

· 心血管影像学 ·

不同浓度碘对比剂下 CT 心肌首过灌注缺损伪影的差异性研究

刘国清, 刘岷, 陈维翠, 霍梦娟, 胡亚涛, 黄伟康

【摘要】 目的:研究不同浓度碘对比剂导致静息状态下正常心肌 CT 首过灌注缺损伪影的差异性, 为心肌 CT 首过灌注选择合适对比剂浓度提供依据。**方法:**应用简单随机法将实验对象随机分成低浓度对比剂组(碘帕醇, 320 mg I/mL)和高浓度对比剂组(碘帕醇, 370 mg I/mL)两组, 根据纳入标准筛选出心电图正常、冠脉基本正常的 CAD-RADS 0—1 级、心肌灌注图像质量优秀的 174 例患者:低浓度组 77 例, 男 35 例、女 42 例, 平均年龄(56.32 ± 13.14)岁, BMI (22.87 ± 3.11) kg/m²;高浓度组 97 例, 男 33 例, 女 64 例, 平均年龄(55.77 ± 12.08)岁, BMI (23.82 ± 3.40) kg/m²。采用 Siemens 2 代双源 CT 前瞻性冠脉 CTA+静息态心肌首过灌注一站式检查模式, 依据体重制定个性化对比剂用量和注射速率, 对比剂流速 5~6 mL/s, 总剂量 55~75 mL。把最佳舒张期图像导入 Syngovia VB1140 后处理软件, 进行 Cardiac function 心肌灌注成像处理, 根据软件自动勾画出左心室室壁, 勾画错误部分进行人工勾画校正, 根据左心室分段牛眼图, 把左心室室壁分成 17 个节段。统计两组正常心肌首过灌注出现的低灌注区域位置、数目、主动脉根部 CT 值、左主干 CT 值、左心室 CT 值和两组的管电压、管电流、对比剂用量;并分析两组出现低灌注区域、主动脉根部 CT 值、左心室 CT 值、左主干 CT 值和管电压、管电流、对比剂用量的差异性。**结果:**对符合正态分布的计量资料采用均数±标准差表示, 非正态分布计量资料采用四分位间距或中位数表示。低浓度对比剂组出现低灌注伪影数 85 个, 中位数为 1.5 个;管电压的中位数为 80 kV;管电流为(248.0 ± 52.3)mA, 对比剂用量为(63.0 ± 8.6) mL;主动脉根部 CT 值为(658.81 ± 133.96) HU, 左主干 CT 值为(645.45 ± 140.88) HU, 左心室 CT 值为(551.52 ± 128.59) HU, 左心室前间壁 CT 值(161.96 ± 29.71) HU。高浓度对比剂组出现低灌注伪影区域数为 114 个, 四分位间距为 2 个, 管电压的中位数为 80 kV;管电流为(256.7 ± 46.9)mA;对比剂用量为(63.1 ± 7.8) mL;主动脉根部 CT 值为(729.02 ± 138.22) HU, 左主干 CT 值为(707.97 ± 157.34) HU, 左心室 CT 值为(610.14 ± 144.94) HU, 左心室前间壁 CT 值为(165.54 ± 39.49) HU。对两组出现低灌注伪影数差异无统计学意义($P > 0.05$);两组主动脉根部 CT 值差异有统计学意义($P > 0.05$), 两组左主干 CT 值、左心室 CT 值、前间壁 CT 值以及管电流、对比剂用量、BMI 差异均无统计学意义(P 均 > 0.05)。两组管电压差异无统计学意义($\chi^2 = 1.100, P = 0.577$)。**结论:**低浓度对比剂与高浓度对比剂组在静息状态下正常心肌 CT 首过灌注成像中, 出现低灌注伪影区域数量和左心室前间壁 CT 值、左主干 CT 值、左心室 CT 值无显著差异, 两组的对比剂用量、管电压和管电流方面亦无显著差异;而两组的主动脉根部 CT 值具有显著差异。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机; 心肌; 对比剂; 灌注缺损**【中图分类号】** R814.42; R322.11 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2019)03-0287-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.03.009

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Study on the difference of contrast agent concentration in the first-pass of CT myocardial perfusion defect artifacts LIU Guo-qing, LIU Xian, CHEN Wei-cui, et al. Medical Imaging Center, the Second Affiliated Hospital of Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine, 510120 Guangzhou, China

【Abstract】 Objective: The purpose of this study was to explore the difference of the first-pass CT perfusion defect artifacts in static normal myocardium induced by different concentrations of contrast agents, and to provide suitable contrast agent concentration for myocardial CT perfusion. **Methods:** 174 patients were divided into two groups by simple random method, the low concentration con-

作者单位: 510120 广东省中医院放射科(广州中医药大学第二附属医院放射科)

作者简介: 刘国清(1976—), 男, 江西余干人, 硕士, 主治医师, 主要从事心脑血管疾病影像诊断工作。

通讯作者: 刘岷, E-mail: liuxian74@hotmail.com

基金项目: 广东省中医药管理局资助项目(20151242)

trast agent group (Iopamidol, 320mg I/mL) and the high concentration contrast agent group (Iopamidol, 370mg I/mL). According to the inclusion criteria, 174 patients with normal ECG and the normal coronary CAD-RADS grade 0–1 and excellent myocardial perfusion image quality were selected. There were 77 cases (35 males and 42 females) in the low concentration group with an average age of (56.32 ± 13.14) years, BMI (22.87 ± 3.11) kg/m²; 97 cases (33 males and 64 females) in the high concentration group with an average age of (55.77 ± 12.08) years, BMI (23.82 ± 3.40) kg/m². Prospective coronary CTA+Rest myocardial first-pass perfusion one-stop mode was used on a Siemens dual source CT. Individualized contrast volume and flow rate based on body weight, the contrast agent flow rate was 5~6mL/s for total volume of 55~75mL. The best diastolic phase images were imported into the Syngovia VB1140 post-processed software, and cardiac function myocardial perfusion imaging was performed. The left ventricular wall was delineated automatically by computer and corrected manually at the same time. The wall of the left ventricle was divided into 17 segments according to automated left ventricular segmentation diagram. Myocardial low perfusion region, CT value of the aortic root, left main stem and left ventricle, and tube voltage, mAs, contrast agent dose in the two groups were recorded and analyzed by SPSS 20.0. **Results:** The measurement data in accordance with normal distribution were expressed by mean $\pm$ SD, and non-normal measurement data were expressed by inter-quartile range and median. The number of myocardial low perfusion artifacts in the low concentration contrast group was 85, and the median was 1.5, median tube voltage was 80kV, tube current was (248.0 ± 52.3) mA, contrast agent dose was (63.0 ± 8.6) mL, CT value of the aortic root, left main trunk, left ventricle, left ventricular anterior wall was (658.81 ± 133.96) HU, (645.45 ± 140.88) HU, (551.52 ± 128.59) HU and (161.96 ± 29.71) HU, respectively. The number of the myocardial low perfusion artifacts in the high concentration contrast group was 114, the median was 2; median tube voltage was 80kV, was (256.7 ± 46.9) mA, the contrast agent dose was (63.1 ± 7.8) mL, CT value of the aortic root, left main trunk, left ventricle, and left ventricular anterior wall was (729.02 ± 138.22) HU, (707.97 ± 157.34) HU, (610.14 ± 144.94) HU and (165.54 ± 39.49) HU, respectively. The rank sum test of two independent samples showed that there was not statistically significant difference in the numbers of low myocardial perfusion artifacts ($P > 0.05$). The difference of the CT value of aortic root between the two groups was significantly different ($P < 0.05$). There were no significant differences found between the two groups for CT value of left main trunk, left ventricle, left ventricular anterior wall, and tube current, contrast agent volume, BMI ($P > 0.05$). There was no significant difference between the tube voltage of the two groups ($P = 0.577 > 0.05$). **Conclusion:** There was no significant difference between the low and the high concentration contrast agent groups in the low myocardial perfusion artifact, tube voltage, tube current, the contrast medium dose, and CT value of left main trunk, left ventricle, left ventricular anterior wall during normal myocardial CT first pass perfusion imaging under rest condition. However, there were significant difference in CT values between the two groups in the aortic root.

[Key words] Tomography, X-ray computed; Myocardial; Contrast agent; Perfusion defect

冠状动脉 CTA 检查已成为诊断和筛查冠状动脉粥样硬化性心脏病的重要工具,但单纯冠状动脉形态学方面的诊断难以满足临床需求^[1-3]。随着影像技术的发展,一站式冠脉 CTA+心肌灌注的检查模式广泛应用临床,该模式既能提供形态学方面的信息,还能提供一定心肌微循环信息^[4-7]。但此模式的心肌灌注易出现一定的灌注缺损伪影,主要是硬线束伪影 (beam hardening, BH) 干扰所致,可表现为心肌 CT 值的虚

假降低或者升高,这种心肌衰减伪影在很大程度上混淆了心肌灌注的结果^[8-9]。曾有研究采用不同的图像算法或应用心脏双能量扫描方式去减少硬线束伪影对心肌灌注的干扰^[10-11]。但对于对比剂浓度导致心肌灌注伪影的研究较少。本研究拟采用不同对比剂浓度的一站式冠脉 CTA+静息态心肌首过灌注扫描模式,分析不同浓度对比剂导致心肌灌注缺损伪影的差异,后心肌灌注选择合适的对比剂浓度提供依据。

材料与方法

1. 研究对象

研究对象纳入标准为:①无碘剂过敏史;②无心肌梗死、心肌炎、心肌病、心脏瓣膜病、先天性心脏病、感染性心内膜炎及肺心病等病史;③无冠脉支架植入术、心脏搭桥术、心脏换瓣手术及起搏器植入术等手术史;④无持续房颤、房扑或者频发室早等心律不齐病史;⑤肾功正常,血清肌酐 $<1.7\text{ mg/dL}$;⑥没有怀孕或备孕;⑦无确诊恶性肿瘤史;⑧无阿司匹林、硫酸氯化格雷、肝素等药物过敏史;⑨心电图无明确心肌缺血;⑩冠脉诊断基本正常,CAD-RADS 分级^[12]为 0~1 级。

按上述标准,应用简单随机法筛选出本院(广州中医药大学第二附属医院)行 Siemens 2 代双源 CT 一站式冠状动脉造影+静息态心肌首过灌注的 174 例患者,其中男 68 例,女 106 例,平均年龄 56 岁,平均 BMI 值约 $(23.4 \pm 3.30)\text{ kg/m}^2$,平均心率约 65.3 次/分。其中高浓度对比剂组(碘帕醇,浓度 370 mg I/mL)97 例,男 33 例,女 64 例,平均年龄 (55.77 ± 12.08) 岁,BMI 值 $(23.82 \pm 3.40)\text{ kg/m}^2$ 。CT 低浓度对比剂组(碘必乐,浓度 320 mg I/mL)77 例,男 35 例,女 42 例,平均年龄 (56.32 ± 13.14) 岁,BMI 为 $(22.87 \pm 3.11)\text{ kg/m}^2$ 。所有受试者检查前均签署知情同意书,该试验通过广东省中医院伦理委员会审核。

2. 检查设备及扫描参数

检查前告知患者检查流程及可能产生的感受,消除紧张情绪,训练患者呼吸,减少或避免呼吸运动伪影影响图像质量。受检者取仰卧位,头足方向,先行冠脉钙化积分扫描,扫描范围从气管隆突水平至膈肌下 2.0 cm 水平,扫描时检查者在深吸气后屏气,应用 bolus tracking 技术,于升主动脉为监测点,阈值为 130 HU,延迟 5 s。采用一站式前瞻性门控行冠脉 CTA+静息态心肌首过灌注检查。将心电脉冲的带宽放宽至 30%~80% R-R 间期。采用 Siemens Somatom Definition Flash 双源 CT。CT 扫描参数:准直

采用 $2 \times 64 \times 0.6\text{ mm}$,球管旋转时间为 280 ms,层厚 3 mm。管电压根据 BMI 选择 80、100 或 120 kV,管电流参考值 250 mAs,开启 4D 自动毫安调节技术。根据患者体重制定个性化注射方案、降低个体差异性,达到冠脉均一的强化效果。用 22G 套管针穿刺静脉,采用 Ulrich 高压双筒注射器自肘前静脉团注对比剂,剂量 1.0 mL/kg ,最低总量不低于 55.0 mL,对比剂注射时间均为 12.0 s,随后同步注射 40 mL 生理盐水。

3. 后处理方法

扫描完成后,根据最佳时相技术重组处最佳舒张期、最佳收缩期轴位图像,层厚 0.75 mm,间距 0.5 mm,Kernal 值 B26f。导入 Syngovia 后处理工作站,应用 Syngovia VB1140 工作站中的 Cardiac function 进行心肌灌注成像处理,依据计算机软件自动勾画左心室室壁,软件勾画室壁导致小部分室壁范围缩小,需要人工对软件勾画不足部分进行人工校正,软件依据勾画左心室室壁形成心肌灌注“牛眼图”(依据美国心脏病协会规定的分段法将左心室分成 17 个节段),左心室心肌供血区域分为三组,由左前降支供血的心肌节段为 1、2、7、8、13、14 及 17 段,左侧回旋支供血的心肌节段为 5、6、11、12 及 16 段,右冠供血的心肌节段为 3、4、9、10 及 15 段。预先对心肌灌注图像的左心室室壁进行逐层观察,必要时手动校正左心室心肌内室壁及心外膜轮廓,根据软件自动生成的心肌灌注“牛眼图”评判心肌低灌注伪影,具体心肌节段及供血支配区见图 1^[13-14]。

4. 数据测量及统计

主动脉根部 CT 值测量选择冠状窦上 2.0 cm 范围内测量,测量兴趣区(regions of interest, ROI)面积为 20.0 mm^2 ,左主干选取中段区域,ROI 为 3.0 mm^2 ,在心尖四腔心位置,ROI 面积为 20.0 mm^2 ,左心室前间壁选择左心室短轴位,并尽量远离室壁肌肉的边缘、腱索、肉柱,可选用圆形或椭圆形,测三次求平均值并记录(图 2)。

统计高、低浓度对比剂组正常心肌静息态首过灌注出现的低灌注区域位置、数目、主动脉根部 CT 值、左主干 CT 值、左心室 CT 值及左心室前间壁 CT 值和 CTA 扫描参数如管电压、管电流、对比剂用量。对符合正态分布的数据采用均数±标准差表示,不符合正态分布的采用中位数进行描述。采用 SPSS 20.0 统计软件进行两独立样本秩和检验、卡方检验和单因素方差分析,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

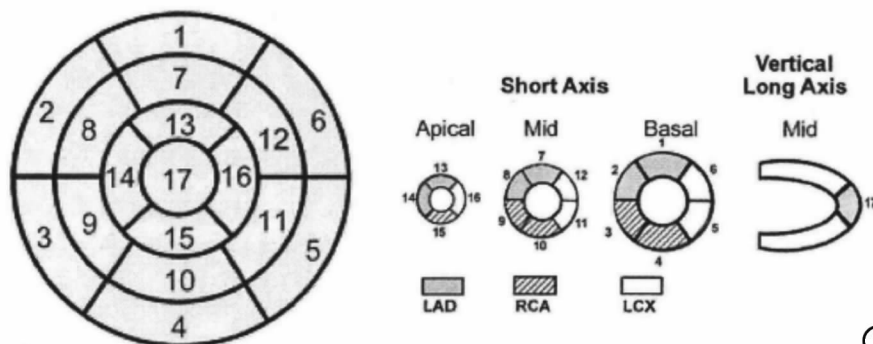


图 1 心肌节段“牛眼图”及冠脉三支血管供血区域。

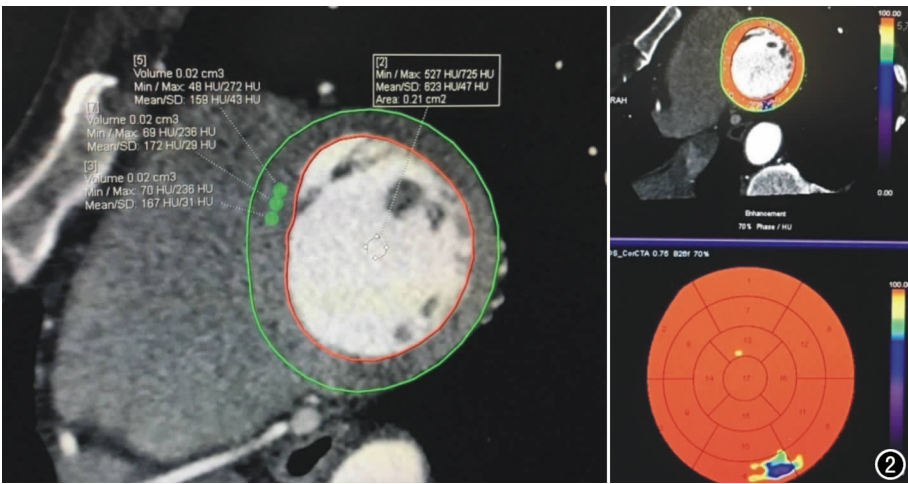


图 2 男,64 岁,CAD-RADS 0 级,对比剂浓度 320mgI/mL,左心室前间壁 1.100, $P=0.577$ 。心肌测量方法、左心室测量方法;灌注图提示缺损伪影区位于 4 区。

结 果

高、低浓度对比剂两组共出现心肌低灌注伪影 199 个节段(表 1)。低灌注伪影节段依次集中在第 7、17、13 及第 4 节段区域(图 2),低浓度对比剂组出现低灌注伪影数 85 个,中位数为 1.5 个节段;高浓度对比剂组出现低灌注伪影区域数为 114 个,中位数为 2 个节段。两组出现低灌注伪影数差异无统计学意义($Z=-0.406,P=0.685$)。

高、低浓度对比剂两组主动脉根部、左主干、左心室及左心室前间壁 CT 值、对比剂用量和 BMI、管电压、管电流等资料及相关统计值见表 2、3。

表 3 高、低浓度两组不同管电压病例数比较

管电压	320mg I/mL	370mg I/mL	χ^2	P
80kV	66	78		
100kV	10	16		
120kV	1	3		
合计	77	97	1.100	0.577

讨 论

冠脉 CTA 已成为冠心病筛查和诊断的首选检查,临床除了形态方面的诊断需求外,仍需对心肌微循环进行评估,故在降低 CT 辐射剂量和碘负荷的基础上,常采用一站式冠脉 CTA+心肌首过灌注成像^[15-18]。静息态 CT 心肌灌注检查实际上就是常规的 CCTA 检查,不同点是除保证冠状动脉显影质量外,充分使对比剂扩散入心肌,但 CT 心肌灌注由于各种原因会导致一定的假阳性,对心肌微循环评估存在过度诊断风险。心肌灌注伪影除患者本身因素外,主要为 X 线硬线束伪影(beam hardening,BH)干扰所致,硬线束伪影还与左心室碘的浓度有关。因为不同组织 X 线的衰减值不同,计算机对图像进行的重建过程中,会对各个组织射线投影进行测量,计算投射射线的衰减程度,而不同投照角度 X 射线能量的不一致或者邻近组织 X 线衰减值差异较大的,则使得组织 X 射线衰减值计算存在偏移,从而最终导致了射线硬线束伪影的产生,使得心肌的 CT 值出现了虚假的减

表 1 高低浓度对比剂组不同节段心肌低灌注伪影数量

对比剂浓度	节段																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
320mg I/mL	4	0	2	4	7	1	25	0	0	4	3	0	12	1	4	0	18
370mg I/mL	7	0	2	14	5	0	35	0	0	3	1	3	13	3	4	1	24

表 2 高、低浓度对比剂组各参数比较

参数	320mg I/mL	370mg I/mL	F	P
主动脉根部 CT 值(HU)	658.81±133.96	729.02±138.22	11.382	0.01
左主干 CT 值(HU)	645.45±140.88	707.97±157.34	7.427	0.07
左心室 CT 值(HU)	551.52±128.59	610.14±144.94	7.752	0.06
左心室前间壁 CT 值(HU)	161.96±29.71	165.54±39.49	0.435	0.49
管电流(mA)	248.0±52.3	256.7±46.9	0.03	0.957
对比剂用量(mL)	63.0±8.6	63.1±7.8	1.328	0.251
BMI	22.87±3.11	23.82±3.40	3.61	0.059
辐射剂量(mGy)	187.41±93.63	173.48±71.90	2.188	0.141

低或者升高。同时心肌灌注的伪影与注射流率、时间相关;So 等^[19]研究指出时间密度曲线的斜率与组织的灌注相关,通过斜率或者反褶积计算所得的心尖部心肌的灌注值就会被高估。所以有关降低心肌灌注伪影的研究,如硬线束干扰的研究,主要集中在 CT 重建算法、对比剂最佳延迟时间、双能量心肌灌注等方法^[8-9,20-21]。

本研究应用一站式前瞻性门控冠脉 CTA+静息态心肌首过灌注检查模式,应用个体化的对比剂注射方案,排除心率方面的干扰,同时对受试者的基线资料和 CT 扫描参数进行统计分析,两组在受试者基线资料、CTA 扫描参数、对比剂用量方面没有显著差异,排除了受试者基线资料、CT 扫描参数及对比剂用量的等因素的干扰。在减低 CT 辐射剂量的基础上,比较了不同对比剂浓度导致正常心肌静息态 CT 首过灌注产生灌注伪影的差异性。笔者发现高浓度 CT 对比剂与低浓度 CT 对比剂发生灌注伪影无显著差异,即行心肌灌注检查时,可采用低浓度 CT 对比剂,这样在对比剂同等用量的情况下可以减少检查者的碘负荷,降低对比剂肾损害的风险,对左心室心肌灌注产生的灌注缺损伪影与对比剂浓度无关。

心肌灌注缺损伪影除与 X 线特性相关外,可能与左心室舒张和收缩的运动、对比剂注射速率有关、触发阈值及延迟时间有关^[22]。本研究还发现易发生心肌灌注缺损伪影的节段为心尖、左心室前壁中间段、左心室下壁基底段等心肌节段,这与 Carrascosa 等^[11]和 Rodriguez-Granillo 等^[23]的研究相一致。而不同浓度对比剂的主动脉根部 CT 值差异具有统计学意义,但低浓度主动脉根部 CT 值为 (658.81 ± 133.96) HU,完全能达到诊断主动脉病变 CT 值要求。两组的冠脉左主干、左心室的 CT 值差异无统计学意义,且都能达到临床诊断需求,如低浓度组左主干 CT 值平均值为 (645.45 ± 140.88) HU,血管的图像质量完全能达到诊断需求,关于低浓度对比剂不会降低对冠脉 CTA 图像质量已得到相关研究证实^[24]。

而高低浓度组左心室室壁的 CT 值差异同样无统计学意义,心肌的强化受对比剂注射流率、用量和延迟时间的影响。本研究参照国际心血管 CT 协会于 2009 年发布的冠脉 CTA 成像指南中推荐的注射时间^[20],即 12s 内完成对比剂的注射,并依据患者体重制定出个体化的对比剂注射方案,使心肌强化达到一致,降低了个体心肌差异性,故不同对比剂浓度的左心室心肌强化程度无差异,因此静息态心肌首过灌注,高低浓度对比剂的心肌灌注缺损伪影也无差异。同时本研究采用前瞻性门控方式,CT 辐射剂量得到大幅度降低。对于以往研究发现前瞻性门控易在左心室导

致"阶梯"伪影,本研究由于采用限定时间内完成扫描,且患者律齐、心率约 65 次/分,同时双源 CT 扫描速度快,故由前瞻性门控导致的左心室"分层"征象显示不明显,同时不同浓度对比剂下前瞻性门控的心肌灌注缺损没有差异,故在心肌首过灌注中可以使用前瞻性门控,以降低 CT 辐射剂量。

总之,不同浓度对比剂在一站式前瞻性门控冠脉 CTA 检查+静息态心肌首过 CT 灌注中,发生心肌灌注缺损伪影无显著差异,在排除受试者基线资料、CT 扫描参数和对比剂用量的干扰因素外,采用个体化注射方案,在一定时间内,达到一定注射流率 and 对比剂剂量,冠状动脉、左心室、心肌 CT 值无显著性差异,这为今后进行 CT 心肌灌注如负荷灌注、动态灌注使用低浓度对比剂提供实验依据。

参考文献:

- [1] Qi L, Tang LJ, Xu Y, et al. The diagnostic performance of coronary CT angiography for the assessment of coronary stenosis in calcified plaque[J]. PloS One, 2016, 11(5): e0154852.
- [2] Tesche C, Plank F, De Cecco CN, et al. Prognostic implications of coronary CT angiography-derived quantitative markers for the prediction of major adverse cardiac events[J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2016, 10(6): 458-465.
- [3] Mannil M, Ramachandran J, Vittoria de Martini I, et al. Modified dual-energy algorithm for calcified plaque removal: evaluation in carotid computed tomography angiography and comparison with digital subtraction angiography[J]. Invest Radiol, 2017, 52(11): 680-685.
- [4] Osawa K, Miyoshi T, Miki T, et al. Diagnostic performance of first-pass myocardial perfusion imaging without stress with computed tomography (CT) compared with coronary CT angiography alone, with fractional flow reserve as the reference standard[J]. PloS One, 2016, 11(2): e0149170.
- [5] Osawa K, Miyoshi T, Koyama Y, et al. Additional diagnostic value of first-pass myocardial perfusion imaging without stress when combined with 64-row detector coronary CT angiography in patients with coronary artery disease[J]. Heart, 2014, 100(13): 1008-1015.
- [6] Schepis T, Achenbach S, Marwan M, et al. Prevalence of first-pass myocardial perfusion defects detected by contrast-enhanced dual-source CT in patients with non-ST segment elevation acute coronary syndromes[J]. Eur Radiol, 2010, 20(7): 1607-1614.
- [7] 王成英, 孙凯, 吕滨. CT 动态负荷心肌灌注临床研究进展[J]. 放射学实践, 2017, 32(5): 542-546.
- [8] Bucher AM, DeCecco CN, Schoepf UJ, et al. Cardiac CT for myocardial ischaemia detection and characterization—comparative analysis[J]. Br J Radiol, 2014, 87(1043): 20140159.
- [9] Bucher AM, Wichmann JL, Schoepf UJ, et al. Quantitative evaluation of beam-hardening artefact correction in dual-energy CT myocardial perfusion imaging[J]. Eur Radiol, 2016, 26(9): 3215-3222.
- [10] Zhao RP, Hao ZR, Song ZJ. Diagnostic value of Flash dual-source CT coronary artery imaging combined with dual-energy myocar-

- dial perfusion imaging for coronary heart disease[J]. Exp Ther Med, 2014, 7(4): 865-868.
- [11] Carrascosa PM, Cury RC, Deviggiano A, et al. Comparison of myocardial perfusion evaluation with single versus dual-energy CT and effect of beam-hardening artifacts[J]. Acad Radiol, 2015, 22(5): 591-599.
- [12] Cury RC, Abbata S, Achenbach S, et al. Coronary artery disease-reporting and data system (CAD-RADS): an expert consensus document of SCCT, ACR and NASCI; endorsed by the ACC[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2016, 9(9): 1099-1113.
- [13] Caruso D, Eid M, Schoepf UJ, et al. Dynamic CT myocardial perfusion imaging[J]. Eur J Radiol, 2016, 85(10): 1893-1899.
- [14] Jin KN, De Cecco CN, Caruso CN, et al. Myocardial perfusion imaging with dual energy CT[J]. Eur J Radiol, 2016, 85(10): 1914-1921.
- [15] Baumann S, Rutsch M, Becher T, et al. Clinical impact of rest dual-energy computed tomography myocardial perfusion in patients with coronary artery disease[J]. In Vivo, 2017, 31(6): 1153-1157.
- [16] Orlowski HLP, Mc Williams S, Mellnick VM. Imaging spectrum of invasive fungal and fungal-like infections[J]. Radiographics, 2017, 37(4): 1119-1134.
- [17] 郝志茹, 赵瑞平, 宋志军. Flash 双源 CT 冠脉成像联合双能量心肌灌注显像对冠心病的诊断价值[J]. 心脏杂志, 2013, 25(4): 466-469.
- [18] 易妍, 王怡宁. CT 心肌灌注成像临床应用及进展[J]. 中国医学科学院学报, 2016, 38(3): 356-359.
- [19] So A, Imai Y, Nett B, et al. Technical note: evaluation of a 160mm/256-row CT scanner for whole-heart quantitative myocardial perfusion imaging[J]. Med Phys, 2016, 43(8): 4821.
- [20] Pelgrim GJ, Nieuwenhuis ER, Duguay TM, et al. Optimal timing of image acquisition for arterial first pass CT myocardial perfusion imaging[J]. Eur J Radiol, 2017, 86: 227-233.
- [21] 王未, 周长圣, 方晓, 等. 第二代双源双能量 CT 心肌灌注成像的初步应用[J]. 放射学实践, 2014, 29(9): 993-997.
- [22] 喻杰, 刁楠, 陈艳, 等. 双源 CT 对正常人群心内膜下首过灌注分布和时相性变化的初步研究[J]. 临床放射学杂志, 2014, 33(9): 1331-1334.
- [23] Rodriguez-Granillo GA, Ingino CA, Lylyk P. Myocardial perfusion imaging and infarct characterization using multidetector cardiac computed tomography[J]. World J Cardiol, 2010, 2(7): 198-204.
- [24] Ghekiere O, Salgado R, Buls N, et al. Image quality in coronary CT angiography: challenges and technical solutions[J]. Br J Radiol, 2017, 90(1072): 20160567.

(收稿日期: 2018-07-03 修回日期: 2018-10-18)

欢迎订阅 2019 年《放射学实践》

《放射学实践》是由国家教育部主管, 华中科技大学同济医学院主办, 与德国合办的全国性影像学学术期刊, 创刊至今已 34 周年。2018 年 8 月, 《放射学实践》杂志再次入选北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。这是继 1999 年之后的第 4 次入选临床医学/特种医学类核心期刊。

本刊坚持服务广大医学影像医务人员的办刊方向, 关注国内外影像医学的新进展、新动态, 全面介绍 X 线、CT、磁共振、介入放射及放射治疗、超声诊断、核医学、影像技术学等医学影像方面的新知识、新成果, 受到广大影像医师的普遍喜爱。

本刊为国家科技部中国科技论文核心期刊、中国科学引文数据库统计源期刊, 在首届《中国学术期刊(光盘版)检索与评价数据规范》执行评优活动中, 被评为《CAJ—CD 规范》执行优秀期刊。

主要栏目: 论著、继续教育园地、专家荐稿、研究生展版、图文讲座、本刊特稿、实验研究、传染病影像学、影像技术学、外刊摘要、学术动态、请您诊断、病例报道、知名产品介绍、信息窗等。

本刊为月刊, 每册 25 元, 全年定价 300 元。

国内统一刊号: ISSN 1000-0313/CN 42-1208/R 邮政代号: 38-122

电话: (027) 69378385

E-mail: fsxsjzz@163.com 网址: http://www.fsxsj.net

编辑部地址: 430199 武汉市蔡甸区中法新城同济医院专家社区别墅 C 栋