

某医院 γ -刀治疗装置的防护屏蔽与评价

张 丽¹, 刘学成²

中图分类号: R143 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2006)04-0434-02

【摘要】 目的 对一台 γ -刀治疗装置的机房进行屏蔽和放射防护效果评价。方法 对同类 γ -刀治疗装置的机房内的照射剂量和机器漏射线进行测试, 为屏蔽设计找出依据。对建成后的机房进行测试以评价其防护效果。结果 以屏蔽散射线为主的防护设计达到了较好的防护效果。结论 某医院 γ -刀治疗装置的辐射屏蔽符合国家相关标准的要求。
【关键词】 γ -刀; 防护设计; 监测; 评价

某医院购置深圳奥沃公司的 OUR-XGD 旋转式伽玛刀进行头部肿瘤疾患放射治疗。该装置使用钴-60 放射源, 装源总放射活度为 220 TBq (~6 000Ci)。放射治疗房间位于该院门诊楼底层, 包括机房、控制室、规划剂量室、消毒定位室、会诊室和候诊室, 总面积约 210m², 其中 γ -刀治疗装置机房面积约 50m²。机房四周及顶部二楼为医院其他科室, 经常有人员活动。在放疗机房基建前我们对机房四壁屏蔽厚度进行了设计, 建成后对机房屏蔽效果进行了测试和评价, 现将结果报道于下。

1 测试内容与方法

1.1 γ -刀治疗装置机房内辐射水平的测试 为了进行 γ -刀治疗装置机房的屏蔽设计我们事先对省内同类 γ -刀机房内的辐射情况进行了测试。测试用 LiF(Mg, Cu, P.) 剂量计, 在机房内距地面 1.0m 高度上按 1.0m 间距网格平均布点, 事先用塑料带拉好网格, 在每一网格点上用透明胶带粘放 3 只剂量计, 照射 1h 后, 收集剂量元件, 在 FJ-377 热释光剂量仪上测试, 3 只剂量计的均值作为每个测试点的剂量结果。与此同时, 在对应 γ -刀治疗机装置及其出线口前方的顶棚上也按每米间距布放剂量计(共 8 点), 测试放疗时顶棚的剂量分布。
1.2 γ -刀治疗装置漏射线的测试 用法国产 BABYLINE E-276 巡测仪分别在距机器表面 5cm 和 1.0m 处测试机器的漏射线, 测试时机器处于储存状态。
1.3 机房四周邻近场所辐射水平的测试 用 BH3103 便携式 X- γ 剂量率仪在已建成的 γ -刀治疗装置机房四周(包括二楼)的邻近场所和防护门进行测试。
上述测试所用仪器事先均经省级以上计量部门校准。

2 测试结果

2.1 机房内散射线剂量分布与机器漏射线剂量水平模拟测试结果 相似 γ -刀治疗机房内散射线的剂量模拟测试结果如图 1 所示, 从图 1 中可以看出, 高剂量点主要集中在 γ -刀治疗机出线口前方区域, 最高点剂量可达 15.75 mGy·h⁻¹, 四周墙壁总剂量水平较低, 最高点在机器出线口前方墙壁上, 为 3.35 mGy·h⁻¹。机房顶棚各点剂量在 0.06~1.38 mGy·h⁻¹ 之间, 最高点位于机器出线口前方对应的顶棚上。 γ -刀治疗机的漏射线测试结果见表 1。从表 1 中可看出, γ -刀治疗机漏射线较低, 一般均在 50 μ Gy·h⁻¹ 以下。与机房内的散射线相比, 漏射线剂量仅为散射线的百分之几, 这提示我们, 对 γ -刀治疗机房的屏蔽应考虑散射线的防护。
2.2 γ -刀治疗机房四周邻近场所剂量测试结果 机房墙壁用 60cm 厚、顶棚用 50cm 厚钢筋混凝土建造, 机房门采用奥沃

公司提供的专用钢制防护门, 机房建成后, 我们对其周围邻近场所的剂量水平进行了测试, 测试结果见表 2。

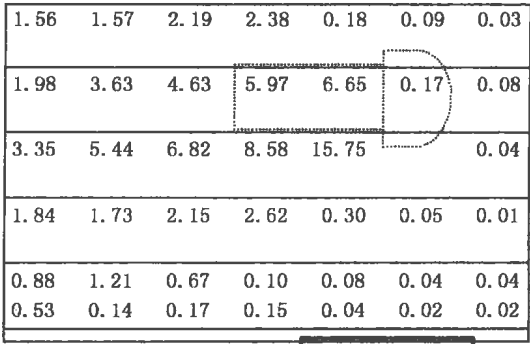


图 1 类似 γ -刀治疗机机房内散射线剂量分布(mGy·h⁻¹)

表 1 γ -刀治疗机的漏射线测试结果

| 测试位置 | 剂量(μ Gy·h ⁻¹) |
|---------------|--------------------------------|
| 距机头表面 5 cm 处 | 37.6 |
| 距机头表面 1.0 m 处 | 12.0 |

表 2 机房邻近场所测试结果(μ Gy·h⁻¹)

| 测定时条件 | 源所处状态 | | |
|-------|-------------|-------------|-------------|
| | 装源前 | 储存状态 | 照射状态 |
| 一楼 | 0.058~0.093 | 0.058~0.108 | 0.058~0.105 |
| 二楼 | 0.047~0.081 | 0.054~0.074 | 0.054~0.081 |
| 防护门外 | | 0.088~0.124 | 0.159~0.449 |

从测试结果中可看出, 机房四周邻近场所(包括二楼)剂量水平很低, 既使源处于照射状态邻近场所的剂量水平也与装源前的剂量水平相似, 实际上机房四周的剂量水平基本为本地区的天然本底水平。防护门外剂量水平较高, 约高出本底水平 2~4 倍, 但仍在我国标准规定的公众限值导出值(0.5 μ Gy·h⁻¹) 以下。

3 关于 γ -刀治疗机房屏蔽厚度的确定

从测试结果可以看出, γ -刀机房内辐射主要是由⁶⁰钴的射线照射到人体组织或其他物体上产生的散射线构成的。有人认为^[1], ⁶⁰Co 90°角一次散射线能量约为 365 keV, 相关材料^[2]也证实了这一结果, 为此, 在 γ -刀治疗装置机房屏蔽设计时应采用从患者体模上以不同角度散射的⁶⁰Co 宽束 γ 线穿过密度为 2.35 g/cm³ 的混凝土的透射曲线^{[3][4]}。我国《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》^[5] 中规定, 放射工作人员年剂量限值为 20mSv, 公众成员年剂量限值为 1 mSv。按每年工作 50 周,

作者单位: 1 锦州市疾病预防控制中心, 辽宁 锦州 121000
2 锦州市卫生监督所
作者简介: 张丽(1962~), 女, 辽宁锦州人, 主管医师, 从事放射卫生工作。

每周工作 40 h 计算,其导出值相应为 $10^4\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 和 $0.5^4\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 。 γ —刀治疗装置机房四周主要为公众成员活动区,其剂量控制值应低于 $0.5^4\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 。前面测试结果表明,放射治疗时机房墙壁最高剂量值为 $3.35\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$,顶棚为 $1.38\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$,我们以墙壁上的最高剂量点按 $5\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 计算,欲使机房邻近场所剂量控制在 $0.5^4\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$,其透射量应在 10^{-4} 以下,据此,按文献 [3,4] 的透射曲线计算,从患者体模上以 90° 角散射的 ^{60}Co 宽束 γ 线对应于 10^{-4} 的透射量的密度为 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ 的混凝土屏蔽厚度应为 54 cm,在实际施工中, γ —刀机房四周墙壁采用 60 cm、顶棚采用 50 cm 厚混凝土建造,建成后的测试(表 2)表明,机房四周及顶部二楼邻近场所的剂量水平在放射治疗时均处于天然本底水平,看来,这种屏蔽取得了很好的防护效果,虽然,防护上的冗余较大些,但我们认为还是合适的。

4 受照剂量估算

放射工作人员所受的照射有两方面,一是在放疗机房内进行病人摆位等操作所受的照射,另一为在控制室等工作场所接受的照射。如以 γ —刀治疗装置每天最多治疗 5 人,每周治疗 40 人计,放射治疗人员在每名患者床侧工作约 10 min,每周工作 5 d 每年工作 50 周,则工作人员每年接触时间 208 h,治疗

床侧剂量一般在 $10^4\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 以下,工作人员在治疗室内所受的剂量为 $2.08\text{mSv}\cdot\text{a}^{-1}$;工作人员在控制室及其他房间的剂量水平按 $0.1^4\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 计,则全年(50 周,每周 40 h)总剂量为 0.2mSv 。放射治疗工作人员年剂量在 $2.28\text{mSv}\cdot\text{a}^{-1}$ 以下。机房邻近场所公众的剂量水平也按 $0.1^4\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 计算,全年(50 周,每周 40 h)的总照射剂量为 $0.2\text{mSv}\cdot\text{a}^{-1}$ 。从上述估算可以看出, γ —刀治疗装置工作人员和其邻近场所公众所受照射剂量均低于我国规定的年剂量限值^[5]。

参考文献:

[1] 比贝加 AB 著,张友尚译. X 射线与 γ 射线的防护[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1958. 41, 129.
[2] 陈卫辉, 范才, 黄通瑞, 等. 一台立体定向伽玛射线体部治疗系统基建设计的防护评价[J]. 中国辐射卫生, 2005, 14 (4): 288.
[3] 陈常茂译. ICRP15, 2 号出版物, 外部源致电离辐射的防护 [N]. 北京: 原子能出版社, 1981, 附录 12 171.
[4] GBZ/T152—2002 γ 远距治疗室设计防护标准[S].
[5] GB18871—2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S].
(收稿日期: 2006—02—21)

(上接第 433 页)

表 3 不同直径体模测量儿童 CT 扫描体表剂量 (mGy)

| mAs | 头部模体 | | 体部模体 | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| | 110kV | 130kV | 110kV | 130kV |
| 60 | 5.06 | 7.66 | 3.19 | 4.22 |
| 100 | 8.60 | 12.90 | 4.54 | 7.53 |
| 150 | 14.33 | 19.48 | 7.64 | 11.94 |
| 200 | 17.33 | 24.24 | 10.37 | 14.04 |
| 250 | 21.37 | 33.18 | 12.51 | 19.20 |

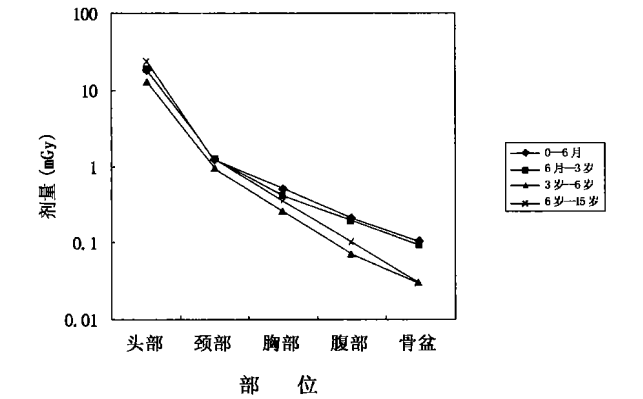


图 1 儿童 CT 头部扫描不同年龄组体表剂量分布

3 分析与讨论

3.1 儿童 CT 扫描体表剂量(ESD) 从表 1 来看,儿童 CT 扫描野中心体表剂量较高,如最常见的头部扫描,其中心体表剂量平均可达 19.34mGy ,远远高于有关文献报道^[3]的儿童普通胸部摄影、胸透检查照射野中心位置的体表剂量(分别为 2.224mGy 和 1.542mGy)。尤其是副鼻窦扫描时平均可达 43.36mGy ,此时眼组织暴露在 X 射线射野内,必须严格其适应征。另外,腹部扫描时骨盆部位体表剂量为 $0.51\sim 2.81\text{mGy}$,此位置包含生殖器官,应加以适当的屏蔽。尽管由于 CT 良好的准直性使得扫描野外的剂量迅速降低,但仍存在一定的剂量水平,而且考虑到儿童身体尺寸较小,各扫描部位之间更容易互相重叠、互相影响(图 1 可见,头部扫描时,随年龄的减小,同一

部位剂量增加,这主要是由于身体尺寸随之减小的缘故),因此应该采取一定的防护措施,如屏蔽、限制照射野等。
3.2 儿童 CT 扫描体表剂量(ESD)与年龄的关系 从表 2 可以看出,对于头部扫描,照射野中心位置的 ESD 以 6 岁~15 岁的儿童为最大(24.03mGy),这主要是由于此时照射条件最大,而其他三组在扫描野外的剂量则逐渐接近并超过此年龄组的剂量,此变化趋势图 1 中更加直观。主要原因在于进行儿童 CT 扫描时,年龄较小的幼儿由于身高较低而使其非受检部位(如性腺)更接近于照射野或更容易互相重叠,从而受到不必要的照射。因此,严格控制照射野,同时对非受检部位进行适当屏蔽是非常必要的。
3.3 模体验证不同年龄儿童 CT 扫描体表剂量(mGy)的差异 对表 3 中的数据进行配对 t 检验, P 值远小于 0.05,结合均数值,可以认为大模体的体表剂量低于小模体,这主要是因为 CT 属于轴向扫描,直径小的模体对射线的屏蔽作用减弱,提示在临床儿童 CT 扫描时,使用与成人相同的照射条件,必然造成儿童体表剂量的无谓增加,应该在满足临床诊断的前提下,尽量降低条件,达到儿童 CT 应用的最优化。

4 小结

国内于上世纪末开展了大规模的 CT 剂量调查,但绝大多数仅限于 CTDI 记录水平和应用状况调查,广泛应用适合于成人的扫描条件检查儿童,必然造成更多不必要的辐射剂量。目前已有优化儿童 CT 扫描参数设置的相关文献报道^[4],但专门针对儿童 CT 检查进行体表剂量研究尚不多见。
笔者通过测量儿童 CT 扫描的体表剂量水平,必将有利于降低儿童 CT 剂量,有利于制定儿童 CT 检查规范及推广,促进儿童 CT 检查的合理化应用,同时表明,对儿童的防护问题应予以重视。

参考文献:

[1] Mettler, F. A. (2001) CT scanning: patterns of use and dose[J]. J. Radiol. Prot. 20. 353—359.
[2] ICRP Publication 60, Recommendation of the International Commission on Radiological Protection [P]. 1990.
[3] 朱建国, 邓大平, 侯金鹏, 等. 儿科放射学中儿童辐射剂量水平与评价[J]. 中国辐射卫生, 1999, 8(2): 87~88.
[4] ICRP Publication 87, Managing Patient Dose in Computed Tomography [P]. 2000.

(收稿日期: 2006—01—28)