

- 293-298.
- [13] Kim KI, Muller NI, Mayo JR. Clinical suspected pulmonary embolism: utility of spiral CT[J]. Radiology, 1999, 210(3): 693-697.
- [14] Qanadli SD, Hajjam ME, Mesurrolle B, et al. Pulmonary embolism detection: prospective evaluation of dual-section helical CT versus selective pulmonary arteriography in 157 patients[J]. Radiology, 2000, 217(2): 447-455.
- [15] Goyen M, Laub G, Ladd ME, et al. Dynamic 3D MR angiography of the pulmonary arteries in under four seconds [J]. J Magn Reson Imaging, 2001, 13(3): 372-377.
- [16] Meaney JF, Prince MR. Pulmonary MR angiography [J]. Magn Reson Imaging Clin N Am, 1999, 7(2): 393-409.
- [17] Gupta A, Frazer CK, Ferguson JM, et al. Acute pulmonary embolism: diagnosis with MR angiography[J]. Radiology, 1999, 210(2): 353-359.
- [18] Krinsky GA, Reuss PM, Lee VS, et al. Thoracic aorta: comparison of single-dose breath-hold and double-dose non-breath-hold gadolinium-enhanced three-dimensional MR angiography[J]. Am J Roentgenol, 1999, 173(1): 145-150.

文章编号: 1001-098X(2003)03-0104-03

## 核素显像识别存活心肌的临床应用进展

李殿富

**摘要:** 存活心肌的判断对冠心病患者治疗方案的选择及预后十分重要。 $^{201}\text{Tl}$ 再注射法、硝酸甘油介入的静息 $^{99\text{Tc}}\text{-sestamibi}$ 法增强了心肌灌注核素体层显像对存活心肌的检测能力, 门控SPECT技术能在评估心肌灌注的同时计算LVEF(左心室射血分数)、局部室壁运动和局部室壁增厚率, 具有符合线路的SPECT可以进行心肌代谢显像及灌注显像, 其对存活心肌的检测能力可能接近于PET, 而检查费用可大大降低。

**关键词:** 存活心肌; 核素显像; 冠心病

**中图分类号:** R817.4 **文献标识码:** A

## Clinical advances of nuclear imaging in the assessment of viable myocardium

LI Dian-fu

(Department of Cardiology, the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China)

**Abstract:** The assessment of myocardial viability is of particular importance in determining the appropriate management and making accurate prognoses in coronary artery disease patients. The new algorithms such as  $^{201}\text{Tl}$  rest/redistribution and nitroglycerin-augmented rest  $^{99\text{Tc}}\text{-sestamibi}$  and the recently performed gated SPECT, which could make a combined assessment of myocardial perfusion and LV function, have greatly enhanced the use of myocardial perfusion SPECT in the assessment of myocardial viability. The coincidence SPECT, which can perform myocardial perfusion and glucose metabolism imaging spontaneously, is nearly as powerful as PET but is less costly in the myocardial viability assessment.

**Key words:** viable myocardium; SPECT; coronary artery disease

随着冠状动脉搭桥术及冠状动脉成形术在冠心病治疗中的应用越来越广泛, 冠心病伴有左室功能不全和(或)室壁运动障碍的患者是否有存活心肌

以及存活心肌的范围和部位, 对于临床来说都十分重要<sup>[1]</sup>, 它将有助于为患者选择治疗方案(如药物治疗、血运重建术、或心脏移植等)。利用 $^{201}\text{Tl}$ 和 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ 标记的心肌灌注药物对存活心肌进行体层显像, 仍然是目前最常用的评估存活心肌的方法。

收稿日期: 2002-09-05

作者简介: 李殿富(1965-), 男, 南京医科大学第一附属医院心脏科(南京, 210029)博士研究生, 主要从事冠心病影像学研究。

审校者: 南京医科大学第一附属医院心脏科 黄峻

### 1 核素显像技术判断存活心肌的方法学

$^{201}\text{Tl}$ 再注射法、硝酸甘油介入的静息 sestamibi

或 tetrofosmin 法的应用增强了核素显像对存活心肌的检测能力<sup>[3-4]</sup>，若在静息、再分布或经硝酸甘油增强的静息再注射图像上放射性药物计数恢复正常则提示有存活心肌<sup>[34]</sup>；相反，如果在上述图像上放射性计数严重减少或无计数，则认为无存活心肌；而在上述情况下放射性计数中度减低者（再分布或经硝酸甘油增强的静息图像上按五级 0~4 分制得分为 2）则可能有部分存活心肌，这部分患者在术后的恢复程度上有所不同。一些学者认为，受累心肌放射性计数的下降百分数对存活心肌有预测价值，如果该区域放射性计数为心脏中最大放射性计数部分的 50% 或 60%，则认为有存活心肌<sup>[5]</sup>。但是，在存活心肌评估时，若能考虑到通常比其他部位放射性计数要低的正常变异区域（如正常情况下的下壁心肌放射性计数相对较低），这将比纯粹地与放射性计数最大区域相比的方法能更好地评估存活心肌。此外，由于要进行存活心肌评估的心脏往往有扩大，其受软组织衰减影响的面积也明显增加，因此，此时合理地使用衰减/散射校正显得尤为重要<sup>[6]</sup>。

近年来开始应用的门控心肌灌注 SPECT 技术能在评估心肌灌注的同时计算 LVEF（左心室射血分数）以及局部室壁运动和局部室壁增厚率，从而进一步提高了核素显像技术对存活心肌的评估能力<sup>[7]</sup>。通过比较静息和负荷后的门控图像可以观察到，由负荷诱发的新的室壁运动异常，仅于负荷后出现的室壁运动异常提示心肌顿抑，这是冠心病的特异征象，负荷后弥漫性的室壁增厚率下降或运动异常提示冠脉严重狭窄（ $\geq 90\%$ ）。仅仅评估灌注异常可能观察不到这些现象，尤其是当局部室壁的缺血程度比较明显而室壁运动异常不明显时<sup>[7]</sup>。在较大梗死的边缘，梗死边界区域也可见到室壁增厚率正常而无或几乎没有室壁运动的现象，这种室壁运动的异常是受邻近的梗死影响所致。若收缩期室壁有增厚则说明有存活心肌；相反，如果灌注异常的节段室壁运动正常但收缩期室壁无增厚，则可能是周边未梗死心肌收缩相对增强而致相邻已梗死心肌节段被动运动所致。

## 2 几种不同临床情况下的存活心肌判断

### 2.1 心肌梗死

在透壁心肌梗死区，静息  $^{99}\text{Tc}^m$ -sestamibi 或 te-

tetrofosmin 的摄入以及  $^{201}\text{Tl}$  静息和平衡（equilibrium）水平均会明显减低，在  $^{201}\text{Tl}$  静息-再分布或静息-负荷显像上均无缺损恢复现象，患者在血运重建术后也不会有明显改善。

在非 Q 波心肌梗死区，会有轻至中度的静息放射性药物摄入下降（依据梗死的深度），平衡  $^{201}\text{Tl}$  也会有轻度至中度下降，静息-负荷显像缺损的可逆性程度决定于梗死相关血管的狭窄程度和梗死的透壁程度。

心肌梗死后常见有左室重塑，最近已有多种衰减校正方法可以应用于有左室重塑的患者<sup>[8]</sup>。有左室重塑时，即使在远离梗死的区域亦可见弥漫性左室收缩功能异常，患者 LVEF 的下降与灌注缺损面积不成比例。收缩功能异常并有左室重塑的区域，静息和负荷放射性药物摄入均可见明显异常，行血运重建术后也无明显改善，因此有左室重塑的患者左室功能往往可能有不可逆的严重下降。因为存在心肌重塑和存在心肌冬眠的左室都有运动异常，但它们对血运重建治疗的反应截然不同，所以核素显像可以对它们进行很好的鉴别。

ACS（急性冠脉综合征）患者，尤其是及时恢复血运（经溶栓治疗、直接血运重建治疗、或血栓自溶）的急性心肌缺血患者最常见有心肌顿抑<sup>[9]</sup>。有心肌顿抑但血流灌注及时恢复的 ACS 患者，其心室功能也会逐渐恢复。

### 2.2 慢性冠心病

慢性冠心病患者，长期且严重的心肌供血不足可导致心肌冬眠。冬眠心肌的静息血流灌注可能会有中度至重度减低，静息  $^{201}\text{Tl}$  或  $^{99}\text{Tc}^m$  标记的灌注药物的摄入也会有相应的减低<sup>[10]</sup>。对  $^{201}\text{Tl}$  而言，放射性药物的平衡摄入可能会正常，但如果没有达到真正的平衡或心肌冬眠时间过长以致细胞退变时，可能会有放射性摄入的轻微减低<sup>[9]</sup>。因此，这些患者通常表现出静息缺损恢复。静息注射放射性药物前应用硝酸甘油介入可能会增加  $^{99}\text{Tc}^m$  药物（对  $^{201}\text{Tl}$  可能也有效）对冬眠心肌的评估能力<sup>[11]</sup>。有冬眠心肌的患者如果行负荷试验，可以观察到更明显的血流灌注下降，大部分患者可看到更大程度的可逆性灌注缺损，这些患者行血运重建术后会有良好的恢复。

慢性冠心病患者亦可有心肌顿抑，比如冠脉高度狭窄的患者在长时间运动后<sup>[17,9]</sup>。这种情况下，

患者静息心肌灌注显像一般正常,或有轻微减低,平衡 $^{201}\text{Tl}$ 水平正常,无静息缺损可逆性表现,往往见不到静息的心功能不全;然而,在运动显像上由运动诱发的心肌顿抑可表现为明显的灌注缺损<sup>[1]</sup>,在运动后的早期常会发现心功能有减低<sup>[11]</sup>,这些患者在血运重建术后,其运动诱发的血流灌注以及心室功能异常极有可能恢复。

### 2.3 左心室功能不全

如何处理LVEF下降的病人?以下几点可能有所帮助:当负荷-静息或负荷-再分布显像见有广泛的可逆性缺损时,室壁功能异常区域经血运重建术很有可能得到改善;静息-再分布心肌灌注显像若见有广泛的缺损恢复,血运重建术亦有助于心室功能恢复;尽管不行负荷显像,造影证实有广泛而严重病变的冠心病患者(若行负荷显像必然会有血流灌注严重下降),若其静息或再分布显像见到放射性药物摄入正常、轻度减低甚至中度减低,这些患者亦可从血运重建术中获益,这些患者若行负荷-再分布显像,必然可见广泛的可逆性缺损,这种推测常用于有LVEF下降且已知有冠脉解剖病变者、不稳定心绞痛者以及临床上不能行负荷显像者;若 $^{201}\text{Tl}$ 延迟再分布显像,或任一放射性药物经硝酸甘油增强后的静息显像上仍见有放射性摄入严重下降,则血运重建术几乎不能改善受累区域的心室功能。

非缺血性心脏病同时伴慢性冠心病的病人常有左室功能衰竭,经冠脉造影发现有明显(但通常不严重)的冠状动脉狭窄,有时可能在病史或心电图上反映曾有小面积心梗,若冠心病不是其心衰的主要原因,室壁功能异常的区域通常可见静息或负荷后正常或轻微减低的放射性药物分布,负荷或静息显像无缺损的可逆性表现,血运重建治疗无助于这类患者的恢复。

### 2.4 其他情况

以上的几种情况比较直接,而有些情况的解释则甚困难,如局部心室功能严重异常但其静息和负荷时受累节段的放射性药物摄入又正常者,这些节段的恢复可以较好但也可以几乎不能恢复,这主要依赖于左室其他部分的情况。总的来说,弥漫性缺血性心脏病患者如见有多个节段的可逆性缺损,则那些几乎呈固定性缺损的节段亦会在血运重建术后有所恢复。在这些患者中,即使是

所谓最正常的心肌部分,其放射性药物的分布往往也是降低的,只是无法在图像上判断。当严重的LVEF下降与特定的固定性灌注缺损相关且总的可逆性缺损很少时,弥漫的心室收缩功能异常很可能与心室重塑有关,这些病人虽然经强化的药物治疗能使左室缩小并改善症状,但血运重建术无助于心室功能恢复。

如果严重的心室功能异常患者未见到明确的灌注缺损,或仅见很小的灌注缺损,则很可能是非缺血性心脏病,即使明确有冠心病,也很可能是其伴发疾病,这些患者行血运重建治疗无效<sup>[12]</sup>。

负荷时(或静息时)有明确的但仅为中等程度的放射性摄入下降,且再分布显像上无恢复,这种情况常见于心内膜下心梗,梗死相关血管可能仅有中等度狭窄且在狭窄部位曾有一过性血栓形成,或者梗死相关血管经血运重建术后较早恢复血流灌注。这种病人在静息或者负荷显像上可能会见到反向再分布现象,其原因目前不太清楚。 $^{201}\text{Tl}$ 再分布显像可能会更好地反映这些患者的存活心肌面积。总之,有中度不可逆的缺损区或有反向再分布的区域,血运重建术通常不能使之得到改善。

## 3 $^{18}\text{F}$ -FDG ( $^{18}\text{F}$ -氟代脱氧葡萄糖)等代谢显像剂的应用

目前的研究显示,应用具有符合线路的SPECT进行 $^{18}\text{F}$ -FDG( $^{18}\text{F}$ -氟代脱氧葡萄糖)代谢显像结合灌注显像,其对存活心肌的检测能力接近于PET<sup>[13,14]</sup>,而检查费用大大降低。尽管根据心室局部心肌灌注与葡萄糖代谢不匹配现象,PET可以非常好地预测心室功能恢复,但Berman DS等<sup>[15]</sup>认为,PET比已经成熟应用的 $^{201}\text{Tl}$ 心肌显像能有多大的优越性尚不清楚。目前惟一可以肯定的是,LVEF极其低下(即<25%~30%)并有左室严重扩张的患者,应用PET预测血运重建术后的恢复情况可能要比使用未经校正的SPECT效果好<sup>[5]</sup>。脂肪酸显像在存活心肌评估中亦有重要作用,目前,它不仅用于PET,也可用于SPECT。前已述及的门控结合心肌灌注SPECT技术,由于能在评估心肌灌注的同时了解LVEF、局部室壁运动、室壁增厚率及心室容量,这也提高了SPECT对存活心肌的检测能力及准确性。(下转第110页)

- somes for the scintigraphic detection of infection and inflammation: Clinical evaluation[J]. *J Nucl Med*, 2000, 41(4): 622-630.
- [ 5 ] Brouwers AH, De Jong DJ, Dams ETM, et al.  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -PEG-liposomes for the evaluation of colitis in Crohn's disease [J]. *J Drug Targeting*, 2000, 8(4): 225-233.
- [ 6 ] Babich JW, Dong Q, Graham W, et al. A novel high affinity chemotactic peptide antagonist for infection imaging[J]. *J Nucl Med*, 1997, 38(2): 268.
- [ 7 ] Cavelliers V, Goodbody AE, Tran LL, et al. Evaluation of  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -RP128 as a potential inflammation imaging agent; Human dosimetry and first clinical results[J]. *J Nucl Med*, 2001, 42(1): 154-161.
- [ 8 ] Barrera P, Van der Laken CJ, Boerman OC, et al. Localization of  $^{125}\text{I}$ -IL-1ra in affected joints in patients with rheumatic arthritis[J]. *Rheumatology*, 2000, 39(8): 870-874.
- [ 9 ] Van der Laken CJ, Boerman OC, Oyen WJG, et al. Radio-labeled Interleukin-8: Scintigraphic detection of infection within a few hours [J]. *J Nucl Med*, 2000, 41(3): 463-469.
- [10] Rennen HJMM, Boerman OC, Oyen WJG, et al. Specific and rapid scintigraphic detection of infection with  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -Interleukin-8[J]. *J Nucl Med*, 2001, 42(1): 117-123.
- [11] Palestro CJ, Tomas MB, Bhargava KK, et al. Tc-99m P483H for imaging infection: phase 2 multicenter trial results [J]. *J Nucl Med*, 1999, 40(5 suppl): 15p.
- [ 12 ] Hall AV, Solanki KK, Vinjamuri S, et al. Evaluation of the efficacy of  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -infection a novel agent detecting sites of infection[J]. *J Clin Pathol*, 1998, 51(3): 215-219.
- [ 13 ] Welling MM, Nibbering PH, Paulusma-Annema A, et al. Imaging of bacterial infections with  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -labeled human neutrophil peptide-1[J]. *J Nucl Med*, 1999, 40(12): 2073-2080.
- [ 14 ] Welling MM, Paulusma-Annema A, Balter HS, et al. Technetium-99m labeled antimicrobial peptides discriminate between bacterial infections and sterile inflammations[J]. *Eur J Nucl Med*, 2000, 27(3): 292-301.
- [ 15 ] Kalicke T, Schmitz A, Risse JH, et al. Fluorine-18 fluorodeoxyglucose PET in infectious bone diseases. Results of histologically confirmed cases[J]. *Eur J Nucl Med*, 2000, 27(5): 524-528.
- [ 16 ] Stumpe KD, Dazzi H, Schaffner A, et al. Infection imaging using whole-body FDG-PET[J]. *Eur J Nucl Med*, 2000, 27(7): 822-832.
- [ 17 ] Zhuang H, Duarte PS, Pourdehnad M, et al. The promising role of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET in detecting infected lower limb prosthesis implants [J]. *J Nucl Med*, 2001, 42(1): 44-47.

(上接第 106 页)

#### 参考文献:

- [ 1 ] Frans J, Wackers TH, Soufer R, et al. *Heart Disease* [M]. 6th ed. Philadelphia: Saunders, 2001. 273-322.
- [ 2 ] Batista JF, Perezot O, Valdes JA, et al. Improved detection of myocardial perfusion reversibility by rest-nitroglycerin Tc-99m-MIBI: comparison with Tl-201 reinjection [J]. *J Nucl Cardiol*, 1999, 6: 480-486.
- [ 3 ] Khouri F, Narula J. Radionuclide imaging for the assessment of myocardial viability in chronic LV dysfunction [J]. *Echocardiography*, 2000, 17: 605-612.
- [ 4 ] Sciagra R, Bist G, Santoro GM, et al. Comparison of baseline-nitrate technetium-99m sestamibi with rest-redistribution thallium-201 tomography in detecting viable hibernating myocardium and predicting post-revascularization recovery [J]. *J Am Coll Cardiol*, 1997, 30: 384-391.
- [ 5 ] Bax JJ, Poldermans D, Elhendy A, et al. Sensitivity, specificity and predictive accuracies of various noninvasive techniques for detecting hibernating myocardium [J]. *Curr Probl Cardiol*, 2001, 27: 114-173.
- [ 6 ] Hendel RC, Corbett JR, Cullom SJ, et al. The value and practice of attenuation correction for myocardial perfusion SPECT imaging: a joint position statement from the American Society of Nuclear Cardiology and the Society of Nuclear Medicine[J]. *J Nucl Cardiol*, 2002, 9(1): 135-143.
- [ 7 ] Sharif T, Bacher-Stier C, Dhar S, et al. Post exercise regional wall motion abnormalities detected by Tc-99m sestamibi gated SPECT: a marker of severe coronary artery disease [J]. *J Nucl Med*, 1998, 39: 87P-88P.
- [ 8 ] Depuey EG. Major advances in single-photon emission computed tomography perfusion imaging[J]. *Cardiol Rev*, 2000, 8(1): 40-48.
- [ 9 ] Kloner RA. Stunned and hibernating myocardium[J]. *Coro Art Dis*, 2001, 12: 341-360.
- [ 10 ] Bonow RO. Myocardial viability and prognosis in patients with ischemic left ventricular dysfunction [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2002, 39: 1159-1162.
- [ 11 ] He Z, Verani M. Evaluation of myocardial perfusion imaging: should nitrates be used[J]. *J Nucl Cardiol*, 1998, 5: 527-532.
- [ 12 ] Danias PG, Ahlberg AW, Clark BA, et al. Combined assessment of myocardial perfusion and left ventricular function with exercise technetium-99m sestamibi gated single-photon emission computed tomography can differentiate between ischemic and nonischemic dilated cardiomyopathy[J]. *Am J Cardiol*, 1998, 82: 1253-1258.
- [ 13 ] Matsunari I, Yoneyama T, Kanayama S, et al. Phantom studies for estimation of defect size on cardiac  $^{18}\text{F}$  SPECT and PET: implications for myocardial viability assessment [J]. *J Nucl Med*, 2001, 42(10): 1579-1585.
- [ 14 ] Bax JJ, Visser FC, Poldermans D, et al. Relationship between preoperative viability and postoperative improvement in LVEF and heart failure symptoms[J]. *J Nucl Med*, 2001, 42(1): 79-86.
- [ 15 ] Berman DS, Hayes SW, Shaw LJ, et al. Recent advances in myocardial perfusion imaging[J]. *Curr Pro Cardiol*, 2001, 26:86-94.