

染色体剂量测定和职业辐照

[Bauchinger M et al: Radiat Protect Dosimetry 9 (2):93~97, 1984(英文)]

分析人体外周淋巴细胞染色体, 可对受照人员的辐射剂量作出生物学估算, 从而补充物理学测量。本文报告一组医院放疗和核医学职业人员的细胞遗传学研究结果。

对象与方法

本组研究对象11例, 其中男5例, 女6例, 年龄38~57岁, 根据剂量服务部门记录, 其累积个人剂量均数69.8mSv, 极差0.4~300mSv。个人剂量(Hp)是指佩戴于身体一定部位剂量仪所指示的剂量。按作者意见, Hp值不适于和染色体畸变频率直接比较, 更好的办法是采用全身平均剂量当量(Hwb), 此当量值包括了造血器官和周围血的照射量。

根据分析, 可将多数对象的照射, 分成四种不同的工作类型, 并用相当简单的模式加以描述, 由于例3、例4未能找到相应模式, 假定其全身剂量与记录的个人剂量相等。有9例按Kramer(1979)法取换算系数: 用 ^{226}Ra 治疗宫颈癌(例1、2)的换算系数 $Hwb/Hp=0.77$, ^{131}I 治疗甲状腺疾病(例1、7)换算系数为0.73, 使用诊断放射性同位素(例5、6、8、9)为0.73。对上述用 ^{226}Ra 或 ^{131}I 治疗病人的护士(例10、11), 前者备有可移动式铅屏, 但极少使用, 其换算系数取0.77; 而对给病人服 ^{131}I 的护士则可取0.73。如是这11例受检者Hwb均数为52.6, 两极差为0.4~225.0mSv。

每例全血微培养4份(每份0.5ml全血, 4ml F10培养基, 0.5ml胎牛血清, 0.13ml PHA, $9.7 \times 10^{-6}\text{M}$ BrdU), 终止培养前3小时用秋水仙素($0.1\mu\text{g ml}^{-1}$), 总培养时间44小时, 标本经荧光加Giemsa染色后, 专门分析 M_1 期细胞染色体。

结 果

结果如表1。和作者实验室47例非照射对照人员比较, 例1、2、7、8和10的双着丝粒体及例1、7、8的无着丝粒体产额显著增高($P=0.05$)。本剂量估算法采用了0.4Gy以下的低剂量率 ^{60}Co 标准曲线($b(0)=3.64 \pm 1.21 \times 10^{-4}$; $b(1)=0.23 \pm 0.04 \times 10^{-1}$

Gy^{-1})。例1、7、9和10, 观察到5个双着丝粒体和环, 相当于94mSv。设此区间为正态分布, 则95%可信限为30~275mSv。

表1 细胞遗传学资料

检例编号	分析细胞数	每细胞畸变数($\times 10^{-3}$)	
		双着丝粒体	无着丝粒体
1	2000	2.5*	7.0
2	2000	2.0	4.0
3	1800	0	2.8
4	1100	0	1.8
5	2000	0.5	5.0
6	1000	1.0	2.0
7	2000	2.5*	8.5
8	2000	2.5	7.0
9	2000	0.5	3.5
10	2000	2.5	4.0
11	2000	36.0**	35.0

含一个*, 二个**环状染色体

此外, 还应用了Sasaki的Qdr方法(1983)进行比较, Qdr对第一分裂周期非稳定细胞($X_1\text{Cu}$)提供定性估价。由于这一参数不受正常细胞对染色体损伤细胞稀释的影响, 局部受照人员当前剂量和以往剂量均可估算。结果: 例7为70mSv, 例10: 320mSv, 例1: 110mSv, 例8: 200mSv。

根据Lloyd等关于分析非稳定性畸变产额和累积剂量之间关系的建议, 可对体内淋巴细胞的寿命作出估计。用于相关分析的剂量可由下列不同方法得出:

(1)按全身累积剂量, 如上述。

(2)按半寿命期为三年加权的年平均全身剂量(剂量 $\times 3/\text{年数}$)。

(3)根据非稳定畸变细胞按三年半寿命期呈指数向本底水平衰减而加权的系数的假定年平均全身剂量 $[(\text{剂量}/\text{年数}) \times \sum_i \exp(-0.693 \times i/3)]$ 。

(4)方法同(3), 但半寿命期为1.5年。

对畸变产额是否与全身累积剂量呈线性关系, 进行相关检验。上述四种方法所得结果见表2。结果表

明, 累积剂量与无着丝粒体和总畸变数呈显著线性相关($P=0.05$), 但与双着丝粒体则不明显。例11无着丝粒体和双着丝粒体的产额特高, 而且两种畸变类型的频率相近, 这是高剂量照射的指征。该例细胞中双着

丝粒体的分布如表3。根据离散系数方差, $\sigma^2/\text{平均}Y$ 大于1可以推断, 和泊松分布存在显著差异, 该单元正态离偏差 $U=2.54$, 大于1.96, 表明超过离散度 (dispersion)。

表2 例1~10非稳定畸变剂量一效应关系相关系数

剂量测定*	双着丝粒体	t**	无着丝粒体	t**	总畸变	t**
方法1	0.59	2.042	0.70	2.792	0.71	2.819
方法2	0.63	2.287	0.75	3.183	0.75	3.239
方法3	0.63	2.273	0.73	3.060	0.74	3.140
方法4	0.63	2.279	0.74	3.197	0.75	3.245

* 说明见文内

** $P=0.05$ 相应t值为2.306

表3 在假定局部照射条件下, 受照射淋巴细胞的估计百分数

数据来源	细胞数	每细胞双 着丝粒体 (Y)	双着丝粒体分布			离散指数 $\sigma^2/Y \pm S.E.$	剂量, Gy	
			0	1	2		$^{60}\text{Co}\gamma$ 线	220kVpX线
观察结果	2000	0.035	1934	62	4	1.08 ± 0.03	0.69	0.49
泊松配合	603(30%)	0.116	537	62	4	0.99	1.35	1.09
	1397(70%)		1397	0	0	—	—	—

讨 论

在不明个人剂量条件下, 对一组职业受照人员染色体分析表明, 例1、2、7、8、10和11的受照剂量显著高于本底, 除例9外, 他们的染色体剂量与随后获得的物理剂量相符。

例1、7、8和10生物学全身剂量等效值为30~275 mSv(Qdr方法为70~320mSv), 此结果高于所有受检者的剂量, 因为根据剂量记录, 他们均低于50 mSv/年, 这是目前不能用细胞遗传学方法查出来的剂量水平。

尽管必须考虑在几年职业照射期间畸变数会随时间而减少, 但细胞遗传学剂量应反映累积剂量。Lloyd等(1980)曾对146名职业受照人员作过研究, 认为不能证明染色体畸变与累积剂量的相关, 但当以3年为半寿命期来加权年剂量, 并按加权的总剂量把工作人员分成4个剂量组时, 则相关性良好。

对无着丝粒体和总畸变频率而言, 本文分析的相关性与剂量的线性反应相符($P=0.05$), 亦与核造船厂工人的资料一致(Evans HJ et al, 1977)。但与上述Lloyd报道不同, 他们认为双着丝粒体频率与累积剂量

无明显相关。

在不明剂量资料情况下, 根据染色体畸变分析结果, 例11曾有异常局部照射, 其剂量为1.35Gy, 约相当于30%淋巴细胞受照。这是采用了Dolphin建议的方法, 考察了双着丝粒体分布与作为全身均匀照射特征的泊松分布变异程度而得出的。经回顾调查发现, 该护士曾接受250kVp X线治疗红斑的照射。染色体检查前40个月, 她两肩皮肤照射900R, 24个月前膝部也受照, 总剂量为2400R。采用作者研制的标准曲线, 根据双着丝粒体产额, 对30%淋巴细胞的剂量估算值为1.09 Gy(95%可信限为0.94~1.27Gy, Qdr方法为1.04Gy, 根据O-截面泊松公式计算的淋巴细胞照射比例为31%)。

细胞遗传学估算的全身剂量当量为0.49Gy, 95%可信限为0.41~0.59 Gy, 这低于物理学方法估算的1.07Gy平均全身剂量, 此差异可用双着丝粒体随时间而减少来解释。有人认为双着丝粒体细胞半寿命期约为3年, 或者约为1.5年, 因此, 当受到1.07Gy放疗X线照射后, 双着丝粒体产额则为0.086或0.043·细胞⁻¹。本文观察值为0.035与0.043接近, 表明此类细胞的半

寿命期比3年为短。

结 论

周围淋巴细胞染色体畸变对职业性照射是敏感的指标,甚至剂量很低也适用。假如分析的细胞数量足够多,就能对全身剂量当量作出可靠的生物学估计。但须掌握个人辐射史。

本研究表明,染色体资料可以指示急性超剂量照射,尽管累积照射量完全低于年职业限值50mSv。当

怀疑或新近实际接受了低水平过量照射($<200\text{mSv}$)时,必须将其剂量估算值加在累积数年以上的剂量上。

辐射防护管理部门通常不了解医疗照射。本文的一个病例明确证明,受X线照射后染色体畸变频率持续增高达数年之久。这类情况可能被误解为急性职业性过量照射。

[肖素兰节译 罗厚良 刘及审校]

浓度和化学形态对胃肠道吸收Np的影响

Harrison JD et al; Int J Radiat Biol 46(3):269~277, 1984(英文)

放射性废物处置选择的理论研究表明,这种废物的放射生物学危害主要来自于长寿命(物理半衰期为 2.14×10^6 年)的、发射 α 射线的同位素 ^{237}Np 。在上述研究中,假设食物和水中的 ^{237}Np ,经由胃肠道的吸收是1%。这一数值被国际辐射防护委员会(ICRP, 1980年)用来计算工作者食入无机态Np的年摄入量极限。1%这一吸收水平,是以Sullivan和Ballou等人的实验结果为依据的,他们一次给予大鼠 ^{237}Np -硝酸盐的剂量是7~14mg,胃肠道吸收水平是1.5、1.2和0.12%。为了获得适用于在食物和水中存在的低浓度Np的吸收资料,我们用高比活度(物理半衰期为2.36天)的同位素 ^{239}Np ,对大鼠、仓鼠和家兔胃肠道的吸收水平进行了测定。

实验选用的动物是:(1)DNS纯种金黄色叙利亚仓鼠,年龄为3~4个月,体重90~110g;(2)HMT纯种大鼠,年龄为3~4个月,体重是150~180g;(3)Dutch纯种家兔,年龄为5~10个月,体重1.5~2kg。

用吸入麻醉剂halothane麻醉大鼠和家兔之后,经胃管注入放射性同位素溶液,注入的溶液体积分别是100~200 μl 和400~500 μl 。仓鼠摄入放射性同位素溶液的方法是,将100 μl 溶液滴于其舌头背部,再迅速咽下,另外,还有一些大鼠(在麻醉状态下)及家兔,分别由股静脉和耳静脉注入放射性同位素溶液。将大鼠饲养在代谢笼内,以备分别收集尿和粪。

对大鼠和仓鼠测定的标本,包括尿,粪,胃肠道,肝,带有头、四肢和尾的整个皮毛以及残留的屠体。在另一组实验中,将大鼠肺脏取出,并进行了测定,

目的是检验在插胃管期间可能产生的污染。对家兔测定的样本,包括肝、肋骨、前腿骨和后腿骨。

利用NaI井型计数装置测定了各个样本中 ^{237}Np 发射出来的87keV γ 射线,以及各个样本中 ^{239}Np 发射出来的106、228和278keV γ 射线。大体积的样本,先在500 $^{\circ}\text{C}$ 的高温下灰化,再用硝酸溶解,然后用井型计数装置进行测定。样本中 ^{238}Pu 的测定程序是,将灰化后的样本,经放射化学分离,使用 ^{242}Pu 同位素稀释分析及 α -能谱测定术进行测定。

为了排除可能存在的粪对其它样本(皮毛和尿等)的污染,利用给动物静脉注入放射性核素后测得的排泄物和组织中的放射活度,对由胃肠道摄入后测得的相应样本中的放射活度进行了校正。

一、静脉注入后的分布

给大鼠静脉注入 ^{239}Np -枸橼酸盐络合物(30pg ^{239}Np)后1周和静脉注入 ^{237}Np -枸橼酸盐络合物(60 μg ^{237}Np)后2周,测定结果表明,骨骼是Np的主要蓄积器官,尿Np排出量远大于粪Np排出量。在注入 ^{239}Np 之后1周,肝脏 ^{239}Np 滞留量是注入量的8%;在注入 ^{237}Np 后2周,肝脏 ^{237}Np 滞留量是注入量的4%。这一差别可能与锕系元素在大鼠肝脏中的半滞留期短有关。与大鼠相比,给仓鼠静脉注入 ^{239}Np 后1周和注入 ^{237}Np 后2周,体内 ^{239}Np 和 ^{237}Np 的滞留量较少。大鼠体内 ^{239}Np 和 ^{237}Np 的滞留量分别是注入量的66%和60%,而仓鼠分别是注入量的40%和47%。仓鼠肝脏的 ^{237}Np 和 ^{239}Np 滞留量与残留屠体的 ^{237}Np 和 ^{239}Np 滞留量是相同的,而大鼠是有差异的。仓鼠肝脏的 237