

血液辐照仪的辐射剂量监测

倪波, 朱立苇, 孟忠华

摘要: [目的]通过对血液辐照仪周围环境和操作人员个人年有效剂量的监测,为日后的监管工作提供科学依据。[方法]于2004—2011年,采用451P型 γ 射线环境巡测仪每年对环境监测,采用徽章式热释光剂量计每季度对操作人员的个人剂量监测。[结果]环境监测结果显示,开机状态,辐照仪北侧0.05 m处平均剂量率最大,为0.78 $\mu\text{Sv}/\text{h}$,0.05 m四周平均剂量率为0.73 $\mu\text{Sv}/\text{h}$,1 m处平均剂量率为0.38 $\mu\text{Sv}/\text{h}$;关机状态,0.05 m四周平均剂量率0.21 $\mu\text{Sv}/\text{h}$,1 m处平均剂量率为0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。操作人员人均年有效剂量平均值最高为0.186 mSv/a,最低为0.171 mSv/a,平均为0.181 mSv/a。[结论]血液辐照仪安全性较好,但日常工作中应注重其环境和操作人员个人辐射剂量的监测。

关键词: 辐照仪; 环境; 操作人员; 辐射剂量

Monitoring Results of Radiation Dose in a Blood Irradiator NI Bo, ZHU Li-wei, MENG Zhong-hua
(Department of Quality Management, Blood Center of Zhejiang Province, Zhejiang 310006, China) · The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To monitor the radiometric data of a selected blood irradiator to the surrounding environment and the accumulated radiation dose received by operators, and to provide scientific basis for blood irradiator supervision in the future. [Methods] From 2004 to 2011, environmental radiometric data of 451P γ -ray were acquired at different distances from a selected blood irradiator by γ -ray radiometric monitor. Personal accumulated radiation doses of machine operators were recorded by thermoluminescent dosimeters quarterly. [Results] During operation, the maximum γ -ray dose-rate (0.78 $\mu\text{Sv}/\text{h}$) was found at 0.05 m north from the blood irradiator, and the averages were 0.73 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ at 0.05 m radius and 0.38 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ at 1m radius. When the blood irradiator was switched off, the average dose rates at 0.05 m radius and 1m radius were 0.21 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ and 0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$, respectively. For the operators, the annually accumulated doses ranged from 0.171 mSv/a to 0.186 mSv/a, and the average was 0.181 mSv/a. [Conclusion] The blood irradiator is within the safe range of national occupational exposure standard and its environmental and personal radiation doses should be monitored regularly by operators.

Key Words: irradiator; environment; operator; radiation dose

输血能挽救生命,但也存在着许多并发症,如输血相关性移植植物抗宿主病(transfusion associated graft-versus-host disease, TA-GVHD)。此病的发生率在5%以下,但死亡率高达90%以上,是由献血者血液中免疫活性的淋巴细胞移植所引起。目前认为,预防TA-GVHD最有效的方法是输注经过照射的血液及血液成分。它使淋巴细胞不能复制和分化,从而达到阻止淋巴细胞在受血者体内繁殖,更不会攻击受血者的组织。由于淋巴细胞不同于其他血细胞,其对辐射极为敏感,临床治疗中也发现TA-GVHD高危病人输注经 γ 射线照射的血液及血液成分极少发生TA-GVHD^[1-4]。

血液辐照仪虽然使输血安全得到保障,但其使用的放射源对操作人员的健康及周围公众安全存在着潜在危害。为防止防护措施或使用不当而导致放射事故的发生,本项目对某血液中心的1台血液辐照仪进行连续8年的工作环境监测^[5],以及对操作该血液辐照仪的工作人员进行个人剂量监测,本文报道该

[作者简介]倪波(1961—),女,学士,副主任技师;研究方向:血液

质量管理;E-mail: nibo87@hotmail.com

[作者单位]浙江省血液中心质量管理科,浙江 310006

项监测结果。

1 对象与方法

1.1 对象

监测对象为浙江省血液中心血液辐照仪工作环境及2004—2011年从事该血液辐照仪操作的工作人员。Gammacell 3000ELAN II型血液辐照仪(加拿大Nordion公司生产),内置2枚¹³⁷Cs密封放射源, γ 射线能量为0.66 MeV,单枚放射源出厂最大活度为 5.37×10^{13} Bq。

1.2 检测仪器及方法

1.2.1 个人剂量监测 采用徽章式热释光个人剂量计,由浙江省疾病预防控制中心提供,并负责质量控制。内置LiF(Mg、Cu、P)粉末,封装于小塑料管内,采用北京核仪器厂生产的FJ-411型退火炉对LiF(Mg、Cu、P)粉末进行退火处理。热释光个人剂量计分发给每位操作者佩带,每年将计量计送浙江省疾病预防控制中心检测。1年测4次,每次测量间隔期为3个月。

1.2.2 环境检测 根据浙江省疾病预防控制中心每年1次监督检测结果及该血液中心质量理科采用美国INOVISION公司

生产 451P 型 γ 辐射环境巡测仪, 每月 1 次对血液辐照仪的不同位置和开、关机状态进行现场 γ 辐射剂量率检测。

1.3 评价及依据

根据 GB18871—2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》^[6]、GBZ141—2002《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》^[7]等标准规范的相关要求进行检测和评价。

2 结果

2.1 辐照仪周围环境 γ 射线检测

2004—2011 年期间, 对血液辐照仪不同位置和开、关机状态进行现场 γ 辐射剂量率检测。预计血液辐照仪每天运行 2 h, 全年运行 365 个工作日, 共 730 h。假设从事血液辐照加工的操作人员在距离血液辐照仪北侧 0.05 m 处停留, 居留因子为 1/4^[8], 则职业人员年受照最大剂量为 0.569 mSv, 低于辐射工作人员年受照剂量约束值 6 mSv^[6]。结果显示, 开机状态, 辐照仪北侧 0.05 m 处平均剂量率最大, 为 0.78 $\mu\text{Sv}/\text{h}$, 0.05 m 四周平均剂量率为 0.73 $\mu\text{Sv}/\text{h}$, 1 m 处平均剂量率为 0.38 $\mu\text{Sv}/\text{h}$; 关机状态, 0.05 m 四周平均剂量率为 0.21 $\mu\text{Sv}/\text{h}$, 1 m 处平均剂量率为 0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。辐照仪工作室墙外 0.05 m 处及气窗口位置开机时平均剂量率为 0.18 $\mu\text{Sv}/\text{h}$, 与当地室外天然本底辐射水平一致。因此, 血液辐照仪对周围环境贡献的年有效剂量率可忽略不计, 见表 1。

表 1 2004—2011 年辐照仪周围各点开、关机 γ 射线监测结果 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)

测量位置	测量次数	开机	关机
距装置前侧 0.05 m	104	0.74 ± 0.060	0.16 ± 0.012
距装置前侧 1 m	104	0.42 ± 0.010	0.13 ± 0.017
距装置北侧 0.05 m	104	0.78 ± 0.080	0.12 ± 0.050
距装置北侧 1 m	104	0.46 ± 0.012	0.15 ± 0.024
距装置南侧 0.05 m	104	0.66 ± 0.082	0.13 ± 0.023
距装置南侧 1 m	104	0.25 ± 0.020	0.12 ± 0.039
距装置上侧 0.05 m	104	0.72 ± 0.066	0.42 ± 0.081
装置工作室门口	104	0.20 ± 0.020	0.12 ± 0.029
装置工作室北气窗口	104	0.18 ± 0.010	0.12 ± 0.015
装置工作室西墙外 0.05 m	104	0.18 ± 0.015	0.13 ± 0.015

2.2 操作人员个人剂量检测

2004—2011 年对从事血液辐照仪操作人员进行个人有效剂量监测, 共计监测 46 人次, 人均年有效剂量平均值最高为 0.186 mSv/a, 最低为 0.171 mSv/a, 平均为 0.181 mSv/a, 见表 2。

表 2 2004—2011 年辐照仪操作人员人均年有效剂量监测结果

年份(年)	监测人次数	人均年有效剂量 (mSv/a)
2011	4	0.183 ± 0.012
2010	4	0.181 ± 0.060
2009	4	0.171 ± 0.024
2008	5	0.177 ± 0.019
2007	6	0.182 ± 0.015
2006	8	0.186 ± 0.016
2005	8	0.183 ± 0.016
2004	7	0.184 ± 0.015

3 讨论

由监测结果可知, 开机状态下, 辐照仪北侧 0.05 m 处平均剂量率最大, 为 0.78 $\mu\text{Sv}/\text{h}$, 此处离内置放射源距离最近, 而其四周 0.05 m 处平均剂量率为 0.73 $\mu\text{Sv}/\text{h}$, 1 m 处平均剂量率为 0.38 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。关机状态下, 辐照仪四周 0.05 m 处平均剂量率为 0.21 $\mu\text{Sv}/\text{h}$, 1 m 处平均剂量率为 0.13 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。浙江省血液中心所使用的血液辐照仪, 是内置密封的 ^{137}Cs 放射源, 为 II 类源。在正常运转条件下, 距离设备的任何可达表面 0.1 m 处所引起的周围剂量当量率或定向剂量当量率都低于豁免的源与豁免水平 (<1 $\mu\text{Sv}/\text{h}$)^[6]。

连续 8 年个人剂量检测, 人均年有效剂量平均值最高为 0.186 mSv/a, 最低为 0.171 mSv/a, 平均为 0.181 mSv/a。均低于国家规定的 20 mSv/a 标准^[6], 且连续 8 年个人剂量检测均值比较稳定, 因此对操作人员和公众影响都很小。

本次调查环境监测结果显示, 周围剂量当量率和操作人员人均年有效剂量检测结果均大大低于国家标准。本中心重视对操作人员的健康管理, 建立健全操作人员健康档案和个人剂量档案。每年对在岗人员进行体检, 并对上岗前和退岗或换岗后人员进行职业健康监护。个人平时工作中也应提高防护意识, 正确使用辅助防护用品, 如操作时穿防护服、戴防护手套、围防护脖、戴防护眼睛, 还须佩戴个人剂量计及个人计量报警仪, 防止遭受最大剂量照射。由于 γ 射线辐射能使室内空气分子产生激发、电离产生臭氧与氮氧化物等有害气体。所以每天上班前需先打开排风扇, 保证通风良好。

每位操作者在上岗前必须参加环境保护和疾病预防控制部门有关辐射专业知识培训, 经考试合格获得合格证方可上岗。平时在工作中严格按照操作规程操作, 防止辐照样品卡住辐照仪。当遇断电或故障时电源自动关闭复原位, 并按安全操作说明操作。不能任意擅自打开或拆装血液辐照仪。

建立对辐照仪的质量管理体系文件, 每年请生产厂商对血液辐照仪进行维护、保养和校正。一年多次接受环境保护部门对环境监督检测, 并请疾病预防控制部门对员工操作现场进行检测。每月由本中心质量控制部门对仪器进行漏射线的检测。同时建立健全辐照仪的应急预案, 并每年进行应急演练等。

要加强对血液辐照仪的风险防范, 按照 GB18871—2002^[6] 的规定, 对工作场所实行分区管理, 分为控制区和监督区, 不同区域有不同管理要求。控制区域需严格控制无关人员入内, 监督区域内则应尽量减少非工作人员停留。辐照室门外必须设置电离辐射标志及中文警示说明, 并在辐照室门外 1 m 处设置安全警戒线, 防止人员随意进入。防护门外设置防盗门, 必须实行双门、双锁、双人开启, 防止放射源人为破坏后泄漏。对辐照仪必须做好防火措施, 周围不能有易燃易爆物品。辐照室内必须配置灭火器。辐照仪尽量放置在地势高的地方, 防止进水。血液辐照仪将成为各级血液中心(血站)的必备设备, 但辐照室必须做到“防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏”等严格管理措施。根据本次研究连续 8 年对辐照仪环境监测和操作人员个人年有效剂量检测都低于国家标准的监测结果, 说明日常工作中辐照仪使用是安全的。

· 作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

(下转第 294 页)

要的。而由各时段的各指标检测结果可见,甲醛浓度早晨合格率极低,检测值为 $0.11\text{ mg}/\text{m}^3$,明显高于正常工作时间,可见,该科室所用的醛类药物在停止使用时仍会散发出甲醛,有鉴于此,应当采取适当的密封措施或者更换药物。

本次调查中, CO_2 浓度很少超过国家室内安全标准($916\text{ }\mu\text{mol/mol}$),但下午的检测平均值达到了 $864\text{ }\mu\text{mol/mol}$,呼吸时间一长仍会使医护人员精神倦怠,工作状态下降,甚至在不知不觉中身体素质下降或染上疾患^[2]。而噪声强度在工作时间相对候诊室安全标准超标率接近80%,虽然测量值相对工作场所职业危害限值^[16](85 dB)较低,不会对听觉系统直接产生危害,但医护人员处于这样嘈杂的环境中,会产生烦躁感,严重影响工作的开展,若长此以往,同样可能引起人体的内分泌、心血管和听觉系统的生理变化,导致机体功能紊乱,出现头晕、头痛、疲乏无力、记忆力减退等症状^[3]。

本研究中,没有使用职业危害检测标准方法和工作场所有害因素限值,不能判断该科室工作人员是否存在职业病危害,而是按照一般室内空气安全标准和检测方法对牙体牙髓科门诊进行测评,判断这些危害因素对人体是否会产生影响。主要考虑到现有的《工作场所有害因素职业接触限值》主要面向生产加工场所,是评价工作人员是否会直接产生职业病危害的标准,而为了确保医护工作人员的身心健康,提供就医患者一个安全舒适的环境,所以本次调查采用室内人体接触的安全限值。

为了促进该医院工作人员的身心健康,应做好以下工作:(1)尽快出台医院不同科室内危害因素质量标准和相应检测方法,进一步对临床医护人员这类特殊工作者进行职业危害研究;(2)取用药剂时,会有局部浓度过高现象,此时应注意个人防护,如手套、口罩及防护镜等;强挥发性药剂使用后立即加盖,并定期测量比重^[17];(3)加装换气扇并在夜晚开启至少一道换气扇;(4)加强空气污染危害和防治措施的健康教育^[18]。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

- [1]李萍.口腔科医务人员的职业危害与防护对策[J].中外医学研究,2011,9(6): 112-113.
- [2]董艳萍.口腔门诊护士职业危害因素及应对措施[J].中国实用医药,2008,3(14): 169-170.
- [3]王颖,佟俊旺,李君,等.唐山市家用汽车车厢内空气苯系物及甲醛污染状况调查[J].环境与职业医学,2011,28(1): 39-42.
- [4]SAWA H, HAYASHI M. Status of the indoor air chemical pollution in Japanese houses based on the nationwide field survey from 2000 to 2005[J]. Build Environ, 2009, 44(7): 1330-1336.
- [5]李芳兰,周静.口腔门诊医院感染因素探讨及预防措施[J].中国消毒学杂志,2007,24(6): 588-589.
- [6]李云,李丽婕,宋红梅.医疗机构使用中消毒剂污染情况监测[J].中国消毒学杂志,2010,27(6): 755.
- [7]中华人民共和国卫生部.GBZ/T 189.8—2007 工作场所物理因素测定第8部分[S].北京:人民卫生出版社,2007.
- [8]中华人民共和国卫生部.GB/T 18883—2002 室内空气质量标准[S].北京:中国标准出版社,2003.
- [9]中华人民共和国卫生部.GB 9671—1996 医院候诊室卫生标准[S].北京:中国标准出版社,1996.
- [10]MILLMAN A, TANG D, PERERA FP. Air pollution threatens the health of children in China[J]. Pediatrics, 2008, 122(3): 620-628.
- [11]LINDGREN T. A case of indoor air pollution of ammonia emitted from concrete in a newly built office in Beijing[J]. Build Environ, 2010, 45(3): 596-600.
- [12]张成云,刘念.甲醛污染对人体健康的影响[J].四川医学,1999,20(5): 509-510.
- [13]王占成,马晓莉.荆门市2006—2009年新装修住宅室内空气质量监测结果分析[J].职业与健康,2011,27(17): 2000-2001.
- [14]李斯.医院科室空气中汞和甲醛的检测与分析[J].职业与健康,2011,27(22): 2566-2567.
- [15]承泽农,李银艳,梁波,等.临床病理科甲醛浓度及人员健康调查[J].预防医学,2004,29(3): 266-267.
- [16]中华人民共和国卫生部.GBZ2.2—2007 工作场所有害职业接触限值 物理因素[S].北京:人民卫生出版社,2007.
- [17]吴萍,刘金洲.室内空气甲醛污染危害及其控制措施[J].公共卫生与预防医学,2006,17(4): 59-60.
- [18]刘彬,罗小洁,范小洪.规范口腔科医院感染管理的做法与体会[J].中华医院感染学杂志,2005,15(5): 558-559.

(收稿日期: 2012-08-27)

(英文编审: 金克峙; 编辑: 郭薇薇; 校对: 郑轻舟)

(上接第 291 页)

参考文献:

- [1]HIRAYAMA J, ABE H, AZUMA H, et al. Leakage of potassium from red blood cells following gamma ray irradiation in the presence of dipyridamole, trolox, human plasma or mannitol[J]. Biol Pharm Bull, 2005, 28(7): 1318-1320.
- [2]DWYRE DM, HOLLAND PV. Transfusion-associated graft-versus-host disease[J]. Vox Sang, 2008, 95(2): 85-93.
- [3]SCHROEDER M L. Transfusion-associated graft-versus-host disease[J]. Br J Haematol, 2002, 117(2): 275-287.
- [4]李文红,陆杨乔.血液辐照仪应用的研究进展[J].国外医学放射医学核医学分册,2004,28(3): 142-144.

[5]熊成育.一台血液辐照仪辐射防护检测分析与评价[J].中国辐射卫生,2011,20(1): 127-128.

[6]中华人民共和国卫生部.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,2003.

[7]中华人民共和国卫生部.GBZ 141—2002 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范[S].北京:法律出版社,2003.

[8]于建华,宋钢,陈英民,等.血液辐照器的辐射防护状况分析[J].中国辐射卫生,2010,19(4): 479-480.

(收稿日期: 2012-09-05)

(英文编审: 金克峙; 编辑: 郭薇薇; 校对: 郭薇薇)