

## 专家述评



[专家简介] 李朝辉, 主任医师, 现任解放军总医院第三医学中心眼科医学部主任, 解放军医学院眼科教研室主任、博士生导师, 南开大学医学院博士生导师。主要研究方向为晶状体病学相关基础与临床、眼外伤与显微手术, 是国内知名的白内障专家。目前承担科技部国家重点研发计划项目、国家自然科学基金等多项课题。现任中央保健委员会会诊专家、中央军委保健委员会会诊专家。中华医学会专家会员, 中国老年医学会白内障学术工作委员会主任委员, 中国医师协会眼显微手术专委会主任委员, 中国老年医学学会眼科分会副会长, 北京医学会眼科学分会副主任委员。2020年获国家卫健委颁发的“健康卫士”荣誉称号; 2018年全国优秀眼科医师。

## 重视人工智能在眼科领域的应用

李朝辉, 吴 畏

解放军总医院第三医学中心 眼科医学部, 北京 100039

**摘要:** 随着深度学习等技术的开发, 人工智能已广泛应用于医学的各个方面, 智慧医疗的时代已经来临。在眼科领域, 人工智能可用于眼底病、青光眼、白内障、近视、角膜病和眼眶病等眼科疾病的筛查、诊断、进展预测和治疗决策, 并实现了从基础研究到临床应用的转化。虽然人工智能目前还存在一些问题, 但其发展趋势已势不可挡。我们应该重视人工智能在眼科的应用, 迎接挑战, 把握机遇, 实现眼科诊疗技术的革新。

**关键词:** 人工智能; 大数据; 医学; 眼科学; 信息化

**中图分类号:** R77 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-5227(2022)10-1010-04 **DOI:** 10.3969/j.issn.2095-5227.2022.10.002

**网络出版时间:** 2022-08-18 11:21 **网络出版地址:** <http://kns.cnki.net/kcms/detail/10.1117.R.20220817.1414.004.html>

**引用本文:** 李朝辉, 吴畏. 重视人工智能在眼科领域的应用 [J]. 解放军医学院学报, 2022, 43 (10): 1010-1013.

**Prospects of artificial intelligence in ophthalmology**

LI Zhaohui, WU Wei

Senior Department of Ophthalmology, the Third Medical Center, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100039, China

The first author: LI Zhaohui. Email: zhaohuili202104@163.com

**Abstract:** With the development of deep learning and other related technologies, artificial intelligence has been widely used in all aspects of medicine, and the era of intelligent medicine has come. In the field of ophthalmology, artificial intelligence can be used for screening, diagnosis, progress prediction and personalizing treatment strategies of various ophthalmic diseases, such as fundus diseases, glaucoma, cataract, myopia, corneal diseases and orbital diseases. Notably, artificial intelligence has translated basic research to clinical application. Although there are still some problems in artificial intelligence, its development trend is irresistible. We should broadly embrace the new wave of artificial intelligence in ophthalmology, face the challenges, seize the opportunities, and realize the new revolution of ophthalmic technology.

**Keywords:** artificial intelligence; big data; medicine; ophthalmology; informationize

**Cited as:** Li ZHH, Wu W. Prospects of artificial intelligence in ophthalmology [J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2022, 43 (10): 1010-1013.

人工智能是应用计算机模拟人类智能行为的

**收稿日期:** 2022-04-11

**基金项目:** 国家自然科学基金面上项目 (82070937; 81870640)

Supported by the National Natural Science Foundation of China (82070937; 81870640)

**作者简介:** 李朝辉, 男, 硕士, 主任医师, 解放军总医院第三医学中心眼科医学部主任。研究方向: 白内障的基础与临床研究。

Email: zhaohuili202104@163.com

技术, 可大幅提升工作效率和准确率, 降低成本, 被誉为人类历史上的第4次工业革命。1972年, 英国利兹大学开发了一款可用于辅助诊断急性腹痛的软件, 这是人工智能首次应用于医学领域<sup>[1]</sup>。2006年, 深度学习出现, 作为人工智能的重要实现方法, 深度学习在图像识别、文本数据处理等

方面都取得了惊人的进展,加速了人工智能在医学领域的应用。2016年,人工智能首次应用于筛查糖尿病视网膜病变的论文公开发表<sup>[2-3]</sup>,揭开了人工智能在眼科应用的大幕。目前,人工智能已在眼底病、青光眼、白内障、近视、角膜病和眼眶病等眼科疾病的筛查、诊断、进展预测和辅助治疗中显示出巨大的应用前景<sup>[4]</sup>。2018年,美国食品药品监督管理局(FDA)批准了首个通过人工智能检测糖尿病视网膜病变的医疗设备(IDx-DR)上市。2020年,我国药品监督管理局批准了国内首批人工智能辅助诊断糖尿病视网膜病变的软件上市。由此可见,人工智能在眼科的应用已势不可挡。在这个技术创新发展的重要转型期,我们应重视人工智能在眼科的应用,迎接挑战,把握机遇,实现眼科诊疗技术的革新。

## 1 人工智能在眼科的应用现状

**1.1 眼底病诊断评估** 眼底病是人工智能应用的理想研究领域,也是热点领域。主要是通过眼底照相、光学相干断层成像(optical coherence tomography, OCT)和荧光素眼底血管造影(fundus fluorescein angiography, FFA)等影像学检查结果进行人工智能分析,以辅助疾病的筛查、诊断、分级和指导治疗<sup>[5]</sup>。人工智能在该领域的研究走在眼科最前列,已从最初的人工建模方法的开发与验证,发展到临床的转化与运用。目前,国内已有3款基于眼底照片的糖尿病视网膜病变人工智能辅助诊断软件获批上市,其中鹰瞳科技公司研发的糖尿病视网膜病变的诊断软件敏感度和特异性分别达91.75%和93.1%,足以与眼底病专家媲美<sup>[6]</sup>。将该软件安装到眼底照相机上,可实现糖尿病视网膜病变的筛查,切实提高基层医院的诊断水平,有利于疾病的早发现和早治疗。除了糖尿病视网膜病变,该技术已向高血压性视网膜病变、视网膜静脉阻塞、年龄相关性黄斑变性、病理性近视眼底和视网膜脱离等眼底病延伸。更令人振奋的是,基于眼底照片的人工智能分析还可用于预测心脑血管疾病<sup>[7]</sup>。眼底照片具有方便、快捷、成本低的特点,而OCT和FFA分别在检测黄斑疾病和血管性病变方面更有优势,因此基于OCT和FFA的人工智能模型也已用于黄斑和眼底血管病变的筛查、诊断和分级等,并表现出极高的准确率<sup>[5]</sup>。OCT血管成像(OCTA)与人工智能技术的结合也碰撞出了新火花,可用于精准计算视网膜的灌注情况等<sup>[8]</sup>。总之,人工智能在眼底病中的应用进展已成为人工智能从技术研究发展到

临床应用的典范。

**1.2 青光眼诊断评估** 在青光眼的诊疗过程中,眼底照相、OCT、视野、房角和眼压等检查是必不可少的。人工智能通过对大量青光眼患者的上述检测结果进行分析,开发了多种青光眼筛查、诊断和预后分析方法<sup>[9]</sup>。2019年,北京同仁医院王宁利教授团队报道了利用眼底图片自动检测青光眼性视神经病变的人工智能方法,这一来自真实世界的研究证实了人工智能在青光眼筛查方面准确率高,并降低了时间成本和经济成本,临床应用前景好<sup>[10]</sup>。最近,中山大学张秀兰教授开发了可以随时扫描视野报告并自动诊断青光眼的智能手机应用软件,通过多中心研究验证了其可靠性<sup>[11]</sup>。此外,张秀兰教授团队还开发了基于视野和OCT双模态数据的人工智能分析方法,发现双模态诊断算法相比任何一种单模态算法的准确率都更高,进一步提高了青光眼的诊断准确率<sup>[12]</sup>。

**1.3 白内障诊断评估** 在白内障领域,人工智能可用于白内障的筛查、分级、计算人工晶状体屈光度和指导手术等<sup>[13-14]</sup>。Liu等<sup>[15]</sup>利用先天性白内障患儿和正常儿童的晶状体裂隙灯显微镜图像数据,采用深度卷积神经网络分析,无论对于白内障的诊断还是分级均达到了较高的准确率。除了裂隙灯显微镜图像,研究发现眼底照片结合人工智能也可实现白内障的筛查和分级诊断<sup>[16]</sup>。此外,人工智能还可提高计算人工晶状体屈光度数的准确性,降低术后屈光偏差<sup>[17]</sup>。最近,利用人工智能分析白内障手术录像,研究人员已开发出可用于自动指导白内障手术和术中实时辅助控制超声能量的方法,给白内障手术的初学者带来了较大便利<sup>[18-19]</sup>。

**1.4 近视诊断预测** 近视防控已经上升为国家战略,人工智能也在该领域崭露头角。最近,中山大学刘奕志教授团队利用人工智能分析学龄儿童的屈光大数据,成功开发了一种可准确预测儿童屈光度变化的方法,3年内准确率达90%,10年内准确率达80%以上,这对于青少年近视的有效干预和防控具有重要意义<sup>[20]</sup>。另外,人工智能还可指导角膜塑形镜的验配和角膜屈光手术的选择<sup>[21]</sup>。这对于近视的治疗具有一定临床意义。

**1.5 角膜病诊断评估** 基于角膜地形图、前节OCT和Pentacam眼前节三维图像等数据,多个研究团队利用神经卷积神经网络陆续开发出针对圆锥角膜的多个自动分级方法,准确率达99.3%<sup>[22-25]</sup>。通过对活体共聚焦显微镜图像的自动识别,人工

智能可高效、准确地诊断真菌性角膜炎<sup>[26]</sup>。类似的,通过人工智能分析角膜溃疡荧光染色图片,可自动识别角膜损伤区域,并进行严重程度分级<sup>[27]</sup>。最近,温州医科大学陈蔚教授利用人工智能方法开发了基于裂隙灯照相数据的角膜炎自动诊断系统,其诊断敏感度和特异性达到了角膜病专家的水平,对于角膜炎的早发现、早治疗和预后具有重要意义<sup>[28]</sup>。

**1.6 眼眶病诊断评估** 早在2002年,Salvi等<sup>[29]</sup>基于不同程度甲状腺相关眼病(thyroid-associated orbitopathy, TAO)患者的眼科检查数据(如睑裂宽度、眼突度、视力、CT等)进行神经网络分析,开发了一种TAO分期和预测疾病进展的方法,准确率达67%。最近,上海九院范先群院士团队通过对TAO患者的CT和MRI影像数据进行深度学习,研发出该疾病的诊断和分级新方法,准确率均大于85%<sup>[30-31]</sup>。在眼眶肿瘤方面,浙江大学附属第二医院眼科中心叶娟教授团队,基于眼睑良、恶性肿瘤的病理图片进行深度学习,开发了一种可区别良、恶性黑色素瘤的方法,可提高病理诊断准确性<sup>[32]</sup>。

## 2 人工智能在眼科应用中存在的问题

**2.1 难以用于疑难杂症的诊疗** 虽然目前人工智能对于多种眼科疾病均表现出较高的诊断准确率,但由于人工智能分析的大多是比较典型的、容易诊断的病例,使得该技术更适合于常规疾病的筛查,而不能用于疑难杂症的诊疗。当疾病不典型,或者同时合并多种疾病时,现有的人工智能方法诊断较困难。

**2.2 缺乏公认的评价标准** 人工智能模型建立在特定数据集的基础上,各个研究采用的数据集大小、质量参差不齐,使得每项人工智能研究开发的模型都有各自的适用范围,在真实世界的准确性无法保证,也无法将多项研究之间进行横向比较<sup>[33]</sup>。

**2.3 缺乏可解释性** 人工智能的分析结果缺乏可解释性是一个普遍问题,如人工智能通过眼底照片来判断性别是难以解释的。这会影响临床医生和患者的信任,尤其是当医生或患者的判断与人工智能的分析结果不一致时,他们往往难以被说服改变临床决策,这将大大降低人工智能在医学中的实际应用价值。

## 3 人工智能在眼科的应用展望

**3.1 加强人工智能真实世界研究** 目前,人工智能在眼科的应用研究大多基于严格筛选的数据,

但临床的实际情况复杂多样。已有研究表明,人工智能在真实世界中诊断白内障的准确率显著低于在实验室条件下的表现<sup>[34]</sup>。由此可见,唯有加强人工智能真实世界研究才能准确判断人工智能方法的临床应用价值。最近,中山大学林浩添教授团队完成了首个眼科多病种人工智能真实世界研究,证实了他们研发的视网膜诊断系统在临床实践中能够准确识别14种常见眼底异常,准确率已达到国际水平<sup>[35]</sup>。通过在临床实践中的锤炼,有望进一步提升人工智能技术,从而真正地为患者服务。

**3.2 建立标准数据库** 人工智能是一项严重依赖数据的技术,数据的大小和质量会直接影响人工智能模型的性能。建立标准化、高质量数据资源是构建公正评价系统的前提,对于进一步发展和临床转化具有重要意义。目前,中山大学、北京协和医院等已先后建立了人工智能研究眼科标准数据库。未来的研究还需进一步健全覆盖眼科各个领域的标准数据库,并形成国家标准,从而推进人工智能在眼科的应用。

**3.3 基于多模态数据的人工智能系统的研发** 目前人工智能系统大多是基于一种眼科检查数据的模型,虽然在各自的研究中均获得了较好的结果,但该研究结果更适合于理想的实验条件。在真实世界中,临床医生大多无法通过单一的检查结果对疾病进行诊疗,而是综合了临床表现、体征、影像学检查等多模态数据做出判断。因此,作为一种模拟人类智能行为的技术,人工智能未来可加强基于多模态数据的分析,从而进一步提高诊断准确率和临床实用价值。

## 4 结语

总的来说,在过去的10年,人工智能在眼科的应用研究取得了丰硕的成果,也暴露出一些问题。我们应该重视人工智能的研究,解决的问题,相信人工智能未来将为眼科带来新的技术革命。

## 参考文献

- 1 De Dombal FT, Leaper DJ, Staniland JR, et al. Computer-aided diagnosis of acute abdominal pain [J]. *BMJ*, 1972, 2 (5804): 9-13.
- 2 Abràmoff MD, Lou YY, Erginay A, et al. Improved automated detection of diabetic retinopathy on a publicly available dataset through integration of deep learning [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2016, 57 (13): 5200-5206.
- 3 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 [J]. *JAMA*, 2016,



- 316 (22): 2402-2410.
- 4 Nuzzi R, Boscia G, Marolo P, et al. The impact of artificial intelligence and deep learning in eye diseases: a review [J]. *Front Med (Lausanne)*, 2021, 8: 710329.
  - 5 Schmidt-Erfurth U, Sadeghipour A, Gerendas BS, et al. Artificial intelligence in Retina [J]. *Prog Retin Eye Res*, 2018, 67: 1-29.
  - 6 Vujosevic S, Aldington SJ, Silva P, et al. Screening for diabetic retinopathy: new perspectives and challenges [J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2020, 8 (4): 337-347.
  - 7 Gupta K, Reddy S. Heart, eye, and artificial intelligence: a review [J]. *Cardiol Res*, 2021, 12 (3): 132-139.
  - 8 Hormel TT, Hwang TS, Bailey ST, et al. Artificial intelligence in OCT angiography [J]. *Prog Retin Eye Res*, 2021, 85: 100965.
  - 9 Girard MJA, Schmetterer L. Artificial intelligence and deep learning in glaucoma: current state and future prospects [J]. *Prog Brain Res*, 2020, 257: 37-64.
  - 10 Liu HR, Li L, Wormstone IM, et al. Development and validation of a deep learning system to detect glaucomatous optic neuropathy using fundus photographs [J]. *JAMA Ophthalmol*, 2019, 137 (12): 1353-1360.
  - 11 Li F, Song DP, Chen H, et al. Development and clinical deployment of a smartphone-based visual field deep learning system for glaucoma detection [J]. *NPJ Digit Med*, 2020, 3: 123.
  - 12 Xiong J, Li F, Song DP, et al. Multimodal machine learning using visual fields and peripapillary circular OCT scans in detection of glaucomatous optic neuropathy [J]. *Ophthalmology*, 2022, 129 (2): 171-180.
  - 13 Tognetto D, Giglio R, Vinciguerra AL, et al. Artificial intelligence applications and cataract management: a systematic review [J]. *Surv Ophthalmol*, 2022, 67 (3): 817-829.
  - 14 王婷, 汪瑞昕, 林浩添. 基于人工智能的白内障新诊疗模式 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2021, 39 (9): 832-836.
  - 15 Liu XY, Jiang JW, Zhang K, et al. Localization and diagnosis framework for pediatric cataracts based on slit-lamp images using deep features of a convolutional neural network [J]. *PLoS One*, 2017, 12 (3): e0168606.
  - 16 Xu X, Zhang LL, Li JQ, et al. A hybrid global-local representation CNN model for automatic cataract grading [J]. *IEEE J Biomed Health Inform*, 2020, 24 (2): 556-567.
  - 17 Carmona González D, Palomino Bautista C. Accuracy of a new intraocular lens power calculation method based on artificial intelligence [J]. *Eye (Lond)*, 2021, 35 (2): 517-522.
  - 18 Tian S, Yin XC, Wang ZB, et al. A VidEo-based intelligent recognition and decision system for the phacoemulsification cataract surgery [J/OL]. <https://doi.org/10.1155/2015/202934>.
  - 19 Al Hajj H, Lamard M, Conze PH, et al. CATARACTS: Challenge on automatic tool annotation for cataract surgery [J]. *Med Image Anal*, 2019, 52: 24-41.
  - 20 Lin HT, Long EP, Ding XH, et al. Prediction of myopia development among Chinese school-aged children using refraction data from electronic medical records: a retrospective, multicentre machine learning study [J]. *PLoS Med*, 2018, 15 (11): e1002674.
  - 21 Yoo TK, Ryu IH, Choi H, et al. Explainable machine learning approach as a tool to understand factors used to select the refractive surgery technique on the expert level [J]. *Transl Vis Sci Technol*, 2020, 9 (2): 8.
  - 22 Yousefi S, Yousefi E, Takahashi H, et al. Keratoconus severity identification using unsupervised machine learning [J]. *PLoS One*, 2018, 13 (11): e0205998.
  - 23 Chen X, Zhao JX, Iselin KC, et al. Keratoconus detection of changes using deep learning of colour-coded maps [J]. *BMJ Open Ophthalmol*, 2021, 6 (1): e000824.
  - 24 Kamiya K, Ayatsuka Y, Kato Y, et al. Keratoconus detection using deep learning of colour-coded maps with anterior segment optical coherence tomography: a diagnostic accuracy study [J]. *BMJ Open*, 2019, 9 (9): e031313.
  - 25 Lavric A, Valentin P. KeratoDetect: keratoconus detection algorithm using convolutional neural networks [J/OL]. <https://doi.org/10.1155/2019/8162567>.
  - 26 Lv J, Zhang K, Chen Q, et al. Deep learning-based automated diagnosis of fungal keratitis with in vivo confocal microscopy images [J]. *Ann Transl Med*, 2020, 8 (11): 706.
  - 27 Deng LJ, Lyu JY, Huang HX, et al. The SUSTech-SYSU dataset for automatically segmenting and classifying corneal ulcers [J]. *Sci Data*, 2020, 7 (1): 23.
  - 28 Li ZW, Jiang JW, Chen K, et al. Preventing corneal blindness caused by keratitis using artificial intelligence [J]. *Nat Commun*, 2021, 12 (1): 3738.
  - 29 Salvi M, Dazzi D, Pellistri I, et al. Prediction of the progression of thyroid-associated ophthalmopathy at first ophthalmologic examination: use of a neural network [J]. *Thyroid*, 2002, 12 (3): 233-236.
  - 30 Song XF, Liu ZJ, Li LH, et al. Artificial intelligence CT screening model for thyroid-associated ophthalmopathy and tests under clinical conditions [J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 2021, 16 (2): 323-330.
  - 31 Lin CY, Song XF, Li LH, et al. Detection of active and inactive phases of thyroid-associated ophthalmopathy using deep convolutional neural network [J]. *BMC Ophthalmol*, 2021, 21 (1): 39.
  - 32 Wang LY, Ding LQ, Liu ZF, et al. Automated identification of malignancy in whole-slide pathological images: identification of eyelid malignant melanoma in gigapixel pathological slides using deep learning [J]. *Br J Ophthalmol*, 2020, 104 (3): 318-323.
  - 33 陈有信, 冯时, 赵清. 眼科人工智能研究的相关问题 [J]. *中华眼底病杂志*, 2022, 38 (2): 89-92.
  - 34 Lin HT, Li RY, Liu ZZ, et al. Diagnostic efficacy and therapeutic decision-making capacity of an artificial intelligence platform for childhood cataracts in eye clinics: a multicentre randomized controlled trial [J]. *EclinicalMedicine*, 2019, 9: 52-59.
  - 35 Lin DR, Xiong JH, Liu CX, et al. Application of Comprehensive Artificial intelligence Retinal Expert (CARE) system: a national real-world evidence study [J]. *Lancet Digit Health*, 2021, 3 (8): e486-e495.