

心胸 CT 血管成像

DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.002219

基于体质指数个性化注射对比剂冠脉 CT 血管成像的研究

郭 睿, 李 婷, 梁友发, 何海波, 谭伏平, 胡跃群

(中南大学湘雅三医院放射科, 长沙 410013)

【摘要】目的:探讨 256 排螺旋 CT 基于体质指数(body mass index, BMI)乘以注射系数对比剂注射方案冠脉 CTA 成像的可行性。**方法:**300 例有胸痛症状行冠脉 CTA 成像的患者, 随机分成 A、B、C 3 组。A 组, 注射速率为 $0.15 \times \text{BMI}(\text{mL/s})$; B 组, 注射速率为 $0.20 \times \text{BMI}(\text{mL/s})$; C 组, 注射速率为 $0.25 \times \text{BMI}(\text{mL/s})$, 按注射速率 $\times 9$ 计算对比剂用量。扫描后主观评估图像质量及测量主动脉根部、左前降支(left anterior descending coronary artery, LAD)、左冠状动脉回旋支(proximal portion of the left circumflex artery, LCX)和右冠状动脉(the right coronary artery, RCA)三支冠脉开口内造影剂浓度。**结果:**图像质量评价结果显示 B 组优秀率明显高于另外 2 组。3 组不同方案主动脉及冠状动脉 3 个主要分支(LAD 近端、LCX 近端及 RCA 近端)CT 值对比有统计学差异($P < 0.001$)。而 3 组方案噪声无统计学差异($P > 0.05$), 其信噪比及对比噪声比依次递增。**结论:**基于体质指数乘以注射系数调整对比剂注射速率与用量的冠脉 CTA 成像方法可以满足临床诊断, 并且可以大大降低对比剂的用量。

【关键词】体层摄影术; X 线计算机; 冠状动脉成像; 对比剂

【中图分类号】R816.2

【文献标志码】A

【收稿日期】2019-05-19

Individualized injection of contrast agent based on body mass index in coronary CT angiography

Guo Rui, Li Ting, Liang Youfa, He Haibo, Tan Fuping, Hu Yuequn

(Department of Radiology, The Third Xiangya Hospital of Center South University)

【Abstract】Objective: To investigate the feasibility of a contrast agent injection protocol based on body mass index (BMI) multiplied by injection coefficient in 256-slice spiral computer tomography (CT) for coronary computed tomographic angiography (CTA). **Methods:** A total of 300 patients with the symptom of chest pain who underwent coronary CTA were randomly divided into groups A, B, and C. The injection rate was $0.15 \times \text{BMI}(\text{mL/s})$ in group A, $0.20 \times \text{BMI}(\text{mL/s})$ in group B, and $0.25 \times \text{BMI}(\text{mL/s})$ in group C, and the amount of contrast agent was calculated based on injection rate $\times 9$. Image quality was evaluated after scanning, and the concentration of the contrast agent was measured at the root of the aortic valve and at the opening of the left anterior descending coronary artery (LAD), the proximal portion of the left circumflex artery (LCX), and the right coronary artery (RCA). **Results:** Group B had a significantly higher excellent rate of image quality than the other two groups. There were significant differences between the three groups in the CT values of the aorta and the three important branches of the coronary artery (LAD, LCX, and RCA) ($P < 0.001$). There was no significant difference in noise between the three groups ($P > 0.05$), while signal-to-noise ratio and contrast/noise ratio gradually increased from group A to group C. **Conclusion:** Injection rate and amount of contrast agent based on BMI multiplied by injection coefficient for coronary CTA can meet the needs of clinical diagnosis and significantly reduce the amount of contrast agent.

【Key words】computer tomography; X-ray computer; coronary computed tomographic angiography; contrast agent

冠状动脉 CT 血管造影(coronary computed tomographic angiography, CCTA)是微创性血管成像技术,

作者介绍: 郭 睿, Email: 110246580@qq.com,

研究方向: CT 成像技术。

通信作者: 胡跃群, Email: huyuequn@126.com。

优先出版: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20190610.1523.010.html>
(2019-06-11)

可较好地判断冠状动脉狭窄, 对于冠心病的早期筛查具有较高的临床价值^[1-2]。近年来, 一些研究者提出根据体质指数(body mass index, BMI)降低冠脉 CTA 辐射剂量^[3-4]和按照 BMI 的 3 个区间(偏瘦、正常、偏胖)使用对比剂用量的个性化注射方案^[5]。但是, 基于 BMI 个体化差异乘以一定注射系数调节冠

脉 CTA 对比剂注射速率与用量的个性化扫描方案的研究目前还不多^[6]。因此,本研究通过对比不同个性化注射对比剂(基于 BMI 指数)注射方案在 256 排螺旋 CT 冠状动脉 CTA 成像的可行性,以指导临床在冠状动脉 CTA 成像中合理地注射的对比剂。

1 材料与方法

1.1 患者资料

选取 2018 年 9 月至 2019 年 2 月期间我院胸痛症状怀疑冠状动脉病变行冠脉 CTA 成像的患者 300 例,其中男 178 例,女 122 例,年龄 40~86,平均 64 岁。行冠状动脉 CTA 成像之前记录每位患者身高及体质量等信息。BMI 为体质量(kg)除以身高(m)的平方。纳入标准:有胸痛症状,临床怀疑冠心病的患者,排除冠状动脉搭桥术后患者及碘对比剂过敏,或严重肝肾功能损害、心功能不全的患者。本研究经本院伦理委员会的审查批准,所有患者冠脉 CTA 检查前均告知风险并签署知情同意书。

1.2 造影剂注射及 CT 扫描方案

300 例患者随机分成 A、B、C 3 组,每组 100 例,见表 1。根据不同的 BMI 调节对比剂流速与用量,A、B、C 3 组的注射速率分别为 $0.15 \times \text{BMI}(\text{mL/s})$ 、 $0.20 \times \text{BMI}(\text{mL/s})$ 、 $0.25 \times \text{BMI}(\text{mL/s})$,3 组均按注射速率 $\times 9$ (对比剂维持时间 9 s)计算对比剂用量,对比剂均采用碘海醇浓度为 350 mgI/mL。对比剂注射完后以相同速率注射 40 mL 生理盐水。3 组患者年龄、性别、身高、体质量等一般特征见表 1。A 组平均对比剂流速及对比剂用量分别为 3.62 mL/s、32.6 mL;B 组平均对比剂流速及对比剂用量分别为 4.89 mL/s、44 mL;C 组平均对比剂流速及对比剂用量分别为 6.00 mL/s、54 mL。

随着高时间分辨率宽体探测器 CT 扫描仪的问世,房颤与高心率患者冠脉 CTA 成像的成功率明显提高^[7-8],因此本研究中所有患者均不控制心率,扫描前于右侧肘静脉置入 18G 留置针。采用 256 排螺旋 CT 扫描仪行冠状动脉 CTA 成像,患者取仰卧位双手上举,扫描正侧位双定位像。使用阈值触发扫描,监测层面设置在气管分叉水平层面,感兴趣区(region of interest,ROI)置于该层面的升主动脉内,触发阈值设

定为 250HU,触发后延时 3 s 曝光。扫描范围从气管分叉水平至膈下 2 cm。CT 扫描参数:管电压 100 kVP,设置噪声系数(nose index,NI)为 15 自动调节管电流;采用前门控轴扫模式,准直器宽度 16 cm(256 mm $\times$ 0.625 mm),球管转速:0.28 s/r,扫描视野(field of view,FOV)20~25 cm,扫描层厚 0.625 mm,层间距 0.625 mm,根据患者心率选择最佳曝光期相,曝光时间为 0.3~0.7 s。

1.3 图像分析及质量评估

1.3.1 图像重建与重组 扫描完成之后由 1 名十年以上工作经验技师根据患者的心率选择最佳期相重建并运用冠状动脉追踪冻结(snapshot freeze,SSF)后处理软件冻结,将冻结好的图像导入自动冠脉分析软件进行后处理。后处理图像包括冠脉树及心脏容积再现(volume reading,VR)图,各分支血管的曲面重组(curved projection reformation,CPR)图,以及垂直血管的横截面探针图。将以上后处理图像传至医学影像信息系统(picture archiving and communication systems,PACS)。1.3.2 主观图像质量评估 由 2 名对分组情况不知情且具有十年以上工作经验的影像科医师对冠状动脉 CTA 图像进行质量评估,若 2 人意见不统一应协商一致。主观图像质量评估依据以下标准^[9]:1 分为血管内对比剂强化显示好,冠脉显示清晰,图像质量优秀;2 分为血管内对比剂强化良好,冠脉显示略模糊,图像质量良好;3 分为血管内对比剂强化一般,冠脉显示欠清晰,图像勉强能诊断;4 分为血管内对比剂强化极差,图像无法满足诊断。

1.3.3 客观图像质量评估 由 1 名对分组情况不知情且十年以上工作经验的技师对所有患者冠状动脉 CTA 进行客观质量评估,在 PACS 工作站对升主动脉根部、左冠状动脉前降支近端(the left anterior descending coronary artery,LAD)、左冠状动脉回旋支近端(proximal portion of the left circumflex artery,LCX)及右冠状动脉近端(the right coronary artery,RCA)划取感兴趣区进行 2 次 CT 值的测量并取平均值,ROI 区域应避免冠状动脉壁的钙化、非钙化斑块及血管壁。ROI 大小应接近但不超出冠状动脉管腔大小,升主动脉根部 CT 值的标准差为噪声。分别计算冠状动脉分支信噪比与对比噪声比。冠状动脉 CT 值除以噪声为信噪比(signal noise ratio,SNR)。冠状动脉与邻近软组织的 CT 值之差为对比度,对比度与噪声的比值为对比噪声比(contrast noise ratio,CNR)。

表 1 各组患者一般特征

特征	A组	B组	C组
病人数目(例)	100	100	100
男性/女性(例)	58/42	66/34	54/46
年龄(岁)	56.05 $\pm$ 9.05	57.77 $\pm$ 10.46	56.88 $\pm$ 9.91
体质量(kg)	64.42 $\pm$ 10.45	66.70 $\pm$ 11.33	63.90 $\pm$ 11.05
身高(m)	1.63 $\pm$ 0.08	1.65 $\pm$ 0.07	1.63 $\pm$ 0.07
BMI(kg/m ²)	24.15 $\pm$ 3.40	24.48 $\pm$ 3.36	24.00 $\pm$ 3.28

1.4 统计学处理

所有数据采用 SPSS 22.0 统计分析软件进行处理,计量资料采用样本均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$),计数资料采用 $n(\%)$ 表示,采用单因素方差分析比较 3 组客观测量值之间的差异,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 A、B、C 组冠状动脉 CTA 图像主观评分及优秀率

冠状动脉 CTA 图像质量评价结果显示血管显示 B 组优秀率明显高于另外 2 组,B 组图像质量明显优于 A、C 2 组,A 组与 C 组存在 3 例与 1 例血管显示欠佳的患者,见表 2。

2.2 A、B、C 组冠状动脉分支 CT 值信噪比及对比噪声比

比较 A、B、C 组升主动脉根部及冠状动脉 CT 值、信噪比

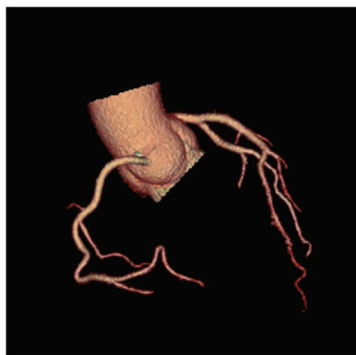
及对比噪声比,结果显示 A、B、C 组升主动脉及冠状动脉 3 个主要分支(LAD 近端、LCX 近端及 RCA 近端)CT 值对比具有明显差异。而 A、B、C 组噪声无明显差异,其信噪比及对比噪声比依次递增。LCX 近端 CT 值明显低于 LAD 及 RCA 分支近端,见表 3。图 1~3(3 例患者分别为 24.0 kg/m²、24.2 kg/m² 及 24.1 kg/m²) 为分别采用 A、B、C 3 种不同注射方案扫描的冠状动脉树容积再现图、左主干轴位图及曲面重建图。其中图 1~3 的左主干内 CT 值分别为 292.0 HU、413.0 HU 及 618.3 HU。

表 2 各组冠状动脉主观评分结果

分组	例数	1/2/3/4分	优秀率(%)
A组	100	47/50/3/0	47
B组	100	92/8/0/0	92
C组	100	62/37/1/0	62

表 3 各组主动脉根部及冠状动脉分支 CT 值及信噪比

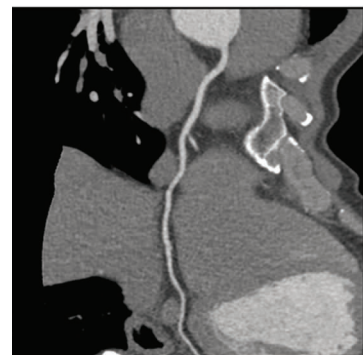
组别	主动脉根部				LAD近端		LCX近端		RCA近端	
	CT值(HU)	噪声(SD)	SNR	CNR	CT值(HU)	CNR	CT值(HU)	CNR	CT值(HU)	CNR
A 组	359.43 $\pm$ 69.87	28.98 $\pm$ 5.20	12.79 $\pm$ 3.40	10.61 $\pm$ 3.10	330.48 $\pm$ 67.99	9.59 $\pm$ 3.00	321.83 $\pm$ 65.34	9.24 $\pm$ 2.80	331.25 $\pm$ 61.36	9.62 $\pm$ 2.80
B 组	451.46 $\pm$ 55.00	28.66 $\pm$ 5.10	16.25 $\pm$ 3.50	14.23 $\pm$ 3.20	411.16 $\pm$ 52.72	12.77 $\pm$ 2.90	386.46 $\pm$ 56.17	11.89 $\pm$ 2.90	406.00 $\pm$ 56.84	12.6 $\pm$ 3.10
C 组	550.45 $\pm$ 78.72	28.77 $\pm$ 4.80	19.68 $\pm$ 4.31	17.56 $\pm$ 4.05	500.59 $\pm$ 74.35	15.80 $\pm$ 3.93	471.92 $\pm$ 81.40	14.76 $\pm$ 3.83	493.30 $\pm$ 74.61	15.53 $\pm$ 3.80
F 值	193.596	0.105	83.616	98.944	167.036	86.608	120.373	73.723	156.221	81.580
P 值	0.000	0.901	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



A. A 组患者的冠脉树图

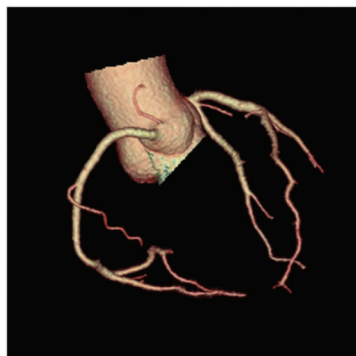


B. A 组患者的左主干轴位图

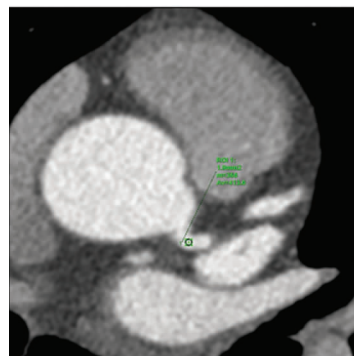


C. A 组患者的曲面重建图

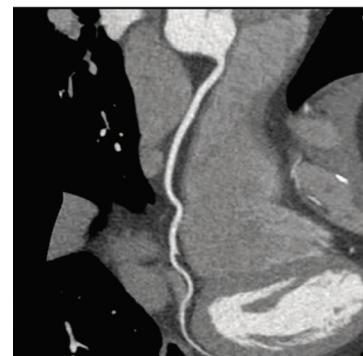
图 1 A 组注射方案患者的冠脉后处理图



A. B 组患者的冠脉树图



B. B 组患者的左主干轴位图



C. B 组患者的曲面重建图

图 2 B 组注射方案患者的冠脉后处理图

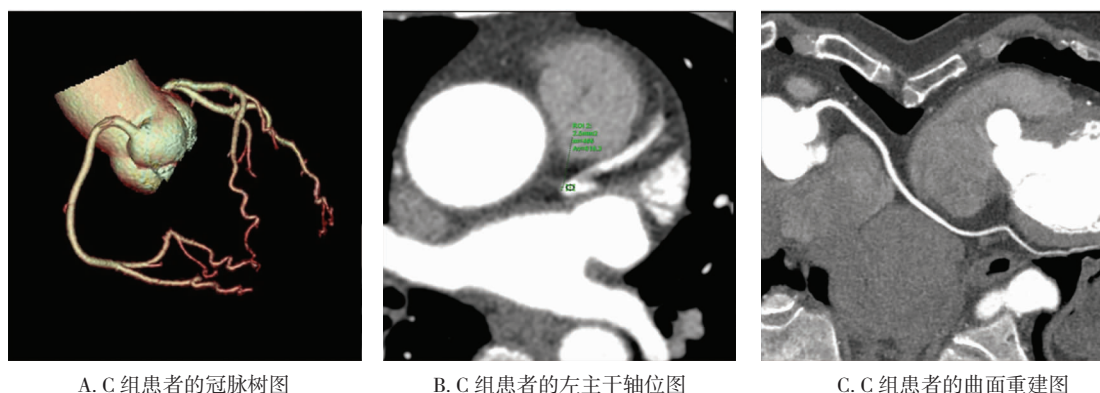


图 3 C 组注射方案患者的冠脉后处理图

3 讨论

冠脉 CTA 可以微创性评价血管解剖及病变部位,是早期冠心病筛查的一种重要检查方法^[10]。但是精准医疗对于冠脉 CTA 成像的质量要求不断提高,以及要求尽可能减少对患者的不必要的辐射伤害与对比剂用量。通常对比剂的浓度是影响冠状动脉血管内 CT 值衰减的主要因素,但是对比剂的注射速率与用量也与其密切相关^[11-12],是影响冠脉 CTA 成像质量的 2 个重要因素。以往基于 BMI、体表面积或体质量的个性化对比剂冠脉 CTA 成像的研究中,注射速率固定在 4、5、6 mL/s 之间,对比剂的用量固定在 75 mL 左右^[11]。这样仅仅是按照不同的 BMI 区间来推荐注射速率,对比剂的用量也相对固定,并不能达到因人而异地调节注射速率与用量。因此,利用基于 BMI 指数的个性化对比剂注射更能合理的完成冠脉 CTA 的成像,在满足冠脉 CTA 图像质量的要求下,而减少患者的对比剂流速与用量。本研究中,运用 3 种基于一定注射系数的 BMI 指数个性化调整对比剂注射速率及用量。达到对比剂的速率与用量随 BMI 指数的变动而调节的目的。

本研究中,A、B、C 3 组 300 例患者的 BMI 为 13.84~32.05 kg/m²,对比剂的用量均按照流速乘以 9 (对比剂维持时间 9 s),之前有研究表明对比剂维持时间在 9、10、11 s 均对于冠状动脉血管内 CT 值并无差异,而且相同注射速率下增加对比剂的用量并不能增加冠状动脉的图像质量^[6]。在本研究中,A 组

平均对比剂流速及对比剂用量分别为 3.62、32.6 mL,运用此注射方案所得到主动脉根部、LAD、LCX、RCA 近端内 CT 平均值分别为 359.43、330.48、321.83、331.25 HU。但是主观盲评中 A 组的优秀率只有 47%,主要原因是部分患者血管内对比剂强化无法达到 300 HU 以上而影响了诊断。既往国内研究表明冠状动脉内各主要分支管腔内对比剂浓度达到 380 HU 以上时冠状动脉 CTA 图像可以满足临床诊断需求^[13-14]。而 C 组平均对比剂流速及对比剂用量分别为 6.00 mL/s、54 mL,C 组注射方案所得到主动脉根部、LAD、LCX、RCA 内 CT 平均值分别为 550.45、500.59、471.92、493.30 HU。但是主观盲评中 C 组的优秀率只有 62%,主要原因是由于部分患者血管内对比剂强化超过 500 HU 而影响诊断。之前有研究冠脉 CTA 血管内 CT 值大于 500 HU 时,会掩盖冠状动脉内小钙化,造成对冠状动脉分支血管管腔狭窄程度的低估^[15]。而且过大的对比剂流速与用量会导致对比剂外渗及注射部位组织坏死,增加患者过敏反应的发生率,同时增加对比剂肾病风险^[16]。在 B 组注射方案所得到主动脉根部、LAD、LCX、RCA 内 CT 平均值分别为 451.46、411.16、386.46、406.00 HU。主观盲评中 B 组的优秀率达到 92%,而且 B 组平均对比剂流速及对比剂用量只有 4.89 mL/s 与 44 mL。为了获得一定范围内的冠状动脉血管内 CT 值强化,基于一定恰当的注射系数随着 BMI 指数等参数进行调整对比剂的注射速率与用量是必要的。因此本文研究结果中,B 注射方案既能够达到临床诊断的最佳冠状动脉血管内 CT 值范围,同时能在满足

冠脉 CTA 图像质量的要求下,减少患者的对比剂流速与用量,降低患者对比剂外渗及肾病风险。

影响冠状动脉 CTA 图像信噪比及对比噪声比的因素很多,比如扫描参数的变化及对比剂的浓度。为了减少其他因素对研究结果的干扰,本研究在扫描参数均保持一致,比如设置相同的管电压,相同的噪声系数以及使用相同的浓度对比剂。

本研究样本量相对较少,可能会给结果带来偏倚。本研究主要是基于体质量指数进行个性化对比剂的注射,其他的指标如体表面积或体脂含量作为参考标准进行个性化对比剂注射本文未进行研究与讨论,期待进一步的研究证实。

个性化对比剂注射及个性化扫描是冠脉 CTA 未来发展的趋势,本研究验证采用基于一定注射系数的体质量指数个性化调整对比剂注射速率及用量的方法,用于冠状动脉 CTA 成像,可使冠状动脉血管内 CT 值维持在理想的诊断范围内,具有重要的临床指导意义。

参 考 文 献

- [1] Petcherski O, Gaspar T, Halon DA, et al. Diagnostic accuracy of 256-row computed tomographic angiography for detection of obstructive coronary artery disease using invasive quantitative coronary angiography as reference standard[J]. the american journal of cardiology, 2013, 111(4): 510-515.
- [2] 魏相磊, 尤克增. 双源 CT 双能量冠状动脉 CTA 在冠心病诊疗中的应用[J]. 医学影像学杂志, 2017, 27(3): 449-453.
- [3] 潘晓龙, 吴 岩, 韩 丹, 等. 基于体质量指数双能量冠状动脉 CTA 低剂量检查[J]. 中国医学影像技术, 2015, 31(5): 774-778.
- [4] 高玉杰, 王 杰, 丁国成, 等. 体质量指数适应性电流、电压结合前置门控技术对降低 CCTA 辐射剂量可行性的研究[J]. 临床放射学杂志, 2011, 30(10): 1532-1535.
- [5] 杨 琴, 何其舟, 余 飞, 等. 基于体表面积和体质量的个体化对比剂方案在冠脉 CT 血管造影中的应用价值[J]. 解放军医学杂志, 2018, 43(2): 135-139.
- [6] 梁健华, 宋国军, 林永开, 等. BMI 指导下改变对比剂流速对冠脉 CTA 图像质量的影响[J]. 现代医用影像学, 2017, 26(4): 881-886.
- [7] 刘 卓, 张 诚, 陈 尘, 等. 高时间分辨率宽体探测器 CT 对心房颤动患者冠状动脉造影可行性研究[J]. 临床放射学杂志, 2016, 35(5): 786-789.
- [8] 原 媛, 钟朝辉, 王振常, 等. 冠脉 CTA 自由呼吸扫描与屏息扫描的辐射剂量对比研究[J]. 中国医疗设备, 2018, 33(10): 74-78.
- [9] Shuman WP, Branch KR, May JM, et al. Prospective versus retrospective ECG gating for 64-detector CT of the coronary arteries: comparison of image quality and patient radiation dose[J]. Radiology, 2008, 248(2): 431-437.
- [10] 石秋林, 屈 正, 杨桂林, 等. 冠脉 CTA 在冠心病诊断中的应用研究[J]. 中国心血管病研究, 2014, 12(6): 511-513.
- [11] 郑 超, 汤连志, 刘惠敏, 等. CTA 成像质量与造影剂注射速率相关性分析[J]. 中外医疗, 2015, 34(32): 181-182.
- [12] 周巧蕊, 周孝锦. 造影剂注射速率对 128 层螺旋 CT 冠状动脉血管成像质量的影响[J]. 医疗装备, 2017, 30(15): 39-40.
- [13] 陈伟彬, 冯 莉, 张伟杰, 等. 优化对比剂注射方案对冠状动脉 CTA 图像的影响[J]. 临床放射学杂志, 2017, 36(11): 1712-1715.
- [14] 余 美, 马 跃, 王玉科, 等. 不同低对比剂注射方案对冠状动脉 CTA 图像质量影响的初步研究[J]. 中国临床医学影像杂志, 2015, 26(11): 779-783.
- [15] Seifarth H, Puesken M, Kalafut JF, et al. Introduction of an individually optimized protocol for the injection of contrast medium for coronary CT angiography[J]. European radiology, 2009, 19(10): 2373-2382.
- [16] 杨 磊, 温廷国, 孙小丽, 等. 适当低浓度对比剂在冠状动脉 CTA 成像中的应用价值[J]. 临床放射学杂志, 2015, 34(3): 454-458.

(责任编辑:唐秋姗)