

激光医疗实用技术

朱平 陈迹 傅云鹏 编

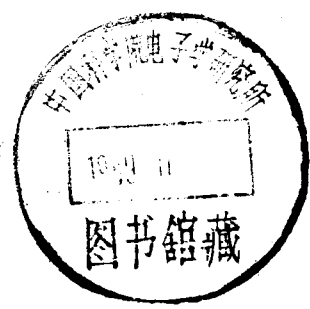


電子工業出版社

61.53
200

激光医疗实用技术

朱平 陈迹 傅云鹏 编



电子工业出版社

9010249

内 容 简 介

随着激光在医疗工作中的日益普及,渴望了解激光技术已成为广大医务工作者和有关人员的迫切要求,据此我们编写了本书以满足读者的需求。本书内容分科编排,便于查阅,且反映了当前激光医疗技术的最新成果。本书详细介绍了激光医疗和诊断的基本技术操作和方法,以及防护知识,使之更实用、更为有效。本书对广大医务工作者和在校的学生来说,的确是一本实用性较强的参考手册。

2F71/01

激 光 医 疗 实 用 技 术

朱平 陈迹 傅云鹏 编

责任编辑 平凡

电子工业出版社出版(北京海淀区万寿路)

电子工业出版社 发行 各地新华书店经销

北京市燕山印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米1/32印张: 9.75 字数: 220千字

1990年6月第一版 1990年6月第一次印刷

印数: 5000 册 定价: 4.80元

ISBN 7-5053-0370-8/R·1

前 言

自六十年代初第一台红宝石激光器问世后到现在已近十八年了。在此期间激光技术有了飞速发展，在工农业生产、国防及医学事业等各个领域均得到广泛的应用。尤其在临床上各科室均有激光的足迹，在诊治疾病上发挥它特有的作用。随着激光器件质量日益提高，治疗方法不断改进，激光治疗的适应症也逐渐增加。但在临床应用上尚缺乏具有指导性的参考书，特别是供中、初级医务工作者使用的手册性参考书。本书就是提供这种指导方法，供中、初级医务工作者使用。

本书特点是对适应症的范围具体而明确，对诊治方法做了比较全面地介绍，在临床治疗上只要按本书所叙述的方法去做就可以达到理想的目的。对于中、初级医务工作者来说，工作多，医疗任务重，无暇参阅更多的有关激光理论书籍。为此本书简明扼要地介绍了激光物理基本知识，对于激光的发生和发射，医用激光器件的特点都有简要的介绍。激光生物效应及其基本理论也有扼要的叙述。关于激光安全使用和基本防护知识也作了些简单介绍，供中、初级医务工作者参考。

编 者

目 录

第一章 激光和激光医用设备	1
第一节 激光基本原理	1
一、光的基本知识	1
二、激光辐射基础	6
三、激光的形成	12
第二节 医用激光设备	18
一、医用气体激光治疗机	19
二、医用固体激光治疗机	40
三、其他常用医疗激光器及辅助设备	46
第二章 激光生物效应	63
第一节 基本理论	63
一、热作用	65
二、压强作用	69
三、电磁作用	75
四、光化学效应	76
五、激光刺激作用	78
第二节 激光细胞效应	80
第三节 激光组织器官效应	92
一、激光眼效应的组织病理学	92
二、激光皮肤和皮下组织病理学	103
三、激光神经组织和胸、腹腔脏器的病理学	107
第三章 激光光针和扩束治疗	113
第一节 激光光针治疗的基础	113
一、氦氖激光的特性	113
二、氦氖激光的生理作用	114

三、激光针灸治疗原理	119
第二节 激光针灸在临床上的应用	120
一、眼科	120
二、耳鼻喉科	124
三、口腔科	131
四、内科	136
五、小儿科	143
六、外科	145
七、皮肤科	156
八、妇产科	161
第三节 激光扩束照射	168
一、激光扩束照射治疗的原理	168
二、激光扩束照射治疗的适应症	170
第四章 激光烧灼、切割和汽化治疗	179
第一节 高功率激光治疗的基础	179
一、治疗方式	179
二、治疗原理	184
第二节 高功率激光在临床上的应用	186
一、皮肤增生疾患的激光烧灼治疗	186
二、激光外科手术治疗	189
三、眼部光凝固和切割治疗	195
四、耳鼻喉疾患的激光手术	209
五、颌面部激光手术和牙病防治	214
六、宫颈疾患的激光治疗	214
七、激光在治疗肿瘤上的应用	217
第五章 激光荧光诊断和光敏治疗	219
第一节 激光常用的荧光药物和光敏药物	221
一、血卟啉衍生物 (HpD)	221
二、光敏素 II 号	224
三、吖啶橙	224
四、胶体铁颗粒	225

五、硫酸铜溶液	225
六、荧光素钠	226
第二节 激光荧光诊断	227
一、激光荧光诊断的效果和方法	227
二、影响荧光诊断的因素	228
第三节 激光光敏化治疗	230
一、光敏化治疗的机理	230
二、光敏化治疗的方法	231
三、治疗效果	233
第六章 激光内窥镜诊断和治疗	237
第一节 激光内窥镜诊断	238
一、自体荧光检查法	238
二、红外激光血管造影法	240
三、激光荧光检测法	241
第二节 激光内窥镜治疗	242
一、激光对消化道疾患的治疗	242
二、激光对呼吸道疾患的治疗	248
三、激光对泌尿系统疾患的治疗	250
第七章 医学诊断学上激光特性的应用	254
第一节 激光全息照相术在医学上的应用	254
一、激光全息照相方法	254
二、激光全息照相原理	256
三、激光全息照相的特点	257
四、激光全息照相在医学上的应用	258
第二节 激光在医学其他方面的应用	262
一、激光多普勒 (Doppler)	262
二、激光散斑验光	263
三、激光血球计数仪	264
四、激光微发射光谱学	266
五、细胞激光显微仪	268

第八章 激光的安全与防护	274
第一节 激光照射极限	274
一、激光眼损伤阈值	275
二、激光皮肤损伤阈值	281
第二节 激光防护标准——最大容许照射量(MPE).....	284
第三节 激光器的危害评价和分类	287
第四节 激光防护措施.....	290
参考文献	296

第一章 激光和激光医用设备

光和人类的活动有着密切关系，有了光，我们才能认识世界，改造世界，人类社会才能不断地发展和进步。

人类对光的本性的认识，曾经历了漫长的岁月。后来随着科学技术的发展，通过对电磁波性质的研究，证明了光实际上是电磁波。也就是说从本质上讲，光和一般无线电波并无区别，只是光波比无线电波的波长短得多，频率高得多。

激光同样是光，但是由于激光具有独特的优点，所以它的问世引起了现代光学技术的巨大变革。这些特点就是能量密度高、方向性强、相干性好等。目前激光在工业、农业、医学、通讯、国防、科研等方面的应用都已取得丰硕的成果。特别是激光具有强烈的光效应、电效应、热效应、压力效应和磁效应等，从而在医学上建立了有效的治疗手段，医疗范围遍及到眼科、皮肤科、外科、口腔科、内科、妇产科、耳鼻喉科、理疗科以及针灸科等，医疗方法独具特色，医疗效果异常显著，为人类医学事业的发展创立了新的领域。

本章将简要介绍光的性质、激光基本原理和有关激光医疗设备等。

第一节 激光基本原理

一、光的基本知识

光的一个基本性质就是具有波粒二象性。也就是说光一方面是电磁波，具有波的性质，有一定的波长和频率；另一

方面光又是光子流，而光子又是具有一定能量的粒子。所以波动性和粒子性就是光的客观属性，而且二者总是同时存在。但在不同条件下，二者表现的明显性确有差异。例如光在传播中的干涉、衍射等现象，波动性较为明显，这时我们往往把光看作是由一列一列的光波组成。当光和实物相互作用时（如光的吸收，光的发射，光电效应等），光的粒子性较明显，往往把光看作是由一个一个的光子组成。

（一）光波

光波就是电场和磁场的振动在空间的传播。由于光波是电磁的振动，所以我们把光波也叫做电磁波。也就是说，光波既是电场振动的传播，同时也是磁场振动的传播。电场振

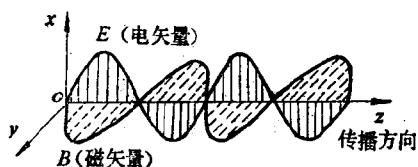


图1-1-1 电磁波示意图

动的方向与磁场振动的方向互相垂直，而且电场和磁场振动的方向又同时垂直于光的传播方向。它们三者方向上的关系如图1-1-1所示。

实验证明，电磁波中起主要作用的是电场，所以讨论光波时我们只着重考虑电场的振动。习惯上常往把表示电振动的电场矢量叫做光矢量。

（二）光速、频率和波长

光速就是光在介质中传播的速度。实验测得，光在真空中传播的速度为每秒钟30万公里，即 3×10^{10} 厘米/秒。通常以 c 表示，这是一个重要物理量。

光的频率就是光波的电场每秒钟振动的次数，以字母 ν

表示，单位是赫（或周）。完成一次振动所需要的时间叫做周期，以字母 T 表示，单位是秒。频率 ν 和周期 T 的关系互为倒数，即

$$\nu = \frac{1}{T} \quad (1.1.1)$$

振动在一个周期时间内传播的距离称为波长，以 λ 表示。光速、频率和波长有如下关系：

$$c = \lambda \nu \quad (1.1.2)$$

即光在真空中传播，其波长 λ 与频率 ν 的乘积等于光的速度 c 。

表示光波的方法常往是用正弦曲线来表示，如图1-1-2。

图中曲线的最高点称为波峰，最低点称为波谷，两个相邻的波峰或波谷之间的距离就是一个波长。因此频率也可定义为在单

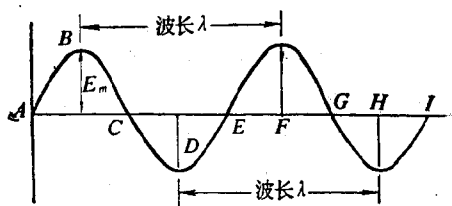


图1-1-2 光波振动示意图

位时间内通过一定点的波长的数目。

波长一般用微米 (μm) 表示，一微米等于千分之一毫米。波长也常用 $\text{\AA}$ (埃) 表示， $1 \text{\AA} = 10^{-8}$ 厘米。

我们知道，不仅光波是电磁波，就是比光波更长的无线电波和比光波更短的伦琴射线等都是电磁波，而且在空间传播的速度都是一样的，所以波长越长频率就越低，波长越短频率就越高。电磁波按其波长从长到短排列，大体可分为无线电波、微波、红外辐射、可见光、紫外辐射、伦琴射线、 γ 射线等。其中红外辐射、可见光和紫外辐射通常称为光，其波长范围见下表：

光 谱 区		波长 λ 的大致范围 (微米)
红 外 辐 射		1000~0.76
可 见 光	红	0.76~0.63
	橙	0.63~0.60
	黄	0.60~0.57
	绿	0.57~0.50
	青	0.50~0.45
	蓝	0.45~0.43
紫 外 辐 射		0.43~0.40
紫 外 辐 射		0.40~0.05

(三) 光波的振动和位相

为了完善地描述光波,除了用波长、频率、光速等物理量以外,还需引入振幅和位相的概念。

1. 振幅 光波中振动着的电场的最大值称为光波的振幅,如图1-1-2中的B点,其值以 E_m 表示。振幅的大小决定了光的强弱,也就是决定了光波能量的大小。

2. 位相 光波的位相是在一个波长范围内决定各点电场大小的物理量。为了计算方便,位相以角度表示。如图1-1-2中A点的位相角为零度, B点的位相角为 90° , C点为 180° , D点为 270° (或 -90°) E点为 360° 。光波传播随位相角按余弦规律振动,在一个波长范围内其各点的瞬时值为

$$E = E_m \cos \theta \quad (1.1.3)$$

式中, E_m 为振幅, θ 为位相角,则当位相角 θ 已知后,各点电场振动值的大小就可计算出来。当然,实际应用中 θ 角要通过其它参量计算,这里不再详述。

(四) 光的干涉现象

如果有两束光,其频率相同,振动方向相同,振幅也相

同，并为了简化讨论，假设其位相或者相同，或者相差 180° ，在这两种特殊情况下分别将两束光进行叠加，可以发现，当两束光波同位相时，则叠加后一束光的波峰和波谷与另一束光的波峰和波谷一一对应，光的合成波的振幅为原来波振幅的两倍。如果两束光波位相差 180° ，则两束光叠加后，一个波的波峰与另一个波的波谷相对应，两个波的振动互相抵消，它们的合成波消失了。因此根据两个光波的位相差来确定合成光波或者是被加强或者是被抵消，我们把这种现象叫做光的干涉现象。

在一般情况下，两束光波频率相同，振动方向相同，而且位相保持恒定，就可以产生干涉，我们把这种光叫做相干光。

应该说光的干涉现象是光的波动理论的重要基础之一。

(五) 光的偏振

前已提到，光是电磁波，电场的振动方向垂直于光的传播方向，也就是说电振动方向可在垂直于光传播方向的平面内任意取向，而且哪个方向也不占优势，具有这种特点的光叫自然光，如图1-1-3(a)所示。如果光波的电场只沿单一的固定方向振动，则这种光叫线偏振光，如图1-1-3(b)如果光波电场的振动在垂直于传播方向平面内的各个方向都有，但不同方向的振幅大小不同，则这种光叫部分偏振光如图1-1-3(c)。

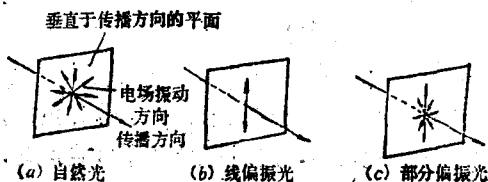


图1-1-3 光的偏振示意图

(六) 光的微粒性

当光和物质作用时，如果产生光的发射和吸收，则光的粒子性表现得较为明显，这时我们往往把光看成是由一粒一粒运动着的粒子流组成。这种粒子就称为光子。实际上光是由大量光子组成的光子流。

光子具有一定的质量、能量和动量，并有与之对应的频率和波长，它总是以光速不停地运动而存在，在真空中一个光子的能量为 ϵ ，动量为 p ，则它们与光波频率 ν 和波长 λ 有以下数值上的关系

$$\epsilon = h\nu \quad (1.1.4)$$

$$p = \frac{h\nu}{c} = h/\lambda \quad (1.1.5)$$

式中， $h = 6.63 \times 10^{-34}$ 焦耳·秒，叫普朗克常数。

公式(1.1.4)、(1.1.5)把微粒性的能量 ϵ 和动量 p 的物理量与表示波动性的频率 ν 和波长 λ 联系起来，体现了光的波粒二象性的内在联系。光的频率越高，光子的能量就越大。红外光与可见光相比其频率较低，故它的光子的能量就较小。可见光、紫外光、X射线、 γ 射线的频率依次增高，相应的光子能量也逐渐增大。实际上光的能量就是光子能量的总和。

二、激光辐射基础

(一) 原子结构

物质是由分子、原子等微观粒子组成的。根据原子结构的经典模型，原子又是由两种不同的带电粒子所组成，它们是电子和原子核。原子核带有正电、电子带有负电，电子围绕原子核永不停止地运动，同时自身又作自旋运动，就象地球绕着太阳公转同时又进行自转一样。

在不同元素的原子中，它们的电子数目是不同的。在最

简单的氢原子中只有一个电子，氦原子有两个电子，而氩原子有10个电子，氙原子有18个电子等等。不论哪一种原子，电子所带的负电荷与原子核所带的正电荷在数值上是相等的。因此作为整体的原子是呈中性的。但是如果由于某种原因原子丢失一个或几个电子，则变成正离子，例如氩原子少了一个电子，就变成氩离子 (Ar^+)；反之，当原子从外界俘获到电子时，则变成负离子。

电子在原子中的分布可以分为若干层，最靠近原子核的电子与原子核之间的结合力最强，越靠外层，电子与原子核之间的结合力就越小。最外层的电子与原子核之间的结合是很松散的。因此，用较小的能量就可使它们逸出原子的范围以外，从而使原子变为离子。这些最外层的电子在化学反应中就参与反应，化学中把这些最外层的电子叫价电子，光学中最外层电子参与光学过程。例如光的吸收、光的发射等，所以在光学中，最外层的电子又叫做光学电子。（光学电子与价电子实际上指的是同一个电子）。

前已谈到，电子并不是静止不动的，而是永远不停地一面绕原子核运动，一面自转。但是电子绕核运动与我们日常生活中所见到的宏观运动规律是不同的。电子只能在一系列特定的而且有一定大小、形状和方向的轨道上运动，除了这一系列的特定轨道外不存在其他的轨道。由于每一个运动轨道都相应于一定的电子能量，因此电子的运动能量同样不是任意值，只能是某些允许的特定值，这些所允许的特定值因轨道不同而是一个一个地分离开来的，并不是连续的，这一运动的特点是微观世界中所特有的。打个比喻，就象人上楼梯，人所具有的能量只允许它处于楼梯上一个台阶一个台阶的能量，人不能占据任意二个台阶之间的任意能量值。

电子在原子中的运动从一个所允许的轨道变到另一个所允许的轨道时，电子的能量就发生变化，这个能量的变化就反映为整个原子的能量变化，所以当讨论电子在原子中的运动时，通常都不说电子的能量，而只说原子的能量。

(二) 原子能级与辐射跃迁

原子能级 表示原子能量的方法一般都是按照能量的大小有比例地画出一些横线来，如图 1-1-4 所示，在该图中

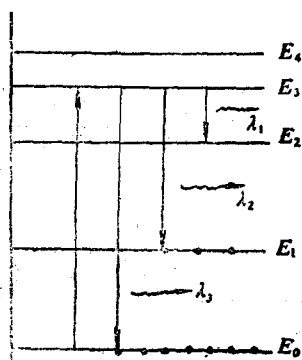


图1-1-4 原子能级示意图

每一横线的位置就代表一个能量。原子能量的不连续性就在于只有这些横线位置所代表的能量才是原子可能有的能量，在横线之间的各种能量值原子是不会有。

每一条横线叫做原子的一个能级，这个图叫做原子的能级图。当然，实际的原子能级图要复杂得多，这里只是表明其概念而已。

在正常条件下，绝大多数原子所具有的能量都处于可允许能量中的最小值，也就是说它们处于图 1-1-4 中的 E_0 能级。这个最低能级叫做基能级。处于这个能级的原子能量状态叫做原子的基态。这种状态相应于外层电子在最小的轨道上运动。基能级以上的各个高能级，如 E_1 、 E_2 、 E_3 等都叫激发能级，处于这些激发能级上的原子能量状态叫激发态，这相应于电子在各个较大的轨道上运动。

辐射跃迁 基态的原子由于受到外界的影响（如受到其他的原子或电子的撞击，或者吸收了光子等），而获得足够

的能量时原子就可以从基态变为激发态。这种过程称为激发。处于激发态的原子是不稳定的。有的原子返回到较低能级或是返回到基态，并以发射出光子的形式释放出一部分能量。原子由于发射或吸收光子，而从一个能级跃迁到另一个能级的现象称为辐射跃迁。

当然，不论原子从基态跃迁到激发态，还是从激发态返回到基态（或其他较低能级的激发态）原子所得到的能量或所失掉的能量都必须等于有关两个能级之间的能量差，而不能是别的什么值。

当原子从高能级跃迁到低能级上时，便以辐射光波的形式释放出能量，形成了发光现象，这正是原子光谱产生的原因。见图1-1-4，由基态被激发到激发态 E_3 上的原子可分别跃迁到 E_2 、 E_1 、 E_0 并分别辐射出波长为 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 的光波来。

发射光波的频率由下式决定：

$$\nu = \frac{E_m - E_n}{h} \quad (1.1.6)$$

式中， ν 为发射的光波频率， h 为普朗克常数， E_m 是原子在 高能级的能量， E_n 是原子跃迁到低能级的能量。

由式(1.1.6)可知原子跃迁的能级差别越大，发射出光波的频率就越高；能级的差别越小，频率就越低。

激发态的平均寿命和亚稳态 处于激发态的原子是不稳定的，总是要通过各种辐射跃迁到比它低的能级上去。所以，原子在激发态只能停留有限的时间。原子在激发态停留时间的平均值称为激发态的平均寿命。原子激发态的平均寿命一般为 $10^{-7} \sim 10^{-8}$ 秒。

如果原子的某些激发态与比它低的能级之间只有很弱的辐射跃迁，并且它的平均寿命很长(例如可达 10^{-3} 秒或更长)，