

中国医师协会皮肤科医师分会  
皮肤激光与理疗亚专业委员会培训教材

# 皮肤美容激光治疗 原理与技术

PIFU MEIRONG JIGUANG ZHILIAO YUANLI YU JISHU

主编 项蕾红 周展超



人民卫生出版社  
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

R 751.05  
1142

中国医师协会皮肤科医师分会  
皮肤激光与理疗亚专业委员会培训教材

# 皮肤美容激光治疗 原理与技术

PIFUMEIRONGJIGUANGZHILIAOYUANLIYUJISHU

主 编 项蕾红 周展超

副主编 (按姓氏汉语拼音排序)

陈向东 李承新 卢忠 杨慧兰 赵小忠

编 委 (按姓氏汉语拼音排序)

李远宏 刘华绪 罗东辉 宋为民 涂彩霞  
王宏伟 王玮蓁 杨 智 尹 锐 于 波  
赵俊英 赵 邑 张守民 郑 敏

审 阅 李恒进

南京鼓楼医院  
图书馆藏书



B0010161

B0010161



人民卫生出版社  
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

## 图书在版编目 (CIP) 数据

皮肤美容激光治疗原理与技术/项蕾红, 周展超主编.  
—北京: 人民卫生出版社, 2014  
ISBN 978-7-117-19483-9

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 152199 号

人卫社官网	<a href="http://www.pmph.com">www.pmph.com</a>	出版物查询, 在线购书
人卫医学网	<a href="http://www.ipmph.com">www.ipmph.com</a>	医学考试辅导, 医学数 据库服务, 医学教育资 源, 大众健康资讯

版权所有, 侵权必究!

## 皮肤美容激光治疗原理与技术

主 编: 项蕾红 周展超  
出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)  
地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号  
邮 编: 100021  
E - mail: [pmph@pmph.com](mailto:pmph@pmph.com)  
购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830  
印 刷: 北京市卫顺印刷厂  
经 销: 新华书店  
开 本: 787×1092 1/16 印张: 11  
字 数: 268 千字  
版 次: 2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 版第 1 次印刷  
标准书号: ISBN 978-7-117-19483-9/R · 19484  
定 价: 48.00 元  
打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: [WQ@pmph.com](mailto:WQ@pmph.com)  
(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

## 序

欣悉由中国医师协会皮肤科医师分会皮肤激光与理疗亚专业委员会编写的皮肤科亚专业继续教育系列教材之一《皮肤美容激光治疗原理与技术》即将出版发行,对此表示热烈祝贺,感谢以项蕾红教授、赵小忠教授、李远红教授为首的皮肤激光与理疗亚专业委员会全体委员的辛勤工作和不懈努力。

随着医学科学突飞猛进的发展,治疗领域不断拓宽,新的治疗方法和技术不断涌现,医学进步充分享受了现代科技飞速发展的成果。在皮肤科领域,已由过去单一的传统皮肤病的治疗扩展到对亚健康皮肤的治疗及对健康皮肤的保健和管理,其中皮肤激光美容领域发展最为迅速,为广大患者和爱美人士提供了优异的技术手段。新的医学模式的转变,对从事皮肤科领域的广大从业者提出了更高的要求。我很庆幸 2008 年在苏州第四届中国皮肤科医师年会期间,首先倡议成立皮肤激光与理疗亚专业委员会,以规范和促进皮肤激光美容行业的发展,6 年的实践证明,经过不懈努力,中国医师协会皮肤科医师分会皮肤激光与理疗亚专业委员会引领和肩负了面向全国皮肤科医师在皮肤激光美容领域继续教育的重任,取得了很大的成绩,本书就是特意为开展皮肤科继续教育而编写的教材之一。参与编写本教材的编委均为活跃在国内外皮肤激光美容领域一线的中青年临床学者,他们有着扎实的理论基础、一线丰富的临床经验、尤其在皮肤激光治疗领域更是优秀的实践者,他们长期保持与国外同行的不断交流,使中国皮肤科界在皮肤激光美容领域保持着与发达国家相同的治疗水平,甚至在光动力治疗领域在世界处于领先地位。我有幸参与了此教材的最后文字校审工作,感受到此教材的实用性和专业性,相信由这样一个优秀团队编写的这本教材一定会对普及皮肤激光美容知识和提高临床医生治疗水平起到积极推动作用。

中国医师协会皮肤科医师分会副会长(主管皮肤激光与理疗亚专业委员会)

中国人民解放军总医院皮肤科

**李恒进**

2014 年 6 月 19 日

## 前 言

皮肤激光治疗学是医学激光领域发展最迅猛的分支,新技术的不断涌现,对皮肤科医师提出了更高的要求。如何掌握好最新的激光技术,更好地为患者和求美者提供最好的服务,是对每一位皮肤科医师的挑战。中国医师协会皮肤科医师分会作为行业协会,承担着医师的继续教育和行业管理的职责,对皮肤科医师进行规范化的亚专业培训义不容辞。

2010年,在名誉会长郑志忠教授、前任会长朱学骏教授、现任会长王宝玺教授和副会长兼总干事李恒进教授等倡议下,成立了皮肤激光亚专业委员会,2012年,又扩展为皮肤激光与理疗亚专业委员会,将光电技术,包括激光、光子、射频、光动力均纳入亚专业培训范畴,使得皮肤激光美容的培训更加全面。

本培训教材由全国二十余位专家共同编写,对各项激光技术原理进行了阐述,并且紧密结合临床实践,分享了各位专家丰富的临床经验。该书共分六章,第一章中对激光的基本原理,特别是皮肤激光领域里程碑式的理论——选择性光热作用原理和局灶性光热作用原理进行了详细的阐述,对目前最新的光调作用原理也进行了解析;第二至四章介绍了各项光电技术的原理和临床应用,包括激光、光子、射频和光动力技术;第五章重点分析了激光治疗的并发症及其临床处理;第六章对于激光术后的护理、皮肤美容咨询的技巧进行了分析,对于提高就诊者的满意度极为重要。该书是每年3月举行的中国医师协会皮肤科医师分会皮肤激光美容继续教育规范化培训学习班的专用教材,期望能对皮肤激光技术原理和临床应用规范化培训起到积极推动作用。

由于皮肤激光技术发展迅速,知识日新月异,编者们的取舍尺度可能存在差异,不完善之处敬请同行不吝指正,我们在再版时进行修正。感谢出版社编辑对文稿的整理校对,感谢李恒进教授在百忙中对书稿的审核,为本书的质量提供了保障。在此对大家的辛勤付出表示衷心感谢!

项蕾红

2014年7月14日

# 目 录

第一章 基本原理 .....	1
第一节 激光与光的基本知识 .....	1
一、电磁辐射波谱 .....	1
二、美容皮肤科中常用的电磁波 .....	3
三、临床激光系统 .....	9
第二节 激光与组织的相互作用 .....	18
一、激光-组织相互作用 .....	18
二、皮肤的光学 .....	19
三、热对组织的作用 .....	21
第三节 选择性光热作用原理 .....	24
一、选择性光热作用理论 .....	24
二、选择性光热作用理论的扩展 .....	25
第四节 局灶性光热作用原理 .....	26
一、局灶性光热作用原理 .....	26
二、激光-组织相互作用 .....	27
三、点阵激光 .....	28
第五节 光调作用的基本原理 .....	30
一、概述 .....	30
二、光调作用的基本原理 .....	31
第二章 激光治疗技术 .....	40
第一节 Q 开关激光 .....	40
一、倍频 Q 开关 Nd:YAG 532nm 激光 .....	40
二、Q 开关红宝石 694nm 激光 .....	40
三、Q 开关翠绿宝石 755nm 激光 .....	41
四、Q 开关 Nd:YAG 1064nm 激光 .....	41
第二节 血管治疗激光 .....	41
一、脉冲染料激光 .....	43
二、长脉宽倍频 Nd:YAG532nm 激光 .....	44
三、长脉宽 Nd:YAG1064nm 激光 .....	44

四、双波长治疗技术 .....	45
五、其他 .....	45
第三节 脱毛激光 .....	46
一、红宝石激光 .....	46
二、翠绿宝石激光 .....	46
三、半导体二极管激光 .....	47
四、掺钕钇铝石榴石激光 .....	47
五、强脉冲光 .....	48
第四节 长脉冲近红外线激光 .....	50
一、Nd:YAG1320nm 激光 .....	50
二、半导体 1450nm 激光 .....	52
三、长脉冲 Nd:YAG 1064nm 激光 .....	53
第五节 铒激光 .....	54
一、连续铒激光 .....	54
二、脉冲铒激光 .....	54
第六节 二氧化碳激光 .....	56
一、传统 CO <sub>2</sub> 激光器 .....	56
二、新型 CO <sub>2</sub> 激光器 .....	58
第七节 点阵激光 .....	59
一、非气化型点阵激光 .....	60
二、气化型点阵激光 .....	62
第八节 准分子光与准分子激光 .....	64
一、定义 .....	64
二、作用原理及机制 .....	64
三、在皮肤科的应用 .....	65
四、副作用及注意事项 .....	67
<b>第三章 强脉冲光及其他能量 .....</b>	<b>69</b>
第一节 强脉冲光 .....	69
一、强脉冲光简介 .....	69
二、IPL 临床应用现状 .....	70
三、IPL 的治疗原理 .....	77
四、常用设备与特点 .....	78
五、参数设置与治疗技巧 .....	80
六、IPL 治疗的注意事项 .....	84

第二节 射频美容技术 .....	86
一、射频透热原理 .....	86
二、射频热效应和穿透深度决定因素 .....	87
三、射频治疗仪的分类 .....	88
四、射频美容技术适应证 .....	90
五、射频治疗操作方法及注意事项 .....	91
六、射频治疗禁忌证 .....	92
第三节 光电联合技术 .....	93
一、临床应用适应证 .....	93
二、治疗原理 .....	94
三、常用设备和特点 .....	95
四、能量设置与治疗技巧 .....	96
五、临床应用注意事项 .....	97
第四节 脉冲红外光技术 .....	99
一、ST 脉冲近红外光技术 .....	100
二、宽谱红外光技术——Titan 技术 .....	101
第五节 LED 技术 .....	103
一、LED 材料与色彩 .....	104
二、LED 的特性 .....	104
三、LED 技术在皮肤科及医疗美容领域中的应用 .....	104
四、LED 技术的发展前景与展望 .....	105
第六节 等离子体技术 .....	106
一、等离子体技术的医疗用途及特点 .....	107
二、等离子体技术的新应用 .....	107
三、等离子体射频技术皮肤科医学应用概况 .....	108
第七节 多功能治疗平台 .....	109
一、Lumenis One 平台 .....	109
二、酷蓝 3D 技术平台 .....	109
三、辉煌 360 激光平台 .....	110
四、PROFILE 平台 .....	110
第四章 光动力学治疗 .....	112
第一节 光动力治疗原理 .....	112
一、光动力疗法定义 .....	112
二、光敏剂 .....	112



三、光源 .....	114
四、PDT 作用机制 .....	114
五、适应证 .....	116
第二节 ALA 光动力治疗 .....	116
一、作用机制 .....	117
二、临床应用 .....	117
第三节 HMME 光动力治疗 .....	133
一、HMME 的结构与性质 .....	133
二、HMME 作用机制 .....	133
三、HMME-PDT 临床应用 .....	134
<b>第五章 激光与光子治疗的并发症 .....</b>	<b>137</b>
第一节 调 Q 激光和长脉宽激光的并发症 .....	137
一、脉冲染料激光(波长 585、595nm) .....	137
二、调 Q 红宝石激光(694nm)和紫翠玉激光(755nm) .....	137
三、调 QNd:YAG 激光(1064nm) .....	138
四、半导体脱毛激光 .....	139
五、长脉宽非剥脱激光 .....	139
第二节 点阵激光的并发症 .....	141
一、非气化型点阵激光的并发症 .....	141
二、气化型点阵激光的副作用 .....	141
第三节 强脉冲光治疗的并发症 .....	142
第四节 并发症的防治 .....	142
一、预防 .....	142
二、治疗 .....	143
<b>第六章 咨询与术后护理 .....</b>	<b>145</b>
第一节 咨询 .....	145
一、美容医学咨询的重要意义 .....	145
二、美容医学咨询师的定义 .....	145
三、美容医学咨询师对医疗美容的作用 .....	146
四、美容医学咨询师的基本条件 .....	146
五、美容医学咨询师的工作技巧 .....	147
六、美容医学咨询师的礼仪规范 .....	148
七、美容医学咨询师的工作环境要求 .....	149

八、美容医学咨询师需要注意的问题 .....	149
第二节 激光术前准备 .....	149
一、术前综合评估 .....	149
二、知情同意及激光术前心理干预 .....	152
三、消毒与麻醉 .....	152
四、激光伤害的术前防护 .....	154
第三节 知情同意书 .....	155
一、概念 .....	155
二、撰写要素和内容 .....	156
三、撰写常见问题及注意事项 .....	156
第四节 激光治疗术后皮肤损伤的处理 .....	157
一、激光对皮肤造成的损伤分类 .....	157
二、激光术后皮肤的护理 .....	158
三、小结 .....	159

# 第一章 基本原理

## 第一节 激光与光的基本知识

### 一、电磁辐射波谱

光是最为常见的自然现象,但是光只是电磁辐射谱中非常小的一个部分。电磁辐射 (electromagnetic radiation, EMR) 已被广泛地应用于各个领域。电磁波是电场和磁场交替所形成的波。电磁波谱包括短波长的 X 线 (X-rays) 和伽马线 (gamma rays) 至长波长的微波和无线电 (图 1-1-1) 大多数激光处在可见光部分 (波长为 400 ~ 700nm), 这个部分即是可见光, 也就是我们日常生活中见到的光线。处在其他部分的电磁波, 尽管是不可见的, 我们有时也称为光, 因为这样更方便和直观易懂。在这一光谱中, 很多波长的光都已应用于临床, 可见光部分的应用尤其广泛。其中射频 (radiofrequency energy, RF) 也是电磁辐射领域中应用得非常广泛的能量方式, 这种例子有很多, 如无线电波、手机通讯、微波, 这些技术已在电讯、电台和其他领域得到成功地应用, 近年来射频也被用于美容治疗。

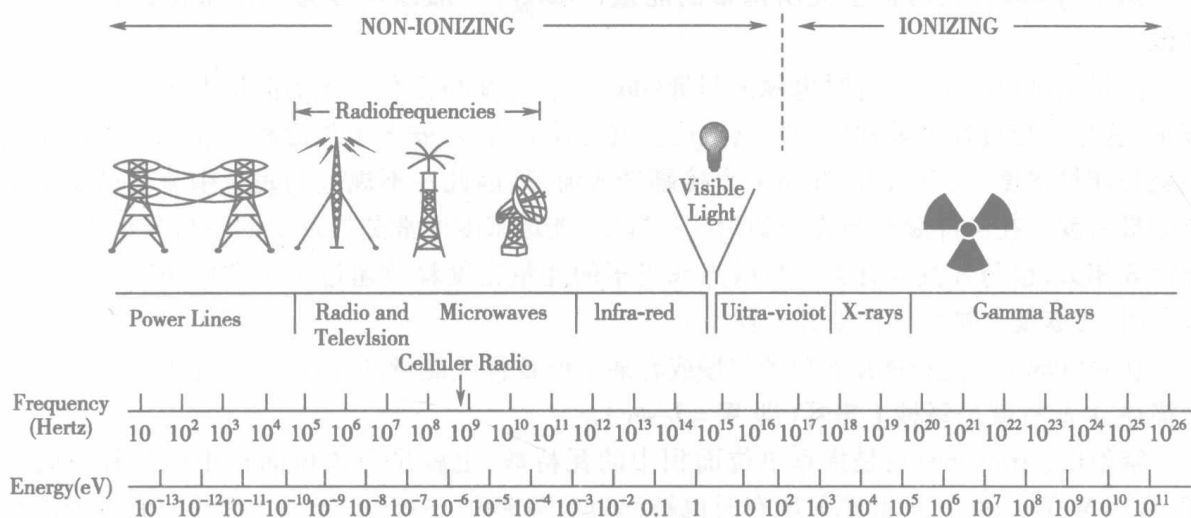


图 1-1-1 电磁辐射波

1. 电磁辐射的特性 电磁辐射波具有两种特性:波的特性和粒子特性。电磁辐射表现为电场和磁场的快速更替,因此具有波的特征(图 1-1-2)。各种不同的“光”其主要差别在于它们的振荡频率不同(图 1-1-1),当然不同的振荡频率其波长不同,所携带的能量强度也不同。正因为频率不同,它们与组织的作用方式和结果也不同,医疗中正是利用这些不同的作用结果和方式进行治疗。

电磁辐射波的粒子特性表现为它所携带的能量是以光子的形式进行传导的,也就是说

电磁辐射波的能量要么就是一个光子的能量,要么就是两个光子的能量,没有中间的能量方式。换言之,电磁辐射波的能量释放并不表现为连续而“光滑”的模式,而是呈现出粒子的特点。电磁辐射波的这一特性是激光产生的重要因素。

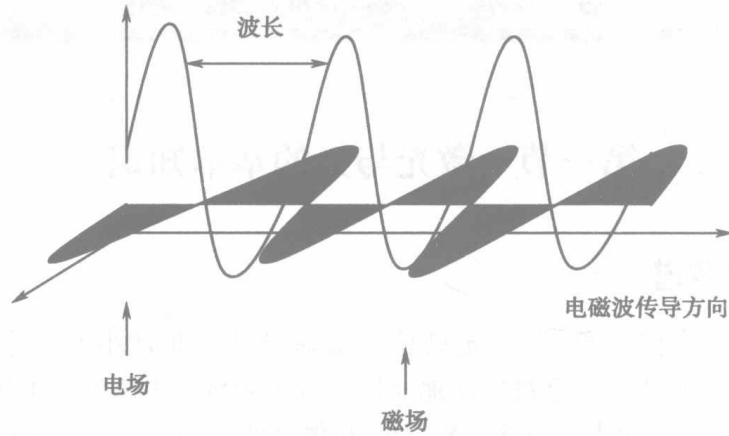


图 1-1-2 电磁辐射模拟图

2. 电磁辐射的能量 电磁辐射所有的作用,包括激光对皮肤的照射,都是从对电磁波的吸收开始。电磁波是携带能量的,一般来说波长较长的光所携带的能量要较短波长光子的能量低。为了方便或更容易理解,下面介绍一下用来表达电磁波能量特征的一些名词,无论什么电磁波形式,在这里我们都用光来替代电磁波。

焦耳(joules. J):习惯上光所携带的能量(energy)一般以焦耳为单位来衡量其能量的高低。

能量密度(fluence):有时也称为剂量(dose),是指单位面积上光的能量大小,常用  $J/cm^2$  表示,这是治疗过程中最常用的能量单位。就治疗而言,皮肤上单位面积上所承受的能量大小就是能量密度,也有人讲 Fluence 直接翻译成流量,因此在不规范的表达中流量其实就是指能量密度。在脉冲激光与光子的治疗过程中,能量密度通常是最重要的治疗参数之一,它与疗效相关,也与并发症有关。当激光或光子的能量密度释放超过了正常皮肤所能承受的极限时,皮肤就会被灼伤产生并发症。

功率(Power):是指能量释放的快慢或者某一设备释放能量的速度,常用瓦特(Watts. W)来描述,1 瓦特就是每秒 1 焦耳(即  $W = J/sec$ )。

辐射度(irradiance):是指每单位面积中的瓦特数,也就是每单位面积中能量释放的速度,常用  $W/cm^2$  表示,因此辐射度有时也被称为功率密度。在进行光动力疗法或者光子治疗过程中,辐射度是一个关键性参数,一旦辐射度过大,有可能导致治疗副作用产生。在光动力学治疗过程中,光输出的速度,也就是功率就显得更为重要,因为单位面积上所接受的总焦耳数往往与疗效的关系更密切。

激光的照射时间(脉冲激光称为脉冲宽度)非常重要。因为这决定了整个能量释放的时间。在皮肤病治疗中所使用的激光照射时间从数秒到纳秒(nanoseconds,  $10^{-9}$  秒)均有。能量密度即是辐射度乘以照射时间。其他重要的因素还有激光的光斑大小(它很大程度上影响了能量在皮肤内的强度),它对光线是否会发生汇聚、发散或弥散以及在光斑范围内激光的辐射度的均一性有一定影响。

## 二、美容皮肤科中常用的电磁波

随着科学技术的不断发展,不断丰富着美容皮肤科的治疗手段。尤其是近 10 多年来各种能量技术成功地应用于美容皮肤领域,使得这个行业发生了巨大变化,个别领域甚至是革命性的改变。以下介绍在美容皮肤领域中最为常用的能量技术。

### 1. 光子技术

(1) 强脉冲光:滤过性非相干性强脉冲光(Intense pulsed noncoherent light, IPL)也就是我们通常简单地称为脉冲强光的治疗技术,所谓脉冲强光,诞生于 10 多年前,其主要适应证为腿部血管病变,经过不断的改进,目前 IPL 除了可治疗血管性疾病外,还被临床实践证实其在光老化、皮肤表浅的色素性疾病和脱毛等治疗中具有确切的疗效。临床上很多报告认为, IPL 对皮肤具有“美白”作用,因此进行大量的商业性包装,尤其是“光子嫩肤”(Photorejuvenation)的普及,临床上 IPL 被广泛地应用,甚至滥用。

脉冲强光虽然不是激光,但其工作原理与激光一样,在美容皮肤领域治疗中,同样遵循选择性光热作用原理。它是由闪光灯产生和发射的是一种波长为 500 ~ 1200nm 的强的复合光,这种光在本质上和日光是非常类似的,部分为可见光,部分为近红外线。他同样具有两种特性:粒子性(光子的能量是以光子为单位进行释放的)和波的特性(具有一定的频率和振幅)。临床上依据不同的治疗要求,在治疗时脉冲强光可采用不同的滤光镜(即治疗头,或手具),滤掉短波长的光源,从而获得不同区间的光进行治疗。治疗设备通常配合有相匹配的计算机软件,使得光以特定的模式输出,以满足治疗要求,这一点不同于激光,因为大多数情况下,激光的输出模式是难以改变和调整。

最早的脉冲强光治疗设备是 PhotoDerm VL,它由 ESC-Sharplan(现在为 Lumenis Inc.)公司于 20 世纪 90 年代初开发,用于腿部静脉的治疗,在其十多年的开发和改进过程中,该公司分别推出了 Vasculight(第二代光子机)、Quantum(第三代光子机)和 Lumenis One(第四代光子机),最近推出的 M22 光子设备,本质上仍然是采用 Lumenis One 的 OPT 光子技术,因此应该归为同一层级的设备。新一代的光子设备增强了对光子能量的控制能力,改变了光子脉冲发射的形态,这一方面使治疗变得随心所欲、安全性增加,同时也拓展了临床适应证。所谓的 OPT 技术(Optimal Pulse Technology)就是一种控制光子的发生、发射过程的技术,保证光子能量的发射完全在控制之中。在光子技术发展的这十多年中,除了 Lumenis 公司外,很多其他公司也先后陆陆续续加入了光子治疗设备的生产中,如 Palmar、Cutera、Candela、Syneron、Swansea、Horsholm 和 Alma 等公司纷纷加入了这个行业并推出了他们自己的产品,这使得光子市场出现了空前的繁荣景象。各设备虽然各具特点,但是均有类似的光谱(500 ~ 1200nm)或其中的区间光谱,脉冲宽度也非常类似,均为毫秒级。也有的设备能发射多脉冲光。其临床适应证也基本一致。就设备本身而言,主要由电源、控制系统和治疗头组成,不同公司的产品控制系统可能相差很大。

一种被成为 I<sup>2</sup>PL 的强脉冲光是指双过滤强光,例如,灯管发出的光谱为 500 ~ 1200nm,这种设备的治疗光头将短波长的光源过滤掉,同时也将长波长的光也过滤掉,留下一个区间光源来做治疗,如获得 560 ~ 950nm 的光源或者获得 640 ~ 960nm 光源进行治疗,因此 I<sup>2</sup>PL 本身仍然是强脉冲光,治疗的适应证并没有什么改变。近来还出现了一种被称为 OPL(optimized pulsed light)的光子技术,它能提供两个区间的光谱(500 ~ 670nm, 850 ~ 1200nm)用来

改善光子对血管的治疗效果,本质上还应该归类于强脉冲光技术中。另外由于点阵技术的发展,部分厂商甚至将他们的 IPL 也制造成点阵模式进行治疗,这种装置被称为点阵 IPL。

(2) 弱光:与强脉冲光相对应,弱光就是指那些连续发射出来的功率较小的治疗性光源,这类光的功率没有强脉冲那么大,因此治疗原理也不同,其治疗机制主要是光化学反应(光动力),或者是调节皮肤免疫等功能达到治疗目的。这类治疗在皮肤科非常多。在强脉冲光没有诞生之前,几乎大多数的光疗用光源都属于这一类。目前美容皮肤领域中用来进行光动力治疗的红光(波长:633nm 左右)、蓝光(波长:415nm 左右),以及用于进行光调理治疗的 LED 光源均属于这类治疗。

2. 激光 Laser 是 light amplification by stimulated emission of radiation 首个字母的缩写,就是受激发释放并且放大的光。该词在港台地区被翻译成镭射,而大陆学者根据其发生原理翻译为激光。

(1) 激光的产生与分类:激光是一种自然界中不存在的人工光源。其产生过程参见图 1-1-3。目前有很多的物质都能用作激光介质产生不同波长的激光。激光介质的种类很多,可以是气体(如  $\text{CO}_2$ )、固体(如红宝石)或者染料等液体。不同的激光介质决定了产生激光的波长。例如当用红宝石作为激光介质时,所产生的激光波长为 694nm,是一种红色激光,而  $\text{CO}_2$  作为介质时,产生的激光波长为 10 600nm,是一种红外线激光。因此激光可以根据激光产生的介质来进行分类,如气体激光、固体激光或染料激光等,或者干脆叫红宝石激光器、 $\text{CO}_2$  激光器等。

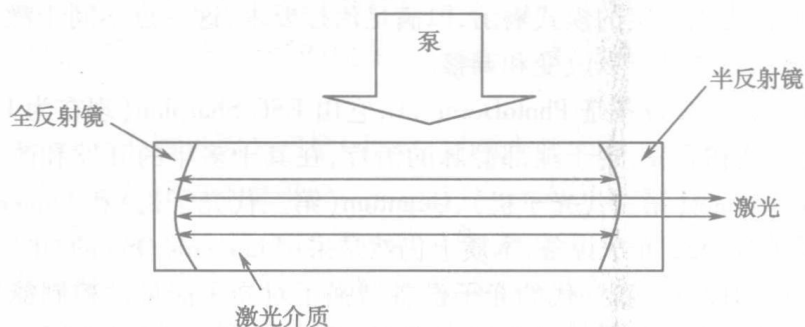


图 1-1-3 谐振腔模拟图:填充在谐振腔中的激光介质(激光棒),在外界能量(泵)激发下,激光介质能产生大量波长非常一致的光子,这些光子可再次作用于激光介质产生更多的光子。由于在谐振腔两侧放置有反射镜,使得光子在谐振腔内反复振荡并放大。其中有一个反射镜是半反射镜,它能允许部分光通过,并发射出来,产生激光

当激光产生后,根据其输出的类型可以分为连续激光(continuous laser)、半连续激光或准连续激光(quasicontinuous laser)和脉冲激光(pulsed laser)等。当激光的输出是平稳、连续、如同我们日常的“手电筒”光柱那样输出时,这类激光就是连续激光,如: $\text{CO}_2$  激光、氩离子激光、氦离子激光、氦离子染料激光等。相反如果激光的输出不是连续的,而是如同“脉冲”那样输出的,而且每个脉冲中携带了大量的能量,此时的激光就是脉冲激光。但是脉冲激光并非连续激光简单的、斩断性的输出,脉冲激光还意味着每个脉冲中蓄积了较高的能量(图 1-1-4)。即治疗剂量的激光能量能在一个固定的(有时也可以调节的)时间内(即激光的脉冲宽度)释放出来(称为一个脉冲),而每个脉冲之间的时间是可控制的。依据脉冲宽度,这类激光又可分为长脉冲激光(其脉冲宽度为毫秒级)和短脉冲激光(脉冲宽度为纳秒

级)。这类激光有:Q-开关激光(Q-开关红宝石激光、Q-开关翠绿宝石激光、Q-开关 Nd:YAG 激光)、长脉宽的倍频 Nd:YAG 激光、脉冲 CO<sub>2</sub>激光等。

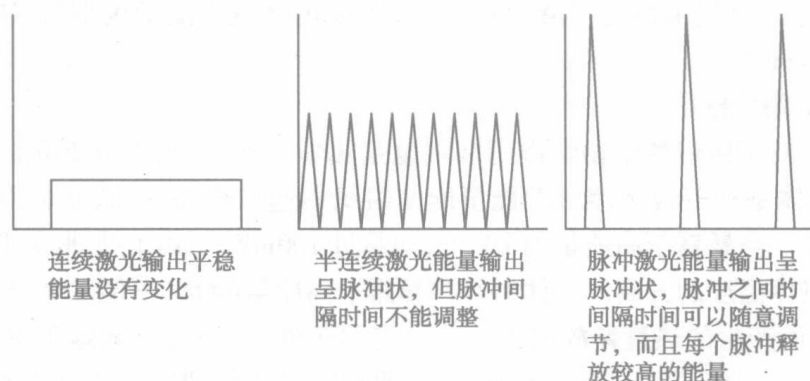


图 1-1-4 脉冲激光、半连续激光与脉冲激光示意图

在进行脉冲激光治疗时,经常使用的术语有脉冲宽度、重复频率和脉冲延迟。

**脉冲宽度(Pulse width):**是指激光脉冲发射至结束之间的持续时间,有时也被称为脉冲持续时间(Pulse duration)。对于治疗而言,脉冲宽度是指激光照射皮肤的时间,或者治疗的时间。

**重复频率(Pulse rate):**是指激光脉冲输出的速度,单位时间内输出的脉冲数,如每秒中输出 10 个脉冲就是 10Hz。

**脉冲延迟(Pulse delay):**也称为脉冲间隔,就是两个激光脉冲之间的停顿时间。对于治疗而言,就是指两个治疗脉冲之间让皮肤冷却的时间。这一概念在脉冲激光治疗中相对意义并不很大,在强脉冲光治疗过程中,脉冲延迟非常重要。

半连续激光也是以脉冲的形式来释放能量的,所不同的是每个脉冲之间的间隔时间非常短暂,也不可调节,使得能量是以紧密联结在一起的脉冲群的形式释放出来,所以其临床效果和连续激光的效果非常相似。如铜蒸气激光,由于在临床疗效上和连续激光非常相似,所以,有时也将半连续激光称为连续激光。

(2)激光的物理特性:激光具有几个独特的物理特性:

**单色性:**激光与普通光及太阳光不同,他的波长是单一的,或波长范围很窄,颜色呈单一颜色。激光的波长是由填充在激光腔内的激光介质所决定的。激光的单色性非常重要,这使得选择性光热作用成为可能,因为激光必须为特异的靶目标吸收,如黑色素或血红蛋白,才能发挥治疗作用。

**相干性:**激光的光波表现在时间和空间的高度统一性,换言之,激光的光子振动方向和幅度以及传播方向等各方面特征,在某一特定的时间点上是完全一致的。

**平行性:**由于激光光波是在时间和空间的统一,这就使激光在传播的过程中很少发生弥散,而是平行地进行传播,这一特性使激光在传播很远的距离后,光束仍然不发生弥散。

**高能量和易于聚焦:**由于激光波长较为单一,相干性好,所以激光能几乎聚焦成一点,达到非常高的能量,通常普通光线不能完全聚焦在一点,因此也不能达到激光的高能量状态。

3. 射频 无线电和微波都是电磁辐射能量,他们通称为射频(radiofrequency energy)(图 1-1-1),由于电磁辐射场是由电和磁两个场所组成,所以 RF 场能用这两个场来衡量其大小。

通常用每平方米的瓦特数( $W/m^2$ )来表达和测量电场的大小,而用每平方米的安培数( $A/m^2$ )来表达和测量磁场的大小。另外一个用来表达 RF 场大小的单位是功率密度(Power density)。这个单位是用来精确记录一个远离发射源的区域中能量大小的,如每单位面积中的毫瓦数( $mW/cm^2$ )。

### (1) RF 的生物学作用

1) 能量:RF 对于组织的生物学作用常常也是热学的作用,长期以来我们都知道暴露在高 RF 辐射对机体是有害的,因为 RF 能量能使组织迅速加热,就像微波炉中烹饪食物时所发生的事件一样。当暴露于高能量的 RF 下,如超过  $100mW/cm^2$  时,能非常明确地引起组织的加热并引起机体温度的升高。人体组织在暴露于高能量的 RF 下能发生损伤,因为机体不能有效地将 RF 所产生的热量释放出去。在一定的条件下,当组织暴露于 RF 下,而且功率密度达到或超过  $1 \sim 10mW/cm^2$  时,组织的温度便会明显升高(但不一定会损伤)。

在美容皮肤领域中,最早应用的射频是 ThermoCool TC 单极射频,主要用于治疗皮肤松弛。射频能量的产生遵循 Ohm's 定律原则(公式 1),这表明,电子运动与阻抗的作用所产生的热量与电流 I(安培)和时间 t(秒)有关。

$$\text{公式 1: 能量(焦耳)} = I^2 \cdot Z \cdot t$$

I: 电流(安培); Z: 阻抗(欧姆); t: 时间(秒)

2) 频率:除了能量大小外,频率也是决定组织是否吸收 RF 并由此引起损伤的重要因素。用来表达机体吸收 RF 的一个名词就是所谓的特定吸收率(specific absorption rate, SAR),它的单位是每公斤体重的瓦数( $W/kg$ ),或每克的毫瓦数( $mW/g$ )。实验显示机体对非辐射源处的 RF 能量的吸收以  $80 \sim 100MHz$  最好。

### (2) 射频设备

1) 单极射频(monopolar radiofrequency): ThermoCool TC 射频(Thermage 公司)是最早被美国 FDA 批准用于皮肤松弛和皱纹治疗的单极射频,也是单极射频的代表,该设备有四个主要组成部分:射频发射器,手具,冷却调节器,以及可控制的治疗头。ThermoCool TC 射频发射器提供  $6MHz$  交流电穿过一个特制的单电极发射到靶组织产生柱状分布的热量,一块可随意放置的接受极垫子放在患者的腹侧以产生一个射频信号通路。发射器由机器内部一个依赖集成电路块的计算器调节,这个计算器可处理反馈信息,包括治疗头和皮肤之间的温度、使用的压力、组织表面接触的面积大小,以及皮肤的实时阻抗。这些信息由手具里面的一台微电脑收集,通过一种快速传导的光导纤维束传至发射器。射频能量发射前后及发射过程中,冷冻剂被喷雾到治疗头内侧的膜表面,以此提供冷却保护作用,从而保护皮肤不致于过热及产生损害。治疗头通过导电膜里面的热敏仪不断监测热从皮肤的传导。使皮肤中产生一种反向的热量变化曲线,并且导致深层皮肤,甚至皮下组织的柱状加热效应和收紧。加热的深度取决于治疗头的几何形状以及冷却持续的时间。

Accent 单极射频是由 alma 公司生产的  $40.86MHz$  的射频,是一种用于皮肤紧致的单极射频,操作简单,尤其是对面部皮肤紧致治疗,具有一定疗效。

2) 双极射频(bipolar radiofrequency)及三极射频(Tripolar radiofrequency):在应用单极射频治疗的基础上,近来诞生了双极射频。包括皮肤在内的人体组织富含电解质及其他化合物,这些物质属于导体可以在电流经过时产生热量。作用的射频能量可以根据靶组织特点进行调节。此外,皮肤中的水分会因以下因素变化,包括身体部位不同、每天不同时间、环境



湿度、内在水合作用及局部使用的导电介质。因此,在不同的治疗中通过皮肤的射频电流会因为不同的因素而改变。

在双极射频中,能量沿发射器(或正极)至天线(或负极)的闭合回路运动。能量遇到组织中的阻抗时将产生热量。根据电极形状不同、电流大小和靶组织的阻抗不同,所产生的热量随之改变。双极结构中,电流仅流经两个电极间很短的距离,无需回路电极。相对单极结构,主要优点在于电流的分布易于控制。但是在双极系统中,如果电极放置于皮肤表面,那么能量的有效穿透深度局限于电极间距离的 $1/2$ ,这意味着没有足够的能量到达深层结构,无论发射的能量多高都只能达到表浅的效果。

Aluma™双极射频(Lumenis公司),与以前任何一种射频都不同,它使用了独特的真空负压技术(Vacuum Technology),因此即便使用非常低的能量同样也非常安全。这种射频结合负压的技术被称之为FACES技术,即Functional Aspiration Controlled Electrothermal Stimulation(FACES,实用吸引控制电热刺激技术),这种射频技术在于结合了真空辅助使皮肤定位及折叠以进行除皱或紧肤治疗。折叠皮肤时真皮与电极的排列形成直列关系(如图1-1-5)。

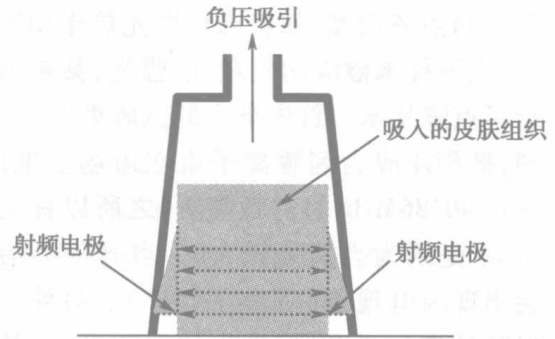


图 1-1-5 FACES 治疗头工作原理图

局部使用导电耦合胶配合特殊的工作头设计将热量有效集中于真皮,最大程度提高疗效与安全性。在设计上轻巧的治疗手柄连接到真空设备上( $4 \sim 28\text{Hg}$ ),将皮肤牵拉入预置深度的平行电极。双极电极位于一次性治疗头的内部接近治疗头外端。RF治疗头有两种型号: $3\text{mm} \times 18\text{mm}$ 和 $6\text{mm} \times 25\text{mm}$ ,前者适用于皱纹的治疗,而后者适用于皮肤的紧致治疗。皮肤适当填充治疗头后,电极间以 $2 \sim 10\text{W}$ 功率释放出 $468\text{kHz}$ 的射频电流。脉宽通常为 $1 \sim 5$ 秒,每脉冲提供 $2 \sim 50$ 焦耳能量。皮肤表面涂抹特殊的导电的耦合胶以增强角质层导电性。治疗头有电安全设计并有一个过虑装置以防止导电胶进入手柄和主机。从技术观点,Aluma™的射频工作频率为 $468\text{kHz}$ ,是一种接触性的射频,一般不容易发射出来,结合使用FACES技术提供的真空吸引不仅保证最佳靶组织选择性和最低能量要求,还保证了皮肤表面与电极的良好接触,确保能量的良好传递,并且在一个相对封闭的状态下进行,减少了射频可能出现的泄漏,这一点对于治疗眶周的皱纹非常重要。而随射频机一起提供的耦合胶则能消除人种皮肤的差异和季节对皮肤导电的影响,使治疗在一个相对标准的情况下进行,因此在安全性和有效性方面得到了良好的控制。

目前市场上出现了一种新的射频装置ePrime(Syneron, Isreal),采用与阿露玛同样的工作频率工作,所不同的是两个工作射频极被设计成为两枚纤细的针,治疗时两个治疗电极被穿刺进入到真皮内部,当接通电源后,两个电极开始工作。这种技术理论上是有效的,由于缺乏临床治疗,其在皱纹治疗和皮肤紧致治疗中的地位如何,尚需观察。

光电协同治疗技术(Elos),在国内曾被翻译成E光,其设备是将RF和IPL/激光结合起来进行多重治疗(Syneron)。这种设备加上了RF是一种标准的普通双极射频装置,两个电极平行排列,使得治疗用的光能量降低以增加安全(图1-1-6)。这台设备的IPL/激光部分所产生的结果似乎与其他的IPL/激光相似。增加RF可以提高除去黄发和白发的能力并可提