

论 著

CCTA在冠心病诊断及斑块性质评估中的应用*

王 蔚^{1,*} 厉位明³ 刘 彪¹
朱 浩²

- 1.安徽省第二人民医院灵璧医院放射科
(安徽 宿州 234200)
2.安徽省第二人民医院灵璧医院心内二科
(安徽 宿州 234200)
3.金华市中医医院放射科 (浙江 金华 321017)

【摘要】目的 评估冠状动脉CTA(CCTA)在冠心病诊断及冠脉粥样硬化斑块性质评估中的应用价值。方法 回顾性分析2022年9月至2024年1月本院收治的83例疑似冠心病患者的临床资料。所有患者均行冠状动脉血管造影(CAG)、血管内超声(IVUS)和CCTA检查。以CAG、IVUS诊断结果为“金标准”进行对比,分析CCTA在冠心病诊断及斑块性质评估中的应用价值。结果 83例受检者经CAG检查共552个冠状动脉节段,诊断狭窄节段共305个,其中轻度狭窄82个(26.89%),中度狭窄146个(47.87%),重度狭窄77个(25.25%);经IVUS检出斑块241个,非钙化斑块80个(33.20%),钙化斑块109例(45.23%),混合斑块52个(21.58%)。与CAG相比,CCTA诊断冠状动脉狭窄的灵敏度为91.80%,特异度为97.17%,准确率为94.20%,与CAG诊断结果几乎完全一致(Kappa值=0.884),其诊断冠脉轻、中、重度狭窄的符合率分别为90.30%、89.25%和85.11%。与IVUS相比,CCTA诊断冠脉粥样硬化斑块的灵敏度为94.19%,特异度为84.76%,准确率为90.37%,与IVUS诊断结果高度一致(Kappa值=0.798),其诊断非钙化斑块、钙化斑块和混合斑块的符合率分别为76.25%、91.74%和90.38%。在冠脉粥样硬化斑块性质诊断上,CCTA诊断钙化斑块的ROC曲线下面积(AUC)最高,为0.942,其次为混合斑块和非钙化斑块,其对应的AUC分别为0.939、0.830,诊断鉴别价值均较高(P均<0.01)。结论 CCTA对冠心病诊断及冠脉粥样硬化斑块性质的鉴别价值均较高,可获得与金标准较高的一致性。

【关键词】冠心病;冠状动脉血管成像;
冠状动脉造影;斑块性质;狭窄程度
【中图分类号】R541.4
【文献标识码】A
【基金项目】金华市科学技术研究计划
项目(2018-4-030)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.07.025

Application of CCTA in the Diagnosis of Coronary Heart Disease and Assessment of Plaque Properties*

WANG Wei^{1,*}, LI Wei-ming³, LIU Biao¹, ZHU Hao².
1.Department of Radiology, Anhui NO.2 Provincial Hospital Lingbi Hospital, Suzhou 234200, Anhui Province, China
2.Department of Cardiology, Anhui NO.2 Provincial Hospital Lingbi Hospital, Suzhou 234200, Anhui Province, China
3.Department of Radiology, Jinhua Hospital of TCM, Jinhua 321017, Zhejiang Province, China

ABSTRACT

Objective To evaluate the application value of coronary computed tomography angiography (CCTA) in the diagnosis of coronary heart disease and assessment of coronary atherosclerotic plaque properties. **Methods** The clinical data of 83 patients who were suspected of coronary heart disease and admitted to the hospital from September 2022 to January 2024 were analyzed retrospectively. All patients underwent coronary angiography (CAG), intravascular ultrasound (IVUS), and CCTA. With CAG and IVUS results as the gold standard, the application value of CCTA in the diagnosis of coronary heart disease and assessment of plaque properties was analyzed. **Results** A total of 552 coronary segments in the 83 patients were examined by CAG, and 305 segments were diagnosed with stenosis, including 82 mild stenoses (26.89%), 146 moderate stenoses (47.87%) and 77 severe stenoses (25.25%). 241 plaques were detected by IVUS, including 80 non-calcified plaques (33.20%), 109 calcified plaques (45.23%), and 52 mixed plaques (21.58%). Compared with CAG, the sensitivity, specificity and accuracy of CCTA for diagnosing coronary artery stenosis were 91.80%, 97.17% and 94.20%, showing high consistency with the diagnostic results of CAG (Kappa value=0.884). Its diagnostic coincidence rates for mild, moderate, and severe coronary artery stenosis were 90.30%, 89.25%, and 85.11%, respectively. Compared with IVUS, the sensitivity, specificity and accuracy of CCTA for diagnosing coronary atherosclerotic plaque were 94.19%, 84.76% and 90.37%, showing high consistency with the diagnosis results of IVUS (Kappa value=0.798). Its diagnostic coincidence rates for non-calcified plaque, calcified plaque, and mixed plaque were 76.25%, 91.74%, and 90.38%, respectively. In the diagnosis of coronary atherosclerotic plaque property, the area under the ROC curve (AUC) of CCTA for diagnosing calcified plaque was the highest (0.942), followed by mixed plaque (0.939) and non-calcified plaque (0.830), showing high diagnostic value (P<0.01). **Conclusion** CCTA is of high value in the diagnosis of coronary heart disease and the differentiation of coronary atherosclerotic plaque property, with high consistency with the gold standard. **Keywords:** Coronary Heart Disease; Coronary Computed Tomography Angiography; Coronary Angiography; Plaque Property; Stenosis Degree

冠心病是常见的心血管疾病之一,其发病率、致残率、死亡率正呈现逐年上升趋势,严重威胁人类生命健康^[1]。冠状动脉的狭窄程度可以作为冠心病风险分层的有效因素,但不良心血管事件的发生则与斑块的破裂关系更为紧密^[2]。因此,尽早对患者冠状动脉狭窄程度诊断和易损斑块的识别,并给予对应治疗对冠心病患者预后具有重要意义。冠状动脉血管造影(CAG)和血管内超声(IVUS)是目前公认的诊断冠状动脉狭窄和鉴别斑块性质的“金标准”,但二者属于侵入性操作,会不可避免的损伤血管,且费用相对较高,临床推广及普及难度较大^[3-4]。冠状动脉CTA(CCTA)是一种无创成像技术,不仅能够观察到冠状动脉的狭窄情况,还可以对冠状动脉斑块进行定性、定量分析^[5]。近年来,CCTA技术日臻成熟,其在临床上的应用也愈发广泛。但关于CCTA在冠心病诊断和斑块性质鉴别评估中的应用研究仍十分有限。鉴于此,本研究分析CCTA在冠心病诊断和斑块性质评估中的应用价值,为其临床诊疗提供参考。

1 资料与方法

1.1 基础资料 回顾性分析2022年9月至2024年1月本院收治的83例疑似冠心病患者的临床资料。其中男性51例,女性32例;51~75岁,平均(62.19±4.74)岁;高血脂49例,高血压47例;临床表现:胸痛50例,心悸49例,胸闷65例。

纳入标准:所有患者入院前均存在冠心病典型症状、体征,临床诊断为高度疑似冠心病;年满18周岁,性别不限;均于本院行CCTA、IVUS和CGA检查;基础及影像资料完整。排除标准:有支架植入、心脏起搏器植入史者;凝血功能障碍者;肝、肾、肺严重障碍者;先天性心脏病患者;对造影剂过敏者;难以纠正的出血、感染患者;研究所需资料缺失者。

1.2 方法 CAG检查:采用美国GE Optima CL323i血管造影机(DSA)进行检查。患者取平卧位,常规消毒后局部2%利多卡因麻醉,经桡动脉或股动脉穿刺,将多功能导管置入冠状动脉开口,使用碘海醇对比剂350mgI/mL,左、右冠状动脉分别以常规六体位和三

【第一作者】王 蔚,男,主治医师,主要研究方向:CCTA在冠心病诊断及斑块性质评估中的应用。E-mail: 19155781212@163.com
【通讯作者】王 蔚

体位进行观察，重点观察左主干、前降支、回旋支、右冠状动脉4条冠状动脉主要分支。以冠状动脉管腔内径狭窄程度≥50%判定为阳性^[6]。

IVUS检查：冠脉造影结束后，采用美国火山 Eagle Eye血管内超声成像系统(美国Volcano火山公司)对所有患者行IVUS检查，选用配套的IVUS导管(外径2.9 F，频率30MHz)。将导丝送至CAG确定的靶血管，在X线透视下将IVUS探头沿导丝置入远端10 mm处，以1.0 mm/s的速度自动回撤探头，直至引导管内，连接超声图像分析仪，获得实时超声图像并存储，将目标血管段划分为若干个小段血管进行评价。

CCTA检查：采用GE128排CT扫描仪(美国GE公司)，患者心率控制在80次/min以下。患者取仰卧位，以气管分叉下方至心尖下方5mm为扫描范围，经肘前静脉利用双筒高压注射器，20mL生理盐水以5mL/s流速检查注射通道是否通畅。然后以5mL/s流速推注50mL碘普罗胺和生理盐水。采用前瞻性心电门控技术，选取主动脉兴趣区，阈值自动触发扫描。扫描参数：电压为120kV，电流为300mA；视野范围：螺距为1.0，层厚为0.75mm，间距为0.5mm，矩阵为512×512。扫描结束后，将图像数据传输至工作站，进行多平面重组、曲面重组、最大密度投影、容积重组等处理，观察冠状动脉的狭窄情况和斑块的影像学特征。

所有结果由2名资深影像科医师进行独立阅片，意见不一致时以讨论达成一致。

1.3 评价标准

1.3.1 冠状动脉狭窄程度分级：根据冠心病报告与数据系统(coronary artery diseasereporting and data system, CADRADS)分级标准^[7]评估冠状动脉的狭窄严重程度：0%为无狭窄，1%~24%为轻度，25%~49%为轻度，50%~69%为中度，70%~99%为重度，100%为闭塞。

1.3.2 冠状动脉斑块性质判定标准^[8]：根据图像显示的冠状动脉粥样硬化斑块的CT值判断斑块性质。软斑块：CT值-12~40 HU；纤维斑块：CT值在40~350 HU；钙化斑块：CT值>350 HU；混合斑块：包括钙化成分和非钙化成分。软斑块和纤维斑块合称非钙化斑块。

1.4 观察指标 以CAG结果为判断冠状动脉狭窄程度的“金标准”，计算CCTA诊断冠心病的敏感性、特异性、准确率、阳性预测值、阴性预测值及Kappa值，评价CCTA对冠心病的诊断效能。

以IVUS结果为判定冠状动脉斑块性质的金标准，分析CCTA与IVUS诊断斑块性质的一致性，并制作受试者工作特征(ROC)曲线，计算曲线下面积(AUC)，评价CCTA对不同性质斑块的鉴别价值。

1.5 统计学方法 使用SPSS 24.0统计软件分析研究结果，计数资料以n(%)表示，采用 χ^2 检验；应用Kappa检验分别比较CCTA诊断结果与CAG诊断结果的一致性，0.81≤Kappa值≤1.00为完全一致；0.61≤Kappa值≤0.80为高度一致；0.41≤Kappa值≤0.60为中等一致；0.21≤Kappa值≤0.40为一般一致；0.00≤Kappa值≤0.20为轻度一致；P<0.05为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 CAG和CCTA对冠状动脉狭窄程度评估结果的比较 83例患者可评价冠状动脉节段共552个，CAG诊断狭窄节段共305个。与CAG相比，CCTA对冠状动脉狭窄的灵敏度为91.80%，特异度为97.17%，准确率为94.20%。Kappa检验显示，CAG诊断结果与CCTA诊断结果几乎完全一致，Kappa值为0.884，见表1。

2.2 CAG和CCTA对冠状动脉狭窄程度评估结果的比较 CAG诊断的305个冠状动脉狭窄病变中，轻度狭窄82个节段(26.89%)，中度狭窄146个节段(47.87%)，重度狭窄77个节段(25.25%)，闭塞0段。以CAG为“金标准”，CCTA对冠状动脉轻、中、重度狭窄的诊断符合率分别为90.30%、89.25%和85.11%。见表2。

2.3 CCTA和IVUS对冠状动脉斑块性质评估结果的比较 在评估的405个血管节段中，IVUS扫描出面积>1mm²斑块共241个。与IVUS相比，CCTA诊断冠脉粥样硬化斑块的灵敏度为94.19%，特异度为84.76%，准确率为90.37%。Kappa检验显示，CAG诊断结果与IVUS诊断结果具有高度一致性，Kappa值为0.798，见表3。

2.4 IVUS和CCTA对斑块性质的诊断结果比较 IVUS诊断的241个冠状动脉斑块中，非钙化斑块80个(33.20%)，钙化斑块109例(45.23%)，混合斑块52个(21.58%)。以IVUS为金标准，CCTA对非钙化斑块、钙化斑块和混合斑块的诊断符合率分别为76.25%、91.74%和90.38%。见表4。

2.5 CCTA对不同性质斑块的诊断价值 CCTA诊断非钙化斑块、钙化斑块及混合斑块的AUC均>0.8，其中钙化斑块最高，并且获得了较高的灵敏度和特异度。见表5。

2.6 典型病例(见图1)

表1 CAG与CCTA对冠状动脉狭窄的检出结果(例, %)

CCTA	CAG		合计
	阳性	阴性	
阳性	280	7	287
阴性	25	240	265
合计	305	247	552

表3 CAG和IVUS对冠状动脉斑块性质评估结果的比较(例, %)

CCTA	CAG		合计
	阳性	阴性	
阳性	227	25	252
阴性	14	139	153
合计	241	164	405

表5 CCTA对不同性质斑块的诊断效能

项目	AUC	灵敏度(%)	特异度(%)	Cut-off	95%CI	P值	约登指数
非钙化斑块	0.830	76.25	89.85%	>0	0.790~0.866	<0.001	0.661
钙化斑块	0.942	91.74	96.65	>0	0.914~0.963	<0.001	0.884
混合斑块	0.939	90.38	97.45	>0	0.911~0.960	<0.001	0.878

表2 CAG和CCTA对冠状动脉狭窄程度评估结果的比较(例, %)

CCTA	CAG				合计
	无狭窄	轻度狭窄	中度狭窄	重度狭窄	
无狭窄	240(97.17)	12(7.27)	4(4.30)	1(2.13)	257
轻度狭窄	5(2.02)	149(90.30)	3(3.23)	2(4.26)	159
中度狭窄	2(0.81)	4(2.42)	83(89.25)	4(8.51)	93
重度狭窄	0(0.00)	0(0.00)	3(3.23)	40(85.11)	43
合计	247	165	93	47	552

表4 IVUS和CCTA对冠状动脉斑块性质评估结果的比较(例, %)

CCTA	IVUS				合计
	正常	非钙化斑块	钙化斑块	混合斑块	
正常	126(76.83)	15(18.75)	1(0.917)	3(5.77)	145
非钙化斑块	29(17.68)	61(76.25)	3(2.75)	1(1.92)	94
钙化斑块	6(3.66)	3(3.75)	100(91.74)	1(1.92)	110
混合斑块	3(1.83)	1(1.25)	5(4.59)	47(90.38)	56
合计	164	80	109	52	405

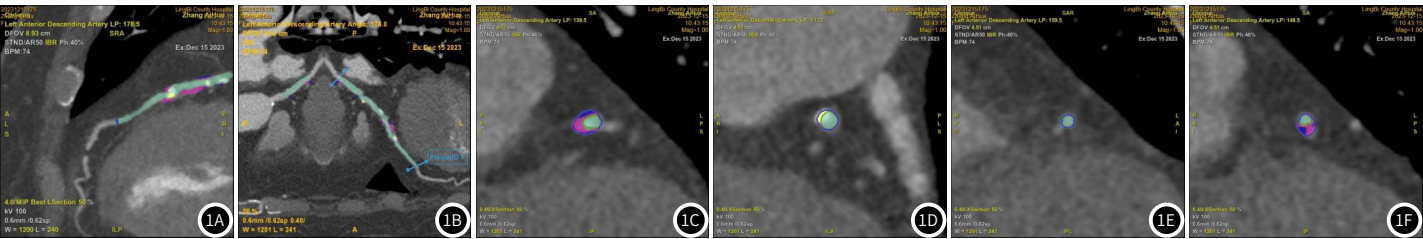


图1A-1F 一例71岁女性冠心病患者CCTA影像图；1A-1B：多层螺旋CT冠脉CTA左前降支钙化及非钙化斑块。1C-1F：斑块节段血管截面：绿色代表正常管腔，黄色代表钙化斑块，红色代表纤维斑块，蓝色代表脂质斑块，同一层面含两种以上为混合斑块。

3 讨 论

冠心病为临床常见病、多发病，尤其以中老年人群多发。据2022年中国心血管健康与疾病报告显示，我国现患心血管疾病(CVD)人数约3.3亿，其中冠心病患者约有1139万例^[9]。近年来，居民不健康生活方式的流行以及人口老龄化加速，有冠心病危险因素的人群不断增加，全球范围内冠心病患病率、死亡率随之不断增长，在此背景下，本病逐渐成为涉及医疗、公共健康和社会发展的重大问题，其防治也引起了医学界的广泛关注。冠心病的病因机制复杂，糖尿病、高血压、高血脂等公认的冠心病危险因素可引起脂质代谢障碍，导致脂质、胆固醇以及其他物质在血管壁沉积，形成脂质斑块，进而引起纤维组织增生和钙质沉着，使血管壁变硬、增厚，血管腔变窄，最终引发心肌缺血甚至坏死^[10]。由此可见，冠脉粥样硬化斑块是否稳定是本病发生最主要的病理生理基础，准确鉴别冠脉粥样硬化性质对冠心病患者风险评估和预后判断有积极意义。

作为冠心病诊断的金标准，CAG能准确评估冠脉血管的走行、数量并直观显示病变冠脉的管腔狭窄程度，其诊断价值是毋庸置疑的。时至今日，在大量临床研究中，仍有相当一部分学者将CAG诊断结果作为阳性对照，用以评价其他检查方法的诊断准确率。IVUS检查被认为是冠脉粥样硬化斑块定性分析的金标准，该方法不受投照体位影响，不仅能实时显示冠脉的横断面图像，通过回声强度识别斑块类型，还能测量血管直径、横街面积，并计算狭窄程度，在冠脉病变的诊断及治疗方面具有较高的应用价值^[11]。但无论CAG还是IVUS，二者均为有创性操作，应用风险较高，且价格相对昂贵，并非适用于所有患者。因此，探寻简单、快捷且价格低廉的非侵入性检查方法用于冠心病及冠脉粥样硬化斑块的早期检测仍是临床工作者急需解决的难题。近年来，随着CT诊疗技术的进步以及设备的更新，CCTA技术日臻成熟，CCTA以其无创、安全、准确、经济等特点成为冠脉病变的首选筛查和复发的影像学检查方法^[12-13]。本研究中，CCTA诊断冠状动脉狭窄的灵敏度为91.80%，特异度为97.17%，准确率为94.20%，与既往章辉庆等^[14]报道的94.67%、97.45%和96.86%相当，均认为CCTA对冠心病具有较好的诊断价值。以CAG诊断为“金标准”，分析CCTA诊断冠脉狭窄的一致性，结果显示，CCTA诊断结果与CAG诊断结果几乎完全一致，其诊断不同程度狭窄冠状动脉的符合率均在85%以上，说明CCTA诊断冠心病患者冠脉狭窄的效能与CAG接近，诊断效能较高，对于疑似冠心病患者而言，CCTA可替代CAG检查，减少不必要的有创检查，降低安全隐患。同时，CCTA检查扫描速度快，图像质量高，可较为准确地评估冠脉狭窄程度^[15]。

值得注意的是，CCTA时间和空间分辨率均较高，不仅能直观显示血管狭窄，还能判断引起管腔狭窄的原因，对斑块位置、性质及稳定性进行准确评估^[16]。本次研究中，CCTA诊断冠脉粥样硬化斑块的灵敏度为94.19%，特异度为84.76%，准确率为90.37%，且Kappa检验显示，CAG诊断结果与IVUS诊断结果具有高度一致性，其诊断不同性质斑块的符合率均为75%以上，提示CCTA对冠脉粥样硬化斑块性质具有较高的鉴别诊断价值。此前王嵩^[17]采用飞利浦iCT 128排256层CT扫描仪检测急性冠脉综合征(ACS)的患者斑块性质，得到了与本研究结论相似的结果。另外，本研究显示，在冠脉粥样硬化斑块性质诊断上，CCTA诊断非钙化斑块、钙化斑块及混合斑块的AUC均>0.8，其中钙化斑块最高，

并且获得了较高的灵敏度和特异度，进一步证实了CCTA用于评估冠脉粥样硬化斑块性质的可行性。这主要归功于，CCTA的图像质量好，时间和空间分辨率均较高，通过多平面重组、曲面重组、最大密度投影、容积重组等软件处理的应用，能直观显示斑块形态及稳定性，此为CCTA的优势^[18]。但CCTA会因为容积效应、线束硬化伪影等影响管腔观察，高估狭窄程度，另外，CCTA检查过程中可能存在斑块与血管壁的CT值重叠情况，导致漏诊、误诊。

综上所述，CCTA对冠心病诊断及冠脉粥样硬化斑块性质的鉴别价值均较高，且操作简便、无创、经济，可供临床推广，为冠心病的诊疗提供可靠依据。但本研究为单中心回顾性研究，患者数量有限，对于冠脉粥样硬化斑块的分析有待今后多样本、多中心研究进一步验证。

参考文献

[1] 李佳, 孙会琼, 管慧, 等. 2011-2020年黔南州居民急性冠心病事件发病和死亡流行病学特征分析[J]. 现代预防医学, 2021, 48 (24): 4417-4420.

[2] 徐慧, 刘芳. 早发冠状动脉粥样硬化性心脏病相关危险因素的研究进展[J]. 上海交通大学学报(医学版), 2020, 40 (8): 1148-1151.

[3] 张洪燕, 韩萍. 12导联动动态心电图与平板运动试验诊断冠心病的价值分析[J]. 罕少疾病杂志, 2019, 26 (2): 49-51.

[4] 徐学东, 史广龙, 柴娜, 等. Force CT一站式扫描对冠心病的诊断及冠脉粥样硬化斑块性质的鉴别价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21 (5): 55-57.

[5] 黎子锋, 曾红辉, 张浩, 等. 冠脉CTA与CAG的临床应用对比研究[J]. 罕少疾病杂志, 2021, 28 (2): 41-43.

[6] Virani SS, Newby LK, Arnold SV, et al. 2023 AHA/ACC/ACCP/ASPC/NLA/PCNA guideline for the management of patients with chronic coronary disease: a report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on clinical practice guidelines[J]. Circulation, 2023, 148 (9): 9-119.

[7] Cury RC, Abbata S, Achenbach S, et al. CAD-RADS (TM) coronary artery disease - reporting and data System. An expert consensus document of the Society of Cardiovascular Computed Tomography (SCCT), the American College of Radiology (ACR) and the North American Society for Cardiovascular Imaging (NASCI). Endorsed by the American College of Cardiology[J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2016, 10 (4): 269-81.

[8] 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.

[9] 中国心血管健康与疾病报告编写组. 中国心血管健康与疾病报告2022概要[J]. 中国循环杂志, 2023, 38 (6): 583-612.

[10] 乐翠云, 万昌武, 彭进, 等. 人冠状动脉粥样硬化斑内YKL-40、CXCL2、IFN- γ 的表达及其与冠心病猝死的关系[J]. 临床与实验病理学杂志, 2023, 39 (9): 1055-1060.

[11] 席建芬, 郭莉, 贾晓静. IVUS对冠脉粥样硬化斑块及滋养血管的判断[J]. 影像科学与光化学, 2021, 39 (6): 883-887.

[12] 侯志辉, 安云强, 高扬, 等. 不同胸痛类型冠状动脉粥样硬化性心脏病: 基于冠状动脉CTA的对比分析[J]. 放射学实践, 2020, 35 (8): 1015-1019.

[13] 张俊彪, 郭军霞, 刘辉. 冠状动脉CT血管成像CCTA斑块定量分析评估老年冠心病患者高危斑块进展的价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22 (4): 69-71.

[14] 章辉庆, 刘海燕, 江荣炎, 等. 100 kV管电压双源CT冠状动脉血管成像诊断冠心病的临床价值[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2020, 18 (16): 2653-2655.

[15] 杨洁, 叶刚, 王高生. CCTA与ICA评估冠心病患者冠状动脉斑块特征及其与心肌缺血损伤的相关性[J]. 西部医学, 2023, 35 (7): 1083-1088.

[16] 李占鲁, 黄嵩, 张文斌, 等. 冠状动脉CT血管造影提示临界病变有易损斑块患者预后分析[J]. 浙江大学学报(医学版), 2020, 49 (1): 76-81.

[17] 王嵩. 冠状动脉CT血管成像对急性冠脉综合征患者斑块性质的诊断价值[J]. 实用临床医药杂志, 2019, 23 (17): 42-44.

[18] Nagayama Y, Emoto T, Kato Y, et al. Improving image quality with super-resolution deep-learning-based reconstruction in coronary CT angiography[J]. Eur Radiol, 2023, 33 (12): 8488-8500.