

· 论            著 ·

# 微波辐射对雷达官兵 T 细胞亚群和血细胞的影响

罗春生, 罗显荣, 马聪暖

[摘要] 目的 调查雷达微波对 T 淋巴细胞和外周血细胞的影响。方法 检测雷达官兵和非雷达官兵各 44 名外周血 T 细胞亚群和血细胞计数。结果 雷达兵组 CD4<sup>+</sup>细胞百分比(46.80±7.95)%明显低于对照组(53.44±7.05)%,差异有统计学意义( $P<0.01$ )。雷达兵组 CD4<sup>+</sup>细胞计数(700.88±167.81)个/ $\mu$ L 明显低于对照组(823.44±315.66)个/ $\mu$ L,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>雷达兵组(1.10±0.36)明显低于对照组(1.37±0.41),差异有统计学意义( $P<0.01$ )。雷达兵组血红蛋白(134.9±24.05)g/L 低于对照组(148.7±11.20)g/L,差异有统计学意义( $P<0.01$ )。结论 雷达微波可能影响雷达官兵的细胞免疫功能和血红蛋白。

[关键词] 微波;雷达;细胞免疫

[中图分类号] R144      [文献标志码] A      doi:10.3969/j.issn.1672-271X.2015.06.012

**Research of radar microwave on T-cell and blood cell of officers and soldiers in the radar station**  
*LUO Chun-sheng, LUO Xian-rong, MA Cong-nuan. Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, 458 Hospital of PLA, Guangzhou, Guangdong 510602, China*

[Abstract] **Objective** To survey the effect of microwave of radar on T-cell and blood cell. **Methods** The T-cell and blood cell were determined in 44 officers of radar stations (radar group) and 44 officers who did not work in the radar stations (control group). **Results** The CD4<sup>+</sup> in the radar group was significantly lower than that of the control group [(46.80±7.95)% vs. (53.44±7.05)%,  $P<0.01$ ], CD4<sup>+</sup> were significantly lower than that of the control group [(700.88±167.81)/ $\mu$ L vs. (823.44±315.66)/ $\mu$ L,  $P<0.05$ ], and CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup> ratio were significantly lower than that of the control group [(1.10±0.36) vs. (1.37±0.41),  $P<0.01$ ]. The Hb in the radar group was also significantly decrease than that of the control group [(134.9±24.05) g/L vs. (148.7±11.20) g/L,  $P<0.01$ ]. **Conclusion** The microwave of radar may affect function of cellular immunity and hemoglobin of soldiers who worked in radar stations.

[Key words] microwave; radar; cellular immunity

随着微波技术在日常生活中广泛应用,其辐射污染已成为第四大污染。研究显示,微波辐射可能引起机体生理指标、遗传效应和人体免疫功能的改变,对机体健康和免疫功能产生影响<sup>[1]</sup>。免疫系统是微波辐射敏感的靶系统之一,微波辐射对免疫系统尤其是淋巴细胞作用的影响已成为研究微波辐射损伤效应的重要内容。为了解雷达微波辐射对官兵的细胞免疫功能和外周血细胞的影响,我们检测某部雷达站 44 名官兵外周血细胞和 T 细胞亚群,旨在了解雷达微波辐射对机体的影响。

## 1 对象与方法

**1.1 研究对象** 某部雷达站官兵 44 名为雷达兵组,均为男性,年龄 19~35(25.7±4.1)岁,均为在该站工作 1 年以上的官兵。同期抽取山下某部非雷达站官兵 44 名为对照组,均为男性,年龄 19~35(25.6±4.2)岁。

**1.2 方法** 两组官兵于同一周内清晨安静空腹抽取肘静脉血 5 mL。用流式细胞仪检测血中 CD4<sup>+</sup>和 CD8<sup>+</sup>细胞百分比和绝对计数,抽取 1 mL 血用于外周血细胞检查。流式细胞仪为美国 BD 公司产 FACS calibur,试剂均购自 BD 公司。按操作要求检测 T 淋巴细胞亚群。血球分析仪为深圳产迈瑞 3000 型。

**1.3 统计学处理** 用 SPSS 10.0 软件包进行统计学分析。计量资料用均值±标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示,两组均数比较用  $t$  检验。 $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 外周血 T 细胞亚群的检测结果** 雷达官兵外周血 CD4<sup>+</sup>和 CD8<sup>+</sup>比例和绝对数见表 1。雷达兵组与对照组相比,CD4<sup>+</sup>细胞百分比( $P<0.01$ )、CD4<sup>+</sup>细胞绝对值( $P<0.05$ )均明显低于对照组;而两组 CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>比值相比较,雷达兵组明显低于对照组,差异有统计学意义( $P<0.01$ )。

**2.2 外周血细胞检测结果** 雷达兵外周血红细胞、血红蛋白、白细胞和血小板见表 2。雷达兵组与对

基金项目: 全军医学科研计划项目(CWS12J009)  
作者单位: 510602 广东广州,解放军 458 医院心胸外科

表 1 两组外周血 CD4<sup>+</sup> 和 CD8<sup>+</sup> 细胞百分比和绝对值(  $\bar{x}\pm s$  )

组别	<i>n</i>	CD4 <sup>+</sup> (%)	CD8 <sup>+</sup> (%)	CD4 <sup>+</sup> (个/ $\mu$ L)	CD8 <sup>+</sup> (个/ $\mu$ L)	CD4 <sup>+</sup> /CD8 <sup>+</sup> 比值
雷达兵组	44	46.80 $\pm$ 7.95 <sup>**</sup>	43.44 $\pm$ 7.20	700.88 $\pm$ 167.81 <sup>*</sup>	663.59 $\pm$ 212.40	1.10 $\pm$ 0.36 <sup>**</sup>
对照组	44	53.44 $\pm$ 7.05	40.75 $\pm$ 6.93	823.44 $\pm$ 315.66	618.1 $\pm$ 224.99	1.37 $\pm$ 0.41

注:与对照组比较,<sup>\*</sup>*P*<0.05,<sup>\*\*</sup>*P*<0.01

表 2 两组外周血细胞检测结果(  $\bar{x}\pm s$  )

组别	<i>n</i>	白细胞 ( $\times 10^9$ /L)	淋巴细胞 ( $\times 10^9$ /L)	中性粒细 胞( $\times 10^9$ /L)	血红蛋白 (g/L)	红细胞 ( $\times 10^{12}$ /L)	平均红细胞血 红蛋白浓度(g/L)	血小板 ( $\times 10^9$ /L)
雷达兵组	44	5.98 $\pm$ 1.10	2.07 $\pm$ 0.36	3.37 $\pm$ 0.94	134.9 $\pm$ 24.05 <sup>*</sup>	4.57 $\pm$ 0.31	384.9 $\pm$ 13.26 <sup>*</sup>	227.3 $\pm$ 5.61
对照组	44	5.79 $\pm$ 1.19	2.03 $\pm$ 0.48	3.19 $\pm$ 0.82	148.7 $\pm$ 11.20	4.72 $\pm$ 0.42	369.0 $\pm$ 14.14	210.65 $\pm$ 42.48

注:与对照组比较,<sup>\*</sup>*P*<0.01

照组比较,血红蛋白明显低于对照组(*P*<0.01),而平均红细胞血红蛋白浓度则明显高于对照组(*P*<0.01)。白细胞、淋巴细胞及中性粒细胞血小板计数高于对照组,红细胞计数低于对照组,但差异均无统计学意义(*P*>0.05)。

3 讨 论

微波指波长在 1 mm~1 m、频率 300~300 GHz 的电磁波。微波辐射属于非电离辐射,微波对生物体的作用主要表现为热效应和非热效应。当大剂量或者长期照射后能够影响中枢神经、心血管、生殖、造血、免疫系统等的功能障碍,引起头痛、血压波动、心动过速、失眠、乏力、记忆力衰退等症状<sup>[2]</sup>。免疫系统是机体抵御外来病原体及有效防止肿瘤形成和生长的重要屏障,其中淋巴细胞是构成免疫系统的细胞,可分为许多表型与功能不同的群,如 T 细胞、B 细胞、NK 细胞等。T 细胞和 B 细胞还可进一步分为若干亚群。这些淋巴细胞及其亚群在免疫应答过程中相互协调、相互制约,共同完成对抗原的识别、应答和清除,在维持机体内环境的稳定中起着重要的作用。

T 细胞执行细胞免疫功能,不仅有直接的免疫效应功能,同时还通过产生多种细胞因子以及表达粘附分子而与其他免疫细胞直接或间接接触,发挥广泛的免疫调节作用。根据 T 细胞表面标志及功能特点,可分为诱导/辅助性 T 细胞(Ti/Th)、迟发型超敏反应 T 细胞(T<sub>DTH</sub>)、抑制性 T 细胞(Ts)、反抑制性 T 细胞(Tcs)、细胞毒性 T 细胞(Tc)等。根据 T 细胞表面表达不同的分化群(cluster of differentiation,CD)分子可分为 CD4<sup>+</sup>、或 CD8<sup>+</sup>T 细胞;CD4<sup>+</sup>存在于 T<sub>i</sub>/T<sub>H</sub>、T<sub>DTH</sub> 表面,CD8<sup>+</sup>存在于 T<sub>c</sub>、T<sub>cs</sub> 及 T<sub>s</sub> 表面,分别发挥辅助、诱导和抑制、杀伤等功能。

免疫系统对电磁波较为敏感,主要引起免疫抑制反应、功能下降,早期可见外周血淋巴细胞减少,

T 细胞及其亚群比例失调,免疫球蛋白下降,白细胞吞噬功能减弱,外周血淋巴细胞凋亡率增高,淋巴组织(脾、淋巴结、胸腺等)及淋巴细胞变性、凋亡和坏死。国外研究表明低场强电磁波暴露后 T 细胞亚群并无变化<sup>[3]</sup>;而高场强电磁波暴露后 T 细胞亚群有明显差异<sup>[4]</sup>。尹金玲等<sup>[5]</sup>对 29 名高功率微波从业人员的 外周血 T 淋巴细胞酸性非组蛋白进行染色分析,提示高功率微波下调 T 细胞的免疫活性,抑制机体的免疫功能。李翔等<sup>[6]</sup>报道在毫米波存在的环境中工作 1~10 年,出现红细胞数及血红蛋白量降低、白细胞总数降低,淋巴细胞数增高,血小板减少等。Polak 等<sup>[7]</sup>认为,电磁场可减少白细胞的数量、引起细胞代谢异常,并影响其增殖而且具有使白细胞染色体增殖异常,染色体缺失,DNA 无序合成等影响,同时改变细胞动力及自然杀伤细胞 NK 活性。胡海翔等<sup>[8]</sup>研究发现雷达作业组 CD3<sup>+</sup>、CD4<sup>+</sup>均较对照组低,提示免疫功能降低。还有研究发现,高空飞行环境下,电磁辐射可使飞行员的免疫指标发生改变,IgG、IgM 降低,C3、C4 增高,并且 IgM 随着飞行时间的增加而降低<sup>[9]</sup>。

研究发现微波还可引起外周血细胞的变化,但由于各实验采用的微波频率和功率、辐射时间和方式、实验动物种属等因素的不同,导致结果不尽相同。马菲等<sup>[10]</sup>报道长期高强度电磁辐射接触人群(作业场平均功率密度为 1.1~21.2 mW/cm<sup>2</sup>)的外周血血红蛋白及血小板均显著下降(*P*<0.01),其余未见显著差异。Forgacs 等<sup>[11]</sup>利用频率为 1800 MHz、功率密度为 100 mW/cm<sup>2</sup>的微波对 NMRI 小鼠进行辐射,观察到辐射后小鼠外周血红细胞计数和血细胞比容均有升高。宋微等<sup>[12]</sup>研究发现,5~10 mW/cm<sup>2</sup>微波长期(30~180 d)辐射可导致大鼠造血系统形态和功能改变,且与辐射剂量有关。

(下转第 638 页)

质量受到严重影响。本研究中对照组患者均于术后 3 年内死亡,结果并不能令人满意,表明晚期胃癌患者行非切除术生存时间同样受到限制。比较而言,腹腔镜姑息性切除术组患者术后生存时间明显优于腹腔镜非切除术者,且患者术后症状有效缓解,生活质量明显提高。这是因为:①腹腔镜姑息性切除术后减轻了肿瘤的毒性及机体的肿瘤负荷,也避免了肿瘤引起的出血、穿孔等潜在并发症;②病灶切除后为术后化疗及其他综合治疗创造了条件,提高了疗效,延长了患者的生存时间<sup>[15]</sup>;③术后患者临床症状得到改善,痛苦减轻,心理压力减轻,能更加积极的配合治疗。因此,对晚期胃癌患者行腹腔镜姑息性胃切除术应持更加积极的态度。

【参考文献】

[1] 陈晓宇,黄 陈,裴正军.早期胃癌的治疗现状与进展[J].现代生物医学进展,2015,15(12):2352-2354.  
[2] 朱正纲.进一步重视胃癌转移复发的预防与治疗[J].外科理论与实践,2015,20(1):1.  
[3] 张志栋,李 勇,赵 群.胃癌微创治疗的进展[J].中国全科医学,2015,18(3):259-262.  
[4] Kitano S, Iso Y, Moriyama M, et al. Laparoscopy-assisted Billroth I gastrectomy [J]. Surg Laparosc Endosc, 1994, 4(2):146-148.  
[5] 刘春晓,姜宝法,徐 敏,等.胃癌患者的生活质量调查[J].中国临床康复,2006,10(18):20-22.

(上接第 603 页)

本研究雷达站官兵 CD4<sup>+</sup>细胞分类、绝对计数和 CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>比值均明显低于对照组 ( $P<0.05$  或  $0.01$ ),外周血血红蛋白明显低于对照组 ( $P<0.01$ ),红细胞计数低于对照组虽差异无统计学意义,但平均红细胞血红蛋白浓度高于对照组 ( $P<0.01$ ),说明雷达官兵外周血红细胞计数减少。由于雷达部队官兵接触电磁辐射具有剂量高、时间长等特点,这些结果提示,雷达微波慢性作用可能影响官兵的 T 细胞亚群计数、血红蛋白浓度和红细胞计数,雷达官兵外周血淋巴细胞计数虽不低于对照组,但其淋巴细胞亚群有变化。雷达官兵长期生活在微波环境中,应加强对从业人员的防护,预防微波辐射。

【参考文献】

[1] 李延忠,陈少华,赵科伙,等.微波辐射对机体健康和免疫功能的影响[J].中华劳动卫生职业病杂志,2013,31(8):602-605.  
[2] 夏红杰,王德文.微波电磁辐射对生物体的影响[J].辐射研究与辐射工艺学报,2008,26(5):261-265.  
[3] Boscolo P, Bergamaschi A, Di Sciascio MB, et al. Effects of low frequency electromagnetic fields on expression of lymphocyte subsets and production of cytokines of men and women employed in a museum [J]. Sci Total Environ,2001,270(1-3):13-20.

[6] 邹小农,段纪俊,皇甫小梅,等.2004-2005 年全国死因回顾抽样调查胃癌死亡率分析[J].中华预防医学杂志,2010,44(5):390-397.  
[7] 杨永锐,徐志峰,王明元,等.姑息性全胃切除术治疗Ⅳ期胃癌的临床价值研究[J].西部医学,2010,22(3):468-469.  
[8] Hanazaki K, Sodeyama H, Mochizuki Y, et al. Palliative gastrectomy for advanced gastric cancer [J]. Hepato-gastroenterology, 2001, 48(37):285-289.  
[9] 沙洪存,洪晓明,戴珍珍,等.腹腔镜远端胃癌 D2 根治术治疗无浆膜层侵犯的进展期胃癌[J].中华普通外科杂志,2014,29(10):737-739.  
[10] 沈海龙,狄长安,朱 江.微创根治手术对进展期胃癌患者的近期和远期效果的影响[J].世界华人消化杂志,2015,23(3):432-437.  
[11] Deng Y, Zhang Y, Guo TK. Laparoscopy-assisted versus open distal gastrectomy for early gastric cancer: a meta-analysis based on seven randomized controlled trials[J]. Surg Oncol, 2015, 24(2):71-77.  
[12] 杨志忠.胃肠道肿瘤患者围手术期不同营养支持方法的研究[J].第三军医大学学报,2015,28(5):844-846.  
[13] 李 坤,赵丽君,韩晓鹏,等.损伤控制外科及加速康复外科理念在腹腔镜胃癌根治术中的应用[J].东南国防医药,2014,16(5):460-461.  
[14] 邓 欢,赵丽君,吴金玲,等.加速康复外科护理在腹腔镜胃癌根治术患者中的应用[J].东南国防医药,2014,16(2):199-199.  
[15] 汪龙庆,高 波,王世宇,等.DCS 方案新辅助化疗治疗Ⅲ期胃癌 64 例近期疗效的临床研究[J].中国现代普通外科进展,2015,18(1):34-38.

(收稿日期:2015-08-02;修回日期:2015-08-28)  
(本文编辑:黄攸生)

[4] Cui YF, Yang H, Gao YB, et al. Effect and mechanism of electronic magnetic pulse on peripheral lymphocytes [J]. Chin Med J, 2001,114(10):1019-1021.  
[5] 尹金玲,张天许.高功率微波辐射对人体 T 淋巴细胞免疫活性的影响[J].中国工业医学杂志,2005,18(5):305-306.  
[6] 李 翔,胡向军,彭瑞文.毫米波辐射的生活效应研究概况[J].解放军预防医学杂志,2007,25(15):379-382.  
[7] Polak A, Franek A, Taradaj J, et al. Estimation of magnetic radiation effects on leucocytes[J].Pol Merkuriusz Lek, 2006,20(117):350-354.  
[8] 胡海翔,方 红,罗少波,等.微波辐射损伤雷达作业人员外周血 T 淋巴细胞免疫活性[J].西南国防医药,2010,20(6):593-595.  
[9] 晏雪婷,程苏琴,朱美财,等.高空电磁辐射对运输机飞行员免疫球蛋白与补体的影响[J].东南国防医药,2015,17(4):339-341.  
[10] 马 菲,熊鸿燕,张 耀,等.高强度电磁辐射对长期暴露人群血液成分的损伤效应研究[J].疾病控制杂志,2005,9(5):437-440.  
[11] Forgacs Z, Kubinyi G, Sinay G, et al. Effects of 1800 MHz GSM-like exposure on the gonadal function and hematological parameters of male mice[J].Magy Onkol, 2005, 49(2):149-151.  
[12] 宋 薇,彭瑞云,高亚兵.微波辐射对大鼠造血组织形态和功能的影响研究[J].解放军医学杂志,2011,36(3):297-300.

(收稿日期:2015-08-10;修回日期:2015-09-02)  
(本文编辑:齐 名; 英文编辑:王建东)