

· 临床研究 ·

女性冠状动脉微血管性疾病 PET/CT 定量参数及其相关危险因素分析

彭琨¹ 陈卫强² 王永德² 张健² 汪娇¹ 陈越¹ 李剑明¹

¹泰达国际心血管病医院、天津医科大学心血管病临床学院核医学科 300457; ²泰达国际心血管病医院、天津医科大学心血管病临床学院心内科 300457

通信作者:李剑明, Email: ichlijm@163.com

【摘要】目的 探讨不合并阻塞性冠状动脉粥样硬化性心脏病(简称冠心病)的女性冠状动脉微血管性疾病(CMVD)患者 PET/CT 显像定量参数特征及其相关危险因素。**方法** 回顾性分析 2017 年 9 月至 2019 年 8 月间泰达国际心血管病医院的 75 例临床可疑 CMVD 女性患者(年龄 25~77 岁)¹³N-NH₃·H₂O PET/CT 动态定量显像资料。以 PET/CT 测定左心室整体冠状动脉血流储备(LV-CFR)值 2.5 为诊断界值分为 CMVD 组和非 CMVD 组,采用两独立样本 *t* 检验或 Mann-Whitney *U* 检验比较 2 组患者静息左心室整体心肌血流量(LV-MBF)和负荷 LV-MBF 的差异;收集患者个体特征参数,分析 2 组间的差异。相关性分析采用 Pearson 相关。**结果** 75 例患者中,51 例(68%)CMVD,24 例(32%)非 CMVD。CMVD 组体质指数(BMI)高于非 CMVD 组[(26.93±3.52) 和 (23.83±3.42) kg/m²; *t*=3.63, *P*=0.001],且 LV-CFR 与 BMI 呈负相关(*r*=-0.341, *P*=0.003)。超重组(BMI≥24 kg/m²)LV-CFR 低于非超重组(BMI<24 kg/m²)(2.18±0.47 和 2.54±0.55; *t*=-2.89, *P*=0.005)。CMVD 组中静息 LV-MBF [0.74(0.65,0.84) ml·min⁻¹·g⁻¹] 高于非 CMVD 组[0.66(0.58,0.75) ml·min⁻¹·g⁻¹; *U*=417.5, *P*=0.027],负荷 LV-MBF[(1.53±0.35) ml·min⁻¹·g⁻¹]、LV-CFR[2.07(1.71,2.34)] 低于非 CMVD 组[(1.96±0.45) ml·min⁻¹·g⁻¹、2.86(2.61,2.95); *t*=-4.54, *U*=0, 均 *P*<0.001]。在高血压组内,CMVD 亚组较非 CMVD 亚组的静息 LV-MBF 高[(0.77±0.16) 和 (0.65±0.13) ml·min⁻¹·g⁻¹; *t*=2.26, *P*<0.05],而负荷 LV-MBF[(1.49±0.34) 和 (1.85±0.40) ml·min⁻¹·g⁻¹; *t*=-3.07, *P*<0.05] 和 LV-CFR[1.99(1.64,2.23) 和 2.85(2.55,2.95); *U*=0, *P*<0.05] 低。在非高血压组内,CMVD 亚组较非 CMVD 亚组的负荷 LV-MBF[1.53(1.36,1.97) 和 1.94(1.76,2.16) ml·min⁻¹·g⁻¹; *U*=43.5, *P*<0.05] 和 LV-CFR[2.35(1.94,2.43) 和 2.87(2.65,3.09); *U*=0, *P*<0.05] 低;高血压组中 CMVD 亚组 LV-CFR 低于非高血压组中 CMVD 亚组(*U*=164.0, *P*=0.028)。**结论** BMI 与 CMVD 的 LV-CFR 呈负相关,CMVD 患者负荷 LV-MBF 减低、静息 LV-MBF 升高,导致 LV-CFR 降低。高血压是影响 MBF 和 CFR 的重要因素。

【关键词】 冠状动脉疾病;微血管性心绞痛;女(雌)性;心肌灌注显像;氨;正电子发射断层显像术;体层摄影术,X 线计算机

基金项目: 天津市滨海新区卫生计生委科技项目(2017BWKY010);天津市滨海新区科技项目(BHXQKJXM-SF-2018-06)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20191018-00227

Analysis of quantitative parameters measured with PET/CT and relative risk factors in female patients with coronary microvascular diseases

Peng Kun¹, Chen Weiqiang², Wang Yongde², Zhang Jian², Wang Jiao¹, Chen Yue¹, Li Jianming¹

¹Department of Nuclear Medicine, TEDA International Cardiovascular Hospital and Tianjin Medical University Cardiovascular Clinical Institute, Tianjin 300457, China; ²Department of Cardiology, TEDA International Cardiovascular Hospital and Tianjin Medical University Cardiovascular Clinical Institute, Tianjin 300457, China
Corresponding author: Li Jianming, Email: ichlijm@163.com

【Abstract】 **Objective** To diagnose female coronary microvascular diseases (CMVD) without obstructive coronary artery disease through coronary flow reserve (CFR) measured with PET/CT imaging, and further analyze its related risk factors of quantitative parameters and clinical characteristics. **Methods** From September 2017 to August 2019, a total of 75 female patients (age: 25–77 years) with clinically suspected CMVD from TEDA International Cardiovascular Hospital were retrospectively analyzed. All patients had negative results of coronary angiography (CAG) or coronary CT angiography (CCTA) and underwent ¹³N-NH₃·H₂O PET/CT dynamic quantitative imaging. Left ventricle (LV) coronary flow reserve (LV-CFR) value of

2.5 for critical value was divided into CMVD group and non-CMVD group. Clinical characteristics and quantitative parameters including rest LV-myocardial blood flow (MBF) and stress LV-MBF were respectively analyzed and compared between groups. Independent-sample *t* test, Mann-Whitney *U* test and Pearson correlation analysis were used to analyze the data. **Results** Of 75 patients, 51 cases (68%) were diagnosed with CMVD and 24 cases (32%) with non-CMVD. Body mass index (BMI) of the CMVD group was higher than that of the non-CMVD group ((26.93 ± 3.52) vs (23.83 ± 3.42) kg/m², $t=3.63$, $P=0.001$), and LV-CFR was negatively correlated with BMI ($r=-0.341$, $P=0.003$). The LV-CFR of the overweight group (BMI ≥ 24 kg/m²) was lower than that of non-overweight group (BMI < 24 kg/m²) (2.18 ± 0.47 vs 2.54 ± 0.55 , $t=-2.89$, $P=0.005$). The rest LV-MBF in the CMVD group ($0.74(0.65, 0.84)$ ml · min⁻¹ · g⁻¹) was higher than that in the non-CMVD group ($0.66(0.58, 0.75)$ ml · min⁻¹ · g⁻¹; $U=417.5$, $P=0.027$), and the stress LV-MBF and LV-CFR was lower than that in the non-CMVD group ((1.53 ± 0.35) vs (1.96 ± 0.45) ml · min⁻¹ · g⁻¹, $2.07(1.71, 2.34)$ vs $2.86(2.61, 2.95)$; $t=-4.54$, $U=0$, both $P<0.001$). In the hypertensive group, the CMVD sub-group had higher rest LV-MBF than the non-CMVD sub-group ((0.77 ± 0.16) vs (0.65 ± 0.13) ml · min⁻¹ · g⁻¹; $t=2.26$, $P<0.05$), but lower stress LV-MBF ((1.49 ± 0.34) vs (1.85 ± 0.40) ml · min⁻¹ · g⁻¹; $t=-3.07$, $P<0.05$) and LV-CFR ($1.99(1.64, 2.23)$ vs $2.85(2.55, 2.95)$; $U=0$, $P<0.05$) than the non-CMVD sub-group. In the non-hypertensive group, stress LV-MBF and LV-CFR of the CMVD sub-group were lower than those of the non-CMVD sub-group ($1.53(1.36, 1.97)$ vs $1.94(1.76, 2.16)$ ml · min⁻¹ · g⁻¹, $2.35(1.94, 2.43)$ vs $2.87(2.65, 3.09)$; U values: 43.5 and 0, both $P<0.05$). LV-CFR of CMVD subgroup in hypertensive group was lower than that of CMVD subgroup in non-hypertensive group ($U=164.0$, $P=0.028$). **Conclusions** BMI is negatively correlated with LV-CFR in CMVD. The decrease of stress LV-MBF and the increase of rest LV-MBF in CMVD lead to the decrease of LV-CFR. Hypertension is one of the important influence factors for MBF and CFR.

【Key words】 Coronary artery disease; Microvascular angina; Female; Myocardial perfusion imaging; Ammonia; Positron-emission tomography; Tomography, X-ray computed

Fund program: Tianjin Binhai New Area Health and Family Planning Commission Science and Technology Project (2017BWKY010); Tianjin Binhai New Area Science and Technology Project (BHXQKJXM-SF-2018-06)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20191018-00227

冠状动脉(简称冠脉)微血管性疾病(coronary microvascular diseases, CMVD)在不合并阻塞性冠脉病变中占有很大比例,且女性患者多见^[1-2]。通常情况下,若心外膜大血管没有明显狭窄、无心肌病,则冠脉血流储备(coronary flow reserve, CFR)可代表冠脉微血管功能状态,可用来诊断和评估CMVD^[3-4]。2017年发布的《冠状动脉微血管疾病诊断和治疗的中国专家共识》将CMVD分为3型,其中类型之一即为不合并阻塞性冠脉粥样硬化性心脏病(简称冠心病)的CMVD^[5]。国际公认的测定CFR的“金标准”方法是PET/CT显像^[6-7],目前国内鲜有针对女性不合并阻塞性冠心病的CMVD患者行PET/CT显像测定CFR方面的临床研究。因此,本研究拟通过回顾性分析此类患者的CFR和临床资料,探讨其定量参数特点和临床危险因素。

资料与方法

1. 研究对象。回顾性分析自2017年9月至2019年8月期间于本院就诊的临床可疑CMVD女性患者资料。入选标准:(1)有典型或不典型胸痛或等同症状(胸闷或呼吸困难);(2)具备阴性的冠脉造影(coronary artery angiography, CAG)或冠脉CT血管造影术(coronary CT angiography, CCTA)资

料,其结果示冠脉及其主要分支无狭窄或无明显狭窄(狭窄程度<50%),且无弥漫性冠脉粥样硬化改变;(3)具备合格的PET/CT CFR测定资料,且与CAG与CCTA间隔不超过3个月。排除标准:(1)既往行冠脉支架植入术或冠脉搭桥术;(2)既往陈旧性心肌梗死、心肌病、瓣膜病、先天性心脏病、心肌炎及不明原因心力衰竭者,临床排除冠脉痉挛综合征;(3)有ATP应用禁忌证;(4)含碘造影剂过敏;(5)纽约心脏病学会(New York Heart Disease Association, NYHA)分级≤Ⅱ级;(6)合并近期感染、肿瘤或血液、风湿免疫系统疾病;既往有肾炎、肾病综合征;(7)显像失败者。

最终入选75例(年龄25~77岁),采集患者个体特征参数,如冠心病家族史、高血压、糖尿病、高脂血症、吸烟史、饮酒史、年龄、体质指数(body mass index, BMI)、是否绝经等情况。患者检查前均签署知情同意书,本研究符合《赫尔辛基宣言》的原则。

2. PET/CT检查。所有患者在行PET/CT检查前停止服用血管活性药物、钙离子拮抗剂、双嘧达莫、腺苷类药物、茶碱类药物、茶、咖啡或含咖啡因类饮料至少24 h。显像剂¹³N-NH₃·H₂O由本科室小型医用回旋加速器(型号为GE Qilin,美国GE公司)生产。显像设备为美国GE Discovery Elite PET/

CT(NM690)仪。均行一日法静息和 ATP 负荷显像,静息与负荷显像至少间隔 40 min 以上,测量患者静息时的血压和心率。患者双上臂预埋静脉留置针,接三通管,先行低剂量的 CT 衰减校正扫描(管电压 120 kV, 20 mA),预启动 PET 三维动态模式预采集 5 s,然后静息状态或负荷高峰快速注射显像剂(370~555 MBq),并应用 10 ml 生理盐水快速推注、冲洗管内残留显像剂。动态采集条件设置:10 s/帧×12 帧,30 s/帧×2 帧,60 s/帧×1 帧,360 s/帧×1 帧。动态采集结束后,间隔 2 min 进行静息或负荷门控(采集 8 min,每个心动周期分 8 帧)心肌灌注显像(myocardial perfusion imaging, MPI)。负荷药物 ATP(国药集团容生制药有限公司)按体质量 $0.16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 计算,经静脉微量注射泵泵入,在 3 min 时注射显像剂,5 min 时结束。在负荷过程中,实时监测患者 12 导联心电图。

3. 图像处理与数据分析。采集数据全部传入 Xeleris 3.0 工作站(GE 公司,美国),由 1 位 5 年以上工作经验的核医学科医师应用定量灌注 SPECT (quantitative perfusion SPECT, QPS)+定量门控 SPECT (quantitative gated SPECT, QGS)+Q·PET 软件(Cedars Sinai 公司,美国)进行心肌血流定量处理:调用动态数据,软件自动确定勾画心肌轮廓(若不满意、手工确定心肌基底部位置)和左右心腔内的感兴趣区(region of interest, ROI),根据美国心脏病协会 17 节段划分左前降支(left anterior descending, LAD)、左回旋支(left circumflex, LCX)及右冠脉(right coronary artery, RCA)区域^[8],获得静息和负荷状态下不同冠脉灌注区域心肌血流量(myocardial blood flow, MBF),输入静息心率和血压后对静息 MBF 进行校正,通过负荷左心室(left ventricular, LV)-MBF 与校正后的静息 LV-MBF 之比,最终获得 LAD、LCX 及 RCA 各支分区的 CFR 以及 LV-CFR。CMVD 的诊断标准为 LV-CFR<2.5^[9-10]。

4. 统计学处理。采用 IBM SPSS 22.0 软件进行统计学分析。符合正态分布的定量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,不符合正态分布的定量资料用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,分类数据用频数(百分比)表示。2 组间比较采用两独立样本 *t* 检验或 Mann-Whitney *U* 检验,分类变量间的差异比较用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法,相关性分析采用 Pearson 相关, $P<0.05$ 为差异或相关性有统计学意义。

结 果

1. 一般资料比较。75 例患者中,CAG 阴性 53 例(70.7%),CCTA 阴性 22 例(29.3%);非 CMVD 组 24 例(32%),CMVD 组 51 例(68%)。非 CMVD 组和 CMVD 组间的冠心病家族史、高血压、糖尿病、高脂血症、吸烟史、饮酒史、年龄、有无绝经的差异均无统计学意义(χ^2 值:0~3.002, *U*=586.5, 均 $P>0.05$;表 1); CMVD 组 BMI 高于非 CMVD 组($t=3.63, P=0.001$)。

2. 2 组间 MBF 与 CFR 的比较。静息 LV-MBF 经心率与收缩压乘积(rate pressure product, RPP)校正,且 CMVD 组 RPP[9 216.0(8 060.0, 10 200.0)]与非 CMVD 组 RPP[7 934.0(7 198.5, 9 360.2)]间差异有统计学意义(*U*=419.0, $P=0.028$),CMVD 组中静息 LV-MBF[0.74(0.65, 0.84) $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$]高于非 CMVD 组[0.66(0.58, 0.75) $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$; *U*=417.5, $P=0.027$],负荷 LV-MBF、LV-CFR 低于非 CMVD 组[(1.53±0.35) 和 (1.96±0.45) $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$, 2.07(1.71, 2.34) 和 2.86(2.61, 2.95); $t=-4.54, U=0$, 均 $P<0.001$]。

3. 不同 BMI 和高血压组别的比较。相关分析显示,BMI 与 LV-CFR 呈负相关($r=-0.341, P=0.003$)。以 BMI 24 kg/m² 为界值将全部患者分为超重组(BMI≥24 kg/m²)和非超重组(BMI<24 kg/m²)^[11],超重组 LV-CFR(2.18±0.47) 低于非超重组(2.54±0.55; $t=-2.89, P=0.005$)。高血压患者中的 CMVD

表 1 CMVD 组与非 CMVD 组一般资料比较

组别	例数	年龄[岁; $M(P_{25}, P_{75})$]	BMI (kg/m^2 ; $\bar{x} \pm s$)	冠心病家族史 (例)		高血压 (例)		糖尿病 (例)		高脂血症 (例)		吸烟史 (例)		饮酒史 (例)		绝经 (例)	
				有	无	有	无	有	无	有	无	有	无	有	无	有	无
CMVD 组	51	60(54, 67)	26.93±3.52	18	33	36	15	9	42	23	28	6	45	2	49	43	8
非 CMVD 组	24	60(53, 64)	23.83±3.42	8	16	12	12	4	20	8	16	2	22	1	23	20	4
检验值		586.5 ^a	3.63 ^b	0.028		3.002	0	0.932		0.002		-		0			
<i>P</i> 值		0.772	0.001	0.868		0.083	>0.05	0.334		0.962		>0.05		>0.05			

注:^a 为 *U* 值,^b 为 *t* 值,余为 χ^2 值,“-”为 Fisher 确切概率法,仅有 *P* 值;BMI 为体质指数,CMVD 为冠状动脉微血管性疾病,CMVD 组冠状动脉血流储备(CFR)<2.5,非 CMVD 组 CFR≥2.5

亚组的静息 LV-MBF 较非 CMVD 亚组高($t=2.26, P<0.05$)，而负荷 LV-MBF、LV-CFR 低于非 CMVD 组($t=-3.07, U=0$, 均 $P<0.05$)；非高血压患者中 CMVD 组的负荷 LV-MBF、LV-CFR 低于非 CMVD 组(U 值: 43.5 和 0, 均 $P<0.05$), 而静息 LV-MBF 无统计学差异($U=69.0, P>0.05$)；高血压组中 CMVD 组 LV-CFR 低于非高血压组中的 CMVD 组($U=164.0, P=0.028$ ；表

2)。典型病例见图 1,2。

讨 论

有研究显示, CAG 正常的胸痛患者占所有行 CAG 患者的 40%, 其中涉及 CMVD^[12]。女性 CMVD 患者常表现为非典型性症状, 容易作为非心脏疾病症状而被忽视。女性患者冠脉大血管斑块不明显,

表 2 高血压与非高血压组内有无 CMVD 亚组间静息 LV-MBF、负荷 LV-MBF 和 LV-CFR 的比较[$\bar{x}\pm s$ 或 $M(P_{25}, P_{75})$]

组别	静息 LV-MBF ($\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$)	负荷 LV-MBF ($\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$)	LV-CFR
高血压组			
CMVD 亚组($n=36$)	0.77 ± 0.16	1.49 ± 0.34	$1.99(1.64, 2.23)$
非 CMVD 亚组($n=12$)	0.65 ± 0.13	1.85 ± 0.40	$2.85(2.55, 2.95)$
非高血压组			
CMVD 亚组($n=15$)	$0.74(0.65, 0.83)^a$	$1.53(1.36, 1.97)$	$2.35(1.94, 2.43)$
非 CMVD 亚组($n=12$)	$0.68(0.60, 0.75)$	$1.94(1.76, 2.16)$	$2.87(2.65, 3.09)$

注: CMVD 为冠状动脉微血管性疾病, CMVD 组冠状动脉血流储备(CFR)<2.5, 非 CMVD 组 CFR≥2.5, LV-CFR 为左心室整体 CFR, LV-MBF 为左心室整体心肌血流量;^a 组内 2 个亚组间比较, $P>0.05$, 余均 $P<0.05$

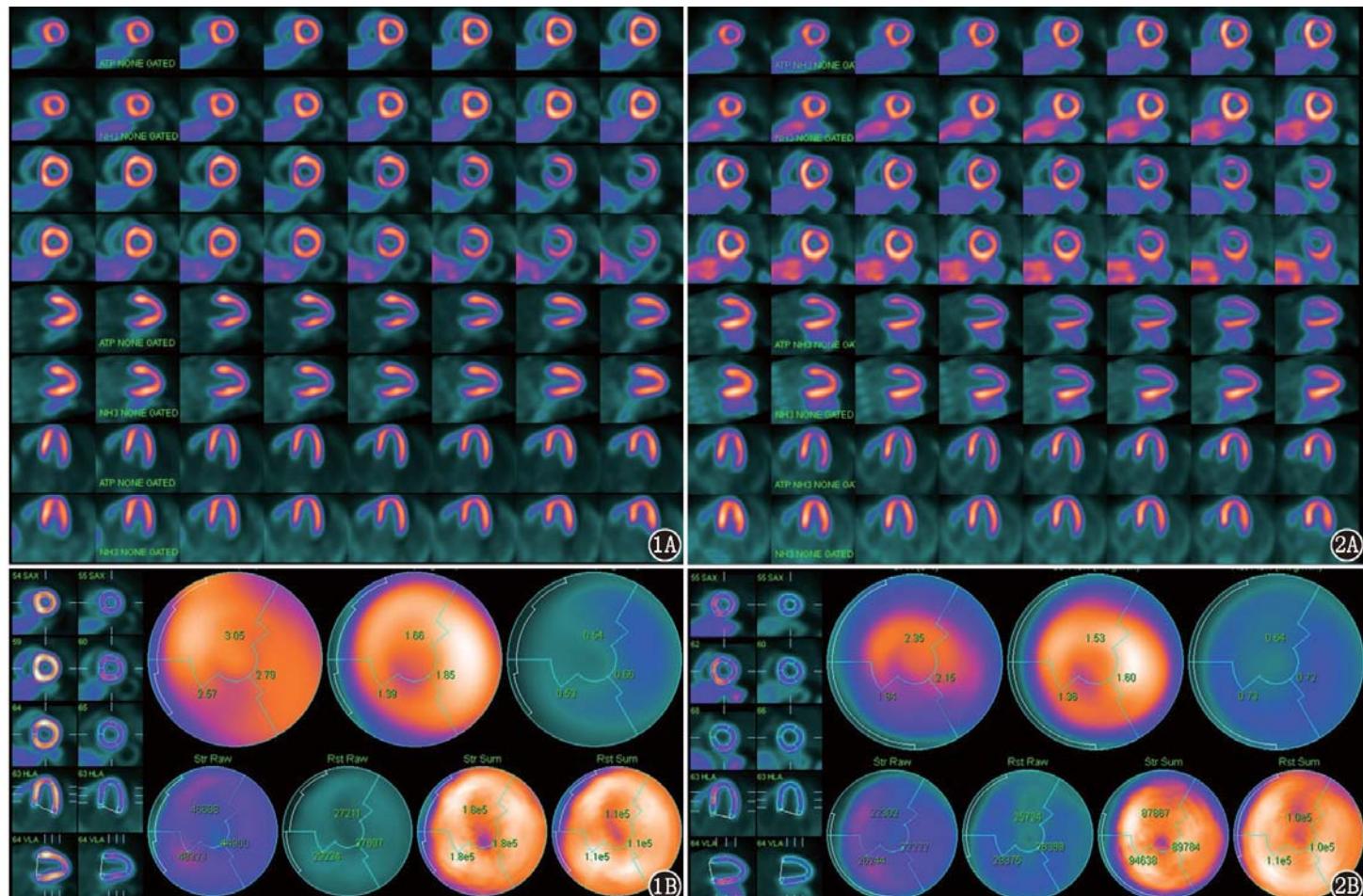


图 1 非冠状动脉微血管性疾病(CMVD)患者(女, 63岁; 冠状动脉造影示三支冠状动脉未见明显异常)¹³N-NH₃·H₂O PET/CT 显像图。1A. ATP 负荷/静息心肌灌注显像(MPI)图, 第 1, 3, 5, 7 排为 ATP 负荷显像, 第 2, 4, 6, 8 排为静息显像, 负荷/静息显像左心室壁未见显像剂可逆性改变; 1B. 冠状动脉血流储备(CFR)分区靶心图示冠状动脉三支灌注区域 CFR 及左心室(LV)-CFR 均正常, 左前降支(LAD)-CFR=3.05, 左回旋支(LCX)-CFR=2.79, 右冠状动脉(RCA)-CFR=2.57, LV-CFR=2.84。图 2 CMVD 患者(女, 50岁; 冠状动脉造影示三支冠脉未见明显异常)¹³N-NH₃·H₂O PET/CT 显像图。2A. ATP 负荷/静息 MPI 图, 第 1, 3, 5, 7 排为 ATP 负荷显像, 第 2, 4, 6, 8 排为静息显像, 负荷/静息显像左心室壁仅见心尖段和前壁显像剂分布轻度可逆性改变; 2B. CFR 分区靶心图, CFR 测定结果示冠脉三支灌注区域 CFR 及 LV-CFR 均不同程度减低, LAD-CFR=2.35, LCX-CFR=2.15, RCA-CFR=1.84, LV-CFR=2.16

发生不合并阻塞性冠脉疾病的概率高,且发病率较男性高,以围绝经期或绝经期女性最为多见,预后不佳,主要不良心脏事件增加^[13]。因此,基于冠脉狭窄方法的风险评估可能在女性中效果不佳。

本研究结果发现,不合并阻塞性冠心病的女性 CMVD 患者与非 CMVD 患者在冠心病家族史、高血压、糖尿病、高脂血症、吸烟史、饮酒史方面并无统计学差异(均 $P > 0.05$),这可能提示传统的冠心病危险因素在女性患者中对冠脉微血管功能的影响并不显著。既往文献表明高血压可导致 CFR 降低^[14-16],本研究对有无高血压者进行的 CMVD 亚组分析表明,血压状态对静息 LV-MBF 有一定影响,并导致负荷 LV-MBF 提升不足,进而导致 LV-CFR 减低。一般而言,血压增高,通常会导致静息心肌做功增加,相应要提高静息心肌血流量以满足心肌供氧需求,而由于心肌肥厚、冠脉微血管分布相对稀疏、内皮功能障碍,微循环负荷血流量扩张潜力受限、收缩阻力增加,难以达到静息状态下的 2~3 倍以上,最终导致 CFR 减低^[15-16]。

有研究报道经典 Framingham 危险评分所涉及的传统危险因素会高估老年女性冠心病风险,且其灵敏度低于男性^[17]。对于女性患者,雌激素对心血管系统有保护作用,绝经后女性被认为是心血管疾病的高风险人群,本研究中 2 组患者绝经因素比较无差异,这可能与本研究纳入对象多以绝经患者有关。肥胖为代谢综合征的重要特征,与心血管发病率和死亡率有关。本研究发现超重组患者的 LV-CFR 低于非超重组($t = -2.89, P = 0.005$),其中 LV-CFR 与 BMI 相关($r = -0.341, P = 0.003$),高 BMI 女性患者的 LV-CFR 下降,提示高 BMI 女性有 CMVD 的可能性较高。肥胖导致冠脉微血管功能受损的机制可能与炎性反应有关,脂肪能分泌白细胞介素(interleukin, IL)-6、肿瘤坏死因子(tumor necrosis factor, TNF)、C 反应蛋白(C-reactive protein, CRP)等多种炎性反应因子,这些炎性反应介质能够导致胰岛素抵抗损害血管内皮,启动血管粥样病变、导致微循环功能降低,从而引起 CFR 下降^[18]。本研究发现的 LV-CFR 与 BMI 呈负相关,这也与之前报道一致^[19]。BMI 增加可导致血管内皮功能障碍,尤其内脏肥胖患者,可导致胰岛素抵抗和Ⅱ型糖尿病^[20]。此外,本研究结果发现在女性 CMVD 患者中静息 LV-MBF 高、负荷 LV-MBF 低,导致 LV-CFR 降低,这表明定量分析有助于提高对 CMVD 的诊断灵敏度。

本研究的局限性:(1)样本量相对较小;(2)由于为

回顾性研究及伦理上的限制,对照组为具有一定症状和危险因素的患者,未能采用无症状的健康人作为对照组;(3)由于微循环阻力指数的有创性和复杂性,未能以其为“金标准”与 PET/CT 进行对照研究。

综上,本研究通过 PET/CT 无创性测量 CFR,探讨了女性不合并梗阻性冠心病 CMVD 患者的相关危险因素和心肌血流定量参数特征,提示在女性不合并梗阻性冠心病患者中,CMVD 占比相对较高;BMI 与女性 CMVD 相关,且与 CFR 呈负相关;女性 CMVD 患者与对照组相比静息 LV-MBF 增高、负荷 LV-MBF 降低,导致 LV-CFR 降低;高血压是影响女性 CMVD 患者 MBF 和 CFR 的重要因素。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Brainin P, Frestad D, Prescott E. The prognostic value of coronary endothelial and microvascular dysfunction in subjects with normal or non-obstructive coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis[J]. Int J Cardiol, 2018, 254: 1-9. DOI:10.1016/j.ijcard.2017.10.052.
- [2] Monroy-Gonzalez AG, Tio RA, de Groot JC, et al. Long-term prognostic value of quantitative myocardial perfusion in patients with chest pain and normal coronary arteries[J]. J Nucl Cardiol, 2019, 26(6): 1844-1852. DOI:10.1007/s12350-018-1448-8.
- [3] Campisi R, Marengo FD. Coronary microvascular dysfunction in women with nonobstructive ischemic heart disease as assessed by positron emission tomography[J]. Cardiovasc Diagn Ther, 2017, 7(2): 196-205. DOI:10.21037/cdt.2017.04.08.
- [4] 覃春霞, 兰晓莉, 汪朝晖, 等. PET 心肌血流绝对定量对冠状动脉微血管疾病的诊断价值[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2018, 38(7): 460-465. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.07.002.
- [5] 中华医学会心血管病学分会基础研究学组, 中华医学会心血管病学分会介入心脏病学组, 中华医学会心血管病学分会女性心脏健康学组, 等. 冠状动脉微血管疾病诊断和治疗的中国专家共识[J]. 中国循环杂志, 2017, 32(5): 421-430. DOI:10.3969/j.issn.1000-3614.2017.05.003.
- The Basic Research Group of the Society of Cardiovascular Diseases of the Chinese Medical Association, the Interventional Cardiology Group of the Society of Cardiovascular Diseases of the Chinese Medical Association, the Female Heart Health Group of the Society of Cardiovascular Diseases of the Chinese Medical Association, et al. Chinese expert consensus on diagnosis and treatment of coronary microvascular diseases[J]. Chin Circul J, 2017, 32(5): 421-430. DOI:10.3969/j.issn.1000-3614.2017.05.003.
- [6] Löffler AI, Bourque JM. Coronary microvascular dysfunction, microvascular angina, and management[J]. Curr Cardiol Rep, 2016, 18(1): 1. DOI:10.1007/s11886-015-0682-9.
- [7] Danad I, Uusitalo V, Kero T, et al. Quantitative assessment of my-

- ocardial perfusion in the detection of significant coronary artery disease: cutoff values and diagnostic accuracy of quantitative $^{15}\text{O}\text{H}_2\text{O}$ PET imaging[J]. J Am Coll Cardiol, 2014, 64(14): 1464-1475. DOI:10.1016/j.jacc.2014.05.069.
- [8] Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. A statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2002, 18(1): 539-542.
- [9] Sara JD, Taher R, Kolluri N, et al. Coronary microvascular dysfunction is associated with poor glycemic control amongst female diabetics with chest pain and non-obstructive coronary artery disease [J]. Cardiovasc Diabetol, 2019, 18(1): 22. DOI: 10.1186/s12933-019-0833-1.
- [10] Suhrs HE, Raft KF, Bové K, et al. Effect of liraglutide on body weight and microvascular function in non-diabetic overweight women with coronary microvascular dysfunction[J]. Int J Cardiol, 2019, 283: 28-34. DOI:10.1016/j.ijcard.2018.12.005.
- [11] 陈春明.中国成人超重和肥胖症预防控制指南[M].北京:人民卫生出版社, 2006.
- Chen CM. Guidelines for the prevention and control of overweight and obesity in Chinese adults[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2006.
- [12] Bucciarelli-Ducci C, Pennell DJ. Low diagnostic yield of elective coronary angiography[J]. N Engl J Med, 2010, 363(1): 94; author reply 94-95.
- [13] Taqueti VR, Shaw LJ, Cook NR, et al. Excess cardiovascular risk in women relative to men referred for coronary angiography is associated with severely impaired coronary flow reserve, not obstructive disease[J]. Circulation. 2017, 135(6): 566-577. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.116.023266.
- [14] Levy BI, Ambrosio G, Pries AR, et al. Microcirculation in hypertension: a new target for treatment? [J]. Circulation, 2001, 104(6): 735-740. DOI:10.1161/hc3101.091158.
- [15] Alexánderson E, Jácome R, Jiménez-Santos M, et al. Evaluation of the endothelial function in hypertensive patients with ^{13}N -ammonia PET[J]. J Nucl Cardiol, 2012, 19(5): 979-986. DOI:10.1007/s12350-012-9584-z.
- [16] Penna GL, Garbero Rde F, Neves MF, et al. Treatment of essential hypertension does not normalize capillary rarefaction[J]. Clinics (Sao Paulo), 2008, 63(5): 613-618. DOI:10.1590/s1807-59322008-000500008.
- [17] Artigao-Rodenas LM, Carbayo-Herencia JA, Divisón-Garrote JA, et al. Framingham risk score for prediction of cardiovascular diseases: a population-based study from southern Europe [J]. PLoS One, 2013, 8(9): e73529. DOI:10.1371/journal.pone.0073529.
- [18] Tona F, Serra R, Di Ascenzo L, et al. Systemic inflammation is related to coronary microvascular dysfunction in obese patients without obstructive coronary disease [J]. Nutr Metab Cardiovasc Dis, 2014, 24(4): 447-453. DOI:10.1016/j.numecd.2013.09.021.
- [19] van der Heijden DJ, van Leeuwen M, Janssens GN, et al. Body mass index is associated with microvascular endothelial dysfunction in patients with treated metabolic risk factors and suspected coronary artery disease[J]. J Am Heart Assoc, 2017, 6(9): e006082. DOI:10.1161/JAHA.117.006082.
- [20] Lopes HF, Corrêa-Giannella ML, Consolim-Colombo FM, et al. Visceral adiposity syndrome[J]. Diabetol Metab Syndr, 2016, 8: 40. DOI:10.1186/s13098-016-0156-2.

(收稿日期:2019-10-18)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊有关文章涉及课题基金项目的标注要求

论文所涉及的课题如取得国家或部、省级以上基金或属攻关项目,应列出(双语著录)。中英文基金项目分别置于中文关键词、英文 Key words 下方,如“基金项目:国家自然科学基金(39570835)”、“Fund program: National Natural Science Foundation of China (39570835)”,并附基金证书复印件。

本刊编辑部