

# 640层冠脉CTA前瞻性扫描技术辐射剂量的多因素分析

徐蕊<sup>1</sup>, 王云玲<sup>1</sup>, 谷子君<sup>2</sup>, 孙亮<sup>2</sup>, 王翔<sup>2</sup>, 张玉腾<sup>2</sup>, 康佳玉<sup>2</sup>, 敖金<sup>2</sup>, 燕桂新<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>新疆医科大学第一附属医院影像中心, 新疆 乌鲁木齐

<sup>2</sup>新疆生产建设兵团第六师医院医学影像中心, 新疆 五家渠

收稿日期: 2023年6月6日; 录用日期: 2023年7月1日; 发布日期: 2023年7月10日

## 摘要

目的: 探讨影响640层冠脉CTA前瞻性扫描技术有效辐射剂量的主要因素。方法: 收集2020年12月~2022年9月于我院影像科接受检查的疑似冠心病患者347例, 记录患者性别、年龄、体重、BMI、心率、收缩压、舒张压、Beat数、剂量长度乘积(DLP)值, 计算出有效剂量, 分析各影响因素与有效剂量的相关性。结果: 脉率、Beat数及性别对有效剂量影响较大, 女性有效剂量高于男性; 脉率越快, 有效剂量越高; beat数越多, 有效剂量越高。结论: 640层冠脉CTA前瞻性扫描技术检查应规范检查流程, 优化采集方案可以有效降低有效辐射剂量。

## 关键词

冠状动脉成像, 前瞻性扫描技术, 辐射剂量

# Multivariate Analysis of the Radiation Dose of the 640-Slice Coronary CTA Prospective Scanning Technique

Rui Xu<sup>1</sup>, Yunling Wang<sup>1</sup>, Zijun Gu<sup>2</sup>, Liang Sun<sup>2</sup>, Xiang Wang<sup>2</sup>, Yuteng Zhang<sup>2</sup>, Jiayu Kang<sup>2</sup>, Jin Ao<sup>2</sup>, Guixin Yan<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Imaging Center, The First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

<sup>2</sup>Imaging Center, The Sixth Division Hospital of Xinjiang Production and Construction Corps, Wujiacqu Xinjiang

Received: Jun. 6<sup>th</sup>, 2023; accepted: Jul. 1<sup>st</sup>, 2023; published: Jul. 10<sup>th</sup>, 2023

\*通讯作者。

文章引用: 徐蕊, 王云玲, 谷子君, 孙亮, 王翔, 张玉腾, 康佳玉, 敖金, 燕桂新. 640层冠脉CTA前瞻性扫描技术辐射剂量的多因素分析[J]. 临床医学进展, 2023, 13(7): 10873-10878. DOI: 10.12677/acm.2023.1371518

## Abstract

**Objective:** To explore the main factors affecting the effective radiation dose of coronary CTA. **Methods:** 347 patients with suspected coronary heart disease who were examined in the imaging department of our hospital from December 2020 to September 2022 were collected, the gender, age, weight, BMI, heart rate, systolic pressure, diastolic pressure, beat number, and dose length product (DLP) values were recorded, the effective dose was calculated, and the correlation between each influencing factor and the effect of the effective dose was analyzed. **Results:** Pulse rate, Beat number and gender influenced the effective dose, and the effective dose was higher in women than in women; the faster the pulse rate, the higher the effective dose; the more beats, the higher the effective dose. **Conclusion:** The 640-layer coronary CTA prospective scanning technique should standardize the examination process, and optimizing the collection scheme can effectively reduce the effective radiation dose.

## Keywords

Coronary Artery Imaging, Prospective Scanning Technique, Radiation Dose

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着医学科学技术的快速发展, 冠状动脉 CT 血管成像(coronary CT angiography, CCTA)由于扫描速度快、时间和空间分辨率高, 具有成像质量好、成功率高与无创等诸多优点, 已经成为冠状动脉病变检查、诊断的首选检查方法[1] [2] [3]。然而, 随着螺旋 CT 的广泛应用, 电离辐射问题也越来越成为受关注的一个热点问题[4] [5]。目前, 临床主要通过降低管电压、降低管电流、大螺距技术、前瞻性 ECG 触发扫描技术和各种迭代重建技术等[6] [7]多种方式来降低辐射剂量, 以减轻 CT 扫描对机体的损害。但降低剂量的同时, 会增加图像噪声, 从而使得图像质量下降, 影响疾病诊断效果, 增加诊断误差[8] [9]。如何在保证图像质量满足诊断要求的前提下降低有效辐射剂量(effective dose, ED)成为当前临床需要解决的问题[10]。因此, 通过研究影响辐射剂量的因素, 临床工作可进一步通过控制这些影响因素来达到降低辐射剂量的目的。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 一般资料

收集我院 2020 年 11 月至 2021 年 09 月行冠状动脉 CTA 检查患者 363 例作为本次研究对象。其中男 217 例, 女 130 例, 平均年龄( $62.18 \pm 6.54$ )岁。对 347 例患者进行前瞻性研究设计多因素分析。该检查通过医院伦理委员会批准, 所有患者均已签署增强扫描知情同意书。

### 2.2. 纳入与排除标准

1) 纳入标准: ① 临床怀疑冠心病患者行冠脉 CTA 检查且图像质量满足诊断要求; ② 检查前均签署知情同意书。

2) 排除标准: ① 患有严重心律不齐、严重心肝肾功能障碍者; ② 碘造影剂过敏者。

### 2.3. 检查仪器

佳能 AquilionONE 320 排 640 层高端螺旋 CT; MEDRAD 双筒双流高压注射器。

### 2.4. 检查方法

检查前测量并记录患者身高、体重、血压、脉搏, 计算患者 BMI 值, 并询问病史及家族史; 检查前均对患者进行心理辅导, 指导其呼吸闭气憋气, 控制心率在 50~120 次/min, 扫描前在肘静脉埋置 18 G 静脉留置针, 应用高压注射器以 5.5 mL/s 的流速注射碘海醇 60 mL, 结束后以同样的流速注入 50 mL 生理盐水, 采用前瞻性心电门控、自动毫安及自适应统计迭代重建(adaptive statistical iterative reconstruction, ASIR)技术、实时监控触发扫描。管电压为 100 kV, 管电流为 30~140 mA。图像后处理: 层厚 0.5 mm, 间距 0.5 mm, 若图像满意则接受, 若某段或某支冠状动脉显示不佳, 则通过心电图编辑及微调毫秒选择冠状动脉显示最清晰的层面, 重组图像。在同机工作站测量剂量长度乘积(DLP)。被检者的有效辐射剂量(effective dose, ED)可以通过公式:  $ED = DLP \times k$  (采用胸部转换系数,  $k = 0.014 \text{ mSv} \cdot \text{mGy}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) [11] 来进行计算。

### 2.5. 统计学方法

采用 SPSS27.0 统计学软件对所有数据进行分析, 应用逐步回归分析及二分类回归分析方法, 得出负相关系数( $r$ )及决定系数( $R^2$ ), 根据回归方程、回归系数(B、Beta)及系数指数, 判断其相关性, 以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

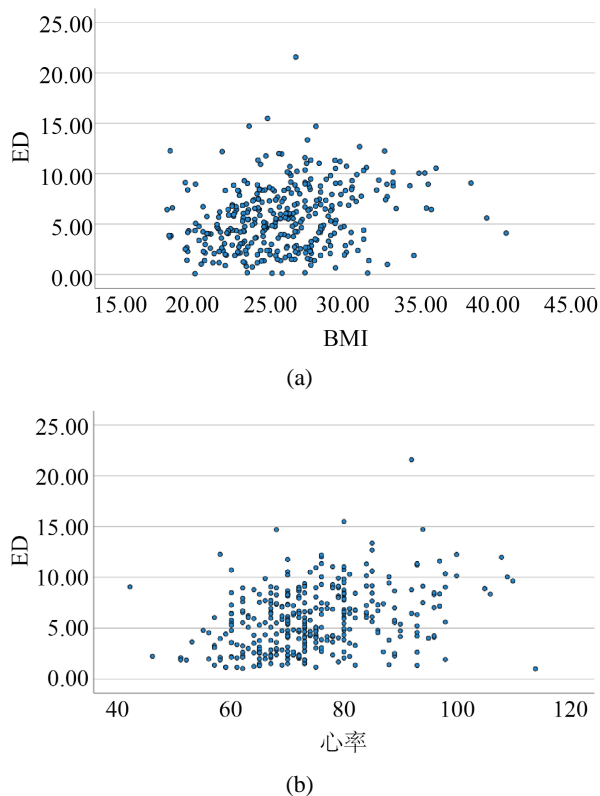
## 3. 结果

采用运用多元回归分析法, 分别观察性别、年龄、BMI、心率、脉压、Beat 数对有效辐射剂量的影响, 具有显著相关关系( $r = 0.765$ ,  $R^2 = 0.585$ ;  $P < 0.05$ ); 根据偏回归系数对有效剂量影响从大到小依次为 Beat 数、心率、管电流、性别、BMI、收缩压、舒张压、年龄(见表 1)。通过观察管电流、心率、BMI 与有效辐射剂量的散点图, 可以看出有效相关剂量与心率具有比较好的线性关系, 与 BMI 具有近似线性关系, 见图 1。

**Table 1.** Linear regression analysis of effective dose correlation factors in 347 prospective coronary CTA cases

**表 1.** 347 例前瞻性冠脉 CTA 检查有效剂量相关性因素线性回归分析

项目	未标准化系数	标准化系数	$t$ 值	$P$ 值
年龄	$-0.022 \pm 0.017$	-0.045	-1.277	0.202
性别	$-0.491 \pm 0.24$	-0.074	-2.044	0.042
BMI	$0.055 \pm 0.033$	0.065	1.647	0.101
心率	$0.047 \pm 0.01$	0.171	4.609	0.000
收缩压	$0.01 \pm 0.007$	0.069	1.542	0.124
舒张压	$-0.011 \pm 0.01$	-0.05	-1.076	0.283
Beat	$2.963 \pm 0.181$	0.615	16.367	0.000



**Figure 1.** Scatter plot of BMI, heart rate and effective dose. (a): scatter plot of BMI and effective dose with approximate linear relationship; (b): scatter plot of heart rate and effective dose with good linear relationship

**图 1.** BMI、心率与有效剂量的散点图。(a) 是 BMI 与有效剂量的散点图，他们存在近似线性关系；(b) 是心率与有效剂量的散点图，他们存在良好的线性关系

#### 4. 讨论

CCTA 是一种非侵入性的影像学诊断方法。然而，CCTA 的辐射剂量所致医疗辐射暴露相关的潜在的癌症风险日益受到人们的关注[12] [13]。640 层螺旋 CT 具有宽探测器，1 个心动周期就可以对心脏完成数据采集，能够充分发挥多扇区重建，保障高心率的图像质量[14]。近年来随着 CT 设备的更新、扫描方案的创新、各种心脏专用前置或后置降噪滤过器的应用及后处理方法的改进等，使得 CCTA 检查的辐射剂量大幅度降低[15]。但是临床工作中为保证图像质量临床工作中由于受多种因素的影响，如何在保证图像质量的前提下降低辐射剂量是一个值得反复论证的问题[16]。本研究旨在探讨 640 层冠脉 CTA 前瞻性扫描技术有效辐射剂量的主要影响因素，优化扫描方案，在保证图像质量的同时，能有效降低辐射剂量。

通过患者的性别、年龄、BMI、心率、脉压、管电流、Beat 数对有效辐射剂量的影响进行研究分析，运用多元线性回归，Beat 数对有效辐射剂量的影响最大，随着心动周期数的增多，冠脉图像质量降低，为了提高图像质量，多次采集，辐射剂量增加。Beat 数和心率具有显著的相关性，心率越快，为提高图像质量，采集次数越多，有效辐射剂量越大。

近年来国内外有学者以体质数 BMI 来研究降低辐射剂量[17] [18]，但对 BMI 与辐射剂量存在何种关系，没有进行明确阐述。梁旭倩等[4]研究得出体重对 DLP 的影响有统计学意义，身高对 DLP 的影响无

统计学意义。部分学者。本研究结果显示 BMI 对有效辐射剂量虽有影响,但无统计学意义( $P = 0.101 > 0.05$ ),见表 1。研究表明[19],在离体照射时,女性外周血中大多数基因的 mRNA 相对表达高于男性,表明女性对辐射的敏感性要高于男性。本研究也是从宏观层面上揭示了被检者与性别相关,女性的有效辐射剂量高于男性( $P = 0.042 < 0.05$ )。

有效辐射剂量常规采用的是剂量长度乘积(DLP)乘以转换系数[11]。2011年,美国医学物理家协会(American Association of Physicists in Medicine, AAPM)提出了体型特异性扫描剂量评估 Size-Specific Dose Estimates, SSDE)的方法。SSDE 计算了有效直径(Effective diameter, ED),指经过体型校正的患者接受的 CT 剂量估算值,是基于 CT 操作界面上显示的容积 CT 剂量指数 CTDIvol 通过体型相关转换系数得到的。相对于上述评估方法,SSDE 相对较准确,不过 SSDE 估算值与患者接受辐射的真实值之间,仍有一定的差距[20]。本研究表明,640 层螺旋 CT 虽说可以不控制心率亦能获得较高的图像质量,但辐射剂量亦是相对增加,因此,制定扫描计划时应规范扫描流程,根据患者情况,适当控制心率、Beat 数,对降低辐射剂量将起到重要作用。

本研究的局限性:① 总体病例数不多,样本量需要进一步增加。② 管电压、管电流对辐射剂量的影响较大,本研究未进行评价。③ 冠脉狭窄程度诊断的准确性未评价。在未来的研究中,我们计划进行大样本前瞻性研究,评价根据不同 BMI 值调整低管电压 CCTA 辐射剂量及图像质量的关系。

## 基金项目

低辐射剂量在高端螺旋 CT 冠状动脉血管成像中的临床应用(项目编号:2007)。

## 参考文献

- [1] 龚佳英,覃杰,曹务腾,等. 心率对 640 层动态器官容积 CT 冠状动脉成像图像质量及射线剂量的影响[J]. 实用放射学杂志, 2014(12): 1993-1996, 2023.
- [2] Hsiao, E.M., Rybicki, F.J. and Steigner, M. (2010) CT Coronary Angiography: 256-Slice and 320-Detector Row Scanners. *Current Cardiology Reports*, **12**, 68-75. <https://doi.org/10.1007/s11886-009-0075-z>
- [3] Achenbach, S. (2008) Assessing the Prognostic Value of Coronary Computed Tomography Angiography. *Journal of the American College of Cardiology*, **52**, 1344-1346. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.07.022>
- [4] Hausleiter, J, Meyer, T.S., Martuscelli, E., et al. (2012) Image Quality and Radiation Exposure with Prospectively ECG-Triggered Axial Scanning for Coronary CT Angiography: The Multicenter, Multivendor, Randomized PROTECTION-III Study. *JACC: Cardiovascular Imaging*, **5**, 484-493. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2011.12.017>
- [5] Hlaiheli, C., Bousset, L., Cochet, H., et al. (2011) Dose and Image Quality Comparison between Prospectively Gated Axial and Retrospectively Gated Helical Coronary CT Angiography. *British Journal of Radiology*, **84**, 51-57. <https://doi.org/10.1259/bjr/13222537>
- [6] 梁旭倩,姜阳,陈玉洪,等. 个体因素对胸部 CT 辐射剂量的影响研究[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 20(9): 106-108.
- [7] 焦娜丽. 多参数设置在优化低剂量胸腹部 CT 扫描图像质量与辐射剂量中应用研究[J]. 内蒙古医学杂志, 2023, 55(1): 38-40, 44.
- [8] 赵正凯,程绍玲,赖声远,曲晓峰. 体重指数正常患者 80 kVp 低剂量冠状动脉 CTA 成像联合全模型迭代重建与 iDose4,FBP 重建算法图像质量的对照[J]. 中国老年学杂志, 2019, 39(1): 119-123.
- [9] Hall, E.J. and Brenner, D.J. (2008) Cancer Risks from Diagnostic Radiology. *British Journal of Radiology*, **81**, 362-378. <https://doi.org/10.1259/bjr/01948454>
- [10] 任心爽,安云强,吕滨,等. 中国冠状动脉 CT 血管成像扫描技术及辐射剂量的现状调查[J]. 中华放射学杂志, 2022, 56(4): 405-410.
- [11] Dougeni, E., Faulkner, K. and Panayiotakis, G. (2012) A Review of Patient Dose and Optimisation Methods in Adult and Paediatric CT Scanning. *European Journal of Radiology*, **81**, e665-e683. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2011.05.025>
- [12] 魏培英. 320 排容积 CT 评价左冠状动脉前降支狭窄与左心室整体功能和局部室壁运动的相关性研究[D]: [硕士学位论文]

- 学位论文]. 温州: 温州医科大学, 2015.
- [13] 杨圣伟, 杨艳红. 320 排低剂量冠状动脉 CTA 在冠状动脉重度狭窄介入术前筛查的临床价值[J]. 影像研究与医学应用, 2019, 3(2): 137-138.
- [14] 王甜, 黄婉, 曹治婷, 韩秋丽, 张卫. 优化临界心率采集方案对 320 排 CT 冠状动脉成像图像质量和辐射剂量的影响[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2023, 29(1): 92-95.
- [15] Stocker, T.J, Deseive, S., Leipsic, J., *et al.* (2018) Reduction in Radiation Exposure in Cardiovascular Computed Tomography Imaging: Results From the Prospective Multicenter Registry on Radiation Dose Estimates of Cardiac CT Angiography in Daily Practice in 2017 (PROTECTION VI). *European Heart Journal*, **39**, 3715-3723. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy546>
- [16] 黄丙军. 256 层螺旋 CT 前, 后置心电门控技术对冠脉成像质量及辐射剂量的影响[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2017, 15(6): 34-36
- [17] 邓文林, 卢新, 农杰淋, 黎福明. 基于体重指数的个性化肺部低剂量 CT 扫描[J]. 右江医学, 2019, 47(7): 515-519.
- [18] 赵波, 刘永利, 李京京. 256 层 iCT 个性化胸部低剂量扫描方案的探讨[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2017, 15(3): 62-64.
- [19] 李爽, 陆雪, 封江彬, 等. 性别和年龄对  $^{60}\text{Co}$  射线照射离体人外周血辐射敏感基因 mRNA 表达的影响[J]. 癌变·畸变·突变, 2019, 31(6): 421-427.
- [20] McCollough, C., Bakalyar, D.M., Bostani, M., *et al.* (2014) Use of Water Equivalent Diameter for Calculating Patient Size and Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in CT: The Report of AAPM Task Group 220. In: *AAPM Reports 2014*, American Association of Physicists in Medicine, Alexandria, 6-23. <https://doi.org/10.37206/146>