

308nm 激光辐照猪皮肤损伤阈实验

陈 迹 施良顺 钱焕文 关明臣

(北京军事医学科学院放射医学研究所)

摘要: XeCl 气体准分子激光波长为 308nm, 脉冲宽度 50~100ns, 峰值功率 20MW。实验动物为白色幼猪, 共照射 203 个有效样点, 分成 5 个剂量组, 各组照射剂量为 38.8~134.3mJ/cm²。相应红斑发生率为 11.8~98.0%。用迭代加权回归 Bliss 法统计, MRD₅₀ 的剂量为 73.03mJ/cm²。

The pig skin injury threshold for the XeCl laser output at 308nm

Chen Ji, Shi Liangshun, Qian Huanwen, Guan Mingchen

(Institute of Radiation Medicine, Academy of Military Medical Sciences)

Abstract: Making use of a XeCl laser operating at 308nm, with 50~100ns pulsewidth and 20MW peak power output, 203 spots of white pig skin were irradiated in five dosage groups from 38.8 to 134.3mJ/cm². The erythema rates were 11.8~98.0% relevantly. By iterated weighted linear regression Bliss method analysis a MRD₅₀ 73.03mJ/cm² was obtained.

已有充分材料证明, 紫外线辐照人体时大部分是有害效应, 少部分是有益作用。除了在人体皮肤内产生维生素D以外, 这种有害效应主要是抑制细胞的有丝分裂, 干扰核酸与蛋白质的合成, 诱发组织细胞的癌变, 增加致癌的可能性^[1]。在30年代Coblenty等提出了皮肤红斑曲线。按此曲线来说, 紫外线照射皮肤时, 因波长不同, 敏感性也不同, 最有效的波长是297nm, 最不敏感的是280nm和320nm。到60年代中期Everett等测定250~310nm波段, 使人皮肤产生红斑的效应曲线, 随波长增加产生红斑所需要的能量也增加。特别是大于320nm时, 产生红斑需要更大的能量^[2]。随后研究证明, 产生红斑最有效的波长是290~294和308nm, 它是皮肤晒斑有效作用光谱的一部分^[3]。因此可以认为, 人皮肤红斑反应阈最低的波段是UV-B波段, 皮肤对此波段最敏感, 最容易引起红斑反应。WHO^[4]的环境卫生标准中, 列举的常用激光器中以XeCl准分子激光器为代表, 许多国家也都在研制这种器件作为紫外光源, 其用途将是相当广泛的。在制定激光安全使用防护标准时应予以适当关注, 希望本实

验能为此提供生物学数据。

实验对象与实验方法

激光器：工作物质为XeCl，脉冲发射激光波长308nm，脉宽50~100ns，单脉冲最大输出功率约20MW，100mJ能量级^[6]。

光路系统：激光由输出窗口发出后经透镜聚焦，再经过和光束成45°角的石英分束镜，其中少部分光束（约10%）被反射入监测仪器JNK-1型激光能量计，作为监测光束测量；另外大部分光束（约90%）透过分束镜后，再通过距猪皮肤约4cm、孔的直径5mm的光栏照射到猪皮肤。当需要改变照射剂量时，在光路中加石英衰减片或调节电压。

剂量测量：激光照射前，先测出照射光束与监测光束的分束比。将JNK-1型激光能量计置于监测位置，测量监测光束的能量值；将NJ-J₁型激光能量计置于照射位置，测量其光束的能量值。根据两者测量值按下列公式求出分束比值。

$$\text{分束比} = \frac{\text{照射光束能量值}}{\text{监测光束能量值}}$$

根据实时监测值乘以分束比，给出每次照射脉冲激光的实际辐照量。

$$\text{实际辐照量} = \text{监测光束能量值} \times \text{分束比}$$

实验动物：白色幼猪共5只，平均体重为6.3±0.73kg。用10%1801麻醉药水溶液肌肉注射0.1ml/kg体重，实行全身麻醉。注射后2~3min进入麻醉状态。然后剃净两侧体壁的猪毛，此时应绝对避免机械性损伤，再用生理盐水纱布轻轻地擦一遍。在剃毛区皮肤上划出长宽各2.5cm的正方格，每侧体壁各32个，每只猪身上共64个正方格。标出坐标号，以便按预定位置照射激光。

观察方法：宏观检查以二人肉眼可见猪皮肤照射区出现红斑为准。激光照射后立即观察瞬时红斑，以后在24h内观察迟发红斑。此外，有选择地对猪皮肤红斑取材，Bouin's液固定，H-E染色，作组织学观察。实验室温度平均21.9±1.15℃，相对湿度平均77.8±5.4%。

实验结果与讨论

本实验用5只白色幼猪，共照射275个样点，其中有效样点203个，分布在5个剂量组（表1）。最低剂量为38.8mJ/cm²，最高剂量为134.3mJ/cm²。激光照射后立即观察照射区皮肤反应。在预实验中，265~178mJ/cm²照射时，几乎所有猪皮肤照射点都出现了瞬时红斑，照射后2~3min内红斑即行消退。而正式实验时因照射剂量降低，各剂量组很少发生瞬时红斑，只有本实验中最高剂量组（134.3mJ/cm²）在少数猪皮肤上出现瞬时红斑，但在照射后2~3min就消退了。因此本实验中没有列出瞬时红斑的发生与消退。

308nm准分子激光辐照猪皮肤引起的迟发红斑一般在照后2~3h内出现，有些皮肤红斑在照后6~8h才发生。红斑出现的初期只能隐约可见，以后逐渐清晰，到照后3~5h已完全可见清楚的圆形红斑。除均匀红色外，看不出其它改变。红斑发生率及其潜伏期和激光照射剂量呈线性关系，而和1801麻醉药的作用无关。实验证明，1801麻醉药对微循环系统无明显影响。按Parrish的红斑评定标准^[6]，第1~3剂量组中65%的红斑属于“±”者的淡红斑，看不出明显边界；36%属于“+”者的淡红斑，能看到明显的边界。第4~5剂量组中59%为“++”的中等度红斑并有明显边界；41.4%为“+”的淡红斑，有明显边界；37.1%为“±”

表1 308nm激光辐照量与猪皮肤的红斑发生率

组别	照射剂量±s(mJ/cm ²)	照射点(个)	红斑数(个)	红斑发生率(%)
1	38.8±4.9	34	4	11.8
2	59.2±5.7	47	10	21.3
3	79.7±5.98	31	15	48.4
4	103.2±8.6	12	36	85.7
5	134.3±11.9	49	48	98.0

的淡红斑，无明显边界。红斑消退时间因辐照剂量而不同。第1~3剂量组的重斑多在照后24h以上消退，第4~5剂量组红斑中95%以上是在照后48h消退。

组织学检查：在光学显微镜下，激光照射区的皮肤和正常皮肤无显著差异。但由于激光的作用能够看出基底细胞的间隙扩大，有些细胞淡染，甚至发生细胞核固缩；颗粒细胞核及其部分胞浆收缩，其周围出现空腔；真皮中血管扩张，特别是毛细血管扩张的更明显。在真皮乳头层附近及真皮上层有许多炎性细胞集聚。有的切片上可看到崩解的炎细胞核。

实验结果分析：本实验结果经迭代加权回归Bliss法统计，求得回归方程式为：

$$\hat{Y} = 6.2084X - 6.5694$$

根据此方程式绘制出曲线图1。得出MRD₅₀剂量为73.03mJ/cm²，其95%可信范围为53.137~93.142mJ/cm²。经X²检验0.02>P>0.05，红斑发生概率单位与剂量对数呈线性关系。

需要指出的是激光损伤阈值的高低与其波长和脉冲宽度有密切关系，就紫外线波段来说也是如此。本实验与上海第二医科大学医用激光研究室所作的实验是同样波长，相同的照射对象，但脉冲宽度不同。上二医所用的脉冲宽度为15ns，他们得到的MRD₅₀为53.84mJ/cm²。本实验所用脉宽是50~100ns，MRD₅₀为73.03mJ/cm²，比上二医所得实验结果大1.3倍多，证明照射时间对损伤阈值有很大影响。

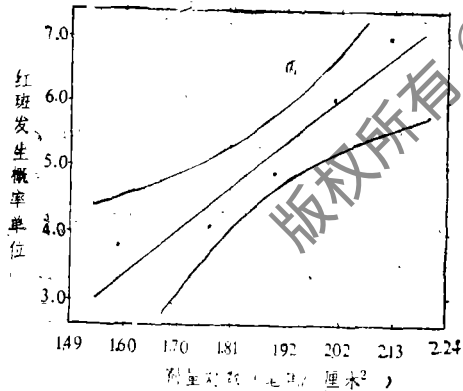


图1 308nm激光辐照猪皮肤红斑发生概率单位与剂量对数的关系

WHO规定〔4〕308nm波长紫外光当照射时间为10⁻⁹~3×10⁴s时，其MPE为40mJ/cm²。猪皮肤和人皮肤有许多相似处，但也有不同〔7〕，如果猪皮肤在某种程度上代表人皮肤的话，对本实验所得MRD₅₀的剂量值给予一定适当的安全系数将远低于WHO所规定的对皮肤照射限值。因此，本实验结果为安全使用激光并采取防护措施提供了生物学依据。

本实验承上海光学精密机械研究所一室的魏运荣、董景星、丁爱玲等同志给予大力协助；统计学处理是我所汤仲明同志给予协助，在此一并致谢。

参 考 文 献

- 〔1〕 K.C.Smith, The Science of Photobiology, Plenum Press, New York and London, 1977, P.113, P.175.

斜入射时单波长消偏振减反膜的设计

何久新

(贵阳新天光学仪器公司研究所)

摘要: 本文叙述了常用的 $\lambda/4-\lambda/2-\lambda/4$ 、 $\lambda/4-\lambda/4$ 两种膜系,当入射角 $\phi_0 \leq 45^\circ$ 时,在工作波长 λ 处消偏振减反膜的设计。

The design of single-wavelength depolarized anti-reflection coating in tilted incidence

He Jiuxin

(Institute of Xintian Optical Instrument Corporation, Guiyang)

Abstract: The design of depolarized anti-reflection coating in operating wavelength λ of the two often used film systems of $\lambda/4-\lambda/2-\lambda/4$ and $\lambda/4-\lambda/4$ at the angle of incidence $\phi_0 \leq 45^\circ$ is described.

一、前言

众所周知,规整膜厚的 $\lambda/4-\lambda/2-\lambda/4$ 、 $\lambda/4-\lambda/4$ 膜系已成为当前各类光学系统广为应用的涂层。因为在镀膜时,它可简化对厚度控制的操作,只需要对所要求的折射率有精确的控制就可以了,从而使得到预先规定的每层膜的厚度。

当入射光倾斜入射时,干涉薄膜通常总会产生强烈的偏振效应。其主要表现在光的 p 分量

-
- [2] M.A.Everett et al., Arch.Dermatology, 1965, Vol.92, No.6, P. 713~717.
- [3] F.Urbach, The Biologic Effects of Ultraviolet Radiation (with emphasis on the skin), Pergamon Press, 1969.
- [4] Environmental Health Criteria 23, Laser Optical Radiation, Geneva, Word Health Organization, 1982.
- [5] Lin Shoachi et al., A.P.L., 1981, Vol.38, No.5, P.328~330.
- [6] J.A.Parrish et al., J.Invest.Dermat., 1976, Vol.67, No.5, P.603~608.
- [7] W.Monlagne et al., J.Invest.Dermat., 1964, Vol.43, No.1, P.11~21.

收稿日期: 1989年6月27日。