

# 激光生物学机理研究的回顾与展望

周美娟

(吉安师专物理系 吉安 343009)

**摘 要** 简单回顾激光生物学作用机理的基础研究的历史,介绍近年来该领域的最新进展及发展趋向,提出作者对发展激光生物医学基础研究的想法和意见。

**关键词** 激光生物学;激光;诊断;激光技术;生物组织

迄今,生物医学领域可以说是应用激光器和激光技术最多和最广泛的领域。激光生物医学是一门激光技术与生物学、医学等学科结合在一起的交叉科学,是本世纪80年代发展起来的新边缘科学。自从1960年5月美国科学家 T. H. Maiman 成功地研制出第一台激光器以来<sup>[1]</sup>,激光以其独特的性质(亮度高、方向性好、单色性好、相干性好等),在生物学和医学中迅速发展起来。由于大量不同特性的激光器与激光技术的涌现,激光正在促进和引导着生物医学的许多方面实现新的突破。但同时不能不注意到,这些临床实践只是在经验指导下进行的,还停留在感性认识阶段。因此,大力开展激光生物学作用机理这一基础研究尤感迫切。本文简单介绍了激光与生物组织作用机理研究的历史和现状,并展望了激光生物医学的应用前景,对我国今后发展此项研究工作提出了作者本人的一些看法。

## 1 激光生物学机理研究的回顾

激光的种类很多,每一种或几种激光只适用于一些特定的生物学领域。以医学为例,不管内科、外科、眼科、皮肤科,还是肺科、泌尿科、妇科、肿瘤科……,都可找到应用激光治疗或诊断的实例。激光与生物体的相互作用是非常复杂的,但从物理学的角度看,其相互作用的机理不外乎为力、热、光、电等几个方面。美国 M. L. 沃尔巴什特<sup>[2]</sup>、我国刘普和<sup>[3]</sup>、陈五高<sup>[4]</sup>等对这个问题作了较为系统的探讨,归纳起来,大致可从以下几个方面来讨论。

### 1.1 激光与生物体的热效应

在激光对生物体的诸多作用机制中,医疗上用得最多的是热作用。热作用的具体表现为生物组织的汽化、切开、热凝、热杀和热敷、热化反应和热致压强。激光热作用究竟表现为哪一种形式,在激光方面取决于激光的波长、模式、功率、照射时间、聚焦程度和靶面积,在生物组织方面则取决于其反射、折射、吸收、散射、密度、比热、热导率、热扩散系数、热传导系数、血管分布、血量、血速及诸层状结构。在细胞水平则取决于其分化程度、分裂速度和代谢状态等。

激光具有时间相干和空间相干的特点,它对有机体的热效应十分显著,而不同于一般的光热效应。它使有机体升温快、降温慢,是造成生物体损伤的主要机制之一。

在研究激光与生物体的热效应方面,多为定性的,但定量的也有一些。例如陈五高教授就

收稿日期:1996-03-25

提出了一种激光治癌模型,他基于癌细胞在 $41\sim 43\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时比正常细胞对热更敏感而被杀死这一事实,提出用针头插入球状肿瘤中心,将激光用光导纤维注入肿瘤,癌细胞因吸收激光能量而变热,由于热传导使整个肿瘤变热,选择合适的激光能量和照射时间,使其边缘温度升到 $43\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,这样,肿瘤边缘的癌细胞全部被热杀死,而中心被汽化,热杀死和汽化的残存物用抽吸法排出体外,达到治癌目的。

遗传学研究证明,激光可使生物体内温度骤然升高,从而诱发突变,其原因可从热力学作用规律来解释:热能运动在代谢过程中,基因中的原子就可能受到高能量的激发作用而改变位置,变成异构分子,因而引起突变。

### 1.2 激光与生物体的压力效应

生物系统吸收光能量时,会产生蒸发和机械波,出现蒸发现象时一定伴有机械波,但产生机械波时不一定有蒸发,因为当吸收的激光能量密度低于产生蒸发的阈值时,就只有机械波而没有蒸发,机械波的起因有光压、反冲压、体膨胀、内部汽化、电介质击穿和电致伸缩等,下面仅对辐射压力和冲击波压力作一简单介绍。

1) 辐射压力:激光聚焦后,会产生极大的功率密度,因而产生很大的辐射压力,如光功率密度为 $10^7\text{ W/m}^2$ 时,产生的辐射压力为 $3.4\times 10^5\text{ N/m}^2$ 。

2) 冲击波压力:由于聚焦激光在有机体组织中产生的局部瞬间热效应,造成组织的膨胀、汽化、变形,从而产生所谓的次生冲击波压力,不难设想,这种冲击波压力将使有机体发生形变,过大则可能导致有机体遭到破坏,甚至解体,因此正确地选择激光器的参数具有非常重要的意义。

### 1.3 激光与生物体的电磁效应

激光是一种高能电磁波,伴随着激光的强光必然产生一个强大的电磁场,例如当激光功率密度达到 $5\times 10^{14}\text{ W/m}^2$ 时,可产生 $4\times 10^5\text{ V/m}$ 的强电场,此时可使有机体物质的分子、原子离化和产生自由基等,这些变化足以引起生物体的热作用、辐射压强、电致伸缩、自陷获和自聚焦、受激布里渊散射和多光子效应、受激喇曼散射以及一些非线性效应过程的发生,这些过程能在生物组织中产生高温、高压和高场强,因而将在生物体内引起一些变化,这是一般光源无法引起的。

### 1.4 激光与生物体的光效应

激光与生物体的相互作用是以光效应为基础的,有机体吸收光子后发生分解和电解,然后伴随着荧光和磷光的发出或产生热,只有被吸收的那部分光,才可能对有机体发生作用,各种生物有机体由于形态、结构和化学成分不同,对不同波长的激光反应各不相同,为了获得准确的光效率,需要反复实验,才能确定其有效作用的光谱图,此外,激光对生物体的光化作用也研究很广泛,光化反应是指被吸收的光子在系统中诱发化学变化,按 Stark-Einstein 的量子定律,每个分子只吸收单色光的一个光子,亦即一个分子吸收一个光子后,就成为光化激活分子,这定律对中等强度的光是适用的,但不适用于强激光,被激活的分子,将参与某些化学反应,最终导致一定的生物变化,光化作用在临床诊断和治疗中有重要作用。

## 2 激光生物学机理研究展望

前面已对激光生物学机理研究作了简单的回顾,我们看到,从力、热、光、电磁等几方面考虑作用机制的问题是较为基础和较为粗犷的,要真正弄清激光与生物体的作用机理,还必须

作更为细致和深入的研究。

### 2.1 从理论上作更深入的研究

对激光与生物组织各种作用机制的深入了解是将激光应用于生物医学研究和临床实践的基础,它有助于对生物材料的加工处理和各种激光手术的施行。分子生物物理学和量子生物学的发展为在分子水平和用量子论方法分析激光与组织的作用机理提供了巨大的可能性。例如 Löwdin<sup>[5]</sup>曾提出了一个有趣的设想,即遗传缺陷、衰老和肿瘤的生长,可能是量子力学隧道效应的结果。目前,已有学者提出了用激光进行选择性和破坏 DNA 的氢键,即分子“剪裁”方案。如能实现“剪裁”方案,将 DNA 的两个螺旋分开,分开后的两个螺旋又能自我复制,但此时已改变遗传基因,遗传发生了突变,即产生了变异。由于生物组织结构的复杂性,在分子水平和量子力学水平上定量研究激光与生物组织的相互作用机制问题必须采取循序渐进的方法,在这方面还有大量的、艰巨的工作可做。

### 2.2 以激光技术作保证

要更深入和细致研究激光生物学作用机理,还必须采用先进的科学技术手段才行。在激光技术方面,已有多种仪器问世,例如激光荧光诊断仪、激光喇曼光谱诊断仪、激光全息诊断仪、激光多普勒测速仪、激光流动式细胞光度计、激光血液分析仪、激光 CT 显微镜、激光光谱分析仪、激光超短脉冲技术等。另外,有人正在研制所谓的“智能激光诊治癌症仪”<sup>[6]</sup>,研制者试图把激光、电脑和电视技术结合起来,提高临床诊断癌症的速度和准确度。

## 3 小结

本文对激光生物学机理研究作了简单的回顾,并就该领域今后的研究方向谈了作者的体会。

激光生物学的研究,当前正处于发展时期。无论在理论和实践研究中,都还有大量的工作可做,还需要我们的努力。有人预言21世纪将是生物学的世界。为此可以预见,在不久的将来,激光技术在生物分子和细胞的研究中应用更加普遍。激光技术将对人类的文明与进步作出更大的贡献。激光生物学研究具有广阔的前景。

### 参 考 文 献

- 1 Mainman T H. Laser in Medicine. Nature, 1960, 187: 493~495
- 2 沃尔巴什特 M L. 激光在医学和生物学中的应用. 刘普和等译. 北京: 科学出版社, 1983
- 3 刘普和, 刘国刚. 激光生物学作用机制. 北京: 科学出版社, 1989. 221~235
- 4 陈五高. 激光治癌. 武汉: 华中师范大学出版社, 1993. 27~112
- 5 许松林. 激光医学. 中华医学杂志, 1995, 75(12): 60~61
- 6 陈五高等. 智能激光癌症诊治仪的探讨. 应用激光, 1995, 15(6): 274~278

## Reviewing and Prospecting to the Study of Mechanism on Laser Biology

Zhou Meijuan

(Department of Physics, Jian Teachers College, Jian 343009)

**Abstract** In this paper, we have reviewed the past of the study of mechanism and introduced the making progress on laser biology. We also put forward to the point of view about developing the study of laser biomedicine.

**Key words** laser biology, laser treatment, laser technique and instrument, biological tissue

www.cnki.net