

64 层 CCTA 对冠心病患者冠状动脉狭窄的诊断价值*

马方伟 张蕾 陈首名 何志兵 何杰

(攀枝花市中西医结合医院影像中心, 四川 攀枝花 617000)

【摘要】 目的 探讨 64 层冠状动脉 CT 血管成像(CCTA)对冠心病(CAD)患者冠状动脉狭窄的诊断价值。方法 前瞻性纳入我院 2021 年 4 月—2022 年 4 月就诊的 118 例疑为冠状动脉狭窄行 CCTA 及冠状动脉造影(CAG)的患者,以 CAG 检查结果为“金标准”,计算 CCTA 诊断 CAD 患者冠状动脉狭窄部位及狭窄程度的敏感度、特异性、阳性及阴性预测值,并比较 CCTA 诊断结果与 CAG 检查结果的一致性。结果 118 例患者检查的冠脉节段共 1215 段,最终经 CAG 检查冠状动脉狭窄 544 段,其中轻度狭窄 362 段,中度狭窄 133 段,重度狭窄 49 段,闭塞 0 段;狭窄节段位于左主干有 139 段,左前降支有 141 段,左回旋支有 92 段,右冠状动脉有 172 段。CCTA 共检出狭窄 531 段,漏诊 13 段,其中 511 段诊断正确,诊断准确率 96.23%(511/531)。CCTA 诊断冠状动脉狭窄部位及狭窄程度的敏感度、特异度、诊断符合率、kappa 值均较高。斑块性质:CCTA 共检出斑块 489 个,其中脂质斑块 136 个(27.81%),纤维斑块 152 个(31.08%),钙化斑块 201 个(41.10%)。结论 冠状动脉 CT 血管成像对冠心病患者冠状动脉狭窄部位、狭窄程度的诊断价值均较高,对冠状动脉狭窄患者斑块性质判断有一定的优势。

【关键词】 冠状动脉 CT 血管成像;冠状动脉造影;冠心病;冠状动脉狭窄

【中图分类号】 R816.2 **【文献标志码】** A **DOI:**10.3969/j.issn.1672-3511.2023.07.027

Diagnostic value of 64-slice CCTA on coronary artery stenosis in patients with coronary artery disease

MA Fangwei, ZHANG Lei, CHEN Shouming, HE Zhibing, HE Jie

(Imaging Center, Panzhihua Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Panzhihua 617000, Sichuan, China)

【Abstract】 **Objective** To explore the diagnostic value of 64-slice coronary CT angiography (CCTA) on coronary artery stenosis in patients with coronary artery disease (CAD). **Methods** 118 patients with suspected coronary artery stenosis treated in the hospital from April 2021 to April 2022 were prospectively enrolled for CCTA and coronary angiography (CAG). Taking results of coronary angiography as the “gold standard”, the sensitivity, specificity, positive and negative predictive values of CCTA in diagnosing the site and degree of coronary artery stenosis in patients with CAD were calculated, and the consistency of CCTA diagnostic results and CAG results was compared. **Results** A total of 1,215 segments of coronary arteries were examined in 118 patients, and 544 segments of coronary artery stenosis were finally examined by CAG, including 362 segments of mild stenosis, 133 segments of moderate stenosis, 49 segments of severe stenosis and 0 segment of occlusion. There were 139 segments in left main coronary artery, 141 segments in left anterior descending artery, 92 segments in left circumflex artery and 172 segments in right coronary artery. 531 segments of stenosis were detected by CCTA and 13 segments were missed, of which 511 segments were correctly diagnosed with the diagnostic accuracy rate of 96.23% (511/531). The sensitivity, specificity, diagnostic coincidence rate and kappa value of CCTA were all higher in diagnosing the site and degree of coronary artery stenosis. Plaque property was shown that 489 plaques were detected by CCTA, including 136 lipid plaques (27.81%), 152 fibrous plaques (31.08%) and 201 calcified plaques (41.10%). **Conclusion** Coronary CT angiography has high diagnostic value on coronary artery stenosis site and stenosis degree in patients with coronary artery disease, and has certain advantages in judging the plaque properties in patients with coronary artery stenosis.

【Key words】 Coronary CT angiography; Coronary angiography; Coronary artery disease; Coronary artery stenosis

基金项目:四川省医学会(恒瑞)科研基金专项科研课题(2021HR61)

引用本文:马方伟,张蕾,陈首名,等.64 层 CCTA 对冠心病患者冠状动脉狭窄的诊断价值[J].西部医学,2023,35(7):1079-1082,1088. DOI:10.3969/j.issn.1672-3511.2023.07.027

冠状动脉粥样硬化性心脏病简称冠心病(Coronary artery disease, CAD),是指冠状动脉粥样硬化导致血管腔狭窄或堵塞,引起心肌供血供氧不足而出现心肌坏死,临床主要表现为心绞痛、心肌梗死等,严重威胁患者的身心健康^[1]。临床研究显示,CAD的发病率及其导致的死亡人数呈逐年上升趋势^[2]。但早期评估冠状动脉管腔狭窄部位及狭窄程度并及时干预治疗,可有效改善CAD患者的预后^[3]。冠状动脉造影(Coronary angiography, CAG)一直被作为诊断CAD冠状动脉狭窄的金标准,但因具有一定的创伤性,且手术成本较高,导致其临床作用有限,患者可接受度也较差^[4]。近年来,CAD的无创检查方法迅速发展,冠状动脉CT血管成像(Coronary computed tomography angiography, CCTA)因具有操作简便、风险较低且花费少等特殊优势,成为临床用于诊断CAD的主要手段之一^[5]。基于此,本研究主要探讨CCTA对CAD患者冠状动脉狭窄的诊断价值,旨在为临床CAD的诊断提供借鉴,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 前瞻性纳入2021年4月—2022年4月于我院就诊的118例疑似冠状动脉狭窄患者作为研究对象。纳入标准:①所有患者入院前均存在心悸、胸闷、胸痛病史,怀疑为冠状动脉狭窄。②患者及家属知情并签署知情同意书。排除标准:①存在其他可能导致心悸、胸闷疾病,如心率不齐、心力衰竭、甲亢等。②合并有凝血功能障碍。③合并严重心肝肾功能不全。④精神行为异常,有精神疾病病史。其中,男性63例,女性55例;年龄40~80岁,平均(57.17±4.33)岁;临床表现:胸痛71例,心悸69例,胸闷92例。本研究经医院伦理委员会批准通过[伦理(批)第12-027号]。

1.2 研究方法与观察指标

1.2.1 CCTA检查 所有患者均予西门子64排螺旋CT行CCTA,检查前患者需静坐15 min左右,常规检查心率,并行呼吸训练,使患者熟练掌握屏气时间。对于心率>70次/min的患者,给予适量 β 受体阻滞剂控制患者心率;糖尿病患者检查前48 h需停用二甲双胍。检查时患者取仰卧位,在患者升主动脉起始部位设置触发平面,自气管分叉开始扫描至心底横膈面,扫描期间患者需保持屏气状态(约6~8 s),使用350 mg/mL碘海醇作为造影剂,注射速率为5 mL/s,总量为90 mL。图像采集完成后,进行图像重建,采用多平面重建(MPR)、最大密度投影(MIP)、容积再现(VRT)及曲面重建(CPR)进行处理,后期使用Multi-modality Workplace工作站对图像进行分析,获得最

佳CT图像后,对冠状动脉狭窄部位及程度进行分析,并对狭窄处进行斑块判读。

1.2.2 CAG检查 所有患者均在CCTA检查后半个月予西门子数字减影血管机行CAG。患者取仰卧位,在右侧桡动脉处常规消毒后予利多卡因局麻,随后将5F桡动脉鞘管穿刺进入桡动脉,并将3000 U肝素及200 μ g硝酸甘油经鞘管注入,待导管到达左、右冠状动脉口后,患者需保持投影体位,直至有效完成冠状动脉造影。所有检查操作及图像处理分析均由同一医师完成。

1.3 评价标准 以CAG检查结果为金标准,评价CCTA对冠状动脉狭窄节段及狭窄程度的诊断结果,并对已确诊患者检出的斑块性质进行判读。冠状动脉狭窄节段及狭窄程度的划分依据美国心脏协会标准^[6]:狭窄节段纳入一级分支血管进行评价,包括左主干、左前降支、左回旋支及右冠状动脉。狭窄程度分为:①轻度狭窄:血管管径狭窄程度<50%。②中度狭窄:血管管径狭窄程度为50%~75%。③重度狭窄:血管管径狭窄程度>75%。④闭塞:血管管径狭窄程度为100%。冠状动脉斑块判断标准^[7]:①脂质斑块:斑块内脂质成分含量>60%,CT值为(25±14)Hu。②纤维斑块:斑块内纤维成分含量>60%,CT值为(90±21)Hu。③钙化斑块:斑块内钙化成分含量>60%,CT值为(419±194)Hu。

1.4 统计学分析 采用SPSS 23.0软件分析数据,计数资料以率(%)表示,以Kappa系数对CCTA诊断冠状动脉狭窄节段及狭窄程度行一致性评价,并计算CCTA诊断冠状动脉狭窄的敏感度、特异性、准确率、阳性及阴性预测值。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 检查结果 118例患者检查的冠脉节段共1215段,CAG检查正常671段,狭窄544段,其中轻度狭窄362段,中度狭窄133段,重度狭窄49段,闭塞0段;狭窄节段位于左主干有139段,左前降支有141段,左回旋支有92段,右冠状动脉有172段。CCTA共检出狭窄531段,13段漏诊,其中511段诊断正确,诊断准确率96.23%(511/531),轻度狭窄356段,342段正确;中度狭窄128段,123段正确;重度狭窄47段,46段正确;闭塞0段。狭窄节段位于左主干有136段,129段正确;左前降支有135段,133段正确;左回旋支有91段,82段正确;右冠状动脉有169段,167段正确。见表1~2。

2.2 CCTA诊断冠状动脉狭窄部位及狭窄程度的价值 CCTA诊断冠状动脉轻度、中度、重度狭窄的kappa值分别为0.933、0.936、0.957,一致性均较好;

表 1 CCTA 与 CAG 检查冠脉狭窄程度结果比较(段)

Table 1 Comparison of the results of coronary stenosis examination by CCTA and CAG

成像方法		金标准(CAG)					合计
		正常	轻度狭窄	中度狭窄	重度狭窄	闭塞	
CCTA	正常	651	20	10	3	0	684
	轻度狭窄	14	342	0	0	0	356
	中度狭窄	5	0	123	0	0	128
	重度狭窄	1	0	0	46	0	47
	闭塞	0	0	0	0	0	0
	合计		671	362	133	49	0

表 2 CCTA 与 CAG 检查冠脉狭窄部位比较(段)

Table 2 Comparison of coronary stenosis sites detected by CCTA and CAG

CCTA	金标准(CAG)				合计
	左主干	左前降支	左回旋支	右冠状动脉	
左主干	129	1	5	1	136
左前降支	1	133	1	0	135
左回旋支	5	2	82	2	91
右冠状动脉	1	1	0	167	169
漏诊	3	4	4	2	13
合计	139	141	92	172	544

诊断左主干、左前降支、左回旋支及右冠状动脉 kappa 值分别为 0.930、0.959、0.888、0.976，一致性均较好。见表 3~4。

表 3 CCTA 诊断冠状动脉狭窄程度的效能比较

Table 3 Comparison of the efficacy of CCTA in diagnosing coronary stenosis degree

冠脉狭窄程度	敏感度 (%)	特异性 (%)	准确率 (%)	阳性预测值 (%)	阴性预测值 (%)	kappa 值
轻度狭窄	94.48	98.36	97.20	96.07	97.67	0.933
中度狭窄	92.48	99.54	98.76	96.10	99.10	0.936
重度狭窄	93.88	99.91	99.67	97.87	99.74	0.957

表 4 CCTA 诊断冠状动脉狭窄节段的效能比较

Table 4 Comparison of the efficacy of CCTA in diagnosing coronary stenosis segment

冠脉节段	敏感度 (%)	特异性 (%)	准确率 (%)	阳性预测值 (%)	阴性预测值 (%)	kappa 值
左主干	92.81	99.35	98.60	94.85	99.07	0.930
左前降支	94.33	99.81	99.18	98.52	99.26	0.959
左回旋支	89.13	99.20	98.44	90.11	99.11	0.888
右冠状动脉	97.10	99.81	99.42	98.82	99.52	0.976

2.3 CCTA 对冠脉病变患者斑块检出情况 对于已确诊为冠脉病变患者，CCTA 共检出斑块 489 个，其中脂质斑块 136 个(27.81%)，平均 CT 值为(22±6)Hu；纤维斑块 152 个(31.08%)，平均 CT 值为(86±12)Hu；钙化斑块 201 个(41.10%)，平均 CT 值为(621±163)Hu。部分斑块中心呈低密度影，周围环绕有高密度影。

2.4 典型病例 患者 CCTA 及 CAG 图像对比见图 1。

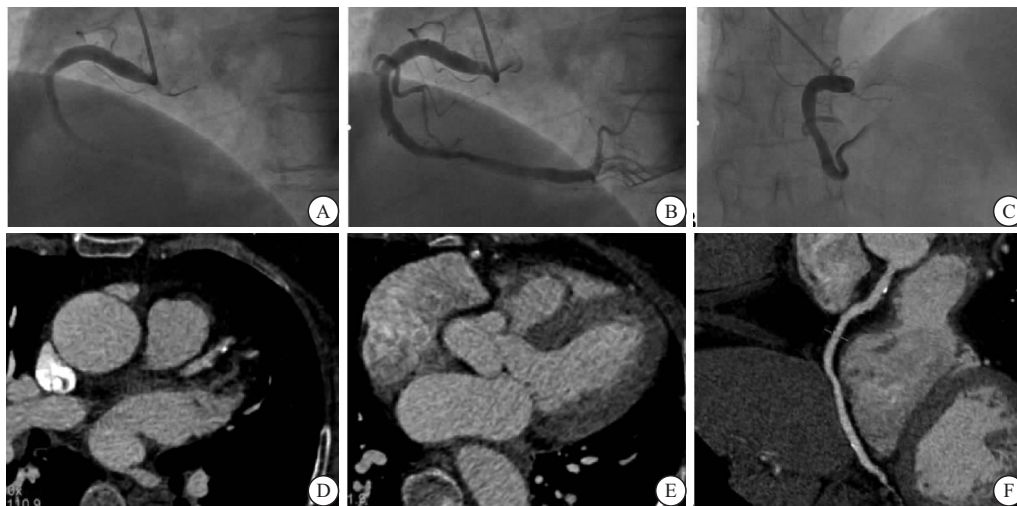


图 1 一患者 CCTA 及 CAG 图像对比

Figure 1 Comparison of CCTA and CAG images in a patients

注：患者女，61 岁，高血压 3 级，冠状动脉粥样硬化性心脏病，稳定型心绞痛，高血脂。A~C. 患者 CAG 图像；D~F. 患者 CCTA 图像。A. 左前降支中段狭窄；B. 右冠状动脉中段狭窄；C. 右冠状动脉近段狭窄；D. CCTA 轴位左前降支中段狭窄；E. CCTA 轴位右冠状动脉中段狭窄；F. CCTA~MPR 右冠状动脉近段狭窄。

3 讨论

CAD 属临床常见的心血管疾病，中老年人群多发^[8]。其发病机制是冠状动脉病变导致血液供应与心肌氧需求失衡，最终导致心肌缺氧、缺血性改变^[9]。

近年来，其发病率不断上升，且越来越趋于年轻化，已成为威胁人类健康的主要心血管疾病之一^[10]。CAD 发病隐匿，常猝然发作后导致各种急性心血管事件发生，故早期诊断尤为重要^[11]。随着医疗技术的发展，

临床对于 CAD 的检查手段也逐渐增多,其中 CAG 常作为诊断 AD 的“金标准”,但与 CCTA 相比,CAG 手术前需评估的检查项目较多,便捷程度低,且费用昂贵,同时对于手术不耐受者,相关检查难以顺利进行,临床应用存在一定的局限性^[12]。

近年来,随着医学影像技术和临床研究的不断发展,CCTA 检查逐渐被证实与 CAG 有良好的相关性,其可从多角度、多层次采集血管信息,具有操作简便、可重复测量、花费少等特殊优势,不仅能定位冠状动脉狭窄部位,评估血管狭窄程度,还能清晰显示血管及周围组织解剖形态,从而辅助评估患者病情严重程度,为患者治疗方案的选择提供借鉴^[13]。Kumar 等^[14]、Xie 等^[15] 研究结果显示,CCTA 检查后的冠状动脉重建影像能够较为清晰地显示各级分支血管的粥样硬化斑块及狭窄情况。本研究结果也显示,CCTA 诊断冠状动脉狭窄部位及狭窄程度的敏感度、特异度、诊断符合率、kappa 值均较高,与 CAG 检查结果基本一致,提示 CCTA 诊断冠状动脉狭窄效能已接近冠状造影水平,诊断效能较强。在 CCTA 检查中,通过造影剂的对比,病变血管和正常血管差异显著,且在采集到图像后,可通过血管分析软件对图像进行曲面重建和容积再现,从而得到冠状动脉血管与周围组织病变的解剖信息^[16]。另一方面,CCTA 时间和空间分辨率较强,图像处理工作站处理后的图像具有一定的保真性,能够看到清晰的微小动脉显影,进而使狭窄动脉血管管腔情况清晰的显示出来,较容易检出冠状动脉病变,对某些血管外病变的显示效果也较好,在检出病灶部位、病变支数及狭窄程度方面与 CAG 几乎无明显差异^[17]。

本研究结果显示,CCTA 对左回旋支的诊断敏感度及 kappa 值均低于其他部位,与徐利军等^[4] 研究结果相似。原因可能为,CCTA 属于一种非选择性造影,当患者出现近端血管阻塞时,造影剂无法直接通过,但可通过侧支循环逆行充盈至阻塞血管远端,进而使冠状动脉血管远端在 CCTA 图像上出现显影,导致出现误诊。除此之外,CCTA 对狭窄部位及狭窄程度的阴性预测值较高,对于 CAD 风险较低患者及不典型胸痛患者,能够可靠的排除 CAD,一定程度上避免了部分阴性患者行有创且费用较高的 CAG 检查,临床应用价值较高^[18]。此外,临床常根据斑块 CT 值的高低将粥样硬化斑块分为钙化斑块及非钙化斑块(软斑块和脂质斑块),以纤维或钙化为主的斑块导致的管腔狭窄易导致慢性心肌缺血,斑块的破裂或侵蚀也与急性心血管事件的发生密切相关^[7]。CCTA 具有良好的时间和空间分辨率,能够有效保障冠状动脉

成像质量,可通过 MPR、MIP 及 CPR 等方法形成三维成像,便于多角度显示冠状动脉及斑块,能够准确判断斑块性质。本研究结果中,CCTA 结果显示所纳入患者粥样硬化斑块以钙化斑块居多,尽管此类钙化斑块性质较为稳定,但也可导致冠状动脉血流受阻,影响心肌供血,进而导致心脏功能下降,CCTA 对钙化斑块性质的检测有利于评估患者疾病预后。但也有研究显示,CCTA 也存在一些受限因素,在一定程度上影响管腔狭窄的准确诊断。如患者心率过快或心率不规则时,CCTA 图像可出现运动伪影^[19],且患者的脂肪厚度也会影响 CCTA 的图像清晰度^[20],而图像 CT 值也会受到相邻管腔内碘造影剂浓度、管电压等因素的影响^[21],临床行 CCTA 时需尽可能规避相关影响因素。

4 结论

冠状动脉 CT 血管成像对冠心病患者冠状动脉狭窄部位、狭窄程度的诊断价值均较高,对冠状动脉狭窄患者斑块性质判断有一定的优势。

【参考文献】

- [1] 刘雪梅,夏伟. 冠状动脉粥样硬化性心脏病患者血清白细胞衍生趋化因子 2 水平及影响因素分析[J]. 成都医学院学报,2021,16(6):721-724.
- [2] CHEN L, QIAN H, LUO Z, *et al.* PHACTR1 gene polymorphism with the risk of coronary artery disease in Chinese Han population[J]. Postgrad Med J, 2019, 95(1120): 67-71.
- [3] GALAL H, RASHID T, ALGHONAIMY W, *et al.* Detection of positively remodeled coronary artery lesions by multislice CT and its impact on cardiovascular future events[J]. Egypt Heart J, 2019, 71(1): 26.
- [4] 徐利军,魏雪,刘娇,等. 冠状动脉 CT 血管成像对冠心病病变程度及部位的诊断价值[J]. 西部医学,2020,32(3):456-459.
- [5] MEAH M N, WILLIAMS M C. Clinical Relevance of Coronary Computed Tomography Angiography Beyond Coronary Artery Stenosis[J]. Rofo, 2021, 193(10): 1162-1170.
- [6] 马虹,廖晓星. 慢性稳定型心绞痛诊疗指南(1999 年)—美国心脏病学院(ACC)/美国心脏学会(AHA)/美国医师学院及美国内科学会 ACP-ASIM 联合议定[J]. 岭南心血管病杂志,2000,6(3):215-216.
- [7] 赵娜,高扬,徐波,等. 基于冠状动脉 CT 血管成像的狭窄率与斑块特征联合分析对提高 CT 诊断心肌缺血效能的价值[J]. 中华放射学杂志,2021,55(1):40-47.
- [8] BERGSTRÖM G, PERSSON M, ADIELS M, *et al.* Prevalence of Subclinical Coronary Artery Atherosclerosis in the General Population[J]. Circulation, 2021, 144(12): 916-929.
- [9] BAUMANN S, ÖZDEMİR G H, TESCHE C, *et al.* Coronary CT angiography derived plaque markers correlated with invasive instantaneous flow reserve for detecting hemodynamically significant coronary stenoses[J]. Eur J Radiol, 2020, 122: 108744.

- 31-35.
- [8] PATEL V I, ROY S K, BUDOFF M J. Coronary Computed Tomography Angiography (CCTA) vs Functional Imaging in the Evaluation of Stable Ischemic Heart Disease[J]. *J Invasive Cardiol*, 2021, 33(5): e349-e354.
- [9] HECHT H S, BLAHA M J, KAZEROONI E A, *et al.* CAC-DRS: Coronary Artery Calcium Data and Reporting System. An expert consensus document of the Society of Cardiovascular Computed Tomography (SCCT)[J]. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2018, 12(3): 185-191.
- [10] CHO I, ELMORE K, Ó HARTAIGH B, *et al.* Heart-rate dependent improvement in image quality and diagnostic accuracy of coronary computed tomographic angiography by novel intracycle motion correction algorithm[J]. *Clin Imaging*, 2015, 39(3): 421-426.
- [11] DOU G, SHAN D, WANG K, *et al.* Integrating Coronary Plaque Information from CCTA by ML Predicts MACE in Patients with Suspected CAD[J]. *J Pers Med*, 2022, 12(4): 596.
- [12] BLAHA M J, WHELTON S P, AL RIFAI M, *et al.* Comparing Risk Scores in the Prediction of Coronary and Cardiovascular Deaths: Coronary Artery Calcium Consortium[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2021, 14(2): 411-421.
- [13] 易妍,王怡宁,徐橙,等. 动态负荷 CT 心肌灌注成像诊断中重度冠心病风险患者心肌缺血的价值[J]. *中华放射学杂志*, 2021, 55(2): 117-122.
- [14] YANG X, LUO W, HAN S, *et al.* Prevalence of high-risk coronary plaques in patients with and without metabolic syndrome and the relationship with prognosis[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2020, 20(1): 73.
- [15] BENETOS G, BUECHEL R R, GONÇALVES M, *et al.* Coronary artery volume index: a novel CCTA-derived predictor for cardiovascular events[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2020, 36(4): 713-722.
- [16] 陈鹏. CTA 在冠状动脉狭窄评估中的应用价值及其与斑块病变的关系[J]. *中国老年学杂志*, 2020, 40(9): 1795-1799.
- [17] 罗贵全,余冬梅,王强. 多层螺旋 CT 与冠脉造影诊断冠心病的对比分析[J]. *西部医学*, 2013, 25(3): 378-379.
- [18] 许雨雪,李芳,罗南,等. 钙化斑块对冠状动脉 CTA 诊断准确性的影响[J]. *中国医学影像学杂志*, 2020, 28(10): 741-745.
- [19] VAN ASSEN M, VARGA-SZEMES A, SCHOEPF U J, *et al.* Automated plaque analysis for the prognostication of major adverse cardiac events[J]. *Eur J Radiol*, 2019, 116: 76-83.
- [20] 徐利军,魏雪,刘娇,等. 冠状动脉 CT 血管成像对冠心病病变程度及部位的诊断价值[J]. *西部医学*, 2020, 32(3): 456-459.
- (收稿日期:2022-06-15;修回日期:2023-02-22;编辑:刘灵敏)

(上接第 1082 页)

- [10] 张艺萍,赵丽君,孙培. 宝石 CT 与 ECHO 评估冠状动脉狭窄的价值分析[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2021, 19(1): 93-94, 103.
- [11] 李晓,陈新晖,李建钢. 飞利浦 256 层 ICT 在冠状动脉狭窄诊断中的应用及其临床价值[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2020, 18(6): 73-75, 92.
- [12] YUN C H, HUNG C L, WEN M S, *et al.* CT Assessment of Myocardial Perfusion and Fractional Flow Reserve in Coronary Artery Disease: A Review of Current Clinical Evidence and Recent Developments [J]. *Korean J Radiol*, 2021, 22(11): 1749-1763.
- [13] 赵良桥,卢佳佳,黄汉钦,等. 心电图联合冠状动脉 CT 血管造影在冠心病诊断及罪犯血管定位中的应用研究[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2019, 17(10): 47-49.
- [14] KUMAR V, WEERAKOON S, DEY A K, *et al.* The evolving role of coronary CT angiography in Acute Coronary Syndromes [J]. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2021, 15(5): 384-393.
- [15] XIE X, WEN D, ZHANG R, *et al.* Pressure-flow curve derived from coronary CT angiography for detection of significant hemodynamic stenosis[J]. *Eur Radiol*, 2020, 30(8): 4347-4355.
- [16] 何兆辉,郑先杰,孔春玲,等. 冠状动脉 CT 血管造影与血清 YKL-40、BNP、HSP60 间的相关性分析[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2021, 19(9): 80-82.
- [17] PATEL V I, ROY S K, BUDOFF M J. Coronary Computed Tomography Angiography (CCTA) vs Functional Imaging in the Evaluation of Stable Ischemic Heart Disease[J]. *J Invasive Cardiol*, 2021, 33(5): E349-E354.
- [18] MARANO R, ROVERE G, SAVINO G, *et al.* CCTA in the diagnosis of coronary artery disease[J]. *Radiol Med*, 2020, 125(11): 1102-1113.
- [19] 杨琴,梁卡丽,代平,等. 低心率和心率冠状动脉血管 CT 造影的最佳图像成像期相探讨[J]. *实用医院临床杂志*, 2020, 17(4): 113-116.
- [20] 孙萍,张怡,王华斌,等. 64 层螺旋 CT 血管造影测定评估 CAD 患者冠状动脉及影响图像质量的因素分析[J]. *中国医学装备*, 2020, 17(10): 54-57.
- [21] 吕蓉,陈晨,胡维娟,等. CT 值与管电流、管电压的关系以及图像噪声与辐射剂量的相关性研究[J]. *实用放射学杂志*, 2020, 36(1): 123-127.
- (收稿日期:2022-08-25;修回日期:2023-03-10;编辑:刘灵敏)