
بخش ۱: جریان کار دیجیتالی در جراحی دندان

- ۱ CAI: تصویربرداری به کمک رایانه ۱۳
- ۲ CAD: طراحی به کمک رایانه ۲۹
- ۳ CAM: ساخت به کمک رایانه ۵۵

بخش ۲: جراحی هدایت شده در علم ایمپلنت

- ۴ تمپلیت ها ۷۷
- ۵ سیستم های دریلینگ ایمپلنت ۱۰۱
- ۶ جایگذاری ایمپلنت، ارزیابی دقت و بررسی مقالات ۱۱۵
- ۷ سیستم ردیابی ایمپلنت ۱۳۳

بخش ۳: بازسازی هدایت شده استخوان

- ۸ کاربردهای بالینی های فناوریهای دیجیتال برای پرسیجرهای
بازسازی ترکیبی ۱۵۷
- ۹ جراحی بازسازی دیجیتال ۱۸۱

بخش ۴: جراحی هدایت شده ماگزیلوفاسیال

- ۱۰ برنامه ریزی مجازی سه بعدی در جراحی ارتوگناتیک ۱۹۹



بخش ۱

جریان کار دیجیتال در جراحی دندان

۱. مفهوم CAI/CAD/CAM

نیکولاس ای. رویو^۱

جریان کار دیجیتال دندانپزشکی را می توان صرف نظر از روند انجام آن ، به منظور کاربردهای جراحی و ساخت پروتز دندان و یا کاربردهای ارتودنسی، به سه مرحله کلی تقسیم کرد. هر مرحله باید جهت دستیابی به نتایجی دقیق به دقت بررسی شود؛ وجود خطا در مرحله اولیه می تواند، با وجود برنامه ریزی بسیار دقیق درمانی، منجر به بروز اشتباهاتی جدی شود. مراحل گفته شده در جریان کار دیجیتال به موارد زیر اشاره دارند:

- تصویربرداری به کمک رایانه (CAI)^۲: اولین مرحله از این فرآیند بوده و دلالت بر داده برداری دیجیتال دارد. اگرچه اغلب این مرحله نادیده گرفته می شود، اما برای اطمینان یافتن از نتیجه ای قابل اطمینان و موثق مرحله ای بسیار ضروری است. در حالی که به نظر می رسد برنامه ریزی دیجیتال کار آسانی باشد ، اما متأسفانه هیچ نرم افزاری قادر به نشان دادن بارگذاری اشتباه داده ها و تغییرات آنها نبوده و عدم تطبیق با وضعیت بالینی بیمار را نیز نشان نمی دهد. بنابراین، ملاحظات خاصی باید در بهینه سازی روش تصویربرداری در نظر گرفته شود.
- طراحی به کمک رایانه (CAD)^۳: این مرحله نشان دهنده برنامه ریزی جراحی مجازی بوده و از یک نرم افزار دندانپزشکی استفاده می کند. تعداد زیادی از این برنامه های رایانه ای، از نوع مجوز محدود گرفته تا نوع رایگان آنها؛ با نمایشگر تصویری ساده تا نرم افزارهای پیشرفته برنامه ریزی را می توان یافت. این برنامه ها به عنوان ابزارهایی عالی برای تشخیص و برنامه ریزی درمانی به کار می روند؛ و علاوه براین، امکان استخراج داده ها را برای کمک به دستیابی به نتیجه ای مطلوب فراهم می سازند. مرحله طراحی نیازمند تخصص و مهارت بوده و بنابراین آموزشی وقت گیر خواهد داشت.
- تولید به کمک رایانه (CAM)^۴: برای ترجمه و تبدیل طرح مجازی به سناریوی همسان (آنالوگ) و ملموس، باید دستگاهی را ساخت. علاوه بر این، ابزارهای موقت (ادهاک)^۵، مانند دریل های خاص جراحی، در طی روش بالینی مورد نیاز هستند. همچنین، برای کنترل ماشین آلاتی که مسئول فرآیند تولید و ساخت هستند، به نرم افزار خاصی نیاز است. این مرحله معمولاً به عهده تکنسین دندانپزشکی است، آن جایی که نیازمند تجهیزات اضافی می باشد.

1 Nicolás A. Rubio
2 Computer-Assisted Imaging (CAI)
3 Computer-Assisted Design (CAD)
4 Computer-Assisted Manufacturing (CAM)
5 ad hoc tools

به طور خلاصه ، اولین مرحله ی مهم ، به دست آوردن داده های دیجیتال از آناتومی بیمار و در عین حال به حداقل رساندن تغییرات ایجاد شده در حجم و به حداکثر رساندن وضوح سطحی است (CAI). سپس، این اطلاعات در یک نرم افزار دندانپزشکی که در آن جراحی مجازی انجام می گیرد، بارگذاری شده و کل برنامه ریزی تایید می شود (CAD). پس از آن، داده ها به دستگاهی ارسال می شود تا یک جسم فیزیکی را برای استفاده قبل یا حین جراحی بسازد (CAM).

مطرح کردن این نکته که پزشک می تواند در هر مرحله تعامل داشته و فعالانه مشارکت داشته باشد و یا به سپردن برخی مراحل به شخص ثالثی اعتماد کند، موضوع بسیار مهمی است. با این حال، آگاهی یافتن از کل فرآیند برای اطمینان یافتن از نتایج قابل پیش بینی موضوعی اجباری است.

۱.۱ مقدمه

بافت ارائه دهند، اما وضوح سطح دندان و غشاء مخاطی^۴، به ویژه در سطح اکلوزال ضعیف است. علاوه بر این، هر زمان که مصنوعات فلزی در حفره دهانی وجود داشته باشند، می توانند موجب بهم ریختگی (دستورشن) در بخش هایی از تصاویر شوند. اینها دلایل اصلی هستند که نشان می دهند فایل دیگری نیاز است که توپوگرافی خارجی فک ها را نیز شامل شود؛ یعنی، یک فایل اسکن سطحی، که به طور گسترده به عنوان فایل STL شناخته شده است.

۱.۲ اسکن های سطحی (فایل های STL)

هر زمان که نیاز به ساخت رستوریشن های پروتزی، تمپلیت های جراحی یا هر دستگاه دیگری که مستلزم جای گیری صحیح در حفره دهانی است باشد، کپی هایی از فک برای انجام فرآیندهای گفته شده مورد نیاز است. ثبت ناحیه مورد نظر و ارتباط آن با دندان های مجاور، فک مخالف و بافت های اطراف برای تهیه طرح پروتزی به منظور راهنمایی و هدایت پروتکل های جراحی و سپس ساخت تمپلیت برای تبدیل کردن برنامه ریزی دیجیتال به طرح واقعی اجباری است .

به دلیل اینکه در طول تاریخ از کست های گچی برای کار استفاده می شده است، در صورت نیاز به برنامه ریزی دیجیتالی، ضرورت استفاده از مدل مجازی افزایش پیدا می کند. بنابراین، فایلی که نشان دهنده خصوصیات سطحی یک جسم سه بعدی باشد باید ساخته و ایجاد شود [۱]. اگرچه تعداد بسیار زیادی از انواع فایل های رایانه ای برای اجسام^۳ بعدی دیجیتالی وجود دارند (مانند .ply, .obj, .dcm)، یک فایل خاص متمایز از سایر فایل ها، فایل stl خواهد بود (شکل ۱.۱).

دستیابی به داده های دیجیتالی موثق و قابل اعتماد از بیماران برای انجام تشخیصی صحیح و ارائه ی طرح درمانی قابل اعتماد بسیار حائز اهمیت و اساسی است. برای این منظور پزشکان باید ۲ نوع داده را به دست بیاورند: اسکن سطحی از حفره دهانی بیمار و تصاویر پزشکی از آناتومی بافت زیرین .

از یک سو، بدون شک آگاهی داشتن درباره آناتومی استخوان و ضخامت بافت ها هنگام برنامه ریزی برای جراحی الزامی است. به همین منظور، ابزارهای پزشکی برای تهیه تصاویری دقیق و با جزئیات بیشتر تکامل پیدا کرده اند و این تصاویر را می توان به منظور دستیابی به تشخیصی دقیق، در هر رایانه ای به نمایش گذاشت .

بنابراین، یک زبان پزشکی جهانی برای به تصویر کشیدن این تصاویر ایجاد شده است که فایل (پرونده) DICOM نام دارد. باید توجه داشت که فایل های DICOM می توانند از عکس برداری (اشعه ایکس)، توموگرافی رایانه ای با اشعه مخروطی (CBCT)^۱، تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI)^۲، و هر گونه مطالعه عمقی پزشکی دیگری حاصل شوند. با این وجود، تصاویر CBCT تنها فایل هایی هستند که برای پروتکل های تشریح شده در این کتاب مورد نیاز است، زیرا تمامی نرم افزارهای برنامه ریزی جراحی به این نوع از فایل DICOM نیاز دارند.

از سوی دیگر، عمل جراحی ایمپلنت باید به طور کامل توسط برنامه ی پروتزی^۳ هدایت شود. به همین منظور، به یک تصویر دیجیتالی از قوس دندان بیمار برای رسیدن به برنامه ی پروتزی ذکر شده سپس ساختن تمپلیتی برای بازتولید آن نیاز است . اگرچه تصاویر CBCT می توانند اطلاعات دقیقی را راجع به آناتومی

دیجیتالی در آورد. از طرف دیگر، دیجیتالی کردن مستقیم حفره دهانی را می توان با اسکنرهای داخل دهانی انجام داده تا از روش های مرسوم و قدیمی قالب گیری دندان جلوگیری کرد، و بنابراین، این کار موجب بهبود دقت، صرفه جویی در زمان و آسودگی تجربه بیمار می شود (شکل ۱۰۳).

۱.۲.۱ اسکنرهای داخل دهانی

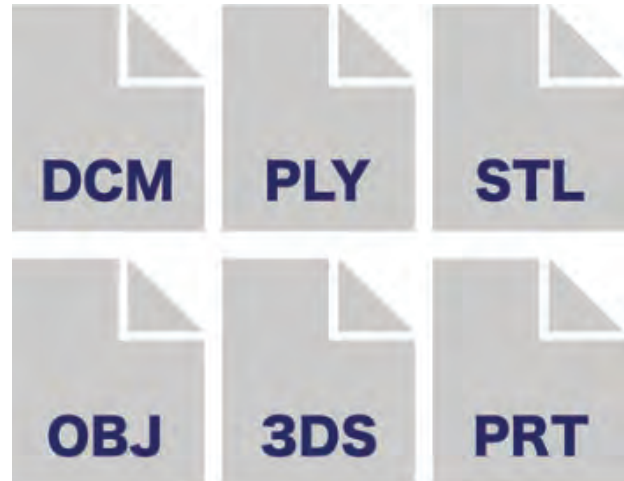
به کارگیری اسکنرهای داخل دهانی (IOS)^۳ در دندانپزشکی با توسعه و پیشرفت سیستم های CAD/CAM همراه بوده، جریان کار دیجیتالی را بهبود داده و سهولت و دقت در کار را فراهم می سازد. همچنین هدف از استفاده از این ابزار، کاهش زمان جراحی و درمان، بهبود ارتباط با آزمایشگاه ها و کاهش فضای غیرضروری ذخیره سازی است [۲].

اسکنرهای داخل دهانی نوری غیر تماسی دستگاه هایی هستند که با دوربین های قابل حمل استفاده شده برای ثبت سطح توپوگرافی دهان قابل مقایسه هستند. این دوربین نیاز به تابش یک اشعه نوری دارد (زیرا در محیطی تاریک کار می کند) (شکل ۱۰۴) و وضعیت دهان را با یک حسگر تعبیه شده، یا به صورت تصاویر تکی، یا به صورت فیلم ضبط می کند. فناوری های مختلفی برای IOS موجود است، که می توان به تصویربرداری دو کانونی (کنفوکال)^۴ (Tero^۵، هلند)، توموگرافی انسجام نوری^۶ (E4D^۶، ایالات متحده آمریکا)، یا نمونه برداری جبهه موجی فعال^۱ (3M True Definition^۱، ایالات متحده آمریکا) اشاره کرد. تشریح تمامی فناوری های استفاده شده برای دستگاه های اسکنر مورد توجه قرار نخواهد گرفت، چرا که هدف بحث در این کتاب نیستند. اگرچه برخی از اسکنرها نیازمند استفاده از پوشش پودری برای کاهش بازتاب پذیری هستند، اما گرایشی که در حال حاضر وجود دارد، به ساخت اسکنرهای بدون پودر است تا روند اسکن را راحت تر کرده و راحتی بیشتری را برای بیمار فراهم سازد.

۱.۲.۱.۱ روش اسکن کردن. ترفندها و توصیه ها

برای کمک به دستیابی به داده ها، می توان به برخی ترفندهای بالینی اشاره کرد:

- کنترل رطوبت و استفاده از دستگاه های ریتکتور برای داشتن تصویری بهتر توصیه می شود. برخی پزشکان تمایل دارند که لامپ صندلی خود را خاموش کرده و یا به منظور جلوگیری از تداخل نوری، نور مطب را کم کنند [۴]. در صورتی که انعکاس فلزی ابزارهایی مانند آینه که برای کنار زدن بافت های



شکل ۱۰۱ انواع مختلف فایل برای اجسام ۳ بعدی (3D).

فایل STL ابتدایی برای نرم افزار CAD استریولیتوگرافی^۱ توسط شرکت 3D Systems^۲ به منظور بهبود پردازش داده ها برای چاپ سه بعدی و ساخت به کمک رایانه ایجاد شده است. با وجود اینکه این فایل در اصل مخفف کلمه "stereolithography" است، اما دارای کلمات اختصاری دیگری، مانند "Standard Tessellation Language" یا "Stan-dard Triangle Language" نیز هست، زیرا برای نشان دادن شکل شیء، از اشکال مثلثی استفاده می شود (شکل ۱۰۲). امروزه، فایل های STL توسط بسیاری از برنامه های نرم افزاری پشتیبانی شده و مبدل به زبان جهانی CAD شده است. در مقابل این موضوع، برخی سیستم های نرم افزاری از انواع دیگری از فایلها برای ذخیره داده ها استفاده می کنند که برخی از این فایل ها فقط در نرم افزار مربوطه به خود کار می کنند (به عنوان مثال، فایل DCM استفاده شده توسط شرکت دانمارکی 3Shape^۳ و فایل PLY استفاده شده توسط شرکت آمریکایی Carestream^۴، و برخی دیگر ممکن است با چندین دسته نرم افزاری مورد استفاده قرار گیرند (به عنوان مثال، فایل OBJ). این فایل ها می توانند اطلاعات اضافی مانند رنگ را ذخیره کنند، در حالی که این فراداده ها ممکن است در یک فرمت STL وجود نداشته باشند (شکل 1.2b).

امروزه دو روش برای دیجیتالی ساختن قوس های دندان در دسترس قرار دارند که عبارتند از: اسکن داخل دهانی، و اسکن خارج دهانی. از یک طرف، مواد قالب گیری برای ثبت سطوح دندان و نواحی اطراف آن برای مدت زمانی طولانی مورد استفاده قرار می گرفتند؛ که دقت، ویژگی های آب دوستی^۲ و ثبات حجم آن ها در طول زمان بهبود یافته است. به دنبال این روش، می توان مدل های فیزیکی گچی را ساخت و سپس برای به دست آوردن فایل دیجیتالی، می توان این مدل ها با یک اسکنر خارج دهانی اسکن کرد و به صورت

3 intraoral scanners (IOS)

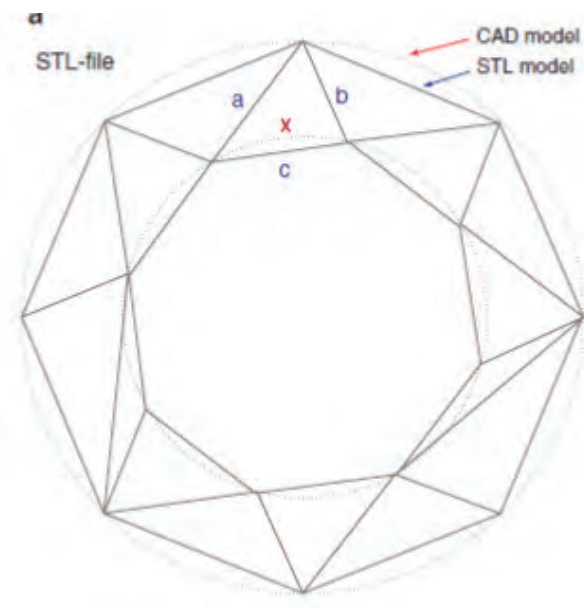
4 confocal imaging

5 optical coherence tomography

6 active wavefront sampling

1 stereolithography

2 hydrophilic



دهانی استفاده می شوند، باعث پیچیده کردن فرآیند اسکن شود، می توان آن ها را به کمک یک دستکش انگشتی سیاه از جنس نیتریل (یا موارد مشابه با آن) پوشاند.

با وجود اینکه اکثر سیستم ها برای کاهش بخار کردن شیشه ای که در درون نوک اسکنر قرار دارد، دارای المنت های گرمایشی داخلی هستند، اما آلودگی ناشی از رطوبت یا بخار کردن همچنان می تواند روند اسکن را کند سازد.



شکل ۱۰۲ a) Standard Triangle Language (زبان مثلثی استاندارد) (SLT) مخفف بازسازی جسمی براساس اشکال مثلثی است. (b) اسکن سطح در فرمت یا قالب DCM (چپ) و قالب SLT (راست). این فایل DCM توسط 3Shape® برای اضافه کردن ویژگی هایی مانند رنگ استفاده شده است. زمان تبدیل این فایل به فایل ساده STL، تنها توپوگرافی سطح باقی می ماند. اگرچه تغییر ایجاد نشده اما این اسکن، فاقد فراداده هاست.



شکل ۱۰۳ اسکنر خارج دهانی (چپ) و داخل دهانی (راست) از 3Shape® ، دانمارک.

ارائه دهند تا با الگوریتم های از پیش تعیین شده خود برای بازسازی تصویر مطابقت پیدا کنند. انحراف از مسیر ممکن است در داده های گرفته شده، اشتباهاتی را ایجاد کند [5].

با توجه به روش به کار رفته در اسکن نوری، ممکن است به پوشش پودری دی اکسید منیزیم یا تیتانیوم نیاز باشد تا اسکنر بتواند تصویر را ثبت کند. جدیدترین نوع IOS ها، بدون پودر طراحی شده اند تا روش اسکن را بهبود ببخشند. با این حال، اشیاء فلزی براق ممکن است این روند را مختل سازند، و بنابراین، ممکن است برای عکسبرداری به برخی پوشش ها نیاز داشته باشیم (شکل ۰.۱).

اگرچه این موضوع به نتیجه کلی مربوط نمی شود، اما آموزش مداوم با IOS می تواند به کاهش تعداد عکس های ذخیره شده برای تکمیل تصویر کمک کند. یک روش اسکن کارآمد نه تنها زمان عملیات را کاهش می دهد، بلکه زمان پردازش فایل را نیز کاهش داده، عملکرد رایانه را بهبود بخشیده و فضای ذخیره شده دیجیتالی را به حداقل می رساند.



شکل ۱.۴ نوری که از اسکنر داخل دهانی ثبت وضعیت بالینی ساطع می شود.



شکل ۱.۵ پودر استفاده شده برای کاهش بازتاب پذیری روی اجسام براق

۱.۲.۲ اسکنرهای خارج دهانی

تکنسین های دندانپزشکی از یک اسکنر لابراتواری رومیزی برای

هنگامی که داده ها ضبط شد، نرم افزار نقاط مشابه را برای وصل کردن تصاویر به یکدیگر شناسایی می کند؛ سپس با ادغام تصاویر حاوی نقاط مشابه، تصویری از حفره دهانی ایجاد و ارائه می شود. معمولاً علائمی مرجع، به ویژه از سطوح اکلوژال (سطح جونده) از آناتومی دندان گرفته می شود. بنابراین، هنگامی که اسکنر مسیر را گم می کند، توصیه می شود که به نواحی اکلوژال اسکن شده قبلی برگردید تا به نرم افزار این امکان داده شود که نقطه شناخته شده قبلی را شناسایی کند.

اگر چند دندان وجود نداشته باشد، تحرک بافت نرم می تواند در تشخیص اسکنر اختلال ایجاد کند. اسکن کردن نواحی بی دندانی گسترده می تواند موضوعی چالشی باشد؛ بنابراین، قالب گیری به شیوه مرسوم و اسکن خارج دهانی در چنین مواردی می تواند گزینه ای مناسب باشد.

برخی نرم افزارها ممکن است مسیر اسکن توصیه شده ای را



شکل ۱.۷ اسکنر نوری خارج دهانی (غیرتماسی).^۴ Autodesk توسط Shining 3D

دیجیتالی کردن کست های گچی یا حتی قالب های مرسوم دندانپزشکی استفاده می کنند. این روش در صورت نداشتن یک IOS در مطب دندانپزشکی، راه حلی عالی محسوب می شود. اسکنرهای خارج دهانی (EOS)^۱ را می توان به دو نوع طبقه بندی کرد: تماسی یا بدون تماس. نوع تماسی به روش های دیجیتالی سازی سابق اشاره کرده (مانند، Procea^۵، Nobel Biocare) و نوع غیرتماسی یا اسکنرهای نوری امروزه به طور گسترده استفاده می شوند. در ابتدا، اسکنرهای تماسی یا مکانیکی از یک پروپ (ردیاب) برای عبور از سطح شیء برای شناسایی شکل جسم استفاده می کردند؛ و به طور طبیعی، اندازه پروپ و زاویه ورود یا تابش بر دقت اسکن تاثیر می گذارند (شکل ۱.۶).

امروزه اسکنرهای نوری برای نوردهی به جسم و جمع آوری اطلاعات از سطح سه بعدی با استفاده از اصل مثلث سازی^۲، متکی به یک اشعه نوری یا لیزر هستند (شکل ۱.۷)؛ یعنی نوری که روی جسم انداخته می شود، منعکس شده و توسط واحد گیرنده دریافت می شود. این حسگر زاویه نور بازتاب شده را اندازه گرفته و همچنین داده های^۳ بعدی را با استفاده از اصل مثلث سازی محاسبه می کند (شکل ۱.۸).

به دلیل اینکه این مدل در معرض یک دستگاه ساطع کننده نور/ دریافت کننده نور استاتیکی (ایستا) قرار دارد، ارائه تصویر در یک صفحه واحد تکمیل و انجام می شود. این روش، دقت بینایی^۴ بیشتری از اجزای مدل را ارائه می دهد [5]. بنابراین، EOS در بیمارانی که بی دندانهای وسیع دارند و برای بازسازی قوس کامل دهانی توصیه شده و ترجیح داده می شود.

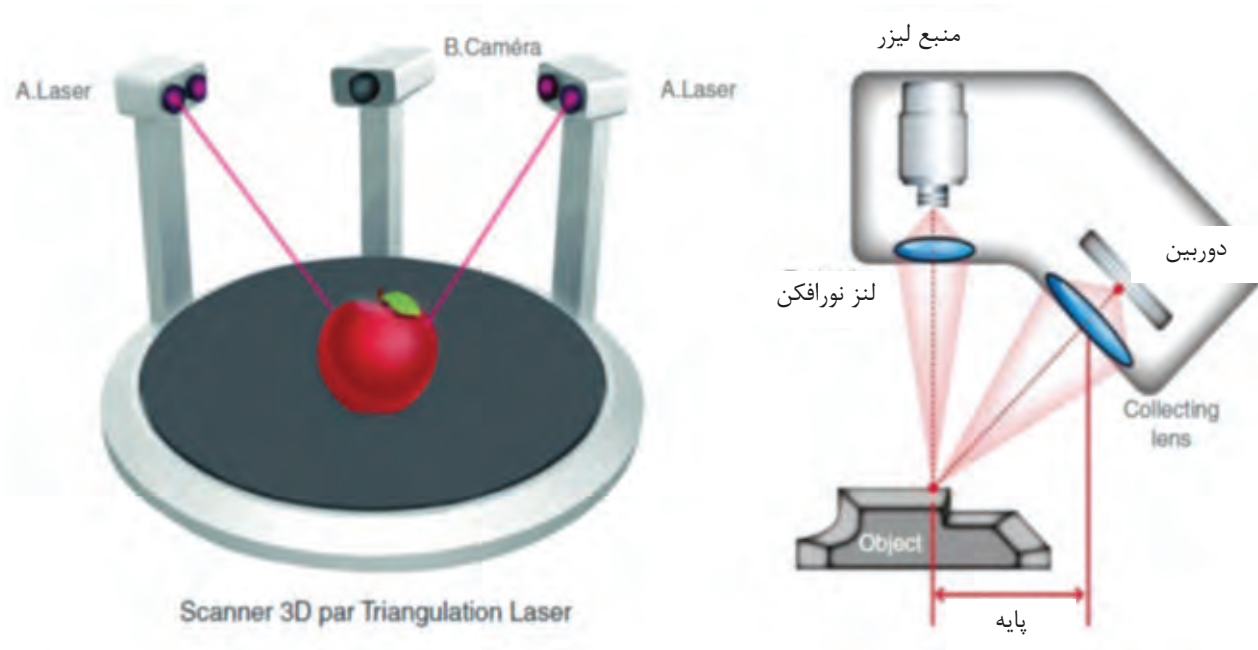


شکل ۱.۶ اسکنرهای تماسی سابق.^۵ Procea توسط Nobel Biocare

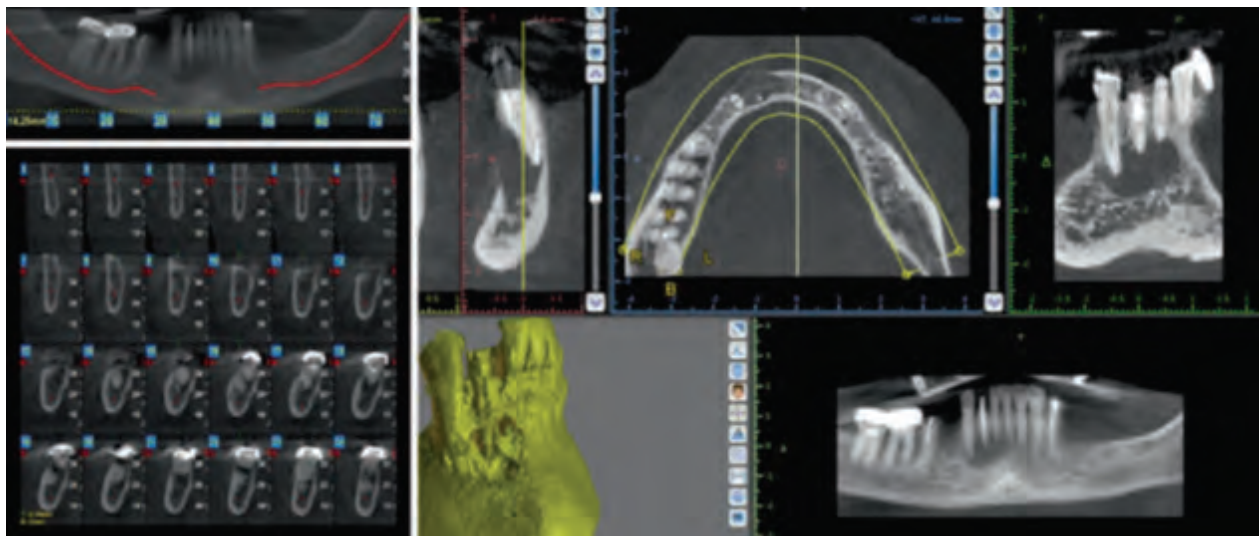
۱.۳ تصاویر CBCT (فایل های DICOM)

DICOM برگرفته از تصویربرداری دیجیتالی و ارتباطات در پزشکی^۶ بوده و به عنوان استاندارد برای اشتراک گذاری و مدیریت اطلاعات تصویربرداری پزشکی و داده های مربوطه در نظر گرفته می شود. به عبارت دیگر، DICOM پسوند فایلی است که پس از انجام مطالعه از تجهیزات پزشکی ارسال می شود.

در اکثر مواقع، زمانی که تصویر به دست آمد، تکنسین مسئول مطالعه نتیجه را ارزیابی کرده و قابل رویت بودن ساختارهای آناتومیک مربوطه را برای ترخیص بیمار ارزیابی می کند. سپس، فایلی که حاوی برش هاست، توسط نرم افزاری برای تعیین جهت افقی فک، قوس پانورامیک، و توزیع برش های آگزیال پردازش می شود. داده های پردازش شده، همراه با اندازه گیری های ایمپلنت، شناسایی کانال های عصبی و سایر اطلاعات مربوطه به صورت یک فایل قابل چاپ (مانند JPG یا PNG) درآمده و به بیمار تحویل داده می شود (شکل ۱.۹).



شکل ۱۰/۸ اصل مثلث سازی. نوری بر روی شیء تابیده شده و بازتاب آن توسط یک دوربین گرفته می شود. زاویه بازتاب برای تعیین سطح شیء یا جسم اسکن شده اندازه گیری می شود.



شکل ۱۰/۹ تصویرسازی CBCT در فایل JPG معمول (a) و در نمایشگر نرم افزاری (دستکاری فایل DICOM). منحنی پانورامیک، برش ها و تصاویر ۳ بعدی را می توان به صورت سفارشی در آورده و می توان برای کسب هرچه بیشتر اطلاعات از این مطالعه استفاده کرد (b)

تا از همه برش ها عبور کرده و حتی کاشت مجازی ایمپلنت را شبیه سازی کند (شکل b ۱۰/۹).

علاوه بر این، فایل DICOM موجود در سی دی یا USB را می توان هم به کمک نرم افزار ارائه شده تصویرسازی و تماشا کرد و هم می توان آن را روی یک نرم افزار برنامه ریزی جراحی بارگذاری کرد (شکل ۱۰/۱). هر کدام از این گزینه های تشخیصی مزایا و معایب خود را دارند که در فصل ۲ بحث خواهند شد.

فایل های DICOM را اغلب می توان در پوشه ای به نام «تصاویر (images)» یا «داده ها (data)» در داخل سی دی پیدا کرد (شکل ۱۰/۱۱).

برنامه ریزی کاشت ایمپلنت به شیوه متداول معمولاً به این تحلیل های تصویری پردازش شده برای برنامه ریزی استئوتومی های (برش های استخوانی) ایمپلنت متکی است. با این وجود، برنامه ریزی اضافی جراحی را می توان با ایجاد تغییراتی در فایل ارسال شده از تجهیزات CBCT انجام داد؛ به این منظور، فایل گفته شده را نیز می توان همراه با نرم افزار ساده و اولیه ی CBCT در یک سی دی یا یک دستگاه قابل حمل USB (فلش مموری) به بیمار تحویل داد. استفاده از این برنامه مزایایی دارد و نسبت به عکس های چاپ شده اطلاعات بیشتری را ارائه داده و به متخصص این امکان را می دهد



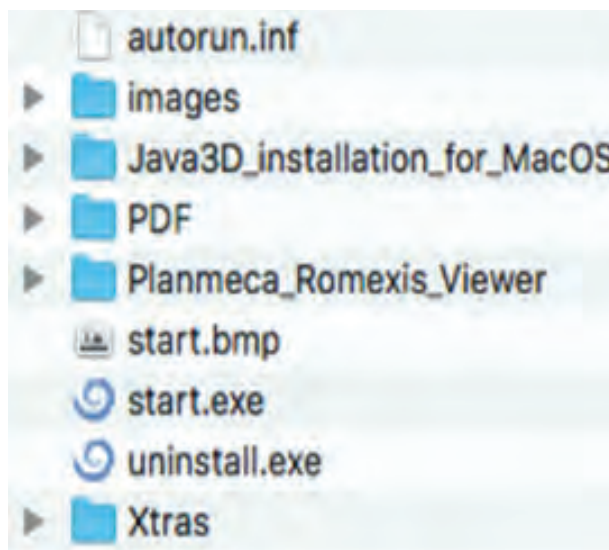
شکل ۱۰۱۰ نمایشگر * Romexis از Planmeca. این نرم افزار هر زمان که مطالعه ای با تجهیزات Planmeca انجام شود، همراه با تصاویر CBCT خواهد بود. علاوه بر این، نسخه کامل این برنامه را می توان خریداری کرد تا امکانات دیگر آن قابل استفاده شود.

CBCT در فایلی مستقل ذخیره شده و منجر به ایجاد چندین فایل با حجم و اندازه کوچک می شود؛ و نرم افزار باید تمامی اینها را برای بازسازی تصویر سه بعدی در کنار هم قرار دهد. اگرچه به نظر کمتر عملی می رسد، اما این روش انتقال فایل نسبت به دو روش دیگر بهتر و ارجح است، زیرا تمامی داده های مربوط را حفظ کرده و توسط اکثر برنامه های نرم افزاری و نمایشگرها پشتیبانی می شود. با این حال، این روند ذخیره سازی اندازه مطالعه و تجزیه کلی را افزایش می دهد، چرا که در هر فایل ذخیره شده، این اطلاعات تکرار و کپی می شوند.

- DICOM (چند فریمی): این قالب (فرمت) برای کاهش اندازه فایل و ساده کردن تجزیه، ذخیره سازی و ارتباطات ایجاد شده است، زیرا تمامی برش ها را در یک فایل DICOM واحد ترکیب می کند. با این وجود، برخی نرم افزارها از این قالب پشتیبانی نمی کنند زیرا هنوز این قالب را پیاده سازی و اجرا نکرده اند. خوشبختانه، این شرایط را می توان برای سهولت جریان کار دیجیتال و ارتباطات جهانی به قالب دیگری برگرداند.

- DICOMDIR: این یک فایل ویژه است که به عنوان دایرکتوری (فهرست) مجموعه ای از فایل های DICOM عمل می کند. این قالب مشابه با یک فایل فشرده ZIP/RAR است و می تواند حاوی مطالعات متعدد از یک یا چند بیمار باشد که به این روش ها سازمان یافته اند: در سطح بیمار، سطح مطالعه،

همچنین، برای جلوگیری از چاپ تصویر یا فرآیندهای رایت سی دی، می توان این فایل ها از طریق نامه الکترونیکی ارسال کرد.



شکل ۱۰۱۱ فایل های موجود در سی دی همراه با CBCT است. پوشه «عکس ها» (images) برش هایی را جمع می کند که می تواند وارد هر گونه نرم افزار برنامه ریزی جراحی (فایل های DICOM) شود، در حالی که نماد «start.exe» یک برنامه را برای تصویرسازی مطالعه اجرا می کند.

فایل های DICOM را می توان به قالب یا فرمت های مختلفی ذخیره کرد (شکل ۱۰۱۲):

- DICOM (تک فریم): هر برش اسکن شده توسط تجهیزات