

$^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -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

张加男 于璟 袁欣

大连医科大学附属第二医院核医学科 116023

通信作者:袁欣, Email: yuanxin2280@163.com

【摘要】 目的 研究 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -二乙撑三胺五乙酸(DTPA)SPECT/CT眼眶显像中最大标准摄取值(SUV_{max})评估甲状腺相关性眼病(TAO)患者眼外肌炎性反应活动度的可行性及价值。方法 回顾性纳入2019年7月至2020年4月就诊于大连医科大学附属第二医院的TAO患者38例[男13例、女25例,年龄15~77(48.8±13.7)岁],根据临床活动度评分(CAS)标准,将38例患者的76只眼分为活动期组(46只眼)、非活动期组(30只眼)。另设对照组,为同期11名健康志愿者[男2名、女9名,年龄20~87(53.5±20.2)岁],共22只眼。所有受试者行 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -DTPA SPECT/CT眼眶显像,由3名医师测受试眼眼外肌 SUV_{max} 及显像剂摄取率(UR),取平均值; SUV_{max} 经校正后得到校正 SUV_{max} 。校正 SUV_{max} 、UR的组间差异比较采用Kruskal-Wallis秩和检验及Bonferroni法;采用Spearman秩相关分析校正 SUV_{max} 、UR与CAS的相关性;绘制受试者工作特征(ROC)曲线评价校正 SUV_{max} 和UR的诊断效能;采用组内相关系数(ICC)进行信度分析,评估校正 SUV_{max} 、UR在3名测量者间的一致性。结果 活动期组、非活动期组及对照组眼外肌校正 SUV_{max} [15.96(10.99, 19.63)、7.98(6.80, 9.28)、7.59(6.59, 8.20)]、UR [2.17(1.65, 2.79)、1.22(1.03, 1.39)、1.12(0.99, 1.36)]差异均有统计学意义(H 值:42.196、40.642, 均 $P<0.001$),其中活动期组校正 SUV_{max} 和UR均高于非活动期组(标准 H 值:-4.971和-5.053,调整后均 $P<0.001$)及对照组(标准 H 值:-5.681和-5.436,调整后均 $P<0.001$),非活动期组与对照组之间差异无统计学意义(标准 H 值:-1.190和-0.796,调整后均 $P>0.05$)。校正 SUV_{max} 、UR与CAS均呈正相关(r 值:0.653、0.615,均 $P<0.001$)。校正 SUV_{max} 的ROC曲线下面积为0.851,区分活动期与非活动期的阈值为10.125,灵敏度为80.4%(37/46),特异性为86.7%(26/30)。UR的ROC曲线下面积为0.845,区分活动期与非活动期的阈值为1.565,灵敏度为80.4%(37/46),特异性为86.7%(26/30)。校正 SUV_{max} 与UR的ICC分别为0.966(95% CI: 0.953~0.976, $P<0.001$)和0.618(95% CI: 0.436~0.744, $P<0.001$)。结论 SUV_{max} 可作为评价TAO患者眼外肌炎性反应活动度的指标,且与UR相比可能具有更高的价值。

【关键词】 Graves眼病;眼眶;体层摄影术,发射型计算机,单光子;体层摄影术,X线计算机; $^{99\text{m}}$ 锝五乙酸盐

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200415-00151

Application of SUV_{max} of extraocular muscle on $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -DTPA orbital SPECT/CT for evaluating activity of thyroid associated ophthalmopathy

Zhang Jianan, Yu Jing, Yuan Xin

Department of Nuclear Medicine, the Second Hospital of Dalian Medical University, Dalian 116023, China

Corresponding author: Yuan Xin, Email: yuanxin2280@163.com

【Abstract】 Objective To investigate the feasibility of maximum standardized uptake value (SUV_{max}) of extraocular muscle during $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -diethylene triamine pentaacetic acid (DTPA) orbital SPECT/CT imaging for the clinical diagnosis and evaluation of thyroid associated ophthalmopathy (TAO). **Methods** From July 2019 to April 2020, 38 patients (13 males, 25 females, age: 15-77 (48.8±13.7) years; 76 eyes) diagnosed with TAO and 11 healthy volunteers (2 males, 9 females, age: 20-87 (53.5±20.2) years; 22 eyes) were enrolled retrospectively from the Second Hospital of Dalian Medical University. According to the clinical activity score (CAS), 76 eyes were divided into active group (46 eyes) and inactive group (30 eyes). All subjects underwent $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -DTPA orbital SPECT/CT imaging, then SUV_{max} and uptake ratio (UR) of extraocular muscles were measured and calculated by 3 nuclear medicine physicians. The corrected

SUV_{max} was obtained after correction. Kruskal-Wallis rank sum test and Bonferroni test were used to compare the differences of corrected SUV_{max} and UR among the three groups. Spearman rank correlation analysis was used to analyze the correlation between corrected SUV_{max} /UR and CAS. The receiver operating characteristic (ROC) curve analysis was used to evaluate the diagnostic efficacy of corrected SUV_{max} and UR. Intra-class correlation coefficient (ICC) was used for reliability analysis to evaluate the consistency of corrected SUV_{max} and UR among the 3 measurers. **Results** The corrected SUV_{max} of the extraocular muscles in the active group, inactive group and control group were 15.96(10.99,19.63), 7.98(6.80,9.28), 7.59(6.59,8.20) respectively ($H=42.196, P<0.001$), and UR were 2.17(1.65,2.79), 1.22(1.03,1.39), 1.12(0.99,1.36) respectively ($H=40.642, P<0.001$). The corrected SUV_{max} and UR of the extraocular muscles in the active group were significantly higher than those in the inactive group (H values: $-4.971, -5.053$, both $P<0.001$) and in the control group (H values: $-5.681, -5.436$, both $P<0.001$), while there was no significant difference between the inactive group and the control group (H values: $-1.190, -0.796$, both $P>0.05$). Both corrected SUV_{max} and UR were positively correlated with CAS (r_s values: 0.653, 0.615, both $P<0.001$). The area under the ROC curve of corrected SUV_{max} was 0.851, and the threshold value of corrected SUV_{max} for distinguishing active and inactive periods was 10.125, with the sensitivity of 80.4% (37/46) and the specificity of 86.7% (26/30). The area under the ROC curve of UR was 0.845, and the threshold value for differentiating active and inactive periods was 1.565, with the sensitivity of 80.4% (37/46) and the specificity of 86.7% (26/30). The ICC of corrected SUV_{max} and UR were 0.966(95% CI: 0.953–0.976, $P<0.001$) and 0.618(95% CI: 0.436–0.744, $P<0.001$) respectively. **Conclusion** Compared with UR, SUV_{max} may be a more promising index for estimating disease activity of orbits in patients with TAO.

【Key words】 Graves ophthalmopathy; Orbit; Tomography, emission-computed, single-photon; Tomography, X-ray computed; Technetium Tc 99m pentetate

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200415-00151

$^{99}Tc^m$ -二乙撑三胺五乙酸 (diethylene triamine pentaacetic acid, DTPA) SPECT/CT 眼眶显像是常用的评估甲状腺相关性眼病 (thyroid associated ophthalmopathy, TAO) 活动度的影像学方法,能较好地反映眼眶内炎性水肿状况,其中显像剂摄取活度 (uptake activity, UA) 及摄取率 (uptake rate, UR) 可定量评估眼部炎性反应程度和评价疗效^[1-2]。UA 测定相对复杂,临床应用受限;UR 测量虽简便,但其准确性及可重复性不能令人满意,因而临床需要一种测量简便且准确性更高的定量指标进行评估。最大标准摄取值 (maximum standardized uptake value, SUV_{max}) 作为 PET 肿瘤显像中的重要参数,在肿瘤的诊断、疗效评估、复发诊断等方面具有重要的临床应用价值。本研究探讨了在 $^{99}Tc^m$ -DTPA SPECT/CT 眼眶显像中采用眼外肌 SUV_{max} 评估 TAO 患者眼外肌炎性反应活动度的可行性及价值。

资料与方法

1. 研究对象。回顾性分析 2019 年 7 月至 2020 年 4 月间在大连医科大学附属第二医院行 $^{99}Tc^m$ -DTPA SPECT/CT 眼眶显像的 TAO 患者 38 例 (76 只眼受累)。纳入标准:临床确诊为 TAO,诊断标准参照 2016 年欧洲甲状腺协会相关指南^[3]。排除标准:眼部肿瘤、炎性病变、眼外伤、眼部异物、眼部先天畸形、颅脑疾病致眼部异常及其他全身性疾病眼眶受累;近 1 年内有眼眶手术史。入选的 38 例患者中,男 13 例、女 25 例,年龄 15~77 (48.8±13.7) 岁,病程

0.5~120 (21.33±31.56) 个月。对所有患者双眼均依据 Mourits 等^[4]推荐的临床活动度评分 (clinical active score, CAS) 进行活动度的评估、分组;CAS≥3 分为 TAO 活动期组 (46 只眼);CAS<3 分为 TAO 非活动期组 (30 只眼)。另外,选择同期 11 名 (22 只眼) 健康志愿者 (无眼部疾患、甲状腺病史或家族史) 为对照组,其中男 2 名、女 9 名,年龄 20~87 (53.5±20.2) 岁。所有受试者均签署知情同意书,本研究通过大连医科大学附属第二医院伦理委员会批准 (审批号:大医二院伦字 2019 年 027 号)。

2. 图像采集。静脉注射 $^{99}Tc^m$ -DTPA (由北京原子高科股份有限公司提供,放化纯>95%) 740 MBq,分别测量满针及空针放射性活度,并记录满针测量时间、注射时间及空针测量时间。注射后 30 min,采用美国 GE Discovery NM670 Pro 双探头 SPECT/CT 仪行眼眶融合显像。SPECT 图像采集参数:采用低能高分辨率平行孔准直器,能峰 140 keV,窗宽±10%,矩阵 128×128,放大倍数 1.0,旋转 360°,6°/帧,30 s/帧。CT 图像采集参数:管电压 140 kV,管电流 160 mA,层厚 2.5 mm,矩阵 512×512,扫描野 (scanning field of view, SFOV) 50.0 cm,重建方法:软组织算法,层厚 0.625 mm,SFOV 35.0 cm。利用美国 GE Xeleris 4.0 工作站显像融合软件实现 SPECT 和 CT 的同机融合。

3. SUV_{max} 与 UR 测量。(1) SUV_{max} 测量。使用基于 CT 的衰减校正、散射校正和分辨率恢复的有序子集最大期望值迭代法 (2 个迭代和 10 个子集)

重建 SPECT 图像。然后在 SPECT 图像上以最大计数的 80% 阈值进行自动勾画感兴趣体积 (volume of interest, VOI), 在 Q.Metrix 系统 (美国 GE 公司) 中测量左、右眼各眼外肌 (内直肌、外直肌、上直肌、下直肌) 的 $SUV_{max}^{[5]}$ 。以单眼眼外肌中最高 SUV_{max} 为该眼 SUV_{max} 。采用北京派特生物技术有限公司的 NEMA IEC Body Phantom Set 体模对 SUV_{max} 进行部分容积效应校正^[6-7], 获得恢复系数。将测得的 SUV_{max} 除以恢复系数即得病变的校正 SUV_{max} 。

(2) UR 测量。在横断面图像中, 分别于单眼眼眶各眼外肌放射性摄取最浓处勾画球形 VOI, 勾画时避开鼻咽部, 获取单眼每个眼外肌 VOI 内的摄取计数, 选取单眼各眼外肌 VOI 中计数最大者定义为 E。在横断面图像眼轴层面勾画枕部颅骨 VOI, 获得其摄取计数 O。最后计算出 E/O 值得到单眼 UR。各 VOI 大小一致, 直径均为 5 mm。

校正 SUV_{max} 、UR 均由 3 名主治医师及以上职称医师分别独立测量并取平均值。

4. 统计学处理。采用 IBM SPSS 25.0 软件进行分析, 符合正态分布的定量资料 (年龄) 用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 不符合正态分布的定量资料 (校正 SUV_{max} 及 UR) 用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示。不同组间校正 SUV_{max} 、UR 比较采用 Kruskal-Wallis 秩和检验, 组间差异有统计学意义情况下, 再进行两两比较 (Bonferroni 法)。采用 Spearman 秩相关分析校正 SUV_{max} 、UR 与 CAS 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

校正 SUV_{max} 和 UR 诊断效能。采用组内相关系数 (intra-class correlation coefficient, ICC) 进行信度分析, 评价校正 SUV_{max} 、UR、E、O 在 3 名测量医师间结果的一致性。ICC > 0.75 表示信度较高, ICC < 0.40 表示信度较差, 0.04 ~ 0.75 表示信度良好。P < 0.05 为差异或相关性有统计学意义。

结 果

1. 定性分析。⁹⁹Tc^m-DTPA SPECT/CT 眼眶显像结果示, TAO 活动期组显像图中可见眼外肌肌腹增粗, 肌腹部⁹⁹Tc^m-DTPA 摄取增高 (图 1), 而 TAO 非活动期组眼外肌肌腹部⁹⁹Tc^m-DTPA 摄取无明显增加 (图 2)。

2. 定量分析 (表 1)。TAO 活动期组、非活动期组及对照组的校正 SUV_{max} 、UR 差异具有统计学意义 (H 值: 42.196 和 40.642, 均 $P < 0.001$); 两两比较可见, 活动期组与非活动期组 (标准 H 值: -4.971, -5.053, 调整后均 $P < 0.001$)、活动期组与正常对照组 (标准 H 值: -5.681 和 -5.436, 调整后均 $P < 0.001$) 差异具有统计学意义, 而非活动期组与正常对照组差异无统计学意义 (标准 H 值: -1.090 和 -0.796, 调整后均 $P > 0.05$)。

3. 校正 SUV_{max} 、UR 与 CAS 评分的相关性 (图 3)。TAO 患者的眼外肌校正 SUV_{max} 、UR 与 CAS 评分呈正相关 (r_s 值: 0.653、0.615, 均 $P < 0.001$)。

4. ROC 曲线分析 (图 4)。校正 SUV_{max} 的 ROC 曲线下面积为 0.851, 区分 TAO 活动期与非活动期

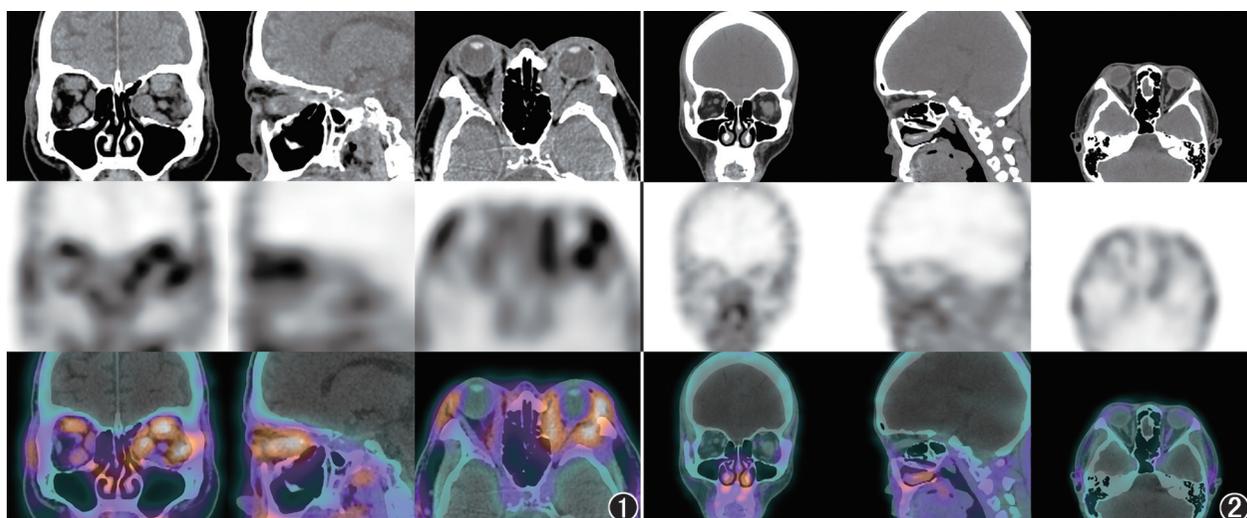


图 1 甲状腺相关性眼病 (TAO) 活动期患者 [男, 77 岁; 16 个月前左眼眶减压手术史, 左眼眶临床活动度评分 (CAS) = 10 分, 右眼眶 CAS = 10 分] ⁹⁹Tc^m-二乙撑三胺五乙酸 (DTPA) SPECT/CT 眼眶显像图。结果示双眼多条眼外肌、眶周软组织均 ⁹⁹Tc^m-DTPA 摄取明显增高 图 2 TAO 非活动期患者 (女, 29 岁; 左眼眶 CAS = 1 分, 右眼眶 CAS = 1 分) ⁹⁹Tc^m-DTPA SPECT/CT 眼眶显像图。结果示双眼眼外肌、球后区和眶前区软组织 ⁹⁹Tc^m-DTPA 摄取均无明显增加

表 1 对照组健康者、TAO 活动期组和非活动期组患者校正 SUV_{max} 和 UR 值比较 [M(P₂₅, P₇₅)]

组别	眼(只)	校正 SUV _{max}	UR 值
对照组	22	7.59(6.59,8.20)	1.12(0.99,1.36)
活动期组	46	15.96(10.99,19.63)	2.17(1.65,2.79)
非活动期组	30	7.98(6.80,9.28)	1.22(1.03,1.39)
H 值		42.196	40.642
P 值		<0.001	<0.001

注:SUV_{max} 为最大标准摄取值,TAO 为甲状腺相关性眼病,UR 为显像剂摄取率

的阈值为 10.125,灵敏度为 80.4%(37/46),特异性为 86.7%(26/30)。UR 的 ROC 曲线下面积为 0.845,区分 TAO 活动期与非活动期的阈值为 1.565,灵敏度为 80.4%(37/46),特异性为 86.7%(26/30)。

5.可重复性分析。3 名医师测量所有受试者校正 SUV_{max}、E 的 ICC 值分别为 0.966(95% CI: 0.953~0.976,P<0.001)、0.943(95% CI: 0.907~0.964,P<0.001),信度较高;UR 的 ICC 值为 0.618(95% CI: 0.436~0.744,P<0.001),信度良好;O 的 ICC 值为 0.322(95% CI: 0.165~0.471,P<0.001),信度较差。

讨 论

TAO 是成人最常见的眼眶疾病,是自身免疫功能紊乱引起的器官特异性自身免疫疾病^[8],其活动度评估对 TAO 治疗方案的确定和疗效观察至关重要,目前临床推荐 CAS 作为评估 TAO 活动度的“金标准”。CAS 主要根据临床症状、体征进行 TAO 活动度评估,简便易行;而⁹⁹Tc^m-DTPA SPECT/CT 采用图像融合技术,通过一次显像可获得眼眶部位的功能信息和解剖信息,对于评价 TAO 的活动度有较大的临床应用价值。既往的眼眶显像相关研究普遍采用定性的视觉评估法、定量的 UA 法及半定量 UR 分析法^[9-11]。定性的视觉评估法具有较强的主观性,其依赖于医师的临床经验与诊断水平;定量的

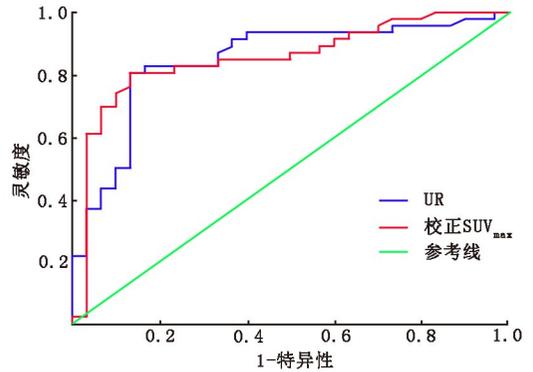


图 4 校正 SUV_{max} 和 UR 对 38 例 TAO 患者活动度评估的受试者工作特征(ROC)曲线

UA 法较为复杂,难以在临床推广应用;半定量 UR 法是评估 TAO 的有效参数,但准确性和可重复性尚不能令人满意^[12]。本研究组在 SPECT/CT 眼眶显像检查中,将标准摄取值(standardized uptake value, SUV)应用于 TAO 患者眼外肌炎性活动度的临床评估。

近来,由于包括迭代重建、散射校正、CT 衰减校正和分辨率恢复在内的一系列技术的开发和应用,SPECT 也具有测量 SUV 的能力^[13-15]。本研究中 Q.Metrix 软件测量 SUV 的方法与当前用于计算 PET 图像 SUV 的方法相同。目前,SPECT/CT 组织器官 SUV 测量主要应用于骨骼系统及内分泌系统相关疾病的临床诊断及定量分析^[16-18]。因 SUV_{max} 不受 VOI 大小影响,不同操作者间差异小,可重复性更高,故本研究采用 SUV_{max} 进行分析。本研究发现,校正 SUV_{max} 在活动期组与非活动期组、对照组间差异均具有统计学意义(调整后均 P<0.001),且校正 SUV_{max} 与患者 CAS 水平呈正相关($r_s = 0.653, P < 0.001$),这表明测量各眼外肌 SUV_{max} 的方法能较客观地反映 TAO 的活动度,是定量评估 TAO 活动度的有用参数,患者症状越重,CAS 越高,SUV_{max} 越高。UR 在活动期组与非活动期组、对照组间差异均具有统计学意义

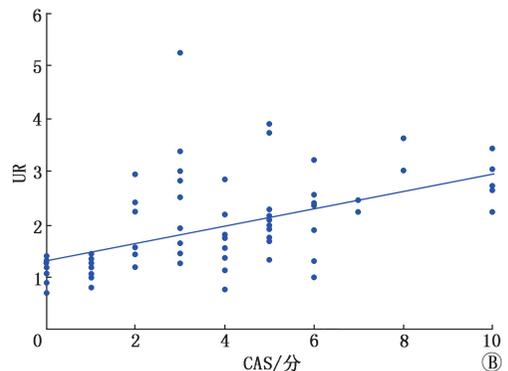
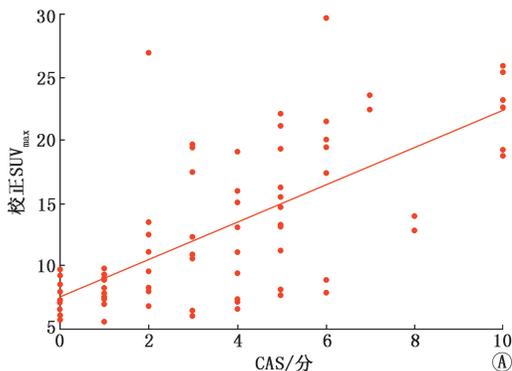


图 3 38 例甲状腺相关性眼病(TAO)患者校正最大标准摄取值(SUV_{max};A)、显像剂摄取率(UR;B)与临床活动度评分(CAS)相关性分析图

(调整后均 $P < 0.001$), 且与患者 CAS 水平呈正相关 ($r_s = 0.615, P < 0.001$), 表明 UR 可以作为 TAO 患者眼眶炎性反应活动度的有用指标, 与其他研究结果相一致^[2, 11-12]。本研究 ROC 曲线分析示, 校正 SUV_{max} 与 UR 评价 TAO 活动度的曲线下面积分别为 0.851 和 0.845, 表明两者在评价 TAO 活动度方面均具有较高的准确性; 两者在诊断效能上无明显差别, 原因可能是 2 种指标由同组图像后处理得到, 虽方法不同, 但均能反映眼外肌放射性摄取程度, 诊断价值相近。根据 ROC 曲线, 本研究得到的区分活动期与非活动期的校正 SUV_{max} 阈值为 10.125, 但由于样本量较少, 笔者认为目前该阈值在评估 TAO 活动度方面仅能够提供参考价值, 在今后的研究中将逐渐增加样本量, 提高其临床应用价值。

虽然 SUV_{max} 与 UR 值均可以作为 TAO 活动度评价的有用指标, 且两者诊断效能相近, 但本研究发现, 不同研究者测量 UR 值的可重复性相对较差, ICC 为 0.618。UR 值是通过手动勾画感兴趣区 (region of interest, ROI) 技术、计算靶组织与本底显像剂计数比值 (target/background, T/B) 测得^[19], 本研究中 T 为单眼各眼外肌 ROI 中显像剂计数最高值 E, B 为枕骨本底 ROI 显像剂计数 O, 可重复性分析示 E 的可重复性较高 (ICC 为 0.943, $P < 0.001$), O 的可重复性差 (ICC 为 0.322, $P < 0.001$), 提示本底显像剂计数值的可重复性差是导致 UR 可重复性较低的主要原因。笔者认为本底重复性差的原因可能为: 本底组织 (如本研究中的枕骨) 放射性分布不均匀, 且不同测量者勾画本底 ROI 不尽相同, 从而导致本底计数值变异大。因此 B 的不稳定直接影响 T/B 计算结果的可靠性^[19], 使得 UR 值测量的可重复性低、准确性差, 尤其在对同一患者评价疗效时带来很大的影响。本研究发现, 校正 SUV_{max} 在不同测量者间的可重复性较好, ICC 值为 0.966 ($P < 0.001$), 这是由于校正 SUV_{max} 是靶组织的最高放射性活度与全身平均放射性活度的比值, 并通过个体化体素体积校正, 其测量无需手动勾画本底, 不存在各测量者间本底测量值变异大的问题, 且其值不受 ROI 大小影响^[20], 能客观反映 TAO 的活动度, 更准确地定量分析眼外肌炎性反应程度。

综上所述, SUV_{max} 可作为评估眼外肌炎性反应活动度的有力指标, 能定量分析 TAO 的严重程度。在诊断效能方面, SUV_{max} 与传统应用的 UR 值相近, 但其具有更高可靠性及可重复性, 能为临床诊断及疗效评估提供更准确的依据。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Galuska L, Barna SK, Varga J, et al. The role of ^{99m}Tc -DTPA retrolubar SPECT in staging and follow-up of Graves' orbitopathy [J]. Nucl Med Rev Cent East Eur, 2018, 21(1): 54-58. DOI: 10.5603/NMR.a2018.0005.
- [2] 郭悦, 姚稚明, 刘秀芹, 等. ^{99m}Tc -DTPA SPECT/CT 眼眶显像评价甲状腺相关性眼病活动性: 与临床活动性评分及 MRI 的对比分析 [J]. 国际放射医学核医学杂志, 2019, 43(5): 416-421. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.05.006.
Guo Y, Yao ZM, Liu XQ, et al. The activity of thyroid-associated ophthalmopathy assessed by ^{99m}Tc -DTPA orbit SPECT/CT: comparison with clinical activity score and MRI [J]. Int J Radiat Med Nucl Med, 2019, 43(5): 416-421. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.05.006.
- [3] 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 [J]. Eur Thyroid J, 2016, 5(1): 9-26. DOI: 10.1159/000443828.
- [4] Mourits MP, Koornneef L, Wiersinga WM, et al. Clinical criteria for the assessment of disease activity in Graves' ophthalmopathy: a novel approach [J]. Br J Ophthalmol, 1989, 73(8): 639-644. DOI: 10.1136/bjo.73.8.639.
- [5] Dong F, Li L, Bian Y, et al. Standardized uptake value using thyroid quantitative SPECT/CT for the diagnosis and evaluation of Graves' disease: a prospective multicenter study [J]. Biomed Res Int, 2019, 2019: 7589853. DOI: 10.1155/2019/7589853.
- [6] Mohd Rohani MF, Mat Nawi N, Shamim SE, et al. Maximum standardized uptake value from quantitative bone single-photon emission computed tomography/computed tomography in differentiating metastatic and degenerative joint disease of the spine in prostate cancer patients [J]. Ann Nucl Med, 2020, 34(1): 39-48. DOI: 10.1007/s12149-019-01410-4.
- [7] 万良荣, 刘建军, 李妍. 不同容积模型和重建方法对 ^{99m}Tc -O₄ SPECT/CT 显像定量分析的影响 [J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2018, 38(9): 619-622. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.09.009.
Wang LR, Liu JJ, Li Y. Effect of sphere size and reconstruction method on ^{99m}Tc -pertechnetate SPECT/CT imaging: a phantom study [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2018, 38(9): 619-622. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.09.009.
- [8] 马超, 刘薇, 李凯军, 等. 甲状腺相关眼病免疫相关发病机制的研究现状与进展 [J]. 眼科新进展, 2019, 39(8): 790-794. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2019.0180.
Ma C, Liu W, Li KJ, et al. Current status and progress of immune related pathogenesis in thyroid associated ophthalmopathy [J]. Rec Adv Ophthalmol, 2019, 39(8): 790-794. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2019.0180.
- [9] Galuska L, Leovey A, Szucs-Farkas Z, et al. SPECT using ^{99m}Tc -DTPA for the assessment of disease activity in Graves' ophthalmopathy: a comparison with the results from MRI [J]. Nucl Med Commun, 2002, 23(12): 1211-1216. DOI: 10.1097/00006231-200212000-00010.
- [10] Galuska L, Leovey A, Szucs-Farkas Z, et al. Imaging of disease activity in Graves' orbitopathy with different methods: comparison of ^{99m}Tc -DTPA and ^{99m}Tc -depreotide single photon emission tomo-

- graphy, magnetic resonance imaging and clinical activity scores [J]. Nucl Med Commun, 2005, 26(5): 407-414. DOI:10.1097/00006231-200505000-00003.
- [11] 杨宝军,李险峰,陆克义,等. ^{99m}Tc -DTPA 眼眶显像在甲状腺相关性眼病中的临床应用[J].山西医科大学学报, 2009, 40(6): 563-566. DOI:10.3969/j.issn.1007-6611.2009.06.027.
- Yang BJ, Li XF, Lu KY, et al. Clinical value of ^{99m}Tc -DTPA orbital scan in thyroid associated ophthalmopathy[J]. J Shanxi Med Univ, 2009, 40(6): 563-566. DOI:10.3969/j.issn.1007-6611.2009.06.027.
- [12] 罗莎,王爽,李眉,等. ^{99m}Tc -DTPA 眼眶 SPECT/CT 评价甲状腺相关性眼病活动性[J].眼科, 2018, 27(5): 344-348. DOI:10.13281/j.cnki.issn.1004-4469.2018.05.005.
- Luo S, Wang S, Li M, et al. Evaluation of the activity in thyroid associated ophthalmopathy with ^{99m}Tc -DTPA SPECT/CT[J]. Ophthalmol CHN, 2018, 27(5): 344-348. DOI:10.13281/j.cnki.issn.1004-4469.2018.05.005.
- [13] Druz RS, Phillips LM, Chugkowski M, et al. Wide-beam reconstruction half-time SPECT improves diagnostic certainty and preserves normalcy and accuracy: a quantitative perfusion analysis[J]. J Nucl Cardiol, 2011, 18(1): 52-61. DOI:10.1007/s12350-010-9304-5.
- [14] Enevoldsen LH, Menashi CA, Andersen UB, et al. Effects of acquisition time and reconstruction algorithm on image quality, quantitative parameters, and clinical interpretation of myocardial perfusion imaging[J]. J Nucl Cardiol, 2013, 20(6): 1086-1092. DOI:10.1007/s12350-013-9775-2.
- [15] Bailey DL, Willowson KP. An evidence-based review of quantitative SPECT imaging and potential clinical applications[J]. J Nucl Med, 2013, 54(1): 83-89. DOI:10.2967/jnumed.112.111476.
- [16] 黄克敏,冯彦林,梁伟棠,等.基于 SPECT/CT 定量测量 ^{99m}Tc -MDP 骨显像腰椎标准摄取值的研究[J].中华核医学与分子影像杂志, 2019, 39(4): 227-230. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2019.04.008.
- Huang KM, Feng YL, Liang WT, et al. Quantitative measurement of standardized uptake value of lumbar vertebra by ^{99m}Tc -MDP bone imaging with SPECT/CT[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2019, 39(4): 227-230. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2019.04.008.
- [17] De Laroche R, Simon E, Suignard N, et al. Clinical interest of quantitative bone SPECT-CT in the preoperative assessment of knee osteoarthritis[J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97(35): e11943. DOI:10.1097/MD.00000000000011943.
- [18] Kim JY, Kim JH, Moon JH, et al. Utility of quantitative parameters from single-photon emission computed tomography/computed tomography in patients with destructive thyroiditis[J]. Korean J Radiol, 2018, 19(3): 470-480. DOI:10.3348/kjr.2018.19.3.470.
- [19] 潘中允,屈婉莹,周诚,等. PET/CT 诊断学[M].北京:人民卫生出版社, 2009: 170-171.
- Pan ZY, Qu WY, Zhou C, et al. Diagnostics of PET/CT[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2009: 170-171.
- [20] Adams MC, Turkington TG, Wilson JM, et al. A systematic review of the factors affecting accuracy of SUV measurements[J]. AJR Am J Roentgenol, 2010, 195(2): 310-320. DOI:10.2214/AJR.10.4923.

(收稿日期:2020-04-15)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

2021 年本刊可直接用缩写的常用词汇

ATP(adenosine-triphosphate),三磷酸腺苷

CI(confidence interval),可信区间

CT(computed tomography),计算机体层摄影术

CV(coefficient of variation),变异系数

DNA(deoxyribonucleic acid),脱氧核糖核酸

HAV(hepatitis A virus),甲型肝炎病毒

Hb(hemoglobin),血红蛋白

HBsAg(hepatitis B surface antigen),乙型肝炎表面抗原

HBV(hepatitis B virus),乙型肝炎病毒

HCV(hepatitis C virus),丙型肝炎病毒

MRI(magnetic resonance imaging),磁共振成像

PCR(polymerase chain reaction),聚合酶链反应

PET(positron emission tomography),正电子发射体层摄影术

PLT(platelet count),血小板计数

RBC(red blood cells),红细胞

RNA(ribonucleic acid),核糖核酸

SPECT(single photon emission computed tomography),单光子发射计算机体层摄影术

WBC(white blood cells),白细胞

WHO(World Health Organization),世界卫生组织

本刊编辑部