

医药卫生

利用模拟定位机验证射波刀影像同步追踪系统的准确性研究

曹洋森 于春山 刘永明*

(上海长海医院放疗科,上海 200433)

摘要 利用模拟定位机验证射波刀影像引导系统及同步追踪系统准确性的可行性。用 Synchrony 模体及 Xsight Lung 模体分别至于射波刀及模拟定位机下,测量各自环境下模体的运动数据并进行比较。结果 Synchrony 模体与 Xsight Lung 模体在模拟机下测得的数据与射波刀影像追踪系统分析得出的运动数据误差分别为 0.1 mm 和 0.9 mm。说明利用模拟机测量模体运动数据与射波刀影像追踪系统分析所得数据相符,但需要建立完善的呼吸模型。

关键词 射波刀 模拟定位机 影像引导 同步追踪

中图法分类号 R811.1; **文献标志码** A

利用影像引导技术(IGRT)的立体定向放射外科(SRS)治疗已逐渐成为放疗乃至精确放疗的发展方向。射波刀(CyberKnife)是将一台光子能量 6 MV 的小型直线加速器安装在一个拥有 6 个自由度的机器人手臂上,利用先进的实时影像引导系统及同步追踪系统对患者进行自动摆位及跟踪治疗^[1],治疗精度可达亚毫米,是目前世界上最为精确的放射治疗设备。

射波刀的治疗精度主要依赖于影像引导系统、同步追踪系统、机械臂运动系统。修正摆位误差及治疗过程中的实时追踪更是依赖于影像及同步追踪系统自动分析得出的数据^[2]。其数据为计算机自动分析得出,不具有直观性。笔者决定利用模拟定位机对射波刀影像同步追踪系统自动分析得出的靶区运动数据进行分析,验证其追踪数据的准确性。

1 材料与方法

1.1 材料仪器

射波刀,美国 Accuray 公司,第四代(GIV);
模拟定位机,荷兰 Nucletron 公司,Oldelft Simulix HP;

Synchrony 模体,美国 Accuray 公司, Synchrony Motion Table;

Xsight Lung 模体,美国 CIRS 公司, LTT Dynamic Phantom。

1.2 方法

1.2.1 射波刀下 Synchrony 模体、Xsight Lung 模体 六维方向运动测量

将 Synchrony 模体摆放于射波刀治疗床,调用 E2E 对应 Synchrony 验证计划^[3],曝光条件 120 kV、100 mA,使六维方向摆位误差均 ≤ 0.2 mm/0.2°。对模体建立呼吸模型,采集呼吸周期中一、三、五、七相位时的运动数据。通过调整 Synchrony 模体运动速度获得不同呼吸速度下影像系统及同步追踪系统获得的运动数据。

Xsight Lung 模体测量时,先进行 Xsight Spine 摆位,后转入 Xsight Lung 模式进行建模。获取靶区运

2012 年 10 月 11 日收到

第一作者简介:曹洋森(1985—),男,江苏东台人,上海长海医院放疗科物理师。E-mail:cyangsen2003@yahoo.com.cn。

* 通信作者简介:刘永明,liuyms@163.com。

动数据。

1.2.2 模拟机下 Synchrony 模体、Xsight Lung 模体三维方向运动偏差

六维方向运动结果参见表 4,运动幅度为 I/S 方向 30 mm。

表 3 Synchrony 模体模拟定位机下下三维方向运动数据分析

金标运动	LET(+)	ANT(+)	INT(+)
	/RIG(-)	/POS(-)	/SUP(-)
	/mm	/mm	/mm
上界	0	0	11.5
中间	0	0	0
下界	0	0	-11.5

表 4 Xsight Lung 模体模拟定位机下下三维方向运动数据分析

靶区运动	LET(+)	ANT(+)	INT(+)
	/RIG(-)	/POS(-)	/SUP(-)
	/mm	/mm	/mm
上界	0	0	14.5
中间	0	0	-0.5
下界	0	0	-15.5

2 结果

2.1 射波刀下 Synchrony 模体、Xsight Lung 模体六维方向运动偏差

测量结果显示,改变 Synchrony 模体的运动速度对其运动幅度无影响,取均值后六维方向运动结果参见表 1,运动幅度为 I/S 方向 22.9 mm。Xsight Lung 模体的六维方向运动结果参见表 2,运动幅度为 I/S 方向 29.1 mm。Synchrony 模体及 Xsight Lung 模体的运动模式均为头脚方向(I/S)匀速运动。

表 1 Synchrony 模体射波刀下六维方向运动数据分析

呼吸 相位	LET(+)	ANT(+)	INT(+)	R(+)	H-up(+)	CCW(+)
	/RIG(-)	/POS(-)	/SUP(-)	/L(-)	/H-Down(-)	/CW(-)
	/mm	/mm	/mm	/°	/°	/°
一	0	0.1	-0.8	0	0.1	0.2
三	-0.1	0.1	-11.3	0	0	0.2
五	0	0.2	0.2	0	0	0.2
七	0	0.1	11.6	0	0.1	0.2

表 2 Xsight Lung 模体射波刀下六维方向运动数据分析

呼吸 相位	LET(+)	ANT(+)	INT(+)	R(+)	H-up(+)	CCW(+)
	/RIG(-)	/POS(-)	/SUP(-)	/L(-)	/H-Down(-)	/CW(-)
	/mm	/mm	/mm	/°	/°	/°
一	0.1	0.6	-0.8	0	0.1	0.2
三	-0.1	0.2	-15.6	0	0.1	0.2
五	-0.2	0	1.2	0	0.1	0.2
七	0.1	-0.2	13.5	0	0.1	0.2

2.2 模拟机下 Synchrony 模体、Xsight Lung 模体三维方向运动偏差

Synchrony 模体的六维方向运动结果参见表 3,运动幅度为 I/S 方向 23.0 mm。Xsight Lung 模体的

Synchrony 模体在模拟机下测得的数据与射波刀影像系统及同步追踪系统分析得出的运动数据误差别为 0.1 mm,Xsight Lung 模体下二者的误差为 0.9 mm,均小于 1 mm。

3 讨论

验证射波刀的影像引导系统和同步追踪系统的准确性对于开展临床治疗、做好射波刀质量控制与质量保证具有重要的指导意义。若对真实病患进行测量,受环境因素影响较大。模体受环境影响较小,所追踪的目标靶区刚性、重复性、周期性也较真实病患好,且呼吸波形均为正弦波,易于采集峰值数据,测量比对结果更加具有说服力。

射波刀影像引导系统由一对固定在患者两侧天花板处的诊断用 X 射线管及安置于地面上的非晶硅影像探测器组成,与患者形成 45°与 315°正交拍片,获得病人的空间数据^[4]。以 Synchrony 模体为例,模体内分布 6 粒金标,构成一定空间结构。影像系统依据两张正交影像获得 6 粒金标的空间位置,与由定位 CT 获取得到的数字化重建影像(digitally reconstructed radiograph,DRR)进行比对,获取六维运动信息(三维平移数据、三维旋转数据)。模

体运动仅存在 I/S 方向匀速运动,在模拟定位机环境下,采取 0°与 90°正交拍片,可以更加直观明了地寻找模体中心并观察运动,获得较准确的运动数据。

结果表明,使用 Synchrony 模体测量,模体内金标数目 >3,构成立体空间结构,刚性程度高,射波刀影像引导系统获得的峰值相位六维方向的运动参数稳定,扰动误差均 ≤0.1 mm/0.1°。通过 Xsight Spine 摆位计划获得 Xsight Lung 模体旋转数据,而后期的肺追踪计划只获得追踪靶区的三维运动(L/R、A/P、I/S 方向),且计算机分析获取的运动数据扰动较大,I/S 运动方向扰动更是高达 4.5 mm,需要通过拍摄多组峰值相位才能获得真正的运动极限值。由此可见,Xsight Lung 追踪方式类似于 1 粒金标的 Synchrony 追踪方式,追踪空间数据不足,≥3 粒金标的 Synchrony 追踪方式可获得更加理想精确的追踪治疗。同时亦说明,在使用 Xsight Lung 追踪

方式进行呼吸建模时最好采取自动建模与手动建模相结合,拍摄多组数据,建立更加贴近肿瘤运动的真实模型。

因此利用模拟机测量所得数据与射波刀影像追踪系统分析所得数据相符,该测量方法具有可行性。

参 考 文 献

1 沈君姝,耿薇娜,王 朋,等. 射波刀追踪方式分析. 生物医学工程与临床,2011;15(5):502—504
2 王境生,李丰彤,袁智勇,等. 射波刀 Xsight 患者六维方向数据分析. 医疗卫生装备,2012;33(2):128—129
3 沈君姝,耿薇娜,王 朋,等. 射波刀的物理质量保证和治疗控制. 生物医学工程与临床,2012;16(2):193—196
3 王 朋. 射波刀的影像引导放疗技术优势. 医疗卫生装备,2010;31(11):118—119

Accuracy of Simulator Verification Cyber Knife Image Guided and Synchrony Tracking System

CAO Yang-sen, YU Chun-shan, LIU Yong-ming*

(Department of Radiation Oncology, Shanghai Changhai Hospital, Shanghai 200433, P. R. China)

[Abstract] The accuracy of the image-guided system and synchronous tracking system of CyberKnife was verified. Synchrony Phantom and Xsight Lung Phantom were placed the CyberKnife and Simulator, then the data of motion in each environment were measured and compared. It is resulted the motion data errors were 0.1 mm and 0.9 mm of Synchrony and Xsight Lung Phantom between CyberKnife image tracking system and Simulator. It is concluded the data of simulator motif motion is consistent with CyberKnife image tracking system, but need to establish a comprehensive respiratory model.

[Key words] CyberKnife simulator image guide radiation therapy synchrony