

· 临床研究 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2025.01.028

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20241016.1151.012\(2024-10-16\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20241016.1151.012(2024-10-16))

¹³¹I 治疗后分化型甲状腺癌患者体内残留放射性活度变化趋势及相关影响因素研究

杨航, 郑磊, 厉红民, 陈杰, 潘华臣, 王郦彬, 解天馨, 黄定德[△]

(中国人民解放军陆军军医大学第一附属医院核医学科, 重庆 400038)

[摘要] **目的** 探讨分化型甲状腺癌(DTC)患者接受¹³¹I治疗后各时间点体内残留放射性活度变化情况及影响因素。**方法** 选取2021年1月至2023年6月在该院接受¹³¹I治疗的235例DTC患者为研究对象,根据治疗剂量分为高剂量组(>5.55 GBp, n=56)、低剂量组(≤5.55 GBp, n=179)。收集两组临床资料,对比¹³¹I治疗后24、48、72 h体内残留放射性活度变化情况,采用二元logistic回归分析其影响因素。**结果** 两组性别、年龄、BMI、基础代谢率(BMR)、血清甲状腺球蛋白抗体(TgAb)比较差异无统计学意义(P>0.05),低剂量组血清甲状腺球蛋白(Tg)<1 ng/mL比例、¹³¹I首次治疗比例、T1比例、治疗后全身¹³¹I扫描提示残余甲状腺比例均明显高于高剂量组(P<0.05)。两组体内残留放射性活度随时间延长均明显降低,低剂量组¹³¹I治疗后24、48、72 h体内残留放射性活度均明显低于高剂量组(P<0.05)。二元logistic回归分析结果显示,T分期和¹³¹I剂量是¹³¹I治疗后DTC患者体内残留放射性活度的独立影响因素(P<0.05)。**结论** ¹³¹I治疗后DTC患者体内残留放射性活度随时间延长呈明显降低趋势,这一变化趋势对进一步优化完善隔离防护方案具有积极意义,对于T分期高、治疗剂量大的患者,隔离时间应超过72 h。

[关键词] 分化型甲状腺癌;碘放射性同位素;放射疗法;影响因素

[中图分类号] R817.8

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-8348(2025)01-0153-05

Study on change trend and related influencing factors of residual radioactivity in patients with differentiated thyroid cancer after ¹³¹I treatment

YANG Hang, ZHENG Lei, LI Hongmin, CHEN Jie, PAN Jianchen,

WANG Libin, XIE Tianxin, HUANG Dingde[△]

(Department of Nuclear Medicine, First Affiliated Hospital of Army Medical University, Chongqing 400038, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the changes of residual radioactivity at different time points after ¹³¹I treatment in the patients with differentiated thyroid cancer (DTC) and influencing factors. **Methods** A total of 235 patients with DTC receiving ¹³¹I treatment in this hospital from January 2021 to June 2023 were selected as the study subjects and divided into the high dose group (>5.55 GBp, n=56) and low dose group (≤5.55 GBp, n=179) according to the treatment dose. The clinical data of the two groups were collected and the changes of residual radioactivity after ¹³¹I treatment were compared between the two groups. The binary regression was used to analyze its influencing factors. **Results** The sex, age, BMI, basic metabolic rate (BMR) and serum thyroglobulin antibody (TgAb) had no statistical differences between the two groups (P>0.05). The proportions of serum thyroglobulin (TG)<1 ng/mL, ¹³¹I first time treatment and residual thyroid ratio prompted by the whole body ¹³¹I scan after treatment in the low dose group were significantly higher than those in the high dose group (P<0.05). The residual radioactivity in the two groups was significantly decreased with time extension. The residual radioactivity at 24, 48, 72 h after treatment in the low dose group was significantly lower than that in the high dose group (P<0.05). The binary logistic regression analysis results showed that the T stage and treatment dose were the influencing factors of residual radioactivity after ¹³¹I treatment. **Conclusion** The residual radioactivity after ¹³¹I treatment in the patients with DTC shows the

[△] 通信作者, E-mail: huangdde@tmmu.edu.cn.

significant decreasing trend with time extension, this change trend has an active significance for further optimizing and perfecting the isolation and protection scheme. For the patients with high T stage and big treatment dose, the isolation time should exceed 72 h.

[Key words] differentiated thyroid carcinoma; iodine radioisotope; radiation therapy; influencing factor

甲状腺癌是临床常见的一类内分泌恶性肿瘤,既往相关数据显示,随着人们生活理念和生活方式的改变,甲状腺癌发病率呈逐年递增趋势,严重影响患者的身心健康及生存质量^[1]。一项调查研究数据显示,甲状腺癌患者中多数为分化型甲状腺癌(DTC),目前临床针对该类患者的治疗方式为甲状腺切除手术+¹³¹I治疗^[2]。¹³¹I是一类具有放射性的核素,衰变时能够产生能量为606 keV的 β 射线及364 keV的 γ 射线。临床针对DTC患者进行¹³¹I治疗过程中,主要利用¹³¹I产生 β 射线的电离效应实现对患者残留甲状腺病灶的消融^[3]。需要注意的是,在¹³¹I治疗过程中同时产生的 γ 射线能量较大且穿透力强,大部分能量能够透出体外,患者接受¹³¹I治疗后自身会成为移动的辐射源,可能对患者家属及周围接触群体、环境等带来辐射危害^[4]。目前临床针对¹³¹I治疗后的患者进行放射性隔离防护并密切监测其体内残留放射性活度,中国也提出了相关标准:当患者体内残留放射性活度 <400 MBq方可出院^[5]。基于此,本研究依托全身动态辐射监测技术及相关设备,对接受¹³¹I治疗后的DTC患者进行密切监测,观察其体内残留放射性活度的变化趋势,并探讨相关影响因素,旨在针对接受该治疗方案的患者予以更科学、有效的防护方案,帮助患者提高康复效率、缩短住院时间、减轻医疗费用负担、提高医疗资源的周转率等。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2021年1月至2023年6月在本院接受¹³¹I治疗的235例DTC患者为研究对象,其中男79例,女156例,年龄19~78岁。根据其治疗剂量建立分组,以5.55 GBq作为节点, $>$ 该值的纳入高剂量组($n=56$), \leq 该值的纳入低剂量组($n=179$)。纳入标准:(1)收治的甲状腺全切除术患者;(2)术后经病理学检查确诊为DTC;(3)符合¹³¹I治疗指征且配合治疗

方案。排除标准:(1)合并其他脏器功能严重病变;(2)合并精神类疾病或具有认知功能障碍征象;(3)合并其他恶性肿瘤;(4)合并严重感染性疾病。本研究经医院伦理委员会批准[审批号:(B)KY2024035]。

1.2 方法

1.2.1 体内残留放射性活度测定方法

患者接受¹³¹I治疗期间,本院专科医师依据《¹³¹I治疗分化型甲状腺癌指南(2021版)》^[6]内容并结合患者个体实际情况进行辅助治疗和清灶治疗。分别在患者服用¹³¹I后24、48、72 h对其全身予以动态辐射监测系统(北京格物时代科技发展有限公司,型号:Explore WB Scan)进行体内残留放射性活度测定,测量前夜嘱患者清洗身体并更换衣物以防出现体外污染,患者接受检查前需排空膀胱,测量3次取平均值。

1.2.2 资料收集

患者入院后接受相关检查,收集患者临床资料,包括性别、年龄、BMI、TNM分期、基础代谢率(BMR)、血清甲状腺球蛋白(Tg)、甲状腺球蛋白抗体(TgAb)、接受¹³¹I治疗的频次及每次治疗对应的剂量等。

1.3 统计学处理

采用SPSS26.0软件进行统计分析。计数资料以例数或百分比表示,采用 χ^2 检验;计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用 t 检验。采用二元logistic回归分析¹³¹I治疗后DTC患者体内残留放射性活度的影响因素。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组临床资料比较

两组性别、年龄、BMI、BMR、血清TgAb比较差异无统计学意义($P > 0.05$),低剂量组Tg <1 ng/mL比例、¹³¹I首次治疗比例、T1比例、治疗后全身¹³¹I扫描提示残余甲状腺患者比例均明显高于高剂量组($P < 0.05$),见表1。

表1 两组临床资料比较

项目	低剂量组($n=179$)	高剂量组($n=56$)	χ^2/t	P
性别[$n(\%)$]			1.831	0.176
男	56(31.28)	23(41.07)		
女	123(68.72)	33(58.93)		
年龄($\bar{x} \pm s$,岁)	50.09 \pm 10.86	48.57 \pm 11.24	0.907	0.366
BMI($\bar{x} \pm s$,kg/m ²)	24.58 \pm 3.47	25.06 \pm 4.02	0.869	0.386

续表 1 两组临床资料比较

项目	低剂量组(n=179)	高剂量组(n=56)	χ^2/t	P
BMR($\bar{x} \pm s$, kcal)	1 397.46 ± 262.93	1 413.53 ± 240.54	0.407	0.684
Tg[n(%)]			16.635	<0.001
<1 ng/mL	116(64.80)	19(33.93)		
≥1 ng/mL	63(35.20)	37(66.07)		
TgAb[n(%)]			1.685	0.194
阳性	15(8.38)	8(14.29)		
阴性	164(91.62)	48(85.71)		
¹³¹ I 治疗频次[n(%)]			11.513	0.001
首次	104(58.10)	18(32.14)		
二次	75(41.90)	38(67.86)		
T 分期[n(%)]			0.258	0.019
T1	132(73.74)	34(60.71)		
T2	15(8.38)	8(14.29)		
T3	11(6.15)	5(8.93)		
T4	21(11.73)	9(16.07)		
治疗后全身 ¹³¹ I 扫描[n(%)]			5.113	0.024
无病灶	83(46.37)	28(50.00)		
残余甲状腺	75(41.90)	11(19.64)		
有转移灶	21(11.73)	17(30.36)		

2.2 两组体内残留放射性活度变化情况

两组体内残留放射性活度随时间延长均明显降低,低剂量组各时间点体内残留放射性活度均明显低于高剂量组(P<0.05),见表 2。

表 2 两组体内残留活度变化情况对比($\bar{x} \pm s$, MBq)

组别	n	治疗后 24 h	治疗后 48 h	治疗后 72 h
低剂量组	179	1 610.24 ± 507.64	483.95 ± 111.49 ^a	178.86 ± 58.37 ^{ab}
高剂量组	56	2 540.77 ± 665.13	720.96 ± 190.20 ^a	193.60 ± 65.34 ^{ab}
t		11.072	11.526	1.602
P		<0.001	<0.001	0.011

^a: P<0.05, 与 24 h 比较; ^b: P<0.05, 与 48 h 比较。

2.3 二元 logistic 回归分析¹³¹I 治疗后患者体内残留放射性活度的影响因素

本研究纳入的患者中有 39 例(16.60%)经¹³¹I 治疗后 48 h 体内残留放射性活度>400 MBq,所有患者经¹³¹I 治疗后 72 h 体内残留放射性活度<400 MBq。二元 logistic 回归分析结果显示,T 分期和¹³¹I 剂量是患者体内残留放射性活度的独立影响因素(P<0.05),见表 3。

表 3 影响因素的二元 logistic 回归分析

项目	B	SE	Wald	OR	95%CI	P
T1	3.185	0.703	2.582	0.586	0.026~0.883	0.014
T2	2.237	0.682	5.584	0.442	0.077~0.906	0.011

续表 3 影响因素的二元 logistic 回归分析

项目	B	SE	Wald	OR	95%CI	P
T3	1.934	0.837	3.558	0.541	0.033~0.885	0.016
T4	1.378	0.559	1.384	0.473	0.040~0.794	0.010
¹³¹ I 剂量	2.069	0.641	2.229	0.337	0.038~0.892	0.007

3 讨论

针对接受¹³¹I 治疗的患者在住院期间监测其体内残留放射性活度并针对性优化完善电离辐射防护方案是其治疗过程中不可忽视的重点^[7]。¹³¹I 是一类具有放射性的核素,物理半衰期为 8 d,在临床上广泛用于治疗甲状腺疾病,特别是甲状腺癌术后残余甲状腺组织的消融,但受¹³¹I 自身性质的影响,其释放的 γ 射线具有较强的穿透能力,会对密切接触人员造成辐射损伤,同时也会对周围环境造成放射性污染^[8]。目前关于¹³¹I 治疗患者体内残留放射性活度的测量方式较多,GUIU-SOUTO 等^[9]围绕接受¹³¹I 治疗的甲状腺癌患者展开研究,发现患者体内大多¹³¹I 会通过尿液渠道排出,提示针对患者体内¹³¹I 残留活度的评估可通过分析其尿液成分来完成,但后续发现应用该评估方案获得的结果会受到甲状腺、胃肠道等部位¹³¹I 的滞留、吸收等影响,造成¹³¹I 评估结果存在较大误差。本研究对患者¹³¹I 治疗后体内残留放射性活度动态进行准确评估,帮助相关医护人员更科学、合理地制订防护隔离方案,系统自身携带的探测器能够准确收集

到¹³¹I 发射的 γ 射线,并转换成人体内局部放射性分布影像结果,进一步明确患者体内放射性总活度及治疗后残留甲状腺和转移灶情况^[10]。

本研究结果显示,高剂量组和低剂量组性别、年龄、BMI、BMR、血清 TgAb 比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$),低剂量组 Tg < 1 ng/mL 比例、¹³¹I 首次治疗比例、T1 比例、治疗后全身¹³¹I 扫描提示残余甲状腺比例均明显高于高剂量组 ($P < 0.05$)。两组服碘后 24、48、72 h,随着时间推移患者体内残留放射性活度均迅速降低,低剂量组各时间点体内残留放射性活度均明显低于高剂量组 ($P < 0.05$),与 LI 等^[11] 研究结果基本一致。低剂量组治疗后全身¹³¹I 扫描提示残余甲状腺比例明显高于高剂量组,出现这一结果的原因可能是低剂量组患者大多为首次¹³¹I 治疗。目前关于体内¹³¹I 残留放射性活度的影响因素研究结果各有差异。此前有学者纳入相关患者并展开研究,结果显示患者体内残留放射性活度高低与患者接受¹³¹I 治疗频次、病灶转移情况、放射性促甲状腺激素(TSH)及 Tg 水平有关^[12]。另有国内学者研究表明,体内¹³¹I 残留活度与 24 h 摄碘率、游离三碘甲状腺原氨酸(FT3)、游离甲状腺素(FT4)、Tg 水平有关,上述指标水平越高,患者体内¹³¹I 清除速率越慢^[13-14]。但沈嘉朗等^[15]对¹³¹I 治疗后患者体内残留放射性活度的影响因素分析显示,其与 TSH 水平没有明显的相关性。

本研究发现,低剂量组 Tg < 1 ng/mL 比例明显高于高剂量组,但二元 logistic 回归分析显示患者血清 Tg 水平与体内残留放射性活度无关,可能与本研究纳入样本量较小有关,后续将扩大样本量继续深入研究。在分析 Tg 的临床应用价值时,需结合血清 TSH、TgAb 检测结果来共同分析。目前临床关于 DTC 患者接受¹³¹I 治疗后体内残留放射性活度的监测结果予以更多的关注和重视,这是影响患者是否达标出院的重要因素。此前有学者围绕患者体内残留放射性活度的估算进行研究并探讨有效方式,认为对患者尿液排出情况、体外辐射剂量率与体内放射性活度滞留量进行计算来评估患者体内残留放射性活度,但以上评估方式受其他因素影响较多,最终评估结果可能存在较大误差^[16-17]。本研究依托全身动态辐射监测设备可实现对患者体内残留放射性活度的直接测量,可更好地明确¹³¹I 在体内的分布情况。

李云波等^[18]纳入甲状腺癌患者作为研究对象,发现接受¹³¹I 治疗后患者首日尿液排泄¹³¹I 活度可达 50% 及以上。李希辉等^[19]报道甲状腺癌患者¹³¹I 治疗后第 3 天体内滞留活度较初始活度大大降低。本研究纳入的患者中,有 39 例(16.60%)患者¹³¹I 治疗后 48 h 体内残留放射性活度 > 400 MBq,所有患者

经¹³¹I 治疗后 72 h 体内残留放射性活度 < 400 MBq。本研究进一步二元 logistic 回归分析显示,体内残留放射性活度随着 T 分期增高而增高,分析其原因可能是患者 T 分期越高意味着其肿瘤病灶侵犯周围组织程度越严重,行甲状腺全切术的难度加大,局部病灶清除不完全^[20-21],导致术后残留甲状腺组织较多,¹³¹I 治疗后 48 h 体内残留活度未达到出院标准风险更高,提示 T 分期高的患者隔离时间应在 72 h 以上。这一研究结果可为医护人员制订个性化隔离方案带来帮助。

综上所述,本研究纳入的患者中大多数在 48 h 后出院,72 h 后所有患者出院,对于 T 分期高、治疗剂量大的患者,隔离时间应延长至 72 h 后。

参考文献

- [1] 李婷婷,李素梅,许琳琳. 甲状腺癌流行病学分析及超声诊断价值[J]. 医学信息,2020,33(5):85-87.
- [2] LI M, DAL MASO L, VACCARELLA S. Global trends in thyroid cancer incidence and the impact of overdiagnosis[J]. Lancet Diabetes Endocrinol, 2020, 8(6):468-470.
- [3] VERBURG F A, HOFFMANN M, IAKOVOU I, et al. Errare humanum est, sed in errare perseverare diabolicum: methodological errors in the assessment of the relationship between I-131 therapy and possible increases in the incidence of malignancies[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2020, 47(3):519-522.
- [4] 武含露,闫志华,李祥周,等. 分化型甲状腺癌患者¹³¹I 治疗后诊断性全身显像周围剂量当量率动态变化的研究[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2020, 44(4):212-216.
- [5] 原国家质量监督检验检疫总局. 电离辐射防护与辐射源安全基本标准:GB 18871-2002[S]. 北京:中国标准出版社,2003.
- [6] 中华医学会核医学分会. ¹³¹I 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.
- [7] 王任飞,谭建,张桂芝,等. 分化型甲状腺癌患者¹³¹I 治疗后外部剂量当量率与体内放射性活度残留量的相关性[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2016, 36(5):394-397.
- [8] AL-JABRI A, COOKE J, COURNANE S, et al. Gender differences in estimating I-131 thyroid up-

- take from Tc-99m thyroid uptake for benign thyroid disease [J]. *Br J Radiol*, 2021, 94 (1118): 20200700.
- [9] GUIU-SOUTO J, NEIRA-CASTRO S, SÁN-CH-EZGARCÍA M, et al. Adaptive biokinetic modeling of iodine-131 in thyroid cancer treatments: implications on individualised internal dosimetry [J]. *J Radiol Prot*, 2018, 38(4):1501-1511.
- [10] 吉倩婧, 底瑞青, 陈伟娜, 等. 机器人用于分化型甲状腺癌术后¹³¹I 治疗住院患者体内残留放射性活度测定的研究 [J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2019, 39(10):601-605.
- [11] LI P, ZHANG A, LIU Y, et al. Radioactive iodine therapy in patients with differentiated thyroid cancer: study of external dose rate attenuation law and individualized patient management [J]. *Thyroid*, 2019, 29(1):93-100.
- [12] KAWABE J, HIGASHIYAMA S, KOTANI K, et al. Evaluation of ablation of thyroid remnants with 1 850 MBq iodine-131 in 67 patients with thyroid cancer [J]. *Q J Nucl Med Mol Imaging*, 2019, 63(1):68-75.
- [13] 易婉婉, 袁雪宇, 蔡海东, 等. ¹³¹I 治疗分化型甲状腺癌术后患者辐射剂量预测模型的研究 [J]. *国际放射医学核医学杂志*, 2022, 46(2):67-72.
- [14] YU F, ZHANG R, ZHANG G, et al. Predictive value of a thyroid-absorbed dose with a shorter effective half-life on efficacy in graves disease patients receiving iodine-131 therapy [J]. *Med Sci Monit*, 2021, 27:e928796.
- [15] 洗嘉朗, 吴菊清, 卢建杏, 等. 甲状腺乳头状癌患者术后首次¹³¹I 治疗后辐射剂量率的影响因素及出院时间的探讨 [J]. *国际放射医学核医学杂志*, 2020, 44(2):73-80.
- [16] 王心宇, 王庆祝, 刘保平, 等. 分化型甲状腺癌患者¹³¹I 治疗前正常碘盐饮食对尿碘浓度和摄碘率的影响 [J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2023, 43(3):161-165.
- [17] 曹景佳, 刘勇, 肖娟, 等. 中低危分化型甲状腺癌¹³¹I 治疗前尿碘水平与最佳治疗反应的关系 [J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2021, 41(1):35-40.
- [18] 李云波, 王磊, 高刘艳, 等. 乳头状甲状腺癌¹³¹碘治疗中放射性活度变化的影响因素 [J]. *临床与病理杂志*, 2023, 43(7):1341-1347.
- [19] 李希辉, 杨晓蓉, 徐崇飞, 等. ¹³¹I 治疗对分化型甲状腺癌患者临床效果的研究 [J]. *癌症进展*, 2017, 15(9):1036-1038.
- [20] 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.
- [21] 王振栋, 冯培, 黄九平, 等. 分化型甲状腺癌远处转移的相关危险因素分析 [J]. *中国现代医生*, 2021, 59(36):1-4.

(收稿日期:2024-05-07 修回日期:2024-08-21)

(编辑:唐 璞)

(上接第 152 页)

- [21] MILLER H E, ANSARI J R. Uterine atony [J]. *Curr Opin Obstet Gynecol*, 2022, 34(2):82-89.
- [22] STANHEWICZ A E, NUCKOLS V R, PIERCE G L. Maternal microvascular dysfunction during preeclamptic pregnancy [J]. *Clin Sci Lond Engl*, 1979, 2021, 135(9):1083-1101.
- [23] DEBOLT C A, ROSENBERG H M, PRUZAN A, et al. Patients with resolution of low-lying placenta and placenta previa remain at increased risk of postpartum hemorrhage [J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2022, 60(1):103-108.
- [24] MERCIER A M, RAMSEYER A M, MORRISON B, et al. Secondary postpartum hemorrhage due to retained placenta accreta spectrum: a case report [J]. *Int J Womens Health*, 2022, 14:593-597.
- [25] JANSEN C H J R, KASTELEIN A W, KLEINROUWELER C E, et al. Development of placental abnormalities in location and anatomy [J]. *Acta Obstet Gynecol Scand*, 2020, 99(8):983-993.
- [26] GIBBINS K J, EINERSON B D, VARNER M W, et al. Placenta previa and maternal hemorrhagic morbidity [J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2018, 31(4):494-499.

(收稿日期:2024-06-22 修回日期:2024-10-13)

(编辑:管佩钰)