

## 时限1秒的连续YAG激光对人皮肤损伤阈值的研究

**Abstract:** This paper deals with laser injury threshold for Chinese yellow skin by exposure to ls CW Nd:YAG laser beam. The results of the experiment are:MRD equals to  $71.37 \text{ W/cm}^2$ , and its 95% confidence limit is  $67.47 \sim 75.49 \text{ W/cm}^2$ .

### 一、实验

#### 1. 连续 YAG 激光器

单灯腔体,  $\phi 6 \times 100 \text{ mm}$  YAG 激光器, 输出功率  $\sim 30 \text{ W}$ , 模式为低次模, 加光反馈后, 光稳定度  $< \pm 1\%$ 。

#### 2. 光路设计

(1) 连续 YAG 激光器; (2) 电磁快门控制曝光时间, 数字毫秒计作辐照时间的监测; (3) 加  $\phi 5 \text{ mm}$  限孔光阑; (4) 腔体后光路加两个光分束片, 分别导入监测功率计和电源光反馈系统(见图1)。

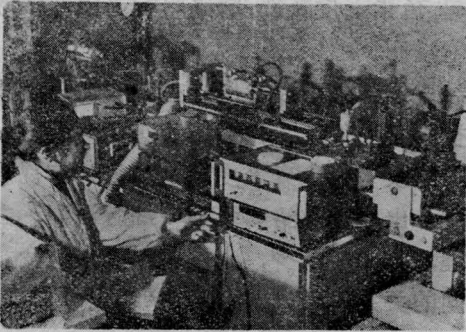


图 1

3. 参加受试者 10 人, 男女各 5 人, 年龄 19~57 岁, 肤色深浅各半。以右臂内侧为实验部位, 分外、中、内三排, 每排分 8 个区, 每人照 24 个点。每个功率组照 30 个点, 本实验总共 240 个点。

4. 观察时间: 分“即刻”(1次)、分钟(6次)、小时(9次)、天(6次)四档, 每点观察记录 22 次。

5. 皮损分类记载: 可疑(±)、红斑(+)、水泡(++)、溃疡(+++)。

6. 实验室条件: 通风防尘, 室温  $20^\circ\text{C} \pm 1.0^\circ\text{C}$ , 相对湿度 60~64%。

### 二、实验观察结果

实验观察结果如表 1 (627 页) 所示。

### 三、统计学方法处理

采用加权直线回归计算法得  $\text{MRD}_{50}$  值  $71.37 \text{ W/cm}^2$  及其 95% 可信限为  $67.47 \sim 75.49 \text{ W/cm}^2$ 。

### 四、皮肤反射率的测定

采用连续 YAG 激光, 对原受试者前臂照射, 用仪器测定皮肤的反射比, 其结果见表 2。

表 2

| 位 置 | 前中臂   | 中 臂   | 后中臂   |
|-----|-------|-------|-------|
| 平均值 | 41.1% | 41.7% | 40.8% |

皮肤吸收激光功率 = 测试功率 - (测试功率 × 反射比)

### 五、阈值附近红斑损害的组织病理变化

#### (1) 光学生物显微镜下

观察到基底细胞及其附近的棘细胞发生核周围晕轮及细胞间轻度水肿现象, 乳头血管扩张和充血, 偶而可见乳头下血管充血。

#### (2) 电镜下观察

见表皮棘细胞的细胞质内有小空泡形成, 部分棘细胞的桥粒结构明显破坏(图 2-266、270)大部分基底细胞的细胞质内出现空泡, 部分基底细胞的间

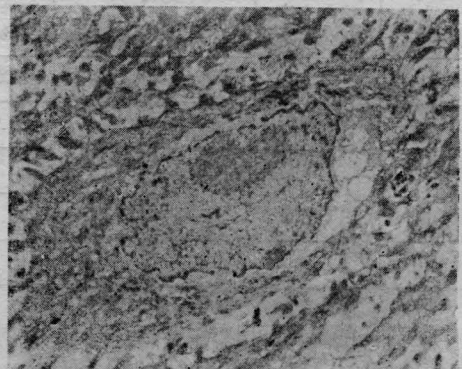


图 2-266 表皮棘细胞内出现三个空泡, 细胞间联结未见明显变化。×5000

表1 限时一秒连续性 YAG 激光对皮肤损伤阈值的实验观察

| 照射功率<br>W/<br>φ5mm | 照射功率密度<br>W/<br>cm <sup>2</sup> | 照射点<br>数 | 红斑等损害出现数的时间分布 |      |      |    |    |      |    |     |      |      |      |      | 反应最高点<br>数 | 反应百分比<br>率 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------------|---------------------------------|----------|---------------|------|------|----|----|------|----|-----|------|------|------|------|------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|                    |                                 |          | 天             |      |      |    |    |      |    |     |      |      |      |      |            |            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |                                 |          | 分             |      |      |    |    |      |    |     |      |      |      |      | 时          |            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 布    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                    |                                 |          | 即刻            | 5    | 10   | 15 | 20 | 25   | 30 | ~59 | 1    | 2    | 3    | 4    | 5          | 6          | 12   | 18   | ~24  | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 19.00              | 96.77                           | 30       | 23            | 26   | 24   | 20 | 18 | 18   | 18 | 18  | 18   | 18   | 17   | 16   | 13         | 12         | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   | 11   | 11   | 26   | 86.7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 17.21              | 87.65                           | 30       | 19            | 23   | 23   | 21 | 22 | 20   | 17 | 16  | 16   | 17   | 17   | 17   | 14         | 14         | 14   | 13   | 13   | 13   | 14   | 13   | 14   | 12   | 13   | 25   | 88.3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15.58              | 79.35                           | 30       | 19            | 19   | 19   | 19 | 18 | 18   | 19 | 16  | 13   | 11   | 10   | 9    | 10         | 10         | 9    | 9    | 8    | 8    | 9    | 8    | 8    | 8    | 9    | 19   | 63.3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14.11              | 71.86                           | 30       | 11            | 12   | 13   | 13 | 11 | 9    | 9  | 9   | 8    | 6    | 6    | 6    | 6          | 5          | 4    | 4    | 3    | 3    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 15   | 50.0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12.78              | 65.09                           | 30       | 10            | 11   | 11   | 12 | 11 | 10   | 9  | 9   | 6    | 5    | 5    | 5    | 5          | 5          | 5    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 13   | 43.3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11.57              | 58.93                           | 30       | 2             | 2    | 3    | 3  | 4  | 2    | 2  | 2   | 2    | 1    | 0    | 0    | 0          | 0          | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 5    | 16.1 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10.48              | 53.37                           | 30       | 1             | 2    | 2    | 2  | 1  | 1    | 1  | 1   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0          | 0          | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 0    | 4    | 13.3 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9.49               | 48.33                           | 30       | 2             | 2    | 2    | 3  | 3  | 3    | 2  | 2   | 2    | 2    | 2    | 2    | 2          | 2          | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | 1    | 3    | 10.0 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 反应总点数              |                                 |          | 87            | 97   | 97   | 98 | 89 | 82   | 79 | 73  | 65   | 58   | 57   | 55   | 57         | 50         | 48   | 46   | 45   | 43   | 46   | 45   | 45   | 41   | 42   |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 反应百分比率             |                                 |          | 36.2          | 40.4 | 40.4 | 39 | 37 | 34.1 | 33 | 30  | 27.1 | 24.2 | 23.8 | 22.9 | 23.8       | 20.8       | 20.0 | 19.1 | 18.8 | 17.9 | 19.1 | 18.8 | 18.8 | 17.1 | 17.5 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

隙变宽, 联结疏松, 部分或大部分桥粒结构发生破坏 (图 2-620、624)。

Rockwell 和 Goldman 1974 年曾报道过, 时限

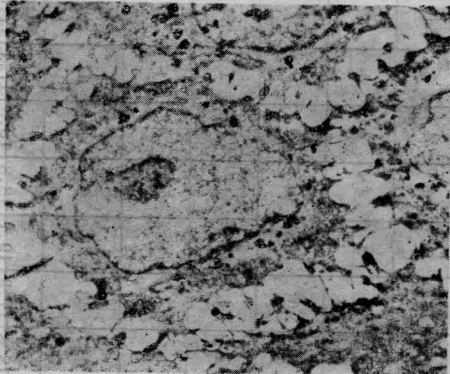


图 2-270 表皮棘细胞联结——桥粒, 大部分被破坏

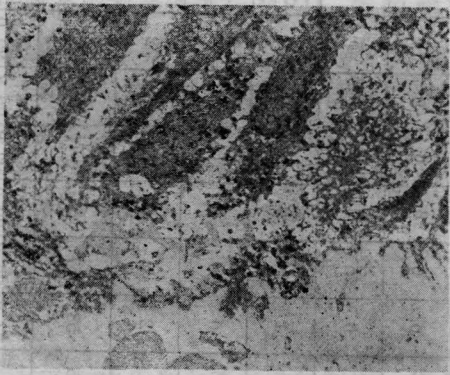


图 2-620 基底细胞轻度收缩, 细胞质内出现空泡 (退行性改变), 基底细胞之间的联结部分也变得疏松 ( $\times 3000$ )

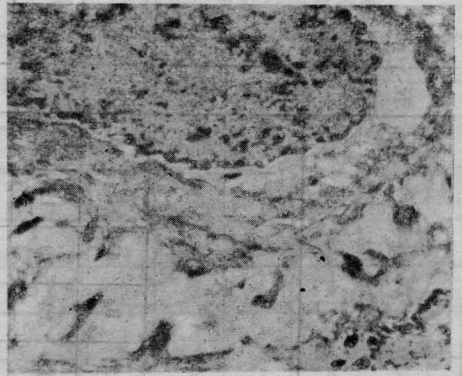


图 2-624 表皮基底细胞质内出现三个空泡, 细胞间联结——桥粒已发生破坏 ( $\times 10000$ )

1 秒连续 YAG 激光对皮肤损伤阈值的研究, 结果高加索种白人的阈值范围为  $48 \sim 78 \text{ W/cm}^2$ ; 尼哥罗种黑人的阈值范围为  $46 \sim 60 \text{ W/cm}^2$ , 我们实验为中国黄种人的 MRD 阈值范围为  $67.47 \sim 75.49 \text{ W/cm}^2$ , 恰在黑人 and 白人之间, 而且比较接近白人, 看来是比较合乎情理的。

本实验研究承蒙西北大学、兵工部 205 所、西北军事电讯工程学院、陕西师范大学、西安东风仪表厂等有关单位协作, 特此致谢。

(西安医科大学第一附属医院激光医学研究室  
吴廷壁 李玉俊 党治平 安晓岳 郭文琦  
皮肤病学教研组 王克瑾  
西安医科大学电镜室 梁鸾仙 王 鹏 陈明霞  
西安五机部 205 所 徐林苗  
西北大学物理系激光教研室 陆治国)

## 300 微秒脉冲钕玻璃激光对人皮肤损伤阈值的研究

**Abstract:** This paper studies laser injury thresholds of  $300\mu\text{s}$  pulsed neodymium glass laser. The experimental results are: MRD equals to  $20.27 \text{ J/cm}^2$ , and its 95% confidence limit is  $19.49 \sim 21.08 \text{ J/cm}^2$ .

脉冲钕玻璃激光, 能量大, 穿透力深, 破坏性强, 成为激光安全防护的重点。皮肤损伤阈值取决于照射时间和辐射量, 通常以产生 50% 红斑损害, 为观察皮肤损伤阈值的标准, 按统计学方法找出  $\text{ED}_{50}$  或  $\text{MRD}_{50}$  范围, 乘以安全系数, 得出最大许可照射量, 作为制订安全防护标准的基础。

### 一、实验情况

1. 脉冲钕玻璃激光器件: 脉冲宽度 300 微秒;

输出能量  $\sim 35 \text{ J}$ , 稳定度  $< 2.5\%$ , 脉冲间隔 1 次/5 分钟。

2. 光路设计: ① 钕玻璃激光为光源, 氩-氦激光为指示光源; ② 光路上加分束镜片, 分出监测光束, 到能量计监测; ③ 加聚焦透镜; ④ 加直径 5mm 的限孔装置达照射部位; ⑤ 加三位调节架, 作为被试肢体的支架, 保证部位准确。

3. 受试者 8 人, 男 5 女 3, 年龄 19~57 岁, 肤色