

DOI: 10.3969/j.issn.2096-6113.2020.03.029

引用格式:朱宇凡,赵欣,蔡林,等.浅谈人工智能应用于骨科疾病诊疗[J].巴楚医学,2020,3(3):125-128.

浅谈人工智能应用于骨科疾病诊疗

朱宇凡¹ 赵欣² 蔡林¹ 谢远龙¹

(1. 武汉大学 中南医院 脊柱与骨肿瘤科, 湖北 武汉 430072; 2. 武汉大学 基础医学院, 湖北 武汉 430072)

摘要:人工智能系统基于深度学习技术,可对各类临床指南、期刊文献、专著等知识体系和临床数据进行学习和归纳,形成一个体量庞大的“机器大脑”,构建并实时更新优化智能诊疗系统。相比于传统模式,其具有更高的普适性、客观性、高效性和时效性。人工智能结合其它新兴技术,如手术导航系统、手术机器人等,应用于骨科疾病诊治工作,可提高手术操作的精度,减少临床医生的辐射暴露。本文就人工智能在骨科疾病诊疗中的应用做一综述。

关键词:人工智能; 骨科; 机器学习; 计算机辅助骨科手术

中图分类号:R68

文献标识码:A

文章编号:2096-6113(2020)03-0125-04

人工智能(artificial intelligence, AI)概念,由约翰·麦卡锡(John McCarthy)于1956年首次提出^[1]。AI作为计算机科学的一个分支,旨在利用机器模拟并延伸拓展人类智能,使机器自身获得思考、推理等学习能力。深度学习是机器学习领域中一个新的研究方向,是一个复杂的机器学习算法,可使机器学习样本数据的内在规律和层次。其最终目标是让机器能够像人一样具有分析学习能力,能够识别文字、图像和声音等数据,即达到AI^[2]。目前,AI应用领域不断扩大,一些AI技术如智能搜索引擎、语音识别和自动驾驶,已在日常生活中广泛运用^[3]。

在医学领域,AI的应用前景十分广阔。在传统的医学诊疗模式下,繁杂琐碎的机械性工作极大耗费了临床医生与科研人员的精力;且因个人能力水平、思维习惯及患者个体差异等因素,最终诊疗效果参差不齐。而AI可为疾病诊断提供有价值的判断与决策,为治疗提供更精确的引导与辅助^[4]。适当的算法可以实现对患者的病历信息(包括症状、实验室结果和体检结果)进行全面整合,针对性地为患者设计诊疗方案^[5]。基于大量数据训练,AI影像判读系统可以快速锁定病变部位并作出诊断,帮助放射科医生提高诊断的准确性。AI与机器人技术结合,可以开发具有自主性的智能手术机器人。总之,AI的技术优势使诊疗水平得到进一步提升,弥补了个人技术水平

的不足,并减轻了医护人员的劳动强度。

骨科作为一门传统的大体量外科分支学科,新时代的发展方向是智能化、高效化、精准化。现阶段,AI在骨科疾病的诊断和治疗方面展示出强大的发展与应用潜力。

1 AI辅助骨科临床诊断

骨科的大多数疾病,其诊断离不开X线、CT、MRI、超声等影像学检查,计算机技术催生了医学影像学的数字化图像技术,在临床工作中广泛运用。机器学习(machine learning)是AI的一个分支,可应用于开发医学图像的模式识别技术。具体来说,如果机器学习算法应用于一组数据(例如肿瘤的影像学图像)和关于这些数据的一些指标(例如肿瘤的良性或恶性),那么算法系统就可以从训练数据中自主学习,并应用它所学的知识来执行诊断(判断肿瘤是良性或恶性)。算法系统不断优化参数,提高性能的过程(诊断的速度和准确度提高),就是机器学习的过程^[6]。

运用机器学习技术可开发智能诊断系统,作为影像科医生和临床研究人员的有力辅助工具。其优势如下:①计算机可以持续、标准化地执行诊断任务;②帮助医生将注意力集中在可疑病变区域,缩短阅片时间;③帮助研究人员开展大样本量临床数据的队列研

基金项目:国家自然科学基金项目(No: 81870162)

作者简介:朱宇凡,女,硕士,主要从事骨肉瘤的生物学行为研究。E-mail: 929788786@qq.com

通讯作者:谢远龙,男,博士,主治医师,主要从事脊柱疾病的诊疗和研究。E-mail: yuanlongxie@whu.edu.cn

究。Jamaludin 等^[7]将此技术应用于脊柱 MRI 阅片, 诊断椎间盘退行性病变, 经测试准确率达到 95.6%。基于大数据和深度学习模式, AI 已应用于骨质疏松的诊断, 既可模拟脆性骨折的风险, 又有助于图像的分割和识别。AI 可对骨折的危险性进行较好的预测, 这些辅助工具现已初步应用于骨质疏松症的研究, 其工作效率和准确性也在不断校正中逐渐提升^[8]。Olczak 等^[9]将 5 个可用于公开使用的深度学习系统应用于手部、腕部和踝部的骨折 X 线判读, 以骨折诊断金标准为基准对其进行调校, 将机器判读结果与两位资深骨科专家进行对照, 性能最好的系统最终准确率约 83%。这说明在理想状态下, 即图像与该系统分辨率相适应时, 机器判读的表现可匹敌资深专家。基于活动形状模型 (active shape model, ASM) 理论, Spampinato 等^[10]首次将 CHN 骨龄评价标准中的相关文字描述转化为数字特征, 对青少年手腕关节 X 线片图像进行多层次分步评估, 构建骨龄自动化评估系统。骨关节炎常伴随滑膜炎的发生, Hemalatha 等^[11]基于空间分析技术, 根据回声强度对关节的滑膜区进行定位, 将滑膜区的积液肿胀度分为四个不同的等级, 运用深度学习技术判读超声图像, 实现骨关节炎的智能诊断。

对于骨肿瘤性疾病, 组织病理检查是定性的金标准, 可以作为判断肿瘤侵袭性和患者预后的有效参考。随着全切片扫描技术的兴起, 高分辨率的数字化图像代替了传统玻片, 为 AI 病理判读系统的构建打下了基础。基于大量训练样本, 深度学习技术的应用使计算机可以从组织病理图像中挖掘图像特征, 从大量图像中快速锁定病变部位并作出判读^[12]。

2 AI 辅助骨科疾病治疗

20 世纪九十年代, 人类首次使用计算机辅助骨科手术 (computer aided orthopaedic surgery, CAOS)^[13]。计算机辅助系统可以清晰显示解剖结构, 设计手术路径, 辅助骨科医生进行精确的术前术后定位, 在术中实时监测并跟踪显示手术器械、植入物、病灶及其周围组织的相关位置^[14]。Medtech 公司开发的新型手术辅助系统 ROSA, 可辅助进行椎弓根螺钉植入手术。相比于传统手工植入, 计算机辅助能更准确地定位椎弓根入口点并控制动作轨迹, 具有更好的手术精度^[15]。在 CAOS 应用过程中, 可收集到大量手术相关数据。CAOS 本身只对数据进行测量, 而对这些数据的分析与应用则基于 AI。大数据与深度学习为导航系统的不断优化和革新提供了理

论依据, 使计算机辅助系统日益达到性能稳定和功能完善。

Moravec 等^[16]研究表明, 与人们传统的认知相反, 复杂的逻辑推理需要相对较少的计算资源, 而看似简单的感觉运动技能却需要占用巨大的计算资源。如今, 依托于不断革新的计算机性能与技术, 手术机器人发展迅速, 日益受到研发人员和临床医生的关注和重视。手术机器人分为三类: 被动机器人、半自动机器人和全自动机器人。被动机器人完全依赖术者的控制和操作; 全自动机器人则可自行完成手术过程, 完全不需要术者的操作、限制与干预; 半自动机器人介于二者之间^[17]。目前, 我们离真正的全自动机器人手术时代还有一定距离。受到各界关注的“达芬奇机器人”等外科机器人, 本质上是先进的腹腔镜设备或“远程操纵器”, 其自动性与智能性是有十分有限的^[18]。随着计算机、导航技术和机器人技术的不断革新和发展, 计算机辅助骨科手术逐渐广泛应用, 而手术机器人的智能化、全自动化则是未来技术发展的大趋势。真正的全自动机器人依赖于 AI 技术, 使机器能够自主识别、处理、预测并最终执行手术各步操作。骨科手术机器人系统通常由多套设备组成, 其工作步骤包括图像与光学数据采集、空间配准与图像融合、手术规划、机械定位等, 主要应用于微创手术、翻修手术和胸腰椎畸形矫正手术^[19]。由于机器人辅助手术缺乏反馈且操作时间增加, 其应用受到限制。目前兴起的动力手术机器人是通过研究力量缩放对机器人执行简单和复杂任务时施加力量的影响, 特别是在需要精度的任务中, 通过动力反馈的动态调整来提高手术效果, 从而实现手术自动化水平的提高。动力手术机器人的发展或将使骨科手术进入一个新阶段^[20]。

计算机辅助导航作为膝髌关节置换术 (total knee arthroplasty, TKA) 的辅助手段被引入已近 20 余年^[21,22]。计算机辅助导航作为 TKA 手术辅助手段可以改善 TKA 假体的定位和对准。Figueroa 等^[23]对 OMNIbotics 系统下 iBlock 和 NanoBlock 机器人导航系统在手术中对股骨和胫骨的切割数据进行测量并记录。然后将测量结果与每个病例的术后 CT 扫描结果进行对比, 发现机器人导航系统对股骨冠状线、股矢状线、股骨旋转对线和胫骨冠状线的最终植入定位具有较高的精度。机器人辅助手术导航系统 (robotic assisted operation navigation system, RAOS) 已广泛应用于骨科手术, 而机器人辅助骨折复位 (robot assisted fracture reduction, RAFR) 还在起步阶段。RAFR 研究意义在于它可以克服骨折的

隐蔽性和复杂性;对骨折复位精度较高,术后功能较好^[24]。目前机器人辅助骨盆骨折的研究是 RAFR 的研究重点,但仍处于初级阶段^[25]。随着 AI 的迅速发展和基于大数据的机器学习和深度学习在医学图像自动处理中的应用,有望实现 RAFR 的术前自动规划、导航和执行。此外,随着第五代电信技术时代的到来,先进的机器人技术,结合 AI 和远程手术,将以更高效、更安全的方式应用于 RAFR,并融入到日常医疗实践中^[26]。

依托 AI 技术,CAOS 及骨科手术机器人不断完善与发展,势必使手术的定位精确性和安全性日益提高。同时,对于临床骨科医生,工作中的累积辐射暴露具有不可忽视的危险性,手术的智能化和自动化将使术者免于辐射暴露风险^[24]。

同时,基于大数据(如植入物的排列与位置、术后功能恢复情况、患者满意度、耐久度等指标)的 AI 分析系统可以绘制更清晰的指导路径、提供诊疗建议,帮助骨科医生为特定患者设计更适合、更准确的个体治疗计划^[27]。在因终末期骨关节炎接受全髋关节或膝关节置换术的患者中,有一部分患者恢复较慢,疼痛缓解较少,或关节活动度较差。早期识别这些患者可进行有针对性的干预,而一般方法早期预测不良预后的风险很困难。Bini 等^[6]利用可穿戴传感器对 22 例患者术前 4 周到术后 6 周的 35 个特征指标进行了追踪,利用大数据分析深度学习技术对患者的预后进行判断并验证,结果证实最早在术后 11 天即可通过此系统对预后情况作出较为准确的判断。

3 总结与展望

计算机在我国的基本普及为 AI 诊疗系统的开发与应用打下了基础。推广 AI 诊疗系统,将减小因技术能力差异造成的诊疗水平差距。目前,我国医疗发展存在较大的地区差异性,地域上医疗资源配置不均衡,且存在利用不充分的情况^[28]。AI 诊疗系统使最为宝贵的医疗人力资源从枯燥繁琐的机械性劳动中解放出来,将更多的精力有效地集中于研究性和创新性的工作。精准医疗是医学发展的趋势之一,旨在更重视患者个体差异、将患者分为更小更精确的亚组。现阶段,这个分类过程在很大程度上依赖于对临床资料的人为主观定性解释。AI 技术有望改变这一现状,开发具有客观性和精确性的临床定性分析工具^[29],进而促成个性化医疗,最终使患者获益。现代生物医学研究将生物学引入大数据时代,从而引发组学革命,这给精准医疗提供了大量分子背景^[30]。DL

算法具有对生物医学和组学数据集创建预测模型,并从大型数据集中识别复杂模式并特征性提取的潜力。未来,通过 DL 算法将常规治疗转向个体化的靶向治疗,或建立基于疾病易感性估计的预防医学策略算法,投入应用后将大大驱动精准医疗的发展。在手术操作上,AI 将赋予骨科手术机器人真正的自主性与智能性,使手术突破人力操作的极限,更加精细与精准,减轻手术医生的工作强度。

然而,AI 在骨科领域的发展与应用也面临着挑战。首先,骨科和 AI 都是具有极强专业性的学科,其交融需要跨学科通力合作。为了更好的实际应用,其开发团队势必非常庞大,需要骨科临床医生、骨科科研人员、计算机工程师、统计学工程师乃至机械工程师的共同参与。其二,由于骨科 AI 基于临床大数据,收集、存储并分析这些海量的数据需要强大的服务器和超级计算机的支持,前期投入较大。其三,AI 诊疗系统须做好数据的可视化,不应具有过高的使用门槛,易用性和直观性是其推广使用的前提。其四,医学数据具有隐私性、多样性、不完整性以及复杂性等特点。在收集海量数据并建库的过程中,面对各种非结构化的、异质的及格式不统一的数据,如何组织成可用的机器学习数据、创建高质量数据集,对算法的编写者提出了挑战。与其他新技术类似,学习、开发与使用 AI 的成本在初期阶段很高,并会随着时间的推移而降低。但是,许多医疗中心将无法负担在其实践中引入这些工具的初始资源的投资^[31]。另外,还需要大量接受过这种新医学方法培训的医疗专业人员,需要多学科的专业知识,更重要的是,需要患者及其家属的支持以及监管机构的合作^[32]。因此,基层医院将 AI 广泛应用于卫生保健面临挑战,现阶段更倾向于提高影像、病理、检验等辅助科室的诊疗水平。而在省会城市大型教学医院,AI 的应用将集中在更具挑战性的诊断和治疗项目。AI 引入常规临床实践是一项复杂而庞大的工作。在将 AI 整合到临床工作流程之前,需要制定用于培训和测试 AI 的统一参考标准,并严格按照法律法规规范其使用。

参考文献:

- [1] Mann C J H. Proceedings of the society for the study of artificial intelligence and simulation of behaviour-AISB [J]. Kybernetes, 2002, 31(6): 934-935.
- [2] 田启川,王满丽.深度学习算法研究进展[J].计算机工程与应用,2019,55(22): 25-33.
- [3] Panchmatia J R, Visenio M R, Panch T. The role of ar-

- fificial intelligence in orthopaedic surgery[J]. *Br J Hosp Med (Lond)*, 2018, 79(12): 676-681.
- [4] Bi W L, Hosny A, Schabath M B, et al. Artificial intelligence in cancer imaging: clinical challenges and applications[J]. *CA Cancer J Clin*, 2019, 69(2): 127-157.
- [5] Lakhani P, Prater A B, Hutson R K, et al. Machine learning in radiology: applications beyond image interpretation[J]. *J Am Coll Radiol*, 2018, 15(2): 350-359.
- [6] Bini S A, Shah R F, Bendich I, et al. Machine learning algorithms can use wearable sensor data to accurately predict six-week patient-reported outcome scores following joint replacement in a prospective trial[J]. *J Arthroplasty*, 2019, 34(10): 2242-2247.
- [7] Jamaludin A, Lootus M, Kadir T, et al. Issls Prize In Bioengineering Science 2017: Automation of reading of radiological features from magnetic resonance images (MRIs) of the lumbar spine without human intervention is comparable with an expert radiologist[J]. *Eur Spine J*, 2017, 26(5): 1374-1383.
- [8] Ferizi U, Honig S, Chang G. Artificial intelligence, osteoporosis and fragility fractures[J]. *Curr Opin Rheumatol*, 2019, 31(4): 368-375.
- [9] Olczak J, Fahlberg N, Maki A, et al. Artificial intelligence for analyzing orthopedic trauma radiographs[J]. *Acta Orthop*, 2017, 88(6): 581-586.
- [10] Spampinato C, Palazzo S, Giordano D, et al. Deep learning for automated skeletal bone age assessment in X-ray images[J]. *Med Image Anal*, 2017, 36: 41-51.
- [11] Hemalatha R J, Vijaybaskar V, Thamizhvan T R. Automatic localization of anatomical regions in medical ultrasound images of rheumatoid arthritis using deep learning[J]. *Proc Inst Mech Eng H*, 2019, 233(6): 657-667.
- [12] Madabhushi A, Lee G. Image analysis and machine learning in digital pathology: challenges and opportunities[J]. *Med Image Anal*, 2016, 33: 170-175.
- [13] Joskowicz L, Hazan E J. Computer aided orthopaedic surgery: incremental shift or paradigm change? [J]. *Med Image Anal*, 2016, 33: 84-90.
- [14] 王智勇, 钟秀, 张云凤. 医学影像学在临床骨科中的应用进展[J]. *中国卫生产业*, 2016, 13(27): 196-198.
- [15] Lonjon N, Chan-Seng E, Costalat V, et al. Robot-assisted spine surgery: feasibility study through a prospective case-matched analysis[J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(3): 947-955.
- [16] Moravec H. When will computer hardware match the human brain[J]. *J Evol Technol*, 1998, 1.
- [17] 张加尧, 叶哲伟. 智能医学时代骨科的发展[J]. *临床外科杂志*, 2019, 27(1): 31-32.
- [18] Chand M, Ramachandran N, Stoyanov D, et al. Robotics, artificial intelligence and distributed ledgers in surgery: data is key[J]. *Tech Coloproctol*, 2018, 22(9): 645-648.
- [19] Tian W, Liu Y J, Liu B, et al. Guideline for thoracolumbar pedicle screw placement assisted by orthopaedic surgical robot[J]. *Orthop Surg*, 2019, 11(2): 153-159.
- [20] Karponis D, Koya Y, Miyazaki R, et al. Evaluation of a pneumatic surgical robot with dynamic force feedback [J]. *J Robot Surg*, 2019, 13(3): 413-421.
- [21] Delp S L, Stulberg S D, Davies B, et al. Computer assisted knee replacement [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1998, (354): 49-56.
- [22] Picard F, Deep K, Jenny J Y. Current state of the art in total knee arthroplasty computer navigation[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016, 24(11): 3565-3574.
- [23] Figueroa F, Wakelin E, Twigg J, et al. Comparison between navigated reported position and postoperative computed tomography to evaluate accuracy in a robotic navigation system in total knee arthroplasty[J]. *Knee*, 2019, 26(4): 869-875.
- [24] Zhao J X, Li C, Ren H, et al. Evolution and current applications of robot-assisted fracture reduction: a comprehensive review[J]. *Ann Biomed Eng*, 2020, 48(1): 203-224.
- [25] Qiao F, Li D, Jin Z, et al. Application of 3D printed customized external fixator in fracture reduction[J]. *Injury*, 2015, 46(6): 1150-1155.
- [26] George E I, Brand T C, Laporta A, et al. Origins of robotic surgery: from skepticism to standard of care[J]. *JSLs*, 2018, 22(4): e2018.
- [27] Picard F, Deakin A H, Riches P E, et al. Computer assisted orthopaedic surgery: past, present and future[J]. *Med Eng Phys*, 2019, 72: 55-65.
- [28] 罗春花. 基于等级医院数量的我国地区医疗资源分布研究[J]. *价值工程*, 2018, 37(26): 8-9.
- [29] Han X G, Tian W. Artificial intelligence in orthopedic surgery: current state and future perspective[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2019, 132(21): 2521-2523.
- [30] Ashley E A. Towards precision medicine[J]. *Nat Rev Genet*, 2016, 17(9): 507-522.
- [31] What to expect from AI in oncology[J]. *Nat Rev Clin Oncol*, 2019, 16(11): 655.
- [32] Crawford K, Calo R. There is a blind spot in AI research [J]. *Nature*, 2016, 538(7625): 311-313.

[收稿日期 2019-11-20]