



混合式教学结合 Mini-CEX 在脊柱外科住院 医师培训中的应用

高中洋,王 权

浙江大学医学院附属第一医院骨科,浙江 杭州 310003

摘要:目的 探讨人工智能(Artificial Intelligence, AI)赋能的混合式教学和Mini-CEX评估相结合的教学模式在脊柱外科住院医师规范化培训中的应用效果。方法 选择2024年6月—2025年8月期间在浙江大学医学院附属第一医院脊柱外科专业进行住院医师规范化培训一年级的106名学员,随机分为两组,对照组采用传统授课模式,实验组采用AI赋能的互动式混合教学嵌入Mini-CEX评估的整合教学模式。采用理论考试和临床实践考核、Mini-CEX评分、教学满意度三类指标来综合评价带教效果。结果 与对照组相比,实验组学员的理论考试和临床实践考核成绩显著提高($P<0.05$),Mini-CEX评估中沟通技巧、人文关怀、体格检查、知识掌握、临床思维和整体评价六个方面内容评估成绩也显著提高($P<0.05$),教学满意度也显著提高($P<0.05$)。结论 AI赋能的混合式教学和Mini-CEX评估相结合的整合教学模式能够提高脊柱外科住院医师规范化培训的教学效果,提高教学满意度,值得在住培带教中进一步推广。

关键词:AI;混合式教学;Mini-CEX;脊柱外科;住院医师规范化培训

DOI:10.13555/j.cnki.c.m.e.2026.04.022

中图分类号:G642 文献标志码:A 文章编号:2096-3181(2026)04-0663-06

Application of Blended Teaching Combined with Mini-CEX in the Standardized Training of Spine Surgery Residents

GAO Zhongyang, WANG Quan

Department of Orthopedic Surgery, the First Affiliated Hospital of Zhejiang University School
of Medicine, Hangzhou 310003, China

Abstract: *Objective* To explore the application effect of the combination of AI (artificial intelligence)-enabled blended teaching and Mini-CEX in the standardized training of spinal surgery residents. *Methods* From June 2024 to August 2025, 106 students who received standardized training for resident physicians in the Department of Spine Surgery of the First Affiliated Hospital of Zhejiang University School of Medicine were selected and randomly divided into two groups. The control group adopted the traditional teaching mode, and the experimental group adopted the teaching model based on the combination of AI-enabled blended

收稿日期:2025-09-24

基金项目:国家自然科学基金青年项目(82201510);浙江省自然科学基金青年项目(LQ22H090016)

作者简介:高中洋(1990—),男,河南信阳人,主治医师,特聘副研究员,博士,主要从事脊柱脊髓疾病的临床和基础研究。

通信作者:王 权(1981—),男,浙江绍兴人,副主任医师,博士,主要从事骨科疾病、骨质疏松等疾病的临床研究。



teaching and Mini-CEX assessment. The theoretical examination and clinical practice assessment, Mini-CEX assessment, and teaching satisfaction were used to comprehensively evaluate the teaching effect. *Results* Compared with the control group, the theoretical test and clinical practice test scores of the students in the experimental group were significantly improved ($P < 0.05$). In the Mini-CEX assessment, six aspects including communication skills, humanistic care, physical examination, knowledge mastery, clinical thinking, and overall evaluation were significantly improved ($P < 0.05$), and the teaching satisfaction was also improved significantly ($P < 0.05$). *Conclusion* The integrated teaching mode of AI-enabled blended teaching and Mini-CEX assessment can improve the teaching effect of standardized training for residents in spine surgery and boost teaching satisfaction, which is worthy of further promotion in residency training.

Keywords: AI-enabled blended teaching; Mini-CEX; Spine Surgery; Standardized residency training

随着医疗技术的快速发展以及人民群众医疗需求的日益增高,社会对医务工作者的临床能力提出了更高的要求。传统教学以课堂为基础,以教师传授知识为核心,存在方式单一、场所固定、内容局限等问题,从而影响了医学生对基础知识的掌握以及新兴知识的跟进,阻碍了临床综合能力的更快提升^[1-3]。尤其在脊柱外科领域,知识体系复杂(涉及三维解剖结构、生物力学等),手术精细且风险高,治疗方案的选择依赖精准的影像学评估和临床决策能力,对住院医师的理论深度、实践技能,特别是临床思维与操作规范性提出了严苛的要求。如何更高效、高质量地传授医学知识,以适应日新月异的医疗环境,已成为医学教育亟待解决的难题。

近年来,生成式人工智能(Artificial Intelligence, AI)的迅猛发展,对医学发展产生了重大影响,更为医学教育注入了新的活力。生成式AI已在医学领域的多个方面取得了初步成果,如辅助诊断、制订治疗计划、实现个性化教育等。目前,国外的生成式AI以OpenAI的对话生成预训练模型(Chat Generative Pre-trained Transformer, ChatGPT)为代表;国内的生成式AI也发展迅速,如深度求索公司的大语言模型“DeepSeek”,阿里的“通义千问”以及百度的“文心一言”等。AI技术提供的丰富医学资源,为医学生带来了更新颖、生动的学习材料,也为传统医学教育改革创造了有利条件^[3-5]。另一方面,迷你临床演练评估法(Mini-CEX)自美国内科医学会推荐用于医学生临床能力考评以来,因其兼具教学与测评功能,已成为住院医师规范化培训中广泛使用的有效工具,对提升和评估学员临床实践能力及岗位胜任力至关重要^[6-9]。这种以实践能力和胜任力为导向的评估方式,有力促进了优秀医生的培养。

鉴于此,本研究创新性地将生成式AI赋能的混合式教学与Mini-CEX评估进行深度整合,构建高效

教学闭环。一方面,利用AI技术与线上资源突破时空限制,为学员提供多维度脊柱外科学习素材,并通过AI辅助互动激发自主学习;另一方面,在线下教学与临床实践中,运用Mini-CEX进行即时、结构化评估与反馈,精准指导实践与思维训练。最终旨在构建“线上AI辅助知识构建—线下深化实践—即时评估反馈”的闭环教学模式,提升脊柱外科住培学员核心胜任力。本研究通过对比该整合教学模式与传统教学模式的应用效果,探索住院医师规范化培训教学改革的有效路径,为专科住培教学改革提供实证依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取106名2024年6月—2025年8月期间在脊柱外科专业进行住院医师规范化培训的一年级学员作为研究对象。根据随机表将106名住培学员均分为两组,对照组采用传统授课模式,实验组采用AI赋能混合式教学结合Mini-CEX评估的整合式教学模式。对照组中男生24名,女生29名,平均年龄为(23.52 ± 1.31)岁。实验组中男生26名,女生27名,平均年龄为(23.29 ± 1.12)岁。两组学员的性别和年龄的差异无统计学意义($P > 0.05$)。

1.2 研究方法

入科后由教学秘书对住院医师规范化培训学员进行入科教育,随后将学员分入各医疗组,由带教教师根据住院医师规范化培训的要求进行理论基础和临床实践的教学。每周一次临床讲课,每次授课时长为4个学时。两组学员由高年资主治医师同时授课,在4周后进行考核,如图1。

1.2.1 对照组

采用传统教学模式进行带教。①理论授课:每周四于示教室开展小讲课,通过预制的PPT课件系统讲授专业知识;②临床带教:其余时间由高年资医



师在常规诊疗工作中进行床边指导;③考核方式:培训结束后由带教教师实施统一的理论与临床技能考核。

1.2.2 实验组

采用AI赋能混合教学联合Mini-CEX形成性评价的整合教学模式带教,具体内容如下。

AI辅助线上资源建设与自主学习。①AI辅助线上资源建设:课程开始前,带教团队结合脊柱外科核心病种(如腰椎间盘突出症、颈椎病、脊柱骨折)和关键技能(如神经查体、阅片),借助AI技术优化或制作高质量线上资源。包括AI驱动的3D脊柱解剖模型、AI推荐针对性MOOC课程、AI模拟的标准化病人问诊查体视频、AI解析的经典手术录像(自动标注关键操作步骤与解剖结构)、AI辅助的影像学读片要点解析等。②开展AI辅助自主学习:建立住培学员钉钉群,在课程开始前1周将AI优化的资源包和个性化学习任务单(基于学员入科基础测评由AI生成)发送至群内。学员需在规定时间内完成线上学习,可通过AI答疑机器人实时解决基础疑问,并在钉钉群“学习讨论区”就学习内容、疑难问题发起或参与讨论。带教教师在线关注讨论进展,AI系统可自动汇总高频问题与热门讨论点,教学秘书在课程开始前1天结合AI汇总结果梳理主要困惑点和讨论热点。

线下深度互动教学。①问题导向解析:学员代表汇报线上学习成果与遗留问题,教师结合AI汇总的共性问题及核心难点进行深度剖析;②技能标准化示教:结合真实病例/模拟场景,示范脊柱专科查体、神经定位等操作规范,可利用AI设备实时反馈操作规范性;③临床思维强化:组织分组案例研讨(如“腰痛伴下肢放射痛患者的鉴别诊断与治疗决策”),引导学员应用AI辅助学习的知识解决复杂临床问题;④知识系统整合:教师总结疾病诊疗要点与操作标准,AI系统同步生成个性化知识图谱供学员复习。

Mini-CEX形成性评价体系。评估实施规范为所有带教教师入科前接受统一培训;每位学员在4周内接受 ≥ 3 次测评(由不同教师执行);测评场景涵盖新入院患者接诊、术后随访评估、模拟急症处置等;采用9分量表从沟通技巧、人文关怀、体格检查、知识掌握、临床思维、整体表现六大维度进行评估。即时反馈与AI辅助教学干预:评估结束后10分钟内,教师向学员提供结构化口头反馈,明确优势项、待改进点及具体行动建议。同时填写电子评估表(含关键观察项与反馈要点),一份存档,一份交付学员用于改进。教学秘书每周结合AI技术分析Mini-CEX数据,精准识别共性薄弱点(如腰椎查体规范度不足)并设计专项培训,针对个性问题安排一对一辅导,AI系统可推送针对性学习资源辅助改进。

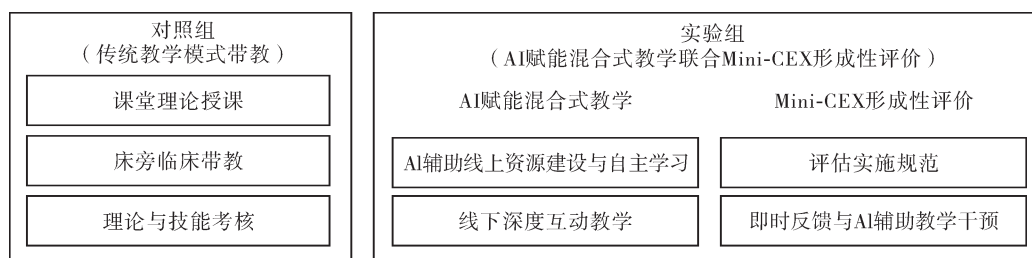


图1 对照组和实验组学员的教学模式

1.3 研究指标

对比两组学员的考核成绩:在带教开始和结束后,对实验组和对照组学员进行统一的理论考试和临床实践考核,按照百分制打分。

对比两组学员的Mini-CEX评分:在带教开始和结束后,对实验组和对照组学员进行Mini-CEX的六个方面测评,每个方面测评分为3等级、9分制,1~3分为未达预期,4~6分为达到预期,7~9分为超出预期。

对比两组学员的教学满意度评价:带教结束后,由实验组和对照组学员对教学效果进行打分,满分为100分,其中0~59分为不满意,60~80分为基本满

意,81~100分为满意。满意度=(满意例数+基本满意例数)/总例数乘100%。

1.4 统计分析

本研究利用GraphPad Prism 9软件进行数据分析。计数资料行 χ^2 检验,计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,行 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 学员入科时的基线成绩

实验组和对照组学员入科时,理论考核和临床实践成绩均较差,两组差异无统计学意义,详见表1。



表 1 两组学员成绩基线比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	理论考核	临床实践
实验组	53	50.32±6.12	31.25±4.13
对照组	53	51.71±5.35	29.81±4.94
<i>t</i>	—	-1.245	1.628
<i>P</i>	—	0.216	0.107

表 2 两组学员 Mini-CEX 评分基线比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	沟通技巧	人文关怀	体格检查	知识掌握	临床思维	整体评价
实验组	53	2.32±0.61	4.21±1.12	2.44±0.39	2.95±1.52	3.15±0.90	4.39±1.10
对照组	53	2.43±0.87	3.96±1.01	2.32±0.41	2.74±1.42	3.20±0.76	4.28±0.96
<i>t</i>	—	-0.754	1.207	1.544	0.735	-0.309	0.549
<i>P</i>	—	0.453	0.230	0.126	0.464	0.758	0.585

2.3 学员考核成绩

实验组学员理论考核和临床实践成绩均高于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$),详见表 3。

表 3 两组学员考核成绩比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	理论考核	临床实践
实验组	53	83.20±5.29	85.20±7.66
对照组	53	77.65±4.58	75.38±6.52
<i>t</i>	—	5.774	7.107
<i>P</i>	—	<0.0001	<0.0001

2.4 学员 Mini-CEX 测评

实验组学员沟通技巧、人文关怀、体格检查、知识掌握、临床思维、整体评价成绩均高于对照组,差异有

2.2 学员入科时的 Mini-CEX 评分基线

两组学员在沟通技巧、人文关怀、体格检查、知识掌握、临床思维、整体评价方面均表现不佳,两组差异无统计学意义,详见表 2。

统计学意义($P<0.05$),详见表 4。

2.5 学员教学满意度评价

实验组学员教学效果满意度高于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$),详见表 5。

3 讨论

3.1 AI 赋能的混合式教学联合 Mini-CEX 有助于提升脊柱外科住培的整体教学效果

本研究围绕“AI 赋能的混合式教学联合 Mini-CEX 是否能够提升脊柱外科住院医师规范化培训效果”这一核心问题展开。研究结果显示,与传统教学模式相比,实验组在理论考核成绩、临床实践考核成绩以及 Mini-CEX 多个维度评分方面均显著优于对照组,提示该整合教学模式在当前住培教学情境下具有明确的教学优势。

表 4 两组学员 Mini-CEX 测评结果比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	沟通技巧	人文关怀	体格检查	知识掌握	临床思维	整体评价
实验组	53	7.39±1.17	7.13±1.28	7.48±1.19	7.65±1.34	6.78±0.65	7.69±1.21
对照组	53	6.36±0.93	6.39±1.07	6.72±0.96	7.02±1.25	6.16±0.55	6.84±0.89
<i>t</i>	—	5.017	3.229	3.619	2.503	5.301	4.120
<i>P</i>	—	<0.0001	0.0017	0.0005	0.0139	<0.0001	<0.0001

表 5 两组学员教学满意度评价比较($n(\%)$)

组别	例数	满意	基本满意	不满意	满意度
实验组	53	43(81.1)	8(15.1)	2(3.8)	30(96.2)
对照组	53	31(58.5)	14(26.4)	8(15.1)	25(84.9)
χ^2	—	—	—	—	7.182
<i>P</i>	—	—	—	—	0.0276

传统住院医师规范化培训带教模式多以“教师为中心、理论讲授为主”,强调知识输出而相对忽视学习反馈与过程评价,一定程度上限制了临床问题解决能

力和综合判断能力的提升^[10-12]。本研究所采用的 AI 赋能的混合式教学模式,将 AI 驱动的线上智能化教学与传统线下教学有机结合,既能借助 AI 工具引导学员自主探索疾病相关知识;又能通过传统线下教学对线上学习内容补充与深化。同时,传统课堂环境也能在一定程度上对学员进行督促,避免部分懒散行为的出现。因此这种 AI 赋能的混合式教学能够使线上智能化优势与线下人性化指导互补,既能在教育内容精准度、教育场景灵活性上提供更多益处,又能通过 AI 辅助的过程性监管与师生深度互动,提高学



员的学习效率与自律性^[13-15]。Mini-CEX量表作为一种结构化、形成性评价工具,能够从沟通技巧、人文关怀、体格检查、知识掌握、临床思维及整体表现等多个维度,对学员临床实践能力进行综合评估,有效弥补传统教学在实践教学环节中的不足。Mini-CEX的另一优势在于其贴合临床实际,可在日常临床工作中完成评估,每次耗时约20分钟,既节约带教教师时间,又具有较强的可操作性。由于评估过程可多次重复实施,Mini-CEX能够实现对学员临床能力的持续评估与及时反馈,从而促进其临床技能的持续改进与提升^[6,16-17]。这种“学习—实践—反馈”相互衔接的教学过程,可能是实验组整体教学效果优于对照组的重要原因。

3.2 AI赋能的混合式教学联合 Mini-CEX 对临床思维提升有限的原因分析及教学启示

本研究结果显示,整合教学模式显著提升了学员的临床思维能力,表明该模式对临床思维培养具有积极效果。需要指出的是,尽管实验组学员临床思维得分显著高于对照组,但整体仍处于“达到预期”(4~6分)区间的上限,尚未进入“超出预期”(7~9分)水平。这可能与脊柱外科临床决策本身的复杂性密切相关。脊柱外科诊疗决策通常需要综合解剖学、生物力学、影像学特征、手术适应证及风险——获益评估等多方面信息,对住培学员而言具有较高挑战性。未来在AI赋能混合式教学设计中,可进一步从以下几个方面加强临床思维训练:①线上借助AI技术构建脊柱疾病病例库,引导学员进行鉴别诊断和诊疗方案制定练习,同时AI可实时反馈决策逻辑漏洞;②线下案例讨论聚焦诊疗决策的推演和引导,教师结合AI生成的病例分析报告,针对性拆解学员的思维误区;③Mini-CEX反馈中,带教教师需更着重剖析学员临床推理依据的合理性,而非仅关注结论是否正确^[18-21]。

3.3 AI赋能的混合式教学联合 Mini-CEX 对教学满意度的影响及其解释

本研究的教学满意度调查结果显示,实验组学员满意度显著高于对照组,提示AI赋能的混合式教学联合Mini-CEX在改善学员学习体验方面具有积极作用。学员满意度提升可能与多方面因素有关:AI推送的个性化学习资源提高了学习的针对性;线上与线下相结合的教学形式增强了学习的灵活性;Mini-CEX的多次、结构化反馈使学员能够明确自身优势与不足,从而获得更清晰的学习方向。值得一提的是,虽然实验组学员教学满意度与对照组之间的差异具有显著性,但相比于考核成绩和Mini-CEX测评结果

差异性减小,这可能与学员依从性不足有一定关系。AI赋能的混合式教学模式中需要较多的线上自主学习,而不是常规的被动式教学,需要学员依从性高、并具有一定的自我学习和独立思考能力,可能导致一部分学员教学满意度不高^[22-23]。

3.4 研究局限与未来展望

尽管本研究初步验证了整合教学模式在脊柱外科住培中的短期有效性,其推广仍面临一些挑战:首先,该模式对带教教师提出了更高要求,不仅需要具备AI赋能教学设计能力,还需能够结合AI数据分析引导深度讨论,并熟练运用Mini-CEX实施高质量评价与反馈,因此系统化的师资培训尤为重要。其次,高质量、专科化AI教学资源开发与维护(如可交互三维模型、AI标注的标准化教学视频、智能病例生成系统)需要持续投入时间与专业力量^[22]。此外,在繁忙的临床工作中,如何借助AI工具有效督促学员完成线上学习、通过学习行为数据分析保障其质量,以及协调Mini-CEX评估的频次和时间,需要科室层面的制度支持和时间管理优化^[23]。

4 结语

基于AI赋能的深度互动式混合教学与Mini-CEX形成性评价的整合教学模式,在短期内能显著提高脊柱外科住院医师规范化培训学员的理论知识水平、临床实践技能(尤其体现在沟通、人文、查体、知识应用等方面)和教学满意度,并展现出对临床思维能力培养的积极潜力。该模式为提升专科住培质量提供了新思路,值得在具备相应师资和资源支持的条件下进行推广尝试,但其长期效果和广泛适用性仍需更大规模、更长周期的研究予以验证。

参考文献:

- [1]杨彬,王靖宇,闫亮,等.“互联网+医学科普”在泌尿外科实习教学中的应用[J].中国继续医学教育,2025,17(9):41-45.
- [2]叶林,徐昉,张皓频,等.“互联网+”背景下重症医学研究生“急危重症医学”课程思政建设研究[J].中国继续医学教育,2024,16(11):32-37.
- [3]LIU K, LIU S, MA Y F, et al. Comparison of blended learning and traditional lecture method on learning outcomes in the evidence-based medicine course: A comparative study[J]. BMC Medical Education, 2024, 24(1):680.
- [4]陈冬河,杨君,翁婉雯,等.人工智能辅助非影像专业住院医师核医学PET短期培训探索[J].医学教育研究与实践, 2025,33(5):738-743.



- [5]牛露露,张宏亮.大型语言模型在医院药学中的应用:探索、总结与思考[J].广西医学,2025,47(8):1106-1114.
- [6]吴薇,陈卓,王小飞,等.“新医科”背景下Mini-CEX量表在全科医学专业研究生住院医师规范化培训中的应用[J].沈阳医学院学报,2022,24(2):209-212.
- [7]梁琦,郭统帅,雷新军.Mini-CEX阶段性评价联合PBL教学法在心内科医师临床规范化培训中的应用[J].中国高等医学教育,2021(6):82-83.
- [8]NORCINI J J, BLANK L L, ARNOLD G K, et al. The mini-CEX (clinical evaluation exercise): A preliminary investigation[J]. Annals of Internal Medicine, 1995, 123(10):795-799.
- [9]BATRA P, BATRA R, VERMA N, et al. Mini clinical evaluation exercise (Mini-CEX): A tool for assessment of residents in department of surgery [J]. Journal of Education and Health Promotion, 2022, 11(1):253.
- [10]黄斌,孔伟伟,王立峰,等.以岗位胜任力为导向的放射肿瘤科住院医师规范化培训体系的探索与实践[J].中国毕业后医学教育,2022,6(6):560-563.
- [11]李伟,陈超,陈嘉波,等.CBL结合Mini-CEX教学模式在小儿外科住培教学中的应用研究[J].继续医学教育, 2025, 39(4):59-62.
- [12]吴翔磊,王雪,喜雯婧.人工智能赋能色素性疾病激光治疗课程的实践探索及构建设想[J].组织工程与重建外科, 2025, 21(4):414-418.
- [13]吕勇,王钧,樊代明.DeepSeek在临床医学见习教学中的应用[J].医学教育研究与实践,2025,33(4):564-570.
- [14]KRISHNAN N. A hemodialysis curriculum for nephrology fellows using a blended learning approach: Best of both worlds? [J]. Journal of Nephrology, 2021, 34(5): 1697-1700.
- [15]武丽涛,师瑜,展子萱,等.基础医学与人工智能融合现状的可视化分析[J].基础医学教育,2025,27(8):772-778.
- [16]JOOS U, KLÜMPER C, WEGMANN U. Blended learning in postgraduate oral medical and surgical training - An overall concept and way forward for teaching in LMICs[J]. Journal of Oral Biology and Craniofacial Research, 2022, 12(1):13-21.
- [17]陈燕飞.PBL结合Mini-CEX评价在规培生传染病学临床带教中的应用探讨[J].中国高等医学教育,2025(3):109-111.
- [18]王方璐,伊正君,付玉荣.低年级医学生临床思维能力提升的策略探讨[J].医学教育研究与实践,2019,27(1): 20-22.
- [19]FURLAN L, DI FRANCESCO P, COSTANTINO G, et al. Choosing Wisely in clinical practice: Embracing critical thinking, striving for safer care [J]. Journal of Internal Medicine, 2022, 291(4):397-407.
- [20]邱艳,叶康丽,刘颖,等.分级分层培养在全科住院医师临床思维能力培养中的效果评价[J].医学教育研究与实践, 2022, 30(6):691-694.
- [21]RICHARDS J B, SCHWARTZSTEIN R M. Promoting critical thinking in your intensive care unit team[J]. Critical Care Clinics, 2022, 38(1):113-127.
- [22]熊绘,樊越,张迪,等.人工智能大模型赋能医学教育实践的伦理风险及对策[J].医学教育研究与实践,2025,33(5):635-640.
- [23]门茜儒,刘林.人工智能赋能医学教育现代化的应用挑战与现实路径[J].医学教育研究与实践,2025,33(5): 641-646.

(编辑:杨雪莹)