

- al. Study of the impact of intramyocardial implantation of stem cells on myocardial perfusion and contractility in patients with coronary heart disease concurrent with postinfarct cardiosclerosis and chronic heart failure[J]. Vestn Rentgenol Radiol, 2006(5):9-14.
- [20] Krishnan M, Park JM, Cao F, et al. Effects of epigenetic modulation on reporter gene expression; implications for stem cell imaging[J]. FASEB, 2006, 20(1):106-108.
- [21] Chemaly ER, Yoneyama R, Frangioni JV, et al. Tracking stem cells in the cardiovascular system. Trends[J]. Cardiovasc Med, 2005, 15(8):297-302.
- [22] Ferro-Flores G, de Murphy CA. Current developments in SPECT/CT systems using  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -radiopharmaceuticals [J]. Rev Invest Clin, 2007, 59(5):373-381.
- [23] 王荣福, 李险峰, 张春丽. PET/CT 的新进展及临床应用 [J]. 中国医疗器械信息, 2007, 13(7):1-4.
- [24] Judenhofer MS, Wehrl HF, Newport DF, et al. Simultaneous PET-MRI: a new approach for functional and morphological imaging[J]. Nat Med, 2008, 14(4):459-465.
- [25] Shcherbinin S, Celler A, Belhocine T, et al. Accuracy of quantitative reconstructions in SPECT/CT imaging[J]. Phys Med Biol, 2008, 53(17):4595-4604.
- (收稿日期:2010-11-09 修回日期:2010-12-22)

• 综 述 •

## 心肌灌注显像评价冠心病介入治疗再狭窄的应用

李前伟 综述, 程绍钧 审校

(第三军医大学西南医院核医学科, 重庆 400038)

**关键词:** 冠心病; 狭窄, 病理性; 心肌灌注显像; 介入治疗

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2011.08.025

文献标识码:A

文章编号:1671-8348(2011)08-0787-04

冠状动脉粥样硬化性心脏病(冠心病, CAD)是危害人类健康的最主要疾病之一。经皮冠状动脉介入治疗(PCI), 特别是经皮冠状动脉成形(PTCA)结合冠状动脉支架置入术(CAS)已成为目前治疗 CAD 的主要方法之一。冠状动脉(CA)病变部位介入治疗后的再狭窄是 PCI 的重要并发症, 其发生率为 20%~50%, 多发生于术后 3~6 个月, 严重影响患者的预后<sup>[1]</sup>。

### 1 临床常用探测 PCI 后 CA 的方法

主要包括冠状动脉造影(CAG)、冠状动脉血管内超声(IVUS)、超声心动图(UCG)、心电图运动试验(EET)等。目前, CAG 虽然是诊断 CAD 及其 PCI 后再狭窄的“金标准”, 但由于其仅反映 CA 的形态学变化, 不能提供病变 CA 所支配区域心肌的病生理变化信息, 特别是 PCI 后无症状再狭窄患者难以接受 CAG, 并且存在一定的风险, 应用受到限制。IVUS 能同时显示 CA 管壁和管腔病变, 但属于有创性检查, 且易于产生人为误差<sup>[2]</sup>。传统 UCG 判断 CA 左前降支病变的准确性较低, 且重复性较差。而复发的心绞痛症状和常规 EET 均不能很好解释 PCI 后患者所出现异常的发生基础及其严重程度<sup>[3]</sup>。

### 2 放射性核素心肌灌注显像(myocardial perfusion imaging, MPI)的临床价值

MPI 能客观、准确评价 CA 病变引起的心肌血流灌注、心肌细胞功能与心室功能异常等病理生理的改变, 对 CAD 的诊断、危险度分层、治疗方案制订和预后判断具有非常重要的价值, 已广泛应用于临床, 并得到美国心脏病学会(ACC)/美国心脏协会(AHA)/美国核心脏病学会(ASNC)相关指南的充分肯定与推荐。临床研究证实, MPI 是 CAD 血管重建术后制订患者诊疗策略的有效方法之一<sup>[4-6]</sup>。PCI 后再次出现心绞痛时, MPI 显示存在心肌血流动力学异常可作为进一步有创性检查的“筛选试验”。MPI 能够确定心肌缺血范围与严重程度, 并预示可能存在的再狭窄。PCI 后当血管阻塞程度足以引起最大 CA 血流降低及随后的 CA 血流储备减少时, 再狭窄只能通

过 MPI 检测。

### 3 MPI 在 PCI 后的应用

通过比较 PCI 前、后 MPI 检查结果, 探测治疗血管支配区域血流灌注的即时变化, 评价治疗效果; 评价 MPI 识别再狭窄、疾病进展及预测再狭窄倾向的效能; 预后的判断。

**3.1 评价 PCI 治疗效果** 正如人们所期待的扩张 CA 区域灌注改善, PCI 前和成功 PCI 稍后进行的 MPI 能即时准确判断血管重建功能结果<sup>[7-9]</sup>。成功的 PCI 后第 1 周内, 大部分患者均可观察到扩张血管支配区域的心肌血流灌注恢复正常。

Hirzel 等<sup>[10]</sup>的资料显示, PCI 前 90% 的患者存在与狭窄动脉有关的心肌血流灌注异常, 病变血管支配区域<sup>201</sup>铊(<sup>201</sup>Tl)的平均浓度为最大摄取值的  $(73 \pm 2)\%$ , PCI 后增加到  $(87 \pm 2)\%$ 。DePuey 等<sup>[11]</sup>研究显示, 成功的 PCI 后 1~2 d 内, 76% 的患者心肌灌注能得到改善, 狭窄最严重血管支配区域的心肌灌注改善最大, 管腔最小血管的灌注增加最显著。然而, 在成功的 PCI 早期, 尽管 CAG 显示心外膜血管恢复正常, 但 MPI 仍存在有残留异常的表现。有文献报道, 单纯球囊扩张成功后  $(12 \pm 24)\text{h}$ 、 $(4 \pm 3)\text{d}$  与  $(9 \pm 5)\text{d}$ , MPI 仍表现为异常的发生率分别为 38%、32% 与 28%。

PCI 后早期(1 周内)行 MPI 受到高比例节段持续摄取显像剂减少的限制。针对 MPI 呈可逆灌注缺损而血管造影正常之间的不一致进行了大量的研究。特别是单纯球囊扩张, 由于扩张不够、血管弹性回缩及远端血栓形成等, 可能出现假性成功。此外, 弥漫性 CA 粥样硬化患者存在内皮和微循环障碍, 并伴有 CA 血流储备受损。

目前, 超过 80% 的患者同时行 CAS, 其可使管腔直径更大, 残留狭窄更小, 并可消除弹性回缩。迄今, 有关支架置入对早期 MPI 影响的报道并不多。Rodes-Cabau 等<sup>[12]</sup>研究显示, 在成功的 CAS 后  $(6 \pm 1)\text{d}$ , 仍有 17% 的治疗血管支配区域存在灌注异常, 表明支架置入治疗仅能减少低灌注心肌节段的数量。

成功的 PCI 或经皮腔内斑块旋切术后, 治疗血管支配区

域发生可逆性灌注缺损的发生率高达 54%，而 CAS 后 48 h 的发生率为 43%。应用 IVUS 研究发现，MPI 可逆缺损与较高的残留狭窄和斑块负荷有关。然而，在有或无灌注缺损患者之间，管腔残留狭窄值存在明显的重叠，表明存在其他损伤心肌血流的机制，如内皮功能障碍可能是 PCI 后灌注缺损的原因之一。

有创性 CA 内血流动力学研究有助于理解 MPI 与血管造影结果的不一致。Wilson 等<sup>[13]</sup>的资料显示，尽管 CAG 显示扩张成功，仍有 55% 的患者存在 CA 血流储备异常；血流储备与 CAG 管腔开放间的相关性差；PCI 后 7.5 个月，所有无 CAG 再狭窄，证明患者的血流储备正常。研究发现，弥漫性动脉粥样硬化引起的血管电导改变，可促使负荷诱发的心肌缺血和灌注显像的血流分布不均，并得到非狭窄 CA 充血期间存在血压持续下降的证实。因此，即使有效扩张心外膜 CA 的局部狭窄节段，由于电导血管弥漫性粥样硬化和(或)微血管的异常，以及远端血管功能的抵抗，局部灌注可能依然会受损。

**3.2 识别再狭窄与疾病进展及预测再狭窄倾向** ACC/AHA/ASNC 指南明确指出，MPI 的主要适应证之一为诊断 CAD 血运重建后再狭窄。目前，已有众多 PCI 后不同时相 MPI 预测晚期再狭窄发生的研究<sup>[14]</sup>。

**3.2.1 PCI 后第 1 周 MPI 对发生晚期再狭窄的预测** 临床广泛研究了早期 MPI 可逆性灌注缺损与随后 CAG 诊断的晚期再狭窄之间的关系，结果显示，PCI 后早期残留的可逆性灌注缺损可预测随后的再狭窄。

Hardoff 等<sup>[15]</sup>对 90 例 PCI 患者的研究显示：成功扩张 CA 支配的心肌节段中，发现 38% (39/104) 呈可逆性<sup>201</sup>Tl 灌注缺损，通过与晚期(6~12 个月)CAG 结果比较，MPI 预测再狭窄的敏感性为 77%，特异性为 67%。相反，PCI 后第 1 天的<sup>201</sup>Tl 显像无缺血者，仅有 11% (7/65) 的血管和 14% (5/37) 的患者发生晚期 CA 再狭窄。提示 PCI 后早期可逆性灌注缺损与残留 CA 狭窄是有意义的预测晚期再狭窄的独立因素。

迄今，有关 CAS 后早期 MPI 预测晚期再狭窄发生的文献尚不多见。Galassi 等<sup>[16]</sup>报道，血管支架成形术后(6±1)d，负荷<sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-tetrofosmin MPI 预测再狭窄的特异性、敏感性、阳性预测值与阴性预测值分别为 94%、50%、75% 与 84%，表明尽管残留可逆性缺损与高的 CAG 再狭窄率有关，但正常 MPI 也不能排除晚期再发狭窄的可能，因为早期显像无可逆灌注缺损的患者近半数发生支架处的再狭窄。

**3.2.2 PCI 后 4 周 MPI 预测晚期再狭窄** 文献报道了球囊扩张术后第 1 个月内<sup>201</sup>Tl 显像预测再狭窄和随后心脏事件的价值。早期研究发现，成功 PCI 后 4 周内，存在运动诱发的可逆性缺损能够预测 66% 的患者再发心绞痛，阴性预测值为 83%。有研究对 PCI 后 2 周无症状的 68 例患者进行运动负荷 MPI 定量分析，其中 23 例(34%) 在 10 个月随访期内再发生心绞痛，提示异常 MPI 是再发心绞痛的一个有意义的预测因素；随访期无症状的患者中仅 9% 出现 MPI 的异常，而再发心绞痛的 23 例中 2 周时 MPI 异常者占 39%。

Manyari 等<sup>[17]</sup>指出，由于扩张 CA 支配区域的灌注逐步改善并在 3.3 个月完全正常，因此，PCI 后早期异常 MPI 并不一定反映残留 CA 狭窄或再狭窄。43 例 PCI 前无陈旧性心肌梗死证据和 6~9 个月随访血管造影无明显再狭窄征兆的患者，分别于 PCI 前和术后(9±5)d、(3.3±0.6) 月和(6.8±1.2) 月进行运动负荷<sup>201</sup>Tl 显像，结果显示，PCI 后最初的灌注缺损在 3.3 个月时完全恢复正常，6~9 个月的研究无进一步的改善。

血流动力学和显像研究均证实，PCI 后的灌注异常可持续数天至数周并自发消退，因此，早期 MPI 不能用于预测再狭窄。

**3.2.3 诊断 PCI 后晚期再狭窄** 连续 CAG 研究提示，无创性探测再狭窄的最佳时机取决于新生内膜增殖的时间过程。研究证实，MPI 能够准确诊断再狭窄。Hecht 等<sup>[18]</sup>研究了 116 例患者 PCI 后(6.4±3.1) 月及重复 CAG 前 1 周的 MPI 显像，结果显示：MPI 诊断再狭窄的敏感性、特异性与准确性分别为 93%、77% 与 86%；但对各单支血管发生再狭窄的准确性有差异，对左前降支、右冠状动脉、左旋支的敏感度分别为 89%、88%、76%，特异性分别为 95%、78%、83%；对于多支病变 CA 扩张或多支病变而只行单支 PCI 的患者，治疗术前、后的负荷 MPI 能够区分患者心绞痛是残留 CA 粥样硬化进展或是扩张血管再狭窄所致。

Galassi 等<sup>[19]</sup>通过运动负荷<sup>99</sup>Tc<sup>m</sup> 心肌灌注显像研究 97 例 CAS 的患者，探测 594 个心肌节段相对应 107 支血管区域的再狭窄。MPI 发现 94 个节段可逆性缺损；107 支血管区域中有 33 支(31%) 显示支架内再狭窄；负荷 SPECT 识别再狭窄的敏感性与特异性分别为 82% 与 84%，预测准确性为 83%，其中准确性不受运动是否达到最大心率的影响。表明负荷<sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-tetrofosmin MPI 识别支架内再狭窄的准确性高于临床症状和 ECG。

冯建林等<sup>[20]</sup>应用<sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-MIBI 负荷-静息门控心肌灌注显像(G-MPI)对 76 例(107 支)CA 支架术后 3~12 个月的研究显示：同期 CAG 诊断 27 例(35.5%) 共 32 支(29.9%)CA 再狭窄；按治疗 CA 数计算，G-MPI 诊断再狭窄的敏感性、特异性、准确性、阳性预测值与阴性预测值分别为 84.4%、90.7%、88.8%、79.4% 与 93.2%；G-MPI 的敏感性略高于常规 MPI (78.7%)，特异性明显优于常规 MPI (78.7%)。由于常规 MPI 显示为正常的区域，在负荷 G-MPI 时出现局部室壁运动或增厚率较静息下降，也判定为心肌缺血，提示再狭窄；此外，G-MPI 可更准确地区分心肌缺血与组织衰减，从而明显提高诊断心肌缺血的特异性。

MPI 诊断 CAS 后再狭窄的准确性高于诊断球囊扩张术后再狭窄，这可能是支架优先用于供应较大范围心肌的大血管，当缺血时更容易被无创性显像探测到。总之，通过负荷-静息 MPI 显像，以负荷诱发的可逆性缺损作为诊断标准可以准确识别再狭窄。

**3.2.4 梗死区和多血管疾病** MPI 评估陈旧性梗死区再狭窄的敏感性和特异性均较低，这是由于支配陈旧性梗死心肌的血管敏感性较低。定量分析较目测观察更有助于探测梗死区域内微小的灌注改变。

在多支 CA 病变患者中，多血管介入后再狭窄的发生率高。如果 2~3 支血管发生再狭窄，使大面积心肌濒临缺血危险，患者的预后会更差。MPI 在多支血管病变患者中的应用，最主要的限制是只有最严重的缺血心肌节段才会被探测到，这是由于 MPI 具有相对的性质。因此，诊断效能受到血管重建完整性的影响。然而，多支血管病变及其完全血管重建的患者，MPI 诊断再狭窄的敏感性显著高于单纯心绞痛或 EET。

**3.3 PCI 治疗长期预后的评价** 负荷 MPI 能够为 CAD 患者提供强有力的预后信息。多项专门研究结果证实，超过再狭窄时间窗后进行的负荷-静息 MPI 能够提供长期的预后价值，优于 EET 和临床症状<sup>[21-22]</sup>。

PTCA 和 CAS 后长达 10 年临床和血管造影结果良好者，治疗部位再次血运重建治疗的概率低。因此，成功 PCI 后无残

留缺血和左心室功能良好者属于低危患者。相反,MPI 呈可逆缺血的患者,在长期随访中发生恶性心脏事件(心源性猝死与心肌梗死)及良性心脏事件(再次血运重建术)的比例增加,年发生率为 MPI 正常者的 6~12 倍,且缺血节段愈多预后愈差。多变量分析表明,MPI 负荷总评分(SSS)是反映整体缺血的客观指标,与心源性猝死和心肌梗死的硬端点有显著相关性。

Acampa 等<sup>[23]</sup>报道,MPI 可逆性灌注缺损范围和严重程度(总积分差,SDS)强烈预测 PCI 后晚期无心血管事件的生存率,PCI 后 MPI 正常患者 55 个月无心脏事件的累计生存概率为 89%,而缺血患者仅为 27%,表明在不考虑心绞痛的情况下,出现可逆灌注缺损患者心脏事件的发生率明显增高。Hachamovitch 和 Berman<sup>[24]</sup>对 7 376 例连续正常运动或腺苷负荷 MPI 的 CAD 患者进行的研究显示,一个正常的 MPI 预示长达 1.8 年的良好预后,提示负荷 MPI 存在缺血是一个强有力严重心脏事件的预测因子。

张晓丽等<sup>[25]</sup>探讨了<sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-MIBI 运动-静息 MPI 对 PCI 术后长期预后判断的价值,结果显示:318 例患者 PCI 后(10±13)个月行<sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-MIBI 运动-静息 MPI,MPI 正常组 153 例,固定缺损组 100 例,可逆性缺损组 65 例,随访(38±27)个月;随访期间,51 例(16.0%)发生心脏事件,其中可逆性缺损组与正常组年恶性心脏事件发生率分别为 3.19%与 0.12%,可逆性缺损组、固定缺损组与正常组的年良性心脏事件发生率分别为 10.17%、2.15%与 1.15%;MPI 正常或可逆性缺损,心脏事件发生率在有心绞痛和无心绞痛患者间差异无显著性;MPI 呈固定性缺损,有心绞痛症状的良性心脏事件发生率(15.9%)明显高于无心绞痛者(1.8%);Cox 多元线性回归分析示,SSS 和 SDS 为预测恶性心脏事件的独立危险因素,而 SDS 为预测良性心脏事件的独立危险因素。表明 PCI 后 MPI 正常者的预后良好,可逆性缺损者心脏事件发生率明显增加并与心绞痛无明显关系,固定性缺损伴心绞痛症状者接受再次血运重建术的可能性明显高于无心绞痛者。

Georgoulas 等<sup>[26]</sup>应用<sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-tetrofosmin G-MPI 对 264 例 CAS 后无心脏相关症状患者的研究显示:CAS 后 5~7 个月行 G-MPI,通过靶心电图自动测定 SSS、静息总积分(summed rest score,SRS)与 SDS(SSS-SRS),平均随访(8.3±2.9)年;随访期间,恶性事件发生率为 13%(死亡 12 例,非心肌梗死 20 例),良性事件为 24.4%;SSS 和 SDS 是心脏事件唯一独立的预测因子;CAS 后无症状患者,6 个月行 G-MPI 对预测心脏事件的发生具有独立和强有力的临床价值。因此,推荐 PCI 后 6 个月行 G-MPI 随访 CAS 后无症状患者是合理的。

### 4 结 语

MPI 是目前随访 CAD 患者 PCI 后最可靠的技术。PCI 后,负荷-静息 MPI 特别有助于鉴别临床再发胸痛的原因和识别无症状的高危患者,而负荷 MPI 是心脏事件的一个独立预测因子。目前,ACC/AHA/ASNC 并未推荐 PTCA 后患者接受系统性的负荷 MPI 试验,然而,如果有负荷试验的指征,MPI 以其预测恶性心脏事件和患者结局的良好性能而优于 EET。

### 参考文献:

[1] Verheye S, Van Langenhove G, Sangiorgi GM. Pathophysiology of restenosis[M]//Bonnett R,Kay IP,Sabate M,et al. Catheter catheterization and percutaneous inter-

ventions. Hampshire UK:Taylor and Francis,2004;181-193.

[2] Prati F,Pawlowski T,Sommariva L,et al. Intravascular ultrasound and quantitative coronary angiography assessment of late in-stent restenosis;in vivo human correlation and methodological implications[J]. Catheter Cardiovasc Interv,2002,57(2):155-160.

[3] Rosanic S,Tocchi M,Stouffer GA. Use of stress testing to evaluate patients with recurrent chest pain after percutaneous coronary revascularization[J]. Am J Med Sci,1998,316(1):46-52.

[4] (Ermis C,Boz A,Tholakanahalli V,et al. Assessment of percutaneous coronary intervention on regional and global left ventricular function in patients with chronic total occlusions[J]. Can J Cardiol,2005,21(3):275-280.

[5] Mowatt G,Vale L,Brazzelli M,et al. Systematic review of the effectiveness and cost-effectiveness, and economic evaluation, of myocardial perfusion scintigraphy for the diagnosis and management of angina and myocardial infarction[J]. Health Technol Assess,2004,8(30):iii-iv,1-207.

[6] Giubbini R,Rossini P,Bertagna F,et al. Value of gated SPECT in the analysis of regional wall motion of the interventricular septum after coronary artery bypass grafting[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging,2004,31(10):1371-1377.

[7] Shaw LJ,Heller GV,Casperson P,et al. Gated myocardial perfusion single photon emission computed tomography in the clinical outcomes utilizing revascularization and aggressive drug evaluation(COURAGE) trial, Veterans Administration Cooperative study No. 424[J]. J Nucl Cardiol,2006,13(5):685-698.

[8] Pavlovic SV,Sobic-Saranovic DP,Beleslin BD,et al. One-year follow-up of myocardial perfusion and function evaluated by gated SPECT MIBI in patients with earlier myocardial infarction and chronic total occlusion[J]. Nucl Med Commun,2009,30(1):68-75.

[9] Zellweger MJ,Tabacek G,Zutter AW,et al. Evidence for left ventricular remodeling after percutaneous coronary intervention;effect of percutaneous coronary intervention on left ventricular ejection fraction and volumes[J]. Int J Cardiol,2004,96(2):197-201.

[10] Hirzel HO,Nuesch K,Gruentzig AR,et al. Thallium-201 exercise scintigraphy after percutaneous transluminal angioplasty of coronary artery stenosis[J]. Med Clin North Am,1980,64(2):163-176.

[11] DePuey EG,Roubin GS,Cloninger KG,et al. Correlation of transluminal coronary angioplasty parameters and quantitative thallium-201 tomography[J]. J Invasive Cardiol,1988,1(1):40-50.

[12] Rodes-Cabau J,Candell-R J,Domingo E. Frequency and clinical significance of myocardial ischemia detected early after coronary stent implantation[J]. J Nucl Med,2001,42(12):1768-1772.

[13] Wilson RF,Johnson MR,Marcus ML,et al. The effect of

- coronary angioplasty on coronary flow reserve[J]. Circulation, 1988, 77(4): 873-885.
- [14] Giedd KN, Bergmann SR. Myocardial perfusion imaging following percutaneous coronary intervention: the importance of restenosis, disease progression, and directed re-intervention[J]. J Am Coll Cardiol, 2004, 43(3): 328-336.
- [15] Hardoff R, Shefer A, Gips S, et al. Predicting late restenosis after coronary angioplasty by very early(12 to 24 hours) scintigraphy: implications with regard to mechanisms of late coronary restenosis[J]. J Am Coll Cardiol, 1990, 15(7): 1486-1492.
- [16] Galassi AR, Foti R, Azzarelli S. Usefulness of xercise tomographic myocardial perfusion imaging for detection of restenosis after coronary stent placement[J]. Am J Cardiol, 2000, 85(11): 1362-1364.
- [17] Manyari DE, Knudtson M, Koliber R, et al. Sequential thallium-201 myocardial perfusion studies after successful percutaneous transluminal coronary angioplasty: delayed resolution of exercise-induced scintigraphic abnormalities[J]. Circulation, 1988, 77(1): 86-95.
- [18] Hecht HS, Shaw RE, B ruce TR, et al. Usefulness of tomographic thallium-201 imaging for detection of restenosis after percutaneous trasluminal coronary angioplasty [J]. Am J Cardiol, 1990, 66(19): 1314-1318.
- [19] Galassi AR, Foti R, Azzarelli S. Usefulness of xercise tomographic myocardial perfusion imaging for detection of restenosis after coronary stent placement[J]. Am J Cardiol, 2000, 85(11): 1362-1364.
- [20] 冯建林, 李殿富, 程旭, 等.  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI 门控心肌显像评价
- 综 述 •
- 冠状动脉支架术后再狭窄的价值[J]. 中华核医学杂志, 2006, 26(6): 363-365.
- [21] Cottin Y, Rezaizadeh K, Touzery C, et al. Long-term prognostic value of  $^{201}\text{TI}$  single-photon emission computed tomographic myocardial perfusion imaging after coronary stenting[J]. Am Heart J, 2001, 141(6): 999-1006.
- [22] Kaneko H, Yaoita H, Iwai-Takano M, et al. Prediction of remote left ventricular volumes and functions after acute myocardial infarction with successful coronary intervention[J]. Circ J, 2008, 72(2): 226-231.
- [23] Acampa W, Petretta M, Florimonte L, et al. Prognostic value of exercise cardiac tomography performed late after percutaneous coronary intervention in symptomatic and symptom-free patients[J]. Am J Cardiol, 2003, 91(3): 259-263.
- [24] Hachamovitch R, Berman DS. New frontiers in risk stratification using stress myocardial perfusion single photon emission computed tomography [J]. Curr Poin Cardiol, 2003, 18(6): 494-502.
- [25] 张晓丽, 刘秀杰, 何作祥, 等.  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$  MIBI SPECT 心肌显像对冠状动脉介入治疗术后预后判断的价值[J]. 中华核医学杂志, 2003, 23(增刊): 12-15.
- [26] Georgoulas P, Demakopoulos N, Tzavara C, et al. Long-term prognostic value of  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$  tetrofosmin myocardial gated-SPECT imaging in asymptomatic patients after percutaneous coronary intervention [J]. Clin Nucl Medi, 2008, 33(11): 743-747.

(收稿日期: 2010-11-09 修回日期: 2010-12-22)

## Predicting patient response to cardiac resynchronization therapy by gated SPECT myocardial perfusion imaging

Chen Ji<sup>1</sup>, Yuan Gengbiao<sup>2</sup>, Yan Qingbo<sup>2</sup>, Wang Jinjun<sup>2</sup>

(1. Department of Radiology, Emory University School of Medicine. GA 30322, USA;

2. Department of Nuclear Medicine, Second Affiliated Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China)

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2011.08.026

Document Code: A

Article ID: 1671-8348(2011)08-0790-05

**Key words:** heart failure; myocardial perfusion; single photon emission computed tomography; phase analysis; cardiac resynchronization therapy

### Introduction

Heart failure(HF) is widely prevalent(> 6 million cases) and rapidly growing(> 0.6 million new cases annually) in the United States<sup>[1]</sup>. Although the prevalence of HF in China is less than that in the United States, the total number of HF patients in China exceeds 4 million<sup>[2]</sup>.

Cardiac resynchronization therapy(CRT) has shown benefits in patients with end-stage HF, such as improved HF symp-

toms, exercise capacity, quality of life, left-ventricular (LV) function, and mortality benefits<sup>[3-10]</sup>. The standard criteria for CRT, according to the ACC/AHA/HRS guidelines<sup>[11]</sup>, are end-stage drug-refractory HF with New York Heart Association (NYHA) class III or IV symptoms, LV ejection fraction (LVEF) ≤ 35%, sinus rhythm with QRS duration ≥ 120ms on surface eletrocardiogram(ECG). However, using these conventional criteria for selecting patients for CRT, up to 40% of pa-