

DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2024.03.001

· 论 著 ·

# 心血管介入诊疗患者峰值皮肤剂量水平测量与分析

赵俏俏, 范瑶华, 黄卓, 徐辉, 欧向明

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** 获得心血管介入诊疗患者峰值皮肤剂量(PSD)数据, 评估患者确定性效应发生风险。**方法** 使用 Gafchromic XR RV3 胶片剂量计采集北京市某三级甲等医院进行心血管介入诊疗患者的峰值皮肤剂量, 主要研究冠状动脉造影术、经皮冠状动脉腔内血管成形术、射频消融术、先天性心脏病介入治疗等常见的手术类型。使用 EPSON EXPRESSION 10000XL 扫描仪扫描胶片, FILM QA Pro™ 2014 软件测量和分析胶片。**结果** 共采集 59 例心血管介入诊疗患者的峰值皮肤剂量数据, 包括冠状动脉造影术 23 例、经皮冠状动脉腔内血管成形术 21 例、射频消融术 9 例、先天性心脏病介入治疗 6 例。PSD  $\geq 2$  Gy 患者 7 例, 均为经皮冠状动脉腔内血管成形术, 其中 1 例 PSD 超过 3 Gy, 其余均小于 2 Gy。**结论** 部分心血管介入诊疗患者的 PSD 超过国际放射防护委员会第 118 号报告中的确定性效应剂量阈值, 提示心血管介入诊疗存在确定性效应发生风险, 其中经皮冠状动脉腔内血管成形术患者风险较高。

**关键词:** 心血管介入手术; 峰值皮肤剂量; 剂量阈值; 确定性效应

中图分类号: X591 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2024)03-0229-05

## Measurement and analysis of peak skin dose for patients with interventional cardiology procedures

ZHAO Qiaoqiao, FAN Yaohua, HUANG Zhuo, XU Hui, OU Xiangming

*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 obtain the peak skin dose (PSD) of patients with interventional cardiology procedures and to evaluate the risk of deterministic effects. **Methods** Gafchromic XR RV3 films were used in a Level A tertiary hospital in Beijing to measure the PSD of patients who underwent interventional cardiology procedures. The measurement focused on four common types of procedures, including coronary angiography, percutaneous transluminal coronary angioplasty, catheter radiofrequency ablation, and congenital heart disease. The films were scanned by EPSON EXPRESSION 10000XL and analyzed by FILM QA Pro™ 2014 software. **Results** PSD was measured in 59 patients with interventional cardiology procedures, including 23 with coronary angiography, 21 with percutaneous transluminal coronary angioplasty, 9 with catheter radiofrequency ablation, and 6 with congenital heart disease. The seven patients with PSD  $\geq 2$  Gy all underwent percutaneous transluminal coronary angioplasty, one with PSD  $> 3$  Gy and six with PSD  $< 2$  Gy. **Conclusion** The PSD of some patients with interventional cardiology surgery exceeded the dose threshold of deterministic effects recommended by the ICRP 118. There is a risk of deterministic effects in interventional cardiology surgery, especially in patients with percutaneous transluminal coronary angioplasty.

**Keywords:** Interventional cardiology surgery; Peak skin dose; Dose threshold; Deterministic effect

**Corresponding author:** FAN Yaohua, Email: [fanyaohua@nirp.chinacdc.cn](mailto:fanyaohua@nirp.chinacdc.cn)

心血管介入诊疗是在 X 射线的引导下, 采用经皮穿刺和导管技术对疾病进行诊断和治疗的技术, 因具有创伤小、定位准确、患者痛苦小、恢复快等特点广泛应用于临床。临床常见的心血管介入诊疗包括

冠状动脉造影术(coronary angiography, CA)、经皮冠状动脉腔内血管成形术(percutaneous transluminal coronary angioplasty, PTCA)、射频消融术(catheter radiofrequency ablation, RF)、先天性心脏病(congenital

heart disease, CHD)介入治疗等<sup>[1]</sup>。由于介入诊疗通常需要较长的透视时间和高质量的图像,当进行复杂手术时可能会导致较高的辐射剂量水平,患者皮肤受照剂量超过组织反应阈值时可能会发生皮肤损伤。国际原子能机构(IAEA)一项对介入诊疗患者峰值皮肤剂量(peak skin dose, PSD)监测的研究中发现,在发展中国家进行的 PTCA 患者中有 62% 的剂量水平超过了目前已知的剂量参考水平<sup>[2]</sup>。国内外不乏介入诊疗导致辐射损伤的事件<sup>[3-6]</sup>,如国外一名患者在经历 4 次心血管介入治疗后出现糜烂性湿疹性皮炎,最终发展为坏死性溃疡<sup>[5]</sup>,还有患者经过心血管介入治疗后导致鳞状细胞癌的报道<sup>[6]</sup>。联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR)2022 年的报告显示<sup>[7]</sup>,介入放射学占诊断学检查的总频率不到 1%,但对集体有效剂量的平均贡献约为 8%。截至 2022 年,中国大陆地区经皮冠状动脉介入治疗总例数达 129 万(未包含军队医院病例),增长超过 11%<sup>[8]</sup>。近年来国内外对介入放射学中的剂量学评估的研究越来越多<sup>[9-10]</sup>。

峰值皮肤剂量(PSD)是评估介入诊疗中患者组织反应发生风险的最佳指标<sup>[11]</sup>。目前用于测量心血管介入诊疗患者 PSD 的方法主要有胶片剂量计、热释光剂量计等。胶片剂量计能够覆盖整个照射野,监测结果准确度更佳,是国际放射防护委员会(ICRP)推荐的“金方法”<sup>[11]</sup>。国内关于胶片法测量 PSD 的研究很少,仅有少数几家机构的报道<sup>[12-14]</sup>。本研究采用胶片剂量计对北京市某三级甲等医院心血管介入诊疗患者的 PSD 进行测量,为评估心血管介入诊疗患者的受照水平,制定相关政策标准提供参考数据。

## 1 材料与方法

**1.1 胶片剂量计** 采用介入放射学专用免冲洗自显影胶片,型号 Gafchromic XR-RV3(ASHLAND 公司),大小为 14 × 17 英寸(35.56 cm × 43.18 cm)。该胶片一面为橙色,一面为白色,对可见光不敏感,当吸收一定能量的电离辐射后胶片内的烃单体会发生聚合作用,表现为胶片剂量计颜色的加深,显色深浅与辐射剂量成正比<sup>[15]</sup>。适用于 30 keV~30 MeV 能量范围,介入诊疗临床常用管电压为 80 kV 左右,相当于有效能量 31.7 keV,满足研究需要。该胶片剂量响应范围为 0.01~30 Gy,具有良好的均匀性(<5%)、低剂量率依赖性(<3%)、快速稳定的聚合过程(24 h 后)等优点<sup>[16]</sup>。

**1.2 剂量刻度** 胶片在 WHO/IAEA 建立的国家二

级标准剂量学实验室进行刻度,辐射场不确定度为 2.5%。根据国际辐射单位与测量委员会(ICRU)74 号报告<sup>[11]</sup>推荐的方法,将胶片固定于 30 cm × 30 cm × 15 cm 的聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)标准板模上。使用介入手术临床常用的诊断线质 RQR-6, 80 kV 下刻度 4 个剂量水平:0.1、0.5、1、3 Gy。

**1.3 剂量转换** 将皮肤入射剂量转换为器官剂量。诊断线质 80 kV 条件下的半值层为 2.3 mm Al, 根据国家标准《X 线诊断中受检者器官剂量估算方法》(GB/T 16137—2021),取最为接近的 2.5 mm Al 时皮肤的转换系数为 1<sup>[17]</sup>。

**1.4 患者选择及剂量信息采集** 选择在北京市某三级甲等医院进行心血管介入诊疗的患者。选择临床常见的 4 种介入类型,包括 CA 23 例,PTCA 21 例,RF 9 例,CHD 6 例。术前将整张胶片放置于患者身下的一次性消毒巾下,黄色面朝向患者,白色面朝向球管,确保完全覆盖心脏区域。一台手术使用一张胶片,术后取回。胶片现场放置示意图见图 1,橙色为胶片剂量计。本研究在一台数字减影血管造影(DSA)设备上,型号为 GE Innova IGS 520,该设备在术后不显示空气比释动能面积乘积(air kerma area product,  $P_{KA}$ )值。术后记录每个患者的设备显示参考点空气比释动能(reference point air kerma,  $K_{a,r}$ )、透视时间(fluoroscopy time, FT)等剂量相关信息。

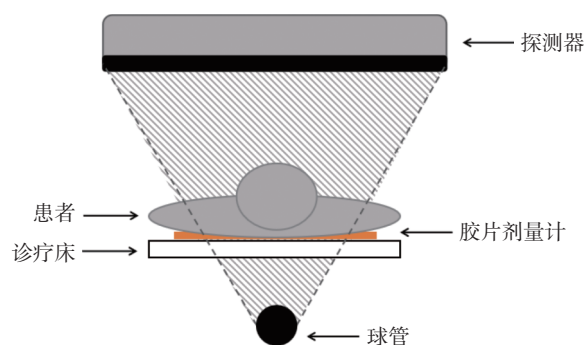


图 1 胶片现场放置示意图

Figure 1 Schematic representation of XR-RV3 film placement

**1.5 胶片剂量信息测读** 利用爱普生 A3 平板式彩色图像扫描仪(EPSON EXPRESSION 10000XL)扫描待测胶片。采用 FILM QA Pro™ 2014(美国, Ashland)软件建立刻度曲线,选择红光通道读取胶片 PSD 值。

## 2 结果

**2.1 剂量刻度结果** 剂量刻度结果见图 2。随着入射表面空气比释动能剂量的增加,像素值逐渐减小,在 0~3 Gy 变化明显。

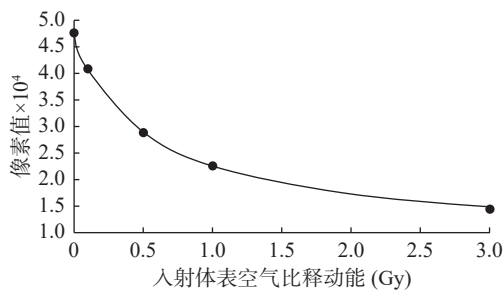


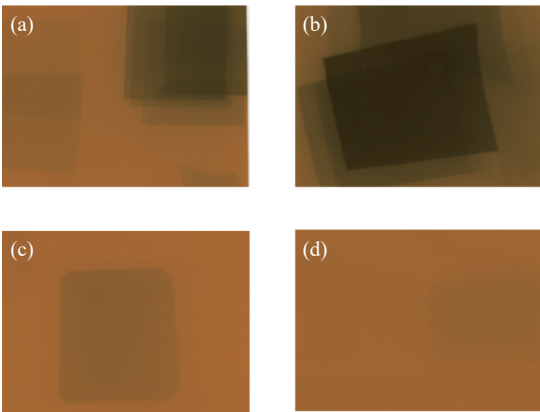
图 2 XR RV3 胶片剂量计响应曲线  
Figure 2 Dose-response curve of XR RV3 film

表 1 不同类型心血管介入诊疗患者 PSD 及 DSA 设备显示参数值

Table 1 The peak skin dose and parameters displayed by digital subtraction angiography equipment for different interventional cardiology procedures

介入类型	N	PSD/Gy		$K_{a,r}/\text{Gy}$		FT/min	
		Range	$M(P_{25}, P_{75})$	Range	$M(P_{25}, P_{75})$	Range	$M(P_{25}, P_{75})$
CA	23	0.08~1.53	0.33(0.20, 0.53)	0.10~1.50	0.50(0.30, 0.55)	0.87~13.22	3.23(2.72, 6.97)
PTCA	21	0.40~3.07	1.43(0.97, 2.25)	0.33~4.10	1.00(0.80, 2.50)	5.95~50.02	15.28(11.46, 23.35)
RF	9	0.09~0.95	0.26(0.24, 0.60)	0.10~0.50	0.20(0.10, 0.20)	3.77~30.75	10.83(9.76, 14.57)
CHD	6	0.10~1.91	0.60(0.22, 1.28)	0.01~1.51	0.17(0.10, 0.80)	2.83~5.95	4.81(3.88, 5.53)

注: N: 患者数, Range: 范围, M: 中位数,  $P_{25}$ : 第25百分位数,  $P_{75}$ : 第75百分位数。



注: (a) CA, PSD=1.53 Gy; (b) PTCA, PSD=3.07 Gy; (c) RF, PSD=0.19 Gy; (d) CHD, PSD=0.63 Gy。

图 3 不同类型心血管介入患者胶片示意图

Figure 3 The films of patients with different types of interventional cardiology procedures

表 2 不同心血管介入类型患者 PSD 区间分布 (Gy)

Table 2 Distribution of peak skin dose in patients with different types of interventional cardiology procedures

类型	PSD范围				总计
	$0 \leq 1$	$1 \leq 2$	$2 \leq 3$	$> 3$	
CA	21	2	0	0	23
PTCA	6	8	6	1	21
RF	9	0	0	0	9
CHD	5	1	0	0	6
总计	41	11	6	1	59

2.2 胶片测读结果 表 1 为心血管介入诊疗患者峰值皮肤剂量及设备显示剂量参数值, PTCA 患者的 PSD 变化范围最大, 中位数最高, PSD 最大值超过 3 Gy, 达到了 3.07 Gy。CHD 患者的最大 PSD 接近 2 Gy。图 3 为 4 种手术类型患者测量后的胶片示意图, 受照剂量越高的胶片, 显色越深。表 2 为不同介入类型患者 PSD 区间分布情况, PSD > 2 Gy 主要集中在 PTCA 患者。

3 讨论

ICRP 第 85 号出版物<sup>[4]</sup>指出, 当患者皮肤最大累积吸收剂量达到数百 mGy 时, 就被认为是高剂量操作, 达到几十 mGy 时被认为是中剂量操作, 当低于 10 mGy 被认为是低剂量操作。欧洲原子能共同体 97/93 号指令<sup>[18]</sup>引入了对“高剂量实践”的辐射照射进行剂量学评估的义务, 其中就包括介入放射学程序。本研究结果显示上述类型心血管介入诊疗过程中均可导致高剂量操作, 这和医师操作的熟练程度, 患者的病情轻重及设备的先进程度均有关系。

国际放射防护委员会(ICRP)第 118 号报告《关于组织反应的声明及正常组织器官的早期和晚期辐射效应》<sup>[19]</sup>指出, X 射线透视检查时, 单次剂量引起皮肤损伤的阈值如下: 早期短暂性红斑为 2 Gy, 主要红斑反应为 6 Gy; 暂时性脱毛为 3 Gy, 永久性脱毛为 7 Gy。本研究中 59 例心血管介入诊疗患者 PSD 范围为 0.08~3.07 Gy, 有 7 例 PTCA 患者 PSD 超过确定性效应剂量阈值 2 Gy, 占 11.9%; 其中 1 例超过 3 Gy, 占 1.7%。本研究结果显示接受心血管介入诊疗的患者存在确定性效应发生风险, 其中 PTCA 患者风险最高。由表 2 可知, 在本次调查的 59 例心血管介入诊疗患者中, 88.1%(52/59)的患者 PSD 在确定性效应剂量阈值内, 表明大部分患者在单次心血管介入诊疗



手术中发生皮肤损伤的可能性较低,但有部分患者需要密切关注。一些患者可能在一年内接受多次心血管介入手术,其受照剂量及健康风险有待进一步研究。

国内外学者也使用胶片剂量计测量了心血管介入诊疗患者的 PSD,徐辉等<sup>[12]</sup>测量了 26 例 CA 和 19 例 PTCA 患者的 PSD 范围为 0.015~2.20 Gy,其中 PSD 超过 2 Gy 有 1 例,为 PTCA 患者。王彬等<sup>[13]</sup>测量了 51 例 CA 患者的 PSD 为 0.14~1.23 Gy。Pasquino 等<sup>[20]</sup>测量了 16 例 CA 和 26 例 PTCA 患者,PSD 最大值为 PTCA 患者 1.79 Gy。Uniyal 等<sup>[21]</sup>测量了 50 名 PTCA 患者,有 7 例 PSD 超过 2 Gy,其中 2 例超过 3 Gy;40 例 CA 患者的 PSD 均小于 2 Gy。本研究与国内外研究结果基本一致,表明在心血管介入诊疗中存在发生皮肤损伤等确定性效应的风险,其中 PTCA 患者发生风险较高。由于放射性皮肤损伤通常在术后数周至数月发生,且容易发生误诊,建议对高剂量患者进行术后随访以便及时诊治。

PSD 与设备显示参数的相关性分析。通过 SPSS 分析显示,PSD 与  $K_{a,r}$  的相关系数  $r=0.63(P<0.05)$ ,进一步回归分析得到:  $PSD=0.1227 \times K_{a,r}^2 + 0.6883 K_{a,r}$  ( $R^2=0.61$ )。PSD 与 FT 的相关系数  $r=0.58(P<0.05)$ ,进一步回归分析得到:  $PSD=0.1179 \times FT^{0.8589}$  ( $R^2=0.49$ )。由此可知,PSD 与  $K_{a,r}$  和 FT 在一定程度上具有相关性,只能对 PSD 进行粗略估计,如果要获得 PSD 的准确数据,仍需进行实际测量。

研究主要调查了进行心血管介入诊疗成人患者的剂量,除成人外,儿童介入诊疗患者的皮肤受照剂量调查也逐渐引起国内学者的关注<sup>[22-23]</sup>。儿童处于身体生长发育迅速的时期,体内细胞分裂增殖速度快,其辐射敏感性约为成人的 2~10 倍,且预期生存时间较长,除确定性效应外,其随机性效应发生风险也较高<sup>[4]</sup>。但国内目前还未见采用胶片剂量计法对儿童心血管介入诊疗患者受照剂量评估的专项报道,建议下一步开展相关研究。

本研究对北京市某三级甲等医院常见的 4 种心血管介入类型共 59 名患者的 PSD 进行测量,获取了 4 类心血管介入程序患者的受照剂量数据,由于临床监测 PSD 时对临床患者疾病类型的主观可选择行较小,本研究中 RF 和 CHD 患者数量相对较少,本研究结果在一定程度上可为我国心血管介入患者剂量水平提供参考。另外,PSD 会受到患者体型和病情、医师操作熟练程度、介入放射学设备因素等影响,本研究仅为上述条件下的初步结果,建议后续研究丰富介

入诊疗患者的类型和数量,为今后相关指南的制定提供数据支持。

**利益冲突** 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展,排名无争议。文章不涉及任何利益冲突

**作者贡献声明** 赵俏俏负责现场数据收集与分析及论文撰写;范瑶华负责研究设计、现场指导、论文修改;黄卓参与研究设计、现场试验及论文修改;徐辉参与研究设计、现场试验指导及论文修改;欧向明负责胶片刻度并参与实验设计

## 参考文献

- [1] (美)埃里克·J.托波尔,(美)保罗·S.泰尔斯坦.介入心脏病学[M].吴永健,柳景华,译.北京:科学技术文献出版社,2023.  
Topol EJ, Teirstein PS. Textbook of interventional cardiology[M]. Wu YJ, Liu JH, trans. Beijing: Scientific and Technical Documentation Press, 2023.
- [2] Tsapaki V, Ahmed NA, AlSuwaidi JS, et al. Radiation exposure to patients during interventional procedures in 20 countries: initial IAEA project results[J]. *Am J Roentgenol*, 2009, 193(2): 559-569. DOI: 10.2214/AJR.08.2115.
- [3] 毛喻萱,张冰洁,孙全富,等.一起介入治疗意外照射导致背部大面积放射性皮肤损伤的调查及分析[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2021, 41(12): 881-885. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.12.001.  
Mao YX, Zhang BJ, Sun QF, et al. Investigation and analysis of an extensive skin injury to the back caused by accidental irradiation in interventional procedure[J]. *Chin J Radiol Med Prot*, 2021, 41(12): 881-885. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.12.001.
- [4] Valentin J. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures[J]. *Ann ICRP*, 2000, 30(2): 7-67. DOI: 10.1016/S0146-6453(01)00004-5.
- [5] Lee J, Hoss D, Phillips TJ. Fluoroscopy-induced skin necrosis[J]. *Arch Dermatol*, 2003, 139(2): 140-142. DOI: 10.1001/archderm.139.2.140.
- [6] Samaran Q, Croci-Torti A, Dandurand M, et al. A case of fluoroscopy-induced squamous cell carcinoma following repeated percutaneous coronary interventions[J]. *Eur J Dermatol*, 2019, 29(3): 347-348. DOI: 10.1684/ejd.2019.3596.
- [7] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2020/2021, Sources, effects and risks of ionizing radiation[R]. New York:UNSCEAR, 2022.
- [8] 潘锋.我国心脏病介入治疗呈现良好发展态势[J]. *中国医药导报*, 2023, 20(16): 1-3.  
Pan F. Interventional treatment of heart disease in China has shown a good development trend[J]. *China Med Herald*, 2023, 20(16): 1-3.
- [9] 曾亚莉,李红梅,宋丹,等.113例冠脉造影和介入治疗被检者所

- 受辐射剂量统计与分析[J]. 中国心血管病研究, 2016, 14(9): 801-804. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5301.2016.09.009.
- Zeng YL, Li HM, Song D, et al. Statistics and analysis of the radiation dose taken by coronary angiography(CAG) and percutaneous coronary intervention(PCI) examination among 113 cases[J]. Chin J Cardiovasc Res, 2016, 14(9): 801-804. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5301.2016.09.009.
- [10] Faulkner K, Bosmans H, O'Brien R, et al. Optimisation of dose and performance in interventional and digital imaging[J]. Radiat Prot Dosim, 2005, 117(1-3): 1-2. DOI: 10.1093/rpd/nci767.
- [11] International Commission on Radiation Units & Measurements (ICRU). Patient dosimetry for X rays used in medical imaging[R]. Bethesda:ICRU, 2005.
- [12] 徐辉, 薛娴, 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. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2014.04.017.
- Xu H, Xue X, Zhao HF, et al. Peak skin dose measurements in two cardiac interventional procedures using radiochromic film[J]. Chin J Radiol Med Prot, 2014, 34(4): 302-305. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2014.04.017.
- [13] 王彬, 高林峰, 钱爱君, 等. 冠状动脉血管造影术受检者皮肤剂量峰值监测与分析[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2018, 10(5): 601-603. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4055.2018.05.24.
- Wang B, Gao LF, Qian AJ, et al. Measurements and analysis the peak skin dose of patients received coronary angiography[J]. Chin J Evid Based Cardiovasc Med, 2018, 10(5): 601-603. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4055.2018.05.24.
- [14] 赵俏俏, 范瑶华, 黄卓, 等. 神经介入手术中患者峰值皮肤剂量水平研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2021, 41(12): 951-955. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.12.013.
- Zhao QQ, Fan YH, Huang Z, et al. Peak skin dose measurements for patients in neuro-interventional procedures using radiochromic film[J]. Chin J Radiol Med Prot, 2021, 41(12): 951-955. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.12.013.
- [15] 俞顺飞, 程金生, 李开宝, 等. 胶片剂量计[J]. 中国辐射卫生, 2008, 17(2): 244-245. DOI: 10.3969/j.issn.1004-714X.2008.02.068.
- Yu SF, Cheng JS, Li KB, et al. Film dosimeter[J]. Chin J Radiol Health, 2008, 17(2): 244-245. DOI: 10.3969/j.issn.1004-714X.2008.02.068.
- [16] Ashland, Gafchromic™ radiology films technical information[EB/OL]. [2021-09-03]. <http://www.ashland.corn/products/gafchromic-radiology-films>.
- [17] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. GB/T 16137—2021 X 射线诊断中受检者器官剂量的估算方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 16137—2021 Methods for estimation of examinee's organ doses in X-ray diagnosis[S]. Beijing: Standards Press of China, 2021.
- [18] Teunen D. The European Directive on health protection of individuals against the dangers of ionising radiation in relation to medical exposures (97/43/EURATOM)[J]. J Radiol Prot, 1998, 18(2): 133-137. DOI: 10.1088/0952-4746/18/2/009.
- [19] Stewart FA, Akleyev AV, Hauer-Jensen M, et al. ICRP publication 118: ICRP statement on tissue reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs-threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context[J]. Ann ICRP, 2012, 41(1/2): 1-322. DOI: 10.1016/j.icrp.2012.02.001.
- [20] Pasquino M, Cutaia C, Poli M, et al. Patient's Peak Skin Dose evaluation using Gafchromic films in interventional cardiology procedures and its correlation with other dose indicators[J]. Phys Med, 2018, 53: 103-107. DOI: 10.1016/j.ejmp.2018.08.017.
- [21] Uniyal SC, Chaturvedi V, Sharma SD, et al. Patient dosimetry during interventional cardiac procedures in a dedicated catheterization laboratory[J]. Radiat Prot Dosimetry, 2017, 175(2): 201-208. DOI: 10.1093/rpd/new286.
- [22] 陈睿, 陈英民, 张玉珩, 等. 263 例儿童介入手术的辐射剂量研究[J]. 中国辐射卫生, 2020, 29(4): 330-334. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2020.04.003.
- Chen R, Chen YM, Zhang YH, et al. Research on radiation dose in 263 children's interventional surgery[J]. Chin J Radiol Health, 2020, 29(4): 330-334. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2020.04.003.
- [23] 商玉秀, 杨显存, 马娅, 等. 94 例儿童先天性心脏病介入手术辐射剂量及影响因素分析[J]. 中国辐射卫生, 2023, 32(6): 673-678. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2023.06.014.
- Shang YX, Yang XC, Ma Y, et al. Analysis of radiation dose and influencing factors during interventional procedures for 94 patients with pediatric congenital heart disease[J]. Chin J Radiol Health, 2023, 32(6): 673-678. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2023.06.014.

(收稿日期:2023-12-15)