

人工智能在儿童医疗健康领域的应用与思考

骆陈城 李精钟

(1 浙江大学医学院附属儿童医院 杭州 310052 2 国家儿童健康与疾病临床医学研究中心 杭州 310052)

[摘要] 分析国内外儿童健康领域人工智能战略,从机器视觉与智能图像识别、机器听觉与智能语音识别、机器控制与智能仿生系统、机器认知与知识图谱构建4个方面阐述人工智能在儿童医疗健康领域的主要应用场景、典型应用案例和研究进展,展望未来发展前景。

[关键词] 人工智能; 儿童; 医疗健康

[中图分类号] R-058 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.3969/j.issn.1673-6036.2021.10.010

Application and Considerations on Artificial Intelligence in Children's Healthcare LUO Chencheng, LI Jingzhong, 1The Children's Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310052, 2National Clinical Research Center for Child Health, Hangzhou 310052, China

[Abstract] The paper analyzes the Artificial Intelligence (AI) strategies in the field of children's healthcare at home and abroad, expounds the main application scenarios, typical application cases and research progress of AI in children's healthcare from four aspects: machine vision and intelligent image recognition, machine hearing and intelligent speech recognition, machine control and intelligent bionic system, machine cognition and knowledge graph construction, and prospects the future development.

[Keywords] Artificial Intelligence (AI); children; healthcare

1 引言

自1956年约翰·麦卡锡等首次提出人工智能(Artificial Intelligence, AI)概念以来,人工智能已历经65年发展。近年来随着深度学习、神经网络、自适应控制等关键技术的突破,人工智能迅速成为全球科技焦点,机器视觉、听觉、控制、认知等方面应用不断涌现,推动经济社会从数字化、网络化向智能化加速升级。当前我国儿童医疗保健领域存

在优质资源供给不足、发展不平衡、医护人员工作强度高过高等问题,人工智能融入儿童日常医疗助力疾病诊断、治疗和康复,为儿童群体提供全方位、多维度的健康服务,为儿童医疗卫生事业发展带来新机遇。

2 国内外儿童医疗健康领域人工智能战略分析

近年来世界各国不断推进人工智能领域研究和应用并围绕人工智能制定相关政策、国家战略。人工智能与医疗结合始于20世纪70年代的专家系统,2011年起开始大规模应用于医疗领域,2016年进入高速发展阶段^[1],其应用场景逐渐扩展。同时中、

[修回日期] 2021-04-16

[作者简介] 骆陈城, 硕士, 发表论文1篇。

美、英、加、日等国开始关注儿童健康和发展，重点包括智能诊疗、新药研发、疾病监测、智能机器人等，推动人工智能与医疗行业深度融合，见表 1。

表 1 国内外人工智能相关战略分析

国家	政策文件和报告	在儿童医疗健康领域的应用
美国	国家人工智能研究和发展战略计划 ^[2]	开发能识别遗传风险的生物信息系统；预测新药物的安全性和有效性；可穿戴设备；智能诊断；儿童教育；学习辅导
	美国机器智能国家战略 ^[3]	疾病诊断、研发新药、针对基因属性和特定症状的个性化诊疗、远程医疗服务
英国	在英国发展人工智能 ^[4]	疾病诊断支持，发现潜在微小病变；潜在流行病的早期发现与发病率追踪，预防和控制疾病传播；影像诊断支持（应用于放射学、病理学等）
	英国人工智能发展的计划、能力与志向 ^[5]	研究儿童罕见疾病，鉴别具有相关特性的药物；个性化医疗、流行病检测和监测；开发人工智能驱动产品，例如帮助失明儿童学习的相关产品等
加拿大	2020 泛加拿大人工智能战略影响报告 ^[6]	医学影像；识别、监控神经系统疾病等
日本	机器人新战略 ^[7]	应用于看护儿童移动、步行、认知等方面，研发并普及实用化机器人技术、手术机器人
	人工智能技术战略 ^[8]	创造跨领域、多样化的服务和产品；普及预防性医疗和居家诊疗；提供护理机器人服务
中国	新一代人工智能发展规划	智能教育、智能医疗；手术机器人、智能诊疗助手；智能诊疗方案；智能影像识别；健康管理设备和家庭智能健康监测设备等
	面向儿童的人工智能北京共识	人工智能在研究、设计、开发、部署和使用时应优先考虑儿童需求和权益，优先给予儿童充分保护，优先促进儿童发展

3 人工智能技术在儿童医疗健康领域应用场景

3.1 机器视觉与智能图像识别

3.1.1 概述 机器视觉和图像识别是人工智能重要领域，涉及图像分割与融合、重建、配准、分析等。将图像识别技术应用于医学放射影像诊断和病理图像分析，是人工智能在医疗领域应用最为广泛的场景。

3.1.2 儿科影像诊断 随着放射影像数字化技术发展，高度智能的图像识别技术在放射影像领域的作用越来越突出，在儿科领域较为成熟的应用是儿童骨龄影像检测系统^[9]。骨龄可以反映儿童生物学年龄，是诊断儿童内分泌疾病（性早熟、发育迟缓等）重要依据之一。传统骨龄检测阅片效率较低、一致性较差，限制骨龄影像诊断和随访的临床应用。基于人工智能的儿童骨龄影像检测系统采用基

于卷积神经网络的深度学习技术，针对各类骨化中心的分布、密度特征、边缘形状等特点输出具有高辨识度的特征图，同时支持 TW3、中华 05、GP 图谱法 3 种骨龄判读标准，进行精准识别和评估，平均绝对误差为 0.43 年，诊断准确率达 98%^[10]，将阅片时间从 15 分钟缩短至秒级，提升放射科和儿科医生工作效率。

3.1.3 儿童病理图像分析 近年来人工智能辅助病理分析研究和应用进展迅速，在儿童肿瘤病理学观察方面体现出较大潜力。神经母细胞瘤是婴幼儿最常见的颅外肿瘤，研究人员开发出针对神经母细胞瘤的病理图像分析系统，根据组织形态将患儿分为预后良好和预后不良，总体分类精度达到 88.4%^[11]。儿童高级别脑肿瘤病死率居儿童恶性肿瘤病死率之首^[12]，美国华盛顿大学研究人员在 2020 年将扩散组织学成像方法（Diffusion Histology Imaging, DHI）应用于儿童高级别脑肿瘤病理分析，该方法结合深层神经网络检测和区分颅内肿瘤异质区域，对儿童高级别脑肿瘤进行组织学分类，准确

性达 83.3%^[13]。另有研究将病理图像与免疫组织化学检测序列、病理报告等序列数据相结合,使诊断准确性得到实质性提升。

3.2 机器听觉与智能语音识别

3.2.1 概述 智能语音识别和语义理解是人机交流的关键技术,涉及数字信号处理、声学、语音学、心理学等,是一种涵盖多个学科领域的交叉科学技术。机器听觉技术较为成熟,在治疗儿童孤独症以及智能育儿、健康监测方面发挥重要作用。

3.2.2 治疗孤独症谱系疾病 在神经发育障碍性疾病(孤独症谱系疾病、智力障碍、注意力缺陷多动障碍等)干预方面,社交机器人具有较大应用潜力。耶鲁大学研究人员设计基于语音识别的人工智能系统,支持“儿童-看护人-机器人”三重交互,从而帮助孤独症患儿提升社交技能。针对 12 名 6~12 岁孤独症患儿使用自主社交机器人开展为期 1 个月的家庭干预,患儿每天与看护者和机器人进行半小时交流和互动以完成有关情绪理解、换位思考和排序等游戏。30 天干预后患儿目光接触、语言交流、信息反馈能力均有所改善,根据机器人干预最后 1 天与第 1 天的评级,患儿沟通能力得到提升^[14]。患有孤独症的儿童通常难以理解和识别他人情绪状态,如果机器人在治疗过程中能够流畅地解释儿童行为将大幅提高治疗效果。美国麻省理工学院媒体实验室研发个性化机器学习方式,使机器人理解和分析声音的多重特征。通过机器听觉技术和深度学习网络,机器人 NAO 能够自动感知儿童情感状态和参与度,对儿童反应的感知与人类专家评估结果相比达到 60% 相同率^[15],可以帮助治疗师获取关键信息从而制订个性化治疗内容。

3.2.3 智能育儿和健康监测 Ariana Anderson 创立 ChatterBaby 项目^[16],通过机器学习对婴儿哭声频率和特征进行分析,分析哭声传递的信息是饥饿、疼痛或其他内容。该研究团队利用机器学习将婴儿哭泣的声调、声量、共鸣等声学特征量化,研发哭声翻译器,为婴儿行为状态提供客观测量。研究发现从声音特性(包括能量、发声周期长度和基

频、音高)来看,腹绞痛哭喊强度高于一般疼痛哭喊,烦躁和饥饿哭喊强度则更低,该算法识别疼痛哭喊准确率为 90.7%,使智能育儿成为可能。此外具有生理音采集和分析功能的可穿戴设备和数字智能听诊器加快升级,可对儿童心血管和呼吸系统等方面疾病进行预警。例如澳大利亚科学家开发的 StethoCloud 软件通过智能手机采集呼吸音频,基于云计算技术对儿童肺炎进行初步诊断并持续监测。

3.3 机器控制与智能仿生系统

3.3.1 概述 随着机器控制、仿生控制技术迅速发展,机器人系统能够具备良好的感知、运动和协作能力,在临床实践中其可靠性、安全性得到验证,兼容性、适应性不断提高。手术机器人、康复机器人让越来越多儿童获益,“人机工程学+智能自动化”技术助推医疗卫生事业发展进入新阶段。

3.3.2 小儿外科手术 近年来手术机器人的广泛应用成为微创外科发展趋势之一,以美国的达芬奇内窥镜手术系统为典型代表,目前该手术系统已应用于多个临床学科。达芬奇手术机器人系统是一种高级机器人平台,主要由医生操控台、床旁机器人系统、影像处理平台 3 部分组成,见表 2。依托人工智能技术,医生可以在远离手术台的操控台上观察立体腔镜手术画面,操控机械臂,实现精准手术。儿童组织器官相对于成年人更小、血管更细,手术精准度要求更高,达芬奇手术机器人具备 540 度可旋转的机械臂和超强颤抖过滤功能,其手术操作具有创伤小、恢复快、切除彻底、并发症少等特点,可以实现精细解剖和保护性分离,特别适用于儿童微创外科手术。我国小儿外科机器人手术系统应用起步相对较晚,2020 年 4 月浙江大学医学院附属儿童医院引入全国儿童专科医院首台达芬奇手术机器人,6 个月内完成 200 例达芬奇机器人手术,接受手术的患儿最低体重为 1.85 公斤,刷新国内复杂机器人手术年龄、体重记录。目前达芬奇手术机器人治疗疾病种类覆盖小儿外科各专业主要病种,各手术团队技术不断成熟,在小儿外科领域的治疗优势得到充分验证。

表 2 手术控制系统组成部分及智能化设计

主要组成部分	人工智能设计
医生操控台	人体工学设计：可进行多向人体工学调整，医生在手术中通过调节参数增加舒适度 安全自检：通过每秒百万次的安全自检，保证手术操作安全可靠 个人记忆系统：储存手术数据和信息，再次手术时可以提取
床旁机器人系统	激光辅助定位系统：激光定位协助将手术车对准目标位置、水平激光提醒手术车移动时可能发生的碰撞 控制舵：帮助手术人员快速操作，一键定位机器人机械臂的最佳位置
高清 3D 影像处理平台	一体化内窥镜：保证影像质量，确保提供目标解剖位置的超清画面 荧光显影高清成像：重要解剖结构实时可见，方便医生根据图像结果做出临床判断

3.3.3 儿童康复训练 虚拟现实技术 (Virtual Reality, VR)、智能康复机器人等逐渐应用于儿童神经发育障碍性疾病并取得良好效果。由于儿童大脑比成年人可塑性更强，人工智能辅助康复训练在儿童群体中显示出巨大潜力。美国佐治亚州立大学开展一项研究，调查 VR 技术帮助脑瘫患儿改善运动功能的有效性，证实 VR 技术对患者手臂功能和姿势改善具有较显著作用，对行走功能具有较大帮助^[17]。HAL 是日本筑波大学研制的可穿戴式康复机器人，可以帮助下肢运动功能障碍儿童完成直立行走、起立坐下以及上下楼梯等动作。HAL 机器人主要由无线局域网系统、电动驱动系统、传感系统（足底压力传感器、表面肌电传感器、角度传感器）、执行机构等组成^[18]，是世界上第 1 个获得全球安全认证的外骨骼机器人，被多家医疗机构使用。Michmizos K P 和 Krebs H I^[20] 基于感觉运动控制进行研究，针对 6~10 岁感觉运动障碍患儿开发一款名为 pedi - Anklebot 的足部踝关节智能康复机器人，这是一种自适应机器人设备，可以持续跟踪儿童表现、调整其治疗方案，引导、激励其完成康复运动。

3.4 机器认知与知识图谱构建

3.4.1 概述 认知智能是当前人工智能领域研究热点。自然语言处理技术与知识图谱构建能赋予机器推理和认知能力。利用人工智能构建高质量智能儿科病种库，在辅助疾病诊断、临床决策支持、家庭健康管理领域具有广阔前景。

3.4.2 儿科疾病诊断 儿科疾病症状种类多样，

问诊流程耗时费力。目前我国优质儿科医疗资源较稀缺，人工智能应用于儿科疾病辅助诊断能够大幅度提高诊疗服务水平。国内研究团队利用人工智能技术诊断儿科疾病的科研成果发表于《自然医学》(Nature Medicine)，这是全球范围内首次在顶级医学杂志上发表有关自然语言处理技术基于中文文本型电子病历进行临床智能诊断的研究成果。该模型应用自然语言处理系统，使用深度学习技术从电子健康档案中提取临床相关数据，共挖掘 1 362 559 名儿科患者就诊数据点，进行 1.016 亿个数据点分析以训练和验证该框架^[21]。结果显示出跨多个器官系统的高诊断准确性（如呼吸系统、系统性全身性、神经精神、泌尿生殖系统、胃肠道等疾病），证明人工智能在诊断常见儿童疾病方面能够达到经验丰富的儿科医生水平。

3.4.3 临床决策支持 通过深度学习临床专业技术与医学知识图谱，人工智能辅助决策系统帮助医生做出科学、合理、规范的治疗决策。美国 IBM 沃森人工智能系统于 2012 年开始临床应用，依托信息分析、自然语言处理和机器学习领域技术创新，该系统可以在 17 秒内阅读 3 469 本医学专著、248 000 篇论文、69 种治疗方案、61 540 次试验数据、106 000 份临床报告^[22]，已通过美国执业医师资格考试，在多种癌症临床决策中表现优异。2018 年 4 月我国国务院办公厅发布的《关于促进“互联网+医疗健康”发展的意见》提出要推进研发基于人工智能的临床诊疗决策支持系统。儿科诊疗决策支持系统和医嘱质控系统能帮助医护工作者降低错误率、做出科学适当的决定、提高临床安全和质

量、改善临床结果。此外人工智能技术与基因组学技术、大数据科学相结合,实现对于儿童患者个性化诊断与精准治疗。

3.4.4 儿童健康管理 智能化儿童医疗保健用品、母婴健康设备逐渐普及,通过智能算法以及数据交互等,改变传统健康管理模式。2018年2月美国某公司研发一款手机APP,借助人工智能筛查儿童神经发育障碍,被美国食品药品监督管理局认定为II类诊断医疗设备,通过“在线问卷+视频分析”即可获得筛查报告,足不出户完成健康自检。该程序人工智能算法利用美国斯坦福儿科和精神病学教授 Denis Wall 的研究数据,深度学习大约10000名儿童现有行为观察数据集,通过分析儿童行为视频和家长调查问卷,评估和测算儿童生长速度是否正常及其行为健康状况^[23]。美国 Kinsa Health 公司开发的首个家庭智能手机温度计获得美国食品药品监督管理局正式许可,其可在10秒的测量间隙通过动画保持儿童注意力,为其建立个人档案,记录监控高烧时间、症状和疾病史,还可以将所有信息存储成照片,生成个性化“健康地图”并将病情进展情况传输给医生。在疾病预防、慢病管理、用药提醒、生长发育情况评估等方面,人工智能可提供常态化、精细化指导。

4 思考与展望

随着“互联网+医疗健康”模式不断发展和“健康中国”战略不断推进,人工智能已深入儿童医疗健康领域,显示出高效、精准优势,在未来具有广阔发展前景。但同时人工智能应用仍面临问题和挑战。一是提高人工智能的可解释性。部分算法包括基于深度学习的算法,对用户来说缺乏透明度及结果解释机制。在医疗保健等领域,人工智能需要通过解释来证明特定诊断或治疗过程,因此需开发透明度更高的系统,向用户准确解释其结果。二是敏感健康数据保护。目前已有研究者提示人工智能可能造成数据安全风险,包括健康数据采集过程中可能产生的隐私泄露、数据深度挖掘和分析过程中可能产生的数据资源滥用、个人数据被窃取或被

盗用等风险,因此未来人工智能应用于儿童健康领域有必要解决隐私权保护问题。三是建立技术标准体系。人工智能在计算能力、可靠性等方面较人类优越,但医学是依赖循证的科学,人工智能应用于医疗行业相关基础理论、框架和技术标准仍有不成熟之处,未来从数据获取、建模、深度学习到结果评判均需建立一套科学专业的评估标准和体系,有利于人工智能在医疗领域健康有序发展。

5 结语

联合国儿童基金会在《人工智能为儿童——政策指南》征求意见稿中明确提出面向儿童的人工智能应遵循3大原则,即保护(Protection)、赋能(Provision)和参与(Participation)。人工智能技术应用于儿童医疗健康,在保证公平性和安全性的基础上将以保护儿童健康、赋能儿童发展为目标,在优化区域间儿科医疗资源配置、提升儿童医疗保健质量和效率等方面发挥积极作用。

参考文献

- 1 刘伶俐,王端. 人工智能在医疗领域的应用与存在的问题[J]. 卫生软科学, 2020, 34(10): 23-27.
- 2 National Science and Technology Council. National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan [EB/OL]. [2021-03-01]. https://www.nitrd.gov/PUBS/national_ai_rd_strategic_plan.pdf.
- 3 William A. Carter, Emma Kinnucan, Josh Elliot. A National Machine Intelligence Strategy for the United States [EB/OL]. [2021-03-05]. <https://www.csis.org/analysis/national-machine-intelligence-strategy-united-states>.
- 4 Dame Wendy Hall, Jérôme Pesenti. Growing the Artificial Intelligence Industry in the UK [EB/OL]. [2021-03-01]. <https://www.gov.uk/government/publications/growing-the-artificial-intelligence-industry-in-the-uk>.
- 5 Authority of the House of Lords. AI in the UK: ready, willing and able? [EB/OL]. [2021-03-09]. <https://publications.parliament.uk/pa/ld201719/ldselect/ldai/100/100.pdf>.
- 6 CIFAR. CIFAR Pan-Canadian AI Strategy Impact Report2020 [EB/OL]. [2021-03-09]. <https://cifar.ca/wp-content/uploads/2020/11/AICan-2020-CIFAR>

- Pan - Canadian - AI - Strategy - Impact - Report. pdf.
- 7 惠仲阳. 日本《机器人新战略》提出创新理念及未来5年行动方案 [EB/OL]. [2021-01-24]. http://www.casisd.cn/zkcg/ydkb/kjzcyzxb/2015/201503/201703/t20170330_4768657.html.
 - 8 王玲. 日本政府发展人工智能的战略布局分析 [J]. 全球科技经济瞭望, 2020, 35 (10): 1-7.
 - 9 孙梦莎, 丁永红, 颜子夜, 等. 人工智能在儿童骨龄影像检测中的应用 [J]. 中国医疗设备, 2021, 36 (3): 28-32.
 - 10 杨姣. 人工智能在儿童骨龄影像诊断的应用及发展 [J]. 江苏卫生事业管理, 2020, 31 (1): 89-92.
 - 11 Sertel O, Kong J, Shimada H, et al. Computer-aided Prognosis of Neuroblastoma on Whole-slide Images: classification of stromal development [J]. Pattern Recognit, 2009, 42 (6): 1093-1103.
 - 12 刘禹含, 孙仕亮, 殷敏智. 基于人工智能的儿科病理研究的现状与趋势 [J]. 中华病理学杂志, 2021, 50 (4): 310-313.
 - 13 Ye Z, Srinivasa K, Lin J, et al. Diffusion Basis Spectrum Imaging with Deep Neural Network Differentiates Distinct Histology in Pediatric Brain Tumors [EB/OL]. [2020-04-30]. https://www.researchgate.net/publication/340426955_Diffusion_Basis_Spectrum_Imaging_with_Deep_Neural_Network_Differentiates_Distinct_Histology_in_Pediatric_Brain_Tumors.
 - 14 Brian S, Laura B, Chien-Ming H, et al. Improving Social Skills in Children with ASD Using a Long-term, in-home Social Robot [J]. Science Robotics, 2018, 3 (21): eaat7544.
 - 15 Ognjen R, Jaeryoung L, Miles D, et al. Personalized Machine Learning for Robot Perception of Affect and Engagement in Autism Therapy [J]. Science, 2018, 3 (19): eaao6760.
 - 16 Parga J J, Lewin S, Lewis J, et al. Defining and Distinguishing Infant Behavioral States Using Acoustic Cry Analysis: is colic painful? [J]. Pediatric Research, 2020, 87 (2): 576-580.
 - 17 Yuping Chen, HsinChen D Fanchiang, Ayanna Howard. Effectiveness of Virtual Reality in Children with Cerebral Palsy: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. Physical Therapy, 2018, 98 (1): 63-77.
 - 18 石勇强, 刘刚峰, 郑天骄, 等. 下肢康复机器人的研究进展与临床应用 [J]. 信息与控制, 2021, 50 (1): 43-53.
 - 19 Michmizos K P, Krebs H I. Pediatric Robotic Rehabilitation: current knowledge and future trends in treating children with sensorimotor impairments [J]. Neurorehabilitation, 2017, 41 (1): 69-76.
 - 20 Huiying Liang, Brian Y. Tsui, Hao Ni, et al. Evaluation and Accurate Diagnoses of Pediatric Diseases Using Artificial Intelligence [J]. Nature Medicine, 2019, 25 (3): 433-438.
 - 21 清华大学中国科技政策研究中心. 中国人工智能发展报告 2018 [R]. 北京: 清华大学, 2018.
 - 22 苗先锋. 盘点已获得美国 FDA 认证的 9 款医疗人工智能产品 [EB/OL]. [2021-03-04]. <https://www.cn-healthcare.com/articlewm/20180705/content-1028763.html>.

《医学信息学杂志》版权声明

(1) 作者所投稿件无“抄袭”、“剽窃”、“一稿两投或多投”等学术不端行为, 对于署名无异议, 不涉及保密与知识产权的侵权等问题, 文责自负。对于因上述问题引起的一切法律纠纷, 完全由全体署名作者负责, 无需编辑部承担连带责任。(2) 来稿刊用后, 该稿包括印刷出版和电子出版在内的版权、复制权、发行权、汇编权、翻译权及信息网络传播权已经转让给《医学信息学杂志》编辑部。除纸质载体形式出版外, 本刊有权以光盘、网络期刊等其他方式刊登文稿, 本刊已加入万方数据“数字化期刊群”、重庆维普“中文科技期刊数据库”、清华同方“中国期刊全文数据库”、中邮阅读网。(3) 作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付, 不再另行发放。作者如不同意文章入编, 投稿时敬请说明。

《医学信息学杂志》编辑部