

分化型甲状腺癌术后患者¹³¹I治疗的辐射防护初探

廖光星¹, 李 宁¹, 廖 宁², 杨鸿宇¹, 王洪良¹, 姚忠强¹, 陆静佳¹,
方建芸¹, 李党生¹, 肖国有¹

(1. 广西医科大学附属肿瘤医院, 广西 南宁 530021;

2. 广西科技大学第二附属医院, 广西 柳州 545006)

摘要: [目的] 通过测定碘-131(¹³¹I)治疗分化型甲状腺癌(DTC)患者体外辐射水平和有关人员受照剂量,探讨¹³¹I治疗过程中的辐射防护方法,使得在临床治疗过程中将辐射危害降到合理的最低水平。[方法] 选择DTC术后行¹³¹I治疗的患者10例及其陪同人员作为研究对象。患者服药后,用451P-DE-S1-YGG型电离室巡测仪测量即时、24h、72h、5d及7d不同时间点距患者5cm、50cm、100cm及200cm处的剂量当量率水平,用个人剂量测量30d内的个人剂量,采用谱仪测量服药室内空气中¹³¹I的活度水平。[结果] 服药即刻患者周围辐射剂量值非常高,可达2000μSv/h,5d后200cm处的辐射剂量率均小于5μSv/h;甲状腺癌患者的个人剂量水平为26.78~61.96(46.25±11.58)mSv,陪同人员的个人剂量水平中位数为0.35(0.29~0.43)mSv;服药室空气中¹³¹I的活度水平为42.6Bq/m³,工作人员每年因吸入¹³¹I所致有效剂量为0.019mSv。[结论] 甲状腺癌患者在行¹³¹I治疗的过程中其周围具有较高的辐射剂量水平,应提高工作人员、患者和陪同人员的辐射防护意识,减少不必要的照射。

关键词: 甲状腺肿瘤; ¹³¹I治疗; 辐射防护

中图分类号: R736.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-170X(2016)11-0888-05

doi: 10.11735/j.issn.1671-170X.2016.11.B004

Radiation Protection of Postoperative ¹³¹I Treatment for Patients with Differentiated Thyroid Cancer

LIAO Guang-xing¹, LI Ning¹, LIAO Ning², et al.

(1. Affiliated Tumor Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530021, China; 2. The Second Affiliated Hospital of Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou 545006, China)

Abstract: [Objective] To investigate the radiation protection of postoperative ¹³¹I therapy in patients with differentiated thyroid carcinoma (DTC). [Methods] Ten DTC patients with postoperative ¹³¹I treatment, accompanying persons and relevant hospital staff were included in this study. The dose equivalent rate in various distance and times after treatment was measured by 451P-DE-S1-YGG ionization chamber survey instrument; the personal dose within 30 days was measured by personal dose agent; the ¹³¹I activity in the medicine chamber was measured by gamma spectrometer. [Results] The dose of radiation were reachable 2000μSv/h after taking the medicine immediately. After 5μSv/h days, the radiation dose rate were less than 5 in the distance of 200cm from the patients. The dose of DTC patients were 26.78~61.96(46.25±11.58)mSv and their accompanying persons were 0.35(0.29~0.43)mSv. The ¹³¹I activity in the medicine chamber were 42.6Bq/m³, the effective dose of the hospital staff was 0.019mSv. [Conclusion] There is high dose radiation in the ¹³¹I treatment process, and it is necessary to reduce the exposure of radiation for accompanying people and relevant hospital staff.

Subject words: thyroid neoplasms; ¹³¹I treatment; radiation protection

甲状腺癌是内分泌系统中常见的恶性肿瘤之

基金项目: 广西医药卫生自筹经费计划课题(Z2015585、Z2015695、Z2016472、Z2016498)、广西教育厅2016年中青年教师基础能力提升项目(KY2016LX025、KY2016LX050)和2016年度广西高等教育本科教学改革工程立项项目(2016JGB186)、广西医科大学教育教学改革课题(2015XJGB23、2016XJGA21)和2014年广西医科大学青年基金课题(GXMUYSF201408)

通讯作者: 李党生, 副主任医师, 硕士; 广西医科大学附属肿瘤医院核医学科, 广西南宁市河堤路71号(530021); E-mail: 598125375@qq.com

收稿日期: 2016-05-27; **修回日期:** 2016-07-11

一,它源于甲状腺滤泡旁细胞和滤泡细胞,是颈部常见的恶性肿瘤,占全身各种肿瘤的1.2%~2.3%^[1]。按照病理分型可分为分化型甲状腺癌(DTC)、鳞癌、髓样癌和未分化癌,其中DTC发病率最高,超过90%^[2]。不同类型其恶性程度不同,但都具有易转移和强侵袭性的特点,转移和复发是治疗失败和患者死亡的主要原因^[3]。临床证实放射性核素¹³¹I是治疗DTC术后患者剩余的原发灶及转移灶较为理想的方法^[4],

其治疗原理是甲状腺组织和肿瘤细胞能特异摄取放射性 ^{131}I , ^{131}I 产生的射线可抑制甲状腺上皮细胞的有丝分裂和甲状腺激素的合成,使甲状腺组织和肿瘤细胞产生炎症、萎缩和坏死,从而达到治疗目的^[5]。然而这项治疗工作属于开放型的放射性工作,治疗所用的放射性核素 ^{131}I 易挥发,发出射线能量较高,主要的能峰为 364keV,治疗所用剂量较大,且其具有较长的生物半衰期,物理半衰期为 8.04d,在患者体内可保留较长时间,服药后患者成为活动放射源,导致工作人员、陪护人员及周围人员受到较大的辐射剂量^[6,7]。本课题通过监测术后接受 ^{131}I 治疗的 DTC 患者服药后周围不同时间点的剂量当量率,服药室内 ^{131}I 的活度水平,患者及其陪护人员的个人剂量,了解 DTC 患者在接受 ^{131}I 治疗过程中其体外的外照射剂量水平,探讨 DTC 患者在接受 ^{131}I 治疗过程中的辐射防护方法。

1 资料与方法

1.1 对象

采用随机抽样的方法,抽取某三级甲等专科医院接受 ^{131}I 治疗的 10 例 DTC 患者及其陪同人员作为研究对象,其中男性 4 例,女性 6 例,年龄为 26~71(47.8±13.5)岁;上述患者在接受 ^{131}I 治疗前均经过甲状腺切除术,术后标本经病理确诊为 DTC,术后恢复良好。这 10 例患者均给予目前经典给药剂量 5.5GBq 的放射性 ^{131}I 进行口服,然后进行住院隔离治疗至少一周以上。陪同人员是指患者在住院期间及出院后对其进行照顾的人员。根据 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中的规定,非密封放射源工作场所应划分为三个级别,即甲、乙和丙级。经过计算,该核医学科的日等效最大操作量为 $2.66 \times 10^9 \text{Bq}$,介于之间 $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$,应划为乙级非密封源工作场所。

1.2 仪器

451P-DE-S1-YGG 型电离室巡测仪(上海原子核研究所生产);LiF(Mg,Cu,P)粉末热释光剂量计(中国医学科学院放射医学研究所研制);Staplex TF1A 型空气采样器(美国 Clover 公司);ADCOM100 型 γ 能谱仪(美国 Ortec 公司)。所用仪器经国家法定计量检定部门检定合格,每次测量前后均检查仪器的工作

状态是否正常。

1.3 方法

1.3.1 患者体外辐射水平的测量

参照《中华人民共和国国家职业卫生标准 GBZ126-2002》相应的标准测量方法,且由于不同距离处患者胸前剂量当量率水平高于其他方向^[8],测量时嘱患者自然站立,辐射测量仪置患者腹部正中水平。在患者服药后即时、24h、72h、5d 及 7d 不同时间点测量距患者胸前 5cm、50cm、100cm 及 200cm 处的剂量当量率水平,连续测量 5 次,取平均值作为监测结果。

1.3.2 患者及其陪同人员个人剂量的监测

在患者服药后即刻在患者及其陪同人员左胸前佩戴粉末热释光个人剂量计,30d 后将个人剂量计收回,然后采用读数仪参照 GBZ128-2002《职业性外照射个人监测规范》中的有关规定测定个人剂量。

1.3.3 服药室空气中 ^{131}I 活度水平的测量

当患者服药的时候,对服药室的空气进行采样。采样点位于工作人员站立位置距地面约 1.5m 的呼吸带处,采样流量为 $1.8 \text{m}^3/\text{min}$ 。待样品收回后,参照 WS/T 184-1999《空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法》利用 γ 谱仪进行测量。参照 GB/T 16148-2009《放射性核素摄入量摄入量及内照射剂量估算规范》,通过公式(1)计算工作人员摄入放射性 ^{131}I 的待积有效剂量 $[E(\tau)]$;当采用空气采用的方法来估算放射性 ^{131}I 的摄入量时,通过公式(2)计算通过呼吸道摄入的放射性核素量($A_{0\text{吸}}$)。

$$E(\tau) = A_0 e(\tau) \quad (1)$$

式中 $E(\tau)$ 为摄入放射性 ^{131}I 所致的待积有效剂量,单位为 mSv; A_0 为放射性 ^{131}I 摄入量,单位为 Bq; $e(\tau)$ 为摄入每单位 ^{131}I 所致的待积有效剂量,单位为 mSv/Bq;在职业内照射剂量估算时,空气气溶胶颗粒的动力学直径活度中值 (AMAD) 取值为 $5 \mu\text{m}$;此时,放射性 ^{131}I 的 $e(\tau)$ 值为 $1.1 \times 10^{-5} \text{mSv/Bq}$ ^[9]。

$$A_{0\text{吸}} = C_{\text{空}} B_{\text{空}} \quad (2)$$

式中 $A_{0\text{吸}}$ 为放射性 ^{131}I 的摄入量,单位为 Bq; $C_{\text{空}}$ 为 ^{131}I 在空气中的时间积分浓度; $B_{\text{空}}$ 为工作人员的呼吸率,单位为 m^3/h ,在本课题中取成年人 $B_{\text{空}}$ 值 $0.83 \text{m}^3/\text{h}$ ^[8]。

1.3.4 统计学处理

采用重复测量设计的方差分析,应用 SPSS19.0 软件进行数据处理。

2 结果

2.1 患者服药后不同时间相同距离处的剂量当量率水平监测结果

患者服用 ^{131}I 即时、24h、72h、5d 及 7d 五个时间点,分别在距离患者 5cm、50cm、100cm 及 200cm 不同距离进行测量。结果表明,患者服用大剂量 ^{131}I 后,即时剂量当量率最大;患者服药后的辐射剂量率与服药后的时间成反比,在相同的距离处,辐射剂量当量率随着服药后时间的延长而明显减少;在任意时刻,剂量当量率与距离近似成反比关系,距离越远,剂量当量率水平越低。重复测量设计方差分析结果显示,在相同的时间点、不同距离的辐射剂量当量率两两比较,差异均有统计学差异($P<0.01$);在相同的距离、不同时间点的辐射剂量当量率两两比较,差异均有统计学差异($P<0.01$)(Table 1)。

2.2 患者及其陪同人员的个人剂量监测结果

监测患者及其陪同人员 30d 之后收回个人剂量计,结果表明,患者的个人剂量水平为 26.78~61.96 (46.25 $\pm$ 11.58)mSv, 陪同人员个人剂量水平为 0.29~0.43(0.35 $\pm$ 0.04)mSv, 中位数为 0.35mSv(Table 2),均未超出 GB18871-2002《电离辐射防护辐射源安全基本标准》6.6 条和附录 B1 规定的个人剂量限值。

2.3 服药室空气中 ^{131}I 活度水平测量结果

该医院使用自动分装仪根据每位患者服药剂量进行自动分装,给药前医生向患者说明服药后的注意事项,然后患者轮流从仪器取用已分装好的药物。测量当天总共治疗 20 位患者,共分装 110.00GBq,采用空气采样器在服药室内采样 150min,采用空气的总体积为 270m³。由 γ 能谱仪测定可知 ^{131}I 的活度水平为 42.6Bq/m³。调查发现该科室每周开展一次 ^{131}I 治疗,开展治疗时工作人员最多在服药室停留 1h,采用公式(1)和公式(2)计算可知工作人员每周的待积有效剂量为 0.39 μSv ,如果每年以 50 周计算,则工作人员每年吸入所致待积有效剂量为 0.019 μSv 。

3 讨论

分化型甲状腺癌患者在治疗过程中服用大剂量的 ^{131}I ,由于 ^{131}I 能发出不同能量的 β 射线和 γ 射

线, γ 射线具有一定的穿透能力,除了一小部分能作用于病变组织和靶细胞,大部分射线能够穿出患者体外,导致服药后的患者成为活动的“放射源”^[4],对与患者近距离接触的医护人员、陪同人员及公众人群造成辐射照射^[10],所以必须采取有效的防护措施,减少周围人员的受照剂量。为了确保周围人群的身体健康和环境的清洁,要求患者在治疗期间如果无特殊情况,不得离开治疗病房。国家《临床医学放射卫生防护标准(GBZ 120-2006)》中规定分化型甲癌患者服用 ^{131}I 必须住院隔离治疗 5d,待其体内的放射性活度低于 400MBq 方可出院。一些欧洲国家依据测定剂量当量率来制定患者的出院标准,他们认为在距离患者任何部位 1m 距离处的剂量当量率在 5~40 μSv 即可出院^[11]。按照国内 400MBq 来估算的参考剂量率水平为 40~50 μSv ^[12]。以控制该患者及公众的外照射水平,尤其是儿童和孕妇。

本次调查结果显示,患者服药后的辐射剂量当量率距离成反比,距离越远,其剂量当量率越低,例如在 7d 时,5cm 处的剂量当量率为 130 $\mu\text{Sv/h}$ 左右,而在 100cm 处只有 15 $\mu\text{Sv/h}$ 左右;在相同距离处,辐射剂量率与服药后时间成反比,随着时间的延长,辐射剂量当量率明显减少,这与 ^{131}I 在体内的排泄及其自身的衰变有关,在距离患者 100cm 处,5d 时剂量当量率为 20 $\mu\text{Sv/h}$ 左右,7d 时降低至 6 $\mu\text{Sv/h}$ 左右。所以建议患者住院 7d 才出院,减少对家属和公众的辐射危害。

患者个人剂量水平为(26.78~61.96)mSv,平均值为 46.25mSv,患者个人剂量值较大,所以在病床之间一定要使用铅屏风进行分隔,减少患者之间的相互辐射。除了患者残余的甲状腺和病灶摄取 ^{131}I 外,大量 ^{131}I 从尿液、唾液、汗液中排出,所以要加强患者的健康教育,排泄物和污物作为放射性废物处理,大小便入池并用大量水冲洗,避免环境污染。告诉患者不要随地吐痰,在指定的洗涤池进行清洁餐具、刷牙和漱口等^[13],换出来的贴身物必须经辐射测定无射线后才送洗。陪同人员的个人剂量基本处于本底水平,所以只要在治疗前告知陪同人员服药后的注意事项及辐射的防护方法,避免近距离跟患者接触,使用适当的防护方法,可有效降低陪同人员的个人照射剂量。

甲状腺癌治疗过程需要操作大剂量 ^{131}I ,而 ^{131}I

Table 1 The monitoring results of dose equivalent rate after DTC patients taking ^{131}I

ID	Age (years)	Gender	Distance (cm)	The dose equivalent rate in different time($\bar{x}\pm s, \mu\text{Sv/h}$)				
				0	24h	72h	5d	7d
1	40	Female	5	2003.4 $\pm$ 21.3	703.4 $\pm$ 16.1	501.4 $\pm$ 5.1	251.8 $\pm$ 4.9	125.2 $\pm$ 2.9
			50	1080.7 $\pm$ 6.8	208.4 $\pm$ 4.1	123.1 $\pm$ 3.9	46.3 $\pm$ 1.8	15.3 $\pm$ 0.4
			100	480.6 $\pm$ 4.1	62.1 $\pm$ 2.3	38.4 $\pm$ 1.5	21.1 $\pm$ 0.9	6.3 $\pm$ 0.2
			200	106.5 $\pm$ 3.6	21.8 $\pm$ 1.2	13.7 $\pm$ 0.9	6.5 $\pm$ 0.3	1.3 $\pm$ 0.1
2	55	Male	5	1976.4 $\pm$ 19.7	695.6 $\pm$ 14.5	491.4 $\pm$ 4.9	244.9 $\pm$ 4.5	120.2 $\pm$ 2.7
			50	1021.6 $\pm$ 7.1	201.3 $\pm$ 3.8	120.1 $\pm$ 3.5	45.1 $\pm$ 1.7	14.8 $\pm$ 0.7
			100	462.1 $\pm$ 3.9	58.9 $\pm$ 2.2	35.4 $\pm$ 1.9	20.6 $\pm$ 1.3	5.7 $\pm$ 0.2
			200	101.3 $\pm$ 3.1	19.8 $\pm$ 1.5	14.1 $\pm$ 1.1	5.5 $\pm$ 0.4	1.1 $\pm$ 0.2
3	26	Male	5	1986.4 $\pm$ 18.7	699.6 $\pm$ 15.5	499.1 $\pm$ 5.6	247.8 $\pm$ 4.2	121.0 $\pm$ 2.3
			50	1024.6 $\pm$ 7.2	205.2 $\pm$ 3.7	122.1 $\pm$ 3.1	46.1 $\pm$ 1.9	15.1 $\pm$ 0.4
			100	470.1 $\pm$ 4.6	60.0 $\pm$ 2.4	35.9 $\pm$ 1.7	21.9 $\pm$ 1.7	5.6 $\pm$ 0.5
			200	108.3 $\pm$ 3.5	20.5 $\pm$ 1.9	15.0 $\pm$ 1.5	5.6 $\pm$ 0.8	1.3 $\pm$ 0.4
4	40	Female	5	1969.8 $\pm$ 19.7	688.6 $\pm$ 14.5	489.1 $\pm$ 5.8	244.1 $\pm$ 4.0	110.0 $\pm$ 2.5
			50	1029.6 $\pm$ 8.2	201.2 $\pm$ 3.5	177.1 $\pm$ 3.9	44.0 $\pm$ 2.3	14.3 $\pm$ 0.4
			100	477.5 $\pm$ 4.9	58.1 $\pm$ 2.8	34.9 $\pm$ 1.9	18.9 $\pm$ 2.1	5.1 $\pm$ 0.3
			200	110.8 $\pm$ 3.1	17.5 $\pm$ 2.3	14.0 $\pm$ 1.6	5.1 $\pm$ 0.8	1.1 $\pm$ 0.4
5	48	Female	5	2012.4 $\pm$ 20.8	706.0 $\pm$ 15.9	505.1 $\pm$ 4.8	253.1 $\pm$ 4.2	126.2 $\pm$ 3.9
			50	1086.7 $\pm$ 7.8	211.1 $\pm$ 3.9	124.3 $\pm$ 4.2	47.4 $\pm$ 3.6	16.2 $\pm$ 0.6
			100	482.9 $\pm$ 5.6	65.1 $\pm$ 2.9	39.2 $\pm$ 1.9	22.3 $\pm$ 1.2	6.6 $\pm$ 0.4
			200	108.3 $\pm$ 3.2	22.7 $\pm$ 3.5	14.1 $\pm$ 1.3	6.6 $\pm$ 0.2	1.4 $\pm$ 0.2
6	33	Female	5	1988.4 $\pm$ 20.5	697.0 $\pm$ 17.9	505.1 $\pm$ 4.8	244.2 $\pm$ 5.0	126.2 $\pm$ 3.9
			50	1060.7 $\pm$ 7.5	201.1 $\pm$ 3.8	117.3 $\pm$ 5.2	40.9 $\pm$ 5.2	13.8 $\pm$ 0.9
			100	472.7 $\pm$ 6.5	60.1 $\pm$ 3.9	32.2 $\pm$ 3.2	19.3 $\pm$ 1.5	5.9 $\pm$ 0.4
			200	100.3 $\pm$ 4.3	19.6 $\pm$ 3.5	10.3 $\pm$ 1.3	6.3 $\pm$ 0.3	0.9 $\pm$ 0.1
7	48	Male	5	1987.9 $\pm$ 19.8	687.0 $\pm$ 14.6	487.5 $\pm$ 5.7	244.1 $\pm$ 5.2	111.2 $\pm$ 3.7
			50	1053.7 $\pm$ 8.6	196.1 $\pm$ 6.2	114.7 $\pm$ 3.9	40.9 $\pm$ 4.1	13.2 $\pm$ 0.5
			100	463.9 $\pm$ 5.9	58.6 $\pm$ 5.8	36.2 $\pm$ 3.2	19.3 $\pm$ 1.5	6.1 $\pm$ 0.3
			200	98.3 $\pm$ 4.3	18.9 $\pm$ 3.2	9.8 $\pm$ 1.7	6.1 $\pm$ 0.3	0.9 $\pm$ 0.1
8	71	Male	5	1979.0 $\pm$ 20.8	677.0 $\pm$ 13.6	469.9 $\pm$ 6.7	236.1 $\pm$ 5.5	104.5 $\pm$ 3.1
			50	1054.7 $\pm$ 8.9	181.1 $\pm$ 5.2	106.7 $\pm$ 4.8	37.7 $\pm$ 4.6	11.7 $\pm$ 0.4
			100	462.5 $\pm$ 6.8	53.6 $\pm$ 5.9	35.8 $\pm$ 3.3	17.3 $\pm$ 1.9	5.6 $\pm$ 0.2
			200	89.3 $\pm$ 6.2	16.9 $\pm$ 2.2	7.9 $\pm$ 1.9	5.2 $\pm$ 0.3	0.8 $\pm$ 0.1
9	60	Female	5	1997.2 $\pm$ 19.9	679.0 $\pm$ 13.7	493.0 $\pm$ 6.7	243.6 $\pm$ 6.2	117.2 $\pm$ 4.2
			50	1060.7 $\pm$ 12.6	201.1 $\pm$ 7.9	115.6 $\pm$ 4.5	39.8 $\pm$ 3.6	15.2 $\pm$ 0.4
			100	460.1 $\pm$ 7.8	63.2 $\pm$ 4.9	33.9 $\pm$ 4.6	21.3 $\pm$ 1.9	5.9 $\pm$ 0.4
			200	103.5 $\pm$ 5.9	22.1 $\pm$ 4.0	11.3 $\pm$ 1.8	6.3 $\pm$ 0.4	1.0 $\pm$ 0.2
10	26	Female	5	1980.3 $\pm$ 25.6	669.7 $\pm$ 15.2	469.7 $\pm$ 5.6	235.6 $\pm$ 5.8	99.7 $\pm$ 4.5
			50	1049.7 $\pm$ 12.6	176.2 $\pm$ 5.9	103.5 $\pm$ 3.5	36.9 $\pm$ 5.2	11.2 $\pm$ 0.4
			100	453.4 $\pm$ 6.8	53.1 $\pm$ 5.3	33.2 $\pm$ 2.6	17.2 $\pm$ 2.4	4.9 $\pm$ 0.3
			200	86.3 $\pm$ 5.2	14.9 $\pm$ 2.9	8.6 $\pm$ 2.0	5.3 $\pm$ 0.4	0.8 $\pm$ 0.2

具有挥发性,可导致医护人员吸入而造成内照射,张震等^[14]研究表明,采用自动分装的方式可比手动分装的方式大量减少空气中 ^{131}I 活度。从结果可以看出,采用自动分装方式时,医护人员因吸入所致的待积有效剂量仅为0.019mSv,所以尽量使用自动分装的方式进行发药,可以减少空气中 ^{131}I 的活度水平

和减少医护人员在服药室的停留时间,有效减少个人剂量。

通过对分化型甲状腺癌患者 ^{131}I 治疗过程中辐射剂量当量率水平随时间和距离的变化及相关人员个人剂量的监测,能够让我们更有效地做好辐射防护。为了减少不必要的辐射损伤,必须提高人员的辐

Table 2 The monitoring results of personal dose

ID	Age (years)	Gender	Taking dose (GBq)	Patients' dose (mSv)	Accompanying persons' dose(mSv)
1	40	Female	5.5	33.02	0.36
2	55	Male	5.5	32.10	0.32
3	26	Male	5.5	54.91	0.29
4	40	Female	5.5	52.36	0.33
5	48	Female	5.5	61.96	0.35
6	33	Female	5.5	26.78	0.34
7	48	Male	5.5	54.56	0.36
8	71	Male	5.5	50.32	0.33
9	60	Female	5.5	48.65	0.35
10	57	Female	5.5	47.86	0.43

射防护意识,加强医护人员的操作培训和对放射防护的管理力度,采取合理优化的防护措施,使利益最大化。

参考文献:

- [1] Chen CY, Han CC, Li J, et al. The radiation protection design in the workplace where the iodine-131 used in treating differentiated-type thyroid cancer[J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2014, 23(3): 247-249. [陈春燕, 韩春彩, 李军, 等. 使用 ^{131}I 治疗甲状腺癌的工作场所的辐射防护设计[J]. 中国辐射卫生, 2014, 23(3): 247-249.]
- [2] Dong D, Tian J. ^{131}I treatment of differentiated-type thyroid cancer: postoperative care[J]. Chinese General Nursing, 2016, 14(7): 710-711. [董丹, 田军. 分化型甲状腺癌病人术后行碘 131 治疗的护理[J]. 全科护理, 2016, 14(7): 710-711.]
- [3] Wang CH, Lv S, Guo LY. The significance of p35 and hMSH2 protein expression in thyroid papillary carcinoma tissue[J]. Modern Oncology, 2010, 18(11): 2121-2123. [王朝晖, 吕申, 郭丽英. p35 和 hMSH2 蛋白在甲状腺乳头状癌组织表达的意义[J]. 现代肿瘤医学, 2010, 18(11): 2121-2123.]
- [4] Hu FQ, Pang H, Yang JQ, et al. The research of large dose of ^{131}I treatment of patients with thyroid cancer radiation protection[J]. Chongqing Medicine, 2014, 43(17): 2252-2253. [胡凤琼, 庞华, 杨俊卿, 等. 甲状腺癌患者大剂量 ^{131}I 治疗的辐射防护研究[J]. 重庆医学, 2014, 43(17): 2252-2253.]
- [5] Al-Hai AN, Lagard CS, Lobriguito AM. Patient parameters and other radiation safety issue in ^{131}I therapy for thyroid cancer treatment[J]. Health Phys, 2007, 93(6): 656-666.
- [6] Lv KX, He YJ, Li WY, et al. The dose analysis and protection of patients with hyperthyroidism in the nuclear medicine diagnosis and treatment [J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2013, 22(5): 560-562. [吕坤祥, 何拥军, 李卫一, 等. 核医学诊治过程中甲亢患者的受照剂量分析及防护[J]. 中国辐射卫生, 2013, 22(5): 560-562.]
- [7] Thies ED, Tanase K, Maeder U, et al. The number of ^{131}I therapy courses needed to achieve complete remission is an indicator of prognosis in patients with differentiated thyroid carcinoma [J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2014, 41(12): 2281-2290.
- [8] Liang J, Zhang QZ, Lin ZK, et al. Personal radiation exposure dose analysis during iodine-131 treatment[J]. Chinese Occupation Medicine, 2015, 42(3): 318-321. [梁靖, 张庆召, 林志凯, 等. 碘-131 治疗过程人员受照剂量分析[J]. 中国职业医学, 2015, 42(3): 318-321.]
- [9] State Administration for Quality Supervision and Inspection and Quarantine, the China National Standardization Management Committee. GB/T 16148-2009 radionuclide intake and internal radiation dose estimation standard[S]. Beijing: China Standards Press, 2009. [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/T 16148-2009 放射性核素摄入量及内照射剂量估算规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.]
- [10] Ba JT, Fu HH, Lv JQ, et al. Radiation protection design for the ^{131}I treatment therapy ward [J]. Chinese Journal of Radiological Medicine Protection, 2009, 6(29): 614-617. [巴建涛, 付海鸿, 吕京桥, 等. ^{131}I 治疗病房的辐射防护设计[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2009, 6(29): 614-617.]
- [11] European Commission. Radiation protection following iodine -131 therapy (exposures due to out-patients) [S]. Directorate General Environment Nuclear Safety and Civil protection, 1998.
- [12] The ministry of health department of the People's Republic of China. Nuclear medicine diagnosis and treatment norms[M]. Beijing: Science Press, 1997. 292-295. [中华人民共和国卫生部医政司. 核医学诊断与治疗规范[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 292-295.]
- [13] Zheng J. Radiation protection management during the period of ^{131}I treatment of the postoperative thyroid cancer patients[J]. Journal of Nurse Training, 2012, 27(8): 685-686. [郑隽. 甲状腺癌术后患者 ^{131}I 治疗期间辐射防护的管理[J]. 护士进修杂志, 2012, 27(8): 685-686.]
- [14] Zhang Z, Zhang Q, Tuo F, et al. Monitor the concentration of ^{131}I activity in the workplace air for four nuclear medicine[J]. Industrial Health and Occupational Diseases, 2013, 39(3): 185-187. [张震, 张奇, 拓飞, 等. 4 家核医学工作场所空气中 ^{131}I 活度浓度的监测[J]. 工业卫生与职业病, 2013, 39(3): 185-187.]