

# 圆的标准方程预防放射治疗机头 与治疗床碰撞的应用

孙福厚, 胡伟刚, 王佳舟, 许青

复旦大学附属肿瘤医院放疗科, 复旦大学上海医学院肿瘤学系, 上海 200032

**[摘要]** **背景与目的:** 在放射治疗中, 由于肿瘤靶区位置不同, 需要配合治疗床左右或者上下移动。在移床距离较大的情况下, 治疗床或患者与治疗机机头可能会发生碰撞。该研究旨在通过探讨治疗机机头的运动轨迹以及床运动的范围, 避免因操作不慎导致治疗机机头与治疗床发生碰撞, 减少此类事故的发生。**方法:** 选择直线加速器Varian Trilogy, 在治疗床空载、准直器零位的情况下, 模拟共面照射, 测量等中心点到机头表面中心的距离以及床的宽度和床的厚度。由于直线加速器Varian Trilogy的治疗床横截面为倒置的梯形, 治疗床上表面最外缘一点距离等中心点最远, 在发生碰撞的情况下, 最先与治疗机头发生碰撞, 所以取该点作为参考点。选取40组移床数据, 计算参考点的坐标。参考点的横坐标为1/2床宽与床的左右位移之和。参考点的纵坐标为降床的距离。计算参考点横坐标与纵坐标的平方和, 与旋转半径的平方比较, 预判治疗床与治疗机机头是否发生碰撞, 并进行实际验证。**结果:** 纵坐标与横坐标平方和大于半径的平方时, 治疗床与治疗机机头发生碰撞, 与预判吻合。纵坐标与横坐标平方和等于半径的平方时, 治疗床与治疗机机头发生0距离接触, 处于临界点, 与预判吻合。当纵坐标与横坐标平方和小于半径的平方时, 治疗床与治疗机机头不会发生碰撞, 与预判吻合。**结论:** 通过计算测量, 发现这种计算方法是可行的, 可以有效避免治疗床和治疗机的机头碰撞。

**[关键词]** 圆的标准方程; 放射治疗; 碰撞; 机头; 治疗床

DOI: 10.3969/j.issn.1007-3969.2016.05.019

中图分类号: R730.55 文献标志码: A 文章编号: 1007-3639(2016)05-0462-04

**Application of the standard equation of a circle to prevention of collision between the gantry and the couch** SUN Fuhou, HU Weigang, WANG Jiazhou, XU Qing (Department of Radiation Oncology, Fudan University Shanghai Cancer Center; Department of Oncology, Shanghai Medical College, Fudan University, Shanghai 200032, China)

Correspondence to: XU Qing E-mail: qingxu68@hotmail.com

**[Abstract]** **Background and purpose:** The radiation should move at the same direction in accordance with the position of the couch during radiotherapy due to the different location of gross target volume. However, under the condition of the long distance movement of the couch, collisions between the gantry and the couch (or the patients) may happen. To avoid the collisions between the gantry and the couch, the motion area confliction between the gantry and the couch was analyzed. **Methods:** The distance from isocenter to the surface center of linear accelerator head, and the width and the thickness of treatment bed were measured when the treatment bed was empty, and gantry and collimator were at zero position. Forty sets of bed movement data were collected. The sum of squares of  $X$ -and  $Y$ -coordinates of reference point was calculated and compared with squares of rotation radius. Then, it was anticipated whether the linear accelerator head will collide with treatment bed. Finally, practical verification was made. **Results:** Whether linear accelerator head collides with treatment bed depends on the difference between the sum of squares of  $X$ -and  $Y$ -coordinates and the squares of rotation radius. No collisions will happen when the sum of squares of  $X$ -and  $Y$ -coordinates is less than that of the squares of rotation radius. **Conclusion:** It is feasible to avoid collisions of linear accelerator head with treatment bed by comparing the sum of squares of  $X$ -and  $Y$ -coordinates of reference point with squares of rotation radius.

**[Key words]** Standard equation of circle; Radiotherapy; Collision; Gantry; Couch

近年来, 容积旋转调强技术已经得到了越来越广泛的应用<sup>[1-3]</sup>。国际上先进的放疗设备, 其等中心旋转误差的球体半径(sphere radius, SR)通常在1 mm之内<sup>[4]</sup>。由于肿瘤靶区位置不同, 放疗中心不一定处于患者的身体中轴上, 需要配合治疗床左右或者上下移动, 在移床距离较大的情况下, 可能会发生治疗床或患者和治疗机机头的碰撞。实际治疗中, 为了保证安全, 避免碰撞, 需要技术人员在患者治疗前对治疗机机头进行空转确认, 或者在不同机架角转换时进入治疗室人工确认。

为了提高工作效率, 节省治疗时间, 在保证安全的情况下尽量减少工作量, 需要一种在照射前预测是否会发生碰撞的方法。本研究通过使用圆的标准方程, 计算治疗床是否会和治疗机机头

发生碰撞, 并提供适合实际使用的表格。

## 1 材料和方法

以直线加速器Varian Trilogy等中心点作为圆心, 治疗机机头下缘所在的平面到等中心的距离为半径 $R$ , 作一个圆。治疗床左右位移归零, 上下位移归零, 测量等中心点到治疗机机头下缘所在平面的距离 $R=38$  cm。测量床的宽度为53 cm。垂直于地面方向且经过等中心点的直线作为 $Y$ 轴, 平行于地面方向且经过等中心点的直线作为 $X$ 轴, 建立直角坐标系。通过判断治疗床上距离等中心点最远的点(即参考点)是否会和治疗机机头发生碰撞, 来确定治疗床是否会和治疗机机头下缘发生碰撞(图1)。

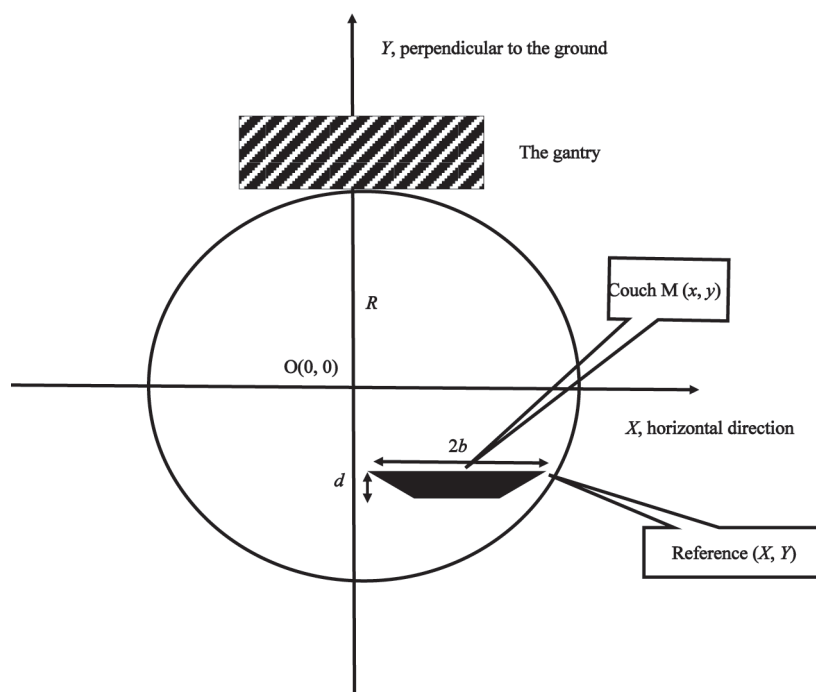


图1 治疗机机头与治疗床的几何结构以及机头的旋转轨迹

Fig. 1 The geometric structure of the gantry and the couch as well as the rotation locus of the gantry

基本原理如下, 在直角坐标系中, 若圆心的坐标为 $(0,0)$ , 参考点坐标为 $(X,Y)$ , 则参考点与圆 $X^2+Y^2=R^2$ 的位置符合以下关系:

- (1) 当 $X^2+Y^2>R^2$ 时, 则参考点在圆外。
- (2) 当 $X^2+Y^2=R^2$ 时, 则参考点在圆上。
- (3) 当 $X^2+Y^2<R^2$ 时, 则参考点在圆内。

具体到加速器上, 治疗床的宽度为 $2b$ , 治

疗床的厚度为 $d$ (当床的横断面为矩形时需要考虑床的厚度), 治疗床治疗时左右方向的偏移量为 $x$ , 治疗床治疗时上下方向的偏移量为 $y$ , 等中心点与治疗机机头表面中心的距离为 $R$ 。

为了验证该方法, 本研究选取40组移床数据, 床高分别为5、10、15和20 cm, 床左右偏离分别为1、2、3、4、5、6、7、8、9和

10 cm。由于床左右对称, 仅以床左偏的40组数据进行推算是否碰撞, 记录推算结果, 并将床置于这40个刻度处, 旋转治疗机机头, 验证是否会发生碰撞, 并记录结果。

## 2 结 果

### 2.1 测量旋转半径

根据 $R=38$  cm计算得出 $R^2$ 为1 444, 计算1/2

床的宽度为 $b=26.5$  cm, 验证结果见表1。

实际工作中, 为便于快速判断是否发生碰撞, 可以根据床的左右偏移 $x$ , 计算得出治疗床上下方向的最大位移 $y$ 。计算公式为 $y=\sqrt{R^2-(x+b)^2}$ , 计算结果见表2。根据计算结果绘制折线图(图2)。抛物线下方的区域为治疗床和机头不发生碰撞对应的坐标值, 抛物线上方的区域为肯定发生碰撞对应的坐标值。抛物线上对应的坐标值为临界点。

表 1 治疗床的位移与治疗机机头的关系

Fig. 1 Relationship between the couch displacement and the gantry

Couch vertical ( $y$ )	Couch latitude ( $x$ )	The reference coordinates ( $x+b, y$ )	Comparison of $X^2+Y^2$ and $R^2$	Estimated collision or not	Actually collision or not	Coincidence or not
5	1	27.5, 5	781<1444	No	No	Yes
5	2	28.5, 5	837<1444	No	No	Yes
5	3	29.5, 5	895<1444	No	No	Yes
5	4	30.5, 5	955<1444	No	No	Yes
5	5	31.5, 5	1017<1444	No	No	Yes
5	6	32.5, 5	1081<1444	No	No	Yes
5	7	33.5, 5	1147<1444	No	No	Yes
5	8	34.5, 5	1215<1444	No	No	Yes
5	9	35.5, 5	1285<1444	No	No	Yes
5	10	36.5, 5	1357<1444	No	No	Yes
10	1	27.5, 10	856<1444	No	No	Yes
10	2	28.5, 10	912<1444	No	No	Yes
10	3	29.5, 10	970<1444	No	No	Yes
10	4	30.5, 10	1030<1444	No	No	Yes
10	5	31.5, 10	1092<1444	No	No	Yes
10	6	32.5, 10	1156<1444	No	No	Yes
10	7	33.5, 10	1222<1444	No	No	Yes
10	8	34.5, 10	1200<1444	No	No	Yes
10	9	35.5, 10	1360<1444	No	No	Yes
10	10	36.5, 10	1432<1444	No	No	Yes
15	1	27.5, 15	981<1444	No	No	Yes
15	2	28.5, 15	1037<1444	No	No	Yes
15	3	29.5, 15	1095<1444	No	No	Yes
15	4	30.5, 15	1155<1444	No	No	Yes
15	5	31.5, 15	1217<1444	No	No	Yes
15	6	32.5, 15	1281<1444	No	No	Yes
15	7	33.5, 15	1347<1444	No	No	Yes
15	8	34.5, 15	1415<1444	No	No	Yes
15	9	35.5, 15	1485>1444	No	No	Yes
15	10	36.5, 15	1557>1444	No	No	Yes
20	1	27.5, 20	1156<1444	No	No	Yes
20	2	28.5, 20	1212<1444	No	No	Yes
20	3	29.5, 20	1270<1444	No	No	Yes
20	4	30.5, 20	1330<1444	No	No	Yes
20	5	31.5, 20	1392<1444	No	No	Yes
20	6	32.5, 20	1456>1444	No	No	Yes
20	7	33.5, 20	1522>1444	No	No	Yes
20	8	34.5, 20	1590>1444	No	No	Yes
20	9	35.5, 20	1660>1444	No	No	Yes
20	10	36.5, 20	1732>1444	No	No	Yes

表 2 床左右位移(x)所对应的碰撞时床的上下位移(y)

Fig. 2 The left to right displacement of the couch (x) and the top to bottom displacement of the couch (y) during the collision

Direction	Displacement l/cm												
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11.5
y	27.2	26.2	25.1	23.9	22.6	21.2	19.6	17.9	15.9	13.5	10.5	6.1	0

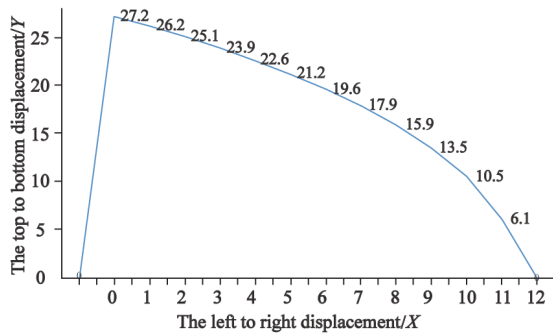


图 2 发生碰撞时床的左右位移与上下位移对应的坐标散点图

Tab. 2 The coordinated scatter diagram of the couch based on left to right displacement and the top to bottom displacement during collision

体有时候会超出床的边缘。治疗床不发生碰撞不代表患者不会与治疗机机头发生接触，所以在实际计算中，要预留出患者可能探出床的部分，以免发生意外。为安全起见，在治疗机的机头上安装摄像头有利于本研究治疗过程中发现意外情况。同时，通过计算，可以得出床在和治疗机机头发生碰撞时，机架的角度大小。这样可以在治疗时预判哪些角度会发生碰撞。运用设备自带的计算功能在即将发生碰撞的时候给与先床归零然后转治疗机机头，等治疗机机头到达指定的位置再复位继续治疗。由于计算治疗机机头和治疗床发生碰撞的角度不在本文讨论的范围内，故仅作简略说明。

### 3 讨 论

40组数据全部符合推算结果。因此，在实际工作中，可以根据加速器给出的机器参数，即治疗床的位置参数，计算绝对位移。可以方便地计算出治疗床是否会发生碰撞，从而在发生碰撞产生前给技术员发出安全提示警告，防止机器发生损坏。当床面距离等中心最远的点仍然在机头的运转轨迹内时，不会发生碰撞。当床面距离等中心点最远的点超出了机头的运转轨迹，就会发生碰撞<sup>[4]</sup>。

本研究结果显示，治疗床在理论上可以计算出是否会与机架发生碰撞，但是患者的身

### [参 考 文 献]

- [1] 孙晓欢, 周咏春, 谭丽娜, 等. 容积旋转调强与固定野调强在宫颈癌术后放疗中的剂量学比较 [J]. 中国医学物理学杂志, 2014, 31(1): 4604-4607.
- [2] 郭蕊, 孙颖, 黄劲敏, 等. 鼻咽癌容积旋转调强放疗与常规静态调强放疗的剂量学对比研究 [J]. 中山大学学报: 医学科学版, 2012, 33(6): 835-840.
- [3] 杨金磊, 刘博宇, 路双臣, 等. Monaco与Pinnacle计划系统在肺癌容积旋转调强计划中的比较 [J]. 中华放射医学与防护杂志, 2015, 35(2): 119-122.
- [4] 黄嘉华. 放疗设备等中心精度分析与对策 [J]. 上海生物医学工程, 2003, 24(1): 10-13.

(收稿日期: 2015-10-10 修回日期: 2016-03-27)