

也是自己动手研制的。如该研究所的内照射损伤研究部就自己研制成微波炉动物尸体处理装置,尸体碳化后,只有原尸总重量的7%,体积大为缩小,从而解决了放射性尸体大容积储存的一个难处理的问题。

4. 该研究所把关于实验纯种动物的培育和饲养,作为研究工作中的一个重要部分来抓,所内的实验动物中心,从灵长类的猴到啮齿类的小白鼠,都培育了纯种。其中对大白鼠就培育了六种纯种,从而为实验性疾病的复制提供了最合适的模型。如纯种裸鼠最适合于复制脑肿瘤的实验模型,就是一个典型的例子。但裸鼠不长毛,抵抗力很弱,需要在恒温、恒湿的四季如春的环境中生长。所以该研究所就根据需要,投资建立了一幢三层楼的远后效应研究楼,其中的实验室和动物观察饲养室都是密闭式的建筑,用玻璃墙代替窗户,内装恒温、恒湿的调控装置,布置得非常出色,在研究所内流传着称之为“动物皇宫”的雅号。该楼的控制制度极为严密,有一套严格控制的灭菌和隔离系统,工作人员进入时,应得到研究部主任的批准后,领取许可证,先进入灭菌通

道,更换全部消毒衣帽、口罩、手套和工作靴,才能进入作实验观察。

5. 该所很重视科研工作的及时总结和开展学术交流活动,除了定期出版研究所的学报外,还在每年年终都要出版一本厚达300页的年报,内容是刊登各研究部的科研成果论文,培训部的各培训班总结,以及在该年中全所科研人员在全国性学术杂志上发表的文章数目,并详细列出题目和发表刊物的名称。同时也要统计出该所各研究部在本年度出席参加国外的和国内的学术报告会次数、报告的题目和内容摘要等。

6. 研究所的科学研究官寺岛东洋三博士谈到在安排科研任务时,认为目前由于核动力的发展,特别是伴随着小剂量、低剂量率的电离辐射长期照射人群的问题。因此,研究这种类型的辐射对人群是否产生影响,是极为重要的问题,所以列为该所的重点研究项目,科研人员广泛开展讨论,做出严密的科研设计,而所内领导从技术上和物质供应上做好优势配备,来保证重点科研任务的及时完成。

生物材料中微量镭的测定

Павновская НА 等; Радиохимия 4:598~602, 1981 (俄文)

本文叙述了生物材料(粪和尿)中两种测定镭的方法。第一种是用于快速测定尿中 ^{226}Ra 。该法是基于用离子交换层法预先进行同位素镭的分离,尔后,再根据其在固体荧光剂混合物中的 α 放射性来测定同位素 ^{226}Ra 和 ^{224}Ra 的总量。 ^{224}Ra 的含量是根据富射气样品中平衡的钍射气的 α 活性来确定的。而 ^{226}Ra 的含量是根据第一次和第二次测定值之差来确定的。尿中 ^{226}Ra 的探测限为250毫贝柯/升。第二种方法是用于测定尿(体积至500毫升)和粪中的 ^{226}Ra 。方法的实质是采用柱层法从无机化的尿和粪中分离出同位素镭,放置20天后,根据 ^{226}Ra 及其平衡的衰变产物的 α 辐射来定量测定同位素的含量。用该法分析尿时, ^{226}Ra 的探测限为3.7毫贝柯/升,而粪的探

测限为0.07毫贝柯/克。

生物材料中微量 ^{226}Ra 的测定,本身仍有其现实意义(虽然在工业上已减少了其应用)。首先,这是由于早期与 ^{226}Ra 接触的一批劳动者仍需要检测,其次,接触 ^{228}Ra 和 ^{222}Rn 的劳动者体内可能蓄积有同位素 ^{226}Ra 和 ^{224}Ra ,再次, ^{226}Ra 因其在土壤和饮水中含量的增高而进入当地居民体内。

生物材料中 ^{226}Ra 的测定方法,文献中所介绍的主要是镭同钡或镭的硫酸盐共沉淀,然后进行放射性测定或射气法测定。同时还介绍了从未进行无机化的样品中,用直接共沉淀镭的方法来分离尿中的镭。此时,镭同磷酸钙共沉淀。从未无机化的尿中快速分离镭的方法是用加在明胶层中的 BaSO_4 晶体来吸附镭。

然而,应当指出,根据测量射气活性来测定 ^{226}Ra 的方法,所需时间是太长了。而根据 $\text{Ba}(\text{Ra})\text{SO}_4$ 沉淀物的 α 放射性来测定 ^{226}Ra 的方法,由于 α 粒子的自吸收,以致该法的灵敏度不太高。

鉴于上述情况,现在的任务是研制出较快速和高灵敏的测定生物材料中 ^{226}Ra 的方法。

结果

由于生物材料中的 ^{226}Ra 可能与其它的镭同位素(^{224}Ra 、 ^{228}Ra)以及天然放射性核素(钍、铅)共存,而这些核素将会干扰 ^{226}Ra 的测定,因此,必须事先选择最适宜的方法来浓集镭。使其从钍和铅中分离出来并在 ^{224}Ra 的存在下测定 ^{226}Ra 。

为此,本文对用离子交换色层法从同一样品中分离镭、钍、铅的不同方案进行了研究。研究了某些络合剂从Ky-2树脂上洗脱钍、镭、铅的性能。该实验是

按下述程序进行的,往10毫升0.5mol/L HCl中加入无载体的钍、镭和铅的均等混合物,其量为 $7.4\sim 29.6\times 10^2$ 贝柯。采用H⁺型、直径为0.1~0.25mm的Ky-2磺酸型阳离子交换树脂进行同位素分离。在截面为1cm²、高为10cm的玻璃柱上进行吸附和解析的动态条件试验。保持溶液通过离子交换剂层的流速恒定为1毫升/分。在带有NaI CTC晶体井型探测器的 γ 闪烁谱仪上,据240KeV线(^{212}Pb ,表1)来测定洗脱物中同位素的活性。

由表1可见,从同一样品中分离镭、钍、铅最满意的结果其条件为:用热的草酸铵溶液解析钍,镭是3mol/L的硝酸溶液解析,而铅是用1mol/L的盐酸溶液解析。同时还发现用1mol/L盐酸解析时,钍(IV)也被洗脱,当盐酸溶液的浓度高于1mol/L时, ^{210}Pb 不吸着在Ky-2树脂上。

表1

在Ky-2阳离子交换剂上,从0.5mol/L HCl溶液中分离同位素镭、钍、铅

№№№№	采用的洗脱剂	在洗脱物中同位素的含量(占加入量的%)		
		铅	钍	镭
1	1mol/L HCl	60	2	4
	5% $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$	20	60	60
	7% $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	10	40	12
2	2mol/L HCl	40	0	0
	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	0	70	10
3	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 饱和溶液 (t: 80~90℃)	6	70	0
	6mol/L HCl	50	0	70
4	3mol/L HNO_3	4	10	80
	$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 饱和溶液 (t: 80~90℃)	0	90	3

• 原文为3mol/L HCl,应为3mol/L HNO_3 ——译者

该分离放射性核素的方法是否可用于分析生物样品,对此进行了实验验证。首先研究了从未无机化的尿中分离镭的可能性。为了确认该分离放射性核素的方法,是否能用于分析生物材料,本文对此进行了实验验证。往体积为10、50、100和500毫升的尿中,加入 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 、 ^{224}Ra 和 ^{212}Pb ,用浓HCl酸化成0.5mol/L的盐酸溶液,并通过装有Ky-2阳离子交换剂的柱。依次通过50毫升1.0mol/L(文中误为0.5mol/L HCl)HCl溶液(洗脱物№1)、饱和 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液(洗脱物№2)和3mol/L HNO_3 溶液(洗脱物№3)。

结果表明,如果尿的体积 ≤ 50 毫升时,那么加入样品中的示踪剂的分离是定量的(表2)。当尿的体

积增多时,则不能定量地分离和析出示踪剂。

为此,我们对是否可用使尿无机化,然后在Ky-2树脂上色层分离核素的方法进行了验证。在加热下用浓 HNO_3 和 H_2O_2 混合溶液进行尿的无机化作用。将无机化后制得的干渣溶于10~20毫升0.5mol/L HCl中,然后流经Ky-2树脂,结果列在表2。表2表明,应用尿的无机化并接着在Ky-2树脂上进行核素分离,可定量分离 ^{224}Ra 和 ^{228}Ra 。所得的数据与用干灰化法进行无机化粪的分析结果是相似的。

因此,从所得的数据可见,采用核素分离并配有对生物材料无机化(而在某些情况下没有无机化)的方法,可定量地析出同位素镭、钍并使其与铀和铅分离。

表 2

在Ky-2树脂上从尿和粪样中分离²²⁶Ra、²²⁴Ra、²¹²Pb和²⁰⁸Tl

洗 脱 剂	尿(V-50毫升)*				尿(V-500毫升)**				粪			
	洗脱%				洗脱%				洗脱%			
	²¹² Pb	²²⁶ Ra	²²⁴ Ra	²⁰⁸ Tl	²¹² Pb	²²⁶ Ra	²²⁴ Ra	²⁰⁸ Tl	²¹² Pb	²²⁶ Ra	²²⁴ Ra	²⁰⁸ Tl
1mol/L HCl	30±5	4±0.6	7±0.6	70±8	40±8	6±0.6	4±0.6	50±3	40±4	3±0.7	4±0.6	60±4
(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ (t: 80~90°C)	6±0.8	86±4	3±0.5	5±0.4	7±0.6	90±4	4±0.6	4±0.1	4±0.3	90±6	1±0.4	8±0.6
3mol/L HNO ₃	5±0.8	0	90±5	8±0.6	8±0.9	3±0.5	87±6	0	9±0.9	3±0.4	90±4	4±0.5

*用HCl酸化的尿；**在加热下用硝酸和过氧化氢进行无机化的尿。

对于同位素镭(²²⁶Ra和²²⁴Ra)的分离测定,应用了下述原理:1)方法基于这两个核素半衰期的差异。2)方法基于²²⁶Ra和²²⁴Ra的衰变子体——Rn和Tn的半衰期差异。基于²²⁴Ra和²²⁶Ra半衰期差异的方法是按下述程序进行的:将№3洗脱物蒸干,干渣溶于1毫升90%乙醇中,并与牌号为φC-4的荧光剂相混合,烤干,用聚乙烯薄膜密封,样品制备好后,立即测量其活性,经20天后再测量一次。

上述所进行的第一次测定的条件和时间仅仅取于样本。该样本含有放出α射线、没有衰变产物(尚未来得及蓄积)的²²⁶Ra及同Tn和ThA平衡的²²⁴Ra。在第二次测量时,²²⁴Ra实际上已完全衰变掉,计数取决于同衰变产物平衡的²²⁶Ra的α射线。当荧光剂其厚度为30mg/cm²最佳厚度时,第一次测量²²⁴Ra和²²⁶Raα射线的计数效率分别为240%和80%,而在第二次测量时,²²⁶Ra的计数效率为260%〔²²⁶Ra的计数效率同其计算值(320%)相比,有所损失,这同从样本中漏掉氧有关〕。

第二个实验方法如下所述:在色层分离含镭部分以后,将其分成两份。其中一份按上述进行预处理并掺合荧光剂,但样品不密封,此时²²⁴Ra的衰变产物在样品中没有蓄积,测量²²⁴Ra和²²⁶Ra的总活性。

将另一份溶液用同钡的棕榈酸盐共沉淀的方法,制备成干的富射气样品。将含镭溶液调节pH为2,加入同乙醇混合的氯化钡和棕榈酸钠溶液。保持温度在60~70℃范围内。在过滤器上过滤沉淀至干。²²⁴Ra转为富射气样品的析出率为75±6%。将带有滤纸的干样品放到比色皿室中测量。比色皿上部用荧光屏遮盖,在测量过程中,使其与带有光电倍增管的T-2型探测器相接触。用屏遮盖的比色皿构成体积约为20cm³的小小的射气测量室,在此室里进行射气原子的α活性测量。室中孔的长度和直径要根据下述条件来选择:使Rn和Tn原子扩散通过孔的几率-ν满足如下条件:λTn>>ν>>λRn,此处λTn和λRn分别为钍射气和

钍的衰变常数,其值分别为1.3·10⁻³和2·10⁻⁶秒⁻¹。因此,室中Tn和Rn最大的平衡活性—Q_{Tn}和Q_{Rn}为:

$$Q_{Tn} = \frac{\lambda_{Tn}}{\lambda_{Tn} + \nu} Q_{Rn} \approx Q_{Rn}$$

$$Q_{Rn} = \frac{\lambda_{Rn}}{\lambda_{Rn} + \nu} Q_{R1} \approx \frac{\lambda_{Rn}}{\nu} Q_{R1}$$

此处Q_{R1}和Q_{R2}分别为样品中²²⁶Ra和²²⁴Ra的活性。由此可见,Tn几乎全部在室内衰变,而此时Rn实际上已完全扩散到室外而未来得及衰变。

用纱布滤料除去由样品表面所冲出的α粒子计数。样品中钍的生成系数,经测定为85±5%,在比色皿室的空气容积中,α粒子的平均计数效率为40%,考虑到钍和钍A在空气中的衰变,²²⁴Ra原子一次衰变的计数效率为68%。

为确定上述用放化纯化²²⁶Ra并进行α射线计数方法的可用性,曾在水溶液进行了试验,结果表明,在应用离子交换色层分离镭并接着在固体闪烁层中进行α活性计数时,²²⁶Ra的回收率为80±5%。利用本文所述的实验方法测定²²⁶Ra,其回收率为76±7%。

本文对所提出的生物样品(粪和尿)中²²⁶Ra的测定方法进行了进一步的验证。对生物材料的实验是由两种方案组成的:第一种是快速的方案——在50毫升的尿中加入一定量的²²⁶Ra,酸化并进行同位素钍、铅、铀和镭的色层交换分离,分离后,将硝酸洗脱液分成两份。其中一份利用φC-4固体闪烁剂测定样品的总α活性。而另一份用于测量富射气样品中²²⁴Ra的量。据第一份和第二份测定值之差来确定样品中²²⁶Ra的含量。

第二种方案包括对所研究的生物材料的无机化作用,下一步和第一种方案一样,使镭同钍、铅和铀进行分离。放置20天后,测定固体闪烁层中硝酸洗脱物里的²²⁶Ra。用所得的数值可对样品中²²⁶Ra及其短寿命衰变产物的含量水平进行评价(表3)。

由表3可见,当采用实验方法(方案1)测定50毫升
下转35页

的作用机制或许与其它亲电子化合物不同。这就促使人们对一种这类化合物与一种象 misonidazole 的典型亲电子敏化剂的混合物的敏化效果进行研究。化合物 NSC 38087 被选作最有效的一种 4-硝基咪唑。在乏氧的 V79-753B 和 V79-379A 细胞培养液里加入固定浓度的 NSC38087 和不同浓度的 misonidazole (从 5×10^{-5} 至 $10^{-2} \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) 进行照射。文章报导了其增强比与 misonidazole 浓度的关系曲线。对照实验表明, 这些敏化剂混合物对受照细胞是没有毒性的。

用亚株 753B 得到 $1 \mu\text{M}$ NSC38087 单独给出的增强比为 1.27。用亚株 379A 得到 $2 \mu\text{M}$ NSC38087 单独给出的增强比为 1.45。

讨 论

由以上研究得到几点看法。敏化作用是剂量修饰性的, 而且只在乏氧细胞中发生。对所研究过的某些化合物, 敏化作用在 1 到 $10 \mu\text{M}$ 浓度范围内出现 (类似于氧), 而且一离开肩区, 存活率就随剂量增加而指数减少, 即观察不到间断点。当浓度用对数坐标作图时, 它们的增强比与浓度的关系曲线看来是平行的。这就意味着这一系列化合物是通过一种共同的机制致敏的, 它们的增强比曲线能够用一个等效浓度因子归一化。

还没有证据说明分配系数对敏化效率有任何显著影响。考查表中的数据看出, E^1 值类同的化合物, 敏化效率亦类同, 不论分配系数差异多大。

过去的工作表明, 包括许多硝基咪唑在内的大量化合物, 它们的敏化效率与以单电子还原电位表达的电子亲和性之间有一种简单的关系。而在本研究中所用化合物的敏化效率也与电子亲和性有关, 但它们的

敏化效率比根据过去的关系预计的值高得多。这就说明, 必定有一些其他因素对这些化合物的辐射敏化效率有所贡献。

当乏氧细胞在 misonidazole 和 NSC 38087 两者都存在的条件下受照射时, 敏化作用比两者单独存在时更高。

如果两种敏化剂由同样的机制起作用, 那么含有 $1 \mu\text{M}$ NSC 38087 的混合物的增强比能够计算出来。如果按照克分子等效值为基础来考虑两种敏化剂, 那么就 V79-753B 细胞中产生同样增强比而言, $1 \mu\text{M}$ NSC 38087 与 0.2mM misonidazole 是等效的。由此应该预计到, 在 misonidazole 浓度高于 1mM 时, 就会看不出由 NSC38087 所增加的敏化作用, 也就是说 1.2mM 与 1.0mM misonidazole 的作用就应该区分不出来。然而, 甚至在 misonidazole 浓度达 10mM 时, 仍能观察到增加的敏化作用。

在 V79-379A 亚株的情况下, 按克分子等效值为基础, $2 \mu\text{M}$ NSC38087 等效于 0.25mM 的 misonidazole。可以计算出含 $2 \mu\text{M}$ NSC38087 的 misonidazole 混合物的增强比与浓度的依赖关系。在 misonidazole 浓度高于 1mM 时, 这些算出的增强比与 misonidazole 单独存在所得到的增强比几乎相同。但是, 观察到的增强比显然高于计算出的值。而且在含固定量 NSC 38087 ($2 \mu\text{M}$) 的混合物中, 增加的敏化效力对所有 misonidazole 浓度都是一样的。由两种细胞亚株的数据指出, 这两种敏化剂的作用机制并不完全相同。目前还难以推测这些机制上的差异。然而, 正在用快混合技术进行研究, 可望由此提供机制方面的信息。

(马海官译 沈恂校)

上接29页 表3

排泄物中²²⁶镭的测定

加入的 ²²⁶ 镭 量 (贝柯)	尿				粪	
	方 案 1		方 案 2			
	测出的占 加入量的%	变异系数	测出的占 加入量的%	变异系数		
3.7×10^{-3}	81 ± 8	12	78 ± 7	10	80 ± 6	7
3.1×10^{-1}	78 ± 6	8	82 ± 5	9	83 ± 8	8
平均值	79.5 ± 5		80 ± 4		81.5 ± 5	

升尿中²²⁶镭时, 测定的系统误差为 20.6%, 变异系数为 8%。当分析大体积尿时 (体积达 500 毫升) 测定的系统误差为 20%, 变异系数为 9~10% 左右。当研究粪时, 测定²²⁶镭的系统误差为 19.5%, 变异系数

为 7~10%。由本文所述的第一种快速方法测定尿中²²⁶镭时, 其探测限为 250 毫贝柯/升。而用第二种方法分析尿和粪时, 镭-226 的探测限分别为 3.7 毫贝柯/升和 0.07 毫贝柯/克。(王孟才译 侯壁君校)