

论 著

18F-FDG PET-CT在评估甲状腺癌患者术后复发风险的价值*

李广利* 许颖 蔡二锋
阜阳市人民医院核医学科 (安徽 阜阳 236000)

【摘要】目的 分析18氟-氟代脱氧葡萄糖(¹⁸F-FDG)正电子发射断层显像与X射线断层扫描(PET-CT)评估分化型甲状腺癌(DTC)术后复发风险的价值。**方法** 回顾性收集了2022年5月至2024年4月期间我院收治的DTC患者的临床数据共计86例,患者术后通过电话或门诊随访1年,将患者分为复发组(n=24)和未复发组(n=62)。比较两组患者一般资料、甲状腺球蛋白(Tg)、甲状腺球蛋白抗体(TgAb)水平及¹⁸F-FDG PET/CT参数[最大标准摄取值(SUVmax)],多因素分析影响DTC术后复发的危险因素,并经ROC曲线分析¹⁸F-FDG PET-CT、Tg、TgAb评估DTC术后复发的价值。**结果** 相比于未复发组,复发组TNM分期为III~IV期患者构成比及Tg、TgAb、SUVmax数据更高(P<0.05)。多因素证实,TNM分期为III~IV期、Tg、TgAb、SUVmax值升高均是DTC术后复发的危险因素(P<0.05)。通过ROC分析验证,SUVmax、Tg、TgAb均可用于DTC术后复发的评估,曲线下面积:0.866、0.780、0.839,均有P<0.05。**结论** TNM分期III~IV期及较高的Tg、TgAb、SUVmax值是术后复发的独立危险因素,¹⁸F-FDG PET-CT可用于评估术后复发风险。

【关键词】 分化型甲状腺癌; ¹⁸F-FDG PET-CT; 术后复发; 甲状腺球蛋白

【中图分类号】 R581

【文献标识码】 A

【基金项目】 2022年安徽省第六批适宜技术推广项目(SYJS202123)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.03.012

The Value of ¹⁸F-FDG PET-CT in Evaluating the Risk of Postoperative Recurrence in Patients with Thyroid Cancer*

Li Guang-li*, XU Ying, CAI Er-feng.
Department of Nuclear Medicine, Fuyang People's Hospital, Fuyang 236000, Anhui Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze the value of 18-fluoro-fluorodeoxyglucose (¹⁸F-FDG) positron emission tomography and computed tomography (PET-CT) in evaluating the postoperative recurrence risk of differentiated thyroid cancer (DTC). **Methods** A total of 86 clinical data of DTC patients admitted to our hospital from May 2022 to April 2024 were retrospectively collected. The patients were followed up for one year by phone or in the outpatient department after the operation and were divided into the recurrence group (n=24) and the non-recurrence group (n=62). The general information, levels of thyroglobulin (Tg), thyroglobulin antibody (TgAb), and parameters of ¹⁸F-FDG PET/CT [maximum standard uptake value (SUVmax)] of the two groups of patients were compared. The risk factors influencing postoperative recurrence of DTC were analyzed by multivariate analysis, and the value of ¹⁸F-FDG PET-CT, Tg and TgAb in evaluating postoperative recurrence of DTC was analyzed by ROC curve. **Results** Compared with the non-recurrence group, the composition ratio of patients with TNM stage III - IV and the data of Tg, TgAb and SUVmax in the recurrence group were higher (P<0.05). Multiple factors confirmed that TNM stage III - IV, elevated Tg, TgAb, and SUVmax values are all risk factors for recurrence after DTC surgery (P<0.05). ROC analysis verified that SUVmax, Tg, and TgAb can all be used to evaluate the recurrence after DTC surgery, with the areas under the curve being 0.866, 0.780, and 0.839, respectively, all with P<0.05. **Conclusion** TNM stage III - IV and higher values of Tg, TgAb and SUVmax are independent risk factors for postoperative recurrence. ¹⁸F-FDG PET-CT can be used to assess the risk of postoperative recurrence.

Keywords: Differentiated Thyroid Cancer; ¹⁸F-FDG PET-CT; Postoperative Recurrence; Thyroglobulin

甲状腺癌是内分泌系统最常见的恶性肿瘤,近年来全球发病率呈持续上升趋势,甲状腺癌中超过90%为分化型甲状腺癌(DTC),其主要病理类型为乳头状癌和滤泡状癌^[1]。DTC患者早期多无明显症状,部分患者可表现为颈部无痛性肿块、声音嘶哑或吞咽困难等,危及患者健康安全^[2]。手术切除是DTC的主要治疗手段,术后通常辅以放射性碘治疗和甲状腺激素抑制治疗,虽显著提高了患者的生存率,但仍有部分患者会出现术后复发或转移,严重影响长期生存质量^[3-4]。因此,早期准确诊断及术后复发风险评估对临床决策至关重要。目前,术后复发监测主要依靠颈部超声和放射性碘全身显像等,但部分复发灶可能不摄取碘,导致传统影像学检查的敏感性降低^[5]。¹⁸氟-氟代脱氧葡萄糖(¹⁸F-FDG)正电子发射断层显像与X射线断层扫描(PET-CT)是一种功能代谢成像技术,可通过检测肿瘤组织的葡萄糖代谢水平提高恶性肿瘤的诊断准确性^[6]。既往研究表明,¹⁸F-FDG PET-CT在甲状腺癌的诊断、分期监测中具有一定价值,但其在DTC术后复发风险评估中的作用仍需进一步探讨^[7]。基于此,本研究主要分析¹⁸F-FDG PET-CT对DTC的诊断效能及其术后复发风险评估的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性收集了2022年5月至2024年4月期间我院收治的DTC患者的临床数据共计86例。

纳入标准: (1)DTC符合相关指南^[8],且经术后病理确诊;(2)年龄>18岁,且实验室检查显示甲状腺球蛋白>10μg/L;(3)患者均为乳头状癌或滤泡状癌,均接受甲状腺切除术;(4)患者资料完整,能正常沟通。**排除标准:** (1)患者脏器功能存在明显病变;(2)患者伴有髓样癌、未分化癌或其他病理类型;(3)患者初诊时已存在远处转移;(4)患者图像质量不满足分析要求;(5)患者伴有失语、精神行为异常。

1.2 方法

1.2.1 随访及分组 86例DTC患者术后通过电话或门诊随访1年,依据临床症状、实验室指标及病理检查评估复发情况,将DTC患者分为复发组(n=24)和未复发组(n=62)。

1.2.2 研究方法 (1)¹⁸F-FDG PET-CT检查方法:于DTC患者术后随访复诊时进行¹⁸F-FDG PET-CT检查。受检者需在检查前保持6小时以上空腹状态,确保空腹血糖值<10 mmol/L,取患者平卧位,呼吸平稳后,静脉注射¹⁸F-FDG(南京江原安迪科正电子研究发展有限

【第一作者】 李广利,女,副主任医师,主要研究方向:甲状腺疾病的放射性核素治疗,SPECT-CT及PET-CT的诊断。E-mail: 281408820@qq.com

【通讯作者】 李广利

公司, 放化纯度 >95%, 注射剂量3.7-5.5 MBq/kg)后静卧60分钟, 期间禁止言语交流及肢体活动, 以降低肌肉组织对示踪剂的非特异性摄取。采用荷兰皇家飞利浦公司Gemini TF 64 PET/CT仪进行体部(范围为颅底至股骨中上段)和脑部 PET/CT 图像采集, 先行CT平扫, CT 扫描参数: 管电压 120~140 kV, 管电流采用自动调制方式, 层厚 3.0 mm; 随后进行PET扫描, 1.5 min/床位, 共采集 8~9 个床位。PET 图像按照有序子集最大期望值法重建, 采集的图像数据上传至MedEx(麦迪克斯)工作站进行后处理。在病灶放射性摄取最高层面手动勾画感兴趣区域(ROI), 并计算最大标准摄取值(SUVmax)。由两名资深影像医师采用双盲法进行视觉分析评估, 发现¹⁸F-FDG摄取增高记为阳性; 若两名医师的诊断意见存在分歧, 则通过协商达成一致结论。

(2)血清指标: 在患者正常口服左甲状腺素钠片替代治疗过程中, 晨起空腹条件下, 无菌采集外周静脉血2mL, 置于离心机中, 以3 000 r/min的转速离心20 min(离心半径为15 cm), 收集分离后的血清层, 经电化学发光免疫分析法测定甲状腺球蛋白(Tg)、甲状腺球蛋白抗体(TgAb)水平。

1.3 观察指标 (1)比较术后复发组和未复发组DTC患者一般资料[性别、年龄、体质量指数(BMI)、合并糖尿病、合并高血压、合并高血脂、病灶侧别(左侧、右侧、双侧)、TNM分期(I~II期、III~IV期)、肿瘤直径(>4cm、≤4cm)、手术方式(全切、近全切)、血清Tg、TgAb及¹⁸F-FDG PET/CT参数(SUVmax)]。(2)分析DTC术后复发的危险因素。(3)¹⁸F-FDG PET-CT评估DTC术后复发的价值。(4)典型病例影像学图像分析。

1.4 统计学分析 使用SPSS 22.0统计软件。计数资料以例数(%)表示, 组间行 χ^2 检验。符合正态分布性时计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 组间行t检验。DTC术后复发的影响因素行多因素Logistic回归分析, 绘制ROC曲线评价各指标价值。均以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 术后复发组和未复发组DTC患者基线资料的单因素分析 两组性别、年龄、BMI、合并糖尿病、合并高血压、合并高血脂、病灶侧别、肿瘤直径、手术方式比较无显著差异(P>0.05); 相比于未复发组, 复发组TNM分期为III~IV期患者构成比及Tg、TgAb、SUVmax数据更高(P<0.05), 见表1。

表1 术后复发组和未复发组DTC患者基线资料的单因素分析[n(%)]

因素	复发组(n=24)	未复发组(n=62)	t/ χ^2	P
性别			0.283	0.595
男	10(41.67)	22(35.48)		
女	14(58.33)	40(64.52)		
年龄(岁)	50.55±6.24	51.39±6.06	0.572	0.569
BMI(kg/m ²)	23.68±1.10	23.20±1.41	1.499	0.138
合并糖尿病	5(20.83)	10(16.13)	0.266	0.606
合并高血压	7(29.17)	15(24.19)	0.225	0.635
合并高血脂	4(16.67)	9(14.52)	0.062	0.803
病灶侧别			0.315	0.854
左侧	11(45.83)	25(40.32)		
右侧	10(41.67)	30(48.39)		
双侧	3(12.50)	7(11.29)		
TNM分期			8.417	0.004
I~II期	8(33.33)	42(67.74)		
III~IV期	16(66.67)	20(32.26)		
肿瘤直径			1.523	0.217
>4cm	9(37.50)	15(24.19)		
≤4cm	15(62.50)	47(75.81)		
手术方式			0.232	0.630
全切	19(79.17)	46(74.19)		
近全切	5(20.83)	16(25.81)		
Tg(μ g/L)	2.32±0.75	1.08±0.52	8.714	0.000
TgAb(IU/mL)	50.74±10.55	32.88±8.98	7.873	0.000
SUVmax	6.85±1.42	4.57±0.96	8.582	0.000

2.2 DTC术后复发的多因素Logistic回归分析 多因素分析模型中纳入上述表格里P<0.05的因素, 并量化赋值。设定DTC患者术后是否复发为因变量(未复发=0, 复发=1), 并选取TNM分期(I~II期=0, III~IV期=1)、Tg(连续变量)、TgAb(连续变量)、SUVmax(连续变量)为自变量。多因素证实, TNM分期为III~IV期、Tg、TgAb、SUVmax值升高均是DTC术后复发的危险因素(P<0.05), 见表2。

表2 DTC术后复发的多因素Logistic回归分析

变量	β	标准误	Wald	P	OR	95%可信区间
TNM分期	0.296	0.114	6.778	0.009	1.345	1.076~1.681
Tg	0.130	0.049	6.957	0.008	1.139	1.034~2.017
TgAb	1.335	0.407	10.769	0.001	3.800	1.712~8.436
SUVmax	0.715	0.241	8.815	0.003	2.044	1.275~3.277

2.3 ¹⁸F-FDG PET-CT、Tg、TgAb评估DTC术后复发的ROC分析 通过ROC分析验证, SUVmax、Tg、TgAb均可用于DTC

术后复发的评估, 曲线下面积: 0.866、0.780、0.839, 均有P<0.05, 见表3。各指标评估DTC术后复发的ROC曲线, 见图1。

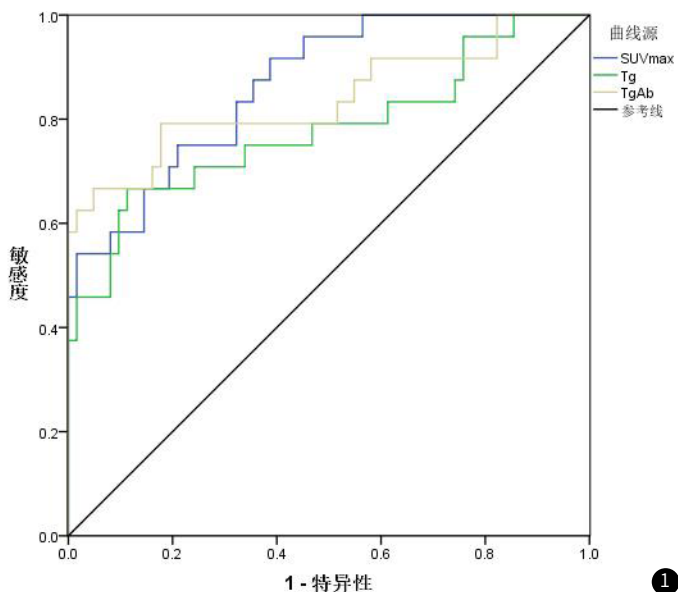


图1 各指标评估DTC术后复发的ROC曲线。

表3 ¹⁸F-FDG PET-CT、Tg、TgAb评估DTC术后复发的ROC分析

指标	曲线下面积	标准误	P	95%可信区间	最佳截断值	敏感度	特异性
SUVmax	0.866	0.041	0.000	0.785~0.947	5.713	0.833	0.903
Tg	0.780	0.064	0.000	0.656~0.905	1.534	0.667	0.887
TgAb	0.839	0.057	0.000	0.727~0.950	40.631	0.708	0.871

2.4 典型病例影像学图像分析 典型病例影像分析结果见图2~4。

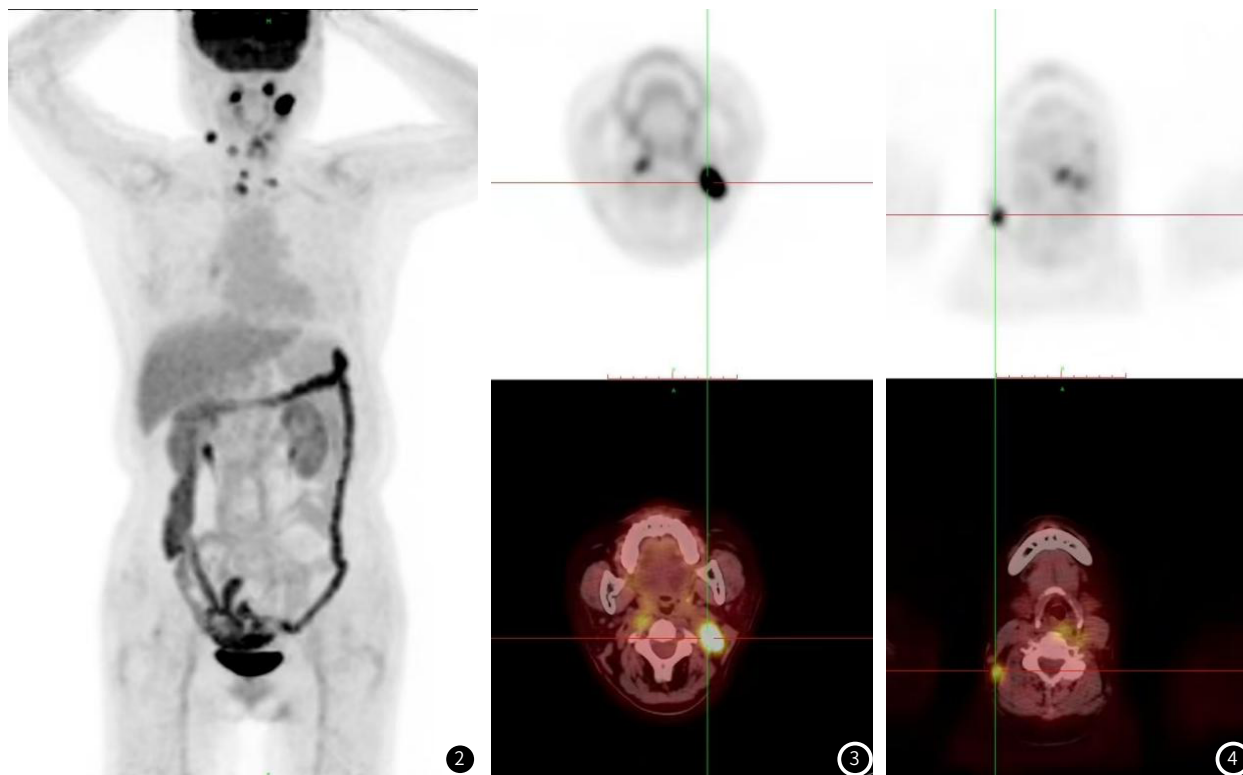


图2~4 患者，女，68岁，2021年11月因双侧甲状腺肿瘤，行左侧甲状腺癌扩大根治术+右侧甲状腺癌根治术，术后予以2次¹³¹I清灶治疗，后一直予以TSH抑制治疗。2年后发现双侧颈部包块就诊，PET-CT提示：双侧颈部II区、右侧III区、双侧IV区及VI区），考虑转移性病变。术前抑制状态下Tg 17.86ng/mL，Tg-Ab 1711U/mL，后行右侧、左侧颈部淋巴结功能性清扫术，术后病理提示符合甲状腺乳头状癌细胞转移。

3 讨论

近年来, DTC发病呈现年轻化趋势, 其发生发展与遗传因素、电离辐射暴露、激素水平失调及肿瘤微环境改变等密切相关^[9]。目前, 临床主要采用手术切除联合放射性碘治疗的综合治疗策略, 然而受肿瘤异质性影响, 部分患者仍面临术后复发风险^[10]。同时, DTC复发灶常表现为隐匿性生长特性, 传统监测方法如超声检查、血清甲状腺球蛋白检测等在早期复发诊断中存在一定局限性^[11]。因此, 探索更精准的复发预测方法, 对实现DTC患者的个体化管理和改善预后具有重要价值。

本研究发现, 相比于未复发组, 复发组TNM分期为III~IV期患者构成比及Tg、TgAb、SUVmax数据更高, 提示TNM分期、Tg、TgAb、SUVmax值与DTC术后复发密切相关。分析原因是TNM分期为III~IV期通常意味着肿瘤已突破甲状腺包膜或伴有淋巴结转移及远处转移, 其生物学行为更活跃, 肿瘤细胞的增殖、迁移和抗凋亡能力更强, 使其更易突破机体的防御机制, 在术后形成复发灶, 导致复发^[12]。TNM分期为III~IV期意味着患者处于晚期, 原发灶通常较大, 手术彻底清除难度增加, 易残留癌细胞或隐匿转移灶仍可能导致术后复发^[13]。Tg作为甲状腺滤泡细胞特异性分泌蛋白, 其水平升高直接反映残留甲状腺组织或转移病灶的代谢活性, 可能由于手术切除不彻底导致甲状腺床残留、隐匿性转移灶持续分泌, 或肿瘤去分化后获得TSH非依赖性分泌特性所致^[14]。TgAb的异常升高既可能通过形成免疫复合物干扰Tg检测准确性造成假阴性而延误诊断, 其本身作为自身免疫应答产物又能反映肿瘤相关抗原的持续刺激, 提示机体针对肿瘤的异常免疫反应, 同时抗体介导的免疫微环境改变可能促进肿瘤免疫逃逸, 为残留癌细胞增殖创造条件, 促进术后复发^[15]。此外, Tg与TgAb的协同升高往往预示着更具侵袭性的肿瘤生物学特性, 包括对TSH抑制治疗的抵抗性和更强的转移潜能, 双重标志物的异常变化为早期识别高复发风险患者提供了重要依据, 临床实践中需结合动态监测趋势及其他影像学检查进行综合评估^[16]。SUVmax作为¹⁸F-FDG PET-CT中常用的半定量参数, 主要反映肿瘤细胞对¹⁸F-FDG的摄取程度, 其数值表示肿瘤中最活跃部分的代谢程度, SUVmax升高表明其癌细胞增殖更活跃、糖酵解能力更强、侵袭性更高, 术后残留或微转移灶更易进展, 导致复发风险增加^[17-18]。高SUVmax常提示DTC可能发生去分化, 意味着肿瘤细胞丢失部分甲状腺滤泡细胞特征, 摄碘能力降低, 转而依赖糖酵解供能, 而此类患者对放射性碘治疗反应较差, 术后更易出现复发或转移^[19]。SUVmax升高可能提示原发灶或转移灶的代谢活性更强, 即使手术切除肉眼可见病灶, 高SUVmax区域可能隐含微小残留病变, 且高SUVmax肿瘤常伴随缺氧、炎症, 促进肿瘤生长, 抑制免疫监视功能, 进一步增加复发风险^[20]。另外, 本研究行多因素和ROC分析发现上述指标均被确证为DTC术后复发的独立因子, 提示临床医师应重点关注上述指标, 并进行干预, 以降低复发风险。

综上, TNM分期III~IV期及较高的Tg、TgAb、SUVmax值是术后复发的独立危险因素, ¹⁸F-FDG PET-CT在评估DTC术后复发风险中具有重要价值, 但在临床应用时仍需注意术后炎症反应可能导致假阳性结果, 建议在术后3个月后再行PET-CT检查。此外, 本研究存在不足之处: (1)样本量较少; (2)随访时间较短, 难以评估长期复发情况; (3)未纳入血清等实验室指标进行联合分析。未来需要更大样本、更长随访期的研究进一步验证。

参考文献

- [1] 王冰, 郝洪庆, 万政, 等. 单中心9662例甲状腺癌流行病学特征及临床病理特征分析[J]. 中华内分泌外科杂志, 2021, 15(4): 342-347.
- [2] Schlumberger M, Lebouilleux S. Current practice in patients with differentiated thyroid cancer[J]. Nat Rev Endocrinol, 2020, 17(3): 176-188.
- [3] 张筱扬, 张冠男, 王文胜, 等. 分化型甲状腺癌应用全甲状腺切除术与次全甲状腺切除术的疗效及安全性比较[J]. 罕少疾病杂志, 2021, 28(2): 14-15.
- [4] Elisei R. Long-term outcome of patients with low-risk differentiated thyroid cancer treated with total thyroidectomy alone[J]. Curr Oncol, 2024, 31(9): 5528-5536.
- [5] Yin N, Sherman S I, Pak Y, et al. The de novo detection of anti-thyroglobulin antibodies and differentiated thyroid cancer recurrence[J]. Thyroid, 2020, 30(10): 1490-1495.
- [6] 何涛, 徐颖, 龚发阔, 等. ¹⁸F-FDG PET/CT图像纹理分析用于甲状腺癌临床诊断价值探讨[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(9): 33-35.
- [7] Albano D, Piccardo A, Rizzo A, et al. Diagnostic performance of 2-[¹⁸F]FDG PET/CT in recurrent differentiated thyroid cancer and elevated antithyroglobulin antibodies: an updated systematic review and bivariate meta-analysis[J]. Endocrine, 2025, 87(2): 351-361.
- [8] 中国医师协会外科医师分会甲状腺外科医师委员会, 中国研究型医院学会甲状腺疾病专业委员会. 分化型甲状腺癌术后管理中国专家共识(2020版)[J]. 中国实用外科杂志, 2020, 40(9): 1021-1028.
- [9] Zhao S, Zhao Y, Zhao Y, et al. Pathogenesis and signaling pathways related to iodine-refractory differentiated thyroid cancer[J]. Frontiers in Endocrinology, 2023, 14(19): 1320044.
- [10] Schumm M A, Shu M L, Kim J, et al. Perception of risk and treatment decisions in the management of differentiated thyroid cancer[J]. J Surg Oncol, 2022, 126(2): 247-256.
- [11] 程亚南, 杨金雨, 郭晓磊, 等. 超声弹性评分联合血清甲状腺球蛋白水平对老年甲状腺癌患者治疗预后的预测价值[J]. 实用癌症杂志, 2024, 39(3): 454-457.
- [12] 杨元芳, 赵煥, 郝莉. 分化型甲状腺癌患者术后复发转移的临床指标及相关影响因素分析[J]. 实用癌症杂志, 2022, 37(10): 1619-1621, 1631.
- [13] Wu Y Y, Cheng S P, Chiou P Y, et al. Association between subjective symptoms and obesity and postoperative recurrence in differentiated thyroid cancer: a matched-pair analysis[J]. Sci Rep, 2020, 10(1): 3679.
- [14] 程亚南, 杨金雨, 郭晓磊, 等. 超声弹性评分联合血清甲状腺球蛋白水平对老年甲状腺癌患者治疗预后的预测价值[J]. 实用癌症杂志, 2024, 39(3): 454-457.
- [15] 孙丹阳, 孟召伟, 谭建, 等. 年龄及甲状腺球蛋白抗体阳性水平对分化型甲状腺癌预后的影响[J]. 中华内分泌代谢杂志, 2021, 37(12): 1068-1074.
- [16] 黄晨曦, 王飞亚, 徐瑞涵. 血清E-cadherin、VEGF、Tg、TgAb表达水平对甲状腺癌转移的预测价值[J]. 罕少疾病杂志, 2026, 33(1): 40-42.
- [17] Vogel J, Sekler J, Brigitte Gückel, et al. How [¹⁸F]FDG-PET/CT affects the management of patients with differentiated thyroid carcinoma in clinical routines[J]. Cancers, 2024, 16(3): 588.
- [18] 葛香妍, 郝珊瑚, 王治国, 等. ¹⁸F-氟代脱氧葡萄糖PET/CT在老年高危分化型甲状腺癌术后复发及转移中诊断价值研究[J]. 临床军医杂志, 2021, 49(6): 618-620.
- [19] 王欢, 何涛, 李叔俊. ¹⁸F-FDG-PET-CT在分化型甲状腺癌诊断、分期判定及预后判定中的价值探讨[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(6): 52-54.
- [20] 郭星, 柴健, 张建阳, 刘冲, 等. 基于PET-CT和超声造影构建甲状腺癌术后复发转移的预测模型[J]. 中国实验诊断学, 2024, 28(8): 883-888.

(收稿日期: 2025-08-16)

(校对: 翁佳鸿 排版: 张鸿燊)