

¹²⁵I 粒子植入前装载过程中医护人员的剂量监测

岳瑶 刘海生 王俊杰 郭呈祥 姜玉良 孙海涛

【摘要】 目的 分析¹²⁵I 粒子装载过程中医护人员的受照剂量。方法 采用热释光剂量计检测¹²⁵I 装载过程中,与粒子槽不同距离的剂量,计算出人员的安全范围;医护人员的受照剂量、剂量率和年累积剂量。结果 与粒子槽不同距离处 10、20、30、40、50 和 100 cm 的剂量衰减率分别是 77.61%、98.04%、98.79%、99.30%、99.71% 和 100%。医护人员的指尖、胸部、眼晶状体和甲状腺的受照剂量分别是 51.08、35.50、34.73 和 33.78 μGy,年操作 250 次达到的剂量分别是 12.77、8.88、8.68 和 8.45 mGy。铅玻璃屏内、外粒子剂量的衰减率分别是 28.36%、79.60%。结论 ¹²⁵I 粒子装载过程中,安全距离超过 100 cm 时检测不到辐射,铅玻璃防护是很有必要的。

【关键词】 ¹²⁵I 粒子; 热释光剂量计; 剂量监测检测

Monitoring of radiation dose to medical staff during ¹²⁵I seeds loading Yue Yao*, Liu Haisheng, Wang Junjie, Guo Chengxiang, Jiang Yuliang, Sun Haitao. * Center of Oncology, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China

Corresponding author: Wang Junjie, Email: junjiew920@sohu.com

【Abstract】 Objective To analyze the dose of radiation to medical staff during ¹²⁵I seeds loading **Methods** The radiation dose at different distances was measured by using thermoluminescence dosimeters (TLD), and the safe range for medical person was calculated. The doses and annual accumulative doses to the medical staff were estimated. **Results** The dose attenuation rates were 77.61%, 98.04%, 98.79%, 99.30%, 99.71% and 100% at distance of 10, 20, 30, 40, 50 and 100 cm from seeds tank, respectively. The dose to fingertips, chest, lens and thyroid of doctor were 51.08, 35.50, 34.73 and 33.78 μGy, and the annual dose reached 12.77, 8.88, 8.68 and 8.45 mGy when the number of annual operations was 250. The attenuation rate was 79.60% and 28.36% of inside and outside lead glass, respectively. **Conclusions** The radiation is undetectable at 100 cm away from seeds tank in the process of loading of ¹²⁵I seeds, and lead glass is necessary for radiation protection.

【Key words】 ¹²⁵I seeds; Thermoluminescence dosimeter; Dose surveillance

¹²⁵I 粒子近距离治疗的应用越来越广泛,尤其是在治疗前列腺癌方面取得了良好的临床疗效^[1-3],临床手术治疗过程分粒子装载和粒子植入。放疗科医师佩戴个人剂量监测计,但是针对装载粒子的医务人员不同器官和组织开展的剂量监测较少。热释光剂量计(TLD)灵敏度高、布点灵活、有效密度接近空气和组织,在较宽的能量范围内线性响应好且可重复使用,广泛应用于临床剂量监测^[4]。为充分了解¹²⁵I 粒子植入术前粒子装载过程

中医护人员的受照剂量,本研究采用 TLD 对¹²⁵I 粒子植入术前的医护人员不同部位进行剂量测量,为合理认识、使用和防护射线提供依据。

材料与方法

1. 一般资料:研究对象为本院从事¹²⁵I 粒子治疗术前装载 80 颗粒子的放疗科医师及参观学习人员。不同患者需要种植的粒子数一般在 1~100 颗,通常粒子数目≤80 颗。选取装载过程中装载台上有 80 颗粒子时与粒子槽不同距离(0、10、20、30、40、50 和 100 cm)的剂量进行了测量。

2. 放射粒子:使用中国原子能科学研究院生产的 5711 型¹²⁵I 粒子源,粒子源的长度和直径分别为 4.5 和 0.8 mm,镍钛合金包壳,放射性活度为 1.5 ×

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2015.07.013

基金项目:首都医学发展科研基金(2009-2024)

作者单位:100191 北京大学第三医院肿瘤治疗中心(岳瑶、王俊杰、姜玉良、孙海涛);清华大学核能与新能源技术研究院(刘海生、郭呈祥)

通信作者:王俊杰,Email:junjiew920@sohu.com

$10^7 \sim 2.6 \times 10^7$ Bq, 半衰期为 59.4 d。γ 射线能量为 35.5 keV (占 6.68%), X 射线能量为 3.8 ~ 31.7 keV, 组织间平均穿透距离为 1.7 cm。

3. 粒子装载: 粒子装载时间为 13 min, 装载中医护人员配有铅手套和铅眼镜等。装载时, 分数次将粒子从防护罐中取出, 用镊子逐个装载到弹夹中, 通常每个弹夹中容纳 10 颗粒子。装载完毕后, 用美国 Fluke 公司 451P 型剂量监测仪进行室内巡测, 量程 0 ~ 50 μSv/h, 能量响应 20 keV ~ 2 MeV, 响应时间 2 s。

4. 监测方法: 采用北京康科洛公司提供的 RGD-3A 型高灵敏度的 LiF(Mg, Cu, P) TLD 进行剂量监测, φ 4.5 mm, 光子能量响应 30 keV ~ 3 MeV。剂量片经分选后, 北京康科洛公司 TLD-2000B 型热释光退火炉进行退火处理, 然后封装在避光的黑色纸袋中, 每个元件包含 2 个平行样品。¹²⁵I 粒子装载过程中, 将热释光剂量计分别粘贴在放疗科医师的双手食指指甲、甲状腺、眼角、胸部等部位, 不同部位代表了与装载槽不同距离不同器官。本底剂量片放置于无粒子辐射的办公环境中。

5. 剂量计算: 剂量衰减率 (%) = (距离装载槽 0 cm 的读数 - 装载槽不同距离的读数) / (距离装载槽 0 cm 的读数 - 本底剂量片的读数) × 100%。本研究中, 检测的是各个剂量点与本底剂量监测值的差值, 经计算, 距离装载槽 100 cm 剂量片的读数与本底剂量片的读数相同, 差值为 0。因此, 认为该点以外没有粒子产生的射线, 则粒子剂量的衰减率为 100%, 而在距离装载槽 0 的剂量衰减为 0。

检测点剂量值 = 距离装载槽不同距离的读数 - 本底剂量片的读数。年受照剂量计算是按照每天装载 1 次的工作强度, 每次装载 80 颗粒子, 每年 50 个工作周, 共 250 个工作日, 即在本次检测的基础上 × 250 次, 估算装载人员在装载过程中的年受照剂量。

结 果

1. 距粒子槽不同距离处的剂量: 剂量随着距粒子槽距离的增加而降低, 详细结果列于表 1。扣除本底剂量值后, 当操作台上有 80 颗粒子时, 距粒子槽 0 ~ 100 cm 的剂量为 (164.68 ± 1.23) ~ 0 μGy, 剂量衰减率为 0 ~ 100%。即距离 > 100 cm 时, 粒子的辐射贡献超出检测限, 属于正常本底环境, 是安全的。

2. 装载粒子人员的受照剂量: 粒子装载完成后, 将不同部位的剂量计全部收回, 相应的受照剂量结果列于表 2。粒子槽位置的剂量为 (164.68 ± 1.23) μGy, 剂量率为 760.06 μGy/h。指尖、胸部、眼晶状体及甲状腺的受照剂量为 51.08 ~ 33.78 μGy, 结合操作时间换算为剂量率分别是 235.75 ~ 155.91 μGy/h。换算为年受照剂量是 12.77 ~ 8.45 mGy。国家标准规定了四肢(手、足)和眼晶状体的年当量剂量限值分别是 500 和 150 mSv^[5]。对胸部(针对肺)和甲状腺没有具体规定, 但肺和甲状腺是重要的器官, 组织权重因子 W_T 分别是 0.12 和 0.05, 年当量剂量 ≤ 150 mSv。结果显示, 装载粒子人员年受照剂量远小于规定的年当量剂量。

表 1 距粒子槽不同距离的剂量 ($\bar{x} \pm s$)

距粒子槽的距离 (cm)	剂量 (μGy)	衰减率 (%)
0	164.68 ± 1.23	0
10	36.86 ± 0.46	77.61
20	3.22 ± 0.04	98.04
30	1.99 ± 0.05	98.79
40	1.15 ± 0.03	99.30
50	0.48 ± 0.02	99.71
100	0	100.00

表 2 粒子装入过程中医护人员不同部位的剂量 ($\bar{x} \pm s$)

部位	剂量 (μGy)	剂量率 (μGy/h)	年受照剂量 (mGy) ^a
指尖	51.08 ± 0.11	235.75	12.77
胸部	35.50 ± 0.07	163.85	8.88
眼晶状体	34.73 ± 0.14	160.29	8.68
甲状腺	33.78 ± 0.06	155.91	8.45

注: ^a按照 1 次/d, 每年 50 个工作周, 每周工作 5 d 计算, 共操作 250 次/年

3. 粒子装载装置中铅玻璃对射线屏蔽效果: 铅玻璃的内侧外侧的相应点的剂量监测分别为 (117.97 ± 0.38) 和 (33.60 ± 0.12) μGy, 剂量衰减率分别是 28.36% 和 79.60%, 铅玻璃屏蔽射线的效果可使得剂量衰减 51.24%, 结果表明, 使用铅玻璃屏具有一定的防护作用。

讨 论

¹²⁵I 粒子射线能量较弱, 在不影响操作的情况下, 获得准确的测量结果, 监测方式的布置很关键。van Haaren 等^[6]报道了永久性¹²⁵I 粒子植入治疗前列腺癌过程中手部受照剂量监测, 将包有 2 个 TLD 的黑色包粘贴在食指的指甲上, 既不影响装载操作同时能进行准确的剂量监测, 且能够准确反映器官

的受照剂量。其他部位的监测与手指剂量监测的方式相似。

在粒子装载过程中,医护人员受照剂量尽管远低于规定的限值,为了避免不必要的照射,加强防护是必要的。外照射防护的重点是时间、距离和屏蔽防护。受照时间的长短与装载粒子的数量和熟练程度有关,参与实验的医护人员装载 80 颗粒子的时间可以控制在 13 min 之内。随着熟练程度的增加,时间还可适当缩短。受照剂量随距离的增加而减少,有报道距源 1~2 cm 之间剂量减弱 4 倍,3~4 cm 之间减弱 1.8 倍,2~4 cm 之间剂量减少为 80%~93%^[7]。本研究根据 80 颗粒子源不同距离检测到的剂量值,计算出粒子剂量随距离变化的衰减率。结果显示,距离在 20 cm 以上剂量降低 98% 以上,在 100 cm 以上已检测不到射线的影响。由于粒子源的长度和直径分别为 4.5 和 0.8 mm,可以认为是点源^[8]。装载中用镊子作为距离防护工具,一定程度上减少了医务人员手部的照射。van Haaren 等^[6]报道了¹²⁵I 粒子前列腺植入术前准备 3 位医护人员的手指最大受照剂量估算分别是 (0.29 ± 0.15) mSv、< (0.03 ± 0.02) mSv 和 (0.31 ± 0.16) mSv,受照剂量较低可能是与所用的防护器具有关,并且职业受照人员准备过程中手指受照的剂量预期远远低于最大 500 mSv 的限值,本研究结果与该报道相似。

耿建华等^[9]报道在无屏蔽防护情况下,操作人员全身有可能受到高于剂量限值的照射; Magee 等^[10]报道,任何类型的铅玻璃均可以降低剂量。本研究进一步证实了在粒子装载过程中屏蔽的重要性,增加铅屏蔽能防护 50% 以上的射线,有效保护了胸部、眼睛和甲状腺。分批取出粒子装载,可以进一步降低手部的受照剂量。

前期研究结果表明,北京市医务工作者中从事放射性粒子装载人员的健康调查未发现具有统计学意义的与射线相关的损伤^[11],¹²⁵I 粒子植入术前医护人员受照剂量很低,对健康基本无影响^[12],甚至最敏感的指标血常规也无变化^[13]。结合其他的研究报道,可以证实¹²⁵I 粒子植入术前装载粒子的医护人员的受照剂量在年剂量限值之内^[14],正常操作是安全的。

综上所述,在¹²⁵I 粒子装载过程中,操作人员在

不影响操作的情况下尽量采用屏蔽防护、距离防护、熟练操作及减少操作时间。粒子装载完毕,切记仔细检查核对有无粒子遗漏,预防发生粒子不慎遗落而造成不必要的误照。

参 考 文 献

- [1] Meng J, Wang X, Zhuang QW, et al. Clinical effectiveness of ¹²⁵I-seed implantation in combination with nimotuzumab therapy for the advanced oral carcinoma: preliminary results [J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2014, 18 (21): 3304-3310.
- [2] Beydoun N, Bucci J, Malouf D. Iodine-125 prostate seed brachytherapy in renal transplant recipients: an analysis of oncological outcomes and toxicity profile [J]. J Contemp Brachytherapy, 2014, 6(1): 15-20.
- [3] Sekiguchi A, Ishiyama H, Satoh T, et al. Iodine-125 monotherapy for Japanese men with low- and intermediate-risk prostate cancer: outcomes after 5 years of follow-up [J]. J Radiat Res, 2014, 55(2): 328-333.
- [4] Bhengu KJ, Langen KM, Symons JE, et al. Thermoluminescence dosimetry in a fast neutron therapy beam [J]. Radiat Phys Chem, 2004, 71: 981-982.
- [5] 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,2002.
- [6] van Haaren PM, van't Riet A, Moerland MA, et al. Dose to fingertips of staff preparing stranded iodine-125 seeds for permanent prostate implants [J]. Radiat Prot Dosim, 2011, 145 (1): 61-65.
- [7] 王俊杰,修典荣,冉维强.放射性粒子组织间近距离治疗肿瘤[M].北京:北京医科大学出版社,2004:74-78.
- [8] 方杰.辐射防护导论[M].北京:原子能出版社,1991.
- [9] 耿建华,曹仲年,赵卫强,等.¹²⁵I 粒子装载过程中工作人员受照剂量的研究[J].中国医学装备,2012,9(10):1-3.
- [10] Magee JS, Martin CJ, Sandblom V, et al. Derivation and application of dose reduction factors for protective eyewear worn in interventional radiology and cardiology [J]. J Radiol Prot, 2014, 34(4): 811-823.
- [11] 岳瑶.北京市 2287 名放射体检人员信息调查分析[J].中国职业医学,2009,36(2):177-179.
- [12] 岳瑶,王文学,梁莉.某医院 114 名放射工作人员健康调查分析[J].中国辐射卫生,2008,17(3):308-309.
- [13] 岳瑶,王文学,贾廷珍,等.北京市 8137 例放射工作人员静脉血细胞分析参数范围调查[J].中国工业医学,2015,28 (1): 45-47.
- [14] 刘博莹,苑秀军.2009-2013 年沈阳某医院放射工作人员个人剂量监测结果分析[J].环境与职业医学,2014,31(12): 964-966.

(收稿日期:2014-12-15)