

· 论 著 ·

电磁脉冲对猕猴血清激素水平影响的研究

曹晓哲 王德文 赵梅兰 高亚兵 崔雪梅 彭瑞云 张友仁

【摘要】 目的 通过对电磁脉冲(EMP)辐照后猕猴血液中雌二醇(E₂)、睾酮(Testo)、促甲状腺激素(TSH)、游离甲状腺素 T₄(FT₄)、皮质醇(Cort)、醛固酮(Ald)及生长激素(HGH)的动态观察,探讨 EMP 对内分泌系统的影响。**方法** 成年猕猴 5 只,雄性 2 只,雌性 3 只,辐照前采血做自身对照。电磁脉冲源场强为 6×10^4 V/m,每 5 min 进行 30 次辐照(脉冲上升时间为 20 ns,脉宽为 25 ~ 30 μ s)。于辐照后 1 h、6 h、24 h、3 d、7 d、14 d 及 28 d 分别采血,用放射免疫法在 FT630 放免测定仪上进行统一测定。所有数据经 SPSS 8.0 统计软件处理,并进行 *t* 检验。**结果** 猕猴被辐射后,其血清 E₂ 在早期(6 h)明显升高后逐渐降低,尤以 28 d 明显($P < 0.05$);Testo 和 TSH 表现为辐照后持续性降低及 28 d 的反跳性增高($P < 0.05$);FT₄ 和 HGH 则表现为辐照后明显的下降趋势,在 28 d 下降到最低点($P < 0.05$);Cort 表现为 1 h 升高,此后上、下波动,但在 28 d 时下降到最低点($P < 0.05$);Ald 与对照相比未见明显变化($P > 0.05$)。**结论** EMP 可引起猕猴血液激素水平的紊乱,既有早期影响,也表现为一定的持续效应。提示 EMP 可能引起猕猴内分泌系统的损伤。

【关键词】 电磁脉冲(EMP); 猕猴; 血清; 激素

The study on the serum hormone level in macaques irradiated by electromagnetic pulse(EMP) CAO Xi-aozhe*, WANG Dewen, ZHAO Meilan, GAO Yabing, CUI Xuemei, PENG Ruiyun, ZHANG Youren. * Beijing Institute of Radiation Medicine, Beijing 100850, China

【Abstract】 Objective Under the observation of changes of plasma levels of estradiol (E₂), testosterone (Testo), thyroid-stimulating hormone (TSH), free thyronine (FT₄), cortisol (Cort), aldosterone (Ald), and human growth hormone (HGH) of the macaques irradiated by EMP, the influence of EMP on endocrine system was evaluated. **Methods** The venous blood was abstracted from five adult macaques (2 males and 3 females) before being irradiated as self-control samples. All the five macaques were irradiated by high field strength of EMP (6×10^4 V/m, 30 time with in 5 minutes). The blood was obtained with the same method as above at 1h, 6h, 24h, 3d, 7d, 14d and 28d following the irradiation, and the hormone levels were measured by FT630 automatic radio-immunity analyzer. **Results** The serum E₂ was increased at early stage (6h), but dropped significantly at 28 h ($P < 0.05$). Testo and TSH were duratively decreased, and increased contrarily at 28d ($P < 0.05$). FT₄ and HGH were decreased significantly and reached lowest point at 28d ($P < 0.05$); The levels of Cort showed a fluctuated results, however it decreased to lowest point at 28d ($P < 0.05$); Levels of Ald had no obvious change comparing with the control ($P > 0.05$). **Conclusion** Turbulence in levels of serum hormones of macaques could be induced by EMP, which might be the result of its early effects, in the mean time, this could be attributed to the durative effects. It is inferred that EMP may exert certain harmful effect to the endocrine system of macaques.

【Key words】 Electromagnetic pulse(EMP); Macaque; Serum; Hormone

目前,电磁辐射已成为人们十分关注的一种特殊污染,受其影响的人数逐年增加^[1]。由于暴露在电磁辐射环境中可能影响到人们的健康,其潜在的危害已引起人们的高度重视,有关的危害机制、安全防护标准的制定等均需充分的生物学研究资料。本文试图用高场强电磁脉冲(electromagnetic pulse,EMP)辐照猕猴,观察其血清激素水平辐照前、后变化的动态过程,初步

探讨 EMP 对内分泌系统的影响。

材料与方法

一、实验动物

成年猕猴 5 只,雄性 2 只,雌性 3 只,体重 3.5 ~ 8.5 kg。

二、实验方法

动物购回后,自由进食,单笼饲养观察 30 d。辐照前进行全身检查,下肢浅静脉采血做自身对照。辐照用高场强电磁脉冲源,场强为 6×10^4 V/m,脉冲上升时间为 20 ns,脉宽为 30 μ s,频率为 6 次/分,全身辐照动物 5 min。于辐照后 1 h、6 h、24 h、3 d、7 d、14 d 及

基金项目:军队总后勤部“十五”指令课题基金资助(No.01L023)

作者单位:100850 北京,军事医学科学院放射医学研究所(曹晓哲、王德文、赵梅兰、高亚兵、崔雪梅、彭瑞云);解放军 307 医院核医学科(张友仁)

28 d 分别采血, -20°C 冷藏待用。解放军 307 医院核医学科用放射免疫法在 FT630 放射免疫测定仪上进行统一测定。放免试剂盒均为天津九鼎医学生物工程有限公司生产, 批号分别为: 雌二醇为 RG6012、睾酮为 RG4012、促甲状腺激素为 RT1012、游离甲状腺素 T4 为 RT5012、皮质醇为 RA1012、醛固酮为 RA2012 及生长激素为 RPI012。

三、统计学分析

所有数据经 SPSS8.0 统计软件分析, 并进行 t 检验。

结 果

一、雌二醇(E2)

E2 在辐照后 1 h 即见升高, 6 h 达到高峰 ($P < 0.01$), 与对照相比升高了 113.95%, 此后逐渐降低, 至 28 d 时降到低谷 ($P < 0.05$), 降低了 62.78%, 见表 1 和图 1。

二、睾酮(Testo)

Testo 在辐照后 1 h 即见下降, 持续到 14 d, 且一直维持在一个低水平, 但与对照相比未见明显差异 ($P > 0.05$), 到 28 d 时出现一个陡然高峰 ($P < 0.05$), 与对照相比升高了 740.68%, 见表 1 和图 2。

三、促甲状腺激素(TSH)

TSH 在辐照后 1 h 即开始下降, 在 6 h 降到最低点 ($P < 0.05$), 与对照相比降低了 64.13%, 以后维持低水平到 14 d, 在 28 d 时则明显升高 ($P < 0.05$), 升高了 108.97%, 见表 1 和图 1。

四、游离甲状腺素 T4(FT4)

FT4 在辐照后 1 h ~ 14 d 呈上、下波动性降低趋势 ($P > 0.05$), 到 28 d 时明显降低 ($P < 0.05$), 与对照相比降低了 78.54%, 见表 1 和图 1。

五、皮质醇(Cort)

Cort 在辐照后 1 h 即见升高 ($P > 0.05$), 但在 6 h 时则明显降低 ($P < 0.05$), 与对照相比降低了 23.87%, 24 h 时又明显升高 ($P < 0.05$), 升高了 43.07%, 此后逐渐降低, 至 28 d 时降到最低点 ($P < 0.01$), 降低了 93.85%, 见表 1 和图 1。

六、醛固酮(Ald)

Ald 在辐照后呈上、下波动走势, 但与对照相比未见明显变化 ($P > 0.05$), 见表 1 和图 2。

七、生长激素(HGH)

HGH 在辐照后呈上、下波动走势 ($P > 0.05$), 但在 28 d 时出现明显下降 ($P < 0.05$), 与对照相比降低了 83.06%, 见表 1 和图 1。

表 1 电磁脉冲辐照猕猴后血液中激素浓度变化 ($\bar{x} \pm s$)

条 件	E2 (pg/ml)	Testo (ng/dl)	TSH ($\mu\text{IU}/\text{ml}$)	FT4 (pmol/L)	Cort ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	Ald (pg/ml)	HGH (ng/ml)
对照	41.16 $\pm$ 8.91	108.42 $\pm$ 90.04	2.23 $\pm$ 0.55	13.84 $\pm$ 4.64	20.99 $\pm$ 1.63	303.05 $\pm$ 97.38	24.56 $\pm$ 8.63
辐照后 1 h	45.20 $\pm$ 11.93	81.07 $\pm$ 51.45	2.10 $\pm$ 0.38	12.83 $\pm$ 1.62	28.59 $\pm$ 5.13	320.28 $\pm$ 77.40	8.14 $\pm$ 3.11
辐照后 6 h	88.06 $\pm$ 3.75 **	6.43 $\pm$ 0.35	0.80 $\pm$ 0.11 *	15.69 $\pm$ 0.81	15.98 $\pm$ 0.62 *	368.44 $\pm$ 5.23	5.02 $\pm$ 2.04
辐照后 24 h	37.89 $\pm$ 4.15	27.39 $\pm$ 11.59	1.97 $\pm$ 0.53	19.40 $\pm$ 1.30	30.03 $\pm$ 3.04 *	620.86 $\pm$ 161.14	16.88 $\pm$ 4.53
辐照后 3 d	36.87 $\pm$ 2.06	7.58 $\pm$ 0.14	1.40 $\pm$ 0.17	15.13 $\pm$ 2.25	23.75 $\pm$ 5.58	164.90 $\pm$ 56.09	7.12 $\pm$ 0.98
辐照后 7 d	28.44 $\pm$ 4.45	34.39 $\pm$ 24.50	1.38 $\pm$ 0.12	15.70 $\pm$ 2.08	17.56 $\pm$ 2.65	132.21 $\pm$ 65.53	44.90 $\pm$ 16.69
辐照后 14 d	35.96 $\pm$ 6.09	81.72 $\pm$ 71.11	1.34 $\pm$ 0.38	12.34 $\pm$ 2.64	23.11 $\pm$ 6.05	263.66 $\pm$ 147.84	49.34 $\pm$ 6.87
辐照后 28 d	15.32 $\pm$ 1.98 *	911.47 $\pm$ 327.66 *	4.66 $\pm$ 0.15 **	2.97 $\pm$ 0.17 *	1.29 $\pm$ 0.33 **	153.65 $\pm$ 30.95	4.16 $\pm$ 0.24 *

注: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

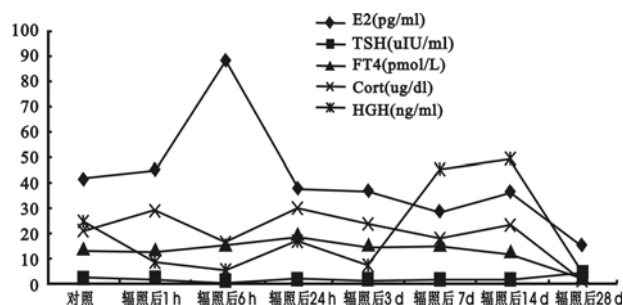


图 1 EMP 辐照后血清雌二醇、促甲状腺素、游离甲状腺素 T4、皮质醇和生长激素浓度与时间的关系

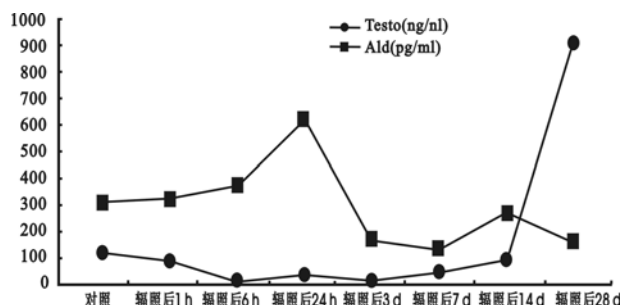


图 2 EMP 辐照后血清睾酮和醛固酮浓度与时间的关系

讨 论

随着网络、通讯、广播、电视、工业电器设备及家用电器的普及和这些设备功率、频率的日益增高,它们所发出的电磁辐射也日益强大,已成为有损人类健康的物理因素一,因此联合国人类环境会议将电磁辐射列为必须控制的公害之一^[2]。我国国家环境保护局也于 1998 年在全国范围内开展了电磁辐射的污染调查,提出电磁辐射污染是最大的环境污染。所谓电磁辐射 (electromagnetic radiation) 就是由电磁波长等于或大于紫外线波长,其光量子数和电磁场强度较弱,不足以使分子解离的电磁辐射线构成,故又称非电离辐射 (nonionizing radiation)。国内、外流行病学调查和实验研究已经证实,电磁辐射的生物损伤效应广泛。主要是神经、内分泌、造血、免疫、生殖系统及晶状体的损伤,超强度电磁辐射甚至可导致死亡^[3]。

目前在电磁波的生物效应研究中,有关瞬态电磁场,即脉冲电磁场 (electromagnetic pulse fields, EMP) 与生物体的相互作用研究较少,因为脉冲波的频谱很宽,大约从直流延伸到数千兆赫,是一个超宽频谱系统^[4]。脉冲电磁波对生物体作用有以下特点:(1)连续波引起的生物效应与其频率、平均功率密度和作用时间相关;当入射的电磁波是很窄的电磁脉冲时,平均功率密度接近于零,此时的生物学效应只与瞬态电磁脉冲的幅度(场强)和脉冲宽度有关。(2)脉冲电磁波对生物体的作用,特别是对细胞的作用是一个非线性过程,而且是一个瞬态的不稳定过程,因此对生物体的影响更为明显。而目前移动通信领域应用最广泛的 GSM 系统,就是采用脉冲电磁辐射,因此加大对脉冲电磁辐射生物效应研究也是人们的迫切需要。

本实验结果显示,当 EMP 辐照猕猴后,从 1 h 开始,垂体分泌激素 TSH 和 HGH 即出现降低,并维持这一趋势到 14 d,28 d 时 HGH 明显降低 ($P < 0.05$),但 TSH 则明显升 ($P < 0.01$),提示高场强 EMP 可对垂体直接产生抑制作用;对于 28 d TSH 的反跳性增高,可能是由于 28 d 时体内 FT4 的明显下降 ($P < 0.05$) 导致甲状腺-垂体反馈机制激活所致(见图 1)。对于 EMP 是否能引起机体发育不良及代谢障碍,甚至侏儒的产生,还有待进一步实验证实。

EMP 对肾上腺的影响与垂体明显不同。由肾上腺皮质束状带细胞产生的 Cort 是机体应激反应的主要标志之一,在 EMP 辐照后 1 h 即反应性增高,但在 6 h 时明显降低 ($P < 0.05$),24 h 时又明显升高 ($P < 0.05$),此后逐渐降低,至 28 d 时降到最低点 ($P < 0.01$),与对照相比降低了 93.85%。EMP 辐照对机体而言为一强

刺激,肾上腺势必将积极反应,出现一 Cort 的高峰,随后降至正常水平。但是 EMP 辐照对机体而言又是一明显的致伤因素,当其被损伤时,对刺激的应激反应能力必定降低。从 EMP 辐照后 Cort 各时间点水平来看,提示 EMP 可引起肾上腺皮质束状带细胞的损伤,这已为形态学变化所证实^[5]。而由肾上腺皮质球状带细胞分泌的 Ald,在辐照后虽呈上、下波动走势,但与对照相比未见明显变化 ($P > 0.05$),提示与肾上腺皮质束状带细胞相比肾上腺皮质球状带细胞对 EMP 辐照相对不敏感。

对可反映甲状腺功能的 FT4 在辐照后呈上、下波动性降低趋势 ($P > 0.05$),到 28 d 时降低明显 ($P < 0.05$),与对照相比降低了 78.54%,提示 EMP 辐照对甲状腺的损害呈渐进加重趋势。

对性激素的影响比较复杂。E2 在辐照后 1 h 即开始升高,6 h 达到高峰 ($P < 0.01$),与对照相比升高了 113.95%,此后逐渐降低,至 28 d 时降到低谷 ($P < 0.05$),降低了 62.78%。众所周知,雌性动物比雄性动物对恶劣环境的耐受性强,其体内雌激素水平较高为主要原因之一。E2 在辐照后早期的升高是否是机体对外界强刺激的保护性反应,还有待于进一步研究。而 Testo 在辐照后的持续性下降,并维持在一个低水平直至 14 d ($P > 0.05$),到 28 d 时出现一个陡然高峰 ($P < 0.05$),与对照相比升高了 740.68%,其机理不明,但基本呈抑制状态。与垂体、肾上腺及甲状腺相比,EMP 辐照对性腺的损伤效应较轻,这可能是由于雌、雄动物同组影响所致。

对 EMP 辐照的损伤机理,仍缺乏系统研究。可能通过以下几种机制引起组织的损伤:(1)改变分子结构;(2)改变化学反应率;(3)改变膜功能。其所致的生物分子(特别是 DNA)及细胞膜系统损伤是由于生物体在瞬态 EMP 作用下,在细胞膜原有静电位基础上,产生一个跨膜电压,跨膜电压的大小、持续时间及产生方式会直接影响细胞的各种生物学特性^[6,7]。

综上所述,EMP 可引起猕猴血清激素水平的紊乱,既有早期影响,也表现为一定的持续效应。其特点表现为发生迅速,于辐照后 1 h 即见异常;持续时间较长,至 28 d 仍见多种异常。从激素变化异常的程度和时间来看,提示内分泌器官对 EMP 辐照的敏感性依次为:垂体 > 甲状腺 > 肾上腺 > 性腺。且 EMP 可能引起猕猴内分泌系统的损伤。因此,对脉冲电磁辐射,特别是高强度的 EMP 都应积极主动加以防护,如加强对辐射源的严格屏蔽措施,要求接触人员使用屏蔽服、防护帽和眼镜,尽量远离辐射源,减少手机通话时间,采用耳机通话等,尽可能减少脉冲电磁辐射对机体的负面影响。

参 考 文 献

- 1 Repacholi MH. Low-level exposure to radiofrequency electromagnetic fields: health effects and research needs. Electromagnetics, 1998, 19: 1-18.
- 2 王保义, 杨杰斌, 郭庆功, 等. 毫微秒电磁脉冲的生物效应实验研究和机理分析. 中国科学(C 辑), 1997, 27: 35-39.
- 3 刘文魁, 刘书乾, 续中莲, 等. 电磁辐射对人体健康的影响. 环境科学, 1985, 6: 26-28.
- 4 肖志成, 刘泽生. 环境中非电离辐射的生物学效应及机理探讨. 哈尔

滨医科大学学报, 1985, 1: 80-82.

- 5 Wang DW, Peng RY, Sun LW, et al. The injury effect and pathological changes induced by electromagnetic pulse. Proceedings of the 5th international congress on "Ecology and Cancer", 2000. Okinawa, Japan, 37.
- 6 王长清, 祝西里. 脉冲电磁波对人体作用的研究. 电子学报, 1994, 22: 83-87.
- 7 吴彦卓, 贾宇峰, 郭鹤, 等. 电磁脉冲对小鼠脑内儿茶酚胺类物质含量的影响. 第四军医大学学报, 1997, 18: 423.

(收稿日期: 2002-02-28)

(本文编辑: 阮仕衡)

· 短篇报道 ·

镱铝砷激光并超声治疗颞下颌关节功能紊乱综合征

朱美兰 曹建平

颞下颌关节功能紊乱综合征多见于青壮年, 表现为关节疼痛、张口受限、弹响等。为缩短疗程、提高疗效, 我科采用镱铝砷激光并超声联合治疗 60 例颞下颌关节功能紊乱征患者, 取得满意效果, 报道如下。

120 例颞下颌关节紊乱综合征患者均经口腔科确诊, 分成综合组和对照组。综合组 60 例, 其中男 24 例, 女 36 例; 年龄: <30 岁 33 例, 30~50 岁 21 例, >50 岁 6 例; 病程: <1 个月 22 例, 1~5 个月 27 例, 6~12 个月 11 例。对照组 60 例, 其中男 28 例, 女 32 例; 年龄: <30 岁 35 例, 30~50 岁 18 例, >50 岁 7 例; 病程: <1 个月 24 例, 1~5 个月 26 例, 6~12 个月 10 例。

综合组首先进行镱铝砷激光治疗, 然后进行超声治疗。激光治疗采用上海产 MDC-500 型半导体激光治疗机(激光工作物质为镱铝砷, 波长 810 nm, 功率 0~500 mW, 连续可调)。根据患处疼痛情况选择 1~3 个点作痛点接触照射, 输出功率 200 mW 左右, 并配合 1~2 个相关穴位照射(下关、颊车、合谷), 方法同痛点照射, 每点照射 6 min, 每日 1 次, 10 次为 1 个疗程; 超声治疗采用 US-700 超声治疗仪, 患者取坐位, 选择 L 声头, 频率 3 MHz, 脉冲比 20%, 于患侧耳前颞下颌关节痛区涂敷足量耦合剂, 患者轻度开口, 声头压紧皮肤作缓慢小圆性移动, 功率 0.75~1 W/cm², 每次 10 min, 每日 1 次, 10 次为 1 个疗程。对照组仅用超声治疗, 仪器与方法同综合组。

疗效标准: 治愈—症状、体征完全消失, 张口度恢复正常; 显效—症状、体征明显改善, 张口度接近正常; 好转—症状、体征稍有好转, 张口度稍有改善; 无效—治疗后症状、体征无改善。

经 1 个疗程治疗后, 综合组治愈显效率为 75%, 对照组治愈显效率为 52%, 前者高于后者, 经秩和检验 ($U = 2.55, P < 0.05$), 差异有显著性。经 2 个疗程治疗后, 综合组治愈显效率为 92%, 对照组治愈显效率为 68%, 前者高于后者, 经秩和检

验 ($U = 1.99, P < 0.05$), 差异有显著性(表 1)。

表 1 2 组患者治疗结果(例)

组 别	1 个疗程				2 个疗程			
	治愈	显效	好转	无效	治愈	显效	好转	无效
综合组	25	20	13	2	34	21	5	0
对照组	15	16	23	6	27	14	17	2

讨论 下颌运动是两侧颞下颌关节及各个肌肉群相互协调运动而完成的, 如果各肌群运动不协调, 则下颌运动不能按照正常的轨道运行, 继而发生弹响、疼痛、肌肉痉挛、张口受限^[1]。超声治疗可使神经兴奋性降低、传导速度减慢, 达到镇痛目的, 其温热效应和机械振动可解除肌痉挛、改善张口度。镱铝砷激光是一种波长为 810 nm、水分吸收率较低、透入机体组织深的激光。通过激光束照射, 可使血管扩张, 改善局部的血液循环和淋巴循环, 增强组织新陈代谢, 松弛肌肉, 缓解疼痛与改善功能。同时通过穴位刺激, 可疏通人体“经络”、“活血化瘀, 调整体内阴阳平衡”, 达到治疗的目的。由于此征与偏侧咀嚼、夜磨牙、紧咬牙等不良习惯、睡眠不良、情绪急躁等精神因素有关^[2], 故应嘱患者纠正不良习惯及保持良好精神状态, 以防复发。观察证明, 2 种治疗方法综合应用可产生协同作用, 使治疗效果明显提高, 且疗程短、安全、可靠, 具有较好的应用价值。

参 考 文 献

- 1 毛祖彝, 主编. 口腔科学. 第 3 版. 北京: 人民卫生出版社, 1992. 141.
- 2 张永福, 汪建中, 神田重信, 等. 江西人群 1 005 名颞下颌关节紊乱的流行病学调查. 江西医学院学报, 1999, 39: 89.

(收稿日期: 2002-03-04)

(本文编辑: 郭正成)