

微波辐射致畸性与致突性的探讨

刘文魁 沈松筠

(山西医学院)

THE RESEARCH ON TERATOGENESIS AND MUTAGENESIS OF MICROWAVE AND RADIATION

Liu Wenkui Shen Songyun
(*Shanxi Medical College*)

Abstract

The present article is a research on teratogenesis and mutagenesis of microwave and radiation. Through our irradiating rats with 2450MC consecutive microwave of different dosage, the results showed that microwave had distinct effects on growth and development of offsetus and also had teratogeretic effects on appearance, nerve system and skeleton, and even caused resorption and death of embryos. Through our irradiating C₅₇ rats with 2450MC consecutive wave of different dosage, the results showed that the incidence of marrow micronucleus of the rats was distinctly increased as well as the chromosome teratogenesis, and the incidence of marrow micronucleus and chromosome teratogenesis showed positive correlation, which indicated the mutagenesis function of microwave.

The experimental results proved preliminarily that microwave of certain field strength had a function of mutagenesis and teratogenesis, and pointed out that microwave radiation had potential danger of causing cancer, but requiring further proof.

过强的微波辐射对机体健康有危害已被公认^[1,2],但微波辐射的致畸、致突、致癌问题尚有争论^[3]。本文的目的是通过动物实验来探讨微波的致畸性与致突变性,从而提高人们对微波辐射的理论认识,以便采取有效的防护措施,保护环境免受微波污染。

一、微波辐射的致畸性

(一) 方法^[4]

微波辐射源为2450MC连续波理疗机，辐射场在双层铜网屏蔽室内，标定不同场强用Narda公司生产的8616型精密测试仪。

实验动物为Wistar种成龄大白鼠，体重200~250g，黄昏时即按雌雄2:1合笼，次日晨以查到阴栓和精子为受孕标志，定为受孕的第零天，将受孕母鼠按完全随机的方法分成100、80、60、40mW/cm²组，并设阴性、阳性对照组。阴性对照组不做任何照射，阳性对照组用 γ 射线150伦琴照射。

上述四个剂量组和阳性对照组于受孕的第六、八、十二、十四、十六天照射，各组孕鼠均在第二十天处死，剖腹取胎以进行各项致畸指标的观察^[4]。

(二) 结果

1. 微波对胎鼠发育、死胎、早期吸收的影响 结果见表1,由表1可见,胚胎的早期吸收比较明显,100mw/cm²、80mw/cm²组与阴性对照组比较分别为有非常显著性差异和显著性差异,提示可以认为微波对大白鼠胚胎早期发育有明显的影响,主要是造成胚胎早期吸收。

2. 微波对胎鼠发育水平的影响 由表2可见, 与阴性对照组相比, 100mW/cm²组在胎重、身长、尾长受影响最明显, 呈非常显著性差异; 80mW/cm²组尾长受影响亦明显, 亦呈非常显著性差异; 40mW/cm²组胎重、身长受影响亦明显, 呈非常显著性差异。可以认为微波对胎鼠的生长发育水平有明显的影响。

3. 微波对胎鼠畸形的影响 从外观、内脏与骨骼发育等方面来观察胎鼠的畸形。微波对胎鼠外观的影响主要表现在弯尾、短尾($<1\text{cm}$)， 80mw/cm^2 组与阴性对照组相比，弯

微波对胎鼠早期发育的影响

表 1

组别	孕鼠数	着床数	活胎数	死胎数	吸收胎数	吸收死胎总数
阴性对照组	12	133	125	0	8 (6.02)	8 (6.02)
100mW/cm ² 组	9	91	69	0	22** (24.18)	22** (24.18)
80mW/cm ² 组	11	127	109	0	18* (14.17)	18* (14.17)
60mW/cm ² 组	12	138	123	1 (0.72)	14 (10.14)	15 (10.87)
40mW/cm ² 组	8	83	79	0	4 (4.82)	4 (4.82)
阳性对照组	10	111	61	2 (1.80)	48** (43.24)	50** (45.04)

1; ()内为百分率%, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

尾 $P<0.01$, 短尾 $P<0.05$; 100mw/cm²组由于胚胎吸收较多, 胎鼠较少未能显示出这种影响, 结果见表3。

微波对内脏影响不明显, 对神经系统有一定的影响, 主要是蛛网膜下腔扩大, 80mw/cm²组与阴性对照组相比, 呈非常显著性差异, 结果见表4。

微波对胎鼠骨骼发育的影响主要表现在胸骨缺失、肋骨异常等, 100 mw/cm²组和60 mw/cm²组与阴性对照组相比呈非常显著性差异, 说明微波辐射对胎鼠的骨骼发育有明显的影响, 结果见表5。

(三) 讨论

通过实验结果表明, 2450MC连续微波对大白鼠有致畸作用。对胎鼠的生长发育水平有

对胎鼠生长发育的影响

表 2

组 别	孕 鼠 数	胎 鼠 数	窝重(g)	胎重(g)	身长(cm)	尾长(cm)
阴性对照组	12	125	37.66 ¹ (5.852) ²	3.62 (0.446)	3.77 (0.146)	1.29 (0.096)
100mw/cm ² 组	9	65	27.41* (13.956)	3.38** (0.580)	3.61** (0.280)	1.18** (0.170)
80mw/cm ² 组	11	109	34.82 (5.483)	3.51 (0.396)	3.74 (0.148)	1.22** (0.167)
60mw/cm ² 组	12	123	36.36 (13.140)	3.55 (0.506)	3.73 (0.188)	1.23** (0.118)
40mw/cm ² 组	8	79	32.54 (13.96)	3.24** (0.56)	3.58** (0.27)	1.27 (0.07)
阳性对照组	10	61	14.28 (5.570)	2.11** (0.968)	2.95** (0.412)	0.92** (0.222)

1: ()外为均数, 2: ()内为标准差, * $P<0.05$, ** $P<0.01$ 。

微波对胎鼠外观的影响

表 3

组 别	胎鼠数	性 别		皮下出血	脑 露	脑 瘤	肠外露	弯 尾	短 尾	总体畸形数
		♀	♂							
阴性对照组	125	48	77	1 (0.80)	0	0	0	0	0	1 (0.80)
100mw/cm ² 组	65	20	45	1 (1.54)	0	0	0	0	3 (4.62)	4 (6.15)
80mw/cm ² 组	109	28	81	1 (0.92)	0	0	0	9** (8.26)	6** (5.50)	16** (14.68)
60mw/cm ² 组	123	37	86	1 (0.81)	0	0	0	3 (2.44)	1 (0.81)	4 (3.25)
40mw/cm ² 组	79	36	43	8* (10.1)	0	0	0	0	0	8* (10.1)
阳性对照组	61	18	43	4 (6.56)	2 (3.28)	1 (1.64)	3 (4.92)	9** (14.75)	0	19** (31.14)

()内为百分率, * $P<0.05$, ** $P<0.01$ 。

明显的影响，对胎鼠的外观、神经系统、骨骼等可发生畸形，严重的可使胚胎死亡以致吸收，说明较大场强的微波辐射是大白鼠的胚胎毒^[1~3]。

微波对胎鼠内脏的影响

表 4

组 别	胎 鼠 数	蛛网膜下腔扩大	△侧脑室扩大	胸 腔 积 血	腹 腔 积 血	总发生数
阴性对照组	63	5 (7.94)	1 (1.59)	0	3 (4.76)	9 (14.28)
100mW/cm ² 组	35	7 (20.00)	1 (2.85)	2 (5.71)	1 (2.85)	11 (31.40)
80mW/cm ² 组	53	15** (28.30)	0	1 (1.89)	3 (5.66)	19** (35.85)
60mW/cm ² 组	64	18** (28.13)	1 (1.56)	0	1 (1.56)	20* (31.25)
40mW/cm ² 组	38	5 (13.2)	0	3 (7.89)	1 (2.6)	9 (23.68)
阳性对照组	31	2 (6.45)	9** (29.03)	0	4 (12.90)	15** (48.39)

△一般应归入神经系统，()内为百分率 *P<0.05, **P<0.01

微波对胎鼠骨骼发育的影响

表 5

组 别	胎 鼠 数	枕 骨 缺 失	胸 骨 缺 失	肋 骨 异 常	异 常 胎 鼠 数
阴性对照组	62	0	0	1 (1.61)	0 (1.61)
100mW/cm ² 组	34	0	10** (19.41)	0	10** (29.41)
80mW/cm ² 组	52	2 (3.85)	1 (1.92)	4 (7.69)	7 (13.46)
60mW/cm ² 组	59	0	6* (10.11)	0	6* (10.11)
40mW/cm ² 组	41	0	0	0	0
阳性对照组	30	2 (10.00)	17** (56.67)	2 (6.700)	22** (73.30)

()内为%， *P<0.05, **P<0.01。

二、微波辐射致突变性

(一) 方法

以下的微核实验、染色体实验均用的微波辐射源为2450MC连续波理疗机，动物笼为有机玻璃制成，标定不同剂量场强用8616型精密测试仪。实验动物为中国医学科学院动物中心提供的C₅₇健康成龄小黑鼠。

1. 急性微核试验 将12.5~25g小鼠60只随机分成6组，四个剂量组为80、60、40、20mW/cm²，阴性与阳性对照组。将剂量组、阳性对照组的动物放入有机玻璃笼中，每天照

射一次，每次60分钟，间隔24小时，共照射两次。阳性对照组用250伦琴 γ 射线照射，阴性对照组不做任何照射。当第二天照射完后四小时内将动物处死，取双股骨骨髓制片镜检，观察并计数含有微核的嗜多染红细胞，以千分率表示。

2. 染色体畸变与微核相关实验 将12~25g小鼠50只随机分成5组，每组10只，其中5只做微核实验，5只做染色体实验。这5组动物是三个剂量组为40、20、10mW/cm²组，阴性对照组和阳性对照组。阳性对照组用 γ 射线150伦琴照射，阴性对照组不做任何照射。照射的方法步骤同上述微核实验，当第二天照射完4小时将动物处死，做微核实验的动物处死后取股骨骨髓制片镜检，并计数含有微核的嗜多染红细胞，以千分率表示。做染色体畸变实验的动物，在第二天照射完1~2小时内给动物腹腔注射秋水仙碱4mg/kg，注射后2~4小时内处死动物取双股骨骨髓制片镜检，观察染色体的数目和结构畸变。

(二) 结果

1. 急性微核实验结果 各组小鼠微核细胞检出率见表6，从表中可见除20mW/cm²组以外其余各剂量组与阴性对照组比较有显著性和非常显著性差异，说明微波可以引起微核细胞检出率的升高。

2. 染色体与微核相关性分析 在上述微核实验的基础上，各组动物的结果见表7、表8。

各组动物微核细胞检出率比较

表 6

组别	80mW/cm ² 组	60mW/cm ² 组	40mW/cm ² 组	20mW/cm ² 组	阳性对照组	阴性对照组
微核细胞检出率(%)	7.6	7.6	6.8	4.2	15.3	2.6
P值	<0.01	<0.01	<0.01	>0.05	<0.01	

染色体细胞畸变率

表 7

组别	观察细胞数	畸变细胞数	畸变细胞率(%)	P值	
				与阴性组比	与阳性组比
40mW/cm ² 组	500	145	29.0	<0.01	<0.01
20mW/cm ² 组	500	80	16.0	<0.05	<0.01
10mW/cm ² 组	500	74	14.8	=0.05	<0.01
阴性对照组	480	51	10.63		
阳性对照组	225	166	73.78	<0.01	

染色体畸变率

表 8

组别	观察染色体数	畸变染色体数	畸变率(%)	P值	
				与阴性组比	与阳性组比
40mW/cm ² 组	19806	83	4.19	<0.01	<0.01
20mW/cm ² 组	19947	24	1.20	>0.05	<0.01
10mW/cm ² 组	19877	23	1.15	>0.01	<0.01
阴性对照组	19164	13	0.68		
阳性对照组	8880	195	21.96	<0.05	

由表7可见，剂量组的细胞畸变率明显地高于阴性对照组，且有随着剂量加大而增加的趋势，经直线相关分析， $\gamma = 0.9726$ ，差异有显著性($P < 0.05$)，呈剂量反应关系。

由表8可见， 40mW/cm^2 组的染色体畸变率与阴性对照组相比，差异非常显著，其余两组无显著性差异，但经趋势性检验，则出现非常显著性差异($P < 0.01$)，即染色体畸变率有随着剂量增加而升高的趋势，经直线相关分析， $\gamma = 0.9334$ ，呈非常显著性差异($P < 0.01$)，表现为剂量反应关系。

染色体数目与结构畸变，数目畸变高于结构畸变。而数目畸变的特点主要表现为亚二倍体，结构畸变以裂隙、断裂，断片为主。

关于染色体与微核相关问题，细胞畸变与微核细胞检出率间经直线相关分析， $\gamma = 0.9867$ ，差异呈非常显著性($P < 0.01$)，呈正相关关系，染色体畸变与微核细胞检出率间亦经直线相关分析， $\gamma = 0.9566$ ，差异有显著性($P < 0.05$)，呈正相关关系。

(三) 讨论

通过实验得到染色体与微核相关的阳性结果，即连续微波可以引起小鼠骨髓细胞的微核细胞检出率明显升高；还引起染色体畸变，并且细胞畸变与微核细胞检出率间呈正相关关系，染色体畸变与微核细胞检出率间亦呈正相关关系，因此可以初步认为2450MC连续微波对动物有一定的致突变作用^[3]。

三、小结

由致畸与致突实验结果表明，2450MC连续微波辐射对大白鼠有一定的致畸和对小鼠有致突变性，根据这种作用的研究结果似可以推测2450MC连续微波有潜在致癌危险性，不过尚需进一步研究，并应做致癌实验和做人群流行病学的调查研究，以便科学地并且慎重地得出正确结论。

本实验结果提示，对所有应用微波技术设备应加强防护工作，减少或避免微波辐射对环境的污染及其对人体健康的不良影响。

本文经北京医科大学张书珍教授、核工业部辐射防护研究所邓忠诚付研究员审阅，致谢！

参考文献

- [1] WHO Nonionizing Radiation Protection Chapter 4, Microwave and radiofrequency radiat. (1982).
- [2] WHO Environmental Health Criteria 16, Radiofrequency and Microwave, (1981).
- [3] Environmental Health Directorate Health Protection Branch, Health Aspects of Radio Frequency and Microwave Radiation Exposure, part 2, Canada, (1978).
- [4] 工业毒理学实验方法编写组，工业毒理学实验方法，50—55，上海科学技术出版社，(1979)。