

# 低强度微波辐射环境对男性生殖健康的影响

阎素文 汤 洁 张 宁 丁晓萍 鲁海鸥 王喜良 周 敏 唐 轶

**摘 要** 目的 了解低强度微波作业环境对男性生殖及其子代健康的影响。方法 采用面对面问卷调查方式对已婚的 424 名雷达作业人员(实验组)、204 名对照组人员进行现场调查。结果 实验组性功能减退发生率为 23.8%, 对照组为 14.7%, 两组相比差异有统计学意义( $P<0.05$ )。实验组婚后半年、1 年自然受孕率分别为 13.8%、39.8%, 对照组分别为 31.3%、49.6%。婚后 2 年、3 年后自然受孕率, 实验组为 30.4%、12.5%, 对照组为 10.9%、6.1%, 组间差异显著( $P<0.001$ )。两组人员生殖结局及子代性别比例未见异常。结论 长期低强度微波辐射对男性性功能有不良影响, 导致女性自然受孕时间滞后, 但对妊娠结局及子代健康无明显影响。

**关键词** 雷达; 微波; 辐射损伤; 生育力

中国图书资料分类号 R594.8

## The effect of low intensity microwave radiation on male reproductive health

Yan Suwen, Tang Jie, Zhang Ning *et al.* Reproduction Center, 202 Hospital of PLA, Shenyang 110003, China

**Abstract** **Objective** To investigate the effect of low intensity microwave exposure on the reproduction and offspring health of men. **Method** 424 married men operating radar constantly and 204 men as control were invited to complete the interview questionnaire on reproduction and offspring health. **Results** Incidence of abnormal sexual function in the radar group was 23.8%, while it was 14.7% in controls ( $P<0.05$ ). The natural impregnation rates after 0.5 and 1 year of marriage in the radar group were 13.8% and 39.8% respectively, and 31.3% and 49.6% in the controls, respectively. The natural impregnation rates after 2 and 3 years of marriage in the radar group were 30.4% and 12.5%, and that in the control group were 10.9% and 6.1%. The results showed that there were significant differences between the two groups ( $P<0.001$ ). There was no difference in the reproductive outcome and sex ratio of offsprings between the two groups. **Conclusions** Prolonged microwave exposure at a low intensity had an adverse effect on male sexual function. It might delay impregnation after marriage. However, it seems that there was no significant effect on the pregnant outcome and offspring health.

**Key words** radar; microwaves; radiation injuries; fertility

雷达开机时会产生各种波长的电磁辐射。长期工作和生活 在雷达站的人员的生殖及其子代健康是否受影响, 一直是人们关心的问题。为了了解雷达作业人员的生殖健康情况, 作者对某地区雷达站 424 名已婚人员进行了流行病学调查, 以探讨低强度微波辐射环境对生殖的影响。

## 1 资料与方法

**1.1 雷达作业区域场强测量方法** 雷达的电磁辐射污染主要来自发射装置、数据采集系统和发射天线。这三者中发射装置泄露的电磁波是对作业场所产生影响的主要因素。选择具有代表性的不同型号雷达, 测量范围以雷达站为中心, 半径 200m。并以雷达天线为中心, 正北为基准, 每隔 45 度的八个方位为测量线, 选取距中心 20~100m, 5 个不同距离为测量点。测量仪器采用: ①德国 WG 公司 EMR-300 型宽带全向辐射检测仪, 频率范围 100kHz~3GHz; ②H-2 型全向宽带智能宽带场强仪, 频率范围 0.3~10 000MHz。测量时间以开机 2h 为基础。

**1.2 研究对象** 实验组选择已婚雷达操作人员 424 人, 接触雷达工作年限 2~23 年, 平均 8.1 年。对照组选择不接触电磁辐射, 无任何不良理化环境影响的某单位已婚人员 204 人, 工作年限 4~25 年, 平均工作 9.0 年。调查对象均符合以下条件: ①夫妇双方年龄  $\leq 45$  岁; ②妻

子工作不接触有害理化物质; ③双方无先天性生殖系统疾病。

采用问卷式调查, 内容包括: 一般人口学特征、工作环境、生活习惯、既往病史、性功能状态、生殖器官现患病情况、配偶一般情况、工作环境、生活习惯、既往病史、孕产史、妊娠结局、子女一般情况<sup>[1]</sup>。

**1.3 统计学处理** 资料经人工校对和计算机逻辑校对后进行单因素分析及多因素 Logistic 回归分析。数据统计分析采用 SPSS 软件。

## 2 结 果

**2.1 作业区域微波辐射场强** 对不同地区 10 部雷达环境进行微波辐射强度测定, 结果为: 雷达工作仓内微波辐射最大测量值为  $19\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , 平均值符合国家标准。而发射机、机油房周围和天线束扫描区域内微波辐射为  $4.2955\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , 计算每台雷达微波辐射平均功率密度为  $30.6\sim 354.2\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , 10 部雷达漏辐射强度不同, 但均超

作者简介: 阎素文, 主任医师, 硕士生导师, 沈阳军区优生专业组组长。主要从事计划生育及生殖健康研究。已发表论文 50 余篇, 参编专著 2 部。E-mail: zhangng@mail-sy.ln.cn

作者单位: 110003 沈阳 解放军第 202 医院优生优育研究中心(阎素文、汤 洁、张 宁、丁晓萍、鲁海鸥、王喜良、周 敏、唐 轶)

基金项目: 全军“十五”计划基金重点课题(编号 01Z002)

过国家微波辐射卫生标准(GB10436-89)。对照组按相同方法测试,其工作、生活环境辐射未超过国家规定的公众照射导出限值(GB8702-88)(表 1)。

表 1 作业环境脉冲微波辐射功率密度监测结果

分 组	测量结果范围 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	平均功率密度 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	允许暴露 时间、剂量	平均功率密度超过卫生 标准( $25\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 倍数)
实验组	4.2~955.0	30.6~354.2	$25\mu\text{W}/8\text{h}$	0.2~13.16
对照组	0~10	0~0.2	24h	0

注:暴露时间按每天开机时间 6h 计算,每天暴露剂量为  $0.2\sim 2.1\text{mW}/\text{cm}^2$

2.2 两组人员性功能状况 实验组性欲减退发生率显著高于对照组 ( $P<0.05$ ),在性欲亢进、排精困难、早泄、阳痿方面,两组比较差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ,表 2)。

表 2 两组人员性功能变化例数

性功能情况	实验组( $n=424$ )	对照组( $n=204$ )
性欲减退	101(23.8%) <sup>(1)</sup>	30(14.7%)
性欲亢进	21(4.9%)	8(3.9%)
排精困难	12(2.8%)	5(2.4%)
早泄	39(9.1%)	13(6.3%)
阳痿	6(1.4%)	2(0.9%)
合计	179(42.0%) <sup>(1)</sup>	58(28.2%)

注:与对照组比较,(1)  $P<0.05$

将性欲因素作为因变量,以年龄、吸烟、饮酒、从事专业、从业时间、每日接触雷达时间、工作场所等 10 个因素为自变量,进行 Logistic 回归分析,结果提示:年龄、饮酒史、从事雷达工作年限及从事技师专业与性欲下降有密切关系,而与工作场所、每日接触雷达时间等因素无相关性(表 3)。

表 3 影响性欲减退多因素 Logistic 回归分析

影响因素	回归系数	标准误	P 值	OR 值	95%可信限	
					下限	上限
男性年龄	0.211	0.042	0.001	1.234	1.136	1.341
饮酒史	0.719	0.320	0.024	2.053	1.097	3.841
工作年限	0.822	0.034	0.050	1.662	1.007	2.347
技师专业	0.314	0.142	0.049	1.594	1.104	2.242

2.3 自然受孕情况 实验组婚后未采用避孕措施自然受孕者共计 298 人,对照组自然受孕者 147 人。实验组婚后半年、1 年自然受孕率显著低于对照组,而 2 年、3 年时自然受孕率又显著高于对照组(表 4)。实验组自然受孕时间明显滞后于对照组。实验组 424 对夫妇中患原发不孕症 22 人,占总人数的 5.2%。对照组 204 对夫妇患原发不孕症 8 人,占总人数的 3.9%,两组之间差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。

采用多因素 Logistic 回归分析法对实验组夫妇双方人口学特征、工作场所、生活习惯、性功能状况、每日雷

达接触时间、从业年限、现患病情况等 12 项因素进行了分析。将实验组结婚 3 年后自然受孕者以及结婚 2 年以上仍未怀孕者作为结果变量,发现实验组女方年龄、男方性欲减退、从事技师专业与怀孕滞后有密切相关性(表 5)。

表 4 两组人员自然受孕率比较(例)

婚后首次怀孕时间(年)	实验组( $n=424$ )	对照组( $n=204$ )
0.5	40(13.8%)	46(31.3%)
1	115(39.8%)	74(49.6%)
2	88(30.4%)	16(10.9%)
3	36(12.5%)	9(6.1%)
$\geq 4$	10(3.3%)	3(2.0%)

注:5 个时间点上任意两组比较,  $P<0.01$

表 5 实验组怀孕时间滞后妇女 Logistic 回归分析

影响因素	回归系数	标准误	P 值	OR 值	95%可信限	
					下限	上限
女性年龄	0.612	0.279	0.010	2.001	1.201	4.001
性欲下降	0.688	0.351	0.050	1.990	1.001	3.957
从事技师专业	0.591	0.194	0.030	1.741	0.914	2.859
从业时间	0.089	0.078	0.253	0.893	0.802	1.084
工作场所	0.074	0.090	0.413	1.076	0.902	1.420

2.4 妊娠结局情况 实验组现有子女 257 人,其中男孩 127 人,女孩 130 人,男女性别比例 0.98;对照组现有子女 126 人,其中男孩 62 人,女孩 64 人,男女性别比例 0.97。两组人员子代无性别比例失调。妊娠结局调查中自然流产、早产儿、胎儿宫内发育迟缓、巨大儿、死胎、死产、新生儿并发症、新生儿畸形发病率实验组与对照组总发病率分别为 26.2%、22.4%,两组间差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。

3 讨 论

有证据表明,中枢神经系统和神经内分泌系统是对微波辐射最敏感的部位,电磁场职业暴露者常有头昏、乏力、抑郁、失眠、记忆力减退等神经衰弱症候群,并有缓脉、血压降低等自主神经功能紊乱症状<sup>[2,3]</sup>。本项调查显示,雷达作业人员性功能异常发生率明显高于对照组,其中性欲减退最为突出,经多因素分析发现从事雷达工作时间以及从事技师专业与性欲减退的发生有密切相关性。这说明微波职业暴露对性中枢及神经内分泌均有干扰作用。因此可以把性功能减退诠释为神经衰弱综合征的部分表现。值得引起重视的是本组调查人员平均年龄 28 岁,正值生育高峰期,性功能减退高达 23.8%,提示长期低强度微波暴露可能会加速作业人员性功能随年龄性衰退的进程。

长期低强度微波暴露对男性生殖力是否有影响?本文对自然受孕率进行调查发现,雷达作业人员婚后半

- erogeneous nuclear ribonucleoprotein E1 in women with human papillomavirus mediated transformation of cervical tissue to cancer. *J Clin Pathol*, 2003, 56; 569
- 11 Ziegler G, Weinstein SJ, Fears R *et al*. Nutritional and genetic inefficiencies in one-carbon metabolism and cervical cancer risk. *J Nutr*, 2002, 132; 2345
  - 12 Park JS, Rhyu JW, Kim CJ *et al*. Neoplastic change of squamocolumnar junction in uterine cervix and vaginal epithelium by exogenous estrogen in HPV-18 URR E6/E7 transgenic mice. *Gynecol Oncol*, 2003, 89; 360
  - 13 Dalstein V, Riethmuller D, Pretet JL *et al*. Persistence and load of high-risk HPV are predictors for development of high-grade cervical lesions: a longitudinal French cohort study. *Int J Cancer*, 2003, 396
  - 14 Molano M, Van A, Plummer M *et al*. Determinant of clearance of human papillomavirus infections in Colombian women with normal cytology: a population-based, 5-year follow up study. *Am J Epidemiol*, 2003, 158; 486
  - 15 Schlecht NF, Platt RW, Duarte E *et al*. Human papillomavirus infections and time to progression and regression of cervical intraepithelial neoplasia. *J Natl Cancer Inst*, 2003, 95; 1336
  - 16 Clarke EA, Anderson TW. Dose screening by "Pap" smears help prevent cervical cancer? A case-control study. *Lancet*, 1979, 7; 1
  - 17 Petry KU, Menton S, Menton M. Inclusion of HPV testing in routine cervical cancer screening for women above 29 years in Germany: result for 8466 patients. *Br J Cancer*, 2003, 88; 71
  - 18 Mandelblatt JS, Lawrence WF, Gaffikin L. Costs and benefits of different strategies to screen for cervical cancer in less-developed countries. *J Natl Cancer Inst*, 2002, 94; 69
  - 19 ASCUS-LSIL Triage Study ALTS Group. Results of a randomized trial on the management of cytology interpretation of atypical squamous cells of undetermined significance. *Am J Obstet Gynecol*, 2003, 188; 1383
  - 20 Thomas D, Ray RM, Qin Q *et al*. Risk factors for progression of squamous cell cervical carcinoma in-situ to invasive cervical cancer: result of a multiple study. *Cancer Cause Control*, 2002, 13; 683
  - 21 Hofflin DV, Collinet P, Vinatier DA *et al*. Value of human papillomavirus testing after conization by loop electrosurgical excision for high-grade squamous intraepithelial lesions. *Gynecol Oncol*, 2003, 90; 587
  - 22 Costa S, Musiani M, De-Simone D *et al*. Factors predicting human papillomavirus clearance in cervical intraepithelial neoplasia lesions treated by conization. *Gynecol Oncol*, 2003, 90; 358

(2004-08-19 收稿 2004-11-05 修回)

(本文编辑 陈娟)

(上接 78 页)

年、1 年受孕率显著低于对照组, 2 年、3 年自然受孕率却明显高于对照组, 这表明男性作为怀孕的中介因素对妻子自然受孕规律产生了影响。多因素分析表明, 怀孕时间滞后与男方性欲减退以及男方从事技师专业有良好的相关性。已有实验证据表明, 雷达作业人员精子活动力、精子密度和精子形态均有改变, 精细胞 DNA 单链损伤比例增高<sup>[4~6]</sup>。这些现象说明, 微波辐射非热效应对男性生殖有潜在的不良影响, 雷达作业人员自然受孕时间滞后现象考虑与暴露者精液质量下降以及性功能异常改变有直接关系。提示长期低强度微波辐射对男性生殖可以产生亚临床损伤。

长期工作和生活低强度微波环境中的作业人员, 是否会产生子代遗传物质的损伤并诱发基因突变效应, 一直受到人们的关注。James<sup>[7,8]</sup> 研究发现, 长期暴露于微波环境中子代性别比存在偏倚现象, 并指出子代的性别比例失调可作为电磁辐射后生殖危害的评价指标。本项调查两组人员在自然流产、早产、死胎、死产、胎儿宫内发育迟缓、新生儿畸形、新生儿并发症等方面并未发现显著性变化, 两组新生儿性别比正常, 提示低强度微波接触对妊娠结局及子代健康无明显不良影响。但研究结果应

考虑对妊娠结局的评价目前尚缺乏亚临床损伤评估指标, 例如着床前的胚胎丢失、早孕、自然流产等。因此, 雷达环境因素是否对精子细胞遗传稳定性产生影响还有待设计更完善的大规模人群调查研究。

## 参 考 文 献

- 1 邓庆高, 彭瑞元. 主编. 男性科临床手册. 南昌: 江西科学出版社, 1996. 161—169
- 2 王德文, 彭瑞元. 电磁辐射的损伤与防护. *中华劳动卫生职业病杂志*, 2003, 21(5); 321
- 3 Fedorowski A, Steciwko A. Biological effects of non-ionizing electromagnetic. *Med Pr*, 1998, 49(1); 93
- 4 Weyandt TB, Schrader SM, Turner TW *et al*. Semen analysis of military personnel associated with military duty assignments. *Reprod Toxicol*, 1996, 10(6); 5218
- 5 Hjollund NHI, Bonde JPE, Skotte J. Semen analysis of personnel operating military radar equipment. *Reprod Toxicol*, 1997, 11(6); 897
- 6 柳鑫, 闫素文, 丁晓萍等. 雷达作业人员精子染色质结构分析. *中华男科学杂志*, 2003, 9(7); 494
- 7 James WH. Offspring sex ratio as a monitor of the potential reproductive hazard of exposure to microwave radiation. *Reprod Toxicol*, 1999, 13(3); 233
- 8 James WH. The sex ratios of offspring of people exposed to non-ionizing radiation. *Occup Environ Med*, 1997, 54(8); 522

(2004-09-04 收稿 2004-11-15 修回)

(本文编辑 李恩江)