

- 8 Ricks RC, Fry SA. The medical basis for radiation accident preparedness II, clinical experience and follow-up since 1979, New York, Elsevier, 1990 3~ 12
- 9 IAEA. Report at the 5th WHO RAMPAM meeting, Paris, 1994 1
- 10 Igor A. Gusev et al. Report of the sixth coordination meeting of WHO collaborating centres in REM PAN, Hiroshima, Japan. 23-25, Oct, 1995 85~ 94
- 11 Park MS et al. Radit Res, 1995; 141: 11-18
- 12 Kindler H et al. Radit Res, 1995; 141: 10
- 13 Baranov A et al. N Engl J Med, 1989; 321: 205
- 14 Kaushansky K et al. Nature, 1994; 369 568
- 15 Wage S et al. Nature, 1994; 369 574
- 16 Metcalf D. Nature, 1994; 369 519
- 17 Sauvage FJ et al. Nature, 1994; 369 533
- 18 Przepiorka D et al. Blood, 1996; 88(suppl): 395a(1568)

(收稿日期: 1997-07-11)

辐射危害评价的概念与进展

中国辐射防护研究院(太原, 030006) 孙世荃

摘要: 对辐射危害评价的概念、发展、框架结构、研究内容进行介绍,指出它是放射医学研究的一个新领域,是联结放射医学与辐射防护的桥梁。还介绍了辐射遗传效应及辐射致癌效应危害评价的新进展。

关键词: 辐射危害评价 辐射致癌 辐射遗传

1 辐射危害评价与放射医学

辐射危害评价是放射医学研究中的一个新领域。放射医学研究辐射照射引起的健康影响及辐射损害防治的原理与手段。放射医学研究的对象随着人类对射线与核能应用的发展而有所变迁。

早年放射医学主要研究射线临床应用引起的局部放射损伤和肿瘤放射治疗的生物学原理,这是放射医学发展的第一阶段,被称为医学放射生物学。1895年伦琴发现X射线,时过一年就报道操作人员手部皮肤放射损伤96例,因此,应该说放射医学从这时就开始了。二次大战末期核能被用于战争,原子弹爆炸的高剂量全身照射引起的急性放射病受到人们极大关注,出现了原子医学,这是放射医学发展的第二阶段。50年代中期之后,核大国相继进行大当量大气层核试验,国际社会和公众深切关注核试验落下灰以及辐射源与核能广泛应用后引起的长期低剂量照射。从此人们对辐射健康危害的研究不断从高剂量照射向低剂量照射,从近期效应向远期效应,

从确定性(必然性)效应向随机性效应,从个体分析向群体分析,从定性评价向定量评价方面扩展。扩展的主要目的是希望通过辐射照射特别是低剂量照射危害的定量评价为制定辐射防护剂量限值提供医学证据。这是放射医学发展的第三阶段。这个阶段可以从1955年针对核试验健康评价成立UNSCEAR(联合国原子辐射效应科学委员会)时算起,但是放射医学界多数人是从1977年ICRP第26号出版物发表后开始认识到的。近年ICRP第60号出版物和UNSCEAR BEIR(电离辐射生物效应委员会)一系列新报告为发展与完善辐射危害评价体系做出了重要贡献。

放射医学发展的上述三个阶段并不是相继取代而是相继补充。在辐射危害评价逐渐形成自己相对独立的学术体系的同时,放射生物学与放射损伤仍是当今放射医学研究中的重点。

2 辐射危害评价的框架结构与研究内容

辐射危害评价以辐射剂量学、放射生物

学、放射毒理学、放射流行病学、放射损伤临床研究等为基础,收集主要来自人类实际观察获得的辐射效应研究资料,对不同照射剂量与不同照射方式的各种辐射照射在不同个体与群体中引起的不同类别与不同程度的健康危害进行分析,建立辐射剂量效应相关的定量估计模式;确定单位剂量照射引起的危险即危险系数;通过所建立的危险模式和危险系数对受照群体已经发生的和将会发生的危险进行评价和预测;对受照个人发生的健康影响进行等级判断(确定性效应)或病因判断(随机性效应);在对辐射可能引起的各种危险进行单一分析的基础上,还需对各种后果进行多属性的综合分析,即危害分析,危害分析比危险分析的涵意更广泛。最后根据多属性的危害评价的结果,结合代价利益分析、危险比较分析与危险感知等社会判断,为建立辐射防护剂量限值提供医学判断的基础。图1可供了解辐射危害评价的内容与框架,以及作为联结放射医学与辐射防护的桥梁的辐射危害评价的地位。

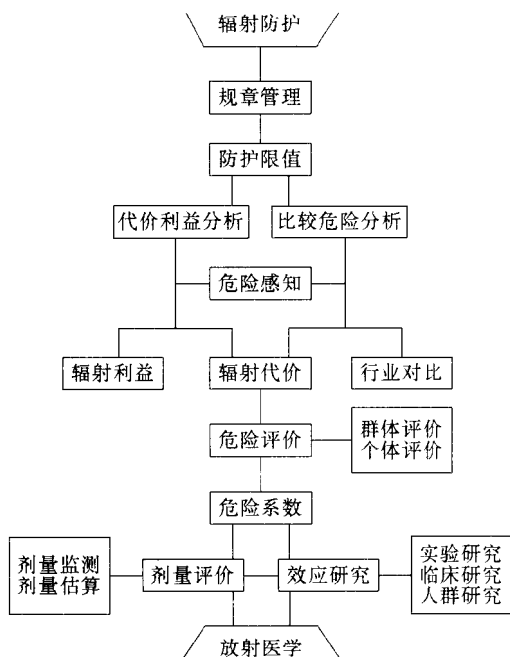


图1 辐射危害评价的概念体系

3 辐射遗传效应评价的进展

辐射遗传效应的研究通常使用间接法或称倍加剂量法,其重要参数是倍加剂量,它是使遗传性疾病的发生率增加一倍所需要的照射剂量。历届 UNSCEAR 及 BEIR 报告根据大量动物实验结果给出的低剂量低 LET(传能线密度)辐射的倍加剂量均为 1Sv。上述报告采用相同的倍加剂量,但是给出的辐射遗传危险系数却有所不同,主要原因是多因素病的自然发生率及其突变份额的选取有所不同。

迄今,一直把人类辐射遗传效应的评价建立在动物实验(几乎都是小鼠实验)的基础上,这是因为一直缺乏可供使用的人类资料。人类辐射遗传效应研究的最有价值的人群是日本原爆幸存者。战后日本经济困难,曾给妊娠 5 个月的妇女发放特殊食品照顾。1948 年起有效地利用了这个登记名册进行前瞻性调查。根据既往的实验研究结果,当时人们认为遗传学效应是受照后可能出现的主要危险。但是历次总结都没有阳性发现,直到 1990 年 Neel 等^[1]才提出某些遗传学指标的变化,其中包括异常妊娠结局(严重先天畸形、死产、新生儿死亡)、活产儿的生育年龄前死亡率与癌亡率、性染色体非整倍性、蛋白质变异。他们根据本底发生率与突变份额计算倍加剂量,结果为 1.69~2.23 Sv,取 DDREF(剂量和剂量率效应因子)=2,低剂量照射的倍加剂量为 3.38~4.46 Sv,是 UNSCEAR BEIR 和 ICRP 推荐值的约 4 倍,亦即人类辐射遗传效应的危险可能是既往根据小鼠结果给出的估计值的约 1/4。应该指出,原爆人群的任何一项指标的变化都没有达到显著水平,因此其所给出的数值有很大的不确定性。但是这些研究至少可说明,辐射遗传效应远不像 45 年前设想的那样严重,辐射遗传效应的现实危险几乎是可以忽略的,比遗传效应更严重的问题是辐射致癌。

4 辐射致癌效应评价的进展

人类辐射致癌危险的评价主要来自流行病学调查资料。近年新的调查资料不断涌现,提出了一些新问题和新观点。

4.1 日本原爆人群

ICRP第60号出版物提出的辐射致癌危险系数是原爆人群死亡率数据,利用线性平方模型取DDREF为2得到的低剂量照射的结果。近年很多报告指出,实体癌并不是线性平方模型,DDREF接近1^[2],UNSCEAR(1994年)^[3]认为,在剂量0.2~4.0Sv范围内实体癌符合线性模型。RERF(日本放射线影响研究所)于1994年首次发表的癌症发病率系统报告,也支持实体癌为线性模型^[4]。白血病的发病率比较复杂,全部白血病近似线性平方模型,但是急性淋巴,特别是慢性粒细胞性白血病则近似线性模型^[5]。

4.2 核工厂人员

新的研究动向是多人群联合分析,结果可以为低剂量照射的致癌效应进行粗略估计,其结果与ICRP第60号出版物的危险系数基本可比^[6]。近年俄罗斯开始披露前苏联核工厂作业人员的受照剂量与致癌危险,后处理厂人员的平均累积剂量可高达1.22~2.45Sv,造血淋巴组织癌症的RR(相对危险)为1.1~3.5^[7]。当时有大约1500人被诊断为慢性放射病,41例为急性放射病,其中4例死亡^[8]。

4.3 核设施周围公众

英国核工厂周围儿童白血病增加导致很多核大国进行大规模调查,结果都是阴性^[9]。Gardner等^[10]提出的因儿童父亲生殖腺接受职业性照射引起儿童白血病的理论已被抛弃,家属提出的索赔已被驳回。

IAEA/WHO/EC(欧洲共同体)^[11]对切尔诺贝利事故后果进行了系统总结,事故10年后可以看到的远期健康效应是儿童甲状腺癌增加,到1995年底已诊断800例,主要在

乌克兰北部和白俄罗斯,死亡者只有3例。由于经过时间尚短,其它癌症的危险有待继续观察。前苏联南乌拉尔核工厂于40年前造成的环境污染与附近居民白血病增加受到关注。据称,该地区长寿命裂变产物的总释放量超过切尔诺贝利事故,工作人员与居民受到的照射剂量超过日本原爆幸存者。

4.4 矿工肺癌

继BEIR IV(1988年)之后,美国NIH(国家卫生研究所)于1994年^[12]发表全球11个人群的联合分析,给出的超额相对危险系数(ERR/WLM)为0.49%,是既往ICRP值的1/2,其中中国(云锡矿工)值(砷校正)最低,为0.16%,积累100~200WLM组的RR相反低于1.0,到800WLM时RR才达到1.76(95%CI为1~3)。这个报告已被UNSCEAR(1994年)所引用,它与中国铀矿工的结果差异甚大,值得我们研究。现在知道世界上最大的矿工肺癌事例发生在德国。战后东德于1946~1955年间有15万人在与捷克相邻的靠近早年Schneeberg矿山周围矿井下采铀,防护条件相当恶劣,年均累积100~200WLM,1978~1989年间有200~280例肺癌,目前已经开始进行大规模的流行病学调查。

4.5 铀内污染人员

美国曾对1944~1945年间遭受严重铀污染的26人长期随访,了解骨肉瘤的危险,直到43年之后即1988年才发现一例骨肉瘤,在骶骨,1990年死亡,骨表面剂量9Sv^[13],说明对中国接受类似水平污染的人员应长期随访。

4.6 出生前照射

早自1956年就提出出生前受照可以引起15岁以前儿童癌症增加,但是一直存在争议。一个重要原因是缺乏原爆人群的支持。当原爆人群随访延长到1984年即出生前受照者已经长到39岁时才得到阳性结果^[14],在1630人中发生18例癌症,其中白血病只有

2例,癌症的RR随受照剂量而增加。当继续随访时,1985~1989年新发生7例癌症,统计已看不到RR的增加^[15],可能因为年幼时表现出的RR增加随年龄的增长而下降。总之,这些报告都与英国既往报告的接受X线者的结果不尽一致,主要差别是原爆后出生者的癌症几乎都出现于15岁之后,而且白血病甚少。

4.7 辐射致癌是否有阈

其答案因考虑的角度而异。为满足当前辐射防护的需要只能采纳线性无阈的假定。流行病学实际调查的结果有的趋向无阈,例如氡致肺癌、原爆幸存者的白血病^[15]、X线治疗头癣的儿童,其余事例都缺乏无阈的证据。应当看到,利用流行病学资料确定是否有阈受到观察人数与观察时间的限制:观察人数越少,照射剂量越低,致癌例数越少,干扰因素越大,致癌潜伏期越长,需要观察的时间越久。这时即使致癌无阈也不会在有限的观察人数和有限的观察时间内表现出无阈的结果。为了说明这个问题,Bomd(1991年)提出诱发癌症的最低辐射能量概念及增加1例癌症所需的最低能量。

参 考 文 献

- 1 Neel JV et al. Am J Hum Genet, 1990; 46: 1053
- 2 Vaeth M, Preston DL, Mabuchi K. Extrapolating life span study cancer risk estimates to low dose radiation exposures. RERF update, 1992, 4(3): 5
- 3 UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations 1994 1
- 4 Thompson DE et al. Resiat, 1994; 137: s17
- 5 Preston DL et al. Resiat, 1994; 137: s68
- 6 Kendall GM et al. Br Med J, 1992; 304: 220
- 7 Koshurnikova NA et al. Sci Tot Environ, 1994; 142: 19
- 8 Okladnikova ND et al. Sci Tot Environ, 1994; 142: 9
- 9 Shleien B et al. Health Phys, 1991; 61: 699
- 10 Gardner MJ et al. Br Med J, 1990; 300: 423
- 11 IAEA/WHO/EC. Ten Year After Chernobyl: What Do We Really Know? IAEA, Vienna, 1997 1
- 12 NIH Radon and Lung Cancer Risk: A Joint Analysis of 11 Underground Miners Studies. NIH Publication No. 94-3644, 1994 33-36
- 13 Voelz GL, Lawrence JNP. Health Phys, 1991; 61: 181
- 14 Yoshimoto Y et al. Lancet, 1988; 2: 665
- 15 Yoshimoto Y et al. Lancet, 1994; 344: 345

(收稿日期: 1997-06-09)

马亚克工厂早期生产人员的放射流行病学

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) 张景源

摘 要: 综述了前苏联第一个核武器工厂——马亚克工厂早期生产人员的放射流行病学资料。该厂生产初期生产人员受照射剂量较大,不少人员受到辐射损伤,发生多例慢性放射病和恶性肿瘤。流行病学分析表明,早期生产人员中慢性放射病发病率为20.3%,该组全身 γ 外照射剂量平均3Gy,放化分离厂发病率高达27.8%,该厂 γ 外照射剂量也高于其他分厂。恶性肿瘤死亡率也较高,主要由于白血病和肺癌死亡率增高。白血病标化死亡比(SMR)(95%CI):男性2.14(1.22~3.7);女性1.19(0.36~3.8)。白血病超额相对危险(ERR)1.25Gy⁻¹,潜伏期5~8年。肺癌SMR(95%CI):男性1.89(1.54~2.32);女性3.25(1.60~6.63)。肺癌ERR0.37Gy⁻¹,平均潜伏期24年。

关键词: 马亚克工厂 放射流行病学 慢性放射病 白血病 肺癌

位于俄罗斯联邦南乌拉尔切爾雅賓斯克 的马亚克工厂是前苏联第一个核武器工厂,