

气污染物的成分, 遥测大气污染物浓度的空间动态分布。因此, 激光在遥测大气污染方面具有很大潜力。

随着激光技术和定量探测原理的日臻完善, 激光将成为一种与大气污染作斗争的有力监测手段。

激 光 虹 膜 切 除 器*

——激光在眼科治疗上的新应用

上海合力电机厂
上海激光技术试验站 三结合研制组
上海第六人民医院眼科

在毛主席革命路线的指引下, 我们实行了以工厂为基地的科研、生产、使用三结合, 以及以工人为主体的工人、干部、技术人员三结合, 于1970年试制了激光视网膜凝结机^[1], 将激光新技术应用到眼科治疗上, 为广大工农兵服务。几年来, 在封闭视网膜裂孔、防治视网膜脱离以及治疗玻璃体出血等方面, 取得了较好的疗效^[2,3]。

我们遵照毛主席关于“人类总得不断地总结经验, 有所发现, 有所发明, 有所创造, 有所前进”的教导, 在视网膜凝结机的基础上又开展了激光虹膜切除器的研制工作。经过反复试验, 不断改进, 已经在临床上获得较好的应用。

激光虹膜切除器利用红宝石激光进行虹膜切除, 使病人增进视力、降低眼压或重见光明。它对因瞳孔闭锁而引起的继发性青光眼, 有很好的降压效果; 对瞳孔膜闭或闭锁、角膜中央部分的斑翳和白斑、外伤或手术后的瞳孔移位等眼病, 均有较好的增视效果; 还可以对原发性(窄角性)青光眼的早期作预防性虹膜切除。

上述眼病以往均用手术治疗。现用激光治疗, 可以大大减轻病人痛苦, 具有不需住院、不用开刀、不要麻醉、治疗时间短、反应轻、恢复快、无手术感染危险等优点。对于以往手术无法解决的某些眼病, 如晶状体表面色素膜残留等, 用激光却能很好地解决。另外, 若患者的局部或全身情况不允许作手术治疗时, 激光治疗也能安全地进行。

一、工作原理

虹膜(俗称黑眼珠)呈圆盘状, 中央有一圆孔, 为光线进入眼内所必经之孔, 称为瞳孔。瞳孔借助于藏在虹膜组织内的两种肌肉——瞳孔括约肌与瞳孔扩大肌, 对不同强度的光呈现不同的反应: 在强光下瞳孔

缩小, 在弱光下则扩大, 从而调节进入眼睛的光通量, 使到达视网膜上的光强控制在适宜范围之内, 以便能看清外界景物(虹膜的部位如图1所示)。虹膜的作用有点象照相机上的光圈, 改变光圈的大小, 可以控制曝光量, 使底片上得到合适的感光。

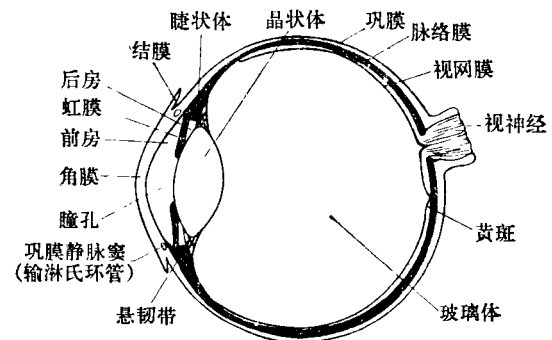


图1 眼球水平切面

虹膜组织中有丰富的色素。不同的人种, 由于虹膜色素不同而虹膜所呈现的颜色也随之不同。欧洲人多数是蓝色虹膜, 而我国则多数是棕褐色虹膜。

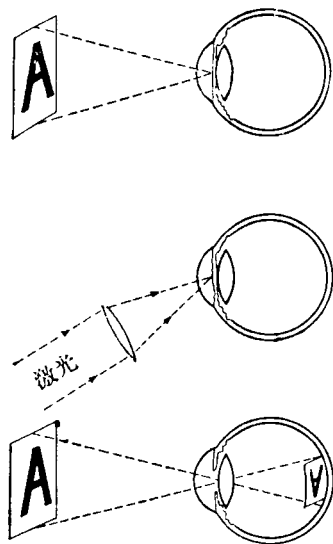
激光虹膜切除器是将红宝石产生的脉冲激光聚焦在虹膜上, 被虹膜色素吸收, 在激光热能和冲击波的同时作用下, 使激光聚焦处局部虹膜组织瞬时汽化, 形成穿孔。

由于某些眼病引起瞳孔闭锁, 使光线不能到达视网膜, 病人因此失去视觉。在这种情况下, 如果能在虹膜上重新开一个人工瞳孔, 病人就可以重见光明。过去用手术的办法, 先将角膜打开, 再用镊子钳住虹膜, 然后切除一小块虹膜, 开一个小口, 成为人工瞳孔, 最

* 1975年3月11日收到。

后将打开的角膜重新缝合。待痊愈后，再拆线、出院。手术麻烦，病人痛苦。

现在用激光治疗，只要将合适能量的脉冲激光聚焦照射在虹膜需要切除的部位，就可在该处虹膜上打开一个小口，完成人工瞳孔。治疗迅速，操作简便(见图2)。



- (a) 治疗前，瞳孔闭锁，外界光线无法进入眼底
- (b) 用激光治疗，将激光聚焦照射在虹膜需切除的部位上
- (c) 治疗后，新开瞳孔，外界景物能在视网膜上成像，恢复视觉

图2 用激光治疗瞳孔闭锁示意图

还有一类称作青光眼的病，它是由于眼内房水的循环失去平衡而造成眼压过高的结果。房水，是一种无色透明的液体，它由睫状体上皮分泌出来，充满后房(虹膜与晶状体之间的空间称为后房)，然后经瞳孔流入前房(虹膜与角膜之间的空间称为前房)，再从前房角(虹膜与角膜的夹角)流经输淋氏管进入静脉，排出眼外(如图3)。

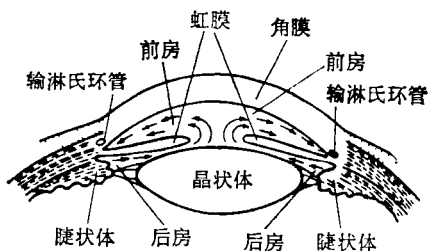
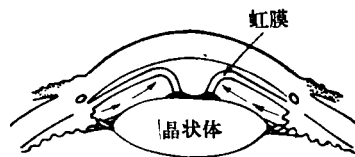


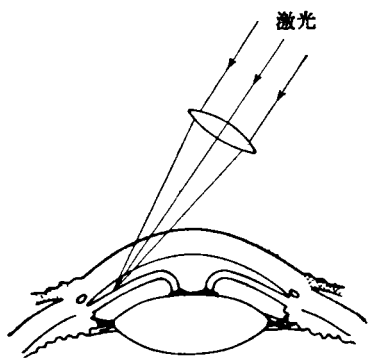
图3 房水正常循环示意图

房水给角膜、晶状体、玻璃体提供营养和抗体，维持正常的新陈代谢作用。房水产生和排出的循环过程，保持动力学的平衡，使人的眼压维持在正常范围内。

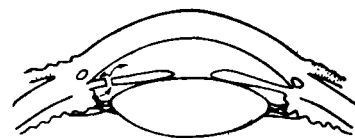
如果由于某些原因，如虹膜睫状体炎，引起虹膜与晶状体粘连，则房水无法再进入前房，此时睫状体仍在继续分泌房水，这些房水流不出去，只得充满在后房内，压力越来越大，使虹膜膨隆起来，眼压急骤升高，病人则感到眼部、头部胀痛难忍。如不及时治疗，过高的眼压长期压迫视神经，造成视功能的损伤，因而引起视力减退以致失明。如果及早在虹膜上开一小口，则前房与后房得到沟通，房水就可以经此小口从后房流入前房，恢复正常循环，眼压立即下降至正常，青光眼的症状随之消失(见图4)。



- (a) 治疗前，虹膜与晶状体粘连，房水无法进入前房，虹膜膨隆，眼压过高。继发性青光眼(图中箭头表示房水)



- (b) 用激光聚焦照射在虹膜需切除的部位



- (c) 治疗后，虹膜裂孔形成，前后房沟通，房水循环正常，虹膜复原，眼压降低，青光眼症状消除

图4 用激光治疗青光眼示意图

我们知道，眼球本身相当于一个精密的光学仪器，故特别适合于用光来进行检查和治疗；而红宝石激光又有许多特点，更适宜用来进行虹膜切除。用红宝石激光进行虹膜切除的特点如下：

1. 红宝石激光是波长为 6943 \AA 的红色可见光。单色性好。眼内屈光间质(角膜、房水、晶状体、玻璃体等)对此波长有较高的透过率，可以不受损伤。而虹膜色素，尤其是我国人种的棕褐色虹膜色素，对红宝石

激光又有较好的吸收,因而,只需用较小能量的激光就可以在虹膜上有效地形成穿孔。据报导:棕褐色虹膜对红宝石激光的吸收率比蓝色虹膜高,而且用红宝石激光进行虹膜切除比用钹玻璃激光(波长为1.06微米)更有效^[1]。

2.激光的方向性好,可以聚焦成较小的光斑,对所需切除的部位进行虹膜切除,从而防止损伤虹膜其他部位。我们使用的红宝石激光器在输出1.5焦耳时发散角 θ 约为10毫弧度,聚焦透镜焦距 f 为35毫米,聚焦后激光光斑直径 $d=f\theta=0.35$ 毫米。

3.红宝石激光是脉冲工作的,能量又高度集中,因而在通常情况下,照射一次激光就足以使虹膜形成穿孔。而且激光发射时间短,一般为毫秒级, Q 开关为微秒级,治疗所需时间极短,故不必担心病人眼球转动和正常眨眼。

4.红宝石激光器体积小、制造容易、操作简便、性能稳定。

关于激光器的工作原理,在《激光视网膜凝结机》一文中已有叙述^[1],本文不再重复。

二、仪器结构

激光虹膜切除器分激光器和机箱两大部分(见图

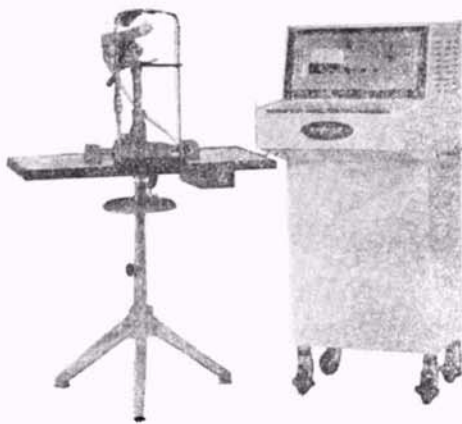


图5 激光虹膜切除器外形照片

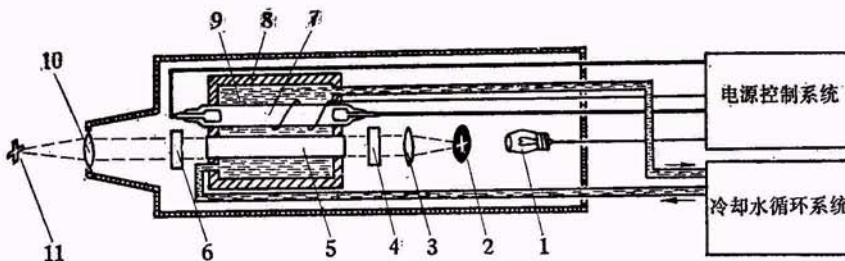


图6 激光虹膜切除器结构简图

1.照明灯;2.空心十字线光阑;3.透镜;4.全反射膜片;5.红宝石棒;6.半反射膜片;7.脉冲氙灯;8.聚光腔;9.循环冷却水;10.工作透镜;11.十字线像(激光焦点)

5照片)。

为适应眼科医生使用的需要,激光虹膜切除器有两种型式:一种是安装在眼科裂隙灯上的,一种是可独立使用的。为叙述简单起见,本文只介绍可独立使用的一种。

图6为激光虹膜切除器的结构简图。激光工作物质为红宝石棒5,它与脉冲氙灯7并排紧靠地、轴对称地置于圆柱形聚光腔8内。聚光腔四周密封,充满循环流动的蒸馏水,以便对红宝石及脉冲氙灯进行全面冷却。在激光输出的方向上置一工作透镜10,将激光聚焦在透镜10的焦平面11上。为了准确地指示出红宝石激光每次照射的位置,在激光器的后端装有一照明光源,用它来提供一束平行光,以模拟激光束作瞄准定位用。此瞄准照明光源可用一台He-Ne激光器,或采用其他光源。为简便和使结构小巧起见,我们采用了如图6所示的光路。照明灯1照亮空心十字线光阑2,空心十字线光阑是在金属圆片上用火花线切割制成的,十字线宽度为0.2毫米左右,只让照明光从十字线中透过。将十字线光阑调节在透镜3的焦平面上,使照明光变成平行光并与激光同路,这样,照明光穿过介质膜片和红宝石棒,经透镜10后在其焦平面上便有一个红色的亮十字线像。用它来指示每一次脉冲激光聚焦点的位置,以便对虹膜需要切除的部位进行瞄准。

整个激光器装在一个可以前后、左右、上下、俯仰、偏角均可灵活调节的支架上,让医生选择合适的方位和恰当的人射角度对病人虹膜进行激光照射。

激光虹膜切除器的电源与激光视网膜凝结机的电源通用,达到了一机多用的效能,既节省了费用,减轻了用户负担,又便于普及和扩大应用,受到了医疗单位的欢迎。

主要技术数据如下:

1.红宝石: $\phi 6 \times 80$ 毫米。在600焦耳能量输入时,激光输出的转换效率0.3%以上。阈值低于360焦耳。

2.脉冲氙灯:直管型, $\phi 10 \times 75$ 毫米。

3.聚光腔:圆柱形紧包裹结构,内径 $\phi 23$ 毫米,内壁镀银抛光。

4.冷却方式:全水冷。用蒸馏水或去离子水循环冷却。

5.谐振腔:平面平行共振腔。在 $\phi 11$ 毫米的玻璃平板基片上用电子束涂膜法交替涂上多层 SiO_2 和 ZrO_2 薄膜,分别对 6943 \AA 波长全反射和半反射。

6. 储能电容器: 2000微法, 耐压 1000 伏.
7. 充电电压一般调节范围: 600 伏—950 伏.
8. 激光输出能量: 0.5—4.5 焦耳可调.
9. 工作透镜: 焦距 $f = 35$ 毫米.
10. 激光发散角: 3 毫弧度 (输出 0.5 焦耳时) 至 10 毫弧度 (输出 1.5 焦耳时).
11. 激光脉冲宽度: 0.6 毫秒.
12. 激光输出能量曲线如图 7.

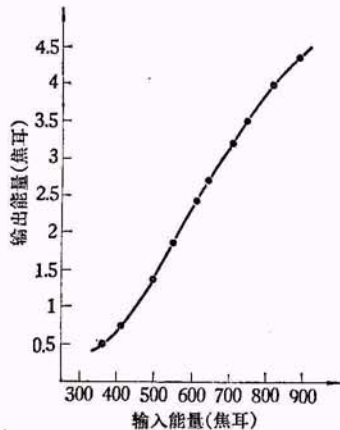


图 7 激光输出能量与输入能量关系曲线

三、临床应用

我们自 1972 年初开展动物实验以来, 于 1973 年 11 月进入临床应用, 至今已治疗四十多例。

操作方法如下: 患者治疗前不需作任何处理, 治疗时取坐位, 头部置于托架上, 嘱病人向指定方向凝视。调节激光虹膜切除器支架, 选取适宜的照射方向, 再仔细调节焦距, 使在病人虹膜上出现清晰的亮十字线像, 并将此十字线中心对准需切除的虹膜部位。当储能电容器上的充电电压达到合适值时, 按下氙灯触发开关, 激光便立即射出, 并聚焦在患者虹膜上。(图 8 照片就是医生在给病人进行治疗时的情况)。



图 8 治疗时的情况

在我们的激光虹膜切除器中, 聚焦透镜焦距为 35 毫米, 进行虹膜切除的激光能量一般在 1.5 焦耳左右, 便可在虹膜上获得满意的穿孔。由于各人需切除的虹膜部位不同、色素多少不同、虹膜病变程度不同、前房深浅不同, 所需要的激光能量也有所不同, 其具体病例可参见附录。

临床实践证明, 激光虹膜切除可以达到增进视力(如病例二、三)降低眼压(如病例四)、或者同时增进视力和降低眼压(如病例一)的明显疗效。

目前正在研究用装在眼科裂隙灯上的虹膜切除器, 配合前房角镜进行虹膜根部以及滤帘组织的激光切除, 以使适用激光治疗的青光眼病种范围进一步扩大。

此外, 我们还与上海光机所、硅酸盐所一起开展将波长为 1.06μ 的钕玻璃或 YAG 激光倍频成 0.53μ 的绿光在眼科临床上的应用, 充分发挥固体激光的各种优点, 更好地为工农兵服务。

* * *

附录: 病例介绍

病例一: 产××, 男, 37 岁, 社员。右眼于 64 年患虹膜睫状体炎后视力逐减, 近两月来眼压升高, 结膜充血, 曾用药物治疗, 未能控制。来第六人民医院检查: 右眼虹膜睫状体炎继发性青光眼, 瞳孔闭锁, 虹膜膨隆, 眼压高达 83 毫米汞柱。治疗经过: 用 1.48 焦耳的激光在虹膜中部十点钟位置聚焦照射, 当即形成虹膜穿孔, 穿孔处虹膜膨隆显著减退, 前房变深, 指压较激光照射前明显降低。一周后检查, 眼压已恢复正常, 为 17 毫米汞柱, 视力由原先 0.03 增至 0.3, 前房正常, 虹膜裂孔形成良好。激光治疗起到了既增进视力又降低眼压的效果。

病例二: 于××, 男, 55 岁, 社员。因患虹膜睫状体炎, 双眼视物模糊一年多。曾在别的医院用药物治疗, 视力一直无明显增加, 无法独立料理自己生活。检查结果: 双眼虹膜后粘连, 瞳孔区纤维性膜闭, 有虹膜色素沉着。虽眼压不高, 但视力仅为眼前手动(左眼)和眼前数指(右眼)。治疗经过: 在双眼瞳孔颞下方用 1.4 焦耳的激光聚焦照射, 三天后检查, 虹膜裂孔形成良好, 但因晶体混浊(白内障), 无法看清眼底。病人自觉视物明显好转, 检查视力: 右眼增至 0.04, 左眼增至 0.02, 病人已可自行料理生活。由于病人同时还患白内障, 故视力未能进一步增加。

病例三: 岳×, 男, 12 岁, 学生。左眼角膜穿通伤, 曾在别的医院进行缝合术, 因粘连性角膜白斑, 瞳孔区被虹膜色素层遮盖, 视力很差, 仅为眼前手动。治疗经过: 以 1.0 焦耳的激光聚焦照射瞳孔区, 稍偏向

(下转 226 页)