

皮肤病临床诊疗丛书

皮肤激光医学与美容

主编 卢忠

復旦大學 出版社
www.fudanpress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

皮肤激光医学与美容/卢忠主编. —上海:复旦大学出版社,2008.9
(皮肤病临床诊疗丛书)
ISBN 978-7-309-06130-7

I. 皮… II. 卢… III. ①皮肤病-激光疗法②美容-激光疗法
IV. R751.05

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第095628号

皮肤激光医学与美容

卢忠 主编

出版发行 复旦大学出版社 上海市国权路579号 邮编200433
86-21-65642857(门市零售)
86-21-65100562(团体订购) 86-21-65109143(外埠邮购)
fupnet@fudanpress.com http://www.fudanpress.com

责任编辑 王晓萍

出品人 贺圣遂

印刷 上海申松立信印刷厂
开本 850×1168 1/32
印张 10.25
字数 247千
版次 2008年9月第一版第一次印刷

书号 ISBN 978-7-309-06130-7/R·1041
定价 23.00元

如有印装质量问题,请向复旦大学出版社发行部调换。

版权所有 侵权必究

主 编 卢 忠

副主编 刘健航 周展超

编写者 (按姓氏笔画排序)

丁蕙琳	马 莉	王月华	方丽华
卢 忠	刘健航	汤卢艳	严淑贤
陈向东	林 彤	周国瑜	周展超
项蕾红	钱 辉	黄 雯	焦 圣

前 言

随着物质文化和生活水平的提高,人们对美的追求也与日俱增。与之相适应,以现代激光技术为代表的各项美容技术在近年来得到了长足发展,为广大爱美人士带来了福音。它们以效果佳、创伤小的特点,深受大家的欢迎。

巨大的市场需求以及技术上的进步,为医学美容事业的发展提供了一个难得的机遇,激光美容的从业人员也越来越多。面对这样的形势,如何尽快提升从业人员的专业水准,使之尽可能更多地掌握此领域的最新知识和技能,显得非常重要和迫切。为此,复旦大学附属华山医院皮肤科主持编写了《皮肤激光医学与美容》一书。遵循全面、专业、前沿的原则,详细介绍了目前激光医学及美容的最新进展,而且还涵盖了多种最新非手术美容技术。参与本书编写的单位包括,复旦大学附属华山医院、上海交通大学附属第九人民医院、中国医学科学院 中国协和医科大学皮肤病研究所,均为国内该领域的权威医学机构,在激光医学、皮肤美容与治疗等方面做了大量的临床、科研和教学工作。参与本书的编写人员都具有相当扎实的专业功底和丰富的知识,很多都是国内这方面知名的专家、学者。可以说,本书是上述各单位众多专家通力协作的成果,是集体智慧的结晶。在此,谨向本书的所有参编人员致以衷心的感谢。

复旦大学附属华山医院

卢 忠

2008年8月

目 录

第一章 激光在皮肤科的应用	1
第一节 激光的基本原理	1
第二节 激光在人体皮肤组织上的生物学效应	5
第三节 皮肤科主要的激光治疗仪及适应证	11
第四节 激光治疗的操作规范及管理	21
第二章 表皮色素增生性皮肤病	24
第一节 黑素的代谢	24
第二节 临床分类	31
第三节 雀斑	32
第四节 雀斑样痣	35
第五节 牛奶咖啡斑	36
第六节 口唇黑斑	38
第七节 脂溢性角化病	41
第八节 Becker 痣	43
第三章 真皮色素增生性皮肤病	45
第一节 临床分类	45
第二节 太田痣	46
第三节 获得性太田痣样斑	54



第四节	文身	55
第五节	色素痣	61
第四章	血管增生性皮肤病	67
第一节	血管增生病变的临床分类	67
第二节	血管增生病变激光治疗的原理和方法	70
第三节	鲜红斑痣	76
第四节	草莓状血管瘤	82
第五节	蜘蛛痣	86
第六节	静脉畸形的激光治疗	88
第七节	血管角皮瘤	91
第八节	增生性瘢痕及瘢痕疙瘩	92
第五章	脱毛	99
第六章	浅表良性皮肤肿瘤	116
第一节	概述	116
第二节	汗管瘤	120
第三节	黄瘤	122
第四节	毛发上皮瘤	126
第五节	结节性硬化	128
第七章	非剥脱性嫩肤	132
第一节	概述	132
第二节	强脉冲光嫩肤	138
第三节	非气化性激光	146
第四节	射频	149
第五节	光调作用	161



第八章 注射除皱 ·····	164
第一节 肉毒素注射·····	164
第二节 填充剂注射·····	172
第九章 剥脱性嫩肤 ·····	184
第一节 概述·····	184
第二节 超脉冲二氧化碳激光和铒激光·····	186
第三节 点阵激光·····	194
第十章 光动力学疗法在皮肤科的应用 ·····	198
第一节 光动力学原理·····	198
第二节 皮肤肿瘤和癌前期病变·····	201
第三节 痤疮·····	211
第四节 鲜红斑痣·····	216
第五节 病毒疣·····	219
第六节 皮肤光老化·····	225
第十一章 痤疮的治疗 ·····	232
第一节 痤疮的发病机制、病理、临床特点·····	232
第二节 激光及强光治疗痤疮·····	235
第十二章 单频准分子激光在皮肤科的应用 ·····	241
第一节 概述·····	241
第二节 银屑病·····	243
第三节 白癜风·····	245
第十三章 传统激光在皮肤科的临床应用 ·····	250
第一节 连续式 CO ₂ 激光·····	250



第二节	掺钕钇铝石榴石激光及掺铟砷化镓半导体激光	260
第三节	氦氛激光及低功率半导体激光	265
第十四章	紫外线光疗在皮肤科的应用	272
第一节	基本原理	273
第二节	UVB 光疗法	278
第三节	NBUVB 光疗法	283
第四节	UVA 光疗法	287
第五节	PUVA 光疗法	287
第六节	UVA1 光疗法	291
第七节	不良反应及防治	296
第八节	操作规程	301
附录		305
一、	皮肤激光医学汉英词汇	305
二、	皮肤激光医学英汉词汇	311

第一章

激光在皮肤科的应用

第一节 激光的基本原理

【激光发展的简要历史】

激光 (laser) 意即放大的光受激辐射 (light amplification by stimulated emission of radiation)。如同一个人的成长一样,激光的发展也经历了孕育、诞生、发展、成熟等各个阶段。1916年,著名的物理学家爱因斯坦首次提出了“受激辐射”的概念,从而奠定了激光的理论基础,以后又在实验中得到了验证。1960年,第一台真正的激光器终于呱呱坠地,这是一台红宝石激光器,完成这一创举的是美国的梅曼。此后激光进入了一个长足的快速发展阶段,各种激光器如雨后春笋般不断涌现。激光以其独特的性质,在军事、科研、医学领域得到了广泛的应用。其在医学上的应用使许多临床问题得到了很好的解决,并由此促成了一个新的医学分支——激光医学的诞生。

【激光产生的基本原理】

激光作为光家族的一员,具有波粒二相性,一方面激光是由无数光子组成的,具有光的粒子性;另一方面,其本身也是一种电磁



波。波粒二相性是所有光的共性,除此之外激光作为一种放大的受激辐射,又具有特殊的性质。我们知道,在自然状态下,大部分原子或其他粒子都处于最低的能量状态(即能级)上,这种状态称为基态。而处于高能级的原子或粒子的状态称为激发态,它们是不稳定的,往往会向低能级跃迁,同时以光子的形式将能量释放出来,这一过程称为自发辐射,与外界作用无关。自然光与普通光源都属于自发辐射,此时大量原子或粒子从不同能级跃迁,彼此之间毫无关系,发射出的光子频率、方向、偏振状态、相位各不相同,所以自然光和普通光源的波长都是连续的,属于非相干光。与普通光不同,激光的发生属于受激辐射,即在外来辐射的感应下,某些特殊的物质中粒子大部分处于较高能级上,并发生相同的能级间跃迁,由此产生连锁反应,发射出大量频率、方向、偏振状态、相位都一致的光子,这种光就是激光,属于相干光。事实上,激光的产生机制是相当复杂的,这里限于篇幅也就不再赘述。一般而言,激光的产生需要 3 个条件。

1. 工作物质 在热平衡状态下,一般介质中的原子等粒子都满足玻尔兹曼分布,即低能级的粒子数密度大于高能级的。要产生激光,必须首先改变粒子的分布,使高能级的粒子数密度大于低能级的,这种分布状态就是“粒子数反转”。只有在特殊的介质中才能实现粒子数反转,目前自然界中只找到数百种这样的介质。唯有这些特殊的介质才能充当激光的工作物质,又称激活介质,它们是激光产生的必要条件。此外,处于激发态的粒子还必须有足够长的寿命。在激光的工作物质中,某一激发态粒子的平均寿命特别长,可达 10^{-3} 秒甚至 1 秒,称为“亚稳态”。只有在亚稳态下才能实现粒子数反转,从而为激光的产生提供必要条件。

2. 激励源 在工作物质中,要实现粒子数反转,还必须从外界提供能量,将处于低能级的粒子激发到高能级上,这一过程称为



“泵浦”或“抽运”。能提供能量从而起到这一作用的物质就是激励源。激励源所发射的谱线应尽可能与工作物质最强的吸收谱线相匹配,这样才能实现能量的最大转化。常用的激励模式一般包括:激光激励、气体放电激励、电激励等。电能、光能、化学能、核能都可以充当激励的能量。

3. 谐振腔 工作物质外加激励源就可以实现粒子数反转,但还不能成为一台激光器,还需要在特定方向上的受激辐射不断放大加强,达到很好的方向性和单色性。在激光器中,起到这一作用的装置就是谐振腔。如图 1-1 所示,最简单的谐振腔由两块平面反射镜组成,其中一块为全反射镜,另一块为部分反射镜,它们互相平行,并且与工作物质的轴线严格垂直。此外,谐振腔还可用平面镜与凹面镜或由两块凹面镜组成。这种结构使得只有与工作物质轴线完全一致的光才能得到放大,并由半反射镜透过;而遇到全反射镜的光子则被全部反射进入谐振腔继续振荡,并再次得到放大。由此可见,光学谐振腔的作用在于为激光器的振荡提供必要的正反馈,导致光放大,同时限制激光的频率和方向,保证激光的单色性和方向性。光子在谐振腔内振荡时也会有一定损耗,腔内损耗常用品质因素 Q 值表示,其数值越大,表示损耗越小。

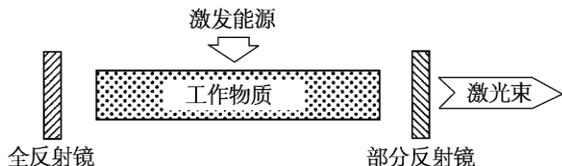


图 1-1 基本激光系统

综上所述,工作物质、谐振腔、激励源是一个激光器最基本也是最重要的构成(图 1-1)。工作物质在激励源的作用下发生粒子数反转,通过谐振腔内的振荡和放大,产生正反馈式的连锁反应,



从而发射出频率、方向、偏振状态、相位一致的光,这就是激光。

【导光系统】

在医学上,要得到理想的治疗效果,还必须将激光的能量准确地传递到病灶,这就需要借助导光系统,其优劣直接影响治疗效果。目前常用的导光系统主要有两种,即导光关节臂和导光纤维。医疗上对导光系统的要求是很高的,一个好的导光系统要符合以下几个标准:保持激光的原有特性、输出稳定、损耗低、操作方便灵活、牢固耐用。

【激光的特性】

作为受激辐射而产生的光,激光具有许多自然光无法比拟的特性,使其在科研、医疗、信息、军事等各个领域有着广泛的应用。概括起来,激光的特性主要有以下几点。

1. 单色性 激光是受激辐射的产物,光子的跃迁往往发生在固定的两个能级之间,其频率分布非常窄,因而具有非常好的单色性,即色度很纯,这一点自然光是无法达到的。

2. 相干性 激光是一种相干光,具有极强的空间相干性及时间相干性。空间相干性是指从激光光源不同空间位点发出的光位相差不变,方向与波长也一致;时间相干性是指从激光光源同一空间位点不同时间发射出的光也有固定的位相差。与激光相对应,强脉冲光则是一种非相干光。

3. 能量高度集中 在谐振腔的选择作用下,激光光束的发散角很小,光束能量高度集中,因而方向性极强、激光光源表面亮度很高、被照面上光强度很大。据研究,太阳的发光亮度约为 $2 \times 10^3 \text{ W } \mu\text{m}^2 \cdot \text{sr}$,而激光的亮度则为 $10^4 \sim 10^{17} \text{ W } \mu\text{m}^2 \cdot \text{sr}$,远高于太阳。质量最好的激光光截面的光强分布符合高斯函数。在医学上激光可用于手术,进行烧灼;工业上激光可用于加工、切割;军事上激光可被用作武器。这些都是利用了激光的这一特性。



4. 平行性 激光光束在传播过程中很少发生弥散,即使在传播很长距离后光束仍保持平行而不发生弥散。

第二节 激光在人体皮肤组织上的生物学效应

激光与皮肤组织相互作用,可以产生一系列生物学效应,从而发挥其治疗作用,这是一个比较复杂的生物学过程,与激光的波长、能量以及皮肤组织本身的特性都有密切关系。

【人体皮肤的光学特性】

皮肤是人体最大的器官,覆盖了整个体表。皮肤由表皮、真皮和皮下组织组成,此外还包括血管、神经、淋巴管和皮肤附属器。激光照射到皮肤组织,不可避免地与后者相互作用,皮肤组织对激光的影响主要表现在以下几个方面。

1. 反射 激光照射到皮肤表面时,一部分被皮肤反射,这部分光不进入皮肤,因而也不会产生生物学效应。测定人体皮肤对某种激光的反射,可以大致确定进入皮肤组织的量。研究表明,皮肤对激光的反射与波长有关,在 400~700 nm 的可见光范围内,波长越长,反射越多。

2. 吸收 是指激光的能量进入皮肤组织,并转化为其他形式的能量,如热能、化学能等。根据 Grothus-Draper 定律,只有当激光被吸收时,才能产生生物学效应。激光主要被皮肤中的色素基团(简称色基,chromophore)所吸收,它们是一些生物分子或组织成分,能吸收一定波长的光。皮肤中主要的色基是黑色素、血红蛋白和水,每种色基都有自身特定的吸收曲线。吸收过程除了与色基有关外,还受到波长和皮肤组织结构均匀性的影响。研究表明,对多数激光而言(波长 300~1 000 nm),进入皮肤的激光约 99% 被



皮肤组织外层 3.6 mm 所吸收;在近紫外光、可见光、近红外光这一波段范围内,肤色越深,吸收越多,而在 300 nm 以下以及 950~2 200 nm 波长范围内,不同肤色的皮肤组织对激光的吸收无显著差异。

激光的穿透深度是指激光的有效能量在皮肤组织中所能到达的深度,具有重要的临床意义。穿透深度实际上与激光的吸收密切相关,皮肤浅层吸收越多,激光穿透深度就越浅,反之则越深。激光的穿透深度与波长有关,在 300~1 000 nm 范围内,波长越长,穿透越深;波长 < 300 nm 时,由于蛋白质、黑素、尿刊酸及 DNA 对激光的强吸收,故穿透浅;波长 > 1 300 nm 时,由于被水强吸收,故穿透也较表浅。

3. 散射 是指激光进入皮肤组织后,由于皮肤结构的不均匀性,从而导致光的方向发生改变,散射可以发生在各个方向。

4. 透射 是指激光透过皮肤组织而进入另一种媒介,这部分光也不对皮肤组织产生生物学效应。

【激光对皮肤组织的生物学效应】

激光进入皮肤后,为皮肤中的色素所吸收,并与皮肤组织相互作用,产生一系列复杂的生物学效应,主要有以下几个方面。

1. 热效应 是指激光被吸收后转化为热能,使皮肤组织温度升高,这是激光对皮肤最重要的生物学效应,很多激光都是通过热效应来达到临床疗效的。

(1) 热产生的方式:激光光能转化为热能,主要是通过碰撞生热和吸收生热两种方式来实现的。前者是指光子被吸收后激活了生物分子,被激活的生物分子与周围其他分子不断碰撞并使其获得振动能和转动能;后者是指偶极分子(主要是水分子)吸收了红外光光子后,光能直接转化为该分子的振动能和转动能。这两种方式均可导致皮肤组织温度升高,热效应产生。



(2) 热弥散:热效应产生的同时,热弥散即已开始。通过热弥散,热能向周围组织扩散,导致热效应范围进一步扩大。传导是热弥散的一种主要方式。目前常用热弛豫时间来表示热弥散的速度。热弛豫时间(thermal relaxation time, TRT)是指温度下降50%所需的时间,一般而言,色素体积或直径越大,热弛豫时间越长。

(3) 热效应对皮肤组织的影响:激光的热效应既包括激光对作用靶的直接热效应,也包括热能由作用靶向周围组织扩散所产生的继发热效应。激光产生的热能向周围的传播符合下列公式:

$T = S^2 D$ (T为热传导时间,S为热传导距离,D为组织的热扩散率)。

一般而言,激光的热效应与组织达到的温度和照射时间均有密切联系。组织在数毫秒内温度骤升 $200 \sim 1\,000\text{ }^\circ\text{C}$,或在 $45 \sim 50\text{ }^\circ\text{C}$ 的温度下持续1分钟左右,均可引起蛋白质破坏、组织受损。如前所述,皮肤组织的损伤与温度高低有关。当皮肤温度达到 $43 \sim 44\text{ }^\circ\text{C}$ 时,皮肤就会出现潮红; $45\text{ }^\circ\text{C}$ 时皮肤开始有痛觉; $47 \sim 48\text{ }^\circ\text{C}$ 就可能出现水疱; $55 \sim 60\text{ }^\circ\text{C}$ 时,皮肤出现凝固性坏死; $100\text{ }^\circ\text{C}$ 时,组织中的水达到沸点而导致气化; $300 \sim 400\text{ }^\circ\text{C}$ 以上时,皮肤组织会发生炭化,进而燃烧、气化。以二氧化碳(CO_2)激光为例,其所照射的皮肤组织可迅速达到极高温,发生坏死与气化,所以该激光可用于灼除寻常疣等皮肤损害。

(4) 热化作用:激光能量被吸收后转化为热能,后者被皮肤组织吸收而产生一系列化学反应或加速某些化学反应,这就是热化作用。热化作用是低功率激光的一种作用方式,往往不直接导致皮肤组织的破坏。与光化作用不同,热化作用依赖温度的升高,而且不产生自由基。

2. 光机械作用 主要是指激光的一次光压与二次光压。光



照射在物体表面时,光子与之碰撞所产生的辐射压力称为光压,又称为一次光压。一般的光产生的一次光压非常微小,以至可忽略不计,以阳光为例,其光压约为 4×10^{-12} 个大气压 ($1 \text{ atm} = 0.101 \text{ MPa}$)。但对超强功率密度和能量密度的激光而言,其一次光压是相当可观的(例如功率为 1 W 的氩激光聚焦于 0.5 mm 半径的微粒时,辐射压力即可达到 $10 \sim 15 \text{ N}$)。当高能量密度的激光束照射于皮肤表面后,迅速产生大量热能,温度骤然升高,导致组织液由液相向气相转变、组织热膨胀等一系列物理变化,产生高达数十乃至数百个大气压的冲击波,这种作用称为二次光压。上述冲击波在组织中以超音速传播,产生气蚀(cavitation)现象,导致组织的破坏。研究表明,二次光压所产生的破坏力是相当大的。这一作用机制在调 Q 激光治疗色素增生性皮肤病的过程中表现得尤为突出。成熟黑素小体吸收光能后,发生急剧热膨胀而“爆炸”,由此产生巨大的冲击波,进而破坏黑素小体所在的黑素细胞。据研究,能量密度 1 J/cm^2 ,脉宽 $5 \times 10^{-9} \text{ s}$ 的调 Q 激光产生的冲击波压强可高达 $6.9 \times 10^7 \text{ Pa}$,因而调 Q 激光对黑素小体及黑素细胞的破坏主要依靠光机械作用。

3. 光化学效应 是指组织吸收了激光能量后,产生一系列的化学反应及改变。光化学效应包括直接光化学效应与间接光化学效应两种。

(1) 直接光化学效应:这一过程不依赖光敏剂。生物大分子吸收激光能量后被激活,化学结构发生改变,或与其他分子发生化学反应。此时,能量被暂时储存起来用于光合作用;或被转化为自由能,用于光异构、光分解和光聚合作用等,从而影响细胞的代谢。

(2) 间接光化学效应:这一过程依赖光敏剂的参与,故又称敏化的光化学效应。光敏剂进入组织后,大大增强了组织对光的敏感性,随后在光的照射下产生一系列化学反应。光动力学疗法



(PDT)就是间接光化学效应的典型代表,常用的光敏剂包括5-氨基酮戊酸(5-ALA)及血卟啉衍生物(HpD)等。光敏剂进入组织后,在一定波长激光的照射下,可产生大量单线态氧等自由基,通过自由基反应,引起生物膜的脂质过氧化、生物大分子交联等一系列改变,从而破坏靶细胞。此外,光动力学疗法还可通过凋亡途径达到靶细胞破坏的目的。

4. 电磁场效应 一般而言,激光产生的电磁场强度达到 $10^6 \sim 10^9 \text{ V} \cdot \text{cm}^2$ 时,方可出现电磁场效应。很多经过聚焦的激光都能达到或超过这一强度,从而产生强电磁场,并通过以下一系列效应引起组织的损伤。

(1) 激励、振动:在原子、分子等粒子的直接作用下,产生激励与振动,可导致细胞的损伤。

(2) 谐波:谐波波长更短,组织内正负电荷在电磁场作用下,可使生物偶极发生2~3次谐波,导致蛋白质与核酸等的变性。

(3) 自由基:电磁场可产生自由基,其性质非常活跃,可引起生物膜的脂质过氧化、生物大分子交联等一系列改变,从而损伤细胞。

(4) 双光子、多光子吸收:两个单光子或多个单光子参与同一个光吸收过程,称为双光子或多光子吸收,可产生光化学效应及自由基反应,导致组织细胞的损伤。

(5) 布里渊散射:强电磁场可在皮肤组织的水分中产生布里渊散射,其脉冲频率可达到兆赫级,因而可引起细胞的损伤甚至破裂。

5. 生物刺激作用 前述激光的各种效应(如热效应、光机械作用)是建立在较高功率密度基础上的。而生物刺激作用则较多见于低功率激光照射,其具体机制在很多方面有待进一步探讨。根据生物场理论,机体本身就是一个巨大的生物等离子体。在病