

PET/CT在分化型甲状腺癌诊疗中的应用

王蕊^{1,2}, 段东^{1,2*}

¹重庆医科大学, 重庆

²重庆市人民医院核医学科, 重庆

收稿日期: 2026年3月3日; 录用日期: 2026年3月26日; 发布日期: 2026年4月7日

摘要

近年来甲状腺癌发病率在全球呈快速增长态势, 尤其是分化型甲状腺癌(differentiated thyroid carcinoma, DTC)。目前对DTC的诊疗, 提倡精准化、个体化及根据患者动态评估结果实时调整治疗及随访管理的策略。正电子发射计算机断层扫描仪(Positron Emission Tomography/Computed Tomography, PET/CT)将核医学功能分子影像与计算机断层扫描(Computed Tomography, CT)的精细解剖影像完美结合, 在肿瘤的临床特异性诊断及个体化精准治疗中发挥重要作用。但关于PET/CT在DTC诊疗中的应用价值, 一直存在较多争议, 本文结合国内外相关研究及进展对PET/CT在DTC中的应用情况进行综述。

关键词

分化型甲状腺癌, 放射性碘难治性甲状腺癌, 新型分子探针, 正电子发射计算机断层扫描仪

Application of PET/CT in the Diagnosis and Treatment of Differentiated Thyroid Carcinoma

Rui Wang^{1,2}, Dong Duan^{1,2*}

¹Chongqing Medical University, Chongqing

²Department of Nuclear Medicine, Chongqing General Hospital, Chongqing

Received: March 3, 2026; accepted: March 26, 2026; published: April 7, 2026

Abstract

In recent years, the incidence of thyroid cancer has increased rapidly worldwide, particularly that of differentiated thyroid carcinoma (DTC). Current management of DTC emphasizes precision,

*通讯作者。

individualization, and dynamic adjustment of treatment and follow-up strategies based on ongoing risk stratification and clinical evaluation. Positron emission tomography/computed tomography (PET/CT), which combines functional molecular imaging with anatomical imaging, has demonstrated important value in the diagnosis and treatment of malignant tumors. By integrating metabolic or molecular information with precise anatomical localization, PET/CT provides useful imaging support for individualized clinical decision-making. However, the value of PET/CT in the diagnosis and management of DTC remains controversial. Based on relevant domestic and international studies, this review summarizes the current applications of PET/CT in DTC and discusses recent research advances, with the aim of providing a reference for its further clinical application in the management of DTC.

Keywords

Differentiated Thyroid Carcinoma, Radioiodine-Refractory Thyroid Carcinoma, Novel Molecular Tracers, Positron Emission Tomography/Computed Tomography

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

甲状腺癌的发病率呈逐年增高趋势, 据国家癌症中心 2024 年 4 月在《国家癌症中心杂志》期刊发布了我国最新癌症报告, 数据显示 2022 年甲状腺癌新发病例估计为 46.61 万, 在所有恶性肿瘤中排名第三, 也占女性发病的前三[1]。目前我国甲状腺癌 5 年生存率远低于美国(84.3% vs 98.3%), 虽然我国甲状腺癌 5 年相对生存率呈上升趋势, 但面对如此巨大差距, 需进一步提高我国对甲状腺癌规范诊治水平。PET/CT 在肿瘤诊治中发挥重要作用, 但在甲状腺精准诊断及个体化治疗决策中的价值仍存在较多争议, 本文将结合国内外 PET/CT 在分化型甲状腺癌诊断中的应用、治疗中的应用及新型分子探针在 DTC 中的应用进行综述。

2. PET/CT 在分化型甲状腺癌诊断中的应用

2.1. 在原发灶诊断中的应用

对甲状腺癌的诊断目前仍以超声为主, 甲状腺癌在超声上有典型的影像表现, 必要时结合超声引导下穿刺活检(ultrasound-guided biopsy, UGB)及分子标志物检测等可以达到确诊的目的, 根据“甲状腺细针穿刺细胞病理学专家共识(2023 版)”表明[2]穿刺活检细胞学诊断是评估甲状腺结节良恶性的重要方法, 适用于首诊可疑恶性的甲状腺结节、考虑复发、转移性甲状腺癌的术前明确诊断。由于 ^{18}F -FDG 既非肿瘤特异性显像剂, 在某些甲状腺良性病变中也会提示显像剂摄取增高, 如甲状腺炎、结节性甲状腺肿、良性的结节等都可出现 ^{18}F -FDG 假阳性摄取[3] [4], 因此 PET/CT 不推荐作为 DTC 诊断的常规影像检查方法。有文献报道 ^{18}F -FDG PET/CT 显像发现甲状腺偶发结节恶性病变的概率为 34.8% [5], 局灶性摄取升高的病灶比弥漫性摄取升高的病灶恶性可能性更高, 我国吉婷、杨爱民有相似的研究结论[6]。 ^{18}F -FDG 对原发灶甲状腺结节良恶性鉴别的诊断价值是有限的, 不建议将 ^{18}F -FDG PET/CT 作为常规或首选对病灶进行评估诊断的方法。

2.2. 对颈部转移淋巴结的鉴别

^{18}F -FDG PET/CT 在对颈部转移淋巴结的评估价值方面, 由于 PET/CT 检查费用较高, 与颈部超声或

增强 CT 比较并无显著优势, 因此性价比较低。尤其是对于直径较小的颈部淋巴区, ^{18}F -FDG PET/CT 可能因放射浓聚不明显而漏诊, 所以不建议将 PET-CT 作为评估 DTC 颈侧区淋巴结转移的常规检查方法。但有研究表明彩色多普勒超声联合 ^{18}F -FDG PET/CT 能显著提高对甲状腺乳头状癌淋巴结转移诊断的准确率, 降低漏诊误诊率[7]。还有研究表明在鳞状细胞癌中 ^{18}F -FDG PET/CT 在检测隐匿性颈部转移淋巴结的诊断方面比传统的 CT/MRI 敏感性更高(62.1% vs 29.3%) [8]。但在对分化型甲状腺癌颈部淋巴结转移的诊断价值是有争议的, 相关研究也较少。

2.3. 在远处转移病灶中的应用

PET/CT 的优势是对已确诊 DTC 患者的全身情况的评估, 对初诊 DTC 患者怀疑有远处转移(肺、骨、脑等), PET/CT 可以对全身情况的评估及临床分期、指导后续治疗策略是有价值的。特别是肺转移病灶在短期进展的远处转移病灶, ^{18}F -FDG PET/CT 具有较高的预测价值[9]。虽然 ^{18}F -FDG PET/CT 不常规用于甲状腺癌的诊断, 但对易并发远处转移的甲状腺癌类型, 可行 PET/CT 评估患者全身情况, 利于肿瘤的分期, 如高侵袭性甲状腺癌[10]、甲状腺滤泡癌[11]、甲状腺髓样癌[12]等。对于高危型甲状腺癌, PET/CT 能影响甚至改变患者的治疗方案, Vogel 等人前瞻性研究了 ^{18}F -FDG-PET/CT 对常规临床环境中分化型甲状腺癌治疗的影响[13]。纳入 98 名经组织学确定为甲状腺癌的患者, 在行 ^{18}F -FDG PET/CT 检查之后, 32% 的病例改变了行 PET/CT 之前的治疗计划, 7% 的病例没有再进行侵入性检查以明确诊断。 ^{18}F -FDG PET/CT 的应用不仅可以提高诊断准确性, 也能影响患者的治疗决策, 甚至减少一些侵入性检查。Rendl, Gundula 的研究得出了类似的结论, 在中高风险 DTC 患者中, 15% 临床患者的管理发生了变化[14]。

综上, PET/CT 无论是在甲状腺癌原发灶的诊断还是在颈部转移淋巴结的诊断中的应用都是有一定局限性的, 但对 DTC 患者全身情况的评估, 尤其是高危型分化型甲状腺癌, 侵袭性甲状腺癌或远处转移的患者, ^{18}F -FDG PET/CT 是有较高的临床价值的。

3. PET/CT 在分化型甲癌治疗中的应用

分化型甲状腺癌的标准化治疗方式即“手术治疗 + ^{131}I 治疗 + TSH 替代抑制治疗”。

3.1. 外科手术前 PET/CT 在分化型甲状腺癌中的应用价值

PET/CT 对外科手术治疗方式的指导价值是有限的, 不作为常规评估, 而病灶与周围重要结构的关系一般可通过增强 CT 进行评估, 但对区域淋巴结转移的价值有争议, 尤其是对直径较小的淋巴结, PET/CT 的空间分辨率较低, 其诊断的灵敏度不如 PET/MR (80.5% VS 61.0%) [15], 由于 PET 检查价格昂贵, 临床实际应用受到限制, 所以通常不建议在外科术前常规 PET/CT 检查。但对一些高风险患者, 如多基因突变甲状腺癌、病理类型提示为高侵袭性甲癌、未分化甲癌等都有一定的指导价值, 可行 PET/CT 评估患者全身情况, 利于肿瘤的准确分期及指导后续碘治疗[10]-[12]。

3.2. PET/CT 在 ^{131}I 治疗前的应用价值

^{131}I 治疗个体化、精准治疗的策略是治疗前的充分评估, 包括治疗前相关血清学、影像学的检查结果及术中所见、术后病理、TNM 分期、初始复发风险分层等。虽然 PET/CT 非常规推荐检查, 但如果患者体内存在明显残留或局部与远处转移灶等情况, PET/CT 一方面既可明确全身病灶的情况(范围、数量等), Lee 等人回顾性研究发现 258 例行甲状腺全切术后需要接受 ^{131}I 的患者, 行 ^{18}F -FDG PET/CT 后 25% 的患者发现额外病灶[16]。另一方面病灶的 FDG 代谢又与后续摄碘及碘治疗的疗效具有一定相关性, 利于指导个体化的治疗策略及预测患者预后等。Liu 等人研究表明 ^{18}F -FDG PET/CT 阳性摄取病灶的 SUVmax 值越大, 病灶对碘的摄取能力越弱, 患者的预后也较差[17]。

3.3. PET/CT 在碘难治性甲状腺癌中的应用

ATA 指南强烈推荐在随访中碘扫阴性但 Tg 升高的分化型甲状腺癌患者行 ^{18}F -FDG PET/CT 作为探测其病灶并评估治疗及预后的最佳方法[18]。明确是否属于碘难治性甲状腺癌(radioactive iodine refractory differentiated thyroid cancer, RAIR-DTC), 决定患者后续治疗及随访管理策略: 是使用经验性碘治疗、单纯 TSH 抑制治疗、还是局部治疗或全身综合治疗(如靶向药物、免疫治疗、化疗等)。有研究证据表明, FDG PET/CT 在检测全身显像(Whole Body Scan, WBS)阴性且血清 Tg 或 TgAb 水平升高的 DTC 患者复发方面具有较高的诊断准确性[19][20]。同样, Matsuo 等人研究表明在首次 ^{131}I 治疗时, 行 ^{18}F -FDG PET/CT 可以在早期识别出高危或者预后特别差的患者如 RAIR-DTC, PET 显像结果阳性的患者的预后明显差于显像阴性的患者[21]。中国学者也得出了与之相似的结论, ^{18}F -FDG PET/CT 识别 RAIR-DTC 的效能最大, 其敏感度和特异性分别为 86.7%和 92.3% [22]。所以 ^{18}F -FDG PET/CT 有助于早期识别 RAIR-DTC。 ^{18}F -FDG PET/CT 还可以指导在多次放射性碘治疗(radioactive iodine therapy, RAIT)后摄碘可疑或全身碘扫描阴性的 RAIR-DTC 患者选择最佳治疗途径。Lodi Rizzini 等人回顾性研究了 208 例晚期分化型甲癌患者, 在第二次 ^{131}I 治疗后, 发现了 53 名可疑 RAIR-DTC 患者, 让其接受 ^{18}F -FDG PET/CT 扫描, 发现 27 例(51.0%)患者显像结果阳性, 其中 16 例(59.0%)嘱其观察随访, 4 例(15.0%)接受外照射治疗(EBRT), 4 例再次接受(15.0%)手术治疗, 2 例(7.4%)再次行 RAI 治疗, 1 例接受手术 + EBRT, 研究结论显示治疗方法、代谢反应和最终的疾病反应评估之间存在显著的相关性[23]。该研究进一步证实了 ^{18}F -FDG PET/CT 在 RAIR-DTC 指导选择下一步临床诊疗方案的价值, 并避免了不必要的 RAIT。 ^{18}F -FDG PET/CT 在评估晚期放射性碘难治性 DTC 患者在接受酪氨酸激酶抑制剂(TKI) Lenvatinib 治疗后的疗效也是有价值的。Ahmaddy 等人研究发现在接受 Lenvatinib 治疗时 ^{18}F -FDG-PET/CT 的肿瘤反应评估优于 CT 的形态反应评估, PET/CT 能选择出最有可能从 Lenvatinib 治疗中受益的患者, 以达到个体化治疗指导, 避免无效治疗[24]。同样对碘难治性甲状腺癌的预后评估也有重要价值, Roy 等人的单中心回顾性研究中表明 ^{18}F -FDG-PET/CT 测量出的肿瘤负荷参数是影响患者 1 年生存率和 5 年生存率较差的预后因素[25]。

综上, 虽然 PET/CT 在分化型甲状腺癌术前不作为常规检查手段, 但对于易发生远处转移的高危型甲状腺癌或 ^{131}I 治疗后 Tg 升高且碘扫阴性临床上高度怀疑碘难治性甲状腺的患者, 推荐其行 PET/CT 检查, 以便于评估全身病情变化、指导下一步诊疗方案、对治疗疗效以及预后的评估都是有重要价值的。

4. 新型分子探针的应用

FDG 非肿瘤特异性显像剂, 限制了其在 DTC 中的应用。近年来一些新型核素或分子探针的研究, 未来将推动 PET/CT 在 DTC 中的应用。

4.1. ^{124}I PET/CT

^{124}I 是 ^{131}I 的放射性同位素, ^{124}I 释放高能 γ 射线能够穿透组织, 通过正电子发射断层扫描显像。 ^{124}I PET/CT 在手术前评估、指导 ^{131}I 治疗、评估预后等方面都有价值。Wu Di 等人回顾性研究发现 ^{124}I PET/CT 成像在检测疾病的复发或转移方面比诊断性碘扫描更灵敏和特异, 并指出其在已经接受过 ^{131}I 治疗患者的临床分期和管理治疗决策中的潜在价值[26]。 ^{124}I PET/CT 可通过准确估计 DTC 行 ^{131}I 治疗时病变吸收的剂量, 来指导选择安全有效的 ^{131}I 给药活性, 从而为甲状腺癌患者指导更个性化的治疗方式[27]。

4.2. ^{18}F -TFB PET/CT

^{18}F -四氟硼酸(tetrafluoroborate, TFB)可与钠碘转运蛋白(NIS)特异性结合, 且亲和力较高, 在复发性 DTC 的检测方面比 ^{131}I -WBS 和 SPECT-CT 有更高的灵敏度和准确性[28]。Ventura 等人研究发现在 ^{131}I 治

疗前 ^{18}F -TFB PET/CT 可能有助于预测碘扫描中复发性分化型甲状腺癌病变的阳性结果[29], 因此 ^{18}F -TFB PET/CT 也许能够筛选出可以接受 ^{131}I 治疗的患者。无论是在复发性分化型甲状腺癌中检测病变的表现还是预测碘扫的阳性结果, ^{18}F -TFB PET/CT 相比传统的检测方法更具有优势。

4.3. ^{68}Ga -PSMA PET/CT

基于前列腺特异性膜抗原(Prostate specific membrane antigen, PSMA)的放射性示踪剂最初是为前列腺癌成像而开发的, PSMA 在前列腺癌细胞表面高表达, 而在正常细胞中低表达, 因此 ^{68}Ga -PSMA 可特异性与前列腺癌细胞表面的 PSMA 结合。但 PSMA 的表达并不是前列腺癌细胞所特有的, 目前已展现出在检测甲状腺癌病灶方面的应用前景。Verma 等人研究表明 PSMA 在 Tg 升高但碘扫阴性的分化型甲状腺癌患者中病变的影像表现局限于骨骼和肺部[30]。另一项研究表明 ^{68}Ga -PSMA PET/CT 可能适合对转移性分化型甲状腺癌进行分期, 因为它可识别出转移性病灶, 尤其是骨病变处的 SUVmax 最高可达 39.7 [31]。de Vries 等人发现 ^{68}Ga -PSMA PET/CT 在碘难治性甲状腺癌中能够检测到 ^{18}F -FDG PET/CT 以外的病灶, 同时能够识别出符合 ^{177}Lu -PSMA 治疗条件的患者[32], Lütje 等人也得出了相似的结论, ^{68}Ga -PSMA PET/CT 可用于识别因 PSMA 摄取量高而可能有资格接受 PSMA 靶向放射性核素治疗的患者, 这也许能为 $^{68}\text{Ga}/^{177}\text{Lu}$ -PSMA 在碘难治性分化型甲状腺癌中的诊疗一体化提供研究方向。

4.4. 生长抑素受体(SSTR)类似物

早有研究表明分化型甲状腺癌高表达 SSTR 亚型[33], 所以, 利用 ^{68}Ga 标记的生长抑素类似物来进行 PET/CT 成像能够发现 DTC 复发或转移性病变。Parihar 等人研究发现, 在碘难治性甲状腺癌患者中, ^{68}Ga -DOTA-RGD2 PET/CT 在检测病灶的特异性和准确度比 ^{18}F -FDG PET/CT 更高[34]。尤其是在 ^{18}F -FDG 结果阴性或者可疑的时候, ^{68}Ga -DOTA-RGD2 表现更优, 除此之外, 该研究还发现由于大多数 ^{68}Ga -DOTA-RGD2 PET/CT 阳性结果的患者(82.1%)表现出对放射性示踪剂的亲和力较高(IV 级和 V 级), 因此基于 ^{177}Lu 的新型治疗诊断学也许可以成为这类患者的潜在治疗方式。

4.5. ^{68}Ga -FAPI PET/CT

成纤维细胞活化蛋白(fibroblast activation protein, FAP)是一种 II 型跨膜丝氨酸蛋白酶, 可作为肿瘤相关成纤维细胞标记物, 其在正常组织中不表达或低表达, 但在 90% 以上的上皮源性肿瘤组织中呈高表达状态, FAP 的表达水平通常与肿瘤患者的生存和预后有关, 使其成为肿瘤诊断、治疗中有前景的靶点[35]。FAP 抑制剂(FAP inhibitor, FAPI)能特异性地与上皮性肿瘤相关成纤维细胞(cancer-associated fibroblasts, CAF)膜表面的 FAPI 结合, 靶向 FAP 核素成像可用于诊断多种肿瘤性疾病。现有研究表明 ^{68}Ga -FAPI-04 PET/CT 在检测淋巴结(86.4% vs. 45.5%, $P = 0.004$)与骨和内脏转移方面的敏感性优于 ^{18}F -FDG PET/CT (83.8%对 59.5%, $P = 0.004$) [36]。Fu 等人前瞻性研究了 35 名临床疑似或确诊转移性 DTC 患者, 研究表明在转移性分化型甲状腺癌患者中 ^{68}Ga -FAPI PET/CT 在颈部淋巴结和肺转移灶方面的检出率优于 ^{18}F -FDG PET/CT (83% vs 65%; 79% vs 59%) [37]。同样该作者其他研究也证实在碘难治性甲状腺癌患者中 ^{68}Ga -FAPI 在检测转移性病灶时显示出比 ^{18}F -FDG 更好的信背比(signal-to-background ratio, SBR) [35]。Mu 等人得出了相似的结论, ^{18}F -FDG PET/CT 检测到的局部复发的转移病灶摄取强度高于 ^{18}F -FDG [38]。由此我们可以得知核素标记的新型分子探针 FAPI 在检测病灶的某些方面是优于 FDG 的。那么放射性核素标记的 FAPI, 也许能在碘难治性甲状腺癌中诊疗一体化提供临床理论依据, 如 $^{68}\text{Ga}/^{177}\text{Lu}$ -FAPI, 对于 RAIR-DTC 特异性诊断和治疗有很大的临床意义及研究价值。

综上, 新型分子探针的应用, 则是 PET/CT 更好服务于临床的另一有力臂膀, 为早日实现新型分子

探针在甲状腺癌中的精准诊疗一体化提供可能。

5. 小结与展望

PET/CT 属高端分子影像设备, 在肿瘤的诊治中已发挥重要作用, 但是 ^{18}F -FDG PET/CT 在 DTC 中的临床应用仍具有一定局限性, 目前主要用于全身病灶的整体评估、高血清 Tg 水平而全身碘显像阴性患者, 尤其是疑似碘难治性甲状腺癌患者病灶的检出, 以及 ^{131}I 治疗疗效的评估等。此外, PET/CT 检查费用较高, 其应用还受到设备配置水平、地区医疗资源分布差异及医保支付政策等现实因素影响, 在临床实践中的可应用性仍在一定程度上受到限制。因此临床上对 ^{18}F -FDG PET/CT 在 DTC 中的应用不仅应关注其在病灶检出和疗效评估方面的潜在优势, 还应结合具体临床情况、患者获益及卫生资源配置等因素, 进一步明确其适用范围及获益人群, 切实发挥 ^{18}F -FDG PET/CT 在 DTC 诊疗中的价值。

在明确 ^{18}F -FDG PET/CT 临床定位的同时, 近年来一些新型核素及分子探针在 DTC 中的研发及临床应用也日益受到重视。不同于 ^{18}F -FDG 主要反映肿瘤葡萄糖代谢状态, 新型探针可从肿瘤微环境及特定分子表达特征等方面提供更多信息, 有望弥补传统显像在部分临床场景中的不足, 并为 DTC 的精准评估与个体化管理提供新的影像学依据。但目前该领域研究仍存在一些亟待解决的关键问题, 如 PET/CT 在 DTC 不同临床情境下的适应证尚未完全明确, 新型探针仍缺乏高质量前瞻性研究证据, 不同示踪剂摄取差异的生物学基础尚有待深入阐明, 以及整合多模态影像与临床指标的风险分层评估体系仍未建立。未来应进一步开展前瞻性、多中心、头对头比较研究, 以验证新型探针在不同临床场景中的应用。同时构建融合影像学、血清学及组织病理学等的综合评估模型, 并加强对成本效益及临床应用可行性的研究, 从而推动 PET/CT 在 DTC 管理中的精准化和合理化应用。未来, 随着新型显像探针的不断发展及相关循证医学证据的逐步积累, PET/CT 有望在 DTC 患者个性化诊疗中发挥更大的作用。

致 谢

本综述在导师的悉心指导下完成。从选题设计、文献查阅到内容修改, 导师均给予了耐心指导和宝贵建议, 在此表示衷心感谢。

基金项目

重庆市自然科学基金项目, 重庆市科技局资助(项目编号: CSTB2023NSCQ-MSX0678)。

参考文献

- [1] Han, B., Zheng, R., Zeng, H., Wang, S., Sun, K., Chen, R., *et al.* (2024) Cancer Incidence and Mortality in China, 2022. *Journal of the National Cancer Center*, **4**, 47-53. <https://doi.org/10.1016/j.jncc.2024.01.006>
- [2] 甲状腺细针穿刺细胞病理学诊断专家共识编写组, 中华医学会病理学分会细胞病理学组. 甲状腺细针穿刺细胞病理学诊断专家共识(2023 版) [J]. 中华病理学杂志, 2023, 52(5): 441-446.
- [3] Li, Y., Wang, Q., Wang, X., Li, X., Wu, H., Wang, Q., *et al.* (2020) Expert Consensus on Clinical Application of FDG PET/CT in Infection and Inflammation. *Annals of Nuclear Medicine*, **34**, 369-376. <https://doi.org/10.1007/s12149-020-01449-8>
- [4] 刘桂超, 高硕, 蔡莉, 等. 肺外结核 39 例临床表现与 ^{18}F -氟脱氧葡萄糖正电子发射计算机断层成像-CT 的特点分析[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2012, 35(3): 184-188.
- [5] Soelberg, K.K., Bonnema, S.J., Brix, T.H. and Hegedüs, L. (2012) Risk of Malignancy in Thyroid Incidentalomas Detected by ^{18}F -Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography: A Systematic Review. *Thyroid*, **22**, 918-925. <https://doi.org/10.1089/thy.2012.0005>
- [6] 吉婷, 杨爱民. ^{18}F -FDG PET/CT 显像对甲状腺偶发结节的诊断价值[J]. 标记免析与临床, 2023, 30(11): 1846-1852.
- [7] 彭民, 石华铮, 熊爱民, 等. 超声联合 ^{18}F -FDG PET/CT 对甲状腺乳头状癌术后复发转移的诊断价值[J]. 肿瘤影像学, 2020, 29(4): 365-369.

- [8] Bae, M.R., Roh, J., Kim, J.S., Lee, J.H., Cho, K., Choi, S., *et al.* (2019) ^{18}F -FDG PET/CT versus CT/MR Imaging for Detection of Neck Lymph Node Metastasis in Palpably Node-Negative Oral Cavity Cancer. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology*, **146**, 237-244. <https://doi.org/10.1007/s00432-019-03054-3>
- [9] Maruoka, Y., Baba, S., Isoda, T., Kitamura, Y., Abe, K., Sasaki, M., *et al.* (2017) Association between Volumetric Analysis of Lung Metastases on F-18-Fluoro-2-Deoxy-D-Glucose Positron Emission Tomography/Computed Tomography and Short-Term Progression after I-131 Therapy for Differentiated Thyroid Carcinoma. *Indian Journal of Nuclear Medicine*, **32**, 167-172. https://doi.org/10.4103/ijnm.ijnm_43_17
- [10] Treglia, G., Annunziata, S., Muoio, B., Salvatori, M., Ceriani, L. and Giovanella, L. (2013) The Role of Fluorine-18-Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography in Aggressive Histological Subtypes of Thyroid Cancer: An Overview. *International Journal of Endocrinology*, **2013**, 1-6. <https://doi.org/10.1155/2013/856189>
- [11] Zajkowska, K., Cegla, P. and Dedecjus, M. (2024) Role of [^{18}F]FDG PET/CT in the Management of Follicular Cell-Derived Thyroid Carcinoma. *Cancer Imaging*, **24**, Article No. 147. <https://doi.org/10.1186/s40644-024-00791-8>
- [12] Ozkan, E., Soydal, C., Kucuk, O.N., Ibis, E. and Erbay, G. (2011) Impact of ^{18}F -FDG PET/CT for Detecting Recurrence of Medullary Thyroid Carcinoma. *Nuclear Medicine Communications*, **32**, 1162-1168. <https://doi.org/10.1097/mnm.0b013e32834bbe09>
- [13] Vogel, J., Sekler, J., Gückel, B., Pfannenber, C., Nikolaou, K., La Fougère, C., *et al.* (2024) How [^{18}F]FDG-PET/CT Affects the Management of Patients with Differentiated Thyroid Carcinoma in Clinical Routines. *Cancers*, **16**, Article No. 588. <https://doi.org/10.3390/cancers16030588>
- [14] Rendl, G., Rettenbacher, L., Schweighofer-Zwink, G., Hehenwarter, L. and Pirich, C. (2020) Pre-Ablation rhTSH-Stimulated F-18 FDG PET/CT Changes Patient Management in Increased-Risk Thyroid Cancer. *Hormone and Metabolic Research*, **52**, 158-167. <https://doi.org/10.1055/a-1111-8927>
- [15] Song, Y., Liu, F., Ruan, W., Hu, F., Younis, M.H., Gao, Z., *et al.* (2021) Head-to-Head Comparison of Neck ^{18}F -FDG PET/MR and PET/CT in the Diagnosis of Differentiated Thyroid Carcinoma Patients after Comprehensive Treatment. *Cancers*, **13**, Article No. 3436. <https://doi.org/10.3390/cancers13143436>
- [16] Lee, J.W., Lee, S.M., Lee, D.H. and Kim, Y.J. (2013) Clinical Utility of ^{18}F -FDG PET/CT Concurrent with ^{131}I Therapy in Intermediate-to-High-Risk Patients with Differentiated Thyroid Cancer: Dual-Center Experience with 286 Patients. *Journal of Nuclear Medicine*, **54**, 1230-1236. <https://doi.org/10.2967/jnumed.112.117119>
- [17] Liu, M., Cheng, L., Jin, Y., Ruan, M., Sheng, S. and Chen, L. (2018) Predicting ^{131}I -Avidity of Metastases from Differentiated Thyroid Cancer Using ^{18}F -FDG PET/CT in Postoperative Patients with Elevated Thyroglobulin. *Scientific Reports*, **8**, Article No. 4352. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22656-4>
- [18] Haugen, B.R., Alexander, E.K., Bible, K.C., Doherty, G.M., Mandel, S.J., Nikiforov, Y.E., *et al.* (2016) 2015 American Thyroid Association Management Guidelines for Adult Patients with Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer: The American Thyroid Association Guidelines Task Force on Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer. *Thyroid*, **26**, 1-133. <https://doi.org/10.1089/thy.2015.0020>
- [19] Bang, J.I., Park, S., Kim, K., Seo, Y., Chong, A., Hong, C.M., *et al.* (2023) The Diagnostic Value of ^{18}F -Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography/Computed Tomography in Differentiated Thyroid Cancer Patients with Elevated Thyroglobulin/Thyroglobulin Antibody Levels and Negative Iodine Scintigraphy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Thyroid*, **33**, 1224-1236. <https://doi.org/10.1089/thy.2023.0264>
- [20] Albano, D., Tulchinsky, M., Dondi, F., Mazzeletti, A., Lombardi, D., Bertagna, F., *et al.* (2021) Thyroglobulin Doubling Time Offers a Better Threshold than Thyroglobulin Level for Selecting Optimal Candidates to Undergo Localizing [^{18}F]FDG PET/CT in Non-Iodine Avid Differentiated Thyroid Carcinoma. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, **48**, 461-468. <https://doi.org/10.1007/s00259-020-04992-8>
- [21] Matsuo, M., Baba, S., Hashimoto, K., Isoda, T., Kitamura, Y., Kogo, R., *et al.* (2023) Utility of FDG PET at the Initial Radioiodine Therapy in Differentiated Thyroid Cancer. *Anticancer Research*, **43**, 183-190. <https://doi.org/10.21873/anticancerres.16148>
- [22] 唐潇伟, 施良, 王俊, 赵震宇, 卜婷, 王峰. (18)F-FDG PET/CT 鉴别高危及碘难治性分化型甲状腺癌的价值[J]. 中国医学影像学杂志, 2022, 30(3): 210-214+229.
- [23] Lodi Rizzini, E., Repaci, A., Tabacchi, E., Zanoni, L., Vicennati, V., Cavicchi, O., *et al.* (2021) Impact of ^{18}F -FDG PET/CT on Clinical Management of Suspected Radio-Iodine Refractory Differentiated Thyroid Cancer (RAI-R-DTC). *Diagnostics*, **11**, Article 1430. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11081430>
- [24] Ahmaddy, F., Burgard, C., Beyer, L., Koehler, V.F., Bartenstein, P., Fabritius, M.P., *et al.* (2021) ^{18}F -FDG-PET/CT in Patients with Advanced, Radioiodine Refractory Thyroid Cancer Treated with Lenvatinib. *Cancers*, **13**, Article No. 317. <https://doi.org/10.3390/cancers13020317>
- [25] Roy, M., Edet-Sanson, A., Lefebvre, H., Vera, P. and Decazes, P. (2022) Using ^{18}F -FDG-PET/CT Metrics to Predict Survival in Ra-Dio-Iodine Refractory Thyroid Cancers. *Diagnostics*, **12**, Article 2381. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12102381>

- [26] Wu, D., Ylli, D., Heimlich, S.L., Burman, K.D., Wartofsky, L. and Van Nostrand, D. (2019) 124 I Positron Emission Tomography/Computed Tomography versus Conventional Radioiodine Imaging in Differentiated Thyroid Cancer: A Review. *Thyroid*, **29**, 1523-1535. <https://doi.org/10.1089/thy.2018.0598>
- [27] Wong, B.Z.Y., Dickie, G., Garcia, P., Scott, D. and Pattison, D.A. (2021) ^{124}I -PET/CT-Guided Diagnosis and Personalized Treatment of Metastatic Papillary Thyroid Cancer to the Pancreas. *Clinical Nuclear Medicine*, **46**, 337-339. <https://doi.org/10.1097/rlu.0000000000003499>
- [28] Dittmann, M., Gonzalez Carvalho, J.M., Rahbar, K., Schäfers, M., Claesener, M., Riemann, B., *et al.* (2020) Incremental Diagnostic Value of ^{18}F]Tetrafluoroborate PET-CT Compared to ^{131}I]Iodine Scintigraphy in Recurrent Differentiated Thyroid Cancer. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, **47**, 2639-2646. <https://doi.org/10.1007/s00259-020-04727-9>
- [29] Ventura, D., Dittmann, M., Büther, F., Schäfers, M., Rahbar, K., Hescheler, D., *et al.* (2024) Diagnostic Performance of ^{18}F]TFB PET/CT Compared with Therapeutic Activity ^{131}I]Iodine SPECT/CT and ^{18}F]FDG PET/CT in Recurrent Differentiated Thyroid Carcinoma. *Journal of Nuclear Medicine*, **65**, 192-198. <https://doi.org/10.2967/jnumed.123.266513>
- [30] Verma, P., Malhotra, G., Meshram, V., Chandak, A., Sonavane, S., Lila, A.R., *et al.* (2021) Prostate-Specific Membrane Antigen Expression in Patients with Differentiated Thyroid Cancer with Thyroglobulin Elevation and Negative Iodine Scintigraphy Using ^{68}Ga -PSMA-HBED-CC PET/CT. *Clinical Nuclear Medicine*, **46**, e406-e409. <https://doi.org/10.1097/rlu.0000000000003655>
- [31] Lütje, S., Gomez, B., Cohnen, J., Umutlu, L., Gotthardt, M., Poeppel, T.D., *et al.* (2017) Imaging of Prostate-Specific Membrane Antigen Expression in Metastatic Differentiated Thyroid Cancer Using ^{68}Ga -HBED-CC-PSMA PET/CT. *Clinical Nuclear Medicine*, **42**, 20-25. <https://doi.org/10.1097/rlu.0000000000001454>
- [32] de Vries, L.H., Lodewijk, L., Braat, A.J.A.T., Krijger, G.C., Valk, G.D., Lam, M.G.E.H., *et al.* (2020) ^{68}Ga -PSMA PET/CT in Radioactive Iodine-Refractory Differentiated Thyroid Cancer and First Treatment Results with ^{177}Lu -PSMA-617. *EJNMMI Research*, **10**, Article No. 18. <https://doi.org/10.1186/s13550-020-0610-x>
- [33] Pazaitou-Panayiotou, K., Janson, E.T., Koletsas, T., Kotoula, V., Stridsberg, M., Karkavelas, G., *et al.* (2012) Somatostatin Receptor Expression in Non-Medullary Thyroid Carcinomas. *Hormones*, **11**, 290-296. <https://doi.org/10.14310/horm.2002.1357>
- [34] Parihar, A.S., Mittal, B.R., Kumar, R., Shukla, J. and Bhattacharya, A. (2020) ^{68}Ga -Dota-Rgd 2 Positron Emission Tomography/Computed Tomography in Radioiodine Refractory Thyroid Cancer: Prospective Comparison of Diagnostic Accuracy with ^{18}F -FDG Positron Emission Tomography/Computed Tomography and Evaluation toward Potential Theranostics. *Thyroid*, **30**, 557-567. <https://doi.org/10.1089/thy.2019.0450>
- [35] Fu, H., Fu, J., Huang, J., Pang, Y. and Chen, H. (2021) ^{68}Ga -FAPI PET/CT versus ^{18}F -FDG PET/CT for Detecting Metastatic Lesions in a Case of Radioiodine-Refractory Differentiated Thyroid Cancer. *Clinical Nuclear Medicine*, **46**, 940-942. <https://doi.org/10.1097/rlu.0000000000003730>
- [36] Chen, H., Pang, Y., Wu, J., Zhao, L., Hao, B., Wu, J., *et al.* (2020) Comparison of [^{68}Ga]Ga-Dota-FAPI-04 and [^{18}F]FDG PET/CT for the Diagnosis of Primary and Metastatic Lesions in Patients with Various Types of Cancer. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, **47**, 1820-1832. <https://doi.org/10.1007/s00259-020-04769-z>
- [37] Fu, H., Wu, J., Huang, J., Sun, L., Wu, H., Guo, W., *et al.* (2022) ^{68}Ga Fibroblast Activation Protein Inhibitor PET/CT in the Detection of Metastatic Thyroid Cancer: Comparison with ^{18}F -FDG PET/CT. *Radiology*, **304**, 397-405. <https://doi.org/10.1148/radiol.212430>
- [38] Mu, X., Huang, X., Jiang, Z., Li, M., Jia, L., Lv, Z., *et al.* (2022) [^{18}F]FAPI-42 PET/CT in Differentiated Thyroid Cancer: Diagnostic Performance, Uptake Values, and Comparison with 2- ^{18}F]FDG PET/CT. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, **50**, 1205-1215. <https://doi.org/10.1007/s00259-022-06067-2>