

SUV_{max} 和眼外肌直径及 TRAb 在甲状腺相关眼病炎症活动度中的评估价值

孔维静^{1,2}, 郭燕^{1,2}, 华梦婷^{1,2}, 丁翠爽^{1,2}, 钟海蓉^{1,2}, 唐美婷³

引用:孔维静,郭燕,华梦婷,等. SUV_{max} 和眼外肌直径及 TRAb 在甲状腺相关眼病炎症活动度中的评估价值.国际眼科杂志, 2026,26(8):1491-1495.

作者单位:¹(617000) 中国四川省攀枝花市,攀枝花学院附属医院核医学科;²(617000) 中国四川省攀枝花市中西医结合医院核医学科;³眼科

作者简介:孔维静,硕士,主治医师,研究方向:SPECT/CT 在甲状腺相关眼病中的应用。

通讯作者:钟海蓉,本科,主任医师,教授,研究方向:甲状腺瘤的治疗策略. 572379615@qq.com

收稿日期:2026-01-13 修回日期:2026-06-23

关键词:甲状腺相关眼病;SPECT/CT;最大标准化摄取值(SUV_{max});眼外肌直径;促甲状腺激素受体抗体(TRAb)
DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2026.8.31

SUV_{max}, extraocular muscle diameter, and TRAb in assessing inflammatory activity of thyroid-associated ophthalmopathy

Kong Weijing^{1,2}, Guo Yan^{1,2}, Hua Mengting^{1,2}, Ding Cuishuang^{1,2}, Zhong Hairong^{1,2}, Tang Meiting³

¹Department of Nuclear, the Affiliated Hospital of Panzhihua University, Panzhihua 617000, Sichuan Province, China;

²Department of Nuclear; ³Department of Ophthalmology, Panzhihua Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Panzhihua 617000, Sichuan Province, China

Correspondence to: Zhong Hairong. Department of Nuclear, the Affiliated Hospital of Panzhihua University, Panzhihua 617000, Sichuan Province, China; Department of Nuclear, Panzhihua Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Panzhihua 617000, Sichuan Province, China. 572379615@qq.com
Received:2026-01-13 Accepted:2026-06-23

摘要

目的:探讨最大标准化摄取值(SUV_{max})、眼外肌直径(EOM)和促甲状腺激素受体抗体(TRAb)在甲状腺相关眼病(TAO)炎症活动度中的评估价值。

方法:回顾性纳入2023年1月至2024年12月在攀枝花学院附属医院行^{99m}Tc-DTPA SPECT/CT眼眶显像的TAO患者,根据临床活动性评分(CAS)标准,将TAO患者分为活动期组、非活动期组。由3名核医学科医师独立测量SUV_{max}、EOM并取平均值;使用全自动电化学发光免疫分析仪检测TAO患者血清TRAb水平。采用非参数检验进行两组间的数据差异分析;斯皮尔曼相关性分析CAS与SUV_{max}、EOM和TRAb的相关性;以CAS为标准,绘制受试者工作特征(ROC)曲线评价SUV_{max}、EOM、TRAb的诊断效能以及三者的综合诊断效能;采用组内相关系数(ICC)进行信度分析,评估SUV_{max}、EOM在3名测量者间的一致性。

结果:本研究纳入TAO患者99例198眼,其中男38例,女61例,年龄16-74(46.92±11.84)岁。活动期组46例92眼,年龄16-71(48.40±12.02)岁,男25例,女21例。非活动期组53例106眼,年龄17-74(45.46±11.59)岁,男13例,女40例。两组性别和年龄比较无差异(均 $P>0.05$),活动期组TAO患者的SUV_{max}、EOM和TRAb均高于非活动期组(均 $P<0.01$)。相关性分析中,CAS与SUV_{max}、EOM和TRAb均呈正相关关系($r_s=0.734, 0.622, 0.404$, 均 $P<0.01$)。以CAS为标准绘制ROC曲线,SUV_{max}、EOM、TRAb以及三者联合诊断的AUC分别为0.874、0.797、0.715、0.892。SUV_{max}、EOM的ICC值分别为0.925(95%CI:0.901-0.948, $P<0.001$)、0.943(95%CI:0.907-0.964, $P<0.001$)。

结论:在CAS这一主观评分之外,寻找客观影像学与血清学生物标志物的必要性,SUV_{max}和EOM测量为TAO活动性的评估提供了可视化和可量化的工具,同时联合TRAb能够提高其活动性评估的准确性。

Abstract

• **AIM:** To investigate the value of maximum standardized uptake value (SUV_{max}), extraocular muscle (EOM) diameter, and thyroid stimulating hormone receptor antibody (TRAb) in evaluating inflammatory activity in thyroid-associated ophthalmopathy (TAO).

• **METHODS:** TAO patients underwent orbital ^{99m}Tc-DTPA SPECT/CT imaging at the Affiliated Hospital of Panzhihua University between January 2023 and December 2024 were retrospectively enrolled. According to the clinical activity score (CAS), patients were classified into an active group and an inactive group. SUV_{max} and EOM were independently measured by three nuclear medicine physicians, and the mean values were used for analysis. Serum TRAb levels from TAO patients were measured using a fully automated electrochemiluminescence immunoassay analyzer. Nonparametric tests were used to compare differences between the two groups. Spearman correlation analysis was performed to assess the correlations of CAS with SUV_{max}, EOM, and TRAb. Using CAS as the reference standard, receiver operating characteristic (ROC) curves were plotted to evaluate the diagnostic performance of SUV_{max}, EOM, and TRAb, as well as their combination. Intraclass correlation coefficient

(ICC) was used for reliability analysis to evaluate the consistency of SUV_{max} and EOM among the 3 measurers.

•RESULTS: A total of 99 patients (198 eyes) with TAO were enrolled in this study, including 38 males and 61 females, aged 16–74 (46.92 ± 11.84) y. The active group comprised 46 patients (92 eyes), aged 16–71 (48.40 ± 12.02) y, with 25 males and 21 females. The inactive group included 53 patients (106 eyes), aged 17–74 (45.46 ± 11.59) y, consisting of 13 males and 40 females. There were no statistically significant differences between the two groups in terms of gender and age ($P>0.05$). Statistically significant differences were observed in SUV_{max} , EOM, and TRAb. Compared with the inactive group, the active group showed higher SUV_{max} , EOM, and TRAb levels (all $P<0.01$). Correlation analysis showed that CAS was positively correlated with SUV_{max} , EOM, and TRAb ($r=0.734, 0.622$, and 0.404 , respectively, all $P<0.01$). ROC curves were plotted using CAS as the reference standard, and the AUCs for SUV_{max} , EOM, TRAb, and their combined diagnosis were $0.874, 0.797, 0.715$, and 0.892 , respectively. The ICC of SUV_{max} and EOM were 0.925 (95%CI: $0.901-0.948, P<0.001$) and 0.943 (95%CI: $0.907-0.964, P<0.001$) respectively.

•CONCLUSION: Beyond CAS, there is a need to identify objective imaging and serological biomarkers. Measurements of SUV_{max} and EOM provide visualized and quantifiable tools for assessing TAO activity, and their combination with TRAb can further improve the accuracy of activity assessment.

•KEYWORDS: thyroid – associated ophthalmopathy; SPECT/CT; maximum standardized uptake value (SUV_{max}); extraocular muscle; thyroid stimulating hormone receptor antibody (TRAb)

Citation: Kong WJ, Guo Y, Hua MT, et al. SUV_{max} , extraocular muscle diameter, and TRAb in assessing inflammatory activity of thyroid – associated ophthalmopathy. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2026,26(8):1491–1495.

0 引言

甲状腺相关眼病 (thyroid associated ophthalmopathy, TAO)是目前眼科疾病常见的特异性自身免疫性疾病,眼外肌作为TAO的主要受累器官,其肌腹增粗是该疾病的典型表现。TAO患者的活动性分期对于指导后续治疗至关重要,目前主要采用EUGOGO指南^[1]提出的临床活动性评分 (clinical active score, CAS)标准进行TAO患者的分期评价,其中活动期以眼眶炎症为主,静止期以纤维化和脂肪沉积为主。CAS评估不能直观反映肌肉的受累程度,同时患者本身眼部情况、医师的主观判断、临床经验等因素也会影响CAS^[2-3],因此《中国甲状腺相关眼病诊断和治疗指南(2022年)》^[4]提出可以结合其影像学检查来评估其活动性。^{99m}Tc-二乙基三胺五乙酸 (^{99m}Tc-diethylene triamine pentaacetic acid, ^{99m}Tc-DTPA)是一种肾小管滤过型显像剂,基于“过程-特异”原理,能够选择性地聚集在眶周组织的炎症部位,眶周的炎症活动与其积累量相关。^{99m}Tc-DTPA SPECT/CT眼眶显像从代谢和解剖两个角度评价TAO患者眶内组织情况,其最大标准化摄取值

(maximum standardized uptake value, SUV_{max})和眼外肌直径 (diameter of extraocular muscles, EOM)作为定量指标提供解剖部位的视觉信息并量化炎症活动度,直观反映累及的肌肉及严重程度。促甲状腺激素受体抗体 (thyroid stimulating hormone receptor antibody, TRAb)是一类多克隆抗体,因眼眶脂肪细胞和成纤维细胞高表达促甲状腺激素 (thyroid stimulating hormone, TSH)受体,TRAb与其结合,使得眼眶组织成为自身免疫攻击的对象,T细胞启动促炎细胞因子的分泌和成纤维细胞分泌糖胺聚糖导致纤维化及眼外肌体积增加^[5]。有研究^[6-7]指出,血清TRAb滴度水平是TAO患者的相关危险因素,且与TAO患者疾病活动性以及严重程度相关。因此,本研究探讨了 SUV_{max} 、EOM和TRAb在TAO炎症活动度的评估价值。

1 对象和方法

1.1 对象 回顾性分析2023年1月至2024年12月在攀枝花学院附属医院行^{99m}Tc-DTPA SPECT/CT眼眶显像的TAO患者。TAO诊断标准参照《中国甲状腺相关眼病诊断和治疗指南(2022年)》^[4],纳入标准:(1)临床确诊TAO,且未经任何眼部治疗;(2)能够配合完成SPECT/CT眼眶显像,图像质量满足测量要求;(3)具备完整的检验结果TRAb值。排除标准:眼部肿瘤、眼外伤、眼部先天畸形及其他疾病导致眼眶受累等情况。对所有TAO患者双眼分别进行CAS的评估、分组: $CAS\geq3$ 分为活动期组; $CAS<3$ 分为非活动期组。本研究取得医学伦理委员会审查批准 (批准号: 202211003),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 图像采集 静脉注射^{99m}Tc-DTPA 20 mCi,同时测量注射前满针和注射后空针的放射性计数。注射后30 min,采用SPECT/CT仪器行SPECT/CT眼眶断层融合显像。SPECT图像采集参数:低能高分辨率平行孔准直器,能峰140 keV,窗宽20%,矩阵 256×256 ,放大倍数1.0,旋转 180° ,每帧 5.6° ;CT图像采集参数:管电压130 kV,管电流100 mA,层厚1.0 mm,矩阵 256×256 。利用西门子工作站融合软件进行SPECT和CT的同机融合。

1.2.2 SUV_{max} 和EOM测量 在SPECT/CT融合图像上测量左、右眼眼外肌的最大放射性计数,计算公式: SUV_{max} = 最大放射性计数/(注射剂量/体质量),以单眼眼外肌中最高 SUV_{max} 为该眼 SUV_{max} ;CT图像上测量双眼EOM (冠状位),取单眼眼外肌最大直径为该眼EOM。 SUV_{max} 和EOM均由3名核医学科医师独立测量并取平均值。 $SUV_{max}\geq1.50$ 为摄取增高^[8]; $EOM\geq4.5$ mm为增粗。

1.2.3 血清TRAb检测 所有患者检查前均行TRAb检测。基于金黄色葡萄球菌A蛋白抗原夹心法原理,全自动电化学发光免疫分析仪Maglumi 4000 Plus检测血清TRAb水平 (实验室正常参考水平 <1.5 IU/L)。TRAb ≥1.5 IU/L为阳性。

统计学分析:采用SPSS 22.0统计学软件进行数据分析。对数据进行正态性检验,显示数据呈偏态分布,采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表达,运用Mann-Whitney U检验对两组的 SUV_{max} 、EOM和TRAb进行差异分析;斯皮尔曼相关性分析CAS与 SUV_{max} 、EOM、TRAb的相关性;以CAS为标准绘制受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC)曲线,评价 SUV_{max} 、EOM、TRAb的诊断效能以及三者的综合诊断效能。采用组内相关系数 (intra-class correlation

coefficient, ICC) 进行信度分析, 评价 SUV_{max} 和 EOM 在 3 名测量医师间结果的一致性。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况 本研究纳入 TAO 患者 99 例 198 眼, 其中男 38 例, 女 61 例, 年龄 16-74 (46.92 ± 11.84) 岁。活动期组 46 例 92 眼, 年龄 16-71 (48.40 ± 12.02) 岁, 男 25 例, 女 21 例。非活动期组 53 例 106 眼, 年龄 17-74 (45.46 ± 11.59) 岁, 男 13 例, 女 40 例。两组性别和年龄比较, 差异无统计学意义 (均 $P>0.05$)。

2.2 两组 SUV_{max} 和 EOM 及 TRAb 比较 活动期组 SUV_{max} 、EOM 和 TRAb 均高于非活动期组, 差异有统计学

意义 (均 $P<0.01$, 表 1)。在 SPECT/CT 融合图像 (图 1) 上可见活动期组与非活动期组患者眼外肌受累的对比较情况。2.3 相关性分析 斯皮尔曼相关分析显示, 所有 TAO 患者的 CAS 与 SUV_{max} 、EOM 和 TRAb 均呈正相关关系 ($r_s = 0.734, 0.622, 0.404$, 均 $P<0.01$, 图 2)。2.4 ROC 曲线分析 以 CAS 为标准, SUV_{max} 、EOM、TRAb 以及三者联合诊断的 AUC 分别为 0.874、0.797、0.715、0.892 (图 3)。其中区分活动期与非活动期的 SUV_{max} 阈值为 1.84, 灵敏度为 76.1%, 特异度为 88.7%; EOM 阈值为 5.75, 灵敏度为 62.0%, 特异度为 91.5%; TRAb 阈值为 9.20, 其灵敏度为 39.1%, 特异度为 97.2%。

表 1 两组 SUV_{max} 和 EOM 及 TRAb 比较 $M(P_{25}, P_{75})$

分组	眼数	SUV_{max}	EOM(mm)	TRAb(IU/L)
非活动期组	106	1.46(1.27, 1.63)	4.0(3.3, 5.0)	1.38(0.36, 2.90)
活动期组	92	2.60(1.85, 3.21)	6.1(4.5, 7.5)	4.56(1.23, 12.99)
Z		-9.073	-7.202	-5.228
P		<0.01	<0.01	<0.01

注: 活动期组为 $CAS\geq3$ 分; 非活动期组为 $CAS<3$ 分。

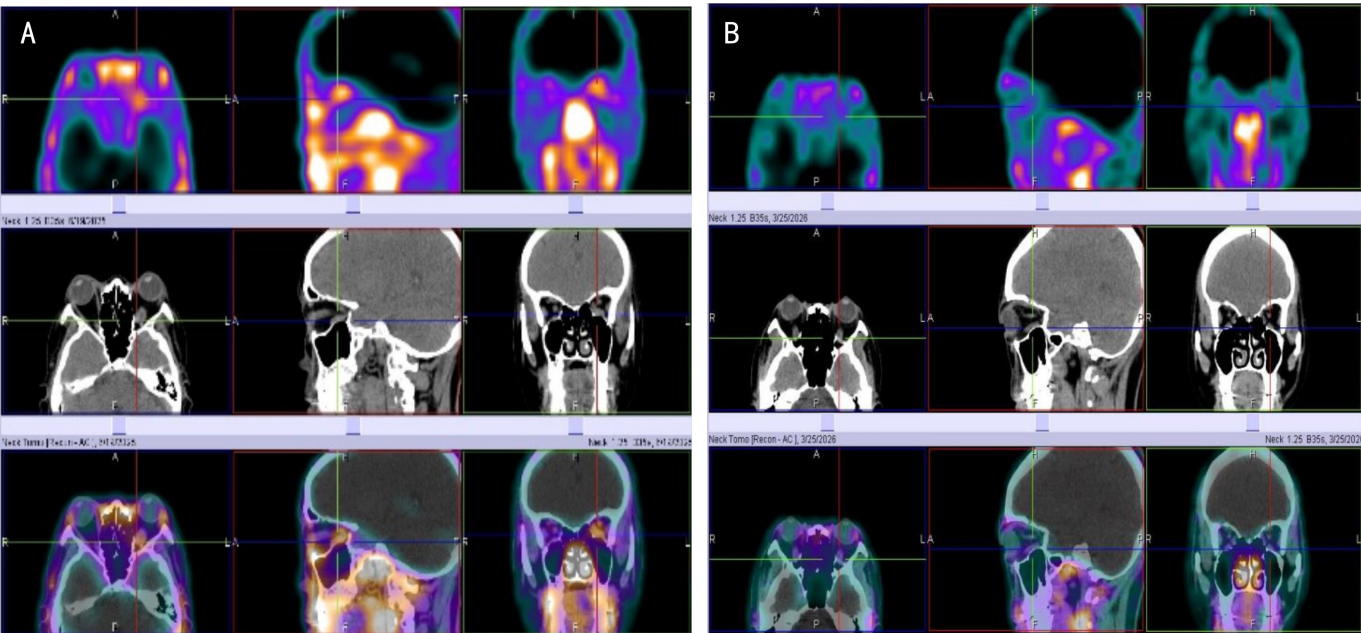


图 1 两组 TAO 患者 ^{99m}Tc -DTPA SPECT/CT 眼眶显像 A: 活动期组, CAS 5 分, 左侧眼外肌处于炎症活动状态, 其中左侧下直肌明显增粗 (EOM=6.8 mm), 核素分布明显增强 ($SUV_{max} = 2.45$); B: 非活动期组, CAS 2 分, 双侧眼外肌未见增粗, 核素分布未见增强, 其中左侧下直肌 $SUV_{max} = 1.40$, EOM=3.4 mm。

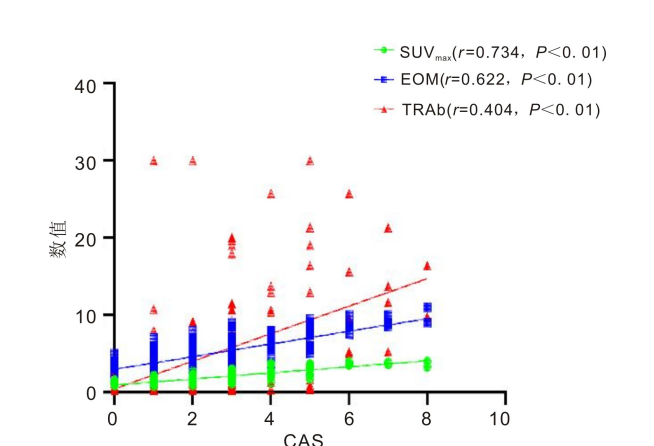


图 2 CAS 与 SUV_{max} 和 EOM 及 TRAb 的相关性分析。

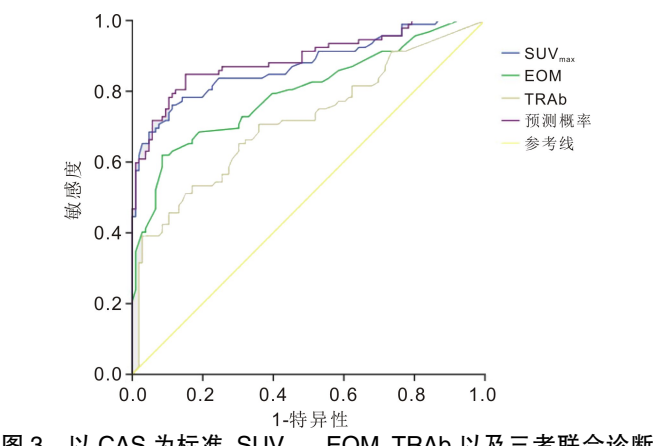


图 3 以 CAS 为标准, SUV_{max} 、EOM、TRAb 以及三者联合诊断的 ROC 曲线。

2.5 可重复性分析 所有TAO患者SUV_{max}、EOM的ICC值分别为0.925(95%CI:0.901-0.948, $P<0.001$)、0.943(95%CI:0.907-0.964, $P<0.001$),信度良好,数据可靠。

3 讨论

SPECT/CT作为一种多模态的影像设备,能同时获得眼眶组织的解剖结构信息和功能代谢情况^[9-10],从而反映TAO患者眼眶组织的受累情况和炎症活动度。TAO患者处于活动期时,由于炎性细胞浸润和糖胺聚糖沉积导致眼外肌水肿、增粗^[11]。本研究显示,活动期患者SUV_{max}明显高于非活动期患者且伴随眼外肌肌腹明显增粗,与既往研究结果一致^[12-13]。同时也发现SUV_{max}、EOM与CAS间呈现出较好的相关性,其中SUV_{max}与CAS的 r 值为0.734,两者高度一致,表明代谢越活跃即炎性程度越高,CAS评分越高,而EOM与CAS的相关性稍弱于SUV_{max},可能是因为结构改变滞后于代谢改变比如肌肉肥厚等在炎症后期更显著。既往研究^[14-15]也支持代谢显像在TAO评估的价值,SPECT/CT放射性摄取与CAS间的一致性。

TRAb通过激活眼眶成纤维细胞和脂肪细胞上的TSH受体,引发炎症反应,糖胺聚糖沉积和组织水肿,导致眼球后组织增生和眼外肌肥厚^[16]。文献表明,高TRAb水平(通常 $>5-10$ IU/L)与活动期TAO显著相关,TRAb水平越高,TAO的严重程度如突眼、视神经病变风险越高^[17]。少数TRAb阴性患者仍可发生TAO,可能与检测的灵敏性、多种抗体的参与,比如抗胰岛素样生长因子-1受体(IGF-1R Ab)、眼眶局部的免疫微环境以及炎症的滞后性和持续性等因素有关^[18]。其中IGF-1R Ab是目前研究热点,主要通过直接激活受体、与TRAb协同作用、驱动眼眶成纤维细胞病理增殖而在TRAb阴性时也出现活动性^[19]。而在本研究中显示,活动期TAO患者较非活动期TRAb水平有一定程度升高,TRAb水平与CAS虽有一定的正相关性,但相关系数不高,可能是因为全身自身抗体水平与局部眼眶炎症活动性不完全同步,TRAb主要驱动甲状腺功能异常,而TAO活动性还依赖局部免疫微环境如IGF-1R、细胞因子等调节^[20-22],导致与既往研究结果有一定差异。

目前常用的CAS评分,它受到多种因素的影响,其评分不能准确判断TAO患者眼外肌的活动状态及受累的具体肌肉情况,而SPECT/CT最大优势是在精准解剖定位基础上,提供TAO局部炎症活动度与代谢功能信息,尤其适合活动度判断困难、疗效监测和鉴别诊断,弥补了CAS评估的局限性,同时弥补了单纯CT与MRI只看形态的不足^[23-24]。从研究结果中各指标最佳截断值与诊断效能结果可见,SUV_{max}在反映组织代谢活性和定量评估TAO活动度的优势,侧重敏感筛查,与既往研究一致。而EOM反映结构改变,其中眼外肌肥厚的解剖学变化与活动性相关,但可能滞后于代谢变化影响,可能是因为肌肉肿大是急性炎症水肿的结果,也可能是慢性纤维化后的残留增大。因此,单纯依靠大小有时无法精准区分正在发生的炎症和炎症后的遗迹,这可能是其AUC略低于SUV_{max}的主要原因。而TRAb作为血清学标志物,虽与TAO活动性相关,但单独使用时区分其活动性能力相对较低,因为TAO活动性受局部炎症及其他因素的共同调控。单一指标均存在短板,无法兼顾灵敏度与特异度,三者联合分析时诊断效能提高,进一步说明三者联合评估TAO活动性的必

要性与合理性。但在经济条件等不足情况下可单独使用SUV_{max}评价活动性,因其诊断效能AUC值0.874略低于综合诊断效能,也能反映其活动状态,比传统影像如MRI/CT和血清学指标更敏感。

本研究与既往研究保持一致,均选取SUV_{max}、EOM及TRAb作为TAO活动性评估的关键指标,研究核心均致力于探索客观量化指标对TAO活动度的评估价值,而既往研究多单独分析单项指标的诊断价值,仅能从免疫、形态或代谢单一维度评价病情,指标效能有限,单独检测存在灵敏度、特异度不足。而本研究创新性将三项指标联合应用,整合血清免疫、眼外肌形态及组织代谢多维度信息,契合TAO自身免疫性炎症的多环节发病机制,有效弥补单一指标评估的片面性与局限性,显著提升TAO活动性判断的整体诊断效能与结果稳定性,对临界及轻症活动期患者识别能力更强,评估结果更为全面、客观。

综上所述,在CAS这一主观评分之外,寻找客观影像学与血清学生物标志物的必要性,其SUV_{max}和EOM测量为TAO活动性的评估提供了可视化和可量化的工具,同时联合TRAb能够提高其活动性评估的准确性。本研究存在一定局限性,考虑到部分患者因甲状腺功能亢进或甲状腺功能减退服用过甲疏咪唑、左甲状腺素钠片等,会影响患者的甲状腺激素水平,因此未对TAO患者的甲状腺激素参数进行分析,同时本研究属单中心回顾性研究,且未排除的潜在混杂因素(如病程长短、吸烟史等已知TAO危险因素)等局限性。因此后续研究可开展多中心前瞻性研究,验证该联合评估模型的外部有效性,同时探索TRAb与局部免疫微环境(如IGF-1R、细胞因子)的关联机制。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。

作者贡献声明:孔维静论文选题与修改,初稿撰写;郭燕、华梦婷、丁翠爽、唐美婷文献检索,数据分析;钟海蓉选题指导,论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

[1] Bartalena L, Baldeschi L, Boboridis K, et al. The 2016 European thyroid association/European group on Graves' orbitopathy guidelines for the management of Graves' orbitopathy. *Eur Thyroid J*, 2016, 5 (1): 9-26.
[2] Vaishnav YJ, Mawn LA. Magnetic resonance imaging in the management of thyroid eye disease: a systematic review. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg*, 2023, 39 (6S): S81-S91.
[3] Lee GM, Lee MJ, Kim N, et al. Photographic evaluation of clinical activity score in thyroid eye disease. *PLoS One*, 2025, 20 (12): e0337597.
[4] 罗耀升, 沈洁.《中国甲状腺相关眼病诊断和治疗指南(2022年)》诊断和内科治疗解读. *中国实用内科杂志*, 2023, 43 (11): 890-892, 897.
[5] 邓圆圆. Graves眼病发生发展的影响因素分析及相关机制研究. 南昌大学, 2024.
[6] Diana T, Ponto KA, Kahaly GJ. Thyrotropin receptor antibodies and Graves' orbitopathy. *J Endocrinol Investig*, 2021, 44 (4): 703-712.
[7] Lee MH, Chin YH, Ng CH, et al. Risk factors of thyroid eye disease. *Endocr Pract*, 2021, 27 (3): 245-253.
[8] 唐美婷, 曾薛颖, 李阳, 等. 99Tc m-DTPA眼眶SPECT/CT在甲状腺相关眼病分期评价中的应用. *中华眼科杂志*, 2021, 57 (11): 830-836.

[9] Ritt P, Kuwert T. Quantitative SPECT/CT—technique and clinical applications. *Recent Results Cancer Res*, 2020,216:565–590.

[10] 张瑞琪, 闫春芳, 孙斌. 99Tc m-DTPA SPECT/CT 眼眶显像在甲状腺相关性眼病诊疗中的应用进展. *国际放射医学核医学杂志*, 2023,47(9):573–578.

[11] Neag EJ, Smith TJ. 2021 update on thyroid – associated ophthalmopathy. *J Endocrinol Invest*, 2022,45(2):235–259.

[12] 张加男, 于璟, 袁欣. 99Tcm-DTPA SPECT/CT 眼眶显像眼外肌 SUVmax 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] 周奕含, 罗莎, 王爽, 等. 眼眶 SEPCT/CT 所获最大标准摄取值用于评估甲状腺相关眼病活动度及预测疗效. *中国医学影像技术*, 2025,41(1):55–59.

[14] Liu Y, Li MT, Chen H, et al. Diagnostic precision in thyroid-associated ophthalmopathy using multi-center radiomics with 99mTc-DTPA SPECT/CT. *Sci Rep*, 2024,14(1):25810.

[15] Sulima I, Mitera B, Szumowski P, et al. Diagnosis of Graves’ orbitopathy: imaging methods, challenges, and new perspectives. *Endokrynol Pol*, 2025,76(5):469–477.

[16] Cui XJ, Wang FT, Liu C. A review of TSHR- and IGF-1R-related pathogenesis and treatment of Graves’ orbitopathy. *Front Immunol*, 2023,14:1062045.

[17] 胡晓娜, 尹雅琪, 谷伟军, 等. TRAb 水平与甲状腺相关性眼病活动度及严重程度的相关性分析. *国际内分泌代谢杂志*, 2022,42(5):334–338.

[18] 滕悦, 毕宏生, 蒋文君. 胰岛素样生长因子-1 与眼病关系的研究进展. *国际眼科杂志*, 2025,25(11):1826–1832.

[19] Krieger CC, Place RF, Bevilacqua C, et al. TSH/IGF-1 receptor cross talk in Graves’ ophthalmopathy pathogenesis. *J Clin Endocrinol Metab*, 2016,101(6):2340–2347.

[20] Smith TJ. TSHR – IGF – IR complex drives orbital fibroblast misbehavior in thyroid eye disease. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*, 2024,31(5):177–183.

[21] Fernando R, Caldera O, Smith TJ. Therapeutic IGF-I receptor inhibition alters fibrocyte immune phenotype in thyroid – associated ophthalmopathy. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2021,118(52):e2114244118.

[22] Smith TJ. Potential roles of CD34⁺ fibrocytes masquerading as orbital fibroblasts in thyroid – associated ophthalmopathy. *J Clin Endocrinol Metab*, 2019,104(2):581–594.

[23] Galuska L, Barna SK, Varga J, et al. The role of 99mTc-DTPA retrobulbar SPECT in staging and follow-up of Graves’ orbitopathy. *Nucl Med Rev Cent East Eur*, 2018,21(1):54–58.

[24] Sun LX, Peng RC, Sun RX. New multi-parameters combination of technetium-99m-diethylene-triamine-pentaacetate orbital single-photon emission computed tomography/computed tomography for the evaluation of Graves’ orbitopathy activity. *Semin Ophthalmol*, 2024,39(5):387–393.