

脉冲 YAG 激光对人眼损伤阈值的研究及 动物与人视网膜损伤的病理对照观察

陈荣家 褚仁远 李萌昌 李 峻 吕嘉华 傅天生

(上海医科大学眼科研究所)

崔季秀 朱宝铃 吕珍珍

(中国科学院上海光机所)

提要: 本文提出了人眼视网膜经 $150\ \mu\text{s}$ 脉冲 YAG 激光照射后的损伤阈值, 并叙述了动物与人损伤的视网膜在光学显微镜或电子显微镜下观察到的病理现象。

Injury threshold of human eyes by pulsed YAG laser beams and the pathological observation

Chen Rongjia, Chu Renyuan, Li Mengchang, Li Lin, Lu Jiahua, Fu Tiansheng

(Ophthalmic Research Institute of Shanghai Medical University)

Cui Jixiu, Zhu Baoqian, Lu Zhenzhen

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

Abstract: The threshold of human retina by $150\ \mu\text{s}$ pulsed YAG laser beam irradiation is reported in this paper. Pathological phenomenons of injured retina were observed directly using the optical microscope and the electronic microscope.

在动物实验的基础上, 对人眼作了 $150\ \mu\text{s}$ 脉宽的 YAG 脉冲激光 ($\lambda=1.06\ \mu\text{m}$) 的照射测试, 获得了人眼受 YAG 激光照射后视网膜损伤的一些数据, 并将动物与人视网膜损伤的病理作了对照观察。从而对人眼的激光损伤情况有了初步的了解。

一、人眼损伤阈值的测量与结果

对 5 只人眼球进行了 $150\ \mu\text{s}$ 的脉冲 YAG 激光的照射, 这 5 位病人都是患了恶性眼眶肿瘤, 准备作眶内容挖出者, 这些眼的角膜、晶体、玻璃体及眼底均无病变。对这些眼球, 每眼照射数十点, 照射后作即刻、1 小时及 24 小时分别观察、记录。

为了取得较准确的数据, 病人在照射前先扩瞳, 对视力、角膜、玻璃体及眼底作详细的检查, 如有角膜疾患、玻璃体混浊等眼病的均排除在本实验范围之外, 对 5 只人眼共照射 426 次, 图 1、2 显示了其中一病人照射前及照射后 1 小时的眼底情况。用加权直线回归法作统计计算得视网膜损伤率达到 50% 时的照射能量值, 即为损伤阈值 ED_{50} 。

$$ED_{50} = 1.55\ \text{mJ}$$

ED_{50} 的 95% 可信限为:

$$\Delta ED_{50} = (1.30\ \text{mJ}, 1.86\ \text{mJ})$$

测得射入眼内激光的光斑面积为 $\Delta S = 2.41\ \text{mm}^2$, 当能量达损伤阈值时, 入射激光的功

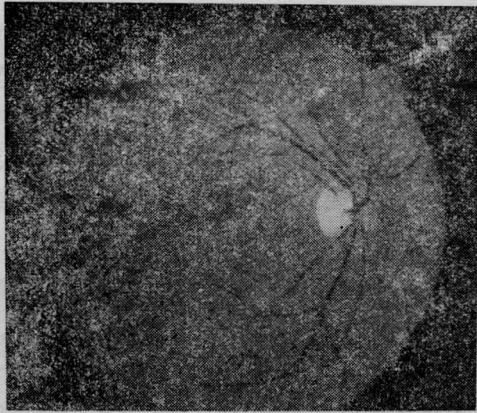


图1 病人右眼激光照射前情况

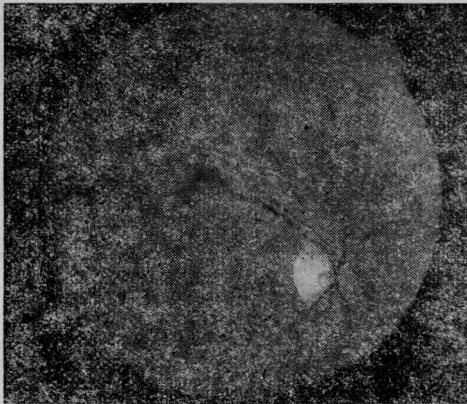


图2 病人右眼激光照射后1小时的眼底情况
(白点为损伤点)

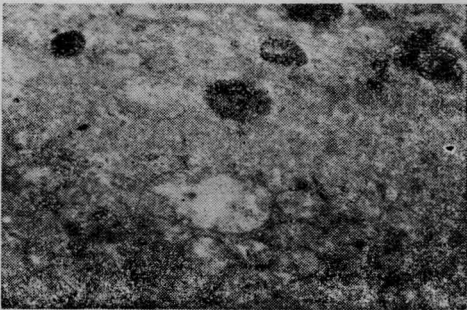


图3

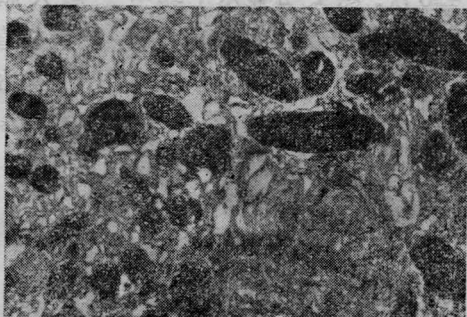


图4

率密度为:

$$P = 429 \text{ W/cm}^2$$

根据已测得的兔眼与猴眼的损伤阈值数据,得兔眼、猴眼及人眼的损伤阈值比例为:

$$E_{\text{兔}}:E_{\text{猴}}:E_{\text{人}}=1.0:3.4:6.0$$

二、兔眼、猴眼、人眼视网膜损伤处的病理观察

对照射后兔眼、猴眼、人眼作了电镜或光镜的观察,标本制作方法如下:

电镜标本制作: 将离体眼球在4分钟内取标本,先作2.5%戊二醛液固定,然后用1%锇酸作二重固定,最后作透射电镜进行观察。

光镜标本制作: 将摘下的眼球放入眼球固定液内固定,24小时后取出,然后作火棉胶包埋连续切片,采用HE染色,分别在低倍镜和高倍镜下观察。

观察结果如下:

图3、图4显示了青紫蓝灰兔经能量为207 mJ、137 ms连续YAG激光照射后电镜下观察到视网膜组织的变化。图3放大倍率为1700倍,看出视网膜色素上皮层结构局限性紊乱,线粒体肿胀,出现空泡。图4放大倍率为1500倍,从图看出光面内质网肿胀,膜结构发生皱折,呈花边状。

图5所示是光镜下观察到的猴眼视网膜损伤情况,放大倍率为200倍,照射能量为0.66 mJ,从图看出,视网膜神经纤维层的照射部位发生结构紊乱,命中点处内网状层有轻度肿胀,少量渗出,内界膜基本完整,内颗粒层有较明显的变化,核减少,并向外网状层凹陷。

图6显示了能量为1.21 mJ激光照射后猴眼视网膜损伤情况,从图可以看出,内界膜、神经纤维层遭受严重破坏,较多渗出,内颗粒层也有较大的影响,核减少,出现凹陷。

图7显示了照射能量为0.91 mJ视网膜损伤情况,在损伤部位,内界膜与神经纤维层发生粘连、挛缩并向下凹陷,有空泡形成,内

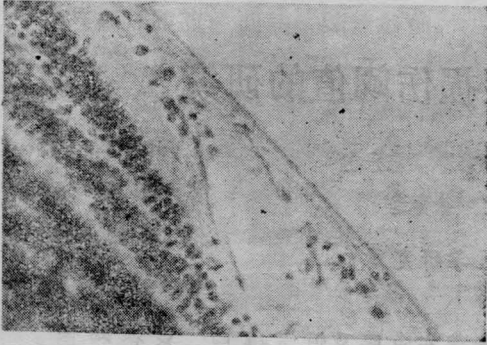


图 5

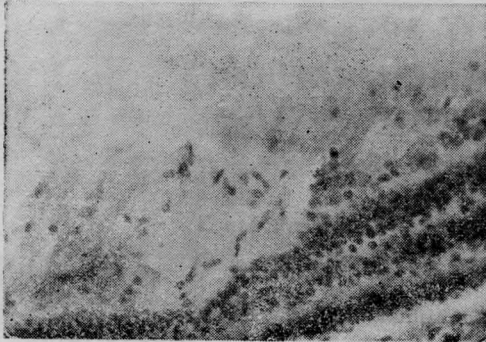


图 6



图 7



图 8

有嗜伊红蛋白渗液,内颗粒层细胞减少,出现凹陷,外颗粒层和外界膜尚无异常。

图 8 显示了照射能量为 2.17 mJ 视网膜损伤情况,在损伤部位,内界膜破裂,神经纤维层也遭严重破坏,炎性细胞(淋巴细胞)浸润,神经节细胞可见肿胀、破碎等异常变化,内颗粒层也有少许影响。

三、结果与讨论

对视网膜组来说,任何造成视网膜新陈代谢障碍的因素,均造成难以逆转的结果。从光镜下病理观察来看,低能量激光照射后,视网膜的神经纤维层局部性损伤。我们曾对视网膜损伤处作连续切片观察,损伤点周围组织几乎正常,影响很小,在较低的一个能量范围内激光可对视网膜的神经纤维层发生破坏,而内界膜仍可保持完整,这是由于神经纤维层比内层膜更容易吸收 $1.06 \mu\text{m}$ 波长的光所致,即内界膜对 $1.06 \mu\text{m}$ 波长的光透射率较神经纤维层大。随着照射能量的增大,视网膜的损伤程度也逐渐增大,视网膜上损伤层数也愈来愈多,损伤区域也随之增大。这就表明,高能量激光照射到视网膜上所产生的热灼伤物理抑制性反应,使周围的组织受到不同程度的损伤,这种物理性损伤反应与激光能量强度成正比关系。

在电镜下观察到的情况主要是以热灼伤病理变化为基础,视网膜色素上皮细胞形态发生变化,线粒体不规则肿胀,并出现空泡。据 Kuwabara(1979 年)报告,线粒体肿胀及空泡的出现,轻者数天内由邻近组织的正常细胞来代偿,重者可持续几个月之久。光面内质网肿胀,膜结构出现皱折呈花边状等现象。尽管组织有代偿功能,但还有相当部分组织结构紊乱,导致细胞器变性,能量大时可产生坏死,这些破坏了的细胞可堆积在损坏处,使局部光感细胞出现代谢障碍,阻断了相应部位的视觉。

参考文献(略)