

# 中低危分化型甲状腺癌术后<sup>131</sup>I 治疗反应的预测因素及 Tg 对治疗反应的预测价值\*

赵芸慕兰<sup>1</sup> 苏娟<sup>2</sup> 高海燕<sup>2</sup>

(1. 电子科技大学医学院, 四川 成都 610056; 2. 四川省医学科学院·四川省人民医院·电子科技大学附属医院核医学科, 四川 成都 610072)

**【摘要】** 目的 探讨中低危分化型甲状腺癌(DTC)术后<sup>131</sup>I 治疗反应的影响因素,并评估甲状腺球蛋白(Tg)水平对治疗反应的预测价值。方法 回顾性分析 2009 年 1 月—2022 年 12 月四川省人民医院核医学科收治的 389 例中低危 DTC 患者的临床资料,所有患者均行手术并接受<sup>131</sup>I 治疗。治疗后随访 6~204 个月,中位时间 75 个月。按治疗结果将患者分为完全缓解组(ER 组,  $n=310$ ) 组和未完全缓解组(NER 组,  $n=79$ )。比较 ER 组和 NER 组基线资料,采用多因素分析治疗结局的影响因素。结果 两组性别、T 分期、N 分期、累积剂量、治疗前甲状腺功能(TSH、FT3、FT4、Tg)及手术方式对<sup>131</sup>I 治疗反应比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。多因素分析显示,N 分期、累积剂量和 Tg 是治疗结局的独立预测因素( $P<0.05$ )。ROC 曲线分析表明,治疗前刺激性 Tg(sTg)和治疗后抑制性 Tg(iTg)对 ER/NER 的预测能力较好,AUC 为 0.773~0.886( $P<0.05$ )。结论 N 分期、累积剂量和 Tg 是中低危分化型甲状腺癌术后<sup>131</sup>I 治疗结局的独立预测因素,其中 Tg 是重要的动态随访指标,可用于预测<sup>131</sup>I 的治疗反应。

**【关键词】** 分化型甲状腺癌;中低危;甲状腺球蛋白;<sup>131</sup>I 治疗;预测价值

**【中图分类号】** R736.1 **【文献标志码】** A **DOI:**10.3969/j.issn.1672-3511.2026.03.017

## Analysis of predictive factors for the response to <sup>131</sup>I therapy in patients with low- and intermediate-risk differentiated thyroid cancer

ZHAO Yunmulan<sup>1</sup>, SU Juan<sup>2</sup>, GAO Haiyan<sup>2</sup>

(1. School of Medicine, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610056, China;

2. Department of Nuclear Medicine, Sichuan Provincial People's Hospital, School of Medicine, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610072, China)

**【Abstract】** **Objective** To explore the influencing factors of postoperative <sup>131</sup>I treatment response in intermediate- and low-risk differentiated thyroid carcinoma (DTC) and evaluate the predictive value of thyroglobulin (Tg) levels. **Methods** Clinical data from 389 intermediate- and low-risk DTC patients who underwent surgery followed by <sup>131</sup>I therapy were retrospectively analyzed. The follow-up duration ranged from 6 to 204 months (median 75 months). Patients were categorized into an excellent response (ER) group ( $n=310$ ) and a non-excellent response (NER) group ( $n=79$ ) based on treatment outcomes. Baseline characteristics were compared between groups, and multivariate analysis was performed to identify independent predictors. **Results** Significant differences in gender, T stage, N stage, cumulative <sup>131</sup>I dose, preoperative thyroid function (TSH, FT3, FT4, Tg), and surgical approach were observed between ER and NER groups ( $P<0.05$ ). Multivariate analysis revealed that N stage, cumulative <sup>131</sup>I dose, and Tg levels were independent predictors of treatment outcomes ( $P<0.05$ ). ROC curve analysis demonstrated strong predictive performance of stimulated thyroglobulin(sTg) and inhibitory thyroglobulin(iTg) for ER/NER, with AUC values of 0.773-0.886 ( $P<0.05$ ). **Conclusion** N stage, cumulative <sup>131</sup>I dose, and Tg (sTg and iTg) levels are independent predictors of postoperative <sup>131</sup>I treatment response in intermediate- and low-risk DTC. Tg serves as a critical dynamic follow-up marker for predicting <sup>131</sup>I therapeutic efficacy.

基金项目:四川省自然科学基金项目(2024NSFSC0667)

通信作者:高海燕,E-mail:haiyangao330@sina.com

引用本文:赵芸慕兰,苏娟,高海燕.中低危分化型甲状腺癌术后<sup>131</sup>I 治疗反应的预测因素及 Tg 对治疗反应的预测价值[J].西部医学,2026,38

(3):420-424. DOI:10.3969/j.issn.1672-3511.2026.03.017

**【Key words】** Differentiated thyroid carcinoma; Low- and intermediate-risk; Thyroglobulin;  $^{131}\text{I}$  treatment; Predictive value

甲状腺癌全球发病率持续上升,我国亦呈现快速增长态势<sup>[1]</sup>。分化型甲状腺癌(Differentiated thyroid carcinoma, DTC)约占甲状腺癌病例 95%以上,其规范治疗模式以手术为核心,联合术后 $^{131}\text{I}$ 治疗等综合治疗方案。作为 DTC 术后重要辅助治疗手段, $^{131}\text{I}$ 治疗能有效清除残留病灶及转移灶,显著降低复发风险并提高患者生存率<sup>[2]</sup>。尽管中低危 DTC 患者(分别占 57%和 38%)总体预后良好,但仍有部分病例对 $^{131}\text{I}$ 治疗反应欠佳<sup>[3]</sup>。因此,建立精准的疗效预测体系对制定个体化治疗方案具有重要意义。根据 2015 年美国甲状腺学会(American Thyroid Association, ATA)指南,治疗效果评估分为:最佳治疗反应(Excellent response, ER)、生化不完全缓解(Biochemical incomplete response, BIR)、不确定反应(Indeterminate response, IR)和结构不完全缓解(Structural incomplete response, SIR)。临床数据显示,ER 患者 10 年复发率仅为 1%~4%,死亡风险低于 1%;而非最佳反应(Non-excellent response, NER, 包括 BIR、IR 和 SIR)患者中,特别是 SIR 患者,其死亡率达 11%~50%,复发率高达 50%~85%。该动态评估体系为临床决策及长期随访提供了重要依据<sup>[4]</sup>。近年研究证实, $^{131}\text{I}$ 治疗前刺激性甲状腺球蛋白(Stimulated thyroglobulin, sTg)和治疗后抑制性甲状腺球蛋白(Inhibitory thyroglobulin, iTg)水平对 DTC 术后转移评估、疗效预测及预后判断具有重要价值<sup>[5-7]</sup>。本研究针对中低危 DTC 患者群体,系统探讨术后 $^{131}\text{I}$ 治疗反应的影响因素及 sTg 和 iTg 的预测效能,为临床制定个体化治疗及随访方案提供参考。

## 1 对象与方法

1.1 研究对象 回顾性分析 2009 年 1 月—2022 年 12 月四川省人民医院核医学科收治经手术治疗、术后病理确诊、经 $^{131}\text{I}$ 治疗并剔除抗甲状腺球蛋白抗体(Anti-thyroglobulin antibodies, TgAb)阳性后的 DTC 患者共 389 例。其中男性 91 例,女性 298 例,平均年龄(42.0±13.5)岁。中、低危 DTC 患者纳入标准:符合 2015 版 ATA 指南危险分层标准<sup>[4]</sup>,低危 131 例,中危 258 例。排除标准,具备以下任何 1 条:①肉眼可见肿瘤侵犯周围组织或器官。②肿瘤未能完全切除,术中有残留。③伴有远处转移。本研究经四川省人民医院医学伦理委员会批准并获得知情同意书证明[伦理号:伦审(研)2024 年第 694 号]。

1.2  $^{131}\text{I}$  治疗方法  $^{131}\text{I}$ 治疗前停用左甲状腺素钠

(Levothyroxine sodium, LT4)2~4 周<sup>[3]</sup>,并忌用各种含碘丰富药物及食物。治疗当日测定甲状腺吸碘率(MN-6110 甲状腺功能测定仪,安徽中科中佳科学仪器有限公司)。 $^{131}\text{I}$ 治疗剂量:首次“清甲”治疗剂量 2.22~3.70 GBq,颈部淋巴结转移者 5.55 GBq。口服 $^{131}\text{I}$  48 h 后恢复 LT4 的替代抑制治疗。再次 $^{131}\text{I}$ 治疗指征:甲状腺床有 $^{131}\text{I}$ 摄取;iTg>1.0 ng/mL,影像学提示甲状腺癌转移。

1.3 随访与疗效评估 治疗后随访 6~204 个月,中位随访时间 75 个月。根据 2015 年 ATA 指南,血清学 Tg、影像学(颈部超声、 $^{131}\text{I}$ 全身显像、胸片/胸部 CT 等)检查,将患者分为 ER 组 310 例和 NER 组(含 IDR、BIR 及 SIR)79 例。

1.4 基线资料收集 常规测定包括血清促甲状腺激素(Thyroid stimulating hormone, TSH)、TgAb、甲状腺球蛋白(sTg、iTg)、游离三碘甲状腺原氨酸(Free triiodothyronine, FT3)和游离四碘甲状腺原氨酸(Free tetraiodothyronine, FT4)水平在内的甲状腺功能,病灶分布情况、手术方式、TNM 分期以及 $^{131}\text{I}$ 的累积剂量。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 26.0 统计学软件进行处理。计数资料以频数(例数)和百分比 $[n(\%)]$ 表示;符合正态分布的计量资料以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,不符合正态分布的数据以中位数(四分位数) $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示。ER 和 NER 组间基线资料的比较以 $n(\%)$ 表示,采用 $\chi^2$ 检验、Kruskal-Wallis H 或 Mann-Whitney 非参数检验。采用多因素二元 Logistic 回归模型分析 $^{131}\text{I}$ 治疗反应的影响因素。通过受试者工作特征(ROC)曲线分析 $^{131}\text{I}$ 治疗后 Tg 预测 ER 与 NER 的最佳临界值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 ER 组和 NER 组基线资料的比较 两组性别、T 分期、N 分期、累积剂量、治疗前甲状腺功能(TSH、FT3、FT4、sTg 和 iTg)及手术方式对 $^{131}\text{I}$ 治疗反应比较,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),两组年龄、DTC 病灶分布比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 1。

2.2 多因素二元 Logistic 回归模型预测因素分析 将单因素分析中有意义的指标纳入多因素回归分析。结果显示,N 分期、累积剂量、Tg(sTg 和 iTg)是治疗反应的预测因素( $P < 0.05$ ),见表 2。

2.3 中低危 DTC 患者 Tg 预测价值的 ROC 曲线 在 N 分期、累积剂量、Tg(sTg 和 iTg)3 者中,前两者

表 1 ER 组和 NER 组基线资料的比较 [ (x̄ ± s), n (× 10<sup>-2</sup>), M (P<sub>75</sub>, P<sub>75</sub>) ]

因素	ER 组 (n=310)	NER 组 (n=79)	F/χ <sup>2</sup> /Z	P
男性	65(21.0)	26(32.9)	5.011	0.025
年龄(岁)	42.5±13.4	42.0±13.2	0.320	0.749
T 分期			24.607	<0.001
T1	210(67.7)	32(40.5)		
T2	64(20.7)	23(29.1)		
T3	24(7.7)	18(22.8)		
T4	12(3.9)	6(7.6)		
N 分期			50.961	<0.001
N0	136(43.9)	12(15.2)		
N1A	91(29.3)	12(15.2)		
N1B	83(26.8)	55(69.6)		
DTC 病灶分布			1.161	0.281
单侧	229(73.9)	63(79.7)		
双侧	81(26.1)	16(20.3)		
累积剂量(mci)	114.9±46.6	274.1±161.3	228.500	<0.001
TSH(mIU/L)	82.7±25.0	70.4±37.8	12.046	0.001
FT3(pmol/L)	2.24±0.75	2.78±1.30	23.293	<0.001
FT4(pmol/L)	5.65±1.74	7.06±3.54	25.108	<0.001
sTg(ng/mL)	2.27(0.50,6.43)	22.20(9.97,48.85)	-9.304	<0.001
iTg1(ng/mL)	0.2(0.20,0.75)	3.63(1.59,13.27)	-10.821	<0.001
iTg2(ng/mL)	0.2(0.20,0.20)	1.61(0.43,3.93)	-11.712	<0.001
手术方式			25.770	<0.001
全切+颈清	143(73.7)	51(26.3)		
全切+中央区	109(95.6)	5(4.4)		
次全切+颈清	29(74.4)	10(25.6)		
两次手术	29(69.0)	13(31.0)		

注:sTg:治疗前 Tg;iTg1:治疗后 1 月 Tg;iTg2:治疗后 3 月 Tg。手术方式中百分比是按每种手术方式(每行)总例数为基数独立计算的构成比。

表 2 多因素回归模型预测因素分析

因素	B	SE	Waldχ <sup>2</sup>	P	OR (95%CI)
性别	0.547	0.401	1.860	0.183	1.709(0.777~3.760)
T 分期	0.072	0.209	0.119	0.679	1.092(0.719~1.659)
N 分期	0.543	0.230	5.593	0.010	1.815(1.151~2.863)
累积剂量	0.013	0.002	33.409	<0.001	1.014(1.009~1.019)
TSH	0.006	0.010	0.318	0.502	1.007(0.986~1.028)
FT3	0.132	0.311	0.179	0.594	1.182(0.639~2.186)
FT4	0.199	0.131	2.319	0.152	1.210(0.932~1.571)
sTg	0.024	0.010	6.289	0.012	1.023(1.004~1.042)
iTg1	0.036	0.015	5.648	0.017	1.037(1.006~1.069)
iTg2	0.032	0.032	4.962	0.026	1.073(1.009~1.142)
DTC 术式	0.218	0.153	2.036	0.154	1.243(0.922~1.677)

相对来说是固定指标,是手术和<sup>131</sup>I 治疗时多数已经确定的,在长期随访中更具有指导意义的是 Tg 动态水平。包括 sTg 和 iTg 均对中低危 DTC 有较好的 ER/NER 预测价值,AUC:0.773~0.886(P<0.05),见表 3、图 1。

表 3 Tg 预测中低危 DTC 患者<sup>131</sup>I 治疗反应的 ROC 曲线参数

危险分层	Tg	AUC	标准误	P	95%CI
中危	sTg	0.845	0.031	<0.001	0.784~0.906
	iTg1	0.886	0.026	<0.001	0.835~0.937
低危	sTg	0.773	0.101	0.006	0.575~0.970
	iTg1	0.827	0.077	0.001	0.677~0.977
中低危	sTg	0.824	0.035	<0.001	0.754~0.893
	iTg1	0.855	0.030	<0.001	0.797~0.914

注:sTg:治疗前 Tg;iTg1:治疗后 1 月 Tg。

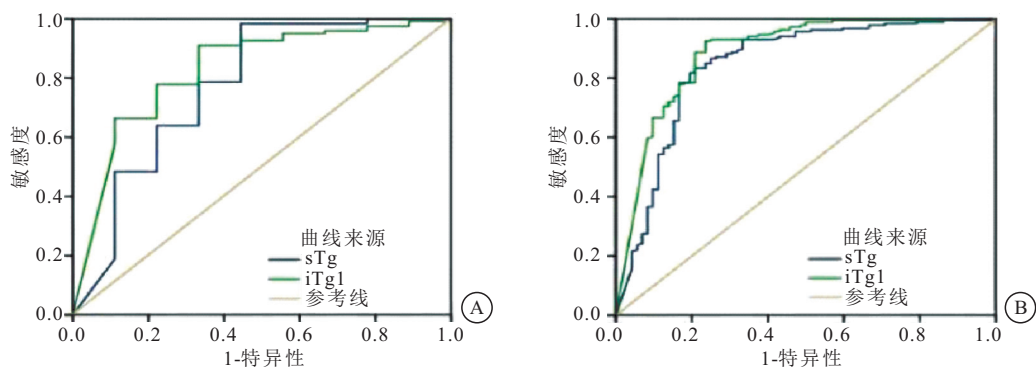


图 1 Tg 预测中、低危 DTC 患者<sup>131</sup>I 治疗反应的 ROC 曲线图

Figure 1 ROC curve for predicting <sup>131</sup>I treatment response in low- and intermediate-risk DTC patients using Tg

注:A. 低危组 DTC sTg、Tg1 预测 ER 效能;B. 中危组 DTC sTg、Tg1 预测 ER 效能。

2.4 不同时间 Tg 对中低危 DTC 诊断效能 治疗前 sTg 预测 ER 的临界值、AUC、敏感性、特异性分别为 15.6 ng/mL、0.824、94.0%、63.5%; iTg1 分别为 1.65 ng/mL、0.855、90.9%、71.4%; iTg2 分别为 0.317 ng/mL、0.876、89.6%、81.0%,见表 4。

### 3 讨论

DTC 已由手术+放射性碘(Radioactive iodine, RAI)+TSH 经典模式向个体化治疗转变,DTC 总体预后较好,但我国甲状腺癌 5 年生存率与美国等发达国家仍存在差距<sup>[2]</sup>。DTC 术后<sup>131</sup>I 治疗有助于降低患

表 4 中低危 DTC 不同时间 Tg 比较

Table 4 Comparison of Tg levels at different time points in low- and intermediate-risk DTC

因素	Tg	Tg 临界值 (ng/mL)	敏感性 (%)	特异性 (%)	AUC	t	P
sTg	3.34(0.665,11.05)	15.6	94.0	63.5	0.824	5.488 <sup>①</sup>	<0.001
iTg1	0.24(0.200,1.44)	1.65	90.9	71.4	0.855	—	—
iTg2	0.20(0.20,0.269)	0.317	89.6	81.0	0.876	2.822 <sup>②</sup>	0.005

注:采用配对 t 检验;①为 sTg-iTg1 比较;②为 iTg1-iTg2 比较。

者的复发风险和死亡率,改善高风险患者的总体生存率<sup>[8]</sup>。国内指南将有治疗意愿的低危 DTC 患者纳入<sup>131</sup>I 清甲治疗适应症,便于长期随访及肿瘤复发监测<sup>[2]</sup>。

本研究结果显示,性别是 DTC 治疗反应的预测因素。虽然这在 ATA 指南中并未提及,但多篇报道显示在评估 DTC 复发风险时应考虑性别因素,性别可能对最初治疗、随访结果有影响<sup>[9]</sup>,女性 DTC 患者的复发率及晚期患者明显低于男患者<sup>[10]</sup>。关于手术方式对治疗结局的影响,本文显示全切+中央区清扫术患者 ER 最高,这可能因为不同手术方式患者临床分期存在明显差异,直接决定了 TNM 分期。本研究中随着 T、N 分期增加,患者的 ER 率逐渐降低,TNM 分期是评估 DTC 患者预后的重要指标,提示分期越晚,发生远处转移的风险越高。这与已有报道一致,局部区域转移是 DTC 复发的独立危险因素<sup>[11]</sup>,也符合 AJCC/UICC TNM 分期系统的宗旨<sup>[12]</sup>。

<sup>131</sup>I 治疗剂量大小对治疗反应和预后的影响因研究对象不同存在差异。本研究在预测中、低危组 RAI 治疗反应中显示较大累积剂量更有益于预后。这与多项研究一致,低剂量治疗患者更有可能需要第二次<sup>131</sup>I 剂量和更长的住院时间<sup>[13]</sup>;低剂量治疗可能导致疾病进展和复发时间缩短<sup>[14-15]</sup>;高剂量 RAI 通过给予较多残余甲状腺足够负荷以保证成功消融<sup>[16-17]</sup>。在本组中有较大部分患者通过<sup>131</sup>I 全身扫描导致了分期改变,以利于临床医生制定更个性化、更科学的治疗和随访策略。在长期的随访中,Tg 是<sup>131</sup>I 评估治疗效果和指导随访监测的重要指标。

Tg 是一种由甲状腺滤泡上皮细胞分泌的特异性糖蛋白,其检测值易受残留甲状腺组织、TSH、TgAb 及检测方法学差异的影响。值得注意的是,在 DTC 患者中,10%~30%的病例因 TgAb 阳性可能干扰 Tg 检测,导致假阴性结果产生<sup>[18]</sup>。本项研究通过排除 TgAb 阳性患者后发现,sTg 水平可作为中低危 DTC 患者<sup>131</sup>I 治疗反应的独立预测因子,对 ER 与 NER 状态展现出良好的鉴别价值。关于 sTg 最佳截断值的确定,现有研究存在一定差异。部分学者提出以 sTg

10 ng/mL 作为 DTC 预测持续和复发敏感性和特异性的最佳临界值<sup>[19]</sup>。以 10.0 为临界值,不同研究对治疗反应预测的敏感性为 47.1%~94.9%、特异性为 54.1%~94.1%<sup>[20-21]</sup>。本研究发现中低危 DTC 患者 ER/NER 的 sTg 临界值为 15.6 ng/mL,对应敏感度与特异度分别为 94%和 63.5%,这一结果与上述研究具有较好的一致性。

根据既往文献报道及临床实践经验,TSH 抑制状态下 iTg 对 DTC 治疗反应评估及长期随访具有重要价值。有研究表明,iTg 在中低危 DTC 患者中展现出良好的阴性预测价值,如 Smallridge 等<sup>[6]</sup>发现 iTg<0.1 ng/mL 时复发、转移率低于 1.0%,而 Giovanella 等<sup>[7]</sup>研究进一步证实 TSH 抑制状态下的 Tg 可作为预后标志物。虽然在 ATA 指南中并未明确最佳检测时间窗,但基于风险分层和治疗反应,通常建议在<sup>131</sup>I 治疗后 1 个月、3 个月进行评估,因为<sup>131</sup>I 治疗后 1 个月是甲状腺功能变化的敏感期,而 3 个月是治疗效果趋于稳定期。本研究发现治疗后 1 月(iTg1)与 3 月(iTg2)水平存在显著差异( $P<0.05$ ),提示检测时机的选择可能影响结果判读。ROC 曲线分析显示,iTg1 与 iTg2 的临界值分别为 1.65 ng/mL 和 0.317 ng/mL,且 AUC 均>0.8,证实其具有较高的复发预测准确性。值得注意的是,iTg1 水平显著高于 iTg2 的现象可能与残余甲状腺组织相关,这与李从心等<sup>[22]</sup>的研究结论相符;该团队观察到约 50%中低危患者 Tg 在治疗后 4 周转阴,且转阴速度与残余甲状腺量密切相关。本研究结果具有重要的临床指导意义:首先,通过建立不同时间节点的 iTg 临界值,可为临床判断疗效反应提供量化标准;其次,iTg 检测体系在预测疗效反应 ER 与 NER 中展现出高灵敏度与特异度,可替代传统 sTg 检测,有效规避 sTg 测定所需的 TSH 激发准备及较长检测周期。

总之,该研究不仅加深了对中低危 DTC 术后<sup>131</sup>I 治疗反应影响因素的理解,还为临床实践提供了具有重要应用价值的预测工具。首先,为制定个体化治疗方案提供了依据。基于 N 分期、累积剂量和 Tg 水平等预测因素,可提前识别疗效不佳的高风险患者,从而在治疗初期制定更积极的策略,如调整<sup>131</sup>I 剂量或联合其他治疗手段。其次,Tg 作为动态监测指标,其不同时间点的临界值为临床决策提供了量化标准,有助于及时发现复发风险并优化随访策略。例如,治疗前 sTg 高于 15.6 ng/mL 或治疗后 iTg 超过相应临界值的患者需密切监测,必要时追加治疗。此外,该研究推动了精准医疗的发展,通过精准分层管理,合理分配医疗资源,有望改善患者预后,提高生存率。

本研究存在一定的局限性,为回顾性研究,样本量相对较小,未考虑其他如病理类型、基因突变等可能影响<sup>131</sup>I治疗的因素。后续研究还需通过更多大样本、前瞻性研究及更长时间的随访结果为中低危DTC治疗抉择及监测提供更可靠的依据。

#### 4 结论

N分期、累积剂量和Tg是中低危分化型甲状腺癌术后<sup>131</sup>I治疗结局的独立预测因素,其中Tg是重要的动态随访指标,可为用于预测<sup>131</sup>I的治疗反应。

#### 【参考文献】

- [1] ZHENG R S, ZHANG S W, ZENG H M, *et al.* Cancer incidence and mortality in China, 2016[J]. *J Natl Cancer Cent*, 2022, 2(1): 1-9.
- [2] 高净,岳爽,刘晓玲.基于多模态超声构建分化型甲状腺癌术后复发的定量预测模型[J].*影像科学与光化学*,2025,43(5):53-59,67.
- [3] GRANI G, ZATELLI M C, ALFÒ M, *et al.* Real-world performance of the American thyroid association risk estimates in predicting 1-year differentiated thyroid cancer outcomes; a prospective multicenter study of 2000 patients[J]. *Thyroid*, 2021, 31(2): 264-271.
- [4] HAUGEN B R, ALEXANDER E K, BIBLE K C, *et al.* 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[J]. *Thyroid*, 2016, 26(1): 1-133.
- [5] NÓBREGA G, CAVALCANTI M, LEITE V, *et al.* Value of stimulated pre-ablation thyroglobulin as a prognostic marker in patients with differentiated thyroid carcinoma treated with radioiodine[J]. *Endocrine*, 2022, 76(3): 642-647.
- [6] SMALLRIDGE R C, MEEK S E, MORGAN M A, *et al.* Monitoring thyroglobulin in a sensitive immunoassay has comparable sensitivity to recombinant human tsh-stimulated thyroglobulin in follow-up of thyroid cancer patients[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2007, 92(1): 82-87.
- [7] GIOVANELLA L, DUNTAS L H. MANAGEMENT OF ENDOCRINE DISEASE: the role of rhTSH in the management of differentiated thyroid cancer: pros and cons[J]. *Eur J Endocrinol*, 2019, 181(4): R133-R145.
- [8] BOUCAI L, ZAFEREO M, CABANILLAS M E. Thyroid cancer: a review[J]. *JAMA*, 2024, 331(5): 425-435.
- [9] ZAHEDI A, BONDAZ L, RAJARAMAN M, *et al.* Risk for thyroid cancer recurrence is higher in men than in women independent of disease stage at presentation[J]. *Thyroid*, 2020, 30(6): 871-877.
- [10] BLOSSEY R D, KLEINE-DÖPKE D, RINGE K I, *et al.* Recurrent Hurthle cell thyroid carcinoma does not preclude long-term survival; a case report and review of the literature[J]. *J Med Case Rep*, 2021, 15(1): 399.
- [11] PICCARDO A, SIRI G, RAFFA S, *et al.* How to better stratify the risk of differentiated thyroid carcinomas: the key role of radioactive iodine therapy, age, and gender[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2021, 48(3): 822-830.
- [12] PERRIER N D, BRIERLEY J D, TUTTLE R M. Differentiated and anaplastic thyroid carcinoma: major changes in the American Joint Committee on Cancer eighth edition cancer staging manual[J]. *CA A Cancer J Clinicians*, 2018, 68(1): 55-63.
- [13] FALLAHI B, BEIKI D, TAKAVAR A, *et al.* Low versus high radioiodine dose in postoperative ablation of residual thyroid tissue in patients with differentiated thyroid carcinoma: a large randomized clinical trial[J]. *Nucl Med Commun*, 2012, 33(3): 275-282.
- [14] CHU K P, BAKER S, ZENKE J, *et al.* Low-activity radioactive iodine therapy for thyroid carcinomas exhibiting nodal metastases and extrathyroidal extension may lead to early disease recurrence[J]. *Thyroid*, 2018, 28(7): 902-912.
- [15] PAN L Q, CHEN Y Y, LI S X, *et al.* Postoperative thyroid remnants for differentiated thyroid cancer may not affect the outcome of high-dose radioiodine therapy[J]. *Oral Oncol*, 2020, 104: 104610.
- [16] ANDRESEN N S, BUATTI J M, TEWFIK H H, *et al.* Radioiodine ablation following thyroidectomy for differentiated thyroid cancer: literature review of utility, dose, and toxicity[J]. *Eur Thyroid J*, 2017, 6(4): 187-196.
- [17] VERBURG F A, MÄDER U, REINERS C, *et al.* Long-term survival in differentiated thyroid cancer is worse after low-activity initial post-surgical <sup>131</sup>I therapy in both high- and low-risk patients[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2014, 99(12): 4487-4496.
- [18] CAMPENNI A, RUGGERI R M, SIRACUSA M, *et al.* Early preablation rhTSH-stimulated thyroglobulin predicts outcome of differentiated thyroid cancer (DTC) patients[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2021, 48(8): 2466-2475.
- [19] KLAIN M, ZAMPELLA E, MANGANELLI M, *et al.* Risk of structural persistent disease in pediatric patients with low or intermediate risk differentiated thyroid cancer [J]. *Endocrine*, 2021, 71(2): 378-384.
- [20] ZHAO T, LIANG J, LI T J, *et al.* Relationship between variation of pre-ablation stimulated thyroglobulin and distant metastasis in patients with differentiated thyroid cancer[J]. *Zhongguo Yi Xue Ke Xue Yuan Xue Bao*, 2015, 37(3): 315-319.
- [21] FLORES-REBOLLAR A, PÉREZ-DÍAZ I, LAGUNAS-BÁRCENAS S, *et al.* Clinical utility of an ultrasensitive thyroglobulin assay in the follow-up of patients with differentiated thyroid cancer: can the stimulation test be avoided in patients with an intermediate recurrence risk? [J]. *Acta Otorhinolaryngol Ital*, 2018, 38(3): 188-193.
- [22] 李从心,侯敏,任超,等.中低危分化型甲状腺癌经<sup>131</sup>I治疗后短期Tg转阴情况的动态监测[J].*中国医学科学院学报*,2016,38(3):351-355.

(收稿日期:2025-04-08;修回日期:2026-01-22;编辑:刘灵敏)