激光在医学和生物学中的应用

〔美〕M. L. 沃尔巴什特 编

科学出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

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 译

科 学 出 版 社

1975

内 容 简 介

本书系根据《激光在医学和生物学中的应用》第一卷译出，是一本入门的基础读物。内容从基本原理出发，结合实际，综述了最近国外有关激光在医学和生物学中的应用，主要是在细胞、组织、牙科、眼科等方面的应用。可供医学、生物学工作者参考。

M. L. Wolbarsht

LASER APPLICATIONS IN MEDICINE AND BIOLOGY

Plenum Press

1971

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 译

*

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

*

1975 年 8 月第 一 版　开本：787×1092　1/32

1975 年 8 月第一次印刷　印张：10 1/2

印数：0001—13,400　字数：234,000

统一书号：13031·341

本社书号：520·13—10

定价：1.10 元

译者的话

激光是60年代兴起的新技术，在生物学和医学中日益得到广泛的应用。本书系根据《激光在医学和生物学中的应用》第一卷译出，内容从基本原理谈起，结合实际，综述了目前国外有关激光在生物学和医学应用上比较有成效的研究。如用激光焊接视网膜脱落及其眼病；在显微镜的配合下，用激光进行细胞、分子水平的手术；在常规方法配合下，用激光治疗肿瘤；以及用激光汽化龋齿，等等。

本书提出在应用激光时要监视输出能量或功率，还要注意激光防护，这些意见是值得我们认真对待的。

本书关于防护的内容过多，有时讲激光危害过份了一些；其实只要充分认识了激光的性质，就能无害地利用它。还有些地方为资产阶级学术权威和厂商吹嘘、捧场。我们遵照伟大领袖毛主席关于“**洋为中用**”以及“**排泄其糟粕，吸收其精华**”的教导，作了一些删节。

由于外文、专业知识的限制，又由于毛泽东思想学习的不够好，所以译文不免有错误，恳切希望读者批评指正。

前　言

物理基础的每一进展，如果在实际上有什么应用，那么最早应用它的就有生物学和医学。令人十分惊奇的是，甚至象摩斯包尔（Mössbauer）效应和X光这种看来不能有什么应用的现象，在发现它们不久之后，就在生物学和医学中得到充分而有系统的应用。激光器的发明也不例外。尽管爱因斯坦在1917年已确立激光器的理论基础，但那时还未找到适于制造激光器的材料和技术。激光器的出现使与光学有关的一切部门都再次活跃起来。它给教师和实验人员一个"拟点"光源。它使大量理论上的实验成为实际可行；激光的高度单色性和相干性，加上它能达到的大功率级，大大地增加了它在这方面的作用。激光在工业上的应用极其广泛，从用于给婴儿橡皮奶头打孔，到用于测绘仪器，利用这种仪器测量月球到地球的距离，能准确到几呎以内。

关于激光在医学和生物学中的应用，某研究机构曾多次举行不拘形式的集会。本书就是在这些会议中所进行讨论的产物，但它决不是一本论文集。

关于激光目前在医学和生物学诸领域中的应用，作者们在评述每一专题时都致力于提供详尽情况，但这只是他们工作的一部分。作者们在评述每一专题时，还展望了该领域的前景。

读者应记住：激光研究才刚刚从"狂热"状态中清醒过来，某些"浮夸"实验还在进行，特别是在医学应用中。因此，对于激光束和生物物质相互作用所获得的数据应该慎重

需要全本请访问 www.ertongbook.com

对待。

本书所挑选的作者们最早把对照实验和定量方法引入这一领域，在激光用于医学和生物学从魔术向科学转变的进程中，他们始终站在最前列。本书材料的挑选标准，首先是作者研究工作的质量，其次是他的写作能力。当我和作者们有不同意见时，我总是鼓励他们更明确地指出我错在什么地方，如果他们能够的话。我认为，读者更感兴趣的是想知道，高级研究人员所认为的问题是什么，而不是他们对别人工作的了解程度。当然，对读者来说，最好的评述是：简介专题，指出现状，展望前景，这也就是我们评述时的准则。

我们尽量避免各章之间的重复，当然，这是不可能的。如果出现重复的话，一般是由于作者们对问题的观点不同和结论不同。对于一个在许多问题上还远远没有定论的领域，这样做是适宜的。本书并不是详尽无遗的，激光在医学和生物学中的应用和滥用比书中提到的要多得多。在本书未提到的其他方面所累积的知识，当科学性多于艺术性时，将在随后的分册中评述。

在许多情况下，激光会是危险的。所以，当人们和激光器在同一环境中时，采取适当的安全措施是完全必要的。即使如此，有些读者还是感到奇怪，为什么本书用这么多篇幅讨论激光安全问题，篇幅多或许更多地和从事安全研究的人员的背景有关。安全问题本来是卫生物理学的问题。可是，本书讨论该问题时，是致力于正确鉴定引起损伤的机制，这对眼特别是如此，何况它又是主要危险所在。关于日光视网膜炎和日蚀盲，在古希腊罗马时代就知道，它们会影响和降低视力。例如，柏拉图记述其原因是：直视太阳。其预防办法是：从水或晶体的反光中看太阳。尽管日光视网膜炎可用视网膜受到热的伤害来说明，但激光在性质上不同于日光，由激光引

起的类似的视网膜炎，是否能用同一机制来说明，是可疑的。这一机制用于说明持续时间很短的脉冲激光（如锁模或模选择时所发生的激光）所引起的伤害，就更成问题。因而在处理这一专题时，是寻求共同点，而把不同意见暂时放在一边。

M. L. 沃尔巴什特

1971年

目　录

第一章　生物学中能用到的激光特征……（1）

1．绪言 ……（1）

2．激光器输出的特征 ……（2）

2·1　能量……（2）

2·2　激光器输出的瞬时分布……（3）

2·3　相干性和模……（6）

2·4　强度的角分布……（9）

2·5　光谱分布……（10）

2·6　偏振……（11）

2·7　激光器装置的尺寸……（12）

2·8　实验参数……（12）

3．激光在生物学和医学中的应用 ……（13）

3·1　大能量的应用……（13）

3·2　相干性的应用……（15）

3·3　单色性的应用……（17）

3·4　大功率密度的应用……（18）

第二章　激光器的定标——必要性和技术 ……（23）

1．绪言 ……（23）

2．对活组织的量度 ……（23）

3．对激光器参量的量度 ……（24）

3·1　一般讨论……（24）

3·2　能量和功率的量度……（25）

4. 与能量量度特例有关的问题……(28)
4·1 绪言……(28)
4·2 一种激光能量监视器……(28)
4·3 系统误差的一个特殊情况……(31)
5. 脉冲监视……(35)
5·1 必须监视……(35)
5·2 监视方法……(36)
5·3 标准器……(37)
第三章 激光对正常组织和肿瘤组织的作用……(40)
1. 绪言……(40)
2. 激光对正常组织和肿瘤组织的作用……(41)
2·1 大能量……(42)
2·2 大功率……(43)
2·3 气体激光器……(46)
3. 破坏细胞所必需的能量级……(47)
4. 辅助物的作用……(49)
4·1 X光……(50)
4·2 治癌的化学药物……(50)
5. 激光处理时的有害反应……(52)
5·1 自由基……(52)
5·2 压强……(53)
5·3 溅起……(53)
5·4 温度……(56)
6. 在组织上的发现……(57)
6·1 肝制备……(57)
6·2 正常肝的检查……(58)
6·3 对肝中Vx2癌的处理……(61)
6·4 肿瘤检查……(61)
6·5 热效应……(62)

7. 目前的研究……(64)
8. 激光器的前途……(68)
第四章 激光在细胞生物学中的应用……(75)
1. 绪言 ……(75)
2. 对高分子的研究 ……(76)
2·1 氨基酸……(76)
2·2 蛋白质……(77)
2·3 核酸……(79)
3。对细胞器的研究 ……(81)
3·1 细胞壁……(81)
3·2 细胞核……(82)
3·3 细胞质……(83)
3·4 线粒体……(85)
3·5 叶绿体……(86)
4. 对代谢的研究……(86)
4·1 呼吸……(86)
4·2 光合作用……(88)
5. 对延续和发育的研究 ……(89)
5·1 细胞分裂……(89)
5·2 细胞生长……(93)
5·3 细胞分化……(93)
6. 结论 ……(96)
补遗 ……(97)
第五章 牙科和激光器……(106)
1. 绪言 ……(106)
1·1 牙体结构的解剖概要……(106)
1·2 牙病……(108)

2. 早期研究 ……(108)
3. 目前的研究 ……(112)
3·1 硬组织 ……(112)
3·2 软组织 ……(130)
4. 可能的应用 ……(138)
5. 小结 ……(139)
第六章 眼的激光损伤 ……(143)
1. 绪言 ……(143)
2. 辐射和物质的相互作用 ……(144)
2·1 在弱辐射级时的相互作用 ……(144)
2·2 在强辐射级时的相互作用 ……(147)
2·3 光对生物系统的效应 ……(147)
3. 激光对生物系统的效应 ……(148)
3·1 一般介绍 ……(148)
3·2 光化过程 ……(149)
3·3 热过程 ……(150)
3·4 声和非线性的效应 ……(153)
3·5 眼的激光损伤 ……(154)
4. 眼损伤的模型 ……(155)
4·1 引言 ……(155)
4·2 由二氧化碳激光器造成的角膜损伤 ……(158)
4·3 由激光器造成的视网膜损伤 ……(161)
5. 摘要和结论 ……(174)
附录——热流问题 ……(176)
第七章 激光安全判据的发展——生物因素 ……(186)
1. 绪言 ……(186)
1·1 危害判据的基础——潜在的眼损伤 ……(187)

需要全本请访问 www.ertongbook.com

1·2 眼损伤阈——物理因素……(188)
1·3 物理学名词……(189)
1·4 数学关系式……(190)
2. 为卫生和安全确立安全曝光水平 ……(194)
2·1 背景介绍……(194)
2·2 两例曝露水平……(195)
3. 激光安全水平……(196)
3·1 概论……(196)
3·2 所推荐的激光安全水平的现况……(197)
3·3 眼曝光水平的生物基础……(201)
4. 损伤几率、激光安全水平适用性、事故实例……(201)
4·1 一般介绍……(201)
4·2 空间因素……(201)
4·3 正常眼调节因素……(203)
4·4 眼取向因素……(204)
4·5 事故实例……(204)
4·6 小结……(205)
5. 瞳孔大小 ……(205)
6. 光谱因素 ……(207)
7. 网膜象的大小……(209)
8. 网膜损伤的生物论据 ……(213)
8·1 由非激光源所造成的网膜烧伤的早期研究……(213)
8·2 日光网膜炎的定量方面……(214)
8·3 日光网膜炎的定性方面……(214)
8·4 核弹爆炸时的火球……(216)
8·5 大强度的弧光和白炽灯……(217)
8·6 关于激光对眼的作用的研究……(217)
8·7 解释网膜象大小对网膜损伤阈的影响……(229)

8·8 损伤机制的理论和数学模型……(230)
9. 紫外和远红外辐射的作用……(233)
9·1 紫外线……(234)
9·2 远红外线……(236)
10. 皮肤……(237)
11. 安全水平一览……(238)
11·1 对今后的要求……(238)
11·2 漫射体的安全水平……(239)
11·3 重复脉冲激光器……(341)
12. 对激光危害的控制——实际上必须考虑的事项……(241)
补遗……(246)
第八章 眼科中的激光……(282)
1. 绪言……(282)
2. 用光凝结治眼病……(282)
3. 试用激光……(285)
4. 激光凝结器……(286)
5. 激光凝结技术……(287)
6. 黄斑病……(289)
6·1 荧光素网膜血管照相术的应用……(289)
6·2 激光凝结治黄斑病……(290)
6·3 关于激光凝结治某些黄斑病的有效性的结论……(293)
7. 糖尿病性视网膜病变……(294)
8. 激光工作者的检眼记录……(296)
第九章 激光能量对生物组织作用的病变机制模型……(300)
1. 绪言……(300)

2. 模型的性质……(301)
3. 模型的类型……(302)
4. 用模型说明病理变化……(304)
4·1 物理效应……(304)
4·2 生物效应……(305)
4·3 把皮肤当作模型系统……(306)
4·4 阈的概念……(306)
4·5 生物放大……(307)
4·6 物理放大……(308)
4·7 功能损伤和眼……(309)
4·8 和网膜损伤有关的模型与病变的关联……(310)
5. 仔细探讨网膜损伤的一种简单热学模型……(314)
5·1 用热学模型说明阈损害的病理变化……(315)
5·2 热学模型的物理结论……(316)
6. 结论……(320)

第一章　生物学中能用到的激光特征

E. Zeitler 和 M. L. Wolbarsht

1. 绪　　言

让我们从美国报纸 1964 年 10 月 28 日的一篇报道开始：

“一个能量大到能切断钢铁的激光器也许能破坏癌细胞。关于激光器作为一种反癌武器的有效性，P. E. McGuff 和 D. Prushnell 在旧金山美国外科学院举行的一次会议上，联合提出了一篇论文报告。

他们报道：几百个人类的癌被移植到大鼠身上，并用激光束的照射加以破坏。但是，他们认为：实验还没有进展到能作出肯定的结论。激光器是通过会聚光束（而不是发散光束）来产生力量的。”

这类狂热是每种新花样在初期必具的特征。到现在狂热已让位于清醒，从钢铁外推到癌细胞不再是令人信服的了。激光器的魅力消失了。对于生物工作者，这个了不起的装置变成了一个光源，一盏公认具有非常特色的灯，但毕竟是一盏灯。

在医学和生物学中，光，更一般地说，电磁谱各段的辐射，一向被作为一种分析和治疗的手段。这种新光源所专有的特点将要确定：哪些现有技术可以简化或改进，哪些至今只是理论上（而实际行不通）的步骤，将因采用激光器而变为

实际可行。

描述光源特性的办法有二，其一是“微观的”，用来描述在原子水平所发生的物理过程，光源的输出是内部变化的总效果。其二是“宏观的”，这办法从一开始就把光源输出当作事实，并只和它打交道。只有从第一种办法才能理解受激辐射的光放大。自 Maimann 1960 年制成第一台红宝石激光器以来，在这方面出版过许多专题论文（如 Lengyel, 1962; Birnbaum, 1964）。这些书对物理学家和激光器的设计人员是颇有兴趣的，而生物学家作为激光器的使用者对这样的书的兴趣就要小得多。关于激光器的基本原理，A.L.Schawlow(1962)写过一篇通俗易懂的文章，载于“美国科学”杂志。

当激光器作光源用时，就只有输出特性是重要的，因此本章打算只处理其宏观特性，而光源的概念是充分概括的，例如，一盏灯和一个单色器应认为是一个整体。

2. 激光器输出的特征

2·1 能量

任一激光器的输出能量都和其激活物质的体积成正比。有关原子（离子）的典型浓度在固体中是 10^{19}/厘米^3，在气体中是 3×10^{16}/厘米^3 到 10^{18}/厘米^3。激光器的输出和输入不成正比，输入必须超过阈值，激光器才能起作用，但过此之后，看来输出和输入有直线关系(Koozekanani, 1962)。

在正常工作条件下，用于激励固体激光器的闪光灯的输出是 250 焦耳/厘米^3。闪光的光谱成分以及它和激光器的偶合确定了激光器中的激活物质或基质吸收能量的多少。其

次，会聚于激活原子的能量实际上只有一部分转化为激光能量。再扣除激光器工作时的损耗，才是激光器的输出。而损耗的多少主要决定于激活体积的几何形状（棒形）。激光输出和激励输入的比值叫效率。红宝石（Al_2O_3基质中掺Cr^{3+}离子）在室温时的效率约0.8%。温度低一些，效率会高一些。钕激光器玻璃基质中掺Na^{3+}离子）的效率高些，约2%。当激光棒的温度在 $-200°C$到$+200°C$范围之内时，其效率和温度无关，因激光器的基级和终端能级的差别大到4电子伏特左右。

一般用的固体激光器，其能量输出为1—10焦耳（瓦特·秒）。配合适当的输入，输出为几百焦耳的固体激光器在市面上已有供应，有些激光器商品甚至标出千焦耳级的输出。也就是说现有几焦耳到几千焦耳能量输出的固体激光器供我们自由选用。

某些气体激光器的效率比固体的低二个数量级。因这类激光器是连续发光，其输出不用能量而用功率表示，常用焦耳/秒或瓦特表示。其总能量输出随曝光时间而变。市售气体激光器的功率等级，从氦-氖激光器的十分之几毫瓦一直高到二氧化碳激光器的75瓦。5瓦氩激光器和2瓦氪激光器也有出售。但应注意，激励这些大功率的激光器需要25千瓦的输入。

如果对所用辐射的唯一要求是大能量，则可直接而更有效地使用原来的输入，而不必使用激光器。

2·2 激光器输出的瞬时分布

气体激光器只是在实验时才用光源抽运。正常的激励办法是用直流或高频电源连续驱动激光器，激光器输出的瞬时分布也同样是连续的，因而不必专门讨论。

需要全本请访问 www.ertongbook.com