

近距离治疗机¹⁹²Ir源有效活度质量控制检测与比对王 进¹, 杜 翔¹, 张乙眉¹, 罗素明², 何志坚², 余宁乐¹

中图分类号: R144 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2008)03-0324-02

【摘要】目的 使用阱式电离室对江苏省部分近距离治疗机¹⁹²Ir源有效活度开展检测, 并使用 2 台阱式电离室开展比对工作。方法 制定计划, 将施源器与阱式电离室相连, 步进寻找源的最佳驻留位置, 根据《后装 γ 源治疗的患者防护与质量控制检测规范》WS262-2006 计算源有效活度偏差。结果 10 台近距离治疗机¹⁹²Ir源有效活度偏差均在 $\pm 3\%$ 以内, 根据比对 PTW 33004 型阱式电离室的仪器响应为 0.996。结论 近距离治疗机有效活度校准工作的重要性及紧迫性, 应引起卫生行政部门的重视; 阱型电离室之间的比对检测可提高检测结果溯源, 需要加强检测的质量控制。

【关键词】 近距离治疗机; 活度; 质量控制

后装近距离治疗是我省放射治疗的重要组成部分并得到了广泛的应用, 其主要由计算机控制的遥控步进¹⁹²Ir密封型微型源, 根据参考点预设定剂量, 经治疗计划系统计算驻留点驻留时间, 得到优化处理的剂量分布, 从而给肿瘤区域足够的精确的治疗剂量, 以提高肿瘤的控制率, 减少正常组织的放射并发症。我省所有近距离治疗机均根据¹⁹²Ir源的有效活度制定治疗计划。由于¹⁹²Ir源存在半衰期短(74.2 d)和能谱复杂等原因, 至今国际上还没有一个基准剂量学实验室(PSDL)能够提供对标称值为 370 GBq(10 Ci)¹⁹²Ir源的直接校准方法。2004~2005 我们使用指型电离室测量了 11 台近距离治疗机¹⁹²Ir源的有效活度^[1], 2006 年 12 月我们使用阱式电离室对省内 10 台近距离治疗机¹⁹²Ir源开展了有效活度检测, 同时对两台阱式电离室开展了比对工作。

1 材料与方法

1.1 测量装置 检测设备包括 Wisconsin 大学设计的 1000 Plus 型阱式电离室配套使用 CDX-2000A 型电荷数字化仪、PTW 公司 33004 型阱式电离室配合使用 PTW UNIDOS E 剂量仪。

1.2 测量方法 1000 Plus 型阱式电离室高 15.6 mm 井口直径 3.6 mm 井深 12.1 mm 收集体积 245 mm³, 工作电压 ± 300 V 总漏电流小于 10^{-13} A, 电离电流测量灵敏度可达 2.0×10^{-10} Bq 电离电流可测高达 10^{-8} A 测量范围达 3.7×10^{11} Bq 源适配器为 2.2 mm 直径的细长铝管, 与电离室共轴。源到收集极

之间的材料等效壁厚大于 $0.318 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$, 满足电子平衡要求。数字化静电计具有改变极性(+P-)和电压(150 V 和 300 V)的功能, 既可测量电离电流也可测量电离电荷。测量时施源器直接接在阱式电离室上, 通过测量电离电流计算源有效活度^[2]。计算公式如下。

$$A = M_u \cdot N_k \cdot N_e \cdot A_{pn} \cdot C_p \cdot F^{-1} \quad (\text{Bq}) \quad (1)$$

其中: A 为放射源的有效活度; M_u 为阱式电离室电流读数(nA)或 60 s 积分电荷(nC/60 s); N_k 为¹⁹²Ir 源的空气比释动能刻度因子, 4.678×10^5 ; N_e 为静电计刻度系数, 1.001; A_{pn} 为电离电荷符合率($A_{pn} = 4/3 - Q_1/3Q_2$, Q_1 为+100%极板电压下的平均读数; Q_2 为+50%极板电压的平均读数); C_p 为空气温度气压校正因子($C_p = ((273.15 + T)/273.15) \times 10^{13}/P$, P 为¹⁹²Ir 源空气比释动能强度与源外观活度转换系数($1.09 \times 10^{-13} \text{ Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Bq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$))。

PTW 33004 型阱式电离室高压最大为 500 V 电离电流灵敏度为 1.2×10^{-19} A, 漏电流小于 5×10^{-13} A, 电离室截面结构总高度为 150 mm 井口直径 32 mm 收集体积为 200 mm³, 参考点在距电离室顶端约 84.5 mm 处。与 PTW UNIDOS E 型配套可测量高剂量率(HDR)、脉冲剂量率(Pulse dose rate HDR)和低剂量率(Low dose rate HDR)源。测量时施源器直接接在阱式电离室上, 通过测量电离电流计算源有效活度^[3]。计算公式如下。

$$A = M_u \cdot C_p \cdot E \quad (\text{Bq}) \quad (2)$$

其中: E 阱式电离室及剂量仪刻度系数(Bq/A), 出厂校准因子为 $8.449 \text{ GBq} \cdot \text{nA}^{-1}$ (针对 Nucletron microSelectron¹⁹²Ir 源)。实际测量时在电离电荷最大点附近重复测量两次取平均值。 A , M_u , C_p 定义与公式(1)相同。

检测时将近距离治疗机施源器与阱式电离室相连, 制定计划,¹⁹²Ir 源通过后装机传输到阱型电离室并开始以步进 2.5 mm

作者单位: 1 江苏省疾病预防控制中心 江苏 南京 210009

2 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所

作者简介: 王进(1970~), 男, 江苏省南京人, 高级工程师, 从事放射防护检测与评价工作。

组织最大剂量比(TMR)和百分深度剂量(PDD)一样, 是临床放疗中最常用的剂量学参数。通常放疗工作单位在机器安装调试结束后, 会进行 PDD 和 TMR 的测量。现在放疗三维水箱的普及率还比较低, 除少数省级医院外, 多数单位还没有配置放疗三维水箱, 因此不能直接进行 TMR 测量。由于 PDD 的测量比较简单, 多数单位用剂量仪就可实现 PDD 的测量。因此先测量 PDD 然后用经验公式转换成 TMR 就成为一种轻松获得 TMR 的方法, 适合于一般基层放疗单位^[3]。

Blue Phantom 放疗三维水箱除了可直接测量 TMR 外, 还具有 PDD 转 TMR 的软件功能。从比较结果看, 实测的 TMR 值与由 PDD 转换的 TMR 值非常接近, 误差很小。由于直接测量 TMR 耗时较长, 而 PDD 测量耗时较短, 为提高工作效率, 可以

采用先测量 PDD 然后转换成 TMR 的方法。为减少测量误差, 可抽取部分光野和深度进行 TMR 的实际测量验证。

参考文献:

- [1] 胡逸民, 杨定宇. 肿瘤放射治疗技术[M]. 北京: 北京医科大学, 中国协和医科大学联合出版社, 1999: 54.
- [2] BURNS JE. 1996 Conversion of PDD for Photon beams from one SSD to another and calculation of TAR, TMR and TPR [J]. British Journal of Radiology Supplement 25: 153-157.
- [3] 杨留勤, 武莉萍, 任凯. 工作级剂量仪测定高能 X 射线组织最大剂量比(TMR)的方法探讨[J]. 医疗装备, 2000, 13(4): 13-18.

(收稿日期: 2008-03-28)

已建成楼房室内氡浓度影响因素研究

张丽娇, 谢 波

中图分类号: R145 文献标识码: B 文章编号: 1004—714X(2008)03—0325—02

【摘要】 目的 调查分析已建成楼房室内氡浓度, 探讨室内氡浓度的影响因素。方法 采用美国产的 RADT便携式测氡仪进行连续测量。结果 分别测量了 1 d、4 h、1 a 12个月以及不同楼层的室内氡浓度的变化, 并测量了不同温度、不同通风状况下室内氡浓度。结论 加强通风可有效降低室内氡浓度, 从而减少氡及其子体对人体产生的危害。
【关键词】 氡; 温差; 压差; 降氡措施

世界卫生组织 (WHO) 一直积极地关注环境因素对人类健康的影响。环境氡是人们生活中天然辐射的主要来源, 其年有效剂量当量约占天然本底照射的 50%。据估算, 全球范围

基金项目: 成都理工大学工程技术学院发展基金项目 (C122007014)
作者单位: 成都理工大学工程技术学院, 四川 乐山 614000
作者简介: 张丽娇 (1981—), 女, 福建龙海人, 助教, 硕士研究生, 研究方向: 核技术及其应用。

内住宅及工作场所每年约有数万人由于氡导致死于肺癌, 因此, 氡对人类健康的危害, 已引起了全世界各国的高度重视。科学研究表明, 氡是除吸烟以外引起肺癌的第二大因素, 世界卫生组织把它列为 19种主要的环境致癌物质之一, 国际癌症研究机构也认为氡是室内重要致癌物质^[1]。射性氡及其子体普遍存在于室内外大气中。在室外空气中氡的辐射剂量是很低的, 可是一旦进入室内, 就会在室内大量地积聚。室内是人

寻找源的最佳驻留位置。确认后测量 60 s 的电离电荷积分, 通过公式 (1) 或公式 (2) 计算¹⁹²Ir 源有效活度。根据《后装 γ 源治疗的患者防护与质量控制检测规范》WS 262—2006 附录 A 提供的计算公式计算源的有效活度相对偏差^[4], 见公式 (3)。

$$D_{\text{rel}} = (A_t - A_n) / A_n \times 100\% \quad (3)$$

式中: D_{rel} 有效活度相对偏差; A_t 检测后计算所得的源外观活度; A_n 厂家提供的源外观活度。

2 结果

2.1 10 台近距离治疗机治疗机¹⁹²Ir 源有效活度检测结果
2006 年 12 月 11 日至 12 月 16 日, 使用 1000 P11s 型阱式电离室对 10 台近距离治疗机治疗机¹⁹²Ir 源有效活度开展检测。结果见表 1。

表 1 ¹⁹²Ir 源有效活度检测结果

序号	近距离治疗机型号	标称	实测	百分偏差 (%)
		(3.7×10 ¹⁰ Bq)	(3.7×10 ¹⁰ Bq)	
1	MicroSe Electron—HDR	7.439	7.590	-2.0
2	HM—HDR	2.320	2.340	-0.9
3	HY—HDR-8	4.721	4.726	-0.1
4	HY—HDR-8	3.754	3.718	1.0
5	HM—HDR	4.940	4.989	-1.0
6	HMR—1	3.025	2.970	1.8
7	HM—HDR	0.091	0.089	2.1
8	WD—HDR—18	1.206	1.175	2.6
9	Nucletron	9.170	9.270	-1.1
10	HY—HDR—18	1.260	1.240	1.6

由表 1 可见, 10 台近距离治疗机的¹⁹²Ir 源有效活度偏差均在 ±3% 范围以内, 符合《后装 γ 源治疗的患者防护与质量控制检测规范》WS 262—2006 中所规定的“源标称活度值与检测值的相对偏差不超过的 ±5%”的要求。检测结果同时满足 IAEA 报告书^[5] 建议的偏差不超过 ±3% 的要求。

2.2 2 台近距离治疗机治疗机¹⁹²Ir 源有效活度比对检测结果
使用 1000 P11s 型阱式电离室和 PIW 33004 型阱式电离室分别对 Nucletron 和 HY—HDR—18 近距离治疗机进行了¹⁹²Ir 源有效活度比对检测。¹⁹²Ir 源活度标称分别为 3.4×10¹¹Bq 和 4.7×10¹⁰Bq。结果见表 2。

由表 2 可见, 1000 P11s 型阱式电离室和 PIW 33004 型阱式电离室对 2 个¹⁹²Ir 源有效活度的检测结果偏差均在 ±2% 以内。由于 1000 P11s 型阱式电离室定期在美国 Wisconsin 大学校准, 故以 1000 P11s 型阱式电离室检测结果为基准, PIW 33004

型阱式电离室的仪器响应为 0.996。

表 2 阱式电离室比对测量结果

序号	阱式电离室型号	标称	实测	百分偏差 (%)
		(3.7×10 ¹⁰ Bq)	(3.7×10 ¹⁰ Bq)	
1	1000 P11s	9.17	9.270	-1.1
	PIW 33004		9.236	0.7
2	1000 P11s	1.26	1.240	1.6
	PIW 33004		1.237	-1.8

3 讨论

(1)¹⁹²Ir 源外观活度偏差将直接影响放射治疗总剂量的不确定度。说明近距离治疗机外观活度校准在放射治疗质量保证工作中的重要性和紧迫性, 应引起卫生行政部门的重视。¹⁹²Ir 源的生产厂家提供的源活度证书应该注明源的测量日期、测量结果不确定度等信息。

(2) 阱型电离室测量方法与电离室测量¹⁹²Ir 源有效活度相比具有操作简单、准确度高的特点^[6,7], 被 IAEA 和 KRU 等国际组织推荐为用于二级标准剂量实验室和医院对¹⁹²Ir 源校准和质是控制检测方法^[2]。但是目前我国国内尚无提供阱式电离室检定的标准实验室。而通过阱型电离室之间的比对检测可以较好地提高检测结果溯源。

(3) 需要加强¹⁹²Ir 源外观活度检测过程中的质量控制, 阱型电离室需要放置在离墙 1.5 m、离地 1 m 的位置开展检测, 同时需要对阱型电离室电离电荷符合率、温度气压等参数进行修正。

参考文献:

[1] 王进. 11 台近距离治疗机¹⁹²Ir 源外观活度质量控制检测[J]. 中国辐射卫生, 2007, 16(2): 188.
[2] 罗素明. 近距离高剂量率¹⁹²Ir 源活度的质量控制[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2003, 23: 450—451.
[3] PIW 公司. Instruction Manual—HDR chamber Type 33004 [Z].
[4] WS 262—2006 后装 γ 源治疗的患者防护与质量控制检测规范[S].
[5] IAEA Calibration of Brachytherapy Sources [Z], IAEA—TEC—DOC—1079, 1999.
[6] 王进. 某医院后装近距离治疗机¹⁹²Ir 放射源有效活度的校准[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2005, 25: 268—269.
[7] 王进. 近距离治疗机¹⁹²Ir 放射源的校准方法[J]. 中国辐射卫生, 2004, 13(4): 295—296.

(收稿日期: 2008—01—21)