

## ·综述与编译·

## 多探头 SPECT

上海中山医院核医学研究室(上海,200032) 王凤琴 袁爱娜 综述 赵惠扬 审校

**摘要:**重点介绍了多探头 SPECT 的现状、特点、性能和临床应用的价值,包括影响影像质量的因素,如信号-噪音比、散射、精确度、准直器的选择、定量处理和临床应用的优缺点等。

**关键词:**SPECT 准直器 信号-噪音比 散射 衰减

最近几年来,核医学显像仪器的基本性能有了很大的进展,如空间分辨率、线性、均匀度和最大计数率等有了显著的改进。因此,获得的图像质量、诊断和定量的准确性有了很大的提高,使 SPECT 更加成熟和完善。

过去,SPECT 多用于平面显像。最近几年,断层应用方面有了显著的增加,特别是心肌和脑灌注显像。本文重点介绍多探头 SPECT 的现状、特点、性能和临床应用价值。

### 1 多探头系统的发展概况

1960年,Kuhl和Edwards首先开始使用自制的SPECT。目前的SPECT能进行脑和身体其他任何部位的断层显像。表1列出了各种类型的商品多探头SPECT系统<sup>[1]</sup>。

专用多探头系统。如自制的DCAT<sup>[2]</sup>和SPRINT<sup>[3]</sup>或是商品的Strichman<sup>[4]</sup>和ASPECT<sup>[5]</sup>等,其探头一般排列成多角形或环形。

多用多探头系统。如Trionix TRIAD、Picker PRISM或日立Neuro SPECT 2000,具有2~4个闪烁照相机探头装在一个门架上。此装置通常又可称为多探头SPECT系统,它能用于全身各个脏器的显像。目前,多探头系统在美国的销售情况为:单探头无变化,双探头增加一倍,三探头减少38%。

临床核医学显像的目的不仅是得到一张好照片,而且是根据它对疾病的诊断、疾病预

后的判断、治疗的计划和病情的监护等提供帮助。因此,核医学显像应有高度的诊断和定量的准确性。实际上,欲达到此目的对仪器的要求是很严格的。

### 2 影响影像质量的因素

影像质量的好坏主要依赖于信号-噪音比,它是直接影响诊断和定量准确性的主要因素,如基于傅里叶修复滤过可以增加信号-噪音比,接收器工作特性(ROC)分析时可以增加诊断和定量的准确性。信号-噪音比是欲得到的信息和噪音(如放射性衰变时的统计学)的比例。例如,肝脏显像探测占位性病变时,主要是区别病变和周围肝脏放射性的差别,两者的差别很大时病变才能够显示出来,影像系统的调制转移函数(MTF)可以判断定量的关系,MTF由点状分布函数(一般测量空间分辨率)的傅里叶转换获得。

散射光子能够降低影像的对比度。目前有些SPECT有专门校正散射的软件、程序和方法。病变内和周围组织放射性的统计学涨落可以产生噪音,此统计学涨落由放射性衰变时的泊松(Poisson)分布所造成。如影像中的计数少,涨落就大,可掩盖病变的显示。

目前的SPECT常用于影像的定量测定,因此,定量的准确度和精确度是很重要的。

准确度为平均值(例如放射性浓度),反

表1 各种类型的商品多探头系统

厂家	型号	探头数目	脏器
专用多探头系统			
DSI	ASPECT	1 环	脑
Hedimatic	Tomomatic	16×4 环	脑
岛津	SET 031	63×3 环	脑
Strichman	SME 810	12×1 环	脑
多用多探头系统			
ADAC	Dual Genesys	2	全身
	Vertex	2 探头可变角度	全身
Elscint	Helix	2	全身
GE	Neurocam	3	脑等
	Optima	2 探头成 90°	心脏等
	Maxyus	2	全身
日立	SPECT 2000	4	脑等
Picker	PRISM	2 或 3	全身
西门子	MULTISPECT	2 或 3	全身
Sopha	DST	2 探头可变角度	全身
东芝	GCA	2 或 3	全身
Trionix	BIAD/TRIAD	2 或 3	全身

映出真实值的情况。平均值由多次的测量而获得,严格地讲,每次测量的数值可以有区别,但平均值应与真实值相符合,这样就可以说明测量是准确的。准确度能够准确地描绘出病人体内正确的对比度,它受到显像系统空间分辨率和光子衰减等因素的影响。

精确度是反映每次测量的变化。如果全部的数据都互相吻合,则全部的测量都是精确的,重复性佳。精确度受到放射性衰变泊松分布造成的固有统计学涨落的影响。计算机处理使用一般的 9 点权重平滑(平均)可以增进每个象素的精确度。

高分辨率和高灵敏度的 SPECT 可以获得高的信号-噪音比,通过协调以上的二个因素,可以提高影像的质量。Muehleher 等<sup>(6)</sup>认为,如果分辨率增进 2mm(如 10mm 至 8mm),图像的质量可以提高 1/4 倍。最近, Fahey 等<sup>(7)</sup>用多探头系统做模型试验证实了以上的论点,即影像的信号-噪音比决定了影

像的质量,通过增加空间分辨率或减少信号-噪音比,即增加灵敏度可以增加此比值。

### 3 临床应用的优缺点

选择合理的 SPECT 准直器亦很重要。如使用高分辨率准直器会丧失灵敏度。为了克服高分辨率准直器降低灵敏度的缺点,目前多使用扇形准直器和圆锥形准直器。使用此类准直器可以同时提高分辨率和灵敏度。但是它亦有缺点,即除了需要特殊的算法外,视野范围要减少,因此,此种准直器适用于脑和心脏显像。

对于多探头 SPECT 系统,灵敏度随探头数目成正比例地增加。双探头系统可以使灵敏度增加 2 倍,三探头系统可使灵敏度增加 3 倍。但是应注意到,多探头系统只有在 360°采集时才能提高灵敏度,见表 2 所示。

大多数 SPECT 检查是采用 360°采集。此角度的采集可以得到准确的重建。穿透断

层显像只要 180°即可,因为后面 180°与前面 180°的数据是相同的。SPECT 由于平行孔准直器深度对分辨率的影响和组织的衰减会使前后投影有显著的差别。亦有人使用 180°采集进行前-顶-后脑 SPECT 及前-侧-后肝和脾分开的 SPECT 显像。心脏 SPECT

通常使用 180°采集,但有人认为<sup>201</sup>Tl 180°采集会产生伪影,定量处理会受影响<sup>[8]</sup>。实际上,大多数学者仍使用 180°。目前,很多医学中心使用<sup>99m</sup>Tc 标记的心肌灌注显像剂,仍使用 180°采集,同样获得高对比度的影像。

表 2 相同总计数需要采集的时间和相对灵敏度

	360°采集		180°采集	
	采集时间(分钟)	相对灵敏度	采集时间(分钟)	相对灵敏度
单探头	30	1	30	1
双探头(相隔 180°)	15	2	30	1
双探头(相隔 90°)	15	2	15	2
三探头	10	3	20	1.5

三探头 180°采集(探头相隔 120°)灵敏度相当于单探头的 1.5 倍。双探头(探头相隔 180°)的灵敏度与单探头者一样。双探头角度可以改变者,若成 90°、180°采集时其灵敏度相当于单探头的 2 倍,而大于三探头的 33%。

目前,多探头系统均使用高分辨率准直器,因此,采集时间与单探头系统相似,但所得到的影像分辨率佳,具有高的信号噪声比。由病人的全部检查过程看来,如病人摆放位置、数据处理、档案存贮、等候时间、采集时间等,虽然采集时间由 30 分钟减少到 15 分钟,但病人总的检查过程没有什么变化。唯一的优点是采集时间短,病人在检查时移动的可能性减少了,影像的质量提高了。当然,对某些在脏器中清除迅速的放射性药物,如使用示踪剂<sup>99m</sup>Tc-Teboroxime 或<sup>133</sup>Xe 时显像是有利的,因为它可以减少影像的伪影及定量出现的差错。

美国单探头 SPECT 的价格一般为 30~35 万美元,多探头一般再增加 10 万美元。多探头 SPECT 系统的安装并不增加面积,技术人员也不必增加。维修费一般增加 1/3 左右,但每天检查病人的数目可以增加。

组织衰减对 SPECT 影像定量的准确性影响很大,特别是躯体。例如,心肌灌注 SPECT 显像正常,但对组织衰减,男性和女性是有区别的<sup>[9]</sup>。

三探头系统,一个探头获取扇形束穿透数据,另外两个探头同时获取平行或扇形束发射数据<sup>[10]</sup>。

双探头系统,二个探头相隔 90°,一个探头获取平行束穿透数据,通过扫描线源,另外一个探头获取平行束发射数据。如进行衰减校正,360°获取数据更佳<sup>[11]</sup>。目前很多的重建算法适合于应用 360°采集<sup>[12]</sup>。

使用多探头系统,病人对位方便,旋转中心和准直孔角的误差可以减少,检查的时间缩短,分辨率提高。非环形轨道采集方便简化,它可以同时收集多体位的影像进行散射和衰减校正等,例如,肺通气/灌注显像及全身骨显像。如果要求平面骨显像和 SPECT 显像,最好使用大视野双探头系统,心脏检查最好使用相隔 90°的双探头系统,脑显像宜使用三探头系统<sup>[13]</sup>。多探头系统的准直器亦很完整,具有通用和高分辨率平行孔准直器,扇形和锥形束准直器。上述系统能进行快速、动态显像,灵敏度高,分辨率可达 1cm

以下, 5 000 CPS 计数时, 计数丢失少于 10%, 机械转动亦迅速, 360° 旋转时少于 1 分钟, 而且可使误差减少到最小。

多探头系统(尤其是三探头)的缺点为提供身体轮廓扫描的方式较困难, 亦不能进行坐位显像。

参 考 文 献

- 1 Links JM. Eur Nucl Med, 1993;20(5):440
- 2 Stokely EM et al. J Comput Assist Tomogr, 1980;4:230-240
- 3 Rogers WL et al. J Nucl Med, 1984;25:1013
- 4 Stoddart HF et al. IEEE Trans Nucl Sci, 1979;

NS-26:2710

- 5 Genna S et al. IEEE Trans Nucl Sci, 1988;NS-55:740
- 6 Muehlechner G. Phys Med Biol, 1985;30:163
- 7 Fahey FH et al. J Nucl Med, 1992;33:1859
- 8 Go RT et al. J Nucl Med, 1985;26:695-706
- 9 Eisner RL et al. J Nucl Med Technol, 1985;13:23-31
- 10 Gullberg GT et al. J Nucl Med, 1992;33:901
- 11 Knesaure K et al. J Nucl Med, 1989;30:1666
- 12 Miller TR et al. J Nucl Med, 1992;33:1678
- 13 Kouris K et al. J Nucl Med, 1993;34:1778

(收稿日期:1994-04-04)

## SPECT 的 进 展

广州军区广州总医院(广州, 510010) 李小华 综述

中国医学科学院肿瘤医院(北京, 100021) 陈盛祖 审校

**摘 要:**多探头 SPECT 有效地改善了核医学图像的质量。日新月异的计算机软、硬件技术, 促进了 SPECT 的更新换代。配置高性能微机工作站, 采用 WINDOWS 操作软件的多探头 SPECT 代表了现代 SPECT 的发展水平。

**关键词:**SPECT 发展趋势

第六届世界核医学大会于 1994 年 10 月下旬在澳大利亚悉尼市召开, 大会同时举行现代核医学仪器展览, 世界各大 SPECT 生产厂家都展出了他们的最新产品。技术先进、性能优良的 SPECT, 展示了现代核医学仪器发展的最新水平和潮流。

### 1 探头部分

目前, 各 SPECT 生产厂家都有单探头、双探头和三探头三类产品, 但参加这次展出的厂家除个别外都只展出了双探头 SPECT。单探头 SPECT 信息量小, 成像速度慢, 正逐渐被多探头 SPECT 取代; 三探头 SPECT 由于视野小、探头旋转半径小, 不合适做骨扫描和价格高等原因不适用于综合医院。而双探

头 SPECT 既保持了单探头的大视野, 又成倍地增加了信息量和减少成像时间, 且价格适中, 故使双探头 SPECT 受到广大用户欢迎, 成为单探头 SPECT 的换代产品, 也使它在这次展览会上独领风骚。

从双探头的结构来讲, 可以分为三种形式: 第一种形式是两个探头相对 180° 放置在探头支架的圆环内, 探头间可作相对直线移动, 即探头的旋转半径可以改变, 但相对位置不能改变。这种结构的特点是稳定, 其代表机型为 SIEMENS 公司的 MULTISPECT2 双探头 SPECT; 第二种形式的代表机型是 SOPHA 公司的 DST 双探头 SPECT, 它采用双臂悬挂探头, 探头间可作任意位置和角度变化。这种形式的探头摆位灵活, 用作心肌