

doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2021.01.18

View this article at: <http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.1000-4432.2021.01.18>

· 论著 ·

## 白内障人工智能辅助诊断系统在社区筛查中的应用效果

吴晓航, 刘力学, 陈晴晶, 赖伟翊, 林铎儒, 晏丕松, 刘奕志, 林浩添

(中山大学中山眼科中心, 眼科学国家重点实验室, 广州 510060)

**[摘要]** 目的: 评估白内障人工智能辅助诊断系统在社区筛查中的应用效果。方法: 采用前瞻性观察性研究方法对白内障人工辅助诊断系统的应用效果进行分析, 结合远程医疗的模式, 由社区卫生人员对居民进行病史采集、视力检查和裂隙灯眼前节检查等, 将数据上传至云平台, 由白内障人工智能辅助诊断系统和人类医生依次进行白内障评估。结果: 受检人群中男性所占比例为35.7%, 年龄中位数为66岁, 裂隙灯眼前节照片有98.7%的图像质量合格。该白内障人工智能辅助诊断系统在外部验证集中检出重度白内障的曲线下面积为0.915。在人类医生建议转诊的病例中, 有80.3%也由人工智能系统给出了相同的建议。结论: 该白内障人工智能辅助诊断系统在白内障社区筛查的应用中具有较好的可行性和准确性, 为开展社区筛查疾病提供了参考依据。

**[关键词]** 白内障; 人工智能; 社区卫生服务; 远程医疗

## Application of artificial intelligence-assisted diagnostic system for community-based cataract screening

WU Xiaohang, LIU Lixue, CHEN Jingjing, LAI Weiyi, LIN Duoru, YAN Pisong, LIU Yizhi, LIN Haotian

(Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, State Key Laboratory of Ophthalmology, Guangzhou 510060, China)

**Abstract** **Objective:** To evaluate the effectiveness of an artificial intelligence-assisted diagnostic system for cataract screening in community. **Methods:** A prospective observational study was carried out based on a telemedicine platform. Patient history, medical records and anterior ocular segment images were collected and transmitted from community healthcare centers to Zhongshan Ophthalmic Center for evaluation by both ophthalmologists and artificial intelligence-assisted cataract diagnostic system. **Results:** Of all enumerated subjects, 35.7% were male and the median age was 66 years old. Of all enumerated slit-lamp images, 98.7% met the requirement of acceptable quality. This artificial intelligence-assisted diagnostic system achieved an AUC of 0.915 for detection of severe cataracts in the external validation dataset. For subjects who were advised to be referred to tertiary hospitals by doctors, 80.3% of them received the same suggestion from this artificial intelligence-assisted diagnostic system.

收稿日期 (Date of reception): 2020-06-30

通信作者 (Corresponding author): 林浩添, Email: linht5@mail.sysu.edu.cn

基金项目 (Foundation item): 国家重点研发计划项目 (2018YFC0116500); 广东省重点领域研发计划项目 (2018B010109008)。This work was supported by the National Key R&D Program of China (2018YFC0116500); Science and Technology Planning Projects of Guangdong Province (2018B010109008), China.

**Conclusion:** This artificial intelligence-assisted cataract diagnostic system showed high applicability and accuracy in community-based cataract screening and could be a potential model of care in community-based disease screening.

**Keywords** cataract; artificial intelligence; community health services; telemedicine

白内障是全世界致盲和视力损伤的主要原因, 占发展中国家失明人数的50%以上<sup>[1]</sup>。大多数白内障与年龄相关<sup>[2]</sup>, 有些还与全身性疾病<sup>[3]</sup>、创伤<sup>[4]</sup>和先天性因素<sup>[5]</sup>等有关。随着我国社会经济发展和老龄化程度加重, 白内障的发病率逐年增高。白内障作为可治愈的致盲性眼病, 及时发现并进行手术治疗可提高白内障患者的视力和生活质量。然而, 在目前的三级医疗模式下, 我国眼科医疗资源存在相对匮乏和分布不均的问题, 给白内障的诊治和管理带来了困难。

近年来, 人工智能(artificial intelligence, AI)在医学领域涌现出许多重大的研究成果。AI利用计算机预先设置算法, 通过对大量已标注疾病信息标签的数据进行学习训练, 从而实现疾病的自动诊断和预测。应用AI辅助诊断系统可突破传统的医疗模式, 拓展优质医疗资源的覆盖范围, 为白内障的大规模人群筛查提供了新的策略<sup>[6]</sup>。目前AI已用于先天性白内障、年龄相关性白内障、后发性白内障等多种类型白内障的辅助诊断<sup>[6-7]</sup>。在我国现行的“三级医疗”格局下, 利用AI辅助诊断系统对社区人群进行白内障筛查能促进白内障早期诊断与治疗, 减轻疾病负担。为了解白内障AI辅助诊断系统在社区应用的实际情况, 本研究以广州市越秀区的3个社区为例, 评估白内障AI辅助诊断系统在社区应用的可行性与准确性。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象

于2018年4月至10月对广州市越秀区珠光街、白云街和东山街3个社区的居民进行白内障筛查, 筛查前1周通过海报、广播及宣传单等方式告知居民筛查的具体时间及地点, 并说明此次筛查免费。筛查人员包括中山大学中山眼科中心的3名眼科医师及各街道社区卫生服务中心的工作人员。受筛查居民的纳入标准: 1) 珠光街、白云街和东山街3个街道社区的居民; 2) 依从性好, 能够配合医生进行眼部检查。排除标准: 1) 存在心功能不

全、脑血栓、脑出血或恶性肿瘤等全身严重疾病者; 2) 有既往眼外伤、内眼手术史者。本次社区筛查已通过中山大学中山眼科中心伦理审查委员会批准。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 白内障 AI 辅助诊断系统

本研究所采用的白内障AI辅助诊断系统由中山大学中山眼科中心和Airdoc公司开发<sup>[6]</sup>。该系统采用ResNet神经网络结构, 实验环境使用的是Ubuntu 16.04.2 LTS 64位, 快速特征嵌入的卷积体系框架(Caffe)和并行计算架构(compute unified device architecture, GPU-CUDA)构建的。该系统通过识别输入的裂隙灯显微镜照片, 可输出白内障相关诊断结果。

#### 1.2.2 筛查流程

居委按照纳入和排除标准确定受筛查居民后, 受筛查居民到社区卫生服务中心依次进行如下步骤: 1) 居民信息收集。由工作人员完成病史收集、双眼视力检查(有300lx以上照明的Snellen视力表)和双眼小瞳状态下的裂隙灯显微镜照相(新视野, BIOSLIPS), 并获得绑定的二维码用于查询筛查报告。2) 数据传输。社区工作人员将上述检查数据上传至白内障AI辅助诊断系统。3) AI评估。社区居民可登录微信公众号“ZOC人工智能慢病筛查平台”, 通过已绑定的二维码查看检查报告以及白内障AI辅助诊断系统对其的评估结果, 评估结果分为“无白内障”、“白内障疑似”和“白内障”, 对于有至少一只眼评估为“白内障疑似”和“白内障”的患者, 系统会建议患者转诊上级医院。4) 人工复核。来自中山眼科中心具有五年以上眼科诊疗经验的医生通过身份验证登录同一微信公众号, 查看社区居民的检查报告并评估裂隙灯图像质量, 进行白内障诊断和转诊建议, 诊断结果分为“无白内障或人工晶状体眼”、“轻度白内障”、“重度白内障”和“无法诊断”。对于有至少一只眼诊断为“重度白内障”的患者, 医生会建议患者转诊上级医院。白

内障社区筛查流程图及ZOC人工智能慢病筛查平台的使用界面见下图1和图2。

### 1.3 统计学方法

采用SPSS 25.0统计学软件(美国IBM公司)进行统计分析。Shapiro-Wilk检验用于正态分布检验。

正态分布资料采用均数±标准差( $\bar{x}\pm s$ )描述;非正态分布资料采用中位数及四分位间距描述。AI诊断模型采用ROC曲线下面积(receiver operator curve, AUC)、敏感性、特异性进行统计和评估。本研究参考LOCS III分类法<sup>[8]</sup>对白内障进行轻重度分级,标准见图3。

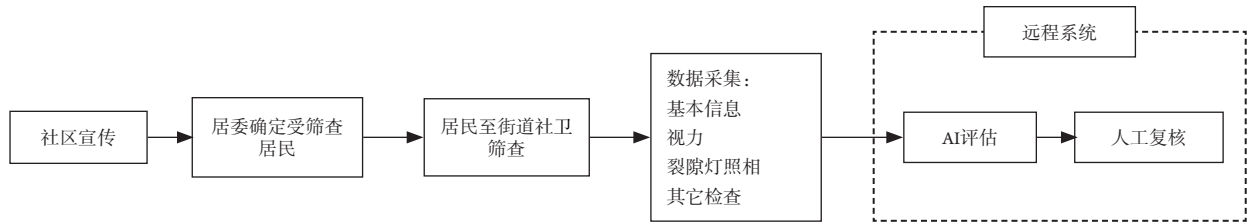


图1 白内障社区筛查流程图

Figure 1 Flow chart of community-based cataract screening



图2 ZOC人工智能慢病筛查平台使用界面

Figure 2 Interface of ZOC AI chronic diseases screening platform

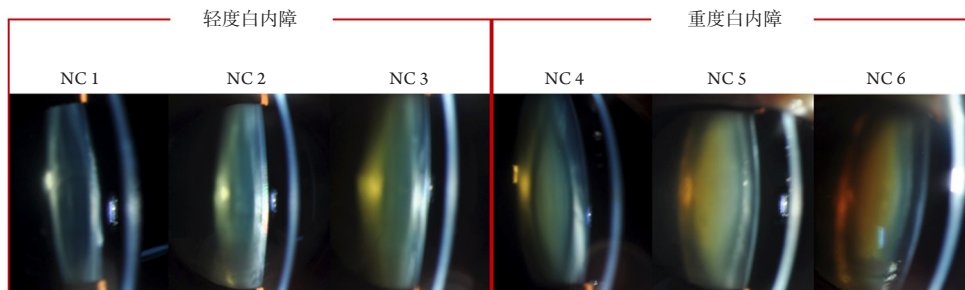


图3 白内障分级标准

Figure 3 Cataract grading criteria

## 2 结果

### 2.1 筛查人群一般情况

3个社区接受白内障筛查的人数共2 095例 4 190眼, 其中男748例1 496眼, 女1 347例 2 694眼。所有受检者接受了白内障AI评估和人工诊断, 有1 571人接受了视力检查。受检者的年龄和性别分布及受检眼的视力、图像质量、白内障AI评估和人工诊断结果分布见表1。

表1 筛查人群一般情况

Table 1 General information of the screening population

| 筛查人群特征     | 数量           | 总计    |
|------------|--------------|-------|
| 性别         |              | 2 095 |
| 男性         | 748 (35.7)   |       |
| 女性         | 1 347 (64.3) |       |
| 年龄/岁       | 66 [57~71]   | 2 095 |
| 日常视力       |              | 3 142 |
| $\geq 1$   | 876 (27.9)   |       |
| 0.3~<1     | 1 884 (60.0) |       |
| <0.3       | 382 (12.1)   |       |
| 图像质量       |              | 4 190 |
| 合格         | 4 136 (98.7) |       |
| 不合格        | 54 (1.3)     |       |
| 白内障AI评估    |              | 4 190 |
| 无白内障       | 2 572 (61.4) |       |
| 白内障疑似      | 1 354 (32.4) |       |
| 白内障        | 264 (6.3)    |       |
| 白内障人工诊断    |              | 4 190 |
| 无白内障或人工晶体眼 | 1 712 (40.9) |       |
| 轻度白内障      | 2 071 (49.4) |       |
| 重度白内障      | 388 (9.3)    |       |
| 无法诊断       | 19 (0.5)     |       |

连续变量不符合正态分布, 以中位数[25百分位数, 75百分位数]表示, 分类变量以每一类别的数量和括号中的百分比表示。

Continuous variables that do not conform to normal distribution will be represented as median [25th percentile, 75th percentile]. Categorical variables are represented as the number of each category and their percentage in parentheses.

### 2.2 白内障 AI 辅助诊断系统在社区筛查中的效果

本研究所采用的白内障AI辅助诊断系统在社区筛查中检出白内障的受试者操作曲线见图4, 其AUC为0.9151。

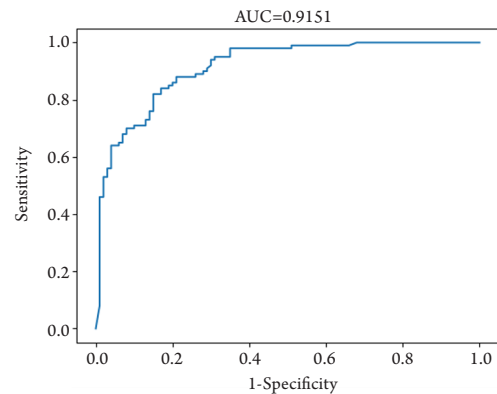


图4 白内障AI辅助诊断系统在社区筛查中的表现

Figure 4 Performance of cataract AI-assisted diagnostic systems in community-based screening

在筛查人群中, 共有269例由医生建议转诊上级医院。在这269例中, 有216例(80.3%)同样收到了AI诊断系统转诊上级医院的建议(表2)。

表2 白内障AI辅助诊断系统与人类医生的诊断情况

Table 2 Cataract AI-assisted diagnostic system and diagnosis by human doctors

| 比较指标    | AI辅助诊断系统 | 人类医生  |
|---------|----------|-------|
| 总例数/眼   |          | 4 190 |
| 白内障数/眼  | 1 618    | 2 459 |
| 转诊数/人   | 990      | 269   |
| AI转诊灵敏度 |          | 80.3% |

## 3 讨论

本研究通过选择广州市3个代表性社区, 分析了白内障AI辅助诊断系统在社区的应用情况。结果显示, 所筛查人群以65岁以上的老年人为主, 且64.3%为女性。在进行裂隙灯显微镜照相时, 98.7%的图片质量合格, 99.5%的图片可为人类医生诊断。在人类医生建议转诊上级医院的人群中,

80.3%也会收到AI的对应评估结果。这说明了该白内障AI辅助诊断系统在社区应用中的可行性和准确性。

早在2016年,谷歌团队就通过训练算法对眼底照中的糖尿病视网膜病变进行准确识别和分级<sup>[9]</sup>。与其他学科相比,眼球位于体表,具有透明的屈光间质,利于诊断仪器即刻对眼部组织进行直接的活体检查。这些特征使眼部图像资料在眼病的诊断、疗效检测及预后判断中具有重要价值,尤其是对于白内障、角膜病和视网膜疾病等全球范围内的主要致盲眼病。因此,基于眼部图像的AI辅助诊断系统成为防盲治盲工作的发展新趋势,相关的前瞻性研究也在近年逐渐增多,如Abramoff等<sup>[10]</sup>对糖尿病视网膜病变AI诊断系统在初级医疗机构的应用研究和Lin等<sup>[11]</sup>关于先天性白内障AI诊断系统与人类医生比较的多中心随机对照试验。与使用眼底照的糖尿病视网膜病变AI辅助诊断系统相比,本研究采用的白内障AI辅助诊断系统在图像采集上更加方便快捷,所得图像质量的合格率更高,更加适用于大规模的疾病筛查。在AI辅助诊断系统的协助下,本研究仅需安排3名眼科医生,即可实现对越秀区3个街道社区共61 210名居民的医疗资源覆盖,相比传统的“三级医疗”模式更具卫生经济学效益。因此,本研究所探索的基于AI辅助诊断系统的眼病筛查和诊疗模式有望成为未来的医疗发展方向。

本研究尚存在一些不足之处。本研究中的筛查人群为2 095人,样本量较小,且全部属于广州市越秀区的居民。越秀区是广州市的老城区之一,经济发达,医疗资源丰富,居民老龄化程度较高。为了更好地拓展优质医疗资源的覆盖范围,在样本更具代表性的人群和医疗资源相对匮乏的社区研究该白内障AI辅助诊断系统的应用效果将更有实际意义。此外,本研究所用的AI模型在诊断性能上仍有待提升。该AI模型出现漏诊、误诊的原因主要有:一方面,数据集中各类型各程度的白内障在数量上分布不均衡,影响模型学习;另一方面,在实际应用中,筛查人群往往会不配合检查、眼部共患病等情况,这些因素会影响模型表现。我们后续会将通过提高数据集的数量与质量、改进模型算法等方式提高该AI模型在社区应用中的准确性。

综上所述,本研究结果提示白内障AI辅助诊断系统用于白内障筛查和诊疗的可行性和准确性。今后的研究可在更具代表性的人群和地区中进行,以便更好地评估该AI辅助诊断系统的应用价值。

## 致谢

本文所有作者感谢珠光街、白云街及东山街社区的居委会和社区卫生服务中心工作人员的配合,以及Airdoc公司所提供的技术支持。

## 参考文献

1. Epidemiology of cataract[J]. *Lancet*, 1982, 1(8286): 1392-1393.
2. Tang Y, Wang X, Wang J, et al. Prevalence of age-related cataract and cataract surgery in a Chinese adult population: the Taizhou eye study[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2016, 57(3): 1193-1200.
3. Mohammad-Rabie H, Malekifar P, Esfandiari H. Visual outcomes after primary iris claw artisan intraocular lens implantation during complicated cataract surgery[J]. *Semin Ophthalmol*, 2017, 32(3): 337-340.
4. Shara A K, Aslami A N, Srivastava J P, et al. Visual outcome of traumatic cataract at a tertiary eye care centre in north India: a prospective study[J]. *J Clin Diagn Res*, 2016, 10(1): Nc05-Nc08.
5. Wu X, Long E, Lin H, et al. Prevalence and epidemiological characteristics of congenital cataract: a systematic review and meta-analysis[J]. *Sci Rep*, 2016, 6: 28564.
6. Wu X, Huang Y, Liu Z, et al. Universal artificial intelligence platform for collaborative management of cataracts[J]. *Br J Ophthalmol*, 2019, 103(11): 1553-1560.
7. Long E, Lin H, Liu Z, et al. An artificial intelligence platform for the multihospital collaborative management of congenital cataracts[J]. *Nat Biomed Eng*, 2017, 1(2): 0024.
8. Chylack LT Jr, Wolfe JK, Singer DM, et al. The Lens Opacities Classification System III. The longitudinal study of cataract study group[J]. *Arch Ophthalmol*, 1993, 111(6): 831-836.
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[J]. *JAMA*, 2016, 316(22): 2402-2410.
10. Abramoff MD, Lavin PT, Birch M, et al. Pivotal trial of an autonomous AI-based diagnostic system for detection of diabetic retinopathy in

- primary care offices[J]. NPJ Digit Med, 2018, 1: 39.
11. Lin H, Li R, Liu Z, 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.

**本文引用:** 吴晓航, 刘力学, 陈睛晶, 赖伟翊, 林铎儒, 晏丕松, 刘奕志, 林浩添. 白内障人工智能辅助诊断系统在社区筛查中的应用效果[J]. 眼科学报, 2021, 36(1): 4-9. doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2021.01.18

**Cite this article as:** WU Xiaohang, LIU Lixue, CHEN Jingjing, LAI Weiyi, LIN Duoru, YAN Pisong, LIU Yizhi, LIN Haotian. Application of artificial intelligence-assisted diagnostic system for community-based cataract screening[J]. Yan Ke Xue Bao, 2021, 36(1): 4-9. doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2021.01.18