

# 多功能 ECT/CT 复合成像系统

陈黎波

(北京协和医院核医学科 北京 100730)

**摘要** 随着多种医学影像技术的不断发展,需要直观、准确地综合各种影像技术所提供的信息,于是图像融合技术成了本世纪医学影像学的主题之一。多功能 ECT/CT 复合成像系统将单光子发射计算机断层显像 (SPECT)、分子符合检测 (MCD) 和 CT 融于同一套设备,一机多能,同时解决了功能和解剖图像融合、匹配和对位等难题,在临床实践中必将有广泛的应用前景。

**关键词** 发射计算机断层 图像融合

## 1 前言

近年来各种医学影像学技术发展十分迅速,包括超声、放射医学影像、核医学影像以及相关的示踪剂和造影剂都在不断地推陈出新。各种影像技术均有各自的长处和不足,存在着互补关系,因此,往往同一个病人需要做多种检查,以便从不同的角度展示更全面的信息供临床医师分析使用。例如核医学的发射计算机断层显像 (emission computer tomography, ECT) 属于功能显像,反映人体的生理和代谢改变,能早期、灵敏、准确地诊断疾病,但由于分辨率有限,而且大部分为阳性显像,即示踪剂仅浓聚于病变部位和参与示踪剂代谢的相关器官,所以解剖结构及病变部位与邻近组织的关系显示不清;CT 反映的则是人体的密度,能清晰地显示各部位的解剖细节,但病灶密度及大小的变化通常出现在生理及代谢变化之后。如果将两者相结合,则既能及时做出定性诊断,又能准确定位。但这一结合是对临床医师空间结构能力的巨大考验:他需要分别研究大量 ECT 和 CT 断层,然后将两套图像在脑内融合成一套三维立体图像。这显然很难做到精确定位。

80 年代末医学影像工作者便开始致力于不同影像技术的图像融合。首先采用的是体内标志法:根据粗略的解剖标志选出来自同一层面的 ECT 和 CT 横断面图像,并扫描至 PC 机,通过缩放、旋转和移位后,将两图叠加,但这一方法无法保证两种图像断层面的同源性。于是人们又采用体外标志法:在人体上用带同位素的标志物作为记号,规定两种检查的扫描范围和断层位置。这虽然比体内标志法有所提高,但由于人体的可伸缩性,不同时间、不同仪器、不同体位的两种断层难以达到真正的匹配和对位,而这正是

产生高质量融合图像的前提。本世纪新推出的多功能 ECT/CT 复合成像系统将 ECT 和 CT 整合于一套设备,两种检查一次完成,完全解决了上述难题。此外,CT 系统还可以为 ECT 提供个体化的衰减校正,从而得到高质量的功能图像。

正电子发射断层 (positron emission tomography, PET) 和单光子发射计算机断层 (Single Photon Emission Computed Tomography, SPECT) 虽同属 ECT,二者不同之处在于 PET 所用的示踪剂大多是人体内源性代谢物或其类似物,直接参与各种生化反应过程,被称为“活体生化显像”,有 SPECT 所不具备的独特的临床价值。但由于 PET 价格昂贵,运行成本高,只有为数不多的综合性大医院才能拥有。多功能 ECT 利用符合探测 (Coincident Detection) 和高能准直,也能代替 PET 完成一些功能代谢检查,进一步扩大了其功能显像的范围。

## 2 多功能 ECT/CT 系统的组成及功效

多功能 ECT 除了基本的双探头 SPECT 的构件之外,还增添了以下配置和功能:

### 2.1 CT 系统

在 SPECT 的滑环机架上安装有 X 线球管。扫描每一个横断面时, X 线球管发出一束经校准的扇形 X 线,经人体吸收后被固定在对面机架上的 X 线探测器接收。球管和探测器随滑环旋转的同时,检查床匀速前移,完成螺旋式三维采集。扫描参数如扫描范围和层厚均与 ECT 一致,以保证两种检查相应断层面的匹配和对位。完成 CT 扫描需 10 分钟,即在 ECT 所需时间的基础上额外增加 10 分钟,就可以得 ECT 和 CT 的融合图像。此外,CT 还能提供个体化的衰减校正图像,对提高核医学功能图像质量,尤其是高能成

像图像的质量至关重要。经过衰减校正能改善解剖边界的影像,消除病灶的畸变,还可半定量计算标准摄取值(standardized uptake values, SUV)。

由于此套 CT 系统的放射剂量仅为专用 CT 的十到二十分之一,所以图像的分辨率和对比度达不到诊断性 CT 的要求,但已经可以满足为功能图像提供解剖定位和衰减校正的要求,

## 2.2 分子符合检测

常规双探头 SPECT 必须在硬件及软件上加以改进,才能进行分子符合检测(molecular coincidence detection, MCD)。主要需要在以下两个方面进行改进。

采集方面:常规 SPECT 采集的能量范围一般小于 400KeV,而符合检测的能量为 511KeV,所以首先要扩大探头电子脉冲高度分析仪的能量范围。探测能量增高会影响探头的均匀性和线性,所以在解决了探测能量范围问题之后,需要制作 511KeV 高能的均匀性和线性校正图像。另外,还需选择适当的 NaI 晶体厚度、安装深头隔断(Septa)、增厚探头的铅屏蔽以保证图像质量、防止射线泄漏。最关键的是将 PET 系统的符合计数技术移植到 SPECT 上,才能最终将只能记录单个事件的普能 SPECT 转化成能够记录符合事件的 MCD 装置。

处理方面:由于散射效应和湮没光子的吸收作用,衰减对符合成像图像质量影响很大,除了会引起计数丢失和定量不准确外,还会出现图像不均匀和失真,所以必须安装衰减校正软件以消除衰减效应造成的影响。另外,SPECT 图像重建中最常用的滤波反投影也不适用于符合成像,因为它放大了统计噪音,使图像质量下降。现在采用的多为迭代重建技术,在减少噪音获得最佳空间分辨率的基础上,还可进行三维图像重建。

符合成像的空间分辨率几乎可以和专用 PET 媲美,但由于探测效率太低,无法象专用 PET 那样进行动态采集和 3D 采集,也无法精确定量。

## 2.3 高能准直器

在常规 SPECT 探头上配高能准直器,滤去低能光子,可以用于探测正电子湮灭所产生的 511KeV 的高能光子。如果在低能范围同时开一个 140KeV 的能窗,就能同时进行低能和高能两种核素的图像采集,即双核素采集(dual isotope simultaneous acquisition, DISA)。

## 3 多功能 ECT/CT 系统的临床应用价值

多功能 ECT/CT 系统的最大优势在于它可将功能图像和解剖图像完美地结合在一起,符合成像系统又使正电子放射性药物如<sup>18</sup>F-脱氧葡萄糖(<sup>18</sup>F-FDG)等得以使用,进一步扩大了功能显像的范围。目前,它在临床上主要应用于以下几方面:

### 3.1 肿瘤

恶性肿瘤及转移灶对示踪剂的异常浓聚是功能显像的诊断基础,但这些示踪剂同时也能被人体的有些正常组织和器官所摄取,加之功能图像显示的解剖结构欠佳,给读片带来了很大的困难。与 CT 融合后的图像可以明确浓聚区的解剖位置,排除示踪剂的正常分布和生理变异的可能性,鉴别肿瘤的良好性;根据转移灶的具体数量和位置做出准确的分期诊断,从而制定正确的治疗方案;还可以对病灶进行精确定位,确定手术或精细放疗的范围和剂量。

融合图像还可用来监测恶性肿瘤的治疗效果。对于治疗过程中的复发及瘢痕坏死的鉴别,融合图像也明显优于任何一种单独的检查。部分恶性肿瘤及转移病灶可以用放射性药物治疗,融合技术可用于计算肿瘤和人体正常组织的内照射辐射剂量。

### 3.2 心脏疾病

冠心病的发病率有逐年上升的趋势,缺血心肌存活与否的判断对选择治疗方案、预测疗效及预后有重要的意义。多功能 ECT 的双核素采集可以同时显示心肌的血流灌注和代谢情况,是检测心肌是否存活的可靠方法。

### 3.3 其它疾病

骨显像和 CT 的融合图像能确定骨髓炎等疾病的病变范围,帮助制订治疗计划或监测治疗效果;也被用于评价移植骨的血供和成骨活性,帮助判断移植骨是否存活。脑血流灌注 SPECT 与 CT 的融合则能够显示脑梗塞病人的局部脑血流灌注受损程度和范围,对估计预后及决定治疗方案均有重要的作用。

## 4 结论

多功能 ECT/CT 系统具有优越的性能价格比,它的临床应用前景也已经得到了广泛的认同,尤其适合在中国这样的发展中国家推广使用。

(下转 41 页)

用。另一方面,该仪器在国内有着巨大的、尚未开发的潜在市场,如以产品形式推向市场,必将产生巨大的经济效益。

#### 参考文献

1. US4362048. Meter measuring density of liquid or gas [S]. 1983
2. Lee W G. Direct determination of air density using Pt-Ir and

stainlesssteel kilogram standards [J]. OMIL, 1989, 12 (117): 23 ~ 27

3. 《计量测试技术手册》编写组. 计量测试技术手册, 第四卷(力学一) [M]. 北京: 中国计量出版社, 1995
4. 王家祯, 等. 传感器与变送器 [M], 北京: 清华大学出版社, 1996
5. 李九龄. 可编程控制器在工业控制中的应用与设计 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1995

## Measuring feature of Precision instrument for Air Density

Lou Zhiyong

(National Institute of Metrology Beijing 100013)

**Abstract** The instrument for measuring air density has realized precision measuring of air density by means of temperature sensor, humidity sensor and pressure sensor. The basic principle and main function of the portable precision instrument for measuring air density are introduced in this paper and the stability of this instrument is certified with the testing result.

**Key words** Precision instrument Air density Sensor Designation Measurement

(上接 21 页)

#### 参考文献

1. Parsai, Komanduri M.Ayyangar, Palph R.Dobelbower et al. Clinical fusion of three-dimensional images using bremsstrahlung SPECT and CT. J Nucl Med, 1997, 38 (2): 319 ~ 323
2. A. M. Scott, H. Macapinlsc, J. J. Zhang et al. Clinical applications of fusion imaging in oncology. Nucl Med Biol, 1994, 21 (5): 775 ~ 784
3. Richard L. Wahl, MD. Leslie E. Quint, MD. Robert L. Greenough et al. Staging of mediastinal non-small cell lung cancer with FDG PET, CT, and fusion images: preliminary prospective evaluation. Radiology 1994, 191: 371 ~ 377
4. Sanjeev Katyal, Elissa Lipcon Kramer, Marilyn E. Noz et al. Fusion of immunoscintigraphy single photon emission computed tomography (SPECT) with CT of the chest in patients with non-small cell lung cancer. Cancer Research (suppl) 1995, 55: 5795 ~ 5763

5. Kenneth F. Koral, Shuhong Lin, Jeffrey A. Fessler et al. Preliminary results from intensity-based CT-SPECT fusion in I-131 anti-B1 monoclonal-antibody therapy of lymphoma. Cancer (suppl), 1997, 2538 ~ 2544
6. Kenneth F. Koral, Kenneth R. Zasadny, Marc L. Kessler et al. CT-SPECT fusion plus conjugate views for determining dosimetry in iodine-131-monoclonal antibody therapy of lymphoma patients. J Nucl Med 1994, 35: 1714 ~ 1720
7. Mark P. Bernstein, Curtis B. Caldwell, Oleh M. Antonyshyn et al. Spatial and temporal registration of CT and SPECT images: development and validation of a technique for in vivo three-dimensional semiquantitative analysis of bone. J Nucl Med 2000, 41: 1075 ~ 1081
8. 朱朝晖, 正电子发射断层显像, 现代仪器, 2001, 1: 14 ~ 17

## Hybrid ECT/CT

Chen Libo

(Department of Nuclear Medicine, PUMC Hospital, PUMC&CAMS Beijing 100730 China)

**Abstract** Fusion becomes the theme of medical imaging techniques in this new century for its presentation of complementary information provided by different modalities. The largest challenge in fusion is image registration. Hybridization of ECT (emission computed tomography) and CT (computed tomography) is a perfect way to solve the problem by acquiring and processing of both functional and anatomical data in the same system. It can act not only as a SPECT (single photon emission computed tomography) but also as a PET (positron emission tomography). Its multiple functions promise a bright future in clinical applications.

**Key words** Emission computed tomography Imaging fusion