

医用直线加速器的放疗质量保证

王 燕

中图分类号: R144 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2001)03-0183-02

【摘要】 介绍大型精密放射治疗设备医用电子直线加速器的临床治疗精度质量保证过程。强调其必要性,说明定期检测的内容和方法,及如何进行校正。目的是确保医院放射治疗设备精确,执行治疗处方。

【关键词】 质量保证; 放射治疗; 医用直线加速器; 等中心验证

随着肿瘤放射治疗事业的发展,放射治疗的质量保证(Quality Assurance)问题,日益受到从事肿瘤治疗工作人员的重视。放疗新技术、新方法应用于临床时,必然要求放疗设备的定位精度要有保证,因此放疗设备质量保证是放射治疗质量保证的基础,是极为关键的环节。下面主要从物理和工程技术角度介绍几方面内容。

1 执行放疗设备质量保证的必要性

质量保证(QA)是指经过合理计划而采取的一系列必要的措施,保证放射治疗设备在治疗过程中严格按国际标准(国际原子能机构 IAEA TRS 277 号技术报告、国际放射防护委员会 ICRP 24 号 26 号 42 号 60 号;国际电工委员会 IEC 601-1 号)准确安全的运行。即按国际标准衡量和评价放射治疗设备是否能够进行临床治疗,而后采取必要措施保证 QA 的执行。

在医用电子直线加速器生产中,高新技术不断引进,计算机以及图象处理技术的应用,出现了高清晰度 CT、MRI 与 DSA 血管造影技术,促进适用于头部的立体定向放射外科技术产生,应用计算机处理,使用图像三维重建与放射治疗三维分布相结合的治疗计划软件,推出直线加速器立体定向放射外科治疗系统,习惯称作“X 刀”。放疗技术的进步可得到高精度的放射治疗处方计划,能更好实现最大限度地将射线集中到病变组织(靶区)内杀死肿瘤细胞,而使周围正常组织和器官少受或免受不必要的照射。但是,在放射治疗计划实施过程中,要达到预期的理论治疗效果是基于严格执行计划,仅就加速器而言,要使其保证和保持精度以确保放射治疗计划的精确执行,需要经过周密计划的质量保证措施把关。

2 以瑞典医科达(ELEKTA)加速器为例介绍 QA 的内容及方法

由于医用直线加速器生产厂家不同,原理与结构不尽相同,如何进行质量控制不可能完全一致,故以 Elekta 公司最新型全数字化加速器 SLi Precise 为例详细介绍 QA 过程。这里所述不同项目的检测频度长短不一,仅供参考。在实际工作中,应由设备当前运行的稳定性及长期稳定性决定其检测频度。长期稳定性好的,可减少频度,反之,设备不够稳定或近期发生故障排除时,应多检测几次。

下面将 QA 的内容分为机械参数和物理参数两大部分论述:

2.1 机械参数验证

2.1.1 等中心验证(Isocenter) 等中心治疗技术是现代放射治疗技术的基础,是开展新的放疗方法的出发点。因此等中心验证在 QA 中尤为重要。

① 十字叉线(Crosswire)要求: 旋转治疗头一周,叉线交点形成的圆周在 SSD=100 cm 处直径小于 1 mm。方法: 在床面上放一张坐标纸,大机架(Gantry)、小机头 0°,使叉线交点投影于纸上,在纸上标记枪一靶(G-T)(为叙述方便,该机如下定义正对大机架:前方远端为枪方向(GUN)用“G”代表,近端为靶方向(TARGET)用“T”代表,左侧为 A 方向用“A”代表,右侧为 B 方

向用“B”代表,以下同)方向叉线投影,转机架至约 60°,调整治疗床高使叉线投影与所作标记重合,纸位于等中心面,旋转小机头至 360°,其间标记若干角度叉线交点形成弧线,直径小于 1 mm 为合格,否则,需松开紧固螺丝调整叉线至合适位置,或校正光学系统,再按上述方法验证至合格。此项可在每天治疗前晨检时检查一次。

② 机架等中心(Gantry Isocenter)要求: 旋转机架一周,叉线交点在 SSD=100 cm 处最大偏差小于 2 mm。方法: 首先建立等中心点,可利用照相机三角架,固定带探针长杆,针尖小于 2 mm。通过旋转机架至几个不同角度如 0°,90°,270°,调节针尖找到一个最佳位置,使之尽可能与各角度叉线交点投影重合,此点即等中心点。其次机架从 0°至 360°旋转,观察不同角度时叉线交点投影与针尖距离,找出最大距离点,其值应小于 2 mm。否则须分析偏差的方向(G-T, A-B),对机架的调整螺栓做相应调节,再按上述方法验证至合格。此项可每年检查一次。

③ 光学标尺(Optical Distance Indicator)与前向指针(Front Pointer)找到等中心点后,可将前向指针校正,使之精确指向该点,针尖位置误差小于 1 mm。再校光学标尺在该点指示为 100 cm,误差小于 1 mm。在今后一段时间内,可很方便的用前向指针来进行查验激光定位灯等与等中心相关的工作。此项可每周检查一次。光学标尺准确度受本身投影系统非线性设计影响,需定期与机械前向指针比对,等中心附近 100±10 cm,误差小于 ±1 mm,其他距离可放宽至 ±5 mm。此项可每季度检测一次。

④ 治疗床等中心(Patient Support System Isocenter)要求: 旋转治疗床一周,叉线交点在 SSD=100 cm 处最大偏差小于 2 mm。方法: 沿射线中心轴转床至 90°,置床面高度为 SSD 100 cm,在床面上放一张坐标纸,在机架、小机头 0°,使叉线交点投影于纸上,并作标记,转床至 180°,其间标记若干叉线交点投影,形成弧线,直径小于 1.5 mm 为合格。否则,须分析偏差的方向(G-T, A-B),对床底座调整螺丝作相应调节,再按上述方法验证至合格。此项至少每月检查一次。

在特殊放疗如“X 刀”的 QA 中,要求对机架和床的机械等中心拍验证片,即通过激光定位灯定胶片在等中心位置,在预定的 4-8 个机架角、床角组成的位置上束照射,再由结果分析偏差是否在允许范围内,采取相应措施。一般地,若各角度射线束相交点在直径为 1 mm 的圆周内,则不需对加速器进行调整;此交点代表照射野中心,与标记的光野中心偏差也应小于 1 mm,否则需调整激光定位灯,使之中心点与照射野中心重合。

2.1.2 运动位置精度验证 对加速器运动位置参数进行定期检查和调整示于表 1。若表 1 后 5 项运动位置误差超出,则须运行机器校正程序,按步骤调整位置读出电位器使显示数值与刻度盘/实测数值一致。

2.1.3 射野大小与显示、光野一致性 加速器光学系统的主要作用是以可见光光束模拟 X 射线束流,达到肉眼分辨照射野的目的。因此为保证治疗摆位精确,照射野实际尺寸必须与我们看到的显示数值相同,并且同光野相吻合。要求:照射野 X 或 Y 方向小于 20 cm,射野大小与显示、光野误差应小于 1 mm;当大于 20 cm,误差应小于射野大小的 ±0.5%。上述测量

作者单位: 天津医科大学肿瘤医院,天津 300060

作者简介: 王燕(1972~),男,河北静海人,工学学士学位,主要研究方向: 放射治疗及其设备维修。

须在 X 射线胶片标记半影处。方法:通过显示数值确定照射野大小,在胶片上标记光野边缘与叉线的位置,注明 G—T/A—B' 方向,并放于 100 cm SSD 处,在胶片上盖一层建成厚度的固体模材料,选择合适跳数(Measure Unit MU)曝光,洗片后分析,射野大小与显示误差,实测光野尺寸与 X 射线照射野比较。若超出误差范围,则须调整射野光阑(Diaphragm)的增益(Gain)与偏移(Offset)。

表 1 运动位置参数检测内容

项目	精度	频度	备注
激光定位灯	±1 mm	每周	以前向指针为准
大机架旋转	±1°	每周	机械刻度与参数显示
小机头旋转	±1°	每周	机械刻度与参数显示
治疗床横向	±2 mm	每周	实测与显示数值比较
治疗床纵向	±2 mm	每周	实测与显示数值比较
治疗床升降	±2 mm	每周	实测与显示数值比较

为提高精确度,每一档能量在小机头 0° 和 90° 各拍一张片子,射野尺寸可选择有代表性的,例如:3 cm×3 cm, 10 cm×10 cm, 15 cm×15 cm, 40 cm×40 cm 等等。严格要求还应在 SSD=80, 120 cm 处再曝光验证。此项可每月检查一次。

2.2 机械参数验证

2.2.1 射野平坦度(Flatness)与对称性(Symmetry) 射野平坦度与对称性既是射野剂量分布特性的重要指标,也是衡量和检验加速器工作性能的试金石。

均坦度是指在照射野中吸收剂量最大点与最小点的比值。要求: X 射线 5 cm×5 cm 到 30 cm×30 cm 偏差小于±3%, 30 cm×30 cm 以上偏差小于±5%。电子线要求:任意能量和限光筒,偏差小于±3%。

对称性是指在照射野中,任意以射线中轴相对称两点的吸收剂量比值。要求偏差小于±2%。

方法:设机架、小机头 0°,用带扫描装置的三维水箱测量射野剂量分布,测量探头(半导体或小体积电离室)在标准测量深度(X 射线与电子线不同)沿 A—B、G—T 和对角线方向扫描,计算实测数据,结果若超出误差允许范围,则须分析误差原因,再对 2 RI Ctrl item 164(G—T 方向对中线圈电流)、2 TI Ctrl item 165(A—B 方向对中线圈电流)、Gun Current item 327(枪电流设置)做相应调整直至纠正误差。此项至少每六个月检查一次。也可以每月作其中几个能量,半年完成一遍。

2.2.2 X 射线、电子线深度剂量特性 对 X 射线来讲,照射野中心轴上,10 cm 深度处(D10)的吸收剂量与最大剂量点的吸收剂量百分比,其测量实际值与标准值误差最大不超过 2%。不同能量 X 射线 D10 标准值见表 2。

对电子线来讲,照射野中心轴上,吸收剂量为最大剂量 80% 点的深度值,与标准值误差最大不超过 2 mm。不同能量电子线标准值见表 3。

方法:置测量水箱表面于 100 cm SSD(X 射线)/95 cm SSD(电子线),用合适的电离室探头或半导体探头在照射野中心轴上测量相对应的深度量,并将结果与表 2、表 3 中标准值比较,若超出误差范围,须调整束流偏转系统(Bending System)中相对应能量的偏转电流粗调(Bending Coarse item 304)和偏转电流微

调(Bending Fine item 305)项目,直到合格。

表 2 不同能量 X 射线 D10 标准值

能量(MV)	(D10)深度量(%)
4	63
6	67.5
8	71
10	73
15	76.5
18	78.5
20	80.0
25	82

表 3 不同能量电子线标准值

能量(MeV)	(R80)深度量(mm)
4	13
6	20
8	27
9	30
10	33
12	40
15	50
18	60
20	67
22	73

此项验证每半年作一次,也可以每月作其中几个能量,半年完成一遍。

2.2.3 常规剂量测量 由于大气压力和温度变化影响加速器电离室对输出剂量的监控,使从电离室检测到的剂量数出现偏差,因而必须至少每周进行一次剂量校正。

方法:大机架、小机头 0°,照射野 10 cm×10 cm,预置 100 MU,用剂量仪在 SSD 100 cm 处测量。

要求:测量值与理论值(由计算公式得出)误差小于±1%,若超出此范围,应调整剂量参考值(Dosref 1, Dosref 2),直到达到误差允许。

3 结语

由于医用电子直线加速器结构复杂,对工作环境要求较高,故日常维护也是 QA 不可忽视的内容:要定期检查机器联锁、环境温度与湿度、急停开关等。作为放射治疗设备的管理者,须制定每天、每周、每月、每年的 QA 计划表,严格执行,从技术上最大限度保证临床治疗质量,造福患者,造福全人类。

参考文献:

- [1] 胡逸民.肿瘤放射治疗技术[M].北京:北京医科大学中国协和医科大学联合出版社,1999,第二章.

(收稿日期:2000-10-22;修回日期:2000-12-18)

(上接 182 页)

(2)市、县级综合性医院年门诊工作量均在 35 000 人次以上,其放射学检查工作量相应较大,是全市医疗照射频率水平的主要贡献者。所以应充分运用放射防护新技术及其他诊断技术,以减少人群受照频率和受照剂量。此外,做好摄影检查、CT 检查中受检者敏感器官的防护,也是其放射防护工作的重点。

(3)基层医疗单位医用 X 射线检查尚以透视为主。文献[3]报道,胸部摄影的受照剂量仅为胸部透视的 1/15~1/20,且摄影所获得的诊断信息要比透视多,又利于长期储存和今后对照。因而应加速基层医疗单位,尤其是乡镇卫生院医用 X 射线诊断机的更新,提高放射工作人员的业务技术水平,尽量做

到以摄影代替透视,以减少受检查者的受照剂量,避免就诊者在转诊中接受多次医疗照射。

参考文献:

- [1] 郑钧正,李述唐,岳保荣,等.“九五”期间 X 射线诊断医疗照射的频率水平调查[J].中国辐射卫生,1999,8(1):13.
- [2] 全国医疗照射调查协作组.我国医疗照射年频度水平[J].中华放射医学与防护杂志,1989,9(增刊):10.
- [3] 马明强,吴寿明,孙培芝,等.从 X 射线检查情况论放射实践正当化[J].中国辐射卫生,2000,9(1):25.

(收稿日期:2001-02-19)