عنوان دوره آموزشی:

آشنایی با لیزر و بررسی دستگاه‌های لیزر در پزشکی

بهار ۱۳۹۹

بسم الله الرحمن الرحیم

لیزر و کاربردهای آن در علوم پزشکی

لیزر نوعی نور برانگیخته شده و پرانرژی است که در شرایط عادی در طبیعت دیده نمی شود، ولی با فناوری و وسایل خاص می توان آن را ایجاد کرد .لیزر با نور معمولی تفاو تهایی دارد که این ویژگیها باعث توانایی ها و کاربردهای خاص آن می شود .نور لیزر درخشان تر و با شدت بیشتر از نور در طبیعت است .نور لیزر می تواند سخت ترین فلزات را بشکافد و ب هراحتی از جسم سختی مثل الماس عبور کند ودر آن ایجاد حفره نماید .باریکه های کم قدرت و فوق العاده ظریف انواع دیگر لیزر را می توان برای انجام کارهای بسیار ظریف مثل جراحی روی چشم انسان به کار برد . نور لیزر را می توان با دقت بالایی تحت کنترل در آورد و به صورت بار کیه ی مداومی به نام لیزر پیوسته یا انفجارهای سریعی به نام لیزر پالسی استفاده نمود .بر خلاف نور معمولی نور لیزر دارای انرژی کاملاً هماهنگی است که به این واسطه قدرت زیادی برای انجام کارهای مختلف در آن ایجاد می شود .واژه ی لیزر از حروف اول کلماتی که توصیف کننده ویژگی های آن است، به وجود آمده که به معنی تقویت نور توسط گسیل القایی تابش است .

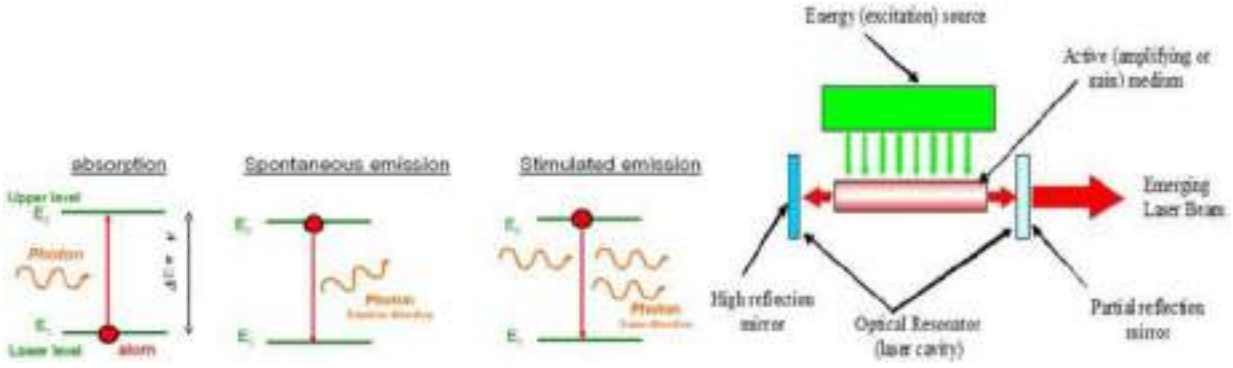
به طور کلی سیستمهای لیزر دارای سه قسمت اصلی هستند .

- پمپ انرژی یا چشمهٔ انرژی :ممکن است این پمپ، اپتیکی یا شیمیایی و یا حتی یک لیزر دیگر باشد.
- مادهٔ پایه و فعال :نام گذاری لیزر به واسطهٔ مادهٔ فعال صورت می گیرد.
- تشدیدکنندهٔ نوری :شامل دو آینهٔ بازتابندهٔ کلی و جزئی میباشد.

لیزرها را براساس ماد ۀ پایه و تولیدکنندهٔ آن به چند گروه بخش بندی میکنند :لیزرهای جامد، لیزرهای گازی، لیزرهای مایع یا رزینه، لیزرهای الکترون آزاد و لیزرهای نیمه رسانا .همچنین لیزرها را بر پایهٔ خروجی آ نها به دو دستهٔ لیزرهای پالسی(تپی)و لیزرهای پیوسته تقسیم بندی می کنند و به طور غالب لیزرهای توان بالا را از نوع پالسی می سازند.

براساس تئوری اتمی بوهر اگر اتمی در اثر دریافت انرژی برانگیخته شود،الکترو نهای برانگیخته بعد از مدت زمان خاصی با از دست دادن انرژی به صورت امواج الکترومغناطیس به مدار با سطح انرژی پایینتر برمیگردند .این فرآیند گسیل خودبه خودی است، به شکل آنی صورت می گیرد و تابع قانون خاصی هم نیست .اگر اتم در تراز تحریکی قرار گرفته باشد، موجی الکترومغناطیس با فرکانس متناسب با ترازها نیز بر اتم فرود می آید .این موج دارای همان فرکانس است که اتم را از حالت تحریک به حالت پایه وامیدارد .این اختلاف انرژی به صورت موج الکترومغناطیس به موج فرودی افزوده می شود. گسیل هر اتم به صورت همفاز به موج فرودی افزوده می شود.

شکل :1 اجزای یک سیستم تولید لیزر شامل سیستم پمپ اپتیکی مارپیچ در لیزر یاقوت



شکل :2 از چپ به راست :برهمکنش جذب، گسیل خودبه خودی، گسیل القایی

چه کنیم تا احتمال وقوع گسیل القایی را بر پدیدهٔ گسیل خودبه خودی غالب کنیم؟

با استفاده از رساندن سیستم به حالت وارونی جمعیت می توان به این مهم که اساس لیزر است، دست یافت .در حالت عادی همان گونه که توضیح داده شد اتم، نور گسیلی از تحریک را در تمام جهات گسیل میدارد ولی در لیزر برای رسیدن به همدوسی نیاز به استفاده از ترازهای انرژی موجود در مادهٔ اصلی به علاوهٔ استفاده از ترازهای ناخالصی

مناسب است .تا الکترون های تحریک شده به ترازهای اضافه شده از طریق مادۀ ناخالصی بروند و در آنجا بمانند جمعیت الکترون تحریکی بیشتر میشود. و وارونی جمعیت حاصل می گردد و در زمان مناسب به شکل القایی به تراز پایه سقوط کنند و عمل تولید لیزر را انجام دهند.

عمل ایجاد وارونگی جمعیت با استفاده از پمپاژ نوری، الکتریکی و یا شیمیایی انجام می گیرد .در حالت نوری یا اپتیکی مادۀ فعال که معمولاًجامد است مانند لیزر یاقوت توسط لامپ نوری پمپ یا دمش می شود.

بعد از ایجاد وارونی جمعیت با ورود اولین فوتون به داخل محیط فعال گسیل القایی صورت می پذیرد .مادۀ فعال در بین دو آینه که به کاواک تشدید معروف هستند، قرار دارد و فوتون ها آن قدر در بین این آینه ها رفت و برگشت انجام میدهند تا شدت لیزر به اندازۀ کافی برسد و سپس خروج نور از یکی از آینه ها که بازتاب صددرصد ندارد، انجام می شود.

ازجمله منابع نور لیزر می توانیم به موارد زیر اشاره نماییم:

لیزر حالت جامد

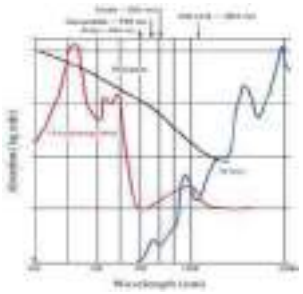
در این نوع لیزر، مادۀ فعال ایجادکنندۀ لیزر یک یون فلزی است که باغلظت کم در شبکۀ یک بلور یا درون شیشه به صورت ناخالصی قرار داده شده است .فلزاتی که برای این منظور به کار م یروند عبار تانداز اولین سری فلزات واسطه .از مهم ترین لیزرهای حالت جامد به لیزر یاقوت که (Nd:glassو Nd:YAG)یک لیزر سه ترازی است و لیزرهای نئودنیوم می توان اشاره کرد.

لیزر گازی

مادۀ فعال در این سیستم ها یک گاز است که به صورت خالص یا همراه باگازهای دیگر مورد استفاده قرار میگیرند .یکی از معروف ترین این لیزرها لیزر گازی هلیوم-نئون است .عمل ایجاد لیزر ناشی از نئون است و هلیوم. فقط جهت پمپاژ نئون به کار می رود .الکترودها به یک منبع تغذیۀ ولتاژ بالا متصل هستند .جریانی از الکترو نها از میان لوله ها جریان می یابد. الکترون ها با اتمهای هلیوم برخورد می کنند .الکترون های اتمی آ نها را به مدار تهیج شده پرت می نمایند .اتم های تهییج شدۀ هلیوم به اتم های نئون برخورد می کند و اتمهای هلیوم انرژی درونی اضافی خود را به اتم نئون انتقال می دهد .طو ل موج خروجی 632 نانومتر است.

دیودهای نور گسیل

منبع نوری است که در آن لایۀ LED یک دیود نور گسیل الکترولومینسانس انتشاری، یک فیلم از ترکیب شیمیایی معدنی یا آلی است که نور را در واکنش به جریان الکتریکی منتشر میکند . این لایۀ نیمه هادی بین دو الکترود قرار دارد .درمواردی که لایۀ نیمه هادی از مواد آلی ساخته می شود، به آن OLED می گویند .از زمان پیدایش منابع سادۀ نوری دیودی گالیوم-آرسناید از سال 1961 میلادی تاکنون، به دلیل رشد و تنوع این تکنولوژی نوری و برخی از ویژگیها ازجمله فناوری ارزان آن و استفاده در سطوح بزرگ تر، در موارد کاربردهای تشخیصی-درمانی گوناگون مورد توجه بوده اند به طوریکه در برخی موارد هم اکنون اقسامی از این منابع نوری دارای تأییدFDAمی باشند.



شکل :3 رفتار جذبی باریکۀ لیزرهای مختلف با سه نوع مادۀ مختلف

برهمکنش نور با بافت

برهمکنش باریکه الکترومغناطیسی با بافت به صورت بازتاب و شکست،جذب و پراکندگی رخ میدهد .بازتاب و شکست توسط قوانین فرنل با هم ارتباط مییابند .البته درکاربردهای پزشکی، شکست فقط وقتی نقش مهمی ایفا میکندکه ماده ای شفاف مانند بافت قرنیه مورد تابش واقع شود .این نکته که کدام یک از وقایع(بازتاب، جذب، پراکندگی)بیشتر باشد، به جنس بافت مورد تابش و طو ل موج باریکی ورودی بستگی دارد.

در این رابطه طول موج عامل بسیار مهمی است زیرا ضرایب شکست، جذب وپراکندگی وابسته به طول موج هستند .لذا، در جراحی با پرتوی لیزری خواص جذب و پراکندگی بافت مورد نظر برای بهبود روش درمانی ضروری است.

بازتاب و شکست

بازتاب عبارت است از برگشت باریکهء الکترومغناطیسی توسط سطحی که پرتو به آن تابیده است .بازتاب بر دو نوع است :بازتاب منظم و بازتاب غیرمنظم.

هنگامیکه پرتوی ورودی از روی سطحی صاف و صیقلی با پستی بلندی هایی که در مقایسه با طول موج پرتوی فرودی کوچکتر است بازتاب می شود،آن را بازتاب منظم می نامند .بازتاب نامنظم پدیده ای است که به طورکلی برای تمام بافت های بدن روی می دهد .زیرا هیچ کدام از آن ها دارای سطح صاف و صیقلی نیستند ولی در مواردی خاص مانند بافت های حاوی آب ممکن است بازتاب منظم بر نامنظم غالب باشد.

مکانیسمهای برهمکنش نور و بافت

در هنگام تاباندن لیزر به بافت بیولوژیک ممکن است برهمکنش های متعددی رخ دهد این تنوع از خصوصیات بافت ها و پارامترهای مختلف پرتوی لیزری منشأ می گیرد . در بین خواص اپتیکی بافت، ضریب های بازتاب، جذب و پراکندگی مهم تر از همه هستند که مورد بحث قرار گرفته اند .امروزه، پنج گروه از برهمکنش ها، در این حوزه تعریف شده اند که عبارت انداز :برهمکنش فوتوشیمیایی(5) برهمکنش حرارتی (6 ،کندگی نوری(7) ، کندگی ناشی از پلاسما (8) وگسیختگی نوری(9 شکل .)(7) این مکانیسم ها هرکدام بسته به انتخاب و مدت w/cm(دو پارامتر مهم تابش لیزر شامل دانسیتهٔ توان لیزر)(2) ومدت زمان تابش نورلیزر (s)تعیین خواهند شد.

مکانیسم فوتوشیمیایی به آن دسته از برهمکنشها اطلاق میشود که دراثر تابش نور و لیزر تأثیرهای شیمیایی در مولکولهای بزرگ و بافتها ایجاد میشود .این نوع از مکانیسمها نقش مهمی در درمانهای فوتودینامیکی(PDT) ایفا میکنند .ایدهٔ اصلی درمانهای فوتودینامیکی استفاده از یک مادهٔ حساس کنندهء نوری است که به صورت کاتالیزور عمل میکند،انرژی منتقل شده از طریق جذب نور و لیزر را ذخیره می نماید و غیرفعال شدن و بازگشتن آن به حالت اولیه منجر به پدید آمدن اکسیژن اکسیداتیو سمی است که قابلیت از بین بردن بافت بیولوژیک را دارد.

لیزر در چشم پزشکی

کاربرد لیزر در تاریخچهٔ چشم پزشکی قدمتی بیش از 40 سال دارد و از لیزرهای رزینه ای(رنگ)و نور سبز آرگون یا کریپتون در بیماری های ته چشمی(جدا شدن شب یکه و یا خونریزی داخلی چشم)به طریق پرتودرمانی استفاده شده است .از اواسط سال 1980 استفاده از لیزرها با طو ل موج های متفاوت (فرابنفش و فروسرخ نزدیک) شروع شد ولی کاربرد عملی از لیزر اکسایمر و لیزرهای پیکوثانیه ای به علت مشکلات فنی،قیمت بالای تجهیزات وغیره ادامه پیدا نکرد .استفاده از لیزر اکسایمر در طول موج های فرابنفش در سال 1995 برای جراحی انکساری اثبات شد .اینگونه لیزر ها قابلیت برش دقیق و عمیق در قرنیه را دارند .امروزه استفاده از لیزر هاید ی اکسیدکربن و دیود در چشم پزشکی روبه افزایش است و در درمان تومورهای پیشرفتهٔ قرنیه مناسب است .مهم ترین مکانیسم اثر لیزر در چشم پزشکی، انعقاد نوری است .استفاده از لیزرها برپایهٔ این مکانیسم معمولاً برای فوتوکوآگولاسیون شبکیه در درمان رتینوپاتی دیابتی و فوتوکوآگولاسیون شبکهٔ ترابکولر و عنبیه، در درمان گلوکوم(آب سیاه)مورد استفاده قرار می گیرند.

علاو ه براین می توان به مکانیسم تخریب نوری برای سوراخ کردن کپسول خلفی عدسی پس از درآوردن کاتاراکت و برای انجام ایریدوتومی لیزری اشاره کرد .همچنین مکانیسم تبخیر نوری برای تبخیر ضایعات سطحی نظیر تومورهای پلک و نیز برش های فاقد خونریزی و علاو ه برآن به مکانیسم تجزیهٔ نوری برای برش دقیق لایه های نازکی از قرنیه برای اصلاح عیوب انکساری می توان اشاره نمود .امروزه از لیزرها در زمینه های مختلف درمانی بیماری های چشمی استفاده می شود که از مهم ترین این موارد می توان رتینوپاتی های چشم، ترمبوز ورید مرکزی و شاخه ای شبکیه، پارگی شبکیه، گلوکوم زاویهٔ بسته و زاویهٔ باز، کپسولوتومی خلفی و جراحی عیوب انکساری را بیان نمود.

لیزر در دهان و دندان

کاربردهای لیزر در دندا نپزشکی به سه گروه کلی تقسیم می شوند اول تشخیص است که در این مرحله لیزر به عنوان ابزار تشخیصی به کمک دندا نپزشک می آید .دوم درمان است و سوم آثار شبه دارویی لیزرهای کم توان یا کم شدت .در مرحلهٔ تشخیص، مهم ترین مزیت لیزر در تشخیص سادهٔ پوسیدگی های دندانی در مراحل اولیهٔ پوسیدگی است .در این مرحله، لیزر به دندان پزشک کمک میکند تا با پدیدهٔ فلورسنت که ناشی از تقابل یک لیزر دیودی و بافت دندانی است، نه تنها پوسیدگی را تشخیص دهد بلکه روند فعالیت آن را نیز دریابد. در حال حاضر ابزاری برای کشف این موضوع وجود ندارد .مزیت دیگر لیزر این است که قبل از آنکه مقدار زیادی از بافت های دندانی از بین برود، می توان با روش های

پیشگیری آن را کنترل کرد .در حقیقت می توان بیماران دارای خطر بالای پوسیدگی را جدا کرد و مورد توجه قرار داد .همچنین دوره های مراجعه برای درمان های دندا نپزشکی را در زمان های کوتاه تری تعیین کرد.

لیزر در درماتولوژی

موارد استفاده از لیزر برای مراقبت های پوست زیاد است و شامل مواردی مانند آنچه در ذیل لیست شده است، می شود. ضایعات مربوط به عروق پوست(مانند ماه گرفتگی، عروق گشادشدۀ سطحی در صورت وپاها)، زخم ها(شامل لکهای قرمز، سفید، قهوه ای و گوشت اضافه که ازضایعات قبلی به جا مانده باشد)، ضایعات رنگدانه ای(مانند لکهای ناشی از آفتاب، بعضی از خال های عمقی پوست)، خالکوبی و لکهای باقی مانده از خراشیدگیها و تصادفات، از بین بردن موهای زاید، درمان جوش های آکنه به وسیلۀ لیزر، جوان سازی پوست با استفاده از لیزرهای فراکشنال (شامل رفع چروک و خطوط ظریف صورت ب هویژه در لب، گونه ها و پیشانی، صاف و سفت کردن پوست پلک، رفع چین های پنجه غازی اطراف چشم، نرم و شاداب کردن خطوط ضخیم و برجستۀ پوست، برداشتن لکهای قهو ه ا ی رنگ و تغییر رنگ های پوستی، برطرف و صاف کردن جای جوش ها یا اسکار. باتوجه به تعدد بیماری های پوستی الزامی است بیمار توسط متخصص معاینه و نوع ضایعه به طور دقیق تشخیص داده شود سپس پزشک با درنظر گرفتن میزان کارآیی لیزر برای آن بیماری، درمورد انجام لیزردرمانی تصمیم خواهد گرفت.

انواع دستگاه های لیزر مورد استفاده در بیماری های پوست و مو به صورت زیر می باشد :

الف)برای درمان ضایعات عروقی که شامل رگ های واریسی پوست(درصورت، اندا مها و بدن)، لکه های قرمز عروقی و خال های عروقی(گرانولوم پیوژن کیوم)می باشد، لیزرهای رنگی پالسی و PDL، Nd:YAG آرگون قابل استفاده هستند که PDL مناسب تر می باشد.

ب)برای درمان خال ها و لکه های تیرۀ پوستی(ما ه گرفتگی آبی و یاقهوه ای)، خا لکوبیها(آبی، سیاه، گاهی قرمز)از انواع این لیزرها می توان استفاده کرد :لیزر کیو-سوئیچ یاقوت ، لیزر کیو-سوئیچ الکساندریت ولیزر کیو-سوئیچ Nd: YAG.

ج)برای درمان و کاهش موهای ناخواسته از انواع لیزرهای ،Nd:YAGدیود، الکساندریت و یاقوت می توان استفاده کرد .همچنین کی سیستم به نام I.P.L که نور پرانرژی معمولی است و از جنس لیزر نمی باشد، درکاهش موهای زاید مؤثر است.

د)برای کاهش چین و چروک و فرورفتگی های جای زخم، آکنه و سایربیمار یها می توان از لیزرهای Erbium:YAG .و CO 2 استفاده کرد. لیزر co2 پوست را عمیق تر می تراشد و در کاهش چین و چروک مؤثرتراست ولی عوارض آن ازجمله ایجاد جای زخم و لکه های تیره شایع تراست لذا، برای کاهش عوارض ناخواسته لیزر Erbium:YAGمناسب تر می باشد .نتیجۀ استفاده از این لیزرها هیچ کدام صددرصد نمی باشد ولی درکاهش عمق چین و چروک و جای زخمها مؤثر هستند.

ه) انواع مختلف لیزر در درمان بیماری های مختلف پوستی کاربرد دارند ولی باید توجه داشت که برای این بیمار یها، درمان ها و روش های دیگر و ارزان تر نیز وجود دارند، لذا درصورت عدم موفقیت سایر روش ها می توان نتایج لیزر را نیز امتحان کرد.

لیزر به عنوان چاقوی جراحی

در سال 1964 اولین لیزر با کاربرد چاقوی جراحی ساخته شد .در جراحیها اکثراً از لیزرCO2 استفاده می یشود . باریکه فروسرخ لیزر CO2 به وسیلۀ مولکول های آب موجود در بافت جذب می شود و موجب تبخیر سریع این مولکو لها و درنتیجه برش بافت میگردد . لیزر به عنوان چاقوی جراحی نه تنها عمل برش را انجام میدهد بلکه موجب جوش خوردن رگ های بریده شده هم می شود و به همین دلیل جراحی با لیزر معمولاً بدون خونریزی می باشد .بنابراین از لیزر در جراحی هایی که بیمار دارای انعقاد خون ضعیفی است، استفاده میشود .جراحی با لیزر تپی بدون درد می باشد زیرا مدت اثر پالس لیزر کوتاه خواهد بود و اعصاب

حسی زمان کافی برای حس کردن ضربۀ وارده نخواهند داشت .علاوه براین جراحی با لیزر مزایای دیگری دارد که در ذیل به آن اشاره میگردد:

بهبود نتایج درمان و ترخیص بیمار در مد تزمان کوتا هتر،انجام جراحی تقریبا بدون خونریزی، انجام جراحی کنتر ل شده بدون لطمه به دیگر بافتها، امکان عمل در نواحی غیرقابل دسترس، کاهش داروهای مسکن مصرفی توسط بیمار.

مطالعات بالینی مطالعات بالینی همراه با گرافت بایپس شریان قلبی CO2 موردی اولیه از کاربرد لیزر

با

کاربردهای تشخیصی لیزر در پزشکی

از دیگر کاربرهای لیزر در زمینهٔ پزشکی استفاده از آن در تصویربرداری و فوتوآکوستیک، سی تی لیزر ماموگرافی و فوتودینامیک تراپی (PDT)و جراحی می باشد.

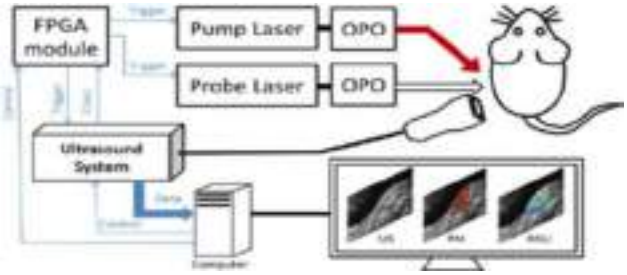
فوتوآکوستیک

فوتوآکوستیک روش تصویربرداری است که با استفاده از لیزر دیود پالسی در طول موج قرمز نزدیک (NIR)انجام می شود و از امواج فراصوت حاصل از تابش آن می توان اطلاعات مهم تصویری را درمورد ساختار مولکولی ناحیه هدف به دست آورد(شکل8). با فرستادن پالس لیزر، انبساط گرمایی در بافت ایجاد می شود که سبب تولید فراصوت می گردد، با دریافت امواج فراصوت می توان اطلاعات تصویری از ساختارها به دست آورد .میزان جذب انرژی در بافت وابسته به ضریب جذب نوری مولکول هایی مانند هموگلوبین و ملانین است .مطالعات اخیر نشان داده است که تصویربرداری فوتوآکوستیک می تواند به حالت In-vivoبرای پایش رگ زایی تومورها، مپینگ اکسیژندار شدن خون، تصویربرداری عملکردی مغز و تشخیص ملانوم پوستی استفاده شود.

(CTLM)لیزر ماموگرافی

بی شک انجام ماموگرافی یکی از مهم ترین راه های تشخیص سرطان سینه است .یکی از مؤثرترین راه های مبارزه با این بیماری خطرناک وشایع، تشخیص در مراحل اولیهٔ سرطان می باشد که سبب انجام درمان

مؤثرتر و کاهش مرگ و میر ناشی از این بیماری می شود .ماموگرافی در حقیقت نوعی تصویربرداری با اشعهٔ ایکس با انرژی پایین(که سبب ایجاد کنتراست مناسب بافتی می شود) از نسج پستان می باشد .تفسیرتصاویر ماموگرافی در سینه های با نسج فشرده و با تراکم بالا مشکل است و در بسیاری موارد برای اطمینان نیاز به نمونه برداری می شود که عملی تهاجمی و دردناک است .سیستم جدیدCTLM سبب کم شدن نیازبه نمونه برداری غیرضروری می شود.

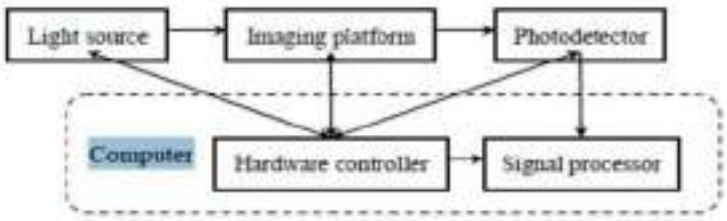


شکل :8 شمایی از تصویرگیری فوتوآکوستیک

و داکسی هموگلوبین ضریب جذب بالایی دارند(ناحیهٔ مادون قرمز نزدیک معمولاً 808 نانومتر)، استفاده شده است و با چرخیدن منبع نوری به دور بافت همانند دستگاه سی تی اسکن معمولی در نهایت تصاویر مقطعی یا سه بعدی از بافت پستان ایجاد می شود .اساس CTLM آشکارسازی رگزایی تومور می باشد و می توان گفت گونه ای از تصویربرداری عملکردی می باشد .البته باید گفته شود کهCTML وسیلهٔ کمک

تشخیصی است و کماکان ماموگرافی با پرتوی ایکس اصلی ترین روش در تصویربرداری از پستان می باشد.

مقطع نگاری پخش نوری(DOT)



شکل :9 بلوک دیاگرام سیستم تصویربرداری نوریDOT

یک روش تصویربرداری کیفی زیس تپزشکی است که براساس فناوری نوری فروسرخ نزدیک بنا نهاده شد ه است پرتونگاری مقطعی پخش نوری نوعی روش تصویربرداری است که توزیع فضایی ویژگ یهای نوری ذاتی(مثل ضریب جذب، پراکندگی و شکست)بافت را در میان و در کنار مرزهای آن توسط اندازه گیری نور فروسرخ فراهم می کند .از ویژگیهای برجستهٔ پرتونگاری مقطعی پخش نوری م یتوان انداز هگیری پارامترهای عملکردی مانند HbO2وHb،H2Oوو لیپید و...، سلولی(چگالی، اندازه و)... و مولکولی O2 ، آنزیم و ...نام برد .به علاوه از مقطع نگاری پخش نوری می توان به عنوان ابزاری برای کاربری

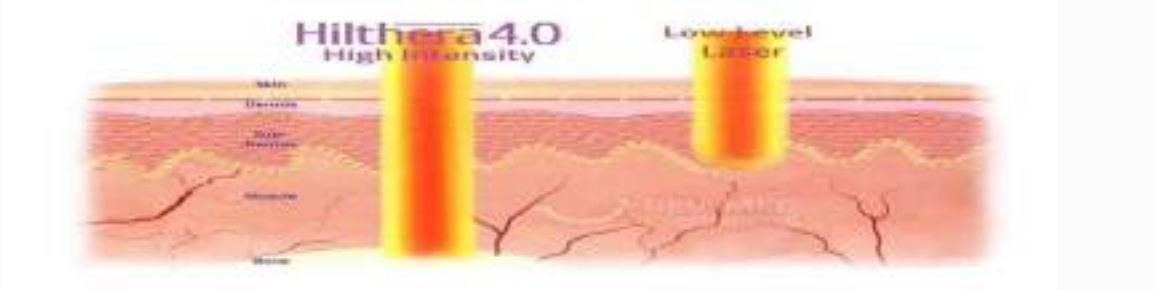
های قابل حمل در کنار بیمار با هزینه ای کم نسبت به روشهای تصویربرداری دیگر و با پرتویی غیر یونیز ه کننده برخلاف خیلی از روشهای دیگر مثل تصویربرداری پرتوی ایکس و گاما استفاده کرد .محیط بافت از لحاظ نوری،محیطی پراکننده و ناهمسانگرد می باشد وجود کلروفورهایی مانند هموگلوبین،ملانوزوم و دیگر سلو لهای زیستی سبب میشود تا مقدار زیادی از انرژی نوردر بافت جذب شود .درنتیجه چهار عامل پراکندگی، ناهمسان گردی، جذب و تابناکی(فلورسانس)باعث می شود تا پاسخ نوری بافت پیچیده باشد.

لیزر درمانی در فیزیوتراپی

لیزر درمانی نوعی درمان پزشکی در فیزیوتراپی است که در آن از پرتوهای قوی و به خصوصی از نور برای درمان و فیزیوتراپی استفاده می شود. در طول قرن ها ثابت شده است که نور خورشید خاصیت تندرستی و درمانی دارد. لیزر درمانی نیز با استفاده از یک سری دیود کار می کند که انرژی نور را مستقیماً به لایه های عمیق زیر پوست می رساند. برش، سوزاندن و یا از بین بردن بافت زائد از کاربردهای لیزر تراپی در علم پزشکی و فیزیوتراپی است.

از لیزر درمانی می توان برای بسیاری از اهداف پزشکی استفاده کرد. از آنجا که پرتوی لیزر بسیار کوچک و دقیق است، به ارائه دهندگان خدمات لیزر اجازه می دهد تا بدون آسیب، بافت را درمان کنند. یک مزیت بزرگ لیزر درمانی، درمان بدون درد است. از دیگر **مزایای لیزر درمانی** این است که پرتوی نور لیزر، خطری برای سلامتی بیمار و تیم پزشکی ایجاد نمی کند. به علاوه با استفاده از لیزر درمانی در فیزیوتراپی به جای عمل جراحی، خطرات شامل درد، خونریزی و ایجاد زخم به حداقل ممکن می رساند.

انواع لیزر درمانی در فیزیوتراپی



اصطلاح لیزر (Laser) مخفف light amplification by stimulated emission of radiation به معنی تقویت نور توسط تابش تحریک شده است. لیزر، تکنولوژی متشکل از نوری تک رنگ و منسجم است. برخی از فیزیوتراپیست ها برای درمان بیماری های مختلف اسکلتی عضلانی از لیزردرمانی استفاده می کنند. لیزر تراپی شامل لیزر کم توان(Low Level Laser Therapy) به اختصار (LLLT) و لیزر پرتوان (High Power Laser Therapy) به اختصار (HPLT) می شود.

۱. لیزر کم توان (LLLT)در فیزیوتراپی

لیزر کم توان (LLLT)، یک درمان از منبع نوری با قدرت کم است که یک طول موج کوتاه ایجاد کرده و هیچ گرما، صدا و لرزشی از خود ساطع نمی کند. به این نوع از لیزر فوتوبیولوژی یا تحریک زیستی نیز گفته می شود. لیزر کم توان به عنوان یک عامل ضد التهاب عمل می کند. از LLLT معمولاً با عنوان لیزر سرد نیز یاد می شود؛ زیرا در طول درمان احساس گرما ایجاد نمی کند.

کاربرد لیزر کم توان (LLLT)

همان طور که قبلا اشاره کردیم، اثرات لیزر کم توان (LLLT) برای فیزیوتراپی قابل توجه است و این ابزار در فیزیوتراپی و لیزر درمانی، بسیار مفید و کمک کننده است. کاربرد لیزر کم توان (LLLT) در فیزیوتراپی شامل تسکین درد، تسریع در ترمیم بافت و کاهش التهاب است. شرایطی که بیمار با ابتلا به آن تحت درمان لیزر کم توان (LLLT) قرار می گیرد عبارت است از:

- رتروز زانو
- آرتریت روماتوئید
- مشکلات مفصل فکی گیجگاهی(TMJ)
- تحلیل رفتن دیسک کمر
- فتق دیسک کمر
- سیاتیک
- درد عصبی
- سندرم گیر افتادگی شانه
- بورسیت مفصل ران یا شانه
- تاندونیت
- ورم کف پا
- ورم لنفاوی

بررسی ها و تحقیقات طی سال های اخیر نشان دهنده آن است که LLLT یک روش درمانی موثر برای کاهش درد و تسریع بهبودی در بیماران بزرگسال مبتلا به اختلالات اسکلتی – عضلانی است. همچنین گزینه های درمانی موثر برای دردهای اسکلتی – عضلانی در مراقبت های اولیه نشان داد که شواهد در مورد اثر لیزر درمانی برای درد حاد و مزمن بی نتیجه است. اما در بیشتر موارد، لیزر تراپی ممکن است فواید بیشتری نسبت به ورزش درمانی یا جراحی داشته باشد.

۲. لیزر پرتوان (HPLT)در فیزیوتراپی

لیزر پرتوان (HPLT) یک پیشرفت تکنولوژیک ایجاد شده در حوزه لیزر کم توان یا لیزر سرد است و می‌تواند بخش بسیار بزرگتری از سطح بدن را در مقایسه با لیزر سرد درمان نماید. این نوع لیزر قبلا در پزشکی تنها در جراحی‌ها مورد استفاده قرار می‌گرفت.

درمان با لیزر پرتوان در فیزیوتراپی یک روش جدید است که در آن از مدالیتی برای کاهش بسیاری از شرایط دردناک استفاده می‌شود. لیزر درمانی از نظر بیولوژیک باعث تحریک سلول‌ها با تابش انرژی لیزر به بافت‌های بدن می‌شود.

تحریک بیولوژیک با لیزر می‌تواند باعث رشد بافت و ترمیم آن شود. این نتایج تسریع فرآیند بهبود زخم و نیز کاهش قابل توجه درد، التهاب و باقی ماندن جای زخم در بدن بیمار را به همراه دارد. در واقع می‌توان گفت که لیزر پر توان باعث بهبود بافت می‌شود. این نتایج به خاطر توانایی ایجاد گرما با استفاده از انرژی لیزر در نقاط هدف در بدن ایجاد می‌شود.
لیزر تراپی داغ (لیزر پرتوان) می تواند بیماری های مختلفی را درمان کند، از جمله:

- آرتروز زانو، ران و مچ پا
- روماتیسم مفصلی
- تحلیل دیسک کمر
- فیزیوتراپی فتق دیسک کمر
- سیاتیک
- تاندونیت
- آسیب غضروف، پیچ خوردگی و کشیدگی
- سردرد و میگرن
- خار پاشنه، زخم و اسکار
- مشکلات پوستی از جمله: اگزما، آکنه، لکه های رنگدانه ای، هرپس سیمپلکس و زخم های دهان
- درمان واریس
- بهبود بینایی حین جراحی قرنیه و ترمیم شبکیه چشم
- از بین بردن سنگ کلیه
- از بین بردن تومور ها
- زیبایی و جراحی های پوست
- سایر خدمات فیزیوتراپی و توان بخشی

مکانیسم اثر لیزر تراپی
مکانیسم اصلی اثر لیزر تراپی ناشناخته است، ولی یکی از مکانیسم‌های اصلی که تاکنون روی آن مطالعه شده، ایجاد تغییر در زنجیره انتقال الکترون در میتوکندری‌ها می‌باشد. انرژی امواج نوری لیزر باعث می‌شود اعمال این زنجیره سریعتر انجام شود و تولید ATP افزایش یابد و در نتیجه ساخت زنجیره‌های DNA و اعمال سلولی و ساخت پروتئین و بعضی اعمال سلولی دیگر با سرعت بیشتری انجام گیرد.
دیگر مکانیسم‌های مورد مطالعه شامل جذب اشعه توسط پروتئین‌های غشای سلولی است که باعث تغییر شکل غشاء و افزایش نفوذپذیری آن نسبت به یون‌ها می‌باشد.

پرتو لیزر تشکیل کلاژن را تحریک می‌کند که پروتئینی موجود در کل بدن است و برای جایگزینی بافت فرسوده یا ترمیم آسیب‌های بافتی ضروری به شمار می‌رود. تولید سریع‌تر کلاژن منجر به شکل‌گیری بافت‌های همبند کمتری می‌شود.

پرتو لیزر تشکیل رگ‌های خونی (آنژیوجنسیس) را افزایش می‌دهد. رگ‌های بسیار ریز خونی در نتیجه‌ی وارد شدن آسیب پاره می‌شوند و تورم و کبودشدگی بروز می‌یابد. پرتو لیزر ترمیم این رگ‌هایی را تحریک می‌کند که برای خون‌رسانی مجدد طبیعی به ساختارهای صدمه دیده ضروری به شمار می‌روند.

پرتو لیزر میزان چرخشی سروتونین و اندورفین‌ها خون را افزایش می‌دهد. سروتونین یکی از انتقال دهنده‌های عصبی قدرتمند به مغز است. عموماً میزان سروتونین در بیماران افسرده پایین است. اندورفین‌ها مواد شیمیایی طبیعی " مورفین مانند" مغز هستند که در صورت فعال‌سازی موجب تسکین درد می‌شوند.

لیزر درمانی یک روش بدون درد، ایمن و بدون عوارض جانبی است که امکان استفاده از آن برای کاهش دردهای اسکلتی، عضلانی ،عصبی وجود دارد. امروزه بسیاری از مطالعات مختلف، اثربخشی لیزر تراپی برای بهبود سریع‌تر زخم یا موارد آسیب‌دیدگی در بدن را نشان داده و طبق این بررسی‌ها، لیزر درمانی می‌تواند باعث کاهش درد عصبی، عضلانی و اسکلتی شود.

تفاوت لیزر پرتوان با لیزر کم توان چیست؟

لیزرتراپی با لیزرهای پرتوان (High Energy Laser Therapy)تخصصی‌تر از لیزرهای سرد بوده و استفاده از آن بایستی بجا و با دقت بیشتری صورت گیرد. تاثیرات درمانی این نوع لیزرها نیز سریعتر و بیشتر از لیزرهای سرد یا کم توان می‌باشد.
لیزر پر توان می‌تواند به نسبت لیزرهای پیشین یا همان لیزر کم توان به عمق بیشتری از بافت نفوذ یابد و انرژی بیشتری را به منطقه درمانی برساند و اثر بخشی بیشتر و دوره درمان کوتاهتری داشته باشد.
لیزرپرتوان ۲۴ برابر پرتوان‌تر از لیزرهای متداول و عمق نفوذ موثر آن بیش از ۴ سانتیمتر می‌باشد؛ درحالی که لیزرهای متداول سرد یا کم توان عمق نفوذ موثر آن‌ها نیم سانتیمتر است و بیشتر در درمان‌های بافت‌های سطحی و کوچک می‌توانند سودمند باشند.

تأثیرات ناشی از لیزر درمانی پرتوان

۱) کاهش درد با لیزرتراپی
۲) افزایش سرعت ترمیم بافت و رشد سلول
۳) افزایش سرعت فرآیند بهبود زخم
۴) بهبود عملکرد عصب
۵) کاهش التهاب
۶) اثر روی عروق افزایش سرعت جریان خون
۷) افزایش فعالیت متابولیک
۸) کاهش احتمال تشکیل بافت اسکار

کاربردهای دیگر لیزر پرتوان در فیزیوتراپی
بعضی از موارد دیگرکاربرد لیزر پرتوان به شرح زیر است:

۱. فتق دیسک
۲. درد شدید در نتیجه آسیب دیدگی
۳. برآمدگی دیسک
۴. درد مزمن
۵. بیماری زونا و تبخال
۶. درد زانو
۷. نوروپاتی
۸. آسیب دیدگی‌های مکرر ناشی از فشار
۹. درد شانه
۱۰. درد مچ دست
۱۱. ورم و آسیب‌دیدگی بافت نرم
۱۲. کشیدگی و پیچ خوردن
۱۳. تاندونیت
۱۴. بورسیت
۱۵. آرتروز
۱۶. سندرم تونل کارپال
۱۷. درد ران
۱۸. درد مفصل
۱۹. درد گردن
۲۰. کمر درد
۲۱. سیاتیک
۲۲. آسیب دیدگی‌های ورزشی
۲۳. تونل تارسال
۲۴. آرنج تنیس باز / گلف باز

۲۵. زخم‌هایی که ترمیم نمی‌شوند

مزایای لیزر درمانی برای درد زانو

برخی از مزیت‌های استفاده از لیزر درمانی برای درمان درد زانو عبارتند از:

- یک روش غیرتهاجمی برای تسکین درد
- عدم نیاز به تجویز دارو یا مصرف داروهای بدون نیاز به نسخه پزشک
- نداشتن طول دوره درمان
- نداشت عوارض جانبی؛ در صورتی که به درستی انجام شود
- جلسات درمانی کوتاه
- برخی بیمه‌ها، هزینه این فرایند را پوشش می‌دهند
- نقاط ماشه‌ای طبی سوزنی را برای تسکین درد هدف قرار می‌دهد

طول مدت تأثیر این روش درمانی چقدر است؟

مدت زمانی که طول می‌کشد تا بهبودی حاصل شود و همچنین مدت تأثیر این روش درمانی برای هر فرد متفاوت است. آرتروز و بیمارهای استخوانی مشابه هنوز درمانی ندارند. ولی لیزر درمانی به تسکین درد ناشی از علائم این بیماری‌ها کمک کرده و کیفیت زندگی افرادی که دچار بیمارهای تحلیلی استخوانی در زانو شده‌اند را بهبود می‌بخشد. استفاده از لیزر درمانی به برخی افراد کمک می‌کند که بتوانند حرکات ورزشی را شروع کرده و وزن خود را کاهش دهند که به کاهش درد زانوی ناشی از ابتلا به آرتروز و بیمارهای دیگر کمک می‌کند.

تاثیر لیزر درمانی بر درد زانو:

لیزر درمانی، با بهبود گردش خون می‌تواند سبب سلامت سلول‌ها شده و با آزاد کردن اندروفین، درد را کاهش داده، التهابات را کم کرده و سلول‌ها و بافت‌ها را تشویق به ترمیم و رشد کند.
انجام لیزر درمانی می‌تواند برای کسانی که در اثر بیماری دچار آسیب دیدگی زانو شده‌اند، و نیز کسانی که به واسطه تروما زانویشان آسیب دیده، مفید باشد.

درمان تنگی کانال نخاعی با لیزر یکی از روش های درمانی نوین و موثر است که به عنوان یکی از روش های غیرتهاجمی در درمان این عارضه شناخته می شود.
تنگی کانال نخاعی که در دو نوع اکتسابی و مادرزادی رخ می دهد به دلیل کاهش فضای کانال در ستون فقرات که نخاع از آن عبور می کند رخ می دهد، این وضعیت منجر به وارد شدن فشار بیش از حد و غیرطبیعی بر ریشه ها و اعصاب نخاعی شده که نتیجه آن بروز علائم همچون درد و بی حسی در کمر و اندام های تحتانی است.
تنگی کانال نخاعی معمولا در افراد سالمندی که بطور مادرزادی قطر کانال نخاعی آن ها کم است رخ می دهد اما این بیماری در افراد جوان نیز به دلیل آسیب دیدگی ستون مهره ها در اثر حوادث شدید و ناگهانی نیز ممکن است رخ دهد.
آرتروز ستون فقرات ، بیرون زدگی دیسک کمر یا گردن ، لغزش مهره ها و ناهنجاری های ستون فقرات مانند اسکولیوز نیز ریسک بروز تنگی کانال نخاعی را افزایش می دهند.
درمان تنگی کانال نخاعی با لیزر یکی از روش های موثر ، غیرتهاجمی و ایمن است که امروزه در بسیاری از مبتلایان موثر واقع شده و نیاز به انجام جراحی های پرهزینه و پرعارضه را به حداقل می رساند.
علائم این عارضه ممکن است بحدی شدید شود که سبب بروز اختلال جدی در زندگی و کار و فعالیت فرد شود.

درمان تنگی کانال نخاعی با لیزر
درمان این عارضه با لیزر کم توان (لیزر سرد) نقش موثری در تسکین درد ناشی از این عارضه ، تسریع روند بهبودی از طریق افزایش خونرسانی و در نتیجه آن انرژی در بافت آسیب دیده می شود.
اشعه لیزر در بافت ها و عضلات آسیب دیده علاوه بر مزایای ذکر شده در از بین بردن گرفتگی های عضلانی ناشی از این عارضه نیز نقش زیادی دارد.
درمان تنگی کانال نخاع با لیزر بدون نیاز به بستری در بیمارستان و صرف وقت و هزینه زیاد می تواند به درمان این عارضه کمک کند.

۳-۱- مقدمه

نور لیزر همیشه :

الف) تک رنگ است .

ب) هم فاز است .

و ممکن است :

ج) واگرایی کمی داشته باشد .

د) توان متوسط خروجی آن بالا باشد .

ه) پلاریزه باشد .

براساس موارد فوق ،نباید تصور کرد که همه انواع لیزرها دارای پرتو موازی با واگرایی کم و توان بالا می‌باشند بلکه لیزرهایی با توان کم و همچنین لیزرهایی با واگرایی زیاد وجود دارند که این نوع لیزرها نیز در بسیاری ازکاربردها از جمله در پزشکی به کار گرفته می‌شوند ، « لیزر تراپی » یا به تعبیری دیگر ، « لیزر درمانی » یکی از جدیدترین کاربردهای لیزر در پزشکی با استفاده از لیزرهای با توان کم می‌باشد که توسط آن و بدون کاربرد داروهای پزشکی ، امکان تسکین درد و درمان بیماری امکان پذیر است البته نام‌های متعدد دیگری نیز نظیر "LILT", "LPLT","LLLT" برای لیزر تراپی بکار می‌روند .

لیزرهای مورد استفاده برای این روش درمانی را « لیزرهای کم توان » یا « لیزرهای با شدت پایین » می‌نامند . برخی نیز لیزرهای مورد استفاده در روش مذکور را "Soft Laser" می‌نامند که عبارتی در مقابل "Hard Laser" می‌باشد که بیشتر برای جراحی با لیزر به کار می‌رود .

نخستین دستگاه‌های لیزر برای کاربردهای پزشکی در قالب لیزر تراپی در نیمه دهه ۷۰ ظاهر شدند . این لیزرها از نوع He-Ne با فیبر نوری بودند که اغلب به نام "soft Laser" شناخته می‌شدند و نخستین خریداران آنها نیز متخصصان پوست و دندانپزشکی بودند برای چندین سال این لیزرها با توان خروجی ۲- ۰/۵ میلی وات و سپس تا ۱۰ میلی‌وات کار می‌کردند .

در اوایل دهه ۸۰، لیزرهای GaAs ظهور کردند البته لیزرهای نیمه هادی (از لیزرهای GaAs نیز از این خانواده می‌باشند) در سال ۱۹۶۲ متولد شدند اما به علت مشکلات مرتبط با فناوری لیزرهای مذکور ، استفاده از آنها تا دهه ۸۰ به تاخیر افتاد . لیزرهای GaAs در آغاز توان کمی در محدوده ۴-۱ میلی‌وات داشتند در ادامه‌ی این روند و در پایان دهه ۸۰، لیزرهای GaAs با شرایط عملکرد پالسی نیز وارد بازار شدند .

لیزرهای GaAS با توان کم نیز در اواسط دهه ۸۰ متولد شدند . این لیزرها به سرعت رشد کردند و در حال حاضر نیز با توان‌های ۱۰۰-۲۰ میلی وات بر بازار حکم فرمایی می‌کنند . این نوع لیزرها در اواخر دهه ۹۰ با توان‌های ۱۰۰۰-۵۰۰ میلی وات نیز عرضه شدند .

در اوایل دهه ۹۰، لیزرهای CO_2 به عنوان ابزارهایی برای لیزر تراپی به کار گرفته شدند در حال حاضر نیز لیزرهای InGaAlP به عنوان جانشینی برای لیزرهای He-Ne به بازار راه یافتند . در مجموع ، امروزه لیزرهای نیمه هادی به علت کوچکی ، سبکی ،دوام و عمر زیاد ،بهره بالا و امکان تولید لیزر با طول موج‌های مختلف در ناحیه مرئی و مادون قرمز با شدت کم ، بهترین انتخاب و پایه و اساس لیزر تراپی یا به عبارتی درمان با لیزرهای کم توان می‌باشند . در سال‌های اخیر ،لیزرهای نیمه هادی در بیش از ۹۵-۹۰ درصد دستگاه‌ها ی لیزرتراپی به کارگرفته شده‌اند .

۳-۲- انواع لیزرها در دستگاه‌های لیزر تراپی

در زمینه پزشکی و کاربردهای درمانی ، انواع متنوعی از لیزرها به کار گرفته می‌شوند . چون براساس شرایط هر بافت و نوع درمان مورد نظر ، به لیزرهایی با طول موج‌ها و توان‌های مختلف نیاز می‌باشد . در جدول (۳-۱) مرسوم‌ترین سیستم‌های لیزرهای مورد استفاده در پزشکی به ذکر طول موج ، محدوده توان متوسط خروجی ، رژیم کاری و نمونه کاربردهای پزشکی آنها آورده شده‌اند .

جدول ۳-۱- نمونه لیزرهای مورد استفاده در پزشکی

نام لیزر	طول موج (نانومتر)	رژیم تابش [پالس (p) و پیوسته (c)]	نمونه کاربرد در پزشکی
لیزرهای حالت جامد			
KTP (پتاسیم- تیتانیل– فسفات)	۵۳۲		درمان عروق سطحی ساق پا
Ruby(یاقوت)	۶۹۴		برداشتن خالکوبی و موهای زائد
Alexandrite (الکساندریت)	۷۵۵		برش استخوان و برداشتن موهای زائد
Nd:YAG(نئودیمیم – یاگ)	۱۰۶۴		نکروز تومورها
Ho:YAG (هولمیم – یاگ)	۲۱۳۰		جراحی و درمان ریشه دندان
Er:YAG(اربیم – یاگ)	۲۹۴۰		لایه برداری پوست و سوراخ کردن دندان
Ti:Sapphire(تیتانیم – یاقوت کبود)	۷۰۰-۹۰۰		فتودینامیک تراپی (PDT)
لیزرهای نیمه هادی			
In Ga AlP (ایندیم – گالیم – آلومینیم – فسفید)	۶۳۰-۶۸۵		تحریک بیولوژیک
GaAl As(گالیم – آلومینیم – آرسناید)	۷۸۰-۸۲۰-۸۷۰		تحریک بیولوژیک و جراحی
GaAs (گالیم – آرسناید)	۹۰۴و۹۰۵		تحریک بیولوژیک
لیزرهای مایع			
Dye Laser	قابل تنظیم		سنگ کلیه
Rhodamine	۵۶۰-۶۵۰		فتودینامیک تراپی و پوست
لیزرهای گازی			
Excimer(اگزایمر)	۱۹۳و۲۴۸و۳۰۸		چشم وجراحی عروق
Argon(آرگون)	۳۰۵-۵۱۴		پوست و چشم
Copper Vapour(بخار مس)	۵۷۸		پوست

HeNe(هلیم – نئون)	۶۳۳و۳۳۹۰		تحریک بیولوژیک
CO_2 (گاز کربنیک)	۱۰۶۰۰		پوست و جراحی

همانگونه که در بالا اشاره شد ، لیزرهای مذکور پر مصرف‌ترین و معمول‌ترین انواع لیزرهای بکار گرفته شـده در پزشکی می‌باشند اما تعداد لیزرهای مورد استفاده بسیار بیشتر از جدول مذکور است . در محدوده لیزر تراپی ، از لیزرهای کم توان استفاده می‌شود . مرسوم‌ترین انواع لیزرهای مورد استفاده در لیزرتراپی به شرح زیر می‌باشند :

- **لیزرهای نیمه هادی شامل :**

الف) GaAs (۹۰۴ نانومتر)

ب) GaAlAs (۸۳۰- ۷۸۰ نانومتر)

ج) InGaAlP (۶۳۵- ۶۳۳ نانومتر)

- لیزرهای گازی شامل :

د) CO_2(۱۰۶۰۰نانومتر)

هـ) He-Ne (۶۳۳نانومتر)

و) Kr (۶۴۷ نانومتر)

- لیزرهای حالت جامد شامل :

ز) Nd- YAG (۱۰۶۴ نانومتری)

ح) Ruby (۶۹۴ نانومتر)

۳-۲-۱- لیزر هلیم – نئون

این لیزر (He-Ne) ، قدیمی‌ترین و براساس تحقیقات انجام شده تا کنون معتبرترین لیزر مورد استفاده در زمینه لیزر تراپی می‌باشد . محفظه آن لوله‌ی شیشه‌ای حاوی مخلوطی از گازها با فشار کم می‌باشد که به یک منبع ولتاژ بالا متصل شده است (شکل ۳-۱) در این لیزر مولکول‌های نئون ماده فعال اصلی می‌باشند و اتم‌های هلیم نیز جهت بهینه سازی شرایط تولید لیزر به آن افزوده می‌شوند . لیزر He – Ne نور مرئی قرمز رنگ با طول موج ۸/ ۶۳۲ نانومتر تولید می‌کند . اما در این لیزر ،امکان تولید نور با طول موج‌های ۵۴۴- ۵۹۴-۶۰۴، ۶۱۱ نانومتر در ناحیه بینایی با رنگ‌های زرد ، نارنجی و سبز نیز وجود دارد . همچنین می‌توان در ناحیه مادون قرمز با طول موج‌های ۱۱۵۲ ، ۱۵۲۳ و ۳۳۹۲ نانومتر هم لیزر داشت .

لیزر He- Ne عموماً به صورت پیوسته کار می‌کند ولی امکان بکارگیری سیستم پالس نیز برای آن وجود دارد . توان خروجی معمول آن ، ۱۰-۰/۵ میلی وات است که البته تا توان ۱۰۰ میلی‌وات نیز امکان پذیر می‌باشد . پرتو لیزر He-Ne را می‌توان به صورت مستقیم یا توسط فیبر نوری به خارج انتقال داد .

این لیزرها عموماً به علت نوع محفظه آنها ، نسبت به دیگر دستگاه‌های لیزر تراپی ،حجیم ،بزرگ و حساس می‌باشند و بازده آنها نیز کم است .

عموماً در ابزارهای لیزر تراپی ، نور لیزر هلیم – نئون از طریق فیبر نوری مورد استفاده قرار می‌گیرد در این حالت نور به میزان ۵۰-۲۰ درصد کاهش خواهد داشت . البته امکان افزایش کارآیی این لیزر با بکارگیری تجهیزات خاصی وجود دارد ، اما سبب افزایش قیمت آن خواهد شد . عمق نفوذ این لیزر ، ۸-۶ میلی‌متر با توان خروجی ۳/۵ میلی‌وات در حالت تماس با پوست و ۱۰-۸ میلی‌متر برای توان خروجی ۷ میلی‌وات است . بنابراین عمق نفوذ آن تنها به میزان کمی با افزایش توان خروجی ، افزایش می‌یابد .

۳-۲-۲- لیزر ایندیم – گالیم – آلومینیم – فسفید

این نوع لیزر (InGaAlP) ،که در برخی مراجع نیز GaAlInP گفته می‌شود ، از لیزرهای نیمه هادی می باشد که از کریستالی حاوی گالیم ،آلومینیم ، ایندیم و فسفر تشکیل شده است ونوری در محدوده طول موج ۶۸۵-

۶۳۰ نانومتر ساطع می‌کند . نوعی از این لیزرها با محدوده طول موج ۶۷۰-۶۵۰ نانومتر با توان حدود ۱ میلی‌وات برای نشان‌گرهای مورد استفاده در سخنرانی‌ها بکار می‌روند .

امروزه لیزرهای InGaAlP با طول موج‌های پایین (۶۳۵- ۶۳۳ نانومتر) توانسته‌اند به میزان وسیعی جانشین لیزر He-Ne (با طول موج ۶۳۳ نانومتر) در کاربردهای لیزر تراپی شوند ؛ چون این لیزرها ، ارزان‌تر ،کوچک‌تر و کاراتر می‌باشند .

۳-۲-۳- لیزر گالیم – آلومینیم – آرسنایید

این نوع لیزرها (GaAlAs) نوع جدیدی از خانواده لیزرهای نیمه هادی می‌باشند که وضعیت نور خروجی آنها به درصد هر یک از مواد تشکیل دهنده کریستال بستگی دارد . لذا طول موج انتخابی آنها در محدوده ۸۶۰-۶۶۰ نانومتر تغییر می‌کند که البته برای کاربردهای درمانی ،بیشتر در محدوده ۸۳۰-۸۲۰ نانومتر (ناحیه مادون قرمز) و ۶۷۰ نانومتر (قرمز) به کار گرفته می‌شوند . این لیزرها نیز عموماً در شرایط عملکرد پیوسته مورد استفاده قرار می‌گیرند ولی امکان بکارگیری آنها با رژیم پالس نیز وجود دارد .

عمق نفوذ لیزرهای مذکور ، حدود ۳-۲ سانتی‌متر است .

لیزرهای GaAlAs در دهه‌ی ۹۰ به میزان گسترده‌ای توسعه یافتند . در سال‌های اخیر ، این نوع لیزرها با توان تا یک وات (۱۰۰۰ میلی‌وات) نیز به بازار عرضه شده‌اند اما برای لیزر تراپی عموماً توان‌ها کمتر (۳۰-۱۰ میلی‌وات) بکار گرفته می‌شوند .

۳-۲-۴- لیزر گالیم _ آرسنایید

این نوع از لیزرهای نیمه هادی (GaAs) ، پرتویی با طول موج ۹۰۴ نانومتر در محدوده مادون قرمز نزدیک انتشار می‌دهند .لیزرهای GaAs در شرایطی پالسی با پالس‌های کوتاه (۲۰۰- ۱۰۰ نانوثانیه) و توان بالا (حداکثر ۱۰۰وات) کار می‌کنند .

لیزرهای مذکور به علت تولید پالس‌های کوتاه در شرایط یکسان از نظر شدت خروجی با دیگر لیزرها ، از قدرت نفوذ بالاتری برخوردار هستند و عمق نفوذ آنها می‌تواند براساس نوع بافت ، ۵-۳ سانتی‌متر باشد . این لیزرها بسیار کوچک می‌باشند و واگرایی اشعه آنها ۳۰-۱۵ درجه است که گاهی تا ۹۰ درجه نیز افزایش می‌یابد.

۳-۲-۵- لیزر گاز کربنیک

در این نوع لیزر (CO_2) ، جزء اصلی تشکیل دهنده آن (ماده فعال اصلی) ،دی اکسید کربن می‌باشد که البته چند گاز کمکی (نظیر هلیم ونیتروژن) نیز برای بهبود شرایط کارکرد آن به محفظه لیزر افزوده می‌شوند . این لیزر ، تشعشعی با طول موج در محدوده ۱۱-۹ میکرون تولید می‌کند ، اما طول موج اصلی آن ۱۰/۶ میکرون (۱۰۶۰۰ نانومتر) در محدوده بالای طیف مادون قرمز است . که چشم انسان قادر به دیدن آن نمی‌باشد . لذا عموماً در کاربردهای پزشکی از لیزر دیگری با طول موجی در محدوده مرئی (نظیر لیزر هلیم – نئون یا برخی لیزرهای نیمه هادی) به عنوان لیزر راهنما (لیزر کمکی) در کنار لیزر CO_2 استفاده می‌کنند . بدین منظور ، طراحی و نحوه عملکرد دستگاه به گونه‌ای می باشد که هر دو طول موج مادون قرمز و مرئی به صورت موازی و منطبق بر هم از دستگاه خارج شوند تا پزشک بتواند با دنبال کردن مسیر پرتو لیزر راهنما، مسیر دقیق پرتو لیزر CO_2 را برای درمان تشخیص دهد .

از امتیازهای این لیزر ، تولید تشعشعی با طول موج بلند می‌باشد که سبب جذب آن به میزان وسیع توسط آب و موادی حاوی آب (نظیر بافت) می‌شود . این نرخ بالای جذب در آب و مواد آلی ، سبب شده است که لیزر CO_2 به میزان وسیعی برای عملیات روی پوست و غشاهای مخاطی بکارگرفته شود . از طرفی ، این موضوع سبب کاهش خطر لیزر CO_2 برای چشم شده است چون تشعشع لیزر نمی‌تواند در قرنیه یا لنزهای چشم نفوذ کند و در نتیجه به شبکیه نیز نمی‌رسد . البته در صورت تابش غیر منتظره یا متمرکز کردن پرتو ، امکان صدمه و آسیب دیدن قرنیه وجود دارد که در این حالت ، عینک‌های معمولی یا پوشش‌های پلاستیکی یا شیشه‌ای درون یک قاب مناسب می‌توانند برای محافظت جوابگو باشند .

یکی از معایب طول موج بلند لیزر CO_2 ، مشکل انتقال این اشعه از طریق فیبرهای نوری به میزان مناسب می-باشد . درحال حاضر فیبرهای ساخته شده از نمک‌های هالید نقره برای این منظور استفاده می‌شود . همچنین لوله‌های کوچک ، نازک و انعطاف پذیری از تک کریستال یاقوت نیز برای هدایت امواج بکار می‌رود . اما درحال حاضر بهترین روش برای خروج اشعه لیزر CO_2 از محفظه تولید آن ، بکارگیری بازوهای چند قسمتی حاوی آینه‌های مخصوص است که البته با مشکلاتی نظیر گرانی نسبی و حساسیت به ضربه و تکان‌های ناگهانی همراه می‌باشند علاوه بر این لوله‌های پلاستیکی و شیشه‌ای کوچک با پوشش داخلی از لایه‌های عایق نیز برای هدایت اشعه مناسب می‌باشند .

لیزرهای CO_2 می‌توانند بسیار قدرتمند و با خروجی‌های تا چند میلیون وات نیز ساخته شوند که البته در این حالت ، حجم آن بسیار بزرگ و در حد یک خانه خواهد بود . اما در کاربردهای پزشکی (بخصوص جراحی) ،از توان‌های تا چند ده وات آن استفاده می‌شود . در کاربردهای درمانی نیز توان‌های کم آن به کار می‌رود و برای جلوگیری از سوختگی احتمالی بافت ، با کمک تجهیزاتی نظیر لنزهای خاص ، پرتو لیزر را در محیط گسترده‌تری بر روی بافت پخش می‌کنند . امروزه این لیزرها علاوه بر کار در شرایط پالسی و پیوسته ، می‌توانند در حالت سوپر پالس نیز فعالیت کنند .

یکی از مزایای لیزر CO_2 در لیزر تراپی ، چگالی توان بالای آن می‌باشد این موضوع سبب می‌شود بتوان سطح وسیعی را در مدت کوتاهی تحت درمان قرار داد تا طول مدت درمان کوتاه شود . اما به علت گران بودن لیزر CO_2 لیزرهای نیمه هادی جانشین آن شده‌اند .

۳-۲-۶- لیزرهای نئودینیم – یاگ

این نوع لیزرها (Nd- YAG) متداول‌ترین لیزرهای حالت جامد و از خانواده لیزرهای یاگ می‌باشند . که در آنها نور توسط یک تک کریستال سخت و درخشان ایتریم - آلومینیم – لعل (YAG) حاوی یون‌های اضافی عنصر نئودیمیم (جایگزین شده به جای برخی یون‌های ایتریم) ،تولید می شود . طول موج اصلی این لیزر ، ۱۰۶۴ نانومتر در ناحیه مادون قرمز است . لیزرهای Nd- YAG مدت زیادی برای کاربردهای جراحی بکارگرفته

می‌شوند اما به تدریج لیزرهای CO_2 به علت خواص برش و تبخیر بهتر ، جایگزین آنها شدند . ایـن لیزرهـا ، در دندانپزشکی و بطور محدود در لیزرتراپی نیز بکار می‌روند . اثرات مثبت لیـزر Nd- YAG بـر روی تـرمیم بافـت استخوانی و تشکیل و ترمیم بافت دندان به طور ثانویه ، توسط « ناگاساوا» و « کاوامورا» در سـال‌هـای ۱۹۹۰ و ۱۹۹۱ ثابت شده است .

۳-۲-۷- لیزر یاقوت

لیزر یاقوت (Ruby) قدیمی‌ترین لیزر ساخت بشـر (در سـال ۱۹۶۰) مـی‌باشـد در ایـن لیـزر حالـت جامـد ، از کریستال یاقوت برای تولید پرتو استفاده می‌شود . بدین منظور بلوری از اکسید آلـومینیم مـذاب حـاوی مقـدار کمی ناخالصی اکسید کروم را به صورت میله‌ای رشد می دهند تا یاقوت مصنوعی میخکی رنگی حاصل شود . در این بلور ، یون‌های کروم به عنوان مراکز فعال برای تولید پرتو لیزر درون ماده میزبان (بلور اکسید آلـومینیم) ، نقش ایفا می‌کنند .

نورحاصل از لیزر یاقوت به رنگ قرمز سیر و به صورت پالس با طول موج ۶۹۴ نانومتر انتشار می‌یابد . این لیـزر بازده نسبتاً کمی دارد و در « تحریک بیولوژیک » پوست و دندانپزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد .

۳-۲-۸- لیزر کریپتون

لیزر کریپتون (Kr) ،نوعی لیزر گازی از نوع یونی است که نوری با طول موج ۶۴۷ نـانومتر (نـور قرمـز) سـاطع می‌کند . البته امکان تولید نور سبز ، زرد ، قرمز و آبی نیز برای این لیزر وجود دارد . در این لیزر از گـاز خنثـی کریپتون به صورت خالص به عنوان ماده فعال استفاده می‌شود . لیزر کریپتون برای درمان تب خال بکار می رود. این لیزر، بازده کمی دارد و گران می‌باشد لذا کاربردهای لیزر تراپی آن محدود است .

۳-۳- شرایط انتخاب و بکارگیری دستگاه لیزر تراپی

همانگونه که پیش از این اشاره شد ، اصلی‌ـرین لیزرهای مورد استفاده در لیزر تراپی ، انـواع لیزرهـای GaAs ، GaAlAs و HeNe (که به تدریج لیزر InGaAlP جانشین آن شده است) می‌باشند . این لیزرهـا مـی‌تواننـد بـه صورت مجزا یا آن که به صورت تلفیقی از چند لیزر در قالب دستگاهای لیزری ارائه شوند . اما سـوال اینجاسـت که چه نوع لیزری می‌تواند برای ما مناسب باشد ؟

با توجه به نواحی اثر این لیزرها و نوع بیماری‌های قابل درمان با آنها باید گفت هیچ کدام از لیزرهای مذکور بـه صورت کامل و مطلق نمی‌توانند جوابگوی همه کاربردهای درمانی مورد نظر باشند .

به عبارت دیگر هر لیزری قابلیت‌های خاص خود را دارد و بنابراین ، انتخاب لیزر باید براساس نوع نیاز پزشک و علاقه‌مندی‌های او انجام شود . برخی ازعوامل موثر در انتخاب دستگاه لیزر ، موارد زیر می‌باشند :

۱- نوع کاربردهای درمانی مورد نظر

۲- بودجه در نظر گرفته شده برای خرید لیزر

۳- نوع پروب‌ها براساس ناحیه و بافت تحت تابش

۴- نوع پروب‌ها براساس قابلیت‌های آنها (کار با یک طول مـوج یـا ترکیبـی از دو طـول مـوج مختلـف یـا ترکیبی از لیزر و LED)

۵- قابلیت استریل کردن پروب

۶- قابلیت جابه جایی و انتقال آسان دستگاه

۷- میزان دوز قابل ارائه توسط لیزر

۸- قابلیت محاسبه دوز توسط دستگاه

۹- اندازه ، رنگ ، شکل و ظاهر دستگاه (که در بسیاری موارد اثرهای روانی خاص خود را دارد)

۱۰- ارتباط بین سازندگان دستگاه‌ها با موسسه های تحقیقاتی پزشکی و مراکز درمانی (که در صورت وجود این ارتباط مسلماً اطمینان بیشتری در خصوص قابلیت‌ها و کارایی دستگاه وجود خواهد داشت .)

۱۱- نوع آموزش‌های ارائه شده برای دستگاه

۱۲- میزان ضمانت ارائه شده برای دستگاه

۱۳- سرویس‌ها و خدمات بعد از فروش

در مجموع و براساس عوامل مذکور ، پزشک می‌تواند در میان دستگاه‌های لیزر تراپی متعـدد موجـود در بـازار ، دستگاه مناسب خود را انتخاب کند . پس از انتخاب و تهیه دستگاه ، پزشک بایـد در هنگـام بـه کـارگیری آن ، علاوه بر داشتن مهارت کافی برای کار با دستگاه ، از مسائل ایمنی دراین زمینه نیز اطلاع داشته باشد . همچنین برای آن که بتوان اثر درمانی مناسبی از لیزرهای مذکور داشت ، باید از موارد مختلفـی در خصـوص مشخصـات شناسنامه‌ای دستگاه لیزر و بافت تحت تابش آگاهی داشت . در ادامه ، این موارد به تفکیک آورده شده‌اند :

الف) موارد مهم در خصوص دستگاه لیزر :

۱- توان

۲- اندازه لکه پرتو و سطح تابش

۳- زمان تشعشع

۴- طول موج

۵- رژیم تابش

۶- فرکانس پالس

۷- طول زمان هر پالس

۸- زاویه واگرایی لیزر

ب) موارد مهم در خصوص بافت تحت تابش

۱- میزان جذب و پخش لیزر در بافت

۲- شرایط آستانه برای نابودی بافت (در صورت تابش پرتو لیزر با توان نسبتاً بالا بر بافت ، حرارت تولید می‌شود و تخریب بافت را به همراه دارد)

۳- میزان عمق نفوذ در بافت (لیزرهای محدوده‌ی نور مرئی ، معمولاً ۸-۵ میلـی‌متـر و لیزرهـای مـادون قرمـز نزدیک ، ۵-۳ سانتی‌متر نفوذ پذیری دارند)

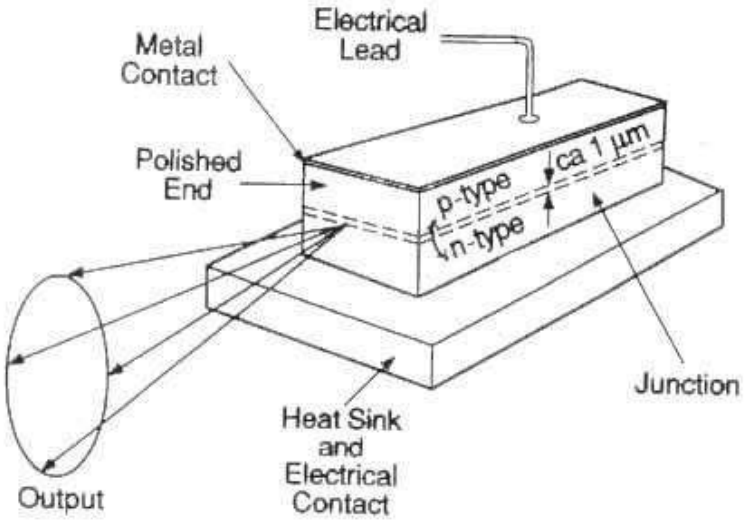
۳-۴ – گذشته ، حال و آینده‌ی دستگاه‌های لیزر تراپی

لیزرهای مورد استفاده در لیزر تراپی در قالب چهار نسل به بازار عرضه شدند . نسل‌های اول و دوم این لیزرها در دهه‌ی ۷۰ و اوایل دهه‌ی ۸۰ ظهور کردند . دستگاه‌های لیزر تولید شده در مقیاس تجارتی در دهه‌ی ۷۰، عموماً دارای توان بسیار کمی بودند و در دهه‌ی ۸۰ این توان به حد ۴۰-۲۰ میلی وات رسید . با ظهور لیزرهای نیمه هادی قوی‌تر با قیمت‌های مناسب ،تجهیزات لیزری با توان تا ۱۰۰۰ میلی وات عمدتاً در محدوده ۸۵۰-۷۸۰ نانومتر و تا ۱۰۰ میلی‌وات برای لیزرهای GaAS ،عرضه شدند . این لیزرها سبب کاهش زمان درمان شدند و همچنین توانمندی‌های جدیدی را نیز ارائه دادند . لیزرهای مذکور ،لیزرهای نسل سوم محسوب می‌شوند .

نسل چهارم این لیزرها هنوز بطور کامل ارائه نشده است . در این نسل ، الزاماً توان‌های خروجی بالاتر توصیه نمی‌شوند بلکه طراحی‌های متفاوتی نیز ظهور کرده‌اند . لیزرهای قلمی برای کاربردهای خانگی و نظایر آن ، لیزرهای قابل اتصال به صورت دستبند یا پوشش و لیزرهایی برای تماس با تمام بدن از این جمله می‌باشند . ایده‌های جدیدی نیز در روسیه در حال تکامل می‌باشد تا آداپتورهایی برای تشعشع از طریق رکتوم و مجرای ادرار مورد استفاده قرار گیرند .

۳-۵- لیزر دیودی و نحوه ساخت آن

خبر ساخت اولین لیزر (لیزر یاقوت) در سال ۱۹۶۰ میلادی در کمتر از چند روز در سراسر جهان طنین انداز شد. گویا سالهای متمادی بود که محققین منتظر تولد این اختراع بی نظیر قرن بوده اند. اینک لیزر با ویژگی-های منحصر به فرد خود شامل همدوسی، تک فامی، واگرایی کم و شدت بالا می توانست زمینه ساز کابردهای فراوانی در حوزه های مختلف صنعت، نظامی و پزشکی گردد. از همان ابتدا با صرف میلیونها دلار دانشمندان تلاش نموده اند لیزرهایی را طراحی و عرضه نمایند که به جهت اندازه و حجم کوچک بوده اما دارای بهره بالایی باشند. لذا توجه خاصی بر روی لیزرهای نیمه هادی صورت گرفت.مشکلات تکنولوژی ساخت این گونه لیزرها از ابتدای سال ۱۹۶۲ سبب شد که تولید مناسب و بهینه این لیزر دچار یک وقفه طولانی تا سال ۱۹۸۰ شود. و در دهه هشتاد با شدت گرفتن کاربردهای فراوان لیزرهای پزشکی در رشته های مختلف توجه بسیاری از محققین مجدداً به لیزرهای نیمه هادی معطوف شد.از آنجا که فرآیند لیزر تراپی نیازمند به لیزرهایی با شدت پائین و با طول موج ۰/۶۳-۱/۳/Mm می باشد، لیزرهای نیمه هادی و یا دیود لیزرها بهترین کاندید در این زمینه شناخته شدند. اگرچه لیزرهایی دیگری مانند He-Ne و حتی co_2 می توانست در پاره ای از درمانها بکار رود اما هیچیک از آنها نمی توانستند گستردگی کاربردهای لیزرهای نیمه هادی را در بر داشته باشند. امروزه پایه و اساس ۹۸٪ از دستگاه لیزر تراپی دیود لیزرها می باشند که در انواع مختلف طراحی و ساخته می شوند. لیزرهای نیمه هادی یا دیود لیزرها قادرند مانند دیگر لیزرهای گازی و جامد، پرتوی همدوسی که خواص نور لیزر را دارا می باشد، از خود ساطع نمایند. دیود لیزرها از یک اتصال P-N که مابین ۲ لایه نیمه هادی قرار گرفته اند با ضخامتی در حدود چند میکرون تشکیل شده است. هنگامی که یک جریان الکتریکی با ولتاژ ثابت از درون آن می گذرد شاهد ایجاد لیزر در این ناحیه که معروف به ناحیه نشر است می باشیم.



شکل ۳-۱- شمای ساده یک دیود لیزر

همانگونه که در شکل ۳-۱- نمایش داده شده است پرتو خروجی لیزرهای دیودی بر خلاف دیگر انواع لیزرها بسیار واگرا می باشند. میزان واگرایی در محورهای صفحات عمود بر ناحیه نشر با یکدیگر فرق می کند.

پر واضح است آشنایی جامع و کامل به نحوه ساخت و شرایط لیز نمودن دیود لیزرها می تواند بکارگیری این نسل از لیزرها را برای متخصصین و پزشکان آشنا به لیزر تراپی سهل و آسان نماید. لذا بر آن شدیم تا خلاصه ای ساده که بیان کننده پارامترهای فیزیکی دیود لیزر می باشد، برای پزشکان لیزر تراپی تهیه کنیم. امید است این مختصر بتواند یک دید کلی از ساختار منابع مولد نوری لیزر تراپی در اختیار علاقمندان قرار دهد.

۳-۶- انتقال انرژی در مواد نیمه هادی

مواد نیمه هادی که از جنس کریستال می باشند از نظر هدایت الکتریکی، حد واسط دو نوع موادی هستند که یکی دارای هدایت الکتریکی بالا و دیگری بدون هدایت الکتریکی می باشد.

فلزات از جمله موادی هستند که به دلیل دارا بودن الکترون آزاد به راحتی قادر به عبور جریان الکتریکی از داخل خود می باشند.

هنگامی که دو سر یک فلز را به یک منبع تغذیه متصل کنیم، مشاهده می شود که جریان الکتریکی از داخل آن عبور می کند. همین امر باعث شده است که تمامی خطوط انتقال انرژی الکتریکی از جنس فلزات تهیه شود. اساساً فلزات دارای هدایت الکتریکی متفاوتی می باشند. مثلاً فلز نقره ضریب هدایت الکتریکی بیشتری نسبت به فلز مس دارد.

مواد دیگر مانند عایق ها به دلیل نداشتن الکترون آزاد و وابستگی شدید الکترون های موجود به اتمف امکان حرکت آزادانه برای الکترون میسر نمی باشد، لذا هنگام اتصال این مواد(چوب، پلاستیک) به یک منبع تغذیه، شاهد هیچگونه جریان الکتریکی از داخل آن نمی باشیم.

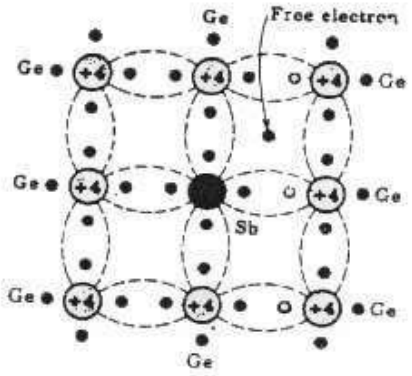
با این توضیح، واد نیمه هادی به جهت وابستگی الکترون به اتم، یک حالت بینابین این دو گروه از مواد را دارا می باشند. به عبارت دیگر الکترون های لایه خارجی معمولاً به اتم متصل می باشند اما یک جریان الکتریکی ضعیف که نشانه یک هدایت الکتریکی است از میان آن قابل گذر می باشد.

مهمترین و معروفترین مواد نیمه هادی، سیلیکون و ژرمانیوم می باشند که کاربردهای فراوانی در ساخت قطعات نیمه هادی (الکترونیکی) مانند یکسو کننده ها، ترانزیستورها داشته و دارند. این دو ماده اگرچه در ساخت لیزرها بکار گرفته نمی شوند اما، مواد دیگری از همین خانواده مانند گالیم و آرسنیک با عدد اتمی ۳۱ و ۳۳ کاربردهای فراوانی در ساخت دیود لیزر دارند.

مواد نیمه هادی مانند سیلیکون به جهت ساختمان اتمی دارای ۴ الکترون در آخرین تراز انرژی خود می باشند. هنگامی که این اتم ها در کنار یکدیگر قرار می گیرند، هر یک از آنها با ۴ اتم دیگر سیلیکون که یک الکترون

خود را با اتم مرکزی به اشتراک گذاشته است یک پیوند کووالانس تشکیل داده و تمامی ظرفیت الکترونی مدار خارجی اتم سیلیکون که با ۸ الکترون پر می شود، تکمیل می کند. شکل (۳-۲)

در یک شبکه کریستالی می توان تصور نمود که اشتراک گذاری الکترون به طور یکنواخت ادامه دارد. این فرآیند نشان می دهد که اتم سیلیکون با پر شدن الکترون های آخرین تراز خود فاقد هر گونه الکترون آزاد خواهد بود. لذا در یک کریستال خالص سیلیکون (نیمه هادی) هدایت الکتریکی امکان پذیر نیست. از آنجا که وابستگی الکترون ها در آخرین تراز به اتم بسیار قوی نمی باشد(در مقایسه با مواد عایق) با دادن مقداری انرژی به سیستم اتمی، شاهد یک جریان الکتریکی ضعیف خواهیم بود. از سوی دیگر مواد نیمه هادی خالص دارای یک مقاومت الکتریکی قوی در دمای پائین و نیز مقاومت الکتریکی ضعیف در دمای بالا می باشند.

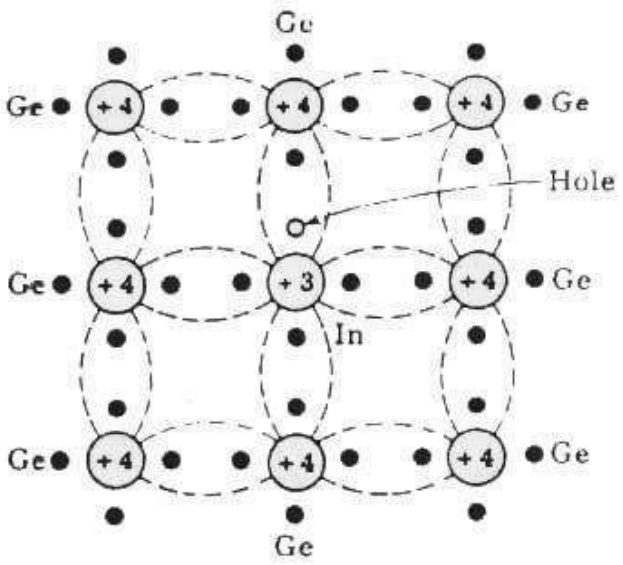


شکل ۳-۲- ساختمان اتمی کریستال ژرمانیوم

اینک اگر مقداری ناخالصی (یک نوع ماده نیمه هادی) به کریستال خالص اضافه کنیم به گونه ای که کریستال خاص قبلی دارای بارهای آزاد شود قدر مسلم بر میزان هدایت الکتریکی کریستال افزوده می شود. جهت انجام این عمل از روش زیر استفاده می شود.

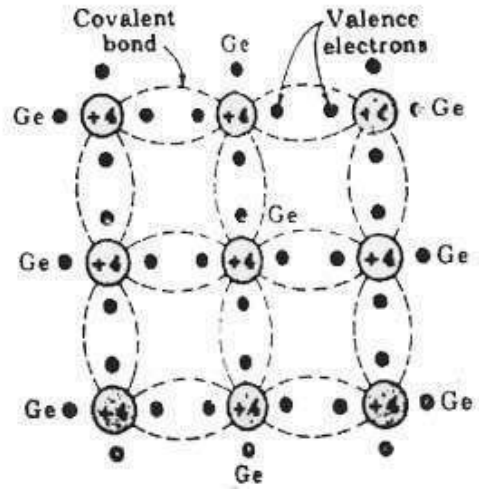
در هنگام رشد کریستالی مانند گالیم آرسنیک GaAs، ساختمان الکترونی گالیم به گونه ای است که دارای ۳ الکترون و نیز آرسنیک دارای پنج الکترون در لایه الکترونی خود می باشند. به عبارت دیگر به طور میانگین یک ترکیب از GaAs دارای ۸ الکترون در آخرین مدار الکترونی خود دارا می باشد.

حال اگر به این مجموعه یک عنصر سومی مانند فلز روی که داای دو الکترون در مدار خارجی خود است اضـافه نمائیم، در بخشی از شبکه کریستالی، هنگامی که اتم فلز روی در کنار اتم های ارسنیک قـرار مـی گیـرد دچـار کمبود یک الکترون خواهد بود. اصطلاحاً این نبود الکترون در شبکه کریستالی تشکیل یک حفره می دهد که بار الکتریکی آن مثبت (Positive) و با علامت P نمایش داده می شود. به جهت قراردادی این گونه مواد نیمه هادی را نمونه P می نامند.



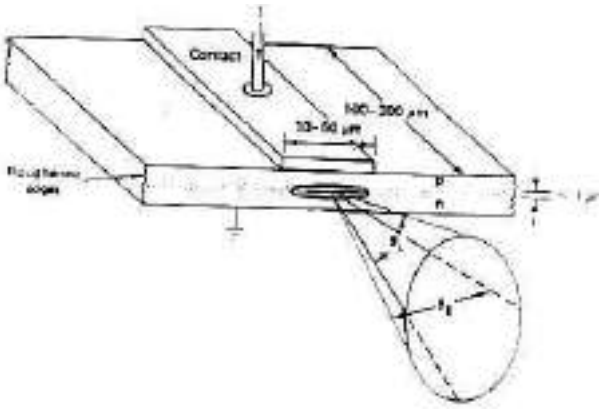
شکل ۳-۳- شبکه کریستالی ژرمانیوم با عنصر ناخالص (اتم ایندیوم)

در حالت دیگر اگر به ترکیب GaAs، مقدار اندکی سلنیوم که دارای ۶ الکترون در مقدار خارجی خود می باشد در شبکه کریستالی در کنار گالیم نشانده شود، این بار آرایش مدار الکترونی با یک الکترون اضافی مواجه خواهد بود. این الکترون اضافی به جهت بار الکتریکی دارای بار منفی است، لذا این گونه نیمه هادی را اصطلاحاً مدل N (Negative) می نمایند.



شکل ۳-۴- شبکه کریستالی ژرمانیوم با عنصر ناخالص (انتیموان)

در هر دو نیمه هادی مدل N,P حفره ها و الکترون ها به عنوان حامل بارهای الکتریکی در برابر یک جریان الکتریکی نقش آفرینی خواهند کرد. حال اگر لایه ای از همین ۲ نیمه هادی ناخالص و N,P در کنار یکدیگر قرار بگیرد، تشکیل یک حفت P-N را می دهد. لذا در یک طرف این جفت شدگی حفره ها حاملهای الکتریکی و در طرف دیگر الکترون ها خواهند بود .



شکل ۳-۵- جفت شدگی دو ناحیه N,P در یک دیود لیزر

چنین قطعه نیمه هادی را اصطلاحاً دیود می گویند. اگر یک دیود به یک منبع تغذیه مستقیم متصل شود در یک جهت جریان الکتریکی از آن عبور می کند و در جهت یدگر به عنوان یک مقاومت بزرگ عمل می کند و جریانی از آن عبور نخواهد کرد.

هنگامی که طرف مثبت منبع تغذیه به لایه P^+ نیمه هادی و طرف منفی منبع تغذیه به طرف N^+ نیمه هادی متصل شود، چگالی حاملهای بار حفره و الکترون در هر دو لایه N , P افزایش چشمگیری خواهد داشت. حفره ها از طرف لایه P به طرف لایه N حرکت کرده و الکترون ها از لایه N به طرف لایه P حرکت خواهند کرد. در برخورد این دو لایه با یکدیگر مقدار زیادی از حفره ها توسط الکترون ها پر می شوند که این امر سبب کاهش ناحیه جفت شدگی خواهد شد. حال اگر نحوه اصتال دیود به گونه ای باشد که یک جریان معکوس نسبت به حالت اول برقرار شود، الکترون ها و حفره ها از یکدیگر جدا شده، لذا شاهد عبور جریان الکتریکی نخواهیم بود. در این حالت ناحیه جفت شدگی به میزان قابل توجهی افزایش پیدا می کند.

۳-۷- نحوه ساخت یک دیود لیزر

شکل (۳-۱) نمای ساده یک لیزر دیودی از نوع GaAs را نشان می دهد. ابتدا لایه های کریستال GaAs به روش های مختلفی رشد داده شده و سپس در قطعات مکعبی کوچک برش داده می شوند.(از یک سطح GaAs به اندازه چند سانتی متر مربع بعد از عمل برش صدها دیود لیزر تولید می شود). آنگاه لبه های GaAs مکعبی

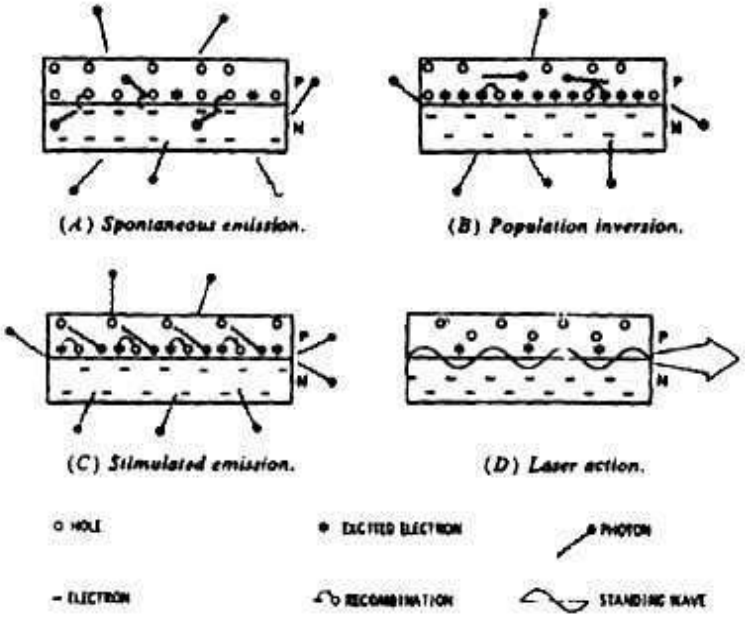
شکل کاملاً پولیش داده شده، سپس اتصالات فلزی به بالا و پائین دیود لیزر نصب می شود، که در اتصال به منبع تغذیه یک جریان الکتریکی از سطح عمود بر دو لایه عبور داده شود. همانگونه که ملاظحه می شود ۲ لایه GaAs از نوع N و P تشکیل یک ساندویچ را می دهد.

نکته ای که باید به آن توجه شود این است که چگونه می توان از این شرایط کریستالی استفاده کرد تا یک کاواک لیزر ایجاد نمود. همانگونه که می دانیم فوتون های حاصله از ماده فعال لیزر باید داخل کاواک و مابین دو آئینه عمل رفت و برگشت، که تقویت نشر برانگیخته را به همراه دارد، انجام دهند.

برای اینکه این امر تحق پیدا کند باید از فیزیک پایه نیز کمک گرفت. بنابر یک اصل فیزیک نور، هنگامی که ۲ ماده با ضریب شکست های مختلف در کنار یکدیگر قرار می گیرند، نور در حین عبور از یک ماده با ضریب شکست n_1 به ماده یدگر با ضریب شکست n_2، با پدیده انعکاس (در مرز این دو محیط) مواجه خواهد شد. میزان ضریب انعکاس به طریق زیر محاسبه می شود.

$$R = \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1}$$

حال اگر همین الگو را در مورد یک لیزر نیمه هادی پیاده کنیک متوجه می شویم که هنگامی که یک جریان الکتریکی از داخل لایه های N , P عبور پیدا می کند از ترکیبات حاصله از جفت شدگی الکترون ها و حفره ها که در سطح های تماس ۲ لایه ایجاد می شود، فوتونهای بیشماری تولید می شود(نشر برانگیخته). محور حرکت این فوتون ها عمود بر جهت جریان الکتریکی خواهد بود. شکل (۳-۶)



شکل ۳-۶- مراحل ایجاد پرتو لیزر در یک دیود لیزر

هنگامی که فوتون های ایجاد شده در لایه ساندویچ نیمه هادی قصد خروج از این محیط را دارند، باید ضریب شکست محیط خارجی دیگری را تحمل کنند. برای موادی مانند GaAs ضریب شکست حدود ۳/۶ می باشد. فوتون ها هنگام خارج شدن از محیط نیمه هادی به محیط خارج (هوا)، ضریب شکست دیگری را تجربه خواهند کرد(ضریب شکست هوا حدوداً برابر ۱ می باشد).

لذا فوتون ها طبق اصل فیزیکی بیان شده بالا، در ناحیه تماس هوا و نیمه هادی در حقیقت به یک محیط آئینه-ای برخورد می کنند که ضریب انعکاس آن برابر

$$R = \frac{n_2 - n_1}{`n_2 + n_1} = \frac{3/6 - 1}{3/6 + 1} = 56\%$$

خواهد بود. همین پدیده انتهای دیگر ساندویچ نیمه هادی برقرار خواهد بود.

از آنجا که راندمان تقویت لیزرهای دیودی در مقایسه با یدگر لیزرها بسیار بالا یم باشد (حدود ۴۰٪ ۳۰-٪)، لذا همین مقدار ضریب انعکاس کافی است که دو انتهای ساندویچ به تنهایی نقش دو آئینه کاواک لیزر را ایفا نمایند. وجود دو آئینه به همراه محیط تولید فوتون های نشر برانگیخته، ایجاد پرتو لیزر را به همراه دارد.

امروزه سازندگان لیزرهای دیودی سعی می کنند با نشاندن لایه های دی الکتریکی در ابتدا و انتهای ساندویچ نیمه هادی، بر میزان ضریب انعکاس آئینه ها بیفزایند.

حال با ایجاد کاواک لیزر، فوتون های نشر برانگیخته در عمل رفت و برگشت داخل ساندویچ به آئینه ها برخورد نموده و عمل تقویت نور صورت می پذیرد شکل (۳-۶).

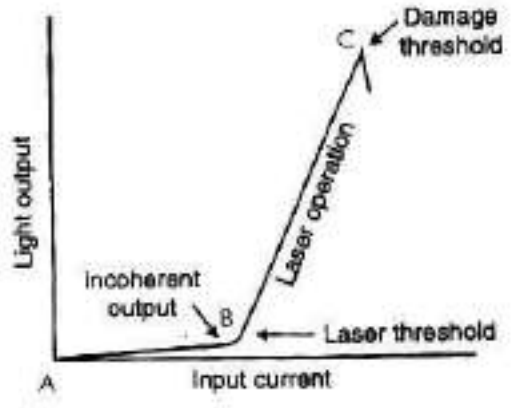
هنگامی که ضریب عبور یکی از دو انتهای دیود لیزر بیش از طرف مقابل باشد پرتو لیزر براحتی از آن خارج خواهد شد که مورد استفاده کاربردی قرار گیرد.

میزان قدرت پرتو خروجی لیزر محدود به بهره لیزر می باشد. به عبارت دیگر هر میزان که سطح تماس در ناحیه نیمه هادی N,P بزرگتر باشد، شاهد توان خروجی بالاتری از لیزر دیود خواهیم بود. در این خصوص در بخش های بعدی توضیح بیشتری ارائه خواهد شد.

۳-۸- شرایط آستانه

با نگاهی به نسبت توان پرتو خروجی دیود لیزر به جریان عبوری از آن پی می بریم که دیود لیزر، دارای ۲ رفتار متفاوت در ۲ ناحیه می باشد.

همانگونه که در شکل (۳-۷) مشاهده می شود، ابتدا هنگام عبور جریان الکتریکی از داخل لایه های نیمه هادی توان خروجی لیزر بسیار اندک می باشد. به عبارت دیگر بهره کار پائین است. از نقطه B به بعد هنگامی که جریان افزایش پیدا می کند توان خروجی ناگهان شدت فراوانی پیدا می کند. مشخصه توان خروجی نسبت به جریان الکتریکی نشان می دهد که در ناحیه AB توان پرتو خروجی کم و اکثر جریان الکتریکی در داخل نیمه هادی به حرارت تبدیل می شود. پرتو نشر یافته در این ناحیه از نوع نشر خودبخودی است.



شکل ۳-۷- منحنی تغییرات جریان الکتریکی در برابر توان خروجی دیود لیزر

در ناحیه BC پرتو نشر یافته در حقیقت لیزر می باشد و اکثر جریان الکتری به فوتون تبدیل می شود. شیب این منحنی نشان می دهد که بهره لیزر بین ۴۰٪-۳۰٪ می باشد. به عبارت دیگر ۶۰٪ از توان ورودی لیزر صرف تلفات داخلی خواهد شد.

امروزه متخصصان و مهندسین این بخش از تکنولوژی، تمامی تلاش خود را معطوف این مطلب نموده اند که ضمن افزایش بهره لیزر، میزان جریان آستانه را کاهش دهند. با این روش کارآیی لیزر افزایش چشمگیری پیدا خواهد کرد.

۳-۹- ساختمان داخلی دیود لیزر

همانگونه که در مطالب گذشته بیان شد، دیود لیزر باید دارای حداقل ۳ لایه مختلف است که نشان دهنده ۳ناحیه متفاوت می باشند. این ۳ ناحیه عبارتند از ناحیه N,P و اتصال. امروزه برای افزایش توان خروجی لیزر و نیز براحتی کار کردن آن در دمای اطاق از مواد نیمه هادی مختلف با ساختارهای پیچیده استفاده می شود که در این حالت تعداد لایه ها گاهی به ۱۰-۸ لایه می رسد.

ابعاد این گونه دیودها بسیار کوچک و در حدود ۳۰۰M-۵۰۰ M می باشد. ناحیه ای که در ان لیزر صورت می گیرد دارای ابعادی در حدود ۳×۱۰ M می باشد. کوچکی ناحیه نشر دهنده سبب می شود شدت پرتو لیزر در آن ناحیه بسیار بالا باشد. به همین منظور اکثر اوقات شدت بالا سبب تخریب آئینه جلویی لیزر می شود.

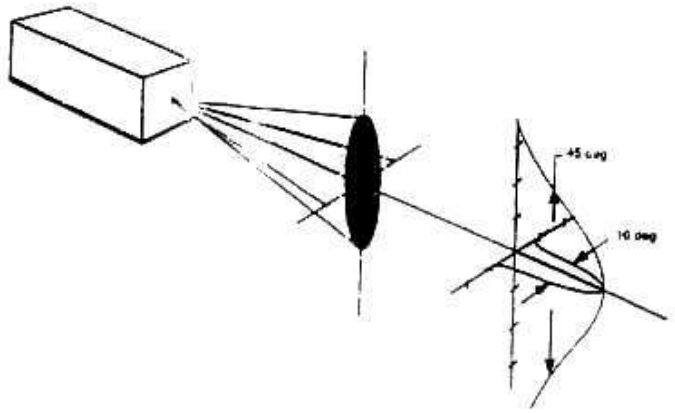
اتصالات فلزی روی نواحی N,P دیود لیزرها، هنگام کار هر یک به پلاریته مثبت و منفی منبع تغذیه متصل می شوند. میزان ولتاژ اعمال شده بر روی دیودها بستگی به میزان توان خروجی آن دارد که معمولاً این مقدار ولتاژ برابر ۵V-۲ برابر دیودهایی که به صورت روزمره مورد استفاده قرر می گیرند، می باشد.

۳-۱۰- میزان واگرایی و اندازه پرتو

همانگونه که از اصول اولیه فیزیک لیزر می دانیم میزان واگرایی پرتو لیزر نسبت عکس با اندازه ناحیه نشر دهنده دارد. به عبارت دیگر هر میزان که اندازه ناحیه نشر دهنده کوچکتر باشد، میزان واگرایی افزایش پیدا می کند.

همانگونه که در قسمت قبلی بیان شد، اندازه ناحیه نشر دهنده برای یک دیود لیزر در حدود M ۱۰×۳ می باشد. به عبارت دیگر شکل پرتو لیزر بر روی آئینه جلویی اسیلاتوراپتیکی (کاواک لیزر) مانند یک مستطیل به ابعاد M ۱۰×۳ می باشد (اندازه عرض و طول مستطیل به ترتیب برابر با ۳M و ۱۰M خواهد بود).

با توجه به رابطه بالا میزان واگرایی در این گونه لیزرها در مقایسه با لیزرهای گازی که معمولاً دارای مقطعی دایره ای و اندازه ای در حدود چند میلی متر هستند بسیار بیشتر خواهد بود. شکل (۳-۸) میزان واگرایی یک نمونه از دیود لیزرها را نشان می دهد. همانگونه که در این شکل مشاهده می شود میزان واگرایی لیزر در دو محور افقی و عمودی کاملاً با یکدیگر فرق می کند. از آنجاکه عرض پرتو لیزر کمتر از طول آن می باشد، به ناچار همین نسبت میزان واگرایی در محور عمودی بیشتر از محور افقی است. به ناچار شکل توزیع توان خروجی دیود لیزر مانند یک بیضی می باشد(برخلاف دیگر لیزرهای گازی که توزیع توان خروجی دایره ای است). ای امر یکی از نواقص ذاتی دیود لیزر در مقایسه با دیگر لیزرهای ساخته شده می باشد. لذا تلاش فراوانی باید بعمل آورد که ضمن کاهش واگرایی، شکل توزیع انرژی پرتو لیزر نزدیک به دایره شود.



شکل ۳-۸- نمونه ای از واگرایی نامتقارن دیود لیزر

با نگاهی ساده به یک لیزر گازی مانند لیزر He-Ne می توان پی برد که اندازه آئینه های این لیزر چند هزار برابر طول موج بینایی لیزر می باشد.

برای نمونه به مثال زیر توجه کنید.

مثال (۱): طول موج لیزر He-Ne در ناحیه بینائی (قرمز) برابر ۶۳۰nm است و قطر آینه این لیزر حدوداً ۷ میلی متر می باشد، لذا:

$$R=\frac{\text{قطر}}{\text{طول موج}}$$

$$R=\frac{7mm}{630nm}=\frac{7\times10^{-3}}{630\times10^{-9}}=10000$$

در یک دیود لیزر با طول موج ۸۰۰nm ابعاد آینه لیزر در حدود ۰M×۳M است.

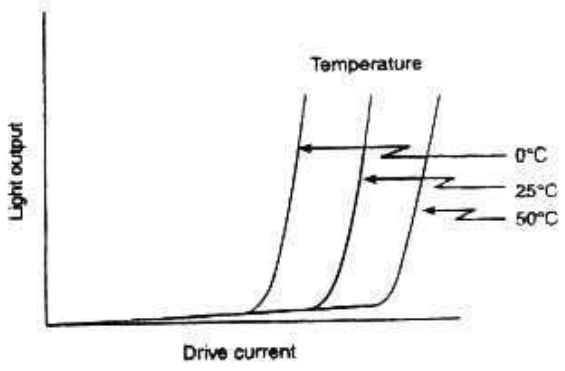
$$R_1=\frac{3\times10^{-6}}{0/8\times10^{-6}}\approx5 \qquad R_2=\frac{10\times10^{-6}}{0/8\times10^{-6}}=23$$

همانگونه که مشاهده می شود، این نسبت در مقایسه با دیگر لیزرها به میزان فراوانی کاهش یافته است. به همین جهت میزان واگرایی در دیود لیزر افزایش چشمگیری پیدا می کند. میزان واگرایی دیود لیزر در دو محور افقی و عمودی به ترتیب برابر با ۱۰ و ۴۵ درجه خواهد بود.

این در حالی است که میزان واگرایی برای یک لیزر He-Ne آزمایشگاهی برابر با ۰/۱۰ درجه می باشد.

۳-۱۱- وابستگی درجه حرارت به توان خروجی

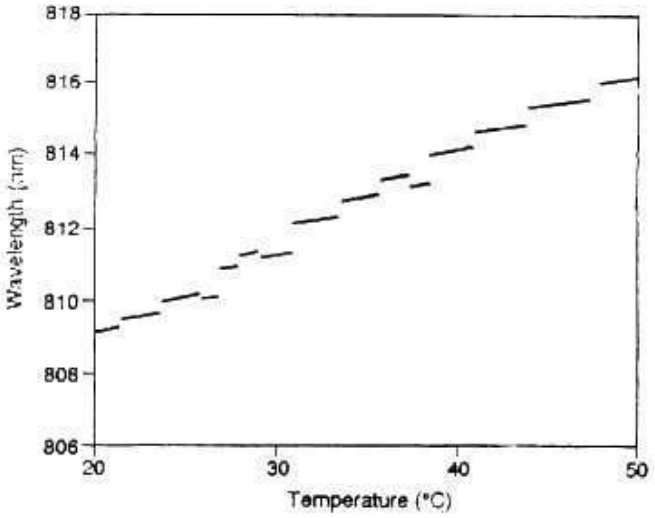
کوچک بودن ابعاد لیزرهای دیود سبب می شود که آنها در برابر تغییر درجه حرارت رفتارهای نسبتاً متفاوتی از خود نشان دهند. این تغییر اکثراً با افزایش شرایط آستانه و نیز تغییر طول موج خروجی لیزر همراه می باشد. در درجه حرارت پائین (در حدود ۲۴۰- درجه سانتی گراد) تغییر چگالی جریان دیود لیزر نسبتاً ثابت می باشد. اما هنگامی که درجه حرارت به ۱۷۰- درجه سانتی گراد افزایش پیدا می کند، ناگهان چگالی جریان (میزان جریان الکتریکی از یک مقطع $1\times1cm^2$ عبور می کند) افزایش خواهد یافت. تحقیقات نشان می دهد میزان چگالی جریان در دیود لیزر GaAs در درجه حرارت پائین ۲۰۰C-، در حدود یک دهم در مقایسه با درجه حرارت ۲۷C می باشد.



شکل ۳-۹- تأثیر حرارت بر رفتار الکتریکی دیود لیزر

به همین خاطر بسیار با اهمیت است که دیود لیزر راحتی المقدور سرد نگه داشت. در طراحی و ساخت لیزرهای تجاری با قدرت پائین (۲۰mW-۱) از بدنه لیزر به عنوان Colling System استفاده می شود، اما در توان های بالاتر نیازمند بکارگیری خنک کننده (heat sink) می باشیم. نکته دیگر در پایداری لیزر، ثابت نگه داشتن طول موج خروجی می باشد. همانگونه که از شکل (۳-۱۰-) مشاهده می شود با افزایش درجه حرارت، طول موج

خروجی لیزر دچار تغییر می شود. این میزان تغییر در حدود درجه ۰/۳nm در هر درجه سانتی گراد است. به عبارت دیگر به ازای افزایش درجه حرارت به میزان ۱۰ درجه سانتی گراد، طول موج به میزان ۳nm تغییر می کند.



شکل ۳-۱۰- تغییرات طول موج در برابر حرات در دیود لیزر

پر واضح است که در بسیاری از کاربردهای دیود لیزر که نیازمند به طول موج ثابت می باشد، باید به طریقی دمای ساختمان لیزر را ثابت نگه داشت. یکی از روش های این مسئله، استفاده از Peltier و یا کولرهای خنک کننده است که در ابعاد کوچک ساخته و به بدنه لیزر متصل می شود. هنگامی که یک جریانی الکتریکی از داخل کولبر عبور پیدا می کند، سطح خارجی آن که در تماس با بدنه لیزر قرار گرفته است خنک شده، لذا به راحتی می توان حرارت موجود در داخل دیود لیزر را به خارج منتقل نمود تا دمای داخلی لیزر ثابت نگه داشته شود.

۳-۱۲- رفتار زمانی دیود لیزر

رفتار زمانی دیود لیزر به دو صورت پیوسته و پالس می باشد. در حالت پیوسته توان خروجی لیزر ثابت بوده و میزان فوتون های ایجاد شده در واحد زمان مقدار ثابتی می باشد. در حالت پالسی توان خروجی پرتو لیزر متناسب با شکل پالس الکتریکی اعمال شده بر روی دیود لیزر می باشد.

از آنجا که ماده اولیه دیودهای لیزر مواد نیمه هادی مانند سیلیکون، گالیم و آرسنیک بوده و نیز ضخامت لایه های رشد داده شده در حدود چند میکرون می باشد، لذا به راحتی می توان لیزرهای نیمه هادی را با فرکانس بالا حتی بیش از چند مگاهرتز وادار به لیز نمود. این عمل سبب می شود که پالسهای خروجی لیزر نیز مانند پالسهای الکتریکی اعمال شده بر روی آنها رفتاری مشابه داشته باشند، بدین نحو که در خروجی لیزر شاهد پالسهای با آهنگ تکرار بیش از چند مگاهرتز خواهیم بود. این ویژگی منحصر به فرد، بر توان کاربردی این گونه لیزرها افزوده است. به عنوان مثال، در مخابرات که نیازمند پالسهای نوری با چندین مگاهرتز و حتی گیگا هرتز می باشیم، دیود لیزر یکی و شاید تنها ترین کاندید در مخابرات لیزری محسوب می شود. پرتو خروجی چنین لیزرهایی از طریق فیبرهای نوری به شبکه های مخابراتی متصل می شود. همانگونه که قبلاً اشاره شد ابعاد دیود لیزرها در حد چند میکرون می باشد. با توجه به افزایش توان خروجی لیزرها می توان ابعاد آنها را تا چند میلی متر و یا سانتی متر افزایش داد. متصل نمودن دیود لیزر به یک منبع تغذیه چند ولتی با جریانی در حدود چند میلی آمپر می تواندف حرارت فراوانی در داخل دیود لیزر ایجاد نماید.

یکی از راههای مقابله با این حرارت مزاحم، ایجاد پالسهای بلند (در چند میلی ثانیه) با توان حداکثر نسبتاً بالا می باشد. این امر سبب می شود دیود لیزر در زمانهای کوتاه در حالت خاموش قرار گیرد که در این حالت بتواند حرارت ایجاد شده را به بیرون منتقل نماید. توان قله این لیزرها در حد چند کیلووات می باشد که کاربردهای فراوانی در امر صنعت و جوشکاری دارد.

امروزه لیزرهای ساخته شده دارای طول عمر بیش از ۲۰۰۰۰ ساعت می باشند. این در حالی است که در چند سال گذشته عمر مفید این قبیل لیزرها به کمتر از یک ساعت می رسید. یک رابطه ساده فیزیک لیزر نشان می دهد که به ازای هر ۱۰C که دیود لیزر خنک شود عمر مفید لیزر به دو برابر افزایش پیدا می کند.

به این ترتیب منطقی است که از لیزرهایی استفاده شود که دارای خنک کننده های مینیاتوری بر روی بدنه لیزر می باشند.

دو عامل عمده که سبب کاهش عمر دیود لیزر می شوند، عبارتند از شوکهای الکتریکی و نیز الکتریسیته ساکن. وجود این دو عامل سبب می شود که ناگهان چگالی فوتون های داخل ساندویچ دیود زیاد شود. فتون های ایجاد شده در برخورد با سطوح خارجی دیود که نقش آئینه را ایفا می کنند سبب ذوب شدن و ایجاد ترک در سطوح میکرونی می شوند که در نهایت کاهش بهره لیزر را به همراه خواهد داشت. هنگامی که آئینه های لیزر دچار آسیب می شوند ادامه بکارگیری از لیزر سبب می شود که تمامی سطوح آئینه از بین رفته و هیچگونه پرتوی از لیزر خارج نشود. به همین خاطر خاموش کردن لیزر و یا کار کردن لیزر با توان های خروجی پائین یکی از راه حلهای جلوگیری از خسارتهای کلی به لیر است. بنابراین در ساخت منابع تغذیه دیود لیزرها باید توجه ویژه ای جهت حذف پالسهای الکتریکی ناخواسته (Spike) شود که میزان خسارت ناشی از آنها را به حداقل برساند.

متأسفانه بر خلاف دیگر لیزرها، امکان تعمیر و یا تعویض آئینه دیود لیزر میسر نمی‌باشد به همین خاطر هیچگونه اقدامی در جهت تعمیر دیود لیزرها نمی توان بعمل آورد. لذا در صورت خسارت کلی تنها راه حل ممکن، تعویض دیود لیزر با یک نمونه جدید می باشد.

۳-۱۳- نحوه موازی کردن پرتو لیزر

همانگونه که در بالا اشاره شد توزیع شدت ناشی از یک دیود لیزر به صورت نامتقارن و شبیه به یک بیضی می باشد. دیگر آن که میزان واگرایی آن در مقایسه با دیگر لیزرها بسیار بیشتر است. از آنجا که جهت بکارگیری پرتو لیزر نیازمند یک پرتو متقارن با واگرایی کم می باشیم لازم است از یک مدل اپتیکی مناسب جهت موازی نمودن پرتو دیود لیزر استفاده نمائیم.

یکی از این روشها بکارگیری چندین عدسی با فاصله کانونی کم می باشد. هنگامی که این عدسیها در کنار یکدیگر قرار می گیرند باعث کاهش واگرایی پرتو لیزر به مقدار قابل توجهی می شوند. از آنجا که واگرایی پرتو دیود لیزر در دو محور y,x با یکدیگر فرق می کندف با قرار دادن این مجموعه عدسی در جلوی پرتو لیزر شکل خروجی پرتو لیزر نزدیک به دایره خواهد شد (شکل ۳-۱۱).

از آنجا که در اکثر درمانهای لیزرتراپی از دیود لیزرهای متفاوتی استفاده می شود، لذا هنگامی بکارگیری آنها نیاز چندانی به متقارن بودن پرتو لیزر نمی باشد. حتی در پاره ای از کاربردهای لیزر تراپی که نیازمند تابش دهی بخش وسیعی از پوست می باشیم، تعداد زیادی از این دیودها در کنار یکدیگر قرار می گیرند که سطحی در حدود ۳×۵cm یا حتی بیشتر را پوشش دهند. در این گونه کاربردهای لیزرتراپی هیچگونه مجموعه اپتیکی در جلوی دیود لیزر قرار نگرفته است، لذا پرتو لیزر مستقیماً از لیزر خارج شده و با واگرایی فراوان به روی پوست تابیده می شود.

اگر نیازمند یک پرتو لیزر با توزیع شدت متقارن می باشیم در این صورت نیازمند یک مجموعه اپتیکی هستیم که قادر باشد به طول مستقل در جهت y,x پرتو خروجی دیود لیزر را موازی نماید. یکی از ساده ترین روشهای موجود بکارگیری دو عدد عدسی استوانه ای با فاصله کانونی مختلف می باشد. یکی از خواص عدسی استوانه ای این است که دارای فاصله کانونی در یکی از محورهای y,x می باشد. لذا هنگامی که دو عدسی استوانه ای عمود بر یکدیگر در برابر پرتو لیزر قرار بگیرند به راحتی می توانند پرتو لیزر را تا حدود قابل توجهی به یک باریکه موازی تبدیل نمایند.

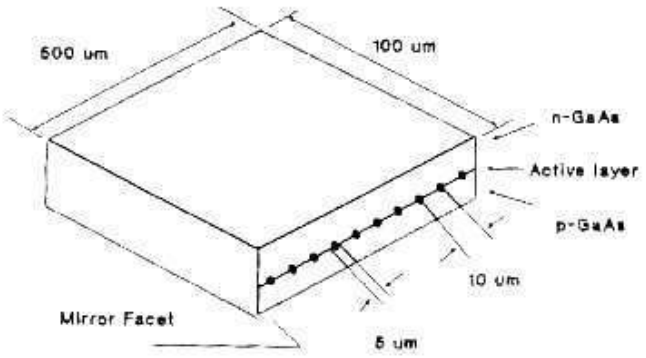
امروزه برنامه های کامپیوتری مناسبی جهت انجام این کار بکار گرفته میشود و به راحتی می توان یک مجموعه اپتیکی مشخص برای هر دیود لیزر طراحی نمود.

۳-۱۴- انواع لیزر دیود

در یک تقسیم بندی کلی، دیود لیزرها به جهت میزان قدرت خروجی خود به ۳ بخش عمده تقسیم می شوند:

۱-Single Stripe- در این نوع دیود لیزر که در حقیقت اولین نوع لیزرهای طراحی شده می باشد، ناحیه نش دهنده پرتو لیزر به یک منطقه کوچک که حداکثر ابعادی در حد ۳×۱۰M دارد، خلاصه می شود. توان خروجی این گونه لیزرها با توجه به توسعه تکنولوژی ساخت لیزرها در حال افزایش می باشد. در شرایط حاضر می توان لیزرهایی با قدرت خروجی ۱W به صورت پیوسته از این گونه لیزرها تهیه نمود.

۲- Laser Array- یکی از راه حلهای مطمئن جهت افزایش توان خروجی لیزر، بکارگیری آرایش Laser Array می باشد. در این نوع لیزرها تعداد فراوانی لیزرهای Single stripe در کنار یکدیگر و با فاصله های مشخص قرار گرفته اند. در این گونه لیزرها ضخامت لایه نشر دهنده پرتو لیزر همچنان ۳M می باشد اما طول آن گاهی به بیش از چند میلی متر افزایش پیدا می کند.



شکل ۳-۱۱- نمای ساده یک دیود لیزر Array

۳- هنگامی که لیزرهای Array در کنار یکدیگر و در دو محور x,y چیده شوند، تشکیل Diode-Bar را می دهند. این روش سبب می شود که توان خروجی دیود لیزرها به حداکثر میزان خود افزایش پیدا کنند. ابعاد Diode-Bar در حدود ۱×۱cm خواهد بود. کاملاً واضح است که تبدیل پرتو خروجی این گونه لیزرها به یک پرتو متقارن کاری پیچیده و مشکل می باشد.

از آنجا که اکثر دستگاه های لیزر تراپی نیاز به توان های پائین و یا شدت کم دارند، لذا تنها لیزرهای Single Stipe و نهایتاً Array بکار گرفته می شوند. باید توجه نمود که در لیزر تراپی نیازمند پرتویی با شدت کم می باشیم، لذا هیچکدام از لیزرهای Array بکار گرفته شده در لیزر تراپی دارای سیستم اپتیکی که خاصیت آنها ایجاد پرتو متقارن و موازی است، نمی باشند. جالب اینکه بکارگیری لیزرهای Array با قدرت خروجی ۸۰ وات (قدرت قله) در لیزر تراپی امری عادی و متداول است. اما با لیزرهای جراحی پزشک قادر است با بکارگیری لیزر با قدرت خروجی۲۰W به راحتی بخشهایی از بافت را برش دهد. شدت پرتو لیزر در لیزرهای جراحی به مراتب بیش از لیزر تراپی می باشد.

در مقایسه دو حالت فوق پی می بریم که اگرچه توان خروجی لیزر تراپی ۴ برابر لیزر جراحی است اماف پرتو آن کوچکترین اثر تخریبی بر روی بافت ندارد. علت آن پایین بودن توان متوسط و نیز واگرایی فراوان پرتو نور است، که کاهش شدید شدت پرتو را به هرماه خواهد داشت .

بناراین پرتو خروجی دیود لیزر بخاطر نداشتن یک سیستم اپتیکی متمرکز کننده بلافاصله با واگرایی زیاد از لیزر خارج می شود. توزیع توان لیزر در ابعادی در حد ۵×۵ cm شدت توان خروجی را به شدت کاهش داده، به گونه ای که در فاصله ۲ cm از پرتو لیزر شدت حاصله از یک دستگاه لیزر تراپی با قدرت ۸۰ W به مراتب کمتر از شدت ناشی از یک لیزر Pointer با قدرت خروجی ۲mW می باشد.

۳-۱۵- لیزر تراپی

با شنیدن کلمه لیزر اولین تصوری که از آن در ذهن اکثر افراد پدید خواهد آمد، بروز جنگ ستارگان و نیز لیزر به عنوان یک وسیله مخرب و نابود کننده است. عده ای نیز گمان می کنند که لیزر یک نور جادویی و خارق العاده ای است که مانند یک شمشیر برنده صرفاً جهت کشتار و نابود سازی بکار گرفته می شود.

ابتدا باید به این نکته توجه نمود که لیزر یک وسیله نیست، بلکه یک پدیده است. لیزر که از حروف اول پنج کلمه Light Amplification by the Simulated Emission of Radiation است به معنای تقویت نور نشر برانگیخته است. با توجه به کاربردهای فراوان و گسترده ای که لیزر از خود نشان می دهد ولی، اصول اولیه ای که سبب ایجاد این پدیده می شود بسیار ساده اما، در حین حال پراهمیت است.

پرتو لیزر دارای ویژگیهای منحصر بفردی خواهد بود که در هیچ منبع نوری دیگری قابل مشاهده نمی باشد. ویژگیهای عمده پرتو لیزر عبارتند از تک فامی، همدوسی، و واگرایی اندک. هر یک و یا ترکیبی از این ویژگیها می تواند کاربردهای منحصر بفردی را برای لیزر فراهم کند. گستردگی این کاربردها به گونه ای است که کمتر رشته ای را می توان یافت که بنحوی بطور مستقیم و یا غیر مستقیم با لیزر مرتبط نباشد.

کاربرد پرتو لیزر در زمینه پزشکی زمینه های مختلفی دارد که در یک تقسیم بندی، موارد زیر را می توان نام برد.

۱- بکارگیری لیزر به عنوان چاقوی جراحی

۲- بکارگیری لیزر به عنوان وسیله تشخیص

۳- بکارگیری لیزر به عنوان روش تسکین و درمان

گستردگی و فراوانی کاربردهای لیزر بیشتر مدیون پهنه بینابی، طول موج های آن، ویژگیها و خواص پرتو لیزر و نیز توان خروجی قابل تنظیم آن می باشد. از آنجا که هر یک از مواد فعال بکار گرفته شده در لیزر قادرند یک و یا چند طول موج مشخص را تولید کنند لذا، هر یک از آنها با توجه به خصوصیات لیزر مانند توان خروجی، رفتار زمانی، کوچکی و یا بزرگی پرتو لیزر می توانند یک کاربرد مشخص پزشکی را به همراه داشته باشند.

به عنوان مثال، وسیله ای مانند لیزر گاز کربنیک یک کاندید مناسب به عنوان چاقوی جراحی است، اما این لیزر وسیله مناسبی برای تشخیص بیماری نمی باشد.

به هر ترتیب آنچه که در این بخش تأکید بیشتری را بر آن معطوف نموده ایم، بکارگیری لیزر به عنوان تسکین درد و درمان بیماری بدون استفاده از داروهای پزشکی است. این نحوه درمان را در فرهنگ پزشکی اصطلاحاً لیزر تراپی و این نوع لیزرها را لیزرهای کم توان و یا لیزرهای با شدت پائین می نامند.

اغراق نیست اگر گفته شود که بکارگیری این نوع لیزرها در بسیاری از موارد درمان، سبب شده است که بیمار نیازی به عمل جراحی نداشته باشد. به همین خاطر عده ای از پزشکان و متخصصین، از لیزرهای تراپی با نام چراغ علاء الدین نام می برند که غول داخل چراغ قادر است هر درمان ناممکنی را در اندک زمانی ممکن سازد.

لیزرتراپی مدرن ترین کاربرد لیزر در پزشکی است که ظرف یک دهه اخیر گسترش فراوانی در اکثر نقاط دنیا داشته است. این روش درمان معمولاً به نام های LPLT (Low Power laser Therapy) و (Low level Laser Therapy) LLLT نامیده می شود.

لیزرهای مورد استفاده در این روش را Soft Laser می نامند. این عبارت در مقابل Hard Laser بکار رفته است که بیشتر جراحی با لیزر را شامل شده است. پرواضح است که لیزرهای Soft قدرت تخریبی جهت تبخیر، و یا عمل برش بر روی بافت را به هیچ وجه ندارند.

برای این نوع لیزرها نام های دیگری مانند Low Energy Laser و یا Low Reactive Level Laser نیز بکار رفته است. از آنجا که انرژی منتقل شده از طریق لیزر به بافت، حاصل ضرب توان خروجی لیزر در مدت زمان درمان است لذا، این گونه لیزرها در مدت زمان طولانی قادرند انرژی زیادی را از خود نشر دهند. این مکانیزم تعریف جدید تری به ذهن متبادر می کند که بسیاری از پزشکانی که در این زمینه فعالیت می کنند عبارتی

مانند Photobiomodulation laser و یا Photobiostimulation laser را برای این دسته از لیزرهـای کـم تـوان استفاده نمایند.

بنابراین آنچه که اهمیت فراوانی دارد این است که این روش درمان از بکارگیری بر همکنش نور با بافت حاصـل شده است. و هر نام و یا واژه ای که برای این روش انتخاب می شود از اهمیت نقش فوتون و یا نور برای درمـان خبر می دهد. سالهای متمادی است که نیاکان و اجداد ما به اهمیت نور خورشید در درمان بیاری از بیماریها پی برده اند. روش LLLT در حقیقت مدل پیشرفته همان روش سنتی است کـه قابلیـت هـای فراوانـی را بـه خـود اختصاص داده است. اهمیت فوتون در درمان بیماریها بقدری جالب و جذاب بود که در فیلم های علمی تخیلـی از این روش به طور مکرر استفاده شده است. با نگاهی گذرا به اولین سـریال فـیلم پیشـتازان فضـا (Star Trek) متوجه می شویم که چگونه هنر پیشه های اصلی فیلم در زمانی که دچار جراحات پوستی می شدند با قـرار داد ناحیه زخم زیر یک نور شدید و بدون استفاده از دارو بطور سریع بهبود می یافتند. اگرچه تا چند دهه قبل ایـن روش تخیلی و سرگرم کننده می بود اما امروزه در درمان بسیاری از بیماریها از لیزر به عنوان یک نور معجزه گر (ماند فیلم پیشتاازن فضا) استفاده می شود. رشد فزاینده و سریع این روش در حوزه های مختلف پزشـکی ایـن ایده و فکر را فراهم نموده است که در فرآینده ای نه چندان دور این روش درمان را افراد عادی نیز بـا نظـارت و هماهنگی پزشک معالج خود، بتوانند در منزل انجام دهند. با تحقیق عملـی ایـن تفکـر گـامی عظـیم در زمینـه بکارگیری لیزر فراهم خواهد شد.

۳-۱۶- فیزیولوژی بافت و لیزر

همانطور که در بالا اشاره شد نکته کلیدی در روش لیزر تراپی، بکارگیری صحیح از فوتون و یـا نـور مـی باشـد. شاید باور کردنی نباشد اما بسیاری از ما تصور درست و صحیحی از فوتون نداریم. از آنجا که فوتـون یـک بسـته انرژی بدون جرم می باشد که با سرعت ۳۰۰/۰۰۰ کیلومتر در ثانیه در خلاء حرکت می کند لذا امکـان بـه تلـه انداختن آن جهت بررسی علمی کار بسیار دشواری خواهد بود. برای راحتی و فهم دقیـق تـر از فوتـون آن را بـا مدل سازی، مانند یک موج الکترو مغناطیس در نظر می گیریم. علت این امر خواص دوگانـه(ذره ای و مـوجی)

بودن نور می باشد، به همین خاطر هر فوتون به یکی از رنگهای مختلف و با طول موج مشخص نسبت داده مـی شود. چشم انسان به گونه ای است که قادر است فوتون و یا نورهایی با طول موج ۴۰۰-۷۰۰nm را مشاهده کند. این طیف نوری را محدوده بینایی می نامند که بخش کوچکی از طیف گسترده امواج الکترو مغنـاطیس اسـت . طول موجهای کوچکتر از ناحیه بینایی شامل پهنه X-Ray و یا اشعه گاما، بخاطر کوچکی طول موج خود قادرند از تمامی اجسام عبور کنند. به همین خاطر در عکسبرداریهای مختلف و تشخیص بیمـاری از ایـن طیـف امـواج الکترومغناطیسی استفاده می شود. حال اگر بدن خود را در معرض نور خورشید قرار دهیم فوتون های مختلف با طول موج و رنگهای گوناگون شروع به بمباران نمودن بدن ما می نمایند. اما وقتی که همین کار را با پرتـو لیـزر انجام می دهیم، نور لیزر بخاطر ویژگی ذاتی که یک باریکه نور موازی با شدت بالا است در عمق بافت بـدن وارد شده و با انتقال انرژی فوتون های خود در برخورد با بافت ها سبب تحریک بیولوژیکی سلول می شود.

از آنجا که نور معمولی به سبب خواص ذاتی خود در تمامی جهات منتشر و توزیع می شود، امکان نفوذ زیـاد در بافت زنده را ندارد. به همین جهت تنها در بخش محدودی از درمانهای پوستی می توان از نـور معمـولی جهـت تحریک بیولوژیکی استفاده نمود.

از آنجا که درصد زیادی از حجم بافت از آب تشکیل شده است لذا بکارگیری لیزرهایی با طول موج مادون قرمـز دور امکان نفوذ به داخل بدن فراهم نخواهد شد. به همین خاطر لایه های اولیه بافت تمامی انرژی لیزر را جذب خواهد کرد. در صورتی که انرژی پرتو لیزر کافی باشد، میزان انرژی جذب شده توسط سلول سبب گرم و حتـی بخار شدن سریع سلول خواهد شد. ضریب جذب بالای پرتوی لیزر در بافت سبب شده است که از لیزر به عنوان یک چاقوی جراحی استفاده شود.

در روش LLLT به جهت پائین بودن توان خروجی لیزر و نیز طول موج منحصر بفرد آن، میزان جذب پرتو لیزر در پوست کاهش یافته لذا عمق نفوذ پرتو لیزر در بافت افزایش می یابد. دیگر این که میزان انرژی جـذب شـده توسط بافت به هیچ وجه سبب گرم شدن و یا صدمه به بافت زنده بیولوژیکی نمی شـود. بایـد یـادآور شـده کـه دامنه و حوزه بکارگیری فوتون بسیار فراتر از این مقوله می باشد. امروزه ثابت شده است که بدون فوتون امکـان حیات و زندگی عملاً وجود ندارد.

اگر نگاهی گذرا به چرخه زندگی بر روی کره زمین داشته باشیم پی می ریم که تمامی زندگی و حیات وابسته به انرژی فوتون متصاعد شده از خورشید می باشد. این منبع انرژی ۸ دقیقه نوری با ما فاصله دارد و قرن های متمادی است که موجودات کره زمین از آن بهره می برند.

در چرخه حیات ابتدا فوتون توسط کلروفیل درختان جذب شده تا در یک فرآیند شیمیایی (فوتوسنتز) با دیگر مواد ترکیب شده تا گلوکز و اکسیژن ایجاد شود. سپس این مواد توسط انسان و حیوانات مورد استفاده مستقیم و غیر مستقیم قرار می گیرند تا انرژی لازم جهت تحریکات فیزیکی و بدنی فراهم شود.

جالب این که بدن انسان حتی بطور مستقیم اقدام به دریافت انرژی از نور خورشید می کند که اثر حیاتی برای سلامتی ما دارد. در این فرآیند هنگامی که پوست، نور خورشید را دریافت می کند طبق یک فرآیند، کلسترول را به ویتامین D تبدیل می کند. مطالعات نشان می دهد که کمبود ویتامین D منجر به Osteoporosis (پوکی استخوان) می شود که نهایتاً می تواند سبب Fractures of hip and spine (شکستگی لگن و مهره ها) شود. تحقیقات نشان داده است که ۳۰٪ افراد مسن که دچار شکستگی لگن هستند از کمبود ویتامین D رنج می برند. آن دسته از افراد که کمتر در معرض نور خورشید هستند، بیشترین مبتلایان به این بیماری هستند. کمبود ویتامین D به گونه ای است که منجر به سرطان پستان خواهد شد.

پوست تنها مسیر ورود فوتون ها به بدن انسان نمی باشد. بلکه آنها از طریق چشم نیز وارد بدن شده سبب بینایی و رویت اجسام می شوند. اصولاً بدون فوتون هیچ چیز در جهان قابل رویت و دیدن نمی باشد. در سیستم مکانیزم بینایی، ابتدا فوتون از طریق چشم وارد شده توسط مواد شیمیایی حساس به نور مانند Rhodopsin جذب می شود. آنگاه این مواد بسته های انرژی (فوتون) را به کارخانه های کوچک داخل سلول که mitochondria (ارگان تنفسی سلول) نامیده می شوند، هدایت می کنند. در ادامه کار در یک مسیر پیچیده و بغرنج این میزان انرژی به Pineal gland (غده ای در ساقه مغز) که به شکل یک مخروط مانند درخت صنوبر است، منتقل می شود.

براساس میزان انرژی جذب شده توسط چشم انسان و نیز وجود میدان مغناطیسی ناشی از مرکز زمین، غده Pineal ماند یک ساعت بیولوژیکی در بدن ما عمل کرده و دیگر ارگانهای بدن موظف به هماهنگ شدن با آن

می باشند. پرواضح است که عدم دریافت نور توسط بدن سبب اثرات مصیبت باری خواهد شد که حتی تصور آن سنگین و غیر ممکن است .

با توجه به مطالب بالا براحتی می توان به اثرات مفید فوتون بر روی حیات انسان پی برد. حال این سئوال مطرح است که پس از دریافت انرژی فوتون توسط بافت های بدن و بدون توجه به میزان آن، شاهد چه نوع واکنش هایی هستیم.

۳-۱۷- برهمکنش نور با بافت

گرما یکی از مهمترین واکنش های بافت در هنگام دریافت انرژی فوتون می باشد.

اساساً هر مقدار که انرژی در بدن آزاد شود درجه حرارت بدن افزایش پیدا می کند. هنگام تمرین های ورزشی با افزایش فعالیت های بدنی به ناچار بدن انسان باید انرژی بیشتری را آزاد نماید که همین امر سبب بالا رفتن درجه حرارت بدن خواهد شد. هنگامی که بدن در حال استراحت است این انرژی بصورت نهان در بدن باقی می ماند.

تمامی اندام ها و ارگانهای زنده بدن قادر نیستند صد در صد انرژی جذب شده را مصرف نمایند لذا، بخشی از این انرژی بصورت دائم از بدن خارج می شود که نوعی تشعشع ضعیف را به همراه خواهد داشت.

نکته دیگر این که فوتونها قادر به تحریک سلول ها هستند که اصطلاحاً آنرا Photo Biostimulation می نامند. این نکته که چه میزان از فوتون ها را به سمت کدام یک از سلول ها هدایت نمود، تمامی رازهای نهفته در لیزرتراپی می باشد. با توجه به گستردگی کاربردهای پزشکی فوتون ، هنوز تعدادی از پزشکان به عظمت و قدرت واقعی فوتون پی نبرده اند. برای همین منظور اعتقادی به این روشهای درمان نداشته و ندارند. اما نتایج بدست آمده نشان می دهد که این روش درمان یک نوع اعجاز در درمان و معالجه بیماران محسوب می شود. توسط لیزر تراپی براحتی و بدون مصرف هرگونه دارویی می توان بخش عمده ای زخمها را برطرف نمود و یا با تحریک سلولها، تسریع در رشد و نمو بافت را ایجاد کرد.

با لیزر تراپی می توان رنگدانه های اضافی در منطقه هایی از بافت را کاملاً برطرف نمود و یا در بخشی از بافت آنرا محفوظ نگه داشت .با LLLT می توان سیستم ایمنی بدن را تحریک و فعال نمود و نیز پاسخهای التهابی مضر بدن را به میزان قابل توجهی کاهش نمود.

زیبایی و هنر لیزر تراپی در این است که با فعال سازی آنزیم ها، رشد بافت بدن را در حالت طبیعی نگه می دارد. از آنجا که آنزیم ها ضمن سرعت بخشیدن به واکنش های شیمیایی، خود به هیچ وجه نابود و یا وارد واکنش نمی شوند، هنر فوتون های لیزر تراپی در این است که توانمندی فرآیند زنجیره ای آنزیم ها را هزاران بار افزایش می دهد.

از عمده ویژگیهای روش لیزر تراپی این است که فاقد عوارض جانبی بوده و هیچ گونه اثر تخریبی بر روی بافت های سالم ندارد. این گونه بنظر می رسد که این تکنیک مانند تغذیه است که تنها سلولهای گرسنه مواد غذایی را جذب می کنند.

با توجه به مطالب بالا، امروزه گزارش های فراوان در مقالات علمی یافت می شود که دامنه بکارگیری فوتون تراپی توسط لیزر را هر روز گسترده تر می کند. به عنوان مثال بهبود زخمهای سوختگی درجه ۲و۳، بهبود Scar Keloids ,، درمان سینوزیت، تسکین بخشیدن به دردهای گردن، شاه، پا و ... اشاره نمود. نکته قابل توجه در خصوص photobiotherapy این است که این یک روش جدید و نوظهور نمی باشد بلکه این روش به گونه ای دیگر سالیان سال است با بهره گیری از پرتو نور خورشید جهت درمان مورد استفاده قرار گرفته است.

در روش LLLT هنگامی که آنزیمی تحریک می شود این فرآیند زنجیروار و با سرعت به دیگر آنزیم ها منتقل می شود. باید دقت شود که این تکنیک حتی سبب افزایش دبی خون در مناطقی که درگیر دریافت فوتون می باشند، خواهد شد. با توجه به مطالب ارائه شده این باور وجود دارد که در آینده نه چندان دور شاهد روش های دیگر درمان مانند بکارگیری رنگ، موسیقی، طب سوزنی و homeopathy و... خواهیم بود که البته انجام آن نیازمند یک تخصص ویژه نمی باشد بلکه افراد معمولی با در نظر گرفتن، آموزش های اولیه، خود می توانند در منزل اقدام به درمان نمایند.

بسیاری معتقدند با رشد روزافزون و همه جانبه بکارگیری لیزرهای کم توان در سالهای اخیر، داشتن یک دستگاه لیزرتراپی در منازل امری عادی و معمولی خواهد بود. دیگر این که افراد جامعه بجای جمع آوری یک کابینت از قرص ها و داروهای مختلف، تنها با داشتن یک دستگاه لیزر تراپی کم حجم و سبک قادر خواهند بود با گرفتن مقداری انرژی از فوتون های لیزر، بدن را تحریک و آماده بهبودی نمایند. تصور این موضوع بدور از ذهن نمی باشد که در چند سال آینده تمامی پزشکان خود را مجهز به این وسیله شفابخش نمایند، و در مراحل بعدی خریداران این وسیله عموم مردم عادی خواهند بود.

هنگامی که اولین لیزر یاقوت، توسط پرفسور میمن در سال ۱۹۶۰ اختراع و به ثبت رسید بسیاری از محققین که در زمینه پزشکی فعالیت می کردند نه تنها از این لیزر بلکه از دیگر لیزرهای ساخته شده ماند هلیوم نئون، آرگون و گاز کربنیک که در بعد از سال ۱۹۶۰ اختراع شد در امر طبابت استفاده نمودند. آنها یقین داشتند وجود یک پرتو همدوس با شدت تابش بالا در تحریک بافتی نقش ویژه ای را ایفا می کند. به همین منظور اولین گزارش علمی که در این زمینه به ثبت رسید توسط دکتر Endre Mester در بوداپست و در سال ۱۹۶۸ بود. پرفسور اندر تا قبل از مرگ خود در سال ۱۹۸۴ تحقیقات فراوانی را در این زمینه انجام داده است. لیزر بکار گرفته شده توسط وی در این تحقیقات اکثراً He-Ne با طول موج ۶۳۰nm بود. امروزه کاملاً ثابت شده است که این طول موج در کاهش درد، بهبودی زخم و نیز کاهش تورم در انسان و حیوان کاملاً موثر می باشد.

فصل چهارم:

نکات عملی در ارتباط با

انتخاب دستگاه‌ها و

کالیبراسیون دستگاه‌ها

۴-۱- نکات عملی در ارتباط با انتخاب دستگاه‌ها

با نگاهی به مجموعه کارهای انجام یافته در خصوص لیزر تراپی با انواع لیزرها براحتی می توان دریافت که بیشترین بر همکنش نور با بافت در ناحیه بینابی مادون قرمز می باشد. در دو دهه اخیر با رشد و توسعه تکنولوژی لیزرهای نیمه هادیی که در ناحیه قرمز و مادون قرمز لیز می کنند، شرایط ساخت لیزرهای تراپی به میزان قابل توجهی فراهم شده است. امروزه لیزرهای نیمه هادی از موادی چون گالیم، آلومینیوم و آرسنیک تشکیل یافته است که قادرند طول موج هادی در ناحیه ۹۰۴-۱۷۲۰ nm ایجاد نمایند. این پهنه فرکانسی بیشترین نفوذ را در بافت از خود نشان می دهد.

اینک این سئوال مطرح است که آیا لیزرهای مورد استفاده در تراپی برای چشم و یا پوست خطر آفرین هستند یا خیر؟

جهت پاسخگویی به این سئوال ابتدا باید فاکتورهایی که سبب خطر آفرینی برای چشم و یا پوست انسان می شوند را مطرح نمود و آنگاه پارامترهای لیزرهای تراپی را با این فاکتورها مقایسه نمود.

۱- واگرایی لیزر: لیزرهای تراپی در ۲ نوع مختلف دارای ۲ نوع واگرایی متفاوت می‌باشند. دسته اول لیزرهایی با پرتو موازی و واگرایی اندک و دسته دوم لیزرهای با واگرایی بالا.

آندسته از لیزرها که دارای واگرایی اندک و نیز پرتور موازی هستند به مراتب خطرآفرین تر می باشند. هنگامی که پرتو این گونه لیزرها از مردمک چشم عبور پیدا می کند و بر روی شبکیه قرار می گیرد در ابعادی در حدود چند میکرون متمرکز می شود. در این حالت شدت پرتو لیزر با قدرت خروجی ۱۰mW برابر با ۱۲۰۰۰ W/cm^2 بر روی شبکیه خواهد بود. بزرگی این شدت زمانی ملموس می شود که بدانیم شدت یک لامپ کروی با قدرت ۱۰۰۰۰۰۰ W در فاصله یک متری از لامپ تنها برابر است با $8W/cm^2$

۲- قدرت خروجی لیزر: هرچه توان خروجی لیزر بیشتر باشد میزان خطرآفرینی آنها در مقایسه با لیزرهای کم توان تر بالاتر خواهد بود.

۳ –طول موج لیزر: چشم انسان در برابر لیزرهای تراپی که در ناحیه مرئی هستند در کمتر از ۰/۲۵ ثانیه عکس-العمل به خرج داده و با بسته شدن چشم سبب کاهش حداکثر تابش به چشم خواهد شد. متأسفانه آن دسته از لیزرها که در ناحیه مادون قرمز و یا مادون قرمز دور می باشند به مراتب از لیزرهای مرئی خطرناکتر می باشند.

۴- نحوه توزیع پرتو لیزر: چشم انسان قادر است تصویری از منبع نوری بر روی شبکیه ایجاد نماید. هر میزان که اندازه تصویر کوچکتر باشد میزان خطر آفرینی پرتو لیزر افزایش خواهد یافت. ۲ لیزر با قدرت خروجی یکسان اما با ۲ نوع ساختمان متفاوت نشر دهی (Array , Single Strip) هنگامی که به جهت خطرآفرینی با یکدیگر مقایسه می شوند، لیزر Array از خطرآفرینی کمتری برخوردار است.

مثال: یک لیزر GaAlAs با طول موج ۸۳۰nm و با قدرت خروجی ۱mW که دارای یک پرتو کاملاً موازی و با واگرایی ۱میلی رادیان است به مراتب از یک لیزر He-Ne با قدرت خروجی ۱۰mW با واگرایی نیم رادیان خطر آفرین تر می باشد.

با توجه به مطالب بالا باید توجه نمود که لیزرهای تراپی با قدرت های بیش از ۱۰۰-۲۰۰mW برای چشم انسان بسیار خطرناک بوده، لذا بکارگیری آنها نیازمند تجربه و مهارت کافی توسط پزشک معالج می باشد.

همیشه این سئوال وجود دارد که با توجه به گستردگی و تنوع لیزرهای ساخته شده در امر درمان، کدامیک از لیزرها بهترین انتخاب می باشند. اصولاً برای خرید یک لیزر جهت لیزر تراپی چه پارامترهایی باید لحاظ شود که پزشک معالج با اطمینان و طیب خاطر اقدام به خرید آن نماید.

امروزه شرکتهای سازنده لیزرهای تراپی اقدام به فروش انواع مختلف لیزر با ویژگیهای منحصر به فرد می نمایند که انتخاب یک لیزر ایده آل را تا حدودی مشکل می سازد. لذا این که گفته یم شود این لیزر خوب و یا خوبتر است و یا این که این لیزر گرانتر از آن نوع دیگر است به پارامترهای مختلفی بستگی دارد که مختصراً به آن می پردازیم.

۱- بسیاری از سازندگان لوازمی را تحت عنوان لیزر تراپی عرضه می کنند که منبع نوری آنها LED (دیود) و یا نور معمولی است. به همین منظور هنگام خرید ابتدا باید مطمئن گردید وسیله مورد نظر لیزر می باشد و نه چیز دیگر.

۲- بعضی از لیزرهای تراپی ترکیبی از لیزر و LED می باشند. لذا فروشندگان بیشتر روی لیزر آن مانور می‌کنند و کمتر به LED آن می پردازند به همین خاطر ابتدا باید اطمینان داشته باشیم که آیا با لیزر، منبع نوری دیگر فروخته می شود و یا خیر.

۳- جهت درمان زخم ها معمولاً از GaAs و He-Ne لیزر استفاده می شود.

۴- اندازه، رنگ و شکل ظاهری دستگاه لیزر از پارامترهایی هستند که برای تعدادی از پزشکان دارای اهمیت می باشد. اما آنچه که بسیار حجائز اهمیت است میزان دوزی اطلاعات که لیزر قادر است ارائه دهد. هنگام خرید دستگاه لیزر تراپی باید اطلاع یافت که آیا لیزر قادر است تمامی دوز مورد نظر را به بدن منتقل نماید. بیان سئوالاتی در خصوص میزان دوز لیزر تراپی قبل از خرید می تواند اهمیت فراوانی داشته باشد.

۵- شاید باور کردنی نباشد که تعداد از سازندگان دستگاههای لیزر تراپی اطلاعات مناسب و کافی در خصوص کاربرد پزشکی لیزر تراپی ندارند. به همین دلیل لیزر ساخته شده از بهره کافی برخوردار نمی باشد. توصیه می شود آن دسته از لیزرهایی خریداری شود که سازندگان آنها ارتباط تنگاتنگی با مراکز پزشکی معتبر دارند. در غیر این صورت مدت عمر این گونه لیزرها معمولاً اندک بوده و پس از مدتی باید هزینه هایی را صرف تعمیر و خرید قطعات یدکی آن نمود.

۶- کاتالوگ می تواند راهنمای خوبی رأی تهیه یک دستگاه لیزر تراپی باشد. تلاش شود قبل از خرید دستگاه کلیه پارامترهای دستگاه با کاتالوگ مطابقت داشته باشد.

۷- گرفتن برگه گارانتی از فروشنده و نیز آموزش همراه با دستگاه الزامی می باشد.

۸- یک پارامتر مطمئن در هنگام خرید دستگاه لیزر تراپی، گرفتن آموش های لازم و نیز یافتن فروشندگان آنها می باشد که به راحتی اقدامات لازم جهت سرویس و نگهداری را عهده دار شوند. بارها مشاهده شده است که سازنده ای دستگاه لیزر تراپی را با قیمت نازلتری به بازار عرضه کرده است اما، به خاطر نداشتن سرویس لازم، دستگاه، مدت لازم به کار گرفته نشده است.

۹- امروزه سرعت پیشرفت تکنولوژی سب شده است که هر ساله شاهد ظهور دستگاههای جدید تر لیزر تراپی با کیفیت بهتر باشیم. به هر صورت این مسئله واقعیتی است که تمامی عرصه های زندگی را متأثر کرده است و راهی گریزی از آن وجود ندارد.

امروزه لیزرهای مختلفی در امر لیزرتراپی بکار گرفته می شود. لیزرهای مانند نیمه هادیها، هلیوم نئون، گاز کربنیک و ... از انواع شناخته شده ای هستند که بیشتر از دیگر لیزرها در لیزر تراپی بکار گرفته شده اند. هیچیک از این نوع لیزرها به صورت مطلق کارآیی ندارند بلکه بکارگیری هر یک از آنها بستگی به نوع بیماری و درمان مربوط به آن دارد. به هر صورت فاکتورهای دیگری نیز در این زمینه نقش آفرینی می کنند که قبلاً به آنها اشاره شده است.

لیزر He-Ne اولین لیزری بود که در خصوص لیزرتراپی در دندانپزشکی مورد استفاده قرار گرفت. بیش از ۳۰ سال است که این لیزر در امر بهبود زخم مورد استفاده قرار گرفته است. توان خروجی این گونه لیزرها در حدود ۱۰Mw-۳ می باشد. حداکثر دوز بکار گرفته شده برای درمان پوستی ۰/۵J/cm2 در اطراف زخم و نیز ۰/۲J/cm^2 در روی زخم باز می باشد. این لیزر همچنین در درمان التهاب لثه، زونا و تبخال کاربردهای مناسبی دارد.

لیزرهای نیمه هادی بخاطر کوچکی، سبک و ارزان بودن خود بیش از دیگر لیزرهای تراپی کاربرد پیدا نموده اند این لیزر با کمک پروب های مخصوص قادر است درمان التهابهای عمیق که نیاز به عمیق نفوذ پرتو لیزر می باشد را امکان پذیر سازد. توان خروجی این گونه لیزرها از mw ۱۰ تا چند وات است. این لیزر قادر است با فرکانس های چند کیلو هرتز و به صورت پالسی لیز نماید که بر گسترش کاربرد لیزر افزوده است.

لیزر گاز کربنیک که اغلب اوقات کاربردهای جراحی را از خود نشان داده است می تواند در امر لیزر تراپی نیز بکار گرفته شود. اگر دقت شود که پرتو این لیزر در محیط گسترده تری بر روی بافت پخش شود که سبب سوختگی نشود براحتی می توان آن را در لیزر تراپی بکار گرفت. انجام این عمل به راحتی توسط یک عدسی از جنس Ge و یا ZeSe قابل انجام می باشد.

امروزه تعدادی از سازندگان لیزر اقدام به ساخت لیزرهای گاز کربنیک با کاربرد تراپی نموده اند که به قیمت‌های نسبتاً بالایی به فروش می رسد. باید توجه شود که پرتو لیزر قدرت نفوذ به داخل بافت (پوست) را به هیچ وجه ندارد لذا این لیزر خاصیت biostimulative از خود نشان نمی دهد بلکه در بر همکنش با بافت سبب افزایش انتقال مواد بیشتر از طریق رگهای خونی سطحی می شود. همین خاصیت در دیگر لیزرهای تراپی با طول موج های متفاوت در عمق نفوذ بیشتر قابل مشاهده می باشد.

ذکر این نکته لازم است که میزان عمیق نفوذ به پارامترهای دیگری از جمله توان خروجی لیزر، رفتار زمانی لیزر (پیوسته، پالس) و همچنین طراحی مجموعه پروب های لیزر دارد. امروزه برای بهره وری بیشتر لیزر و نیز افزایش عمق نفوذ پرتو لیزر پروب هایی با ابعاد و شاکال مختلف ساخته می شود. جالب است که بیان شود بکارگیری لیزر تراپی حتی برای حیوانات سالهای متمادی است که رونق فراوانی گرفته است. پروب های ویژه سبب شده است که پرتو لیزر را براحتی بر روی پوست حیوانات منتقل نمود بدون آن که چشم و یا موهای بلند پوست مانعی برای این کار باشد. به لحاظ تکنیکی هموگلوبین خون عامل مهمی در جذب پرتوهای لیزر است. لذا هنگامی که پروب لیزر بر روی پوست قرار می گیرد مقداری فشار بر روی پوست سبب می شود که خون داخل رگ در آن قسمت از پوست به اطراف منتقل شود. بنابراین چگالی خونی که در برابر پروب لیزر قرار می گیرد به میزان قابل توجهی کاهش یافته لذا عمق نفوذ پرتو لیزر افزایش پیدا می کند.

اصولاً به سختی می توان میزان عمق نفوذ پرتو نوری را در بافت اندازه گیری نمود، چرا که در برهمکنش نور ا بافت و در هنگام عبور از بافت های مختلف چگالی فوتون کاهش می یابد. بنار تعریف هنگامی که تعداد فوتون های واحد سطح آنچنان کاهش یابد که هیچگونه اثر بیولوژیکی بر روی سلول ایجاد ننماید، انگاه این میزان عمق، حداکثر عمق نفوذ نامیده می شود. ناگفته نماند فاکتورهای دیگری از جمله رنگدانه های پوست، تمیزی و کثیفی پوست در عمق نفوذ پرتو لیزر در بافت حائز اهمیت می باشند.

برای مثال یک لیزر هلیوم- نئون با قدرت خروج ۳/۵mW دارای حداکثر عمق نفوذی برای ۸mm-۶ را دارا می-باشند. هنگامی که توان خروجی این لیزر به مقدار ۷mW افزایش پیدا می کند عمیق نفوذ تا عمق ۱۰mm-۸

افزایش خواهد یافت. لیزر نیمه هادی در مقایسه با لیزر گازی He-Ne دارای عمق نفوذی بیشتری در حدود ۳/۵cm است.

هنگامی که این لیزر در مد پالس کار می کند توان قله آن بیش از هزار مرتبه از توان متوسط خواهد شد، لذا میزان عمق نفوذ تا عمق ۵۰ mm ۴۰- افزایش پیدا خواهد کرد. در هنگام تماس مستقیم لیزر نیمه هادی با پوست با اعمال مقداری فشار سرعت روی پوست میزان عمق نفوذ به حداکثر میزان خود افزایش پیدا خواهد کرد. از ویژگیهای بارز لیزر تراپی این است که هنگامی که دوز اضافی به بافت تزریق شود، شاهد اثر biosuperssive خواهیم بود. این اثر سب می شود که معالجه زخم مدت زمان طولانی تر بطو انجامد ضمناً دوز اضافی هیچگونه ضرری برای بافت های سالم نخواهد داشت. این اثر بر طبق قانون Arndt-scholtz که برای تحریک بافتی صورت می پذیرد، رخ می دهد. بر طبق این قانون انرژی ناشی از دوز یک پرتو لیزر، تحریک فرآیند بیولوژیکی را به همراه خواهد داشت اما دوز اضافی مانع این فرآیند خواهد شد.

بکارگیری لیزر تراپی برای بیماران قلبی که دارای وسایل کمکی برای قلب هستند (باطری) هیچگونه ضرر و زیانی ندارد. علت این است که چنین وسایل الکتریکی هیچگونه واکنشی با پرتو نوی ندارند.

از نکات جالب لیزر تراپی این است که در این روش درمان شاهد هیچگونه افزایش حرارت بر روی بافت نمی باشیم. در اکثر مواقع میزان افزایش حرارت منطقه ای بر روی بافت به میزان ۱-۰/۵ سانتی گراد می باشد که تأثیر چندانی را بوجود نخواهد آورد.

یک لیزر نیمه هادی با قدرت خروجی ۳۰۰-۴۰۰mW ممکن است در نقاطی از بدن که پوشیده از مو می باشد تا حدودی درجه حرارت بافت را افزایش دهد.

۴-۲- کالیبراسیون

همانطور که می دانیم دستگاه های لیزر به ۲ نوع پرتوان و کم توان تقسیم میشوند. دستگاه های پر توان همان-طور که در قبل گفته شد برای اعمال برش و جراحی به کار میرود. در این دستگاه ها معمولاً در خود دستگاه ها کالیبراسیون دارد. به این ترتیب که می رویم در قسمت option دستگاه و به صورت نرم افزاری گزینه option را

انتخاب می کنیم. به این گونه که پروپ دستگاه را در یک پمپ می گذاریم، در این حال دستگاه خودش لیزر را می گیرد و توان را تنظیم میکند.

در دستگاه های لیزر کم توان (تراپی) معمولاً از لفظ Power meter استفاده می کنیم. یک سری از دستگاه های کم توان power meter دارند. اما دقت شود که این قسمت تنها توان خروجی پروپ دستگاه را به ما نشان میدهد و آنرا کالیبره نمی کند. در Power meter ای که در دستگاه های لیزر تراپی (کم توان) طراحی شده است یک فوتو دایود کار گذاشته شده است. همانطور که میدانیم فوتو دایود انرژی نورانی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند. این فوتو دایود کار گذاشته شده در Power meter نور خروجی از پروپ لیزر را دریافت میکند و آنرا به انرژی الکتریکی تبدیل میکند و این توان اندازه گیری و محاسبه میشود و بروی صفحه دستگاه توان خروجی دستگاه نشان داده میشود. Power meter تنها توان را به ما نشان میدهد و آنرا کالیبراسیون نمی کند. اما دستگاه هایی که دارای سیستم کالیبراسیون میباشند به این ترتیب عمل میکنند که لیزر را sence میکنند و بعد میرود در داخل دستگاه خروجی را با آن چیزی که دستگاه نشان میدهد مقایسه می کند و سپس بر آن اساس آن را تنظیم می کند.

و لیکن دستگاه های تراپی را مجبوریم دستی کالیبره کنیم. به این ترتیب که ابتدا به کمک Power meter توانش را اندازه می گیریم. مثلاً در دستگاه لیزر Mustang که یک دستگاه کم توان و پالسی است می دانیم که max توان خروجی می بایست ۱۰۰ وات باشد ولی power meter مقدار ۸۰ وات را نشان میدهد، پس می فهمیم که توان دستگاه افت کرده و کالیبراسیون دستگاه دچار اشکال شده است همانطور که ذکر شد دستگاه های کم توان از جمله mustang دارای سیستم کالیراسیون نیستند و ما باید به طور دستی آنرا کالیبره کنیم. در برد این دستگاه ها پتانسیومتری هست که میتواند توان دیود را کم کند. در مورد دستگاه های لیزر تراپی دایودی ممکن است توان دایود افت کند در این صورت هر اندازه هم که توان دستگاه را بالا تر ببریم دستگاه بیشتر از آن نمیتواند بکشد. در این مواقع اصلاً باید دیود را عوض کنیم، چون ممکن است با بالا بردن بیش از حد توان دیود بسوزد. پارامتر هایی که میتوانند کالیبراسیون دستگاه را به هم بزنند به ۲ نوع مکانیکی و الکتریکی تقسیم میشوند:

۴-۲-۱- عامل های مکانیکی در به هم خوردن کالیبراسیون

مثلاً یکی از پارامتر های مکانیکی از بین رفتن کالیبره فایبر است. نکته مهمی که در طی این مدت وجود داشت این بود که برای پزشکان فیبر نوری از لوازم خیلی مهمی است . مثلاً یک دستگاه IPL داشتیم که پروپ این دستگاه خیلی سنگین بود و پزشکی که با این پروپ کار می کرد گاهی مجبور بود ۲۰ دقیقه متوالی اسکن تماسی برای بیمارانی که مشکل درد و سلولیت داشتند انجام دهند و همین امر باعث خستگی پزشک می شد و گاهی باعث می شد که نتواند با نیرو و فشار کافی اسکن فشاری را انجام دهد و نتیجه افت می کرد، برای همین به پروپ یک فیبر نوری متصل کردیم تا این مشکل اپراتور حل شود و این عمل را با فیبر نوری بجای پروپ انجام دهد. نکته ای که هست این هست که فیبر نوری هر یک ضریب جذبی دارند که بر روی فایبر ذکر می شود و اگر ذکر نشود این ضریب جذب برابر ۵۰٪ است ، اپراتور حتماً باید در تعیین دوز ، ضریب جذب را نیز در نظر بگیرد و در محاسبه توان باید توان را در ضریب جذب کند.

در دستگاه هایی که به فایبر متصل اند چنانچه فایبر در محل اتصال درست fix نشده باشد همین سبب میشود که خروجی دستگاه افت پیدا کند. اگر فایبر از تنظیم خارج شده باشد و در اینصورت لیزر به طور کامل وارد فایبر نمیشود و همین عامل سبب میشود که خروجی دستگاه ما افت پیدا کند. این یک عامل مکانیکی است پس باید دقت کنیم که مرکز فایبر دقیقاً در همان نقطه ای باشد که نور می خواهد از آن رد شود و خارج شود. یکی دیگر از عواملی که کالیبراسیون را به هم می زند کدر شدن فایبر متصل به پروپ دستگاه است. این عامل سبب افت توان خروجی دستگاه میشود.

۴-۲-۲- عوامل الکتریکی در به هم خوردن کالیبراسیون

باید دقت شود که فایبر های مختلف هر یک قابلیت متفاوتی در انتقال توان دارند. مثلاً یک دستگاه ممکن با یک فایبر ۲۰۰ میکرون ۳وات خروجی دهد ولی با یک فایبر ۶۰۰ میکرون ۵ وات خروجی توان بدهد. و چنانچه ما این فایبر را عوض کنیم می بایست از نو کالیبره کنیم.

۴-۳- معرفی چند نمونه از دستگاه های لیزر

دستگاه های لیزر را از نقطه نظر های متفاوتی میتوان تقسیم بندی کرد. یک نوع تقسیم بندی بر اساس توان لیزر میباشد. بر این اساس دستگاه ها به ۳ دسته تقسیم میشوند:

۱-لیزر های کم توان: این گروه به لیزر هایی گفته میشود که توان شان بین ۵۰۰-۰ میلی وات باشد.

۲- لیزر های متوسط توان: توان این گروه از لیزر ها ۸۰۰-۵۰۰ میلی وات میباشد.

۳- لیزر های پر توان: توان این گروه از لیزر ها بالاتر از ۸۰۰ میلی وات میباشد.

یک نوع تقسیم بندی دیگر بر اساس کاربرد لیزر ها میباشد. بر این اساس لیزر ها به ۲ دسته تقسیم میشوند:

۱- لیزر های جراح ۲- لیزر های تراپی

لیزر های تراپی عمدتاً در زیر مجموعه لیزر های کم توان میباشند و لیزر های جراحی در زیر مجموعه لیزر های پر توان میباشند. زمانی که با لیزر کم توان کار می کنیم مد نظر ما اثر شیمیایی لیزر بر روی بافت است. اثر شیمیایی لیزر به این صورت است که لیزر هموگلوبین خود را تحریک میکند. هسته هموگلوبین آهن است و لیزر بر روی Fe (هسته هموگلوبین) اثر می گذارد و آن را تحریک میکند و باعث افزایش انتشار هموگلوبین به نقطه مورد نظر میشود و در نتیجه خون رسانی به آن نقطه افزایش می یابد پس اکسیژن رسانی به آن نقطه نیز افزایش می یابد و درنتیجه آسیب بافتی سریعتر التیام می یابد. در لیزر های کم توان یا تراپی مد نظر ما آثار شیمیایی لیزر بر روی بافت است و این گروه از لیزر ها، کاربرد وسیعی در بخش بالینی پزشکی دارند. از جمله: کاهش درد، ترمیم زخم، کاهش حساسیت و آلرژی، درد مفاصل، ورم و بسیاری از ناراحتی های پوستی و درمان سلولیت و ناراحتی های گوش و ... کاربرد فراوانی دارد. همانطور که گفتیم خصوصیت اصلی این لیزر ها توان پایین این لیزرهاست. از این رو این لیزر ها معمولاً به صورت پیوسته و یا پالس مدوله شده میباشند.

در لیزر های پر توان و جراحی اثرات حرارتی و برش مد نظر است. از این رو از این لیزر ها معمولاً برای اعمال تهاجمی مانند: برش ها در جراحی، انعقاد بافت، لایه برداری پوست، برداشتن تاتو، خال و زگیل و انواع ضایعات پوستی و از بین بردن موهای زائد استفاده میشود. این لیزر ها توان بسیار بالایی دارند و از این رو اکثراً در هر پالس میباشند. همانطور که گفته شد پارامتر هایی که در توان لیزر های پالسی دخیل است عبارتند از: فرکانس،

توان قله و Pals duration. معمولاًهر چه یک دستگاه پالسی توان قله بالاتری داشته باشد. pals duration کوچکتری دارد. دستگاه های پالسی بر اساس زمان pals duration به ۳ دسته تقسیم میشوند:

۱- long pals: pals duration در این گروه در حد میلی ثانیه میباشد و این دستگاه ها عمدتاً برای درمان ضایعات عروقی و رفع موهای زاید کاربرد دارند.

۲- Q-Switch: pals duration در این گروه در حد نانو ثانیه بود و توان بسیار بالا میباشد. از این رو از این گروه برای برداشتن تاتو استفاده میشود.

۳- short pals: pals duration در این گروه در حد میکرو ثانیه بوده و از این لیزر ها برای جوان سازی و لایه برداری ظریف پوست استفاده میشود.

در ادامه تعدادی از دستگاه های لیزر معرفی شده اند. دستگاه های AZOR, mustang و لیزر های قلمی جز لیزر های تراپی و کم توان میباشند. و دستگاه IPL جز لیزر های پر توان میباشد.

۴-۳-۱- دستگاه Mustang

این دستگاه جز دستگاه های لیزر کم توان میباشد و در ۲ نوع ۴ کاناله و ۲ کاناله طراحی شده است. نوع ۴ کاناله اش شامل ۳ پروپ KLO4, KLO3, LO7 و یک کلاستر MLO1K میباشد.

این دستگاه یک دستگاه کم توان است. از این دستگاه برای درمان کمردرد، ناراحتی های عصبی مثلاً فلج عصب عضله صورت، برای درمان زخم و از بین بردن جای اسکار جراحی و... استفاده می کردند.

۴-۳-۲- پروپ KLO3

این پروپ ذاتاً مد تابش پیوسته دارد. ماده فعال آن GaALAS است. لیزر. لیزر دایودی است. این پروپ نور قرمز (R) با طول موج 630 نانومتر تولید میکند. توانی که این دستگاه تولید میکند ۱۰ میلی وات است، پس با توجه به فرمول E=P×T انرژی تولیدی در ۱ دقیقه، ۰/۶ ژول میباشد. همانطور که گفتیم مد تابش دراین پروپ پیوسته است و لیکن میتواند به پالس مدوله شده تبدیل شود و فرکانس از ۰,۵ تا ۳۰۰۰ ه رتز را بپذیرد. زمان قابل تنظیم در این دستگاه ۱ ثانیه تا ۹۰ دقیقه میباشد.

۴-۳-۳- پروپ KLO4

این پروپ ماده فعالش GaALAS است. لیزر دایودی است. مد تابش اش پیوسته است. این پروپ نور قرمز با طول موج ۶۳۰ نانومتر تولید میکند. توانی که این دستگاه تولید میکند ۲۰ میلی وات است. پس با توجه به فرمول E=P×T (زمان×توان= انرژی) در یک دقیقه ۱/۲ ژول انرژی تولید میکند. این پروپ با اینکه پیوسته است اما قابلیت تبدیل به پالس مدوله شده را نیز دارد و فرکانس از ۰,۵ تا ۳۰۰۰ هرتز را می تواند بپذیرد. زمان قابل تنظیم در این دستگاه ۱ ثانیه تا ۹۰ دقیقه میباشد.

۴-۳-۴- پروپ LO7

این پروپ نور مادون قرمز با طول موج ۸۹۰ نانومتر تولید میکند.

این پروپ لیزر دایود است. ماده فعال آن GAAS است. این پروپ ذاتاً پالس تابش میکند. پس ما برای یافتن انرژی تولید با توجه به فرمول:

زمان تابش× فرکانس×Plas duration× توان قله= انرژی

به دانستن مقادیر بالا نیاز داریم. توان قله برای این پروپ ۸۰-۱۰۰ وات میباشد. فرکانس قابل تنظیم از ۰,۵ تا ۳۰۰۰ هرتز است. اما معمولاً از فرکانس ۳۰۰۰ هرتز استفاده میشود تا انرژی تولیدی افزایش یابد و زمان ویزیت بیمار کوتاهتر شود. مگر در موارد خاص که نیاز به استفاده از فرکانس مشخصی با توجه به مشکل جسمی بیمار لزوم پیدا کند. پارامتر pals duration قابل تنظیم نبوده و مقدار ثابت ۲۰۰ نانو ثانیه را دارد. زمان تابش هم که مشخص است. حالا به عنوان مثال چنانچه ما از توان قله ۹۰ وات و فرکانس ۳۰۰۰ هرتز به مدت ۱ دقیقه استفاده کنیم، انرژی تولید مطابق زیر محاسبه میشود:

ژول ۳/۳۱۲=۳-۱۰×۳۳۱۲=۶۰×۳۰۰۰×۹-۱۰×۲۰۰×۹۲=انرژی

این مقدار انرژی تولید میباشد حالا چنانچه بخواهیم دوز تابشی را بدست آوریم باید مقداری انرژی را به سطح مقطع پروپ LO7 تقسیم کنیم. سطح مقطع این پروپ ۱ سانتیمتر مربع است.

پس دوز به دست می آید:

مورد دیگری که قابل ذکر است گاهی پزشکان برای بالا بردن دوز تابشی از کاهک هایی با سطح مقطع کوچکتر استفاده میکنند. مثلاً کلاهکی به اسم A3 هست که آن را سوپر پروپ LO7 قرار میدهند. سطح مقطع این پروپ ۱ میلی متر مربع میباشد. بنابراین میتواند دوز تابشی را تا ۱۰۰ برابر افزایش دهد البته این کلاهک توان خروجی را تا ۵۰٪ افت میدهد. کلاهک ها و نازل ها همه یک ضریب افت توان دارند که در کاتالوگ دستگاه ذکر میشود و چنانچه ذکر نشود آنرا بنا به قرارداد ۵۰٪ در نظر می گیریم. استفاده از کلاهک ها با سطح مقاطع مختلف در موارد بالینی یکی از مهمترین مسایل برای پزشکان میباشد.

در مراجه ای که به بخش لیزر بیمارستان میلاد داشتم دکتر مکملی بیماری داشتند که حدود ۱ سال قبل جراحی شکم داشتند و جای بخیه ها اسکار شدید و قرمز رنگی بر روی سطح وسیعی از شکم بر جای گذاشته بود. البته دکتر مکملی به این بیمار گفتند که اگر بلافاصله پس از عمل جراحی لیزر می گرفت این اسکار ها ایجاد نمی شد ولی الان به یک دوره ۱۵ جلسه ای که باید در جلسات اول تا حدود هشتم هفته ای ۲ بار مراجعه کند و پس از آن هفته ای ۱ بار بیاید .چون معمولاً در لیزر تراپی در ابتدا جلسات رابیشتر می گیرند تا دوز درمانی در اثر مداومت جلسات به میزان حداکثر برسد و پس از آن برای جلوگیری از اثر تجمعی لیزر جلسات را کاهش می دهند. تا اثر تجمعی خدای ناکرده ایجاد نشود. دکتر مکملی برای اسکار این بیمار از دستگاه Mustang استفاده کرد و از کلاهک A3 هم استفاده کرد که در زیر روند کار را توضیح می دهم:

یک بیمار بود که مشکلش درمان اسکار جراحی بود. برای ترمیم اسکار جراحی ما نیازمند استفاده از مادون قرمز هستیم. از آنجایی که اسکار ها معمولاً دارای چسبندگی زیاد میباشند پس نیاز است از نور مادون قرمز با طول موج ۸۹۰ نانومتر استفاده کنیم چون این طول موج بالاترین اثر را بر روی از بین بردن چسبندگی بافت اسکار دارد. برای از بین بردن این ضایعه ما باید به موضع دوز مهاری برسانیم که دوزی معادله حدوداً ۱۰ ژول است. حالا چنانچه ما از پروپ LO7 بدون کلاهک A3 این دوز را بخواهیم برسانیم چیزی حدود ۴ دقیقه باید به هر نقطه از اسکار تابش دهیم که در این صورت برای یک اسکاری که ۲۰ cm وسعت دارد زمانی معادل ۲۵ دقیقه نیاز است. حال چنانچه از کلاهک A3 بر روی پروپ استفاده کنیم توان خروجی در ثانیه ۵ وات است. دما به هر نقطه حدود ۳-۲ ثانیه تابش می دهیم که برای کل موضع زمانی در حدود ۱ دقیقه نیاز میشود. همانطور که می

بینیم با استفاده از یک کلاهک به میزان زیادی در زمان صرفه جویی میشود. و این نکته برای پزشکان از اهمیت بالایی برخوردار است.

چون در مرکزی که مشتریان زیادی دارد پزشک مجبور است سرعت کارش را بیشتر کند و نیز خود بیمار هم ترجیح می دهد که کارش سریعتر انجام شود.

نکته قا بل ذکر دیگر این است که گاهی بر روی سر پروپ قطعات مگنت قرار میدهند. که علت استفاده از آن افزایش خون رسانی به موضع تحت تابش است. و علت افزایش خون رسانی این است که خون از هموگلوبین تشکیل شده و هموگلوبین حاوی آهن است پس توسط مگنت به موضع جذب میشود و خون رسانی را افزایش میدهد.

۴-۳-۵- کلاستر MLO1K

این کلاستر شامل ۱۰ د ایود که هر یک ۵ وات توان تولید میکنند میباشد. هر تابش آن پالسی است . ماده فعال این لیزر GAAS است. این کلاستر نور مادون قرمز با طول موج ۸۹۰ نانومتر تولید میکند. سطح مقطع این کلاستر مستطیلی به مساحت ۱۲ cm2 است و در دقیقه ۱/۲ j/cm2 دوز انرژی تولید میکند.

۴-۳-۶- دستگاه های لیزر قلمی

مد تابش در این لیزر پیوسته است. سطح مقطع تابش ۱ سانتیمتر مربع است. کلاستر ندارد. شامل طول موج ۴۵۰ نانومتر و ۶۳۵ نانومتر است. لیزر از نوع دایودی است. توان اش ۱۰۰ میلی وات است. دوز تولید در دقیقه ژول/cm2 ۶ میباشد. نکته ای که در مورد لیزر های قلمی باید توجه داشت این است که باید حواسمان باشد که هر ۱ دقیقه که دستگاه کار میکند حدود ۱۵ ثانیه به آن استراحت دهیم تا خنک شود. چون اگر یک سره روشن با شد امکان دارد دیودش بسوزد.نکته ای که قابل دکر می دانم اینست که موارد زیادی پیش می آمد که لیزرهای قلمی دیودی به علت استفاده زیاد می سوختند تنها به علت اینکه چندین دقیقه به طور ممتد استفاده می شوند می سوختند .در بیمارستان میلاد در بالا هر دستگاه برگرای به دیوار چسبانده بودند که تمام نکات ایمنی مربوط به آن دستگاه ذکر شده است. لیزر های قلمی قابلیت اتصال به انواع کلاهک ها را دارد.

۴-۳-۷- دستگاه AZOR-2K-O2

این دستگاه دارای ۲ پروپ به نام های A3, A2 و ۱ کلاستر CL2 میباشد. اینک به اختصار در مورد هر یک از این پروپ ها و کلاستر ها توضیح میدهیم:

*** پروپ A2**

ماده فعال لیزر این پروپ GAALAS است. مد تابش پیوسته است. ولی قابلیت تبدیل به پالس مدوله شده را نیز دارد. این پروپ نور مادون قرمز با طول موج ۹۰nm تولید میکند و توان تولیدی توسط آن ۱۰۰mw-۲۰۰mw است. سطح مقطع پروپ A2 این دستگاه/ سانتیمتر مربع میباشد. قابلیت پذیرش فرکانس از ۱۵۰۰-۲/۴ هرتز را در مد پالس مدوله شده دارد.

*** پروپ A3**

ماده فعال لیزر این پروپ GAALAS است. مد تابش پیوسته است. ولی قابلیت تبدیل به پالس مدوله شده را نیز دارد و میتواند فرکانس های ۱۵۰۰-۲/۴ هرتز را در مد پالس مدوله شده بپذیرد. سطح مقطع پروپ ۰/۶ سانتیمتر مربع است. این پروپ نور قرمز با طول موج ۶۶۰ نانومتر تولید میکند و توان تولیدی توسط آن ۲۵ میلی وات است.

۴-۳-۸- معرفی کلاستر CL2

ماده فعال لیزر این کلاستر GAALAS میباشد. مد تابش پیوسته است. کلاستر CL2 ترکیبی از دو نور قرمز و مادون قرمز را ساطع میکند. به این ترتیب که نور قرمز با طول موج ۶۶۰ نانومتر و با توان ۲۰ میلی وات و نور مادون قرمز با طول موج ۸۶۰ نانومتر و با توان ۸۰ میلی وات تولید میکند. سطح مقطع این کلاستر ۲۵ سانتی-متر مربع است.

فصل پنجم:

نکات ایمنی

۵-۱- نکات ایمنی

لیزر را میتوان به عنوان چشمه ی مولد اشعه الکترومغناطیس که تا حد ممکن بـه صـورت مـوازی درآمـده و از خاصیت تک رنگی، هم سویی، هم دوسی و شدت نسبتاً بالایی برخوردار است و قادر است باعث ضایعات برگشت ناپذیر در کاربران خویش در صورت عدم رعایت اصول اولیه ایمنی گردد دانست.

تمامی لیزر ها و اشعه های خروجی آنان (even laser pointers) از نـوعی خطـر بـالقوه برخوردارنـد کـه انجـام عملیات پایه ای و اصولی که ضامن حفظ سلامت کاربران لیزر (پزشکی، صنعتی، علمـی و تحقیقـاتی) باشـند را ضرورتی اجتناب ناپذیر میسازد. لیزر ها از لحاظ انرژی به دو دسته پر توان و کم توان تقسیم میگردنـد. بـر ایـن اساس می بایست خطرات مستقیم شامل خطرات ناشی از تابش مستقیم یا انعکاس که قـادر بـه آسـیب چشـم، سوختگی پوست و یا انفجار گازهای قابل اشتعال در محیط میشود به طور کامل مورد بررسی قرار گیرند.

از سوی دیگر خطرات غیر مستقیم ناشی از پرتو لیزر (Hazards non- beam) شـامل خطـرات ثانویـه ای ماننـد بخار برخواسته از بافت، آسیب های مکانیکی و یا الکترونیکی را نباید به فراموشی سپرد. د راین سخنرانی ابتدا به تقسیم بندی لیزر ها از نظر نوع خطرات بالقوه پرداخته سپس روش های ایمنی شامل چگونگی کنترل دستیابی افراد به اتاق لیزر، استفاده از عینک های محافظتی، استفاده از ابزار و وسایل مناسب، نظارت بـر سیسـتم کـار و کنترل دستگاه و بالاخره حصول اطمینان از رابطه متقابل موثر بین اعضای تیم لیزر معرفی میگـردد. سـپس بـه معرفی استاندارد های بین المللی که در طول عمل با لیزر از آنها انتظار میرود مانند اعلامیه مقررات مربـوط بـه خطرات و مراقبت از اتاق لیزر توسط پرسنل مجرب که توسط اداره اسـتاندارد جهـانی بـه منظـور پیشـگیری از خطراتی نظیر دستیابی و کار با لیزر توسط افراد نا مجرب و در نتیجه ایجاد حواس پرتس و اختلال کار کـاربران ویژه (مانند جراحان)، انتقال نور لیزر به خارج از حیطه عمل و انواع آسیب های مکانیکی منتشـر گردیـده اسـت می پردازیم.

۵-۲- طبقه بندی کلاس خطر لیزر

لیزر به ۴ کلاس تقسیم می شود:

کلاس ۱: در این دسته کم قدرت ترین لیزر ها جای می گیرند. این لیزر ها معمولاًخطری برای انسان ندارند و حتی اگر برای مدت کوتاهی به چشم تابانده شوند توانایی آسیب را نخواهند داشت. لیزر های فرو سرخ یا فرا بنفش در صورتی در این کلاس قرار می گیرند که در حداکثر زمان احتمالی تابش به چشم یا پوست در طول روز آسیبی به این اعضا نرسانند. اغلب لیزر های تولید شده در این دسته نیستند و تنها بعد از تعبیه پوشش های مناسب و انتقال به محصل مصرف (مانند ادارات و کلینیک ها)در این کلاس ها قرار می گیرند. اگر یک دستگاه لیزر کلاس یک د ارای پرتو خطرناک تری باشد،باید توسط پوشش قابل اطمینان حفاظت شده باشد و توسط علایم مناسبی این خطر به اطلاع افراد رسیده باشد. لیزر هایی که در اسکنر های بارکد در فروشگاه ها کار گذاشته شده اند و نیز لیزر های CD Player از این گروه هستند. این لیزر ها با برچسب زیر مشخص میشوند:

Class 1 laser product

کلاس۲: این لیزر ها که معمولاً لیزر های کم توان نامیده میشوند، خطری برای چشم ندارند مگر اینکه شخصی به مدت طولانی به منبع آن خیره میشود. از آنجا که رفلکس های نا خود آگاهی که برای حفاظت از چشم وجود دارند، درمورد نور های مرئی عمل میکنند. لیزر های کلاس دو به طیف نور مرئی (۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر) محدود میشوند. این لیزر ها با این برچسب مشخص میشوند:

Laser radiation: do not stare into beam class 2 laser product

کلاس ۳: لیزر های این کلاس قادر هستند که در مدت زمان رفلکس طبیعی چشم (زمان پلک زدن:۲۵ ثانیه)به این عضو آسیب برسانند. این لیزر ها در استفاده متداول، آسیب های پوستی یا بازتابش های خطرناک ندارند. لیزر هایی که در فیزیوتراپی و جراحی های چشم به کار میروند از این دسته هستند. لیزر های این کلاس به دو زیر گروه 3b, 3a تقسیم میشوند که تفاوت آنها در مدت زمانی است که به اعضای ذکر شده آسیب می رسانند. این زمان در مورد زیر گروه 3b کوتاهتر است. این لیزر ها با بر چسب زیر مشخص میشوند:

Laser radiation:

Do not stare into beam or view directly with optical instrument class 3b/3a laser product

کلاس ۴: این لیزر ها قوی ترین در میان لیزر های دیگر هستند و توانایی ایجاد آسیب در اعضای بدن و نیز ایجاد اشتغال در موارد سوختنی را دارند. بازتابش آنها از سطوح صیقلی نیز میتواند آسیب ایجاد کند. اغلب لیزر های جراحی در این گروه قرار می گیرند. این لزر ها، بر حسب زیر مشخص میشود:

Laser radiation:

A void eye or skin exposure to direct or scattered radiation class 4 laser productive

در مورد تمام لیزر های کلاس 4,3b در محل خروج پرتو لیزر است که با توجه به طول موج، قدرت لیزر خروجی و محل استفاده تعیین میشود.

۵-۳- تقسیم بندی لیزر از لحاظ انرژی

۱) لیزر های پر توان ۲) لیزر های کم توان

خطرات لیزر های پر توان به دو گروه تقسیم میشود:

۱- خطرات مستقیم ناشی از پرتو لیزر (beam hazard): شامل خطراتی است که ناشی از تابش مستقیم یا انعکاس یافته پرتو لیزر به بافت میباشد. مانند آسیب چشم، سوختگی پوست و یا انفجار گاز های قابل اشتعال در اتاق عمل.

۲- خطرات غیر مستقیم ناشی از پرتو لیزر (Hazards non- beam): شامل خطرات ثانویه ای مانند بخار برخواسته از بافت، آسیب های مکانیکی و یا آتش سوزی است.

برای برقراری ایمنی مناسب، خطرات اختصاصی هر دستگاه لیزر باید ابتدا شناسایی شود و بر اساس آن سیاست ها و روش های حفاظتی مکتوب گردد تا از بروز چنین حوادثی جلوگیری گردد. تمام افرادی که در اتاق عمل هستند و یا با دستگاه لیزر سر و کار دارند بایستی با استفاده از امکانات ایمنی آشنایی داشته باشند. هر طول موجی از لیزر خطرات خاص خود را به همراه دارد و نیازمند روش های ایمنی خاص خود میباشد.

۵-۴- روش های ایمنی

روش های ایمنی شامل کنترل دستیابی افراد به اتاق لیزر، استفاده از عینک های محافظتی، استفاده از ابراز و وسایل مناسب جراحی، نظارت بر سیستم کارکردی و کنترل دستگاه و بالاخره حصول اطمینان از رابطه متقابل موثر بین اعضای تیم لیزر و بیمار میباشد. پزشک، دانشجویان نظاره گر، مهندسین و تکنسین های سرویس دستگاه همگی بایستی از توصیه های ایمنی تبعیت کنند. تهیه یک توصیه ایمنی مکتوب که بتوان به هر فرد غیر پرسنل که وارد اتاق لیزر میشود ارائه کرد نیز کمک بزرگی است. بدین وسیله میتوان به این افراد آگاهی داد که چه رفتاری در طول عمل لیزر از آنها انتظار میرود. نصب آگهی یا اعلامیه مقررات مربوط به خطرات، مراقبت از اتاق لیزر توسط پرسنل مجرب، فراهم نمودن ابزار و وسایل حفاظتی در ورودیه اتاق لیزر (مانند عینک حفاظتی و ...) محدود نمودن حضور افراد در اتاق لیزر فقط به افراد دوره دیده و با تجربه،اضافه کردن پوشش-های محافظ به شیشه های اتاق عمل، در مورد لیزر هایی که از شیشه عبور میکنند همگی به حصول ایمنی کمک میکنند. اعمال کنترل در دستیابی به اتاق های لیزر از خطراتی نظیر دستیابی و کار با لیزر توسط افراد ناوارد و در نتیجه ایجاد حواس پرتی و اختلال کار جراح، انتقال نور لیزر به خارج از حیطه عمل و انواع آسیب-های مکانیکی حین عمل و انتقال دستگاه جلوگیری میکند. کلید دستگاه لیزر هیچ گاه نباید روی دستگاه لیزر رها شود، بلکه باید در جای خاصی نگهداری شود تا فقط افراد مجرب و آشنا با دستگاه به آن دسترسی داشته باشند.

۵-۵- خطرات ناشی از پرتو

آتش سوزی: آتش سوزی و انفجار در شرایطی که پرتو لیزر به سمت یک ماده یا گاز قابل اشتعال هدایت گـردد، امکان پذیر است. این ماده میتواند ترکیبات حالت دهنده مو در ناحیه تحت درمان با لیزر باشد و یا موادی دیگر مانند اسفنج خشک،حوله خشک، ترکیبات الکلی، گاز متان، (در نواحی پـری آنـال)، گـاز اکسـیژن، پمـاد هـای چشمی، پلاستیک، مواد کاهنده چربی پوست (کار هگزیدین گلوکونال۴٪) و ترکیباتی با پایه ید وفور که کـاملاً، خشک نشده باشد. برای اجتناب از این خطرات، ناحیه تحت عمل و تمامی مسیر عبور پرتو لیزر باید از هر گونـه ماده قابل اشتعال عاری گردد. ابزار ایمنی شامل یک سطل آب در دسترس، کپسول اطفا حریق مخصوص وسایل الکتریکی که در وضعیت خوب عملکردی باشد،پتـوی اطفـا حریـق کـه از جـنس غیـر تافتـه- non women) و پوشانیدن بیمار و وسایل جراحی با مواد پوشش های مرطوب یا غیر قابل اشتعال و غیر انعکاسی است.

وقتی که ضایعه ای پوستی را با لیزر CO_2 و در حالت پیوسته (CW)بخار میکنید یک لایه سـیاه از کـربن روی پوست تشکیل میگردد. اگر این لایه برداشته نشود نور لیزر که توانایی نفوذ بیشتر به لایه های زیـرین پوسـت را ندارد، توسط ذرات کربن جذب شده و با ایجاد super heating باعث آسیب گرمایی بافت های اطـراف میگـردد. وقتی که درجه حرارت کربن به 1000 درجه سانتیگراد برسد، جرقه زدن اتفاق می افتد که خود منجر بـه آتـش سوزی، سوختگی بافت و آسیب وسیع پوستی میگردد. برای اجتناب از این خطر کافی است که بلافاصله پـس از ایجاد این لایه کربنی سطحی، با برداشتن آن توسط گاز مرطوب جلوگیری کرد.

انعکاس نور لیزر از سطوح صیقلی نیز میتواند منجر به آتش سوزی و یا سوختگی بیمار، پزشک و با پرسنل اتـاق عمل گردد. این امر خصوصاً در صورت هدایت شدن نور لیزر به سمت سطوح فلزی و یا مواد براق و صیقلی اتفاق میافتد. وسایل مورد استفاده در ناحیه جراحی لیزر نیز باید دارای بـار مثبـت (anodized) گردنـد. داشـتن یـک پوشش تیره الزاماً به معنی غیر قابل انعکاس بودن نیست. سطوح فلزی باید خشن باشند، به طوری که نور تابیده شده اتفاقی را منتشر نکنند. لوازم جانبی پلاستیکی، محافظ چشم، محافظ دنـدان، تجهیـزات تجـاری نبایسـتی هرگز استفاده شوند، مگر آنکه ایمن بودن آنها برای طول موج خاص مورد استفاده قبلاًتسـت شـده و بـه اثبـات رسیده باشد. فویل های فلزی و یا پوشش های فلزی را نبایستی تا زمانی که ایمن بودن و غیـر انعکاسـی بـودن

آنها به اثبات نرسیده است استفاده کرد. باید پوشش های پارچه ای مرطوب برای پوشاندن کامل هر گونه سطح فلزی در ناحیه عمل به کار رود. گزارش های متعددی از آتش سوزی هنگام استفاده از FLPDL (Flash Lump Pumped Dye laser) وجود دارد. تجمع گرمایی به دلیل جذب لیزر توسط کروموفور ثانوی (ملانین مو ...) و یا توسط مواد قابل اشتعال در محیط غنی از اکسیژن منجر به آتش سوزی میگردد. این اتفاق درمورد توده پنبه ای نیمه مرطوب پوشش چشم رخ داده است. گاز معمولاً با FPDL آتش نمی گیرد،مگر اینکه در محیط غنی از اکسیژن و حرارت و انرژی لیزر بالاتر از 9j/cm2 قرار گیرد. خیس کردن گاز استریل با محلول نرمال سالین از آتش گرفتن آن جلوگیری میکند. مو در شرایط غلظت اکسیژن 100% با انرژی 6 j/cm2 آتش می گیرد.

در انرژی 9j/cm2 حتی اگر مو ها با سالین مرطوب شده ب اشد. مو ها می سوزند. چهار مورد سوختگی ابرو علیرغم مرطوب نمودن با سا لین در شرایطی که از ماسک اکسیژن استفاده شده بود. گزارش گردیده است که احتمالاً به دلیل نشت اکسیژن از محل ماسک در موارد یکه غلظت اکسیژن بین ۱۰۰ تا ۶۵٪ بوده رخ داده است. بروز آتش در فاصله ۸ سانتیمتری لوله اکسیژن نازال نیز اتفاق افتاده است. تنها ماسک و راه هوایی لارنژال (LMA) است که از نشت اکسیژن جلوگیری میکند.

۵-۶- خطرات چشمی

آسیب های چشمی در صورت استفاده از پوشش های چشمی مناسب با استفاده از یک سیستم و روش محافظتی مشخص و آموزش مناسب تمامی پرسنل اتاق عمل لیزر، کاملاًاجتناب پذیر هستند. لیزرهای کلاس ۳ با تابش مستقیم و با انعکاس از سطوح صیقلی میتوانند به چشم در مدت زمان کوتاهی آسیب برسانند و هرگز نباید از آنها بدون پوشش محافظتی چشم استفاده کرد. عینک های طبی.

شیشه ای معمولی چشم ها را از طول موج های کمتر از 300 nm و بالاتر از 2700nm محافظت می نمایند. همه عینک های محافظ چشم باید مارک طول موج و optical density برای آن طول موج مشخص را داشته باشند،علاوه بر این عینک های محافظ چشم باید دارای محافظ های طرفی از جنس پلی کربنات برای لیزر CO2 و مواد جاذب برای طول موج های 300-2700nm باشند.

لیزر CO2 با طول موج 10600nm توسط آب جذب میشود و بنابراین میتواند جذب لایه نازکی از اشک روی قرنیه شده، ایجاد آسیب گرمایی فوری، ولی گذرای قرنیه نماید. لیزر های فیبر نوری که طول موج های پایین تری را ساطع میکنند (مانند Argon) میتوانند از لایه های سطحی قرنیه و لنز عبور کنند و در حین عبور از لنز متمرکز شده و به قسمت های خلفی چشم هدایت شوند و در نتیجه آسیب دایمی برای شبکیه خصوصاً ماکولای بینایی (Fovea) ایجاد نماید. از آنجایی که بسیاری از لیزرها برای ناحیه پری اربیتال مورد استفاده قرار می گیرد، استفاده از Shield اربیت بسیار حایز اهمیت است.

انواع تجاری پلاستیکی و با رنگ های تیره این نوع shield ها گرم میشود و یا درصدی از نور لیزر ها خصوصاً آرگون و FLPDL را از خود عبور میدهند و میتوانند باعث آسیب به چشم شوند. Shield های فلزی محافظت لازم از چشم را هم از نظر برخورد با نور مستقیم و هم از نظر گرما به عمل می آورند. این Shield ها سطحی غیر صیقلی دارند تا نور را منعکس ننمایند، با این حال نازک بودن آنها باعث میشود که مقداری از گرما به چشم منتقل میشود. انواع ضخیم تر هر چند گرما را کمتر عبور میدهند ولی به دلیل سطح صیقلی، ریسک بالای انعکاس نور لیزر به طرف چشم جراح را به همره دارند.

انعکاس نور لیزر معمولاً از سطوح صاف و آینه ای صورت می گیرد. خشن نمودن سطوح بیشتر از تیره کردن آن در پراکنده نمودن نور لیزر موثر است. بنابراین سطح خشن و تیره ایمنی بیشتری را از این نظر تامین میکند.

عینک محافظ باید دارای خصوصیت زیر باشد:

- دارای نشانه طول موج و optical density باشد.

- دارای side shield باشد.

- مطابق ابعاد صورت باشد و به راحتی روی آن قرار گیرد، هیچ گونه ترک، خراش یا آسیب دیگری به اجزای آن وارد نیامده باشد.

همیشه قبل از به چشم گذاشتن عینک محافظ را از جهت خصوصیات فوق بررسی نمایید. تمیز کردن عینک با سطوح خراشنده و یا محلول های الکلی و یا صابون و پاک کننده ها ممکن است پوشش محافظ optical را مخدوش کند و باعث آسیب چشم گردد.

۵-۷- خطرات دندان

هنگامی که در اطراف دهان عمل لیزر انجام میشود، دندان ها نباید در معرض تماس با نور لیزر قرار گیرند. بسیاری از بیماران از روکش و یا دندان های مصنوعی استفاده میکنند که در صورت تماس با نور لیزر با توان بالا ممکن است ترک خورده و یا تغییر رنگ دهند. دندان ها را میتوان با یک گاز خیس شده با سالین یا محافظ‌های خاص طراحی شده برای این منظور محافظت نمود.

۵-۸- خطرات غیر وابسته به پرتو

الکتریکی: ملاحظات ایمنی الکتریکی در مورد دستگاه های لیزر، مثل هر دستگاه الکتریکی مورد استفاده در خدمات بهداشتی و درمانی باید مد نظر قرار گیرد. پرسنل اتاق عمل لیزر باید سوئیچ پایی (Foot Switch) سیستم ها اتصال، فیوز ها و سایر ضمایم الکتریکی را از نظر سالم بودن و درست بودن اتصالات قبل از شروع به کار بررسی نمایند.

خطرات دود ناشی از جراحی و نحوه مقابله با آن کانون بحث و بررسی موسسات تخصصی علاقمند به کنترل کیفیت هوا گردیده است. تحقیقات نشان داده است که دود ناشی از جراحی، صرفنظر از منبع تولید کننده (لیزر، الکترو کوتر و ...) حاوی کربن (موتاژبیک)، خون و پاتوژن های خونی، ذرات ویروسی، باکتری ها و انواع متنوعی از گاز های توکسیک شامل بنزن، فرمالدئید و اکرولئین میباشد. علاوه بر این پرتاب شدن شدید ذرات بافتی به اطراف به دنبال انفجار های کوچک ناشی از لیزر های Q-Switch مانند (لیزر های Dye , Ruby, Nd:YAG) توجه زیادی را به خود جلب کرده است. اجزا بافتی که در حین عمل لیزر به اطراف پاشیده میشود نیز حاوی ذرات خطرناک میباشد. در پرسنل اتاق عمل هایی که به دلیل فقدان سیستم تهویه مناسب در محیط آلوده به دود کار میکنند، بیماری های سیستم تنفسی و دهانی- گوارشی متعددی گزارش شده است.

دود چه در نتیجه عمل لیزر و چه در نتیجه عمل با سایر وسایل جراحی میتواند خطراتی ایجاد کند. این خطرات از سال ۱۹۸۶ شناخته شده اند. مطالعات نشان داده اند که دود ناشی از لیزر CO_2 حاوی ذرات خطرناکی مثل ویریون دست نخورده و یا DNA ویروسی میباشد. حتی DNA ویروس HIV در دود ناشی از لیزر یافت شده است،هر چند فاقد توانایی رپلیکاسیون بوده است این ممکن است به دلیل مخدوش شدن تمامیت ساختمان ویروس HIV با لیزر باشد.

منابع

۱. مبانی لیزر پزشکی ، مولف دکتر عباس مجد آبادی ، ناشر : انتشارات گسترش علوم پایه ، چاپ : ۱۳۸۱، تهران .

۲. لیزر تراپی ، مبانی ، اصول و کاربرد لیزر کم توان ، مولفان : مهندس رضا اسلامی فارسانی ، دکتر بابک آشتیانی عراقی ، دکتر سید کامران کامروا ، دکتر فرهاد رضوان ، ناشر : بشری ، چاپ : ۱۳۸۴ ، تهران .

۳. اصول لیزر درمانی کم توان ، نویسنده : خانم دکتر سهیلا مکملی ، ناشر : انتشارات بشری ، چاپ :۱۳۸۴، تهران .

4. www.pubmed.com

5. www.MedLine.com

6. www.Laser.nu

7. www.healthstarlaser.com

8. www.Laser.net

9. www.seratus.com

10. www.Atten.com

11. www.thorLaser.com

12. www.Laserdevices.com

13. www.idfilaser.com

14. Nathan CS, Paul J, Abraham MM, Sasirekha M. Efficacy of Low Level Laser Therapy over Conventional Therapy on Diabetic Peripheral Neuropathy: A Pilot Study. Call for Editorial Board Members. 2019; 12(3):226.

15. Durso TA, Miletta NR, Iddins BO, Donelan MB. Laser Therapy for Scars. Total Scar Management: Springer; 2020. p. 173-84.

16. Haslerud S, Lopes-Martins RAB, Frigo L, Bjordal JM, Marcos RL, Naterstad IF, et al. Low-level laser therapy and cryotherapy as mono-and adjunctive therapies for Achilles tendinopathy in rats. Photomedicine and laser surgery. 2017; 35(1):32-42.

17. El-sharkawy ATM, Ahmad RE-SE-S. Effect of low-level LASER therapy combined with conventional physiotherapy on pain and quality of life in patients with Myofascial pain dysfunction syndrome. Egyptian Dental Journal. 2018; 64(4-October (Oral Surgery)):3111-23.