

# 家兔视网膜组织结构在高功率微波辐照后不同时间的变化

汪峰<sup>1,2</sup> 余争平<sup>1</sup> 张广斌<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (解放军第三军医大学军事预防医学系劳动卫生学教研室 全军电磁辐射生物学效应与防护重点实验室 重庆 430038)

<sup>2</sup> (解放军第458医院医务处 广州 510600)

**摘要** 通过高功率微波辐照后不同时间家兔视网膜组织结构的变化,探讨其对视网膜所产生的急性损伤效应。青紫蓝大灰兔28只随机分为假性辐照组和辐照后0h、3h、6h、12h、24h和72h组。用90W/cm<sup>2</sup>电磁波全身辐照15min,对各组取材包埋固定,光镜观察其视网膜层厚度和细胞计数的变化。各组家兔视网膜的组织结构与假辐照组相比均有不同程度改变,实验数据表明:高功率微波辐照后6h,是家兔视网膜组织厚度易发生显著性降低的一个重要的时间点;高功率微波辐照后72h,家兔视网膜细胞数量明显的升高。高功率微波造成家兔视网膜组织的急性损伤,其损伤强度与暴露后时间存在一定的时效关系。

**关键词** 高功率微波,视网膜,组织病理,家兔

**中图分类号** R818.2, R811

眼睛是人体重要的感觉器官之一,也是电磁辐射生物学效应重要的靶器官之一。关于眼微波辐照致伤的研究工作,大多集中于眼前节,如角膜、晶状体等,对视网膜的研究则较少。而且,由于动物模型、辐照条件以及辐照源的物理参数不同,这些已有视网膜研究结果缺少可比性。本实验利用高功率电磁微波辐照家兔,照后不同时间取材,观察兔眼视网膜组织结构的变化,以寻求视网膜组织损伤与高功率微波辐照的时效关系,为有效防护电磁辐射眼损伤提供实验依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验动物和分组

1.1.1 实验动物 青紫蓝大灰兔28只,体重1.5—2.0kg,雌雄兼用,由解放军野战外科研究所实验动物中心提供。

1.1.2 实验分组 将实验动物随机分为7组:A假辐照组;B、C、D、E、F和G分别为辐照后0h、3h、6h、12h、24h和72h组。

1.1.3 实验动物检查方法 青紫蓝大灰兔适应性饲养1周,检眼镜检查无异常后纳入实验组。辐照后迅速用复方托品酰胺滴眼,每次1—2滴,15min起效,可维持2—4h。20%乌拉坦腹腔内注射(4mL/kg),麻醉成功后固定于特制的动物台,先

进行裂隙灯和检眼镜检查,然后进行双眼眼球摘除术。

### 1.2 辐照模型

辐照系统由第三军医大学电磁辐射实验室提供。辐照盒由可透射电磁辐射的有机玻璃制成,家兔放置于盒中并将家兔头部固定。辐照盒置于以辐照天线为圆心的辐照中心地带。辐照在反射近似零的电磁辐射暗室内进行,辐照室温度(26±2)℃,湿度50%—70%,被照动物离辐射源约0.90m。辐照电磁波参数:电磁辐射源频率为X波,峰值功率密度90W/cm<sup>2</sup>、辐照时间15min,脉冲波辐射。

### 1.3 裂隙灯显微镜及检眼镜观察

按实验设计,动物于辐照后不同时间点,快速(5—10min内)给予麻醉、散瞳,并用裂隙灯显微镜和手持式检眼镜分别检查家兔的双眼组织结构,包括角膜、前房、晶状体、玻璃体以及眼底视网膜。

### 1.4 视网膜组织包埋固定切片

检查完毕后,迅速摘除家兔双侧眼球,冰面上组织标定、液氮快速冷冻固定后,于冰冻切片机上距视神经乳突1.5mm处进行矢状面全层切片。切片厚度统一固定为8μm,光学显微镜下观察,数码相机照相后统计分析。

国家863重点项目“X带微波致伤与防护效应研究”课题资助

第一作者:汪峰,女,1971年6月出生,2006年于第三军医大学军事预防医学院获博士学位,副主任医师,从事眼的创伤与防护研究

收稿日期:初稿 2005-11-14,修回 2006-03-06

### 1.5 统计学分析

相应的视网膜厚度和细胞计数的统计数据均来源于同一图象,并在 50 $\mu$ m 的范围内进行计数统计,然后将假辐照组设为百分之百作为参照,与其它辐照组数据进行对比分析。实验数据以  $\bar{x} \pm s$  表示,用 Microwave excel 软件进行  $t$  检验和方差齐性检验。以  $p < 0.05$  为显著性差异,  $p < 0.01$  为明显的差异,  $p < 0.001$  为极明显的差异。

## 2 结果

### 2.1 家兔的一般情况

家兔在安装视频监视系统的暗室内接受电磁波辐照,辐照时间持续到 8min 时,各组家兔均有明显的呼吸加快、烦躁不安,毛发潮湿;随后家兔处于抑制状态,活动明显减少、四肢无力、瘫软;辐照结束后,可观察到家兔有明显的热效应,表现为毛发湿漉、双眼结膜充血、眼球轻微突出,触摸

能发现体温有明显的升高,心率加快。

### 2.2 裂隙灯显微镜及检眼镜观察

检查假辐照组时:角膜透明,前房清澈,晶状体等透明间质无明显浑浊,眼底大致正常。辐照组各组家兔均有双眼球结膜充血、部分家兔的角膜上皮呈现轻度的水肿,未发现明显的晶状体变性及混浊,部分家兔出现视网膜的反光增强、轻度水肿,未见视网膜的脱落。

### 2.3 家兔视网膜组织石蜡包埋固定切片

各辐照组家兔麻醉、解剖取材,并与假辐照组一起在光镜下观察,发现:假辐照组的视网膜组织结构完整、排列整齐(见图 1A);而辐照组的家兔视网膜组织从辐照后开始到 72h 均发生了明显的损伤改变,表现为组织结构松散变形,细胞排列紊乱,并出现细胞的肿胀和空泡化,甚至坏死(见图 1B—G)。

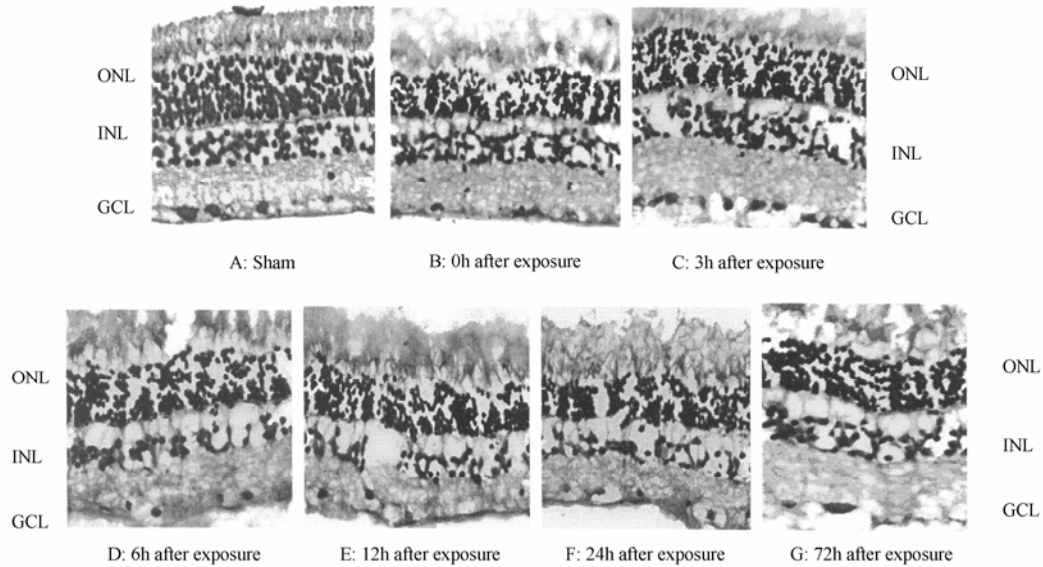


Fig.1 Light micrographs of the retina at 1.5mm from the center of the optic nerve head. Scale bar 50 $\mu$ m

### 2.4 家兔视网膜组织各层厚度测量以及内核层和节细胞层细胞计数

实验数据来源于三组独立的实验,并将同一只动物的左、右眼视为同组实验动物的不同标本进行处理。

实验数据显示:家兔受高功率电磁波辐照后,其视网膜的厚度变化主要表现为:辐照后 6h 组视网膜厚度明显的降低,12h、24h 和 72h 组明显升高,尤其是在 OLM-ILM, ILM 和 INL (OLM, out lim-

ited membrane, 外界膜; ILM, inner limited membrane, 内界膜; INL, inner nuclear layer, 内核层);且 6h、12h、24h 和 72h 组视网膜层的厚度变化与假辐照组相比均有明显差异 ( $p < 0.01$ ),但在 ONL(Outer nuclear layer, 外核层)的视网膜厚度与对照组相比,各个时相点均没有显著性差异( $p > 0.05$ )(见图 2)。在视网膜细胞计数方面, GCL 的细胞数量变化较明显,表现为 0h 和 3h 组的 GCL(Ganglion cell layer, 节细胞层)细胞数量明显降低,与对假辐照组相比有显著性差异 ( $p < 0.05$ ); 6h、12h 和 24h

组的 GCL 的细胞数量升高; 而 72h 组的 GCL 细胞数量又明显下降。在 INL 的细胞数量没有发生较明显的改变, 仅仅在 72h 时, INL 的细胞数量与假辐照组相比有极明显差异( $p < 0.001$ ) (见图 3)。综合上

述实验数据可发现: 高功率微波辐照后 6h, 是家兔视网膜组织厚度易发生显著性改变的一个重要的时间点。而高功率微波辐照 72h 后, 家兔视网膜细胞数量发生了显著性的改变。

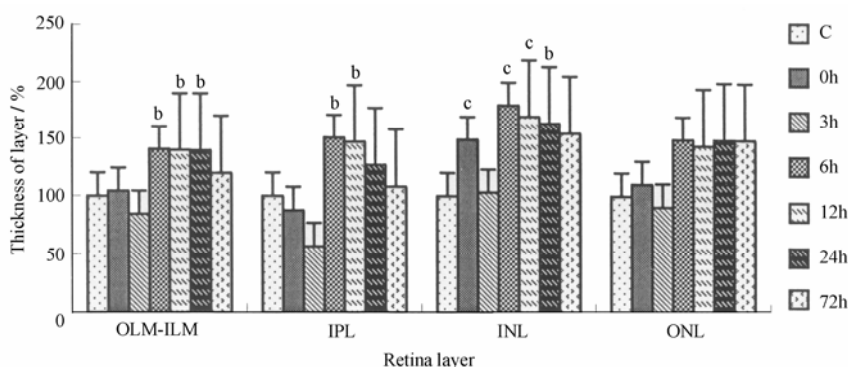


Fig. 2 Thickness of different retinal layers of the sham and exposure groups  
b.  $p < 0.01$ , c.  $p < 0.001$  compared with the sham group

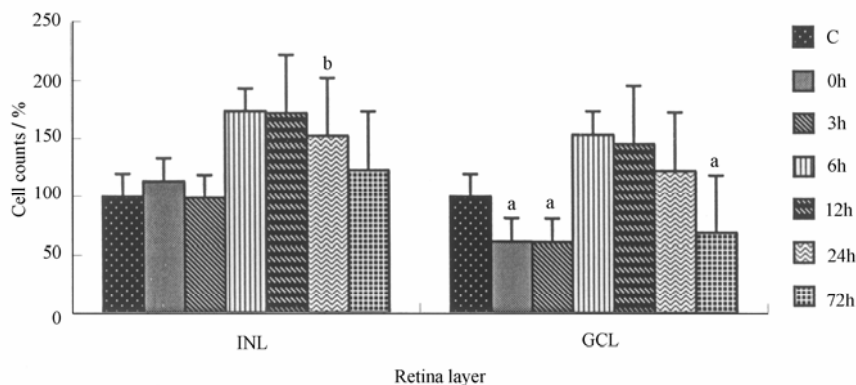


Fig.3 Cell counts of different retinal layers of the sham and exposure groups. Scale bar 50 $\mu$ m  
a.  $p < 0.05$ , b.  $p < 0.01$  compared with the sham group

### 3 讨论

微波生物效应研究是伴随着电磁辐射技术在民用、通讯、军事等领域开发研制而出现的一个崭新的课题。鉴于视觉在劳动作业中的特殊重要地位, 研究电磁辐射对眼及视觉功能的影响, 尤其是视网膜的损伤, 对提出有效合理的防护措施具有重要的理论和实际意义。

文献[1]—[8]的研究结果均证明: 引起微波辐射急性损伤的生物效应机理并不能完全用单纯的热效应来解释, 而是热效应和非热效应的联合作用。在电磁场作用下, 组织中的带电粒子发生电荷移动, 极化分子与周围的粒子发生摩擦而产生大量热量, 这就是微波辐射的热效应。但在低强度电磁辐射作用时, 则更强调分子和细胞水平的非热效应, 这是对眼组织的损伤作用依赖于剂量的累积的基础<sup>[4]</sup>。

文献[1]—[7]的研究证实, 在不同重复频率的电磁脉冲致伤时, 高重复频率致伤效应大于低重复频率; 不同脉冲类型的电磁辐射致伤时, 单、串脉冲电磁辐射致伤效应轻于重复脉冲; 而对于不同带宽的电磁辐射, 在同样的峰值功率密度条件下, 窄带电磁辐射的伤情重于超宽带<sup>[5]</sup>。因此, 在不同的物理参数条件下进行的模拟致伤研究, 往往难以得到一致的结论。我们的前期研究结果证明了视网膜组织结构的损伤程度与辐照剂量和辐照时间之间存在着时间和剂量的相关性<sup>[9]</sup>, 而本实验通过对辐照后不同时间点各组家兔视网膜组织结构的光镜观察, 以及视网膜厚度和细胞数量的变化研究发现, 视网膜组织结构的损伤程度随辐照后时间的延迟而发生改变, 并与我们的前期研究结果相互印证<sup>[9]</sup>, 即: 家兔经峰值功率密度 90W/cm<sup>2</sup> 的高功率微波辐照

15min 后,可迅速引起视网膜细胞的凋亡、线粒体的肿胀、光感受器细胞的变性、膜盘组织的结构破坏等;而在辐照后开始至 72h 之间的各个时相点中,高功率微波辐照后 6h,是家兔视网膜组织厚度易发生显著性改变的一个重要的时间点。而高功率微波辐照后 72h,家兔视网膜细胞数量发生了显著性的改变。可见,高功率微波辐射能对家兔视网膜组织产生急性损伤的生物学效应,其损伤程度与辐照剂量和辐照时间以及辐照后时间的延迟这三种因素之间均有相关性。我们认为,虽然视网膜组织位于眼球的后级部,距离眼表较远,但由于其丰富的血管组织,以及神经节细胞层及神经纤维层均位于视网膜内侧,所以仍然较易受到高功率微波辐射影响而造成损伤,同时可推测:热效应和非热效应对其损伤可能都产生了作用。这为电磁辐射的非热效应致眼损伤提供了一定的实验依据,并为进一步从分子水平研究电磁辐射对视网膜组织的损伤打下了实验基础。

#### 参考文献

- 1 Tri-service directed energy bioeffects complex brooks air force. Retinal effect of high-peak-power electromagnetic radiations in rhesus monkeys. San antonio, Texas, 2002 (Research report)
- 2 Lu S T, Mathur S P, Stuck B, *et al.* Effects of high peak power microwave on the retina of the Rhesus monkey. *Bioelectromagnetics*, 2000, **21**(3): 439-454
- 3 Gargini C, Bisti S, Demontis G. C, *et al.* *Neuroscience*, 2004, **126**(3): 775-783
- 4 Hyland G J. *Engineering Science and Education Journal*. 1998, **7**(6): 261-269
- 5 Pakhomov A G, Doyle J, Stuck B E. *et al.* *Bioelectromagnetics*, 2003, **24**(3): 174-181
- 6 Banik S, Bandyopadhyay S, Ganguly S. *Bioresource Technology*, 2003, **87**(2): 155-159
- 7 Pakhomov A G, Doyle J, Stuck B E. *et al.* *Bioelectromagnetics*, 2002, **21**(4): 245-254
- 8 Pakhomov A G, Gajsek P, Allen L. *Bioelectromagnetics*, 2002, **23**(2): 158-167
- 9 汪峰, 余争平, 张广斌, 等. 强激光与粒子束, 2005, **17**(8): 1263-1266

1 Tri-service directed energy bioeffects complex brooks air force. Retinal effect of high-peak-power electromagnetic

WANG Feng, YU Zhengping, ZHANG Guangbin, *et al.* *Laser and Particle*, 2005, **17**(8): 1263-1266

## The effects of rabbit retinal histopathology induced by high power microwaves at different time after exposure

WANG Feng<sup>1,2</sup> YU Zhengping<sup>1</sup> ZHANG Guangbing<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (Department of Occupational Health, The 3rd Military Medical University, Chongqing 430038)

<sup>2</sup> (Department of Medicina Service, The PLA 458th Hospital, Guangzhong 510600)

**ABSTRACT** The work is to observe retinal histopathology in rabbits at different hours after exposure to high peak power microwaves (HPPM), and to determine acute retina injury induced by microwaves. Twenty-eight Chinchilla rabbits were randomized into sham group and exposure groups of 0h, 3h, 6h, 12h, 24h and 72h after the exposure, and received sham exposure or 90W/cm<sup>2</sup> microwave exposure for 15min. The acute effects of retinal histopathology after HPPM exposure were investigated by measuring the retinal layer thickness and cell counts of INL and GCL. The retina of all exposure groups have histopathological changes. The key time point was 6h after exposure. Thickness of the retina layer decreased significantly and the cell counts of INL and GCL increased significantly at 72h after exposure. Effects of the retinal histopathology have regular relation with the time after exposure. HPPM may bring about obviously early retina injure, as is evidenced by the histopathological effects that show the time-dependent feature.

**KEYWORDS** High peak power microwave, Retina, Histopathology, Rabbit

**CLC** R818.2, R811