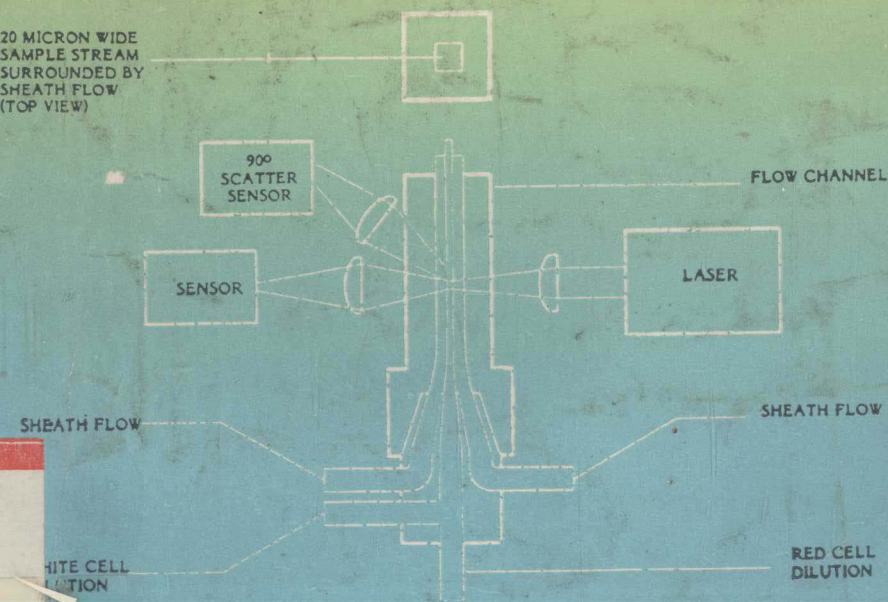


激光技术国家重点

激光治癌

陈五高 著



华中师范大学出版社

激光治癌

激光技术国家重点实验室资助

陈五高 编著

华中师范大学出版社

内容简介

本书分四章:第一章从激光和癌等基本知识,概述激光治癌基础;第二章从宏观到微观,由定性到定量系统阐述激光治癌原理;第三章介绍激光诊断癌症的技术;第四章介绍国内外激光治癌方法、动态、发展趋势和前景及简述激光治癌的安全规则。本书可供医学院校、理工学院、高师院校有关专业的师生和研究生作为高新技术交叉学科的选修课和专业课的教材或教学参考书;也可供激光医务工作者、临床医生和从事激光医学研究的有关人员参考;亦可供关心治癌技术的读者阅读。

鄂新登字 11 号

激 光 治 癌

陈五高 编著

*

华中师范大学出版社出版发行

(武昌桂子山)

新华书店湖北发行所经销

华中师范大学桂子山印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 8.75 字数 197 千字

1993 年 4 月 第 1 版 1993 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 7-5622-0996-0/O·92

印数 1-1000 定价 4.50 元

本书如有印装质量问题可向承印厂调换

编写说明

癌症是全人类共同关心的问题。激光一问世,很快就用于治癌上,广大科技工作者经过近 30 年的奋斗,积累了许多宝贵的经验,取得了可喜的成果。在此基础上,作者试图从 临床经验出发,进行激光治癌理论的探索,以期有助于指导临床实践,达到提高疗效的目的。

本书是作者长期从事激光和激光治癌的教学和科研成果;是作者在本科生、医用物理助教进修班、无线电物理与无线电电子学学位课程进修班及研究生中系统讲授激光物理与激光技术、激光生物医学、激光医学原理、激光光谱学、激光治癌学等课程的基础上编著而成的。本书不但编进了作者数十篇学术论著的有关内容,而且收编了我国八十年代激光治癌方面的科学实验和基础理论研究成果及临床应用中的实例。我国激光治癌不但在治疗人数、病种和疗效方面居世界领先地位,而且在激光治癌的临床实践和理论研究方面也居国际先进行列,但系统论述激光治癌的专著,所见不多。因此,本书不仅是初步探索,更望起到抛砖引玉的作用。

本书初稿曾印成讲义,由全国激光医学专业委员会副主任委员、激光治癌临床实践专家梁永茂先生主审后并提出了宝贵意见,随后在华中师范大学和同济医科大学有关专业试用,并经修改而定稿的。

著名激光专家、激光技术国家重点实验室主任、博士生导师李再光教授在百忙中抽出时间为本书写了序,在此深表谢

意。

在本书编写过程中,得到华中师范大学科研处和出版社的大力支持,全部手稿由云呈华同志抄写,常青梅同志为本书绘制了底图,余汉香同志绘制了书中插图。在此一并致谢。

由于激光治癌是高新技术的交叉学科,许多问题尚待进一步探索,加之作者水平所限,难免存在错误和不足,诚望专家、读者批评指正。

著 者

1991年7月

序

激光技术是现代社会发展中的高技术之一。它在各个领域的广泛应用与自身的发展都异常迅速。医学领域中激光的应用更是日新月异,前途无量。其中激光治癌则是激光应用医学的重点,世界各国的不少学者和医生,正在努力从事于这方面的理论研究和临床实践。我国在激光临床医学方面成绩显著,所做病例之多在全世界名列前茅。陈五高同志很早就注意到了激光治癌的重要性,并开始系统研究这一问题,从1984年至今发表了数十篇有关的学术论文,紧紧跟踪国内外发展动态,收集整理了大量的科技资料,对医生们的临床观察治疗报告进行分析后,作了十分有益的理论探索工作,他根据热传导、电磁学和光动力学等物理学思想和生物分子化学结构基础,初步建立了一个激光治癌的宏观理论模型:把生物体非平衡态系统简化为一个有限准动态平衡的热力学系统,并且进行了一些推导计算,得出了对临床实践有一定参考价值的数据,还在激光对癌细胞基因的微观作用方面,在分子水平上进行了某些理论探讨,并提出一个智能激光癌症诊断仪方案,这对于癌症的治疗也是有意义的。陈五高同志能够长期积累大量资料,反复地严肃思考,认真推理计算,在获得了不少阶段成果的基础上,经过总结分析后,首先上升为一种当前少见的理论系统,的确是难能可贵的,也是对激光与医学交叉科学的一种贡献。本书可以作为医生进行激光治疗的参考书,也可供大专院校有关专业师生在教学中使用。

李再光

1992年10月

目 录

第一章 概述.....	1
§ 1.1 激光	1
§ 1.2 癌	6
§ 1.3 生物体的特性.....	20
第二章 激光治癌原理	27
§ 2.1 激光与癌物质的相互作用.....	27
§ 2.2 激光治癌的压力作用	41
§ 2.3 激光治癌的热作用	51
§ 2.4 激光治癌的电磁场作用	83
§ 2.5 激光治癌的光化作用	92
§ 2.6 激光治癌模型	107
§ 2.7 激光治癌理论	112
第三章 激光诊断癌症.....	116
§ 3.1 激光的光动力反应诊断癌症	119
§ 3.2 激光荧光诊断癌症	128
§ 3.3 激光喇曼光谱诊断癌症	139
§ 3.4 激光全息诊断癌症	144
§ 3.5 激光散斑诊断癌症	145
§ 3.6 激光多普勒测速诊断癌症	146
§ 3.7 激光流动式细胞光度计	147
§ 3.8 激光血液分析仪	149
§ 3.9 X 射线激光智能诊治癌症仪	157
第四章 激光治癌.....	162
§ 4.1 引言	162

§ 4.2	激光照射癌细胞的实验	168
§ 4.3	激光治癌剂量	175
§ 4.4	激光治癌	180
§ 4.5	中心汽化边缘热杀激光治癌	188
§ 4.6	激光光动力治癌	195
§ 4.7	激光外科手术治癌	210
§ 4.8	激光治癌动态	230
§ 4.9	激光治癌发展趋势及其前景	251
§ 4.10	激光治癌安全操作规则	259

第一章 概 述

§ 1.1 激 光

一、激 光

1960年7月,美国加利福尼亚州休斯研究所的梅曼,利用人造红宝石,实现了波长为 $0.6943\mu\text{m}$ 的红色光脉冲输出,命名为莱塞。

1961年9月,我国长春光学精密机械研究所自行设计研制成了球形谐振腔红宝石激光器。但是,对于激光的命名问题,在一段时期内并不统一,有一部分同志主张采用外来语,即称莱塞或莱泽;而另一部分同志则主张应根据激光器的特点来命名,如称“光量子放大器”、“光量子振荡器”、“受激光放大器”、“受激光发射器”等等。直到1964年,我国著名科学家钱学森同志提出建议,将其命名为“激光”。由于这一命名既简单又达意,故很快为大家共同采用。

二、激光的特点

激光具有普通光的一般特性,如光的反射、折射、吸收、绕射、干涉、偏振、光电子效应、波粒二象性等外,激光还具有如下特点:

(一) 方向性好

激光是方向性最好的光。例如,无线电波束发射到离地球大约 $38\times 10^4\text{km}$ 的月球上时,其波径达 $4\times 10^4\text{km}$;而激光束

照射 100m 几乎是平行光束,照射 300km~400km 时环径只有 30m,照射到月球上环径也只有 3.2km。

(二) 亮度高

一台较高水平的红宝石巨脉冲激光器,其亮度比高压脉冲氙灯的亮度高 37 亿倍,比太阳表面亮度高万亿倍(10^{10})。

(三) 单色性好

由于许多原因,光谱线在实际上总是有一定频率宽度 $\Delta\nu$ 或 $\Delta\lambda$,这就使得光谱线不是单一频率,即不是 $\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$ 。谱线宽度 $\Delta\nu$ 或 $\Delta\lambda$ 越窄,光的单色性就越好。一般用 $\Delta\nu/\nu$ 或 $\Delta\lambda/\lambda$ 来表示光的单色性。在普通光源中,氪-86(Kr-86)灯发出的波长 $\lambda = 0.6057\mu\text{m}$ 的光谱,是普通光源中光谱线宽度最窄的,其 $\Delta\lambda$ 约为 $4.7 \times 10^{-8}\mu\text{m}$,故在激光问世以前,它被认为是单色性最好的光源。但是,单模稳频氦-氖激光器发出的波长 $\lambda = 0.6328\mu\text{m}$ 激光,其谱线宽度为 $\Delta\lambda < 10^{-11}\mu\text{m}$ 。由此可见,激光单色性比普通光源单色性要好得多。

(四) 相干性好

当两列振动方向相同、频率相同、相位固定的单色波迭加后,光的强度在迭加区域不是均匀分布的,而是在一些地方有极大值,一些地方有极小值,这种在迭加区域出现的强度稳定的强弱分布的现象,称为光的干涉现象,即这两列光波迭加具有相干性。在普通光源中,各发光中心是自发辐射,彼此是互相独立的,基本是没有相位关系,因此,很难有恒定的相位差,也就不容易显出相干现象,或者说相干性很差。激光器发光是受激辐射占优势,加之谐振腔的作用,各发光中心是互相密切联系的,因此,可以在较长时间内有恒定的相位差,能形成稳定的干涉条纹,所以激光的相干性好。

三、激光器

产生激光的装置,叫做激光器。

要产生激光,首先必须利用激励能源,使工作物质内部的一种粒子,在某些能级间实现粒子数反转分布(上能级的粒子数大于下能级的粒子数),这是形成激光的必要条件。但这还不够,还必须使光在增益介质中来回一次所产生的增益,大于在这次来回中光的各种损耗(增益大于损耗)。这是形成激光的阈值条件,对于各种激光器来说,都必须满足这两个条件,才能形成激光。

(一) 医用激光器

名 称	波 长(μm)
CO ₂ 二氧化碳	10.6
Nd ³⁺ 掺玻璃	1.06
Nd:YAG	1.06
Er:YAG	2.94
HO:YAG	2.10
红宝石	0.6943
砷化镓	0.88
He-Ne 氦-氖	0.6328
He-Cd 氦-镉	0.4416
N ₂ 氮分子	0.3371
Cu 铜蒸汽	0.5106 0.5782
Kr ⁺ 氪离子	0.6471

续表

名 称	波 长(μm)
Ar ⁺ 氩离子	0.4880 0.5145
准分子	0.193~0.351
可调谐染料	0.12~11
自由电子	0.085~50
X 光	0.014~0.2

(二) 几种医用激光器的性能

1. CO₂ 激光器

CO₂ 激光器是目前连续输出功率最高的激光器,输出波长为 10.6 μm ,属于红外波段,是不可见的激光,发射角在 1~10 毫弧度,国内临床常用的输出功率为 20~80 W。

2. 红宝石激光器

红宝石激光器为脉冲式输出,波长为 0.6943 μm ,脉冲能量可达 500 焦耳,为红色可见光。

3. He-Ne 激光器

He-Ne 激光器能产生多种波长的激光束,主在有三个波段:0.6328 μm ,1.15 μm 和 3.39 μm ,其中,0.6328 μm 是可见光,最常用,输出功率为几毫瓦到上百毫瓦。虽然其输出功率较小,但单色性很好。

4. Ar⁺氩离子激光器

氩离子激光器是目前可见光范围内连续输出功率最强的激光器,输出光束包括多种波长,其中最强的是 0.488 μm 和 0.5145 μm ,输出光束发散角为 2 毫弧度,功率一般为 2~

20W。

5. 氮分子激光器

N_2 分子激光器发射波长为 $0.3371\mu m$ 的紫外脉冲光束, 脉冲峰值功率可达几兆瓦, 单脉冲输出能量为 $0.4\sim 4$ 毫焦耳。

6. Er:YAG 激光器

掺铒的 YAG 激光器, 输出波长为 $2.94\mu m$, 吸收系数接近水的吸收系数峰值 $1\times 10^4 cm^{-1}$ 。由于水能吸收大量热量, 温度上升不多, 故组织的热损伤小。

7. He-Cd 激光器

氦镉激光器是一种金属-蒸气离子激光器, 由镉离子产生激光, 氦为辅助气体。这种激光器输出波长主要是 $0.4416\mu m$ 和 $0.325\mu m$, 连续输出功率较高, 大约 50mW。

8. 可调谐染料激光器

可调谐染料激光器, 以染料为工作物质。可以应用的染料已达数百种, 如诺丹明 6G 等。溶剂多数用乙醇、苯类、丙酮, 也有用水、二甲苯及其他物质。调谐元件常用光栅、棱镜、标准具、双折射滤光片、分布反馈和电控调谐。染料能量转换效率很高, 可达数百毫瓦。常用的可调谐染料激光器有:

(1) 氮分子泵浦可调谐染料激光器, 脉冲输出, 加上倍频和参量元件后, 调谐范围可到 $0.17\sim 3\mu m$ 。

(2) 氩离子泵浦可调谐染料激光器, 连续输出, 调谐范围为 $0.4\sim 0.8\mu m$ 。

(3) YAG 激光泵浦可调谐染料激光器, 调谐范围为 $0.12\sim 11\mu m$, 最大输出能量为: 一次倍频(波长 $0.53\mu m$)的输出能量为 280 毫焦耳; 二次倍频(波长 $0.265\mu m$)的输出能量为 80 毫焦耳。

9. 自由电子激光器

1977年4月,美国斯坦福大学研制成功自由电子激光器,输出波长为 $3.4\mu\text{m}$,平均功率 0.36W ,脉冲峰值功率 7kW 。据理论计计算,自由电子激光器输出波长范围为 $0.085\sim 50\mu\text{m}$,且波长只由电子速度和磁场周期而定,输出能量可由电子束电流来控制。因此,自由电子激光器是一种大能量、高效率、连续可调、大功率输出的理想激光器,目前正在向短波方向发展。

10. X射线激光器

1981年2月23日,美国《航空周刊和空间技术》杂志报道,美国利弗莫尔实验室利用小型核爆炸,在内华达州地下核实验场实现了由核爆炸泵浦的X光激光器。其波长为 $0.014\mu\text{m}$,脉冲宽度为毫微秒数量级,输出脉冲峰值功率为几百兆瓦。1989年日本研制成软X射线台式激光器,可望在生物医学中得到广泛应用。

§ 1.2 癌

一、引言

癌症严重威胁着人类的生命。据最新资料显示,“所有人都具有致癌遗传因子”。这意味着每个人生来就有致癌的“种”,这个“种”平时能够自我约束,不会肇事,但如果活跃起来就会致癌。如胃的内部,由于新陈代谢激烈,其细胞急速生长,这些新生细胞大都以正常的状态繁殖,但偶尔也有些异常的细胞会盲目而疯狂地增殖,并发展成为肿瘤。

癌症被认为是“遗传因子”受伤引起的,而年纪越大,其“遗传因子”愈容易受伤,也越易得癌。因此,50岁是患癌的标志。

准年龄,50岁人的发病率是40岁的两倍,40岁是30岁的两倍。男性一过35岁,最迟40岁就要接受检查。女性在30岁患癌症的也很多,所以女性一到30岁,就要接受检查。

由于发生的部位和种类不同,癌的症伏可达100~200种。“癌症没有特定症状”,但其宏观状特征可归纳为两种:

“癌症就是肿瘤和出血”。癌肿瘤的突然崩溃就出血。因营养不足时,早先形成的癌细胞就会夭折、腐败、溃烂、出血。

新陈代谢调节结构若发生差错,细胞就不停地生长,直到膨胀成肿瘤,但长到某种程度,就会发出紧急禁令,不再增长,这是良性肿瘤和硬块,无危险。但若是癌细胞,调节机构起不了制止作用,细胞继续出现差错,不能新旧接替,而是新生多于死亡,无限地增殖,这就是癌症——恶性肿瘤。

癌症之所以会致命,主要是“快速增殖”的特性,人们称此为“转移”。活的癌细胞遇到营养供给不足而崩溃时,就随着血液循环,流到更好的居住场所。一旦找到新的住处,立即以几何级数急速增殖,扩占地盘。

癌症可分为容易产生快速增殖和不容易快速增殖两种,但早期一般都不会快速增殖。抗癌药物使用时,必须懂得何种药物适用于何种癌症的何种时期。

根治癌症,依赖手术、放射性、抗癌药物等各部门的配合而形成新的治疗体制。

一、癌症的症状及其诊断和治疗方法

1. 乳腺癌

(1) 症状:只要用手在乳房上能触摸到硬块,就是有乳腺癌的征候。女性的乳房特别发达,是女性激素所致。如发觉一边乳房有硬块,且手感到质地坚硬,与四周柔软部分界线欠分明,且欠移动的特征,这就有可能是乳腺癌。

(2) 部位：以乳头为圆心，一、二象限患癌率占 70%。

(3) 易患乳腺癌的人：

① 40 岁以上的女性；

② 未婚女性；

③ 妊娠少的已婚女性；

④ 只有一、二个小孩的女性；

⑤ 堕胎或未充分哺乳的女性。

(2) 诊断方法：

① 触诊；

② 乳房 X 光摄影法，“判读”X 光片的准确度高。

③ 超声波断层法；

④ 温度记录法：因癌部的温度（代谢高，血管增生）比正常组织高。

⑤ 活组织切片，病理检查。如乳头有分泌物，可用显微镜检查癌细胞。手术前，要进行切片检查。

(3) 治疗方法：

切除：因乳腺癌容易发展到腋下淋巴和淋巴结，因此，手术时，不仅要切除乳房，同时要切除腋下淋巴组织。

2. 皮肤癌

(1) 症状：

① 皮肤变黑，且渐渐扩张；

② 皮肤上形成黑色或淡褐色的扁平瘤状物；

③ 茧、鸡眼、痣等突然出血并溃烂或扩张；

④ 脚底形成黑色的痣。

(2) 诊断方法：

① 触摸；

② 拍片。

(3) 治疗方法:

- ① 药物治疗;
- ② 放射治疗;
- ③ 液氮超低温治疗;
- ④ 大范围的切除手术(包括有可能转移的淋巴组织)。

皮肤癌应尽量避免切片检查,因癌组织一旦被破坏,就可能扩散到全身。

3. 舌癌

(1) 症状:舌头糜烂并感觉刺痛,其症状与舌炎大体相同。所不同的是:患癌处变得粗糙,舌头边缘部位有硬块。

(2) 诊断方法:取样检查。

(3) 治疗方法:对于舌癌,若将舌头切除,必然会造成患者语言障碍。所以在一般情况下均以放射线治疗为主。目前常用的是通过镭针发射放射线攻击癌组织来进行治疗。若癌组织范围小,一般使用 4~5 根镭针就可以了;若癌组织范围较大,则须插入 10 根以上的镭针,使之上下左右包围所有的癌组织;若癌组织超过 2cm 以上,则必须对舌头进行切除,且同时要切除颈部四周的淋巴组织,以防止癌细胞转移、扩散到全身。

4. 喉头癌

(1) 症状:

- ① 声音沙哑,且长久不愈;
- ② 咳嗽;
- ③ 血痰。

一日吸烟支数乘以吸烟年龄,其乘数大于 600 者需特别注意。

(2) 诊断方法: