

# 人工智能辅助基层糖尿病视网膜病变筛防实践

王少鹏<sup>\*#</sup>, 刘延晶, 刘娜, 刘红霞, 高丽芬, 翟改霞, 路晖

淄博市中心医院眼科, 山东 淄博  
Email: \*904268100@qq.com

收稿日期: 2020年10月5日; 录用日期: 2020年10月20日; 发布日期: 2020年10月27日

## 摘要

背景: 人工智能辅助眼底筛查作为一种新兴的眼科检查模式, 可以弥补专科医师不足和患者可及性差等诸多问题。目的: 本研究以地区中心医院医联体为载体, 探索基层糖尿病视网膜病变(糖网)筛防新模式。方法: 通过医联体系统从基层医疗机构纳入2300名患者, 完成眼科检查并经AI初判、人工复核形成眼底诊断结论。筛查以老龄人口为主的社区糖网患病情况。结果: 社区需转诊糖尿病视网膜病变患者AI检出的灵敏度84.67%、特异度93.87%。全部受检人群糖网患病率11.43%; 糖尿病患者糖网患病率24.70%, 需转诊糖网患病率19.65%; 无糖尿病病史人群糖网患病率7.01%, 需转诊糖网患病率5.10%。结论: 人工智能辅助基层老年人群糖网普查效率高、诊断精度高, 有助于糖尿病患者及时发现威胁视力的视网膜并发症, 也有助于糖尿病的筛查和及时管理。

## 关键词

人工智能, 糖尿病视网膜病, 基层

# Practice of Artificial Intelligence-Assisted Screening and Prevention of Diabetic Retinopathy at the Grass-Roots Level

Shaopeng Wang<sup>\*#</sup>, Yanjing Liu, Na Liu, Hongxia Liu, Lifen Gao, Gaixia Zhai, Hui Lu

Department of Ophthalmology, Zibo Central Hospital, Zibo Shandong  
Email: \*904268100@qq.com

Received: Oct. 5<sup>th</sup>, 2020; accepted: Oct. 20<sup>th</sup>, 2020; published: Oct. 27<sup>th</sup>, 2020

<sup>\*</sup>通讯作者。  
<sup>#</sup>第一作者。

文章引用: 王少鹏, 刘延晶, 刘娜, 刘红霞, 高丽芬, 翟改霞, 路晖. 人工智能辅助基层糖尿病视网膜病变筛防实践[J]. 临床医学进展, 2020, 10(10): 2380-2386. DOI: 10.12677/acm.2020.1010359

## Abstract

**Background:** Artificial intelligence-assisted fundus screening as a novel ophthalmological examination can solve many problems such as the primary shortage of ophthalmologists and patient's accessibility for health services. **Objective:** The urban central hospital built a medical union with a number of town and township central hospitals to execute a novel screening method for diabetic retinopathy at primary medical care. **Methods:** A total of 2300 elderly patients in communities were enrolled from primary medical hospital through the medical union system, whose retinography was taken and the fundus diagnosis conclusion was formed by AI and reviewed by center hospital ophthalmologists. **Results:** The sensitivity and specificity of AI diagnosis of referral diabetic retinopathy in communities were 84.67% and 93.87%, respectively. The prevalence rate of diabetic retinopathy was 11.43% in all population. The prevalence rate of diabetic retinopathy in patients with diabetes was 24.70% and the prevalence rate of diabetic retinopathy which needs referral in these people is 19.65%. The prevalence rate of diabetic retinopathy in people with no history of diabetes is 7.01%, and the prevalence rate of diabetic retinopathy which needs referral in these people is 5.10%. **Conclusion:** Artificial intelligence-assisted diabetic retinopathy screening of the elderly in communities has high efficiency and good diagnostic accuracy, which is helpful for diabetic patients to detect retinal complications that threaten vision in time, as well as for diabetes timely management.

## Keywords

Artificial Intelligence, Diabetic Retinopathy, Grass-Roots Level

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

糖尿病(Diabetes Mellitus, DM)及其并发症由于病因复杂、患病率高、筛防工作开展不足、质量不高对国人健康构成重大威胁[1]。2010 年全国流调报道成人糖尿病标化后患病率为 9.7%，按年龄别分层，40 至 59 岁患病率 11.5%，60 岁以上患病率 20.4%。城市患病率 11.4%；农村 8.2%。BMI 越高，DM 患病率越高[2]。糖尿病视网膜病变(Diabetic Retinopathy, DR)是糖尿病最常见的眼底并发症之一。系统综述显示糖尿病患者的总 DR 患病率为 34.6%，增殖期 DR 患病率 6.94%，糖尿病黄斑水肿 6.81%，威胁视力的糖尿病黄斑水肿 10.2% [3]。总 DR 患病率会伴随糖尿病病程延长、糖化血红蛋白和血压值的升高而升高。

糖尿病眼病的管理属于糖尿病的三级预防，首要目标是治疗原发病、减少并发症对健康造成的损害。糖尿病在我国的知晓率、规范治疗率不高，此外，基层医患对糖尿病眼病重视不足，糖尿病视网膜病变的筛查率和治疗率低。同时糖尿病视网膜病变早期无症状，导致大量眼底已有损害，需筛查的门诊患者被忽略，这对我国的糖尿病患者威胁巨大。

糖尿病视网膜病变是导致工作年龄段患者失明的主要原因，卫生部门推荐应当对眼底筛查预防严重的视觉损害。国外基层研究报道在首诊糖尿病患者中，部分患者已经有很严重的眼底病变[4]。免散瞳的眼底照相作为一种有效的筛查方法，在糖网的筛查上应用已很广泛。但是，随着糖尿病患病人数逐年攀

升,可参与筛查的眼科医生绝对人数较少,难以及时补充,导致筛查不充分、质量不高[5]。即使建立了远程阅片制度后,实践上报告延时、病史信息同步困难,短时间内仍难以全面覆盖基层,满足患者的医疗需求。其中专科医生不足、基层拍摄眼底照片不规范是首要限制普查全面铺开因素。由淄博市中心医院牵头,应用人工智能眼底筛查远程接转诊系统在辖区医联体内上线运营,收到了较好的反馈。下一步将逐步完善社区检出患者转诊至中心医院眼科就治疗的工作流,形成 DR 筛防模式的闭环,并报道 DR 转诊率和 DM 确诊率。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 眼科医联体接转诊流程

山东淄博糖尿病眼病人工智能筛查联盟由淄博市中心医院眼科作为上级主管单位,对加入医联体的辖区内社区卫生中心、乡镇卫生院等基层医疗机构就诊的人群进行远程复核和疾病治疗管理。本研究纳入了眼底成像清楚的所有人群,眼底成像不清楚的人群排除在外。在基层由接诊医师完成双眼免散瞳眼底彩照拍摄,并录入完整的病史信息,当场由 AI 出具初步筛查结果供接诊医生参考。患者眼底照片和病史信息一键上传至云端,上级眼科可以实时进行远程审核病签发报告,基层将最终筛查诊断报告交给患者,并进行患者眼健康教育。

### 2.2. 人工智能系统技术指标

眼科全病种筛查产品 VoxelCloud Retina 来自苏州体素信息科技有限公司,获得国家临床医疗器械类注册证批件。该系统可以对包括糖尿病视网膜病变在内的多种常见眼底疾病进行定性定量辅助诊断。其中糖尿病视网膜病变按照 ETDRS 分级标准做 5 级分级,将中度及以上糖尿病视网膜病变并伴有临床意义的黄斑水肿定义为需要转诊专科治疗。

### 2.3. 临床资料收集

医联体内通过眼底 AI 系统就诊的患者,询问病史和基本信息,在相机端拍照完成照片上传,进行 AI 自动诊断和人工复核,以上结果均纳入统计分析。该项目已经由淄博市中心医院伦理委员会批准,批准号 202007001。

### 2.4. 统计学方法

采用 SPSS 20.0、R3.6.1 进行统计数据的处理,计量资料使用均数和标准差,率使用点估计和 95% 区间估计。疾病筛检准确性评价使用筛检试验相关指标完成。假设检验统计水准  $\alpha = 0.05$ 。眼底图像分析由上级医生已审核签发报告的病人数据完成,基本人口学信息描述由全部纳入转诊系统的病人(包含未审核病人)完成。

## 3. 结果

### 3.1. 基本信息描述

本研究纳入 2019 年 8 月 7 日至 2020 年 5 月 26 日的所有筛查系统内病人,共计 2403 人,共收集 4600 张眼底照片。按来源统计来自 7 家基层或非眼科医疗机构,其中排名前二的医疗机构纳入病人占到总病人数的 86.64%,其余各机构纳入病人相对较少(表 1)。

按就诊病人病史分析,包含高血压、糖尿病、视物模糊、黑影飘动四个描述的病人有 1681 人,占有患者的 69.95% (表 2)。

**Table 1.** Distribution of hospital sources of patients in the group**表 1.** 入组患者医院来源分布

机构	已审核患者*	占比	全部患者	占比
博山区山头卫生院	1321	57.43%	1321	54.97%
卫固中心卫生院	742	32.26%	761	31.67%
淄川区杨寨卫生院	120	5.22%	120	4.99%
淄博市中心医院内分泌科	79	3.43%	79	3.29%
水晶眼科诊所	15	0.65%	15	0.62%
临淄区中医医院	15	0.65%	20	0.83%
淄博中心医院	8	0.35%	87	3.62%
总计	2300	100.00%	2403	100.00%

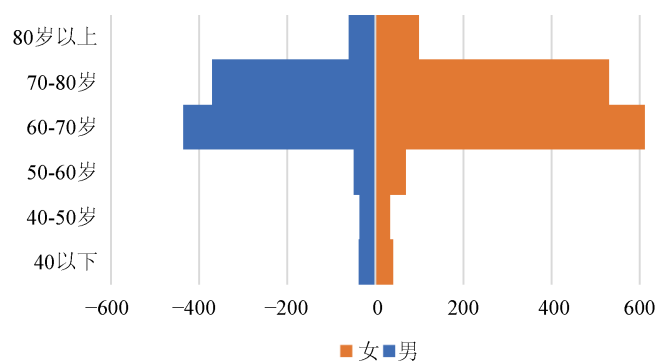
\*已审核为经上级医院眼科医生审核签发报告。

**Table 2.** Analysis of the medical history of the patients enrolled in the group**表 2.** 入组病人病史分析

病史中包含	频数	占比(全部纳入病人)
高血压	1002	41.70%
视物模糊	860	35.79%
糖尿病	605	25.18%
黑影飘动	170	7.07%
眼科病史或手术史	144	5.99%
心脏病史	46	1.91%

纳入病人平均年龄  $67.59 \pm 10.39$  岁, 其中 65 岁以上人口 2014 人, 占总人数的 87.57%。男性占 41.73%、女性占 58.27%。分层年龄性别分布见图 1。

眼底照片总体采集率较高, 双眼都有眼底照片的病人占 91.43%, 没有双眼均采不到眼底照片的病人(表 3)。

**Figure 1.** Includes the age and sex distribution of patients**图 1.** 纳入病人年龄性别分布

按照诊疗流程, 基层接诊患者采集眼底照片并录入病史资料上传后, 上级医生共对 2300 人、4397

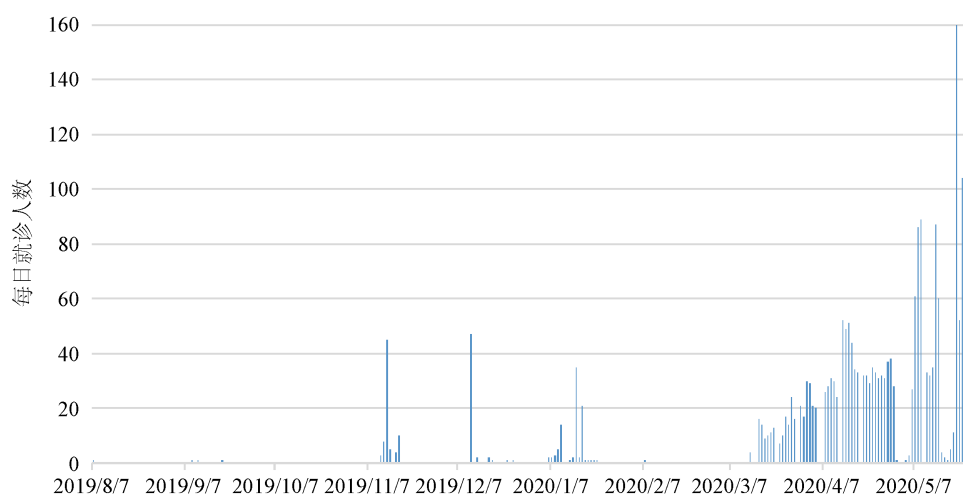
张眼底照片进行复核确认，复核率 95.71%。

对完成审核流程的患者分析就诊的时间分布(图 2)可以发现：19 年末、20 年初，系统上线初期，叠加年初新冠疫情的影响，就诊患者很少。2020 年 3 月中旬以来，就诊人数逐步增加，在大的节假日期间有所回落，之后又快速增长，在资料收集期末，通过眼底 AI 系统日均就诊量峰值达到 160 人(2020 年 5 月 21 日)。

**Table 3.** Photo collection and analysis

**表 3.** 照片采集分析

眼底照片收集情况	频数	占比
双眼都有	2197	91.43%
缺左眼	133	5.53%
缺右眼	73	3.04%
合计	2403	100.00%



**Figure 2.** Distribution of visiting time of audited patients

**图 2.** 已审核病人就诊时间分布

### 3.2. 人工智能筛检评价

以眼睛为单位统计上级审核医生和 AI 独立阅片的糖尿病视网膜病变分级如表 4 所列。DR 五分类的一致率为 92.4% (95%CI: 91.6, 93.2)，kappa 系数为 0.59 (95%CI: 0.55, 0.63)，平方加权 kappa 系数为 0.61 (95%CI: 0.48, 0.75)。

以眼为单位，对是否需要转诊上级眼科专科的筛查意见，上级医生和 AI 的意见比较如表 5 所示。上级医生的诊断为金标准，AI 给出转诊建议的灵敏度为 84.7% (95%CI: 79.6, 88.7)，特异度 93.8% (95%CI: 93.0, 94.5)，阳性预测值 46.4% (95%CI: 41.9, 51.0)，阴性预测值 99.0% (95%CI: 98.6, 99.3)。一致率 93.3% (95%CI: 92.5, 94.0)。

### 3.3. 转诊评价

由表 6 可知以病人为单位，经上级医生审核确认，DR 需要转诊上级医院眼科的有 201 人，占审核后接诊人数的 8.73%。确诊 DR 人数 263 人，占审核后总接诊人数的 11.43%，其中 121 人既往未诊断糖尿

病, 占总检出人数的 43.01%。既往未诊断糖尿病但确诊 DR 的患者中, 有 88 例需转诊至专科眼科治疗, 占未诊断糖尿病患者的 72.73%。需转诊患者向上转诊过程未有效控制, 尤其是疑似原发病的患者未有效控制明确诊断, 该转诊模式在社区首诊慢病的重要性还未提供足够证据支持。

**Table 4.** Confusion matrix between the industrial intelligence of patients with diabetic retina and the gold standard of doctors

**表 4.** DR 人工智能与医生金标的混淆矩阵

人工智能结果	医生阅片金标				
	0	1	2	3	4
0	3825	7	35	0	3
1	13	36	2	0	0
2	101	28	100	0	0
3	2	0	0	2	1
4	118	6	12	5	101

**Table 5.** Evaluation of screening for diabetic retinopathy referred by artificial intelligence or not

**表 5.** 人工智能是否转诊的 DR 筛检评价

AI 算法	上级医生金标准		总计
	无需转诊	需转诊 DR	
阴性	3881	40	3921
阳性	255	221	476
合计	4136	261	4397

**Table 6.** Analysis of diabetic retinopathy in screening population

**表 6.** 筛检人群 DR 检出分析

糖尿病视网膜病变	无糖尿病病史		有糖尿病病史		总人数	构成比
	人数	构成比	人数	构成比		
0	1604	92.99%	433	75.30%	2037	88.57%
1	33	1.91%	29	5.04%	62	2.70%
2	44	2.55%	66	11.48%	110	4.78%
3	0	0.00%	3	0.52%	3	0.13%
4	44	2.55%	44	7.65%	88	3.83%
DR 检出	121	7.01%	142	24.70%	263	11.43%
需转诊 DR 检出	88	5.10%	113	19.65%	201	8.74%

## 4. 讨论

以地区中心医院为核心的眼科转诊医联体是一种新型的整合医疗资源、服务基层患者提供专业眼科服务的新模式[6]。助力推动医疗卫生工作重心下移, 使优质眼科医疗资源下沉进入基层[7]。随着医联体模式的兴起, 患者可以就近再加入医联体的社区进行就诊, 由社区医院医生联系上级医院进行远程会诊,

实时或延时给出患者眼科专科诊断结果。从慢病管理的角度,基于眼科的诊断也应得到原发病科室的尽快收治,形成筛查和治疗的闭环[8]。该模式可以极大满足偏远地区患者的医疗需求,也是医疗体系改革的方向。但由于基层眼科专科接诊能力的缺乏,患者不能及时得到诊疗建议,就诊体验差,转诊和远程会诊不畅时有延误治疗风险。以 AI 辅助的基层眼科全病种筛查转诊系统可以满足基层医生在接诊患者时即刻获得眼底检查的初筛结论,再经由上级医生审核签发,形成最终的诊断意见。通过实践证明,随着系统的全速运转,基层有大量的眼科诊疗需求被释放,接诊量屡创新高,已远超过地区中心医院眼科日接诊人数。患者以前无法再基层完成眼科检查和医师读片,现在可以通过 AI 初筛 + 医联体转诊一站式实现患者诊断、评估、转诊。

糖尿病人需要长期管理、在医疗条件不足的地区,早发现早诊断,防治并发症尤为重要。此次半年期的基层筛防试验发现了大量未诊断糖尿病的患者已经确诊 DR,这类患者亟需诊断 DM 并完成相关检查、治疗、生活方式干预、健康宣教等工作。未诊断糖尿病的 DR 患者中又有七成病人糖尿病眼底已较重,需要转诊专科眼科进行治疗,以防止视力进一步恶化[9]。对于以上亟待解决的问题,还应建立更加完善的转诊预约、上级医院接收反馈、电子病历归档跨平台调阅等信息化功能,及时随访、尽早收治,完成诊疗闭环。糖网筛查是有效的糖尿病高危和患者人群的医疗保护措施,只有覆盖更全面的人群,才能有效保障患者的健康。

## 5. 结论

以医联体为基础,上级医生审核下的人工智能辅助糖网筛查新模式在基层可以顺利开展,患者眼科检查可及性高,诊断结论经医师复核后准确有效,可以指导糖尿病视网膜病变的管理。其中新发现糖尿病病人也可指导基层和内分泌科尽快收治,完善糖尿病的管理。新模式现有短板在于应将需转诊患者和需确诊原发病患者引导转诊至上级医院完成疾病确诊和治疗,并完成随访。

## 基金项目

淄博市重点研发计划公益类(项目编号 2019gy010046)。

## 参考文献

- [1] Zhao, Y., Crimmins, E.M., Hu, P., *et al.* (2016) Prevalence, Diagnosis, and Management of Diabetes Mellitus among Older Chinese: Results from the China Health and Retirement Longitudinal Study. *International Journal of Public Health*, **61**, 347-356. <https://doi.org/10.1007/s00038-015-0780-x>
- [2] Yang, W., Lu, J., Weng, J., *et al.* (2010) Prevalence of Diabetes among Men and Women in China. *The New England Journal of Medicine*, **362**, 1090-1101. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0908292>
- [3] Yau, J.W., Rogers, S.L., Kawasaki, R., *et al.* (2012) Global Prevalence and Major Risk Factors of Diabetic Retinopathy. *Diabetes Care*, **35**, 556-564. <https://doi.org/10.2337/dc11-1909>
- [4] Andonegui, J., Zurutuza, A., De Arcelus, M.P., *et al.* (2012) Diabetic Retinopathy Screening with Non-Mydriatic Retinography by General Practitioners: 2-Year Results. *Primary Care Diabetes*, **6**, 201-205. <https://doi.org/10.1016/j.pcd.2012.01.001>
- [5] Pérez-De-Arcelus, M., Andonegui, J., Serrano, L., *et al.* (2013) Diabetic Retinopathy Screening by General Practitioners Using Non-Mydriatic Retinography. *Current Diabetes Reviews*, **9**, 2-6. <https://doi.org/10.2174/157339913804143180>
- [6] 杨立成, 鲍琳辉, 田义娟, 等. 医联体模式下构建双向转诊机制的探讨[J]. 中国医院, 2015, 19(7): 33-35.
- [7] 林辉, 董津. 互联网+医联体助力分级诊疗落地[J]. 中国医院, 2017, 21(5): 52-53.
- [8] 马长娥. 医联体环境下慢病的管理模式研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京中医药大学, 2015.
- [9] 我国糖尿病视网膜病变临床诊疗指南(2014年)[J]. 中华眼科杂志, 2014(11): 851-865.