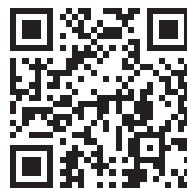


DOI:10.61189/719562cqbaid

· 医学教育 ·

AI+赋能呼吸病学教学:构建面向新质生产力的数字健康胜任力培养体系

白 莉¹,杨达伟²,余 情³,白春学^{2*}

1. 陆军军医大学新桥医院呼吸与危重症医学中心,重庆 400037
2. 复旦大学附属中山医院呼吸与危重症医学科,上海 200032
3. 复旦大学附属中山医院教育处,上海 200032

[摘要] 在元宇宙医学与医学新质生产力的双重驱动下,呼吸病学教学亟需从传统的“知识讲授与指南复述”模式,升级为面向未来的“AI+呼吸病学新质生产力中心”—兼具教学原型探索与复合型人才孵化功能的前沿阵地。新时代的呼吸科医生,除扎实的临床专业能力外,还需具备数字健康胜任力,能够批判性地理解、评估并合理应用人工智能(AI)、物联网(IoT)、数字孪生(digital twin)及扩展现实(extended reality, XR)等新兴技术,在人机协同的多学科诊疗团队(MDT)与“数字人专家”辅助框架下,开展安全可靠的临床决策、风险分层评估与治疗方案推演。国际循证教育研究显示,AI已在医学影像判读、临床技能评估、自适应学习与即时反馈等场景中初步应用,但多呈现为孤立的“点状创新”,尚未形成跨学科融合、结构化设计与治理机制前置的一体化课程体系。呼吸病学因其天然的多模态特征与高度可视化的过程数据(涵盖影像学、肺功能、血气分析、症状动态轨迹、可穿戴设备监测指标、机械通气参数及睡眠监测数据等),是最适宜通过数字孪生与沉浸式XR场景,系统性弥补传统课堂“不可见、难模拟、难推演”等核心短板的学科领域。本方案以国际数字健康与AI胜任力共识为引领,系统对标《欧洲医生数字教育能力成果框架》(DECODE)与《医学教育最佳证据协作组》(BEME)等权威教育框架,构建“知识—工具—临床推理—伦理治理”四维教学目标。课程以“AI+病例链”为核心进行模块化重构:课前通过诊断式预习与学习画像精准识别认知起点;课中融合多模态数据可视化与对话式标准化病人(或交互式智能病例),实现沉浸式、情境化的临床思维训练;课后依托学习分析技术推动个性化反馈,并反哺科研创新,形成“教—学—研”有机闭环。在评价与保障机制上,采用基于客观结构化临床考试(OSCE)的多元评估体系,坚持“AI支撑、绝不替考”原则,同时将伦理合规与可信AI治理(包括数据隐私保护、算法偏倚防控、人机责任边界界定及学术诚信规范)作为教学底线。最终,依托跨学科创新中心与可复用的数字基础设施,推动传统课堂向“可视化呈现、深度互动、推理驱动”的新型智慧教学模式转型,系统培养面向2035年“智慧呼吸中心”与“元宇宙医学实践”的先锋种子团队。

[关键词] 元宇宙医学;数字健康胜任力;数字人专家;数字孪生肺;多模态学习与可视化推演;可信AI治理与伦理

[中图分类号] R 56 **[文献标志码]** A

AI+ empowering respiratory medicine education: building a digital health competence training system oriented towards new quality productivity

BAI Li¹, YANG Dawei², YU Qing³, BAI Chunxue^{2*}

1. Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Xinqiao Hospital, Army Medical University, Chongqing 400037, China
2. Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China
3. Department of Education, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

[Abstract] Driven by the converging forces of metaverse medicine and the new quality productive forces in healthcare, respiratory medicine education must evolve from the traditional model of ‘knowledge delivery and guideline recitation’ toward a forward-looking ‘AI+ Respiratory New-Quality Productive Center’—a pioneering hub that integrates pedagogical prototyping with the incubation of interdisciplinary talent. Contemporary respiratory physicians, beyond mastering core clinical competencies, must also cultivate digital health literacy: the ability to critically understand, evaluate, and appropriately apply emerging technologies such as artificial intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), digital twins, and extended reality (XR). Within human – AI collaborative

[收稿日期] 2025-12-20

[接受日期] 2025-12-28

[基金项目] 四大慢病重大专项(2024ZD0529300). Supported by Noncommunicable Chronic Diseases National Science and Technology Major Project (2024ZD0529300).

[作者简介] 白莉,博士,副主任医师. E-mail: blpost@126.com

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-64041990, E-mail: bai.chunxue@zs-hospital.sh.cn

multidisciplinary teams (MDTs) and frameworks augmented by ‘digital expert avatars,’ they should be empowered to make safe clinical decisions, conduct risk stratification, and simulate therapeutic strategies. International evidence-based medical education research indicates that AI has already been piloted in areas such as radiological interpretation, clinical skills assessment, adaptive learning, and real-time feedback. However, these efforts largely remain fragmented ‘point innovations’, lacking an integrated curriculum that embeds cross-disciplinary integration, structured design, and proactive governance. Respiratory medicine – by virtue of its inherently multimodal nature and richly visualizable longitudinal data (including imaging, pulmonary function tests, blood gas analysis, dynamic symptom trajectories, wearable-derived metrics, ventilator parameters, and sleep monitoring data) – is uniquely positioned to leverage digital twin and immersive XR scenarios to systematically address the core limitations of conventional classrooms: phenomena that are ‘invisible, difficult to simulate, and hard to reason through.’ This proposal is grounded in international consensus on digital health and AI competencies, systematically aligning with authoritative frameworks such as the Digital Education Competency Outcomes for Doctors in Europe (DECODE) and the Best Evidence Medical Education (BEME) Collaboration. It establishes a four-dimensional instructional framework encompassing Knowledge – Tools – Clinical Reasoning – Ethical Governance. At its core is an ‘AI + Case Chain’ modular curriculum: Pre-class: diagnostic pre-assessments and learner profiling to identify cognitive baselines; In-class: multimodal data visualization integrated with conversational standardized patients or interactive intelligent cases to enable immersive, context-rich clinical reasoning training; Post-class: learning analytics-driven personalized feedback loops that feed back into scholarly inquiry, creating a seamless teaching – learning– research cycle. Assessment and safeguard mechanisms center on a multi-modal evaluation system based on Objective Structured Clinical Examinations (OSCEs), adhering strictly to the principle of ‘AI-supported, never AI-substituted’ assessment. Ethical compliance and trustworthy AI governance – including data privacy protection, algorithmic bias mitigation, clear delineation of human –AI responsibility boundaries, and academic integrity – are embedded as non-negotiable safeguards. Ultimately, by leveraging interdisciplinary innovation centers and reusable digital infrastructures, this initiative transforms the traditional classroom into a next-generation smart learning environment characterized by visualizability, deep interactivity, and reasoning–driven pedagogy, systematically cultivating a vanguard cohort of talent ready to lead ‘smart respiratory care centers’ and ‘metaverse medicine’ practices by 2035.

[Key Words] metaverse medicine; digital health competency; digital expert avatars; digital twin lung; multimodal learning and visualized reasoning; trustworthy AI governance and ethics

在元宇宙医学与医学新质生产力的整体视角下,《呼吸病学》课堂已不再只是局限于向学生“讲清楚疾病谱和诊疗指南”,而正逐步演变为建设未来呼吸病学新质生产力中心的起点与前哨阵地^[1-3]。传统教学重在知识传授,而未来的呼吸科医生必须同时具备扎实的临床能力与驾驭人工智能(artificial intelligence, AI)、物联网(Internet of Things, IoT)、数字孪生(digital twin)和拓展现实/虚拟现实(extended reality, XR)/虚拟现实(virtual reality, VR)等工具的“数字健康胜任力”,可在真实与虚拟交织的环境中进行临床实践,即整合多模态数据(如病史、胸部影像、肺功能、血气、病理等),依托AI赋能,独立、安全、高效地完成临床决策与诊疗推演,依托AI赋能,独立、安全且高效地完成临床决策。

近年关于元宇宙医学、医学新质生产力和医学GPT的系列文章,为我们勾勒出一个逐步演进的可操作的未来图景:临床决策不再由单一医生孤立完成,而是由“人机多学科团队”(human-AI multidisciplinary team, human-AI MDT),或“数字人专家+多学科医生团队”协同完成;BAIMGPT这类

专科GPT将作为数字人专家的“中枢引擎”,在知识整合、风险评估与方案推演中发挥关键作用^[1-5]。借助这些工具,复杂的呼吸病学知识得以动态呈现、个体化模拟,并在持续反馈中不断优化迭代。

与此同时,国际关于AI与医学教育的《医学教育最佳证据协作组》(best evidence medical education, BEME)组织发布的指南显示,AI已广泛应用于影像判读、临床技能评估、自适应学习和智能反馈等环节,但真正将AI体系化融入课程结构、有效支撑核心能力培养与职业价值观塑造的教育项目仍相对有限,多数项目仍停留在“某一门课中的点状创新”,缺乏跨学科、一体化设计^[6-10]。这意味着,如果呼吸病学课程能够率先完成“系统重构”,就有机会打造区域层面的“AI+医学教育”示范场景,成为“数字健康胜任力”培训的先驱。

呼吸病学之所以特别适合成为AI+赋能教学的“试验田”,还源于其独特的学科特质:该学科是一个天然的高度多模态信息汇聚与动态过程高度可视化的领域。从症状轨迹、影像学、肺功能、血气分析、物联网可穿戴监测、呼吸机参数、睡眠监测等多源数据,构成了一个极具代表性的“数字健康生态

缩影”,非常适合用数字孪生、机器学习和元宇宙场景进行再现和推演^[6]。传统课堂难以在有限时间内完整动态地呈现此类复杂生理与病理过程的变化,而 AI 和 XR 工具恰好可以弥补这一结构性短板,使抽象过程可见、可交互、可推演,将“静态讲授”升级为“沉浸式推演”。

因此,我们建议将《呼吸病学》明确定位为“AI+呼吸病学新质生产力中心的教学原型”。从课程教学目标设计开始,即跳出“单纯讲知识”的框架,确立三大相互支撑的核心目标。(1)培养“呼吸专业能力 + 数字健康与 AI 素养”:将 AI 理解与批判性使用作为本科和继续医学教育(continuing medical education, CME)的基础能力之一^[11-14]; (2)实现从“知识灌输”到“AI 支撑的主动学习与临床思维训练”:学生通过和智能系统的互动中形成系统化推理与循证决策能力^[7-11,15-16]; (3)构建未来“AI+呼吸病学新质生产力中心”的雏形:将 VR/元宇宙病房、医学 GPT 接口与学习分析平台纳入统一规划,实现教-学-研一体化运行^[3,6,17]。

AI 赋能的《呼吸病学》课堂,应当把原来“看不见、想不到、说不清”的病理生理和复杂决策,转化为“看得见、能互动、推得动”的动态学习体验,推动传统课堂向“可视化呈现、深度互动、推理驱动”的新型智慧教学模式转型,孕育出面向 2035 的智慧呼吸中心和元宇宙医学实践的“种子团队”^[1-5]。

1 总体设计

总体设计旨在应用国际数字健康与 AI 胜任力框架重构《呼吸病学》课程。要让 AI 真正成为提升教学质量与培养新型人才的“底座”,必须首先从课程教学目标与结构设计入手,与国际数字健康胜任力与 AI 医学教育框架进行系统对标,而不是简单

地“在现有 PPT 上加一点修改”。

1.1 对标数字健康与 AI 胜任力的国际共识 发表于 JAMA Network Open 的综述^[12]将《欧洲医生数字教育能力成果框架》(DECODE)列为“数字健康与 AI 胜任力”领域的重要国际共识,该框架将数字健康能力拆解为 4 个维度、19 项核心能力,强调从基础数据素养,到数字工具的合理选择与批判性使用,再到隐私保护、伦理治理与人机协作,均应成为医学生培养体系的重要组成部分。相关系统综述^[13]通过德尔菲法和多轮专家论证,也进一步提出:将数字健康与 AI 相关内容应当横向贯穿多门课程,而不是被“封装”在某一门选修课中。

由 BEME 合作组织发布的教育循证指南第 84 号以及数篇关于 AI 医学教育的系统综述指出,“理解 AI 基本原理、识别其优势与局限、并能在临床情境中批判性地使用 AI 工具”,应被纳入医学教育的通用能力框架^[7-9,15]。聚焦生成式人工智能的研究进一步警示:大语言模型/生成式预训练变换器(large language model, LLM)/(generative pre-trained transformer, GPT)具有巨大潜力,但同样存在事实性错误、偏倚与学术不端风险,因此,教学设计必须将“如何正确使用与限制 AI 本身作为一项明确的学习目标^[10-12,16]”。

基于上述国际共识,我们提出:《呼吸病学》课程不应仅被视为“系统讲解呼吸系统疾病的课程,而应是数字健康胜任力培养体系中最适合嵌入 AI+ 实践场景的核心课程之一。

1.2 锚定从“知识+技能”到“四类维度”能力目标 基于上述国际共识并结合呼吸病学的学科特点,建议将传统以知识点传授与操作技能训练为主的课程目标,系统升级为涵盖四个维度的“数字健康胜任力”可操作学习框架(表 1)。

表 1 四类维度“数字健康胜任力”学习流程

维度	“数字健康胜任力”学习流程
知识维度	学生应能系统理解 AI 在慢性阻塞性肺病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)、哮喘、肺癌、间质性肺疾病(interstitial lung disease, ILD)、睡眠呼吸暂停(obstructive sleep apnea, OSA)等疾病的筛查、诊断、分型和长期管理中的应用场景、主要算法思路以及现实局限,包括对数据质量、样本代表性和偏倚的依赖 ^[6-7,14-15] 。
技术与工具使用维度	学生应掌握 1~2 个专科 GPT 工具的基本使用方法,能用其进行文献检索、指南比对、风险评估和辅助诊断思考,并且学会主动识别其输出中的错误与不确定性,避免盲目依赖 ^[4-5,10,16] 。
临床思维与决策维度	在 AI 提供的多模态信息(影像、肺功能、物联网监测数据、实验室结果等)基础上,学生仍需形成独立的病情评估与决策方案,能够清晰解释自己的推理路径,并与 AI 建议进行比较与取舍,而不是将 AI 视为“标准答案” ^[6,17-18] 。
职业素养与伦理治理维度	学生应理解并践行 AI 相关伦理规范,正确处理隐私保护、数据安全、算法偏倚、学术诚信与责任边界等问题,能够以“批判性信任”的态度运用 AI 工具 ^[11,14-15] 。

四个维度互相支撑:知识维度提供理论基础,技术与工具维度扩展工具箱,临床思维与决策维度决定学生能否真正胜任未来复杂临床场景中的核心任务,而职业素养与伦理治理维度则确保 AI 使用不会偏离医学的专业价值与社会责任,最后达到预定的“数字健康胜任力”培养目标。

1.3 AI+课程结构设计 课程结构可设计为以“AI+呼吸病例链”为主线的模块化重构。基于前述四维能力目标,可以考虑在现有按疾病种类分章节讲授基础上,重新组织“疾病主题模块”,每个模块都围绕一条包含临床演进逻辑的“AI+呼吸病例链”展开,从急性上呼吸道感染开始,逐步延伸至社区获得性肺炎、重症肺炎和急性呼吸衰竭,继而过渡到COPD/哮喘急性加重,再进一步拓展到间质性肺病(ILD)、肺结节/肺癌和阻塞性睡眠呼吸暂停(OSA)等^[5-7,17]。在每条病例链中,学生都会多次接触以下典型AI赋能场景。

(1)来自物联网设备的时间序列数据,如峰流速仪、电子吸入器使用、脉搏血氧和睡眠监测时间序列数据;(2)由医学GPT和影像AI模型生成的肺结节风险评分、病灶演变预测和个体化随访建议;(3)由数字孪生肺模型呈现的通气/灌注比变化、肺泡塌陷与复张过程等动态演示。

与传统课程按器官或疾病分章讲授模式不同,这种结构更接近临床实际与真实世界多源数据流:学生在“同一病程时间轴上”反复看到AI工具如何介入筛查、诊断、治疗、随访和康复,从而理解“一个病人在不同时间与场景中的连续管理”,而不是只记住孤立的疾病定义和指南条文。

在整体设计层面,AI因而不仅是“课堂辅助工具”,而是贯穿课程目标设定、教学活动组织、“数字健康胜任力”培养,多元评价与质量保障体系的结构性要素,使《呼吸病学》课程得以承担起学校层面“AI+医学教育示范课程”的引领角色^[12-13,15]。

2 AI+赋能呼吸病课前教学

高质量的课堂并不是从上课铃响起才开始,而是从课前的学习准备就已启动。通过融合生成式人工智能(如医学GPT)与自适应测评技术,可构建一个智能预习与诊断式学习系统,使学生带着问题进入课堂,同时帮助教师在课前精准掌握学生的认知起点与知识盲区。

2.1 利用GPT生成多层次预习材料与自测题 首先,教研团队可以根据教学目标、权威指南和共识,设计特定的提示词(prompt),让医学GPT生成结构

化的“多层次预习包”。(1)A版(基础强化型):以图解、类比和通俗语言为主,重点阐明呼吸生理基础(顺应性、气道阻力、通气/血流比值失调)及常见症状、发病机制,适合基础薄弱或低年级学生。(2)B版(进阶探索型):在关键诊疗节点旁嵌入指南原文片段、高质量综述链接和代表性随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)摘要,引导高年级或有科研兴趣的学生进一步查阅原始文献,深入探究循证依据^[10,16]。

在技术上,生成式AI极大降低了多版本资源开发的成本,但基于《医学互联网研究杂志·医学教育(JMIR Medical Education)》和BEME的共识,教师必须作为内容的“二次把关者”,具体包括以下职责^[10-11]。

(1)对GPT输出内容进行审核与修订,纠正其中的事实错误与不当简化;(2)有意识地保留一些“边缘争议点”或“典型错误示例”,转化为课堂讨论素材,用于培养学生的批判性思维;(3)坚决避免将未经审查的AI生成内容直接推送给学生,以免在关键概念上造成系统性误导。

通过这一角色转变,GPT不再仅仅是“替代教师备课的自动化工具”,而是升级为多功能教学协作者——既能高效生成结构化学习素材,又能提供可辨析、可辩论、可反思的智能案例,从而真正服务于高阶临床思维的培养。

2.2 预习前测与“学习画像” 学生完成预习包后,可通过在线测评平台,结合简单的机器学习或规则引擎,生成每位学生的“呼吸病学学习画像”^[7,9,12]。即基于多源学习数据如答题记录、阅读时长、交互行为),对学习者的呼吸病学知识结构、能力水平、学习行为、学习风格与发展轨迹进行系统建模与动态刻画,为后续课堂教学提供精准的学情依据。测评内容可聚焦三个关键板块(表2)。

系统根据学生答题正确率、反应时间和选项模式,自动在后台进行聚类或规则划分,将学生分为3个组,以实现分层教学与精准培养(表3)。

这种“诊断式预习+分层分组教学”模式,不仅为后续翻转课堂、小组讨论与元宇宙情景任务的难度分级提供了坚实数据支撑,也帮助学生在课前清晰地认识自身知识水平与学习定位,从而更有效地参与课堂学习。

2.3 AI支撑“智能预习”接口课堂 结合上文的预习包和学习画像,我们可以构建一个面向学生的“AI智能预习系统”,实现精准化、个性化的课前学习支持。(1)输入交互:学生上传预习笔记或在平台

表2 三个关键板块测评内容和技术路线

板块	测评内容与技术路线
基础呼吸生理	涵盖肺顺应性、气道阻力、肺容积与通气功能、通气/血流(V/Q)比值及弥散功能等核心概念,重点考察学生对各项指标的定义及其临床意义的理解。
疾病谱与危险因素识别	聚焦常见呼吸系统疾病的病因谱系及高危因素,包括吸烟、环境暴露(如空气污染)和职业性有害物质接触等。重点评估学生能否结合病史信息与暴露线索,快速识别并关联潜在的呼吸系统疾病。
基本检查理解	考查学生对肺功能检查和动脉血气分析结果的解读能力,以及对不同呼吸系统疾病典型胸部影像学特征的掌握程度。

表3 基于分组的普遍逐步提高策略和方法

组别	普遍培养逐步提高的策略和方法
基础补课组	在关键概念上存在明显知识缺口,需在课前预习或课堂教学中加强基础知识的讲解、梳理与巩固,夯实理论根基。
常规组	达到预期水平,可直接进入病例讨论和临床推理训练。
进阶探索组	基础扎实,具备较强的学习主动性,有更高发展潜力,可承担文献汇报、微讲解和引导同伴学习等拓展性任务,及小型科研项目。

上回答开放性问题;(2)智能诊断:GPT自动对文本进行语义分析,标记出概念混淆、逻辑跳跃和关键术语误用等问题;(3)个性化反馈:系统生成每位学生的“最薄弱3点”和个性化复习建议;(4)教学决策支持:教师在课前查看全班的“知识热力图”,直观掌握共性难点与个体差异,据此动态调整课堂时间分配、案例选择与教学策略。

通过这一机制,课前环节不再局限于“布置任务—简单检查”的线性流程,而是形成“预习—诊断—反馈—再预习”的闭环小循环,有效提升预习质量,为高质量课堂教学奠定坚实基础。

3 AI+赋能呼吸病学课中教学

课中教学是构建“AI+呼吸病学新质生产力中心”的核心环节。在此阶段,AI不仅增强传统讲授的表现力,更深度支撑高阶临床思维训练、互动推理与跨模态信息整合,推动教学从知识传递向能力生成转型。

3.1 智能讲授与多模态可视化 智能讲授与多模态可视化可让复杂病理学机制“可视化、可互动、可推演”。基于物联网呼吸病管理项目经验与相关综述,课堂中可引入来自真实世界或模拟的纵向病例,通过多模态可视化技术实现病理机制的动态呈现。

(1)动态展示峰流速、电子吸入器使用频率、脉搏血氧、睡眠质量及活动量等指标,直观反映疾病演变过程;(2)通过数字孪生肺或3D/VR模型,展示哮喘气道可逆收缩、COPD终末细支气管塌陷与气

体陷闭、急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)肺泡塌陷—复张循环以及通气/灌注比改变等关键过程;(3)借助多模态可视化技术,将肺结节的影像学特征、体积倍增时间及其组织病理演变进行动态关联式呈现,使学生理解结节的良恶性演化规律,进而掌握基于风险分层的个体化随访策略及其循证依据。

这些可视化工具不仅是教学“亮点”,更是重构教学结构的抓手。教师可围绕一条“时间轴病例”,灵活切换临床、影像、功能与物联网监测等多维视图,引导学生从碎片信息中整合出完整的疾病图景。

3.2 AI生成病例拓展为“标准化诊疗” 在呼吸病学教学中,生成式AI特别适合用于构建临床情境对话、引导反思与提供即时反馈,但前提是教师要明确界定其适用情境与边界。在呼吸病学教学中,可以设计一系列“人工智能支持的实践(artificial intelligence-supported practice, AI-SP)病例”。(1)让GPT扮演COPD急性加重、重症肺炎、难治性哮喘或OSA患者,由学生分角色完成病史采集、体格检查及病情解释等任务;(2)教师基于预设评分量表,对学生的结构化病史采集、共情沟通、安全意识和临床推理进行即时反馈^[9,11];(3)在每次AI-SP结束后,引导学生围绕“AI回答中有哪些错误或偏倚”“自己是否过度依赖AI”“真实临床中哪些环节必须由人来作为最后把关者”等问题开展反思^[11,15]。

AI-SP可被定位为“可犯错的练习对手与反思触发器”,在安全、可控的环境中提升学生的临床胜任力。

3.3 基于 GPT 病例锻炼“数字健康胜任力” 基于 GPT 的病例学习为面向临床推理的互动式模拟病例。在 AI-SP 框架基础上,可进一步构建 GPT 驱动的互动式模拟病例,让学生在一个完整、可反复操作的虚拟环境中扮演值班医生。(1)学生根据主诉和初步资料提出问诊问题,GPT 生成多轮对话补充病史与体征;(2)学生依次选择必要的辅助检查如肺功能、血气分析和影像学检查,系统返回结构化结果;(3)学生提出初步诊断和鉴别诊断,GPT 根据循证证据给予反馈,指出遗漏的诊断可能与思维盲点;(4)学生拟定治疗与处置方案,GPT 结合指南与文献进行评分与解释。

此类互动式病例尤其适用于:哮喘急性发作、ACOPD、重症肺炎、肺栓塞与肺炎的鉴别、ARDS 早期识别与分层、OSA 筛查与随访策略设计等情境。通过反复练习,学生能够形成从“症状—病理生理机制—关键检查选择—精准诊断—个体化治疗与随访”的完整临床思维链条。

3.4 AI+翻转课堂提高“数字健康胜任力” AI+翻转课堂指学生从被动听众转变为“知识讲述者”,GPT 可以成为学生备课的“助理教研员”。具体做法如下。(1)学生选择一个微主题(如“高碳酸血症的机制”“V/Q 失调与低氧血症”“COPD 与哮喘肺功能差异”),在 GPT 帮助下准备 3 分钟“微讲解”; (2)GPT 提供初稿结构、关键术语与示意图建议,学生对内容进行筛选与本地化加工; (3)教师借助 AI 自动评分工具,从逻辑性、条理性、图示运用、循证依据等维度对学生讲解进行初步量化评估,再结合人工观察给予针对性反馈^[16]。

这样,课堂可形成“学生讲—AI 点评—教师提炼”三段式流程,既训练学生的表达与结构化思维,

又在实际操作中让学生体验“如何让 AI 为自己工作,而不是被它牵着走”,从而培养理性、主动、有判断力的数字时代临床学习者。

3.5 AI+临床技能训练夯实临床基础 AI+临床技能训练可达到肺功能与影像判读的低成本“前置模拟”。肺功能和胸部影像判读是呼吸病学教学中的难点与重点。借助 AI,可构建丰富的虚拟图谱与切片库。(1)自动生成不同严重程度、不同类型的肺功能报告单和容积-流速曲线,供学生训练识别阻塞型、限制型和混合型通气障碍;(2)制作包含不同表现的肺气肿、各类病原体的肺炎、ARDS 轻中重度的虚拟 CT 图像集;(3)在适当时机引入影像组学基本概念,展示 AI 如何自动测量肺气肿评分、气道壁厚度、肺结节体积与密度等定量指标,并讨论其意义与当前局限。

这种“前置模拟+高频演练”模式,大幅降低了对真实病历与影像资源的依赖,让更多学生在进入临床见习前就具备初步判读能力,从而提升后续实习与轮转效率,实现“早临床、强基础、重能力”的教学目标。

3.6 VR/元宇宙模拟加深元医患众理念 呼吸治疗与危重医学是最适合使用模拟和 VR 的领域之一,VR/元宇宙模拟是提升机械通气、氧疗与危重场景医疗水平的最好方法。多项研究显示,VR 与高仿真模拟能够显著提升相关技能、应急处置信心与临床决策能力^[17-21]。

在《呼吸病学》中,可设计至少 2~3 个核心 VR/元宇宙情境(表 4)。

借助这些情境,学生得以在安全、可重复的场景中接触高风险操作和复杂决策,为未来进入真实 ICU 与 RICU 奠定经验基础。

表 4 核心 VR/元宇宙情境及教学方法

情境	教学方法
机械通气基础操作与报警处理	参考 VR 机械通气教学研究构建 ICU 机械通气训练房”,让学生在虚拟环境中完成模式选择(VC、PC、PS 等)、参数设置、波形解读与常见报警处理 ^[19-20] ; 设置 AI 驱动的“智能导师”,根据学生操作轨迹实时给出提示与总结反馈,帮助其形成标准化操作路径 ^[20] 。
高流量氧疗与无创通气场景	在虚拟急诊或 RICU 中模拟急性低氧性呼吸衰竭、急性心源性肺水肿、AECOPD 等情境,让学生在无风险环境中反复练习氧流量选择、接口适配、并发症识别与无创通气失败警示信号的捕捉 ^[17-18] 。
元宇宙“呼吸病虚拟病房”与多病种综合管理	综合元宇宙医学的构想,将 COPD、ILD、肺癌术后与 OSA 患者安置在同一虚拟病房,由学生分组扮演住院总、住院医和专科护士,利用数字孪生和 IoT 数据看板完成查房与交班 ^[21] 。

4 AI+赋能呼吸病课后教学

课后将学习分析、科研启蒙与AI+临床转化的完整闭环。如果课后环节仍沿用传统的“布置作业—由教师手工批改”的模式,那么AI的优势就很难充分发挥。通过构建“学习分析+智能反馈+教学科研融合”的课后闭环,AI才能真正成为教学质量持续改进的引擎。

4.1 智能作业与“错题本”让知识漏洞可视化 借助GPT,可自动生成不同难度层次的病例型作业题,涵盖呼吸系统常见病和各种呼吸危重症场景。教师在发布前进行审核与必要修改,确保所有题目与课程目标和指南推荐一致。作业提交后,由AI对学生作答进行语义分析与分类,自动识别典型认知偏差或误区,例如:(1)混淆COPD与哮喘的临床特征;(2)对血气指标 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 、 A-aDO_2 等指标理解不当的情况;(3)呼吸性与代谢性酸碱紊乱鉴别中的常见错误;(4)在影像与临床信息整合时的逻辑断裂。

系统按知识点和能力维度生成班级层面的“知识热力图”与每个学生的“个人错题本”,教师据此调整后续教学重点,针对性安排补课或辅导,学生则可以长期追踪自己的薄弱环节,实现个性化学习闭环。

4.2 个性化学习路径改善学习进度和效率 在生成个人错题本的基础上,AI可以进一步为每位学生成个性化学习路径:(1)自动总结“最薄弱3点”,并智能推荐对应的微视频、图解材料和题库;(2)针对高频误区(如肺不张与实变的影像鉴别、良恶性肺部病变的影像学表现差异)推送强化训练;(3)定期生成学习曲线、章节掌握热力图以及与班级平均水平的比较报告,帮助学生自我监控学习进度与成效。

这种“学习分析+个性化推荐”的机制,把以往完全依赖教师经验的个性化教学,部分交给数据驱动的系统来完成,从而在有限师资条件下实现“类小班化”的学习支持。

4.3 课堂数据“反哺”培养临床研究兴趣 课堂数据“反哺”研究是指AI+呼吸病学教育小课题孵化。当课堂中积累了一定规模的VR/模拟训练数据、AI-SP对话记录与学习分析结果后,可以在严格去标识化与伦理审批的前提下,与真实临床数据进行结合,探索学生决策模式与真实医生决策模式之间的差异。在此基础上,可鼓励学生参与“AI+呼吸病学教育”小课题研究。(1)比较不同教学模式(传统讲授、AI支撑翻转课堂、VR模拟训练)对掌握吸入器

使用、机械通气报警处理、氧疗方案选择等能力的影响;(2)分析不同学习画像类型的学生在AI辅助下的进步曲线与知识迁移能力;(3)探讨如何根据人工智能框架与欧洲医学教育协会(AMEE)指南优化教学中使用的AI工具的可信度与可部署性。

这样的教-学-研一体化设计,一方面为学生提供早期接触科研的机会,培养循证教育思维;另一方面也为学院持续改进AI+教学模式提供高质量数据与证据。

5 评价与保障

再先进的工具,如果缺乏严格的评价与治理框架,都可能带来新的风险。因而,在推动AI+教学创新的同时,必须同步构建考试改革、伦理规范与质量控制的整体方案。评价与保障可采用AI时代的考试体系、伦理规范与质量控制。

5.1 AI支撑但不“替考”的多元评价设计 在课程考核与期末客观结构化临床考试(objective structured clinical examination, OSCE)中,可以适度引入AI自动评分工具,以提高效率和客观性^[7,17-18,21]。例如:(1)使用AI辅助分析呼吸音听诊录音,对学生是否正确识别干湿啰音、哮鸣音、胸膜摩擦音等进行初步评分;(2)利用影像AI模块对学生的胸片或CT判读结果进行比对,评估其与“专家标注”之间的一致性;(3)在病历书写时,由自然语言处理系统自动检查结构化程度、关键要素是否缺失以及用语是否规范。

然而,在上述技术使用的同时必须坚持一条底线:关键能力(临床推理、沟通能力、人文关怀等)仍需由培训教师进行人工评估。这样既能保证AI提升效率、降低工作量,又不至于让“分数”完全被黑箱模型所左右。

在考试管理方面,应在课程说明和考核大纲中清晰列出:(1)哪些场景下允许使用AI(如课前预习、课后练习与自评);(2)哪些环节必须完全禁止使用AI(如正式考试、规定的OSCE);(3)哪些任务可以在教师监督下“限定使用AI”(如在研讨课中允许学生用GPT查询文献但需要标注来源)。

通过这种“AI支撑但不替考”的制度设计,可以有效避免学术不端与能力虚高,使学生真正理解:AI的作用是放大真实能力,而不是伪造能力。

5.2 伦理与质量框架系统融入课程 在AI大规模进入教学与医疗系统的背景下,伦理与可信性不再是附属话题,而是医学教育中必须显性教授的“核心内容”。结合FUTURE-AI指南与AMEE AI伦理

指南,可在课程中专设一节“AI+呼吸病学的伦理与治理”小课,重点围绕:(1)AI 工具的训练数据来源与采集方式,可能存在的种族、性别、地区与社会经济偏倚;(2)黑箱模型在高风险场景中的可解释性要求,以及可解释 AI 在临床与教学中的意义;(3)医生在使用 AI 支撑决策时的法律责任、职业责任与“最后把关”角色的边界。

通过分析 1~2 个真实或近真实案例(如误用 AI 影像评分导致对肺结节病情判断偏差、错误建议适应证等),引导学生理解:(1)AI 输出必须经过人类专业判断过滤与整合;(2)对 AI 的态度应为“批判性信任”,既不过度怀疑而拒绝使用,也不能盲目追随。同时,可以利用课堂讨论的方式,让学生尝试站在患者、医院管理者、技术开发者和监管机构的不同视角,思考如何在推动创新与守住安全底线之间取得平衡,从而在知识层面之外进一步强化其职业价值观和伦理敏感性。

6 建设“AI+呼吸病学教学创新中心”

建设“AI+呼吸病学教学创新中心”的实践路径

是要让上述理念真正落地,并持续产生扩散效应,需要在学院与附属医院层面建立一个“AI+呼吸病学教学创新中心”,将零散的技术应用与单点教学改革,转化为可复制、可扩展的系统工程。

6.1 设立跨学科的 AI+呼吸病学教学创新中心 可以借鉴“AI+工作室”和“BAIMGPT”建设经验为蓝本,组建由呼吸与危重症医学专家、医学教育专家、计算机科学家、工程师以及教育技术团队共同参与的跨学科协作平台。该中心的主要职责包括:(1)统筹规划《呼吸病学》课程的 AI+ 教学整体方案与迭代路线图;(2)牵头开发和维护 GPT 提示词库、病例库、VR 场景与数字孪生模块;(3)协调“教-学-研”一体化项目与数据治理,确保所有教学数据的合规使用与持续评估。

6.2 搭建可复用的数字基础设施 为避免“为一门课建一个孤岛”,数字基础设施应从学校与医院整体信息化战略出发,构建全院共享、多学科兼容的通用平台(表 5)。在这一过程中,《呼吸病学》课程既是最早尝试 AI+教学闭环的“先行者”,也是推动全院医学教育数字化转型的“样板工程”。

表 5 搭建数字基础设施的策略和技术路线

策略	技术路线
病例模拟平台	统一建设病例模拟平台和 AI-SP 管理系统,各学科可共享使用,只需替换病种与情境脚本;
VR 空间/数字孪生引擎	搭建 VR/元宇宙教学空间与数字孪生引擎,使呼吸病学、心内科、重症医学、急诊科等可以在同一技术底座上开发不同的虚拟场景;
GPT 接口标准化和管理	为专科 GPT 工具建立标准化调用接口与权限管理机制,既方便课堂灵活使用,又能确保数据安全与可追溯模型行为;
统一学习分析平台	部署统一的学习分析平台,对多门课程的学习数据进行整合与可视化,为学校层面教学质量保障提供决策支持。

6.3 将 AI+呼吸病学教学纳入高层次总体规划 为了避免 AI+ 教学改革停留在某一两位教师或某一门课程的“个人热情”层面,需要将其纳入学校整体 AI 教育战略^[12-13,15]。策略如下:(1)将 DECODE 数字健康胜任力框架嵌入人才培养方案,明确《呼吸病学》作为核心载体课程;(2)在专业培养方案中明确列出“能够与 AI 工具协作完成呼吸系统疾病的评估与管理”作为毕业能力之一;(3)以《呼吸病学》为示范课程,逐步在心血管内科、内分泌、肿瘤学和重症医学等课程中推广类似的 AI+教学设计。

6.4 提供教师快速上手的“10 分钟启动流程” 在实践中,许多教师对 AI+教学持谨慎态度,往往是因为缺乏易于上手的操作路径。为此,可以在创新中心提供一种“10 分钟上手”的简明流程,降低心理和技

术门槛。(1)选择一个适合的章节或主题(如哮喘或 COPD);(2)使用预设好的 GPT 提示词模板,生成 1 套模拟病例及若干讨论问题;(3)将该病例直接导入课堂,让学生分组进行临床推理与诊断讨论;(4)借助数字孪生或 3D 模型演示关键病理生理机制;(5)由 AI 生成个性化课后复习包和进阶学习建议。

这样,即使尚未构建完备的 VR 场景与大型平台,教师也可以先从小规模、低成本的 AI 支撑开始,在实际教学中逐步累积经验与信心。

6.5 走向“可视化 + 互动 + 推理驱动”的新模式总结 综合以上设计与实践路径,AI 赋能的《呼吸病学》教学改革,实质上是在推动一场从“知识灌输”向“可视化+互动+推理驱动”的范式转型。(1)教师角色转型:教师从“内容搬运工”转变为“学习设计

者”、临床思维教练与创新引导者;(2)学生角色升级:学生从“被动听众”转变为“主动探索者”、“教学合作者”,乃至“未来AI赋能教学系统的设计参与者”; (3)课堂边界拓展:课堂从相对封闭的讲授空间扩展为连接临床、科研和社会的AI+呼吸病学新质生产力中心雏形。

在此过程中,元宇宙医学、数字孪生肺、物联网慢病管理和医学GPT不再只是前沿概念,而是转化为具体可感知、可操作、可评价的教学实践,这不仅为智慧呼吸中心与元宇宙医疗的临床落地储备了首批具备“AI+呼吸学新质生产力”的青年人才,更切实推动“名医治未病,元医惠众生”这一愿景从理念走向现实。

伦理声明 无。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献 白莉、杨达伟、余情:撰写、修改论文,检索参考文献,定稿。白春学:选题、撰写、修改、定稿论文,使用AI技术生成图片。

参考文献

- [1] YANG D W, ZHOU J, CHEN R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine[J]. Clin eHealth, 2022, 5: 1–9.
- [2] 白春学. 元宇宙医学之我见[J]. 中国医药导刊, 2023, 25(1): 1–6.
- [3] 白春学. 医学新质生产力之我见[J]. 元宇宙医学, 2024(3): 3–10.
- [4] 白春学. 医学GPT研发应用之吾见. 元宇宙医学, 2025, 2(1): 6–14.
- [5] 白春学. 肺结节专家——BAIMGPT白皮书[J]. 2025(2): 55–64.
- [6] YANG D W, LI K C, MINGWEI CHUA D, et al. Application of Internet of Things in chronic respiratory disease prevention, diagnosis, treatment and management[J]. Clin eHealth, 2022, 5: 10–16.
- [7] GORDON M, DANIEL M, AJIBOYE A, et al. A scoping review of artificial intelligence in medical education: BEME Guide No. 84[J]. Med Teach, 2024, 46(4): 446–470.
- [8] SHAW K, HENNING M A, WEBSTER C S. Artificial intelligence in medical education: a scoping review of the evidence for efficacy and future directions[J]. Med Sci Educ, 2025, 35(3): 1803–1816.
- [9] SIMONI J, URTUBIA-FERNANDEZ J, MENGLA E, et al. Artificial intelligence in undergraduate medical education: an updated scoping review[J]. BMC Med Educ, 2025, 25(1): 1609.
- [10] PREIKSAITIS C, ROSE C. Opportunities, challenges, and future directions of generative artificial intelligence in medical education: scoping review[J]. JMIR Med Educ, 2023, 9: e48785.
- [11] MASTERS K. Ethical use of artificial intelligence in health professions education: AMEE guide No. 158[J]. Med Teach, 2023, 45(6): 574–584.
- [12] CAR J, ONG Q C, ERLIKH FOX T, et al. The digital health competencies in medical education framework: an international consensus statement based on a Delphi study[J]. JAMA Netw Open, 2025, 8(1): e2453131.
- [13] KHURANA M P, RAASCHOU-PEDERSEN D E, KURTZHALS J, et al. Digital health competencies in medical school education: a scoping review and Delphi method study[J]. BMC Med Educ, 2022, 22(1): 129.
- [14] LEKADIR K, FERAGEN A, FOFANAH A J, et al. FUTURE-AI: International consensus guideline for trustworthy and deployable artificial intelligence in healthcare [EB/OL]. 2023: arXiv: 2309. 12325. <https://arxiv.org/abs/2309.12325>
- [15] XU Y Y, JIANG Z H, TING D S W, et al. Medical education and physician training in the era of artificial intelligence[J]. Singap Med J, 2024, 65(3): 159–166.
- [16] JOWSEY T, STOKES-PARISH J, SINGLETON R, et al. Medical education empowered by generative artificial intelligence large language models[J]. Trends Mol Med, 2023, 29(12): 971–973.
- [17] SREEDHARAN J K, GOPALAKRISHNAN G K, JOSE A M, et al. Simulation-based teaching and learning in respiratory care education: a narrative review[J]. Adv Med Educ Pract, 2024, 15: 473–486.
- [18] SCOTT J B. Advancing respiratory care: the role of simulation in clinical education[J]. EMJ Respir, 2024: 119–122.
- [19] LEE H N, HAN J W. Development and evaluation of a virtual reality mechanical ventilation education program for nursing students[J]. BMC Med Educ, 2022, 22(1): 775.
- [20] REE K, YOO J. The effectiveness of 360-degree virtual reality-based mechanical ventilation nursing education for ICU nurses [J]. Healthcare, 2025, 13(14): 1639.
- [21] KING J, BEANLANDS S, FISET V, et al. Using interprofessional simulation to improve collaborative competences for nursing, physiotherapy, and respiratory therapy students[J]. J Interprof Care, 2016, 30(5): 599–605.

引用本文

白 莉,杨达伟,余 情,等. AI+赋能呼吸病学教学:构建面向新质生产力的数字健康胜任力培养体系[J]. 元宇宙医学, 2025, 2(4):30–38.
 BAI L, YANG D W, YU Q, et al. AI+ empowering respiratory medicine education: building a digital health competence training system oriented towards new quality productivity[J]. Metaverse Med, 2025, 2(4):30–38.