

# 激 光 在医学中的应用

卫 煊 杨 冠 戴友林 编著  
夏治中 王 奇 李志良

科 学 出 版 社

# 激光在医学中的应用

卫 焯 杨 冠 戴友林 编著  
夏治中 王 奇 李志良

科 学 出 版 社

1 9 7 9

## 内 容 简 介

激光这一 60 年代兴起的新技术,在生物医学方面的应用日新月异、前途广阔。本书系作者结合自己的临床经验,参考国内外有关文献编写成的。书中简单介绍了激光原理、医用激光的物理基础、激光的生物效应、各种医用激光器;详细地讲述了激光在眼科、耳鼻咽喉科中的应用,包括机理、操作方法、动物实验、典型病例等;对于激光在肿瘤、外科、妇科、皮肤科、口腔科、针灸、化验与诊断等方面的应用也做了简单介绍。书末附有参考资料,可供进一步查阅。

本书可供激光工作者、医生、生物学工作者、医学院校师生及有关的爱好者参考。

## 激光在医学中的应用

卫 焯 杨 冠 戴友林 编著  
夏治中 王 奇 李志良

\*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

1979 年 11 月 第 一 版 开本: 787×1092 1/32  
1979 年 11 月 第一次印刷 印张: 7 3/8 插页: 2  
印数: 0001—12,680 字数: 165,000

统一书号: 14031·17

本社书号: 1552·14

定 价: 0.85 元

## 前 言

激光技术的发展在医学科学领域里引起了极大的注意，这一新技术的独有特点，使激光在医学上的应用前途广阔。

1960年世界上第一台红宝石激光器研制成功后，第二年就被用于眼科的视网膜焊接。十多年来，激光在医学上的应用更是日新月异，突飞猛进。目前除眼科外，已深入到外科、妇科、耳鼻咽喉科、肿瘤、皮肤、口腔等科以及公共卫生、检验、生物细胞学等医学的各个方面，一门崭新的激光医学新学科正在逐渐形成。

近年来，我国激光技术的普及工作已逐步深入到医学的各个领域，群众性的激光医用研究工作也象雨后春笋一样在各地蓬勃发展。为了使激光技术更好地服务于人民的医学事业，我们编写了“激光在医学上的应用”一书，供同志们参考，期望将来会有更多更好的专著出现。

这本书是参考国内外有关文献，结合我们自己的一些工作体会编写的。由于激光在临床上应用的不少项目有的还处于实验阶段，有的虽已开展临床应用，但毕竟时间尚短，缺乏必要的长期观察，因此，对激光的某些应用我们必须持慎重态度。

激光在医学上的临床应用，虽已经历了十多年的发展历史，但与几千年的传统医学相比，仍属萌芽阶段。我们深信，随着我国激光技术的不断发展，一定会有更多绚丽多彩的研究新成果展现在我们面前。

在编写本书过程中，曾蒙武汉医学院第二附属医院和上

海市第六人民医院党委的关怀和鼓励，并得到了中国科学院上海光机所汤星里同志、上海硅酸盐研究所吴宗焱、奚同庚同志、上海东风医院葛成筠医师、武汉医学院第二附属医院耳鼻咽喉科袁树声副主任、崔云华医师、张益萱同志以及国家地震局武汉地震大队激光手术器研制组同志们的热情支持和帮助。同时，为了使本书尽可能反映出目前国内医用激光开展的情况，书中还引用了许多兄弟单位的科研成果和经验，在此一并志谢。

由于我们水平较低，编写时间仓促，错误之处难免，诚恳地希望同志们指正。

图版 1



(1)



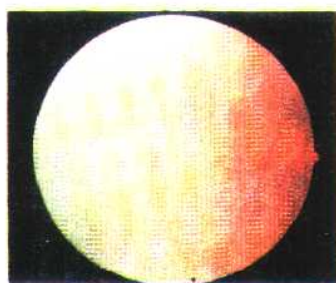
(2)



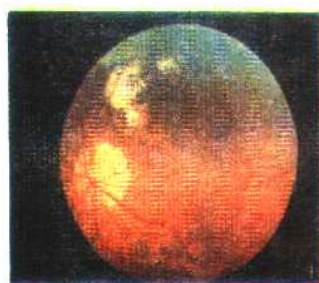
(3)



(4)

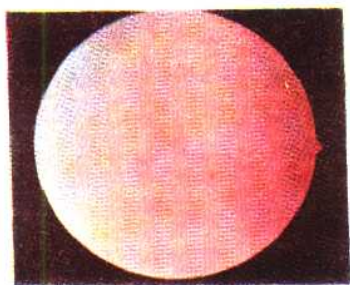


(5)



(6)

(1)黄斑裂孔缘水肿激光凝固术后，(2)黄斑裂孔作大范围网膜剥除激光后，(3)赤道部马蹄形裂孔凝固前，(4)赤道部马蹄形裂孔凝固后，(5)赤道部马蹄形裂孔凝固后二周，(6)颞上方裂孔消失，色素沉积疤痕形成。



(1)



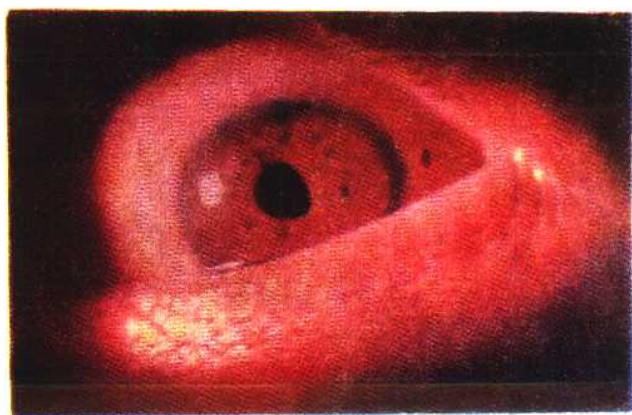
(2)



(3)



(4)



(5)

(1) 左鼻上方视网膜巨大裂孔(激光治疗后), (2) 左视网膜劈裂症(激光治疗后), (3) 网膜中心静脉枝栓塞症(激光术前), (4) 网膜中心静脉枝栓塞症(激光术后), (5) 虹膜周边切除。



(1)



(2)



(3)

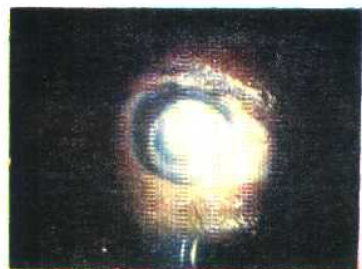


(4)



(5)

(1) 瞳孔永存膜(激光术前), (2) 瞳孔永存膜(激光术后),  
(3) 黄斑盘状变化(激光治疗后), (4) 虹膜囊肿, (5) 激  
光术后囊肿消失。



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)



(6)

- (1) 角膜移植术后虹膜后粘连, (2) 激光术后虹膜粘连消除,  
(3) 并发性白内障术后瞳孔闭锁, (4) 激光术后虹膜穿孔,  
(5) 双瞳症(激光术前), (6) 双瞳症(激光术后)。

# 目 录

|                      |    |
|----------------------|----|
| 前言                   | v  |
| 第一篇 激光原理及基础知识        | 1  |
| 第一章 激光原理             | 1  |
| § 1-1 引言             | 1  |
| § 1-2 原子的能级          | 2  |
| § 1-3 粒子数目按能级的分布     | 4  |
| § 1-4 自发辐射和受激辐射      | 5  |
| § 1-5 粒子数反转分布和激励     | 7  |
| § 1-6 激活介质           | 7  |
| § 1-7 光学谐振腔          | 9  |
| 第二章 激光在医学上应用的物理基础    | 12 |
| § 2-1 激光特性           | 12 |
| § 2-2 激光医用的物理基础      | 14 |
| 第三章 医用激光器            | 17 |
| § 3-1 概述             | 17 |
| § 3-2 固体激光器          | 18 |
| § 3-3 气体激光器          | 25 |
| § 3-4 其他激光器          | 46 |
| 第四章 激光的能量和功率测量       | 50 |
| § 4-1 能量与功率测量的意义     | 50 |
| § 4-2 参数测量           | 51 |
| 第五章 激光在医学应用中的几个问题    | 57 |
| § 5-1 激光对机体组织的作用     | 57 |
| § 5-2 医用激光临床和组织病理学研究 | 59 |
| § 5-3 激光的应用范围和操作方法   | 63 |
| § 5-4 激光手术的麻醉        | 66 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 第六章 激光对眼睛的损伤与防护 .....            | 68  |
| § 6-1 眼睛的光性分析 .....              | 69  |
| § 6-2 激光损伤眼睛的机理 .....            | 71  |
| § 6-3 激光伤眼阈值及影响因素 .....          | 72  |
| § 6-4 国外激光损伤的安全标准 .....          | 73  |
| § 6-5 激光的防护 .....                | 73  |
| 第二篇 激光在眼科的应用 .....               | 77  |
| 第一章 眼球组织对各种光谱的透过率 .....          | 77  |
| § 1-1 设备和方法 .....                | 77  |
| § 1-2 结果与讨论 .....                | 80  |
| 第二章 动物试验 .....                   | 88  |
| § 2-1 视网膜激光凝固的动物实验 .....         | 88  |
| § 2-2 虹膜切除的动物实验 .....            | 97  |
| 第三章 激光治疗眼底病 .....                | 100 |
| § 3-1 临床应用的技术操作 .....            | 100 |
| § 3-2 激光凝固和治疗视网膜疾病 .....         | 100 |
| § 3-3 睫状体激光凝固术 .....             | 124 |
| § 3-4 角巩膜缘和角膜激光切除术 .....         | 125 |
| 第四章 激光虹膜切除术 .....                | 127 |
| § 4-1 激光虹膜切除器与应用方法 .....         | 128 |
| § 4-2 临床操作方法 .....               | 129 |
| § 4-3 临床应用 .....                 | 129 |
| 第五章 激光治疗的并发症 .....               | 140 |
| § 5-1 乳头黄斑束萎缩 .....              | 140 |
| § 5-2 激光治疗对视功能的影响 .....          | 143 |
| § 5-3 玻璃体混浊和网膜大片出血 .....         | 144 |
| 第六章 氙弧光与激光凝固的比较 .....            | 145 |
| § 6-1 氙弧光与激光凝固的比较 .....          | 145 |
| § 6-2 氙弧光与激光凝固的疗效比较 .....        | 146 |
| 第三篇 激光在耳鼻咽喉科的应用 .....            | 148 |
| 第一章 激光照射治疗耳鼻咽喉科疾病 .....          | 148 |
| § 1-1 耳鼻咽喉科中激光治疗的研究和临床应用情况 ..... | 148 |

|       |                              |     |
|-------|------------------------------|-----|
| § 1-2 | 激光治疗慢性肥大性鼻炎·····             | 153 |
| § 1-3 | 激光治疗鼻出血·····                 | 157 |
| § 1-4 | 氮分子激光照射治疗急性扁桃体炎·····         | 158 |
| § 1-5 | 氩-氦激光在耳鼻咽喉科的应用·····          | 159 |
| 第二章   | 耳鼻咽喉科中的激光手术·····             | 161 |
| § 2-1 | 一种无血的扁桃体手术——扁桃体激光切除术·····    | 161 |
| § 2-2 | 激光气化和切除耳鼻咽喉部血管瘤·····         | 165 |
| § 2-3 | 上颌窦根治术和耳道内乳突根治术·····         | 171 |
| § 2-4 | 激光切除耳鼻咽喉部位乳头状瘤·····          | 173 |
| 第四篇   | 激光在临床其他各科的应用·····            | 174 |
| 第一章   | 激光治疗肿瘤·····                  | 174 |
| § 1-1 | 激光对肿瘤的作用和研究·····             | 174 |
| § 1-2 | 激光气化和切除皮肤恶性肿瘤·····           | 182 |
| § 1-3 | 激光手术治疗各种体腔部位和表浅器官的肿瘤·····    | 186 |
| 第二章   | 激光在外科的应用·····                | 192 |
| § 2-1 | 国外激光外科手术的研究和应用情况·····        | 192 |
| § 2-2 | 我国激光外科应用的情况·····             | 196 |
| § 2-3 | 激光照射治疗外科疾病·····              | 198 |
| 第三章   | 激光在妇科的应用·····                | 200 |
| § 3-1 | 概述·····                      | 200 |
| § 3-2 | 激光治疗慢性宫颈炎·····               | 200 |
| § 3-3 | 宫颈间变、宫颈原位癌及妇科其他肿瘤的激光治疗·····  | 202 |
| § 3-4 | 激光在外阴疾病和妇科诊断方面的应用·····       | 203 |
| 第四章   | 激光在皮肤科的应用·····               | 204 |
| § 4-1 | 概述·····                      | 204 |
| § 4-2 | 激光照射治疗皮肤粘膜溃疡·····            | 205 |
| § 4-3 | CO <sub>2</sub> 激光治疗痣和疣····· | 206 |
| § 4-4 | 激光治疗各种皮肤的良、恶性肿瘤和其他皮肤病·····   | 207 |
| 第五章   | 激光在口腔科的应用·····               | 209 |
| § 5-1 | 概述·····                      | 209 |
| § 5-2 | 激光口腔照射治疗·····                | 210 |
| § 5-3 | 激光用于口腔科病变切除和气化手术·····        | 211 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| § 5-4 激光钻牙、镶牙和防龋的情况 .....      | 213 |
| 第六章 低能量激光照射治疗和激光在诊断方面的应用 ..... | 214 |
| § 6-1 激光针灸和经络学说的研究 .....       | 216 |
| § 6-2 散焦照射——温热刺激作用 .....       | 219 |
| § 6-3 激光治疗高血压和哮喘病 .....        | 220 |
| § 6-4 激光在诊断方面的应用 .....         | 222 |
| 参考资料 .....                     | 225 |

# 第一篇 激光原理及基础知识

## 第一章 激 光 原 理

### § 1-1 引言

激光是近十多年来发展起来的一门尖端科学。它在国防建设、工农业生产、医学卫生和科学实验等方面都有着极为广泛的用途和应用前景。1960年,人们第一次从一根人造红宝石中获得了只闪烁百万分之一秒的激光脉冲。但是到第二年,人们已经从氦氖的低压混合气体中获得稳定而连续的激光光束了。十多年后的今天,由许多物质(包括固体、气体、半导体和液体)所产生的激光已被用于各个方面,其波长范围从0.15—774微米,也就是从远红外(已与无线电波相连)一直扩展到紫外,其发展甚至还可能达到X光波段。

为什么激光技术会得到如此迅速地发展呢?归结起来,主要还是由它本身的特点所决定的。例如,它的亮度极高,比太阳表面的亮度还要高 $10^{10}$ 倍;而且其方向性极好,几乎是一束平行的光束;颜色也极为单纯,比目前最好的单色光源——氪灯还要纯上万倍。因此,激光能在千分之几秒甚至更短时间内使一些难熔的物质熔解以致汽化;可以在百分之几毫米的范围内产生几百万度的高温,几百万个大气压,每厘米几千万伏的强电场。由于这些特点,它已被广泛地用于生产和科学实验。

在工业生产上,激光已用来加工微孔,进行切割和焊接各种难熔的材料和工件。激光还可用作长度标准和精密测量,

它能以高于 1 微米的精度测量大于 1 米长的工件。在一般的工程施工中利用激光的方向性可以进行精确的导向。在军事技术上,出现了激光雷达和激光测距,它可以精确地测量目标的方位、距离和速度,对卫星、导弹等目标进行精密跟踪,甚至能清楚地显示目标的形状来。利用激光对炸弹进行制导,还可大大提高命中率。在理论上,激光可同时传送 1,000 万套电视节目或 100 亿路电话,这是目前一般通讯设备所望尘莫及的。利用激光的相干性还可以发展一种新型的图象拍摄方法——全息照相,这种技术能获得真正的立体影象。在科学实验中,用激光可以进行等离子体诊断,以及用它实现受控热核反应等等。在农业上,激光辐射育种和大面积植株照射增产的试验也都崭露头角。在医学上的应用也是极其广泛,从激光在医学上的初次尝试——视网膜焊接开始,继而扩大至耳鼻喉科、牙科、外科、皮肤科、妇科、肿瘤,以及公共卫生、生活细胞等的研究,在这些领域中,都不难发现激光的踪迹。

总之,激光的应用已遍及到我们生活的各个方面,目前还在向深度和广度发展。但激光为什么会有如此大的功能,为什么有如此奇异的特性,这还得从激光光源的本身谈起。

## § 1-2 原子的能级

要知道发光的特殊本质,就该弄清楚光是怎样从光源中发射出来的。而光源又是怎样形成的?它为什么会发光?

无论是哪种光源,例如日光灯、白炽灯、霓虹灯的发光物质都是由分子和原子所组成。而原子则由原子核和若干核外电子所构成。核带正电荷,电子带负电荷。电子绕核转动,好象行星绕太阳转动一样。电子既有离开核的趋势,又有受正电荷吸引向核的趋势。在一定条件下,原子内部核与电子之间的矛盾斗争使原子趋于相对稳定的状态。因此,电子与核

之间常保持一定的距离,若没有外界的作用,这个距离是不会改变的。

现在我们来最简单的氢原子,它是由原子核(质子)和一个沿着一定轨道绕核旋转的电子所组成(图 1-1)。电子的电荷与质子的电荷在数量上相等而符号相反,作为氢原子的整体便呈现中性。

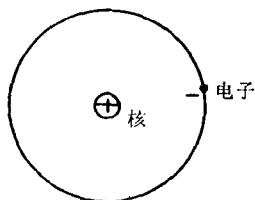


图 1-1 氢原子模型

根据近代原子物理的研究知道,原子中的电子是不能沿着任意的轨道绕着原子核运动的,而只能沿着某些可能的轨道绕核旋转。各个可能轨道离核的距离各不相同,它们彼此一一分开。电子要么在这一轨道上运动,要么在另一轨道上运动,因而在两个轨道之间是不能停留的。但是,电子除沿着某个可能轨道运动外,还由于受外来的影响可从一个轨道跳到另一个轨道。

当电子在不同的轨道上运动时,就说原子是处于不同的稳定状态,而处在每一稳定状态中的原子都具有一个确定的

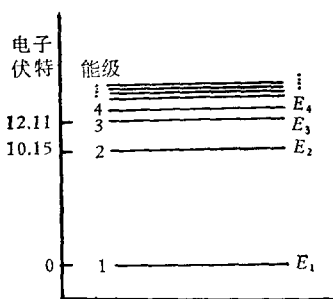


图 1-2 氢原子能级图

能量也叫原子的内能。由于原子内电子绕核运动状态是不连续的,因此它的能量也是不连续的。离核较近的轨道对应较小的能量,较远的轨道对应较大的能量。我们把分裂成一档一档的原子能量值称为原子的能级。例如氢原子的能级分布情况如图 1-2

所示。图中氢原子的最低能级  $E_1$  称为基态,其余的能级  $E_2$ 、

$E_3$ 、 $E_4$ ...都称为高能级或称为激发态。

### § 1-3 粒子数目按能级的分布

为了叙述方便,我们把构成物质的一些基本单位如原子、分子和离子等都统称为粒子。

在热的作用下,有些粒子将由低能级吸收热辐射而跃迁到高能级,因而处于激发态。但是高能级一般不可能久留,它总要辐射出吸收的能量而返回低能级。也就是说,在热的作用下,有些粒子由低向高能级跃迁,而有些则由高向低能级返回。在达到热平衡时,单位体积中的同类粒子在各个能级上是按照一定的统计规律分布的。这个规律称为玻耳兹曼分布律,以公式表示为

$$n = N e^{-E/KT} \quad (1-1)$$

式中  $n$  是处于能级能量为  $E$  的粒子数;  $N$  为总粒子数;  $K$  为玻耳兹曼常数:  $1.38 \times 10^{-16}$  尔格/度;  $T$  为热平衡时绝对温度;  $e = 2.718$ 。

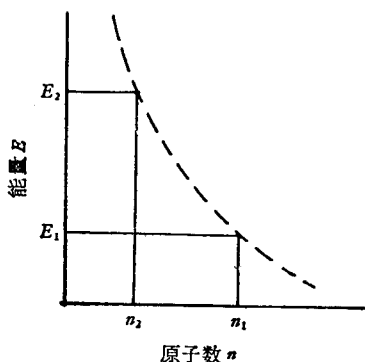


图 1-3 原子数目按能级分布

由玻耳兹曼分布律知道,处于激发态的粒子数目依赖于绝对温度。在两个确定能级上的粒子数目比,可由此分布律决定:

$$\frac{n_2}{n_1} = e^{-(E_2-E_1)/KT} \quad (1-2)$$

为了直观地看出处于能级  $E_2$  上的粒子数  $n_2$  和能级  $E_1$  上的粒子数  $n_1$  的

多少,可用图 1-3 表示。由图可见,由于绝对温度  $T(K) =$  摄氏温度  $t(^{\circ}C) + 273.15$ , 永远为正值,所以处于低能级  $E_1$