

某医院医用电子直线加速器辐射防护设计评价

李新林¹, 张聚敬²

中图分类号: R145 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2008)03-0294-02

【摘要】 目的 评价加速器机房建设项目辐射防护设计的可行性, 有效控制职业病危害, 保障放射工作人员和公众的安全。方法 依据国家相关的放射卫生标准, 按辐射防护的基本原则对加速器放射治疗室屏蔽设计进行剂量估算和评价。结果 屏蔽设计计算结果均符合国家标准要求。结论 该加速器治疗室辐射屏蔽设计合理, 能达到预期的评价目标。
【关键词】 加速器; 辐射屏蔽; 剂量; 评价

某医院为新疆阿勒泰地区目前唯一一家购置医用电子直线加速器的医院, 其主要任务是为了满足当地居民的肿瘤治疗需求, 降低患者的治疗费用, 提高当地的医疗服务质量和救治水平。

1 项目基本情况

BJ-6B/400型医用电子直线加速器, 能量为 6MV。该加速器设在医院北区, 为相对独立建筑物。治疗室面积 89m², 高度为 380mm 主束束投照方向位于治疗室东、西两侧地面和屋

作者单位: 1 阿勒泰地区疾病预防控制中心, 新疆 阿勒泰 836500
2 新疆维吾尔自治区疾病预防控制中心
作者简介: 李新林(1960~) 新疆阿勒泰人, 副主任医师, 从事放射卫生防护工作。

手术室应设专用机房, 如同医院影像中心一样, 最少应设骨科专用手术室 1~2 间。根据我院的具体情况, 现在新建外科大楼对骨科手术室新建 X 线机房的防护应考虑机房的防护, 不应等到机房建成后才发现有问题, 一定要从机房建设前开始抓, 严把建设项目职业病危害预评价的评审关。不能等到机房建成进行控制效果评价时才发现问题再整改, 这样既经济损失较大, 执行起来又较困难, 这也是我们骨科医生应向院方提出骨科设手术专用防护机房早期意向。我院按有关放射防护法规与防护要求, 新建外科大楼骨科专用 X 射线机房有两间, 其门、窗、墙采取了防护措施, 有待卫生监督部门监测验收。

2.2 树立责任心, 增强防护意识 群体防护的法律意识增强: 随着公众的防护意识不断增强, 将会有越来越多的公众受检患者、同室患者和陪同病人的人员, 运用法律的武器维护自己的合法权益, 如整复透视和床边多次摄影时, 认为进行 X 射线的照射, 给病人增加额外的经济负担, 又不采取必要的防护措施时, 为医生不作为。作为医生应该考虑到院内院外的诊疗 X 射线片的时间, 根据具体情况具体对待。因此, 作为我们医生要有强烈的责任心。熟练的 X 射线摄影技术, 具有高度的防护意识, 合理正当的运用 X 射线。

2.3 最优化运用 X 射线 加强对受检患者的防护: 由于受检患者为疾病诊治有意接受 X 射线整复、微创和病房床边摄影, 其类型多样, 由于照射条件、照射方式、照射部位和频次等受照对象和所用设备, 防护设施的差别, 所受照的剂量大小不同, 因此要对不能移动的受检患者和陪同人员尽可能利用可移动的铅屏风屏蔽, 并对受检患者非投照部位, 尤其是胎儿、儿童是生长发育的关键时期, 对 X 线又敏感, 所以对孕妇和儿童的 X 射线检查要严格掌握适应症, 即使必要的检查, 也要最优化应用 X 射线束。在不影响获取最佳 X 射线诊断信息的前提下, 应采取“高电压、低电流、厚滤过、小射野”; 另一方面, 利用铅帘、铅床罩等铅橡皮进行遮挡, 从而尽可能使 X 射线的辐射损伤减少到

顶, 治疗室主防护墙厚 240mm 次防护墙厚 120mm 屋顶厚度全部为 140mm 外加 90mm 厚保暖防护层(屋顶无建筑物和人员停留), 迷路内墙厚 100~70mm 迷路外墙厚 70~100mm 防护门屏蔽效果不低于 6mm 铅当量。所有墙壁和屋顶均采用密度为 2.35g/cm³ 的钢筋混凝土浇筑。

2 评价方法

对电离辐射屏蔽效果采用理论估算法进行分析评价。采用类比法对辐射剂量理论估算值进行验证分析评价。

2.1 辐射屏蔽剂量估算方法

2.1.1 辐射源参数 辐射源种类: 6MeV 医用电子直线加速器; 辐射源与等中心距离 1m 远处的剂量率 400cGy·m²·h⁻¹; X 射线辐射野: 有用线束的半张角 14°; 最大辐射野为 40cm×40

最低程度。

2.4 骨科医生享有的待遇 我院为确保劳动者的权利, 对骨科人员, 从 1977 年开始进行健康体检, 每 2 年一次, 2003 年后, 每年体检一次, 共体检 17 次; 1987 年进行个人剂量监测以来, 个人剂量计佩戴率为 100%。近几年来, 个人剂量计佩戴率较低; 每年对骨科手术室和骨科病房的 X 射线机的现场和周围环境的剂量监测; 故考虑到劳动者的权利和义务, 使骨科人员健康权益得到充分尊重和维护; 我院遵循了《职业病防治法》^[3] 中的有关条款、项等内容, 从健康监护中, 包括健康体检、个人剂量监测、保健津贴等, 骨科除保健津贴不一样外, 与院影像中心应享有的待遇基本相同, 也建立了健康档案、个人剂量档案、X 射线机防护档案^[4]。骨科医生办理了放射工作人员证, 上岗前体检, 防护知识的培训, 上岗后的复训, 我们骨科医生深知, 整复透视和摄影时应按操作规程对病人防护应采取有效的防护措施, 不应因为怕麻烦和没有必要等因素而未采取必要的防护措施, 这是不作为的行为, 因此, 今后我们需要加强自我防护意识, 提高自我保护能力, 加大对防护用品和防护设备的使用率, 严格按照放射防护法规, 继续做好个人剂量计的监测, 不断提高自主管理水平, 进一步减少和避免骨科人员和公众的不必要的照射, 确保其健康与安全。

参考文献:

[1] 郭玉松, 刘锐, 李宏, 等. 1986—2001 荆州市放射工作人员个人剂量监测管理[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2003 23(5): 372—373
[2] GBZ 130—2002 医用 X 射线诊断卫生防护标准[S].
[3] 中华人民共和国职业病防治法[S].
[4] 赵伯明, 张记恩, 余斌斌, 等. 某医院放射防护管理 30 年 [J]. 中国辐射卫生, 2007 16(3) 288—289

(收稿日期: 2008-02-21)

40 m照射频率; 以向下或向双侧平照为主, 向下照射频率取值 1/2 两侧照射频率取值 1/4 向上照射频率取值 1/10 项目工作量: 根据该医院的实际情况, 每周治疗患者最大工作量不超过 25人, 每人平均照射 2 0野, 每野平均剂量 200 cGy 每年按 50个工作周计算。每年最大输出量不超过 5 0×10⁵ cGy 按未来发展, 每周治疗患者最大工作量 50人计算每年最大输出量不超过 1. 0×10⁶ cGy

2 1 2 主射线屏蔽剂量计算方法 主射线朝向屏蔽后剂量按下式计算:

$$D = \frac{D_0}{R^2} \prod_{i=1}^n 10(d_i - TVT_i + TVT_E) / TVT_E \quad (2-1)$$

式中: D为计算点剂量率 (μ Gy h⁻¹); D₀ 为距靶 1m处辐射输出剂量率 (μ Gy m² h⁻¹); R为计算点到源点的距离 (m); d_i为第 i种屏蔽体的厚度 (cm); TVT_i为第 i种屏蔽体的第一个十分之一值层厚度 (34. 5cm); TVT_E为第 i种屏蔽体的平衡十分之一值层厚度 (33. 8cm)。

2 1 3 散射线剂量

$$D_s = \frac{D_0 S_a}{R^2 R_s} K - 1 \quad (2-2)$$

式中: D_s为计算点散射剂量率 (μ Gy h⁻¹); D₀ 有用线束距离靶点 1m处剂量率 (μ Gy m² h⁻¹); S为散射体面积 (m²); R_r分别为源点到散射点, 散射点到计算点的距离 (m); a为散射系数。

2 1 4 天空反散射

$$D_{反散射} = 0.25 \times 10^{-2} \frac{D_0 \Omega^{1.3} K^{-1}}{R_s R_r} \quad (2-3)$$

式中: D反散射为计算点反散射剂量率 (μ Gy h⁻¹); D₀ 为距靶点 1m处辐射剂量率 (μ Gy m² h⁻¹); Ω 为散射立体角 (度); R_r靶至室顶外表面上方 2m处的距离; R_s靶至观察位置的距离 (m)。

2 2 剂量估算分析评价

2 2 1 有用线束屏蔽后的辐射剂量 根据设计图纸给出数据, 用公式 2-1计算得出屏蔽后的辐射剂量见表 1。

表 1 有用线束屏蔽前、后的辐射剂量

地点	辐射原点到 屏蔽墙距离 R(m)	屏蔽墙 厚度 d (cm)	辐射衰减 因子 (K ⁻¹) 6m时	辐射剂量率 (μ Gy h ⁻¹)	
				屏蔽前	屏蔽后
东侧	9. 0	240	8. 3×10 ⁻⁸	3. 0×10 ⁶	0. 25
西侧	5. 4	240	8. 3×10 ⁻⁸	8. 2×10 ⁶	0. 68
顶侧	4. 9	140+90(保温层)	1. 5×10 ⁻⁶	1. 0×10 ⁷	15. 0

该估算剂量表明主防护墙外剂量已达到公众剂量水平^[1]。屋顶外表面最大剂量为 15. 0μ Gy h⁻¹, 其距源 20m处天空反散射剂量率为 1. 3×10⁻³μ Gy h⁻¹, 由于治疗室建筑为单层, 屋顶上没有人员经过和停留, 天空反散射剂量率很低, 屋顶防护厚度符合防护要求。

2 2 2 加速器散、漏射线屏蔽后的辐射剂量 根据设计图纸给出数据, 散射线按公式 2-2 (K⁻¹=2. 74×10⁻⁵) 漏射线用公式 2-1(其中泄漏系数为 0. 2%, TVE为 22. 6cm)得出屏蔽后的辐射剂量见表 2。

表 2 加速器散、漏射线屏蔽后的辐射剂量

地点	辐射原点到 屏蔽墙距离 R(m)	屏蔽墙厚度 d (cm)	辐射剂量率 (μ Gy h ⁻¹)
南侧墙外	4. 6	120	0. 11
北侧墙外	7. 7	170	<1. 0×10 ⁻³
东侧次防护墙	11. 0	146	0. 35
西侧次防护墙	6. 6	146	0. 69
屋顶次防护墙	4. 9	140+90(保温层)	<1. 0×10 ⁻³

通过对治疗室四周不同方向散、漏射线剂量估算表明, 放射治疗室四周次防护屏蔽墙外辐射剂量率均达到公众剂量水平。

2 2 3 防护门屏蔽效果 该处的辐射剂量主要来自散、漏射线。散射线透过迷路内墙的透射辐射, 在患者体表上发生 45° 散射在墙内表上产生的二次散射。

漏射线透过迷路内墙的透射辐射, 主线束中心轴与防护门位置呈 45°角, R=790cm 屏蔽前剂量率为 7. 7×10³μ Gy h⁻¹; 迷路混凝土内墙斜厚度 d=141cm K⁻¹为 6. 7×10⁻⁵, 门外辐射剂量率: 7. 7×10³×6. 7×10⁻⁵=0. 5(μ Gy h⁻¹)。

散射线透过迷路内墙的透射辐射: 从病人体表散射至门口的散射角约 60°, 散射系数约为 1. 1×10³, 6MVX射线 60°散射的屏蔽 TVE为 20cm 经迷路内墙屏蔽后, 辐射剂量率约为 1×10³μ Gy h⁻¹。考虑到患者体表发生的 45°散射在墙内表上产生的二次散射的散射辐射, 防护门到对面墙表的距离为 11. 6m 此墙表距散射点约为 10m 二次散射角约 135°, 其能量<0. 5 MeV 防护门 (6mmPb)外的剂量率不会超过 1μ Gy h⁻¹。

2 2 4 辐射剂量类比分析与评价 参照 1998 年解放军第四十四医院购置的同类产品 GJ-6B型医用电子直线加速器, 防护设施设计和屏蔽效果现场测量数据^[2]与本案估算值比较见表 3。

表 3 机房周围的辐射水平 (×10⁻⁶μ Gy h⁻¹)

测试点	设计厚度 (cm)	本案 (混凝土 cm)	实测值	本案 估算值
主防护墙				
墙外	240	240	0. 18	0. 68
顶部	150	140	0. 57	15. 0
次防护墙				
墙外	120	120	0. 14	0. 35
墙外	120	120	0. 46	0. 69
顶部	150	140	0. 52	0. 001
机房门	5mmPb	6mmPb	0. 53	1. 0

从表 3 可以看出, 本案辐射剂量估算值与实测值基本吻合, 还偏于保守, 预计按本设计方案建设, 现场实际剂量要低于理论估算值。

2 2 5 受照剂量估算 工作人员受照剂量估算: 为充分考虑放射工作人员的辐射安全, 设最大工作量每周治疗患者 50人, 每个患者治疗时间为 2min 取 2倍安全系数, 放射工作人员受照有效剂量当量为:

$$0.68 \times 50 \times 2 / 60 \times 50 \times 2 = 0.11 \text{ (mSv a}^{-1}\text{)}$$

放射工作人员的年受照剂量 0. 11mSv 低于国家标准中对一般公众的有效剂量当量限值。

公众的受照剂量估算: 新建放射治疗室四周无长期滞留人员, 短期停留的主要是在该区域工作的非放射工作人员, 候诊病人和陪护人员。设居留因子 T为 1/4 墙外辐射剂量率按 1μ Gy h⁻¹计算, 公众的附加受照剂量当量不超过 0. 1mSv a⁻¹, 新建治疗室不会对公众造成辐射影响。

3 结论

该医院直线加速器放射治疗室辐射屏蔽设计剂量估算, 防护墙外辐射剂量率小于 1. 0μ Gy h⁻¹; 工作人员年累积受照剂量远远低于国家标准规定的年剂量限值; 场所外围公众年累积受照剂量低于国家标准规定的年剂量限值的 1/10(0. 1mSv a⁻¹)。按此防护屏蔽设计方案保证施工质量, 可以达到预定防护效果。

参考文献:

- [1] GB18871—2002 电离辐射防护与辐射安全基本标准[S].
- [2] 茅佩兰, 李舟, 魏涛, 等. 医用电子直线加速器机房放射防护设计 1例[J]. 中国辐射卫生, 2002 11(2): 116

(收稿日期: 2008—03—10)