

生成式人工智能在呼吸内科的应用进展



杨 鸿^{1, 2, 3, 4}, 周 霞^{1, 2, 3, 4}

1. 华中科技大学同济医学院附属武汉金银潭医院呼吸科 (武汉 430023)
2. 湖北省传染病临床医学研究中心 (武汉 430023)
3. 中国医学科学院武汉传染性疾病预防与控制研究中心 (武汉 430023)
4. 中国科学院武汉病毒研究所&武汉市金银潭医院感染性疾病与健康联合实验室 (武汉 430023)

【摘要】以 ChatGPT (chat generative pre-trained transformer) 为代表的生成式人工智能 (artificial intelligence, AI) 能够根据指令生成文本、图像、音频等多种格式的内容, 已成为 AI 研究中最热门的领域之一。生成式 AI 基于文本、图像、音频等多模态数据进行训练, 能够理解和生成自然语言、回答专业问题以及高精度完成其他与语言相关的任务, 其在语言翻译、文本撰写、代码编程、医学影像解读等领域均有出色表现。近年来, 生成式 AI 开始应用于呼吸内科领域, 并逐渐成为研究热点。本文对生成式 AI, 尤其是 ChatGPT 在医学教育、辅助诊断、临床决策支持、影像分析、医学研究及医患沟通方面的应用现状及其局限性进行综述。

【关键词】生成式人工智能; ChatGPT; 呼吸内科; 医学教育; 临床决策; 医患沟通

【中图分类号】R 56; TP 18 **【文献标识码】**A

Progress in the application of generative artificial intelligence in respiratory medicine

YANG Hong^{1, 2, 3, 4}, ZHOU Xia^{1, 2, 3, 4}

1. Department of Respiratory Medicine, Wuhan Jinyintan Hospital, Tongji Medical College of Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430023, China
 2. Hubei Clinical Research Center for Infectious Diseases, Wuhan 430023, China
 3. Wuhan Research Center for Communicable Disease Diagnosis and Treatment, Chinese Academy of Medical Sciences, Wuhan 430023, China
 4. Joint Laboratory of Infectious Diseases and Health, Wuhan Institute of Virology and Wuhan Jinyintan Hospital, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430023, China
- Corresponding author: ZHOU Xia, Email: 2020jy0009@hust.edu.cn

【Abstract】Generative artificial intelligence (AI), represented by chat generative pre-trained transformer (ChatGPT), can generate content in multiple formats such as text, images, and audio according to instructions, and has become one of the hottest areas in AI research. Based on text, images, audio and other multi-modal data training, generative AI can understand and generate natural language, answer professional questions, and complete other language-related tasks with high accuracy. It has excellent performance in areas such as language translation, text writing, code programming, and medical image interpretation. In recent years, generative AI has begun to be

DOI: 10.12173/j.issn.1004-4337.202406149

通信作者: 周霞, 博士, 副主任医师, 硕士研究生导师, Email: 2020jy0009@hust.edu.cn

applied in the field of respiratory medicine and has gradually become a research hotspot. This article reviews the current status of application and limitations of generative AI, especially ChatGPT, in medical education, assisted diagnosis, clinical decision support, image analysis, medical research, and doctor-patient communication.

【Keywords】 Generative artificial intelligence; ChatGPT; Respiratory medicine; Medical education; Clinical decision making; Doctor-patient communication

近年来,人工智能(artificial intelligence, AI)在许多领域取得了显著成果,尤其在医学领域。生成式 AI 作为人工智能的子集,其发展历程可以追溯到 1972 年,IBM(International Business Machines Corporation)沃森实验室建立了人类第一个语言模型。2010 年,Google 公司的 Jeff Dean 等建立了第一个真正实用的深度学习系统—Google 大脑,并利用它构建出第三代语言模型。2018 年,OpenAI 公司发布了 GPT(generative pre-trained transformer)系列模型^[1]。2020 年,ChatGPT-3 的发布进一步推动了生成式 AI 在自然语言处理领域的应用。2023 年,ChatGPT-4 一经发布就展示出其在理解、处理和生成文本、图像、音频等方面的巨大潜力^[2]。与传统 AI 技术不同,以 ChatGPT 为代表的生成式 AI 在自然语言理解和生成方面取得了巨大成功,颠覆了人类对 AI 的认知^[3]。

在 AI 技术飞速发展的今天,人们正处于一个以数字化、智能化和科技化为特征的医学大数据时代。AI 正在重塑传统医疗保健行业的模式和理念,越来越多的研究将生成式 AI 技术应用于呼吸科的临床诊疗和医学教育中。研究表明,生成式 AI 优化了疾病诊疗过程,能够成为呼吸科医生临床决策的有力辅助工具^[4]。

1 生成式 AI 在医学教育及培训中的应用

生成式 AI 正逐渐改变医学生的学习方式,提高医学教育的质量和效率^[5]。确保 AI 提供的医学知识的准确性和专业性是将其应用于医学教育中最关键的一步。ChatGPT 在美国医疗执照考试(United States Medical Licensing Examination, USMLE)中的通过率达到 60%,与大学三年级医学生水平相当,尤其在逻辑和上下文信息提供方面表现良好^[6]。Ming 等的研究结果显示,ChatGPT-4 在中国医学执业考试中的通过率为 72.7%,高于 ChatGPT-3.5(54%),且 ChatGPT-4 的重复回答变异率为 9%,低于

ChatGPT-3.5(19%),显示出其在医学教育中的应用潜力^[7]。

在医学教育领域,ChatGPT 等生成式 AI 的应用包括:①作业评分与反馈:ChatGPT 能够高效地评估学生作业和论文,为学生的临床文书提供准确的评分及反馈,减轻教师的工作量,提高工作效率^[8];②教学案例生成:ChatGPT 可以生成呼吸内科的研究案例和场景,帮助学生模拟临床诊疗过程,如创建虚拟病例、模拟真实的临床情景,协助医学生和住院医师提高临床思维和决策能力^[9];③医学数据库构建:ChatGPT 通过构建交互式医学数据库,整合教学资源,并可以作为虚拟教师提供个性化课程辅导;④解答医学问题:Luo 等评估了 ChatGPT 回答呼吸科疾病相关问题的表现,并邀请呼吸医学专家对 ChatGPT 的回答进行评估,发现 ChatGPT 的正确率高达 63.5%,尤其在基础医学知识方面表现出色,正确率高达 90%,但由于训练数据的时效性和专业性不足,可能导致回答的准确性、可靠性和专业性方面受限,需要在医疗专家的指导下使用^[10];⑤课程整合:Thomae 等尝试将 ChatGPT 集成到医学课程中,提升了学生满意度和学习成效,尤其在帮助其理解课程内容上效果明显^[11]。ChatGPT 整合的课程提升了医学生的学习体验,并强调了培养医学生的 AI 技能和思维在 AI 时代背景下的医学教育中的必要性。

未来将探索其他 AI 技术,如检索增强生成、多智能体、视频生成等联动生成式 AI 技术,共同助力医学教育,构建教学、测验、评价的一体化智能教育体系,将 AI 技术融入现行教学体制,推动医学教育创新^[12]。

2 生成式 AI 辅助呼吸内科临床决策

呼吸内科疾病包括广泛的病理类型,涉及从上呼吸道到下呼吸道的多种疾病,其诊疗决策常面临挑战。生成式 AI 能够辅助医生进行临床决策,

提高临床工作效率，并在一定程度上降低临床决策的变异性。

2.1 辅助临床诊断

生成式 AI 能够分析多种临床资料，如症状、体征、病史、生化、影像学资料等，在辅助生成疾病诊断、鉴别诊断以及治疗方案等方面为医生提供可靠的参考，实现更全面、客观的临床决策^[13]。Rao 等将默沙东（Merck Sharpe & Dohme, MSD）临床手册中 36 个临床案例输入 ChatGPT，以评估其辅助临床诊断的能力，结果显示初步诊断正确率为 71.7%，最终诊断的准确率高达 76.9%，且获得的临床信息越多，其准确性越高^[14]。一项研究通过比较 ChatGPT-3.5、ChatGPT-4 与急诊科住院医师在诊断急诊患者时的准确性，发现 ChatGPT-4 在诊断准确性上超越了 ChatGPT-3.5 和医师^[15]，表明生成式 AI 在临床中有潜力作为医师的辅助诊断工具，提高诊断的准确性和效率。

罕见和复杂疾病患者常遭遇误诊和治疗延误，尤其在呼吸科。由于这些疾病专业知识仅限于少数医学专家，呼吸内科罕见病的诊断和治疗较为困难。生成式 AI 作为聚合工具，能整合全球呼吸医学资源，有望改变罕见和复杂疾病的诊疗困境。Kanjee 等的研究评估了 ChatGPT-4 在复杂病例中的诊断准确性，发现诊断准确率达到 64%，并在 39% 的病例中将正确诊断作为首要诊断^[16]。Abdullahi 等使用复杂和罕见病例集，通过不同的提示策略评估比较了三种生成式 AI（Bard、ChatGPT-3.5 和 ChatGPT-4）在辅助罕见和复杂疾病诊断方面的性能，在 30 个案例中，3 个生成式 AI 的诊断性能均超过人类和 MedAlpaca（专门设计用于医疗任务的生成式 AI），分别高出至少 5% 和 13%；在经常被误诊的病例中，Bard 与 MedAlpaca 表现相当，但超过了人类（14%）ChatGPT-4 和 ChatGPT-3.5 在偶尔被误诊的病例中表现更好，最低准确率分别为 28% 和 11%；ChatGPT-4 在所有病例中的整体表现最佳^[17]。该研究肯定了生成式 AI 在辅助罕见和复杂疾病诊断方面的能力，但需要提高其准确性和可靠性，同时强调了提示工程的重要性以及如何通过不同的提示策略以提高其性能，未来将在优化提示策略上继续提高其辅助诊断能力^[17]。此外，ChatGPT 在鉴别诊断的生成中也具有辅助作用，一项研究评估了 ChatGPT 在复杂临床案例中生成鉴别诊断

列表方面的准确性，并与三位内科医师创建的鉴别诊断列表进行对比，发现 ChatGPT-4 的诊断准确率在前 10 个和前 5 个鉴别诊断中超过 80%，准确率与医生相当，显示出其作为辅助诊断工具的潜力^[18]。

2.2 影像信息挖掘

生成式 AI 在呼吸内科影像学中的应用集中在图像分析、信息提取以及自动化报告生成方面，它能够对 X 光片、CT 扫描和 MRI 图像的报告数据进行信息挖掘，获取更多疾病特征的信息，为临床医生提供更全面的参考，辅助医生做出更准确、客观的临床诊断和决策。

Hu 等使用 847 份 CT 报告评估了 ChatGPT 在放射学报告信息提取上的能力，发现其在肿瘤位置、长径和短径的提取上优于基线信息提取系统，添加相关医学知识到提示模板中，显著改善了肿瘤棘状和分叶状信息等简单提取任务的表现，但复杂提取任务未得到明显改善^[19]。该研究验证了 ChatGPT 在呼吸内科放射学图像信息提取中的潜力，但在复杂的提取任务（如肿瘤密度和淋巴结状态）的提取中仍有待提高，未来需要进一步提高模型的理解、推理和提取能力^[19]。Fink 等发现，在肺癌 CT 扫描数据挖掘中，ChatGPT-4 在提取病变参数、肿瘤表型、识别转移性疾病和生成肿瘤进展标签等方面均优于 ChatGPT，ChatGPT-4 具有更高的准确性和更低的混淆率^[20]。

此外，生成式 AI 在自动化报告生成中也具有前景。一项研究通过比较 100 份分别由放射科医师和 ChatGPT-4 生成的报告，发现 ChatGPT-4 生成的报告与放射科医生的质量相当，其在清晰度、易理解性和结构上优于放射科医生的报告，且更加简洁，但句子长度变异性较大^[21]。因此，ChatGPT-4 有潜力成为生成标准化放射学报告的可靠工具，能够在临床工作中简化信息提取和分析，提高医生的效率。

结合文本、图像、音频等多模态数据的输入可能提高生成式 AI 在医疗影像诊断和分析中的应用效果，这也是未来的研究方向。一项研究提出了一种基于 Transformer 的多模态表征学习模型，该模型能够处理医学影像、非结构化主诉和结构化临床信息等多模态输入的数据，从而提高临床疾病诊断的准确性^[22]。曾梦等通过建立基于胸部 CT 图像的深度神经网络模型，分析

胸部影像学数据, 实现了肺炎的快速诊断及分类预测, 且深度学习模型联合生成式 AI 技术辅助临床诊断及建立预测模型是下一步的研究方向^[23]。未来将进一步探索生成式 AI 融合大数据, 联动多种 AI 技术对影像资料进行多维度信息挖掘, 建立与疾病的关联及预测模型, 实现呼吸科影像的自动分析判读, 并对患者分型、预后和转归等进行预测^[24]。

2.3 临床决策支持

生成式 AI 通过分析患者的病例资料, 如年龄、性别、病史、检验和检查结果及电子健康记录, 评估不同治疗方案的效果和风险, 辅助医生制定治疗计划, 甚至预测预后。Rizwan 等研究了 ChatGPT 在疾病诊断和治疗中的应用, 发现其提供的治疗方案符合现行的指南, 能够辅助初级医生的临床决策, 但其依赖于疾病的典型症状和检查结果, 仅能提供一般性的治疗原则及方案^[25], 而在实际临床中需要综合考虑患者的具体情况, 如合并症、疾病的阶段和进展情况等。

生成式 AI 术前通过模拟手术步骤来优化手术方案, 提高手术的成功率, 减少意外和并发症的发生。术后为患者提供康复指导和监测, 有助于术后护理和康复。Clark 等使用 ChatGPT 分析患者数据, 提供从术前、术中到术后的全方位支持, 包括术前规划、手术辅助、术中监测、术后护理等方面^[26]。

3 生成式 AI 在医学学术研究中的应用

ChatGPT 能够在文章写作的多个阶段为科研人员提供辅助, 包括自动文献审查、生成结构化大纲、起草和编辑辅助、语言翻译和润色、参考文献的生成、表格和图形创建等^[27]。例如, ChatGPT 可以根据输入的关键词生成结构化的文献综述提纲, 提供话题建议、撰写文章结构、生成引言和内容、辅助文献回顾等帮助写作^[28]。ChatGPT 还可以简化复杂的数据集为可读的摘要, 帮助初步数据分析。例如研究人群肺心病患病率时, ChatGPT 可以生成一份摘要, 详细说明年龄、性别和相关风险因素等关键变量的分布情况, 分析发病率与危险因素之间存在的关联模式等^[29]。ChatGPT 还可以根据数据的性质和分布, 提供统计分析方法指导。例如, 研究人员正在处理一个数据集, 探讨吸烟与肺癌之间的关系, 其

中包含年龄、吸烟频率和癌症发病率等变量, ChatGPT 可以推荐合适的统计检验方法, 如用于分类数据的卡方检验、用于比较均值的 t 检验或用于探索变量间关系的回归模型。此外, 对于不熟悉编程语言的研究人员来说, ChatGPT 能够编写数据处理和分析的代码, 帮助研究人员开展学术研究^[30]。

4 生成式 AI 在呼吸科医患沟通中的应用

医患沟通是贯穿整个临床诊疗过程中的重要环节, 包括治疗前的谈话、解释病情和治疗方案等。生成式 AI 可以通过医疗知识宣教、医疗术语解释和医学报告解读以及患者提问解答等形式, 提高医患沟通效率, 帮助患者更好地理解他们的病情和治疗方案, 这有助于加强医患信任, 改善医疗环境。

4.1 医疗宣教

生成式 AI 可以提供个性化、易于理解的医疗宣教材料, 解释复杂的医疗术语、医学知识和治疗方案等。Cheong 等尝试将 ChatGPT 和 Google Bard 用于为阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征 (obstructive sleep apnea hypopnea syndrome, OSAHS) 患者提供的医疗宣教材料, 发现二者均能在保证内容准确、完整的同时生成易于非专业人员理解的材料, 并提高其可读性, ChatGPT 生成的材料在可读性和实践指导性方面优于 Google Bard, 且均未生成错误或危险的信息^[31]。因此, 生成式 AI 有望应用于医疗宣教, 提升患者健康素养及疾病认识, 但在实际应用中需要医生参与以确保信息的准确性和可靠性。

4.2 解释医学报告

生成式 AI 能够通过即时问答的形式, 为患者解读医学报告、解释病情及治疗方案等。Lyu 等使用 ChatGPT 将 138 份放射学报告 (62 份胸部 CT 和 76 份脑部 MRI 扫描) 解释成通俗易懂的语言并由放射科医生进行评分, ChatGPT 平均得分为 4.27 分 (满分 5 分), 信息遗漏和错误信息较少, 反映出生成式 AI 在解释医学报告上的潜力^[32]。Rogasch 的团队研究了 ChatGPT 在 PET/CT 扫描前的患者咨询和报告解释中的表现, 通过输入 13 个与 PET/CT 相关的问题到 ChatGPT 并要求其解释其中 6 份 PET/CT 报告 (包括肺癌和霍奇金淋巴瘤), 邀请放射科医生对回答进行

评分,结果显示,ChatGPT 的回答在 92% 的任务中被评为“适当”,在 96% 的任务中被评为“有用”,在敏感问题(如肿瘤分期或治疗选择)的回答中 83% 被评为“富有同情心”^[33]。生成式 AI 能够将专业的影像学报告转化为更易于理解、对医学外行友好的语言,同时保证信息的正确性和完整性,有助于患者理解自身病情,改善医患沟通。

此外,生成式 AI 支持多种语言和文化背景,有助于呼吸科医生与不同地区和文化背景的患者沟通。同时,生成式 AI 也可以通过提供心理健康咨询或者作为一个倾听者给予患者情感支持,帮助其应对治疗过程中的压力和焦虑。

4.3 提供康复指导与慢病管理服务

生成式 AI 通过即时问答的方式为患者提供疾病一般性的健康指导和建议,帮助患者更好地理解和管理自己的病情。生成式 AI 可以提供疾病管理和康复指导、医疗保健等建议,帮助患者了解康复过程中的预期进展和挑战。

生成式 AI 通过跟踪患者术后康复进度,提醒他们复查或调整治疗计划。联合移动应用程序和在线平台,患者可以实时与 AI 交流,获得即时反馈和建议。Hasnain 等研究了 ChatGPT 在慢性阻塞性肺病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)管理中的应用,ChatGPT 通过实时回答患者提出的问题,帮助患者了解 COPD 的病因、症状等,提供生活方式指导,并根据医疗指南推荐药物^[34]。但 ChatGPT 提供的建议具有一般性,不能根据病人具体情况提供针对性的方案,必须在医生的监督下使用。但其在健康教育、情感支持和医疗咨询方面的应用对 COPD 患者和医疗保健提供者均有益处,未来有望用于 COPD 等慢性病的管理中。

5 局限性

尽管生成式 AI 在呼吸科显示出巨大的潜能,但仍存在一些不足,影响其广泛应用。生成式 AI 在医学教育中的应用面临着数据准确性、隐私安全、教育公平性、过度依赖等挑战^[35-37],需完善数据库、加强专业监督、提升医学生的 AI 素养^[38]。生成式 AI 在辅助临床决策中的限制包括准确性、数据安全和隐私问题、算法偏见问题以及如何整合现有医疗体系,可能引发责任归属和患

者主权等法律和伦理问题等^[39-40],需通过提高数据质量、加强隐私保护和法律监管、减少算法偏见、提高模型的可解释性以及优化技术整合等举措促进生成式 AI 在临床中的应用^[41-42]。生成式 AI 在学术研究的应用上需遵守学术诚信和研究伦理,平衡技术依赖,过度依赖会导致研究缺乏原创性和批判性,带来偏见和抄袭问题^[43]。在医患沟通的应用中,医生需要在适应新技术的同时加强与患者的沟通,避免过度依赖 AI 而导致医患关系淡化,同时,患者应增加对 AI 技术的接受度,积极参与自身治疗过程,共同推动医疗服务的进步。

6 结语

综上所述,虽然生成式 AI 在医学应用上已展现出相当的成熟度,但在应用时仍应保持谨慎。AI 是辅助医生完成诊疗工作的有力辅助工具而非替代品,医生的专业知识、临床经验和人文关怀是无法被人工智能替代的。生成式 AI 在呼吸科的应用具有广阔的前景和发展空间,对患者而言,能够帮助其更好地管理和控制自己的健康状况;对医生而言,可以辅助临床决策,提高工作效率;对医疗机构而言,可以提供更优质的医疗服务。随着医疗数据的不断丰富和技术的不断发展,生成式 AI 与临床的深度融合将在未来得以实现,推动呼吸科临床诊疗走向智能时代。

参考文献

- 1 Gilson A, Safranek CW, Huang T, et al. How does ChatGPT perform on the United States Medical Licensing Examination (USMLE)? The implications of large language models for medical education and knowledge assessment[J]. *JMIR Med Educ*, 2023, 9: e45312. DOI: [10.2196/45312](https://doi.org/10.2196/45312).
- 2 张熙, 杨小汕, 徐常胜, 等. ChatGPT 及生成式人工智能现状及未来发展方向[J]. *中国科学基金*, 2023, 37(5): 743-750. [Zhang X, Yang XS, Xu CS, et al. Current state and future development directions of ChatGPT and generative artificial intelligence[J]. *Bulletin of National Natural Science Foundation of China*, 2023, 37(5): 743-750.] DOI: [10.16262/j.cnki.1000-8217.20231026.002](https://doi.org/10.16262/j.cnki.1000-8217.20231026.002).
- 3 Lee P, Bubeck S, Petro J. Benefits, limits, and risks of GPT-4 as an AI Chatbot for medicine[J]. *N Engl J Med*, 2023, 388(13): 1233-1239. DOI: [10.1056/NEJMs2214184](https://doi.org/10.1056/NEJMs2214184).
- 4 Liu J, Wang C, Liu S. Utility of ChatGPT in clinical practice[J]. *J Med Internet Res*, 2023, 25: e48568. DOI: [10.2196/48568](https://doi.org/10.2196/48568).
- 5 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. DOI: [10.2196/48785](https://doi.org/10.2196/48785).
- 6 Kung TH, Cheatham M, Medenilla A, et al. Performance of ChatGPT on USMLE: potential for AI-assisted medical education using large language models[J]. *PLOS Digit Health*, 2023, 2(2): e0000198. DOI: [10.1371/journal.pdig.0000198](https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000198).
- 7 Ming S, Guo Q, Cheng W, et al. Influence of model evolution and system roles on ChatGPT's performance in Chinese medical licensing exams: comparative study[J]. *JMIR Med Educ*, 2024, 10: e52784. DOI: [10.2196/52784](https://doi.org/10.2196/52784).
- 8 Burke HB, Hoang A, Lopreiato JO, et al. Assessing the ability of a large language model to score free-text medical student clinical notes: quantitative study[J]. *JMIR Med Educ*, 2024, 10: e56342. DOI: [10.2196/56342](https://doi.org/10.2196/56342).
- 9 Khan RA, Jawaid M, Khan AR, et al. ChatGPT – reshaping medical education and clinical management[J]. *Pak J Med Sci*, 2023, 39(2): 605–607. DOI: [10.12669/pjms.39.2.7653](https://doi.org/10.12669/pjms.39.2.7653).
- 10 Luo H, Yan J, Zhou X. Evaluating artificial intelligence responses to respiratory medicine questions[J]. *Respirology*, 2024, 29(7): 640–643. DOI: [10.1111/resp.14733](https://doi.org/10.1111/resp.14733).
- 11 Thomae AV, Witt CM, Barth J. Integration of ChatGPT into a course for medical students: explorative study on teaching scenarios, students' perception, and applications[J]. *JMIR Med Educ*, 2024, 10: e50545. DOI: [10.2196/50545](https://doi.org/10.2196/50545).
- 12 Mir MM, Mir GM, Raina NT, et al. Application of artificial intelligence in medical education: current scenario and future perspectives[J]. *J Adv Med Educ Prof*, 2023, 11(3): 133–140. DOI: [10.30476/JAMP.2023.98655.1803](https://doi.org/10.30476/JAMP.2023.98655.1803).
- 13 Mu Y, He D. The potential applications and challenges of ChatGPT in the medical field[J]. *Int J Gen Med*, 2024, 17: 817–826. DOI: [10.2147/IJGM.S456659](https://doi.org/10.2147/IJGM.S456659).
- 14 Rao A, Pang M, Kim J, et al. Assessing the utility of ChatGPT throughout the entire clinical workflow: development and usability study[J]. *J Med Internet Res*, 2023, 25: e48659. DOI: [10.2196/48659](https://doi.org/10.2196/48659).
- 15 Hoppe JM, Auer MK, Strüven A, et al. ChatGPT with GPT-4 outperforms emergency department physicians in diagnostic accuracy: retrospective analysis[J]. *J Med Internet Res*, 2024, 26: e56110. DOI: [10.2196/56110](https://doi.org/10.2196/56110).
- 16 Kanjee Z, Crowe B, Rodman A. Accuracy of a generative artificial intelligence model in a complex diagnostic challenge[J]. *JAMA*, 2023, 330(1): 78–80. DOI: [10.1001/jama.2023.8288](https://doi.org/10.1001/jama.2023.8288).
- 17 Abdullahi T, Singh R, Eickhoff C. Learning to make rare and complex diagnoses with generative AI assistance: qualitative study of popular large language models[J]. *JMIR Med Educ*, 2024, 10: e51391. DOI: [10.2196/51391](https://doi.org/10.2196/51391).
- 18 Hirotsawa T, Kawamura R, Harada Y, et al. ChatGPT-generated differential diagnosis lists for complex case-derived clinical vignettes: diagnostic accuracy evaluation[J]. *JMIR Med Inform*, 2023, 11: e48808. DOI: [10.2196/48808](https://doi.org/10.2196/48808).
- 19 Hu D, Liu B, Zhu X, et al. Zero-shot information extraction from radiological reports using ChatGPT[J]. *Int J Med Inform*, 2024, 183: 105321. DOI: [10.1016/j.ijmedinf.2023.105321](https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2023.105321).
- 20 Fink MA, Bischoff A, Fink CA, et al. Potential of ChatGPT and GPT-4 for data mining of free-text CT reports on lung cancer[J]. *Radiology*, 2023, 308(3): e231362. DOI: [10.1148/radiol.231362](https://doi.org/10.1148/radiol.231362).
- 21 Hasani AM, Singh S, Zahergivar A, et al. Evaluating the performance of generative pre-trained transformer-4 (GPT-4) in standardizing radiology reports[J]. *Eur Radiol*, 2024, 34(6): 3566–3574. DOI: [10.1007/s00330-023-10384-x](https://doi.org/10.1007/s00330-023-10384-x).
- 22 Zhou HY, Yu Y, Wang C, et al. A transformer-based representation-learning model with unified processing of multimodal input for clinical diagnostics[J]. *Nat Biomed Eng*, 2023, 7(6): 743–755. DOI: [10.1038/s41551-023-01045-x](https://doi.org/10.1038/s41551-023-01045-x).
- 23 曾梦, 赵娜, 王显棋, 等. 基于胸部 CT 图像的肺炎深度学习分类预测模型 [J]. *陆军军医大学学报*, 2023, 45(21): 2266–2274. [Zeng M, Zhao N, Wang XQ, et al. Establishment of a chest-CT-image-based classification deep learning model for pneumonia prediction[J]. *Journal of Army Medical University*, 2023, 45(21): 2266–2274.] DOI: [10.16016/j.2097-0927.202307139](https://doi.org/10.16016/j.2097-0927.202307139).
- 24 李明宵, 何柳, 孔羽, 等. 人工智能应用于心血管疾病诊疗的现状与展望 [J]. *武汉大学学报 (医学版)*, 2023, 44(10): 1159–1163. [Li MX, He L, Kong Y, et al. Status and prospect of artificial intelligence in the diagnosis and treatment of cardiovascular disease[J]. *Medical Journal of Wuhan University*, 2023, 44(10): 1159–1163.] DOI: [10.14188/j.1671-8852.2023.6003](https://doi.org/10.14188/j.1671-8852.2023.6003).
- 25 Rizwan A, Sadiq T. The use of AI in diagnosing diseases and providing management plans: a consultation on cardiovascular disorders with ChatGPT[J]. *Cureus*, 2023, 15(8): e43106. DOI: [10.7759/cureus.43106](https://doi.org/10.7759/cureus.43106).
- 26 Clark SC. Can ChatGPT transform cardiac surgery and heart transplantation?[J]. *J Cardiothorac Surg*, 2024, 19(1): 108. DOI: [10.1186/s13019-024-02541-0](https://doi.org/10.1186/s13019-024-02541-0).
- 27 Lee PY, Salim H, Abdullah A, et al. Use of ChatGPT in medical research and scientific writing[J]. *Malays Fam Physician*, 2023, 18: 58. DOI: [10.51866/em0006](https://doi.org/10.51866/em0006).
- 28 Wiwanitkit S, Wiwanitkit V. ChatGPT, medical research and scientific writing[J]. *Malays Fam Physician*, 2024, 19: 3. DOI: [10.51866/te.545](https://doi.org/10.51866/te.545).
- 29 Chandra A, Dasgupta S. Impact of ChatGPT on medical research article writing and publication[J]. *Sultan Qaboos Univ Med J*, 2023, 23(4): 429–432. DOI: [10.18295/squmj.11.2023.068](https://doi.org/10.18295/squmj.11.2023.068).
- 30 Arshad HB, Butt SA, Khan SU, et al. ChatGPT and artificial intelligence in hospital level research: potential, precautions, and prospects[J]. *Methodist Debakey Cardiovasc J*, 2023, 19(5): 77–84. DOI: [10.14797/mdvj.1290](https://doi.org/10.14797/mdvj.1290).
- 31 Cheong RCT, Unadkat S, Meneillis V, et al. Artificial intelligence chatbots as sources of patient education material for obstructive sleep apnoea: ChatGPT versus google bard[J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2024, 281(2): 985–993. DOI: [10.1007/s00405-023-08319-9](https://doi.org/10.1007/s00405-023-08319-9).

- 32 Lyu Q, Tan J, Zapadka ME, et al. Translating radiology reports into plain language using ChatGPT and GPT-4 with prompt learning: results, limitations, and potential[J]. *Vis Comput Ind Biomed Art*, 2023, 6(1): 9. DOI: [10.1186/s42492-023-00136-5](https://doi.org/10.1186/s42492-023-00136-5).
- 33 Rogasch JMM, Metzger G, Preisler M, et al. ChatGPT: can you prepare my patients for [¹⁸F]FDG PET/CT and explain my reports?[J]. *J Nucl Med*, 2023, 64(12): 1876–1879. DOI: [10.2967/jnumed.123.266114](https://doi.org/10.2967/jnumed.123.266114).
- 34 Hasnain M, Hayat A, Hussain A. Revolutionizing chronic obstructive pulmonary disease care with the open AI application: ChatGPT[J]. *Ann Biomed Eng*, 2023, 51(10): 2100–2102. DOI: [10.1007/s10439-023-03238-6](https://doi.org/10.1007/s10439-023-03238-6).
- 35 Xu T, Weng H, Liu F, et al. Current status of ChatGPT use in medical education: potentials, challenges, and strategies[J]. *J Med Internet Res*, 2024, 26: e57896. DOI: [10.2196/57896](https://doi.org/10.2196/57896).
- 36 Boscardin CK, Gin B, Golde PB, et al. ChatGPT and generative artificial intelligence for medical education: potential impact and opportunity[J]. *Acad Med*, 2024, 99(1): 22–27. DOI: [10.1097/ACM.0000000000005439](https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000005439).
- 37 Zhui L, Fenghe L, Xuehu W, et al. Ethical considerations and fundamental principles of large language models in medical education: viewpoint[J]. *J Med Internet Res*, 2024, 26: e60083. DOI: [10.2196/60083](https://doi.org/10.2196/60083).
- 38 陈湘, 邓然, 吴川清. 生成式人工智能大型语言模型在医学教育实践的探讨 [J]. *临床急诊杂志*, 2024, 25(6): 310–314. [Chen X, Deng R, Wu CQ. Exploration of generative artificial intelligence large language models in medical education practice[J]. *Journal of Clinical Emergency*, 2024, 25(6): 310–314.] DOI: [10.13201/ji.sn.1009-5918.2024.06.007](https://doi.org/10.13201/ji.sn.1009-5918.2024.06.007).
- 39 吴宗宪, 肖艳秋. 生成式人工智能的应用、风险与法律回应——以 ChatGPT 为视角 [J]. *天津师范大学学报 (社会科学版)*, 2024. (2024–03–25). [Wu ZX, Xiao YQ. The application, risk and legal response of artificial intelligence generated content——taking the perspective of ChatGPT[J]. *Journal of Tianjin Normal University (Social Sciences)*, 2024. (2024–03–25).] <https://www.cqvip.com/doc/journal/3342160306>
- 40 潘高润, 叶冠志, 方韶韩, 等. ChatGPT 在医学临床实践应用与伦理探索 [J/OL]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2024, (2024–03–25). [Pan GJ, Ye GZ, Fang SH, et al. Application and ethical exploration of ChatGPT in medical clinical practice[J/OL]. *Chinese Journal of Clinical Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2024, (2024–03–25).] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1492.R.20240321.1047.022.html>
- 41 Hacker P, Engel A, Mauer M. Regulating ChatGPT and other large generative AI models[C]. *FACCT '23: Proceedings of the 2023 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 2023, 1112–1123. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3593013.3594067>
- 42 Boudierhem R. Shaping the future of AI in healthcare through ethics and governance[J]. *Palgrave Communications*, 2024, 11(1): 1–12. DOI: [10.1057/s41599-024-02894-w](https://doi.org/10.1057/s41599-024-02894-w).
- 43 Jeyaraman M, Ramasubramanian S, Balaji S, et al. ChatGPT in action: harnessing artificial intelligence potential and addressing ethical challenges in medicine, education, and scientific research[J]. *World J Methodol*, 2023, 13(4): 170–178. DOI: [10.5662/wjm.v13.i4.170](https://doi.org/10.5662/wjm.v13.i4.170).

收稿日期: 2024 年 06 月 24 日 修回日期: 2024 年 12 月 09 日
本文编辑: 张 苗 黄 笛

引用本文: 杨鸿, 周霞. 生成式人工智能在呼吸内科的应用进展[J]. *数理医药学杂志*, 2025, 38(1): 60–66. DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202406149](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202406149).
Yang H, Zhou X. Progress in the application of generative artificial intelligence in respiratory medicine[J]. *Journal of Mathematical Medicine*, 2025, 38(1): 60–66. DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202406149](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202406149).