

床面倾斜对剂量验证通过率的影响

胡健¹, 李承军¹, 徐利明¹, 徐细明², 戈伟², 张爱华¹, 李长虎¹

1. 武汉大学人民医院肿瘤中心放疗科, 湖北 武汉 430060; 2. 武汉大学人民医院肿瘤中心肿瘤科, 湖北 武汉 430060

【摘要】目的:基于二维二极管阵列探测器模拟床面倾斜对放疗剂量验证通过率的影响。**方法:**选择调强放射治疗(IMRT)和三维适形放疗(3DCRT)计划患者各10例的剂量验证计划,在加速器治疗床用边缘充气袋以左右激光灯示值差模拟床面倾斜,倾斜幅度选择1、2、3、5、7、10 mm。选择Gamma(γ)分析法,(3%, 3 mm)绝对剂量分析标准,记录计划和模拟实验结果,用配对 t 检验分析结果。**结果:**在无床面倾斜条件下,剂量验证通过率:IMRT为(96.10 \pm 1.65)%,3DCRT为(97.50 \pm 1.98)%。IMRT患者在倾斜7、10 mm的通过率分别为(86.50 \pm 5.95)%、(85.40 \pm 8.53)%,与无倾斜通过率比值分别为0.90 \pm 0.05和0.85 \pm 0.08;3DCRT患者在倾斜最大(10 mm)的通过率为(91.90 \pm 4.90)%,与无倾斜比值为0.94 \pm 0.05。与无倾斜对比,除了3DCRT在倾斜2 mm没有统计学意义($P=0.366$),其余倾斜幅度差异均有统计学意义($P<0.05$)。**结论:**床面倾斜对3DCRT剂量验证通过率影响较小;而IMRT通过率随床面倾斜幅度增大而减小,幅度较大,但变化幅度存在个体性差异,在倾斜大于5 mm时可能对剂量验证通过率产生较大影响。保持床面无倾斜是日常临床工作中一项简单但重要的质量保证工作。

【关键词】调强放射治疗;三维适形放疗;床面倾斜;剂量验证;通过率

【中图分类号】R730.6;R815

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2016)09-0881-04

Effect of couch tilt on pass rate of dosimetric verification

HU Jian¹, LI Cheng-jun¹, XU Li-ming¹, XU Xi-ming², GE Wei², ZHANG Ai-hua¹, LI Chang-hu¹

1. Department of Radiotherapy, Cancer Center, Renmin Hospital of Wuhan University, Wuhan 430060, China; 2. Department of Oncology, Cancer Center, Renmin Hospital of Wuhan University, Wuhan 430060, China

Abstract: Objective To simulate the effect of couch tilt on the pass rate of dosimetric verification by using two-dimensional diode array detector. **Methods** Ten dosimetric verification plans of intensity modulated radiotherapy (IMRT) and three-dimensional conformal radiotherapy (3DCRT) were selected. The inflatable bag was used on the treatment couch to control the difference of the value of laser light, simulating the couch tilt. The magnitude of couch tilt was respectively 1, 2, 3, 5, 7, 10 mm. The Gamma analysis with the absolute dose discrepancy of 3% and 3 mm threshold was applied to record the planned and simulated results, and the paired t test was used to analyze the results. **Results** Without couch tilt, the pass rate of dosimetric verification was respectively (96.10 \pm 1.65)% in IMRT and (97.50 \pm 1.98)% in 3DCRT. With couch tilt of 7 mm and 10 mm, the pass rates of patients treated by IMRT were (86.50 \pm 5.95)% and (85.40 \pm 8.53)%. For IMRT, the ratios of the pass rate without couch tilt and the pass rates with couch tilt of 7 mm and 10 mm were respectively 0.90 \pm 0.05 and 0.85 \pm 0.08. With maximum couch tilt of 10 mm, the pass rate of patients treated by 3DCRT was (91.90 \pm 4.90)%. For 3DCRT, the ratio of the pass rate without couch tilt and the pass rates with couch tilt of 10 mm was 0.94 \pm 0.05. Compared with no couch tilt, significant differences were found in the pass rate with different couch tilts ($P>0.050$), except the pass rate of 3DCRT with couch tilt of 2 mm ($P=0.366$). **Conclusion** Couch tilt has little influences on the pass rate of dosimetric verification of 3DCRT. However, for IMRT, the pass rate decreases with the increase of couch tilt, and the amplitude of variation showed individual differences, and the couch tilt larger than 5 mm may have some significant effect on the pass rate of dosimetric verification. Keeping the couch without tilt is a simple but important quality assurance work in daily clinical work.

Key words: intensity modulated radiotherapy; three-dimensional conformal radiotherapy; couch tilt; dosimetric verification; pass rate

【收稿日期】2016-03-10

【基金项目】湖北省自然科学基金(2012FKC143)

【作者简介】胡健, 硕士, 研究方向: 医学物理, E-mail: tjhujian@163.com

【通信作者】徐细明, E-mail: doctorxu120@yahoo.com.cn

前言

三维适形放疗(3DCRT)和调强放射治疗(IMRT)已成为现代放射治疗的主要治疗方式,各自有相应的适应证。相对于常规3DCRT,IMRT具有更佳的复杂靶区剂量适形、剂量梯度大等优点,但需要更多治疗时间和机器跳数^[1-2]。对治疗计划系统(TPS)生成的治疗计划剂量分布和加速器实际照射分布的剂量验证尤为重要^[3]。在临床中,定位CT和加速器治疗床面都可能出现倾斜,如CT附加定位平板倾斜、患者长期习惯性一侧上床造成左右方向倾斜、床前侧负重造成头足方向倾斜等。本文使用二维二极管阵列探测器(Mapcheck)在加速器治疗床用边缘充气袋以左右激光灯示值差模拟床面倾斜程度,模拟床面倾斜对剂量验证通过率的影响。

1 材料与方法

1.1 床面模拟倾斜系统

加速器等中心质量保证后(以水平尺检查两侧激光灯指示线为水平状态),边缘充气袋沿G-T(Gantry-Target)方向(面对加速器,远处为G,近处为T,左为A,右为B方向)置于加速器治疗床面一侧,保持立体定向摆位系统平行于G-T方向,覆盖边缘充气袋。Mapcheck置于立体定向体架上,利用其底部3个旋钮调节至显示水平的气泡至正中位置,以保证Mapcheck探测器平面垂直于射线束(图1)。本研究模拟患者左右方向(即加速器A-B方向)的倾斜情况。



图1 床面倾斜模拟系统

Fig.1 Simulation system of couch tilt

1.2 Mapcheck

本文采用 Mapcheck (Sun Nuclear Corp, Melbourne, FL), 有效测量射野面积为 22 cm×22 cm, 距

离表面 1.35 cm 处分布了 445 个 SunPoint™ 半导体探测器, 其中探测器间距为 7.07 mm (10 cm×10 cm 照射野)、14.04 mm (10 cm×10 cm 照射野外)。

1.3 Mapcheck 绝对剂量刻度

在同次模拟测量前, 均对 Mapcheck 进行绝对剂量刻度, 刻度步骤: (1) 加速器绝对剂量刻度 (源皮距 SSD=100 cm, 10 cm×10 cm 照射野, 指形电离室 5 cm 深度测量, 加速器 100 MU), 5 次测量值去除最大值和最小值, 其余 3 次测量值均值为加速器绝对剂量刻度的实际值, 并计算与参考值的偏差 (%); (2) 指形电离室测量在 Mapcheck 剂量刻度条件下的实际值, 测量条件为 SSD=95 cm, 10 cm×10 cm 照射野, 5 cm 测量深度, 加速器 100 MU, 同理 5 次测量, 去除最大值和最小值, 3 次测量值测量值的均值作为实际值, 将该值转化为该点吸收剂量, 需要乘以转换因子 C_f :

$$D_w = M \cdot N_D \cdot S_{w,air} \cdot P_u \cdot P_{cel} \cdot K_{TP} \quad (1)$$

$$N_D = N_x \cdot (2.58 \times 10^{-4}) \cdot W/e \cdot K_{att} \cdot K_m \quad (2)$$

$$C_f = 0.876 \times 10^{-2} \cdot N_x \cdot K_{att} \cdot K_m \cdot S_{w,air} \cdot P_u \cdot P_{cel} \quad (3)$$

其中, D_w 是有效测量点处的吸收剂量; M 是计量仪的读数示值; N_D 是电离室空腔的吸收剂量校准因子; $S_{w,air}$ 是校准深度处水对空气的平均阻止本领比; P_u 是扰动修正因子; P_{cel} 是中心电极修正因子; K_{TP} 是温度气压修正因子; (3) 考虑加速器输出剂量偏差, 最后 Mapcheck 剂量刻度输入值 = 步骤 (2) 中吸收剂量 × (1 + 加速器绝对剂量偏差 (±%))

1.4 验证计划设计及模拟床面倾斜剂量测量

(1) 验证计划设计: Mapcheck 上方加 3 cm 厚固体水在 16 排 Brightspeed CT 扫描作为验证计划设计模体, Varian Eclipse 计划系统在治疗计划基础上生成剂量验证计划 (不改变计划目标参数, 只移植计划在模体重新计算)。本文选择所有射野归一, 机架、准直器、床角度均为 0°, 摆位中心定义为 Mapcheck 表面 C 点 (坐标值 $x=23$, $y=23$), 剂量归一点选择探测器所在平面的冠状面 (距离表面 1.35 cm) 中心点, 剂量分析层面选择该冠状面剂量分布。

(2) 模拟床面倾斜剂量测量: Mapcheck 平板显示水平的气泡位于正中位置记录为偏差 0 mm, 记录该位置时激光灯在体架摆位标尺 (Π 形尺, 宽度约为 51.2 cm) 上的投射读数, 如右 61, 左 62, 偏差为 1; 使用边缘充气袋, 调节激光灯在标尺读数, 改变读数为右 59, 左 62, 偏差为 3。该位置定义为模拟床面倾斜 2 mm (3-1=2), 其他模拟位置类推。本文并没有用角度去描述床面倾斜, 因为在实际临床治疗中, 若床面出现倾斜, 摆位标尺加激光灯显示差别比角度更为直观, 且角度和标尺差之间可通过数学三角关系

建立起来[倾斜角度= $\arcsin(\text{示值差}/\Pi\text{形尺宽}(51.2\text{ cm}))]$ 。

1.5 统计学方法

用Mapcheck自带对比分析软件工具分析床面不同倾斜时测量剂量和计划剂量的分布差异,本文选择Gamma(γ)分析法,(3%, 3 mm)绝对剂量分析标准^[4]。采用SPSS 19.0统计和作图,统计对比分析采用配对 t 检验, $P<0.05$ 为统计学有差异。

2 结果

2.1 IMRT患者剂量验证通过率

10例患者无床面倾斜条件下剂量验证通过率为 $(96.10\pm 1.65)\%$,倾斜7 mm和10 mm的通过率分别为 $(86.50\pm 5.95)\%$ 、 $(85.40\pm 8.53)\%$,与无倾斜通过率比值分别为 0.90 ± 0.05 、 0.85 ± 0.08 ,其他具体数据详见表1。

表1 IMRT患者剂量验证通过率

Tab.1 Pass rate of dosimetric verification of patients treated by IMRT

No.	Gamma pass rate (%) (3 mm, 3%)/ratio of tilt compared with no tilt						
	0 mm	1 mm	2 mm	3 mm	5 mm	7 mm	10 mm
1	92.90/1.00	92.30/0.99	91.90/0.98	90.70/0.97	89.20/0.96	81.40/0.87	80.20/0.86
2	97.80/1.00	97.00/0.99	97.00/0.99	96.70/0.98	96.40/0.98	87.40/0.89	85.10/0.87
3	93.80/1.00	93.70/0.99	93.10/0.99	92.40/0.98	91.70/0.97	79.20/0.84	74.70/0.79
4	95.20/1.00	94.80/0.99	94.80/0.99	94.30/0.99	93.50/0.98	93.00/0.97	91.00/0.95
5	97.10/1.00	96.00/0.98	91.90/0.94	83.80/0.86	83.80/0.86	78.00/0.80	67.10/0.69
6	97.60/1.00	97.20/0.99	96.00/0.98	94.10/0.96	93.30/0.95	88.50/0.90	82.20/0.84
7	96.20/1.00	94.80/0.95	94.10/0.97	91.10/0.94	85.00/0.88	82.00/0.85	74.40/0.77
8	96.50/1.00	96.30/0.99	96.30/0.99	96.30/0.99	95.10/0.98	93.60/0.96	93.30/0.95
9	95.90/1.00	95.60/0.99	95.60/0.99	94.60/0.98	93.90/0.97	92.90/0.96	91.90/0.95
10	97.50/1.00	96.00/0.98	95.50/0.97	94.70/0.97	94.70/0.97	89.40/0.91	84.30/0.86
Mean	96.10/1.00	95.30/0.99	94.60/0.98	92.90/0.96	91.70/0.95	86.50/0.90	85.40/0.85
Standard deviation	1.65/0.00	1.51/0.01	1.81/0.01	3.75/0.03	4.30/0.04	5.95/0.05	8.53/0.08
t value		4.65	2.954	2.656	3.391	5.437	4.912
P value		0.001	0.016	0.026	0.008	0.000	0.001

IMRT: Intensity modulated radiotherapy

2.2 3DCRT患者剂量验证通过率

10例患者无床面倾斜条件下剂量验证通过率为 $(97.50\pm 1.98)\%$,在倾斜最大的情形下(10 mm)通过率和与无倾斜比值分别为 $(91.90\pm 4.90)\%$ 和 0.94 ± 0.05 ,详细结果见表2。

3 讨论

随着3DCRT和IMRT技术在放射治疗中的普及应用,在AAPM(American Association of Physicists in Medicine)的指导报告中^[5],针对3DCRT和IMRT的质量保证、控制工作也逐步完善^[6]。IMRT靶区剂量分布较3DCRT更复杂,临床靶区(Clinical Target Volume, CTV)与肿瘤靶区(Gross Tumor Volume, GTV)的不均匀剂量分布以及较大的剂量梯度,要求IMRT

需要更高的位置精度和准确的剂量验证。目前用于剂量验证的设备主要有电子射野影像系统^[7]、半导体二维阵列探测器如Mapcheck^[8]、指形电离室阵列探测器如COMPASS^[9]等,主要都是对加速器多叶准直器到位精度剂量准确的验证,对外部条件理想化,如探测器平面始终垂直于射线束而未考虑在治疗时患者体位的旋转、床面无倾斜等。CT定位床面与加速器治疗床面其中任何一个出现倾斜,患者实际接受剂量将与TPS计划剂量不符。本文用边缘充气袋模拟床面倾斜对剂量验证通过率的影响,进而表达定位CT扫描条件和治疗条件不符时对剂量的偏差。本研究模拟了病人左右方向(即加速器A-B方向)不同程度的倾斜对剂量验证结果的影响,未模拟病人头-足(即加速器G-T方向)的倾斜。虽然两个方向不

表2 3DCRT患者剂量验证通过率

Tab.2 Pass rate of dosimetric verification of patients treated by 3DCRT

No.	Gamma pass rate (%) (3 mm, 3%)/ratio of tilt compared with no tilt						
	0 mm	1 mm	2 mm	3 mm	5 mm	7 mm	10 mm
1	98.20/1.00	99.40/1.01	99.40/1.01	98.30/1.00	92.90/0.94	86.40/0.87	80.00/0.81
2	94.30/1.00	91.00/0.96	92.60/0.98	92.60/0.98	91.00/0.96	91.00/0.96	90.20/0.95
3	97.20/1.00	94.20/0.96	96.30/0.99	96.30/0.99	96.30/0.99	93.40/0.96	92.40/0.95
4	100.00/1.00	99.50/0.99	100.00/1.00	100.00/1.00	100.00/1.00	100.00/1.00	100.00/1.00
5	94.90/1.00	93.60/0.98	96.00/1.01	93.90/0.98	98.00/1.03	97.00/1.02	92.90/0.97
6	99.80/1.00	98.80/0.98	98.80/0.98	97.90/0.98	98.00/0.98	92.10/0.92	92.10/0.92
7	98.60/1.00	96.10/0.97	94.50/0.95	94.20/0.95	93.70/0.95	92.90/0.94	92.00/0.93
8	97.80/1.00	97.20/0.99	97.60/0.99	96.20/0.98	95.70/0.97	94.30/0.96	92.60/0.94
9	95.40/1.00	95.40/1.00	96.70/1.01	95.20/0.99	94.70/0.99	93.20/0.97	93.20/0.97
10	98.40/1.00	98.40/1.00	97.80/0.99	96.50/0.98	96.80/0.98	94.20/0.95	93.50/0.95
Mean	97.50/1.00	96.40/0.98	96.90/0.99	96.10/0.98	95.70/0.98	93.50/0.95	91.90/0.94
Standard deviation	1.98/0.00	2.82/0.01	2.26/0.01	2.23/0.01	2.69/0.02	3.56/0.03	4.90/0.05
<i>t</i> value		2.408	0.952	3.236	2.27	3.278	3.534
<i>P</i> value		0.039	0.366	0.010	0.049	0.010	0.006

3DCRT: Three-dimensional conformal radiotherapy

同,但由倾斜带来的剂量验证通过率的影响本质是一样的,因此本研究只选择一个方向进行分析。

研究结果显示,在IMRT患者剂量验证中,患者4、8、9随床面倾斜其验证通过率变化较小(在最大变化值时,与无倾斜通过率比值一样,均为0.95)。患者5在倾斜3 mm时,通过率急速降低(从91.9%降为83.8%),剂量验证对比未通过点主要分布在高-低剂量梯度区域。其余患者在倾斜大于5 mm后,通过率才出现明显下降,说明在IMRT计划,床面倾斜对剂量验证通过率整体呈逐步减小趋势,但与倾斜幅度无统一趋势,具有个体性差异。所有倾斜情形的结果与无倾斜配对*t*检验,*P*值均小于0.05,说明实际治疗条件的变化使得通过率呈减小趋势,进而引起剂量分布的变化。在3DCRT患者剂量验证中,2 mm倾斜与无倾斜对比的*P*值大于0.05,其原因可能与摆位操作相关,造成3DCRT组在2 mm条件下呈现一致性,认为可能属于个体性事件。其余*P*值小于0.05,说明倾斜对3DCRT也会带来剂量的变化,变化幅度小于IMRT。患者1在倾斜7 mm时,通过率出现明显降低,主要原因可能是该计划是野中野;其余患者通过率在整个模拟倾斜幅度范围内无明显变化,与无倾斜偏差在±5%内。

本文剂量验证选择Gamma(γ)分析法,(3%, 3 mm)

绝对剂量分析,不同地区、单位所采用的达标标准可能不同。Ezzell等^[5]选择头部≥88%、非头部≥95%,本单位采用头部≥90%、非头部≥95%。因达标标准存在一个区间,即使在统计学比较过程中认为 $P \leq 0.05$ 即存在统计学差异,可能测量对比结果仍在临床允许范围内。

相对于IMRT,我们认为3DCRT受床面倾斜影响较小,其原因可能是IMRT剂量分布较3DCRT更复杂,相同距离内剂量分布更复杂,对位置的准确性要求更高。对于扫描床、治疗床在G-T/A-B方向的倾斜,本研究只选择了A-B方向上冠状层面的剂量由于倾斜带来的偏差。我们下一步研究的主要内容是在实际治疗中,多野照射是否会中和偏差以及倾斜对剂量分布的影响。

综上所述,剂量验证通过率随床面倾斜幅度的增大呈减小趋势,其减小幅度呈现个体性差异,保持床面无倾斜是日常临床工作中一项简单但重要的质量保证工作。

【参考文献】

- [1] MILKER-ZABEL S, BOIS Z D, HUBER P, et al. Intensity-modulated radiotherapy for complex-shaped meningioma of the skull base: long-term experience of a single institution[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2007, 68(3): 858-863.

(下转902页)