

## 甲亢患者<sup>131</sup>I治疗后周围剂量当量率的变化及其影响因素的研究

### Study on the changes of ambient dose equivalent rate and its influencing factors in patients with hyperthyroidism after <sup>131</sup>I treatment

Jiang Ying, Zhu Yuquan, Hu Fengqiong, Zheng Chunxiao, Wang Qin, Yi Yupin

引用本文:

江英, 朱玉泉, 胡凤琼, 等. 甲亢患者<sup>131</sup>I治疗后周围剂量当量率的变化及其影响因素的研究[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2022, 46(5): 284–289. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381–202105010–00183

Jiang Ying, Zhu Yuquan, Hu Fengqiong, et al. Study on the changes of ambient dose equivalent rate and its influencing factors in patients with hyperthyroidism after <sup>131</sup>I treatment[J]. *International Journal of Radiation Medicine and Nuclear Medicine*, 2022, 46(5): 284–289. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381–202105010–00183

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381–202105010–00183>

#### 您可能感兴趣的其他文章

#### Articles you may be interested in

##### 分化型甲状腺癌患者<sup>131</sup>I治疗后诊断性全身显像周围剂量当量率动态变化的研究

Study on the dynamic change in ambient dose equivalent rate in patients with differentiated thyroid carcinoma receiving diagnostic whole-body scan after <sup>131</sup>I therapy

国际放射医学核医学杂志. 2020, 44(4): 212–216 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381–201907038–00023>

##### 甲状腺乳头状癌患者术后首次<sup>131</sup>I治疗后辐射剂量率的影响因素及出院时间的探讨

Factors of radiation dose rates and hospitalization days for papillary thyroid cancer patients with after first <sup>131</sup>I therapy

国际放射医学核医学杂志. 2020, 44(2): 73–80 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673–4114.2020.02.001>

##### 腰椎能谱CT评估Graves甲状腺功能亢进症患者<sup>131</sup>I治疗前后骨量变化的价值

Changes of bone mass in patients with Graves' hyperthyroidism before and after <sup>131</sup>I therapy based on CT spectral imaging

国际放射医学核医学杂志. 2018, 42(6): 495–499, 506 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673–4114.2018.06.004>

##### <sup>131</sup>I治疗青少年及儿童格雷夫斯甲亢的临床应用随访研究

Follow-up study on children and adolescents with Graves hyperthyroidism after <sup>131</sup>I treatment

国际放射医学核医学杂志. 2017, 41(2): 98–102 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673–4114.2017.02.004>

##### Graves甲亢<sup>131</sup>I治疗后甲状腺功能的变化的特点及其与治疗前抗体水平的关系

Characteristics of thyroid function change after <sup>131</sup>I treatment of Graves hyperthyroidism and correlation with level of antibodies before treatment

国际放射医学核医学杂志. 2021, 45(1): 18–23 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381–202003035–000015>

##### Graves病<sup>131</sup>I治疗的预后因素分析

Analysis of prognosis factors on radioactive <sup>131</sup>I treatment of Graves disease

国际放射医学核医学杂志. 2019, 43(3): 268–273 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673–4114.2019.03.012>

## ·临床研究·

# 甲亢患者<sup>131</sup>I治疗后周围剂量当量率的变化及其影响因素的研究

江英 朱玉泉 胡凤琼 郑春晓 王钦 易于攀

重庆医科大学附属第一医院核医学科, 重庆 400016

通信作者: 易于攀, Email: 281426501@qq.com

**【摘要】目的** 探讨甲状腺功能亢进症(甲亢)患者<sup>131</sup>I治疗后周围剂量当量率的变化及其影响因素,为辐射防护提供理论依据。**方法** 回顾性分析2018年10月至2019年11月于重庆医科大学附属第一医院行<sup>131</sup>I治疗的42例甲亢患者的临床资料,其中男性12例、女性30例,年龄14~68(38.7±11.9)岁。测量<sup>131</sup>I治疗后2、4周距离患者颈部正前方0、0.3、1.0、2.0、4.0 m处的周围剂量当量率,分析其变化规律,并探讨患者的性别、年龄、甲状腺摄碘率、<sup>131</sup>I的有效半衰期及服药剂量与周围剂量当量率的相关性。2组间计量资料的比较采用独立样本 $t$ 检验,周围剂量当量率与各指标之间的相关性采用Pearson相关性分析。**结果** 所有甲亢患者<sup>131</sup>I治疗后2、4周的周围剂量当量率随测量距离的增加逐渐降低。<sup>131</sup>I治疗后2周,距离患者≥2.0 m处,周围剂量当量率均<25 μSv/h; <sup>131</sup>I治疗后4周,距离患者≥0.3 m处,周围剂量当量率均<25 μSv/h。不同性别患者不同测量距离处的周围剂量当量率间的差异均无统计学意义( $t=-0.467\sim 1.766$ ,均 $P>0.05$ )。<sup>131</sup>I治疗后2周,测量距离为0、0.3、4.0 m处的周围剂量当量率均与<sup>131</sup>I的有效半衰期呈正相关( $r=0.318\sim 0.487$ ,均 $P<0.05$ );测量距离为2.0、4.0 m处的周围剂量当量率均与服药剂量呈正相关( $r=0.546、0.491$ ,均 $P<0.01$ );不同测量距离处的周围剂量当量率与患者的年龄和甲状腺摄碘率均无相关性( $r=-1.158\sim 0.162$ ,均 $P>0.05$ )。<sup>131</sup>I治疗后4周,测量距离为0、0.3、1.0、2.0 m处的周围剂量当量率均与<sup>131</sup>I的有效半衰期呈正相关( $r=0.319\sim 0.380$ ,均 $P<0.05$ );测量距离为0 m处的周围剂量当量率与患者的年龄呈正相关( $r=0.429$ , $P<0.01$ );测量距离为2.0 m处的周围剂量当量率与甲状腺摄碘率呈正相关( $r=0.353$ , $P<0.05$ );不同测量距离处的周围剂量当量率与服药剂量均无相关性( $r=0.020\sim 0.157$ ,均 $P>0.05$ )。**结论** 甲亢患者<sup>131</sup>I治疗后4周内应尽量避免与家属亲密接触,临床医师应根据周围剂量当量率的测量结果及<sup>131</sup>I在患者体内的有效半衰期对甲亢患者的居家隔离进行辐射防护指导。

**【关键词】** 甲状腺功能亢进症; 辐射防护; 碘放射性同位素; 周围剂量当量率; 有效半衰期

**基金项目:** 重庆医科大学附属第一医院院内护理基金(HLJJ2018-24)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202105010-00183

## Study on the changes of ambient dose equivalent rate and its influencing factors in patients with hyperthyroidism after <sup>131</sup>I treatment

Jiang Ying, Zhu Yuquan, Hu Fengqiong, Zheng Chunxiao, Wang Qin, Yi Yupin

Department of Nuclear Medicine, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China

Corresponding author: Yi Yupin, Email: 281426501@qq.com

**【Abstract】 Objective** To investigate the changes in ambient dose equivalent rate and its influencing factors in patients with hyperthyroidism after <sup>131</sup>I treatment to provide a theoretical basis for radiation protection. **Methods** The clinical data of 42 patients with hyperthyroidism who received <sup>131</sup>I treatment in the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University from October 2018 to November 2019 were retrospectively analyzed. The patients included 12 males and 30 females aged 14~68 (38.7±11.9) years old. The ambient dose equivalent rates at 0, 0.3, 1.0, 2.0 and 4.0 m from the

front of the neck of the patient were measured at 2 and 4 weeks after  $^{131}\text{I}$  treatment, and their trends were analyzed. The correlations among the gender, age, thyroid iodine uptake rate, effective half-life of  $^{131}\text{I}$ , medication dose, and ambient dose equivalent rate of the patients were also investigated. The measurement data were compared between the two groups via independent samples  $t$  test, and the correlation between the ambient dose equivalent rate and each index was analyzed through Pearson correlation analysis. **Results** The ambient dose equivalence rate decreased gradually with the increase in the measurement distance at 2 and 4 weeks after  $^{131}\text{I}$  treatment. At 2 weeks after  $^{131}\text{I}$  treatment and distance  $\geq 2.0$  m from the patients, the ambient dose equivalent rates were all  $< 25 \mu\text{Sv/h}$ . At 4 weeks after  $^{131}\text{I}$  treatment and distance  $\geq 0.3$  m from the patients, the ambient dose equivalent rates were all  $< 25 \mu\text{Sv/h}$ . There was no significant difference in the ambient dose equivalent rates at different measurement distances in patients of different genders ( $t=-0.467-1.766$ , all  $P>0.05$ ). At 2 weeks after  $^{131}\text{I}$  treatment, the ambient dose equivalent rates measured at distances of 0, 0.3, and 4.0 m were positively correlated with the effective half-life of  $^{131}\text{I}$  ( $r=0.318-0.487$ , all  $P<0.05$ ); the ambient dose equivalent rates measured at distances of 2.0 and 4.0 m were positively correlated with the medication dose ( $r=0.546, 0.491$ ; both  $P<0.01$ ); the ambient dose equivalent rates at different measurement distances had no correlation with the patients' age and thyroid iodine uptake rate ( $r=-1.158-0.162$ , all  $P>0.05$ ). At 4 weeks after  $^{131}\text{I}$  treatment, the ambient dose equivalent rates measured at distances of 0, 0.3, 1.0 and 2.0 m were positively correlated with the effective half-life of  $^{131}\text{I}$  ( $r=0.319-0.380$ , all  $P<0.05$ ); the ambient dose equivalent rate measured at distances of 0 m was positively correlated with the patients' age ( $r=0.429$ ,  $P<0.01$ ); the ambient dose equivalent rate measured at distances of 2.0 m was positively correlated with the thyroid iodine uptake rate ( $r=0.353$ ,  $P<0.05$ ); the ambient dose equivalent rates at different measurement distances had no correlation with the medication dose ( $r=0.020-0.157$ , all  $P>0.05$ ). **Conclusions** Patients with hyperthyroidism should try to avoid close contact with their family members within 4 weeks after  $^{131}\text{I}$  treatment. Clinicians should provide guidance on radiation protection during the home isolation of patients with hyperthyroidism on the basis of the measurement results of the ambient dose equivalent rate and the effective half-life of  $^{131}\text{I}$  in the patients' body.

**【 Key words 】** Hyperthyroidism; Radiation protection; Iodine radioisotopes; Ambient dose equivalent rate; Effective half-life

**Fund program:** Hospital Nursing Fund of the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University (HLJJ2018-24)

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-202105010-00183](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202105010-00183)

甲状腺功能亢进症(简称甲亢)是由甲状腺本身的甲状腺激素合成和分泌过度引起的甲状腺毒症<sup>[1]</sup>,我国成年人甲亢的发病率为0.78%<sup>[2]</sup>。目前, $^{131}\text{I}$ 治疗是甲亢的重要治疗方法<sup>[3]</sup>,由于其快速简便且安全有效,故已经成为国内外甲亢患者的首选治疗方法。然而, $^{131}\text{I}$ 治疗过程中的放射性会对患者周围的人群和环境造成一定危害。目前,关于 $^{131}\text{I}$ 治疗的辐射剂量研究多针对甲状腺癌患者,而针对甲亢患者的相关研究较少。 $^{131}\text{I}$ 治疗格雷夫斯甲亢指南(2021版)<sup>[4]</sup>规定,患者体内 $^{131}\text{I}$ 滞留剂量 $<400 \text{ MBq}$ 方可出院。临床上大部分甲亢患者服用 $^{131}\text{I}$ 的剂量较低,且均在门诊行 $^{131}\text{I}$ 治疗,这导致其治疗后无

住院隔离时间,如果没有进行正确防护,则可能对其家属和公众造成辐射危害。因此,甲亢患者 $^{131}\text{I}$ 治疗的辐射安全问题值得关注。本研究探讨甲亢患者 $^{131}\text{I}$ 治疗后周围剂量当量率的变化及其影响因素,以期辐射防护提供理论依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

回顾性分析2018年10月至2019年11月于重庆医科大学附属第一医院核医学科行 $^{131}\text{I}$ 治疗的42例甲亢患者[男性12例、女性30例,年龄14~68(38.7 $\pm$ 11.9)岁]的临床资料。纳入标准:(1)首次

行<sup>131</sup>I治疗的甲亢患者；(2)临床资料完整；(3)<sup>131</sup>I治疗前禁碘饮食2~4周，停用抗甲亢药物5 d。排除标准：(1)无法配合测量周围剂量当量率；(2)肝肾功能严重异常或有其他严重器质性病变；(3)处于妊娠期或哺乳期。本研究符合《赫尔辛基宣言》的原则，所有患者均签署了知情同意书。

## 1.2 治疗方法

患者行<sup>131</sup>I治疗前完善颈部彩超、甲状腺显像、甲状腺摄碘率和<sup>131</sup>I的有效半衰期测定等相关检查，并对其进行辐射安全宣教。所有患者均口服放射性<sup>131</sup>I溶液，剂量采用个体化计算计量法确定，服药后1周内每日饮水量2000 ml以上。

## 1.3 周围剂量当量率的测量

使用美国 International Medcom 公司 Inspector Alert  $\gamma$  射线检测仪(型号 TJ.347A, 于2018年7月经过中国测试技术研究院校验)测量患者<sup>131</sup>I治疗后2、4周距离其颈部正前方水平位置0(即检测仪紧贴患者颈部正前方皮肤)、0.3、1.0、2.0、4.0 m处的周围剂量当量率。具体方法如下：设置单独的测量室，每次测量前均进行室内周围环境放射性本底监测以确保室内环境及仪器无污染，室内周围环境放射性本底剂量率水平为0.16~0.31  $\mu$ Sv/h。所有患者在测量前需先排空膀胱，并更换无污染的衣物。每次测量时仅1例患者进入测量室内，站立于固定检测点，待仪器开机稳定后，由同1名护士手持检测仪，依次将检测仪置于距离患者颈部正前方水平位置0、0.3、1.0、2.0、4.0 m处进行测量，待检测仪读数稳定3 s以上记录数值，连续记录3个数值。所有检测数据均扣除本底水平，最后取3次检测计数的平均值，并记录结果。

## 1.4 统计学分析

应用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，2组间计量资料的比较采用独立样本  $t$  检验(方差齐)。周围剂量当量率与患者的性别、年龄、甲状腺摄碘率、<sup>131</sup>I的有效半衰期及服药剂量之间的相关性采用 Pearson 相关性分析。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 一般资料

42例甲亢患者的甲状腺摄碘率为(89.18±10.65)%、<sup>131</sup>I的有效半衰期为(5.76±1.52) d、服药剂量为(327.45±162.43) MBq。

### 2.2 不同测量距离处的周围剂量当量率

由表1可知，甲亢患者<sup>131</sup>I治疗后2、4周，随着测量距离的增加，周围剂量当量率逐渐降低。以周围剂量当量率 $< 25 \mu$ Sv/h作为可接触公众人群的标准<sup>[5]</sup>，由表2可知，<sup>131</sup>I治疗后2周，距离患者 $\geq 2.0$  m处，周围剂量当量率均 $< 25 \mu$ Sv/h；<sup>131</sup>I治疗后4周，距离患者 $\geq 0.3$  m处，周围剂量当量率均 $< 25 \mu$ Sv/h。

### 2.3 不同性别的甲亢患者不同测量距离处周围剂量当量率的差异分析

由表3可知，不同性别的甲亢患者<sup>131</sup>I治疗后2、4周，不同测量距离处的周围剂量当量率的差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$ )。

### 2.4 不同测量距离处的周围剂量当量率与其他指标的相关性分析

由表4可知，甲亢患者<sup>131</sup>I治疗后2周，测量距离为0、0.3、4.0 m处的周围剂量当量率均与

表1 42例甲亢患者<sup>131</sup>I治疗后2、4周不同测量距离处的周围剂量当量率( $\bar{x} \pm s$ ,  $\mu$ Sv/h)

Table 1 Ambient dose equivalent rates of different measurement distances at 2 and 4 weeks after <sup>131</sup>I treatment in 42 patients with hyperthyroidism ( $\bar{x} \pm s$ ,  $\mu$ Sv/h)

时间	0 m	0.3 m	1.0 m	2.0 m	4.0 m
<sup>131</sup> I治疗后2周	882.00±1446.95	26.84±21.49	4.86±17.18	0.78±0.50	0.33±0.12
<sup>131</sup> I治疗后4周	69.58±40.37	2.60±2.03	0.42±0.24	0.23±0.07	0.20±0.02

表2 42例甲亢患者中<sup>131</sup>I治疗后2、4周不同测量距离处周围剂量当量率 $< 25 \mu$ Sv/h的患者数[例(%)]

Table 2 The numbers of patients with ambient dose equivalent rate  $< 25 \mu$ Sv/h of different measurement distances at 2 and 4 weeks after <sup>131</sup>I treatment among 42 patients with hyperthyroidism [cases (%)]

时间	0 m	0.3 m	1.0 m	2.0 m	4.0 m
<sup>131</sup> I治疗后2周	0(0)	21(50)	41(98)	42(100)	42(100)
<sup>131</sup> I治疗后4周	5(12)	42(100)	42(100)	42(100)	42(100)

<sup>131</sup>I的有效半衰期呈正相关(均  $P < 0.05$ ); 测量距离为 2.0、4.0 m 处的周围剂量当量率均与服药剂量呈正相关(均  $P < 0.01$ ); 不同测量距离处的周围剂量当量率与患者的年龄和甲状腺摄碘率均无相关性(均  $P > 0.05$ )。

由表 5 可知, 甲亢患者<sup>131</sup>I 治疗后 4 周, 测量距离为 0 m 处的周围剂量当量率与年龄呈正相关( $P < 0.01$ ); 测量距离为 0、0.3、1.0、2.0 m 处的周围剂量当量率均与<sup>131</sup>I 的有效半衰期呈正相关(均  $P < 0.05$ ); 测量距离为 2.0 m 处的周围剂量当量率与甲状腺摄碘率呈正相关( $P < 0.05$ ); 不同测量距离处的周围剂量当量率与服药剂量均无相关性(均  $P > 0.05$ )。

### 3 讨论

目前, 国内外均将<sup>131</sup>I 治疗作为甲亢患者的重

要治疗方法<sup>[6-7]</sup>。虽然甲亢患者服用<sup>131</sup>I 的剂量远低于甲状腺癌患者, 但甲亢患者的甲状腺摄碘率高<sup>[8]</sup>、<sup>131</sup>I 的有效半衰期长, 因此相比于甲状腺癌患者, 甲亢患者的甲状腺组织对<sup>131</sup>I 的吸收率更高, 从而导致<sup>131</sup>I 在体内的衰变时间更长。此外, 国内的三甲医院核医学科住院资源紧缺, 大部分甲亢患者只能在门诊行<sup>131</sup>I 治疗, 缺乏隔离时间, 这导致患者治疗后与亲属的接触时间更长, 故对周围人群造成辐射危害的可能性更大。研究表明, 低剂量的辐射可能造成细胞损伤、染色体突变率增高甚至诱发癌变, 长期低剂量的  $\gamma$  射线外照射可影响人体的免疫系统和造血系统, 还可能使生殖细胞发生突变, 进而导致遗传变异等<sup>[9-11]</sup>。因此, 甲亢患者<sup>131</sup>I 治疗的辐射安全问题不能忽略。王萧等<sup>[12]</sup> 和 Liu 等<sup>[13]</sup> 测量了甲亢患者<sup>131</sup>I 治疗后周围剂量当量率的变化情况, 但主要针对的是<sup>131</sup>I 治疗后短期(分别

表 3 42 例不同性别的甲亢患者<sup>131</sup>I 治疗后 2、4 周不同测量距离处的周围剂量当量率( $\bar{x} \pm s$ ,  $\mu\text{Sv/h}$ )

Table 3 Ambient dose equivalent rates of different measurement distances at 2 and 4 weeks after <sup>131</sup>I treatment in 42 patients with hyperthyroidism of different genders ( $\bar{x} \pm s$ ,  $\mu\text{Sv/h}$ )

测量距离(m)	<sup>131</sup> I治疗后2周				<sup>131</sup> I治疗后4周			
	男性(n=12)	女性(n=30)	r值	P值	男性(n=12)	女性(n=30)	r值	P值
0	715.53±321.70	948.59±1704.32	-0.467	0.643	76.59±44.51	66.78±39.04	0.707	0.483
0.3	33.39±23.83	24.23±20.32	1.257	0.216	3.42±2.01	2.28±1.98	1.680	0.101
1.0	12.26±31.80	1.89±1.48	1.129	0.283	0.46±0.23	0.40±0.25	0.744	0.461
2.0	1.05±0.71	0.67±0.34	1.766	0.101	0.24±0.04	0.22±0.08	0.565	0.575
4.0	0.37±0.16	0.31±0.11	1.244	0.221	0.20±0.01	0.20±0.03	0.422	0.675

表 4 42 例甲亢患者<sup>131</sup>I 治疗后 2 周不同测量距离处的周围剂量当量率与临床指标的相关性分析

Table 4 Correlation analysis of ambient dose equivalent rate of different measurement distances and clinical indicators in 42 patients with hyperthyroidism 2 weeks after <sup>131</sup>I treatment

指标	0 m		0.3 m		1.0 m		2.0 m		4.0 m	
	r值	P值	r值	P值	r值	P值	r值	P值	r值	P值
年龄	-1.158	0.317	-0.211	0.181	0.117	0.460	-0.283	0.070	-0.261	0.095
甲状腺摄碘率	0.067	0.673	0.162	0.306	0.159	0.314	-0.182	0.247	-0.098	0.538
<sup>131</sup> I 的有效半衰期	0.318	0.040	0.487	0.001	-0.132	0.405	0.299	0.054	0.327	0.035
服药剂量	0.102	0.522	0.194	0.219	0.235	0.133	0.546	<0.001	0.491	0.001

表 5 42 例甲亢患者<sup>131</sup>I 治疗后 4 周不同测量距离处的周围剂量当量率与临床指标的相关性分析

Table 5 Correlation analysis of ambient dose equivalent rate of different measurement distances and clinical indicators in 42 patients with hyperthyroidism 4 weeks after <sup>131</sup>I treatment

指标	0 m		0.3 m		1.0 m		2.0 m		4.0 m	
	r值	P值	r值	P值	r值	P值	r值	P值	r值	P值
年龄	0.429	0.005	0.274	0.079	0.250	0.111	-0.102	0.519	-0.249	0.112
甲状腺摄碘率	0.155	0.326	0.042	0.793	0.253	0.106	0.353	0.022	-0.003	0.986
<sup>131</sup> I 的有效半衰期	0.319	0.039	0.363	0.018	0.376	0.014	0.380	0.013	0.188	0.234
服药剂量	0.095	0.549	0.100	0.528	0.020	0.898	0.025	0.877	0.157	0.321

为192、168 h)内周围剂量当量率的变化情况,故对患者治疗后期的防护隔离缺乏详细、有力的数据支持。因此,本研究测量甲亢患者 $^{131}\text{I}$ 治疗后2、4周的周围剂量当量率,客观地评价甲亢患者治疗后期的辐射剂量,为患者治疗后的居家隔离提供指导依据。

本研究结果表明,甲亢患者 $^{131}\text{I}$ 治疗后2、4周的周围剂量当量率随着测量距离的增加逐渐降低,符合辐射剂量随距离衰减的规律,这提示患者在居家隔离的过程中仍要采取与亲属距离防护的方法。根据国家卫生健康委员会2020年发布的核医学放射防护要求,对于接受 $^{131}\text{I}$ 治疗的患者,距离患者体表1 m处的周围剂量当量率 $<25\ \mu\text{Sv/h}$ 方可出院,以控制该患者亲属和公众可能受到的辐射<sup>[5]</sup>。本研究将周围剂量当量率 $<25\ \mu\text{Sv/h}$ 作为可接触亲属和公众的安全标准,42例甲亢患者 $^{131}\text{I}$ 治疗后2周测量距离为0 m处的周围剂量当量率均 $\geq 25\ \mu\text{Sv/h}$ , $^{131}\text{I}$ 治疗后4周测量距离为0 m处的周围剂量当量率 $<25\ \mu\text{Sv/h}$ 的患者仅占12%,故患者治疗后4周内均应尽量避免与亲属亲密接触。按照国际辐射防护委员会要求,亲属接触的辐射剂量限值为1 mSv,若患者 $^{131}\text{I}$ 治疗后2周内必须与亲属零距离亲密接触,则应避免长时间的亲密接触,接触时间应 $<1.13\ \text{h}$ <sup>[14]</sup>。本研究中,42例甲亢患者 $^{131}\text{I}$ 治疗后2周测量距离为1.0 m处的周围剂量当量率为 $(4.86\pm 17.18)\ \mu\text{Sv/h}$ ,治疗后4周测量距离为0.3 m处的周围剂量当量率为 $(2.60\pm 2.03)\ \mu\text{Sv/h}$ ,且周围剂量当量率 $<25\ \mu\text{Sv/h}$ 的人数占比分别为98%、100%,故在患者 $^{131}\text{I}$ 治疗后2周可以与其进行距离为1.0 m的日常生活接触,治疗后4周可以与其进行距离为0.3 m的日常生活接触。此外,本研究中测量距离为2.0、4.0 m处的周围剂量当量率均较低,测量过程中受环境本底的影响较大,以后的研究应重点关注近距离的周围剂量当量率。

在影响因素的分析中,甲亢患者 $^{131}\text{I}$ 治疗后2周测量距离为0、0.3、4.0 m处的周围剂量当量率以及 $^{131}\text{I}$ 治疗后4周测量距离为0、0.3、1.0、2.0 m处的周围剂量当量率均与 $^{131}\text{I}$ 的有效半衰期呈正相关,即 $^{131}\text{I}$ 的有效半衰期越长,周围剂量当量率越高。而周围剂量当量率与患者的年龄、甲状腺摄碘率以及服药剂量的相关性仅出现在个别时间,这说明以上因素对周围剂量当量率无明显影响。然而,

国内外有研究结果显示,患者口服 $^{131}\text{I}$ 剂量越大,其周围剂量当量率越高<sup>[15-16]</sup>,这与本研究结果有一定差异,分析原因,可能是由测量时间的差异导致的,其他研究者测量的是患者口服 $^{131}\text{I}$ 后早期(120 h以内)的周围剂量当量率,而本研究的测量时间为 $^{131}\text{I}$ 治疗后期(2、4周)。根据 $^{131}\text{I}$ 在人体内代谢的特点, $^{131}\text{I}$ 进入患者体内后会迅速在胃肠道代谢,其中90%的 $^{131}\text{I}$ 会被甲状腺吸收,因此治疗前期测量的周围剂量当量率主要来源于胃肠道和甲状腺,此阶段的周围剂量当量率与服药剂量相关性高;后期随着 $^{131}\text{I}$ 的不断衰减和排泄,治疗后2~4周 $^{131}\text{I}$ 在体内的滞留量已远低于治疗前期,且衰减速度减慢,辐射剂量相对稳定在较低水平,此时周围剂量当量率与服药剂量相关性较低。临床医师可将 $^{131}\text{I}$ 的有效半衰期作为辐射防护指导的参考因素,对甲亢患者 $^{131}\text{I}$ 治疗后期居家隔离过程中与亲属的接触时间和距离等进行个体化指导。

综上所述,通过对甲亢患者 $^{131}\text{I}$ 治疗后周围剂量当量率的测量,发现其治疗后期的辐射防护仍需关注,患者应尽量避免与亲属亲密接触,以降低发生随机化效应的概率。临床医师应结合周围剂量当量率的测量结果和 $^{131}\text{I}$ 在患者体内的有效半衰期对门诊甲亢患者的居家隔离进行个体化、精细准确的防护指导,以确保辐射防护的最优化<sup>[17]</sup>。由于本研究纳入的样本量较小,未来还需增加样本量进行深入研究。

**利益冲突** 所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明** 江英负责研究的设计、数据的分析、论文的撰写;朱玉泉、胡凤琼负责研究的设计与指导;郑春晓、王钦负责数据的收集与分析;易于攀负责研究的指导、论文的审阅与修订

## 参 考 文 献

- [1] 中国医师协会外科医师分会甲状腺外科医师委员会, 中国研究型医院学会甲状腺疾病专业委员会, 中国医疗保健国际交流促进会临床实用技术分会. 甲状腺功能亢进症外科治疗中国专家共识(2020版)[J]. *中国实用外科杂志*, 2020, 40(11): 1229-1233. DOI: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2020.11.01. Chinese Thyroid Association, Chinese Collage of Surgeons, Chinese Medical Doctor Association, Chinese Research Hospital Association Thyroid Disease Committee, Clinical Practical Technology Committee of China International Exchange and Promotive Association for Medical and Health Care. Chinese expert consensus on surgical treatment of hyperthyroidism (2020

- edition)[J]. *Chin J Pract Surg*, 2020, 40(11): 1229-1233. DOI: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2020.11.01.
- [2] Li YZ, Teng D, Ba JM, et al. Efficacy and safety of long-term universal salt iodization on thyroid disorders: epidemiological evidence from 31 provinces of mainland China[J]. *Thyroid*, 2020, 30(4): 568-579. DOI: 10.1089/thy.2019.0067.
- [3] 邢岩. 放射性核素碘 131 治疗 Graves 甲状腺功能亢进的研究进展[J]. *上海医药*, 2021, 42(14): 3-6. DOI: 10.3969/j.issn.1006-1533.2021.14.002.
- Xing Y. Research progress of radionuclide 131 iodine in the treatment of Graves hyperthyroidism[J]. *Shanghai Med Pharm J*, 2021, 42(14): 3-6. DOI: 10.3969/j.issn.1006-1533.2021.14.002.
- [4] 中华医学会核医学分会. <sup>131</sup>I 治疗格雷夫斯甲亢指南 (2021 版)[J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2021, 41(4): 242-253. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20201109-00405.
- Chinese Society of Nuclear Medicine. Clinical guidelines for <sup>131</sup>I treatment of Graves' hyperthyroidism (2021 edition)[J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2021, 41(4): 242-253. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20201109-00405.
- [5] 国家卫生健康委员会. GBZ 120-2020 核医学放射防护要求 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
- National Health Commission of the People's Republic of China. GBZ 120-2020 requirements for radiological protection in nuclear medicine[S]. Beijing: Standards Press of China, 2020.
- [6] 甘景文. 碘 131 和抗甲状腺药物治疗甲状腺功能亢进症的进展[J]. *中外医学研究*, 2020, 18(18): 178-180. DOI: 10.14033/j.cnki.cfmr.2020.18.074.
- Gan JW. Progress of iodine 131 and antithyroid drugs in the treatment of hyperthyroidism[J]. *Chin Foreign Med Res*, 2020, 18(18): 178-180. DOI: 10.14033/j.cnki.cfmr.2020.18.074.
- [7] Canto AU, Dominguez PN, Jimeno CA, et al. Comparison of fixed versus calculated activity of radioiodine for the treatment of Graves disease in adults[J]. *Endocrinol Metab (Seoul)*, 2016, 31(1): 168-173. DOI: 10.3803/EnM.2016.31.1.168.
- [8] 王荣福, 安锐. 核医学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018.
- Wang RF, An R. Nuclear medicine[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2018.
- [9] 凌攀, 倪红珍, 杨柳莹, 等. 2014-2018 年四川省从事放射性工作人员染色体畸变率分析[J]. *预防医学情报杂志*, 2019, 35(11): 1290-1293.
- Ling P, Ni HZ, Yang LY, et al. Analysis on chromosome aberration rate of radioactive practitioners in Sichuan Province from 2014 to 2018[J]. *J Prev Med Inf*, 2019, 35(11): 1290-1293.
- [10] 姚叶豹, 马得勋, 殷爱民, 等. 低剂量电离辐射对人体健康影响的研究现状[J]. *辐射防护通讯*, 2020, 40(3): 1-8, 24. DOI: 10.3969/j.issn.1004-6356.2020.03.001.
- Yao YB, Ma DX, Yin AM, et al. Research progress on effects of low dose ionizing radiation on human health[J]. *Radiat Prot Bull*, 2020, 40(3): 1-8, 24. DOI: 10.3969/j.issn.1004-6356.2020.03.001.
- [11] Kamiya K, Ozasa K, Akiba S, et al. Long-term effects of radiation exposure on health[J]. *Lancet*, 2015, 386(9992): 469-478. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)61167-9.
- [12] 王萧, 焦玲, 张桂芝, 等. 甲亢患者碘治疗后 <sup>131</sup>I 滞留量与周围剂量当量率的关系[J]. *辐射研究与辐射工艺学报*, 2015, 33(5): 050203. DOI: 10.11889/j.1000-3436.2015.rj.33.050203.
- Wang X, Jiao L, Zhang GZ, et al. Study on retained body activity and external dose rate of patients receiving <sup>131</sup>I therapy for hyperthyroidism[J]. *J Radiat Res Radiat Process*, 2015, 33(5): 050203. DOI: 10.11889/j.1000-3436.2015.rj.33.050203.
- [13] Liu B, Tian R, Peng WA, et al. Radiation safety precautions in <sup>131</sup>I therapy of Graves' disease based on actual biokinetic measurements[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2015, 100(8): 2934-2941. DOI: 10.1210/jc.2015-1682.
- [14] ICRP. Release of patients after therapy with unsealed radionuclides[R]. ICRP Publication 94, Amsterdam: Elsevier, 2004.
- [15] 张晓懿, 涂彧. 甲亢患者 <sup>131</sup>I 治疗后人体周围辐射场剂量分布[J]. *中国辐射卫生*, 2013, 22(1): 36-38. DOI: 10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2013.01.023.
- Zhang XY, Tu Y. Dose distribution of radiation around human body in hyperthyroidism patients after <sup>131</sup>I therapy[J]. *Chin J Radiol Health*, 2013, 22(1): 36-38. DOI: 10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2013.01.023.
- [16] Cui SY, Jiao L, Tan J, et al. Estimating radiation absorbed dose of individuals nearby <sup>131</sup>I-treated hyperthyroid patients[J]. *Health Phys*, 2014, 106(3): 365-369. DOI: 10.1097/HP.0b013e3182a1c8d5.
- [17] 康增寿, 李方, 林岩松. 开放性放射性核素治疗后患者免住院的建议 (ICRP 94 报告要点解读)[J]. *国际放射医学核医学杂志*, 2019, 43(5): 397-399. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.05.002.
- Kang ZS, Li F, Lin YS. Release of patients therapy with unsealed radionuclides (ICRP publication 94)[J]. *Int J Radiat Med Nucl Med*, 2019, 43(5): 397-399. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.05.002.

(收稿日期: 2021-05-12)