

和0.5Gy照射后,每100个细胞分别有37个和14个微核),从这些数据并不能断定微核是否可能或在多大程度上起源于辐照所引起的不分裂所造成的整个染色体,对此必须进行研究。

第一次有丝分裂后,当细胞通过具有完全的S期DNA复制的下一个细胞周期时,2-细胞阶段的G₂细胞中未修复X线辐照所引起的DNA单链的断裂也能发展为染色单体断裂,这些染色单体断裂在辐照后第二次有丝分裂后将产生微核。根据这些假设,似乎在照后15小时,所有4个细胞都已通过第二次有丝分裂,并达到每个胚胎8个细胞其微核数可能为最高,这种生物体系的优点是每个胚胎可以单独地追踪,并可以在这个密封体系中分析这两个“干细胞”的命运。

目前,我们不能排除微核形成动力学中还涉及其它机制的可能性,有人可能会假设存在于第一次有丝分裂一些碎片仅在以后的细胞分裂后才成为可见的微核,然而本资料阐明了即使在辐照后第三次甚至更后期的有丝分裂后,还明显地形成新的微核。这在照后63小时的胚胎内看得最清楚(图3)。在此发育阶段,每个胚胎由65个细胞(未受照)至大约40个细胞(1.88GyX线)所组成。在这个阶段,照后发生4~5次有丝分裂,而在受照后39~63小时之间发生1~2次有丝分裂。该效应的机制有待于进一步研究。当细胞增殖从指数增长变成平稳期时,此时细胞不再增加,基因组的一种普通的不稳定性就可能对此效应有所贡献。我们已经指出细胞是在G₂期受照,这与别的作者在G₁期进行照射的研究工作不同,可解释结果的差异。为了阐明我们的设想,有必要得到进一步的实验证据。

上述现象也可以解释在受孕后48小时进行X线照射后15小时的剂量-效应曲线的形状(图2)。这条曲线是两个主要效应的结果:(1)染色体损伤,它在细胞增殖后产生微核;(2)分裂延迟。这两种效应

都随辐射剂量的增加而增大,但第二种效应抑制了第一种效应的呈现。由于在低剂量X线照射后,通常没有或非常少地发生出分裂延迟,因此在这些条件下,微核的发生出现较快,而且相对辐射效应较高。在晚些时候(受照后39~63小时)分裂延迟只有数小时,由于这种X线剂量(0~1.88Gy)仅稍微改变增殖速度,所以受照后39小时的剂量效应曲线变成线性,并至少在照后63小时仍然保持线性(图2)。

辐照后较快分裂并在受照后15小时已达到8-细胞阶段的那些细胞中所观察到的结果加强了这一发现。如果将这些细胞的微核数对着X线剂量作图,所得到的剂量-效应曲线形状与那种用所有各种胚胎(4~8细胞胚胎,照射后15小时)所得曲线形状不相同。每一类别胚胎的曲线似乎都是线性,即使在受照后15小时亦如此。特别感兴趣的是在8-细胞胚胎中微核数非常高,这支持了所提出的微核形成机制。正在进行的实验,即为了进一步观察微核形成的生物学关系,分别培养了带有不同细胞数的胚胎,当前关于这些过程对于胚胎发育的影响如何并不清楚。

与X线辐照不同,中子辐照后得到的剂量-效应曲线不呈线性。所以RBE值从中子剂量为1.00Gy的1.8增加到0.1Gy的5.5和0.05Gy的7.4,每个胚胎的细胞数(它可以用来估算增殖率)在可比拟的X线和中子的低剂量范围照射下并没有很大差别(见表)。因而不同的增殖率对这个效应似乎并不负有责任。中子辐照后的时间进程以及其它参数都必须进一步的加以研究。

本文报道的研究工作说明了哺乳动物植入前期的胚胎具有高度辐射敏感性。微核的形成不仅在研究细胞遗传学损伤方面,而且在评价辐射效应的机制方面都是一个很有用的方法。

(周继文节译 官宜彬校 曹淑媛审)

微波照射对小鼠造血干细胞及动物抗放能力的影响

Ротковска Д и др: Радиобиология 21(4):558~562, 1981(俄文)

射频范围电磁波的生物学作用问题迄今还研究得很少,从和生物体相互作用的观点看来,至关紧要的是波长小于1米的电磁波(即所谓微波)。在这个范围内观察到电磁能的吸收最大,并与生命物质产生强烈的相互作用,最终影响不仅取决于微波本身的物理参

数,也取决于受照射生物体的性质。据文献可知,微波本身乃是活性极大的物理因素。在百毫瓦/厘米²数量级照射强度下,厘米波段的电磁场能导致机体的损伤和死亡。

以前发表的大部分著作都是论述人受这种物理因

素影响后健康状况的调查。有些作者从事血液变化的研究。在慢性照射下,大鼠外周血中红细胞和血红蛋白含量降低。大鼠经过7小时20毫瓦/厘米²强度的微波照射后,白细胞、淋巴细胞和嗜中性白细胞数量早期(第1~3天)增高,至照后第7天恢复正常。外周血中的变化取决于微波波长、照射时间和强度,其它作者也发现了这种血相改变。在狗受到100毫瓦/厘米²强度的微波连续7小时照射过程中,观察到红细胞中放射性铁的掺入增高,并在照射后45天达到最高值。大鼠和豚鼠在低强度微波的慢性照射下,可发现淋巴细胞数量增多,细胞核结构改变,骨髓幼红细胞、淋巴结和脾内淋巴细胞的变化。微波照射也和电离辐射结合使用。在文献所述试验中,电离辐射作用后5分钟给予微波照射(2450兆赫,60毫瓦/厘米²)能将中国仓鼠的LD_{50/100}从8.21戈瑞提高到8.54戈瑞。

从文献的数据可知,微波照射对造血的作用主要是以外周血的水平来评价的。个别结论大不相同,大概是由于实验方案和所用辐射源的不同。尽管如此,还是可以看出,刺激造血这一肯定的趋势。在本实验中,我们决定在小鼠上验证这种刺激的可能性,并利用微波照射作为改变小鼠抗电离辐射能力的因素。

材料和方法

实验用C57/Bl/10系8~10周龄的雌性小鼠。微波照射在Microdiaterm Prema装置(捷克斯洛伐克制)上进行,该装置是专门改装用以照射实验小动物的。照射在下述条件下进行:频率2450兆赫,照射强度100±10毫瓦/厘米²,在特制的电磁波可透过的有机玻璃盒中,并不断地换气。一般照射5分钟。为了评价微波的热效应,在照射前后用热电偶测量直肠温度,并利用红外热感照相机Aga 680进行小鼠全身体表温度变化的动力学研究。电离照射是在TUR X光机上进行的。电压为200千伏,电流强度为20毫安,滤板为0.5毫米铜加0.5毫米铝,源距为50厘米,照射剂量率为 2.61×10^{-4} 安培/千克。运用了下述血液学方法:外源性脾集落法;红细胞生成器官中掺入放射性铁的方法;计数脾脏和股骨骨髓细胞;用Fn型Coulter计数器测定外周血中白细胞的数量。数据的统计处理是利用t检验和X²检验进行的。

结果与讨论

温度的变化。在实验中发现,5分钟微波照射过程中,直肠温度的提高平均为 $2.3 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。在上述过程中,用热感照相机动态测定温度的结果表明:血液含量较高的器官(如心脏、脾脏、肝脏)升温最多。

这种温度升高的不平衡,除了机体对温度升高的反应是生理变化的表现外,看来可以用各种组织对电磁能的吸收程度不同来解释。但是在照射以后的5分钟内可以看到,实验动物又恢复了原来的躯体温度分布。

微波对造血的影响。在移植之前用微波照射供体小鼠,在照后不同时间将受照小鼠活杀,从脾脏和骨髓制取细胞悬液,在受体小鼠受154.8毫库仑/千克的X线照射之后经静脉注射含 10^5 个脾脏细胞的悬液和含 10^5 个骨髓细胞的悬液。结果表明,微波照射能激活造血干细胞群并增加它们的再生能力(表1),微波的作用也表现于分化池。造血器官中放射性铁的掺入表明,照射过微波的小鼠,脾脏中红细胞分化从照后2~3天开始,呈波动性增加,第3周初即达到最大值。微波照射后还发现脾脏中白细胞和红细胞样细胞数量增多,这也许证明了该器官供血增强(表2,照射后2小时)。

表1 在微波照射后不同时期内脾脏和股骨骨髓集落形成能力的变化

微波照射 后时间	受体数	CFU-s数	
		脾脏	股骨
对照组	10	349±79	654±82
2小时	10	689±86*	810±90
6小时	10	609±40*	1061±112*
12小时	10	485±47	666±48
24小时	11	644±43*	711±54
7天	10	612±48*	854±84
14天	10	761±68**	1187±110**

*P<0.05 **P<0.01

其次,研究了提高外界温度的影响,这种影响就像微波照射那样,引起直肠温度的变化。实验结果表明,外界温度的提高只能产生一部分类似微波对骨髓和脾脏集落形成能力的作用,并且只见于热作用后2小时内。看来这和热应急效应有关。

可以肯定,微波照射激活了干细胞群。在此物理因素作用以后的较晚阶段,这种效应在分化细胞池内也表现出来。很可能,在微波作用下,提高环境温度,改善器官的供血,从而改善组织供氧,这些能使静止状态的细胞的酶和代谢受到一定程度激活,并能提高这些细胞的增殖与分化能力。

微波对动物抗电离辐射能力的影响。可以看出,动物在X线致死性照射以前接受微波照射能提高存活率(表3)。

表 2 微波照射后不同时期外周血白细胞数、脾和骨髓细胞数

微波照射 后 时间	动物数 (只)	白 细 胞 数 ($\times 10^9/\text{mm}^3$)	细 胞 数			
			脾 脏		骨 髓	
			红 细 胞 ($\times 10^9$)	有核细胞 ($\times 10^9$)	红 细 胞 ($\times 10^9$)	有核细胞 ($\times 10^9$)
对 照 组	5	10.60 \pm 0.51	4.00 \pm 0.27	1.23 \pm 0.07	3.32 \pm 0.03	1.24 \pm 0.05
2 小 时	5	10.03 \pm 0.72	5.40 \pm 0.12**	1.80 \pm 0.20*	4.52 \pm 0.14**	1.57 \pm 0.08*
24小时	5	16.00 \pm 1.53*	4.92 \pm 0.45	1.55 \pm 0.20	3.34 \pm 0.21	1.32 \pm 0.05
3 天	5	16.30 \pm 0.58*	5.01 \pm 0.37	1.32 \pm 0.05	3.28 \pm 0.13	1.32 \pm 0.06
5 天	5	16.40 \pm 1.53*	5.03 \pm 0.38	1.22 \pm 0.27	3.94 \pm 0.21*	1.38 \pm 0.07
7 天	5	10.43 \pm 0.97	5.03 \pm 0.36	1.67 \pm 0.26	2.98 \pm 0.13	1.41 \pm 0.08
14天	5	13.20 \pm 1.26	5.61 \pm 0.42*	1.83 \pm 0.13*	3.12 \pm 0.17	1.21 \pm 0.06

* $P < 0.5$ ** $P < 0.01$

表 3 在X线和微波照射后动物30天存活率与两者作用的间隔时间之关系

组 别 和 作 用 的 间 隔 时 间	动物数	死亡数	存活数	活 存 率 %
X 线照射 (对照组)	23	9	14	61
加温 + X 线, 5分钟	20	9	11	55
微波 + X 线, 5分钟	20	2	18	90*
微波 + X 线, 24小时	21	12	9	43
微波 + X 线, 72小时	22	15	7	32*
微波 + X 线, 14天	24	2	22	92*

* $P < 0.05$

小鼠在微波照射后立即受X线照射时抗放能力的提高,看来是由非特异性应急效应所引起的。在微波作用后14天再受X线照射的动物抗放能力的提高,可能

是由于微波作用引起多能造血干细胞池增大。这不仅在外周血液的指标方面,而且在骨髓和脾脏中造血干细胞水平上都表现出来(表1和表2)。在研究提高外界温度对动物抗电离辐射能力的影响的对照实验中未观察到变化(为简短起见,表3仅列出5分钟间隔)。

从上述工作的结果可知,微波不仅能激活造血器官的干细胞池而且还能激活细胞分化池。因为现在还没有可能用其它方法将内部器官适当加热,因而暂时还不知道微波的作用是由于热的因素还是其它特定因素所决定的。在现有文献中,我们没有找到在造血干细胞水平上研究类似问题的报告。两种照射并用的实验结果证明了微波对造血的刺激作用付诸实际应用的可能性。

(颜志渊节译 山根兴 陈桂章校 张卿西审)

空气中氡子体的一种野外测定法

Scott AG:Health Phys 41(2):403~405, 1981(英文)

应用Thomas-Tsivoglov法在野外测定氡子体浓度很不方便,因计数时间不规则,需要手工去控制定标器,因而可能产生误差,并使整组数据无效。30分钟的计数周期使操作效率限制在一小时内只能处理二个样品,因此,如要测定氡子体浓度的快速变化,至少要使用二台定标器。

在我们的“补救措施纲要”(Remedial Action program)中,经常要测定房子内空气中各个氡子体的浓度,因而制订了一种改进的三段计数程序,它使用标准定标时间(standard scaler timers),

并把取样后的计数时间缩短到11分钟。这样,就有可能用一台定标器在一小时多一点的时间内处理六个样品。

用我们的装置从抽气泵上拆下滤纸转移到携带式定标器上,可在40秒内完成,而且记下定标器的读数和重新开始计数,有15秒时间已足够。所以,程序是:从0~5分钟取一个空气样,然后在第6~11分钟和第11.25~16.25分钟测定滤纸的二段计数(M计数和R计数),这二段的计数时间是固定的。第三段5分钟的计数(K计数)时间在45~90分钟之间进行。