

# 激光美容外科学

Lasers In Aesthetic Surgery

陈国璋 主译



Gregory S.Keller·Victor G. Lacombe  
Patrick K.Lee·James P. Watson



中国医药科技出版社

# 激光美容外科学

**Lasers in Aesthetic Surgery**

主编 Gregory S. Keller  
Victor G. Lacombe  
Patrick K. Lee  
James P. Watson

主译 陈国璋

中国医药科技出版社

登记证号：(京) 075 号

图字 01-2002-0532

图书在版编目 (CIP) 数据

激光美容外科学 / (美) 凯勒 (Keller, G. S.) 等编; 陈国璋等译. —北京: 中国医药科技出版社, 2003. 1

ISBN 7-5067-2670-X

I. 激... II. ①凯... ②陈... III. 激光技术—应用—美容术 IV. R622

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 106322 号

《Lasers in Aesthetic Surgery》(激光美容外科学) 版权归 Thieme 所有, 经 Thieme 授权该书中文简体字版由中国医药科技出版社出版。

中国医药科技出版社 出版  
北京市海淀区慧园北路甲 22 号  
(邮政编码 100088)

北京友谊印刷有限公司 印刷  
全国各地新华书店 经销

\*

开本 A4 印张 19 $\frac{1}{2}$

字数 557 千字

2003 年 5 月第 1 版 2003 年 5 月第 1 次印刷

---

定价: 150.00 元

本社图书如存在印装质量问题, 请与本社联系调换 (电话 62244206)。

# 译者名单

(按姓氏笔画排序)

主 译 陈国璋

译者名单 王春梅 孙家明 乔 群 刘元波 朱晓峰

陈国璋 张海明 何晓明 宋维铭 金 骥

范金财 徐 军 徐 路 蒋海跃 穆兰花

## 译者的话

激光是 20 世纪最重要的发明之一。激光诞生不久，就和医学结下了不解之缘。从 1981 年开始，世界卫生组织已正式将激光医学列为正式学科。

在当今知识爆炸的时代，医学知识正处于飞速发展中，激光作为一门新兴学科更是日新月异。新的研究和临床经验不断丰富着我们的知识，需要我们对现行的治疗方法进行更新和改进。本书所介绍的材料代表了出版时激光美容外科最新的进展，可供我国从事激光美容外科和有志于此的同仁参考。

本书所介绍的大多是白种人中的治疗经验，由于国人的肤色不同，这种经验只能作为参考，不一定能作为治疗标准使用。虽然如此，本书仍不失为激光美容外科的一本很好的教科书。

由于本书的译者都是整形美容外科医师，对于激光基础理论方面的一些问题，虽曾请教过一些激光专家，但不当之处在所难免，请读者见谅。

陈国璋

2002 年 8 月

## 序 言

关于激光技术的教科书永远不会是最新的。由于激光外科学发展迅猛，因此本书不可能反映现状。随着先进技术和设备不断涌现，现在出版的图书所介绍的是2年前的内容，是落后于目前发展状况的。

这本书当初的构想是想做一套完整的有关激光技术的教科书。在一定意义上讲，我们实现了这一目标。这本书还介绍了比较先进的无创激光换肤术。由于激光系统和制造商数量的迅速增长，我们不能在此一一介绍，但我们仍克服了种种困难按时向出版商交稿。

这本书涉及到的内容很广泛。虽然其中的许多内容实用性很强，但许多人对此并不是很了解。本书的著者为那些欲在激光科学领域中更深入进行研究的人们提供了许多宝贵的参考资料。

激光技术的发展方向不局限于只用做外科中的切割，目前激光科学较新的用途是应用选择性光热解技术和非清除技术来达到治疗目的。激光脱毛术、非清除性换肤以及面部光学技术均是激光选择性技术的新应用。光动力学治疗技术是激光选择性技术的极端表现，现已显露出作为未来治疗方法的势头。

Gregory S. Keller, M. D.

(徐路译 陈国璋校)

## 致 谢

这里首先要感谢本书的编辑和制作人员。从基本的素材和图片到一本美丽的图书是图书出版的一个奇迹。经过 Avé McCracken, Kathleen Lyons, Michelle Schmitt, Eric Gladstone 等人的修饰、美化和加工使这本书成为一部大部头著作。

这里还要感谢为本书操劳的所有著者和编者，尤其是 Ken Toft 和 Victor Lacombe，他们完成了本书的最后修稿，做了大量的工作。

同时还要感谢所有帮助我理解激光装置对人体组织作用的科学家。在 Dan Doiron, Ted Maiman, Cliff Morrow, David Harris, Nick Razum, Michael Slatkine, Tom Dougherty 等许多人的指导下，使我了解了光与靶组织间的相互作用及如何量化这种作用。

最后要感谢我办公室的所有同仁，在他们的支持下，使本书成为现实。特别是 Gretchen Ostergren 和 Isabel Thompson 为我们的激光项目的所有细节做了大量工作。

Gregory S. Keller, M. D.

(徐路译 陈国璋校)

# 目 录

## 第 I 部分 激光学基础

- 第一章 临床外科激光的物理学原理..... (3)  
Nicholas J. Razum
- 第二章 美容外科使用的激光设备和器械 ..... (12)  
Michael Slatkine and Clifford E. Morrow
- 第三章 激光安全操作规程 ..... (23)  
Julene E. Cray
- 第四章 选择性光热解作用 ..... (28)  
Paul C. Levins

## 第 II 部分 激光技术在皮肤换肤术中的应用

- 第五章 激光皮肤换肤术：回顾 ..... (35)  
Gregory S. Keller and Victor G. Lacombe
- 第六章 激光皮肤剥脱 ..... (55)  
W. Gregory Chernoff
- 第七章 Sharplan SilkTouch 和 FeatherTouch 激光扫描仪 ..... (64)  
Victor G. Lacombe, Keith E. Blackwell, and Gregory S. Keller
- 第八章 Surgipulse 激光换肤术 ..... (67)  
William H. Beeson
- 第九章 应用 UltraPulse 超脉冲 CO<sub>2</sub> 激光机作换肤术 ..... (80)  
Phillipa L. Lowe and Nicholas J. Lowe
- 第十章 高能二氧化碳激光单次照射换肤术 ..... (88)  
Maurice M. Khosh, Wayne F. Larrabee, and Bruce Smoller
- 第十一章 Luxar 激光系统 ..... (93)  
R. James Koch
- 第十二章 Tru-Pulse 激光换肤术 ..... (99)  
Brian D. Bucalo and Ronald L. Moy
- 第十三章 Derma 20 铒：YAG 激光 ..... (103)  
R. James Koch
- 第十四章 铒：YAG 激光与二氧化碳激光的对比 ..... (109)  
William K. Boss, Jr., Michael A. Fiorillo, and Hakan Usal
- 第十五章 无表皮剥脱激光面部除皱术 ..... (116)  
W. Gregory Chernoff



### 第Ⅲ部分 激光治疗血管病

- 第十六章 血管激光系统..... (127)  
Patrick K. Lee
- 第十七章 头颈部血管病变的治疗..... (131)  
Milton Waner
- 第十八章 铜蒸气和溴化亚铜激光..... (144)  
Sue E. McCoy
- 第十九章 闪光灯泵浦脉冲染料激光..... (151)  
William Russell Ries and Patrick K. Lee
- 第二十章 VersaPulse 激光 ..... (159)  
Emil A. Tanghetti
- 第二十一章 间断滤过的闪光灯强脉冲光束 (IPL) 装置 ..... (164)  
Robert A. Weiss and Margaret A. Weiss

### 第Ⅳ部分 激光脱毛术

- 第二十二章 强光与激光脱毛的比较研究..... (175)  
Gary Lask, Shimon Eckhouse, Michael Slatkine, Michael Kreindel,  
and Amir Waldman
- 第二十三章 ESC/Sharplan 激光脱毛系统 ..... (182)  
Victor G. Lacombe, Isabel M. Thompson, and Gregory S. Keller
- 第二十四章 长脉冲红宝石激光和紫翠玉激光脱毛..... (187)  
Tina S. Alster and Christopher a. Nanni
- 第二十五章 用 EPILIGHT 系统脱毛 ..... (193)  
Robert A. Weiss and Margaret A. Weiss

### 第Ⅴ部分 激光技术治疗色素性病变和文身

- 第二十六章 Q-开关红宝石激光治疗色素性病变和文身 ..... (203)  
David Sawyer and Nicholas J. Lowe
- 第二十七章 Q-开关钕:钇-铝-石榴石 (Nd: YAG) 激光治疗文身 ..... (212)  
James P. Watson
- 第二十八章 紫翠玉激光治疗色素性病变和文身..... (218)  
Tina S. Alster
- 第二十九章 铜溴化物和铜蒸汽激光治疗色素病变..... (222)  
Sue E. Mccoy

### 第Ⅵ部分 激光的其他治疗用途

- 第三十章 应用二氧化碳激光器的皮肤外科手术..... (229)  
Fred J. Stucker and Timothy Lian
- 第三十一章 二氧化碳激光的扩大应用:应用放大去除面部病变..... (235)  
Louie L. Patseavouras

第三十二章 激光修整瘢痕..... (242)  
 Tian S. Alster

第三十三章 治疗延展性皮肤花纹..... (249)  
 W. Gregory Chernoff

第三十四章 皮肤癌的光动力学治疗..... (255)  
 Brummette Dale Wilson, Thomas J. Dougherty, and Allen J. Oseroff

**第Ⅶ部分 激光在美容外科的应用**

第三十五章 激光面部美容手术回顾..... (265)  
 Gregory S. Keller and Victor G. Lacombe

第三十六章 激光除皱术..... (267)  
 William H. Beeson

第三十七章 用 Shorplan XJ 150 激光行睑成形术 ..... (275)  
 Maurice M. Khosh and Wayne F. Larrabee

第三十八章 超脉冲连续 CO<sub>2</sub> 激光睑成形术 ..... (281)  
 David B. Apfelberg

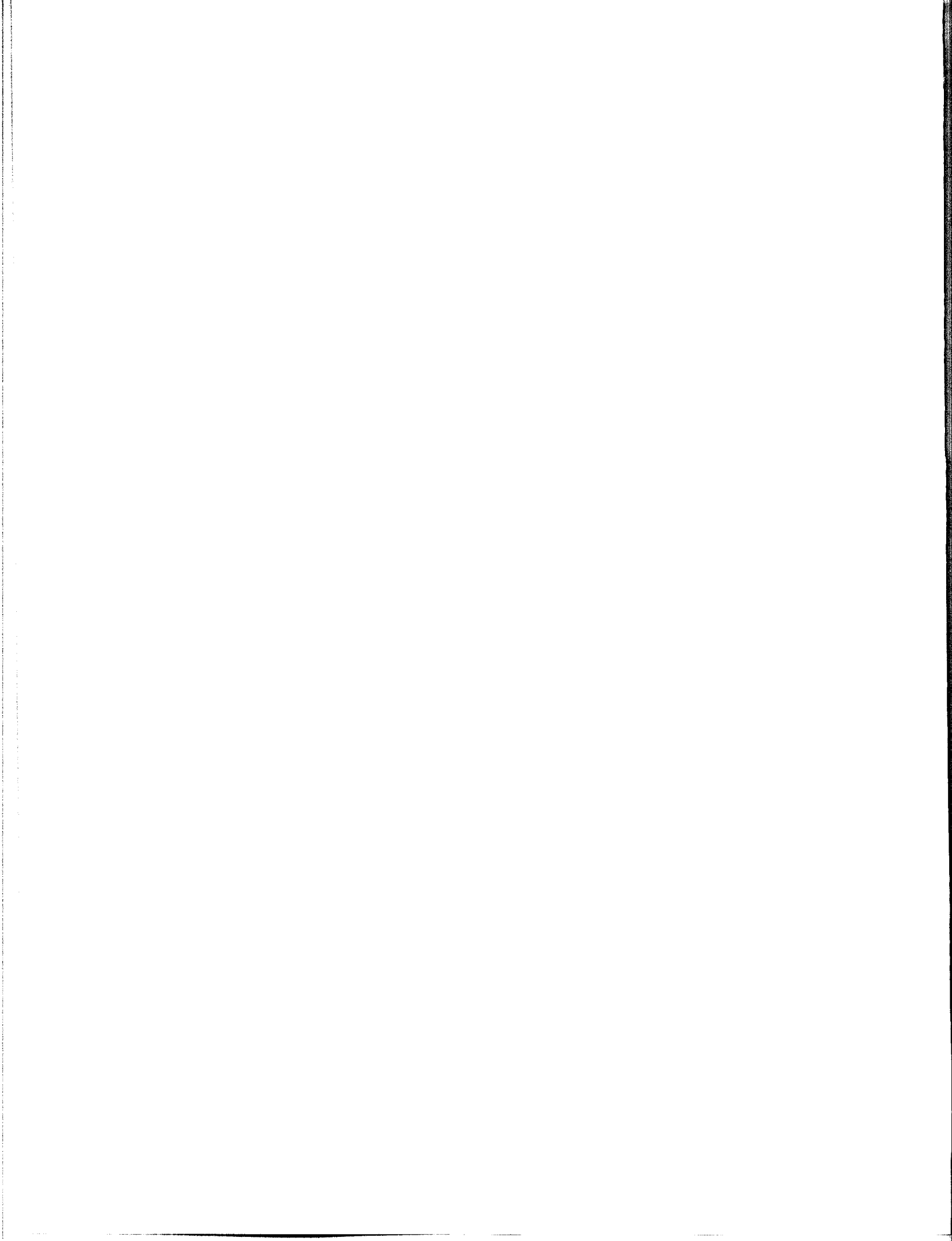
第三十九章 周末激光颈部上提术..... (287)  
 Gregory S. Keller and Victor G. Lacombe

第四十章 应用双极电烙行换肤术..... (293)  
 Victor G. Lacombe, W. Gregory Chernoff, and Gregory S. Keller

第四十一章 应用强脉冲光皮肤年轻化方法治疗日光性皮肤损害、皮肤老化和酒渣鼻..... (296)  
 Patrick H. Bitter, and Geoffery Paul Nase

A person wearing a blue lab coat is shown from the chest down. They are holding a laser pointer in their right hand, which is wearing a yellow protective glove. A bright, circular laser beam is being projected from the pointer, passing through a lens held in their left hand, also wearing a yellow protective glove. The background is dark, and the overall scene is lit with a cool blue tone, except for the warm yellow of the gloves and the bright white of the laser beam.

第 I 部分  
激光学基础



# 第一章 临床外科激光的物理学原理

Nicholas J. Razum

二十世纪初，爱因斯坦首先从理论上阐述了激光发生的可能性。但是，直到1960年Maiman首次产生出激光能后，才使得激光成为现实。从他们的发明至今的40年间，激光在许多领域如医学、自然科学、工业等，都引导产生了一场技术革命。每年都有许多激光的新用途问世。

自1917年爱因斯坦提出的理论假说以来，激光的基本物理性质并没有发生变化。激光(laser)一词是“受激发射的光放大”(light amplification by stimulated emission of radiation)各词字首的一个缩写名词。发生在激光中的光放大产生一个很强的光束。辐射出的光是光的能量，而不是有害的电离放射。本章主要阐述一些基本激光知识如激光光能的产生，在形成激光过程中原子结构的作用原理，激光的基本构成和在一定的介质中是如何被激发而产生激光的。本章也包括激光如何与身体各种不同的活体组织相互作用和激光如何被传送到身体的特殊部位。最后，医用激光的种类和光动力治疗的概念在本章也有简述。

## 光能

激光会辐射出光束，它是能的一种形式，属

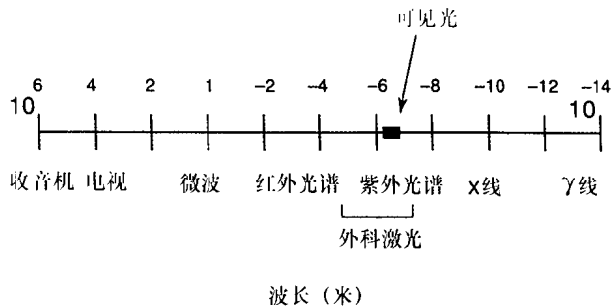


图1-1 电磁波谱

电磁光谱范畴(图1-1)。电磁能是由电波和磁波行走在一起所形成的。类似于大海波浪的行走方式，电磁波有自己的速度、长度和频率(或间期)。电磁波的行走速度就是光速，即186000英里/秒。虽然这一速度在医学中并没有明显意义，但是有趣的是激光速度在密质的物质如水和机体组织中能够被轻度减缓。电磁波的长度是从一个波峰到下一个波峰的距离(图1-2)。这一距离称为一个波长，以希腊字母 $\lambda$ 表示。电磁波的频率(或间期)是发生在特定时间内的波动或循环数。频率也可以被看作是在已知的时间内如1秒通过特定点的波峰数目。事实上，频率是用赫兹(Hz)来衡量的，1赫兹等于每秒一个周期或循环。激光的频率因激光的种类不同而不同，这将在后面作详尽的讨论。

电磁波长在1/2英里(AM无线电波)到400/10<sup>9</sup>英寸(伽玛波)的范围内。然而，我们能够肉眼看到的仅是电磁光谱中很小的一部分(见图1-1)，波长也是光色的同义词。人类的眼睛仅能感受到非常窄的电磁能范围，从波长400-700纳米(nm)，也就是从紫到红(图1-3)。1nm=1×10<sup>-9</sup>m或10亿分之一米。当人看深红的物体时，肉眼能

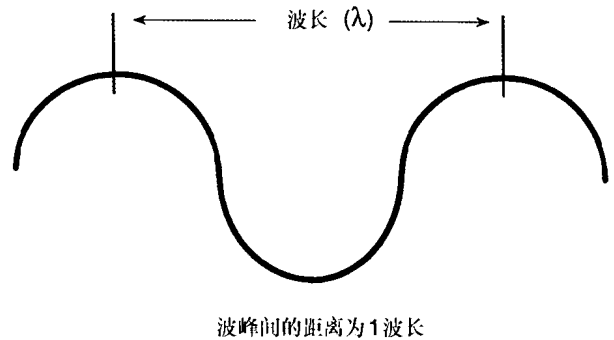


图1-2 波长的测量

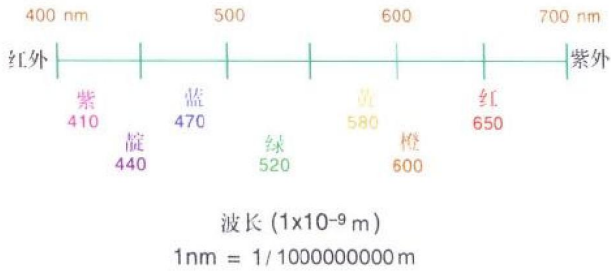


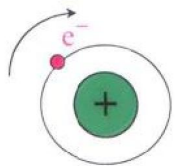
图 1-3 可见光

探测到 650nm 的光。外科激光在可见光谱与稍偏下的光谱（紫外光谱，ultraviolet，UV）和稍偏上的光谱（红外光谱，infrared，IR）内。每一波长或光色的激光对组织的效应不同。

## 原子结构

原子是由原子核和一个或多个按一定轨迹环绕原子核运转的电子组成（图 1-4）。就像行星环绕太阳运转一样，电子也是以距原子核一定的距离、像行星那样运转着。当一个原子的电子沿它正常的轨道运转时，这个原子被认为是处于休止状态或称为基态。但是，一个电子的正常轨迹是能够改变的。原子就像是一个蓄电池，能吸收能量。当原子吸收能量时，原子就会利用获得的能量将它的电子发送到远离原子核的轨迹，这称为激发态（图 1-5）。处于激发态的原子，其电子处在比较高的轨迹，但仅能停留很短的时间。它必须释放能量使电子移动到更靠近原子核的轨迹和回到基态水平。能量的释放常常是一个单独的光单位形式，叫做光子。

现在是在我们周围的房间里，原子正在吸收能量，并能保持这种状态于一个很短的时间，然后原



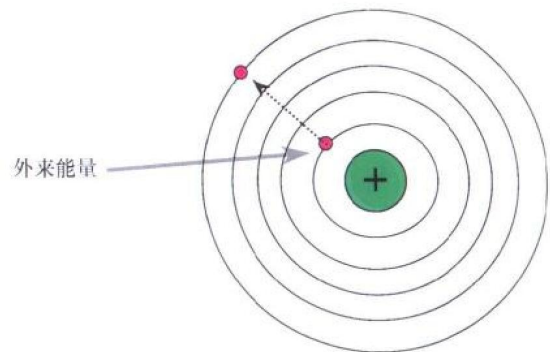
处于最低能量状态，围绕原子核做圆周运动的电子

图 1-4 处于基态的原子

子以光子的形式释放储存的能量。这一光子自发地释放过程被称为自发辐射（图 1-6）。如果借助于军用夜视镜或放大 4~8 万倍光的图像增益镜，你就可以在暗室中看到真实的自发辐射。

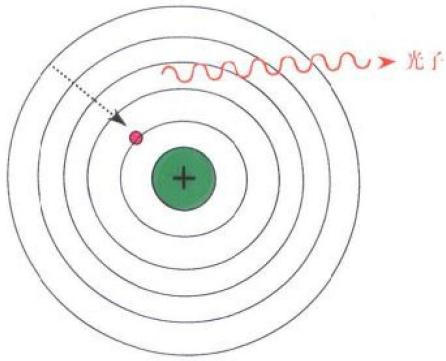
被称为增益介质的一些物质（详情后叙）能够达到亚激发态，也就是说它们的电子能够转变成激发态，并保持一段时间。当这种物质的许许多多原子或分子由额外的能量供给而激发到亚激发态时，其结果形成粒子数反转状态。爱因斯坦理论提出原子在被驱使或被激发的条件下，激发的原子会释放出一个另外的光子。在受激辐射过程中，一个激发态的电子是可以接受一个拥有同等能量使之跳到高能状态（或轨迹）的光子所撞击的。当激发的光子撞击这个激发态的原子并使之下降时，另一个光子便产生了（图 1-7）。结果是形成两个光子。这两个光子现在能够继续激发另外的电子产生 4 个光子，这样 4 个能够产生 16 个，反复继续之。要是有足够的激发态的电子的话，仅眨眼的时间，数以亿万的光子便产生了。建立一个增益介质能够激发辐射许许多多的原子或分子，这就是形成激光的基础。

当一个处于激发状态的电子受到激发光子的撞击，释放出新的光子，其行程正好与激发的光子在同一个通道，可以被看成是同相位。也就是说两个光子的波峰和波谷互相一致。因此，产生的光是相干的和单一的。相反，如白炽灯泡的光是不相干的，它是由所有波长或光色的光组成的。相干性是激光的一个基本特性。也是激光有别于其它形式光能的特点（图 1-8）。



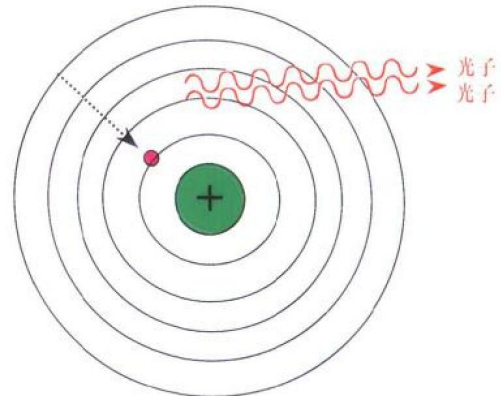
能量被电子吸收，转移到距原子核更远的轨道

图 1-5 激发状态



电子释放出能量回到较低的能量状态

图 16 自发辐射



产生完全相同的光子

图 17 凌激辐射

### 激光原理

不止一种元素能够被能源激发而产生激光。不同的元素（如氩）和甚至一定的分子（如二氧化碳）能够被激发达到亚稳状态，并且每种元素可以释放出不同波长的光子，如上所述。

能够被激发的气体、固体和液体称为激光介质。这些介质被放置在两个反射镜之间的光学腔隙中，以便使被激发的光子前后跳动。激发辐射和发射反复若干次后的结果是产生出一窄而强的激光束，从而可以被引导出这个光学腔隙（图 1-9）。

为了产生激光辐射，就必须有大量的激发态的电子，而不是处于基态的电子。像前面提到的那样，反转的粒子数是由激光辐射介质在激发源电能或光能的作用下产生的。气体容易受电能激发，如常见的荧光灯泡那样。晶体或其它固体能够被类似闪光灯的光能所激发。

因为激光辐射介质通常完全是由单一的元素组成，因此释放的光子都是同样大小，并且完全与需

要激发亚稳态电子的光子一样。这样，激光是单色的光，因为它只是一种波长的光。一些激光含有混合元素，这样就会有多种激光辐射的波长。但产生的光是一个特殊的波长，仍然是单色的。激光方向性很强或称为平行，这意味着激光在传播时很少散射。这主要决定于激光腔隙中两面反射镜的距离。这非常像是在手枪和步枪中发射子弹时的情景不同那样，激光腔越长，光束的散射越小（图 1-10）。

就像电能用伏特衡量那样，激光用瓦特（watts, W）来衡量。传送到一定面积的激光量被称为能量密度。能量密度与辐射量、剂量率等含义相同，以每平方厘米瓦特表示（ $W/cm^2$ ）。

能量密度可用放大镜聚焦太阳光能图解解释（图 1-11）。如放大镜透射到树叶的光斑较大，太阳光被散射到一个面积较大的区域（如  $1W/cm^2$ ），不会产生任何效应。但如你移动放大镜将太阳光聚焦在一个很小的斑点，就会形成一个高能量照射区（如  $100W/cm^2$ ），树叶随之熏烧起来。聚焦的过程

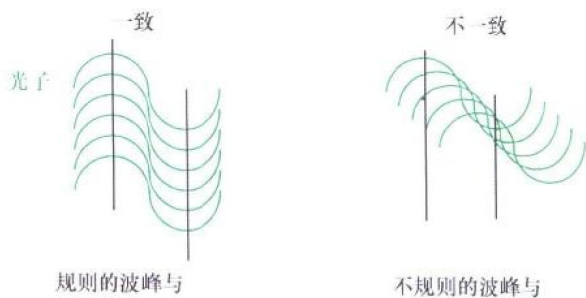


图 1-8 一致

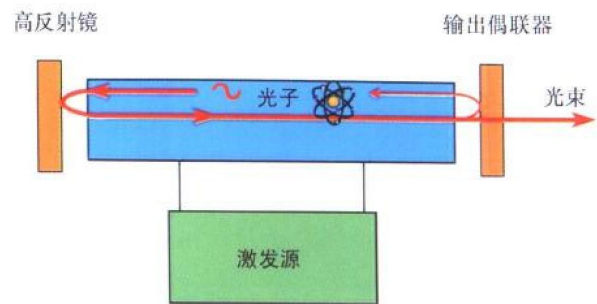


图 1-9 激光要素

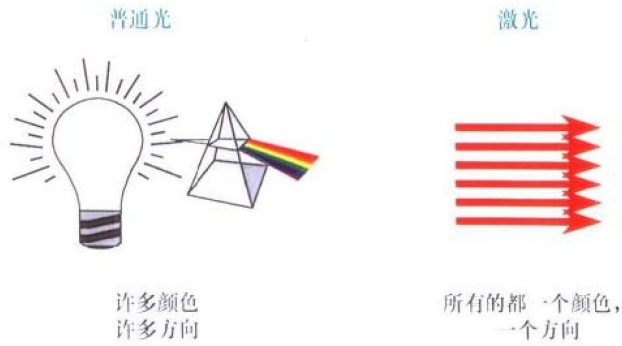


图 1-10 单色性/平行性

实际提高了太阳光子的能量密度。

你每月的电费单显示给你的是你用过的电能是多少和用了多长时间。电能以安培小时 (ampere-hours, Ah) 表示。在光辐射中, 一定时间内暴露在特定组织上的光量以瓦特秒表示, 称为焦耳 (joules, J)。1J 等于 1W 的光照射在组织上一秒的时间。

激光有两种输出形式, 连续光波 (continuous wave, CW) 和脉冲光波。连续激光在暴露的时间内很少变动或没有变动。脉冲激光是有规律地变动的。超脉冲激光能在很短的时间内产生出特别高的激光能, 如 Q-转换激光那样 (图 1-12)。

连续激光的输出以能量表示, 而脉冲激光的输出则以一定时间内的能量来衡量, 通常用焦耳表示。100J 等于每秒 100W 或每 10 秒 10W。在脉冲激光中, 脉冲间期 (pulse repetition time, PRT) 是指相连的两个激光脉冲波峰间歇的时间。脉冲率 (pulse repetition rate, PRR) 是指每秒的脉冲数, 是脉冲间期的反比率 (图 1-13)。

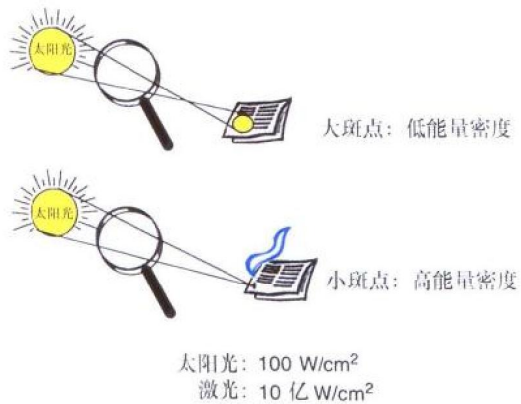


图 1-11 能量密度与剂量比率

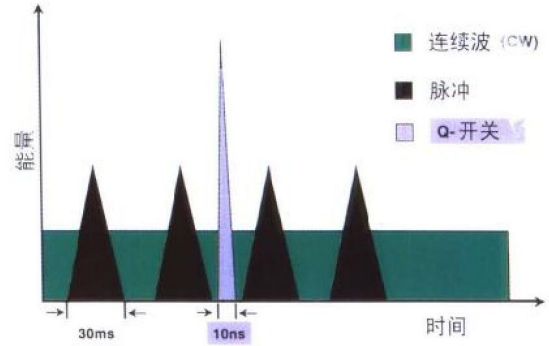


图 1-12 激光发射

特别高峰值激光能的获得是光子通过激光腔隙两端的反射镜互相完全反射而成的。激光腔隙中有一个具有机械、光学和电控的门镜, 能够在仅 1 毫秒内释放光子。这一过程称之为 Q-转换, 它能够产生千兆瓦 ( $1 \times 10^9 \text{ W}$ ) 的脉冲, 其脉冲宽度仅在毫微秒范围内。这些超短的脉冲能够在毫微秒短的时间内产生  $300^\circ\text{C}$  的组织热度。导致组织迅速地热膨胀, 使靶组织 (如文身) 被粉碎成非常小的颗粒, 然后被患者组织内的巨噬细胞所清除。由这一迅速热膨胀所致的对组织产生冲击波的过程称为光声效应。

### 组织效应

光能作用到组织有几种不同的方式。激光的目的通常是使这些激光束能够被一些特定的靶组织所吸收。但是, 部分激光也能被反射和散射, 有些甚至被传递到靶组织以外区域 (图 1-14)。在病人的安全方面这些形式发生的光必须被充分地估计到

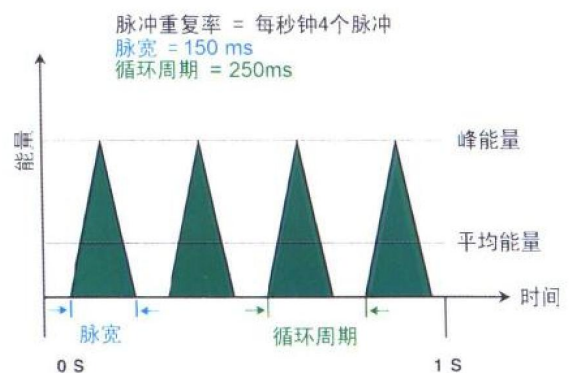


图 1-13 脉冲外形



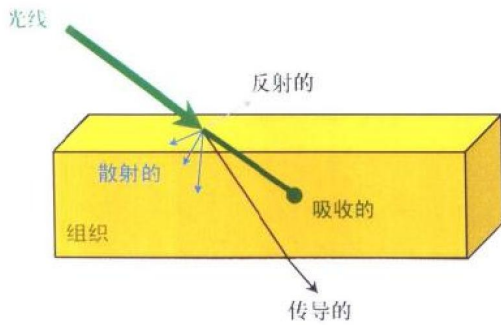


图 1-14 光与组织的相互作用

(见第三章)。

组织的颜色决定于其反射的光的波长(光色)。一种红色组织如血液反射的是可见光谱中红色的部分并吸收了其他部分,而更暗的组织是吸收了更多部分的可见光谱的光,就像是阳光下停放的深色汽车摸上去比浅色的汽车更热一样。

外科激光的大部分光能是以产热的形式被靶组织所吸收的。热产生的量决定了靶组织能否被汽化、碳化或凝固,或蛋白质是否变性。不同波长的光在不同的组织中吸收也有区别。组织也有吸收它们优势光色的能力。例如,氩或磷酸钛氧钾(potassium-titanyl-phosphate, KTP)激光器产生的绿光更能被组织中优势光色如红色所吸收。这样,血红蛋白对这些激光具有亲和力,并且被吸收的光子能够使该血液加热到足够破坏血管壁的程度,或者甚至达到汽化血管疾患的程度。此外,组织的不同吸收也就意味着特定波长的光可以比其它波长的波更深地穿透组织(图 1-15)。例如,红光由于其波长较长,能很好地透过组织。手电筒(白光)发出的光照射到我们的手指上就会产生红光透

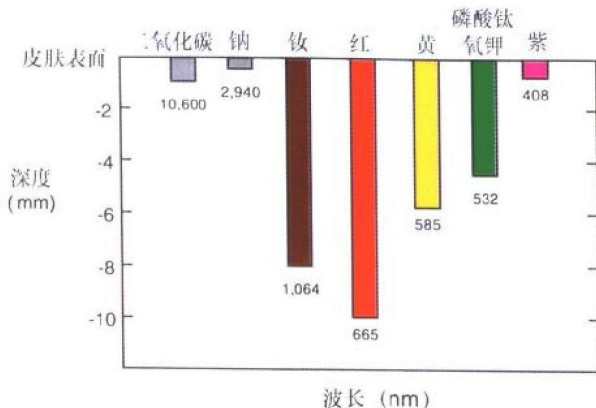


图 1-15 不同波长的组织穿透

射效应,因为所有其它可见光在开始的几毫米组织中已被吸收。

## 光导纤维

激光常常通过细的玻璃束线(称之为光导纤维)传送到患者身体上。这些光导纤维束能够通过其全长传导光线并且非常有效。它可以传导 200~1300nm 波长之间的光,包括电磁光谱内的紫外光、可见光和红外光。用在激光外科中的标准纤维直径在 200~1000 $\mu\text{m}$  (0.2~1mm) 之间。一旦激光束进入光导纤维束内,它就失去它的平行性并偏向出口端,好似手电筒的光束。标准的光导纤维束的预期偏离角度大约应为 45°。这样,落在靶组织上的能量密度在光斑中央最大,并以高斯分布向周边递减。装有透镜系统的握持部常常用来控制它的偏离程度以适合特殊外科的需要。一些握持部系统配备易装卸的不同接头以进一步改变光束的偏移程度。接头常常用石英或蓝宝石制成,能够减小或增大组织的穿透性和靶组织的能量密度。

一些像 CO<sub>2</sub> 的激光器产生的激光超出标准光导纤维所能处理的范围。这些激光一般是通过一系列腔管和反光镜被传送到患者的身体上。这些反光镜被安装在关节处并使之重量平衡,这样安装的管道操作相对容易。一个新的发展领域是涉及液态光导纤维制作,但是目前由于管径相对较大,在外科应用中价值不大。

## 气态激光

### 二氧化碳激光

类似于家用微波炉(无线电波频率的发生器)使水分子共振产生蒸汽的方式,二氧化碳激光(10600nm 波长的光束)产生高热和蒸汽,使水分子进入气化状态。能量的吸收导致细胞爆裂、组织毁坏、热凝固和手术区消毒。一个标准 60W 的二氧化碳外科激光束聚焦可产生高达 10538°C (19000 °F) 的温度。

几乎所有的二氧化碳激光能(99%)可以被组织中的水分吸收。由于大部分人体组织主要由水组