

## 1 800 MHz 电磁波对大鼠心肌氧化应激的影响

刘松<sup>1)</sup>, 武慧欣<sup>2)</sup>, 周浩<sup>3)</sup>, 李宏玲<sup>4)</sup>, 张媛<sup>5)</sup>, 吴锡南<sup>6)</sup>

(1) 深圳市光明新区疾病预防控制中心, 广东深圳 518000; 2) 昆明医科大学公共卫生学院, 云南昆明 650500; 3) 广州市第十二人民医院, 广东广州 510620; 4) 广东省职业病防治院, 广东广州 510300; 5) 昆明医科大学生物医学工程研究中心; 6) 昆明医科大学研究生部, 云南昆明 650500)

**[摘要]** 目的 识别 1 800 MHz 电磁辐射对大鼠心肌组织氧化应激的影响. 方法 采用 0.5 mW/cm<sup>2</sup> 和 1.0 mW/cm<sup>2</sup> 功率密度的 1 800 MHz 电磁辐射连续暴露雄性 SD 大鼠 21 d, 每天暴露 12 h, 然后测定其心肌组织中的超氧化物歧化酶 (SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 和过氧化氢酶 (CAT) 活性. 结果 0.5 mW/cm<sup>2</sup> 强度下暴露组心肌组织中 SOD、GSH-Px 和 CAT 活性低于虚拟暴露组, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 1.0 mW/cm<sup>2</sup> 强度下的暴露组和虚拟暴露组心肌组织中 SOD、GSH-Px 和 CAT 活性差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ). 结论 0.5 mW/cm<sup>2</sup> 的功率密度的 1 800 MHz 电磁辐射致使大鼠心肌组织中 SOD、CAT 和 GSH-Px 的活性降低, 产生氧化应激反应.

**[关键词]** 电磁辐射; 心肌; 氧化应激

**[中图分类号]** X591 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 2095 - 610X (2014) 06 - 0009 - 03

## Effects of Oxidative Stress on Myocardium of Rats Induced by 1800MHz Electromagnetic Radiation

LIU Song<sup>1)</sup>, WU Hui-xin<sup>2)</sup>, ZHOU Hao<sup>3)</sup>, LI Hong-ling<sup>4)</sup>, ZHANG Yuan<sup>5)</sup>, WU Xi-nan<sup>6)</sup>

(1) Guangming District Center for Disease Control and Prevention, Shenzhen Guangdong 518000; 2) School of Public Health, Kunming Medical University, Kunming Yunnan 650500; 3) Guangzhou No.12 Hospital, Guangzhou Guangdong 510620; 4) Guangdong Prevention and Treatment Center for Occupational Disease, Guangzhou Guangdong 510300; 5) Biomedical Engineering Research Centre, Kunming Medical University, Kunming Yunnan 650500; 6) Graduate Department, China)

**[Abstract]** **Objective** To identify the effects of oxidative stress radiation on myocardium of rats after exposure to 1800MHz electromagnetic. **Methods** The SD rats were exposed to 1800 MHz electromagnetic radiation 12 hours eachday (0.5 mW/cm<sup>2</sup> and 1.0mW/cm<sup>2</sup> power density), for 21days, and then the activity of superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GSH - Px) and catalase (CAT) were determined. **Results** In 0.5 mW/cm<sup>2</sup> group, the activity of SOD, GSH-Px and CAT in myocardium in experimental groups were lower than in control group ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** After exposure to 0.5mW/cm<sup>2</sup> power density of 1800MHz electromagnetic radiation, the activity of SOD, GSH-Px and CAT can be decreased in myocardium that lead to the oxidative stress in myocardium in rats.

**[Key words]** Electromagnetic radiation; Myocardium; Oxidative stress

随着科学技术与社会经济的快速发展, 计算机、家用电器、移动电话、雷达等电子设备在人们的生活中扮演着日益重要的角色, 移动电话作为移动通信中不可缺少的主要工具, 已经深入到生活的

方方面面, 成为人们不可缺少的伴侣. 然而不少人在享受移动电话带来的方便的同时, 也越来越关注其对健康的影响. 心脏是电磁辐射的敏感靶器官之一<sup>[1]</sup>, 邓桦等研究发现, 电磁辐射可造成心脏组织

**[基金项目]** 国家自然科学基金资助项目 (30771773)

**[作者简介]** 刘松 (1982~), 男, 河南商丘市人, 硕士研究生, 主治医师, 主要从事环境卫生学与职业卫生学工作.

**[通讯作者]** 吴锡南. E-mail:xinanw@yahoo.com.cn; 张媛. E-mail:yuanzi730@163.com

结构和功能的损伤,发现经高功率微波(HPM)和电磁脉冲(EMP)辐照后,心肌细胞搏动减慢,形态异常,活力下降,凋亡和坏死率明显增加<sup>[2-3]</sup>。流行病学调查结果显示,电磁波暴露人群可出现不同程度的心脏功能改变<sup>[4-7]</sup>。目前电磁波导致心脏结构和功能改变的机制尚不十分清楚,但有研究报道在许多病理条件下的心肌组织中都发现有过量的氧自由基产生,氧化应激是多种情况下造成心肌损伤的共同机制,可以引起心肌细胞凋亡或坏死<sup>[8]</sup>。本次研究模拟移动电话电磁波,通过测定经 1 800 MHz 电磁波暴露后大鼠心肌组织中的 SOD、CAT、GSH-Px 活性,观察移动电话电磁辐射是否会引起大鼠心肌组织的氧化应激,从而探讨移动电话电磁波对心脏的效应机制。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验动物及分组

5 周龄的雄性 SD 大鼠 40 只,合格证号:SCXK(沪)2007-0005,称其体重然后采用随机数字表方法将大鼠完全随机分为暴露组和虚拟暴露组。

分别将 10 只实验大鼠放在暴露箱和虚拟暴露箱中,置于暴露室底部中央。暴露组在 1 800 MHz 电磁场中功率密度分别为 0.5 和 1.0 mW/cm<sup>2</sup> 条件下照射;每天 12 h (8:30 ~ 20:30),连续暴露 21 d。实验分 2 批进行,分别为实验 I 组(0.5 mW/cm<sup>2</sup> 暴露组和虚拟暴露组)和实验 II 组(1.0 mW/cm<sup>2</sup> 暴露组和虚拟暴露组)。实验期间,动物自由饮水和进食,温度、湿度、背景噪声等环境条件稳定,实验室射频场(RF-EMF)背景值频宽范围(1 800 ± 500) MHz,功率密度为 30 ~ 70 μW/cm<sup>2</sup>。当暴露室微波发生器关或开产生实验要求照射强度时,虚拟暴露室内上述频宽范围功率密度仍然在 30 ~ 70 μW/cm<sup>2</sup> 之间波动。

### 1.2 暴露装置及参数测定

**1.2.1 暴露系统** 暴露装置源于德国电信公司为德国国家环境与健康研究中心(GSF)毒理所提供的标准欧洲数字式 GSM 移动通信暴露系统,由 2 个独立的暴露室(70 cm × 60 cm × 220 cm)组成。通信天线置于每个暴露室顶部。惠普公司生产的信号发生装置(8614A Signal Generator 0.8 ~ 2.4 GHz)连接 1 个放大器(SCD Amplificateur Lineaire 1.3 ~ 2.6 GHz made France)产生 1 800 MHz 射频场。实验大鼠置于 60 cm × 40 cm × 20 cm 的有机玻璃暴露箱中,分别安放在 2 个暴露室中。暴露装置的 2 个暴露室结构和容量相同,左侧暴露室安装暴露设

备,能产生特定功率密度的 1 800 MHz 连续电磁波,右侧暴露室安装虚拟暴露设备,不产生电磁波。安放在左侧暴露室的动物在暴露装置开启时接受全身 1 800 MHz 电磁波暴露,同时右侧暴露室的动物作为对照组进行虚拟暴露并能屏蔽左室发射的电磁波。为了消除电磁波的反射和折射,暴露室内壁附有微波吸收材料。

**1.2.2 暴露参数测定** 使用美国 Narda 微波辐射测试仪(Narda Path Alignment System: Microwave Unit, Model 7620)频谱分析仪(Spectrum Analyzer, Hewlett Parkard 8592C)定期测试。

### 1.3 主要实验仪器及试剂

药物天平(北京医用天平厂);752 紫外分光光度计(上海分析仪器厂);S648 电热恒温水箱(上海实验设备厂);LXJ-64-01 低速离心机(北京时代北利);7620 微波辐射测试仪(美国 Narda 公司)和 8592C 型频谱分析仪(美国惠普公司)SOD、CAT 和 GSH-Px 试剂盒(南京建成生物工程研究所)。

### 1.4 SOD、CAT 和 GSH-Px 的测定方法

断头处死大鼠,迅速取其左心室肌肉组织 0.5 g,制成 10%的组织匀浆,2 000 r/min 离心 8 min,弃去沉淀,留上清液。采用黄嘌呤法,在波长 550 nm 测其吸光度,计算出组织中的 SOD 活性;采用酶促反应中还原型谷胱甘肽的消耗的方法,在波长 412 nm 处测其吸光度,计算出 GSH-Px 的活性;采用紫外分光法,在波长 405 nm 处测其吸光度,计算出 CAT 活性。

### 1.5 统计学处理

采用社会科学统计软件包(statistical package for social sciences, SPSS)分析处理,分别对各测试指标的虚拟暴露组和暴露组进行两独立样本 *t* 检验,检验水准取  $\alpha = 0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 0.5 mW/cm<sup>2</sup> 强度下大鼠心肌组织中抗氧化酶活性

0.5 mW/cm<sup>2</sup> 暴露强度下,暴露 I 组与虚拟暴露 I 组相比,大鼠心肌组织中 SOD、CAT、GSH-Px 活性降低,见表 1。

### 2.2 1.0 mW/cm<sup>2</sup> 强度下大鼠心肌组织中抗氧化酶活性

1.0 mW/cm<sup>2</sup> 暴露强度下,暴露 II 组与虚拟暴露 II 组相比,大鼠心肌组织中 SOD、CAT、GSH-Px 活性差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 2。

表1 0.5 mW/cm<sup>2</sup>强度下大鼠心肌组织中抗氧化酶活性  $[(\bar{x} \pm s), U/mgprot]$ Tab 1 The activity of antioxidant enzymes on myocardium under the 0.5 mW/cm<sup>2</sup> power density  $[(\bar{x} \pm s), U/mgprot]$ 

组别	n	SOD	GSH-Px	CAT
暴露 I 组	10	13.71 ± 1.92*	173.83 ± 32.54*	1.12 ± 0.25*
虚拟暴露 I 组	10	18.40 ± 3.71	210.62 ± 29.27	1.58 ± 0.49

与虚拟暴露 I 组相比, \*P < 0.05.

表2 1.0 mW/cm<sup>2</sup>强度下大鼠心肌组织中抗氧化酶活性  $[(\bar{x} \pm s), U/mgprot]$ Tab. 2 The activity of antioxidant enzymes on myocardium under the 1.0 mW/cm<sup>2</sup> power density

$[(\bar{x} \pm s), U/mgprot]$

组别	n	SOD	GSH-Px	CAT
暴露 II 组	10	38.38 ± 4.33	70.20 ± 10.81	2.24 ± 0.47
虚拟暴露 II 组	10	35.24 ± 5.21	67.81 ± 7.54	2.27 ± 0.52

### 3 讨论

氧化应激是指机体在遭受各种有害刺激时,体内高活性分子产生过多,氧化与抗氧化作用失衡,从而导致组织损伤,是由自由基在体内产生的一种负面作用,并被认为是导致衰老和疾病的一个重要因素. SOD、CAT、GSH-Px是酶抗氧化系统的重要成员,其活性直接反应了机体对自由基的清除能力.

国外有研究表明移动电话电磁辐射可导致动物心肌组织中抗氧化酶活性降低. Fehmi Ozguner 等用 900 MHz、功率密度为 1.04 mW/cm<sup>2</sup> 的电磁波照射大鼠 10 d,同时另设 1 个对照组和咖啡酸苯乙酯拮抗组,发现暴露组大鼠心肌组织中 SOD、GSH-Px 和 CAT 的活性明显低于对照组和抗氧化剂拮抗组,得到了和本次实验类似的结果<sup>[9]</sup>.

当前人们所受到的非自然辐射主要集中在 0 ~ 300 GHz,世界卫生组织将它分为:静态场(0 Hz),极低频场(>0 ~ 100 KHz),射频场(100 KHz ~ 300 GHz)<sup>[10]</sup>.移动电话系统多使用 800 MHz ~ 2 000 MHz 频率段,属于射频场范围. ICNIRP 推荐的公众暴露限值在 1 800 MHz 时为 0.9 mW/cm<sup>2</sup>,本研究选用的是 1 800 MHz,功率密度为 0.5 mW/cm<sup>2</sup> 和 1.0 mW/cm<sup>2</sup>,在上述值的左右两端,可以很好地模拟移动电话.从本次实验得到的结果可以看到,0.5mW/cm<sup>2</sup> 组 SD 大鼠的心肌组织中 3 种抗氧化酶的活性降低,结合对照组的情况,可以认为大鼠心肌组织发生了过氧化反应,消耗了大量的抗氧化酶.消耗了大量的抗氧化酶.而 1.0 mW/cm<sup>2</sup> 强度组中暴露组大鼠心肌组织中的 SOD、GSH-Px 和 CAT 的活性略高于虚拟暴露组,差异没有统计学意义.但是随着暴露强度的增高,却

出现了不一样的结果,这很有可能和电磁辐射非热效应的“窗”效应及非线性特点有关.氧化应激可以通过多种机制引起心肌细胞凋亡或坏死,本次研究结果为电磁辐射对心肌的效应提供了基础依据,为进一步研究电磁波导致心脏结构和功能的改变起到了推动作用.氧化应激可以通过多种机制引起心肌细胞凋亡或坏死,本次研究结果为电磁辐射对心肌的效应提供了基础依据,为进一步研究电磁波导致心脏结构和功能的改变起到了推动作用.

#### [参考文献]

- [1] 窦燕,王德文,张闽峰. 电磁辐射对心脏影响的研究进展[J]. 现代预防医学,2009,34(6):1 044 - 1 046.
- [2] 邓桦,王德文,彭瑞云,等. 高功率微波对大鼠心肌组织结构损伤及凋亡相关基因表达的研究[J]. 军事医学科学院院刊,2003,27(1):30 - 32.
- [3] 任东青. 电磁脉冲对大鼠心脏功能、形态的影响及其机理的探讨[D]. 西安:第四军医大学博士学位论文,2000.
- [4] 姜槐,胡根林. 工频磁场影响细胞间隙连接通讯功能及其机制的研究[J]. 自然科学进展,2003,12(4):356 - 359.
- [5] WANG SHAO GUANG. Electroacupuncture Treatment for Constipation Due to Spasmodic Syndrome of the Pelvic Floor[D]. Journal of Traditional Chinese Medicine. 西安:第四军医大学硕士学位论文,2001.
- [6] 刘文魁. 物理因子与职业病[M]. 北京:人民卫生出版社,1998:348 - 352.
- [7] JAUCHEM J R. Exposure to extremely-low-frequency electromagnetic fields and radiofrequency radiation: cardiovascular effects in humans [J]. Int Arch Occup Environ Health,1997,70(1):9 - 21.
- [8] 宋学立,钱令嘉. 氧化应激和心肌损伤[J]. 国外医学(卫生学分册),2000,26(1):30 - 56
- [9] FEHMI OZGUNERA, AHMET ALTINBASB, MEHMET O ZAYDIN, et al. Mobile phone-induced myocardial oxidative stress: protection by a novel antioxidant agent caffeic acid phenethyl ester [J]. Toxicology and Industrial Health, 2005,21(9):223-230.

(2014 - 03 - 13 收稿)