

·论著·

新型头部 γ 刀建设项目放射防护控制效果评价

翟贺争 阮书州 焦玲 张文艺 苏锴骏 张腾达 赵徵鑫 武权

【摘要】目的 评价新型头部 γ 刀机房的放射防护状态及防护设施的有效性、合理性,进而保证相关人员的健康安全。**方法** 依据国家有关法规和标准,结合建设单位提交的新型 γ 刀及机房的材料,进行现场调查和放射防护检测,然后综合分析评价。**结果** 新型头部 γ 刀性能检测结果满足GBZ 168-2005标准的要求;工作场所的周围剂量当量率在0.11~0.18 $\mu\text{Sv/h}$, γ 刀机房屏蔽满足放射防护要求;个人防护用品等放射防护设施和工作人员个人剂量监测、健康体检制度及相应的规章制度均达标。**结论** 该新型头部 γ 刀建设项目可有效控制放射性职业病危害因素,放射防护设施达到了竣工验收的要求。

【关键词】 辐射防护;伽玛刀;建设项目;评价

Radiological protection assessment of construction project based on a new type of head γ knife

Zhai Hezheng, Ruan Shuzhou, Jiao Ling, Zhang Wenyi, Su Kaijun, Zhang Tengda, Zhao Zhixin, Wu Quan. Tianjin Key Laboratory of Radiation Medicine and Molecular Nuclear Medicine, Institute of Radiation Medicine, Chinese Academy of Medical Science, Tianjin 300192, China

Corresponding author: Wu Quan, Email: wuquan@irm-cams.ac.cn

【Abstract】 Objective To evaluate the effectiveness of radiological protection and facilities for a new type of head γ knife to ensure the health and safety of the construction personnel. **Methods** According to the national relevant regulations and standards, the new type of γ knife and other materials were submitted by the construction unit, and the results of field investigation and detection of radiation protection were combined. All the materials were comprehensively analyzed and evaluated for safety and effectiveness. **Results** The performance test results of the new γ knife met the requirements of GBZ 168-2005. The ambient dose equivalent rate in the workplace was 0.11 $\mu\text{Sv/h}$ to 0.18 $\mu\text{Sv/h}$; thus, shielding requirements were needed for radiological protection. In the radiological protective facilities, the health examination system and its corresponding rules and regulations were reasonable. **Conclusions** The construction of the γ knife can effectively control the risk factors of radioactive occupational diseases, and the radiation protection facilities can meet the requirements for approval to complete the construction.

【Key words】 Radiation protection; γ knife; Construction project; Assessment

伽玛刀(γ 刀)应用于临床放射治疗以来,在体部、头部等肿瘤中取得了良好的治疗效果^[1-3]。随着肿瘤诊断技术的发展^[4]和 γ 刀技术的改进,新型医科达头部 γ 刀在我国应用逐渐增多。 γ 刀运行时

会产生电离辐射等有害因素,对放射工作人员和涉及人群会造成危害^[5-7]。为了从源头控制或消除放射危害,按照法律法规要求,对 γ 刀建设项目进行职业病危害控制效果放射防护评价,从而保护放射工作人员和公众的健康。

然而, γ 刀属于大型医疗设备,其建设项目职业病危害控制效果放射防护评价的内容复杂、项目繁多,对人员、技术等要求较高。我所具备国家卫生和计划生育委员会放射卫生技术服务甲级资质,2014年初接受某医院的委托,依照《中华人民共和

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2015.05.014

基金项目: 协和青年基金和中央高校基本科研业务费专项基金(3332015070, 3332015101); 中国医学科学院放射医学研究所发展基金(1540)

作者单位: 300192 天津,中国医学科学院放射医学研究所,天津市放射医学与分子核医学重点实验室

通信作者: 武权(Email: wuquan@irm-cams.ac.cn)

国职业病防治法》和《放射诊疗管理规定》等相关规定与要求,通过现场资料收集、核查及放射防护检测,对新型头部 γ 刀建设项目进行放射防护评价,为卫生行政部门审批此类建设项目提供科学依据,也为开展大型设备评价的技术服务机构提供一定的技术参考。

1 材料与方法

1.1 检测仪器和材料

瑞典医科达公司的焦斑测量架、球型模体及支架;美国ISP公司的GAFCHROMIC EBT³胶片;日本Epson公司的V750扫描仪;北京康德有限公司研发的Fastviewing型胶片分析软件;德国PTW剂量仪及TW31014 0.015 cm³电离室;德国Automess公司6150AD剂量率仪;美国Canberra GX5019 γ 谱仪;激光测距仪、直尺、温度计及气压表等。涉及的计量仪器均在中国计量科学研究院或中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所进行检定或校准。

1.2 辐射源项及危害因素

2005年某医院引进瑞典医科达公司Leksell C型头部 γ 刀,于2014年系统升级成Leksell Perfexion型(图1),主要由内置钴源的中央体(具有192枚⁶⁰Co放射源,总活度约为 2.33×10^{14} Bq),直径分别为4、8和16 mm的3种准直器、治疗床、控制台以及治疗计划系统组成。该 γ 刀建设项目(图2)在放疗中心一楼,面积约为200 m²,机房的长×宽×高为7.6 m×5.0 m×4.0 m,属于技术改造项目。

评价涉及范围:伽玛刀机房、控制室等;相关放射工作人员、有关的公众和接受放射治疗的患者;放射防护和安全设施等。可能产生的职业危害因素包括:⁶⁰Co衰变的 γ 射线为初始辐射(治疗主束,平均能量1.25 MeV),初始射线与患者及周围物体相互作用产生的散射辐射(杂散 γ 射线)和源泄漏所致 β 射线(平均能量0.096 MeV)^[7]。

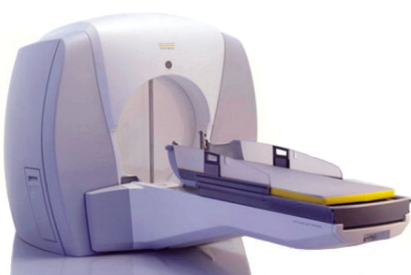


图1 Leksell Perfexion型头部 γ 刀

Fig.1 Leksell Perfexion γ knife

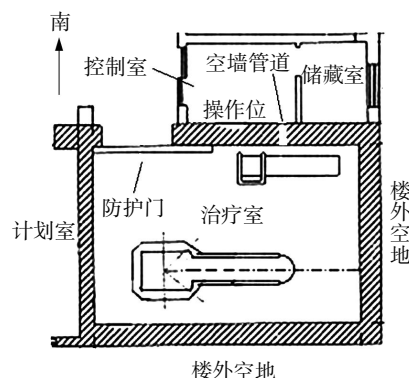


图2 Leksell Perfexion型 γ 刀建设项目布局图

Fig.2 Plan of γ knife construction project

1.3 评价方法

依据GBZ 168-2005《X、 γ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》^[8]、GB 18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》^[9]、GBZ/T 220.2-2009《建设项目职业病危害放射防护评价规范 第2部分:放射治疗装》^[10]、GBZ/T 201.3-2014《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第3部分: γ 射线源放射治疗机房》^[11]等相关标准的要求,结合医院提供的 γ 刀建设项目资料、现场核实辐射源项、职业病危害因素水平的检测及放射防护数据监测结果,进行综合性评价。

1.4 设备的防护性能检测

γ 刀安装调试后、竣工验收前,按照GBZ 168-2005标准对 γ 刀剂量学参数和设备防护性能进行验收检测^[8],检测指标见表1。

1.5 工作场所的防护检测

采用组织等效头模制定某一患者的治疗计划,打开屏蔽罩,选择直径为16 mm的准直器出束。采用6150AD剂量率仪对 γ 刀机房的四周墙体、机房顶、控制室及穿墙管道的防护效果进行检测。检测时,检测点距各防护墙、机房门表面30 cm,距地面高度为1.3 m;检测点距屋顶高度为1 m;周围环境检测时,检测仪距地面1 m。

选取 γ 刀自屏蔽门左右、两个侧面以及后方从上至下取3个100 cm²面积,共7个位置,用圆形滤纸擦拭,通过 γ 谱仪进行定性测量是否有⁶⁰Co源泄漏而导致的 β 污染。

1.6 γ 刀机房防护措施核查

医院的放射防护设施和相应制度的资料是否齐全和完善,直接关系到放射工作人员、公众的健康和患者的治疗效果。在医院提供建设项目评价所需

的材料后,进行现场核实和检测,确保放射治疗的质量和环境的安

2 结果

2.1 设备的防护性能检测

在检测条件下,因设备准直器直径无法达到GBZ168-2005 标准要求的 18 mm,故取直径为 16 mm 准直器进行测试,性能检测结果满足设备验收标准(表 1)。在非治疗状态下,机头表面和装置两侧后方 5 cm 处的剂量率最大为 35.1 μGy/h, 60 cm 处的剂量率最大为 7.9 μGy/h,可用于估计工作人员在摆位情况下的受照剂量。

2.2 工作场所的辐射防护检测

防护门和墙为界的机房内部为控制区,设置有门机安全联锁装置、急停开关、实时摄像监视、固定剂量监测报警装置、通讯系统及声光信号指示系统等设施;防护门外包括控制室、计划室、机房北墙、西墙等机房毗邻区域为监督区,对该区不采取专门的防护安全措施,但应定期检测其辐射剂量水平。由表 2 可知,工作场所和周围环境的辐射水平除机房门上和控制室穿墙管道的最大值为 0.18 μSv/h,屏蔽墙和屋顶外辐射水平均处于本底水平(0.10~0.12 μSv/h),说明机房放射防护屏蔽效果良好,与相关调查结果基本一致^[12]。另外,γ 谱仪未检出⁶⁰Co,提示⁶⁰Co 源未泄漏,不存在 β 污染。

2.3 放射防护设施及相应的安全措施

现场核查后,机房采用外侧马达驱动式推拉

表 1 γ 刀防护性能检测结果

防护性能	检测条件	标准要求	检测结果
焦点剂量率	直径 16 mm 准直器	≥2.5 Gy/min	3.2 Gy/min
焦点计划剂量与实测剂量的相对偏差	直径 16 mm 准直器	±5 %	0.96%
机械中心与照射野中心的距离	直径 4 mm 准直器	≤0.5 mm	0.3 mm
照射野尺寸与标称值最大偏差	直径 16 mm 准直器	±1.5 mm	0.9 mm
	直径 8 mm 准直器	±1.5 mm	0.7 mm
	直径 4 mm 准直器	±1.5 mm	-0.5 mm
焦平面上照射野半影宽度	直径 16 mm 准直器	≤11 mm	6.9 mm
	直径 8 mm 准直器	≤6 mm	4.2 mm
	直径 4 mm 准直器	≤4 mm	2.4 mm
透过准直体的泄露辐射率	治疗位置的模体中心	≤2 %	0.4%
非治疗状态下设备周围的杂散辐射水平	距设备外表面 60 cm 处	≤20 μGy/h	7.9 μGy/h
	距设备外表面 5 cm 处	≤200 μGy/h	35.1 μGy/h

注:表中的检测结果均取最大值。

表 2 工作场所的放射检测结果

Table 2 Radiation levels in the workplace

检测位置	检测结果(μSv/h)	检测位置	检测结果(μSv/h)
储藏室屏蔽墙	0.11	机房门右	0.13
控制室穿墙管道	0.18	机房门中	0.12
控制室	0.11	机房门缝	0.14
操作位	0.11	放射源正对屋顶处	0.11
机房门上	0.18	计划室屏蔽墙	0.11
机房门下	0.12	北侧屏蔽墙	0.12
机房门左	0.12	西侧屏蔽墙	0.12

注:表中,机房位于一层,无地下室;检测结果均取最大值,且未扣除本底。

门,门内外均设置手动旋转手柄。机房的面积、机房内单边长度及高度均满足相关标准的要求;连接治疗机和控制室的电缆沟穿墙位置设置在南墙中部,采取地下“U”型穿墙设计,符合防护要求;γ 刀机房屏蔽由含重晶石的混凝土(密度>2.35 t/m³)浇筑,四面墙体(700 mm 厚)、屋顶(600 mm 厚)和防护门(150 mm 含硼石蜡加 10 mm 铅的金属门)组成;其他的防护安全设施和措施见表 3。

3 讨论

根据国家卫生和计划生育委员会卫生监督中心制定的《放射诊疗建设项目卫生审查管理规定》的分类,按照可能产生的放射性危害与诊疗风险程度,评定该医院新型头部 γ 刀建设项目为危害严重类的放射诊疗建设项目。通过对放射防护评价结果分析,该项目在正常运行时,能够有效控制 γ 射线对人员的危害水平,可以有效预防和控制职业性放射性疾病的发生。

结合该建设项目的综合分析结果,提出如下建议:①切实加强放射防护管理工作,建立有效的落实各项制度的监管机制;②提高相关人员的辐射防护意识,对患者采取必要的防护措施;③配置必要的放疗剂量仪、电离室及周围剂量当量率仪,建设单位定期对机房墙体外和穿墙管道处进行辐射检测,并做好监测记录;④建设单位完善伽玛刀放射事故应急预案,并组织演练意外情况的应急处理程序。

机房防护检测结果处于环境本

表3 该建设项目放射防护安全设施和措施
Table 3 Protection safety facilities and rules of the construction project

防护设施	部位	检查结果
安全联锁装置	控制台	2个, 正常
	机房门上	
紧急停机开关	控制台	2个, 正常
	机房内	
工作状态信号灯	机房门上方	3个, 正常
	控制室	
	机房内北墙	
电离辐射标识	机房门	1个, 完整
影像监控装置	机房内	1套, 清晰
对讲装置	控制台	1台, 正常
剂量实时监测系统	控制室	1套, 正常读数
剂量监测报警装置	控制室	1台, 正常
防护用品	铅衣	1件, 0.5 mmPb
	铅围脖	1件, 0.5 mmPb
	铅帽	1件, 0.5 mmPb
	铅围裙	1件, 0.5 mmPb
个人剂量计	工作人员	14名, 监测中
个人剂量报警仪	工作人员	2名, 正常佩戴
放射安全管理小组		符合要求
γ刀放射事故应急预案		基本符合要求
辐射安全管理规定		基本符合要求
放射工作人员健康管理制度		符合要求
放射工作人员个人剂量管理制度		基本符合要求
放射工作人员培训管理制度		符合要求
γ刀安全工作制度		符合要求
γ刀治疗质量控制流程		符合要求
治疗计划制订的工作流程		符合要求
辐射工作人员的健康体检结果	可继续从事放射工作	
放射工作人员的年度个人剂量检测	0.19~0.35 mSv	

底值范围内, 表明该机房的防护设施是有效可行的。实际测量中, 机头附近辐射水平略高, 可能造成放射工作人员和公众的附加照射, 应通过系统培训和多次模拟练习, 熟练掌握摆位操作, 减少摆位时间, 以降低个人受照剂量^[13]。同时, 摆位过程中, 应设置相应措施限制公众进入。

志谢 天津疾病预防控制中心的商迎庆主任、张继勉主任的科学指导。

参 考 文 献

[1] 吴伟章, 常冬姝, 朱夫海, 等. 肺多发转移瘤伽玛刀治疗的剂量分布研究[J]. 肿瘤防治研究, 2014, 41(4): 391-394.

[2] Xia T, Li H, Sun Q, et al. Promising clinical outcome of stereotactic body radiation therapy for patients with inoperable Stage I/II non-small-cell lung cancer[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2006, 66(1): 117-125.

[3] 武智刚, 王千, 吴铁鹰. 旋转式头部伽玛刀治疗脑转移瘤 171 例临床分析[J]. 中华神经外科疾病研究杂志, 2013, 12(6): 540-542.

[4] 刁焕荣, 刘晓岚. MRI 在颅内恶性胶质瘤放疗中的应用进展[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2011, 35(3): 185-188.

[5] 强永刚. 医学辐射防护学[M]. 第 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2013: 281-320.

[6] National Council on Radiation Protection and Measurements. NCRP report No. 151. Structural shielding design and evaluation for Megavoltage X- and gamma-Ray Radiotherapy Facilities[S]. Bethesda: NCRP, 2005.

[7] International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103 [J]. Ann ICRP, 2007, 37 (2-4): 1-332.

[8] 中华人民共和国卫生部. GBZ168-2005 X, γ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.

[9] 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.

[10] 中华人民共和国卫生部. GBZ/T 220. 2-2009 建设项目职业病危害放射防护评价规范 第 2 部分: 放射治疗装置[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.

[11] 国家卫生和计划生育委员会. GBZ/T 201. 3-2014 放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分: γ 射线源放射治疗机房[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.

[12] 万斌, 钟海洛, 吴大可, 等. 大型肿瘤医院放疗中心环境辐射剂量调查研究[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2009, 33(5): 304-307.

[13] International Atomic Energy Agency. IAEA NO. GSR part3. Radiation protection and safety of radiation sources: international basic safety standards[S]. Vienna: IAEA, 2014.

(收稿日期: 2015-08-13)