

加速器放射治疗潜在照射风险分析

冯泽臣,王时进

北京市疾病预防控制中心 北京 100013

摘要: 目的 通过对加速器放射治疗工作人员和公众受潜在照射的危险概率的分析,为辐射危害评价提供参考。方法 基于加速器放射治疗设置的辐射安全设施,分析加速器放射治疗工作人员和公众受潜在照射的危险概率。结果 放射工作人员的年总潜在照射危险概率为 1.8×10^{-4} ,公众成员年总潜在照射危险概率为 6×10^{-7} ,符合 ICRP 103 建议的年危险概率约束值。结论 在潜在照射控制上,加速器检测与维修环节较患者常规放射治疗更为重要,防止人员误留在加速器室内受意外照射是需要强调的环节。

关键词: 潜在照射;危险概率;加速器

中图分类号: R815.6 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2016)04-0463-02

DOI:10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2016.04.031

恶性肿瘤是威胁人类健康的主要疾病之一,加速器放射治疗是重要的治疗手段。在正常治疗照射情况下,辐射屏蔽设计可确保工作人员和公众所接受的受照剂量满足剂量管理目标的要求,在意外情况下,工作人员和公众可能误入或误留在加速器机房内受到潜在

照射。分析工作人员和公众潜在照射的危险概率,对辐射防护与安全具有重要意义。

1 潜在照射年危险概率约束值

潜在照射危险概率关联因素框架结构如图 1。

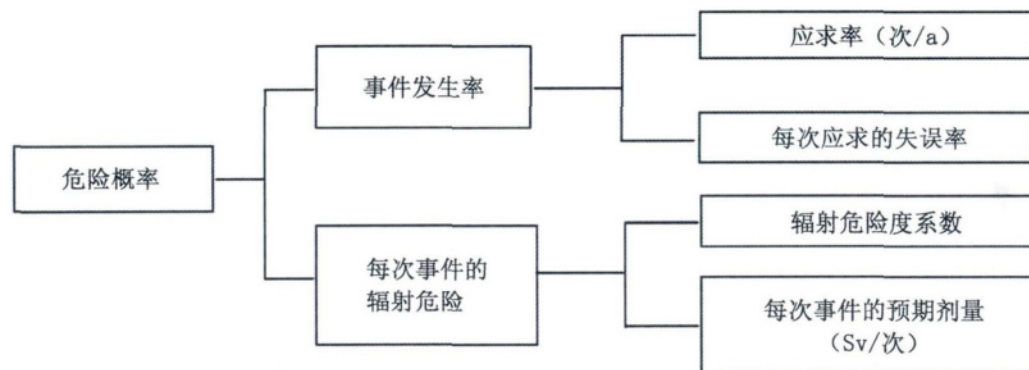


图 1 潜在照射危险概率关联因素框架结构图

应求率指每年需要使用、接近辐射源及装置的次数;每次应求的失误率指防止发生意外的安全设施每次应求的失误概率;按 ICRP103 号报告^[1],辐射危险度系数取为 $4.2 \times 10^{-2}/\text{Sv}$ 。

ICRP103 号报告建议的辐射潜在照射年危险概率的约束值如下:放射工作人员: 2×10^{-4} (相当于平均 5mSv/a);公众: 1×10^{-5} 。

2 加速器放射治疗照射的辐射安全设施及危险概率分析

2.1 辐射安全设施分组 按辐射安全设施的位置

作者简介:冯泽臣(1985-),男,辽宁营口人,主管技师,从事辐射防护工作。

分成以下三组: A 组:控制台处的安全设施,包括:控制台出束指示灯、声响;出束的计时器和剂量(剂量率)显示;出束控制钥匙的位置显示;摄像屏幕显示;固定式剂量仪的声响、指示灯与剂量率显示等信息。 B 组:治疗机房入口门外的照射状态指示灯和“防护门-治疗照射联锁”。 C 组:治疗机房内治疗装置的治疗照射声响,治疗床上有否患者及治疗照射中治疗头的旋转移动等可直接视见的信息;治疗装置和治疗室壁上的紧急停机按钮等。

2.2 进入治疗室的应求率 放射治疗工作人员治疗病人时:设每日治疗 60 人,每年 250 d,每患者治疗照射前和照射结束后各进入机房一次,年应求率为 3×10^4 次。

维修与剂量检测时: 设平均每周 20 人次, 每年 50 周年累加应求率为 10^3 次。

非放射工作人员(包括患者家属、患者护理人员、卫生员等): 设为每天 10 人次, 年应求率为 2.5×10^3 次。

2.3 意外事件时人员受照剂量 设泄漏辐射因子为 10^{-3} , $20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ 治疗野的 90° 散射辐射因子 α_{ph} 为 4×10^{-4} , 一次治疗照射患者吸收剂量为 2 Gy, 误入人员处于距等中心 1 m 附近, 人员一次误入受照剂量取 10 mSv 估计值, 相应的辐射危险为 4×10^{-4} , 相应危险概率约束值的事件发生概率应小于 0.5 次/a。

2.4 意外事件危险概率分析

2.4.1 放射工作人员误照射

2.4.1.1 常规放射治疗时放射工作人员误照射 ①治疗时误入机房: 未顾及 A 组信息的失误率为 10^{-3} ; B 组设施失误率为 10^{-3} ; 未顾及 C 组信息的失误率为 10^{-3} ; 总失误率 10^{-9} , 相应应求率(3×10^4 次/a)的事件发生率为 3×10^{-5} , 危险概率为 1.2×10^{-8} 。②人员留在机房时因其他人员启动加速器出束而受误照射: 操作员在离开机房时未注意机房内尚有人员未退出失误率为 10^{-3} ; 操作员未观察摄像屏幕或未观察到机房内人员驻留位置失误率为 2×10^{-1} ; 留在机房的人员在治疗机出束后未及时发现 C 组信息, 延时启动急停按钮或完全未顾及 C 组信息受部分或全部单次治疗照射时间的误照射失误率为 5×10^{-2} 。总失误率 10^{-5} , 相应应求率(3×10^4 次/a)的事件发生率为 3×10^{-1} , 危险概率为 1.2×10^{-4} 。

2.4.1.2 维修与测试时人员受误照射 ①加速器出束时误入机房: 人员未使用个人剂量报警仪失误率为 3×10^{-1} ; 人员忙于测试且测试台视读失误率为 5×10^{-2} ; 为便于维修解除了门机联锁(仍有指示灯警示)失误率为 5×10^{-2} ; 未顾及 C 组信息(因无机头旋转、无病人信息取值较大): 10^{-1} 。总失误率 7.5×10^{-5} , 相应应求率(1×10^3 次/a)的事件发生率为 7.5×10^{-2} , 危险概率为 3×10^{-5} 。②人员留在机房时因其共同工作人员启动加速器而受误照射: 人员未使

用个人剂量报警仪失误率为 3×10^{-1} ; 工作人员离开机房时未看到机房内尚有工作人员失误率为 5×10^{-3} ; 操作员未观察摄像屏幕或未观察到机房内人员驻留位置失误率为 2×10^{-1} ; 机房内人员未顾及已出束的 C 组信息失误率为 2×10^{-1} 。总失误率 6×10^{-5} , 相应应求率(1×10^3 次/a)的事件发生率为 6×10^{-2} , 危险概率为 2.4×10^{-5} 。

2.4.2 公众成员误照射 ①公众成员不允许随意进入加速器机房内, 更不可能出现误留机房受误照问题。②对照射中误擅入机房的意外事件分析如下: 在机房门关闭状态下擅自按开门键失误率为 10^{-2} ; B 组设施失误率为 10^{-3} ; 不了解、未顾及已出束的 C 组信息: 3×10^{-1} ; 摄像屏幕未观测到人员误入机房 2×10^{-1} 。总失误率 6×10^{-7} , 相应应求率(2.5×10^3 次/a)的事件发生率为 1.5×10^{-3} , 危险概率为 6×10^{-7} 。

3 小结

综合以上, 基于这些安全设施, 放射工作人员的年总潜在照射危险概率为 1.8×10^{-4} , 公众成员年总潜在照射危险概率为 6×10^{-7} , 符合 ICRP 103 建议的年危险概率约束值。

虽然概率分析中的参数带有人为设定成份, 但其找出了可能发生潜在照射的重要环节。在潜在照射控制上, 加速器检测与维修环节较患者常规放射治疗更为重要, 防止人员误留在加速器室内受意外照射是需要强调的环节。除辐射安全设施外, 应增强下列操作管理: ①维修检测时佩戴个人剂量报警仪; ②关闭加速器室门启动出束前, 切实清查治疗机房内无人员停留(除治疗患者外)。③不得擅自解除门机联锁, 并保障联锁设施功能有效。④维修人员离开控制台时应拔下控制台的出束钥匙随身携带。

参考文献

- [1] 潘自强, 周永增, 周平坤, 等译. ICRP. 国际放射防护委员会 2007 年建议书. ICRP 第 103 号出版物[R]. 北京: 原子能出版社, 2008.

收稿日期: 2016-03-07 修回日期: 2016-05-23