;置信度表示穴位 B 出现时,穴位 A 在组合中出现的频率。支持度阈值和置信度阈值的选择将对 Apriori 算法的准确性产生重大影响。在探索最常用的穴位组合时,必须测试支持度和置信度的多个最小值组合。

通过使用 Apriori 算法,研究者们已经发现了许多用于治疗特定疾病的重要穴位组合处方。例如,针灸治疗结直肠癌术后肠梗阻时的主要经穴组合为足三里、上巨虚、内关、三阴交、下巨虚、合谷、天枢、中脘^[23];针灸治疗糖尿病胃轻瘫的主要穴位为中脘、足三里、内关、天枢、胃俞、脾俞、肾俞、三阴交、肝俞和梁门,其中

肾俞、肝俞、三阴交、脾俞和内关为核心穴位^[20]。另外,人工智能还可以通过深度剖析大量患者数据,如检测各种人体生理信号,从而实时辅助调整针灸诊断和治疗策略^[24]。

人工智能指导的针灸选穴处方为中医新知识的发现作出重要贡献,并为中医针灸理论的发展提供了关键技术。然而,目前人工智能在选穴处方方面仍存在局限性,其缺乏临床灵活性,难以依据患者的即时状态以及情绪变化进行实时调整。同时,人工智能对于中医思维,如整体观念、辨证论治、阴阳五行学说在针灸选穴中的精妙运用理解不足。因此,在人工智能选穴处方领域,需要进一步深入开展多学科交叉研究,从优化算法、整合中医知识图谱等多方面进行探索与实践,以提升其临床实用性。另外,选穴处方的关键在于具有相同证候的患者才能被归为同一穴位处方组,这是从临床数据中甄别穴位处方信息的关键。基于此,一些领域包括构建针灸特异性数据库、新型穴位组合疗效验证的临床试验、基于针灸理论对穴位组合的解释,将成为人工智能大展身手的舞台^[20]。

3 人工智能与针刺操作

针刺操作主要指通过医生的手或者辅助医疗器械将针具作用在所需穴位处并对针具进行提插和捻转的运动过程。针刺操作是整个针灸诊疗过程的主要环节,对整体治疗效果起到至关重要的作用。人工智能技术可以指导针刺操作,主要体现在量化相关参数和手法特异性上,如针刺的力度及深度、持续时间和作用方向,或电针仪及其他针灸医疗辅助器械的参数,这对于提升针灸的临床疗效至关重要。

3.1 针刺手法量化技术发展前景 随着人工智能与大数据技术的发展,针刺操作量化研究正发生着从经验科学向数据驱动的精准医学的转变。多模态融合技术的深化与优化、大数据专家库与建模技术的突破、临床治疗的深度赋能 3 个角度可展现针刺手法量化技术的多模态深度融合与智能化发展路径。首先,因针刺手法物理参数特征与患者病理存在复杂非线性关联,未来研究应构建多模态数据同步采集系统,突破多源异构数据的时间同步与空间配准技术,开发先进融合算法与更精确的数据同步、校准技术,以全面精准捕捉针刺手法特征。其次,可通过知识图谱技术建立“证候-手法-腧穴-疗效”四维关系网络构建针刺手法数据集与模型,实现对名家手法信息参数的自动化分析和生成,构建智能反馈与优化系统辅助针灸教学^[25]。最后,为将针刺手法量化研究应用于临床,需开发临床智能辅助决策与疗效评估系统,构建相关模型以优化针刺手法、评估疗效,制定个性化方案^[26]。

3.2 电针仪参数设定 在针刺操作的仪器参数量化研究领域,人工智能技术对电针仪参数的优化配置极具研究价值与应用潜力。伴随深度学习、机器学习等人工智能算法的快速迭代与广泛应用,电针仪参数的精准化、个性化设定迎来重要发展契机。通过整合患者生理特征、疾病类型、病程阶段等多维度数据,结合人工智能算法的非线性建模与智能分析能力,有望突破传统经验式参数设定的局限,实现电针刺激参数(如波形、频率、强度、持续时间等)的精准调控,进而提升电针疗法的临床疗效。电针疗法凭借其标准化的参数设定与可量化的刺激输出,在临床实践中展现出较高的客观性与可重复性。通过精确设定电针仪的输出参数,可实现对人体经络穴位的标准化刺激,这种量化操作模式不仅便于临床方案的制定与执行,也为针刺疗效的科学评估提供了可靠依据。关联规则算法和聚类算法是该领域广泛应用的主要人工智能技术。有研究^[27]提出一种新型的自反馈调节电针系统 DSFAES,该系统可以改善电针治疗中的参数设置,其基本工作原理是通过各种影像学信号客观记录电针刺激引起的身体反应信号,并输出一个参数代表是否达到满意效果,再将这种输入和相应输出的组合模式大数据提交给人工智能系统进行学习,分别识别“满意”信号指标及其对应相关“成功”参数和“不满意”信号指标及其对应相关“失败”参数,一旦 DSFAES 系统检测到“不满意”的生物信号指标,系统将自动停止“失败”参数并更改为“成功”参数,将更好的参数设置用于电针以提高疗效,避免了电针治疗中人工调整参数的滞后性和无法选择合适参数导致机体的不适应。另外有研究^[28]使用人工智能 Apriori 算法,用于解决大规模数据集关联分析问题,从众多数据中找出隐含关系,通过设置最小支持度寻找频繁项集以获取关联规则;通过分析不同穴位对于不同强度、频率的电针刺激得到的感受数据,发现男性、女性所能承受的治疗效果强度范围和耐受能力有明显差别,并显示治疗膝骨关节炎的穴位组合耐受能力从大到小依次是内膝眼穴和外膝眼穴、阴陵泉穴和足三里穴、血海穴和梁丘穴,并确定 1.25 Hz、5 Hz 与其他频率感受不同,由此可确定男女各穴位适宜的治疗强度和频率,为治疗膝骨关节炎提供最优方案。目前,人工智能技术还未大范围应用到电针仪参数设定方面,且大数据库中数据质量缺乏标准化,已构建的人工智能模型在电针仪参数设定方面,普适性有待提高,多数模型是基于特定研究机构或特定疾病类型的有限数据进行训练,在不同地区、不同人群以及多种复杂病症情况下的推广应用效果尚未得到充分验证。未来需通过大数据与多中心研究、模型优化与创新算法应用以及深化与中医理论融合等措施进一步推动该领域发

展,为电针治疗的精准化、个性化提供更坚实的技术支撑。

3.3 人工智能算法与出针操作 治疗后取针的操作也属于针刺操作的一个重要步骤。为提高针刺安全性,有研究^[29]开发了一个基于深度学习的云系统,用于针灸针的自动计数过程,其采用从预训练的面向区域的卷积神经网络模型中迁移学习的方法,开发出一种检测算法,可自动计算相机图像中针灸针的数量,已累积 590 张图片的训练集和 1 025 张图片的验证集进行微调;研究者在 Google Colab 环境中部署了 MMRotate 工具箱,并使用 NVIDIA Tesla T4 图形处理单元来执行训练任务,此外还将该模型与新开发的 Telegram 机器人接口集成,以确定针刺计数系统的准确性、精确度和召回率;结果发现检测模型的准确率为 96.49%,精确率为 99.98%,召回率为 99.84%,平均端到端推理时间为 1.535 s,证明了这一云服务利用对象检测技术改善基于深度学习的针刺实践中安全性的潜力。针刺治疗后存在断针和滞针等安全隐患,有研究^[30]选用 YOLOv8 模型,以图像中针灸针的形状、大小、插入角度和颜色对比等视觉特征参数进行训练,结果模型平均精度达 88.0%,召回率 82.9%,在不同交并比阈值下平均精度值表现良好,提示检测可靠性高。

针刺针具与针灸相关仪器随着科技的进步也在不断发展,使得人工智能技术与针灸临床诊疗方法的结合也越加紧密,人工智能技术可以为各种手法操作收集数字信号。目前,针刺操作手法研究所缺乏的是将中医医师操作当中一些经验化的手法进行数字化,对其进行更加精确客观记录,如针刺的方向、所施加的力度、针身的弯曲程度等。这需要更多临床数据的支撑,也需要研究人员对现有算法不断更新。基于人工智能的针刺操作手法研究在未来的针灸领域研究中将占据很大的比重,随着大数据时代的到来,针灸治疗的安全性和有效性将显著提高。

4 人工智能与针灸疗效预测

当前,人工智能预测针灸效果的研究备受瞩目,其能凭借精密仪器准确判断患者身体状况,为医生制定个性化治疗方案提供支持,展现出极高的临床应用潜力。基于神经影像学表征的机器学习对针灸疗效进行预测,是通过把一定数量患者的临床数据和对应针灸疗效的数据分别作为输入端和输出端来进行学习以及测试该模型计算的准确率,得到的相应模型可以通过输入患者临床检查数据来对针灸疗效进行预测,以此来筛选针灸适宜人群^[31]。

磁共振成像可以反映大脑功能活动变化,是最常用的脑功能成像方法,其可为针灸疗效预测模型的开

发提供重要数据,支持向量机(SVM)模型是使用最广泛的针灸疗效预测算法。fMRI 可通过检测大脑活动时局部血氧浓度变化引起的磁共振信号改变,间接反映神经元活动。有研究^[32]构建了基于人工智能与机器学习技术的 SVR 模型,该模型用于研究无先兆偏头痛(MwoA)的针刺疗效,结果发现通过针刺干预 4 周后,左右枕中回的 z 转换低频波动幅度值的变化可以代表头痛强度,继而可以有效预测头痛的发作次数和头痛缓解的程度。此外,有研究^[33]应用 SVM 和留一交叉法识别并验证一种针刺治疗 MwoA 后基于 fMRI 的神经标志物,该标志物主要位于各网络的全脑功能连接,可以正确识别出病变大脑和健康大脑,准确度大于 90%,该研究也提示,针刺前大脑网络间异常的功能连接可作为预测疗效的神经标志物。在失眠领域,fMRI 与人工智能方法结合在疾病分类诊断方面已取得初步成果,如多变量模式分析可诊断慢性失眠患者并预测其临床症状和焦虑状态^[34];有研究^[35-36]采用 SVM 技术识别血液透析合并失眠患者的神经影像学标志物,发现 4 周经皮耳穴迷走神经刺激(taVNS)疗效与感觉运动网络(SMN)多个脑比率低频振幅(fALFF)相关,推测 SMN 的 fALFF 是预测失眠患者对 taVNS 治疗反应的潜在生物标志物。

尽管基于人工智能和影像学的针灸疗效预测研究仍处在探索阶段,但该类研究被证明具有可行性,无论是探索经络实质,还是针灸脑科学研究都离不开与这类研究的结合。综上,SVM 算法是该领域中使用最广泛的机器学习方法之一,该方法可以反映临床特征与预测结果之间的相关程度。另外,除了临床特征和针灸疗效的关联机制,还有许多领域可以探索与验证。

5 小结

基于人工智能的针灸临床诊疗技术具有客观化和标准化的特点,将针灸与人工智能融合,是针灸临床诊疗发展的重要方向。现今,人工智能导向的针灸临床诊疗技术在针灸的腧穴定位、选穴处方、针刺操作及针灸疗效预测等领域取得了重要进展。但人工智能在与针灸临床诊疗技术的融合中也伴随着许多局限性和挑战,尤其在临床数据收集及管理、针灸数据库的建立与完善、针灸知识与人工智能技术的整合等方面。再者,现阶段人工智能与医疗体系结合不够成熟,患者会拒绝潜在医疗风险或为了降低医疗风险放弃更有效的治疗方案等^[37]。不可否认的是,人工智能、神经影像学 and 针灸学的技术整合将为针灸领域研究带来重大突破,而习惯使用人工智能技术的新一代中医师也会为针灸临床诊疗技术注入新的活力。在未来,应当继续构建针灸大数据平台,促进数据共享,规范行业标准,继续

深化机器学习模型算法与针灸临床的结合,进一步
强化人工智能与针灸学领域融合的深度与广度。

参考文献:

- [1] 郭仪, 许斌, 胡楠. 人工智能在辅助中医临床领域的研究现状与展望[J]. 中华中医药学刊, 2021, 39(6): 76-78.
- [2] 陈芳. 《中医药法》实施背景下中医药人才培养现状分析与思考[J]. 中医药管理杂志, 2020, 28(7): 26-28.
- [3] 李芳杰, 高明, 杨玉真, 等. 人工智能在中医穴位定位技术中的应用探析[J]. 上海中医药杂志, 2024, 58(2): 17-22.
- [4] TEJA B R, MYTHILI D, LAXMIPRASANNA D, et al. Deep learning feature extraction architectures for real-time face detection [J]. SN Computer Science, 2023, 4(5): 290-301.
- [5] 王宇, 胡哲昊, 涂晓光, 等. 基于改进SBR算法的人脸特征点稳定检测[J]. 电讯技术, 2023, 63(5): 719-724.
- [6] 徐梓雄, 郭璠, 王宗雨, 等. 基于多视角学习策略的手部姿态估计[J]. 计算机系统应用, 2023, 32(10): 22-33.
- [7] THEOFANIS K, STELIOS K, VASSILIOS C, et al. Performance benchmark of deep learning human pose estimation for UAVs [J]. Mach Vision Applic, 2023, 34(6): 1-5.
- [8] 刘刚刚, 高鲁, 谢欣昇, 等. 数字中医学的研究进展[J]. 中华中医药学刊, 2024, 42(9): 9-12.
- [9] SEO S D, MADUSANKA N, MALEKROODI H S, et al. Accurate acupoint localization in 2D hand images: Evaluating HRNet and ResNet architectures for enhanced detection performance [J]. Curr Med Imaging, 2024, 20: e15734056315235.
- [10] SUN Q, MA J, CRAIG P, et al. AcuSim: A synthetic dataset for cervicocranial acupuncture points localisation [J]. Sci Data, 2025, 12(1): 625.
- [11] 费红琳, 黄理杰, 陆东海, 等. 基于视觉的腰背部中医经络机器人穴位定位方法[J]. 现代中医药, 2023, 43(5): 24-30.
- [12] 徐天成, 卢东东, 王雪军, 等. 数字经络智能针灸机器人的研发及其应用探讨[C]//中国针灸学会. 2017世界针灸学术大会暨2017中国针灸学会年会论文集. 北京:中国针灸学会, 2017: 701-702.
- [13] 王聪. 激光针灸机器人视觉寻穴方法研究[D]. 北京:北京邮电大学, 2020.
- [14] LING H E, HUI Y, KANG L I, 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.
- [15] CHAN T W, ZHANG C, IP W H, et al. A combined deep learning and anatomical inch measurement approach to robotic acupuncture points positioning [J]. Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc, 2021, 2021: 2597-2600.
- [16] 齐诗仪, 倪友聪, 章思佳, 等. 基于智能选穴模式的针灸“症-穴”相关研究[J]. 中华中医药杂志, 2022, 37(12): 7220-7223.
- [17] 刘华云, 韩晨静, 熊婕, 等. 针刺临床文献自然语言处理中术语的智能化标注和抽取方法[J]. 中国针灸, 2022, 42(3): 327-331.
- [18] 梁繁荣. 基于大数据的循证针灸临床决策支持平台构建与应用 [EB/OL]. (2017-03-31) [2025-01-06]. <https://kns.cnki.net/kcms2/article/>.
- [19] 张译尹, 王东岩, 张健, 等. 从“异病同治”角度探讨针灸治疗神经性皮炎及带状疱疹后遗神经痛的选穴规律[J]. 北京中医药, 2024, 43(7): 780-786.
- [20] MEHEDI H M, ASIF K, SWARNALI M, et al. An apriori algorithm-based association rule analysis to detect human suicidal behaviour [J]. Procedia Computer Sci, 2023, 219: 1279-1288.
- [21] YU J, JIANG Y L, TU M Q, et al. Investigating prescriptions and mechanisms of acupuncture for chronic stable angina pectoris: An association rule mining and network analysis study [J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2020, 2020: 1931839.
- [22] 唐翠娟, 荣震, 杨梦娜, 等. 基于关联规则及熵聚类的针刺治疗癌痛选穴规律研究[J]. 中国针灸, 2020, 40(3): 331-336.
- [23] XU Z, YANG W J, SHANG J L, et al. The lower He-sea points playing a significant role in postoperative ileus in colorectal cancer treated with acupuncture: based on machine-learning [J]. Front Oncol, 2023, 13: 1206196.
- [24] BAO Y F, DING H K, ZHANG Z H, et al. Intelligent acupuncture: data-driven revolution of traditional Chinese medicine [J]. Acupunct Herbal Med, 2023, 3(4): 271-284.
- [25] 江天云, 辛娟娟, 刘群, 等. 从生物力学和有限元建模仿真角度探讨针刺手法量子学研究的新思路[J]. 医用生物力学, 2024, 39(S1): 271.
- [26] 高俊虹, 江天云, 喻晓春. 针刺手法量子学研究的技术革新与未来发展方向[J]. 针刺研究, 2025, 19(3): 535-536.
- [27] ZHANG Y Y, CHEN Q L, WANG Q, et al. Role of parameter setting in electroacupuncture: Current scenario and future prospects [J]. Chin J Integr Med, 2020, 28(10): 953-960.
- [28] 赵祎, 李正豪, 武衡, 等. 基于人工智能的电针仪治疗膝骨关节炎的最优方案研究[J]. 科技创新与应用, 2023, 13(6): 41-44.
- [29] 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[J]. 数字中医药, 2024, 7(1): 40-46.
- [30] LIN S K, SU C K, MERCADO M, et al. Developing a deep learning model for the automated monitoring of acupuncture needle insertion: enhancing safety in traditional acupuncture practices [J]. BMC Complement Med Ther, 2025, 25(1): 108.
- [31] WANG Y, SHI X, EFFERTH T, et al. Artificial intelligence-directed acupuncture: a review [J]. Chin Med, 2022, 17(1): 80.
- [32] TAO Y, SUN G J, TIAN Z L, et al. The spontaneous activity pattern of the middle occipital gyrus predicts the clinical efficacy of acupuncture treatment for migraine without aura [J]. Front Neurol, 2020, 11: 588207.
- [33] TU Y, ZENG F, LAN L, et al. An fMRI-based neural marker for migraine without aura [J]. Neurology, 2020, 94(7): e741-e751.
- [34] 齐萌, 刘波. 针刺治疗失眠的临床及fMRI研究进展[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2025, 23(1): 36-40.
- [35] WEN Z Y, ZHANG Y, FENG M H, et al. Identification of discriminative neuroimaging markers for patients on hemodialysis with insomnia: a fractional amplitude of low frequency fluctuation-based machine learning analysis [J]. BMC Psychiatry, 2023, 23(1): 9.
- [36] GONG L, HE K, CHENG F, et al. The role of ascending arousal network in patients with chronic insomnia disorder [J]. Hum Brain Mapp, 2023, 44(2): 484-495.
- [37] 吴冬, 孙汉旭, 荣培晶, 等. 针灸与人工智能学科交叉的现状与策略探讨[J]. 针刺研究, 2021, 46(6): 541-545.

编辑: 黄博韬

收稿日期: 2025-03-05