

激光在医学和生物学中的应用

M. L. 沃尔巴什特 编

激光在医学和生物学中的应用

〔美〕M. L. 沃尔巴什特 编

刘普和 李书田
许松林 杨明凯 蒋 霖 等译

刘普和 校

科 学 出 版 社

1983

内 容 简 介

本书是 M. L. 沃尔巴什特编的《激光在医学和生物学中的应用》卷二(1974)和卷三(1977)的选译本，卷一译本已于 1975 年出版。全书共九章，前四章介绍激光的热作用、声作用、生物刺激作用以及激光的动物实验研究，这些知识对激光临床实践都有指导作用。后五章介绍有关的激光技术：如激光外科机、细胞分选技术、牙科全息术、激光微探针等都是很有发展前途的技术。可供医学、生物学工作者，及有关大专院校师生参考。

M. L. Wolbarsht Ed.
LASER APPLICATIONS IN MEDICINE AND BIOLOGY
Plenum Press Vol. 2, 1974; Vol. 3, 1977

激光在医学和生物学中的应用

[美] M. L. 沃尔巴什特 编
刘普和 李书田 许松林 杨明凯 蒋 霖 等译
刘普和 校
责任编辑：马素卿

科学出版社出版
北京朝阳门内大街137号
中国科学院印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1983年11月第一版 开本：787×1092 1/32
1983年11月第一次印刷 印张：12 1/4 插页：1
印数：0001—4,660 字数：271,000

统一书号：14031·55
本社书号：3281·14

定价：1.95 元

译者的话

M. L. 沃尔巴什特编的《激光在医学和生物学中的应用》卷一于1975年译出。1979年在京看到卷二(1975)和卷三(1977)原版。在科学出版社的支持下，遨了几位同行选译了其中较有参考价值的几章。卷三第一章《苏联的激光生物医学研究》占全书1/3篇幅，内容多，有的资料过时或与卷一的重复，为此，只选译了其中两节，作为选译本第三、四章。

原版卷二有11章，卷三有4章。其中有的(如微光束)因有专著译本，有的(如激光眼科)因补充材料不多，有的(如防护标准)因太烦琐，有的(如激光耳科)因限于篇幅，而未选译。

此外，有些无碍理解的照片插图已予以删减。对参考文献也作了类似处理。

选译本共九章。前三章描述激光生物作用机制，主要讨论热作用、声作用和生物刺激作用。前二者主要用于破坏生物组织和器官，以达到治疗的目的。后者主要用于影响机体内不同代谢过程的进展，这一应用已为我国激光医学工作者所重视，是很有前途的，将来势必会与影响机体代谢过程的维生素、激素、抗菌素等化学药剂并驾齐驱，具有同等的重要性。

第四章《激光对组织和器官的作用》详细描述了从皮肤到肿瘤的种种实验研究，用以说明临床试用前动物实验研究的重要性。在激光临床应用的适应症和禁忌症(尤其是后者)还远远没有摸清的今天，动物实验研究的必要性和重要性就显得更为突出。

第七、八章描述激光外科和二氧化碳激光器的临床应用。二氧化碳激光器在普通外科和成形外科的应用如此广泛，以致相应的国际组织正在筹建中。筹建人之一是 I. Kaplan，即第八章的编者，世界著名的激光外科专家，有丰富的临床经验，他写的是经验之谈。

其他如细胞分选技术（第六章）、牙科全息（第九章）和激光微探针定量分析（第五章）都是很有参考价值、很有发展前途的技术。

由于外文、专业知识的限制，译文难免有不妥甚至误译之处，恳切希望读者批评指正。

刘普和

1982 年 2 月

第二卷 序言

自从卷一出版以来，各类激光器的应用日新月异。其发展之快，连最富于想象的人也难以想象。当然，主要成就还是在于激光器本身：发现新波长、增大功率、缩短和加宽脉冲宽度，以及最重要的是提高稳定性。在最初阶段，人们想到的是激光器能解决什么问题，全息图的产生是一个问题，但其解决似乎要用到大量的激光器。加之这种提法本身也有困难，因为也存在着全息图能解决什么问题的问题。但是目前这些都已成为过去的历史了。激光器在当前的舞台上扮演着众多的角色，如在工业上用于生产线；在各级教育上用作教学工具；在商业应用上使群众普遍受到激光装置的影响，商业试用已开始，如超级市场用以激光器为主要部件的检查装置，激光器这项商业应用一开始，其他类似的许多应用肯定会跟着搞起来。

然而，激光应用的重点从研究转移到发展和生产是相对的而不是绝对的。激光在研究上的应用不但没有减弱，而且是同样快地发展着。但在这一方面也看到类似的倾向。卷一几乎全是把激光器当作特定领域的研究工具来进行评述的。本卷虽然没有忽略这类研究，但其中许多材料已接近工业应用，或者至少接近群众的应用。

Monahan 所评述的细胞分选技术目前是用于研究的仪器，但不难看出不要几年这种技术就可用于制造疫苗的工业过程，或者用作人工授精的性别决定因素，甚至最终用于治疗癌症。在激光应用从实验室转移到社会的同时，适宜的是也

把我们关于激光安全的讨论从危害分析和建立激光损害的模型转移到公众安全标准的基础上，特别是转移到全美标准协会最近公布的（1973 年 10 月）激光安全标准上（ANSI Z-136)。这是一个意见一致的标准，也是美国政府工业卫生专家会议提出的类似文件的基础。由于 D. Sliney 和我都参加了 ANSI Z-136 标准的制订，我们认为对 ANSI 文件的制订所依据的数据和基本原理，在这里进行深入的讨论是适宜的。

本卷某些评述是使卷一的材料现代化，其他是新选的论题，特别值得注意的是有关全息术的一章。本卷的诸作者以高质量的研究和关键性地处理他们研究领域的问题而称著，他们的目标是对各自的领域作一总的分析并着重讨论他们认为重要的问题，一个主要的任务是突出尚未解决的问题以及现有数据和理论不一致的地方。没有一篇评述试图对该领域的文献提出一个详尽的目录。各章之间在内容上难免有重复，特别是评述激光外科的那两章。但这两位作者在处理激光器，甚至在处理时所采取的途径根本不一样：一个主要关心仪器的初期发展，而另一个关心的是可以称之为光刀"第二代"。关于全息术的两篇评述，有许多材料是一样的，但在应用和概念上不同。我觉得二者都需要。激光技术的迅速发展使得有必要全面修订激光牙科的内容。初期的激光牙科研究为下述事实所限制，即牙冠表面很难吸收红宝石激光能量。但在卷一尚未出版前，出现了脉冲二氧化碳激光器，结果，在低得多的能量密度下，就能得到有效得多的效应。最近随着钕玻璃激光器的发展，对有适当涂料的牙冠，其作用出现了新颖而引人注目的变化。激光器的预期进展、柔软光导的使用、激光熔化牙科陶瓷、牙科激光焊接等等使人认为激光器对牙科学的重要影响将日益增加。

M. L. 沃尔巴什特，1974

第三卷 序言

本套卷一、卷二的内容差不多全是美国作者对美国工作的评述，本卷的许多内容象征着在这方面有所转变。鉴于科学无国界，以及世界两个不同地区大批研究同一领域的工作者互不通气是稀有的事，何况自这套书编纂以来，在俄国已发表许多论文，但几乎不为外界所知，因这些有创见的报道大部分没有被翻译过来。为了这个原因，本卷对俄国激光在医学和生物学中的应用的整个领域作了全面深入的评述。虽然评述者，Gamaleya 博士，并未直接从事其中的许多应用，但他对激光在这方面的应用是充分了解的，并且在收集资料上得到他的同事们的大力协助。他的评述只限于俄国的研究，但这并不意味着他不了解西方的进展，而是宁愿只报道俄国的资料或确证早期工作的资料。俄国的某些进展是相当新颖的，肯定会启发细心的读者对旧数据作新解释，甚至可能开辟新的研究途径。

就高强度、单色激光和生物物质相互作用而提出的机制越来越复杂，在积累了更多资料之后，可以说，任何一个模型只适用于一个特定作用时间和波长的领域。Cleary 博士详细分析的就是这样一个适用有限的模型。

激光器在牙科已几乎达到临床应用的阶段。不难想像，全息技术不久将使牙矫正器不仅适于口和牙的静态位置，而且将具有恰当的形状和足够的强度（在正确方向上），使之受得住咀嚼和咬吃之类动作时的正常胁强，甚至可能受得住咬

碎冰块时的不正常胁强。在瑞典，这种方法在 Wedendal 博士指导下已实际用于实验室，他们详尽地描述了这项技术及其结果，充分表明在不久的将来将会得到广泛的临床应用。

二氧化碳激光器在普通外科和成形外科的应用如此广泛，以致相应国际组织正在筹建中。但这种技术在眼科学、耳科学、心病学之类的专门外科学中的应用就拖后了。Wilpizeski 博士详细报道了他自己怎样在耳科试行激光外科手术，还提出激光在耳科学的非外科应用的现状。这些应用中大部分是属于研究方面的，因为激光器提供了一项新技术以探索听觉系统迄今尚未解决的机械-生理的相互关系。但到目前为止，激光在耳科临床上的应用似乎很有限。

尽管有许多文献、专利（批准的和未决的）提到激光器多种多样的应用，但人们始终觉得激光在医学和生物学的应用还处在早期阶段。例如，一个激光点很容易为人眼认出来，即或它和周围同强度、同波长的非激光混在一起也可认出来。这种激光特征可以说是斑纹图样。到目前为止，还没有一样光学探测器用上激光的这种特征。有些东西用肉眼容易辨别，而用机器却难以做到，即使能做到也极少。可能在将来，一种辨认激光的装置将开辟一种新颖的激动人心的研究领域。

光学研究和应用的各个领域都受到激光的刺激。实际上，一些现在通用的光学应用最初之所以被注意，是因为激光具有许多合意的光学特性，外加激光象固有的高亮度。但是，其他高强度的光源也可以有这些应用，并常常是同样容易，尽管它们在时间上和空间上都不是相干的。实际上，将来对于任何特殊激光的应用，一个非常重要的研究方面是寻找能代替激光的光源，使得危害小些，费用少些，可靠性和效率高些。在这个对能源敏感的世界上，仅仅效率这一项就足够证明寻

找替代光源是正确的，因为激光器把电变为光时浪费惊人。所以，在目前，我们可以说激光器的一项重要应用是指明它们怎样可以被替代。

M. L. 沃尔巴什特，1977

目　录

第一章　由热脉冲产生的生物损伤 …… 1

1. 引言 …… 1
2. 温度分布的计算 …… 3
3. 化学反应速率方程 …… 11
4. 温升的生物效应 …… 14

第二章　激光脉冲和生物物质中声瞬变的产生 …… 18

1. 引言 …… 18
2. 关于产生声瞬变的理论 …… 22
   - 2.1 蒸发 …… 23
   - 2.2 声瞬变 …… 27
   - 2.3 产生声瞬变的效率 …… 34
   - 2.4 传播现象 …… 34
   - 2.5 非线性传播 …… 37
3. 实验研究 …… 39
   - 3.1 测量技术 …… 40
   - 3.2 模型系统的实验结果 …… 41
4. 激光引起的压强瞬变的生物效应 …… 45
   - 4.1 对组织和器官的作用 …… 45
   - 4.2 对视网膜的作用 …… 48
   - 4.3 对病毒的作用 …… 55
5. 摘要和结论 …… 61

第三章　激光的生物刺激作用和生物作用机制 …… 66

1. 激光的生物刺激作用 …… 66
   - 1.1 激光生物作用机制简述 …… 67

1.2 氦-氖激光对烧伤、创伤和溃疡的作用 …… 68
1.3 氦-氖激光对炎症的作用 …… 72
1.4 氦-氖激光对高血压的作用 …… 76
1.5 氦-氖激光对支气管哮喘的作用 …… 76
2. 激光的生物作用机制 …… 77
2.1 弹性波和冲击效应 …… 78
2.2 双光子吸收 …… 85
2.3 自由基 …… 86
2.4 生物物质特征和效应的关系 …… 88
2.5 激光生物刺激作用的理论 …… 90
3. 结论 …… 93
第四章 激光对组织和器官的作用 …… 98
1. 激光对皮肤和皮下结缔组织的损伤 …… 98
2. 激光对腹内脏器和小骨盆的损伤 …… 106
3. 激光对心和肺的作用 …… 116
4. 激光对神经系统的作用 …… 117
5. 激光对骨骼的作用 …… 120
6. 激光对口腔内的牙齿和软组织的作用 …… 126
7. 激光对耳甲、喉和气管的作用 …… 130
8. 激光引起的血液变化 …… 131
9. 激光对肿瘤的作用 …… 132
第五章 激光微探针定量分析 …… 147
1. 引言 …… 147
2. 检测仪表 …… 147
2.1 激光器头 …… 148
2.2 显微镜头 …… 150
2.3 发射摄谱仪 …… 151
2.4 质谱仪 …… 155
2.5 原子吸收法 …… 156

3. 标准化 …… 157
4. 标本的制备 …… 158
5. 应用 …… 159
5.1 应用于法医学和毒理学 ……159
5.2 应用于组织 ……160
5.3 应用于牙齿、骨和皮肤 ……161
5.4 应用于体液 ……162
5.5 应用于植物 ……162
5.6 应用于非哺乳动物的生物学 ……162
6. 灵敏度……162
7. 激光微探针与其它探针的比较……163
8. 结论……163
第六章 激光流动显微光度计用于单个哺乳类细胞的快速分析和分选 ……167
1. 引言……167
2. 流动显微光度计……168
2.1 简述 ……168
2.2 片流室 ……169
2.3 入射光束光学 ……171
2.4 光收集系统 ……172
2.5 讯号的电子处理 ……174
3. 流动显微荧光测定技术(FMF)……178
3.1 FMF II 型 ……178
3.2 光束光学 ……179
3.3 讯号处理 ……180
3.4 结果 ……180
3.5 分辨 ……182
4. 流动显微荧光测量仪 II 型的生物学应用……184
4.1 生命周期分析和相对的 DNA 定量 ……184

4.2 化疗因子的效应 ……190
4.3 细胞表面结构研究 ……191
4.4 荧光标记的抗原-抗体测量 ……191
5. 用于流动显微荧光分析的细胞样品的制备……192
5.1 细胞的分散和固定 ……192
5.2 DNA 染色过程……193
5.3 蛋白质染色 ……194
6. 多参数细胞分析和分选……196
6.1 多参数细胞分选器 (MPS-1) 的描述 ……198
6.2 电子的细胞检测 ……200
6.3 荧光探测 ……201
6.4 光散射 ……203
6.5 多参数讯号处理 ……203
6.6 多参数分析和分选的应用 ……206
6.7 肿瘤细胞的识别和分离 ……208
6.8 白细胞分类 ……210
7. 光散射……213
7.1 哺乳动物细胞的模型 ……214
7.2 有关精确电磁理论的考虑 ……215
7.3 对悬浮液中哺乳动物活细胞的实验性检验 ……216
7.4 流动显微光度学测量 ……218
8. 未来的应用……220
8.1 仪器使用 ……221
8.2 生物学应用 ……222
第七章 激光外科学 ……229
1. 引言……229
1.1 评述范围 ……229
1.2 激光的特性 ……230
1.3 辐射和组织的相互作用 ……237
2. 激光外科的历程和对它的评论……239

2.1 脉冲型红宝石激光和钕玻璃激光外科 ……239
2.2 二氧化碳激光的实验外科 ……242
3. 二氧化碳激光外科……245
3.1 仪器 ……245
3.2 外科应用——临床和实验两方面 ……256
4. 其他激光器的外科应用……275
4.1 红宝石激光器 ……275
4.2 氩离子激光器 ……276
4.3 掺钕钇铝石榴石激光器 (Nd: YAG) ……277
5. 激光外科的未来……278
6. 摘要和结束语……279
第八章 临床外科用二氧化碳激光机 ……286
1. 引言……286
1.1 皮肤愈合 ……288
1.2 植皮 ……289
1.3 止血效应 ……289
1.4 术后疼痛 ……290
2. 观察二氧化碳激光对某些临床病例的适用性……290
2.1 烧伤 ……290
2.2 乳腺病 ……291
2.3 血管瘤 ……291
2.4 子宫颈糜烂 ……291
2.5 痔疮 ……292
2.6 恶性肿瘤 ……292
2.7 直肠癌 ……293
3. 一种新型二氧化碳外科激光机的设计和研制……293
3.1 激光器和光具座 ……293
3.2 关节臂和平衡系统 ……294
3.3 操纵器 ……295
3.4 安全措施 ……295

3.5 整机的灵活性和机械结构的紧凑性 ……297
3.6 遥控 ……297
3.7 外科手术的专用附件 ……297
3.8 结论 ……297
第九章 牙科全息术 ……300
1. 引言……300
1.1 全息干涉量度术 ……301
1.2 三维象记录与再现 ……301
1.3 记录材料 ……304
2. 全息干涉量度术方法……305
2.1 恒值线 ……305
2.2 位移测量 ……306
2.3 振动测量——时间-平均全息术 ……308
2.4 全息原理的简单数学描述 ……308
2.5 全息图的解释与计算 ……310
3. 采用连续激光器的实验装置的全息干涉量度术……313
3.1 氦-氖激光器的工作原理 ……313
3.2 技术数据 ……314
3.3 牙科材料的研究 ……315
3.4 镶牙器械的研究 ……316
3.5 供测量用的两种激光技术的配合 ……321
3.6 牙科植入物的研究 ……327
3.7 人的硬组织的研究 ……329
4. 利用脉冲激光系统的活体全息干涉量度术……330
4.1 人牙活动时的动力学 ……330
4.2 测量方法的改进 ……337
4.3 模拟实验 ……341
4.4 临床实验 ……344
5. 临床应用……348
5.1 活体实验条件的某些方面 ……350

5.2 对全息图计值和解释的意见 ……354
5.3 计值法的误差 ……360
6. 综合见解……361
6.1 对将来的推测 ……361
6.2 目前使用方法的局限性 ……365