

❖ 心脏、血管影像学

Impact of coronary myocardial bridge on parameters of proximal pericoronary adipose tissue

WANG Li, WANG Chao*, QIU Xiaohui, LIU Yichao, XIE Fuyou, ZHAO Hongtao

(Department of Radiology, Bozhou People's Hospital, Bozhou 236800, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the impact of coronary myocardial bridge (MB) on parameters of proximal pericoronary adipose tissue (PCAT). **Methods** Totally 287 patients with clinically suspected coronary heart disease but no coronary plaque on CT angiography (CCTA) were retrospectively collected. According to the presence or not of MB in left anterior descending (LAD), the patients were divided into MB group ($n=150$) and non-MB group ($n=137$). The length and depth of LAD-MB in MB group were measured, and patients in MB group were divided into deep MB subgroup and superficial MB subgroup according to LAD-MB depth. LAD PCAT parameters, *i. e.* fat attenuation index (FAI) and fat volume (FV), were compared between groups and subgroups within MB subgroup. Univariate and multivariate linear regression were used to explore the correlations of clinical factors (age, sex, body mass index), MB length, MB depth and PCAT parameters in MB group. **Results** FAI in MB group was higher, while FV was lower than those in non-MB group (both $P<0.001$). Among 150 cases of LAD-MB, superficial type were found in 99 cases (superficial subgroup), while deep type were found in 51 cases (deep subgroup). FAI in superficial subgroup was lower, while FV was higher than those in deep subgroup (both $P<0.001$). The median length and median depth of LAD-MB in 150 cases was 20.10 mm and 0.80 mm, respectively. Univariate linear regression analysis showed that for all 287 patients, gender was negatively correlated with FAI, whereas LAD-MB length and LAD-MB depth were positively correlated with FAI but negatively correlated with FV in MB group (all $P<0.05$). Multifactor linear regression analysis showed that in MB group, both LAD-MB length and depth were positively correlated with FAI ($B=0.105, 1.797$, both $P<0.05$) and negatively correlated with FV ($B=-15.585, -162.343$, both $P<0.05$), while clinical factors were not significantly correlated with FAI and FV (all $P>0.05$). **Conclusion** MB could increase FAI and decrease FV of proximal PCAT.

[Keywords] myocardial bridging; coronary artery; adipose tissue; coronary angiography

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2024.12.007

冠状动脉心肌桥对其近端冠状动脉周围脂肪组织参数的影响

王利, 王超*, 邱晓晖, 刘艺超, 解福友, 赵洪涛

(亳州市人民医院影像中心, 安徽 亳州 236800)

[摘要] **目的** 观察冠状动脉心肌桥(MB)对其近端冠状动脉周围脂肪组织(PCAT)参数的影响。**方法** 回顾性收集 287 例经冠状动脉 CT 血管造影(CCTA)检查未见冠状动脉斑块的临床疑诊冠状动脉心脏病患者;根据左前降支(LAD)有无 MB 将其分为 MB 组($n=150$)与无 MB 组($n=137$)。测量 MB 组 LAD-MB 长度及深度,并根据 MB 深度划分纵深型与浅表型亚组。比较组间及 MB 组内亚组间 LAD PCAT 参数——脂肪衰减指数(FAI)及脂肪总体积(FV);以单因素及

[基金项目] 亳州市卫生健康科研项目(bzwj2023c016)、亳州市人民医院科研项目库项目(by2023032)。

[第一作者] 王利(1981—),女,安徽亳州人,本科,副主任医师。研究方向:心血管病影像学诊断。E-mail: wangli5716@126.com

[通信作者] 王超,亳州市人民医院影像中心,236800。E-mail: 956734059@qq.com

[收稿日期] 2024-08-06 **[修回日期]** 2024-11-05

多因素线性回归分析 MB 组临床因素(年龄、性别、体质量指数)及 MB 长度、深度与 PCAT 参数的相关性。**结果** MB 组 FAI 高于而 FV 低于无 MB 组(P 均 <0.001)。MB 组 150 例中,浅表型亚组 99 例、纵深型亚组 51 例;前者 FAI 低于而 FV 高于纵深型后者(P 均 <0.001)。150 例 LAD-MB 中位长度 20.10 mm、中位深度 0.80 mm。单因素线性回归分析显示,全部 287 例中,性别与 FAI 呈负相关;MB 组 FAI 与 LAD-MB 长度及深度均呈正相关,而 FV 与之均呈负相关(P 均 <0.05)。多因素线性回归分析显示,MB 组 FAI 与 LAD-MB 长度及深度均呈正相关($B=0.105, 1.797, P$ 均 <0.05)而 FV 与后二者均呈负相关($B=-15.585, -162.343, P$ 均 <0.05),FAI 及 FV 均与临床因素无明显相关(P 均 >0.05)。**结论** MB 可致其近端 PCAT FAI 升高、FV 降低。

[关键词] 心肌桥; 冠状动脉; 脂肪组织; 冠状动脉造影

[中图分类号] R714.252; R814.42 [文献标识码] A

[文章编号] 1003-3289(2024)12-1837-05

冠状动脉主干及其分支通常走行于心外膜下结缔组织内,若冠状动脉某段或某分支被浅层心肌纤维束覆盖,则称之为壁冠状动脉(mural coronary artery, MCA),覆盖其上的心肌纤维束即为心肌桥(myocardial bridge, MB)^[1]。MB 常见位于冠状动脉左前降支(left anterior descending artery, LAD),压迫 MCA 致其近端血管壁剪切应力快速波动^[2]可引发内皮细胞功能障碍、促进血管周围炎症;其于收缩期压迫冠状动脉致心肌缺血可造成心绞痛、心肌梗死、心源性猝死等多种心脏事件^[3]。血管周围炎症是冠状动脉斑块形成的重要因素^[4]。冠状动脉周围脂肪组织(pericoronary adipose tissue, PCAT)与冠状动脉之间存在密切的解剖和生理关系,其组成和分布能准确反映冠状动脉壁炎症状态^[5]。脂肪衰减指数(fat attenuation index, FAI)及脂肪总体积(fat volume, FV)均为评估 PCAT 炎症的常用指标^[6]。目前就 MB 对其近端 FAI 有无影响尚存争议^[7-8]。本研究观察 MB 对其近端 PCAT 参数——FAI、FV 的影响。

1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性收集 2022 年 1 月—2024 年 6 月亳州市人民医院 287 例临床疑诊冠状动脉心脏病(冠心病)患者,男 115 例、女 172 例,年龄 29~82 岁、平均(58.3±13.1)岁;体质量指数(body mass index, BMI) 17.09~38.05 kg/m²、平均(25.02±3.57)kg/m²;均接受冠状动脉 CT 血管造影(coronary CT angiography, CCTA)检查, CCTA 显示 150 例存在 LAD-MB 而无其他明显异常(MB 组)、137 例未见明确异常(无 MB 组)。排除标准:① CCTA 显示任一冠状动脉分支存在斑块(包

括钙化、混合型、非钙化斑块及无法明确的血管壁毛糙)或其他病变(如血管畸形等);②心脏或心血管相关疾病史及相关药物服用史;③ CCTA 图像伪影严重而无法评估。本研究经院伦理委员会伦理批准(亳医伦审 2024 第 257 号);检查前患者均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 采用 GE Revolution 256 排能谱 CT 行 CCTA 检查,扫描范围包括气管隆嵴下至膈下 2 cm。经右肘静脉以流率 5 ml/s 注入 60~80 ml 对比剂碘海醇(350 mgI/ml)并跟注 40 ml 生理盐水,以升主动脉为监测点,采用阈值追踪触发扫描,设触发阈值为 120 HU,管电压 100 kV,管电流为 Smart mA(300~545 mA),层厚 0.625 mm,层间距 0.625 mm。扫描结束后将图像上传至 GE AW4.71 工作站,获得最佳冻结图像。

1.3 图像分析 将最佳冻结图像导入深睿血管 CT 影像诊断系统(简称深睿 AI)进行人工智能处理。由 1 名具有 9 年工作经验的影像科主治医师分析图像,测量 MB 长度(LAD 拉直图上 MB 起始处至结束处之间的距离,图 1A)及 MB 深度(LAD 轴位 CT 上血管

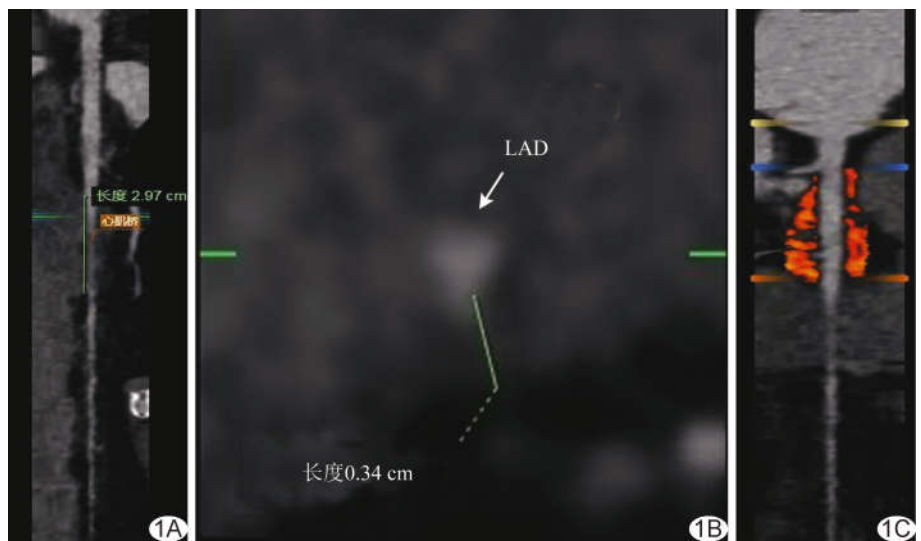


图 1 CCTA 测量 LAD-MB 参数及选择 PCAT ROI 示意图 A、B. 测量 LAD-MB 长度(A)及深度(B); C. PCAT ROI(橙色区域)

壁上方 MB 厚度,图 1B),并根据 MB 深度划分浅表型 MB 亚组(MB 深度 < 2 mm)与纵深型 MB 亚组(MB 深度 ≥ 2 mm)^[9]。采用深睿 AI 冠状动脉 CT 影像处理软件选取 LAD 起始处长度 40 mm 血管周围区域,设置 CT 值阈值 -190 ~ -30 HU,以 LAD 外周厚度与其内径相等范围内的脂肪组织为 PCAT ROI(图 1C),软件自动生成 FAI 及 FV^[10]。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 23.0 统计分析软件。以 $\bar{x} \pm s$ 表示正态分布计量资料,以中位数(上下四分位数)表示非正态分布计量资料,分别行 *t* 检验或 Mann-Whitney *U* 检验。采用 χ^2 检验比较计数资料。分别以 M 年龄、性别、BMI、MB 长度及深度为自变量,FAI 及 FV 为因变量,采用单因素及多因素线性回归分析其相关性。*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

组间患者性别、年龄、BMI 差异均无统计学意义(*P* 均 > 0.05)。MB 组 FAI 高于、而 FV 低于无 MB 组(*P* 均 < 0.001)。见表 1。

MB 组 150 例 LAD-MB 中,浅表型亚组 99 例、纵深型亚组 51 例;前者 FAI 低于 $[-86.95 \pm 6.29] \text{HU}$ vs. $[-81.91 \pm 5.17]$, $t = -4.933$, $P < 0.001$ 而 FV 高于后者 $[(3\ 347.76 \pm 887.33) \text{mm}^3]$ vs. $(2\ 886.63 \pm 623.95) \text{mm}^3$, $t = 3.694$, $P < 0.001$ 。

150 例 LAD-MB 长度 7.30 ~ 65.70 mm、中位长

度 20.10 mm,深度 0.10 ~ 5.40 mm,中位深度 0.8 mm。单因素线性回归分析显示,全部 287 例中,性别与 FAI 呈负相关($B = -0.106$, $P = 0.007$, $R^2 = 0.022$);MB 组 LAD-MB 长度($B = 0.227$, $P = 0.005$, 校正 $R^2 = 0.045$,图 2A)、深度($B = 0.417$, $P < 0.001$, 校正 $R^2 = 0.168$,图 2B)均与 FAI 呈正相关而与 FV 均呈负相关($B = -0.225$, $P = 0.006$, 校正 $R^2 = 0.044$; $B = -0.281$, $P < 0.001$, 校正 $R^2 = 0.073$,图 2C、2D);其余临床因素与 PCAT 参数无明显相关(*P* 均 > 0.05)。多因素线性回归分析结果显示,MB 组 LAD-MB 长度及深度均与 FAI 呈正相关($B = 0.105$ 、 1.797 , P 均 < 0.05)而与 FV 呈负相关($B = -15.585$ 、 -162.343 , P 均 < 0.05),临床因素与 FAI 及 FV 均无明显相关(*P* 均 > 0.05)。见表 2。

3 讨论

MB 为血管壁中、外膜在胚胎发育过程中迁移不完全,使冠状动脉局部被心肌纤维覆盖所致,由此形成 MB-MCA 结构。MB 多见于 LAD 近段,与 LAD 行程长、走行复杂且左心室前壁心肌易肥厚有关^[11]。既往研究^[12-13]发现,MCA 不易发生斑块,与 MCA 血管壁缺乏合成型血管平滑肌,且 MB 阻断 PCAT 与其血管壁直接接触,使血管壁免受 PCAT 分泌的炎症因子侵害有关;但 MB 段近端血管更易出现斑块,甚至斑块破裂、出血、血栓形成及冠状动脉痉挛^[14],其原因在于于心

表 1 有无 LAD-MB 患者一般资料及 PCAT 参数比较

组别	性别(例)		年龄(岁)	BMI(kg/m ²)	FAI(HU)	FV(mm ³)
	男	女				
MB 组(<i>n</i> = 150)	60	90	55.0 ± 10.9	25.01 ± 3.73	-85.24 ± 6.38	3 190.97 ± 834.58
无 MB 组(<i>n</i> = 137)	55	82	55.0 ± 9.9	25.03 ± 3.40	-90.23 ± 5.09	3 906.12(3 568.38, 4 377.81)
$\chi^2/t/U$ 值	0.001		0.030	-0.036	7.361	-4 272.50
<i>P</i>	0.980		0.976	0.971	<0.001	<0.001

表 2 多因素线性回归分析 MB 组临床因素及 LAD-MB 参数与 PCAT 参数的相关性

参数项	B 值(95% CI)	β 值	R ² 值	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
临床因素及 LAD-MB 参数与 FAI					
年龄	-0.080(-1.171, 0.011)	-0.136		-1.738	0.084
性别	-0.912(-3.064, 1.240)	-0.070		-0.838	0.404
BMI	-0.128(-0.378, 0.121)	-0.075	0.208	-1.015	0.312
MB 长度	0.105(0.013, 0.197)	0.167		2.258	0.025
MB 深度	1.797(1.051, 2.542)	0.379		4.760	<0.001
临床因素及 LAD-MB 参数与 FV					
年龄	8.330(-4.408, 21.068)	0.108		1.293	0.198
性别	-35.179(-336.348, 265.99)	-0.021		-0.231	0.818
BMI	-1.757(-36.663, 33.148)	-0.008	0.093	-0.100	0.921
MB 长度	-15.585(-28.447, -2.722)	-0.189		-2.395	0.018
MB 深度	-162.343(-266.726, -57.960)	-0.262		-3.073	0.003

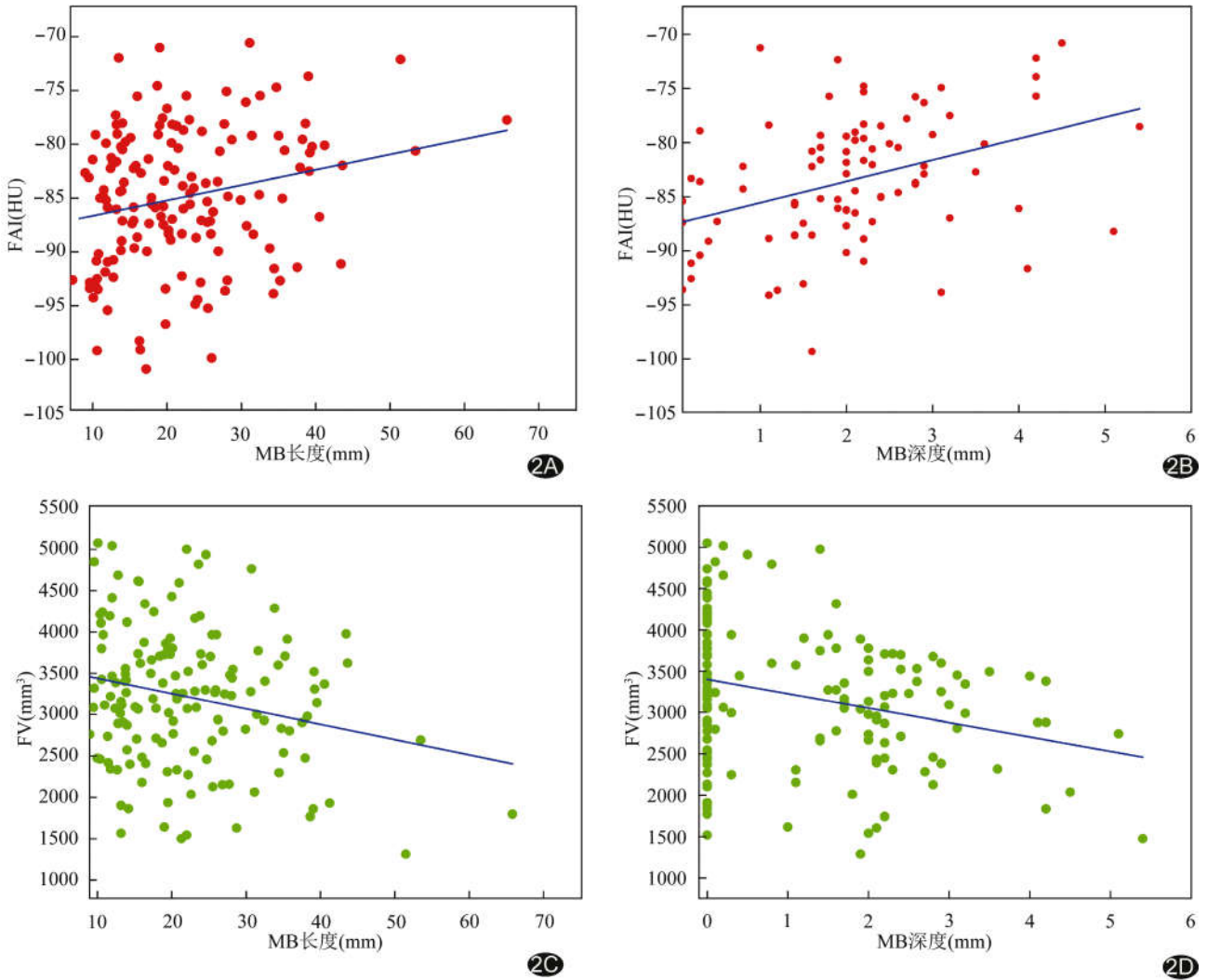


图 2 MB 组 LAD-MB 长度及深度与 PCAT 参数的相关性的散点图 A、B. MB 长度(A)及深度(B)与 FAI; C、D. MB 长度(C)及深度(D)与 FV

脏收缩期 MB 压迫 MCA 使其管腔变小、血流速度加快,导致近端血管血流速度及剪切应力下降;而舒张期 MB 压力减轻,近端和远端血液流入 MCA 段,使血流速度和剪切应力增加。MB 近端血管长期处于低剪切应力和振荡剪切应力环境下,血管内皮细胞易发生疲劳损伤而呈致动脉硬化基因表型,使血浆脂蛋白通透性及白细胞黏附增加、平滑肌细胞及活性氧迁移,进而促使斑块形成^[3,15]。同时,动脉壁增厚和血流量改变导致局部缺氧继发心外膜滋养血管增生,且炎症和血管活性物质(如内皮素-1、内皮-氧化氮合酶等)表达亦将增加,这些炎症因子通过心外膜滋养血管到达 MB 近端,加重 MB 近端血管周围炎症,也可促进冠状动脉斑块形成和进展^[4]。

PCAT 紧邻血管壁,主要由脂肪细胞、基质细胞及间质细胞组成,与血管壁之间存在相互作用,系血管壁

炎症的“传感器”;其参数 FAI、FV 能较准确地反映血管壁炎症状态^[6]。血管壁存在炎症时,其内炎症因子进入 PCAT 内,造成细胞水肿、细胞外液增加并抑制脂肪细胞内脂质积累,继而使 PCAT FAI 升高、FV 下降,即由“脂相”转为“水相”^[16]。MB 患者更易出现冠状动脉粥样硬化;MB 厚度、其于收缩期及舒张期压迫 MCA 及 MCA 收缩期狭窄均为冠心病的独立危险因素^[14]。MCA 受压越严重,发生心血管事件的风险越大,则 MB 近端动脉粥样硬化致血管狭窄发生率越高^[1]。MB 近端 PCAT FAI 升高与冠状动脉斑块形成有关^[7];且 FAI 升高引起斑块形成风险高于 MB 收缩期狭窄^[13]。本研究 MB 组 FAI 明显高于而 FV 低于无 MB 组,表明 LAD-MB 能加重其近端血管炎症,与上述研究^[7]结果相符;分析原因,MB 使其近端血管壁长期处于低剪切应力和振荡剪切应力环境而加重周围

组织炎症,引起 PCAT 内细胞水肿并抑制脂肪细胞脂质积累,导致 FAI 升高、FV 降低。

MB 近端血管壁的低剪切应力和振荡剪切应力幅度与 MCA 压迫程度有关^[17],而后者则与 MB 深度、长度相关。本研究结果显示,MB 组内浅表型 MB 亚组 FAI 低于而 FV 高于纵深型 MB 亚组,提示随 LAD-MB 厚度增加,MB 近端血管壁炎症加重,与 ZHAO 等^[14]观点相似。既往研究^[2]认为 MB 长度与冠状动脉粥样硬化有关,而 MB 深度与之无明显相关。本组 LAD-MB 长度及深度均与 PCAT FAI 呈正相关、与 PCAT FV 呈负相关,且 LAD-MB 深度对 FAI、FV 的影响程度(B 值分别为 1.797、-162.343)高于其长度(B 值分别为 0.105、-15.585),提示 LAD-MB 深度对炎症的影响更大;原因在于 LAD-MB 深度越大(如纵深型 MB),心肌收缩时越易挤压 MCA,在 LAD-MB 较长时能有效挤压 MCA 段,使 MB 近端血管壁剪切应力和振荡剪切应力进一步降低,继而加重炎症反应;而浅表型 LAD-MB 对 MCA 包裹不足,即使 LAD-MB 较长,也不易对 MCA 形成有效挤压,故对 MB 近端血管炎症的加重程度有限。以上结果提示,发现 LAD-MB 时需关注其深度及长度,必要时予以适当干预。

综上,MB 可致近端 PCAT FAI 升高、FV 降低。但本研究为回顾性观察,样本量较小,难免存在偏倚,且未分析吸烟史、糖尿病、高血压等临床危险因素的影响,有待进一步完善。

利益冲突:全体作者声明无利益冲突。

作者贡献:王利查阅文献、研究设计、统计分析、撰写文章;王超统计分析、修改文章、经费支持;邱晓晖和刘艺超审阅文章;解福友图像分析和处理、经费支持;赵洪涛图像分析和处理。

[参考文献]

- [1] ZHANG J, DUAN F, ZHOU Z, et al. Relationship between different degrees of compression and clinical symptoms in patients with myocardial bridge and the risk factors of proximal atherosclerosis[J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2021, 2021:2087609.
- [2] JAVADZADEGAN A, MOSHFEGH A, MOHAMMADI M, et al. Haemodynamic impacts of myocardial bridge length: A congenital heart disease[J]. Comput Methods Programs Biomed, 2019, 175:25-33.
- [3] KWAN B, SINGH A. Acute coronary syndrome caused by myocardial bridging[J]. Am J Emerg Med, 2022, 52:272.e1-272.e3.
- [4] MATTA A, RONCALLI J, CARRIÉ D. Update review on myocardial bridging: New insights[J]. Trends Cardiovasc Med, 2024, 34(1):10-15.
- [5] KLÜNER L V, OIKONOMOU E K, ANTONIADES C. Assessing cardiovascular risk by using the fat attenuation index in coronary CT angiography [J]. Radiol Cardiothorac Imaging, 2021, 3(1):e200563.
- [6] 刘晓滢,江杰,李俊,等.基于脂肪衰减指数对非钙化斑块导致的冠状动脉有意义狭窄的相关性研究[J].实用放射学杂志,2023, 39(2):214-217.
- [7] CHENG S, NI J, DENG W, et al. Diagnostic ability of perivascular fat attenuation index in predicting atherosclerotic plaque formation proximal to myocardial bridging of the left anterior descending artery within 3 years[J]. Acad Radiol, 2023, 30(10):2234-2242.
- [8] ZHANG D, TIAN X, LI M Y, et al. Quantitative analysis of the relationship between the myocardial bridge and the FAI of pericoronary fat on computed tomography [J]. Sci Rep, 2024, 14(1):5976.
- [9] 贾亚男,赵鹏飞,李若平,等.基于冠状动脉 CT 血管造影深度神经网络模型检出和分类左前降支心肌桥[J].中国医学影像技术, 2022, 38(6):859-863.
- [10] OIKONOMOU E K, MARWAN M, DESAI M Y, et al. Non-invasive detection of coronary inflammation using computed tomography and prediction of residual cardiovascular risk (the CRISP CT study): A post-hoc analysis of prospective outcome data[J]. Lancet, 2018, 392(10151):929-939.
- [11] 李荣先,袁明远,王培培,等.右冠状动脉心肌桥 CT 血管成像及心电图表现初步分析[J].实用放射学杂志,2020, 36(10): 1584-1587.
- [12] 刘翔宇,所世腾,秦文彬,等.管腔内密度衰减梯度评估合并心肌桥前降支与冠状动脉粥样硬化关系的研究[J].中华放射学杂志,2019, 53(6):453-458.
- [13] LU Y, LIU H, ZHU Z, et al. Assessment of myocardial bridging and the pericoronary fat attenuation index on coronary computed tomography angiography: Predicting coronary artery disease risk[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2023, 23(1):145.
- [14] ZHAO D H, FAN Q, NING J X, et al. Myocardial bridge-related coronary heart disease: Independent influencing factors and their predicting value[J]. World J Clin Cases, 2019, 7(15): 1986-1995.
- [15] PAN S. Molecular mechanisms responsible for the atheroprotective effects of laminar shear stress [J]. Antioxid Redox Signal, 2009, 11(7):1669-1682.
- [16] 王超,苏荷芸,邱晓晖,等.冠状动脉斑块相关参数与血管周围脂肪组织参数的关系 [J]. 中国医学影像技术, 2023, 39(6): 843-847.
- [17] DING H, YANG Q, SHANG K, et al. Estimation of shear stress by using a myocardial bridge-mural coronary artery simulating device[J]. Cardiol J, 2017, 24(5):530-538.