

眼外肌厚度与甲状腺相关性眼病的临床活动性评分的关联性

彭来娟¹, 许旭¹, 孙忠旭¹, 朱鹏¹, 孟柯², 张涛¹

引用: 彭来娟, 许旭, 孙忠旭, 等. 眼外肌厚度与甲状腺相关性眼病的临床活动性评分的关联性. 国际眼科杂志, 2026, 26(7): 1281-1286.

基金项目: 徐州市科技项目 (No.KC23161)

作者单位: (221000) 中国江苏省徐州市第一人民医院¹影像科;
²眼科

作者简介: 彭来娟, 女, 硕士, 住院医师, 研究方向: 甲状腺相关性眼病。

通讯作者: 许旭, 女, 本科, 副主任医师, 研究方向: 甲状腺相关性眼病、视神经炎. 543424167@qq.com

收稿日期: 2025-05-06 修回日期: 2026-04-17

摘要

目的: 分析 CT 眼眶结构定量分析的眼外肌厚度与甲状腺相关性眼病 (TAO) 的临床活动性评分 (CAS) 相关性。

方法: 本研究为回顾性分析, 选取 2020 年 10 月至 2025 年 2 月我院收治的 TAO 患者的临床资料。另选我院体检健康者作为对照组。所有参与者均接受 CT 检查, 比较两组参与者眼上直肌、下直肌、内直肌、外直肌、眼眶面积、突眼度以及眼外肌总横截面积/眼眶面积比值 (OM/TOA) 情况, 采用临床活动性评分 (CAS) 对 TAO 患者进行评估, 分析 CAS 评分与 CT 眼眶结构定量分析指标的相关性。不同活动期 TAO 患者 CT 眼眶结构定量分析指标比较, CT 眼眶结构定量分析指标对活动期 TAO 患者的预测价值。

结果: 本研究共纳入 TAO 患者 77 例, 其中男 38 例、女 39 例; 年龄 28-70 (平均 49.5±6.9) 岁。对照组 77 例, 其中男 40 例、女 37 例; 年龄 26-70 (平均 49.0±7.3) 岁。两组参与者性别、年龄比较均无差异 (均 $P>0.05$)。TAO 组患者左眼、右眼及双眼 CT 眼眶结构定量分析各指标均明显高于对照组 (均 $P<0.001$), TAO 组患者 CAS 评分为 3.94±1.51 分; CAS 评分与 CT 眼眶结构定量分析各指标均呈正相关 (均 $P<0.05$)。根据 CAS 评分结果, TAO 患者 CAS 评分 < 3 分为非活动期共 14 例 28 眼, 其中男 8 例, 女 6 例, 平均年龄 43.79±9.58 岁。CAS 评分 ≥ 3 分为活动期共 63 例 126 眼, 其中男 30 例、女 33 例, 平均年龄 50.78±5.47 岁, 不同活动期 TAO 患者性别比较无差异 ($P=0.519$), 年龄比较有差异 ($P<0.001$)。非活动期患者 CT 眼眶结构定量各指标均明显低于活动期患者 ($P<0.05$)。最终选取上直肌、年龄、突眼度纳入 Logistic 回归模型分析结果显示, 上直肌、突眼度与 TAO 活动期存在相关性 ($P<0.05$), 年龄与 TAO 活动期无相关性 ($P>0.05$)。ROC 曲线分析结果显示: 曲线下面积 (AUC) 为 0.863, 标准误差为 0.063, $P<0.001$, AUC 的 95% 置信区间 (95% CI) 为 0.740-0.985; 模型预测敏感度为 73.0%, 特异度为 92.9%, 约登指数为 0.659; 预测精度为 97.9%, 召回率为 73.0%, F1 值为 0.836;

预测最佳临界值为 0.857, 预测概率 0.74。

结论: TAO 患者可采用 CT 眼眶结构定量分析评估病情程度。

关键词: CT 眼眶结构定量分析; 眼外肌厚度; 甲状腺相关性眼病; 临床活动性评分; 相关性; 预测价值

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2026.7.29

Correlation between extraocular muscle thickness and clinical activity score in thyroid-associated ophthalmopathy

Peng Laijuan¹, Xu Xu¹, Sun Zhongxu¹, Zhu Peng¹, Meng Ke², Zhang Tao¹

Foundation item: Xuzhou Municipal Science and Technology Project (No.KC23161)

¹Department of Radiology; ²Department of Ophthalmology, Xuzhou First People's Hospital, Xuzhou 221000, Jiangsu Province, China

Correspondence to: Xu Xu, Department of Radiology, Xuzhou First People's Hospital, Xuzhou 221000, Jiangsu Province, China. 543424167@qq.com

Received: 2025-05-06 Accepted: 2026-04-17

Abstract

• AIM: To analysis the correlation between extraocular muscle thickness measured by quantitative CT analysis of orbital structures and clinical activity score (CAS) of thyroid-associated ophthalmopathy (TAO).

• METHODS: This was a retrospective analysis, selecting clinical data of TAO patients admitted to the hospital from October 2020 to February 2025. Healthy individuals were chosen from hospital's physical examination as the control group. All participants underwent CT examination, the superior rectus muscle, inferior rectus muscle, medial rectus muscle, lateral rectus muscle, orbital area, protrusion degree, and total cross-sectional area of extraocular muscles/total orbital area ratio (OM/TOA) from the two groups of participants were compared. CAS was used to evaluate TAO patients, and the correlation between CAS score and quantitative analysis indicators of CT orbital structure was analyzed. Quantitative analysis indicators for CT orbital structure in TAO patients at different stages of activity were compared, and the predictive value of these indicators for TAO patients at different activity stages was investigated.

• RESULTS: A total of 77 TAO patients were enrolled in this study, including 38 males and 39 females, with ages

ranging from 28 to 70 y (mean age 49.5 ± 6.9 y). There were 77 cases in the control group, including 40 males and 37 females, with ages ranging from 26 to 70 y (mean age 49.0 ± 7.3 y). There was no significant difference in gender and age between the two groups (both $P > 0.05$). The quantitative analysis of left eye, right eye, and binocular CT orbital structure in TAO group patients showed significantly higher indicators than the control group (all $P < 0.001$), and the CAS score of TAO group was 3.94 ± 1.51 points. The CAS score was positively correlated with various indicators of CT orbital structure quantitative analysis (all $P < 0.05$). According to the CAS score results, 14 cases (28 eyes) of TAO patients with a CAS score < 3 were classified as inactive phase, including 8 males and 6 females, with an average age of 43.79 ± 9.58 y. A total of 63 cases (126 eyes) with a CAS score of ≥ 3 was classified as active phase, including 30 males and 33 females, with an average age of 50.78 ± 5.47 y. There was no significant difference in gender among TAO patients with different active phases ($P = 0.519$), but there was a significant difference in age ($P < 0.001$). The quantitative indicators of CT orbital structure in inactive patients were significantly lower than those in active patients ($P < 0.05$). Finally, the superior rectus muscle, age, and degree of protrusion were selected to be included in the Logistic regression model. The analysis results showed that there was a correlation between the superior rectus muscle index, degree of protrusion and TAO activity phase ($P < 0.05$), while age, and TAO activity phase showed no significant correlation ($P > 0.05$). The ROC curve analysis results showed that the area under the curve (AUC) was 0.863, the standard error was 0.063, $P < 0.001$, and the 95% confidence interval (95% CI) of AUC was 0.740–0.985. The sensitivity of the model prediction was 73.0%, the specificity was 92.9%, and the Youden index was 0.659. The prediction accuracy was 97.9%, the recall rate was 73.0%, and the F1 value was 0.836. The predicted optimal critical value was 0.857. The predicted probability was 0.74.

• **CONCLUSION:** Quantitative CT analysis of orbital structures can be used to assess disease severity in TAO patients.

• **KEYWORDS:** quantitative CT analysis of orbital structure; extraocular muscle thickness; thyroid-associated ophthalmopathy; clinical activity score; correlation; predictive value

Citation: Peng LJ, Xu X, Sun ZX, et al. Correlation between extraocular muscle thickness and clinical activity score in thyroid-associated ophthalmopathy. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2026, 26(7):1281–1286.

0 引言

甲状腺相关性眼病 (thyroid-associated ophthalmopathy, TAO) 主要临床表现为眼球突出、复视、视力下降^[1]。临床活动性评分 (clinical activity score, CAS) 是评估 TAO 活动性的重要工具,但应用主要依赖于临床医生的经验和主观判断,缺乏客观的影像学依据支持^[2]。

因此,如何准确的评估 TAO 的病情活动程度,不仅有助于临床中该病的诊断,对后期治疗的开展也具有重要价值。计算机断层扫描 (computed tomography, CT) 通过对眼眶结构进行定量分析,在临床中现已广泛应用于各类眼科疾病的诊断中,在 TAO 的疾病诊断中也被证实具有较高的临床价值^[3]。作为 TAO 最主要的临床表现,眼外肌增厚、纤维化会导致炎症反应加重,并导致眼眶面积的改变^[4-6]。目前,关于 CT 眼眶结构定量分析参数与 TAO 病情活动程度之间关系的研究较少,眼外肌增厚与 CAS 之间关系的探讨也较少。基于此,本文作者结合自身临床实践,选取徐州市第一人民医院收治的 TAO 患者的临床资料进行回顾性分析。旨在分析 CT 眼眶结构定量分析指标与 CAS 的相关性,并探讨相关指标对 TAO 患者活动期的预测价值。以期为 TAO 的诊断、早期治疗的开展,提供相关数据,理论支持。

1 对象和方法

1.1 对象 回顾性分析 2020 年 10 月至 2025 年 2 月我院收治的 TAO 患者的临床资料。纳入标准:(1) 年龄 ≥ 18 岁;(2) 患者符合 TAO 诊断标准^[7];(3) 经影像学检查 TAO 患者有明显的眼外肌增粗、眼球突出、眶内脂肪增多现象,临床症状表现存在眼睑退缩、上睑迟落、眼球运动障碍和复视、结膜和角膜病变、眼眶软组织受累等情况;(4) 纳入研究对象临床资料完整无缺失;(5) 所有患者检查及量表评分均为入院时进行检查与评估,间隔时间不超过 1 d;(6) 患者均为双眼受累。排除标准:(1) 身体重要脏器如心、肝、肾患有严重急慢性病或是指标高于、低于正常值;(2) 其他原因引起的 TAO 如遗传;(3) 有眼部手术史或眼外伤史者;(4) 既往有 TAO 疾病史;(5) 近 3 mo 服用过含有激素类药物;(6) 其他引起眼外肌增粗的疾病,如眼眶炎性假瘤等;(7) 先天性眼眶狭窄、眶距增宽症、眼眶蜂窝织炎及眼眶肿瘤患者。另选 77 例我院体检健康者作为对照组。纳入标准:(1) 我院体检健康者,且进行 CT 眼部检查;(2) 检查结果完整,无缺失。排除标准:(1) 体检结果异常者;(2) 患有甲状腺疾病者;(3) 患有急慢性疾病及心、肝、肾功能指标高于低于正常值。本研究获得我院伦理委员会批准通过 {伦理批号:XYLL[2025]138 号}, 所有参与者均知情同意。

1.2 方法

1.2.1 样本量计算方法 采用 PASS 15.0 软件进行样本量估算,设定检验水准 $\alpha = 0.05$ (双侧),检验效能 $1 - \beta = 0.95$, 两组样本量比例为 1:1。效应量依据预试验及文献[6]确定:预试验中 TAO 组患者眼外肌总横截面积与眼眶面积比值 (OM/TOA) 为 0.16 ± 0.02 , 文献[6]中健康对照组 OM/TOA 为 0.15 ± 0.01 。为保守估计,取两组中较大的标准差 ($\sigma = 0.02$) 计算标准化效应量 Cohen's d , 公式为 $d = (\mu_1 - \mu_2) / \sigma = (0.16 - 0.15) / 0.02 = 0.5$, 代入公式计算得出每组所需样本量为 70 例。考虑到回顾性研究数据采集的特殊性,因 CT 图像质量不佳 (如运动伪影、扫描范围不足、眼睑闭合不全致肌肉收缩伪影) 或临床病史资料不全 (影响 CAS 评分准确性) 可能导致部分入组病例被排除,故在估算样本量基础上预增加 20% 的数据缺失率进行校正,计算得 $70 / (1 - 0.2) = 87.5$, 向上取整后确定每组最少需纳入 88 例。本研究最终实际纳入 TAO 组 77 例、对照

组 77 例, 虽未完全达到 88 例的估算目标, 但经检验效能回顾性计算 (post-hoc power), 在当前样本量和效应量 ($d=0.5$) 下实际把握度为 0.89, 表明现有样本量仍具有较高的统计效力, 可用于后续分析。

1.2.2 检查方法 使用 CT 扫描仪进行临床常规扫描时采用以下参数设置: 管电压为 120 kV, 每层 250 mAs; 扫描分辨率设为高; 准直宽度为 64 mm \times 0.625 mm; 螺距为 0.639; 采集与重建矩阵为 512 \times 512; 层厚 0.67 mm, 层间距 0.33 mm; 采用 FBP 重建技术; 显示视野 (FOV) 为 180 mm \times 180 mm; 重建算法选用 Standard (B), 边缘增强因子设为 0; 窗宽 350 HU, 窗位 40 HU。扫描时, 患者需平卧于 CT 扫描床上, 头部保持静止状态, 扫描基线平行于听眶下线, 扫描范围覆盖眼眶的上缘至下缘。为了防止检查过程中, 不均匀的眼外肌收缩影响测量结果, 要求检查时, 保持第 1 眼位, 双眼轻闭。图像后处理采用飞利浦图像后处理工作站 (extended brilliance workspace, EBW) 进行。横断面重组的基线平行于视神经眶内段, 层厚 2 mm, 层间隔 2 mm。冠状面重组则针对两侧眼眶分别进行, 单侧眼眶的冠状面重组基线同时垂直于横断面的视神经眶内段和矢状面的视神经眶内段, 层厚 1 mm, 层间隔 1 mm。在冠状面影像上, 选取眼球后部作为切线基准, 设置层厚为 1 mm、间距为 1 mm, 定位至球后 2 mm 的平面。该平面能够清晰展现眼外肌及眼眶的解剖结构。利用光标精确勾勒各眼外肌及眼眶的轮廓, 随后通过 AutoCAD 软件进行自动化分析, 以获取相应的面积数值。为确保测量的准确性, 每条眼外肌均进行 3 次测量, 并计算其平均值。由于上直肌与提上睑肌在眶内段的走行较为邻近, 难以明确区分, 因此测量值实际上为上直肌与提上睑肌的复合体面积 (以下若无特殊说明, 均指此复合体)。最终, 通过累加各条眼外肌的横截面积, 得到眼外肌的总横截面积。突眼度的测量需

确保双侧眼球的最大径平面、晶状体中心以及视神经眶内段全程均清晰显示于同一层面, 并且两侧眶外缘处于最低点, 以此作为合格的测量标准。在该测量层面上, 连接两侧眶外缘形成一条基线, 然后分别测量各眼角膜到该基线的垂直距离, 此距离即为眼球的突出度。

1.2.3 观察指标 (1) 比较两组参与者眼上直肌、下直肌、内直肌、外直肌、眼眶面积、突眼度以及眼外肌总横截面积/眼眶面积比值 (total cross-sectional area of extraocular muscles over total orbital area, OM/TOA) 情况, 并对双眼平均值进行计算。(2) 采用临床活动性评分 (clinical activity score, CAS)^[8] 对 TAO 患者进行评估, 量表共包括 7 个条目, 每个条目有则记 1 分, 得分 ≥ 3 分, 则可判定为活动期, 得分越高表明活动度越高。

统计学分析: 采用统计软件 SPSS 27.0 处理数据, 计数资料用 $n(\%)$ 表示, 采用 χ^2 检验; 计量资料用 $\bar{x}\pm s$ 表示, 两组比较采用独立样本 t 检验, 采用 Pearson 检验分析相关性, 受试者工作特征 (receiver operator characteristic curve, ROC) 曲线评估预测价值, 曲线下面积 (area under curve, AUC) 0.7-0.85 表示预测效能一般, >0.85 表示具有较好的预测效果。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

本研究共纳入 TAO 患者 77 例, 其中男 38 例、女 39 例; 年龄 28-70 (平均 49.5 \pm 6.9) 岁。对照组 77 例, 其中男 40 例, 女 37 例; 年龄 26-70 (平均 49.0 \pm 7.3) 岁。两组参与者性别、年龄比较差异均无统计学意义 ($\chi^2 = 0.104, P = 0.747; t = 0.437, P = 0.663$), 具有可比性。

2.1 两组参与者 CT 眼眶结构定量分析指标比较 TAO 组患者左眼、右眼及双眼 CT 眼眶结构定量分析指标均明显高于对照组, 差异均有统计学意义 ($P<0.001$), 见表 1-3。

表 1 两组参与者 CT 眼眶结构定量分析左眼指标比较

分组	眼数	上直肌(mm ²)	下直肌(mm ²)	内直肌(mm ²)	外直肌(mm ²)	眼眶面积(mm ²)	突眼度(mm)	OM/TOA	$\bar{x}\pm s$
TAO 组	77	40.70 \pm 19.54	39.91 \pm 14.39	40.21 \pm 13.51	31.66 \pm 6.64	866.92 \pm 15.73	19.64 \pm 2.38	17.53 \pm 4.59	
对照组	77	28.48 \pm 2.54	22.48 \pm 2.26	28.25 \pm 1.75	27.12 \pm 2.43	715.36 \pm 72.27	14.61 \pm 1.82	14.95 \pm 1.23	
t		5.442	10.500	7.704	5.635	17.981	14.735	4.765	
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	

注: 对照组为体检健康者。

表 2 两组参与者 CT 眼眶结构定量分析右眼指标比较

分组	眼数	上直肌(mm ²)	下直肌(mm ²)	内直肌(mm ²)	外直肌(mm ²)	眼眶面积(mm ²)	突眼度(mm)	OM/TOA	$\bar{x}\pm s$
TAO 组	77	53.04 \pm 23.14	39.61 \pm 16.93	39.99 \pm 11.92	32.51 \pm 7.62	868.77 \pm 164.87	19.74 \pm 2.19	18.97 \pm 4.44	
对照组	77	28.55 \pm 2.15	22.50 \pm 2.68	28.22 \pm 1.91	27.19 \pm 1.75	714.21 \pm 71.15	14.33 \pm 1.26	14.99 \pm 1.10	
t		9.247	8.759	8.555	5.970	7.553	18.787	7.606	
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	

注: 对照组为体检健康者。

表 3 两组参与者 CT 眼眶结构定量分析双眼指标比较

分组	眼数	上直肌(mm ²)	下直肌(mm ²)	内直肌(mm ²)	外直肌(mm ²)	眼眶面积(mm ²)	突眼度(mm)	OM/TOA	$\bar{x}\pm s$
TAO 组	154	46.87 \pm 17.99	39.76 \pm 13.55	40.10 \pm 10.85	32.09 \pm 6.10	867.85 \pm 87.60	19.69 \pm 2.01	18.25 \pm 3.81	
对照组	154	28.52 \pm 2.03	22.49 \pm 2.02	28.34 \pm 1.61	27.16 \pm 19.38	714.79 \pm 64.54	14.47 \pm 1.32	14.96 \pm 0.79	
t		8.896	12.372	7.411	8.319	12.369	22.286	36.862	
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	

注: 对照组为体检健康者。

2.2 CAS评分与CT眼眶结构定量分析指标的相关性

TAO组77例患者CAS评分为 3.94 ± 1.51 分。Pearson相关性分析显示:CAS评分与CT眼眶结构定量分析指标眼上直肌、下直肌、内直肌、外直肌、眼眶面积、突眼度以及OM/TOA均呈正相关($P < 0.05$),见表4。

2.3 不同活动期TAO患者CT眼眶结构定量分析指标比较

根据CAS评分结果,TAO患者CAS评分 < 3 分为非活动期共14例28眼,其中男8例,女6例,平均年龄 43.79 ± 9.58 岁。CAS评分 ≥ 3 分为活动期共63例126眼,其中男30例,女33例,平均年龄 50.78 ± 5.47 岁,不同活动期TAO患者性别比较差异无统计学意义($\chi^2 = 0.416, P = 0.519$),年龄比较差异有统计学意义($t = 3.710, P < 0.001$)。非活动期患者CT眼眶结构定量各指标均明显低于活动期患者,差异均有统计学意义($P < 0.05$),见表5。

2.4 CT眼眶结构定量分析指标对活动期TAO患者的预测价值

由于TAO活动期与非活动期患者的年龄指标存在统计学差异,提示年龄可能是TAO活动期的影响因素,因此将其纳入后续Logistic回归分析。在进行Logistic回归分析前,先对CT眼眶结构相关指标(上直肌、下直肌、内直肌、外直肌、眼眶面积、突眼度、OM/TOA)进行共线性检验,共线性诊断结果显示,下直肌、内直肌、外直肌、眼眶面积、突眼度及OM/TOA指标间存在严重的多重共线性

($VIF > 10$,容差 < 0.1),其中以内直肌的共线性最为显著($VIF = 200.622$)。这表明上述指标之间存在较强的线性重叠,直接同时纳入模型会导致参数估计失真。相比之下,上直肌($VIF = 4.414$)及年龄($VIF = 1.064$)指标的VIF均小于10,容差大于0.1,提示无明显共线性问题,数据具有良好的独立性。最终选取年龄、上直肌、突眼度(由于突眼度与下直肌、内直肌、外直肌、眼眶面积、OM/TOA存在共线性,纳入分析时,选取临床代表性最强的突眼度作为共线性指标群的代表变量纳入Logistic回归模型,结果显示上直肌、突眼度与TAO活动期存在相关性($P < 0.05$),年龄与TAO活动期无相关性($P > 0.05$),见表6、7。

根据回归分析所得回归系数,拟合TAO活动期预测的联合数据模型,拟合公式为: $\text{Logit}(P) = 0.603$ (常数项) $+ 0.113 \times \text{上直肌} - 0.149 \times \text{下直肌} - 0.042 \times \text{内直肌} + 0.051 \times \text{外直肌} + 0.014 \times \text{眼眶面积} + 0.020 \times \text{年龄} - 0.136 \times \text{突眼度}$ 。基于该拟合模型进行ROC曲线分析,结果显示:曲线下面积(AUC)为0.863,标准误差为0.063, $P < 0.001$,AUC的95%置信区间(95%CI)为0.740-0.985;模型预测敏感度为73.0%,特异度为92.9%,约登指数为0.659;预测精度为97.9%,召回率为73.0%,F1值为0.836;预测最佳临界值为0.857,预测概率0.74。相关曲线见图1-3。

表4 CAS评分与CT眼眶结构定量分析指标的相关性结果

统计值	上直肌	下直肌	内直肌	外直肌	眼眶面积	突眼度	OM/TOA
<i>r</i>	0.783	0.343	0.370	0.403	0.407	0.311	0.567
<i>P</i>	< 0.001	0.002	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.002	< 0.001

表5 不同活动期TAO患者CT眼眶结构定量分析指标比较

分组	眼数	上直肌(mm ²)	下直肌(mm ²)	内直肌(mm ²)	外直肌(mm ²)	眼眶面积(mm ²)	突眼度(mm)	OM/TOA
非活动期	28	24.21 ± 14.74	33.12 ± 16.36	29.66 ± 11.8	26.6 ± 6.62	800.08 ± 95.21	18.40 ± 1.96	14.08 ± 4.07
活动期	126	51.91 ± 14.48	41.24 ± 12.52	42.42 ± 9.23	33.3 ± 5.3	882.90 ± 78.98	19.98 ± 1.93	19.18 ± 3.08
<i>t</i>		6.455	2.070	4.442	4.089	3.418	2.766	5.271
<i>P</i>		< 0.001	0.042	< 0.001	0.001	< 0.001	0.007	< 0.001

表6 共线性分析结果

因素	未标准化系数		标准化系数			共线性统计	
	<i>B</i>	标准误	<i>Beta</i>	<i>t</i>	<i>P</i>	容差	VIF
上直肌	0.015	0.005	0.68	3.107	0.003	0.227	4.414
下直肌	-0.012	0.019	-0.506	-0.599	0.551	0.015	65.829
内直肌	-0.006	0.042	-0.194	-0.131	0.896	0.005	200.622
外直肌	0.040	0.032	1.379	1.257	0.213	0.009	110.927
眼眶面积	-0.043	0.04	-1.191	-1.063	0.291	0.009	115.744
突眼度	0.006	0.033	0.127	0.180	0.858	0.022	45.562
OM/TOA	-0.003	0.292	-0.009	-0.012	0.990	0.019	51.617
年龄	0.005	0.006	0.083	0.777	0.440	0.940	1.064

表7 Logistic回归分析结果

因素	<i>B</i>	标准误差	瓦尔德	自由度	显著性	<i>Exp(B)</i>	<i>Exp(B)</i> 的95%置信区间	
							下限	上限
上直肌	0.113	0.032	12.699	1	< 0.001	1.12	1.052	1.192
年龄	0.020	0.049	0.177	1	0.674	1.021	0.928	1.122
突眼度	-0.136	0.063	4.593	1	0.032	0.873	0.771	0.988

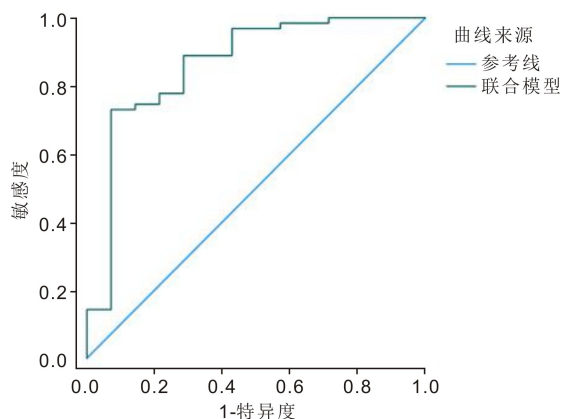


图1 CT眼眶结构定量分析指标对活动期患者的预测ROC曲线图。

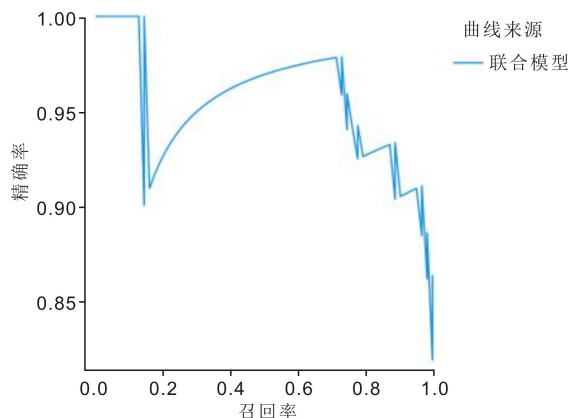


图2 CT眼眶结构定量分析指标对活动期患者的预测精确-召回曲线图。

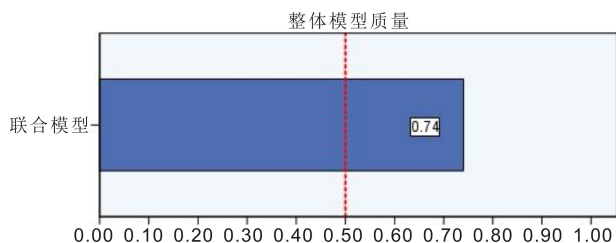


图3 CT眼眶结构定量分析指标对活动期患者的预测概率柱状图 良好模型的值在0.5以上,此图表仅反映对总体模型质量的大体测量。

3 讨论

目前,对TAO活动期的评估主要依靠医生和患者的临床表现,进行主观性判断^[9]。CAS评分因缺乏客观量化标准,精准程度相对较低,临床中应用存在较大的缺陷^[10]。随着影像学技术的快速发展,CT目前在TAO的诊断应用较为广泛,其可精确的检测眼外肌厚度、眼眶面积、突眼度等参数,帮助临床医生更好的进行诊断与后期治疗方案的制定^[11]。眼外肌增厚是TAO患者的典型表现之一,内直肌、下直肌和上直肌增厚表现最明显^[12]。目前,关于CT检测参数与CAS评分之间关系的研究相对有限。因此,进一步明确CT眼眶结构定量分析指标与TAO活动期之间的关系,对于优化疾病管理策略具有重要意义。

本文研究结果表明:TAO组患者上直肌、下直肌、内

直肌、外直肌的厚度均显著高于对照组。这主要是炎症细胞浸润眼外肌,刺激成纤维细胞增殖和胶原蛋白合成增加,从而使眼外肌逐渐增厚;且随着病情的进展,眼外肌的炎症活动加剧,进一步加重了眼外肌的增厚^[13]。这与Sun等^[14]研究一致。这种增厚不仅会影响眼球的正常运动,导致复视等症状,还与疾病的活动性密切相关^[15]。因此,TAO组的眼外肌厚度会明显更高。在自身免疫反应过程中,自身抗体与眼眶内的靶抗原结合,激活免疫细胞,释放炎症介质,引起眼外肌、脂肪组织等的炎症和损伤^[16-17]。此时患者眼眶面积、突眼度的增大会出现明显提高。眼外肌的肿胀会促进眼眶空间的占比,炎症反应则会刺激增生细胞不断分裂,进一步增加体积,扩大了眼眶的面积、增加突眼度^[18]。本文TAO组患者OM/TOA明显高于对照组,这证实了上述研究观点。这主要是由于神经肌肉调节异常,也会促进眼眶结构的改变,加重病情活动;当眼外肌的运动受神经支配,当眼眶内发生炎症和纤维化时,可能会影响神经的正常传导和肌肉的收缩功能^[19]。

相关性分析显示:CAS评分与CT眼眶结构定量分析指标均呈正相关。表明眼眶结构的异常改变与TAO的病情活动性密切相关,两者会随着对方的升高而升高,下降而下降。这与颜宇等^[20]研究一致。同时,也进一步表明CT眼眶结构定量指标对TAO病情活动性的评估具有较高的临床价值。随后进行ROC分析显示:CT眼眶结构定量分析指标联合预测AUC达0.863,表明该预测模型具有较好的准确性。预测敏感度73.0%、特异度92.9%,表明对TAO不同活动期患者具有较好的分类效果。预测精度97.9%、召回率73.0%表明模型具有较高的可靠性,预测概率0.74也表明模型对TAO患者活动期患者的诊断价值较高。

综上所述,CAS评分与CT眼眶结构定量分析指标眼外肌厚度、眼眶面积、突眼度以及OM/TOA之间具有显著的相关性,两者可相互影响,且CT眼眶结构定量指标,对TAO活动期的诊断预测具有较高的价值。但碍于本研究存在样本量较小,为回顾性分析,且为单中心研究,未来需弥补相关的不足之处,并优化预测模型,提高预测的准确性;同时,与临床中其他影像学与生物标志物进行对比和联合判定,为TAO的诊断与治疗,提供更多元的数据、理论。

利益冲突声明: 本文不存在利益冲突。

作者贡献声明: 彭来娟论文选题与修改,初稿撰写;孙忠旭、朱鹏文献检索,数据分析;许旭、孟柯、张涛选题指导,论文修改与审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

- [1] Neag EJ, Smith TJ. 2021 update on thyroid-associated ophthalmopathy. J Endocrinol Investig, 2022,45(2):235-259.
- [2] Kang S, Hamed Azzam S, Minakaran N, et al. Rituximab for thyroid-associated ophthalmopathy. Cochrane Database Syst Rev, 2022, 2022(6):CD009226.
- [3] Li ZH, Wang M, Tan J, et al. Single-cell RNA sequencing depicts the local cell landscape in thyroid-associated ophthalmopathy. Cell Rep Med, 2022,3(8):100699.

- [4] Ma C, Li HY, Lu SW, et al. Thyroid-associated ophthalmopathy: the role of oxidative stress. *Front Endocrinol*, 2024,15:1400869.
- [5] Yi CY, Niu G, Zhang YH, et al. Advances in artificial intelligence in thyroid-associated ophthalmopathy. *Front Endocrinol*, 2024, 15:1356055.
- [6] 拓秀, 信中, 闫钟钰, 等. CT眼眶结构定量分析在甲状腺相关性眼病活动性评价中的作用. *眼科*, 2018,27(5):333-337.
- [7] Bartalena L, Kahaly GJ, Baldeschi L, et al. The 2021 European Group on Graves' orbitopathy (EUGOGO) clinical practice guidelines for the medical management of Graves' orbitopathy. *Eur J Endocrinol*, 2021, 185(4):G43-G67.
- [8] Dupont H, Dupont-Perdrizet D, Périé JL, et al. Evaluation of an activity score of prehospital medicine: activity scoring using Smur (CAS). *Ann Fr Anesth Reanim*, 1999,18(4):403-408.
- [9] Smith TJ. Fibrocyte participation in thyroid-associated ophthalmopathy suggests new approaches to therapy. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg*, 2023,39(6S):S9-S18.
- [10] Ma C, Li HY, Lu SW, et al. Thyroid-associated ophthalmopathy and ferroptosis: a review of pathological mechanisms and therapeutic strategies. *Front Immunol*, 2024,15:1475923.
- [11] 柳宇, 李梦婷, 陈宏, 等. 甲状腺相关性眼病活动性和疗效的影像学评估. *中华核医学与分子影像杂志*, 2024,44(10):628-632.
- [12] 张加男, 于璟, 袁欣. $^{99}\text{Tc m-DTPA}$ SPECT/CT眼眶显像眼外肌 SUV max 在甲状腺相关性眼病活动度评估中的临床应用. *中华核医学与分子影像杂志*, 2021,41(9):525-530.
- [13] Dong TY, Fu ZJ, Wang X. Treating thyroid associated ophthalmopathy in pediatric patients. *Front Endocrinol*, 2022, 13:900204.
- [14] Sun XH, Zhang XW, Han C, et al. Monocyte to high-density lipoprotein cholesterol ratio as a predictor of the activity of thyroid-associated ophthalmopathy. *Int J Ophthalmol*, 2024, 17(12):2276-2281.
- [15] Yeter V, Koçak N, Subaşı M, et al. Choroidal vascularity index in thyroid-associated ophthalmopathy. *Can J Ophthalmol*, 2023,58(1):27-33.
- [16] Yu JH, Qassem AAM, Jin Q, et al. Bayesian network analysis of drug treatment strategies for thyroid associated ophthalmopathy. *Int Ophthalmol*, 2024,44(1):339.
- [17] Li ZL. Novel perspectives on the pharmacological treatment of thyroid-associated ophthalmopathy. *Front Endocrinol*, 2024, 15:1469268.
- [18] Proctor ES, Smith TJ. Bone marrow fibrocytes: villain or white knight in thyroid-associated ophthalmopathy. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*, 2022,29(5):441-448.
- [19] Jiang MM, Fu Y, Wang P, et al. Looking beyond Th17 cells: a role for Th17.1 cells in thyroid-associated ophthalmopathy. *Endocrinology*, 2023,164(3):bqad004.
- [20] 颜宇, 钟琴, 杨蕾, 等. 血清 IL-35 和 IgG4/IgG 及 TSI 水平与甲状腺相关性眼病活动度及病情严重程度的相关性. *国际眼科杂志*, 2025,25(10):1662-1666.