

# 肥胖相关指标和血脂水平与 POAG 的关系及危险因素分析

王 浩, 朱珮瑜, 张 姝

引用: 王浩, 朱珮瑜, 张姝. 肥胖相关指标和血脂水平与 POAG 的关系及危险因素分析. 国际眼科杂志, 2026, 26 (8): 1423-1427.

作者单位: (510100) 中国广东省广州市, 暨南大学附属广东省第二人民医院健康管理科

作者简介: 王浩, 男, 本科, 主治医师, 研究方向: 青光眼、白内障。

通讯作者: 王浩. Wangaa2023@126.com

收稿日期: 2026-02-05 修回日期: 2026-06-26

## 摘要

**目的:** 分析肥胖相关指标、血脂水平与原发性开角型青光眼 (POAG) 关系及探究其危险因素。

**方法:** 选取 2022 年 3 月至 2024 年 3 月我院收治的 POAG 患者为 POAG 组, 同时选取同期的健康体检者为非 POAG 组, 比较两组患者的肥胖相关指标 [ 体质指数 (BMI)、腰围、腰臀比 ]、血脂水平 [ 血清总胆固醇 (TC)、甘油三酯 (TG)、高密度脂蛋白 (HDL-C)、低密度脂蛋白 (LDL-C) ] 以及一般临床资料, 采用二元 Logistic 回归分析影响 POAG 发生的危险因素, 建立 ROC 曲线分析各项变量预测 POAG 发生的效能。

**结果:** 本研究纳入 POAG 组 54 例, 非 POAG 组 54 例。POAG 组年龄  $50.30 \pm 5.73$  岁, 男 29 例, 女 25 例。非 POAG 组年龄  $50.28 \pm 5.72$  岁, 男 28 例, 女 26 例。POAG 组的 BMI、眼压、腰围、腰臀比、TG 均高于非 POAG 组, 而 HDL-C 水平低于非 POAG 组 (均  $P < 0.001$ )。高 BMI、高腰围、高腰臀比、高 TG 水平都是影响 POAG 发生的相关危险因素 (均  $P < 0.05$ ), 而高 HDL-C 水平则为影响 POAG 发生的保护因素 ( $P < 0.05$ )。BMI、腰围、腰臀比、TG、HDL-C、联合预测的 AUC 分别为 0.885、0.873、0.707、0.777、0.664、0.974, 敏感度分别为 0.815、0.833、0.730、0.637、0.663、0.944, 特异度分别为 0.852、0.759、0.711、0.789、0.752、0.889。表明联合多指标预测的效能最佳, 且敏感度和特异度良好。

**结论:** 肥胖相关指标 (如高 BMI、腰围、腰臀比) 及血脂异常 (高 TG、低 HDL-C) 是影响 POAG 发生的相关危险因素。联合 BMI、腰围、腰臀比、TG、HDL-C 多指标预测模型在 POAG 风险评估中表现出最佳效能, 兼具高敏感度和特异度, 为临床早期筛查和干预提供了科学依据。

**关键词:** 肥胖; 血脂水平; 原发性开角型青光眼; 影响因素; 预测效能

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2026.8.20

## Relationship between obesity - related indicators, lipid levels, and POAG and risk factor analysis

Wang Hao, Zhu Peiyu, Zhang Shu

Department of Health Management, the Affiliated Guangdong Second Provincial General Hospital of Jinan University, Guangzhou 510100, Guangdong Province, China

**Correspondence to:** Wang Hao. Department of Health Management, the Affiliated Guangdong Second Provincial General Hospital of Jinan University, Guangzhou 510100, Guangdong Province, China. Wangaa2023@126.com

Received: 2026-02-05 Accepted: 2026-06-25

## Abstract

• **AIM:** To analyze the relationship between obesity - related indicators, blood lipid levels and primary open angle glaucoma (POAG) and explore its risk factors.

• **METHODS:** Patients with POAG treated in the hospital from March 2022 to March 2024 were selected as the POAG group, and healthy people in the same period were selected as the non - POAG group. The obesity related indicators [ body mass index (BMI), waist circumference, waist - to - hip ratio ], blood lipid levels [ serum total cholesterol (TC), triglyceride (TG), high - density lipoprotein (HDL-C), low - density lipoprotein (LDL-C) ] and general clinical data of the two groups were compared. The binary Logistic regression analysis was used to analyze the risk factors affecting the occurrence of POAG, and the ROC curve was established to analyze the efficiency of various variables in predicting the occurrence of POAG.

• **RESULTS:** A total of 54 POAG patients and 54 non - POAG subjects were included. The POAG group had a mean age of  $50.30 \pm 5.73$  y (29 males, 25 females), and the non-POAG group had a mean age of  $50.28 \pm 5.72$  y (28 males, 26 females). The BMI, intraocular pressure, waist circumference, waist-to-hip ratio, and TG levels in the POAG group were higher than those in the non-POAG group, while the HDL-C level was lower than that in the non-POAG group (all  $P < 0.001$ ). High BMI, high waist circumference, high waist-to-hip ratio, and high TG were identified as risk factors for POAG (all  $P < 0.05$ ), whereas high HDL-C was a protective factor ( $P < 0.05$ ). The AUCs for BMI, waist circumference, waist - to - hip ratio, TG, HDL-C, and the combined prediction were 0.885, 0.873, 0.707, 0.777, 0.664, and 0.974, respectively; the

sensitivities were 0.815, 0.833, 0.730, 0.637, 0.663, and 0.944, respectively; and the specificities were 0.852, 0.759, 0.711, 0.789, 0.752, and 0.889, respectively. These results indicate that the combined multi-index prediction had the best performance, with good sensitivity and specificity.

• **CONCLUSION:** Obesity-related indicators such as high BMI, high waist circumference, high waist-to-hip ratio, and dyslipidemia (high TG, low HDL-C) are associated risk factors for POAG. The combined multi-index prediction model including BMI, waist circumference, waist-to-hip ratio, TG, and HDL-C demonstrates the best performance in POAG risk assessment, with both high sensitivity and specificity, providing a scientific basis for early clinical screening and intervention.

• **KEYWORDS:** obesity; lipid levels; primary open angle glaucoma; influencing factors; predictive performance

**Citation:** Wang H, Zhu PY, Zhang S. Relationship between obesity-related indicators, lipid levels, and POAG and risk factor analysis. Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci), 2026,26(8):1423-1427.

0 引言

原发性开角型青光眼(primary open angle glaucoma, POAG)作为全球范围内最常见的不可逆性致盲眼病之一,其发病特征包括病理性眼压升高导致的视神经萎缩和视野缺损,致盲率在5%-20%,带来沉重的疾病负担<sup>[1-2]</sup>。尽管近年来在青光眼的研究和治疗方面取得了显著进展,但其确切的病因和发病机制尚未完全阐明。因此,深入探讨 POAG 的危险因素,对于该疾病的预防、早期诊断和有效管理具有重要意义。肥胖,不仅与多种慢性疾病如心血管疾病、糖尿病等密切相关,而且近年来越来越多的研究表明,肥胖还可能增加眼部疾病的风险<sup>[3]</sup>。肥胖引发的慢性炎症和氧化应激反应,可能通过改变眼内房水循环、升高眼压或引发代谢异常等途径,增加 POAG 的患病风险<sup>[4]</sup>。血脂异常是心血管疾病的重要危险因素<sup>[5]</sup>。而近年来的一些研究也表明,这些血脂指标可能与眼部血管病变、视网膜病变以及青光眼的发生发展有关,但该方面的研究结果尚存在争议<sup>[6]</sup>。鉴于此,本研究旨在综合分析肥胖相关指标和血脂水平与 POAG 的关系,并进一步探讨其可能的发病机制,以期临床提供参考价值。

1 对象和方法

1.1 对象 选取 2022 年 3 月至 2024 年 3 月我院收治的 POAG 患者为 POAG 组,同时选取同期的健康体检者为非 POAG 组。POAG 组纳入标准:(1)均符合相关诊断标准<sup>[7]</sup>,眼底呈现出青光眼特有的病理改变,视野检查显示青光眼性损伤,且房角保持开放状态;(2)年龄≥18 周岁,男女不限;(3)首次确诊为单眼发病;(4)最佳矫正视力不低于 0.01。非 POAG 组纳入标准:(1)眼压稳定于正常范围,视网膜及视神经检查未见病理改变;(2)听力功能正常,裂隙灯及眼底检查均未发现异常;(3)无严重脏器疾病及全身系统性疾病史;(4)年龄≥18 周岁,男女不限。两组共同排除标准:(1)由内分泌系统紊乱引发的继发性肥胖;(2)既往存在眼部疾病史或眼部手术史;(3)近 1 mo 内有降眼压药物使用的经历;(4)处于青光眼晚期或绝对期,视野仅存中心视岛或颞侧视岛;(5)合并心、肝、肾等重要脏器功能障碍;(6)合并恶性肿瘤;(7)合并认知障碍

或听力障碍。本研究已取得医学伦理委员会审查批准[批准号:2022 审(26)号],所有参与者及其监护人均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 样本量计算 采用 Logistic 回归分析的 EPV(events per variable)准则。最终纳入回归模型的自变量共 5 个[体质量指数(body mass index, BMI)、腰围、腰臀比、总胆固醇(total cholesterol, TC)、高密度脂蛋白(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)],阳性事件数为 54,EPV=54/5=10.8,符合 EPV≥10 的要求,表明当前样本量满足回归分析的需要。

1.2.2 研究方法 本研究收集所有参与者的基本信息,包括年龄、性别等人口学资料,以及体质量、身高、腰围、臀围等体格测量数据及眼压等基本数据,均于入院当天上午完成收集。腰围测量取髂前上棘与第 12 肋下缘连线中点,水平位绕腹一周,于平静呼气末读数;臀围测量取臀部最大周径。基于这些数据,计算每位研究对象的 BMI 和腰臀比,其中 BMI 通过体质量(kg)除以身高(m)的平方得出,腰臀比则为腰围与臀围的比值。眼压测量通过非接触式眼压计进行,测量时患者需保持头部直立,前额紧贴眼压计头架,双眼睁大注视仪器内红色指示点。仪器自动发射气流并检测角膜变形,连续测量 3 次,取平均值作为最终眼压值。同时,研究还检测了参与者的血脂水平,包括血清 TC、甘油三酯(triglycerides, TG)、HDL-C、低密度脂蛋白(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C),具体方法为采集参与者隔夜空腹(禁食≥10 h)静脉血样本 5 mL,离心静置后取上层血清保存于-20℃的环境下待测,运用酶法测定 TC 与 TG 水平,采用直接测定法获取 HDL-C 数值,并通过 Friedewald 公式计算 LDL-C 含量。所有检测均在贝克曼 AU5800 全自动生化分析仪上完成,检测过程严格遵循临床实验室标准化操作规程,确保数据准确可靠。

统计学分析:采用统计学软件 SPSS22.0 进行分析。计数资料表示为 n(%),行 $\chi^2$ 检验;计量资料先采用 S-W 检验验证正态性,若符合正态分布则表示为  $\bar{x}\pm s$ ,采用独立样本 t 检验;采用二元 Logistic 回归模型分析影响 POAG 发生的危险因素,建立 ROC 曲线分析各项变量预测 POAG 发生的效能;采用 Pearson 法进行相关性分析。检验水准  $\alpha=0.05$ ,取双侧。

2 结果

2.1 两组的一般资料比较 本研究纳入 POAG 组 54 例,非 POAG 组 54 例。POAG 组的 BMI、眼压、腰围、腰臀比、TG 均高于非 POAG 组,而 HDL-C 水平低于非 POAG 组,差异具有统计学意义(均  $P<0.001$ ),而两组的年龄、性别、吸烟史、饮酒史、高血压、糖尿病、青光眼家族史、降脂药使用史、臀围、TC、LDL-C 水平相比,差异无统计学意义(均  $P>0.05$ ),见表 1。

2.2 影响 POAG 发生的二元 Logistic 回归分析 将 POAG 发生情况作为因变量(1=POAG 组,0=非 POAG 组),将单因素分析中有统计学意义的指标作为自变量,变量赋值见表 2,纳入二元 Logistic 回归模型,变量筛选方式为“输入”,分析显示:高 BMI、高腰围、高腰臀比、高 TG 水平都是影响 POAG 发生的危险因素(均  $P<0.05$ ),而高 HDL-C 水平则为影响 POAG 发生的保护因素( $P<0.05$ ),见表 3。

| 表 1 两组的一般资料比较                            |    |                        |                          |                                  |          |
|------------------------------------------|----|------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| 项目                                       | 分类 | POAG 组( <i>n</i> = 54) | 非 POAG 组( <i>n</i> = 54) | <i>t</i> / <i>χ</i> <sup>2</sup> | <i>P</i> |
| 年龄( $\bar{x}\pm s$ ,岁)                   |    | 50.30±5.73             | 50.28±5.72               | 0.017                            | 0.987    |
| 性别(例,%)                                  | 男  | 29(53.7)               | 28(51.8)                 | 0.037                            | 0.847    |
|                                          | 女  | 25(46.3)               | 26(48.2)                 |                                  |          |
| 吸烟史(例,%)                                 | 有  | 15(27.8)               | 14(25.9)                 | 0.047                            | 0.828    |
|                                          | 无  | 39(72.2)               | 40(74.1)                 |                                  |          |
| 饮酒史(例,%)                                 | 有  | 12(22.2)               | 13(24.1)                 | 0.052                            | 0.820    |
|                                          | 无  | 42(77.8)               | 41(75.9)                 |                                  |          |
| 高血压(例,%)                                 | 有  | 10(18.5)               | 9(16.7)                  | 0.064                            | 0.800    |
|                                          | 无  | 44(81.5)               | 45(83.3)                 |                                  |          |
| 糖尿病(例,%)                                 | 有  | 8(14.8)                | 7(13.0)                  | 0.077                            | 0.781    |
|                                          | 无  | 46(85.2)               | 47(87.0)                 |                                  |          |
| 青光眼家族史(例,%)                              | 有  | 6(11.1)                | 5(9.3)                   | 0.101                            | 0.750    |
|                                          | 无  | 48(88.9)               | 49(90.7)                 |                                  |          |
| 降脂药使用史(例,%)                              | 有  | 9(16.7)                | 8(14.8)                  | 0.070                            | 0.792    |
|                                          | 无  | 45(83.3)               | 46(85.2)                 |                                  |          |
| BMI( $\bar{x}\pm s$ ,kg/m <sup>2</sup> ) |    | 23.42±1.36             | 21.24±1.20               | 8.835                            | <0.001   |
| 眼压( $\bar{x}\pm s$ ,mmHg)                |    | 21.93±5.26             | 16.93±3.16               | 5.994                            | <0.001   |
| 腰围( $\bar{x}\pm s$ ,cm)                  |    | 86.79±8.06             | 74.45±7.15               | 8.416                            | <0.001   |
| 臀围( $\bar{x}\pm s$ ,cm)                  |    | 94.31±10.84            | 93.36±9.81               | 0.480                            | 0.632    |
| 腰臀比( $\bar{x}\pm s$ )                    |    | 1.12±0.24              | 0.86±0.35                | 4.535                            | <0.001   |
| TC( $\bar{x}\pm s$ ,mmol/L)              |    | 4.46±1.39              | 4.40±1.59                | 0.224                            | 0.823    |
| TG( $\bar{x}\pm s$ ,mmol/L)              |    | 1.57±0.41              | 1.15±0.36                | 5.642                            | <0.001   |
| HDL-C( $\bar{x}\pm s$ ,mmol/L)           |    | 1.14±0.36              | 1.44±0.49                | -3.594                           | <0.001   |
| LDL-C( $\bar{x}\pm s$ ,mmol/L)           |    | 2.73±0.64              | 2.67±0.63                | 0.546                            | 0.586    |

| 表 2 自变量赋值 |           |
|-----------|-----------|
| 可疑影响因素    | 赋值        |
| BMI       | 连续变量,直接纳入 |
| 眼压        | 连续变量,直接纳入 |
| 腰围        | 连续变量,直接纳入 |
| 腰臀比       | 连续变量,直接纳入 |
| TG        | 连续变量,直接纳入 |
| HDL-C     | 连续变量,直接纳入 |

| 表 3 影响 POAG 发生的二元 Logistic 回归分析 |          |           |                            |          |                            |
|---------------------------------|----------|-----------|----------------------------|----------|----------------------------|
| 变量                              | <i>B</i> | <i>SE</i> | Wald <i>χ</i> <sup>2</sup> | <i>P</i> | <i>OR</i> (95% <i>CI</i> ) |
| BMI                             | 1.299    | 0.375     | 11.980                     | 0.001    | 3.667(1.757-7.653)         |
| 眼压                              | -0.163   | 0.235     | 0.477                      | 0.490    | 0.850(0.536-1.348)         |
| 腰围                              | 0.201    | 0.060     | 11.257                     | 0.001    | 1.222(1.087-1.375)         |
| 腰臀比                             | 0.407    | 0.182     | 4.995                      | 0.025    | 1.052(1.051-2.146)         |
| TG                              | 0.377    | 0.144     | 6.912                      | 0.009    | 1.459(1.101-1.933)         |
| HDL-C                           | -0.375   | 0.140     | 7.193                      | 0.007    | 0.687(0.523-0.904)         |
| 常量                              | -46.731  | 11.921    | 15.366                     | <0.001   |                            |

注:为避免回归系数放大,分析前将腰臀比、TG、HDL-C 值乘以 10,此时 OR 值代表腰臀比、TG 每增加 0.1 个单位,POAG 风险升高 1.052、2.146 倍,HDL-C 值每增加 0.1 个单位,POAG 风险升高为 0.687 倍。

**2.3 POAG 预测效能的 ROC 曲线分析** 建立 ROC 曲线分析相关指标及联合预测 POAG 发生的效能,结果显示: BMI、腰围、腰臀比、TG、HDL-C、联合预测的 AUC 分别为 0.885、0.873、0.707、0.777、0.664、0.974,敏感度分别为 0.815、0.833、0.730、0.637、0.663、0.944,特异度分别为 0.852、0.759、0.711、0.789、0.752、0.889。表明联合多指标

预测的效能最佳,且敏感度和特异度良好,见表 4,图 1。  
**2.4 相关性分析** 相关性分析显示,BMI、腰围、腰臀比与 TG 呈正相关( $r = 0.390, P < 0.001; r = 0.258, P = 0.007; r = 0.312, P = 0.001$ );腰围、腰臀比与 HDL-C 呈负相关( $r = -0.294, P = 0.002; r = -0.187, P = 0.032$ )。  
**2.5 基于临床指南标准的代谢异常发生率比较** 依据《中

表 4 POAG 预测效能的 ROC 曲线分析

| 检验结果变量 | AUC   | SE    | P      | 95%CI       | cut-off 值                | 约登指数  | 敏感度   | 特异度   |
|--------|-------|-------|--------|-------------|--------------------------|-------|-------|-------|
| BMI    | 0.885 | 0.032 | <0.001 | 0.823–0.947 | 22.385 kg/m <sup>2</sup> | 0.667 | 0.815 | 0.852 |
| 腰围     | 0.873 | 0.034 | <0.001 | 0.807–0.939 | 78.695 cm                | 0.592 | 0.833 | 0.759 |
| 腰臀比    | 0.707 | 0.050 | <0.001 | 0.610–0.805 | 1.005                    | 0.441 | 0.730 | 0.711 |
| TG     | 0.777 | 0.044 | <0.001 | 0.690–0.863 | 1.535 mmol/L             | 0.426 | 0.637 | 0.789 |
| HDL-C  | 0.664 | 0.052 | 0.003  | 0.562–0.766 | 1.505 mmol/L             | 0.415 | 0.663 | 0.752 |
| 联合预测   | 0.974 | 0.012 | <0.001 | 0.951–0.997 |                          | 0.833 | 0.944 | 0.889 |

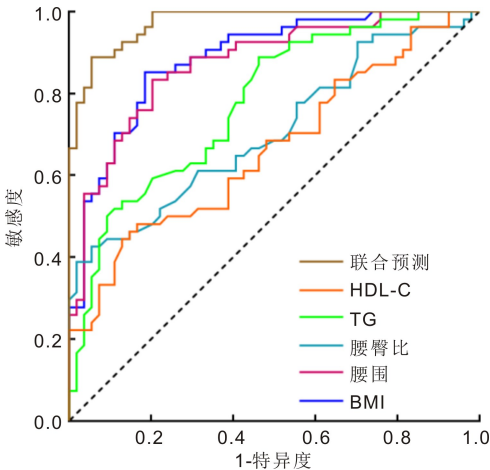


图 1 POAG 预测效能的 ROC 曲线分析图。

国成人血脂异常防治指南(2016年修订版)》<sup>[8]</sup>和《中国成人肥胖症防治专家共识》<sup>[9]</sup>, POAG 组中高 TG (>1.7 mmol/L) 发生率为 35.2% (19/54), 显著高于非 POAG 组的 14.8% (8/54) ( $\chi^2 = 5.975, P = 0.015$ ); 低 HDL-C (<1.0 mmol/L) 发生率为 27.8% (15/54), 高于非 POAG 组的 11.1% (6/54) ( $\chi^2 = 4.788, P = 0.029$ ); 超重/肥胖 (BMI  $\geq 24$  kg/m<sup>2</sup>) 发生率为 55.6% (30/54), 显著高于非 POAG 组的 25.9% (14/54) ( $\chi^2 = 9.818, P = 0.002$ ); 中心性肥胖 (男性腰围  $\geq 90$  cm, 女性  $\geq 85$  cm) 发生率为 48.1% (26/54), 显著高于非 POAG 组的 22.2% (12/54) ( $\chi^2 = 7.958, P = 0.005$ )。

3 讨论

POAG 是常见的不可逆致盲眼病,其病情隐匿,患者发现时常已错过最佳治疗时机,严重影响生活质量<sup>[10]</sup>。目前依赖眼压测量和视盘评估的预测方法敏感性和特异性有限。近年来,肥胖、血脂异常等全身因素在 POAG 发病中的作用逐渐被认识。与陈妍等<sup>[11]</sup>的文献计量学研究不同,本研究基于临床数据构建了包含腰臀比与血脂指标的 POAG 联合预测模型,并提出了具体筛查阈值。

本研究显示,POAG 组的 BMI、腰围、腰臀比、TG 显著高于非 POAG 组,HDL-C 显著低于非 POAG 组,且上述指标均为 POAG 的危险因素。这些结果从不同维度揭示了肥胖与血脂异常在 POAG 发病中的重要作用。

BMI 是评估全身性肥胖的常用指标。本研究中 BMI 升高使 POAG 风险增加约 2.5 倍,该结论与 Bosello 等<sup>[12]</sup>的研究相似。其可能机制包括:全身性肥胖常伴随胰岛素抵抗和瘦素水平升高,后者可激活小胶质细胞,诱导视网膜神经节细胞凋亡<sup>[13]</sup>。此外,Inam 等<sup>[14]</sup>研究指出,高 BMI 者往往有较高的眼压,肥胖患者眶内脂肪堆积可能增加巩膜上静脉压力,阻碍房水流出。中心性肥胖表现为腰

围、腰臀比更高,本研究亦发现 POAG 组腰围、腰臀比均显著高于非 POAG 组,其致 POAG 的独特机制在于:(1)机械压迫:内脏脂肪堆积致腹内压升高,可通过体循环传递至眼内,直接升高眼压或影响房水流出<sup>[15]</sup>;(2)脂肪因子失衡:内脏脂肪分泌大量瘦素、抵抗素而脂联素减少,瘦素可激活小胶质细胞诱导视网膜神经节细胞凋亡,低脂联素则削弱其抗炎、抗凋亡保护<sup>[16]</sup>;(3)异位脂质沉积:血脂异常时游离脂肪酸在眼部沉积,直接损伤视神经轴突<sup>[17]</sup>。这些机制使得中心性肥胖比全身性肥胖更具致病性。

血脂异常方面,高 TG 和低 HDL-C 均被证实为危险因素。TG 升高可能增加血液黏稠度,降低视神经微循环灌注,造成视神经慢性缺血<sup>[18–19]</sup>;同时,TG 水解产物可激活炎症反应,损伤视网膜神经节细胞<sup>[20]</sup>。HDL-C 则具有抗氧化、抗炎及抗凋亡作用,其水平降低削弱了这些保护效应,使视神经更易受损<sup>[21]</sup>。值得注意的是,本研究中眼压的 P 值虽未达到传统显著性水平,结合临床实际,眼压仍是 POAG 的核心致病因素。样本量较小可能导致检验效能不足,眼压的真实效应可能在更大样本中达到显著,临床中对于眼压偏高者仍应警惕 POAG 风险<sup>[22–23]</sup>。此外,本研究参照临床指南标准进一步分析了代谢异常的发生率,结果显示 POAG 组中高 TG、低 HDL-C、超重/肥胖及中心性肥胖的发生率均显著高于非 POAG 组 (均  $P < 0.05$ )。这一结果从临床诊断层面进一步证实了 POAG 患者普遍存在代谢异常,与上述回归分析结果相互印证,增强了结论的可靠性。

进一步的相关性分析显示,腰臀比与 TG 呈显著正相关,与 HDL-C 呈显著负相关,提示肥胖与血脂异常常合并存在,且可能通过共同通路协同损伤视神经。两者在 POAG 发病中的协同作用分子通路包括:(1)炎症叠加效应:肥胖者脂肪组织分泌肿瘤坏死因子- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ )、白细胞介素-6 (IL-6),高 TG 可激活 Toll 样受体 4 (TLR4),两者共同激活核转录因子  $\kappa$ B (NF- $\kappa$ B) 信号通路,促进炎症级联反应,加速视网膜神经节细胞凋亡<sup>[21–22]</sup>;(2)氧化应激协同:肥胖诱导的线粒体功能障碍与高 TG 产生的自由基,通过 Nrf2/ARE 通路失衡加剧氧化损伤,同时低 HDL-C 削弱了其抗氧化能力,使视神经更易受损<sup>[23–24]</sup>。两者共同加剧全身性低度炎症和氧化应激,激活相关信号通路,促进视网膜神经节细胞凋亡和视神经轴突变性<sup>[25–26]</sup>。这种协同作用提示,在 POAG 的防治中,应同时关注体质量和血脂管理,而非孤立干预。基于上述发现,本研究提出具体的临床筛查与干预策略。基于 ROC 曲线确定的 cut-off 值 (BMI  $\geq 22.385$  kg/m<sup>2</sup>、腰围  $\geq 78.695$  cm、腰臀比  $\geq 1.005$ 、TG  $\geq 1.535$  mmol/L、HDL-C  $\leq 1.505$  mmol/L),可将具有 2 个及以上指标超标者定义为 POAG 高危人群,建议定期行眼压和视盘检查。干预上采用分级方案:(1)

基础干预:低热量饮食、规律有氧运动<sup>[27-28]</sup>; (2) 药物干预:对生活方式干预无效或合并糖尿病、高血压的重度异常者,在医生指导下启用降脂药物<sup>[29-30]</sup>。本研究中,联合预测模型的 AUC 达 0.974,敏感度 94.4%、特异度 88.9%,显著优于任何单一指标,为临床提供了高效的风险评估工具。本研究的独特价值在于:首次将肥胖(尤其腰臀比反映的中心性肥胖)与血脂指标共同纳入预测模型,并基于 ROC 曲线确定了具体筛查阈值;参照临床指南标准比较代谢异常发生率,增强了结果的可转化性;通过对肥胖与血脂异常协同作用机制的探讨,为 POAG 的“代谢-神经保护”综合干预策略提供了理论线索。

综上,肥胖相关指标(如高 BMI、腰围、腰臀比)及血脂异常(高 TG、低 HDL-C)是 POAG 的危险因素。联合 BMI、腰围、腰臀比、TG、HDL-C 多指标预测模型在 POAG 风险评估中表现出最佳效能,兼具高敏感度和特异度,为临床早期筛查和干预提供了科学依据。本研究存在以下局限:(1)样本量较小,导致腰臀比和 TG 的置信区间过宽,效应估计不稳定,AUC 可能被高估。(2)回顾性设计无法确立因果关系。(3)虽已收集吸烟史、饮酒史且两组无差异,但缺乏运动史、详细用药史及家族史等混杂因素。(4)未能纳入血糖、血压等代谢指标。(5)单中心、单眼发病可能存在选择偏倚。未来需开展多中心前瞻性队列研究、孟德尔随机化研究,系统收集运动、饮食、家族史及血糖血压等数据,并进行机制研究以验证协同作用通路。

**利益冲突声明:**本文不存在利益冲突。

**作者贡献声明:**王浩论文选题与修改,初稿撰写;朱珮瑜、张殊文献检索,数据分析;所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

[1] George R, Panda S, Vijaya L. Blindness in glaucoma: primary open-angle glaucoma versus primary angle-closure glaucoma—a meta-analysis. *Eye*, 2022,36(11):2099-2105.

[2] Voigt AM, Grabitz S, Hoffmann EM, et al. Systemic diseases in primary open-angle glaucoma. *Klin Monbl Augenheilkd*, 2024,241(2):170-176.

[3] 黄婧,叶莉彤,罗楠,等. 近视眼合并原发性开角型青光眼患者视野缺损进展的影响因素分析. *中华眼科杂志*, 2024,60(9):736-745.

[4] 张葭,王慧娴,张旭,等. 肥胖对眼部相关疾病影响的研究进展. *国际眼科杂志*, 2025,25(1):88-93.

[5] 卢瑶,刘丹丹,石蕊,等. 高度近视合并原发性开角型青光眼眼底结构改变的研究进展. *临床眼科杂志*, 2023,31(1):77-82.

[6] Selvan H, Gupta S, Wiggs JL, et al. Juvenile-onset open-angle glaucoma - A clinical and genetic update. *Surv Ophthalmol*, 2022,67(4):1099-1117.

[7] Jin J. Screening for primary open-angle glaucoma. *JAMA*, 2022,327(20):2030.

[8] 中国成人血脂异常防治指南修订联合委员会. 中国成人血脂异常防治指南(2016 年修订版). *中华心血管病杂志*, 2016,44(10):833-853.

[9] 中华医学会内分泌学分会肥胖学组. 中国成人肥胖症防治专家共识. *中华内分泌代谢杂志*, 2011,27(9):7.

[10] 曾司彦,侯清怡,吴尧,等. 原发性开角型青光眼初诊患者的临床特征研究. *眼科*, 2024,33(6):412-416.

[11] 陈妍,卓洪民,张帆,等. 原发性开角型青光眼发病机制的文献计量学研究. *国际眼科杂志*, 2024,24(5):704-711.

[12] Bosello F, Vanzo A, Zaffalon C, et al. Obesity, body fat distribution and eye diseases. *Eat Weight Disord*, 2024,29(1):33.

[13] 王爽,吴树法,令垚,等. 基于代谢组学探究非脂质代谢物在肥胖与糖尿病视网膜病变间的中介作用:孟德尔随机化研究. *中国全科医学*, 2025,28(21):2625-2634.

[14] Inam MG, Inam O, Gucer D, et al. Obesity-related early structural alterations in the retina detected by optical coherence tomography. *Diabetes Obes Metab*, 2025,27(6):3262-3273.

[15] Urbonavičiūtė D, Buteikienė D, Janulevičienė I. A review of neovascular glaucoma: etiology, pathogenesis, diagnosis, and treatment. *Medicina (Kaunas)*, 2022,58(12):1870.

[16] 胡珂宇. 瘦素和胃饥饿素与青光眼视网膜神经节细胞的保护机制研究. *中华实验眼科杂志*, 2025,43(5):459-465.

[17] Zhao XH, Bo QY, Sun JR, et al. The association between obesity and glaucoma in older adults: evidence from the China Health and Retirement Longitudinal Study. *Epidemiol Health*, 2023,45:e2023034.

[18] 刘钊,周丽,谢仟,等. 体重指数与视网膜中央动脉阻塞之间的因果关系:一项孟德尔随机研究. *眼科新进展*, 2024,44(3):193-196.

[19] 李水,杨华静,代家乐,等. 视网膜静脉阻塞机制及危险因素研究进展. *国际眼科杂志*, 2024,24(1):72-76.

[20] 朱树青,陈瑾媛,周孟田,等. 新生血管性青光眼患者眼内液中细胞因子表达的 meta 分析. *中华实验眼科杂志*, 2024,42(6):538-546.

[21] Liu YQ, Li T. Causal association between lipid-lowering drugs and glaucoma: a drug-targeted Mendelian randomization study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2024,65(10):23.

[22] Hsueh YJ, Chen YN, Tsao YT, et al. The pathomechanism, antioxidant biomarkers, and treatment of oxidative stress-related eye diseases. *Int J Mol Sci*, 2022,23(3):1255.

[23] 罗艳华,胡佩,林斌武,等. 高血压症原发性开角型青光眼及正常眼压性青光眼患者的 24 小时眼压分布规律. *山西医药杂志*, 2023,52(22):1697-1702.

[24] 梁鹏飞,徐晨,师若迪,等. 枸杞多糖通过调控 Keap1-Nrf2-ARE 信号通路抗人视网膜色素上皮细胞光损伤的作用机制. *世界中西医结合杂志*, 2025,20(6):1157-1164.

[25] 杨稀瑞,王继雪,王思琦,等. 通窍明目汤调控 p53/SLC7A11 介导的氧化损伤及铁死亡改善青光眼 RGC 损伤的作用机制. *海南医学院学报*, 2024,30(22):1717-1726.

[26] 彭焱靖,秦铭锴,邱伟雯,等. 自噬与氧化应激对青光眼视神经损伤的调节作用研究进展. *山东医药*, 2024,64(2):97-99.

[27] Shao MX, Li YZ, Teng JS, et al. Association between serum lipid levels and patients with primary angle-closure glaucoma in China: a cross sectional, case-control study. *Front Med*, 2021,8(1):618970.

[28] Hu HJ, Ma YF, Cheng AA, et al. Clinical value of cognitive behavioral nursing model to patients with congenital glaucoma. *Technol Health Care*, 2024,32(3):1757-1766.

[29] 朱聪,蒋文君,毕宏生,等. ω-3 多不饱和脂肪酸对常见眼科疾病的防治作用及其机制研究进展. *山东医药*, 2023,63(8):103-106.

[30] 陆玉宇,葛玲,许琰,等. 信息化 5P 医学模式在原发性开角型青光眼患者延续护理管理中的应用. *上海护理*, 2025,25(12):58-61.