参考文献

[1] Prins JB, O'Rahilly S. Regulation of adipose cell number in man [J]. Clin Sci (Lond), 1997, 92(1): 3 - 11.

[2] Van Eyk J E. Proteomics: unraveling the complexity of heart disease and striving to change cardiology[J]. Curr Opin Mol Ther, 2001, 3(6): 546 - 553.

[3] 项鹏,张丽蓉,陈振光,等. 成人骨髓间充质干细胞定向诱导为脂肪细胞的研究[J]. 中国病理生理杂志, 2001, 17(7): 598 - 601.

[4] Zuo X, Speicher DW. Quantitative evaluation of protein recoveries in two-dimensional electrophoresis with immobilized pH gradients [J]. Electrophoresis, 2000, 21(14): 3035 - 3047.

[5] 谢嵘,朱剑虹,刘杭,等. 中枢神经系统血管母细胞瘤的蛋白质组学分析[J]. 中国病神经肿瘤杂志, 2006, 4(3): 192 - 199.

[6] Dani C. Embryonic stem cell-derived adipogenesis[J]. Cells Tissues Organs, 1999, 165(3-4): 173 - 180.

[7] Ntambi JM, Young-Cheul K. Adipocyte differentiation and gene expression[J]. J Nutr, 2000, 130(12): 3122S - 3126S.

[8] Federico Castro-Munozledo, Alicia Beltra'n-Langarica, Walid Kuri-Harcuch. Commitment of 3T3-F442A cells to adipocyte differentiation takes place during the first 24-36 h after adipogenic stimulation: TNF-α inhibits commitment[J]. Experimental Cell Research, 2003, 284(2): 163 - 172.

收稿日期: 2008-01-16 (宋艳萍编辑 刘铁校对)

文章编号: 1001-0580(2008)10-1206-02 **中图分类号**: R 152.1 **文献标志码**: A **【实验研究】**

低功率微波辐射对雄性小鼠性功能影响*

林孟端[1],陈昱[2],陈铁晖[3],陈华[2]

摘 要: **目的** 研究低功率微波辐射后雄性小鼠血清睾酮水平、血清胆固醇水平的变化,探讨微波辐射对雄性小鼠性功能影响的作用机制。**方法** 48 只雄性 ICR 小鼠,随机分为 3 个辐射组和 1 个对照组,每组 12 只,辐射组用频率 900 MHz,功率密度分别为 250,150,50 μW/cm^2 的连续波,对小鼠每天辐射 24 h,连续辐射 34.5 d。辐射结束观察小鼠性行为能力 [扑捉潜伏期(CIP);扑捉次数(CT)]、血清睾酮、血清总胆固醇水平等指标的变化。**结果** 与对照组比较,各辐射组小鼠 CIP 明显延长($P < 0.05$)、CT 有减少的趋势,150 μW/cm^2 组血清睾酮水平、血清总胆固醇水平明显降低($P < 0.05$);250 μW/cm^2 组小鼠血清总胆固醇水平明显降低($P < 0.05$)。**结论** 低功率微波辐射(150 μW/cm^2)能通过影响雄性小鼠血清胆固醇水平,而降低血清睾酮水平,进而影响雄性小鼠的性功能。

关键词: 低功率微波;辐射损伤;胆固醇;睾酮

Effects of low power microwave on serum testosterone and cholesterol level in male mice

LIN Meng-duan, CHEN Yu, CHEN Tie-hui, et al. Longhua Institute of Health Inspection of Baoan (Shenzhen 518109, Chian)

Abstract: **Objective** To observe the effects of low power microwave on serum testosterone, serum cholesterol and sexual function of male mice. **Methods** 48 adult male mice were randomized into 3 exposure groups and 1 control group. The exposure groups were exposed to 900 MHz microwave (250 μW/cm^2, 150 μW/cm^2, 50 μW/cm^2, 24 h/d, 34.5 d). Capture incubation period (CIP), capture times (CT), serum testosterone, serum cholesterol were used to evaluate effects of the low power microwave. **Results** CIP was significantly increased in exposure group (150 μW/cm^2) compared with that of the normal control ($P < 0.05$). Serum testosterone, serum cholesterol of exposed groups were significantly decreased compared with that of the normal control ($P < 0.05$, respectively). In microwave exposure group (250 μW/cm^2) serum cholesterol was significantly decreased compared with the normal control ($P < 0.05$). **Conclusion** Low - power microwave radiation (150 μW/cm^2) can influence the level of serum testosterone, and further impact the sexual function of male mice through affecting the serum cholesterol.

Key words: low power microwave; radiolytic damage; serum testosterone; serum cholesterol

微波是指频率非常高的电磁波,通常把 3 ×10^8 Hz～3 × 10^{11} Hz 电磁波划为微波段波。微波辐射已成为当今人类生存环境中最大的污染源之一。雄性生殖系统是微波辐射最敏感的器官之一。本文就低功率微波辐射对雄性小鼠性功能的影响进行研究,并探讨其相关机制。

1 材料与方法

1.1 实验动物及分组 选用 ICR 雄性健康小鼠 48 只,5 周龄,体重 28～32 g,清洁级(福建医科大学动物实验研究中心),随机分为 3 个不同计量的辐射组和 1 个对照组,每组 12 只,各辐射组辐射剂量分别为 250,150,50 μW/cm^2 的连续波。

1.2 主要仪器和试剂 微波信号发生器:900 MHz,1.0W(福建泉州荣盛达电讯器材厂);微波漏能测试仪(江苏国营宿迁无线电厂);SN - 695B 型智能放免 r 测量仪(上海核所日环光电仪器有限公司);7230G 型分光光度计(上海精密仪器器材有限公司);睾酮放免试剂盒(天津市协和医药科技有限公司);血清总胆固醇测定试剂盒(中生北控生物科技有限公司)。

1.3 微波辐射方法 将辐射组小鼠自由体位置于普通小鼠笼中,再将鼠笼放置于有一面开口边长为 50cm 正方体的白铁皮的照射箱内接受微波辐射,用微波漏能测定仪测定微波辐射工作面的辐射剂量,调整辐射输出功率,使辐射工作面的强度为实验所需的强度,即使辐射工作面的平均功率密度分别为 250,150,50 μW/cm^2,辐射时间为 24 h/d,共计 34.5 d;

*基金项目: 福建省教育厅科研项目(JA04195)
作者单位: 1. 深圳市宝安区龙华卫生监督所食品与环境卫生科,518109; 2. 福建医科大学公共卫生学院; 3. 福建省疾病预防控制中心
作者简介: 林孟端(1979 -),男,福建闽侯人,硕士,主要从事环境卫生学研究。
通讯作者: 陈华

对照组除不接受微波辐射外,其他处理与辐射组相同。

1.4　指标测定与步骤

1.4.1　动物基本情况观察　包括实验期间小鼠的饮食活动、精神状况等。

1.4.2　性行为观察　在小鼠微波暴露第 34.5 d,参照 Anders Agmo[1]方法,在安静的室内轮流将每组动物中的每只雄性小鼠放入 45 cm ×25 cm ×20 cm 的大鼠笼中适应 5 min,随后投入同批饲养未经辐射的雌性小鼠,形成 1 比 1 配对,观察 30 min。观察指标:(1)扑捉潜伏期(CIP):自雌鼠投入至雄鼠第一次扑捉雌鼠的时间。(2)扑捉次数(CT):雄鼠扑捉雌鼠或爬背或添阴动作次数。

1.4.3　血清睾酮测定　处死小鼠前摘眼球取血,4 ℃,4000 r/min 离心 10 min,取上清液,于 - 20 ℃保存待测,测量时取 100 μl 进行放射免疫分析,按放免试剂盒说明书操作。以 SN - 695B 型智能放免 r 测量仪检测睾酮含量。

1.4.4　血清总胆固醇测定　取血清 20 μl,进行血清总胆固醇测定,按试剂盒说明书操作,以 723OG 型分光光度计检测血清总胆固醇含量。

1.5　统计分析　采用 SPSS 11.5 软件进行单因素方差分析,方差齐时用最小显著差法(LSD)进行两两比较,方差不齐时用 Tamhane'T2 法进行两两比较;以 $\alpha = 0.05$ 为检验水准。

2　结　果

2.1　一般状况　在动物适应性喂养期间,实验用小鼠活动正常,白天成堆睡卧,夜晚活动;各组小鼠差别不大。但与正常对照组小鼠比较,微波辐射组小鼠在微波辐射的后期(约 25d 以后)表现为精神萎靡、少动。

2.2　低功率微波辐射对雄性小鼠性行为的影响(表 1)　与对照组比较,各辐射组雄性小鼠受照射后期均表现为精神萎靡、少动,扑捉潜伏期明显延长,差异均有统计学意义($P < 0.05$);各辐射组之间无剂量 - 反应关系。与对照组比较,扑捉次数有减少趋势,但差异无统计学意义($P > 0.05$)。

表 1　微波辐射对雄性小鼠性行为的影响($\bar{x} \pm s$, n = 12)

组别(μW/cm²)	扑捉潜伏期(s)	扑捉次数(次)
微波　250	32.47 ±17.26 *	33.25 ±12.57
150	32.01 ±13.50 *	29.67 ±5.94
50	28.02 ±14.94 *	36.33 ±7.85
对照组	16.31 ±9.38	43.91 ±8.63

注:与对照组比较,* $P < 0.05$。

2.3　低功率微波辐射对雄性小鼠血清睾酮水平的影响(表 2)　与对照组比较,150 μW/cm² 组的雄性小鼠的血清睾酮含量明显减少,差异有统计学意义($P < 0.05$)。其他 2 个辐射组与对照组比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。

2.4　低功率微波辐射对雄性小鼠血清总胆固醇含量的影响(表 3)　与对照组比较,250,150 μW/cm² 组的雄性小鼠血清总胆固醇含量明显减少,差异有统计学意义($P < 0.05$);50 μW/cm² 组与对照组比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。

表 2　微波辐射对雄性小鼠血清睾酮水平的影响($\bar{x} \pm s$)

组别(μW/cm²)	小鼠数 **	睾酮(×10⁻⁵ng/μl)
微波　250	5	263.92 ±88.89
150	10	220.58 ±93.68 *
50	5	345.22 ±113.24
对照组	9	455.93 ±310.17

注:与对照组比较,* $P < 0.05$;** 血清量少或溶血使小鼠数减少。

表 3　微波辐射对雄性小鼠血清胆固醇含量的影响($\bar{x} \pm s$)

组别(μW/cm²)	小鼠数 **	总胆固醇(mmol/L)
微波　250	5	0.317 ±0.079 *
150	10	0.401 ±0.071 *
50	5	0.490 ±0.076
对照组	9	0.497 ±0.097

注:与对照组比较,* $P < 0.05$;** 血清量少或溶血使小鼠数减少。

3　讨　论

实验发现,低功率微波辐射 150 μW/cm² 组可使雄性小鼠性行为能力明显减弱(扑捉潜伏期明显延长,扑捉次数有减少的趋势),血清睾酮水平明显低于对照组,与钟敏[2]等报道一致。提示低功率微波辐射(150 μW/cm² 组)所致性行为能力明显减弱的机制之一是抑制睾丸类固醇激素的合成。实验还发现,低功率微波辐射 150μW/cm² 能使雄性小鼠血清总胆固醇含量明显减少,提示低功率微波辐射(150 μW/cm²)能通过影响雄性小鼠血清总胆固醇含量,影响血清睾酮水平,进而影响雄性小鼠的性功能。

250,50 μW/cm² 组的雄性小鼠血清睾酮水平与对照组比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。150 μW/cm² 组的雄性小鼠血清睾酮水平明显低于对照组,说明低功率微波辐射在 150 μW/cm² 附近对雄性小鼠血清睾酮水平的影响可表现为功率窗效应。但实验也发现,低功率微波辐射 250 μW/cm² 能对雄性小鼠性功能、血清总胆固醇水平产生明显的影响,但不影响其血清睾酮水平,是否与微波对生物体影响的窗效应的参数谐振理论有关,有待进一步研究。

参考文献

[1] Anders Agmo. Male rat sexual behavior[J]. Brain Reserch Protocols,1997,1(2):203 - 209.

[2] 钟敏,周文,余争平,等. 微波辐射对大鼠睾丸 StAR、P450scc 基因表达影响[J]. 中国公共卫生,2005,21(5):545 - 547.

收稿日期:2008-01-29　(宋艳萍编辑　刘铁校对)

中国公共卫生 CPH