·数智医学教育·

人工智能在外训学员血管外科教学中的应用与展望

郝悦[1]　张荣杰[2]　钟华[3]
[1]新加坡南洋理工大学教育学院，新加坡　637616；[2]陆军军医大学第一附属医院血管外科，重庆　400038；[3]陆军军医大学生物医学工程与医学影像系，重庆　400038
通信作者：钟华，Email：2022558581@qq.com

【摘要】 随着全球化进程的加速和国际医学交流的日益频繁，外训学员在我国医学教育体系中的地位愈发重要。本文探讨了人工智能技术在外训学员血管外科教学中的应用，包括其在理论教学、手术技能培训、病例分析与临床决策等方面的具体应用形式，分析了人工智能应用于外训教学所带来的优势，如提高教学效率、增强教学个体化、促进文化融合等，同时也深入探讨了面临的数据安全与隐私保护、技术可靠性与适应性、教育理念转变以及跨文化教育等挑战，并提出了相应的应对策略。通过合理利用人工智能技术，有望提升外训学员血管外科教学质量，为国际医学人才培养做出积极贡献。

【关键词】 人工智能；　外训学员；　血管外科；　医学教学
【中图分类号】 R-05
基金项目：重庆市高等教育教学改革研究项目（2022535）；陆军军医大学教育改革研究课题（重点项目）（2020A07）
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20240511-01960

Application and prospect of artificial intelligence in the teaching of vascular surgery for overseas trainees

Hao Yue[1], Zhang Rongjie[2], Zhong Hua[3]
[1]National Institute of Education to Nanyang Technological University, Singapore 637616; [2]Department of Vascular Surgery, The First Affiliated Hospital to Army Medical University, Chongqing 400038, China; [3]Department of Biomedical Engineering and Medical Imaging, Army Medical University, Chongqing 400038, China
Corresponding author: Zhong Hua, Email: 2022558581@qq.com

【**Abstract**】 As the globalization process accelerates and international medical exchanges become increasingly frequent, the status of foreign trainees in Chinese medical education system has become increasingly important. This paper explores the application of artificial intelligence technology in teaching vascular surgery for foreign trainees, including its specific application forms in theoretical teaching, surgical skill training, case analysis, and clinical decision-making. This article analyzes the advantages of integrating artificial intelligence into teaching foreign trainees, such as improving teaching efficiency, enhancing individualized teaching, and promoting cultural integration. Moreover, this paper discusses the challenges such as data security and privacy protection, technical reliability and adaptability, the transformation of educational concepts, and cross-cultural education, and proposes corresponding strategies to address these issues. The rational use of artificial intelligence technology is expected to improve the teaching quality of vascular surgery for foreign trainees and make a positive contribution to the cultivation of international medical talents.

【**Key words**】 Artificial intelligence;　Foreign trainee;　Vascular surgery;　Medical teaching
Fund program: Chongqing Higher Education Teaching Reform Research Project (2022535); Education Reform Research Project of Army Medical University (Key Project) (2020A07)
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20240511-01960

人工智能(artificial Intelligence, AI)是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人类智能的理论、方法、技术以及应用系统的一门崭新的技术科学,是研究人类智能活动的规律,构造具有一定智能的人工系统,研究如何让计算机去完成以往需要人的智力才能胜任的工作,也就是研究如何应用计算机的软硬件来模拟人类某些智能行为的基本理论、方法和技术[1]。

血管外科是外科学的分支学科,是一门处理各种血管性疾病,如下肢动脉闭塞、腹主动脉瘤、主动脉夹层、深静脉血栓等的学科,其涉及的解剖结构复杂,手术操作精细且风险较高。外训学员的培训工作在传播中国文化、树立中国形象方面发挥着至关重要的作用。但是外训学员教学方面也存在诸多问题,如外训学员来自不同国家和地区,文化背景、医学基础知识和临床实践经验差异较大;外训学员汉语基础普遍较差,基本语言交流存在障碍,医学术语学习则更加困难;相当一部分外训学员英语功底较差,以英语进行沟通也存在理解的偏差,甚至误解[2]。

人工智能技术的飞速发展为解决这些问题提供了新的思路和方法。人工智能能够模拟人类智能,通过机器学习、深度学习等技术对大量数据进行分析和处理,从而实现智能化的教学辅助功能[3]。将人工智能应用于外训学员血管外科教学中,可以通过有效双语甚至多语种即时翻译转换,来加强教员与外训学员之间的沟通。另外,针对外训学员基础不一的情况,可以设置多样化的课程,进行个体化和差异化教学,有望提高教学效果,促进国际医学人才的培养。

1 人工智能在血管外科外训教学中的应用形式

1.1 智能教学系统助力理论教学

1.1.1 个性化学习路径规划

我国外训学员来自非洲、中亚和东南亚国家较多,医学基础普遍较差,不同国家学员对于医学理论和临床技能的掌握程度也有很大差距。人工智能驱动的智能教学系统可以根据外训学员的入学测试成绩、既往学习经历以及对血管外科基础知识的初步掌握情况,为每位学员制定个性化的学习路径。例如,对于基础较为薄弱的学员,系统会优先推荐血管解剖学、生理学等基础课程的学习资料,包括图文并茂的电子教材、生动形象的动画演示以及深入浅出的视频讲解等。而对于具有一定基础的学员,则可以直接进入血管疾病病理生理学、诊断学和治疗等进阶课程的学习。系统通过实时监测学员的学习进度和知识掌握程度,动态调整学习计划,确保每个学员都能在适合自己的节奏下进行个性化学习[4-5]。

1.1.2 智能答疑与知识拓展

自然语言处理技术(natural language processing, NLP)优于传统语料库工具(如 AntConc、WordSmith),是传统语料库工具的更新迭代[6]。基于 NLP 索引行提取技术进行医学临床病例分析和答疑。外训学员在学习过程中智能教学系统可以利用自然语言处理技术与学员进行互动交流。学员可以随时向系统提问,无论是关于血管外科专业术语的解释,还是对复杂疾病发病机制的探讨,系统都能迅速给出准确的回答,并提供相关的知识拓展链接。例如,当学员询问关于主动脉瘤的治疗方法时,系统不仅会详细介绍传统的手术治疗和介入治疗方法,还会提供最新的临床试验研究进展以及国际上不同地区的治疗指南差异,拓宽学员的国际视野[7]。

1.2 虚拟手术模拟提升手术技能

1.2.1 高保真手术场景模拟

外训学员大都非常重视手术技能的提升,但由于多数外训学员未经过临床实例培训,往往手术技能较差。虚拟手术仿真系统作为一门涉及计算机技术、图形学、数字医学、传感器技术、弹性力学、生物力学、力反馈技术等多学科交叉与渗透的新型技术,极度真实地解剖组织数字模型,可供训练者反复使用,具有节约经济成本、减少资源浪费、降低学习周期等优势[8]。平台可以根据真实患者的血管影像数据,如 CT 血管三维成像、磁共振血管三维成像等,构建三维血管模型,模拟各种血管病变情况,包括下肢动脉和颈动脉狭窄、血管畸形、腹主动脉瘤破裂、主动脉夹层等[9-10]。外训学员可以在虚拟环境中使用专门设计的手术器械模拟操作,感受真实手术中的触觉反馈,如血管的弹性、组织的阻力等。例如,在模拟颈动脉内膜切除术时,学员可以通过操作手术器械,精准地切开颈动脉,剥离内膜斑块,然后进行血管缝合,系统会实时评估学员的操作准确性、手术时间以及对周围组织的损伤程度等指标,并给予相应的反馈和建议。

1.2.2 手术技能评估与进阶训练

基于人工智能的虚拟手术模拟系统能够对学员的手术技能进行客观、全面地评估。通过对学员在模拟手术中的操作数据进行分析,如器械的运动轨迹、对目标点的掌控、力度控制、操作步骤的准确性等,系统可以生成详细的技能评估报告,指出学

员的优点和不足之处，并推荐针对性的进阶训练项目。包霆威等[11]研究显示，采用“传统的理论授课+虚拟手术授课+手术带教”教学，能提高试验组的实践考核成绩。魏周阳等[12]研究表明，采用数字化解剖与虚拟手术仿真系统结合PBL开展临床见习教学，实验组见习生对教师的临床教学质量评估总分显著优于对照组。例如，如果学员在血管吻合操作中缝合间距不均匀，系统会提供专门的缝合技巧训练模块，通过虚拟导师的示范和学员的反复练习，帮助学员提高手术技能水平。同时，系统还可以根据学员的技能提升情况，逐步增加手术的难度，从简单的血管结扎术到复杂的血管旁路移植术，循序渐进地培养学员的手术能力[13]。

1.3　病例分析与临床决策支持

1.3.1　基于ID3决策树分类模型病例分析

ID3决策树分类模型可以对海量的血管外科病例数据进行挖掘和分析并进行分类，为外训学员提供不同等级的病例学习资源。通过对病例的临床表现、实验室检查结果、影像学特征、治疗过程以及预后情况等多维度数据的综合分析，ID3决策树分类模型能够总结出不同血管疾病的典型特征和诊断要点，帮助学员建立准确的临床诊断思维[14]。ID3算法是一种利用信息论原理进行决策树构建的算法。该算法的核心目标是找到一个特征，使得数据集在该特征下的分类结果具有最高的信息增益。其中，每个内部节点表示一个属性上的判断条件，每个分支代表一个判断结果的输出，每个叶子节点代表一个类别标签。决策树通过从根节点到叶子节点的路径来表示分类规则[15]。基于ID3决策树分类模型的病例分析，构建了一个能够准确预测和分类学生技能水平的决策树模型并进行针对性训练。例如，在分析下肢深静脉血栓形成的病例时，ID3决策树分类模型可以展示不同分期、不同严重程度、不同部位患者的症状差异，以及各种诊断方法的敏感性和特异性，以及治疗决策采用的选择，使学员能够更好地理解如何根据患者的具体情况选择合适的诊断手段。

1.3.2　临床决策辅助工具

Watson Health由IBM创立，其循证临床辅助决策支持系统可深度研究各临床数据及文献资料从而提供最优方案，对糖尿病及癌症等的诊断有较大作用，象征着人类真正跨进认知型医疗时代。TensorFlow（谷歌的开源平台）是使用范围较广的深度学习框架，可对脑癌的辨识模型进行训练。微软借助人工智能技术探寻最优医疗手段及药品，满足其医疗保健计划“汉诺威”的切实需求。阿里健康以云平台为基础，建立了单独的机器学习平台PAI2.0，并与各大医院及医疗成像中心合作建成医疗成像智能诊断平台，提供远程智能诊断及3D图像重构等服务。腾讯成立了人工智能实验室并向碳云智能投资1.5亿美元，致力于建立人工智能内核模型，对健康风险进行早期预警，有助于进行精准及个性化治疗。在面对复杂的血管外科病例时，外训学员往往在临床决策方面存在困难。这些人工智能系统可以根据病例的具体情况，结合最新的临床指南和专家经验，为学员提供临床决策建议[16]。例如，对于腹主动脉瘤患者，系统会综合考虑动脉瘤的大小、形态、患者的年龄、是否有破裂和先兆破裂风险等因素，推荐是采取保守治疗、介入治疗还是传统的开放手术治疗，并详细列出每种治疗方案的利弊、风险评估以及术后护理要点等信息。学员可以根据系统的建议，结合自己的思考和判断，制定出个性化的治疗方案，从而提高临床决策能力[17]。

2　人工智能应用于外训教学的优势

2.1　提高教学效率

传统血管外科教学往往采用大班授课、集中实习等方式，难以满足外训学员个性化的学习需求，教学效率较低。人工智能技术的应用可以实现个性化教学，每个学员都能按照自己的进度和方式进行学习，避免了时间的浪费。同时，智能教学系统能够快速提供准确的知识解答和学习资源推荐，减少了学员在查找资料和解决问题上花费的时间。例如，在虚拟手术模拟训练中，学员可以随时随地进行练习，无须等待手术机会或受到手术室时间的限制，大大提高了手术技能训练的效率。

2.2　增强教学针对性

外训学员的背景差异较大，人工智能可以根据学员的个体情况，如医学基础知识水平、语言能力、文化背景等，提供针对性的教学内容和教学方法。对于来自非英语母语国家、英语水平较低的学员，系统可以提供多种语言的教学资料和翻译功能，确保学员能够理解教学内容[18]。对于具有不同临床经验的学员，系统可以调整病例分析的难度和深度，使教学内容更贴合学员的实际需求，从而提高教学效果。

2.3　促进文化融合与国际交流

在人工智能辅助的教学平台上，外训学员可以与来自不同国家和地区的学员共同学习和交流。通过分享各自国家的血管外科医疗现状、治疗方法

和文化背景，学员们能够增进相互了解，促进文化融合。同时，人工智能系统可以整合国际上不同地区的血管外科教学资源和临床经验，为学员提供一个国际化的学习环境，使学员能够接触到更广泛的医学知识和理念，培养国际视野，有利于国际医学交流与合作的深入开展。

3 挑战

3.1 数据安全与隐私保护

在人工智能应用于外训学员血管外科教学过程中，涉及大量患者的病例数据、影像资料以及学员的个人信息。这些数据的安全和隐私保护非常重要。一旦数据泄露，不仅会侵犯患者的隐私权，还可能导致学员个人信息被滥用，给医疗机构和学员带来严重的声誉损害和法律风险[18]。例如，在数据传输过程中，如果没有采用加密技术，数据可能被黑客窃取；在数据存储环节，如果存储设备的安全性不足，数据可能被非法访问。因此，如何确保数据在收集、传输、存储和使用过程中的安全性和隐私性，是人工智能在医学教学应用中面临的首要挑战。

3.2 技术可靠性与适应性

虽然人工智能在许多领域取得了显著进展，但在血管外科教学中的应用仍存在技术可靠性问题。例如，虚拟手术模拟系统可能存在模拟场景与真实手术情况不完全匹配的情况，导致学员在实际手术中遇到未曾在模拟训练中出现的问题。此外，不同地区的医疗设备和手术器械可能存在差异，人工智能系统是否能够适应这些差异并提供准确的教学指导也是一个问题。对于外训学员而言，他们可能来自医疗技术水平相对较低的地区，当地的医疗条件和设备可能无法与我国发达地区相比，这就要求人工智能系统能够在不同技术环境下都能有效地辅助教学，否则可能会影响教学效果。

3.3 教育理念的转变与教师角色的重新定位

传统的血管外科教学以教师为中心，教师在课堂讲授、手术示范等教学环节中占据主导地位。而人工智能的应用使得教学模式逐渐向以学员为中心转变，这需要教师转变教育理念，从知识的传授者转变为学习的引导者和组织者。然而，部分教师可能难以适应这种角色转变，缺乏与人工智能技术相结合进行教学创新的能力。例如，有些教师可能不熟悉智能教学系统的操作和功能，无法充分利用其优势开展教学活动。此外，教师还需要掌握如何引导学员正确使用人工智能工具进行学习，培养学员的批判性思维和独立思考能力，避免学员过度依赖人工智能而失去自主学习的能力。

3.4 跨文化教育与交流的挑战

外训学员文化背景不同，他们在学习风格、思维方式、价值观念等方面存在差异。人工智能教学系统在设计和应用过程中需要充分考虑这些文化因素，以确保教学内容和教学方法能够被不同文化背景的学员所接受。例如，一些文化中强调集体主义，而另一些文化则注重个人主义和创新思维，在教学过程中如何平衡这些文化差异，激发学员的学习积极性和主动性是一个难题。同时，在国际交流中，语言障碍也是一个不容忽视的问题。虽然人工智能可以提供翻译功能，但在医学专业术语的翻译准确性和文化内涵传达方面仍存在不足，可能会影响学员对教学内容的理解和交流效果。

4 应对策略

4.1 加强数据安全管理与隐私保护技术研发

医疗机构和教育机构应建立完善的数据安全管理体系，采用先进的加密技术、访问控制技术和数据备份与恢复技术，确保数据在各个环节的安全性[19]。例如，在数据传输过程中，使用SSL/TLS等加密协议对数据进行加密；在数据存储方面，采用防火墙、入侵检测系统等设备保护存储设备的安全；定期对数据进行备份，并将备份数据存储在异地安全场所。同时，加大对隐私保护技术的研发投入，探索新的数据匿名化、脱敏化技术，在不影响教学和研究使用的前提下，最大限度地保护患者和学员的隐私。例如，开发基于区块链技术的数据共享平台，通过区块链的分布式账本和加密算法，实现数据的安全共享和隐私保护。

4.2 持续优化人工智能技术并进行适应性验证

人工智能技术研发团队应与血管外科专家、医学教育专家密切合作，不断优化虚拟手术模拟系统等人工智能教学工具，提高其模拟的真实性和可靠性。通过收集大量真实手术数据，对模拟系统进行反复训练和验证，使其能够更准确地反映真实手术情况。针对不同地区医疗设备和器械的差异，建立设备和器械数据库，将其纳入人工智能系统的考虑因素，使系统能够根据当地实际情况提供相应的教学指导[20]。例如，开发可定制化的虚拟手术模拟模块，允许教师和学员根据当地的设备和器械特点进行个性化设置。同时，建立严格的技术评估标准和质量控制体系，定期对人工智能教学系统进行评估和更新，确保其始终处于良好的运行状态并适应教

学需求的变化。

4.3　教师培训与教育教学改革

组织教师参加人工智能技术在医学教学应用方面的培训课程和研讨会，提高教师对人工智能技术的认识和操作能力。培训内容可以包括智能教学系统的使用方法、如何利用人工智能技术进行课程设计和教学评价、如何引导学员正确使用人工智能工具等。鼓励教师开展教育教学改革研究，探索将人工智能技术与传统教学方法相结合的创新教学模式[21]。例如，开展基于项目的学习、翻转课堂等教学实践，让学员在人工智能的辅助下自主探究和解决问题，教师则在其中起到引导、监督和评价的作用。建立教师教学创新激励机制，对在人工智能教学应用方面取得突出成绩的教师给予表彰和奖励，激发教师参与教学改革的积极性。

4.4　开展跨文化教育研究与交流合作

深入开展跨文化教育研究，了解不同文化背景学员的学习特点和需求，将文化因素纳入人工智能教学系统的设计和教学过程的规划中。例如，开发具有多元文化背景的教学案例库，在教学内容中融入不同文化的医学理念和实践经验，以增强教学内容的吸引力和适应性。加强与国际医学教育机构的交流合作，共同探讨跨文化医学教育的方法和策略，分享教学资源和经验。例如，开展国际联合教学项目，让外训学员与国内学员共同参与课程学习和临床实践，促进文化交流与融合。同时，进一步完善人工智能翻译技术，提高医学专业术语翻译的准确性和文化内涵传达效果，可以邀请语言学家和医学专家共同参与翻译模型的优化，开发多语言医学术语库，为跨文化交流提供更好的语言支持。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　郝悦：提出论文构思、撰写论文；张荣杰：查阅汇总文献；钟华：总体把关、审订论文

参考文献

[1] Krive J, Isola M, Chang L, et al. Grounded in reality: artificial intelligence in medical education [J]. JAMIA Open, 2023, 6(2): ooad037. DOI: 10.1093/jamiaopen/ooad037.

[2] 聂宇博，贡献. 临床医学专业外训学员医院实习效果调查[J]. 解放军医院管理杂志，2021，28(4)：380-382. DOI: 10.16770/J.cnki.1008-9985.2021.04.028.

[3] McLennan S, Meyer A, Schreyer K, et al. German medical students' views regarding artificial intelligence in medicine: a cross-sectional survey [J]. PLoS Digit Health, 2022, 1(10): e0000114. DOI: 10.1371/journal.pdig.0000114.

[4] Chan KS, Zary N. Applications and challenges of implementing artificial intelligence in medical education: integrative review [J]. JMIR Med Educ, 2019, 5(1): e13930. DOI: 10.2196/13930.

[5] Ngo B, Nguyen D, VanSonnenberg E. The cases for and against artificial intelligence in the medical school curriculum [J]. Radiol Artif Intell, 2022, 4(5): e220074. DOI: 10.1148/ryai.220074.

[6] 仇宽永. 自然语言处理技术在外语课程思政中的应用：以德语报刊阅读课程中“可持续发展”的话语建构为例[J]. 语言教育，2024，12(4)：76-86.

[7] Clusmann J, Kolbinger FR, Muti HS, et al. The future landscape of large language models in medicine [J]. Commun Med, 2023, 3(1): 141. DOI: 10.1038/s43856-023-00370-1.

[8] 王春娟，刘非，张维杰，等. 支持力反馈的个性化膝关节置换虚拟手术仿真系统的研究与构建[J]. 中国生物医学工程学报，2018，37(6)：694-704. DOI: 10.3969/j. issn. 0258-8021.2018.06.008.

[9] Kundu S. How will artificial intelligence change medical training? [J]. Commun Med, 2021, (1): 8. DOI: 10.1038/s43856-021-00003-5.

[10] Oquendo YA, Riddle EW, Hiller D, et al. Automatically rating trainee skill at a pediatric laparoscopic suturing task [J]. Surg Endosc, 2018, 32(4): 1840-1857. DOI: 10.1007/s00464-017-5873-6.

[11] 包霆威，吕炯，何剑锋. 数字化虚拟手术在口腔颌面外科临床教学中的应用[J]. 中国医学教育技术，2021，35(5)：636-640，646. DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.202105023.

[12] 魏周阳，谭谈，刘忠，等. 数字化解剖与虚拟手术仿真系统在骨科PBL教学中的应用及效果评价[J]. 医学教育研究与实践，2023，31(2)：215-219，230. DOI: 10.13555/j.cnki.c.m.e.2023.02.020.

[13] Fischer UM, Shireman PK, Lin JC. Current applications of artificial intelligence in vascular surgery [J]. Semin Vasc Surg, 2021, 34(4): 268-271. DOI: 10.1053/j.semvascsurg.2021.10.008.

[14] Lehman CD, Wellman RD, Buist DSM, et al. Diagnostic accuracy of digital screening mammography with and without computer-aided detection [J]. JAMA Intern Med, 2015, 175(11): 1828-1837. DOI: 10.1001/jamainternmed.2015.5231.

[15] 杨吉才. 基于ID3决策树分类模型的自动评估学生技能水平的算法[J]. 无线互联科技，2024，21(18)：17-22.

[16] 杨泽松，张婕，牟君. 人工智能在神经内科教学中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志，2024，23(11)：1441-1445. DOI：10.3760/cma.j.cn116021-20230722-01734.

[17] Duong MT, Rauschecker AM, Rudie JD, et al. Artificial intelligence for precision education in radiology [J]. Br J Radiol, 2019, 92(1103): 20190389. DOI: 10.1259/bjr.20190389.

[18] Esmaeilzadeh P. Challenges and strategies for wide-scale artificial intelligence (AI) deployment in healthcare practices: a perspective for healthcare organizations [J]. Artif Intell Med, 2024, 151: 102861. DOI: 10.1016/j.artmed.2024.102861.

[19] 陈泞夙，赵凯，薛心雨，等. 基于人工智能的临床辅助决策系统早期临床评价研究的报告规范(DECIDE-AI)解读[J]. 中国循证医学杂志，2024，24(9)：1100-1107.

[20] 关旭，刘骞，王锡山. 人工智能在肿瘤外科医学专科教育中的现状与应用研究[J]. 中华医学教育探索杂志，2024，23(10)：1337-1342. DOI：10.3760/cma.j.cn116021-20240511-01869.

[21] 刘成程，寻萌，韩蕾，等. 人工智能推动医学教育改革的现状与展望[J]. 基础医学教育，2024，26(10)：890-894. DOI: 10.13754/j.issn2095-1450.2024.10.15.

（收稿日期：2024-05-11）

（本文编辑：唐宗顺）