

· 卫生评价 ·

γ刀安装应用中的防护性能检测与分析

Test and analysis on protection performance during installation and application of γ-knife

马永忠, 娄云, 万玲, 彭建亮, 冯泽臣, 王时进

MA Yongzhong LOU Yun WAN Ling PENG Jianliang FENG Zechen WANG Shijin

(北京市疾病预防控制中心, 北京 100013)

摘要: 掌握 γ刀安装时的辐射剂量水平和投入医疗应用前的防护性能, 以更好地完善 γ刀安装应用中的辐射监测体系和质量控制方案。以 OUR 头部 γ刀 (^{60}Co 治疗源总有效活度 220 TBq) 为检测对象, 使用 SG-102 环境 X-γ 剂量率仪、451P 高压电离室巡测仪、PIW UNIDOS 放疗剂量仪、电离室 (0.125 m^3 和 0.015 m^3)、直径 ϕ 160 mm PMMA 球模和胶片 (MD-55 和 Kodak EDR2) 等检测设备, 按照设备投入临床应用前的验收要求检测相应的防护性能与剂量学指标, 并依据 γ刀相关的国家标准和企业指标进行分析和评价。

关键词: 头部 γ刀; 防护性能; 剂量学指标; 检测

中图分类号: R144 **文献标识码:** B

文章编号: 1002-221X(2011)03-0216-05

γ刀作为一种立体定向放射治疗设备, 能对肿瘤病灶进行精确定位和精确治疗, 多年来已在放射治疗临床尤其是头颈部肿瘤放射治疗中得到了广泛应用^[1,2]。目前国内外许多大型医院和专科医院都装备有 γ刀, 北京自 1995 年以来也先后安装了 9 台, 在本地区肿瘤立体定向放疗中发挥出很好的临床优势。当然, 每台 γ刀在投入临床应用前, 其相关的剂量学指标与防护性能是否满足质量控制要求和患者治疗需要, 整个治疗系统是否有可靠的放射防护安全保障, 这是放射治疗防护工作中始终不能回避的问题。我们长期开展了 γ刀安装时的防护监测和应用前的防护性能与剂量学指标测试工作, 现报告某医院引进的 1 台 OUR 旋转式头部 γ刀安装时的辐射监测及其相关的防护性能指标测试结果, 并对有关的问题进行讨论。

1 材料与方法

1.1 检测对象与检测设备

以某医院引进的正式投入运行前的 1 台 OUR 旋转式头部 γ刀 (简称 γ刀) 为检测对象, γ刀半球形的治疗屏蔽体内装载 30 颗 ^{60}Co 治疗源, 总有效活度 220 TBq (5950 Ci), 配置有 ϕ 18 mm、 ϕ 14 mm、 ϕ 8 mm 和 ϕ 4 mm 共 4 套准直器。检测设备包括 SG-102 环境 X-γ 剂量率仪、451P 高压电离室巡测仪、PIW UNIDOS 放疗剂量仪、电离室 (0.125 m^3 和 0.015 m^3)、焦点测量棒、直径 ϕ 160 mm PMMA 球模、MD-55 与 Kodak EDR2 胶片、LF (Mg C₄ P) 热释光剂量计

(TLD)、RGD-3B 热释光剂量仪和个人剂量报警仪等。所用检测仪器均经国家有关计量部门检定合格, 并要求测量的不确定度在 3% 之内。

1.2 测试指标与方法

按照设备投入临床应用前的验收要求检测相应的剂量学与防护性能指标。首先从安全角度考虑, 在倒源、安装和调试全程实时监测人员的受照剂量与倒源现场的辐射剂量水平, 然后在安装后直接查验 γ刀治疗系统的辐射安全设施, 以确保其处于正常有效的功能状态。

1.2.1 γ刀治疗源安装时现场辐射剂量水平和操作人员的受照剂量 现场安装 γ刀治疗源时, 使用剂量巡测仪检测 γ刀临近可接触的关注位置的剂量率; 操作人员每人佩戴 TLD 并使用直读式的剂量仪实时测量, 防止在倒装放射源的工作人员受到意外照射。整个倒源安装过程完成后, 对人员佩戴的 TLD 使用热释光剂量仪进行测量, 估算出 γ刀安装倒源全过程中人员所受的累积剂量。

1.2.2 γ刀安装后非治疗状态时的泄漏辐射剂量水平 直接测量 γ刀设备表面和距离 γ刀治疗源屏蔽体 100 mm 处的外照射空气吸收剂量率。

1.2.3 治疗状态时治疗室内的剂量分布和外围的辐射剂量水平 在治疗室内四周距防护墙 50 mm 高 80 mm 的位置等距离布点, 测量在 ϕ 18 mm 最大准直器治疗时这些位置的剂量率, 同时选择 γ刀治疗室外围人员可接触场所中有代表性的关注点, 直接测量并记录这些位置的剂量率。

1.2.4 γ刀治疗系统的主要剂量学性能参数 使用放疗剂量仪、焦点测量棒和胶片等工具, 测量 γ刀的主要性能参数, 包括机械定位中心与射野中心偏差、焦点剂量率、计划剂量与治疗剂量偏差、剂量重复性和线性、相对头盖因子、治疗腔体内的泄漏辐射、焦皮比和剂量场特性指标 (半高宽、均整度、对称性)。

1.2.5 γ刀治疗系统的辐射安全设施 直接查验其功能状态。

1.3 分析与评价依据

参照 GB16361-1996《医用 γ射线远距治疗设备放射卫生防护标准》、GBZ168-2005《X-γ射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》和 γ刀相关的企业指标与规范, 对该 γ刀倒装放射源现场、设备相关的剂量学与防护性能指标进行分析和评价。

2 结果

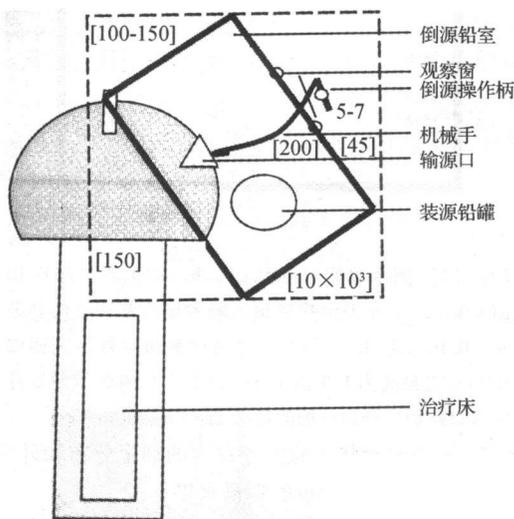
2.1 γ刀治疗源安装时现场辐射剂量水平和操作人员的受照

收稿日期: 2010-06-09

作者简介: 马永忠 (1968-), 男, 医学博士, 副主任医师, 主要从事辐射剂量研究与职业病危害评价工作。

剂量

γ刀主体设备（包括治疗源屏蔽体和治疗床等）在治疗室内安装固定后，需要将所配备的 30 枚 ⁶⁰Co 治疗源安装到 γ 刀的治疗屏蔽体内。⁶⁰Co 治疗源按照放射性物质安全运输要求从供源厂家送到治疗室内，由有经验的操作人员实施源的安装，整个取源安装过程借助配套的安装器械严格按照制订的程序执行，安装操作示意图见图 1。整个安装操作过程均在现场实时监测，掌握了临近 γ 刀设备人员可接触的关注位置的辐射剂量水平，检测结果也在图 1 中进行了描述。现场操作人员均采取必要的个人防护措施，并佩戴 TLD 和个人剂量报警仪等。



注：[] 中的数值为机械手提起放射源时的瞬间剂量，[] 外为放射源装入 γ 刀屏蔽体后的剂量。图中数值单位为 μGy/h

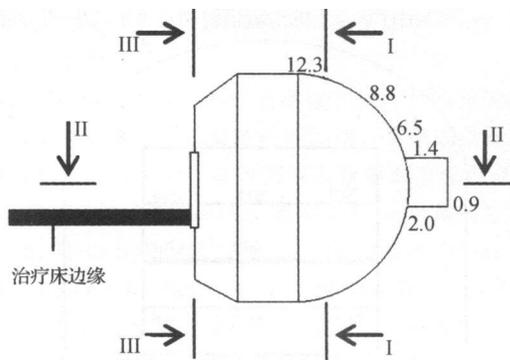
图 1 γ 刀治疗源安装现场临近设备表面关注位置的剂量水平（俯视）

图 1 中，虚线框内为倒源部件与 γ 刀治疗源屏蔽体接触时的倒源情形，装源的铅罐连同倒源铅室镶嵌紧贴于 γ 刀治疗源屏蔽体上，铅罐中放射源的输出口在铅屏蔽室内并紧邻屏蔽体上的治疗源输入口，操作人员通过铅玻璃观察窗，使用长柄机械手将放射源倒出安装在屏蔽体内的相应位置。在本次 γ 刀治疗源安装操作中，共装入 ⁶⁰Co 放射源 30 枚（7.3 TBq/枚），总有效活度为 220 TBq。操作人员使用机械手操作，倒装源现场操作历时 30 min。对操作人员的受照剂量水平在使用剂量报警仪和巡测仪实时监测的同时，人员所受的累积剂量均通过胸部佩戴的 TLD 来反映。从图 1 可见，在治疗源从铅罐中倒出并输入到 γ 刀屏蔽体的瞬间，倒装源人员的操作位置剂量率为 45 μGy/h，观察窗处为 200 μGy/h，而铅室左侧表面接近源罐的位置瞬时最高剂量率为 10 mGy/h，铅室右侧表面为（100~150）μGy/h，铅室背面方向的治疗床与屏蔽体结合处的剂量率为 150 μGy/h。放射源装入 γ 刀屏蔽体后，输源口尚开启时，操作位置剂量率为 5~7 μGy/h。对 3 名操作人员完成 γ 刀倒装源后的 TLD 检测结果表明，人员体表受照剂量 5.0~16 μSv，全身有效剂量小于 200 μSv 的

1/10

2.2 γ 刀非治疗状态时的泄漏辐射剂量水平

在 γ 刀设备的屏蔽门关闭、处于非治疗状态时，对 γ 刀各方向的外表面 5 cm 和距离表面人员可接近的一定范围内关注点的外照射泄漏辐射剂量率进行了检测，检测结果见图 2~6。其中，所测 γ 刀屏蔽体表面 30 个监测点的外照射剂量率为 0.35~21 μGy/h，平均值为 9.92 μGy/h。γ 刀屏蔽门中线表面剂量率最高为 140 μGy/h，屏蔽门中线上下端表面剂量率最高分别为 79.7 μGy/h 和 74.5 μGy/h。距治疗屏蔽体 100 cm 处最高为 4.0 μGy/h。所测距 γ 刀设备 100 cm 处的 13 个测量点的剂量率为 0.52~4.0 μGy/h，剂量率平均值为 2.53 μGy/h。在治疗床旁距 γ 刀屏蔽门 100 cm 的范围内，辐射剂量率为 0.22~13.1 μGy/h。向治疗床前深入 10 cm 时，相应区域的辐射剂量率为 1.0~25 μGy/h。



注：图中数值单位均为 μGy/h，检测时现场本底为（0.06~0.10）μGy/h，检测结果未扣除本底值（下同）。

图 2 γ 刀非治疗状态下的泄漏辐射剂量水平（侧视图）

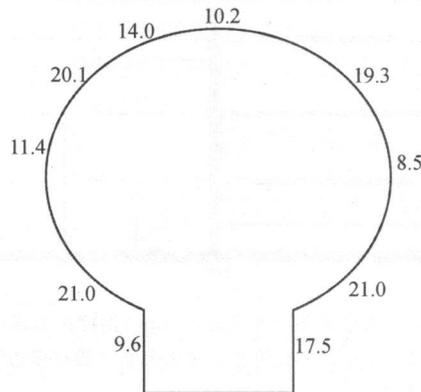


图 3 γ 刀非治疗状态下的泄漏辐射剂量水平（I—I 剖面）

2.3 γ 刀治疗状态时治疗室内的剂量分布和外围的辐射剂量水平

在 γ 刀 φ 18 mm 准直器治疗状态下，治疗室内的剂量分布和治疗室外围人员可接触部位关注位置的辐射剂量水平见图 7。图 7 表明，治疗室内距墙 50 cm 处的测量结果中，焦点至屏蔽门所张立体角区域内为 550~2570 μGy/h。γ 刀屏蔽门后治疗体两侧及治疗体后的相应区域为 5~30 μGy/h。治疗室人员入口防护门内为 12 μGy/h。治疗室外的剂量率分布状况表明，在主散射区墙（西墙）外的绿化区为 0.6~3.5 μGy/h，北墙外的空地为 0.10~2.0 μGy/h。建议在西墙外和北墙

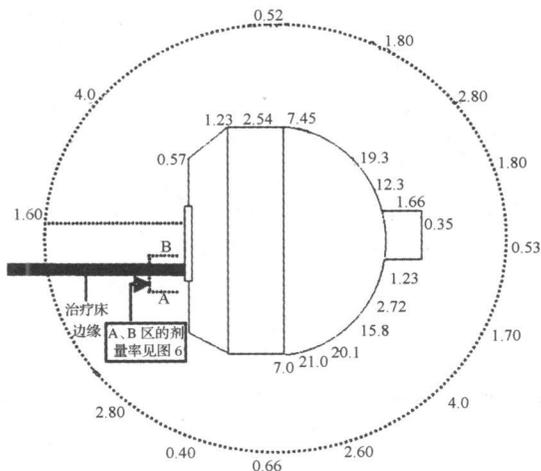


图4 γ刀非治疗状态下的泄漏辐射剂量水平 (II—II剖面)

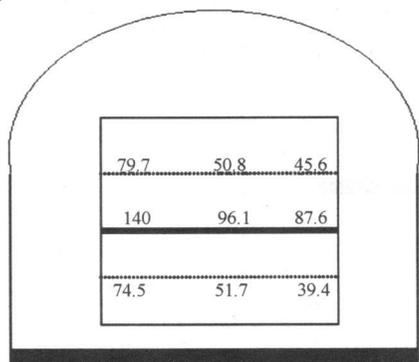
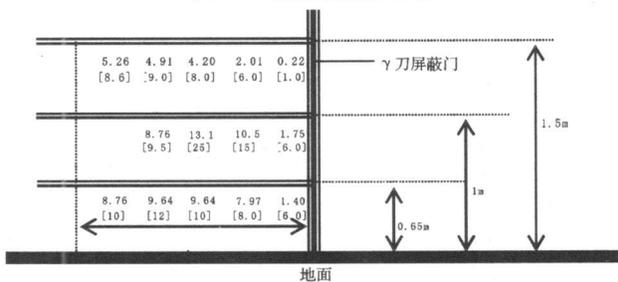


图5 γ刀非治疗状态下的泄漏辐射剂量水平 (III—III屏蔽门剖面图)



注: [] 中的数值为治疗床旁侧 10 cm (治疗床边缘向内) B 区的剂量率, [] 外的数值为治疗床旁侧 (治疗床边缘外侧) A 区的剂量率。

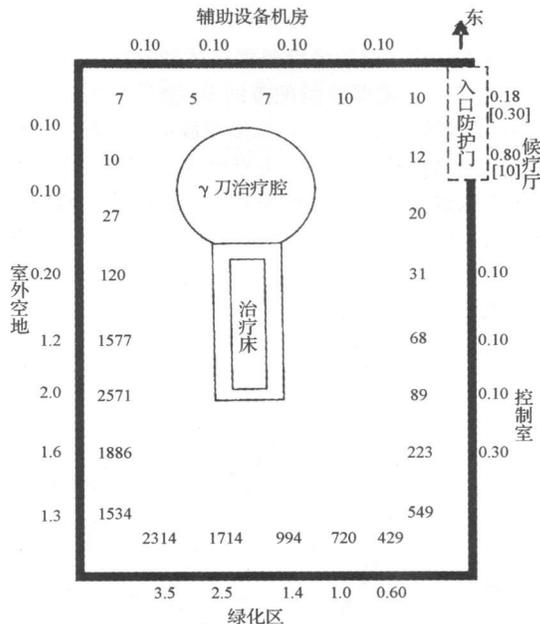
图6 γ刀非治疗状态下的泄漏辐射剂量水平 (治疗床旁侧近屏蔽门处)

外的适当位置增设防跨越的护栏。

2.4 γ刀治疗系统的主要剂量学性能参数

在γ刀安装调试并可达到正常治疗状态下,逐一治疗系统的主要剂量学性能指标进行测量,结果包括如下几方面。

2.4.1 机械定位中心与射野中心偏差 选用φ4 mm准直器,使用焦点测量棒,将MD-55慢感光胶片分别在焦平面的XZ方向和垂直焦平面的XY方向照射15 min。将定位胶片使用DuoScan软件扫描成G图像,采用HD99 Film Dosimeter程序分别计算X、Y和Z方向的定位偏差,结果分别为ΔX=



注: (1) 图中数值单位为μGy/h 均包含本底0.10μGy/h (2) γ刀治疗室顶区域为接待室和主任办公室,0.10μGy/h (3) γ刀治疗室西墙外距离西墙100 cm处最高为1.0μGy/h (4) [] 内的值为治疗室入口防护门开启时的测量结果。

图7 γ刀治疗状态时治疗室内的剂量分布和外围的辐射剂量水平

0.00 mm, ΔY=0.20 mm和ΔZ=0.20 mm, 故总定位偏差Δ=√(ΔX²+ΔY²+ΔZ²)=0.28 (mm), 满足该设备企业指标和国家标准(0.5 mm)的要求。

2.4.2 焦点剂量率 使用φ160 mm球模、PIWUNDOS放疗剂量仪和0.125 cm³的电离室,将电离室探头固定在球模中心的焦点位置,在φ18 mm准直器照射下,连续采集10次的读数/min 换算成球模中焦点的剂量率为351 cGy/min (φ18 mm), 满足不小于新装γ刀250 cGy/min的剂量学指标。

2.4.3 焦点计划剂量与治疗剂量偏差 使用φ160 mm球模制订一治疗计划,并设定该球模中心计划的处方剂量为5 Gy。将电离室插入球模中使其有效测量部位的几何中心与球模的中心重合,按照临床治疗程序在φ18 mm准直器照射下测定出球模中心的实际剂量为495 cGy,剂量偏差为-1.0%,满足小于5%的偏差要求。

2.4.4 剂量给予的重复性与线性 以φ4 mm准直器,设定60%治疗照射条件重复测量10次,求得10次测量剂量的相对标准偏差为0.3%;使用φ18 mm准直器分别照射2.5、10、15、20 min,求得模体中的吸收剂量[Y(cGy)]与照射时间[X(min)]的线性回归方程为:Y=12.28+349.4X,线性回归的相关系数r=1.0000。由该方程求出“0”治疗剂量,即γ刀一次进、退床过程中,治疗的靶区模体中的剂量为12.28 cGy。

2.4.5 相对头盔因子K 以0.015 cm³电离室测量的各准直器相对于φ18 mm准直器的焦点剂量率比值K为:K_(φ18/φ18)=

1.000, $K_{(\phi 14/\phi 18)} = 0.980$, $K_{(\phi 8/\phi 18)} = 0.897$, $K_{(\phi 4/\phi 18)} = 0.570$ 。在 0.015 m² 电离室条件下检测该指标, 主要目的在于建立基础数据, 待定期检测 γ 刀时查验。使用半导体探测器进行该指标的相对测量时, $K_{(\phi 14/\phi 18)}$ 、 $K_{(\phi 8/\phi 18)}$ 和 $K_{(\phi 4/\phi 18)}$ 分别为 0.984、0.940 和 0.831, 间接反映出中心位置与探测器之间略有偏离。

2.4.6 γ 刀治疗腔体内的泄漏辐射 焦斑位置“0”准直器和“ $\phi 18$ mm 准直器”治疗剂量的比值为 0.1%, 满足 2% 的产品企业标准和国家标准。

2.4.7 γ 刀剂量场特性指标 该 γ 刀剂量场特性的主要指标有半影 P、半高宽、均整度和对称性。测量时将 Kodak EDR2 慢感光胶片装入暗盒后, 将暗盒插入 $\phi 160$ mm 球模的焦平面区, 将球模固定在中心位置分别在 $\phi 18$ mm、 $\phi 14$ mm、 $\phi 8$ mm 和 $\phi 4$ mm 准直器治疗条件下照射 20 s, 剂量场胶片与刻度片在相同条件下冲洗后, 使用相同的扫描和 DFS 测量胶片分析系统进行分析, 结果如表 1 所示。

表 1 γ 刀不同准直器 XYZ 方向的半影、半高宽、均整度和对称性测量指标

准直器 (mm)	方向	半影 P (mm)		半高宽 (mm)	均整度	对称性
		左	右			
4	X	3.2	3.2	7.5	0.236	0.031
4	Y	3.1	3.1	7.3	0.229	0.028
4	Z	2.1	2.0	6.5	0.222	0.022
8	X	5.2	4.9	13.4	0.210	0.019
8	Y	4.8	5.1	13.4	0.218	0.049
8	Z	2.8	2.8	11.3	0.169	0.022
14	X	7.3	7.2	20.8	0.195	0.012
14	Y	7.2	6.9	20.5	0.190	0.024
14	Z	3.2	3.1	17.7	0.131	0.048
18	X	8.3	8.4	25.4	0.190	0.015
18	Y	8.9	8.8	25.5	0.195	0.015
18	Z	3.7	4.0	21.4	0.119	0.050

2.5 γ 刀主要的安全联锁与安全设施

该 γ 刀在常规运行中, 除完成临床治疗需要而需具备的基本安全设施外, 还设置有下列安全设备和联锁。(1) 主控制台设置专用钥匙, 只有将钥匙旋至出束位置, 才能进入治疗出束程序。(2) γ 刀机房门- γ 刀设备治疗出束联锁。机房门未关闭或关闭不到位, 不能出束; 出束治疗时若开启治疗机房防护门, 则立即中断治疗, 治疗床退出并关闭治疗体的屏蔽门。(3) UPS 电源设置。当 UPS 供电不足时, γ 刀不能治疗; 治疗时中断外部供电, 则 UPS 供电完成已计划的治疗, 此后不能启动。(4) 治疗床到位超差自动退出的联锁保护(超差 0.1 mm)。(5) 控制台定时器和计算机计时双定时, 两者超差 5 s 则 γ 刀不工作。(6) γ 刀工作故障时, 计算机显示相应的故障信息。(7) 控制台、 γ 刀机房入口分别设有 γ 刀工作状态显示。(8) 控制台、 γ 刀机房门控板分别设有紧急开关。(9) 当出现治疗床或治疗体屏蔽门控制故障时, 可以手动紧急退出治疗床或关闭治疗体屏蔽门。(10) 治疗室内固定安装剂量仪, 实时监视 γ 刀治疗室内的辐射剂量。(11) 在治疗床上相应头顶位置, 设置有顶盖保护; 无顶盖时, γ 刀

不能治疗。(12) 其他: 还设置有监视和对讲设备、床到位联锁和治疗系统的软硬件加密保护措施等。

3 讨论

γ 刀投入临床应用前, 在设备安装环节中倒装治疗源的辐射监测是极为关键的, 因为在放射源从铅罐提出倒入 γ 刀治疗体内的瞬间, 现场有较强的剂量率, 人员受到意外照射的风险大, 所以必须进行全程的辐射剂量与防护监测, 而且倒装源操作必须由有资质及经验的单位和人员承担, 同时操作人员必须熟悉设备的基本结构和治疗源的基本特性与防护措施, 按照严格的倒源安装程序 and 操作规程进行。在图 1 中可见, 在每枚 7.3 TBq 的 ⁶⁰Co 放射源由机械手提起时, 操作人员位置剂量率为 45 μ Gy/h, 观察窗处为 200 μ Gy/h, 因操作位置有铅室屏蔽并配备了可靠的倒源工具, 倒源操作距离相对固定, 故人员的操作熟练程度即成为影响所受剂量水平的一个重要因素。

所有治疗源装入 γ 刀后, 设备在非治疗状态时的泄漏辐射剂量水平是反映设备本身防护性能的一个基础指标。国家相关标准规定, 在 γ 刀设备表面的泄漏辐射率应不高于 200 μ Gy/h, 平均不高于 50 μ Gy/h, 距源 100 cm 处最高应不高于 50 μ Gy/h, 平均不高于 10 μ Gy/h, 距设备表面 60 cm 处最高应不高于 20 μ Gy/h。图 2~6 的测量结果表明, 在治疗体屏蔽门处的表面泄漏辐射剂量水平均明显高于设备其他部位的剂量水平, 这与 γ 刀本身的结构有关, 而且治疗体内的辐射还有可能穿过 γ 刀治疗体屏蔽门微小的狭缝, 从而导致屏蔽门表面局部泄漏辐射较高。虽然该 γ 刀非治疗状态下的泄漏辐射水平均满足产品企业指标的要求, 但局部相对较高的剂量率点对操作人员也仍可能造成一定的心理负担, 因为他们在对患者进行摆位操作时, 将不可避免地接近 γ 刀, 尤其是很可能接近治疗体的屏蔽门表面。

在 γ 刀处于治疗状态时, 治疗室内的杂散辐射剂量的分布可间接反映出接受治疗的患者靶外所受的剂量水平。图 7 中 γ 刀的治疗床方向为主散射区, 检测时将球模作为散射体, 以球模中心作为散射体的中心, 距离散射体中心 500 cm 处的杂散辐射剂量率为 2.3 mGy/h, 距离散射体 50~200 cm 的范围为治疗床上人体靶外部位所在的区域, 该区域现场实测剂量为 12~210 mGy/h, 按照近似的距离平方反比的关系, 由距焦点 500 cm 处的杂散辐射剂量推算出 150 cm 和 200 cm 处的剂量率分别为 26 mGy/h 和 14 mGy/h, 与实测剂量水平相当, 进一步说明了在 γ 刀的主散射区内, 靶外剂量分布以焦点为散射中心基本遵循相应的距离平方衰减规律。同时, 图 7 的测量结果也表明, γ 刀治疗室内的主散射区作为主屏蔽防护墙设计, 将治疗室的入口防护门设置在次散射区的屏蔽设计方案是合理的。

在临床上, γ 刀的剂量学性能参数是关乎患者治疗剂量的核心指标。在立体定向放疗中, 病灶定位的准确性是关键, 只有精确的定位才能保证将处方剂量充分有效地传递到靶区的病变组织^[3-5], 否则不但使靶区漏照而不能治愈肿瘤, 而且还将对病灶旁的正常组织或重要器官造成不可逆的放射损

伤。其次, 焦点剂量率和剂量场的特性参数直接影响靶区的剂量分布和剂量水平, 同时也是与肿瘤的治疗效果密切相关的。在我国 GBZ168—2005《X γ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》中规定, 新安装 γ 刀的焦点剂量率不低于 2.5 Gy/min, 常规运行的 γ 刀的焦点剂量率不低于 1.5 Gy/min, 这对于初次装源有效活度不低于 185 TBq (5 000 Ci) ^{60}Co 的头部 γ 刀来说显然不成问题, 就该 OUR 旋转式头部 γ 刀而言, 本次装源 220 TBq, 焦点剂量率 351 cGy/min (ϕ 18 mm), 按照 ^{60}Co 源的衰变系数估算, 该 γ 刀在临床上使用 6~7年仍可维持国家标准规定的焦点剂量率要求, 但每年的定期剂量学参数查验是非常必要的。另外, 在国家标准中, 虽没有明确规定 γ 刀的相对头盔因子、均整度和对称性等剂量学指标的标准值, 但每一台 γ 刀的生产厂家均给出相应的企业指标, 在对 γ 刀的剂量学参数验收时应确认其是否满足企业指标。当然, 剂量学参数中的半影指标对于整台 γ 刀剂量学性能的评价有着较高的分值, 因为半影的大小直接反映出 γ 刀的锐利程度, 半影越小说明靶剂量区边缘越锐利, 则靶邻近正常组织受照的风险越小^[6-7]。国家标准中对半影指标 P 的规定为: $P_{\phi 18\text{mm}} \leq 12\text{mm}$, $P_{\phi 14\text{mm}} \leq 10\text{mm}$, $P_{\phi 8\text{mm}} \leq 6\text{mm}$, $P_{\phi 4\text{mm}} \leq 4\text{mm}$, 从表 1 可知, 该 γ 刀 4 套准直器的半影指标满足此要求, 与企业指标比较, 两者也是基本相吻合, 但医院应将此指标作为 γ 刀每年的常规剂量学验证项目之一。

至于 γ 刀的安全联锁与安全设施, 很多厂家在设计中均参照了 GB16361—1996《医用 γ 射线远距治疗设备放射卫生防护标准》的相关条款, 总体目标是防止人员受到意外照射和避免患者受到错误照射, 这其实是放射治疗中的一个基本的安全要求。本次安装只是查验了该 γ 刀主要的安全联锁设

施, 它们均是针对 OUR 旋转式头部 γ 刀而言的, 但对于其它厂家生产的 γ 刀、对于体部 γ 刀和 X 刀来说可能并不适合。因为不同 γ 刀存在设备个体和型号的差异, 在治疗系统的结构和安全设施的逻辑关系上可能有所不同, 从而必须针对不同 γ 刀的设备特征设计符合该 γ 刀运行模式的安全设施和联锁运行系统, 这样才能真正保证 γ 刀设备的安全有效运行。 γ 刀的安全联锁与安全设施的查验在每次的常规运行中是必不可缺少的。

参考文献:

- [1] Chia DT, Sham JS, Huang KN, et al. Stereotactic radiosurgery as a salvage treatment for locally persistent and recurrent nasopharyngeal carcinoma [J]. *Head Neck* 1999; 21 (7): 620-626
- [2] 郎锦义, 李建, 吴大可, 等. 立体定向放射治疗照射野剂量分布特点及应用 [J]. *中国医学物理杂志*, 2003; 20 (1): 9-12
- [3] 马永忠, 王时进, 苏旭. 立体定向放射治疗系统定位精度的测量与分析 [J]. *中国卫生工程学*, 2005; 4 (6): 367-370
- [4] Holmes TW, Hudes R, Dzuba S, et al. Stereotactic image-guided intensity modulated radiotherapy using the HILART II helical tomotherapy system [J]. *Medical dosimetry* 2008; 33 (2): 302-308
- [5] Jin JY, Ryu S, Faber K, et al. 2D/3D image fusion for accurate target localization and evaluation of a mask based stereotactic system in fractionated stereotactic radiotherapy of cranial lesions [J]. *Medical Physics* 2006; 33 (12): 4557-4565
- [6] 马永忠, 王时进, 苏旭. 立体定向放射治疗中靶外剂量分布的研究 [J]. *中国职业医学*, 2006; 33 (2): 94-97
- [7] Hoffmann L. Implementation and experimental validation of the high dose rate stereotactic treatment mode at Varian accelerators [J]. *Acta Oncologica* 2009; 48 (2): 201-208

某涂装生产线职业病危害控制效果评价

A assessment of control effect on occupational hazards in painting line

米兆娟, 潘行杰, 安月东, 林志宁

MI Zhaojuan, PAN Xingjie, AN Yue dong, LIN Zhining

(烟台市疾病预防控制中心, 山东 烟台 264003)

摘要: 应用现场职业卫生学调查、检测检验法识别和分析某涂装生产线存在的职业病危害因素及危害程度, 评价职业病危害防护措施的效果。结果显示该项目职业病危害防护措施基本有效, 但部分岗位危害存在超标, 依据建议整改, 可进一步降低职业病发病风险。

关键词: 涂装; 职业病危害; 控制效果

中图分类号: R134.1 **文献标识码:** B

文章编号: 1002-221X(2011)03-0220-04

为贯彻落实国家有关职业卫生法律、法规、标准及规范,

从源头控制或消除职业病危害, 保障劳动者健康, 本文对某涂装生产线项目进行了职业病危害控制效果评价。

1 内容和方法

1.1 评价依据

以《中华人民共和国职业病防治法》、《使用有毒物品作业场所劳动保护条例》和《建设项目职业病危害分类管理办法》等作为评价的法律、法规依据; 以《工业企业设计卫生标准》(GBZ1—2010)、《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ2.1—2007)、《工作场所有害因素职业接触限值第 2 部分: 物理因素》(GBZ2.2—2007)和《建设项目职业病危害控制效果评价技术导则》(GBZ/T197—2007)等作为评价的标准和技术规范依据; 以工作场所职业卫生学调查的情况与检测资料等作为评价的基础依据。

1.2 评价内容

收稿日期: 2011-02-16 **修回日期:** 2011-04-08

作者简介: 米兆娟 (1982—), 女, 医师, 硕士, 主要从事职业病危害评价工作。