

• 心脏介入 Cardiac intervention •

冠状动脉 CT 血管成像评价冠状动脉慢性完全闭塞病变形态学参数在介入治疗指导中的应用

吴晓明, 王 波, 崔晓剑, 舒锦尔

【摘要】 目的 研究冠状动脉 CT 血管成像(CCTA)评价冠状动脉慢性完全闭塞病变(chronic total occlusion, CTO)形态学参数在介入治疗指导中的应用价值。**方法** 选取 2021 年 1 月至 2023 年 12 月金华市人民医院收治的经冠状动脉造影(ICA)证实的 CTO 患者 300 例,患者术前均接受 CCTA 检查。记录 CCTA 形态学参数闭塞段近端形态、闭塞血管长度、闭塞段内线样强化长度、闭塞段内线样强化长度/闭塞血管长度、闭塞段血管线样强化、闭塞段内血管钙化情况、闭塞段内血管钙化面积 \geq 横截面 50%、病变走行迂曲($>45^\circ$)、侧支血管情况、血管开口病变,并分析以上参数与 PCI 治疗结果的关系。**结果** 300 例 CTO 患者病变共 325 处,PCI 治疗成功 227 处(69.85%),PCI 治疗失败 98 处(30.15%);失败组闭塞段近端钝形、闭塞血管长度、闭塞段内血管钙化面积 \geq 横截面 50%、病变走行迂曲($>45^\circ$)明显高于成功组($P<0.05$),闭塞段内线样强化长度、闭塞段内线样强化长度/闭塞血管长度、闭塞段内线样强化明显低于成功组($P<0.05$),两组其余参数差异均无统计学意义($P>0.05$);多因素 logistic 回归分析结果显示,闭塞段内线样强化长度($OR=1.975, 95\%CI:1.306\sim2.988$)、闭塞段内线样强化长度/闭塞血管长度($OR=3.831, 95\%CI:1.332\sim11.017$)、闭塞段内线样强化($OR=1.702, 95\%CI:1.007\sim2.879$)是预测 PCI 治疗成功的相关因素($P<0.05$)。**结论** CCTA 评价冠状动脉 CTO 形态学参数在介入治疗中具有一定的指导作用,其中闭塞段内线样强化长度、闭塞段内线样强化长度/闭塞血管长度、闭塞段内线样强化是预测 PCI 治疗成功的相关因素。

【关键词】 冠状动脉慢性完全闭塞病变;冠状动脉 CT 血管成像;形态学;介入治疗

中图分类号:R445 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2025)-002-0140-05

Application of coronary CT angiography evaluation of morphological parameters of coronary chronic total occlusion in guiding interventional therapy WU Xiaoming, WANG Bo, CUI Xiaojian, SHU Jin'er. Department of Interventional Radiology, Jinhua Municipal People's Hospital, Jinhua, Zhejiang Province 321000, China

Corresponding author: WU Xiaoming, E-mail: 2003.junjie@163.com

【Abstract】 Objective To discuss the application value of coronary CT angiography (CCTA) evaluation of morphological parameters of coronary chronic total occlusion (CTO) in guiding interventional therapy. **Methods** A total of 300 patients with coronary angiography-confirmed CTO in Jinhua Municipal People's Hospital from January 2021 to December 2023 were selected. All patients received CCTA examination before surgery. The morphological parameters of CCTA, including proximal morphology of occlusion segment, length of occlusion vessel, length of linear enhancement in occlusion segment, length of linear enhancement in occlusion segment/length of occlusion vessel, vascular linear enhancement in occlusion segment, vascular calcification in occlusion segment, vascular calcification area in occlusion segment $\geq 50\%$ on cross section image, tortuous path of lesion ($>45^\circ$), collateral vessels and lesion of vascular opening, were recorded. The correlation between the above parameters and therapeutic results of percutaneous coronary intervention (PCI) was analyzed. **Results** There were 325 lesions in 300 patients with CTO, and 227 lesions (69.85%) were successfully treated by PCI and PCI treatment failed in 98 lesions (30.15%). The proximal blunt shape of occlusion segment, length of occlusion vessel,

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2025.02.004

作者单位: 321000 浙江金华 金华市人民医院介入影像科

通信作者: 吴晓明 E-mail: 2003.junjie@163.com

vascular calcification area of occlusion segment $\geq 50\%$ on cross section image, and tortuous path of lesion ($>45^\circ$) in the failure group were significantly higher than those in the successful group (all $P < 0.05$), while the length of linear enhancement in occlusion segment, length of linear enhancement in occlusion segment/length of occlusion vessel and vascular linear enhancement in occlusion segment in the failure group were strikingly lower than those in the successful group (all $P < 0.05$). No obvious significant differences in other parameters existed between the two groups (all $P > 0.05$). Multivariate logistic regression analysis showed that the length of linear enhancement in occlusion segment ($OR = 1.975, 95\% CI: 1.306-2.988$), the length of linear enhancement in occlusion segment/length of occlusion vessel ($OR = 3.831, 95\% CI: 1.332-11.017$), and the linear enhancement in occlusion segment ($OR = 1.702, 95\% CI: 1.007-2.879$) were the valuable factors for predicting the success of PCI treatment (all $P < 0.05$).

Conclusion CCTA evaluation of coronary CTO morphological parameters has a certain value in guiding interventional therapy. The length of linear enhancement in occlusion segment, the length of linear enhancement in occlusion segment/length of occlusion vessel, and the linear enhancement in occlusion segment are the useful factors for predicting the success of PCI treatment.

【Key words】 coronary chronic total occlusion; coronary artery CT angiography; morphology; interventional therapy

冠状动脉慢性完全闭塞病变 (chronic total occlusion, CTO) 指的是冠状动脉至少一条血管完全闭塞, 且闭塞时间超过 3 个月, 是冠心病患者最常见的血管造影表现^[1]。CTO 会导致相应供血区域的心肌长时间处于缺血、抑制或“冬眠”状态, 进一步诱发心肌结构的重塑, 影响左心室的功能, 加快心力衰竭的发展进程, 最终严重影响患者的生活质量^[2]。经皮冠状动脉介入治疗 (percutaneous coronary intervention, PCI) 是治疗 CTO 的重要手段, 其能够显著改善患者心肌缺血症状, 成功率已超过 90%^[3]。但 CTO 病变近端成分较为坚硬, CTO-PCI 手术难度较大, 且并发症发生率较高^[4]。因此, 为确定最佳治疗策略, 有必要对 CTO 患者进行全面的术前评估。冠状动脉 CT 血管成像 (coronary computed tomography angiography, CCTA) 作为一种非侵入性的影像学检查手段, 在冠心病的临床诊断中具有重要的价值, 其与冠脉造影具有较高的一致性^[5]。有研究认为, CCTA 在评估 CTO 时不仅能够从多角度清晰显示闭塞病变、测量闭塞病变的长度, 还可评估病变走行迂曲等形态学表现, 有望为优化介入治疗方案提供更多理论支持^[6]。本研究旨在分析 CCTA 评价冠状动脉 CTO 形态学参数在介入治疗指导中的应用价值, 现报道如下。

1 材料与方法

1.1 研究对象

选取 2021 年 1 月至 2023 年 12 月金华市人民医院收治的经连续冠状动脉造影 (ICA) 证实的 CTO 患者 300 例, 其中男 222 例, 女 78 例, 年龄

(62.49 ± 8.21) 岁 (44~80 岁)。纳入标准: ①经 ICA 明确诊断为 CTO; ②择期进行 PCI 治疗; ③于 CTO 确诊后, PCI 治疗前 1 个月内接受 CCTA 检查。排除标准: ①最近 3 个月内存在急性心肌梗死病史者; ②CCTA 检查失败者。本研究取得了医院伦理委员会批准, 全部入组患者在参与研究前均签署书面知情同意书。

1.2 CCTA 检查

使用 SOMATOM Definition Flash 双源 CT 机 (德国 Siemens) 飞利浦 64 排 128 层 Ingenuity 微平板 CT 扫描仪, 于 PCI 治疗前 1 个月内进行 CCTA 检查。采用前瞻式心电门控自适应序列扫描, 使用 CAVE KV 技术自动调整管电压, 准直器宽度设置为 $128 \text{ mm} \times 0.6 \text{ mm}$, 机架旋转时间设置为 0.28 s, 数据采集时间窗设置在 35%~75% 的 RR 间期, 层厚和增量分别为 0.75 mm 和 0.5 mm; 使用碘普罗胺对比剂, 碘浓度为 370 mg/mL, 通过高压注射器以 5 mL/s 的速度经患者肘正中静脉注入, 剂量按照 $1 \sim 1.5 \text{ mL/kg}$ 计算, 以确保冠状动脉充分显影; 注射对比剂后, 以相同的速度注入 30~40 mL 生理盐水; 选择最佳舒张期及收缩期图像传输至后处理工作站 Syngo Via 进行重建和分析。

由两位经验丰富的心血管影像诊断医师进行阅片, 在未告知患者临床信息和既往检查结果的情况下, 采用双盲法阅片。当两位医师对 CTO 的诊断出现分歧时, 通过讨论达成一致。通过 Syngo Via 工作站测量闭塞段血管长度、闭塞段内线样强化长度, 观察闭塞段近端形态、闭塞段血管线样强化 (闭塞段血管呈细线样强化, 与闭塞两端相连或不连线

样)、闭塞段内血管钙化情况、闭塞段内血管钙化面积 \geq 横截面 50%、病变走行迂曲($>45^\circ$)、侧支血管情况、血管开口病变等。

1.3 PCI 手术

所有 PCI 手术均由具备超过 10 年 PCI 相关工作经验的两位副主任医师共同执行,介入术者术前未阅读 CCTA 的图像。手术过程中,依据 CAG 检查结果,针对所有冠状动脉 CTO 病变均采取正向或逆向技术来开通血管。成功开通闭塞段血管,成功植入支架且在术后达到 TIMI 血流分级 3 级或者残余狭窄程度小于 25%,判断为 PCI 治疗成功;若导丝始终无法通过闭塞病变部位或手术过程中出现冠状动脉夹层、穿孔、严重心律失常等并发症,导致手术不得不提前终止,判断为 PCI 失败。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学处理。连续性资料以 $\bar{x} \pm s$ 记录,分类资料以例(%)记录。比较采用 t 检验,用 χ^2 检验处理分类数据。将单变量分析中存在显著差异的参数纳入受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)分析,得到最佳 cut off 值,并纳入多因素 logistic 回归分析,分析预测 PCI 成功的相关因素。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 成功组和失败组临床资料比较

两组患者基线资料比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。

2.2 CCTA 评价冠状动脉 CTO 形态学参数与 PCI 结果的关系

300 例 CTO 患者病变共 325 处,PCI 成功 227 处(69.85%),PCI 失败 98 处(30.15%)。失败组闭塞段近端钝形、闭塞血管长度、闭塞段内血管钙化面积 \geq 横截面 50%、病变走行迂曲($>45^\circ$)明显高于成

表 1 成功组和失败组患者临床资料比较 [$n(\%)$]

参数	成功组($n=213$)	失败组($n=87$)	χ^2/t 值	P 值
性别			0.477	0.490
男	160(75.12)	62(71.26)		
女	53(24.88)	25(28.74)		
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	62.19 \pm 8.42	63.84 \pm 8.09	1.558	0.120
体重指数(kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	24.28 \pm 2.66	23.91 \pm 2.83	1.073	0.284
吸烟	124(58.22)	54(62.07)	0.380	0.538
高血压	120(56.34)	58(66.67)	2.731	0.098
糖尿病	73(34.27)	34(39.08)	0.622	0.430
高脂血症	111(52.11)	42(48.28)	0.364	0.546
心梗病史	26(12.21)	18(20.69)	3.552	0.059
既往脑血管病史	20(9.39)	13(14.94)	1.945	0.163
病变部位			0.922	0.631
左前降支	75(35.21)	27(31.03)		
回旋支	48(22.54)	18(20.69)		
右冠状动脉	90(42.25)	42(48.28)		
左室射血分数($\%$, $\bar{x} \pm s$)	55.71 \pm 10.94	57.36 \pm 11.28	1.175	0.241
血肌酐($\mu\text{mol}/\text{L}$, $\bar{x} \pm s$)	108.38 \pm 56.12	95.74 \pm 53.06	1.798	0.073
尿酸($\mu\text{mol}/\text{L}$, $\bar{x} \pm s$)	410.66 \pm 125.31	404.92 \pm 100.14	0.380	0.704

功组($P < 0.05$),闭塞段内线样强化长度、闭塞段内线样强化长度/闭塞血管长度、闭塞段内线样强化明显低于成功组($P < 0.05$),两组其余参数差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 2。

2.3 CCTA 评价冠状动脉 CTO 形态学参数对 PCI 成功的预测价值

将单变量分析中存在显著差异的参数纳入 ROC 曲线分析,结果显示,闭塞段内线样强化长度/闭塞血管长度预测 PCI 成功的 ROC 曲线下面积(area under the curve, AUC)最高 0.852,闭塞段内线样强化长度次之 0.828,见表 3 和图 1。

2.4 影响 CCTA 评价冠状动脉 CTO 形态学参数预测 PCI 成功的相关因素

以 PCI 成功作为因变量(成功 = 1,失败 = 0),以单因素分析结果中存在显著差异的因素作为自变量,进行多因素 logistic 回归分析,结果显示,闭塞段内线样强化长度($OR = 1.975, 95\% CI: 1.306 \sim 2.988$)、闭塞段内线样强化长度/闭塞血管长度($OR = 3.831$,

表 2 CCTA 评价冠状动脉 CTO 形态学参数与 PCI 结果的关系 [$n(\%)$]

参数	成功组($n=227$)	失败组($n=98$)	χ^2/t 值	P 值
闭塞段近端钝形	21(9.25)	44(44.90)	54.361	<0.001
闭塞血管长度(mm, $\bar{x} \pm s$)	24.96 \pm 9.93	31.31 \pm 10.23	5.243	<0.001
闭塞段内线样强化长度(mm, $\bar{x} \pm s$)	5.79 \pm 3.43	1.98 \pm 0.95	10.810	<0.001
闭塞段内线样强化长度/闭塞血管长度($\bar{x} \pm s$)	0.34 \pm 0.77	0.07 \pm 0.05	3.465	0.001
闭塞段内线样强化	128(56.39)	20(20.41)	35.728	<0.001
闭塞段内血管钙化	158(69.60)	72(73.47)	0.495	0.482
闭塞段内血管钙化面积 \geq 横截面 50%	50(22.03)	52(53.06)	30.615	<0.001
病变走行迂曲($>45^\circ$)	42(18.50)	28(28.57)	4.107	0.043
逆向侧支血管	139(61.23)	71(72.45)	3.766	0.052
桥状侧支血管	20(8.81)	9(9.18)	0.012	0.914
血管开口病变	16(7.05)	11(11.22)	1.567	0.211

表 3 CCTA 评价冠状动脉 CTO 形态学参数对 PCI 成功的预测价值

指标	AUC	95%CI	P 值	最佳临界值	敏感度(%)	特异度(%)
闭塞段近端钝形	0.678	0.610~0.747	<0.001	—	90.70	44.90
闭塞血管长度	0.655	0.591~0.719	<0.001	28.49 mm	62.10	60.20
闭塞段内线样强化长度	0.828	0.784~0.872	<0.001	3.50 mm	72.20	93.90
闭塞段内线样强化长度/闭塞血管长度	0.852	0.811~0.893	<0.001	0.14	73.60	93.90
闭塞段内线样强化	0.680	0.618~0.741	<0.001	—	56.40	79.60
闭塞段内血管钙化面积≥横截面 50%	0.655	0.588~0.722	<0.001	—	78.00	53.10
病变走行迂曲(>45°)	0.550	0.481~0.620	0.150	—	81.50	28.60

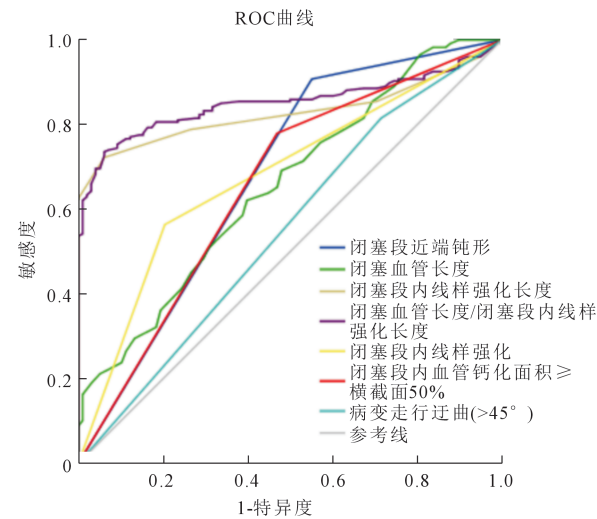


图 1 CCTA 评价冠状动脉 CTO 形态学参数预测 PCI 结果的 ROC 曲线

95%CI:1.332~11.017)、闭塞段内线样强化(OR=1.702,95%CI:1.007~2.879)是预测 PCI 成功的相关因素($P<0.05$),见表 4。

3 讨论

冠状动脉 CTO 患者通常伴有严重心绞痛症状,其死亡风险相对较高,对患者生命安全构成了巨大的威胁^[7]。PCI 成功开通 CTO 有利于缓解患者心绞痛症状,延长患者远期生存时间,还能够有效减少心脏不良事件的发生,改善患者的生活质量^[8]。一项荟萃分析表明,在 CTO 患者中与药物治疗相比,PCI 能降低再发心梗、不良心血管事件、心源性死亡以及全因死亡的发生率^[9]。但 PCI 治疗 CTO

的难度较大,另外与 PCI 治疗非 CTO 相比,PCI 治疗 CTO 的手术风险更高^[10]。因此,准确预测 CTO-PCI 成功或失败的可能性具有至关重要的意义。近年来,随着 PCI 技术的改进,特别是精密导丝技术的广泛应用、逆行入路技术的采用以及顺行撕裂再入法等复杂 PCI 技术的逐步成熟,CTO-PCI 的成功率显著提高^[11]。本研究结果显示,300 例 CTO 患者病变共 325 处,PCI 成功率为 69.85%(227/325),尽管这一比例低于杜旭等^[12]报道的 89.70%,但高于 Du 等^[13]报道的 58.75%。这可能是由于不同研究中患者的病变特征、操作者的 PCI 治疗经验、治疗方法的选择及患者个体差异等诸多因素有关。因此,为提高 CTO-PCI 成功率,需要不断优化手术策略、加强操作者的技术培训,同时结合患者具体情况,制定个性化的治疗方案。

CCTA 能够清晰地呈现闭塞段血管情况,进而为 PCI 手术提供更多的有用信息^[14]。术前进行 CCTA 检查的主要目的是识别 CTO 患者病变特征,以更准确地预测 PCI 预后,进而指导 PCI。本研究单因素结果显示,闭塞血管长度与 PCI 结果有关。但多因素并未显示出闭塞血管长度对 PCI 结果的影响,这是由于闭塞血管长度与 PCI 结果之间可能存在一定的关联。CTO 闭塞血管长度越长,相应的病变走行越迂曲,PCI 手术的难度也越大,但闭塞血管长度对于 PCI 结果的预测价值并无一致的结论^[15]。本研究结果显示,闭塞段内线样强化长度及闭塞段内线样强化长度/闭塞血管长度是预测 PCI 成功的相关因素。具体分析原因,闭塞段内线样强化长度较长或与闭塞血管长度的比值越高提示

表 4 CCTA 评价冠状动脉 CTO 形态学参数预测 PCI 成功的多因素 logistic 回归分析

因素	β	SE	Wald χ^2	P 值	OR	95%CI
闭塞段近端钝形	0.220	0.867	0.064	0.800	1.246	0.228~6.816
闭塞血管长度	-0.089	0.129	0.476	0.491	0.915	0.710~1.178
闭塞段内线样强化长度	0.681	0.211	10.386	0.001	1.975	1.306~2.988
闭塞段内线样强化长度/闭塞血管长度	1.343	0.539	6.208	0.013	3.831	1.332~11.017
闭塞段内线样强化	0.532	0.268	3.941	0.048	1.702	1.007~2.879
闭塞段内血管钙化面积≥横截面 50%	-0.113	0.582	0.038	0.846	0.893	0.285~2.795
病变走行迂曲(>45°)	0.388	0.448	0.750	0.387	1.474	0.613~3.547

闭塞段内可能存在较多的微通道或侧支循环,这有利于介入器械的顺利通过,从而提高 PCI 成功的概率。同时,本研究结果显示,闭塞段内线样强化长度及闭塞段内线样强化长度/闭塞血管长度预测 PCI 成功的能力较好,AUC 分别为 0.828、0.852。另外,本研究中成功组有 56.39% 的病变在 CCTA 上显示闭塞段内线样强化,明显高于失败组的 20.41%,这与既往研究^[16]结果相符。本研究发现,闭塞段内线样强化是预测 PCI 成功的相关因素,提示通过 CCTA 评价冠状动脉 CTO 闭塞段内血管是否存在线样强化有利于预测 PCI 成功的概率,这可能是由于闭塞段内线样强化反映了局部微通道的存在,进而使得 PCI 手术时间缩短及造影剂使用量减少。但值得注意的是,尽管在 ICA 中 CTO 表现为 TIMI 0 级血流,但病理学角度看,绝大部分 CTO 的狭窄率并未达到 100%,这与闭塞段内微通道的形成存在紧密关联。除此之外,闭塞段内血管钙化面积 \geq 横截面 50% 通常被认为是 PCI 失败的一个预测因素^[16],但本研究并未发现这一结果。这可能是由于钙化的病变在 CCTA 图像上产生开花伪影,进而导致钙化外观的扩大。本研究也未发现闭塞段近端钝形及病变走行迂曲($>45^\circ$)对 PCI 结果的影响,与既往研究^[15]结果不同。这可能与纳入患者的病变特征不同以及评估存在主观性相关。总之,CCTA 能够准确评价冠状动脉 CTO 的形态学特征,从而为 CTO 的介入治疗提供具有参考价值的信息。本研究仍存在一定的局限性:这是一项单中心研究。在 CTO-PCI 方面积累了越来越多的经验,随着时间的推移手术成功率也有所提高,CCTA 评价冠状动脉 CTO 形态学参数在介入治疗中的指导作用有待进一步深入探究。

综上所述,CCTA 评价冠状动脉 CTO 形态学参数在介入治疗中具有一定的指导作用,其中闭塞段内线样强化长度、闭塞段内线样强化长度/闭塞血管长度、闭塞段内线样强化是预测 PCI 成功的相关因素。

[参考文献]

- [1] Werner GS, Hildick-Smith D, Martin Yuste V, et al. Three-year outcomes of a randomized multicentre trial comparing revascularization and optimal medical therapy for chronic total coronary occlusions (EuroCTO)[J]. *Euro Intervention*, 2023, 19:571-579.
- [2] Ybarra LF, Rinfret S. Why and how should we treat chronic total occlusion? Evolution of state-of-the-art methods and future directions[J]. *Can J Cardiol*, 2022, 38:S42-S53.
- [3] 管浩,崔锦钢,袁建松,等.左心室射血分数减低患者冠状动脉慢性完全闭塞病变介入治疗的安全性及远期疗效[J]. *中国循环杂志*, 2021, 36:953-960.
- [4] Ayoub M, Mashayekhi K, Behnes M, et al. Prognostic value of different levels of uric acid in patients with coronary chronic total occlusion undergoing percutaneous coronary intervention [J]. *J Clin Med*, 2023, 12:3794-3802.
- [5] Opolski MP, Nap A, Knaapen P. A computed tomography algorithm for crossing coronary chronic total occlusions: riding on the wave of the proximal cap and distal vessel segment[J]. *Neth Heart J*, 2021, 29:42-51.
- [6] Xing HR, Zhang LJ, Zhang DF, et al. Quantitative coronary computed tomography angiography assessment of chronic total occlusion percutaneous coronary intervention[J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2022, 12:3625-3639.
- [7] 孟利民,谷国强.慢性冠状动脉完全闭塞病变介入治疗并发症风险评估进展[J]. *临床心血管病杂志*, 2021, 37:979-982.
- [8] Everaars H, Schumacher SP, Stuijzand WJ, et al. Functional recovery after percutaneous revascularization of coronary chronic total occlusions: insights from cardiac magnetic resonance tissue tracking[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2021, 37:3057-3068.
- [9] 王智琪,李佩钊,郑金刚. CTO 患者 PCI 与口服药物治疗疗效比较的荟萃分析[J]. *中华心血管病杂志*, 2022, 50:591-599.
- [10] 黄科,胡宪清,郑国庆. 冠状动脉慢性闭塞同台和择期介入治疗对手术成功率的影响[J]. *介入放射学杂志*, 2024, 33:52-56.
- [11] Cui C, Sheng Z. Outcomes of percutaneous coronary intervention for chronic total occlusions in the elderly: a systematic review and meta-analysis[J]. *Clin Cardiol*, 2021, 44:27-35.
- [12] 杜旭,王永,吴天兵,等. 冠状动脉慢性完全闭塞性病变逆向介入治疗失败的发生率和预测因素研究[J]. *中国动脉硬化杂志*, 2021, 29:891-895.
- [13] Du G, Cao M, Hou Z, et al. The value of quantitative plaque analysis based on coronary computed tomography angiography in predicting the percutaneous coronary intervention outcome of chronic total occlusion lesions [J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2023, 13:1563-1576.
- [14] 殷磊,滕彬彬,马明平,等. 基于冠状动脉 CT 血管成像的慢性完全闭塞病变评分在介入治疗中的预测价值[J]. *中华放射学杂志*, 2020, 54:17-22.
- [15] 乐颖慧,邢浩然,王锐,等. 冠状动脉 CT 血管造影评估冠状动脉慢性完全性闭塞[J]. *中国介入影像与治疗学*, 2023, 20:97-101.
- [16] 杜光舟,侯志辉,郑海生,等. 冠状动脉 CT 血管成像分析慢性完全闭塞病变特征与 PCI 成功相关性[J]. *临床放射学杂志*, 2020, 39:1327-1332.

(收稿日期:2024-05-06)

(本文编辑:茹实)