·教育研究·

人工智能在临床麻醉教学领域应用现状研究

傅海龙 蒋鑫 王启龙 李永华 袁红斌
海军军医大学附属长征医院麻醉科，上海 200003
通信作者：李永华，Email：liyonghua1207@126.com

【摘要】 随着互联网技术和大数据的发展，人工智能在麻醉学领域的应用日益广泛。在临床教学领域，人工智能同样也引发教学模式、内容和评价等一系列的创新和变革。本文结合人工智能在麻醉学领域的应用现状，分析人工智能在临床麻醉教学中对教学模式、教学效果评价、教学管理及涉及伦理问题等方面可能产生的影响，为后期人工智能融入临床麻醉教学实践进行理论铺垫和前期探讨。

【关键词】 麻醉； 人工智能； 大数据； 临床教学
【中图分类号】 R-05
基金项目：上海市科委医学创新研究项目（20Y11909500）；海军军医大学教学成果立项培育项目（JPY2020A11）；国防军事教育学科规划课题（JYKYD2021025）；海军军医大学第二附属医院重点教学培育项目（JXPY2021B03）
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20210711-01405

Current status of the application of artificial intelligence in clinical anesthesia teaching

Fu Hailong, Jiang Xin, Wang Qilong, Li Yonghua, Yuan Hongbin
Department of Anesthesiology, Changzheng Hospital, Navy Medical University, Shanghai 200003, China
Corresponding author: Li Yonghua, Email: liyonghua1207@126.com

【**Abstract**】 With the development of Internet technology and big data, artificial intelligence has been widely used in the field of clinical anesthesia. In the field of clinical teaching, artificial intelligence has also led to a series of innovations and changes in teaching model, contents, and evaluation. With reference to the current status of the application of artificial intelligence in the field of anesthesia, this article analyzes the possible impact of artificial intelligence on teaching model, teaching effect evaluation, teaching management, and ethical issues in clinical anesthesia teaching, so as to provide a theoretical basis for integrating artificial intelligence into clinical anesthesia teaching practice in the future.

【**Key words**】 Anesthesia; Artificial intelligence; Big data; Clinical teaching
Fund program: Medical Innovation Research Project of Shanghai Municipal Science and Technology Commission (20Y11909500); Teaching Achievement Cultivation Project of Navy Medical University (JPY2020A11); National Defense Military Education Discipline Planning Project (JYKYD2021025); Key Teaching and Cultivation Project of The Second Affiliated Hospital of Navy Medical University (JXPY2021B03)
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20210711-01405

人工智能（artificial intelligence，AI）的概念于1956年被首次提出，是研发模拟人类智能的一门科学技术。其主要技术是：深度学习+大数据[1]。从AI被提出以来，科学家们一直在研究如何让计算机去模拟甚至代替人类的智能工作[2]。近年来，随着AI在医学领域的迅猛发展，使临床麻醉逐步实现自动化，围手术期患者的诊断和治疗水平得以显著提高，麻醉医师负担得到减轻，对改善患者预后也有积极意义。AI目前在临床麻醉领域主要用于电子化辅助诊断和评估系统、闭环自动化给药系统、并发症预测模型的构建等。伴随着AI技术的推广和应用，麻醉学临床教学领域也将产生变革，以往的

临床教学方式和理念可能随之更新换代。本文着重分析AI对麻醉学临床教学领域的影响，并对这项新兴技术用于辅助麻醉学临床教学的前景进行展望。

1 人工智能在麻醉学领域的应用现状

2006年起AI进入了高速发展阶段，目前在医学领域，国际上对于“AI+医疗”的研究和实践开展广泛，AI的使用已经上升到国家战略层面。美国于2019年2月启动了国家AI计划。我国在《新一代人工智能发展规划》（国发〔2017〕-35）中也提出到2030年中国要成为世界主要AI创新中心的要求[3]。近年来我国的科技巨头腾讯、百度及阿里巴巴纷纷成立研发中心，致力于医疗AI发展[4]。目前在医学领域AI主要用于智能医学影像处理、生物医学研究、临床辅助诊断等方面[5-8]。在麻醉学领域，早在20世纪50年代，Alexander和Joshi[9]就提出了自动化麻醉维持装置，利用累加的EEG信号调节麻醉药物输注速度，从而控制麻醉深度。现阶段，AI可以为临床麻醉医师提供临床决策支持，通过计算机解读各种患者的数据（如生命体征、实验室报告等），分析患者病情变化后制订诊疗决策，如提醒预防性抗生素和抗呕吐药的使用、术中生命体征的管理、术中血压和机械通气参数异常时警报等[10]。同时AI还可以利用多种线性和非线性数据构建高级模型，更好地反映麻醉药的剂量-反应关系；通过监测麻醉深度预测曲线指导和优化麻醉药物的靶控输注，最终实现麻醉药量-药效反馈的全自动闭环麻醉维持系统，大大减轻麻醉医师负担。此外，AI可以根据患者术前健康档案大数据构建模型，通过对手术和流行病学资料进行分析，预测麻醉围术期各类不良事件的发生率。其结果较传统的评分预测更精准，有助于提高术前评估的准确性，从而增加患者围术期安全性，并改善预后。

2 人工智能对临床麻醉学教学的影响

2017年国务院发布的《新一代人工智能发展规划》（国发〔2017〕-35），同样将“AI教育体系”列为国家发展重点任务，标志着AI将成为中国教育发展的主导趋势。与此同时，在麻醉教学中融入人工智能技术对于以后的麻醉教育学来说则是大势所趋。麻醉学的学科特点是知识更新换代快、内容繁杂且实践性强。除了以上特点之外麻醉学也是医院建设和发展的平台学科。由于麻醉设备的不断更新及麻醉理念的进步发展，近年来麻醉学已逐渐向围术期医学转变。然而，国内麻醉人才短缺也是制约我国公立医院发展的不可回避的问题。以培养适应临床发展需要的合格麻醉医师为基础，以改善基层麻醉医师能力地区不平衡状态为目的的临床麻醉教学工作是现阶段各大医学院麻醉专业教学的重要内容。通过大数据+AI融入麻醉学临床教学势必会从教学平台和教学模式、教学效果、教学的伦理问题及教学管理等方面产生极大的变革。

2.1 AI将改变临床麻醉教学平台和模式

《高等学校人工智能创新行动计划》中提出“AI在教育领域的应用发展需加快脚步，将人才培养模式和AI技术相结合，对传统教学方法进行改革，提升教育治理能力”。使用AI技术构建精准实践教学模式，并建立智能实践教学平台是目前临床医学教学革新的前沿内容。

临床麻醉教学的培训主体除了医学院校的实习生、研究生及留学生外，还包括下级医疗单位进修生。学员理论水平和实践能力的差异导致对个体化教学需求的同时，还需要不断强化理论知识。AI的优势是可以利用互联网构建起以“线上与线下相互结合、课内与课外互相补充”为特色的教学形式，为广大师生提供一个“时时学、处处学”的优良教学环境。AI教学模式的精髓是利用智能化平台对实践教学进行管理、监督、追踪、分析及评估，从而实现实践教学过程的横向精准化匹配。通过实现学员个性化学习和智能推送服务，AI通过及时互动反馈制定以实践为主的教学平台，将书本的麻醉基本知识与医院临床实际操作能力培养进行融合，实现理论与实践精准匹配。近期国内有研究评价了AI专家系统在临床麻醉教学中的应用可行性。将某院麻醉科160名学员随机分成传统麻醉带教模式与人工智能专家系统辅助教学模式两组，结果发现AI专家系统在临床麻醉教学中的应用能提升学员的理论知识与麻醉操作知识，且学员对该类教学的满意度高于传统麻醉教学[11]。

AI技术在临床麻醉教学场景中的具体应用更为广泛。智能化教学平台除了提供专业知识检索更新、智能推送外；还可以通过大数据对学生实际学习能力进行评估，提供适合于学生自身的学习体验与路径；并智能推送差异化的学习内容与不同的实践规划，自动建立知识点的组织顺序，给出优化发展方向和模型，实现学员自适应和个性化学习。此外，AI还可以提供虚拟学习助理，在语音识别与

智能图像识别技术的帮助下担负起临床带教教师的职责，进而实时在线精准解答学生的疑难问题。最后，AI还能根据临床麻醉操作技术来预设出标准图谱，并挖掘学生使用后留下的行为数据而得到客观准确的技术图谱，并将其优化后作为学员最佳学习路径匹配。可以说，现阶段AI极大地改变了临床麻醉教学的平台和模式，更高效运行的同时，兼具趣味性和人性化。

2.2 AI将更客观评价临床麻醉教学效果

临床麻醉教学效果的评价一直是衡量各医疗单位和体系麻醉教学质量的重要方法，单凭期末理论和操作技能考核并不能完全客观评价教学效果。凭借AI技术，采取卷积神经网络模型，智能化评测通过深度学习获得的实践操作，根据学生每天学习内容的难易程度及实践操作进度并结合教学权重公式计算出实践课程的最终分值，并通过实践项目操作形成考核智能评测。最后利用大数据对学生学习、教师授课过程自动追踪记录并进行数据分析，最终给出一个客观的学情、教情分析评价。国内报道显示采用“多源临床教学数据的实时采集与辨识”和“面向AI方法的教学指标分析与预测预警模型的构建”等技术，评价对麻醉学专业硕士生临床技能培训效果。对涉及专硕临床培训常用的麻醉操作技术，如气管插管、深静脉穿刺、椎管内麻醉及各类围术期管理技术等，建立视频标准示范库。通过视频采集标记出各项操作关键点，例如气管插管可包括气道评估、气管导管选择、插管熟练度、导管的固定等多个关键点，将这些关键点构成一个评价指标因素集；同时针对每个评价指标设计不同标准的打分表（如优秀、良好、中、较差和差）作为评价集。临床麻醉工作中，根据该评价表，可由导师根据标准操作流程对学生进行评价，学生也可以依据示范视频的关键点自评。系统同时采集被操作的病例相关医疗数据，包括麻醉管理、不良事件、术后恢复质量、住院时间等指标，经一致化和量化处理指标后，采用多因素综合评价，构建麻醉学专业硕士临床技能培训评估模型。通过该模型，建立基于多因素综合评价的麻醉专硕临床教学质量评估分析系统，结果发现AI能有效对麻醉硕士研究生临床技能的弱项及不足等自动诊断和综合追踪预警，并减少大量技能培训对带教导师工作量的依赖度，并提高临床培训质量[12]。

2.3 AI提升临床麻醉教学管理水平

管理平台中最重要的是实践教学智能管理云平台。该平台可以智能化管理与监督实践教学进度、对实践项目进行智能化评分并能够对其自动查重检测；还可以对学生课前课后的学习掌握情况进行自测；同时该平台上还有线上答疑小助手以便于解答疑惑、智能个性化推送，能够对师生学习情况进行提醒和预警；最后该平台上还可展示实践教学效果、智能化分析教学数据、评价教师的教学效果等。总之，AI在提升临床麻醉教学管理水平上有着十分积极的意义。

2.4 AI带来的麻醉学教学伦理问题

随着计算机技术的发展，大数据库的建立和分析，AI在麻醉领域具有广阔的发展前景，但同时也带来了诸多的医学伦理学问题，其中最突出的问题就是隐私保护。临床麻醉AI教学平台从终端到云端的大数据传输，再到用户终端收集反馈信息，整个过程除需统计教员和学员基本信息外，还涉及大量病患信息。目前，我国对健康隐私也未有明确的规范，缺少相关的法律法规。如何做好信息保护，避免患者信息泄露，这是一个值得关注的伦理问题[13]。其次，AI只能实现自动化，而非自主化，AI目前还不能处理临床上意外的、未经训练的、未知的事件。同样，在临床教学中，虽然AI可以帮助处理大量的、复杂的数据，提供个体化支持教学方案，但最终评价和决策权仍在麻醉带教教师手中。然而，随着技术发展，由智能化系统代替人本位教学所带来的岗位替代决策也将会产生许多伦理问题。最后，AI教学平台也可能出现过分强化数据，引发因缺失人文关怀对学员培养造成的负面情绪。当然，随着深度学习、神经网络等技术的进一步发展，未来AI的自我完善和技术革新，相信会进一步为麻醉临床教学工作带来更多人文关怀。

3　AI在麻醉学教学平台发展的难点

尽管AI在麻醉教学方面的应用前景一片光明，但其应用于实际临床教学中还存在一些难题尚未解决。比如，理论与实践如何更紧密衔接，技术跨越需要强大的硬件资金投入，如何进行推广实施等。

在理论与实践的衔接上，AI在麻醉教学中的应用目前还处于起步阶段，AI对麻醉教育及教学的作用机理、实施路线、师资力量等一系列理论与实践的问题尚有待研究解决。在技术层面上，从“互联网＋教育”向“AI＋教育”进行过渡，这无疑是一个非常重要的技术跨越。这种跨越的实现离不开人

脸识别、语义识别、手势及情感识别等多元 AI 技术的发展，与此同时还需要强大的硬件支撑与大量的资金投入。在推广与实施方面，AI 在麻醉教学中是一种新兴教学模式，不同教员对 AI 教学的认知及接受程度并不完全一样，AI 教学的最终实际效果与教师配合度、认可度及技术掌握程度有很大关系。同时，教学平台的搭建与运营还需要高校体制、资金、政策等诸多支持，方能最终实现 AI 麻醉教学的良性循环。最后，由于麻醉专业与各临床专业的诸多知识点都是相互联系的，学科之间交叉点众多，因此麻醉专业应当与临床各专业进行恰当融合，使 AI 平台各模块无缝衔接。这更需要麻醉专业教员与临床专业师资力量的合作。

4 AI 在麻醉学教学领域应用的展望

由于我国麻醉医师短缺，麻醉医师人才队伍建设一直是当前医学教育领域关注的问题。近年来由于计算机信息化的快速发展，计算机辅助教学的应用也开始普及，“AI＋”的课堂模式俨然成为一种新的模式。对于麻醉学专业的学生来说，不仅要具备扎实的理论基础，还要对内外科知识与技能操作均要有所涉及，但是麻醉教学学时相较于临床专业稍显不足。AI 的引进和融入有望促进麻醉人才队伍的建设，助力缩短临床麻醉教学周期，提高麻醉人才培养效率。

在麻醉临床技能培养端，因麻醉专业学生在初期其知识体系架构方面并不完善，此时借助于 AI 教学对零碎知识点进行全面系统梳理，以形成整体网络学习模式和平台。与此同时，强化学习细节，将抽象性的传统学习变得更为系统化，在此基础上夯实麻醉专业理论基础，规范麻醉操作技能，加快学习进程。AI 发展完善后，其系统的调试整合速度远远快于麻醉专业的学生专业知识技能等系统知识的培养。在教学评估和管理端，将会采用 AI 教学登记管理平台，在实时掌握学员动向的前提下，凭借类似于多源临床教学数据的实时采集与辨识、构建面向 AI 方法的教学指标分析与预测预警模型、教学评测评估算法与智能教学干预提示等 AI 技术，对学员临床技能操作和术中麻醉管理数据进行实时分析采集，并融合手术患者临床和随访数据，形成临床技能培训教学数据集。通过 AI 分析数据集与学生操作技能、评估评测、反馈及患者预后等关联，构建临床技能培训评估反馈 AI 支持知识图谱，实现对学员培训期间技能培训质量的实时追踪，达到对学员临床技能中的弱项自动诊断和综合追踪预警、增强培训效果、优化教学管理资源的目的。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 傅海龙：提出论文构思、撰写论文；蒋鑫、王启龙：查阅文献资料；李永华：审订论文；袁红斌：总体把关

参考文献

[1] 杨智勇，易斌，鲁开智，等. 人工智能时代的麻醉学发展[J]. 中华麻醉学杂志，2019，39(6)：641-643. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1416.2019.06.001.

[2] Gambus P, Shafer SL. Artificial intelligence for everyone [J]. Anesthesiology, 2018, 128(3): 431-433. DOI: 10.1097/ALN.0000000000001984.

[3] 王梦溪，王娜，张欣多，等. 人工智能医学教学平台的构建[J]. 中国高等医学教育，2020，24(3)：46-48. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1701.2020.03.023.

[4] He JX, Baxter SL, Xu J, et al. The practical implementation ofartificial intelligence technologies in medicine [J]. Nat Med, 2019, 25(1): 30-36. DOI: 10.1038/s41591-018-0307-0.

[5] 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 [J]. JAMA, 2016, 316(22): 2402-2410. DOI: 10.1001/jama.2016.17216.

[6] Wang P, Xiao X, Brown JRG, et al. Development andvalidation of a deep-learning algorithm for the detection of polyps during colonoscopy [J]. Nat Biomed Eng, 2018, 2(10): 741-748. DOI: 10.1038/s41551-018-0301-3.

[7] Attia ZI, Kapa S, Lopez-Jimenez F, et al. Screening for cardiac contractile dysfunction using an artificial intelligence-enabledelectrocardiogram [J]. Nat Med, 2019, 25(1): 70-74. DOI: 10.1038/s41591-018-0240-2.

[8] Han SS, Kim MS, Lim W, et al. Classification of the clinicalimages for benign and malignant cutaneous tumors using a deeplearning algorithm [J]. J Invest Dermatol, 2018, 138(7): 1529-1538. DOI: 10.1016/j.jid.2018.01.028.

[9] Alexander JC, Joshi GP. Anesthesiology, automation, and artificial intelligence [J]. Proc (Bayl Univ Med Cent), 2017, 31(1): 117-119. DOI: 10.1080/08998280.2017.1391036.

[10] Simpao AF, Tan JM, Lingappan AM, et al. A systematic review of near real-time and point-of-care clinical decision support in anesthesia information management systems [J]. J Clin Monit Comput, 2017, 31(5): 885-894. DOI: 10.1007/s10877-016-9921-x.

[11] 李福军，由艳秋，李悦，等. 人工智能专家系统在临床麻醉教学中的应用与评价[J]. 中国医院管理，2020，40(8)：73-75.

[12] 易斌，陈芋文，钟坤华，等. 人工智能在麻醉学专业硕士临床技能培训考核中的应用可行性探讨[J]. 医学教育研究与实践，2019，27(3)：421-425. DOI: 10.13555/j.cnki.c.m.e.2019.03.015.

[13] Gruson D, Helleputte T, Rousseau P, et al. Data science, artificial intelligence, and machine learning: opportunities for laboratory medicine and the value of positive regulation [J]. Clin Biochem, 2019, 69: 1-7. DOI: 10.1016/j.clinbiochem.2019.04.013.

（收稿日期：2021-07-11）

（本文编辑：唐宗顺）