

• 心脏介入 Cardiac intervention •

经皮冠状动脉介入治疗术者站立区水平方向
X 线辐射剂量分布特征分析

王智廷, 曹国全, 郑翔, 黄伟剑, 闻彩云

【摘要】目的 探讨经皮冠状动脉介入治疗(PCI)术者站立区域水平方向 X 线辐射剂量分布特点。**方法** 通过仿真人体模型桡动脉途径, 分别检测有无床旁防护屏下 PCI 手术者整个站立区域不同水平距离 125 cm、155 cm 高度时体表入射辐射剂量率, 绘制不同水平距离入射剂量率分布图。采用 *t* 检验比较有/无防护屏时不同体位各检测点入射剂量率。**结果** 无床旁防护屏时随着术者站立区水平距离增加, 站立区辐射入射剂量率逐渐降低, 第 1 术者站立区域各检测点剂量率高于第 2 术者各检测点; 有床旁防护屏时随着术者站立区水平距离增加, 站立区入射剂量率逐渐提高, 第 1 术者站立区域各检测点剂量率低于第 2 术者各检测点。无床旁防护屏时术者站立区内各检测点入射剂量率均显著高于有床旁防护屏时各检测点($t=2.4\sim 3.366, P<0.05$)。**结论** 床旁防护屏对术者站立区有明显防护作用。床旁防护屏改变了术者站立区辐射剂量分布, 防护效果随着水平距离增加逐渐降低。因此 PCI 术中应充分利用床旁防护屏, 加强对第 2 术者站立区防护, 使术者所受辐射剂量尽可能降低水平。

【关键词】 经皮冠状动脉介入治疗; 剂量率分布; 入射体表剂量率; 辐射防护

中图分类号: R528.1 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2018)-07-0614-05

Analysis of distribution characteristics of horizontal direction X-ray radiation dose at operator-standing area in performing percutaneous coronary intervention WANG Zhiting, CAO Guoquan, ZHENG Xiang, HUANG Weijian, WEN Caiyun. Department of Cardiology, First Affiliated Hospital of Wenzhou Medical University, Wenzhou, Zhejiang Province 325000, China

Corresponding author: WEN Caiyun, E-mail: wencaiyunwenzhou@qq.com

【Abstract】Objective To discuss the distribution characteristics of horizontal direction X-ray radiation dose at operator-standing area in performing percutaneous coronary intervention (PCI). **Methods** On simulation mannequin and by using radial artery approach PCI was performed; the body surface incident radiation dose rates at PCI operator-standing area of 125 cm and 155 cm height, with using or not using bedside radiation protection shield, were measured separately. The distribution map of incident radiation dose rate at different horizontal distance was drawn. The incident radiation dose rate of each detection point under different postures with use of bedside radiation protection shield was compared with that without use of bedside radiation protection shield. **Results** When bedside radiation protection shield was not used, the incident radiation dose rate at operator-standing area was gradually decreased with the increasing of horizontal distance; the radiation dose rate of each detection point at the first operator standing area was higher than that at the second operator standing area. When bedside radiation protection shield was used, the incident radiation dose rate at operator-standing area was gradually increased with the increasing of horizontal distance; the radiation dose rate of each detection point at the first operator standing area was lower than that at the second operator standing area. The incident radiation dose rates of all detection points at the operator standing area when bedside radiation protection shield was not used were significantly higher than those when bedside radiation protection shield was used ($t=2.4\sim 3.366, P<0.05$). **Conclusion** The bedside radiation

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2018.07.003

基金项目: 浙江省自然科学基金(LY14F020035)、温州市科技局科技计划项目(Y20160469、Y20160485)

作者单位: 325000 浙江 温州医科大学附属第一医院心内科

通信作者: 闻彩云 E-mail: wencaiyunwenzhou@qq.com

protection shield has significant protective effect on the operator-standing area. The use of bedside radiation protection shield changes the trend of radiation dose distribution in the operator-standing area. The protective effect of bedside radiation protection shield gradually decreases with the increasing of horizontal distances. Therefore, in performing PCI procedures, the operators should make full use of the bedside radiation protection shield and strengthen the protection of the second operator standing area so as to make the radiation dose to the operators as low as possible. (J Intervent Radiol, 2018, 27: 614-618)

【Key words】 percutaneous coronary intervention; dose rate distribution; incident surface dose rate; radiation protection

经皮冠状动脉介入治疗(PCI)具有创伤小、住院时间短等优点,近 10 年治疗数量年均增长率达 20%~30%^[1]。但该技术使术者近床操作时间长、所受 X 线辐射剂量大,并以桡动脉途径最为显著^[2],因此越来越引起医疗防护部门广泛关注。王智廷等^[3]报道分析不同悬吊防护屏位置对术者所受辐射剂量的影响,陈子满等^[4]研究不同防护屏防护效果,Batlivala 等^[5]评价防护屏对心脏介入治疗时术者的防护作用等,但针对 PCI 术者整个站立区水平方向辐射剂量分布特点的研究报道较少。本研究旨在通过检测有/无床旁防护屏时不同水平距离入射体表剂量率,探讨水平方向 X 线辐射剂量分布特点及床旁防护屏对该区域剂量分布的影响,为 PCI 术时术者辐射防护提供指导和帮助。

1 材料与方法

1.1 设备仪器

研究用设备仪器包括美国通用公司 Innova 2100 型 DSA 机(床下型球管,探测器大小 20.5 cm×20.5 cm,20/17/15/12 四视野,自动滤过,采集频率 30 fps,灰阶 12 bit),床旁辐射防护装置(悬吊防护铅屏为 50 cm×70 cm、0.5 mm 铅当量,床旁固定铅裙下屏蔽为 70 cm×90 cm、0.5 mm 铅当量,上屏蔽为 50 cm×50 cm、0.5 mm 铅当量),美国 CIRS 公司 ATOM 701-D 型仿真人模体(高 173 cm,体重 73 kg),瑞典 Unfors Raysafe 公司 Solo 型医用 X 线多功能检测仪($72\sim 3.6\times 10^6$ μGy/h,精度±5%,自动校准)。

1.2 检测方法

仿真人模体置于 DSA 机手术台中线,设置 PCI 术中常用的足位(CAU35°)、右足位(RAO30°+CAU30°)、头位(CRA30°)、左足位(LAO40°+CAU35°)、左侧位(LAO40°)、左头位(LAO10°+CRA30°)、右侧位(RAO30°)等 7 个体位^[6],参数设定为照射野(FOV) 15 cm,采集频率 30 fps,自动滤过插入方式;结合临床实际并参照医用 X 线诊断放射防护要求,术者站

立区检测范围确定为距有用线束中心垂直距离 40、120 cm 处(40~60 cm 为术者 1 站立区,60~120 cm 为术者 2 站立区),每间隔 10 cm 为 1 个检测位置,距地面 125 cm 和 155 cm 处(相当于胸部及眼睛高度)^[7]为入射体表剂量率检测点,始终距床缘 10 cm,检测时检测仪入射面始终朝向模体左前胸部^[8];取桡动脉途径,分别在有/无床旁防护屏时对体模进行 X 线曝光采集,同时检测不同水平距离不同高度入射剂量率。每个检测点在不同体位时重复检测 20 次($n=20$),取其算术均数。绘制有/无防护屏时不同水平距离入射剂量率分布图。

1.3 统计学方法

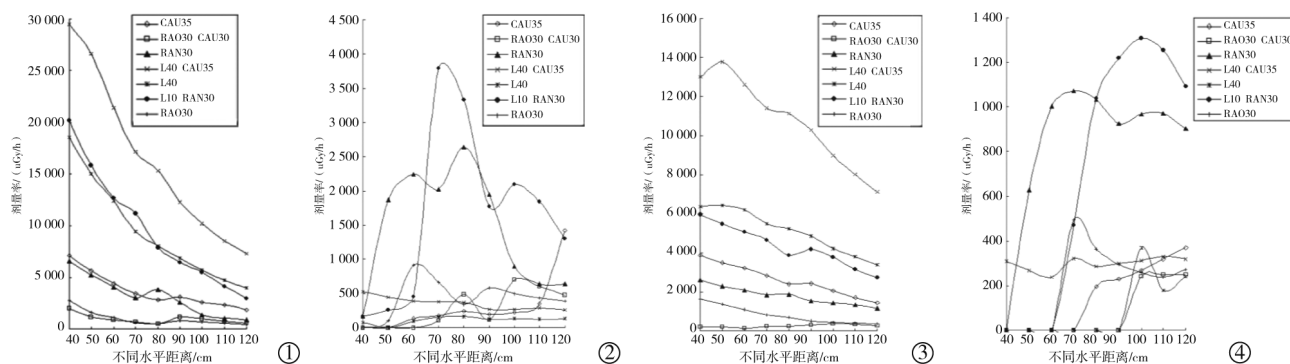
检测所获数据以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示。采用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析,有、无床旁防护屏时不同水平距离、不同高度体表入射剂量率比较用两独立样本 t 检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

有/无床旁防护屏时不同体位不同高度 X 线辐射剂量率检测结果见图 1。125 cm 高度有/无床旁防护屏时不同水平距离入射体表剂量率比较结果见表 1,无床旁防护屏时体表入射剂量率高于有床旁防护屏时,差异有统计学意义($t=2.4\sim 3.366$, $P<0.05$);155 cm 高度有/无床旁防护屏时不同水平距离入射体表剂量率比较结果见表 2,无床旁防护屏时体表入射剂量率高于有床旁防护屏时,差异有统计学意义($t=4.6\sim 2.543$, $P<0.05$)。

3 讨论

PCI 术中术者接触 X 线辐射不可避免,辐射对人体危害主要涉及随机效应和确定效应。这种辐射对患者是短暂、适度的,剂量相对较大,但对术者则是长期、低剂量医疗暴露。许建等^[9]研究显示介入诊疗术者外周血白细胞减少,淋巴细胞微核率、染色体畸变检出率均高于常规医用 X 线诊断术者。临床



①无防护时 125 cm 高度;②有防护时 125 cm 高度;③无防护时 155 cm 高度;④有防护时 155 cm 高度

图 1 无/有床旁防护屏时不同体位不同高度辐射剂量率分布图

表 1 125 cm 高度有/无床旁防护屏时不同水平距离体表入射剂量率比较

$n=20, \bar{x} \pm s$

距离/cm	防护	CAU35°剂量率/(μGy/h)	RAO30°+CAU30°剂量率/(μGy/h)	CRA30°剂量率/(μGy/h)	LAO40°+CAU35°剂量率/(μGy/h)	LAO40°剂量率/(μGy/h)	LAO10°+CRA30°剂量率/(μGy/h)	RAO30°剂量率/(μGy/h)
40	无	7 080.4±29.3	2 014.3±24.4	6 601.5±14.3	29 512.0±59.9	18 536.0±58.5	20 152.0±50.6	2 780.5±22.6
	有	72.0±0.0	72.0±0.0	172.4±13.6	530.3±20.8	84.3±7.0	167.1±9.7	72.0±0.0
	<i>t</i> 值	1 070.0	355.9	1 459.0	2 045.0	1 400.0	1 736.0	534.8
	<i>P</i> 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
50	无	5 644.7±32.2	1 157.6±30.7	5 223.2±13.0	26 602.0±66.3	15 006.0±19.8	15 838.0±35.3	1 640.3±5.0
	有	72.0±0.0	72.0±0.0	1 868.4±13.8	447.9±16.7	72.0±0.0	267.5±10.9	111.1±11.6
	<i>t</i> 值	772.8	158.2	790.9	1 710.0	3 366.0	1 883.0	543.5
	<i>P</i> 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
60	无	4 391.1±90.4	872.6±8.0	4 063.0±11.3	21 415.0±44.4	12 424.0±38.3	12 662.0±43.3	1 076.5±4.9
	有	137.4±14.5	72.0±0.0	2 243.6±15.1	387.5±14.1	101.9±16.1	460.7±22.8	916.8±13.4
	<i>t</i> 值	207.7	449.4	431.0	2 017.0	1 327.0	1 114.0	50.1
	<i>P</i> 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
70	无	3 435.6±27.5	693.4±9.5	3 017.6±8.1	17 107.0±18.7	9 410.6±17.9	11 178.0±18.7	669.9±17.4
	有	176.8±19.4	107.5±24.6	2 023.7±11.7	379.4±25.0	154.9±15.2	3 791.8±13.3	658.7±11.1
	<i>t</i> 值	433.0	99.4	312.7	2 398.0	1 767.0	1 439.0	2.4
	<i>P</i> 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
80	无	2 835.0±14.0	541.7±40.0	3 819.3±17.9	15 314.0±26.5	7 998.6±12.6	7 874.5±6.9	527.5±12.5
	有	243.4±13.7	485.7±14.1	2 637.8±15.0	372.4±12.0	164.5±7.7	3 329.0±26.4	339.1±19.9
	<i>t</i> 值	592.4	5.9	226.7	2 300.0	2 369.0	745.3	35.9
	<i>P</i> 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
90	无	3 091.7±17.2	1 157.8±14.3	2 574.6±33.3	12 282.0±27.3	6 829.4±18.3	6 438.3±12.7	865.9±13.9
	有	193.2±15.8	119.8±15.1	1 944.0±15.3	270.2±14.1	127.2±22.0	1 771.4±14.5	579.7±8.5
	<i>t</i> 值	555.9	223.6	77.0	1 750.0	1 046.0	1 082.0	78.5
	<i>P</i> 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
100	无	2 594.0±14.1	963.6±18.4	1 342.0±11.5	10 190.0±28.7	5 672.6±22.8	5 514.6±14.4	680.4±9.8
	有	223.6±15.8	698.5±18.1	896.5±9.3	274.2±12.3	133.8±9.6	2 090.2±9.4	500.7±17.0
	<i>t</i> 值	500.5	45.9	134.5	1 419.0	999.7	888.8	41.0
	<i>P</i> 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
110	无	2 301.7±20.0	758.5±6.3	1 010.7±8.5	8 562.4±31.0	4 728.8±20.7	4 147.4±44.9	581.1±10.7
	有	351.5±15.8	602.2±10.5	640.4±8.9	291.9±41.4	125.1±12.8	1 839.0±19.9	441.1±10.3
	<i>t</i> 值	342.4	57.2	134.5	715.2	846.5	210.0	42.1
	<i>P</i> 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
120	无	1 842.7±21.1	600.4±7.9	909.1±18.7	7 312.5±42.0	4 027.1±16.8	2 961.4±15.9	477.2±11.8
	有	1 424.8±10.6	475.6±9.3	641.3±11.3	264.3±13.1	136.8±22.9	1 308.4±19.7	393.9±5.8
	<i>t</i> 值	79.2	45.7	54.7	717.0	611.9	292.1	28.4
	<i>P</i> 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

注: CAU35°: 足位; RAO30°+CAU30°: 右足位; CRA30°: 头位; LAO40°+CAU35°: 左足位; LAO40°: 左侧位; LAO10°+CRA30°: 左头位; RAO30°: 右侧位

表 2 155 cm 高度有/无床旁防护屏时不同水平距离体表入射剂量率比较

 $n=20, \bar{x} \pm s$

距离/cm	防护	CAU35°剂量率/($\mu\text{Gy/h}$)	RAO30°+CAU30°剂量率/($\mu\text{Gy/h}$)	CRA30°剂量率/($\mu\text{Gy/h}$)	LAO40°+CAU35°剂量率/($\mu\text{Gy/h}$)	LAO40°剂量率/($\mu\text{Gy/h}$)	LAO10°+CRA30°剂量率/($\mu\text{Gy/h}$)	RAO30°剂量率/($\mu\text{Gy/h}$)
40	无	3 859.2±43.7	191.9±51.7	2 595.0±6.5	13 007.0±30.7	6 362.2±44.7	5 971.8±16.8	1 628.9±18.1
	有	72.0±0.0	72.0±0.0	72.0±0.0	308.1±7.9	72.0±0.0	72.0±0.0	72.0±0.0
	t 值	387.5	10.4	1 749.0	1 815.0	629.2	1 570.0	383.8
	P 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
50	无	3 491.0±16.6	193.6±11.5	2 309.5±21.2	13 771.0±59.3	6 431.6±30.1	5 485.3±21.7	1 358.2±9.9
	有	72.0±0.0	72.0±0.0	628.7±12.0	267.5±12.5	72.0±0.0	216.7±4.4	72.0±0.0
	t 值	919.8	47.5	309.2	996.6	946.2	1 064.0	578.3
	P 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
60	无	3 236.7±15.2	149.5±34.5	2 105.0±12.5	12 612.0±36.5	6 207.8±36.4	5 075.9±20.4	1 100.6±7.7
	有	72.0±0.0	72.0±0.0	1 004.1±14.8	238.1±19.1	72.0±0.0	72.0±0.0	72.0±0.0
	t 值	931.1	10.0	253.5	1 342.0	754.4	1 097.0	598.9
	P 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
70	无	2 844.2±32.8	230.3±37.9	1 840.2±8.1	11 412.0±43.8	5 483.7±13.8	4 676.2±36.0	816.7±13.3
	有	72.0±0.0	72.0±0.0	1 073.8±21.6	327.5±17.9	72.0±0.0	470.2±2.2	195.9±40.4
	t 值	378.4	18.7	148.4	1 047.0	1 750.0	522.2	65.3
	P 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
80	无	2 407.8±23.7	247.7±24.7	1 895.3±17.1	11 137±29.8	5 233.8±9.1	3 861.4±30.1	690.3±5.5
	有	196.5±21.9	72.0±0.0	1 033.4±19.6	285.2±9.9	72.0±0.0	1 043.2±15.8	359.2±34.9
	t 值	306.2	31.7	148.5	1 548.0	2 543.0	370.2	41.9
	P 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
90	无	2 432.2±16.8	318.9±17.1	1 532.0±16.8	10 184.0±71.0	4 850.8±32.8	4 186.8±16.8	527.2±17.8
	有	231.2±35.9	72.0±0.0	926.5±13.1	301.4±16.4	72.0±0.0	1 219.8±16.8	294.0±8.7
	t 值	248.6	64.4	127.3	612.4	652.3	558.8	52.7
	P 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
100	无	2 061.2±19.2	368.4±36.2	1 442.3±5.8	8 974.1±36.8	4 202.1±59.9	3 775.6±8.4	442.5±11.5
	有	266.3±20.9	242.6±28.7	968.3±10.6	314.7±10.8	368.2±106.8	1 305.5±11.2	258.5±14.8
	t 值	282.9	12.2	175.1	1 009.0	140.0	789.5	43.8
	P 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
110	无	1 723.3±13.1	337.8±25.5	1 327.4±16.8	8 004.4±31.3	3 794.6±37.2	3 166.6±24.2	415.1±17.7
	有	317.5±24.7	249.5±8.4	971.7±9.9	332.7±26.4	177.6±23.0	1 253.1±21.8	237.0±24.4
	t 值	224.8	14.7	81.6	837.4	369.8	263.0	26.4
	P 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
120	无	1 440.7±19.0	288.2±31.9	1 159.4±16.0	7 109.6±30.5	3 386.9±24.8	2 753.0±14.8	372.7±40.5
	有	364.4±26.9	251.3±16.1	901.6±4.7	318.3±9.2	240.6±95.1	1 084.5±28.1	272.2±44.5
	t 值	146.1	4.6	69.1	953.5	143.2	235.0	7.5
	P 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

注: CAU35°: 足位; RAO30°+CAU30°: 右足位; CRA30°: 头位; LAO40°+CAU35°: 左足位; LAO40°: 左侧位; LAO10°+CRA30°: 左头位; RAO30°: 右侧位

常见 PCI 术中术者及患者所受辐射剂量较大,尤其是经皮冠状动脉腔内成形术(PTCA)^[10]。桡动脉入路 PTCA 术并发症少、住院时间短,但透视时间增加、术者站立位置距球管距离较近,X 线辐射剂量明显高于经股动脉入路^[11]。有研究表明,常规防护下术者在患者身旁位所受辐射剂量比股动脉操作位高 1.8 倍^[12]。Weinberg 等^[13]研究显示 2~4 Gy 辐射可引起一过性皮肤红斑,10~15 Gy 辐射则导致永久性皮肤和软组织损伤。Richardson 等^[14]研究认为肿瘤发生率与低剂量电离辐射呈正相关。介入医师晶状体改变较为普遍^[15],心脏介入医师是罹患 X 线诱导白内障高危人群^[16]。因此,PCI 术医师尤其是职业生涯较长者 X 线辐射防护,显得越来越重要^[17]。充

分了解 PCI 术中术者站立区辐射剂量分布特点,对做好术者防护具有重要意义。

本研究表明无床旁防护屏时,随着水平距离增加,术者站立区辐射剂量率逐渐减小,第 1 术者站立区各检测点剂量率高于第 2 术者各检测点。这是因为 PCI 术中术者所受辐射主要来源于球管漏射线和患者散射线^[18],其能量与距离平方呈反比关系,随着水平距离增加术者距离上述两射线源越来越远,术者所受剂量逐渐减少。有床旁防护屏时,随着水平距离增加,术者站立区辐射剂量率逐渐增大,第 1 术者站立区域各检测点剂量率低于第 2 术者各检测点,因此床旁防护屏能有效降低术者站立区各检测点辐射剂量率($t=2.4\sim 3366, P<0.05$)。不

论是 125 cm 高度还是 155 cm 高度,床旁防护屏均能有效减少术者所受辐射剂量,这是其很好屏蔽了患者左前胸部球管漏射线的缘故。但随着水平距离增加,术者站立区域剂量率逐渐增大,第 1 术者站立区各检测点剂量率低于第 2 术者站立区各检测点,这是随着水平距离增加,各检测点逐渐超出床旁防护屏有效屏蔽范围的缘故,这时床旁防护屏对术者站立区防护作用逐渐降低,其程度大于 X 线衰减程度。

本研究检测 125 cm、155 cm 高度头位和左头位 70~90 cm 水平距离范围内辐射剂量率峰值,是因为这 2 个体位各检测点距离球管较近,且各检测点刚好位于床旁固定铅裙和床底座之间屏蔽空隙内,使得球管漏射线未得到很好屏蔽而最终出现剂量率峰值。对这部分术者所受辐射剂量峰值,可通过加长床旁固定铅裙长度更好地屏蔽球管漏射线,进一步降低之。此外,由于未考虑到临床操作中铅衣的防护作用,对 125 cm 高度的检测值会大于术者实际吸收剂量,但其变化趋势能真实反映实际情况,具有借鉴价值。

总之,床旁防护屏使术者站立区各点辐射剂量率有效降低,也改变了该区域剂量分布。临床实践中应正确应用床旁防护屏,注重对第 2 术者站立区域防护,使术者所受辐射剂量尽可能降低水平。

[参 考 文 献]

- [1] 葛均波. 开拓新兴介入技术发展多元介入治疗[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2013, 21: 1.
- [2] Plourde G, Pancholy SB, Nolan J, et al. Radiation exposure in relation to the arterial access site used for diagnostic coronary angiography and percutaneous coronary intervention: a systematic review and meta-analysis[J]. Lancet, 2015, 386: 2192-2203.
- [3] 王智廷, 郑翔, 叶虹, 等. 冠脉介入诊疗过程中不同悬吊防护屏位置对操作者所受剂量的影响[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2017, 37: 946-949.
- [4] 陈子满, 黄美萍, 罗纯, 等. 悬吊防护屏对介入医师最佳防护方案的体模研究[J]. 介入放射学杂志, 2015, 24: 637-641.
- [5] Batlivala SP, Magill D, Felice MA, et al. The effect of radiation shields on operator exposure during congenital cardiac catheterisation[J]. Radiat Prot Dosimetry, 2016, 171: 520-526.
- [6] 吴延庆, 许美珍, 李颀, 等. 冠状动脉造影体位与患者体型及心型关系的定量分析[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12: 779-782.
- [7] Miller DL, Vano E, Bartal G, et al. Occupational radiation protection in interventional radiology: a joint guideline of the Cardiovascular and Interventional Radiology Society of Europe and the Society of Interventional Radiology[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2010, 33: 230-239.
- [8] Kuon E, Dahm JB, Empen K, et al. Identification of less-irradiating tube angulations in invasive cardiology[J]. J Am Coll Cardiol, 2004, 44: 1420-1428.
- [9] 许建, 李卫国, 李鹏, 等. 部分不同工种放射工作人员辐射效应分析[J]. 中国辐射卫生, 2016, 25: 564-566.
- [10] 张梦龙, 孙峰, 杨显存, 等. 接受常规心脏介入放射诊疗患者的辐射剂量分析[J]. 中华放射学杂志, 2015, 49: 670-674.
- [11] Vlachadis Castles A, Asrar Ul Haq M, Barlis P, et al. Radiation exposure with the radial approach for diagnostic coronary angiography in a centre previously performing purely the femoral approach[J]. Heart Lung Circ, 2014, 23: 751-757.
- [12] Ray MJ, Mohammad F, Taylor WB, et al. Comparison of fluoroscopic operator eye exposures when working from femoral region, side, or head of patient[J]. Proc(Bayl Univ Med Cent), 2013, 26: 243-246.
- [13] Weinberg BD, Guild JB, Arbiq GM, et al. Understanding and using fluoroscopic dose display information[J]. Curr Probl Diagn Radiol, 2015, 44: 38-46.
- [14] Richardson DB, Cardis E, Daniels RD, et al. Risk of cancer from occupational exposure to ionising radiation: retrospective cohort study of workers in France, the United Kingdom, and the United States(INWORKS)[J]. BMJ, 2015, 351: h5359.
- [15] Vano E, Kleiman NJ, Duran A, et al. Radiation-associated lens opacities in catheterization personnel: results of a survey and direct assessments[J]. J Vasc Interv Radiol, 2013, 24: 197-204.
- [16] Elmaraezy A, Ebraheem Morra M, Tarek Mohammed A, et al. Risk of cataract among interventional cardiologists and catheterization lab staff: a systematic review and meta-analysis[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2017, 90: 1-9.
- [17] Venneri L, Rossi F, Botto N, et al. Cancer risk from professional exposure in staff working in cardiac catheterization laboratory: insights from the National Research Council's Biological Effects of Ionizing Radiation VII Report[J]. Am Heart J, 2009, 157: 118-124.
- [18] Badawy MK, Deb P, Chan R, et al. A review of radiation protection solutions for the staff in the cardiac catheterisation laboratory[J]. Heart Lung Circ, 2016, 25: 961-967.

(收稿日期:2017-12-06)

(本文编辑:边 佑)