

DOI:10.13288/j.11-2166/r.2022.24.002

人工智能技术在辅助中医诊疗及诊疗标准化中的应用

赵国桢^{1,2,3}, 郭诗琪⁴, 庞华鑫⁵, 徐霄龙², 苏祥飞⁶,
蔡兆伦⁷, 冯雪⁶, 段笑娇⁶, 苏芮¹, 李博^{1,2,3}✉

1. 首都医科大学附属北京中医医院, 北京市东城区美术馆后街 23 号, 100010; 2. 北京市中医药研究所; 3. 北京中医药循证医学中心; 4. 北京中医药大学针灸推拿学院; 5. 北京交通大学计算机与信息技术学院; 6. 中华中医药学会; 7. 四川大学华西医院

[摘要] 中医诊疗标准化是中医药发展的重要保障, 但以临床实践指南为核心的中医药标准化成果在临床应用时常面临困难, 原因包括中医辨证论治主观性强、患者信息采集时缺少客观测量方法及客观指标、中医诊疗过程存在大量隐性知识等。基于人工智能技术的智能诊断系统和临床决策支持系统可为辅助中医诊疗及中医诊疗标准化工作提供新思路。一方面可借助中医智能诊断系统客观测量患者的中医四诊信息, 辅助临床医生标准化诊断, 推动中医诊断标准化的发展; 另一方面能够建立症状群与药物群之间的网络关系, 实现个体化治疗方案的推荐, 促进中医治疗标准化的发展。建议未来人工智能技术应用于中医诊疗标准化研究中, 应制定合适的结构化或半结构化病历, 加强人工智能技术在数据采集中的应用, 高效准确地采集患者信息; 完善疗效评价体系, 探索个体化疗效评价方法并评估人工智能技术的有效性和安全性; 进一步探索符合中医诊疗特色的人工智能系统及数学模型。

[关键词] 人工智能; 智能诊断系统; 临床决策支持系统; 中医药标准化

中医药标准化体系建设是中医药发展的重要保障措施, 可靠的中医诊疗标准有助于提高医疗服务质量, 降低社会医疗服务成本, 普遍提高医师的诊疗水平^[1]。但以临床实践指南为核心的中医药标准化成果在临床推广及应用时面临一定困难, 需要新的技术和方法对其进行补充。人工智能 (artificial intelligence, AI) 技术作为国家新一代信息技术发展战略中的重要组成部分^[2], 对中医药行业的现代化发展有重要影响。国务院发布的“十四五”中医药发展规划提出, 中医智能辅助诊疗系统的研发和应用是强化中医药发展的支撑保障之一^[3]。目前, 影像学辅助诊断^[4-5]、机器人辅助手术^[6-7]等 AI 技术已在西医临床实践中广泛应用, 并取得了较好效果。虽然已有中医 AI 设备或系统问世, 但 AI 技术尚未大量应用于中医临床, 其与中医诊疗结合的模

式仍需进一步探索。本文就 AI 技术在辅助中医诊疗及中医诊疗标准化中的应用进行探讨, 以期为进一步研究及临床使用提供思路。

1 AI 的发展及与中医药结合的探索

“AI”概念在 1956 年达特茅斯夏季会议中被正式提出, 是指研究和开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法和技术及应用系统的一门新的科学技术^[8]。在后续至今的发展中, AI 技术逐渐完善, 计算机学习的精确性不断提高, 且机器具备了一定的自学能力^[9-10]。2015-2016 年, 由 DeepMind 团队开发的 AlphaGo 在围棋对弈中屡次击败国际顶尖棋手, 再一次将 AI 技术推向了新的发展高潮^[11]。而这一事件也为我们带来诸多思考, 如 AI 技术能否用于中医药领域? 如何与中医诊疗工作相结合?

早在 20 世纪 70 年代, 便有将 AI 技术应用于中医药领域的初步探索。1977 年, 由中国科学院自动化研究所、北京中医医院关幼波主任医师等团队合作研制开发的“中医关幼波肝炎诊断治疗程序”

基金项目: 国家中医药管理局第七批全国老中医药专家学术经验传承项目; 国家重点研发计划 (2021YFC1712901); 国家中医药多学科交叉创新团队项目 (ZYXCXTD-D-202201)

✉ 通讯作者: libo@bjzhongyi.com

问世,开创了中医药与AI结合的先河^[12]。目前,将AI技术应用于中医药领域的成果主要分为智能诊断系统和临床决策支持系统(clinical decision support system, CDSS)两大类,涵盖“诊”与“治”两个维度。“诊”即智能诊断系统,其根据中医四诊方法,分别将中医望、闻、问、切四诊信息与AI结合,通过对应的算法评估患者综合情况。舌诊仪、面诊仪和问诊系统等多种智能诊断系统已经问世^[13]。近年来,随着仿生嗅觉设备及算法的出现^[14],机器已经可以实现“闻气味”的能力。“治”即CDSS,其可基于患者的特征或四诊信息,通过算法得到对应的治疗方案,且可以涵盖方药、针灸等多种中医疗法。不同系统间的主要区别在于AI算法和训练数据来源。常用的算法包括多层感知机(multilayer perceptron, MLP)算法、卷积神经网络(convolutional neural networks, CNNs)算法、循环神经网络(recurrent neural networks, RNNs)算法、关联规则挖掘(apriori)算法、频繁模式树-提升(frequent pattern tree growth, FP-growth)算法等;训练数据通常来源于专家验方、古籍所载经典方剂、临床病案、临床研究文献等^[15]。

AI技术在中医药领域的探索已有一定基础,但仍面临困难和挑战。第一,中医辨证体系丰富,不同临床医师的诊疗思维 and 知识理解存在差异,难以以同一标准采集患者信息,导致不同来源的训练数据存在差异;第二,中医临床数据存在稀疏性,即患者可出现的症状、可使用的药物种类极多,但单个患者的症状和用药种类较少;第三,回顾性数据的准确性及完整性较差,难以全面反映患者实际情况;第四,中医治疗对不同患者的个体化疗效难以客观评价,部分病案数据的真实疗效具有不确定性^[16]。

2 中西医诊疗标准的应用情况及思考

临床实践指南是中西医诊疗标准的主要形式之一。目前西医临床实践指南对西医诊疗工作已起到较好的指导作用,大量的诊断试验、疗效对比研究等临床研究成果,为临床医生提供了更加准确可靠的诊断方法、更加安全有效的干预措施,以及对应的循证医学证据;在此基础上制定的一系列临床实践指南能够为临床医生提供有效指导,并推动西医诊疗从“经验医学”向“循证医学”的转变^[17]。中医临床实践指南在临床工作中的直接应用并不

多,其原因包括指南临床问题定位不准、高质量证据不足、指南制订技术不规范等^[1]。此外,中西医临床实践指南的不同应用情况还可能与中西医诊疗思维方式的差异有关。

2.1 西医诊疗思维及AI技术应用的启示

西医诊疗的核心是患者的病理生理变化,且客观测量方法和客观指标贯穿在诊断过程中。大多数实验室检查指标都会得到定量结果及其参考范围,供临床医生使用;辅助检查如心电图检查,虽然得到的是图像结果,但可通过对心率、各波段振幅及时间的定量测量,为心电图判读提供依据;问诊和体格检查的主观性较强,也能通过客观的定量数据反映患者情况,如体温、咯痰量、排便次数等。同时,西医诊断标准大多基于客观指标确定,临床应用明确且规范。

影像学检查及诊断易受到主观因素影响,不同医生的判断结果可能存在一定差异,这使得AI技术在影像学领域发展速度较快^[18]。虽然深度学习算法存在可解释性不足等局限性,但有研究^[19]发现,AI影像学诊断的准确度和灵敏度均高于低年资医生,医生借助AI辅助后较未使用时诊断的准确度更高,用时更短。AI技术在影像学领域的广泛应用,为同样存在主观性诊断的中医学提供了新的思路和方法。

2.2 中医诊疗思维及诊疗标准化的思考

中医学是以疗效为核心的经验医学。历代中医学家不断整理有效处方和医案、总结临证经验,形成了以整体观念、辨证论治为基本特点的理论体系,具体体现在以经典著作为核心的一系列古籍著作,这也是目前临床医生公认的“中医指南”。通过经典学习,结合师承学习和临证经验,中医工作者达到“明其理、知其法”,从而形成较完善的中医临床思维。

中医诊疗的特点在于辨证论治,但该过程主观性较强,不同医生的诊疗方法及临床疗效存在差异,因此需要有合适的客观标准对其进行指导^[20]。目前,中医诊疗标准化的方法以临床实践指南为主要方法。但通过临床调研^[21]发现,中医诊疗过程存在临床医生在学习、经验积累中逐渐形成的大量隐性知识,难以用文字描述,导致以指南为主要载体的标准难以直接指导临床实践。而基于深度学习的AI算法具有参数数量多、拟合能力好等特点。通过大量的中医临床数据对AI模型进行训练,一定程度上可使AI模型学习到这些隐性知识,再结

合可解释技术和统计分析策略对隐性知识的提取转化^[22],有望实现对隐性知识和临床经验的总结和规范化,形成中医诊疗标准。因此,深度学习算法等 AI 技术有可能对中医诊疗标准化工作产生巨大影响。

3 AI 技术在中医诊疗标准化发展中的作用

3.1 推动中医诊断标准化的发展

望、闻、问、切四诊是中医学“司外揣内”诊断思想的核心模式。中医指南及教材重视对不同证型患者四诊信息的描述,但不同医生对其理解和判定标准各不相同。目前仍存在四诊信息采集标准不规范、主观性强、个体差异大等问题,影响了中医同道间的交流,也制约了中医学的发展。

现代医学在诊断过程中大量采用客观测量方法及客观指标,中医学亦可以参考这一思路,使用现代技术,将四诊信息转化为光、电、压力、图像等数据并进行客观分析^[23]。完善的中医智能诊断系统不仅能从硬件上将抽象的四诊信息转化为物理信号,而且在软件层面也可对这些物理信号进行智能分析,得到对应的患者特征描述,从而实现从抽象主观描述到具象客观描述之间的映射关系。未来可逐渐形成以客观测量为核心的一系列中医诊断标准,辅助临床医生准确进行中医诊断。

3.2 促进中医治疗标准化的发展

辨证论治是中医学的特点,也是精准治疗的一种体现形式。现有的中医临床实践指南大多对某疾病的主要证型及治疗方法进行描述和推荐,难以涵盖真实的、复杂的疾病情况。指南与临床实践不完全相符,临床医生仍需基于自己的经验开具处方,导致指南难以完全实现中医治疗标准化和规范化。

中医药治疗是针对不同症状群的复杂干预方法,并且从症状群到对应处方的思维过程是一种隐性知识,难以清晰描述其逻辑关系。而基于 AI 技术的 CDSS,通过学习海量的患者特征与临床数据,可以有效地建模症状群与药物群之间的网络关系^[24]。这种网络关系中既包含症状群与方药的标准化对应关系,同时也涵盖了临床诊疗中的经验关系。因此,基于多重知识交融, AI 系统一定程度上可以模拟专家的思维过程,为不同情况的患者推荐或提供个体化的治疗方案,为医生的临床决策提供参考,并有可能成为新时代中医治疗标准的载体。

4 AI 技术在中医诊疗标准化研究中的应用的关键环节

4.1 完整且标准化收集患者诊疗信息

完整且标准化的患者诊疗信息是中医药 AI 发展的数据基础。目前患者的临床资料大多为非结构化数据,往往存在数据缺失、逻辑矛盾、标准化困难等问题,后期数据治理复杂,不利于研究使用。而结构化或半结构化的数据采集方式,因其预先定义,有利于数据完整采集,也便于后期数据治理。但这种采集方式对采集人员的要求较高、工作量较大,并可能产生一定的冗余数据。因此,需针对特定疾病及研究目的,确定所需最少变量,制定相应的结构化或半结构化病历,标准且完整地采集患者数据信息。

同时,为减少不同医生对四诊信息采集的差异,提高采集效率,可加强智能诊断系统在数据采集中的应用。目前相关研究工作已有一定基础^[25],但仍缺乏公认的测量及评价标准。智能诊断系统硬件设备的精密度和准确度仍需进一步提升,算法仍需进一步优化,其稳定性和可靠性也需通过大样本的研究验证。

4.2 疗效评价体系建设

在中医诊疗标准化工作中,临床疗效评价是最受关注的问题之一。在指南或共识制订过程中,应优先采用高质量的、明确改善重要结局指标的临床研究结果作为证据来源;在指南或共识发布后,亦需对该标准进行临床疗效评价及适用性评价。

疗效是中医学发展的核心。对于现有中医 AI 系统的数学模型,多数仍采用离散式的准确率、召回率和接受者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线下面积等指标对模型进行评价,而较少基于临床疗效对模型的优劣进行评估^[26]。任何形式的诊疗技术或产品的最主要目的是提高临床疗效,若忽视疗效评价,盲目推广新技术,则难以证明该技术能否使患者受益,不利于技术的长期发展。因此,在 AI 技术与中医诊疗标准化相结合的研究中,需将疗效评价融入其中。

疗效评价可分为两个维度。一方面是针对个体的疗效评价。在众多训练数据中,应标记出对患者个体有效的数据,用于构建临床决策模型,但目前缺少公认的个体化疗效评价方法^[27]。中医药核心结局指标集、目标成就评价方法、医患共建平行病历评价方法等研究的开展,可为个体化疗效评价提供思路。另一方面,还需对接受 AI 诊疗的患者群

体开展疗效评价研究, 评估 AI 技术的有效性和安全性。

4.3 模型选择与 AI 系统构建

随着 AI 技术的发展, 目前传统机器学习模型如线性回归、Logistic 回归、决策树、支持向量机、贝叶斯分类方法等, 深度学习模型如前馈神经网络、卷积神经网络、循环神经网络等, 以及更为复杂的模型算法已在中医药领域的研究中应用。但数学模型变化多样, 新模型与日俱增, 开展研究时需根据不同需求, 选择最适宜的模型, 构建符合中医诊疗特色的 AI 系统。例如, 研究患者舌象数据时可借助 CNNs 提取舌象图像特征, 转化为低维的数字化表征, 再结合聚类算法进行分析; 对患者脉象的时序数据进行研究时, 可使用 CNNs 提取时序化的脉象特征, 再采用随机森林、MLP 等分类算法判断脉象的类型。

5 小结

中医临床诊疗工作需要合适的标准进行指导, 而中医诊疗标准则应具有客观的诊断方法, 以及推荐符合中医特色的个体化治疗方案的作用。中医临床实践指南在标准化工作中有着重要地位, 但在临床应用中难以发挥优势。基于真实世界数据和 AI 技术研发的智能诊断系统和 CDSS, 可以在一定程度上实现中医诊断和治疗的标准化, 辅助中医医生开展诊疗工作, 弥补中医临床实践指南的不足, 但具体实践的过程和方法仍面临挑战, 需要在未来的研究中进一步探索。

参考文献

- [1] 赵国桢, 冯硕, 张霄潇, 等. 中医药临床实践指南: 现状和思考[J]. 中国循证医学杂志, 2018, 18(12): 1386-1390.
- [2] 中华人民共和国中央人民政府. 中国制造 2025 [EB/OL]. (2016-05-12)[2022-08-16]. <http://www.gov.cn/zhuanti/2016/MadeinChina2025-plan/mobile.htm>.
- [3] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于印发“十四五”中医药发展规划的通知 [EB/OL]. (2022-03-29)[2022-04-28]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2022-03/29/content_5682255.htm.
- [4] AKKUS Z, CAI J, BOONROD A, et al. A Survey of deep-learning applications in ultrasound: artificial intelligence-powered ultrasound for improving clinical workflow [J]. J Am Coll Radiol, 2019, 16(9B): 1318-1328.
- [5] ZHOU LQ, WANG JY, YU SY, et al. Artificial intelligence in medical imaging of the liver [J]. World

- J Gastroenterol, 2019, 25(6): 672-682.
- [6] MCDONNELL JM, AHERN DP, DOINN T, et al. Surgeon proficiency in robot-assisted spine surgery [J]. Bone Joint J, 2020, 102-B(5): 568-572.
- [7] OVERLEY SC, CHO SK, MEHTA AI, et al. Navigation and robotics in spinal surgery: where are we now? [J]. Neurosurgery, 2017, 80(3S): S86-S99.
- [8] 阮晓钢. 人工智能专题序言[J]. 北京工业大学学报, 2017, 43(1): 3.
- [9] HAMET P, TREMBLAY J. Artificial intelligence in medicine [J]. Metabolism, 2017, 69S: S36-S40. doi: 10.1016/j.metabol.2017.01.011.
- [10] 李洪崢, 高嘉良, 王阶. 人工智能: 引领中医学新发展的有效工具[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2018, 20(7): 1197-1201.
- [11] GRANTER SR, BECK AH, PAPKE DJ. AlphaGo, deep learning, and the future of the human microscopist [J]. Arch Pathol Lab Med, 2017, 141(5): 619-621.
- [12] 陈勇, 陈增潭, 关幼波, 等. 关幼波治疗肝炎电子计算机第二诊疗程序临床应用总结[J]. 辽宁中医杂志, 1985(2): 18-19.
- [13] 李红岩, 李灿, 郎许锋, 等. 中医四诊智能化现状及关键技术探讨[J]. 中医杂志, 2022, 63(12): 1101-1108.
- [14] 聂蓉, 黄杰. 基于仿生嗅觉的气味指纹检测与识别方法研究[J]. 河南科学, 2019, 37(2): 183-187.
- [15] 孙忠人, 游小晴, 韩其琛, 等. 人工智能在中医药领域的应用进展及现状思考[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2021, 23(6): 1803-1811.
- [16] 关曼柯, 魏旭煦, 赵晨, 等. 循证决策模式下中医临床个体化疗效评价研究的定位与未来发展路径[J]. 中国循证医学杂志, 2020, 20(10): 1124-1129.
- [17] 刘续宝, 孙业桓. 临床流行病学与循证医学[M]. 5 版. 北京: 人民卫生出版社, 2018: 1-3.
- [18] HOSNY A, PARMAR C, QUACKENBUSH J, et al. Artificial intelligence in radiology [J]. Nat Rev Cancer, 2018, 18(8): 500-510.
- [19] 李星宇, 雷禹, 黄晓旗, 等. 基于 AI 与人工阅片对肋骨骨折性质诊断价值的比较[J]. 中国医疗设备, 2022, 37(8): 32-36.
- [20] 王丽婷, 刘长松, 魏玮, 等. 中医学学术客观化、智能化传承的思考及初步实现[J]. 中医杂志, 2021, 62(12): 1036-1039.
- [21] 赵国桢, 李博, 王雅凡, 等. 中医药治疗流感临床实践指南: 临床调研研究[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2021, 13(6): 657-660.
- [22] 张婷婷, 王亚强, 温川飙, 等. 论智能中医辨证可解释研究的挑战和研究思路[J]. 中医杂志, 2022, 63(6): 506-510.

- [23]张钰莹,周华,詹松华,等. 中医四诊新技术的应用及研究进展[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2021, 27(1): 83-86.
- [24]牛婷立,杨学智,朱庆文,等. 便携式四诊合参辅助诊疗仪的临床试验和临床评价研究[J]. 北京中医药大学学报, 2011, 34(4): 231-235,289.
- [25]ZHANG H, NI W, LI J, et al. On standardization of basic datasets of electronic medical records in traditional Chinese medicine [J]. Comput Methods Programs Biomed, 2019, 174: 65-70. doi: 10.1016/j.cmpb.2017.12.024.
- [26]ZHANG H, NI W, LI J, et al. Artificial intelligence-based traditional Chinese medicine assistive diagnostic system: validation study[J]. JMIR Med Inform, 2020, 8(6): e17608.
- [27]符宇,邵明义,赵瑞霞,等. 基于中医证据的中医临床疗效评价方法探讨[J]. 中医杂志, 2020, 61(13): 1124-1129.

Application of Artificial Intelligence in Assisting Diagnosis and Treatment in Traditional Chinese Medicine and Its Standardization

ZHAO Guozhen^{1,2,3}, GUO Shiqi⁴, PANG Huaxin⁵, XU Xiaolong², SU Xiangfei⁶, CAI Zhaolun⁷, FENG Xue⁶, DUAN Xiaojiao⁶, SU Rui¹, LI Bo^{1,2,3}

1. Beijing Hospital of Traditional Chinese Medicine, Capital Medical University, Beijing, 100010; 2. Beijing Institute of Chinese Medicine; 3. Beijing Evidence-based Chinese Medicine Center; 4. School of Acupuncture-Moxibustion and Tuina, Beijing University of Chinese Medicine; 5. School of Computer and Information Technology, Beijing JiaoTong University; 6. China Association of Chinese Medicine; 7. West China Hospital, Sichuan University

ABSTRACT As an important guarantee for the development of traditional Chinese medicine (TCM), the standardization of diagnosis and treatment is confronted with the difficulty of translating the achievements, such as the clinical practice guidelines, into the clinical use. The strong subjectivity of TCM syndrome differentiation and treatment, the lack of objective measurement methods and indicators when collecting patient information, and the existence of tacit knowledge in the TCM diagnosis and treatment process may explain the reasons. The intelligent diagnosis system and clinical decision support system based on artificial intelligence can provide new ideas and methods for assisting TCM diagnosis and treatment and its standardization. On one hand, with the help of the TCM intelligent diagnosis system, the information of the four examinations is measured objectively, assisting clinicians in standardized diagnosis and promoting the development of TCM diagnosis standardization. On the other hand, a network relationship between symptom groups and drug groups can be established to make the recommendation of individualized treatment plans, thereby promoting the development of standardization of TCM treatment. In future research on the combination of AI and TCM diagnosis and treatment standardization, firstly, appropriate structured or semi-structured medical records should be formulated, and the application of artificial intelligence in data collection should be strengthened, thereby collecting patient information efficiently and accurately. Secondly, we should improve the construction of the efficacy evaluation system, explore individualized efficacy evaluation methods, and evaluate the effectiveness and safety of AI technology. Finally, it is necessary to further explore AI systems and mathematical models suitable for the characteristics of TCM clinical diagnosis and treatment.

Keywords artificial intelligence; intelligent diagnosis system; clinical decision support system; standardization of traditional Chinese medicine

(收稿日期: 2022-05-03; 修回日期: 2022-08-18)

[编辑: 崔京艳]