

基于 YOLOv8 模型辅助诊断斜肌功能异常

姚雪¹, 陆小凤¹, 张梦芮², 胡馨雅¹, 赵嘉洛¹, 赖思思¹, 李玄¹, 刘子潇¹, 沈超凡¹, 范梓欣², 张寅升³, 张国明²

1. 深圳市眼科医院 医学影像科, 广东 深圳 518000

2. 深圳市眼科医院 眼底病科, 广东 深圳 518000

3. 浙江工商大学 食药质量安全工程研究院, 浙江 杭州 310018

摘要: **目的** 评估使用 YOLOv8 模型辅助诊断斜肌功能的准确性和可行性。**方法** 研究收集深圳市眼科医院斜肌功能异常及正常受试者的眼底照相图片。使用 YOLOv8 模型进行训练, 标记识别眼底照相图片的黄斑区及视盘区, 定量检测黄斑中心凹-视盘中心夹角 (disc-fovea angle, DFA) 的大小以评估斜肌功能。**结果** 斜肌功能异常组与正常组受试者的性别 ($\chi^2 = 0.478, P = 0.489$) 和年龄 ($U = 35891.5, P = 0.770$) 差异均无统计学意义。概率密度曲线结果表明斜肌功能异常组与正常组的 DFA 分布存在差异。YOLOv8 模型针对视盘类别的识别准确率为 100%, 对黄斑类别的识别准确率为 95%, 其在不同置信度阈值下对视盘类别的识别性能优于黄斑类别 (对于整体类别, 在置信度 0.307 时, 模型的 F1 分数最高, 为 0.92)。独立样本 t 检验、Mann-Whitney U 检验、Kolmogorov-Smirnov 检验和 Levene's 检验均表明基于 YOLOv8 模型识别斜肌功能异常组和正常组的 DFA 存在显著差异 (P 均 < 0.001)。当 $DFA < -17.286$ 或 $DFA > 6.278$ 时, DFA 分布结果属于斜肌功能异常类别的概率 $> 80.00\%$ 。**结论** 应用 YOLOv8 模型可辅助临床评估斜肌功能。当 $DFA < -17.286^\circ$ 或 $DFA > 6.278^\circ$ 时, 斜肌功能异常的概率 $> 80\%$ 。

关键词: 斜肌功能; 眼底照相; 黄斑中心凹-视盘中心夹角; YOLOv8 模型; 机器学习

中图分类号: R779.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-3770(2025)05-0076-07

引用格式: 姚雪, 陆小凤, 张梦芮, 等. 基于 YOLOv8 模型辅助诊断斜肌功能异常 [J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2025, 39(5): 76-82. YAO Xue, LU Xiaofeng, ZHANG Mengrui, et al. Research on auxiliary diagnosis of ocular oblique muscle dysfunction based on the YOLOv8 model [J]. Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University, 2025, 39(5): 76-82.

Research on auxiliary diagnosis of ocular oblique muscle dysfunction based on the YOLOv8 model

YAO Xue¹, LU Xiaofeng¹, ZHANG Mengrui², HU Xinya¹, ZHAO Jialuo¹, LAI Sisi¹, LI Xuan¹, LIU Zixiao¹, SHEN Chaofan¹, FAN Zixin², ZHANG Yinsheng³, ZHANG Guoming²

1. Department of Medical Imaging, Shenzhen Eye Hospital, Shenzhen 518000, Guangdong, China

2. Department of Pediatric Retinal Surgery, Shenzhen Eye Hospital, 18 Zetian Road, Shenzhen 518040, Guangdong, China

3. Zhejiang Food and Drug Quality & Safety Engineering Research Institute, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310018, Zhejiang, China

Abstract: Objective To evaluate the accuracy and feasibility of using YOLOv8 model to assist in diagnosing oblique muscle function. **Methods** Fundus photographs of abnormal oblique muscle function and normal subjects were collected from Shenzhen Eye Hospital. The YOLOv8 model was used for training, and the macular areas and optic disc area in fundus photographs were marked and identified, and the disc-fovea angle (DFA) of the macular fovea was quantitatively detected to evaluate the oblique muscle function. **Results** There were no significant differences in gender ($\chi^2 = 0.478, P = 0.489$) and age ($U = 35891.5, P = 0.770$) between the abnormal oblique muscle function group and the normal group. The results of the probability density curve showed that there were differences in DFA distribution between the abnormal oblique muscle function group and the normal one. The YOLOv8 model demonstrated a 100% recognition accuracy for the optic disc category and a 95% recognition accuracy for the macular category. The model exhibited superior recognition performance for the optic disc category in comparison to the macular category across diverse confidence thresholds (for the overall category, the F1 score of the model was the highest, at 0.92, when the confidence was

收稿日期: 2024-07-01

基金课题: 国家自然科学基金资助项目 (82271103); 深圳市“医疗卫生三名工程”项目资助 (SZSM202311018); 广东省基础与应用基础研究基金项目 (2022A1515012326); 深圳市医学研究专项资金 (C2301005); 白求恩公益基金会朗视界-沐光明中青年眼科科研项目 (BCF-KH-YK-20230803-08)

通信作者: 张国明。E-mail: zhangguoming@sz-eyes.com

0.307). Independent sample t test, Mann-Whitney U test, Kolmogorov-Smirnov test and Levene's test all showed that there were significant differences in DFA between abnormal and normal oblique muscle function groups based on YOLOv8 model (all $P < 0.001$). When $DFA < -17.286$ or $DFA > 6.278$, the probability of DFA distribution results belonging to the category of oblique muscle dysfunction is greater than 80%. **Conclusion** The application of YOLOv8 model can assist clinical evaluation of oblique muscle function. When DFA is less than -17.286° or greater than 6.278° , the probability of abnormal oblique muscle function is greater than 80%.

Key words: Oblique muscle function; Fundus photography; Disc-fovea angle; YOLOv8 model; Machine learning

眼球围绕视轴发生异常旋转引发的斜视称为旋转性斜视,其中斜肌功能异常是造成旋转性斜视的主要原因之一^[1]。斜肌功能异常的诊断颇具复杂性和难度,目前既无统一的斜肌功能判断标准,斜肌功能评估又主要依赖于眼球运动检测^[2-5]及眼科医师的临床经验,这使得斜肌功能异常的漏诊、误诊现象在临床工作中屡见不鲜^[6]。现有检查方法主要有眼球运动检测、间接检眼镜、马氏杆、红外成像、眼底照相法等^[7-10],其中眼底照相是客观判断斜肌功能的重要方法^[11-12]。借助眼底照相,能够通过黄斑中心凹-视盘中心夹角(disc-fovea angle, DFA),即黄斑中心凹-视盘中心两点连线与通过视盘中心的水平线所成夹角对眼球的客观旋转状态进行定量检测,DFA 测量是临床辅助诊断斜肌功能异常的重要工具^[13]。

Simiera 等^[14]通过 Cyclocheck 软件测量 DFA,其计算方法为手动导入单个眼底照相图片,并根据局部黄斑中心处于视盘顶部和底部的位置,分别绘制两个单独的切线完成计算。Kang 等^[10]使用 Image J 软件手动测量 DFA,每张图片由两位经验丰富的人员进行分析,最后取平均值作为该图片的测量值。现如今,基于眼底图像的 DFA 测量仍以人工测量为主。然而人工测量结果存在准确度低且测量过程耗时等弊端^[15-16]。因此改进 DFA 测量方法至关重要。自动测量 DFA 的关键在于准确定位视盘和黄斑中心。近年来,深度学习等人工智能技术已经在包括眼科在内的多个医学领域展示出较好的性能^[17-19]。YOLOv8 是一种对象识别算法,其特点是能够在单次前向传递中执行对象定位和分类。YOLOv8 包含一个主干、一个颈部和一个头部。其中颈部部分利用路径聚合网络-特征金字塔网络结构进行特征融合,可提供强大的特征表示功能,更好检测不同尺寸的物体^[20-21]。鉴于 YOLOv8 具备强大的识别效率、多尺度特征融合和上下文信息捕获能力,但国内外尚无相关研究。基于此,研究提出了一种基于深度学习的 YOLOv8 模型,旨在通过检测斜肌功能鉴别提供正常者和斜肌功能异常患者辅助鉴别方法。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究为前瞻性研究,纳入 2023 年 1 月 1 日至 2024 年 4 月 30 日就诊于深圳市眼科医院的 261 例斜肌功能异常和 320 例正常受试者,其中斜肌功能异常表现为上斜肌功能亢进和下斜肌功能亢进,正常受试者眼球运动协调且无斜肌功能亢进。排除标准为:①患有其他视网膜疾病;②配合欠佳者(如极低龄儿童和精神疾病患者);记录受试者年龄、性别等一般资料。研究经深圳市眼科医院伦理委员会审议通过(2023KYPJ091),受试者家属均已签署知情同意书。

斜肌功能是否存在异常通过两位临床经验丰富的斜视专科医生以麦光焕眼外肌功能亢进与不足程度的分级方法^[22]为统一标准进行诊断,当两位医生的诊断一致时,将受试者对应的眼底照相图片纳入研究。拍摄前,嘱患者下颌置于下颌托上,额头贴紧额托,确保患者头位保持正位,并直视正前方镜头中的指示视标,确保眼位正位,调焦对双眼分别进行眼底照相。收集所有符合纳入和排除标准受试者的眼底照相图片,眼底照相图片使用 Canon CR-2 免散瞳眼底照相机采集,每张图像的像素为 $2\ 700 \times 2\ 400$ 。

1.2 研究方法

研究选取了 150 例受试者的眼底图片(包括 75 例斜肌功能异常受试者和 75 例正常受试者),分别用 YOLOv8 模型识别和传统方法测量验证集 DFA 值。YOLOv8 模型检测斜肌功能及 DFA 计算方法(图 1):①将收集的眼底照相图片导入 make sense 在线标注工具(<https://www.makesense.ai/>),由两位眼科专业医生分别对黄斑区域和视盘区域进行标记,运用软件绘制与视盘相切的矩形,矩形的对角线交点被确定为视盘的几何中心,以黄斑中心凹为中心绘制黄斑区矩形;②将标记好的图片按 6:2:2 的比例划分为训练集、验证集和测试集,并将其输入到 YOLOv8 模型中进行训练,以准确识别图片中的视盘和黄斑。接着,使用 Python 中的 opencv 库绘制

黄斑中心凹和视盘中心的连线,以及视盘中心水平线;③通过计算两线间的夹角度数得出 DFA。若黄斑中心凹位于视盘中心和视盘下缘之间的区域时,该眼底照片被归类为无旋转;若黄斑中心凹位于视盘下缘以下,发生了外旋,角度符号定义为“-”;若黄斑中心凹位于视盘中心以上,发生了内旋,角度符

号定义为“+”。传统方法分为高年资组和中低年资组,即由两位高年资眼科医师(副主任医师)和两位中低年资眼科医师(主治医师)分别用 Image J 软件手动从黄斑及视盘部位画线测量 DFA 值,每组测量的 DFA 值取平均值进行统计分析。

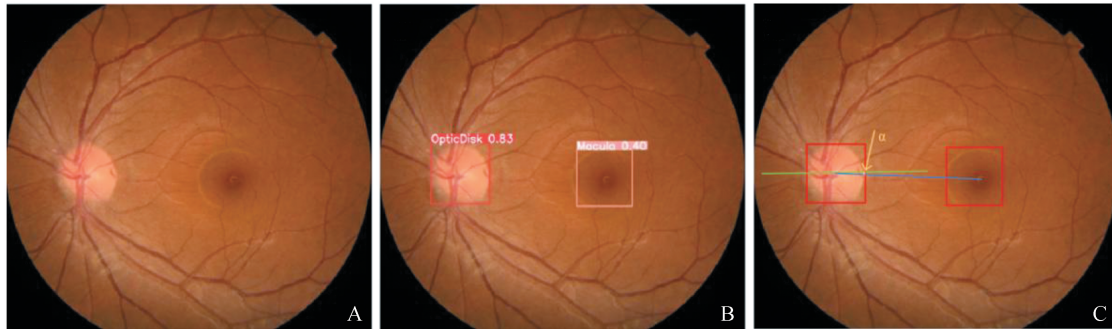


图 1 DFA 计算流程图
A:眼底照相原图;B:黄斑中心凹-视盘中心绘制矩形区域标记图;C:opencv 库计算 DFA
Figure 1 Flowchart for the calculation of DFA
A: Fundus photography; B: Marked DFA areas; C: Calculating DFA using the opencv library

采用概率密度曲线对斜肌功能异常组和正常组的 DFA 值进行分类。为了验证模型分类的准确性和时效性,我们比较了模型和传统方法分类结果,并结合 YOLOv8 模型的归一化混淆矩阵(用于评估模型对视盘、黄斑和背景三类的分类识别效果,混淆矩阵中的每个值表示在该类别下模型预测的比例)及 F1-置信度曲线(模型的置信度阈值从 0 到 1 不等,用于预测检测结果是否有效,较高的置信度表示模型对预测结果的确信程度较高;F1 分数是精确率和召回率的调和平均数,用于评估模型性能,当 F1 分数接近 1 时,表示模型的预测性能非常好)进一步分析。

1.3 统计学处理

应用 R 软件及 SPSS 26.0 软件。正态分布的计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 描述,计数资料采用 $n(\%)$ 表示。采用 χ^2 检验、一致性检验比较独立的分类变量;采用单因素方差分析、独立样本 t 检验、Mann-Whitney U 检验 Kolmogorov-Smirnov 检验和 Levene's 检验比较独立的连续变量;采用概率密度曲线进行两组分类;采用归一化混淆矩阵及 F1 置信度曲线评估 YOLOv8 模型识别效果及性能。

2 结果

2.1 一般资料及临床特征

研究纳入受试者年龄为 7~36 岁,共收集 581 例 1 162 张诊断明确的眼底照相图片,排除 29 例 58

张患有其他视网膜疾病者的图片,排除 10 例 20 张拍摄质量差的图片,最终纳入分析图片共 542 例 1 084 张,包括斜肌功能异常组(上斜肌功能亢进 33 例 66 张,下斜肌功能亢进 209 例 418 张)和正常组(300 例 600 张)。受试者一般资料见表 1,结果显示斜肌功能异常组和正常组受试者的性别和年龄差异均无统计学意义 ($\chi^2 = 0.478, P = 0.489; U = 358 91.5, P = 0.770$)。

2.2 概率密度曲线

比较斜肌功能异常和正常组概率密度曲线的分类结果(图 2),其中虚线表示各自分类的平均值。结果显示当旋转角度较大时,斜肌功能异常的概率密度值较大;当旋转角度较小时,正常组的概率密度值较大。

当 $DFA < -17.286$ 或 $DFA > 6.278$ 时, YOLOV8 模型在分类性能中表现良好:根据模型拟合,当 $DFA < -17.286$ 时,患者有 80% 以上的概率为外旋;当 $DFA < -18.350$ 时,患者有 85% 以上的概率为外旋;当 $DFA < -19.635$ 时,患者有 90% 以上的概率为外旋;当 $DFA < -21.500$ 时,患者有 95% 以上的概率为外旋;当 $DFA > 6.278$ 时,患者有 80% 以上的概率为内旋;当 $DFA > 7.341$ 时,患者有 85% 以上的概率为内旋;当 $DFA > 8.627$ 时,患者有 90% 以上的概率为内旋;当 $DFA > 10.490$ 时,患者有 95% 以上的概率为内旋。

表 1 一般资料
 Table 1 General information

一般资料	斜肌功能异常组		正常组	χ^2/U	P
	上斜肌功能亢进	下斜肌功能亢进			
性别/例				0.478	0.489
男	15	110	146		
女	18	99	154		
年龄/岁	14(12,20)	14(11,21)	14(11,22)	35 891.5	0.770

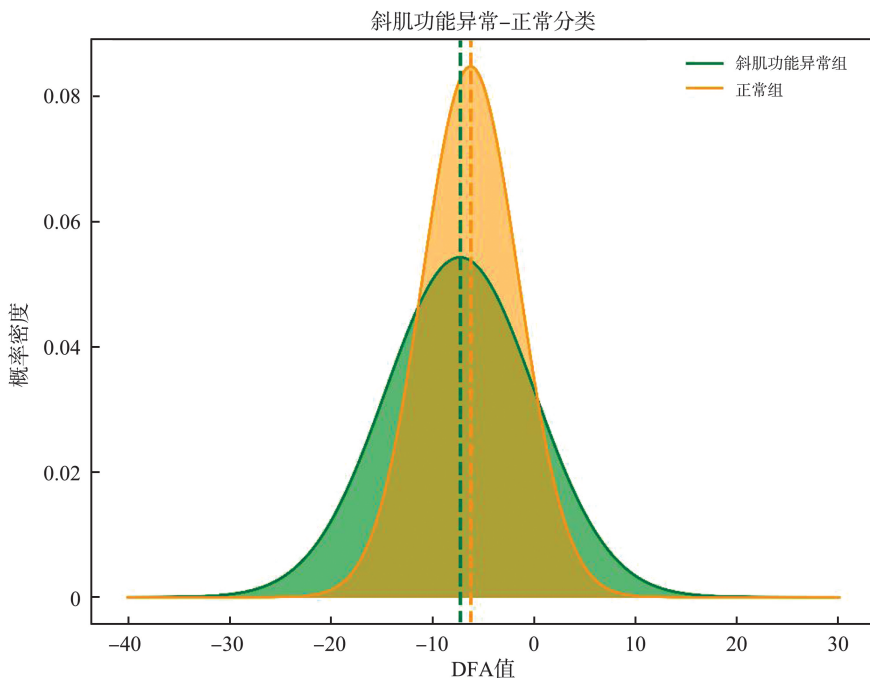


图 2 概率密度曲线
 Figure 2 Probability density curves

2.3 模型分类准确率与时效性

研究比较 YOLOv8 模型与传统方法测量验证集的结果差异,传统方法中高年资组测量 DFA 结果为 -5.50 ± 7.11 , 中低年资组测量 DFA 结果为 -5.35 ± 7.22 , YOLOv8 模型组测量 DFA 结果为 -5.50 ± 6.98 。对不同方法测量 DFA 结果进行一致性检验分析,高年资组测量结果与 YOLOv8 模型组测量结果的 Kendall 系数为 0.992, $P < 0.001$; 高年资组测量结果与中低年资组测量结果的 Kendall 系数为 0.950, $P < 0.001$ 。一致性检验结果说明 YOLOv8 模型组和中低年资组、高年资组测量结果均存在一致性,其中 YOLOv8 模型组测量结果和高年资组测量结果的 Kendall 系数更高,一致性更高。

研究分别收集不同方法测量验证集所需时间,高年资组平均测量时间为 102 min, 中低年资组平均测量时间为 92 min, YOLOv8 模型组测量时间为 0.6 min, 结果说明 YOLOv8 模型测量时间明显少于传统方法测量时间。

在 YOLOv8 模型的归一化混淆矩阵中,针对视

盘类别的识别准确率为 100%, 预测为视盘的样本中均为实际视盘。预测黄斑类别的准确率也较高, 有 95% 的样本被正确分类为黄斑。见图 3。

YOLOv8 模型在视盘和黄斑两个类别上的 F1-置信度曲线, 表明 YOLOv8 模型在不同置信度阈值下视盘类别的预测性能优于黄斑类别。对于整体类别, 在置信度 0.307 时模型的 F1 分数最高, 为 0.92。见图 4。

2.4 斜肌功能异常组和正常组的 DFA 差异

研究采用 4 种统计学检验方法进一步验证了斜肌功能异常组和正常组之间的差异, 见表 2。斜肌功能异常组和正常组 DFA 平均值分别为 -7.26 ± 7.35 和 -6.22 ± 4.71 。其中, 独立样本 t 检验结果表明两组数据的均值之间存在显著差异 ($t = 7.02, P < 0.001$); Mann-Whitney U 检验结果表明两组数据的中位数之间存在显著差异 ($U = 145\ 010.5, P < 0.001$); Kolmogorov-Smirnov 检验结果表明两组数据的累积分布函数之间存在显著差异 ($D = 0.17, P < 0.001$); Levene's 检验结果表明两组数据的方差之

间存在显著差异 ($W=24.58, P<0.001$)。独立样本 t 检验、Mann-Whitney U 检验、Kolmogorov-Smirnov 检验和 Levene's 检验四种检验方法的 P 均 <0.001 ,

可拒绝原假设,即认为斜肌功能异常组和正常组的角度分布存在显著差异。

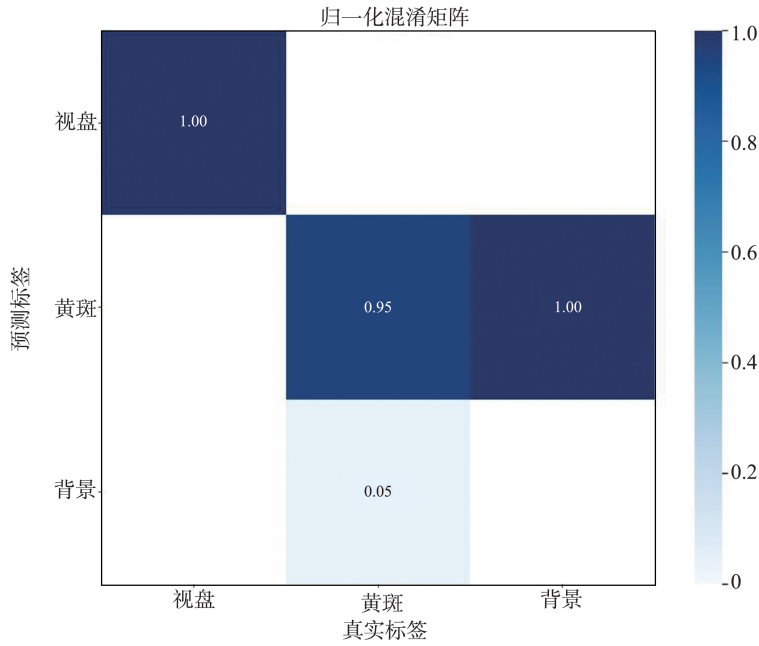


图 3 YOLOv8 模型的归一化混淆矩阵图
Figure 3 confusion matrix normalized of YOLOv8 model

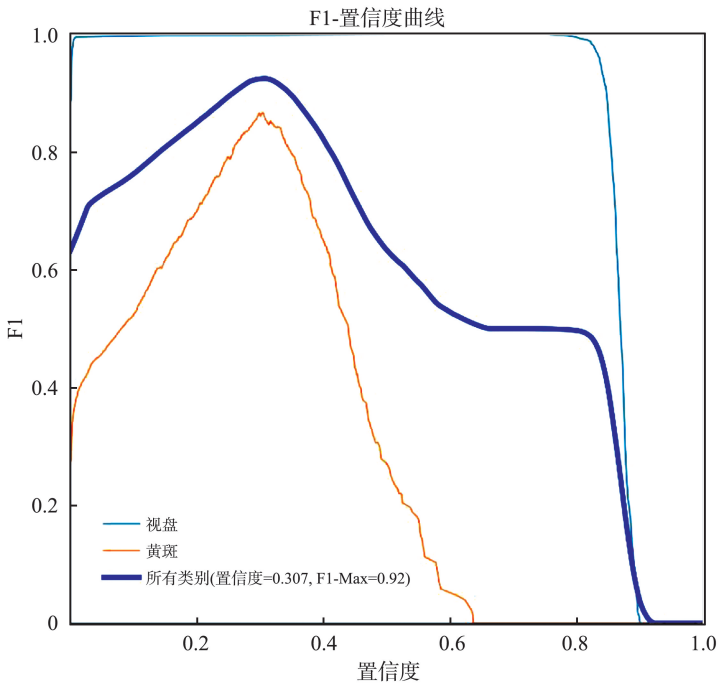


图 4 YOLOv8 模型的 F1-置信度曲线图
Figure 4 F1-Confidence Curve of YOLOv8 model

3 讨论

目前临床上多采用 Del Monte 和 Parks^[23]、Wilson 和 Parks^[24]、Ohba 和 Nakagawa^[25] 上、下斜肌功能亢进和不足分级方法进行斜肌功能评估,斜肌

功能判定需要综合考虑眼球运动时各条眼外肌的功能亢进与不足程度。DFA 的定量检测可辅助评估斜肌功能^[26-27],目前已报道的人工智能应用于 DFA 检测方法的研究^[13,16,28]多聚焦于正常眼,并没有针对病变眼的视盘和黄斑中心凹进行准确定位与进一

步分析。本研究以麦光焕^[22]研究的一套较为完善的判定双眼 6 条眼外肌功能亢进与不足程度的分级方法为标准,对纳入患者的斜肌功能亢进与不足程度进行了规范判断和分类。并对 YOLOv8 模型性能进行了评估, YOLOv8 模型具有精准定位视盘和黄斑中心的潜能,有望成为自动识别并客观测定 DFA 的工具。

YOLOv8 是一种 one-stage 目标检测算法,旨在通过仅“看”一次图像即可识别出物体类别和边界框,可以用于图像分类、物体检测和实例分割等任务。本研究使用 YOLOv8 模型识别眼底照片的视盘及黄斑区域,纳入的两组研究对象基线资料结果差异均无统计学意义。归一化混淆矩阵结果说明 YOLOv8 模型识别视盘和黄斑的准确率较高, F1-置信度曲线结果说明 YOLOv8 模型的整体检测性能较好。YOLOv8 模型可应用于眼底照片视盘和黄斑的识别。

我们进一步将 YOLOv8 模型识别后的斜肌功能异常组和正常组的图片进行 DFA 测量,计算视盘到黄斑中心连线与视盘水平线之间的夹角,并运用概率密度曲线发现斜肌功能异常组和正常组的 DFA 分布存在差异。斜肌功能异常组和正常组 DFA 平均值分别为: -7.26 ± 7.35 和 -6.22 ± 4.71 。Shin 等^[29]测量了 150 例间歇性外斜视患者的 DFA 平均为 6.13 ± 4.16 , Simiera 等^[14]通过 Cyclocheck 应用程序检测得正常 DFA 平均值为 6.39 ± 2.72 (两项研究将外旋角度定义为“+”)。本研究结果与既往研究结果类似。

研究比较与传统人工测量结果以评估 YOLOv8 模型性能的准确性和时效性,结果表明 YOLOv8 模型组测量结果和高年资组测量结果的一致性最高,测量验证集所需时间仅需要 0.6 min,说明和传统测量方法相比, YOLOv8 模型应用于斜肌功能评估不仅可以得到和高年资组高度一致的结果,准确性高,且时效性显著提高。

研究所采用的 YOLOv8 模型对视盘和黄斑的识别较为准确,对于辅助临床医生评估斜肌功能是否异常具有一定意义,但存在一定的局限性:①研究排除了患有其他视网膜疾病者和图片质量不好者,但受试者可能存在其他眼病及视力差异,因此可能存在未知干扰;②目前研究所纳入的患者未严格限制眼的屈光状态,可能对眼球旋转有潜在的干扰;③正常人眼本身存在一定的旋转角度,因此在 $-11.44 < \text{DFA} < 0.35$ 范围内时,这种通过算法模型得出 DFA 值的基础算法仅能有 60% 的概率可以区分

正常及斜肌功能异常受试者。未来拟严格限制眼的屈光状态,纳入更多样本量进行模型训练,进一步结合其他算法进行更复杂的模型构建,以期更准确地为临床评估斜肌功能提供帮助。

参考文献:

- [1] 张伟, 谢芳. 旋转性斜视的诊断和治疗 [J]. 中华眼科杂志, 2020, 56 (3): 235-240. doi: 10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2020.03.016
ZHANG Wei, XIE Fang. Chinese Journal of Ophthalmology, 2020, 56 (3): 235-240. doi: 10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2020.03.016
- [2] Guyton DL. Ocular torsion reveals the mechanisms of cyclovertical strabismus: the Weisenfeld lecture [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2008, 49 (3): 847-857, 846. doi: 10.1167/iovs.07-0739
- [3] Felius J, Locke KG, Hussein MA, et al. Photographic assessment of changes in torsional strabismus [J]. J AAPOS, 2009, 13 (6): 593-595. doi: 10.1016/j.jaapos.2009.09.008
- [4] 陈遐. 眼底照相法在旋转斜视诊断和疗效评估中的应用 [D]. 天津: 天津医科大学, 2006
- [5] 唐凯, 毕宏生, 宋继科, 等. 基于马氏杆三棱镜和三棱镜交替遮盖试验的急性共同性内斜视手术疗效比较 [J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2023, 25 (4): 285-290. doi: 10.3760/cma.j.cn115909-20221102-00424
TANG Kai, BI Hongsheng, SONG Jike, et al. Comparison of the surgical effects based on maddox prism test and prism and alternative cover test for acute acquired comitant esotropia [J]. Chinese Journal of Optometry Ophthalmology and Visual Science, 2023, 25 (4): 285-290. doi: 10.3760/cma.j.cn115909-20221102-00424
- [6] Jethani J, Dave P. The subjectivity of objective evaluation of torsion on fundus photographs by practicing strabismologists [J]. Indian J Ophthalmol, 2018, 66 (9): 1301-1303. doi: 10.4103/ijo.IJO_182_17
- [7] Spierer A. Measurement of cyclotorsion [J]. Am J Ophthalmol, 1996, 122 (6): 911-912. doi: 10.1016/s0002-9394(14)70402-7
- [8] Freedman SF, Gearing MD, Enyedi LB, et al. Measurement of ocular torsion after macular translocation: disc fovea angle and Maddox rod [J]. J AAPOS, 2003, 7 (2): 103-107. doi: 10.1016/mpa.2003.S1091853103000107
- [9] Brodsky MC, Klaehn L, Goddard SM, et al. Heidelberg Spectralis infrared video imaging: a clinical tool for diagnosing ocular torsional instability [J]. J AAPOS, 2014, 18 (3): 306-307. doi: 10.1016/j.jaapos.2014.01.009
- [10] Kang H, Lee SJ, Shin HJ, et al. Measuring ocular torsion and its variations using different nonmydriatic fundus photographic methods [J]. PLoS One, 2020, 15 (12): e0244230. doi: 10.1371/journal.pone.0244230

- [11] 陈遐, 赵堪兴, 郭新, 等. 眼底照相法在下斜肌亢进诊断和疗效评估中的应用[J]. 眼视光学杂志, 2008(3): 222-224. doi:10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2008.03.018
CHEN Xia, ZHAO Kanxing, GUO Xin, et al. Application of fundus photography in diagnosis and curative effect evaluation of inferior oblique hyperactivity [J]. Chinese Journal of Optometry & Ophthalmology, 2008 (3): 222-224. doi:10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2008.03.018
- [12] Piedrahita-Alonso E, Valverde-Megias A, Gomez-de-Liano R. Rotation of retinal vascular Arcades and comparison with disc-fovea angle in the assessment of cycloposition[J]. Br J Ophthalmol, 2014, 98(1): 115-119. doi:10.1136/bjophthalmol-2013-303680
- [13] Zheng B, Shen YF, Luo YX, et al. Automated measurement of the disc-fovea angle based on DeepLabv3[J]. Front Neurol, 2022, 13: 949805. doi:10.3389/fneur.2022.949805
- [14] Simiera J, Ordon AJ, Loba P. Objective cyclodeviation measurement in normal subjects by means of Cyclocheck® application[J]. Eur J Ophthalmol, 2021, 31(2): 704-708. doi:10.1177/1120672120905312
- [15] Resch H, Pereira I, Hienert J, et al. Influence of disc-fovea angle and retinal blood vessels on interindividual variability of circumpapillary retinal nerve fibre layer[J]. Br J Ophthalmol, 2016, 100(4): 531-536. doi:10.1136/bjophthalmol-2015-307020
- [16] Piedrahita-Alonso E, Valverde-Megias A, Martin-Garcia B, et al. Minimal detectable change of the disc-fovea angle for ocular torsion assessment [J]. Ophthalmic Physiol Opt, 2022, 42(1): 133-139. doi:10.1111/opo.12897
- [17] 石争浩, 周亮, 李成建, 等. 深度学习方法在睡眠呼吸暂停检测中的研究进展[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2023, 37(6): 46-61. doi:10.6040/j.issn.1673-3770.0.2023.190
SHI Zhenghao, ZHOU Liang, LI Chengjian, et al. Research progress of deep learning methods in sleep apnea detection[J]. Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University, 2023, 37(6): 46-61. doi:10.6040/j.issn.1673-3770.0.2023.190
- [18] 杜曰山一, 王鲜, 张国明. 人工智能辅助早产儿视网膜病变诊疗新进展[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2023, 37(3): 157-162. doi:10.6040/j.issn.1673-3770.0.2022.374
DU Yueshanyi, WANG Xian, ZHANG Guoming. Progress in the diagnosis and treatment of retinopathy of prematurity using artificial intelligence [J]. Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University, 2023, 37(3): 157-162. doi:10.6040/j.issn.1673-3770.0.2022.374
- [19] 刘佳钰, 樊慧明, 邹游, 等. 人工智能在鼻咽癌诊断与治疗中的应用研究进展[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2023, 37(2): 135-142. doi:10.6040/j.issn.1673-3770.0.2022.089
LIU Jiayu, FAN Huiming, ZOU You, et al. Research progress on the application of artificial intelligence in the diagnosis and treatment of nasopharyngeal carcinoma [J]. Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University, 2023, 37(2): 135-142. doi:10.6040/j.issn.1673-3770.0.2022.089
- [20] Liu S, Qi L, Qin H, et al. Path aggregation network for instance segmentation 2018 IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition[C]. Salt Lake: IEEE, 2018. doi:10.1109/CVPR.2018.00913
- [21] Zhu MJ, Han K, Yu CB, et al. Dynamic feature pyramid networks for object detection [EB/OL]. 2020: 2012.00779. https://arxiv.org/abs/2012.00779v2.
- [22] 麦光焕. 眼外肌功能亢进与不足程度的分级方法[J]. 中华眼科杂志, 2005, 41(7): 663-666. doi:10.3760/j.issn:0412-4081.2005.07.021
MAI Guanghuan. Chinese Journal of Ophthalmology, 2005, 41(7): 663-666. doi:10.3760/j.issn:0412-4081.2005.07.021
- [23] Del Monte MA, Parks MM. Denervation and extirpation of the inferior oblique. An improved weakening procedure for marked overaction [J]. Ophthalmology, 1983, 90(10): 1178-1185. doi:10.1016/s0161-6420(83)34409-2
- [24] Wilson ME, Parks MM. Primary inferior oblique overaction in congenital esotropia, accommodative esotropia, and intermittent exotropia[J]. Ophthalmology, 1989, 96(7): 950-5; discussion956-7. doi:10.1016/s0161-6420(89)32774-6
- [25] Ohba M, Nakagawa T. Treatment for “a” and “V” exotropia by slanting muscle insertions[J]. Jpn J Ophthalmol, 2000, 44(4): 433-438. doi:10.1016/S0021-5155(00)00182-9
- [26] Lemos J, Eggenberger E. Clinical utility and assessment of cyclodeviation[J]. Curr Opin Ophthalmol, 2013, 24(6): 558-565. doi:10.1097/ICU.0000000000000003
- [27] Jung JH, Holmes JM. Quantitative intraoperative torsional forced duction test [J]. Ophthalmology, 2015, 122(9): 1932-1938. doi:10.1016/j.ophtha.2015.05.025
- [28] Jethani J, Dave P. A technique for standardizing disk foveal angle measurement[J]. J AAPOS, 2015, 19(1): 77-78. doi:10.1016/j.jaapos.2014.08.015
- [29] Shin KH, Lee HJ, Lim HT. Ocular torsion among patients with intermittent exotropia: relationships with disease severity factors[J]. Am J Ophthalmol, 2013, 155(1): 177-182. doi:10.1016/j.ajo.2012.07.011