

· 专家述评 ·

大模型时代:眼科人工智能发展的新机遇

杨卫华¹ 许言午^{2,3} 王宁利^{4,5} 宋宗明⁶

¹深圳市眼科医院 南方医科大学深圳眼科医学中心,深圳 518040;²华南理工大学未来技术学院,广州 510641;³人工智能与数字经济广东省实验室(广州),广州 510320;⁴河南省医学科学院,郑州 450003;⁵首都医科大学附属北京同仁医院 北京市眼科研究所,北京 100005;⁶河南省人民医院眼科 河南省立眼科医院 河南省眼科学与视觉科学重点实验室 郑州大学人民医院眼科,郑州 450003

通信作者:王宁利,Email:wningli@vip.163.com;宋宗明,Email:szmeyes@126.com

【摘要】 随着人工智能(AI)技术的飞速发展,尤其是大模型技术的突破,其在医疗领域的应用日益广泛。眼科作为医学的重要分支,是 AI 研究和应用比较全面的临床专科,尤其是眼科影像学的 AI 分析。目前, AI 在眼科领域正顺应大模型技术带来的深刻变革;AI 大模型凭借其强大的数据理解能力和多模态交互能力,为眼科疾病的诊断、治疗和健康宣教提供了新的可能性,对当前眼科 AI 模式变革有着强有力的推动作用。本文将探讨 AI 大模型的广泛应用给目前眼科 AI 研究与实践带来的新机遇,并为眼科医师提供参考建议,以期行业发展提供参考。

【关键词】 眼科;人工智能;大模型;机遇;辅助

基金项目: 中原科技领军人才项目(224200510013);河南省立眼科医院基础研究专项(20JCZD001);河南省重大科技专项(221100310200);河南省自然科学基金(252300421269);广东省基础与应用基础研究基金(2025A1515011627)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20250517-00161

The era of large models: new opportunities for the development of artificial intelligence in ophthalmology

Yang Weihua¹, Xu Yanwu^{2,3}, Wang Ningli^{4,5}, Song Zongming⁶

¹Shenzhen Eye Hospital, Shenzhen Eye Medical Center, Southern Medical University, Shenzhen 518040, China; ²School of Future Technology, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China; ³Guangdong Artificial Intelligence and Digital Economy Laboratory (Guangzhou), Guangzhou 510320, China; ⁴Henan Academy of Medical Sciences, Zhengzhou 450003, China; ⁵Beijing Tongren Hospital, Capital Medical University, Beijing Institute of Ophthalmology, Beijing 100005, China; ⁶Department of Ophthalmology, Henan Provincial People's Hospital, Henan Eye Hospital, Henan Key Laboratory for Ophthalmology and Visual Science, Zhengzhou University People's Hospital, Zhengzhou 450003, China

Corresponding authors: Wang Ningli, Email:wningli@vip.163.com; Song Zongming, Email:szmeyes@126.com

【Abstract】 With the rapid advancement of artificial intelligence (AI) technology, particularly breakthroughs in large models, AI applications in healthcare are becoming increasingly widespread. Ophthalmology, as a critical branch of medicine, has emerged as a clinical specialty with comprehensive AI research and applications, especially in the AI-driven analysis of ophthalmic imaging. Currently, AI in ophthalmology is undergoing profound transformation driven by large model technology. AI large models, with their robust data comprehension and multimodal interaction capabilities, offer new possibilities for the diagnosis, treatment, and health education of ophthalmic diseases, powerfully propelling the evolution of current AI paradigms in ophthalmology. This article explores the novel opportunities brought by the extensive application of AI large models in ophthalmic research and practice, and provides recommendations for ophthalmologists and insights for industry development.

【Key words】 Ophthalmology; Artificial intelligence; Large model; Opportunity; Assistance

Fund program: Central Plans Science and Technology Leading Talent Project (224200510013); Henan Eye Hospital Basic Research Program (20JCZD001); Henan Provincial Major Science and Technology Project

(221100310200); Henan Provincial Natural Science Foundation Project (252300421269); Guangdong Basic and Applied Basic Research Foundation (2025A1515011627)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20250517-00161

人工智能 (artificial intelligence, AI) 技术不断革新,正以前所未有的速度重塑医学实践^[1-2]。自深度学习技术突破以来,AI 与医疗的结合逐步从实验室走向临床;而大模型的崛起,更是加速了这一进程。眼科作为医学领域中数据密集、影像驱动特征明显的专科,天然成为 AI 技术落地的前沿阵地——从糖尿病视网膜病变的自动筛查,到青光眼进展预测,AI 算法已在眼底影像分析、疾病风险分层等场景中展现出接近甚至超越人类专家的性能^[3-6]。然而,传统 AI 模型受限于单任务、小样本的训练范式,难以突破“碎片化应用”的瓶颈。AI 大模型技术凭借其强大的跨模态学习能力和通用任务处理机制,为眼科 AI 带来了根本性变革:通过整合海量彩色眼底照相图像、光学相干断层扫描数据及电子病历文本,AI 大模型不仅能实现眼科多病种的联合诊断,还可挖掘眼病演进规律与全身健康的潜在关联^[7-8]。

当前,全球眼科 AI 研究已迈入“大模型驱动”的新阶段^[9]。伦敦 Moorfields 眼科医院于 2024 年提出的 RETFound 预训练大模型,通过自监督学习在超过 160 万张未标注的视网膜图像上训练而成,成功实现通过视网膜图像预测系统性疾病,包括心肌梗死、心力衰竭、缺血性卒中以及帕金森病^[7]。国内“伏羲慧眼”大模型更将应用场景延伸至由眼部信息预测 38 种血液检测指标以及颅脑疾病,揭示了“以眼为窗”的全生命周期健康管理的可能性^[10]。AI 大模型技术的快速发展推动了眼科的临床诊疗,为眼科的学科发展带来了新机遇。广大眼科临床医师面临一个关键的问题,即如何应对眼科 AI 大模型的快速发展,如何有效利用眼科 AI 大模型技术。本文旨在系统剖析大模型时代眼科 AI 面临的新机遇,并基于跨学科视角提出应对策略,为构建更安全、可信、普惠的眼科智能诊疗生态提供参考建议。

1 AI 大模型的定义与分类

AI 大模型是指拥有超大规模参数(通常在十亿以上)的机器学习模型,能够处理海量数据并完成复

杂任务。根据处理的数据类型和任务特点,AI 大模型可以分为以下几类(表 1)。

2 大语言模型与图像大模型的异同点

大语言模型与图像大模型的相同点主要有以下几个方面:(1)架构基础 两者通常基于 Transformer 架构^[17],利用自注意力机制(Self-Attention)处理序列数据。(2)数据驱动 都需要大量高质量数据进行训练,以提升模型的泛化能力和性能。(3)应用场景 在医学领域,两者均可用于辅助诊断、科研分析和患者管理。

大语言模型与图像大模型的不同点主要有以下几个方面:(1)数据类型不同 大语言模型主要处理文本数据,而图像大模型专注于图像数据。(2)任务特点不同 大语言模型擅长生成和理解自然语言,如医学报告解读、病历生成等^[18-19];图像大模型则擅长从医学影像中提取特征,如病灶检测、图像分割等^[20-21]。(3)技术挑战不同 大语言模型面临语义理解和生成准确性的挑战,而图像大模型则需解决图像分辨率和标注质量的难题。

3 AI 大模型技术在医学领域中的应用

在医学领域,大语言模型和图像大模型凭借各自的优势,正推动诊疗流程的革新。两者的应用场景既有差异,也在某些环节中逐步融合,共同为医疗行业发展注入智能化动力。

3.1 大语言模型的应用:从文本中挖掘医学价值

大语言模型的核心能力在于理解和生成自然语言,这使其在处理医学文本数据时展现出独特价值。在临床场景中,医生每日需面对海量的病历、检查报告和科研文献,大语言模型可快速解析这些文本中的关

表 1 AI 大模型技术分类对比

分类	子分类	处理数据类型	任务特点	代表模型
大语言模型	-	文本	专注于自然语言处理任务,如文本生成、问答、对话等	Llama, BERT ^[11] 、DeepSeek
图像大模型	图像预训练大模型	图像	专注于计算机视觉任务,如图像分类、目标检测等	MAE ^[12] 、DINO ^[13] 、Segment Anything ^[14]
	图像生成大模型	图像	利用大规模数据训练的文本引导图像生成	Stable Diffusion ^[15] 、Imagen、DALL-E
多模态大模型	-	文本、图像、音频等多种数据	能够同时处理多种数据类型,完成跨模态任务(如文本到图像、多模态问答等)	OpenAI 的 GPT-4 系列、谷歌 Gemini ^[16] 、阿里巴巴的 QWEN 系列



键信息。以谷歌的 Med-PaLM 为例,它不仅能从患者的主诉中提取症状关键词,还能结合其过往病史生成初步诊断建议,甚至可标注出需重点关注的异常指标^[22-23]。当需要在短时间内处理复杂病例时,如急诊科医生,大语言模型可以像一位“数字助手”般快速整理患者信息,减少人为疏漏。在患者端,大语言模型正在改变健康管理的模式:通过聊天机器人或智能问诊平台,患者可以用自然语言描述症状,模型则会基于医学知识库提供分诊建议^[24]。这种交互方式不仅降低了医疗咨询的门槛,也一定程度缓解了线下医疗资源的压力。

3.2 图像大模型的应用:让医学影像“开口说话”

如果说大语言模型解构了文本中的医学逻辑,图像大模型则赋予了医学影像更深层的诊断价值。这类模型通过分析 CT、MRI 图像、病理切片等视觉数据,能够捕捉到人眼难以察觉的细微特征。以糖尿病视网膜病变筛查系统为例,它通过眼底照片不仅能识别微动脉瘤等典型病变,还能量化出血面积,提供比传统描述更精准的评估报告^[25]。在病理诊断这类高度依赖经验的工作中,此类模型的介入正在改变传统诊断模式——Pathchat 可以推断肿瘤的原发部位,指导免疫组织化学(immunohistochemistry, IHC)解释,遵循国际公认的肿瘤分级指南,提供疑似恶性肿瘤的潜在 IHC 结果建议,协助临床医师完成需要多轮 IHC 检查的复杂差异诊断^[26]。

三维重建技术的突破让图像大模型的应用延伸至手术室。例如,在神经外科手术中,基于患者 MRI 数据生成的脑部三维模型,可以清晰显示肿瘤与周围血管的位置关系。达芬奇手术机器人结合上述大模型后,能够在切除病灶时实时避开关键功能区,有效降低手术并发症风险^[27]。已有团队探索多模态融合,尝试将病理图像与基因检测报告关联,通过跨模态分析预测癌症患者的化疗敏感性^[28],这种“视觉+文本”的联合诊断模式,正逐步打破传统医学的学科壁垒。

3.3 不同的医学 AI 大模型技术:殊途同归的医疗未来

尽管各医学 AI 大模型的技术路径不同,大语言模型与图像大模型的终极目标都是提升医疗服务的精准度和可及性。大语言模型能对分散的文本数据建立关联,从而构建起动态更新的医学知识网络;图像大模型则突破了人类视觉的生理局限,将影像信息转化为可量化的诊断依据。而像 Med-PaLM M^[29] 与 Med-Flamingo^[30] 这样的多模态医疗 AI 大模型,已开始尝试同时解读患者医学影像和病史文本,生成包含影像特征分析与治疗方案建议的整合报告。这种融合或许预

示着未来医疗 AI 的形态——不再是单一功能的工具,而是能够像资深专家一样,综合各类医疗信息做出全局诊疗判断的“智能诊疗伙伴”。

4 大模型为眼科 AI 发展带来的新机遇

4.1 提升疾病诊断效率与精准度

AI 大模型技术可通过深度学习分析海量眼科图像数据,快速识别病变区域;与传统 AI 技术相比,其诊断效率和精准度均显著提高。例如,眼科 AI 大模型“伏羲慧眼”在多达 10 种常见的眼科疾病,如糖尿病视网膜病变、青光眼、年龄相关性黄斑变性等的检测中展现了卓越的精准度,其对常见眼科疾病的诊断性能均优于传统 ResNet 模型;在 12 种常见眼科疾病诊断准确性对比中,“伏羲慧眼”诊断能力优于低年资医生,且与经过高年资医生培训后的中年资医生相当^[10]。

4.2 优化治疗方案与个性化医疗

AI 大模型能够整合遗传信息、生活习惯、环境因素等多模态数据,通过分析患者的病历数据、遗传信息和生活习惯,提供个性化的治疗建议。例如,在年龄相关性黄斑变性的治疗中,AI 系统能够预测疾病进展并优化治疗方案。中山眼科中心与华为合作开发的 ChatZOC 大模型,不仅能够辅助诊断常见眼病,还能通过大数据揭示疾病模式,促进新治疗方法和药物的研发^[31]。

4.3 推动眼科科研与技术创新

AI 大模型技术在眼科科研中的应用展现出巨大潜力。通过分析海量医学文献和临床数据,AI 可以加速新药研发和临床试验的进程。例如,“伏羲慧眼”大模型^[10]不仅可用于眼科领域,还有延伸至心血管、呼吸、代谢性疾病等慢病防控领域的潜力,推动眼科与其他学科的交叉创新。

4.4 促进眼健康管理及疾病预防

AI 大模型技术可通过眼底照片等非侵入性手段,实现全身性疾病的早期筛查和风险预警。例如,王宁利团队研发的眼科 AI 大模型通过眼底照片可以诊断糖尿病、高血压、颅内肿瘤等 30 多种疾病,为健康管理提供了新的工具^[10]。该技术不仅降低了筛查成本,还提高了疾病早期检出率,有助于降低社会整体医疗成本。AI 大模型不仅限于诊断,还能提供长期的健康管理服务。例如,ChatZOC 模型能为患者提供全天候眼健康咨询服务,ChatZOC 辅助模式下的患者服务效率大幅提升^[31]。

4.5 优化医疗资源配置与可及性

AI 大模型技术的普及可缓解医疗资源分布不均

的问题,通过该技术,眼科检查有望纳入慢性病防治体系,尤其针对老年人和高风险人群的定期筛查,能够显著降低社会整体医疗成本。例如,通过远程医疗和 AI 辅助诊断系统,将优质医疗资源下沉到偏远地区,使得偏远地区的患者也能获得高水平的眼科诊疗服务。例如,ChatZOC 模型在新疆、湖南等地的试点应用中,已为数千名患者提供了眼病筛查服务,并通过数据同步实现更科学的医疗资源流动。

5 大模型时代:成为掌握 AI 技术的眼科专业技术人员

AI 大模型的快速发展为眼科 AI 研究和临床应用带来了革命性转变。作为临床为主的眼科专业技术人员,首先需始终明确 AI 在临床诊疗中的辅助定位;其次在积极适应技术变革的同时,主动参与人机协作模式的构建:通过将 AI 大模型的智能计算优势与眼科医生的临床经验深度融合,在保障医疗安全的前提下,实现诊疗效率与服务质量的协同提升^[32],成为掌握 AI 技术的眼科专业技术人员。

5.1 主动学习与掌握 AI 大模型技术

5.1.1 了解 AI 大模型基础知识 眼科专业技术人员应主动学习 AI 大模型技术的基本原理和应用场景,了解 AI 大模型在眼科领域的潜力和局限性。例如,通过参加相关培训课程或研讨会,掌握 AI 在眼底图像分析、疾病诊断和个性化治疗中的应用。

5.1.2 关注最新研究进展 定期阅读眼科 AI 领域的最新研究文献,了解前沿大模型技术(如多模态数据整合、个性化治疗等)的发展动态。

5.2 积极参与 AI 大模型技术的眼科临床应用

5.2.1 与眼科 AI 团队合作 眼科专业技术人员积极推动眼科 AI 大模型的研究,并拓展其成果的临床推广应用,参与 AI 大模型的验证和优化。例如,提供眼科临床数据的专业标注和交互使用反馈,帮助改进模型的诊断准确性和实用性。

5.2.2 推动眼科 AI 大模型的临床验证 在临床环境中积极应用眼科 AI 大模型工具,验证其效果并反馈改进建议。例如,使用“伏羲慧眼”模型进行眼底疾病筛查,评估其在实际诊疗中的表现。

5.3 培养跨学科思维与开展医工融合研究

5.3.1 与多学科团队合作研究 眼科专业技术人员主动与计算机科学家、数据科学家等跨学科团队深入合作,培养医工结合的跨学科思维,推动眼科 AI 大模型研究的创新发展。例如,参与多模态数据整合研究,提升 AI 大模型的综合诊断能力。训练模型需要完成

五个步骤:数据准备与处理、模型选择与配置、模型训练、模型评估与调优、模型部署与集成。相较于独立开发,开展医工融合研究更符合目前的眼科 AI 研究与应用现状:眼科专业技术人员提供领域知识与标注数据,AI 工程师则负责技术实现。

5.3.2 关注 AI 大模型对医疗生态的影响 思考 AI 大模型技术对医疗行业尤其眼科领域的长远影响,例如医疗资源的重新分配、医生角色的转变等,应用好 AI,推动眼科诊疗的进步。

6 大模型在眼科的应用前景、挑战 and 方向

AI 大模型的开放生态加速了算法研发与临床场景的深度融合。AI 大模型在医学领域的应用正从理论研究快速走向临床实践,大语言模型和图像大模型在各自领域展现出独特的优势。未来,随着多模态大模型的发展,两者的融合将进一步推动医学 AI 的智能化转型,为眼科疾病诊断、治疗和科研提供更全面的支持。随着 AI 大模型技术的快速发展,眼科 AI 研究与应用正由传统的以图像分析为中心逐步转向图文数据协同、多模态深度融合的新模式。

眼科 AI 大模型突破了单一影像模态的局限,不仅能够实现光学相干断层扫描、彩色眼底照相等多模态医学影像的兼容整合,更拓展至包含病历文本、基因信息等非影像数据的融合分析。在算法持续优化与算力成本可控的双重驱动下,眼科 AI 大模型的多模态数据分析能力,将会加速 AI 技术的普惠化应用,可以助力基层医疗机构实现“快速阅片”与“精准诊断”的跨越式发展。

大模型时代为眼科 AI 带来了多方面的机遇。这些变革不仅体现在疾病诊断和治疗效率的提升上,还涵盖了科研创新、健康管理以及医疗资源配置优化等多个方面,包括提升诊断精度、降低医疗成本、推动个性化治疗和智能化转型等,从疾病诊断到健康管理,从科研创新到眼科教育和患者健康教育等领域,AI 大模型技术正在深刻改变眼科医疗的面貌。可以预见,AI 大模型技术将持续为眼科 AI 领域注入创新动能,推动眼健康服务体系的智能化升级。

值得关注的是,尽管大模型的技术范式实现了迭代更新,但既往积累的海量眼科影像数据仍具备可复用价值,以往的眼科 AI 研究思路和技术积累都可以借鉴并继续发挥作用,为 AI 大模型的训练和应用提供了坚实基础。我国科研机构与医疗机构紧跟技术发展趋势,已率先制定眼科 AI 临床应用专家共识及技术标准,为行业规范化发展提供了重要指引^[33-37]。

AI 大模型与传统 AI 技术一样,在临床诊疗中的辅助定位不会改变;也同样面临着一定的局限性,如数据隐私保护、模型可解释性不足、标注成本过高及潜在的医疗公平性等问题。当前尚未有取得医疗器械注册证的眼科大模型产品应用于临床诊疗。未来,随着技术的进一步成熟和应用场景的拓展,眼科 AI 大模型能够促进眼科诊断效率提升,会以“场景适配快、诊断性能强、数据成本优、应用专科广”的综合优势,引领眼科 AI 从“辅助工具”向“智能诊疗生态”的跨越。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Schwalbe N, Wahl B. Artificial intelligence and the future of global health[J]. *Lancet*, 2020, 395 (10236) : 1579–1586. DOI: 10. 1016/S0140-6736(20)30226-9.
- [2] Haug CJ, Drazen JM. Artificial intelligence and machine learning in clinical medicine, 2023 [J]. *N Engl J Med*, 2023, 388 (13) : 1201–1208. DOI: 10. 1056/NEJMra2302038.
- [3] Joseph S, Selvaraj J, Mani I, et al. Diagnostic accuracy of artificial intelligence-based automated diabetic retinopathy screening in real-world settings: a systematic review and meta-analysis [J]. *Am J Ophthalmol*, 2024, 263 : 214–230. DOI: 10. 1016/j. ajo. 2024. 02. 012.
- [4] Ting D, Pasquale LR, Peng L, et al. Artificial intelligence and deep learning in ophthalmology [J]. *Br J Ophthalmol*, 2019, 103 (2) : 167–175. DOI: 10. 1136/bjophthalmol-2018-313173.
- [5] 米玛卓玛, 陈亚萍, 纪玉珂, 等. 基于眼前节照相的翼状胬肉人工智能辅助诊断研究进展和思考[J]. *数字医学与健康*, 2023, 01 (2) : 115–120. DOI: 10. 3760/cma. j. cn101909-20230707-00013.
- [6] Mikma D, Chen YP, Ji YK, et al. Research progress and thinking on artificial intelligence assisted diagnosis of pterygium based on anterior segment photographs[J]. *Digital Med Health*, 2023, 01 (2) : 115–120. DOI: 10. 3760/cma. j. cn101909-20230707-00013.
- [6] 袁路, 杨卫华, 陆斌. 人工智能技术在视网膜母细胞瘤中的应用现状[J]. *国际眼科杂志*, 2024, 24 (5) : 758–761. DOI: 10. 3980/j. issn. 1672-5123. 2024. 5. 18.
- [7] Yuan L, Yang WH, Lu B. Application status of artificial intelligence techniques in retinoblastoma[J]. *Int Eye Sci*, 2024, 24 (5) : 758–761. DOI: 10. 3980/j. issn. 1672-5123. 2024. 5. 18.
- [7] Zhou Y, Chia MA, Wagner SK, et al. A foundation model for generalizable disease detection from retinal images[J]. *Nature*, 2023, 622 (7981) : 156–163. DOI: 10. 1038/s41586-023-06555-x.
- [8] Zhang J, Lin S, Cheng T, et al. RETFound-enhanced community-based fundus disease screening: real-world evidence and decision curve analysis[J]. *NPJ Digit Med*, 2024, 7 (1) : 108. DOI: 10. 1038/s41746-024-01109-5.
- [9] 杨卫华, 许言午, 迟玮. 人工智能时代: 智能眼科发展的关键问题思考[J]. *国际眼科杂志*, 2025, 25 (1) : 13–16. DOI: 10. 3980/j. issn. 1672-5123. 2025. 1. 03.
- [9] Yang WH, Xu YW, Chi W. Era of artificial intelligence: thinking about the key issues in the development of intelligent ophthalmology[J]. *Int Eye Sci*, 2025, 25 (1) : 13–16. DOI: 10. 3980/j. issn. 1672-5123. 2025. 1. 03.
- [10] Qiu J, Wu J, Wei H, et al. Development and validation of a multimodal multitask vision foundation model for generalist ophthalmic artificial intelligence [J]. *NEJM AI*, 2024, 1 (12) : A10a2300221. DOI: 10. 1056/A10a2300221.
- [11] Devlin J, Chang MW, Lee K, et al. BERT: pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding [J/OL]. 2018, arXiv e-prints [2025–05–12]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1810.04805>.
- [12] He K, Chen X, Xie S, et al. Masked autoencoders are scalable vision learners [J/OL]. 2021, arXiv e-prints [2025–05–12]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2111.06377>.
- [13] Caron M, Touvron H, Misra I, et al. Emerging properties in self-supervised vision transformer [J/OL]. 2021, arXiv e-prints [2025–05–12]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2104.14294>.
- [14] Kirillov A, Mintun E, Ravi N, et al. Segment anything [J/OL]. 2023, arXiv e-prints [2025–05–12]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.02643>.
- [15] Rombach R, Blattmann A, Lorenz D, et al. High-resolution image synthesis with latent diffusion models [J/OL]. 2021, arXiv e-prints [2025–05–12]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2112.10752>.
- [16] Team G, Anil R, Borgeaud S, et al. Gemini: a family of highly capable multimodal models [J/OL]. 2023, arXiv e-prints [2025–05–12]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.11805>.
- [17] Vaswani A, Shazeer N, Parmar N, et al. Attention is all you need [J/OL]. 2017, arXiv e-prints [2025–05–12]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.03762>.
- [18] Yang X, Chen A, PourNejatian N, et al. A large language model for electronic health records [J]. *NPJ Digit Med*, 2022, 5 (1) : 194. DOI: 10. 1038/s41746-022-00742-2.
- [19] Hartman V, Zhang X, Poddar R, et al. Developing and evaluating large language model-generated emergency medicine handoff notes [J/OL]. *JAMA Netw Open*, 2024, 7 (12) : e2448723 [2025–05–13]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39625719/>. DOI: 10. 1001/jamanetworkopen. 2024. 48723.
- [20] Ma J, He Y, Li F, et al. Segment anything in medical images [J]. *Nat Commun*, 2024, 15 (1) : 654. DOI: 10. 1038/s41467-024-44824-z.
- [21] Wu J, Wang Z, Hong M, et al. Medical SAM adapter: adapting segment anything model for medical image segmentation [J]. *Med Image Anal*, 2025, 102 : 103547. DOI: 10. 1016/j. media. 2025. 103547.
- [22] Singhal K, Azizi S, Tu T, et al. Large language models encode clinical knowledge [J]. *Nature*, 2023, 620 (7972) : 172–180. DOI: 10. 1038/s41586-023-06291-2.
- [23] Singhal K, Tu T, Gottweis J, et al. Toward expert-level medical question answering with large language models [J]. *Nat Med*, 2025, 31 (3) : 943–950. DOI: 10. 1038/s41591-024-03423-7.
- [24] Levine DM, Tuwani R, Kompa B, et al. The diagnostic and triage accuracy of the GPT-3 artificial intelligence model: an observational study [J/OL]. *Lancet Digit Health*, 2024, 6 (8) : e555–e561 [2025–05–13]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39059888/>. DOI: 10. 1016/S2589-7500(24)00097-9.
- [25] Vanessa, Lee CC, AU SCL. Artificial intelligence systems for diabetic retinopathy screening: Appraisal on the 3rd US FDA approved algorithms-AEYE-DS [J]. *J Ophthalmol Adv Res*, 2023, 4 (2) : 1–3. DOI: 10. 46889/JOAR. 2023. 4202.
- [26] Ming YL, Bowen C, Drew FKW, et al. A multimodal generative AI copilot for human pathology [J]. *Nature*, 2024, 634 (8033) : 466–473. DOI: 10. 1038/s41586-024-07618-3.
- [27] Su H, Kwok KW, Cleary K, et al. State of the art and future opportunities in MRI-guided robot-assisted surgery and interventions [J]. *Proc IEEE*, 2022, 110 (7) : 968–992. DOI: 10. 1109/jproc. 2022. 3169146.
- [28] Chen RJ, Lu MY, Wang J, et al. Pathomic fusion: an integrated framework for fusing histopathology and genomic features for cancer diagnosis and prognosis [J]. *IEEE Trans Med Imaging*, 2022, 41 (4) : 757–770. DOI: 10. 1109/TMI. 2020. 3021387.
- [29] Tu T, Azizi S, Driess D, et al. Towards generalist biomedical AI [J]. *NEJM AI*, 2024, 1 (3) : A10a2300138. DOI: 10. 1056/A10a2300138.
- [30] Moor M, Huang Q, Wu S, et al. Med-flamingo: a multimodal medical few-shot learner [J/OL]. 2023, arXiv e-prints [2025–05–14]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.15189>.
- [31] Luo MJ, Pang J, Bi S, et al. Development and evaluation of a retrieval-augmented large language model framework for ophthalmology [J].



- JAMA Ophthalmol, 2024, 142 (9) : 798 - 805. DOI: 10. 1001/jamaophthalmol. 2024. 2513.
- [32] 杨卫华, 方慧卉, 王淑君, 等. 人工智能赋能眼科临床: 让算法成为医疗助手[J]. 数字医学与健康, 2024, 2 (4) : 209-212. DOI: 10. 3760/cma. j. cn101909-20240516-00105.
- Yang WH, Fang HH, Wang SJ, et al. Artificial intelligence empowers ophthalmology clinic: transforming algorithms into medical assistants [J]. Digital Med Health, 2024, 2 (4) : 209-212. DOI: 10. 3760/cma. j. cn101909-20240516-00105.
- [33] 杨卫华, 邵毅, 许言午, 等. 眼科人工智能临床研究评价指南 (2023) [J]. 国际眼科杂志, 2023, 23 (7) : 1064-1071. DOI: 10. 3980/j. issn. 1672-5123. 2023. 7. 03.
- Yang WH, Shao Y, Xu YW, et al. Guidelines on Clinical Research Evaluation of Artificial Intelligence in Ophthalmology (2023) [J]. Int Eye Sci, 2023, 23 (7) : 1064-1071. DOI: 10. 3980/j. issn. 1672-5123. 2023. 7. 03.
- [34] 《人工智能在近视防治中的应用专家共识 (2024)》专家组, 国际转化医学会眼科学专委会, 中国医药教育协会眼科影像与智能医疗分会, 等. 人工智能在近视防治中的应用专家共识 (2024) [J]. 中华实验眼科杂志, 2024, 42 (8) : 689-697. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115989-20231207-00200.
- Expert Workgroup of Consensus on the application of artificial intelligence in myopia (2024), Ophthalmology Committee of International Association of Translational Medicine, Ophthalmic Imaging and Intelligent Medicine Branch of Chinese Medicine Education Association, et al. Consensus on the application of artificial intelligence in myopia (2024) [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2024, 42 (8) : 689-697. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115989-20231207-00200.
- [35] 《面向人工智能应用的干眼影像分类与标注方法、流程及质量控制专家共识 (2025)》专家组, 中国医药教育协会智能眼科分会. 面向人工智能应用的干眼影像分类与标注方法、流程及质量控制专家共识 (2025) [J]. 中华实验眼科杂志, 2025, 43 (4) : 289-300. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115989-20250227-00055.
- Expert Workgroup of Expert consensus on classification and annotation methods processes and quality control for dry eye imaging in artificial intelligence applications (2025), Intelligent Ophthalmology Branch of China Medical Education Association. Expert consensus on classification and annotation methods, processes and quality control for dry eye imaging in artificial intelligence applications (2025) [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2025, 43 (4) : 289-300. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115989-20250227-00055.
- [36] 《眼科人工智能临床应用伦理专家共识 (2023)》专家组, 中国医药教育协会数字影像与智能医疗分会, 中国医药教育协会智能医学专业委员会. 眼科人工智能临床应用伦理专家共识 (2023) [J]. 中华实验眼科杂志, 2023, 41 (1) : 1-7. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115989-20220905-00414.
- Expert Workgroup of Expert consensus for ethics of clinical application of artificial intelligence in ophthalmology (2023); Digital Imaging and Intelligent Medicine Branch of China Medical Education Association, Intelligent Medicine Special Committee of China Medical Education Association. Expert consensus for ethics of clinical application of artificial intelligence in ophthalmology (2023) [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2023, 41 (1) : 1-7. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115989-20220905-00414.
- [37] 杨卫华, 许言午, 《面向人工智能应用的青光眼影像分类和标注方法、流程暨质量控制指南》专家组, 等. 面向人工智能应用的青光眼影像分类和标注方法、流程暨质量控制指南 [J]. 国际眼科杂志, 2025, 25 (4) : 511-522. DOI: 10. 3980/j. issn. 1672-5123. 2025. 4. 01.
- Yang WH, Xu YW, Expert Workgroup of Guidelines for Glaucoma Imaging Classification, Annotation, and Quality Control for Artificial Intelligence Applications, et al. Guidelines for glaucoma imaging classification, annotation, and quality control for artificial intelligence applications [J]. Int Eye Sci, 2025, 25 (4) : 511-522. DOI: 10. 3980/j. issn. 1672-5123. 2025. 4. 01.

(收稿日期:2025-05-17 修回日期:2025-10-07)

(本文编辑:张宇 骆世平)

读者·作者·编者

本刊对来稿中电子版图片的要求

自我刊开通网上投稿以来,作者均采用将 Word 文档从网上在线投稿的方式,但部分来稿中所包含的图片像素较低,这些图片便于网上审稿,并不能用于制版印刷。因为显示器与彩印纸品的色彩形成截然不同,显示器应用红、绿、兰的三原色原理发射光线形成图像,这种色彩形成的原理被称为 RGB 模式;而彩色印刷品是兰、红、黄、黑四色油墨印制在纸制品上来形成彩色图像,这种原理被称为 CMYK 模式。那些在显示器上看起来比较清晰但分辨率较低的图片在实际印刷时不能转换为高质量 CMYK 模式的图片。为了保证论文的刊出质量及本刊的印刷出版质量,如果作者的来稿中附有组织病理图、免疫荧光染色图、免疫组织化学图、细胞图,请作者将原图保存为 TIFF 格式或 JPG 格式,图片的分辨率至少 300 dpi。

本刊对论文中关键词的著录要求

本刊投稿的论文请分别在中英文摘要下方标引 3~8 个关键词以便于编制文献索引。关键词应选取能反映文章主题概念的词或词组,中英文关键词应一致。投稿作者可登陆 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh> 或 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=mesh> 网站从美国国立医学图书馆的 MeSH 数据库中选取关键词,其中文译名可参照中国医学科学院信息研究所编译的《医学主题词注释字顺表》。未被词表收录的新的专业术语(自由词)可直接作为关键词使用,但应排序在最后。中医药关键词应从中国中医科学院中医药信息研究所编写的《中医药主题词表》中选取。关键词中的缩写词应按《医学主题词注释字顺表》还原为全称,每个关键词之间用“;”分隔。

(本刊编辑部)

