

辐射生物效应研究——低剂量率 长时间持续照射的潜在危险

李桂生

(中国科学院近代物理研究所 兰州 730000)

摘要 本文介绍了近年来关于低剂量率长时间连续照射生物效应研究的某些进展,指出了低剂量率长时间持续照射对人类健康的潜在危险,同时也指出了各类核设施常规剂量监测的重要性,应当引起人们的高度重视。

关键词 辐射, 生物效应, 照射, 剂量, 诱变癌。

辐射生物效应研究一般通过两种途径来研究辐射的潜在危险:其一是通过动物实验(包括动物实验和动物及人类细胞实验)观察辐射诱发癌变的可能性;其二是通过对受辐照群体的流行病学研究来观察和研究辐射的潜在危险。从五十年代初到七十年代中期,生物学和医学中的辐射研究取得了大量的研究数据,特别是从二次世界大战末,日本广岛和长崎原子弹爆炸的幸存者中的人类流行病学研究给出了辐射照射致癌危险性的重要知识。多年的大量研究结果,导致国际辐射防护委员会(ICRP)于一九七七年提出了关于辐射防护标准的建议书,把职业照射的剂量限值规定在 50mSv/a 。

七十年代中期以前的辐射生物效应研究大多都集中在高辐射剂量对生物体的危害,这些研究为建立安全的辐射防护体系和制定辐射剂量的控制标准提供了重要的依据。随着核工业,特别是和平利用核能工业的发展,接受辐射照射的人口数量逐年增加。同时,人类对辐射照射危险性的理解和认识逐步深化,低于放射性允许剂量限值(对职业放射性工作人员)的照射以及其它核设施、核电站周围居民长期接受低剂量率环境辐照(这种照

射可能持续数周、数月甚至数年)等低剂量率长时间持续照射对人体将产生什么影响,其潜在的健康意义是什么?这些就成为七十年代中期以来,人们研究辐射生物效应的重要内容。此外,由于人类流行病学研究和观察很难提供低剂量率照射相对危险性的估计,所以在高剂量率研究的基础上进行外推,来估计低剂量率效应存在许多不确定因素,有可能掩盖了低剂量率辐照效应的一些规律性。因此,关于低剂量率照射潜在危险的研究在近十多年来受到了普遍的重视,也取得了一些明显的进展。

1 动物免疫系统的低剂量放射学效应

过去,人们已清楚地知道,大剂量照射会抑制哺乳动物免疫系统的功能。而最近的研究表明,低剂量照射也可影响免疫反应。这些影响可能是促进,也可以是抑制。这取决于受照射剂量的大小和是何种免疫系统受到影响。研究表明,在 γ 射线低剂量率长期照射下,小鼠的T淋巴细胞会增殖,而在一定条

件下,低剂量辐射对淋巴细胞有损伤,还有的研究表明,低剂量照射可刺激抗原的产生^[1].

2 人类淋巴细胞的剂量率效应

一些放射生物学家已经用两种类型的实验考查了辐射的低剂量率长时间持续照射对人类淋巴细胞的两个遗传学部位 thymidine kanase 和 hprt (hypoxanthine guanine phosphoribosyltransferase) 的影响. 第一类实验是在(5~30)d 内,淋巴细胞被 X 射线每天分别照射 1、2、5 或 10cGy. 在这一照射周期结束时,将其诱变频率与单次大剂量率照射到同一剂量的照射所引起的诱变频率相比较.

实验结果说明,一次大剂量率照射和低剂量率长时间持续照射(到同一总剂量),其效应是一样的,即低剂量率长时间持续照射对人类淋巴细胞诱变的影响具有相加的效果^[2]. 第二类实验是将人类淋巴细胞在氟化水前照射 10、20 或 30d,这一实验结果与第一类实验研究结果类似,低剂量率长时间持续照射的变异诱导剂量响应曲线与一次大剂量率照射的剂量响应曲线相同^[3]. 这两类的实验结果指出,低 LET 辐射的低剂量率长时间持续照射对人类淋巴细胞的诱变效率有一定影响. 他们的这些结果与对白血病和乳腺癌等流行病学研究的结果基本一致.

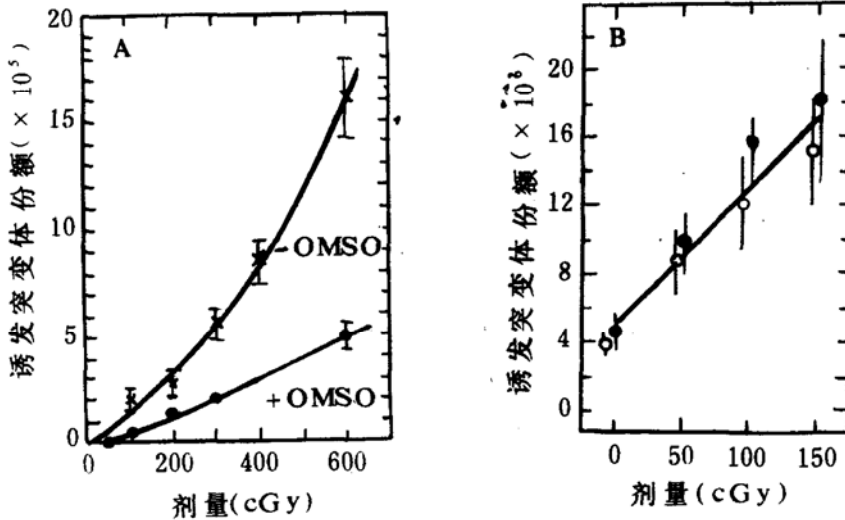


图 1 在有 10% DMSO 时,电离辐射引起 hprt 部位的突变效应. a. 中国仓鼠 (CHO) 细胞; b. 人类 TK6 细胞(其中 · 为对照样品; ○ 为有 DMSO 样品)

3 啮齿动物细胞与人类细胞对辐射的不同响应

低剂量辐射的生物效应研究的初步结果指出,辐射诱导突变的剂量率效应对人类细胞和对啮齿动物细胞有较明显的不同. 在啮齿动物细胞中, X 射线低剂量率长时间持续照射引起的突变效应有所减弱,其诱导突变的剂量响应曲线在(0~250)cGy 的剂量范围

内呈直线^[4,5](图 1). 从图 1 还可以看出,两种不同细胞的不同辐照效应,在中国仓鼠 (CHO) 细胞中,氢氧基原子团脱氧剂 DMSO (dimethylsulfoxide) 有效地防护着 X 射线的诱发突变效应(图 1a),而在人类淋巴细胞中,这种防护效应却不存在(图 1b)^[6]. 当照射在 -70°C 温度下进行,在 CHO 细胞和人类细胞中也有类似的结果^[7]. 这些结果说明,在人类细胞和啮齿动物细胞中,辐射突变诱导有不同的机制,即在啮齿动物细胞中,辐射变

异可以由自由原子团作为媒介而起到调节作用,但在人类淋巴细胞中是辐射与人类细胞中DNA的直接作用.

4 肺部癌变的动物实验结果

Little 等人^[8]施行了用辐射和化学致癌制剂在叙利亚金仓鼠肺部诱发癌变的动物实验.用吸附在同一载体上的²¹⁰Po和苯并比同时滴注在实验动物气管内,观察引起的肺部癌变,发现这两种致癌制剂的致癌效应有相加的趋势.在这一实验中, Little 等人也观察了低剂量率长时间持续照射的致癌效应.从图2可以看到,低剂量率与高剂量率照射到同一总剂量时,在某些情况下,低剂量率照射的诱变效应比高剂量率照射时还要高,有不可忽视的潜在危险.

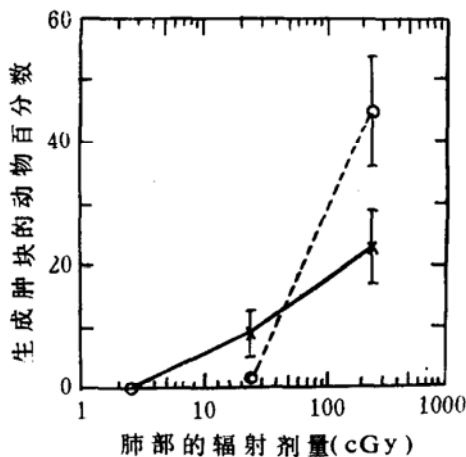


图2 仓鼠气管滴注²¹⁰Po实验性肺癌诱导的剂量响应关系. ○表示高剂量率照射; ×表示低剂量率照射

在类似的实验中, Shami 等人^[9]还发现,一些表面上看来是无毒无害的制剂在辐射致癌诱变中起着重要的作用.他们在动物气管中滴注²¹⁰Po(α 辐射源),并在18周以后再滴注7次0.2ml盐水,观察对²¹⁰Po α 辐射小剂量率致癌效果的影响,发现盐水滴注显著地

增加了18周前进行的 α 小剂量率致癌效果.与这一发现类似, Little 等^[10]在研究电离辐射致癌的过程中,同时研究各种非致癌制剂的影响,也发现各种非致癌次级因素对辐射致癌起着重要的影响,在某些情况下,这些次级因素甚至起着决定性的作用.

5 不同品质因数辐射的生物效应

和高剂量率研究一样,不同品质因数辐射的低剂量率生物效应研究多年来一直受到普遍的重视.研究表明,高LET辐射的低剂量率长时间持续照射生物效应比低LET辐射更为复杂^[11]. Little 和 Kennedy^[12]的研究指出, α 辐射低剂量率照射与大剂量率X射线相比是更强的致癌因素;Ulrick^[13]曾用裂变谱中子作了高剂量率与低剂量率照射对小鼠影响的研究,结果表明,中子具有更强的致癌作用.

此外, Mays^[14]和 Little^[15]也在这方面做过很有成效的工作.

正是在包括上述研究结果的大量研究工作取得的新的实验数据的基础上,在人类流行病学观察研究和对以往的研究数据的重新认识和新的解释的基础上,1990年11月,国际辐射防护委员会讨论修改了1977年辐射防护标准的建议书.新建议书将职业照射的剂量限值由每年50mSv降低到五年中平均每年20mSv.这一修改充分反映了人类对低剂量率长时间持续照射对受照人员健康潜在危险的更深入的认识,同时,也对人类社会各种核研究和生产设施的辐射安全防护工作提出了更高的要求.所以,低剂量率长时间持续照射的防护和剂量监测应当引起人类的高度重视.

低剂量率照射的辐射生物效应研究已取得了明显成绩,1988年10月在美国的科罗拉多举行了一期低剂量率生物效应的讲习

班,交流了已取得的研究成果,讨论了今后的研究方向.我们相信,为了人类的自身利益,低剂量率长时间持续照射的生物效应研究在近十年时间里将会有更多、更深入的研究成果出现.

参 考 文 献

- 1 Sagan L A, Cohen J J. *Health Physics*, 1990, 59(1): 11
- 2 Grososky A J, Little J B. *Proc. Natl. Acad. Sci. (USA)*, 1985, 82: 2092~2095
- 3 Tabocchini M A, et al. *Low Dose Radiation—Biological Basis of Risk Assessment*. London: Taylor and Fransis, 1989
- 4 Cox R, Masson W. *Mutat. Res.*, 1976, 27
- 5 DeRuiter Y C E M, et al. *Mutat. Res.*, 1980, 69
- 6 Corn B W, et al. *Radiat. Res.*, 1987, 109: 100~108
- 7 Liber H, et al. *Mutat. Res.*, 1983, 111: 387~404
- 8 Little J B, et al. *Cancer Res.*, 1978, 38: 1929~1935
- 9 Shami S G, et al. *Cancer Res.*, 1982, 42: 1405~1411
- 10 Little J B. *Radiat. Res.*, 1981, 87: 240~250
- 11 Leadon S A. *Health Physics*, 1990, 59: 1
- 12 Little J B, Kennedy A R. *Radiat. Res.*, 1985, 103
- 13 Ulrich R L. *Health Physics*, 1988, 55, *Radiat. Res.*, 1984, 97
- 14 Mays C W. *Health Physics*, 1988, 55: 637~652
- 15 Little J B. *Low Dose Radiation in Human Cell*. In: Castellani, A., ed. *DNA Damage and Repair*, New York: Plenum Press, 1989

Study of Biological Effect of Radiation—— the Latent Risk of Protract Exposure to Low Dose Rate Radiation

Li Guisheng

(Institute of Modern Physics, Academia Sinica, Lanzhou 730000)

Abstract This paper reports some progress on the study of biological effect for protract exposure to low dose rate radiation, and indicates the latent risk of this exposure for the human health and the importance of the routine monitoring of radiation dose for various nuclear installations. The latent exposure to the low dose rate radiation would attract people's extra attention.

Key Words radiation, biological effect, exposure, dose, mutation, cancer.

(上接第 49 页)

Start-up of Chinese Nuclear Power at Qin Shan

He Huimin

(Qin Shan Nuclear Power Company, Zhejiang Haiyan 314300)

Abstract Qin Shan Nuclear Power Plant's (QSNPP) technological process and main equipment's relative parameters are introduced. QSNPP can operate safely, of which, the safety and the relative safety facilities are mentioned. QSNPP's successful completion indicates the start-up of Chinese nuclear power.

Key Words Qin Shan, nuclear power, safety.