

正电子发射型计算机断层成像技术

刘东华

刘晓丽

(新乡医学院物理教研室)(新乡医学院机能实验室 新乡 453003)

正电子发射型计算机断层成像(positron emission computed tomograph 简称 PET),其原理是将含有发射正电子的放射性核素,如 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{15}O 、 ^{13}N 等显像剂注入或吸入人体,通过探测正电子放射性核素衰变时产生的正电子与组织内电子湮灭产生两个能量相等、方向相反的 γ 光子,由计算机重建图像,显示人体代谢和生化等改变,被誉为活体的分子断层图像。因此 PET 能将人的思维、行为和脑化学联系起来,探讨、解释和定位人脑的功能活动,对于许多精神、情感、功能及运动障碍等功能性疾病,PET 具有理论意义和实用价值。

1. 电子对的生成与湮灭

光子与物质作用时,当入射光子的能量大于 1.022MeV (即 $2m_0c^2$)时,光子在原子核场的作用下会转换成为一个电子和一个正电子,这种现象称为电子对的生成。正电子在真空中是稳定的,但它在物质中却不能长期存在,它就与一个电子结合起来转化成为两个能量相同(都是 0.511MeV),飞行方向相反的光子,这一现象称为电子对的湮灭。图 1 就是记录正电子湮灭事件次数的实验简图。在发生电子对湮灭的区域两侧,放置两个光子探测器,当两个

探测器同时(实际上符合探测有一定的分辨时间,目前这个时间是 10^{-8} 秒)接收到光子时,符合电路会给出一个计数。

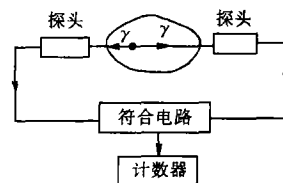


图 1 电子对湮灭实验的示意图

2. 适用于人体的放射性药物的制备

PET 使用的标记化合物相当多。 ^{11}C 能与血红蛋白结合用于测定血容量及红细胞存活率等, ^{11}C -脂肪酸用于心肌显像, ^{11}C -葡萄糖用于测定葡萄糖代谢及脑显像。 ^{13}N 标记的 N_2 和 NH_3 用于心肌显像与脑显像, ^{13}N -谷氨酰胺在肿瘤中较多浓集,可用于监测肿瘤的化疗效果。 ^{15}O 标记的 O_2 、 CO 、 CO_2 可用于肺、脑、心脏显像及其功能性研究。 ^{18}F -DG(^{18}F -脱氧葡萄糖)主要用于心脏病学、肿瘤和中枢神经系统三大方面,在判断心肌的活力,寻找肿瘤病灶和脑部疾病诊断方面有重要价值。

^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F 均要在回旋加速器中通过相关

束开关平行板充电而使离子束流偏转,从而完成一次辐射过程。定位辐射的准确性主要依赖于微米量级的束径以及对细胞的识别。微米量级束径的实现是采用预瞄准器与瞄准器相结合的方法完成的,其中瞄准器是用内径为 $5\mu\text{m}$,长为 1mm 的厚壁毛细玻璃管(HPLC)。在细胞识别和辐射过程中,样品的移动由具有扫描功能的样品架来完成;微图像的成像和细胞核的识别是由显微镜、图像增强器、CCD 和图像处理卡共同完成;整个过程的控制则由建立在样品架控制基础上的控制软件来完成。图 2 为微束装置示意图。

在实际辐射过程中,先由显微镜、图像增强器、CCD 和图像处理卡对细胞进行识别,把所有细胞的坐标等参数记录下来,再用离子数目探测器代替显

微镜的物镜,置于瞄准器的正上方,在程序中设定每个细胞所需辐射的离子数,用细胞识别阶段输出文件中记录的坐标等参数对每个细胞进行定位,利用样品架把细胞移到瞄准器出口处正上方,使用程序控制束线传输系统中的电子开关打开它,使束线经过束流传输系统从瞄准器射出对细胞进行辐射,程序中采集离子数目探测器给出的信号,对辐射的离子数目计数。当程序采集到的离子数目达到设定的数目后,程序控制束线开关,使之闭合,束线断开,移动样品架把下一个细胞移到瞄准器出口的正上方,再利用程序打开束线开关进行辐射。反复上述过程,直到需要辐射的细胞全部被处理后关闭束线开关,从样品架上取下细胞盘,最后对细胞进行分析。

