

# 磁导航指导下心房颤动导管消融与手动消融辐射剂量的对比研究

刘晓宇 钱玲玲 郑杰 李庠林 崔志敏 郁志明 王如兴

**【摘要】** 目的 比较磁导航指导下心房颤动导管消融与手动消融时辐射剂量的差异。方法 连续收住入院的 94 例心房颤动(AF)导管消融术患者,前 60 例为手动消融组(CON 组),后 34 例为磁导航(MNS)指导下导管消融组(MNS 组)。对比两组患者的皮肤表面累积入射剂量(CD)、剂量面积乘积(DAP)、透视时间,以及医护人员的辐射剂量和透视时间。结果 MNS 组和 CON 组两组患者的 CD 值分别为  $(0.54 \pm 0.45)$  和  $(1.61 \pm 0.89)$  Gy ( $t = 2.44, P < 0.05$ ), DAP 值为  $(46.86 \pm 27.09)$  和  $(139.71 \pm 76.69)$  Gy·cm<sup>2</sup> ( $t = 3.89, P < 0.05$ ), 透视时间为  $(15.60 \pm 7.52)$  和  $(39.50 \pm 8.82)$  min ( $t = 1.96, P < 0.05$ )。两组手术医师辐射剂量分别为  $(22.68 \pm 6.87)$  和  $(62.74 \pm 20.92)$  μSv ( $t = 2.02, P < 0.05$ ), 透视时间为  $(11.48 \pm 7.59)$  和  $(30.50 \pm 14.82)$  min ( $t = 2.75, P < 0.05$ ), 助手辐射剂量为  $(19.38 \pm 5.64)$  和  $(49.42 \pm 10.67)$  μSv ( $t = 3.58, P < 0.05$ ), 透视时间为  $(8.96 \pm 5.88)$  和  $(24.49 \pm 9.09)$  min ( $t = 4.20, P < 0.05$ ), 护士辐射剂量为  $(18.98 \pm 4.99)$  和  $(47.77 \pm 13.65)$  μSv ( $t = 3.17, P < 0.05$ ), 透视时间为  $(8.33 \pm 6.35)$  和  $(22.99 \pm 13.36)$  min ( $t = 2.76, P < 0.05$ )。结论 与手动消融相比,磁导航指导下心房颤动导管消融具有明显减少医患辐射剂量的优点。

**【关键词】** 磁导航; 心房颤动; 心血管介入; X 射线

**Clinical study of radiation exposure from atrial fibrillation catheter ablation guided by magnetic navigation system** Liu Xiaoyu, Qian Lingling, Zheng Jie, Li Xulin, Cui Zhimin, Yu Zhiming, Wang Ruxing. Department of Cardiology, Wuxi People's Hospital Affiliated to Nanjing Medical University, Wuxi 214023, China

Corresponding author: Wang Ruxing, Email: ruxingw@aliyun.com

**【Abstract】** **Objective** To compare the X-ray radiation dose from atrial fibrillation (AF) ablation guided by magnetic navigation system (MNS) and manual procedure (CON). **Methods** 94 AF patients were randomly divided into MNS group (34 cases) and CON group (60 cases). The dose area product (DAP), cumulative radiation dose (CD), fluoroscopy time of patients, the X-ray exposure time and dose of operators were recorded and analyzed. **Results** The results from the patients in MNS group and CON group were CD values  $(0.54 \pm 0.45)$  and  $(1.61 \pm 0.89)$  Gy ( $t = 2.44, P < 0.05$ ), DAP values  $(46.86 \pm 27.09)$  and  $(139.71 \pm 76.69)$  Gy·cm<sup>2</sup> ( $t = 3.89, P < 0.05$ ) and fluoroscopy time  $(15.60 \pm 7.52)$  and  $(39.50 \pm 8.82)$  min ( $t = 1.96, P < 0.05$ ), respectively. The X-ray exposure dose in both groups were  $(22.68 \pm 6.87)$  and  $(62.74 \pm 20.92)$  μSv ( $t = 2.02, P < 0.05$ ) for operation doctor  $(19.38 \pm 5.64)$  and  $(49.42 \pm 10.67)$  μSv ( $t = 3.58, P < 0.05$ ) for operation assistant and  $(18.98 \pm 4.99)$  and  $(47.77 \pm 13.65)$  μSv ( $t = 3.17, P < 0.05$ ) for nurse, respectively. The X-ray exposure time experienced in both groups were  $(11.48 \pm 7.59)$  and  $(30.50 \pm 14.82)$  min ( $t = 2.75, P < 0.05$ ) for operation doctor,  $(8.96 \pm 5.88)$  and  $(24.49 \pm 9.09)$  min ( $t = 4.20, P < 0.05$ ) for operation assistant and  $(8.33 \pm 6.35)$  and  $(22.99 \pm 13.36)$  min ( $t = 2.76, P < 0.05$ ) for nurse, respectively. **Conclusions** Compared with manual procedure, the MNS applied in AF ablation has the potential to decrease X-ray exposure dose.

**【Key words】** Magnetic navigation system; Atrial fibrillation; Cardiovascular intervention; X-rays

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2015.04.018

基金项目:江苏省无锡市科技发展资金资助项目(CSE32N1302);无锡市医院管理中心医学科技发展基金面上项目(YGM1110)

作者单位:214023 无锡,南京医科大学附属无锡市人民医院

通信作者:王如兴,Email:ruxingw@aliyun.com

心血管介入操作可能使患者和医护人员接受较高的辐射剂量、造成潜在的辐射损伤<sup>[1]</sup>,即使使用目前认为合适的防护措施,射线辐射仍会损伤机体。随着复杂性心律失常导管消融、尤其是房颤(atrial fibrillation, AF)导管消融的广泛开展,从事心

律失常的介入治疗工作者和接受治疗的患者将面临更多剂量的辐射<sup>[2]</sup>,故减少辐射剂量意义重大。磁导航(magnetic navigation system, MNS)是通过改变磁场方向而操纵消融导管进行手术的一种新设备,目前国外已越来越多的应用于 AF 等复杂性心律失常的导管消融治疗,初步研究认为,该设备应用于指导 AF 导管消融可减少术中患者的辐射剂量,但目前国内外缺乏单一对比 MNS 指导下 AF 导管消融与手动消融辐射剂量、尤其是医护人员辐射剂量的研究,故本研究将对此进行分析,探讨 MNS 在放射防护方面的应用价值。

### 资料与方法

1. 病例选择及手术方式:2012 年 10 月至 2014 年 4 月南京医科大学附属无锡市人民医院心内科连续收住入院的 94 例行 AF 导管消融术患者,年龄( $47.57 \pm 12.32$ )岁(19~73 岁),其中男性 60 例,女性 34 例,AF 发生时间( $5.33 \pm 9.27$ )年(2 个月~22 年),前 60 例为手动消融组(CON 组),后 34 例为 MNS 指导下导管消融组(MNS 组)。符合下列条件之一为入选标准:①至少每周发作 1 次的阵发性房颤;②至少每月发作 1 次有症状的持续性房颤;③至少 1 种抗心律失常药物无效;④应用 1 种以上抗心律失常药物才能控制症状;⑤持久性房颤;⑥有 1 项以上血栓形成的危险因素。符合下列条件之一为排除标准:①年龄 < 18 岁或 > 75 岁;②临床心功能 IV 级;③左心室射血分数 < 35%;④左心房(左房)内径 > 60 mm,有抗凝禁忌证;⑤左房或左心耳有血栓形成;⑥合并肾功能不全、阻塞性或弥散性肺功能障碍。术中均进行双侧肺静脉造影,采用环肺静脉电隔离术式对 AF 进行导管消融治疗。持续性和永久性 AF 患者,行左房顶部和(或)二尖瓣峡部线性消融。所有患者消融前均签署知情同意书。两组患者均在同一导管室、相同数字减影血管造影机进行手术,手术医师、助手、护士均不变(同一电生理手术组)。

2. 介入数字减影血管造影和患者辐射剂量监测方法:采用德国 Siemens 公司生产的 zee biplane Angio 型平板探测器数字减影血管造影机,运用自动曝光条件采集图像。对所有操作均使用悬吊式屏风、床旁铅屏防护,平板探测影像系统具有内置穿透电离室型的随机配置剂量测量系统,其数据记录包括:面积剂量乘积(DAP)、在线随机的参考点

累积皮肤表面入射剂量(CD)、透视时间、最高皮肤剂量(PSD)、摄影帧数以及管电压、管电流等参数。其中管电压为 60~80 kV,管电流在透视时为 20~40 mA,摄影时为 200~800 mA,上述参数系统根据患者体重等个体情况自动调整。采样速率在透视时为 7.5 帧/s,摄影时为 15 帧/s,投照角度在摄影时取左前斜 45°和右前斜 45°(摄影均用于双侧肺静脉造影),透视时为前后位(根据手术需要可能偶尔需要其他角度透视),焦片距均为 90 cm。接受导管消融治疗的患者所受的辐射剂量,可以通过 DSA 设备的检测装置实现在线监测而得到 DAP 值和 CD 值。DAP 是 X 射线束的横截面积乘以该照射野上的平均空气比释动能。在介入参考点位置的 X 射线束横截面积一定时,DAP 值是累积剂量与其照射野面积的乘积。CD 值是参考点累积皮肤表面入射剂量。MNS 组按时间顺序将患者分为前后各 17 例,比较操作熟练程度对辐射剂量的影响。

3. 医护人员单次手术辐射剂量监测:每名医护人员于左侧胸前防护服外佩戴徽章式 LiF(Mg, Cu, P)热释光个人剂量计,每人 2 枚,MNS 指导下 AF 导管消融时佩戴一枚,手动消融时佩戴另一枚,辐射剂量检测应用 RGD-2A 型热释光剂量仪进行,检测时扣除本底的影响。医护人员透视时间由专人在控制室内以秒表记录。

4. 统计学处理:计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,采用 SPSS 16.0 软件进行分析,如两组数据为正态分布且方差齐,则采用成组 *t* 检验,如两组数据为非正态分布或方差不齐则采用 Mann-Whitney *U* 检验,两组间率的比较用  $\chi^2$  检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

### 结 果

1. MNS 组和 CON 组患者一般情况和放射影像条件对比:两组患者身高、体重、管电压、透视管电流、摄影管电流及性别比例、阵发性房颤比例差异均无统计学意义,见表 1。

2. MNS 组和 CON 组患者辐射剂量与透视时间比较:MNS 组患者 CD 值、DAP 值、透视时间、PSD 值明显低于 CON 组( $t = 2.44, 3.89, 1.96, 2.77, P < 0.05$ ,表 2)。

3. 参与手术的医护人员辐射剂量与透视时间比较:MNS 指导手术时,医护人员辐射剂量和透视时间明显低于手动消融时( $t = 2.02, 3.58, 3.17$ 、

表 1 MNS 组和 CON 组患者一般情况和放射影像条件对比( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	身高 (m)	体重 (kg)	男性比例 (%)	阵发性房颤比例 (%)	管电压 (kV)	透视管电流 (mA)	摄影管电流 (mA)
MNS 组	34	1.65 ± 0.12	59.29 ± 10.09	55.88	73.53	72.58 ± 4.22	33.44 ± 5.33	613.29 ± 122.67
CON 组	60	1.68 ± 0.10	61.74 ± 12.22	68.33	76.67	70.62 ± 6.22	29.71 ± 6.85	585.32 ± 168.54
<i>t</i> 值		0.34	0.56	1.46 <sup>a</sup>	0.12 <sup>a</sup>	0.27	0.22	0.51
<i>P</i> 值		>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

注: MNS. 磁导航消融组; CON. 手动消融组。<sup>a</sup>为 $\chi^2$ 值

表 2 MNS 组和 CON 组患者辐射剂量和透视时间比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	CD (Gy)	DAP (Gy·cm <sup>2</sup> )	透视时间 (min)	PSD (Gy)
MNS 组	34	0.54 ± 0.45	46.86 ± 27.09	15.60 ± 7.52	0.49 ± 0.38
CON 组	60	1.61 ± 0.89	139.71 ± 76.69	39.50 ± 8.82	1.34 ± 0.68
<i>t</i> 值		2.44	3.89	1.96	2.77
<i>P</i> 值		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

注: MNS. 磁导航消融组; CON. 手动消融组; CD. 皮肤表面入射剂量; DAP. 面积剂量乘积; PSD. 最高皮肤剂量

表 3 MNS 组和 CON 组医护人员透视时间和辐射剂量比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	辐射剂量 ( $\mu$ Sv)				透视时间 (min)			
		术者	助手	护士	平均	术者	助手	护士	平均
MNS 组	34	22.68 ± 6.87	19.38 ± 5.64	18.98 ± 4.99	20.35 ± 5.83	11.48 ± 7.59	8.96 ± 5.88	8.33 ± 6.35	9.59 ± 6.61
CON 组	60	62.74 ± 20.92	49.42 ± 10.67	47.77 ± 13.65	53.31 ± 15.10	30.50 ± 14.82	24.49 ± 9.09	22.99 ± 13.36	25.99 ± 12.42
<i>t</i> 值		2.02	3.58	3.17	2.88	2.75	4.20	2.76	2.63
<i>P</i> 值		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

注: MNS. 磁导航消融组; CON. 手动消融组

表 4 MNS 组患者前、后 17 例 CD、DAP、PSD 和透视以及手术时间比较( $\bar{x} \pm s$ )

患者	手术操作时间 (min)	建立左心房结构模型及肺静脉隔离时间 (min)	消融时间 (min)	CD (Gy)	DAP (Gy·cm <sup>2</sup> )	透视时间 (min)	PSD (mGy)
前 17 例	182.71 ± 24.08	126.12 ± 18.06	36.58 ± 6.36	0.73 ± 0.56	63.41 ± 39.96	18.76 ± 8.50	0.70 ± 0.54
后 17 例	145.53 ± 18.20	99.73 ± 17.19	28.21 ± 7.44	0.36 ± 0.17	31.27 ± 15.08	12.44 ± 4.87	0.34 ± 0.16
<i>t</i> 值	2.36	2.47	3.22	2.69	4.01	2.50	2.71
<i>P</i> 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

注: MNS. 磁导航消融组; CD. 皮肤表面入射剂量; DAP. 面积剂量乘积; PSD. 最高皮肤剂量

2.88, 2.75, 4.20, 2.76, 2.63,  $P < 0.05$ , 表 3)。

4. 操作熟练程度对 MNS 组手术时间、辐射剂量与透视时间的影响: 前 17 例患者平均 CD 值、DAP 值、PSD 值明显高于后 17 例患者 ( $t = 2.69$ 、 $4.01$ 、 $2.71$ ,  $P < 0.05$ ), 平均手术操作时间、建立左心房结构模型及肺静脉隔离时间、消融时间和透视时间明显长于后 17 例患者 ( $t = 2.36$ 、 $2.47$ 、 $3.22$ 、 $2.50$ ,  $P < 0.05$ , 表 4)。

### 讨 论

AF 的导管消融已成为反复发作且药物治疗无效和(或)疗效不佳的阵发性 AF 的一线治疗方法<sup>[3]</sup>。但对于该类复杂性心律失常的导管消融治疗,常需要多角度投照、手术步骤多、操作时间长,导致从事该诊疗的介入放射工作人员和接受治疗

的患者不可避免地受到相当程度的辐射照射,严重影响了 AF 导管消融的广泛开展。

除常规透视下置管建立手术入路的操作外,AF 手动导管消融辐射剂量大的主要原因有:①消融术前需要在透视指导下建立左心房结构模型;②为准确观察肺静脉口的解剖位置和结构,需要进行左右双侧肺静脉造影;③AF 导管消融目前的主流术式为环肺静脉电隔离术,需要进行连续多点消融组成环状隔离线以阻隔肺静脉电位,在此过程中导管也需要不断的在透视下调整位置;④对于持续性或永久性 AF 可能需要加做房顶线或二尖瓣峡部线性消融等额外操作,仍需要透视指导;⑤手术结束之前,还需要验证双侧肺静脉是否完全隔离,再次需要透视指导。另外,AF 手动消融学习曲线较长,增加了早期辐射剂量。因此,采取有效的防护措施以降低患

者和医护人员的辐射剂量,是技术层面研发的热点。

MNS 是近几年来用于 AF 导管消融的新设备,该设备主要由两块磁铁、磁消融导管和导管推送器 3 部分组成<sup>[4]</sup>,其中两块磁铁位于患者手术台的两侧,当患者平卧于手术台时,患者心脏已置于左右两块磁铁所产生的 0.08~0.10 T 的磁场中,两块磁铁的作用是通过改变磁场方向而改变磁消融导管前后和左右的运动方向,而磁场的方向可通过在手术间外的控制室内操作计算机软件进行,不需要在手术台旁进行手动操作导管,故 MNS 为减少患者和医护人员的辐射剂量提供了切实可行的操作基础。既往多篇国外文献报道,与手动消融相比,MNS 指导下 AF 导管消融在手术成功率相似的前提下,具有减少术中患者辐射剂量和(或)透视时间以及降低患者手术并发症等优点<sup>[5-8]</sup>,但没有系统的在放射及防护角度对其进行全面对比,其手术人员和所用手术方式、方法不一,参数较为单一,对照条件参差不齐,且没有对医护人员的辐射剂量进行对比。本研究利用 PSD、CD、DAP 等多个常用指标<sup>[9]</sup>,在相同手术操作间、相同数字减影血管造影设备、相同监测方法、相同医护人员操作相同术式的基础上,对患者和医护人员的放射暴露情况同时对比,排除了混杂因素,发现 CON 组患者平均 CD 值、PSD 值均大于 1 Gy,透视时间较长,存在高剂量的风险,而 MNS 组上述指标仅相当于 CON 组的 1/3 左右。对于医护人员的测量也得到相似结果,无论是手术医师、助手还是护士,辐射剂量和透视时间明显减少,显示了 MNS 在放射防护方面的应用价值。

分析 MNS 在 AF 射频中明显减少辐射剂量和透视时间的原因,有如下几点:首先,建立左心房结构模型时不需要反复在透视下调整导管位置,只需要在操作间内根据已有的左心房 X 射线片和肺静脉造影结果为基础,利用磁场引导导管建立左心房结构模型;其次,在建立左心房模型后,MNS 附带软件可将电脑三维模拟的左心房结构及导管位置与实时二维 X 射线片整合,之后的透视显像仅需要数次持续 1~2 s 的透视显像即可满足手术需求;再次,因 MNS 导管柔软,可随意弯曲,环状线性消融时,不需要在透视下手动调整导管位置,在磁场引导下导管可到达心腔内任意指定位置;最后,MNS 附带软件可自动引导导管验证是否实现肺静脉电位的隔离,进一步减少辐射剂量。

另外,对比前、后 17 例患者手术总时间、建立左

心房结构模型及肺静脉隔离时间、消融时间、辐射剂量和透视时间,发现后 17 例患者明显少于前 17 例,说明 MNS 指导下 AF 导管消融学习曲线短,可以很快由透视指导下手动操作导管进行消融的手术模式转换为 MNS 指导下磁场引导导管进行消融的手术模式,这得益于 MNS 安全性高、无需有长期导管操作经验,同时明显减少了早期学习阶段的辐射剂量。

MNS 技术在国外已较为广泛的应用于 AF 的导管消融治疗,但国内尚属于早期应用,目前本中心该类手术例数虽在国内第一,但样本量仍较少,且局限于心房颤动的导管消融治疗,还需以后加大样本量并向其他类型的复杂型心律失常推广应用,进行进一步研究。MNS 指导下 AF 导管消融在不影响手术质量的情况下,可极大地减少辐射剂量。可以预见,在不久的将来,MNS 会应用于更多 AF 患者的消融治疗<sup>[10-11]</sup>,并且可能向其他心血管疾病的介入治疗甚至其他领域的介入治疗逐步延伸推广,为进一步减少对患者和医护人员的放射损害作出贡献。

#### 参 考 文 献

- [1] Chida K, Saito H, Otani H, et al. Relationship between fluoroscopic time, dose-area product, body weight, and maximum radiation skin dose in cardiac interventional procedures [J]. *Am J Roentgenol*, 2006, 186(3): 774-778.
- [2] Smith IR, Rivers JT, Hayes J, et al. Reassessment of radiation risks from electrophysiology procedures compared to coronary angiography [J]. *Heart Lung Circ*, 2009, 18(3): 191-199.
- [3] January CT, Wann LS, Alpert JS, et al. 2014 AHA/ACC/HRS guideline for the management of patients with atrial fibrillation: executive summary: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on practice guidelines and the Heart Rhythm Society [J]. *Circulation*, 2014-04-10. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24682348>.
- [4] Miyazaki S, Shah AJ, Khaet O, et al. Remote magnetic navigation with irrigated tip catheter for ablation of paroxysmal atrial fibrillation [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2010, 3(6): 585-589.
- [5] Proietti R, Pecoraro V, Di Biase L, et al. Remote magnetic with open-irrigated catheter vs. manual navigation for ablation of atrial fibrillation: A systematic review and meta-analysis [J]. *Europace*, 2013, 15(9): 1241-1248.
- [6] Bauernfeind T, Akca F, Schwagten B, et al. The magnetic navigation system allows safety and high efficacy for ablation of arrhythmias [J]. *Europace*, 2011, 13(7): 1015-1021.
- [7] Arya A1, Zaker-Shahrok R, Sommer P, et al. Catheter ablation of atrial fibrillation using remote magnetic catheter navigation: a

case-control study[J]. Europace, 2011, 13(1):45-50.

[ 8 ] Pezawas T, Ristl R, Bilinski M, et al. Single, remote-magnetic catheter approach for pulmonary vein isolation in patients with paroxysmal and non-paroxysmal atrial fibrillation [ J ]. Int J Cardiol, 2014, 174(1):18-24.

[ 9 ] 冯俊, 王爱玲, 程景林, 等. 不同类型心血管介入手术辐射剂量分析[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2012, 32(4): 416-419.

[ 10 ] Shurrab M, Danon A, Lashevsky I, et al. Robotically assisted ablation of atrial fibrillation: a systematic review and meta-analysis[J]. Int J Cardiol, 2013, 169(3):157-165.

[ 11 ] Bradfield J, Tung R, Mandapati R, et al. Catheter ablation utilizing remote magnetic navigation: A review of applications and outcomes [ J ]. Pacing Clin Electrophysiol, 2012, 35(8): 1021-1034.

(收稿日期:2014-06-26)

## γ 刀的中心精度质量控制

刘立明 郭朝晖 程金生

γ 刀是一种将 γ 射线束精确的汇聚在同一焦点上时,高强度的剂量场可以使病灶组织发生放射性坏死,而周围正常组织仅受到均匀的小剂量照射的大型医疗设备。由于单次给予较大剂量以达到放射治疗目的,且又要求周围正常组织受照射剂量较少,以提高病灶的局部控制率和减少并发症。所以,对照射时 γ 射线束位置的准确性提出了相当高的要求。而中心精度偏差是反映准确性的主要和直接的指标。但 γ 刀的摆位不像加速器的摆位有激光线作为参考,也不像射波刀的摆位有图像作为引导,它只是通过标尺定位病灶,经过床的运动,使设备的机械中心,即病灶位置与射线束照射野中心重合,来达到治疗的目的。因标尺和床在频繁的使用中,存在到位精度的变化,为保证其治疗的精确性,控制机械中心与照射野中心的偏差<sup>[1]</sup>,达到控制照射位置的准确性。本研究对不同型号 γ 刀进行了质量控制检测,结果报道如下。

### 一、材料与方法

1. 测量对象:选取 4 台静态式 γ 刀,分别是钴源数为 201 颗<sup>[2]</sup>的 MODEL 4C 型、B 型、C 型和钴源数为 192 颗的 PERFEXION 型 γ 刀;5 台旋转式 γ 刀,分别是钴源数为 30 颗的 OUR-XGD 型、SRRS 型、KTL-A 型、HOLY. γ. SRRS 型和 FreeGS-A 型。总共 9 台设备。

2. 测量设备:MD55 自显影胶片,AGFA 扫描仪,焦点测量棒,FD99film Dosimeter 扫描软件,V<sub>1,2</sub>专用胶片分析软件。

3. 检测项目:通过测量不同方向机械中心与照射野中心的距离,根据公式(1)计算机械中心与照射野中心的距离 d:

$$d = \sqrt{(dx)^2 + (dy)^2 + (dz)^2} \quad (1)$$

式中, d 为机械中心与照射野中心的距离,mm; dx、dy、dz 分

别为 x、y、z 轴(床的左右、上下、前后)方向机械中心与照射野中心的距离,mm。

4. 测量方法:γ 刀的剂量率比较高,初装源焦点剂量率可达 3.0 Gy/min 以上,照射野又比较小,所以,要求机械中心与照射野中心距离 < 0.5 mm。测量时,将 MD55 自显影胶片<sup>[3,4]</sup>,裁剪成合适的尺寸,装在焦点测量棒中,然后将焦点测量棒固定在治疗床的耳轴上,调整耳轴的坐标,使左右两方向的坐标分别为 100 mm,γ 角为 90°。完成焦点测量棒的中心与设备的机械中心的重合,且测量棒中胶片与治疗床的 x-z 方向一致,固定好后,按压焦点测量棒上的顶针,标记此方向的机械中心;选择设备中的 4 mm 准直器,照射剂量大约为 4 Gy 左右。进床对胶片进行照射,照射结束后,取出胶片,标记胶片的方位。更换胶片,调整焦点测量棒到 x-y 方向,重复以上的照射。测量不同方向机械中心与照射野中心的距离。获得 x、y、z 3 个方向的等剂量图像,如图 1 所示。

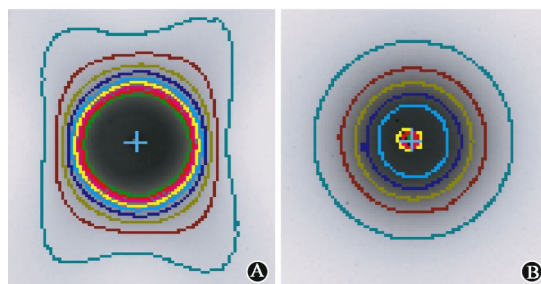


图 1 等剂量图像 A. x-z 方向;B. z-y 方向

5. 评价方法:参照《X、γ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》(GBZ 168-2005)<sup>[1]</sup>进行评价。

### 二、结果

通过 9 台不同型号的 γ 刀进行现场照射,分析半高宽和机械中心点的中心偏差距离,对照射后的胶片进行分析后得到的 x、y、z 偏差结果,列于表 1。MODEL 4C 型、B 型、C 型、OUR-XGD 型、SRRS 型、FreeGS-A 型和 KTL-A 型 γ 刀不同方向最大偏差为, x 方向 0.08 mm, y 方向 0.13 mm, z 方向

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2015.04.019

基金项目: 卫生行业科研专项(201002009)

作者单位: 100088 北京, 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所 辐射防护与核应急中国疾病预防控制中心重点实验室

通信作者: 程金生, Email: chengjs3393@163.com