

核医学仪器的进展

上海医科大学附属中山医院 赵惠扬

提 要: SPECT的发展非常迅速而又广泛应用, 目前最引人注目的是新型三探头系统, 其特点是获取时间快速、分辨率提高、计算机软件系统先进。本文介绍了第五届世界核医学大会期间各大公司展示的产品情况和物理组七个单元的报告要点。

SPECT(单光子计算机发射断层)是近年来核医学界发展最迅速、应用最广泛的内容之一, 尤其是近几年来SPECT技术和显像剂的发展, 更使其突飞猛进。因此, 它已成为核医学界中的一支重要的生力军。美国在1989年耗资2.5亿美元购买了约800台SPECT, 全世界其他国家购买了约750台, 估计今后的购买率: 美国至1994年可增长17%, 约940台, 其他国家估计增长7%。

目前, SPECT发展最为引人注目的是新型三探头系统, 它的特点是获取时间快速、分辨率佳、计算机软件系统先进。放射性药物方面, 近年来已研制出新型的 ^{99m}Tc 标记显像剂, 如Squibb公司的Cardiotec药盒及Dupont公司的Cardiolite药盒, 这两个心肌显像剂的研制成功, 推动了SPECT发展至新的纪元, 能够进行门电路断层显像及门电路心肌显像。在脑显像剂方面, 如 ^{99m}Tc -HM(d,l)-PAO及 ^{99m}Tc -ECD的研制成功, ^{123}I -IMP和 ^{125}I -受体的应用, 使SPECT在脑局部血流灌注和受体的研究方面取得了令人鼓舞的进展。展览会上亦展出了Immuno-medics公司生产的 ^{99m}Tc 标记的CEA和AFP等单克隆抗体及其片段的药盒ImmuRAID-CEA和ImmuRAID-AFP, 用它能快速标记, 进行放射免疫显像。目前的SPECT分辨率已达到8~10mm, 如果进一步改进显像剂, 预计可以提高至6mm。现在, PET的分辨率可达4mm, 今后的SPECT亦可以达到此水平。

展览会上, 生产SPECT的著名厂商有: ADAC、Elscint、GE、Picker、岛津(S-himadzu)、Siemens、Sopha、Trionix等。这些厂商对SPECT的发展均作出了重大贡献。

多探头SPECT的研制, 最早由Trionid研究室完成。它首先研制出三探头SPECT, 1988年, 其产品Triad售价为47.5万美元(表1), 至1989年它已售出并安装好17台。它的优点为灵敏度和分辨率高, 一天可检查很多病人。 ^{201}Tl 应激心肌灌注断层显像, 如果用单探头SPECT需25分钟, 而用三探头SPECT仅需8分钟, 且灵敏度较单探头者提高3~5倍, 这主要是使用了三角形及扇形准直器。其分辨率的提高, 一方面是由于收集的计数增加, 另一方面是使用超高分辨率准直器。用于人体躯干检查, 如心脏、肝或脊柱使用人体轮廓或非圆形轨道, 三个探头沿病人身体轮廓旋转, 提高了分辨率和显像质量。脑SPECT显像使用扇形准直器, 可将灵敏度和分辨率提高3倍。它的处理系统具有32位CPU(中央处理器), 32位浮点AP(阵列处理器), 因此处理非常迅速, 操作非常简便。这种处理系统亦达到了新的纪元。该研究室还有其他型号的SPECT, 如Monad及Biad等。

国际皮克公司(Picker International)于1988年购买了俄亥俄影像公司(Ohio Imaging)的三探头系统的专利, 生产出了Prism SPECT显像仪, 它非常适用于脑和

心脏的检查,但价格较高,约需60万美元。此系统使用扇形准直器及64位高级计算机,其检查时间可以缩短至单探头系统的1/3,Prism旋转一周,每帧5秒钟,共需5分钟,但单探头系统需40分钟。它的计算机系统为PCS(Picker Computer System),运转速度快,可以超过一般仪器的100倍。加上Ⅱ核显像计算机,所以能够同时进行10个功能的测定,包括获取、处理、程序和贮存等,操作简单,仅按一个键即可。如果技术人员具有一定的基础知识,则仅学习2个小时即可掌握该仪器的操作。其准直器为六角形孔,分辨率高、不损失灵敏度及失真,非常适合于脑SPECT显像,而且该准直器运用微处理机控制,以防止技术员使用不当。它的视野为 $400 \times 240\text{mm}$,可以包括整个人体,它具有实时三维显示,门电路断层显像,门电路心肌显像,高能显像。另外,平面显像分辨率极高。它的硬件及软件均非常先进,病人的对位及准直器的更换均由机器人设计,并在2分钟内即可完成,非常方便、迅速。

日本东芝公司于1988年也生产了三探头的SPECT,型号为GCA9300A,目前正在等待FDA(食物药品管理局)的批准。此仪器的价格为77.5万美元(表1)。它亦使用扇形准直器,特别适用于脑部检查。它的灵敏度比平行孔准直器增加6倍。脑显像时,OM线对位简单,可以自动地由CPU给出。计算机系统可以同时进行4种功能的操作,即数据获取、处理、贮存和传输。它的准直器更换简单,有效视野为 $410 \times 210\text{mm}$ 。除了三探头系统外,该公司还提供了GCA-602A/SA、GCA902A/SA和GCA-901A/SA。前者的售价为26万美元,具有一个键盘,以获取、处理及贮存模拟数据,它的圆形探头适用于心脏及神经系统检查,5种功能同时进行,以减少检查及处理时间;GCA902A/SA和602A为同类型仪器,主要区别为602的FOV(视野)小,容量较小;GCA-901A/

SA为数字 γ 照相机,它的获取和显示矩阵为1024,适用于全身显像。

ADAC公司的Genesys系统于1987年生产,它的探头为矩形、大视野,价格约为37.5万美元(表1)。探头架为双环,半径为1米(40英寸),减少了安装的空间,使探头可以按任何显像的角度旋转。它特别适用于不易移动的病人,面积为 $3.5 \times 1.8\text{米}$ (11.5×6 英尺)。探头内有55个光电倍增管,有效视野为 $0.5 \times 0.4\text{米}$ (20×15 英寸),探头内还有影像校正处理器,以校正能量均匀度的线性和空间在实时内的畸变。它的新的软件为MZ-显示,可塑性强。

Elscint的Apex 409A系统在市场上应用甚广,包括409AG、409A-ECT及409AG-ECT。它的有效视野为4000mm,具有多处理器,可以同时进行工作。Elscint还展出了新的Apex系统,包括SP-4,超级通用大视野照相机及Apex-6高效率、通用大视野矩形探头照相机。其中,SP-4HR为高分辨率 γ 照相机,分辨率极佳,为3.3mm,探头具有61支高量子效率的光电倍增管,用它作骨显像分辨率高,能进行快速首次通过获取及 ^{201}Tl SPECT检查。SP系列均使用SP-1高级计算机,主机为Intel-80386,32位,AP为AMP2901,64位,所以,处理速度非常迅速,比以前的16位系统快5倍。其内存为9MB,64kB cache存贮,为SPECT中最佳者,并且具有视野大及高灵敏度的准直器。其临床程序使用CLIP语言,使用方便,有潜力。还有PLM-86及Fortran-86高级语言。软件具有门电路ECT获取和处理、三维立体显示等先进的程序。

西门子公司展出了它的新的核医学工作站(Workstation)及其两个SPECT系统,Orbiter 37及Orbiter 74,两者均包括Digitrac系统。其他还包括联机(on-line)校正线路以代偿局部晶体内部的能量变异及空间非线性。Orbiter具有37个或75个光电倍增

管, 晶体厚度为 6.35 或 9.525mm(0.25 或 0.375 英寸)。Max Delta 系统可以获取、处理及观察影像, 新的产品为 DEC 3300/3400 Vax 系统, 使用新的软件。Orbiter 37 售价为 18.5 万美元, Orbiter 75 为 22.5 万美元。

GE 公司的新产品为 Starcam 3000 AC/T, 其计算机为 32 位 CPU, 32 位 CO-处理机及 32 位图像处理机, 可提高断层的速度。硬盘容量为 350MB, 记忆容量为 8MB。探头的光电倍增管为六角形, 共 91 个, 紧紧贴着晶体, 以减少扩散和吸收。此种设计可以收集全部通过晶体表面的光子。XR/T 为矩形探头, 可以用于全身显像和脏器官显像, 并适用于脑和心脏的 SPECT。它的技术指标基于 80386, GE Starport XC/T, Starport XR/T(矩形探头)及 Starport ACT 均可使用此计算机, 它具有新的肾脏定量分析的软件。

岛津 Headtome SET-031 系统具有 3 环排列, 每环具有 64 个探测器, 它的分辨率均匀, 横断面、冠状面或矢状面成像仅需 10 秒钟。它能定量测量脑局部血流量, 特别适用于脑血流检查, 以诊断脑梗塞及脑肿瘤等。其售价为 65 万美元。

法国的 Sopa 医学系统介绍了 DSX 和 DS-7。前者探头为矩形, 大小为 0.5×0.4 米(21×16 英寸), 具有 94 个光电倍增管, 断层显像时, 除了圆形和椭圆形轨道外, 还可沿体表轮廓进行旋转, 此自动轮廓系统能够调节探头和病人的距离, 适用于全身显像和脑显像。它的售价为 40 万美元, 较圆形探头的 DS-7 型贵 7 万美元。Sophy DS-7 型具有先进的计算机系统, 32 位, Forth 软件, 具有 16384 能谱、线性及均匀度校正。它有先进的 3D 表面显示、容积测定、门电路 SPECT、因子分析 (Factorial Analysis)、免疫闪烁显像分析等先进的软件。

DSI (Digital Scintigraphics, Inc.) 的 ASPECT 脑显像仪, 具有一个环形 NaI

(Tl) 晶体, 内径为 31cm, 厚度为 8mm。它具有 63 个光电倍增管, 呈三环排列。它的计算机内存为 2MB, CPC CO-processor 为 4MB, 硬盘容量为 80MB, 光盘为 800MB。

大会期间安排了有关核医学仪器的专题报告“ γ 照相机的现状和展望”, 报告认为, 1990 年 γ 照相机的重大进展总结为 2、3 个探头的 SPECT 的出现, 分辨率提高, 放射性药物的突破。SPECT 图像获取方面的进展为新型准直器的设计, 如扇型、圆锥型、象散型等; 大视野探头的应用和能量依赖信息的应用。SPECT 散射的补偿使用反卷积、双窗相减, 能量加权获取及全能谱显像 (Holo-spectral imaging) 等方法。PENN-PET 具有六个大视野 NaI(Tl) 探头, 空间分辨率佳, 为 5~6mm, 能量分辨率佳。Medimatic 公司生产的高分辨率 Tomomatic 产品所获取的图像可与 PET 媲美。核影像传输系统 (NITS, Nuclear Image Transmission System) 可以将任何核医学计算机影像在 2~3 分钟内, 格式化至 IBM 兼容个人计算机内。核网络 (The Nuclear Network) 从事培训工作。

大会期间共有物理组 7 个单元的报告。第一单元重点为放射防护方面, 有 6 篇论文: 低水平放射性废物的处理 (Brill D, 美国); 核医学人员的职业照射; TLD 徽章和指环测量的 17 年调查经验 (Logus JW 等, 加拿大); 卫生工作者关于工业、医学、核科学及放射学危害的信息评价 (Artus JC 等, 法国); 核医学科病人受到的辐射剂量 (Renaud L 等, 加拿大); 自屏蔽加速器放射性同位素传输系统的辐射安全 (Jacobs M 等, 美国); 多用途放射性碘阱 (Rayudu G 等, 美国)。

第二单元重点为散射问题。有 6 篇论文: SPECT 散射代偿的散射响应功能的功能描述 (Frey EC 等, 美国); 约束因子分析的康普顿-散射校正 (Mas J 等, 法国); 散射

表1 SPECT产品

厂 商	型 号	价格(万美元)	探头数目	探头形状
ADAC	Genesys	37.5	1	矩形
Elscont	Apex 409-AG-ECT	17.4	1	圆形
	Apex SP-4	27	1	圆形
	Apex SP-4HR	29	1	圆形
	Apex SP-6	30	1	矩形
GE	Starcam 2000AC/T	未定	1	圆形
	Starcam 3000AC/T	未定	1	圆形
	Starcam 3000 XC/T	未定	1	圆形
	Starcam 3000 XR/T	未定	1	矩形
Picker	Prism	65	8	正方形
岛 津	Headtom SET-031	65	8	环形
西门子	Orbitor 37	18.5	1	圆形
	Orbitor 75	22.5	1	圆形
Sopha	DS-7	33	1	圆形
	DSX	40	1	矩形
东 芝	GCA-602A/SA	26	1	圆形
	GCA-901A/SA	30	1	矩形
	GCA-9300A	75	8	矩形
Trionix	Biad	47.5	2	矩形
	Manad	35	1	矩形
	Triad	47.5	8	矩形

消除算法的定量分析(Gagnon D等, 加拿大); γ 照相机的宽窗显像及其限制(Gagnon D等, 加拿大); 心脏SPECT的显像质量和其绝对定量准确性的改进(Tsui BMW等, 美国); ^{99m}Tc -HMPAO SPECT脑显像时的头颅衰减校正(Kemp BJ等, 加拿大)。

第三单元重点为放射敏感性等问题, 共有6篇论文: MPG(巯基丙酰甘氨酸)对胎儿发育及其变形过程中放射敏感性试验的改变(Goyal PK等, 印度); 放射生物学活体模型俄歇电子发射放射性核素用于大白鼠实验的等效剂量分析(Tennvall J等, 瑞典); 单次 γ 射线照射过氧化氢聚集细胞放射敏感性的减少(Paulin R等, 法国); 大白鼠 ^{111}In 放射性药物生物动力学和组织摄取细胞水平的辐射剂量(Jonsson BA等, 瑞典); 日本长崎原子弹爆炸幸存者甲状腺疾病的流

行病学(Nagataki S等, 日本); 正常及恶性微循环的热灵敏性的差别(Brown S等, 加拿大)

第四个单元的重点为准直器和PET。共有6篇论文: 高分辨率 γ 照相机的时间编码准直器显像(Stievenart JL等, 法国); ^{201}Tl 心脏检查时准直器设计和获取参数的最优化(Perry JR等, 美国); 由于穿透和发射PET扫描的不配合进行心肌衰减校正的效果(McCord M等, 美国); 近代PET中心的双粒子负离子回旋加速器和双用途质子直线加速器的新纪元(Rayudu GVS等, 美国); 使用氟化钡晶体和多丝正比室的混合正电子照相机的进展(Ott RJ等, 英国); 用于小动物实验的固态闪烁探测器的高分辨率PET照相机(Lecomte RL等, 加拿大)。

第五单元重点为三维显像。共有6篇论文：等距重建SPECT数据中的三维有兴趣区(Michael L. Goris ML, 美国)；使用三维脏器模型的平面显像定量(Goris MG, 美国)；心肌灌注扫描的定量分析(Eisner R等, 美国)；脏器内放射性和门电路心肌SPECT三维显像的相互影响(Halama J等, 美国)；双同位素心肌SPECT检查的三维分析和显示(Dilhuydy H等, 加拿大)；免疫闪烁显像的计算机模拟(Bockisch A等, 德国)。

第六单元重点为资料的传输和贮存。共有6篇论文：核医学中联机数字信息和组织系统包括长期贮存(Spitz J等, 德国)；核医学传播硬件独立系统(Henkin R等, 美国)；核医学科图像档案传输系统的一体化(Bagni B, 意大利)；病人影像直接比较的分类(Bitter F等, 德国)；动态结构因子分析的定量：Cofads(Houston AS等, 英国)；动态结构的时相分析：门电路心肌灌注检查的应用(Goris M, 美国)。

第七单元的重点为SPECT, 也有6篇论文：使用旋转 γ 照相机获取较佳有效的

SPECT影像的方法(Kaneko M等, 日本)；脑显像时头部移动的校正(Green M等, 美国)；高分辨率SPECT使用空间系统响应、减弱和散射的准确模型(Passeri A等, 意大利)；核心脏检查时使用小型计算机系统进行心率波动的能谱分析(Tani A等, 日本)；基于微机(PC)的核医学仪器的保养、质量保证和检修程序(Goodenough DG等, 美国)；参考范围的测定：小样品大小的问题(Leslie W等, 加拿大)。

参考文献

1. Program, World Federation of Nuclear Medicine and Biology, 5th Congress, Montreal Canada, August 1990, P. 26~31
2. Eur J Nud Med, Supplement to Volume 16, 1990
3. Stephenson GH and Freiherr G, SPECT's Star Shines in Nuclear Medicine, Diagnostic Imaging, June, 1990, P. 59~68
4. Froelish JW, MRI's Impact Minimal on Nuclear Medicine, Diagnostic Imaging, June, 1990, P. 73~77
5. Ghosh PR, J Nucl Med 1990, 31(2): 20 A

主编：张景源

本期责任编辑：陈文霞

国外医学

GUO WAI YI XUE

放射医学分册
核医学分册

(双月刊)

一九九一年第十五卷 第二期

一九九一年三月出版

编辑：《国外医学放射医学核医学分册》编辑部

(天津市第71号信箱, 300192)

出版：中国医学科学院

放射医学研究所

印刷：天津新华印刷三厂

总发行处：天津市邮局

订阅处：全国各地邮局

期刊代号 6-102

统一刊号 CN12-1083

每册定价：0.80元