YISHI WENKU

医师文库



# 激光医学



主编 朱菁

JIGUANG YIXUE



上海科学技术出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

# 激 光 医 学

主 编 朱 菁

上 海 科 学 技 术 出 版 社

**图书在版编目(CIP)数据**

激光医学/朱菁主编. —上海:上海科学技术出版社,
2003.9
(医师文库)
ISBN 7—5323—6951—X

Ⅰ.激... Ⅱ.朱... Ⅲ.激光应用—医药学
Ⅳ.R312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 037553 号

上海科学技术出版社出版发行
(上海瑞金二路 500 号 邮政编码 200020)
苏州望电印刷有限公司印刷 新华书店上海发行所经销
2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷
开本 787×1092 1/16 印张 39.5 插页 4 字数 749 000
印数 1—3 500 定价:85.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向本社出版科联系调换

# 内 容 提 要

本书全面介绍了激光在医学方面的应用，包括激光应用于内镜、皮肤科、眼科、呼吸系统、消化系统、普外科、心血管外科、泌尿外科、骨科、神经外科、妇产科、耳鼻咽喉科、口腔科等各种疾病的适应证，具体方法，疗效；在书的前半部分且分别对激光的基本知识、激光治疗机、激光诊断检测系统、激光的生物学作用、激光防护等基础理论也作了介绍。书后附有激光专用名词英汉对照和激光专用名词索引。

本书可作为激光医学专业医师及临床各科医师的有益参考。

# 编者名单


**主　编**　朱　菁

**副主编**　王　玲　张美珏　施虹敏　王　宇

**主　审**　许松林　王康孙

**编　委**　（按姓氏笔画排列）

丁爱华　于金荣　王　宇　王　玲
王康孙　戈之铮　仇荣星　叶　纹
包晓青　成柏华　朱　菁　朱洪生
朱彩红　齐艳华　许松林　孙　昕
孙静芬　杨福寿　连　锋　吴家骏
汪　清　张士胜　张美珏　张慧国
陈　洁　陈　敏　周　琳　周国瑜
郑瑞莲　孟国珍　孟昭和　胡庆沈
施虹敏　秦梅香　聂　凡　徐爱娣
萧树东　廉井财　熊文浩


需要全本请访问 www.ertongbook.com

# 目　　录


**绪论** …… 1

**第一章　激光基础知识** …… 8

第一节　光的基本性质 …… 8
第二节　激光产生的原理 …… 9
第三节　激光器的基本结构 …… 11
第四节　激光束的特性 …… 13
第五节　激光束的传输 …… 14

**第二章　激光治疗机和激光诊断检测系统** …… 16

第一节　氦氖激光治疗机 …… 17
第二节　二氧化碳激光治疗机 …… 19
第三节　氩离子激光器 …… 22
第四节　掺钕钇铝石榴石激光器 …… 24
第五节　红宝石激光器 …… 28
第六节　染料激光器 …… 32
第七节　准分子激光器 …… 36
第八节　半导体激光器 …… 38
第九节　色心激光器 …… 40
第十节　其他红外激光器 …… 41
第十一节　激光荧光光谱测量技术 …… 43
第十二节　激光多普勒技术在生物检测中的应用 …… 48
第十三节　激光流式细胞仪 …… 53
第十四节　激光扫描共焦显微镜 …… 60

**第三章　激光的生物学作用** …… 66

第一节　激光器的参量问题 …… 66
第二节　生物组织的光学特性 …… 66
第三节　激光的生物效应 …… 69
第四节　激光的生物刺激作用 …… 72

第五节 激光对生物大分子的作用 …… 72

**第四章 激光防护** …… 75

第一节 激光安全判据 …… 75
第二节 激光安全水平 …… 78
第三节 激光器的分级 …… 82
第四节 激光防护措施简介 …… 83

**第五章 激光内镜的临床应用** …… 85

第一节 概况 …… 85
第二节 激光内镜的结构与原理 …… 85
第三节 基础研究 …… 91
第四节 内镜激光的临床应用 …… 99

**第六章 激光光敏诊断及光动力学治疗** …… 106

第一节 概论 …… 106
第二节 光敏剂 …… 107
第三节 光敏诊治的设备和装置 …… 111
第四节 光敏诊断 …… 116
第五节 光动力学治疗 …… 117
第六节 疗效判断标准 …… 129
第七节 新进展 …… 129
第八节 光动力治疗的研究进展 …… 130

**第七章 激光在皮肤科的应用** …… 135

第一节 概论 …… 135
第二节 病毒性皮肤病的治疗 …… 138
第三节 化脓性皮肤病的治疗 …… 140
第四节 瘙痒性皮肤病的治疗 …… 142
第五节 红斑丘疹鳞屑性皮肤病的治疗 …… 143
第六节 皮肤血管性疾病的治疗 …… 156
第七节 皮肤附属器疾病的治疗 …… 158
第八节 色素障碍性皮肤病的治疗 …… 160
第九节 皮肤良性肿瘤的治疗 …… 173
第十节 皮肤恶性肿瘤的治疗 …… 186
第十一节 激光脱毛 …… 188
第十二节 其他 …… 196

**第八章 激光在眼科的应用** …… 209

第一节 激光的生物学效应 …… 209
第二节 眼后节的激光应用 …… 210
第三节 眼后节的光凝治疗 …… 218
第四节 吲哚菁绿血管造影 …… 247
第五节 青光眼的激光治疗 …… 251
第六节 白内障激光手术新进展 …… 258
第七节 激光屈光手术 …… 266

**第九章 激光在呼吸系统疾病的应用** …… 312

第一节 概论 …… 312
第二节 激光纤维支气管镜治疗 …… 314
第三节 其他 …… 321

**第十章 激光在消化系统疾病的应用** …… 325

第一节 概论 …… 325
第二节 内镜激光治疗的原理和基本设备 …… 325
第三节 激光在消化道疾病中的应用 …… 327

**第十一章 激光在外科的应用** …… 342

第一节 烧伤 …… 342
第二节 消化道出血 …… 344
第三节 胃癌 …… 345
第四节 激光治疗消化道肿瘤的进展 …… 346
第五节 肠粘连 …… 348
第六节 腋臭 …… 348
第七节 急性乳腺炎 …… 349
第八节 手部急性化脓性感染 …… 350
第九节 激光在肝脏外科的应用 …… 351
第十节 激光在肛肠外科的应用 …… 351
第十一节 眼睑整形手术方法 …… 357

**第十二章 激光在心脏血管外科领域的应用** …… 374

第一节 基本原则 …… 374
第二节 激光血管成形术 …… 376
第三节 冠状动脉激光成形术 …… 380
第四节 激光辅助的血管吻合 …… 384

第五节 激光光凝治疗心律失常 …… 388
第六节 激光心肌血运重建术治疗缺血性心脏病 …… 390

**第十三章 激光在泌尿外科的应用** …… 395

第一节 解剖生理概要 …… 396
第二节 泌尿生殖系统专科检查 …… 399
第三节 泌尿系肿瘤 …… 401
第四节 泌尿系结石 …… 408
第五节 男性外生殖器肿瘤 …… 413
第六节 前列腺癌 …… 414
第七节 前列腺增生症 …… 416
第八节 尿道狭窄 …… 418
第九节 尿道肉阜 …… 420
第十节 激光在泌尿科其他方面的应用 …… 421

**第十四章 激光在骨科的应用** …… 423

第一节 骨折 …… 423
第二节 骨病 …… 426
第三节 骨与关节感染 …… 437
第四节 钬激光在骨科的应用 …… 437
第五节 钬激光在关节镜手术中的应用 …… 439

**第十五章 激光在神经外科的应用** …… 444

第一节 概论 …… 444
第二节 激光治疗神经系统肿瘤 …… 449
第三节 激光治疗腰椎间盘突出症 …… 456
第四节 激光在神经外科其他方面的应用 …… 463
第五节 低强度激光血管内照射在脑损伤治疗中的应用 …… 464

**第十六章 激光在妇产科的应用** …… 470

第一节 概论 …… 470
第二节 激光治疗外阴疾病 …… 472
第三节 激光治疗阴道疾病 …… 478
第四节 激光治疗宫颈疾病 …… 483
第五节 弱激光治疗妇产科其他疾病 …… 490
第六节 激光在宫腔镜手术中的应用 …… 496

**第十七章 激光在耳鼻咽喉科的应用** …… 504

第一节 概论 …… 504
第二节 耳科 …… 506
第三节 鼻科 …… 508
第四节 咽科 …… 519
第五节 喉科 …… 527
第六节 钬激光泪囊鼻腔吻合术 …… 535

**第十八章 激光在口腔医学中的应用** …… 539

第一节 激光在口腔内科的应用 …… 539
第二节 激光在口腔修复及口腔正畸科的应用 …… 541
第三节 激光在口腔颌面外科的应用 …… 541

**第十九章 低功率激光及其临床应用** …… 550

第一节 概论 …… 550
第二节 激光理疗 …… 552
第三节 激光血液照射 …… 555
第四节 激光光针治疗 …… 573
第五节 低功率半导体激光的临床应用 …… 578

**第二十章 激光医学质量控制要点** …… 582

第一节 目前激光医学开展分类及激光室组建要求 …… 582
第二节 开展激光治疗项目设置要求(草案) …… 587

**第二十一章 临床各专科激光治疗操作常规** …… 593

第一节 激光手术室的管理 …… 593
第二节 各项激光治疗及手术操作规程 …… 594
第三节 皮肤科疾病治疗常规 …… 600
第四节 妇产科激光治疗常规 …… 602
第五节 眼科激光室管理常规 …… 606
第六节 耳鼻喉科激光治疗操作常规 …… 607

**激光专用名词英汉对照** …… 610

**激光专用名词索引** …… 617

# 绪　论

激光的历史年代可以追溯到1917年，那年爱因斯坦在他的经典著作《关于辐射的量子理论》中第一次提出了受激发射的概念，论证了受激发射、自发发射和光吸收之间的关系。这些基本理论为以后的激光发展提供了理论基础。

1960年7月7日，Maiman宣布了世界上第一台激光器的诞生，即第一台红宝石激光器，在694.4nm波长处获得了400mJ相干脉冲光，虽然仅仅持续了几百微秒，但意义是巨大的。人类从此开创了一个新的技术领域——激光技术诞生了。

我国于1961年研制成第一台红宝石激光器，打开了激光技术发展的大门，各类激光器随之竞相发展：1963年我国制成了He－Ne激光器、钕玻璃激光器和砷化镓半导体激光器；1965年研制成大功率$CO_2$激光器；1968年在上海制成大功率Nd:YAG固体激光器。这些激光技术的发展为激光医学的开发创造了必要的技术条件。1965年上海第二医科大学刘炳荣等开始研究红宝石激光和大功率钕玻璃激光对人体器官如眼、大脑、神经等组织的作用，开创了激光医学基础领域的研究工作。同年上海光学机械研究所（光机所）汤星里为上海第六人民医院研制了第一台红宝石激光视网膜裂孔治疗机，1968年杨冠利用此机治疗眼底病取得成功，打通了激光临床应用研究之路。1972年第一台$CO_2$激光治疗机在上海激光仪器厂诞生，上海眼耳鼻喉科医院开展了$CO_2$激光在耳、鼻、喉科方面的应用。1973年王康孙在上海手术器械二厂的协作下研究成国内第一台$Ar^+$激光眼科治疗机，在国内首先开创了眼底病的治疗工作。1974年上海交通大学陈英礼和上海第二医科大学许松林合作研制成了国内第一台Nd:YAG激光治疗机，并使用多芯光纤作为激光的传输工具，马宝章、卓瑞鹏用1.06μm的激光治疗血管瘤和痔疮取得很好的疗效。1978年许松林主持激光流式细胞计的研究工作，1982年制成国内第一台激光流式细胞计并用于细胞DNA含量的分析，为分析细胞学的开发奠定了基础。1979年萧树东、朱菁用单芯导光纤维传输Nd:YAG激光治疗胃内出血止血，是国内第一次将激光用于腔内疾病的治疗。1982年许松林接受国家科委任务，组织全国六所大学和科研单位进行激光防护的攻关研究，1986年完成19种激光波长对眼和皮肤的损伤阈值研究测量，制定了我国的激光卫生标准和激光防护标准。1982年国家科委组织北京一些单位开展激光血卟啉治疗肿瘤的攻关研究，在国内掀起了一场激光医学应用的热潮，加速了激光在医学中的应用。到20世纪80年代末我国激光技术在医学中得到了广泛的应用，眼科、皮肤科、外科、妇产科、口腔科、耳鼻喉科、理疗科和肿瘤治疗科等都已用激光器作为治疗工具，进行有效的治疗；研究主题已从临床统计过渡到机制探讨阶段，深入到细胞水平和分子水平的研究；应用激光器的单位从大城市扩展到县级以下的中小医院；生产医用激光治疗机的厂家数以百计。30多年来激光技术解决了医学中许多难题。在眼科，激光简化了眼底病的治疗方法，激

需要全本请访问 www.ertongbook.com

光角膜成形术成为视力矫正的最佳手段;激光内镜使病人免除了开刀的痛苦;激光革新了传统的显微成像术;作为微操作手段激光微束与光镊已成为细胞融合、转基因、染色体操作的工具;激光促进了分析细胞学的发展;用激光分选技术建立了世界上第一个染色体库。现在,激光技术正用来揭示人类生命的奥秘,高速定序脱氧核糖核酸(DNA)的分子结构;X线激光的发展将掀起一场体视与显微成像技术的革命。毫无疑问,半导体激光的发展将为医用仪器的微型化拓宽道路。随着激光医用技术发展,一大批医用仪器已商品化,如各种 $CO_2$ 激光治疗机、Nd:YAG 激光治疗机、He-Ne 激光治疗机、多波长的皮肤美容机、$Ar^+$ 眼科激光治疗机、193nm 准分子激光视力矫正仪、308nm 激光血管治疗机、Ho:YAG 激光治疗机、激光多普勒血流计、激光流式细胞仪、激光 DNA 定序仪和激光共焦扫描显微镜等,这些商品化仪器大大促进了激光工业的发展。常用激光医学仪器仍在发展之中,$CO_2$ 激光治疗机,He-Ne 激光治疗机,Nd:YAG 激光治疗机和 $Ar^+$ 眼科治疗机为常用激光治疗机,由于开发较早,这几种治疗机已很完善。

$CO_2$ 激光治疗机的激光工作物质是 $CO_2$ 气体分子,通过高压放电进行电光能量转换,效率高,成本低,价格适中,适合于我国医疗水平。虽已有传输 10.6μm 中红外激光的光纤,但目前最好的传输系统仍是装有金膜反射镜的导光关节臂。上海第二医科大学生产的导光关节臂是目前国内最好的,外形小,传输系数大于 0.85,稳定可靠。基础研究发现,脉冲激光对人体组织的损伤比连续 $CO_2$ 激光小。最近几年出现了短脉冲、高能量 $CO_2$ 激光治疗机,手术切割时对周围组织损伤小,切割速度快,特别是平整皮肤美容手术有独到之处,引起了国内激光医务工作者和厂商的重视。这种 $CO_2$ 治疗机有几种类型,有用连续 $CO_2$ 激光计算机控制的螺旋形扫描装置;有用射频供电产生高能窄脉冲的装置,后一种的效果更好,采用封离型 $CO_2$ 激光管、空冷、RF 激励,频率 80MHz 以上,用一台0.2~20ms 的脉冲发生器控制 RF 脉冲的输出,每脉冲能量 1~500mJ,脉冲宽度小于 20ms,平均功率达 100W。

He-Ne 激光治疗机是一种原子气体激光器,通过高电压、小电流放电,获得电光能量转换,波长 632.8nm,医学上常用 100mW 以下,大多数在 30mW 左右。这是一种价格低廉,使用方便的激光照射治疗装置,主要治疗溃疡等皮肤病及缺血缺氧的血液照射。虽然半导体激光器有取代 He-Ne 激光治疗机的趋势,但 He-Ne 激光的光束质量远比半导体激光好,所以有些方面仍在发展之中。如利用 He-Ne 谱线的 543nm 作为激光流式细胞计的光源已商品化,绿光 He-Ne 激光易为血红蛋白吸收,是广泛用作于皮肤病和眼病的最佳治疗光源。

Nd:YAG 激光治疗机是一种固体激光治疗机,激光工作物质是掺钕的钇铝石榴石晶体,用氪灯或氙灯的自然光泵浦晶体获得激光能量,波长 1.06μm,医学上常用 100W 以下,用石英光导纤维传输激光。该激光器由于其波长的特点,对诸如血管瘤及内腔治疗有显效。但氪灯泵浦效率差,体积庞大,供电供水巨大,因此稳定性差。现正改用大功率半导体激光泵浦的方法大大减小 Nd:YAG 激光器的体积,提高效率,加速 Nd:YAG 激光治疗机的普及,既有社会效益,又有商品价值。

$Ar^+$ 眼科激光治疗机已使用空冷 $Ar^+$ 激光器,使整机小型化。虽然出现了半导体的手提式眼科治疗机用于临床,但波长在红外,应用不及 $Ar^+$ 的波长良好,如绿光半导体激光

能商品化，首先将使用于眼科治疗。

## 一、几种发展迅速的激光治疗术

### （一）低功率激光照射治疗发展广泛

低功率激光的医学应用如激光光针、激光照射早已广泛应用于临床，激光血疗法则是最近几年广泛开展的临床疗法，引起了激光医学界的重视，在脑梗死、哮喘、银屑病、血管性突发性耳聋、恶性肿瘤疼痛、心律失常、精神病、缺血性视乳头病变等进行激光血管内照射治疗的研究，作出了比较客观的、科学的疗效论证。东北制药厂职工医院、北京友谊医院神经内科等单位用 He－Ne 激光光纤导入静脉血管治疗急性缺血性脑梗死疾病 1 000 多例，85%以上疗效显著；中国人民解放军北京军区总医院用激光血液内照射法治疗 100 多例冠心病病人，疗效比其他方法显著；上海第二医科大学附属仁济医院用 He－Ne 激光行血管内照射与药物联合作用治疗银屑病 1 000 多例，比单用药物治疗的效果好，每年血管内照射病例数千例，均有一定的疗效。为了防止将光纤插入血管或抽取血液体外照射引起的感染，激光血液照射疗法的方式也有改变，用激光直接照射血管丰富而皮层较薄的部位，如鼻腔、口黏膜或耳垂部位等。初步证明这些方式有同样的临床效果，但要提高治疗的激光功率，最近有人尝试用小功率 $Ar^+$ 激光作为血疗法的光源，因为蓝绿光能更好地为血红蛋白吸收，应有更好的疗效。

目前，激光血液照射疗法的理论基础是：激光光子激活了细胞内的某些促酶，优化了红细胞的功能，如红细胞的变形能力，提高了血氧饱和度，通过血液循环增进了脑细胞及造血细胞的功能等，但尚未得到统一认识。

### （二）激光血管成形术仍处于研究发展状态

1989 年开始，激光血管成形术已用于临床，为了减少损伤，用 308nm 准分子激光作光源，用有中心孔的导光纤维束式导光管传导激光，打通冠状动脉粥样硬化斑块。但目前仍处于研究状态，主要是血管再狭窄的问题没有解决。为解决这些问题国内进行了一些实验研究。一般认为再狭窄的原因是平滑肌细胞异常增生，北京医科大学第三临床医院认为激光损伤引起了癌基因 C－*foc*，C－*myc* 的表达，因此他们试图用牛磺酸或硝苯地平抑制平滑肌细胞的增殖，有肯定的效果，但尚未在临床上使用。中国人民解放军总医院报道激光照射下脂质体方法，控制基因转染平滑肌细胞的效率，以控制平滑肌细胞的增殖。这些都还处在实验阶段。

### （三）激光角膜成形术前景广阔

几年来，用 193nm 波长准分子激光做角膜成形术（PRK）矫正视力的临床应用发展很快，据不完全统计全国已进口 193nm 准分子激光近视眼治疗机超过 100 台。由于准分子激光的热损伤很小，切割精细准确，使用激光治疗比其他矫正视力的方法安全，有效，预测性好，因此发展迅速，全国治疗的病例数估计有数万例。激光矫正视力中人们关注的问题是视力回退问题。上海第二医科大学瑞金医院眼科每年做几千病例，全部提高了裸眼视力；绝大部分病人保持了最佳的视力矫正状态，没有产生危及视力的并发症，未矫和已矫屈光度的符合率很理想，术后裸眼视力很好，1 个月后低度近视最佳矫正视力下降一行

的仅占14%,高度近视1个月最佳矫正视力下降一行的占41%,3个月后提高到31%,说明PRK后视力有回退可能。此外,PRK后角膜混浊,眩目症都有可能发生,要给予相应的防治。对高度近视,一般PRK的效果较差,采用激光基质内角膜磨镶术(LASIK)方法矫正视力效果很好。上海第二医科大学瑞金医院眼科对高度近视病人治疗了1万多例,证实了该方法的疗效。

**(四)激光前列腺切除术是一种有效的治疗手段**

激光经尿道前列腺切除术是近几年开发的临床治疗方法,骶麻后,在膀胱镜窥视下将光纤从尿道插入膀胱,对增生的前列腺体进行切割,消除阻塞。大同市人民医院,哈尔滨市第四医院报道用此方法治疗数百例病人,1年后复查,左、中、右三叶肥大消失,内膜光滑完整。此法特点是不开刀,不输血,安全,手术时间短,易操作,病人痛苦小,适合于年老体弱病人。上海市第六人民医院及长宁区中心医院进口的Nd:YAG激光前列腺切除仪配有侧向照射的光纤头,手术效果好,易于操作。广州暨南大学医学院附属医院的KTP/YAG激光前列腺治疗仪有两个波段,1.06μm激光用于切除前列腺,532nm激光用于修复,使烧灼的孔道光滑平整,效果更佳。仪器的小型化是此种治疗法普及的发展方向,已有半导体二极管列阵为光源的激光前列腺治疗仪。新沈阳化工公司职工医院用DIOMED-25半导体激光(805nm)前列腺治疗仪治疗了10例前列腺肥大病人,100%有效。该型治疗仪体积小,用电少,止血好,携带方便,是今后的发展方向。

**(五)光动力学疗法仍是浅表肿瘤治疗的有力手段**

光动力学疗法(PDT)治疗肿瘤法曾是国家资助的重大项目,是一种光化学效应治疗肿瘤的方法。机体注射能被肿瘤富聚的光敏剂后受激光照射,产生光化学反应杀死肿瘤细胞。由于此种疗法有选择性作用,对浅表肿瘤疗效较好。但是目前存在的问题是:人体在治疗过程中要避光,防止光敏反应。近年来在努力寻找安全、无毒、少避光、易代谢的光敏剂,但能在临床上应用的尚不多。另外,激光透入人体的深度太浅,在肿瘤的深层无法进行光化学作用,因此复发的可能性很大。中科院肿瘤所提出了光动力学治疗中诱发肿瘤细胞凋亡的课题,分析了光动力学作用诱导肿瘤细胞凋亡的机制,认为不是PDT的直接作用,而是PDT活化了细胞膜上磷脂酶的结果。

**(六)激光荧光诊断仍需研究**

激光荧光光谱诊断肿瘤的研究是人们非常感兴趣的课题,光谱检测法灵敏度很高,如果能找到肿瘤细胞的特征荧光峰确诊早期癌细胞的存在,对肿瘤的早期诊断和治疗将起巨大作用。但至今,癌细胞的假阴性无法排除,而且比例还很高,在临床上无法单独作为癌细胞检验的依据。关键的原因是未找到癌细胞真正的特征荧光峰,现在人们所谓的荧光峰只是卟啉分子的荧光峰,卟啉分子在肿瘤中多一些,相对荧光强度大一些,但在量上很难确定癌与非癌细胞的界限,这就是产生假阴性与假阳性的原因。因此,要客观地科学地判断激光荧光光谱对肿瘤的诊断标准,是十分必要的。

## 二、激光医学诊断与检验仪器促进医学的发展

分析细胞学就是细胞中生化成分和细胞形态的定量分析研究,现在的主要工具是激

光流式细胞计和激光共聚焦扫描显微镜。激光流式细胞计的原理是细胞在高速流动中受激光照射,产生前向散射和侧向散射光,检测细胞小角度前向散射光可使细胞样品按体积大小分类;检测侧向散射光可使细胞按内部结构分类;如果样品制备时将细胞的某种成分染色,或细胞表面结合带标记的荧光抗体,则可使细胞样品按某种成分分类。因此用激光流式细胞仪可以进行肿瘤细胞鉴别,白细胞类型分析,免疫表型,药物作用分析及细胞生长指数测定等。

用流式细胞计技术检测细胞程序性死亡是比较方便直接的方法。中科院肿瘤所发现激光血卟啉肿瘤治疗中肿瘤细胞的死亡为细胞程序性死亡。上海第二医科大学用流式细胞计检测细胞程序性死亡取得成功。此外,流式细胞计已成为细胞荧光快速检测技术的工具,如荧光原位杂交技术(FISH)。流式细胞计已成为临床检验的常规仪器,台式的流式细胞仪在国内已广泛应用。半导体激光的发展将使流式细胞计的微型化成为可能。

共聚焦扫描显微镜是分析细胞学的重要工具,是将显微镜、光度计和计算机图像处理系统结合在一起,用激光作扫描光源的最现代化仪器,其成像方式与传统的成像方式不同,不是同时的投影成像而是逐点扫描成像。其分辨力高于普通显微镜的分辨力。由于样品中每点的像讯号都储存于计算机内,所有样品的像随时可读,随时分析处理及输出。共聚焦显微镜的另一特点是可获得样品内层次的像讯号,存于计算机内的像素讯号可以进行三维重组,获得样品立体结构的像,从各个角度观察分析样品的形态。共聚焦显微镜还可以进行细胞荧光分析,定量测定细胞内 DNA,RNA 含量,钙离子浓度分布等;由于共聚焦显微镜焦斑可小到 1μm 以下,用强光破坏细胞中某细胞器,作细胞功能及遗传研究;用强光可杀死不需要的细胞,保留有用的细胞,因此共聚焦显微镜可进行细胞分选;利用激光焦点附近光压产生激光陷阱作用,可捕获微粒子,因此可把激光作为细胞或细胞器的镊子,将细胞或细胞器镊取后放入另一细胞内,这种镊子称为光镊子,作为细胞融合、遗传研究和细胞杂交技术的工具。中国科技大学和中科院遗传所研究这一技术取得一定成功。共聚焦扫描显微镜已成为细胞处理与分析的综合仪器,并已应用于基因芯片阅读等分子生物学领域。

人类染色体的 DNA 由 30 亿个核苷酸分子组成,虽然只有四种不同的碱基,但其组成顺序则决定着人的生老病死,确定碱基的排列对了解正常的生命活动及病态是十分重要的。用经典的凝胶电泳结合放射自显影检测方法,每天只能分析 100 对碱基顺序。显然用此方法难以完成人类 DNA 的定序工作。研究出快速定序方法是基因诊断的需要,也是人类基因工程的需要。激光技术提供了快速生物基因检测的前景。已经找到特异性的荧光染料,使四种不同的碱基在激光作用下产生四种波长不同的荧光,如 510nm,530nm,580nm 和 610nm,分别为胞嘧啶、腺嘌呤、鸟嘌呤和胸腺嘧啶发射的特异荧光,荧光的次序确定后碱基的顺序也确定了。共聚焦扫描显微镜有很高的分辨力和优良的荧光检测功能,作为 DNA 的定序工具既快又好,每天能定序 2 万对以上。

用计算机控制激光通过掩模(lithographic mask)制作 DNA 片段的高密度模板(high density chips),作为人类染色体定序的工具,通过计算机的并行处理可以进行人类基因定序的巨大任务。生命科学中微观形态学的进展与显微成像技术是密切相关的。激光共聚焦显微镜改变了传统的成像方法,利用微光束扫描观察样品表面分子或原子结构的成像

技术近些年得到了飞速发展。扫描隧道显微镜(STM)、原子力显微镜(AFM)和近场扫描光学显微镜(NSOM)等在技术上突破了普通显微镜的衍射极限。科学家能看清样品的分子和原子分布状态,对表面的分子结构进行成像分析,并能测出分子的偶极取向。以上三种显微镜都使用一个非常尖的探头,摄像时,尖端定位非常接近样品表面。当尖端在样品表面扫描,探头对样品面上原子吸引力或斥力响应时,称 AFM;探头响应样品中间隔为100nm 间的沟道电流时,称 STM;在 NSOM 的情况下,扫描光源为一光纤,光纤出口 100nm,使用稳定的 He－Ne 激光。光纤定位非常接近于样品表面很重要。有人采取方式为:1μm 以上机械定位,1μm 以下用计算机控制压电陶瓷定位。NSOM 的分辨力为 50nm,能看清活细胞中分子的分布与取向,对 DNA 和 RNA 大分子的结构分析将起很大作用。

电子显微镜的分辨力虽然很高,但是只能够观察死细胞。近十多年来软 X 线显微镜由于观察活细胞的要求得到了很快发展,上海光机所致力于软 X 线显微术的研究已有多年,成功地完成了全息再现,尤其是水窗波段(2.5～4.0nm)X 线激光的研究有进展。因为水窗波段 X 线激光能透过组织,处在 DNA 和 RNA 的特征吸收峰范围,用此光做显微镜的全息光源,能拍摄微观物质的全息图,观察微观物质的立体结构,几年前已经在实验室完成。如果 X 线激光足够强,可用以摄取人体全息图,人体的立体结构将呈现在人们眼前,其分辨力与清晰度是 CT 与 MRI 不能相比的,体视技术将得到革命性的发展。

## 三、半导体激光器将成为激光医疗仪器的主要光源

半导体激光器体积很小,价格较低,效率高,寿命长,而且电源结构简单,正是这些优点吸引医用工业研究设计人员用半导体激光器取代其他种类激光器。作为改进激光医用仪器的主要措施,这一趋势正在快速发展之中。原因有二:一是由于半导体激光器发展很快;其二是由于激光医用仪器小型化的迫切要求。表现在波长 830nm 的半导体眼科激光治机已商品化;10～500mW 激光照射治疗仪已在临床上应用多年,效果是多方面的。由于半导体激光器很小,可与电疗机磁疗机组成综合治疗机,发挥各自的特长;可见光的半导体激光血流仪已有商品;用 635nm 波长 3mW 的半导体激光器做成的流式细胞计已在实验室完成;波长 810nm,830nm,890nm 的大功率(15～60W)半导体激光治疗机已在国内大量使用,有取代 Nd:YAG 激光器的趋势,体积小,水电消耗少,效率高;1.5μm 波长激光的大功率激光治疗机的问世将把激光治疗机的水平推上一个新的高度。蓝绿色的半导体激光器将取代 $Ar^+$ 激光器成为激光共聚焦扫描显微镜、激光 DNA 定序仪和流式细胞计的光源。脉冲半导体激光器的开发将在医学美容中发挥巨大的作用。半导体激光医学应用的前景光明远大。

激光医学仪器的选择对医生做好医疗工作是非常重要的。人欲善其事,必先利其器。选择时应注意下列各方面:选购激光医学仪器应首先注意的是激光光束的质量,最好的激光束是高斯光束,这种治疗机的光束焦点处有极大的光功率密度,切割速度快,切口整齐,手术效果好。用在视力矫正的角膜手术时,切口均匀,损伤小,痊愈后角膜平整;用在扩束照射时,光能分布均匀。所以一定要选择激光束横模为 $TEM_{00}$ 模式的激光治疗机。

激光的稳定性是保证正常使用的先决条件,激光谐振腔膜片架的可靠性、安装的牢固

性、材料的热胀冷缩因素等都影响激光器输出的稳定性，尤其对眼科治疗机和激光诊断仪都必需经过严格的检测，不但要测试短时间的噪声水平，还要测试 8h 连续工作的稳定性。一些大功率激光治疗机或诊断机如 Nd:YAG 激光治疗机、$Ar^+$ 激光治疗机、$CO_2$ 激光治疗机、激光流式细胞仪等必需备有优良的冷却设备，才能保证机器正常稳定的工作。

激光传输系统是激光医学仪器比较特殊的重要部件，自由转动时导光的可靠性和导光效率是导光系统优劣的重要指标，必须比较选择。我国生产的两种导光系统，导光关节和光导纤维都能满足激光医学仪器的使用需要，导光关节已接近国外最好水平，如最近上海第二医科大学生产的导光关节质量优良，外形美观，传导系数大于 85%，360°转动时偏心率小于 0.2mm。国产导光纤维的导光率已很高，接口和输出口如能改进，也能达到国际水平。

选择国产机还是进口机，决定于性能价格比，一般来讲，美、德等国的光学仪器质量水平较高，但我国常用激光治疗机的水平与国外相差无几，且价格低廉，适合于我国医疗机构的购买水平。高精度大型激光医学检测与诊断仪器，国外水平较高，价格昂贵。根据使用目的，能买专用的就不要买大型综合性的设备，因为价格昂贵而且故障多。生产半导体激光治疗机的厂家大都选用进口半导体元件，仪器质量与国外水平相近，质量可靠。

（许松林）

需要全本请访问 www.ertongbook.com