·论 著·

CCTA联合血清Lp-PLA2、ANGPTL3对冠心病患者冠状动脉狭窄程度的诊断价值

赵 捷[1],王 羽[2*]
(1.首都医科大学附属北京友谊医院心内科,北京 100050;2.中国中医科学院西苑医院放射科,北京 100091)

[摘要] **目的** 探讨冠状动脉CT血管造影(coronary CT angiography,CCTA)、血清脂蛋白相关磷脂酶A2(lipoprotein-associated phospholipase A2,Lp-PLA2)、血管生成素样蛋白3(angiopoietin-like protein 3,ANGPTL3)诊断冠心病(coronary heart disease,CHD)患者冠状动脉狭窄程度的价值。**方法** 按照前瞻性研究设计,选取2022年8月—2025年8月首都医科大学附属北京友谊医院收治的CHD患者292例,采用数字减影血管造影(digital subtraction angiography,DSA)作为金标准评估冠状动脉狭窄程度,根据冠状动脉狭窄程度分为重度组(n=89)、中度组(n=97)、轻度组(n=106)。比较3组一般资料、CCTA参数[冠状动脉最小管腔直径(minimum lumen diameter,MLD)、狭窄面积百分比(stenosis area percentage,%AS)、狭窄直径百分比(stenosis diameter percentage,%DS)、最小管腔面积(minimum lumen area,MLA)]、血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平,比较不同临床特征患者CCTA参数、血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平,Spearman分析CCTA参数、血清Lp-PLA2、ANGPTL3与冠状动脉狭窄程度的相关性,采用受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线分析CCTA参数、血清Lp-PLA2、ANGPTL3诊断中度、重度冠状动脉狭窄的价值。**结果** 重度组病变支数3支占比、心功能NYHA分级Ⅲ级占比、%DS、%AS及血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平高于中度组、轻度组,MLD、MLA低于中度组、轻度组,中度组病变支数3支占比、心功能NYHA分级Ⅲ级占比、%DS、%AS及血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平高于轻度组,MLD、MLA低于轻度组(P<0.05)。心功能NYHA分级Ⅲ级CHD患者的MLD、MLA低于Ⅰ～Ⅱ级患者,%DS、%AS及血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平高于Ⅰ～Ⅱ级患者;病变支数3支CHD患者的MLD、MLA低于≤2支患者,%DS、%AS及血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平高于≤2支患者(P<0.05)。MLD、MLA与CHD患者冠状动脉狭窄程度呈负相关(r_s=-0.790、-0.726,均P<0.05),%DS、%AS及血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平与冠状动脉狭窄程度呈正相关(r_s=0.747、0.752、0.760、0.796,均P<0.05)。MLD、MLA、%DS、%AS、Lp-PLA2、ANGPTL3单独及联合诊断中度冠状动脉狭窄的AUC分别为0.779、0.769、0.764、0.796、0.774、0.789、0.917,联合诊断的AUC最大(Z=3.405、3.850、3.980、3.015、3.753、3.382,P=0.002、0.001、0.001、0.004、0.001、0.003);MLD、MLA、%DS、%AS、Lp-PLA2、ANGPTL3单独及联合诊断重度冠状动脉狭窄的AUC分别为0.786、0.791、0.801、0.789、0.805、0.794、0.920,联合诊断的AUC最大(Z=3.486、3.521、3.213、3.667、3.483、3.244,P=0.002、0.001、0.003、0.001、0.001、0.003)。**结论** CCTA参数、血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平与CHD冠状动脉狭窄程度密切相关,各参数与血清指标联合对患者冠状动脉狭窄程度具有一定诊断价值,为临床评估患者冠状动脉狭窄程度提供参考。

[关键词] 冠心病;冠状动脉狭窄;CCTA;Lp-PLA2;ANGPTL3 doi:10.3969/j.issn.1007-3205.2026.08.010
[中图分类号] R541.4 [文献标志码] A [文章编号] 1007-3205(2026)08-0937-09

Diagnostic value of CCTA combined with serum Lp-PLA2 and ANGPTL3 for the severity of coronary artery stenosis in patients with coronary heart disease

ZHAO Jie[1], WANG Yu[2*]
(1.*Department of Cardiology, Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, Beijing* 100050, *China*; 2.*Department of Radiology, Xiyuan Hospital of Chinese Academy of Traditional Chinese Medicine, Beijing* 100091, *China*)

[收稿日期]2026-04-10
[基金项目]北京市卫生健康委员会关于首都卫生发展科研专项项目(2024-2-2030);北京市卫生健康委员会关于首都卫生发展科研专项项目(首发2024-2-2030)
[作者简介]赵捷(1986-),男,北京人,首都医科大学附属北京友谊医院技师,从事心内科疾病相关影像诊治研究。
*通信作者。E-mail:zhaojwangy@163.com

[**Abstract**] **Objective** To investigate the diagnostic values of coronary CT angiography (CCTA), serum lipoprotein-associated phospholipase A2 (Lp-PLA2) and angiopoietin-like protein 3 (ANGPTL3) for the severity of coronary artery stenosis in patients with coronary heart disease (CHD). **Methods** A prospective study was performed, and 292 patients with CHD admitted to Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University from August 2022 to August 2025 were enrolled. Digital subtraction angiography (DSA) was used as the gold standard to evaluate coronary stenosis severity. Subjects were stratified into severe group (n=89), moderate group (n=97) and mild group (n=106) according to stenosis severity. The general data, CCTA parameters [minimum lumen diameter (MLD), stenosis area percentage (% AS), percent stenosis diameter (% DS), minimum lumen area (MLA)], serum Lp-PLA2 and ANGPTL3 levels were compared among the three groups. Differences in CCTA parameters and serum Lp-PLA2 and ANGPTL3 levels were also compared among patients with varied clinical features. Spearman correlation analysis was adopted to assess correlations between CCTA parameters, serum Lp-PLA2, ANGPTL3 and coronary stenosis severity. Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis was used to evaluate the diagnostic value of CCTA parameters, serum Lp-PLA2 and ANGPTL3 for moderate and severe coronary artery stenosis. **Results** The proportions of patients with three-vessel lesions and New York Heart Association (NYHA) class Ⅲ, %DS, %AS, serum Lp-PLA2 and ANGPTL3 levels were significantly higher, whereas MLD and MLA were markedly lower in the severe group compared with the moderate and mild groups; the moderate group presented higher proportions of three-vessel lesions and NYHA class Ⅲ, elevated %DS, %AS, serum Lp-PLA2 and ANGPTL3, and reduced MLD and MLA relative to the mild group (all P<0.05). Among CHD patients, those with NYHA class Ⅲ had lower MLD and MLA and higher %DS, %AS, serum Lp-PLA2 and ANGPTL3 levels than patients with NYHA class Ⅰ—Ⅱ; patients with three-vessel lesions showed decreased MLD and MLA and increased %DS, %AS, serum Lp-PLA2 and ANGPTL3 levels compared with those with ≤2 affected vessels (all P<0.05). MLD and MLA were negatively correlated with the severity of coronary artery stenosis in CHD patients (r_s=−0.790, −0.726, both P<0.05), while %DS, %AS and serum Lp-PLA2 and ANGPTL3 levels were positively correlated with stenosis severity (r_s=0.747, 0.752, 0.760, 0.796, all P<0.05). The areas under the curve (AUCs) of MLD, MLA, %DS, %AS, Lp-PLA2, ANGPTL3 alone and in combination for diagnosing moderate coronary stenosis were 0.779, 0.769, 0.764, 0.796, 0.774, 0.789, 0.917, respectively, with the combined model yielding the highest AUC (Z=3.405, 3.850, 3.980, 3.015, 3.753, 3.382, P=0.002, 0.001, 0.001, 0.004, 0.001, 0.003). For severe coronary stenosis, the corresponding AUCs of the above indicators alone and in combination were 0.786, 0.791, 0.801, 0.789, 0.805, 0.794 and 0.920, respectively, and the combined approach still achieved the maximal AUCs (Z=3.486, 3.521, 3.213, 3.667, 3.483, 3.244, P=0.002, 0.001, 0.003, 0.001, 0.001, 0.003). **Conclusion** CCTA parameters and serum Lp-PLA2, ANGPTL3 levels are closely correlated with the severity of coronary stenosis in patients with CHD. Combined detection of these parameters and serum biomarkers has satisfactory diagnostic efficacy for coronary stenosis, providing evidence for clinical evaluation of stenosis severity.

[**Key words**] coronary heart disease; coronary stenosis; CCTA; Lp-PLA2; ANGPTL3

冠心病（coronary heart disease，CHD）是全球范围内致残和致死率较高的心血管疾病，其核心病理特征为冠状动脉粥样硬化所致的管腔狭窄，导致心肌缺血、缺氧，严重时可引起心肌梗死、恶性心律失常、心源性猝死等并发症[1-2]。可见及时评估患者冠状动脉狭窄程度，有助于临床医师制定可行性治疗方案，对改善患者预后尤为重要。数字减影血管造影（digital subtraction angiography，DSA）是诊断冠状动脉狭窄的金标准，虽能准确评估血管狭窄情况，但具有创操作、操作复杂、潜在的并发症等局限，不能作为常规的检查手段[3]。冠状动脉CT血管造影（coronary CT angiography，CCTA）具有高分辨率、扫描速度快等优势，能准确识别冠状动脉血管走行、管腔狭窄程度，与传统冠状动脉造影比较，CCTA无需穿刺进入血管，避免潜在的手术风险和不良反应，能有效缩短冠状动脉检查时间，减轻患者不适感[4-5]。脂蛋白相关磷脂酶A2（lipoprotein-associated phospholipase A2，Lp-PLA2）是一种炎性细胞分泌的磷脂酶，与动脉粥样硬化斑块形成、破裂及血栓形成有关[6]；血管生成素样蛋白3（angiopoietin-like protein 3，ANGPTL3）是一种与血管紧张素有关的分泌糖蛋白，与动脉粥样硬化形成有关[7]。已有研究[8-9]显示，血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平与CHD患者冠状动脉狭窄程度呈正相关。近年来影像学检查结合血清指标

在CHD检查、病情评估等方面展现出良好的应用前景，已有研究[10-11]证实，相较于单独CCTA或血清检测，CCTA结合血清指标能提高CHD冠状动脉狭窄程度的诊断效能，弥补单一诊断的不足，并有效反映冠状动脉解剖学改变。目前关于CCTA联合血清Lp-PLA2、ANGPTL3对CHD冠状动脉不同狭窄程度诊断的研究尚鲜见报道。为此，本研究在前人研究基础上，主要探究CCTA联合血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平对CHD患者冠状动脉不同狭窄程度的诊断效能，旨在为临床提供无创、精准的冠状动脉狭窄的评估方案，优化CHD诊疗路径。报告如下。

1　资料与方法

1.1　一般资料　样本量估算公式：$n=(Z_{1\alpha/2})^2*p*(1-p)/\delta^2$，$Z_{1-\alpha/2}$取1.96，$P$为预期敏感度和特异度，预实验设置为0.87，d（容许误差）设置为0.04，最小样本量为272例。本研究属于前瞻性研究，选取2022年8月—2025年8月首都医科大学附属北京友谊医院CHD患者292例作为研究对象。纳入标准：①CHD符合《急性冠脉综合征急诊快速诊治指南（2019）》[12]诊断标准；②所有患者均完成CCTA检查，影像图像质量佳，无检查禁忌证；③意识清楚，能配合完成各项检查和临床资料采集。排除标准：①先天性心脏病、风湿性心脏病及心肌病等影响冠状动脉血管评估；②肝肾功能严重障碍；③自身免疫性疾病或血液系统疾病；④急性感染性疾病；⑤近3个月内有重大手术史、创伤史；⑥合并恶性肿瘤。

本研究经医院伦理委员会审批通过［批准文号：（2022）伦审第（00067）号］。所有患者均知情同意并自愿签署知情同意书。

1.2　方法

1.2.1　冠状动脉狭窄程度评估标准　采用美国GE公司INNOVA 2100 DSA在入组当天检查，患者仰卧位，对穿刺动脉进行消毒，行局部麻醉后，对桡动脉穿刺，置入5F导管鞘，鞘管内注入肝素（预防血栓），在X线透视下置入导管，导管经肱动脉/股动脉、主动脉，最终置入左、右冠状动脉开口，导管到达后注入注射碘海醇55～65 mL（流速为5.5 m/s）。遵循不同体位多角度原则采集图像，观察冠状动脉血管走形、分支及狭窄部位，测量狭窄管腔直径、邻近正常管腔直径，计算冠状动脉狭窄程度[13]=（狭窄段近心端血管正常直径×狭窄处管直径）/狭窄段近心端血管正常直径×100%，＜50%为轻度狭窄，50%～74%为中度狭窄，75%～100%为重度狭窄。292例患者根据冠状动脉狭窄程度分为重度组（重度狭窄，n=89）、中度组（中度狭窄，n=97）、轻度组（轻度狭窄，n=106）。均由2名经验丰富的高年资医师以盲法独立评估，意见不一致时共同商讨决定。

1.2.2　资料收集　以调查问卷形式收集一般资料，包括性别、年龄、体重指数、病程、吸烟史、饮酒史、高血压、糖尿病、高脂血症、病变支数、心功能NYHA分级。

1.2.3　CCTA检查方法　采用美国GE公司Revolution CT在入组时进行检查，检查前4 h禁食禁饮，扫描前保证患者心率控制≤70次/min。取仰卧位，扫描范围为气管分叉下方1.0 cm至心脏膈面，扫描参数：层厚0.625 mm、准直器0.625 mm×0.625 mm、管电压120 kV、电流900 mAs，旋转速度0.28 s/圈。扫描时在肘静脉注射碘海醇55～65 mL（流速为5.5 m/s），注入完毕后注射30 mL生理盐水（流速为5 mL/s）。

扫描结束后将数据传送至后处理工作站，使用对比剂示踪法，在主动脉根部勾画感兴趣区域，均由2名经验丰富的高年资医师操作进行，意见不一致时共同商讨决定。半自动斑块分析软件识别血管和管腔边界，测量并计算最小管腔直径（minimum lumen diameter，MLD）、狭窄面积百分比（stenosis area percentage，%AS）、狭窄直径百分比（stenosis diameter percentage，%DS）、最小管腔面积（minimum lumen area，MLA）。

1.2.4　血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平　收集所有患者入组时空腹静脉血3 mL，以3 000 r/min、半径12 cm离心10 min取上清液，采用酶联免疫吸附法检测血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平。

1.3　统计学方法　应用SPSS 28.0统计软件分析数据。计数资料以例数（%）表示，比较采用χ^2检验；计量资料进行Kolmogorov-Smirnov检验和Levene检验，符合正态分布的计量资料以$\bar{x}\pm s$表示，比较采用t检验、单因素方差分析和SNK-q检验；采用Spearman分析CCTA参数、血清Lp-PLA2、ANGPTL3与冠状动脉狭窄程度的相关性。采用受试者工作特征（receiver operating characteristic，ROC）曲线评估CCTA参数、血清Lp-PLA2、ANGPTL3对中度、重度冠状动脉狭窄的诊断价值，计算曲线下面积（area under the curve，AUC），采用Logistic回归构建联合诊断模型，不同AUC比较采用DeLong检验。P＜0.05为

差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3组一般资料比较　3组性别、年龄、体重指数、病程、吸烟史、饮酒史、高血压、糖尿病、高脂血症比较，差异无统计学意义（$P>0.05$）；重度组病变支数3支占比、心功能NYHA分级Ⅲ级占比高于中度组、轻度组，中度组病变支数3支占比、心功能NYHA分级Ⅲ级占比高于轻度组，差异有统计学意义（$P<0.05$）。见表1。

表1 3组一般资料比较

Table 1 Comparison of general data among the three groups

组别	例数	性别（例数，%）		年龄（$\bar{x}\pm s$，岁）	体重指数（$\bar{x}\pm s$）	病程（$\bar{x}\pm s$，年）
		男性	女性			
重度组	89	55(61.80)	34(38.20)	60.28±7.35	23.81±1.84	10.13±2.52
中度组	97	54(55.67)	43(44.33)	59.13±7.12	23.60±1.79	9.76±2.45
轻度组	106	57(53.77)	49(46.23)	58.36±7.62	23.45±1.75	9.48±2.37
χ^2/F值		1.352		1.615	0.979	1.714
P值		0.509		0.195	0.377	0.182

组别	例数	吸烟史（例数，%）		饮酒史（例数，%）		高血压（例数，%）		糖尿病（例数，%）	
		有	无	有	无	有	无	有	无
重度组	89	29(32.58)	60(67.42)	20(22.47)	69(77.53)	48(53.93)	41(46.07)	22(24.72)	67(75.28)
中度组	97	27(27.84)	70(72.16)	18(18.56)	79(81.44)	46(47.42)	51(52.58)	19(19.59)	78(80.41)
轻度组	106	26(24.53)	80(75.47)	15(14.15)	91(85.85)	45(42.45)	61(57.55)	18(16.98)	88(83.02)
χ^2/F值		1.559		2.271		2.558		1.831	
P值		0.459		0.321		0.278		0.400	

组别	例数	高脂血症（例数，%）		病变支数（例数，%）		心功能NYHA分级（例数，%）	
		有	无	≤2支	3支	Ⅰ～Ⅱ级	Ⅲ级
重度组	89	25(28.09)	64(71.91)	52(58.43)	37(41.57)*#	56(62.92)	33(37.08)*#
中度组	97	22(22.68)	75(77.32)	71(73.20)	26(26.80)*	75(77.32)	22(22.68)*
轻度组	106	23(21.70)	83(78.30)	91(85.85)	15(14.15)	94(88.68)	12(11.32)
χ^2/F值		1.218		18.504		18.161	
P值		0.544		<0.001		<0.001	

*P值<0.05与轻度组比较　#P值<0.05与中度组比较（SNK-q检验或χ^2检验）

2.2 3组CCTA参数及血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平比较　重度组CCTA参数MLD、MLA低于中度组、轻度组，%DS、%AS及血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平高于中度组、轻度组，中度组MLD、MLA低于轻度组，%DS、%AS及血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平高于轻度组，差异有统计学意义（$P<0.05$）。见表2。CCTA经典图像见图1。

表2 3组CCTA参数及血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平比较

Table 2 Comparison of CCTA parameters and serum Lp-PLA2 and ANGPTL3 levels among the three groups

（$\bar{x}\pm s$）

组别	例数	MLD（mm）	MLA（mm^2）	%DS（%）	%AS（%）	Lp-PLA2（μg/L）	ANGPTL3（μg/L）
重度组	89	0.98±0.19*#	2.45±0.47*#	54.86±10.32*#	75.12±11.63*#	302.75±51.36*#	33.65±5.27*#
中度组	97	1.13±0.22*	2.87±0.53*	49.21±9.75*	67.48±10.59*	261.43±48.32*	28.16±4.83*
轻度组	106	1.35±0.24	3.19±0.55	41.57±9.20	58.26±9.48	220.53±41.59	23.40±4.51
F值		70.759	49.011	45.935	62.575	74.253	107.714
P值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

*P值<0.05与轻度组比较　#P值<0.05与中度组比较（SNK-q检验）

2.3 不同临床特征患者CCTA参数及血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平比较　不同性别、年龄、病程CHD患者的MLD、MLA、%DS、%AS及血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平比较，差异无统计学意义（$P>0.05$）；心功能NYHA分级Ⅲ级CHD患者的MLD、MLA低于Ⅰ～Ⅱ级患者，%DS、%AS及血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平高于Ⅰ～Ⅱ级患者；病变支数3支CHD患者

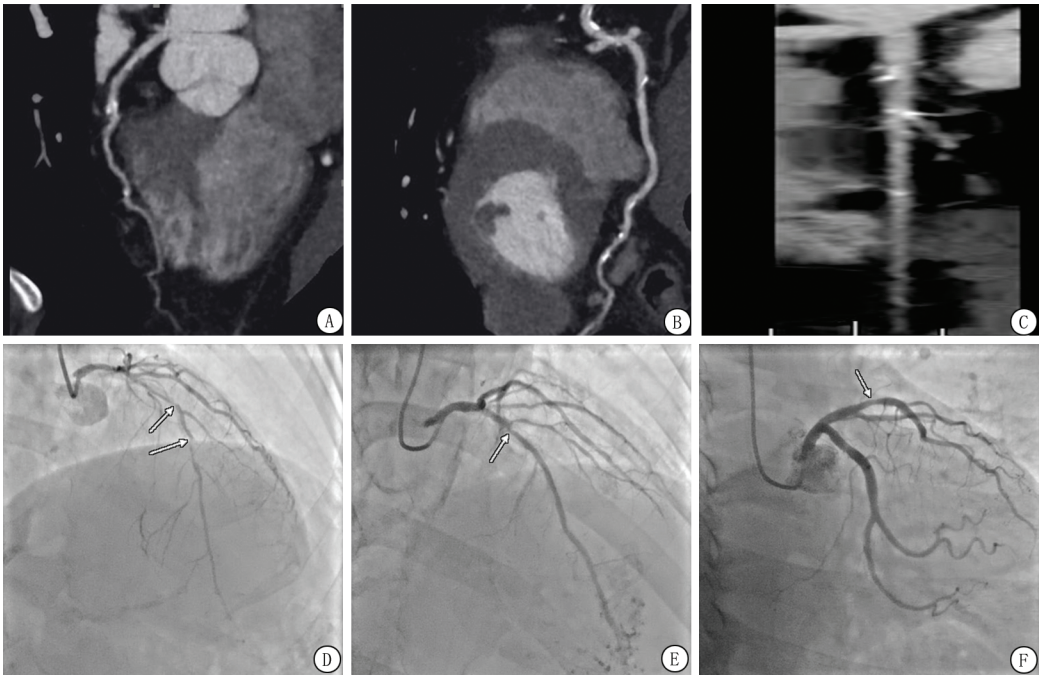


图1　3组CCTA的图像

A. 重度组CCTA的图像；B. 中度组CCTA的图像；C. 轻度组CCTA的图像；D. 重度组DSA的图像；E. 中度组DSA的图像；F. 轻度组DSA的图像

Figure 1　CCTA images in the three groups

的MLD、MLA低于≤2支患者，%DS、%AS及血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平高于≤2支患者，差异有统计学意义（$P<0.05$）。见表3。

2.4　CCTA参数、血清Lp-PLA2、ANGPTL3与冠状动脉狭窄程度的相关性　Spearman相关性分析结果显示，MLD、MLA与CHD患者冠状动脉狭窄程度（轻度=1，中度=2，重度=3）呈负相关（r_s=-0.790、-0.726，均$P<0.05$），%DS、%AS及血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平与CHD患者冠状动脉狭窄程度呈正相关（r_s=0.747、0.752、0.760、0.796，均$P<0.05$）。见图2。

2.5　CCTA参数、血清Lp-PLA2、ANGPTL3诊断中度冠状动脉狭窄的价值　以轻度组作为阴性组，中度组作为阳性组，ROC分析显示，MLD、MLA、%DS、%AS、Lp-PLA2、ANGPTL3单独诊断中度冠状动脉狭窄的AUC分别为0.779（95%*CI*：0.716～0.834）、0.769（95%*CI*：0.705～0.825）、0.764（95%*CI*：0.700～0.821）、0.796（95%*CI*：0.734～0.849）、0.774（95%*CI*：0.710～0.829）、0.789（95%*CI*：0.726～0.843），各指标联合诊断中度冠状动脉狭窄的AUC为0.917（95%*CI*：0.870～0.951）；通过Logistic回归模型对MLD、MLA、%DS、%AS、Lp-PLA2、ANGPTL3进行拟合进行联合诊断，ROC分析显示，联合诊断的AUC大于各指标单独诊断的AUC，差异有统计学意义（Z=3.405、3.850、3.980、3.015、3.753、3.382，P=0.002、0.001、0.001、0.004、0.001、0.003）。见表4、图3。

2.6　CCTA参数、血清Lp-PLA2、ANGPTL3诊断重度冠状动脉狭窄的价值分析　以中度组作为阴性组，重度组作为阳性组，ROC分析显示，MLD、MLA、%DS、%AS、Lp-PLA2、ANGPTL3单独诊断重度冠状动脉狭窄的AUC分别为0.786（95%*CI*：0.720～0.843）、0.791（95%*CI*：0.725～0.847）、0.801（95%*CI*：0.736～0.855）、0.789（95%*CI*：0.723～0.845）、0.805（95%*CI*：0.741～0.859）、0.794（95%*CI*：0.728～0.849），各指标联合诊断重度冠状动脉狭窄的AUC为0.920（95%*CI*：0.872～0.955）；联合诊断的AUC大于各指标单独诊断的AUC，差异有统计学意义（Z=3.486、3.521、3.213、3.667、3.483、3.244，P=0.002、0.001、0.003、0.001、0.001、0.003）。见表5、图4。

3　讨　论

CCTA是一种非侵入性的心血管影像检查方法，能清晰呈现冠状动脉解剖学结构，在评估冠状动脉狭窄和堵塞、识别斑块形成等方面具有良

表3　不同临床特征患者CCTA参数及血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平比较

Table 3　Comparison of CCTA parameters and serum Lp-PLA2 and ANGPTL3 levels in patients with different clinical characteristics

（$\bar{x}\pm s$）

指标	例数	CCTA参数				血清指标	
		MLD（mm）	MLA（mm^2）	%DS（%）	%AS（%）	Lp-PLA2（μg/L）	ANGPTL3（μg/L）
性别							
男性	166	1.15±0.22	2.82±0.53	48.85±10.38	67.03±11.96	261.84±52.26	28.35±5.36
女性	126	1.17±0.24	2.91±0.56	47.25±10.29	65.71±11.74	255.68±51.81	27.79±5.18
*t*值		0.740	1.402	1.309	0.942	1.001	0.897
*P*值		0.460	0.162	0.191	0.347	0.318	0.370
年龄							
≥60岁	127	1.14±0.22	2.79±0.51	48.91±10.40	67.12±11.85	262.37±52.18	28.46±5.25
<60岁	165	1.18±0.24	2.91±0.56	47.58±10.31	65.95±11.77	256.72±51.86	27.84±5.19
*t*值		1.464	1.887	1.089	0.840	0.920	1.007
*P*值		0.144	0.060	0.277	0.402	0.358	0.315
病程							
≥10年	115	1.14±0.23	2.79±0.53	48.95±10.41	67.20±11.87	263.18±52.30	28.51±5.28
<10年	177	1.17±0.24	2.91±0.55	47.65±10.29	65.98±11.75	256.58±51.79	27.85±5.17
*t*值		1.061	1.848	1.050	0.863	1.060	1.057
*P*值		0.290	0.066	0.295	0.389	0.290	0.291
病变支数							
3支	78	1.08±0.20	2.58±0.49	52.73±10.43	73.45±11.95	297.56±52.61	32.05±5.33
≤2支	214	1.19±0.24	2.96±0.55	46.49±10.12	63.91±10.64	245.19±49.38	26.67±4.96
*t*值		3.615	5.373	4.624	6.555	7.878	8.037
*P*值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
心功能NYHA分级							
Ⅲ级	67	1.09±0.20	2.60±0.50	52.61±10.41	73.29±11.92	295.84±52.37	31.86±5.29
Ⅰ～Ⅱ级	225	1.18±0.24	2.94±0.54	46.83±10.15	64.43±10.70	248.26±49.52	26.99±4.98
*t*值		2.793	4.599	4.068	5.793	6.812	6.926
*P*值		0.006	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

好的应用价值[14-15]。有研究[16]显示，CCTA单独诊断CHD冠状动脉狭窄程度的AUC为0.867，敏感度、特异度为92.63%、80.70%。但有研究[17]显示，CCTA在识别微小斑块、区分斑块稳定性和血管钙化伪影干扰等方面存在不足，且还受患者主观性影响，增加误诊和漏诊风险。本研究结果显示，随着狭窄程度增加，MLD、MLA呈降低趋势，%DS、%AS呈升高趋势，与既往观点[16]相符。但陈伊伊等[16]研究采用Gensimi积分评估患者冠状动脉狭窄程度，本研究采用DSA评估并进行分组，DSA诊断能准确识别冠状动脉血管走行、狭窄部位及血流灌注情况，分组依据严谨。

同时本研究还发现，不同病变支数、心功能NYHA分级患者的CCTA参数存在明显差异。冠状动脉内质细胞受炎症因素、脂质沉积等因素刺激，脂质堆积在冠状动脉，同时伴随纤维帽增生、血管钙化及斑块破裂，导致管腔狭窄，狭窄程度越严重，冠状动脉狭窄程度明显缩小，表现为MLD、MLA降低[18]；%DS、%AS为狭窄程度量化指标，主要评估管腔狭窄直径和面积与正常血管的比值[19]，故%DS、%AS表现为升高趋势。重度组患者伴随严重的斑块形成和斑块稳定性改变，如内膜增厚、斑块溃疡及病变支数较多等，这些因素会进一步加重管腔狭窄程度，引起MLD、MLA、%DS、%AS参数明显变化。MLD、MLA、%DS、%AS差异变化反映冠状动脉病理生理变化，与冠状动脉内径改变、冠状动脉壁病理改变有关，为CHD病情评估提供可靠的影像学检查。

单一影像学检查不能全面反映CHD病理生理进程，需结合血清指标弥补单一影像学检查的不足[20-21]。Lp-PLA2主要由炎性细胞（巨噬细胞、单核细胞和肥大细胞等）分泌，可作为血管炎症反应的标志物，在血浆中以活性形式与低密度脂

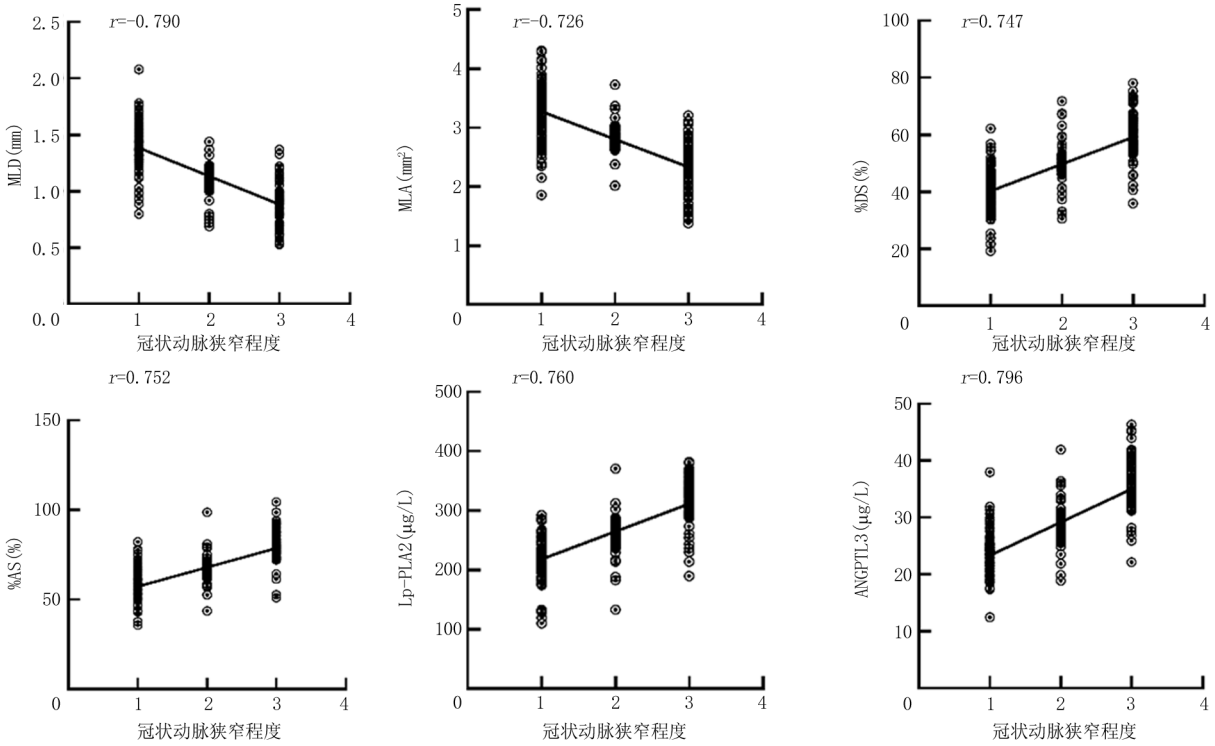


图2　CCTA参数、血清Lp-PLA2、ANGPTL3与冠状动脉狭窄程度的相关性分析

Figure 2　Correlation analysis of CCTA parameters, serum Lp-PLA2 and ANGPTL3 with the severity of coronary artery stenosis

表4　CCTA参数、血清Lp-PLA2、ANGPTL3诊断中度冠状动脉狭窄的价值

Table 4　The value of CCTA parameters, serum Lp-PLA2 and ANGPTL3 in the diagnosis of moderate coronary stenosis

指标	AUC	95%*CI*	截断值	敏感度(%)	特异度(%)	*P*值
MLD	0.779	0.716～0.834	1.22 mm	72.16	76.42	<0.001
MLA	0.769	0.705～0.825	3.00 mm^2	80.41	66.04	<0.001
%DS	0.764	0.700～0.821	46.25%	70.10	77.36	<0.001
%AS	0.796	0.734～0.849	64.10%	74.23	77.36	<0.001
Lp-PLA2	0.774	0.710～0.829	245.18 μg/L	69.07	74.53	<0.001
ANGPTL3	0.789	0.726～0.843	26.02 μg/L	82.47	63.21	<0.001
联合诊断	0.917	0.870～0.951	—	83.51	91.51	<0.001

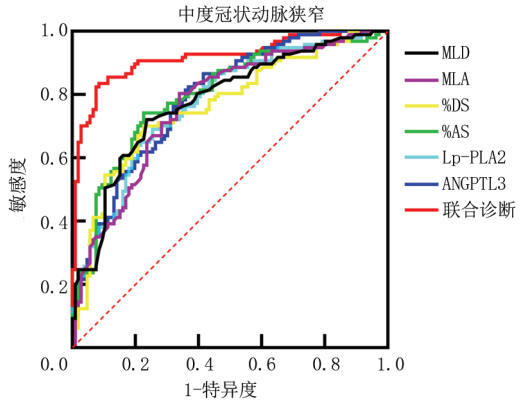


图3　CCTA参数、血清Lp-PLA2、ANGPTL3诊断中度冠状动脉狭窄的ROC曲线

Figure 3　ROC of CCTA parameters, serum Lp-PLA2 and ANGPTL3 in the diagnosis of moderate coronary stenosis

蛋白、高密度脂蛋白结合存在血液循环系统中，Lp-PLA2通过激活氧化反应，加快机体炎症反应、动脉粥样硬化形成[22]。CHD患者血清Lp-PLA2与患者病变支数、冠状动脉狭窄程度有关，单独诊断患者冠状动脉狭窄程度具有一定的诊断价值[23]。本研究结果显示，重度组Lp-PLA2＞中度组＞轻度组，与患者病变支数、心功能NYHA分级及冠状动脉狭窄程度密切相关，与上述研究观点[23]相符，契合动脉粥样硬化炎症驱动的病理机制。重度组患者病变支数3支占比、心功能NYHA分级Ⅲ级占比较高，提示患者动脉内皮细胞损伤程度较为严重，脂质沉积、巨噬细胞炎性浸润较为严重，刺进Lp-PLA2分泌合成，促进斑块形成和破裂，形成“炎症激活—斑块进展—狭窄程度

表5　CCTA参数、血清Lp-PLA2、ANGPTL3诊断重度冠状动脉狭窄的价值分析

Table 5　Analysis of the value of CCTA parameters, serum Lp-PLA2 and ANGPTL3 in the diagnosis of severe coronary stenosis

变量	AUC	95%*CI*	截断值	敏感度(%)	特异度(%)	*P*值
MLD	0.786	0.720～0.843	1.04 mm	77.53	65.98	<0.001
MLA	0.791	0.725～0.847	2.60 mm^2	77.53	63.92	<0.001
%DS	0.801	0.736～0.855	52.83%	79.78	70.10	<0.001
%AS	0.789	0.723～0.845	72.15%	70.79	77.32	<0.001
Lp-PLA2	0.805	0.741～0.859	285.46 μg/L	73.03	76.29	<0.001
ANGPTL3	0.794	0.728～0.849	31.20 μg/L	77.53	71.13	<0.001
联合诊断	0.920	0.872～0.955	—	86.52	86.60	<0.001

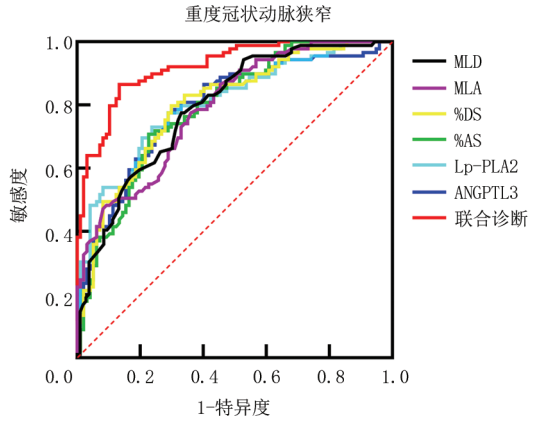


图4　CCTA参数、血清Lp-PLA2、ANGPTL3诊断重度冠状动脉狭窄的ROC曲线

Figure 4　ROC curves of CCTA parameters, serum Lp-PLA2 and ANGPTL3 in the diagnosis of severe coronary stenosis

加重”的恶性循环。同时重度组斑块负荷比较严重，部分斑块可能出现纤维帽变薄、脂质炎性反应加剧，Lp-PLA2介导的炎症反应加剧，不仅加速斑块进展，还能损伤血管内皮细胞功能、诱导微血栓形成，加重患者心肌缺血，导致患者心功能降低。

ANGPTL3是脂质代谢相关的因子，通过抑制脂蛋白脂肪酶活性，影响三酰甘油、低密度脂蛋白代谢，进而参与动脉粥样硬化进展[24]。最近研究显示，ANGPTL3与血管形成、炎症反应等生物学效应有关[25]。朱秋霞等[26]研究显示，血清ANGPTL3升高与CHD患者冠状动脉支数、冠状动脉狭窄程度密切相关，本研究结果也证明了这一观点。同时本研究还发现，血清ANGPTL3升高与患者心功能NYHA分级有关。CHD疾病进展与脂代谢紊乱有关，重度组患者病变支数越多、心功能降低严重，患者脂质代谢紊乱加重，血管内皮细胞损伤严重，加重心肌细胞缺血、缺氧程度，进而加剧动脉斑块负荷程度，促进管腔狭窄程度[27-28]；同时脂代谢紊乱也可损害心肌细胞完整性、激活内皮细胞炎症反应，巨噬细胞吞噬脂质形成泡沫细胞，促进斑块形成和管腔狭窄[29]，导致血清ANGPTL3升高。

为进一步评估冠状动脉狭窄程度的诊断效能，绘制中度、重度冠状动脉狭窄的ROC曲线，结果显示，CCTA参数、血清Lp-PLA2、ANGPTL3联合诊断的中度、重度冠状动脉狭窄的AUC最大，说明CCTA参数联合血清指标有望成为诊断中度、重度冠状动脉狭窄的一种方法，有助于判断CHD患者冠状动脉狭窄程度。本研究中CCTA参数能反映冠状动脉解剖学信息，Lp-PLA2、ANGPTL3反映炎症反应和脂代谢紊乱程度，多维度参数联合应用，不仅能弥补单一参数诊断的不足，还能全面反映冠状动脉病变的复杂病理生理过程，为早期识别和评估患者冠状动脉狭窄程度提供可靠的参考，便于临床医师制定个性化诊疗方案制定，针对轻度患者优先采用药物干预和生活方式指导，针对中重度患者可提早进行介入治疗，避免过度医疗或延误治疗。

综上所述，CCTA参数、血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平与CHD患者冠状动脉狭窄程度有关，且CCTA参数、血清Lp-PLA2、ANGPTL3水平联合在诊断中度、重度冠状动脉狭窄中具有较高的应用前景，为CHD诊疗路径优化提供参考。但本研究为单中心、小样本的研究，导致联合预测模型存在偏差，影响了预测模型的外推性和泛化能力，今后将进行多中心、大样本的研究，以提高预测结果的外推性。

[参考文献]

[1] Stone PH, Libby P, Boden WE. Fundamental pathobiology of coronary atherosclerosis and clinical implications for chronic ischemic heart disease management-the plaque hypothesis: A narrative review[J]. JAMA Cardiol, 2023, 8(2): 192-201.

[2] Ali ZA, Shin D, Singh M, et al. Outcomes of coronary intravascular lithotripsy for the treatment of calcified nodules: A pooled analysis of the Disrupt CAD studies [J]. EuroIntervention, 2024, 20(23): e1454-e1464.
[3] Hobbs S. A method to solve the identification of moderate to severe stenoses in patients with moderate-to-severe calcification: Subtraction coronary CT Angiography[J]. Acad Radiol, 2023, 30(12): 2811-2812.
[4] 董小波, 张仲慧, 郭庆乐, 等. CTCA定量参数对冠心病患者短期病死预测价值[J]. 临床误诊误治, 2024, 37(8): 24-29.
[5] Zhu T, Li D, Qiao J, et al. Accuracy of subtraction fractional flow reserve with computed tomography in identifying early revascularization in patients with coronary artery disease [J]. Scand Cardiovasc J, 2024, 58(1): 2373082.
[6] Yang X, Tu Y, Liang N, et al. Lp-PLA2 in the cancer landscape: From molecular mechanisms to therapeutic potential (Review) [J]. Int J Oncol, 2025, 67(5): 87.
[7] Luo F, Das A, Khetarpal SA, et al. ANGPTL3 inhibition, dyslipidemia, and cardiovascular diseases [J]. Trends Cardiovasc Med, 2024, 34(4): 215-222.
[8] 孙洋, 李守霞, 蔡会欣. sdLDL-C和Lp-PLA2与冠心病严重程度的相关性研究[J]. 标记免疫分析与临床, 2025, 32(9): 1860-1867.
[9] 吴星亮, 刘畅, 朱秋霞, 等. 血清ANGPLT3水平与冠心病患者脂代谢和冠状动脉狭窄程度的相关性研究[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2024, 16(10): 1184-1189, 1193.
[10] 赵宇明, 赵树媛, 侯鹏, 等. 冠状动脉CT血管造影及血清指标对冠心病冠状动脉狭窄程度的评价[J]. 中国医学装备, 2024, 21(3): 48-52.
[11] 范慧娟, 陈长英, 李海禹, 等. 血清GDF15、FGF23联合CCTA定量参数对冠心病患者PCI术后MACE的预测价值[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2025, 17(3): 573-576.
[12] 中国医师协会急诊医师分会, 国家卫健委能力建设与继续教育中心急诊学专家委员会, 中国医疗保健国际交流促进会急诊急救分会. 急性冠脉综合征急诊快速诊治指南(2019)[J]. 中国急救医学, 2019, 39(4): 301-308.
[13] Chen M, Zhang T. Improved stereo perception in coronary angiography using the X-ray tube as the viewpoint and validation with 3D printed models [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2023, 39(10): 2041-2050.
[14] Nerlekar N, Vasanthakumar SA, Whitmore K, et al. Effects of combining coronary calcium score with treatment on plaque progression in familial coronary artery disease: A randomized clinical trial[J]. JAMA, 2025, 333(16): 1403-1412.
[15] Chan K, Wahome E, Tsiachristas A, et al. Inflammatory risk and cardiovascular events in patients without obstructive coronary artery disease: The ORFAN multicentre, longitudinal cohort study[J]. Lancet, 2024, 403(10444): 2606-2618.
[16] 陈伊伊, 刘辉, 白莎莎, 等. 冠脉CT血管成像联合血清KLF4、HDAC4检测在冠心病患者冠状动脉狭窄程度评估中的应用价值[J]. 心血管康复医学杂志, 2025, 34(5): 646-651.
[17] Hagar MT, Soschynski M, Saffar R, et al. Accuracy of ultrahigh-resolution photon-counting CT for detecting coronary artery disease in a high-risk population [J]. Radiology, 2023, 307(5): e223305.
[18] Xu C, Yi Y, Xu M, et al. Diagnostic value of deep learning reconstruction-based subtraction CT-FFR in patients with calcified-related stenosis or stent implantation [J]. Quant Imaging Med Surg, 2025, 15(2): 1599-1612.
[19] Cho SW, Torbati T, Lee SN, et al. Prognostic value of plaque burden assessed by coronary CT angiography in known coronary artery disease [J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2025, 19(4): 409-415.
[20] Li Y, Zhang W, Hu Y, et al. Pericoronary adipose tissue radiomics features as imaging markers for coronary artery disease risk assessment: Insights from gene expression analysis [J]. Cardiovasc Diabetol, 2024, 23(1): 444.
[21] Koowattanatianchai S, Teawprasert N, Limchareon S, et al. A rare case of immunoglobulin g4-related disease presenting with coronary artery pseudotumor and aneurysm [J]. Eur J Case Rep Intern Med, 2023, 11(1): 004215.
[22] Wu L, Shao P, Gao Z, et al. Homocysteine and Lp-PLA2 levels: Diagnostic value in coronary heart disease [J]. Medicine (Baltimore), 2023, 102(46): e35982.
[23] 海华, 万小勇, 张定国. 脂蛋白相关磷脂酶A2在冠状动脉狭窄诊断中的预测价值[J]. 成都医学院学报, 2023, 18(4): 489-492.
[24] Zhao Z, Fu Y, Lian H, et al. Correlation between the serum FABP4, ANGPTL3, and ANGPTL4 levels and coronary artery disease[J]. Clin Cardiol, 2024, 47(3): e24246.
[25] Silbernagel G, Chen YQ, Li H, et al. Associations of circulating ANGPTL3, C-Terminal domain-containing ANGPTL4, and ANGPTL3/8 and ANGPTL4/8 complexes with LPL activity, diabetes, inflammation, and cardiovascular mortality[J]. Circulation, 2025, 151(3): 218-234.
[26] 朱秋霞, 雷景超, 易欣, 等. 血清血管成生素样蛋白3与老年冠心病患者冠脉病变支数及冠脉狭窄程度的关系[J]. 微循环学杂志, 2021, 31(4): 32-36, 42.
[27] Gobeil É, Bourgault J, Mitchell PL, et al. Genetic inhibition of angiopoietin-like protein-3, lipids, and cardiometabolic risk[J]. Eur Heart J, 2024, 45(9): 707-721.
[28] Yaghoubi D, Sallam T. Pushing the limits of LDL cholesterol: Emerging paradigms in cardiovascular risk reduction[J]. Trends Cardiovasc Med, 2025, 35(8): 530-538.
[29] Landfors F, Henneman P, Chorell E, et al. Drug-target Mendelian randomization analysis supports lowering plasma ANGPTL3, ANGPTL4, and APOC3 levels as strategies for reducing cardiovascular disease risk [J]. Eur Heart J Open, 2024, 4(3): oeae035.

（本文编辑：赵丽洁）