

分化型甲状腺癌患者¹³¹I 治疗后体内放射性残留活度变化趋势及影响因素分析

季艳会 郑薇 谭建 王任飞

天津医科大学总医院核医学科 300052

通信作者:王任飞, Email: roslyn_en@163.com

【摘要】 目的 分析分化型甲状腺癌(DTC)患者¹³¹I 治疗后体内放射性残留活度变化趋势及影响因素。方法 前瞻性收集 2018 年 11 月至 2019 年 2 月于天津医科大学总医院接受¹³¹I 治疗的 132 例 DTC 患者[男 34 例,女 98 例,年龄(42.8±12.8)岁]的临床资料,患者分为首次治疗(FT)组(88 例)和复发(¹³¹I 治疗次数≥2 次)治疗(RT)组(44 例)。FT 组中,清除残留甲状腺组织(简称清甲)30 例、辅助治疗 33 例、清甲兼顾清除手术不能切除的 DTC 转移灶(简称清灶)25 例;RT 组中,清甲 18 例、清灶 26 例。¹³¹I 治疗剂量:清甲 3.70 GBq,辅助治疗 3.70~5.55 GBq,清灶 5.55~7.40 GBq。采用全身动态辐射监测系统测定患者¹³¹I 治疗后 24、48 和 72 h 的体内放射性残留活度,比较组间差异。采用两独立样本 *t* 检验、 χ^2 检验及二元 logistic 回归探讨放射性残留活度的影响因素。结果 FT 组¹³¹I 治疗后 24 h 体内放射性残留活度明显低于 RT 组[(880.60±396.64)和(1 022.31±503.94) MBq;*t*=-2.765, *P*=0.035]。FT 组中,辅助+清甲兼顾清灶亚组¹³¹I 治疗后 24、48 h 的体内放射性残留活度高于清甲亚组[24 h:(987.16±447.33)和(766.27±277.87) MBq, 48 h:(233.47±146.52)和(183.52±90.65) MBq;*t* 值:-2.711 和-2.021,均 *P*<0.05]。RT 组中,清灶亚组¹³¹I 治疗后 24、48 和 72 h 的体内放射性残留活度分别为(1 246.90±531.69)、(244.57±131.35)和(90.65±67.37) MBq,均高于清甲亚组[(715.50±300.07)、(149.85±68.82)和(58.46±31.45) MBq;*t* 值:-3.822~-2.682,均 *P*<0.05]。17.4%(23/132)的患者(FT 组 10 例,RT 组 13 例)¹³¹I 治疗后 48 h 体内放射性残留活度>400 MBq,治疗后 72 h 所有患者体内放射性残留活度<400 MBq。T 分期、N 分期、刺激性甲状腺球蛋白(sTg)及¹³¹I 治疗剂量影响体内放射性残留活度(*t* 值:-2.562~4.211, χ^2 值:3.988~8.332,均 *P*<0.05),其中 T 分期及¹³¹I 治疗剂量是影响放射性残留活度的独立因素(Walds 值:4.253~14.035,均 *P*<0.05)。结论 DTC 患者¹³¹I 治疗后 24 h 体内放射性残留活度较高,应注意指导隔离防护,¹³¹I 治疗后 72 h 可达国家规定出院标准。对于 T 分期高、¹³¹I 治疗剂量大(>5.55 GBq)的患者,¹³¹I 治疗后 48 h 残留活度可能不达标,隔离时间应延长至 72 h。

【关键词】 甲状腺肿瘤;放射疗法;碘放射性同位素;放射性核素显像

基金项目:国家自然科学基金(81601523)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20191016-00224

Residual radioactivity and its influencing factors in patients with differentiated thyroid carcinoma after ¹³¹I therapy

Ji Yanhui, Zheng Wei, Tan Jian, Wang Renfei

Department of Nuclear Medicine, Tianjin Medical University General Hospital, Tianjin 300052, China

Corresponding author: Wang Renfei, Email: roslyn_en@163.com

【Abstract】 Objective To analyze the trends and influencing factors of residual radioactivity in patients with differentiated thyroid carcinoma (DTC) after ¹³¹I therapy. **Methods** A total of 132 DTC patients (34 males, 98 females; age (42.8±12.8) years) who received ¹³¹I therapy from November 2018 to February 2019 in Tianjin Medical University General Hospital were prospectively analyzed. Patients were divided into first treatment (FT) group (*n*=88) and repeat treatment (RT; with ¹³¹I treatment ≥2 times) group (*n*=44). In FT group, there were 30 patients received ¹³¹I for remnant ablation, 33 patients for adjuvant therapy and 25 patients for therapy. In RT group, there were 18 patients received ¹³¹I for remnant ablation and 26 patients for therapy. ¹³¹I dosage: 3.70 GBq for remnant ablation therapy, 3.70–5.55 GBq for adjuvant therapy, 5.55–7.40 GBq for therapy. The residual body radioactivity of patients was monitored at 24, 48 and 72 h after the administration of ¹³¹I by dynamic radiation whole-body scanner and compared among groups. All clinical data were reviewed to explore the factors associated with the residual radioactivity. Independent-sample *t* test, χ^2 test and logistic regression analysis were used to analyze the data. **Results** At 24 h after ¹³¹I therapy, the residual radioactivity of patients in FT group were significantly lower than those in RT group ((880.60±

396.64) vs (1 022.31±503.94) MBq; $t = -2.765$, $P = 0.035$). In FT group, the residual radioactivity of patients with ^{131}I adjuvant therapy+therapy at 24 and 48 h after ^{131}I administration were higher than those with ^{131}I ablation (24 h: (987.16±447.33) vs (766.27±277.87) MBq, 48 h: (233.47±146.52) vs (183.52±90.65) MBq; t values: -2.711 and -2.021 , both $P < 0.05$). In RT group, the residual radioactivity of patients with ^{131}I therapy at 24, 48 and 72 h after ^{131}I administration were (1 246.90±531.69), (244.57±131.35) and (90.65±67.37) MBq respectively, which were higher than those with ^{131}I ablation ((715.50±300.07), (149.85±68.82) and (58.46±31.45) MBq; t values: from -3.822 to -2.682 , all $P < 0.05$). There were 17.4% (23/132; 10 patients in FT group, 13 patients in RT group) patients with residual radioactivity > 400 MBq at 48 h after ^{131}I treatment, and 100% (132/132) patients with residual radioactivity < 400 MBq at 72 h after ^{131}I treatment. T staging, N staging, stimulated thyroglobulin level, and ^{131}I dosage were significant factors affecting the residual radioactivity of patients (t values: from -2.562 to 4.211 , χ^2 values: $3.988 - 8.332$, all $P < 0.05$), and T staging and ^{131}I dosage were independent factors (Walds values: $4.253 - 14.035$, all $P < 0.05$). **Conclusions** The residual radioactivity of patients at 24 h after ^{131}I treatments is higher than 400 MBq and hospital isolation time should be appropriately controlled. At 72 h after ^{131}I treatment, the residual radioactivity of patients meets the national standard of discharging hospital. The residual radioactivity of patients with more advanced T staging and ^{131}I dosage (>5.55 GBq) may not reach the standard at 48 h after ^{131}I therapy, and the isolation time should be extended to 72 h.

【Key words】 Thyroid neoplasms; Radiotherapy; Iodine radioisotopes; Radionuclide imaging

Fund program: National Natural Science Foundation of China (81601523)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20191016-00224

甲状腺癌是内分泌系统常见的恶性肿瘤,其中分化型甲状腺癌(differentiated thyroid carcinoma, DTC)占大多数。目前公认的 DTC 最佳治疗方法是手术+ ^{131}I 治疗+促甲状腺激素(stimulated thyroid-stimulating hormone, TSH)抑制治疗,该法可使大多数患者获得长期生存。随着 ^{131}I 的广泛应用, ^{131}I 衰变产生 γ 射线会对周围人群产生一定的外照射,辐射安全问题日益受到关注。患者体内放射性残留活度是指导周围人群辐射防护、决定患者是否达到出院标准的重要参考指标^[1]。笔者分析了 132 例 DTC 患者 ^{131}I 治疗后体内放射性残留活度变化趋势及影响因素,为个性化指导 DTC 患者及患者周围人群如何进行辐射防护提供参考依据。

资料与方法

1. 患者资料。本研究为前瞻性研究。研究对象为 2018 年 11 月至 2019 年 2 月于本科接受 ^{131}I 治疗的 132 例 DTC 患者,男 34 例,女 98 例,年龄(42.8±12.8)岁。所有患者均已行全甲状腺切除术+颈部中央区或中央区及侧颈区淋巴结清扫术,术后按常规流程接受 ^{131}I 治疗,其中首次治疗(first treatment, FT)88 例,复次(^{131}I 治疗次数 ≥ 2 次)治疗(repeat treatment, RT)44 例。FT 组中,30 例清除残留甲状腺组织(简称清甲),33 例辅助治疗[刺激性甲状腺球蛋白(stimulated thyroglobulin, sTg)>10 g/L 和(或)高 T、N 分期,但尚无影像学转移灶证据];25 例清甲兼顾清除手术不能切除的 DTC 转移灶(简称清灶)治疗(肿瘤未能完整切除或治疗前影像学检查提示存在转移灶)。25 例清甲兼顾清灶患者中 20 例颈部淋

巴结转移,5 例远处转移;但首次治疗剂量 ^{131}I 全身显像中仅 3 例表现为转移灶摄碘。RT 组中,18 例清甲(诊断剂量 ^{131}I 显像示首次清甲未成功)、26 例清灶;合并颈部及纵隔淋巴结转移者 21 例,合并肺转移者 6 例。所有患者均无肾疾病,肾功能各项指标无明显异常。本研究获得本院伦理委员会批准(批件号:IRB2018-YX-117)。

2. ^{131}I 治疗及指标检测。 ^{131}I 治疗准备和方案均参照我国 ^{131}I 治疗 DTC 指南(2014 版)^[2] 和 2015 年美国甲状腺协会(American Thyroid Association, ATA)指南标准^[3]。 ^{131}I 清甲治疗剂量为 3.70 GBq,辅助治疗剂量为 3.70~5.55 GBq,清灶治疗剂量为 5.55~7.40 GBq。收集患者性别、年龄、体质指数(body mass index, BMI)、TNM 分期、TSH、sTg、甲状腺球蛋白抗体(thyroglobulin antibody, TgAb)、 ^{131}I 治疗次数及治疗剂量等数据。

甲状腺球蛋白(thyroglobulin, Tg)和 TgAb 测定采用电化学发光免疫分析法(瑞士 Roche E170),检测范围分别为 0.2~300.0 g/L 及 20~3 000 U/L。所有患者 TSH 均>30 U/L,测定值超过测量上限记作 100 U/L;Tg 测定值超过测量上下限分别记作 0.2 和 300.0 g/L;TgAb 测定值低于测量下限记作 20 U/L,无 TgAb 值超过测量上限的患者。患者于第 2 次 ^{131}I 治疗前行诊断剂量 ^{131}I 显像,评估是否有残留甲状腺组织。

3. 患者体内放射性残留活度的测定。采用全身动态辐射监测系统(北京格物时代科技发展有限公司,Explore WB Scanner)于 ^{131}I 治疗后 24、48 及 72 h 直接动态检测体内放射性残留活度,观察其 ^{131}I 治

疗后 48 h 体内活度是否大于 400 MBq(出院标准)。

4. 统计学处理。采用 IBM SPSS 20.0 软件进行统计学分析。符合正态分布的定量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,定性资料以频数(百分比)表示。采用两独立样本 *t* 检验、 χ^2 检验及二元 logistic 回归分析年龄、性别、BMI、TNM 分期、 ^{131}I 治疗剂量及次数、TSH、sTg 等可能影响残留活度的因素。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 一般资料的比较(表 1)。FT 及 RT 组患者年龄、性别、治疗方式构成的差异均无统计学意义($t = -1.830$, χ^2 值: 1.414 和 0.065, 均 $P > 0.05$); FT 组 ^{131}I 治疗剂量低于 RT 组, 差异有统计学意义($t = -1.507$, $P < 0.01$)

表 1 首次治疗组和复次治疗组 DTC 患者的一般资料比较

| 组别 | 例数 | 男/女 (例) | 年龄 (岁; $\bar{x} \pm s$) | 治疗方式(例) | | ^{131}I 剂量 (GBq; $\bar{x} \pm s$) |
|------------|----|------------|-----------------------------|---------|--------------------|--|
| | | | | 清甲 | 辅助/清灶 ^b | |
| 首次治疗组 | 88 | 23/65 | 45.1 ± 14.2 | 30 | 58 | 4.66 ± 0.94 |
| 复次治疗组 | 44 | 11/33 | 42.3 ± 10.7 | 18 | 26 | 5.27 ± 1.51 |
| 检验值 | | 1.414 | -1.830 ^a | 0.065 | | -1.507 ^a |
| <i>P</i> 值 | | 0.234 | 0.393 | 0.799 | | <0.01 |

注: DTC 为分化型甲状腺癌, 清甲为清除残留甲状腺组织, 清灶为清除手术不能切除的 DTC 转移灶; ^a 为 *t* 值, 余为 χ^2 值; ^b 首次治疗组为辅助+清甲兼顾清灶, 复次治疗组为清灶

2. DTC 患者 ^{131}I 治疗后体内放射性残留活度的变化趋势。FT 组患者 ^{131}I 治疗后 24 h 体内放射性残留活度为(880.60 ± 396.64) MBq, 明显低于 RT 组 [(1 022.31 ± 503.94) MBq; $t = -2.765$, $P = 0.035$]; 2 组患者 ^{131}I 治疗后 48 和 72 h 的残留活度无明显差异(t 值: -1.137 和 -1.768, 均 $P > 0.05$; 表 2)。

FT 组患者中, 清甲治疗亚组和辅助+清甲兼顾清灶亚组的 ^{131}I 治疗剂量分别为(4 280.75 ± 503.57) 和(5 708.36 ± 626.41) MBq。辅助+清甲兼顾清灶亚组 ^{131}I 治疗后 24 和 48 h 体内放射性残留活度分别为(987.16 ± 447.33) 和(233.47 ± 146.52) MBq, 均高于清甲亚组 [(766.27 ± 277.87) 和(183.52 ± 90.65) MBq; t 值: -2.711 和 -2.021, 均 $P < 0.05$]; 但 2 组患者 ^{131}I 治

表 2 首次治疗组和复次治疗组 DTC 患者 ^{131}I 治疗后不同时间体内的放射性残留活度(MBq; $\bar{x} \pm s$)

| 组别 | 例数 | 0 h | 24 h | 48 h | 72 h |
|------------|----|---------------------|-------------------|-----------------|---------------|
| 首次治疗组 | 88 | 4 661.26 ± 942.02 | 880.60 ± 396.64 | 212.38 ± 131.72 | 69.56 ± 90.65 |
| 复次治疗组 | 44 | 5 266.01 ± 1 511.45 | 1 022.31 ± 503.94 | 227.18 ± 116.55 | 80.66 ± 59.94 |
| <i>t</i> 值 | | -1.507 | -2.765 | -1.137 | -1.768 |
| <i>P</i> 值 | | <0.01 | 0.035 | 0.182 | 0.165 |

疗后 72 h 体内放射性残留活度无明显差异 [(73.63 ± 54.39) 与 (65.12 ± 38.11) MBq; $t = -1.051$, $P > 0.05$]。

RT 组患者中, 清甲亚组和清灶亚组 ^{131}I 治疗剂量分别为(4 841.45 ± 1 301.29) 和(6 117.21 ± 1 526.25) MBq。清灶亚组 ^{131}I 治疗后 24、48 和 72 h 体内放射性残留活度分别为(1 246.90 ± 531.69)、(244.57 ± 131.35) 和(90.65 ± 67.37) MBq, 均高于清甲组 [(715.50 ± 300.07)、(149.85 ± 68.82) 和(58.46 ± 31.45) MBq; t 值: -3.822 ~ -2.682, 均 $P < 0.05$]。

3. ^{131}I 治疗后体内放射性残留活度的影响因素。23 例(17.4%, 23/132) 患者 ^{131}I 治疗后 48 h 体内放射性残留活度 > 400 MBq, 其中 18 例 ^{131}I 治疗剂量为 7.40 GBq (FT 7 例, RT 11 例), 5 例 ^{131}I 治疗剂量为 5.55 GBq (FT 3 例, RT 2 例); 所有患者 ^{131}I 治疗后 72 h 体内放射性残留活度 < 400 MBq。

单变量分析结果示 T 分期、N 分期、sTg、 ^{131}I 剂量与体内放射性残留活度是否达标有关(t 值: -2.562 ~ 4.211, χ^2 值: 3.988 ~ 8.332, 均 $P < 0.05$); 而性别、年龄、BMI、M 分期、TSH、sTg、TgAb、治疗次数等因素无关(t 值: -2.317 ~ 0.593, χ^2 值: 1.343 ~ 3.237, 均 $P > 0.05$)。将上述有意义因素纳入二元 logistic 回归分析, 结果示 T 分期和 ^{131}I 治疗剂量是独立影响因素, 即 T 分期越高、 ^{131}I 治疗剂量越大, ^{131}I 治疗后 48 h 体内放射性残留活度不达标可能性越大, 提示患者隔离时间应延长至 72 h(表 3)。

表 3 DTC 患者 ^{131}I 治疗后 48 h 体内放射性残留活度的影响因素 logistic 回归分析结果

| 指标(赋值) | <i>B</i> 值 | 标准误差 | Walds 值 | Exp(<i>B</i>) | <i>P</i> 值 |
|---------------------|------------|-------|---------|-----------------|------------|
| T 分期(T=1) | - | - | 13.775 | - | 0.003 |
| T 分期(T=2) | 1.596 | 0.896 | 3.170 | 4.837 | 0.075 |
| T 分期(T=3) | 2.173 | 1.054 | 4.253 | 8.575 | 0.039 |
| T 分期(T=4) | 2.878 | 0.779 | 13.633 | 17.547 | <0.01 |
| N 分期(N=0) | - | - | 2.335 | - | 0.311 |
| N 分期(N=1) | -0.369 | 1.009 | 0.134 | 0.692 | 0.715 |
| N 分期(N=2) | -1.328 | 1.090 | 1.486 | 0.265 | 0.223 |
| sTg | -0.031 | 0.018 | 3.055 | 0.969 | 0.080 |
| ^{131}I 剂量 | 0.052 | 0.014 | 14.035 | 1.054 | <0.01 |

注: 按照美国癌症联合会指南^[4] 执行(T 分期, T=1、2、3、4), N 分期: 无淋巴结转移=0, 中央区淋巴结转移=1, 侧颈淋巴结转移=2; sTg 为刺激性甲状腺球蛋白; “-”表示无数据

讨 论

电离辐射防护是放射性核素治疗过程中尤为关键的一部分。 ^{131}I 可以用于 DTC 患者清甲、辅助治疗以及清灶治疗^[2], 但 ^{131}I 衰变会产生 γ 射线, 患者服 ^{131}I 后成为非密闭、移动的辐射源, 易对周围人群造成一定的外照射。因此, 有必要采取一定的防护措施保护周围人群免受大剂量电离辐射。放射防护措施的制定因国家而异, 但目前研究均基于患者外部剂量当量率及体内放射性活度残留量的估算^[5-6], 不能准确反映患者体内放射性残留活度。我国卫生健康委员会颁布的《临床核医学的患者防护与质量控制规范》规定, ^{131}I 治疗的 DTC 患者体内放射性活度低于 400 MBq 时方可出院^[1]。出院前患者体外辐射剂量率和体内放射性活度滞留量必须下降至可接受水平。

患者体内残留 ^{131}I 活度是决定辐射隔离及出院时间的主要因素, ^{131}I 在体内的代谢、清除受多种因素影响, 如残留甲状腺内滞留、胃肠道吸收、泌尿系统排泄等^[7-8]。有研究利用测尿法估算患者体内放射性活度滞留量^[9]; 另有学者通过体外辐射剂量率与体内放射性活度滞留量间的相关性进行研究^[6]。但这些方法均是估算患者体内放射性残留活度。本研究通过全身动态辐射监测系统检测患者服 ^{131}I 后体内放射性残留活度, 方法更简便、直观, 无需进一步换算, 并可以明确 ^{131}I 在体内的分布情况; 本研究还进一步分析了影响残留活度的相关因素, 为指导个体化的隔离方案、确定出院时间提供有价值的参考。

^{131}I 从胃肠道进入循环游离碘池, DTC 患者由于几乎失去了全部甲状腺从游离碘池摄碘的功能, 从而使血液循环中的 ^{131}I 大部分位于游离碘池, 通过肾迅速排泄导致服 ^{131}I 后体内放射性残留活度迅速下降。易艳玲等^[9] 对 DTC 患者的尿碘排泄研究显示, 服 ^{131}I 后第 1 天尿碘排泄活度可达 57.9%。Kusakabe 等^[10] 报道 ^{131}I 治疗后第 1 天 50%~80% 的 ^{131}I 由尿液排出, 至第 3 天体内滞留活度仅为初始活度的 4%。本研究显示, ^{131}I 治疗后体内放射性活度迅速下降, FT 及 RT 组患者 ^{131}I 治疗后 24 和 72 h 体内放射性残留活度均低于目前相关研究^[6,9], ^{131}I 治疗后 72 h 所有患者体内放射性残留活度均明显低于 400 MBq, 均低于 Kusakabe 等^[10] 和 Watanabe^[11] 的研究, 原因可能是其他研究通过测量尿液放射性活度或体外剂量当量率等方法推算体内放射性残留活度, 而本研究采用的直接测量法; 另外, 也可能与不

同研究纳入患者的手术方式、转移灶数量、肿瘤分期等临床病理特征等不同有关。

本研究中, RT 组患者服 ^{131}I 剂量高于 FT 组, ^{131}I 治疗后 24 h 体内放射性残留活度明显高于 FT 组, 48 及 72 h 残留活度略高于 FT 组, 但差异无统计学意义 (均 $P>0.05$), 即 RT 组体内放射性残留活度下降更为迅速, 原因可能与 RT 组患者甲状腺清除更为彻底、体内摄 ^{131}I 组织少或摄 ^{131}I 率低、 ^{131}I 排泄更快等因素有关, 这与靳平燕等^[5] 及 Carvalho 等^[12] 的研究结果一致。本研究中, FT 组清甲治疗患者 ^{131}I 治疗后 24 和 48 h 体内放射性残留活度均高于辅助+清甲兼顾清灶组; RT 组清灶治疗患者 ^{131}I 治疗后 24、48、72 h 残留活度均高于清甲治疗患者的相应值, 即残留活度与 ^{131}I 剂量可能相关, 但有研究显示 ^{131}I 半衰期与人种、性别、给药剂量无关, 但与治疗次数相关^[11,13-15], 与本研究结果略有差异。此外, 本研究 23 例患者 ^{131}I 治疗后 48 h 体内放射性残留活度大于 400 MBq, 统计学分析结果显示 T 分期越高、合并侧颈区淋巴结转移、sTg 高及 ^{131}I 治疗剂量 >5.55 GBq 的患者体内放射性残留活度越高, 其中 T 分期和 ^{131}I 治疗剂量是影响残留活度的独立因素, 原因可能是肿瘤 T 分期 (如 T4) 和 N 分期 (如 N1b) 越高的患者局部侵犯相对严重, 手术难度增高, 导致残留甲状腺组织或局部癌灶相对较多。

DTC 患者术式、术后腺体残留量、复发或转移灶摄 ^{131}I 率、泌尿系统排泄等因素个体差异较大, 应采取规范及个体化的隔离方案^[6]。核医学医师在实施 ^{131}I 治疗前应加强对患者辐射安全宣教, 消除患者紧张情绪, 保证治疗顺利进行。本研究结果表明, 大部分 DTC 患者 ^{131}I 治疗后 48 h 即达出院标准, 出院后可自行隔离; 但对于 T 分期较高、合并侧颈区淋巴结转移、sTg 较高、 ^{131}I 治疗剂量 >5.55 GBq 的 DTC 患者, ^{131}I 治疗后应隔离 72 h。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB 16361-2012 临床核医学的患者防护与质量控制规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
The Ministry of Health of People's Republic of China, National Standardization Management Committee of China. GB 16361-2012 Standards of protection of the patients and quality control in clinical nuclear medicine[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.
- [2] 中华医学会核医学分会. ^{131}I 治疗分化型甲状腺癌指南 (2014 版)[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2014, 34(4): 264-278. DOI:10.3760/cma.j.issn. 2095-2848.2014.04.002.

- Chinese Society of Nuclear Medicine. Clinical guidelines for ^{131}I therapy of differentiated thyroid cancer [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2014, 34(4): 264-278. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2014.04.002.
- [3] Haugen BR, Alexander EK, Bible KC, 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. DOI:10.1089/thy.2015.0020.
- [4] Amin MB, Edge SB, Greene FL, et al. AJCC Cancer Staging Manual [M]. 8th ed. New York: Springer International Publishing, 2017.
- [5] 靳平燕, 欧阳伟, 冯会娟, 等. ^{131}I 治疗分化型甲状腺癌患者的辐射剂量率研究 [J]. 广东医学, 2016, 37(3): 386-388.
Jin PY, Ouyang W, Feng HJ, et al. Study of external dose rate in patients with differentiated thyroid cancer administration of ^{131}I for therapy [J]. Guangdong Med J, 2016, 37(3): 386-388.
- [6] 王任飞, 谭建, 张桂芝, 等. 分化型甲状腺癌患者 ^{131}I 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. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2016.05.004.
Wang RF, Tan J, Zhang GZ, et al. Correlation between external dose equivalent rate and residual radioactivity in patients with differentiated thyroid carcinoma after ^{131}I therapy [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2016, 36(5): 394-397. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2016.05.004.
- [7] 汤敏敏, 刘建中, 武志芳, 等. 分化型甲状腺癌患者 ^{131}I 治疗后体内残留放射性活度的评估 [J]. 中华放射医学与防护杂志, 2015, 35(4): 299-302. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2015.04.016.
Tang MM, Liu JZ, Wu ZF, et al. Estimation of residual activity in patients with differentiated thyroid cancer after administration of ^{131}I for therapy [J]. Chin J Radiol Med Prot, 2015, 35(4): 299-302. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2015.04.016.
- [8] Choudhury PS, Gupta M. Differentiated thyroid cancer theranostics: radioiodine and beyond [J]. Br J Radiol, 2018, 91(1091): 20180136. DOI:10.1259/bjr.20180136.
- [9] 易艳玲, 石洪成, 顾宇参, 等. 分化型甲状腺癌患者日尿排泄 ^{131}I 活度分数估算 [J]. 国际放射医学核医学杂志, 2010, 34(4): 226-229. DOI:10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2010.04.010.
Yi YL, Shi HC, Gu YS, et al. Estimation the daily urinary excretion ^{131}I radioactivity of patients with differentiated thyroid carcinoma [J]. Int J Radiat Med Nucl Med, 2010, 34(4): 226-229. DOI:10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2010.04.010.
- [10] Kusakabe K, Yokoyama K, Ito K, et al. Thyroid remnant ablation using 1 110 MBq of I-131 after total thyroidectomy: regulatory considerations on release of patients after unsealed radioiodine therapy [J]. Ann Nucl Med, 2012, 26(4): 370-378. DOI:10.1007/s12149-012-0590-7.
- [11] Watanabe H. Explanation of the draft "release of patients after therapy with unsealed radionuclides" of the International Commission On Radiological Protection: the 1st report [J]. Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi, 2004, 60(4): 479-486. DOI:10.6009/jjrt.kj00000922391.
- [12] Carvalho MR, Ferreira TC, Leite V. Evaluation of whole-body retention of iodine-131 (^{131}I) after postoperative remnant ablation for differentiated thyroid carcinoma—thyroxine withdrawal versus rhTSH administration: a retrospective comparison [J]. Oncol Lett, 2012, 3(3): 617-620. DOI:10.3892/ol.2011.523.
- [13] Remy H, Borget I, Leboulleux S, et al. ^{131}I effective half-life and dosimetry in thyroid cancer patients [J]. J Nucl Med, 2008, 49(9): 1445-1450. DOI:10.2967/jnumed.108.052464.
- [14] Freesmeyer M, Gühne F, Kühnel C, et al. Determination of effective half-life of ^{131}I in patients with differentiated thyroid carcinoma; comparison of cystatin C and creatinine-based estimation of renal function [J]. Endocrine, 2019, 63(3): 554-562. DOI:10.1007/s12020-018-1800-4.
- [15] Bacher R, Hohberg M, Dietlein M, et al. Thyroid uptake and effective half-life of radioiodine in thyroid cancer patients at radioiodine therapy and follow-up whole-body scintigraphy either in hypothyroidism or under rhTSH [J]. J Nucl Med, 2019, 60(5): 631-637. DOI:10.2967/jnumed.118.217638.

(收稿日期:2019-10-16)