

小牛酶处理,对辐照所致的骨髓重度损伤显示出好转,尤其在照后13~22天期间,淋巴细胞、粒细胞和血小板数明显升高。在保护干细胞增殖能力方面,酶减少干细胞的辐射损伤。这种保护使血循环中的血细胞早期更换成为可能,而影响了粒细胞、淋巴细胞和血小板以及红细胞。因此,小牛过氧化物歧化酶对小鼠的保护作用是十分广泛的。

淋巴细胞比粒细胞或血小板对辐射敏感性大可能是由于血浆膜的辐射损伤所致,血浆膜的损伤会引起 $O_2^-$ 及其衍生物的反应。SOD则抑制这些反应,从而保护淋巴细胞。在小淋巴细胞中,也由于酶的这种抑制作用而得到保护。处于生理环境中的淋巴细胞,它的细胞表面暴露于血清内由于水射解所产生的过氧化物离子,血清中SOD酶的浓度只有0.07微克分子,这样的浓度对清除辐射产生的 $O_2^-$ 是太低了,而用SOD酶处理后,情况则起了变化,注射后瞬时,血清SOD总浓度0~18微克分子,然后以近似于指数速率从血清排除,1小时后降至0~0.5微克分子。升高血清SOD水平,将更有效地清除辐射引起的过氧化物离子,从而减少淋巴细胞膜的潜在损伤反应。静注小牛SOD35微克/克体重后1小时,以放射免疫分析测定,每个淋巴细胞外源性酶平均提高 $9.8 \times 10^5$ 分子,如果细胞内SOD的含量增加到上述水平会引起 $x_0$ 的变化从 $108 \pm 5$ 到 $143 \pm 20$

拉德,那末,外源性酶的防护效价计算如下:

$$\text{效价} = \frac{x_0 \text{变化(拉德)}}{\text{酶分子数/每个胞胞}}$$

式中 $x_0$ 变化 = 35拉德 =  $2.18 \times 10^{15}$ 电子伏/克,1拉德 =  $6.2418 \times 10^{13}$ 电子伏/克,体积为 $1150 \times 10^{-12}$ 厘米<sup>3</sup>时,淋巴细胞的重量为 $1150 \times 10^{-12}$ 克(密度 = 1)。因此每个淋巴细胞小牛SOD的防护效价是:

$$\frac{2.18 \times 10^{15} \text{电子伏/克}}{9.8 \times 10^5 \text{分子}} \times 1150 \times 10^{-12} \text{克。这等于}$$

2.56电子伏/分子。如33.7电子伏/离子对时,则相当于0.07离子对/一个酶分子,内源性酶的防护效价同样可以根据原文附图的直线斜率计算出。如33微拉德/分子/淋巴细胞,则相当于2.37电子伏/每分子或0.07离子对/每分子。因此在淋巴细胞中,内源性或外源性SOD显示出相同的防护效价。这一结果提示,此二种酶在细胞内的分布可能相似。这是一种探索性的推测,它可以通过现在颇感兴趣的适当的定位研究进行验证,特别鉴于膜传递的DNA损伤以及最近发现的小牛酶能降低辐照诱发的淋巴细胞染色体畸变的发生率。

[Petkau A等, Life Sciences 22(10), 867~882, 1978(英) 李建华摘译 姜纪荣 卢正福校

## 当前和未来世界放射工作者和保健物理学家人数

### 引言

由于诸如人员长期培训计划、放射防护努力和人群剂量计算等种种原因,更准确地估计当前和未来从事职业电离辐射工作(“放射工作者”)的人数和放射防护专家(“保健物理学家”)的人数,不仅仅具有纯学术的意义。遗憾的是,因为商业秘密、政府政策或军事安全,和不同国家对“放射工作者”和“保健物理学家”有不同的划分界限,或仅仅由于该国的甚至上层官员和专家对正在开展的放射工作的范围也缺乏了解,所需的数据在许多国家是难于得到的。

尽管存在这些困难,我们在本次调查中仍进行努力,以便从尽可能多的国家得到最可靠的数据,

并主要利用按人口平均的放射工作者人数与该国的生活标准之间较密切的关系,估计出其它国家的放射工作者人数。本文阐述这一办法,并讨论所得结果,相信这些结果的可靠程度在±10%以内。

### 数据基础

1975年年中,在世界范围的个人监测现状和未来趋势的调查中,对三十多个国家的国家辐射防护当局的代表(通常是个人监测服务站的负责人)询问如下问题:“据你估计,你们国家有多少人从事经常性的放射性工作? 医务界有多少? 非医务界有多少?”

虽然个人监测并不一定与放射性工作有密切的关联,但据作者的经验,中心监测服务站能提出最合理的估计。当然,即使同一国家的专家之间的估

\*原文作者按国民经济收入情况划分为四个世界,译文译成四种不同类型的国家——校者

计也并不总是一致的。有的估计有一倍之差。有的国家根本就未提出估计数。而有的国家所提出的数据又是无用的，所以，对“原始数据”还根据出版的资料 and 根据私人通讯予以增补。

美国的情况特别复杂，我们利用了保健局G·D·Schmitt提供的数字和一些大型商业和国家机构得到的机密情报。还参考了UNSCEAR（联合国原子辐射效应科学委员会）72年的一份报告。表1第2项所列对1975年年中情况的最佳估计数，是根据最

近（1975年）联合国对人口和按人口平均的国民收入统计资料作了增补的。

### 1975年的放射工

#### 作者和保健物理学家

从表1可以看出，正如所料，一国的经济财富和每百万人口中放射工作者人数间有着明显的关系。在每人每年国民收入超过2000美元的14个“富裕”国家中，平均每百万人口有1840个放射工作者。最小数（日本740）和最大数（加拿大3170）

表1 放射工作者、人口和国民收入的最新估计数

(1)国家 和地区	(2)放射工作者估计数(1975)			(3)近似的 人口数×10 <sup>8</sup>	(4)每百万人口 放射工作者数	(5)按人口平均的 年国民收入(美元)	第(4)项 (6) 第(5)项
	医务	非医务	总计				
孟加拉国	1000	1500	2500	71.6	35	110	0.32
加拿大	50,000	20,000	70,000	22.1	3170	4750	0.66
智利	3700	300	4000	10.2	390	590	0.66
捷克斯洛伐克	8000	7000	15,000	14.6	1030		
丹麦	4100	3000	7100	5.0	1420	5000	0.28
厄瓜多尔	500		500	6.7	75	355	0.21
埃及	1000	1300	2600	35.6	73	220	0.33
芬兰	4000	3000	7000	4.7	1490	3310	0.45
法国	40,000	37,000	77,000	52.1	1480	3400	0.44
西德	100,000	20,000	12,0000	62	1940	5040	0.38
印度	12,000	9000	21,000	574.2	37	93	0.40
以色列	1000	5000	6000	3.1	1940		
意大利	55,000*	10,000*	75,000*	54.9	1370	2300	0.60
日本	60,000	20,000	80,000	108.3	740	3290	0.22
南朝鲜	2500	1000	3500	48	72	345	0.21
荷兰	9500	5000	14,500	13.4	1080	4100	0.23
新西兰	3000	1000	4000	3.0	1330	3710	0.36
挪威	8500	1400	9900	4.0	2480	4115	0.60
菲律宾	1000	400	1400	40.2	35	230	0.15
波兰	6000	500	6500	33.4	190		
沙特阿拉伯	500	50	550	8.4	65	835	0.078
南非	4800	2200	7000	23.7	300	1000	0.30
西班牙	60,000	5000	65,000	34.9	1860	1610	1.16
斯里兰卡	100*	200*	900*	13.2	68	160	0.43
瑞典	15,000	7500	22,500	8.1	2780	5600	0.50
瑞士	15,000	3500	18,500	6.4	2890	3000	0.96
台湾省	1500	1500	3000	13	230		
泰国	2200	200	2400	39.8	60	210	0.29
英国	80,000	40,000	120,000	56	2140	2500	0.86
美国	400,000	200,000	600,000	210.4	2850	5520	0.52

\* 原文有误，医务人数加非医务人数与总计人数不相等——校者

之差之所以这样大，很可能是由于不同地区对放射工作者的划分界限不同，尤其是对医务人员和牙医的计入程度不同。不过，其中多数国家仍在平均数1600附近，偏差在±50%以内。

如果再看看八个年收入不到500美元的“穷国”，每百万人口的放射工作者数最少的是35，最多的是75，平均57。显然一国的放射工作者密度，就像该国的能量和肥皂消耗量一样，与国民收入有密切关系。这是一项明显的直线关系。因此，如第6项所列，第4项与第5项的商是非常一致的（沙特阿拉伯和西班牙是两个例外），因而可以说，每个国家每美元国民收入大约有 $4.6 \times 10^{-7}$ 个放射工作者。

当前世界可分为四个类型。第一类属于高度工业化的国家，如加拿大、英国和美国等15国，它们的平均商是0.46。属于第一类的共有22个国家，按人口平均的国民收入为3720美元，1974年总人口为六亿六千二百万，假设未列入的那七个国家的商数与这15个国家差不多，就可得第一类国家的放射工作者总数为 $0.46 \times 3720 \times 662 = 1.13 \times 10^6$ 人。

表1中有七个国家（智利、厄瓜多尔等属于第三类的发展中国家，其平均商为0.42，若将西班牙和沙特阿拉伯的异常数字排除，则平均商为0.34。根据其平均收入为784美元，人口九亿零三百万，可得放射工作者为 $0.30 \times 10^6$ 人（用系数0.42）或 $0.24 \times 10^6$ 人（用系数0.34），看来取两者的平均数 $0.27 \times 10^6$ 较合理。第四类也叫不发达国家（表1中有孟加拉国、印度和斯里兰卡，平均商为0.38），其平均收入为149美元，人口九亿四千二百万，只有 $0.053 \times 10^6$ 个放射工作者。

对于第二类国家，没有得到任何可靠的国民收入数字，但表1中的两个国家（捷克斯洛伐克和波兰）表明，假定其商为0.46也许是妥当的，这是所有国家的平均值，而且与其它三类国家中的每一类都相近，根据估计的平均收入为1050美元，第二类国家人口十二亿，可得 $0.58 \times 10^6$ 个放射工作者。全世界共二亿另三万，正巧非常接近于K·Z·Morgan的“粗略估计”数二百万。

医务部门和非医务部门放射工作者的比例显然也与一个国家的经济水平有关。在许多欠发达国家，核子研究、动力和工业同位素应用很少。此比例还与医务放射工作者的划分界限有关，尤其与计入还是不计入使用私人X线机的全科开业医生和牙医以及他们的技师有关。以第一类国家而论，这些国家的放射工作者划分原则差不多，统计数字也最可靠，

其医务和非医务放射工作者的平均比例为2.4（70%是医务放射工作者），国与国之间差别不大。

根据国际放射防护协会（IRPA）现有约七千名成员和许多国家专家的估计进行推算。当前世界上“保健物理学家”（将其一半以上的时间直接从事于放射工作者的放射防护工作或通过研究、培训、管理工作而间接从事放射防护工作的人）的人数约有12,000，即每170个放射工作者有一名保健物理学家。这个比例数波动很大。在一些很注意保健物理问题的大型核研究机构以及属于这一领域的重要的研究和发展项目中，此比数小于1:30，而只需每月进行一次胶片剂量监测的医务放射工作者，此比数大于1:1000。这一比数看来还随一个国家经济水平的提高而略有增加（美国平均比数约为1:150）。

## 未 来

影响世界未来放射工作者和保健物理学家人数的有下面几个密切相关的因素：

（1）世界人口的迅速增长。到2000年将达六十二亿五千万。

（2）世界核动力的增长。根据IAEA（国际原子能局）和AEC（美国原子能委员会）所作的“最可能”估计，全世界的核装置总容量（1975年有200个动力反应堆，总容量约 $1 \times 10^5$ 兆瓦）到1980年将达 $\sim 3 \times 10^5$ 兆瓦，1985年将达 $\sim 5-7 \times 10^5$ 兆瓦，而到2000年将达 $\sim 2-3 \times 10^6$ 兆瓦。

（3）可能会有更广泛的应用。而同时，公众对医学领域及非医学领域中电离辐射的危害更为关注。还有地区性及全球性的经济体制的变动。

据估计，约有一半非医务放射工作者直接或间接与核能有关。有时人们曾作过一些直截了当的预测。如假定到1985年美国将建成150座动力反应堆，每座需保健物理学家5名和一些替班人员等。于是得出届时将需要3300到6000名新培训的、具有理学士水平的保健物理技术人员。但若将这种估计推广到全世界，从下面几个因素看，则未勉过于简单化了：

（1）难以预料现时在一些发达的西方国家主张发展核动力与反对发展核动力两种不同意见争论的结果，以及各种经济因素，它们可能大大减少实际建成的反应堆数；

（2）虽然许多发展中国家的经济水平几年内很可能改善，但有的国家（如巴西）有沉重的核债

务, 世界的远期(1990~2000年后)经济前景并不那么乐观, 这主要是因为人口迅速增长的压力限制了经济的发展,

(3) 如果到2000年前后, 世界人口都像加尔各答那样稠密, 那么, 如今很盛行的放射应用和放射防护工作很可能会变得不那么重要了。

(4) 不清楚当前和未来直接或间接与核能和燃料循环有关的放射工作者的百分比。现时估计为50%的非医务放射工作者, 由于单位规模变大和自动化程度的提高, 并非随核能力的增大而成比例地增多,

(5) 难以预料这四类国家核能力的相对增长。

尽管有这些不确定因素, 但假定一些最可能出现的情况之后, 仍可作出几种估计:

表2 预计放射工作者人数( $\times 10^3$ )

“类型”	类别	估计方法	1980	1985	2000
第一类	医务	乐观	930	1050	1400
		悲观	800	800	800
		平均	865	925	1100
	非医务	乐观	600	920	2500
		悲观	480	600	1500
		平均	540	760	2000
第二类	医务	乐观	570	750	1350
		悲观	400	400	400
		平均	485	575	875
	非医务	乐观	320	470	1300
		悲观	240	310	700
		平均	280	390	1000
第三类	医务	乐观	270	390	840
		悲观	240	285	425
		平均	255	338	633
	非医务	乐观	145	240	920
		悲观	105	140	320
		平均	125	190	660
第四类	医务	乐观	105	200	620
		悲观	55	65	100
		平均	80	130	360
	非医务	乐观	35	65	220
		悲观	25	35	90
		平均	30	50	155

(a) 一种乐观的估计, 可假定核能力按预期数字增长; 第一类国家人口和平均国民收入仅有微小增长; 第二类国家人口增长也很少, 但生活标准达第一类国家的2/3; 第三类和第四类国家差不多平均分摊世界人口增长总数的大部分; 第三类国家的生活标准逐步改善, 达第二类国家的现有水平; 第四类国家接近第三类国家的现有生活标准; 辐射在工业和研究中的应用以每年~4%的速度增长; 医务放射工作者人数(目前是每美元国民收入~ $3.2 \times 10^{-7}$ 人)随放射在诊断和治疗中应用的增多而增加约25%。这样就得到表2中给出的“乐观”估计数。

(b) 一种较悲观的估计, 假定由于公众的反对和经济问题, 核能力的增长速度仅如现时所想象的一半; 世界平均经济状况保持现有水平, 而人口却按预期数增长; 由于医疗服务的更大规模集中, 补偿了第二、第三和第四类国家医疗保健缓慢改善的影响, 现有的医务放射工作者人数并不增加, 而辐射在工业和研究中的应用并无实质性的增加(国民收入和放射工作者之间的关系保持现状)。其结果列于表2中“悲观”栏。两种估计的平均数也列于表2和表3。

表3 对世界放射工作者\*和保健物理学家总人数的估计( $\times 10^3$ )

	1980	1985	2000
医务放射工作者	1700	2000	3000
非医务放射工作者	1000	1400	1800
总人数	2700	3400	4800
保健物理学家**	16	20	30

\*乐观估计数和悲观估计数的平均值

\*\*假定比例同1975年

显然, 核能力的增长连同其全部需求改变着医务和非医务放射工作者的比率, 人口和经济状况的变化改变着四类国家之间的比率。而对于所需的保健物理学家人数, 根据未来对放射防护的重视程度可假定有更高、不变或较低三种可能情况。

虽然目前趋势是强调放射防护工作, 而使保健物理学家人数很可能不只是成比例增加, 但由于人们逐渐对放射不感到神秘, 情况可能正好相反, 从而使将来在物力和财力的优先考虑上不如现在。因此, 表3中关于未来保健物理学家人数的预计不如放射工作者人数那样可靠。到2000年可能有

~15,000到~50,000个保健物理学家,很可能是~30,000。这意味着今后25年内比现有人数增加1.5倍,因而在核动力领域和发展中国家需要开展大量的培训工作。

确实,在这份简短的研究报告中所提出的许多

数据是推测性的,所作的许多假设和结论可以争议。不过希望本文的发表能促进有益的讨论,也可能引出更为周密而详细的分析来。

(Becker K: Health Phys 32(5): 428~434,

1977(英文)刘孟彝译 张景源 查永如 卢正福校)

## 1972~1975年苏联居民膳食中的<sup>90</sup>Sr和<sup>137</sup>Cs含量

本文总结了在1972~1975年期间46000份以上食物样品的放射化学分析结果;其中分析<sup>90</sup>Sr的食

物样品(包括饮水)数约为22000份,分析<sup>137</sup>Cs的样品数为23000份以上。

表1 1972~1975年苏联境内一些食物和水中的<sup>90</sup>Sr平均浓度(微居里/公斤,升)(M±m)

食 品	年 份			
	1972	1973	1974	1975
面包:				
黑 面 包	17.4±2.3(112)	13.9±1.8(112)	12.8±1.2(109)	8.9±0.6(106)
白 面 包	8.8±0.4(721)	8.8±0.4(839)	7.5±0.4(750)	7.6±0.4(790)
牛 奶	8.2±0.4(1800)	6.7±0.3(1977)	6.5±0.4(1877)	6.0±0.3(2091)
肉:				
牛 肉	5.4±0.3(740)	5.2±0.4(778)	5.3±0.5(707)	4.7±0.3(721)
羊 肉	6.7±0.7(119)	6.7±0.8(117)	6.8±2.0(126)	6.3±0.6(121)
猪 肉	4.3±0.4(409)	4.9±0.7(450)	4.7±0.4(414)	4.3±0.3(378)
马 铃 薯	5.8±0.8(615)	6.1±0.4(711)	5.4±0.5(693)	5.6±0.3(721)
苹果,梨	—	4.6±0.7(47)	4.1±1.4(37)	5.5±0.9(98)
海鱼(体)	23±7(206)	24±10(204)	17±3(159)	18±4(173)
淡水鱼(体)	73±15(257)	74±11(368)	68±10(368)	74±9(336)
由露天水源供给的 饮用水	0.88±0.15(124)	0.77±0.02(121)	0.71±0.07(50)	0.58±0.09(112)

注:括号内为样品数

表2 1972~1975年苏联境内一些食物中的<sup>137</sup>Cs平均浓度(微居里/公斤,升)(M±m)

食 品	年 份			
	1972	1973	1974	1975
面包:				
黑 面 包	26.2±2.8(108)	24±4(110)	20.6±1.8(106)	18.7±2.6(102)
白 面 包	17.2±1.4(692)	15.0±1.3(801)	14.1±1.5(710)	12.7±0.7(763)
羊奶	21±6(1744)	18±4(1899)	18±5(1836)	17±3(2035)
肉:				
牛 肉	43±8(1084)	28±4(1214)	29±6(1198)	29±3(1272)
羊 肉	41±4(175)	22±3(181)	24.6±2.6(181)	25.7±2.4
猪 肉	33.0±2.0(633)	26±7(767)	19.9±1.2(694)	24±3(744)
马 铃 薯	10.9±0.9(439)	10.7±0.7(564)	9.1±1.2(521)	9.3±0.8(524)
苹果、梨	5.3±1.8(24)	5.8±2.5(46)	4.5±2.2(35)	6.3±1.4(82)
海 鱼 (体)	28±5(219)	35±13(220)	25±5(162)	24±6(191)
淡水鱼(体)	72±10(287)	76±9(395)	79±16(413)	77±7(404)

注:括号内为样品数