

# $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT 双时相显像结合高分辨率 CT 诊断孤立性肺结节的价值

王城 王雪梅 王春梅 何玉林

**【摘要】** 目的 探讨  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT 双时相显像结合高分辨率 CT (HRCT)对孤立性肺结节 (SPN)的鉴别诊断价值。方法 经 CT 证实符合 SPN 的病例 173 例,应用 PET-CT 技术对 SPN 病例进行双时相显像及同机 HRCT,早期显像于注射  $^{18}\text{F}$ -FDG 后 50~60 min,并行 HRCT,延迟显像于注射后 2~2.5 h 进行。测定病灶两次显像的 SUV,并计算两次显像 SUV 的变化率,根据病灶 HRCT 的形态学特征,进行综合诊断判断良恶性,所得结果与随访结果作对照比较。结果 173 例 SPN 患者经病理或随访证实恶性病变 41 例、良性病变 132 例。恶性病变组早期显像的 SUV 为  $6.26 \pm 0.72$ ,延迟显像的 SUV 为  $6.88 \pm 0.74$ ,滞留指数为  $(42.50 \pm 3.87)\%$ ;良性病变组早期显像的 SUV 为  $2.84 \pm 0.41$ ,延迟显像的 SUV 为  $2.73 \pm 0.36$ ,滞留指数为  $(26.90 \pm 7.23)\%$ 。结论  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT 双时相显像结合 HRCT 鉴别诊断 SPN 的方法简便、准确率高,具有广泛的临床实用价值。

**【关键词】** 硬币病变,肺;氟脱氧葡萄糖 F18;正电子发射断层显像术;体层摄影术,X 线计算机

**Dual phase time scan combine high resolution CT to diagnose solitary pulmonary nodule by  $^{18}\text{F}$ - FDG PET-CT** WANG Cheng, WANG Xue-mei, WANG Chun- mei, HE Yu-ling. Center of PET-CT, Affiliated Hospital, Inner Mongolia Medical College, Hohhot 010050, China

Corresponding author: WANG Cheng, Email: chengwang1023@163.com

**【Abstract】 Objective** To evaluate the role of dual phase scan combine high resolution computerized tomography (HRCT) by  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT imaging in the diagnosis of solitary pulmonary nodule (SPN). **Methods** 173 patients with SPN demonstrated by CT, All these patients underwent dual time point combine HRCT  $^{18}\text{F}$ -FDG PET /CT imaging. The imaging protocol included the early imaging combine HRCT of PET-CT at 50-60 min and delayed imaging of PET at 2-2.5 h post injection  $^{18}\text{F}$ -FDG. The standardized uptake value (SUV) was calculated for both time points. All results were expressed as the percentage change in SUV. According to characteristic in focal morphology by HRCT found, general inspection and diagnosis were benign or malignant, It was compared the result and following up result. **Results** Histopathology demonstrated or following up result 41 patients with malignant lesions and 132 patients with benign lesions. The SUV of malignant lesions was SUV  $6.26 \pm 0.72$  in early imaging, and  $6.88 \pm 0.74$  in delayed imaging. The retention index of malignant lesions was  $(42.50 \pm 3.87)\%$ . The SUV of benign lesions was  $2.84 \pm 0.41$  in early imaging, and  $2.73 \pm 0.36$  in delayed imaging. The retention index of benign lesions was  $(26.90 \pm 7.23)\%$ . **Conclusions**  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT dual time point imaging combine HRCT is a simple practical method and accurate ratio high for the diagnosis of SPN. The method will be widely clinically practised.

**【Key words】** Coin lesion, pulmonary; Fluorodeoxyglucose F18; Positron-emission tomography; Tomography, X-ray computed

孤立性肺结节(solitary pulmonary nodule, SPN)是指肺内孤立的、单发的、直径小于或等于 3 cm、

长径与短径之比  $\leq 1.5$  的实质性病灶,周围无与病灶关联的肺不张、炎症、局部淋巴结肿大<sup>[1-2]</sup>。SPN 的诊断一直是胸部影像学诊断的难点和热点, PET-CT 能从功能代谢和解剖形态两方面来判断病变性质,对于肺结节的诊断与鉴别诊断具有很高的灵敏度、特异度和准确率,但仍有一定的假阴性和

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2011.03.006

基金项目:内蒙古自治区高等学校科学研究项目(NJZY07092)

作者单位:010050 呼和浩特,内蒙古医学院附属医院 PET-CT

中心

通信作者:王城(Email: chengwang1023@163.com)

假阳性,而常规 PET-CT 加高分辨率 CT (high resolution CT, HRCT)能降低假阴性率,提高肺结节的检出率和诊断正确率<sup>[3]</sup>,本研究探讨 <sup>18</sup>F-FDG PET-CT 双时相显像结合 HRCT 对 SPN 的鉴别诊断价值,报告如下。

## 1 资料和方法

### 1.1 研究对象

2007年3月至2011年3月在本院就诊、经 CT 证实为 SPN 的患者 173 例,其中男性 103 例、女性 70 例,年龄 30~86 岁,平均(55.6±13.3)岁。SPN 病例的纳入标准(同时具备下列条件):①肺内孤立的、单发的结节;②结节直径≤3 cm;③结节长径与短径之比≤1.5;④结节周围无肺不张、炎症及局部淋巴结肿大。SPN 病例的排除标准(符合下列条件之一者即被排除):①近 1 个月内病灶做过 CT 引导下穿刺活检术;②近 1 个月内做过胸腔镜活检术;③3 个月内做过化疗、放疗等肿瘤相关治疗;④经降糖处理后空腹血糖仍>11.1 mmol/L。

### 1.2 主要仪器和显像剂

Discovery ST 型 PET-CT 仪由美国 GE 公司生产。<sup>18</sup>F 离子由 Mintrace 回旋加速器产生,FDG 由全自动计算机控制的化学处理控制模块合成,得到的 <sup>18</sup>F-FDG 经高效液相层析测定,放化纯度>95%。

### 1.3 显像方法

PET-CT 检查前患者禁食 4 h 以上,末梢血糖控制在 3.1~6.7 mmol/L。按患者体重静脉注射 <sup>18</sup>F-FDG 4.81 MBq/kg (0.13 mCi/kg),早期显像于静脉注射 <sup>18</sup>F-FDG 后 50~60 min 进行,并行 HRCT,延迟显像于注射 <sup>18</sup>F-FDG 后 2~2.5 h 进行。PET-CT 全身显像范围从头到股骨上段,先行 CT 透射扫描,扫描电流 80 mA,电压 120 kV;后行 PET 采集,每个床位 3.5 min。肺 HRCT 扫描参数为 120~140 kV,240~260 mA,层厚 1~3 mm,尽量用小显示野包括全部肺组织。延迟扫描每个床位 6 min。将 CT 图像和 PET 图像自行融合,获得横断面、矢状面、冠状面三维断层图像。

所有病例均行 <sup>18</sup>F-FDG PET-CT 双时相显像加同机胸部 HRCT,最后由手术病理或临床随访确诊。

### 1.4 结果判断

PET-CT 图像及 HRCT 图像由 3 名核医学科医师独立阅片,观察是否存在异常 <sup>18</sup>F-FDG 摄取,根

据计算机软件在横断面、矢状面、冠状面等 3 个不同断面确定异常 <sup>18</sup>F-FDG 摄取病灶的位置。对照 CT 所示肺部病灶勾画 ROI,根据受检者体重、注射剂量和时间、ROI 内放射性计数,由计算机自动计算出病灶早期显像 SUV (SUV 的良恶性界值为 2.5),然后将同样大小 ROI 置于延迟显像的相应层面,计算滞留指数(retention index, RI)作为半定量指标,RI=(SUV<sub>延迟</sub>-SUV<sub>早期</sub>)/SUV<sub>早期</sub>×100%。应用 HRCT 观察结节内部及周围结构的细节。

### 1.5 统计学处理

应用 SPSS13.0 对两组资料进行分析,计量资料采用 *t* 检验,计数资料采用  $\chi^2$  检验, $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 <sup>18</sup>F-FDG PET-CT 双时相显像和 <sup>18</sup>F-FDG PET-CT 双时相+HRCT 对 SPN 良恶性的鉴别诊断结果

173 例 SPN 患者经病理或随访证实恶性病变 41 例,良性病变 132 例。其中,<sup>18</sup>F-FDG PET-CT 双时相显像和 <sup>18</sup>F-FDG PET-CT 双时相+HRCT 对 SPN 良恶性的鉴别诊断结果见表 1。结果显示:<sup>18</sup>F-FDG PET-CT 双时相+HRCT 对 SPN 诊断的灵敏度、特异度、准确率、阳性预测值及阴性预测值均显著高于 <sup>18</sup>F-FDG PET-CT 双时相显像( $\chi^2=8.2$ ,  $P<0.05$ ;  $\chi^2=19.7$ ,  $P<0.01$ ;  $\chi^2=20.1$ ,  $P<0.01$ ;  $\chi^2=20.8$ ,  $P<0.001$ ;  $\chi^2=10.8$ ,  $P<0.01$ )。因 HRCT 能详细显示组织解剖和病理改变细节,故对 SPN 定性诊断具有一定的价值(图 1)。

### 2.2 <sup>18</sup>F-FDG PET-CT 双时相显像 SUV 对 SPN 良恶性的诊断结果比较

良恶性 SPN 的 <sup>18</sup>F-FDG PET-CT 双时相显像 SUV 结果见表 2。由表 2 数据分析显示,良性结节 SUV<sub>早期</sub>与 SUV<sub>延迟</sub>比较, $t=2.92$ , $P<0.05$ ;恶性结节 SUV<sub>早期</sub>与 SUV<sub>延迟</sub>比较, $t=3.14$ , $P<0.01$ 。恶性病变组的 SUV 变化率(即:RI)[(42.50±3.87)%]显著高于良性病变组 [(26.90±7.23)%]( $t=6.03$ ,  $P<0.01$ )。

表 1 <sup>18</sup>F-FDG PET-CT 双时相显像与同机高分辨率 CT 对孤立性肺结节鉴别诊断的价值 (%)

方法	灵敏度	特异度	准确率	阳性预测值	阴性预测值
PET-CT	91.3	42.6	77.4	51.8	60.6
PET-CT+HRCT	97.7	93.5	96.8	97.9	93.7

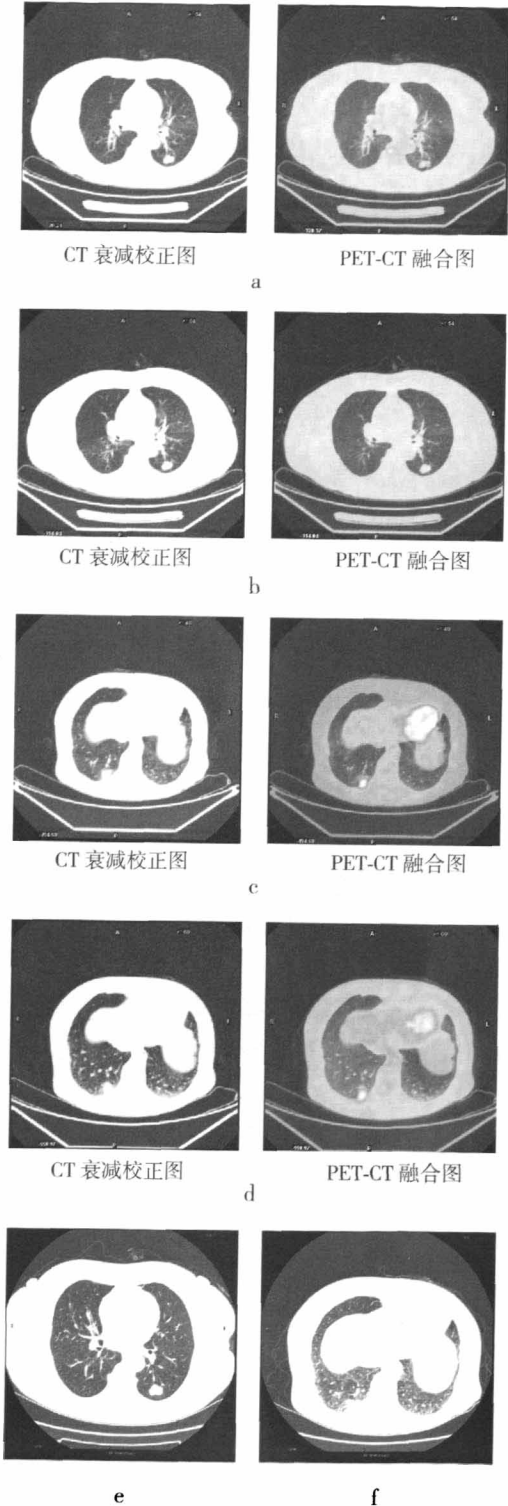


图1 <sup>18</sup>F-FDG PET-CT 双时相显像和 <sup>18</sup>F-FDG PET-CT 双时相 +HRCT 对 SPN 良恶性的鉴别诊断 图 a: 良性结节早期显像示 <sup>18</sup>F-FDG 轻度浓聚; 图 b: 良性结节延迟显像示 <sup>18</sup>F-FDG 浓聚减低; 图 c: 恶性结节早期显像示 <sup>18</sup>F-FDG 浓聚; 图 d: 恶性结节延迟显像示 <sup>18</sup>F-FDG 浓聚轻度增高; 图 e: HRCT 示良性结节边缘光滑; 图 f: HRCT 示恶性结节边缘有毛刺、分叶及血管集束征。

采取延迟显像可以更好地区别良恶性,尤其是延迟显像大大提高了 SUV 在 2.5 附近的结节的诊断准确率。

表 2 <sup>18</sup>F-FDG PET-CT 双时相显像 SUV 对孤立性肺结节良恶性的鉴别诊断价值

	良性结节	恶性结节
SUV <sub>早期</sub>	2.84 ± 0.41	6.26 ± 0.72
SUV <sub>延迟</sub>	2.73 ± 0.36	6.88 ± 0.74
滞留指数	42.50 ± 3.87	26.90 ± 7.23

### 2.3 <sup>18</sup>F-FDG PET-CT 中的 CT 及 HRCT 对 SPN 内部及周围征象的检出率

HRCT 显示 SPN 病灶的最大径为 3 cm, 最小径为 0.4 cm, 平均(2.2 ± 0.5)cm。HRCT 对 SPN 病灶本身及其周围诸多阳性征象的检出率较同机得到的 CT 图像高(表 3), 进一步从解剖形态上增加了 PET-CT 对 SPN 的诊断信息, 尤其是区分良、恶性结节。

表 3 <sup>18</sup>F-FDG PET-CT 中的 CT 及高分辨率 CT 对孤立性肺结节内部及周围征象检出率 [病灶数(%)]

CT 征象	PET-CT 同机 CT	同机高分辨率 CT
分叶	66(38.2)	86(49.7)
毛刺	62(35.9)	77(44.5)
胸膜牵拉	24(13.8)	32(18.5)
血管集束	15(8.7)	20(11.6)
磨玻璃样	3(1.7)	23(13.3)
空泡征	3(1.7)	5(2.9)

### 3 讨论

<sup>18</sup>F-FDG PET-CT 可通过观察组织内 <sup>18</sup>F-FDG 摄取量来确定其占位性病变的性质, 恶性肿瘤高摄取 <sup>18</sup>F-FDG 是因为高表达的葡萄糖转运、高水平的己糖激酶和低水平的葡萄糖-6-磷酸化酶等因素导致 <sup>18</sup>F-FDG 聚集并滞留在肿瘤细胞内而使肿瘤得以显像。由于肿瘤细胞的生物化学特性, 静脉注射 <sup>18</sup>F-FDG 后, 大多数恶性肿瘤表现为 SUV 较高, 故其在肺部恶性病变的诊断中有重要作用<sup>[4-5]</sup>。但 SUV 本身只是 <sup>18</sup>F-FDG 摄取的一个相对标准, 作为 PET 检查仅有的量化指标时, 除血糖浓度影响机体对 <sup>18</sup>F-FDG 的摄取外, 葡萄糖转运蛋白 1 的水平、乏氧、不同分化程度和增殖能力的细胞、肿瘤细胞内葡萄糖-6-磷酸酶水平、组织内肿瘤细胞密度、病

变大小和部位等均影响 SUV。此外,显像剂注射、仪器质控、重建算法、衰减校正、散射校正、采集时间等也可影响 SUV。其中,最重要的影响因素可能就是注射显像剂后的采集时间,因此,仅用单次显像的 SUV 来判断各个器官肿瘤的良好性有一定局限性,导致良恶性病灶之间存在着明显的交叉<sup>[6]</sup>。已经证明,采取延迟显像可以更好的区别良恶性,尤其是延迟显像大大提高了 SUV 在 2.5 附近的结节的诊断准确率<sup>[7]</sup>。

本研究显示,恶性病变组的 SUV 变化率  $[(42.50 \pm 3.87)\%]$  显著高于良性病变组  $[(26.90 \pm 7.23)\%]$  ( $t=6.03, P<0.01$ )。显像阳性的良性病灶往往是增殖性病变或以增殖性病变为主的结核结节,含有大量的类上皮细胞、郎罕巨细胞和淋巴细胞等,这些细胞代谢旺盛,对  $^{18}\text{F}$ -FDG 摄取可很高,因而有 6 例良性者误诊为恶性。本研究结果提示,双时相显像方法简便,在临床上具有一定的实用价值,肺恶性病变延迟显像呈 SUV 升高的幅度高于良性病变;对 SUV 为 2.5 的病灶进行双时相显像更有意义,如果延迟显像 SUV 不变或下降,则支持良性病变。

$^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT 诊断恶性结节主要依据以下几点综合判定:①SUV>2.5;②显像剂放射性浓聚呈结节状、团块状,高代谢灶边界较清楚;③结节本身或外周可见恶性肿瘤的 CT 征象,如细毛刺、分叶、空泡征、血管集束征等。良性结节主要依据以下几点综合判定:①SUV<2.5;②显像剂浓聚程度低,尤其是分布明显不均匀者,部分结节甚至无浓聚征象;③结节的 CT 表现呈片状、条状楔形、絮状或边缘模糊,无细毛刺、分叶、空泡征、血管集束征等恶性肿瘤的 CT 征象。虽然  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT 在诊断 SPN 方面具有较高的灵敏度和准确率,但 SUV 作为鉴别良、恶性病变的一个重要指标,也存在一定的不足,如假阴性。病灶的 SUV 与肿瘤倍增时间高度相关,肿瘤生长快、倍增时间短,则 SUV 高;而肿瘤生长慢、倍增时间长者则 SUV 较低<sup>[8]</sup>。对于 SPN,不能以单纯常规显像及延迟显像获得的  $\text{SUV}_{\text{max}}$  作为判定肺部病灶的良恶性的惟一标准,需要结合病灶的位置、大小、形态、病变的数量及病灶内放射性分布情况等综合判断,但小于 0.7 cm 的病灶,由于仪器分辨率的局限和部分容积效应,常出现假阴性<sup>[9]</sup>。

PET-CT 中的 CT 主要作用为定位,可以满足精确定位的需要,但是在平静呼吸状态下和低剂量下获得的图像,层厚为 5.0 mm,无法清晰显示病灶及周围结构的细节<sup>[10]</sup>。相对于 PET-CT 中衰减校正 CT 而言,胸部 HRCT 重建至厚度 1.25 mm,可多层面重建、多角度显示病灶细节,清晰显示病灶内部及周围结构的细微改变,有效降低了部分容积效应的影响,提高了空间分辨率,使我们能更好地评价肺结节的界面和内部结构<sup>[11]</sup>,进一步从解剖形态上增加了 PET-CT 对 SPN 的诊断信息,尤其是区分良、恶性结节<sup>[12]</sup>。并且,结节的边缘征象一直是 SPN 鉴别诊断的一个重要依据,HRCT 能够显示肺小叶水平的细微结构和病变,从我们的研究结果中可以看到, PET-CT+HRCT 与单纯 PET-CT 比较,对 SPN 诊断的灵敏度、特异度、准确率及阴性预测值均具有显著性差异,由此可以看出,HRCT 对病灶本身及其周围诸多阳性征象的检出率较同机得到的 CT 图像高。Zwirewich 等<sup>[13]</sup>报道,结节大小的增加以及分叶、毛刺、胸膜牵拉征、血管集束征、磨玻璃样变、空泡征、中心密度不均匀的出现,高度提示恶性肿瘤,这些征象在 HRCT 中表现的更清晰。由于 HRCT 具有极佳的空间分辨率,可直接显示叶间胸膜以及具有更清晰显示肺胸膜壁界面的能力,故有助于发现轻微的胸膜病变,有助于对胸膜病变、胸腔内病变和贴胸膜肺内病变的鉴别<sup>[14]</sup>。

总之, PET-CT+HRCT 可以作为 SPN 的首选无创性检查方法,我们应发掘 PET-CT 的多种功能,充分利用好现代影像技术提供给我们各种清晰图像及征象,提高对 SPN 的准确诊断,避免不必要的穿刺活检和开胸手术。

#### 参 考 文 献

- [1] Islam S, Roustan Delatour NL, Salahdeen SR, et al. Cytologic features of benign solitary pulmonary nodules with radiologic correlation and diagnostic pitfalls: a report of six cases. *Acta Cytol*, 2009, 53(2): 201-210.
- [2] Alzahouri K, Velten M, Arveux P, et al. Management of SPN in France. Pathways for definitive diagnosis of solitary pulmonary nodule: a multicentre study in 18 French districts. *BMC Cancer*, 2008, 8: 93.
- [3] Juergens KU, Weckesser M, Stegger L, et al. Tumor staging using whole-body high-resolution 16-channel PET-CT: does additional low-dose chest CT in inspiration improve the detection of solitary pulmonary nodules?. *Eur Radiol*, 2006, 16(5): 1131-1137.

- [ 4 ] Hashimoto Y, Tsujikawa T, Kondo C, et al. Accuracy of PET for diagnosis of solid pulmonary lesions with  $^{18}\text{F}$ -FDG uptake below the standardized uptake value of 2.5. *J Nucl Med*, 2006, 47(3):426-431.
- [ 5 ] Simon GR, Wagner H, American College of Chest Physicians. Small cell lung cancer. *Chest*, 2003, 123(1 Suppl): 259S-271S.
- [ 6 ] Ioannidis JP, Lau J.  $^{18}\text{F}$ -FDG PET for the diagnosis and grading of soft-tissue sarcoma: A meta-analysis. *J Nucl Med*, 2003, 44(5): 717-724.
- [ 7 ] Kubota K, Itoh M, Ozaki K, et al. Advantage of delayed whole-body FDG-PET imaging for tumour detection. *Eur J Nucl Med*, 2001, 28(6): 696-703.
- [ 8 ] Coleman RE. PET in lung cancer. *J Nucl Med*, 1999, 40(5): 814-820.
- [ 9 ] 潘中允. PET 诊断学. 北京: 人民卫生出版社, 2005: 218.
- [ 10 ] 刘庆伟, 刘奇. PET/CT 肿瘤学. 北京: 科学出版社, 2006: 113-125.
- [ 11 ] 张兴华, 张雪林, 熊伟, 等. 孤立型细支气管肺泡癌的 HRCT 表现. *中国医学影像技术*, 2006, 22(11): 1672-1674.
- [ 12 ] Erasmus JJ, Connolly JE, McAdams HP, et al. Solitary pulmonary nodules: Part 1. Morphologic evaluation for differentiation of benign and malignant lesions. *Radiographics*, 2000, 20(1): 43-58.
- [ 13 ] Zwirowich CV, Vedal S, Miller RR, et al. Solitary pulmonary nodule: high-resolution CT and radiologic-pathologic correlation. *Radiology*, 1991, 179(2): 469-476.
- [ 14 ] 高彦平, 辛英. 高分辨率螺旋 CT 扫描对肺部病变的诊断价值. *山西医药杂志*, 2005, 34(2): 119-120.

(收稿日期: 2011-01-26)

## 核心脏病学在心力衰竭中的临床应用

韩磊 石洪成

**【摘要】** 核心脏病学的显像技术是一种常用的无创的诊断心力衰竭的重要手段, 在评估心力衰竭程度和指导心力衰竭治疗方面发挥了重要作用。定量门控 SPECT 心肌灌注显像借助其定量分析软件, 可以定量评价心脏容积、左心室射血分数、每搏输出量、心脏舒张功能。静息和(或)负荷心肌灌注显像不仅能鉴别非缺血性心力衰竭和缺血性心力衰竭, 而且能判别心肌是否存在活性。核心脏病学显像技术能轻易地鉴别出舒张性心力衰竭(也称为射血分数正常的心力衰竭), 它通过高峰充盈率和高峰充盈率时间可以准确地评估舒张性心力衰竭的程度。借助三维成像等新技术定量门控 SPECT 能有效评估左室运动情况, 评估室壁厚度对其是一个很好的补充。心肌灌注显像还常用于判别患者是否适合植入心脏除颤器及是否适合进行心脏再同步化治疗。 $^{123}\text{I}$ -间碘苄基神经递质显像能为心力衰竭患者提供预后信息。心肌代谢活动与其功能密切相关, 能量代谢底物是评价药物治疗是否有助于提高心力衰竭患者心功能的一个指标,  $^{123}\text{I}$ -15-(p-碘苯基)3-R, S-甲基十五烷酸是一种临床研究中常用的心肌代谢显像示踪剂。借助新示踪剂的应用, 包括神经递质显像和心肌代谢显像在内的核心脏病学显像技术常用来完善心力衰竭的诊断。核心脏病学显像技术在诊断心力衰竭及指导临床治疗方面做出了巨大贡献。

**【关键词】** 心力衰竭, 充血性; 心肌疾病; 心肌灌注显像; 核心脏病学

**Clinical use of nuclear cardiology in the assessment of heart failure** HAN Lei, SHI Hong-cheng.  
Department of Nuclear Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China  
Corresponding Author: SHI Hong-cheng, Email: shihongcheng@sina.com

**【Abstract】** Nuclear cardiology is the most commonly performed non-invasive cardiac imaging test in patients with heart failure, and it plays an important role in their assessment and management. Quantitative gated single positron emission computed tomography is used to assess quantitatively cardiac volume, left ventricular ejection fraction, stroke volume, and cardiac diastolic function. Resting and stress myocardial perfu-

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2011.03.007

作者单位: 200032 上海, 复旦大学附属中山医院核医学科

通信作者: 石洪成 (Email: shihongcheng@sina.com)