

部分介入放射 X 射线机的辐射防护性能检测与分析

王 进, 杨春勇, 许翠珍, 余宁乐

中图分类号: R815 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2007)03-0318-02

**【摘要】** 目的 对部分在用介入放射用 X 射线机辐射防护水平开展检测, 研究工作人员机房内防护区剂量水平。方法 参照《医用 X 射线诊断卫生防护监测规范》。结果 介入 X 射线机有用线束入射体表空气比释动能率平均值为  $29\text{ mGy}\cdot\text{min}^{-1}$ 。X 射线源组件泄漏辐射平均值为  $39\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。防护区空气比释动能率平均值为  $1.2\times 10^2\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。结论 脉冲透视可以有效地降低透视状态下有用线束输出量和工作人员防护区空气比释动能率。应制定放射介入操作的辐射防护检测技术标准的制定。

**【关键词】** 介入; X 射线机; 辐射防护; 检测

介入放射是指在影像引导下的治疗性介入操作, 经皮途径, 多数情况下只需在局麻或镇静下进行。随着设备的改进和经验的积累, 介入放射极大地扩展了适应症范围。其特征是医生需要在机房内靠近病人操作, 郁鹏报道工作人员位置不使用各种防护装置时剂量率可达到  $7.69\text{ mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ <sup>[1]</sup>, 赵中庆报道心脏介入工作人员手臂的体表剂量率最高达到  $0.35\text{ mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ <sup>[2]</sup>。长时间透视和摄片, 医生和病人的辐射防护成为当前辐射防护的一个难点。本次调查旨在研究介入放射用 X 射线机的辐射防护水平。

1 材料和方法

1.1 介入放射用 X 射线机 共 29 台, 机器包括 C 型臂 X 射线机(含 DSA)、普通 X 射线机(包括数字胃肠机和妇科介入用透视机)。C 型臂 X 射线机为下球管机型, 包括 Siemens(Angiostar Axiom, Comsop, Powemobil), GE(OEC, Innova), Philips V30000, Mecascope, Mecall, Ignkro-g, Digitex Alpha Plus, BV Pukema 及 BV Libra。普通 X 射线机为上球管机型, 数字胃肠机包括 Philips TekDignost, Precision, Thumis-800, NAX-500RE, Axxpam-8Q。妇科介入用透视机机型为 UX+Pro。

1.2 检测设备 瑞典 RTI 公司产 Baracuda X 射线质量控制检测仪、PMX III 型 X 射线质量控制检测仪、美国 Fluke 公司产 451B 型低能 X 射线剂量率仪、国产水模体(尺寸:  $25\text{ cm}\times 25\text{ cm}\times 15\text{ cm}$ )。X 射线质量控制检测仪和低能 X 射线剂量率仪均由计量部门检定合格, 有效期内。

1.3 检测方法 检测指标包括 X 射线源组件泄漏辐射、有用线束入射体表空气比释动能率、防护区测试平面上空气比释动能率。X 射线源组件泄漏辐射和有用线束入射体表空气比释动能率的检测方法参照《医用 X 射线诊断卫生防护监测规范》GBZ138-2002<sup>[3]</sup>。防护区测试平面上空气比释动能率的检测方法: 水模体置于有用线束中, 常用照射位置, 荧光屏上照射野面积调至  $250\text{ mm}\times 200\text{ mm}$ ; 无自动照射量率控制的机器在 70 kV、3 mA 条件下, 有自动照射量率控制的 X 射线机使用自动条件, 使用低能 X 射线剂量率仪在床侧工作人员防护区位置测试平面上进行扫描巡测, 每个测量点重复测量 3 次计算平均值并换算至防护区测试平面上空气比释动能率。

2 检测结果

有用线束入射体表空气比释动能率和 X 射线源组件泄露辐射的检测 results 见表 1。

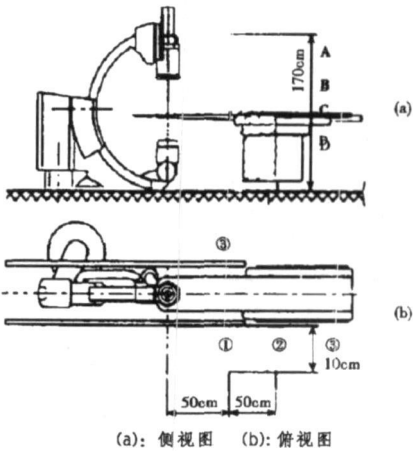
表 1 X 射线机输出量及漏射线检测结果

机器类型	数量	有用线束入射体表空气比释动能率 ( $\text{mGy}\cdot\text{min}^{-1}$ )		X 射线源组件泄漏辐射 ( $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ )	
		平均值	范围	平均值	范围
上球管 X 射线机	5	6.4	2.2~18	11	1.2~25
C 型臂 X 射线机					
(普通透视)	19	12	0.6~79	53	$0.2\sim 3.0\times 10^2$
(脉冲透视)	5	4.2	2.8~6.9	17	0.4~40
小计	24	10	0.6~79	45	$0.2\sim 3.0\times 10^2$
合计	29	9.7	0.6~79	39	$0.2\sim 3.0\times 10^2$

由表 1 看出, 介入 X 射线机有用线束入射体表空气比释动能率平均值为  $29\text{ mGy}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $0.6\sim 79\text{ mGy}\cdot\text{min}^{-1}$ ), 均能符合《医用 X 射线诊断卫生防护标准》GBZ130-2002 的要求<sup>[4]</sup>。X 射线源组件泄漏辐射平均值为  $39\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $0.2\sim 300\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ), 除 1 台机器外, 其余 28 台机器均能符合《医用 X 射线诊断卫生防护标准》GBZ130-2002 的要求。脉冲透视 C 型臂 X 射线机有用线束入射体表空气比释动能率明显低于普通透视 C 型臂 X 射线机, 有用线束入射体表空气比释动能率仅为普通透视 C 型臂 X 射线机的 1/3。

防护区测试平面上空气比释动能率检测结果见表 2。

开展介入治疗时, 机房内一般 2~3 名放射工作人员操作。常见的工作位置如图 1 所示。术者位置距离球管约 0.5 m 处, 助手位置在术者右侧, 距离球管约 1 m 处; 有时还有第二名助手常位于助手右侧距离球管 1.5 m 处。也有可能位于术者对面诊断床的另一侧。检测点位置分别取距离地面 1.6 m、1.3 m、1 m 和 0.7 m, 用于模拟工作人员(身高约 1.7 m)的头部、胸部、腹部和下肢。



①②③工作人员常见操作位置 ABCD: 检测点位置  
图 1 机房内工作人员位置及检测点示意图

基金项目: 江苏省卫生厅预防医学科研基金资助项目(Y200414)  
作者单位: 江苏省疾病预防控制中心, 江苏 南京 210009  
作者简介: 王进(1970~), 男, 江苏南京人, 高级工程师, 从事辐射防护检测与评价工作。

表 2 防护区测试平面上空气比释动能率检测结果 ( $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ )

检测位置		C型臂 X射线机(下球管)		普通 X射线机(上球管)		汇总
		平均值	范围	平均值	范围	
术者	头部	$1.0 \times 10^2$	$0.8 \sim 3.6 \times 10^2$	$2.6 \times 10^2$	$0.6 \sim 1.0 \times 10^3$	$1.3 \times 10^2$
	胸部	$1.4 \times 10^2$	$0.9 \sim 5.0 \times 10^2$	$4.1 \times 10^2$	$2.7 \sim 1.6 \times 10^3$	$1.9 \times 10^2$
	腹部	$1.6 \times 10^2$	$0.7 \sim 6.8 \times 10^2$	$3.5 \times 10^2$	$63 \sim 1.0 \times 10^3$	$2.0 \times 10^2$
	下肢	76	$0.6 \sim 2.5 \times 10^2$	$2.7 \times 10^2$	$1.3 \sim 9.6 \times 10^2$	$1.1 \times 10^2$
助手	头部	74	$5.7 \sim 3.4 \times 10^2$	$1.8 \times 10^2$	$2.6 \sim 4.7 \times 10^2$	96
	胸部	88	$7.0 \sim 3.7 \times 10^2$	$2.1 \times 10^2$	$4.8 \sim 4.4 \times 10^2$	$1.1 \times 10^2$
	腹部	90	$7.3 \sim 4.3 \times 10^2$	$1.5 \times 10^2$	$32 \sim 3.2 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$
	下肢	65	$0.6 \sim 4.3 \times 10^2$	62	$0.5 \sim 1.5 \times 10^2$	64
第二助手	头部	88	$15 \sim 3.3 \times 10^2$	95	$20 \sim 1.7 \times 10^2$	90
	胸部	$1.3 \times 10^2$	$5.8 \sim 5.8 \times 10^2$	69	$18 \sim 1.2 \times 10^2$	$1.2 \times 10^2$
	腹部	$1.5 \times 10^2$	$1.2 \sim 5.4 \times 10^2$	51	$8.7 \sim 93$	$1.3 \times 10^2$
	下肢	99	$0.8 \sim 4.3 \times 10^2$	50	$4.6 \sim 95$	85
汇总		$1.0 \times 10^2$	$0.6 \sim 6.8 \times 10^2$	$2.1 \times 10^2$	$0.5 \sim 1.6 \times 10^3$	$1.2 \times 10^2$

由于机器型号众多,不同机器使用的工作条件存在很大差异,故防护区空气比释动能率检测结果也存在较大差异。从表2可以看出,29台介入X射线机防护区空气比释动能率平均值为 $1.2 \times 10^2 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ 。普通X射线机防护区空气比释动能率平均值为 $2.1 \times 10^2 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ,比C型臂X射线机防护区空气比释动能率高出1倍。最大值甚至达到了 $1.6 \times 10^3 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ,这是由于普通X射线机球管在诊断床上方,与C型臂X射线机相比不易使用防护用品。应尽可能避免使用上球管X射线机开展介入工作。

工作人员中术者由于距离球管最近,故其所在位置空气比释动能率高于助手。第二助手可能处于诊断床另一侧术者的对面,其所在位置空气比释动能率最大也达到 $5.8 \times 10^2 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ 。提示在加强术者防护的同时也要加强第二助手的防护。

现场调查过程中还对10台C型臂X射线机术者手部位置空气比释动能率进行了检测。平均值为 $5.0 \times 10^2 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ( $20 \sim 1.3 \times 10^3 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ),高于赵中庆报道心脏介入工作人员手臂的体表剂量率<sup>[2]</sup>。术者手部空气比释动能率是其腹部的3.1倍。工作人员手部比身体其他部位更接近球管,操作时手部有可能暴露在有用线束下。

不同类型及条件下的X射线机防护区空气比释动能率检测结果分别见表3和表4

表 3 不同透视类型 C型臂 X射线机防护区空气比释动能率 ( $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ )			
C型臂 X射线机透视类型	数量	平均值	范围
普通透视	19	$1.3 \times 10^2$	$0.6 \sim 6.8 \times 10^2$
脉冲透视	5	34	$0.6 \sim 1.8 \times 10^2$

表 4 不同防护条件 X射线机防护区空气比释动能率 ( $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ )			
防护设施	数量	平均值	范围
无防护设施	6	$2.3 \times 10^2$	$23 \sim 1.6 \times 10^3$
顶吊式铅屏风、铅挂帘	23	94	$0.5 \sim 6.8 \times 10^2$

由表3及表4看出,脉冲透视条件下工作人员防护区空气比释动能率仅为普通透视条件下的1/4。工作人员开展介入治疗时,无防护设施情况下工作人员防护区空气比释动能率比有顶吊式铅屏风、铅挂帘的工作人员高出约2.4倍。

3 讨论

(1)开展介入放射诊疗时,由于存在机器、防护设施、工作人员操作熟练程度及人员防护意识等方面的差异,结果表现在人员防护区空气比释动能率差异很大。这一切都将直接影响到辐射剂量总量的高低,最终将影响介入工作人员及患者总体

照射剂量水平。降低辐射剂量涉及到介入工作的所有环节。应该从介入机器设备、工作人员操作和医疗照射质量保证三方面加强介入工作的最优化。

(2)从表1和表3可以看出,脉冲透视可以有效地降低透视状态下有用线束输出量和工作人员防护区空气比释动能率。同时根据现场调查,介入机器需要具备在任何情况下能保留透视最终图像的功能。这样可以对照上一次透视图像为操作提供信息,显著减少工作人员和病人剂量。还应尽量选择下球管的X射线机开展介入工作,以减少工作人员防护区剂量水平。

(3)操作方面降低工作人员防护区剂量水平需要从暴露时间、暴露距离和防护设施使用三个方面着手。操作中工作人员的熟练程度直接影响手术的时间,即影响工作人员剂量水平。同时减少透视时间可显著降低工作人员辐射剂量。介入人员应尽量远离检查床,距离30cm可以减少约2倍左右的散射线。控制照射野以避免工作人员手部暴露在有用线束中。工作人员应尽可能使用各种防护设施,除了防护服和铅围裙外,应增加0.35mm铅当量的面罩以减少工作人员面部剂量水平<sup>[5]</sup>。机器应配有顶吊式铅屏风并可延伸至球管附近的床周围悬吊铅挂帘,以减少散射线。

(4)上球管机器(数字胃肠机)开展介入工作,张翼报道研制出上球管X射线机防护装置<sup>[6]</sup>,主要为一个可移动的铅屏风,铅屏风高度达到球管位置,中部开孔方便术者操作。开孔处用铅挂帘遮挡。该防护措施应在上球管介入机器上得到推广应用。

(5)应加强放射介入操作的辐射防护检测技术标准的制定,开展介入操作的质量保证,研究不同介入方式下的医疗照射指导水平。同时建立培训和资格制度,加强介入工作人员的防护知识培训,提高工作人员安全文化素养。

参考文献:

[1] 郁鹏.介入诊疗中重要站立区域辐射剂量的测定与评价[J].中华放射医学与防护杂志,2004 6:573-575.  
[2] 赵中庆.心脏介入中工作人员的辐射防护评价[J].中华放射医学与防护杂志,2004 6:580.  
[3] GBZ 138-2002 医用X射线诊断卫生防护监测规范[J].  
[4] GBZ 130-2002 医用X射线诊断卫生防护标准[J].  
[5] 世界卫生组织.介入放射的效能与辐射安全[M].北京:人民卫生出版社.  
[6] 张翼.床上球管透视机介入防护装置的研制[J].中华放射医学与防护杂志,2002 24:124-126