

## 激光在眼科治疗上的应用(下)

上海市激光技术试验站激光眼科应用研究组

### 目前激光在眼科治疗上的使用范围

激光是近十余年发展起来的新技术,激光在医学上最早的应用是从眼科开始的。

我国曾于1965年由上海光机所研制了第一台激光视网膜凝结器的实验装置,在上海市第六人民医院开始了眼科激光的动物实验和临床研究。1970年由上海合力电机厂、上海市激光技术试验站和上海市第六人民医院组成“三结合”协作组,在前述基础上研制成功可供临床使用的红宝石激光视网膜凝结机,广泛地开展了临床应用。1972年初,该组又进一步研制成我国第一台激光虹膜切除器,于1973年11月开始了激光虹膜切除的临床应用。

与此同时,上海瑞金医院眼科与上海手术器械二厂、上海第二医学院生物物理教研室组成“三结合”协作组,于1973年5月试制成我国第一台氩离子激光眼科凝固器,1973年8月将氩离子激光应用于眼科临床。

近年来,全国各地开展激光眼科应用研究的单位日益增多,各地眼科医生在激光治疗中不断扩大范围。上海除第六人民医院及瑞金医院外,已有十二家医院眼科在使用激光,其中第一人民医院已治疗了二百多名病人,五官科医院治疗了一百多病人。北京首都医院治疗了一百七十多例,解放军二〇一医院治疗了二百七十多例,沈阳市第八人民医院一百多例。另外,安徽省人民医院、徐州市第一人民医院、佛山地区第一人民医院等单位也都在眼科的临床应用上获得了宝贵的经验。

据不完全统计,目前激光在眼科治疗上的使用范围如下:

可治疗的眼病	使用的激光器		可治疗的眼病	使用的激光器	
	红宝石	氩离子		红宝石	氩离子
<b>一、眼底病</b>			12. 视网膜周边变性	✓	✓
1. 黄斑裂孔	✓	✓	13. 老年性黄斑部盘状变性	✓	
2. 视网膜裂孔(包括伴有局限性网膜剥离)	✓	✓	14. 中心性视网膜脉络膜病变(配合荧光素眼底造影)		✓
3. 视网膜囊样变性	✓	✓	<b>二、角结膜血管病</b>		
4. 视网膜劈裂症	✓	✓	1. 结膜下血管瘤		✓
5. 糖尿病性网膜病变	✓	✓	2. 结膜血管扩张		✓
6. 网膜血管瘤(贴近网膜)	✓	✓	3. 角膜新生血管(角膜血管翳)	✓	✓
7. 乳头血管瘤		✓	4. 结膜下出血	✓	✓
8. 网膜新生血管		✓	<b>三、前房和玻璃体出血</b>		
9. 脉络膜血管瘤		✓	1. 前房积血	✓	
10. 静脉周围炎	✓	✓	2. 玻璃体出血	✓	
11. 黄斑部出血	✓	✓			

(续表)

可治疗的眼病	使用的激光器		可治疗的眼病	使用的激光器	
	红宝石	氩离子		红宝石	氩离子
四、青光眼			3. 虹膜小色素瘤	✓	
1. 虹膜炎后虹膜膨隆性青光眼	✓		六、其他(增视性手术)		
2. 早期原发性充血型青光眼	✓		1. 瞳孔闭锁或膜闭	✓	
五、虹膜病变			2. 角膜中央白斑或斑翳	✓	
1. 外伤性或手术后虹膜脱出	✓		3. 外伤或手术后的瞳孔移位	✓	
2. 虹膜切除后色素层残留	✓		4. 先天性核性或绕核性白内障	✓	

当然,实际使用还不止以上这些。激光应用范围还在不断发展,治疗技术还在不断提高。

## 关于激光眼科治疗器械研制中的若干问题

### 一、激光调焦问题

激光本身是一束较好的平行光,因而在进行眼底病的治疗时,不必在激光光路中再附加任何透镜系统,激光便可直接经病人眼睛的屈光间质自行聚焦于视网膜上。但这只是当病人的眼睛是正视眼时才是如此。如果病人是近视眼或远视眼时,情况就不同了。对于近视眼来说,平行光聚焦于视网膜前;对远视眼,平行光则聚焦于视网膜后,而落在视网膜上的却是一个模糊的弥散圆(如图6所示)。这样,由于激光光斑增大,能量密度降低,就影响了激光治疗效果。

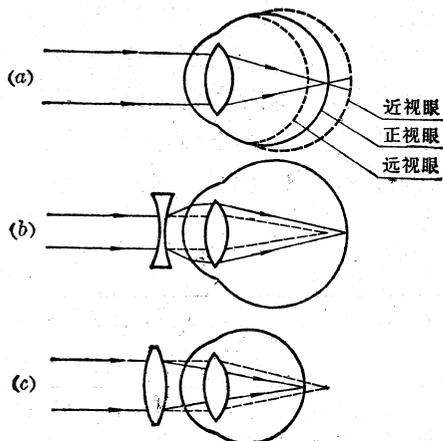


图6 激光调焦示意图

- (a) 平行光聚焦于正视眼的视网膜上,而在近视、远视眼视网膜上则是一个弥散圆  
 (b) 选择合适的负透镜对近视眼矫正  
 (c) 选择合适的正透镜对远视眼矫正

若单纯提高激光输出能量而不对激光焦点进行调整的话,则将使凝固点变大,不利于黄斑区附近的治疗。此外,由于在近视眼里,激光是聚焦在视网膜前的玻璃体上,因而还会造成玻璃体混浊等不良后果。

为了提高激光的治疗效果,应该对激光焦点进行调节,以适应各种不同屈光的患者和需治疗的不同部位。

在眼底镜式的激光眼科治疗器械中,一般采用屈光度校正镜(即一组由 $-30D$ 至 $+25D$ 的不同屈光度的正负透镜)来进行调焦。在治疗前医生可以根据病人的不同屈光程度以及需要治疗的不同部位,选择合适的屈光度校正透镜,使瞄准标记清晰地成像在需要治疗的部位上,从而使激光准确地聚焦在需要治疗的部位上。

在裂隙灯式的激光眼科治疗器械中,一般是在激光光路中加一正透镜会聚,再在病人眼前加一个固定屈光度的负透镜,用改变激光与病人的相对位置来达到调焦的目的。

### 二、同光路问题

在连续激光作眼科治疗器械时,例如氩离子激光,可用微弱的连续氩激光本身作为瞄准光,治疗时只要突然加大电流即可获得强脉冲激光。这样,治疗光与瞄准光完全是同光路的,

瞄准精度高。

而在红宝石激光眼科治疗器中,由于红宝石激光器是脉冲方式工作的,一次闪光与下一次闪光之间要隔几秒钟,为了指示出下次激光照射的位置,需要在照明光路中有一个瞄准标记。这就有一个照明瞄准光与激光是否同一条光路的问题。

在不同光路的情况下,若瞄准光与激光调整得相互平行,则在病人眼底后极部可以达得准确的瞄准。若瞄准光与激光之间有一夹角,则到达病人眼底后就会出现偏差。为了在使用过程中无论对着什么部位始终保持准确的瞄准,则必须实现照明瞄准光与激光的同光路。

实现同光路的办法很多,但各有优缺点,下面介绍几种同光路的结构。

### 1. 手持眼底镜式

(a) I-A 型:如图 7 所示。

光路特点: (1) 照明光路中,灯丝发出的光经聚光镜  $L_3$ 、反射镜  $R$ 、透镜  $L_2$  后会聚在患者眼睛瞳孔附近,这样可以使照明光全部进入眼内,避免瞳孔拦光的损失。进入眼瞳后光束扩展,照亮视网膜。

(2) 激光光路中,激光经透镜  $L_1$  会聚在反光镜  $R$  中心,反光镜  $R$  中心开小孔,以保证激光不被反光镜  $R$  所阻拦,反光镜  $R$  镜面上带有十字分划。反光镜  $R$  上的小孔及水平分划线和激光焦点一起经透镜  $L_2$ 、转向棱镜以及患者眼睛屈光间质后,成象在视网膜上。

由于激光焦点与反光镜小孔一致,故可以用小孔像(十字分划中心黑点)作为瞄准标记。

医生在上方通过屈光度校正镜盘观察病人眼底。当病人眼睛为近视或远视眼时,可通过移动透

镜  $L_2$  来调节,使激光焦点、反光镜小孔仍始终成像在患者视网膜上。

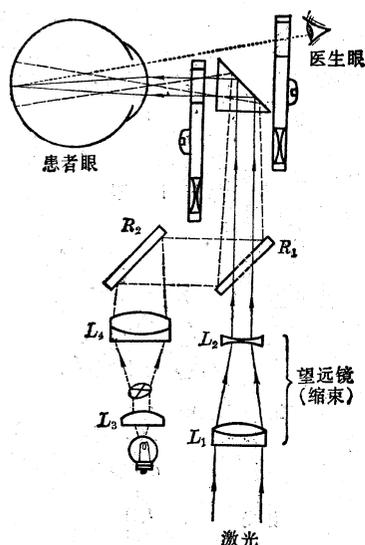


图 8 I-B型同光路结构示意图

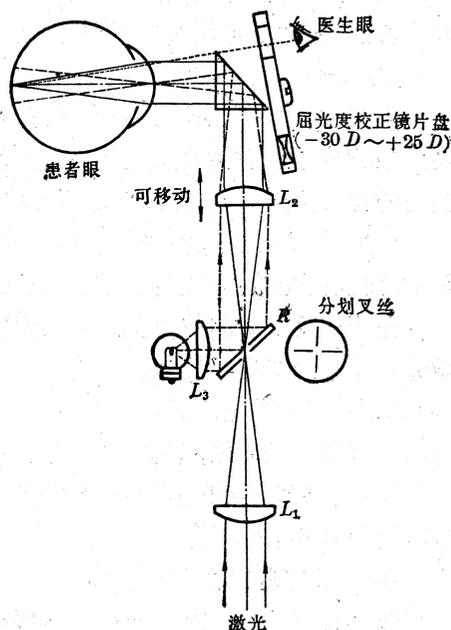


图 7 I-A 型同光路结构示意图

优点: ① 激光和照明光损失少。白光照明,亮度高,视野大,观察清晰。② 激光与瞄准照明光同光路,激光照射准确度高。

缺点: 由于机械尺寸限制,  $L_2$  的调节范围不够大,不能适应深度近视。另外,瞄准中心为一黑点,对精细观察不利。

(b) I-B 型:如图 8 所示。

光路特点: (1) 照明光路中,灯丝发出的光经聚光镜  $L_3$  照亮十字分划板,再经透镜  $L_4$  及反光镜  $R_1$ 、 $R_2$  和转向棱镜后,灯丝成象在患者眼瞳附近,进入眼瞳后,照亮视网

膜。分划板置于透镜  $L_4$  的物方焦平面上,使之成象于无穷远。

(2) 激光光路中,激光经由透镜  $L_1$  与  $L_2$  组成的伽利略望远镜压缩光束,通过反光镜  $R_1$  中心留出的透明区,再由转向棱镜转至病人眼内,由病人(正视眼)眼内屈光间质自行聚焦于视网膜上。

由于十字分划板与激光可调整为同光路,故可用十字线像的中心作为激光的瞄准标记。

医生在上方通过屈光度校正镜盘观察病人眼底。另有一屈光度校正镜盘置于转向棱镜前,当病人眼睛为近视或远视眼时,可用此镜盘调节激光焦点和分划线像,使之准确地落在视网膜上。

优点: ① 白光照明,亮度高。② 激光与瞄准照明光同光路,准确性高。③ 对近视远视眼的调节范围较大( $-30D \sim +25D$ )。④ 如果在十字线标记中心处留出透明区域,则可使观察的中心部位清晰明亮,对瞄准更有好处(以下在 I-C 型和 I-D 型中也可如此考虑)。

缺点: ① 激光发散角增大(由于压缩了光束)。② 由于在转向棱镜前增加了一个屈光度校正镜盘,拉大了与病人的距离,因而影响了对倾角较大的周边部的使用。

(c) I-C 型:如图 9 所示。

光路特点: (1) 照明光路中,灯丝发出的光经凹面反光镜会聚,照亮十字线分划板,再经转向成象棱镜及反射镜  $R$  后,成象在患者眼瞳附近,进入眼瞳后照亮眼底。分划板置于转向成象棱镜的物方焦平面处,从而成象于无穷远。

(2) 激光光路中,激光经  $45^\circ$  反射镜  $R$  转入病人眼内。此  $45^\circ$  反射镜  $R$  要求对激光波长全反射,而让白光的其余波长透过。故又称二向色镜。一般镀介质膜。

在  $45^\circ$  反射镜的前面有两个处于同一平面上的屈光度校正镜盘,可分别对医生眼睛和对激光及十字线像进行调节。

优点: ① 激光能量损失少( $45^\circ$  反射镜可以做到对激光反射率达 99% 以上)。② 激光与瞄准照明光同光路,准确性高。③ 对近视远视眼的调节范围较大。

缺点: ① 照明光损失大,照明呈蓝绿色,观察不够清晰。② 屈光度校正镜盘结构大,影响对周边部的治疗。

(d) I-D 型:如图 10 所示。

光路特点: (1) 照明光路中,灯丝发出的光经聚光镜  $L_1$ 、反光镜  $R_2$  和透镜  $L_2$  成象于患

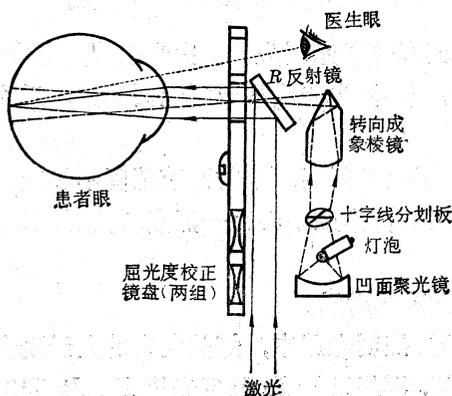


图 9 I-C 型同光路结构示意图

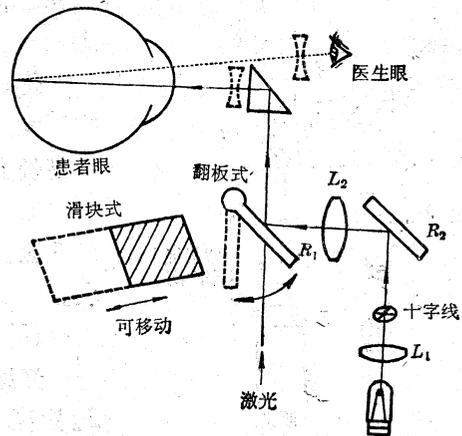


图 10 I-D 型同光路结构示意图

者眼瞳附近,进入眼瞳后照亮视网膜。十字线经  $L_2$  和患者(正视眼)眼间质成象于视网膜上。

(2) 激光经转向棱镜转入病人眼内。

反光镜  $R_1$  做成翻板式或滑片式,可自由变换位置。当医生观察时,  $R_1$  处在左图中实线所画的位置,即在照明光路中起  $45^\circ$  全反射作用。而当要出激光的一刹那,  $R_1$  转到图中虚线所画的位置,让激光毫无阻拦地通过。在激光出射完毕后,  $R_1$  又迅速回复到原始位置。这样,只要反射镜  $R_1$  的动作在  $1/25$  秒以内完成,医生就不会觉察出观察的中断。

在医生观察前和转向棱镜前各有一屈光度校正镜盘,当病人为非正视眼时,可分别对医生和激光进行校正。

优点: ① 激光和照明光均不受损失。白光照明,亮度高。② 屈光度校正镜盘分别对医生和激光校正,调节范围大。③ 激光与瞄准照明光同光路,准确性高。

缺点: 反射镜  $R_1$  的活动机构的制造比较困难,既要求动作灵巧、震动小,又要求复位精度高。但如果加工条件许可的话,这种同光路结构是比较理想的。

## 2. 配合裂隙灯式

如图 11 所示。

光路特点: 在裂隙灯的镀铝反射镜  $R_1$  前加一个介质膜反射镜  $R_2$ ,此反射镜对激光全反射,而对其余波长可见光则透过。激光器后部有一束平行光模拟激光束作调整瞄准定位。裂隙灯处选用有同心圆或十字线的分划板作瞄准标记。事先将反射镜  $R_2$  角度和激光器相对位置进行调整,使激光光路与照明光路及观察光路同轴,而且使激光焦点与分划象中心重合。

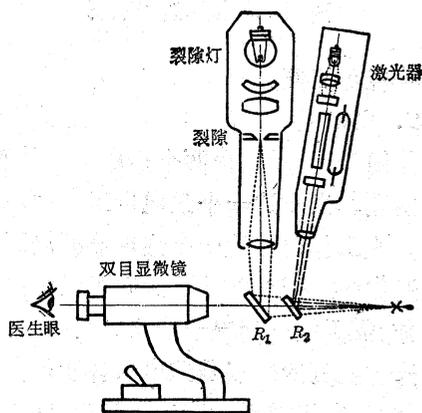


图 11 裂隙灯式同光路结构示意图

医生从双目显微镜中观察。当医生移动裂隙灯时,激光器随之同时移动。

优点: ① 激光与裂隙灯照明系统、显微镜观察系统同光轴,可以配合前置镜和各种接触镜进行综合治疗。既可以进行虹膜切除,也可以进行眼底疾病治疗。② 激光器与裂隙灯各成系统,既不影响裂隙灯的独立使用,也便于激光器本身的调整和维修。

缺点: 激光聚焦光斑因透镜焦距增大而比非同光路结构采用短焦距透镜稍有增大。

## 三、关于医生的防护问题

激光虽然可以治疗许多眼科疾病,但是对于健康的眼睛来讲,总不希望长期被激光照射。因此,在研制激光眼科治疗器械时,对医生的眼睛防护问题是需要加以认真考虑的。当然,戴上镀有全反射膜的眼镜是一种办法,但毕竟影响观察;另外,在出射激光的瞬间闭上眼睛,也是一种办法,但需要操作熟练才行。最好还是在激光眼科治疗器械上附加遮光系统,在出激光的一瞬间将医生眼睛前的激光完全遮住,在不出激光的时候,完全打开。从而既不影响观察,又不透过激光。这样的遮光系统有以下几种:

### 1. 机械型

如图 12 所示。当医生在观察时,遮光片处在图示实线位置,不阻断医生视线。而要出激光时,医生按下遮光片  $B$  端,则  $A$  端移至图示虚线位置,遮断医生视线。激光射出后,依靠弹簧(或簧片)的作用,遮光片立即复位。由于利用杠杆原理,  $B$  端动作小而  $A$  端移动幅度大。整

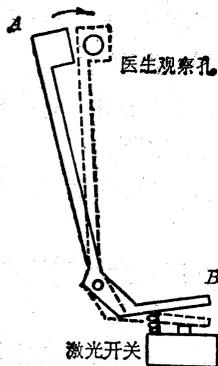


图 12 机械型遮光系统

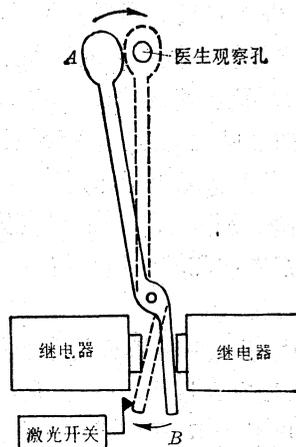


图 13 电磁型遮光系统

个机构轻巧简便。

## 2. 电磁型

如图 13 所示。用两个继电器交替吸动遮光片的  $B$  端, 使遮光片的  $A$  端交替遮住或打开医生观察孔。当左边一个继电器工作时,  $B$  端就被吸向左边,  $A$  端即遮住医生观察孔; 当左边继电器停止工作而右边一个继电器开始工作时, 则  $B$  端被吸向右边,  $A$  端离开医生观察孔。

遮住和打开观察孔的时间可以由两个继电器的吸放时间来调节, 为使两个继电器定时间歇动作, 需附加一套电子线路。

这种机构的缺点是继电器体积较大, 且使用时可靠性差。

此外, 在机械型的遮光结构中, 除了前面已经介绍的以外, 还有一种比较实用的机构, 就是利用照相机的快门, 将它改装一下, 把叶片反装, 且把拉簧位置变换一下, 从而使其成为逆动作, 即在外部不加作用时, 叶片始终是打开的, 当加上外部动作后, 叶片迅速地合闭一刹那又立即打开。这样, 在观察时, 快门开着, 不影响观察; 而在出激光的瞬间, 快门关上, 将医生眼前的激光完全遮住; 一旦激光结束, 快门又迅速打开。这种机构口径较大, 在裂隙灯式的激光眼科器械上使用较为适宜。至于各种类型的激光防护眼镜, 这里就不作说明了。

目前在激光眼科治疗器械的研制中, 还有许多问题需要进一步研究解决, 例如: 如何提高激光输出能量的稳定性和重复频率; 如何使激光聚焦点的大小能在治疗过程中根据需要进行调节; 如何改进激光的测试方法, 从而更简便、准确地测出激光输出能量及功率, 或在治疗器械中直接显示出激光能量及功率; 怎样改善导光关节或导光纤维的性能; 如何使激光器械降低造价、缩小体积、一机多用, 以符合面向农村的迫切需要; 如何进一步发展符合临床需要的新的激光器以及新的应用范围, 等等。

然而, 激光在眼科上的应用还仅仅是开始, 激光不仅在治疗上, 而且在诊断和检查方面都有着广阔的应用前景, 还有许多工作要做, 需要我们共同努力, 使激光新技术更好地为工农兵服务, 为社会主义革命和建设服务。