

## 激光作用于肌肉的部分偏振现象及探测

徐 新 张镇西 湛垦华

(西安交通大学生物医学工程研究所, 西安)

**摘要:** 本实验利用光强分布仪, 在He-Ne激光作用于肌肉产生衍射条纹的基础上, 观察到肌肉的部分偏振现象, 探测了肌肉的偏振度, 并从肌肉的组织结构进行了初步分析, 其主要原因是由肌肉中的肌纤维所造成。到目前为止, 我们还未见国内、外有这方面的具体报导。

### The laser polarization of muscle tissue and its detection

Xu Xin, Zhang Zhenxi, Zhan Kenhua

(Biomedical Engineering Institute, Xi'an Jiaotong University)

**Abstract:** The polarization phenomenon of muscle tissue is discovered and the polarity is measured on the basis of diffraction fringe by He-Ne laser action it, using a device of light intensity distribution. A preliminary analysis has been made from the structure and chemical composition of the muscle tissue. It is shown that the polarization is caused by the structure of muscle fibre.

国内外利用激光研究组织结构的透射、反射、折射的报导很多, 但未见对肌肉可产生部分偏振这一现象的报导。该现象对研究肌肉组织的结构有更深一步的了解, 所以我们对这一现象加以注意。本实验是在激光肌肉衍射条纹的基础上<sup>[1]</sup>, 对肌肉进行了进一步的探讨, 发现肌肉可产生部分偏振光这一现象。

### 一、偏振介质

一般获得偏振光都是采用偏振介质, 如反射光镜、玻片堆、尼科耳棱镜、电气石晶体和用硫酸金鸡钠制成的丁偏振片到由聚乙烯醇塑胶膜拉伸成的H偏振片及K偏振片, 以及由硝酸钠晶体制成的散射型人造偏振片等<sup>[2]</sup>。本实验是采用新鲜蟾蜍肌肉制成薄片做为偏振介质, 其实验装置和结果简述如下。

### 二、实验装置与结果

实验装置如图1所示。He-Ne激光器的输出功率为9.2mW。WGZ型光强分布测试仪由光

电探头、微电流放大器、A/D转换及APPLE- II 微机组。由微机控制步进电机电源,由硅光电池作为敏感元件的探测器来接收信号。检偏器以 $360^\circ$ 旋转,每隔 $1.5^\circ$ 测量一点的光强,每点测试128次取平均值,在 $360^\circ$ 的范围内共测试240次。

将新鲜的蟾蜍骨骼肌肌肉制成很薄的薄片后,放置于起偏器的位置,旋转检偏片,当偏振光振动方向与偏振化方向的夹角为 $\alpha$ 时,由Malus定律得透射光的功率密度 $I$ 为<sup>[3]</sup>:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha$$

偏振度 $P$ 为:  $P = (I_M - I_m) / (I_M + I_m)$

式中,  $I_M$ 和 $I_m$ 是偏振光在两个特殊方向上的功率密度。若 $P=1$ ,是线偏振光;  $P=0$ ,是自然光。用光强分布测试仪测试蟾蜍骨骼肌所产生的部分偏振光光强分布图如图2所示,横轴方向表示偏转角,纵轴方向表示相对光强。

因 $I = I_0 \cos^2 \alpha$ , 设 $\alpha = (\theta - \theta_0)$ ,  $I_0 = I_p$ , 其偏振强度为:

$$I = I_p \cos^2 (\theta - \theta_0) + I_t$$

图中,  $I_p$ 是部分偏振光强度;  $I_t$ 是部分透射光强度;  $I_b$ 是损耗和吸收光强度;  $\theta_0$ 是初始偏转角。

由实验所测,  $I_M = 80.625$ ,  $I_m = 52.835$

得:  $P = (I_M - I_m) / (I_M + I_m) = (80.625 - 52.835) / (80.625 + 52.835) = 20.8\%$

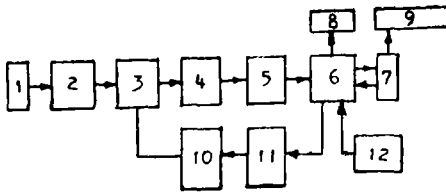


图1 实验装置

- 1—激光器 2—肌肉组织 3—光电探头  
4—微电流放大器 5—A/D转换 6—APPLE- II 微机 7—内存 8—终端显示 9—打印机输出 10—步进电机 11—步进电机电源 12—键盘

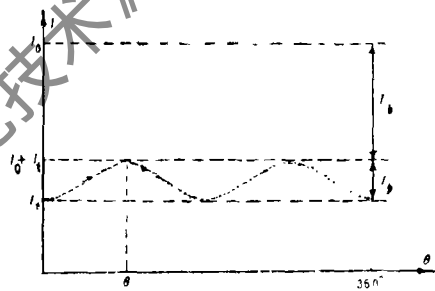


图2 蟾蜍肌肉部分偏振光光强分布图

### 三、讨 论

要了解蟾蜍骨骼肌产生部分偏振的原因,首先要了解它的组织结构和生理性能。骨骼肌组织是由肌细胞构成,肌细胞呈纤维状,故又称肌纤维。肌纤维内有大量的肌原纤维,每条肌原纤维由1~2千条肌丝组成,肌丝分两种:粗肌丝与细肌丝,它们有规律地互相间隔而平行地排列,构成明带与暗带。粗肌丝位于暗带,细肌丝一部分位于明带,另一部分位于暗带。在明带中央有Z膜,在暗带中央有一较明的窄带称H带,H带中央又有一薄膜,称M膜。两个Z膜之间为一个肌小节,肌原纤维被Z膜分隔成许多节段<sup>[4]</sup>(见图3)。在明、暗带的交界处有平行于明、暗带的横小管,横小管之间有网状的肌质网,肌质网靠近横小管的部分较粗,连成与横小管平行的管,称终池。肌细胞内的肌浆和肌质网中储存有大量的 $Ca^{2+}$ 。在细胞膜内、外有 $K^+$ 、 $Na^+$ ,当它们流动、转运产生膜电位,膜电位可自我传导<sup>[5]</sup>。

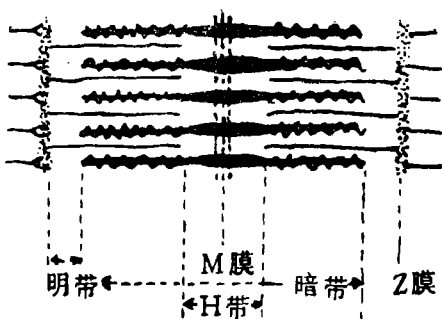


图3 骨骼肌纤维结构模式图

蟾蜍骨骼肌产生部分偏振的主要原因是肌肉组织结构所造成的。肌原纤维中明、暗相隔的横向条纹是由于肌原纤维的光密度改变所致,明带是各向同性的,暗带是各向异性。因明带是各向同性的,与暗带相比带宽较窄,故忽略不计。由于暗带是各向异性的,它的折射率因光传播方向和光矢量的振动方向不同而会有不同的数值,故在暗带上并不是所有方向的光学性质都一样,因而对一个方向上的光矢量产生强烈的不对称吸收,对另一分量基本上是透明的<sup>[6]</sup>,这样暗带使入射光产生部分偏振。

当肌纤维在松弛状态时,肌质网、终池中储存大量 $Ca^{2+}$ ,肌浆中 $Ca^{2+}$ 较少,因终池较粗, $Ca^{2+}$ 相应较多。当把电磁波分解成两个正交的电场分量,一个分量 $E_y$ 平行于终池,另一个分量垂直于终池,这样电场 $E_y$ 分量在终池长度方向上驱动离子,离子通过肌浆、肌细胞膜产生电流<sup>[7]</sup>,因此电场 $E_y$ 分量基本上被吸收,透过很少。相反,因肌质网比终池细的多, $Ca^{2+}$ 在 $x$ 方向移动阻力大,这样 $E_x$ 分量被吸收得少,穿过终池时基本上不受影响,即在 $E_x$ 方向上偏振。透光轴垂直暗带。

另外,细胞膜对光有散射,散射可产生部分偏振,偏振度的大小由散射角来决定。因散射在光电探头的探测范围内的散射角很小,故由散射产生的部分偏振也极小。

另一方面,存在于肌细胞之间的结缔组织、血管、淋巴管、神经及横小管之间的肌质网使偏振度降低。

一般对组织结构及生理、生化方面的研究多采用显微镜和电化学方法,而利用激光对肌肉组织进行分析,是对肌肉组织获得更多了解的另一种方法,因为往往光和物质相互作用的方式能够提供物质大量的有价值的信息,使得物质的性质和结构显露得更深入和完全,这对了解物质的性质以及物质的分子结构可提供丰富的内容。也有助于对生物介质、生物材料的性质和结构的研究。还可利用这一方法对正常组织与非正常组织(如癌细胞)的光学性质进行比较,以获得对非正常组织更进一步的了解和认识时作为参考。

### 参 考 文 献

- [1] 应用激光联刊, 1989, 8(4): 208
- [2] 张之翔编著, 光的偏振。北京: 高等教育出版社, 1980
- [3] 张卓权等编, 光学。北京: 北京师范大学出版社, 1985
- [4] 郑国昌编, 细胞生物学。北京: 人民教育出版社, 1980
- [5] 北大生理学教研室编, 基础生理学。北京: 人民教育出版社, 1979
- [6] E.赫克特著, 秦克诚译, 光学。北京: 人民教育出版社, 1979
- [7] [英]霍尔 J L等著, 焦新之译, 细胞膜与离子传递。北京: 科学出版社, 1985

收稿日期: 1989年11月24日。

收到修改稿日期: 1990年7月7日。