

介入放射学中辅助防护设施改进效果评价研究

徐辉, 王建超, 黄卓, 岳保荣, 范瑶华

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, 北京 100088

摘要: **目的** 测量使用不同辅助防护设施时介入诊疗中职业人员站立区域辐射剂量水平, 为介入职业人员的放射防护提供合理可行的建议。**方法** 根据 DSA 设备的特点, 使用 451P 电离室巡测仪测量在使用不同辅助防护设施条件下介入职业人员操作位不同高度的周围剂量当量率, 比较改进辅助防护设施后的防护效果。**结果** 双球管曝光时术者位剂量要比单球管曝光时大。使用铅屏风, 对第一术者的屏蔽效果优于第二术者。双球管曝光时使用铅屏风可降低第一术者 31% ~ 99% 的剂量, 可降低第二术者 12% ~ 90% 的剂量; 单球管曝光时使用铅屏风可降低第一术者 4% ~ 65% 的剂量, 可降低第二术者 2% ~ 30% 的剂量。改进现有辅助防护设施, 可明显降低术者头部、胸部、腹部的剂量, 对足部剂量的改善效果不明显。**结论** 通过使用铅屏风、改进辅助防护设施等措施可以不同程度的屏蔽介入工作场所术者位的 X 射线, 保护介入职业人员, 降低辐射剂量水平。

关键词: 介入放射学; 辅助防护设施; 介入职业人员; 辐射防护

中图分类号: R144.1 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2017)06-0661-04

Evaluation studies on the improvement of auxiliary radiological protective facilities in interventional radiology

XU Hui, WANG Jianchao, HUANG Zhuo, YUE Baorong, FAN Yaohua

Key Laboratory of Radiological Protection and Nuclear Emergency, China CDC, National Institute for Radiological Protection, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100088 China

Abstract: **Objective** To provides reasonable and feasible suggestions for radiological protection to interventional staff by measuring the dose level in different auxiliary protective facilities at the standing position of interventional staff. **Methods** According to the characteristics of DSA equipment, 451P ionization chamber tourimeter was used to measure the ambient Dose Equivalent rate at different heights of interventional staff with using different auxiliary protective equipment. The effect of radiological protection was compared between different auxiliary protective facilities. **Results** The dose level of double-tube exposure is much bigger than that of the single-tube exposure. The shielding effect of using a lead screen for the first surgeon is better than the second surgeon. The using of a lead screen in double-tube exposure can reduce the dose of 31% ~ 99% for the first surgeon and reduce the dose of 12% ~ 90% for the second surgeon. The using of a lead screen in single-tube exposure can reduce the dose of the first surgeon 4% ~ 65% of the dose, and reduce the 2% ~ 30% of the dose for the second surgeon. The dose of head, chest and abdomen of interventional staff can be significantly reduced through improving the existing auxiliary protective facilities, but the protective effect to the foot is not obvious. **Conclusion** The using of lead screens and improving the auxiliary protective equipment can shield the X-rays of interventional staff in varying degrees, it can protect interventional staff and reduce the radiation dose level.

Key words: Interventional Radiology; Auxiliary Radiological Protective Facilities; Interventional Staff; Radiological Protection

介入放射学(intervention radiology)是一门新兴学科,在临床的应用日趋广泛,特别是近几年我国介入放射技术发展迅速,已经逐渐成为继内科学、外科学之后的第三大治疗学。介入放射学具有创伤小、合并症少、精确度高等特点,极大地提高了放射诊断和治疗的精

度及效果^[1]。介入手术中职业人员在患者的床侧操作,距 X 射线球管近、透视时间长、不易防护,使介入放射工作人员身体各个部位受到较大剂量照射^[2-3]。国内外已有学者从辐射剂量学角度对职业人员和患者接受到的剂量进行了测量研究^[4-5],验证了进行介入操作的职业人员眼晶状体剂量和手部皮肤剂量在放射工作人员中处于较高的水平^[6-7]。因此,介入职业人员的防护与安全已成为防护工作者关注的焦

基金项目:国家科技支撑计划课题(2014BAI12B04)

作者简介:徐辉(1982-),硕士,副研究员,从事医用 X 射线设备质量控制与剂量学研究。

通讯作者:范瑶华, E-mail: fyaohua1@163.com

点^[8-9]。

我国目前每年有近百万患者接受介入放射学的诊治,介入手术放射防护条件参差不齐,为了切实降低介入职业人员手术操作时的受照剂量,保障职业人员健康,本研究验证了在介入手术中使用不同辅助防护设施组合的防护效果,以期为介入职业人员提供合理的防护措施建议。

1 材料与方法

1.1 测量仪器 选用 451P 型电离室巡测仪进行职业人员操作位剂量水平测试,仪器经中国计量科学研究院检定。

1.2 设备 选用北京市某医院的 800 mA 以上双球管数字减影血管造影设备(简称 DSA 设备)。

1.3 模体 采用标准水模,尺寸 300 mm × 300 mm × 200 mm,内装自来水。测试时依据 GBZ 130-2013 标准,在水模表面附加一张 1.5 mm 的铜板。透视条件为选择 Head-Carotids,脉冲透视 15fps, Detail:normal,自动曝光。

1.4 测试方法 将 DSA 设备球管对准水模体,模拟介入职业人员进行股动脉穿刺的操作位置,第一术者位距球管 60 cm,第二术者位距球管 120 cm,分别在单球管曝光时和双球管曝光时,测量在辅助防护设施改进前和改进后条件下,对相当于介入职业人员头部、胸部、腹部、下肢和足部五处位置测试点的周围剂量当量率,各个位置距地面高度分别为 155、125、105、80、20 cm。每点读取三次读数,然后取平均值。

1.5 防护改进 分别在有无铅屏风条件,和使用铅屏

风时通过改进辅助防护设施测量术者位不同部位的剂量水平。

1.5.1 使用铅屏风 使用一种可移动升降式防 X 射线铅屏风。铅屏风成弧形设计,职业人员可根据手术实际需要调节铅屏风的高低。铅屏风为钢板框架,总铅当量达到 2.0 mmPb,屏底距地面约 10 cm,安装有万向轮可方便地在介入工作场所移动。见图 1。



图 1 铅屏风示意图

1.5.2 辅助防护设施改进 该 DSA 设备原有铅玻璃吊屏较小,尺寸为 760 mm × 600 mm,无铅帘,铅玻璃吊屏的铅当量为 0.5 mmPb。改造后的铅玻璃吊屏增大了尺寸,并在铅玻璃吊屏下增加了防护铅帘。改进前后的铅玻璃吊屏如图 2 所示。



图 2 DSA 设备铅玻璃吊屏改进示意图

2 结果

2.1 无铅屏风条件和有铅屏风条件下术者位剂量水平测试结果 曝光参数:当单球管(床下管)曝光时,

球管曝光参数为 88 kV, 10.3 mA;双球管曝光时,床下管和横向球管同时工作,床下管曝光参数为 88 kV, 10.1 mA,横向球管曝光参数为 100 kV, 19.5 mA。见表 1。

表 1 有无铅屏风条件下术者位剂量水平测试结果

| 术者类型 | 测试位置及 距地面高度 (cm) | 单球管曝光时剂量水平 ($\mu\text{Sv/h}$) | | 屏蔽 效率 | 双球管曝光时剂量水平 ($\mu\text{Sv/h}$) | | 屏蔽 效率 |
|------|---------------------|---------------------------------|------|----------|---------------------------------|------|----------|
| | | 无铅屏风 | 有铅屏风 | | 无铅屏风 | 有铅屏风 | |
| 一术 | 足部 20 | 43 | 15 | 65% | 1940 | 47 | 98% |
| | 下肢 80 | 270 | 180 | 33% | 4300 | 63 | 99% |
| | 腹部 105 | 410 | 340 | 17% | 1150 | 300 | 74% |
| | 胸部 125 | 51 | 47 | 8% | 530 | 220 | 58% |
| | 头部 155 | 24 | 23 | 4% | 290 | 200 | 31% |
| 二术 | 足部 20 | 23 | 18.7 | 19% | 1310 | 129 | 90% |
| | 下肢 80 | 86 | 73 | 15% | 2500 | 980 | 61% |
| | 腹部 105 | 340 | 330 | 3% | 1770 | 1240 | 30% |
| | 胸部 125 | 220 | 230 | 2% | 980 | 860 | 12% |
| | 头部 155 | 150 | 105 | 30% | 610 | 450 | 26% |

从表 1 可以看到,介入手术中床旁的介入职业人员身体各个位置均会接受的到 X 射线,尤其是双球管曝光时术者位辐射剂量较大。一般规律为第一术者剂量高于第二术者,同一术者位时,下肢剂量最大,头部剂量最低,这是因为 DSA 设备一般为床下管的原因。铅屏风对第一术者的屏蔽效果明显,各个位置屏蔽效率为 31% ~ 99%,使用铅屏风后第一术者位剂量均降至国家标准要求的剂量率限值 $400 \mu\text{Sv/h}$ 以下。这主要是因为铅屏风尺寸有限,主要位于诊断床前部保护第一术者,从表 1 也可以看出铅屏风对第二术者

的屏蔽效果没有对第一术者显著。

单球管曝光时,未使用铅屏风情况下,除第一术者腹部位置外,其余均在国家标准限值以下,这与该设备其余辅助防护设施配备较齐全有关。使用铅屏风对第一术者的屏蔽效率为 4% ~ 65%,对头部剂量的屏蔽效率较小,仅为 4%;对足部位置的屏蔽效率最高,达到了 65%。铅屏风对第二术者的屏蔽效率为 2% ~ 30%。

2.2 不同辅助防护设施条件下术者位剂量水平测试结果 见表 2。

表 2 不同辅助防护设施改进效果(有铅屏风)

| 术者类型 | 测试位置及 距地面高度 (cm) | 单球管曝光时剂量水平 ($\mu\text{Sv/h}$) | | 屏蔽 效率 | 双球管曝光时剂量水平 ($\mu\text{Sv/h}$) | | 屏蔽 效率 |
|------|---------------------|---------------------------------|------|----------|---------------------------------|------|----------|
| | | 无铅屏风 | 有铅屏风 | | 无铅屏风 | 有铅屏风 | |
| 一术 | 足部 20 | 15 | 11 | 27% | 47 | 44 | 6% |
| | 下肢 80 | 180 | 163 | 9% | 63 | 54 | 14% |
| | 腹部 105 | 340 | 13.6 | 96% | 300 | 47 | 84% |
| | 胸部 125 | 47 | 11 | 77% | 220 | 116 | 47% |
| | 头部 155 | 23 | 7.3 | 68% | 200 | 101 | 50% |
| 二术 | 足部 20 | 18.7 | 16 | 14% | 129 | 112 | 13% |
| | 下肢 80 | 73 | 27 | 63% | 980 | 107 | 89% |
| | 腹部 105 | 330 | 9.7 | 97% | 1240 | 133 | 89% |
| | 胸部 125 | 215 | 24 | 89% | 860 | 126 | 85% |
| | 头部 155 | 105 | 15 | 86% | 450 | 119 | 74% |

从表 2 可以看出,双球管曝光时,此次防护改进可以大幅度的降低术者腹部、胸部以及头部的剂量,但是对于足部剂量水平的屏蔽效果不高,分别改进了 6% (一术) 和 18% (二术)。这是因为通过增加铅吊屏尺寸和屏下帘,主要遮挡的是床上模拟人体的水模散射的 X 射线。单球管曝光时与双球管曝光类似。使用铅屏风时,通过对辅助防护设施的改进,可以明显降低职业人员头部、胸部以及腹部的剂量水平,对足部的改善不明显。使用改进后的辅助防护设施,第

一术者和第二术者位的剂量都低于国家标准限值。

3 讨论

我国的国家职业卫生标准^[10] (GBZ 130 - 2013) 中规定介入手术中透视防护区介入职业人员位置测试平面上的剂量水平应不大于 $400 \mu\text{Sv/h}$,并且要求介入放射学操作必须为职业人员配备个人防护用品和辅助防护设施。介入放射学操作中的辅助防护设施包括:铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床

侧防护屏以及移动铅屏风(选配)等。介入手术操作形式多样,对辅助防护设施的设计和使用,既要考虑到对射线的防护效果,又要兼顾适用性能,即对介入职业人员的手术操作不能有影响。

研究结果显示,双球管曝光时术者位剂量明显高于单球管曝光时的剂量,介入职业人员所在位置同一高度的剂量,双球管曝光时的剂量是单球管曝光时的 4~57 倍(无铅屏风)和 1~9 倍(有铅屏风)。我国国家职业卫生标准中要求测量介入机房内透视防护区的剂量水平,但是未说明单球管设备和双球管设备的具体测试要求。实际上 400 $\mu\text{Sv/h}$ 的限值是对设备单球管曝光时介入机房透视防护区的要求。使用铅屏风,对第一术者的屏蔽效果优于第二术者,这主要是因为铅屏风尺寸有限,其遮挡范围主要覆盖第一术者位。双球管曝光时使用铅屏风可降低第一术者 31%~99% 的剂量,可降低第二术者 12%~90% 的剂量;单球管曝光时使用铅屏风可降低第一术者 4%~65% 的剂量,可降低第二术者 2%~30% 的剂量。本次研究中的改进现有辅助防护设施,可明显降低术者头部、胸部、腹部的剂量,对足部剂量的改善效果不明显。

通过本研究发现,介入职业人员头部、胸部、腹部、下肢乃至足部位置均有散射线照射,部分位置的剂量超过了我国的国家职业卫生标准职业人员操作位的剂量限值。

移动式铅屏风移动方便,高低可调节,不影响手术的进行,防护效果良好。通过使用铅屏风、改进辅助防护设施能不同程度的屏蔽介入工作场所术者位的 X 射线,保护床旁的介入职业人员,降低其辐射剂量水平。为实现放射防护最优化,工作人员还应配合铅衣、铅帽以及铅橡胶颈套等个人防护用具使用,另

外根据外照射辐射防护的原则,除增加或改进屏蔽外,提高操作者技术熟练程度和防辐射意识,曝光时尽量远离球管、缩短曝光时间也是降低职业人员剂量的有效手段。

参考文献

- [1] 郭启勇. 介入放射学[M]. 3 版. 北京:人民卫生出版社, 2010.
- [2] Vano E, Arranz L, Sastre JM. Dosimetric and radiation protection considerations based on some cases of patient skin injuries in interventional cardiology[J]. Radiol, 1998, 71: 510 - 516.
- [3] VKILO E, Gonzahz L, Guibelade E, et al. Radiation exposure to medical Staff in interventional and cardiac radiology[J]. Br J Radiol, 1998, 71: 954 - 960.
- [4] 徐辉, 薛炯, 赵红枫, 等. 用胶片法对心脏介入程序中患者峰值皮肤剂量测量研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2014, 34(4): 302 - 305.
- [5] 彭建亮, 姜云, 冯泽臣, 等. 3 种介入术中工作人员的辐射剂量水平分析[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2011, 31(4): 395 - 397.
- [6] O'Connor U, Walsh C, Gallagher A, et al. Occupational radiation dose to eyes from interventional radiology procedures in light of the new eye lens dose limit from the International Commission on Radiological Protection [J]. Br J Radiol, 2015, 88(1049): 20140627.
- [7] Struelens L, Schoonjans W, Schils F, et al. Extremity and eye lens dosimetry for medical staff performing vertebroplasty and kyphoplasty procedures [J]. J Radiol Prot, 2013, 33(3): 635 - 645.
- [8] Padorani R, Rodella CA. Staff dosimetry in interventional cardiology [J]. Radiat Prot Dosim, 2001, 94: 99 - 103.
- [9] International Commission on Radiological Protection. Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures. ICRP Publication 85[R]. Oxford: Pergamon Press, 2000.
- [10] 国家卫生和计划生育委员会. GBZ 130 - 2013 医用 X 射线诊断放射防护要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.

收稿日期: 2017 - 09 - 12 修回日期: 2017 - 10 - 20

作者设计表格须知(二)

作者在设计表格时,要注意标目层合理、清楚。纵横标目都可以分层,但一般不超过 2 层,个别的可用 3 层。在谓语句纵标目分层的情况下,应注意一级谓语句纵标目仍然是对该纵栏内容的说明,而不是对其下一层标目的说明;一级谓语句纵标目后如附计量单位,必须是该栏目参数的共用计量单位,而不是分层栏目的计量单位。

本刊编辑部