高等医药院校试用教材

激光美容及皮肤病治疗学

主　编　唐建民

副主编　伍津津　吴　军　成海平

编　者　（以姓氏笔划为序）

邓　军　伍津津　成海平

刘素刚　吴　军　陈祖林

唐建民　曹长远

军事医学科学出版社

·北　京·

2000 年 4 月

需要全本请访问 www.ertongbook.com

图书在版编目(CIP)数据

激光美容及皮肤病治疗学/唐建民主编. -北京:军事医学科学出版社,2000 4

ISBN 7-80121-224-X

Ⅰ.激… Ⅱ.唐… Ⅲ.①美容-激光疗法 ②皮肤病-激光疗法

Ⅳ.R454.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 04628 号

* *

军事医学科学出版社出版

(北京市太平路 27 号 邮政编码:100850)

新华书店总店北京发行所发行

潮河印刷厂印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/32 印张:7.25 字数:160 千字

2000 年 4 月第 1 版 2000 年 4 月第 1 次印刷

印数:1-5 000 册 定价:11 00 元

(购买本社图书,凡有缺、损、倒、脱页者,本社发行部负责调换)

内容简介

本书由基础和临床两部分组成，共十三章。基础部分有：激光美容与皮肤病治疗简史；激光发射原理；激光特性；激光生物效应；皮肤的光学性质；激光剂量及治疗参数；医用激光器及激光美容系统在皮肤科的应用；激光防护。基础部分除系统地介绍激光美容与皮肤病治疗的基础和应用基础的理论和知识外，新增了激光治疗参数这一重要内容，它全面地阐述了激光选择性光热疗法的理论、原则和方法，这些内容反映了激光美容最新的研究成果，未见其他书籍进行论述。临床部分有：皮肤血管性疾病的激光治疗；皮肤色素性疾病的激光治疗；激光祛皱、祛疤痕、祛眼袋；激光祛除毛发和毛发移植；病毒性皮肤病的激光治疗；皮肤肿瘤及其他皮肤病的激光治疗。临床部分除较完整地介绍激光美容与皮肤病治疗所涉及的各个重要领域外，着重地论述了利用选择性光热疗法进行美容及治疗时，如何选择各种治疗参数（波长、能量、功率、脉宽、光斑直径等）并具体地介绍了治疗的全过程，使之具有可操作性。它既介绍了国外进口的先进激光美容系统，也介绍了国产激光治疗机，使之具有应用的普及性。

本书既可作为研究生、本科生、高级讲习班和继续教育的教材，又可作为临床激光医疗工作者的工作手册，还可作为对激光美容和皮肤病治疗有兴趣的学者和患者的参考书。

前　言

激光医学是一门新兴的边缘交叉学科。90年代以来，随着激光与组织相互作用的基础理论和应用基础理论的深入研究，出现了以“选择性光热作用”为设计基础的各种新型激光器，临床上以治疗鲜红斑痣、太田痣、磨皮祛皱、祛疤痕、除毛发和毛发移植等为主要标志的激光医疗美容和皮肤病激光治疗，在整个激光治疗的案例中，所占比例最大，令人瞩目，具有巨大的经济效益和社会效应，是激光医学一个新的里程碑！

本书力图反映最新的科技成果，着重向科技界特别是激光医学界介绍激光美容的基本原理、治疗参数以及新型激光器在美容和皮肤科的临床应用。为保持本书的完整性和适用性，我们将性病和其他皮肤病的激光治疗方法也收集在内。本书可作为科技界的参考书和临床工作者的实用手册，也可作为本科生、研究生、高级讲习班和继续教育的教材和参考书。

在激光医学领域里，术语使用比较紊乱，本书对物理剂量、生物剂量、流量、激光透射(穿透)深度、治疗深度、汽化、气化、长脉冲、短脉冲、超短脉冲、功率、功率密度、能量、能量密度等用语进行了严格定义或阐述，并在各种场合中准确使用，请读者细心品味。特别要提醒读者不要随便使用物理剂量、生物剂量、激光剂量、治疗剂量、剂量等术语，以上术语在很多场合用流量--词更为准确。

本书由中华医学会重庆分会激光医学专委会主任委员、第三军医大学新桥医院康复理疗科激光医学博士导师唐建民教授，第三军医大学大坪医院皮肤科副主任副教授伍津津博

士，西南医院康复理疗科主任教授成海平博士，第三军医大学西南医院星源激光治疗中心主治医师邓军硕士，新桥医院皮肤科讲师吴军硕士、外科讲师陈祖林硕士和医教部副主任刘素刚副教授，以及第三军医大学门诊部主任曹长远副主任医师编写。本书线条图全部由陈祖林、侯志英绘制，美容照片由邓军摄制，书稿由吴军、邓军打印整理，最后由唐建民终审定稿。

本书的基础部分由华南师范大学物理系博士导师、光电专家何振江教授和重庆大学光电工程学院谢利利副教授审阅；临床部分由第三军医大学西南医院皮肤科叶庆俏教授、西南医院星源激光医疗中心副主任程良金副教授、大坪医院皮肤科吴先林教授和新桥医院美容科主任林自华副教授审阅，在此表示感谢！我们要特别感谢叶庆俏和吴先林两位教授花了大量时间细心地查对和修改书稿，加速了本书的成稿。

由于时间紧迫，水平有限，科技发展迅猛，错漏之处敬请专家和读者斧正。

编　者

2000 年元月

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　录

激光美容与皮肤病治疗简史…… (1)

第一章　激光发射原理…… (6)

第一节　粒子数按能级分布…… (6)

第二节　自发无辐射跃迁和自发辐射跃迁…… (7)

第三节　受激吸收　受激辐射…… (9)

第四节　产生激光的必要条件 …… (12)

第五节　粒子数反转和三、四能级工作物质… (13)

第六节　光学谐振腔 …… (16)

第七节　模式 纵模 横模 …… (19)

第二章　激光的特性 …… (22)

第一节　单色性 …… (22)

第二节　相干性 …… (25)

第三节　方向性 …… (29)

第四节　亮度 …… (31)

第三章　激光的生物效应 …… (34)

第一节　激光生物效应的决定因素 …… (34)

第二节　热效应 …… (36)

第三节　压强效应 …… (39)

第四节　光化效应 …… (42)

第五节　电磁场效应 …… (48)

第六节　弱激光的刺激效应 …… (54)

第四章　皮肤的光学性质 …… (57)

第一节　皮肤的结构 …… (57)

第二节　激光在皮肤中传输的物理过程 …… (58)

第三节　皮肤对光的反射 …… (58)
第四节　皮肤对光的透射 …… (62)
第五节　皮肤对光的散射 …… (63)
第六节　皮肤对光的吸收 …… (64)
第五章　激光剂量及治疗参数 …… (69)
第一节　物理剂量 …… (69)
第二节　生物剂量 …… (70)
第三节　激光治疗参数 …… (71)
第六章　医用激光器及激光美容系统在皮肤科的应用 …… (85)
第一节　常见医用激光器 …… (85)
第二节　医用激光器的导光系统 …… (89)
第三节　常见的新型激光美容治疗系统 …… (96)
第七章　皮肤血管性疾病的激光治疗 …… (107)
第一节　毛细血管扩张症 …… (107)
第二节　先天性血管瘤 …… (111)
第三节　血管角皮瘤 …… (119)
第四节　化脓性肉芽肿 …… (122)
第五节　血管球瘤 …… (124)
第八章　皮肤色素性疾病的激光治疗 …… (128)
第一节　表皮色素增加性皮肤病的激光治疗 …… (128)
第二节　色素痣 …… (134)
第三节　太田痣 …… (138)
第四节　文身 …… (142)
第九章　皱纹、疤痕、眼袋的激光治疗 …… (149)
第一节　激光祛皱纹和换肤 …… (149)

第二节　萎缩性疤痕……（154）
第三节　增生性疤痕和疤痕疙瘩……（158）
第四节　眼袋整形术……（163）
第十章　激光祛除毛发和毛发移植……（166）
第一节　激光祛毛……（166）
第二节　激光毛发移植……（169）
第十一章　病毒性皮肤病的激光治疗……（177）
第一节　疣……（177）
第二节　传染性软疣……（181）
第三节　单纯疱疹……（182）
第四节　带状疱疹……（183）
第十二章　皮肤肿瘤及其他皮肤病的激光治疗……（186）
第一节　良性皮肤肿瘤……（186）
第二节　恶性皮肤肿瘤……（193）
第三节　其他皮肤病……（196）
第十三章　激光防护……（203）
第一节　激光对眼的损伤与防护……（204）
第二节　激光对皮肤的损伤与防护……（214）
附录　电磁波谱　光波谱……（219）

激光美容与皮肤病治疗简史

激光一词，原文“laser”，为“Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation”的首字母缩略词，意即受激辐射式光频放大器。受激辐射的概念，最早于1917年由爱因斯坦提出。不过，第一台激光器（红宝石激光器）直到1960年才由美国休斯飞机研究实验室的Maiman博士研制出来。激光首先应用于医学领域。1963年Goldman（公认的激光医学奠基人，皮肤病学专家）等人最初在各种良性皮肤损害和纹身上，试用了这种原型的红宝石激光器。一般来说，较黑的皮肤受激光的作用较大，这为激光技术的治疗优势，提供了重要的信息。

在整个60年代国外主要用红宝石和钕玻璃脉冲激光治疗皮肤黑色素瘤，但这种治疗有许多缺陷，如：治疗时皮肤碎屑可飞溅到1.83～2.44米远处，且碎屑具有活性和接种能力；脉冲激光的压强可使肿瘤细胞压入邻近血管和淋巴管而转移扩散；激光平均功率低（当时），削除一个肿瘤费时费事，需成百上千个脉冲。很遗憾，因技术上难以突破，使对红宝石激光的进一步研究耽搁了许多年。

此后连续激光逐渐取代脉冲激光，1970年Goldman等人首次用连续CO_2激光治疗颈部的基底细胞癌和皮肤血管瘤。由于连续地提供有效的功率和能量密度，克服了上述红宝石脉冲激光的缺点，从而掀起了国内外首次激光医疗热潮，它被广泛地用于汽化尖锐湿疣，治疗皮肤的各种良性赘生物、癌前期损伤、表浅性毛细血管扩张等病变。尽管如此，CO_2激光治疗效果也没有很大的提高。

早期应用于皮肤科的连续激光还有 Ar^+（波长 514.5 nm、488.0 nm）、Cu 蒸汽（577 nm）和 Nd:YAG（1 064 nm）等激光。Ar^+ 和 Cu 蒸汽激光，因对组织穿透较深且血液对它具有强吸收，故主要用于真皮层中的血管性病变的治疗。对于真皮底层和皮下浅层的病变，则要用对组织穿透更深的 755～1 064 nm 的光窗波长激光进行治疗。对于皮下深层病变则需将激光光纤插入组织内进行治疗。

上述这些连续激光，对组织的热损伤属非选择性的，治疗后常伴随皮肤疤痕等副作用，对于疤痕性体质的患者尤其如此，达不到美容的目的，因此不能用于有较高美容要求的皮肤色素性和血管性疾病的治疗。这些难题长期困扰着医患双方，也极大地限制了激光在皮肤科的应用。

1983 年，Aderson 和 Parrish 提出“选择性光热作用”这一工作模式。它规定，当激光通过正常组织到达病变靶组织时，其靶组织对激光的吸收系数应大于正常组织，其反差愈大愈好，以便在破坏靶组织时，不伤及正常组织；同时靶组织的热弛豫（即温度降至一半的）时间应大于激光脉冲宽度，使靶组织的热量来不及向外扩散，以免伤及周围正常组织。激光“选择性光热作用”工作模式的提出，是医用激光特别是激光美容学发展的里程碑。为此激光医学的理论工作者对激光与组织相互作用的基础和应用基础进行了详细的定量研究，获得了实现这一工作模式的一整套完整的治疗参数。同时，脉冲激光的研制又得到了很大进步。90 年代起，一些以高能脉冲激光为代表的新型美容激光机逐渐应用于皮肤科，并取得了非常显著的成就，使过去在皮肤科很难治愈的疾病的治疗得到了突破性的进展。

根据选择性光热作用设计的激光机，具有疗效好、副作用

低、治疗安全性高的特点，甚至可安全地应用于婴幼儿。目前应用于激光美容及皮肤病治疗的激光主要有：闪光灯泵浦脉冲染料激光（波长有 510 nm 和 585 nm）、脉冲红宝石激光（694 nm）、Q 开关翠绿宝石激光（755 nm）、Q 开关 Nd:YAG 激光（1 064 nm）、调 Q 倍频 Nd:YAG 激光（532 nm）、半导体激光（800 nm 等）。这些激光治疗皮肤色素和血管性疾病如太田痣、色素痣、咖啡斑、雀斑、鲜红斑痣、血管痣、毛细血管扩张等效果好，无疤痕等副作用；其他如各种人工文身和外伤性文身的治疗、祛除体表多余毛发等治疗也有非常理想的效果。脉宽为 ms（10^{-3}秒）级的 CO_2 激光在皮肤磨削、祛皱纹、祛疤痕及眼袋整形的治疗中得到了很好应用。现对正常皮肤热损伤更小的 Er:YAG 激光也已开始在临床上应用，它和 CO_2 激光互补，以治疗细微和粗糙的皮肤皱纹。

激光光动力学疗法是利用光敏剂选择性地潴留于肿瘤组织中，激光照射后产生单态氧和其他活性氧，直接杀伤肿瘤细胞和血管内皮细胞。Lipson 于 1960 年研制血卟啉衍生物（HpD）作为光敏剂应用于肿瘤诊治，他于 1966 年开始用激光作光源，从此开始了激光光动力学治疗。美国 Dougherty 博士于 1972 年采用光激活 HpD 方法进行了治疗癌症的基础理论研究及动物实验，1976 年开始临床试验并于 1978 年报道了临床效果。我国 1981 年研制出 HpD，并报道了一例激光光动力学治疗体表癌的病例。1982 年后李峻亨和顾瑛教授等开始了该项目的攻关研究，他们在鲜红斑痣的治疗中获得成功。其他对癌症、类风湿关节炎、病毒性疾病、动脉粥样斑块、银屑病等的治疗都有了研究，说明光动力学疗法的潜力是巨大的。随着激光设备发展，新的光源增多，新一代毒性更低的光敏剂研制，激光光动力学疗法已显示出很好的发展势头。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

以 He－Ne 激光为代表的小功率弱激光在皮肤科尽管有较长时间的应用历史，但目前对弱激光的生物效应认识还不够充分。由于弱激光治疗皮肤疾病简单易行，在临床上可用于治疗皮肤慢性溃疡、促进创伤愈合、毛发再生等。弱激光现主要在激光理疗、激光针灸、激光血管内照射方面有较多应用。

激光美容和激光治疗皮肤病已有 37 年的历史，其技术已逐步走向成熟。能用激光进行皮肤美容和皮肤病治疗的种类（近百种）大体上可作如下分类：

1. 色素性疾病：如雀斑、雀斑样痣、色素痣、色素性毛表皮痣、太田痣、黄褐斑、各种人工文身和外伤性文身等。

2. 血管性疾病：如先天性血管瘤（鲜红斑痣、毛细血管瘤、海绵状血管瘤等）、毛细血管扩张症、蜘蛛痣、酒渣鼻性红斑、静脉曲张等。

3. 良性肿瘤：如汗管瘤、毛发上皮瘤、老年疣、皮脂腺瘤、粟丘疹、睑黄瘤等。

4. 恶性肿瘤：恶性黑色素瘤、基底细胞癌、鳞状细胞癌等。

5. 病毒性皮肤病：如寻常疣、传染性软疣、尖锐湿疣等。

6. 美容性治疗：祛皱纹、疤痕磨削、祛眼袋、祛毛发、毛发移植等。

激光美容在整个激光治疗中独占鳌头，其前景不断看好。近年来美国、以色列、日本等国的成套系列激光美容机涌进国内，极大地促进了我国的激光美容业的发展。在此，我们期望国内的激光医疗仪器制造业要吸收消化国外先进产品，尽快创造出自己的价廉物美的产品。

激光医学在激光发明至今的 40 年时间里，已成长为十分重要的学科，它已逐渐渗入医学的各个领域。激光在皮肤科

领域中的应用，也只是激光医学中很小的部分。随着激光医学的飞速发展，激光在皮肤科的应用亦必然日趋成熟，在本世纪，完全可能进一步开发出更多更好的激光美容方法和皮肤病激光诊疗手段。

（编　者）

第一章　激光发射原理

激光和普通光一样是一种电磁波，都具有波粒二象性；但二者发光的微观机理是迥然不同的。普通光是“自发辐射”发光，而激光 是“受激辐射”发光，远比自发辐射复杂。为了实现光的受激放大，必须使工作物质实现“粒子数反转”，并置于谐振腔内方可得到一束激光。因此为了弄清激光的发射原理，就应了解粒子数按能级的分布规律、自发无辐射跃迁、自发辐射跃迁、受激吸收、受激辐射、粒子数反转、三(四)能级工作物质和光学谐振腔这八个基本概念，现分述如下。

第一节　粒子数按能级分布

在一个体系中，大量的粒子(原子、分子或离子)相互碰撞并交换能量，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(温度恒定或变化极慢)时，单位体积中同类粒子在各能级上是按照一定统计规律分布的，这个规律称为玻耳兹曼分布律。即

$$n = N \cdot e^{-E/KT} = N \cdot \exp(-E/kT) \qquad 1-1$$

式中 n 是处于能级能量为 E 的粒子数，N 为总粒子数，$K = 1.381 \times 10^{-23}$焦耳·每开尔文($J \cdot K^{-1}$)为玻耳兹曼常数，T 为热平衡时的绝对温度，e=2.718 为自然数。

从玻耳兹曼分布律可知，在热平衡条件下，随着能级能量的增高，所处的粒子数目按负指数规律减少。即在热平衡条

件下，低能级的粒子数总是比高能级的粒子数目多。升高温度只能减少高、低能级间粒子数的相对差额，绝不会使高能级的粒子数多于低能级的粒子数，即绝不会使粒子数反分布（又称粒子数反转）。正像地球表面低处的空气总比高处多一样。通过式 1－1 计算不难看出，气体在常温的热平衡状态下，几乎全部粒子处于基态。

第二节　自发无辐射跃迁和自发辐射跃迁

根据能量最小原理，高能级的粒子总是力图向低能级跃迁而趋于稳定。这种不受外界影响而完全自发产生的跃迁过程，称为自发跃迁。因为每次能级跃迁只涉及一个高能级 E_2 和一个低能级 E_1（E_1 不一定是基态能级，也不一定和 E_2 相邻），为简单计，我们只讨论两个能级就够了，不必画出粒子的一切能级。粒子从 E_2 自发跃迁到 E_1 时，并释放出一定的能量（E_2-E_1）。释放能量的形式有两种：一种是处于 E_2 能量的粒子和周围粒子作无序碰撞，而将（E_2-E_1）的能量转化为系统的热运动能量，使自己跃迁到 E_1，并不向外辐射光子，这种跃迁叫自发无辐射跃迁；另一种是将（E_2-E_1）的全部能量转化为光子并向外辐射，这种跃迁叫做自发辐射跃迁，简称自发辐射（Spontaneous emission），如图 1－1 所示。其辐射光子的频率：

$$\upsilon_{21}=\frac{E_2-E_1}{h} \qquad 1-2$$

式中 h 为普朗克常数，$h=6.63\times10^{-34}$ 焦耳·秒（J·s）。

自发辐射的特点是系统内处于激发态的粒子寿命很短，

一般为 $10^{-11}\sim10^{-8}$秒，然后自发地各自独立地向较低的能级跃迁，究竟向哪一个低能级跃迁完全是随机的，换言之，即它们都以某种几率向下跃迁，而将多余的能量转变为一个光子向外辐射。

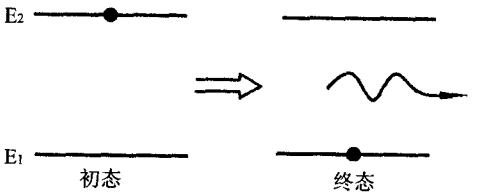


图 1-1　自发辐射跃迁

常温下物质中大部分粒子处于基态，处于激发态的粒子很少，所以其自发辐射效应微弱，因此我们都觉察不到。为了加强物质的自发辐射效应，可采取一定的激励方式（加热、气体放电、射束辐照等），人为地使发光物质中处于高能级的粒子数大大增加，从而使粒子系统总的自发辐射效应大大增强，这正是激光技术出现以前普通光源（热光源、气体放电光源、荧光磷光光源）的发光机理。由于普通光源中处于高激发态的粒子数总是少于低能级的粒子数，而且受激粒子的总数很有限，因此只能发出低亮度的光；其次，由于自发辐射光子在空间所有方向上是杂乱的随机分布，是各向同性的，因此光源发光的定向性极差；再者，由于普通光源发光，是不同的高能级粒子向不同的低能级跃迁，自然要产生许多频率的光子，因此光源的单色性最差；最后，就是同频率的自发辐射光子，其

方向、相位和偏振都各有区别，其光子简并度（即同一量子状态的平均光子数）低，最强的普通光的光子简并度才 10^{-3} 左右。综上所述，普通（自然）光源的自发辐射机理，决定了它只能发出低亮度、低定向性、低单色性和低光子简并度的自然光。

下面来讨论自发辐射光谱线的强度。

粒子从 E_2 跃迁到 E_1 的自发辐射光谱线强度 I_r（单位体积、单位时间内粒子从 $E_2 \rightarrow E_1$ 的自发辐射总能量）与 N_2（单位体积内粒子处于 E_2 的数目）、A_{21}（单位时间内单个粒子从 $E_2 \rightarrow E_1$ 自发辐射跃迁几率）和 $h\upsilon_{21} = E_2 - E_1$ 成正比。

即：
$$I_r = N_2 \cdot A_{21} \cdot h\upsilon_{21} \qquad 1-3$$

第三节　受激吸收　受激辐射

一、受激吸收

如果粒子处于低能级 E_1 上，当频率为 $\upsilon_{21} = (E_2 - E_1)/h$ 的外来光子逼近它时，粒子就可能吸收这个光子的能量，而激发到高能级 E_2 上去，这个过程叫受激吸收，如图 1－2 所示。此过程不是自发产生的，必须经过外来光子的作用才会发生，对这个外来光子只要求其频率 $\upsilon_{21} = (E_2 - E_1)/h$ 就够了，对方向、位相和偏振面等都没有限制。

粒子从 E_1 跃迁到 E_2 的受激吸收光谱线强度 $\triangle I\alpha$（单位体积、单位时间内粒子从 $E_1 \rightarrow E_2$ 的受激吸收光子总能量）决定于：①单位体积内粒子处于 E_1 的数目 N_1，②单位时间内能量为 E_1 的单个粒子从 $E_1 \rightarrow E_2$ 的受激吸收几率 $B_{12}\rho\upsilon_{21}$，其几率和外来光子数密度及频率有关，用符号 $\rho\upsilon_{21}$ 表示；还和粒子

需要全本请访问 www.ertongbook.com