

人工智能时代：智能眼科发展的关键问题思考

杨卫华¹, 许言午^{2,3}, 迟玮¹

引用: 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. 国际眼科杂志, 2025, 25(1): 13-16.

基金项目: 深圳市医疗卫生三名工程项目 (No. SZSM202311012)
作者单位: ¹(518040) 中国广东省深圳市眼科医院 深圳市眼病防治研究所; ²(510641) 中国广东省广州市, 华南理工大学未来技术学院; ³(510320) 中国广东省广州市, 人工智能与数字经济广东省实验室(广州)

作者简介

杨卫华 博士, 主任医师, 深圳市眼科医院大数据与人工智能办公室主任, 眼病防治研究所常务副所长, 中国医药教育协会智能眼科分会副主任委员, 中国质量检验协会眼镜质量检验与视光学专委会副理事长。主编专著《智能医学工程丛书》《眼底病人工智能研究》《智能眼科概论》《眼科人工智能》等, 发表 SCI 论文 90 余篇, 60 余本 SCI 期刊的客座编辑或审稿专家。获得眼科发明专利授权 18 项。起草团体标准 3 份, 执笔眼科人工智能等临床指南(专家共识) 20 余份。研究方向: 智能眼科、眼科影像。

通讯作者

迟玮 教授, 主任医师, 博士研究生导师, 美国 Baylor 医学院博士后, 深圳市眼科医院院长, 教育部长江学者特聘教授, 全球前 2% 顶尖科学家, 入选国家重大人才工程, 广东省杰出青年医学人才, 全国百篇优秀博士论文提名奖获得者等。中国医师协会眼科医师分会专委会委员, 老年保健医学眼科疾病防治分会全国常务委员, 中国女医师协会眼科分会专委会委员。主持国家自然科学基金重点项目、区域联合重点项目、面上项目等 5 项, 国家自然科学基金及省部级基金共 19 项。发表 SCI 文章 63 篇, 以通讯/第一作者发表 SCI 论文 33 篇, 影响因子 5 分以上论文 20 篇, 其中 10 分以上论文 10 篇。作为主要完成人共同制定首个由中国专家制定的眼病国际诊断标准, 国内指南 6 项, 专家共识 5 项, 主编论著 5 部, 参编 4 部, 获得发明专利授权 4 项, 获得中国女医师协会五洲女子科技奖-临床医学科研创新奖。作为主要参与者获得国家科学技术进步奖二等奖、中华医学会科技奖一等奖、广东省科技进步奖一等奖、教育部科技进步奖一等奖。研究方向: 眼底病、智能眼科。chiwei@mail.sysu.edu.cn

收稿日期: 2024-07-05 修回日期: 2024-11-15

摘要

智能眼科研究在近年来迅速发展, 其临床应用或临床转化过程中仍然存在一些挑战。智能眼科发展过程中, 两个亟待解决的重要问题就是: 推进临床应用和维护医疗公平。针对上述问题, 文章分析了智能眼科临床应用推进的不足和潜在医疗公平的挑战这两个方面的原因和现状, 提出了推进临床应用和维护医疗公平智能眼科发展的关键问题, 同时系统提出了相应的具体措施, 以促进智能眼科的发展。

关键词: 人工智能; 智能眼科; 临床应用; 医疗公平; 发展

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2025.1.03

Era of artificial intelligence: thinking about the key issues in the development of intelligent ophthalmology

Yang Weihua¹, Xu Yanwu^{2,3}, Chi Wei¹

Foundation item: Sanming Project of Medicine in Shenzhen (No. SZSM202311012)

¹Shenzhen Eye Hospital; Shenzhen Eye Institute, Shenzhen 518040, Guangdong Province, China; ²School of Future Technology; South China University of Technology, Guangzhou 510641, Guangdong Province, China; ³Pazhou Lab, Guangzhou 510320, Guangdong Province, China

Correspondence to: Chi Wei. Shenzhen Eye Hospital; Shenzhen Eye Institute, Shenzhen 518040, Guangdong Province, China. chiwei@mail.sysu.edu.cn

Received: 2024-07-05 Accepted: 2024-11-15

Abstract

• The rapid development of intelligent ophthalmology research in recent years still faces some challenges in its clinical application or clinical translation process. Two important issues that urgently need to be addressed in the development of intelligent ophthalmology are: promoting clinical application and maintaining medical equity. In response to the aforementioned issues, this article analyzes the reasons and current situation of the insufficient promotion of clinical application and the potential challenges of medical equity, and proposes that promoting clinical application and maintaining medical equity are key issues in the development of intelligent ophthalmology. At the same time, it systematically proposes corresponding specific measures to promote the development of intelligent ophthalmology.

• **KEYWORDS:** artificial intelligence; intelligent ophthalmology; clinical application; medical equity; development

Citation: Yang WH, Xu YW, Chi W. Era of artificial intelligence: thinking about the key issues in the development of intelligent ophthalmology. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2025, 25 (1): 13-16.

0 引言

智能眼科 (intelligent ophthalmology) 是智能技术与眼科领域的深度融合和应用^[1]。智能眼科研究在近年来迅速发展,尤其在人工智能 (artificial intelligence, AI) 技术的推动下,眼科诊断和治疗的效率和准确性得到了显著提升。中国在智能眼科技术的研发和应用方面取得了显著进展,通过引入眼部疾病 AI 辅助诊断^[2]、机器人手术及手术辅助系统^[3]、远程医疗^[4]和虚拟现实辅助治疗^[5],极大地提升了眼科疾病的筛查和治疗能力。智能眼科技术的优势体现在多个方面:(1)它能够显著提高诊断的准确性和效率,减少人为误差。(2)通过远程医疗技术,智能眼科能够为偏远地区和资源匮乏的地区提供高质量的眼健康服务,缩小医疗资源分配的不均。(3)智能眼科技术的应用有助于减轻医疗负担,提高整体医疗系统的效率和效益。智能眼科研究成果的临床应用或临床转化过程仍然存在一些困难,如何加快这一进程?一方面需要推进智能眼科技术的临床应用,另一方面需要维护智能眼科技术的医疗公平性。推进临床应用和维护医疗公平是智能眼科发展的关键问题,因为有效推进临床应用和维护医疗公平能够提高诊疗效率并缩小医疗资源差距,是广泛运用智能技术提升眼健康管理水平的关键所在。

1 智能眼科发展的现状和发展趋势

随着智能科技的迅猛发展,智能眼科技术在临床应用中的地位越来越重要。智能眼科技术主要包括眼部疾病 AI 辅助诊断、机器人手术、远程医疗和虚拟现实辅助治疗等,这些技术不仅提高了诊疗的效率和准确性,还极大地改善了患者的预后和体验。下面将详细探讨智能眼科技术的进步、应用范围以及其潜在的益处。

1.1 智能眼科的技术进步 当前,智能眼科技术取得了显著进步。眼部疾病 AI 辅助诊断是其中最为突出的领域之一。基于深度学习算法的 AI 系统可以从大量的眼部图像中学习和识别不同类型的眼病,如糖尿病视网膜病变^[6]、年龄相关性黄斑变性和青光眼^[7-8]。通过高精度的图像分析,AI 系统能够在短时间内对眼部疾病进行初步诊断,并提供准确的治疗建议。这种技术不仅减少了医生的工作负担,还提高了诊断的准确性和效率。例如,谷歌旗下的 DeepMind 公司开发的 AI 系统已经在糖尿病视网膜病变的检测中表现出与人类医生相当的准确率^[9]。

机器人手术是智能眼科技术的另一重要领域。眼科手术要求极高的精度和稳定性,而传统手术方式存在一定的局限性。机器人手术系统,如达芬奇手术机器人,可以极大地提高手术的精度和安全性。手术辅助系统通过精密的机械臂和先进的影像引导,医生可以进行眼科显微手

术,辅助手术关键步骤,减少术后并发症和恢复时间。这些手术机器人或手术辅助技术已经在白内障手术^[10]、视网膜手术^[11]和角膜移植^[12]等方面得到了广泛应用。

除了眼部疾病 AI 辅助诊断^[2]和机器人手术及手术辅助系统^[3],智能眼科还涉及其他技术的应用,如基于大数据的眼部疾病流行病学分析、远程医疗和虚拟现实辅助治疗。大数据技术可以帮助医疗机构分析和预测眼科疾病的流行趋势,制定更有效的防治策略^[13];远程医疗使得偏远地区的患者也能获得高质量的眼科诊疗服务,特别适用于偏远地区和行动不便的患者^[4];而虚拟现实技术则在患者教育、术前模拟和术后康复中发挥着重要作用,使得患者能够更直观地了解自己的病情和治疗方案,增加了治疗的依从性和满意度^[5]。

1.2 智能眼科的应用范围 智能眼科技术在不同地区和医疗机构中的普及情况有所不同。在发达国家和大城市,智能眼科技术已经得到广泛应用,许多大型医疗中心和专业眼科诊所都配备了先进的眼部疾病 AI 辅助诊断系统和机器人手术设备。例如,美国、欧洲和日本的一些顶尖眼科中心已经常规使用 AI 技术进行眼部疾病筛查和诊断,机器人手术也越来越普遍。然而,在发展中国家和偏远地区,智能眼科技术的应用仍然面临诸多挑战:(1)资金和技术的限制,这些地区的医疗机构往往缺乏足够的资源来采购和维护先进的设备。(2)专业人才的匮乏,许多医生和技术人员尚未接受过相关的培训,无法熟练操作这些高科技设备。(3)基础设施的不完善也限制了智能眼科技术的推广,例如缺乏高速互联网和稳定的电力供应,使得眼部疾病 AI 辅助诊断和远程医疗等技术难以实施。

尽管存在这些挑战,全球范围内对智能眼科技术的需求和兴趣仍然不断增长。一些国际组织和非政府机构正在积极推动智能眼科技术在欠发达地区的普及,通过提供资金、设备和培训,帮助这些地区的医疗机构提升诊疗水平。例如,世界卫生组织 (WHO) 和国际防盲组织 (IAPB) 都在大力倡导和支持智能眼科技术在发展中国家的应用,以实现全球眼健康的平等和公平。

1.3 智能眼科的潜在益处 智能眼科技术对提高眼部疾病诊疗效率和改善患者预后具有显著的积极影响:(1)眼部疾病 AI 辅助诊断技术能够显著提高诊断的效率和准确性。传统的眼科诊断通常依赖于医生的经验和判断,存在一定的主观性和误差。AI 系统通过分析大量的数据,可以快速、准确地识别疾病,减少误诊和漏诊的风险。此外,AI 诊断还能够在早期阶段发现疾病,从而提高治疗的成功率和患者的预后。(2)机器人手术大大提升了手术的精度和安全性。眼科手术对精度要求极高,任何微小的误差都可能导致严重的后果。机器人手术系统能够提供超越人类手动操作的精确度,减少手术中的风险和并发症。智能眼科技术还能够改善患者的整体体验。通过远程医疗和虚拟现实技术,患者可以在家中接受诊疗服务,减少了来回医院的麻烦和费用。

2 智能眼科发展的关键问题

智能眼科发展过程中面临两个亟待解决的重要问题:推进临床应用和维护医疗公平。这两个关键问题在眼科

临床环境中显得尤为突出,原因在于眼科诊疗的独特环境、诊疗时间的限制以及服务对象的多样性。

2.1 临床应用推进的不足 智能眼科技术的实施面临着多个挑战。眼科诊疗具有高度专业化的特点,涉及复杂的设备和操作流程。传统的诊疗模式下,每个医生诊疗时间的限制也使得在有限时间内处理大量患者变得更加复杂。如何让眼科医生接受并使用智能技术辅助临床诊疗是推进临床应用的重要关键点。此外,智能眼科技术的应用需要强大的基础设施支持,包括高质量的图像采集设备和数据处理能力,这对很多医疗机构尤其是中小型医院和偏远地区的诊所而言,是一项巨大的投入。

2.2 潜在医疗公平的挑战 智能眼科技术的迅猛发展为眼科诊疗带来了前所未有的机遇,然而,这种进步并未在全球范围内得到公平的分配和应用。在推进智能眼科技术的同时,维护医疗公平性是另一个关键措施。

不同地区和不同医疗机构在智能眼科资源获取和技术应用方面存在着明显的差距。发达国家和大城市的医疗中心往往能够投入更多的资金和人力资源,购置先进的智能眼科设备,并吸引高水平的专业人才。相比之下,发展中国家和偏远地区的医疗机构通常面临着设备陈旧、资金短缺和人才匮乏等问题,无法全面及时地享受到同样的技术支持和服务水平。这种资源分配不均导致了智能眼科技术在全球范围内的不平等应用,加剧了眼健康服务的地区差异和患者的不公平待遇。

偏远地区、低收入人群等特定群体在获得智能眼科服务方面面临着诸多障碍:(1)由于地理位置偏远和交通不便,这些地区的医疗资源和服务水平相对较低,无法及时获取到最新的智能眼科技术和设备。(2)低收入人群由于经济条件限制,往往无法承担高昂的医疗费用,难以获得智能眼科诊疗服务。即使有智能眼科设备,也可能因为费用过高而无法普及和应用。这种技术可及性的差异导致了医疗资源的进一步不平等分配,使得一部分人群无法享受到智能眼科技术带来的便利和好处。

医疗人员在智能眼科技术使用方面的培训和教育差距也是导致医疗公平性问题的主要原因。发达国家和大城市的医疗机构往往拥有先进的培训设施和资源,可以为医生、护士和技术人员提供专业的智能眼科技术培训。相比之下,发展中国家和偏远地区的医疗人员往往缺乏相关的培训机会和资源支持,无法及时掌握新技术的应用方法和操作技巧。这种教育与培训的差距使得医疗人员的技术水平和服务质量存在较大差异,影响了智能眼科技术的全面应用和效果发挥。

3 推进智能眼科技术临床应用的措施

在推进临床应用智能眼科技术的过程中,需要采取一系列措施,以确保技术的有效应用和公平分配。以下是几项关键的措施。

3.1 政策支持 政府和相关机构在制定政策方面起着至关重要的作用:(1)政府可以通过制定收费政策和医保政策,确保智能眼科技术的费用合理和可承担。这包括对智能眼科手术和诊断的费用进行统一规范,避免价格虚高或不公平竞争。(2)政府可以提供资金支持,用于购置设

备、建设基础设施和培训医务人员。这有助于降低医疗机构引入智能眼科技术的成本,促进技术的普及和应用。

3.2 基础设施建设 加强智能眼科的基础设施建设是推进技术实施的重要举措。尤其是在资源匮乏的地区,医疗机构往往面临设备陈旧、网络不稳定等问题。政府和相关机构可以加大投入,改善医疗设施的硬件条件,包括更新设备、提升网络速度和稳定性,以确保智能眼科技术的顺利应用。此外,还可以建立智能眼科中心或示范基地,集中资源和人才,推动技术的创新和发展。

3.3 技术普及教育 推动智能眼科技术的普及需要加强医务人员的培训和教育。医生、护士和技术人员需要掌握新技术的操作和应用,才能确保技术的有效使用和患者的安全。因此,医疗机构可以组织专业培训课程和学术会议,邀请专家分享经验和最新技术动态,提升医务人员的专业水平和技术素养。此外,还可以借助在线教育平台和远程培训资源,实现技术知识的全面覆盖和定期更新。

3.4 医工合作 鼓励医疗机构和智能眼科研究机构之间的合作,是推动智能眼科技术的临床应用的关键措施。医工合作可以促进智能眼科技术的转化和商业化,加速新技术的推广和普及。医疗机构可以与高校、研究所和企业建立长期合作关系,共同开展科研项目和临床试验,探索智能眼科技术应用和解决方案。通过合作共赢的模式,实现智能眼科技术的快速落地和市场推广,推动智能眼科技术的发展迈上新的台阶。

4 维护智能眼科技术医疗公平性的措施

维护智能眼科技术的医疗公平性需要各方共同努力,其中包括持续监测和评估、利益相关者合作等措施。

4.1 持续监测和评估 建立持续监测和评估机制,定期评估智能眼科技术应用的公平性是维护医疗公平性的重要举措。通过收集和分析数据,可以及时发现存在的不公平现象和问题,并采取相应的措施加以解决。持续监测和评估的内容应包括智能眼科技术在不同地区和医疗机构中的应用情况、患者的受益程度以及医疗资源的分配情况等。在评估的基础上,必要时可以对智能眼科诊疗算法进行优化或迭代,以提高其公平性和准确性。

4.2 利益相关者合作 维护智能眼科技术的医疗公平性需要政府、医疗机构和技术开发者之间的合作。政府可以通过制定相关政策和法规,推动智能眼科技术的公平分配和应用。医疗机构可以加强内部管理,建立健全的眼健康服务体系,确保智能眼科技术能够惠及更多的患者。技术开发者则应该注重技术的普及性和可用性,努力提供更加平价和易用的智能眼科产品和服务,以满足不同地区和人群的需求。

4.3 关注和维护智能技术临床应用公平性的案例 在医疗保健领域,开发和部署不够公平的 AI 系统可能会破坏公平医疗的提供。既要关注智能眼科技术临床应用中可能存在的公平性问题,也要推动 AI 技术来消除或缓解临床工作可能存在的不公平,更需要采取措施维护诊疗中的医疗公平。很多公开报道的具体医学 AI 案例展示成功维护医疗公平性的经验和教训,可以为智能眼科技术的临床应用提供有益的借鉴和参考。有研究^[14]发现 ChatGPT 在

用英语回答医学问题时比中文表现出更高的准确性和反应质量,提示了明显的语言偏见;为了确保 ChatGPT 在不同语言和文化背景下的高灵敏度和准确性,必须解决和纠正固有的语言偏见。还有研究^[15]强调医学 AI 公平的潜在解决方案包括,在 AI 研究和开发中尽早并经常引入健康公平的理念,增加参与 AI 临床试验的患者多样性, AI 临床试验报告的监管标准,以及医学 AI 应用部署前和部署后的质控。有研究^[16]提出护士处于患者护理的最前沿,在利用 AI 促进更有效和公平的卫生保健系统方面发挥着关键作用;通过系统的培训使护士具备有效和合乎道德地应用 AI 所需的技能和知识,有助于促进更有效和更公平的保健系统。

5 总结

AI 的格局正在迅速变化, AI 在医学中的应用如火如荼、日新月异。在智能眼科的未来发展中,推进临床应用和维护医疗公平将成为关键的议题。推进智能眼科技术临床实施需要政府、医疗机构、科研机构和企业等多方合作,共同制定政策、加强基础设施建设、推动技术普及和教育、促进医工合作,以实现技术的全面应用和公平分配,为患者提供更优质、更便捷的眼健康服务。同时,本述评强调了医疗公平在智能眼科技术应用中的重要性,特别是针对资源分配、技术可及性和教育与培训等方面存在的问题。我们必须认识到,只有通过持续的监测和评估、利益相关者的紧密合作以及借鉴成功案例的经验,才能够推动智能眼科技术的实施和维护医疗公平,确保智能眼科技术惠及更广泛的人群,实现智能技术辅助眼健康服务的公平和可及性。

展望未来,随着智能眼科技术的不断发展,我们可以期待智能眼科技术的普及和应用范围的扩大。政府、医疗机构、技术开发者以及社会各界都应该加强合作,共同致力于推动智能眼科技术的发展,确保技术能够惠及更多的人群,为全球患者提供更加公平和优质的眼健康服务。

利益冲突声明: 本文不存在利益冲突。

作者贡献声明: 杨卫华论文选题与修改,初稿撰写;许言午协助选题;杨卫华、许言午文献检索;迟玮选题指导,论文修改。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

- [1] 龚迪, 李王婷, 李小萌, 等. 中国智能眼科发展和研究现状之我见. 国际眼科杂志, 2024, 24(3):448-452.
- [2] Cao SJ, Zhang RP, Jiang AX, et al. Application effect of an artificial intelligence-based fundus screening system; evaluation in a clinical setting and population screening. *Biomed Eng Online*, 2023, 22(1):38.
- [3] 张赫, 范志斌, 李海铭, 等. 玻璃体视网膜显微手术机器人研究进展及前沿热点. *机械工程学报*, 2023, 59(20):451-469.
- [4] 黄林哲, 刘力学, 吴雨璇. 基于深度学习和智能手机的眼病预防与远程诊疗. *眼科学报*, 2022, 37(3):230-237.
- [5] 彭振, 吴呈润, 张旭. 虚拟现实技术在眼科领域的应用现状及研究进展. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2021, 23(8):631-635.
- [6] He J, Cao TY, Xu FP, et al. Artificial intelligence-based screening for diabetic retinopathy at community hospital. *Eye*, 2020, 34:572-576.
- [7] Li F, Pan J, Yang D, et al. A multicenter clinical study of the automated fundus screening algorithm. *Transl Vis Sci Technol*, 2022, 11(7):22.
- [8] Han RA, Cheng GW, Zhang BL, et al. Validating automated eye disease screening AI algorithm in community and in-hospital scenarios. *Front Public Health*, 2022, 10:944967.
- [9] 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. *JAMA*, 2016, 316(22):2402-2410.
- [10] Chen CW, Lee YH, Gerber MJ, et al. Intraocular robotic interventional surgical system (IRISS): semi-automated OCT-guided cataract removal. *Int J Med Robot Comput Assist Surg*, 2018, 14(6):e1949.
- [11] 林梓豪, 许可正, 李强, 等. 机器人辅助系统在眼底手术中的应用. *眼科学报*, 2022, 37(3):194-199.
- [12] 苏铃雅, 陈亦棋, 沈丽君. 眼科手术机器人的研究进展. *中华实验眼科杂志*, 2018, 36(4):311-316.
- [13] 王亚丹, 付娟, 闫佳敏. 郑州地区儿童青少年眼病流行病学现状调查. *华南预防医学*, 2022, 48(7):885-888.
- [14] Tong WT, Guan YF, Chen JP, et al. Artificial intelligence in global health equity: an evaluation and discussion on the application of ChatGPT, in the Chinese national medical licensing examination. *Front Med*, 2023, 10:1237432.
- [15] Uche-Anyan E, Anyan-Anyan E, Berzin TM, et al. Artificial intelligence in gastroenterology and hepatology: how to advance clinical practice while ensuring health equity. *Gut*, 2022, 71(9):1909-1915.
- [16] Cary MP Jr, De Gagne JC, Kauschinger ED, et al. Advancing health equity through artificial intelligence: an educational framework for preparing nurses in clinical practice and research. *Creat Nurs*, 2024, 30(2):154-164.