

carcinoma [J]. *Cancer Res.* 1997, 57: 3415-3423.

## <sup>18</sup>F-labeled radiopharmaceuticals (excluding FDG) for PET in oncology

LUO Quan-yong

(Nuclear Medicine Department of Shanghai Sixth People's Hospital, Shanghai 200233, China)

**Abstract** This article reviews possible use of <sup>18</sup>F-labeled radiopharmaceuticals (excluding FDG) in oncology with positron emission tomography. The characteristics of various <sup>18</sup>F-labeled compounds are proteins and peptides, those that bind to receptors, agents to assess hypoxia, and agents to evaluate gene therapy. Furthermore, different <sup>18</sup>F-labeled tissue specific agents are indicated for the detection and monitoring of various malignancies.

**Key words** positron emission tomography; <sup>18</sup>F-labeled compound; oncology

文章编号: 1001-098X(2001)06-0253-06

## 门控断层显像在心肌灌注断层显像中的应用

李文罡, 陈绍亮

(复旦大学附属中山医院核医学科, 上海 200032)

**摘要:** 使用门控心肌断层显像不但减低了心脏搏动产生的图像边缘模糊, 提高了对心肌缺血诊断的灵敏度和特异性, 而且通过傅立叶变换和图像边缘识别技术等图像处理技术, 可以在一次采集的信息基础上同时获得心脏的心肌血流灌注、心肌活力、室壁运动、射血功能和收缩协调性等参数, 提高了核素心脏检查的价值, 为临床准确判断患者的心脏状况, 选择治疗方案, 预后及疗效评价提供了更可靠的数据。本文就其近年来的临床应用进行综述。

**关键词:** 门控断层显像; 心肌灌注显像; 局部室壁运动; 心肌活力

中图分类号: R817.4 文献标识码: A

常规的核素心脏检查主要可以提供两方面的信息: 心肌灌注断层显像提供左室心肌的血流灌注情况; 核素心室造影可以了解心脏的功能。这两方面信息对于患者的诊断、治疗和预后都具有重要的意义。为了减少采集时间, 降低患者接受的辐射剂量, 许多学者通过不同的方法, 希望能够注射一次药物, 甚至一次采集, 来同时获得更多的关于心肌灌注和功能方面的参数。早在1990年, Marcassa C等<sup>[1]</sup>就将门控技术应用<sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-MIBI平面心肌灌注显像, 计算出的室壁增厚率 (STR) 具有很好的重复性, 并且与超声心动图以及MRI的结果有很好的相关性。

Nicolai E等<sup>[2]</sup>使用<sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-MIBI门控平面心肌灌注显像与<sup>201</sup>Tl再注射显像相比较, 发现<sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-MIBI反映的收缩末期室壁增厚程度与<sup>201</sup>Tl的再注射摄取率有很大的关系, 在由负荷引起的缺血区, 即<sup>201</sup>Tl有再分布的区域, 室壁增厚率仍然保持接近正常的水平, 因此作者建议将室壁增厚率与心肌灌注和代谢一起作为冠心病患者的诊断指标。由于平面显像的分辨率和诊断灵敏度的缺陷, 断层显像替代了平面显像之后, 门控与断层显像相结合的技术更加提高了断层显像的灵敏度。

总结大量研究结果, 门控断层显像相比于常规断层显像的优势主要体现在以下各方面。

### 1 判断局部室壁运动

门控心肌断层显像 (G-SPECT) 通常按照一个心动周期 8~16 帧图像的方式采集, 重建处理后获得心肌不同时相的断层图像, 按照舒张末期至收缩

收稿日期: 2001-06-04

作者简介: ①李文罡 (1973-), 上海复旦大学附属中山医院核医学科博士研究生, 主要从事双核素及门控心肌灌注断层显像。

②陈绍亮 (1945-), 上海复旦大学附属中山医院核医学科教授, 博士生导师。

末期的次序将 8 或 16 帧断层图像在计算机屏幕上  
进行电影显示,就能目测评价心肌各节段收缩和舒  
张的情况以及心腔随心脏搏动的形态变化。如果使  
用几何的方法测定心腔内的轴缩短率或是按照室壁

平均放射性计数的变化计算室壁增厚率,还能定量  
分析室壁收缩运动功能。许多学者应用不同的方法  
与 G-SPECT 显像获得的局部室壁运动和增厚率进  
行平行比较,都获得了满意的相关性,见表 1

表 1 不同方法测定室壁运动或室壁增厚率与 G-SPECT 相关性

作者	年份	显像剂	对照方法	统计值
Abe M	2000	$^{99}\text{Tc}^m$ -tetrofosmin	左室导管造影	$r=0.94, P<0.001$
Tadamura E	1999	$^{99}\text{Tc}^m$ and $^{201}\text{Tl}$	3DM RI	$\text{Kappa}>0.7, P<0.001$
Vaduganathan P	1999	$^{99}\text{Tc}^m$ -tetrofosmin	M RI	$\text{Kappa}=0.82$
Yang KT	1998	$^{99}\text{Tc}^m$ -sestamibi	ERNA	$\text{Kappa}=0.75$
Nakajima K	1997	$^{99}\text{Tc}^m$ -tetrofosmin	ERNA	$r=0.78$

Cooke CD 等<sup>[3]</sup>使用快速傅立叶转换分析的方法  
对左室壁运动进行定量分析,认为该定量方法即  
使用 8 帧心动周期的采集方式,仍然能准确地判断  
运动减弱的心肌

运动负荷后门控断层显像显示,左室局部室壁运  
动的情况对于评价“顿抑”心肌具有很好的灵敏度和特  
异性。部分缺血的心肌即使血流恢复,收缩运动仍然保  
持低下状态并持续 30min 至 2h,学者将这些心肌称为  
“顿抑”心肌。这种运动低下状态的机理至今尚未完全  
了解。一种假说认为,再灌注时自由基对心肌的损伤作  
用导致心肌细胞中肌丝对  $\text{Ca}^{2+}$  的敏感度下降,而产生  
“顿抑”现象<sup>[4]</sup>。Johnson LL 等<sup>[5]</sup>使用二日法运动静  
息  $^{99}\text{Tc}^m$ -MIBI G-SPECT 测量轴缩短率进行室壁运  
动分析,正常心肌部位运动后和静息轴缩短率分别为  
 $0.3\pm 0.12$  和  $0.32\pm 0.13$ ,差别为  $0.02\pm 0.09$ ,而缺  
血心肌运动和静息缩短率分别为  $0.25\pm 0.14$  和  $0.39$   
 $\pm 0.14$ ,差别为  $0.14\pm 0.15$ ,说明运动负荷后的心肌  
“顿抑”现象明显降低室壁运动,并导致射血分数 (EF)  
降低。而 Jun H 等<sup>[6]</sup>通过分时多次采集运动后的 G-  
SPECT,认为常规的运动  $^{99}\text{Tc}^m$ -MIBI G-SPECT 在负  
荷后 60min 才采集,而此时往往会忽略了由于运动引  
起的左室运动功能降低,因此建议在评价“顿抑”心肌  
时,运动负荷  $^{99}\text{Tc}^m$ -MIBI G-SPECT 应该在药物注射  
后 5min 开始采集

## 2 获得整体功能参数

仅使用电影显示目测观察室壁运动已不能满足  
现代医疗和诊断水平的要求,随着计算机和医学图  
像处理技术的发展,应用图像边缘识别、图像反转及  
傅立叶变换等技术,勾画左室心腔轮廓,根据舒张末

期和收缩末期心腔大小的区别计算左室整体功能参  
数,已经成为研究的热点。左室整体功能参数主要有  
左室射血分数 (LVEF)、左室收缩分数 (LVCF)、舒  
张末期容积 (EDV) 和收缩末期容积 (ESV) 等,其中  
LVEF 值是最常用于心功能评价、预后判断和随访  
的重要指标。门控心肌断层显像重建后的图像,利用  
计算机的自动勾边技术勾画左室的心腔轮廓。使用  
三维拟合或二维数学模型推导,先求出 EDV 和  
ESV,根据  $\text{LVEF}=(\text{EDV}-\text{ESV})/\text{EDV}\times 100\%$  就  
能获得左室射血分数。目前研究所用的计算左室功  
能参数的算法有两类,一类是成套的软件包,如  
Cedars-Sinai Medical Center 的 Quantitative Gated  
SPECT (QGS) 软件包和 Emory University 的 Car-  
diac Toolbox 软件包;另一类是用自行研制的算法  
开发的软件,其相对兼容性较差而仪器的针对性强。  
它们之间主要的区别在于对左室心肌边界确定的方  
法不同,但与其他方式如核素首次通过法 (FRNA)、  
平衡法门控心血池 (ERNA)、超声心动图 (US)、  
MRI、左室造影 (LVG) 等获得的 EF、EDV 和 ESV  
值相比,都获得了较准确的结果,见表 2 表 3

G-SPECT 测定左室功能的平行相关性研究虽  
然很多,但是其获得的 LVEF、EDV 和 ESV 缺乏正  
常界值也影响了其临床应用价值。Rozanski A 等<sup>[18]</sup>  
研究了 214 例正常人的  $^{99}\text{Tc}^m$ -MIBI G-SPECT 影  
像,分性别探讨了心功能参数的正常界值,研究认为  
正常人的 LVEF 男性  $\geq 4\%$ ,女性  $\geq 4\%$ ; EDV 男  
性  $\leq 76\text{mL}/\text{m}^2$ ,女性  $\leq 57\text{mL}/\text{m}^2$ ; ESV 男性  $\leq$   
 $38\text{mL}/\text{m}^2$ ,女性  $\leq 26\text{mL}/\text{m}^2$ 。女性的 LVEF 显著高  
于男性,而且 LVEF 与 LV EDV 指数之间有显著相  
关性 ( $r=-0.6, P<0.0001$ )。对于大面积心肌梗死

患者的 G-SPECT 影像,难以进行心肌边缘确定同样限制 G-SPECT 进行心功能判断的因素 Nichols K 等<sup>[19]</sup>使用了轴向寻找影像最高计数,然后将相同轴向计数按照最高计数参考系数进行归一的方法增强影像,使大面积灌注缺损的 G-SPECT 影像较完整地显示心肌边缘,以便进行进一步的心功能参数处理,使这种方法获得的 EF 值与 FRNA 获得的 EF 值的相关性 ( $r = 0.94$ ) 较不进行影像增强的 EF 相关性 ( $r = 0.85$ ) 有了显著的提高。Sharir

T 等<sup>[20]</sup>对 1680 例患者进行了跟踪随访研究,所有患者在运动负荷后行 G-SPECT 显像,结果发现尽管心肌灌注严重减低,只要  $EF \geq 45\%$ ,其一年死亡率  $< 1\%$ ,而即使是轻度或中度血流灌注减低,  $EF < 45\%$  的患者中,一年死亡率约为  $9.2\%$ ,重度血流减低患者的死亡率更高;用同样方法测得的 ESV 和 EDV 的相对危险界值分别是  $> 70\text{mL}$  和  $> 120\text{mL}$  使用这一方法对患者进行危险度分类,明显提高了 G-SPECT 的临床应用价值。

表 2 门控心肌断层显像测定 EF 值与其他方法的相关性<sup>[7-17]</sup>

作者	年份	显像剂	心肌边界确定方法	对照方法	相关系数 $r$	
					EDV	ESV
Germano G	1995	<sup>99</sup> Tc <sup>m</sup> -M IBI	Gaussian 剖面曲线法	FRN A	0.909, ( $P < 0.001$ )	
Faber T L	1999	<sup>99</sup> Tc <sup>m</sup> -M IBI	心肌中心线法	M RI FRN A	0.88, (SEE= 0.078) 0.82, (SEE= 0.081)	
Nichols K	1999	<sup>99</sup> Tc <sup>m</sup> -M IBI	QGS from Cedars-Sinai Emory Cardiac toolbox	U S	0.75, ( $P < 0.05$ ) 0.72, ( $P < 0.05$ )	
Masahiro T	2000	<sup>99</sup> Tc <sup>m</sup> -tet rofosmin	QGS from Cedars-Sinai Emory Cardiac toolbox	LVG	0.69, ( $P < 0.05$ ) 0.72, ( $P < 0.05$ )	
Williams KA	1996	<sup>99</sup> Tc <sup>m</sup> -M IBI	计数倒转法	FRN A	0.93, ( $P < 0.05$ )	
Pierre V	1999	<sup>201</sup> Tl	Multidim of SWVi	ERN A LVG	0.88, ( $P < 0.05$ ) 0.72, ( $P < 0.05$ )	
Manrique A	1999	<sup>201</sup> Tl <sup>99</sup> Tc <sup>m</sup> -M IBI	QGS from Cedars-Sinai	ERN A	0.76, (SEE= 9.4%) 0.88, (SEE= 12.4%)	
Yoshioka J	1999	<sup>99</sup> Tc <sup>m</sup> -tet rofosmin	QGS from Cedars-Sinai	LVG	0.87, ( $P < 0.01$ )	
Mochizuki T	1997	<sup>99</sup> Tc <sup>m</sup> -M IBI	最高计数 65% 手动勾画	LVG M RI	0.83, ( $P < 0.05$ ) 0.89, ( $P < 0.05$ )	
Cwajg E	1999	<sup>99</sup> Tc <sup>m</sup> -M IBI <sup>201</sup> Tl	QGS from Cedars-Sinai	U S	0.72, ( $P < 0.001$ ) 0.75, ( $P < 0.001$ )	
Everaert H	1996	<sup>99</sup> Tc <sup>m</sup> -tet rofosmin	室壁平均计数法	ERN A	0.93, (SEE= 7.06%)	

表 3 门控心肌断层显像测定 EDV ESV 值与其他方法的相关性<sup>[8-14]</sup>

作者	年份	显像剂	心肌边界确定方法	对照方法	相关系数 $r$	
					EDV	ESV
Faber T L	1999	<sup>99</sup> Tc <sup>m</sup> -M IBI	心肌中心线法	M RI FRN A	0.97 0.85	0.99 0.91
Nichols K	1999	<sup>99</sup> Tc <sup>m</sup> -M IBI	QGS from Cedars-Sinai Emory Cardiac toolbox	U S	0.90 0.90	0.94 0.94
Masahiro T	2000	<sup>99</sup> Tc <sup>m</sup> -tet rofosmin	QGS from Cedars-Sinai Emory Cardiac toolbox	LVG	0.82 0.81	0.92 0.92
Pierre V	1999	<sup>201</sup> Tl	Multidim of SMVi	LVG	0.93	0.94
Mochizuki T	1997	<sup>99</sup> Tc <sup>m</sup> -M IBI	最高计数 65% 手动勾画	LVG M RI	0.92 0.94	0.90 0.90
Yoshioka J	1999	<sup>99</sup> Tc <sup>m</sup> -tet rofosmin	QGS from Cedars-Sinai	LVG	0.73	0.83
Cwajg E	1999	<sup>99</sup> Tc <sup>m</sup> -M IBI <sup>201</sup> Tl	QGS from Cedars-Sinai	U S	0.86 0.86	0.86 0.85

### 3 判断心肌活力

以往心肌活力的评价多使用 $^{201}\text{Tl}$ 进行再分布或再注射显像,但与使用 $^{18}\text{F-FDG}$ 进行心肌代谢显像的结果相比, $^{201}\text{Tl}$ 静息再分布显像的结果显然低估了部分心肌的活力。由于“顿抑”、“冬眠”心肌概念的提出,如何对心肌活力进行更有效而准确的判断也成为核心脏病学的新热点。虽然 $^{18}\text{F-FDG}$ 心肌代谢显像被认为是评价活性心肌的“金标准”,但设备要求和药物来源限制了其临床推广和应用。Yamashita K等<sup>[21]</sup>研究显示, $^{99}\text{Tc}^m\text{-MIBI}$  G-SPECT测得的STR与心肌局部代谢状态呈良好的相关性。G-SPECT在提供心肌灌注资料的同时能增加室壁收缩功能信息,在心肌存活评价中有一定的价值,因此有了更广泛的用途。Narula J等<sup>[22]</sup>使用次极量多巴酚丁胺负荷 $^{99}\text{Tc}^m\text{-MIBI}$  G-SPECT显像,将54例患者1080个心肌节段中的584个功能严重降低的节段归类为“冬眠”心肌(140/584)、“顿抑”心肌(136/584)重构心肌(177/584)和瘢痕组织(131/584),结果低剂量多巴酚丁胺 $^{99}\text{Tc}^m\text{-MIBI}$  G-SPECT显像中各类型相应心肌节段具有的功能储备,“顿抑”心肌中为83%、“冬眠”心肌中有59%,重构心肌中占35%,而瘢痕组织中仅有13%;即使同一个患者存在不同类型的缺血心肌,使用负荷G-SPECT也能较好地地区分心肌的活性。Levine MG等<sup>[23]</sup>使用 $^{99}\text{Tc}^m\text{-MIBI}$ 对15例患者在血管重建前后行G-SPECT显像,如果仅使用灌注显像预测105个接受血管重建的心肌区的活力,其灵敏度、特异性和准确度分别为86%、53%和83%;而结合室壁运动一起判断心肌活力时,相应值达到了93%、53%和91%,G-SPECT显像有效地提高了诊断灵敏度和准确性。然而,G-SPECT由于空间分辨率的限制和人为误差的影响,仍无法代替心肌代谢显像。DePuey EG等<sup>[24]</sup>通过 $^{99}\text{Tc}^m\text{-MIBI}$  G-SPECT $^{201}\text{Tl}$ 再分布和 $^{18}\text{F-FDG}$ 三种方式评价心肌活力,认为 $^{18}\text{F-FDG}$ 在评价心肌活力上仍然优于前两者。同样,Kuwabara Y等<sup>[25]</sup>也认为,使用 $^{99}\text{Tc}^m\text{-tetrofosmin}$  G-SPECT显像通过灌注和收缩末期室壁增厚只是有助于判断活性心肌,需要更多的临床验证和技术改良来降低G-SPECT对心肌活力的过高评估。

### 4 减低运动伪影和下壁衰减

组织衰减导致的左室下后壁放射性分布稀疏或

缺损一直是影响心肌灌注断层显像诊断冠心病准确性的因素之一。不少学者曾使用右侧卧位或俯卧位采集的方法以减少隔肌的衰减<sup>[26]</sup>,但由于患者体位不适,容易引发移动伪影。目前认为较好的解决方法是使用非均匀透视式衰减校正,但是需要特殊的装置和软件,不便推广使用。使用G-SPECT采集方法,由于减少了心脏的节律运动伪影,采集的数据信息量大,在一定程度上能够弥补下壁的衰减,而且可以根据是否有运动,排除肝脏左叶对心肌影像的干扰。Dogruca Z等<sup>[27]</sup>用G-SPECT对 $^{201}\text{Tl}$ 和 $^{99}\text{Tc}^m\text{-MIBI}$ 进行采集,使两种显像剂对下壁缺血诊断的特异性分别从54%和46%提高到83%和82%,G-SPECT和俯卧位采集方法对下壁衰减校正的效果没有明显区别。G-SPECT仅使用一次采集的方式,不但获得了功能参数,而且校正了部分由于衰减引起的下壁稀疏,提高了影像质量。DePuey EG等<sup>[28]</sup>使用G-SPECT对女性左室前壁、男性左室下壁的放射性固定性缺损进行功能评价,排除功能正常节段心肌缺血的可能性后,非缺血性放射性稀疏引起误诊的机会由14%降到3%。左束支传导阻滞患者由于室间隔在收缩末期增厚程度降低,常引起断层图像间隔部位稀疏,而在G-SPECT舒张末期的图像,室间隔与其它室壁的放射性接近,因而可以通过这样的方法确定LBBB患者是否合并有间隔缺血<sup>[29]</sup>。门控心肌灌注断层显像具有多时相分析心肌血流灌注和功能的优势,并且不需要其他辅助手段和设施,所以在心肌灌注断层显像的多种伪影的辨析和校正中具有显著的临床应用价值。

门控心肌灌注断层显像作为核医学的新技术,充分体现了核医学功能显像和结构显像特点。在其采集和处理中仍需解决和完善的问题是:提高采集灵敏度,使用更新的图像处理方法,降低定量计算中的人为因素和随机因素的误差等,使其应用价值进一步扩展。

#### 参考文献:

- [1] Marcassa C, Marzullo P, Parodi O, et al. A new method for noninvasive quantitation of segmental myocardial wall thickening using technetium-99m-methoxy-isobutyl-isonitrile scintigraphy— results in normal subjects[J]. J Nucl Med, 1990, 31: 173-177.
- [2] Nicolai E, Cuocolo A, Pace L, et al. Assessment of systolic wall thickening using technetium-99m-methoxyisobutyl sonitrile in patients with coronary

- artery disease relation to thallium-201 scintigraphy with re-injection[J]. *Eur J Nucl Med*, 1995, 22: 1017-1022.
- [3] Cooke CD, Garcia EV, Cullom SJ, et al. Determining the accuracy of calculating systolic wall thickening using a fast Fourier transform approximation a simulation study based on canine and patient data [J]. *J Nucl Med*, 1994, 35: 1185-1192.
- [4] Bolli R. Mechanism of myocardial "Stunning" [J]. *Circulation*, 1990, 82: 723-738.
- [5] Johnson LL, Verdesca FS, Aude WY, et al. Postischemic stunning can affect left ventricular ejection fraction and regional wall motion on post-stress gated sestamibi tomograms [J]. *J Am Coll Cardiol*, 1997, 30: 1641-1648.
- [6] Jun H, Atsushi K, Ryuichiro L, et al. Gated single-photon emission tomography imaging protocol to evaluate myocardial stunning after exercise [J]. *Eur J Nucl Med*, 1999, 26: 1541-1546.
- [7] Germano G, Kiat H, Kavanagh PB, et al. Automatic quantification of ejection fraction from gated myocardial perfusion SPECT [J]. *J Nucl Med*, 1995, 36: 2138-2147.
- [8] Faber TL, Cooke CD, Folks RD, et al. Left ventricular function and perfusion from gated SPECT perfusion images An integrated method [J]. *J Nucl Med*, 1999, 40: 650-659.
- [9] Nichols K, Lefkowitz D, Faber T, et al. Echocardiographic validation of gated SPECT ventricular function measurements [J]. *J Nucl Med*, 2000, 41: 1308-1314.
- [10] Masahiro T, Shin-ichiro K, Keiichi C, et al. Comparison of Emory and Cedars-Sinai methods for assessment of left ventricular function from gated myocardial perfusion SPECT in patients with a small heart [J]. *Ann Nucl Med*, 2000, 14: 421-426.
- [11] Pierre V, Alain M, Pontvianne V, et al. Thallium-gated SPECT in patients with major myocardial infarction: Effect of filtering and zooming in comparison with equilibrium radionuclide imaging and left ventriculography [J]. *J Nucl Med*, 1999, 40: 513-521.
- [12] Mochizuki T, Murase K, Tanaka H, et al. Assessment of left ventricular volume using ECG-gated SPECT with technetium-99m-MIBI and technetium-99m-tetrofosmin [J]. *J Nucl Med*, 1997, 38(1): 53-57.
- [13] Yoshioka J, Hasegawa S, Yamaguchi H, et al. Left ventricular volumes and ejection fraction calculated from quantitative electrocardiographic-gated  $^{99m}\text{Tc}$ -tetrofosmin myocardial SPECT [J]. *J Nucl Med*, 1999, 40(10): 1693-1698.
- [14] Cwajg E, Cwajg J, He ZX, et al. Gated myocardial perfusion tomography for the assessment of left ventricular function and volumes: Comparison with echocardiography [J]. *J Nucl Med*, 1999, 40(11): 1857-1865.
- [15] Williams KA. Left ventricular function in patients with coronary artery disease assessed by gated tomographic myocardial perfusion images: comparison with assessment by contrast ventriculography and first-pass radionuclide angiography [J]. *J Am Coll Cardiol*, 1996, 27: 173-181.
- [16] Manrique A, Faraggi M, Pierre V, et al.  $^{201}\text{Tl}$  and  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI gated SPECT in patients with large perfusion defects and left ventricular dysfunction: comparison with equilibrium radionuclide angiography [J]. *J Nucl Med*, 1999, 40: 805-809.
- [17] Everaert H, Franken PR, Flamen P, et al. Left ventricular ejection fraction from gated SPET myocardial perfusion studies: a method based on the radial distribution of count rate density across the myocardial wall [J]. *Eur J Nucl Med*, 1996, 23(12): 1628-1633.
- [18] Rozanski A, Nichols K, Yao SS, et al. Development and application of normal limits for left ventricular ejection fraction and volume measurements from  $^{99m}\text{Tc}$ -sestamibi myocardial perfusion gated SPECT [J]. *J Nucl Med*, 2000, 41(9): 1445-1450.
- [19] Nichols K, Depuey EG, Rozanski A, et al. Image enhancement of severely hypoperfused myocardia for computation of tomographic ejection fraction [J]. *J Nucl Med*, 1997, 37(9): 1411-1417.
- [20] Sharir T, Germano G, Kavanagh PB, et al. Incremental prognostic value of post-stress left ventricular ejection fraction and volume by gated myocardial perfusion single photon emission computed tomography [J]. *Circulation*, 1999, 100(7): 1035-1042.
- [21] Yamashita K, Tamaki N, Yonekura Y, et al. Regional wall thickening of left ventricle evaluated by gated positron emission tomography in relation to myocardial perfusion and glucose metabolism [J]. *J Nucl Med*, 1991, 32(4): 679-685.
- [22] Narula J, Dawson MS, Singh BK, et al. Noninvasive characterization of stunned, hibernating, remodeled and nonviable myocardium in ischemic cardiomyopathy [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2000, 36(6): 1913-1919.
- [23] Levine MG, McGill CC, Ahlberg AW, et al. Functional assessment with electrocardiographic gated single-photon emission computed tomography improves the ability of technetium-99m sestamibi myocardial perfusion imaging to predict myocardial viability in patients undergoing revascularization [J]. *Am J Cardiol*, 1999, 83(1): 1-5.

- [24] DePuey EG, Ghesani M, Schwartz M, et al. Comparative performance of gated perfusion SPECT wall thickening, delayed thallium uptake, and F-18 fluorodeoxyglucose SPECT in detecting myocardial viability [J]. J Nucl Cardiol, 1999, 6(4): 418-428
- [25] Kuwabara Y, Watanabe S, Nakaya J. Functional evaluation of myocardial viability by  $^{99m}\text{Tc}$  tetrafosmin gated SPECT—a quantitative comparison with  $^{18}\text{F}$  fluorodeoxyglucose positron emission CT ( $^{18}\text{F}$  FDG PET) [J]. Ann Nucl Med, 1999, 13(3): 135-140
- [26] Heiba SI, Hayat NJ, Salman HS, et al.  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI myocardial SPECT. Supine versus right lateral imaging and comparison with coronary arteriography [J]. J Nucl Med, 1997, 38(10): 1510-1514
- [27] Dogruca Z, Kabasakal L, Yapar F, et al. A comparison of Tl-201 stress-reinjection-prone SPECT and Tc- $^{99m}$ -sestamibi gated SPECT in the differentiation of inferior wall defects from artifacts [J]. Nucl Med Commun, 2000, 21(8): 719-727.
- [28] DePuey EG, Rozanski A. Using gated technetium- $^{99m}$ -sestamibi SPECT to characterize fixed myocardial defects as infarct or artifact [J]. J Nucl Med, 1995, 36(6): 952-955.
- [29] Sugihara H, Tamaki N, Nozawa M, et al. Septal perfusion and wall thickening in patients with left bundle branch block assessed by technetium- $^{99m}$ -sestamibi gated tomography [J]. J Nucl Med, 1997, 38(4): 545-547.

## The application of gated SPECT in myocardial perfusion imaging

LI Wen-gang, CHEN Shao-liang

(Department of Nuclear Medicine, Zhongshan Hospital Fudan University, Shanghai 200032, China)

**Abstract** Gated-SPECT not only can reduce the image blur caused by beating, but also can improve the sensitivity and specificity of diagnosis of myocardial ischemia. If Fourier transform and image edge detect technology is used, we can get more information of myocardium perfusion, myocardium viability, wall motion, ejection function, and the harmony of contraction. Due to the advantage of quantification, more and more attention has been taken to the application of gated SPECT in myocardial perfusion imaging. We reviewed the clinical application of gated SPECT in myocardial perfusion in the last few years.

**Key words** gated SPECT; myocardial perfusion imaging; segment wall motion; myocardium viability

文章编号: 1001-098X(2001)06-0258-04

## 钠 碘同向转运体与放射性碘治疗

陈立波

(上海市第六人民医院核医学科, 上海 200233)

**摘要:** 钠 碘同向转运体 (NIS) 是一种调节甲状腺及其他组织碘转运活性的膜蛋白。NIS 在甲状腺的病理生理中发挥着关键性作用, 它实现了甲状腺组织摄取碘并进行甲状腺激素的生物合成, 实现了甲状腺功能亢进和分化型甲状腺癌的显像诊断和放射性碘治疗。近年来, 对 NIS 的进一步分子学研究表明, NIS 有可能对甲状腺及非甲状腺肿瘤的诊断和放射性碘治疗产生更加深远的影响。

**关键词:** 钠 碘同向转运体; 放射性碘治疗; 甲状腺癌; 乳腺癌; 前列腺癌

**中图分类号:** R817.5 **文献标识码:** A

虽然人们在数十年前就已经知道甲状腺滤泡上皮细胞的摄碘功能是由位于其基底膜上特定的钠离子依赖性“碘泵”所介导的, 但是直到 1996 年才相继克隆出大鼠和人的钠 碘同向转运体 (NIS) 基因<sup>[1,2]</sup>。随后, 人们在 NIS 的分子学特性<sup>[3,4]</sup>、NIS 在

收稿日期: 2001-10-25

作者简介: 陈立波 (1973-), 男, 江苏盐城人, 上海市第六人民医院核医学科住院医师, 苏州大学临床核医学专业硕士研究生, 研究方向: 核素治疗。

审校者: 上海市第六人民医院核医学科, 上海第二医科大学六临床医学院 朱瑞森