

表 2 微波照射后不同时期外周血白细胞数、脾和骨髓细胞数

微波照射 后 时间	动物数 (只)	白 细 胞 数 ( $\times 10^9/\text{mm}^3$ )	细 胞 数			
			脾 脏		骨 髓	
			红 细 胞 ( $\times 10^9$ )	有核细胞 ( $\times 10^9$ )	红 细 胞 ( $\times 10^9$ )	有核细胞 ( $\times 10^9$ )
对 照 组	5	10.60 $\pm$ 0.51	4.00 $\pm$ 0.27	1.23 $\pm$ 0.07	3.32 $\pm$ 0.03	1.24 $\pm$ 0.05
2 小时	5	10.03 $\pm$ 0.72	5.40 $\pm$ 0.12**	1.80 $\pm$ 0.20*	4.52 $\pm$ 0.14**	1.57 $\pm$ 0.08*
24小时	5	16.00 $\pm$ 1.53*	4.92 $\pm$ 0.45	1.55 $\pm$ 0.20	3.34 $\pm$ 0.21	1.32 $\pm$ 0.05
3 天	5	16.30 $\pm$ 0.58*	5.01 $\pm$ 0.37	1.32 $\pm$ 0.05	3.28 $\pm$ 0.13	1.32 $\pm$ 0.06
5 天	5	16.40 $\pm$ 1.53*	5.03 $\pm$ 0.38	1.22 $\pm$ 0.27	3.94 $\pm$ 0.21*	1.38 $\pm$ 0.07
7 天	5	10.43 $\pm$ 0.97	5.03 $\pm$ 0.36	1.67 $\pm$ 0.26	2.98 $\pm$ 0.13	1.41 $\pm$ 0.08
14天	5	13.20 $\pm$ 1.26	5.61 $\pm$ 0.42*	1.83 $\pm$ 0.13*	3.12 $\pm$ 0.17	1.21 $\pm$ 0.06

\*  $P < 0.5$ \*\*  $P < 0.01$ 

表 3 在X线和微波照射后动物30天存活率与两者作用的间隔时间之关系

组 别 和 作 用 的 间 隔 时 间	动物数	死亡数	存活数	活 存 率 %
X 线照射 (对照组)	23	9	14	61
加温 + X 线, 5分钟	20	9	11	55
微波 + X 线, 5分钟	20	2	18	90*
微波 + X 线, 24小时	21	12	9	43
微波 + X 线, 72小时	22	15	7	32*
微波 + X 线, 14天	24	2	22	92*

\*  $P < 0.05$ 

小鼠在微波照射后立即受X线照射时抗放能力的提高,看来是由非特异性应急效应所引起的。在微波作用后14天再受X线照射的动物抗放能力的提高,可能

是由于微波作用引起多能造血干细胞池增大。这不仅在外周血液的指标方面,而且在骨髓和脾脏中造血干细胞水平上都表现出来(表1和表2)。在研究提高外界温度对动物抗电离辐射能力的影响的对照实验中未观察到变化(为简短起见,表3仅列出5分钟间隔)。

从上述工作的结果可知,微波不仅能激活造血器官的干细胞池而且还能激活细胞分化池。因为现在还没有可能用其它方法将内部器官适当加热,因而暂时还不知道微波的作用是由于热的因素还是其它特定因素所决定的。在现有文献中,我们没有找到在造血干细胞水平上研究类似问题的报告。两种照射并用的实验结果证明了微波对造血的刺激作用付诸实际应用的可能性。

(颜志渊节译 山根兴 陈桂章校 张卿西审)

## 空气中氡子体的一种野外测定法

Scott AG:Health Phys 41(2):403~405, 1981(英文)

应用Thomas-Tsivoglov法在野外测定氡子体浓度很不方便,因计数时间不规则,需要手工去控制定标器,因而可能产生误差,并使整组数据无效。30分钟的计数周期使操作效率限制在一小时内只能处理二个样品,因此,如要测定氡子体浓度的快速变化,至少要使用二台定标器。

在我们的“补救措施纲要”(Remedial Action program)中,经常要测定房子内空气中各个氡子体的浓度,因而制订了一种改进的三段计数程序,它使用标准定标时间(standard scaler timers),

并把取样后的计数时间缩短到11分钟。这样,就有可能用一台定标器在一小时多一点的时间内处理六个样品。

用我们的装置从抽气泵上拆下滤纸转移到携带式定标器上,可在40秒内完成,而且记下定标器的读数和重新开始计数,有15秒时间已足够。所以,程序是:从0~5分钟取一个空气样,然后在第6~11分钟和第11.25~16.25分钟测定滤纸的二段计数(M计数和R计数),这二段的计数时间是固定的。第三段5分钟的计数(K计数)时间在45~90分钟之间进行。

这样的计数周期比较方便,因采样后计数周期短,可进行快速连续采样,而第三段计数时间推迟就能把滤纸送到中心场所去测定,或者在采样完成后去进行第三段计数。另外,选定的计数周期,根据M和R计数,能容易地快速估算出RaA浓度和WL。通常根据WL和RaA浓度的比值来估算氡及其子体间的不平衡程度,因此,在计算各个氡子体浓度之前,就能方便地获得这些参数。

### 方程的推导

从滤纸测得的总 $\alpha$ 计数A可写为,  $A = VE (L_1 C_A + L_2 C_B + L_3 C_C)$ 。式中: V为采样时的流量率(升/分); E为计数效率;  $C_A$ ,  $C_B$ 和 $C_C$ 分别为RaA、RaB和RaC的浓度(pCi/l);  $L_1$ ,  $L_2$ 和 $L_3$ 为与采样时间、衰变时间、计数时间和氡子体半衰期有关的函数。杨福家已给出了 $L_1$ 、 $L_2$ 和 $L_3$ 简单的数字表达式。一台多功能可编程的计算器可容易地按程序计算出任何一组三段计数的各个L值,然后用器内的逆矩阵程序解联立方程求出氡子体浓度。

因M和R计数是在固定时间内测得的,所以第一、二个联立方程的系数是固定的,其值列于表1,表中还列出了对应于一定延迟时间K计数的第三个联立方程的系数。如果K计数是在不同的延迟时间测得的,那么可编程计算器就可计算出相应延迟时间的L值。因为只有第三个方程的系数随延迟时间而改变,因此,如采用一种具有逆矩阵程序的计算器,那么解这种形式的方程是方便的。

表1 选定计数时间间隔的L值

时间间隔(分) (开始, 结束)	系 数		
	$L_1$	$L_2$	$L_3$
采 样(0, 5)			
M(6, 11)	16.360	9.151	44.973
R(11.25, 16.25)	6.029	15.081	37.387
K(45, 50)	2.619	22.24	11.400
K(55, 60)	2.419	20.14	8.020
K(65, 70)	2.148	17.63	5.641
K(75, 80)	1.856	15.08	3.968
K(85, 90)	1.572	12.68	2.791

这些方程还可转化为运算上更为方便的形式,  $C_A = 1/VE (P_1 M + P_2 R + P_3 K)$ 等。但由于方程中所有的系数都随K计数延迟时间的不同而变化,所以只有把对应于一个特定的K计数延迟时间的9个P系数制成表格的形式,实用上才方便。例如, K计数的时

间区间在(85~90)分钟时(这在野外是常采用的), RaA、RaB和RaC的浓度(pCi/l)可按以下方程式计算:

$$C_A = (10.0M - 12.6R + 7.79K) 10^{-3}/VE$$

$$C_B = (-0.973M + 0.581R + 7.90K) 10^{-3}/VE$$

$$C_C = (-1.22M + 4.48R - 4.44K) 10^{-3}/VE$$

因统计涨落,托马斯得出的浓度差方计算式为,

$$S_A^2 = \left( 1/(VE)^2 (P_1^2 M + P_2^2 R + P_3^2 K) \right) \text{等。表2按}$$

子体核素的比值列出了MRK法和托马斯法的灵敏度(子体浓度S、D=0.5)。由于我们使用的采样测量装置,其流量率和效率的乘积只比10大一点,故表2是按 $VE=10$ 计算的。尽管总的计数时间只有15分钟,但此法的灵敏度和托马斯法不相上下,而且RaA浓度高于2pCi/l时,仍具有较好的测定精度。

表2 灵敏度比较

方 法	核素比值 $C_A:C_B:C_C$	灵敏度pCi/l (VE=10)		
		$R_A/A$	$R_B/B$	$R_C/C$
托马斯法	1: 1: 1	1.1	0.11	0.12
	1:0.6:0.4	0.6	0.09	0.16
MRK法	1: 1: 1	0.83	0.05	0.09
K计数(45, 50)	1:0.6:0.4	0.44	0.03	0.05
K计数(85, 90)	1: 1: 1	0.70	0.05	0.06
	1:0.6:0.4	0.38	0.03	0.03

### WL的快速估算

Rolle已证明,采样5分钟时,可用采样结束后第6.06分开始的5分钟计数所对应的各子体比值的最低灵敏度来估算WL。我们的程序中, R计数在采样结束后第6.25分开始,和Rolle提出的相接近。如果各子体的比值已知,从表1的L系数值,可求得将 $\alpha$ 衰变数换算为WL的换算因子(Conversion factor)。

房子内测得的各子体比值平均为1:0.75:0.6,极端情况下为1:0.95:0.9和1:0.6:0.4。因此,在R计数期间,VE的乘积不变时,在以上子体比值范围内,每一WL的 $\alpha$ 计数值落在5769至5324之间,在平均比值时,此值为5547\*,为计算方便取为5550。所以,得到WL的快速估算式为:  $WL = R/5550 \cdot V \cdot E$ 。在房子内所遇到的氡子体比值范围内,其换算误差小于5%。

### RaA的快速估算

Makrov指出,采集空气样品后,头几分钟滤纸

\* 原文是5539,经计算应为5547,可能系原著计算之误。

上计数率的变化,大多数是由于RaA的衰变,若RaB和RaC的比值为1:0.78,则RaB和RaC的总 $\alpha$ 计数是一个常数。因房子内RaB和RaC的比值通常接近0.8,因此,我们可以假设M和R计数之间的变化全是由RaA衰变引起的,这时,M和R计数之间 $\alpha$ 衰变的改变为每pCi/l的RaA为10.33次衰变,在房子内遇到的子体比值范围内,此值的变化范围为11.5~9.8次衰变。为使总换算误差最小,选择每pCi/l的RaA为10.5次衰变为最佳换算因子。

所以,得到RaA的快速估算式为,  $RaA = (M -$

$R/10.5 \cdot V \cdot E) pCi/l$ 。在房子内所遇到的子体比值范围内,其换算误差小于10%,当 $VE=10$ 时,估算RaA的灵敏约为0.5pCi/l。

### 氡的干扰

如氡子体( $^{218}Pb$ 和 $^{218}Bi$ )和氡子体同时存在,则用MRK法估算氡子体浓度所受的影响要比托马斯法大。氡子体可用延迟几小时后的一次测定来作近似校正。氡子体的存在,对快速估算RaA和WL的影响不大。

(孙性善译 邵庆翔校 石玉成审)

## 核裂变产物所致急性损伤的临床与发病机制问题

Василенко ИЯ; Мед Радиол 9: 75~82, 1981 (俄文)

核裂变产物所致损伤的临床与发病机制牵涉问题甚广,因为核裂变产物的成分和性质复杂,其生物学作用多样。核裂变产物损伤的机制与外照射截然不同。

核裂变产物是一种复杂的混合物,包括门捷列夫周期表中的36种元素(从铷→钷)的200多种放射性同位素,此混合物分布均匀,包含有亲骨性、亲网状内皮组织、亲血细胞、亲甲状腺等放射性核素。核裂变产物的理化特性决定于其存在的状态和寿命,进入的生物学途径和放射性核素的效应亦有差异。

核裂变产物可以通过呼吸道、消化道及皮肤伤口进入体内,而其中以呼吸道和消化道进入的意义较大。皮肤严重污染核裂变产物时也可发生辐射损伤,通过皮肤的吸收率为10%,但放射性核素通过皮肤伤口可以大量吸收。

核裂变产物通过消化道和呼吸道的吸收量取决于核裂变产物存在的状态,溶解度高的可吸收25%,而溶解度低的,如熔炼的硅酸盐颗粒只能吸收10%左右。进入血液的放射性核素,处在游离状态或以各种不同的复合物形式存在。相当部分放射性核素与蛋白质结合,根据与血浆蛋白结合的数量排列顺序: $^{133}Te > ^{94}Mo > ^{131}I \geq ^{91}Y > ^{141}Ce, ^{140}Pr + ^{147}Nd > ^{89}Sr, ^{140}Ba$ 。而按结合的强度之排列顺序: $^{89}Sr, ^{140}Ba \leq ^{91}Y, ^{141}Ce, ^{140}Pr + ^{147}Nd < ^{94}Mo, ^{133}Te$ 。

核裂变产物成分中大部分放射性核素对机体并非异物,在体内含有许多这样的稳定性同位素,它们构成了细胞的成分和生物活性化合物,例如激素、酶、

维生素、色素等。放射性核素进入体内后,在代谢过程中取代了稳定性同位素。由于放射性核素有亲器官性,因此它们在体内的分布不均匀。按照体内各器官吸收放射性核素的能力,其顺序:甲状腺<肝>肠>肾>骨>肌肉。

由于短寿命同位素的不断衰变和由体内排出,因此体内的放射性强度可迅速下降,如给狗注入寿命为6~8小时的核裂变产物,经过若干天放射性含量只残留百分之几,经过一个月只残留1%,经过3个月只剩下0.1%。马绍尔群岛受害居民,于损伤后的第82天时,体内放射性核素的含量降低约57倍。体内器官排出放射性核素的速度顺序是:甲状腺>肝>肾>脾>皮肤>肌肉>骨。

核裂变产物的放射性核素是 $\beta$ 辐射体,其中很多是呈链锁反应形式蜕变的。很多 $\beta$ 衰变中同时伴随 $\gamma$ 辐射。进入体内的放射性核素可长期具有辐射作用,因此造成较高的局部吸收剂量。而 $\gamma$ 辐射吸收剂量相对分布均匀,而 $\beta$ 辐射剂量分布极不均匀,因各种放射性核素在体内的趋向性、能量和衰变速度以及代谢过程等不同,一般决定于放射性核素在体内的存留时间。各组织器官的吸收剂量差别很大,可相差1~3个数量级。例如给狗注入寿命为36小时的核裂变产物,在甲状腺、肠道、肝及骨骼的吸收剂量比之顺序为1000:100:10:1。根据放射照相术检查,同一器官内的放射性储积也不均匀。寿命短的细胞不会受长期放射的影响,而更新很少或完全不更新的细胞,则可长期受放射性核素的照射。循环在血液内的放射性核素对剂量