

$^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ PET/CT 显像血流储备测定 对冠状动脉微血管疾病的诊断价值

彭琨¹ 陈卫强² 王永德² 张健² 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 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ PET/CT 显像测定的冠状动脉血流储备(CFR)对可疑冠状动脉微血管疾病(CMVD)患者的诊断价值。方法 回顾性分析2017年9月至2018年9月泰达国际心血管病医院共54例临床疑诊CMVD的患者(男22例、女32例,年龄25~77岁),行 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ PET/CT 显像测定左心室整体CFR(LV-CFR),并根据其将患者分成CMVD组(LV-CFR<2.5)和非CMVD组(LV-CFR \geq 2.5)。比较2组患者PET/CT心肌灌注显像(MPI)半定量参数[负荷总积分(SSS)、静息总积分(SRS)、总积分差(SDS)和一过性缺血性扩张(TID)]和左心室功能参数[静息和负荷显像左心室射血分数(LVEF)、静息和负荷舒张末期容积(EDV)、收缩末期容积(ESV)]。另外分析和比较静息、负荷状态下左心室整体心肌血流量(LV-MBF)及CMVD组三支冠状动脉区域CFR分布的情况。采用两独立样本 t 检验、Mann-Whitney U 检验和Pearson相关分析数据。结果 CMVD组左心室整体静息MBF高于非CMVD组[(0.74 \pm 0.16)与(0.63 \pm 0.09) ml \cdot g $^{-1}$ \cdot min $^{-1}$],而左心室整体负荷MBF低于非CMVD组[(1.52 \pm 0.36)与(1.89 \pm 0.22) ml \cdot g $^{-1}$ \cdot min $^{-1}$; t 值:2.925和-4.503,均 $P<0.05$];余半定量参数在2组间的差异均无统计学意义(t 值:-1.430~1.400, U 值:286.0~338.5,均 $P>0.05$)。CMVD组左前降支(LAD)、左回旋支(LCX)及右冠状动脉(RCA)的CFR之间有较好的相关性(r 值:0.798~0.836,均 $P<0.01$)。结论 PET/CT 显像CFR测定的诊断能力优于MPI的半定量分析,为冠状动脉造影或动脉CT阴性、疑诊CMVD的患者提供了无创、客观的诊断和评价依据。

【关键词】 冠状动脉疾病;微血管性心绞痛;血流储备分数,心肌;心肌灌注显像;正电子发射断层显像术;体层摄影术,X线计算机;氨

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.issn.2095-2848.2019.12.002

Diagnostic value of blood flow reserve measurement with $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ PET/CT imaging in patients with coronary microvascular disease

Peng Kun¹, Chen Weiqiang², Wang Yongde², Zhang Jian², 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 evaluate the diagnostic value of coronary flow reserve (CFR) on $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ PET/CT imaging for patients with suspected coronary microvascular disease (CMVD). **Methods** From September 2017 to September 2018, 54 clinical suspected CMVD patients (22 males, 32 females; age: 25–77 years) in TEDA International Cardiovascular Hospital were retrospectively analyzed. All patients underwent $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ PET/CT imaging to measure left ventricle CFR (LV-CFR), and were divided into CMVD group (LV-CFR<2.5) and non-CMVD group (LV-CFR \geq 2.5). Semi-quantitative parameters of PET/CT myocardial perfusion imaging (MPI), including summed stress score (SSS), summed rest score (SRS), summed difference score (SDS) and transient ischemic dilation (TID), as well as left ventricular function parameters, such as rest and stress imaging left ventricular ejection fraction (LVEF), end-diastolic volume (EDV), and end-systolic volume (ESV) were compared between two groups. Besides, rest and stress LV-myocardial blood flow (MBF) and CFR distribution of the CMVD group in the region of three coronary arteries was also analyzed and compared. Independent-sample t test, Mann-Whitney U test and Pearson correlation analysis were used to analyze the data. **Results** Rest LV-MBF of CMVD group was higher than that of

non-CMVD group ((0.74 ± 0.16) vs (0.63 ± 0.09) ml \cdot g $^{-1}$ \cdot min $^{-1}$) and stress LV-MBF was lower ((1.52 ± 0.36) vs (1.89 ± 0.22) ml \cdot g $^{-1}$ \cdot min $^{-1}$; t values: 2.925, -4.503, both $P < 0.05$). There was no significant difference between the two groups in other semi-quantitative parameters (t values: from -1.430 to 1.400, U values: 286.0-338.5, all $P > 0.05$). Positive correlations were found in CFR among left anterior descending (LAD), left circumflex (LCX) and right coronary artery (RCA) (r values: 0.798-0.836, all $P < 0.01$). **Conclusion** CFR measured with PET/CT imaging is better than semi-quantitative parameters in MPI, which provides noninvasive and objective diagnosis and evaluation information for patients without obvious epicardial coronary artery stenosis and suspected with CMVD.

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

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

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2019.12.002

冠状动脉(简称冠脉)微血管疾病(coronary microvascular disease, CMVD)是指在多种致病因素下,冠脉微血管的结构和(或)功能异常所致的劳力性心绞痛或心肌缺血的临床综合征。部分 CMVD 患者结局预后不佳,甚至导致心肌梗死、心性死亡,患者可能因反复不稳定的心绞痛多次入院治疗,导致最终的治疗费用较高^[1-4]。对 CMVD 患者进行早期确诊及预后评估,进而行早期生活方式及药物治疗干预,以避免严重心脏不良事件的发生,有十分重要的临床意义。目前,PET/CT 显像已实现对心肌血流的动态快速显像,并可利用血流动力学模型分析软件无创性获得负荷或静息状态下的绝对心肌血流量(myocardial blood flow, MBF)和冠脉血流储备(coronary flow reserve, CFR),为 CMVD 的诊断和评价提供了重要的技术手段,是目前国内外研究的热点。本研究回顾性分析了临床可疑 CMVD 患者 PET/CT 心肌灌注显像(myocardial perfusion imaging, MPI)CFR 的测定数据,并与 MPI 常用的半定量参数进行分析和比较,探讨其在 CMVD 中的临床价值。

资料与方法

1.研究对象。回顾性分析 2017 年 9 月至 2018 年 9 月间于泰达国际心血管病医院就诊、临床怀疑 CMVD 的 54 例患者,其中男 22 例、女 32 例,年龄 25~77(58.4 \pm 10.1)岁。纳入标准:(1)可疑冠脉粥样硬化性心脏病(简称冠心病)的初诊患者,有心绞痛或等同症状;(2)近期(<3 个月)冠脉造影或冠脉 CT 成像阴性(以冠脉主要分支狭窄小于 50%为阴性标准)。排除标准:(1)血运重建术后、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;(2)有 ATP 应用禁忌;(3)患者因不能耐受负荷检查而未完成检查者;(4)显像失败者,如快速注射技

术失败,采集过程中患者发生复杂移动者。检查前收集患者个体特征参数,如高血压、糖尿病、高脂血症、吸烟史、饮酒史、体质指数(body mass index, BMI)和冠心病家族史。本研究符合《赫尔辛基宣言》的原则。患者检查前均签署知情同意书。

2. $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ PET/CT 显像。所有患者行 PET/CT 显像前停用血管活性药物、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。 $^{13}\text{N-NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 由美国 GE Qilin 医用回旋加速器生产,显像设备为 GE Discovery Elite PET/CT 仪(NM690)。

对患者行一日法静息和 ATP 负荷显像,2 种显像至少间隔 40 min,测量患者静息时血压和心率。患者双上臂预埋静脉留置针,接三通管,先行低剂量 CT 衰减校正扫描(管电压 120 kV,管电流 20 mA),预启动 PET 动态采集 5 s(采集设置:10 s/帧 \times 12 帧,30 s/帧 \times 2 帧,60 s/帧 \times 1 帧,360 s/帧 \times 1 帧),再于静息状态或负荷高峰经三通管快速注射显像剂 370~555 MBq,立即用 10 ml 生理盐水快速推注、冲洗管内残留显像剂。动态采集结束后,间隔 2 min,采集静息或负荷门控断层显像(采集 8 min,每个心动周期分 8 帧)。ATP 按 0.16 mg \cdot kg $^{-1}$ \cdot 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。负荷过程实时监测患者血压和心电图。

3.图像处理与数据分析。将采集数据全部传入 Xeleris 工作站,由 1 位 5 年以上工作经验的医师应用定量灌注 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,首先调整心脏轴位,确定水平长轴和垂直长轴方位,由软件自动确定勾画心肌轮廓(必要时手工确定心肌基底部位置)

和左右心腔内的感兴趣区,处理后获得静息和负荷状态下不同冠脉灌注区域 MBF,输入静息心率和血压后对静息 MBF 进行校正,最终获得分区和左心室整体 CFR(left ventricle CFR, LV-CFR)。同时软件断层重建获得左心室水平长轴、垂直长轴及短轴图像,并获得美国心脏协会标准 17 节段靶心图^[5]、负荷总积分(summed stress score, SSS)、静息总积分(summed rest score, SRS)、总积分差(summed difference score, SDS)、一过性缺血性扩张(transient ischemic dilation, TID)及左心室功能参数,如舒张末期容积(end-diastolic volume, EDV)、ESV(end-systolic volume, ESV)及左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)。靶心图心肌节段显像剂放射性分布采用标准 5 分法判断^[6]:0=正常,1=轻度稀疏,2=中度稀疏,3=重度稀疏,4=缺损;SDS 为可逆性缺血指标,SSS \geq 4 为异常,SDS $>$ 1 为异常。判断 CMVD 的诊断标准为 LV-CFR $<$ 2.5^[7]。

4.统计学处理。采用 IBM SPSS 22.0 软件处理数据。符合正态分布的计量资料用 $\bar{x}\pm s$ 表示,不符合正态分布的计量资料用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示。2 组间比较采用两独立样本 t 检验或 Mann-Whitney U 检验,多组间比较采用单因素方差分析;分类变量间的

差异比较用 χ^2 检验,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.患者一般资料及参数指标的比较。将 54 例患者分为 CMVD 组(LV-CFR $<$ 2.5;34 例)和非 CMVD 组(LV-CFR \geq 2.5;20 例)。根据患者性别、年龄及胸痛症状判断 2 组冠心病验前概率^[8]:非 CMVD 组均为中低概率;CMVD 组 4 例为低概率,28 例中低概率,2 例中高概率。2 组患者一般资料比较见表 1。CMVD 在女性中较多($\chi^2=4.880, P=0.027$),高血压患者亦较多($\chi^2=4.395, P=0.036$);余指标差异无统计学意义($U=315.0, t=1.927, \chi^2$ 值:0.075~1.433, 均 $P>0.05$)。

2 组间半定量参数及左心室功能指标比较见表 2。2 组 TID、SSS、SRS、SDS、静息和负荷 LVEF、负荷和静息 EDV 及 ESV 之差间的差异均无统计学意义(U 值:286.0~338.5, t 值:-1.430~1.400, 均 $P>0.05$)。

2.2 组患者 LV-MBF、LV-CFR 及冠脉三支区域 CFR 分布与比较。CMVD 组 LV-CFR 为 2.07 ± 0.32 (范围:1.54~2.49),非 CMVD 组 LV-CFR 为 $3.00\pm$

表 1 冠状动脉微血管疾病(CMVD)组及非 CMVD 组患者的一般资料比较

组别	例数	男/女 (例/例) $M(P_{25}, P_{75})$	年龄[岁; $M(P_{25}, P_{75})$]	BMI ($\text{kg}/\text{m}^2; \bar{x}\pm s$)	糖尿病(例)		高血压(例)		高血脂(例)		吸烟史(例)		饮酒史(例)		家庭史(例)	
					有	无	有	无	有	无	有	无	有	无		
CMVD 组	34	10/24	61(52,68)	26.44 \pm 3.66	4	30	25	9	14	20	13	21	7	27	12	22
非 CMVD 组	20	12/8	60(51,64)	24.67 \pm 2.37	2	18	9	11	9	11	11	9	7	13	4	16
检验值		4.880	315.0 ^a	1.927 ^b	-		4.395		0.075		1.433		1.362		1.413	
P 值		0.027	0.654	0.059	>0.05		0.036		0.784		0.231		0.243		0.235	

注:^a为 U 值,^b为 t 值,余为 χ^2 值;“-”为采用确切概率法,无 χ^2 值;BMI 为体质指数;CMVD 组左心室整体冠状动脉血流储备(LV-CFR) $<$ 2.5,非 CMVD 组 LV-CFR \geq 2.5

表 2 CMVD 组及非 CMVD 组患者心肌灌注显像半定量参数及左心室功能参数的比较

组别	例数	TID [$M(P_{25}, P_{75})$]	SSS [$M(P_{25}, P_{75})$]	SRS [$M(P_{25}, P_{75})$]	SDS [$M(P_{25}, P_{75})$]
CMVD 组	34	1.18(1.10,1.26)	2(1,3)	0(0,2)	1(0,2)
非 CMVD 组	20	1.14(1.11,1.25)	1(0,5)	0(0,0.75)	1(0,2)
检验值		316.5 ^a	305.0 ^a	286.0 ^a	338.5 ^a
P 值		0.670	0.520	0.260	0.970

组别	例数	静息 LVEF (%; $\bar{x}\pm s$)	负荷 LVEF (%; $\bar{x}\pm s$)	负荷、静息 ESV 之差 (ml; $\bar{x}\pm s$)	负荷、静息 EDV 之差 (ml; $\bar{x}\pm s$)
CMVD 组	34	74.12 \pm 5.70	67.41 \pm 5.74	7.79 \pm 3.76	9.18 \pm 5.16
非 CMVD 组	20	71.50 \pm 5.67	66.20 \pm 5.39	8.60 \pm 3.89	11.50 \pm 6.64
检验值		1.400	0.760	-0.580	-1.430
P 值		0.160	0.440	0.560	0.150

注:^a为 U 值,余为 t 值;EDV 为舒张末期容积,ESV 为收缩末期容积,LVEF 为左心室射血分数,SDS 为总积分差,SRS 为静息总积分,SSS 为负荷总积分,TID 为一过性缺血性扩张

0.38(2.51~4.00)。CMVD 组左心室整体静息 MBF 高于非 CMVD 组,而左心室整体负荷 MBF 低于非 CMVD 组[(0.74±0.16)与(0.63±0.09) ml · g⁻¹ · min⁻¹, (1.52±0.36)与(1.89±0.22) ml · g⁻¹ · min⁻¹; *t* 值:2.925 和 -4.503, 均 *P*<0.05]。CMVD 组的左前降支(left anterior descending, LAD)与左回旋支(left circumflex, LCX)区域、LAD 与右冠脉(right coronary artery, RCA)区域、LCX 与 RCA 区域的 CFR 间均呈正相关(*r* 值:0.836、0.812 和 0.798, 均 *P*<0.01; 图 1)。以 LV-CFR 2.5 为诊断界值, CMVD 患者中单支冠脉 CFR 降低 1 例, 双支冠脉 CFR 降低 6 例, 三支冠脉 CFR 降低 27 例。典型患者图像见图 2。

讨 论

目前在动物实验中可用活体显微镜直接观察 CMVD 的冠脉微血管异常, 但尚无影像学技术可直接观察人体冠脉微血管病变, 主要采用间接评价方

法反映其功能状态, 其中广受认可的无创性方法是 PET/CT 绝对定量显像测定 MBF 和 CFR, 其被认为是非侵入性定量测量心肌血流灌注量和 CFR 的“金标准”^[9-11]。CFR 是指血管最大充血、扩张状态时的心肌血流量与静息心肌血流量的比值, 可评估供应心肌区域的整个冠脉血流(包括心外膜冠脉和微血管)。当冠脉形态学检查结果为阴性时, 即无明显有意义的狭窄时(通常指冠脉主要分支无明显狭窄或狭窄程度低于 50%), 此时 CFR 的异常降低通常代表着微循环功能障碍, 被用于诊断和评估 CMVD。本研究发现, 在临床可疑非阻塞性冠脉疾病胸痛的 54 例患者中, CFR 异常者占比 62.96%(34/54), 且女性 CMVD 患者多于男性。女性缺血综合征评估(women's ischemia syndrome evaluation, WISE)研究发现, 约 60% 的女性患者冠脉解剖学呈阴性但有缺血症状, 约 50% 的无冠脉阻塞性胸痛患者主要表现为冠脉微血管功能障碍^[12]。本研究还发现, CMVD

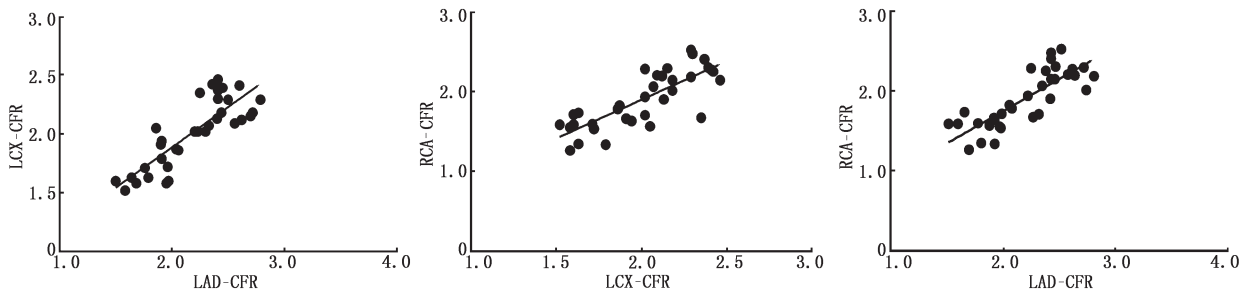


图 1 左前降支(LAD)、左回旋支(LCX)和右冠状动脉(RCA)的冠状动脉血流储备(CFR)间的相关性散点图(*n*=34)

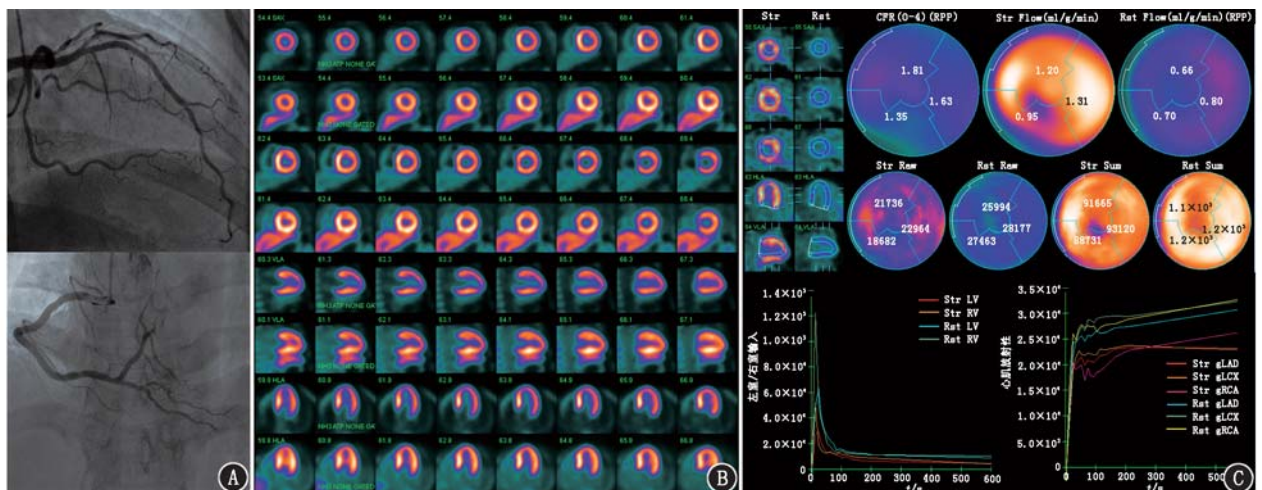


图 2 可疑冠状动脉微血管疾病(CMVD)患者(女, 43 岁)影像学检查图。A. 冠状动脉造影图示左右冠状动脉血管光滑、通畅, 无明显狭窄; B. ¹³N-NH₃ · H₂O PET/CT ATP 负荷/静息心肌血流灌注显像图(第 1、3、5、7 排为 ATP 负荷显像, 第 2、4、6、8 排为静息显像)示未见明显显像剂可逆性改变; C. 冠状动脉血流储备(CFR)分区靶心图及时间-放射性活度曲线可见冠状动脉三支灌注区域 CFR 及左心室(LV)-CFR 均明显减低; LAD-CFR=1.81, LCX-CFR=1.35, RCA-CFR=1.63, LV-CFR=1.63; gLAD 为 LAD 整体, gLCX 为 LCX 整体, gRCA 为 RCA 整体, HLA 为水平长轴, RPP 为心率血压乘积, Rst 为静息, Rst flow 为静息血流, Rst raw 为静息原始, Rst sum 为静息累积, SAX 为短轴, Str 为负荷, Str flow 为负荷血流, Str raw 为负荷原始, Str sum 为负荷累积, VLA 为垂直长轴

除与性别有关外,还与高血压病史密切相关。可能原因为:高血压时冠脉微循环发生明显重构,心肌灌注不足引起冠脉微血管床的生长不足,使单位心肌内微血管数量和总横截面积减少,从而密度下降,中膜厚度增加,中膜厚度/管腔比值下降,引起冠脉循环阻力增大,血流储备及冠脉舒张能力降低^[13]。

SPECT 显像或 PET/CT MPI 的诊断一般采用目视法、半定量法诊断心肌缺血,通常以 $SSS \geq 4$ 和 $SDS > 1$ 作为心肌缺血指标^[6]。本研究中 CMVD 组与非 CMVD 组的 SSS 、 SDS 的组间差异并无统计学意义,这可能与 CMVD 多为弥漫性血流减低有关。当冠脉血流弥漫性减低,以某一最高计数像素值为参考时,由此衍生的 SSS 、 SRS 并无明显改变,导致这些参数诊断灵敏度减低。TID 可由缺血或整个心内膜下缺血导致,通常用于评估心外膜狭窄冠心病的严重程度及其预后^[14]。Jameria 等^[15]报道,药物负荷试验的 TID 诊断界值为 1.29。本研究 CMVD 组及非 CMVD 组均值小于此界值,这可能与负荷时弥漫性缺血程度有关,由此推测对于 CMVD 者,药物负荷试验所诱发的弥漫性血流减低程度还不足以引起 TID 阳性改变,这与冠脉多支梗阻性病变不同。此外,本研究发现 CMVD 组和非 CMVD 组间静息和负荷显像 LVEF、负荷和静息显像 ESV 之差和 EDV 之差的差异均无统计学意义。以上结果均提示 MPI 常用的半定量指标(如 SSS 、 SRS 、 SDS 、TID、静息和负荷 LVEF、ESV 和 EDV)对 CMVD 的诊断价值有限;2 组间左心室整体静息和负荷 MBF 的差异有统计学意义,提示绝对定量冠脉血流测定有助于提高对 CMVD 的诊断灵敏度,这与之前研究一致^[16]。

本研究还发现,CMVD 患者 LAD、LCX、RCA 的 CFR 间呈强相关,且 CFR 呈弥漫性分布减低,这可能提示 CMVD 多表现为左心室室壁微循环弥漫性受损,也预示半定量分析指标因此时缺乏显像剂分布相对的正常参考而导致诊断灵敏度不高,但个别情况下(如左心室室壁微循环功能损害发展进程不同或受损程度不同,此时在断层图像或灌注的常规半定量参数上可能会表现为异常)也可出现阳性结果。本研究未涉及弥漫性冠脉轻度狭窄所引起的 CFR 减低,回顾入组患者的冠脉 CT 或冠脉造影均未见冠脉弥漫性钙化或狭窄者入选,因此避免了弥漫性心外膜血管轻度狭窄性病变对本研究结果的干扰。本研究亦存在局限性:样本量相对较小;对照组为具有一定症状和危险因素者而冠脉造影或冠脉 CT 阴性、且 $PET\ LV-CFR \geq 2.5$ 者,由于为回顾性研

究及临床实际情况,未能采用无症状的健康人作为对照组。

综上,CMVD 以女性、高血压患者多见,以 $LV-CFR$ 呈弥漫性减低受损为主要表现;MPI 常用的半定量分析参数对诊断 CMVD 的价值有限。PET/CT 显像测定 CFR 能为无明显冠脉狭窄、疑诊 CMVD 的患者提供无创性、客观的功能诊断和评价手段,明显优于单纯的 MPI 分析。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Ziadi MC, Dekemp RA, Williams KA, et al. Impaired myocardial flow reserve on rubidium-82 positron emission tomography imaging predicts adverse outcomes in patients assessed for myocardial ischemia[J]. J Am Coll Cardiol, 2011, 58(7): 740-748. DOI:10.1016/j.jacc.2011.01.065.
- [2] Murthy VL, Naya M, Foster CR, et al. Improved cardiac risk assessment with noninvasive measures of coronary flow reserve[J]. Circulation, 2011, 124(20): 2215-2224. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.111.050427.
- [3] Taqueti VR, Everett BM, Murthy VL, et al. Interaction of impaired coronary flow reserve and cardiomyocyte injury on adverse cardiovascular outcomes in patients without overt coronary artery disease[J]. Circulation, 2015, 131(6): 528-535. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.114.009716.
- [4] Dean J, Cruz SD, Mehta PK, et al. Coronary microvascular dysfunction: sex-specific risk, diagnosis, and therapy[J]. Nat Rev Cardiol, 2015, 12(7): 406-414. DOI:10.1038/nrcardio.2015.72.
- [5] 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.
- [6] Canepa M, Bezante G, Vianello P, et al. Diagnostic value of ischemia severity at myocardial perfusion imaging in elderly persons with suspected coronary disease[J]. J Cardiovasc Med (Hagerstown), 2016, 17(10): 719-728. DOI:10.2459/JCM.0000000000000339.
- [7] Marinescu MA, Löffler AI, Ouellette M, et al. Coronary microvascular dysfunction, microvascular angina, and treatment strategies[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2015, 8(2): 210-220. DOI:10.1016/j.jcmg.2014.12.008.
- [8] Task Force Members, Montalescot G, Sechtem U, et al. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease; the Task Force on the Management of Stable Coronary Artery Disease of the European Society of Cardiology[J]. Eur Heart J, 2013, 34(38): 2949-3003. DOI:10.1093/eurheartj/ehd296.
- [9] 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.
- [10] Saraste A, Kajander S, Han C, et al. PET: is myocardial flow quantification a clinical reality? [J]. J Nucl Cardiol, 2012, 19(5): 1044-1059. DOI:10.1007/s12350-012-9588-8.
- [11] 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}O] H_2O PET imaging[J]. J Am Coll Cardiol, 2014, 64(14): 1464-1475. DOI:10.1016/j.jacc.2014.05.069.
- [12] Reis SE, Holubkov R, Conrad Smith AJ, et al. Coronary microvascular dysfunction is highly prevalent in women with chest pain in the absence of coronary artery disease; results from the NHLBI WISE study[J]. Am Heart J, 2001, 141(5): 735-741.
- [13] Fu Q, Zhang Q, Lu W, et al. Assessment of coronary flow reserve by adenosine stress myocardial perfusion imaging in patients with hypertension[J]. Cell Biochem Biophys, 2015, 73(2): 339-344. DOI:10.1007/s12013-015-0600-1.
- [14] Alama M, Labos C, Emery H, et al. Diagnostic and prognostic significance of transient ischemic dilation (TID) in myocardial perfusion imaging; a systematic review and meta-analysis [J]. J Nucl Cardiol, 2018, 25(3): 724-737. DOI:10.1007/s12350-017-1040-7.
- [15] Jameria ZA, Abdallah M, Dwivedi A, et al. Computer derived transient ischemic dilation ratio for identifying extensive coronary artery disease using a CZT camera and imaging in the upright position[J]. J Nucl Cardiol, 2017, 24(5): 1702-1708. DOI:10.1007/s12350-016-0515-2.
- [16] 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.
- Qin CX, Lan XL, Wang ZH, et al. The value of PET quantitative analysis of coronary physiology in the diagnosis of coronary microvascular disease [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2018, 38(7): 460-465. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.07.002.
- (收稿日期:2019-07-02)

· 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 GB6447-86 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。要求使用 A4 纸打印,行间距为 2 行,纸边距两边各留 2~3 cm。

敬请广大读者、作者周知,并遵照此要求投稿。

本刊编辑部