

# 人工智能技术在近视防控领域的研究进展

张晓培<sup>1</sup>, 黄建峰<sup>1</sup>, 李童燕<sup>1</sup>, 杨卫华<sup>2</sup>

引用: 张晓培, 黄建峰, 李童燕, 等. 人工智能技术在近视防控领域的研究进展. 国际眼科杂志 2023;23(11):1907-1910

基金项目: 深圳市自然科学基金(基础研究专项)重点项目(No. JCYJ20220818103207015)

作者单位:<sup>1</sup>(210044) 中国江苏省南京市, 南京科技职业学院;

<sup>2</sup>(518040) 中国广东省深圳市眼科医院 深圳市眼病防治研究所

作者简介: 张晓培, 毕业于南京医科大学, 硕士研究生, 主治医师, 研究方向: 眼视光学。

通讯作者: 杨卫华, 博士, 硕士研究生导师, 主任医师, 研究方向: 眼科人工智能. [benben0606@139.com](mailto:benben0606@139.com)

收稿日期: 2023-05-26 修回日期: 2023-09-20

## 摘要

近视是引起视力损害的主要原因之一, 近年来, 其发病率逐年升高。有效的近视防控对于维持患者的视觉功能和生活质量非常重要。随着计算机大数据技术的不断发展, 人工智能(AI)在医疗卫生领域飞速发展。机器学习和深度学习逐渐在近视防控领域崭露头角。通过对屈光度、眼轴、彩色眼底照相和光学相干断层扫描成像等近视相关数据的训练而形成的 AI 模型, 借助远程医疗平台, 人工智能在近视的发生、进展预测、监测、预警病理性近视、近视防控治疗和眼科远程医疗等方面均取得了积极的作用。本文主要就人工智能技术在近视防控领域的研究进展进行综述, 旨在为未来近视防控工作提供新的方向。

关键词: 近视; 近视防控; 人工智能; 机器学习; 深度学习

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2023.11.27

## Research progress of artificial intelligence in the prevention and control of myopia

Xiao-Pei Zhang<sup>1</sup>, Jian-Feng Huang<sup>1</sup>, Tong-Yan Li<sup>1</sup>, Wei-Hua Yang<sup>2</sup>

Foundation item: Key Project of Natural Science Foundation (Basic Special Project) of Shenzhen (No. JCYJ20220818103207015)

<sup>1</sup>Nanjing Polytechnic Institute, Nanjing 210044, Jiangsu Province, China; <sup>2</sup>Shenzhen Eye Disease Researching Institution; Shenzhen Eye Hospital, Shenzhen 518040, Guangdong Province, China

Correspondence to: Wei-Hua Yang. Shenzhen Eye Disease Researching Institution; Shenzhen Eye Hospital, Shenzhen 518040, Guangdong Province, China. [benben0606@139.com](mailto:benben0606@139.com)

Received: 2023-05-26 Accepted: 2023-09-20

## Abstract

• Myopia is one of the main causes of visual impairment. In recent years, the incidence of myopia has been increasing. Effective prevention and control of myopia is

essential for maintaining patients' visual function and quality of life. With the continuous development of computer technology and big data acquisition, artificial intelligence (AI) is developing rapidly in the field of medical and health care. Machine learning and deep learning are gradually emerging in the field of myopia prevention and control. Through the AI model formed by training the diopter, axial length, color fundus photography, optical coherence tomography and other myopia-related data, with the help of remote medical platform, AI has played a positive role in the occurrence, progress prediction and monitoring of myopia, early warning of pathological myopia, prevention and treatment of myopia and ophthalmological telemedicine. This paper mainly reviews the research progress of AI in the field of myopia prevention and control, aiming to provide a new direction for the prevention and control of myopia in the future.

• KEYWORDS: myopia; myopia prevention and control; artificial intelligence; machine learning; deep learning

Citation: Zhang XP, Huang JF, Li TY, *et al.* Research progress of artificial intelligence in the prevention and control of myopia. *Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci)* 2023;23(11):1907-1910

## 0 引言

近视是一个重要的全球性公共卫生问题, 特别是在现代社会中, 随着数字化技术的普及和人们电子设备接触时长的增加, 近视的发病率呈现出令人担忧的增长趋势<sup>[1]</sup>。据统计, 目前全球有超过 14 亿的近视患者<sup>[2]</sup>, 而我国青少年的总体近视率更是远高于世界平均水平<sup>[3]</sup>。近视的危害不仅表现为视功能的下降, 更在于其可能影响青少年的生长发育和身心健康。在我国, 近视防控工作已不仅仅是医疗从业者的工作, 更是一项重之又重的国家战略。现阶段, 近视防控工作仍然面临诸多挑战: 发病机制不明; 近视筛查工作量大; 高度近视风险难以预测; 疗效不确定等<sup>[4]</sup>。显然, 传统的医疗手段已经难以满足如今近视防控工作的需求。近年来, 人工智能(artificial intelligence, AI)技术在医疗卫生领域飞速发展<sup>[5-10]</sup>, 为解决近视防控工作的困境提供了新的思路。随着 AI 技术的快速发展, 其已逐步成为近视防控领域的重要工具。通过深度学习、计算机视觉和模式识别等技术, AI 可以处理大量的视觉数据, 并从中提取有价值的信息, 为近视的早期筛查、诊断和治疗提供新的机会和希望。AI 的研究进展涵盖了多个方面, 包括在近视的发生、进展预测、监测、预警病理性近视、近视防控治疗和眼科远程医疗等方面的应用。本文主要就近年来 AI 技术在近视防控领域取得的研究进展进行综述。

## 1 AI 概述

AI 于 1956 年由约翰·麦卡锡首次提出, 其本质上是

一种赋予计算机类似人类思维和行为方式的计算机科学,被认为是“第四次工业革命”<sup>[11]</sup>。AI发展初期的核心技术主要是机器学习(machine learning, ML)。其工作原理即:计算机编写程序,后通过学习自己的程序以完成一项指定任务<sup>[12]</sup>。以彩色眼底照相为例,指定ML判读输入的照片处于正常或病理状态,并标记。ML为了完成此项任务,需要学习海量的彩色眼底照相数据(训练数据集)并保留部分(验证数据集)来验证自己的算法<sup>[12]</sup>。与此同时,眼科专家需要逐一对这些彩色眼底照相进行人工精确判读、标记,以供ML分析对照。在重复地对照,不断地调整算法后,ML最终输出理想结果。

由此可见,ML的工作依赖于眼科专家的精确标记,十分耗时耗力。在此基础上,不受人为因素影响的深度学习(deep learning, DL)技术应运而生。DL技术要点即通过多层神经网络模拟人类大脑的思维模式,利用输入层与输出层层间的代码运算,解密原始大数据间的关联,最终自动生成结果,不需要同时对数据进行人工精确标记<sup>[13]</sup>。近年来,AI技术与医学影像的结合对眼科疾病的筛查、诊断及个体化治疗产生了强大的推动力量<sup>[5-10]</sup>。在近视防控领域,AI技术的应用仍处于探索阶段。但依托屈光大数据,通过AI技术进行近视防控的多维度量化监测评估,将会是未来近视精准防控的新方向<sup>[14]</sup>。

## 2 AI在近视发生和进展预测与监测中的应用

### 2.1 AI在近视发生预测中的应用

临床上,诊断近视多依赖于检影验光等检查,其技术已趋于成熟,结合眼轴长度、睫状肌麻痹等手段,检查结果较为可靠。但现有的检查手段多只能评估患者现阶段的屈光状态,无法预测其未来是否会发生近视。此外,部分儿童及语言交流障碍者在检影验光过程中无法积极配合,该人群的近视度数评估工作常不能及时进行,进而延误了治疗,引起了视力不可逆转的下降<sup>[15]</sup>。AI技术的出现使以上问题有了新的转机。

#### 2.1.1 AI预测未来近视发生

Ma等<sup>[16]</sup>基于DL开发了一款智能手机应用程序,用以学龄前儿童的视力筛查。受检者在暗室中使用该程序即可自动获取瞳距、屈光不正范围等数据,结合预先输入的个人信息,可得出近视发生的风险。他们的研究指出,此项算法预测未来近视发生的敏感性和特异性分别为0.83和1.00。黄峻嘉等<sup>[17]</sup>采用5种集成学习方法对未来近视情况进行预测,其中随机森林模型预测效果最好,其预测未来近视发生的准确率为92.8%,有较高的参考价值。

#### 2.1.2 AI基于眼科生物学图像评估近视度数

Varadarajan等<sup>[18]</sup>最早训练了一种可以根据彩色眼底照相的特征评估近视度数的DL算法。他们使用的2个数据集所预测结果的平均绝对误差分别是0.56、0.91D,推断黄斑中心凹是近视度数评估的关键区域。随后Li等<sup>[19]</sup>的研究也提出,通过彩色眼底照相训练算法可以评估近视度数并获得较高的精确度。

AI技术除了通过彩色眼底照相评估屈光度数,近年来多项研究证实,其亦可以通过光学相干断层成像(optical coherence tomography, OCT)等眼科检查采集所得图像进行近视度数的评估。Yoo等<sup>[20]</sup>开发的一种DL算法证实,近视度数的评估可以基于OCT图像。他们认为,这种算法将有助于避免眼科医生在进行OCT判读时忽视与近视相关的风险评估。Yang等<sup>[21]</sup>训练了一种DL算法,可以通过患者眼表颞侧巩膜的图像来预判近视度数,

且其诊断的敏感性和特异性均高于眼科医生。此外,波前像差的数据与AI技术的结合在近视度数评估领域也逐渐有了一些成绩。Rampat等<sup>[22]</sup>在学习了3792眼的波前像差数据后训练了一种DL模型,成功准确评估了另外350眼的主觉验光度数。

因此,基于眼科生物学图像的AI技术或可在检影验光之余,作为辅助手段用于部分儿童及语言交流障碍者的近视度数评估,逆转该人群近视治疗不及时现状。

### 2.2 AI在近视进展预测中的应用

近视一旦发展成病理性近视,将会引起多种眼底并发症,造成视力不可挽救的下降。鉴于此,利用AI技术对学龄期儿童进行近视进展的预测,并在学龄阶段为其提供精准个性化的治疗,将可能有效阻止其向高度近视甚至病理性近视发展<sup>[23]</sup>。

Yang等<sup>[24]</sup>基于小学生的眼部测量数据(如眼轴、角膜曲率等)和行为数据(如室内外活动时间、饮食、行为习惯等)建立了青少年近视进展的预测模型。研究结果表明,该模型具有良好的性能和准确性。中山眼科中心刘奕志团队训练了一种ML模型,对国内10a来8个眼科中心超过68万的电子病历中的年龄、等效球镜和近视年进展率等数据进行分析,用以识别患者近视发展的规律,并预测是否会进展为高度近视<sup>[25]</sup>。他们的研究结果显示,对于18岁是否会进展成高度近视的预测,该模型在3a内的准确率高达94%,5a和8a内的准确率也均超过了80%。该研究首次将庞大的数据与AI结合,为学龄期儿童近视进展的预测工作做出了巨大的贡献,为未来近视的精准防控提供了可行性证据。

### 2.3 AI在近视监测中的应用

随着近视防控工作的全面开展,人们逐渐意识到对近视患者进行有效的行为干预与近视的早期诊断同样重要<sup>[26]</sup>。为了探讨近视的发生发展与行为习惯的关系,Mrochen等<sup>[27]</sup>开发了一种名为Vivior Monitor的可穿戴设备来监测6~16岁近视儿童的视觉行为。该设备监测发现,与低龄组相比,年龄较大儿童日常行为中看远时间少,使用电脑时间多。他们推测,年龄较大儿童近视的发生或与这些数据相关。

因此,保证充足的户外运动时间可有效预防近视的发生<sup>[28]</sup>。目前,研究者们致力于研发可以鼓励儿童多进行户外运动的可穿戴设备。新加坡眼科研究所开发了一种新型可穿戴追踪器,配备一个智能手表连接手机APP,可以记录儿童的户外活动时间,并将反馈信息发送给父母,提醒他们及时纠正其子女的视觉行为<sup>[29]</sup>。

前文已述,Mrochen等<sup>[27]</sup>的研究提示近距离用眼(如使用电脑)与近视的发生发展相关。利用AI技术,对该行为进行干预,将会是近视防控工作的一个重要环节。Cao等研发了一种附着在眼镜侧面的云传感器设备,可以客观动态地监测配戴者的近距离工作时间<sup>[30-31]</sup>。如出现超近距离用眼或超长时间视近工作,该设备均会发出振动警报以提醒配戴者及时纠正以上不良行为。

## 3 AI在预警病理性近视中的应用

病理性近视常伴有眼底并发症如黄斑劈裂、视网膜脱离、脉络膜新生血管等<sup>[32]</sup>,如果治疗不及时,将可能导致视力不可逆性的下降<sup>[33]</sup>。因此,对病理性近视患者而言,尤其是中青年患者,早发现早诊断早治疗显得尤为重要。然而,病理性近视的诊断高度依赖于眼底相关的影像学检查,不仅过程费时,更需要诊断医生对检查结果的高水准判读<sup>[34]</sup>。

近年来, AI 技术在预警病理性近视方面的势头不容小觑。Hemelings 等<sup>[35]</sup>开发了一种基于 DL 算法的模型, 他们训练了 400 张彩色眼底照相, 在成功诊断出病理性近视(AUC 为 0.9867)的同时, 还对病理性近视引起的眼底病变进行了分级。同时期不乏类似报道<sup>[36-37]</sup>, 均通过 DL 模型自动识别病理性近视的黄斑病变, 并将后者进行分级, 证实了 AI 技术在预警病理性近视方面的能力。

此外, OCT 的图像报告也被 AI 技术研究者用以辅助诊断病理性近视。Li 等<sup>[38]</sup>为了识别包括视网膜裂孔、黄斑裂孔、视网膜脱离和脉络膜新生血管在内的 4 种病理性近视眼底并发症, 他们基于患者的 OCT 图像训练了 4 个独立的 DL 模型。最终研究显示, 该模型的 AUC 高达 0.961~0.999, 兼具高敏感性及高特异性。Sogawa 等<sup>[39]</sup>同样利用 OCT 图像构建 CNN 模型用以识别病理性近视的眼底并发症, 模型获得了良好的敏感性和 AUC 评分。

#### 4 AI 在近视防控治疗中的应用

随着如今医疗水平的不断提升, AI 技术的不断推进, 近视人群的早期诊断率有了大幅度的提升。在此基础上, 如果能够给予及时有效的个体化治疗手段, 或许能够最大程度降低该人群病理性近视甚至眼底并发症的发生率。目前, 被证实有效的措施包括低浓度阿托品滴眼液、周边离焦框架眼镜和角膜塑形镜等<sup>[35]</sup>。

Wu 等<sup>[40]</sup>使用多种 ML 模型回顾性分析了低浓度阿托品的使用对近视患者眼压的影响。他们发现, 其中表现最好的是极端梯度提升(xtreme gradient boosting, XGBoost)模型, 其在预测阿托品疗效和潜在副作用等方面显示出了较大的潜力。

既往研究证实, 角膜塑形镜验配阶段减少试戴次数可以明显降低眼部感染的风险<sup>[41]</sup>。Fan 等<sup>[42]</sup>成功构建了角膜塑形镜重要参数定位弧(alignment curve, AC)的 ML 模型, 以尝试通过实现试戴次数的最少化来最大程度减少眼部感染的可能。该团队的另一项研究同样肯定了 AI 技术在角膜塑形镜验配方面的应用价值<sup>[43]</sup>, 他们基于患者的角膜地形图训练了一种 ML 模型, 可以准确预测角膜塑形镜反转区深度(return zone depth, RZD)和着陆区角度(landing zone angle, LZA)。

#### 5 AI 在眼科远程医疗中的应用

远程医疗作为医疗领域的一种新模式, 可以通过提供远程医疗服务来解决偏远地区人们的医疗保健问题<sup>[44]</sup>。随着 AI 技术的发展和 5G 通信网络覆盖范围的扩大, AI 集成的远程医疗平台逐渐在近视防控领域崭露头角。

基于 AI 技术, 护士等非眼科专业技术人员可在患者居家的情况下通过远程医疗平台, 独立完成对其的近视度数评估等检查<sup>[26]</sup>。近来, Zhang 等<sup>[26]</sup>基于 AI 技术, 首次为近视患者制定了一个医院-社区-家庭三位一体的个性化健康管理新模式。首先, 大规模利用基于 AI 技术的便携式设备定期对近视高危人群进行筛查, 并将检查数据记录在远程医疗平台上。其次, 利用 AI 对收集到的各类数据进行分析, 并对该人群的近视进展风险进行分类, 为其制定个性化的管理方案<sup>[45]</sup>。对尚未出现病理性近视及眼底并发症的患者采取家庭监测的方式, 并将其监测数据实时上传至 AI 远程医疗平台, 初级医疗机构可随时读取, 一旦出现病情变化立即转诊至三级医疗机构。而对需要手术的患者则提前应用远程医疗平台对其进行术前筛查以评估手术风险。

#### 6 总结与展望

在近视防控领域, 跨界融合、数据共享、精准防控将会是未来的趋势。AI 作为一项新兴的革命性技术, 不仅有效缓解了我国医疗技术人员紧缺的困境, 同时也最大程度实现了患者利益的最大化。

本文从多个方面综合阐述了近年来 AI 技术在近视防控领域的研究进展。通过开发智能化的视力筛查系统, AI 可以在较短的时间内对大量人群进行视力检查, 快速发现潜在的近视问题。利用 AI 技术, 对个体的眼球结构和眼部图像进行分析, 预测近视的发展趋势和风险程度。此外, AI 还可以在近视治疗和近视相关行为监测中发挥积极作用, 通过个性化的治疗方案和视觉训练计划, 帮助患者管理近视并改善视力。

尽管 AI 在近视防控领域的研究取得了重要进展, 但仍面临一些挑战。其中包括数据隐私和安全性、算法的可解释性、缺乏长期的临床验证和实践应用等问题<sup>[46-47]</sup>。作为近视防控领域的从业者, 我们需以积极的态度正视 AI 技术的发展。未来的研究将继续关注这些挑战, 并将努力将人工智能技术应用于近视的早期识别、个性化预防和有效管理。

随着其技术的不断完善与成熟, 未来 AI 在真实临床场景中诊治的准确性与稳定性将逐步提高, 现阶段的伦理问题也将逐一被解决。然而, 需要注意的是, AI 技术并不能取代眼科医生和专业人士的角色, 而应该作为辅助工具和决策支持系统来使用。未来, 随着技术的不断进步和临床实践的积累, AI 有望在近视防控领域发挥更加重要的作用, 为人们的眼健康保驾护航。

#### 参考文献

- 1 Hogarty DT, MacKey DA, Hewitt AW. Current state and future prospects of artificial intelligence in ophthalmology: a review. *Clin Exp Ophthalmol* 2019;47(1):128-139
- 2 Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology* 2016;123(5):1036-1042
- 3 Dong L, Kang YK, Li Y, et al. Prevalence and time trends of myopia in children and adolescents in China: a systemic review and meta-analysis. *Retina* 2020;40(3):399-411
- 4 Zhang JZ, Zou HD. Artificial intelligence technology for myopia challenges: a review. *Front Cell Dev Biol* 2023;11:1124005
- 5 Xu X, Zhang LL, Li JQ, et al. A hybrid global-local representation CNN model for automatic cataract grading. *IEEE J Biomed Health Inform* 2020;24(2):556-567
- 6 Kim KE, Kim JM, Song JE, et al. Development and validation of a deep learning system for diagnosing glaucoma using optical coherence tomography. *J Clin Med* 2020;9(7):2167
- 7 Hwang DK, Hsu CC, Chang KJ, et al. Artificial intelligence-based decision-making for age-related macular degeneration. *Theranostics* 2019;9(1):232-245
- 8 Campbell JP, Kim SJ, Brown JM, et al. Evaluation of a deep learning-derived quantitative retinopathy of prematurity severity scale. *Ophthalmology* 2021;128(7):1070-1076
- 9 黎彪, 丁雅璐, 邵毅. 人工智能在小儿眼科领域的应用研究进展. *国际眼科杂志* 2020;20(8):1363-1366
- 10 纪玉珂, 陈楠, 颜智鹏, 等. 人工智能在视光学领域中的研究进展. *国际眼科杂志* 2022;22(5):731-735
- 11 Kaul V, Enslin S, Gross SA. History of artificial intelligence in medicine. *Gastrointest Endosc* 2020;92(4):807-812
- 12 Bartsch G Jr, Mitra AP, Mitra SA, et al. Use of artificial intelligence

and machine learning algorithms with gene expression profiling to predict recurrent nonmuscle invasive urothelial carcinoma of the bladder. *J Urol* 2016;195(2):493-498

13 Kim J, Kim J, Kwak MJ, *et al.* Genetic prediction of type 2 diabetes using deep neural network. *Clin Genet* 2018;93(4):822-829

14 徐捷, 徐亮. 近视防控的六维度评估及防控模式. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2018;20(3):129-132

15 Amirsolaimani B, Peyman G, Schwiegerling J, *et al.* A new low-cost, compact, auto-phoropter for refractive assessment in developing countries. *Sci Rep* 2017;7(1):13990

16 Ma SX, Guan YQ, Yuan YZ, *et al.* A one-step, streamlined children's vision screening solution based on smartphone imaging for resource-limited areas: design and preliminary field evaluation. *JMIR Mhealth Uhealth* 2020;8(7):e18226

17 黄峻嘉, 张琪, 赵娜, 等. 基于近视筛查数据的近视影响因素分析和近视预测. *电子科技大学学报* 2021;50(2):256-260

18 Varadarajan AV, Poplin R, Blumer K, *et al.* Deep learning for predicting refractive error from retinal fundus images. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2018;59(7):2861-2868

19 Li HX, Li HQ, Kang JL, *et al.* Automatic detection of parapapillary atrophy and its association with children myopia. *Comput Meth Programs Biomed* 2020;183:105090

20 Yoo TK, Ryu IH, Kim JK, *et al.* Deep learning for predicting uncorrected refractive error using posterior segment optical coherence tomography images. *Eye* 2022;36(10):1959-1965

21 Yang YH, Li RY, Lin DR, *et al.* Automatic identification of myopia based on ocular appearance images using deep learning. *Ann Transl Med* 2020;8(11):705

22 Rampat R, Debellemanière G, Malet J, *et al.* Using artificial intelligence and novel polynomials to predict subjective refraction. *Sci Rep* 2020;10(1):8565

23 Foo LL, Ang M, Wong CW, *et al.* Is artificial intelligence a solution to the myopia pandemic? *Br J Ophthalmol* 2021;105(6):741-744

24 Yang X, Chen G, Qian YC, *et al.* Prediction of myopia in adolescents through machine learning methods. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17(2):463

25 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. *PLoS Med* 2018;15(11):e1002674

26 Zhang CC, Zhao J, Zhu Z, *et al.* Applications of artificial intelligence in myopia: current and future directions. *Front Med* 2022;9:840498

27 Mrochen M, Zakharov P, Tabakc BN, *et al.* Visual lifestyle of myopic children assessed with AI-powered wearable monitoring. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2020;61:82

28 Rose KA, Morgan IG, Ip J, *et al.* Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children. *Ophthalmology* 2008;115(8):1279-1285

29 Verkicharla PK, Ramamurthy D, Nguyen QD, *et al.* Development of the FitSight fitness tracker to increase time outdoors to prevent myopia. *Transl Vis Sci Technol* 2017;6(3):20

30 Wen LB, Cheng QA, Lan WZ, *et al.* An objective comparison of light intensity and near-visual tasks between rural and urban school children

in China by a wearable device clouclip. *Trans Vis Sci Tech* 2019;8(6):15

31 Cao YP, Lan WZ, Wen LB, *et al.* An effectiveness study of a wearable device (Clouclip) intervention in unhealthy visual behaviors among school-age children. *Medicine* 2020;99(2):e17992

32 Ikuno Y. Overview of the complications of high myopia. *Retina* 2017;37(12):2347-2351

33 Ohno-Matsui K, Wu PC, Yamashiro K, *et al.* IMI pathologic myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021;62(5):5

34 Li JO, Liu HR, Ting DSJ, *et al.* Digital technology, tele-medicine and artificial intelligence in ophthalmology: a global perspective. *Prog Retin Eye Res* 2021;82:100900

35 Hemelings R, Elen B, Blaschko MB, *et al.* Pathological myopia classification with simultaneous lesion segmentation using deep learning. *Comput Methods Programs Biomed* 2021;199:105920

36 Du R, Xie SQ, Fang YX, *et al.* Deep learning approach for automated detection of myopic maculopathy and pathologic myopia in fundus images. *Ophthalmol Retina* 2021;5(12):1235-1244

37 Tan TE, Anees A, Chen C, *et al.* Retinal photograph-based deep learning algorithms for myopia and a blockchain platform to facilitate artificial intelligence medical research: a retrospective multicohort study. *Lancet Digit Health* 2021;3(5):e317-e329

38 Li YH, Feng WB, Zhao XJ, *et al.* Development and validation of a deep learning system to screen vision-threatening conditions in high myopia using optical coherence tomography images. *Br J Ophthalmol* 2022;106(5):633-639

39 Sogawa T, Tabuchi H, Nagasato D, *et al.* Accuracy of a deep convolutional neural network in the detection of myopic macular diseases using swept-source optical coherence tomography. *PLoS One* 2020;15(4):e0227240

40 Wu TE, Chen HA, Zhou MJ, *et al.* Evaluating the effect of topical atropine use for myopia control on intraocular pressure by using machine learning. *J Clin Med* 2020;10(1):111

41 Kam KW, Yung W, Li GKH, *et al.* Infectious keratitis and orthokeratology lens use: a systematic review. *Infection* 2017;45(6):727-735

42 Fan YZ, Yu ZK, Tang T, *et al.* Machine learning algorithm improves accuracy of ortho-K lens fitting in vision shaping treatment. *Cont Lens Anterior Eye* 2022;45(3):101474

43 Fan YZ, Yu ZK, Peng ZS, *et al.* Machine learning based strategy surpasses the traditional method for selecting the first trial Lens parameters for corneal refractive therapy in Chinese adolescents with myopia. *Cont Lens Anterior Eye* 2021;44(3):101330

44 Waller M, Stotler C. Telemedicine: a primer. *Curr Allergy Asthma Rep* 2018;18(10):54

45 Foo LL, Ng WY, Lim GYS, *et al.* Artificial intelligence in myopia: current and future trends. *Curr Opin Ophthalmol* 2021;32(5):413-424

46 《眼科人工智能临床应用伦理专家共识》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, 等. 眼科人工智能临床应用伦理专家共识(2023). *中华实验眼科杂志* 2023;41(1):1-7

47 王妍茜, 王成虎, 张竞月, 等. 人工智能应用于眼科的积极作用及其伦理问题. *国际眼科杂志* 2022;22(6):1020-1024