

# 关于外照射慢性放射病及其剂量阈值的探讨

贾德林

(中国医学科学院中国协和医科大学放射医学研究所, 天津 300192)

## 1 前言

人们对外照射慢性放射病(以下简称慢放病)的认识正在不断的深化。过去由于西方国家的防护条件较好,射线工作人员的受照剂量低于慢放病的阈值,罕见慢放病的发生,不承认慢放病存在,而只认为在较高剂量率水平下的长期分次照射或迁延照射可能对人体各个器官或组织的损伤。但是在前苏联核工业发展的初期,为了打破美国的核垄断,在其第一个生产堆(A厂)和后处理厂(B厂)投产的初期,工作人员在极差的防护条件下忘我地工作,以至于在A厂和B厂慢放病的患病率分别高达5.8%和22.5%。在我国,由于解放前和建国初期射线设备落后,加上一些人员缺乏防护知识,使一些射线工作者,特别是一些诊断X射线和锕疗工作者患了慢放病。自从1990年前苏联《自然》杂志首次发表了“原子能工业第一个企业的经验(照射水平与工作人员健康)”(以下简称“经验”)一文<sup>[1]</sup>和1994年UNSCEAR报告<sup>[2]</sup>中报道了有关前苏联早期生产堆和后处理厂工作人员辐射剂量和死亡率以及发生慢放病的资料以来,慢放病已为越来越多的人所承认。

慢放病属确定性效应,它的发生不但与剂量有关,也与剂量率有关,即其不但有剂量阈值问题,也有剂量率阈值问题。

## 2 慢放病人的受照特点及其对剂量阈值的影响

大家知道,辐射造成器官和组织的损伤需要杀死大量细胞,因此存在剂量阈值。细胞的损耗是与未受影响细胞的繁殖处于相互竞争的动态过程,因此,组织的损伤既取决于剂量,也取决于剂量率<sup>[3]</sup>。对于慢性照射,既有辐射杀死细胞的一面,也存在由于未受辐射影响的细胞繁殖增加的一面,由于慢性照

射是在较长时间中连续(或断续)进行的,从而使未受影响的细胞能有更多的繁殖增加的时间,使未受损细胞与受损细胞在相互竞争中占有有利的地位,更易于达到损伤的修复,因而在同样的剂量照射下,慢性照射的损伤程度较急性照射为小,这也是慢放病的剂量阈值一般高于急性放射病剂量阈值的原因。

在UNSCEAR1993年报告中提到<sup>[3]</sup>:因为被杀死的细胞所占的比例取决于剂量,所以确定性效应的严重程度也取决于剂量,如果不同敏感性的人受到辐射的照射,较敏感个体在给定组织中发生严重得足以观察得到的确定性效应的剂量阈值将较小。这就承认了个体辐射敏感程度的差异是客观存在的。在错综复杂的慢性照射中更会如此,因为对急性照射是偶然发生的,受照人员中,既包括对辐射敏感的人,也包括对辐射不甚敏感的人,一般没有选择性,而相反慢性照射是在许多长期(连续或断续)的受到较大剂量照射的人群中,那些对辐射敏感的人在一定的剂量水平下,更易于患慢放病,也就是说在患慢放病的人群中,对辐射敏感者所占的比例与急性放射病相比较为高。此外,就受到一定剂量照射的个体而言,其营养和健康状况较差者患慢放病的可能性更大或患病的程度更严重些。

由于慢放病发病时间长、病人受照情况复杂(包括受照射线种类、剂量大小、分次照射的次数和间隔时间等的不同)、各种因素(包括健康和营养状况、个人对辐射的敏感程度等)的影响。因此,慢放病不象急性放射病那样剂量阈值较明确,并易于确定。在不同情况下发生慢放病的最低剂量(率)可能有所差异,即其剂量(率)阈值可能不是一个准确值,而是一个范围。

### 3 关于慢放病剂量(率)阈值的探讨

依据前苏联早期核工厂工作人员中有关慢放病人剂量的报道和我们对我国各地诊断的慢放病例剂量估算的资料,对慢放病剂量阈值做如下探讨。

根据“经验”一文的报道,A厂和B厂的主要有害因素是电离辐射,在各类电离辐射中, $\gamma$ 射线最为重要。自从A、B厂投产起,就建立了剂量监测服务, $\gamma$ 外照射个人剂量监测用胶片剂量计。附表中给出了A、B两厂的慢性放射病的患病率和病人的平均剂量,由附表可见A、B两厂病人的平均累积剂量分别为264cSv和340cSv(均指胶片监测剂量,下同)。

附表1 A、B两厂慢性放射病的患病率和病人的受照剂量

工厂	慢性放射病患病率 (占队列人数的%)	$\gamma$ 照射的平均剂量(cSv)	
		工作期间的 平均累积剂量	最大 年剂量
A	$5.8 \pm 0.5$	$264 \pm 14$	$127 \pm 11$
B	$22.5 \pm 0.6$	$340 \pm 5$	$150 \pm 4$

A厂早在建造和调试工作期间(1947年和1948年初)工作人员就受到剂量达0.25Sv的照射,其中,在1947年有30%,1948年则有50%以上的工作人员接受的剂量超过0.1Sv,而1949年工作人员受照剂量明显增加,当时有99%的工作人员接受的剂量超过当时的年允许剂量限值0.15Sv,即按现行标准超过年限值的3倍,32%的工作人员接受的剂量大于1Sv<sup>[4]</sup>,正是在这一年诊断出第一批放射病。

“经验”一文中还特别提到随着辐射状况的改善,A厂于1953年后,B厂于1958年后,再没有出现慢放病,而A厂1953年至1955年的年平均剂量分别为19.6,8.9和9.5cSv,B厂1958年至1961年的年平均剂量分别为10.8,14.7,15.2和11.0cSv,这说明在10cSv甚至再高些的年剂量下不会发生慢放病。在另一篇有关A厂和B厂的报道中提到:A厂和B厂有1596名工作人员被诊断为慢放病,最大年剂量2.0~4.5Gy,累积剂量在1~10Gy之间<sup>[5]</sup>。UNSCEAR1994年报告也谈到:A厂和B厂早年患慢放病者曾很普遍,病例的平均剂量为3Sv,并认为对于年剂量低于

0.25Sv或总剂量低于1Sv的个体来说这种疾病的发病率很低。据“经验”一文报道:根据对A、B两厂的流行病学调查发现,工作期间总剂量高于1Sv,同时伴有任何一年最大剂量为0.25Sv者,肿瘤病死亡率确有增加。因此,前苏联国家辐射防护委员会建议:将受到 $\gamma$ 外照射总剂量超过1Sv,并伴有任何一年的年剂量为0.25Sv者,归为高危人群组。前苏联中型机械工业部和卫生部,在得到前苏联部长会议的支持后,决定给予健康受到危害的高危人员以物质补偿(不论是否诊断为职业病,都给与最高额退休金)。

另外,据文献<sup>[5]</sup>报道:M.M.Kossenk等详细记录了940名被正式诊断为慢性放射综合征(Chronic Radiation Syndrome, CRS),即慢放病的剂量,他们采用全身计数器、电子自旋共振法(ESR)和对尿中的<sup>90</sup>Sr  $\beta$ 粒子的测定,记录了其中许多人所接受的剂量。此外,他们还确定了一套更为严格的诊断标准,其中规定受照至少3年以上,由个人测量数据确认,骨髓所受剂量至少为1Gy。

ICRP 60号出版物<sup>[6]</sup>根据ICRP 41号出版物<sup>[7]</sup>中的数据给出了多年中每年以分次很多的分次照射或迁延照射能造成骨髓造血机能低下的年剂量率的阈值为 $0.4\text{Sv} \cdot \text{a}^{-1}$ ,并认为总剂量对其没有意义。由于缺乏直接来自人的多年多分次照射或迁延照射的资料,ICRP41号出版物也承认,现在对于长期分次和迁延照射中,能够对人的造血组织产生影响的年剂量率,目前尚不准确知道,只是根据事故和放疗中的全身照射资料,并考虑骨髓细胞的再生能力,得到多年多次或迁延照射造成骨髓造血机能低下的年剂量率0.4Sv的阈值。由于认为骨髓在 $0.4\text{Sv} \cdot \text{a}^{-1}$ 的剂量率阈值下受照,在一生中累积的剂量,就不会对骨髓造成明显的损伤,因而认为总剂量没有意义。实际情况是否如此?值得探讨。

根据人员的射线工作量和全国协作调查的我国医用诊断X射线各种工作条件下的平均辐射水平<sup>[8]</sup>,我们曾对经国内放射病专家会诊认定的29例慢放病人进行了剂量估算<sup>[9]</sup>,他们的平均剂量为3.5Gy(指射线入射皮肤剂量,相当于个人剂量计的监测剂量,下

同), 剂量范围为 1.8~7.0Gy, 平均放射工龄为 19 年, 平均年剂量为 0.18Gy。最近, 我们采用相同的方法, 又对一些省(市)诊断组诊断的 41 例慢放病人进行了剂量估算, 其平均剂量为 2.9Gy, 剂量范围为 1.2~5.2Gy, 从事放射工作的工龄为 8~40 年, 平均放射工龄 24 年, 年平均剂量 0.12Gy。

总之, 从原苏联和我国诊断的慢放病病例来看, 慢放病的平均剂量在 3Sv 左右, 骨髓剂量阈值约为 1Sv, 相应的个人监测剂量在 1.5Sv 以上, 年剂量率的阈值高于  $0.15\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$ , 从原苏联和 ICRP 的资料来看年剂量率的阈值可能高达  $0.25\sim 0.4\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$  以上。

#### 4 结语

在前苏联核工业发展的初期和我国早期的射线应用中, 由于工艺设备落后、工作任务繁忙、辐射防护知识缺乏等原因, 致使一些人员患了慢放病。但是, 由于慢放病病情复杂, 又无特异诊断指标, 人们只能在实践中逐渐深化对其的认识。现在慢放病的客观存在已为许多病例所证实, 也逐渐成为人们的共识。但是随着设备的更新, 防护的改进, 人们防护意识的增强, 慢放病的发生必将越来越少。

由于慢放病发病时间长, 病人受照情况复杂, 加上各种因素的影响, 因此在不同情况下发生慢放病的最低剂量(率)可能有所差异, 即其阈值可能不是一个准确值而是一个

范围。另外, 由于慢放病的典型病例较少, 且大多无剂量监测资料, 加上受照情况复杂, 难于进行准确的剂量估算, 这又给剂量(率)阈值的可靠确定带来困难。

从现有的很有限资料分析来看, 慢放病不但有剂量阈值问题, 也有剂量率阈值问题, 而且都相当高, 与上述探讨的剂量(率)阈值相比较, 我国现行的慢放病诊断标准<sup>[10]</sup>, 以在较长时间内连续或间断受到超剂量当量限值的外照射, 累积剂量大于 1.5Sv 作为诊断的剂量标准, 基本与上述论述相一致。

#### 参考文献

- 1 Б.В.Никипелов и др. Природа, 1990, No.2, 30~38.
- 2 UNSCEAR 1994 Report.
- 3 UNSCEAR 1993 Report.
- 4 Л.А.Булдаков и др. Мед. Радиология, 1991, 36(3), 38~43.
- 5 G.I.Reeves, E.J.Ainsworth, Radiation Research, 1995, 142.
- 6 ICRP Publication 60 1990.
- 7 ICRP Publication 41 1984.
- 8 中华人民共和国国家标准. 外照射慢性放射病剂量估算规范.(GB/T16149—1995).
- 9 贾德林, 戴光复. 外照射慢性放射病人的剂量估算. 中华放射医学与防护杂志, 1991, 11(2):92.
- 10 中华人民共和国国家标准. 外照射慢性放射病诊断标准及处理原则(GB8281—87).

(1998 年 8 月 5 日收稿)

#### ·消息·

### 《中国辐射卫生》杂志编委会工作会议在黄山召开

1998 年 10 月 6~10 日, 中华医学会放射医学与防护学会等 4 个学术团体在安徽黄山市联合召开了“迎接 21 世纪全国放射医学与防护学术会议”。会议期间, 《中国辐射卫生》杂志召开了编委会工作会议。本刊总编辑吴德昌院士、王继先教授参加了会议并作了重要发言。另外卫生部贺青华副处长及本刊副总编辑、委员、顾问宋玉芳、苏协铭、李开宝、张延生、张良安、顾乃谷、尉可道、张景源、朱昌寿、李学成、周继文等近 30 人到会。会上编辑部向编委会汇报了杂志近年来办刊情况。委员们对本刊几年来的进步、成绩给予了充分肯定, 并对如何进一步提高办刊质量发表了很好的意见。这次编委会工作会议必将推动本刊质量更上一个新台阶。

(张连平供稿)

### 国际原子能机构在北京举办培训班

国际原子能机构于 1998 年 10 月 19 日~30 日在北京中国原子能研究院举办了地区性外照射和内照射评估短训班。来自中国、缅甸、马来西亚、韩国、印度、巴基斯坦、菲律宾、越南和泰国的 19 名学员参加了学习。本刊顾问陈兴安研究员应邀用英语讲授了“ICRP 新呼吸道模型和钍的剂量学”。核工业总公司的夏益华教授也在学习班上讲了课。

(本刊编辑部)