

· 临床研究 ·

冠状动脉慢性完全闭塞病变患者侧支循环与存活心肌的关系

刘亚琪¹ 杨晓宇² 张飞飞¹ 刘保¹ 王建锋¹ 徐梅¹ 王跃涛¹ 邵晓梁¹¹苏州大学附属第三医院、常州市第一人民医院核医学科,苏州大学核医学与分子影像临床转化研究所,常州 213003;²苏州大学附属第三医院、常州市第一人民医院心血管内科,常州 213003

刘亚琪现在山东第一医科大学附属肿瘤医院影像科,济南 250117

通信作者:邵晓梁, Email: xl-shao@czfph.com

【摘要】 目的 探讨冠状动脉慢性完全闭塞病变(CTO)患者侧支循环与存活心肌的关系。方法 回顾性分析 2012 年 9 月至 2023 年 6 月间于常州市第一人民医院接受^{99m}Tc-甲氧基异丁基异腓(MIBI)心肌灌注显像联合¹⁸F-FDG PET 心肌代谢显像以评价存活心肌,并拟行冠状动脉血运重建术的 88 例冠状动脉 CTO 患者[男 76 例、女 12 例,年龄(61.0±9.8)岁]。以心肌灌注/代谢不匹配为存活心肌标准,以 CTO 区域存活心肌指数[(CTO 区域静息总评分-CTO 区域心肌¹⁸F-FDG 摄取总评分)/CTO 区域灌注减低心肌节段数×4×100%]反映 CTO 区域存活心肌的数量;基于冠状动脉造影对侧支循环行 Rentrop 分级。比较不良(Rentrop 0~1 级)与良好(Rentrop 2~3 级)侧支循环组间(两独立样本 *t* 检验)、各 Rentrop 分级组间(Kruskal-Wallis 秩和检验)CTO 区域存活心肌指数的差异,通过线性回归分析探索侧支循环 Rentrop 分级与 CTO 区域存活心肌指数的关系。构建 ROC 曲线,分析以 Rentrop 分级预测 CTO 区域存在存活心肌的效能。**结果** 良好侧支循环组(*n* = 54)CTO 区域存活心肌指数高于不良侧支循环组(*n* = 34):(45.8±16.3)%与(21.3±16.7)%;*t* = -6.79, *P* < 0.001。随着侧支循环 Rentrop 分级升高,CTO 区域存活心肌指数升高,组间差异有统计学意义(*H* = 30.22, *P* < 0.001)。多因素线性回归分析显示,仅侧支循环 Rentrop 分级是 CTO 区域存活心肌指数的独立影响因素[*β* = 9.29(95% *CI*: 5.91~12.67), *P* < 0.001]。ROC 曲线示,以侧支循环 Rentrop 分级 ≥ 2 级预测 CTO 区域存在存活心肌的灵敏度为 65.8%(52/79),特异性为 7/9, AUC 为 0.724(95% *CI*: 0.619~0.814)。**结论** 在血运重建术前行存活心肌评价的冠状动脉 CTO 患者中,随着侧支循环 Rentrop 分级的升高,CTO 区域存活心肌数量增多。Rentrop 分级 ≥ 2 级可预测 CTO 区域存在存活心肌。

【关键词】 冠心病;侧支循环;心肌;心肌灌注显像;^{99m}Tc-甲氧基异丁基异腓;正电子发射断层显像术;氟脱氧葡萄糖 F18

基金项目:国家自然科学基金(U22A6008);2023 年度常州市卫健委科技项目立项项目(重大项目)(ZD202304);常州市“十四五”卫生健康高层次人才培养工程——领军人才(2024CZLJ013);2024 年常州市第十一批科技计划项目(应用基础研究专项)(CJ20244011)

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20240921-00328

Relationship between collateral circulation and viable myocardium in patients with coronary chronic total occlusionLiu Yaqi¹, Yang Xiaoyu², Zhang Feifei¹, Liu Bao¹, Wang Jianfeng¹, Xu Mei¹, Wang Yuetao¹, Shao Xiaoliang¹¹Department of Nuclear Medicine, the Third Affiliated Hospital of Soochow University, the First People's Hospital of Changzhou; Institute of Clinical Translation of Nuclear Medicine and Molecular Imaging, Soochow University, Changzhou 213003, China; ²Department of Cardiology, the Third Affiliated Hospital of Soochow University, the First People's Hospital of Changzhou, Changzhou 213003, China

Liu Yaqi works at the Department of Radiology, Shandong Cancer Hospital Affiliated to Shandong First Medical University, Jinan 250117, China

Corresponding author: Shao Xiaoliang, Email: xl-shao@czfph.com

【Abstract】 Objective To investigate the relationship between collateral circulation and viable myocardium (VM) in patients with coronary chronic total occlusion (CTO). **Methods** A total of 88 patients (76 males, 12 females, age (61.0±9.8) years) with coronary CTO were retrospectively analyzed. All pa-

tients underwent both $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -methoxyisobutylisonitrile (MIBI) SPECT myocardial perfusion imaging and ^{18}F -FDG PET myocardial metabolism imaging for evaluation of VM at the First People's Hospital of Changzhou between September 2012 and June 2023, and they were scheduled to receive coronary revascularization. The perfusion/metabolism mismatch myocardium was regarded as VM. The VM index within the CTO region was calculated, reflected the quantities of VM: $\text{VM index} = (\text{summed rest score within the CTO region} - \text{summed } ^{18}\text{F-FDG uptake score within the CTO region}) / \text{reduced perfusion myocardial segments} \times 4 \times 100\%$. Rentrop grading of collateral circulation was performed based on coronary angiography. The differences of VM index within the CTO region between poor-developed (PD, Rentrop grade 0–1) and well-developed (WD, Rentrop grade 2–3) collateral circulation, and among different Rentrop grades were analyzed by the independent-sample t test or Kruskal-Wallis rank sum test. The linear regression analysis was used to evaluate the relationship between Rentrop grading and VM index within the CTO region. The ROC curve was constructed to analyze the predictive value of Rentrop grading for VM within the CTO region. **Results** The VM index within the CTO region was significantly higher in WD patients ($n = 54$) compared to those in PD patients ($n = 34$): $(45.8 \pm 16.3)\% \text{ vs } (21.3 \pm 16.7)\% (t = -6.79, P < 0.001)$. Moreover, the VM index within the CTO region increased with increased Rentrop grade, and there was a significant difference among 4 groups ($H = 30.22, P < 0.001$). Multiple linear regression analysis showed that only the Rentrop grading was an independent influencing factor for the VM index within the CTO region ($\beta = 9.29, 95\% \text{ CI: } 5.91 - 12.67, P < 0.001$). ROC curve showed that the sensitivity and specificity of Rentrop grading score ≥ 2 for predicting the presence or absence of VM within the CTO region were 65.8% (52/79) and 7/9, with the AUC of 0.724 (95% CI: 0.619–0.814). **Conclusions** In CTO patients who are scheduled for revascularization and evaluation of VM, as the Rentrop grading increases, the VM index within the CTO region also increases. The presence of VM within the CTO region can be predicted with Rentrop grading score ≥ 2 .

【Key words】 Coronary disease; Collateral circulation; Myocardium; Myocardial perfusion imaging; Technetium Tc 99m sestamibi; Positron-emission tomography; Fluorodeoxyglucose F18

Fund program: National Natural Science Foundation of China (U22A6008); Project Supported by the Changzhou Health Commission in 2023 (ZD202304); Leading Talent of Changzhou "The 14th Five-Year Plan" High-Level Health Talents Training Project (2024CZLJ013); The 11th Batch of Science and Technology Plan Projects (Applied Basic Research Special) in Changzhou in 2024 (CJ20244011)

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20240921-00328

冠状动脉慢性完全闭塞病变 (chronic total occlusion, CTO) 是指动脉粥样硬化导致冠状动脉管腔完全闭塞且持续时间超过 3 个月, 其发病率约占经冠状动脉造影 (coronary angiography, CAG) 确诊的冠状动脉粥样硬化性心脏病 (简称冠心病) 患者的 16%~50%^[1]。识别并定量存活心肌对 CTO 治疗策略选择的临床意义已获得专家共识^[2], 存活心肌区域的供血血管开通有益于局部室壁运动功能的恢复、左心室整体功能的提高和预后的改善^[3-4]。然而, 对于冠状动脉 CTO 患者侧支循环与存活心肌的关系, 目前仍存在争议。鉴于 PET 心肌代谢显像是无创评估存活心肌的“金标准”^[5], 本研究拟通过 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -甲氧基异丁基异腈 (methoxyisobutylisonitrile, MIBI) SPECT 心肌灌注显像 (myocardial perfusion imaging, MPI) 和 ^{18}F -FDG PET 心肌代谢显像 (myocardial metabolism imaging, MMI) 评估 CTO 区域存活心肌数量, 探索冠状动脉 CTO 患者侧支循环与 CTO 区域存活心肌的关系。

资料与方法

1. 研究对象。回顾性分析 2012 年 9 月至 2023 年 6 月期间常州市第一人民医院核医学科行 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI SPECT MPI 联合 ^{18}F -FDG PET MMI 评价存活心肌、拟

行血运重建术的患者 88 例, 其中男 76 例、女 12 例, 年龄 (61.0 ± 9.8) 岁。纳入标准: (1) CAG 提示存在冠状动脉 CTO; (2) 超声心动图显示左心室存在室壁运动障碍; (3) $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI SPECT MPI 提示存在显像剂摄取稀疏或缺损区。排除标准: (1) 3 个月内冠状动脉急性闭塞导致的急性冠状动脉综合征; (2) 严重心律失常; (3) 经临床及超声心动图检查诊断为扩张型心肌病或肥厚型心肌病; (4) 严重瓣膜疾病; (5) 既往行冠状动脉旁路移植术或闭塞血管行经皮冠状动脉介入术; (6) 图像质量差, 无法行存活心肌定量。本研究经本院伦理委员会批准 [批准号: (2020) 科第 033 号]。

2. 显像方法。静息 MPI 采用德国 Siemens Symbia T16 SPECT/CT 仪, 配低能高分辨率平行孔准直器, 能峰 140 keV, 窗宽 20%。受检者于静息状态下接受静脉注射 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI (放化纯 $> 95\%$, 上海欣科医药有限公司) 370~555 MBq, 60~90 min 后进行检查: 受检者仰卧于检查床, 2 个探头呈 90° 夹角, 从右前斜 45° 到左后斜 45° 顺时针采集 $180^\circ, 5.6^\circ/\text{帧}$, 共采集 32 帧, 35 s/帧; 以心电图 R 波触发门控电路, 每个心动周期采集 8 帧; 采集矩阵 128×128 , 放大倍数为 1.45。采用滤波反投影法 (Butterworth 滤波, 滤波

函数 0.45, 陡度因子为 5) 重建图像, 获得心脏短轴、水平长轴、垂直长轴图像。MMI 采用德国 Siemens Biograph mCT-s (64) PET/CT 仪, 通过空腹口服葡萄糖负荷+静脉注射胰岛素法调节血糖(口服葡萄糖负荷量及注射胰岛素的剂量参照美国心脏病学会 PET 显像指南^[6]), 对患者静脉注射¹⁸F-FDG(放化纯>95%, 南京江原安迪科正电子研究发展有限公司) 111~185 MBq, 60 min 后行心脏 PET 门控采集。8 帧/R-R 间期, 三维采集, 每个床位采集 10 min, 采集 1 个床位。所获图像经计算机重建(重建算法: ultraHD-PET, 迭代次数 2, 子集 21), 获得心脏短轴、水平长轴、垂直长轴图像。

3. 心肌灌注及存活心肌定量分析。由 2 位核医学科医师进行 MPI 和 MMI 图像分析, 2 人判读意见不一致时由第 3 位核医学专业高级职称医师共同参与阅片, 以讨论后的结果为最终诊断。采用美国心脏协会 17 节段评分法及半定量 5 分法^[6]对左心室各心肌节段显像剂摄取评分(0 分=显像剂摄取正常; 1 分=显像剂摄取轻度减低; 2 分=显像剂摄取中度减低; 3 分=显像剂摄取重度减低; 4 分=无显像剂摄取); 根据 CTO 冠状动脉支配的心肌区域将左心室分为 CTO 区域和非 CTO 区域。图像定量分析采用美国 Cedars 定量灌注 SPECT(quantitative perfusion SPECT, QPS) 及定量门控 SPECT(quantitative gated SPECT, QGS) 软件, 获取静息总评分(summed rest score, SRS)、总灌注缺损(total perfusion deficit, TPD)、左心室收缩末期容积指数(left ventricular end-systolic volume index, LVESVi)、左心室舒张末期容积指数(left ventricular end-diastolic volume index, LVEDVi) 及左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)。用 CTO 区域存活心肌指数反映 CTO 区域存活心肌的数量: CTO 区域存活心肌指数=(CTO 区域 SRS-CTO 区域心肌¹⁸F-FDG 摄取总评分)/CTO 区域灌注减低心肌节段数 $\times 4 \times 100\%$ 。

4. CAG。由 2 位心内科医师盲法(隐藏受检者临床资料及分组)、回顾性分析 CAG 图像, 2 人判读意见不一致时由第 3 位心内科专业高级职称医师共同参与阅片, 以讨论后的结果为最终诊断。按照文献, 冠状动脉 CTO 是指闭塞血管段前向血流为心肌梗死溶栓治疗临床试验(thrombolysis in myocardial infarction, TIMI) 分级为 0 级, 且闭塞时间 ≥ 3 个月的病变^[7]。根据 Rentrop 分级^[8]对冠状动脉侧支循环进行分级: 0 级=无可见侧支充盈, 1 级=侧支充

盈, 2 级=闭塞血管心外膜段部分充盈, 3 级=心外膜段完全充盈。将 Rentrop 0~1 级定义为不良侧支循环, Rentrop 2~3 级定义为良好侧支循环^[7]。

5. 统计学分析。采用 R 4.2.0 软件(<http://www.R-project.org>) 进行统计学分析。符合正态分布的定量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间比较采用两独立样本 t 检验或单因素方差分析; 不符合正态分布的定量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示, 组间比较采用 Kruskal-Wallis 秩和检验。定性资料以频数(百分比) 表示, 组间比较采用 χ^2 检验。对冠状动脉侧支循环 Rentrop 分级和 CTO 区域存活心肌指数间的关系进行 Spearman 秩相关分析。采用单因素及多因素线性回归分析影响 CTO 区域存活心肌指数的影响因素。构建 ROC 曲线, 分析侧支循环 Rentrop 分级预测 CTO 区域存在存活心肌的效能。双侧检验 $P < 0.05$ 为差异或相关性有统计学意义。

结 果

1. 研究对象基本特征。88 例冠状动脉 CTO 患者中, 不良侧支循环组(Rentrop 0~1 级) 34 例, 良好侧支循环组(Rentrop 2~3 级) 54 例。年龄、性别、体质指数、糖尿病、高脂血症在不良与良好侧支循环组间差异无统计学意义(χ^2 值: 0.05~2.83, t 值: -0.53、-0.06, 均 $P > 0.05$)。良好侧支循环组高血压占比高于不良侧支循环组($\chi^2 = 4.62, P = 0.032$), 不良侧支循环组心绞痛及既往心肌梗死发生率高于良好侧支循环组(χ^2 值: 3.90、11.32, 均 $P < 0.05$), 具体见表 1。

2. 组间 CTO 区域存活心肌指数及其他相关因素的比较。88 例患者中, 冠状动脉侧支循环 Rentrop 0、1、2、3 级者分别有 13、21、18、36 例。LVEDVi、LVESVi、CTO 区域 SRS、TPD 及 CTO 区域存活心肌指数在各 Rentrop 分级组间差异均有统计学意义(F 值: 4.56~5.56, $H = 30.22$, 均 $P < 0.01$); LVEF 在各 Rentrop 分级组间存在差异, 但差异无统计学意义($F = 2.69, P = 0.051$), 具体见表 2。冠状动脉侧支循环 Rentrop 分级和 CTO 区域存活心肌指数呈中度正相关($r_s = 0.54, P < 0.001$)。

不良侧支循环组左心室重构、左心功能降低更为明显, 即 LVEDVi [(113.6 ± 58.4) ml/ m^2 与 (88.1 ± 33.9) ml/ m^2 ; $t = 2.31, P = 0.026$]、LVESVi [(86.2 ± 59.9) ml/ m^2 与 (58.7 ± 34.3) ml/ m^2 ; $t = 2.44, P = 0.019$] 高于良好侧支循环组, LVEF 低于良好侧支循环组 [$(30.8 \pm 15.2)\%$ 与 $(37.6 \pm 13.7)\%$; $t = -2.18, P = 0.032$]。此外, 不良侧支循环组 CTO 区域 SRS [(14.9 ± 6.0) 分

与(10.4±6.0)分; $t=3.40, P=0.001$]、TPD[(35.9±14.0)%与(24.5±12.1)%; $t=3.94, P<0.001$]高于良好侧支循环组,CTO 区域存活心肌指数低于良好侧支循环组[(21.3±16.7)%与(45.8±16.3)%; $t=-6.79, P<0.001$]。

3. CTO 区域存活心肌指数的影响因素分析。单因素线性回归分析显示,LVEDVi、LVESVi、LVEF、CTO 区域 SRS、TPD 及侧支循环 Rentrop 分级均与 CTO 区域存活心肌指数相关;多因素线性回归分析显示仅侧支循环 Rentrop 分级是 CTO 区域存活心肌指数的独立影响因素(表 3)。

4. ROC 曲线分析。ROC 曲线(图 1)分析显示,

侧支循环 Rentrop 分级预测 CTO 区域存在存活心肌的截断值为 1.5,AUC 为 0.724(95% CI:0.619~0.814)。由于 Rentrop 分级只有 0、1、2、3 级,可认为 Rentrop 分级≥2 的预测效果最佳,其预测 CTO 区域存在存活心肌的灵敏度为 65.8%(52/79),特异性为 7/9。

讨 论

研究表明,仅有约 35%有明显血流动力学障碍的冠心病患者存在发育良好的侧支循环^[9]。良好侧支循环的形成可减轻心肌缺血的程度、改善心肌缺血症状,防止心肌因长时间缺血而发生坏死,从而维持心肌存活^[10-11]。关于冠状动脉 CTO 患者侧支

表 1 2 组冠状动脉慢性完全闭塞病变患者的临床基本特征比较

组别	例数	男性 [例(%)]	年龄 (岁; $\bar{x}\pm s$)	BMI (kg/m ² ; $\bar{x}\pm s$)	心绞痛 [例(%)]	高血压 [例(%)]	糖尿病 [例(%)]	高脂血症 [例(%)]	既往心肌梗死 [例(%)]
不良侧支循环组	34	32(94.1%)	60.3±9.3	24.8±3.3	33(97.1%)	25(73.5%)	14(41.2%)	5(14.7%)	28(82.4%)
良好侧支循环组	54	44(81.5%)	61.4±10.2	24.9±2.9	45(83.3%)	49(90.7%)	20(37.0%)	7(13.0%)	25(46.3%)
检验值		2.83	-0.53 ^a	-0.06 ^a	3.90	4.62	0.15	0.05	11.32
P 值		0.093	0.595	0.949	0.048	0.032	0.698	0.817	<0.001

注:BMI 为体质指数;^a为 t 值,其余检验值为 χ^2 值

表 2 各 Rentrop 分级组间 CTO 区域存活心肌指数及其他相关因素的比较[$\bar{x}\pm s$ 或 $M(Q_1, Q_3)$]

Rentrop 分级	例数	LVEDVi (ml/m ²)	LVESVi (ml/m ²)	LVEF (%)	CTO 区域 SRS(分)	TPD (%)	CTO 区域存活 心肌指数(%)
0 级	13	87.1±35.5	59.6±35.8	36.3±13.9	13.6±6.9	34.5±14.2	15.0(0, 37.5)
1 级	21	130.0±64.3	102.7±66.3	27.3±15.3	15.7±5.5	36.6±14.2	22.0±14.9
2 级	18	89.5±37.0	60.3±39.2	38.1±16.4	9.2±5.6	27.2±11.2	43.7±15.6
3 级	36	87.5±32.8	57.9±32.2	37.3±12.4	11.1±6.1	23.1±12.5	46.9±16.7
检验值		5.00	5.20	2.69	4.56	5.56	30.22 ^a
P 值		0.003	0.002	0.051	0.005	0.002	<0.001

注:CTO 为慢性完全闭塞病变,LVEDVi 为左心室舒张末期容积指数,LVESVi 为左心室收缩末期容积指数,LVEF 为左心室射血分数,SRS 为静息总评分,TPD 为总灌注缺损;^a为 H 值,余检验值为 F 值

表 3 影响 CTO 区域存活心肌指数的线性回归分析结果

变量	单因素分析				多因素分析			
	β 值(95% CI)	SE	t 值	P 值	β 值(95% CI)	SE	t 值	P 值
年龄(岁)	0.39(-0.04~0.83)	0.29	1.80	0.075	-	-	-	-
性别(男/女)	-5.88(-18.41~6.65)	6.30	-0.93	0.353	-	-	-	-
BMI(kg/m ²)	-0.88(-2.32~0.56)	0.72	-1.22	0.227	-	-	-	-
心绞痛(例)	-6.01(-19.56~7.55)	6.82	-0.88	0.381	-	-	-	-
既往心肌梗死(例)	-5.48(-14.23~3.27)	4.36	-1.24	0.217	-	-	-	-
高血压(例)	4.22(-7.56~16.00)	5.93	0.71	0.478	-	-	-	-
高脂血症(例)	1.15(-11.44~13.74)	6.33	0.18	0.856	-	-	-	-
糖尿病(例)	-1.39(-10.26~7.48)	4.46	0.31	0.756	-	-	-	-
LVESVi(ml/m ²) ^a	-0.18(-0.27~-0.10)	0.04	-4.43	<0.001	-	-	-	-
LVEDVi(ml/m ²)	-0.19(-0.27~-0.10)	0.04	-4.38	<0.001	-0.14(-0.28~0.00)	0.07	-1.97	0.053
LVEF(%)	0.55(-0.28~0.83)	0.14	4.03	<0.001	0.06(-0.45~0.58)	0.26	0.25	0.801
CTO 区域 SRS(分)	-1.17(-1.81~-0.53)	0.32	-3.64	<0.001	0.02(-0.74~0.77)	0.38	0.05	0.960
TPD(%)	-0.52(-0.81~-0.23)	0.14	-3.56	<0.001	0.07(-0.30~0.44)	0.18	0.37	0.712
Rentrop 分级(级)	10.18(6.94~13.42)	1.63	6.24	<0.001	9.29(5.91~12.67)	1.70	5.47	<0.001

注:SE 为标准误;-表示无数据;^aLVESVi 与 LVEDVi 具有很强的共线性,故仅纳入更具代表性的 LVEDVi 行多因素分析

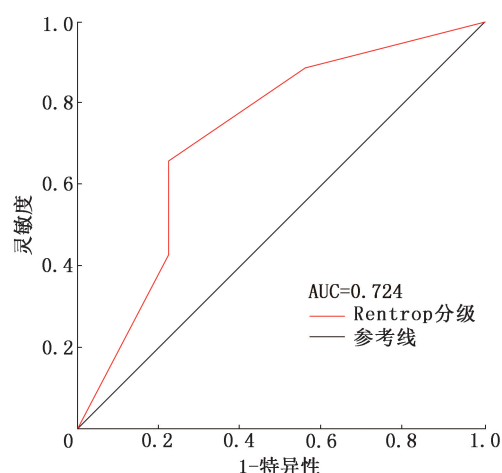


图1 冠状动脉侧支循环 Rentrop 分级预测慢性完全闭塞病变区域存在存活心肌的 ROC 曲线 ($n=88$)

循环与存活心肌两者间的关系,目前研究结论并不一致,其原因可能与各研究的显像方式以及存活心肌评价指标不同有关^[12-16]。本研究通过⁹⁹Tc^m-MIBI SPECT MPI 联合¹⁸F-FDG PET MMI 评价冠状动脉 CTO 患者的存活心肌情况,结果显示 CTO 患者冠状动脉侧支循环情况与存活心肌间存在相关性。

在本研究的前期,团队发现部分 CTO 患者左心室 TPD 较大,通过 QPS 分析软件获得的存活心肌及瘢痕心肌数值均高于左心室 TPD 较小者;且对于既往合并心肌梗死的 CTO 患者,心梗区域可能与 CTO 血管支配心肌区域并不一致,干扰了存活心肌数量和侧支循环分级间关系的检出,因此参照既往文献^[12,16]并进行创新,引入 CTO 区域存活心肌指数来研究冠状动脉侧支循环与存活心肌的关系。本研究示,良好侧支循环(Rentrop 2~3 级)者 CTO 区域存活心肌指数高于不良侧支循环者(Rentrop 0~1 级),且随着冠状动脉侧支循环 Rentrop 分级的升高,CTO 区域存活心肌指数升高。此外,侧支循环 Rentrop 分级是 CTO 区域存活心肌指数的独立影响因素 $[\beta=9.29(95\% CI:5.91 \sim 12.67), P<0.001]$ 。上述结果为进一步建立 CTO 患者血运重建预后预测模型提供了依据。

此外,虽然本研究发现冠状动脉侧支循环 Rentrop 分级与 CTO 区域存活心肌指数存在相关性,但仅呈中度正相关($r_s=0.54, P<0.001$),且以 Rentrop 分级 ≥ 2 级预测 CTO 区域存在存活心肌的灵敏度仅为 65.8% (52/79)。部分不良侧支循环者 CTO 区域存在不同程度的存活心肌,而部分良好侧支循环者 CTO 区域仅存在少量或无存活心肌。原因可能为:(1)受限于 CAG 的空间分辨率,只有直径 $>200 \mu m$ 的侧支循

环血管可在 CAG 中观察到,这造成 CTO 患者冠状动脉侧支循环被严重低估,进而被低估的侧支循环无法有效、准确预测存活心肌及其数量;(2)合并冠状动脉微循环结构和功能障碍可能会影响心肌血流灌注、心肌存活及左心室功能^[17]。这也解释了部分研究^[12,15,18]中 CTO 患者冠状动脉侧支循环与存活心肌间缺乏相关性的原因。因而,在临床实践中,应避免应用 CAG 所示侧支循环等级间接推测或评价存活心肌,力争使用可精准评估存活心肌的无创影像学技术,以便提供更精准的治疗指导。

本研究的局限性:第一,本研究为回顾性横断面研究,纳入样本量相对较小,后续仍需大规模前瞻性研究验证。第二,缺乏血运重建术后随访信息,无法评估冠状动脉侧支循环、存活心肌与 CTO 患者预后间的相互关系。

尽管存在上述局限性,本研究仍为冠状动脉 CTO 患者侧支循环与存活心肌关系探讨提供了有意义的结果和发现:CTO 区域存活心肌数量随着侧支循环 Rentrop 分级的升高而增多;Rentrop 分级 ≥ 2 级可预测 CTO 区域存在存活心肌。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 刘亚琪:研究实施、统计学分析、论文撰写;杨晓宇:数据采集、图像分析;张飞飞、刘保、王建峰:研究指导、论文修改;徐梅:技术支持;王跃涛:研究指导、论文修改;邵晓梁:研究指导、论文修改、经费支持

参 考 文 献

- [1] Hoehrs LP, Claessen BE, Dangas GD, et al. Contemporary overview and clinical perspectives of chronic total occlusions[J]. Nat Rev Cardiol, 2014, 11(8): 458-469. DOI: 10.1038/nrcardio.2014.74.
- [2] Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, et al. 2018 ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization[J]. Eur Heart J, 2019, 40(2): 87-165. DOI:10.1093/eurheartj/ehy394.
- [3] Kirschbaum SW, Rossi A, Boersma E, et al. Combining magnetic resonance viability variables better predicts improvement of myocardial function prior to percutaneous coronary intervention[J]. Int J Cardiol, 2012, 159(3): 192-197. DOI: 10.1016/j.ijcard.2011.02.048.
- [4] 邱世锋,冯骞,李丹霞,等.评估存活心肌指导血运重建的临床证据与争议[J].中国循环杂志, 2020, 35(1): 93-97. DOI:10.3969/j.issn.1000-3614.2020.01.018.
- Qiu SF, Feng Q, Li DX, et al. Clinical evidence and controversy of assessing myocardial viability to guide revascularization[J]. Chin Circ J, 2020, 35(1): 93-97. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2020.01.018.
- [5] 中华医学会核医学分会,中华医学会心血管病学分会.核素心肌显像临床应用指南(2018)[J].中华心血管病杂志, 2019, 47(7): 519-527. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2019.07.003. Chinese Society of Nuclear Medicine, Chinese Society of Cardiol-

- gy. Guideline for the clinical use of myocardial radionuclide imaging (2018)[J]. Chin J Cardiol, 2019, 47(7): 519-527. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2019.07.003.
- [6] Dilsizian V, Bacharach SL, Beanlands RS, et al. ASNC imaging guidelines/SNMMI procedure standard for positron emission tomography (PET) nuclear cardiology procedures[J]. J Nucl Cardiol, 2016, 23(5): 1187-1226. DOI:10.1007/s12350-016-0522-3.
- [7] Schumacher SP, Everaars H, Stuijzand WJ, et al. Coronary collaterals and myocardial viability in patients with chronic total occlusions[J]. EuroIntervention, 2020, 16(6): e453-e461. DOI:10.4244/EIJ-D-19-01006.
- [8] Rentrop KP, Cohen M, Blanke H, et al. Changes in collateral channel filling immediately after controlled coronary artery occlusion by an angioplasty balloon in human subjects[J]. J Am Coll Cardiol, 1985, 5(3): 587-592. DOI:10.1016/s0735-1097(85)80380-6.
- [9] Meier P, Gloekler S, Zbinden R, et al. Beneficial effect of recruitable collaterals: a 10-year follow-up study in patients with stable coronary artery disease undergoing quantitative collateral measurements[J]. Circulation, 2007, 116(9): 975-983. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.703959.
- [10] Choi JH, Chang SA, Choi JO, et al. Frequency of myocardial infarction and its relationship to angiographic collateral flow in territories supplied by chronically occluded coronary arteries[J]. Circulation, 2013, 127(6): 703-709. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.112.092353.
- [11] Azzalini L, Vo M, Dens J, et al. Myths to debunk to improve management, referral, and outcomes in patients with chronic total occlusion of an epicardial coronary artery[J]. Am J Cardiol, 2015, 116(11): 1774-1780. DOI:10.1016/j.amjcard.2015.08.050.
- [12] Wang L, Lu MJ, Feng L, et al. Relationship of myocardial hibernation, scar, and angiographic collateral flow in ischemic cardiomyopathy with coronary chronic total occlusion[J]. J Nucl Cardiol, 2019, 26(5): 1720-1730. DOI:10.1007/s12350-018-1241-8.
- [13] 崔亚东,郑冲,谷珊珊,等.一体化 PET/MR 对缺血性心脏病心肌活性的评估价值[J].中华核医学与分子影像杂志, 2023, 43(9): 513-517. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20220609-00182.
- Cui YD, Zheng C, Gu SS, et al. Assessment of myocardial viability in ischemic heart disease by integrated PET/MR[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2023, 43(9): 513-517. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20220609-00182.
- [14] Shokry KA, Farag EM, Salem AMH, et al. Relationship between quality of coronary collateral and myocardial viability in chronic total occlusion: a magnetic resonance study[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2021, 37(2): 623-631. DOI:10.1007/s10554-020-02027-9.
- [15] Pica S, Di Odoardo L, Testa L, et al. Collateral presence and extent do not predict myocardial viability and ischemia in chronic total occlusions: a stress-CMR study[J]. Int J Cardiol, 2023, 371: 10-15. DOI:10.1016/j.ijcard.2022.09.071.
- [16] 鲁瑶,曹剑,朱恩军,等.冬眠心肌占心肌总灌注受损范围的比例预测 HFrEF 患者 CABG 术后心室重构逆转的价值[J].中华心血管病杂志, 2023, 51(4): 384-392. DOI:10.3760/cma.j.cn112148-20221121-00912.
- Lu Y, Cao J, Zhu EJ, et al. Predictive value of the proportion of hibernating myocardium in total perfusion defect on reverse remodeling in patients with HFrEF underwent coronary artery bypass graft [J]. Chin J Cardiol, 2023, 51(4): 384-392. DOI:10.3760/cma.j.cn112148-20221121-00912.
- [17] Del Buono MG, Montone RA, Camilli M, et al. Coronary microvascular dysfunction across the spectrum of cardiovascular diseases: JACC state-of-the-art review [J]. J Am Coll Cardiol, 2021, 78(13): 1352-1371. DOI:10.1016/j.jacc.2021.07.042.
- [18] Leite L, Campos G, Silva R, et al. The association of collaterals with myocardial ischemia and viability in chronic total occlusions [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2023, 39(4): 843-851. DOI:10.1007/s10554-022-02772-z.

(收稿日期:2024-09-21)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

关于论著文稿中中、英文摘要的书写要求

根据 GB 6447—86 的定义,文摘是以提供文献内容梗概为目的,不加评价和解释,简明确切地记述文献重要内容的短文。摘要应具有自明性和独立性,并拥有与一次文献同等量的主要信息。即不阅读全文就能获得必要的信息。它的详简程度取决于文献的内容,通常中文文摘以不超过 400 字为宜。应以第三人称的语气书写。不要使用“本人”“作者”“我们”等作为陈述的主语。

摘要的内容应包括四个要素,即目的、方法、结果、结论。(1)目的:指研究的前提和缘起,即为什么要作此项研究,可以有简单的背景材料。(2)方法:指研究所用的原理、对象、观察和实验的具体方法等。(3)结果:指研究的结果、效果、数据等,着重反映创新性的、切实可行的成果,包括本组研究中的重要数据。(4)结论:指对结果进行综合分析,逻辑推理得出的判断。有的可指出实用价值和推广价值;如有特殊例外的发现或难以解决的问题,可以提出留待今后深入探讨。英文摘要的内容与中文摘要的内容要求大体一致。

英文摘要要求做到语法正确,用词准确,与中文摘要对应,方法、结果可略详于中文摘要。必要时,作者在投稿前请英文书写水平高的人员帮助修改。英文文题后列出全部作者及其单位、科室(包括城市、邮编)的英文规范表达。

敬请广大读者、作者周知,并遵照此要求投稿。

本刊编辑部