مقاله پژوهشی

مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد ۸، شمارهٔ ۲، ویژه‌نامه پرتوهای غیریون‌ساز، ۱۳۹۸، صفحه ۱۳-۱۶

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

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

اهمیت دز جذبی تابش‌های لیزری در کاربردهای پزشکی

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

آسیب حاصل از تابش به میزان جذب انرژی بستگی دارد، و تقریباً با تراکم انرژی جذب شده در بافت متناسب است. در بررسی تابش خارجی با شار انرژی معین، مقدار دز جذب شده در هر نقطه از بافت به نوع تابش، انرژی تابش، فاصله عمق محل دریافت دز و اجزای اصلی سازنده محیط جاذب در آن نقطه بستگی دارد. در پرتو درمانی، میزان دز جذبی یا انرژی جذب شده در بافت حائز اهمیت است. این مسئله در خصوص پرتوهای یونساز همانند ایکس و گاما تقریباً شناخته شده است و در پروتکل‌های درمانی اجرا می‌گردد. لیکن در لیزر درمانی کمتر به آن توجه شده است. به علت وجود خطرات بالفعل در کار با لیزر، دزیمتری در لیزر درمانی بسیار حائز اهمیت است و علاوه بر رعایت حدود مجاز تابشی به لحاظ حفاظت پرتویی لزوماً میزان دز تابش جهت دستیابی به اثر مطلوب از الزامات این کاربرد لیزر در پزشکی است.

کلیدواژگان: لیزر پزشکی، حد پرتوگیری، دزیمتری.

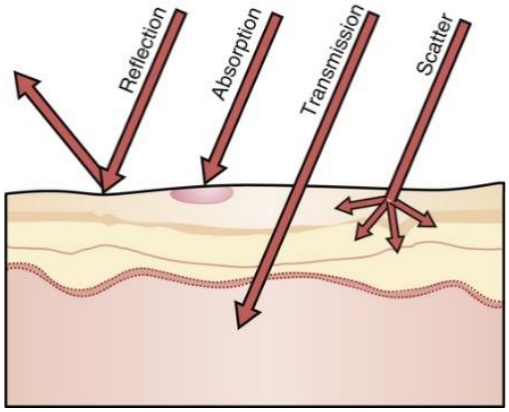
۱. مقدمه

تابش غیریونساز به معنای تابش الکترومغناطیسی است که انرژی کوانتومی آن کمتر از ۱۲٫٤ الکترون ولت باشد. پرتو لیزر نیز در گروه تابش‌های غیریونساز قرار می‌گیرد. در بررسی مقالات و روش‌های درمانی به اولین مشکلی که برخورد می‌کنیم عدم ارائه پارامترهای مناسب است. امروزه دیگر کسی شک ندارد که دز جذبی لیزر عامل بسیار تعیین‌کننده‌ای برای بدست آوردن نتایج مطلوب درمانی می‌باشد. چگونگی و عمق نفوذ لیزر در بافت، از اصول تعیین‌کننده‌ی اثربخشی لیزر بوده که کمتر مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. این اثربخشی به عواملی مانند: نوع بافت، طول‌موج تابش، چگالی توان، مدت زمان تابش و اثرات گردش خون بستگی دارد که با تنظیم مقادیر مربوطه می‌توان انتظار مشاهده اثرات مطلوب را داشت [۱].

۲. تعامل لیزر و بافت

قبل از بررسی خصوصیات پارامتری لیزر، بایستی تعامل لیزر و بافت مورد توجه قرار گیرد. پس از برخورد لیزر یا امواج الکترومغناطیس با بافت، قسمتی منعکس‌شده و قسمت دیگر وارد آن می‌شود. پس از ورود نور، دو پدیده رخ می‌دهد: بخشی از آن مسیر مستقیم را طی کرده و بخش دیگر پراکنده می‌شود. درصدی از این پراکندگی در امتداد مسیر باریکه لیزر بوده و باقیمانده به سمت اطراف است (شکل ۱).

لذا عمق نفوذ به دو عامل اساسی بستگی دارد: الف) خصوصیات فیزیکی لیزر و ب) خصوصیات بافت. از لحاظ خصوصیات فیزیکی لیزر، عامل تعیین‌کننده عمق نفوذ لیزر طول‌موج و شدت می‌باشد [۲].



شکل (۱): انواع برهمکنش لیزر و بافت.

هرقدر طول‌موج و شدت بالاتر باشد عمق نفوذ نیز افزایش می‌یابد. عامل مهم دیگر ساختار بافت است. از این خصوصیات می‌توان به خصوصیات اپتیکی پوست از لحاظ میزان رنگدانه، تراکم سلول‌ها، ضریب انعکاس، ضخامت اپیتلیوم، میزان عروق، هندسهٔ پیچیدهٔ بیومولکول‌ها، ساختار درون سلولی و چگونگی پراکنش کروموفورها اشاره کرد. خصوصیت مهم دیگری که تعیین‌کننده اثر لیزر و عمق نفوذ لیزر می‌باشد، فرآیند برهم‌کنش بین بافت و نور در سه سطح اتمی، مولکولی و ماکرومولکولی است.

بیشتر انرژی نور لیزر بعد از ورود به پوست توسط آب جذب می‌شود. البته در طول موج‌های کمتر از ۲۰۰ نانومتر و بالاتر از ۱۲۰۰ نانومتر شدت جذب توسط آب بیشتر دیده می‌شود. علاوه بر آن میزان جذب نور لیزر در شرایط بیماری و سلامت با هم متفاوت می‌باشد. عامل دیگری که تعیین کننده عمق نفود و میزان جذب لیزر می‌باشد، خصوصیات کروموفورها است. کروموفورها، گیرنده‌های نوری مولکول و یا قسمتی از مولکول‌ها می‌باشند که با توجه به خصوصیات ساختاری خود به سرعت نور را در یک بسامد و شدت خاص جذب می‌کنند. ملانین، پورفیرین‌ها و هموگلوبین از مهمترین کروموفورها می‌باشند که در طول موج ۵۷۷–۴۲۰ نانومتری بیشینهٔ جذب را دارند. لیزر توسط خون جذب و منجر به تغییراتی در ساختار سلولی و خصوصیات گلبول‌های قرمز می‌شود و علاوه بر آن، اثرات ناشی از این تغییرات را به سایر نقاط بدن نیز منتقل و اثرات سیستمیک ایجاد می‌کند. اما همین خون نیز می‌تواند با جذب نور مانع از انتقال لیزر به عمق مورد نظر گردد.

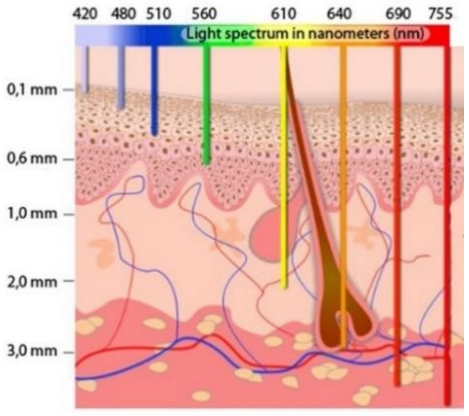
به این نکته باید توجه داشت که منظور از عمق نفوذ، عمقی نیست که انرژی لیزر در آن به صفر می‌رسد، بلکه عمقی است که با توجه به شدت انرژی باقیمانده اثرات درمانی برای آن متصور است. آنچه که منجر به اثر درمانی توسط لیزر می‌شود نهایتاً جذب انرژی باریکهٔ لیزر توسط موضع مورد نظر است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که رسیدن نور به موضع درمانی با بسامد و شدت مشخص حائز اهمیت است.

۳. پارامترهای لیزر

در زمان استفاده از لیزر پارامترهای متعددی کاربرد دارد. برای هر دستگاه لیزر، قدرت لیزر مقدار ثابتی است ولی در بعضی از دستگاه‌ها می‌توان با روش‌هائی فقط درصدی از این قدرت

را مورد استفاده قرار داد. اما این پارامتر نمی‌تواند زیاد کاربردی باشد لذا پارامتر «دانسیتهٔ قدرت» استفاده می‌شود. اما از آنجائیکه بیشترین اثرات لیزر تابع اثرات انرژی می‌باشد بایستی انرژی لیزر و میزانی از انرژی که در واحد زمان به واحد سطح می‌رسد، محاسبه گردد. این پارامتر را می‌توان مهمترین پارامتر ارزیابی اثرات لیزر تلقی کرد.

طول موج از پارامترهای مهم دیگر است. اثرات لیزر تابع جذب نور می‌باشد که در هر کروموفور در طول موج خاصی رخ می‌دهد. نور در طیف آبی و در طول موج‌های کم توسط ملانین در سطح پوست جذب می‌شود و طیف قرمز نور در طول موج‌های بالاتر از ۱۱۰۰ نانومتر جذب هموگلوبین، خون و آب می‌شود. در این موارد لیزر می‌تواند دارای اثرات درمانی باشد ولی بافت مانع از انتقال لیزر به عمق می‌شود لذا از این پنجره درمانی یعنی از طول موج های ٦٠٠ تا ١٢٠٠ نانومتری برای لیزر استفاده می‌شود. عمق نفوذ با طول موج رابطهٔ مستقیمی دارد. این عمق در طول موج ٦٣٢٫٨ نانومتر حدود ٦-٤ میلی‌متر ولی در بازهٔ طول موج ٩٤٠-٨١٠ نانومتر حتی تا چند سانتی‌متر نیز می‌باشد (شکل ۲).



شکل (۲): عمق نفوذ لیزر در طول موج‌های نور مرئی.

از پارامترهای مهم دیگر، سطح مقطع تابش و زاویه واگرائی است. هر چند که یکی از خصوصیات لیزر عدم داشتن واگرائی است اما در واقع اینگونه نیست و هر لیزری دارای درجات و درصدی از واگرائی می‌باشد. آشنائی با این خصوصیت لیزر به ویژه در استفاده از لیزر به روش اسکن بسیار مهم است.

پارامتر دیگری که امروزه به لیزر افزوده شده است مربوط به لیزرهای تپی می‌باشد[۳]. تابش تپ لیزر دارای اثرات بیولوژیک متفاوتی نسبت به لیزرهای پیوسته است. کاهش درد با لیزر تپی سریعتر بوده و رشد سلولی نیز تابع بسامد تپ است. مثلاً بسامد ٧٦ هرتز برای تحریک فیبروبلاست‌ها و ٨٠ هرتز برای تحریک لنفوسیت‌ها استفاده می‌شود. بسامد مهم‌ترین پارامتر در لیزرهای تپی است و پس از آن تعیین میزان انرژی دریافتی توسط بیمار در واحد سطح و زمان است. در این لیزرها میزان تابش اشعه در واحد زمان یکسان نیست و از پارامترهائی مانند حداکثر توان هر تپ و یا توان متوسط استفاده می‌شود. با اینکه اثرات لیزرهای تپی تا حدی شناخته شده است اما از بسامد کم در موارد حاد و از بسامد بالاتر برای موارد مزمن استفاده می‌شود. امروزه لیزرهایی به نام لیزرهای ترکیبی ارائه گردیده است که از ترکیب لیزرهای تپی و غیرتپی به صوت سینکرونیزه استفاده می‌کنند.

پارامتر دیگری که باید مورد توجه قرار گیرد زمان یا تعداد جلسات درمانی است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که اثرات بیولوژیک لیزر برای ۷۲-۹ ساعت باقی می‌ماند. بایستی دقت کرد که دز درمانی از حد مجاز بیشتر نشود چرا که شدت‌های زیاد می‌تواند خود منجر به از بین رفتن اثرات بیولوژیک لیزر شود. اثرات لیزر تا مدت‌ها بعد از قطع درمان نیز باقی می‌ماند (٨-٦ هفته).

۴. دزیمتری

آسیب پرتوی به جذب انرژی از تابش بستگی دارد و تقریباً با تراکم میانگین انرژی جذب شده در بافتِ تحت تابش متناسب است. دز جذبی تابش بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

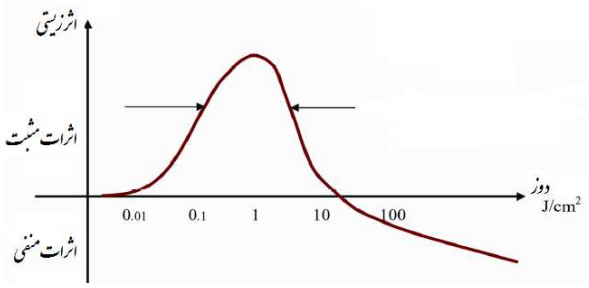
$$\text{دز جذبی تابش} = \frac{\Delta E}{\Delta m}$$

اگر دز تابشی بیش از دز جذبی مورد نیاز باشد، اثرات ناخواسته و برگشت‌ناپذیر بروز خواهد کرد که ایجاد سوختگی پوست از موارد عادی آن است. در رژیم تابشی لیزر تپی، با کاهش بسامد، توان متوسط، انرژی دز جذبی بطور قابل توجهی کاهش می‌یابد. با توجه به نقش بسامد در پروتکل‌های درمانی، تعیین آن به نظر و دانش پزشک از میزان دز جذبی مورد نیاز جهت درمان بستگی دارد.

بسامدهای شایعی که در مراجع لیزر درمانی مطرح است در جدول (۱) آمده‌اند. برخی از بسامدها مانند ۱۵۰ و ۶۰۰ هرتز تاثیرات بیولوژیکی مناسبی در اصلاح خون‌رسانی بافتی دارند. در شکل (۲) تغییرات بیولوژیکی براساس تغییرات دز در التیام زخم باز نشان داده شده است.

جدول (۱): بسامدهای رایج در لیزر درمانی.

اثر	بسامد (Hz)
درمان وزوز گوش	۵
ترشح اندروفین	۱۰
ایجاد تحریک بافتی	۳۰
تحریک فیبروبلاست	۷۶
تحریک لنفوسیت	۸۰
ضد التهاب و تورم	۱۰۰۰
تحریک سیستم ایمنی	۱۵۰۰
ضد عفونت	۳۰۰۰



شکل (۳): تغییرات بیولوژیکی براساس تغییرات دز در التیام زخم باز.

همانطور که در نمودار دیده می‌شود اثرات مثبت درمانی یا تحریک زیستی از دز ۰٫۰۱ J/cm² در بافت هدف (زخم باز) آغاز گشته، در حدود ۳–۱ J/cm² به اوج اثر خود می‌رسند و سپس تا حوالی ۱۲–۱۰ J/cm² با سیر نزولی ادامه می‌یابد [۳]. چنانکه در محدوده ۱۰ J/cm² اثرات تحریکی متوقف و از ۱۲ J/cm² اثرات مهاری لیزر آغاز می‌شود. ازاین‌رو دزهای ۰٫۰۱ J/cm² تا ۱۰ J/cm² تاثیرات تحریکی در ترمیم زخم (بافت هدف) دارند.

۵. نتیجه‌گیری

تحریک زیستی به تاثیر تحریکی نور بر سلول‌ها و شروع واکنش‌های منجر به تولید ATP و یا انرژی سلولی در میتوکندری، ترمیم و رشد سلولی اشاره دارد. جهت دسترسی به نتیجه مطلوب باید از انرژی و یا دزهای مختلف در پروتکل‌های درمانی مناسب استفاده کرد که دز و سایر پارامترهای به کار رفته در رژیم‌های مربوطه را ارائه کرده‌اند. آگاهی از دز مناسب جهت درمان از الزامات و ضروریات در استفاده از لیزر در کاربردهای درمانی است.

۶. مراجع

[۱] هرمان، سمبر؛ ترجمه ساناز حریری تبریزی؛ «مقدمه‌ای بر فیزیک بهداشت» انتشارات دانشگاه شهید بهشتی؛ فصل ۱۴.

[۲] مارکوف، نایمز؛ ترجمه دکتر پرویز پروین؛ «برهمکنش لیزر بافت» انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

[۳] نیوشا، سرور؛ «دزیمتری بالینی لیزرهای کم توان» مرکز تحقیقات علوم اعصاب شفاء.