

而不注入胸腺素的对照组脾脏内提取的B细胞更能加强对ЛПЦ的反应。在移植悬液内T细胞已为抗Thy-1血清和补体的作用所灭活。尽管实验中观察到的应答水平很低,但却能成功地显示经胸腺素处理过的小鼠,其B细胞的活性是比较高的。

本文所列举的实验资料还不能确定胸腺因子在上述实验中是通过T细胞还是直接作用于B细胞。有人证明,胸腺素在体外能诱导B细胞的分化,以至后来出现Ia膜抗原。然而,更为可能的是,在这种情况下,胸腺素促进了T细胞的成熟,T细胞又影响B细胞

对ЛПЦ作出应答。众所周知,在给致死量照射的小鼠移植骨髓细胞时,胸腺细胞可以加速B细胞的成熟过程。此外,有人报道,T细胞对由ЛПЦ引起的B淋巴细胞应答反应具有调节作用。看来,哺乳类动物在正常情况下,其胸腺产物和T细胞对B淋巴细胞的成熟过程和反应产生的作用是很小的,但在各种危急情况时,比如在照射后,它们的作用则变得异常明显。

(Радиобиология 19(4): 560~565, 1979(俄文)吴文智译 余婉芬 刘文审校)

125I 液体闪烁测量法

中国医学科学院放射医学研究所 李文惠综述 杨守礼*赵启仁校 林 汉审

在生物学和医学研究中,常用到的放射性同位素不仅有 ^3H 和 ^{14}C 等单纯 β 发射体,而且有 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{60}Co 、 ^{57}Co 、 ^{59}Fe 和 ^{51}Cr 等发射 γ 射线的同位素。过去这些发射 γ 射线的同位素只能用碘化钠井型计数器来测量,但近十几年来也有了用液闪谱仪来测量的方法。其优点是便于利用自动化程度较高的液闪谱仪。因为在生物医学实验室里应用 ^{14}C 、 ^3H 、 ^{35}S 等弱 β 发射体的机会最多,购置液闪谱仪是完全必要的。如果将液闪谱仪的用途扩展到 γ 发射体的测量,就可以做到一机多用。

在生物医学中, ^{125}I 的应用近年来相当普遍,尤其是放射免疫分析法,与 ^{125}I 关系密切。这里特就 ^{125}I 的液体闪烁测量法,简要介绍如下:

一、 ^{125}I 衰变性质

^{125}I 衰变网图如图1所示,这个衰变可分成两部分:①100%的轨道电子俘获(E.C.),②35.5千电子伏激发态的衰变。在100%的电子俘获过程中,80%的衰变为K层电子俘获,其余20%为L、M或更高壳层电子俘获。在K层俘获中,发射特征KX射线的几率 $\omega_K = 0.86$,

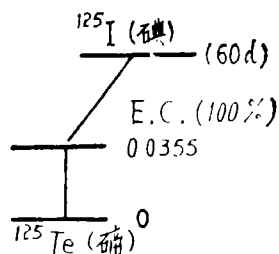


图1 ^{125}I 衰变图

产生俄歇电子的几率 $\omega_{Au} = 0.14$, $\omega_K + \omega_{Au} = 1.00$ 。

35.5千电子伏激发态的衰变稍微有点复杂,该核有两种衰变方式:①7%的几率发射35.5千电子伏 γ 射线,②93%为内转换。35.5千电子伏激发态 ^{125}I 所发出的内转换电子具有的能量等于35.5千电子伏与该电子结合能之差。排出电子所留下的空位又导致特征X射线或一个和多个俄歇电子的发射,与电子俘获有同样的过程。

^{125}I 核的各种衰变方式所有可能的组合可参见参考文献〔3〕。

二、 ^{125}I 的液体闪烁测量法

众所周知,闪烁液是由有机闪烁剂溶于有

* 中国医学科学院基础医学研究所

机溶剂中组成。这种溶液的有效原子序数低，因而对 γ 及X射线阻止本领小，所产生的电子数目少，脉冲高度小，探测效率低。已知在低原子序数的元素中，为使27千电子伏光子被吸收一半需要1.5厘米距离，而普通闪烁杯直径大约27毫米。很明显，对 ^{125}I 衰变而言，跑出杯子的光子多于50%。如果增加溶液的有效原子序数，比如说加入一种包含重元素的化合物，这将改变对 γ 射线的吸收系数，从而可能提高探测效率。有人直接用有机金属化合物作为闪烁剂，结果完全失败了。但是把重金属化合物溶解在闪烁液中却获得成功^[7]。由于重金属（称为电子密度增加剂）的原子序数高，光吸收截面大，因此含有电子密度增加剂的闪烁液吸收X射线和 γ 射线的几率增加，即在闪烁液中停留或散射的 γ 射线的几率增加了，从而提高了探测效率。

^{125}I 的这种液体闪烁测量法有两种，一种是把样品直接加到闪烁液里（内部测量），另一种是用玻璃或塑料微管把样品与闪烁液隔开（外部测量）。现分述如下：

1. 内部测量

把样品直接加到闪烁液里，主要测量的是内转换电子和俄歇电子，而27.5千电子伏碲KX射线和35.5千电子伏 γ 射线视闪烁体成分的不同而有不同程度的吸收。

^{125}I 每次衰变在闪烁液中所释放的能量，是最初产生电子俘获的壳层释放的能量加上激发态 ^{125}Te 原子的35.5千电子伏。电子俘获后所释放的能量对于K俘获是31.8千电子伏，对于L俘获为4.8千电子伏，所释放的总能量是：

伴随K俘获 $31.8 + 35.5 = 67.3$ （千电子伏）

伴随L俘获 $4.8 + 35.5 = 40.3$ （千电子伏）

假设碲的27.5千电子伏KX射线和35.5千电子伏 γ 射线能量完全没有被吸收，则每次衰变产生的能量等于总能量减去逃逸能，结果如表1。表2说明两个能量组因衰变途径不同而有不同的几率。故在闪烁液中所测得的脉冲高度

表 1 ^{125}I 衰变在闪烁液内消耗的能量

	K俘获 (千电子伏)	L俘获 (千电子伏)
每次衰变的总能量	67.3	40.3
每次衰变逃逸一个KX射线	39.8	12.8
每次衰变逃逸两个KX射线	12.3	a
每次衰变逃逸 γ 射线	31.8	4.8
每次衰变逃逸一个KX射线和 γ 射线	4.3	a

a——没有可能

谱应有两个峰，峰值分别为12.8千电子伏和40千电子伏（参见参考文献〔3〕的图）。实际上在闪烁液中27.5千电子伏KX射线和35.5千电子伏 γ 射线多少总会被吸收，掺杂重金属化合物的目的就是让这部分能量被吸收的比例增大。

但是，由于样品直接与闪烁液相接触，实际上存在化学淬灭与颜色淬灭。淬灭量的增加使脉冲幅度减小，并且谱向较小脉冲高度方向漂移。再加上闪烁液和重金属化合物均较贵，消耗量大，而且有毒，所以内部法不适应推广应用。

表 2 ^{125}I 衰变期间产生的电子能量组

能 量 (千电子伏)	在闪烁液内完全不吸收TeKX射线与 γ 射线的几率	在15毫升闪烁液内吸收8%TeKX射线与 γ 射线的几率
4.3~4.8 12.3~12.8	0.062 0.622	0.054 0.537
	0.684	0.591
31.8 39.8~40.3 67.3	0.008 0.282 0.026	0.011 0.349 0.049
	0.316	0.409

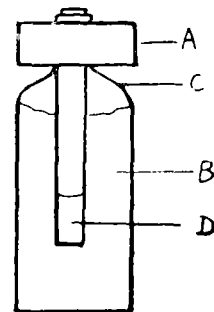


图2 微管系统

A: 中心洞帽 B: 含有电子密度增加剂的闪烁液
C: 液内瓶 D: 含有样品的微管

2. 外部测量

装置如图2。一个微型细管(玻璃或塑料)内盛 ^{125}I 源,从液闪玻璃瓶盖插入并悬挂在含有电子密度增加剂的闪烁液中。采用这种微管法实际上测量的是 ^{125}I 所发射的 γ 和X射线,因为内转换电子和俄歇电子是无法穿过玻璃或塑料壁的。 γ 和X射线通过闪烁液时,将与闪烁液物质发生相互作用,即光电效应和康普顿效应。由于 ^{125}I 的这两种射线能量较弱,因此光电效应占优势,故在闪烁液中所产生的脉冲高度谱如图3所示,

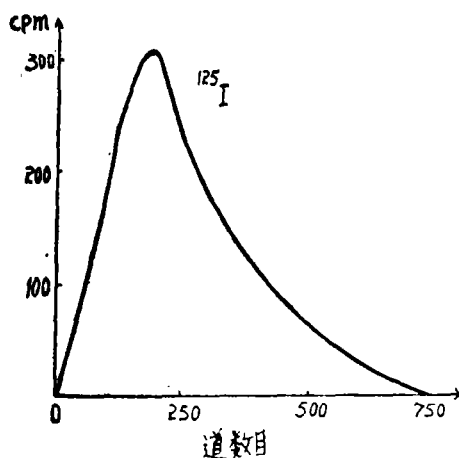


图3 ^{125}I 在含有四丁基锡的甲苯闪烁液中由 γ 及X射线所产生的脉冲高度谱

表3 ^{125}I 三种测量方式的比较

测量方式	效率(%)	本底(cpm)
一般闪烁法	7	34
含四丁基锡闪烁液法 (外部法)	55	40
45×51毫米NaI井型晶体	48	200

采用外部测量法时可用甲苯闪烁液,配方为每升含5克PPO, 0.1克POPOP以及35%(W/V)四丁基锡。表3指出,外部测量法的计数效率比用井型NaI晶体测量时的计数效率稍高。

在上述两种测量中,内部测量法的计数效率比外部测量法的计数效率明显为高。但由于前述的原因,一般 ^{125}I 的常规液体闪烁测量采

用外部法,即把样品与闪烁液分隔开的办法,而且往往把闪烁液密封。

除 ^{125}I 外,含 ^{60}Co 、 ^{59}Fe 、 ^{131}I 、 ^{57}Co 和 ^{51}Cr 等 γ 发射体的样品也可用液闪计数器来测量^[1]。

当在闪烁液中掺杂重金属化合物时, ^{125}I 的计数效率随重金属化合物浓度的增加逐渐上升,到达最大值以后开始下降(见参考文献10的图),而 ^3H 的计数效率却呈指数下降,这意味着有淬灭存在。但由于淬灭影响被更有效的能量利用所补偿,故 ^{125}I 前半段曲线是上升的。到达最大值后曲线下降,则表明此时能量的利用不足以抵消淬灭影响,淬灭作用又占了优势。为了减少淬灭,可以增加闪烁剂的量,并加入萘,为了增加 γ 射线和X射线的吸收,所加重金属化合物一般都为高浓度^{[4][7]}。四丁基锡是一种无色、稳定的液体,它能与闪烁液以任何比例混合而构成均相系统,说明是一种很好的电子密度增加剂。我们用微管法测量时,甲苯闪烁液配方为PPO5克/升,POPOP 0.1克/升,四丁基锡浓度为35%W/V时,计数效率达到最大值。

掺杂重金属化合物不仅提高了 ^{125}I 的探测效率,而且改善了 ^{125}I 的脉冲高度谱,使 ^3H 和 ^{125}I 的双标记测量成为可能。曾有人^[8]在Triton X-100系统或Instagel中用不太贵的水溶性铈或铅盐构成乳浊液,获得了 ^3H 与 ^{125}I 满意的谱分离。

三、 ^{125}I 源的标定

在液闪实验中为了计算计数效率,须知道 ^{125}I 的衰变率(dpm值)。 ^{125}I 是一种短半衰期的核素(60天),故没有标定好的 ^{125}I 源。在许多应用同位素的研究中,不需求其绝对强度,只需测量一系列样品的相对值。但是在有些工作中又必须知道绝对强度,如生产出的标记化合物要求比活性。一般来说 β 射线的几种淬灭校正方法原则上也适用于 ^{125}I 液闪测量,但做标准曲线必须有标定的 ^{125}I 。

^{125}I 绝对放射性强度可用井型碘化钠探测

器接多道分析器来测量,测得的脉冲高度谱如图4所示。低能峰是由单光子产生的(单能峰 N_s ; 27.5千电子伏的X射线, 35.5千电子伏 γ 射线。),而在两倍能量位置的峰是由于两个同时产生的光子引起的(符合峰 N_c ; 两个X射线55千电子伏或者X射线与 γ 射线符合63千电子伏。)。

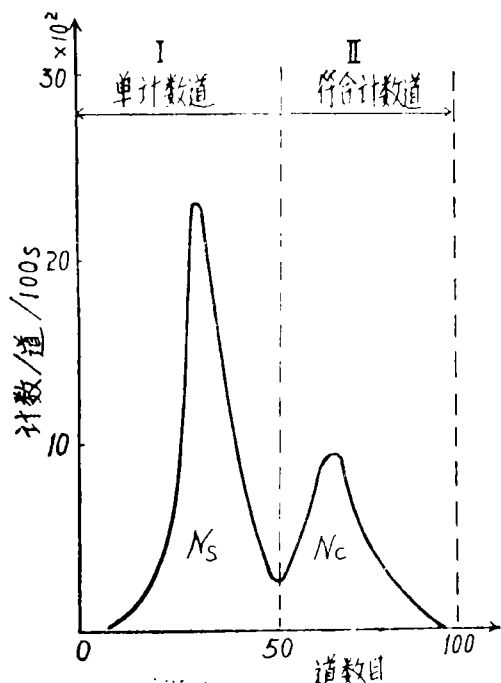


图4 由井型NaI(Tl)探测器测得的 ^{125}I 脉冲高度谱

^{125}I 源强度计算公式为 $S(\text{dpm}) =$

$$N_c(\text{cpm}) \left(\frac{1+2R}{2R} \right)^2 \quad R = \frac{N_c}{N_s}$$

系统的计数效率

$$\%E_{if} = \frac{N_s(\text{cpm}) + N_c(\text{cpm})}{S(\text{dpm})} \times 100\%$$

这种方法称为“X-X符合法”。

如果不超过下面限制,任何 ^{125}I 源都可采用这种方法计算源强度:①源的所有部分都要以相同的计数效率测量,②适当调节两个计数道,使中间甄别器处于两个光峰之间的最小能谷,③两个道中任何一道,计数统计将给出所需精度,④当测量低计数率源时,测量数据需进行本底校正(2)(5)(6)。

参考文献

1. Helman EZ, et al: Clin Chem 19:191, 1973.
2. Horrocks DL: Clin Chem 21:370, 1975.
3. Horrocks DL: Nucl Instr Meth 133:293, 1976.
4. Shand JH, et al: Clin Sci Mol Med 51:511, 1976.
5. Horrocks DL, et al: Nucl Instr Meth 124:585, 1975.
6. Horrocks DL: Nucl Instr Meth 125:105, 1975.
7. Ashcroft J: Anal Biochem 37:268, 1970.
8. Lundqvist H, et al: J Int Appl Radio Isotopes 27:233, 1976.
9. Taylor JGV: Standardization of Radionuclides (IAEA) 341, 1976.
10. 李文惠:同位素论文选编(内部资料)p.24, 1980.

上腔静脉阻塞与肝扫描图的“热点”

北京市肿瘤防治研究所朱家瑞综述 卢倜章* 林克健** 侯德燕审

现在,胶体的肝脏显像已成为寻找原发或转移瘤的常规检查手段。在病变及肿瘤部位扫描图上往往出现放射性稀疏或缺损区,即占位

性病变。然而,近年来发现的胶体肝扫描图上的“热点”(Hot Spot)——即局部放射性增高区,引起了核医学界的兴趣。经过几年的临

* 天津医学院附属医院同位素室

** 上海中山医院同位素室