

## ایمنی تجهیزات لیزری، طبقه‌بندی دستگاه‌ها، مقررات و راهنمای استفاده‌کننده

تهیه کننده: پریسا نوری

استفاده نامناسب از تجهیزات لیزری خطرات بزرگی را با خود به همراه دارد. این تأثیرات بد از سوختگی‌های سطحی پوست تا جراحات غیر قابل بازگشت در پوست و چشم را شامل می‌شود. اثرات بیولوژیکال ناشی از کارکرد نامناسب با لیزر باعث ایجاد صدماتی می‌شود که به سه دسته حرارتی، صوتی و فتوشیمیایی تقسیم می‌شوند.

اثرات حرارتی، ناشی از بالا رفتن درجه حرارت و در نتیجه بالا رفتن میزان جذب انرژی لیزر است. البته با توجه به بعضی از ویژگی‌ها و شاخص‌ها درصد این صدمات متفاوت است. مثلاً در معرض مداوم تابش لیزر قرار گرفتن، طول موج پرتو لیزر، انرژی پرتو و منطقه‌ای که پرتو لیزر به آن برخورد می‌کند و اینکه بافت آن قسمت از کدام دسته از بافت‌های بدن است اثرات گوناگونی ایجاد می‌کند.

اثرات صوتی که حاصل از موج‌شکن‌های مکانیکی هستند، زمانی که این موج‌ها در داخل بافت منتشر می‌شوند باعث صدمه خوردن جدی آن بخش از بافت می‌شود. این آسیب به این صورت اتفاق می‌افتد که پرتو لیزر در یک منطقه از بافت متمرکز می‌شود و اجزاء تشکیل‌دهنده‌ی آن بافت را تبخیر می‌کند، برای اینکه تصویر بهتری از ایجاد این آسیب داشته باشیم، زمانی را تصور کنید که یک سنگ پرتاب شده بر روی سطح آب حرکت کرده و اثرات موج‌گونه در سطح آب ایجاد می‌کند. این موج‌شکن‌ها هم دقیقاً مثل موج‌های ایجاد شده در سطح آب عمل می‌کنند.

قرار گرفتن در معرض پرتو همچنین باعث ایجاد تأثیرات فتوشیمیایی می‌شود که زمانی است که فوتون‌ها با سلول‌های بافت برهم‌کنش پیدا می‌کند. تغییرات شیمیایی که بعد از این برهم‌کنش در سلول ایجاد می‌گردد. ممکن است باعث ایجاد آسیب و تغییر در ساختار بافت شود. تغییرات فتوشیمیایی قویاً بستگی به طول موج دارند.

بزرگترین خطر پرتو لیزر ورود به داخل چشم است. چشم عضوی است که بیشترین حساسیت را به نور دارد. درست همان‌طور که یک ذره‌بین می‌تواند با نور خورشید چوبی را به آتش بکشد، لنز چشم انسان هم می‌تواند پرتو لیزر را به‌صورت یک نقطه کوچک که به‌راحتی وارد چشم کرده و شبکیه را بسوزاند. پرتو لیزر با واگرایی کم، وقتی وارد چشم می‌شود، می‌تواند در یک منطقه به قطر 10-20 میکرون جمع شده و آن قسمت را بسوزاند.

اگر تابش پرتو درونی توانی به میزان یک میلی وات داشته باشد، توان پرتو تابیده شده بر روی شبکیه به میزان  $100W/Cm^2$  است. بنابراین حتی لیزرهای توان پائین در حد میلی وات هم می‌توانند با متمرکز شدن به‌طور مستقیم بر روی شبکیه باعث سوختگی در آن ناحیه بشوند. هرگز لیزر را هر چند هم که توان پائینی داشته باشد مستقیماً به طرف چشم گرفت.

استاندارد ایمنی تابش تجهیزات لیزری، طبقه‌بندی دستگاه‌ها مقررات و راهنمای استفاده‌کننده که به‌وسیله کمیسیون فنی ارتوپدی تهیه و تدوین شده و در دوازدهمین کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ 1373/02/24 مورد تأیید قرار گرفته است جهت بررسی خطرات ناشی از تابش‌های لیزری با اهداف زیر مطابق با استاندارد IEC60825-1 تدوین شده است.

1. محافظت افراد در مقابل تابش لیزری در محدوده طول موج 180 نانومتر تا 1 میلی‌متر
2. تعیین مقرراتی که استفاده‌کننده و سازنده در جهت تشبیت دستورالعمل‌ها و تأمین اطلاعات لازم باید در نظر بگیرند.
3. اطمینان از وجود هشدارهای مناسب جهت هرگونه خطر مرتبط با تابش لیزری از طریق علائم، برچسب‌ها و دستورالعمل‌ها

4. کاهش احتمال صدمات، به‌حداقل رساندن تابش‌های غیرضروری و تأمین کنترل بهتر تابش لیزری از طریق نمودهای حفاظتی مناسب و تأمین استفاده ایمن از لیزر با مشخص کردن روش‌های کنترلی استفاده‌کننده

براساس استاندارد بین‌المللی کلیه لیزرها از نظر ایمنی به 5 دسته اصلی تقسیم می‌شوند که آستانه ایجاد خطر لیزرها نامیده می‌شود.

اساس طرح این تقسیم بر پایه توان اولیه پرتو و یا بازتاب پرتو اولیه در ایجاد صدمات بیولوژیکی به چشم یا پوست در طول استفاده از لیزر است. آستانه ایمنی برای لیزرها که به نام MPE (Maximum Permissible Exposure) نامیده می‌شود که در واقع بیشترین میزان پرتویی است که اجازه تابش دارد بدون اینکه منجر به آسیب شود.

### کلاس I

لیزرهای آزاد یا لیزرهایی که معاف از به‌کارگیری وسایل ایمنی هستند. این دسته از لیزرها تابش پرتویی که منجر به خطر شود ندارند. (به‌طور معمول طول موج پیوسته با توان  $0/4$  میکرو وات دارند.) به‌کاربردن لیزرهای کلاس I عموماً نیاز به استفاده از محافظ و یا نگهداری ویژه یا مهارکردن پرتو در طول زمان استفاده از آن ندارد. لیزرهای پرینتر یکی از نمونه‌های ملموس این کلاس لیزر هستند.

### کلاس II

کلیه لیزرهای که در محدوده طول موج مرئی  $400-700$  nm تابش می‌کنند شامل این کلاس می‌شوند. در این دسته لیزرها چشم به‌طور طبیعی قدرت حفاظت از خویش را دارد و به‌طور ناخودآگاه مسیر خود را از مقابل برخورد پرتو منحرف می‌کند. این حفاظت را حتی با یک پلک زدن ساده هم می‌تواند انجام شود. این لیزرها تحت شرایط ایمنی کنترل شده حتی می‌توانند مشاهده شوند چرا که واکنش طبیعی انسان به اندازه‌ای قدرت دارد که از کاربر محافظت کند. فقط زمانی استفاده از این لیزرها خطرناک است که به‌طور مستقیم برای یک بازه زمانی (و نه به‌صورت لحظه‌ای) مشاهده شود. لیزرهایی با توان  $1mW$  در این کلاس هستند.

### کلاس IIIa

به انضمام اینکه در برخی مواقع از شاخصه‌های استاندارد (MPE) خارج هستند. اما با این حال خطر بروز جراحت در این لیزرها پائین است. این لیزرها نمی‌توانند توانی بیشتر از  $5mW$  در محدوده مرئی ایجاد کنند. میانگین توان این لیزرها برای طول موج پیوسته  $5-500mW$  و در پالس  $10J/Cm^2$  است.

اگر مدتی کوتاه با چشم غیر مسلح و در زمان پاسخ طبیعی چشم به آنها نگاه شود خطری برای انسان ندارد اما در صورت عبور پرتو لیزر از تجهیزات اپتیکی نظیر عدسی و فیبر نوری به چشم آسیب جدی وارد می‌کند. این لیزرها در ناحیه مرئی و نامرئی هستند. بازتاب‌های این نوع لیزر خطرناک نبوده خطر آتش سوزی نیز ندارد.

توان خروجی لیزر مرئی کلاس IIIa پنج برابر لیزر کلاس II و توان خروجی لیزر نامرئی کلاس IIIa پنج برابر لیزر کلاس I است.

### کلاس IIIb

لیزرهایی هستند که در برخورد مستقیم یا حتی بازتاب‌های آن به چشم صدمه می‌زند. این لیزرها به پوست نیز خطرهایی ایجاد می‌کند. نباید اشعه لیزر پخش شده از میان پنجره یا روزنه‌ای به خارج راه یابد. سیستم لیزر در یک محوطه مشخص استقرار یابد و در تمام مدت کارکرد لیزر، درب محوطه بسته باشد و بر روی درب برچسب "احتیاط" در خصوص لیزر نصب شود. باید برچسب ناحیه ولتاژ بالا نصب شود و برای دیگر خطرهای مرتبط نیز بررسی‌های لازم انجام شود. پیش از به‌کارگیری سیستم‌های لیزری معاینه چشم انجام گیرد و نباید لیزر را به چشم نشانه گرفت. موانع، پلاریزه کننده‌ها و همچنین فیلترهای اپتیکی باید در مسیر خروجی پرتو لیزر به کار گرفته شود تا قدرت اشعه لیزر به حداقل ممکن کاهش یابد.

### کلاس IV

لیزرهای توان بالا در این کلاس هستند. به‌طور معمول از  $500mW$  به بالا در طول موج پیوسته و بالای  $10J/Cm^2$  در پالسی و اگر بدون در نظر گرفتن شرایط ایمنی مورد استفاده قرار بگیرند خطرناک هستند این لیزرها، چه با تابش مستقیم پرتو و چه با تابش پرتویی که پخش شده باشد، قابلیت ایجاد صدمات جدی به چشم و امکان ایجاد سوختگی و حریق دارند. تجهیزات ایمنی در این کلاس لیزرها باید شدیداً مورد استفاده قرار بگیرد.

میزان خطر آفرینی لیزرها در گروه‌های پنجگانه

امکان خطر			محدوده طول موج لیزر				گروه لیزر
آتش سوزی	ناشی از برخورد پخش شدگی	ناشی از برخورد مستقیم	مادون قرمز	مادون قرمز نزدیک	مرئی	ماوراء بنفش	
ندارد	ندارد	ندارد	*	*	*	*	I
ندارد	ندارد	فقط بعد از 0/25 ثانیه	-	-	*	-	II
ندارد	فقط برای توان خروجی 0/5 وات	دارد	*	*	*	*	IIIa
ندارد	دارد	دارد	*	*	*	*	IIIb
دارد	دارد	دارد	*	*	*	*	VI

منبع: استاندارد ملی 3501