

¹³¹I全身显像在分化型甲状腺癌中的临床应用现状与前景

明庭辉^{1,2}, 马温惠^{2*}

¹西安医学院研究生处, 陕西 西安

²空军军医大学第一附属医院核医学科, 陕西 西安

收稿日期: 2026年3月17日; 录用日期: 2026年4月11日; 发布日期: 2026年4月20日

摘要

甲状腺癌发病率增长最快, 是内分泌系统最常见的恶性肿瘤。尽管分化型甲状腺癌预后较好, 但仍有部分患者存在转移性病变, 早期发现是提高患者生存率的关键。颈部超声与CT在鉴别良恶性、显示深部淋巴结等方面存在局限。¹³¹I全身显像可对分化型甲状腺转移灶特异性显像, 实现精准定位与定性, 有助于临床分期、复发风险分层及治疗管理。本文就¹³¹I全身显像的原理、分类、临床应用及研究进展进行综述。

关键词

分化型甲状腺癌, ¹³¹I治疗, ¹³¹I全身显像

Current Status and Prospects of Clinical Application of ¹³¹I Whole-Body Scan in Differentiated Thyroid Cancer

Tinghui Ming¹, Wenhui Ma^{2*}

¹Postgraduate Office, Xi'an Medical University, Xi'an Shaanxi

²Department of Nuclear Medicine, The First Affiliated Hospital of Air Force Medical University, Xi'an Shaanxi

Received: March 17, 2026; accepted: April 11, 2026; published: April 20, 2026

Abstract

The incidence of thyroid cancer is increasing the fastest and it is the most common malignant tumor

*通讯作者。

文章引用: 明庭辉, 马温惠. ¹³¹I全身显像在分化型甲状腺癌中的临床应用现状与前景[J]. 临床医学进展, 2026, 16(4): 3662-3666. DOI: 10.12677/acm.2026.1641630

in the endocrine system. Although differentiated thyroid cancer has a better prognosis, there are still some patients with metastatic lesions. Early detection is the key to improving the survival rate of patients. Neck ultrasound and CT have limitations in differentiating benign and malignant lesions and showing deep lymph nodes. ^{131}I whole-body scan can specifically image differentiated thyroid metastases, achieving precise localization and qualitative assessment, which is helpful for clinical staging, risk stratification of recurrence and treatment management. This article reviews the principle, classification, clinical application and research progress of ^{131}I whole-body scan.

Keywords

Differentiated Thyroid Cancer, ^{131}I Therapy, ^{131}I Whole-Body Scan

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

甲状腺癌已成为增速最快的恶性肿瘤之一。据 2022 年中国肿瘤统计数据显示,我国甲状腺癌新发病例达 46.61 万例[1],其中分化型甲状腺癌(Differentiated Thyroid Cancer, DTC)约占 95%。尽管 DTC 总体预后良好,10 年生存率超过 90%,但 5%~20% DTC 患者会出现颈部淋巴结转移或远处转移[2][3]。因此及时发现转移性病变,是提升患者生存率的关键。

颈部超声是目前检测颈部淋巴结转移的最常用的手段,可通过不同切面的淋巴结形态、血供及内部回声等方面信息,从而对颈部淋巴结进行定性诊断。但是超声难以区分甲状腺复发、淋巴结进展与良性腺体残留,且无法清晰显示解剖位置较深处淋巴结[4]。同理,CT 作为一种基于解剖学的影像检查方法,当病灶较小时,恶性病灶的形态结构尚未出现明显改变,因此难以与良性病灶相鉴别。而 ^{131}I 全身显像可以通过摄取 ^{131}I 衰变产生的 γ 射线,对残余甲状腺组织和 DTC 转移灶实现特异性显像,可实现病灶的精准定位与定性[5]。从而及时准确地评估患者临床分期及复发风险分层,完善后续治疗管理,提高患者临床治愈率和延长患者总生存期。本文主要对 ^{131}I 全身显像的原理、分类、临床诊疗中的应用及研究进展进行综述。

2. ^{131}I 全身显像的原理及分类

^{131}I 能衰变产生 β 及 γ 射线,是一种优秀的诊疗一体化核素。甲状腺细胞和 DTC 均可表达钠-碘同向转运体[6] (Sodium-Iodide Symporter, NIS),当患者摄入放射性碘后,二者均能特异性浓聚碘离子, ^{131}I 全身显像接收 ^{131}I 释放的 γ 射线及可对残余甲状腺组织和 DTC 转移灶实现特异性显像。

临床上根据检查目的与给药剂量,将 ^{131}I 全身显像分为诊断性 ^{131}I 全身显像(Diagnostic Whole-Body Scan, Dx-WBS)和治疗后 ^{131}I 全身显像(Post-Therapy Whole-Body Scan, Rx-WBS)。Dx-WBS 主要在 ^{131}I 治疗前给予一个小剂量 ^{131}I (1~5 mCi)用于评估患者的疾病状态,如评估残留甲状腺组织、颈部淋巴结转移及远处转移(如肺、骨转移)的范围与摄碘能力,为后续 ^{131}I 治疗剂量的个体化制定、疗效预测及风险分层提供重要的影像学依据,是实现分化型甲状腺癌精准诊疗的核心环节之一。Rx-WBS 是患者口服大剂量 ^{131}I 治疗后(>30 mCi),具有摄碘功能的甲状腺组织及转移灶可对 ^{131}I 特异性摄,给药后 3~7 天通过 SPECT 行全身显像,是目前评估治疗效果与实现精确分期的“金标准”影像学方法[7]。

3. 诊断性 ^{131}I 全身显像

Dx-WBS 是 ^{131}I 治疗前评估 DTC 患者最常用的检查方法, 可以检测出隐蔽性、功能性局部病灶和远处转移灶, 从而改变患者的治疗管理, 助力 ^{131}I 精准诊疗。既往研究认为, 由于“甲状腺顿抑”现象[8], Dx-WBS 的使用的 ^{131}I 剂量较小, 其对病灶的探测灵敏度较低, 不能有效地显示摄碘性转移灶。但近期有研究证实 Dx-WBS 在 DTC 患者中的诊断价值, 及其在精准评估风险分层、辅助制定 ^{131}I 治疗方案方面的价值[9]。姜晓彤等人[10]纳入了 91 例 DTC 患者开展研究, 结果显示 Dx-WBS 与 Rx-WBS 总体一致率达 89.0%。结合刺激性甲状腺球蛋白(stimulated Thyroglobulin, sTg), Dx-WBS 对清甲治疗预测与 Rx-WBS 符合率为 100%。并且在高、中 sTg 组中, Dx-WBS 与 Rx-WBS 对颈部淋巴结转移的检出率完全一致。另一项回顾性研究[11]结果显示, Dx-WBS 改变了 15% 的 DTC 患者的危险分层并且可明确残留淋巴结及远处转移性病变, 进而使 29.4% 的患者 ^{131}I 治疗剂量发生改变。值得关注的是, Dx-WBS 因平面显像无法提供断层解剖结构细节, 易出现假阳性结果, 而 Dx-WBS + SPECT/CT 通过融合功能显像与解剖定位优势, 能有效提升诊断的灵敏度与特异性, 显著优化诊断准确性。因此, 美国核医学协会与欧洲核医学协会均将其推荐为评估 DTC 患者的首选检查方法[12]。

Dx-WBS 在 DTC 患者的长期随访中同样具有重要意义。人重组促甲状腺激素[13] (rhTSH) 的应用简化了 Dx-WBS 的操作流程, 避免了甲减带来的不适, 从而提升了检查的便捷性与依从性。Dx-WBS 结合血清甲状腺球蛋白水平与其他影像学检查, Dx-WBS 可早期发现隐匿性病灶, 及时指导后续 RAIT 或其他干预方案的调整, 对改善患者预后、实现个体化随访管理具有不可替代的临床价值。当前, 随着甲状腺癌靶向治疗的应用, 通过靶向药物等手段诱导分化病灶恢复 NIS 表达、重新摄取 ^{131}I , 已成为重要的治疗策略[14]。Dx-WBS 能够直观、准确地评估病灶是否恢复摄碘功能, 对于判断患者是否适合接受后续 ^{131}I 治疗具有重要的临床应用价值。

4. 治疗后 ^{131}I 全身显像

^{131}I 治疗是 DTC 术后综合治疗的主要措施之一, 可以明显提高 DTC 患者甲状腺切除术后的长期相对生存率, 尤其是对淋巴结转移及远处转移的患者[15]。Rx-WBS 与 Dx-WBS 相比, 由于 ^{131}I 剂量高数十倍, 探测灵敏度更高, 能够发现未能显示的微小或摄碘能力较低的转移灶。Rx-WBS 对术后残留淋巴结转移具有较高的灵敏度, 能够检出术前超声或 CT 漏诊的微小转移灶, 并实现精准定位, 为后续 ^{131}I 治疗剂量的制定及再次手术范围的规划提供关键依据[16]。Rx-WBS 平面显像约有 29% 病灶因解剖位置不确定而无法确定病灶的性质, Rx-WBS + SPECT/CT 后可以将不确定病灶比例降至 7%, 另外病灶的假阳性率降低了 10.8% [17]。此外, Air chong 等人[18]采用 Meta 分析, 纳入了 3260 例 DTC 患者, Rx-WBS + SPECT/CT 改变了 30% 患者的治疗和随访方案。上述研究充分证实了 Rx-WBS 在 DTC 患者中的诊断价值。2015 年美国甲状腺协会、2022 年欧洲甲状腺协会及 2021 年中华医学会核医学分会指南均指出[3][12][19], Rx-WBS + SPECT/CT 能够提高淋巴结转移与远处转移的定性和定位诊断准确性, 有助于制定更为合理的治疗管理与随访计划, 从而改善患者生存率。

Rx-WBS 在 DTC 中的诊断效能与成像时间密切相关, 不同时间点采集的图像对残留甲状腺组织及转移灶的检测能力存在明显差异。Liu 等人[20]回顾性分析 161 例 DTC 患者 ^{131}I 治疗后第 3、7、10 天的 Rx-WBS, 结果显示第 3 天对残余甲状腺组织检出最佳, 第 7 天对淋巴结及肺转移灶效能最高, 第 10 天无额外价值。主要是甲状腺床背景比随时间下降, 肝脏靶背景比则上升, ^{131}I 动力学特征相符。Salvatori 等人[21]也得到类似的结论, 血清甲状腺球蛋白水平升高或高度怀疑存在转移灶的高复发风险 DTC 患者, 优先选择晚期 Rx-WBS (第 7 天), 可检出早期扫描漏诊的转移灶, 避免疾病分期不足, 为后续治疗提供依据。

5. 结论

^{131}I 全身显像对临床决策与诊疗管理具有重要意义。Dx-WBS 不仅可在 ^{131}I 治疗前准确评估患者疾病状态并及时调整治疗方案, 在随访及评估失分化 DTC 患者再分化治疗方面也具有重要价值。Rx-WBS 则是评估治疗效果与实现精确分期的“金标准”影像学方法, 有条件者应行平面显像联合 SPECT/CT。随着影像设备的不断发展及重组人促甲状腺激素的推广应用, ^{131}I 全身显像的临床价值有待进一步深入挖掘。

6. 前景与展望

^{131}I 治疗剂量直接关乎分化型甲状腺癌患者的疗效与远期预后。定量 SPECT/CT 可精量化 ^{131}I 摄取与吸收剂量, 为个体化给药提供客观依据, 实现分化型甲状腺癌个体化给药, 提升疗效、降低损伤, 在 ^{131}I 个体化治疗中应用前景广阔。人工智能在 Dx-WBS + SPECT/CT 图像中具有巨大潜力, 可实现对分化型甲状腺癌转移灶的自动分割、微小病灶精准检出, 并基于 ^{131}I 摄取与吸收剂量构建预后预测模型, 为 ^{131}I 个体化精准治疗提供智能化决策支持。此外, 部分患者会进展为碘难治性分化型甲状腺癌, 摄碘能力下降甚至丧失。FAPI-PET/CT 或 PSMA-PET/CT 等新型探针能有效检测失分化病灶, 指导患者后续治疗方案, 改善患者预后并降低死亡率, 具有重要临床应用前景。

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] Heston, T.F. and Wahl, R.L. (2010) Molecular Imaging in Thyroid Cancer. *Cancer Imaging*, **10**, 1-7.
- [3] 中华医学会核医学分会. ^{131}I 治疗分化型甲状腺癌指南(2021 版) [J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2021, 41(4): 218-241.
- [4] Rondeau, G., Fish, S., Hann, L.E., Fagin, J.A. and Tuttle, R.M. (2011) Ultrasonographically Detected Small Thyroid Bed Nodules Identified after Total Thyroidectomy for Differentiated Thyroid Cancer Seldom Show Clinically Significant Structural Progression. *Thyroid*, **21**, 845-853. <https://doi.org/10.1089/thy.2011.0011>
- [5] 李亚敏, 章斌. ^{125}I 及其标记化合物在核医学中的应用进展[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2024, 48(10): 631-636.
- [6] Dai, G., Levy, O. and Carrasco, N. (1996) Cloning and Characterization of the Thyroid Iodide Transporter. *Nature*, **379**, 458-460. <https://doi.org/10.1038/379458a0>
- [7] Zhang, Q. and Xu, W. (2022) Correlation Analysis of I-131 SPECT/CT Uptake Parameters with the Success Ablation Treatment of Thyroid Remnant in Patients with Low-Intermediate-Risk Differentiated Thyroid Cancer. *Nuclear Medicine Communications*, **43**, 1051-1057. <https://doi.org/10.1097/mnm.0000000000001604>
- [8] Arnstein, N.B., Carey, J.E., Spaulding, S.A., *et al.* (1986) Determination of Iodine-131 Diagnostic Dose for Imaging Metastatic Thyroid Cancer. *Journal of Nuclear Medicine*, **27**, 1764-1769.
- [9] Ran, B., Shang, J., Chen, Y., Zhou, M., Li, H., He, W., *et al.* (2024) The Value of the First Postoperative Diagnostic I-131 Scan in Patients with Papillary Thyroid Carcinoma. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology*, **150**, Article No. 80. <https://doi.org/10.1007/s00432-023-05581-6>
- [10] 姜晓彤, 刘锦川, 张迎强, 等. 诊断性 ^{131}I 全身显像在分化型甲状腺癌 ^{131}I 治疗决策中的作用[J]. 中国癌症杂志, 2025, 35(1): 77-84.
- [11] Avram, A.M., Esfandiari, N.H. and Wong, K.K. (2015) Preablation 131-I Scans with SPECT/CT Contribute to Thyroid Cancer Risk Stratification and 131-I Therapy Planning. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **100**, 1895-1902. <https://doi.org/10.1210/jc.2014-4043>
- [12] Avram, A.M., Giovanella, L., Greenspan, B., *et al.* (2022) SNMMI Procedure Standard/EANM Practice Guideline for Nuclear Medicine Evaluation and Therapy of Differentiated Thyroid Cancer: Abbreviated Version. *Journal of Nuclear Medicine*, **63**, 15n-35n.
- [13] Lin, Y., Wen, Q., Fu, W., Yang, H., Gao, Y., Li, Z., *et al.* (2025) Rhtsh in Aiding Dynamic Assessment in Patients with Differentiated Thyroid Cancer. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, **53**, 389-397. <https://doi.org/10.1007/s00259-025-07349-1>

-
- [14] 徐雨彤, 吴江, 陈君, 等. 安罗替尼抑制甲状腺癌进展并诱导其再分化的实验研究[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2025, 45(4): 229-233.
- [15] Weis, H., Weindler, J., Schmidt, K., Hellmich, M., Drzezga, A. and Schmidt, M. (2025) Impact of Radioactive Iodine Treatment on Long-Term Relative Survival in Patients with Papillary and Follicular Thyroid Cancer: A SEER-Based Study Covering Histologic Subtypes and Recurrence Risk Categories. *Journal of Nuclear Medicine*, **66**, 525-530. <https://doi.org/10.2967/jnumed.124.269091>
- [16] Miller, J.E., Al-Attar, N.C., Brown, O.H., Shaughnessy, G.G., Rosculet, N.P., Avram, A.M., *et al.* (2018) Location and Causation of Residual Lymph Node Metastasis after Surgical Treatment of Regionally Advanced Differentiated Thyroid Cancer. *Thyroid*, **28**, 593-600. <https://doi.org/10.1089/thy.2017.0434>
- [17] Ciappuccini, R., Heutte, N., Trzepla, G., Rame, J., Vaur, D., Aide, N., *et al.* (2011) Postablation ¹³¹I Scintigraphy with Neck and Thorax SPECT-CT and Stimulated Serum Thyroglobulin Level Predict the Outcome of Patients with Differentiated Thyroid Cancer. *European Journal of Endocrinology*, **164**, 961-969. <https://doi.org/10.1530/eje-11-0156>
- [18] Chong, A., Seo, Y., Bang, J., Park, S., Kim, K., Hong, C.M., *et al.* (2023) Clinical Implications of Adding SPECT/CT to Radioiodine Whole-Body Scan in Patients with Differentiated Thyroid Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clinical Nuclear Medicine*, **49**, 215-225. <https://doi.org/10.1097/rlu.0000000000004953>
- [19] 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>
- [20] Liu, S., Zuo, R., Yang, T., Pang, H. and Wang, Z. (2022) A Semiquantitative Study of the Optimal Whole-Body Imaging Time after (131)I Therapy for Differentiated Thyroid Cancer. *Frontiers in Endocrinology*, **13**, Article ID: 955387. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.955387>
- [21] Salvatori, M., Perotti, G., Villani, M.F., Mazza, R., Maussier, M.L., Indovina, L., *et al.* (2013) Determining the Appropriate Time of Execution of an I-131 Post-Therapy Whole-Body Scan: Comparison between Early and Late Imaging. *Nuclear Medicine Communications*, **34**, 900-908. <https://doi.org/10.1097/mnm.0b013e328363cc5c>