

# 单光子发射型计算机断层成像

刘东华

单光子发射型计算机断层成像(SPECT),它与X-CT有某些相似之处,所不同的是:X-CT的X射线源位于体外,X射线透过组织时,根据不同组织对X射线的衰减值的不同,重建某断层的CT数矩阵,并用灰度来显示断层图像;而SPECT是首先让机体接受示踪核素(如 $^{99m}\text{Tc}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{201}\text{Tl}$ 等,这些核素产生 $\gamma$ 光子),本身成为一个发射体,再由探测器将示踪核素在机体内的吸收代谢,在器官或组织中的分布测出,经计算机处理并重建图像,图1所示。X-CT图像只能说明组织器官的解剖信息,而SPECT不仅是解剖形态的,而且是组织器官生理、生化、病理过程的图像。

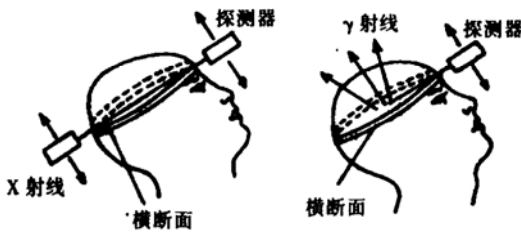


图1 X-CT与SPECT的比较

## 一、放射性药物的制备

少数放射性药物可以是放射性核素本身(如 $^{99m}\text{Tc}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{201}\text{Tl}$ ),但是绝大多数放射性药物是由放射

性核素和被标记的化合物组成,如骨显像剂 $^{99m}\text{Tc}$ -MDP、心肌显像剂 $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI。这些显像剂会定位于某一器官或参与某一器官的组织代谢。由于这些药物含有放射性核素,可以借助放射性探测仪器在体表探测,并显示它们在体内的分布。

临床上广泛使用的 $^{99m}\text{Tc}$ 采用钼-锝( $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$ )发生器来产生。

$^{99}\text{Mo}$ 是 $\beta$ 衰变核素,半衰期为66.02小时,产生子体放射性核素 $^{99m}\text{Tc}$ , $^{99m}\text{Tc}$ 是 $^{99}\text{Tc}$ 的同质异能素, $^{99m}\text{Tc}$ 发射 $\gamma$ 射线回到基态, $^{99m}\text{Tc}$ 的半衰期为6.03小时。上面的描述可以用下列方程式表示:

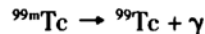
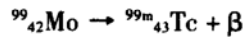


图2为 $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$ 发生器示意图,发生器关键部分是中间的层析柱,柱中装入 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 吸附剂, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 对母体核素 $^{99}\text{Mo}$ 有很强的亲和力,子体核素 $^{99m}\text{Tc}$ 则几乎不被吸附。淋洗液用生理盐水,则仅有 $^{99m}\text{Tc}$ 被洗出, $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$ 发生器每隔23小时可淋洗一次。然后将新鲜淋洗的 $^{99m}\text{Tc}$ 加到不同的试剂盒中,经摇动、加热便可制得不同的放射性药物。



强度,通常检测范围较小,对武装人员为5m,一般车辆为15m左右,对履带车辆为25m以内。

红外传感器分为有源主动式和无源被动式两种。一般情况下使用被动式,其工作原理与热动开关的工作原理相同。当温度突然发生变化时,传感器便启动。其主要优点是灵敏度高,响应速度快;在15m以内,人的温度足以启动该装置。另外,还有体积小、无源探测、隐蔽性好等优点。不足之处是必须人工布设,探测张角范围有限,无辨别目标性质的能力。

除上述几种传感器外,还有应变电缆传感器、压力传感器、扰动传感器等。

2003年3月,美英联军在伊拉克战争中使用了子母弹。从美英现役的子母弹型和载机情况分析,其使用的子母弹有CBU-97/B传感器引爆弹。这种弹是美

国于80年代初期研制的智能型集速炸弹。主要特点是:有较强的面杀伤能力,能够装填10枚子弹药,每一枚子弹药采用红外探测器,能自动识别地面目标并发起攻击。

随着武器装备现代化的进一步发展,传感器在军事上的应用日趋重要,尤其表现在海军和空军的武器装备上。例如在航空航天技术领域,各种航天器上都配备有多种检测与控制系统,传感器能准确地测量出航天器的飞行参数、姿态和发动机工作状态的各个物理量,将其传送给各自动控制系统,并进行自动调节,使航天器按人们预先设计的轨道正常运行。随着高科技的发展,传感器在现代高技术战争中的应用,已成为国防科技现代化的重要标志之一。

(西安陆军学院物理系 710108)

现代物理知识

## 二、SPECT 成像原理

SPECT 的基本原理是利用探测器绕着人体某一断层进行旋转,把放射性核素所放出的各个方向

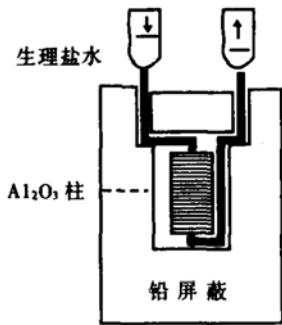


图2  $^{99}\text{Mo} - ^{99\text{m}}\text{Tc}$  发生器

射线强度记录下来,然后求解出人体断层平面上各点的放射性强度,根据断层上各点放射性强度,我们可以给出断层的图像。其具体过程是先进行直线扫描,将每一条直线上体内放

射性核素发射出来的射线记录下来,得到一组直线投影数据,见图3。每做完一次扫描,探测器旋转一定的角度,再进行一次直线扫描,直到绕人体一周。

设被扫描的断层面上由  $N \times N$  个体素(每个体素的放射性核素密度可视为均匀的)组成的,每个体

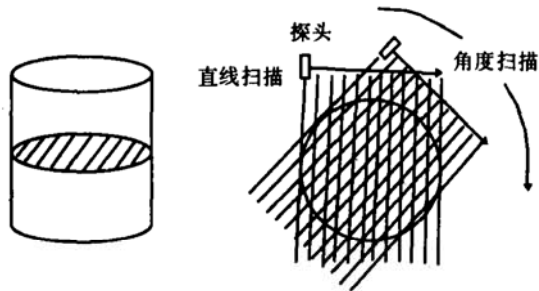


图3 SPECT 扫描

素的放射性强度为  $I_{11}, I_{12}, \dots, I_{1n}$  等。从探测器得到的每条线上的放射性强度的总和为  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ 。

即  $Y_1 = I_{11} + I_{12} + \dots + I_{1n}, Y_2 = I_{21} + I_{22} + \dots + I_{2n}$  等。

一个断面上至少应由  $N^2$  个 Y 方程组成,将这些大小不同的强度值经 A/D 转换,送进计算机去解,就可以把这一层面的每一个体素的放射性强度计算出来,经图像重建和 D/A 转换,加到图像显示器上,按信号的大小用不同的灰度等级显示出欲观察的层面图像,这样就得到一幅按层面放射性核素密度分布的图像。

## 三、临床应用

SPECT 主要在以下方面显出独特的优越性:心肌灌注显像、脑灌注显像、 $^{67}\text{Ga}$  淋巴瘤显像、腰椎骨脱位显像、骨盆显像、肝血管瘤显像等。我们主要讨论心肌灌注显像,心肌灌注显像是心血管疾病现代诊断与

研究中一种简便而无创的技术。

心肌灌注显像剂是  $^{99\text{m}}\text{Tc} - \text{MIBI}$ , 静脉注射后随血流到达心肌,而且与局部心肌血流呈正比关系,可使正常或有功能的心肌显影,而坏死的心肌以及心肌缺血则不显影(缺损)或影像变淡(稀疏),从而达到诊断心肌疾病和了解心肌供血情况的目的。

心脏的长轴影像形态各不相同,短轴断层影像是垂直于心脏长轴,从心尖向心底的依次断层影像,第一幅图像为心尖,最后一幅为心底部,影像呈环状,该层面能较完整地显示左室及各壁及心尖的情况。心脏的长轴断层影像类似于马蹄形,水平长轴断层是平行于心脏长轴由膈面向上的断层影像,能较好地显示间壁、侧壁与心尖。垂直长轴断层是垂直于上述两个



图4 心脏结构

层面由室间隔向左侧壁的依次断层影像,可显示出前壁、下壁、后壁和心尖,如图4所示。

图 5.1、

图 5.2、图 5.3 分别为三患者心脏短轴、垂直长轴、水平长轴的层面图像,图 5.4、图 5.5、图 5.6 为正常人心脏短轴、垂直长轴、水平长轴的层面图像。对照图 5.1 与图 5.4 可以看出,这一患者的心脏前间壁缺血。对照图 5.2 与图 5.4 可以看出,这一患者的心脏下壁缺血。对照图 5.3 与图 5.4 可以看出,这一患者的心脏心尖缺血。

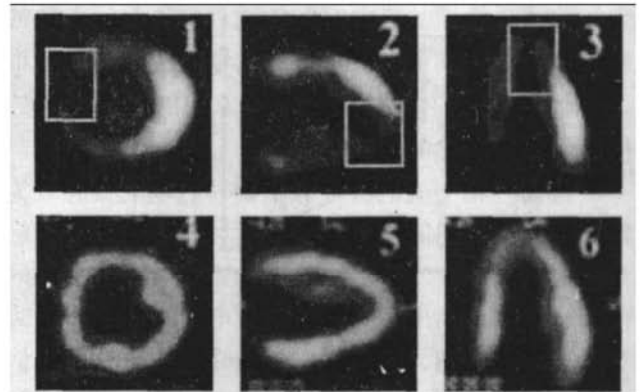


图 5.1、5.2、5.3 为三患者心脏短轴、垂直长轴、水平长轴层面图像  
图 5.4、5.5、5.6 为一正常人心脏短轴、垂直长轴、水平长轴层面图像

图 5 SPECT 图像

(河南新乡医学院物理教研室 453003)