

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

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 تقسیم بندی می شوند و هر طول موجی کاربردهای متفاوتی دارد. یک ویژگی لیزر این است که در فاصله چند صد متری 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 به همین دلیل در پزشکی استفاده می شود. اثراتی که لیزر بر بافت می گذارد به صورت حرارتی، غیرحرارتی و ترکیبی از آن می باشد. براساس تحقیقات و بررسی ها، لیزرها به دلایل فوایدی که دارند از جمله در دسترس بودن، دسترسی آسان، غیرتهاجمی بودن و استفاده آسان در علم پزشکی هم به منظور زیبایی و هم جراحی و درمان بسیار مورد توجه می باشند. پیشرفت تکنولوژی بر همه علوم از جمله پزشکی تاثیر می گذارد. با پدیدار شدن لیزرها این علم از آنها جهت بهبود و پیشرفت استفاده کرده است از لیزر از جمله در زمینه های جراحی و درمان مانند دندان و چشم پزشکی به دلایل مزایای ارزشمندی که دارد استفاده می شود در این کار با توجه به مطالعات انجام شده کاربرد نانومواد هوشمند در لیزرهای نسل جدید برای استفاده در دندان و چشم پزشکی مورد توجه و بررسی قرار گرفته است.

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

۰۹۳۶۵۷۹۱۶۵۵

شماره تماس:

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

مقدمه

وضعیت سیستم ایمنی بدن بیمار و خطر پخش شدن آنها مورد توجه قرار می‌گیرند. اگر روش‌های معمولی موجود با لیزر ترکیب شوند به درمان و سرکوب این زگیل‌ها کمک شایانی می‌شود که در این کار از لیزرهای مختلفی چون CO₂، Nd:Y_a، PDL یا ترکیبی از آنها می‌توان استفاده کرد [۷].

در ادامه کار چندین لیزر معرفی شده و برخی از قابلیت‌ها و کاربردهایی که در زمینه پزشکی جهت درمان بیماری‌ها دارند بیان شده 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 آن برخی از پیوندهای مولکولی از بین رفته و باعث تغییر غشا در آنها و به دنبال آن کاهش فعالیت آنزیم می‌شود. در دماهای بالاتر بافت منعقد شده 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 آن دماهای بالاتر از آن رخ می‌دهند، برگشت‌ناپذیر می‌باشند [۸].

جدول ۱. اثرات گرمایی نورلیزر در دماهای مختلف

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

همان‌طور که بیان شد، فعل و انفعالات لیزر باعث ایجاد گرما در بافت می‌شود و بسیاری از آنزیم‌ها به حرارت حساس هستند. در دمای بالا تبخیر آب در سلول‌ها رخ داده و بافت‌ها از جمله بافت‌های سرطانی، به صورت فیزیکی از بین می‌روند و از طرفی با تغییر متغیرهای لیزر می‌توان مکانیسم‌های آسیب توسط آن را دستکاری

درمان حرارتی با لیزر (LITT) در اوایل سال ۱۹۹۱ مورد بررسی قرار گرفت که در آن از انرژی حرارتی برای آسیب‌رساندن به DNA و دنا توره شدن پروتئین استفاده شد [۱]. این روش و روش‌های دیگر مانند فرکانس رادیوی RF ابزارهای کم‌تهاجمی 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 کم‌تهاجمی بودن و دسترسی ساده تر 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 کاربرد پزشکی دیگر، استفاده از لیزر درمانی با سطح انرژی و توان پایین (LLLT) می‌باشد که بیشتر جنبه درمانی دارد. نوع دیگری لیزر که در کاربردهای جراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد و معماری بافت را تخریب کرده 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 به دلیل 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 همان‌طور که بیان شد از لیزر درمانی فراکشنال CO₂ استفاده شده است. در این روش بافت واژن با فعال‌سازی بازسازی می‌شود و همچنین تولید کلاژن را با اثر حرارتی کنترل شده مستقیم بر روی مخاط واژن افزایش می‌دهد [۴ و ۵]. وارت یا زگیل‌های تناسلی ضایعات خوش‌خیمی هستند که توسط ویروس ایجاد می‌شوند و انتقال آنها به صورت تماس مستقیم یا غیرمستقیم می‌باشد. برای درمان آنها راه‌های مختلفی وجود دارد که در درمان مسائلی مانند تعداد، اندازه، محل، ترجیح بیمار، هزینه،

عمل خونریزی کاهش می‌یابد. این درمان با لیزر کم انرژی LLLT صورت گرفته که با تغییرات غیر مخربی که انجام می‌دهد، به‌عنوان لیزر تحریک زیستی هم شناخته شده است و اساس استفاده از لیزر می‌باشد. از مزایای استفاده از آن اثرات ضدالتهابی، تسریع در بهبود زخم و اثرات ضد درد آن می‌باشد. در شکل (۱) نمونه‌ای از جراحی این بیماری با این لیزر نشان داده شده است [۱۱].



شکل ۱: 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 رخ داده در میکروالکترونیک باعث ظهور حسگرهای زیستی با حساسیت بالا، قابل حمل بودن، چندگانه بودن 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 کاربردی بودن 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 از جمله پزشکی قابل استفاده می‌باشند [۱۳]. نانومواد مبتنی بر گرافن و اکسیدگرافن به دلیل خواص فیزیکی منحصربه‌فردی که دارند بسیار در تحقیقات مورد توجه قرار گرفته‌اند. گرافن دارای خواص الکتروشیمیایی منحصربه‌فردی از جمله هدایت الکتریکی بالا، جبران بالا، چگالی، انتقال نوری و ابگریزی بالایی که دارد در زمینه‌های مختلفی از جمله پزشکی مورد توجه و استفاده

کرد [۹]. گرمایش حاصل از لیزر در واقع زمانی رخ می‌دهد که نور توسط بافت جذب شده 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 به دلیل تبخیر آب و آپوتوز یا نکروز سلول‌های تومور درمان صورت می‌گیرد. روش^۱ LLLT 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 تومور مغزی 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 از جمله دستیابی به گرمای سطح هدف، غیرتهاجمی و زمان واقعی بودن دارند و دارای توزیع حرارتی دوبعدی می‌باشد. از طرفی، جراحی لاپاراسکوپی در سال‌های اخیر به‌عنوان یک روش درمانی کم‌تهاجم برای سرطان در نظر گرفته شده است. در این روش، از دیدن دی‌اکسیدکربن به حفره‌های بطنی استفاده می‌شود، که منجر به دید بهتر آنها و درمان بهتر سرطان‌هایی می‌شود که در حفره‌های عمیق مانند حفره لگن وجود دارند. در حال حاضر 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 آب‌بندی کرده و در حین

¹ laser thermal therapy

می‌باشند [۱۴]. گرافن القاشده با لیزر^۱ در ابتدا در ۲۰۱۴ معرفی شد و توجهات زیادی را به خود جلب کرد. که در آن یک کربن متخلخل سه‌بعدی به‌طور مستقیم توسط لیزر دی‌اکسیدکربن بر روی مواد پلیمری تولید شده است. این مجموعه دارای نام‌های دیگری از جمله 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 می‌شود 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 از جمله 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 از جمله صداهایی چون وزوز، جیغ و سرفه با زیر و بم و ولوم‌های متفاوت باشد. زمانی که گرافن تغییر حالت می‌دهد، مقاومت آن نیز تغییر می‌کند. با استفاده از اصول حسگرهای صوتی برخی تغییر شکل‌ها که در زندگی روزمره انسان رخ می‌دهند از جمله 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 مبتنی بر LIG نیز گزارش شده‌اند که براساس خاصیت فوتوترمال خود می‌توانند باکتری‌های موجود بر سطح ماسک را از بین ببرند. در ماسک‌های معمولی موجود در بازار باکتری‌ها بعد از هشت ساعت هنوز زنده هستند در صورتی که در این ماسک‌ها ۹۹/۹۹۸% باکتری‌ها پس از ۱۰ دقیقه از بین می‌روند. به‌طور کلی 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 حالت 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 این حال فیبر شیشه‌ای 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 منجر به پردازش دقیق آنها با گرمای کمتری می‌شود. برخی از فرآیندهای پزشکی از جمله جراحی‌های کم‌تهاجم، انوکلیشن لیزری و غیره پتانسیل این را دارند که با استفاده از SWIR^۲ دقیق‌تر انجام شوند. با توجه 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 شیفیت 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 مداوم در علم پزشکی از تشخیص، درمان و جراحی رو به گسترش است. بنابراین پارامترهای آن از جمله طول موج، زمان تابش، پیوسته یا پالسی بودن، مدت زمان نویزدهی و

² short-wave infrared range

¹ LIG

لیزرهای CBC^۲ 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 بالا به انرژی جنبشی الکترون‌های شتاب داده شده تبدیل می‌کند [۲۰]. همان‌طور که 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 تشعشعات ترویج می‌شود. بدین‌صورت که زمانی که پرتو نور از یک محیط عبور می‌کند، اتم‌های درون آن محیط تحریک می‌شوند و نور به یک جهت خاص منتقل می‌شود. نور لیزر با نور ساطع شده از خورشید یا لامپ فرق دارد. نور لیزر برخلاف نور سفید خورشید که طیف وسیعی از طول‌موج‌ها را دارد، تنها دارای یک رنگ یا یک نوار باریک و به‌صورت منسجم می‌باشد و پرتوهای آن 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، پرپودنتیکس، اطفال و جراحی از تکنولوژی لیزر استفاده می‌شود. لیزر به‌صورت یک روش کم‌تهاجم در اینکار عمل می‌کند و بیماران با این روش درد کمتری را متحمل می‌شوند. لیزرها در دندان‌پزشکی براساس عوامل مختلف از جمله گاز، مایع، جامد و

سرعت تکرار پالس‌ها باید بدرستی انتخاب شوند تا نتیجه مطلوب حاصل شود. اغلب سیستم لیزری پزشکی در محدوده ۲ میکرومتر و موج حالت پیوسته و مدپالسی نانو ثانیه یا بیشتر کار می‌کنند. از طرفی، 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^۱ دیگر شتاب‌دهنده لیزر پرسرعتی است که توسط یک پالس لیزری شدید کوتاه در پلاسما با چگالی کم ایجاد می‌شود، باعث شتاب الکترون‌های تزریق شده می‌شود. الکترون‌های تزریق شده 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 10 GeV 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 مقرون به‌صرفه 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. همان‌طور که 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

² Coherent Beam Combining

¹ laser-wake-field

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

جدول ۲. طبقه‌بندی انواع لیزرهای مورد استفاده در علم دندان پزشکی

لیزرهای گازی	لیزرهای مایع	لیزرهای جامد	لیزرهای نیمه هادی	آگزایمرها
ارگون	رنگدانه ها	Nd:YAG	لیزر	ارگون
دی‌اکسیدکربن		(اندیام)	سیلیکونی	فلوراید
		Er:YAG	هیبرید	کریبتو
		(یاگ)		فلوراید
		دیودی		زنون فلوراید

همان‌طور که 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 دندان پزشکی دو نوع لیزر ارگون با طول موج‌های ۴۸۸ نانومتر (ابی) و ۵۱۴ نانومتر (سبزایی) استفاده می‌شود و به دلیل پایین بودن طول موج اسیدی به سطح دندان وارد نمی‌کنند. از جمله دیودهای جامد، لیزرهای 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 به دلیل انعطاف‌پذیری عملیاتی خاصی که دارند مورد توجه قرار گرفته‌اند. این لیزرها به دو صورت پالسی و موج پیوسته تشعشعات را ساطع می‌کنند و صدها رنگ به‌صورت قابل اندازه‌گیری در محدوده ماورابنفش تا مادون قرمز را پوشش می‌دهند و ماهیت همه‌کاره بودن آنها اجازه داده

در همه زمینه‌ها از جمله 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 با استفاده از چند رنگدانه تغییر می‌کند. با استفاده از این طول موج بزرگ با پهنای باند نسبتاً باریک و توان خروجی بالا، بافت‌های شبکه‌ای 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 آن در درمان ضایعات شبکه‌ای، ناهنجاری‌های عروقی و ساختاری مربوط به دیابت، انسداد ورید شاخه‌ای و دیگر بیماری‌ها می‌باشد [۲۶].

لیزرهای آگزایمر می‌توانند اشعه ماورابنفش بسیار بالا با شکستن پیوندهای مستقیم مولکول‌های ارگانیک و حداقل آسیب حرارتی تولید کنند، در حالی که لیزرهای مرئی یا مادون قرمز باعث تبخیر حرارتی بافت‌ها می‌شوند. از طرفی جذب قوی اشعه ماورابنفش بافت‌ها باعث کنترل قوی عمق نفوذ می‌شود. علاوه بر این، اشعه‌های لیزر آگزایمر از طریق فیبرهای نوری به راحتی به داخل بدن می‌رسند. با توجه به خصوصیات گفته شده از این لیزر برای درمان ریشه در دندان پزشکی می‌توان استفاده کرد [۲۷].

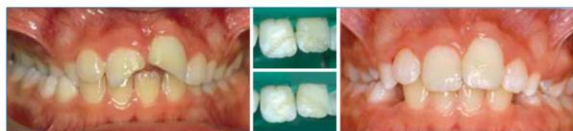
تغییر در سلامت دهان و دندان کودکان ممکن است بر کیفیت زندگی و زیبایی آنان تاثیر بگذارد و شایع‌ترین مشکل در میان آنها پوسیدگی، تغییر رنگ یا شکستگی دندان‌ها می‌باشد [۲۸]. درمان آنها با لیزر می‌تواند کمک فراوانی به کودکان باشد و امکانات درمانی مناسبی فراهم آورد. کاربرد و استفاده لیزر بر روی بافت‌های سخت و نرم باعث شده 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 از جمله آماده‌سازی حاشیه و در پایان کار دندان، انعقاد پالپ، پالپوتومی یا پالپکتومی در صورت نیاز و فرایندهای انجام شده بر روی بافت‌های نرم استفاده شوند. شکستگی تاج تیوب‌های دندان پزشکی زیادی را در معرض دید قرار می‌دهد اما

مکانیسم آن وابسته به متصل شدن حساس کننده نوری به سلول‌های مورد هدف می‌باشد. این رویداد در منطقه‌هایی با محیط کم امکان پذیر است که در آن aPDT می‌تواند جاهایی که مورد نظر 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 حساس کننده نور، ویژگی‌های لیزر از جمله طول موج و توان آن، مدت زمان تابش، و نوع حساس کننده نوری بر کارایی این روش تاثیر می‌گذارند. فیکوسیانین یک حساس کننده جدید طبیعی با خاصیت ضد التهاب، ضد سرطان و ضد میکروبی است که در صنایع مختلف از جمله پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با ارزیابی منابع نوری مختلف در روش aPDT، مشخص شده که لیزر قرمز (۶۳۵ و ۶۶۰ نانومتر) دارای بیشترین تاثیر مثبت در فعال سازی حساس کننده‌های نوری می‌باشند [۳۲].

نتیجه‌گیری

این روزها استفاده از لیزر درمانی به منظور درمان بعضی بیماری‌ها بیشتر رواج یافته است. این روش کم تهاجم و بدون درد است که با کمترین جراحی و بدون آسیب به بافت بدن در زمان کوتاه‌تری نسبت به جراحی سنتی انجام می‌شود. در لیزر درمانی، انرژی لیزر به بافت‌ها منتقل شده 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 دندان پزشکی شامل انواع دریل‌ها و دیگر وسایل تیز که برای بریدن و جرم‌گیری لثه استفاده می‌گردد بسیار قابل تحمل‌تر بوده و با درد و خونریزی کمتری همراه است. امروزه از لیزر در دندان پزشکی جهت درمان پوسیدگی‌های دندان، درمان حساسیت‌های دندانی، درمان مشکلات لثه، سفید کردن دندان‌ها، جراحی و عصب‌کشی استفاده می‌شود. در چشم پزشکی نیز این علم نفوذ داشته و یکی از راه‌های

زمانی که از لیزرهای اربوم کروم و اربوم برای این کار استفاده می‌شود، تنها مقدار کمی یا حتی هیچ واثر جتی استفاده می‌شود و ظرفیت ایجاد همجوشی توپول‌های عاجی هم در آن وجود دارد که این باعث کاهش نفوذ پذیری بافت‌ها به مایعات شده و حساسیت عاجی کاهش می‌یابد. که نمونه‌ای از این کار در شکل (۲) نشان داده شده است [۲۹].



شکل ۲: شکستگی تاج ۱،۱ و ۲،۱ و کراس بایت راست در یک بیمار که دو دندان ۱،۱ و ۲،۱ قبلاً دوبار متصل شده 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 یک سال اصلاح اوتودنسی آنها می‌باشد [۲۹].

استفاده از پروتزهای نگهدارنده ایمپلنت در حال افزایش است، میزان بقای آنها مستند است اما ممکن است منجر به از بین رفتن ایمپلنت شود. یکی از مشکلات این کار پری ایمپلنت می‌باشد که یک واکنش التهابی و عفونی برگشت پذیر در بافت‌های نرم اطراف ایمپلنت می‌باشد و باعث از بین رفتن لثه، استخوان و در نهایت استخوان خواهد شد. میکروارگانیزم‌هایی که باعث پری ایمپلنت می‌شوند، همان‌هایی هستند که باعث پرئودنتیت 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 این کار از روش‌های مکانیکی مانند کورت‌ها برای جداسازی باقی مانده باکتری‌ها از سطح ایمپلنت استفاده می‌شود [۳۱]. از دیگر روش‌های درمان این بیماری، استفاده از روش‌های شیمیایی مانند اسیدسیتریک، پراکسید هیدروژن، کلر هگزیدین یا آنتی بیوتیک‌های سیستمیک و موضعی و یا از لیزرهای مختلف از جمله اربوم یا CO₂ می‌باشد. در این کار باید کمترین آسیب به سطح ایمپلنت وارد گردد و در عین حال سموم و باکتری‌ها از سطح آن خارج شوند. یک روش برای درمان پری ایمپلنت فوتودینامیک ضد میکروبی با لیزر می‌باشد. این روش با واکنش‌های شیمیایی بین سه فاکتور حساس کننده نوری، اکسیژن و منبع نور صورت می‌گیرد و

² Antimicrobial photodynamic therapy

¹ aPDT

استفاده از آن در اصلاح عیوب انکساری چشم بر روی قرنیه با استفاده از لیزر اگزمایر به دلیل طول موج کوتاه آن یا در درمان و جراحی بیماری‌های مربوط به چشم می‌باشد. در لیزر درمانی از لیزرهای مختلفی از جمله لیزرهای با توان بالا، توان پایین، CO2 و غیره استفاده می‌شود که هر کدام دارای ویژگی‌های خاص خود هستند که در در بالا درباره آنها مطالبی ارائه شده است و مطالبی به صورت خلاصه در جدول شماره (۳) بیان شده‌اند.

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

ردیف	نوع لیزر	کاربرد و روش کار	مزایا	معایب
۱	لیزر حرارتی (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 [۱۶] - افزایش کلاژن‌سازی [۱۷] - درمان RA و تسکین درد بیمار با جریان یافتن خون [۱۷]	- کم‌تهاجم [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]		

۴	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 [۱۶]		- در درمان پری ایمپلنت عواملی مانند طول موج، توان و مدت زمان تابش باید کنترل شوند [۱۶]
۵	گرافن القا شده با لیزر (LGI)	- استفاده در دستگاه‌های 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]	
۶	لیزر فوق سریع (دو میکرومتری)	- انجام جراحی‌های کم‌تهاجم [۱۱]	- کاهش عمق نفوذ اشعه در بافت اشباع‌شده با آب و کاهش گرما [۱۱] - مضر نبودن برای چشم [۱۱] - اثرات غیر مخرب [۱۱]	- انتخاب دقیق پارامترها از جمله 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]		

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- μ m 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

- 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.