

甲亢患者碘治疗后 ^{131}I 滞留量与周围剂量当量率的关系

王萧¹ 焦玲¹ 张桂芝² 何雅静² 谭建² 张文艺¹

¹ (北京协和医学院 中国医学科学院放射医学研究所 天津 300192)

² (天津医科大学总医院 天津 300052)

摘要 为实现通过测量患者周围剂量当量率间接估算出其体内 ^{131}I 活度滞留量,建立了甲亢患者体内 ^{131}I 滞留量与周围剂量当量率的关系函数。选取68例甲亢患者,测量患者服碘后0.5 h、4 h、8 h、24 h、48 h、72 h、96 h、120 h、144 h和192 h时距离患者0.3 m、0.6 m、1 m和2 m处的周围剂量当量率;同时收集患者服碘后上述各时间段的全部尿液,测量患者尿液中 ^{131}I 放射性活度,估算出患者的体内 ^{131}I 活度滞留量。拟合得到患者体内 ^{131}I 活度滞留量(Y , 单位 MBq)与1 m处周围剂量当量率(X , 单位 $\mu\text{Sv/h}$)的关系为函数 $Y=22.8X+3.3$ 。医护人员可以通过测量患者1 m处的周围剂量当量率估算出患者的体内 ^{131}I 活度滞留量,该法方便快捷,能够极大降低周围人群的受照剂量,从而对医护人员进行有效的防护。

关键词 甲亢, ^{131}I , 活度滞留量, 尿液, 周围剂量当量率

中图分类号 TL72, TL77

DOI: 10.11889/j.1000-3436.2015.rj.33.050203

自20世纪40年代起, ^{131}I 被用于治疗甲亢已有70年历史,美国已将 ^{131}I 作为甲亢治疗的首选方法^[1],我国也将 ^{131}I 作为甲亢治疗的重要手段,疗效显著^[2]。然而 ^{131}I 产生的 γ -射线能量高,穿透力强,会对患者周围的人群产生辐射,因此对 ^{131}I 治疗甲亢的防护十分必要^[3]。现阶段对于甲亢患者体内 ^{131}I 滞留量已有大量研究,但对于甲亢患者体内 ^{131}I 滞留量缺少相应的研究,患者接受碘治疗后的隔离时间与家属及公众人群的接触时间界定范围跨度很大^[4],并且缺少有力的数据支持。

本研究通过对68例甲亢患者服用 ^{131}I 后不同时间尿液排泄放射性活度的测量,估算患者接受碘治疗后体内 ^{131}I 活度滞留量,建立了甲亢患者的周围剂量当量率及其体内 ^{131}I 活度滞留量关系函数,医护人员可通过测量甲亢患者的周围剂量当量率计算其体内 ^{131}I 活度滞留量,为有效了解病人治疗进展和为患者周围人群的辐射防护提供有利参考。

1 资料与方法

1.1 病例资料

选取2014年8-11月和2015年6月在天津医

科大学总医院经 ^{131}I 治疗的甲亢患者68例,其中男性19例(27.9%, 19/68),女性49例(72.1%, 49/68),年龄18-59岁,平均年龄 38 ± 11.6 岁,均为首次 ^{131}I 治疗。患者服碘治疗的剂量采用个体化计量法进行确定,服用 ^{131}I 剂量111-481 MBq ((257 ± 114) MBq)。患者均无其它甲状腺疾病,均无肝肾等影响排尿的疾病,且患者均签署了知情同意书。

1.2 周围剂量当量率测量

周围剂量当量率的测量在特定房间进行,房间无放射性物质,为天然本底,每次对患者进行测量之前均先测量房间本底。测量时,患者端坐于房间内的椅子上,其甲状腺与地面距离约为1 m,于患者颈部体表正前方0.3 m、0.6 m、1 m和2 m处测量周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)^[5],时间为患者服碘后0.5 h、4 h、8 h、24 h、48 h、72 h、96 h、120 h、144 h和192 h,测量3次,求取均值。测量使用美国Therom公司生产的RadEye PRD便携式辐射测量仪,由中国剂量科学研究院每年校准一次。

1.3 ^{131}I 滞留量测量

患者服碘后,于4 h、8 h、24 h、48 h、72 h、

基金资助: 中国医学科学院放射医学研究所青年探索基金项目(1556-1)资助

第一作者: 王萧,男,1989年11月23日出生,2011年毕业于天津大学,生物医学工程专业,目前为在读硕士研究生,

E-mail: wangxiao891123@163.com

通讯作者: 张文艺,博士,研究员, E-mail: wzhang.irm@163.com

收稿日期: 初稿 2015-05-25; 修回 2015-06-29

96 h、120 h、144 h 和 192 h 时收集全部尿液。对每个时间段收集的尿液读取总体积, 采 1 mL 样本 3 例, 测量尿样中 ^{131}I 活度, 求取均值。测量仪器为美国 Capintec 公司生产的 CRC-15R 型活度计, 分辨率为 370 Bq, 经中国计量科学研究院校准。运用公式(1)得到患者各时间段的 ^{131}I 排泄量。某个时间点患者体内 ^{131}I 滞留量可用公式(2)求出。

^{131}I 排泄量=(总尿量 $\times$ 尿样 ^{131}I 含量)/尿样体积 (1)

滞留量 A =滞留量 B $\times$ 衰变系数-本时间段 ^{131}I 排泄量 (2)

式中, 滞留量 A 为当前时间点患者体内 ^{131}I 滞留量, 滞留量 B 为上个时间点患者体内 ^{131}I 滞留量。

1.4 统计学处理

实验数据应用 Origin 软件进行统计分析, 回归采用线性回归分析。

2 结果与讨论

2.1 周围剂量当量率

随机选取的 2 名患者的净周围剂量当量率随着时间的变化曲线如图 1 所示。从周围剂量当量率变化趋势可以看出, 患者周围剂量当量率在 4–24 h 内迅速升高, 达到高峰后缓慢下降, 96–144 h (4–6 d) 下降到峰值的 50%。

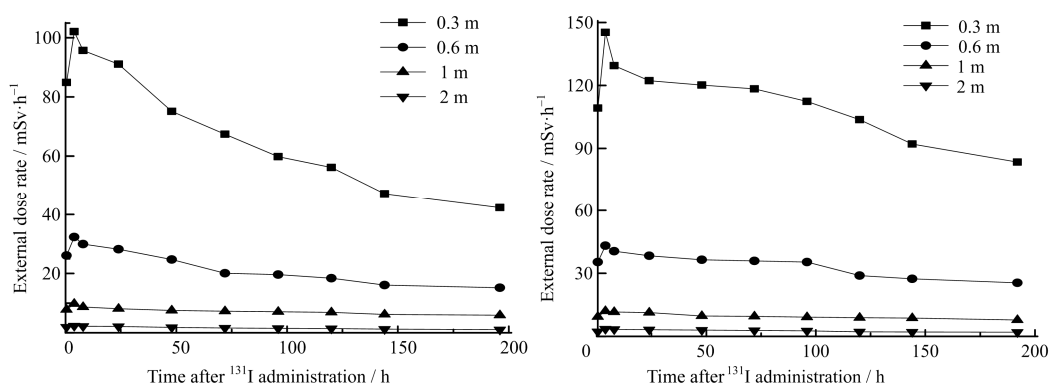


图 1 不同距离处周围剂量当量率随时间变化曲线

Fig.1 External dose rates of different distances change with the time

为得到患者周围剂量当量率随时间的普遍观察规律, 将所有患者的周围剂量当量率对其服用的碘活度进行归一化^[6], 然后计算平均值, 结果如图 2 所示。

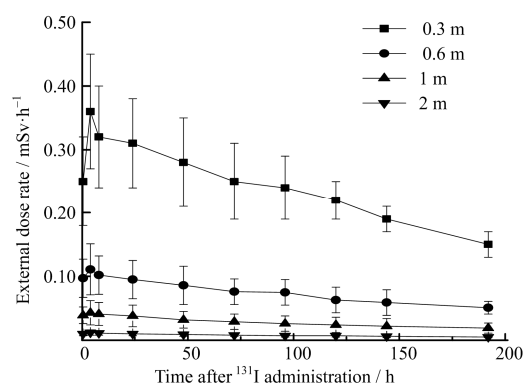


图 2 不同距离处标准化剂量率随时间变化曲线

Fig.2 Normalized external dose rates of different distances change with the time

由图 2 可知, 0.3 m 和 0.6 m 处周围剂量当量率范围波动较大, 因为此时探测器与患者距离较近, 患者体内 ^{131}I 分布复杂, 在此种情况下无法将患者体内 ^{131}I 视为单一点源存在^[7]; 2 m 处周围剂量当量率测量值较小, 受环境本底影响较大, 无法为实际应用提供帮助; 1 m 处的测量值误差范围较小且数值大小范围合适, 可用于患者体内 ^{131}I 滞留活度的计算。根据辐射防护最优化原则^[8], 选取距离较远的 1 m 处的测量结果与患者体内 ^{131}I 滞留活度形成对应关系。

2.2 患者体内 ^{131}I 活度滞留量

68 例甲亢患者服碘后 4 h、8 h、24 h、48 h、72 h、96 h、120 h、144 h 和 192 h 时体内残留 ^{131}I 活度分别占服碘活度的 99%、96%、87%、77%、70%、62%、52%、45%和 36%, 如图 3 所示, 患者体内 ^{131}I 滞留量随着时间逐渐减少, 呈下降趋势。

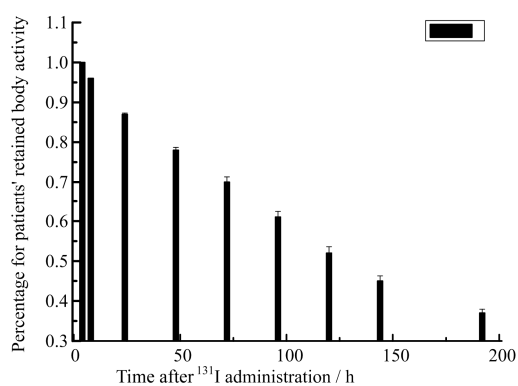


图3 体内 ^{131}I 活度滞留量随时间变化曲线
Fig.3 Retained body activity changes with the time

2.3 患者体内滞留量与周围剂量当量率的相关性

68 名患者体内 ^{131}I 滞留量与 1 m 处周围剂量当量率的对应关系如图 4 所示。

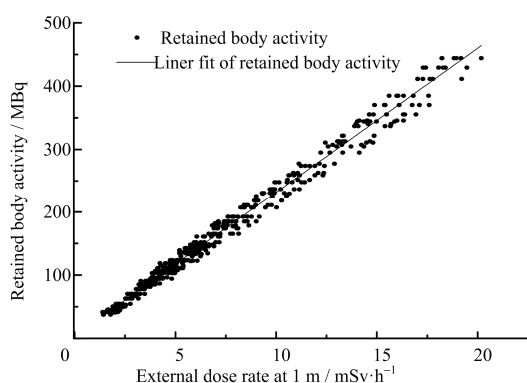


图4 体内 ^{131}I 滞留量与周围剂量当量率关系图
Fig.4 Retained body activity corresponding to external dose rate

周围剂量当量率与患者体内 ^{131}I 滞留量呈线性正相关($R=0.99$)，拟合得到回归方程(3)。

$$Y=22.8X+3.3 \quad (3)$$

男性患者体内 ^{131}I 滞留量与 1 m 处周围剂量当量率的拟合方程($R=0.99$)见式(4)。

$$Y=22.6X+3.8 \quad (4)$$

女性患者体内 ^{131}I 滞留量与 1 m 处周围剂量当量率的拟合方程($R=0.98$)见式(5)。

$$Y=22.9X+3.1 \quad (5)$$

(1)、(2)和(3)式中， Y 为患者体内 ^{131}I 活度滞留量，MBq； X 为距患者 1 m 处的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。

男性和女性患者体内 ^{131}I 滞留量与 1 m 处周围剂量当量率的拟合方程与总体患者拟合方程的误差较小，因此，可通过公式(3)估算全部患者体内 ^{131}I 滞留量。

图 4 中，15–20 $\mu\text{Sv/h}$ 处体内 ^{131}I 滞留量波动较大，此时为患者服碘前期，碘在患者体内进行转运所致^[9]。0–15 $\mu\text{Sv/h}$ 处体内 ^{131}I 滞留量波动较小，此时可通过周围剂量当量率进行体内 ^{131}I 滞留量的估算。

国际放射防护委员会(International Commission on Radiological Protection, ICRP)认为，患者服碘后对医务人员、亲属和陪护人员造成的辐射受照剂量最大^[10]。甲亢患者同甲癌患者不同，甲癌患者出院之前体内 ^{131}I 活度一般会降到环境本底水平^[11]，对于甲亢患者，国内医院甲状腺治疗分为门诊治疗和住院治疗两种形式^[4]，一般情况下，低剂量患者采用门诊治疗，少数大剂量患者采用住院治疗，甲亢患者与家属和陪护人员接触时间更长^[12]，因此甲亢患者更容易对其周围人员造成辐射威胁。

通过甲亢患者体内 ^{131}I 滞留量和周围剂量当量率函数方程能够估算患者体内 ^{131}I 活度，对甲亢患者及其周围人群日常行为提供有利的指导。医护人员在检测病人周围剂量当量率时多采用近距离检测，即将仪器贴近患者甲状腺位置进行检测，潜在辐射风险较大^[13]。通过本研究建立的患者 1 m 处周围剂量当量率与体内滞留量的关系，医护人员能够测量患者体内滞留量，进而有效地降低随机性效应的发生机率。

2.4 函数可行性验证

2015 年 6 月测量患者 10 名，将其体内 ^{131}I 滞留量与周围剂量当量率拟合后函数为式(6)。

$$Y=23X+1.1 \quad (6)$$

同公式(1)误差较小，因此公式(3)能够通过测量周围剂量当量率估算患者体内 ^{131}I 滞留量。

公式(3)仍有一些不足的地方：因本实验患者选取的是无肝肾功能疾病的患者，所以无法判断该公式能否用于年龄较大或肝肾功能不佳的患者的测量，需要进一步研究；计算体内 ^{131}I 滞留量的方法有两种，一种是通过尿液排泄估算患者体内 ^{131}I 滞留量，一种是通过全身计数器直接测量患者体内 ^{131}I 滞留量^[14]，测量结果精确，后续实验会通过全身计数器进行验证。

3 结论

随着放射性核素在医疗领域内的广泛应用,¹³¹I用于甲状腺治疗日益被人们接受^[15],虽然甲亢治疗剂量较甲癌小,但对周围人群造成的辐射威胁仍不能忽视。科研工作者在研究放射性核素新用途的同时要进行辐射防护的研究,医务人员和非医务人员应该积极学习相关的辐射防护知识,采取有效的防护措施,降低自身的受照剂量,从而保护自身的健康。

参考文献

- 1 Arielle J E, Robert A. Practice guideline for the detection and management of thyroid dysfunction-A comparative review of the recommendations [J]. *Clinical Endocrinology*, 1999, **51**(1): 11-18. DOI: 10.1046/j.1365-2265.1999.00797.x.
- 2 陆克义, 李险峰. 甲状腺疾病患者碘¹³¹I治疗后对他人的辐射危害评价[J]. 国外医学放射医学核医学分册, 2004, **28**(5): 226-229.
LU Keyi, LI Xianfeng. Evaluation of radiation exposure from patients with thyroid disease by ¹³¹I therapy [J]. *Foreign Medical Sciences (Section of Radiation Medicine and Nuclear Medicine)*, 2004, **28**(5): 226-229.
- 3 孙作忠, 宁尚义, 张丹枫. 碘¹³¹I治疗甲状腺疾病的辐射防护问题[J]. 中国辐射卫生, 2005, **14**(3): 203-203. DOI: 10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2005.03.031.
SUN Zuozhong, NING Shangyi, ZHANG Danfeng. Radiation protection for thyroid diseases treated by ¹³¹I [J]. *Chinese Journal of Radiological Health*, 2005, **14**(3): 203-203. DOI: 10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2005.03.031.
- 4 蒋宁一, 林岩松, 关海霞, 等. ¹³¹I治疗格雷夫斯甲亢指南(2013版)[J]. 标记免疫分析与临床, 2014, **21**(1): 92-104.
JIANG Ningyi, LIN Yansong, GUAN Haixia, *et al.* Guidelines of hyperthyroidism treated by ¹³¹I [J]. *Labeled Immunoassays and Clinical Medicine*, 2014, **21**(1): 92-104.
- 5 Cui S, Jiao L, Tan J, *et al.* Estimating radiation absorbed dose of individuals nearby ¹³¹I-treated hyperthyroid patients [J]. *Health Physics*, 2014, **106**(3): 365-9. DOI: 10.1097/HP.0b013e3182a1c8d5.
- 6 Mohammadi H. Radiation exposure rate from ¹³¹I-treated hyperthyroid patients--a dynamic study, with data for up to 42 d post therapy [J]. *Health physics*, 2005, **88**(5): 486-90.
- 7 Al-Haj A N, Lagarde C S, Lobriguito A M. Patient parameters and other radiation safety issues in ¹³¹I therapy for thyroid cancer treatment [J]. *Health Physics*, 2007, **93**: 656-66.
- 8 核工业标准化研究所. 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, 2002.
Institute for Standardization of Nuclear Industry. GB 18871-2002. Basic standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources [S]. Beijing: Chinese Standard Press, 2002.
- 9 张永学, 黄钢. 核医学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2010: 429.
ZHANG Yongxue, HUANG Gang. *Nuclear medicine* [M]. Beijing: People's Health Publishing House, 2010: 429.
- 10 ICRP Publication 94, Release of patients after therapy with unsealed radionuclides [M]. Oxford, UK: Pergamon Press, 2004.
- 11 Zhang H, Jiao L, Cui S, *et al.* The study of external dose rate and retained body activity of patients receiving ¹³¹I therapy for differentiated thyroid carcinoma [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2014, **11**(10): 10991-11003. DOI: 10.3390/ijerph111010991.
- 12 Minguez P, Genolla J, Celeiro J, *et al.* Restriction periods for carers, comforters and members of the public in the treatment of hyperthyroidism [J]. *Radiation Protection Dosimetry*, 2013, **154**: 285-92. DOI: 10.1093/rpd/ncs237.
- 13 张冠石. X射线物理基础[J]. 中国医疗设备, 2013, **28**(4): 20-21.
ZHANG Guanshi. Basic physics of X ray [J]. *China Medical Devices*, 2013, **28**(4): 20-21.
- 14 Thomas S R, Maxon H R, Fritz K M, *et al.* A comparison of methods for assessing patient body burden following ¹³¹I therapy for thyroid cancer [J]. *Radiology* 1980, **137**: 839-842.
- 15 Barbet J, Kraeber-bodere F, Chatal J F. What can be expected from nuclear medicine tomorrow? [J]. *Cancer Biotherapy & Radiopharmaceuticals*, 2008, **23**(4): 483-504.

Study on retained body activity and external dose rate of patients receiving ^{131}I therapy for hyperthyroidism

WANG Xiao¹ JIAO Ling¹ ZHANG Guizhi² HE Yajing² TAN Jian² ZHANG Wenyi¹

¹(Institute of Radiation Medicine, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Tianjin 300192, China)

²(Tianjin Medical University General Hospital, Tianjin 300052, China)

ABSTRACT This study established the function of the retained body activity and the external dose rate of patients treated by ^{131}I . The retained body activities of patients can be estimated by the external dose rate based on this function. The external dose rate and retained body activity of sixty-eight patients were measured. The external dose rate was measured at 0.5 h, 4 h, 8 h, 24 h, 48 h, 72 h, 96 h, 120 h, 144 h and 192 h after the administration with distances of 0.3 m, 0.6 m, 1 m, and 2 m, respectively, with the urine received at the same time for the calculation of the retained body activity. The function of them is $Y=22.8X+3.3$; Y stands for the retained body activity (MBq), X stands for the external dose rate of patient at 1m ($\mu\text{Sv/h}$). This study is beneficial for radiation safety decision-making.

KEYWORDS Hyperthyroidism, ^{131}I , Retained body activity, Urine, External dose rate

CLC TL72, TL77