بسم الله الرحمن الرحيم

دوزیمتری بالینی لیزرهای کم توان

سرشناسه	: سرور، نیوشا
عنوان و نام پدیدآور	: دوزیمتری بالینی لیزرهای کم‌توان/ تالیف نیوشا سرور، هادی کاظمی ؛ [به سفارش] مرکز تحقیقات علوم اعصاب شفا بیمارستان فوق تخصصی خاتم‌الانبیاء (ص)
مشخصات نشر	: تهران : میرماه ، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	: ۱۲۸ص:: مصور.
شابک	: ۱۲۵۰۰۰ریال: ۸-۲۰۵-۳۳۳-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: لیزر در پزشکی
موضوع	: لیزر -- مصارف درمانی
شناسه افزوده	: کاظمی، هادی، ۱۳۳۹ -
شناسه افزوده	: بیمارستان تخصصی و فوق تخصصی خاتم‌الانبیاء (ص). مرکز تحقیقات علوم اعصاب شفا
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۴ ۴س۹ل/ R۸۵۷
رده بندی دیویی	: ۶۱۰/۲۸
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۸۹۳۰۹۴

دوزیمتری بالینی لیزرهای کم توان

تألیف:

دکتر نیوشا سرور

علوم تابش‌های پزشکی - رادیولوژی از دانشگاه سیدنی

دیپلمای لیزر تراپی از روسیه و لیزر پیشرفته از سوئد

لیزرتراپیست

مدیر آموزش کلینیک لیزر بیمارستان خاتم الانبیاء(ص)

عضو انجمن لیزر درمانی جهانی، اروپا، استرالیا و ایران

دکتر هادی کاظمی

عضو هیئت علمی دانشگاه شاهد

و رئیس مرکز تحقیقات علوم اعصاب شفا

دکتر طاهر درودی

معاون آموزشی مرکز تحقیقات علوم اعصاب شفا

بیمارستان خاتم الانبیاء(ص)

میرماه

۱۳۹۴ خورشیدی

دوزیمتری بالینی لیزرهای کم توان

تألیف : دکتر نیوشا سرور، دکتر هادی کاظمی، دکتر طاهر درودی
ناشر: میرماه (۲-۲۲۷۲۲۹۰۱)
گرافیک جلد و متن: مهدیه ناظم زاده
لیتوگرافی و چاپ: قائم چاپ جوربند
صحافی: عطف
نوبت و سال انتشار: نخست/ ۱۳۹۴
شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه
قیمت: ۱۲۵۰۰ تومان
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۳۳۳-۲۰۵-۸

تمام حقوق اثر برای مرکز تحقیقات علوم اعصاب شفاء محفوظ است.

خیابان ولیعصر(عج) - خیابان رشید یاسمی- بیمارستان فوق تخصصی خاتم الانبیاء (ص)
تلفن: ۸۸۸۸۴۰۴۰

انتشارات میرماه: تجریش، دزاشیب، خیابان شهید رمضانی، کوی شهید مرتضی عباسی، پلاک ۳، واحد ۲
تلفن: ۲-۲۲۷۲۲۹۰۱ و ۴-۲۲۷۵۹۲۰۳ فاکس: ۲۲۷۱۹۵۲۳

تقدیم به تو پروردگار بزرگ

که نور آسمان ها و زمینی

تو که منت نهادی تا بتوانم به اندازه ذره ای از زیبایی های

دنیای پر نورت را شاهد باشم.

تقدیم به

چشم های همیشه نگران، قلب همواره صبور و پیکر خسته

اما همیشه مقاوم

تو مادرم

و روح زیبای تو پدرم

که هنوز هم مرا همواره ا مید می بخشی

و تقدیم به همهٔ بیمارانی که

طبابت و لیزر را بر بالین آنها آموخته ام.

بسمه تعالی
سازمان انرژی اتمی ایران

پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای
پژوهشکده لیزر و اپتیک

تاریخ: ۹۴/۳/۱۰
شماره: ۱۶۶۲۵۶۸
پیوست:

سرکار خانم دکتر سرور

با سلام،

احتراماً، ضمن آرزوی موفقیت به عرض می‌رساند کتاب تألیفی جنابعالی تحت عنوان «**دزیمتری بالینی لیزرهای کم توان**» را مطالعه نمودم، بسیار خوشحالم که اعلام نمایم کتاب حاضر ضمن محتوای خوب و مناسب از یک نگارش روان و قابل فهمی برخوردار است، پرواضح است چاپ و توزیع چنین کتابهایی گام مؤثری را در ارتقاء بخشیدن به حوزه لیزر پزشکی ایفاء خواهد کرد.

توفیق روزافزون سرکارعالی را از خداوند منان خواستارم.

عباس مجدآبادی
رئیس پژوهشکده لیزر و اپتیک

پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای
پژوهشکده لیزر و اپتیک

فهرست مطالب

فصل اول: راهنمای استفاده از کتاب ۱۱

فصل دوم: اصول دوزیمتری و انواع تابش لیزرهای کم توان..... ۱۳

۲-۱- مقدمه..... ۱۳

۲-۲- رژیم‌های (mode) تابش لیزرهای کم توان ۱۵

۲-۳- لیزرهای کم توان با رژیم تابش ذاتاً پالس Fixed Pulse (Pulse= P)..... ۱۶

۲-۴- لیزرهای کم توان با رژیم تابش ذاتاً مداوم (Wave= C. W Continuous)..... ۲۷

۲-۵- لیزرهای کم توان با رژیم تابش ذاتاً مداوم پالسی شده ویا "پالس کاذب" ۲۹

۲-۶- Power Density چیست؟ ۴۷

فصل سوم: دوزیمتری لیزر خونی ۵۵

۳-۱- روش داخل وریدی (IVLT=Intra Venous Laser Therapy =IV LBI)..... ۵۶

۳-۲- تابش خارجی از روی پوست (Transcutaneous)..... ۶۱

فصل چهارم: خرید دستگاه‌های لیزر کم توان با انواع رژیم تابش..... ٦٥

۴-۱- انتخاب دستگاه براساس جامعه هدف (نوع بیماران)..... ۶۵

۴-۲- فاکتورهای مشترک در خرید پروب‌های لیزر با رژیم تابش"ذاتاً پالس"و یا "ذاتاً مداوم"..... ۶۶

۴-۳- فاکتورهای مهم در خرید پروب‌های لیزر با رژیم تابش " ذاتاً پالس " ۷۳

۴-۴- فاکتورهای مهم در خرید پروب‌های لیزر با رژیم تابش " ذاتاً مداوم " ۷۳

۴-۵- سایرفاکتورهای مهم در خرید لوازم جانبی پروب‌های لیزر ۷۳

فصل پنجم: حل مسایل بالینی..... ۷۹

۵-۱ تجهیزات اولیه پیشنهادی..... ۷۹

۵-۲- حل مسأله ۸۵
مساله ۱- آرتروز زانو ۹۰
مساله ۲- کمردرد ۹۲
مساله ۳- زخم ۹۷
مساله ۴- آندومتریوز ۱۰۲
مساله ۵- وزوز گوش ۱۰۵
سخن آخر ۱۱۰
پیوستها ۱۱۳
پیوست اول ۱۱۳
پیوست دوم ۱۱۵
پیوست سوم ۱۲۰
مراجع ۱۲۶

فصل اول:

راهنمای استفاده از کتاب

با سپاس بیکران از خداوند بزرگ که مرا توفیق داد تا بتوانم در پاسخ به نیاز دانش‌پژوهان کلاس‌های لیزردرمانی که از من درخواست تالیف کتابی در زمینه دوزیمتری لیزرهای کم توان به بیانی ساده را داشتند این کتاب را به چاپ برسانم.

از آنجایی که کتب بسیار ارزنده‌ای توسط مؤلفان و مترجمان عزیز کشورمان چه در زمینه فیزیک لیزر و چه در زمینه واکنش‌های لیزر با بافت، اندیکاسیونها، کنترا اندیکاسیونها و... به چاپ رسیده است لذا در این کتاب سعی شده است تا بدون ورود به این مباحث، پس از بیان اصول دوزیمتری، به راهنمایی در مورد چگونگی خرید دستگاه‌های لیزرهای کم توان و سپس به حل چند مورد مسئله بالینی اشاره شود.

با هدف آسان‌تر کردن درک مباحث دوزیمتری و کمک به دو طیف از جامعه درمانگران و پزشکان خدمتگزار در این امر، دو نماد در این کتاب به کار گرفته شده است :

تصویر اول به نام آقای دکتر **PRO** که بیانگر پزشکی دقیق و **حرفه‌ای** با دقت به نکات دوزیمتری می‌باشد.

سلام

اسم من دکتر **PRO** است. خیلی خوشحالم که در این تلاش در کنار خانم دکتر سرور می‌توانم به ذکر سؤالاتی که زمانی ذهن مرا مشغول کرده بود و شاید سؤال برخی دیگر از همکاران نیز باشد و همچنین ذکر تجربیات شخصی خود که طی سال‌ها لیزردرمانی به دست آورده‌ام بپردازم و نقشی در درک بهتر درمان با لیزرهای درمانی ایفا نمایم.

تصویر دوم نیز به نام آقای **OPI** که بیانگر فردی در حد **اپراتوری** می‌باشد.

سلام

اسم من آقای **OPI** است. من هم خیلی خوشحالم که در کنار خانم دکتر سرور و آقای دکتر **PRO** سؤالات خود را مطرح می‌نمایم.

حقیقت این است که من هم علاقه زیادی به محاسبات دوزیمتری دارم اما مدت‌هاست از محاسبات ریاضی دور شده‌ام و برای همین بیشتر علاقمند هستم که در حد اپراتوری نیازهای خود را برآورده کنم.

امید است همه عزیزانی که به مطالعه این کتاب می‌پردازند در پایان با دستیابی به دیدگاهی بالینی‌تر از کاربرد عملی لیزرهای کم توان در درمان بیماری‌ها، به لذتی بیشتر از خدمت خود به بیماران عزیز کشورمان دست یابند.

نکته دیگری که قبل از شروع به خواندن این کتاب لازم به ذکر است این است که برای درک بهتر و قدم به قدم واژه‌ها و فرمول‌ها در این کتاب، سعی شده است از رنگ‌های متفاوتی استفاده شود لذا خواهشمند است به کلیه رنگ‌ها با دقت بیشتری نگاه کنید چرا که هر گروه از رنگ‌ها جهت درک بهتر مفاهیم خاصی ارائه شده‌اند.

در خاتمه از جناب آقای مهندس اسماعیل محمدیان؛ مدیر عامل محترم مؤسسهٔ حمایت از رشد و توسعهٔ صنایع بهساز IDFI، جناب آقای فرید امینی خویی، جناب آقای دکتر عباس مجد آبادی، سرکار خانم دکتر سهیلا مکملی، جناب آقای دکتر سید کامران کامروا، جناب آقای دکتر رضا فکر آزاد و جناب آقای دکتر فرهاد رضوان که در درک هر چه بیشتر اصول اولیهٔ این علم زیبا مرا یاری رساندند، و همچنین جناب آقای مهندس حسن داوودآبادی؛ مدیریت محترم واحد فنی مؤسسهٔ حمایت از رشد و توسعهٔ صنایع بهساز IDFI؛ که همواره با صبری بی بدیل پاسخگوی سؤالات مو شکافانهٔ من بودند و همهٔ یارانی که در طی مسیر این علم زیبا، به گونه‌ای راهنما و همسفر من گردیدند، سپاسگزاری می‌نمایم.

دکتر نیوشا سرور

تهران – ۱۳۹۴

فصل دوم:

اصول دوزیمتری و انواع تابش لیزرهای کم توان

پروردگارا !

به ما بیاموز کـه آنچـه تغییرپـذیر اسـت، دلیرانـه تغییـر دهـیم و آنچـه تغییرناپـذیر اسـت، صبورانه بپذیریم و آگاهانه این را از آن تشخیص دهیم.

۲-۱- مقدمه

همان طور که می‌دانید جهت دستیابی به زبانی مشترک در بیان چگونگی درمان بیماران با لیزرهـای کـم توان، متخصصین این فن سال‌هاست که در مقالات خود از پارامترهایی مانند طـول مـوج، رژیـم تـابش، توان قله، توان خروجی متوسط، مدت زمان تابش، فرکانس به کار گرفته شده در تـابش، پهنـای پـالس و سطح مقطع تابش استفاده می‌کنند(فارسیانی،رضا, عراقی،بابک et al. 1384).

برخی از این ویژگی‌ها مختص فوتون‌های نوری است که در کاواک لیزر تولید می‌شوند مانند طول مـوج و رژیم تابش ذاتی که کاربر محترم قادر به تغییر این ویژگی‌ها نمی‌باشد.

سلام

به نکته بسیار خوبی اشاره کردید. یکی دیگر از واژه‌هایی که همیشه مرا به اشتباه می‌انـدازد "فرکـانس" می‌باشد. آنچه من فهمیده‌ام این است که در مبحث لیزر از دو نوع فرکانس متفاوت صحبت می‌شود.

- اولی فرکانسی است که رابطه عکس با طول موج فوتون‌های لیزر دارد و نام این فرکانس ، مـو "μ" می‌باشد. این فرکانس نیز ویژگی خاص هر فوتون تولید شده درکاواک لیزر می‌باشد و ما نمی‌توانیم آن را

تغییر دهیم. لازم به ذکر است که هر جا صحبت ازفوتون‌هایی با انرژی بالا می‌شود، اشاره به فوتون‌هایی با فرکانس "μ" بالا و در نتیجه طول موج پایین است. فوتون های مذکور قادر به یونیزه کردن سلول های بدن بوده و خطر سرطان‌زایی را در فرد تحت تابش بالا می‌برند. نمونه این فوتون‌های سرطان‌زا اشعه ایکس می‌باشد (مجدآبادی. عباس ۱۳۸۱).

- فرکانس دوم فرکانس دیگری است که مربوط به خارج ازکاواک لیزر بوده و قابل تغییر توسط اپراتور است. این فرکانس همان فرکانس شایعی است که در محاسبات به آن اشاره می‌شود.

پاسخ :

از توجه شما بسیار سپاسگزارم. فرمایش شما کاملاً صحیح است.

تنها نکته‌ای که شاید گفتن آن لازم باشد یادآوری این مورد است که امروزه لیزرهای کم توان توسط انواع دیودها تولید می‌شوند و لذا دیگر معمولاً صحبتی از کاواک به میان نمی‌آید.

سلام

چقدر خوب!

حقیقتا خوشحالم که این سؤال من برای دوست اندیشمندم جناب آقای **دکتر PRO** هم مطرح بوده است.

اگر مقالات کار شده در زمینه لیزرهای کم توان را بررسی کنیم، این نکته قابل توجه است که در مقالات اولیه از حدود ۳۰ سال پیش بیشتر محققان تنها از برخی از پارامترهای اعلام شدهٔ فوق به همراه ذکر واژه انرژی در مقالات خود استفاده می‌کرده‌اند.

همان‌طورکه می‌دانید فرمول مادر محاسبه "انرژی"عبارت است از حاصل‌ضرب توان "با واحد وات" درمدت زمان "با واحد ثانیه" :

Energy (ژول؛ J) = Power (W)×Time(sec)

و یا به عبارت دقیق‌تر انرژی" با واحد ژول"عبارت است از حاصل‌ضرب توان متوسط " با واحد وات " درمدت زمان تابش " با واحد ثانیه " :

Energy (J)= Average Power "A. P "(W) × Exposure Time " E. T " (sec)

سلام

این فرمول هم یکی از مشکلاتی است که اوایل در حل مسائل برای من پیش می‌آمد :

- همان طور که عزیزان مشاهده می‌کنند برای محاسبه انرژی کل، در قسمت "توان" نمی‌توانیم هر

گونه توانی را مانند "توان قله" قرار دهیم، بلکه همان گونه که مشخص شده است تنها می‌توانیم از "توان متوسط" استفاده کنیم.
همچنین اگر بخواهیم واژه "توان" را به طور ملموس‌تر درک کنیم، باید بگوییم که منظور از "توان"، "میزان فوتون‌های تابش‌دهنده " است پس بنابراین تعداد فوتون‌های خروجی از پروبی با توان ۱۰ میلی‌وات در مقایسه با پروب دیگری که توان آن ۱۰ وات می‌باشد، ۱۰۰۰ برابر کمتر است.

- در قسمت " مدت زمان تابش" نیز نمی‌توانیم دقیقه‌های تابش را بدون تبدیل به ثانیه قرار دهیم.

سلام
آه **PRO** چقدر سریع وارد مباحث جدی شدیم.
همکاران عزیزم فکر می‌کنم من تا پایان مبحث شیرین !!! دوزیمتری دیگر حرفی نداشته باشم. لذا سکوت می‌کنم تا هم دقیق از این فرصت مطالعاتی استفاده کرده و هم ببینم کی و چطوری خانم دکترسرور کار محاسبات رو برای من آسا ن‌تر می‌کنند.

اما آیا واقعاً اگر بخواهیم دو ژول انرژی را به یکی از مفاصل انگشتان دست تابش دهیم، غلظت این انرژی با غلظت دو ژول انرژی تابش دهنده به مفصل شانه برابر است ؟ پاسخ آشکارا منفی است زیرا مشخص است که غلظت فوتون‌ها در مفصل انگشت به مراتب بیشتر از شانه است زیرا سطح مقطع مفصل انگشت به مراتب از سطح مقطع شانه کوچک‌تر است.

همین مسئله باعث گردید تا برای بیان واضح‌تر پروتکل‌های درمانی، میزان انرژی تابیده شده بر واحد سطح درمان (غلظت انرژی) در گزارش‌های درمانی تحت عنوان " دوز " مدنظر گرفته شود :

(Dose (J/cm^2) =Fluence=Energy Density=Energy (J) ÷Area(cm^2)

لازم به ذکر است که در سال‌های اخیر اکثر ژورنال‌های معتبر در زمینه لیزرهای درمانی ذکر اکثر پارامترهای فوق را به همراه تعیین میزان " انرژی و دوز " از محقق محترم تقاضامندند.

۲-۲- رژیم‌های (mode) تابش لیزرهای کم توان

یکی از فاکتورهای ذکر شده در انتخاب پروب‌های لیزر درمانی، توجه به رژیم و یا شیوهٔ تابش فوتون‌های خروجی از آن پروب است. البته نظرات پیشکسوتان در استفاده از نوع رژیم تابش با یکدیگر متفاوت است.

سلام

دراین مورد من هم تجربیاتی‌دارم که خوشحال می‌شوم آنها را با سایر پزشکان عزیز به اشـتراک بگـذارم. اگر مروری بر مطالعات روسی و همچنین اکثر کشورهای غربی داشته باشیم متوجه می‌شویم که دو تفکر متفاوت بر این دو قطب لیزر حاکم است. این تفاوت در مورد بهره‌گیری از رژیم‌های تـابش متفـاوت نیـز خود را نشان می‌دهد.

اساتید روس معمولاً اعتقاد بیشتری به استفاده از رژیم‌های تابش **ذاتاً پالس** دارند. اعتقـاد آنهـا بـر ایـن است که تأثیرات سلولی مولکولی رژیم‌های تابش **ذاتاً پالس** چیزی در حدود 1000-100 برابر سریع‌تـر از رژیم‌های تایش **ذاتاً مداوم** آغاز شده (فارسیانی،رضا, عراقی،بابک et al. 1384) و این تأثیر حتی بیشـتر و قوی‌تر است. یکی از دلایل دیگری که ارجحیت استفاده از رژیم تابش **ذاتاً پالس** را نسبت به رژیم **ذاتـاً مداوم** مطرح می‌نماید، عمق نفوذ بیشتر آن می‌باشد (این مطلب را در بخش **رژیم‌های تابش ذاتاً پـالس** بیشتر توضیح خواهم داد.)

در مورداکثر پروتکل‌های درمانی غربی، اگرچه اخیراً استفاده از رژیم‌های تابش ذاتاً پالس پررنگ‌تـر شـده است اما اعتقاد اصلی آنها رساندن دوز کافی به بیمار می‌باشد که این دوز می‌تواند به طور مـؤثر از طریـق رژیم‌های تایش ذاتاً مداوم نیز عملی گردد.

لازم به ذکر است که تجربیاتی که اینجانب در عرض سال‌ها لیزردرمانی به دست آورده ام این مطلـب را برایم کاملاً روشن ساخته است که درمان با **رژیم ذاتاً پالس** از طول مدت اثر بیشـتری نسـبت بـه رژیـم تابش ذاتاً مداوم نیز برخوردار است.

در لیزرهای کم توان دورژیم و یا شیوهٔ تابش (mode) ذاتی وجود دارد :

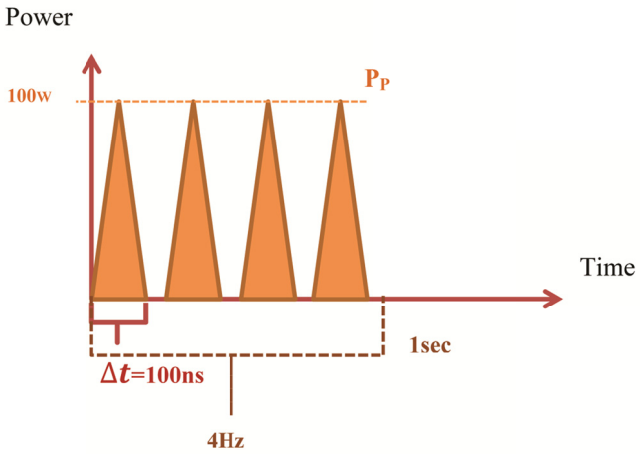
۲-۳- لیزرهای کم توان با رژیم تابش ذاتاً پالس Fixed Pulse (Pulse= P)

درنمودار این نوع از لیزرها، فوتون‌های خروجی از دیود لیزر، از صفر شروع‌شده، در یک لحظه از زمان بـه قله رسیده و سپس دوباره تا صفرکاهش می‌یابند. سپس با وقفه‌ای این روند بـه تعـداد عـدد فرکـانس در ثانیه تکرار می‌شود(Baxter 1997).

دیود اکثر این نوع از لیزرها GaAs (گالیوم ارسناید) است.

در این نوع از رژیم تابش، سه فاکتور جهت محاسبه " انرژی " و یا " دوز " ضروری هستند :

توان قلّه (P_p=Peak Power)، (Pulse Width)= پهنا یا عرض پالس = دلتای t (Δt=) و فرکانس خروجی دستگاه.



شکل ۲-۱: رژیم تابش ذاتاً پالس

در شکل فوق به نمونه‌ای از این رژیم تابش اشاره شده است. در این مثال، **توان قله برابر با ۱۰۰ وات (W)**، **پهنای پالس برابر با ۱۰۰ نانو ثانیه (ns)** و **تعداد تکرار پالس‌ها در ۱ ثانیه (فرکانس) برابر با ٤ هرتز (Hz)** می‌باشد.

(لازم به ذکر است که در لیزرهای کم توان، به "**رژیم‌های تابش ذاتاً پالس**" که در آنها "**پهنا و یا عرض پالس**" در مقیاس **نانو ثانیه (ns)** می‌باشد، "**رژیم تابش سوپر پالس**" نیزمی‌گویند.)

همان طور که در بخش قبل اشاره شد، فرمول مادر محاسبه " انرژی " عبارت است ازحاصل‌ضرب تـوان متوسط "با واحد وات" در مدت زمان تابش "با واحد ثانیه" :

Energy (J)= Average Power "A. P "(W) × Exposure Time " E.T " (sec)

برای به دست آوردن **توان متوسط یا** **Average Power "A. P "** به شیوه زیر عمل می‌کنیم:

ابتدا انرژی یک تک پالس را طبق فرمول مادر محاسبه "انرژی" محاسبه می‌کنیم (**توان قله** را در **پهنای پالس** ضرب می‌نماییم) :

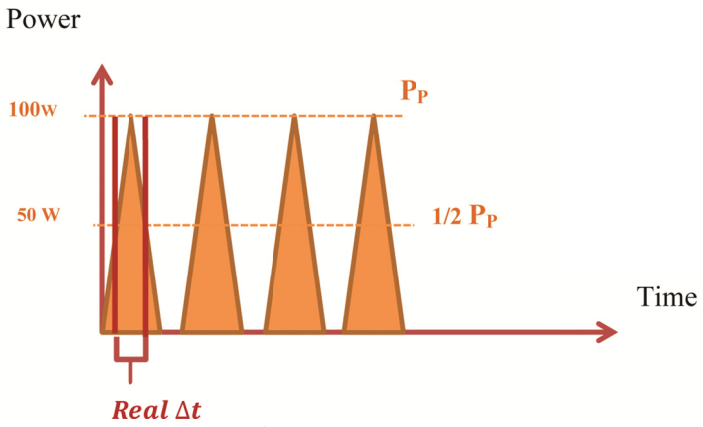
Energy (J)= Peak Power (P_p) با واحد وات × دلتای t با واحد ثانیه = یک تک پالس

اما سؤال اینجاست که چرا با وجود آنکه پالس‌های این نوع از رژیم تابش مثلثی شکل می‌باشند، ما آنها را به شکل مستطیل فرض کرده‌ایم و لذا برای به دست آوردن سطح زیر منحنی (انرژی) تنها **طول مستطیل (توان قله)** را **در عرض مستطیل (پهنای کل پالس)** ضرب نموده‌ایم ؟

پاسخ در تعریف صحیح "**پهنای پالس یا دلتای t واقعی**" می‌باشد :

حقیقت آن است که **پهنای واقعی پالس** در این نوع از رژیم تابش به بخشی از پهنای کل پالس می‌گویند که در **آن پهنا**، **توان قله نصف شده** است لذا مستطیلی واقعی شکل می‌گیرد که طول آن همان **توان قله** است و عرض آن کوچک‌تر از پهنای پالس کلی می‌باشد. به عبارت دیگر **پهنای واقعی پـالس** در جـایی محاسبه می‌شود که **توان قله نصف شده** باشد (مجدآبادی. عباس ۱۳۸۱).

بیایید یک بار دیگر به شکل رسم شده در زیر نگاه کنیم :



شکل ۲-۲؛ رژیم تابش ذاتاً پالس

اگر با دقت به تصویر فوق نگاه کنید، دو مثلث قائم الزاویه به رنگ نارنجی اضافه بر مساحت مستطیل مـا موجود هستند اما در عوض دو مثلث قائم الزاویه دیگر به همین ابعاد و به رنگ سفید در محاسبه مساحت مستطیل ما دچار نقصان هستند بنابراین برای دستیابی به سطح زیر منحنی مستطیلی داریم که طـول آن **توان قله** و عرض آن **پهنای پالس در جایی است که توان قله نصف شده باشد.**

حال که با **دلتای t واقعی** آشنا شدید، بدانید که برای به دست آوردن انرژی یک تـک پـالس مـا نیازمنـد محاسبه سطح زیر منحنی هستیم و مستطیلی شکل بودن سطح زیر این منحنی به شیوه‌ای کـه توضـیح داده شد صحیح است. اما در نمودارهای رسم شده مربوط به رژیم‌های تابش ذاتاً پالس درکتب مربوط بـه لیزرهای درمانی جهت سهولت در رسم نمودار کل پهنای پالس به عنوان **دلتای t** مدنظر گرفته می‌شود.

اکنون پس از محاسبه انرژی یک تک پالس، برای محاسبه توان متوسط باید انرژی به دسـت آمـده را در تعداد تکرار پالس‌ها در یک ثانیه (فرکانس) ضرب کنیم :

Average Power = [یک تک پالسEnergy = Peak Power (P_p) × t [دلتای فرکانس×

و یا به عبارتی :

Average Power "A. P" = Peak Power (P_p) × t دلتای × فرکانس

اما سؤالی که ممکن است مطرح گردد این است که چرا زمانی که انرژی یک تک پالس را تنها در تعداد تکرار (عدد) پالس‌ها در یک ثانیه ضرب می‌نماییم، انرژی تبدیل به توان می‌شود ؟

با کمی دقت پاسخ واضح است چرا که انرژی به دست آمده تنها ضرب در (عدد) نمی‌شود بلکه ضرب در (ثانیه ÷عدد) می‌شود. این امر به راحتی با جایگزینی واحدها در فرمول بالا به دست خواهد آمد :

Average Power "A. P" = Peak Power (P_p) × t دلتای × فرکانس

W × sec × عدد/ sec

همان طور که مشاهده می‌فرمایید **sec مخرج** با **sec صورت** ساده شده و آنچه باقی می‌ماند تنها **W** می‌باشد که واحد توان متوسط به دست آمده است.

اکنون یک بار دیگر به فرمول محاسبه " انرژی "و " دوز " بازمی‌گردیم و یافته‌های خود را در آنها جایگزین می‌کنیم تا فرمول نهایی لیزرهای کم توان با رژیم تابش ذاتاً پالس را به دست آوریم :

Energy (J) = Average Power "A. P "(W) × Exposure Time " E. T " (sec)

Energy (J) = Peak Power (P_p) × t دلتای × فرکانس× Exposure Time) sec)

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Peak Power } (P_p) \times t \text{ دلتای} \times \text{فرکانس} \times \text{Exposure Time}}{\text{Area}}$$

سلام

با عرض معذرت از سرکار خانم دکترسرور، شاید خالی از لطف نباشد که اسامی دیگر توان متوسط را در تمام انواع رژیم‌های تابش نیز به همکاران گرامی ذکر کنیم:

توان متوسط = Average Power "A. P" = Mean Output Power "M.O.P" = توان متوسط خروجی = Output Power " O. P " = توان خروجی

سلام

به خاطر می‌آورم که در ابتدای یادگیری لیزرهای کم توان جهت درمان بیماران خود در محاسبات دوزیمتری رژیم‌های تابش، بسیار دچار اشکال می‌شدم و همیشه عدد حاصل از محاسبات من با عدد اعلام شده در پروتکل‌ها بسیار متفاوت بود، لذا جهت کمک به برخی از همکاران که شاید مشکلی مشابه با من را داشته باشند اشاره‌ای به برخی تبدیل واحدها می‌نمایم :

10^{-15} = فمتو , 10^{-12} =پیکو , 10^{-9} = نانو , 10^{-6} = میکرو , 10^{-3} = میلی

10^{9} =گیگا , 10^{6} = مگا , 10^{3} = کیلو

اکنون به چند نمونه از این تبدیل واحدها اشاره می‌نماییم :

- جهت تبدیل واحد **عددی** از **میلی** وات به وات باید این **عدد** را در 10^{-3} ضرب نماییم:

100 mw (میلی وات) = $100\times 10^{-3} = 10^{2} \times 10^{-3} = 10^{-1}$ = 0. 1 W (وات)

بنا بر این در مثال ذکر شده، **100 میلی** وات برابر است با 0.1 وات.

- همچنین جهت تبدیل واحد **عددی** از **نانو** ثانیه به ثانیه باید این **عدد** را در 10^{-9}ضرب نماییم:

100 ns (نانو ثانیه) = $100\times 10^{-9} = 10^{2} \times 10^{-9} = 10^{-7}$ sec (ثانیه)

مثال ۱ (بر اساس شکل ۲- ۱ با فرکانس‌های متفاوت): پروب لیزرکم توانی داریم که توان نوشته شده بر روی آن ۱۰۰ وات (W) می‌باشد. این لیزر از نوع لیزر کم توان و با رژیم تابش ذاتاً پالس است. اگر فروشنده در اطلاعات پروب مذکور پهنای پالس (دلتای Δt = t) را ۱۰۰ نانو ثانیه (ns) ذکر نماید، به سؤالات زیر پاسخ دهید :

۱- این توان چه توانی است ؟

۲- اگر سطح مقطع پروب $1cm^2$ باشد، حساب نمایید که در فرکانس ۳۰۰۰ هرتز و در ۱ دقیقه چه میزان انرژی و دوز می‌توان از این پروب به دست آورد؟

۳- حال اگر فرکانس دستگاه را به ۱۰ هرتز کاهش دهیم، مجدداً حساب نمایید که در ۱ دقیقه چه میزان انرژی و دوز می‌توان از این پروب به دست آورد؟

٤- اگر در یک پروتکل درمانی که می‌خواهیم برای بیمار خود استفاده کنیم ذکر شده است که در هرنقطه، انرژی معادل 1. 8 J به کار ببرید، حساب کنید در صورت استفاده از هر یک از دو فرکانس ذکر شده، مدت زمان تابش مورد نیاز چقدر خواهد بود ؟

پاسخ :

۱– این توان **توان قله** است و ما نمی‌توانیم آن را مستقیم در فرمول "انرژی و یا دوز" قرار دهیم بلکه ابتدا باید با استفاده از آن "توان متوسط = Average Power" را به دست آوریم :

Average Power "A. P" = Peak Power (P_p) × دلتای t × فرکانس

Average Power "A. P" = $100 \times 100 \times 10^{-9} \times 3000 = 10^{2} \times 10^{2} \times 10^{-9} \times 3 \times 10^{3} = 3 \times 10^{-2}$ W = 0. 03W = $(3 \times 10^{-2}) \times 10^{3}$ mw = 30mw

نکته بسیار مهم :

همان طور که مشاهده می‌کنید **توان قله 100 وات** تبدیل به **توان متوسط 0. 03 وات (یا 30 میلی وات)** شده است و این نکته مهمی در لیزرهای کم توان با رژیم تابش **ذاتاً پالس** می‌باشد چرا که علیرغم حضور **توان قله‌ای با واحد وات**، این لیزرها همچنان در محدوده لیزرهای کم توان باقی می‌مانند که دلیل آن حضور **پهنای پالس بسیار باریک در حد نانوثانیه** است که از این **توان قله با واحد وات، توان متوسطی با واحد میلی وات** می‌سازد. به بیان دیگر از بیان واحد وات در این نوع از رژیم تابش لیزرهای کم توان نباید تعجب کرد چرا که این توان در واقع در محدوده میلی وات می‌باشد و ربطی به لیزرهای پرتوان ندارد.

2- Energy (J)= Average Power "A. P "(W) × Exposure Time " E. T " (sec)
Energy (J) = 3×10^{-2} W × 60 sec = $3 \times 10^{-2} \times 6 \times 10^{1} = 18 \times 10^{-1} =$ 1. 8 J
Dose(J/cm^2)=Energy Density=Energy(J) ÷ Area (cm^2))=1.8÷ 1= 1. 8 J/cm^2

3- Average Power "A. P" = Peak Power (P_p) × دلتای t × فرکانس

Average Power = $100 \times 100 \times 10^{-9} \times 10 = 10^{2} \times 10^{2} \times 10^{-9} \times 10^{1} = 10^{-4}$ W = 0. 0001W= $(10^{-4}) \times 10^{3}$ mw = 0. 1mw
➔
Energy (J)= Average Power "A. P "(W) × Exposure Time " E. T " (sec)
Energy (J) = 10^{-4} W × 60 sec = $10^{-4} \times 6 \times 10^{1} = 6 \times 10^{-3} =$ 0. 006 J
Dose (J/cm^2) = Energy(J) ÷ Area (cm^2)= 0. 006 J÷1= 0. 006 J/cm^2

نکته:

همان طور که مشاهده می‌نمایید در رژیم تابش ذاتاً پالس، با **کاهش فرکانس از عدد 3000 هرتز به 10 هرتز (کاهش 300 مرتبه‌ای فرکانس)، توان متوسط** و انرژی و **دوز حاصله 300 مرتبه ضعیف می‌شوند** چرا که عدد فرکانس نقش مستقیم در محاسبه این پارامترها دارد :

3000Hz ➔ Average Power = 0. 03W , Energy= 1.8 J , Dose = 1.8 J/cm^2

10Hz ➔ Average Power = 0. 0001W, Energy= 0.006 J , Dose = 0.006 J/cm^2

بنابراین هرگاه فرکانس به کار گرفته شده در رژیم تابش ذاتاً پالس کاهش یابد، توان متوسـط و انـرژی و دوز کاهش می‌یابند و هرگاه فرکانس به کار گرفته شده افزایش یابد این پارامترها نیز افزایش می‌یابند.

4- Energy (J)= Average Power (W) × Exposure Time " E. T " (sec)

3000Hz ➔ 1.8 J = 0. 03 W × E. T sec

E. T sec = 1.8 J ÷ 0. 03 W = 60sec=1min (دقیقه)

Energy (J)= Average Power (W) × Exposure Time " E. T " (sec)

10Hz➔ 1.8 J = 0. 0001 W × E. T sec

E. T sec = 1.8 J ÷ 0. 0001 W = 18000sec =

18000 ÷ 60= 300min (دقیقه)

همان طور که مشاهده می‌نمایید جهت رسیدن به یک **انـرژی یکسـان** (1.8 J)، جهـت جبـران کـاهش **"توان متوسط"** به دلیل کاهش **فرکانس از 3000 Hz بـه 10 Hz** بایـد **مـدت زمـان تـابش 300 برابـر افزایش یابد** و این بدان معناست که برای انجام پروتکل درمانی ذکر شده در هرنقطه از تابش به جای ۱ **دقیقه** کار **باید 300 دقیقه** (**۵ ساعت**) لیزر را تابش دهیم که این نه تنها کاری غیر عملی است بلکه سبب ذوب دیود ساطع کننده لیزر می‌شود زیرا دیودها بسیار به حرارت حساس بوده و دچار استهلاک می‌شوند.

حال سؤال مهمی پیش می‌آید که اگر بخواهیم از فرکانس‌های کم مانند **10Hz** نیز جهت درمان بیمـاران خود استفاده کنیم، چگونه می‌توانیم این مشکل را پوشش دهیم ؟

استفاده از **رژیم تابش ذاتاً مداوم پالسی شده** یکی از راه حل‌هایی است که در ادامه به آن اشاره خواهیم کرد.

سلام

مدت زمان زیادی گذشته و من در حال گوش دادن و لذت بردن از زیبایی‌های رژیم تـابش **ذاتـاً پـالس** هستم. اما می‌دانم که ممکن است بسیاری از همکاران عزیز سؤالاتی را در ذهن خود داشته باشـند و لـذا بی‌صبرانه منتظر آمدن من باشند. به همین دلیل با کسب اجازه از سرکار خانم دکتر سرور فکر می‌کنم که

در اینجا خالی از لطف نباشد که به چند قضیه مهم اشاره کنم :

۱- آیا به راستی استفاده از **فرکانس‌های مختلف** در پروتکل‌های درمانی نقش مهمی دارد؟

حقیقت این است که بستگی به طرز تفکر پزشک ارائه دهنده آن پروتکل دارد.

همان طور که گفتیم دو طرز تفکر کاملاً متفاوت در بین پروتکل‌های درمانی پزشکان لیزر تراپیست غربی و روسی وجود دارد:

در اکثر **پروتکل‌های درمانی روسی**، اثری از اعلام انرژی و یا دوز مشاهده نمی‌شود و آنچه که پیش‌کسوتان روس به آن بیشتر از هر فاکتور دیگری توجه خاص نشان می‌دهند **اعلام فرکانس** به کار رفته می‌باشد(Moskovin and Buylin 2001). البته توان به کار برده شده و مدت زمان تابش نیز برای آنها در درجه دوم اهمیت قرار دارد. بنابراین اگر نمونه‌ای از پروتکل‌های روسی را بررسی نماییم و سپس به محاسبه " دوز "در آن پروتکل خاص بپردازیم متوجه می‌شویم که گاهی اعداد حاصله بسیار ناچیز و برای مثال درحدود $0.005 J/cm^2$ برسطح پوست نیز می‌رسند.

اما اگر به اکثر پروتکل‌های انجمن‌های معتبر غربی و یا حتی انجمن لیزر درمانی جهانی رجوع کنیم متوجه می‌شویم که توجه به کاربرد فرکانس‌های مختلف کم‌رنگ‌تر بوده و در عوض انرژی و یا دوزهایی قابل توجه در حد $1\text{-}4\ J/cm^2$ و حتی بالاتر مدنظر قرار گرفته است. البته لازم به ذکر است که در سال‌های اخیر می‌توان رد پای پررنگ‌تری از کاربرد فرکانس‌های مختلف در برخی از پروتکل‌های غربی مشاهده کرد(Baxter 1997).

۲- اگر مایل به استفاده از **فرکانس‌های مختلف** در پروتکل‌های درمانی خود باشیم، چه فرکانس‌هایی توصیه شده‌اند ؟

در مورد کاربرد فرکانس‌های مختلف در پروتکل‌های درمانی، شاید شما بتوانید اعداد متفاوتی را از منابع متفاوتی به دست آورید اما من در اینجا به برخی از **فرکانس‌های شایعی** که در رفرنس‌های لیزردرمانی مطرح است و من خود نیز طی سال‌ها تجربه از آنها بهره برده‌ام اشاره می‌نمایم:

درمان وزوز گوش ➔ 5 Hz

(ترشح اندورفین) ایجاد بی دردی ➔ 10(0-100) Hz

ایجاد تحریک بافتی ➔ 30 Hz

تحریک فیبروبلاست‌ها➔ 76 Hz

تحریک لنفوبلاست ها ➔ 80 Hz

تحریک فیبروبلاست‌ها، Biostimulation* ➔ 700Hz

ضدالتهاب، ضدتورم، Biostimulation ➔ 1000 Hz

ضدالتهاب و تورم، تحریک سیستم ایمنی، Biostimulation ➔ 1500 Hz

ترمیم زخم، Biostimulation ➔ 3000 Hz

(ضد عفونت) اثر باکتریو استاتیک ➔ 10000 Hz

همچنین اگر به برخی از پروتکل‌های روسی مراجعه فرمایید متوجه می‌شوید که چندین فرکانس دیگر نیز به کرات مورد استفاده قرار گرفته‌اند : برخی از این فرکانس‌ها عبارتند از **150Hz** و **600Hz** که به نظر می‌آید **تأثیرات بیولوژیک مناسبی در اصلاح خون‌رسانی بافتی** دارند.

مورد دیگری که شاید اشاره به آن مفید باشد این است که برخلاف غرب، در موارد بیماری‌های حاد، پزشکان روسی اعتقاد به استفاده از فرکانس‌های بالا مانند **1000** $_{Hz}$ و در بیماری‌های مزمن اعتقاد به استفاده از فرکانس‌های پایین مانند **150** $_{Hz}$ و **80**$_{Hz}$ دارند (Moskovin and Buylin 2001).

Biostimulation* : هرچند در این کتاب صرفاً به اصول دوزیمتری و حل مسائل مربوطه خواهیم پرداخت اما به دلیل تکرار این واژه توضیح مختصری از آن می‌دهم :

این واژه و یا "**تحریک زیستی**"، به‌طور خلاصه اشاره به تأثیر تحریکی نور بر سلول‌ها و شروع واکنش‌های منجر به تولید ATP و یا "انرژی سلولی" در میتو کندری و ایجاد رژنراسیون، ترمیم و رشد سلولی دارد.

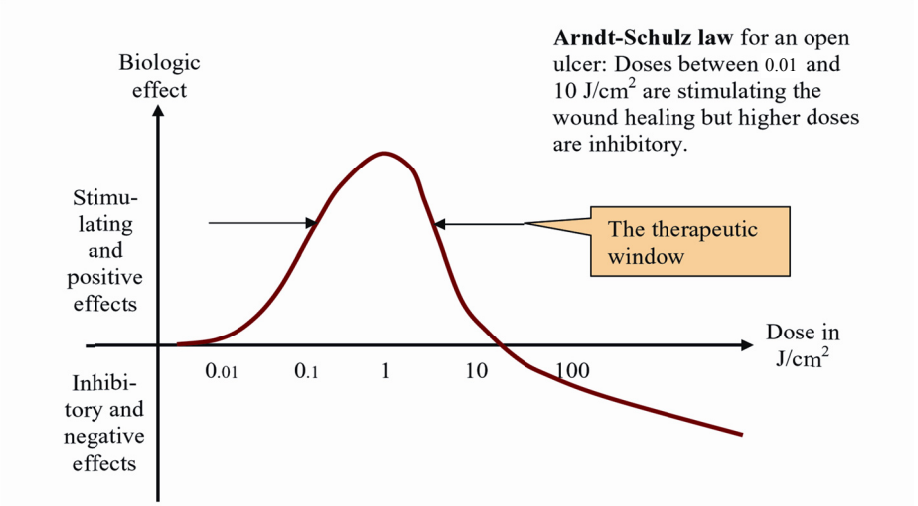
۳- اگر مایل به استفاده از "**انرژی و یا دوزهای مختلف**" در پروتکل‌های درمانی خود باشیم، چه پروتکل‌هایی توصیه شده‌اند؟

همان طور که در قبل اشاره گردید، امروزه پروتکل‌های درمانی موظف به ارائه " دوز " و سایر پارامترهای به کار رفته در رژیم‌های تابش مربوطه هستند. انجمن لیزر درمانی جهانی نیز در سایت

رسمی خود (www.walt.nu) توصیه‌هایی برای به‌کارگیری دوزهایی خاص ارائه داده است (**پیوست سوم**).

راهنمایی دیگری که می‌توانم در این زمینه به همکاران عزیز خود ارائه دهم،اشاره به **پنجره درمانی "Therapeutic Window"** براساس قانون **Arndt-Schulz Law** می‌باشد (مکملی، سهیلا. ۱۳۸۴)؛

[Rudolf **Arndt**(1835-1900) و Hugo Paul Friedrich **Schulz** (1853-1932)].



نمودار ۲-۱ ؛ تغییرات بیولوژیکی براساس تغییرات دوز در التیام زخم باز

همان‌طور که در این نمودار مشاهده می‌فرمایید :

اثرات مثبت درمانی(Biostimulation) از دوز $0.01J/cm^2$ در بافت هدف (زخم باز) آغاز گشته، در حدود $1-3J/cm^2$ به اوج اثر خود می‌رسند و سپس تا حوالی $10-12J/cm^2$با سیر نزولی ادامه می‌یابند چنانکه در

محدوده J/cm^2 10 اثرات تحریکی متوقف و از J/cm^2 12 اثرات مهاری لیزر آغاز می‌شود(مکملی،سهیلا. ۱۳۸۴).

به این ترتیب دوزهای ما بین **J/cm^2 0. 01تاJ/cm^2 10 (پنجره درمانی)** تأثیرات تحریکی در ترمیم زخم (بافت هدف) و دوزهای بالاتر تأثیرات مهاری دارند.

به نظر من از این نمودار می‌توان به چند طریق بهره برد:

- اول آنکه هرگاه برای بیماری خاصی به هیچ‌گونه پروتکلی دست نیافتید می‌توانید با مراجعه به این **پنجره درمانی** به گونه‌ای عمل کنید که حداقل دوز مؤثر بیولوژیک را به بافت هدف مدنظر خود برسانید.
- دوم آنکه با مشاهده این **محدوده پنجره درمانی** می‌توانید با اعتماد بیشتری به درمان بیماران خود در هر جلسه درمانی بپردازید. من خود به خاطر می‌آورم که در ابتدای تجربیات درمانی خود، به شدت نگران چند ثانیه تابش کمتر ویا بیشتر لیزر به بافت هدف بیمار بوده و همواره فکر می‌کردم که چند ثانیه تابش بیشتر لیزر در یک جلسه به بافت هدف، باعث اثرات معکوس در روند درمان و برعکس، چند ثانیه تابش کمتر لیزر در یک جلسه به بافت هدف، منجر به بی‌اثر شدن درمان بیماری می‌گردد. این درحالی است که نمودار فوق نشان می‌دهد که هرچند درمانگر باید در رساندن دوز کافی به بیمار در تمام جلسات درمانی دقت کافی داشته باشد، اما اثرات درمانی در محدوده وسیعی از دوزهای کم تا زیاد در بافت هدف رخ می‌دهند و چند ثانیه خطا در تابش لیزر به بافت هدف در برخی از جلسات درمانی اختلالی در پاسخ نهایی بافت ایجاد نخواهد کرد.

- و سوم آنکه باید همواره توجه داشته باشید که" دوزی"که به پوست بیمار تابش داده می‌شود ملاک نظر نبوده و تنها " دوزی" که به بافت هدف می‌رسد مدنظر است.

در این زمینه جا دارد به نظر برخی از کارشناسان که برای بافت‌های هدف دور از سطح پوست که در فاصله چند سانتی‌متری از سطح بدن قرار دارند و ویرایشی در " فرمول دوز " انجام داده‌اند اشاره‌ای کنیم(Tuner and Hode 2002):

همان طور که می‌دانیم " فرمول دوز " عبارت است از :

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{) =Fluence=Energy Density=} \frac{\text{Energy(J)}}{\text{Area (cm}^2\text{)}}$$

حال اگر فرض کنیم که بافت هدف ما در فاصله **d** از سطح پوست سالم قرار گرفته است، جهت جلوگیری از ایجاد دوز مهاری در لایه‌های سطحی پوست، (**d+1**) را در فرمول دوز قرار داده و به فرمول جدیدی دست می‌یابیم:

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{) = Energy Density =} \frac{\text{Energy(J)}}{\text{[Area (cm}^2\text{) }\times\text{(d+1)]}}$$

عدد **d** از **0** تا **4** (**d=0-4cm**) تعریف می‌گردد.

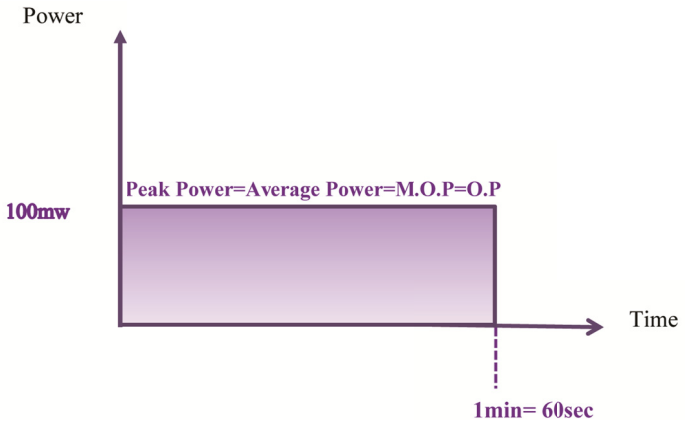
به این ترتیب اگر بافت هدف در سطح پوست باشد **d=0** خواهد بود و اگربرای مثال فاصله بافت هدفی از سطح پوست سالم **2cm** باشد، **d=2** در فرمول قرار می‌گیرد.

لازم به ذکر است که این فرمول تنها جهت استفاده در لیزرهای کم توان با دیودهای **GaAs**و **GaAlAs (گالیوم آلومینیم ارسنایید)** که دارای عمق نفوذ بیشتری هستند به صورت **1** تا **4** (**d=1-4cm**) توصیه شده است (Tuner and Hode 2002).

۲-۴- لیزرهای کم توان با رژیم تابش ذاتاً مداوم (C.W= Continuous Wave)

درنمودار این نوع از لیزرها، میزان فوتون‌های خروجی از دیود لیزر در هر لحظه از زمان یکسان بوده و هیچ‌گونه نوسانی در میزان آنها رخ نمی‌دهد. بنابراین اگر برای مثال توان خروجی یک پروب لیزر با رژیم تابش ذاتاً مداوم 100 میلی وات باشد، در هر ثانیه از زمان، 100 میلی وات بوده و کم یا زیاد نمی‌شود (Goldman 2002).

نمونه‌ای از دیود تولیدکننده این نوع از لیزرها، **GaAs، GaAlAs (گالیوم آلومینیم ارسنایید) ویا InGaAlP (ایندیوم گالیوم آلومینیم فسفاید)** می‌باشد (Baxter 1997).



شکل ۲-۳؛ رژیم تابش ذاتاً مداوم

همان طور که انتظار می‌رود و در شکل بالا نیز مشخص است در این نوع از رژیم تابش، **توان قله همان توان متوسط و یا خروجی** می‌باشد و دیگر نیازی نیست که مانند رژیم تابش ذاتاً پالس، توان متوسط را با استفاده از توان قله محاسبه نمود زیرا در این نوع از رژیم تابش، توان لیزرهمواره ثابت است ودیگر اثری از پالس و بتابراین پهنای پالس و تعداد تکرار پالس در ثانیه (فرکانس) وجود ندارد.

فرمول "انرژی و دوز" در این نوع از لیزرها، به سادگی و به طریقه زیر محاسبه می‌شود :

همان طور که اشاره شد، فرمول مادر محاسبه "انرژی" عبارت است از حاصل‌ضرب توان متوسط "با واحد وات" در مدت زمان تابش "با واحد ثانیه":

Energy (J)= Average Power "A. P "(W) × Exposure Time " E. T " (sec)

بنابراین "انرژی" در رژیم تابش مداوم، همان سطح زیر منحنی می‌باشد و با محاسبه مساحت مستطیلی که طول آن "مدت زمان تابش" و عرض آن "**توان قله و یا توان متوسط و یا توان خروجی**" است به دست می‌آید :

Energy (J)= [Peak Power =Average Power =M.O.P=O. P (W)] ×E. T(sec)

مثال ۲ (شکل ۲-۳) : پروب لیزرکم توانی داریم که رژیم تابش آن ذاتاً مداوم و توان نوشته شده بر روی این پروب برابر با 100 میلی وات می‌باشد. لطفاً به سؤالات زیر پاسخ دهید:

۱ - این توان چه توانی است ؟

۲ - اگر سطح مقطع پروب $1cm^2$ باشد، حساب کنید از این پروب در ۱ دقیقه زمان تابش چه میزان انرژی و دوز می‌توانیم به دست آوریم ؟

پاسخ:

۱- از آنجایی که این پروب لیزر، رژیم تابش ذاتاً مداوم دارد، این توان همان **توان قله و یا توان خروجی و یا توان متوسط** می‌باشد.

2- Energy (J)= [P_P ="A. P" = M. O. P=O. P (W)] × Exposure Time " E. T " (sec)

Energy (J)= 100×10^{-3} (W) ×60(sec) =6J

Dose (J/cm^2) = Energy Density= Energy(J) ÷ Area (cm^2)=6 ÷1=6 J/cm^2

سلام

حال پس از آشنایی با لیزرهای کم توان با **رژیم تابش ذاتاً مداوم** این سؤال پیش می‌آید که آیا می‌توان این نوع از لیزرهای کم توان را نیز **تبدیل به پالس** نمود؟

پاسخ مثبت است.

در این صورت ، با توجه به اینکه **لیزرهای کم توان با رژیم تابش ذاتاً پالس** نیز وجود دارند، دلیل استفاده از **لیزرهای کم توان با رژیم تابش ذاتاً مداوم پالسی شده** برای چیست ؟

پاسخ در امکان استفاده از **فرکانس‌های کم** بدون تأثیر آنها بر **توان متوسط خروجی** است .

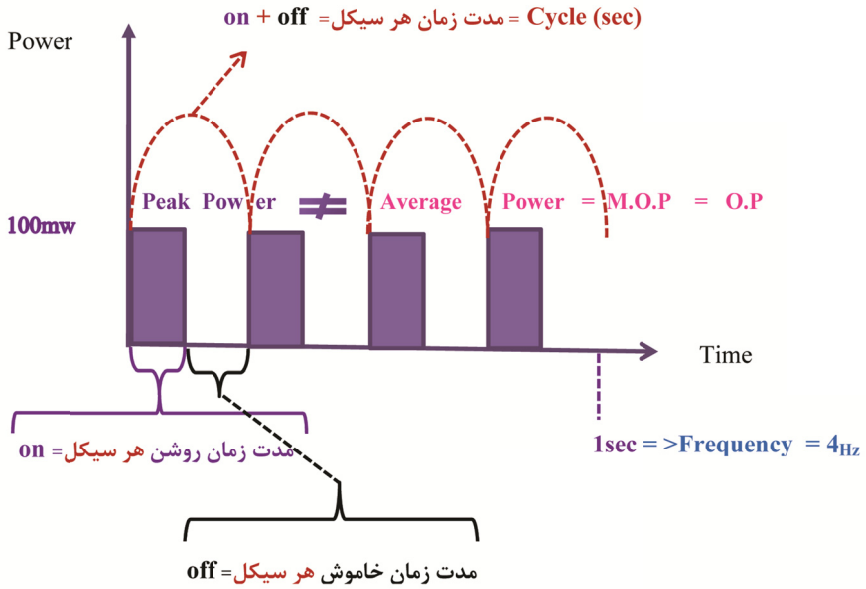
تشریح مفصل این پاسخ‌ها را در بخش بعدی مشاهده می‌کنیم.

۲-۵- لیزرهای کم توان با رژیم تابش ذاتاً مداوم پالسی شده و یا "پالس کاذب"

لیزرهای کم توان با رژیم تابش ذاتاً مداوم را نیز می‌توان به دو طریق تبدیل به پالس کرد. این نوع از پالس ایجاد شده را "**پالس کاذب**" و یا "**پالس مقطّع Chopped Pulse**" و یا "**پالس مدوله Modulated Pulse**" می‌نامند زیرا رژیم تابش ذاتی لیزر از نوع مداوم است و نه پالسی. این دو روش عبارتند از :

۱- **الکتریکی :** در این روش در صورتی که منبع تغذیه لیزر قطع و یا وصل شود، در مرحله قبل از تولید فوتون‌های توری از دیود، لیزر خروجی به طور متناوب قطع و وصل می‌شود و این امر منجر به تولید پالس کاذب می‌گردد.

۲- مکانیکی: در این روش در صورتی که به طور متناوب مانعی (شاتر و یا دیافراگم مکانیکی) بر سـر راه فوتون‌های خروجی نور از دیود لیزر قرار گیرد، لیزر خروجی به طور متناوب قطع و وصل مـی‌شـود و ایـن امر منجر به تولید پالس کاذب می‌گردد.



شکل ۲-۴؛ رژیم تابش ذاتاً مداوم پالسی شده ویا " پالس کاذب "

۲-۵-۱- محاسبه " انرژی و دوز " در لیزرهای کم توان با رژیم تابش ذاتاً مداوم پالسی شده

قبل از محاسبه " انرژی و دوز " لازم است که ابتدا به توضیح پارامترهایی که در این نوع از رژیم تـابش با آن روبرو هستیم بپردازیم (Baxter 1997) :

۲-۵-۱-۱- Cycle = سیکل

همانطور که مطابق شکل ۲-۴ مشاهده می‌کنید نمودار **این نوع از پالس‌ها (مستطیلی)** با رژیم **ذاتاً پالس (مخروطی)** متفاوت است که دلیل این امر تفاوت در چگونگی خروج فوتونهای نوری از دیود لیزر می‌باشد. درلیزرهای کم توان با **رژیم تابش ذاتاً مداوم پالسی شده**، توان خروجی لیزر (تعداد فوتون‌های خروجی) همواره ثابت می‌باشد وتنها در لحظاتی از زمان قطع و وصل می‌گردد (**پالس مقطّع Modulated/Chopped Pulse**). این امر منجر به ایجاد پالس‌های مستطیلی شکل می‌شود. به عبارت دیگر توان خروجی لیزرمانند

توان خروجی لیزر در رژیم تابش ذاتاً پالس (Fixed Pulse) هرگز از صفر به قله و یا از قله به صفر نمی‌رسد که منجر به ایجاد پالس‌های مخروطی شکل گردد.

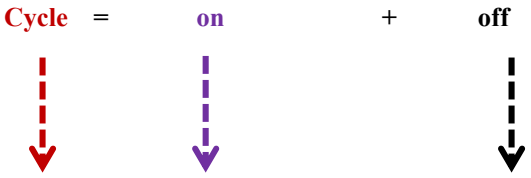
با ایجاد پالس‌های مستطیلی شکل، همان‌طورکه در شکل ۲-۴ مشاهده می‌شود، سیکل هایی از زمان ایجاد می‌گردند که در بخشی از این سیکل‌ها:

فوتون‌های نوری از دیود لیزر خارج شده (مدت زمان روشن هر سیکل=

= on =Pulse Duration = Pulse Width

و در بخشی دیگر:

هیچ فوتون نوری از دیود لیزر خارج نمی‌شود (مدت زمان خاموش هر سیکل= Pulse Interval =off):



مدت زمان خاموش هر سیکل + مدت زمان روشن هر سیکل = مدت زمان هر سیکل

حال اگر بخواهیم مدت زمان روشن هر سیکل (on) و یا مدت زمان خاموش هر سیکل (off) را به صورت در صد و یا نسبت بیان کنیم، با دو واژه دیگر رو به رو می‌شویم :

Duty Factor = Duty Cycle=D. C :

به میزان درصد و یا نسبت "مدت زمان روشن بودن در هر سیکل (on)" گویند:

$$\text{Duty Factor = Duty Cycle =D. C=}\ \frac{\text{on}}{\text{Cycle (on+off)}} = \frac{\text{on}}{\text{on+off}}$$

Dark Time=D. T :

به میزان درصد و یا نسبت "مدت زمان خاموش بودن در هر سیکل (off)" گویند:

$$\text{Dark Time =D. T =}\ \frac{\text{off}}{\text{Cycle (on+off)}} = \frac{\text{off}}{\text{on+off}}$$

۲-۵-۱-۲- فرکانس

همان‌طورکه می‌دانیم "فرکانس" عبارت است از تعداد تکرار "یک واحد از زمان" در مدت زمان یک ثانیه و واحد آن هرتز (Hz) می‌باشد. بنابراین، تعریف "فرکانس" در این نوع از رژیم تابش عبارت است از تعداد تکرار "یک سیکل" در مدت زمان یک ثانیه:

Frequency × Cycle (on+off) = 1sec

$$\text{Frequency} = \frac{1\ \text{sec}}{\text{Cycle (on+off)}}$$

در شکل ۲-۴، **فرکانس** خروجی لیزر $4\ \text{Hz}$ نمایش داده شده است، بنابراین **مدت زمان هر سیکل** 0.25sec خواهد بود :

$$\text{Frequency} = \frac{1\ \text{sec}}{\text{Cycle (on+off)}}$$

$$4\ \text{Hz} = \frac{1\ \text{sec}}{\text{Cycle (on+off)}}$$

$$\text{Cycle (on+off)} = \frac{1\ \text{sec}}{4\ \text{Hz}} = 0.25\text{sec}$$

حال جهت محاسبه "انرژی و دوز" در این نوع از رژیم تابش، مجدداً فرمول‌های مربوطه را یادآوری می‌نماییم :

Energy (J)= Average Power "A. P "(W) × Exposure Time " E. T " (sec)

اما همان طور که مشخص است، در **رژیم تابش ذاتاً مداوم پالسی شده** به دلیل قطع و وصل مکرر توان خروجی، توان قله دیگر با **توان متوسط و خروجی** یکسان نبوده و لذا جهت محاسبه " انرژی و دوز " ابتدا باید به محاسبه **توان متوسط** بپردازیم.

Peak Power ≠ Average Power=M. O. P=O. P

برای به دست آوردن **توان متوسط یا** Average Power "A. P " نیزبه روشی مشابه با **رژیم تابش ذاتاً پالس** به شیوه زیر عمل می‌کنیم :

ابتدا سطح زیر **منحنی مستطیلی شکل یک تک پالس** را جهت به دست آوردن انرژی آن تک پالس به‌دست‌آورده و سپس عدد حاصله را در تعداد **فرکانس** ضرب می‌نماییم. همان طور که مشخص است جهت به دست آوردن مساحت این مستطیل باید طول آن را (**توان قله**) در عرض آن (**مدت زمان روشن هر سیکل**= on =**عرض یا پهنای پالس**) ضرب نمود.

Average Power = [**یک تک پالس Energy** = **Peak Power** (P_p) × **مدت زمان روشن هر سیکل**] × **فرکانس**

و یا به عبارتی :

$$\text{Average Power} = [\ \text{Peak Power } (P_p) \times \text{on}\ ] \times \text{فرکانس}$$

$$\text{Frequency} = \frac{1}{\text{Cycle (on+off)}}$$

==>

$$\text{Average Power} = [\ \text{Peak Power } (P_p) \times \text{on}\ ] \times \frac{1}{\text{Cycle (on+off)}} = P_p \times \frac{\text{on}}{\text{on+off}}$$

==>

و یا:

$$\text{Average Power (W)} = P_p(W) \times \text{Duty Cycle}$$

حال پس از به دست آوردن توان متوسط، به محاسبه " انرژی و دوز " می‌پردازیم:

$$\text{Energy (J)} = \text{Average Power "A. P "(W)} \times \text{Exposure Time " E. T " (sec)}$$

==>

$$\text{Energy (J)} = \frac{P_p(W) \times \text{on}}{\text{on +off}} \times \text{Exposure Time(sec)}$$

ویا:

$$\text{Energy (J)} = P_p(W) \times \text{Duty Cycle} \times \text{Exposure Time(sec)}$$

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{)} = \text{Energy Density} = \text{Energy(J)} \div \text{Area (cm}^2\text{)}$$

⇒

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{)} = \left[\frac{P_p(W) \times \text{on}}{\text{on +off}}\right] \times \text{Exposure Time (sec)} \div \text{Area (cm}^2\text{)}$$

و یا:

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{)} = P_p(W) \times \text{Duty Cycle} \times \text{Exposure Time (sec)} \div \text{Area (cm}^2\text{)}$$

سلام

پس به طور خلاصه و بنا بر توضیحات داده شده، ما به دو روش می‌توانیم لیزرهای کم توان با رژیم تابش **ذاتاً مداوم پالسی شده** را حل کنیم :

۱- اگر دستگاه لیزر کم توان با رژیم تابش **ذاتاً مداومی** که با آن کار می‌کنیم در زمان فعال کردن " پالس کاذب" اطلاعاتی از " **مدت زمان روشن بودن هر سیکل (on)** " و " **مدت زمان خاموش بودن هر سیکل (off)** " در اختیار ما قرار دهد ، درآن صورت برای به دست آوردن " انرژی و دوز " از فرمول زیر استفاده می‌نماییم :

$$\text{Energy (J)} = \frac{P_p(W) \times on}{on + off} \times \text{Exposure Time (sec)}$$

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{)} = \text{Average Power} \times \text{Exposure Time (sec)} \div \text{Area (cm}^2\text{)}$$

- لازم به ذکر است که به " **فرکانس‌های تولیدی**" حاصل ازاین روش ،" **فرکانس مقطّع و یا Chopped**" نیز می‌گویند.

۲- و اگر دستگاه لیزر کم توان با رژیم تابش **ذاتاً مداومی** که با آن کار می‌کنیم در زمان فعال کردن " پالس کاذب " تنها اطلاعی که به ما می‌دهد **درصد و یا نسبت ثابت Duty Cycle** باشد ، درآن صورت برای به دست آوردن " انرژی و دوز " از فرمول زیر استفاده می‌نماییم:

$$\text{Energy (J)} = P_p(W) \times \text{Duty Cycle} \times \text{Exposure Time (sec)}$$

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{)} = \text{Average Power} \times \text{Exposure Time (sec)} \div \text{Area (cm}^2\text{)}$$

به "**فرکانس‌های تولیدی**" حاصل از این روش "**فرکانس مدوله و یا Modulated**" نیز می‌گویند.

مثال ۳: پروب لیزرکم توانی داریم که رژیم تابش آن ذاتاً مداوم بوده و توان نوشته شده بر روی آن برابر با 100 میلی وات می‌باشد. می‌خواهیم رژیم تابش مداوم این پروب را تبدیل به پالس کاذب نماییم. دراین‌صورت اگر Duty Cycle پروب مذکور 50% باشد، لطفاً به سؤالات زیر پاسخ دهید:

۱- 100 میلی وات درج شده برروی این پروب چه توانی است ؟

۲- اگر بخواهیم جهت کاهش درد بیماری از پالس کاذب این پروب با فرکانس 10_{Hz} استفاده نماییم، توان متوسط پروب مذکور در این فرکانس چقدر است ؟

۳- حال اگر بخواهیم جهت ترمیم زخم بیماری از پالس کاذب این پروب با فرکانس 3000_{Hz} استفاده نماییم، توان متوسط پروب مذکور در این فرکانس چقدر است ؟

٤- اگر سطح مقطع پروب $1cm^2$ باشد، حساب کنید از این پروب در حالت پالس کاذب ایجاد شده با فرکانس 10_{Hz} و یا با فرکانس 3000_{Hz} در ۱ دقیقه زمان تابش، چه میزان " انرژی و دوز " می‌توانیم به دست آوریم ؟

پاسخ:

۱- 100 میلی وات درج شده برروی این پروب "**توان قله** " می‌باشد که در حالت رژیم تابش **ذاتاً مداوم پالسی شده** نمی توانیم از آن در فرمول " انرژی و دوز " استفاده نماییم، بلکه ابتدا باید **توان متوسط** را محاسبه و سپس از آن در فرمول‌های ذکر شده استفاده کنیم.

Peak Power ≠ Average Power =M. O. P = O. P

۲- جهت استفاده از **فرکانس** 10_{Hz} با هدف کاهش درد بیمار، ابتدا باید پالس کاذب این پروب را فعال نمود. در این مورد، دستگاه‌های متفاوت شیوه‌های متفاوتی جهت فعال سازی شاتر مکانیکی و یا قطع و وصل الکتریکی دارند. برخی از آنها دارای دکمه‌ای بر روی پروب مدنظر هستند که با فشار دادن آن دکمه رژیم تابش ذاتاً مداوم تبدیل به پالس کاذب می‌گردد و در برخی دیگر تنها با واردکردن فرکانس مدنظردر دستگاه، پالس کاذب ایجاد می‌شود.

حال جهت یادگیری بهتر این نوع از رژیم تابش و محاسبه **توان متوسط**، قبل از استفاده از فرمول‌های به‌دست‌آمده در قبل، بهتر است که ابتدا به بررسی بیشتر **فرکانس** و **Duty Cycle** بپردازیم. همان طور که از ابتدای این بخش به خاطر می‌آوریم :

$$\text{Frequency} = \frac{1}{\text{Cycle (on+off)}} = 10_{Hz} \Rightarrow 1 = 10_{Hz} \times (\text{on+off}) \Rightarrow \text{on+off} = \frac{1}{10_{Hz}} = 0.1\text{sec}$$

و

$$\text{Duty Cycle} = \frac{\text{on}}{\text{on +off}} = \frac{50}{100} = \frac{1}{2} \Rightarrow \text{on} \times 2 = (\text{on+off}) \times 1 \Rightarrow (\text{on+off}) = 2\ \text{On}$$

$$2 \times \text{on} = 0.1\text{sec} \Rightarrow \text{on} = \frac{0.1\text{sec}}{2} = 0.05\text{sec}$$

$$(\text{on+off}) = 0.1\text{sec}$$

$$\Rightarrow (0.05 + \text{off}) = 0.1\ \text{sec} \Rightarrow \text{Off} = 0.05\ \text{sec}$$

تا کنون از محاسبات فوق به این نتیجه می‌رسیم که :

on مدت= 0. 05 sec

offمدت =0. 05 sec

$\Rightarrow$ Cycle (on+off)

و این دقیقاً همان چیزی است که انتظار داشتیم زیرا در صورت مسئله Duty Cycle پروب 50% ذکر شده است و این به معنای آن است که 50% هر سیکل را مدت زمان روشن و بنابراین 50% بقیه آن را نیز **مدت زمان خاموش** تشکیل داده است. بنابراین مدت زمان‌های روشن و **خاموش در** هر سیکل ایجاد شده در حالت پالس کاذب در این مساله **برابر** هستند.

حال پس از درک بیشتر پارامترهای Duty Cycle و فرکانس، به محاسبه توان متوسط می‌پردازیم:

$$\text{Average Power} = [\text{یک تک پالس Energy} = \text{Peak Power } (P_p) \times \text{on}] \times \text{فرکانس}$$

$$\text{Average Power} = \text{Peak Power } (P_p) \times \text{on} \times \text{فرکانس}$$

$$\text{Average Power} = (100 \times 10^{-3})\ W \times 0.05\text{sec} \times 10_{Hz} = 0.05\ W =$$

$$0.05 \times 10^{3}\ mw = 50mw$$

اما همان طور که قبلاً نیز بیان کردیم هرگاه در رژیم تابش ذاتاً مداوم پالسی شده Duty Cycle به ما داده شود، به جای طی کردن راه طولانی قبل تنها کافی است که از فرمول نهایی شده زیر جهت دستیابی به توان متوسط استفاده نماییم :

$$\text{Average Power (W)} = P_p(W) \times \text{Duty Cycle}$$

$$\text{Average Power (W)} = 100 \times 10^{-3}\,W \times \frac{1}{2} = 0.05\,W = 0.05 \times 10^{3}\,mw = 50mw$$

۳- جهت استفاده از **فرکانس** 3000_{Hz} نیز با هدف ترمیم زخم بیمار، ابتداپالس کاذب این پروب را فعال می‌نماییم و مجدداً جهت یادگیری بهتر مفاهیم **فرکانس** و Duty Cycle و محاسبه **تـوان متوسـط**، قبل از استفاده از فرمول‌های به‌دست‌آمده در قبل، ابتدا به بررسی بیشتر این پارامترها می‌پـردازیم. همـان طور که از ابتدای این بخش به خاطر می‌آوریم :

$$\text{Frequency} = \frac{1\ sec}{\text{Cycle (on+off)}} = 3000_{Hz} \Rightarrow \frac{1}{\text{(on+off)}} = 3000_{Hz}$$

$$\Rightarrow \text{(on+off)} \quad \frac{1}{3000_{Hz}} = \text{تقریباً}\ 3 \times 10^{-4}\,sec$$

و

$$\text{Duty Cycle} = \frac{on}{\text{(on+off)}} = \frac{50}{100} = \frac{1}{2} \Rightarrow \text{(on+off)} = 2\times On \Rightarrow$$

$$2\times on = \text{تقریباً}\ 3 \times 10^{-4} sec \Rightarrow on = \frac{3 \times 10^{-4}}{2} = \text{تقریباً}\ 1.5 \times 10^{-4}\,sec$$

$$\text{(on+off)} = 3 \times 10^{-4} sec$$

$$\Rightarrow off = 1.5\times 10^{-4} sec$$

بنابراین از محاسبات فوق به این نتیجه می‌رسیم که :

$$\left.\begin{array}{l} on\ \text{مدت} = 1.5 \times 10^{-4}\,sec \\ off\ \text{مدت} = 1.5 \times 10^{-4}\,sec \end{array}\right\} \rightarrow \text{Cycle (on+off)}$$

و مجدداً حاصل همان چیزی است که انتظار داشتیم زیرا در صورت مسئله Duty Cycle پروب 50% ذکر شده است و این به معنای آن است که **50% هر سیکل** را **مدت زمان روشن** و بنابراین **50% بقیـه آن** را نیز مدت زمان **خاموش** تشکیل داده است. بنابراین مدت زمان‌های **روشن** و **خاموش** در **هر سیکل** ایجـاد شده در حالت پالس کاذب در این مساله برابر هستند.

در حقیقت با تغییر فرکانس از 10_{Hz} به 3000_{Hz} (افزایش)، همان طور که در محاسبات مشخص است، پهنای هر سیکل نیز از 0.1sec به تقریباً 3×10^{-4} sec (کاهش) تغییر می‌یابد تا Duty Cycle پروب که 50% است همواره ثابت باقی بماند.

حال به محاسبه توان متوسط می‌پردازیم :

Average Power =[یک تک پالس Energy = Peak Power (P_p)× on]× فرکانس

Average Power = Peak Power (P_p) × on × فرکانس

Average Power = (100×10^{-3}) W ×1.5×10^{-4} sec × 3000_{Hz} = 45×10^{-3}W = 45mw

البته جهت سهولت کار و به دلیل گرد کردن اعشار اعداد، حاصل نهایی به جای 50mw، 45mw به دست آمده است وگرنه حاصل واقعی توان متوسط در اینجا نیز همان 50mw می‌باشد.

اما همان طور که قبلاً نیز بیان کردیم از آنجایی که در این مساله Duty Cycle به ما داده شده است، می‌توان به جای طی کردن این راه طولانی تنها از فرمول نهایی شده زیر جهت دستیابی به توان متوسط استفاده نماییم :

Average Power (W) = P_p(W) × Duty Cycle

Average Power (W) = 100×10^{-3} W × $\frac{1}{2}$ = 0. 05 W =0.05×10^{3} mw =50mw

-٤

بنابراین میزان " انرژی و دوز " حاصله از این پروب در حالت پالس کاذب ایجاد شده چه با فرکانس 10_{Hz} وچه با فرکانس 3000_{Hz} در ۱ دقیقه زمان تابش عبارت است از:

Energy (J) = Average Power "A. P" (W) × Exposure Time(sec)

Energy (J) = 0. 05W × 60 (sec) = 3 J

Dose (J/cm^2) = Energy (J)÷Area (cm^2)

Dose (J/cm^2) = 3J ÷ 1 (cm^2) = 3 J/cm^2

نکته بسیار مهم :

اکنون که با حل مثال۳ به بررسی اثرات فرکانس‌های متفاوت کم (10_{Hz}) و زیاد (3000_{Hz}) بر پارامترهای " توان متوسط " و در نهایت " انرژی و دوز " پرداختیم، وقت آن رسیده است که به یکی

دیگر از تفاوت‌های مهم " رژیم تابش ذاتاً پالس " و " رژیم تابش ذاتاً مداوم پالسی شده" در استفاده بالینی اشاره نماییم :

اگر مجدداً به حل مثال۱ مربوط به رژیم تابش ذاتاً پالس مراجعه نمایید، به خاطر می‌آورید که با کاهش فرکانس ازعدد 3000 هرتز به ۱۰ هرتز (کاهش ۳۰۰ مرتبه‌ای فرکانس)، توان متوسط و انرژی و دوز حاصله ۳۰۰ مرتبه ضعیف شدند چرا که در رژیم تابش ذاتاً پالس، عدد فرکانس نقش مستقیم در محاسبه این پارامترها دارد.

جهت یادآوری مجدداً به یافته‌های مثال ۱ اشاره می‌نماییم :

3000Hz ➔ Average Power = 0. 03W , Energy=1. 8 J , Dose=1. 8 J/cm^2

300 مرتبه کاهش ↓ 300 مرتبه کاهش ↓ 300 مرتبه کاهش ↓ 300 مرتبه کاهش ↓

10Hz ➔ Average Power = 0. 0001W,Energy=0. 006 J , Dose=0. 006 J/cm^2

بنابراین هرگاه فرکانس به کار گرفته شده در رژیم تابش ذاتاً پالس کاهش یابد، " توان متوسط و انرژی و دوز " نیز کاهش می‌یابند و هرگاه فرکانس به کار گرفته شده افزایش یابد این پارامترها نیز افزایش می‌یابند.

به عبارت دیگر در رژیم تابش ذاتاً پالس، عدد فرکانس نقش مستقیم در به دست آوردن "توان متوسط" دارد.

اما همان طور که مشاهده می‌نمایید جهت رسیدن به یک انرژی یکسان (1.8 J)، جهت جبران این کاهش در" توان متوسط" به دلیل کاهش فرکانس از3000 Hz به 10 Hzباید مدت زمان تابش 300 برابر افزایش یابد و این بدان معناست که برای انجام پروتکل درمانی ذکر شده در هرنقطه از تابش به جای 1 دقیقه کار باید 300 دقیقه (5 ساعت) لیزر را تابش دهیم که این نه تنها کاری غیر عملی است بلکه سبب ذوب دیود ساطع کننده لیزر میشود زیرا دیودها بسیار به حرارت حساس بوده و دچار استهلاک می‌شوند.

حال سؤال مهمی پیش می‌آید که اگر بخواهیم از فرکانس‌های کم مانند 10Hz نیز جهت درمان بیماران خود استفاده کنیم، چگونه می‌توانیم این مشکل را پوشش دهیم ؟

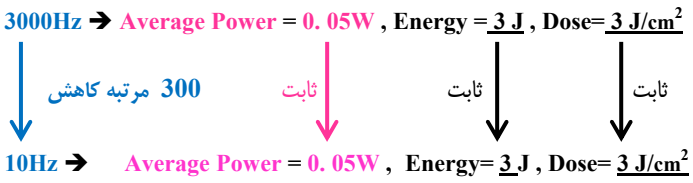
استفاده از رژیم تابش ذاتاً مداوم پالسی شده یکی از راه حل‌هایی است که در مثال۳ به آن اشاره کردیم.

زیرا همان طور که در حل این مسئله به وضوح مشخص است، با تغییر فرکانس از 10 Hz به 3000 Hz و یا

برعکس، جهت محاسبه " **توان متوسط** " تنها یک **Duty Cycle ثابت** فعال و وارد محاسبات مـی‌شـود وتنها یک " **توان متوسط ثابت** " به دست می‌آید.

به عبارتی **عدد فرکانس** هیچ نقش مستقیمی در محاسبه "**تـوان متوسـط**" و بنـابراین "انـرژی و دوز" حاصله ندارد که به خاطر کاهش یا افزایش آن جهت جبران **کاهش یا افـزایش تـوان متوسـط حاصـله** مجبور به افزایش یا کاهش مدت زمان تابش شویم تا به یک "انرژی و دوز ثابت" برسـیم بلکـه "مـدت زمان تابش" نیز برای هر **عدد فرکانسی** برای رسیدن به یک "انرژی و دوز ثابـت" ثابـت بـاقی خواهـد ماند.

برای درک بهترمفهوم فوق، اعداد حاصله از **مثال۳** را نیز جهت مقایسه با **مثال۱** به نمایش می‌گذاریم :



یادآوری :

حال یک بار دیگر به این سؤال پاسخ دهید که چه چیز باعث می‌شود که با وجود **تغییر فرکانس** و حضور یک **Duty Cycle ثابت** دراین نـوع از **رژیم تابش ذاتاً مداوم پالسی شده**، " **توان متوسط**" ثابـت بـاقی بماند؟

با توجه به نمونه عددی ذکر شده در **مثال۳** پاسخ واضح است :

در حقیقت با **تغییر فرکانس از 10_{Hz} به 3000_{Hz} (افزایش)** همان طور که در محاسبات مشـخص اسـت، **پهنای هر سیکل** نیز با **حفظ درصد ثابت Duty Cycle (50%)** از **0.1sec** به **تقریبـاً 3×10^{-4} sec (کـاهش)** تغییر می‌یابد و این امر منجر به ثابت باقی ماندن " **توان متوسط**" می‌گردد.

نکته:

حال که به محاسبات "توان متوسط، انرژی و دوز" در کلیه رژیم‌های تابش لیزرهـای کـم تـوان اعـم از "**رژیم تابش ذاتاً پالس**"، "**رژیم تابش ذاتاً مداوم**" و "**رژیم تابش ذاتاً مـداوم پالسـی شـده (پـالس کاذب)**" پرداختیم و در دو رژیم آخر، **Duty Cycle** و **فرکانس** را جزء به جزء بررسی کردیم، شـاید بـرای شماهم این سؤال پیش بیاید که در "**رژیم تابش ذاتاً پالس**" نیز جایی که **فرکـانس** نقـش مسـتقیم در محاسبات "**توان متوسط**" و در نتیجه"**انرژی و دوز**" دارد، پارامترهای **Duty Cycle** و **فرکـانس** چگونـه تغییر می‌کنند.

برای این کار یک بار دیگر فرمول "فرکانس" و "Duty Cycle" را در "رژیم تابش ذاتاً پالس" بررسی می‌نماییم :

$$\text{فرکانس} = \frac{1}{\text{Cycle } (\Delta t + \text{off})} = \frac{1}{\Delta t + \text{off}}$$

$$\text{Duty Cycle} = \frac{\Delta t}{\Delta t + \text{off}}$$

حال تأثیرات دو فرکانس 10_{Hz} و 3000_{Hz} را برروی این دو فرمول ارزیابی می‌کنیم :

$$\text{فرکانس} = \frac{1\text{sec}}{\text{Cycle } (\Delta t + \text{off})} = \frac{1}{\Delta t + \text{off}}$$

$$10_{Hz} = \frac{1\text{sec}}{(\text{ثابت})\ \Delta t + \text{off}}$$

افزایش ↓

$$3000\text{Hz} = \frac{1\text{sec}}{(\text{ثابت})\ \Delta t + \text{off}}$$

همان طور که می‌دانیم Δt در رژیم تابش ذاتاً پالس یک مقدار ثابت است. بنابراین طبق فرمول بالا برای آنکه فرکانس بتواند در این رژیم تابش، تغییر کند مثلاً از 10_{Hz} به 3000_{Hz} افزایش بیابد، **مدت زمان خاموش هر سیکل (off) باید برخلاف جهت فرکانس تغییر کند** مثلاً در این مثال باید کاهش یابد. و زمانی که **مدت زمان خاموش هر سیکل (off)** تغییر یابد مثلاً در این مثال کاهش یابد، **Duty Cycle نیز بر خلاف جهت آن تغییر می‌یابد**، بنابراین در این مثال افزایش می‌یابد :

$$\text{Duty Cycle} = \frac{(\text{ثابت})\ \Delta t}{(\text{ثابت})\ \Delta t + \text{off}}$$

مثال ۴ (شکل ۲-۴) : پروب لیزرکم توانی داریم که رژیم تابش آن ذاتاً مداوم بوده و توان نوشته شده بر روی آن برابر با 100 میلی وات می‌باشد. می‌خواهیم رژیم تابش مداوم این پروب را تبدیل به پالس کاذب نماییم. دراین‌صورت اگر "مدت زمان روشن هر سیکل=on" را 125msec و "مدت زمان خاموش هر سیکل=off" را هم 125msec تنظیم نماییم، ابتدا Duty Cycle و فرکانس به دست آمده را حساب کنید و سپس به سؤالات زیر پاسخ دهید:

۱- 100 میلی وات درج شده برروی این پروب چه توانی است ؟

۲- توان متوسط این پروب در حالت پالس کاذب چقدر است ؟

۳- اگر سطح مقطع پروب $1\ cm^2$ باشد، حساب کنید از این پروب در حالت پالس کاذب، در ۱ دقیقه زمان تابش چه میزان " انرژی و دوز " می‌توانیم به دست آوریم ؟

٤- اگر این بار " مدت زمان روشن هر سیکل= on" را 400 msec و " مدت زمان خاموش هـر سـیکل= off" را 100 msec تنظیم نماییم، مجدداً Duty Cycle و فرکانس به دست آمده را حسـاب کنیـد و سـپس دوباره به سؤالات ۱-۳ پاسخ دهید.

٥- اگر " مدت زمان روشن هر سیکل= on" را 100 msec و " مدت زمان خاموش هـر سـیکل= off" را 400 msec تنظیم نماییم، Duty Cycle و فرکانس و توان متوسط و " انرژی و دوز " به دست آمده در قبـل چه تغییری خواهند کرد.

پاسخ :

$$\text{Duty Cycle =D. C} = \frac{\text{on}}{\text{Cycle (on +off)}} = \frac{\text{on}}{\text{on +off}}$$

$$\text{Duty Cycle =D. C} = \frac{125\text{msec}}{125\text{msec} + 125\text{msec}} = \frac{125\text{msec}}{250\text{msec}} = \frac{1}{2} = 50\%$$

$$\text{Frequency} = \frac{1}{\text{Cycle (on +off)}}$$

$$\text{Frequency} = \frac{1}{\text{Cycle (on +off)}} = \frac{1\text{sec}}{125\text{msec} + 125\text{msec}} = \frac{1\text{sec}}{250\text{msec}} = \frac{10^3}{250} = 4\text{Hz}$$

۱- 100 میلی وات درج شده برروی این پروب " **توان قله** " می‌باشد که در حالـت **رژیم تابش ذاتاً مداوم پالسی شده** نمی توانیم از آن در فرمول " انرژی و دوز " استفاده نماییم بلکه ابتدا باید تـوان متوسـط را محاسبه و سپس از آن در فرمول‌های ذکر شده استفاده کنیم.

Peak Power ≠ Average Power =M. O. P = O. P

۲- Duty Cycle=D.C

$$\text{Average Power (W)} = \frac{P_p(W) \times \text{on}}{\text{on +off}}$$

$$\text{Average Power (W)} = P_p(W) \times \text{Duty Cycle} = 100 \times 10^{-3} \times {}^{1}/_{2} = 0.05\ W$$

-۳

Energy (J) = Average Power (W) × Exposure Time (sec)
Energy (J) = 0.05W × 60 (sec) = 3 J

Dose (J/cm^2) = Energy (J): Area (cm^2)
Dose (J/cm^2) = 3 J ÷ 1 (cm^2) = 3 J/cm^2

-٤

$$\text{Duty Cycle =D. C=} \frac{\text{on}}{\text{Cycle (on+off)}} = \frac{\text{on}}{\text{on+off}}$$

$$\text{Duty Cycle =D. C=} \frac{400\text{msec}}{400\text{msec} + 100\text{msec}} = \frac{400\text{msec}}{500\text{msec}} = \frac{4}{5} = 0.8 = 80\%$$

$$\text{Frequency} = \frac{1\text{sec}}{\text{Cycle (on+off)}}$$

$$\text{Frequency} = \frac{1\text{sec}}{\text{Cycle (on+off)}} = \frac{1\text{ sec}}{400\text{msec}+100\text{mse}} = \frac{1\text{ sec}}{500\times10^{-3}\text{sec}} = \frac{10^3}{500} = \frac{1000}{500} = 2_{Hz}$$

● 100 میلی وات درج شده برروی این پروب "توان قله" می‌باشد که در حالت رژیم تابش ذاتاً مداوم پالسی شده نمی‌توانیم از آن در فرمول "انرژی و دوز" استفاده نماییم بلکه ابتدا باید **توان متوسط** را محاسبه و سپس از آن در فرمول‌های ذکر شده استفاده کنیم.

Peak Power ≠ Average Power =M. O. P = O. P

Duty Cycle=D.C

$$\bullet\text{Average Power (W)} = \frac{P_p(W) \times \text{on}}{\text{on +off}}$$

$$\text{Average Power (W)} = P_p(W) \times \text{Duty Cycle} = 100 \times 10^{-3} \times {}^4/_5 = 0.08\ W$$

•Energy (J) = Average Power (W) × Exposure Time (sec)
Energy (J) = 0. 08W × 60 (sec) = 4. 8 J

•Dose (J/cm^2) = Energy (J) : Area (cm^2)

Dose (J/cm^2) = 4. 8 J ÷ 1 (cm^2) = 4. 8 J/cm^2

-٥

$$\bullet\text{Duty Cycle =D. C=} \frac{\text{on}}{\text{Cycle (on+off)}} = \frac{\text{on}}{\text{on+off}}$$

$$\text{Duty Cycle =D. C=} \frac{100\text{msec}}{100\text{msec} + 400\text{msec}} = \frac{100\text{msec}}{500\text{msec}} = \frac{1}{5} = 0.2 = 20\%$$

$$\bullet\text{Frequency} = \frac{1\text{sec}}{\text{Cycle (on+off)}}$$

$$\text{Frequency} = \frac{1\text{sec}}{\text{Cycle (on+off)}} = \frac{1\text{sec}}{400\text{msec}+100\text{mse}} = \frac{1\text{sec}}{500\times10^{-3}\text{sec}} = \frac{10^3}{500} = \frac{1000}{500} = 2_{Hz}$$

Duty Cycle=D.C

$$\bullet\text{Average Power (W)} = \frac{P_p(W) \times on}{on + off}$$

$$\text{Average Power (W)} = P_p(W) \times \text{Duty Cycle} = 100 \times 10^{-3} \times {}^{1}/_{5} = 0.02\ W$$

•Energy (J) = Average Power (W) × Exposure Time (sec)
Energy (J) = 0. 02W × 60 (sec) = 1.2 J

•Dose (J/cm^2) = Energy (J) ÷ Area (cm^2)

Dose (J/cm^2) = 1.2 J ÷ 1 (cm^2) = 1.2 J/cm^2

نکته :

همان طور که مشخص است در این نوع از رژیم تـابش ذاتاً مداوم پالسی شـده کـه دارای Duty Cycle ثابت نمی‌باشد و به کاربر امکان تغییر پهنای پالس (مدت زمان روشن هر سـیکل= on) و مـدت زمـان خاموش هر سیکل = off را می‌دهد، بسته به تعیین این دو پارامتر، Duty Cycle و فرکـانس نیـز تغییـر کرده و " توان متوسط" و " انرژی و دوز " متفاوتی نیز به دست خواهد آمد.

بدیهی است که در این نوع از رژیم تابش نیز آنچه نقش مستقیم در افزایش و یا کاهش "توان متوسط" و لـذا "انـرژی و دوز" دارد همچنـان Duty Cycle مـی‌باشـد (و در حقیقـت مـدت زمـان روشـن هـر سیکل=on) و نه فرکانس.

جهت ارزیابی بهتر این موارد، در مثال ٤ به چند نمونه متفاوت از پهنای پالس (مدت زمـان روشـن هـر سیکل = on) و مدت زمان خاموش هر سیکل = off اشاره کرده ایم. خلاصه‌ای از این نمونه‌ها مجدداً در ذیل آورده شده است :

• On =125msec , Off =125msec ⇒
Duty Cycle=1/2, Frequency=4$_{Hz}$, Average Power= 50mw,Energy=3J , Dose=3J/cm^2

• On =400msec , Off =100msec ⇒
Duty Cycle=4/5, Frequency=2$_{Hz}$, Average Power=80mw, Energy=4. 8J , Dose=4. 8J/cm^2

• On =100msec , Off =400msec ⇒
Duty Cycle=1/5 , Frequency=2$_{Hz}$, Average Power=20mw,Energy=1. 2J , Dose=1. 2J/cm^2

سلام

دوستان عزیزم آیا همچنان پرانرژی هستید تا نکات زیباتری به شما بگویم ؟ یا آنقدر خسته شده‌اید که مدام به شمارش صفحات باقی مانده این کتاب فکر می‌کنید ؟

دیگر چیزی به اتمام مباحث دوزیمتری نمانده و ما کم کم وارد مسائل بالینی خواهیم شد. پس قوی باشید تا در زمینه لیزرهای درمانی با **رژیم تابش ذاتاً مداوم پالسی شده** نیز توجه شما را به نکاتی چند جلب نمایم :

* تا به امروز بیشتر دستگاه‌های لیزرهای کم توان با رژیم تابش ذاتاً **مداوم** در زمان فعال کردن پالس کاذب ، به یکباره **نسبت Duty Cycle ثابتی** را در اختیار ما قرار می‌دهند (**مثال۳**) و ما قادر به تغییر این **پارامتر** و یا تغییر " ***مدت*** **on** و یا **مدت off** " در آنها نیستیم و این امر منجر به آن می‌گردد که تنها **یک توان متوسط** داشته باشیم .

* اما در سال‌های اخیر حضور دستگاههایی با رژیم تابش **ذاتاً مداوم** که قدرت تغییر پارامترهای ذکرشده را تیز در اختیارکاربران قرار میدهند (**مثال٤**) بیشتر شده است. همان‌طورکه گفته شد در این نوع از **رژیم تابش ذاتاً مداوم پالسی شده**، با انتخاب " ***مدت*** **on و off** " متفاوت و دستیابی به **نسبت‌های متفاوتی از Duty Cycle** ، **توانهای متوسط متفاوتی** را نیز به دست خواهیم آورد.

لازم به ذکر است که بدانید حتی " **توان قله** " در برخی از این لیزرها به **وات (W)** بوده و بنابراین جز لیزرهای مداوم پر توان جراحی به حساب می‌آیند (شکل ۲-۵). افرادی با تجربیات بیشتر در امر لیزردرمانی مشتاق استفاده از این نوع دستگاه‌ها می‌باشند. آنها با دفوکوس کردن فوتون‌های نوری در حالت " **تابش مداوم و یا پالس کاذب ایجاد شده** " و بنابراین دستیابی به تأثیرات فتوشیمیایی بافتی (تأثیرات حاصل از لیزرهای کم توان درمانی) به جای تخریب بافتی به اهداف درمانی در بیماران خود دست می‌یابند. به این روش:

لیزردرمانی کم توان با استفاده از لیزرهای پرتوان

HL(LL)LT= High Level (Low Level) Laser Therapy می‌گویند.

شکل۲-۵: دستگاه لیزرپرتوان با کاربرد **High Level (Low Level) Laser Therapy**

اگر عزیزان من به خاطر بیاورند، در ابتدای بحث " شیوه‌های تابش لیزرهای کم توان " در مورد نظریات متفاوت ۲ قطب بزرگ لیزردرمانی (اکثریت کشورهای غربی و روسیه) صحبت کردم و در آنجا اشاره به **عمق نفوذ بهتر لیزرهای کم توان با رژیم تابش ذاتاً پالس** نسبت به **رژیم تابش ذاتاً مداوم** نمودم .در اینجا قضیه را بازتر می‌کنم :

همان طور که متوجه شدید جهت به دست آوردن " انرژی و یا دوز " ابتدا موظف به محاسبه" **توان متوسط خروجی**" در رژیم‌های **تابش ذاتاً پالسی** هستیم و این امر منجر به تبدیل **توان قله‌ای با واحد وات** به **توان متوسطی با توان میلی وات** می‌شود که در محدوده لیزرهای کم توان است.

اما آنچه به طور حقیقی در بافت اتفاق می‌افتد این است که **فوتون‌های بسیار زیادی در حد مقیاس وات** در لحظات بسیار کوچکی از زمان از دیود لیزر به بافت تابش پیدا می‌کنند و همگی ما در مبانی فیزیک لیزر آموخته‌ایم که یکی از مواردی که نقش مؤثری در عمق نفوذ لیزر در بافت دارد " توان" بیشتر و در نتیجه هجوم تعداد **فوتون‌های بیشتر** به بافت است ، لذا همین اتفاق منجر به **عمق نفوذ بیشتر لیزرهای کم توان ذاتاً پالسی** نسبت به **لیزرهای کم توان ذاتاً مداوم** می‌شود. همان طور که می‌دانیم در لیزرهای کم توان با **رژیم ذاتاً مداوم ، توان لیزر همواره ثابت و در محدوده میلی وات** است.

۲-۶- Power Density چیست؟

همان طور که در ابتدای فصل ۲ در مورد " دوز " و یا " غلظت انرژی " بیان کردیم ؛ اگر مقدار مشخصی از فوتون‌های نوری بر سطح مشخصی مانند یکی از مفاصل انگشتان دست پخش شوند، غلظت این فوتون‌ها بسیار بیشتر از زمانی است که همان میزان فوتون بر سطحی مانند مفصل شانه پخش شوند زیرا سطح مقطع مفصل انگشت به مراتب از سطح مقطع مفصل شانه کوچک‌تر است. بر این اساس واژه "Power Density" و یا" غلظت توان " و یا " شدت " شکل می‌گیرد.

همان‌طور که می‌دانیم منظوراز"مقدار فوتون‌های نوری " همان "مقدار توان لیزر " است.

بنابراین معنای واژه " Power Density " عبارت می‌شود از " میزان فوتون‌های نوری که بر واحد سطحی پخش می‌شوند " و یا به عبارتی " میزان توان بر واحد سطح " و واحد آن برابر است با W/cm^2.

آنچه در مورد "Power Density " حائز اهمیت است این است که در زمان رساندن یک " دوز مشخص " به بیمار، جهت دستیابی به نتایج لیزردرمانی مؤثرتر، بهتر است که از " Power Density " بیشتر و " زمان تابش " کمتر به جای عکس این حالت ("Power Density " کمتر و " زمان تابش " بیشتر) استفاده شود (Baxter 1997). طبق بررسی مطالعات متفاوت توسط نویسنده، محدوده مؤثر برای استفاده از " Power Density " را می‌توان $5\text{-}100mw/cm^2$ در نظر گرفت. در غلظتهای توان کمتر از $670mw/cm^2$ تاثیرات فتو شیمیایی لیزررا می‌توان بدون اثرات حرارتی در بافت به دست آورد(مکملی،سهیلا. ۱۳۸۴).

اسامی دیگر " Power Density " و یا" غلظت توان " عبارتند از :

$$\text{Power Density } (W/cm^2) = P.D = \text{Intensity} = \text{Irradiance} = \frac{\text{Average Power}(W)}{\text{Area } (cm^2)}$$

حال برای درک بهتر " Power Density " در انواع رژیم‌های تابش لیزرهای کم توان، ابتدا فرمول " انرژی و دوز " را یادآوری می‌نماییم :

$$\text{Dose } (J/cm^2) = \text{Fluence} = \text{Energy Density} = \text{Energy } (J) \div \text{Area } (cm^2)$$

$$\text{Energy } (J) = \text{Average Power "A. P "}(W) \times \text{Exposure Time" E. T" } (sec)$$

$$\rightarrow \text{Dose (J/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Energy (J)}}{\text{Area (cm}^2\text{)}} = \frac{\text{Average Power(W)} \times \text{Exposure Time (sec)}}{\text{Area (cm}^2\text{)}}$$

Power Density

$$\rightarrow \text{Dose (J/cm}^2\text{)} = \text{Power Density (W/cm}^2\text{)} \times \text{Exposure Time (sec)}$$

و حال که به دیدگاه جدیدی از "Dose" دست یافتیم، فرمول "Power Density" و "Dose" را در انواع رژیم‌های تابش لیزرهای کم توان بررسی می‌نماییم :

• لیزرهای کم توان با رژیم تابش ذاتاً پالس:

$$\text{Power Density (W/cm}^2\text{)} = \text{P.D} = \text{Intensity} = \text{Irradiance} = \frac{\text{Average Power(W)}}{\text{Area (cm}^2\text{)}}$$

$$\text{Average Power (W)} = \text{Peak Power } (P_p) \times t \text{ دلتای} \times \text{فرکانس}$$

$$\rightarrow$$

$$\text{Power Density (W/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Peak Power } (P_p) \times t \text{ دلتای} \times \text{فرکانس}}{\text{Area (cm}^2\text{)}}$$

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{)} = \text{Power Density (W/cm}^2\text{)} \times \text{Exposure Time (sec)} = \frac{\text{Average Power(W)}}{\text{Area (cm}^2\text{)}} \times \text{Exposure Time (sec)}$$

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Peak Power } (P_p) \times t \text{ دلتای} \times \text{فرکانس}}{\text{Area (cm}^2\text{)}} \times \text{Exposure Time (sec)}$$

۲- لیزرهای کم توان با رژیم تابش ذاتاً مداوم :

$$\text{Power Density (W/cm}^2\text{)} = \text{P.D} = \text{Intensity} = \text{Irradiance} = \frac{\text{Average Power(W)}}{\text{Area (cm}^2\text{)}}$$

$$\text{Average Power (W)} = \text{Peak Power (W)}$$

$$\rightarrow$$

$$\text{Power Density (W/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Average Power} = \text{Peak Power (W)}}{\text{Area (cm}^2\text{)}}$$

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{)} = \text{Power Density (W/cm}^2\text{)} \times \text{Exposure Time (sec)} = \frac{\text{Average Power(W)}}{\text{Area (cm}^2\text{)}} \times \text{Exposure Time (sec)}$$

$$\text{Average Power} = \text{Peak Power (W)}$$

➔

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Average Power} = \text{Peak Power (W)}}{\text{Area (cm}^2\text{)}} \times \text{Exposure Time (sec)}$$

۳- لیزرهای کم توان با رژیم تابش ذاتاً مداوم پالسی شده:

- اگر "Duty Cycle" مقداری ثابت و غیرقابل تغییر توسط کاربر باشد:

$$\text{Power Density (W/cm}^2\text{)} = \text{P. D} = \frac{\text{Average Power(W)}}{\text{Area (cm}^2\text{)}}$$

$$\text{Average Power (W)} = P_p\text{(W)} \times \text{Duty Cycle}$$

$$\Rightarrow$$

$$\text{Power Density (W/cm}^2\text{)} = \frac{P_p\text{(W)} \times \text{Duty Cycle}}{\text{Area (cm}^2\text{)}}$$

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{)} = \text{Power Density (W/cm}^2\text{)} \times \text{Exposure Time (sec)}$$

$$=>$$

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{)} = \frac{P_p\text{(W)} \times \text{Duty Cycle}}{\text{Area (cm}^2\text{)}} \times \text{Exposure Time (sec)}$$

- اگر "Duty Cycle" براساس تعیین "مدت زمان روشن بودن هر سیکل (on)" و "مدت زمان خاموش بودن هر سیکل (off)" توسط کاربر قابل تغییر باشد :

$$\text{Power Density (W/cm}^2\text{)} = \text{P. D} = \frac{\text{Average Power(W)}}{\text{Area (cm}^2\text{)}}$$

$$\text{Average Power (W)} = \frac{P_p\text{(W)} \times \text{on}}{\text{on} + \text{off}}$$

$$\Rightarrow$$

$$\text{Power Density (W/cm}^2\text{)} = \frac{P_p(W) \times on}{on + off} \div \text{Area (cm}^2\text{)}$$

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{)} = \text{Power Density (W/cm}^2\text{)} \times \text{Exposure Time (sec)}$$

$$=>$$

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{)} = \frac{P_p(W) \times on}{on + off} \times \text{Exposure Time (sec)} \div \text{Area (cm}^2\text{)}$$

مثال ۵: اگر در مطب ما دو پروب لیزر با مشخصات زیر موجود باشد :

پروب اول : توان قله = 100W ، سطح مقطع پروب = 0.6 cm^2 ، Δt=200 ns ، F=3000Hz ،

پروب دوم : توان قله = 200W ، سطح مقطع پروب = 2.4 cm^2 ، Δt=200 ns ، F=3000Hz ،

برای رسیدن به انرژی 3.6J کدام یک از این دو دستگاه را انتخاب می کنید و علت این انتخاب چیست؟

پاسخ :

همان طور که از اطلاعات داده شده مشخص است، رژیم تابش لیزر در هر دو پروب موجـود در مطـب از نوع " **رژیم تابش ذاتاً پالس**" می‌باشد. لذا ابتدا به محاسبه " انرژی " در آنها می‌پردازیم :

پروب اول :

$$\text{Average Power (W)} = \text{Peak Power } (P_p) \times \text{دلتای t} \times \text{فرکانس}$$

$$\text{Average Power (W)} = 100\ W \times 200 \times 10^{-9}\ sec \times 3000\ _{Hz} = 6 \times 10^{-2}\ W = 0.06W$$

$$\text{Energy (J)} = \text{Average Power (W)} \times \text{Exposure Time (sec)}$$

$$3.6(J) = 0.06\ (W) \times \text{Exposure Time (sec)} \rightarrow \text{Exposure Time} = \frac{3.6\ (J)}{0.06\ (W)} = 60\ (sec)$$

پروب دوم :

$$\text{Average Power (W)} = \text{Peak Power } (P_p) \times \text{دلتای t} \times \text{فرکانس}$$

$$\text{Average Power (W)} = 200\ W \times 200 \times 10^{-9} sec \times 3000_{Hz} = 12 \times 10^{-2}\ W = 0.12W$$

$$\text{Energy (J)} = \text{Average Power (W)} \times \text{Exposure Time (sec)}$$

$$3.6(J) = 0.12\ (W) \times \text{Exposure Time (sec)} \rightarrow \text{Exposure Time} = \frac{3.6\ (J)}{0.12\ (W)} = 30\ (sec)$$

همان طور که مشخص است مدت زمان لازم برای رسیدن به انرژی 3. 6 (J) در پروب دوم نصف مـدت زمان لازم برای رسیدن به این میزان انرژی در پروب اول است لذا در نگاه اول ممکن است که ما پـروب دوم را انتخاب نماییم.

اما همان طور که قبلا ذکر کردیم آنچه در انتخاب یکی از این دو پروب مهمتر است، توجه به اهمیت "Power Density" بیشتر نسبت به " مدت زمان تابش " کمتر است :

$$\text{Power Density (W/cm}^2\text{)} = \text{P. D} = \frac{\text{Average Power(W)}}{\text{Area (cm}^2\text{)}}$$

$$\text{Average Power (W)} = \text{Peak Power } (P_p) \times \text{t دلتای} \times \text{فرکانس}$$

$\Rightarrow$

پروب اول :

$$\text{Average Power (W)} = 100\ \text{W} \times 200 \times 10^{-9}\ \text{sec} \times 3000\ _{\text{Hz}} = 6 \times 10^{-2}\ \text{W} = 0.06\text{W}$$

$$\Rightarrow \text{Power Density (W/cm}^2\text{)} = \frac{0.06\text{W}}{0.6\ \text{cm}^2} = 0.1(\text{W/cm}^2)$$

پروب دوم :

$$\text{Average Power (W)} = 200\text{W} \times 200 \times 10^{-9}\ \text{sec} \times 3000\ _{\text{Hz}} = 12 \times 10^{-2}\ \text{W} = 0.12\text{W}$$

$$\Rightarrow \text{Power Density (W/cm}^2\text{)} = \frac{0.12\text{W}}{2.4\ \text{cm}^2} = 0.05(\text{W/cm}^2)$$

همان‌طور که محاسبات نشان می‌دهند "Power Density" پروب اول بیشتر از پروب دوم است. لذا انتخاب برتر جهت حصول به نتیجه بهتر درمانی، انتخاب پروب اول علی‌رغم " مدت زمان تابش " بیشتر آن نسبت به پروب دوم است.

سلام

دوستان عزیزم در اینجا علاقه‌مندم در مورد انواع پروب‌های لیزر با " Power Density "های متفاوت برای شما نکاتی را ارائه دهم.

به طور کلی پروب‌های لیزر به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱- **پروب قلمی** : در این نوع از پروب‌ها تنها یک دیود لیزر که مسئولیت تولید " توان قله " آن پروب را برعهده دارد (برای مثال 70W ویا 100mw) ، در داخل پروب قرار گرفته است (شکل۲-۶).

۲- **پروب خوشه‌ای و یا کلاستر و یا ماتریکس "Matrix=Cluster"** : در این نوع از پروب‌ها که معمولاً

جهت درمان مناطق وسیع (مانند حفرهٔ پوپلیتئال زانو) به کار می‌روند ، تعدادی از دیودهای لیزر به صورت خوشه‌ای در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند و مجموعه آنها مسئولیت تولید " توان قله " آن پروب را (برای مثال 70W ویا 100mw) برعهده دارند (شکل۲-۶).

● همان طور که مشخص است با یک **" توان قله و متوسط " یکسان** در این دو نوع پروب ، از آنجایی که سطح مقطع "Area" **پروب خوشه‌ای** از **پروب دستی** بزرگ‌تر است لذا " Power Density " آن کوچک‌تر از **پروب دستی** می‌شود. بنابراین برای رساندن یک میزان **ثابت** "Dose" به بافت هدف به طور جداگانه با " پروب دستی" و یا " خوشه‌ای" ، باید " **مدت زمان تابش** " در **پروب خوشه‌ای** رابه گونه‌ای افزایش داد که بتواند افت " Power Density " آن را نسبت به "**پروب دستی**" جبران نماید.

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Average Power(W)}}{\text{Area (cm}^2\text{)}} \times \text{Exposure Time(sec)}$$

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{)} = \text{Power Density (W/cm}^2\text{)} \times \text{Exposure Time (sec)}$$

شکل۲-۶: یک پروب قلمی در دست درمانگر و دو کلاستر بر روی میز در کنار دستگاه مخزن لیزر به چشم می‌خورد.

سلام

فکر می‌کنم بعد از مدت زمانی طولانی بالاخره زمان مشارکت منم رسید دوستان عزیزم. قبل از هر چیز ممنون از شما خانم دکتر سرور که به مبحث شیرین !!! دوزیمتری پرداختید وشما آقای دکتر **PRO** نازنین که از تجربیات خودتون جهت درک بهتر مفاهیم مطرح شده به من و سایر همکاران یاری رساندید.

حال اگر ممکن است همانطور که ابتدای این بحث هم اشاره کردم بفرمایید اگر این فرمول‌ها را فراموش کردیم ویا اصولاً حوصلهٔ انجام این محاسبات را نداشتیم برای درمان اصولی بیماران خود چه کنیم؟و یا به عبارتی آیا راهی بدون انجام محاسبات ذکر شدهٔ فوق نیز وجود دارد؟

پاسخ:

خدمت آقای **OPI** نازنین عرض کنم که "بله"، برای رفع نیاز شما چهار راهکار وجود دارد :

۱- ساده ترین راه، خریداری دستگاههای لیزری می‌باشد که خود دارای پروتکل‌های درمانی متنوع همراه با دستورات لازمه از جمله مدت زمان تابش می‌باشند و اپراتور به راحتی می‌تواند طبق دستورات داده شده به درمان بیماران خود بپردازد.

البته به دلیل آنکه دراین روش پزشک تنها در نقش یک اپراتور بوده و اغلب اطلاعات کافی از پارامترهای الیزر مربوطه ندارد که در صورت عدم پاسخ دهی بیمار به اصلاح آنها بپردازد،لذا این راهکار مطلوب به نظر نمی رسد.

۲- راهکار دوم توصیه به خرید دستگاههای لیزری است که با تعیین "دوز مد نظر" در آنها،بطور خودکار "مدت زمان تابش" در دستگاه مشخص می‌گردد و بنابراین درمانگر نیازی به محاسبهٔ دستی آن ندارد. بدیهی است که کالیبره کردن دوره‌ای دستگاه جهت اطمینان به اعداد نمایش داده شدهٔ آن از موارد مهمّی است که باید به آن توجه کرد.

۳- اما توصیهٔ اصلی من به شما این است که پس از گرفتن اطلاعات جامع در مورد پارامترهای لازم جهت محاسبات مربوط به تک تک پروب‌های خریداری شدهٔ خود از فروشنده، از قبیل نام دیود ،طول موج ،توان قله،پهنای پالس، فرکانس‌های قابل دسترس، سطح مقطع دهانهٔ پروب، فاکتور دیوتی و... (در فصل ۴ به طور کامل توضیح داده شده است)، یکبار محاسبات توان متوسط وغلظت توان و همچنین

انرژی و دوز در "مدت زمان تابش یک دقیقه" مربوط به هر یک از پروب‌های خود را انجام داده و ثبت کنید. سپس با استفاده از این اعداد و تناسب‌های لازمه به بررسی و اجرای هر گونه پروتکل درمانی جهت بیماران حقیقی مراجعه کننده به خود استفاده نمایید.

۴- راهکاری راحت ودر عین حال جامع، دریافت کلیهٔ اطلاعات لازمه اعم از پارامترهای مربوط به هر پروب و حتی اعداد حاصل ازمحاسبات توان متوسط ،غلظت توان و همچنین انرژی و دوز در "مدت زمان تابش یک دقیقه" (برای هر پروب خریداری شده) از فروشنده و ثبت آنهاست.

فصل سوم:

دوزیمتری لیزر خونی

آنچه در فصل ۲ در مورد دوزیمتری لیزرهای کم توان به آن اشاره کردیم مربوط به زمانی است که مکانی خاص مانند مکان زخم، درد و. .. جهت تعیین سطح درمان مدنظر باشد. اما گاه بیماران ما دارای بیماری‌های سیستمیک مانند فشار خون(Loser and Zcarev 1991)، دیابت، چربی خون(Kovalyava 2002)، بیماری عروق کرونر قلب (Volkov and Volkov 2000Denisjuk and Kolesnik ,) و. ... نیز هستند. در این زمان علاوه بر پروتکل‌های درمانی مربوط به سطوح درگیر، نیاز به تابش " لیزرخونی " نیز باید مدنظر گرفته شود (Kapustina 2003).

تعداد جلسات درمان در **"لیزر درمانی خونی"** (**Laser Blood Iradiation = LBI**) در پروتکل‌های متفاوت از ۵–۱۰ جلسه به شکل هر روز تا ۱۲ جلسه به شکل ۲–۳ بار در هفته متغیر می‌باشند.

در این فصل جهت آشنایی همکاران عزیز با چگونگی تابش لیزر خونی، به دوزیمتری این روش درمانی نیز می‌پردازیم.

از آنجایی‌که در **"دوزیمتری لیزر خونی"** به جای **سطح مقطع** [**Area (cm^2)**]، حجم خون بیمار [**cm^3 = میلی‌لیتر =cc**] مدنظر قرار می‌گیرد، بنابراین تغییراتی در **"فرمول دوز"** خواهیم داشت:

$$\text{Dose (J/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Average Power(W)} \times \text{Exposure Time (sec)}}{\text{Volume (cm}^3\text{)}}$$

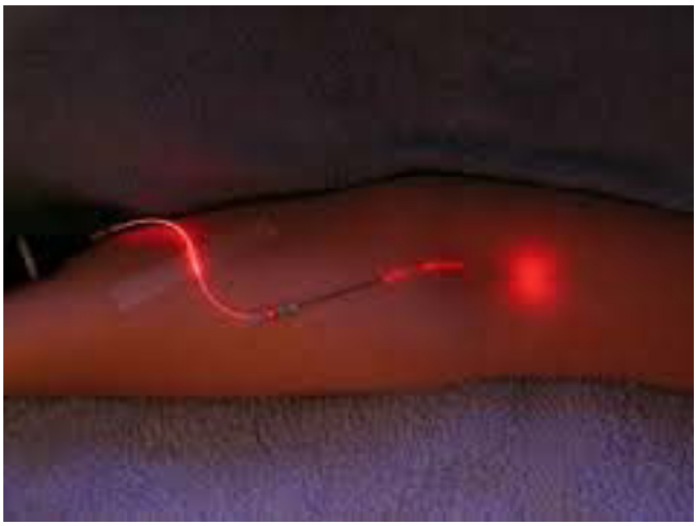
جهت تابش **"لیزر درمانی خونی"** از دو روش استفاده می‌شود :

۳-۱- روش داخل وریدی (IVLT=Intra Venous Laser Therapy =IV LBI)

- در "**روش داخل وریدی**"، یک فیبر نوری فوتون‌های نوری لیزر را از طریق کاتتری (سوزن مخصوص) که داخل یکی از وریدهای اصلی (معمولاً یکی از وریدهای کوبیتال) است مستقیماً به خون انتقال می‌دهد (شکل ۳- ۱و ۳- ۲).
- طول موج‌های لیزرهای به‌کار گرفته شده در "**روش داخل وریدی**" از سال‌های ابتدایی به کارگیری این درمان در محدوده نور قرمز، آبی و ماوراء نفش بوده‌اند (شکل۳ – ۳). در مورد انتخاب طول موج بهتر، نظرات متفاوتی در مقالات پژوهشگران به چشم می‌خورد. برای مثال جهت کنترل بهتر قند خون در درمان کمکی دیابت شیرین و همچنین کاهش سطح کلسترول و کمک به درمان پلاک‌های اترواسکلروز در بیماران دچار افزایش فشار خون و ایسکمی قلبی برخی از پزشکان نور آبی را ترجیح می‌دهند (فارسیانی،رضا, عراقی،بابک et al. 1384). پژوهش‌های اخیر حاکی از تلاش برای به‌کارگیری سایر طول موج‌های لیزر مانند 570_{nm} با اهداف درمانی جدیدتر نظیر ایجاد تاخیر در روند پیری و ... نیز می‌باشند (Medicine).

شکل ۳-۱: کاتتر و یا سوزن مخصوص لیزر خونی، دارای فیبر نوری

شکل ۳-۲: یک عدد پروب لیزر نور قرمز متصل شده به سوزن مخصوص جهت انجام لیزر خونی داخل وریدی



شکل ۳-۳: لیزر خونی داخل وریدی

- رژیم تابش لیزرهای به‌کارگرفته‌شده در "**روش داخل وریدی**" اکثراً از نوع "**ذاتاً مـداوم**" و "تـوان" آنها در محدوده **mw** می‌باشد. در این زمینه نکته حائز اهمیت این است که در افراد بالاتر از ۶۰ سـال بـا بیماری عروق کرونرقلب، نباید " توان خروجی لیزر در دهانه خروجی کاتتر " بالاتر از **3mw** باشد چرا که در این صورت امکان افزایش انعقاد خون و ایجاد عارضه‌ای به نـام " **Scarlet Blood**" وجـود دارد. ایـن عارضه به دلیل آسیب اکسیداتیو ناشی از تولید بیش از حد اکسید نیتریک حاصل می‌گردد و مـی‌تـوان بـا مصرف ویتامین‌های A و E از وقوع آن جلوگیری نمود. در افراد با سـنین کمتـر از ۶۰ سـال بـا بیمـاری عروق کرونرقلـب نیـز، نبایـد " تـوان خروجـی لیـزر در دهانـه خروجـی کـاتتر " بـالاتر از **4mw** باشـد (Kapustina 2003).
- به طور کلی میزان "**حداکثر دوز لیزر خونی**" در "**روش داخل وریدی**" برابـر بـا 0. 01 J/cc محاسـبه می‌گردد :

$$\text{Dose (J/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Energy (J)} = \text{Average Power(W)} \times \text{Exposure Time (sec)}}{\text{Volume (cm}^3\text{)}}$$

$$\text{Dose (J/cm}^3\text{)} = 0.01 \text{ J/cc}$$

$$\Rightarrow \text{Dose (J/cm}^3\text{)} = 0.01 \text{ J/cc} = \frac{\text{Energy (J)} = \text{Average Power(W)} \times \text{Exposure Time (sec)}}{\text{Volume (cm}^3\text{)}}$$

● برای به دست آوردن "**دوز لیزر خونی**" ابتدا حجم خون بیمار را محاسبه می‌کنیم. حجم خون هر فرد بالغ بستگی به وزن وی داشته و برابر است با **70cc/kg**. تنها ۵٪ از حجم خون محاسبه‌شده بیمار جهت تابش در "**لیزردرمانی خونی**" در محاسبات به کار گرفته می‌شود [**Volume (cm^3)**]. پس از به دست آوردن این حجم از خون به " **cc = میلی‌لیتر = cm^3**"، حاصل را در **0.01 J/cc** ضرب نموده تا "**حداکثر انرژی**" لازم جهت بیمار مدنظر به دست آید. حال با توجه به "**توان**" پروبی که در اختیار داریم، "**مدت زمان تابش**" مورد نیاز جهت رساندن "**حداکثر دوز لیزر خونی وریدی**" به بیمار را به دست خواهیم آورد.

سلام

دوستان عزیز در اینجا علاقه‌مندم از تجربه شخصی خود در زمینه "لیزردرمانی **داخل وریدی**" نیز شما را آگاه گردانم:

● در این روش از درمان شما می‌توانید در صورت استفاده از پروب لیزری با رژیم تابش **ذاتاً مداوم پالسی شده** از فرکانس‌هایی که قبلاً تأثیرات بیولوژیک آنها را برای شما ذکر کردم نیز بهره ببرید. برای مثال در درمان زخم عفونی می‌توانید از چنین لیزری با **فرکانس 10000 Hz** به "**روش داخل وریدی**" هم زمان با درمان‌های موضعی لیزر استفاده کنید.

مثال ۶: جهت درمان بیماری ۷۰ ساله با ناراحتی آرتروز زانو که دیابتیک نیز می‌باشد، می‌خواهیم علاوه بر لیزردرمانی موضعی زانوهای بیمار، وی را تحت تابش "لیزر داخل وریدی" نیز قرار دهیم. اگر وزن بیمار ۱۰۰ کیلوگرم باشد چه مدت زمان لازم است تا با استفاده از پروب لیزری با طول موج ۶۳۰ نانومتر که دارای 2mw توان خروجی مداوم در دهانه سوزن می‌باشد بیمار را تحت تابش "حداکثر دوز وریدی" قرار دهیم؟

پاسخ:

ابتدا باید حجم خون بیمار را محاسبه کرد:

بنابراین ۱۰۰ کیلوگرم وزن بیمار را در **70cc** ضرب می‌نماییم.

100kg × 70cc = 7000cc

سپس ۵٪ از **حجم خون** محاسبه‌شده بیمار را جهت تابش در **"لیزردرمانی خونی"** به دست می‌آوریم :

$$7000cc \times \frac{5}{100} = 350cc\ (cm^3)$$

پس از به دست آوردن این حجم از خون، حاصل را در **0.01 J/cc** ضرب نموده تا حداکثر انرژی لازم جهت لیزر خونی بیمار مدنظر به دست آید:

$$Dose\ (J/cm^3) = 0.01\ J/cc = \frac{Energy\ (J)}{Volume(cm^3)}$$

$$\Rightarrow 0.01\ (J/cm^3) = \frac{Energy\ (J)}{350cc\ (cm^3)}$$

$$Energy\ (J) = 350cc\ (cm^3) \times 0.01\ (J/cm^3) = 3.5\ J$$

حال با استفاده از پروب لیزری با طول موج **۶۳۰ نانومتر** که دارای **2mw** توان خروجی مداوم در دهانه کاتتر می‌باشد بیمار را تحت تابش قرار داده و مدت زمان تابش را به دست می‌آوریم:

$$Energy\ (J) = Average\ Power(W) \times Exposure\ Time\ (sec)$$

$$Energy\ (J) = [Peak\ Power = Average\ Power\ (W)] \times Exposure\ Time(\ sec)$$

$$3.5\ J = 2 \times 10^{-3}\ W \times Exposure\ Time\ (sec)$$

$$\Rightarrow Exposure\ Time\ (sec) = \frac{3.5\ J}{2 \times 10^{-3}\ W} = \frac{3.5 \times 10^{3}}{2} = 1750sec = \frac{1750}{60} = 29min + 10sec$$

بنابراین همان طور که مشاهده می‌کنید جهت رساندن **"حداکثردوز لیزر خونی"** از طریق **"داخل وریدی"** به این بیمار و با استفاده از پروب **2mw** زمانی در **حدود 30 دقیقه** (**29min +10sec**) لازم است.

سلام

دوستان عزیزم شاید شما هم بارها در مراکز لیزردرمانی مشاهده کرده باشید که به طور روتین برای اکثر بیماران نیازمند به " **لیزر خونی**" از طریق "**داخل وریدی**" زمانی در حدود ۱۵–۲۰ دقیقه در نظر گرفته می‌شود.

اکنون همان طور که در **مثال ٦** ملاحظه کردید از آنجایی که بیماری با **وزن ۱۰۰ کیلوگرم** تحت تابش "**حداکثر** دوز این درمان" قرار گرفته است واکثر پروب‌های به کار گرفته شده در این درمان نیز در محدوده **1-2mw** می‌باشند لذا متوجه می‌شوید که اعداد تخمینی ۱۵–۲۰ دقیقه نیز جهت انجام "**لیزر خونی کمتر از میزان حداکثر**" در افرادی با **وزنی کمتر** از ۱۰۰ کیلوگرم خیلی دور از منطق نمی باشد.

نکته:

مشکلی که گاه در تابش " **لیزر خونی**" از طریق "**داخل وریدی**" پیش می‌آید زمانی است که بیماری فاقد رگ مطلوب جهت انجام این کار باشد و یا کلاً تمایلی به دریافت سوزن در وی نباشد. برای حل این مشکل اساتید روس دراین موارد به جای استفاده از روش "**داخل وریدی**" شیوه دیگری را در تابش "**لیزر خونی** " کار می‌برند :

این روش "**لیزردرمانی خونی**" از طریق "**ورید زیرزبانی**" نام دارد. دراین روش کلیه نکات و محاسباتی که در روش "**داخل وریدی**" به کار می‌رود در نظر گرفته شده و سپس به جای کاتتر، با نازل خاصی به نام "**نازل دهانی**" (شکل۳–۴) که به سر پروب لیزر متصل گردیده ودر زیر زبان بیمارقرار می‌گیرد تابش لیزر صورت می‌پذیرد (شکل۳–۵). آنچه در این روش باید به آن توجه کرد این است که به دلیل جذب بالای فوتون‌های نوری از ورید زیر زبانی و امکان افت فشارخون در بیمار، حتماً باید وی را در حالت خوابیده تحت تابش لیزر قرار دهیم.

شکل۳-۵: نازل دهانی متصل به پروب لیزرآبی

شکل۳-۴: نمایی از یک نازل دهانی

۳-۲- تابش خارجی از روی پوست (Transcutaneous)

راه حل دیگری که جهت رفع مشکل در انجام " لیزر خونی ازطریق **داخل وریدی**" که در بخش قبل بـه آن اشاره شد موجود است، استفاده از روش " **تابش از روی پوست**" می‌باشد.

- طول موج لیزر بـه‌کارگرفتـه‌شـده در روش "**تـابش از روی پوسـت**" در محـدوده نورمـادون قرمزمی باشد.
- در ایـن روش لیـزر مـادون قرمـز از روی پوسـت بیمـار بـه وریـدها و شـریان‌هـای بـزرگ (کاروتید،فمورال، کوبیتال) تابش پیدا می‌کند.
- رژیم تابش لیزرهای به‌کارگرفته‌شده در روش "**تابش از روی پوست**" می‌تواند از نـوع "**ذاتـاً مداوم**" و یا "**ذاتاً پالس**" باشد.
- به طور کلی میزان "**حداکثر دوز لیزر خـونی**" در روش "**تـابش از روی پوسـت**" بـه میـزان ۲۰برابر بیشتر و معادل با **0. 2 J/cc** محاسبه می‌گردد :

$$\text{Dose (J/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Energy (J)} = \text{Average Power(W)} \times \text{Exposure Time (sec)}}{\text{Volume(cm}^3\text{)}}$$

$$\text{Dose (J/cm}^3\text{)} = 0.2\ \text{J/cc}$$

$$\Rightarrow 0.2\ \text{J/cc} = \frac{\text{Energy (J)} = \text{Average Power(W)} \times \text{Exposure Time (sec)}}{\text{Volume(cm}^3\text{)}}$$

- برای به دست آوردن "**دوز لیزر خونی**" مجدداً و ابتدا ۵٪ از حجم خـون بیمـار (**70cc/kg**) را محاسـبه می‌کنیم.

پس از به دست آوردن این حجم از خون، حاصل را در **0.2 J/cc** ضرب نموده تـا "**حـداکثر انـرژی**" لازم جهت بیمار مدنظر به دست آید. حال با توجه به " **تـوان**" پروبـی کـه در اختیـار داریـم، "**مـدت زمـان**

تابش"مورد نیاز جهت رساندن "**حداکثر دوز لیزر خونی**" با روش "**تابش از روی پوست**" به بیمار را بـه دست خواهیم آورد.

مثـال ۷: جهت درمان بیماری ۷۰ ساله با ناراحتی آرتروز زانـو کـه دیابتیـک نیـز مـی‌باشـد، می‌خواهیم علاوه بر لیزردرمانی موضعی زانوهای بیمار، وی را تحت تابش لیزر خونی با روش " تابش از روی پوست" نیز قرار دهیم. اگر وزن بیمار ۱۰۰ کیلوگرم باشد چه مدت زمان لازم است تا با استفاده از پروب لیزری با طول موج ۸۹۰ نانومتر که دارای"توان قله = 100W"، $\Delta t=100ns$ "، "فرکانس = 3000_{Hz}" و "رژیم تابش ذاتاً پالسی" می‌باشد بیمار را تحت حـداکثر دوز لیـزر خونی با روش "تابش از روی پوست" قرار دهیم ؟

پاسخ:

ابتدا باید حجم خون بیمار را محاسبه کرد:

بنابراین ۱۰۰ کیلوگرم وزن بیمار را در 70cc ضرب می‌نماییم.

$$100kg \times 70cc = 7000cc$$

سپس ۵٪ از حجم خون محاسبه‌شده بیمار را جهت تابش در "لیزردرمانی خونی" به دست می‌آوریم:

$$7000cc \times \frac{5}{100} = 350cc\ (cm^3)$$

پس از به دست آوردن این حجم از خون، حاصل را در 0.2J/cc ضرب نموده تا حداکثر انرژی لازم جهت لیزر خونی بیمار مدنظر به دست آید:

$$Dose\ (J/cm^3) = 0.2\ J/cc = \frac{Energy\ (J)}{Volume(cm^3)}$$

$$\Rightarrow 0.2\ (J/cm^3) = \frac{Energy\ (J)}{350cc\ (cm^3)}$$

$$\Rightarrow Energy\ (J) = 350cc\ (cm^3) \times 0.2\ (J/cm^3) = 70\ J$$

حـال بـا اسـتفاده از پـروب لیـزری بـا طـول مـوج ۸۹۰ نـانومتر کـه دارای "توان قلـه = 100W"، "$\Delta t=100ns$ "، "فرکانس = 3000_{Hz}" و "رژیم تابش ذاتاً پالسی" می‌باشد بیمار را تحت حـداکثر تـابش لیزر خونی با روش "تابش از روی پوست" قرار داده و مدت زمان مورد نیاز رابه دست می‌آوریم:

Energy (J) = Average Power(W) × Exposure Time (sec)

Energy (J) = Peak Power (P_p) × t دلتای × فرکانس ×Exposure Time(sec)

70 J = 100W × 100× 10^{-9}sec × 3000_{Hz} × Exposure Time (sec)

70 J = 3×10^{-2} W× Exposure Time (sec)

$$\Rightarrow \text{Exposure Time (sec)} = \frac{70\ J}{3\times10^{-2}\ W} = \frac{7\times10^{3}}{3} = 2333sec = \frac{2333sec}{60} = 38min + 50sec$$

بنابرین همان طور که مشاهده می‌کنید جهت رساندن "حداکثردوز لیـزر خـونی" از طریـق "تـابش از روی پوست" به این بیمار و بااستفاده از پروبی با "رژیم تابش ذاتاً پالسی" و "تـوان متوسـط= 3×10^{-2} W" زمانی در حدود **39 دقیقه (38min +50sec)** لازم اسـت. بـدیهی اسـت اگـر همزمـان از دو عـدد از ایـن پروب‌ها بهره ببریم، مدت زمان تابش نصف خواهد شد.

سلام

دوستان عزیزم هرچند من خود به دلیل عدم دقت بالا در دوزیمتری ،علاقه زیادی بـه اسـتفاده از "**لیـزر خونی**" با روش "**تابش از روی پوست**" نداشته و روش "**داخل وریدی**" را ترجیح می‌دهم اما علاقه‌مندم که شما را **با نکاتی** که احتمالا سبب افزایش تـأثیر "**لیـزر خـونی**" از طریـق "**تـابش از روی پوسـت**" می‌گردد آشنا گردانم :

■ **گرم کردن ناحیه مد نظر "مانند کوبیتال"** قبل از انجام "**لیزر خونی**" با روش "**تابش از روی پوست**" و نیز **عدم اعمال فشار پروب لیـزر بـر ناحیـه مـذکور** (بـرخلاف روش تماسـی در لیزردرمـانی موضـعی بیماری‌ها) می‌تواند خونرسانی ناحیه را افزایش دهد. بدین‌ترتیب تعداد گلبول‌هـای قرمـز خـون در محـل افزایش یافته و با جذب بیشتر انرژی، منجر به افزایش تأثیر "**لیزر خونی**" می‌گردند .

■ بر اساس اعتقاد اساتید روس، این روش بهتر است با استفاده از "رژیم تابش ذاتـاً پالسـی" و " تـوان متوسط" بالاتراز **10mw** و سری "مگنت" بکار رود.

سلام

با تشکر از خانم دکتر عزیز، صرفاً جهت یادآوری خواستم بپرسم آیا راهی بدون انجام محاسبات ذکر شدهٔ فوق نیز برای من سراغ دارید؟

پاسخ:

خدمت آقای **OPI** نازنین عرض کنم که در مورد "**لیزر خونی داخل وریدی**" شما می‌توانید از وضعیت بالینی و سن افراد نیز استفاده نمایید:

برای مثال در فردی بالاتر از **60** سال با بیماری عروق کرونر قلب که بیماری شایعی است همانطور که قبلاً نیز اشاره کردیم می‌توانید از پروب لیزری با توان **1-3mw** استفاده کنید ومدت زمان تابش را نیز حداکثر **10min** تنظیم نمایید.در عوض در بیماری با سن کمتر از 60 سال با بیماری عروق کرونر قلب از پروب لیزری با توان **2-4mw** استفاده کنید ومدت زمان تابش را نیز حداکثر **15min** تنظیم نمایید(Kapustina 2003).

در مورد "**لیزر خونی**" با روش "**تابش از روی پوست**" نیز شما می‌توانید دیودی با "توان متوسط" ۲۰ برابر (**10-30**برابر) توان‌های بالا و با رعایت مدت زمانهای تابش ذکر شده به کار ببرید. برای مثال توان متوسط **20mw** و مدت زمان تابش **10min**.

اما توصیهٔ اصلی من به شما این است که یکبار محاسبات مربوط به پروب‌های در اختیار خود را جهت انجام هر دو روش و برای **وزنهای** شایع مانند **50kg,70kg,100kg,120kg** انجام داده و ثبت کنید. سپس از این اعداد برای تخمین "مدت زمان تابش" لازم جهت بیماران حقیقی مراجعه کننده به خود استفاده نمایید.

فصل چهارم:

خرید دستگاه‌های لیزر کم توان با انواع رژیم تابش

پس از ذکر اصول دوزیمتری در انواع رژیم‌های تابش لیزرهای کم تـوان و بـا امیـد بـه اینکـه همکـاران گرامی به دیدگاهی جامع تردر زمینه محاسبات دوز در لیزرهای کم توان دست یافته باشند، اکنـون وقـت آن رسیده است که در زمینه خرید دستگاه‌های لیزر کم توان با هر نوع رژیم تابشی به ذکر نکـات لازم و ضروری بپردازیم چرا که اگر در هر معامله‌ای، خریدار از اطلاعات کافی نسبت به آنچه که قصد خرید آن را دارد برخوردار باشد هرگز درگیر تبلیغات نمی‌شود واز طرفی فروشنده نیز بر اساس نیاز خریدار سـعی در رفع نقایص فروش خود خواهد کرد :

۴-۱- انتخاب دستگاه براساس جامعه هدف (نوع بیماران)

قدم اول در خرید دستگاه لیزر کم توان، انتخاب صحیح دستگاه توسط پزشک است. برای مثال اگر اکثـر مراجعین به مطب پزشکی را بیماران مبتلا به انواع درد مانند افراد مبتلا به دیسکو پـاتی‌هـا، زانـودرد و... تشکیل می‌دهند، انتخاب دستگاهی که حاوی پروب لیزری با "**رژیم تابش ذاتاً پالس**" می‌باشد در قـدم اول بسیار مهم‌تر از دستگاهی است که تنها حاوی پروب لیزری با "**رژیم تابش ذاتاً مداوم**" اسـت. زیـرا همان طور که قبلاً اشاره شد لیزرهای کم توان با "**رژیم تابش ذاتاً پالس**" دارای عمق نفوذ بیشترنسبت به "**رژیم تابش ذاتاً مداوم**" جهت رسیدن به بافت هدف می‌باشند.

در مقابل، اگر اکثر مراجعین به مطب پزشکی را تنها بیماران مبتلا به انـواع مشـکلات سـطحی تشـکیل می‌دهند، انتخاب دستگاهی که حاوی پروب لیزری بـا "**رژیـم تـابش ذاتـاً مـداوم**" اسـت در قـدم اول می‌تواند کافی باشد.

اما همان طور که می‌دانیم آنچه در اکثر مطب‌های پزشکی رخ می‌دهد مراجعه افرادی با انواع بیماری‌ها و بنابراین انواع بافت هدف درعمق‌های متفاوتی از بدن می‌باشد. برای مثال گروه زخم‌ها مـی‌توانـد از نـوع

زخم سطحی، زخم بستر عمقی، زخم دیابتیک سطحی یا عمقی، زخم عروقی و... باشد و یا گروه دردهای مفاصل می‌تواند مفصل هیپ عمقی و یا مفاصل انگشتان دست سطحی را درگیر نماید. بنابراین شاید یک انتخاب صحیح وجامع در خرید دستگاه‌های لیزر کم توان باید به گونه‌ای باشد که درمان هر دو بافت هدف سطحی و عمقی بدن را شامل گردد و این به معنای انتخاب دستگاهی است که حاوی پروب‌های لیزری با هر دو نوع رژیم تابش "**ذاتاً پالس** و **ذاتاً مداوم**" باشد.

سلام

دوستان عزیزم همان طور که در فصل دوزیمتری نیز اشاره کردیم باز هم یادآوری می‌کنم که انتخاب نوع رژیم تابش در خرید پروب‌های لیزر و درمان بیماران بستگی به تجربه شما نیز دارد. چنانچه اکثر اساتید مجرب در امر لیزر در **غرب** نیز بیشتر اعتقاد به رساندن میزان "دوز" ذکر شده در پروتکل‌های درمانی دارند و "نوع رژیم تابش" برای آنها برخلاف اساتید **روس** فاکتور بسیار مهمی نمی‌باشد. لازم به ذکر است که تا به امروز اکثریت پروتکل‌های درمانی در غرب دارای "**رژیم تابش ذاتاً مداوم**" می‌باشند.

حال پس از توضیحات داده شده فرض می‌کنیم که مایل به خرید دستگاهی هستیم که با هدف درمان انواع بیماری‌ها، حاوی پروب‌های لیزری با هر دو نوع رژیم تابش "**ذاتاً پالس** و **ذاتاً مداوم**" باشد. حال چه فاکتورهای دیگری را باید مد نظر بگیریم ؟

۴-۲- فاکتورهای مشترک در خرید پروب‌های لیزر با رژیم تابش "ذاتاً پالس" و یا "ذاتاً مداوم"

■ **Laser Diode =>**

نکات:

- اولین نکته که در خرید پروب‌های لیزر باید به آن دقت کرد، افتراق "دیودهای نوری" و یا " **LED=Light Emision Diode** " از "**دیودهای لیزر**" و یا "**Laser Diode**" است.

یکی از مواردی که می‌تواند خریدار را متوجه این تفاوت کند، توجه به پهنای باند در طول موج پروب ارائه شده توسط فروشنده است. پهنای باند در "**دیودهای نوری**" معمولاً در حدود "**±30-40nm**" می‌باشد در حالی که این عدد در "**دیودهای لیزر**" به دلیل تنگ تر بودن پهنای باند معمولاً در حدود "**±10-20nm**" و یا حتی کمتر است.

مثال:

اگر پروبی با طول موج **630± 30nm** به خریدارمعرفی شد، این پروب یک "**دیود نوری**" است.

و اگر پروبی با طول موج **630± 10nm** به خریدارمعرفی شد، این پروب یک "**دیود لیزر**" است.

لازم به ذکر است که "**دیودهای نوری**" معمولاً از قیمت کمتری نسبت به "**دیودهای لیزر**"برخوردارند.

– همچنین نوع دیگری از دیودها که باید در هنگام خرید پروب‌های مصرفی، آنها را از "**دیودهای لیزر**" افتراق داد، "**دیودهای سوپر لومینوس**" و یا "**SL.Ds=Super Luminous. Diodes**" می‌باشد. این نوع از دیودها، کاملاً دارای ویژگی‌های "**دیودهای لیزر**" بوده و طول موج آنها دارای پهنای باند باریک و محدود می‌باشد. تنها تفاوت "**دیودهای سوپر لومینوس**" و "**دیودهای لیزر**" در عدم وجود خصلت "**همدوسی و یا هم فازی = Coherency**" در این دیودها است(Baxter 1997).

بدیهی است قیمت این نوع از پروب‌های نوری نیزمعمولاً ارزانتر از "**دیودهای لیزر**" می‌باشد.

– مورد دیگری که در خرید پروب لیزر مهم بوده و و باید از فروشنده سؤال شود، نام " دیود" تولیدکننده فوتون‌های نوری لیزر درآن پروب است زیرا که این امر به تشخیص نوع رژیم تابش آن پروب کمک می‌کند:

همان‌طور که در فصل دو اشاره کردیم دیود **GaAs** (گالیوم ارسناید) قادر به تولید هر دونوع رژیم تابش "**ذاتاً مداوم** و **ذاتاً پالس**" می‌باشد اما غالب رژیم‌های تولید شده از این دیود دربحث لیزرهای کم توان از نوع رژیم تابش "**ذاتاً پالس**" می‌باشد. دیودهای **GaAlAs** (گالیوم آلومینیم ارسناید) و **InGaAlP** (ایندیوم گالیوم آلومینیم فسفاید) نیز اغلب قادر به تولید "**رژیم‌های تابش ذاتاً مداوم**" می‌باشند.

– همچنین شکل پالس‌های تولید شده توسط دیود لیزر مدنظر نیز می‌تواند ما را در تشخیص نوع رژیم تابش آن پروب راهنمایی کند. چنانچه **پالس‌های مستطیلی شکل** نشان دهنده "**پالس کاذب و یا پالس مقطع Chopped Pulse**" بوده و نمایانگر "**رژیم تابش ذاتاً مداوم**" و **پالس‌های مخروطی شکل** نشان دهنده "**رژیم تابش ذاتاً پالس و یا Fixed Pulse**" در پروب مذکور می‌باشند.

■ **λ =Wavelength =>**

لاندا یا **طول موج** پروب مد نظر نیز فاکتور مهم دیگری در زمان خرید پروب‌های لیزر کم توان است.

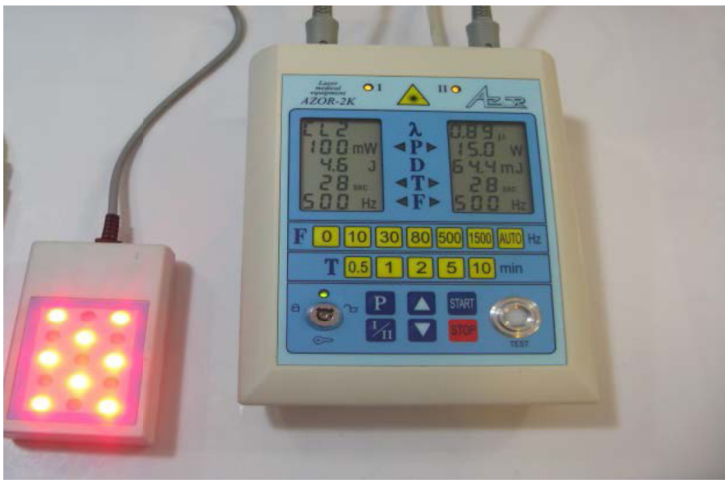
نکات:

– همان‌طور که از اصول فیزیک لیزر می‌دانید، جهت دستیابی به عمق نفوذ بیشتردر بافت، نیازمند به استفاده از طول موجهای بیشتر می‌باشیم :

محدوده طول موجهای **620-780nm** محدوده لیزر نور قرمز بوده و طول موجهای بالاتر از **780nm** را لیزرهای مادون قرمز تشکیل می‌دهند. بنابراین در صورتی که نیازمند پروب لیزری با طول موج بالاتر جهت عمق نفوذ بیشتر ودسترسی به بافت‌های هدف عمیق‌تر هستیم باید در فکر خرید طول موج‌هایی در محدوده لیزر مادون قرمز باشیم.

اما اگر در فکر واکنش‌های ترمیمی در بافت هدفی مانند زخم هستیم بهترین طول موج انتخابی ، طول موج **632.8nm** مربوط به لیزر گازی هلیوم نئون می‌باشد و از آنجایی‌که پروب‌های لیزر تولید شده در سال‌های اخیر را دیود لیزر و یا لیزرهای نیمه هادی تشکیل می‌دهند لذا با توجه به طول موج ذکر شده بهتر است دیود لیزری با طول موجهای نزدیک به طول موج هلیوم نئون مانند **630nm** و یا **660nm** انتخاب نماییم.

– نکته حائز اهمیت دیگر در زمینه طول موج این است که بنابر برخی از تحقیقات انجام شده مشخص شده است که اگر طول موج نورقرمز هم‌زمان با نورمادون قرمز استفاده شود، تأثیر سینرژیستیکی (تقویتی، هم‌افزایی) در هر دو طول موج از نوردر بافت به دست خواهد آمد. نمونه‌ای از این یافته در ساخت کلاسترهای روسی که هم‌زمان ساطع کننده هر دو طول موج نور قرمز **660nm** و مادون قرمز **860nm** هستند به کار رفته است (شکل ۴–۱).



شکل ۴–۱: یک عدد دستگاه لیزر کم توان همراه با یک پروب کلاستر ساتع کننده همزمان نور قرمز و مادون قرمز

– هرچند اکثرطول موج‌های کاربردی در درمان بیماری‌ها توسط لیزرهـای کـم تـوان در محـدوده طـول موج‌های "نور قرمز و مادون قرمز" می‌باشد اما بد نیست که به برخی از کاربردهای سایر طول موج‌هـای نور مرئی ازقبیل **نور و یا لیزر** **آبی** و **سبز** نیز اشاراتی بنماییم (Marti 2002):

طول موج‌های حوالی 400nm <= Blue Laser or Light (LED)

به طور کلی از این طول موج می‌توان تأثیرات مهاری (در مقابل تأثیرات تحریکی) به‌دست‌آورد. برخی از کاربردهای آن عبارتند از اثرات کاهندگی در بیماری‌های آلرژیک مانند آسم و سینوزیت آلرژیک، کـاهش سطح قند و کلسترول خون (که در بخش **لیزرهای وریدی** به آن اشاره شد)، کاهش درد، تـرمیم عصـب در نوروپاتی‌ها، اثرات درمانی در زخم‌های عفونی، درمان آکنه و ریزش مو (شکل ۴–۲).

شکل ۴–۲: یک نمونه از پروب دستی لیزر آبی با طول موج **450nm**

طول موج‌های حوالی 500nm <= Green Laser or Light (LED)

این طول موج اثراتی در رفع چرک از زخـم‌هـای چرکـی دارد، همـراه بـا" نـور زرد " در فعـال سـازی فیبروبلاست‌ها و تولید کلاژن که نقش حیاتی در جوان‌سازی پوست دارند(در حد تـأثیرات لیزرهـای کـم توان درمانی) مؤثر است و همچنین علاوه بر " لیزر نور قرمز " یکی از طول مـوج‌هـای بسـیار مـؤثر در درمان بیماری‌ها از طریق طب سوزنی گوش " آکولیزرگوشی " می‌باشد(Marti 2002) (شکل ۴– ۳).

شکل ۴–۳: یک نمونه از پروب دستی لیزر سبز با طول موج **532nm**

– نکته دیگری که در مورد طول موج قابل ذکر است این است که کلیه لیزرهایی که در محـدوده " نـور مرئی" ساخته شده‌اند (تا به امروز) دارای "**رژیم تابش ذاتاً مداوم**" بوده و بنابراین پالس‌های آنها از نـوع "**پالس کاذب**" می‌باشند. این مسئله در مورد لیزرهایی که در محدوده "نور مادون قرمز" ساخته شده‌انـد صدق نمی‌کند و این لیزرها می‌توانند دارای رژیم تابش "**ذاتاً پالس**" و یا "**ذاتاً مداوم**" باشند.

■ **P=Power =>**

نکات:

– یکی از پارامترهای دیگری که فروشنده در زمان معرفی پروب‌های لیزر کم تـوان بـه خریـدار معرفـی خواهد کرد "**توان**" پروب مدنظر است. همان طور که در فصل دو اشاره کردیم اگر این "**توان**" به واحـد "**وات = W**" معرفی گردد، "**توان قله**" بوده و پروب مذکور دارای رژیم تابش "**ذاتاً پالس**" می‌باشد.

و اگر به "**میلی وات = mw**" بیان گردد، باز هم "توان قله" بوده و رژیم تابش آن از نوع "**ذاتاً مـداوم**" خواهد بود (مگر آنکه فروشنده عنوان کند که این توان، "**توان متوسط**" است که در ایـن صـورت رژیـم تابش می‌تواند هر یک ازانواع " **ذاتاً پالس** " و یا" **ذاتاً مداوم** " باشد.)

– مورد دیگری که در زمان انتخاب پروب مدنظر باید به آن توجه داشت، محاسبه "**توان متوسطی**" است که می‌توان از آن پروب به دست آورد. زیرا همان‌طور که در فصل دوم و بخـش "**Power Density**" بـه آن اشاره کردیم، میزان " **توان متوسط**" یک پروب بهتر است به اندازه‌ای باشد که با توجه بـه "**Area**" دهانه آن پروب، بتوان به "**Power Density** " قابل قبولی جهت دستیابی به تاثیرات درمانی قویتر دسـت یافت.

اگر "**Power Density** " یک پروب مقدار ناچیزی باشد، جهت رساندن یک میـزان "دوز مشـخص" بـه بیمار باید " مدت زمان تابش " را افزایش داد و این امر منجر به آسیب حرارتـی ولـذا اسـتهلاک پـروب مصرفی نیز می‌گردد.

–همچنین پزشکان علاقه‌مند به انجام "**لیزر خونی داخل وریدی**" در صورتی که اقدام بـه خریـد پروبـی نمایند که بتوان از آن هم در درمان موضعی و هم در درمان داخل وریدی بهره برد،باید به میزان "**حداقل توان متوسط**" در پروب خریداری شده خود نیز توجه داشته باشند زیرا همان طور که در فصل سه اشـاره کردیم این میزان باید بتواند **1-4mw** را نیزپوشش دهد(Kapustina 2003).

■ **A=Area =>**

– با توجه به نکاتی که در فصل ۲ به آن اشاره کردیم، پزشکان لیزرتراپیست برای بـه کـارگیری صـحیح "**Dose** و **Power Density** " عنوان شده در مقالات لیزر درمـانی و یـا بیـان ایـن پارامترهـای مهـم در

مقالات شخصی خود، نیازمند به دانستن " Area = سطح مقطع" دهانه پروب‌های خریداری شده خود می‌باشند.

لازم به ذکر است که گاه این پارامتر به صورت "دیامتر" دهانه پروب توسط فروشنده به خریدار ارائه می‌شود که دراین صورت باید " سطح مقطع "دهانه پروب مذکور بسته به شکل هندسی آن (برای مثال مساحت دایره، بیضی ویا مستطیل) محاسبه گردد.

ظاهر دستگاه ■

نکات:

در زمان خرید دستگاه، پزشکان عزیز بر اساس تجربیات قبلی خود ممکن است موارد زیادی را در این زمینه مد نظر بگیرند که در این بخش به برخی از آنها اشاره می‌شود:

- **تعداد کانال خروجی** :

قبل از هر چیز بسته به حجم بیماران مطب بهتر است مشخص شود که دستگاه انتخاب شده نیاز به چند کانال خروجی داشته باشد. بدیهی است هرچه تعداد کانال‌های خروجی یک دستگاه بیشتر باشد، همزمان می‌توان از تعداد بیشتری پروب متصل شده به دستگاه استفاده کرد و مدت زمان تابش کلی درمان بیماران را کاهش داد (شکل ۴-۴).

شکل ۴-۴: یک دستگاه لیزر کم توان دارای دو کانال خروجی که پروب‌های قلمی و کلاستر به آن متصل شده‌اند.

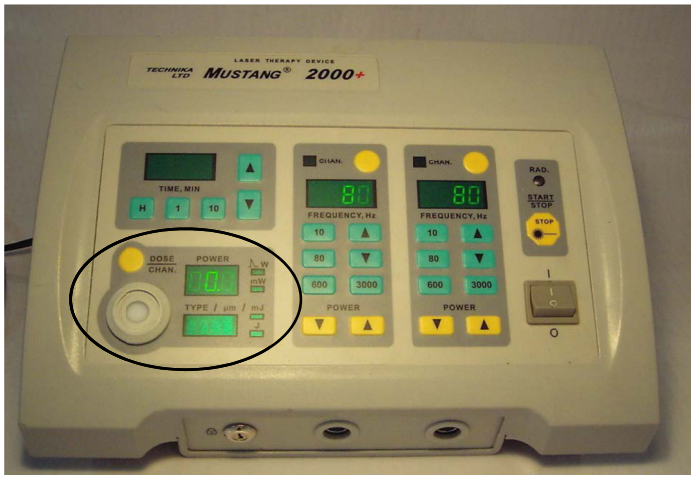
- موجود بودن "Power Meter" در دستگاه :

نکته دیگری که باید در دستگاه لحاظ شده باشد، مکانی برای انجام "Power Metery" پروب‌های اتصال یافته به دستگاه است زیرا پزشک باید بتواند از یکسان بودن "**توان واقعی پروب**" که " Power Meter" آن را نمایش می‌دهد با توان عنوان شده توسط فروشنده و یا درج شده بر روی پروب که "**توان نامی**" نام دارد اطمینان حاصل کند. لازم به ذکر است که "توانی" که بر روی پروب‌های مصرفی درج شده است "**توان قله**" می‌باشد و "توان متوسط "بسته به نوع رژیم تابش لیزر طبق فرمول به دست می‌آید (فصل ۲).

علاوه بر این، با توجه به اینکه دیودهای لیزری به مرور زمان دچار استهلاک حرارتی و بنابراین دچار افت توان می‌گردند و یا ممکن است به هر دلیلی دچار ضربه و بنابراین قطع اتصالات برق داخلی خود گردند، لذا لازم است جهت اطمینان از انجام صحیح پروتکل درمانی بیمار، پزشک همواره از "توان واقعی" پروب به‌کار گرفته شده توسط "Power Meter" آگاه باشد تا در صورت نیاز، با افزایش "مدت زمان تابش" هرگونه افت "توان" را جبران نماید.

کاربرد دیگر "Power Meter" نیز که حضور آن را در دستگاه خریداری شده ضروری می‌سازد این است که به پزشک این امکان را می‌دهد که بتواند "توان" دستگاه را طبق پروتکل‌های متفاوت درمانی، کاهش و یا افزایش دهد.

لازم به ذکر است که برخی از دستگاهها جهت سهولت کار پزشکان عزیز، امکان نمایش " **Energy**" ویا حتی "**Dose**" را نیز بسته به "مدت زمان تابش" سپری یافته دارند (شکل ۴-۵).



شکل ۴-۵: یک دستگاه لیزر کم توان دارای بخشی جهت نمایش "**Power**" و "**Dose**" (بخش داخل بیضی)

نکات متفرقه ■

– نکته مهم جهت خرید مقرون به‌صرفه‌تر برای پزشکان علاقه‌مند به انجام "**لیزر خونی داخل وریـدی**"، توجه به خرید پروب‌های لیزری می‌باشد که هم بتوان از آنها در "درمان‌های موضعی" بهـره بـرد و هـم امکان اتصال "سوزن وریدی" و یا "نازل دهانی" جهت درمان "**لیزر خونی داخـل وریـدی**" بـه دهانـه پروب مذکور را داشته باشند (شکل۳–۲).

– دقت به این امر که پروب خریداری شده، امکان استفاده از دامنهٔ فرکانس‌های وسیعی را داشته باشد نیز فاکتور مهمی برای آن دسته از پزشکان علاقمند به استفاده از انواع فرکانس‌هـای درمـانی توصـیه شـده می‌باشد (فصل ۲).

۴–۳– فاکتورهای مهم در خرید پروب‌های لیزر با رژیم تابش "ذاتاً پالس"

پس ازتوجه به نکات قابل اهمیت مشترک در خرید پروب‌های لیزرکم توان با هر نوع از رژیم تابش، تنهـا نکته‌ای که در خرید پروب‌های لیزر با رژیم تابش "**ذاتاً پالس**" باقی می‌ماند، توجـه بـه دریافـت میـزان عددی " **دلتای t = Δt**" از فروشنده مربوطه می‌باشد.

۴–۴– فاکتورهای مهم در خرید پروب‌های لیزر با رژیم تابش " ذاتاً مداوم "

پس از توجه به نکات قابل اهمیت مشترک در خرید پروب‌های لیزرکم توان با هر نوع از رژیم تابش، تنها نکته‌ای که درخرید پروب‌های لیزر با رژیم تابش "**ذاتاً مداوم**" باقی می‌مانـد، توجـه بـه دریافـت میـزان عددی "**Duty Factor = Duty Cycle=D. C**" از فروشنده مربوطه جهت انجام محاسـبات لازمـه در زمـان فعال کردن "**پالس کاذب**" می‌باشد.

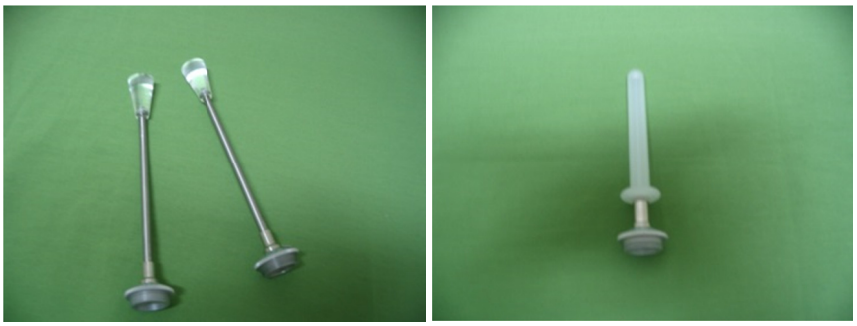
همچنین در مواردی که "**مدت زمان روشن هر سیکل= on**" و "**مدت زمان خاموش هر سـیکل= off**" در زمان فعال کردن "**پالس کاذب**" قابل تغییر توسط پزشک باشد، محدوده قابل تغییر این دو پارامترباید از فروشنده سؤال گردد.

۴–۵– سایرفاکتورهای مهم در خرید لوازم جانبی پروب‌های لیزر

■ نازل‌های لیزر :

در برخی از بیماری‌ها مانند بیماریهای زنان (اندومتریوز، دردهای مزمن لگنی و...)، بیماری‌های گـوش و حلق و بینی (سینوزیت، فارنژیت، اوتیت و...)، هموروئید، پروستاتیت و... که نیاز بـه تـابش لیـزر در درون حفرات طبیعی بدن می‌باشـد و یـا جهـت انجـام "لیـزر خـونی" از طریـق "زیـر زبـانی" (شـکل ۳–۴)،

"نازل‌های لیزر" مانند نازل واژینال، ENT، رکتال و دهانی جهت اتصال به دهانه پروب لیـزر مـورد نیـاز هستند (شکل ۴-۶).



شکل ۴-۶: نمونه‌ای از نازل‌های رکتال و زنان

نکته‌ای که باید در زمان خرید این نازل‌ها به آن دقت نمود، سوال از فروشنده در مـورد "ضـریب عبـور" آنها می‌باشد. برای مثال اگر "ضریب عبور" نازل متصل به پروب لیزری ۵۰٪ باشد، باید "توان قلـهٔ" آن پروب را در ۵۰٪ ضرب نمود و سپس حاصل را جهت محاسبات "توان متوسط خروجی، انرژی و یا دوز " در فرمول‌های مربوطه قرارداد.

همچنین "**Area**" تحت تابش ازاین "**نازل‌ها**" نیز باید توسط فروشنده به پزشک اعلام گردد. در صورتی که این پارامتر از کمپانی تولیدکننده اعلام نشده باشد، می‌توان به جای واحد "**J/cm²**" در بیان "**Dose**"، از "**J/Point**" استفاده نمود و هم زمان به معرفی "**Point**" یا **ناحیهٔ مربوطه** پرداخت. برای مثال: میـزان انرژی تابیده‌شده داخلی به هر **آدنکس** بیمارجهت درمان آندومتریوز " **10 J/ Point**" بوده است.

■ سری طب سوزنی (Acupuncture) :

پزشکان علاقه‌مند به انجام " لیزر آکو پانکچر"که نیاز به خرید "سری طب سوزنی" دارند (شکل ۴-۷) نیز باید در زمان خرید از فروشنده در مورد " ضریب عبور " آن پرسش نمایند. برای مثال اگـر " ضـریب عبور " "سری طب سوزنی" متصل به پروب لیزری ۵۰٪ باشد، باید " توان قلـهٔ " آن پـروب را در ۵۰٪ ضرب نمود و سپس حاصل را جهت محاسبات "توان متوسط خروجی، انرژی و یا دوز " در فرمـول‌هـای مربوطه قرارداد. همچنین می‌توان پس از اتصال "**سری طب سوزنی**" به سر پروب مد نظر و با استفاده از **Power meter**، "توان قلهٔ" پروب مذکور را به دست آورد.

همچنین " **Area**" و یا "**دیامتر**" مربوط به دهانه " **سری طب سوزنی** " نیز باید توسط فروشنده به پزشک اعلام گردد. بدیهی است در صورتی که پارامتر "**دیامتر**" به جای "**Area**" به خریدار عنوان گردد، باید "**Area**" یا مساحت دهانه "**سری طب سوزنی**" محاسبه گردد.

همچنین بهتر است به جای واحد "**J/cm²**" در بیان "**Dose** "، از "**J/ Acu. point**" استفاده نمود و هم زمان به بیان سطح مقطع "**Acu. Point**" مربوطه پرداخت:

برای مثال به جای ذکر [میزان دوز تابیده شده به هر **نقطهٔ طب سوزنی** بیمار معادل **50J/cm²** بوده است.] بهتر است بگوییم [انرژی تابیده شده به هر **نقطهٔ طب سوزنی** بیمار " **0.5 J/ Acu. Point**" و سطح مقطع هر " **Acu. Point** " معادل با $0.01cm^2$ بوده است.]

شکل ۴-۷: نمونه هایی از سری طب سوزنی

■ سری مغناطیسی (Static Magnet) :

پزشکان علاقه‌مند به انجام "**مگنتو لیزرتراپی**" که نیاز به خرید "سری مگنت" دارند نیز باید در زمان خرید از فروشنده در مورد دو مطلب که یکی" **Area** " دهانهٔ مگنت و دیگری میزان قدرت آن با واحد "**میلی تسلا= mT**" است، پرسش نمایند (شکل ۴-۸). قدرت مگنتهای به کار گرفته شده شایع در امر "**مگنتو لیزرتراپی**" عبارتند از(Moskovin and Buylin 2001): **25mT , 50mT , 75mT**.

شکل ۴-۸: نمونه هایی از سری مغناطیسی

■ **تعدادی سوزن** مخصوص انجام **"لیزر خونی"** از طریق **"داخل وریدی"** (شکل ۳-۱).

■ **عینک محافظ چشم لیزر:**

متأسفانه آنچه که در برخی از مراکز لیزردرمانی مشاهده می‌شود، عدم توجه به استفاده از عینک‌های محافظ چشم لیزر است که امری ضروری درحین انجام لیزردرمانی می‌باشد (شکل ۴-۹).

هر یک از این عینک‌ها با توجه به فاکتورهایی نظیر طول موج، توان و... مخصوص به پروب‌هایی خاص ساخته می‌شوند تا بتوانند فوتون‌های نوری با طول موج آن پروب مذکور را جذب نموده و مانع از رسیدن آنها به چشم درمانگر گردند.

نکته‌ای که در خرید عینکی مخصوص به طول موج یک پروب مصرفی حائز اهمیت است، توجه به عدد **"Optic Density=OD"** آن عینک می‌باشد که نشان دهنده میزان جذب فوتون‌های نوری آن طول موج خاص توسط عینک مذکور است. بدیهی است هرچه عدد **"OD"** یک عینک بیشتر باشد، حفاظت از چشم توسط آن عینک بیشتر است. عدد **"OD"** قابل قبول در لیزر درمانی برای یک عینک باید حداقل برابر با **3** باشد.

عدد **"OD "** مربوط به هر عینک یا بر روی شیشه و یا بر روی دستهٔ آن عینک ثبت شده است.

برای مثال: **اگرعینک خاص پروبی دارای OD = 5 باشد بدان معنی است که آن عینک 10^5 برابر، فوتون‌های نوری با طول موج آن پروب را(توان لیزر پروب مذکور)جذب کرده و مانع از رسیدن آنها به چشم درمانگر می‌شود**(مجدآبادی. عباس ۱۳۸۱).

شکل ۴-۹: نمونه هایی از عینک‌های محافظ چشم لیزر

سلام

دوستان عزیزم همان طور که متوجه شدید مصرف عینک چه برای حفاظت از چشم پزشک و یا درمانگر و چه برای بیمار درحین انجام لیزر درمانی بسیار ضروری است.

از آنجایی که شاید یکی از نگرانی‌های شما نیز مانند من در مورد اطمینان از قدرت حفاظت عینک‌هایی است که مدت‌هاست از خرید و استفاده آنها در امر لیزردرمانی گذشته است ، علاقه‌مندم که به نکته‌ای در این زمینه اشاره نمایم:

- شما می‌توانید با قراردادن شیشه عینک خود بر روی " **Power Meter** " دستگاه و سپس قراردادن پروب لیزر خود بر روی " شیشه عینک و **Power Meter** " به عدد " توان " نمایش داده شده توسط دستگاه توجه کنید. در صورتی که این عدد صفر و یا مقدار بسیار ناچیز باشد ، نشان دهنده سلامت عینک در حفاظت از چشم شما می‌باشد.

فصل پنجم:

حل مسایل بالینی

حال که با محاسبات دوزیمتری و چگونگی خرید دستگاه‌های لیزر کم توان آشنا شدیم، در این فصل پس از تهیهٔ تجهیزات اولیه پیشنهادی به حل برخی از نمونه‌های بالینی می‌پردازیم :

۵-۱ تجهیزات اولیه پیشنهادی

۵-۱-۱- پروب‌های مورد نیاز

در این زمینه لازم به ذکر است که جهت سهولت در محاسبات پروتکل‌های درمانی، بهتر است ابتدا میزان "انرژی و دوز" هر یک از پروب‌های انتخابی را با استفاده از حداکثر امکانات (پارامترهای موجود در دستگاه وپروب مانند توان و فرکانس) در "مدت زمان تابش یک دقیقه" به دست آورده و سپس با تناسبی ساده، مدت زمان تابش مورد نیاز در آن پروتکل خاص را محاسبه نماییم.

■ رژیم تابش ذاتاً پالس

از این نوع از رژیم تابش، پروب‌های زیر را با مشخصات ذکر شده انتخاب می‌نماییم:

۱- مشخصات "پروب قلمی" :

Laser Diode =GaAs

λ =Wavelength =890nm

Peak Power (P_p) =1-70W

Δt = 100ns

فرکانس: قابل تنظیم از 1-3000Hz

Area =1cm^2 دهانهٔ پروب

۲- مشخصات "پروب کلاستر " :

Laser Diode =GaAs

λ =Wavelength =890nm

Peak Power (P_p) =1-50W

Δt = 100ns

فرکانس : قابل تنظیم از 1-3000Hz

Area =10cm^2 دهانۀپروب

اکنون به محاسبه فرمول‌های مورد نیاز زیر می‌پردازیم:

Average Power "A. P" = Peak Power (P_p) × t دلتای × فرکانس

"پروب قلمی" ➔ Max. "A. P" = 70W × 100 × 10^{-9} × 3000Hz =0. 021 W = تقریباً 0. 02 W

" کلاستر " ➔ Max. "A. P" = 50W × 100 × 10^{-9} × 3000Hz =0. 015 W = تقریباً 0. 02 W

$$\text{Power Density (W/cm}^2\text{) = P. D = Intensity = Irradiance = } \frac{\text{"A. P" (W)}}{\text{Area (cm}^2\text{)}}$$

" پروب قلمی " ➔ Max. Power Density (W/cm^2) = $\frac{0.02(W)}{1\ (cm^2)}$ = 0. 02(W/cm^2)

" کلاستر " ➔ Max. Power Density (W/cm^2) = $\frac{0.02(W)}{10\ (cm^2)}$ = 0. 002(W/cm^2)

Energy (J)= Average Power (W) × Exposure Time (sec)

" پروب قلمی " ➔ در یک دقیقه Max. Energy (J) = 0. 02W × 60 (sec)= 1. 2 J

" کلاستر " ➔ در یک دقیقه Max. Energy (J) = 0. 02W × 60 (sec)= 1. 2 J

Dose (J/cm^2) =Fluence=Energy Density=Energy(J)÷Area (cm^2)

"پروب قلمی" ➔ در یک دقیقه Max. Dose (J/cm^2) = $\frac{1.2\ J}{1cm^2}$ = 1. 2 J/cm^2 =تقریباً 1 J/cm^2

" کلاستر " ➔ در یک دقیقه Max. Dose (J/cm^2) = $\frac{1.2\ J}{10cm^2}$ = 0.12 J/cm^2 =تقریباً 0.1 J/cm^2

مشخصات دو پروب فوق به طور خلاصه در جدول زیر آورده شده اند :

نوع پروب	پروب قلمی	کلاستر
Laser Diode	GaAs	GaAs
λ =Wavelength (nm)	890nm	890nm
Peak Power (W)	Max=70W	Max=50W
Δt (ns)	100ns	100ns
فرکانس (Hz)	Max=3000Hz	Max=3000Hz
دهانۀپروب Area (cm^2)	$1cm^2$	$10cm^2$
Average Power (W)	Max=0. 02W	Max=0. 02W
Power Density(W/cm^2)	Max=0. 02 W/cm^2	Max=0. 002 W/cm^2
در یک دقیقه Energy (J)	Max=1J	Max=1J
در یک دقیقه Dose (J/cm^2)	Max= 1 J/cm^2	Max=0. 1 J/cm^2

■ رژیم تابش ذاتاً مداوم

از این نوع از رژیم تابش نیز پروب‌های زیر را با مشخصات ذکر شده انتخاب می‌نماییم:

۱- مشخصات "پروب دستی" :

Laser Diode = GaAlAs
λ =Wavelength =660nm
Peak Power (P_p) =5-300mw
Duty Factor = 50%

فرکانس قابل تنظیم از 1-20000Hz

دهانۀپروب Area =$1cm^2$

۲- مشخصات "پروب دستی" :

Laser Diode = GaAlAs
λ =Wavelength = 810nm
Peak Power (P_p) =10-1000mw
Duty Factor =50%

فرکانس قابل تنظیم از 1-20000Hz

دهانۀپروب Area =$1cm^2$

۳- مشخصات "پروب دستی" :

Laser Diode = GaAlAs
λ =Wavelength = 450nm
Peak Power (P_p) = 5-250mw
Duty Factor=50%

فرکانس قابل تنظیم از 1-20000Hz

دهانۀپروب Area =1cm^2

٤- مشخصات "کلاستر" (انتخاب به دلیل دستیابی به سطح وسیع درمـانی 20cm^2 و امکـان اسـتفاده مستقل از طول موج " 625nm" ، " 830nm" و یا استفاده هم زمان از " 625nm+830nm":

LED=Light Emision Diode = GaAlAs

λ =Wavelength =625 ± 40nm, 830 ±40 nm, (625nm+830nm)± 40nm

Peak Power (P_p) =140mw+240 mw

Duty Factor=50%

فرکانس: این دستگاه دارای شش نـوع فرکـانس 10 Hz,80 Hz,600 Hz,1000 Hz,1500Hz,3000Hz می‌باشد.

دهانۀپروب Area =20cm^2

اکنون به محاسبه فرمول‌های مورد نیاز در "رژیم تابش ذاتاً مداوم" پرداخته و سپس اعـداد حاصـله را صرفاً در Duty Cycle مربوط به هر پروب ضرب می‌نماییم تااعداد حاصل از محاسبه همین فرمول‌ها در حالت "پالس کاذب" نیز به دست آید:

- در حالت رژیم تابش ذاتاً مداوم:

Peak Power=Ave rage Power=M. O. P=O. P

"پروب دستی" ➔ Peak Power=Ave rage Power=M. O. P=O. P = 5-300mw

"پروب دستی" ➔ Peak Power=Ave rage Power=M. O. P=O. P= 10-1000 mw

"پروب دستی" ➔ Peak Power=Ave rage Power=M. O. P=O. P= 5-250mw

" کلاستر" ➔ Peak Power=Ave rage Power=M. O. P=O. P=140mw +240mw

$$\text{Power Density (W/cm}^2\text{)= P.D = Intensity= Irradiance} = \frac{\text{"A.P"(W)}}{\text{Area (cm}^2\text{)}}$$

"پروب دستی" ➔ $\text{Max. Power Density (W/cm}^2\text{)} = \frac{300 \times 10^{-3}\text{W}}{1\text{cm}^2} = 0.3\ \text{W/cm}^2$

"پروب دستی" ➔ $\text{Max. Power Density (W/cm}^2\text{)} = \frac{1000 \times 10^{-3}\text{W}}{1\text{cm}^2} = 1\ \text{W/cm}^2$

"پروب دستی" ➔ $\text{Max. Power Density (W/cm}^2\text{)} = \frac{250 \times 10^{-3}\text{W}}{1\text{cm}^2} = 0.25\ \text{W/cm}^2$

"کلاستر" ➔ Max. Power Density (W/cm^2) = $\frac{380\times10^{-3}W}{20cm^2}$ = 0.019 W/cm^2 = تقریباً 0. 02 W/cm^2

Energy (ژول؛ J)=[P_P = "A. P "=M.O.P=O.P (W)] ×Exposure Time "E. T"(sec)

"پروب دستی" ➔ در یک دقیقه Max. Energy (J) =[300×10^{-3}W] × 60sec =18J

"پروب دستی" ➔ در یک دقیقه Max. Energy (J) =[1000×10^{-3}W] × 60sec=60J

"پروب دستی" ➔ در یک دقیقه Max. Energy (J) = [250×10^{-3}W] × 60sec=15J

" کلاستر " ➔ در یک دقیقه Max. Energy (J) = [380×10^{-3}W] × 60sec =22. 8J= تقریباً 23J

Dose (J/cm^2) =Fluence=Energy Density=Energy(J)÷Area (cm^2)

"پروب دستی" ➔ در یک دقیقه Max. Dose (J/cm^2) = $\frac{18J}{1cm^2}$ =18 J/cm^2

"پروب دستی" ➔ در یک دقیقه Max. Dose (J/cm^2) = $\frac{60J}{1cm^2}$ =60 J/cm^2

"پروب دستی" ➔ در یک دقیقه Max. Dose (J/cm^2) = $\frac{15J}{1cm^2}$ =15 J/cm^2

" کلاستر " ➔ در یک دقیقه Max. Dose (J/cm^2) = $\frac{23J}{20cm^2}$ =تقریباً 1 J/cm^2

مشخصات چهار پروب فوق درحالت "رژیم تابش ذاتاً مداوم" به‌طور خلاصه در جدول زیر آورده شده‌اند:

نوع پروب	پروب دستی	پروب دستی	پروب دستی	کلاستر
Laser Diode	GaAlAs	GaAlAs	GaAlAs	(LED) GaAlAs
λ =Wavelength (nm)	660nm	810nm	450nm	625nm+830nm
Peak Power (W)	Max=0.3W	Max=1W	Max=0.25W	Max=0.4W
Area (cm^2)دهانهٔپروب	$1cm^2$	$1cm^2$	$1cm^2$	$20cm^2$
Average Power (W)	Max=0.3W	Max=1W	Max=0. 25W	Max=0. 4W
Power Density(W/cm^2)	Max=0.3 W/cm^2	Max=1W/cm^2	Max=0. 25W/cm^2	Max=0.02 W/cm^2
Energy (J) در یک دقیقه	Max=18J	Max=60J	Max=15J	Max=23J
Dose (J/cm^2)در یک دقیقه	Max= 18 J/cm^2	Max=60 J/cm^2	Max= 15 J/cm^2	Max= 1 J/cm^2

مشخصات چهار پروب فوق در حالت"پالس کاذب" نیز پس از به کارگیری Duty cycle=50%=1/2 بـه طور خلاصه در جدول زیر آورده شده اند :

نوع پروب	پروب دستی	پروب دستی	پروب دستی	کلاستر
Laser Diode	GaAlAs	GaAlAs	GaAlAs	(LED) GaAlAs
λ =Wavelength (nm)	660nm	810nm	450nm	625nm+830nm
Peak Power (W)	Max=0. 3W	Max=1W	Max=0. 25W	Max=0.4W
Duty cycle	50%	50%	50%	50%
فرکانس (Hz)	Max=20000Hz	Max=20000Hz	Max=20000Hz	Max=3000Hz
دهانهٔ پروبArea (cm^2)	$1cm^2$	$1cm^2$	$1cm^2$	$20cm^2$
Average Power (W)	Max=0. 15W	Max=0. 5W	Max=0. 125W	Max=0.2W
Power Density(W/cm^2)	Max=0. 15W /cm^2	Max=0. 5W/cm^2	Max=0. 125W/cm^2	Max =0.01W /cm^2
Energy (J) در یک دقیقه	Max=9J	Max=30J	Max=7. 5J	Max =11.5=12J
Dose (J/cm^2) در یک دقیقه	Max= 9 J/cm^2	Max=30 J/cm^2	Max= 7. 5J/cm^2	Max = 0. 6 J/cm^2

۵-۱-۲- سایر لوازم جانبی

■ **نازل‌ها**

نازل واژینال و نازل دهانی با "ضریب عبور" 50٪ جهت درمان بیماری‌های زنان و انجام "لیزر خونی" از طریق " زیر زبانی" انتخاب می‌گردند.

■ **سری طب سوزنی**

سری طب سوزنی با " ضریب عبور "50٪ "دیامتر= قطر=1mm " مربوط به دهانه مدور آن نیز انتخاب می‌گردد.

"Area" یا مساحت دهانه مدور " سری طب سوزنی " طبق محاسبات زیربه دست می‌آید :

Area= Π r^2= Π ×r × r

Π=3. 14 , r = شعاع دایره= 0. 5mm =0. 5×10^{-1} cm ➔

Area= Π × r^2 = Π ×r × r

Area = 3. 14×0. 5×10^{-1} cm × 0. 5×10^{-1}cm =0. 00785=تقریباً 0. 008cm^2= تقریباً 0. 01cm^2

■ **سری مغناطیسی (Static Magnet) :**

دو عدد "سری مگنت" با " Area =$1cm^2$ " دهانـهٔ مگنـت و میـزان قـدرت 50mT نیـز جهـت مگنتـو لیزرتراپی انتخاب می‌گردد.

■ **تعدادی سوزن** مخصوص انجام " **لیزر خونی** " از طریق " **داخل وریدی** ".

■ **عینک محافظ چشم لیزر:**

دو عدد عینک محافظ چشم لیزرهای کم توان در محدوده طـول موجهـای **400-1100nm** بـا **"OD=5"** جهت استفاده درمانگر و بیمار انتخاب می‌گردند.

۵-۲- حل مسئله

نکات:

■ لازم به ذکر است که نظر شخصی نویسنده درمورد تابش لیزرهای کم توان به پوست، تابش از نـوع " تماسی " می‌باشد زیرا از این طریق در مقایسه با روش " غیر تماسی " کنترل دقیق‌تـری در رسـاندن " دوز " به بافت هدف حاصل می‌شود. در موارد درمان در شرایط خاص ماننـد زخـم‌هـای بـاز، زخـم‌هـای عفونی و... نیز که احتمال آلوده شدن سر پروب، انتقال آلودگی به بیمارو یا از بیماری به بیمار دیگر وجـود دارد، می‌توان از پوشش‌های استریل و بی رنگ که جاذب نور نباشند (مانند بخش بـی رنـگ کیسـه ادرار کودکان) بر سر پروب لیزر و یا بر روی سطح تحت تابش استفاده کرد تا تـابش تماسـی لیـزر بـر پوسـت بدون هیچگونه آلودگی صورت پذیرد (شکل۵-۱).

همچنین توصیه می‌شودکه درزمان تابش تماسی لیزر به پوست و جهت دستیابی بـه عمـق نفـوذ بیشـتر ورسیدن به بافت هدف، پروب لیزر بر سطح درمان عمودی قرار گرفته و فشاری جزیی بـر سـطح اعمـال شود.بدیهی است از این طریق می‌توان با کاهش تعداد گلبول‌های قرمز خون در ناحیه تحت تابش، میزان جذب انرژی توسط آنها را نیز به حداقل رساند.

شکل۵-۱: نمونه‌ای از کیسهٔ ادرار نوزاد

همان طور که از قوانین فیزیک و برهم‌کنش لیزر با بافت می‌دانید، در روش غیر تماسی که یا با رعایـت فاصلهٔ **0.5-1cm** پروب از سطح پوست (معمولاً در زمان تابش بر بستر زخم) و یـا بـا روش جـارو کـردن (اسکن کردن پوست (شکل۵-۲) ؛ Scanning، معمولاً در زمان تابش بـر سـطوح وسـیع درمـانی) انجـام

میگیرد، علاوه بر کاهش "Power Density(W/cm²) " به دلیل افـزایش "سطح تـابش Area"، انعکـاس لیزر از بافت تحت تابش نیز منجر به کاهش عمق نفوذ لیزر درآن بافت می‌گردد. همچنین بـدیهی اسـت که احتمال آسیب‌های وارد شده به چشم نیز در این روش بسیار بیشتر است.

شکل۵-۲: نمونه‌ای از دستگاه اسکنر خودکار

سلام

دوستان گرامی در اینجا لازم می‌دانم برای آن دسته از عزیزانی که علاقه‌مند هستند از روش غیر تماسی جاروکردن (اسکن) جهت لیزردرمانی مناطقی که امکان تماس مستقیم پروب بـا پوسـت در آنهـا موجـود نیست و یا سطح درمانی وسیع می‌باشد، استفاده کنند ،به ذکر نکاتی در این زمینه بپردازم:

- در این روش که هم به صورت "دستی" توسط پزشک و هم بـه صـورت "خودکـار" توسـط دسـتگاه اسکنر (شکل ۵-۲) انجام می‌گیرد، پروب لیزر که با فاصله‌ای از پوست قرار گرفته است به اسـکن کـردن سطح تحت درمان می‌پردازد. بدیهی است که تنها در روش اسکن "خودکار"، سرعت اسکنر و فاصـله آن با سطح تحت درمان ثابت می‌باشد.

● در انتخاب یک دستگاه اسکنر مناسب، دقت به این عامل مهم است که "**توان خروجی نمایش داده شده در مانیتور اسکنر = O.P (W)**" با "**توان دریافتی بر روی سطح تابش**" یکی باشد. دراین صورت وقتی اسکنر با فاصله و سرعتی ثابت به اسکن سطح درمان تعیین شده در دستگاه (**Area**) می‌پردازد ، می‌تواند "دوز " مشخصی را که در دستگاه تعریف شده است به بافت برساند.

Dose (J/cm^2) =Fluence=Energy Density=Energy(J)÷Area (cm^2)

$$\text{Dose(J/cm}^2\text{)} = \frac{[\text{A. P= M.O.P =O.P (W)}] \times \text{Exposure Time (sec)}}{\text{Area (cm}^2\text{)}}$$

■ لازم به ذکر است که علاوه بر تابش تماسی بر پوست **ناحیهٔ درگیر (تابش موضعی)**، در موارد لزوم باید سایر روش‌ها مانند لیزر خونی (**تابش سیستمیک**)، تابش به درون حفرات طبیعی بدن، تابش بر روی عروق خونی و لنف درناژ کننده بافت هدف، تابش بر ریشه عصبی درماتوم ناحیه درگیر و تابش بر روی نقاط طب سوزنی را نیز مدنظر گرفت.

■ پزشکان علاقه‌مند به درمان طب سوزنی توسط لیزر (**Laser Acupuncture**) می‌توانند با انتخاب نقاط طب سوزنی مربوط به هر بیماری، میزان "**Energy** " برابر با " **0. 2-4J/Acu. Ponit**" را به هرنقطه تابش دهند.

■ یادآوری می‌گردد که جهت درمان اصولی هر بیمار، تنها پس از تشخیص قطعی بیماری توسط پزشک متخصص، اطمینان از عدم وجود موارد منع انجام لیزر، پاسخ به سؤالات و جلب رضایت بیمار (**پیوست اول**) و با رعایت اصول ایمنی و استفاده از عینک محافظ چشم برای درمانگر و بیمار، به درمان بیماری وی توسط لیزرهای درمانی پرداخت.

■ توصیه می‌شود پس از گرفتن شرح حال دقیق از بیمار، کلیه علایم و نشانه‌های بیماری " قبل و بعد از انجام لیزر" جهت کنترل پاسخ به درمان وی ثبت گردد (نمونه‌ای از این ارزیابی‌ها در **پیوست دوم** آمده است).

■ در ادامه، نمونه‌هایی از مسائل بالینی که پروتکل‌های آنها مربوط به بیماران درمان شده توسط نویسنده می‌باشند مطرح می‌گردد. لازم به ذکر است که در هر پروتکل درمانی، بهتر است از حداقل " دوز " توصیه‌شده در آن پروتکل، جهت درمان بیمار مربوطه استفاده نمود و تنها در صورتی که پاسخ درمانی مطلوب به دست نیامد، " دوز " مدنظر را افزایش داد.

در کلیه نمو نه‌های آورده‌شده به‌استثنای نمونه مربوط به درمان " زخم"، تعداد جلسات در یک دوره درمانی ۱۲ جلسه به صورت سه بار در هفته انجام شده است. به طور کلی، در کنترل بیماری‌های مزمن،

دوره‌های بعدی درمان پس از سه ماه و یا بیشتر بسته به علایم بیمار مجدداً انجام می‌پذیرد. این در حالی است که در موارد بیماری‌های حاد برای مثال دردی که از دو هفته قبل آغاز گشته است معمولاً یک دوره درمان کافیست.

همچنین قابل ذکر است که لیزردرمانی "زخم" می‌تواند ابتدا به صورت هر روز انجام پذیرد و سپس همگام با پاسخ به درمان، جلسات درمانی به شکل سه بار در هفته، دوبار در هفته و .... ادامه یابد.

■ برای حل این مسائل ابتدا به بررسی خلاصه‌ای از پروب‌های فراهم آوری شده خود می‌پردازیم:

۱- پروب‌های ذاتاً پالسی:

از این پس پروب پالسی " **قلمی= P**" خود را با علامت " **P.P**" و پروب پالسی " **خوشه‌ای=C**" را با علامت "**C.P**" نشان خواهیم داد. بنابراین در این نوع از رژیم تابش، دارای یک عدد "**P.P**" و یک عدد "**C.P**"خواهیم بود :

نوع پروب	پروب قلمی = P. P	کلاستر = C. P
Laser Diode	GaAs	GaAs
λ =Wavelength (nm)	890nm	890nm
Peak Power (W)	Max=70W	Max=50W
Δt (ns)	100ns	100ns
فرکانس (Hz)	Max=3000Hz	Max=3000Hz
دهانهٔپروب Area (cm^2)	$1cm^2$	$10cm^2$
Average Power (W)	Max=0. 02W	Max=0. 02W
Power Density(W/cm^2)	Max=0. 02 W/cm^2	Max=0. 002 W/cm^2
Energy (J)در یک دقیقه	Max=1J	Max=1J
Dose (J/cm^2)در یک دقیقه	Max= 1 J/cm^2	Max=0. 1 J/cm^2

۲- پروب‌های ذاتاً مداوم:

از این پس پروب مداوم "**دستی=H**" خود را با علامت " **H.C**" و پروب مداوم " **خوشه‌ای=C**" را با علامت " **C.C**" نشان خواهیم داد. از آنجایی که در این نوع از رژیم تابش، سه طول موج "**H.C**" متفاوت فراهم کرده‌ایم، لذا جهت معرفی هر طول موج از طیف رنگی مربوط به آن طول موج استفاده می‌نماییم :

مشخصات پروب‌های فراهم‌آوری شده در حالت رژیم تابش ذاتاً مداوم

نوع پروب	پروب دستی=H.C	پروب دستی=H.C	پروب دستی=H.C	کلاستر=C.C
Laser Diode	GaAlAs	GaAlAs	GaAlAs	(LED) GaAlAs
λ =Wavelength (nm)	660nm	810nm	450nm	625nm+830nm
Peak Power (W)	Max=0. 3W	Max=1W	Max=0.25W	Max=0.4W
Area (cm^2) دهانۀپروب	$1cm^2$	$1cm^2$	$1cm^2$	$20cm^2$
Average Power (W)	Max=0.3W	Max=1W	Max=0.25W	Max=0.4W
Power Density(W/cm^2)	Max=0.3 W/cm^2	Max=1W/cm^2	Max=0.25W/cm^2	Max=0. 02 W/cm^2
Energy (J)در یک دقیقه	Max=18J	Max=60J	Max=15J	Max=23J
Dose (J/cm^2)در یک دقیقه	Max= 18 J/cm^2	Max=60 J/cm^2	Max= 15 J/cm^2	Max= 1 J/cm^2

مشخصات پروب‌های فراهم‌آوری شده در حالت رژیم تابش ذاتاً مداوم پالسی شده

نوع پروب	پروب دستی=H.C	پروب دستی=H.C	پروب دستی=H.C	کلاستر=C.C
Laser Diode	GaAlAs	GaAlAs	GaAlAs	(LED) GaAlAs
λ =Wavelength (nm)	660nm	810nm	450nm	625nm+830nm
Peak Power (W)	Max=0. 3W	Max=1W	Max=0. 25W	Max=0.4W
Duty cycle	50%	50%	50%	50%
فرکانس (Hz)	Max=20000Hz	Max=20000Hz	Max=20000Hz	Max=3000Hz
Area (cm^2)دهانۀپروب	$1cm^2$	$1cm^2$	$1cm^2$	$20cm^2$
Average Power (W)	Max=0.15W	Max=0.5W	Max=0.125W	Max=0.2W
Power Density (W/cm^2)	Max=0.15W /cm^2	Max=0.5W/cm^2	Max=0.125W/cm^2	Max=0.01W /cm^2
Energy (J)در یک دقیقه	Max=9J	Max=30J	Max=7.5J	Max=11.5=12J
Dose (J/cm^2)در یک دقیقه	Max= 9 J/cm^2	Max=30 J/cm^2	Max= 7.5J/cm^2	Max= 0.6 J/cm^2

به‌درستی که نیازهای مردم به شما از جمله نعمت‌های خداوند بر شماست. از نعمت‌های خدا ملول نشوید.
«امام حسین(ع)»

مسئله ۱- آرتروز زانو: برای درمان علائم ناشی از آرتروز زانوی چپ بیماری، طبق یک پروتکل درمانی، نیاز به رساندن دوزی معادل $6J/cm^2$ به فضای مفصلی توسط نـور مـادون قرمزاسـت. می‌خواهیم این درمان را از طریق 4 ناحیه نزدیک به سطح مفصلی زانو انجام دهیم. همچنـین قصد تابش $1\ J/cm^2$ به نقاط Trigger و Tender عضلات چهار سر ران و ساق پا را داریم.

۱- جهت درمان وی کدام پروب‌های لیزر را ترجیح میدهید؟

۲- مدت زمان تقریبی تابش چقدر خواهد بود؟

۳- در چه صورتی استفاده از مگنتو لیزرتراپی را توصیه می‌کنید ؟ (پروتکل درمانی کاملتر در پیوست دوم آمده است.)

پاسخ:

۱- درمان را با دوز تابشی " $6J/cm^2$ " به فضای مفصلی زانو با استفاده از پروب مادون قرمـز "P.P" از طریق 4 ناحیه نزدیک به سطح مفصلی انجام می‌دهیم:

بنابراین ابتدا $6J/cm^2$ را تقسیم بر 4 ناحیه می‌کنیم تا میزان " دوز " در هر ناحیه را به دست آوریم :

$6J/cm^2 \div 4 = 1.5J/\ cm^2$

حال طبق تناسب، مدت زمان تابش در هر یک از نواحی را به دست می‌آوریم :

P. P: $\dfrac{1min = 60\ sec}{X \text{ در هر ناحیه}}$ $\dfrac{Dose = 1\ J/cm^2}{1.5J/cm^2}$

$$\rightarrow X = \frac{1.5 \times 60\ sec}{1} = 90sec = 1\ min + 30sec$$

➔ مدت زمان کلی تابش از چهار ناحیه به فضای مفصلی زانوی چپ =90sec× 4= 360sec= 6min

جهت تابش $1\ J/cm^2$ به نقاط Trigger و Tender عضلات چهار سر ران و ساق پا نیز از پـروب مـادون قرمز "P.P" استفاده می‌کنیم که مدت زمان تابش در هر نقطه 60sec خواهد بـود. بـا فـرض اینکـه 15 نقطه از این نقاط در کل پای چپ بیمار وجود داشته باشد، مدت زمان تابش برابر است با :

$60sec \times 15\ \text{نقطه} = 900sec = \frac{900sec}{60} = 15\ min$

مدت زمان تابش به نقاط Tenderو Trigger زانوی چپ =15min ➔

۲- بنابراین مدت زمان کل تابش در هر جلسه درمانی برابر است با :

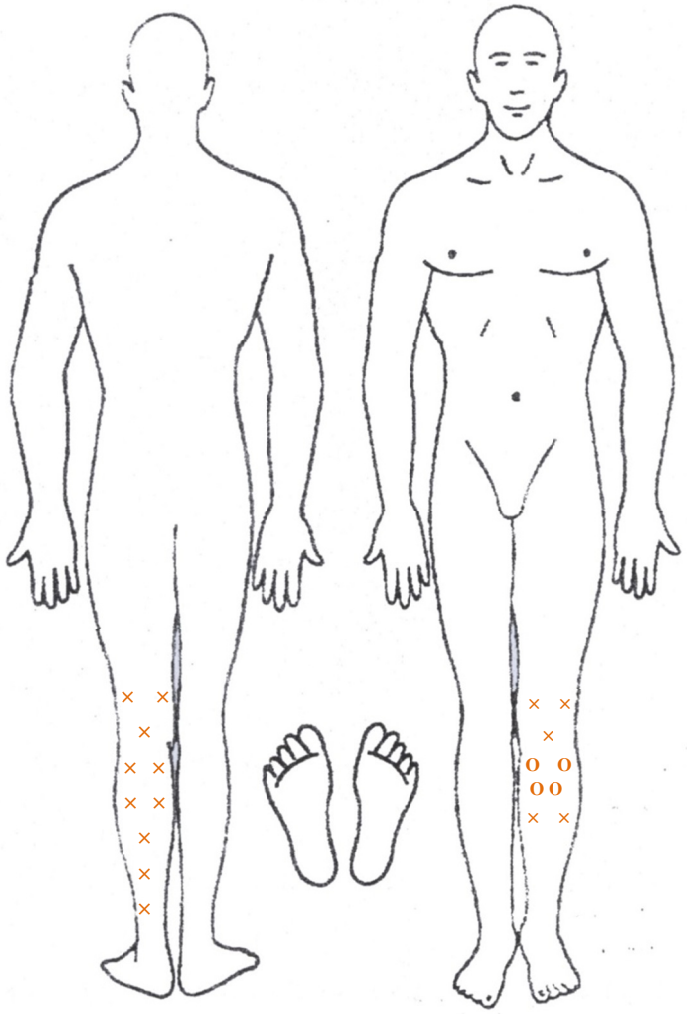
6min + 15min = 21min

بدیهی است در صورت استفاده هم زمان از دو عدد پروب "P.P" مدت زمان تابش کلی تقریباً به **11min** کاهش می‌یابد.

شمای کلی از این پروتکل درمانی در (شکل۵-۳) آمده است.

O ➔PP/ 3000Hz/1 min + 30sec

× ➔PP/ 3000Hz/1min



شکل ۵-۳

۳- طبق تجربه، اگر جلسات لیزردرمانی فردی با بیماری مزمن، ۱۲ جلسه به صورت سه بار در هفته انجام پذیرد، اغلب در جلسات سوم و یا چهارم درمان، بیمار دچار افزایش علائم بالینی می‌گردد. به این امر " **Laser Reaction** " گویند که نشانهٔ خوبی از جذب نور لیزر و شروع تأثیرات درمانی در وی میباشد . پس از عبور از این مرحله، علایم بالینی بیمار تا رسیدن به جلسات آخر درمان به مرور کاهش می‌یابد. هرچند در برخی از موارد نیز، از حدود جلسات دهم و یا یازدهم درمان، بیمار مجدداً دچار افزایش علائم بالینی می‌گردد که این امر احتمالا به دلیل "**Laser Overdose**" می‌باشد.

حال اگر روند پاسخ به درمان در بیماری به شیوهٔ ذکر شدهٔ غالب نبوده و حتی پس از جلسات درمانی هفتم و یا هشتم، هیچ گونه تغییری اعم ازکاهش و یا افزایش علایم بالینی در وی مشاهده نگردد و اینگونه به نظر برسد که میزان جذب لیزر در بدن وی غیرمؤثر بوده است (که این امر می‌تواند طبق واکنشهای سلولی مولکولی لیزر، به وضعیت نامناسب RedOxسلولی در بیمارمذکور مربوط باشد)، می‌توان از **مگنتو لیزرتراپی** جهت رسیدن به تأثیرات سینرژیستیک این دو میدان الکترومغناطیسی و مغناطیسی بهره برد (**پیوست دوم**).

در این صورت جهت **مگنتو لیزرتراپی** : تنها یک "سری **مگنت استاتیک** " با " $\mathbf{Area=1cm^2}$ " در دهانهٔ مگنت و میزان قدرت **50mT** نیز بر سر پروب لیزر"**P. P** " قرار می‌دهیم.

مسئله ۲- کمردرد: بیماری 70 ساله با وزن 70kg و با علایم کمردردی که تا ساق پای چپ وی انتشار می‌یابد به ما مراجعه کرده است. در معاینات و بررسی‌های انجام شده در MRI، دیسک L4-L5 وی دچار پروتروژن به سمت چپ شده است.

۱- جهت درمان وی کدام پروب‌های لیزر را ترجیح میدهید؟

۲- اگر طبق پروتکل درمانی بخواهیم دوزی معادل با $\mathbf{J/cm^2}$ 12-6 به ناحیه دیسک درگیرشده و $\mathbf{J/cm^2}$ 2-1 به نقاط دردناک(تندر) ویا نقاط ماشه‌ای ایجادکننده درد (تریگر) به بیمار برسانیم، مدت تقریبی درمان در هر جلسه چه میزان خواهد بود ؟

۳- اگر بیمار مذکور مبتلا به بیماری دیابت نیز باشد و ما علاوه بر درمان کمردرد، تصمیم به انجام " لیزر خونی داخل وریدی" نیز داشته باشیم، کدام پروب لیزر را ترجیح میدهید وحداکثر مدت زمان تابش لیزر وریدی برای این فرد چقدر است ؟

پاسخ:

۱- درمان را درمحدوده دوز تابشی و با استفاده از پروب‌های مادون قرمز "P.P" و "C.P" در ناحیه دیسک درگیر انجام می‌دهیم. لازم به ذکر است که جهت اطمینان از پوشش کامل ناحیه، می‌توان این

"دوز" را در محدوده مربوط به یک مهره بالاتر و یک مهره پایین‌تر از سطح آناتومیک تخمین زده شده (دیسک L_4-L_5) توزیع نمود.

۲- جهت درمان ناحیه دیسک درگیرشده L_4-L_5 :

- ابتدا با استفاده از پروب "P.P" :

محدوده مربوط به‌مرکز یک مهره بالاتر از سطح آناتومیک تخمین زده‌شده(دیسک L_4-L_5)⇐$2J/cm^2$⇐ 2min

محدوده مربوط به سطح آناتومیک تخمین زده شده (دیسک L_4-L_5) ⇐ $2J/cm^2$ ⇐ 2min

محدوده مربوط به مرکزیک مهره پایین‌تر ازسطح آناتومیک تخمین زده شده(دیسک L_4-L_5) ⇐ $2J/cm^2$ ⇐ 2min

و سپس **نواحی پاراسپاینال**، مربوط به سه سطح فوق را نیزبه صورت **هر طرف** $0.5J/cm^2$ (که معادل با 30sec تابش در **هر طرف** توسط پروب "P.P" است) تابش می‌دهیم.

نواحی پاراسپاینال هر مهره معادل است با مجموع سایز عرضی دو انگشت " اشاره و سوم " شخص بیمار که از زایدهٔ خاری آن مهره به هر طرف محاسبه می‌گردد. :

نواحی پاراسپاینال یک مهره بالاتر از سطح (دیسک L_4-L_5) ⇐ هر طرف $0.5J/cm^2$ ⇐ 30sec× 2 = 1min

نواحی پاراسپاینال سطح آناتومیک تخمین زده شده (دیسک L_4-L_5) ⇐ هر طرف $0.5J/cm^2$ ⇐ 30sec× 2= 1min

نواحی پاراسپاینال یک مهره پایین‌تر از سطح (دیسک L_4-L_5) ⇐ هر طرف $0.5J/cm^2$ ⇐ 30sec× 2= 1min

- **همچنین با استفاده از پروب "C.P"** که امکان تابش در سطح وسیع را در دسترس ما قرار می‌دهد نیز، بر روی محدوده مربوط به سطح آناتومیک تخمین زده شده (**دیسک L_4-L_5**) " دوزی" معادل با $1J/cm^2$ را تابش می‌دهیم :

C. P: $\dfrac{1min = 60\ sec}{X}$ $\dfrac{Dose = 0.1\ J/cm^2}{1J/cm^2}$

$$\rightarrow X = \frac{1 \times 60\ sec}{0.1} = 600sec \quad \frac{600\ sec}{60} = 10\ min$$

بنابراین میزان کل" دوز " تابش داده شده در ناحیه کمر بیمار برابر است با:

"P.P" ➔ (2J/cm^2 × 3 مهره) + [0. 5J/cm^2 × 2] طرف هر مهره × 3 مهـره =(6J/cm^2) + [3J/cm^2]
= 9 J/cm^2
+
"C.P" ➔ 1 J/cm^2
➔ میزان کل" دوز " تابش داده شده در ناحیه کمر = 10 J/cm^2

و میزان کل" مدت زمان تابش" در ناحیه کمر بیمار برابر است با:

"P.P" ➔ (2min × 3 مهره) + [30sec × 2] طرف هر مهره × 3 مهره =(6min) + [3min] = 9 min

+

"C.P" ➔ 10 min

➔ میزان کل" مدت زمان " تابش داده شده در ناحیه کمر = 19 min

● جهت تابش 1 J/cm^2 به نقاط Triggerو Tender عضلات دردناک کمر تا ساق پای چپ بیمار:

از پروب مادون قرمز "P.P" استفاده می‌کنیم که مدت زمان تابش در هر نقطه 60sec =1min خواهد بود. با فرض اینکه 10 نقطه از این نقاط در کل پای چپ بیمار از کمر تا ساق پا وجود داشته باشد، مدت زمان تابش کلی برابر است با :

60sec× نقطه 10 = 600sec = $\frac{600\ \text{sec}}{60}$ = 10 min

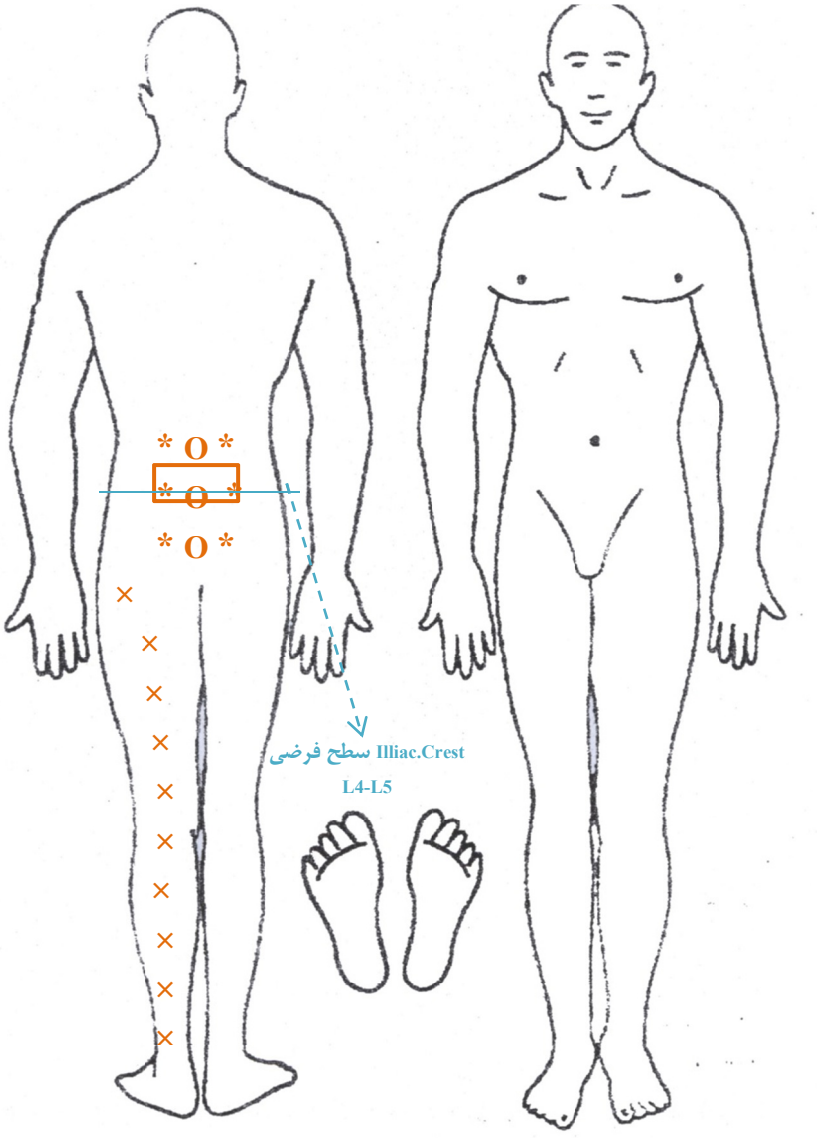
➔ مدت زمان تابش به نقاط Tenderو Trigger پای چپ =10min

بنابراین مدت زمان کل تابش در هر جلسه درمانی برابر است با :

29min = 10min جهت درمان نقاط Triggerو Tender + 19min جهت درمان ناحیه کمر

شمای کلی از این پروتکل درمانی در (شکل۵-۴) آمده است.
بدیهی است در صورت استفاده هم زمان از دو عدد پروب "P.P" مدت زمان تابش کلی کاهش می‌یابد.

O ➔PP/ 3000Hz/2min
*** ➔PP/ 3000Hz/30sec**
□ ➔CP/ 3000Hz/10min
× ➔PP/ 3000Hz/1min



شکل ۵-۴

۳- جهت انجام " **لیزر خونی داخل وریدی** " برای بیمار مذکور که مبتلا بـه بیمـاری دیابـت نیـز باشـد، پروب لیزر " **H. C**" که ساتع کننده **نور آبی 450nm** می‌باشد را انتخاب می‌نماییم.

ابتدا باید حجم خون بیمار را محاسبه کرد:

بنابراین ۷۰ کیلوگرم وزن بیمار را در **70cc** ضرب می‌نماییم.

70kg × 70cc = 4900cc

سپس ۵٪ از حجم خون محاسبه‌شده بیمار را جهت تابش در" **لیزردرمانی خونی** " به دست می‌آوریم :

$$4900cc\times \frac{5}{100} = 245cc\ (cm^3)$$

پس از به دست آوردن این حجم از خون، حاصل را در **0.01** J ضرب نموده تا حداکثر انـرژی لازم جهـت لیزر خونی بیمار مدنظر به دست آید:

$$Dose\ (J/cm^3) = 0.01\ J/cc = \frac{Energy\ (J)}{Volume(cm^3)}$$

$$\Rightarrow$$

$$0.01\ (J/cm^3) = \frac{Energy\ (J)}{245cc\ (cm^3)}$$

$$Energy\ (J) = 245cc\ (cm^3) \times 0.01\ (J/cm^3) = 2.45\ J$$

حال با استفاده از پروب لیزر " **H.C**" با طول موج **450nm** که دارای حداقل **5mw** تـوان خروجـی ذاتـاً **مداوم** در دهانه کاتتر می‌باشد بیمار را تحت تابش قرار می‌دهیم. اما از آنجاییکـه بیمـار مـذکور 70 سـال دارد و در افراد بالاتر از ۶۰ سال، " توان خروجی لیزر در دهانه کاتتر " نبایـد بـالاتر از 4 mw باشـد، لـذا باتوجه به **Duty cycle** برابر با **50%** پروب مذکور، ابتدا " فرکانس **H.C** " را بر روی عـدد " **3000Hz**" که فرکانس ترمیم زخم می‌باشد (با تصور حضور زخمی در محل دیسک L_4-L_5) تنظیم نموده و سپس از " توان متوسط " حاصل که برابر با **2.5 mw** است جهت " **لیزردرمانی داخل وریدی** " استفاده می‌نماییم:

$$Average\ Power\ (W) = P_p(W) \times Duty\ Cycle = 2.5\times10^{-3}(W)\times 50\% = 1.25\times10^{-3}\ W$$

$$Energy\ (J) = Average\ Power(W) \times Exposure\ Time\ (sec)$$

$$Energy\ (J) = [1.25\times10^{-3}\ W] \times Exposure\ Time(\ sec)$$

$$2.45\ J = 1.25\times10^{-3}\ W \times Exposure\ Time\ (sec)$$

$$\Rightarrow Exposure\ Time\ (sec) = \frac{2.45\ J}{1.25\times10^{-3}\ W} = \frac{2.45\times10^{3}}{1.25} = \frac{1225sec}{60} = 20min + 25sec$$

بنابراین همان طور که مشاهده می‌کنید جهت رسـاندن "حـداکثر دوز لیـزر خـونی " از طریـق " **داخـل وریدی**" به این بیمار و بااستفاده از پروب " **H.C**" با توان **5mw** و فرکانس " **3000Hz**" زمانی در حدود **20** دقیقه (**20min +25sec**) لازم است.

همچنین درصورتی که بیمار فاقد رگ مطلوب جهت انجام " **لیزر خونی** " از طریق " **داخل وریدی** " باشد و یا کلاً تمایلی به دریافت سوزن نداشته باشد، با استفاده از " **نازل دهانی** " با " **ضریب عبور 50٪** " که به سر پروب لیزر متصل می‌گردد و در زیر زبان بیمار قرار می‌گیرد از روش " **لیزردرمانی خونی** " از طریق " **ورید زیرزبانی** " استفاده می‌نماییم.

بدیهی است که در این حالت می‌توان جهت یکسان نگه داشتن" مدت زمان تابش" از توان **5mw** و در حالت "**رژیم تابش C.W**" از پروب مذکور استفاده کرد. همچنین جهت جلوگیری از افت فشارخون در بیمار، وی را در حالت خوابیده تحت تابش لیزر قرار می‌دهیم.

مسئله ۳- زخم: بیماری داریم با زخم مقاوم به درمان(حاصل از گرفت پوستی) دو ماهه به ابعاد $50cm^2$ طبق یک پروتکل درمانی می‌خواهیم به بستر زخم J/cm^2 1-2 تنها نور قرمز و به حاشیه زخم ($1cm^2$ کناره‌های سالم زخم مد نظر است) J/cm^2 4-6 هم نور قرمز و هم مادون قرمز تابش دهیم به شکلی که 3/4دوز را نور مادون قرمز و 1/4 را نور قرمز تشکیل دهد.

۱- جهت درمان وی کدام پروب‌های لیزر را ترجیح میدهید؟

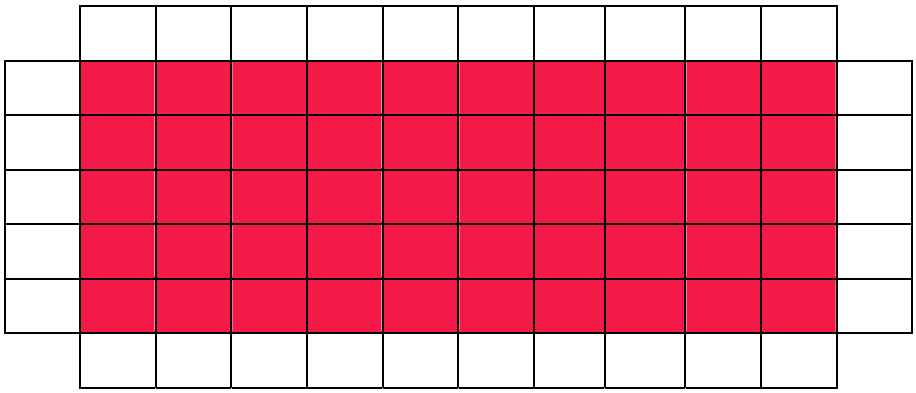
۲- مدت زمان تقریبی تابش چقدر خواهد بود؟

پاسخ:

۱- درمان را درمحدوده دوز تابشی و با استفاده از پروب‌های قرمز " **H. C** "، مادون قرمز " **H. C** " و قرمز + مادون قرمز " **C. C**" به صورت تماسی در ناحیه زخم مورد نظر انجام می‌دهیم. همچنین جهت کاهش ریسک آلودگی در زخم بیمار، از پوشش کیسه ادرار کودکان پسر که استریل و بی رنگ می‌باشد بر سر پروب لیزر و یا بر روی سطح تحت تابش استفاده می‌کنیم تا تابش تماسی لیزر بر پوست، بدون هیچگونه آلودگی صورت پذیرد.

۲- جهت محاسبه مدت زمان تقریبی کل تابش،ابتدا محدودهٔ فرضی زخم را به شکل مستطیلی با ابعاد **10cm × 5cm** ($Area=50cm^2$ **زخم**) جهت درمان **بسترزخم**، همراه با $1cm^2$ **کناره‌های سالم زخم** (با فرض مربع‌ها بیکه یک ضلع آنها منطبق بر محیط زخم می‌شوند و بنابراین **سطحی** معادل با $30cm^2$ جهت درمان **حاشیه‌های سالم زخم** به ما می‌دهند)ترسیم می‌نماییم(شکل ۵-۵).

به این ترتیب: **30cm**=2×**(5cm+10cm)**=2 × (طول + عرض) = محیط زخم.



شکل ۵–۵: بستر زخمی با ابعاد 10cm × 5 cm (Area=50cm^2 زخم) و حاشیه‌های سالم 30cm^2

حال تحت نظارت و کنترل متخصص عفونی، لیزر درمانی زخم را آغاز می‌نماییم.

لازم به ذکر است که همکاران مجرب لیزر تراپیست بر اساس مطالعات و تجربیات خود، ممکن است روشهای دیگری که متفاوت با روشهای ذکر شده در این مساله می‌باشد را در رساندن دوزهای ارایه شده در پروتکلهای درمانی زخم بکار برند.

در ادامه به دو روش متفاوت که یکی با "مدت زمان کمتر تابش " و "دقت بیشتر" ودیگری با "مدت زمان تابش بیشتر " و در عوض "سهولت بیشتر" نیزهمراه است اشاره می‌کنیم.

● **روش اول:** (روش برتر از نظر نویسنده)

– ابتدا تابش J/cm^2 6-4 به حاشیه زخم (30cm^2 کناره‌های سالم زخم) :

در این مرحله، درمان را درمحدوده حداقل دوز تابشی 4 J/cm^2 و با استفاده از پروب‌های قرمز " H.C " و مادون قرمز " H.C "به نحوی آغاز می‌کنیم که برای 3/4 این دوز "3 J/cm^2"، پروب " H.C " و برای 1/4 مابقی آن "1 J/cm^2 " ، پروب " H. C " به کار رود.

برای این کار ابتدا " فرکانس " هر دو پروب " H.C " و " H.C "را بر روی عدد " 3000Hz "که فرکانس ترمیم زخم می‌باشد تنظیم کرده و محاسبات را باتوجه به Duty cycle برابر با 50% در هر دو پروب مذکور به شرح زیر انجام می‌دهیم :

$$\text{H. C ; } \quad \text{3000Hz} \Rightarrow \frac{\text{1min = 60 sec}}{\text{X}} \qquad \frac{\text{Dose = 9J/cm}^2}{\text{1J/cm}^2}$$

$$\Rightarrow \text{X=1} \times \frac{\text{60 sec}}{\text{9}} = \text{6. 66sec} = \text{7sec تقریباً}$$

$$\text{H. C ;} \qquad 3000\text{Hz} \Rightarrow \frac{1\text{min} = 60\text{ sec}}{X} \qquad \frac{\text{Dose} = 30\text{J/cm}^2}{3\text{J/cm}^2}$$

$$\Rightarrow X = 3 \times \frac{60\text{ sec}}{30} = 6\text{sec}$$

بنابراین به هر یک از نقاط مدنظر گرفته شده در حاشیه زخم در مجموع 13 **ثانیه** (7 + 6sec) تابش خواهیم داد. اما از آنجا یی که معمولاً درمان در حاشیه زخم، با فواصل "هر 1cm^2 درمیان" انجام می‌شود، لذا از کل 30 cm^2 کناره‌های سالم زخم، لیزر تنها به 15 cm^2 آن که معادل با **15 نقطه** است تابیده خواهد شد (شکل۵-۶). لازم به ذکر است که می‌توان محل این نقاط را در جلسات مختلف درمانی جابه‌جا کرد. بر این اساس :

تابش به حاشیه زخم مدت زمان کل ➔ $15 \times 13\text{sec} = 195\text{sec} = \frac{195}{60} = 3\text{min} + 15\text{sec}$

- جهت تابش حداقل 1J/cm^2 نور قرمز به بستر زخم:

در این مرحله با استفاده از پروب قرمز " H.C "، به هر 1cm^2 از بسترزخم و یا به روشی مشابه با درمان حاشیهٔ زخم (با فواصل **"هر 1cm^2 درمیان"** از بسترزخم مطا بق با شکل۵-۶)، حداقل 1J/cm^2 نور قرمز به سطح زخم تابش میدهیم :

$$\text{H. C ;} \qquad 3000\text{Hz} \Rightarrow \frac{1\text{min} = 60\text{ sec}}{X} \qquad \frac{\text{Dose} = 9\text{J/cm}^2}{1\text{J/cm}^2}$$

$$\Rightarrow X = 1 \times \frac{60\text{ sec}}{9} = 6.66\text{sec} = 7\text{sec تقریباً}$$

بنابراین در روشی مشابه با شکل(۵-۶)، از کل 50cm^2 بستر زخم، لیزر تنها به 25cm^2 آن که معادل با **25 نقطه** است تابیده خواهد شد. لازم به ذکر است که می‌توان محل این نقاط را در جلسات مختلف درمانی جابه‌جا کرد. بر این اساس :

تابش به بستر زخم مدت زمان کل ➔ $25 \times 7\text{sec} = 175\text{sec} = \frac{175\text{sex}}{60} = 3\text{min}$ **تقریباً**

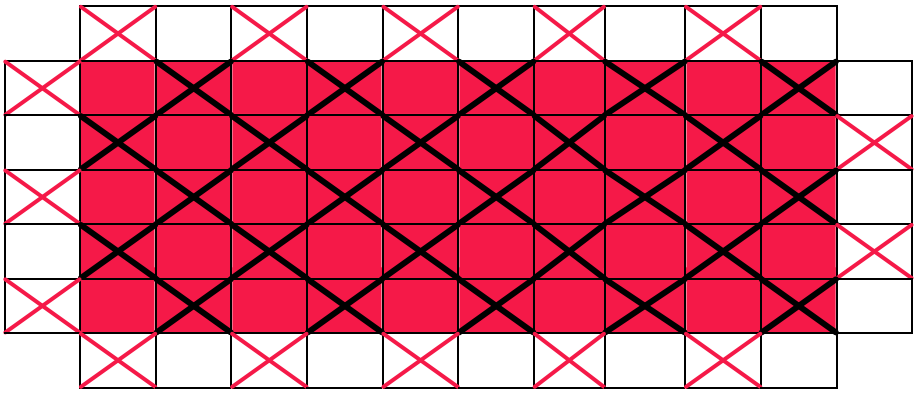
لذا میزان کل" مدت زمان " تابش داده شده به زخم بیمار برابر است با:

تقریباً 6min ➔ میزان کل" زمان تابش داده شده" به زخم

حاشیه زخم ➔ 3min+ 15sec

+

بستر زخم ➔ 3min تقریباً



شکل ۵-۶: شیوهٔ تابش **بستر زخمی** با ابعاد **10cm × 5 cm** (**Area=50cm²**) **زخم**) و حاشیه‌های سالم **30cm²**

- **روش دوم:**

- تابش به حاشیه زخم (30cm² کناره‌های سالم زخم) :

در این مرحله، کلیه محاسبات مانند قبل انجام می‌گیرد و تنها تفاوت،در تعداد نقاط تحت تابش (مطابق با شکل ۵-۷) می‌باشد. تعداد این نقاط جهت پوشش کافی "حاشیه زخم" برابر با **17 نقطه** (معادل با **17cm²**) پیشنهاد می‌گردد:

لازم به ذکر است که می‌توان محل این نقاط را نیز در جلسات مختلف درمانی جابه‌جا کرد. بر این اساس:

تابش به حاشیه زخم مدت زمان کل ➔ $17 \times 13\text{sec} = \frac{221\text{sec}}{60} = 3\text{min} + 40\text{sec}$

- جهت تابش حداقل 1J/cm² نور قرمز به بستر زخم:

با استفاده از پروب کلاستر " C. C" که دارای سطح مقطع بزرگ " **20cm²** " می‌باشد و امکان استفاده مستقل از طول موج " **625±40nm**" را نیز به پزشک می‌دهد، می‌توان به روشی ساده تر اما با " مدت زمان تابش " بیشتر نیز تابش به بستر زخم را انجام داد (شکل ۵-۷).

برای این کار ابتدا میزان " دوز " در" مدت زمان تابش یک دقیقه " را برای کلاستر " **C.C**" به دست آورده و سپس با تناسبی ساده، مدت زمان کل مورد نیاز در پروتکل را محاسبه می‌نماییم :

C.C ➔

" 625±40nm" ; 3000Hz (Duty Factor=50%)

Peak Power (P_p) =140mw

دهانهٔپروب Area =20cm²

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Energy} = [\text{"A. P"} = \text{M. O. P} = \text{O. P (W)}] \times \text{Exposure Time(sec)}}{\text{Area (cm}^2\text{)}}$$

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{)} = \frac{\text{[Peak Power (W)} \times \text{Duty Factor]} \times \text{Exposure Time(sec)}}{\text{Area (cm}^2\text{)}}$$

$$\text{Dose (J/cm}^2\text{)} = \frac{[140 \times 10^{-3}\,(\text{W}) \times 50\%]}{20\ \text{cm}^2} \times 60\text{sec} = \frac{[70 \times 10^{-3}\,(\text{W})]}{20\ \text{cm}^2} \times 60\ \text{sec} = 0.21\ \text{J/cm}^2$$

بنابراین C.C ➔ $\frac{1\text{min} = 60\ \text{sec}}{X}$ $\frac{\text{Dose} = 0.2\text{J/cm}^2}{1\text{J/cm}^2}$

➔ $X = 1 \times \frac{60\ \text{sec}}{0.2} = 300\text{sec} =$ 5min

از آنجائیکه با دو عدد پروب کلاستر "C.C" می‌توانیم به‌طور تقریبی "بستر زخم" را پوشش دهیم، بنابراین:

تابش به بستر زخم مدت زمان کل ➔ 2 × 5min =10 min

لازم به ذکر است که می‌توان محل دو کلاستر را نیز در جلسات مختلف درمانی تغییر داد.

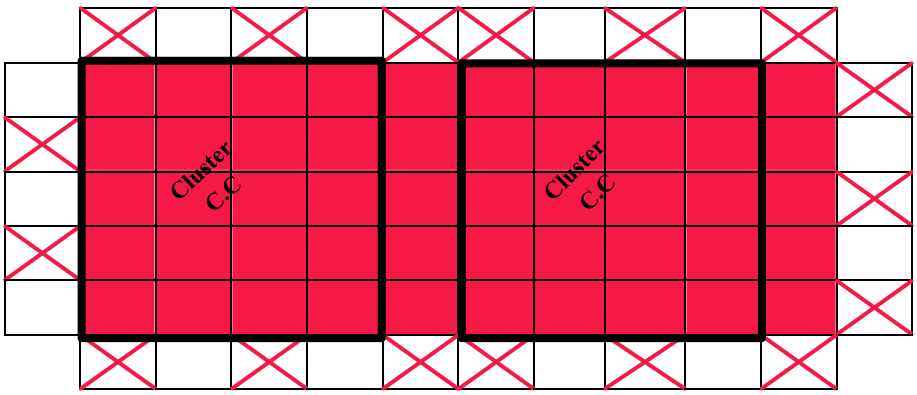
بنابراین میزان کل" مدت زمان " تابش داده شده به زخم بیمار برابر است با:

تقریباً 14min ➔ میزان کل" زمان تابش داده شده" به زخم

حاشیه زخم ➔ 3min+ 40sec

+

بستر زخم ➔ 10 min



شکل ۵-۷: شیوهٔ تابش بسترزخمی با ابعاد 10cm×5cm (Area=50cm^{2}زخم) و حاشیه‌های سالم 30cm^2

نمایی از زخم درمان شدهٔ بیمار(توسط **روش اول**) در **مسئله ۳** در شکل (۵- ۸) یـه تصـویر کشـیده شـده است.

شکل ۵- ۸: (**الف**) زخم ۲ ماهه مقاوم گرافت سوختگی، (**ب**) پس از ۱۸ جلسه لیزر درمانی با دوز تقریبی **R نور 1 J/cm²** به بستر زخم و **IR + R نور 4 J/cm²** به حاشیه زخم (**IR: 3 J/cm² و R: 1 J/cm²**)، **(کلینیک لیزر بیمارستان خاتم االنبیاء - تهران، ۱۳۹۱).**

مسئله۴ – آندومتریوز: بیماری با شکایت از دردهای مزمن لگنی همراه با نامـه‌ای از متخصـص محترم زنان جهت درمان کمکی با لیزر به ما مراجعه کرده است. در لاپاراسکوپی بیمار پچ‌های اندومتریوز در هر دو آدنکس و دهانه سرویکس گزارش شده است. کدامیک از پروب‌های ذکر شده را استفاده می‌کنید تا دوزی معادل 8-10J/Adnex و 8-10J/Cole را (به نحوی کـه نصـف این تابش تور قرمز و نصف دیگر مادون قرمز باشد) از راه تابش واژینال و 1-2 J/cm² را با تابش اکسترنال شکمی به حفرهٔ لگن بیمار(محدودهٔ زیر دل) برسانید ؟ "مدت زمان تـابش" کـل را محاسبه کنید؟

پاسخ:

درمان را درمحدوده حداقل دوز تابشی و با استفاده از پروب‌هـای قرمـز "H.C"و مـادون قرمـز " H.C" جهت مصرف "داخل واژینال" وپروب کلاستر "C.P" و "P.P" جهت تـابش تماسـی بـر روی شـکم انجام می‌دهیم. همچنین جهت کاهش ریسک آلودگی در بیمار، از کاندوم ساده‌ای که بی رنگ می‌باشد و بر سر نازل‌های واژینال پوشانده می‌شود استفاده می‌کنیم:

- جهت تابش 8J/Adnex به هر یک از آدنکس‌ها و 8J/Cole به دهانه سرویکس (به نحـوی کـه نصـف این تابش نور قرمز و نصف دیگر مادون قرمز باشد) :

برای این کار ابتدا " **فرکانس**" یکی از پروب‌های " **H.C** " و " **H.C** "را بـر روی عـدد " **10Hz**" کـه فرکانس ضد درد می‌باشد و دیگری را بر روی عدد " **3000Hz**" که فرکانس ترمیم زخم می‌باشد تنظـیم کرده و محاسبات را باتوجه به **Duty cycle** برابر با **50%** در هر دو پـروب مـذکور بـه شـرح زیـر انجـام می‌دهیم :

$$\text{H. C ;} \qquad 10Hz \Rightarrow \frac{1min = 60\ sec}{X} \qquad \frac{Energy = 9J}{4\ J/Adnex}$$

$$\rightarrow X = 4 \times \frac{60\ sec}{9} = 27sce \text{ تقریباً}$$

اما با توجه به آنکه نازل واژینال خریداری شده دارای " **ضریب عبور 50٪**" می‌باشد، لذا جهت جبران آن باید "مدت زمان تابش" به هر یک از" آدنکس‌ها و دهانه سرویکس " را دو برابرنماییم:

"مدت تابش" به هر " آدنکس" و" دهانه سرویکس" ➔ تقریباً 2× 27sec = 54sec =1 min

"H. C" مدت زمان تابش کل(به مجموع آدنکس‌ها و دهانه سرویکس) توسط پروب ➔ 3 min

$$\text{H.C ;} \qquad 3000Hz \Rightarrow \frac{1min = 60\ sec}{X} \qquad \frac{Energy = 30J}{4\ J/Adnex}$$

$$\rightarrow X = 4 \times \frac{60\ sec}{30} = 8sce$$

اما با توجه به آنکه نازل واژینال خریداری شده دارای " **ضریب عبور 50٪**" می‌باشد، لـذا جهـت جبـران آن باید "مدت زمان تابش" به هر یک از "آدنکس‌ها و دهانه سرویکس" را دو برابر نماییم:

"مدت زمان تابش" به هر یک از" آدنکس‌ها و دهانه سرویکس" ➔ 2 ×8sec = 16sec

"H. C" تقریباً 1 min ➔مدت زمان تابش کل(به مجموع آدنکس‌ها و دهانه سرویکس) توسط

"H.C" +"H. C=3 min +1 min =4min ➔مدت زمان تابش کل(به مجموع آدنکس‌ها و دهانه سرویکس)

- جهت تابش J/cm^2 1-2 به سطح شکمی (محدودهٔ زیر دل) :

درمان را درمحدوده دوز تابشی و با استفاده از پروب‌هـای مـادون قرمـز "P.P" و "C.P" جهـت تـابش تماسی بر روی شکم انجام می‌دهیم:

این کاررا با استفاده از پروب کلاستر "C.P" از طریق شش ناحیه برروی پوست زیر دل (جهـت پوشـش کامل محدودهٔ لگنی) و با دوز $0.5\ J/cm^2$ و با اسـتفاده از پـروب "P.P" در شـش ناحیـهٔ واقـع در مرکـز کلاسترها و با دوز $1.5\ J/cm^2$ انجام می‌دهیم.

حال طبق تناسب، مدت زمان تابش را به دست می‌آوریم :

C.P : $\frac{1min = 60\ sec}{X \text{ در هر ناحیه}} \qquad \frac{Dose = 0.1\ J/cm^2}{0.5 J/cm^2}$

$$\rightarrow X = \frac{0.5 \times 60\ sec}{0.1} = \frac{300 sec}{60} = 5\ min$$

➔ مدت زمان کلی تابش در شش ناحیه زیردل=5 min × 6= 30min

P.P : $\frac{1min = 60\ sec}{X \text{ در هر ناحیه}} \qquad \frac{Dose = 1\ J/cm^2}{1.5 J/cm^2}$

$$\rightarrow X = \frac{1.5 \times 60\ sec}{1} = 90sec = 1\ min = 30sec$$

➔ مدت زمان کلی تابش در شش ناحیه زیردل=(1 min +30sec) × 6= 9min

➔ با هر دو پروب مدت زمان کلی تابش در شش ناحیه زیردل =(30 min) +(9 min) = 39min

بدیهی است در صورت استفاده هم زمان از دو عدد پروب "P.P" و دو عدد پـروب "C.P"، مـدت زمـان تابش کلی به ناحیهٔ زیر دل از **39min** به **19min+30sec** کاهش می‌یابد:

➔ با هر دو پروب مدت زمان کلی تابش در شش ناحیه زیردل =(15 min)+(4.5 min)= 19min+30sec

بنابراین **"مدت زمان تابش" کل** در این بیمار:

➔ مدت زمان کلی تابش (زیردل+مجموع آدنکس‌ها و دهانه سرویکس) =(4min+39 min) = 43min

و"مدت زمان تابش"کل در صورت استفاده هم زمان از دو عدد پروب"P.P" و دو عدد پروب "C.P":

➔[مدت زمان کلی تابش[زیردل+(مجموع آدنکس‌هاو دهانه سرویکس) =[(4min)+19min+30sec)=23min+30sec

مسئله ۵- وزوز گوش: دستگاه لیزری داریم که دیود آن Ga Al As بوده و دارای تـوان مـداوم 4W می‌باشد. اگر مدت زمان روشن هر سیکل= 0.1sec=on و مدت زمان خاموش هر سیکل نیز= 0.1sec =off تنظیم شده باشد، حساب کنید اگر بخواهیم برای بیمـاری کـه دارای وزوز گـوش است (Tuner) 90 J انرژی به مئاتوس بیمار، 180 J از طریق استخوان ماسـتوئید و تمپـورال و 100J به TMJ تابش دهیم و همچنین با استفاده از پروب‌های مادون قرمز "P.P" و "C.P" بـه مهره‌های گردنی محدودهٔ C1-C3و C6-C7، دوزی معادل با 4 J/cm^2 وبه نقاط تندر گردنی نیـز 1. 5 J/cm^2 برسانیم، مدت زمان تقریبی کل تابش چقدر خواهد شد؟

پاسخ:

درمان را درمحدوده دوز تابشی وبه شرح زیر انجام می‌دهیم:

- جهت تابش‌های HL(LL)LT=High Level(Low Level)Laser Therapy مربوط بـه دسـتگاه لیزر با دیود Ga Al As، ابتدا میزان " انرژی" در" مدت زمان تـابش یـک دقیقـه" را بـه دسـت آورده و سپس با تناسبی ساده، مدت زمان کل مورد نیاز در پروتکل را محاسبه می‌نماییم :

$$\text{Duty Cycle =D. C} = \frac{\text{on}}{\text{Cycle (on+off)}} = \frac{\text{on}}{\text{on+off}}$$

$$\text{Duty Cycle =D. C} = \frac{0.1\text{sec}}{0.1\text{sec} + 0.1\text{sec}} = \frac{0.1\text{sec}}{0.2\text{sec}} = \frac{1}{2} = 50\%$$

$$\text{Frequency} = \frac{1\ \text{sec}}{\text{Cycle (on+off)}}$$

$$\text{Frequency} = \frac{1\ \text{sec}}{\text{Cycle (on+off)}} = \frac{1\text{sec}}{0.1\text{sec} + 0.1\text{sec}} = \frac{10\text{sec}}{2\text{sec}} = 5_{Hz}$$

$$\text{Average Power "A. P" (W)} = \frac{P_p(W) \times \text{on}}{\text{on +off}}$$

Duty Cycle=D.C

$$\text{Average Power "A. P" (W)} = P_p(W) \times \text{Duty Cycle} = 4\ W \times \frac{1}{2} = 2W$$

Energy (J) = Average Power "A. P" (W) × Exposure Time(sec)

Energy (J) = 2W × 60 (sec) =120 J

حال جهت تابش 90 J انرژی به مئاتوس، 180 J به استخوان ماستوئید و تمپورال (اسکن دستی شکل (۵– ۹)) **و 100J به TMJ تناسبات لازمه راانجام می‌دهیم:**

➔ $\frac{\text{1min = 60 sec}}{\text{X در مئاتوس}}$ $\frac{\text{Energy = 120 J}}{\text{90J}}$

➔ $X = \frac{90 \times 60\ sec}{120} = 45sec$

➔ $\frac{\text{1min = 60 sec}}{\text{X در TMJ}}$ $\frac{\text{Energy = 120 J}}{\text{100J}}$

➔ $X = \frac{100 \times 60\ sec}{120} = 50sec$

➔ $\frac{\text{1min = 60 sec}}{\text{X در ماستوئید و تمپورال}}$ $\frac{\text{Energy = 120 J}}{\text{180J}}$

➔ $X = \frac{180 \times 60\ sec}{120} = 90sec$ → 45sec در تمپورال

→ 45sec در ماستوئید

بنابراین مدت زمان کل تابش با متد High Level (Low Level)Laser Therapy توسط دیود Ga Al As در چهار ناحیهٔ فوق برابر است با:

تقریباً 3min =45sec+45sec+45sec+50sec = TMJ ، مئاتوس ، ماستوئید، تمپورال،

شکل ۵–۹: تابش **90 J** لیزر **980nm** به "استخوان ماستوئید" از طریق اسکن دستی، (کلینیک لیزر بیمارستان میلاد– تهران، ۱۳۸۵).

– جهت تابش $4\ J/cm^2$ به مهره‌های گردنی محدودهٔ C1-C3 و C6-C7 با استفاده از پروب مادون قرمز "P.P" و "C.P"، نیز به روش زیر عمل می‌نماییم :

ابتدا با استفاده از پروب "P.P" :

محدوده مربوط به سطح آناتومیک تخمین زده شده (C1-C2) => $2J/cm^2$ <= 2min

محدوده مربوط به سطح آناتومیک تخمین زده شده (C2-C3) => $2J/cm^2$ <= 2min

محدوده مربوط به سطح آناتومیک تخمین زده شده (C6-C7) => $2J/cm^2$ <= 2min

و سپس نواحی پاراسپاینال، مربوط به سه سطح فوق را نیز به صورت هر طرف $0.5\ J/cm^2$ (که معادل با 30sec تابش در هر طرف توسط پروب " H.P " است) تابش می‌دهیم.

نواحی پاراسپاینال هر مهره معادل است با مجموع سایز عرضی دو انگشت " اشاره و سوم " شـخص بیمار که اززایدهٔ خاری آن مهره به هر طرف محاسبه می‌گردد. :

نواحی پاراسپاینال سطح آناتومیک تخمین زده شده (C1-C2) ⇐ هر طرف $0.5\ J/cm^2$ ⇐ 30sec× 2 = 1min

نواحی پاراسپاینال سطح آناتومیک تخمین زده شده (C2-C3) ⇐ هر طرف $0.5\ J/cm^2$ ⇐ 30sec× 2= 1min

نواحی پاراسپاینال سطح آناتومیک تخمین زده شده (C6-C7) ⇐ هر طرف $0.5\ J/cm^2$ ⇐ 30sec× 2= 1min

همچنین با استفاده از پروب "C.P" با پوشش وسیع نیز، بر روی محدوده مربوط به سه سطح آناتومیک تخمین زده شده فوق " دوزی" معادل با $1J/cm^2$ را تابش می‌دهیم:

C. P: $\frac{1min = 60\ sec}{X}$ $\frac{Dose = 0.1J/cm^2}{1J/cm^2}$

$$\rightarrow X= \frac{1 \times 60\ sec}{0.1} = 600sec = \frac{600}{60} = 10\ min$$

بنابراین میزان کل" مدت زمان تابش داده شده" در سه سطح مهره‌های فوق توسط پروب " C.P" برابر است با:

$10\ min \times 3 = 30min$

و میزان کل" مدت زمان تابش داده شده" در سه سطح مهره‌های فوق توسط هر دو پروب "P. P" و" C. P " برابر است با:

"P. P" ➔ (2min × 3 مهره) + [30sec × 2 طرف هر مهره × 3 مهره =(6min) + [3min] = 9 min

+

"C. P" ➔ 10 min × 3= 30min

➔ میزان کل" مدت زمان تابش داده شده" به مهره‌های گردنی محدودهٔ C1-C3 وC6-C7 = 39 min

– جهت تابش $1.5J/cm^2$ به نقاط تندر گردنی با استفاده از پروب مادون قرمز "P. P" نیز به روش زیر عمل می‌نماییم :

P. P: $\frac{1min = 60\ sec}{X}$ $\frac{Dose = 1J/cm^2}{1.5J/cm^2}$

$$\rightarrow X= \frac{1.5 \times 60\ sec}{1} = 90sec = \frac{90}{60} = 1\ min + 30sec$$

با فرض اینکه 6 نقطه دردناک در کل گردن بیمار وجود داشته باشد، مدت زمان تابش کلی در نقاط تندر بیمار برابر است با:

➔ مدت زمان تابش به نقاط Tender گردنی =(1 min + 30sec) × 6 = 9min

بنابراین مدت زمان کل تابش در هر جلسه درمانی طبق محاسبات زیر برابر است با 51min :

تقریباً TMJ = 3min، مئاتوس ، ماستوئید، تمپورال، ➔

+

میزان کل" زمان تابش داده شده" به مهره‌های گردنی محدودهٔ C1-C3وC6-C7 = 39 min ➔

+

مدت زمان تابش به نقاط Tender گردنی = 9min ➔

⇒ مدت زمان کل تابش در هر جلسه درمانی = 51min

بدیهی است در صورت استفاده هم زمان از دو عدد پروب "P.P" و دو عدد پـروب "C.P"، مـدت زمـان تابش کلی می‌تواند از **51min** به **33min** کاهش یابد.

سخن آخر

عزیزانم

در پایان از خدای بزرگ برای همه شما سعهٔ صدر و صبر در راه پرنوری که برگزیده اید می‌خواهم. همیشه نسبت به بیمار متفاوت، مهربان و دلسوز اما نسبت به لیزر سختگیر و پویا باشید.

تمام تلاش من درتهیهٔ این کتاب در پاسخ به درخواست دانش پژوهان و همکاران گرانقدر و فرهیخته ام، این بوده است که آنچه طی سالها از این علم زیبا اندوخته‌ام را، زیبا به شما انتقال دهم و تنها تقاضای من از شما این است که از این امانت به زیبایی بهره گیرید و در هر زمان و مکان که هستید با تجربیات زیبایتان جلوی کاربران بی دانش این علم بایستید.

به این امید که چه متخصصین عزیزی که علاقه‌مند به انجام لیزردرمانی جهت بیماران مقاوم به درمان‌های روتین هستند و چه پزشکان عمومی عزیزی که در کنار متخصصین محترم هر رشته تخصصی به درمان این گونه بیماران می‌پردازند، با خواندن این کتاب به شناختی راحت از محاسبات "انرژی و دوز " دست یافته باشند و این تلاش توانسته باشد بذری از این علم زیبا را در دل این عزیزان افشانده باشد.

سپاس

دکتر نیوشا سرور

مدیر آموزش کلینیک لیزر بیمارستان خاتم الانبیاء (ص)

سلام

همکاران عزیزم من هم در پایان به نوبه خود برای تک تک شما عزیزان آرزوی موفقیت روز افـزون چـه در امر لیزر درمانی وچه در سایر امور زندگیتان را دارم و امیدوارم ارائهٔ تجربیات شخصی من نیـز توانسـته باشد کمکی در درک بهتر این علم زیبا به شما کرده باشد.

سلام

دوستان عزیزم اگر در بین شما، همکار عزیزی هم باشـد کـه ماننـد مـن علاقمنـد بـه درگیـر شـدن بـا محاسبات نیست ، در این صورت امیدوارم سؤالات و پاسخهای دریافتی من نیزتوانسته باشد نیـاز او را بـر طرف نماید. پیروز و سر بلند باشید.

پیوستها

پیوست اول

آنچه بیماران می خواهند از لیزردرمانی در بیماریهای تحت درمان بدانند

- **آیا لیزردرمانی عوارضی دارد :**

هرچند تاکنون گزارشی از وجود عوارض جانبی جدی درکاربرد لیزرهای درمانی مشاهده نشده است، اما جهت بررسی عوارض جانبی درازمدت لیزردرمانی تحقیقات بیشتری مورد نیاز است.

بدین ترتیب با رعایت موارد کنترا اندیکاسیون توسط درمانگر، پاسخ این سؤال "خیر" است:

۱- به دلیل آنکه لیزرهای استفاده شده در درمان، در محدوده طول موجهای بی خطر می باشند و از اشعه‌های یونیزان فاصله دارند.

۲- از طرفی تنها سلولهای بیمار به جذب نور می پردازند و سلولهای سالم هیچ برداشتی از نور ندارند.

کنتراندیکاسیون‌ها و موارد احتیاط در انجام لیزر درمانی :

۱) بارداری

۲) تابش بر روی عصب واگ یا قلب در افراد با نارسایی قلبی

۳) بدخیمی ها

۴) درمان مستقیم چشم

۵) اختلالات حاد گردش خون مغز

۶) تب های بدون منشاء مشخص

۷) اختلالات سیستم خون ساز

۸) نارسایی کبد و کلیه در مرحله جبران ناپذیری

۹) دیابت ملیتوس در مرحله جبران ناپذیری

۱۰) سل فعال ریوی
۱۱) حساسیت زیاد به نور
۱۲) تشنج
۱۳) تابش بر روی محل خونریزی
۱۴) تابش بر روی صفحات رشد بسته نشدهٔ کودکان
۱۵) تابش بر روی گنادها و تیروئید
۱۶) مصرف ضد انعقادها

لازم به ذکر است که در برخی بیماران مستعد، ممکن است پس از انجام لیزر در هر جلسه، افت فشار و یا قند خون اتفاق افتد که در این صورت به بیمار توصیه می‌شود با مصرف مواد غذایی شیرین و شور مانند دوغ، آب نبات و... حتی قبل از شروع هر جلسهٔ درمانی، از این امر جلوگیری نماید.
همچنین برخی از بیماران ممکن است علایمی مانند احساس سوزش،گرم شدن محل و یا سوزن سوزن شدن را تجربه نمایند که نگرانی خاصی ندارد.

- **جلسات لیزر درمانی به چه صورت انجام می گیرد :**

بجز موارد خاص، بیمار ابتدا دورهٔ اول درمان را به صورت هر روز و یا ۲ الی ۳ بار در هفته در مدت ۱۰ الی۲۰جلسه می گذراند و سپس بر حسب پاسخ خود به درمان برای ۱ الی ۳ ماه آینده جهت دوره دوم درمان مراجعه می‌نماید. دوره‌های بعدی با فواصل ۳،۶ ۹ ماه ویا هر سال یک بار(بر حسب مورد) می‌باشد.
همچنین بیمارممکن است بسته به نوع بیماری خود به مدت ۲ سال تحت نظر پزشک لیزرتراپیست خود قرار گیرد که این ۲ سال جهت جلوگیری از عود بیماری بوده و لزوماً جلسات درمانی انجام نمی شود.

- **آیا اقدامات پاراکلینیکی قبل از شروع لیزر درمانی مورد نیازند:**

۱- انواع آزمایشات پاراکلینیک هم جهت ارزیابی دقیق بیماری مربوطه و هم جهت رد ضایعات مشکوک به بدخیمی، مانند X-ray، سونوگرافی ,CT, MRI، پاپ اسمیر.. .. بسته به نوع بیماری مورد نیاز است.
۲- در صورت وجود بیماریهای سیستمیک مانند دیابت ,چربی خون , فشار خون و. .. چکاپ کامل مورد نیاز است تا در صورت لزوم، لیزرخونی نیز برای بیمار تجویز شود.

پیوست دوم

نمونه‌ای از یک مقالهٔ لیزر درمانی منتشر شده (Niusha. Soroor, Soheila. Mokmeli et al. 2006) جهت استخراج اطلاعات درمانی مورد نیاز :

©2006 by MEDIMOND S. r. l. GX26C0057 149

Comparison Between the Effects of Low Level Laser Therapy (LLLT) and Magnetic Low Level Laser Therapy (MLLLT) in Treatment of Knee Osteoarthritis (OA)

Niusha Soroor1, S. Mokmeli2, H. Attarian3 and S. Bush Bishea4
Medical Laser Clinic, Milad Hospital, Hemmat Exp. Way, Tehran, Iran

Summary
Because of the long term application and side effects of the drugs, Osteoarthritis needs a safe and cost effective treatment. The effects of low level laser therapy (LLLT) and magnet therapy have been discussed in the treatment of inflammatory and degenerative diseases. 50 OA knees were allocated in two groups [Case (MLLLT) and control (LLLT)] and were treated for 12 sessions. The effects of therapy were assessed through P and S subscales of WOMAC index and clinical examinations at the end of 12th session. The results analysis performed by SPSS program shoWed good changes in P and S subscales of WOMAC index with both methods, but the mean difference of walking duration which causes pain was significantly lower in MLLLT and pain reaction was appeared in MLLLT. While there was no pain reaction in LLLT, which it may be due to over dose affect of magnetic field, so we can use both methods for pain managing in knee OA but the dose should be reduced in MLLLT.
KeyWords: Osteoarthritis, Low level Laser, Magnet, Knee, Pain

Introduction
Osteoarthritis (OA) is the most common form of joint disease, regardless to no age, race, or geographic area. More than 10 million Americans have knee OA and the most affected people are older than 45 years. Treatment includes primarily weight loss; NSAID (Non Steroidal Anti-Inflammatory Drugs), In addition, surgeries including the joint replacement and the repair of focal cartilage loss by autologous chondrocyte transplantation are developing procedures [1]. However, regardless of outcome and costs imposed on the patients and health management, these procedures sometimes have got even serious and life threatening side effects such as gastrointestinal bleeding, heart attacks and strokes resulted from NSAID. Therefore, investigation for a safe and cost effective method for treatment of OA seems to be needed. The contributory effects of low level laser therapy (LLLT) and magnet

therapy have been discussed in treatment of inflammatory and some degenerative diseases such as OA [3-2]. The clinical use of LLLT with magnetic field was initially carried out in the countries of the former Soviet Union, most notably Hungary, and its use slowly spread to the rest of Europe and no unfavorable side effects were recorded. Nowadays, the same studies have been established to evaluate the efficacy of magnetic fields in treatment of some diseases such as neurological, musculoskeletal, cardiovascular diseases and cancer; but they have demonstrated contradictory results [4], which may be because of different procedures applied for studies. Therefore, we interested in comparison between effects of LLLT alone and static magnetic field With LLLT (MLLLT) in treatment of knee OA.

Materials and Methods

50 osteoarthritis knees of female patients were selected and randomly divided in two groups (MLLLT & LLLT) with according to frequency matching for age, body mass index, and Kellgren- Lawrence radiographic grading for OA. All of the patients were unaware of their groups and were evaluated for their disease status according to the subjective and objective methods before and after treatments by the same person who was not awarded of groups allocation. 1) Subjective methods: A) pain number (PN) according to Visual Analogue Scale (VAS) and P subscale of Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis (WOMAC) index (walking on flat surface, stepping pain, night pain, and standing up right or start pain). B) Articular stiffness was assessed by S subscale of (WOMAC) index (after first wakening in the morning). Objective methods: 1) Articular edema by measuring the Supra Patellar Size (SPS). 2) ROM (Range Of Motion) till cause pain seen from a grimace on the face. Case group underwent MLLLT by a laser set (Mustang-2000, Russia) with GaAs hand-held probe (LO7, λ= 890 nm, peak Power =100W, area=1 cm^2) and GaAs cluster (MLO1K, λ = 890 nm, peak Power = 50W, area= 12 cm^2) in pulse radiation mode (F=3000, Δt=200nsec) and in the case group, there were 50 mili-Tesla static magnetic fields With 1cm^2 and 13cm^2 surface areas. Magnetic heads mounted on LO7 and MLO1K laser probes. Each knee was radiated from 5 sides in contact technique with pressure (medial and lateral sides of knee, popliteal fossa, and both sides of patellar ligament). In addition 9 tender points on periarticular muscles were radiated. 12 sessions (3 times /week) were done for each patient and delivered dose were as follow: Articular space= 6 J/cm^2, Tender points= 2 J/cm^2, Popliteal space = 0. 6 J/cm^2. Because of patients adaptation to laser therapy, delivered does was as half in the first three sessions. Total dose in per sessionwas 42. 6 J/ leg. (24. 6 J/knee and tender points = 18 J)

Mean	ML. be[1]	ML. af[2]	P. v[3]	L. be[4]	L. af[5]	P. v
PN (VAS)	10	3.5	.000	10	4	.000
Walking pain	9'	13'	.000	4'	13'	.000
Morning stiff	13'	6'	.000	16'	4'	.000
ROM	0^o-90^o	0^o-115^o	.001	0^o-81. 5^o	0^o-121. 5^o	.005
SPS	42cm	42cm	.000	43cm	42cm	.000

1-Magneto laser therapy before treatment
2-Magneto laser therapy after treatment
3-P.value
4-Laser therapy before treatment
5-Laser therapy after treatment

Results

Eventually, in order to compare the differences between the subjective symptoms and objective signs of two groups and primary values of them, the statistical analysis was accomplished by using SPSS program (Fischer exact test, ANOVA and unpaired T student Test). The Distribution of WOMAC index difference from primary value was tested with chi-square (chi2) test. Logistic regression model analysis (Hosmer – lemeshow analysis) Was done for relations between age, socio – economic status, kellgren – Lawrence radiographic index grading and mentioned different indexes. There were good changes in P and S subscales of WOMAC index, PN, ROM and SPS in both groups, but the amongst measured variables, the mean difference of walking duration which causes pain reduced significantly in MLLLT in comparison with control one (LLLT),(Fischer's exact test,p = 0. 002) and other measured parameters did not show any significant differences between two groups (p>0. 005). On the other hand, in the MLLLT group, the pain reaction was appeared in all patients (average in 4th session) while there was not any pain in LLLT group.

Conclusion

Many involved physicians and scientists believe that the cells of the body can produce the specific electromagnetic waves and also can be affected by them. Methods have been developed to measure and categorize these waves in both sickness and disease, but there is as yet no conclusive scientific evidence that these methods are entirely accurate or repeatable. Many treating modalities have been developed to make use of changing the disease wave forms into healthy tissue wave forms by electromagnetic means. Owing to the nature of the machines and of the diseases they purport to treat, it is difficult to assess these devices on an impartial, scientific basis. However, it seems that the application of static magnetic fields may have some effects on lived tissue including: 1) Blood circulatory increase (because of RBC iron absorption by the magnet). 2) Cellular pH changes. 3) Calcium ions transportation process amplification. 4) Hormone secretion changes [5]. LLLT has been used to control pain

in different musculoskeletal conditions. Despite its widespread use, the results of the experimental and clinical studies are conflicting. The results of some placebo – controlled studies suggest that LLLT may be useful for pain reduction in OA [3]. In contrast, in another study detected there is no difference between the active and the placebo treated groups [6]. However the result of meta-analysis study of EnWemekal CS. et al. suggests that laser is a highly effective therapeutic armamentarium for tissue repair and pain relief [7]. Finally, a comparative evaluation of the efficacy of magneto and laser therapy in patients with OA showed that the time of hospitalization can be reduced at an average by 5 beds–days [8]. Although our study showed that both therapy MLLLT and LLLT could reduce pain and improve P and S subscales of WOMAC index, however it did not show better results for combination of the magnetic wave and LLLT rather than LLLT alone and also, some parameters (walking duration without pain and pain reaction) showed worse results. It is assumed that the application of the same laser dosage along with magnet therapy causes patients to overdose. Therefore, the application of lower dose of laser could deliver better results. Perhaps, in the live organs, the summation of the effects of the magnetic wave and Infrared laser lead to overdose. More clinical trials are needed to clarify this issue.

References

1- Felson DT et al. Osteoarthritis new insights. Part2: treatment approaches. Ann. Intern med. 133; 726. 2000

2- Lagan k, et al. Low-intensity laser therapy/combined phototherapy in the management of chronic venous ulceration: a placebo-controlled study. J Clin Laser Med Surg 20:109; 2002

3- Tascioglu F. et al Low Power laser treatment in patients with knee OA. Swiss Med Wkly 134:254- 258; 2004

4- Rosch PJ, markov Ms. : Bioelectriomagnetic medicine. MARCEL DEKKER Inc. New York Basel, 2004

5- Stewart G. Eidelson,M. D. Univ. of Miami at FAU, orthopaedic Surgery Associates. Boca Raton, FL, USA. Magnet Therapy, published Online. 1999-2005

6- Brosseau L, Wells G,et al. Randomized controlled trial on low level laser therapy (LLLT) in the treatment of osteoarthritis (OA) of the hand. Lasers Surg Med. Mar; 36(3):210-9. 2005

7- Enwemeka CS, et al. The efficacy of loW-Power lasers in tissue repair and pain control: a meta-analysis study. Photomed Laser Surg. 2004 Aug; 22(4):323-9.

8- Selivonenko VG,et al. A comparative evaluation of the efficacy of magneto-and laser therapy in patients with OA deformans. Lik Sprava,(5):170-2 1997

پیوست سوم

در این بخش به ارایهٔ نمونه هایی از پروتکل‌های درمانی از کتب لیزر درمانی معتبر (Oshiro 1991, Pontinen 1992, Simunovic 2000, Tuner and Hode 2002, Tume and Tuner , Tume 2006, Tume and Tume 2006)، "دوز"های توصیه شده توسط انجمن لیزر درمانی جهانی (WALT) (Therapy) و معرفی چندین سایت معتبر لیزر درمانی می‌پردازیم:

Osteoarthritis
- Knee, 5-25J/session or 4-8J/point, IR
- Compression technique
- Muscles and tendons, 2-4J/point
- No more 50 J/session

Chondromalacia of the patella
- 30J/point, divided between more points

Osteoporosis
- 2-4 J/point
- Up to 15-50J cumulative dose

Rheumatoid arthritis
- Each joint should be irradiated from 6 points
- 4-8 J/cm²
- Small joints: Red
- Deeper lying structures: Infra Red

Carpal Tunnel Syndrome
- 4-6 J/cm², Weekly, 3-5 treatments

Trigeminal Neuralgia
- It is recommended to irradiate the nerve on specific points where it traverses the bone
- Acute stages: 3-6J/point
- Chronic stages: 6-10J/point

Migrane
- 4-6J/ tender points
- Irradiation of neck and shoulders
- Irradiation of vertebra

Peripheral nerve injury
- 10 J/point
- Wavelengths: 540nm, 632nm, 780nm Were found more effective

Dermatology
- Burns (1st and 2nd degree) 2-3J/cm²,Red, non- contact scanning or spot technique
- Keloid, 6-10J/cm² ,R+IR
- Rosacea, 2 J/cm² Red
- Psoriasis, 4-6 J/cm² R+IR
- Sclerodermia, 3-6 J/cm² R+IR
- Scar tissue, 3-6 J/cm²Red, thick scars R+IR

Aesthetic
- Acne, 3-6 J/cm²Red or R+IR
- Cellulite, 4-6 J/cm² Red or R+IR, lymph glands 6-8 J/cm²IR
- Wrinkles, 2-4 J/cm² Red
- Hair loss, 3-6 J/cm²R+IR, scanning

Recommended doses in ENT
- Mucous membrane: 2-4 J/cm²
- Herpes labialis: 1-2 J/cm² Red or IR
- Lingua geographica, 2-4 J/cm²
- Skin: 3-6 J/cm²Red or R+IR

Recommended doses in Urology
- Uretritis 2-3J/cm²Red
- Herpes 2-3J/cm²Red
- Balanitis 2-4J/cm²Red
- Ulcera 2-4J/cm²Red
- Epididymitis 4-6J/cm² IR
- Pubalgia 6-10J/cm² IR

Recommended doses in Gynecology
- Skin: post-operatively 4-6 J/cm² R+IR
- Mucous membrane: 2-4 J/cm² Red or R+IR
- Vagina: 3-5 J/cm² Red
- Genital herpes 2-3 J/cm² Red

Gastrointestinal
- Peptic ulcer disease (exclusion of malignancy) 2-3 J/cm² Red, through the optical fiber
- Proctologic conditions (perianal inflammation, fissure, wounds, and external haemorrhoids) 4-6 J/cm² Red or R+IR

Pediatrics
- 3-6 yrs skin surface; max. 3J/cm^2
  mucus membrane;max. 1J/cm^2
- 6-9 yrs skin surface; max 6J/cm^2
  mucus membrane;max. 2J/cm^2

- 9-14 yrs skin surface; max. 9J/cm^2
  mucus membrane;max. 3J/cm^2
- 14 yrs and more, as adults

Geriatrics

- Herpes zoster, 4-8J/Tender Point

Recommended treatment doses for Low Level Laser Therapy

Laser class 3 B, 780 - 860nm GaAlAs Lasers. Continuous or pulsed, mean output:5 - 500mw

Irradiation times should range between 20 and 300 seconds

Diagnoses

Tendinopathies	**Points or cm^2**	**Joules 780 - 820nm**	**Notes**
Carpal-tunnel	2-3	8	Minimum 4 Joules per point
Lateral epicondylitis	1-2	4	Maximum 100mw/cm^2
Biceps humeri c. l.	1-2	6	
Supraspinatus	2-3	8	Minimum 4 Joules per point
Infraspinatus	2-3	8	Minimum 4 Joules per point
Trochanter major	2-4	8	
Patellartendon	2-3	8	
Tract. Iliotibialis	1-2	4	Maximum 100mw/cm^2
Achilles tendon	2-3	8	Maximum 100mw/cm^2
Plantar fasciitis	2-3	8	Minimum 4 Joules per point
Arthritis	**Points or cm^2**	**Joules**	
Finger PIP or MCP	1-2	4	
Wrist	2-4	8	
Humeroradial joint	1-2	4	
ElboW	2. 4	8	
Glenohumeral joint	2-4	8	Minimum 4 Joules per point
Acromioclavicular	1-2	4	
Temporomandibular	1-2	4	
Cervical spine	4-12	16	Minimum 4 Joules per point
Lumbar spine	4-8	16	Minimum 4 Joules per point
Hip	2-4	12	Minimum 6 Joules per point
Knee medial	3-6	12	Minimum 4 Joules per point
Ankle	2-4	8	

Daily treatment for 2 weeks or treatment every other day for 3-4 weeks is recommended Irradiation should cover most of the pathological tissue in the tendon/synovia.
Start with energy dose in table, then reduce by 30% when inflammation is under control Therapeutic dose windows typically range from +/- 50% of given values, and doses outside these windows are inappropriate and should not be considered as Low Level Laser Therapy. Recommended doses are for white/caucasian skin types based on results from clinical trials or extrapolation of study results with similar pathology and ultrasonographic tissue measurements.

Disclaimer: The list may be subject to change at any time when more research trials are being published. World Association of Laser Therapy is not responsible for the application of laser therapy in patients, which should be performed at the sole discretion and responsibility of the therapist.

Recommended treatment doses for Low Level Laser Therapy

Laser class 3B, 904 nm GaAs Lasers (Peak pulse output >1 Watt, mean output >5 mw and Power density > 5mw/cm^2) Irradiation times should range between 30 and 600 seconds

Diagnoses	**Min. area/points**	**Min. total dose**	
Carpal-tunnel	2-3	4	Minimum 2 Joules per point
Lateral epicondylitis	2-3	2	Maximum 100mw/cm^2
Biceps humeri cap. long.	2-3	2	
Supraspinatus	2-3	4	Minimum 2 Joules per point
Infraspinatus	2-3	4	Minimum 2 Joules per point
Trochanter major	2-3	2	
Patellartendon	2-3	2	
Tract. Iliotibialis	2-3	2	Maximum 100mw/cm^2
Achilles tendon	2-3	2	Maximum 100mw/cm^2
Plantar fasciitis	2-3	4	Minimum 2 Joules per point
Arthritis	**Points or cm^2**	**Joules 904nm**	
Finger PIP or MCP	1-2	1	
Wrist	2-3	2	
Humeroradial joint	2-3	2	
Elbow	2-3	2	
Glenohumeral joint	2-3	2	Minimum 1 Joules per point
Acromioclavicular	2-3	2	
Temporomandibular	2-3	2	
Cervical spine	4	4	Minimum 1 Joules per point
Lumbar spine	4	4	Minimum 1 Joules per point
Hip	2	4	Minimum 2 Joules per point
Knee anteromedial	4-6	4	Minmum 1 Joules per point
Ankle	2-4	2	

Daily treatment for 2 weeks or treatment every other day for 3-4 weeks is recommended Irradiation should cover most of the pathological tissue in the tendon/synovia.
Start with energy dose in table, then reduce by 30% when inflammation is under control Therapeutic dose windows typically range from +/- 50% of given values, and doses outside these windows are inappropriate and should not be considered as Low Level Laser Therapy. Recommended doses are for white/caucasian skin types based on results from clinical trials or extrapolation of study results with similar pathology and ultrasonographic tissue measurements.
Disclaimer: The list may be subject to change at any time when more research trials are being published. World Association of Laser Therapy is not responsible for the application of laser therapy in patients, which should be performed at the sole discretion and responsibility of the therapist.

معرفی برخی سایتهای معتبر لیزر درمانی:

- www. laserpartner. org
- www. spie. org
- www. walt. nu
- www. laser. nu
- www. emla-laser. com
- www. aslms. org
- www. laser. uk. com
- www. laserhealthsystems. com
- www. lasermedico. ch
- www. prima-books. com
- www. pubmed. com
- www. doctorpage. com
- www. laserworld. com
- www. icml. ir
- www. sid. ir

مراجع:

Baxter, G. D. (1997). Therapeutic Lasers Theory And Practice, Pearson Professional;CHURCHILL LIVINGSTONE.

Denisjuk, V. and A. Kolesnik " Use the intracardiac laser irradiation of blood to increase of clinical efficiency of anti-arrhythmic drugs in patients with fibrillation and atrial flutter. " Liki Ukraine(2): 50-52.

Goldman, L. (2002). Lasers in Medicine, CRC Press LLC.

Kapustina, G. (2003). "Intravenous laser therapy, the main landmark in scientific research. " Medical Equipments and Medical Products **2**.

Kovalyava, T. (2002). "Ambulatory application of combined laser therapy in patients with diabetes mellitus and dyslipidemia.. " Laser Partner **46**.

Loser, R. and O. Zcarev (1991). "Intravascular laser irradiation of blood in the multimodality treatment of patients with obliterating disease of the lower limb vessels,. " Samara, Russia: Samara Medical University.

Marti, P. (2002). Green Light Laser Acupuncture, Prof. Dr. Peter Marti.

Medicine, I. "Intravenous Laser Therapy / Endolaser Therapy. " 2015, from http://www. clinic-dr-kreisel. com/Laser-Therapy/Intravenous-Laser-Therapy-Endolaser-Therapy.

Moskovin, S. V. and V. A. Buylin (2001). Low-intensity Laser Therapy of Various Diseases. Moscow
Technika Firm.

Niusha. Soroor, et al. (2006). "Comparison Between the Effects of Low Level Laser Therapy (LLLT) and Magnetic Low Level Laser Therapy (MLLLT) in Treatment of Knee Osteoarthritis (OA). " Medimond.

Oshiro, T. (1991). Low reactive level laser therapy ;practical application, John Wiely and sons.

Pontinen, P. J. (1992). low level laser therapy As a Medical Treatment Modality, Art URPO.

Simunovic, Z. (2000). Laser In Medicine and Dentistry

Therapy, W. A. L. (2010). "Recommended treatment doses for Low Level Laser Therapy. " 2015, from www. walt. nu

Tume, K. G. and S. Tume (2006). A Podiatrist's Guide to Low Level Laser Therapy.

Tume, K. G. and S. Tume (2006). A Practitioner's Guide to Laser therapy And Musculo-Skeletal Injuries. Sweden, Prima Books AB.

Tuner, J. "Low level laser therapy of tinnitus - a case for the dentist?". from http://www. laser. nu/tlc/tinnitusspie. htm.

Tuner, J. and L. Hode (2002). Laser Therapy; Clinical Practice and Scientific Background. Sweden, Prima-Books AB.

Volkov, V. and T. Volkov (2000). "Treatment of ischemic heart disease with low-level laser therapy.. " Laser Partner **8**.

فارسیانی،رضا, ا. (1384) ., et al. لیزر تراپی مبانی،اصول و کاربرد لیزر کم توان, بشری.

مجدآبادی. عباس (۱۳۸۱). مبانی لیزر پزشکی. تهران, گسترش علوم پایه.

مکملی،سهیلا. (۱۳۸۴). اصول لیزر درمانی کم توان, انتشارات بشری

Clinical Dosimetery of Low-Level Lasers

by:

Dr. Niusha Soroor
MD.GEM of Medical Radiation Science;Radiology
Sydney University-Australia
Diploma of Laser Medicine;Moscow-Russia. Advanced Laser Medicine;Sweden
Laser-therapist
Lecturer and Director of Medical Laser Training;Khatam-Al-Anbia Hospital
Member of WALT,EMLA,AMLA,IMLA

Hadi Kazemi MD
Faculty member of Shahed University
and director of Shefa Neuroscience Research Center

Taher Doroudi MD
Education Deputy of Shefa Neuroscience Research Center
Khatam-Al-Anbia Hospital