

## • 心脏介入 Cardiac intervention •

冠状动脉慢性完全闭塞介入治疗中 DSA 机射线  
出束总剂量影响因素

刘凤刚, 王娟娟, Raja, 尤泽, 李武, 廖力, 刘厂辉

【摘要】目的 探讨冠状动脉慢性完全闭塞(CTO)经皮冠状动脉介入治疗(PCI)中与 DSA 机射线出束总剂量相关因素。方法 选取 2021 年 9 月至 2022 年 9 月南华大学附属第一医院收治的 224 例冠状动脉 CTO 患者为研究对象。根据射线出束总剂量将患者分为两组,  $<5$  Gy 为标准剂量组( $n=173$ ),  $\geq 5$  Gy 为超剂量组( $n=51$ )。采用病例对照研究分析两组患者风险因素差异, 并将  $P \leq 0.2$  风险因素纳入二元 logistic 回归分析, 筛选出与超剂量( $\geq 5$  Gy)相关风险因素。结果 J-CTO 评分( $OR=13.371, 95\%CI=2.784 \sim 64.231, P=0.001$ )、射线出束时长( $OR=1.684, 95\%CI=1.133 \sim 2.504, P=0.010$ )与射线出束总剂量超量( $\geq 5$  Gy)显著相关。结论 J-CTO 评分及射线出束时长可预测 CTO-PCI 术中射线出束超剂量( $\geq 5$  Gy)。

【关键词】慢性完全闭塞; 经皮冠状动脉介入治疗; 辐射剂量; 职业暴露; 风险因素

中图分类号: R541.4 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2023)-11-1062-03

**Influencing factors for the radiation beam total dose of digital subtraction angiography equipment during the interventional procedure of chronic total occlusion of the coronary artery** LIU Fenggang, WANG Juanjuan, Raja, YOU Ze, LI Wu, LIAO Li, LIU Changhui. Imaging Center of Cardiac Intervention, First Affiliated Hospital of University of South China, Hengyang, Hunan Province 421001, China  
Corresponding author: LIU Changhui, E-mail: liuchanghuidaoshi@163.com

【Abstract】Objective To investigate the factors that are related to the radiation beam total dose of digital subtraction angiography(DSA) equipment during percutaneous coronary intervention(PCI) for the treatment of chronic total occlusion(CTO) of the coronary artery. Methods A total of 224 CTO patients, who were admitted to the First Affiliated Hospital of University of South China to receive treatment, were enrolled in this study. According to the radiation beam total dose of DSA, the patients were divided into standard dose group ( $<5$  Gy,  $n=173$ ) and overdose group( $\geq 5$  Gy,  $n=51$ ). Using a case-control study to analyze the differential risk factors of the two groups, and the  $P \leq 0.2$  risk factors were included in the binary logistic regression analysis to screen out the risk factors associated with overdose( $\geq 5$  Gy). Results The Japanese multicenter chronic total occlusion registry (J-CTO) score ( $OR=13.371, 95\%CI=2.784 \sim 64.231, P=0.001$ ) and radiation beam duration ( $OR=1.684, 95\%CI=1.133 \sim 2.504, P=0.010$ ) had a statistically significant relationship with the overdose ( $\geq 5$  Gy) of radiation beam total dose. Conclusion J-CTO score and radiation beam duration can predict the overdose ( $\geq 5$  Gy) of radiation beam total dose during PCI for CTO of the coronary artery. (J Intervent Radiol, 2023, 32: 1062-1064)

【Key words】chronic total occlusion; percutaneous coronary intervention; radiation dose; occupational exposure; risk factor

冠心病是严重威胁国民健康的主要疾病之一, 我国每 10 万人中有超过 58 人死于急性心肌梗

死<sup>[1]</sup>。经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)微创、住院周期短、愈后效果明显,

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2023.11.002

基金项目: 湖南省自然科学基金(2021JJ40489), 湖南省卫生健康委科研课题项目(202212013945), 湖南省普通  
高等学校教学改革研究课题项目(HNJG-2021-0635)作者单位: 421001 湖南衡阳 南华大学附属第一医院心脏介入影像中心(刘凤刚、李武、刘厂辉); 衡阳市中  
医医院职业病科(王娟娟); 泰国清迈大学护理学院 PhD 项目(刘凤刚、Raja); 南华大学护理学院(尤泽、廖力)

通信作者: 刘厂辉 E-mail: liuchanghuidaoshi@163.com

已成为目前公认的冠心病首选治疗方法之一。2021 年我国 PCI 手术量为 116 万例<sup>[2]</sup>,冠状动脉慢性完全闭塞(chronic total occlusions, CTO)为常见病变类型。CTO-PCI 术利用核医学影像技术,电离辐射大<sup>[3-4]</sup>,易出现不良结局。国际专家共识认为,在 CTO-PCI 手术成功率可能不高情况下,终止手术时间应在射线出束总剂量达 5 Gy 时<sup>[5]</sup>。然而临床实践中射线出束总剂量>5 Gy 事件较多。本研究采用回顾性病例对照研究方式,探讨新版专家共识下与 CTO-PCI 术中射线出束总剂量≥5 Gy 相关影响因素,为后续构建射线出束总剂量预测模型,降低辐射剂量提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究对象

收集 2021 年 9 月至 2022 年 9 月南华大学附属第一医院接受血管内介入治疗的 224 例冠状动脉 CTO 患者临床资料。纳入标准:冠状动脉单支 CTO,远端侧支循环形成,且闭塞时间>3 个月;排除标准:急性心肌梗死所致冠状动脉 CTO,单根导丝通过 CTO 病变,生命体征不平稳。根据射线出束总剂量将患者分为两组,<5 Gy 为标准剂量组( $n=173$ ),≥5 Gy 为超剂量组( $n=51$ )。两组手术均由同一组专家团队操作完成。本研究已获医院医学伦理委员会审批通过。

### 1.2 操作性定义

①体质指数(BMI):体质量(kg)/身高(m)<sup>2</sup>;②体表面积(BSA): $[\text{体质量}(\text{kg})]^{0.425} \times [\text{身高}(\text{cm})]^{0.725} \times 0.007\ 184$ <sup>[6]</sup>;③糖尿病:糖化血红蛋白(HbA1c)>6.5%,或使用糖尿病药物;④高脂血症:总胆固醇>5.69 mmol/L,低密度脂蛋白胆固醇>3.62 mmol/L,或使用降血脂药物;⑤慢性肾病:入院时估值肾小球滤过率<60 mL/min;⑥射线出束总剂量:手术毕 DSA 机自动记录的总剂量。左心室射血分数(LVEF)<50%为 LVEF 低。日本多中心慢性完全闭塞注册研究(Japanese multicenter chronic total occlusion registry, J-CTO)评分<sup>[7]</sup>:术前通过造影结果计算手术难易程度,总分值 5 分,包括钙化(1 分)、弯曲>45°(1 分)、闭塞长度>20 mm(1 分)、上次失败再尝试(1 分)、近端纤维帽模糊(1 分)。

### 1.3 仪器及设置

Artis zee III floor 型 DSA 机(德国 Siemens 公司),模式设置为 FL-Card,造影帧数为 15 f/s,透视帧数为 7.5 f/s,影像自动管理系统记录剂量与时间。

### 1.4 统计学处理

采用 SPSS 25 软件进行数据分析。正态分布计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,两组间比较用两独立样本  $t$  检验;偏态分布计量资料以  $M(P_{25}, P_{75})$  表示,两组间比较用 Mann-Whitney  $U$  检验。分类资料以例(%)表示,组间比较用卡方检验。将对照研究中  $P \leq 0.2$  的因素筛选为自变量,将射线出束剂量设为二分类因变量,样本量超过自变量数 10 倍且超剂量例数超过样本量 15%,采用回归法进行二元 logistic 分析。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

两组患者一般资料比较见表 1, LVEF<50%、射线出束总剂量差异有统计学意义(均  $P < 0.05$ );冠状动脉病变相关因素比较见表 2, J-CTO 评分、钙化、弯曲>45°、闭塞长度>20 mm、近端纤维帽模糊、左前降支近中远段病变等因素差异有统计学意义(均  $P < 0.05$ );介入治疗因素比较见表 3,射线出束时长、导丝使用数、支架使用数差异有统计学意义(均  $P < 0.05$ )。二元 logistic 回归分析显示, J-CTO 评分( $OR=13.371, 95\%CI=2.784 \sim 64.231, P=0.001$ )、射线出束时长( $OR=1.684, 95\%CI=1.133 \sim 2.504, P=0.010$ )与 CTO-PCI 术中射线出束总剂量≥5 Gy 显著相关。Hosmer-Lemeshow 检验显著性为 0.992,模型拟合程度良好,作为预测因素的预测性能良好。

表 1 两组患者一般资料比较

参数	超剂量组 ( $n=51$ )	标准剂量组 ( $n=173$ )	统计值	$P$ 值
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	58±9	58±11	$t=-0.144$	0.886
男 [ $n(\%)$ ]	38(74.5)	121(69.9)	$\chi^2=0.399$	0.528
女 [ $n(\%)$ ]	13(25.5)	52(30.1)		
BMI( $\bar{x} \pm s$ )	23.36±2.99	23.45±3.43	$t=-0.162$	0.871
BSA( $m^2, \bar{x} \pm s$ )	1.66±0.16	1.67±0.17	$t=-0.413$	0.680
伴高血压 [ $n(\%)$ ]	43(84.3)	152(87.9)	$\chi^2=0.440$	0.507
伴糖尿病 [ $n(\%)$ ]	20(39.2)	66(38.2)	$\chi^2=0.190$	0.891
伴慢性肾病 [ $n(\%)$ ]	21(41.2)	72(41.6)	$\chi^2=0.003$	0.955
伴高脂血症 [ $n(\%)$ ]	41(80.4)	148(85.5)	$\chi^2=0.795$	0.373
LVEF<50% [ $n(\%)$ ]	31(60.8)	31(17.9)	$\chi^2=36.155$	0.001
射线出束总剂量 (mGy, $\bar{x} \pm s$ )	674 0±103 0	239 8±106 9	$t=25.704$	0.001

## 3 讨论

CTO-PCI 术是治疗冠状动脉 CTO 最佳方案之一,但术中电离辐射大,长期辐射暴露产生更多潜在的辐射疾病风险,如晶状体浑浊、生育障碍、肿瘤、染色体与细胞畸变、免疫障碍、骨关节病等<sup>[8]</sup>。国际上建议 5 年内照射剂量为 20 mSv/年,任何 1 年不得>50 mSv<sup>[9]</sup>。国际专家共识认为,CTO-PCI 术中无前向导丝进入真腔、逆向侧支已通过等情况下,手术终止时间应在射线出束总剂量达 5 Gy 时<sup>[3]</sup>。现

表 2 两组患者冠状动脉病变相关因素比较

影响因素	超剂量组 (n=51)	标准剂量 组(n=173)	统计值	P 值
J-CTO 评分( $\bar{x}\pm s$ )	3.04±0.87	1.70±0.91	$t=9.331$	0.001
钙化[n(%)]	38(74.5)	48(27.7)	$\chi^2=36.418$	0.001
弯曲>45°[n(%)]	32(62.7)	80(46.2)	$\chi^2=4.291$	0.038
闭塞长度>20 mm[n(%)]	39(76.5)	73(42.2)	$\chi^2=18.508$	0.001
首次失败再手术[n(%)]	12(23.5)	38(22.0)	$\chi^2=0.056$	0.814
近端纤维帽模糊[n(%)]	34(66.7)	55(31.8)	$\chi^2=20.006$	0.001
左前降支近段[n(%)]	10(19.6)	16(9.2)	$\chi^2=4.120$	0.042
左前降支中段[n(%)]	21(41.2)	42(24.3)	$\chi^2=5.564$	0.018
左前降支远段[n(%)]	3(5.9)	34(19.7)	$\chi^2=5.417$	0.020
右冠状动脉近段[n(%)]	5(9.8)	24(13.9)	$\chi^2=0.579$	0.447
右冠状动脉中段[n(%)]	5(9.8)	30(17.3)	$\chi^2=1.697$	0.193
右冠状动脉远段[n(%)]	3(5.9)	15(8.7)	$\chi^2=0.414$	0.520
旋支近段[n(%)]	2(3.9)	7(4.0)	$\chi^2=0.002$	0.968
旋支远段[n(%)]	2(3.9)	5(2.9)	$\chi^2=0.138$	0.710

表 3 两组患者介入治疗因素比较

影响因素	超剂量组 (n=51)	标准剂量 组(n=173)	统计值	P 值
射线出束时长 [min, $M(P_{25}, P_{75})$ ]	86.1 (67.4, 102.8)	44.5 (34.7, 55.9)	$Z=-10.419$	0.001
Re-Cart 技术[n(%)]	8(15.7)	28(16.2)	$\chi^2=0.007$	0.932
AGT[n(%)]	12(23.5)	27(15.6)	$\chi^2=1.719$	0.190
正向[n(%)]	37(72.5)	102(59.0)	$\chi^2=3.089$	0.079
逆向[n(%)]	14(27.5)	71(41.0)	$\chi^2=3.089$	0.079
造影剂剂量(mL, $\bar{x}\pm s$ )	402±125	418±117	$t=-0.845$	0.399
仅桡动脉穿刺[n(%)]	25(49.0)	75(43.4)	$\chi^2=0.512$	0.474
仅股动脉穿刺[n(%)]	12(23.5)	27(15.6)	$\chi^2=1.719$	0.190
桡股穿刺[n(%)]	14(27.5)	71(41.0)	$\chi^2=3.089$	0.079
导丝通过病变[n(%)]	45(88.2)	158(91.3)	$\chi^2=0.444$	0.505
导丝使用数[ $M(P_{25}, P_{75})$ ]	12(9, 14)	9(7, 11)	$Z=-6.318$	0.001
支架使用数[ $M(P_{25}, P_{75})$ ]	3(2, 4)	2(1, 3)	$Z=-3.401$	0.001
仅球囊扩张[n(%)]	4(7.8)	5(2.9)	$\chi^2=2.506$	0.113

AGT:主动迎客技术

阶段介入术中防护辐射的主要措施有时间防护、距离防护、屏蔽防护等。然而由于术式流程要求,PCI 不同于其他介入手术,需要介入医护人员全程在患者身边执行操作,同时为救治患者生命均全身心地投入手术,医护人员对辐射强度与剂量的关注度低,致使 CTO-PCI 术中射线出束总剂量 $\geq 5$  Gy 事件较多,所受辐射比常规 PCI 更大<sup>[10-11]</sup>,患者更是完全暴露于辐射中。介入术中辐射防护始终受到各国学者高度重视。

J-CTO 评分是临床认可度较高的评价 CTO-PCI 成功概率及难易程度的重要工具之一。本研究通过文献检索收集 CTO-PCI 术中射线出束总剂量 $\geq 5$  Gy 风险因素,对比超剂量组与标准剂量组间 19 个相关风险因素,结果显示其中 LVEF<50%、钙化、弯曲>45°、闭塞长度>20 mm、近端纤维帽模糊、左前降支近段病变、左前降支中段病变、左前降支远段病变、导丝使用数、支架使用数等 10 个

因素差异均有统计学意义,但并未纳入回归分析,这是该 10 项因素与 J-CTO 评分及射线出束时长有一定关联的缘故<sup>[12]</sup>。采用二元 logistic 回归分析这些风险因素与 CTO-PCI 术中射线出束总剂量 $\geq 5$  Gy 相关性发现,J-CTO 评分及射线出束时长与出束总剂量 $\geq 5$  Gy 密切相关,为下一步纳入更多维度相关因素,构建 CTO-PCI 术 DSA 中射线出束总剂量预测模型,降低辐射剂量提供了依据。

本研究系单中心研究,术者介入背景因素、单品牌 DSA 机等因素使研究结果具一定局限性,有待于进一步扩充探讨这些影响因素,进一步明确更多影响因素,从仪器设备、患者、医师、护士、辐射防护措施等多方面扩展研究,进而构建辐射预测管理模型。

## [参考文献]

- [1] 胡盛寿,高润霖,刘力生,等.《中国心血管病报告 2018》概要[J]. 中国循环杂志, 2019, 34:209-220.
- [2] 霍勇. 超 116 万冠心病介入治疗量质齐升[N]. 医师报. 2022-07-07(B01).
- [3] Repussard J. Outcome of the European initiative for radiation protection research and future perspectives[J]. Ann ICRP, 2018, 47: 91-96.
- [4] 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, 27:614-618.
- [5] Galassi AR, Werner GS, Boukhris M, et al. Corrigendum to: percutaneous recanalisation of chronic total occlusions: 2019 consensus document from the EuroCTO club[J]. EuroIntervention, 2020, 15: 198-208.
- [6] Kittiskulnam P, Carrero JJ, Chertow GM, et al. Sarcopenia among patients receiving hemodialysis: weighing the evidence[J]. J Cachexia Sarcopenia Muscle, 2017, 8: 57-68.
- [7] 彭育红,汝磊生,王鹏飞,等. 多导丝斑块挤压结合双腔微导管在复杂慢性冠状动脉闭塞病变介入治疗中的应用[J]. 介入放射学杂志, 2022, 31:230-235.
- [8] Kreuzer M, Auvinen A, Cardis E, et al. Multidisciplinary European low dose initiative(MELODI): strategic research agenda for low dose radiation risk research[J]. Radiat Environ Biophys, 2018, 57: 5-15.
- [9] Mettler FA. ICRP publication 113. Radiological protection education in medicine: an essential but often missing element[J]. Ann ICRP, 2009, 39: 3-4.
- [10] Ho TL, Shieh SH, Lin CL, et al. Risk of cancer among cardiologists who frequently perform percutaneous coronary interventions: a population-based study[J]. Eur J Clin Invest, 2016, 46: 527-534.
- [11] Ji J, Fang S, Chen M, et al. Precision interventional radiology[J]. J Interv Med, 2021, 4: 155-158.
- [12] Guelker JE, Kinoshita Y, Weber-Albers J, et al. Validation of the newly introduced CASTLE score for predicting successful CTO recanalization[J]. Int J Cardiol Heart Vasc, 2022, 38:100942.

(收稿日期:2022-12-17)

(本文编辑:谷珂)