

论 著

多层螺旋CT评价冠脉周围脂肪CT密度、体积与心血管危险因素的关系

赵彦萍 马云瑶 孙铭鸿
张 阔 王 雷 洪 洋
石凤祥* 赵 青*

北京中国中医科学院广安门医院放射科
(北京 100053)

【摘要】目的 探讨冠状动脉周围脂肪(pericoronary adipose tissue, PCAT)CT密度、体积特征与心血管危险因素的关系。**方法** 纳入289例疑似冠心病(Coronary artery disease, CAD)而接受冠状动脉CT造影(Coronary Computed Tomography Angiography, CCTA)者,测量冠状动脉主支PCAT CT密度及体积特征,分析冠脉主支PCAT CT密度、体积差异;分析高、低密度或体积心血管危险因素的差异,并筛选影响PCAT CT密度及体积的心血管危险因素。**结果** 冠脉主支PCAT CT密度、体积存在显著统计学差异($P<0.001$),男性,年龄低、冠脉异常PCAT CT密度增高;女性,年龄高、BMI、肥胖PCAT CT体积增多。**结论** 在疑似CAD患者中,不同冠脉主干PCAT CT密度和体积存在一定差异,男性,年龄低、冠脉异常是PCAT CT密度的独立影响因素;女性,年龄高、BMI增加、肥胖是PCAT CT体积的独立影响因素。

【关键词】 冠状动脉计算机断层摄影; 冠状冠状动脉疾病; 冠状动脉周围脂肪; 心血管危险因素

【中图分类号】 R541.4

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.06.017

Multi-slice Helical CT Evaluated Pericoronary Adipose Tissue CT Attenuation and Volume and The Relationship with Cardiovascular Risk Factors

ZHAO Yan-ping, MA Yun-yao, SUN Ming-hong, ZHANG Kuo, WANG Lei, HONG Yang, SHI Feng-xiang*, ZHAO Qing*.

Department of Radiology, Guang'anmen Hospital China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100053, China

ABSTRACT

Objective To investigate the relationship between CT attenuation and volume of pericoronary adipose tissue (PCAT) and cardiovascular risk factors. **Methods** 289 suspected Coronary artery disease(CAD) patients who underwent Coronary Computed Tomography Angiography (CCTA) were enrolled. The PCAT CT attenuation and volume characteristics of the coronary artery main branches were measured and compared by univariate analysis of variance (ANOVA). The differences in cardiovascular risk factors between high and low PCAT CT attenuation and volume were analyzed by two-sample t-test or χ^2 test. Multivariate Logistic regression analysis was used to screen cardiovascular risk factors affecting PCAT CT attenuation and volume. **Results** There were significant differences in PCAT CT attenuation and volume of the coronary main branches ($P<0.001$), with the lowest PCAT CT attenuation (-85.0 ± 8.7) HU in LCA and the highest (-79.0 ± 8.9) HU in LCX, the lowest PCAT volume (907.6 ± 485.8) mm³ in LCX, and the highest in RCA highest (-1665.2 ± 772.6) mm³. PCAT CT attenuation increased in males, younger age and abnormal coronary arteries. PCAT CT volume is increased in females, older age, increased BMI, and obesity. **Conclusion** There were some differences in the PCAT CT attenuation and volume of the coronary main branches in suspected CAD patients. Males, younger age and abnormal coronary arteries were independent influences on PCAT CT attenuation. Females, older age, increased BMI and obesity were independent influences on PCAT CT volume.

Keywords: Coronary Artery Disease; Coronary Computed Tomography Angiography; Pericoronary Adipose Tissue; Cardiovascular Risk Factors

冠状动脉周围炎症在冠状动脉粥样硬化的发生、发展和严重程度中起着重要作用^[1-2],近年,冠状动脉CT造影(Coronary Computed Tomography Angiography, CCTA)被公认为是无创性评估冠状动脉狭窄的影像技术。冠状动脉周围脂肪组织(Pericoronary adipose tissue, PCAT)的CT特征已成为一种新的影像学标记物^[3];研究报道PCAT CT密度是一种新的冠状动脉炎症的标记物^[2,4-6],与冠脉斑块、心血管不良事件等关系密切^[7-8];也有研究认为PCAT CT体积而不是密度与心肌梗死密切相关^[9]。目前,多数研究表明PCAT与心源性死亡率、斑块性质、心肌灌注相关^[10-12],但PCAT CT密度和体积与心血管危险因素关系方面的研究非常少且尚不明确;故本研究通过测量右冠状动脉(Right Coronary Artery, RCA)、左前降支(Left Anterior Descending, LAD)及左旋支(Left Circumflex Branch, LCX)周围脂肪密度、体积,初步评估PCAT CT密度、体积特征与心血管危险因素的关系。

1 资料与方法

1.1 一般资料 2022年01月01日至2022年06月30日疑似CAD在中国中医科学院广安门医院行CCTA检查患者289例,男125例,女164例;年龄30~89(64.13 ± 11.31)岁;BMI(41.68 ± 6.73)kg/m²;高血压226例,高血脂196例,糖尿病62例;肥胖58例,吸烟92例,饮酒64例;冠心病家族史37例;冠心病患者217例。

纳入标准: CCTA图像清晰,无呼吸、搏动伪影;右冠优势型;临床、实验室资料完整。排除标准: CCTA检查存在肌桥;冠脉起源、走行及发育异常者;行冠脉支架、冠状动脉旁路移植术者。

1.2 方法

1.2.1 临床资料收集 记录常见心血管危险因素: 性别;年龄;体质指数(Body Mass Index, BMI)(BMI = 质量(kg)/身高(m²));高血压: 有明确高血压病史或未使用降压药时,收缩压 ≥ 140 mmHg和(或)舒张压 ≥ 90 mmHg;高血脂症: 高胆固醇血症: 血清总胆固醇 >5.72 mmol/L,甘油三酯 <1.70 mmol/L;高甘油三酯血症: 血清中甘油三酯 >1.70 mmol/L,总胆固醇 <5.72 mmol/L;混合型高脂血症: 总胆固醇 >5.27 mmol/L,甘油三酯 >1.70 mmol/L;低高密度脂蛋白血症: 血清高密度脂蛋白-胆固醇 <0.90 mmol/L;糖尿病: 明确2型糖尿病史,或空腹血糖 ≥ 7.0 mmol/L(126 mg/dL),或OGTT实验2h血糖水平 ≥ 11.1 mmol/L(200 mg/dL);吸烟史: 目前正在吸烟(≥ 1 支/d),连续1年及以上;饮酒史: 超过5年,男性乙醇量 ≥ 40 g/d,女性乙醇量 ≥ 20 g/d;或2周内大量饮酒,乙醇量 >80 g/d。CAD家族史: 一级亲属明确诊断(CAD),或存在心肌梗死或心源

【第一作者】 赵彦萍,女,主治医师,主要研究方向: 冠状动脉造影与心肌功能成像、针状脑效磁共振功能成像。E-mail: zhaoy99999@163.com

【通讯作者】 赵 青,女,副主任医师,主要研究方向: 冠状动脉造影与心肌功能成像、肺结节功能影像。E-mail: keloupeitela@163.com

石凤祥,男,副主任技师,主要研究方向: 冠状动脉造影与心肌功能成像。E-mail: shifengxiang5999@163.com

性猝死病史。肥胖: BMI ≥ 28 ; 危险因子分类: 危险因子 <4 个为1类; 危险因子 ≥ 4 个为2类; 冠心病: CCTA检查冠状动脉三支均无粥样硬化者, 共72例; 有冠状动脉周硬化患者, 共217例。

1.2.2 冠状动脉CTA检查 应用Somatom Definition Flash双源CT (德国Siemens公司)行自适性前瞻性心电门CCTA扫描。检查准备: 检查当日禁食, 采用仰卧位头先进。扫描范围: 气管分叉下约1~2 cm至心脏膈面。扫描参数: 120kV, 管电流280Ma, 准直器宽度64mm $\times$ 2mm $\times$ 0.6mm, 机架旋转速度0.28s/r, 层厚为0.75mm。应用对比剂智能追踪技术, 感兴趣区为升主动脉根部, 触发阈值为100HU。采用德国 Ulrich Missouri XD 2001 双筒高压注射器经肘正中静脉以5mL/s注射速度, 注射370mgI/mL碘帕醇, 用量为0.8mL/kg, 随后等速注射生理盐水 50~60 mL 进行冲洗。

1.2.3 PCAT CT密度和体积测定 应用联影智能冠脉辅助诊断软件 (版本20220130SP2), 自动勾画右冠状动脉、左前降支、左旋支PCAT范围并计算PCAT CT密度和体积。PCAT阈值设定为-190 HU~-30 HU; 左前降支动脉 (left anterior descending artery, LAD)及左旋支动脉 (left circumflex artery, LCX) 测定距离设定为血管起始 0~40 mm处, RCA 设定为据起始部 10~50mm, 测定范围为以血管外壁向外扩展一倍血管直径进行脂肪测量。计算3支血管平均PCAT CT密度和体积。根据平均PCAT CT密度中位数(-82.00 HU)将289例患者分为高PCAT CT密度组(≥ -82.00 HU)151例和低PCAT CT密度组(<-82.00 HU)138例, 根据平均PACT CT体积中位数(1 375 mm³)将287例患者分为高PACT CT体积组($\geq 1\ 375.00$ mm³)160例和低PACT CT体积组($<1\ 375.00$ mm³)127例(2例数据缺失), 比较高、低PCAT CT密度、体积组心血管危险因素。

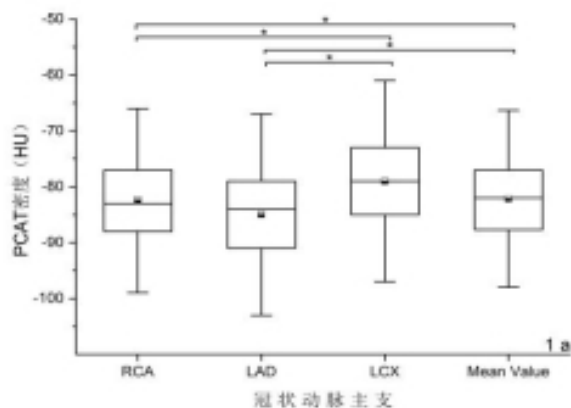
1.2.4 统计方法 应用SPSS 23.0软件进行统计分析, 正态分布计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示, 2组比较采用独立样本t检验; 非正态分布计量资料以中位数(四分位数)表示, 2组比较采用Mann-Whitney U检验; 计数资料以百分率(%)表示, 2组比较采用 χ^2 检验。采用多变量二元Logistic回归分析选出独立影响PCAT 密度的心血管危险因素; 检验均为双侧, 检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

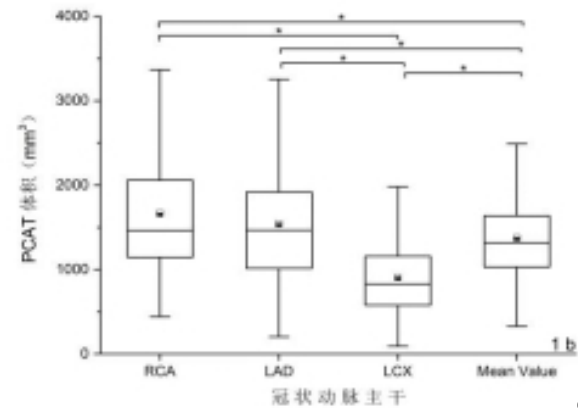
2.1 疑似CAD患者PCAT CT 密度、体积分析 289例疑似CAD患者RCA、LAD及LCX及平均PCAT CT密度分别为(-82.34 $\pm$ 8.57)、(-84.96 $\pm$ 8.65)、(-78.99 $\pm$ 8.95)、(-82.13 $\pm$ 7.62)HU, PCAT CT体积分别为(1665.20 $\pm$ 772.65)、(1541.41 $\pm$ 655.23)、(907.59 $\pm$ 485.78)、(1375.06 $\pm$ 509.72)mm³; PCAT CT密度、体积存在显著统计学差异($P<0.001$), 其中LCA的PCAT CT密度最低, LCX 的PCAT CT密度最高, 见图1A; 其中LCX的PCAT CT体积最低, RCA 的PCAT CT体积最高, 见图1B。

2.2 疑似CAD患者PCAT CT 密度与心血管危险因素的关系 男性、年龄低、BMI值高、吸烟、饮酒、肥胖、危险因子2类、冠心病PCAT CT密度增高, 差异具有显著统计学意义($P<0.05$)见表1。多因素logistic回归分析结果显示性别、年龄、冠心病是疑似冠心病患者PCAT CT密度的影响因素, 见表2。

2.3 疑似CAD患者PCAT CT 体积与心血管危险因素的关系 年龄大、BMI值高、高血压、肥胖、危险因子分类、冠心病 PCAT 体积增大, 差异具有显著统计学意义($P<0.05$)见表3。多因素logistic回归分析结果显示: 性别、年龄、BMI、肥胖是疑似冠心病患者PCAT CT体积的影响因素, 见表4。



1A



1B

图1A 三支主要冠状动脉PCAT CT密度。 图1B 三支主要冠状动脉PCAT 体积, * $P<0.01$ 。

表1 疑似CAD患者平均高、低 PCAT CT密度组心血管危险因素比较

	低PCAT CT密度(n=151)	高PCAT CT密度(n=138)	t/ χ^2	P
男性	47(31.1%)	78(56.5%)	18.95	0.000
年龄	66 $\pm$ 11	62 $\pm$ 11	0.548	0.002
BMI	39.6 $\pm$ 5.6	44.0 $\pm$ 7.1	7.187	0.000
高血压	115(76.2%)	111(80.4%)	0.773	0.379
高血脂症	104(68.9%)	92(66.7%)	0.161	0.688
糖尿病	33(21.9%)	29(21.0%)	0.030	0.862
吸烟史	37(24.5%)	55(39.9%)	7.831	0.005
饮酒史	26(17.2%)	38(27.5%)	4.452	0.035
肥胖	16(10.6%)	42(30.4%)	17.691	0.000
CAD家族史	17(11.3%)	20(14.5%)	0.676	0.411
危险因子分类	21(13.9%)	63(30.4%)	11.55	0.001
冠心病	103(68.2%)	114(82.6%)	7.989	0.005

表2 疑似CAD患者PCAT CT密度影响因素的logistic回归分析

	单因素分析			多因素分析		
	β	OR(95%CI)	P	β	OR(95%CI)	P
男性	1.057	2.877(1.777,4.656)	0.000	0.770	2.159(1.114,4.186)	0.023
年龄	-0.033	0.968(0.947,0.989)	0.003	-0.034	0.966(0.940,0.993)	0.014
BMI	0.110	1.116(1.072,1.162)	0.000			
高血压	-0.252	0.771(0.443,1.364)	0.380			
高血脂症	0.101	1.106(0.675,1.813)	0.688			
糖尿病	0.050	1.051(0.599,1.84)	0.862			
吸烟史	-0.714	0.490(0.296,0.810)	0.005			
饮酒史	-0.603	0.547(0.311,0.962)	0.036			
肥胖	-0.1306	0.271(0.144,0.510)	0.000			
CAD家族史	-0.290	0.749(0.375,1.496)	0.412			
危险因子分类	-0.996	0.369(0.205,0.664)	0.001			
冠心病	-0.795	0.452(0.259,0.789)	0.005	-1.114	0.328(0.163,0.662)	0.0021

表3 疑似CAD患者平均高、低 PCAT CT体积组心血管危险因素比较

	低PCAT CT体积组(n=160)	高PCAT CT体积组(n=127)	t/ χ^2	P
男性	69(43.1%)	55(43.3%)	0.001	0.975
年龄	63±11	65±11	-2.135	0.034
BMI	40.0±6.2	43.7±6.9	-4.737	0.000
高血压	114(71.3%)	110(86.%)	9.755	0.002
高血脂症	105(65.6%)	89(70.1%)	0.641	0.432
糖尿病	28(17.5%)	33(26.0%)	3.045	0.081
吸烟史	44(27.5%)	47(27.5%)	2.956	0.086
饮酒史	32(20.0%)	31(24.4%)	0.803	0.370
肥胖	23(14.4%)	34(26.8%)	6.836	0.009
CAD家族史	20(12.5%)	17(13.4%)	0.049	0.824
危险因子分类	23(14.4%)	39(30.7%)	11.15	0.001
冠心病	107(66.9%)	109(85.8%)	13.658	0.000

表4 疑似CAD患者PCAT CT体积影响因素的logistic回归分析

	单因素分析			多因素分析		
	β	OR(95%CI)	P	β	OR(95%CI)	P
男性	0.007	1.007(0.630,1.612)	0.975	-0.757	0.469(0.234,0.942)	0.033
年龄	0.023	1.023(1.002,1045)	0.035	0.037	1.038(1.009,1068)	0.009
BMI	0.086	1.090(1.049,1.132)	0.000	0.149	1.160(1.085,1.240)	0.000
高血压	-0.960	0.383(0.207,0.708)	0.002			
高血脂症	-0.204	0.815(0.494,1.345)	0.424			
糖尿病	-0.504	0.604(0.342,1.067)	0.083			
吸烟史	-0.438	0.646(0.392,1.065)	0.086			
饮酒史	-0.256	0.774(0.442,1.356)	0.371			
肥胖	-0.778	0.459(0.254,8.29)	0.010	1.064	2.989(1.106,7.593)	0.030
CAD家族史	-0.079	0.924(0.462,1.849)	0.824			
危险因子分类	-0.971	0.379(0.212,0.677)	0.001			
冠心病	-1.098	0.333(0.183,0.606)	0.000			

3 讨 论

冠状动脉粥样硬化被认为是冠脉血管慢性炎症的病理过程，在斑块形成、形态以及冠脉事件发生等方面具有关键作用^[6]。冠脉血管炎症机制本质源于先天及适应性免疫介导的细胞、介质复杂相互作用；一方面，功能失调的PCAT分泌促炎因子扩散至血管壁，通过旁分泌和血管分泌机制，导致炎症细胞聚集和外膜炎症(“由外而内”)；另一方面，冠状动脉炎症诱导炎症介质从血管壁释放进入PCAT，诱导PCAT脂肪分解，抑制脂肪细胞生成，促进炎症血管周围水肿形成，(“内外信号”)，最终导致动脉粥样硬化^[2, 13-15]，从而

影响PCAT CT密度及体积。冠心病(Coronary artery disease, CAD)，全称冠状动脉粥样硬化性心脏病，临床研究证实PCAT炎症与CAD发生、进展和严重程度及心血管危险因素相关，如肥胖、吸烟、脂代谢异常、高血压、糖尿病等^[10, 11, 16]；故评估研究PCAT CT密度及体积与心血管危险因素的关系，有助于预防、减少CAD发生，降低CAD严重程度。

Marwan等^[17]研究发现三支冠脉血管平均PCAT CT密度为(82.7±6.2) HU，本研究为(-82.1±8.7) HU，与其相近。Hell等^[18]及Ma等^[19]研究发现RCA、LAD、LCX平均PCAT CT密度差异显著，LAD

PCAT CT密度最低, LCX PCAT CT密度最高; Sugiyama等^[20]研究证实发RCA PCAT CT密度最低, LCX密度最高; 我们研究证实LAD、LCX和RCA的平均PCAT CT密度具有显著差异($P \leq 0.001$), LAD PCAT CT密度最低, LCX PCAT CT密度最高。这可能不仅与解剖结构和周围组织差异相关, 更与冠状动脉之间动脉粥样硬化的发展不同相关, 与RCA和LCX相比, LAD更易发生动脉粥样硬化, 且时间更早^[19]。Balcer等^[9]报道PCAT体积与冠状动脉斑块独立相关; 我们研究发现LAD、LCX和RCA的平均PCAT CT体积具有显著差异($P \leq 0.001$), 其中RCA PCAT CT体积最大。LCX PCAT CT体积最小。PCAT CT体积增加多位于动脉粥样硬化斑块周围, 与CAD狭窄严重程度相关^[21-22]; 近年来大量研究证实男性平均 PCAT CT 密度明显高于女性^[6, 14, 20, 23-24], Ma等^[19]研究发现男性LAD和LCX PCAT CT密度明显高于女性; 我们研究结果发现性别是PCAT CT密度和体积的独立影响因素; 这可能与心包脂肪因子的调节机制^[25]和脂肪组织的生理机制^[26-27]存在性别差异相关, 此外, 还可能与性激素与性染色体相关^[27-28]。

Shi K等^[29]研究结果显示随着年龄的增长, EAT体积逐渐增加, 证实了年龄对人体EAT体积的影响, 但PCAT CT 密度和体积与年龄的相关研究很少, 本研究发现高PCAT CT密度, 年龄小; 高PCAT CT体积, 年龄大, 这可能与年龄增长引起PCAT脂肪增多与衰老引起PCAT功能障碍, 致冠脉硬化^[30], 以及老年人血清促炎症介质浓度增加共同作用相关^[31]。

Marwan等^[17]研究发现冠状动脉粥样硬化周围PCAT CT密度增加; Balcer等^[9]、Maurovich等^[32]及Kallianos等^[21]研究发现冠状动脉粥样硬化周围PCAT体积增加, Balcer等^[9]研究认为PCAT体积与冠脉斑块独立相关。我们研究发现 PCAT CT密度增加, 而非PCAT CT体积增加与CAD相关, CAD是PCAT CT密度的独立影响因素, 这是可能与冠状动脉炎症诱导炎症介质从血管壁释放进入PCAT, 使CAD患者PCAT炎症活性高于非CAD^[33]。

You^[7]等研究发现PCAT体积与BMI、CAD危险因素无关, Hell^[18]等研究发现BMI是PCAT CT 密度的独立影响因素; Kallianos等^[21]、Balcer等^[9]研究发现PCAT CT体积与冠状动脉斑块独立相关。我们研究发现: BMI、肥胖是PCAT CT体积的独立影响因素, 这可能与肥胖导致PCAT脂肪细胞分泌脂联素浓度及保护功能降低相关^[34], 也可能与肥胖引起的内脏脂增加或代谢综合征引起的心血管疾病风险显著增有关^[35]。

本研究的不足之处在于: 首先, 为单中心回顾性分析, 样本量较小, 缺乏患者治疗信息; 其次, 从临床筛选入组对象, 可能存在选择性偏倚; 再次, 未讨论心动周期、管电压等对PCAT CT 密度和体积的影响; 最后, PCAT CT 密度和体积存在性别差异, 一部分原因可能与性激素有关, 未按绝经前、后分组, 结果可能存在偏倚。

综上所述, 年龄、性别、CAD是PCAT CT 密度独立影响因素, 年龄、性别、BMI、肥胖是 PCAT CT 体积的独立影响因素, 今后需进一步探索 PCAT CT密度和体积与影响因素及程度, 以期更准确显示冠脉周围炎症, 从而在CAD 高危人群预防冠、CAD 疗效评价中发挥作用。

参考文献

- [1]Farias Itao D S, Pasqualucci C A, de Andrade R A, et al. Macrophage Polarization in the Perivascular Fat Was Associated With Coronary Atherosclerosis[J]. Journal of the American Heart Association, 2022, 11(6).
- [2]Goeller M, Achenbach S, Herrmann N, et al. Pericoronary adipose tissue CT attenuation and its association with serum levels of atherosclerosis-relevant inflammatory mediators, coronary calcification and major adverse cardiac events[J]. Journal of Cardiovascular Computed Tomography, 2021, 15(5): 449-454.
- [3]Wen D, Li J, Ren J, et al. Pericoronary adipose tissue CT attenuation and volume: Diagnostic performance for hemodynamically significant stenosis in patients with suspected coronary artery disease[J]. European Journal of Radiology, 2021, 140: 109740.
- [4]Seitz A, Sechtem U. Pericoronary adipose tissue attenuation by computed tomography: A novel indicator for coronary microvascular dysfunction[J]. International Journal of Cardiology, 2021, 343: 12-13.
- [5]Williams M C, Dweck M R. Pericoronary adipose tissue attenuation and coronary artery disease[J]. European Heart Journal - Cardiovascular Imaging, 2019, 20(6): 644-645.
- [6]Yuvraj J, Cheng K, Lin A, et al. The Emerging Role of CT-Based Imaging in Adipose Tissue and Coronary Inflammation[J]. Cells, 2021, 10(5): 1196.
- [7]You D, Yu H, Wang Z, et al. The correlation of pericoronary adipose tissue with coronary artery disease and left ventricular function[J]. BMC Cardiovascular Disorders, 2022, 22(1).

- [8]Konwerski M, Gasecka A, Opolski G, et al. Role of Epicardial Adipose Tissue in Cardiovascular Diseases: A Review[J]. Biology, 2022, 11(3): 355.
- [9]Balcer B, Dykun I, Schlosser T, et al. Pericoronary fat volume but not attenuation differentiates culprit lesions in patients with myocardial infarction[J]. Atherosclerosis, 2018, 276: 182-188.
- [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]. The Lancet, 2018, 392(10151): 929-939.
- [11]Goeller M, Tamarappoo B K, Kwan A C, et al. Relationship between changes in pericoronary adipose tissue attenuation and coronary plaque burden quantified from coronary computed tomography angiography[J]. European Heart Journal - Cardiovascular Imaging, 2019, 20(6): 636-643.
- [12]Nomura C H, Assuncao-Jr A N, Guimarães P O, et al. Association between perivascular inflammation and downstream myocardial perfusion in patients with suspected coronary artery disease[J]. European Heart Journal - Cardiovascular Imaging, 2020, 21(6): 599-605.
- [13]Antoniadou C, Shirodaria C. Detecting Coronary Inflammation With Perivascular Fat Attenuation Imaging[J]. JACC: Cardiovascular Imaging, 2019, 12(10): 2011-2014.
- [14]Goeller M, Achenbach S, Duncker H, et al. Imaging of the Pericoronary Adipose Tissue (PCAT) Using Cardiac Computed Tomography[J]. Journal of Thoracic Imaging, 2021, 36(3): 149-161.
- [15]Tesche C, Giesen A, Korosoglou G. Commentary: Plaque Features and Epicardial Fat Volume for Cardiovascular Risk Assessment—A Key Role With Cardiac Computed Tomography[J]. Frontiers in Cardiovascular Medicine, 2022, 9.
- [16]Goeller M, Achenbach S, Cadet S, et al. Pericoronary Adipose Tissue Computed Tomography Attenuation and High-Risk Plaque Characteristics in Acute Coronary Syndrome Compared With Stable Coronary Artery Disease[J]. JAMA Cardiology, 2018, 3(9): 858.
- [17]Marwan M, Hell M, Schubbäck A, et al. CT Attenuation of Pericoronary Adipose Tissue in Normal Versus Atherosclerotic Coronary Segments as Defined by Intravascular Ultrasound[J]. Journal of Computer Assisted Tomography, 2017, 41(5): 762-767.
- [18]Hell M M, Achenbach S, Schubbäck A, et al. CT-based analysis of pericoronary adipose tissue density: Relation to cardiovascular risk factors and epicardial adipose tissue volume[J]. Journal of Cardiovascular Computed Tomography, 2016, 10(1): 52-60.
- [19]Ma R, Ties D, van Assen M, et al. Towards reference values of pericoronary adipose tissue attenuation: impact of coronary artery and tube voltage in coronary computed tomography angiography[J]. European Radiology, 2020, 30(12): 6838-6846.
- [20]Sugiyama T, Kanaji Y, Hoshino M, et al. Determinants of Pericoronary Adipose Tissue Attenuation on Computed Tomography Angiography in Coronary Artery Disease[J]. Journal of the American Heart Association, 2020, 9(15).
- [21]Kallianos K G, Lorca M C, Moraes G L, et al. Pericardial Fat Enhancement[J]. Journal of Thoracic Imaging, 2020, 35(4): 270-275.
- [22]Hoshino M, Yang S, Sugiyama T, et al. Characteristic findings of microvascular dysfunction on coronary computed tomography angiography in patients with intermediate coronary stenosis[J]. European Radiology, 2021, 31(12): 9198-9210.
- [23]Goeller M, Rahman I, Hdayhid A, Cadet S, et al. Pericoronary adipose tissue and quantitative global non-calcified plaque characteristics from CT angiography do not differ in matched South Asian, East Asian and European-origin Caucasian patients with stable chest pain[J]. European Journal of Radiology, 2020, 125: 108874.
- [24]Bengs S, Haider A, Warnock G I, et al. Quantification of perivascular inflammation does not provide incremental prognostic value over myocardial perfusion imaging and calcium scoring[J]. European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging, 2021, 48(6): 1806-1812.
- [25]Fei J, Cook K, Blough E, et al. Age and sex mediated changes in epicardial fat adipokines[J]. Atherosclerosis, 2010, 212(2): 488-494.
- [26]Chang E, Varghese M, Singer K. Gender and Sex Differences in Adipose Tissue[J]. Current Diabetes Reports, 2018, 18(9).
- [27]Kim M, Park S, Cho D, et al. The relationship between epicardial adipose tissue and coronary artery stenosis by sex and menopausal status in patients with suspected angina[J]. Biology of Sex Differences, 2018, 9(1).
- [28]Arnold A P, Cassis L A, Eghbali M, et al. Sex Hormones and Sex Chromosomes Cause Sex Differences in the Development of Cardiovascular Diseases[J]. Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology, 2017, 37(5): 746-756.
- [29]Shi K, Qi L, Mao D, et al. Impact of age on epicardial and pericoronary adipose tissue volume[J]. European review for medical and pharmacological sciences, 2015, 19(17): 3257-3265.
- [30]Queiroz M, Sena C M. Perivascular adipose tissue in age-related vascular disease[J]. Ageing Research Reviews, 2020, 59: 101040.
- [31]Trott D W, Fadel P J. Inflammation as a mediator of arterial ageing[J]. Experimental Physiology, 2019, 104(10): 1455-1471.
- [32]Maurovich-Horvat P, Kallianos K, Engel L, et al. Relationship of thoracic fat depots with coronary atherosclerosis and circulating inflammatory biomarkers[J]. Obesity, 2015, 23(6): 1178-1184.
- [33]Lin A, Dey D, Wong D T L, et al. Perivascular Adipose Tissue and Coronary Atherosclerosis: from Biology to Imaging Phenotyping[J]. Current Atherosclerosis Reports, 2019, 21(12).
- [34]Mazurek T, Opolski G. Pericoronary adipose tissue: a novel therapeutic target in obesity-related coronary atherosclerosis[J]. J Am Coll Nutr, 2015, 34(3): 244-254.
- [35]Yuvraj J, Isa M, Che Z C, et al. Atherogenic index of plasma is associated with epicardial adipose tissue volume assessed on coronary computed tomography angiography[J]. Scientific Reports, 2022, 12(1).

(收稿日期: 2023-01-25)

(校对编辑: 谢诗婷)