

·临床研究·

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

冼嘉朗 吴菊清 卢建杏 欧阳伟 冯会娟 陈盼 王静 邓玉颖
陈艳莹 罗嘉欣

南方医科大学珠江医院核医学科, 广州 510280

通信作者: 欧阳伟, Email: oyw1963@sina.com

【摘要】 **目的** 探讨甲状腺乳头状癌(PTC)患者术后首次¹³¹I治疗后影响辐射剂量率降低的相关因素,并预估其住院隔离时间。**方法** 选取2015年5月至2018年11月于南方医科大学珠江医院住院并首次行¹³¹I治疗的PTC患者167例,其中男性43例、女性124例,年龄(37.14±12.00)岁。将所有患者按治疗剂量分为高剂量组(63例)和低剂量组(104例),于治疗后24、48、72、96 h时测量距离患者1 m处的辐射剂量率,将治疗后患者体内滞留¹³¹I活度为400 MBq时的时间点定为出院时间。采用多重线性回归方法分析影响辐射剂量率降低的相关因素。组间比较采用两独立样本非参数检验或两独立样本 t 检验。**结果** PTC患者首次行¹³¹I治疗后的辐射剂量率随时间推移迅速下降,高剂量组治疗后的24、48 h辐射剂量率[(70.62±34.45)、15.64 μSv/h]明显高于低剂量组[(11.27±5.13)、2.03 μSv/h],且差异均有统计学意义($t=-13.581$ 、 -7.952 ,均 $P<0.01$)。81.0%(51/63)和90.5%(57/63)的高剂量组患者分别可在治疗48 h和72 h后出院,99%(103/104)的低剂量组患者可在治疗24 h后出院。多重线性回归分析显示,¹³¹I剂量和2 h摄碘率对高剂量组24 h辐射剂量率的影响有统计学意义($F=9.23$,复相关系数 $R^2=0.212$, $P<0.01$),高剂量组24 h辐射剂量率与2 h摄碘率和¹³¹I剂量呈正相关;性别、24 h摄碘率和残甲法3对高剂量组48 h辐射剂量率的影响有统计学意义($F=34.45$,复相关系数 $R^2=0.622$, $P<0.01$),48 h辐射剂量率与24 h摄碘率和残留甲状腺体积呈正相关,与性别呈负相关;¹³¹I剂量和24 h饮水量对低剂量组24 h辐射剂量率的影响有统计学意义($F=12.76$,复相关系数 $R^2=0.186$, $P<0.01$),低剂量组24 h辐射剂量率与¹³¹I剂量呈正相关,与24 h饮水量呈负相关。**结论** PTC术后患者首次¹³¹I治疗24 h后,影响其辐射剂量率降低的主要因素是服用¹³¹I的剂量,而48 h后的主要影响因素是24 h甲状腺摄碘率、残留甲状腺体积和性别。低剂量组和高剂量组平均住院时间分别为1 d和2 d左右。

【关键词】 甲状腺肿瘤;碘放射性同位素;住院隔离时间;辐射剂量;辐射防护

DOI: [10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2020.02.001](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2020.02.001)

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

Xian Jialang, Wu Juqing, Lu Jianxing, Ouyang Wei, Feng Huijuan, Chen Pan, Wang Jing, Deng Yuying, Chen Yanying, Luo Jiabin

Department of Nuclear Medicine, Zhujiang Hospital, Southern Medical University, Guangzhou 510280, China

Corresponding author: Ouyang Wei, Email: oyw1963@sina.com

【Abstract】 **Objective** To explore the related factors affecting the reduction of radiation dose rate and to estimate the hospitalization days in papillary thyroid cancer (PTC) patients with postoperative after first ¹³¹I therapy. **Methods** A total of 167 patients with PTC were hospitalized and treated with iodine-131 from May 2015 to November 2018 at Zhujiang Hospital, Southern Medical University. The patients were divided into the high-dose group (63 cases) and the low dose-group (104

cases). The radiation dose rates of the two groups of patients at different time points were measured at a distance of 1 m, the required hospitalization isolation time was analyzed, and the factors related to the reduction in radiation dose rate were analyzed by using multiple linear regression method. Two independent samples nonparametric test and *t*-test were used to compare the differences between groups. **Results** After iodine-131 treatment for the first time, the radiation dose rate of the patients with PTC decreased exponentially with time, and the radiation dose rates of the high-dose group [(70.62±34.45), 15.64 μSv/h] at 24 h and 48 h after iodine-131 treatment were significantly higher than those of the low-dose group [(11.27±5.13), 2.03 μSv/h] ($t=-13.581, -7.952$, both $P < 0.01$). Approximately 81.0% (51/63) and 90.5% (57/63) of the high-dose group were discharged after iodine-131 treatment for 48 h and 72 h, respectively. By contrast, 99% (103/104) of the low-dose group was discharged after iodine-131 treatment for 24 h. According to multiple linear regression analysis, the effects of iodine-131 dose, iodine uptake rate at 2 h on radiation dose rate at 24 h in the high dose group were statistically significant ($F=9.23$, complex correlation coefficient $R^2=0.212$, $P < 0.01$), and both iodine-131 dose and iodine uptake rate at 2 h had positive correlation with 24 h radiation dose rate. The effects of gender, iodine uptake rate at 24 h and residual thyroid volume (method 3) on radiation dose rate at 48 h in the high-dose group were statistically significant ($F=34.45$, complex correlation coefficient $R^2=0.622$, $P < 0.01$), moreover the radiation dose rate at 48 h was positively correlated with iodine uptake rate at 24 h and residual thyroid volume, and negatively correlated with gender. The effects of iodine-131 dose and drinking water amount at 24 h on the radiation dose rate at 24 h in the low-dose group were statistically significant ($F=12.76$, complex correlation coefficient $R^2=0.186$, $P < 0.01$), furthermore the radiation dose rate at 24 h in the low-dose group was positively correlated with iodine-131 dose, and negatively correlated with drinking water amount at 24 h. **Conclusions** After the first iodine-131 treatment for 24 h, the main factors influencing the reduction in the radiation dose rate of patients with PTC were the dose of iodine-131. The main factors influencing the reduction in radiation dose rate after 48 h were the iodine uptake rate of the thyroid at 24 h, the volume of the residual thyroid gland, and the gender of the patient. The mean hospitalization time in low dose group and high dose group was about 1 day and 2 days respectively.

【Key words】 Thyroid neoplasms; Iodine radioisotopes; Hospitalization isolation time; Radiation dosage; Radiation protection

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2020.02.001

甲状腺癌是内分泌系统最常见的恶性肿瘤,约占全身恶性肿瘤的1%,其发病率正在逐年上升^[1]。甲状腺癌最常见的病理类型是DTC,其中约80%以上为甲状腺乳头状癌(papillary thyroid cancer, PTC),约15%以上为滤泡状癌。¹³¹I是治疗DTC的重要手段,随着¹³¹I的广泛应用,辐射安全问题日益受到关注。我国2002年辐射安全标准规定:¹³¹I治疗后,患者体内滞留活度降低至400 MBq (10.8 mCi)之前不得出院^[2],目前研究较多的是大剂量¹³¹I治疗后辐射剂量率的变化及所需住院隔离的时间,但对¹³¹I治疗后辐射剂量率的影响因素的研究较少,另外,近年来,¹³¹I治疗DTC的观念也在不断更新,对于无病灶患者更趋向于行小剂量¹³¹I清甲治疗^[3-4],但目前尚缺乏小剂量¹³¹I清甲治疗

的辐射剂量率的研究。本研究探讨PTC患者经过不同剂量¹³¹I治疗后的辐射剂量率的变化及影响因素,并预估患者所需住院隔离时间,为评估患者辐射风险及合理制定个性化防护指导提供理论依据。

1 资料和方法

1.1 一般资料

选取2015年5月至2018年11月在南方医科大学珠江医院住院行¹³¹I治疗的PTC患者167例,其中男性43例、女性124例,年龄8~72(37.14±12.00)岁。167例患者按照治疗剂量分为高剂量(≥3700 MBq)组(63例)和低剂量(<3700 MBq)组(104例)。

1.2 纳入、排除标准和治疗方法

纳入标准：(1)临床资料完整；(2)签署了知情同意书；(3)已行甲状腺近全切或次全切切除术，病理结果证实为 PTC；(4)按 2015 年美国甲状腺协会指南复发危险度分层满足中高危分层标准；(5)首次行¹³¹I 治疗；(6)入院前均停药优甲乐 3 周，且禁碘饮食 3 周。

排除标准：无法配合测量辐射剂量率和病理结果证实有远处转移的患者。

治疗方法：¹³¹I 由成都中核高通同位素股份有限公司提供，采用一次口服。高剂量组的口服剂量为 3700~7400 MBq，低剂量组的口服剂量为 1295~2800 MBq。¹³¹I 治疗前，对患者进行辐射安全宣教，并化验血常规、肝肾功能、甲状腺功能、甲状腺球蛋白(thyroglobulin, Tg)、甲状腺球蛋白抗体(thyroglobulin antibodies, TGAb)、尿碘，行颈胸部 CT、颈部彩超、甲状腺静态显像、唾液腺动态显像、计算甲状腺摄碘率(2、6、24 h)。服用¹³¹I 后患者入住同位素病房隔离，每天含服酸性物质 5~8 次，大量饮水，并于服用¹³¹I 后 1~3 d 行治疗后全身显像(posttreatment whole body scan, Rx-WBS)，以检查甲状腺癌全身转移灶的情况。

1.3 主要仪器

高剂量组测量仪器：天津贝克西弗科技有限公司的 γ 辐射测量仪(型号：FJ1200X)，仪器测量范围为 0.01~200.00 μ Sv/h，响应时间<3 s，测量精度 $\leq\pm 15\%$ 。低剂量组测量仪器：苏州 RAYCAN 公司的 RadSys-wall 在线辐射监测系统，仪器测量范围为 0.01~500.00 μ Sv/h，响应时间<2 s，测量精度 $\leq\pm 15\%$ 。

1.4 辐射剂量的测量方法

标准源及测量区域本底辐射剂量的监测：取 400 MBq 的¹³¹I 作为标准源，离地 1.5 m，在距离 1 m 处测量辐射剂量率，测量 5 次，取平均值，为 30.21 μ Sv/h；测量该区域本底辐射剂量率水平，测量 5 次，取平均值，为 0.22 μ Sv/h。

高剂量组辐射剂量率的监测：患者口服¹³¹I 后 24、48、72、96 h 时在距离其 1 m 处测量甲状腺区、腹部和盆腔位置的辐射剂量率，待读数稳定 3 s 以上记录数值，连续测定 3 个读数，取平均值，最后取 3 个部位的最大值进行记录，超过测量限制时记为 200 μ Sv/h。

低剂量组辐射剂量率的监测：RadSys-wall 在线辐射监测系统安装在监督区空旷的一侧墙上，离地 1.3 m，患者口服¹³¹I 后 24、48 h 时立于距离监测仪 1 m 处测量其平均辐射剂量率，待读数稳定后记录数值，每天第 1 次测量用 γ 辐射测量仪进行核准，下一个患者测量前需待读数降至本底水平。

所有患者测量前先排空膀胱，更换无污染的衣服。根据 GB 16361-2012《临床核医学的患者防护和质量控制规范》^[4](简称 GB16361-2012)计算患者服用¹³¹I 后体内放射性活度滞留量。

1.5 残留甲状腺评估的方法

根据甲状腺静态显像、唾液腺动态显像和 Rx-WBS 中甲状腺床区浓聚灶的浓淡程度及个数将残留甲状腺分为 4 类：无残留(甲状腺区无浓聚灶)、极少量残留(1 个或 2 个轻度浓聚灶)、少量残留(1 个或 2 个明显浓聚灶或 3 个以上轻度浓聚灶)及部分残留(3 个及 3 个以上明显浓聚灶)。

1.6 影响患者辐射剂量率的因素

高剂量组和低剂量组均包括以下 3 个部分：(1)一般资料包括年龄、性别、病理 T 分期和病理 N 分期(AJCC 第 7 版^[5])、¹³¹I 剂量；(2)实验室指标包括尿碘、治疗前 TSH、治疗前 Tg、治疗前 TGAb、2 h 甲状腺摄碘率(简称 2 h 摄碘率)、6 h 甲状腺摄碘率(简称 6 h 摄碘率)；(3)残留甲状腺指标包括甲状腺静态显像示残留甲状腺(残甲法 1)、唾液腺动态显像示残留甲状腺(残甲法 2)、Rx-WBS 示残留甲状腺(残甲法 3)、Rx-WBS 示颈部甲状腺床外摄碘灶(颈部摄碘灶)。此外，高剂量组患者还检测了 24 h 甲状腺摄碘率(简称 24 h 摄碘率)，患者 24 h 饮水量均 > 2500 mL，48 h 饮水量均 > 5000 mL。记录低剂量组患者的 24 h 饮水量和 48 h 饮水量。

1.7 统计学分析

采用 SPSS 23.0 软件进行统计学分析。计量资料经正态性检验服从正态分布者，以均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示；不服从正态分布者，以中位数及最小值、最大者[M(最小值~最大值)]表示。组间差异比较采用两独立样本非参数 Mann-Whitney 检验，Levene's 方差齐性检验提示两组患者 24 h、48 h 辐射剂量率的总体方差不齐，结果采用 Satterthwaite 近似 *t* 检验，其余数据符合方差齐性，采用两独立样本 *t* 检验。辐射剂量率影响因素筛查采用多重线

性回归分析。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料分析结果

高剂量组和低剂量组患者在性别构成、年龄分布、病理 T 分期、病理 N 分期、尿碘、残甲法 1 和残甲法 2 上差异均无统计学意义 ($Z = -1.554 \sim -0.100$, 均 $P > 0.05$), 在 ^{131}I 剂量、治疗前 TSH、治疗前 Tg、治疗前 TGAb、2 h 摄碘率、6 h 摄碘率、残甲法 3、颈部摄碘灶上差异均有统计学意义 ($Z = -11.231 \sim -3.165$, 均 $P < 0.01$) (表 1)。

2.2 辐射剂量率随时间的变化规律

高剂量组和低剂量组的辐射剂量率随时间推移迅速下降, 高剂量组下降速率随时间推移减缓。两组患者的 24 h 和 48 h 的辐射剂量率差异有统计学意义 ($t = -13.581, -7.952$, 均 $P < 0.001$) (表 2)。高剂量组服用 ^{131}I 后 24、48、72 h 体内放射性活度滞留量分别为 941.6、272.8、192.4 MBq, 低剂量组服用 ^{131}I 后 24、48 h 体内放射性活度滞留量分别为 150.3、32.9 MBq。

2.3 患者出院的时间

将 ^{131}I 治疗后患者体内滞留 ^{131}I 活度为 400 MBq 时(相当于距离患者 1 m 处的剂量率约为 $30 \mu\text{Sv/h}$)的时间点定为出院时间。低剂量组治疗后 24 h, 仅 1 例患者未达到出院标准(24 h 辐射剂量率为 $41.72 \mu\text{Sv/h}$) (表 3), 该患者为 1 例老年男性患者, 超声提示其前列腺肿大, 24 h 饮水量仅为 1500 mL, 明显低于其他患者(平均 3554 mL)。高剂量组治疗后 48 h 和 72 h 分别有 19.0%(12/63)、9.5%(6/63)的患者未达到出院标准(表 3), 治疗后 48 h 未达标的 12 例中有 10 例相关检查均提示残留甲状腺较多, 另外 2 例 48 h 辐射剂量率分别为 32.27、 $32.95 \mu\text{Sv/h}$, 已接近出院标准, 而治疗后 72 h 未达标的 6 例患者相关检查均提示残留甲状腺较多。低剂量组和高剂量组的住院时间分别为 $(1.01 \pm 0.10)\text{d}$ 和 $(2.22 \pm 0.77)\text{d}$ 。

2.4 患者辐射剂量率及其影响因素的多重线性回归分析结果

将可能会影响辐射剂量率的因素包括性别、年龄、 ^{131}I 剂量、病理 T 分期(AJCC 第 7 版)、病理 N 分期(AJCC 第 7 版)、2 h 摄碘率、6 h 摄碘率、24 h 吸碘率(高剂量组)、治疗前 TSH、治疗前

Tg、治疗前 TGAb、残甲法 1、残甲法 2、残甲法 3 和颈部摄碘灶、24 h 饮水量(低剂量组)作为自变量, 高剂量组分别以 24 h 和 48 h 辐射剂量率作为因变量, 低剂量组以 24 h 辐射剂量率作为因变量, 采用多重线性回归分析辐射剂量率与各因素之间的关系。 ^{131}I 剂量和 2 h 摄碘率对高剂量组 24 h 辐射剂量率的影响有统计学意义 ($F = 9.23$, 复相关系数 $R^2 = 0.212$, $P < 0.01$)。高剂量组 24 h 辐射剂量率与 ^{131}I 剂量和 2 h 摄碘率呈正相关。性别、24 h 摄碘率和残甲法 3 对高剂量组 48 h 辐射剂量率的影响有统计学意义 ($F = 34.45$, 复相关系数 $R^2 = 0.622$, $P < 0.01$)。高剂量组 48 h 辐射剂量率与性别呈负相关, 与 24 h 摄碘率和残甲法 3 呈正相关, 其中甲状腺的残留量对 48 h 辐射剂量率影响最大。 ^{131}I 剂量和 24 h 饮水量对低剂量组 24 h 辐射剂量率的影响有统计学意义 ($F = 12.76$, 复相关系数 $R^2 = 0.186$, $P < 0.01$)。低剂量组 24 h 辐射剂量率与 ^{131}I 剂量呈正相关, 与 24 h 饮水量呈负相关(表 4)。

3 讨论

目前国内外公认的治疗 DTC 的最佳方法为手术+ ^{131}I 治疗+TSH 抑制治疗, ^{131}I 可在清除 DTC 患者术后残留甲状腺组织的同时治疗转移灶, 能有效降低复发率^[6], 但患者服用 ^{131}I 后存在对周围环境及人员的潜在辐射风险。2002 年我国发布了 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》^[7], 规定患者体内的放射性活度降低至 400 MBq 前不得出院, 但临床上难以直接测量患者体内残留 ^{131}I 的活度。此外, 既往的 DTC 中高危患者占比大, ^{131}I 治疗剂量偏大, 且既往研究估算的出院时间是以美国核安全管理委员会及国际原子能机构推荐的 $\leq 1100 \text{ MBq}$ (相当于 1 m 处辐射剂量率为 $70 \mu\text{Sv/h}$) 为标准^[8], 均与目前新的规定和治疗理念不符。

Martin 等^[9]的研究结果表明, ^{131}I 活性在距离患者 1 m 处的辐射剂量率为 $0.06 \sim 0.08 \mu\text{Sv/h} \cdot \text{MBq}$ 。因此, 1 m 处 400 MBq ^{131}I 的辐射剂量率应为 $20 \sim 32 \mu\text{Sv/h}$, 这与本研究中以 1 m 处 400 MBq ^{131}I 标准源的实际测量辐射剂量率($30.21 \mu\text{Sv/h}$)的测量结果一致。本研究以 $30 \mu\text{Sv/h}$ (四舍五入) 为出院标准, 结果发现, 首次 ^{131}I 治疗后, 高剂量组患者剂量率随时间推移迅速下降, 与先前的研究相似^[10],

表1 167例甲状腺乳头状癌患者的临床特点

Table 1 Clinical characteristics of 167 patients with papillary thyroid carcinoma

项目	高剂量组(n=63)	低剂量组(n=104)	Z值	P值
性别			-0.909	0.419
男	14(22.2%)	29(27.9%)		
女	49(77.8%)	75(72.1%)		
年龄(岁)	36.06±12.89	38.23±11.41	-1.391	0.164
¹³¹ I剂量(MBq)	5336.42±915.94	1547.60±406.84	-11.231	0.000
病理T分期			-1.753	0.080
Tx	3(4.8%)	13(12.5%)		
T1a/b	41(65.1%)	70(67.3%)		
T2	6(9.5%)	2(1.9%)		
T3	4(6.3%)	6(5.8%)		
T4a/b	9(14.3%)	13(12.5%)		
病理N分期			-1.068	0.285
N0	7(11.1%)	10(9.6%)		
N1a	29(46.0%)	40(38.5%)		
N1b	27(42.9%)	54(51.9%)		
治疗前TSH(μg/L)	62.6±20.26	78.79±25.41	-3.870	0.000
治疗前Tg(μg/L)	7.08(0.04~269.80)	0.85(0.04~16.40)	-4.596	0.000
治疗前TGAb(KU/L)			-3.165	0.002
阴性(0~115)	49(77.8%)	98(94.2%)		
阳性(>115)	14(22.2%)	6(5.8%)		
尿碘(μg/L)	30(20~500)	30(30~300)	-0.100	0.921
2 h摄碘率(%)	2.90(0.60~10.30)	2.25(1.20~18.00)	-3.396	0.001
6 h摄碘率(%)	2.40(0.50~16.60)	1.90(0.40~17.5)	-3.363	0.001
24 h摄碘率(%)	1.50(0.1~26.8)	-	-	-
24 h饮水量(mL)	-	3554.33±1228.47	-	-
48 h饮水量(mL)	-	6384.62±1922.43	-	-
残甲法1			-1.554	0.120
无残留	13(20.6%)	33(31.7%)		
极少量残留	14(22.2%)	13(12.5%)		
少量残留	25(39.7%)	54(51.9%)		
部分残留	11(17.5%)	4(3.8%)		
残甲法2			-0.242	0.809
无残留	11(17.5%)	17(16.3%)		
极少量残留	13(20.6%)	13(12.3%)		
少量残留	28(44.4%)	70(67.3%)		
部分残留	11(17.5%)	4(3.8%)		
残甲法3			-3.180	0.010
无残留	2(3.2%)	2(1.9%)		
极少量残留	1(1.6%)	8(7.7%)		
少量残留	48(76.2%)	91(87.5%)		
部分残留	12(19.0%)	3(2.9%)		
颈部摄碘灶			-4.338	0.000
无	46(73.0%)	100(96.2%)		
≤3个	14(22.2%)	4(3.8%)		
>3个	3(4.8%)	0(0.0%)		
24 h辐射剂量率(μSv/h)	70.62±34.45	11.27±5.13	-10.691	0.000
48 h辐射剂量率(μSv/h)	15.64(2.59~92.75)	2.03(0.47~16.40)	-10.348	0.000

注：表中，TSH：促甲状腺激素；Tg：甲状腺球蛋白；TGAb：甲状腺球蛋白抗体。残甲法1：甲状腺静态显像法评估残留甲状腺；残甲法2：唾液腺动态显像法评估残留甲状腺；残甲法3：行¹³¹I治疗后全身显像法评估残留甲状腺；-：无此项数据

表2 不同时间点距离2组甲状腺乳头状癌患者1 m处的辐射剂量率($\mu\text{Sv/h}$)

Table 2 Radiation dose rates ($\mu\text{Sv/h}$) at different time points at one meter in two groups of papillary thyroid carcinoma patients

	24 h	48 h	72 h	96 h(n=34)
高剂量组 (n=63)	70.62±34.45	15.64 (2.59~92.75)	9.27 (2.05~89.45)	2.21 (0.62~77.38)
低剂量组 (n=104)	11.27±5.13	2.03 (0.47~16.40)	-	-
t值	-13.581	-7.952	-	-
P值	<0.001	<0.001	-	-

注:表中,-:无此项数据

表3 两组甲状腺乳头状癌患者不同时间点出院达标率(例,%)

Table 3 Reach the discharge standard of two papillary thyroid carcinoma patients' groups at different time points

组别	例数	24 h	48 h	72 h	96 h
高剂量组	63	5(8.0)	51(81.0)	57(90.5)	62(98.4)
低剂量组	104	103(99.0)	104(100)	-	-

注:表中,-:无此项数据

高剂量组治疗后48 h和72 h出院达标率分别为81.0%、90.5%,略高于先前研究(76.4%、85.5%^[9]和79.8%、86.1%^[11]),考虑为先前研究纳入了远处转移患者,其辐射剂量率较高所致,但均与Markou和Chatzopoulos^[12]、Lahfi和Anjak^[13]的研究数据一致(¹³¹I治疗患者在治疗后48 h距离患者1 m处达到出院标准的比率为75%~92%)。详细查看未达标患者资料后发现,在高剂量组治疗后48 h未

达标的12例中有10例相关检查均提示残留甲状腺较多,另外2例的48 h辐射剂量率分别为32.27、32.95 $\mu\text{Sv/h}$,已接近出院标准,而治疗后72 h未达标的6例患者的相关检查均提示残留甲状腺较多。低剂量组治疗后24 h仅1例患者未达出院标准,99%均可以出院,未达出院标准的这1例患者为老年男性,既往有前列腺增大和便秘病史,并且治疗期间24 h和48 h内饮水量分别为1500、1600 mL,远低于其他患者。

多项研究结果均表明,与放射性碘清除相关的因素是复杂和多样的^[14-16]。我们早期研究根据治疗后48 h在距离患者(包括单次和重复治疗的所有危险层次的患者)1 m处的辐射剂量率是否小于30 $\mu\text{Sv/h}$ 进行logistic回归分析,结果表明,只有24 h摄碘率是延长放射性碘清除的独立因素^[10-11]。但在本次研究中我们发现,对于首次行¹³¹I治疗的中高危PTC患者,高剂量组24 h辐射剂量率与2 h摄碘率和¹³¹I剂量呈正相关,48 h辐射剂量率与24 h摄碘率和残留甲状腺体积(Rx-WBS评估法)呈正相关,而与性别呈负相关(女性的辐射剂量率降低得更快);而低剂量组24 h辐射剂量率与¹³¹I剂量呈正相关,与24 h饮水量呈负相关(即饮水量越多越有助于降低剂量率)。Haghighatafshar等^[17]研究发现,62例服用¹³¹I剂量为3700~7400 MBq(100~200 mCi)的患者,治疗后48 h辐射剂量率与饮水量多少没有关系,这可能与其饮水量分组相关,其以60 mL/h(相当于24 h饮水量为1440 mL)的饮水

表4 2组甲状腺乳头状癌患者辐射剂量率影响因素的多重线性回归分析

Table 4 Multiple linear regression analysis of the influencing factors of radiation dose rate in high dose and low dose groups of the papillary thyroid carcinoma patients

组别	因变量	自变量	非标准化系数		标准化系数	t值	P值	B的95%可变区间
			B	标准误	Beta			
高剂量组(n=63)	24 h辐射剂量率	常量	-14.612	25.622	-	-0.571	0.571	(-65.881~36.656)
		2 h摄碘率	7.474	1.928	0.450	3.877	0.000	(3.617~11.332)
		¹³¹ I剂量	0.416	0.161	0.301	2.592	0.012	(0.095~0.737)
	48 h辐射剂量率	常量	-9.625	9.216	-	-1.044	0.301	(-28.073~88.823)
		24 h摄碘率	1.548	0.264	0.586	5.868	0.000	(1.020~2.076)
		残甲法3	9.036	3.126	0.289	2.891	0.005	(2.779~15.294)
低剂量组(n=104)	24 h辐射剂量率	性别	-7.729	3.377	-0.181	-2.289	0.026	(-14.489~969.000)
		常量	8.213	2.204	-	3.727	0.000	(3.841~12.584)
		¹³¹ I剂量	0.170	0.041	0.364	4.090	0.000	(0.087~0.252)
		24 h饮水量	-0.001	0.000	-0.272	-3.058	0.003	(-0.002~0.000)

注:表中,残甲法3:行¹³¹I治疗后全身显像法评估残留甲状腺;-:无此项数据

量为分界点分为高(>60 mL/h)、低(<60 mL/h)两组,而在本研究中,低剂量组24 h每人每天饮水量为(3554.33±1228.47) mL,且饮水量越多,24 h辐射剂量率降低得更快,不足的是高剂量组虽每人每天饮水量均大于2500 mL,但未能统计其具体的饮水量,无法分析其对辐射剂量率的影响。在本研究中,无论是高剂量组还是低剂量组,残甲法1和残甲法2评估的残留甲状腺均与辐射剂量率无线性相关,这可能与此次研究者中多数患者为近全切以及甲状腺对¹³¹I和⁹⁹Tc^mO₄⁻的摄取差别有关。另外,24 h辐射剂量率,无论是高剂量组还是低剂量组,均与¹³¹I剂量呈正相关,但在高剂量组中,48 h辐射剂量率与¹³¹I剂量无相关性,即在24 h内患者口服¹³¹I剂量越大,体内残留辐射剂量越高,而随着时间的推移,患者体内的¹³¹I残留量与口服¹³¹I剂量并无关系,出现此结果的原因可能为本研究选择的人群为非远处转移患者,或与¹³¹I在人体内的生物半衰期有关,但尚待进一步研究证实。因此,核医学科医师在治疗前的辐射安全教育中,应向患者强调饮水的重要性,但不能盲目追求大量饮水,要根据患者自身情况量力而行,并且对于首次行¹³¹I治疗的患者,在评估其出院时间及出院后的辐射风险时,应结合患者的残留甲状腺情况、24 h摄碘率、服用¹³¹I剂量、有无前列腺肥大和胃肠道功能状态进行综合考虑,以便更好地为患者提供个性化的防护指导意见。

总之,PTC患者首次行¹³¹I治疗后,辐射剂量率随时间推移迅速下降,低剂量治疗者和高剂量治疗者住院隔离时间分别为(1.01±0.10) d和(2.22±0.77) d。适量饮水有助于降低辐射剂量率,24 h摄碘率高且残留甲状腺较多的男性患者服用大剂量¹³¹I治疗后48 h仍需注意与公众保持适当距离。

利益冲突 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展,不涉及任何利益冲突。

作者贡献声明 洗嘉朗负责研究命题的提出、数据和资料的部分收集;吴菊清负责论文的撰写和修订;卢建杏负责数据和资料的部分收集;欧阳伟负责研究命题的提出和审核;冯会娟、陈盼、王静、邓玉颖负责获取患者的知情同意、后续的患者的解释工作和资料的收集;陈艳莹、罗嘉欣负责文献的搜集和整理。

参 考 文 献

- [1] 成订钊,谭建.分化型甲状腺癌术后患者¹³¹I治疗的辐射剂量与防护[J].国际放射医学核医学杂志,2014,38(2):110-116. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2014.02.010.
- [2] Cheng ZT, Tan J. Radiation dose and protection of differentiated thyroid carcinoma postoperative patients with ¹³¹I treatment[J]. Int J Radiat Med Nucl Med, 2014, 38(2): 110-116. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2014.02.010.
- [2] 张英杰,梁军,杨雪,等.非远处转移性高危分化型甲状腺癌的低剂量碘-131治疗[J].中国医学科学院学报,2015,37(5):596-601. DOI: 10.3881/j.issn.1000-503X.2015.05.018.
- Zhang YJ, Liang J, Yang X, et al. Low-dose Radioiodine for Ablation in Non-metastatic High-risk Thyroid Cancer[J]. Acta Acad Med Sin, 2015, 37(5): 596-601. DOI: 10.3881/j.issn.1000-503X.2015.05.018.
- [3] Dehbi HM, Mallick U, Wadsley J, et al. Recurrence after low-dose radioiodine ablation and recombinant human thyroid-stimulating hormone for differentiated thyroid cancer (HiLo): long-term results of an open-label, non-inferiority randomised controlled trial[J]. Lancet Diabetes Endocrinol, 2019, 7(1): 44-51. DOI: 10.1016/S2213-8587(18)30306-1.
- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,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.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. GB 16361-2012 Specification for patient radiological protection and quality control in nuclear medicine[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.
- [5] Egner JR. AJCC Cancer Staging Manual[J]. JAMA, 2010, 304(15): 1726-1727. DOI: 10.1001/jama.2010.1525.
- [6] 谭建,蒋宁一,李林,等.¹³¹I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.
- Tan J, Jiang NY, Li L, et al. ¹³¹I guidelines for the treatment of differentiated thyroid cancer (2014)[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2014, 34(4): 264-278. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2014.04.002.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB 18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S].北京:中国标准出版社,2004.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB 18871-2002 Basic STANDARDS for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources[S]. Beijing: Standards Press of China, 2004.
- [8] International Atomic Energy Agency. Nuclear medicine resources manual[R]. Vienna: IAEA, 2006.
- [9] Martin TM, Vasudevan L, Chirayath SS. Correlation Between Exposure Rate and Residual Activity in Felines Undergoing ¹³¹I Thyroid Ablation Therapy[J]. Health Phys, 2015, 109(2): 95-103. DOI: 10.1097/HP.0000000000000297.
- [10] 靳平燕,欧阳伟,冯会娟,等.¹³¹I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. DOI: 10.13820/j.cnki.gdyx.2016.03.016.
- Jin PY, Ouyang W, Feng HJ, et al. Study on the radiation dose

- rate of ^{131}I in the treatment of differentiated thyroid cancer[J]. *Guangdong Med J*, 2016, 37(3): 386–388. DOI: 10.13820/j.cnki.gdyx.2016.03.016.
- [11] Jin PY, Feng HJ, Ouyang W, et al. Radiation dose rates of differentiated thyroid cancer patients after ^{131}I therapy[J]. *Radiat Environ Biophys*, 2018, 57(2): 169–177. DOI: 10.1007/s00411-018-0736-7.
- [12] Markou P, Chatzopoulos D. Isolation Period Prediction in Patients With Differentiated Thyroid Carcinoma Treated After Thyroidectomy by Radioiodine-131[J]. *Hell J Nucl Med*, 2004, 7(3): 195–198.
- [13] Lahfi Y, Anjak O. Evaluation of the release criteria from hospital of thyroid carcinoma patient treated with ^{131}I [J]. *Radiat Prot Dosimetry*, 2016, 171(4): 534–538. DOI: 10.1093/rpd/nev477.
- [14] Asli IN, Baharfard N, Shafiei B, et al. Relation between clinical and laboratory parameters with radiation dose rates from patients receiving iodine-131 therapy for thyroid carcinoma[J]. *Radiat Prot Dosimetry*, 2010, 138(4): 376–381. DOI: 10.1093/rpd/ncp269.
- [15] Yama N, Sakata KI, Hyodoh H, et al. A retrospective study on the transition of radiation dose rate and iodine distribution in patients with I-131-treated well-differentiated thyroid cancer to improve bed control shorten isolation periods[J]. *Ann Nucl Med*, 2012, 26(5): 390–396. DOI: 10.1007/s12149-012-0586-3.
- [16] Demir M, Parlak Y, Çavdar I, et al. The evaluation of urine activity and external dose rate from patients receiving radioiodine therapy for thyroid cancer[J]. *Radiat Prot Dosimetry*, 2013, 156(1): 25–29. DOI: 10.1093/rpd/nct036.
- [17] Haghatafshar M, Banani A, Zeinali-Rafsanjani B, et al. Impact of the Amount of Liquid Intake on the Dose Rate of Patients Treated with Radioiodine[J]. *Indian J Nucl Med*, 2018, 33(1): 10–13. DOI: 10.4103/ijnm.IJNM_90_17.
- (收稿日期: 2019-09-26)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊参考文献的著录格式

本刊参考文献执行 GB/T 7714-2005 《文后参考文献著录规则》。采用顺序编码制著录，依照其在文中出现的先后顺序用阿拉伯数字标出，并将序号置于方括号中，排列于文后。同一文献作者不超过 3 名时全部著录；超过 3 名只著录前 3 名，后依语种加表示“，等”的文字。题名后标注文献类型标志。文献类型标志和电子文献载体标志代码参照 GB 3469-1983 《文献类型与文献载体代码》。外文期刊名称用缩写，可以采用国际医学期刊编辑委员会推荐的 NLM's Citing Medicine(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7256>)中的格式；中文期刊用全名。每条参考文献均须著录起止页。对有 DOI 编码的文章必须著录 DOI，列于该条文献末尾。参考文献为中文时，必须使用中英文双语著录。

著录格式：主要责任者. 题名 [文献类型标志/文献载体标志，电子文献是必选著录项目，其他文献可选择标注]. 刊名，年，卷(期)：起页-止页 [引用日期]. 获取和访问路径. DOI.

中文期刊著录格式示例：

[1] 郁春景, 吴翼伟, 万卫星. P-gp 功能的 PET 显像剂的研究进展 [J]. 国际放射医学核医学杂志, 2014, 38(6): 403-407. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2014.06.013.

Yu CJ, Wu YW, Wan WX. Progress in PET imaging evaluating of P-gp function[J]. *Inter J Radiat Med Nucl Med*, 2014, 38(6): 403-407. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2014.06.013.

英文期刊著录格式示例：

[2] Aller SG, Yu J, Ward A, et al. Structure of P-Glycoprotein reveals a molecular basis for Poly-Specific drug binding[J]. *Science*, 2009, 323(5922): 1718-1722. DOI: 10.1126/science.1168750.

电子期刊著录格式示例：

[3] Maier FC, Kneilling M, Reischl G, et al. Significant impact of different oxygen breathing conditions on noninvasive in vivo tumor-hypoxia imaging using [^{18}F]-fluoro-azomycinarabino-furanoside([^{18}F]FAZA) [J/OL]. *Radiat Oncol*, 2011, 6: 165[2015-09-09]. <http://www.ro-journal.com/content/6/1/165>. DOI: 10.1186/1748-717X-6-165.

书籍著录格式示例：

[4] 贺捷, 陈万青. 2012 中国肿瘤登记年报 [M]. 北京: 军事医学科学出版社, 2012: 28.

He J, Chen WQ. 2012 Annual Report of China Cancer Registry[M]. Beijing: Press of Military Medical Sciences, 2012: 28.