لیزر در پزشکی ۱۴۰۱/ دوره ۱۹ / شماره (۴) / صفحات ۴۴-۳۵.

مقاله مروری

بکارگیری نانومواد هوشمند دوبعدی در لیزرهای نسل جدید برای بکارگیری در درمان دندان و چشم پزشکی

علی فرمانی[۱]

حدیث فولادی*[۲]

۱. استادیار،گروه الکترونیک، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
۲. دانشجو، گروه الکترونیک، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

نویسنده مسئول: حدیث فولادی

پست الکترونیک:
hadis.foladi@yahoo.com

شماره تماس: ۰۹۳۶۵۷۹۱۶۵۵

چکیده

لیزر نوری است که از یک نوع انرژی نورانی با طول موج مشخص، تشکیل شده است، تک رنگ است و دقت و انرژی آن چند هزار برابر نور معمولی می باشد. لیزرها انواع مختلفی دارند که براساس طول موج تقسیم‌بندی می‌شوند و هر طول موجی کاربرد متفاوتی دارد. یک ویژگی لیزر این است که در فاصله چند صدمتری نیز سیر مستقیم خود را طی می کند و شعاع دایره تابش نزدیک لیزر با شعاع تابش در چند صد متری لیزر مساوی است که به‌همین‌دلیل در پزشکی استفاده می شود. اثراتی که لیزر بر بافت می‌گذارد به‌صورت حرارتی، غیرحرارتی و ترکیبی از آن می‌باشد. براساس تحقیقات و بررسی‌ها، لیزرها به‌دلایل فوایدی که دارند ازجمله دردسترس‌بودن، دسترسی آسان، غیرتهاجی‌بودن و استفاده آسان در علم پزشکی هم به‌منظور زیبایی و هم جراحی و درمان بسیار مورد توجه می باشند.پیشرفت تکنولوژی بر همه علوم ازجمله پزشکی تاثیر می‌گذارد. با پدیدارشدن لیزرها این علم از آنها جهت بهبود و پیشرفت استفاده کرده است از لیزر ازجمله در زمینه‌های جراحی و درمان مانند دندان و چشم پزشکی به‌دلایل مزایای ارزشمندی که دارد استفاده می‌شود در این کار با توجه به مطالعات انجام‌شده کاربرد نانومواد هوشمند در لیزرهای نسل جدید برای استفاده در دندان و چشم پزشکی مورد توجه و بررسی قرار گرفته است.

.

واژگان کلیدی: لیزر درمانی، پزشکی،دندان‌پزشکی، چشم پزشکی، CO2، LLLT

[Downloaded from icml.ir on 2025-11-04]

مقدمه

درمان حرارتی با لیزر (LITT) در اوایل سال ۱۹۹۱ مورد بررسی قرار گرفت که در آن از انرژی حرارتی برای آسیب‌رساندن به DNA و دناتوره‌شدن پروتئین استفاده شد[۱]. این روش و روش‌های دیگر مانند فرکانس رادیوی RF ابزارهای کم تهاجمی برای بافت‌های بدخیم در اندام‌هایی چون کبد و کلیه هستند. این روش با MRI هم سازگاری مطلق دارد و تکنیک تصویربرداری حرارتی رزونانس مغناطیسی (MRTI) برای تجسم رسوب لیزری در زمان واقعی استفاده می‌شود. روش LITT مزیت‌هایی چون کم تهاجمی‌بودن و دسترسی ساده‌تر نسبت به جراحی دارد و ممکن است بیمار به شیمی درمانی نیاز نداشته باشد و ایمنی و کیفیت در درمان را فراهم می‌کند [۲]. یک کاربردپزشکی دیگر، استفاده از لیزر درمانی با سطح انرژی وتوان پایین (LLLT) می باشد که بیشتر جنبه درمانی دارد. نوع دیگری لیزر که در کاربردهای جراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد و معماری بافت را تخریب‌کرده یا تغییر می‌دهد، لیزر با سطح انرژی یا توان بالا (HLLT) می‌باشد که در آن ممکن است واکنش‌های مخرب غیرفوتو ترمالی رخ دهد [۳]. لیزر دیگری که برای استفاده درمانی قرار می‌گیرد لیزر CO2 است که در ابتدا برای فرسایش لیزری دهانه رحم مورد استفاده قرار گرفت و با گذشت زمان از این لیزر برای درمان بیماری‌های دیگر از جمله سندرم مجاری ادراری GSM که در زمان طولانی بر کیفیت زندگی شخص تاثیر می‌گذارد، استفاده شد. این بیماری به‌دلیل کاهش تولید استروژن در دستگاه مجاری ادراری زنان رخ می‌دهد و در طول زمان اگر درمان نشود شرایط آن بدتر می‌شود. در درمان این بیماری همان‌طورکه بیان شد از لیزردرمانی فراکشنال CO2 استفاده شده است. در این روش بافت واژن با فعال‌سازی بازسازی می‌شود و همچنین تولید کلاژن را با اثر حرارتی کنترل‌شده مستقیم بر روی مخاط واژن افزایش می‌دهد [۶و۵و۴]. وارت یا زگیل‌های تناسلی ضایات خوش‌خیمی هستند که توسط ویروس ایجاد می‌شوند و انتقال آنها به‌صورت تماس مستقیم یا غیرمستقیم می باشد. برای درمان آنها راه های مختلفی وجود دارد که در درمان مسائلی مانند تعداد، اندازه، محل، ترجیح بیمار، هزینه، وضعیت سیستم ایمنی بدن بیمار و خطر پخش‌شدن آنها مورد توجه قرار می‌گیرند. اگر روش‌های معمولی موجود با لیزر ترکیب شوند به درمان و سرکوب این زگیل‌ها کمک شایانی می شود که در این کار از لیزرهای مختلفی چون CO2، Nd:Ya، PDL یا ترکیبی از آنها می‌توان استفاده کرد [۷].

در ادامه کار چندین لیزر معرفی‌شده و برخی از قابلیت‌ها و کاربردهایی که در زمینه پزشکی جهت درمان بیماری‌ها دارند بیان‌شده و در نهایت مقایسه‌ای بین آنها صورت گرفته است.

لیزر گرمایی

وقتی دمای بدن افزایش می‌یابد، اولین اثری که در بدن رخ می‌دهد، اثر هیپرترمی می‌باشد که در ان برخی از پیوندهای مولکولی ازبین‌رفته و باعث تغییر غشا در آنها و به‌دنبال آن کاهش فعالیت آنزیم می‌شود. در دماهای بالاتر بافت منعقدشده و بافت مردگی در سلول‌ها رخ می‌دهد که در جدول (۱) اثرات نور لیزر در دماهای مختلف ارائه شده است. باید توجه داشت که دمای ۶۰ درجه یک دمای بحرانی است زیرا بیشتر اثرات بیولوژیکی که در ان دماهای بالاتر از آن رخ می‌دهند، برگشت‌ناپذیر می‌باشند[۸].

جدول۱. اثرات گرمایی نورلیزر در دماهای مختلف

دما	اثرات بیولوژیکی
37 ℃	نرمال
45-50 ℃	هایپرترمی، کاهش فعالیت آنزیم، بی حرکتی سلولی
60-80 ℃	دناتوره‌شدن پروتئین‌ها و کلاژن؛ انعقاد
100 ℃	تبخیر، تجزیه حرارتی (فرسایش)
>100 ℃	کربنیزاسیون (تبدیل به کربن)
>300°	ذوب

همان‌طورکه بیان شد، فعل و انفعالات لیزر باعث ایجاد گرما در بافت می‌شود و بسیاری از آنزیم‌ها به حرارت حساس هستند. در دمای بالا تبخیر اب در سلول‌ها رخ داده و بافت‌ها ازجمله بافت‌های سرطانی، به‌صورت فیزیکی ازبین می‌روند و ازطرفی با تغییر متغیرهای لیزر می‌توان مکانیسم‌های آسیب توسط آن را دستکاری

[Downloaded from icml.ir on 2025-11-04]

کرد[۹]. گرمایش حاصل از لیزر درواقع زمانی رخ می‌دهد که نور توسط بافت جذب‌شده و سپس به گرما تبدیل شود و این جذب نور بسته به مولفه‌های بافت متفاوت است و هر گروه ویژگی‌های مخصوص خود را دارند. بعد از اعمال گرما به بافت، اثر ترمودینامیکی روی بافت در همه یکسان است. در این روش‌ها بافت‌ها به‌دلیل تبخیر آب و آپوپتوز یا نکروز سلول‌های تومور درمان صورت می‌گیرد. روش LLT[1] با استفاده از فیبر نوری می‌تواند به اندام‌های داخل بدن دسترسی پیدا کند و نه تنها برای اندام‌های مجرایی مانند مری بلکه برای سرطان ارگان‌های جامد مانند کبد و تومورمغزی نیز قابل استفاده است. برای دست‌یابی به LTT ایمن و موثر باید دمای بافت‌های سرطانی در طول گرمادهی کنترل شود و دمای آنها در سطح مناسبی نگه داشته شود. در بعضی موارد از MRI برای کنترل دمای تومورهای مغزی و اثربخشی دما استفاده شده است. کنترل دما با استفاده از تشخیص مادون قرمز دارای مزیت‌هایی ازجمله دست‌یابی به گرمای سطح هدف، غیرتهاجمی و زمان واقعی‌بودن دارند و دارای توزیع حرارتی دوبعدی می‌باشد. ازطرفی، جراحی لاپراسکوپی در سال‌های اخیر به‌عنوان یک روش درمانی کم‌تهاجم برای سرطان در نظر گرفته شده است. در این روش، از دمیدن دی‌اکسیدکربن به حفره‌های بطنی استفاده می‌شود، که منجربه دید بهتر آنها و درمان بهتر سرطان‌هایی می‌شود که در حفره‌های عمیق مانند حفره لگن وجود دارند. درحال‌حاضر جراحی لاپاراسکوپی به‌عنوان روشی برای درمان سرطان‌هایی مانند کیسه صفرا و کبد استفاده می‌شود اما در اینجا می‌توان بیان کرد که از درمان حرارتی می‌توان به‌عنوان یک روش کمکی در لاپاراسکوپی استفاده کرد. درمان حرارتی برای تومورهایی که برداشتن آنها با جراحی سخت است استفاده می‌شود و کاستی‌هایی که در روش جراحی وجود دارند را جبران می‌کند[۱۰]. لیکن پلان دهانی (OPL) بیماری شایع و مزمنی است که معمولاً دهان را درگیر می‌کند. یکی از روش‌های درمان آن استفاده از لیزر CO2 می‌باشد. یک مزیت درمان آن با این روش این است که رگ‌های خونی را آب‌بندی‌کرده و درحین عمل خونریزی کاهش می‌یابد. این درمان با لیزر کم انرژی LLLT صورت گرفته که با تغییرات غیرمخربی که انجام می‌دهد، به‌عنوان لیزر تحریک زیستی هم شناخته شده است و اساس استفاده از لیزر می‌باشد. از مزایای استفاده از ان اثرات ضدالتهابی، تسریع در بهبود زخم و اثرات ضددرد آن می‌باشد. در شکل (۱) نمونه‌ای از جراحی این بیماری با این لیزر نشان داده شده است[۱۱].

شکل۱: تاثیر LLLT بر روی ضایعه‌ای در مرز جانبی زبان در یک مرد ۵۲ ساله با ضایعه فرسایشی OLP (پیکان سیاه موجود در شکل). که در آن عکس سمت چپ قبل از درمان و عکس سمت راست سه ماه بعد از درمان می‌باشد[۱۱].

حسگرهای مبتنی بر گرافن

پیشرفت‌های رخ‌داده در میکروالکترونیک باعث ظهور حسگرهای زیستی با حساسیت بالا، قابل‌حمل‌بودن، چندگانه‌بودن و اقتصادی شده است[۱۲]. در حوزه نانوتکنولوژی، خواص و ساختار مواد در مقیاس تقریباً کمتر از ۱۰۰ نانومتر مورد بررسی قرار می‌گیرند. یکی از دلایل کاربردی‌بودن این علم این است که خواص فیزیکی و شیمیایی مواد با تغییر سایز آن در ناحیه نانو نیز قابل بهبود و تغییر می‌باشد و در علوم مختلف ازجمله پزشکی قابل استفاده می‌باشند [۱۳]. نانومواد مبتنی بر گرافن و اکسیدگرافن به‌دلیل خواص فیزیکی منحصربه‌فردی که دارند بسیار در تحقیقات مورد توجه قرار گرفته‌اند. گرافن دارای خواص الکتروشیمیایی منحصربه‌فردی ازجمله هدایت الکتریکی بالا، جربان بالا، چگالی، انتقال نوری و ابگریزی بالایی که دارد در زمینه‌های مختلفی ازجمله پزشکی مورد توجه و استفاده

[1] laser thermal therapy

[Downloaded from icml.ir on 2025-11-04]

می‌باشند[۱۴]. گرافن القاشده با لیزر[1] در ابتدا در ۲۰۱٤ معرفی شد و توجهات زیادی را به خود جلب کرد. که در آن یک کربن متخلخل سه‌بعدی به‌طور مستقیم توسط لیزر دی‌اکسیدکربن برروی مواد پلیمری تولید شده است. این مجموعه دارای نام‌های دیگری ازجمله LAG، LSG، یا LDG می‌باشد. مورفولوژی LIG به‌راحتی توسط یک کامپیوتر کنترل می‌شود و برای بهبود سنسورهای الکتریکی / الکتروشیمیایی و وسایل الکترونیکی پوشیدنی در تشخیص بیومارکرهای پزشکی بسیار اهمیت دارد. در فرآیند آماده‌سازی LIG، معمولاً لیزرهای مادون قرمز CO2 با طول موج ۱۰/۶ میکرومتر معمولاً استفاده می شود اما علاوه‌بر آن از لیزرهای فرابنفش و لیزر مرئی هم در جهت آماده‌سازی آن استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر دستگاه‌های حسگر پوشیدنی بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند که گرافن در ساخت آنها تاثیر چشمگیری دارد. دستگاه‌های فیزیولوژیکی فیزیکی مصنوعی LIG مزایایی ازجمله راندمان بالا، انعطاف‌پذیری عالی و هزینه کم با کاربرهای گسترده دارد. براساس تحقیقات LIG دارای رسانایی حرارتی بالا و ظرفیت حرارتی کم است که باعث می‌شود یک ماده ایده‌آل برای منبع صوتی حرارتی می‌باشد و متخلخل بودن LIG حساسیت آن به لرزش را بالا می‌برد و می‌تواند یک عنصر مناسب برای تشخیص صدا ازجمله صداهایی چون وزوز، جیغ و سرفه با زیر و بم و ولوم‌های متفاوت باشد. زمانی‌که گرافن تغییر حالت می‌دهد، مقاومت آن تیز تغییر می‌کند. با استفاده از اصول حسگرهای صوتی برخی تغییر شکل‌ها که در زندگی روزمره انسان رخ می‌دهند ازجمله ضربان قلب، ریتم نفس و حرکت انگشتان قابل طراحی هستند. بنابراین قراردادن حسگرهای پوشیدنی بر روی دست باعث تشخیص تغییرات در بدن شخص بیمار می‌شود. ماسک‌های مبتنی‌بر LIG نیز گزارش شده‌اند که براساس خاصیت فوتوترمال خود می‌توانند باکتری‌های موجود بر سطح ماسک را ازبین ببرند. در ماسک‌های معمولی موجود در بازار باکتری‌ها بعد از هشت ساعت هنوز زنده هستند درصورتی‌که در این ماسک ها ۹۹/۹۹۸% باکتری‌ها پس از ۱۰ دقیقه ازبین می‌روند. به‌طورکلی این دستگاه‌های پوشیدنی مبتنی بر LIG می‌توانند با هشدار به‌موقع در جلوگیری از خطرات احتمالی در جهت سلامت فرد ظاهر شوند و از وقوع آنها جلوگیری کنند [۱۵].

لیزر های فوق سریع

فیبرهای محدوده مادون قرمز به‌دلیل کاربردهای گسترده‌ای که در زمینه‌های بیوپزشکی و جراحی با لیزر دارند بسیار مورد توجه می‌باشند. این لیزرها براساس سیلیکات ، فلوراید، فسفات و... به‌عنوان فیبرهای تک حالته در دسترس هستند . محدوده طیفی فیبرهای شیشه‌ای از اشعه ماورابنفش تا مادون قرمز میانی را پوشش می‌دهند و در مقایسه با سایر لیزرها دارای کیفیت پرتو فوق‌العاده، راندمان نوری بالا، ساده‌بودن و فشرده‌بودن آنها اشاره کرد[۱۶]. فیبرهای نوری مادون قرمز IR، می‌توانند به‌صورت فیبر نوری استفاده شوند که طول موج‌های بیش از تقریباً ۲ میلی‌متر را ارسال می‌کنند[۱۷]. با این‌حال فیبرشیشه‌ای سیلیکات در ۲/۲ میکرومتر دارای محدودیت‌هایی می‌باشد چون تلفات انتشاری در طول موج‌های بالاتر به‌دلیل مقدار انرژی فونون‌ها بسیار زیاد است. حضور جذب قوی آب باعث می‌شود. لیزر ۲ میکرومتری وسیله‌ای امیدوارکننده در کاربردهای پزشکی باشد، زیرا انتظار کاهش عمق نفوذ اشعه در بافت اشباع‌شده با آب وجود دارد که این منجربه پردازش دقیق آنها با گرمای کمتری می‌شود. برخی از فرآیندهای پزشکی ازجمله جراحی‌های کم‌تهاجم، انوکلیشن لیزری و غیره پتانسیل این را دارند که با استفاده از SWIR[2] دقیق‌تر انجام شوند. باتوجه به این‌که یکی از پیک‌های جذب آب در طول موج حدود ۱/۹۴ میکرومتر می‌باشد، استفاده از لیزر هولمیوم که طول موجش به محدوده مادون قرمز شیفت پیدا کرده است، اجازه تغییر عمق نفوذ تغییر لیزر را می‌دهد. از جهتی باید اشاره کرد که انتشار لیزر ۲ میکرومتر برای چشم مضر نیست و این یک مزیت به‌حساب می‌آید. حوزه کاربرد لیزر به‌دلیل اثرات غیرمخربی که بر روی بافت‌های بیولوژیکی دارد به‌طور مدارم در علم پزشکی از تشخیص، درمان و جراحی رو به گسترش است. بنابراین پارامترهای آن ازجمله طول موج، زمان تابش، پیوسته یا پالسی‌بودن، مدت زمان نویزدهی و

[1] LIG

[2] short-wave infrared range

[Downloaded from icml.ir on 2025-11-04]

سرعت تکرار پالس‌ها باید بدرستی انتخاب شوند تا نتیجه مطلوب حاصل شود. اغلب سیستم لیزری پزشکی در محدوده ۲میکرومتر و موج حالت پیوسته و مدپالسی نانوثانیه یا بیشتر کار می‌کنند. ازطرفی، انتشار گرما در نقطه لیزر باعث افزایش آسیب حرارتی به بافت‌های جانبی و ایجاد زخم می‌شود. و دقت اثر تابش لیزر در نمونه‌های ضخیم محدود می‌شود. بنابراین توسعه لیزر پالسی فوق سریع و ایجاد پالس‌های پیکو یا فمتو ثانیه ضرورت دارد و با حالات غیرحرارتی آسیب به بافت‌ها کاهش می‌یابد[۱۸].

شتاب‌دهنده LWF[1] دیگر شتاب‌دهنده لیزر پرسرعتی است که توسط یک پالس لیزری شدید کوتاه در پلاسمای با چگالی کم ایجاد می‌شود، باعث شتاب الکترون‌های تزریق‌شده می‌شود. الکترون‌های تزریق‌شده در ابتدا دارای انرژی اولیه و سرعتی برابر با سرعت فاز موج می‌باشند و سپس تا انرژی بسیار بالاتری شتاب می‌گیرند[۱۹]. انرژی الکترون‌های شتاب‌گرفته از LWFA از 10GeV هم فراتر می‌روند و طول شتاب در این لیزر در مقیاس سانتی‌متر است. شتاب‌دهنده‌های لیزری در مقایسه با شتاب‌دهنده‌های GeV فضای کمتری را اشغال و مقرون‌به‌صرفه می‌باشند. براکی‌تراپی یک راه امیدوارکننده در درمان سرطان می‌باشد که در این روش منبع تابش به داخل بدن و به بافت‌هایی که باید درمان شوند، تابیده می‌شود. در براکی‌تراپی حین عمل و آندوسکوپی در درمان‌های موضعی، تابش چند ده تا چند صد KeV کافی است چون در پرتودرمانی نیازی نیست که اشعه از بافت‌های سالم عبور کند. تابش‌های الکترونی از سلول LWFA توسط پالس‌های لیزری به محل مورد درمان ساطع می‌شوند. براساس مطالعات تابش الکترونی چگالی بالا در این لیزر از مواد نانو می‌تواند تولید شود که این باعث می‌شود منابع لیزری به‌صورت فشرده و قابل اعتماد ارائه شوند. همان‌طورکه بیان شد لیزرهای فیبری بسیار سریع در کاربردهای پزشکی چون درمان سرطان مورد استفاده قرار می‌گیرند. طبق گفته‌های بیان‌شده در بالا، لیزرهای فیبری بسیار سریع قادر به تولید پالس‌های نور شدید در LWFA پزشکی به‌صورت فشرده می‌باشند. این تکنولوژی توسط لیزرهای CBC[2] پیشرفت بیشتری داشته است. فیبرهای توخالی باعث شده‌اند نور قابل انعطاف با پالس شدید به مکان‌هایی دسترسی پیدا کنند که با نور فضای آزاد معمولی نمی‌توان رسید. شتاب‌دهنده LWF انرژی نور را از پالس‌های لیزر توان بالابه انرژی جنبشی الکترون‌های شتاب داده شده تبدیل می‌کند[۲۰]. همان‌طورکه بیان شد براکی‌تراپی شکل خاصی از پرتودرمانی است که در آن منابع رادیواکتیو به‌طور مستقیم به داخل یا کنار تومور ارسال می‌شوند و برای بیماران مبتلا به سرطان نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد و دارای حداقل عوارض برای بافت‌های طبیعی بدن می‌باشد[۲۱].

استفاده از لیزر در دندان‌پزشکی

در سال ۱۹۱۷، انیشتین متوجه شد که لیزر به‌صورت یک فرایند طبیعی با انتشار تشعشات ترویج می‌شود. بدین‌صورت که زمانی‌که پرتو نور از یک محیط عبور می‌کند، اتم های درون آن محیط تحریک می‌شوند و نور به یک جهت خاص منتقل می‌شود. نور لیزر با نور ساطع‌شده از خورشید یا لامپ فرق دارد. نور لیزر برخلاف نور سفید خورشید که طیف وسیعی از طول موج‌ها را دارد، تنها دارای یک رنگ یا یک نوار باریک و به‌صورت منسجم می‌باشد و پرتوهای ان به‌صورت موازی با هم حرکت می‌کنند[۲۲]. تئوری آلبرت انیشتین سه ویژگی لیزرهایی که تابش خودبخودی و تحریک‌شده دارند را بیان می‌کند: تک‌رنگ هستند یعنی همه امواج آن دارای انرژی و فرکانس یکسان دارند، منسجم است که همه امواج نور از لحاظ سرعت و زمان به هم مرتبط می‌باشند و اینکه امواج با یکدیگر موازی می‌باشند. استفاده از لیزر در دندان‌سازی در دهه ۱۹۹۰ محبوب شد. لیزرها در دندان‌سازی به‌صورت ابزار درمانی یا کمکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در زمینه‌های زیادی از دندان‌پزشکی مانند جراحی دندان، ایمپلنت، پریودنتیکس، اطفال و جراحی از تکنولوژی لیزر استفاده می‌شود. لیزر به‌صورت یک روش کم تهاجم در اینکار عمل می‌کند و بیماران با این روش درد کمتری را متحمل می‌شوند. لیزرها در دندان‌پزشکی براساس عوامل مختلف ازجمله گاز، مایع، جامد و

[1] laser-wake-field

[2] Coherent Beam Combining

[Downloaded from icml.ir on 2025-11-04]

نیمه‌هادی طبقه‌بندی می شوند که نوع پرتویی که از آنها ساطع می‌شود را مشخص می‌کنند که در جدول (۱) ارائه شده‌اند[۲۳].

جدول۲. طبقه‌بندی انواع لیزرهای مورد استفاده در علم دندان‌پزشکی

لیزرهای گازی	لیزرهای مایع	لیزرهای جامد	لیزرهای نیمه هادی	اگزایمرها
ارگون دی‌اکسیدکربن	رنگدانه ها	NdYAG (اندیاگ) Er:YAG (یاگ) دیودی	لیزر سیلیکونی هیبرید	ارگون فلوراید کریپتو فلوراید زنون فلوراید

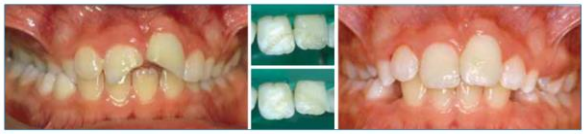
همان‌طورکه در جدول(۲) بیان شده است، یکی از لیزرهای گازی، لیزر ارگون است که یک محیط فعال از گاز ارگون یونیزه‌شده دارد که با تخلیه الکتریکی جریان بالا انرژی گرفته و نور را در به‌صورت موج پیوسته ارسال می‌کند. در دندان‌پزشکی دو نوع لیزر ارگون با طول موج‌های ۴۸۸نانومتر (ابی) و ۵۱۴ نانومتر(سبزابی) استفاده می‌شود و به‌دلیل پایین‌بودن طول موج اسیبی به سطح دندان وارد نمی‌کنند. ازجمله دیودهای جامد، لیزهای دیودی هستند که از نیمه‌هادی جامد یعنی ترکیبی از آلومینیوم با طول موج ۸۰۰ نانومتر یا ایندیم با طول موج ۹۰۰ نانومتر تشکیل شده‌اند که این طول موج‌ها به عمق بافت‌های نرم نفوذ می‌کنند. این لیزرها لیزرهای جراحی بسیار عالی هستند و جراحی با آنها با خیال آسوده صورت می‌گیرد زیرا این طول موج‌ها توسط بافت سخت دندان جذب نمی‌شوند لیزر Nd:YAG دارای دارای یک محیط فعال از ترکیب کریستال گارنت با عناصر خاکی کمیاب می‌باشد. طول موج ۱۰۶۴ نانومتری در آن برای کار بر روی بافت‌های نرم مانند برش و انعقاد لثه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این لیزر هموستاز خوب و میدان عملیاتی واضحی را در طول فرایند فراهم می‌کند [۲۴]. لیزرهای رنگدانه‌ای از دهه ۱۹۶۰ به‌دلیل انعطاف‌پذیری عملیاتی خاصی که دارند مورد توجه قرار گرفته‌اند. این لیزرها به دو صورت پالسی و موج پیوسته تشعشات را ساطع می‌کنند و صدها رنگ به‌صورت قابل اندازه‌گیری در محدوده ماورابنفش تا مادون قرمز را پوشش می‌دهند و ماهیت همه‌کاره‌بودن آنها اجازه داده در همه زمینه‌ها ازجمله پزشکی مورد توجه باشند[۲۵]. یکی از موارد استفاده لیزرهای رنگدانه‌ای به‌منظور درمان فوتودینامیک و فوتوکاگولاسیون در چشم پزشکی می‌باشد. مزیت این لیزر این است که طول موج‌های خروجی آن در محدوده قابل توجهی یعنی در حدود ۱۰۰ نانومتر با یک رنگ، و در محدوده طیفی ۳۶۰ تا ۹۶۰ نانومتر بااستفاده از چند رنگدانه تغییر می‌کند. با استفاده از این طول موج بزرگ با پهنای باند نسبتاً باریک و توان خروجی بالا، بافت‌های شبکیه یا قسمت‌های مختلف چشم با استفاده از طول موجی که بیشترین جذب توسط آن بافت را دارد را مورد هدف قرار دارد. از دیگر کاربردهای ان در درمان ضایعات شبکیه، ناهنجاری‌های عروقی و ساختاری مربوط به دیابت، انسداد ورید شاخه‌ای و دیگر بیماری‌ها می‌باشد[۲۶].

لیزرهای اگزمایر می‌توانند اشعه ماوراءبنفش بسیار بالا با شکستن پیوندهای مستقیم مولکول‌های ارگانیک و حداقل آسیب حرارتی تولید کنند، درحالی‌که لیزرهای مرئی یا مادون قرمز باعث تبخیر حرارتی بافت‌ها می‌شوند. ازطرفی جذب قوی اشعه ماورابنفش بافت‌ها باعث کنترل قوی عمق نفوذ می‌شود. علاوه‌براین، اشعه‌های لیزر اگزمایر ازطریق فیبرهای نوری به‌راحتی به داخل بدن می‌رسند. با توجه به خصوصیات گفته‌شده از این لیزر برای درمان ریشه در دندان‌پزشکی می‌توان استفاده کرد[۲۷].

تغییر در سلامت دهان و دندان کودکان ممکن است بر کیفیت زندگی و زیبایی آنان تاثیر بگذارد و شایع‌ترین مشکل در میان آنها پوسیدگی، تغییر رنگ یا شکستگی دندان‌ها می‌باشد[۲۸]. درمان آنها با لیزر می‌تواند کمک فراوانی به کودکان باشد و امکانات درمانی مناسبی فراهم آورد. کاربرد و استفاده لیزر بر روی بافت‌های سخت و نرم باعث‌شده این تکنولوژی در این زمینه هم مورد استفاده قرار گیرد. شکستگی تاج یکی از مشکلاتی است که در این زمینه وجود دارد و تنها لیزرهای خانواده اربیوم می‌توانند در حفاری دندان نتایج خوبی را به‌صورت کاهش ناراحتی و مشکلات بعد از عمل و حداقل تهاجم ارائه دهند. این لیزرها برای کل پروسه ازجمله آماده‌سازی حاشیه و در پایان کار دندان، انعقادپالپ، پالپوتومی یا پالپکتومی درصورت نیاز و فرایندهای انجام شده بر روی بافت‌های نرم استفاده شوند. شکستگی تاج تیوب‌های دندان‌پزشکی زیادی را در معرض دید قرار می‌دهد اما

[Downloaded from icml.ir on 2025-11-04]

زمانی‌که از لیزرهای اربیوم کروم و اربیوم برای این‌کار استفاده می‌شود، تنها مقدار کمی یا حتی هیچ واترجتی استفاده می‌شود و ظرفیت ایجاد همجوشی توبول‌های عاجی هم در آن وجود دارد که این باعث کاهش نفوذپذیری بافت‌ها به مایعات‌شده و حساسیت عاجی کاهش می‌یابد. که نمونه‌ای از این‌کار در شکل (۲) نشان داده شده است[۲۹].



شکل۲: شکستگی تاج ۱,۱ و ۲,۱ و کراس بایت راست در یک بیمار که دو دندان ۱,۱ و ۲,۱ قبلاً دوبار متصل‌شده اما درمان حاصل نشده است (شکل سمت چپ). که با استفاده از لیزر Er:Yag مینا و عاج ترمیم و درمان شده‌اند (دو شکل وسط) و شکل سمت راست بعد از یک‌سال اصلاح اوتودنسی آنها می‌باشد[۲۹].

استفاده از پروتزهای نگهدارنده ایمپلنت در حال افزایش است، میزان بقای آنها مستند است اما ممکن است منجربه ازبین‌رفتن ایمپلنت شود. یکی از مشکلات این‌کار پری ایمپلنت می‌باشد که یک واکنش التهابی و عفونی برگشت‌پذیر در بافت‌های نرم اطراف ایمپلنت می‌باشد و باعث ازبین‌رفتن لثه، استخوان و در نهای استخوان خواهد شد. میکروارگانیسم‌هایی که باعث پری ایمپلنت می‌شوند، همان‌هایی هستند که باعث پریودنتیت نیز می‌شوند و از پارامترهای تشخیصی شاخص بالینی، پروبینگ اطراف ایمپلنت، رادیوگرافی و میکروبیولوژی در هر دو آنها استفاده می‌شود[۳۰].

گندزدایی سطوح ایمپلنت یکی از دشوارترین کارها در مراحل درمان پری ایمپلنت می‌باشد که برای این‌کار از روش‌های مکانیکی مانند کورت‌ها برای جداسازی باقی‌مانده باکتری‌ها ازسطح ایمپلنت استفاده می‌شود[۳۱]. از دیگر روش‌های درمان این بیماری، استفاده از روش‌های شیمیایی مانند اسیدسیتریک، پراکسید هیدروژن، کلرهگزیدین یا آنتی‌بیوتیک‌های سیستمیک و موضعی و یا از لیزرهای مختلف ازجمله اربیوم یا CO2 می‌باشد. در این‌کار باید کمترین آسیب به سطح ایمپلنت وارد گردد و درعین‌حال سموم و باکتری‌ها از سطح آن خارج شوند. یک روش برای درمان پری ایملنت فوتودینامیک ضدمیکروبی[1] با لیزر می‌باشد. این روش با واکنش‌های شیمیایی بین سه فاکتور حساس‌کننده نوری، اکسیژن و منبع نور صورت می‌گیرد و مکانیسم آن وابسته به متصل‌شدن حساس‌کننده نوری به سلول‌های مورد هدف می‌باشد. این رویداد در منطقه‌هایی با محیط کم امکان‌پذیر است که در آن aPDT[2] می‌تواند جاهایی که موردنظر هستند را تخریب کند. این روش یک روش امن و غیرتهاجمی است که بدون نگرانی درباره افزایش مقاومت باکتری‌ها صورت می‌پذیرد. براساس مطالعات عواملی مانند جذب نور توسط باکتری‌ها، نوع حساس‌کننده نور، ویژگی‌های لیزر ازجمله طول موج و توان آن، مدت زمان تابش، و نوع حساس‌کننده نوری بر کارایی این روش تاثیر می‌گذارند. فیکوسیانین یک حساس‌کننده جدید طبیعی با خاصیت ضدالتهاب، ضدسرطان و ضدمیکروبی است که در صنایع مختلف ازجمله پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با ارزیابی منابع نوری مختلف در روش aPDT، مشخص‌شده که لیزر قرمز (۶۳۵ و ۶۶۰ نانومتر) دارای بیشترین تاثیر مثبت در فعال‌سازی حساس‌کننده‌های نوری می‌باشند [۳۲].

نتیجه‌گیری

این روزها استفاده از لیزردرمانی به‌منظور درمان بعضی بیماری‌ها بیشتر رواج یافته است. این یک روش کم‌تهاجم و بدون درد است که با کمترین جراحت و بدون آسیب به بافت بدن در زمان کوتاه‌تری نسبت به جراحی سنتی انجام می‌شود. در لیزردرمانی، انرژی لیزر به بافت‌ها منتقل‌شده و بسته به نوع کاربرد آن اثرات درمانی خود را برجا می‌گذارد. در این روش جراحی با دقت بیشتر و جراحات کمتر صورت می‌گیرد و در اغلب موارد نیازی به بیهوشی نیست و التهاب در آن بسیار کم است. یکی از راه‌های استفاده لیزر، استفاده از آن در زمینه دندان و چشم پزشکی می‌باشد که یکی از نوین‌ترین روش‌ها است و طرفداران خود را دارد. درمان با لیزر در مقایسه با ابزار معمول دندان‌پزشکی شامل انواع دریل‌ها و دیگر وسایل تیز که برای بریدن و جرم‌گیری لثه استفاده می‌گردد بسیار قابل تحمل‌تربوده و با درد و خونریزی کمتری همراه است. امروزه از لیزر در دندان‌پزشکی جهت درمان پوسیدگی‌های دندان، درمان حساسیت‌های دندانی، درمان مشکلات لثه، سفیدکردن دندان‌ها، جراحی و عصب‌کشی استفاده می‌شود. در چشم پزشکی نیز این علم نفوذ داشته و یکی از راه‌های

[1] aPDT

[2] Antimicrobial photodynamic therapy

[Downloaded from icml.ir on 2025-11-04]

استفاده از آن در اصلاح عیوب انکساری چشم بر روی قرنیه با استفاده از لیزر اگزمایر به‌دلیل طول موج کوتاه آن یا در درمان و جراحی بیماری‌های مربوط به چشم می‌باشد. در لیزردرمانی از لیزرهای مختلفی ازجمله لیزرهای با توان بالا، توان پایین، CO_2 و غیره استفاده می شود که هر کدام دارای ویژگی‌های خاص خود هستند که در در بالا درباره آنها مطالبی ارائه شده است و مطالبی به‌صورت خلاصه در جدول شماره (۳) بیان شده‌اند.

جدول شماره ۳. لیزر ها، خواص و کاربرد آنها در پزشکی

ردیف	نوع لیزر	کاربردوروش‌کار	مزایا	معایب
۱	لیزرحرارتی (LTT)	- آسیب‌رساندن به DNA [۱] - آسیب‌رساندن به بافت‌های بدخیم[۲] - استفاده از فیبر نوری[۸]	- کم‌تهاجمی [۲] - مفید برای شرایطی که جراحی سخت است[۸] - دردسترس بودن [۲] - ساده‌تر از جراحی، ایمنی و کیفیت [۲] - حداقل عوارض جانبی [۸] - زمان واقعی، توزیع حرارتی دو بعدی [۸]	- کنترل دمای تومورها [۸] - استفاده از MRI در کنترل دما [۸] - ایجاد زخم و آسیب به بافت [۱۱] - کاهش دقت در نمونه‌های ضخیم [۱۱]
۲	لیزر توان پایین (LLLT)	- کاربردهای درمانی [۳] - بازسازی و ترمیم پوست [۱٦] - افزایش کلاژن‌سازی [۱۷] - درمان RA و تسکین درد بیمار با جریان یافتن خون [۱۷]	- کم تهاجم[۳] - ایمنی بالا [۳] - در دسترس بودن [۳]	- کم‌بودن دقت تابش در نمونه‌های ضخیم [۱۱]
۳	لیزر توان بالا (HLLT)	- کاربردهای جراحی [۳] - تخریب یا تغییر معماری بافت [۳]		
٤	لیزر CO2	- استفاده در دندان‌پزشکی در درمان پری ایمپلنت [۱۵] - تولید LGI با مادون قرمز [۱۰] - تولید کلاژن با اثر حرارتی [۷] - استفاده جهت درمان روماتیسم مفصلی [۱٦]	- امن و غیرتهاجمی، افزایش‌نیافتن مقاومت باکتری‌ها در پری ایمپلنت [۱۵]	- در درمان پری ایمپلنت عواملی مانند طول موج، توان و مدت زمان تابش باید کنترل شوند [۱٦]
۵	گرافن القا شده با لیزر (LGI)	- استفاده در دستگاه های فیزیولوژیکی مصنوعی [۱۰]	- راندمان بالا، انعطاف‌پذیری عالی، هزینه کم و کنترل توسط کامپیوتر [۱۰] - LIG دارای رسانایی حرارتی بالا، حساس به لرزش و مورد استفاده در ساخت سنسورهای پوشیدنی [۹]	
٦	لیزر فوق سریع (دو میکرومتری)	- انجام جراحی‌های کم تهاجم [۱۱]	- کاهش عمق نفوذ اشعه در بافت اشباع‌شده با آب و کاهش گرما[۱۱] - مضرنبودن برای چشم [۱۱] - اثرات غیرمخرب [۱۱]	- انتخاب دقیق پارامترها ازجمله طول موج، زمان تابش و سرعت تکرار پالس‌ها [۱۱]
۷	لیزرهای فیبری	- زمینه‌های پزشکی مانند درمان سرطان [۱۲] - دسترسی و انتقال نور توسط آنها به محل‌هایی که نور فضای آزاد ارسال نمی‌شود [۱۲]		

[Downloaded from icml.ir on 2025-11-04]

References:

[1]. Waseem, Hena, et al. "Laser ablation therapy: an alternative treatment for medically resistant mesial temporal lobe epilepsy after age 50." Epilepsy & Behavior 51 (2015): 152-157.

[2]. Carpentier, Alexandre, et al. "Laser thermal therapy: Real-time MRI-guided and computer-controlled procedures for metastatic brain tumors." Lasers in surgery and medicine 43.10 (2011): 943-950.

[3]. Ohshiro, Toshio, and R. Glen Caldenhead. "Development of low reactive-level laser therapy and its present status." Journal of clinical laser medicine & surgery 9.4 (1991): 267-275.

[4]. Nalewczynska, Agnieszka Aleksandra, et al. "Pixel-CO2 laser for the treatment of stress urinary incontinence." Lasers in Medical Science 37.2 (2022): 1061-1067.

[5]. Filippini, Maurizio, et al. "CO2-Laser therapy and Genitourinary Syndrome of Menopause: A Systematic Review and Meta-Analysis." The Journal of Sexual Medicine (2022).

[6]. Quick, Allison M., et al. "Long-Term Follow-Up of Fractional CO2 Laser Therapy for Genitourinary Syndrome of Menopause in Breast Cancer Survivors." Journal of Clinical Medicine 11.3 (2022): 774.

[7]. Bennardo, Luigi, et al. "Sequential Use of CO2 Laser Prior to Nd: YAG and Dye Laser in the Management of Non-Facial Warts: A Retrospective Study." Medicina 58.1 (2022): 115.

[8] .Ansari, Mohammad Ali, Mohsen Erfanzadeh, and Ezeddin Mohajerani. "Mechanisms of laser-tissue interaction: II. Tissue thermal properties." Journal of lasers in medical sciences 4.3 (2013): 99.

[9] .Parrish, John A., and Brian C. Wilson. "Current and future trends in laser medicine." Photochemistry and photobiology 53.6 (1991): 731-738.

[10]. Harada, Manabu, et al. "Temperature-controlled laser thermal therapy system using a newly developed laparoscopic system equipped with an ultra-compact thermographic camera." Scientific Reports 12.1 (2022): 18287.

[11]. Agha-Hosseini, Farzaneh, E. Moslemi, and I. Mirzaii-Dizgah. "Comparative evaluation of low-level laser and CO2 laser in treatment of patients with oral lichen planus." International journal of oral and maxillofacial surgery 41.10 (2012): 1265-1269.

[12]. Sengupta, Pavel, et al. "Lab-on-a-chip sensing devices for biomedical applications." Bioelectronics and Medical Devices. Woodhead Publishing, 2019. 47-95.

[13]. Patolsky, Fernando, Gengfeng Zheng, and Charles M. Lieber. "Nanowire sensors for medicine and the life sciences." (2006): 51-65.

[14]. Priyadarsini, Subhashree, et al. "Graphene and graphene oxide as nanomaterials for medicine and biology application." Journal of Nanostructure in Chemistry 8 (2018): 123-137.

[15]. Liu, Jianlei, et al. "Laser-induced graphene (LIG)-driven medical sensors for health monitoring and diseases diagnosis." Microchimica Acta 189.2 (2022): 1-14.

[16]. Zhu, Xiushan, and N. Peyghambarian. "High-power ZBLAN glass fiber lasers: review and prospect." Advances in OptoElectronics 2010 (2010).

[17]. Harrington, James A. "A review of IR transmitting, hollow waveguides." Fiber & Integrated Optics 19.3 (2000): 211-227.

[18]. Kopyeva, Mariya S., et al. "Ex Vivo Exposure to Soft Biological Tissues by the 2-μm All-Fiber Ultrafast Holmium Laser System." Applied Sciences 12.8 (2022): 3825.

[19]. Bulanov, S. V., et al. "On some theoretical problems of laser wake-field accelerators." Journal of Plasma Physics 82.3 (2016): 905820308.

[20]. Sha, Weijian, Jean-Christophe Chanteloup, and Gérard Mourou. "Ultrafast fiber technologies for compact laser wake field in medical application." Photonics. Vol. 9. No. 6. MDPI, 2022.

[21]. Chargari, Cyrus, et al. "Brachytherapy: An overview for clinicians." CA: a cancer journal for clinicians 69.5 (2019): 386-401.

[22]. Herd, Robert M., Jeffrey S. Dover, and Kenneth A. Arndt. "Basic laser principles." Dermatologic clinics 15.3 (1997): 355-372.

[23]. Luke, Alexander Maninagat, et al. "Lasers: A review with their applications in oral

[Downloaded from icml.ir on 2025-11-04]

medicine." Journal of lasers in medical sciences 10.4 (2019): 324.

[24]. David, Chaya M., and Pankaj Gupta. "Lasers in dentistry: a review." Int J Adv Health Sci 2.8 (2015): 7-13.

[25]. Costela, A., I. García-Moreno, and Roberto Sastre. "Polymeric solid-state dye lasers: Recent developments." Physical Chemistry Chemical Physics 5.21 (2003): 4745-4763.

[26]. Francis Jr, A. L. "Clinical applications of the organic dye laser." Ophthalmology 92.11 (1985): 1592-1600

[27]. Pini, Roberto, et al. "Laser dentistry: a new application of excimer laser in root canal therapy." Lasers in surgery and medicine 9.4 (1989): 352-357.

[28]. Subramanyam, Divya, and GaneSh JeevananDan. "Comparison of parental satisfaction and clinical evaluation of KIDS strip crown versus 3M ESPE crown in primary anterior teeth-an invivo study." J clin diagn 12.8 (2018): ZC9-ZC11.

[29]. Olivi, G., M. D. Genovese, and C. Caprioglio. "Evidence-based dentistry on laser paediatric dentistry: review and outlook." European journal of paediatric dentistry 10.1 (2009): 29.

[30]. Chen, S., and I. Darby. "Dental implants: Maintenance, care and treatment of peri-implant infection." Australian dental journal 48.4 (2003): 212-220.

[31]. Choe, Robert, et al. "Photodynamic therapy for biomodulation and disinfection in implant dentistry: Is it feasible and effective?." Photochemistry and Photobiology 97.5 (2021): 916-929.

[32]. Etemadi, Ardavan, et al. "In Vitro Efficacy of Antimicrobial Photodynamic Therapy With Phycocyanin and Diode Laser for the Reduction of Porphyromonas gingivalis." Journal of Lasers in Medical Sciences 13 (2022): e55-e55.

[Downloaded from icml.ir on 2025-11-04]