

负荷动态 CT 心肌灌注对检测心肌缺血及与其责任血管关系的探讨

王 洁,陈宏伟*,方向明,钱萍艳

(南京医科大学附属无锡人民医院影像科,江苏 无锡 214000)

[摘要] 目的:探讨二代双源 CT 负荷动态心肌灌注成像(CT myocardial perfusion imaging, CT-MPI)对心肌缺血的诊断价值及其与责任血管的关系。方法:对临床疑似或确诊为冠心病的 45 例患者行负荷动态 CT-MPI 和 CT 冠脉血管造影(CT angiography, CTA)扫描,分析患者心肌灌注情况及其与责任血管狭窄程度的关系。结果:心肌非缺血区心肌血流(myocardial blood flow, MBF)值($1.206 1 \pm 0.288 2$)ml/(ml·min)与缺血区 MBF 值($0.826 0 \pm 0.221 5$)ml/(ml·min)存在明显差异($P < 0.001$)。临床已确诊陈旧性心梗的 20 例患者均出现心肌灌注缺损,12 例重度狭窄者 11 例可见灌注缺损,9 例轻中度狭窄者灌注正常,另 4 例患者血管虽为轻中度狭窄,但仍出现负荷下的灌注缺损。结论:负荷动态 CT-MPI 可定量得出心肌血流值,对心肌缺血状况进行评估;心肌灌注情况与血管的狭窄程度基本呈线性相关($P < 0.001$)。但对一些轻度甚至无血管狭窄的患者,负荷 CT-MPI 仍检测出小部分的心肌灌注缺损,负荷 CT-MPI 可检测出隐匿性的心肌缺血。

[关键词] 心肌灌注;动态增强扫描;冠心病;双源 CT

[中图分类号] R814.42

[文献标志码] B

[文章编号] 1007-4368(2014)09-1255-05

doi:10.7655/NYDXBNS20140922

负荷动态 CT 心肌灌注成像(CT myocardial perfusion imaging, CT-MPI)即在心脏负荷状态下注入对比剂后随时间的变化重复扫描获得一系列的心肌图像,利用不同的数学模型计算相应的心肌血流值、心肌血容积等,定量评价组织灌注,反映心肌血流动力学的完整过程^[1-4]。二代 DSCT 具有较宽的探测器覆盖范围(38.4 mm)和较高的时间分辨率(75 ms),基本可实现全心灌注^[5-8]。本研究则使用二代双源 CT 行负荷动态 CT-MPI,得到心肌血流值并将其与责任血管狭窄情况进行对照,从而分析心肌缺血与其责任血管的关系。

1 对象和方法

1.1 对象

2013 年 1 月~2013 年 12 月,对南京医科大学附属无锡人民医院的 45 例已知或疑似冠心病的患者进行 CT 冠脉血管造影(CT angiography, CTA)和负荷动态增强 CT-MPI 检查,其中 20 例为已确诊的陈旧性心肌梗死患者(以往均有过急性心梗的病史)。所有患者均签署检查知情同意书。其中男 26 例,女 19 例,年龄 41~79 岁,平均(59 ± 10)岁。排除标准:不稳定心绞痛,房颤,血肌酐水平 > 1.5 mg/dl,

I 级以上的房室传导阻滞患者,病态窦房结综合征,支气管哮喘,碘对比剂过敏者。

1.2 方法

1.2.1 冠脉 CTA 及负荷动态增强 CT-MPI

建立两条前臂静脉通道,分别用于对比剂及 ATP 的注射。患者进行相关呼吸训练后,首先获取定位像及钙化积分。小剂量测试试验以 5.0 ml/s 的速率注射 15 ml 对比剂及 20 ml 生理盐水。冠脉 CTA 扫描延迟时间为升主动脉达峰时间后 5 s,动态增强 CT-MPI 的延迟扫描时间为升主动脉平台期前 4 s。机器选用二代双源 CT,扫描参数为:2 × 100 kV 管电压(对于 BMI > 30 者选用 120 kV),每次旋转管电流为 320 mAs,机架旋转时间为 0.28 s。行前瞻性心电门控模式,5.0 ml/s 注射 70 ml 对比剂及以同样速率注射 40 ml 生理盐水后扫描开始。层厚设为 0.75 mm,间隔 0.5 mm,重建收缩期、舒张期及依据患者心率选取最佳收缩期。CTA 扫描结束 5 min 后,ATP 以 0.14 mg/(kg·min)的流速注射 3 min 即进行 CT-MPI 的扫描(对比剂 50 ml,速率 6.0 ml/s;生理盐水 50 ml,速率 5.0 ml/s),CT-MPI 扫描采用动态穿梭模式,历时约 30 s。灌注图像层厚 3 mm,间隔 2 mm,卷积取 B25。扫描参数:2 × 100 kV 管电压;每次旋转管电流 300 mA;机架旋转时间为 0.28 s;准直 128.0 mm × 0.6 mm。床进速度为 300 mm/s²。探测器宽度为 38 mm,图像之间有 10%的覆盖率,

[基金项目] 江苏省自然科学基金(BK2012541)

*通信作者(Corresponding author), E-mail:chw63@163.com

最终获取的扫描长度为73 mm,基本实现全心灌注。扫描大约获得10~15个序列的图像。

负荷检查过程中,全程监测患者心电图、心率、血压、症状等,出现以下任一项时终止检查:心率失常、心率持续下降、血压下降 > 40 mmHg、急性胸痛、新出现的ST段抬高或下降等。

1.2.2 图像重建、分析及评价

将自动重建的最佳期像导入相应工作站“In-space”和“Circulation”软件中,分别进行容积再现(volume rendering, VR)、多平面重建(multiplanar reconstruction, MPR)和最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)冠脉图像的分析。采用美国AHA的15节段冠脉树法进行分析,其中右冠状动脉(right coronary artery, RCA)包括第1~4节段,第5~10段为左主干和前降支范围,回旋支则包括第11~15段。结果根据血管狭窄的程度判断:轻度狭窄($< 50\%$),中度狭窄($50\% \sim 75\%$),重度狭窄($> 75\%$)。

心肌灌注结果的评价,将相应序列调入相应后处理软件,在“Body PVCT”中选取Myocardial进行灌注分析。得到心脏三维伪彩图后,通过可视化的定性分析及the Patlak plot法的定量评估进行心肌灌注缺损的评价。心肌灌注节段依美国AHA心脏学会的17节段标准,每一节段都代表着相应冠脉供血区,左前降支(left anterior descending, LAD)供血区主要为左室前壁、前间隔和心尖部(1、2、7、8、13、14、17节段);RCA供血区主要为左室下壁和后壁(3、4、9、10、15节段);冠状动脉左旋支(left circumflex coronary artery, LCX)供血区主要为左室侧壁(5、6、11、12、16节段)。灌注区结果的测量除外邻近左室的心内膜和心包下1 mm的区域。通过可视化的定性评判,同一部位不同轴面连续2层出现低灌注区评价为有灌注缺损。定量分析则通过对感兴趣的测量得到具体的心肌血流值。左室壁厚度 < 5 mm也视为缺血区。结果分别由另2名具5年以上心血管影像诊断经验的放射科医师进行盲法评价。结果不一致时,经共同讨论得出最终结果。

1.3 统计学方法

使用SPSS13.0统计软件进行分析,计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示;计数资料以百分数表示;缺血区的评判通过配对 t 检验得出;一致性评价通过Kappa检验得出;等级资料用秩和检验并进行等级相关的Spearman相关分析; $P \leq 0.05$ 为结果有统计学差异。

2 结果

45例患者的冠脉图像及心肌灌注图像质量好,对于有呼吸心率错层伪影者通过期像重建均达到可评估水平。图1显示典型病例的CTA及负荷动态CT-MPI检查结果。所有节段平均心肌血流(myocardial blood flow, MBF)值为 $(1.031 1 \pm 0.329 8)$ ml/(ml·min)[$0.384 3 \sim 1.962 2$ ml/(ml·min)],非缺血区MBF值为 $(1.206 1 \pm 0.2882)$ ml/(ml·min)[$(0.690 9 \sim 1.962 2)$ ml/(ml·min)],缺血区MBF值为 $(0.826 0 \pm 0.221 5)$ ml/(ml·min)[$(0.384 3 \sim 1.288 7)$ ml/(ml·min)],非缺血节段与缺血节段MBF值有明显差异($t = 16.764, P < 0.001$)。45例患者中,无冠状动脉狭窄者6例,其中有1例患者出现了负荷下的心肌灌注缺损;冠脉轻度狭窄者2例,有1例患者出现灌注缺损;对于5例中度狭窄的患者,有2例出现灌注异常;重度血管狭窄至闭塞的32例患者中,有31例出现了心肌灌注的缺损。经秩和检验和等级相关分析,冠脉狭窄程度与心肌灌注存在统计学差异($P < 0.05$),心肌灌注情况与血管狭窄程度之间存在线性相关 $r = 0.735 (P < 0.05, \text{表} 1)$ 。

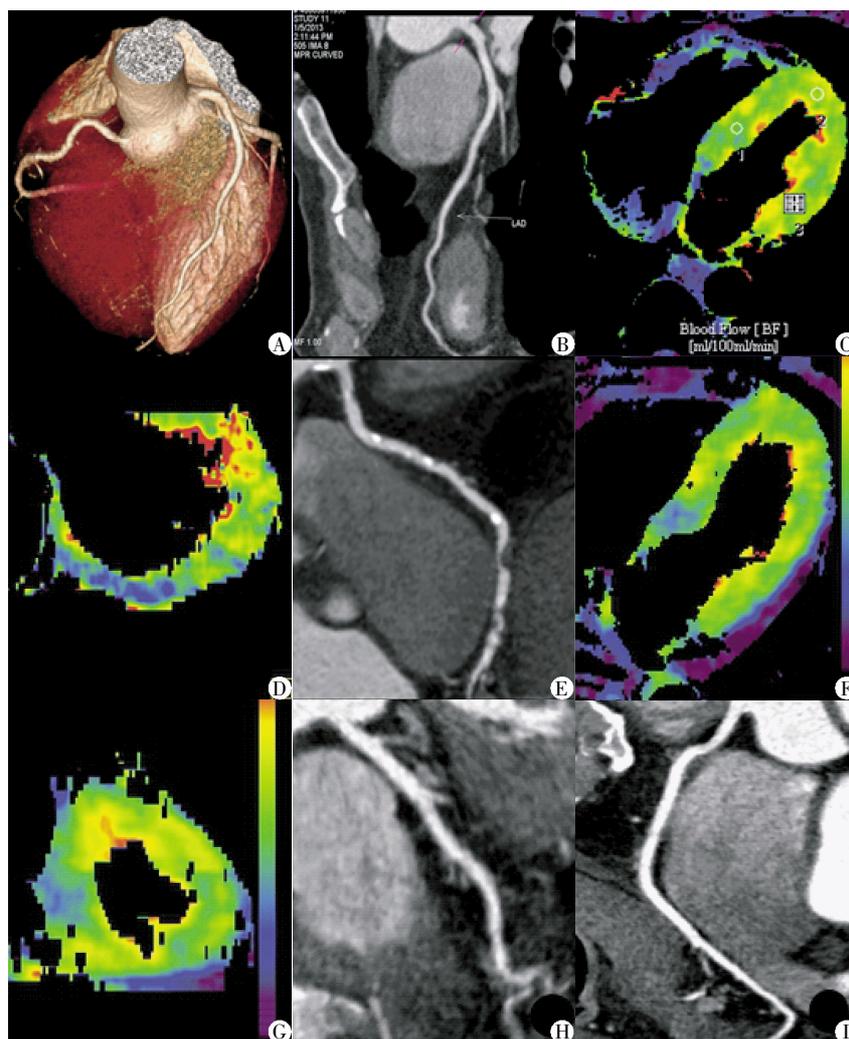
表1 责任冠脉血管狭窄程度与心肌灌注的关系 (n)

| 冠脉血管狭窄程度 | 灌注正常 | 灌注异常 |
|----------|------|------|
| 无 | 5 | 1 |
| 轻度 | 1 | 1 |
| 中 | 3 | 2 |
| 重度-闭塞 | 1 | 31 |

在37例中重度狭窄($\geq 50\%$)的患者中,有4例患者有3支血管病变,18例双支血管病变,15例单支病变;LAD合并RCA狭窄者有9例,LAD合并LCX狭窄者5例,RCA合并LCX狭窄者4例;在总的63支血管病变中,LAD、RCA及LCX病变支数分别为26、20和17支,相对应供血区灌注出现异常的人数分别为23、16和14例。每支冠脉中重度狭窄血管($\geq 50\%$)与其对应供血区域的灌注异常有统计学一致性(表2)。45例患者负荷CT-MPI检查接受的射线剂量为 (8.27 ± 1.9) mSv (5.848~12.206 mSv),CTA剂量为 (3.85 ± 1.22) mSv。所有患者接受的对比剂剂量均为135 ml,生理盐水110 ml。

3 讨论

目前,评价心肌灌注的影像学检查方法主要有核素、MRI、超声和CT等。核素心肌灌注成像为心肌



A~C:男,53岁,胸痛患者,临床疑似冠心病患者。冠脉 CTA 示 VR 彩图(A)及 MIP 图像(B),各支血管未见狭窄征象。负荷 CT-MPI 图像(C)未见异常灌注缺损改变。D~E:男,62岁,胸痛,临床疑似病例。负荷 CT-MPI 灌注图像(D)示 RCA 供血区左室下壁显著低灌注区,提示心肌缺血;CTA MIP 图像(E)示 RCA 全程多发钙化及非钙化性斑块,管腔重度狭窄。F~I:女,58岁,8年糖尿病史,胸痛症状,临床疑似病例。负荷 CT-MPI 图像长轴位(F)及短轴位(G)示基底部室间隔区域低灌注。冠脉 CTA 示相应供血血管 LAD(H)及 RCA(I)管腔通畅,未见明显狭窄征象。

图 1 患者冠脉 CTA 及负荷动态 CT-MPI 检查结果

表 2 责任血管狭窄与其供血区域灌注的对照 (n)

| 责任血管 | 相应供血区域 | | Kappa 值 | P 值 |
|------|--------|------|---------|-------|
| | 灌注异常 | 灌注正常 | | |
| LAD | | | 0.820 | <0.01 |
| ≥50% | 23 | 3 | | |
| <50% | 1 | 18 | | |
| RCA | | | 0.772 | <0.01 |
| ≥50% | 16 | 4 | | |
| <50% | 1 | 24 | | |
| LCX | | | 0.853 | <0.01 |
| ≥50% | 14 | 3 | | |
| <50% | 0 | 28 | | |
| 总 | | | 0.820 | <0.01 |
| ≥50% | 53 | 10 | | |
| <50% | 2 | 70 | | |

灌注的经典方法,但其空间分辨力低,不能显示心内膜下心肌梗死,对早期、无症状 CAD 的诊断不敏感,对于三支血管平衡缺血区易产生假阴性,且不能显示冠状动脉的管腔结构^[9-10]。超声影像分辨力低,需要较足够的声学窗,且结果的判断较主观,易受人为因素影响,在临床应用上有较大限制。MRI 心肌灌注成像的时间、空间分辨力尚可,可显示心肌缺血的范围和程度,但容易高估缺血程度,且不能绝对定量地分析心肌血流量^[11]。另外,MRI 数据采集的时间长,技术难度也较大,对患幽闭恐惧症、携带起搏器的患者有较大限制。双源 CT 具有较好的时间分辨率,本研究通过动态增强的扫描模式获取心肌灌注信息,可定量评估心肌血流过程。同时,CT 可完成对冠脉血管的评价。

本研究通过 128DSCT 行动态增强心肌灌注的扫描方法,得到了心肌血流值,非缺血区 MBF 值 ($1.206 1 \pm 0.288 2$)ml/(ml·min) 与缺血区 MBF 值 ($0.826 0 \pm 0.221 5$)ml/(ml·min)有显著的统计学差异 ($P < 0.001$),从而对心肌缺血状况进行定量分析,此结果与 Bastarrika 等^[12-14]的研究结果相仿。本研究结果得出负荷心肌灌注与责任血管狭窄之间有较好的一致性 ($P > 0.8$),与其狭窄程度之间存在线性相关 ($r = 0.735, P < 0.05$) (图 1A~E),对于血管轻中度狭窄者,统计学上可认为相应心肌灌注正常;对于重度狭窄甚至闭塞者,其相应心肌得不到所需的血氧供应而产生心肌缺血。但是在 Kiriya 等^[15]的研究中,其通过 64MSCT 行 CTA 检查得出与灌注信息不相一致的结论,一方面由于本研究是行负荷状态下的 CT-MPI,灌注状态和扫描模式都不完全相同,另一方面由于本研究中有一部分陈旧性的心肌梗死患者,因此会对统计结果产生一定偏倚。另外在本研究中,有 4 例轻中度狭窄患者却出现负荷下的心肌灌注异常,可能是由于心肌微循环损害造成心肌缺血^[16],此 4 例患者中有 3 例患有糖尿病,可能是糖尿病所致心肌微循环损伤从而导致心肌缺血而出现心肌灌注的缺损 (图 1F~I)。糖尿病能造成微血管管壁结构改变,引起血管舒张能力下降,可导致微循环损伤。另外 1 例可能是由于其他原因所致的心肌缺血,如 X 综合征等。这种微循环的心肌缺血对临床诊疗具有重要指导意义。本研究中的这种不一致并没有对心肌灌注与责任血管狭窄程度之间的相关性产生统计学影响,原因可能是样本量少。因此,大样本负荷心肌灌注的研究对隐匿性心肌缺血的检出有着更重大的意义。

负荷动态 CT-MPI 可较好检测心肌血流值及评价灌注缺损与罪犯血管之间的关系,但其仍有一定不足。首先,患者行负荷 CT-MPI 所接受的射线剂量是一个不容忽视的问题,本研究中患者剂量为 (8.27 ± 1.9)mSv (5.848~12.206 mSv),与心肌灌注的其他检查方式如负荷 SPECT MPI 相比,剂量相仿。与其他部位的 CT 增强检查如全腹检查等相比也较低。另外,对于负荷动态 CT-MPI 诊断的准确性缺乏一定的参考标准,这也是我们下一步要研究的内容。

总之,心脏 CT 检查可同时获得心脏血管和血流信息,定量评估心肌缺血状况,心肌缺血与其责任血管之间有较一致的关系,心肌灌注尤其是负荷心肌灌注可检测隐匿性的心肌缺血,对临床的早期干预有着重要的指导意义。

[参考文献]

- [1] 王洁,陈宏伟,方向明. 负荷 CT 心肌灌注在冠心病中应用的初步研究进展[J]. 国际医学放射学杂志,2013,36(2):122-126
- [2] Rocha-Filho JA, Blankstein R, Shturman LD, et al. Incremental value of adenosine-induced stress myocardial perfusion imaging with dual-source CT at cardiac CT angiography[J]. Radiology, 2010, 254(2):410-419
- [3] Zierler KL. Equations for measuring blood flow by external monitoring of radioisotopes [J]. Circ Res, 1965, 16:309-321
- [4] Ko BS, Cameron JD, Defrance T, et al. CT stress myocardial perfusion imaging using Multidetector CT-A review [J]. J Cardiovascular Computed Tomography, 2011, 5(6):345-356
- [5] Kido T, Kurata A, Higashino H, et al. Quantification of regional myocardial blood flow using first-pass multidetector-row computed tomography and adenosine triphosphate in coronary artery disease[J]. Circ J, 2008, 72(7):1086-1091
- [6] Nakauchi Y, Iwanaga Y, Ikuta S, et al. Quantitative myocardial perfusion analysis using multi-row detector CT in acute myocardial infarction[J]. Heart, 2012, 98(7):566-572
- [7] Petersilka M, Brudera H, Kraussa B, et al. Technical principles of dual source CT [J]. Eur J Radiol, 2008, 68(3):362-368
- [8] Bamberg F, Becker A, Schwarz F, et al. Detection of hemodynamically significant coronary artery stenosis: incremental diagnostic value of dynamic CT-based myocardial perfusion imaging [J]. Radiology, 2011, 260(3):689-698
- [9] Abidov A, Bax JJ, Hayes SW, et al. Transient ischemic dilation ratio of the left ventricle is a significant predictor of future cardiac events in patients with otherwise normal myocardial perfusion SPECT [J]. J Am Coll Cardiol, 2003, 42(10):1818-1825
- [10] Okada DR, Ghoshhajra BB, Blankstein R, et al. Direct comparison of rest and adenosine stress myocardial perfusion CT with rest and stress SPECT [J]. J Nucl Cardiol, 2010, 17(1):27-37
- [11] Feuchtnner G, Goetti R, Pass A, et al. Adenosine stress high-pitch 128-slice dual-source myocardial computed tomography perfusion for imaging of reversible myocardial ischemia: comparison with magnetic resonance imaging [J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2011, 4(5):540-549
- [12] Bastarrika G, Ramos-Duran L, Rosenblum MA, et al. Adenosine-stress dynamic myocardial CT perfusion imag-

- ing: initial clinical experience[J]. Invest Radiol, 2010; 45(6): 306-13
- [13] Wang Y, Qin L, Shi X, et al. Adenosine-stress dynamic myocardial perfusion imaging with second-generation dual-source CT: comparison with conventional catheter coronary angiography and SPECT nuclear myocardial perfusion imaging [J]. Am J Roentgenol, 2012, 198(3): 521-529
- [14] Weininger M, Schoepf UJ, Ramachandra A, et al. Adenosine-stress dynamic real-time myocardial perfusion CT and adenosine-stress first-pass dual-energy myocardial perfusion CT for the assessment of acute chest pain: initial results[J]. Eur J Radiol, 2012, 81(12): 3703-3710
- [15] Kiriya T, Toba M, Fukushima Y, et al. Discordance between the morphological and physiological information of 64-slice MSCT coronary angiography and myocardial perfusion imaging in patients with intermediate to high probability of coronary artery disease[J]. Circ J, 2011, 75(7): 1670-1677
- [16] Roger VL, Go AS, Lloyd-Jones DM, et al. Heart disease and stroke statistics—2011 update: a report from the American Heart Association [J]. Circulation, 2011, 123(4): e18-e209

[收稿日期] 2014-04-01

热烈祝贺《南京医科大学(自然科学版)》在第三届中国学术期刊评价中被评为“RCCSE 中国核心学术期刊(A)”! 本次共有 6448 种中文学术期刊参与评价, 经过综合评价后得到期刊相应的等级, 共计 1939 种学术期刊进入核心期刊区。