

SPECT 研制及其影像研究

蔡建新 包尚联 王卫东 尤江生
(北京大学重离子物理研究所 北京 100871)

摘 要 对单光子发射型计算机断层(SPECT)方面的研制和开展 SPECT 影像研究进行了描述,介绍了 SPECT 的基本组成、性能指标和临床软件,为提高 SPECT 影像的质量,提出了 SPECT 分辨率和灵敏度方面所作改进的建议和计算机仿真在 SPECT 中的应用。

关键词 发射型计算机断层(ECT) 单光子发射型计算机断层(SPECT) SPECT 影像

1 前 言

计算机断层(Computerized Tomography,简称 CT)扫描技术是核物理、核电子学、精密机械、信号处理和计算机科学相结合的产物,是近年来核科学技术应用研究发展的一个重要领域。CT 技术诞生于 70 年代初,首先在医学中得到广泛的应用。按射线源的不同大致分为 X 射线 CT 和 ECT 两类。X-CT 采用体外的 X 射线源,测量 X 射线穿过人体后的衰减,从而观察不同器官、不同密度的各类组织在吸收 X 射线上的差异而形成的图像,可对病灶作定性和定量分析。ECT 分两种,一种是单光子发射型 CT(SPECT),另一种是正电子发射型 CT(PECT)。

SPECT(包括 γ 像机)在 70 年代开始问世,80 年代大量发展,90 年代发达国家医院基本普及,其技术已经成熟,在临床上得到广泛应用。SPECT 是利用放射性同位素标记的药物注入人体,根据被测脏器吸收放射性药物的分布诊断疾病,它不仅可以检测脏器的位置大小和形态的变化(一般 XCT 都具有这种功能),还可以确定受检脏器的生理和代谢功能的变化。

PECT 是利用正电子发射的短寿命同位素(如 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F 等)制成的放射性药物注入人体。由于正负电子间产生的湮灭反应,发射出一对方向相反能量为 511keV 的 γ 光子,再用一对相对位置的探头同时接收,根据测得的光子分布进行诊断。

北京大学重离子物理研究所于 1993 年建立医学物理与工程实验室,主要研制 SPECT 和开展医学影像学研究,现有美国 Technicare 1440 第四代 XCT 一台、Technicare 438 和日本东芝 GCA-202A γ 像机各一台。

2 SPECT 研制

北京大学重离子物理研究所、北京核海高技术公司和美国 MEDX 公司联合研制的 HB6061 和 HB6037 型 SPECT 的基本组成如图 1 所示。设计中采用美国 MEDX 公司设计制造的精密机架,采用了国内的探测技术和一些部件制造技术,力求达到高性能指标和最低价成本,使性能价格比最优。

2.1 基本组成

1)探头由准直器、大面积闪烁晶体、61 个(HB6061 型)或 37 个(HB6037 型)光电倍增管和相应的前置放大器及电子学线路组成,产生四个位置信号 X^+ 、 X^- 、 Y^+ 、 Y^- 和 Z 信号。

2)接口电路有三块插在计算机中的插件板。一块是除法器、增益控制、积分和核素选择等电路,产生符合 A/D 要求的 X、Y 和 Z 信号;第二块是 A/D 变换、地址分配、采集模式选择和能窗设置电路;第三块是校正板和缓冲器,对能量、线性和均匀性进行校正。

3)计算机图像系统包括一台 486DX2/66 微型计算机和美国 Number Nine 公司的一块

图像板.

光盘和多幅像机.

4)输出设备有位置监测器、20 英寸高分辨图像显示器、喷墨打印机、600~800MB

5)旋转支架(Gantry)和控制、CT 床和全身扫描床:

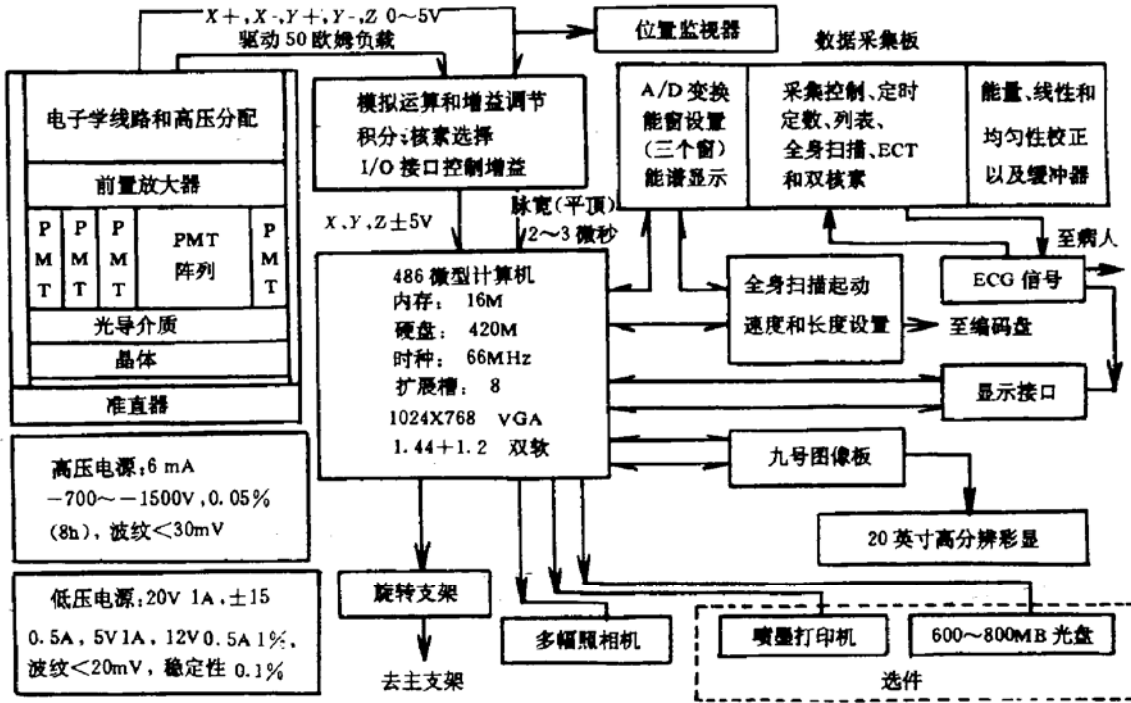


图 1 SPECT 基本原理框图

2.2 性能指标

- 1)固有空间分辨率:3.5mm(FWHM),典型值 3.3mm(HB6061);4.5mm(FWHM),典型值 4.0mm(HB6037).
- 2)固有能量分辨率:10.5%(^{99m}Tc).
- 3)固有线性分辨率:积分:0.5mm,典型值 0.2mm(HB6061);0.5mm,典型值 0.3mm(HB6037).微分:0.3mm,典型值 0.15mm(HB6061),典型值 0.25mm(HB6037).
- 4)固有均匀性:积分:4%,典型值 2.5%(HB6061),典型值 3.5%(HB6037).微分:4%,典型值 2.5%(HB6061),典型值 3.5%(HB6037).
- 5)最大计数率:180kC/s.

2.3 系统配置

- 1)带平衡锤的环形旋转支架.
- 2)大视野 400mm 圆形探头,3/8 英寸薄 NaI(Tl)晶体和 61 或 37 只 2.5 英寸六角形

光电倍增管.

- 3)电源控制柜,包括旋转控制和全身扫描控制.
- 4)SPECT 床和低能、高能、针孔和全身扫描发散准直器.
- 5)全身扫描轨道和扫描床.
- 6)数字式多幅相机.
- 7)计算机图像处理系统,486DX2/66 主机,420MB 硬盘,1.2+1.44 双软驱,20 英寸彩显和 16MB 内存,静态获取矩阵可达 1024 × 1024.
- 8)数字存储位置监视器.

2.4 系统软件和临床软件包

- 1)采集功能:静态采集、动态采集、门控采集、ECT 采集、门控 ECT 采集和表模式采集.
- 2)基本处理:校正和质量控制软件、基本图像处理功能和显示功能.

3) 临床软件: 心脏、心肌、肾脏、肺、脑血流、骨扫描、胃排空、甲状腺断层及全身扫描等。

3 SPECT 影像研究

SPECT 发展中共同的问题是如何提高影像的质量, 并减少数据采集的时间, 加快数据处理和图像重建的速度。引起图像变坏的主要原因有: γ 射线衰减 (Attenuation) 的非均匀性, SPECT 对射线响应的非均匀性, 探测器系统在旋转过程中的非同心度, 准直器的几何结构对 γ 射线的响应及 γ 光子的 Compton 散射等因素; 另外, 注入的药量有限, 在临床许可接受的时间内采集的数据量统计误差大, 药物在待测脏器上浓集度不够等因素也会影响 SPECT 影像的空间分辨率。

为此, 着重进行了以下两方面的工作。

1) SPECT 分辨率和灵敏度

采用最新发展的散射状准直器, 可以极大地提高采集系统的灵敏度; 对于新的准直器, 选择与之相适应的稳定重建计算方法, 可以很好地提高重建图像的质量, 增加系统的分辨率; 同时对于采集系统作了衰减修正和散射修正及系统机械同心度修正。

2) SPECT 设计中的计算机仿真

用计算机仿真的方法可以优化 SPECT 重建时的算法, 并估计各种修正因子对影像质量的影响。用 Monte Carlo 模拟可以对重建算法予以评估, 把影响 SPECT 影像质量的各种因素分解出来, 用模拟所得到的结果对重建算法和 SPECT 整机及各部件进行改进。

Research & Development of SPECT and Its Image Research

Cai Jianxin Bao Shanglian Wang Weidong You Jiangsheng
(*Institute of Heavy Ion Physics, Peking University, Beijing 100871*)

Abstract This paper introduces the research and development of the SPECT and its imaging research, the basic parts, performances and clinical software in the newly researched and developed SPECT system. The suggestions on the further improvement upon the resolution and sensitivity of the SPECT and the application in the computer simulation in the SPECT researches are also made for improving the quality of SPECT imaging.

Key Words emission computerized tomography single photon emission computerized tomography SPECT imaging.