

辐射生物剂量计

中国医学科学院放射医学研究所(天津,300192) 李 进 编译 王知权 张景源 审校

摘 要:介绍近几年发展起来的各种辐射生物剂量计的原理、优缺点、适用于估算剂量的类型及应用范围。

关键词:电离辐射 生物剂量计

1 生物剂量计的要求

作为生物剂量计,其要求是:灵敏、精确、简便、迅速、可靠、可重复、经济、给受检者造成的痛苦小、容易得到受检者的合作、不易受到心理因素的影响等。

2 全身受照时的生物剂量计

2.1 血液变化

急性放射损伤时的血液异常,根据骨髓造血功能障碍分为血细胞异常和血清异常。骨髓造血功能障碍可发现骨髓细胞数量、形态异常和外周血细胞数量、形态异常。骨髓细胞异常可见骨髓有核细胞减少,出现双核细胞、染色体桥、微核等。

淋巴细胞在受照剂量 0.25~0.5Gy 时没有变化,1Gy 以下时可轻度减少,1Gy 以上时减少可超过 50%,3~10Gy 时显著减少。

中性粒细胞在受照剂量 2Gy 以下时 4~5 周时轻度减少;2~5Gy 时 3~5 周严重减少;4~9Gy 时在 10~20 天内严重减少。

血清异常:血清蛋白质异常包括总蛋白、白蛋白、前清蛋白、 γ 球蛋白等降低;尿素氮增加;酶异常,如唾液腺受照时血中淀粉酶增加,伴有严重放射烧伤时肌酸激酶活性上升。

2.2 染色体畸变

测定外周血中淋巴细胞染色体畸变率,是估算全身受照剂量和评价急性放射病严重程度的最正确且最有效的生物学指标。由电离辐射引起的染色体畸变,都是染色体型畸变(双着丝粒、环状染色体),除某些化学物质

(博莱霉素)外,它是辐射特有的现象,记录双着丝粒和环状染色体的出现频率在估算辐射受照剂量中是最好的指标。

2.3 体细胞突变

2.3.1 T 淋巴细胞 HPRT 基因位点突变

外周血淋巴细胞经 PHA(植物血凝素)刺激并加入 IL-2(白细胞介素-2),进行细胞培养,使其形成集落,测定抗 6-硫代鸟嘌呤克隆的产生频率,即 X 染色体上的 HPRT 基因位点突变后形成了抗 6-硫代鸟嘌呤的淋巴细胞。因 HPRT 基因位点突变细胞的产生频率随年龄增加而增加,所以需考虑受检者的年龄。

HPRT 基因位点突变细胞在体内易被淘汰,不能在体内长期存在,可用于受照后两年内的剂量估算。受检者不受基因型影响。

在原爆受照者的研究中,用 DS86 估算剂量为 3Gy 的受照者其 HPRT 基因位点突变频率是对照人群的 1.5 倍。

2.3.2 T 细胞受体(TCR)基因位点突变

在成熟 T 淋巴细胞的细胞膜表面,TCR 和 CD3 抗原形成复合体。如 TCR α 链或 β 链基因位点发生突变,这种复合体的形成就发生障碍。利用这一性质,可用各种特异的荧光色素标记抗 CD3 抗体和抗 CD4 抗体,然后用流式细胞仪计数 CD3⁻CD4⁺ 的突变体。其估算剂量在 0.2~4Gy 范围。

2.4 人精子染色体畸变

人生殖细胞染色体畸变的研究,对评估射线对遗传的影响是非常重要的。最近用人体精子和田鼠卵子(用 0.15%胰蛋白酶除去

透明带)进行异体受精,使人体精子的染色体畸变研究成为可能。其估算剂量在0.15~4Gy范围。

2.5 脑电波异常

脑部受照的可能性有几种,全身受照或脑局部受照及脑部肿瘤时放疗所致的高剂量照射。

高剂量受照脑组织坏死,低剂量受照时,乙酰胆碱、肾上腺素、 γ -氨基丁酸等神经传导物质产生可逆的变化,由于这些变化,神经传导、突触传递就会产生变化。在猫、兔、大鼠等动物的脑膜或脑内埋入电极,对诱发电位变化进行研究,观察到受0.25Gy全身照射时脑电波产生变化,但动物间的差异、剂量效应关系等还有许多不清楚的地方,应用到实际中还有一段距离。

2.6 电子自旋共振(ESR)

2.6.1 利用牙釉质作 ESR

利用牙釉质作材料有许多优点:①材料本底信号比受照时产生的信号要弱得多;②信号量即使经过一段时间也没有多大变化;③剂量估算在0.1~30Gy范围时受照剂量与信号量比例相等。存在的问题:①作为材料的牙釉质在取材时存在技术困难;②受照者过去曾接受医疗照射(牙的X线检查),进行剂量估算就有困难;③受照后不可能将正常牙拔掉来进行剂量估算。

2.6.2 利用毛发作 ESR

采集毛发几乎不给受照者造成痛苦,但头发本身的ESR信号强,必需达到100Gy以上的吸收剂量才能获得本底以上的信号。所以,用于事故的剂量估算有困难。

3 生物剂量计在辐射事故中的应用

3.1 切尔诺贝利核电站事故

事故发生时(1986年4月26日,前苏联),在核反应堆近旁的受害者一共有203人,其中115人送到莫斯科特别治疗中心。受

照剂量是根据外周血淋巴细胞的变化及骨髓细胞染色体畸变来推算。如39号病例,发病后第4~7天,从淋巴细胞的平均值求得受照剂量是2.4Gy,染色体畸变分析是3.0Gy,二者大致相同;另一个病例,根据淋巴细胞平均值求得受照剂量是1.1Gy,染色体畸变分析得出剂量是1.4Gy;97号病例,从淋巴细胞平均值求出的受照剂量是0.3Gy,染色体畸变分析求得的剂量是0.9Gy,大致相同。

3.2 巴西 ^{137}Cs 事故

事故发生在1987年9月13日的巴西戈亚尼亚市。废弃的医用辐射源(^{137}Cs 源50.9TBq)被盗,当事者及家属、友人和许多居民受到外照射和内照射,引起大范围的土地、房屋污染,其中有4人死于本次事故。这次事故的特点是密封源被破坏,外照射是由 ^{137}Cs 皮肤污染所致,同时伴有内照射,所以要估算受照剂量是困难的。对估计有可能受到1.0Gy以上剂量照射的110人通过染色体畸变分析进行了受照剂量估算,根据双着丝粒染色体、环状染色体的出现频率作出的剂量估算结果是:受照剂量在1.0Gy以上者有21名,4.0Gy以上有8名;4名死亡者受照剂量分别为6.0,5.7,5.3,4.5Gy。

3.3 圣萨尔瓦多 ^{60}Co 事故

1989年2月5日在萨尔瓦多的首都圣萨尔瓦多发生了一起由医用器械消毒辐射装置(^{60}Co 源,660TBq)故障引起的事故,共有4名受照者,一名死亡。在本事故中,受照者均未佩戴个人剂量计,所以受照剂量的估算是根据血液检查和染色体畸变分析来推算全身受照剂量。从皮肤受损程度及范围来研究剂量分布。

参考文献

- 1 青木芳朗. Radioisotopes, 1994;43(8):478-481
- 2 Awa AA et al. Cancer, 1988;35:175-189
- 3 王知权等. 国外医学·放射医学核医学分册, 1991;15(4):149-153

(收稿日期:1995-07-13)