

关于赛博刀机房的辐射屏蔽计算与评价

彭建亮, 娄云, 马永忠, 冯泽臣, 王时进

中图分类号: R145 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2010)02-0165-02

【摘要】 目的 研究赛博刀机房的屏蔽估算方法, 为赛博刀机房屏蔽设计与评价提供技术依据。方法 采用 NCRP151号报告中放疗机房屏蔽的计算方法, 对某一典型赛博刀机房关注点的剂量水平进行了估算, 并参照最新颁布的《放射治疗机房的辐射屏蔽规范》GBZ/T201.1-2007中提出的治疗机房辐射屏蔽的剂量参考控制水平, 对赛博刀机房防护效果进行评价。结果 该机房屏蔽满足放射治疗机房外控制区放射工作人员剂量控制水平的要求, 但不满足剂量当量率控制水平的要求; 赛博刀因其自身治疗技术特点, 防护设计时应重视泄漏辐射和有用束的剂量叠加。结论 对于赛博刀机房的屏蔽设计与评价, 若只考虑累积剂量控制水平的要求, 则必须考虑泄漏辐射和有用束的剂量叠加作用; 若同时考虑剂量率控制水平的要求, 可忽略泄漏辐射, 累积剂量将远小于控制目标值。

【关键词】 赛博刀; 有用束; 泄漏辐射; 工作负荷; 累积剂量; 剂量率

赛博刀是一种新型立体定向放射治疗装置^[1], 由美国 Stanford大学医疗中心脑外科与 Accuray公司合作研发, 1994年投入使用。它集影像引导系统和高准确性的治疗系统于一身, 将一个 6MV X射线的轻型电子直线加速器安放在一个有 6 个自由度的机械臂上, 通过影像处理系统制定治疗计划, 以准确剂量的放射线束“切除”肿瘤。随着国民经济的迅速发展和人民生活水平的不断提高, 人们对医疗设备的需求也逐步增长, 为此我国一些省市的医院相继引进了赛博刀装置。

赛博刀在放射治疗应用中, 采用非等中心且从不同方向, 以几百个小的圆形照射野(直径一般为 1.5 cm)照射肿瘤部位, 主射束能照射到治疗室机房的大部分墙面上^[2]。因此赛博刀机房的设计不同于普通加速器机房, 为保障放射工作人员和公众的安全, 也为了机房设计的最优化, 在此对赛博刀的机房防护予以关注。

1 材料与方法

1.1 研究对象 以某一典型的赛博刀机房为例, 介绍机房屏蔽估算和评价方法。表 1 和图 1 分别给出了赛博刀的主要性能指标和机房的布局图。

表 1 赛博刀的主要性能指标

项 目	性能指标
射线能量	X射线, MV 6
有用束距靶 80 cm 治疗野处的剂量率	4 Gy/min
X射线泄漏辐射因子	10 ⁻³
治疗野处的照射野	0.5 m~6 m

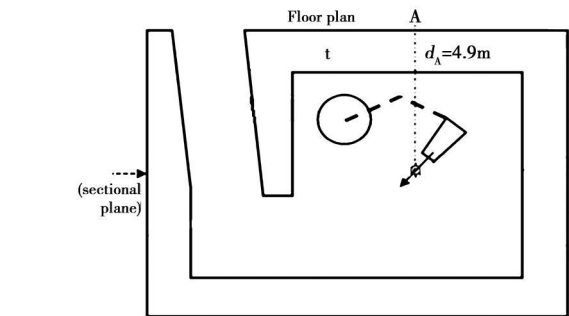


图 1 一典型赛博刀机房布局图

作者单位: 北京市疾病预防控制中心, 北京 100013
作者简介: 彭建亮(1978-), 男, 山西省人, 医师, 从事放射诊疗设备的质量控制、检测与评价工作。

1.2 屏蔽估算与评价方法^[3-4] 使用 NCRP151号报告中机房屏蔽的计算方法, 对图 1所示的赛博刀机房外关注点 A 的剂量水平进行了屏蔽估算, 以举例说明计算和评价方法。

A点为治疗室北墙外 30 cm处的一关注点, 所在场所为赛博刀控制室, 治疗室北屏蔽墙 为 165 cm的混凝土墙, 取有用束(主束)、泄漏辐射在混凝土中的十分之一衰减厚度(TVL)均为 33 cm。赛博刀预期每日治疗 8个病人, 平均每个病人 12.5 Gy, 一周工作 5日。工作负荷 W=8×5×12.5=500 Gy/week

因赛博刀辐射源至治疗靶距离为 80 cm, 换算到 1m处的周工作负荷为: W_{pr}=320 Gy/week

漏射线周工作负荷为 W_L=C₁W_{pr}=15×320=4800 Gy/week C₁为赛博刀调强因子, 取 15^[5]。

根据 NCRP151号报告的剂量估算方法, A点有用束与漏射线的瞬时剂量率以及累积剂量当量可由下式计算得到:

$$DR_{pr} = D_0 (d_A + 0.8)^{-2}$$
 (1)

$$DR_L = (10^{-3}) DB_L d_A^{-2}$$
 (2)

$$R_w (Pr) = DR_{pr} W_{pr} U_{pr} (D_0)^{-1}$$
 (3)

$$R_w (L) = DR_L W_L (D_0)^{-1}$$
 (4)

上述公式中: DR_{pr}、DR_L为有用束和泄漏辐射的瞬时剂量率, μSv/h D₀为有用束距靶 1m处的剂量率, 1.54×10⁸ μGy/h B、B_L分别为有用束和泄漏辐射透射因子; R_w(Pr)、R_w(L)分别为关注点有用束和泄漏辐射的累积剂量 μSv W_{pr}、W_L分别为有用束和泄漏辐射周工作负荷, 分别为 320 Gy/week、4800 Gy/week U_{pr}为赛博刀向关注点 A 的方向照射的使用因子, 0.05 d_A为赛博刀典型治疗靶点的位点到关注点 A 的距离, 4.9m

2 结果

由上述公式计算得到: 关注点 A 有用束和泄漏辐射的瞬时剂量率分别为 47 μSv/h、0.064 μSv/h 有用束和泄漏辐射的累积剂量分别为 5 μSv、2 μSv。结果表明关注点 A 的周剂量为 7 μSv 小于《放射治疗机房的辐射屏蔽规范》GBZ/T201.1-2007中放射治疗机房外控制区的工作人员周剂量控制水平(≤100 μSv/周), 而瞬时剂量率远大于 2.5 μSv/h 不满足周围剂量当量率参考控制水平。

表 2给出了关注点 A 屏蔽墙不同厚度时对应的周剂量和瞬时剂量率水平。可见, 若屏蔽墙加厚到 208 cm混凝土时, A 点瞬时剂量率降为 2.4 μSv/h 周剂量降为 0.35 μSv 可满足《放射治疗机房的辐射屏蔽规范》提出的要求。在此, 若假设 A 点所在区域不是控制室, 而是人员居留因子较小(T≤1/2)的区域, 则可按 10 μSv/h 的瞬时剂量率水平考虑墙屏蔽。

表 2 屏蔽墙不同厚度时对应的剂量水平		
屏蔽厚度 (砼, cm)	周剂量 (μ Sv)	瞬时剂量率 (μ Sv/h)
165	7	48
188	1.4	10
208	0.35	2.4

本次计算中未考虑病人散射对关注点的剂量贡献, 因为同泄漏辐射相比, 散射剂量很小, 可忽略不计。

3 讨论

(1)赛博刀机房外关注点的剂量水平与工作负荷直接相关, 确定周工作负荷是辐射屏蔽计算中最重要的一环。由以上计算结果可知, 关注点 A 泄漏辐射剂量率远小于有用束剂量率, 但累积剂量达到了有用束周剂量的 40%。这是由于赛博刀治疗技术属于适形调强技术, 与普通放射治疗技术相比, 在照射方式以及治疗时间方面有其自身特点。赛博刀对肿瘤靶组织采用几百个小的圆形照射野, 从不同方向照射肿瘤部位, 出束时间是常规放疗的约 300 倍, 增加了泄漏辐射工作负荷。从防护角度考虑, 调强因子 C_1 值相对较大 (一般取 15), 即由于大量小的照射野, 同常规治疗比较, 对病人给予相同的预置剂量, 需要的 MU 要多很多。可见, 对赛博刀机房来说, 若只采用累积剂量控制水平进行屏蔽设计或评价时, 不能忽视泄漏辐射工作负荷, 要充分考虑到泄漏辐射对关注点的剂量。

(上接第 164 页)

3.2 设备防护性能差 介入放射学使用的设备防护性能差。目前介入放射学不仅在条件较好的大医院普遍开展, 在许多地县级医院也已大量开展。我国用于介入放射学的 X 射线装置既有传统的 X 射线机 (包括带有影像增强系统的床上球管机和床下球管机), 也有配备数字减影 (DSA) C 形臂 X 射线机两种, 只有 DSA 数字减影血管造影技术是介入放射学专用设备, 目前许多医院还仍然用传统的 X 射线机来进行介入放射学诊断和治疗, 导致介入放射学诊治患者受到较高剂量照射。

3.3 无患者防护用品 多数医院都没有用于患者介入放射诊治的防护用具, 特别是防护性能好、使用方便的防护用品, 医院普遍没有对患者非诊疗部位的防护措施。

3.4 只追求经济效益 医院领导存在重效益轻防护的思想, 既对放射工作人员的辐射防护不够重视, 更不注意对患者的防护问题。

4 介入放射学操作患者的辐射防护

在介入放射诊治时, 患者受到相当高的剂量照射更是不容忽视, 他们受照射剂量明显高于介入放射工作人员。虽然介入照射是为了诊治病人, 也应该遵循最优化原则, 尽量减少患者受照剂量。

4.1 提高人员素质 加强对介入放射学工作者放射卫生法规和防护知识的培训, 提高医疗单位和医务人员重视病人辐射防护的自觉性, 使他们意识到既要保护医生也要保护患者。应建立培训和资格制度, 使介入放射学的人员具备有关的辐射防护知识, 考核后持证上岗。

4.2 配备并使用患者防护用品 严格按照卫生部颁发的 34 号令规定的“对受检者临近照射野的敏感器官和组织进行屏蔽防护”的要求^[3], 正确使用辐射防护装置和防护用品, 屏蔽防护患者的非照射野敏感器官, 特别是儿童先天性心脏病, 他们正处于生长发育期, 对射线非常敏感, 必须保护他们的眼、甲状腺

(2)在赛博刀机房防护中, 会出现这样一种情形: 关注点的周剂量会很小, 但瞬时剂量率很大, 可能达到几十或几百 μ Sv/h 而这种高剂量率的照射即便时间很短, 对工作人员或公众来说都是难以接受的。因此我们建议在对赛博刀机房屏蔽设计和评价时, 关注点的剂量水平应同时考虑《放射治疗机房的辐射屏蔽规范》GBZ/T201.1—2007 中剂量率控制水平的要求。

综上所述, 对于赛博刀机房的屏蔽设计与评价, 若只考虑累积剂量控制水平的要求, 则必须考虑泄漏辐射和有用束的剂量叠加作用; 若同时考虑剂量率控制水平的要求, 可忽略泄漏辐射, 累积剂量将远小于控制目标值。

参考文献:

[1] 杨树欣. 最新的放射治疗设备——赛博刀 (CyberKnife) 介绍 [J]. 装备技术, 2007(3): 25—27
[2] 张敏. 赛博刀的原理及临床应用 [J]. 国外医学临床放射学分册, 2006 29(5): 357—360
[3] GBZ/T201.1—2007 放射治疗机房的辐射屏蔽规范 [S].
[4] NCRP Report No. 151. Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X— and Gamma— Ray Radiotherapy Facilities [R]. 2005
[5] Rodgers JE. CyberKnife treatment room design and radiation protection [J]. Robotic Radiosurgery 2005 1: 41—50

(收稿日期: 2009—11—11)

和性腺。可以利用 0.5mm 铅橡皮覆盖在患者身上 (或铺在患者身下), 仅暴露导视部位。

4.3 合理投照 在保证临床影像质量要求达到诊疗效果的前提下, 尽可能地降低病人受照剂量。选择合理的投照参数, 尽量降低介入时 X 射线机投照条件 (管电压和管电流), 在可能的条件下, 降低管电压和管电流, 遮光器尽量调小, 减少散射。

4.4 减少曝光时间 曝光时间长短直接影响介入放射操作的剂量水平, 提高放射介入工作人员的技术水平, 熟练操作, 操作前做好准备, 尽可能考虑到术中可能发生的各种情况, 减少介入操作时间, 降低患者受照剂量。

4.5 严格掌握适应症 严格控制介入诊治的适用范围, 制定介入放射性操作的辐射防护法规及其有关的技术标准, 规范操作。

4.6 更新设备以提高防护性能 不断更新介入放射诊疗的专用设备, 选择性能良好的 X 射线机减少患者的受照剂量, 尽量选用球管在下的 X 射线机进行介入放射诊治, 以采用 DSA 专用设备为最佳选择。

4.7 病人的剂量监测 对患者的受照剂量应当进行必要的监测, 特别是在开展复杂的介入放射性操作时, 应测量患者受照剂量, 并记录监测结果。介入放射学医务人员应了解一般的介入操作对病人照射的剂量范围, 介入放射操作之前应告知患者操作可能造成的放射损伤。

参考文献:

[1] 联合国原子辐射效应科学委员会. 电离辐射源与效应 [R]. 太原: 山西科学技术出版社, 2002
[2] Pukkila Q, Karila K. Interventional Radiology—A new challenge for Radiation Protection [R]. Nordic Society for Radiation Protection Ronneby 1990
[3] 中华人民共和国卫生部. 医用 X 射线诊断放射卫生防护及影像质量保证管理规定 [S]. 1993 10 3

(收稿日期: 2009—09—25)