

医用激光技术的发展

尹江河

(华光仪器厂, 四川华莹市)

摘要: 本文综合介绍了国外医用激光技术的发展及前景, 同时也简要地描述了国内医用激光技术的发展情况。

Developments of medical laser technology

Yin Jianghe

(Huaguang Instrument Factory)

Abstract: In this paper, the developments and prospect of medical laser technology at abroad has been introduced. Status at home also is described briefly.

激光技术已深入到医学的各个领域, 正以不同的广度和深度与医学各科紧密结合, 对医学的进步和发展产生了巨大的影响, 医用激光仪器的普遍使用已改变了习惯的医疗方式。表1中列出了激光的医学应用范围。美国J·Dixon在阐述激光技术与医学各科结合的程度时, 提出使用十分制, 以定量表示激光技术在各科应用的广度与深度: 眼科10, 胃肠科6, 妇科6, 耳鼻喉科6, 整形和皮肤科6, 神经科4, 泌尿科3, 肺科2, 血管外科1, PDT1^[1,2]。

随着电子技术小型化和微型化的发展, 奇迹般地改变了我们周围的世界, 同时促进激光医学研究从定性到定量发展的飞跃。诸如显微细胞解剖手术中的精确定位; 体液成分的分析; DNA和RNA含量的测定; 血管中血流流场的分布; 脑、牙和骨组织微小形变的测量; 肿瘤细胞的鉴别和诊断; 精细外科手术和自动治疗等等, 激光技术在这些方面起着主要作用^[2]。

眼科治疗是开展激光应用研究最早的领域^[2-4]。激光治疗视网膜裂孔, 眼底血管病变和虹膜打孔等, 在70年代就已肯定是有有效而简便的治疗方法。虹膜切除、开角型青光眼, 小梁切割、闭角型青光眼滤帘切除, 术后白内障清除等等, 疗效都很显著, 传统治疗方法是无法与之相比的。国外的眼科治疗机得到了稳步的发展, 氩离子眼科治疗机在70年代已成为眼

表1 激光的医学应用范围

| 应用范围 | 应 用 项 目 |
|--------------------------------|--|
| 治疗应用 (热凝固, 冲击, 切开, 蒸发, 焊接, 刺激) | <ol style="list-style-type: none"> 1. 激光手术刀: 视网膜凝结器 (眼科); 脉冲激光手术刀 (皮肤科); 微型外科激光手术刀 (耳鼻喉科); 连续波激光手术刀 (无血手术); 内窥镜激光手术刀; 光纤激光手术刀。 2. 泌尿系统激光碎石器。 3. 激光熔接器、虫牙治疗器 (牙科), 骨熔接 (整形科)。 4. 激光针灸: 针灸穴位刺激器 (东方医学), 促进创伤治疗, 肿伤变性。 5. 杀菌用激光照射器。 6. 感觉辅助用激光装置: 盲人激光手杖, 全息眼镜。 |
| 诊断应用 (人体检查) | <ol style="list-style-type: none"> 1. 照明用: 激光照射照明。 2. 光谱分析: 激光发光光谱分析; 血液氧饱和度测定; 呼气中酒精检查; 血液成分测定。 3. 激光干涉计: 耳膜振动检查; 激光听诊器, 变形检查器, 视网膜分辨率测定。 4. 激光多谱勒测速仪: 网膜血管流量计, 血流速度计。 5. 刺激阈值测定器: 痛觉计, 温度计, 色度计。 6. 激光全息术, 眼底照相机。 7. 声全息术 |
| 其它 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 激光显微镜; 2. 微型辐照器; 3. 微型模拟器; 4. 人工光合成; 5. 细胞荧光计; 6. 细胞分类器。 |

底疾病治疗的先进工具, 所有产品都用微机控制, 并附简单的数据处理, 能从裂隙灯中看到激光能量和时间的数值。治疗功率、光斑、照射时间都能连续可调, 仪器工作的可靠性也高、脉冲YAG眼科治疗机1980年以来也得到很快发展, 对角膜等眼中间介质病的治疗方便而有效, 如小梁成形术, 青光眼滤帘切除, 术后白内障清除等用氩激光无法治疗, 但用YAG治疗却有不少优点。

激光技术给外科医生提供了可控“热”源^[2~9], 创造了无血外科手术, 对病变组织和肿瘤的控热治疗是非常有利的。现在, 外科、皮肤科、妇科和耳鼻喉科中通用的激光治疗机以CO₂激光器和Nd:YAG激光器为主。CO₂激光器可层次精细的工作, YAG可深入病变组织内部, 对分布广不宜开刀的血管瘤和痔疮等有很好的疗效, 估计到本世纪末, 激光外科的主要器件仍以CO₂和Nd:YAG激光器为主。国外商品器件的优点是导光关节臂有平衡装置, 使用轻巧, 功率、时间和操作次数有显示, 使用方便, 而且都有指示目标的装置。国外已出现了用计算机操纵激光器进行手术的治疗室, 将病人与机器放于不同的房间内, 根据病变手术要求将程序输入计算机, 手术时, 计算机控制激光瞄准目标, 改变激光方向和功率。表2列出了医学上常用的激光器主要性能, 表3列出了国外一些较有名的产品型号^[1~4]。

表2 医学上常用的激光器的主要性能

| 特性 器件名称 | 工作波长 (μm) | 输出功率 (W) | 发散角 (mrad) | 组织吸 收系数 | 组织穿 透深度 (mm) | 主要用途 |
|-----------------|---------------------------|---------------------------|---------------|------------|--------------------|------------------------|
| He-Ne | 0.6328 1.15 3.39 | $(1\sim30)\times 10^{-3}$ | 1~0.1 | | | 照射、光针灸、全息诊 断、基础医学研究 |
| Ar ⁺ | 0.4880 0.5145 | 1~10 | 10~0.1 | 55 | 0.48 | 凝结、切割、汽化 |
| CO ₂ | 10.6 | 10~100 | 1~10 | 200 | 0.23 | 切割、汽化、照射、凝结 |
| Nd:YAG | 1.06 | 1~100 | 1~100 | 11 | 4.2 | 切割、汽化、照射、凝结 |
| 红宝石 | 0.6943 | 0.1~1000J | 1~100 | 20 | 2.3 | 凝结、切割、汽化、照射 |
| 钕玻璃 | 1.06 | 10~1000J | 1~100 | | | 照射、汽化 |
| 氮分子 | 0.3371 | | | | | 照射、诊断 |
| He-Cd | 0.4416 0.3250 | $(1\sim10)\times 10^{-3}$ | | | | 照射、诊断 |
| Kr ⁺ | | | | | | 诊 断 |
| 染料 | | | | | | 照射、汽化 |

表3 国外通用激光器

| 型 号 | 功 率 (W) | 照射时间 (s) | 光斑直径 (透镜焦距) | 输送系统 | 照明光源 | 生产厂家 |
|------------------------------|---|------------------|-------------------------|--|---------------------|------------------------|
| Laser-Y ₆₀ Yz | CO ₂ : 0~30 (TEM ₀₀) YAG: 0~20 | | 0.1 30 50 100 200 | CO ₂ : T反射面关 节臂 YAG: 光纤 | He-Ne 倍 频 YAG | 日本赤外 线工业社 |
| MiTi光纤CO ₂ 激光器 | CO ₂ : 0~45 | 0.1~1.2 连续波 | 1 (60) | KRS-5光纤 (长1.2m) | He-Ne | 日本疗福社 机器研究所 |
| AO-300 | CO ₂ : 0~45 (TEM ₀₀) | 0.015~0.5 连续波 | 0.75 (150~400) | 2级关节臂 | He-Ne | Cooper - Medical |
| SKALPEL-A | CO ₂ : 0-27 (TEM ₀₀) | 0.01~0.1 连续波 | 0.1 (50, 125) | 3级反射关节臂 | He-Ne | 苏ORT |
| shar-plan791 | CO ₂ : 0~50 (TEM ₀₀) | 0.01~0.1 连续波 | 0.1 (50, 125) | 5级反射关节臂 | He-Ne | |
| goo型激光 光凝结器 | YAG: 0~150 | 0.1~9.9 | | 光 纤 | | Molelectron Medical |
| MYL-1 | YAG: 0~130 | 0.1~9.9 连续波 | | 光 纤 $\phi 0.3 \times 3500$ | He-Ne | オリエパ 光学工业 |
| YAG医疗器 | 10~100 | 0.1~999 | | 光 纤 $\phi 0.6 \times 3000$ | He-Ne | 西德MBB |
| CO ₂ -YAG 复合式 | CO ₂ : 70 YAG: 100 | | | | | Coopel- Laser公司 |

激光纤维内窥镜内腔治疗系统已进入实际使用时期，临床使用证明效果令人满意。最主要的是简化了治疗手续，减轻病人的痛苦，尤其对那些不能开刀的病人，更是一项可供选择的治疗方法。如对胃糜烂出血、食管静脉出血、胃肠道血管病、胃癌息肉、结肠血管扩张、胃、十二指肠和贲门撕裂症所致出血、直肠血管病和息肉，呼吸系统的气管狭窄、肺癌、膀胱癌等，都能用内窥镜治疗。这些技术在美、英、法、西德、日本都已深入研究，技术日益完善。如美国相干辐射公司的氩离子激光内窥镜治疗机；西德MBB公司的Medilas YAG光凝机，连续功率70W；英国BS公司的Fiberlase100型Nd:YAG激光内窥镜，100W输出，从15~100W连续可调，可与食道镜、胃镜、十二指肠镜、支气管镜、胆道镜、腹腔镜、直肠镜和结肠镜等连接，以治疗各种内腔疾病。目前推广应用视频摄像和激光器，在内部进行外科手术，正使内窥镜检查成为医疗中增长最快的领域。诊断是内窥镜检查的最初应用，并继续盛行；而其治疗学功能现在是增长的一个更大方面。主要的象视频摄像机和超声器件这样的东西在小直径软检查镜中被推广应用，由于纤维光学技术的发展这些已成为可能〔6,9,11〕。

激光心血管疾病的治疗也是目前最热门的研究课题，美国、法国等有许多人在从事此项研究。

激光在医学基础学科的应用也已取得显著成果，激光流式细胞计和激光多普勒测速仪是典型的例子。激光流式细胞计 (Flow Cytometer) 是以激光、计算机和电子技术等综合技术发展起来的定量分析细胞学技术，由于癌细胞分析的需要，众多实力雄厚的研究所及大学纷纷投入科研力量于此领域，如劳伦斯·利弗莫尔国家实验室，洛斯·阿拉莫斯国家实验室，加利福尼亚大学、斯坦福大学、罗杰斯大学等，现在美国各厂商的产品都是它们研究的成果。

激光多普勒测速仪在医学基础研究和临床应用中都是很有价值的，如微循环研究，微血管缝合的甄别，药物对血管中血流流动的作用，人工心脏中血流流动的分析等。

激光治疗的途径已改变了医学实践，通常激光疗程对患者创伤较少，术后疼痛少，此方法能在门诊的基础上做许多外科手术，显著减少恢复时间（见表4）。同样，这也减少医疗费用，这不仅有益于患者，也有益于保险公司和医院，因为激光治疗节约财政〔9,10〕。

表4 激光外科减少在医院的停留时间（天）

| 医 科 | 传 统 外 科 | 激 光 外 科 | 医 科 | 传 统 外 科 | 激 光 外 科 |
|----------------|---------|---------|----------|---------|---------|
| 眼科：青光眼 | 2~4 | 0~1 | 神经外科： | | |
| 视网膜理疗 | 4~5 | 0~1 | 脑肿瘤 | 7~10 | 3~5 |
| 后囊切除 | 3 | 0 | 泌尿科：膀胱肿瘤 | 5 | 0 |
| 耳鼻喉科：肿瘤切除 | 4~8 | 0~2 | 肾结石 | 14 | 1~2 |
| 胃肠病科：溃疡出血 | 5~10 | 2~5 | 心血管科： | | |
| 妇产科：子宫切除/子宫内膜炎 | 3~8 | 0~2 | 末稍狭窄 | 6~20 | 2~4 |
| 腹内管形成术 | 5 | 3 | 傍管/血管成形术 | 21~35 | 2~3 |

一项研究考察比较了传统切除膀胱瘤与激光切除膀胱肿瘤的比较，确信激光治疗有经济优点（见表5和表6）。传统的外科食管切开术要花费近5千美元，用Nd:YAG做同样的理

疗大体是少于3千美元。胃溃疡出血按传统方法治疗费用大于3千美元，而用YAG凝结的花费稍多于2千美元。

表5 传统的经尿道切除膀胱肿瘤

| 项 目 | 费用 (美元) | 项 目 | 费用 (美元) |
|------|---------|----------|---------|
| 手术室费 | 375 | 手术前化验室试验 | 85 |
| 或供需品 | 235 | 手术前放射 | 45 |
| 麻醉供需 | 82 | 药 剂 | 50 |
| 恢复室 | 110 | 麻醉师费用 | 250 |
| 四天住院 | 780 | 总 计 | 2012 |

表6 在门诊治疗室用Nd:YAG切除膀胱肿瘤

| 项 目 | 费用 (美元) | 项 目 | 费用 (美元) |
|-------|---------|--------|---------|
| 治疗室费用 | 66 | 膀胱镜检查费 | 116 |
| 激 光 费 | 317 | 总 计 | 499 |

我国激光医学的发展已有20多年的历史，有不少成功的尝试。眼科是激光技术最早进入的领域，现在激光医学工作者几乎在每一医科都对患者进行某些形式的激光治疗，激光治疗的临床报告、经验总结、研究论文极大的丰富着激光医学的内容，随着它的发展，医用激光器的生产会更加兴旺发达起来。

我国在激光内窥镜的临床应用研究与国外接近，早在1981年就解决了用激光内窥镜治疗上消化道出血止血的问题，现在普遍采用胃、肠、膀胱和肺的激光内窥镜治疗。国内开展得最广泛的是皮肤科，耳鼻喉科和妇科等方面的应用。国内通用医疗激光器主要产品是CO₂和He-Ne治疗机，制造厂家有上海、西安、长春、南京等地的激光医疗设备厂。光针治疗是我国的特色^[2,9]。YAG激光治疗机也有几个单位生产，但产品尚未取得用户信任。激光血卟啉治疗和诊断得到特别的发展，其它医用激光仪器的研究工作也在一些单位开展，并已取得一定成果，主要在于提高质量和可靠性。从任一应用的普及率上看，我们与国外有差距。但近几年我国激光医疗仪器是连续大幅度增产，总的当然是市场需求增加，具体的是激光医学研究深入发展，临床试验成功，激光治疗适应症不断增加，在研制生产单位努力下，激光医疗仪器性能提高，稳定性增加，生产单位增加，开展了技术交流，技术培训，推广应用工作，医疗单位购买仪器后，资金可较快回收等。随着改革开放的深入，激光医疗工业将会有大的发展。表7是我国激光治疗及诊断系统发展预测^[2,9]。

预计医疗激光系统和配件的世界市场在1987~1992年间每年增长9%，1992年总量达到530百万美元。外科激光系统每年将增长10%，占总量的66%，为350百万美元。诊断系统每年增长12%，治疗系统的增长是平缓的。激光配件，包括传输系统，诊断设备（如内窥镜，纤维镜）和专用设备（如仪器和安全设备）每年增长8%^[7,8]。

在工业中正试探制造新的激光系统，现在由三种大的医疗激光系统占支配地位——连续波和脉冲YAG、CO₂、离子系统。在这些新系统中，至少在近期最主要的是脉冲和连

表7 激光治疗及诊断系统发展预测

| 激光治疗机及系统 | 七·五期间估计销售 | | 2000年年产值 |
|-----------------------|-----------|-------|----------|
| | 台 | 值(万元) | |
| 氩离子眼科治疗机 | 300 | 1500 | 500 |
| Nd:YAG眼科治疗机 | 300 | 1500 | 500 |
| 染料眼科治疗机 | 50 | 75 | 75 |
| CO ₂ 激光治疗机 | 2000 | 1000 | 1000 |
| Nd:YAG激光治疗机 | 500 | 1000 | 400 |
| He-Ne激光光针及治疗机 | 4000 | 800 | 400 |
| 激光流式细胞计 | 100 | 1500 | 300 |
| 激光多普勒测速仪 | 100 | 150 | 30 |
| 总 计 | 7350 | 7525 | 3205 |

表8 1980~1992年医疗激光应用的世界市场

| 应 用 | 销 售 (百万美元) | | | | | | 增 长 率 | | |
|------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| | 80年 | 85年 | 87年 | 88年 | 90年 | 92年 | 80~85 | 85~87 | 87~92 |
| 外科手术 | | | | | | | | | |
| 非眼科 | 11 | 124 | 140 | 163 | 200 | 230 | 62 | 6 | 10 |
| 眼 科 | 21 | 79 | 78 | 84 | 105 | 120 | 30 | (-) | 9 |
| 诊 断 | — | 24 | 45 | 56 | 67 | 80 | | 37 | 12 |
| 治 疗 | — | 16 | 30 | 34 | 30 | 30 | | 37 | 0 |
| 配 件 | — | 19 | 47 | 53 | 63 | 70 | | 57 | 8 |
| 总 计 | 32 | 262 | 340 | 390 | 465 | 530 | 52 | 14 | 9 |

续波染料激光器，闪光灯泵浦的系统正用来破碎肾结石和从皮肤上除去色斑。可调谐连续波染料激光系统正用在眼科学和皮肤病学中，并在光动力疗法治疗癌症中用来激活光敏材料。这些系统昂贵，然而终将由低价的、更通用可靠的可调谐固体系统所代替，如象翠绿宝石和钛蓝宝石系统，若干公司正在研制中。

预料准分子激光系统将是角膜整形选择的系统，而且可能是进行激光血管成形术和切割硬组织（如骨或齿）的重要激光器之一。

更诱人的激光器，是正在发展的Er:YAG和Ho:YAG，Er:YAG在重要的水吸收波长工作，最终可能代替CO₂激光器，而Ho:YAG有重要的吸收特性，在焊接和切割敏感组织中是实用的。另一个潜在的重要医疗激光器是二极管泵浦的YAG，该激光器最终将低成本大量生产，可能用于切割、凝结、在可见和近红外光谱止血的多用途器件。然而，在二极管泵浦的YAG能做这么多用途之前，必须得有一个重要的突破，即在不增加成本的情况下

增加它的功率输出。

若干潜在的“重型炸弹”外科激光应用目前正在研究中：

▲切除冠状动脉中的斑块，免除了分流手术或气囊血管成形术的要求；

▲激光和光敏感剂一起用来破坏早期的癌；

▲破碎肾结石和胆结石；

▲在眼前形成新透镜面，免去隐形眼镜和眼镜；

▲拔出坏牙而不用钻削；

▲骨关节修复和连接损伤的韧带。

潜在的治疗应用包括用“软”激光（生物刺激）减轻疼痛和快速愈合创伤，使用低功率激光器“缝合”创伤面而没有缝合线，在外科手术期间使用激光消毒，使血液在返回身体之前消除病毒〔7,8,9〕。

在诊断领域，正日益用激光来建立全息图象，提供内部器官的实时彩色显示，识别深插入体腔和脉管中导管内的组织类型。

研制激光在医学中的应用通常仅有少数单位，因为它要花费很长的时间来证明新医疗过程的功效，激光医疗设备生产厂面临巨额的研制费用，而其高技术外科器件市场上寿命相当短，使用前要进行大量试验；加上对许多激光应用真正临床的怀疑，阻碍激光医学的快速发展。激光器在医学市场受限的其它因素是普遍价格昂贵，还有培训和用户技术上的障碍。

尽管如此，新的医疗公司仍不断涌现，仍有几十家新兴公司和新参加者被吸引到这个领域里来，原因是与激光技术发展水平有关；另一考虑是外科激光器有很大的发展趋势。激光医疗器械是大量需要的项目。激光技术有望出现新的外科技术。

参 考 文 献

- 〔1〕 《激光与红外》，1984年，第2期。
- 〔2〕 《推进激光技术成果工业化及其应用》，1987年，3月。
- 〔3〕 Laser Focus, 1987, Vol.23, No.4.
- 〔4〕 Laser Focus, 1987, Vol.23, No.8.
- 〔5〕 Electro Opt., 1989, April.
- 〔6〕 《激光与红外》，1988年，第8期。
- 〔7〕 Laser & Optronics, 1989, Vol.8, No.1.
- 〔8〕 Laser Focus World, 1989, Vol.25, No.4.
- 〔9〕 《激光与光学》，1989年，第1期。
- 〔10〕 Laser Focus, 1988, Vol.24, No.12.
- 〔11〕 Opt. & Laser Technol., 1988, Vol. 20, No.2.

* * *

作者简介：尹江河，男，1948年9月出生。工程师。现从事工厂情报工作。

收稿日期：1989年10月12日。