مقاله پژوهشی

مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد ۸، شمارهٔ ۲، ویژه‌نامه پرتوهای غیریون‌ساز، ۱۳۹۸، صفحه ۹-۱۲

پنجمین کنفرانس ملی سنجش و ایمنی پرتوهای یون‌ساز و غیریون‌ساز (مهرماه ۱۳۹۷)

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۰۱، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۰۱

ناحیه خطر اسمی در مراکز لیزر درمانی

عاطفه شاملو[۱]، شهریار ابوالحسینی[۲]*و فاطمه ویسی[۲]

[۱]دانشگاه پیام نور واحد تهران شرق، تهران، ایران.

[۲]پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران، ایران.

*تهران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده فوتونیک و فناوری کوانتومی، کدپستی: ۱۴۳۹۹-۵۱۱۱۳

پست الکترونیکی :sabolhosseini@aeoi.org.ir

چکیده

برای کنترل خطرات پرتوی لیزرهای کلاس IIIB و IV از کنترل‌های مهندسی و اجرایی استفاده می‌شود. در کنترل اجرایی، هرگاه نور لیزر وارد محیط شود جهت حفاظت مردم و کنترل حدود پرتوگیری باید ناحیه تحت کنترل مشخص شود. با توجه به آنکه نور لیزرهای پزشکی وارد محیط می‌شوند، مشخص کردن ناحیه تحت کنترل از ضروریات بوده و تردد به آن ناحیه باید تحت کنترل و مطابق با ضوابط خاص باشد. با مشخص کردن ناحیه‌ای که مقدار چگالی پرتو از حد مجاز پرتوگیری بیشتر است می‌توان محدودیت‌ها را در فضای کوچک‌تری اعمال کرد. باتوجه به محدودیت فضا در اینگونه مراکز، تعیین مرز ناحیه خطر از روش‌های مناسب است. با تعیین این ناحیه و رعایت ضوابط و مقررات در آن می‌توان از آسیب‌های پرتوی ناشی از باریکه لیزر و نیز بازتاب‌های آن جلوگیری کرد.

کلیدواژگان: لیزر پزشکی، تحت کنترل، ناحیه خطر، پرتوگیری، لیزر کلاس IV

۱. مقدمه

هنگام نصب و استقرار تجهیزات لیزری، روش‌های مختلفی برای کنترل پرتوهای لیزری جهت جلوگیری از پرتوگیری بالاتر از حد کارکنان و سایر افراد با پرتو لیزر و نیز پیش‌گیری از آسیب‌دیدن افراد در اثر خطرات غیرنوری لیزر به کار می‌رود. روش‌های کنترلی بر سه نوع هستند: کنترل مهندسی، کنترل اجرایی و وسایل حفاظت شخصی.استفاده از کنترل‌های مهندسی در محدودسازی پرتوگیری افراد نسبت به دو روش دیگر در اولویت قرار دارد. در صورتی که اعمال کنترل‌های مهندسی برای کاهش پرتوگیری افراد به زیر حد کفایت نکند، باید از کنترل‌های اجرایی استفاده شود و در آخرین مرحله و در صورت ضرورت لازم است از وسایل حفاظت شخصی مانند عینک محافظ مناسب استفاده شود [۱].

به هنگام کار با لیزر، اگر نور لیزر کلاس IIIB و IV وارد محیط شود، آن محیط ناحیه تحت کنترل تلقی شده و بایستی

تردد به آن تحت کنترل باشد. مرز این ناحیه براساس اندازه‌گیری و یا محاسبه تعیین می‌شود. روش اندازه‌گیری دقیق‌تر است ولی در صورت در دسترس نبودن تجهیزات مناسب باید براساس محاسبه، مرز ناحیه تحت کنترل را تعیین کرد.

۲. ناحیه خطر

در ناحیه تحت کنترل نور لیزر وارد محیط می‌شود لذا احتمال پرتوگیری و آسیب پرتویی وجود دارد. تردد در این ناحیه و نیز چیدمان تجهیزات در ناحیه بایستی به نحوی باشد که احتمال پرتوگیری کمینه گردد. با توجه به وسعت ناحیه در مراکز کار با لیزر خصوصاً جهت کارهای درمانی ممکن است این ضوابط مورد توجه قرار نگیرد از این‌رو با تعیین «ناحیه خطر» می‌توان ناحیه تحت کنترل را محدودتر کرد.

در ناحیه خطر چگالی پرتو لیزر در محیط بیش از مقدار بیشینه مجاز تابش(MPE[1]) است. از لحاظ تئوری مرز ناحیه خطر بر اساس رابطه کلی زیر تعیین می‌گردد [۲-۳].

$$r = \frac{1}{\varphi}\left[\frac{4P}{\pi MPE} - a^2\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (۱)$$

که در آن φ واگرایی، MPE بیشینه تابش مجاز و a قطر روزنه خروجی لیزر است. برای لیزرهای پزشکی مورد استفاده در مراکز درمانی، نحوه تابش مختلف است. بر اساس نحوه تابش در حالت‌های مختلف روابط گوناگونی برای تعیین مرز ناحیه خطر وجود دارد. در این پژوهش لیزرهای پزشکی که جهت تابش به پوست بیمار مورد استفاده قرار می‌گیرد، بررسی شده‌اند. نمونه‌ای از لیزرهای پوست در شکل ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند. به هنگام کار با این لیزرها، بازتاب نور لیزر برای پزشک و دستیار خطرناک است، لذا تعیین ناحیه خطر در اطراف آن الزامی است.

۳. محاسبه ناحیه خطر

امروزه در اغلب مراکز درمانی برای اصلاح پوست، حذف موهای زائد و زیبایی به طور گسترده از لیزر استفاده می‌شود. لیزر دایود (۸۱۰ نانومتر)، لیزر آلکساندریت (۷۵۵ نانومتر) و لیزر نئودیمیم یاگ (۱۰٦٤ و ۵۳۲ نانومتر) لیزرهایی هستند که بیشتر برای درمان بیماری‌های پوست استفاده می‌شوند. مشخصات آن‌ها در جدول ۱ و ۲ آمده است.

شکل (۱): نمونه‌ای از لیزر دایود.

جدول (۱): مشخصات لیزر دایود

طول‌موج (nm)	۸۱۰
چگالی توان (J/cm^2)	۱۰۰

جدول (۲): مشخصات لیزر نئودیمیم یاگ و آلکساندریت

طول‌موج (nm)	۱۰٦٤–۷۵۵–۵۳۲
چگالی توان (J/cm^2)	۱۰۰–۱۳۰–۱۳
نرخ تکرار	۱۰
پهنای تپ (ms)	۰,۱ – ۳۰۰

[1] Maximum Permissible Emission

شکل (۲): نمونه‌ای از لیزر پزشکی آلکساندریت.

ناحیه خطر برای لیزرهای فوق با استفاده از رابطه (۱) و براساس مشخصات آن‌ها به دست آمده و در جدول ٤ نشان داده شده‌اند.حد بیشینه تابش مجاز جهت محاسبه ناحیه خطر در جدول ۳ آمده است.

جدول (۳): مقدار حد بیشینه تابش مجاز

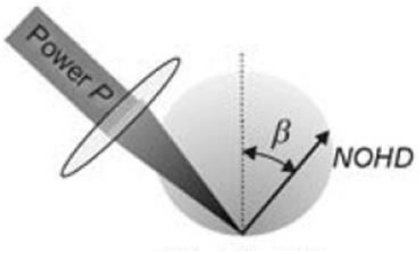
طول موج	زمان تابش	مد تابش	MPE
۱۰٦٤ nm	۷–۳۰ میلی ثانیه	تپی– بسامد تکرار ۳۰ هرتز	۵۲٫۳ $\mu J/cm^2$
۸۱۰ nm	۱۰ ثانیه	تپی	۰٫۰۳ J/cm^2
۷۵۵ nm	۱۰ ثانیه	تپی	۰٫۰۳ J/cm^2

در تمامی حالت‌ها واگرایی برابر ۲ میلی‌رادیان و روزنه خروجی برابر ۵ میلیمتر در نظر گرفته شده است.

جدول (۴): شعاع ناحیه خطر

لیزر	شعاع ناحیه
دایود ۸۱۰	۰٫۳۲۵ متر
یاگ ۱۰٦٤ تپی	۷٫۸۰ متر
آلکساندریت	۰٫۳۷ متر

در مراکز دندانپزشکی نیز استفاده از لیزر در حال گسترش است. با توجه به آنکه نحوه استفاده در کاربردهای دندانپزشکی از لحاظ هندسهٔ باریکه متفاوت است، لذا محاسبه ناحیه خطر در این مکان‌ها کمی تفاوت دارد [۲]. در کاربردهای دندانپزشکی، از لیزر برای انجام جراحی یا سایر اعمال بر روی لثه بیمار استفاده می‌گردد و در واقع باریکه لیزر در دهان بیمار قرار دارد و مسیر پرتو و بازتاب آن مشابه شکل (۳) می‌باشد [۳–٤].



شکل (۳) : نحوه تابش و بازتاب در لیزر دندانپزشکی.

در این حالت احتمال بازتاب باریکه لیزر وجود دارد و در واقع ناحیه خطر بر اساس باریکه بازتابی محاسبه می‌شود. در این حالت از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$r = \sqrt{\frac{RPCos\beta}{\pi MPE}} \qquad (۲)$$

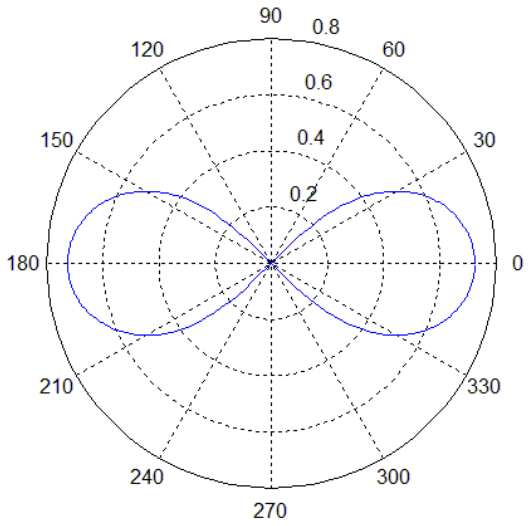
با توجه به احتمال وجود فلز در دهان بیمار اعم از ارتودنسی، دندان پرشده، پنس و... ضریب بازتاب بالای ٪۵۰ خواهد بود. اطلاعات دو مدل از لیزرها با کاربرد در دندانپزشکی در جدول (۵) آمده است.

جدول (۵): مشخصات لیزر دندانپزشکی

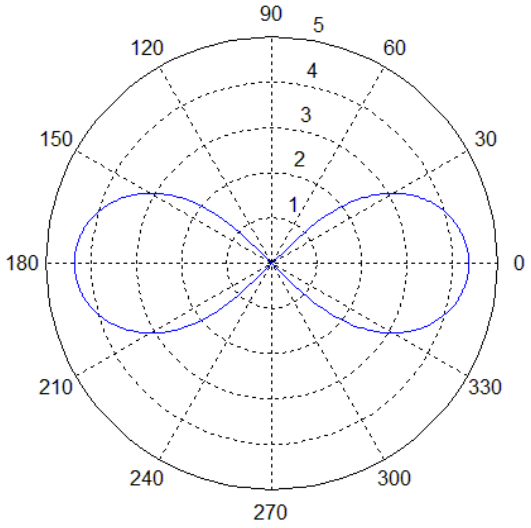
طول‌موج (nm)	۸۱۰	۲٤۹۰
توان (وات)	۸	۸
بیشینه حد مجاز (W/cm^2)	۳٫٦۳	۰٫۱

با توجه به نحوه کار پزشک زاویه بازتاب متغیر است لذا در مختصات قطبی نمودار ناحیه خطر را بدست می‌آوریم.

شکل (۴) : لیزر دایود با کاربرد دندانپزشکی.



شکل (۵): مرز ناحیه خطر برای لیزر ۹۸۰ نانومتر.



شکل (۶) : ناحیه خطر برای لیزر ۲۴۹۰ نانومتر.

۴. نتیجه‌گیری

جهت تعیین مرز ناحیه خطر بایستی چگالی پرتو لیزر در مکان‌های مختلف اندازه‌گیری شود. علاوه بر اندازه‌گیری می‌توان با محاسبه نظری نیز ناحیه خطر را تعیین کرد. البته در روش اندازه‌گیری پارامترهای مختلفی مانند نایکنواختی چشمه، بازتاب‌ها و جذب محیط نیز لحاظ خواهند شد. لذا در محاسبه مناسب‌تر است که تقریب رو با بالا استفاده میگردد. با رعایت ضوابط و مقررات در این ناحیه می توان علاوه بر استفاده بهینه از مکان، آسیب‌های ناشی از پرتوگیری با نور لیزر را نیز کمینه کرد. ناحیه خطر برای هر لیزر جداگانه باید محاسبه و تعیین شود.

۵. مراجع

[۱] ضوابط کار با لیزرهای کلاس IIIB و IV، انتشارات مرکز نظام ایمنی هسته ای کشور، دفتر امور حفاظت در برابر اشعه، ۱۳۸۷.

[۲] ابوالحسینی، شهریار؛ «ناحیه خطر (NHZ) در کار با لیزر»؛ فصلنامه لیزر در پزشکی، دوره ۱۳، شماره ٤، زمستان ۱۳۹۵، صفحات ۲۸-۲٤.

[۳] Roy. Henderson; "Laser Safety"; Taylor & Francis (2004)

[٤] Ken. Barat; "Laser Safety management"; Taylor & Francis (2006)

[۵] استاندارد ملی ایران شماره ۳۵۰۱.