

· 心脏介入 Cardiac intervention ·

经皮冠状动脉介入术者不同体位所受辐射剂量特征分析

王智廷, 郑翔, 戴振宇, 闻彩云, 曹国全

【摘要】目的 探讨经皮冠状动脉介入诊疗过程中不同防护屏和操作人员不同体位时所受辐射剂量的构成特点。**方法** 采用冠状动脉介入诊疗常用 7 个体位, 取桡动脉入路, 对标准仿真人体模型进行射线曝光, 采集测量不同体位无床旁防护、只有悬挂防护屏、只有床旁固定铅裙时第 1、第 2 操作人员体表剂量。重复测量 20 次。采用 t 检验比较不同情况下体表入射剂量值差异, 分别计算不同体位不同防护屏屏蔽率。**结果** 第 1、第 2 操作人员体表入射剂量在只有床旁固定铅裙时均高于只有悬挂防护屏时(t 值¹ = 926.0、376.5、75.8、1 329.0、668.0、1 148.0、419.5, t 值² = 102.6、41.1、82.8、539.4、541.8、204.0、43.1), 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。不同体位悬挂防护屏对第 1 操作人员体表入射剂量屏蔽率分别为 98.31%、93.67%、67.74%、98.63%、99.52%、89.28%、96.10%, 床旁固定铅裙对第 1 操作人员屏蔽率分别为 10.39%、4.53%、57.67%、0.68%、4.66%、54.38%、9.68%。**结论** 冠状动脉介入诊疗过程中操作人员所受辐射剂量主要来源于导管床上方散射辐射, 以左足位、左前斜位、足位、右足位、右前斜位最显著; 左头位、头位时操作人员所受辐射剂量除了来源于导管床上方散射辐射, 也有部分来源于导管床下方散射辐射。充分了解各体位时所受辐射剂量构成特征, 有助于日常辐射防护有的放矢。

【关键词】 经皮冠状动脉介入治疗; 辐射剂量; 剂量特征; 辐射防护

中图分类号: R541.1 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X (2020)-01-0021-04

Radiation doses accepted by operators in different positions during percutaneous coronary intervention: analysis of radiation distribution characteristics WANG Zhiting, ZHENG Xiang, DAI Zhenyu, WEN Caiyun, CAO Guoquan. Department of Cardiology, First Affiliated Hospital of Wenzhou Medical University, Wenzhou, Zhejiang Province 325015, China

Corresponding author: CAO Guoquan, E-mail: 122257935@qq.com

【Abstract】Objective To discuss the characteristics of radiation distribution for operators in different positions with different radiation shields during percutaneous coronary intervention (PCI). **Methods** Seven operator's positions and radial artery approach often used in PCI were adopted in this study. The standard simulation human body was exposed to X-ray. Under the conditions of different operator's positions with no bedside protection, with only hanging protective shield or with only bedside fixed lead skirt, the body surface incident doses on the first and second operators in different positions were separately measured, and the measurements were repeated 20 times. Using t test the differences of body surface incident dose under different conditions were compared. The radiation-shielding rates of different protective shields in different positions were separately calculated. **Results** The body surface incident doses on the first and second operators when only a fixed bedside lead skirt was used were higher than those when only a hanging protective shield was used (t values for first operator=926.0, 376.5, 75.8, 1 329.0, 668.0, 1 148.0 and 419.5 respectively; t values for second operator=102.6, 41.1, 82.8, 539.4, 541.8, 204.0 and 43.1 respectively), the differences were statistically significant ($P < 0.05$). The radiation-shielding rates of ceiling-suspended

screen for body surface incident dose for first operator in different positions were 98.31%, 93.67%, 67.74%, 98.63%, 99.52%, 89.28% and 96.10% respectively; while the radiation-shielding rates of fixed bedside lead skirt for body surface incident dose for first operator in different positions were 10.39%, 4.53%, 57.67%, 0.68%, 4.66%, 54.38% and 9.68% respectively. **Conclusion** During PCI, the radiation dose received by the operators mainly comes from the scattered radiation above the catheter-bed, which is more obvious in left foot position, left anterior oblique position, foot position, right foot position and right anterior oblique position. In left head position and head position, the radiation dose received by the operators not only comes from the scattered radiation above the catheter-bed but also partly comes from the scattered radiation below the catheter-bed. Full understanding of radiation doses distribution in different positions can help make a good job of daily radiation protection in a targeted manner. (J Intervent Radiol, 2020, 29: 21-24)

【Key words】 percutaneous coronary intervention; radiation dose; dose distribution characteristics; radiation protection

经皮冠状动脉介入诊疗目前已成为冠心病主要治疗手段^[1]。该诊疗过程于 X 线导引下完成,会给患者和术者带来辐射危害。研究表明冠状动脉介入诊疗操作者是应用医疗照射最多人群^[2],其辐射防护问题越来越引起广泛关注。王智廷等^[3-4]针对操作者站立区域辐射剂量分布趋势及床旁防护屏与术者所受剂量关系作了相关研究。但针对不同防护屏操作者不同体位时所受辐射剂量构成特征分析相关报道较少。本研究旨通过分析不同防护屏保护下操作者所受剂量不同来源特点,进一步阐述冠状动脉介入诊疗过程中操作者不同体位时所受剂量构成特征,为操作者提供更为明确的辐射场构成概念,为辐射防护提供指导和帮助。

1 材料与方法

1.1 设备仪器

Innova 2100 型 DSA 系统(美国通用公司),参数:床下型球管、探测器尺寸 20 cm × 20 cm, 20/17/15/12 四视野,采集帧数 15/30 fps,采集矩阵 1024 × 1024,灰阶 14 bit; ATOM 701-D 型仿真人模体(美国 CIRS 公司),吸收系数与真人等效; Unfors SoloX 型 X 射线测量仪(瑞典 UnforsRaysafe 公司),量程(自动): 72 ~ 3.6 × 10⁶ μGy/h,精度: ± 5%,自动校零;床旁防护装置:悬吊防护铅屏(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)。

1.2 测量方法

取桡动脉入路,将标准仿真人模体置于导管床中线上,采用冠状动脉介入诊疗常用的 7 个体位^[5]: ①足位(CAU35°); ②右足位(RAO30°, CAU30°); ③

头位(CRA30°); ④左足位(LAO40°, CAU35°); ⑤左前斜位(LAO40°); ⑥左头位(LAO10°, CRA30°); ⑦右前斜位(RAO30°)。DSA 系统参数: FOV 15 cm,采集帧率 30 fps, SID 110 cm,自动滤过方式。参照《GBZ 130-2013 医用 X 射线诊断放射防护要求》^[6],第 1、第 2 操作者站立位置确定为:距床缘 10 cm,分别距射线束中心 50 cm、100 cm;第 1、第 2 操作者体表入射剂量测量点,取距离地面 125 cm 处,相当于操作者左前胸部高度。在无防护屏、只有悬吊防护屏和只有床旁固定铅裙等 3 种情况下,分别对模体进行曝光采集参数,同时测量不同操作者体表入射剂量。不同情况、不同体位时重复测量 20 次,取算术均值。无防护屏时体表入射剂量均值减去有床旁防护屏时体表入射剂量均值,并计算该差值占无防护屏时体表入射剂量均值百分比,即为屏蔽率。

1.3 统计学分析

测量数据以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示。采用 SPSS 20.0 统计学软件进行分析,两独立样本 *t* 检验对比分析只有悬吊防护屏和只有床旁固定铅裙时第 1、第 2 操作者体表入射剂量。*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

不同采集体位第 1、第 2 操作者在只有悬吊防护屏和只有床旁固定铅裙时体表入射剂量比较结果见表 1、2。操作者各体位体表入射剂量在只有床旁固定铅裙时均高于只有悬吊防护屏时(*t* 值¹ = 926.0、376.5、75.8、1 329.0、668.0、1 148.0、419.5, *t* 值² = 102.6、41.1、82.8、539.4、541.8、204.0、43.1),差异均有统计学意义(*P* < 0.05)。

不同采集体位第 1 操作者有无床旁防护屏时体

表 1 第 1 操作者在只有悬吊防护屏和只有床旁固定铅裙时体表入射剂量比较

组别	CAU35	RAO30 CAU30	CRA30	LAO40 CAU35	LAO40	LAO10 CRA30	RAO30
	kV/mA/s : 81/153.3/7	kV/mA/s : 74/177.3/7	kV/mA/s : 83/166.7/7	kV/mA/s : 89/191.7/9	kV/mA/s : 71/163.3/7	kV/mA/s : 85/189.7/8	kV/mA/s : 71/165.4/7
悬吊防护屏	86.5 ± 8.7	72.0 ± 0	1754.2 ± 22.4	348.2 ± 24.1	72.0 ± 0	1966.3 ± 13.3	72.0 ± 0
床旁铅裙	4 590.8 ± 19.9	1 085.3 ± 12.0	2 301.8 ± 23.3	25 189.0 ± 80.1	14 431.0 ± 96.1	8 368.9 ± 21.1	1 666.0 ± 17.0
<i>t</i> 值	926.0	376.5	75.8	1 329.0	668.0	1148.0	419.5
<i>P</i> 值	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05

CAU35: 足位 35°; RAO30 CAU30: 右前斜 30° 足位 30°; CRA30: 头位 30°; LAO40 CAU35: 左前斜 40° 足位 35°; LAO40: 左前斜 40°; LAO10 CRA30: 左前斜 10° 头位 30°; RAO30: 右前斜 30°

表 2 第 2 操作者在只有悬吊防护屏和只有床旁固定铅裙时体表入射剂量比较

组别	CAU35	RAO30 CAU30	CRA30	LAO40 CAU35	LAO40	LAO10 CRA30	RAO30
	kV/mA/s : 81/153.3/7	kV/mA/s : 74/177.3/7	kV/mA/s : 83/166.7/7	kV/mA/s : 89/191.7/9	kV/mA/s : 71/163.3/7	kV/mA/s : 85/189.7/8	kV/mA/s : 71/165.4/7
悬吊防护屏	184.3 ± 4.2	731.7 ± 12.5	847.1 ± 6.9	470.8 ± 14.0	948.9 ± 7.8	2042.8 ± 18.4	505.6 ± 5.6
床旁铅裙	548.5 ± 15.3	885.8 ± 11.2	1077.3 ± 10.3	5090.6 ± 35.7	4168.6 ± 25.4	3553.1 ± 27.6	642.7 ± 13.1
<i>t</i> 值	102.6	41.1	82.8	539.4	541.8	204.0	43.1
<i>P</i> 值	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05

CAU35: 足位 35°; RAO30 CAU30: 右前斜 30° 足位 30°; CRA30: 头位 30°; LAO40 CAU35: 左前斜 40° 足位 35°; LAO40: 左前斜 40°; LAO10 CRA30: 左前斜 10° 头位 30°; RAO30: 右前斜 30°

表 3 第 1 操作者有无床旁防护屏时体表入射剂量比较和屏蔽效果

项目	CAU35	RAO30 CAU30	CRA30	LAO40 CAU35	LAO40	LAO10 CRA30	RAO30
	kV/mA/s : 81/153.3/7	kV/mA/s : 74/177.3/7	kV/mA/s : 83/166.7/7	kV/mA/s : 89/191.7/9	kV/mA/s : 71/163.3/7	kV/mA/s : 85/189.7/8	kV/mA/s : 71/165.4/7
无防护	5 122.6 ± 28.0	1 136.8 ± 14.2	5 437.5 ± 29.6	25 362.0 ± 33.9	15 136.0 ± 57.0	18 348.0 ± 33.0	1 844.6 ± 14.9
悬吊防护屏(a)	86.5 ± 8.7	72.0 ± 0	1 754.2 ± 22.4	348.2 ± 24.1	72.0 ± 0	1 966.3 ± 13.3	72.0 ± 0
无防护与 a 比较 <i>t/P</i> 值	768.1/ < 0.05	335.0/ < 0.05	444.0/ < 0.05	2 689.0/ < 0.05	1 182.0/ < 0.05	2 059.0/ < 0.05	533.4/ < 0.05
床旁铅裙(b)	4 590.8 ± 19.9	1 085.3 ± 12.0	2 301.8 ± 23.3	25 189.0 ± 80.1	14 431.0 ± 96.1	8 368.9 ± 21.1	1 666.0 ± 17.0
无防护与 b 比较 <i>t/P</i> 值	69.2/ < 0.05	12.4/ < 0.05	372.7/ < 0.05	8.9/ < 0.05	28.2/ < 0.05	1 138.0/ < 0.05	35.4/ < 0.05
悬吊防护屏屏蔽率/%	98.31	93.67	67.74	98.73	99.52	89.28	96.1
床旁铅裙屏蔽率/%	10.39	4.53	57.67	0.68	4.66	54.38	9.68

CAU35: 足位 35°; RAO30 CAU30: 右前斜 30° 足位 30°; CRA30: 头位 30°; LAO40 CAU35: 左前斜 40° 足位 35°; LAO40: 左前斜 40°; LAO10 CRA30: 左前斜 10° 头位 30°; RAO30: 右前斜 30°

体表入射剂量比较和屏蔽效果见表 3。悬吊防护屏和床旁固定铅裙均有效降低操作者体表入射剂量(*t* 值=768.1、335.0、444.0、2 689.0、1 182.0、2 059.0、533.4; *t* 值=69.2、12.4、372.7、8.9、28.2、1 138.0、35.4, *P* 值均 < 0.05)。不同体位悬吊防护屏对第 1 操作者屏蔽率分别为 98.31%、93.67%、67.74%、98.63%、99.52%、89.28%、96.10%, 床旁固定铅裙对第 1 操作者屏蔽率分别为 10.39%、4.53%、57.67%、0.68%、4.66%、54.38%、9.68%。

3 讨论

研究表明,介入放射学操作人员所受辐射剂量比常规 X 线操作人员高数倍乃至数十倍,其中腔内介入术中冠状动脉介入诊疗操作者所受剂量最

大^[7]。随着导管改进和操作经验不断积累,桡动脉入路因并发症少、住院时间短等特点,已成为冠状动脉介入诊疗主要途径。但经桡动脉冠状动脉介入诊疗中操作者距球管和患者均比较近,操作过程较股动脉入路长,因此所受辐射剂量更大^[8]。部分心脏和血管介入诊疗过程中操作者所受辐射剂量已非常接近放射工作人员年有效剂量限值(20 mSv)。由于冠状动脉介入诊疗过程中应用多种投照方向,操作者所处辐射场极不均匀,有可能受到主射线、散射线和漏射线照射,因此对于心血管医师,尤其是其中相当一部分职业生涯超过 30 年医师,做好职业暴露防护就显得越来越重要。Sukupova 等^[9] 研究分析冠心病介入治疗过程中操作者站立区域内剂量分布趋势及其影响因素。本研究通过分析操作者不同体位所

受不同来源辐射剂量特点,进一步阐述冠状动脉介入诊疗过程中不同体位所受辐射剂量构成特征,使操作者对不同体位不同辐射来源有更为明确认识,以便在实际工作中更为有效地降低职业照射。

本研究结果显示,不论是第 1 操作者还是第 2 操作者,只有床旁固定铅裙时各体位体表入射剂量均高于只有悬吊防护屏时体表入射剂量,表明各体位时操作者辐射剂量主要来源于导管床上方的散射辐射。这是因为冠状动脉介入诊疗中所应用的 DSA 系统为床下型球管配置的 C 形臂透视系统。X 线入射患者时最初数个厘米深度组织产生的前向散射辐射,被患者其余组织显著衰减,导致较强的散射辐射指向地面和 X 线管方向,而在 X 线穿过人体过程中,其不断与患者左前胸部组织相互作用,产生散射辐射朝向各个方向,使其成为辐射剂量的主要来源,并对操作者构成威胁。冠状动脉介入诊疗过程中操作者很少情况下会直接暴露于球管主射线之下,因此来源于床上方患者左前胸部散射线就成为操作者辐射剂量的主要来源。

随着距离延长,第 2 操作者站立位置超出了防护屏有效屏蔽范围,不论是散射线还是漏射线均对其构成威胁,床旁防护屏对其防护作用不如对第 1 操作者^[10],因此取第 1 操作者站立位测量点用于评价辐射剂量构成特征,就更为准确。从本研究床旁防护屏对第 1 操作者的屏蔽率计算结果可看出,头位和左头位时悬吊防护屏和床旁固定铅裙均对第 1 操作者有较高屏蔽率(67.74%、89.28% 对 57.67%、54.38%),表明在这 2 个体位时站立区域内辐射剂量除了部分来自导管床上方患者左前胸部散射辐射,也有相当部分源于导管床下方散射辐射。这是因为这 2 个体位情况下,随着头位角度不断增加,指向球管的散射辐射朝向操作者矢量部分不断增加,使得来自导管床下方的散射辐射也对操作者构成威胁。

从以上结果可以看出,冠状动脉介入诊疗过程中操作者所受辐射剂量主要来源于导管床上方散射辐射,以左足位、左前斜位、足位、右足位、右前斜位最显著;左头位、头位时操作者所受辐射剂量除了来源于导管床上方散射辐射,也有部分来源于导管床下方散射辐射,因此对以上两体位操作者下部身

体的防护,也应引起注重。充分了解操作者各体位时所受辐射剂量构成特征,有助于临床日常辐射防护工作有的放矢,同时也为新型防护器材研究开发奠定了理论基础。

本研究所测辐射剂量值未考虑操作者间相互影响,可能与实际剂量值有所偏差。同时其测量值是铅衣外测量结果,相关数值可能会高于操作者实际所受剂量值。但是其变化趋势可充分反映站立区域内辐射场剂量构成特征。

[参 考 文 献]

- [1] 王 勇,范书英. 冠心病介入治疗的现状和展望 [J]. 临床内科杂志, 2015, 32: 5-9.
- [2] Kim KP, Miller DL, Balter S, et al. Occupational radiation doses to operators performing cardiac catheterization procedures [J]. Health Phys, 2008, 94: 211-227.
- [3] 王智廷,曹国全,郑 翔,等. 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 [J]. 介入放射学杂志, 2018, 27: 610-614.
- [4] 王智廷,郑 翔,叶 虹,等. 冠状动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.
- [5] Wu YQ, Xu MZ, Li Y, et al. Correlation of optimal angiographic viewing angles to body and heart types: a quantitative analysis [J]. J Clin Rehabil Tissue Eng Res, 2008, 12: 779-782.
- [6] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. BZ 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.
- [7] Bijwaard H, Valk D, de Waard-Schalckx I. Radiation protection for interventional fluoroscopy: results of a survey among dutch hospitals [J]. Health Phys, 2018, 114: 627-631.
- [8] Bhat FA, Chahal KH, Raina H, et al. Transradial versus transfemoral approach for coronary angiography and angioplasty: a prospective, randomized comparison [J]. BMC Cardiovasc Disord, 2017, 17: 23.
- [9] Sukupova L, Hlavacek O, Vedlich D. Impact of the ceiling-mounted radiation shielding position on the physician's dose from scatter radiation during interventional procedures [J]. Radiol Res Pract, 2018, 2018: 4287973.
- [10] 王智廷,曹国全,缪 妙,等. 床旁防护屏在冠状动脉介入诊疗过程中对不同操作者的防护作用 [J]. 中华放射医学与防护杂志, 2015, 35: 709-712.

(收稿日期: 2019-05-20)

(本文编辑: 边 倩)