·数智医学教育·

临床实践阶段影像医学生及岗前住培学员AI神经影像教育平台的构建

李瑞利　苏壮志　张苗　戎冬冬　单艺　卢洁
首都医科大学宣武医院放射与核医学科，北京　100053
通信作者：卢洁，Email：imaginglu@hotmail.com

【摘要】 人工智能（artificial intelligence，AI）技术为医学影像教学、培训模式的改革和创新带来了新的机遇。本研究构建了AI神经影像教育平台，包括影像案例库、智能交互学习、自测练习、在线考试4个模块。该平台实现了更灵活便捷的教育模式及精准个体化的培养方式，能够调动影像医学生及住培学员学习的积极性和主动性，促进理论知识与临床实践的快速融合，提高住培效率与质量。

【关键词】 人工智能；　神经影像教育平台；　精准教学；　住培效率
【中图分类号】 R-05
基金项目：北京市教育科学“十三五”规划项目（CHDB2020174）；北京市住培质量提高项目（住培2023007、2023033、2024011）；首都医科大学教育教学改革研究课题（2023JYY136、2024JYY112）；首都医科大学本科生科研创新项目（XSKY2023201）
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20230927-01964

Construction of artificial intelligence neuroimaging education platform for medical imaging students in clinical practice stage and pre-service resident trainees

Li Ruili, Su Zhuangzhi, Zhang Miao, Rong Dongdong, Shan Yi, Lu Jie
Department of Radiology and Nuclear Medicine, Xuanwu Hospital, Capital Medical University, Beijing 100053, China
Corresponding author: Lu Jie, Email: imaginglu@hotmail.com

【**Abstract**】 Artificial intelligence technology brings new opportunities for the reform and innovation of medical imaging teaching and training models. We took the lead in building an artificial intelligence neuroimaging education platform. The platform included four modules: imaging case library, intelligent interactive learning, self-test and exercise, and online exam. The platform enables a more flexible and convenient education mode, a precise and individualized training method, which can motivate the enthusiasm and initiative of medical imaging students and resident trainees in learning, promote the rapid integration of theoretical knowledge and clinical practice, and improve the efficiency and quality of residency training.

【**Key words**】 Artificial intelligence;　Neuroimaging education platform;　Precision teaching;　Residency training efficiency
Fund program: Beijing Education Science 13th Five-Year Plan Project (CHDB2020174); Beijing Residency Training Quality Improvement Project (2023007, 2023033, 2024011); Research Project on Education and Teaching Reform of Capital Medical University (2023JYY136, 2024JYY112); Capital Medical University Undergraduate Research and Innovation Program (XSKY2023201)
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20230927-01964

医学影像学理论性及实践性较强，影像技术、设备多样化，发展更新快，新知识层出不穷，现有的教材往往滞后于影像学的发展。研究者在临床带教中也发现，学生理论与实践脱节，学校理论课课时有限，课堂上教师往往只展示病例百余幅图像中的2~3幅关键图像，影像学资料单一、不完整，且课堂上学习的内容无法及时应用，灵活性及实践性差，学习效果不佳。学生毕业后进入住院医师规范化培训阶段，在接受短暂的报告书写培训后很快进入临床工作，经常出现观察不全面、重点不突出，影

像征象不能识别，诊断思路不清晰等问题。带教教师业务繁重，很难做到针对每一位学员的每处错误逐一讲解，学员对错误之处未能及时理解，培训效率低。如何快速将所学的理论知识用于临床实践，积累诊断经验，培养高素质的影像医生，是当前医学影像教育的一大难题[1]。

近年来，人工智能（artificial intelligence，AI）在医学影像实践中的应用逐渐增多[2-3]，提高了工作效率和质量。将AI整合到医学影像教育可能为激发学生学习兴趣和提高学习效率提供新的途径。但AI在影像教育中的研究尚处于初期，国内外可用的AI参与影像教学和培训的资源有限，应用场景多是基于云端在线自主学习平台上的教学案例、PPT、视频形式辅助教学，基于AI算法的可交互、分析纠错、解释指导、评价反馈及个性化教学的平台稀缺[4-5]。研究者前期对首都医科大学宣武医院120名“5+3”长学制第4、5年级医学生、38名住培学员、41名影像带教教师开展AI辅助教学的问卷调查，结果显示83.00%的带教教师、84.00%的住院医师、65.00%的医学生支持AI参与辅助教学，希望进入临床实践前能先通过某种智能的教学平台自主练习影像阅片及诊断报告书写。

针对影像医生培养过程中学习、培训效率低的问题，借助AI技术创新教学理念，研究者希望建立医学影像AI教育平台，为临床实践阶段影像医学生及岗前住培学员提供过渡及适应阶段，缩短他们对疾病影像诊断的认知学习周期。宣武医院以神经科学为重点，因为神经系统疾病病种多样，诊疗手段丰富，并且神经系统解剖结构复杂、病变表现多样、神经影像技术发展较快，一直是学生和住院医师学习的难点和重点。因此，研究者率先建立了AI神经影像教育平台并初步应用。

1　AI神经影像教育平台的构建

根据当前影像教学和培训存在的问题，首都医科大学宣武医院以神经影像数据为基础，基于计算机技术、人工智能算法和大数据分析，构建了AI神经影像教育平台，计算机工程师提供技术支持。学生端登录前需要先在该平台注册账户。平台包含4个模块：影像案例库、智能交互学习、自测练习、在线考试，4大模块自成体系、相辅相成，方便满足影像医学生及住培学员的学习需求（图1）。教师端可以进行权限管理、互动答疑、病例资源更新、考试任务发布、数据统计等功能。可了解学生对知识的掌控状态、平台的使用情况，有针对性地调整策略，保障教学质量的提高。

1.1　高质量的AI神经影像案例库

基于案例的学习更受影像教育工作者和学生的青睐。根据医学影像诊断学教材及全国住院医师规范化培训细则第一阶段要求掌握的神经系统



图1　AI神经影像教育平台内在架构流程图

疾病病种。在医院PACS多维度医学影像学网络数据库中，提取经过病理证实或符合临床诊断标准的具有教学价值的CT及MRI图像。影像案例库内容以典型病例为主，按照病种–疾病的分类模式建库。包括神经系统中的脑血管病、脑肿瘤、脑外伤、脑感染性疾病、脑变性疾病、脑先天畸形及发育异常、脊髓和椎管内疾病（图2）。构建具有树形目录结构的医学影像学分类图，为学生学习、练习提供海量案例，并根据病例的难易程度对病例分类，供不同层次的学员选择，以达到分层教学的目的。

病例的选择不是随意的，需同时满足以下4个条件[6]：①应是本专业本科生教学大纲或住培细则中规定的病种，且符合教学、培训对象的年资与能力；②是学员日常临床工作书写诊断报告时容易犯共性问题的病种；③影像医学不是单纯的“看图说话”，病例的临床、实验室、影像检查资料需要完整（基本信息及图像均去隐私化处理）；④图像质量好，教学价值高，能体现影像诊断阅片、报告书写、临床思维与决策能力。

建立完整、系统的影像病例数据库，有助于学生全面深入地学习及临床诊疗思维的培养[7]。参与此项工作的人员均为本院影像科带教教师，经过培训，按要求规范收集和处理病例，并经由3名高级职称影像医师审核后发布于数据库平台。未来会定期上传临床工作中新出现的具有教学意义的典型病例，不断对病例库进行补充和更新。

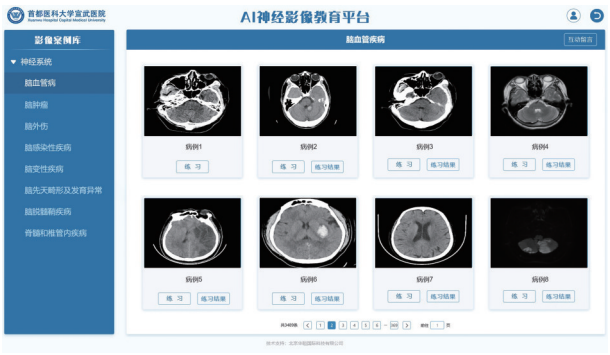


图2　影像案例库

1.2　可视化的智能交互学习

AI交互学习平台的模块配置与教学架构的需求相结合，包括阅片及报告书写、报告训练评级、AI分析报告、书写报告反馈总结、病例知识点查看、薄弱病例推送、互动留言。学生进入练习模块后可根据自身情况搜索选择病例，进行阅片、影像征象识别及报告书写，配有常用的小工具可以对病灶进行大小、密度的测量、病灶标注、图像的缩放、反转、调节窗宽、窗位等。阅片常用小工具的功能及诊断报告书写界面与影像科临床工作模式相仿，使学员获得真实、浸入式学习体验。学员对图像进行描述、分析、预判，提交诊断报告后，AI自动检测和注释学员提交的诊断报告与标准化、结构化报告的差异、并给学员的诊断报告进行评级打分（图3），自动输出AI分析报告及反馈。学员可以发现书写报告中的不足，对表述不准确或不规范之处进行改正，完善报告的内容及格式、纠正诊断中的错误思维。



图3　智能交互学习

所有病例的标准化、结构化影像诊断报告由3名在影像科一线工作10年以上、临床诊断经验丰富的医生完成，遵循以下原则：①客观性和准确性：要看图说话，即客观真实地描述图像的影像特点；描述语句规范、有条理，解剖部位、病灶测量精准；②全面性和细致性：全面性体现在对重要病灶的描述按照“位大数形边密血周”（位置、大小、数量、形状、边界、密度/信号、血供强化特点、周围组织）的顺序进行；细致性体现在突出重点，对细节征象尤其是有鉴别诊断意义或对治疗方案制订有影响的特征要仔细描述；阅片时做到对主要部位的主要病灶进行重点分析，同时兼顾其他部位的次要病灶；③有序性：书写报告遵循人体结构的空间顺序，按部位逐次阅片，可以有效避免遗漏解剖部位或者较微小的病灶。查看标准化结构报告将有助于学生强化解剖知识、病变所对应的影像学表现及影像学专业术语。

AI分析报告中评级打分的实现：病例练习包括征象识别、报告书写、诊断意见3部分，分值的权重系数分别为20%、50%、30%，即占比得分分别为20分、50分、30分。在原始的标准化、结构化报告中，每部分内容均设置相应的得分点，将学员提交的诊断报告与原始报告中的得分点进行比对、差异

识别，将分别得到征象识别、报告书写、诊断意见的分数。进而生成病例书写质量的总得分及训练评级。A 级：90~100 分；B 级：80~89 分；C 级：70~79 分；D 级：60~69 分；E 级：<60 分。

平台具有记录日志功能，在下一次登录时将同步更新学员学习记录。AI 反馈系统对学员的病例分析结果进行评估，利用深度学习、分类模型全面精确地了解学生对知识掌握度的评价。系统将记录偏差较大的病例，根据反馈算法，推送相关知识点及类似属性病例，便于学生强化训练，对知识点查漏补缺。推送的知识点重点突出，简化要点，对疾病发生的病理生理基础、临床表现、实验室检查、影像学表现、诊断及鉴别诊断等相关知识做扼要而不失全面的介绍，增加知识相互间的串联，让学员对该病例有一个更全面系统的认识。将影像与病理和临床相结合，提高学习深度，有利于培养全局观的临床诊断思维，对影像表现理解得也更透彻、牢固。通过实际阅片、报告书写及知识点查看，让学员带着问题找答案，有利于理论知识与临床实践相结合，加强对理论知识的理解、巩固和长期记忆。知识点并不是一成不变的，而是随着学科的新进展及时更新知识点的内容。

识别学员已完成的学习活动并记录、跟踪学习的进度，评估熟练程度，实时反馈。记录学员多次学习测试结果，分析、输出未掌握的知识点，传送到反馈系统，对训练内容进行调整，以适应受训人员的学习需求，有的放矢地进行个性化教学培训，优化了现代医学的教学模式。AI 技术促进交互式学习，设置讨论区，方便学员在自主学习过程中对存疑病例进行交流、讨论，带教教师将进行疑难解答。学员也可以在讨论区留言告知使用过程中出现的问题，以及对平台功能新的需求，后台将汇总学员的意见，教师及工程师进行查阅、管理、导出，对平台加以改进、完善。

1.3　自我测试模块

系统随机抽取一定数量的病例，学员进行阅片诊断（图 4），提交后系统打分并反馈，记录测试时间，形成自测学习曲线。学员可以回顾性查看正确的诊断结果并学习相关知识点，通过对大量典型病例的反复阅片训练，能够快速完成从教科书习得的文字知识向图像信息理解的过渡，掌握阅片技能。同时可以评估学员学习的效果、进步情况，根据学员的表现分析大量历史数据，为其提供指导、定制个性化培训，最终实现个性化教育，也将极大地推进影像学精准教育[8-9]。



图 4　自我测试模块

1.4　在线考试模块

人机对话的考试模式是医学影像考试的主流，与传统的纸面考试形式相比，在线考试能把病例的影像图片更精确、不失真地呈现在试卷上，更加接近影像专业的临床实际和考试要求，使得医学影像学考试更规范化。平台支持多种考试题型的设置，包括单选题、多选题、填空题、判断题、名词解释、病例诊断和简答题（图 5）。考试时可以设定考试时间，并锁定其他学习模块，不得进行与考试无关的操作。阅卷时可选择自动评分或手工评分，对于客观题，系统自动评分，节约了教师时间，提高了考务效率。可以调阅试卷，打印、导出考试成绩，并对成绩进行分析、总结。教师也可以根据题型、难易程度、考核内容等实际需求模拟不同类型的医学影像考试，有助于学生更早地熟悉结业及职称考试等上机考试形式。

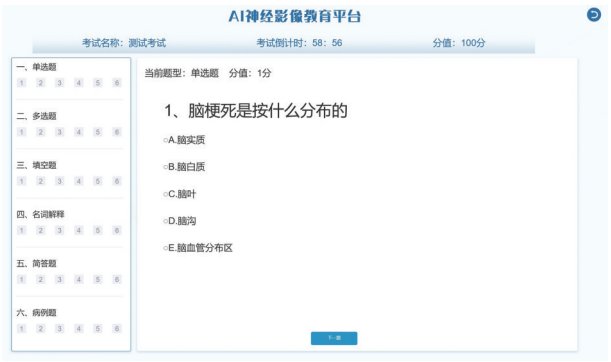


图 5　在线考试模块

2　AI 神经影像教育平台的初步应用及反馈

平台建好后进行试运行，随机选取临床实践阶段的影像医学生 15 人、住培初期学员 17 人在平台上体验学习，并以谈话形式进行平台满意度调研，收集学员使用过程中遇到的问题及反馈，对平台加以改进和提高。调研结果显示所有影像医学生及 94.00% 的住培学员对平台的使用比较满意，总满意

度达到 97.00%。大家普遍认为该平台界面友好、操作简单、运行稳定流畅、学习方法灵活方便、形式多样、案例内容丰富、图像信息量大。除了交互式练习书写诊断报告，还增加了拓展学习的内容，方便理解，可以巩固校园课堂知识、拓宽眼界、提高学习效率及病例分析能力。

智能交互学习是平台建设的重要模块，研究者选择同一例脑肿瘤病例让住培学员在平台上书写诊断报告，平台自动打分并出具AI分析报告及扣分细节。结果显示最高分93分，最低分61分，平均分78分，带教教师及学员共同对AI分析报告进行讨论并复审，88.00%的参与者认为评分比较合理，不合理之处主要体现在AI平台在理解学员的诊断报告内容方面不够灵活，不同词语表达相同意思会有误判。本平台的建立仅仅使用了“弱人工智能”，研究团队将逐步改进，使平台从“弱人工智能”向“类人工智能”过渡，促进我国影像学智能教育的发展，更好地服务影像高素质人才的培养。

目前，教学平台刚建立，还存在不足之处。例如，平台的构思和设计主要是影像教师及计算机工程师的频繁沟通，二者知识结构存在差异，并且在平台的整个研发过程中，临床实践阶段学生及岗前住培学员虽有一定参与，但参与度较低。前期影像案例资料的收集和整理需要耗费临床影像带教教师大量的时间和精力，目前案例的数量和病种丰富度还不够。学员和教师的互动环节虽然设有讨论模块，但由于教师临床工作繁忙，不能及时解答学员的问题，缺乏现场交流的气氛和效果。未来，研究团队将进行严谨的试验设计，开展平台对影像教学及培训效果的实践探索。

3　结语

AI神经影像教育平台以病例教学为主，内容丰富，兼顾理论知识、案例图像解析、阅片及报告书写练习、诊断思维训练，学习效果评估也更综合和系统。该平台是传统课堂的有益补充，为学生提供交互式的学习平台，灵活方便。学员面对的不再是书本上平面的、有限的几幅典型图片，而是在还原真实临床工作环境中书写诊断报告，可将书本知识与临床实践有机结合，对知识的学习更为深刻，保障了影像医学生从学校到医院培养过程的自然衔接和连续性，为今后真正进入临床诊断报告的书写奠定基础[10]。因此，该平台应用于医学影像学实习示教、住培学员岗前辅导是切实可行的，可帮助解决医学影像教育当前的困境，提高学习及培训效率，减轻临床带教教师教学的负荷，有效降低教学培训成本[11]，实现医学影像教育从数字化、信息化走向智能化[12-13]。该平台不但可以帮助发展本地教学，还可以打破时空限制，在全国范围推广，实现跨区域跨校际资源共享，解决教育资源不均的问题。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　李瑞利：提出构思、撰写论文；苏壮志、张苗：提出构思；戎冬冬、单艺：修改论文；卢洁：提出构思、总体把关、审定论文

参考文献

[1] 何炼图，汤庆，汤佳馨，等. 人工智能+医学影像教育新模式的作用与构想[J]. 中国继续医学教育，2018，10(20)：31-33. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9308.2018.20.014.

[2] Kulkarni S, Seneviratne N, Baig MS, et al. Artificial intelligence in medicine: where are we now? [J]. Acad Radiol, 2020, 27(1): 62-70. DOI: 10.1016/j.acra.2019.10.001.

[3] West E, Mutasa S, Zhu Z, et al. Global trend in artificial intelligence-based publications in radiology from 2000 to 2018 [J]. AJR Am J Roentgenol, 2019, 213(6): 1204-1206. DOI: 10.2214/AJR.19.21346.

[4] Lindqwister AL, Hassanpour S, Lewis PJ, et al. AI-RADS: an artificial intelligence curriculum for residents [J]. Acad Radiol, 2021, 28(12): 1810-1816. DOI: 10.1016/j.acra.2020.09.017.

[5] Khafaji MA, Safhi MA, Albadawi RH, et al. Artificial intelligence in radiology: are Saudi residents ready, prepared, and knowledgeable? [J]. Saudi Med J, 2022, 43(1): 53-60. DOI: 10.15537/smj.2022.43.1.20210337.

[6] 苟博，周江英，吴啓洪，等. 大数据背景下超声医学系统化病例资源库的建设与应用[J]. 中华医学教育探索杂志，2020，19(12)：1399-1402. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20191201-00330.

[7] 李然，易坤明，熊坤林. 放射科住院医师规范化培训的目标和意义[J]. 中华医学教育探索杂志，2017，16(6)：610-613. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2017.06.017.

[8] 李鸿浩，陈波，李建平，等. 医学教育中人工智能应用的现状、问题与对策[J]. 中国循证医学杂志，2020，20(9)：1092-1097. DOI: 10.7507/1672-2531.201910092.

[9] 钟敏，胡燕，程茜，等. 人工智能在医学教育中的应用现状与思考[J]. 中国继续医学教育，2020，12(18)：79-81. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9308.2020.18.032.

[10] Khumrin P, Ryan A, Judd T, et al. Diagnostic machine learning models for acute abdominal pain: towards an E-learning tool for medical students [J]. Stud Health Technol Inform, 2017, 245: 447-451.

[11] Carin L. On artificial intelligence and deep learning within medical education [J]. Acad Med, 2020(95): S10-S11. DOI: 10.1097/ACM.0000000000003630.

[12] 刘立东. 人工智能+医学影像教育新模式在教与学中的作用与构想[J]. 智慧健康，2020，6(26)：3-5. DOI: 10.19335/j.cnki.2096-1219.2020.26.002.

[13] 万莉，贡丽英，吴清，等. 人工智能在高等医学教育中的应用前景[J]. 中国医学教育技术，2018，32(6)：607-610. DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.201806003.

（收稿日期：2023-09-27）
（本文编辑：唐宗顺）