

# 低水平辐射的流行病学调查及临床观察

白求恩医科大学

龚守良

**摘要:** 介绍了“低水平电离辐射及相关因子生物效应国际研讨会”上有关低水平电离辐射的流行病学调查和临床观察资料,并阐述了接触低水平辐射人群癌症发生率降低及血液和其它系统功能的变化。

当前,有关人类低水平电离辐射生物效应资料主要来自于接触电离辐射职业工作者、放射治疗病人和接触辐射源的人群(如放射性落下灰、原子弹爆炸或在核电站附近及核事故等)以及天然辐射高本底地区居民。本文介绍在“低水平电离辐射及相关因子生物效应国际研讨会”上有关低水平电离辐射的流行病学调查和临床观察资料。

## 1 癌症的发生率和死亡率

Luckey TD 报告,对接触低水平电离辐射的 20 多万放射工作者调查(累积 7 百万余人·年)表明癌症死亡率降低。当放射工作者癌症死亡率与总体人数比较时,标准死亡率小于 1。在放射工作者亚组中,总的癌症死亡率低于对照组( $P < 0.01$ )。白血病和肺癌死亡率低于非放射工作者,但仅某些调查组具有统计学意义(从  $P = NS$  到  $P < 0.01$ )。

孙世荃等在 1971 ~ 1985 年期间,随防职业性照射(接触铀矿和核工厂)工作者 40 122 人(575.411 人·年),外照射 57mSv/人,内照射 5mSv/人,受照组中全体标准死亡率和癌症标准死亡率均小于 1,未发生辐射致癌危险的增加,也未发现核工厂工作者的 31 786 名子孙遗传效应。但由于本世纪 60 年代前铀矿氡浓度较高,铀矿工肺癌相对危险约为 2。

魏履新评价广东阳江高本底辐射地区人群(一百万人·年)的癌症危险,外照射和内照射为 6.4mGy,而对照地区人群为 2.4mGy,结果表明,所有年龄并为一组时在高本底辐射

剂量范围内癌症或白血病死亡率与累积剂量不相关,但 40 ~ 70 岁年龄组所有癌症死亡率(除外白血病)在统计学上低于对照组。这个地区居民所有癌症危险估计值上限类似于 Gilbert E 估算的美国核电站工作者,接近由原子弹爆炸幸存者外推癌症危险的下限。

Iwasaki T 在 1973 ~ 1987 年对日本 3 245 个城镇和村庄进行不同年龄和性别白血病地理分布的调查,在核电站附近居民未发现白血病发病聚集及其死亡率过高现象。Lin RS 等 1971 ~ 1990 年调查台湾最早建成的两个核电厂周围的 4 个地区居民,与核电厂运转前及对照地区比较,除了女孩白血病稍增加外,其中 3 个地区居民癌症死亡率无显著性差异。

徐秀凤等于 1987 ~ 1990 年检查了 1959 ~ 1970 年期间应用 X 射线治疗 300 例头癣患者,对照组 151 例头癣患者。头皮接受平均剂量 635.5cGy,颅骨髓 427.0cGy,大脑 145.0cGy,甲状腺 6.9cGy。结果发现,X 射线治疗组患有神经衰弱症,但未见与辐射相关的癌症发生。贾廷珍等总结三起 14 例意外低水平一次或短时间内多次不均匀照射的工作者临床资料。接受剂量为  $< 0.01Gy$  10 例,  $0.01 \sim 0.05Gy$  3 例,  $> 0.05Gy$  1 例。受照者除精神因素引起的一些症状外,一般健康状况良好,未发现异常体征及辐射有关的症状。

黄士敏等对核事故引起的急性、亚急性放射病患者及放射化学治疗白血病患者长期随访,发现造血系统不完全恢复,其功能缺欠,并有恶性肿瘤转移,最后有4例病人死亡。

总之,低水平辐射人群的流行病学调查及职业工作者临床观察等方面的研究给我们提供了辐射致癌的直接证据及可能的粗略的危险评价,但是很不精确。正象 Smith H 指出的那样,有关生活在天然辐射高本底地区人群的研究还不能提供一种对自发癌症是否发生影响的明确看法。但是,不能排除天然辐射高本底地区人群及放射工作者自发癌症发生率降低的可能性。原子弹爆炸接受 500mSv 以下剂量幸存者,不同观察者获得有或无辐射兴奋效应(hormetic effect)。Cook R 也认为存在低剂量辐射保护作用的证据。

已经获得的有关核工厂工作者的定量观察资料提供了一些直接的证据,由高剂量率资料外推不会低估低剂量和低剂量率照射的致癌危险。一些研究提示一种低剂量的较小效应。在啮齿类动物和犬的终生辐射效应研究中,剂量率和总剂量越小,每单位吸收剂量的癌症危险越低。在体外细胞的研究中也提示低剂量杀伤细胞的较小效应。因此,这就导致了通过低剂量和剂量率效应因子(DDREF)调整由高剂量估计致癌危险的办法,一般将 DDREF 定为 2~3。按照 Goldman M 说法,剂量率越低,DDREF 值越高。他指出,对于白血病在每天 1cGy 左右峰剂量率 DDREF 约为 2,每天 0.1cGy 约为 3,每天 0.01mGy 大于 10。他发展了一种人类低水平辐射白血病危险模型,并推测其他癌症模型。

1958 年 ICRP 指出,对于测定最大允许剂量,辐射诱导白血病发生和寿命缩短作为标准的体细胞损伤,因为这种评价是根据体细胞突变——一种线性模型而定的。现在已证实长期随访日本广岛和长崎原子弹爆炸幸存者辐射诱导白血病发生适合线性平方模型,而不适合线性模型;除了白血病外,癌症死亡率更适合线性模型。但是,有关辐射诱导体细胞突变

和癌症之间关系的几个报告资料与上述相反。另外,许多放射生物学家接受低剂量辐射适应性反应。Sugahara T 和 Watanabe M 提出一个新的假说,辐射诱导的细胞结构变化可能是辐射诱导癌症发生的第一步。

## 2 血液及其他方面变化

Starodub NF 和 Pil'ko NM 观察了参加切尔诺贝利核电站事故清除人员及位于核电站周围一些乌克兰地区和受放射性物质污染的居民红细胞系统的变化。发现红系祖细胞分化和增殖水平发生改变:早期和后期其分化和增殖的正常相互关系发生紊乱,刺激后期红系祖细胞因子水平较高。

奥地利 Badgastein 温热坑道是由金矿构成的,空气氡含量平均为 40 kBq/m<sup>3</sup>,温度达 40℃,湿度达 90%,因而作为疗养设施。病人和医生进入矿坑停留 90 分钟,需 10~12 次,每次 90 分钟进入血液的  $\alpha$  射线剂量为 0.05~0.09mGy。Pohl-Rüling J 等发现患有关节强直性脊椎炎病人和对照者白细胞增加,但嗜酸性白血细胞明显减少,各种血细胞成分比例也发生改变。

张卿西等积累了 112 例一次受 6.45 mC/kg (25R) 以下[多数低于 3.10mC/kg(12R)] $\gamma$  射线体外照射工作者近期检查资料。观察时间多为 10~20 天,剂量较大者为 5 个月。2.32mC/kg (9~20R) 照射后血象略有变化;6.19~6.45 mC/kg(24~25R) 照射后血象变化明显,自觉症状较多,3~5 个月后血象恢复正常,症状则较早自行消失。

Pesternikova VS 等观察了核工厂工作者外周血和骨髓象的变化,接触剂量接近最大允许剂量。在 30~35 年期间,血象呈不稳定性波动,白血细胞达正常值,血小板达正常上限,红细胞达正常下限,未发现造血综合征的表现。

白俄罗斯 Gomel 地区 <sup>137</sup>Cs 污染达 40~200Bq/km<sup>2</sup>,相当于 1.5~7.5mSv/a。Petrov AS 等于 1990~1991 年调查该地区 514 人中,51% 血红蛋白低于 110g/L,而网织红细胞

数增高;在483人中,乳酸脱氢酶活性增高,丙氨酸/天门冬氨酸比值呈反相关系,有一组尿素氮浓度增高。生活在高污染地区居民,肌肉和肝功能降低。

Kovalenko VN等对放射性污染地区患有类风湿关节炎的32例病人进行临床观察,其中男13例,女19例,年龄 $46.5 \pm 11.7$ 岁。病人接受非类固醇激素抗炎治疗、基础治疗及与免疫调节治疗结合的非类固醇激素治疗。发现EAC-POK, CIK和CH50(补体溶血单位)趋于增高,临床状态以疾病的缓慢过程为主,并且全身损伤发生率高。他们还对照26例系统性红斑狼疮病人进行照射,并采用去血浆疗法治疗。发现T细胞和Th水平增高,循环免疫复合物降低,关节、疼痛、炎症综合征得以改善。

Boyko VN等对切尔诺贝利核电站事故污染的Gomel地区长年居民进行临床观察, $^{137}\text{Cs}$ 污染密度为 $37 \sim 185\text{Bq}/\text{km}^2$ ,剂量当量为 $1.47 \sim 7.35\text{mSv}/\text{a}$ 。发现该地区病人大量增加,患有急性呼吸道感染、肾脏和尿道疾病,可能与免疫状态低下、抗感染能力有关(免疫功能指标发生了改变)。研究者预示,这一地区居民的癌症将会增加。

Telnov VI等报告417人接受 $\gamma$ 射线低剂量照射,总剂量为 $0.001 \sim 1.0\text{Gy}$ (其中259人同时接受 $^{239}\text{Pu}$ 照射,剂量不超过 $1.48\text{kBq}$ ),按不同结合珠蛋白(Hp)分组,观察46种生化和免疫参数与剂量的关系。结果发现,总剂量大于 $0.5\text{Gy}$ 者胆固醇、尿酸、甲状腺素、乳酸脱氢酶及骨碱性磷酸酯酶同工酶增高;合并 $^{239}\text{Pu}$ 照射的Hp2-1和Hp2-2组酸性磷酸酯酶、血清蛋白酶和乳酸脱氢酶增高,而Hp1-1组不增高。剂量大于 $0.5\text{Gy}$ 的Hp2-2组Th降低。合并 $^{239}\text{Pu}$

照射的Hp1-1组溶菌酶水平增高,而Hp2-1和Hp2-2组降低。同时, Hp2-1和Hp2-2组吞噬性中性细胞和IgG增加,但Hp1-1组无变化。其结果说明,接触低剂量辐射的不同Hp组生化和免疫参数有某些差异。

纪桂云等对过度接受 $\gamma$ 射线照射的77名工作者进行随访研究,剂量范围为 $10.0 \sim 46.8\text{cGy}$ 。发现神经衰弱者明显高于对照组( $P < 0.05$ );61人中有27人晶状体混浊(44.3%),而对照组为35.4%,两者无统计学差异( $P < 0.05$ )。外周血淋巴细胞染色体畸变数和微核数明显高于对照组。未发现其他异常,健康状况良好。

Petrushkina NP观察了高于对照地区2~4倍的高本底辐射地区居民16407名子代先天表现,2.19%出生为多潜在性致死或障碍,1.04%患有Down's综合征,1.04%为唇裂和/或腭裂,0.3%为脊柱裂。按目前文献衡量,这些先天表现的发生率分别构成

$2.00 \sim 2.60, 1.30 \sim 1.43, 1.00 \sim 1.106$ 和 $0.54 \sim 1.00$ 。看来,高本底辐射地区居民的子代致畸无明显增多。

Kiev地区为切尔诺贝利核电站污染区,人群患有典型的眩晕症。Zalesky VN等检查42例心律失常的前庭功能,发现有3例前庭唤起峰值潜伏时间明显延长,并且都患有阵发性房室性心动过速。研究者认为,前庭和心功能不全同时发生可能作为核电站事故的后果。

Sumina MV和Azizova TV对原子能工厂影响的城镇居民进行流行病学研究。在持续20年时间,每年约为 $0.3\text{mSv}$ 。在1979~1991年期间,每年成人疾病的急性期死亡率为1%。