

甲状腺乳头状癌淋巴结转移 ^{18}F -FDG PET/MR “双阈值”定量诊断标准的建立

韩婷婷¹ 康飞¹ 全志永¹ 魏洪亮² 王敏¹ 孟小丽¹ 汪俊玲¹ 杨卫东¹ 汪静¹

¹空军军医大学第一附属医院核医学科, 西安 710032; ²空军军医大学第一附属医院甲乳外科, 西安 710032

通信作者: 汪静, Email: 13909245902@163.com

【摘要】 **目的** 建立基于 ^{18}F -FDG PET/MR 诊断初诊甲状腺乳头状癌(PTC)淋巴结转移(LNM)的标准并评价其诊断效率。**方法** 回顾性分析 2021 年 5 月至 2023 年 8 月于空军军医大学第一附属医院术前 2 周先后行 ^{18}F -FDG PET/MR 和超声检查的 14 例 PTC 患者[均为女性, 年龄(38.8±13.5)岁]资料。对所有患者进行逐级(Ⅱ~Ⅵ区)和逐颈(左侧、右侧和中央区)的视觉和半定量评估, 在 MRI-T₂ 加权成像(WI)上测量所有可疑淋巴结的尺寸, PET 上测量 SUV_{max}。以术后病理作为参考标准, 采用多因素 logistic 回归分析确定预测 LNM 的独立危险因素, 通过 ROC 曲线分析评价各个模型的诊断效能。**结果** 手术共清扫 21 个淋巴结宏观区域(恶性 15 个、良性 6 个), 178 个淋巴结(恶性 120 个、良性 58 个)。多因素 logistic 回归分析显示, SUV_{max} [比值比(OR)=1.865, 95% CI: 1.323~2.630, P<0.001] 和 MRI 短径(SD-MRI) (OR=1.752, 95% CI: 1.189~2.580, P=0.005) 是预测 LNM 的独立危险因素。SD-MRI 预测 LNM 的界值为 5.7 mm [AUC=0.812, 约登指数(YI)=0.463], 当 SD-MRI 界值≥5.7 或<5.7 mm 时, 对应的 SUV_{max} 界值分别为 1.6 和 1.8。“双阈值”(SD-MRI≥5.7 mm 且 SUV_{max}≥1.6 或 SD-MRI<5.7 mm 且 SUV_{max}≥1.8) 作为 ^{18}F -FDG PET/MR 诊断标准, AUC 和 YI 可提高至 0.909 和 0.818。基于区域分析, 超声、MRI 与 ^{18}F -FDG PET/MR “双阈值”标准评估 LNM 的灵敏度、特异性和准确性分别为 11/15 与 12/15 与 13/15, 5/6 与 3/6 与 5/6, 76.2%(16/21) 与 71.4%(15/21) 与 85.7%(18/21)。**结论** 与超声和 MRI 相比, ^{18}F -FDG PET/MR “双阈值”标准在诊断 PTC 患者 LNM 清扫范围方面较为准确, 灵敏度较高。

【关键词】 甲状腺肿瘤; 淋巴结转移; 正电子发射断层显像术; 氟脱氧葡萄糖 F18; 磁共振成像

基金项目: 国家自然科学基金(92259304, 82122033)

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20240607-00200

Establishment of ^{18}F -FDG PET/MR "dual threshold" quantitative diagnostic criteria for identifying lymph node metastasis in patients with papillary thyroid cancer

Han Tingting¹, Kang Fei¹, Quan Zhiyong¹, Wei Hongliang², Wang Min¹, Meng Xiaoli¹, Wang Junling¹, Yang Weidong¹, Wang Jing¹

¹Department of Nuclear Medicine, the First Affiliated Hospital of the Air Force Medical University, Xi'an 710032, China; ²Department of Thyroid and Breast Surgery, the First Affiliated Hospital of the Air Force Medical University, Xi'an 710032, China

Corresponding author: Wang Jing, Email: 13909245902@163.com

【Abstract】 **Objective** To establish criteria for diagnosing lymph node metastasis (LNM) in newly diagnosed papillary thyroid cancer (PTC) patients based on ^{18}F -FDG PET/MR and evaluate its diagnostic efficiency. **Methods** The data of 14 patients with PTC (all females, age (38.8±13.5) years) who underwent ^{18}F -FDG PET/MR and ultrasound sequentially 2 weeks before surgery at the First Affiliated Hospital of the Air Force Medical University from May 2021 to August 2023 were retrospectively analyzed. Visual and semi-quantitative assessments were performed on all patients step by step (Ⅱ-Ⅵ area) and neck by neck (left, right, and central area). The dimensions of all suspected lymph nodes were measured on T₂ weighted imaging (WI)-MRI and SUV_{max} was measured on PET. Taking postoperative pathology as the reference standard, the independent risk factors for predicting LNM were determined by multivariate logistic regression analysis, and the diagnostic efficiency of each model was evaluated by ROC curve analysis. **Results** A total of 21 macroscopic regions of lymph nodes (15 were malignant, 6 were benign) and 178 lymph nodes (120 were malignant, 58 were benign) were cleared by surgery. Multivariate logistic regression analysis showed that SUV_{max} (odds ratio (OR)=1.865, 95% CI: 1.323-2.630, P<0.001) and short diameter on MRI (SD-MRI) (OR=1.752, 95% CI: 1.189-2.580, P=0.005) were independent predictors of LNM. The cut-off

value of SD-MRI in predicting LNM was 5.7 mm (AUC=0.812, Youden index (YI)= 0.463). For the SD-MRI cut-off values ≥ 5.7 or < 5.7 mm, the corresponding SUV_{max} cut-off values were 1.6 and 1.8, respectively. When "dual threshold" quantitative criteria (SD-MRI ≥ 5.7 mm + $SUV_{max} \geq 1.6$ or SD-MRI < 5.7 mm + $SUV_{max} \geq 1.8$) was used as the diagnostic criteria of ^{18}F -FDG PET/MR, the AUC and YI could be improved to 0.909 and 0.818. Based on the regional level analysis, sensitivity, specificity, and accuracy of LNM diagnosis by ultrasound, MRI, and ^{18}F -FDG PET/MR "dual threshold" criteria were 11/15 vs 12/15 vs 13/15, 5/6 vs 3/6 vs 5/6, 76.2% (16/21) vs 71.4% (15/21) vs 85.7% (18/21), respectively. **Conclusion** Compared with the ultrasound and MRI, the ^{18}F -FDG PET/MR "dual threshold" criteria exhibits higher sensitivity and accuracy in determining the scope of LNM clearance for PTC patients.

【Key words】 Thyroid neoplasms; Lymphatic metastasis; Positron-emission tomography; Fluorodeoxyglucose F18; Magnetic resonance imaging

Fund program: National Natural Science Foundation of China (92259304, 82122033)

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20240607-00200

甲状腺乳头状癌 (papillary thyroid cancer, PTC) 是甲状腺癌中最常见的病理类型, 约占 85% ~ 90%^[1]。PTC 远期预后良好, 但高达 50% ~ 90% 的初诊 PTC 患者存在颈部淋巴结转移 (lymph node metastasis, LNM) 风险^[2]。因此, 术前可靠、准确的影像检查对指导手术决策至关重要。超声作为目前诊断甲状腺疾病的一线手段, 评估 LNM 的总体特异性为 87% ~ 93%, 但总体灵敏度仅为 51% ~ 63%^[3-4]。MRI 具备良好的组织分辨率, 诊断 PTC 患者 LNM 的总体灵敏度高达 95%, 但其总体特异性仅为 20% ~ 51%^[5-6]。既往荟萃分析报道, ^{18}F -FDG PET 评估 LNM 的特异性高达 94%, 但灵敏度仅为 30%, 仍无法精准地检出所有病灶范围^[7]。

^{18}F -FDG PET/MR 多参数成像是一种有前景的成像方式, 其兼具 MRI 的高解剖分辨率和 PET 的高功能/代谢敏感性, 在检测分化型甲状腺癌 (differentiated thyroid cancer, DTC) 的复发和转移方面比 PET/CT 和 MRI 更有优势, 灵敏度、特异性、准确性分别为 81.1%、87.2%、83.5%^[8]。然而, 既往研究主要依据视觉评估^[9] 或者设定固定的 SUV_{max} (> 2.0) 作为 LNM 的定性标准^[10]。本研究旨在建立 ^{18}F -FDG PET/MR 评估初诊 PTC 患者 LNM 的诊断标准, 并探讨该标准相比传统影像学检查评价 LNM 的应用潜力。

资料与方法

1. 研究对象。本研究经空军军医大学第一附属医院伦理委员会批准 (KY20212145-F-1), 患者均签署书面知情同意。对 2021 年 5 月至 2023 年 8 月本院收治的 19 例 PTC 患者的影像学 and 临床资料进行回顾性分析。纳入标准: (1) 接受手术治疗的患者 (包括甲状腺全切除术并行颈部淋巴结清扫); (2) 经组织病理学证实的 PTC 伴或不伴 LNM; (3) 术前 2 周内接受超声和 ^{18}F -FDG PET/MR 检查; (4) 临床

资料完整。排除标准: (1) 患者配合不良和 (或) 图像质量不佳; (2) 暂未行手术治疗; (3) 手术与 ^{18}F -FDG PET/MR 检查间隔 > 2 周。最终 14 例 PTC 患者被纳入本研究, 均为女性, 年龄 (38.8 ± 13.5) 岁, 范围 17 ~ 68 岁。

2. ^{18}F -FDG PET/MR 图像采集。 ^{18}F -FDG 由西安江原安迪科正电子技术有限公司提供。颈部扫描采用 3.0T SIGNA PET/MR (美国 GE Healthcare 公司)。检查前患者空腹至少 6 h, 按体质量静脉注射 ^{18}F -FDG 2.96 ~ 4.07 MBq/kg, 休息 40 ~ 60 min 后接受 PET/MR 检查。采用头颈部线圈和视野进行 PET/MR 扫描, 检查时间为 25 ~ 30 min。PET 重建参数: 视野 60.0 cm, 层厚 2.78 mm, 滤光片截止点 5.0 mm, 迭代次数 2 次, 子集 28 次, 矩阵 192 × 192。PET 衰减校正以 Atlas MRI 衰减校正为基础, 结合 Dixon 水脂肪分离法。MRI 扫描序列包括轴位和冠状位 T_1 加权成像 (weighted imaging, WI)、轴位抑脂 T_2 WI、弥散 WI (diffusion WI, DWI; $b = 600$ s/mm²)。

3. 图像采集与分析。 ^{18}F -FDG PET/MR 和 MRI 图像由 2 名具有 10 年放射学和 5 年核医学经验的医师在 Advantage 工作站上独立盲法阅片, 出现分歧通过协商达成一致。分析 14 例患者 MRI- T_2 WI 所有可见淋巴结的影像特征: 信号、形状、尺寸 [长径 (long diameter, LD)、短径 (short diameter, SD)]、长短径比 (LD/SD, L/S)、边缘、血管包裹和坏死。

MRI 判定 LNM 的标准^[5]: T_1 WI 呈高信号、最小径超过 10 mm、中央坏死、结节边缘不规则、囊变/融合、结外延伸 (压脂 T_2 WI 表现为结节周围高信号), 凡符合上述异常征象之一即认为转移。此外, 融合的淋巴结被认为可疑恶性, 若位于 2 个相邻亚区, 以尺寸最大者所处级别进行定位。超声颈部宏观区域良恶性的判定, 以本院检查报告提示与术后病理结果进行对照。

轴位融合 ^{18}F -FDG PET/MR 图像上, 任何视觉上

高于周围本底但不属于生理性摄取的 FDG 摄取被认为阳性^[9]。结节中央坏死被认为是恶性肿瘤扩散的标志(与淋巴结尺寸或 FDG 摄取水平无关)。基于固定百分比阈值(40% SUV_{max}) 测量淋巴结 SUV_{max} ^[11-12]。

4. 参考标准。参考手术指南,对影像学和组织学之间进行逐级(Ⅱ~Ⅵ区)和逐颈(左侧、右侧和中央区)分析,特定级别中至少有 1 个淋巴结表现出恶性特征,则整个级别被认为恶性^[13]。在逐级基础上,对影像提示的可疑阳性病变与术后病理描述的各级别中最大转移性淋巴结的尺寸进行匹配,其余根据目标病变所处位置及 FDG 摄取程度由 2 名观察者商讨后确定。对于初始手术未清扫区域淋巴结性质,通过血清甲状腺球蛋白(thyroglobulin, Tg)和(或)Tg 抗体(Tg antibody, TgAb)水平、超声、¹³¹I 全身扫描(whole-body scan, WBS)等检查定期监测至少 6 个月综合确定^[14-15]。本研究中 TgAb 仅作为参考指标,不用于独立诊断。

5. 统计学分析。使用 IBM SPSS Statistics 25.0 软件进行统计学分析。采用单因素及多因素 logistic 回归分析确定预测 LNM 的独立危险因素(剔除单因素 logistic 回归分析中 $P>0.1$ 的变量)。以约登指数(Youden index, YI)的最高值作为判断 LNM 尺寸和 SUV_{max} 的最佳界值。采用 ROC 曲线分析比较各个模型的诊断效能。计算不同影像诊断标准的灵敏度、特异性、阳性预测值、阴性预测值和准确性。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义(双侧检验)。

结 果

1. 一般资料。14 例 PTC 患者术后病理分期: T1N0 患者 5 例, T1N1a 患者 3 例, T1N1b 患者 5 例, T2N1b 患者 1 例。手术共清扫 21 个宏观区域(恶性 15 个, 良性 6 个), 共计 178 个淋巴结(恶性 120 个, 良性 58 个)。初始手术未清扫的区域, 经 8~15 个月的临床随访均未见局部复发或转移迹象。在 T₂WI-MRI 图像上共检测到 196 个淋巴结(恶性 26 个, 良性

170 个), 其中 75 个与组织病理学匹配, 121 个与临床随访相关。

2. ¹⁸F-FDG PET/MR “双阈值” 诊断标准的建立与评估。由表 1 可知, SUV_{max} 、LD-MRI 和 SD-MRI 是预测 LNM 的危险因素(均 $P<0.001$); 进一步的多因素 logistic 回归分析显示, SUV_{max} [比值比(odds ratio, OR)=1.865, 95% CI:1.323~2.630, $P<0.001$] 和 SD-MRI (OR=1.752, 95% CI:1.189~2.580, $P=0.005$) 是预测 LNM 的独立危险因素, 而 LD-MRI 与 LNM 的关联则无统计学意义($P=0.985$)。

ROC 曲线分析结果显示, SD-MRI 预测 LNM 的最佳界值为 5.7 mm, AUC 为 0.812 (95% CI:0.731~0.893), YI 为 0.463, 灵敏度、特异性和准确性分别为 76.9% (20/26)、69.4% (118/170) 和 70.4% (138/196)。基于病变分析, 当 SD-MRI ≥ 5.7 mm ($n=72$), SUV_{max} 预测 LNM 的最佳界值为 1.6, AUC 为 0.784 (95% CI:0.681~0.886), YI 为 0.635, 灵敏度、特异性和准确性分别为 100% (20/20)、63.5% (33/52) 和 73.6% (53/72); 当 SD-MRI < 5.7 mm ($n=124$), SUV_{max} 预测 LNM 的最佳界值为 1.8, AUC 为 0.929 (95% CI:0.881~0.978), YI 为 0.898, 灵敏度、特异性和准确性分别为 6/6、89.8% (106/118) 和 90.3% (112/124)。

不同方法/阈值对 196 个淋巴结的诊断效能见表 2。¹⁸F-FDG PET/MR “双阈值” 标准诊断 LNM 的典型代表图见图 1。另外, 基于区域分析比较超声、MRI、视觉评估、 $SUV_{max}>2.0$ 及 ¹⁸F-FDG PET/MR “双阈值” 标准诊断 LNM 的诊断效能(表 3)可知, ¹⁸F-FDG PET/MR “双阈值” 标准可分别避免超声和 MRI 检查 2/15 和 1/15 的恶性区域被遗漏, 以及避免 MRI 检查 12.4% (21/170) 的良性淋巴结和 2/6 的良性区域被误诊。

讨 论

甲状腺癌发病率呈持续上升趋势, 全球癌症发病率位居第七^[16]。研究表明, 超过一半的患者由于

表 1 14 例甲状腺乳头状癌患者 LNM 的单因素和多因素 logistic 回归分析结果

变量	单因素分析				多因素分析			
	b 值	Wald 值	OR(95% CI)	P 值	b 值	Wald 值	OR(95% CI)	P 值
SUV_{max}	0.854	22.408	2.349(1.650~3.346)	<0.001	0.623	12.130	1.865(1.323~2.630)	<0.001
LD-MRI(mm)	0.373	14.709	1.452(1.200~1.757)	<0.001	0.003	0.000	1.003(0.714~1.410)	0.985
SD-MRI(mm)	0.880	21.060	2.412(1.656~3.513)	<0.001	0.557	4.298	1.752(1.189~2.580)	0.005
L/S	-0.415	0.315	0.661(0.155~2.812)	0.575	-	-	-	-

注: LNM 为淋巴结转移, LD 为长径, SD 为短径, L/S 为长短径比, OR 为比值比, - 为被剔除的变量

表 2 不同方法/阈值对 14 例 PTC 患者的 196 个淋巴结的诊断效能

方法	AUC	95% CI	灵敏度	特异性	准确性	约登指数 (YI)
阈值标准 1	0.829	0.730~0.927	76.9% (20/26)	88.8% (151/170)	87.2% (171/196)	0.658
阈值标准 2	0.580	0.453~0.708	23.1% (6/26)	92.9% (158/170)	83.7% (164/196)	0.160
“双阈值”标准	0.909	0.869~0.949	100% (26/26)	81.8% (139/170)	84.2% (165/196)	0.818
MRI	0.732	0.629~0.834	76.9% (20/26)	69.4% (118/170)	70.4% (138/196)	0.463

注: 阈值标准 1 为短径(SD)-MRI \geq 5.7 mm 且 SUV_{max} \geq 1.6; 阈值标准 2 为 SD-MRI $<$ 5.7 mm 且 SUV_{max} \geq 1.8; “双阈值”标准符合阈值标准 1 或阈值标准 2; PTC 为甲状腺乳头状癌; 括号中为例数比

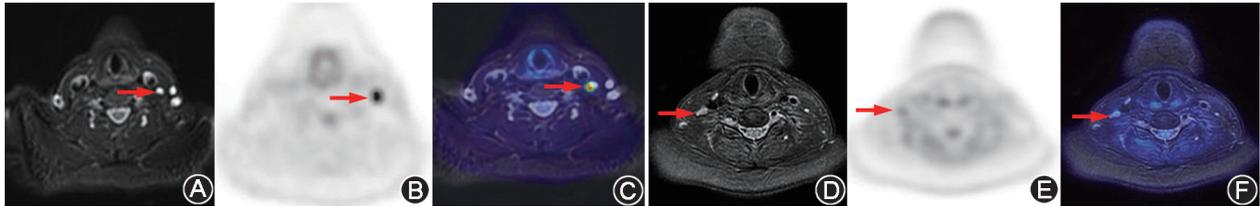


图 1 甲状腺乳头状癌淋巴结转移患者(女, 51 岁)¹⁸F-FDG PET/MR 成像图(箭头示病灶)。A~C. MRI-T₂ 加权成像(WI)示左颈部 IV 区 3 枚淋巴结(A), 其中 1 枚 FDG 代谢异常增高(B), 融合 PET/MR 示该病变 SUV_{max} = 8.3、短径(SD)-MRI = 5.5 mm(C); D~F. MRI-T₂ WI 示右侧 III 区多枚淋巴结, 其中 1 枚形态不规则、信号欠均(D), FDG 代谢程度略高于本底(E), 融合 PET/MR 示该病变 SUV_{max} = 2.05、SD-MRI = 6.0 mm (F); 术后病理上述区域均查见转移癌。“双阈值”标准为 SD-MRI \geq 5.7 mm 且 SUV_{max} \geq 1.6 或 SD-MRI $<$ 5.7 mm 且 SUV_{max} \geq 1.8

表 3 基于区域水平(n=21)比较不同影像标准评价 14 例 PTC 患者淋巴结转移的诊断效能

影像标准	灵敏度	特异性	阳性预测值	阴性预测值	准确性
超声	11/15	5/6	11/12	5/9	76.2% (16/21)
MRI	12/15	3/6	12/15	3/6	71.4% (15/21)
视觉评估	13/15	4/6	13/15	4/6	81.0% (17/21)
SUV _{max} >2.0	11/15	5/6	11/12	5/9	76.2% (16/21)
“双阈值”标准	13/15	5/6	13/14	5/7	85.7% (18/21)

注: 括号中为例数比

术前评估不全面, 需要行二次手术, 这表明术前充分的影像评估对患者预后十分重要^[17]。Leboulleux 等^[18]报道, 以 SD>5 mm 作为超声评估有无 LNM 的特异性高达 96%, 灵敏度仅 61%, 而 L/S<2 的灵敏度和特异性分别为 46% 和 64%。Renkonen 等^[5]报道, 以 SD>10 mm 作为 MRI 诊断 LNM 的定量标准, 灵敏度高达 94%, 但特异性仅 20%。Lee 等^[9]提出以 SUV_{max} 1.12 预测有无 LNM, ¹⁸F-FDG PET/CT 的灵敏度和特异性分别为 57.5% 和 68.6%。尽管以往研究提出多种诊断 LNM 的定量标准, 仍然存在灵敏度或特异性方面的不足。

本研究中, 超声评估 LNM 的灵敏度和特异性分别为 11/15 和 5/6, 与文献报道基本一致^[3-4]。¹⁸F-FDG PET/MR “双阈值”标准检测 LNM 可避免超声 2/15 的漏诊, 并且具有较高的准确性(85.7%与 76.2%)。从临床决策角度来看, “双阈值”诊断标准可避免 1 例患者过度清扫以及 2 例患者清扫区域的遗漏。另外, 相比 MRI, 以阈值标准 1 作为 LNM 的诊断标准时, 特异性从 69.4% 提高到 88.8%; 并且在阈值标准 1 基础之上, 阈值标准 2 可额外检出 23.1% 的恶性淋巴

结。因此, 与上述单模态成像或单阈值定量诊断相比, “双阈值”定量标准在评价 PTC 患者 LNM 方面具有优越的诊断性能。目前, PET/MR 仍处于发展阶段, 其对技术设备以及图像解读均有较高的要求, 该技术在 PTC 中的临床应用价值有待深入研究^[19]。

有学者认为, PET/MR 对 DTC 颈部病灶的诊断性能与 PET/CT 相当(检出率 60.8%与 58.8%), 但后者对肺部病变的评估价值更高^[13,20]。也有多项研究报道, PET/MR 在 DTC 应用中具有很好的诊断效率^[8,21-22]。Li 等^[22]研究发现, ¹⁸F-FDG PET/MR 检测 DTC 复发/转移灶的总体灵敏度、特异性和准确性分别为 90.0%、77.8% 和 86.2%, 改变了 7 例患者(24.1%)的临床决策。与既往报道方法相比, 本研究建立的“双阈值”标准的准确性相对较高(81.0%与 76.2%与 85.7%)^[8-10], 原因在于 MRI 优越的软组织分辨率和多序列、多参数成像使融合 PET/MR 的诊断效能优于单一模态成像, 尤其是对于解剖结构复杂且非特异性摄取发生率较高的 II 区, PET/MR 可清晰显示肿瘤边界和残留甲状腺, 以及咽部、肌肉等不

常见区域的转移灶^[23]。

本研究存在一些不足。首先本研究为单中心回顾性研究,可能存在一定的选择偏倚。其次,鉴于颈部解剖结构及个体化治疗的复杂性,很难精确地将影像学发现的淋巴结与病理结果点对点匹配。本研究参照文献[14-15]对未清扫区域进行了6个月以上的临床随访,但无法排除假阴性病灶,有待未来前瞻性、多学科合作优化方案。需要特别说明的是,TgAb是机体免疫系统针对Tg产生的抗体,会干扰检测的准确性,临床随访期间通常一并检测,但不能像Tg一样反映肿瘤负荷^[24-25]。¹⁸F-FDG PET/MR“双阈值”标准是否适合更大的群体或不同的扫描机型,需要更大样本的前瞻性研究进行验证。

综上,与超声和MRI相比,¹⁸F-FDG PET/MR“双阈值”标准在确定LNM清扫范围方面具有更高的灵敏度、准确性。这为¹⁸F-FDG PET/MR在PTC患者LNM的评估中提供了理论依据,有望提供更加精准的影像学评估。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 韩婷婷:研究实施、论文撰写;康飞、魏洪亮、杨卫东、汪静:研究指导、论文修改、经费支持;全志永、王敏、孟小丽、汪俊玲:统计学分析

参 考 文 献

- [1] Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer statistics, 2019[J]. CA Cancer J Clin, 2019, 69(1): 7-34. DOI:10.3322/caac.21551.
- [2] Park CH, Song CM, Ji YB, et al. Significance of the extracapsular spread of metastatic lymph nodes in papillary thyroid carcinoma [J]. Clin Exp Otorhinolaryngol, 2015, 8(3): 289-294. DOI:10.3342/ceo.2015.8.3.289.
- [3] Suh CH, Baek JH, Choi YJ, et al. Performance of CT in the preoperative diagnosis of cervical lymph node metastasis in patients with papillary thyroid cancer: a systematic review and meta-analysis [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2017, 38(1): 154-161. DOI:10.3174/ajnr.A4967.
- [4] Xing Z, Qiu Y, Yang Q, et al. Thyroid cancer neck lymph nodes metastasis: meta-analysis of US and CT diagnosis[J]. Eur J Radiol, 2020, 129: 109103. DOI:10.1016/j.ejrad.2020.109103.
- [5] Renkonen S, Lindén R, Bäck L, et al. Accuracy of preoperative MRI to assess lateral neck metastases in papillary thyroid carcinoma [J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2017, 274(11): 3977-3983. DOI:10.1007/s00405-017-4728-z.
- [6] Cho SG, Kim HS, Cho JY, et al. Diagnostic value of lesion-specific measurement of myocardial blood flow using hybrid PET/CT[J]. J Cardiovasc Imaging, 2020, 28(2): 94-105. DOI:10.4250/jcvi.2019.0087.
- [7] Kim DH, Kim SJ. Diagnostic role of F-18 FDG PET/CT for preoperative lymph node staging in thyroid cancer patients; a systematic review and metaanalysis [J]. Clin Imaging, 2020, 65: 100-107. DOI:10.1016/j.clinimag.2020.04.030.
- [8] Song Y, Liu F, Ruan W, et al. Head-to-head comparison of neck ¹⁸F-FDG PET/MR and PET/CT in the diagnosis of differentiated thyroid carcinoma patients after comprehensive treatment[J]. Cancers (Basel), 2021, 13(14): 3436. DOI:10.3390/cancers13143436.
- [9] Lee DW, Song CM, Ji YB, et al. Efficacy of ¹⁸F-fluorodeoxyglucose PET/CT for detecting lymph node metastasis in papillary thyroid carcinoma[J]. OTO Open, 2018, 2(3): 2473974X18788545. DOI:10.1177/2473974X18788545.
- [10] Chong A, Ha JM, Han YH, et al. Preoperative lymph node staging by FDG PET/CT with contrast enhancement for thyroid cancer: a multicenter study and comparison with neck CT [J]. Clin Exp Otorhinolaryngol, 2017, 10(1): 121-128. DOI:10.21053/ceo.2015.01424.
- [11] Zhang Y, Hu Y, Zhao S, et al. The utility of PET/CT metabolic parameters measured based on fixed percentage threshold of SUV_{max} and adaptive iterative algorithm in the new revised FIGO staging system for stage III cervical cancer [J]. Front Med (Lausanne), 2021, 8: 680072. DOI:10.3389/fmed.2021.680072.
- [12] Vrachimis A, Burg MC, Wenning C, et al. [¹⁸F]FDG PET/CT outperforms [¹⁸F]FDG PET/MRI in differentiated thyroid cancer [J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2016, 43(2): 212-220. DOI:10.1007/s00259-015-3195-2.
- [13] Chen Q, Raghavan P, Mukherjee S, et al. Accuracy of MRI for the diagnosis of metastatic cervical lymphadenopathy in patients with thyroid cancer [J]. Radiol Med, 2015, 120(10): 959-966. DOI:10.1007/s11547-014-0474-0.
- [14] 蒋永继, 霍艳雷, 吕中伟, 等. ¹⁸F-FDG PET/CT 评估分化型甲状腺癌复发或转移灶分化程度及其指导¹³¹I 治疗的应用价值 [J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2022, 42(9): 559-562. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210413-00110.
- Jiang YJ, Huo YL, Lyu ZW, et al. Clinical advances of ¹⁸F-FDG PET/CT in evaluating differentiation of recurrent or metastatic differentiated thyroid cancer and guiding ¹³¹I therapy [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2022, 42(9): 559-562. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210413-00110.
- [15] 李奕璇, 郑晨曦, 饶茂华, 等. 中危甲状腺乳头状癌患者手术及¹³¹I 治疗后临床转归的影响因素分析 [J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2023, 43(9): 538-542. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20220506-00142.
- Li YX, Zheng CX, Rao MH, et al. Analysis of influencing factors of clinical outcome after surgery and ¹³¹I treatment in patients with moderate-risk papillary thyroid cancer [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2023, 43(9): 538-542. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20220506-00142.
- [16] Siegel RL, Giaquinto AN, Jemal A. Cancer statistics, 2024 [J]. CA Cancer J Clin, 2024, 74(1): 12-49. DOI:10.3322/caac.21820.
- [17] Bates MF, Lamas MR, Randle RW, et al. Back so soon? Is early recurrence of papillary thyroid cancer really just persistent disease? [J]. Surgery, 2018, 163(1): 118-123. DOI:10.1016/j.surg.2017.05.028.
- [18] Leboulloux S, Girard E, Rose M, et al. Ultrasound criteria of malignancy for cervical lymph nodes in patients followed up for differentiated thyroid cancer [J]. J Clin Endocrinol Metab, 2007, 92(9): 3590-3594. DOI:10.1210/jc.2007-0444.
- [19] Morsing A, Hildebrandt MG, Vilstrup MH, et al. Hybrid PET/MRI in major cancers: a scoping review [J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2019, 46(10): 2138-2151. DOI:10.1007/s00259-019-04402-8.

- [20] Klain M, Nappi C, Nicolai E, et al. Comparison of simultaneous ^{18}F -2-[^{18}F]FDG PET/MR and PET/CT in the follow-up of patients with differentiated thyroid cancer[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2020, 47(13): 3066-3073. DOI: 10.1007/s00259-020-04938-0.
- [21] Vrachimis A, Stegger L, Wenning C, et al. [^{68}Ga]DOTATATE PET/MRI and [^{18}F]FDG PET/CT are complementary and superior to diffusion-weighted MR imaging for radioactive-iodine-refractory differentiated thyroid cancer[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2016, 43(10): 1765-1772. DOI:10.1007/s00259-016-3378-5.
- [22] Li H, Chen X, Zhang Y, et al. Value of ^{18}F -FDG hybrid PET/MR in differentiated thyroid cancer patients with negative ^{131}I whole-body scan and elevated thyroglobulin levels[J]. Cancer Manag Res, 2021, 13: 2869-2876. DOI:10.2147/CMAR.S293005.
- [23] Binse I, Poeppel TD, Ruhlmann M, et al. Imaging with ^{124}I in differentiated thyroid carcinoma: is PET/MRI superior to PET/CT? [J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2016, 43(6): 1011-1017. DOI:10.1007/s00259-015-3288-y.
- [24] 白鑫,武新宇,张洁,等.血清 TgAb 阳性甲状腺乳头状癌患者首次 ^{131}I 治疗的疗效及影响因素分析[J].中华核医学与分子影像杂志, 2024, 44(8): 468-472. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20230908-00043.
- Bai X, Wu XY, Zhang J, et al. Efficacy and influencing factors of initial ^{131}I therapy in TgAb-positive patients with papillary thyroid cancer[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2024, 44(8): 468-472. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20230908-00043.
- [25] 赵宁宁,慕转转,郭文婷,等. ^{131}I 治疗对术后评估为疗效不确切的分化型甲状腺癌患者近期临床转归的影响[J].中华核医学与分子影像杂志, 2023, 43(12): 736-740. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20220811-00260.
- Zhao NN, Mu ZZ, Guo WT, et al. Effect of ^{131}I therapy on the clinical outcome of patients with differentiated thyroid cancer evaluated as indeterminate response after surgery[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2023, 43(12): 736-740. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20220811-00260.

(收稿日期:2024-06-07)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

2025 年本刊可直接用缩写的常用词汇

ATP(adenosine-triphosphate),三磷酸腺苷

AUC(area under curve),曲线下面积

CI(confidence interval),可信区间

CT(computed tomography),计算机断层摄影术

CV(coefficient of variation),变异系数

DNA(deoxyribonucleic acid),脱氧核糖核酸

FDG(fluorodeoxyglucose),脱氧葡萄糖

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

PBS(phosphate buffered solution),磷酸盐缓冲液

PCR(polymerase chain reaction),聚合酶链反应

PET(positron emission tomography),正电子发射断层摄影术

PLT(platelet count),血小板计数

RBC(red blood cells),红细胞

RNA(ribonucleic acid),核糖核酸

ROC(receiver operating characteristic),受试者工作特征

ROI(region of interest),感兴趣区

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

SUV(standardized uptake value),标准摄取值

SUV_{max}(maximum standardized uptake value),最大标准摄取值SUV_{mean}(mean standardized uptake value),平均标准摄取值

WBC(white blood cells),白细胞

WHO(World Health Organization),世界卫生组织

本刊编辑部