

# 激光医学

顾 瑛<sup>†</sup>

(中国人民解放军总医院激光医学科 北京 100853)

**摘 要** 激光医学是伴随激光技术的诞生而出现的一个新兴学科,在纪念激光发明 50 周年之际,文章回顾了激光医学的发展历史、临床应用和现阶段存在的问题.经过近 50 年的发展,激光医学形成了以强激光治疗、弱激光治疗、光动力治疗为主体的治疗模式,开拓出了一系列的新型光学诊断技术,文章对各项治疗和诊断技术及其发展趋势进行了简单的介绍.

**关键词** 激光医学,激光技术,治疗,诊断

## Laser medicine

GU Ying<sup>†</sup>

(Department of Laser medicine, Chinese People's Liberation Army General Hospital, Beijing 100853, China)

**Abstract** Laser medicine is a newly expanding subject that developed with the invention of the laser. In this paper, we review the history and clinical applications of laser medicine, including problems existing at the present stage. Currently, high and low power laser treatment and photodynamic therapy are the main treatment procedures, while many advanced laser diagnosis techniques have been developed. Future developments of the various laser treatment and laser diagnosis techniques are also discussed.

**Keywords** laser medicine, laser technique, treatment, diagnosis

## 1 引言

1960 年,世界上第一台红宝石激光器面世,随后不久激光就开始应用于医学研究及治疗.从激光器发明至今的短短 50 年里,激光医学经历了从无到有、从探索到逐步规范的过程,形成了包括强激光治疗、弱激光治疗、光动力治疗(photodynamic therapy, PDT)和激光诊断的临床诊疗模式,治疗范围从最初的眼底视网膜凝固治疗拓展到皮肤科、外科、耳鼻喉科、妇科、泌尿外科、骨科、理疗科和肿瘤科等几乎涵盖全部临床科室的 320 多种疾病的治疗,激光医学已成为一个独立的医学分支.激光技术已广泛应用到生物学和医学的各个领域,并取得较大发展.进入 21 世纪,激光技术日新月异,必将为医学诊疗提供更多新技术和新手段.

## 2 激光医学的发展历史

激光医学的发展大体可以划分为以下 5 个阶段:

### 2.1 研究探索阶段(20 世纪 60 年代)

1961 年,美国人 Campbell 首先将红宝石激光用于眼科视网膜脱落的凝固治疗.随后几年里,许多国家展开了激光切割皮肤、激光理疗等方面的探索性工作.

在这个阶段,我国在激光器的研制方面走在前列.1961 年,我国就成功研制出了第一台红宝石激光器,1965 年,北京同仁医院用红宝石激光成功地进行了视网膜凝固的动物实验,以此为标志,我国激光医学研究拉开了序幕.

2010-06-23 收到

<sup>†</sup> Email: guyinglaser@sina.com

## 2.2 临床试用阶段(20 世纪 70 年代)

由于激光具有切割、凝固、汽化等作用,在临床试用中,它的优越性迅速体现出来,很快被应用于外科、皮肤科、五官科、妇科、理疗科、针灸科和肿瘤科等领域,并取得了较好的效果.1971 年,Nath 利用一种可传输激光的光纤,将激光导入体腔内,解决了内窥镜下激光治疗的问题.从此,激光介入治疗发展了起来.

这一时期,我国在引进国外先进治疗技术的同时,加大了自主研发的步伐,并成功地研制出 CO<sub>2</sub> 激光、He-Ne 激光、Nd:YAG(掺钕钇铝石榴石)激光及其倍频激光和染料激光等十余种医用激光器.激光的临床应用也开拓到了眼科以外的领域.随着激光光纤的引入,体腔内病变(如宫颈炎)的激光治疗也逐步开展起来.1977 年,在武汉召开了首届全国激光医学学术交流会,会上宣读了来自全国 23 个省市的 80 多篇报告.随后,全国范围内出现了一场激光医疗热.

## 2.3 学科形成阶段(20 世纪 80 年代)

经过前两个阶段的探索,20 世纪 80 年代,激光医学初步形成了以强激光治疗、弱激光治疗和光动力治疗为主的临床应用模式,这一临床应用模式一直沿用至今.很多国家设立了激光医学方面的学术机构并发行了相应的学术刊物,各种学术会议也已国际化、专业化和定期化.1981 年,联合国世界卫生组织正式宣布激光医学为医学的一个新分支.

在此阶段,我国的激光医学水平在大部分专业领域落后于国际水平,但在肿瘤光动力治疗方面我国则走在世界的前列,成立了第一个全国性的学术组织:中国光学会应用光学专业委员会(激光医学专业委员会的前身),激光医学有了自己的专业队伍和理论体系.在学术上,有数千篇激光医学的论文在 40 余种期刊上发表,激光医学方面的译著、专著、教材、丛书以及临床应用介绍等多种书籍也纷纷出版<sup>[1,2]</sup>;在教学方面,1982 年解放军总医院最早开始了激光医学专业研究生的培养,部分医科院校开设了激光医学课程.

## 2.4 发展拓展阶段(20 世纪 90 年代)

在此阶段,我国的激光医学基本和国际保持同步,在某些疾病的治疗(如光动力疗法治疗鲜红斑痣)方面一直保持国际领先水平.以 1992 年中国激光医学杂志创刊、中华医学会成立激光医学分会为标志,激光医学在我国进入了高速发展阶段.越来越多的医科院校开始系统培养激光医学专业硕士生和

博士生,一些大学和省市大型医院设立了激光医学科或激光医学中心.同时,我国还出现了百余家生产激光设备的企业.

## 2.5 体系规范阶段(2000—)

进入 21 世纪后,我国的激光医学进入了体系规范阶段.我国激光医学领域的专家经过多年的共同努力,于 2010 年编写出了激光医学的临床诊疗指南和临床技术规范,迈出了激光医学行业规范化的第一步.今后,还将建立医用激光器的国家标准,加强医院、研究机构和激光企业的上下游合作,逐步规范我国的激光医疗设备生产行业.

# 3 临床应用

## 3.1 强激光治疗

### 3.1.1 强激光治疗作用机制与特点

强激光治疗是利用激光的光热效应对组织进行凝固、汽化或切割,从而达到消除病变的目的.强激光治疗具有出血少、操作定位精确、非接触、无菌、对周围组织损伤小的优点,是激光医学中发展最快、最为成熟的分支.

激光与人体组织相互作用特点及组织效应是确定激光器应用范围的重要依据,而激光对组织产生何种光热效应(凝固、汽化或切割)主要取决于激光的波长和组织的特性.人体组织 75% 以上是水,水对不同波长激光的吸收率不同,因此,水对不同波长激光的吸收特性是决定不同波长激光热效应的关键因素.水在 2.0 $\mu\text{m}$  附近有一个尖锐的吸收峰,在 3.0 $\mu\text{m}$  处有一个最强的吸收峰,这两个波段的激光与生物组织作用时,作用精确,并且对邻近组织的热损伤较小.比如水对波长为 1064nm 的 Nd:YAG 激光吸收较少,其凝固作用好,穿透深,而汽化、切割作用差;水对波长为 10.6 $\mu\text{m}$  的 CO<sub>2</sub> 激光有良好的吸收,其具有良好的汽化、切割作用,而凝固作用差,穿透浅.血红蛋白是人体组织中的另一种主要吸光基团,血红蛋白对 Ar<sup>+</sup> 激光(488nm、514nm)的吸收率高,所以 Ar<sup>+</sup> 激光凝固作用好,切割作用差.

### 3.1.2 临床应用范围

强激光的治疗方式主要有体表治疗、内腔治疗、介入治疗和开放手术下治疗.它广泛应用于皮肤、眼科、泌尿外科、妇产科、普外科、消化、耳鼻咽喉、骨科、神经外科等各临床科,可对体表、腔道的赘生物和肿瘤进行汽化、切割,对血管瘤等血管性病变进行凝固治疗,或在汽化、切割手术的同时进行凝固止

血.此外,还可以采用较小剂量的激光照射断裂的血管、淋巴管或在神经的断端进行焊接.

### 3.1.3 用于强激光治疗的激光器

临床上最早用于强激光治疗的激光器有  $\text{CO}_2$  激光、Nd:YAG 激光和  $\text{Ar}^+$  激光.近年来,激光器逐步向高功率、小型化、轻便化发展.高功率激光器的发展和应用于强激光治疗提供了越来越好的光源,目前,新型高功率激光器主要有:

#### (1) 高能超脉冲 $\text{CO}_2$ 激光

上世纪 90 年代中期,美国的高能超脉冲  $\text{CO}_2$  激光进入我国,目前,我国已能自主研制高能超脉冲  $\text{CO}_2$  激光.此类激光器具有触摸式荧屏控制台,有多种输出模式(连续、单脉冲、重复脉冲、超脉冲输出),作用精确,对周围正常组织的热损伤小,疼痛轻,皮肤愈合好,已被广泛用于治疗皮肤科、妇科、普外科多种疾病,如色素痣、寻常疣、老年斑、疣状赘生物、尖锐湿疣、腋臭、外痔等.

#### (2) Ho: YAG 激光

Ho: YAG 激光波长为  $2.06\text{--}2.09\mu\text{m}$ ,接近水在  $2.0\mu\text{m}$  附近的吸收峰,它同时具有理想的切割、汽化和凝固组织止血效果;还可通过光纤传导,在内窥镜下的手术中有独特优势,现已成功应用于各内窥镜手术,如:喉镜下治疗声带息肉;经纤维支气管镜下治疗肺癌;食道、胃、肠镜下治疗息肉、恶性肿瘤;腹腔镜下治疗卵巢囊肿、子宫内膜异位症;膀胱镜、输尿管镜下治疗前列腺肥大、碎石、膀胱癌<sup>[3]</sup>;应用椎间盘减压术治疗腰椎间盘突出症等手术<sup>[4]</sup>.

#### (3) Er: YAG 激光

Er: YAG 激光波长为  $2.94\mu\text{m}$ ,接近水在  $3.0\mu\text{m}$  的最强吸收峰,它的切割、汽化和凝固组织止血效果比 Ho: YAG 激光更佳,对周围组织的热损伤更小( $<5\mu\text{m}$ ).1996 年,通过导光关节臂传输的 Er: YAG 激光进入市场,主要用于激光除皱、皮肤瘢痕磨削<sup>[5]</sup>.但由于目前尚无传输高功率 Er: YAG 激光的光纤,妨碍了它在腔道病变治疗中的应用.

#### (4) 高功率半导体激光器

半导体激光具有体积小、重量轻、寿命长的优点,它使用 220V 的民用电,不需水冷却,发展前景看好.早期,我国的大功率半导体激光器均依赖进口,目前,我国已能自行生产的半导体激光器主要有波长为  $980\text{nm}$  和波长为  $810\text{nm}$  的激光器.  $980\text{nm}$  半导体激光生物效应接近 Nd: YAG 激光<sup>[6]</sup>.  $810\text{nm}$  半导体激光生物效应介于 Nd: YAG 激光及 Ho: YAG 激光之间,汽化切割作用差于 Ho: YAG 激

光,而优于 Nd: YAG 激光;凝固止血作用差于 Nd: YAG 激光,而优于 Ho: YAG 激光.

### 3.1.4 新理论的提出及应用

1983 年,Anderson 和 Parrish<sup>[7]</sup> 提出了选择性光热作用理论,该理论认为,根据不同组织的生物学特性,只要选择合适的激光波长(如黑色素、血红蛋白特异吸收的波段)和激光参数(脉冲持续时间、能量),就可以达到有效去除病变并对周围组织损伤最小的效果.这一理论的提出,为皮肤血管性病变和色素性病变的无创激光治疗打开了一扇新的大门.

20 世纪 80 年代中期,调 Q 激光开始用于色素性病变(太田痣、色斑、文身等)的选择性治疗,并取得了很好的效果.调 Q 激光主要有  $694\text{nm}$  调 Q 红宝石激光器、 $755\text{nm}$  Q 开关翠绿宝石激光器、Q 开关 Nd: YAG 激光器、倍频 Q 开关 Nd: YAG 激光器.20 世纪 80 年代末期,人们开始尝试将脉冲染料激光( $577\text{--}585\text{nm}$ ,  $585\text{--}600\text{nm}$ )用于皮肤血管性病变(如鲜红斑痣)的治疗,对病变较轻的患者取得了较好的效果,而对病变较重或有增厚的患者效果不理想<sup>[8]</sup>.

## 3.2 弱激光治疗

### 3.2.1 弱激光治疗作用机制与特点

弱激光又称为低强度、低水平激光.弱激光作用于生物组织时,不造成生物组织不可逆的损伤,但可以刺激机体产生一系列的生理生化反应,对组织或机体起到调节、增强或抑制的作用,从而达到治病的目的.

弱激光治疗是利用激光的生物刺激作用来达到治疗的目的.为了解释低功率激光的生物效应,人们曾提出多种设想和假说,如生物电场假设、偏振刺激假设、细胞膜受体假设、色素调节设想等,但到目前为止,还没有形成为学术界普遍接受的理论<sup>[9]</sup>.

弱激光治疗虽然存在机制不清的问题,但由于设备造价低廉、操作简便、安全、无痛、无菌、易定位等优点,现已成为目前临床上最普及的激光治疗方法,治疗范围遍及内、外、妇、儿、眼、耳、鼻、咽喉、口腔、皮肤、神经等科室.

### 3.2.2 临床应用范围

根据治疗理论和治疗方法,弱激光治疗可以分为两大类:一类是激光理疗,即用弱激光对病灶区进行局部照射或神经反射区照射.治疗方式有体表照射和腔内照射,主要用于慢性炎症(如口腔溃疡、甲沟炎、牙周炎等)、神经性疼痛(如皮肤带状疱疹等)以及其他疾病(如放射性溃疡、糖尿病足及皮肤溃

疡、湿疹、荨麻疹、疖、疔等)的治疗。一类是以中医学中的经络理论为指导,辨证论治,进行穴位照射治疗,又称为激光针灸治疗<sup>[10]</sup>。治疗范围包括炎症、损伤、免疫性疾病、甲状腺功能亢进、高血脂、高血压以及神经系统的病变。

### 3.2.3 用于弱激光治疗的激光器

波长 632.8nm 的 He-Ne 激光是最早用于弱激光治疗的激光器。随着半导体激光技术的成熟,波长 630—690nm 半导体激光器和波长 780—980nm 半导体激光器也已用于临床。

### 3.2.4 基础研究及未来研究方向

经过多年的研究<sup>[11-13]</sup>,发现弱激光具有扩张血管、改善微循环、解除平滑肌和横纹肌痉挛、镇痛、止痒、刺激机体的代谢增殖等作用。但因弱激光的具体作用机制仍不清晰,未来的研究方向主要是探讨弱激光的作用原理以及在细胞和组织水平上的弱激光作用的量效关系(即激光治疗剂量和生物组织效应的关系)。

## 3.3 激光光动力治疗

### 3.3.1 光动力治疗作用机制与特点

光动力治疗是利用激光的光化学效应,即在有氧条件下光敏剂经激光激发后,经过一系列光化学反应,产生大量活性氧物质,从而损伤靶组织达到治疗的目的。光动力治疗是一种局部治疗方法,组织选择性好,作用精确,对微血管组织的损伤作用强,全身毒副作用反应少,可以多次重复进行。在临床上,主要采用体表治疗、内腔治疗、介入治疗等治疗方式。

光动力治疗是在激光出现之前就存在的一种治疗方法。早在1900年,慕尼黑的医科大学生 Raab 就发现了光敏反应,他发现阳光照射会杀死吡啶橙溶液中的草履虫。1904年, Tappeiner 首先提出“光动力学作用(photoactivation)”这一专业术语。1948年,开始出现血卟啉结合紫光治疗肿瘤的报道。激光的出现为光动力治疗提供了更好的治疗光源:高强度的激光能大大增加光动力治疗的作用深度;同时,激光的单色性又使得照射能量集中在光敏剂的吸收峰上,光敏剂激发效率高,作用强。现在,光动力治疗已成为激光医学中最活跃的领域。

### 3.3.2 临床应用范围

#### (1) 肿瘤光动力治疗

在1990年之前,光动力主要用于恶性肿瘤的治疗。我国于20世纪80年代初开始进行光动力治疗肿瘤的临床和实验研究。目前治疗范围已经涉及各个系统各处器官的肿瘤,它不仅可以从根治早期、原位

肿瘤,也可控制中、晚期肿瘤的发展,提高患者的生存质量,还可以对癌前病变进行预防性治疗。

#### ① 体表恶性肿瘤

光动力疗法在皮肤基底细胞癌、鳞状细胞癌的治疗中已成为重要备选方法,治愈率可达90%以上,痊愈后外表可获得较好修复,能保持正常容貌。光动力疗法还用于皮肤原位癌(Bowen's病)、皮肤湿疹样癌(Paget's病)、恶性黑色素瘤、红斑增生、粘膜白斑、硬皮病等的治疗。对于早期阴茎癌或早期宫颈癌,光动力治疗是既能清除癌灶又能保全生殖器官结构功能完整的最佳选择。对于乳腺癌切除术后皮下转移结节、肛周肿瘤扩大切除术后癌残留、艾滋病相关 Kaposi 瘤,光动力治疗也是很好的选择。

#### ② 腔道恶性肿瘤

经过20余年的临床实践,内窥镜下光动力治疗对鼻咽部肿瘤、喉癌、舌癌、食管癌、胃癌、十二指肠肿瘤、结肠癌、直肠癌、支气管肺癌、宫颈癌、膀胱癌等均取得了较好的疗效。它具有安全、有效、痛苦小、费用低等特点,是不适宜手术或拒绝手术的患者,尤其是老年体弱患者的首选治疗方法。对于癌前病变(如 Barrett 食管)及时进行内镜下光动力治疗,还可显著降低癌变的几率。

#### ③ 介入光动力治疗

对于瘤体较大的体表肿瘤、内脏肿瘤,可在影像引导下(CT、B超等)经皮穿刺进行光动力治疗。原发性肝癌是消化系统高发肿瘤,病程发展快,预后差。临床上约75%的患者在确诊时已属中晚期,无法行切除术,因此大量的肝癌患者需接受介入治疗。但现有的介入疗法效果均不太理想。近年新推出的超声引导经皮介入光动力治疗,可实现肝肿瘤的大体积灭活,安全有效,而且创伤小,痛苦小,反应轻,恢复快,易为患者所接受。

胰腺癌恶性度高,对患者生命威胁很大,通常情况下从临床发现到死亡仅有数月时间,手术切除预后不佳。近来,在CT影像引导下的经皮介入光动力治疗也开始用于胰腺癌的非手术治疗,并取得令人鼓舞的初步成功。

此外,在外科手术中,对手术部位(特别是腹腔、胸腔),手术后可行光动力照射杀灭残留肿瘤组织,增加手术的彻底性。

#### (2) 血管靶向光动力治疗

① 鲜红斑痣(port wine stain, PWS)。PWS(俗称“红胎记”)是一种常见的先天性真皮浅层毛细血

管网扩张畸形,发病率为 3%—5%。1992 年,解放军总医院顾瑛教授率先采用新型光动力疗法治疗鲜红斑痣,开创了光动力疗法治疗良性血管病变的先河<sup>[14-16]</sup>。此项技术利用光敏剂和光的双重选择作用,选择性地封闭病变血管,而不损伤周围正常组织。目前解放军总医院已治疗鲜红斑痣患者 3000 余例,有效率达 98%。

②年龄相关性黄斑变性(age related macular degeneration, AMD)。AMD 是多发生于 45 岁以上患者的黄斑区视网膜组织退行性病变。目前临床上采用光敏剂 Visudyne,结合 690nm 激光行光动力治疗,但由于光敏剂和激光设备均需进口,治疗费用较高,限制了其在临床的推广<sup>[17]</sup>。国内已开始研究适于 AMD 治疗的国产光敏剂和激光器,动物实验取得了较好的结果。

此外,光动力治疗还可用于消化道血管扩张、粘膜出血以及放射性胃(肠)炎等病变的治疗。

### 3.3.3 常用激光器

肿瘤光动力治疗常用的激光器有金蒸汽激光器(波长 630nm)、大功率 He-Ne 激光器、630nm 半导体激光器。血管靶向光动力治疗常用的激光器有 532nm 倍频 YAG 激光器、铜蒸汽激光器(波长为 510.6nm、578.2nm)、氩离子激光器(波长为 488.0nm, 514.5nm)。在国家高技术研究发展计划资助下,我国自行研制的 532nm 全固态激光器已于 2010 年研制成功,它的各项性能指标均达到了世界先进水平。

### 3.3.4 光敏剂

光动力治疗最早使用的光敏剂是血卟啉衍生物(HpD)。目前,光敏剂已由以 HpD 为代表的混合卟啉类光敏剂发展到成分单一、结构明确、光敏活性高的第二代光敏剂。国外第二代光敏剂主要有苯卟啉衍生物单环酸 A、5-氨基酮戊酸、间-四羟基二氢卟吩、二氢卟吩 e<sub>6</sub>、红紫素类光敏剂。目前国内正在开发的具有独立知识产权的第二代光敏剂主要有血卟啉单甲醚、竹红菌素类、二苯基卟吩、酞菁类和叶绿素类光敏剂。其中,我国学者许德余等研制的新型卟啉类光敏剂——海姆泊芬(原名血卟啉单甲醚)<sup>[18]</sup>已完成临床试验,福州大学研制的酞菁类光敏剂——福大赛因<sup>[19]</sup>已完成 I 期临床试验。我国学者从蚕砂中提取的叶绿素类光敏剂也有很好的应用前景。

### 3.3.5 光动力疗法的基础研究及发展方向

在基础研究方面,主要是探索光动力治疗的实时、无创监测方法,进一步对光动力治疗中各项参数(光、光敏剂、氧)与疗效之间的量效关系和作用机制

进行深入系统的研究。通过多学科交叉,联合攻关,研制新型国产光敏剂和新型半导体激光器。在临床应用方面,主要是在规范现有成熟临床治疗方法的同时,不断拓展新的适应证(如银屑病、细菌和病毒性疾病)。

## 3.4 激光诊断技术

激光的出现,克服了普通光源无法解决的难题,为医学诊断增加了新方法。激光诊断技术具有无创、在体、快速、实时的优点,在临床和实验室研究中都有广泛的应用,现在已用于临床或正在研究的激光诊断技术主要有以下几种:

### 3.4.1 临床诊断技术

#### (1)激光多普勒技术

激光多普勒技术是激光技术在医学诊断领域中应用最早、最成熟的方法。它利用多普勒效应,可以测定组织局部的血流。在神经外科领域,激光多普勒血流仪作为一种实时、无创、持续测量脑组织微循环血流量的仪器,已广泛用于对大脑皮层的局部缺血、局限性癫痫、退行性病变以及重症脑炎、脑膜炎的研究。激光多普勒血流仪与激光扫描检眼镜结合产生的共聚焦激光扫描多普勒血流仪,可对视网膜、视神经乳头的血运情况进行检测,对青光眼、糖尿病眼病、缺血性眼病等极具诊断价值。

#### (2)激光荧光光谱技术

荧光光谱技术是激光诊断领域里应用最广泛的方法。根据荧光物质的来源,荧光光谱分为自体荧光光谱和外源性荧光光谱。自体荧光光谱主要用于肿瘤的在体无创检测<sup>[20]</sup>、晶状体新陈代谢测量、龋齿的早期诊断等;外源性荧光光谱还可用于光动力治疗中光敏剂含量的无创、实时监测。目前,这一技术在临床上与内窥镜相结合产生了激光成像荧光内窥镜系统,利用正常组织与病变组织所发射的自体荧光的差别,协助判断可疑病灶,提高活检的准确率,进而发现早期癌变组织。与普通光谱分析方法比较,激光光谱大大提高了分辨率、灵敏度和精确度。

#### (3)光学相干断层成像术

光学相干成像术(optical coherent tomography, OCT)是一种基于宽带光的低相干特性,对生物活体组织的内部微观结构进行高分辨率断层成像的技术,被形象地称为“光学切片”技术。它依靠光源的时间相干性,利用干涉仪对生物组织进行空间上的二维或三维扫描成像。与超声(分辨率 2000 $\mu\text{m}$ )、CT(分辨率 1000 $\mu\text{m}$ )、MRI(分辨率 100 $\mu\text{m}$ )等其他传统成像技术相比, OCT 在分

分辨率(1—10 $\mu\text{m}$ )方面具有显著优势. 1991年, OCT首次应用于眼底视网膜的结构成像<sup>[21]</sup>. 20年来, 随着光纤技术的发展, 相关研究已从早期在眼科方面的应用拓展到消化道、呼吸道、口腔及血管腔等部位疾病的诊断及评估.

### 3.4.2 基础研究领域

#### (1) 激光共焦扫描显微镜

激光共焦扫描显微镜是在荧光显微镜成像的基础上加装了激光扫描装置, 利用计算机进行图像处理, 使用紫外或可见激光激发荧光探针, 从而得到细胞或组织内部微细结构的荧光图像. 共焦激光扫描显微镜的分辨率比普通显微镜高, 通过连续改变激光焦点, 可以扫描得到不同深度的一系列层面, 获得整个细胞的三维立体图像. 它广泛用于分析细胞结构形态、细胞内特定分子或离子的含量及分布、细胞与细胞之间的相互作用等, 是分子细胞生物学、神经科学、药理学、遗传学等领域中新一代强有力的研究工具.

#### (2) 激光流式细胞分析技术

激光流式细胞分析技术是利用激光束照射悬浮在液体中的单个细胞, 通过测量细胞特异性荧光信号及散射信号, 分析众多细胞的统计参数, 是目前分析细胞学不可缺少的工具, 具有确定细胞抗原抗体相对含量、筛选肿瘤细胞、检测细胞活性、分析免疫细胞等功能.

#### (3) 激光拉曼光谱分析术

激光拉曼光谱分析术是通过检测样品散射光子的能量与入射光子的能量的差别(即拉曼位移), 来检测分子的振动和转动能量, 从而间接分析样品的成分. 在医学上, 它可用于分析呼气成分、早期检测白内障. 但由于荧光干扰的存在, 限制了此技术在临床上的应用.

#### (4) 激光全息术

激光全息术是利用光的干涉在底片上记录被摄物体反射光的强度、频率与相位信息, 再利用光的衍射重现被摄物体的三维空间图像的技术. 全息测量术可以记录眼内各层结构的完整信息, 并监测玻璃体、晶状体、视网膜等部位病变的动态变化.

此外, 还有一些激光技术, 如激光光镊技术、激光散斑分析术、激光干涉术、激光透照术和激光偏振技术等, 都在医学和生物学的基础研究中有应用. 光学信息处理方法越来越多地受到生物学和医学工作者的关注.

## 4 存在的问题

激光技术的出现为传统医学带来了新的活力. 经过近 50 年的实验研究与临床应用, 激光与组织相互作用的规律逐步解开, 许多好的治疗和诊断手段不断涌现. 但医用激光与飞速发展的激光技术相比仍相对落后, 分析原因如下:

首先是自身建设不足. 激光医学总体水平不高, 教育滞后, 人才缺乏. 相对于人类上千年的医学史而言, 激光医学还是一门十分年轻的学科, 仅在少数医学院院校设有激光医学选修课程, 研究生教育相对较弱. 在临床上, 激光医学普及不够, 规范程度低, 从业人员水平有待提高. 临床医生仍是凭经验和直觉进行治疗, 这就使经验的推广和学习欠缺理论指导, 一些激光新技术不能及时推广为患者服务.

其次, 激光医学设备的产业化发展较为落后. 因为国产的激光医疗器械制造工艺欠佳, 性能不够稳定, 导致国外的激光医疗设备占据了国内市场的大部分份额. 激光医疗设备生产行业零散, 不成体系, 没有发展规划, 缺乏有组织的上下游合作, 激光医疗设备生产规模小, 产品质量难以保证, 尚无完备的国家标准指导激光医疗设备的生产.

今后, 还需要进一步制定行业标准, 设置专业体系, 使激光医学也像医学的其他分支学科一样, 形成完善的体系和规范的制度, 使激光医学健康、快速地发展, 为人类的健康做出更大的贡献.

## 参考文献

- [1] 国外激光医学编译组. 国外激光医学. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1980
- [2] 徐国祥, 史宏敏. 激光医学. 北京: 人民卫生出版社, 1989
- [3] 姜涛, 宋希双, 吴东军等. 中国激光医学杂志, 1999, 8(3): 154 [Jiang T, Song X S, Wu D J *et al.* Chinese Journal of Laser Medicine & Surgery, 1999, 8(3): 154 (in Chinese)]
- [4] 朱杰诚, 镇万新, 王多等. 中华骨科杂志, 2003, 6: 349 [Zhu J C, Zhen W X, Wang D *et al.* Chinese Journal of Orthopaedics, 2003, 6: 349 (in Chinese)]
- [5] 孙林潮, 高天文, 肖燕等. 中国美容医学, 2002, 11: 316 [Sun L C, Gao T W, Xiao Y *et al.* Chinese Journal of Aesthetic Medicine, 2002, 11: 316 (in Chinese)]
- [6] 龚卓, 王勉镜. 中国激光医学杂志, 2006, 15(3): 141 [Gong Z, Wang M J. Chinese Journal of Laser Medicine & Surgery, 2006, 15(3): 141 (in Chinese)]
- [7] Anderson R R, Parrish J A. Science, 1983, 220: 524
- [8] Nelson J S, Applebaum J. Clin Pediatr (Phila), 1990, 29(9): 503
- [9] 黄卓正, 李峻亨. 现代激光医学. 南宁: 广西科学技术出版社,

1996

- [10] 陈庭仁,徐国祥,吴仕明. 激光理疗针灸学. 广州:广东科技出版社,1995
- [11] 宓现强,岑剌,周正谊等. 中国激光, 2004, 31:888[Mi X Q, Cen Y,Zhou Z Y *et al.* Chinese Journal of Lasers,2004,31:888 (in Chinese)]
- [12] Karu T. The science of low-power laser therapy . Amsterdam: Gordon and Breach Science Publishers,1998
- [13] 崔芳,陈庭红,任雨笙. 中华理疗杂志, 1995, 18: 77[Cui F, Chen T H, Ren Y S. Chinese Journal of physical Therapy, 1995.18:77 (in Chinese)]
- [14] 顾瑛 等. 北京医学. 1991,13:317[Gu Y *et al.* Beijing Medical Journal,1991,13:317 (in Chinese)]
- [15] 顾瑛,李俊亨 等. 中国激光医学杂志, 1992,1(1):31[Gu Y, Li J H *et al.* Chinese Journal of Laser Medicine & Surgery, 1992,1(1):31 (in Chinese)]
- [16] 顾瑛,李俊亨 等. 中国激光医学杂志, 1992;1(3):141[Gu Y *et al.* Chinese Journal of Laser Medicine & Surgery,1992, 1(3):141 (in Chinese)]
- [17] 赵世红,何守志. 中国激光医学杂志,2002,11(1):51[Zhao S H,He S Z. Chinese Journal of Laser Medicine & Surgery, 2002,11(1):51 (in Chinese)]
- [18] 富秋涛,顾瑛,刘凡光 等. 激光生物学报, 2000,9:137 [Fu Q T,Gu Y,Liu F G *et al.* Acta Laser Biology Sinica,2009,9:137 (in Chinese)]
- [19] 薛金萍,刘宏,范长安 等. 化学学报. 2007,65,1605 [Xue J P, Liu H,Fan C A *et al.* Acta Chemical Sinica,2007,65:1605 (in Chinese)]
- [20] 曾超英,杨栋,曹庆清. 中国激光医学杂志,1994,3(4):203 [Zeng C Y,Yang D,Cao Q Q. Chinese Journal of Laser Medicine & Surgery,1994,3(4):203 (in Chinese)]
- [21] Huang D, Swanson E A, Lin C P *et al.* Science, 1991, 254: 1178