

激光对人体的伤害分析及安全防护

激光在医学上的应用已得到拓展，而且应用的领域不断扩大，在应用过程中如不注意对激光的安全防护，则可能造成意外伤害，在临床应用中发生的意外事故已有报道。在充分发挥和使用好激光的同时，必须进行安全防护。

一、激光对眼睛的伤害关系

激光波长与眼睛伤害：在激光的伤害中，以机体中眼睛的伤害最为严重。波长在可见光和近红外光的激光，眼屈光介质的吸收率较低，透射率高，而屈光介质的聚焦能力（即聚光力）强。强度高的可见或近红外光进入眼睛时可以透过人眼屈光介质，聚积光于视网膜上。此时视网膜上的激光能量密度及功率密度提高到几千甚至几万倍，大量的光能在瞬间聚中于视网膜上，致视网膜的感光细胞层温度迅速升高，以至使感光细胞凝固变性坏死而失去感光的作用。激光聚于感光细胞时产生过热而引起的蛋白质凝固变性是不能可逆的损伤。一旦损伤以后就会造成眼睛的永久失明。

激光的波长不同对眼球作用的程度不同，其后果也不同。远红外激光对眼睛的损害主要以角膜为主，这是因为这类波长的激光几乎全部被角膜吸收，所以角膜损伤最重，主要引起角膜炎和结膜炎，患者感到眼睛痛，异物样刺激、怕光、流眼泪、眼球充血，视力下降等。发生远红外光损伤时应遮住保护伤眼，防止感染发生，对症处理。

紫外激光对眼的损伤主要是角膜和晶状体，此波段的紫外激光几乎全部被眼的晶状体吸收，而中远以角膜吸收为主，因而可致晶状体及角膜混浊。

二、入射激光强度及眼损伤关系

激光损害眼睛的程度除了与不同波长的激光有关外（CO₂ 激光 10.6 μ m；Nd:YAG laser 1.06 μ m，He-Ne laser 632.8nm），还与激光进入眼睛总的光能量、能量密度及功率密度相关联。

激光的种类中，当可见或近红外激光功率密度很低时不引起眼睛的急性损害。主要原因是由于激光的功率密度低，视网膜组织虽接受了激光光子能量逐渐

变热，但热量一方面通过分子振动把热量传给周围组织，再传到眼睛外面；而另一方面可以将热量传给密布于网膜底层脉络膜里的微血管，随着微血管中血液循环再散发到眼外去。因此，视网膜至整眼的温度无明显升高，或略有微温变化，仍是在对眼睛完全无害的范围内。

视网膜的损伤取决于功率、时间，如当可见或近红外连续激光的功率密度不断增加，致视网膜上的热量聚累速度大于散热速度时，或功率密度不是很高，但视网膜吸收时间太长，视网膜接受光子流部位的温度必升高，即照射时间越长，温度升高越大，温度升高越大，超过正常眼温 10℃ 以上，就要引起视网膜损害。

1. 瞳孔大小及损害程度

瞳孔的大小对受伤程度有一定比例关系。缩小的瞳孔可以减少进入眼底的激光量。瞳孔越大进入眼内的激光量越大，眼底损伤程度越重，越更不可逆转。因此，瞳孔缩小对保护眼底视网膜，防止激光束损伤有一定的意义。

2. 瞳孔的变化与环境不同

在光线较暗的室内，瞳孔散开就大，在这样的环境中调试，使用激光器者，必须慎重保护眼睛。因此时眼睛的瞳孔外于最大状态，进光量虽少，也最容易伤害眼睛视网膜。缩小的瞳孔，除能减少进光量而外，瞳孔外的激光量可被虹膜吸收、而将热量由虹膜的微血管扩散转移。一般人的眼睛，在适应暗的环境时，瞳孔直径为 7~8mm，在可见的强光下可以缩小到只有 1.5mm，通常在白天瞳孔直径约 2~3mm。因而，最大瞳孔与最小瞳孔之间的透光面积相差 20 倍以上。

三、眼睛伤害中激光的入射角度

由于眼球的特殊解剖及特殊生理关系，激光对视网膜的损伤与入射眼睛角度有紧密关系。原因是眼球自身为一聚光透镜系统，射入的激光光束与视轴线平行进入眼内时，于眼底黄斑区中央凹处聚焦成很小的光斑，其能量密度比角膜处高 3~4 倍。而黄斑区中央凹是眼睛视觉功能最灵敏及最重要的区域，一旦受损视觉功能将发生不同程度的改变。严重者将终身失明。因为视觉受激光光子的损伤后，致感光细胞凝固变性坏死，造成不可逆性损伤。

白天，人眼的色视觉完全靠黄斑部的感光作用获得，黄斑部的面积虽只占视网膜总面积的很少一部分，中央凹直径只有 0.5mm 左右。但反映的视野（眼睛凝视前方所能看清的总面积）却占很大比例。生理结构上黄斑部中央凹有 2~3 万个长而细的锥体感光细胞组成，感光细胞分布密度很高，主要担负视觉功能。在受到损伤后对白昼色视觉功能就丧失。再者，视网膜黄斑的中央凹处无血管及神经分布，因此这部位的热量扩散功能很差，一旦损伤后，再修复的希望很渺茫。中央凹是视网膜最薄弱的地方，在受到激光作用后比视网膜中其他部位更容易遭到破坏，因此激光直射眼睛非常危险。

当激光稍偏离视轴角度入射眼睛时，聚焦光斑不会落于黄斑区，而落在其外围的视网膜上。因此入射角度不同，其损伤就不一样，即使和直射时所进入眼睛

的能量完全相同，但所引起的伤害就轻得多。其原因是黄斑以外的部位上感光细胞比黄斑区分布密度要少的多，而且黄斑以外的视网膜较厚，单位面积上接受到相同的能量，其温度升高的程度要小得多。此外，黄斑区以外的视网膜里密布着微血管，血液循环中可带走部分热量，就使温度升高的可能性减少。温度升高，损伤越重；反之，温度升高的程度越小，损伤的可能性越轻。激光对视网膜的急损伤主要的作用是热效应引起。

激光入射角不与视轴同步，偏离角度越大，视网膜的损伤越轻，虹膜可挡住偏离的激光而不会进入眼底。由于黄斑部位中央凹在视觉功能中起的作用极重要，而且这部位又最容易受损伤，所以直视激光束的危险程度要比偏离视轴一个角度射入眼睛射入眼睛的危险程度大很多，必须绝对避免。

四、眼底色素含量及伤害关系

眼底色素含量多少及受到激光伤害程度有特定关系。色素组织极容易吸收激光能量，故色素含量多少直接影响到激光对视网膜的损伤适度。文献报道机体肤色深浅与眼底色素呈正相关联系，皮肤黑色重者，其眼底所含的色素数量也多；皮肤色白者，眼底含色素数量相对较少。故而色素含量越多，对激光的吸收程度也强，遭受损伤的程度越大。眼睛组织吸收了超过其本身的致伤阈值的能量以后就将受到伤害。超出越多，受到的伤害就越重。

五、激光对皮肤的损害

人体皮肤由于生理结构有很敏感的触、疼、温等功能，构成一个完整的保护层。而且皮肤由多组织层次组成，在每一层中都有不同的细胞。激光照到皮肤时，如其能量（功率）过大时可引起皮肤的损伤，当然损伤灶可以由组织修复，虽然功能有所下降，但不影响整体功能结构，与对眼睛的损伤要轻得多。但也须引起高度重视。激光损害皮肤的阈值也很高，各种激光器的输出能量相差很大，目前使用大功率激光器的范围很广泛。激光对皮肤的损伤程度与激光的照射剂量，激光的波长，肤色深浅，组织水分以及皮肤的角质层厚薄诸因素有关，以前三个因素为主要。

激光剂量及皮肤损害程度：经大量实践，照射皮肤时使用的激光功率密度（或能量密度）越大，则皮肤受到的损伤越大，二者呈正相关比例。皮肤吸收超过安全阈值的激光能量后，受照部位的皮肤将随剂量的增大而依次出现热致红斑、水泡、凝固及热致炭化、沸腾，燃烧及热致汽化。因此激光损伤皮肤的机理主要是由激光的热作用所致。皮肤吸收激光能量以后，局部的皮肤温度在短小时内升高，温度升高的程度不同，造成的损害也不同。尤其是红外激光突出，如CO₂激光（汽体激光），皮肤对此类10.6μm波长红外激光吸收率很高，透过率很低，皮肤对CO₂激光产生强烈吸收，使皮肤的局部温度快速升高，极易造成损害。

激光损害皮肤的严重程度是由皮肤对激光吸收率决定的，皮肤对激光的吸收率由激光的波长所决定。皮肤对某波长激光的吸收率越高，受到的损伤也越严重。如皮肤对紫外激光和红外激光的吸收率很高时，这两类激光就是损伤皮肤的主要波段激光。红外激光对皮肤主要作用是热烧伤，此类激光照射皮肤，功率比较小

时而致毛细血管扩张，皮肤发红发热。随着激光功率密度增大，热损伤程度也随着增大。相反的是，紫外激光对皮肤的作用主要是光作用。在紫外激光照射皮肤时可以引起皮肤红斑、老化，过量时严重的致癌变。对皮肤危害性最大的紫外光波在 270~290nm，波长比 270~290nm 大的或小的其危害程度都相对地减少。

六、肤色与激光损害

皮肤的颜色越深，意味着皮肤里细胞含有的黑色素颗粒越多，色素颗粒可以将各种不同波长的激光能量转变成热能，在吸收激光能量后，局部形成一个热源，并很快向四周扩散热能，从而引起细胞及组织破坏和死亡。皮肤内含的黑色素颗粒越多，形成的热源也将越多，光能转变成热效率越高，造成蛋白质凝固变性率越大，细胞死亡率越大。肤色越浅的人，受到的损伤越轻。

基本注意事项

1. 除非在特殊情况下，使用激光器一般都必须在密闭室内空间。
2. 不要直视激光光束，对大功率红外或紫外的不可见光尤其要注意。
3. 操作激光时不要戴手表、手饰等反射较强的饰物。
4. 任何时候都不要忘记戴防护镜。
5. 对不可见的激光关闭后应用 IR 或 UV 卡检查一下是否真的关闭。
6. 激光器工作时要将不用的光导入到光束垃圾桶。
7. 对自制的光路部分最好用一个防护罩罩起来。
8. 保持光路高度在人的视线以下，工作时弯腰、低头、或拣地上的东西都是非常危险的。
9. 在激光工作地点的门口和室内贴上警示标签。
10. 所有激光器操作人员必须经过培训。