

- 1979.
17. Rao BK et al; Clin Nucl Med 6 : 289, 1981.
 18. Waxman AD; Semin Nucl Med 12 : 75, 1982.
 19. Gelfand MJ et al; Clin Nucl Med 6 : 399, 1981.
 20. Kurohara SS et al; Radiology 89 : 129, 1967.
 21. Usselman JA; J Nucl Med 7 : 761, 1966.
 22. Masuda Y et al; Clin Nucl Med 5 : 359, 1980.
 23. Vincent LM et al; J Nucl Med 24 : 207, 1984.
 24. Russell RM et al; N Engl Med 291 : 435, 1974.

25. Kuni CC et al; Clin Nucl Med 5 : 349, 1980.
26. Sty JR et al; Semin Nucl Med 12 : 156, 1982.
27. Park CH et al; J Nucl Med 15 : 310, 1974.
28. Rao BK et al; Radiology 136 : 497, 1980.
29. Weissmann HS et al; Semin Nucl Med 13 : 199, 1983.
30. Bar-Meir S et al; Radiology 142 : 743, 1982.
31. Coel MN et al; Clin Nucl Med 7 : 315, 1982.
32. Klingensmith WC et al; Clin Nucl Med 5 : 314, 1980.

应用液体闪烁计数器效率示踪技术进行放射性分析

Ishikawa H et al: Int J Appl Radiat Isot 35(6): 463~466, 1984 (英文)

^3H 和 ^{14}C 等软 β 发射体的测量仪器液体闪烁计数器早已被开发出来并使用了。这种仪器的主要优点不仅是测量时没有自吸收,而且射线入射到闪烁体之前也没有吸收,因为这是一种液体闪烁体所特有的内部样品测量。

已经建立了 ^3H 和 ^{14}C 放射分析的外标准道比和样品道比技术。这些淬灭校正技术需要一组 ^3H 或 ^{14}C 淬灭标准源。另一方面,这些淬灭校正技术对 ^3H 和 ^{14}C 以外的其它核素的常规放射性分析并不很适用,因为制备各别的淬灭标准源是费事和费时的。

应用 $4\pi\beta\text{-}\gamma$ 符合计数,已把效率示踪技术应用于 β -发射体的放射分析,而且也把这种技术成功地应用于液体闪烁测量。“效率示踪技术”一词是指对应于参考示踪剂的计数效率来绘制被测样品的计数效率图。液体闪烁技术中的样品制备比 $4\pi\beta\text{-}\gamma$ 符合技术中的容易得多。

液体闪烁效率示踪技术比其它放射性测量技术有下述优点:(1)能够立即制备被测样品;(2)即使与被测核素不相同的核素也能用作参考样品;(3)这种技术对很多种纯 β 和 $\beta\text{-}\gamma$ 发射体都有效。

液体闪烁计数率随放大器增益而变化,因此液体闪烁谱随放大器增益的增加而朝着较高脉冲高度方向移动。把被测样品的净计数率对参考样品的计数效率

作图:设对应于每个放大器增益($G_1, G_2, G_3, \dots, G_m$),参考样品的计数效率是 E_1, E_2, \dots, E_m ,而被测样品的计数率是 n_1, n_2, \dots, n_m ,则把对应于同一个放大器增益的 n 对 E 作图,就能得到效率示踪曲线;

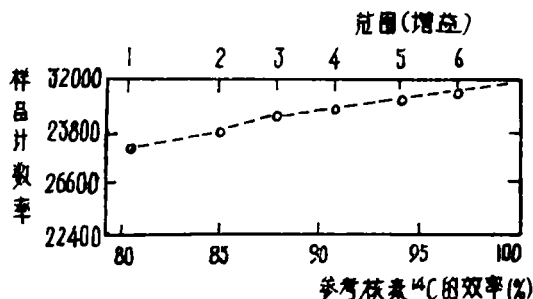


图1 ^{32}P (31648dpm) 的效率示踪曲线

注: 纵座标23800应为28800

在效率示踪曲线中,外推到100%计数效率的值即表示被测样品的放射性强度,这种技术的原理是根据以下假设,若在给定条件下,能以100%计数效率测量参考样品,那么在同样测量条件下,必定能以100%计数效率测量被测样品。

把表1中所列的12种被测核素分别均匀地加到15ml乳化闪烁液JAERI-Sol中,这种闪烁液是由二甲苯(720ml)、Liponox-NCH(280ml)、PPO(7g/l)、bis-MSB(0.5g/l)和浓硝酸(10 $\mu\text{l/l}$)组成。

应依下述观点选择参考样品, 即:

- (1) 寿命长, 能准确地进行放射分析。
- (2) 能以大于90%的最大计数效率测量的核素。
- (3) 是 β 发射体, 不产生电子俘获衰变或同质异能转换。

据此, 我们选择了 ^{14}C 作为最适宜的参考样品。把 $1\text{ ml } ^{14}\text{C}$ -甲苯参考样品 $[(1.027 \pm 0.015) \times 10^5 \text{ dpm}]$ 溶解于15ml甲苯闪烁液中, 这种闪烁体由PPO(4g/l)、DMPOPOP(0.3g/l)和甲苯所组成。

进行效率示踪技术时, 最主要的因素是选择合适的放大器增益, 参考样品和被测样品的计数率随放大器增益而变化。应该这样设置放大器增益, 以便给出参考样品的80~95%的计数效率。在本研究使用的液体闪烁计数器(Packard Tricarb 3255型)中, 在50—无穷的窗中的积分计数方式下, 4、5、6、8、10和20%的放大器增益, 似乎能给出构成效率示踪曲线的最适宜的数据。

参考样品和被测样品之间的淬灭效应、辐射能量和液体闪烁体等方面的差异, 实际上并不影响最终结果。效率示踪曲线的斜率与被测样品的放射能量有关。此外, 因为淬灭效应可降低脉冲高度, 所以斜率随淬灭的增加而变化。在含同样的放射性强度的淬灭和非淬灭样品中, 正如图2所示, 得到了不同的效率示踪曲线。然而, 外推到100%计数效率的外推值仍集中于同一点。

即使具有复杂衰变模式的核素, 若其给出100%的衰变, 则用这种技术能容易地测定其放射性强度。

用本技术测量 ^3H 的放射性强度时, 测量误差大, 因为 β 射线能量很低。

效率示踪技术不能用于产生电子俘获(EC)衰变或同质异能转换的那些核素。在电子俘获之后有X射线或俄歇电子发射, 所以用这种技术很难求得真正的放射性强度。

$$\frac{dn}{dE} = \frac{m \sum_i E_i (n_{si} - n_{bi}) - \sum_i E_i \sum_i (n_{si} - n_{bi})}{m \sum_i E_i^2 - (\sum_i E_i)^2} \quad (2)$$

式中, m 、 n_s 和 n_b 分别为点数、样品计数率和本底计

数率; $\sum_i = \sum_{i=1}^m$ 。

因此, 效率示踪曲线的每个点的算术加权(W)反比于总标准偏差(σ)的平方, 由下式给出

$$\Delta D = \left[\frac{\sum_i W_i - \sum_i W_i E_i}{\sum_i W_i E_i^2 - (\sum_i W_i E_i)^2} \cdot \frac{\sum_i W_i \{ (n_{si} - n_{bi}) - (PE_i + Q) \}^2}{m - 2} + (P \cdot \frac{\Delta A}{A})^2 \right]^{1/2} \quad (5)$$

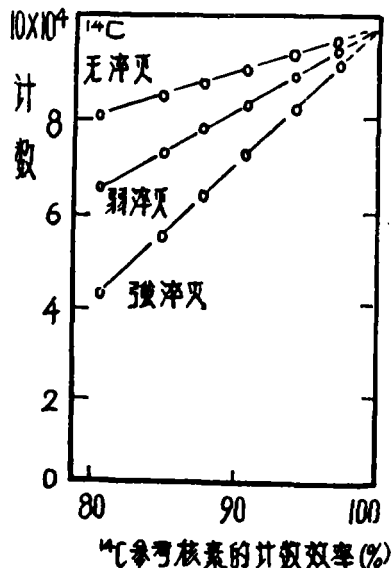


图2 非淬灭和淬灭样品的效率示踪曲线

当 β 衰变后产生子核的激发态寿命比计数系统的分辨时间($\sim 500\text{ns}$)长时, 这 β 射线和其后的 γ 射线就不会被同时测量到。

采用最小二乘法确定外推值, 此时对效率示踪曲线的每个点都要考虑算术加权。

效率示踪曲线涉及的误差源于: (1) 被测样品和参考样品的计数; (2) 本底计数和(3) 参考样品的分析值。

效率示踪曲线上每一点的标准差 $\Delta n(E)$ (纵坐标)受计数效率 ΔE (横坐标)的影响, 即

$$\Delta n(E) = \frac{dn}{dE} \cdot \Delta E \quad (1)$$

$\frac{dn}{dE}$ 表示效率示踪曲线的斜率, 它可近似地(即不考虑每个点的算术加权)由最小二乘法推出。

$$\omega = \frac{1}{\sigma^2} = \frac{1}{\Delta n(E)^2 + \Delta n_s^2 + \Delta n_b^2} \quad (3)$$

Δn_s 和 Δn_b 分别是被测样品的和本底的计数误差。

若考虑到算术加权(自3式可得), 则可应用最小二乘法, 依下式最终计算出被测样品的放射性强度(D)和它的误差(ΔD)。

$$D = P + Q \quad (4)$$

表1 本研究得到的结果与参考值比较

核 素	本研究 (A) ($\times 10^4$ dpm)	参考值 (B) ($\times 10^4$ dpm)	相对误差* (%)
^{14}C	1.01 (2.1%) *	1.01 (3.0%) *	0.0
^{32}P	3.16 (2.4%)	3.08 (2.1%)	2.6
^{36}Cl	4.79(3.1%)	4.95 (2.9%)	-3.2
^{46}Sc	7.26 (1.7%)	7.32 (2.6%)	-0.8
^{59}Fe	1.35(1.5%)	1.35 (2.7%)	0.0
^{60}Co	1.05(1.9%)	1.04 (0.5%)	1.0
^{63}Ni	6.66 (4.5%)	6.09 (4.0%)	-3.5
^{86}Rb	5.42 (0.5%)	5.40 (3.1%)	0.4
$^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$	6.06 (1.7%)	6.00 (1.5%)	1.0
^{131}I	1.78 (1.5%)	1.80 (1.3%)	-1.1
^{134}Cs	7.26 (1.4%)	7.32 (2.5%)	-0.8
^{147}Pn	3.73 (2.7%)	3.80 (2.8%)	-1.8

*标准误; *相对误差: $(A-B)/B$

式中A和 ΔA 分别是参考样品的放射性强度和它的误差。

$$P = \frac{\sum_i W_i E_i (n_{si} - n_{bi}) \cdot \sum_i W_i}{\sum_i W_i E_i^2 \cdot \sum_i W_i - (\sum_i W_i E_i)^2} - \frac{\sum_i W_i E_i \cdot \sum_i W_i (n_{si} - n_{bi})^2}{\sum_i W_i E_i^2 \cdot \sum_i W_i - (\sum_i W_i E_i)^2} \quad (6)$$

$$Q = \frac{\sum_i W_i E_i^2 \cdot \sum_i W_i (n_{si} - n_{bi})}{\sum_i W_i E_i^2 \cdot \sum_i W_i - (\sum_i W_i E_i)^2} - \frac{\sum_i W_i E_i (n_{si} - n_{bi}) \cdot \sum_i W_i E_i}{\sum_i W_i E_i^2 \cdot \sum_i W_i - (\sum_i W_i E_i)^2} \quad (7)$$

测量了12种核素(见表1)。

液体闪烁效率示踪技术最吸引人的特征 是样品制备和放射性测量简单, 这主要是由于液体闪烁测量技术的优点所决定的。

(赵启仁节译 林汉审)

肝扫描在恶性病时的功效

Harbert JC; Semin Nucl Med 14(4): 287~295, 1984 (英文)

本文支持以下的研究结论。这些研究 成果于最近12年内发表, 并符合如下规范: (1)用闪烁照相机和 ^{99m}Tc 硫胶体进行扫描; (2)原发肿瘤的诊断由组织学检查确诊; (3)根据与扫描结果无关的由 美国关节委员会制订的分类系统决定肿瘤分期; (4)除非附加说明,资料属于治疗前临床分期时所见, 因各种原因阅读了随访扫描图, 且总结了这些资料; (5)由活检、尸检以及单独的试验确证转移灶。可疑的扫描图作为阴性或不用; (6)通常采用Drum和Beard判断标准选择肝扫描图的相关性。

Drum和Beard证明应用严与宽的闪烁扫描标准对诊断肝转移灶的影响。例如, 乳癌患者肝扫描的真阳性(TP)率从67%(局灶性缺损区的扫描图被解释为阳性)升高至87%(标准放宽时, 肝肿大、放射性分布不均匀或局灶性缺损区被认为阳性)。肝扫描的假阳性(FP)率达到相同比率的增高; 自9%至29%。本文报道的大多数研究结果采用严标准, 包括多发性局灶缺损区及在肝的其它区域伴有示踪剂分布不均匀的

单个局灶缺损区。

在多数情况下,作者提到“真阳性率”。这是TP扫描图与所有扫描图的简单比率。这种比率比TP分数 $(TP/TP+FP)$ 用处少。但在原始研究总体中没有独立验证疾病状态的方法时,“真阳性率”能达到此要求。

最后,作者避免加入自己关于扫描功效的意见,而是重复每种疾病研究作者的观点。

结肠直肠癌:结肠直肠癌时的术前肝扫描价值已有许多文献论及。1977年,Read等总结了12组资料,多数回顾性研究来自早期文献。2300次术前肝扫描图中,平均真TP率为33%,FP率7%,总正确率81%。高TP率主要来自一组的结论,因检查中包括了大量因转移而要求肝扫描的病人。如屏弃这组结果,TP率仅18%。概括最近四组详细的研究,虽然TP率在所有组中比较高,但因FP和FN(假阴性)率高,所以正确性低。研究人员一致推荐肝扫描限于临床疑有肝病的病例。此外,建议扫描阳性但肝功正常的病例进行剖腹