

· 综 述 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2020.13.034

网络首发 [https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20200331.1216.010.html\(2020-03-31\)](https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20200331.1216.010.html(2020-03-31))

## 糖尿病视网膜病变的社区预防\*

王登学,刘 珏 综述,陈再洪<sup>△</sup> 审校  
(重庆市急救医疗中心眼科 400014)

**[摘要]** 随着糖尿病患者的增加,糖尿病视网膜病变(DR)已成为我国最主要的致盲性眼病之一。预防糖尿病盲关键在于早发现、早干预。DR 的社区筛查及管理可有效降低致盲率。人工智能飞速发展,在眼科疾病的应用已经成为一个新的热点。本文就 DR 的危害、防治现状及人工智能在疾病筛查中的应用作一综述,以期社区预防联合人工智能辅助诊疗平台的应用可以为 DR 患者提供一种新的有效的防治模式。

**[关键词]** 糖尿病视网膜病变;筛查;社区卫生服务;疾病管理;人工智能

**[中图分类号]** R587.2;R774.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2020)13-2216-04

## Community prevention of diabetic retinopathy\*

WANG Dengxue, LIU Jue, CHEN Zaihong<sup>△</sup>

(Department of Ophthalmology, Chongqing Emergency Medical Center, Chongqing 400014, China)

**[Abstract]** With the increase of number of diabetic patients, diabetic retinopathy (DR) has become one of the main blindness-causing disease in China. Early diagnosis and intervention are key strategies to preventing blindness caused by DR. Community screening and management of DR can effectively reduce the rate of blinding. With the rapid development of artificial intelligence, its application in ophthalmic diseases has become a new hot spot. This article summarized the hazards of DR, the status quo of prevention and treatment, and the application of artificial intelligence in disease screening. It was hoped that the application of community prevention combined with artificial intelligence-assisted diagnosis and treatment platform can provide a new and effective prevention model for DR patients.

**[Key words]** diabetic retinopathy; screening; community health services; Disease management management; artificial intelligence

糖尿病是一种全球性公共卫生疾病,预计到 2040 年将影响 6.42 亿成年人,其中约 75% 居住在低收入和中等收入国家<sup>[1]</sup>。糖尿病视网膜病变(diabetic retinopathy, DR)患者占糖尿病患者的 25%<sup>[2-3]</sup>,中国大陆的糖尿病人群中 DR 的患病率约为 23.0%,其中非增殖期糖尿病视网膜病变(nonproliferative diabetic retinopathy, NPDR)为 19.1%,增殖期糖尿病视网膜病变(proliferative diabetic retinopathy, PDR)为 2.8%<sup>[4]</sup>,已成为我国成人主要致盲眼病之一。DR 引起视力的损伤不可逆转,但早期预防和干预能够有效减缓 DR 的发生、发展。DR 的三级预防有三大要点:(1)一级预防主要是对于糖尿病患者进行生活干预,控制血糖、血压、血脂等高危因素来预防及延迟 DR 的发生;(2)二级预防主要是通过早期筛查,早发现,通过疾病管理来减缓 DR 进展;(3)三级预防主要是

临床干预,激光光凝治疗、眼科手术、抗血管内皮生长因子(anti-VEGF)等方式被广泛应用于临床,减少 DR 患者视功能损伤<sup>[5]</sup>。DR 的临床治疗一直是临床眼科的主要关注点,在发达国家,临床干预有效减少了 DR 致盲的发生。在我国临床干预给 DR 患者带来了严重的经济负担。随着我国糖尿病患者的增加,迫切需要将 DR 的预防重点从临床干预转移到一、二级预防。DR 的预防关键在于建立完善的健康管理平台,加强社区高危人群的疾病管理,提高患者就诊依从性;完善 DR 的基层及社区防治模式是目前降低 DR 致盲率及致残率的有效方法。随着人工智能的飞速发展,在眼科疾病的应用已经成为一个新的热点,因此,大型综合性医院与社区卫生服务中心共同构建结合了人工智能技术的 DR 筛查技术,具有更为广泛和更具成本效益的筛查方式,将成为一种新的防控

模式。

## 1 DR 的危害及就诊情况

目前,全球共有 4.25 亿成人(20~79 岁)糖尿病患者,患病率约为 8.8%,而中国成人糖尿病患者数量高达 1.14 亿,位居世界第一,预计到 2045 年将增至 1.2 亿,DR 随着病程延长发病率逐年上升,致盲率高,已经成为重大的公共卫生问题。我国糖尿病患者大部分在城镇及乡村,患者对于 DR 的认知不足,治疗依从性不高,未能早期进行 DR 筛查及治疗,造成视力不可逆损伤。对于 PDR 的治疗效果差,费用高,积极治疗后仍有失明风险,而早期筛查和治疗费用低,效果好。因此,早期发现 DR 并进行及时有效的治疗,减缓由非增殖期到增殖期的发展,是降低 DR 致盲的关键,能有效减轻患者及社会的经济负担。

## 2 DR 的高危因素

DR 的发生机制尚未完全明确,主要表现为视网膜缺血,国内外已进行多项针对 DR 的流行病学研究<sup>[6]</sup>,发现糖尿病病程、血糖、血压及血脂是影响 DR 发生、发展最主要的原因<sup>[7]</sup>。DR 的发生与病程呈正相关<sup>[8]</sup>,但病程长短与 DR 的病情进展没有明确的相关性。血糖是 DR 发生的独立高危因素,空腹血糖及餐后血糖的控制情况与 DR 的发生密切相关<sup>[9]</sup>。机体长期处于高血糖环境生成的糖基化物中,造成机体组织氧无法扩散,进而提高缺氧调节的生长因子表达,促使视网膜新生血管形成,破坏正常的视网膜屏障功能<sup>[10]</sup>。开始严格的糖尿病治疗后,DR 可能出现“早期”恶化,主要与糖化血红蛋白(HbA1c)大幅降低、已存在 DR 的严重程度相关。血压是导致 DR 病程进展的独立危险因素,血压长期较高,视网膜毛细血管长期处于高充盈状态,血管内皮损伤后导致视网膜水肿、渗漏,从而引起视力下降<sup>[11]</sup>。收缩压每增高 10 mm Hg,DR 的发生率增加 11%,增殖期病变发生率增加 65%<sup>[12]</sup>。总胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇和三酰甘油水平升高与视网膜硬性渗出发生相关,控制血脂能有效降低 DR 的发生率<sup>[13]</sup>。研究发现,降脂药物(他汀或贝特类药物)能有效减少 DR 的发生,同时能减少 DR 患者心血管事件的发生<sup>[14-15]</sup>。

## 3 DR 治疗

DR 治疗主要以视网膜激光光凝治疗、anti-VEGF 药物治疗、激素治疗和手术治疗为主。视网膜激光光凝治疗主要针对重度 NPDR 患者,是 DR 早期治疗的有效方法,能有效延缓 DR 进展,但有视野缺损、对比敏感度下降、加重黄斑水肿、诱发脉络膜新生血管等不良反应,目前已研发出图案激光扫描器(帕斯卡尔)<sup>[16]</sup>、亚阈值微脉冲二极管激光(subthreshold diode micro-pulse laser,SDM)、视网膜再生疗法(retinal rejuvenation therapy,2RT)、选择性视网膜疗法(selective retina therapy,SRT)、导航激光等以减少

不良反应。血管内皮生长因子(VEGF)增加血管通透性,诱导新生血管形成,引起黄斑水肿,anti-VEGF 治疗已成为治疗黄斑水肿的一线治疗方案,能有效促进黄斑水肿消退,提高患者视力。但 anti-VEGF 治疗费用较高,给患者带来沉重的经济负担;同时,anti-VEGF 药物可能引起纤维增殖膜收缩,增加牵拉性视网膜脱离风险<sup>[17]</sup>。目前采用的 anti-VEGF 药物包括:贝伐单抗、雷珠单抗、康柏西普、阿柏西普。DR 发生玻璃体积血无法吸收、纤维膜形成牵拉性视网膜脱离时需进行手术治疗,玻璃体切割手术前行玻璃体内 anti-VEGF 治疗,可有效降低围术期 VEGF 水平,减少术中出血风险<sup>[18-20]</sup>。联合疗法已成为近年来治疗 DR 的热点,研究发现联合治疗可更好地减轻黄斑水肿,提高患者视力。分泌粒蛋白 III<sup>[21]</sup>、酪氨酸激酶<sup>[22]</sup>、胰高血糖素样肽-1<sup>[23]</sup>、转录因子核因子促红细胞生成素 2 相关因子<sup>[24]</sup>、Basigin<sup>[25]</sup>、胎盘生长因子<sup>[26]</sup>可能成为新的治疗方向。异常的 miRNA 表达可能与高血糖诱导的视网膜细胞功能障碍相关,miRNA 表达与 DR 发展相关<sup>[27]</sup>,可考虑作为 DR 治疗的新靶点,但其机制还需进一步探索<sup>[28]</sup>。

## 4 我国 DR 防治现状

DR 已成为劳动人群首要致盲因素。目前,我国 DR 的早期预防和干预工作处于探索起步阶段,糖尿病患者对于疾病认识不足,眼科就诊意识缺乏、依从性差,基层专科医师及专业检查设备缺乏、医疗资源分布不均衡,导致 DR 患者错失早发现、早治疗的时机。因此,建立完善的 DR 筛查模式是重要的防治方法。理想的减少糖尿病性盲的有效措施是实施以综合医院、社区卫生服务和疾控机构为一体的“三级”糖尿病管理机制,眼科医生可对社区糖尿病人群开展 DR 早期筛查和定期随访,将 DR 防盲治盲工作的焦点前移到未发病时,将“医”和“防”真正融合,将能有效地在早期发现并阻止 DR 进展<sup>[29]</sup>。

## 5 DR 筛查及社区预防

社区筛查和防治是 DR 整体防治的关键环节。研究显示,DR 社区筛查及后续的治疗费用比未筛查情况下的后续治疗费用低。若全面推行 DR 社区筛查,将带来巨大的社会和经济效益。三级综合医院与社区卫生服务中心合作,将三级医院专科优势与社区服务紧密结合,将 DR 筛查前移到社区,加强 DR 宣传,予以规范眼科筛查、诊治,完善糖尿病患者眼科诊疗档案,督促患者定期随访,发现 DR 早期进行专科干预,必要时双向转诊。研究发现,以社区为基础的 DR 患者综合干预,可以明显提高患者对 DR 的认知度,控制 DR 高危因素,提高患者依从性,降低致盲性<sup>[30]</sup>。免散瞳眼底照相已广泛应用于 DR 筛查,因其高效、低成本的特点,目前已取得广泛应用<sup>[31-33]</sup>,适合社区大规模糖尿病人群 DR 的筛查。眼底照相与远

程医疗相结合,将患者图像资料采集、远程解读、双向转诊相结合,使医疗资源得到更合理的配置,缓解城乡医疗资源分布不均衡现状。

## 6 人工智能辅助诊断系统是我国基层慢性疾病筛查的发展趋势

现代人工智能技术高速发展,已广泛应用于医学检查及治疗,在眼科领域展现出了巨大的潜力,对于 DR、青光眼、白内障、年龄相关性黄斑变性的智能诊断已显示出其优越性。研究发现,人工智能在 DR 的诊断及病变分级上已显示出良好的成效<sup>[34-35]</sup>,RAJALAKSHMI 等<sup>[36]</sup>通过人工智能技术实现了用特定智能手机在药物扩瞳情况下对 2 型糖尿病患者 DR 的自动诊断和分级;但目前的研究发现,对于区分是否为增殖期病变分类的准确率需进一步加强<sup>[37]</sup>。TING 等<sup>[38]</sup>研究中显示,基于人工智能的深度学习系统不仅能应用于 DR 的诊断,同时可进行 DR 患病率及危险因素的分析,对于危险因素和患病率的评估结果与人类评估者的结果类似,但所用时间更短。深度学习系统可能成为 DR 流行病学替代评估工具,用于研究 DR 患病率和系统性危险因素。该技术可能会改变大规模人群流行病学研究的方式。随着人工智能的发展,国内已经有不少科研机构在 DR 人工智能筛查取得进展,DR 智能诊断系统能较好地显示眼底病变的程度,为 DR 的治疗提供参考<sup>[39-40]</sup>。人工智能深度算法在非散瞳的 DR 筛查程序中具有较高的诊断准确性<sup>[41]</sup>,为大样本人群 DR 筛查提供了有力工具<sup>[42-43]</sup>。人工智能诊断系统的不断完善及诊断平台的建立,能够拓展优质医疗资源的覆盖范围,为眼病筛查及诊疗提供新的策略,为流行病学及临床研究节省大量的资源。中山大学的人工智能平台研究项目目前取得了一定的临床效果和社会效益<sup>[44]</sup>。

目前,人工智能平台建设还处于探索阶段,统一的图像资料库数据需进一步完善,人工智能深度学习算法及眼科图像质量尚无统一标准,眼科疑难病、罕见病等模型难以获得有效正确的诊断,远程共享平台覆盖范围有限,人工智能平台临床实体运作阶段则需要医学背景、机械制造、管理运营等相关多学科人才参与配合。随着智能算法的不断完善,整体数据联合诊断将成为眼科智能应用新的研究趋势,为慢性病的筛查及诊治提供新方式。

## 7 小 结

大型综合性医院与社区卫生服务中心共同构建 DR 社区预防模式,可有效提高社区 DR 的检出率,实现 DR 的早期诊断、早治疗,降低致盲率。社区筛查模式联合人工智能辅助诊疗平台的应用可以为大规模筛查提供高效而快捷的解决方案,在我国防盲、治盲工作中将起到巨大的推进作用。

## 参考文献

- [1] ZHOU B, LU Y, HAJIFATHALIAN K, et al. Worldwide trends in diabetes since 1980: a pooled analysis of 751 population-based studies with 4.4 million participants[J]. *Lancet*, 2016, 387(10027):1513-1530.
- [2] FLAXMAN S R, BOURNE R R A, RESNIKOFF S, et al. Global causes of blindness and distance vision impairment 1990-2020: a systematic review and meta-analysis[J]. *Lancet Glob Health*, 2017, 5(12);e1221-1234.
- [3] TAN G S, GAN A, SABANAYAGAM C, et al. Ethnic differences in the prevalence and risk factors of diabetic retinopathy: the Singapore Epidemiology of Eye Diseases Study[J]. *Ophthalmology*, 2018, 125(4):529-536.
- [4] 中华医学会糖尿病学分会视网膜病变学组. 糖尿病视网膜病变防治专家共识[J]. *中华糖尿病杂志*, 2018, 10(4):241-247.
- [5] WONG T Y, SABANAYAGAM C. Strategies to tackle the global burden of diabetic retinopathy: from epidemiology to artificial intelligence [J]. *PubMed*, 2020, 243(1):9-20.
- [6] YAN Z P, MA J X. Risk factors for diabetic retinopathy in northern Chinese patients with type 2 diabetes mellitus[J]. *Int J Ophthalmol*, 2016, 9(8):1194-1199.
- [7] LEE R, WONG T Y, SABANAYAGAM C. Epidemiology of diabetic retinopathy, diabetic macular edema and related vision loss[J]. *Eye Vis (Lond)*, 2015, 2:17.
- [8] FORGA L, GOÑI M J, IBÁÑEZ B, et al. Influence of age at diagnosis and time-dependent risk factors on the development of diabetic retinopathy in patients with type 1 diabetes[J]. *J Diabetes Res*, 2016(2016):1-7.
- [9] SONG K H, JEONG J S, KIM M K, et al. Discordance in risk factors for the progression of diabetic retinopathy and diabetic nephropathy in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. *J Diabetes Investig*, 2019, 10(3):745-752.
- [10] CLELAND C R, BURTON M J, HALL C, et al. Diabetic retinopathy in Tanzania: prevalence and risk factors at entry into a regional screening programme [J]. *Trop Med Int Health*, 2016, 21(3):417-426.
- [11] 张耀光. 糖尿病患者视网膜病变的高危因素分

- 析[J]. 糖尿病新世界, 2016, 19(22): 115-116.
- [12] LIU Y, YANG J, TAO L, et al. Risk factors of diabetic retinopathy and sight-threatening diabetic retinopathy: a cross-sectional study of 13 473 patients with type 2 diabetes mellitus in mainland China [J]. *BMJ Open*, 2017, 7(9): e016280.
- [13] LIU L, WU J, YUE S, et al. Incidence density and risk factors of diabetic retinopathy within type 2 diabetes: a five-year cohort study in China (report 1) [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2015, 12(7): 7899-7909.
- [14] KAWASAKI R, KITANO S, SATO Y, et al. Factors associated with non-proliferative diabetic retinopathy in patients with type 1 and type 2 diabetes: the Japan Diabetes Complication and its Prevention prospective study (JDCP study 4) [J]. *Diabetol Int*, 2019, 10(1): 3-11.
- [15] ITOH H, KOMURO I, TAKEUCHI M, et al. Achieving LDL cholesterol target levels <1.81 mmol/L may provide extra cardiovascular protection in patients at high risk: exploratory analysis of the standard versus intensive statin therapy for patients with hypercholesterolaemia and diabetic retinopathy study [J]. *Diabetes Obes Metab*, 2019, 21(4): 791-800.
- [16] MUKHEER A, KHAN M S, JUNEJO M, et al. Effect of pan retinal photocoagulation on central macular thickness and visual acuity in proliferative diabetic retinopathy [J]. *Pak J Med Sci*, 2016, 32(1): 221-224.
- [17] OELLERS P, MAHMOUD T H. Surgery for proliferative diabetic retinopathy: new tips and tricks [J]. *J Ophthalmic Vis Res*, 2016, 11(1): 93-99.
- [18] 范思均, 蔡春梅, 黄厚斌, 等. 抗 VEGF 辅助 PPV 治疗增生性糖尿病视网膜病变的效果及作用机制分析 [J]. *国际眼科杂志*, 2017, 17(10): 1908-1911.
- [19] 林绍冰. PPV 术前玻璃体腔注射康柏西普对 PDR 患者并发症和视力恢复的影响 [J]. *国际眼科杂志*, 2018, 18(5): 919-921.
- [20] 周怀胜, 马海智, 梁婉玲, 等. 玻璃体腔内注射康柏西普辅助 25G 玻切术治疗 PDR 的疗效分析 [J]. *国际眼科杂志*, 2018, 18(2): 363-366.
- [21] LEBLANC M E, WANG W, CHEN X, et al. Secretogranin III as a disease-associated ligand for antiangiogenic therapy of diabetic retinopathy [J]. *J Exp Med*, 2017, 214(4): 1029-1047.
- [22] CAMPOCHIARO P A, PETERS K G. Targeting tie2 for treatment of diabetic retinopathy and diabetic macular edema [J]. *Curr Diab Rep*, 2016, 16(12): 126.
- [23] CAI X, LI J, WANG M, et al. GLP-1 treatment improves diabetic retinopathy by alleviating autophagy through GLP-1R-ERK1/2-HDAC6 signaling pathway [J]. *Int J Med Sci*, 2017, 14(12): 1203-1212.
- [24] DELIYANTI D, ALRASHDI S F, TAN S M, et al. Nrf2 activation is a potential therapeutic approach to attenuate diabetic retinopathy [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2018, 59(2): 815-825.
- [25] ARIMA M, CUI D, KIMURA T, et al. Basigin can be a therapeutic target to restore the retinal vascular barrier function in the mouse model of diabetic retinopathy [J]. *Sci Rep*, 2016, 6: 38445.
- [26] AL KAHTANI E, XU Z, AL RASHAED S, et al. Vitreous levels of placental growth factor correlate with activity of proliferative diabetic retinopathy and are not influenced by bevacizumab treatment [J]. *Eye (Lond)*, 2017, 31(4): 529-536.
- [27] GONG Q, XIE J, LIU Y, et al. Differentially expressed micrnas in the development of early diabetic retinopathy [J]. *J Diabetes Res*, 2017(2017): 4727942.
- [28] ZHANG Y, SUN X, ICLI B, et al. Emerging roles for microRNAs in diabetic microvascular disease: novel targets for therapy [J]. *Endocr Rev*, 2017, 38(2): 145-168.
- [29] 惠延年. 糖尿病管理模式与糖尿病视网膜病变的防控 [J]. *中华眼科杂志*, 2010, 46(2): 97-99.
- [30] 刘虹, 马朋举, 杨亚新, 等. 社区糖尿病视网膜病变综合干预效果分析 [J]. *农垦医学*, 2018, 40(2): 149-152.
- [31] CLÉMENT M, LEBRETON O, CHAILLOUS L, et al. Evaluation of diabetic retinopathy screening using fundus photography: evaluation and epidemiologic factors at Nantes university medical center [J]. *J Fr Ophthalmol*, 2019, 42(3): 281-287.
- [32] 陈力, 郝晓军, 李飞, 等. 免散瞳和散瞳眼底数码相机照相在眼底病筛查中的优势分析 [J]. *国际眼科杂志*, 2018, 18(3): 524-527.
- [33] 全婵娟, 王肖, 杨新怀, 等. 免散瞳眼底彩照在糖尿病视网膜病变社区远程筛查中的应用 [J]. *中山大学学报(医学版)*, 2018, 39(2): 298-302.
- [34] DE FAUW J, LEDSAM J R, (下转第 2244 页)

理管理杂志,2017,17(3):199-201.

- [13] 陈姝,林细吟,刘可. 妇科恶性肿瘤患者支持性照顾需求的研究[J]. 中华护理杂志,2011,46(1):51-53.
- [14] STEWART B W, WILD C P. International Agency for Research on cancer (2014) World Cancer Report 2014[R]. Geneva: World Health Organization, 2014:505.
- [15] HONG Q Y, WU G M, QIAN G S, et al. Prevention and management of lung cancer in China[J]. *Cancer*, 2015, 121(Suppl 17):3080-3088.
- [16] CHEUNG W Y, NEVILLE B A, EARLE C C. Associations among cancer survivorship discussions, patient and physician expectations, and receipt of follow-up care [J]. *J Clin Oncol*, 2010, 28(15):2577-2583.
- [17] SIEGEL R L, MILLER K D, JEMAL A. Cancer statistics, 2015[J]. *CA Cancer J Clin*, 2015, 65(1):5-29.

- [18] UGALE A, ARANDA S, KRISHNASAMY M, et al. Unmet needs and distress in people with lung cancer[J]. *Support Care Cancer*, 2012, 20(2):419-423.
- [19] BAUSEWEIN C, BOOTH S, GYSELS M, et al. Understanding breathlessness: cross-sectional comparison of symptom burden and palliative care needs in chronic obstructive pulmonary disease and cancer[J]. *J Palliat Med*, 2010, 13(9):1109-1118.
- [20] SANDERS S L, BANTUM E O, OWEN J E, et al. Supportive care needs in patients with lung cancer [J]. *Psychooncology*, 2010, 19(5):480-489.
- [21] 陈艳,王玲. 老年晚期肺癌病人癌因性疲乏、睡眠障碍与生命质量的关系[J]. 护理研究, 2018, 32(12):1935-1938.

(收稿日期:2019-12-29 修回日期:2020-02-21)

(上接第 2219 页)

ROMERA-PAREDES B, et al. Clinically applicable deep learning for diagnosis and referral in retinal disease [J]. *Nat Med*, 2018, 24: 1342-1350.

- [35] ABRÁMOFF M D, LAVIN P T, BIRCH M, et al. Pivotal trial of an autonomous AI-based diagnostic system for detection of diabetic retinopathy in primary care offices[J/OL]. *NPJ Digital Med*, 2018, 39:1-8. (2018-08-28) [2019-08-21]. <https://doi.org/10.1038/s41746-018-0040-6>.
- [36] RAJALAKSHMI R, SUBASHINI R, ANJANA R M, et al. Automated diabetic retinopathy detection in smartphone-based fundus photography using artificial intelligence[J]. *Eye (Lond)*, 2018, 32(6): 1138-1144.
- [37] RATANAPAKORN T, DAENGPHOONPHO L A, EUA-ANANT N, et al. Digital image processing software for diagnosing diabetic retinopathy from fundus photograph [J]. *Clin Ophthalmol*, 2019, 13:641-648.
- [38] TING D S W, CHEUNG C Y, NGUYEN Q S, et al. Deep learning in estimating prevalence and systemic risk factors for diabetic retinopathy: a multi-ethnic study[J/OL]. *NPJ Digit Med*, 2019, 10(2):

24. (2019-08-10) [2019-08-21]. <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0097-x>.

- [39] 翁铭,郑博,吴茂念,等. 基于深度学习的 DR 筛查智能诊断系统的初步研究[J]. 国际眼科杂志, 2018, 18(3):568-571.
- [40] 王娟,陈淑娟,董方田,等. 糖尿病视网膜病变筛查智能检测与人工检测的一致性分析[J]. 眼科, 2018, 27(4):254-257.
- [41] XU Y, WANG Y, LIU B, et al. The diagnostic accuracy of an intelligent and automated fundus disease image assessment system with lesion quantitative function (SmartEye) in diabetic patients[J]. *BMC Ophthalmol*, 2019, 19:184.
- [42] 黄潇,谷硕,马晓晔,等. 人工智能糖网眼底图像识别在真实世界的应用[J]. 情报工程, 2018, 4(1):23-30.
- [43] 庞浩,王枫. 用于糖尿病视网膜病变检测的深度学习模型[J]. 软件学报, 2017, 28(11):3018-3029.
- [44] 林浩添,吴晓航. 加快基于眼科图像数据库的眼病人工智能辅助诊断平台建设[J]. 中华实验眼科杂志, 2018, 36(8):577-580.

(收稿日期:2020-01-11 修回日期:2020-03-12)