

通过如 $X+W$, $X+U+W$, $X+U+V$, $X+U+W+V$ 那样二个或二个以上的因子组合, 白血病就增加了。

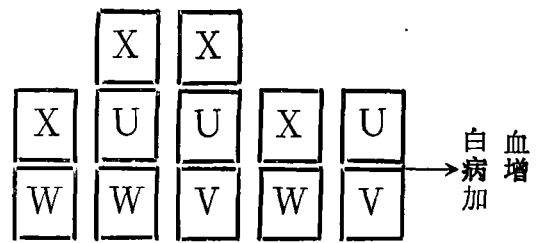
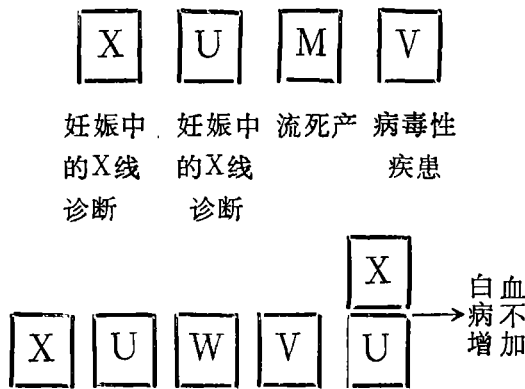


图2 白血病发病因子的相互作用

如上所述, 虽然子宫内受照和白血病发病间似乎存在着与白血病发病机制有关的重要问题, 但这是一个明明知道小剂量照射的影响, 而又不能避免的领域。

〔熊取敏之, 原子力工业 23(2), 13~16, 1977(日文)陈桂章译 金为翘校〕

吸入 ^{222}Rn 、 ^{220}Rn 及其子体的剂量计算

氡及其子体存在于矿井内, 也存在于日常环境的大气层中。在估算人群本底剂量水平时, 特别在室内情况下, 必须考虑到这些放射性核素的浓度。它们被吸入体内后分布很不均匀。虽然大部分蓄积在呼吸道内, 但也可以转运到辐射负荷较低但仍不能被忽略的其它一些组织器官内。

本文提供了一个计算人体主要组织器官年平均剂量的方法。计算时需了解人员在不同场所的停留时间以及这些场所的大气中含有的在统计学上有意义的各种放射性核素的平均浓度。Pohl等人(1976)曾论述过测定这些平均值的方法。此外, 还须知道随性别、年龄和体力活动强度而不同的平均吸入率。

几年前我们曾通过各种动物实验研究过一些重要组织器官的剂量分布类型。我们还研究了人的血液样本, 在计及人和所用实验动物在生理学上的差别后就可能用它来估算其它器官剂量。主要结果如下。

吸入的 ^{222}Rn 及其在体内生成的子体的辐射剂量分布, 除脂肪、肾上腺和骨外, 在各组织器官内大致是均匀的。但是吸入的

^{220}Rn 的剂量分布则由于其半衰期很短而很不均匀。连续吸入时剂量率仅取决于空气中氡浓度而与吸入率无关(见表1A栏)。

空气中的衰变产物最初沉积在所通过的呼吸道上。部分沉积物*进入血流转运到不同的组织器官中, 并按照放射性核素的代谢

表1 吸入率 $\phi=0.23$ 升/秒连续吸入时某些组织器官内的剂量率, 微拉德/小时

器官和组织	空气中含有1微微居里/升的			
	^{222}Rn (A)	$\text{RaA}-\text{RaC}'$ (B)	$\text{Rn}-\text{ThA}$ (A)	$\text{ThB}-\text{ThC}'$ (B)
支气管上皮基底细胞(第4~9级)	—	60.5 34.3 8.0	未知	470
肺(肺泡组织)	0.023	3.77	0.057	22.8
血液	0.015	0.175	0.0078	4.00
肝	0.013	0.090	0.0015	2.51
肾	0.015	0.380	0.0029	6.06
肾上腺	0.034	0.040	0.0013	0.61
肌肉	0.013	0.013	0.00014	0.11
骨	0.0034	0.034	0.00089	0.75
骨髓	0.015	0.035	0.0013	1.75
性腺	0.021	0.008	0.00023	0.10

作用沉积在这些组织器官内。连续吸入空气中的衰变产物所致某一器官的剂量率不仅取决于它们的浓度,而且还与吸入率有关(见表1B栏, $\phi = 0.23$ 升/秒)。

表1所列结果除呼吸道衰变产物的剂量外,其余均为我们自己的实验数据。在早先我们发表过的“肺”剂量是指整个器官的大致平均值。虽然许多作者研究过呼吸道内的剂量分布,但是由于肺模型不同而得出的结果很不一致。Aurand等人(1974)曾讨论过这个问题。表1中列出的呼吸道剂量值取自文献中的各种剂量估算值。

人体某一组织器官的年平均剂量D(微拉德)可用下式计算:

$$D = A \sum R_n t_i + B \sum R_n t_i Z_i \frac{\phi_i}{\phi_N} \quad (1)$$

式中 $\sum t_i = 8760$ 小时。

对于不同组织器官以及 ^{222}Rn 和 ^{220}Rn 而言,系数A和B均不相同,它们可取自表1。 R_n 为场所i空气中的氡浓度(微微居里/升),人员在该场所每年停留t小时。 ϕ_N 为“标准人”的标准平均吸入率($= 0.23$ 升/秒);而 ϕ_i 为实际平均吸入率,它是按照人员在场所i停留t时间时而算得。表2列出了我们所采用的 ϕ_i/ϕ_N 值。Z为与空气中各种衰变产物浓度有关的系数。该系数可按下述方法求得。

表2 实际吸入率 ϕ_i 与平均吸入率 ϕ (0.23升/秒)的比值

	睡眠	轻微活动	步行	重工作
男人	0.52	2.0	3.0	4.3
女人	0.35	1.2	1.5	1.8

^{222}Rn 的短寿命子体是RaA(^{218}Po)、RaB(^{214}Pb)、RaC(^{214}Bi)和RaC'(^{214}Po)。RaC'几乎与RaC同时衰变。在连续吸入时,蓄积在整个呼吸道内的衰变

产物的放射性强度可按下式求得:

$$\begin{aligned} A_A^\infty &= \phi 265 A_A R_A \\ A_B^\infty &= \phi (265 A_A R_A + 2320 A_B R_B) \\ A_C^\infty &= \phi (265 A_A R_A + 2320 A_B R_B + \\ &1706 A_C R_C) \quad (2) \end{aligned}$$

式中 A_A^∞ 、 A_B^∞ 、 A_C^∞ 分别表示RaA、RaB和RaC的蓄积放射性强度(微微居里), A_A 、 A_B 、 A_C 分别表示空气中RaA、RaB和RaC的含量(微微居里/升), R_A 、 R_B 、 R_C 分别为RaA、RaB和RaC的滞留系数。

我们近似地假定每种核素在呼吸道内的滞留系数和分布类型是相同的,并且不受 ϕ 的影响。为此: $R_A = R_B = R_C = R$ 。这样的假定无疑地是不完全正确的,因为没有考虑到未结合的衰变产物(未附着到大气气溶胶上的衰变产物)的影响,未结合的衰变产物的存在使得RaA的滞留系数在上呼吸道内较大而在较低部位的呼吸道内则较小。但是,由于这一问题存在着其它方面的不定性,作出这样的近似还是情有可原的。我们还忽略了空气中放射性核素含量随时间的变化而采用了各种场所的平均值。空气中 ^{222}Rn 浓度 A_{Rn} 以及 ^{222}Rn 及其子体的放射性比值 $^{222}\text{Rn}:\text{RaA}:\text{RaB}:\text{RaC} = 1:a:b:c$ 均为通过测量而求得。它们与各种衰变产物的蓄积总量 A_i 之间的关系如下式:

$$A_i = A_A^\infty + A_B^\infty + A_C^\infty = \phi R A_{Rn} (795a + 4640b + 1706c),$$

由于表1中的剂量率是按衰变产物达到平衡的条件下而求得的($A_i = 7141 \phi R A_{Rn}$),所以式(1)中对应于任何a、b、c值的Z值为:

$$Z = \frac{795a + 4640b + 1706c}{7141}$$

对于 ^{220}Rn 及其子体ThA(^{218}Po)、ThB(^{214}Pb)、ThC(^{214}Bi)、ThC'(^{214}Po)和ThC''(^{208}Tl),我们把ThA和ThC'分别看作实际上是与 ^{220}Rn 和ThC同时衰变。由于ThA与 ^{220}Rn 总是处于平衡状态,所以ThA也采用表1中 ^{220}Rn 栏的“A”系数。

*作者用各种“天然”气溶胶的吸入室进行了大量实验,发现在连续吸入时,除呼吸道和胃肠道外其它器官内约含RaC30%和ThC60%。

鉴于这些放射性核素的半衰期不同,我们必须采用不同的技术分别测定 ^{220}Rn -ThA 和 ThB-ThC。虽然 ThC至ThC'与ThB 通常达不到平衡,但是实际上Z 值仍等于1,这可由下式导出:

$$A_B^\infty = \phi 55053 A_B R_B$$

$$A_C^\infty = \phi (55053 A_B R_B + 5237 A_C R_C) \quad (3)$$

A_B^∞ 、 A_B 等的含意与式(2)中的相类似。空气中的ThB浓度和比值 $\text{ThB}/\text{ThC} = 1/c$

均为通过测量而求得。假定 $R_B = R_C$, 即得:

$$Z = \frac{110106 + 5237c}{115343} \approx 1$$

这是由于ThB的半衰期约为ThC的10 倍的缘故。

最近,我们应用这些计算估算了萨尔斯堡城市的居民剂量。

[Pohl 等: Health Phys, 32(6), 552, 1977(英文) 章仲侯译]

文 摘

放射卫生学

001 不同方式沾染对 α 辐射体在皮肤和体内分布的影响

本文研究了 α 辐射体 ^{210}Po 、 ^{241}Am 和 ^{237}Np 干式和液滴式沾染皮肤时的渗入量及其分布特点。

实验用4~6周龄的小猪,小猪皮肤的组织结构和功能特点接近于人的皮肤。沾染皮肤的方式用干式和液滴式两种。干式沾染法系将核素的硝酸液滴在10平方厘米的铺垫上,其中 ^{210}Po 和 ^{241}Am 滴加10~100微居里, ^{237}Np 滴加2微居里,放置干燥,然后将其移到皮肤上,轻转动30周。由铺垫移到皮肤的量对 ^{210}Po 和 ^{241}Am 为30~50%,对 ^{237}Np 为10%。液滴式沾染方法系用pH=1的核素的硝酸溶液0.9毫升(每只动物),直接涂于100厘米²的皮肤上, ^{210}Po 、 ^{241}Am 的量为1~3微居里/厘米², ^{237}Np 为0.2微居里/厘米²。核素接触皮肤的时间为6小时,以模拟职业性工作时间。动物处死后取皮肤和内脏器官进行放射性测定。

实验表明,干式和液滴式沾染一样,核素大量渗入皮肤下层。80~90%的核素位于表层内(100微米),其中深度在20微米以内者占30~40%,20~100微米占50%,只有百分之几渗入到深层(1000微米)。两种不同方式沾染时, α 辐射体在皮肤内分布的一致性证明,核素的干燥盐类在皮肤的水-脂质环境下被润湿,使其变成一种溶液态。但是,不同方式沾染时,核素与皮肤生物结构结合的牢固性不同,这与核质所处介质的pH值有关,一般在酸性环境中核素与皮肤结构结合得更牢固。

在本实验中,液滴式沾染是以酸性溶液涂于皮肤上的,而干燥的硝酸盐位于皮肤的水-脂膜上,其pH值接近于皮肤表层(5~6)。因此,在干式沾染条件下核素与皮肤结构结合较弱,反映了皮肤对核素的清除效应较大,同时也表明核素进入皮肤深层和转入内脏器官的相对数量增多。

液滴式沾染6小时的 ^{210}Po 、 ^{241}Am 和 ^{237}Np 由皮肤吸收入体内的数量分别为沾染量的0.001%,0.01%和0.02%。而干式沾染时吸收量增加1.5~7倍。核素被吸收入体内后在体内的分布特点与沾染方式无关。

分析实验资料,作者认为干式沾染时比液滴式沾染具有更大的潜在危害。从事 α 辐射体工作时必须采取保护手部的措施,无论受到何种方式的沾染都应及早地进行皮肤除沾染。

[Ходырева МА 等, Гиг и Сан (8) : 87, 1977(俄文) 孝延令摘 李章 吴德昌校]

002 ^{241}Pu 环在啮齿动物体内的分布

作者选用体重200克,年龄10周的雌性大白鼠,体重130克,年龄14周的雄性和雌性田鼠。每只动物由静脉或腹腔注入50MBP/千克(1.35毫居里/公斤,pH6.5的 ^{241}Pu 。 ^{241}Pu 释放出0.021百万电子伏 β 射线,半衰期15年。注入 ^{241}Pu 后一天和一周杀死动物,取出组织及脏器进行放射化学分析及放射自显影观察。

放射化学分析:注入 ^{241}Pu 后一周杀死大白