

腺苷负荷-静息门控心肌灌注显像在冠心病多支病变患者冠状动脉旁路移植术后评估中的应用

吴飞鹏 郑贤东 杨乔芬 吴琪燕 洪丽菊 岳雷 杨蕊 陈丹丹 周友俊

昆明医科大学附属延安医院核医学科, 昆明 650051

通信作者: 周友俊, Email: 13668770541@163.com

【摘要】目的 探讨腺苷负荷-静息门控心肌灌注显像(G-MPI)评估冠状动脉粥样硬化性心脏病(简称冠心病)多支病变患者冠状动脉旁路移植术(CABG)后左心室(LV)心肌灌注、心功能及机械收缩同步性的价值。**方法** 回顾性收集2021年1月至2023年6月在昆明医科大学附属延安医院行CABG,并且于术前1周、术后6个月均进行G-MPI(一日法)的55例冠心病多支病变患者[男42例、女13例,年龄(59.3±9.0)岁];采用配对 t 检验或Wilcoxon符号秩检验比较CABG前、后LV心肌灌注参数[负荷总积分(SSS)、静息总积分(SRS)、差值总积分(SDS)]、心功能参数[LV射血分数(EF)、LV舒张末期容积(EDV)、LV收缩末期容积(ESV)、搏出量(SV)、高峰充盈率(PFR)]和机械收缩同步性参数[相位直方图带宽(PHB)和相位标准差(PSD)]差异;采用Wilcoxon符号秩检验比较负荷、静息显像间各指标CABG前、后变化值(Δ)的差异;通过Spearman秩相关分析静息LVEF、PFR与心肌灌注指标的关系。**结果** CABG后患者SSS、SRS和SDS[6(3,12)、1(0,9)、3(1,5)分]均较术前降低[16(9,23)、4(1,15)、8(6,12)分; z 值:6.37、4.84、6.24,均 $P<0.001$];静息及负荷LVEF[60%(49%,67%)、58%(48%,68%)]、PFR[3.67(3.12,4.28)、3.23(2.77,4.43)EDV/s]均较术前增加[51%(33%,62%)、53%(27%,61%)、2.76(2.08,3.52)、2.83(1.86,3.62)EDV/s; z 值:3.23~5.58,均 $P<0.01$],LVEDV、LVESV均较术前降低(t 值:6.40、5.27, z 值:5.33、5.40,均 $P<0.001$);静息、负荷PHB[45°(35°,70°)、53°(44°,113°)]和PSD[14.7°(10.9°,27.3°)、20.0°(14.6°,33.8°)]均较术前降低[60°(45°,131°)、83°(58°,198°)、20.4°(16.0°,49.1°)、27.2°(19.6°,60.4°); z 值:4.19~4.81,均 $P<0.001$]; Δ SSS大于 Δ SRS,静息 Δ PFR大于负荷 Δ PFR(z 值:6.24、2.77,均 $P<0.05$)。CABG前、后,静息LVEF、静息PFR与SSS、SRS均呈负相关(r 值:-0.741~-0.431,均 $P<0.05$)。**结论** 依据腺苷负荷-静息G-MPI获得的LV心肌灌注、心功能和机械收缩同步性信息能很好地评估患者CABG后恢复情况,该方法有助于更好地识别可能发生不良心脏事件的患者。

【关键词】 冠心病;冠状动脉分流术;心肌灌注显像;99m 锝甲氧基异丁基异腈;腺苷

基金项目:兴滇英才支持计划“名医专项”(XDYC-MY-2022-0108);云南省科技厅-昆明医科大学基础研究联合专项基金(202401AY070001-191);春城计划“春城名医”专项(C202012021);昆明市卫生科技人才培养项目暨技术中心建设项目[2020-SW(技)-24];昆明市卫生科技人才培养基金[2023-SW(后备)-20]

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20230620-00178

Application of adenosine stress-rest gated myocardial perfusion imaging in evaluation of patients with multivessel coronary artery disease after coronary artery bypass grafting

Wu Feipeng, Zheng Xiandong, Yang Qiaofen, Wu Qiyuan, Hong Liju, Yue Lei, Yang Rui, Chen Dandan, Zhou Youjun

Department of Nuclear Medicine, Yan'an Hospital Affiliated to Kunming Medical University, Kunming 650051, China

Corresponding author: Zhou Youjun, Email: 13668770541@163.com

【Abstract】Objective To explore the utility of adenosine stress-rest gated myocardial perfusion imaging (G-MPI) in evaluation of left ventricular (LV) myocardial perfusion, heart function, and synchronization in patients with multivessel coronary artery disease after coronary artery bypass grafting (CABG). **Methods** Fifty-five patients (42 males, 13 females, age (59.3±9.0) years) with multivessel coronary artery disease who underwent CABG surgery in Yan'an Hospital Affiliated to Kunming Medical University be-

tween January 2021 and June 2023 were retrospectively collected. All of them underwent G-MPI (one-day method) one week before and six months after CABG. Paired *t*-test or Wilcoxon signed rank test was used to compare LV myocardial perfusion parameters including summed stress score (SSS), summed rest score (SRS), and summed different score (SDS) before and after CABG, as well as cardiac function parameters (LV ejection fraction (EF), LV end-diastolic volume (EDV), LV end-systolic volume (ESV), stroke volume (SV), peak filling rate (PFR)), and LV mechanical contraction synchronization parameters such as phase histogram bandwidth (PHB) and phase standard deviation (PSD). Differences of the changes of parameters after CABG compared to baseline (Δ) between adenosine stress imaging and rest imaging were also compared by Wilcoxon signed rank test. The relationships between rest LVEF, rest PFR and myocardial perfusion parameters were analyzed by Spearman rank correlation analysis. **Results** After CABG, the SSS, SRS, and SDS were significantly lower than those before surgery (6(3,12) vs 16(9,23), 1(0,9) vs 4(1,15), 3(1,5) vs 8(6,12); *z* values: 6.37, 4.84, 6.24, all $P < 0.001$); postoperative rest/stress LVEF (60%(49%,67%), 58%(48%,68%)) and PFR (3.67(3.12,4.28), 3.23(2.77,4.43) EDV/s) significantly increased compared with preoperative values (51%(33%,62%), 53%(27%,61%); 2.76(2.08, 3.52), 2.83(1.86,3.62) EDV/s; *z* values: 3.23–5.58, all $P < 0.01$); postoperative rest/stress LVEDV and LVESV were significantly lower than those before surgery (*t* values: 6.40, 5.27; *z* values: 5.33, 5.40; all $P < 0.001$); rest/stress PHB (45°(35°,70°), 53°(44°,113°)) and PSD (14.7°(10.9°,27.3°), 20.0°(14.6°,33.8°)) were significantly lower than those before surgery (60°(45°,131°), 83°(58°,198°), 20.4°(16.0°,49.1°), 27.2°(19.6°,60.4°); *z* values: 4.19–4.81, all $P < 0.001$). The Δ SSS was greater than the Δ SRS, and the Δ PFR was greater in rest imaging than that in stress imaging (*z* values: 6.24, 2.77, both $P < 0.05$). Rest LVEF, PFR were negatively correlated with SSS and SRS (*r*_s values: from -0.741 to -0.431, all $P < 0.05$). **Conclusion** The LV myocardial perfusion, function, and mechanical contraction synchronicity information obtained from adenosine stress-rest G-MPI can be used to evaluate the recovery after CABG, which may help to better identify patients who may have adverse cardiac events.

【Key words】 Coronary disease; Coronary artery bypass; Myocardial perfusion imaging; Technetium Tc 99m sestamibi; Adenosine

Fund program: Kingdian Talent Support Program "Famous Medicine Special Project" (XDYC-MY-2022-0108); Yunnan Provincial Science and Technology Department-Kunming Medical University Joint Special Fund for Basic Research (202401AY070001-191); Spring City Plan "Spring City Famous Doctors" Special Project (C202012021); Kunming Health Science and Technology Talent Training Fund (2020-SW(Tech)-24); Kunming Health Science and Technology Talent Training Fund (2023-SW(Reserve)-20)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20230620-00178

冠状动脉旁路移植术 (coronary artery bypass grafting, CABG) 是临床治疗冠状动脉多支病变的主要方法^[1]。门控心肌灌注显像 (gated myocardial perfusion imaging, G-MPI) 可明确冠状动脉狭窄是否引起心肌缺血, 并明确缺血的部位、程度和范围, 对于指导血运重建治疗具有重要的意义^[2]。尽管有研究显示 G-MPI 可在 CABG 后早期患者中识别出心力衰竭和死亡风险较高者^[3], 但目前国内对 G-MPI 在接受 CABG 的患者中的应用证据仍然不足。本研究旨在通过对比 CABG 前、后 G-MPI, 分析 CABG 对冠状动脉粥样硬化性心脏病 (简称冠心病) 多支病变患者左心室 (left ventricular, LV) 心肌灌注和功能及同步性的影响, 以期 G-MPI 在冠心病多支病变患者 CABG 前病情评估及 CABG 后疗效评价中的临床应用提供更多参考。

资料与方法

1. 研究对象。本回顾性研究纳入 2021 年 1 月至 2023 年 6 月在昆明医科大学附属延安医院行 CABG 的冠心病多支病变患者 55 例, 男 42 例、女 13 例,

年龄 (59.3±9.0) 岁。纳入标准: (1) 经冠状动脉造影检查确诊为冠状动脉多支病变 [冠状动脉造影检测心外膜下冠状动脉直径, 左主干、左前降支、左回旋支及右冠状动脉中至少有 2 支或其分支 (直径 ≥ 2 mm), 在 2 个不同投照体位上管腔直径狭窄 ≥ 50% 确定为有冠状动脉多支病变^[1]], 并接受了 CABG; (2) CABG 前 1 周与 CABG 后 6 个月均行 G-MPI; (3) 病例资料完善。排除标准: (1) 急性心肌梗死导致的急性心源性休克; (2) 行其他治疗 (如永久性心脏辅助装置及心脏移植); (3) 其他因素引起的心功能不全 (如心肌病、严重心律失常); (4) 妊娠或可能妊娠; (5) 腺苷药物负荷禁忌证: 过敏、哮喘、病窦综合征、二度或三度房室传导阻滞等。本研究经昆明医科大学附属延安医院伦理委员会批准 (批件号: 2023-126-01)。

2. 一般资料收集。记录患者的年龄、性别、体质指数 (body mass index, BMI) 合并高血压、糖尿病和心肌梗死病史、经皮冠状动脉介入治疗 (percutaneous coronary intervention, PCI) 病史等信息。

3. 图像采集与处理。行一日法负荷-静息 G-MPI,

先行负荷显像,3~4 h 后行静息显像。显像剂 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -甲氧基异丁基异腈(methoxyisobutylisocyanide, MIBI)由昆明原子高科医药有限公司提供。显像仪器为美国 GE Discovery 670pro 型 SPECT/CT 仪。负荷 G-MPI:采用肘静脉持续匀速泵入腺苷注射液,注射速度为按体质量 $140 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,静脉输注 6 min,在输注第 3 分钟时静脉注射 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI 296~370 MBq,全程检测患者心率、血压、心电图变化以及可能出现的症状,注射后 0.5 h 患者进食脂餐,1.5 h 后采集图像。静息 G-MPI:在患者静息状态下注射 814~925 MBq $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI,注射后 0.5 h 患者进食脂餐,1.5 h 后行 G-MPI 图像采集。所有患者不使用低剂量的 CT 衰减校正。

4. 图像分析。由至少 2 位经验丰富的核医学科医师分析 G-MPI 图像。采用 ECToolbox 软件自动分析获得以下 LV 相关参数。(1)心肌灌注参数:负荷总积分(summed stress score, SSS)、静息总积分(summed rest score, SRS)、差值总积分(summed different score, SDS);(2)心功能参数:LV 射血分数(ejection fraction, EF)、LV 舒张末期容积(end-diastolic volume, EDV)、LV 收缩末期容积(end-systolic volume, ESV)、搏出量(stroke volume, SV)、高峰充盈率(peak filling rate, PFR);(3)同步性参数:相位直方图带宽(phase histogram bandwidth, PHB)、相位分布标准差(phase standard deviation, PSD)。心肌灌注评分采用 5 分法^[4]。

5. 统计学处理。使用 IBM SPSS 24.0 软件进行统计学分析。符合正态分布的定量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用配对 *t* 检验比较组间差异;不符合正态分布的定量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,采用 Wilcoxon 符号秩检验比较组间差异。定性资料以频数(百分比)表示。相关性分析采用 Spearman 秩相关。 $P < 0.05$ 为差异或相关性有统计学意义。

结 果

1. 患者一般临床特征。55 例患者的临床诊断均为冠心病,其中 37 例(67.3%)合并高血压,20 例(36.4%)合并糖尿病,7 例(12.7%)合并血脂代谢异常,9 例(16.4%)合并瓣膜病变,10 例(18.2%)有既往 PCI 史,14 例(25.5%)有脑血管病变史,6 例(10.9%)合并室壁瘤。CABG 手术情况:单纯 CABG 47 例(85.5%),CABG 合并室壁瘤手术 4 例(7.3%),CABG 合并瓣膜手术 4 例(7.3%)。

2. 腺苷负荷试验不良反应与安全性。术前腺苷

负荷试验过程中,54.5%(30/55)的患者出现不良反应,其中胸闷 13 例,心电图 ST 段压低 15 例,心悸 10 例,头晕 7 例,胸痛、呼吸困难、ST 段抬高各 1 例。术后腺苷负荷试验过程中,41.8%(23/55)的患者出现不良反应,其中心悸 12 例,头晕 10 例,呼吸困难 6 例,胸闷 4 例,心电图 ST 段压低 3 例。患者症状均于停止负荷试验后 1~5 min 内自行缓解。

3. CABG 前后 LV 相关参数的变化。患者 CABG 后 SSS、SRS 和 SDS 均较术前降低;术后静息及负荷 LVEF、PFR 均较术前升高,LVEDV、LVESV 均较术前降低,SV 无明显差异;心肌收缩同步性指标中,术后静息及负荷 PHB、PSD 较术前降低,具体见表 1。典型病例图像见图 1,相位分析直方图见图 2。

4. 负荷与静息显像间 CABG 前后指标变化值的比较。变化值(Δ)=术前值-术后值。负荷显像 ΔSSS [8(4,12)分]与静息显像 ΔSRS [3(0,4)分]、静息显像 ΔPFR [-1.13(-1.73,-0.43) EDV/s]与负荷显像 ΔPFR [-0.50(-1.41,0.20) EDV/s]差异均有统计学意义(z 值:6.24、2.77,均 $P < 0.05$)。负荷显像与静息显像的 ΔLVEF [-8%(-15%,-4%)与-7%(-17%,0)]、 ΔLVESV [22(6,46)与 16(6,33) ml]、 ΔLVEDV [21(1,54)与 20(9,41) ml]、 ΔSV [-1(-10,9)与 0(-10,10) ml]、 ΔPSD [7.9°(0.4°,18.3°)与 5.1°(-0.8°,11.6°)]、 ΔPHB [25°(5°,59°)与 14°(1°,27°)]差异均无统计学意义(z 值:0.10~1.17, P 值:0.242~0.919)。

5. 相关分析结果。CABG 前后的静息 LVEF、PFR 均与 SSS、SRS 呈负相关(r_s 值:-0.741~-0.431,均 $P < 0.05$)。

讨 论

尽管冠心病患者 CABG 后的 5 年生存率为 75%~80%,但仍然有近 20%的患者在术后 2 年内发展为充血性心力衰竭^[5]。目前的指南不建议通过 G-MPI 评估 CABG 后 5 年内无症状患者^[6]。然而最近的一些研究表明,在 CABG 后 1 年行 G-MPI 获得的缺血负荷等参数是未来 10 年中患者死亡和心力衰竭的重要预测因子^[7]。本研究发现,冠心病多支病变患者 CABG 后 6 个月的 SSS、SRS 和 SDS 较术前降低,提示患者心肌缺血负荷得到明显改善。

CABG 的目标是实现快速和完全的血运重建。LV 收缩功能的改善是血运重建的治疗目标之一,也是缺血性心脏病患者预后改善的机制^[8]。本研究发现,冠心病多支病变患者在 CABG 后 6 个月的 LVEF

表 1 冠状动脉粥样硬化性心脏病多支病变患者 (n=55) LV 相关参数在 CABG 前后的变化 [$\bar{x} \pm s$ 或 $M(Q_1, Q_3)$]

参数	CABG 前	CABG 后	检验值	P 值
灌注参数				
SSS(分)	16(9,23)	6(3,12)	6.37	<0.001
SRS(分)	4(1,15)	1(0,9)	4.84	<0.001
SDS(分)	8(6,12)	3(1,5)	6.24	<0.001
心功能参数				
静息 LVEF (%)	51(33,62)	60(49,67)	5.30	<0.001
静息 LVESV (ml)	57(36,96)	37(26,60)	5.33	<0.001
静息 LVEDV (ml)	121.5±45.9	96.3±35.5	6.40 ^a	<0.001
静息 SV (ml)	50.8±17.6	50.3±13.0	0.22 ^a	0.828
静息 PFR (EDV/s)	2.76(2.08,3.52)	3.67(3.12,4.28)	5.58	<0.001
负荷 LVEF (%)	53(27,61)	58(48,68)	5.21	<0.001
负荷 LVESV (ml)	63(36,120)	44(27,62)	5.40	<0.001
负荷 LVEDV (ml)	133.2±55.6	105.2±34.4	5.27 ^a	<0.001
负荷 SV (ml)	53.6±22.8	53.0±13.0	0.20 ^a	0.845
负荷 PFR (EDV/s)	2.83(1.86,3.62)	3.23(2.77,4.43)	3.23	0.001
收缩同步性参数				
静息 PSD (°)	20.4(16.0,49.1)	14.7(10.9,27.3)	4.19	<0.001
静息 PHB (°)	60(45,131)	45(35,70)	4.42	<0.001
负荷 PSD (°)	27.2(19.6,60.4)	20.0(14.6,33.8)	4.25	<0.001
负荷 PHB (°)	83(58,198)	53(44,113)	4.81	<0.001

注: CABG 为冠状动脉旁路移植术, LV 为左心室, LVEDV 为 LV 舒张末期容积, LVEF 为 LV 射血分数, LVESV 为 LV 收缩末期容积, PFR 为高峰充盈率, PHB 为相位直方图带宽, PSD 为相位标准差, SDS 为差值总积分, SRS 为静息总积分, SSS 为负荷总积分, SV 为搏出量; ^a 为 *t* 值, 其余检验值为 *z* 值

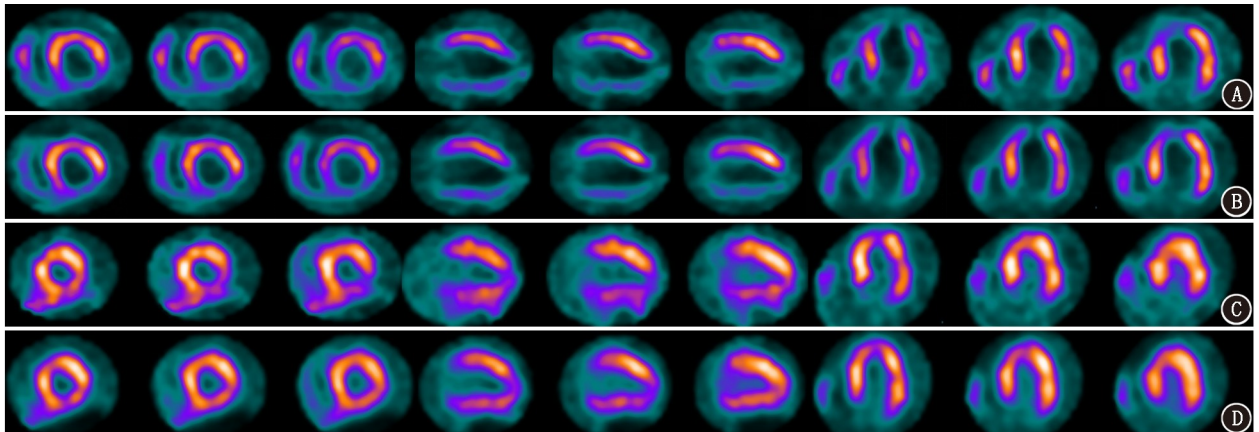


图 1 冠状动脉粥样硬化性心脏病 (简称冠心病) 多支病变患者 (女, 53 岁) 门控心肌灌注显像 (G-MPI) 图。A, B. 冠状动脉旁路移植术 (CABG) 前负荷、静息 G-MPI 图示心尖、下壁、间隔、侧壁可见异常放射性分布稀疏、缺损区; C, D. CABG 后负荷、静息 G-MPI 图示术前稀疏、缺损区显像剂摄取明显增加, 提示 CABG 后左心室心肌缺血负荷明显减轻

明显增加。其机制可能包括 LV 代谢功能的改善、收缩性的改善、LV 重构的延缓和冬眠心肌细胞的复苏^[9]。而目前有关 CABG 后 LV 舒张功能能否得到改善的研究不多。G-MPI 得到的 PFR 反映 LV 整体的舒张功能^[10]。本研究发现, CABG 后 PFR 较术前值增加, 静息 PFR 与缺血负荷参数 (SSS, SRS) 呈负相关, 表明随着冠心病多支病变患者 CABG 后缺血负荷改善, 其 LV 舒张功能也得到明显好转。

PHB 和 PSD 是评价 LV 收缩同步性的主要参数, 其值越小即带宽越窄, 带宽的变异度越小, 表示

LV 整体收缩的同步性越好。本研究结果显示, CABG 后负荷与静息 PHB、PSD 均较术前明显降低, 提示 CABG 后心肌的收缩同步性明显恢复。

G-MPI 包括负荷和静息显像。冠心病多支病变患者由于病情较重, 往往不能耐受运动负荷显像。腺苷半衰期短, 不良反应恢复快, 是良好的负荷替代方式。本研究 55 例患者 CABG 前、后腺苷负荷试验中出现不良反应的例数分别为 30 例 (54.5%) 和 23 例 (41.8%), 术后出现试验不良反应的例数较术前略有减少。不良反应主要为胸闷、心悸、胸痛、头晕、呼

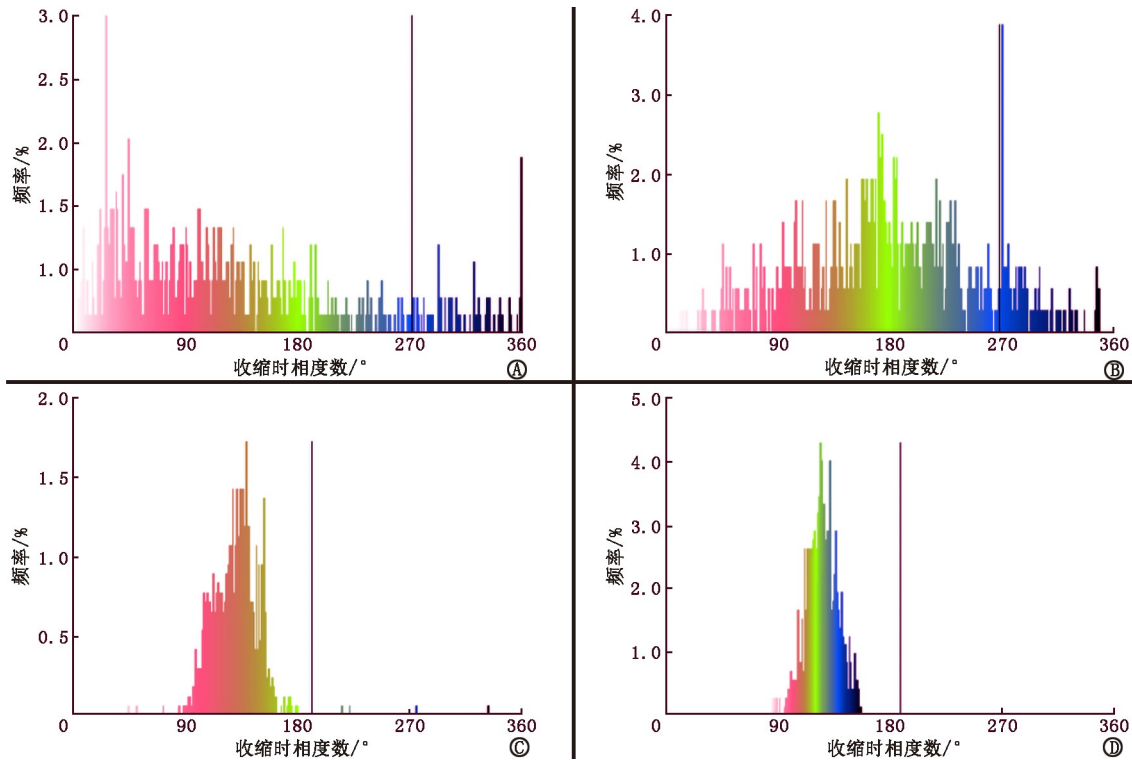


图 2 冠状动脉粥样硬化性心脏病(简称冠心病)多支病变患者(女,53 岁)相位分析直方图。A.冠状动脉旁路移植术(CABG)前负荷状态相位分析直方图,相位标准差(PSD)=89.0°,相位直方图带宽(PHB)=264.0°;B. CABG 前静息状态相位分析直方图,PSD=70.1°,PHB=233.0°;C. CABG 后负荷状态相位分析直方图,PSD=20.5°,PHB=54.0°;D. CABG 后静息状态相位分析直方图,PSD=12.8°,PHB=43.0°;CABG 后静息、负荷门控心肌灌注显像(G-MPI)相位分布直方图较术前明显变窄、变尖,提示 CABG 后左心室收缩同步性明显改善

吸困难、一过性 ST 段改变等轻度不良反应,停止负荷试验后均自行恢复。因此对冠状动脉多支病变患者,CABG 前后行腺苷负荷 G-MPI 是较为安全的评估手段。

文献报道,在评估 LV 收缩同步性方面,负荷和静息 G-MPI 价值相当^[11]。本研究进一步比较了静息显像与腺苷负荷显像间 CABG 前、后的参数变化差值,发现腺苷负荷显像的灌注指标 Δ SS 高于静息显像的 Δ SRS,静息显像的 Δ PF 绝对值高于腺苷负荷显像,而 Δ LVEF、 Δ LVESV、 Δ LVEDV、 Δ SV、 Δ PSD、 Δ PHB 在 2 组间差异均无统计学意义(z 值:0.10~1.17,均 $P>0.05$)。这一结果可能提示负荷显像较静息显像能更好地反映 CABG 后心肌灌注变化,而静息显像对 CABG 后心功能变化的评估价值与负荷显像相当,甚至对舒张功能变化的评估优于负荷显像。

本研究的局限性如下:本研究为单中心小样本量研究,缺乏长期随访观察;部分患者除了完成 CABG,还同时行室壁瘤手术或瓣膜手术,这些患者未被排除,可能导致偏倚。

总之,本研究表明,腺苷负荷-静息 G-MPI 检查

能够明确冠心病多支病变患者 CABG 后心肌灌注、心脏收缩(舒张)功能及收缩同步性的改善情况,腺苷负荷显像较静息显像对 CABG 后心肌灌注情况恢复的评估价值更好,二者对术后心功能的恢复评估价值大致相当;同时 CABG 后患者的心脏收缩(舒张)功能与心肌灌注的恢复具有十分密切的关系。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 吴飞鹏:数据收集、统计学分析、论文撰写;郑贤东:数据收集、研究实施;杨乔芬、吴琪燕、洪丽菊、岳雷、杨蕊、陈丹丹:研究实施;周友俊:研究设计、论文撰写、经费支持

参 考 文 献

[1] Lawton JS, Tamis-Holland JE, Bangalore S, et al. 2021 ACC/AHA/SCAI guideline for coronary artery revascularization; executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines[J]. J Am Coll Cardiol, 2022, 79(2): 197-215. DOI:10.1016/j.jacc.2021.09.005.

[2] 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. Society of Nuclear Medicine of Chinese Medical Association, Society of Cardiology of Chinese Medical Association. 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.
- [3] Ortiz F, Mbai M, Adabag S, et al. Utility of nuclear stress imaging in predicting long-term outcomes one-year post CABG surgery[J]. J Nucl Cardiol, 2020, 27(6): 1970-1978. DOI:10.1007/s12350-018-01469-y.
- [4] 中华医学会核医学分会《SPECT 心肌灌注显像技术与图像操作要点专家共识(2019 版)》编写委员会,中华医学核医学分会“基于中国正常人群的心肌灌注 SPECT 定量分析多中心研究”项目组. SPECT 心肌灌注显像技术与图像处理要点专家共识(2019 版)[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2020, 40(1): 32-36. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2020.01.007. Writing Committee of Chinese Society of Nuclear Medicine for the 2019 Expert Consensus for Key Points of Technique and Image Process during SPECT Myocardial Perfusion Imaging, Chinese Society of Nuclear Medicine Expert Group of Multi-center Study on Quantitative Analysis of SPECT Myocardial Perfusion Imaging in Normal Chinese Population. 2019 Expert consensus for key points of technique and image process during SPECT myocardial perfusion imaging[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2020, 40(1): 32-36. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2020.01.007.
- [5] Shahian DM, O'Brien SM, Sheng S, et al. Predictors of long-term survival after coronary artery bypass grafting surgery: results from the Society of Thoracic Surgeons Adult Cardiac Surgery Database (the ASCERT study) [J]. Circulation, 2012, 125(12): 1491-1500. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.111.066902.
- [6] American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, American Society of Echocardiography, American Heart Association, et al. ACCF/ASE/AHA/ASNC/HFSA/HRS/SCAI/SCCM/SCCT/SCMR 2011 appropriate use criteria for echocardiography. A report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, American Society of Echocardiography, American Heart Association, American Society of Nuclear Cardiology, Heart Failure Society of America, Heart Rhythm Society, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Critical Care Medicine, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance American College of Chest Physicians [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2011, 24(3): 229-267. DOI: 10.1016/j.echo.2010.12.008.
- [7] Ortiz F, Mbai M, Adabag S, et al. Utility of nuclear stress imaging in predicting long-term outcomes one-year post CABG Surgery [J]. J Nucl Cardiol, 2020, 27(6): 1970-1978. DOI:10.1007/s12350-018-01469-y.
- [8] Anavekar NS, Chareonthaitawee P, Narula J, et al. Revascularization in patients with severe left ventricular dysfunction: is the assessment of viability still viable? [J]. J Am Coll Cardiol, 2016, 67(24): 2874-2887. DOI:10.1016/j.jacc.2016.03.571.
- [9] Nazer RI, Alhothali AM, Alghamdi MS, et al. Surgical revascularization in stable coronary artery disease with ventricular dysfunction: a single-center cohort study [J]. Am J Cardiovasc Dis, 2021, 11(3): 273-282.
- [10] Schofield R, Menezes L, Underwood SR. Nuclear cardiology: state of the art [J]. Heart, 2021, 107(12): 954-961. DOI:10.1136/heartjnl-2019-315628.
- [11] 郭悦,姚稚明,张娟,等. 负荷-静息⁹⁹Tc^m-MIBI 门控心肌灌注断层显像相位分析评价左室缺血心肌收缩同步性[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2015, 35(3): 195-199. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2015.03.009. Guo Y, Yao ZM, Zhang J, et al. Systolic synchrony of ischemic myocardium assessed by stress-rest ⁹⁹Tc^m-MIBI gated SPECT myocardial perfusion imaging [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2015, 35(3): 195-199. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2015.03.009.

(收稿日期:2023-06-20)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

关于投稿提供伦理委员会批准文件及受试对象知情同意书的通告

根据中华医学会杂志社的相关规定,当论文的主体是以人为研究对象时,作者应该说明其遵循的程序是否符合伦理审核委员会(单位性的、地区性的或国家性的)所制订的伦理学标准,并提供该委员会的批准文件(批准文号著录于论文中)及受试对象或其亲属的知情同意书;当论文主体以动物为研究对象时,需说明是否遵循了单位和国家有关实验动物管理和使用的规定,如获得审查批准,应提交实验动物伦理审查委员会审批文件和批准文号。

本刊编辑部