

¹³¹I 治疗分化型甲状腺癌患者被服清洁解控的研究进展

施冰梓¹, 杨素云²

A review of release of bed covers and clothing after patients receiving iodine-131 for differentiated thyroid cancer Shi Bingzi, Yang Suyun

摘要: 对清洁解控的概念及相关标准、被服清洁解控的必要性以及国内外被服清洁解控的现状进行综述,探讨目前国内针对¹³¹I 治疗分化型甲状腺癌患者被服清洁解控的不足以及对未来的展望,为临床工作中实施规范、合理的被服清洁解控程序以及进一步开展相关研究提供参考。

关键词: 分化型甲状腺癌; ¹³¹I; 放射性碘; 放射治疗; 辐射; 职业暴露; 患者被服; 清洁解控; 放射防护; 综述文献
中图分类号: R473.73; R736.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2022.09.111

甲状腺癌是内分泌系统和头颈部肿瘤中最常见的恶性肿瘤,分化型甲状腺癌是其最常见的病理类型,占有所有类型的 95% 以上^[1]。近年来,全球范围内甲状腺癌发病率大幅上升,2020 年甲状腺癌位居全球癌症发病率第 9 位^[2]。我国癌症中心 2015 年统计,甲状腺癌发病率居国内恶性肿瘤第 7 位^[3]。放射性碘治疗是外科手术的辅助治疗方法,是治疗甲状腺癌的重要手段。¹³¹I 治疗甲状腺癌的用药剂量通常为 2 590~9 250 MBq(70~250 mCi)^[4],其物理半衰期为 8.04 d^[5]。由于¹³¹I 治疗剂量较大,γ 射线能量较高,穿透力强,患者在服药后成为活体放射源^[6-7],同时分化型甲状腺癌患者外科手术后残余甲状腺组织较少,对¹³¹I 摄取多低于 10%,¹³¹I 在服药后 1~5 d 通过体液(如汗液和唾液)、尿液和粪便排出,均具有放射性^[8-9],易造成患者被服(病员服、床单、枕套以及被套)的放射性污染。这不仅会使接受治疗的患者辐射暴露,还会导致第三方(包括其他患者、公众、亲属和医护人员)辐射暴露^[10]。因此,需要对¹³¹I 治疗分化型甲状腺癌患者的被服进行衰变,达到清洁解控标准后再次使用。本文综述¹³¹I 治疗分化型甲状腺癌患者被服清洁解控的研究进展,旨在为¹³¹I 患者的被服处理提供参考。

1 被服清洁解控的概念及相关标准

1.1 解控标准 解控指已获准的实践范围内的放射性物质或放射性物体不再受监管机构的任何监管控制^[11]。GB18871-2002 中清洁解控定义^[12]:“监管部门规定的、以活度浓度和(或)总活度表示的值,辐射源的活度浓度和(或)总活度等于或低于该值时,可以

不再受监管部门的监管。”国际放射防护委员会(International Commission on Radiological Protection, ICRP)提出^[13]:¹³¹I 治疗分化型甲状腺癌患者换洗的被服需要放置 10 个半衰期(每个半衰期为 8.04 d),确保在释放处置之前没有可检测的辐射方可重复使用。国内核医学第 9 版教科书^[14]明确说明:¹³¹I 治疗分化型甲状腺癌患者换洗的被服需放置 10 个半衰期,达到清洁解控水平方可随物流送洗。《核医学放射防护要求》(GBZ 120—2020)^[15]指出:¹³¹I 治疗分化型甲状腺癌患者使用过的被服应先进行存放衰变至少 1 个半衰期,通过辐射监测达到清洁解控标准后再清洗。这是国内相关辐射防护标准首次对¹³¹I 治疗患者使用被服衰变时间做出规定,将被服衰变时间规定为至少 1 个半衰期主要是鉴于临床操作的可行性,在执行辐射防护标准的前提下,减少临床工作中被服达到清洁解控标准所需要的成本。《核医学放射防护与安全要求》(HJ 1188—2021)^[16]提到含¹³¹I 核素的放射性固体废物暂存超过 180 d,经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平,β 表面污染小于 0.8 Bq/cm²,可对废物清洁解控并作为医疗废物处理,没有对¹³¹I 治疗患者被服的清洁解控时间做出明确说明。本底辐射水平指天然存在的放射性辐射量。天然辐射不仅是持续的,不可避免的,而且是公众所受辐射的主要来源。联合国原子辐射效应科学委员会(United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR)^[17]提出,世界范围平均来自天然辐射源照射的年有效剂量为 2.4 mSv。

1.2 放射工作人员的照射剂量限制标准 ICRP 对放射工作人员的照射剂量限制标准^[13,18-19]:连续 5 年的年平均有效剂量不超过 20 mSv;任意单个年份有效剂量不超过 50 mSv;以上两点必须同时满足。大多数国家目前针对工作人员的年辐射限值标准多以 ICRP 标准为准则,中国最新的辐射防护标准 GBZ 120—2020 中提到应保障放射工作人员、患者或受检者以及公众的放射防护安全与健康,对工作人员所受

作者单位:1. 山西医科大学护理学院(山西 太原,030001);2. 山西医科大学第一医院核医学科
施冰梓:女,硕士在读,学生
通信作者:杨素云, yangsuyunyun@aliyun.com
科研项目:中华医学会杂志社 2021—2022 年护理学科研究课题(CMAPH-NRI2021046);2018 年山西省重点研发计划(社会发展领域)项目(201803D31105)
收稿:2021-12-08;修回:2022-01-30

的职业照射应加以限制,使其符合 GB 18871 职业照射剂量限值的规定;应对任何工作人员的职业照射水平进行控制,使之不超过下述限值^[12,15]:连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均)不超过 20 mSv;任何 1 年中的有效剂量不超过 50 mSv;眼晶体的年当量剂量不超过 150 mSv;四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量不超过 500 mSv。

2 被服清洁解控的必要性

2.1 患者被服的辐射残余剂量较大 现阶段,国内外针对患者换洗被服辐射残余剂量监测的研究较少。Mattar 等^[20]对出院患者及其周围环境进行辐射测量发现,患者病员服的辐射残余活性最高(1.0~21.4 Bq/cm²,平均 11.0 Bq/cm²),其次是厕所(1.0~21.4 Bq/cm²,平均 6.6 Bq/cm²)、枕套(0.2~14.0 Bq/cm²,平均 2.9 Bq/cm²)和床尾(0.1~9.0 Bq/cm²,平均 2.6 Bq/cm²)。胡凤琼等^[21]监测¹³¹I 治疗分化型甲状腺癌患者的病员服、床单、枕套以及被套的辐射剂量发现,部分患者的病员服及枕套的辐射残余剂量率达到 400~600 μ Sv/h,经过 7 d 衰变后辐射残余剂量率仍高达 300~389 μ Sv/h,14 d 衰变后个别患者病员服和枕套的辐射剂量率依然还远远高于本底水平,甚至有些在衰变 21 d 后辐射剂量率仍达 25~40 μ Sv/h。由此可见,个别污染被服即使经过 3 个半衰期衰减,仍然具有较高的辐射水平。ICRP^[18-19]对核医学病房表面污染水平提出限值为 0.36 Bq/cm²,患者所用物品表面辐射剂量率降至本底辐射水平可继续重复使用(每年 2.4 mSv)。国内¹³¹I 核素治疗病房产生的废物经过暂存衰变后,使用经检定或校准合格的监测仪器对废物逐袋进行表面巡测,辐射剂量率<0.200 μ Sv/h(200 nSv/h)且 α 和 β 表面污染水平分别<0.08 Bq/cm² 和 0.80 Bq/cm²,可对废物解控作为医疗废物处置,当患者出院后,其被褥、衣物的¹³¹I 含量<2.5 μ Sv/h 时方可解除隔离^[22]。因此,在某些情况下患者被服的污染水平超过可接受限值,住院治疗患者使用过的被服仍有一定的辐射剂量,必须进行有效衰变后再重复使用。Foreman 等^[23]估算因被服污染造成放射工作人员的外照射剂量率,通过详细的模拟考虑,使用符合人类形态辐射的组织 and 材料进行衰减,以及考虑了生物动力学中的身体负荷来确定患者排泄¹³¹I 的时间依赖性,使用 ICRP 的方法计算了处理受污染床单工作人员的有效剂量率系数,研究结果表明:给予尿失禁患者¹³¹I(5.5 GBq 和 7 GBq)后前 2 d,患者所用被服对工作人员产生超过 80 mSv/h 的有效剂量率(假设患者完全排泄),远超过 ICRP 对放射工作人员的年有效剂量限值。此项研究针对特殊(尿失禁)人群,患者被服辐射残余剂量可能较高,但提示患者排泄物所致被服污染的辐射残余剂量不容忽视。

2.2 电离辐射对人体的危害 低剂量辐射虽然单次

照射损伤小,但长期接触低剂量电离辐射对人体健康有一定影响,可能会增高白血病、皮肤癌等疾病发病率。一项系统评价发现,电离辐射是一种致癌物质(大部分被研究者都只是低剂量电离辐射接触者),并且大多数类型的癌症都可能由辐射暴露引起^[24]。低剂量电离辐射作为一种特殊的“弱抗原”,Lumniczky 等^[25]研究发现,低剂量电离辐射可能永久性地改变免疫健康,从而加速免疫衰老,并为之后可能发生的病理生理事件铺平道路,包括与年龄有关的退行性疾病和癌症的早发。研究表明,甲状腺是人体最活跃的器官之一,对电离辐射也较敏感^[26]。近年来医院放射科工作人员甲状腺癌发病率上升,并且随着放射工龄增加而增高。因此,在放射性工作中的任一环节,其中包括对放射性废物(患者换洗被服)的处置、放射性污染清除等各个方面应采取有效措施,以保障工作人员和周围人群的安全及环境保护。

3 被服清洁解控现状分析

3.1 国外解控现状 目前针对分化型甲状腺癌住院患者换洗被服的辐射残余剂量监测数据较少,因此大部分国家、地区都是按照 ICRP 推荐的放置 10 个衰变周期,再经过检测符合环境卫生标准后清洗再次使用。Thompson^[27]提出,患者所有使用过的床单、被罩、枕套以及病员服应至少存放 10 个物理半衰期(¹³¹I 大约为 90 d),使用盖革-米勒(Geiger-Mueller, GM)检测器进行检测,如果没有检测到任何辐射,这些物品可清洗并恢复正常使用。Al-Shakhrh^[28]提出,应为亚麻布和其他可重复使用的物品提供单独的储存空间,将辐射降低至本底水平(每年 2.4 mSv)。可重复使用的物品应储存约 90 d,并使用 GM 检测器进行测量,以确保在清洁解控之前没有可检测的辐射。

3.2 国内解控现状 国内大部分学者仅提到服用¹³¹I 患者的分泌物具有放射性,会对患者住院期间使用的被服造成放射性污染,需要设置被服衰变间进行衰变处理^[21,29],但针对被服衰变清洁解控时间的描述较少。耿建华等^[30]、杨勇等^[7]建议¹³¹I 治疗病房应设置被服衰变室,对被¹³¹I 污染的被服进行存放衰变,达到清洁解控标准后再清洗使用。仅有少数学者提到具体的清洁解控时间,李石银^[31]提出需要对患者换洗被服按产生日期分类收集于废物暂存间,待衰变时间超过 10 个半衰期满足解控水平后,申请清洁解控,符合清洁解控要求的废物按照普通废物处置,被褥和病员服返回洗衣公司清洗后再次使用。

4 不足与展望

随着核医学科的大规模成立,临床对¹³¹I 治疗病房的需求激增^[32],大部分医院核医学科的被服衰变间容量有限以及大量被服轮转的成本过高,不能做到将患者换洗被服进行个性化衰变,甚至有的医疗机构由于衰变空间有限不能容纳大量被服,未达到清洁解

控标准即将被服送洗以重复使用,对周围环境及相关人员造成辐射损害。同时,《核医学放射防护要求》^[15]中将患者使用过的被服衰变周期缩短为至少1个半衰期,经过辐射监测达到清洁解控标准后再清洗,没有规定具体的衰变周期。因此,需要放射工作人员在临床工作中积极监测¹³¹I治疗分化型甲状腺癌患者出院后被服辐射残余剂量率的衰变规律,并将监测结果详细记录,根据统计分析得到具体的被服衰变周期,为今后¹³¹I治疗分化型甲状腺癌患者被服清洁解控时间标准的制定提供可靠的数据支持。同时,未来还需要寻找影响患者被服辐射残余剂量的因素,针对影响因素以及患者住院期间的具体情况来制定个性化的被服清洁解控时间标准,以缩短医院被服轮转成本以及控制放射工作人员在工作期间的职业照射水平,减少不良事件的发生。

参考文献:

- [1] 丁勇,马庆杰,王任飞,等.分化型甲状腺癌术后¹³¹I治疗前评估专家共识[J].中国癌症杂志,2019,29(10):832-840.
- [2] Sung H, Ferlay J, Siegel R L, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2021, 71(3): 209-249.
- [3] 郑荣寿,孙可欣,张思维,等.2015年中国恶性肿瘤流行情况分析[J].中华肿瘤杂志,2019,41(1):19-28.
- [4] 中华医学会核医学分会.¹³¹I治疗分化型甲状腺癌指南(2021版)[J].中华核医学与分子影像杂志,2021,41(4):218-241.
- [5] 孔宪荣,秦春元,刘于.DTC患者¹³¹I治疗后体内残留辐射剂量影响因素的研究[J].当代医学,2020,26(8):29-32.
- [6] 赵志刚,李长越,谢路林,等.¹³¹I治疗分化型甲状腺癌患者病区环境辐射剂量率测定[J].临床军医杂志,2017,45(4):421-422.
- [7] 杨勇,马国学,赵广翠,等.¹³¹I核素治疗病房辐射环境影响分析与防护建议[J].中国医院建筑与装备,2021,22(5):62-64.
- [8] Jo K, Lim D J. Clinical implications of anti-thyroglobulin antibody measurement before surgery in thyroid cancer [J]. Korean J Intern Med, 2018, 33(6): 1050-1057.
- [9] 邢海群,巴建涛,王瞳,等.核医学治疗病房放射性¹³¹I污染的监测与评价[J].中国医学科学院学报,2015,37(6):730-732.
- [10] Al-Mohammed H I, Sulieman A, Mayhoub F H, et al. Occupational exposure and radiobiological risk from thyroid radioiodine therapy in Saudi Arabia[J]. Sci Rep, 2021, 11(1): 1-8.
- [11] International Atomic Energy Agency. Application of the concepts of exclusion, exemption and clearance[M]. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2004: 7-8.
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.电离辐射防护与辐射源安全基本标准:GB18871-2002[S]. 2002.
- [13] International Commission on Radiological Protection. Release of patients after therapy with unsealed radionuclides[J]. Ann ICRP, 2004, 34(2): 1-79.
- [14] 王荣福,安锐.本科临床核医学[M].北京:人民卫生出版社,2018:239-240.
- [15] 中华人民共和国国家卫生健康委员会.核医学放射防护要求:GBZ120-2020[S]. 2020.
- [16] 中华人民共和国国家生态环境部.核医学辐射防护与安要求:HJ1188-2021[S]. 2021.
- [17] Monty C. UNSCEAR report 2000: sources and effects of ionizing radiation[J]. J Radiol Prot, 2001, 21(1): 83-85.
- [18] Cool D A, Kase K R, Boice Jr J D. NCRP Report no. 180 - management of exposure to ionizing radiation: NCRP radiation protection guidance for the United States[J]. J Radiol Prot, 2019, 39(3): 966-977.
- [19] Harrison J D, Paquet F. Overview of ICRP Committee 2: doses from radiation exposure[J]. Ann ICRP, 2015, 44(1 Suppl): 15-23.
- [20] Mattar E, Salih M A, Alsafi K, et al. Radiation protection in the release of patients receiving ¹³¹I treatment[J]. Radiat Prot Dosimetry, 2019, 187(4): 499-508.
- [21] 胡凤琼,庞华,杨俊卿,等.甲状腺癌患者大剂量¹³¹I治疗的辐射防护研究[J].重庆医学,2014,43(17):2252-2253.
- [22] 杨勇,高宇,杨瑞红,等.核医学放射性废物清洁解控工作现状调查与优化对策[J].中国医学装备,2020,17(7):16-21.
- [23] Foreman C, Dewji S. Estimation of external dose rates to hotel workers from bed linens contaminated by ¹³¹I patients[J]. Health Phys, 2020, 118(6): 615-622.
- [24] Berrington de Gonzalez A, Daniels R D, Cardis E, et al. Epidemiological studies of low-dose ionizing radiation and cancer: rationale and framework for the monograph and overview of eligible studies[J]. JNCI Monographs, 2020, 2020(56): 97-113.
- [25] Lumniczky K, Impens N, Armengol G, et al. Low dose ionizing radiation effects on the immune system[J]. Environ Int, 2021, 149: 106212.
- [26] 曹毅,谢文.电离辐射的生物效应及健康影响[J].科技导报,2018,36(15):48-53.
- [27] Thompson M A. Radiation safety precautions in the management of the hospitalized ¹³¹I therapy patient[J]. J Nucl Med Technol, 2001, 29(2): 61-75.
- [28] Al-Shakhrah I A. Radioprotection using iodine-131 for thyroid cancer and hyperthyroidism: a review[J]. Clin J Oncol Nurs, 2008, 12(6): 905-912.
- [29] 张海霞,赵敏,牟小娟,等.核素污染被服防护车的设计和应用[J].医疗卫生装备,2015,36(12):151-152.
- [30] 耿建华,陈英茂,郑容,等.核医学科¹³¹I治疗病房建设的选址与布局设计[J].中国医学装备,2018,15(4):18-22.
- [31] 李石银. I-131核素在核医学应用中的辐射防护与安全研究[D].衡阳:南华大学,2019.
- [32] 李思进.中国核医学发展现状及挑战[J].国防科技工业, 2021(7):38-39.