

论 著

冠状动脉CT血管造影
探索中间支的解剖特征
及其对冠状动脉管腔内
衰减梯度的影响研究*徐延峰* 罗欣欣 吕洪伟
张 力 于淑靖

沧州市中心医院CT诊断科 (河北 沧州 061000)

【摘要】目的 通过冠脉CTA探索中间支(RI)的解剖特征, 研究其对于冠脉管腔内衰减梯度(TAG)的影响。**方法** 筛选行冠脉CTA检查且结果正常的成人病例, 随机入组有RI组及无RI组各110例, 测量RI、LAD、LCX、RCA的近端直径及截面积, TAG, 测量角LAD-LCX、角LAD-RI、角LCX-RI; 探索冠脉各支解剖学特征, 比较组间差异研究RI对于冠脉TAG的影响。**结果** 有RI者的角LAD-LCX($111.57^{\circ} \pm 34.14$)较无RI者($82.10^{\circ} \pm 25.46$)更宽。角LAD-RI($38.06^{\circ} \pm 6.75$)较角LCX-RI($72.19^{\circ} \pm 27.25$)更小。有RI者LM直径(4.07 ± 0.07)较无RI者(3.88 ± 0.06)增大。与无RI者比较, 有RI者LAD直径、LCX直径、RCA直径、LM截面积、LAD截面积、LCX截面积、RCA截面积、TAG(lad)、TAG(lcx)、TAG(rca)均无统计学差异。**结论** RI的存在影响角LAD-LCX及LM直径, 而对冠脉TAG的血流动力学无明显影响。

【关键词】 中间支; 管腔内衰减梯度;
冠状动脉; X线计算机断层造影

【中图分类号】 R445.4

【文献标识码】 A

【基金项目】 河北省医学科学研究课题
计划资助(20241433)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.11.027

Anatomic Characteristics of the Ramus Intermedius and Its Impact on Transluminal Attenuation Gradient: a Comprehensive CCTA-based Analysis*

XU Yan-feng*, LUO Xin-xin, LV Hong-wei, ZHANG Li, YU Shu-jing.

Department of CT Diagnosis, Cangzhou Central Hospital, Cangzhou 061000, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the anatomical characteristics of the ramus intermedius (RI) through coronary computed tomography angiography (CCTA), and to study its influence on the transluminal attenuation gradient (TAG) of the coronary artery. **Methods** Adult cases who underwent CCTA examination and had normal results from December 2023 to November 2024 were screened. A total of 110 cases with RI (RI group) and 110 cases without RI (control group) were randomly enrolled. The proximal diameters, proximal cross-sectional areas, and TAG of the RI, left anterior descending (LAD), left circumflex (LCX), and right coronary artery (RCA) were measured. The angle between the LAD and LCX, the angle between the LAD and RI, and the angle between the LCX and RI in cases with RI were measured. The anatomical characteristics of each branch of the coronary artery were explored, and the differences between the groups were compared to study the influence of the presence of RI on the TAG of the coronary artery. **Results** The angle LAD-LCX ($111.57^{\circ} \pm 34.14$) in patients with RI is wider than that ($82.10^{\circ} \pm 25.46$) in patients without RI. In patients with RI, the angle LAD-RI ($38.06^{\circ} \pm 6.75$) is smaller than the angle LCX-RI ($72.19^{\circ} \pm 27.25$). The diameter of the Left Main (LM) (4.07 ± 0.07) in patients with RI is larger than that (3.88 ± 0.06) in patients without RI. There were no statistically significant differences in the diameters of the LAD, LCX, and RCA, the cross-sectional areas of the LM, LAD, LCX, and RCA, and TAG (lad), TAG (lcx), and TAG (rca) between those with RI and those without RI. **Conclusion** The presence of RI affects the angle between the LAD and LCX, which are branches of the LM, and the diameter of the LM, but has no significant impact on the hemodynamics of the TAG of the coronary artery.

Keywords: Ramus Intermedius; Transluminal Attenuation Gradient; Coronary Artery; X-ray Computed Tomography

冠状动脉中间支(Ramus Intermedius, RI)起源于左前降支(LAD)和左回旋支(LCX)之间, 出现在20-30%的人群中^[1-2], 是左冠状动脉发育变异的一个分支, 它可能在冠状动脉血流动力学和斑块分布中发挥作用^[3], 但具体机制尚未明确。随着冠状动脉CT血管造影(coronary computed tomography angiography, CCTA)的广泛应用及人工智能(Artificial Intelligence, AI)辅助诊断软件的进展, 可以更加准确的对冠状动脉分支解剖学特征和管腔内衰减梯度(transluminal attenuation gradient, TAG)进行精确量化。TAG可用于反映冠状动脉血流动力学改变^[4-5]。本研究探索了RI解剖与邻近冠状动脉之间的关系, 采用TAG评估RI对于冠脉主支存在的血流动力学影响, 为冠状动脉斑块成因研究提供依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取我院2023年12月至2024年11月因疑似冠心病行CCTA检查且结果正常的成人病例220例, 其中男88例, 女132例; 年龄23~79(51.1 ± 11.8)岁。

纳入标准: 成年人; CCTA影像资料完整; CCTA检查结果未见斑块及狭窄。排除标准: 心功能不全、心律不齐、器质性心脏病; 冠状动脉起源异常、冠状动静脉瘘; 心肌桥; CCTA图像质量差。本研究已通过我院医学伦理委员会审批(2023-329-01)。

1.2 研究方法

1.2.1 CCTA检查 使用第三代双源CT(西门子Force)进行扫描, 管电压80kV, 自动管电流调节技术, 机架转速0.25s/360°(CT设备管电流自动调节技术, 可根据患者体型自动调节扫描过程中的管电流; 机架转速每圈0.25s), 层厚0.75mm, 间隔0.5mm, 扫描野500mm, 开放双源探测器96排×2。扫描范围由气管隆突下缘至心脏膈面。前瞻性心电门控扫描方法, 扫描R-R间期40%~80%。检查前禁食≥4h, 去除扫描部位金属异物。为避免呼吸伪影, 检查前常规对患者进行呼吸屏气训练, 保证扫描时患者处于屏气状态≥12s。无需控制心率行CCTA扫描。CCTA采用造影剂跟踪技术, 在气管隆突水平胸主动脉选择感兴趣区进行CT值监测, 当阈值达到100 HU时, 延时6s自动触发。重建算法BV 40。造影剂注射方案: 右上肢肘静脉穿刺置入20G抗高压留置针并连接高压注射针筒, 双筒高压注射器“团注法”, 首先注射碘佛醇(350mg(I)/mL, 江苏恒瑞)60mL, 然后注射0.9%氯化钠20mL, 注射速度5mL/s。

1.2.2 图像获取和指标测量 由2名具有2年以上应用数坤AI影像辅助诊断系统使用经验的医师应用数坤公司“数字心”软件进行舒张期图像CCTA影像后处理及左主干(left main, LM)中段、前降支(left anterior descending, LAD)、回旋支(left circumflex, LCX)、右

【第一作者】 徐延峰, 男, 主任医师, 主要研究方向: CT血管放射诊断。E-mail: czctxyf@163.com

【通讯作者】 徐延峰

冠状动脉(right coronary artery, RCA)、RI的近端(分叉以远5mm处)直径及截面积的测量。TAG采用斑块去除算法,从根部到远端段(LAD、LCX、RCA)沿血管中心线的对比衰减(HU)的线性回归斜率(图1)。应用GE ADW4.6工作站进行左主干分叉区图像斜位重建,采用层厚为5mm最大密度投影(MIP)的方式,调整图像至LAD和LCX近段血管均显示最大斜冠位截面积并采用相同窗位

窗宽(WL40, WW400)、相同显示视野(100mm)保存,然后应用PACS工作站角度测量工具进行LAD、RI、LCX间角度测量。LAD与LCX分叉夹角为所保存图像上LAD与LCX管腔中轴线的交角(图2)。当LAD或LCX近段走行迂曲时,选取LMA分叉以远10mm的管腔作为中轴线。

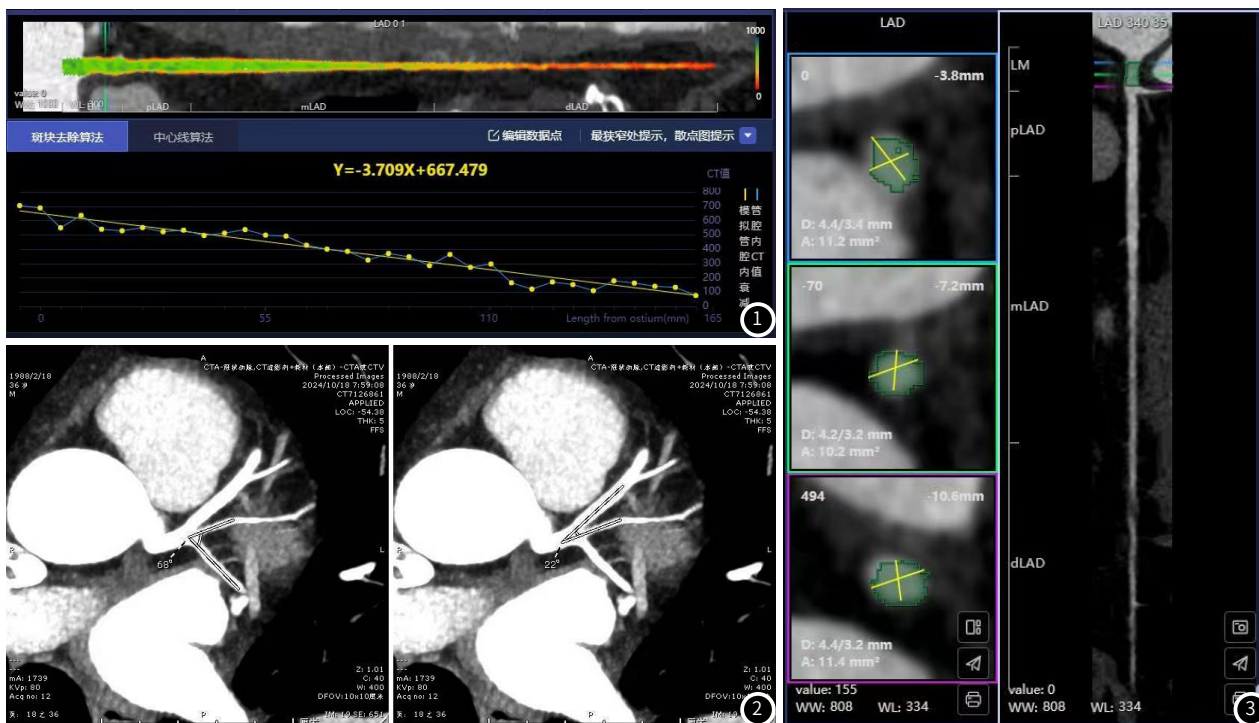


图1 TAG数据AI自动测量: 斑块去除算法, TAG(lad)=-37.09 HU/10mm。

图2 图2A: LCX和RI夹角测量: 68°; 图2B: LAD和RI夹角测量, 22°。

图3 LM直径及截面积AI自动测量。选取LM中段, AI软件自动分析管腔最大直径、最小直径及截面积(绿色框), 直径D: 4.2/3.2mm, 平均直径为3.7mm, 面积A: 10.2mm²。

1.3 统计学分析 所有数据使用SPSS 26.0进行统计分析, 应用夏皮洛-威尔克检验(Shapiro-Wilk test)进行正态性分布检验。计量资料符合正态分布表示为均数±标准差(Mean±SD), 偏态分布用中位数和四分位间距M(IQR)表示。符合正态分布的数据采用独立样本T检验进行组间差异性检验; 不符合正态分布的数据采用威尔科克森秩和检验(Wilcoxon rank-sum test)进行组间差异性检验。当P<0.05表示差异具有统计学意义, 检验水准=0.05双侧。

38.06°±6.75, 角LCX-RI为72.19°±27.25, 两者比较差异有统计学意义(P<0.05)。见表1。

2.2 两组血管直径及截面积比较 与无RI组比较, 有RI组的LAD直径、LCX直径、RCA直径、LM截面积、LAD截面积、LCX截面积、RCA截面积均无明显统计学差异(P>0.05)。见表2。

2 结果

2.1 两组LM起始部CT值及分叉区的角度比较 有RI组的LM起始部CT值与无RI组比较无统计学差异(P>0.05)。与无RI组比较, 有RI组的角LAD-LCX更宽(P<0.05)。有RI组的角LAD-RI为

表1 两组LM起始部CT值及分叉区的角度比较

参数/组别	有RI	无RI	t	P
LM起始部CT值	466.28±111.47	451.80±109.16	0.971	0.332
角LAD-LCX	111.57°±34.14	82.10°±25.46	7.258	<0.001

表2 两组血管直径及截面积比较

组别/参数	LAD		LCX		LM		RCA	
	直径(mm)	截面积(mm ²)	直径(mm)	截面积(mm ²)	直径(mm)	截面积(mm ²)	直径(mm)	截面积(mm ²)
有RI	3.33±0.60	9.83±0.32	2.70±0.65	6.70(4.1)	4.07±0.77	13.80(6.60)	3.40(0.80)	9.65(4.70)
无RI	3.31±0.53	9.60(5.30)	2.80±0.48	6.90(3.3)	3.88±0.64	13.05(5.80)	3.15(0.70)	8.40(4.20)
t/Z	0.272	-0.089	-1.195	-1.533	2.028	-1.673	-1.577	-1.675
P	0.786	0.929	0.233	0.125	0.044	0.094	0.115	0.094

2.3 两组TAG血流动力学指标比较 与无RI组比较,有RI组的TAG(lad)、TAG(lcx)和TAG(rca)均无统计学意义($P>0.05$)。说明RI的存在对于冠脉三主支的TAG无显著影响,不会改变通过TAG分析的血流动力学结果。见表3。

表3 两组TAG血流动力学指标比较

组别/参数	TAG(lad)	TAG(lcx)	TAG(rca)
有RI	-23.9950(13.90)	-39.4650(28.17)	-15.86500(10.695)
无RI	-24.9100(14.20)	-37.9450(24.29)	-15.78500(9.692)
Z	-0.640	-0.716	-0.606
P	0.522	0.474	0.545

3 讨论

RI通常起源于左冠状动脉主干(LMCA)的分叉处,独立于LAD和LCX,直接供应左心室前侧壁或高侧壁,为左心室提供额外的血液供应,尤其在LAD或LCX供血不足时可能起到代偿作用^[6-7]。中间支的存在体现了冠状动脉解剖的多样性,它可能替代部分本应由LAD或LCX分支(如对角支或钝缘支)承担的供血任务,在心脏手术或介入治疗(如支架置入)时,识别中间支可避免遗漏重要血管的病变^[8-10]。本研究发现有RI者的LAD-LCX角度较无RI者的更大,这与既往研究相一致^[11-13],说明RI的存在确实影响了冠状动脉发育过程中LAD与LCX的走向,对于冠状动脉斑块的形成具有一定意义。部分研究表明,这创造了一个有利于动脉粥样硬化启动的血流动力学环境,分叉的宽几何形状降低了轴向流速,促进了颗粒滞留时间和内皮炎症——这一机制得到了剪切应力模型的支持^[14-16]。

在本研究中,对于LM直径与截面积的统计学比较,有无RI组出现了不同的统计学结果,应用管腔直径进行评价,两组间存在统计学差异,有RI组更大;而应用截面积进行评价,两组间无统计学差异,分析其原因为,AI软件进行计算测量时,所测量直径为管腔的平均直径,而截面积为通过计算的管径准确面积,LM部分管腔截面非标准几何圆形,而趋近椭圆形(如图3),根据几何学知识可知:在“平均直径”定义为长轴与短轴算术平均的前提下,圆形面积恒大于椭圆形面积。从而造成了采用直径与截面积两种数据进行LM的评价时结果存在差异,而应用截面积似乎更加准确。而对于LAD、LCX的平均直径与截面积,两组间无统计学差异,提示RI的出现更多的影响到了LM的平均直径,即造成了LM管腔形态更多为非标准圆形。这一结论也可能由于本研究样本例数较少而造成,需要扩大样本量进行研究。

TAG反映了血管造影增强程度以亨氏单位(HU)为单位的减弱程度,通常是在10毫米的节段范围内,造影增强程度的减弱越明显,血管的狭窄就越显著,一定程度上反应了管腔的血流动力学特征^[17-19]。现有研究对于TAG对于冠状动脉狭窄评价的临床意义存在争议,一组来自瑞典的科学家对冠状动脉TAG以及侵入性血流储备分数(FFR)进行了比较并得出结论,TAG评估并不会增加计算机断层扫描血管造影(CTA)在评估狭窄严重程度方面的诊断价值^[20]。部分研究认为TAG在诊断中的有效性欠佳,该方法的预测价值低于计算机断层扫描血流储备分数(CT-FFR)^[21-22],但与此同时,它在诊断价值方面有潜力与侵入性血流储备分数(FFR)等诊断方法相媲美^[23]。既往关于TAG的研究主要研究人群为冠状动脉狭窄患者,对于TAG在冠状动脉正常的人群鲜见研究,本研究得出

了冠状动脉三主支血管的TAG值,并且得到了RI的存在对于该三支动脉的TAG参数未见确切影响的结论,为将来通过TAG参数变化预测管腔狭窄的模型建立提供了理论参考。

RCA近端的平均直径、截面积数据位于LAD及LCX相应数据的中间区域,而TAG(rca)的绝对值却小于另外两支管腔,提示TAG的数值与近端管腔直径之间不是简单的线性关系,还受到其它因素的影响,推测与血管长度、分支数量存在关系,尚需进一步研究。TAG参数的获得与CCTA的扫描规范,如扫描方法(容积扫描或螺旋扫描)^[24]、注射对比剂后的扫描时间以及注射方法(试验性团注或团注跟踪)存在一定关系,本研究采用了统一的CT设备、同一碘浓度的对比剂、统一的注射流速,保障了有无RI两组间的一致性。

综上所述,CCTA可用于准确评估RI的解剖学特征并测量TAG数据。中间支的出现对左冠状动脉系统的解剖学特征产生影响,造成了LAD-LCX角度增宽,而未造成LM截面积的扩张,而不会显著改变冠状动脉三主支TAG导出的流动模式,本研究结果为未来应用TAG参数预测冠状动脉狭窄程度大模型的建立提供了参考。

参考文献

- [1]Shibbani K,Nagpal P,Ashwath R.Anomalous left anterior descending coronary artery with retroaortic left circumflex artery:a novel coronary pattern[J]. JACC Case Rep, 2021, 3(4): 546-549.
- [2]Kim JH,Cha KS,Park SY,et al.Anomalous origins of the right and posterior descending coronary arteries from the left anterior descending coronary artery:Unusual pattern of single coronary artery[J]. J Cardiol Cases, 2010, 3(1): e26-e28.
- [3]Bernelli C,Ajello S,Piraino D,et al.How should I treat a left main spontaneous dissection involving left anterior descending artery, intermediate branch artery and left circumflex artery?[J]. EuroIntervention, 2013, 9(2): 285-289.
- [4]Bae YG,Hwang ST,Han H,et al.Non-invasive coronary physiology based on computational analysis of intracoronary transmural attenuation gradient[J]. Sci Rep, 2018, 8(1): 4692.
- [5]Kim HY,Yong HS,Kim EJ,et al.Value of transmural attenuation gradient of stress CCTA for diagnosis of haemodynamically significant coronary artery stenosis using wide-area detector CT in patients with coronary artery disease:comparison with stress perfusion CMR[J]. Cardiovasc J Afr, 2018, 29(1): 16-21.
- [6]Kumar T,Prajapati A,Shah MM.Spontaneous coronary artery dissection involving all major arteries LAD,LCX and RCA - A case report[J]. J Family Med Prim Care, 2019, 8(11): 3739-3741.
- [7]Meyer CG,Vacek TP,Abdulrazzaq M,et al.One down,one to go:coronary anomaly dual LAD blood supply with worsening chronic stable angina and 100% occluded left short LAD type IV variant[J]. Oxf Med Case Reports, 2018, 2018(5): omy011.
- [8]Zhang DQ,Xu YF,Dong YP,et al.Coronary computed tomography angiography study on the relationship between the Ramus Intermedius and Atherosclerosis in the bifurcation of the left main coronary artery[J]. BMC Med Imaging, 2023, 23(1): 53.
- [9]Rosani NS,Zamin RM,Aman RRAR,et al.The influence of the presence of the ramus intermedius on atherosclerosis plaque deposition in the left bifurcation region in low-risk individuals[J]. Rev Cardiovasc Med, 2025, 26(2): 25252.
- [10]Khachatryan A,Chow RT,Srivastava MC,et al.The ramus intermedius:a bridge to survival in the setting of triple-vessel total occlusion[J]. Cureus, 2024, 16(5): e61288.

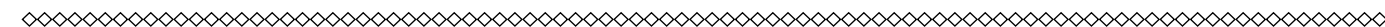
(参考文献下转第139页)

参考文献

- [1] 李龙, 柏宇, 欧均斌, 等. 腹腔镜下远端胃癌切除后消化道不同重建方式对患者预后影响分析[J]. 川北医学院学报, 2024, 39(4): 548-550.
- [2] 武春龙, 孙伟玲. 中国消化道肿瘤发病与死亡的年龄-时期-队列模型分析[J]. 实用肿瘤学杂志, 2023, 37(6): 459-465.
- [3] 陈实, 彭俊生. 《腹腔镜胃癌根治术消化道重建相关并发症防治中国专家共识(2022版)》解读[J]. 中华胃肠外科杂志, 2023, 26(2): 121-125.
- [4] Yang S, Zou X, Li J, et al. The application value of ceMDCT in the diagnosis of gastric cancer extramural vascular invasion and its influencing factors[J]. J Healthc Eng, 2022, 4(20): 423-433.
- [5] Huang W, Xiong W, Tang L, et al. Non-invasive CT imaging biomarker to predict immunotherapy response in gastric cancer: a multicenter study[J]. J Immunother Cancer, 2023, 11(11): e007807.
- [6] 中华医学会肿瘤学分会, 中华医学会杂志社, 中华医学会胃癌临床诊疗指南(2021版)[J]. 中华医学杂志, 2022, 102(16): 1169-1189.
- [7] López Sala P, Leturia Etxebarria M, Inchausti Iguñiz E, et al. Gastric adenocarcinoma: a review of the TNM classification system and ways of spreading[J]. Radiologia (Engl Ed), 2023, 65(1): 66-80.
- [8] Yang Yt, Dong Sy, Zhao J, et al. CT-detected extramural venous invasion is correlated with presence of lymph node metastasis and progression-free survival in gastric cancer[J]. Br J Radiol, 2020, 93(1116): 20200673.
- [9] 李修奎, 孟德杰. 术前ceMDCT用于原发性胃癌壁外静脉血管侵犯诊断与术后无病生存的相关性分析[J]. 现代消化及介入诊疗, 2020, 25(10): 1367-1372.
- [10] 刘洋, 李小龙, 李思, 等. 磁共振参数结合临床数据构建胃癌伴淋巴结转移的预测模型[J]. 河北医药, 2023, 45(16): 2461-2464.
- [11] 王兰, 陈勇, 许芷茜, 等. 基线CT对晚期转移性胃癌患者预后预测价值的初步研究[J]. 中华放射学杂志, 2022, 56(12): 1312-1317.
- [12] 田娟, 王慧芳, 董江华. 腹部电子计算机断层扫描在胃癌壁外血管侵犯评估中的应用价值[J]. 实用临床医药杂志, 2019, 23(7): 29-31, 36.
- [13] Zhu Z, Mao M, Song A, et al. Study on the diagnostic value of MDCT extramural vascular invasion in preoperative N staging of gastric cancer patients[J]. BMC Med Imaging, 2024, 24(1): 20.
- [14] Wang J, Zhong L, Zhou X, et al. Value of multiphase contrast-enhanced CT with three-dimensional reconstruction in detecting depth of infiltration, lymph node metastasis, and extramural vascular invasion of gastric cancer[J]. J Gastrointest Oncol, 2021, 12(4): 1351-1362.
- [15] 彭明, 周芳, 肖新华, 等. 术前能谱CT动静脉期碘含量差值联合血清肿瘤标志物、外周血NLR对胃癌患者淋巴结转移的预测价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(9): 154-157.

(收稿日期: 2024-07-29)

(校对编辑: 翁佳鸿)



(上接第92页)

- [11] Chaichana T, Sun Z, Jewkes J. Computation of hemodynamics in the left coronary artery with variable angulations[J]. Journal of Biomechanics, 2017, 50: 73-81.
- [12] Vernon ST, Coffey S, D' Souza M, et al. The relationship between coronary artery wall shear strain and plaque morphology: a systematic review and meta-analysis[J]. Atherosclerosis, 2014, 233(1): 60-70.
- [13] Kim SY, Seo JB, Do KH, et al. Coronary artery anomalies: classification and ECG-gated multi-detector row CT findings with angiographic correlation[J]. Radiographics, 2016, 36(2): 463-481.
- [14] Stone PH, Saito S, Takahashi S, et al. Prediction of progression of coronary artery disease and clinical outcomes using vascular profiling of endothelial shear stress and arterial plaque characteristics: the PREDICTION Study[J]. Circulation, 2012, 126(2): 172-181.
- [15] Caro CG, Fitz-Gerald JM, Schroter RC. Atheroma and arterial wall shear: observation, correlation and proposal of a shear dependent mass transfer mechanism for atherogenesis[J]. Proceedings of the Royal Society B, 2011, 177(1046): 109-159.
- [16] Saremi F, Achenbach S, Arbustini E, et al. Left coronary artery bifurcation angles and ramus intermedius artery: anatomic predictors of hemodynamic risk[J]. JACC: Cardiovascular Imaging, 2013, 6(6): 665-674.
- [17] Park HB, Heo R, ó Hartaigh B, et al. Atherosclerotic plaque characteristics by ct angiography identify coronary lesions that cause ischemia: a direct comparison to fractional flow reserve[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2020, 13(4): 905-915.
- [18] Wang Y, Lu M, Zhang Y, et al. Transluminal attenuation gradient and microvascular dysfunction in patients with nonobstructive coronary artery disease: insights from coronary CT angiography and invasive physiology[J]. Cardiovasc Res, 2023, 119(1): 237-246.
- [19] Chen X, Li Z, Zhou B, et al. Deep learning-based automated quantification of transluminal attenuation gradient in coronary ct angiography: a multicenter validation study[J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2024, 18(1): 45-53.
- [20] Coenen A, Lubbers MM, Kurata A, et al. Fractional flow reserve computed from noninvasive CT angiography data: diagnostic performance of an on-site clinician-operated computational fluid dynamics algorithm[J]. Radiology, 2015, 274(3): 674-83.
- [21] Nakanishi R, Matsumoto S, Alani A, et al. Diagnostic performance of transluminal attenuation gradient and fractional flow reserve by coronary computed tomographic angiography (FFR (CT)) compared to invasive FFR: a sub-group analysis from the DISCOVER-FLOW and DeFACTO studies[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2015, 31(6): 1251-9.
- [22] Bom MJ, Driessen RS, Stuijzfand WJ, et al. Diagnostic value of transluminal attenuation gradient for the presence of ischemia as defined by fractional flow reserve and quantitative positron emission tomography[J]. JACC: Cardiovascular Imaging, 2019, 12(2): 323-33.
- [23] 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(002): 028.
- [24] 胡玉明, 罗悦凡, 符平仲, 等. 冠状动脉CT能谱成像最佳单能量的临床应用[J]. 罕少疾病杂志, 2015, 22(2): 3.

(收稿日期: 2024-04-09)

(校对编辑: 赵望淇)