

人工智能 引领中医学 新发展的有效工具*

李洪峰^{1,2}, 高嘉良¹, 王 阶¹

(1. 中国中医科学院广安门医院 北京 100053; 2. 北京中医药大学 北京 100029)

摘要:伴随 AlphaGo Zero 称霸围棋领域,谷歌公司宣布全力转向智慧医疗方向发展,深度学习训练虚拟老鼠可以模拟人类大脑空间导航能力的飞跃式进展,全球医疗领域的人工智能技术进入了高速发展阶段。人工智能为西医的体外诊断技术、手术导航等方面提供了极大帮助,也通过专家系统、大数据、辅助诊断设备等方面协助中医诊断,规范中医诊疗。

关键词:中医 人工智能 进展 工具

doi:10.11842/wst.2018.07.019 中图分类号:R2-031 文献标识码:A

人工智能(Artificial Intelligence, AI),即“使一部机器的反应方式像一个人在行动时所依据的智能”,由 McCarthy 在 1956 年夏天于达特茅斯会议上第一次提出。此后 60 余年至今,AI 的研究在经历了 3 个关键十年后,现已进入至第三高速发展期。而 AI 在医疗领域的应用也因谷歌公司 DeepMind 团队全力转向智慧医疗的决策,在近年间博住更多人眼球。人工智能在西医学的影像技术、体外诊断技术、手术导航、新药研发等方面已产生了不少实际应用。但在中医学领域还有待发展。将传统中医药的宝库与现代智能技术相结合,不仅有助于促进中医药现代化发展,对于保护传统医药文化、规范中医诊疗技术、促进中医诊疗水平提高等方面也大有裨益。

1 溯流从源·人工智能及其在医学领域发展

早在计算机出现以前,人类就开始思考将计算机变得智能化的可能性,以期通过智能软件处理常规劳动,理解图像或语音,支持基础科学研究的进行。自

1956 年 AI 概念提出,其后 20 年被认为是 AI 发展史上第一个黄金时期,处理有明确定义域的基于规则的专家系统是这个时代的主要任务,机器翻译、定理证明成为了这一时期的主要研究内容^[1]。1988 年伊始,随着机器学习的崛起与专家系统的盛行,雅达利游戏、图像识别、语音理解和人类语言翻译等智能化产物开始走出研究所,出现在人类生活中,由此进入了 AI 发展的第二个黄金时期。当下,以谷歌公司 DeepMind 团队研发 AlphaGo Lee 4:1 战胜李世石、AlphaGo Master 3:0 胜柯洁、AlphaGo Zero 训练 72 小时后 100:0 战胜 AlphaGo Lee 为代表,通过机器深度学习的增强、强化学习的结合、计算速度的增加,开启了 AI 在问世不足百年后的第三个黄金纪元。

医学人工智能的缘起相对较晚。20 世纪 70 年代是医学 AI 发展的萌芽阶段。1974 年斯坦福大学医学实验计算机研究项目正式成立,AI 在医学分子生物学、临床医疗诊断和精神病患者思维分析中的应用成为了该项目的重要目标之一^[2]。20 世纪 80 年代始,医学 AI 进入了重要的奠基阶段。1985 年召开的第一届欧洲医学人工智能会议^[3],1989 年创立的医学人工智

收稿日期:2018-06-09

修回日期:2018-07-09

* 国家自然科学基金面上基金项目(81473561):冠心病血瘀证相关 miRNA 表达的甲基化调控机制研究,负责人:王阶;国家自然科学基金委面上基金项目(81673847):冠心病血瘀证相关 lncRNA-miRNA 调控网络研究,负责人:王阶;国家科技部重大科技专项项目(2013ZX09301307):基于中药临床转化的中药创新品种研发——宣痹安痛方药物研发,负责人:王阶。

** 通讯作者:王阶,教授,博士生导师,主任医师,主要研究方向:中西医结合心血管内科。

能杂志^[4],均为医学人工智能领域研究成果的广泛传播搭建了平台。在这一阶段,基于知识处理的中西医医学专家系统深入到临床各领域,采用知识表示技术和推理技术,辅助医生解决复杂问题^[5]。近年来,随着AI在各领域的发展与技术革新,医学AI也进入了快速发展阶段。

中医学与人工智能的结合则始于20世纪70年代,由中国科学院自动化研究所与北京市中医院关幼波教授合作研制开发“中医关幼波肝炎诊断治疗程序”标志着以知识为中心的专家系统拉开了中医学智能化的序幕。此后十年,中医诊断信息智能化的研究得到了高速发展^[1],以疾病诊断为目的的通用诊疗系统,以中医专家经验模拟为途径的特定疾病诊疗系统,及以中医经典古籍发扬作为背景所设计的系统,是计算机技术辅助中医临床诊断的一大尝试。1990年后,随着AI算法的丰富,中医专家系统开始与神经网络模糊逻辑、关系数据库、多媒体技术进行结合^[6],基于中医基础理论,结合数据库与专家系统的计算机中医辅助诊断系统随之问世^[7]。近年来,中医药AI进入了高速发展新阶段。通过结合高光谱成像技术与贝叶斯分类器,协助中医舌象诊断的舌象分析仪^[8]、舌色分析系统^[9]不断更新;采用从单一到多个阵列传感器定量检测脉冲的,协助中医脉象客观化、可视化的脉象双感测脉诊仪^[10]等产物出现。

2 如虎添翼·人工智能在西医领域应用

西医学以其完整缜密的理论结构,可视化的诊察结果,明确的疾病诊断标准、治疗方法,可在疾病诊治的各阶段与AI技术密切结合。目前人工智能在西医领域的发展主要在影像学、医学检验、手术辅助等方面。

2.1 人工智能辅助影像诊断技术

AI辅助影像诊断技术,是AI与医疗领域结合中最具发展前景、也是最易出成果的一个项目^[11]。目前,影像学技术面临着从业人员短缺及图像分析精准度不足的问题。调查显示^[12],我国医学影像数据年增长率约30%,但放射科医师数量年增长率只有约4%。一方面,众多的影像数据很难得到第一时间的分析,给患者和医生都带来了极大负担;另一方面,人工分析大量的影像学材料,不可避免地会出现经验判别、精准度不足甚至漏诊的情况。通过海量临床病理特征与检验操作结果的分析,在CNN、RNN、GAN技术帮助下,可以实

现自动化医学影像采集,解决医学图像分割与分类的问题^[13,14]。目前,AI在区别角质细胞癌和良性脂溢性角化病以及区分恶性黑色素瘤和良性痣方面灵敏度可达到90%^[15];中山大学AI研究团队,利用神经卷积算法对于先天性白内障的图像诊断准确率达92%^[16];AI模拟传统的HE染色切片,通过万张以上图片训练,区分脑胶质瘤和非胶质瘤的准确率提到了90%^[17]。

2.2 人工智能推动前沿学科发展

AI或将成为人类解密大脑思维模式的得力助手。2018年5月9日《Nature》上发表了英国伦敦大学与DeepMind团队AI研究员使用深度学习训练虚拟老鼠模拟人类大脑空间导航能力的研究进展^[18]:模拟老鼠自发地产生了类似于哺乳动物大脑中巡航细胞所控制的六边形活动模式(网格细胞),并且模拟的老鼠能够使用网格状细胞编码在虚拟迷宫中导航,甚至学会了走捷径出迷宫。通过实验,网格细胞可以被证明是动物定位自身空间位置的基础。由此表明,在AI的帮助下,借助计算机人类可以模拟哺乳类动物的大脑活动。随着AI技术的进一步发展,AI或许是本世纪内测试大脑相关理论假设的最有效工具,协助神经科学家去完成那些设想却从未验证的理论。

2.3 人工智能在西医手术方面辅助应用

AI在协助术前诊断、手术评估、辅助手术进行以及术后护理等方面均有极大的应用前景。2000年7月,美国食品及药物管理局(Food and Drug Administration, FDA)正式批准Intuitive Surgical公司研发的达芬奇(da Vinci)应用于临床,现在中国也得到了广泛使用。它拥有普通腔镜手术所不具备的优势,如远程控制、三维影像、动作校正、视线浸入及抖动过滤^[19],降低了传统腔镜手术的操作难度,为手术机器人发展奠定基础。近年来,第三代、第四代达芬奇机器人手术系统已广泛用于国内泌尿外科、心胸外科、妇科等手术中。研究发现,全机器人远端胃癌根治术可以实现完整切除病灶,彻底清扫淋巴结^[20];通过19例肾肿瘤患者进行机器人辅助腹腔镜下射频消融术患者报告发现,在严格把控手术指征的前提下,对于位置复杂的肾肿瘤治疗安全有效^[21];一项通过101例患者对比机器人辅助与胸腔镜肺叶切除术微创效果的研究发现,机器人辅助肺叶切除术也是安全的^[22]。AI辅助下的手术机器人为术者带来了便捷,为患者带来了安全与精准,其应用将为外科手术带来新的发展。

3 前途无限·人工智能结合中医的无量前程

不同于西医学可通过严格的实验论证、结构化理论进行学习,中医学体系的形成是直接临床实践中获取个性化数据,提炼总结为一般性理论,更易受到时代、地域等因素影响。所以,中医学与AI可以紧密结合的领域应当更为多样,更便于融入人们生活,也将在协助中医诊断的同时更加有助于规范中医诊疗模式。

3.1 中医专家系统推动名老中医经验传承

目前,中医学与AI结合的主要成果分为三类:专家诊断系统、舌诊仪、脉诊仪。专家系统作为人工智能的重要分支,在与中医药结合过程中针对病情单一、诊断明确的疾病疗效已非常接近中医专家诊疗水平^[23],极大地推动了名老中医经验的传承。目前,根据专家系统所用技术可分为如下5类:案例推理中医专家系统、人工神经网络中医专家系统、模糊逻辑和人工神经网络相结合的中医专家系统、关系数据库中医专家系统、协同式中医专家系统。而对其的评价方法则为改进的模糊层次分析法、熵权和模糊层次分析法相结合、熵权与灰色理论相结合、层次分析法与灰色理论相结合、集对分析和层次分析法相结合5类。专家系统多采用“临床信息采集-挖掘提取经验-临床应用验证-机理机制研究-理论指导临床”模式^[24],通过确定名老中医临床诊病要素,结构化数据转化,汇总并建立名老中医诊疗信息数据库,综合运用聚类分析、关联规则分析、相关性分析、因子分析^[25]等多种数据挖掘方法,实现名老中医经验传承^[26]及对名老中医的经验整理与初步诊疗系统的构建。

3.2 人工智能协助并规范中医诊断模式

专家系统的病例采集步骤规范了临床医生问诊的内容与层次。中医四诊中的望诊与切诊同样受到了AI技术的重视。舌诊是中医望诊中不可或缺的步骤,随着图像分析技术的日渐成熟,中医智能化产物舌诊仪可根据患者的舌诊环境、吐舌姿势进行调整,多维度采集舌态、完整分析舌象、精确评估舌苔,最终储存数据并成像^[27]。舌诊仪的诞生与发展,对于中医舌象诊断标准的制定奠定基础。随着就诊患者数目的增加,就诊时长的限制,中医师再难对患者的皮肤、手足、胸腹等进行按切,脉诊便逐渐成为了中医切诊的唯一存在。从20世纪50年代朱颜引入杠杆式脉搏描记器至中医脉诊研究以来,模拟中医切脉对桡动脉搏动信号采集与整理的工作就在持续进行了。对脉象的采集

主要在于压力、脉动位移、脉管容积、脉动频率和多种信号综合5类^[28],根据采集重点的不同出现了各自的相关研究成果。另有无线脉搏检测系统将中医的脉象与西医心电检测相结合,通过网络传送至云端或相关监护系统进行实时监测^[29]。

3.3 大数据助力中药新药研究发展

AI通过利用大数据和机器学习的方法,在药物分子挖掘、生物标志物筛查、新药有效性与安全性测定方面,发挥减少药物研发成本、提高药物研发效率、增强新药安全性的作用。美国Atomwise公司结合IBM超级计算机和人工智能技术模拟药品研发过程,通过深度学习分析化合物构效关系,早期评估新药研发风险,极大地缩短了评估时间,大幅度降低药物研究成本。目前国内新药研发人员也开始采用此模式。此外,在AI的协助下,通过虚拟筛选技术对药用物质资源进行筛选,增强甚至取代传统高通量筛选过程,可降低检测成本,提高检测效率。通过计算机模拟技术,进行分子结构、定量构效关系、药效团模型等药物设计,推动靶向药物机制研究^[30]也是当前新型靶向药物研发的重要方式。参考西药靶向药物机制研究思路,借助AI技术展开对中药单体作用机制的研究也是当下中药新药研发的一大特色。

4 人工智能在中医药发展方面的思考

中医学与AI的结合刚刚步入正轨,一些极具发展潜力的方面逐渐展现。当前,在中医+AI方面的研究者,大多按照AlphaGo理念,通过大样本的“人-机”或者机器自身病例学习经验,借助概率实现一定的成果。但是想要中医在真正意义上实现智能化,让中医机器人达到中高水平临床中医师的能力,不能单纯依靠大数据。

首先,目前的中医专家系统在处理中医领域相对复杂的疾病时,在信息分类与决策有效性方面仍有发展空间。中医专家系统在知识表示、推理机制与评价系统上,可参考AlphaGo Zero结合强化学习,取消人类棋谱知识及人工特征克服训练瓶颈的经验,不再盲目追求对临床病历的知识学习,对学习、监督、评价过程进行调整。其次,当前的中医AI辅助诊断系统的输出的诊断结果极大程度上受到了录入者的干扰,并非对患者症状信息的直接利用。对此,引入AI语义识别甚至语音识别技术可在一定程度上解决此问题。

再次,舌象与脉象设备采集数据的能力与分析数

据的水平仍处于发展初期,传感器的精细程度也还相对较低。在提高仪器性能的同时,可适当地与人类生活已普及设备如手机、手环、腕表、胸针、化妆镜等相结合,普及中医,惠及群众。从次,中医四诊中可开发的前景非常广阔,比如望诊中的目诊、耳诊、手诊,闻诊的样本记录与分析,问诊系统的规范化设计,三部脉的切诊与循经络的切诊,舌诊则可与分子生物学相结合,通过大样本数据的分析,可形成根据舌苔变化对多种疾病进行预测的成果。最后,关于中医学数据(知识)转化(表达)的问题,实现中医学信息的数据化、标准化是中医 AI 发展道路上不可避免的问题。因此,中医标准化指南与中医药治疗特定疾病专家共识的发布是刻不容缓的。

有鉴于此,在一定时间内想要实现 AI 对临床中医师的完全取代是有难度的。或可通过如下几个步骤逐步实现:第一,构建具备规范性诊疗模式的知识模型;第二,具备中医辨证论治与辨症论治相结合思维的计算机诊疗系统(这个系统或将取代部分一般临床中医师);第三,通过人工智能技术,对于不同治疗原则、治疗方法、使用药物进行中医学理论指导下的自行组合,真正具备“使一部机器的反应方式,像一个人在行动时所依据的智能”。

在全世界 AI 快速发展的道路的今天,或许中医学还可因其独特的思维理论与个性化诊疗特点,免受冲击,留取一席之地。但不可否认, AI 确实可以很大程

度上协助医师进行大量记忆类知识、理论的存储与检索,以其独特的方式协助医师进行药物组合从而协助临床诊疗。AI 的发展依托算法、数据和运算能力三个关键要素,因此,中医的 AI 发展应首先遵循 AI 算法规则、有大数据背景支持和强大的运算能力,首要解决需要大量记忆性的中医学内容,如历代医籍医案、大量的方剂、中药、腧穴等内容(基础信息整理与录入);其次,需要遵循中医学特色理论的指导,以中医理论指导辨证论治、处方用药、辨经选穴(设置规则);最后,训练中医智能机器人的“变通”能力,使其具备异于训练者甚至超越训练者的治疗水平(病例训练)。经由这样步骤训练出的中医智能机器人或可开出与训练者完全一致的处方,或可相似,或可思路不同但有明显疗效的处方,成为规范中医药治疗现状、协助临床中医师诊疗的良好工具。

AI 是当前最新一轮科技与产业革命的代表产物,作为未来发展的关键技术,为我国经济社会发展带来了许多机遇,对于传统中医领域也产生了极大的机遇与挑战。作为医学、数学、计算机、物理学等领域相关的交叉学科,中医学甚至整个医学领域与 AI 的结合发展,还需要多方面人才的通力合作才可实现。因此,积极借鉴 AI 最新的研究成果,培养多学科交叉人才,鼓励并促进中医药智能化研究,用中医药特色深化 AI 应用,以 AI 方式助飞中医药现代化进程,创造出 AI 与中医药结合模式下的中国特色医学体系。

参考文献

- 张德政, 哈爽, 刘欣, 等. 中医药领域人工智能的研究与发展. 情报工程, 2018, 4(1): 13-23.
- Coles L S. The application of artificial intelligence to medicine. *Futures*, 1977: 315-323.
- Niels P, Carlo C, Roque M, et al. Thirty years of artificial intelligence in medicine (AIME) conferences: a review of research themes. *Artificial Intelligence in Medicine*, 2015, 65: 61-73.
- Adlassnig K P. Artificial-intelligence-augmented systems. *Artificial Intelligence in Medicine*, 2002, 24(1): 1-4.
- 杨琴, 陈家荣. 人工智能在医学领域中的应用. 科技风, 2012(12): 100-101.
- 伍欣. 中医诊疗专家辅助系统的研究与实现. 绵阳: 西南科技大学, 2006.
- 李海鲲, 胡存刚, 宗仁鹤. 基于数据库的中医专家诊断系统的研究. 微处理机, 2005, 26(1): 26-28.
- 李庆利, 薛永祺, 刘治. 基于高光谱成像技术的中医舌象辅助诊断系统. 生物医学工程学杂志, 2008, 25(2): 368-371.
- 孙扬, 罗瑜, 周昌乐, 等. 一种基于分裂-合并方法的中医舌像区域分割算法及其实现. 中国图象图形学报, 2003, 8(12): 1395-1399.
- Chung Y F, Hu C S, Luo C H, et al. Possibility of quantifying TCM finger-reading sensations: II. an example of health standardization. *Eur J Integr Med*, 2012, 4(3): e263.
- Kahn C E. From images to actions: opportunities for artificial intelligence in radiology. *Radiology*, 2017, 285: 719-720.
- 2018-2024年中国人工智能+医疗影像行业市场研究及投资前景预测报告. <http://www.chyxx.com/research/201710/578114.html>.
- Gulshan V, Peng L, Coram M, et al. Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. *JAMA*, 2016, 316: 2402-2410.
- LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning. *Nature*, 2015, 521: 436-444.
- Andre E, Brett K, Roberto A N, et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*, 2017, 542: 115-118.

- 16 Long E, Lin H, Liu Z, *et al.* An artificial intelligence platform for the multihospital collaborative management of congenital cataracts. *Nature Biomedical Engineering*, 2017, 1: 0024.
- 17 Hayato T, Shuichi H, Munekazu N, *et al.* Specific autoantigens identified by sera obtained from mice that are immunized with testicular germ cells alone. *Nature*, 2016: 1–16.
- 18 Andrea B, Caswell B, Benigno U, *et al.* Vector-based navigation using grid-like representations in artificial agents. *Nature*, 2018, 557(7705): 429–433.
- 19 Fedorov A V, Kriger A G, Berelavichus S V, *et al.* Robotic-assisted abdominal surgery. *Khirurgiia (Mosk)*, 2010, (1): 16–21.
- 20 吉翔, 于建平, 石鑫, 等. 全机器人下远端胃癌根治术的近期疗效. 华南国防医学杂志, 2018, 32(2): 91–93.
- 21 杨阳, 赵晓智, 姚林方, 等. 机器人辅助腹腔镜下射频消融术治疗肾肿瘤的临床观察. 临床泌尿外科杂志, 2018, 33(2): 152–159.
- 22 史博文, 孙冰生, 岳东升, 等. 达芬奇手术系统与胸腔镜在肺癌根治术中的对比分析. 肿瘤防治研究, 2018, 45(2): 91–95.
- 23 贝太学, 王涛, 乔建滨. 基于中医专家系统的评价技术综述. 信息技术与信息化, 2011, 1: 52–55.
- 24 王映辉, 张润顺, 吴洁, 等. 名老中医经验传承研究模式探索. 中国中医基础医学杂志, 2008, 6: 417–418.
- 25 张玉, 肖勇, 赵娜. 名老中医专家门诊病案管理信息系统构建关键问题探讨. 湖北中医杂志, 2015, 37(9): 72–73.
- 26 张润顺, 王映辉, 周雪忠, 等. 名老中医经验要素研究及智能挖掘平台功能设计. 世界科学技术—中医药现代化, 2008, 1: 45–52+63.
- 27 Kim J, Son J, Jang S, *et al.* Availability of tongue diagnosis system for assessing tongue coating thickness in patients with functional dyspepsia. *Evid-based Compl Alt*, 2013, 2013(6): 348–272.
- 28 蒋颖, 刘聪颖, 张亚丹, 等. 脉诊检测分析仪的研究进展与新思路. 中华中医药杂志, 2017, 32(1): 218–221.
- 29 李洋, 陈小惠. 便携式多生理参数网络化监测研究与设计. 计算机技术与发展, 2015, 25(10): 187–190.
- 30 刘景陶, 柳耀花. 计算机分子模拟技术及人工智能在药物研发中的应用. 科技创新与应用, 2018, 2: 46–47.

Artificial Intelligence - An Effective Tool to Lead New Advances in Traditional Chinese Medicine

Li Hongzheng^{1,2}, Gao Jialiang¹, Wang Jie¹

(1. Guang'anmen Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100053, China;

2. Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029, China)

Abstract: With AlphaGo Zero dominating the field of chess, Google has announced that it has turned to the development of smart healthcare. With the training by deep learning, virtual mice can simulate the leap-forward progress of human brain space navigation capabilities. Thus, the global artificial intelligence technology in the medical field has entered a period of rapid development. Artificial intelligence has provided great help for western medical imaging technology, *in vitro* diagnostic technology, surgical navigation, etc. It has also assisted in the diagnosis of traditional Chinese medicine through expert systems, big data, and auxiliary diagnostic equipment, and standardized Chinese medicine diagnosis and treatment.

Keywords: Traditional Chinese medicine, artificial intelligence, progressive, tool

(责任编辑:周哲琦, 责任译审:王 昭)