

## 钚和有关元素的代谢—ICRP48号出版物梗概

Taylor DM

国际辐射防护委员会(ICRP)于1981年委托一个工作组对1972年发表的ICRP19号出版物(钚和有关元素的代谢)进行回顾、更新和扩充。此任务于1986年完成,其报告于1986年4月被ICRP采纳并作为ICRP48号出版物发表。

48号出版物重点论及三个问题:钚、镅和其它锕系元素从胃肠道的吸收率;这些元素在人体内的滞留率;以及广大公众(包括成年人、婴儿和胎儿在内)的照射问题。

### 锕系元素从胃肠道的吸收率

对9种动物的研究表明,钚的吸收率(锕系其它元素大概也如此)受许多因素影响。这些因素包括:摄入物的量、化学形式、食物成份、药物,可能还有胃及小肠的病理变化。饥饿可使吸收率成十倍地增加。

文献中一个令人困惑的问题是吸收率数值极其不一(尤其是钚的),即使研究是用同一种化合物、同一种动物进行的。

这么大的(超过3个数量级)吸收率差别是否反映各实验方法间的差别(因为要精确测出这么低的吸收率是很困难的);是否反映不同种属动物之间的差别;或是否反映由十二指肠和小肠吸收表面附近微环境化学及生理因素不同所造成的天然差别。后一种解释被认为是最可能的。

实验表明,钚的吸收率介于 $10^{-4}$ ~ $10^{-3}$ 。为了辐射防护,在各种情况下,取 $10^{-3}$ 是有足够的安全系数的。

钚在人体的吸收研究所发表的文章只有两篇:Mussalo-Rauhamaa等根据拉普兰

德人组织中 $^{239}\text{Pu}$ 、 $^{240}\text{Pu}$ 含量测定结果(这些人体内钚的主要来源是驯鹿肝中的落下灰)提出,钚的吸收率为 $(8\sim9)\times 10^{-4}$ 。Hunt等根据对吃了英国赛拉菲尔德地区含有钚和镅的海螺的人尿中钚镅排出量测量结果提出,钚镅的吸收率为 $(0.8\pm 0.3)\times 10^{-4}$ ,比上一篇提的约低一个数量级。这两项人体研究结果虽然都有很大的不确切性,但都有重要意义,因为这是唯一可以得到的正常人体数据,而且确实与动物实验结果相符。

如果这两篇人体研究结果相差一个数量级属实,则意味着吸收率可能受摄入的含锕系元素食物的化学组分或食品的化学组分影响。据Chassard-Bouchard和Galle用电子探针分析,海螺和哺乳动物肝中的锕系元素均位于溶酶体内与磷酸盐相结合。要是仅仅锕系元素的化合物形态影响其吸收率,则从肝和海螺中的锕系元素的吸收率本该相似。所以上述两篇研究结果的数量级差别是一个重要信号:在估计工人或公众摄入某种已知的钚(或锕系其它元素)化合物的具体的 $f_1$ 值时,必须考虑他们的饮食情况和饮食习惯。

钚的 $f_1$ 新建议值( $10^{-3}$ )是ICRP 30号出版物建议值的10倍。三价锕系元素(如镅、镔)的资料很少。为慎重起见,建议其 $f_1$ 值也用 $10^{-3}$ ,这是以往建议值的两倍。最新资料表明,ICRP 30号出版物中镅的 $f_1$ 值( $10^{-2}$ )偏高,除非摄入了大量镅。因而 $10^{-3}$ 也被建议用于镅。ICRP 48号出版物中所建议的 $f_1$ 修订值如表1。

将 $10^{-3}$ 用作各种锕系元素的 $f_1$ 的一个重要限制是,在任何情况下只要有充分资料说

表1. ICRP30号和48号出版物 $f_1$ 建议值比较

元素	摄入类别, 化合物	$f_1 \times 10^4$	
		48号出版物	30号出版物
Pu	职业性摄入		
	氧化物(多分散性氧化物例外)	0.1	0.1
	硝酸盐	1	1
	其它化合物或化合物不明的混合物	10	1
	公众摄入(沿食物链)		
	各种化合物	10	
Np	职业性和公众摄入		
	各种化合物	10	100
Am	职业性和公众摄入		
Cm			
Cf		10	5

明其它数值更为适宜,则应以后者代替 $10^{-3}$ 。如在只摄入硝酸钚的事故中便可采用 $10^{-4}$ 。

在Hunt等人的工作中可以看出上述限制的例子。他们研究摄入由赛拉菲尔德核燃料后处理厂排放物污染的海螺后钚钼的吸收率的主要目的,是想取得 $f_1$ 的实测值,以代替ICRP建议值,求出“赛拉菲尔德食海螺者”这个紧要居民组所受的约定辐射剂量的最佳估算值。

动物实验表明,锕系元素从新生动物胃肠道的吸收率是成年动物的10~1000倍,但这种较高的吸收率在哺乳期间很快就降到成年动物的水平。为广大公众选定 $f_1$ 值时,必须考虑到婴儿未成熟小肠的功能。ICRP48号出版物认为将 $10^{-2}$ 用于1岁儿童是适宜的。此值虽过于谨慎,但依然可取,因为锕系元素在新生儿胃肠道的高吸收率究竟以多快速度降至成人水平尚缺乏充分资料。最近用狒狒实验表明,这一过程是相当快的。然而,这一问题以及锕系元素在新生儿肠道中的拖延滞留问题仍都是有待研究的重要领域。

### 锕系元素在组织中的滞留

在回顾钚在各组织中分布和滞留资料时,ICRP 48号出版物不但重视动物实验数据,还特别重视人体尸检资料。人体资料表

明,钚和钼在骨和肝中的平均分布分别约为50%和30%,然而,个体之间差别很大。所以ICRP30号报告关于钚在体内分布情况的假定(进入血流的钚,90%将等分地沉积于肝和骨,另10%或被排泄或沉积于其它组织)依然给辐射防护留下了适当的模式。但动物数据却提示,就超钚元素和镅而论,此模式需要做一些修订。这些元素都比钚更趋向于沉积到骨骼内。其修订值列于表2。

表2. 锕系元素在人组织中的沉积份额  
(占血循环中初始含量的份额)

元 素	肝	骨骼
钚、钼	0.45	0.45
镅、镎、钷	0.25	0.65
镅	0.15	0.75

McInroy等人所发表的1970~1980年间(此期间新产生的钚落下灰很少)美国居民身体组织内钚(来自落下灰)浓度的大量数据,使我们得以估计钚在骨和肝中的半滞留期。数据分析表明,钚以大约14年的半廓清期从肝中减少。对1969~1978年间人脊椎骨钚浓度的分析表明,骨中钚的半廓清期大约是8年。把未发表的犹他州居民脊椎钚含量

分析结果包括在内将上述资料扩展到1984年,可以看出钷从骨中廓清较慢。根据这些资料和动物实验资料,ICRP 48号出版物认为钷在骨和肝中的半滞留期的原建议值(100年和40年)过长,并认为取50年和20年较为合理。在锕系三价元素代谢资料缺乏的情况下,工作组认为没有论据说锕系不同元素在肝(和骨)中的半滞留期不相同。但是,人尸体分析的最新资料表明,锕从肝中廓清的速率比钷快得多。

就锕系元素从母体向子体转移情况的资料看,没有充分证据说明这些元素优先浓积于胚胎和胎儿。48号出版物认为对母体能有效防护的各种措施对其胎儿也有充分的防护作用。

工作组认为,钷在骨中的代谢模式已发表好几个,目前没有必要提出更复杂的模式。鉴于对生物效应与骨中辐射剂量空间分布关系了解的加深,上述观点可能尚需改变。

## 结 论

上述代谢参数的改变在辐射防护上有什么影响呢?吸收份额建议值的上述改变意味着,在摄入化学形式不明的或混合化合物的 $^{239}\text{Pu}$ 及锕系其它长寿命元素时,其ALI(年摄入量限值——译者注)需要降低几乎十倍,但短寿命锕系元素的ALI变化很小。吸入锕系元素时的ALI值变化也不大。这些ALI的修订值最近将作为ICRP 30号出版物的续篇发表。

工作组成员在拟定钷及有关元素的修正代谢模式时清醒地知道,我们对锕系元素在人体内行径的了解还很不足、不准确,还需掌握更多的资料,特别是那些尸检中落下灰钷分析资料和对事故性暴露于锕系元素的人的详细研究资料。

[Radiat Prot Dosim 1989, 26 (1/4): 137~140  
(英文)阎效珊节译 张景源校]



### 044 用中药制剂十全大补汤减轻放射治疗癌的副作用 [日]/矢名//原子力工业.—1989, 35(6). —46

癌的治疗手段之一是采用放射治疗。射线对癌细胞具有很强的直接破坏能力,但亦有严重的副作用,致使造血器官障碍等全身性症状出现,甚至导致死亡,因而使放疗难以定时实施。日本庆应大学医学部放射科的桥本教授等为了提高放射治疗的效果,采用了以减轻副作用为目的的中药制剂十全大补汤同时并用放疗的方法。

22名患者:男性7名、女性15名,平均年龄为57.7岁,所患的是子宫癌、乳腺癌、肺癌等疾病。患者用50Gy照射的同时每天给予7.5g的十全大补汤,对其全身症状等进行了综合性的判断。结果,具有显著效果者2例(9.1%)、中等程度改善者10例(45.4%)、轻度改善者6例(27.3%)。总有效

者达18例,有效率为81.8%。

近几年来,小柴胡汤、补中益气汤等中药制剂一直在癌症患者术后恢复中服用。桥本教授等除了将大规模实行放疗与给予具有减轻放疗后副作用的十全大补汤并用疗法外,正在对十全大补汤的作用机理进行详细的研究。

[刘琼英摘 胡壁校]

### 045 新的核苷类药物RP-170的的辐射增敏作用 [英]/Murayma C...//Int J Radiat Oncol Biol Phys.—1989, 17(3).—575~81

Miso的神经毒作用主要是由于它的亲脂性。本文介绍了一种核苷类乏氧细胞增敏剂RP-170[即:1-(2-羟基-1-羟甲基)乙氧基甲基-2-硝基咪唑],并与Miso和SR-2508在体内外的增敏、毒性等方面作了比较。

体外实验选用Balb/c小鼠的EMT6/KU乳瘤细胞株。经培养的细胞用 $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 线(剂量率为1.0Gy/min)照射后以集落形成分析检测细胞活性。Balb/c Cr Sle小鼠EMT6/KU瘤和C3H/He N Sle小鼠SCCV I瘤的增长研究用于体内实验。经接种二周后的两