اولین کنفرانس ملی
لیزر و فوتونیک در فناوری های زیستی
مهلت ارسال مقالات : ۱۴۰۲/۱/۱۳
اصفهان _ دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان) ، چهارشنبه و پنج شنبه ۱۳و۱۴ / ۲ / ۱۴۰۲

کاربرد لیزر در مهندسی پزشکی، همراه بررسی آن در ساخت ایمپلنتهای پزشکی و دندانپزشکی

بهزاد کریم خانی [۱]، محمد هادی مظاهری تهرانی [۲] ، سید علی گله داری[۳]*، علی سلیمانی.

۱- گروه مهندسی مکانیک، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، اصفهان، ایران.

۲- گروه مهندسی مکانیک، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، اصفهان، ایران.

۳- گروه مهندسی مکانیک، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، اصفهان، ایران.

۴- گروه مهندسی مکانیک، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، اصفهان، ایران.

***نویسنده مسئول:**ali.galehdari@pmc.iaun.ac.ir

چکیده

امروزه با توجه به افزایش جمعیت و همچنین رشد تکنولوژی احساس نیاز به دستگاه لیزر بیشتر می‌شود. دستگاه لیزر در زمینه‌های مختلف پزشکی و دندانپزشکی، مهندسی بافت و مهندسی پزشکی مورد استفاده میگیرد. در این پژوهش نیز ابتدا کاربرد لیزر و همین طور جایگاه آن در علوم پزشکی مطرح شده و مورد بررسی قرار میگیرد و استفاده آن در پژوهش های بروز دنیا در رابطه با لیزر و با پرینترهای سه بعدی مورد بررسی قرار میگیرد. سپس استفاده لیزر در ایمپلنتهای دندانی و ارتوپدی به طور خلاصه مورد بررسی قرار میگیرد. با استفاده از نرم افزار اینونتور و سالیدورک یک نمونه ایمپلنت دندان و فیکساتور ارتوپدی طراحی شده و در نرم افزار اینونتور تحلیل تنش آن انجام و در نهایت فیکساتور ارتوپدی با استفاده از پرینتر سه بعدی تولید می شود. با استفاده روش کار بیان شده، می‌توان متناسب با بدن هر فرد ایمپلنت مد نظر را تولید کرد و با استفاده از لیزر ساخت را تسهیل و دقت بخشید.

کلمات کلیدی: ایمپلنت، پزشکی، دندانپزشکی، لیزر ، مهندسی پزشکی.

مقدمه

لیزر یکی از موارد مهمی است که امروزه در مهندسی پزشکی و زمینه های پزشکی و دندانپزشکی و ... مورد استفاده می باشد که در ادامه این پژوهش مورد بررسی قرار خواهد گرفت. زمانی که اولین سیستم لیزری در جهان در سال ۱۹۶۰نیز ایجاد شد. اولین کاربردهای لیزر در علوم پزشکی تاکنون، استفاده از لیزر در علوم پزشکی هم در زمینه ی پژوهش های این رشته و بین رشته ای و هم در زمینه مسایل کاربردی با سرعت زیادی در حال رشد است. به علاوه کاربردهای لیزر در پزشکی محدود به یک یا چند زمینه نبوده و تقریباً به تمام زمینه ها نفوذ کرده و جای خودرا باز کرده است و در آینده نیز جنبه های پیشرفته تری از کاربردهای تشخیصی و درمانی آن محقق خواهد شد[۶ و ۱].

معرفی لیزر و کاربرد ها

لیزر نوعی نور برانگیخته شده و بسیار با انرژی بالا است که در شرایط عادی در طبیعت دیده نمی شود، ولی با فناوری و وسایل خاص می توان آن را ایجاد کرد[۱]. لیزر با نور معمولی تفاوتهایی 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 به راحتی از جسم سختی مثل الماس عبور کند و در آن ایجاد حفره نماید. پرتو های کم قدرت و فوق العاده کوچک انواع دیگر لیزر را می توان برای انجام کارهای بسیار ظریف مثل جراحی روی چشم انسان استفاده نمود. نور لیزر را می توان با دقت بالایی تحت کنترل در آورد و به صورت بارکیه 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[1] است[۲].

اولین لیزر در سال ۱۹۶۰ توسط تئودور مایمن که در آن از یاقوت استفاده شده بود اختراع گردید. در همان سال پروفسور علی جوان اولین لیزر گازی را به جهانیان معرفی نمود و بعدها نوع سوم و چهارم لیزرها(لیزرهای مایع و نیمه رسانا)اختراع شدند .تفاوت پرتو لیزر با نور معمولی در خاصیت های مهمی است که در این پرتو وجود دارد. این خصوصیات عبارت‌اند از : همدوسی، تک فامی، مستقیم بودن و شدت زیاد. خواص مذکور در نور معمولی دیده نمی شود و از این ویژگی ها برای کارهای مختلف استفاده می شود[۳].

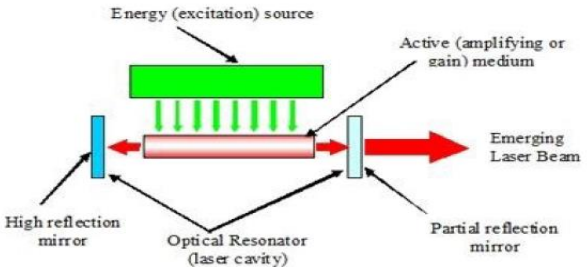
به طور کلی سیستمهای لیزر دارای سه قسمت اصلی هستند[۴و۵].

۱- پمپ انرژی یا چشمهٔ انرژی، ممکن است این پمپ، اپتیکی یا شیمیایی و یا حتی یک لیزر دیگر باشد.

۲- مادهٔ پایه و فعال، نام گذاری لیزر به واسطهٔ مادهٔ فعال صورت می گیرد.

۳- تشدیدکنندهٔ نوری، شامل دو آینهٔ بازتابندهٔ کلی و جزئی میباشد.

لیزرها را براساس مادهٔ 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 آنها به دو دستهٔ لیزرهای پالسی(تپی)و لیزرهای پیوسته تقسیم بندی میکنند و به طور غالب لیزرهای توان بالا را از نوع پالسی میسازند[۴] . شکل این لیزر در شکل۱ آمده است.



شکل ۱- اجزا لیزر[۶].

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 پیدا میکنند. البته درکاربردهای پزشکی، شکست فقط وقتی نقش مهمی ایفا میکند که ماده ای شفاف مانند بافت قرنیه مورد تابش واقع شود. در این رابطه طول موج عامل بسیار مهمی است زیرا ضرایب شکست، جذب و پراکندگی وابسته به طول موج هستند. لذا، در جراحی با پرتوی لیزری خواص جذب و پراکندگی بافت مورد نظر برای بهبود روش درمانی ضروری است.

مکانیسم‌های برهمکنش نور و بافت

[1] Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER)

در هنگام تاباندن لیزر به بافت بیولوژیک ممکن است برهمکنش این تنوع از خصوصیات بافت های متعددی رخ دهد[۲، ۷ و ۸]. 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 اند از: برهمکنش فوتوشیمیایی[1]، برهمکنش حرارتی[2]، کندگی نوری[3]، کندگی ناشی از پلاسما[4] و گسیختگی نوری[5] (شکل۲).

این مکانیسم ها هرکدام بسته به انتخاب و مدت (w/cm^2) دو پارامتر مهم تابش لیزر شامل دانسیتهٔ توان لیزر(s) تعیین خواهند شد. زمان تابش نور لیزر مکانیسم فوتو شیمیایی به آن دسته از برهمکنشها اطلاق میشود که در اثر تابش نور و لیزر تأثیرهای شیمیایی در مولکولهای بزرگ و بافتها ایجاد میشود. این نوع از مکانیسم‌ها نقش مهمی در درمانهای فوتودینامیکی[6] ایفا میکنند. ایدهٔ اصلی درمانهای فوتودینامیکی استفاده از PDT یک مادهٔ حساس کنندهٔ نوری[7] است که به صورت کاتالیزور عمل میکند، انرژی منتقل شده از طریق جذب نور و لیزر را ذخیره مینماید 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.

مکانیسم فوتو حرارتی مهمترین برهمکنش لیزر بافت مورد استفاده در کاربردهای پزشکی است. برهمکنش فوتوحرارتی بیانگر نوعی برهمکنش است که در آن دما به طور موضعی افزایش میابد. این اثرهای حرارتی هم به وسیلهٔ لیزرهای پیوسته و هم توسط لیزرهای پالسی ایجاد میشود .در سطح میکروسکوپی منشأ اثرهای حرارتی در بافت عبارت از جذب پرتوها توسط مولکولهای بافت و تبدیل این انرژی جذب شده به گرما است.

مروری بر کاربردهای لیزر در پزشکی

درحال حاضر استفاده از لیزر در علوم پزشکی هم در زمینهٔ تحقیقات و هم در زمینهٔ مسائل کاربردی با سرعت زیادی در حال رشد است[۹-۱۰]. به علاوه کاربردهای لیزر در پزشکی محدود به یک یا چند زمینه نمی باشد و تقریباً به تمام زمینه ها رسوخ کرده است و در آینده نیز جنبه های پیشرفته تری از کاربردهای تشخیصی و درمانی آن محقق خواهد شد[۱۱].

لیز کاربردهای تشخیصی لیزر در پزشکی

از دیگر کاربرهای لیزر در زمینهٔ پزشکی استفاده از آن در تصویربرداری و فوتوآکوستیک، سی تی لیزر ماموگرافی و فوتو داینامیک تراپی جراحی می باشد در دهان و دندان کاربردهای لیزر در دندا نپزشکی به سه گروه کلی تقسیم می شوند[۱۲]:

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[۱۳]. 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.

[1] photochemical
[2] photothermal
[3] photoablation
[4] Plasma formation
[5] Photodistruption
[6] Photodynamic therapy(PDT)
[7] photosensitizer

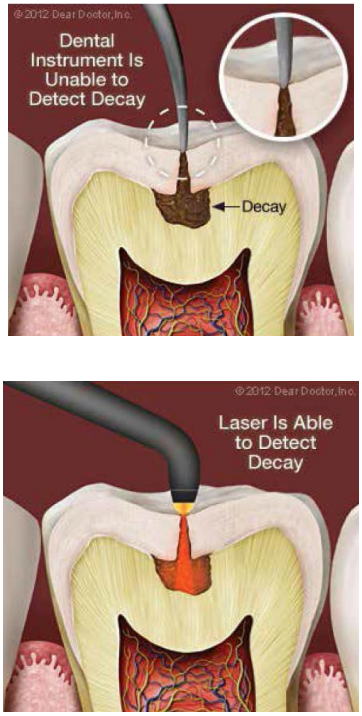
همچنین دوره های مراجعه برای درمان های دندا نپزشکی را در زمان های کوتاه تری تعیین کرد. در جراحی بافت نرم، لیزر مانند چاقو عمل میکند اما، نسبت به چاقو دارای مزیتهایی است[۱۴].

اول آنکه در مسیر برش، مکانیسم آن به گونه ای است که انعقاد مناسبی ایجاد میکند. این مسئله برای عده ای که مشکلات انعقادی دارند، یک مزیت محسوب می شود. همچنین با انعقاد حاصل شده، جراح دید بهتری نسبت به ناحیهٔ جراحی خواهد داشت. دوم اینکه با بسته شدن عروق لنفاوی، ورم و التهاب ناشی از جراحی نیز کمتر میشود و در نهایت، بیمار ناراحتی های کمتری متعاقب اعمال جراحی خواهد داشت. همچنین ترمیم ناحیهٔ جراحی با سرعت بیشتری رخ خواهد داد. در ضمن جراح با لیزر قادر است برش هایی بسیار ریز، دقیق و کنترل شده انجام دهد حتی می توان زمان برش را در حد چند میلیونیوم ثانیه در لیزرهای پالسی کاهش داد. این مزیت ها به جراحان کمک میکند در جراحی های بافت های نرم دهانی، به ویژه اگر در حد میکروسکوپی باشد، قدرت مانور بهتری داشته باشند. این امکانی است که هیچ چاقویی برای آن ها مهیا نمیکند.

لیز کاربردهای تشخیصی لیزر در دندانپزشکی

تشخیص سرطان های ناحیهٔ دهان با استفاده از روش های جدیدی است که به کمک تزریق یک مادهٔ حساس به لیزر انجام می شود[۱۳-۱۲]. این ماده حساس به نور است و می توان به کمک تجمع این ماده در سلول های سرطانی و بازتاب پرتوهای فلورسنت از ضایعه، این قبیل سرطان ها را تشخیص داد. همچنین با تهیهٔ هولوگرام های لیزری، درمانگر قادر خواهد بود نماهای سه بعدی از ناهنجاری های فکی و دهانی را به تصویر بکشد. جراحی بافت نرم دهان شامل نمونه برداری، برداشتن ضایعات تومورال، برداشتن ضایعات استخوانی و درمانی مقطعی آن نیز از کاربردهای لیزر است.

درحال حاضر، لیزرها در تمام تخصص های دهگانهٔ دندانپزشکی در بسیاری از امور کاربرد دارند. برای نمونه در درمان ریشهٔ دندان، ضدعفونی کردن کانال دندانی به یک معضل اساسی برای متخصصان درمان ریشهٔ دندان تبدیل شده است که با بهره گیری از فناوری لیزر این مشکل نیز تا حدودی حل شده است. که در شکل۲، آمده است.



شکل۲- توانایی لیزر در تشخیص پوسیدگی دندان

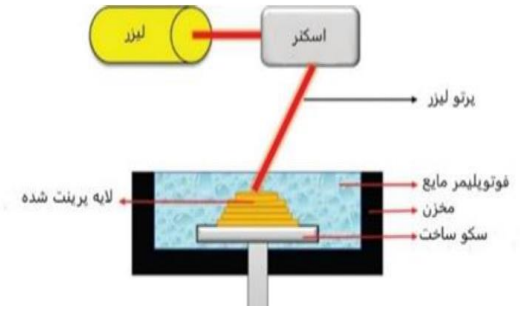
سه نوع لیزر در دندان پزشکی استفاده می شود که عبارت اند از:

لیزرCO_2 ،لیزر اربیوم و لیزر دیود[۲].

لیزر CO_2 با طول موج۱۰/۶ میکرومتر دارای کاربردهایی مانند برش و ابلیشن بافت نرم، اصلاح فرم حاشیه های لثه با هدف زیبایی، درمان ضایعات اولسراتیو دهانی و حذف اپیتلیال های نکروزشده در حین جراحی بازسازی کنندهٔ لثه می باشد. دندان پزشکان جراح که سال ها به جای تیغ جراحی با لیزر

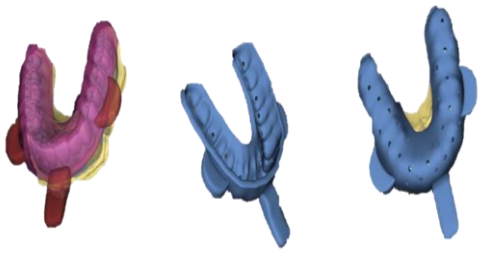
CO_2 کار کرده اند آن را ابزاری بی استرس و با سرعت ارزیابی کرده اند که برای درمان های ریشهٔ دندانی، جراحی ها و جرمگیری های گسترده و زدودن بافت های نکروزشده از سطح دندان، خارج کردن نواحی پوسیده در مناطق خاص و حساس، تهیهٔ حفرات برای درمان التهابها و لیزر Nd:YaG ترمیمی در مینا و عاج دندان و لیزر ضایعات عروقی بافت نرم دهانی به کار میروند. با توجه به اهمیت لیزر و همین طور پرینتر سه بعدی نیز به بررسی آن پرداخته شد و با توجه به موضوع بحث این پژوهش به کارایی لیزر و پرینتر و استریو لیتو گرافی در کار های اخیر پرداخته می شود.

در سال ۱۴۰۱ نیز سید شجاع الدین شقایق و همکاران[۱۵] نیز بر روی پرینت سه بعدی که یک روش ساخت لایه لایه است که برای ساخت مدل سه بعدی ساختار های پیچیده استفاده می شود و این تکنولوژی دارای روش ها، مواد و تجهیزات متعدد است. هدف از پژوهش آنها، بررسی کاربرد پرینترهای سه بعدی در ساخت پروتزهای دندانی است؛ که در آن انواع روش های پردازش، متریال و دقت هرکدام را ارزیابی کرداند. در مجموع ۲۲۵۰ مقاله از طریق جستجو در پایگاه های اطلاعاتی، به دست آمد. با توجه به معیارهای خروج، ۲۷ مقاله مربوط به تکنولوژی پرینت سه بعدی در پروتز انتخاب شد. تاکنون در پروتزهای دندانی از روش های استریولیتوگرافی(شکل۳)[1]، ذوب لیزری[2]، جوش افزایشی[3]و تزریق مواد[4] برای ساخت راهنمای جراحی، ایمپلنت، کست، تری اختصاصی، پروتز متحرک، الگوهای ریختگی، فریم های فلزی و پروتز های ثابت استفاده شده است.



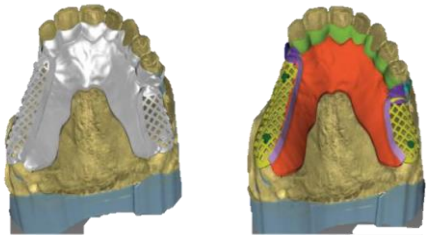
شکل ۳- شکل شماتیک از استریولیتوگرافی[۱۶].

استفاده از پرینتر سه بعدی که روش ساخت به روش افزایشی هم شناخته می شود در دندانپزشکی کاربرد بسیاری دارد که می توان یکی از آنها را ساخته تری قدامی دانست که در شکل ۴، آمده است[۱۷].



شکل۴- تری قدامی(اختصاصی) ساخته شده به روش پرینت سه بعدی[۱۷].

یکی دیگر از پژوهش هایی که در این زمینه انجام شده ، طراحی چارچوب پروتز پارسیل متحرک آماده برای پرینت سه بعدی، توسط اونورال و همکاران در سال۲۰۲۰ ، میتوان اشاره کرد که در شکل ۵، آمده است.



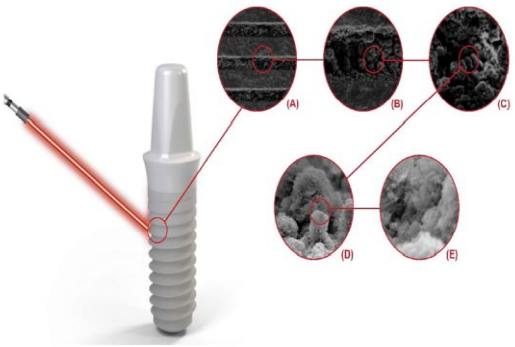
شکل۵- طراحی چارچوب پروتز پارسیل متحرک آماده برای پرینت سه بعدی[۱۷].

[1] Stereolithography(SLA)
[2] elective Laser Melting(SLM)
[3] Fused Deposition Modeling(FDM)
[4] Material jetting(inkjet)

در سال۱۳۹۱، حانیه نخبه الفقهایی و همکاران [۱۸] بلیچینگ دندان یکی از شاخه های مطرح دندانپزشکی زیبایی است. برای انجام بلیچینگ روشهای متعددی با معایب و محاسن خاص وجود دارد. این واضح است که دندانپزشکان همیشه به دنبال روشی با حداکثر اثربخشی و حداقل آسیب رسانی بوده اند. از فواید آن آسیب حرارتی کمتر و همچنین آثار درمانی طولانی تر می باشد. یکی از این روش های موثر که در پژوهش های اخیر آمده است استفاده از بلیچینگ می باشد. هدف از انجام آن بررسی متونی بود که لیزر به عنوان یک ابزار کمک تحریکی جهت بلیچینگ استفاده کرده بودند. آنها با بررسی های پژوهش های قبل به این نتیجه رسیدند که اگر در بلیچینگ با لیزر از پارامترهای صحیح و ژل مناسب استفاده شود، به دلیل زمان کوتاه تر اثر بخشی بیشتر و عوارض کمتر میتوان گفت لیزر در بلیچینگ نتایج مطلوب تری دارد. پس پارامترهایی مثل توان و طول موج، فرکانس و مدت زمان استفاده در درمان دندانها با مدل‌های مختلف ، نوع دندان و ... به مهارت دندانپزشک بستگی دارد.

کاربرد لیزر در ایمپلنت های پزشکی

درسال۲۰۲۲، کانهو و همکاران[۱۹]، در مورد تأثیر تابش لیزر بر ایمپلنت های زیرکونیا برای افزایش کارایی توپوگرافی سطح و پاسخ بیولوژیکی برای ادغام استخوانی بررسی نمودند. جستجوی الکترونیکی انجام شده توسط آنها در پایگاه داده PubMedبا استفاده از عبارات جستجوی زیر: زیرکونیا و لیزر و تغییر سطح یا درمان سطح و ایمپلنت دندان یا استخوان یا استئوبلاست یا استئواینتگراسیون بود. از مقالات شناسایی شده، در این بررسی ۱۲ پژوهش انتخاب شدند. نتایجی که گزارش کردند که تابش لیزر قادر به ایجاد تغییرات در سطوح زیرکونیا از نظر جنبه‌های توپوگرافی، زبری و ترشوندگی آن است. همچنین چسبندگی، گسترش، تکثیر، و تمایز سلول های استخوانی نیز پس از تابش لیزر عمدتاً با گذر زمان که واحد فمتو ثانیه بود، افزایش یافت. لیزر در این پژوهش چندین پارامتر را نشان داد که می توانند برای اصلاح سطح زیرکونیا مانند شدت تابش، زمان و فرکانس استفاده شوند. پارامترهای تابش لیزر را می توان برای رسیدن به جنبه های مورفولوژیکی سطح مطلوب بهینه و پاسخ بیولوژیکی در مورد فرآیند ادغام استخوانی به خوبی کنترل کرد. آنها به این نتیجه رسیدند که با توجه به محدودیت های مطالعات قبلی، نتایج زیر را می توان برداشت کرد که لیزر درمانی پاسخ مطلوبی را در سطوح اولیه چسبندگی و تکثیر ایجاد کرد استئوبلاست ها در سطح زیرکونیا ایجاد نمود. درصد BIC بالایی بر روی سطوح زیرکونیایی تحت درمان با لیزر ثبت شد که مطابق الگو های رشد استخوانی بود. خواص مشترک مشابهی از تماس استخوان با ایمپلنت در ایمپلنت‌های تیتانیوم استاندارد و ایمپلنت‌های زیرکونیایی تحت درمان با لیزر یافت شد. قسمتی از کار آنها در شکل ۵ ،آمده است.



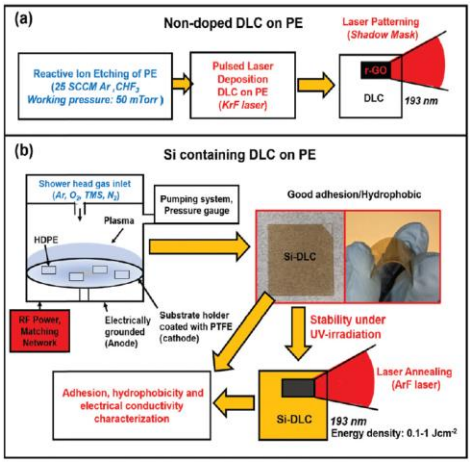
شکل ۵- تصویر سطح جنبه های مورفولوژیکی تولید شده است با لیزر درمانی زیرکونیا ایمپلنت با بزرگنمایی متفاوت مقیاس: (الف) (A)مقیاس کلان (B,C) مقیاس میکرو و (D,E) بافت در مقیاس نانو[۱۹].

در سال ۲۰۲۰ پرستو جمشیدی و همکاران،[۲۰]، یکی از چالش‌های اصلی در ساخت افزودنی (AM) ایمپلنت های پزشکی برای درمان نقایص بافت استخوانی، بهینه سازی عملکرد مکانیکی و بیولوژیکی است. استفاده از پس پردازش می تواند یک ضرورت برای بهبود خواص فیزیکی ایمپلنت های سفارشی پردازش شده AM باشد. در این مطالعه، میله های Ti-6Al-4V با استفاده از ذوب لیزری انتخابی

(SLM)در دو جهت ساخت (عمودی و افقی) ساخته شدند و پس از آن با استفاده از ترکیبی از پرس ایزواستاتیک داغ (HIP)، سندبلاست(SB) ، پرداخت (PL) پردازش شدند. تأثیر این آزمایش ها پس از ساخت بر عملکرد کششی و خستگی قطعات با مشاهده توپوگرافی سطح بررسی شد. این بررسی ها نشان داد که، نمونه‌های عمودی، استحکام تسلیم (YS)و استحکام کششی نهایی (UTS) نسبت به نمونه‌های افقی نشان دادند که افزایش یافت.

در پژوهشی که توسط جنیکسینگ کائو و همکاران در سال ۲۰۲۰، انجام شده است، نیز یون‌های منیزیم (Mg) و فلوراید (F) بررسی شدند که میتوانند آیندهای امیدوارکننده‌ای جهت بازسازی بافت استخوان با تحریک تکثیر و تمایز سلول‌های استئوبلاست داشته باشند. با الهام از ساختار استخوان، پوشش‌های هیدروکسی آپاتیت پوشش داده شده با Mg/F (HA) با قابلیت رسوب سریع آپاتیت سطحی و سازگاری سلولی قوی، یک پوشش زیست فعال ایده‌آل برای عملکرد سطحی ایمپلنت‌های تیتانیوم خواهد بود. در این مطالعه، پوشش HA (F-HA) پوشش داده شده باF ، پوشش HA (Mg-HA) با منیزیم و دو پوشش دوتایی (Mg-F-HA)روی بستر تیتانیوم با استفاده از رسوب لیزر پالسی ساخته شد. بررسی مطالعات زنده ماندن سلولی نشان می دهد که پوشش HA پوشش داده شده با Mg/F می تواند زیست سازگاری خوبی را بدون سمیت سلولی داشته باشد. ساختار HA پوشش داده شده با Mg/F یک پوشش زیست فعال پایدار برای اصلاح سطح ایمپلنت تیتانیوم برای تکثیر سریع سلولی ایجاد می کند [۲۱].

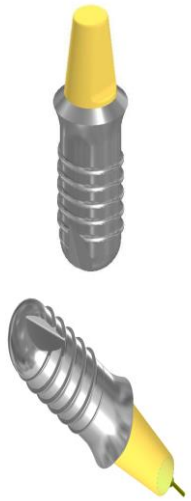
در سال ۲۰۲۲، پراتیک جوشی و همکاران [۲۲] ایمپلنت‌های اسکلتی مبتنی بر پلی اتیلن درجه پزشکی، از هم گسیختگی استخوان، فرسایش و همسازگاری متوسطی برخوردار هستند. در این پژوهش که در مورد ساخت مواد بسیار چسبنده بدون دوپ و حاوی سی گزارش، بررسی شد، پوشش‌های DLC (Si-DLC)برای کاربردهای ایمپلنت زیست پزشکی با استفاده از روش‌های پردازش مبتنی بر پلاسما و لیزر بر روی بسترهای پلی‌اتیلن حساس به حرارت انجام گرفت که در شکل ۶، قسمتی از این پژوهش، آمده است.



شکل ۶- دیاگرام نشان دهنده: (الف) رسوب DLC بر روی فلوئور اصلاح شده بستر پلی اتیلن با استفاده از سیستم PLD به دنبال نوشتن لیزر UV اکسید گرافن کاهش‌یافته برای کاربردهای الکترونیک پوشیدنی، و (ب) رسوب DLC حاوی سی در HDPE با استفاده از سیستم PECVD برای کاربردهای ایمپلنت‌های زیست پزشکی. بازپخت لیزری DLC حاوی Si با استفاده از لیزر ArF نیز نشان داده شده است[۲۲].

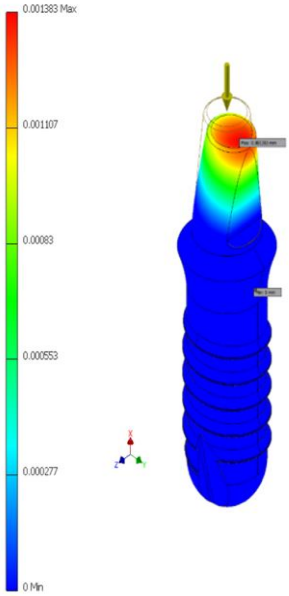
روش ها و مراحل

پس از بررسی اهمیت لیزر و پرینتر های سه بعدی یک ایمپلنت دندان و فیکساتور ارتوپدی بررسی شده است. سپس این فیکساتور با استفاده از پرینتر سه بعدی تولید شده است که در ادامه بیان خواهد شد که قبل فرآیند تولید بسیار مهم خواهد بود. در شکل ۷، یک مدل ایمپلنت دندان که بهینه سازی شده ، طراحی شده است. این ایمپلنت با استفاده از نرم افزار سالیدورک و اینونتور طراحی شده است.



شکل ۷ – ایمپلنت طراحی شده با استفاده
از نرم افزار های اینونتور و سالیدورک .

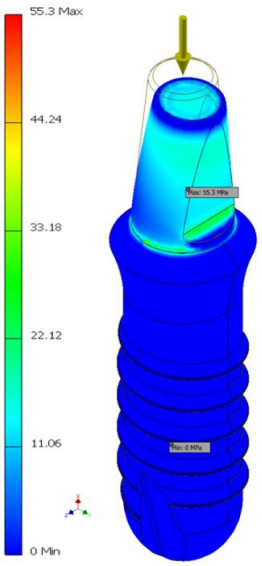
با استفاده از نرم افزار اینونتور تحلیل مکانیکی آن صورت گرفته است. نیرویی معادل ۱۱۴/۶ [۲۳]، بر روی ایمپلنت نیز وارد شده است. خواص مد نظر برای تحلیل مکانیکی[۲۴]، انتخاب شده و برای ایمپلنتی با جنس آلیاژ تیتانیوم با استفاده از کتابخانه مواد نرم افزار سالیدورک و اینونتور استفاده شده است. شکل این بارگذاری در شکل ۸ ، آمده است.



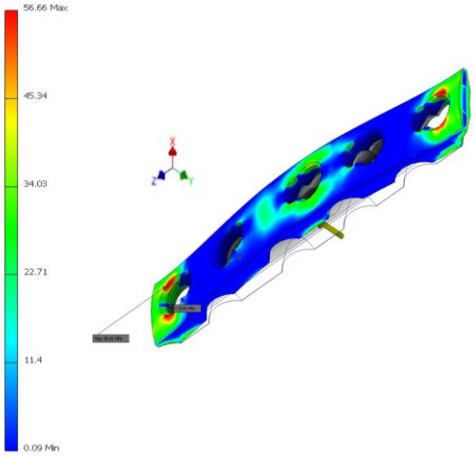
شکل ۸ – تحلیل مکانیکی ایمپلنت دندان،
قمت اول بررسی تنش ون مایسز(Mpa) و
قسمت دوم افزایش طول(mm).

پس از تحلیل های ایمپلنت دندان نیز فیکساتور ارتوپدی بررسی می شود که در شکل ۹، آمده است. این فیکساتور با استفاده از نرم افزار های بیان شده در قسمت قبل طراحی شده است. این فیکساتور در شکل ۹ آمده است.

شکل۹ – ایمپلنت های ارتوپدی.

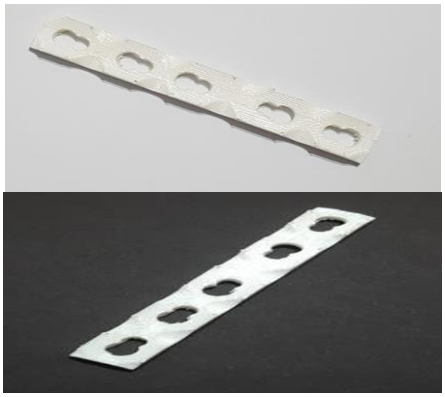


بر اساس خواص مکانیکی جنس فیکساتور و با توجه به ویژگی های بافت استخوانی، بارگذاری برروی آن صورت می گیرد[۲۴]. توجه به نوع آلیاژ مورد استفاده، نیروی وارد شده بر فیکساتور با استفاده از معیار های مکانیکی تحلیل شد که نتایج مربوطه در شکل ۱۰، ارائه شده است.



شکل۱۰- بررسی اعمال نیرو بر نمونه از فیکساتورها ارتوپدی(Mpa).

به منظور اصلاح عیوب احتمالی اولیه و همچنین افزایش دقت و کاهش هزینه ساخت و آسیب کمتر به بیمار نمونه اولیه فیکساتور مورد نظر به روش تولید افزایشی(پرینتر سه بعدی) و با استفاده از پرینتر سه بعدی ساخته شد که تصویر آن در شکل ۱۱، نشان داده شده است.



شکل۱۱- تولید فکساتور شکستگی استخوان(ارتوپدی).

نتیجه گیری

با توجه به آنچه بیان شد لیزر یکی از پر اهمیت ترین کاربرد های مهم در زمینه پزشکی و دندانپزشکی و ایمپلنت های ارتوپدی دارد. در مهندسی بافت رونق خاصی پیدا کرد است که میتواند کمک خاصی را به فرآیندهای درونی بافتی بین ایمپلنت و سلول انجام بدهد و همین طور کاربرد هایی را در روش های تولید از جمله بعضی پرینتر های سه بعدی داشته باشد.

با توجه به تحلیل های بدست آمده از نتایج نرم افزاری بررسی اثرات نیرو با معیار ون مایسز و تغییرات طول بدست آمده ، استفاده مناسب از مواد سازنده فیکساتورها و بهینه کردن آنها، از جمله آلیاژ تیتانیوم تولیدات با کیفیت و کارآیی بهتری دست یافت. با استفاده لیزر و کار های انجام شده در این پژوهش به صورت جداگانه در ادامه این پژوهش پیشنهاد می شود که با استفاده از آنچه در سابقه پژوهشی این مقاله انجام شد بررسی هایی برای بهینه سازی بهتر ایمپلنت دندان و زیست سازگاری آن با آلیاژ های مختلف و متناسب با کاربردی که دارد، توصیه می شود که این ایمپلنتها به صورت اختصاصی تر با استفاده از لیزر بررسی و زیست سازگاری مختلف آلیاژهای مختلف با استفاده از لیزر بررسی و تولید شده و متناسب با هر فرد مورد ارزیابی قرار گیرند.

منابع و مراجع

[۱] BUTTERFIELD H. the History of the East. History. 1962; 47(160): 157–65.

[۲] Dalgleish T, Williams JMG, Golden A-MJ, Perkins N, Barrett LF, Barnard PJ. Laser- tissue interactions. Journal of Experimental Psychology: General. 2007; 136: 23-42.

[۳]Matinyan S. Lasers as a bridge between atomic and nuclear physics. Phys Rep. 1998; 298(4): 199 – 249.

[۴] Lasers SS. Some specific lasers and amplifiers 11.1. 2010; 497–560.

[۵] Goossens AA, Enderby CE. Fundamentals of medical lasers. Gastrointest Endosc [Internet]. 1984; 30(2): 74–6. Available from: http://dx.doi. org/10.1016/S0016-5107(84)72321-2

[۶]شیرکوند, افشان, بابادی, نجف زاده ,ابراهیم. (۲۰۱۸). لیزر و کاربردهای آن در علوم پزشکی: مروری از گذشته تا حال .*فصلنامه علمی- پژوهشی لیزر پزشکی*..31-41 ,(3)*15*

[۷] Dasilveira R. LASERS IN DERMATOLOGY & PLASTIC SURGERY. Mycol Res. 2002; 106(11): 1323–30.

[۸]Cammarata F. Medical lasers and laser–tissue interactions. Phys Educ. 1999; 34(3): 156–61.

[۹] Humphreys TR. Lasers in dermatology: Part 2. Clin Dermatol. 2007; 25(5): 433.

[۱۰]Nouri K. Lasers in dermatology and medicine. Lasers Dermatology Med. 2012; 9780857292: 1–626.

[۱۱]Wheeland RG, McBurney E, Geronemus RG. The role of dermatologists in the evolution of laser surgery. Dermatologic Surg. 2000; 26(9): 815–22.

[۱۲]Melcer J. Latest treatment in dentistry by means of the CO2 laser beam. Lasers Surg Med. 1986; 6(4)396–8.

[۱۳]Deppe H, Horch HH. Laser applications in oral surgery and implant dentistry. Lasers Med Sci. 2007 22(4): 217–21.

[۱۴] Chmura LG. Soft Tissue Lasers in Orthodontics [Internet]. First Edit. Principles and Practice of Laser Dentistry. Copyright © 2011 by Mosby, Inc., an affiliate of Elsevier Inc.; 2011: 225-42. Available from: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323062060000138

[۱۵] شایق, سید شجا ع الدین, حکیمانه, درخشی & ,هدیه. (۲۰۲۲). پرینترهای سه بعدی و کاربرد آن در ساخت پروتزهای دندانی: مرور سیستماتیک .*مجله دانشکده دندانپزشکی مشهد*..112-134 ,(2)*46*

[۱۶] Attarilar S, Ebrahimi M, Djavanroodi F, Fu Y, Wang L, Yang J. 3D Printing Technologies in Metallic Implants: A Thematic Review on the Techniques and Procedures. Int J Bioprint 2021; 7(1):21-46.

[۱۷] Onoral O, Abugofa A. Advancements in 3D Printing Technology: Applications and Options for Prosthetic Dentistry. Cyprus J Med Sci 2020; 5(2):176-83.

[۱۸] نخبه‌الفقهایی, حانیهٔ, منزوی, عباس, باریکانی, حمیدرضا & ... , فکرآزاد. (۲۰۱۲). کاربرد لیزر در بلیچینگ های دندانی .*فصلنامه علمی پژوهشی لیزر در پزشکی*..6-15 ,(2)*9*

[۱۹] Cunha, W., Carvalho, O., Henriques, B., Silva, F. S., Özcan, M., & Souza, J. C. (2022). Surface modification of zirconia dental implants by laser texturing. *Lasers in Medical Science*, 1-17.

[۲۰] Jamshidi, P., Aristizabal, M., Kong, W., Villapun, V., Cox, S. C., Grover, L. M., & Attallah, M. M. (2020). Selective laser melting of Ti-6Al-4V: the impact of post-processing on the tensile, fatigue and biological properties for medical implant applications. *Materials*, *13*(12), 2813.

[۲۱] Cao, J., Lian, R., & Jiang, X. (2020). Magnesium and fluoride doped hydroxyapatite coatings grown by pulsed laser deposition for promoting titanium implant cytocompatibility. *Applied Surface Science*, *515*, 146069.

[۲۲] Joshi, P., Riley, P. R., Denning, W., Shukla, S., Khosla, N., Narayan, J., & Narayan, R. (2022). Laser-patterned carbon coatings on flexible and optically transparent plastic substrates for advanced biomedical sensing and implant applications. *Journal of Materials Chemistry C*, *10*(8), 2965-2975.

[۲۳] Mericske-stern, R., M. Piotti, and G. Sirtes, *3-D in vivo force measurements on mandibular implants supporting overdentures. A comparative study.* Clinical oral implants research, 1996. 7(4): p. 387-396.

[۲۴] Sepehri, M. Rameshi, Effect of placement and material properties of tibial plate on stress pattern at fractured site Modares Mechanical Engineering, Vol.14, No.11, pp.151-165,2014.