فهرست

پیشگفتار مؤلف **۷**

پیشگفتار مترجم **۹**

بخش ۱: چرخه‌ی دیجیتال (Digital workflow) در جراحی‌های دهان و دندان **۱۱**

فصل ۱: CAI: تصویربرداری به کمک کامپیوتر ۱۳

فصل ۲: CAD: طراحی به کمک کامپیوتر ۲۹

فصل ۳: CAM: ساخت به کمک کامپیوتر ۵۵

بخش ۲: جراحی تحت راهنما در علم ایمپلنتولوژی **۷۵**

فصل ۴: تمپلیت‌ها ۷۹

فصل ۵: سیستم‌های دریلینگ ایمپلنت ۱۰۳

فصل ۶: جایگذاری ایمپلنت، ارزیابی دقت و مرور مقالات ۱۱۷

فصل ۷: سیستم مکانیابی ایمپلنت: جراحی با هدایت دینامیکی (Dynamic surgical navigation) ۱۳۵

بخش ۳: Guided Bone Regeneration **۱۵۵**

فصل ۸: کاربردهای کلینیکی تکنولوژی‌های دیجیتال برای پروسه‌های regenerative ترکیبی ۱۵۷

فصل ۹: جراحی بازسازی دیجیتال ۱۷۹

بخش ۴: جراحی ماگزیلوفیشیال هدایت شده **۱۹۳**

فصل ۱۰: طراحی مجازی سه‌بعدی در جراحی ارتوگناتیک ۱۹۵

واژه‌یاب **۲۱۹**

پیشگفتار مؤلف

ادغام CBCT و تکنولوژی‌های CAD/CAM به نظر راهکار مناسبی در راستای بالا بردن قابلیت پیش بینی‌پذیر بودن نتیجه درمان و بهبود دقت در جراحی‌های دهان و دندان است. از دیگر مزایای استفاده از رویکرد دیجیتال، کاهش زمان پروسه جراحی و کاهش قابل توجه عوارض درمانی بیماران می‌باشد.

امروزه CBCT یکی از مفیدترین ابزارهای تشخیصی موجود است که کاربرد آن در درمان‌های ایمپلنت الزامی شده است. این سیستم توموگرافی برای نشان دادن اطلاعات دقیق بافت‌ها در عین کمتر کردن دوز اشعه دریافتی بیمار، طراحی شده است. کاربرد آن در روند تشخیص و طرح درمان جراحی غیرقابل چشم پوشی است. معمولا تصاویر CBCT روی کاغذ چاپ شده و برش‌های (slice) آن توسط متخصص مشخص می‌شوند.

در ادامه، دو تکنولوژی مختلف در اقدامات روزانه دندانپزشکی وجود دارد: CBCT و کست‌های دیجیتال. از ادغام (fusing) "سطح بیرونی" دیجیتالی شده یک جسم (مثلا قوس دندانی) با تصویر دیجیتالی " سطح داخلی" آن (مثلا توموگرافی ماگزیلا) مزایای بسیاری به دست می‌آید. این کتاب به توضیح چگونگی این ادغام، مزایا و کاربردهای آن در جراحی‌های دهان و دندان می‌پردازد.

اولین قدم برای شروع تفهیم پروسه‌ی ادغام در نظر گرفتن نیاز به دو فایل دیجیتالی مختلف است: DICOM و STL. این فایل‌ها دو زبان مختلف برای نشان دادن یک فایل دیجیتال هستند مثل فایل‌های doc. و .pdf به عبارت ساده‌تر DICOM files از ابزار CBCT ایجاد می‌شوند، در حالی که STL files از اسکنرها به دست می‌آیند. یک تصویر ترکیب شده، می‌تواند با ادغام کردن این دو فایل با استفاده از یک نرم افزار به دست آید. معمولا آناتومی دندان به عنوان نقطه مرجع برای کنار هم قرار دادن تصاویر استفاده می‌شود چرا که سطح دندان هم در CBCT و هم در اسکن ثبت می‌شود. پروسه‌ی ادغام (merging) حساس‌ترین مرحله از کل مراحل طراحی مجازی است. در این مرحله انجام کار با دقت فراوان ضروری است تا از پیش‌بینی‌پذیری مطمئن شویم.

دومین قدم مشخص کردن طرح درمان است. برای این منظور، وکس آپ دیجیتالی می‌تواند برای انجام درمان جراحی مبتنی بر طرح درمان پروتزی استفاده شود. پس از مشخص شدن طرح درمان پروتز، طرح درمان جراحی مشخص می‌شود بنابراین نرم افزار اجازه‌ی انجام اقدامات جراحی مجازی را می‌دهد. اگر جایگذاری ایمپلنت هدف اصلی است، ایمپلنت‌های مجازی قرار داده می‌شوند. اگر محل پیوند استخوان قرار است مشخص شود، ابتدا ایمپلنت‌های مجازی جایگذاری می‌شوند سپس استخوان به گونه‌ای که ایمپلنت‌ها را دربربگیرد شکل داده می‌شود.

قدم سوم ساخت تمپلیت یا راهنمای جراحی خواهد بود. به عبارت دیگر، زمانی که طر ح درمان جراحی تایید شد، تمپلیت دقیق ساخته شده تا طراحی مجازی را به واقعیت تبدیل کند. ارزیابی‌های دقیقی در حین ساخت تمپلیت باید انجام شود که نشست و گیر عالی راهنمای جراحی به دست آید. مواد مورد استفاده برای ساخت راهنمای جراحی بسته به پروتکل جراحی متغیر است.

برخلاف باور عموم، برای به دست آوردن بهترین نتیجه توسط تکنولوژی دیجیتال، زمان بسیار، سختکوشی و شیب ملایم یادگیری نیاز است. به علاوه پروتکل‌های درمان جراحی هدایت شده، همراه با تشخیص و دقت عمل جامع و در نتیجه زمان افزایش یافته در مرحله مجازی، به منظور کاهش زمان درمان کلینیکی می‌باشند. بنابراین، هدف و فلسفه‌ی guided surgery، بهتر شدن تشخیص و کاهش عوارض بیماران است. این کتاب یک راهنما برای ورود کلینیسین‌ها به دنیای هیجان انگیز تکنولوژی و درک مزایا و محدودیت‌های رویکرد دیجیتال است.

پیشگفتار مترجم

امروزه با ورود تکنولوژی دیجیتال در علوم مختلف و توسعه آن در طول زمان، شاهد پیشرفت چشم‌گیری در ابزار، وسایل و نرم افزارهای مربوط به دندانپزشکی دیجیتال هستیم. از بدو تولد این حوزه، گرچه چرخه دیجیتال با اصطلاح CAD/CAM شناخته شده است، در طول زمان با هموار شدن مسیر و با ظهور دستگاه‌های متنوع و تکنولوژی‌های به روز، مخصوصاً در مراحل ابتدائی چرخه دیجیتال مانند اسکنرهای داخل و خارج دهانی، فیس اسکنرها، تکنولوژی فتوگرامتری و... امروزه ترجیح بر استفاده از اصطلاح CAI/CAD/CAM می‌باشد. تسلط بر علم و تکنولوژی موجود در هر یک از مراحل این چرخه لازم و ضروری بوده و طی نمودن منحنی یادگیری و کسب مهارت و تجربه، نکته حائز اهمیتی جهت ارائه خدمات دقیق و صحیح درمراکز دندانپزشکی می‌باشد. علم ایمپلنتوژی طی زمان، مسیر رو به رشدی را طی نموده و با چشم‌انداز امیدوار کننده‌ای در صدر خدمات دندانپزشکی قرار گرفته و امید به زندگی را در افراد مسن افزایش داده است. لذا جهت انجام درمان دقیق‌تر، سریع‌تر و با عوارض بعدی کمتر، تکنولوژی دیجیتال به کمک کلینیسین‌ها آمده تا بتوانند خدماتی با کیفیت بیشتر و در زمان کمتر را به بیماران ارائه دهند. ایمپلنتولوژی دیجیتال شامل دو بخش جراحی و پروتز بوده که متناسب با هر مرحله دستگاه‌ها و نرم افزارهای خاصی در نظر گرفته شده است. نرم افزارهای امروزی می‌توانند شامل هردو بخش جراحی و پروتز باشند و یا مراحل یک بخش را ساپورت نمایند. به طور مثال Implant studio از کمپانی 3Shape و Exoplan از کمپانی Exocad مربوط به بخش جراحی بوده و Dental system و Exocad نرم افزارهای طراحی بخش پروتز شرکت‌های نام برده شده می‌باشد. در این کتاب ابتدا با چرخه دیجیتال ایمپلنتولوژی آشنا می‌شویم و سپس جزئیات تئوری و تکنیکال هر سه بخش CAI/CAD/CAM را به تفصیل مورد بررسی قرار می‌دهیم. در فصول انتهایی کتاب مثال‌هایی جهت فهم بهتر مطلب در قالب کیس‌های کلینیکی ساده تا پیشرفته ارائه شده است. لازم به ذکر است به دلیل وجود نکات ریز کلینیکال و سوالات متنوع و متعدد در خصوص دیجیتال ایمپلنتولوژی، با برگزاری دوره‌های پیشرفته و تخصصی جراحی و پروتز به صورت کاملا عملی، پاسخگوی سوالات تئوری و عملی همکاران عزیز از شروع تا پایان درمان خواهیم بود تا بتوانیم گامی موثر در جهت ارتقاء جایگاه دندانپزشکی دیجیتال در حوزه کاشت ایمپلنت و درمان‌های پیشرفته برداریم. جهت اطلاع از مطالب به روز و جزئیات برگزاری دوره‌ها، وب سایت ما را دنبال کنید. WWW.DRBIRANG.COM

بخش ۱

چرخه‌ی دیجیتال (Digital workflow) در جراحی‌های دهان و دندان

۱.۱ مفهوم CAI/CAD/CAM

چرخه‌ی دندانپزشکی دیجیتال صرف نظر از پروسه‌ی مربوطه برای استفاده در هر یک از حیطه‌های جراحی، پروتز و ارتودنسی؛ می‌تواند به سه مرحله اصلی تقسیم شود. هر گام باید با دقت مشخص و انجام شده باشد تا بتوان به یک نتیجه‌ی دقیق دست یافت. خطا در مراحل ابتدایی حتی با وجود طرح درمان خیلی دقیق می‌تواند به اشتباهات جدی منجر شود. گام‌های مذکور در چرخه دیجیتال به شرح زیر است:

- تصویربرداری به کمک کامپیوتر (CAI): این مرحله اولین قدم برای به دست آوردن داده‌های دیجیتال است. اگر چه معمولا مورد توجه قرار نمی‌گیرد، اما این مرحله برای اطمینان از قابل اعتماد بودن نتیجه حاصل پایان چرخه، بسیار حساس است. در حالی که طراحی دیجیتال به نظر ساده می‌آید اما هیچ نرم افزاری وجود ندارد که بتواند خطای داده‌های وارد شده غلط یا تغییر کرده یا داده‌هایی که با وضعیت بالینی بیمار همخوانی ندارند را تشخیص دهد. به همین دلیل، ملاحظات ویژه‌ای برای بهینه شدن پروسه‌ی تصویربرداری باید در نظر گرفته شود.
- طراحی به کمک کامپیوتر (CAD): در این مرحله با استفاده از نرم افزار،طراحی مجازی جراحی (surgical virtual planning) انجام می‌گردد. تعداد بسیار زیادی از برنامه‌های کامپیوتری دارای گواهینامه و بدون گواهی‌نامه (license free, license restricted) و از ساده تا پیشرفته وجود دارند. آنها ابزار فوق‌العاده‌ای برای تشخیص وطرح درمان بوده، بعلاوه اجازه‌ی خروج (export) داده‌ها را برای دستیابی به نتیجه مد نظر می‌دهند. مرحله‌ی طراحی نیازمند آموزش، مهارت و در نتیجه زمانبر است.
- ساخت و تولید به کمک کامپیوتر (CAM): برای برگرداندن طراحی مجازی (virtual plan) به حالت آنالوگ و سناریوی ملموس درمانی، یک وسیله یا قطعه باید ساخته شود. به علاوه،ابزارهای خاص از جمله دریل‌های جراحی مخصوص روش دیجیتال، در طول پروسه‌های جراحی نیز ضروری هستند. یک نرم افزار اختصاصی برای کنترل دستگاه در حین پروسه ساخت لازم است. این مرحله معمولا به تکنسین دندانی سپرده می‌شود چرا که نیاز به ابزار اضافه دارد.

به طور خلاصه، اولین قدم مهم به دست آوردن داده‌های دیجیتال از آناتومی بیمار بوده، به گونه‌ای که تغییرات حجمی را به حداقل و ویژگی سطحی را به حداکثر برساند (CAI). سپس، اطلاعات وارد یک نرم افزاری می‌شود که در آن طراحی جراحی مجازی انجام می‌شود (CAD). بعد از آن داده‌ها به یک دستگاهی ارسال شده که یک قطعه‌ای می‌سازد که قبل یا حین جراحی استفاده می‌شود (CAM).

نکته قابل توجه این که کلینیسین می‌تواند فعالانه در همه‌ی مراحل مشارکت داشته یا بعضی از اقدامات را به فرد دیگری بسپارد. هرچند، داشتن اطلاعات درباره‌ی کل پروسه برای اطمینان از دستیابی به یک نتیجه‌ی قابل پیش‌بینی لازم است.

فصل ۱

CAI: تصویربرداری به کمک کامپیوتر

۱.۱ مقدمه

جمع‌آوری و حصول داده‌های دیجیتال دقیق و قابل اعتماد از بیمار برای تشخیص صحیح و یک برنامه درمانی قابل قبول ضروری است. بدین منظور، کلینیسین دو دسته داده نیاز دارد: اسکن سطح از قوس فکی بیمار و تصاویر مدیکال از آناتومی بافت سخت فک.

بدون شک آگاهی از آناتومی استخوان و ضخامت بافت هنگام طراحی جراحی ضروری است. به علاوه ابزارهای پزشکی برای تهیه‌ی تصاویر تمیز و با جزییات بالا، پیشرفته داشته‌اند؛ این تصاویر برای تشخیص دقیق در هر کامپیوتری قابل نمایش هستند. بدین منظور، برای نمایش این تصاویر، یک زبان مشترک جهانی مدیکال ایجاد شده است: DICOM file. فایل‌های DICOM از طریق X-ray CBCT، و MRI و... به دست می‌آیند. تصاویر CBCT تنها فایل مورد نیاز برای پروتکل‌های گفته شده در این کتاب هستند، چرا که تمام برنامه‌های surgical planning به این نوع از DICOM fileها احتیاج دارند.

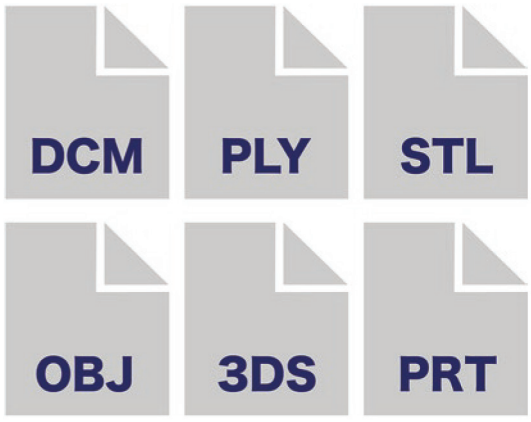
جراحی ایمپلنت بایستی مبتنی بر طرح درمان پروتزی انجام شود. به این منظور، تصاویر دیجیتال از قوس‌های دندانی بیمار تهیه شده و سپس تمپلیت جراحی براساس آن ساخته می‌شود. اگرچه، تصاویرCBCT می‌توانند اطلاعات جزیی از آناتومی بافت‌ها بدهند، اما ویژگی‌های سطحی دندان‌ها به خصوص در سطح اکلوزال و مخاط در CBCT ضعیف است.

همچنین، آرتیفکت‌های فلزی در صورت حضور در حفره دهان می‌توانند باعث دیستورشن شدید تصاویر شوند. این موارد دلایل اصلی نیاز به یک فایل دیگری که دربرگیرنده‌ی شکل خارجی سطح فک بوده، می‌باشد و آن یک فایل اسکن سطحی بافت (surface scan) است که به عنوان STL files شناخته می‌شود.

۲.۱ اسکن سطوح (STL files)

در موارد نیاز به ساخت یک رستوریشن، تمپلیت جراحی و یا هر قطعه دیگری که نیاز به تطابق صحیح در حفره دهان داشته باشد، وجود فایل‌های دیجیتال از نواحی فک برای انجام پروسه‌ها ضروری است. ثبت ناحیه‌ی مورد نظر و رابطه آن با دندان‌های مجاور، فک مقابل و بافت‌های اطراف ضروری بوده که طراحی مجازی مبتنی بر طرح درمان پروتزی برای راهنمای جراحی و یا رستوریشن مورد نظر، طرح‌ریزی شده و سپس یک قطعه ساخته می‌شود که آنچه بطور دیجیتال طراحی شده را به دنیای واقعی وارد کند.

از آنجایی که همیشه با کست‌های گچی کار می‌شده، وقتی صحبت از طراحی دیجیتال است ضرورت وجود مدل‌های مجازی (virtual models) مطرح می‌شود. به همین منظور، یک فایل که بیانگرهندسه‌ی سطحی یک جسم سه‌بعدی است، باید ساخته شود. (۱) اگر چه تنوع زیادی در گستره فایل‌های کامپیوتری برای اشیای دیجیتال سه‌بعدی وجود دارد (از جمله .obj، .ply و .dcm) یک فایل خاص میان سایرین برجسته است: STL file (شکل ۱,۱) فایل STL اصلی در ابتدا برای یک نرم افزار CAD استریولیتوگرافی



شکل ۱-۱ انواع مختلف فایل برای اجسام سه‌بعدی

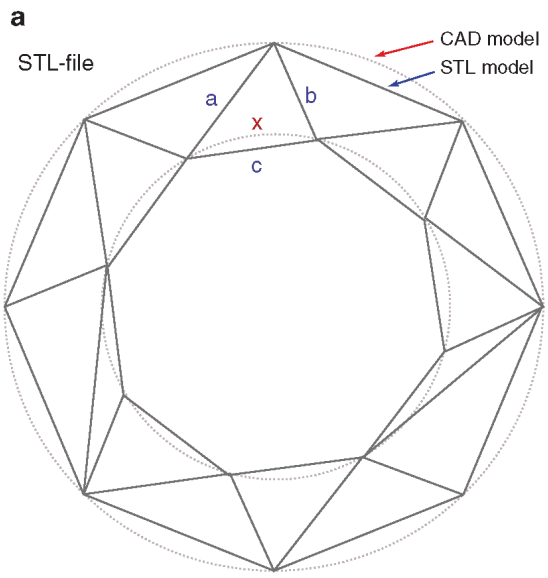
قدیمی توسط کمپانی 3D Systems® ساخته شده بود که فرایند پردازش داده‌ها را برای پرینترهای سه‌بعدی و ساخت به کمک کامپیوتر، بهبود بخشد. علی رغم اینکه STL در اصل مخفف stereolithography است، معادل اصطلاحات دیگری هم از جمله Standard Tessellation Language یا Standard Triangle Language می‌باشد چرا که از فرم‌های مثلثی برای نشان دادن شکل اجسام استفاده می‌کند (شکل ۱,۲)

امروزه STL files توسط بسیاری از نرم افزارها پشتیبانی می‌شود و تبدیل به یک زبان جهانی CAD شده است. بر خلاف این، بعضی از نرم افزارها برای ذخیره داده از انواع فایل‌های دیگر استفاده می‌کنند: برخی از آنها تنها در نرم افزارهای هماهنگ با سیستم خودشان معتبر هستند (فایل DCM که توسط 3Shape، PLY که توسط Carestream استفاده می‌شود) و برخی ممکن است توسط مجموعه‌هایی از چند نرم افزار استفاده شوند (فایل OBJ). این فایل‌ها می‌توانند اطلاعات اضافه‌ای همچون رنگ را ذخیره کنند، در حالی که این داده در فایل‌های STL ارائه نمی‌شود. (شکل ۱,۲b)

امروزه دو روش برای دیجیتالی کردن قوس‌های دندانی وجود دارد؛ اسکن داخل دهانی و خارج دهانی. از یک سو، مدت زمان زیادی است که مواد قالب گیری برای ثبت سطح دندان‌ها و نواحی اطرافشان به کار گرفته می‌شوند و در طول زمان،دقت، خصوصیات آب دوستی و ثبات حجمی آنها بهبود یافته است.با دنبال کردن این روش، مدل‌های گچی فیزیکی می‌توانند توسط اسکنر خارج دهانی دیجیتالی شده تا یک فایل دیجیتالی کامپیوتری به دست آید. از سویی دیگر، دیجیتالی کردن اطلاعات حفره دهان به طور مستقیم از طریق اسکنرهای داخل دهانی قابل انجام بوده، که از روش‌های معمول قالب گیری استفاده نکرده و موجب بهبود دقت، ذخیره زمان و راحتی بیمار می‌شود. (شکل ۱,۳)

۱.۲.۱ اسکنرهای داخل دهانی

با پیشرفت تکنولوژی CAD/CAM، اسکنرهای داخل دهانی (IOS) در دندانپزشکی استفاده شده و باعث تقویت چرخه دیجیتال، فراهم نمودن وضوح و دقت می‌شوند. علاوه بر این، اسکنرهای داخل



شکل ۲-۱ a: زبان استاندارد مثلثی (Triangular Language: STL Standard) به معنای بازسازی یک شیئ بر اساس شکل‌های مثلثی است b: اسکن سطح به فرمت DCM (چپ) و فرمت STL (راست). فایل DCM برای افزودن ویژگی‌هایی همچون رنگ توسط 3Shape استفاده می‌شود. وقتی این فایل به یک فایل STL وسیع تبدیل شود تنها شکل سطح باقی می‌ماند. اگر چه تغییر نمی‌کند اما اسکن اطلاعاتی را از دست می‌دهد (metadata)