اصول جراحی دهان، فک و صورت پیترسون ۲۰۲۲

(جلد اول)

سرپرست مترجمین:

دکتر علیرضا ابراهیم پور

دستیار تخصصی جراحی دهان فک و صورت دانشگاه علوم پزشکی مشهد، کمیته تحقیقات دانشجویی

مترجمین:

ملیکا ملائی (دانشجوی دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، کمیته تحقیقات دانشجویی)

فاطمه مظفری مقدم (دستیار تخصصی جراحی دهان فک و صورت دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله، کمیته تحقیقات دانشجویی)

علیرضا کشیری (دستیار تخصصی جراحی دهان فک و صورت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، کمیته تحقیقات دانشجویی)

صالح دادمهر (استادیار گروه جراحی دهان فک و صورت دانشگاه علوم پزشکی مشهد)

دکتر پریسا باروتی (دستیار تخصصی اندودنتیکس دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان)

زهرا دلیر اکبری آذر (دستیار تخصصی جراحی دهان فک و صورت دانشگاه علوم پزشکی شیراز، کمیته تحقیقات دانشجویی)

دکتر آزاده تدین فرد (متخصص پروتز های دندانی و ایمپلنت)

عنوان و نام پدیدآور	:	اصول جراحی دهان، فک و صورت پیترسون ۲۰۲۴/ [ویراستاران مایکل میلورو ... و دیگران] ؛ سرپرست مترجمین علیرضا ابراهیم‌پور ؛ مترجمین ملیکا ملائی ... [و دیگران].
مشخصات نشر	:	تهران : شایان نمودار ، ۱۴۰۳-
مشخصات ظاهری	:	ج.: مصور (رنگی)؛ ۲۲×۲۹ س‌م.
شابک	:	دوره : ۳-۷۴۸-۲۳۷-۹۶۴-۹۷۸ ؛ ج۱: ۹-۷۴۵-۲۳۷-۹۶۴-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	کتاب حاضر ترجمه بخش‌هایی از کتاب " Peterson's Principles of Oral and Maxillofacial Surgery, 4th ed,2022" است.
یادداشت	:	مترجمین ملیکا ملائی، فاطمه مظفری‌مقدم، علیرضا کشیری، صالح رادمهر، پریسا باروتی، زهرا دلیر اکبری آذر، آزاده تدین‌فر.
یادداشت	:	کتابنامه.
موضوع	:	دهان – جراحی، Mouth – Surgery، فک بالا – جراحی، Maxilla – Surgery، صورت – جراحی، Face – Surgery، صورت -- استخوان‌ها – جراحی، Facial bones -- Surgery
شناسه افزوده	:	میلورو، مایکل
شناسه افزوده	:	Miloro, Michael
شناسه افزوده	:	ابراهیم‌پور، علیرضا، ۵۷۳۱-، مترجم
شناسه افزوده	:	ملائی، ملیکا، ۹۷۳۱-، مترجم
رده بندی کنگره	:	RK۵۲۹
رده بندی دیویی	:	۶۱۷/۵۲۰۵۹
شماره کتابشناسی ملی	:	۹۷۸۴۸۹۲

نام کتاب: اصول جراحی دهان، فک و صورت پیترسون ۲۰۲۴ (جلد اول)

مترجمین: ملیکا ملائی، فاطمه مظفری مقدم، علیرضا کشیری، صالح رادمهر، دکتر پریسا باروتی، زهرا دلیر اکبری آذر، دکتر آزاده تدین فر

سرپرست مترجمین: دکتر علیرضا ابراهیم‌پور

ناشر: انتشارات شایان نمودار

مدیر تولید: مهندس علی خزعلی

حروفچینی و صفحه آرایی: انتشارات شایان نمودار

طرح جلد: آتلیه طراحی شایان نمودار

نوبت چاپ: اول

تاریخ چاپ: پاییز ۱۴۰۳

شمارگان: ۵۰۰ جلد

شابک دوره: ۳-۷۴۸-۲۳۷-۹۶۴-۹۷۸

شابک جلد اول: ۹-۷۴۵-۲۳۷-۹۶۴-۹۷۸

قیمت: ۵،۰۰۰،۰۰۰ ریال

انتشارات شایان نمودار

دفتر مرکزی: تهران/ میدان فاطمی/ خیابان چهلستون/ خیابان دوم/ پلاک ۵۰/ بلوک B/ طبقه همکف/ تلفن: ۸۸۹۸۸۸۶۸

وب سایت: shayannemoodar.com

اینستاگرام: Shayan.nemoodar

(تمام حقوق برای ناشر محفوظ است. هیچ بخشی از این کتاب، بدون اجازه مکتوب ناشر، قابل تکثیر یا تولید مجدد به هیچ شکلی، از جمله چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی، فیلم و صدا نیست. این اثر تحت پوشش قانون حمایت از مولفان و مصنفان ایران قرار دارد.)

مقدمه

بنده همان به که زتقصیر خویش عذر بدرگاه خدای آورد
ورنه سزاوار خداوندیش کس نتواند که بجای آورد

دستهایم را بـــــه سمت آسمـــان تـو بلند مـی کنـم، میخواهـم بدانـی کـه دسـتانم خالیسـت! اما شـکرگزار تمـام نعماتی هسـتم کـه بـه مـن اعطا نمـودی حتـی اگـر اهلـش نبودم.
اللّهُمّ مَوْلایَ کمْ مِنْ ثَناءٍ جَمیلٍ لَسْتُ اَهْلاً لَهُ نَشَرْتَهُ

همـه سـاله آزمـون ارتقـا و بـورد دسـتیاران یکـی از مهمتریـن آزمـون هایـی سـت که بـه ارزیابی سـطح علمی دسـتیاران میپـردازد. منابـع ایـن آزمـون توسـط سـازمان سـنجش آمـوزش پزشـکی اعـلام شـده اسـت کـه در ایـن لیسـت تنهـا کتـاب پیترسـون تغییر نسـخه داشـته اسـت. همچنین فصولی از کتاب فونسـکا ۲۰۱۷ حذف شـده و ۷ فصل از کتاب پیترسـون اضافه شـده اسـت. کتـاب حاضـر بـه ترجمه فصـول اضافه شـده ی کتاب پیترسـون پرداخته اسـت. امید اسـت که بتواند کمـک کننده همـکاران محتـرم جراحـی دهـان فک و صورت باشـد.

کتابهای رفرنس اعلام شده به شرح زیر است:

Oral and maxillofacial surgery. Fonseca 3 rd ed. 2017

سـه جلـد بـه اسـتثناء فصـول تروما (جلـد دوم فصول ۱ تـا ۱۵) و جراحـی دنتوآلوئولـر و ایمپلنـت (جلـد اول فصول ۲۱، ۲۰و ۲۲ و ۲۶ تا۴۳)

Peterson’s principle of oral & maxillofac ial surgery. Ghali 4th ed.2022 (chapters 5 ,6,7,8 and 40, 41,42,43,44,45)

مباحـث دنتوآلوئولـر، ایمپلنـت، عفونـت و بازسـازی مجموعـا ۱۷ فصـل کتـاب (از ابتـدای فصـل ۵تـا انتهـای فصـل۱۵) و فصـول ٤٤،٤٣،٤٢،٤١،٤٠ و ٤٥

Schwartz’s Principles of surgery. 11th ed. 2019

مباحث جراحی عمومی شوارتز سال ۲۰۱۹فصول ۵،٤،۳،۲

Oral maxillofacial surgery trauma. Fonseca, walker 4th ed. 2013

کلیه فصول

نـگارش ایـن کتـاب قطعـا خالـی از اشـکال نیسـت و از حضـور تک تـک خواننـدگان این اثـر درخواسـت میکنم تـا در بهبود ایـن کتـاب مـا را یـاری کننـد. در انتهـا از همـکاری صمیمانه ی انتشـارات شـایان نمـودار کمال تشـکر را دارم..

با تشکر و امید موفقیت روز افزون
دکتر علیرضا ابراهیم پور
مهر ماه ۱۴۰۳

فهرست مطالب

فصل نهم: Dynamic navigation برای ایملپنت های دندانی ۵

فصل دهم: پروتزهای ایمپلنت ۴۶

فصل یازدهم: علم بازسازی به وسیله ایمپلنت استئواینتگره شده ۸۸

فصل دوازدهم: آماده سازی جامع محل ایمپلنت: مندیبل..... ۱۴۹

فصل سیزدهم: رویکرد بدون پیوند برای درمان فک بالای بی‌دندان: ملاحظات معاصر برای طرح درمان، اصول بیومکانیکی و پروتکل جراحی ۱۶۵

فصل چهاردهم: مدیریت بافت نرم در درمان ایمپلنت ۱۸۴

فصل پانزدهم: جراحی ایمپلنت کرانیوفیشیال ۲۰۸

Dynamic navigation
برای ایمپلنت های دندانی

۹-۱: مقدمه

در حال حاضر، dynamic navigation (DN) توسط بسیاری از تخصص های پزشکی مورد استفاده قرار می گیرد. تخصص های چشم پزشکی، گوش، حلق و بینی، ارتوپدی، جراحی مغز و اعصاب و انکولوژی. جراح ها به طور معمول از DN برای انجام اعمال ساده و پیچیده با دقت و صحت بالاتر استفاده می کنند .با استفاده از DN، نتایج بهبود یافته و عوارض کاهش می یابد، زیرا این روش رویکردی با حداقل تهاجم را امکان پذیر می سازد. در زمینه دندانپزشکی، DN به طور سنتی و عمدتاً توسط جراحان فک و صورت و جراحان جمجمه در بیمارستان استفاده شده است. سیستم های DN پزشکی مورد استفاده عمدتاً برای اعمال مبتنی بر جمجمه مانند جراحی ارتوگناتیک، تروما، رزکسیون، اقدامات بازسازی و همچنین یافتن اجسام خارجی در ناحیه سر و گردن طراحی شده بودند. در مطب های دندانپزشکی سرپایی ایالات متحده، سیستم DN در سال ۲۰۰۰ با تأییدیه FDA برای سیستمی طراحی شده برای کاشت ایمپلنت های دندانی در دسترس قرار گرفت. پس از آن، سیستم های بیشتری برای این کاربرد تأیید شد ند.

اندیکاسیون های تایید شده برای DN
- کاشت ایمپلنت دندان در بزرگسالان

جراحی‌های مرتبط با ایمپلنت
- ریج اسپلیت برای جایگذاری ایمپلنت
- پوشش ریشه یا کشیدن قسمتی از ریشه دندان
- یافتن و خارج کردن اباتمنت اسکروهای شل شده در روکش ایمپلنت
- خارج سازی ایمپلنت‌های ناموفق(failed)
- بالا بردن سینوس با استفاده از تراکم استخوانی (Osse-odensification)
- حرکت جانبی و جابجایی عصب برای جایگذاری ایمپلنت (nerve lateralization)

کاربردهای دیگر
- خارج کردن اجسام خارجی (مانند پیچ و سوزن)
- بیوپسی عمیق استخوان
- برداشتن پیوند استخوان
- برداشتن توروس(برجستگی استخوانی)
- کشیدن دندان عقل نهفته‌ی دشوار و جراحی تاج
- کشیدن دندان اضافی
- دسترسی اندودنتست به کانال‌های کلسیفیه شده
- جراحی انتهای ریشه(اپیکوتومی)
- استئوتومی

به طور خلاصه، ابزارهای navigation dynamic(DN) می‌توانند برای موقعیت یابی دقیق و با دقت بالا هرگونه ابزار لبه‌دار (instrument with a ridge) در مناطق پیچیده آناتومیکی و به صورت لحظه‌ای مورد استفاده قرار گیرند.

قرار دادن ایمپلنت‌های دندانی به بخش مهمی از طب دندانپزشکی معاصر تبدیل شده است. این روند با استفاده فزاینده از تصویربرداری سه بعدی (۳D) شامل توموگرافی کامپیوتری مخروطی شکل (CBCT) و اسکنر داخل دهانی (IOS) در مطب‌های دندانپزشکی و مراکز آموزشی سرعت گرفته است. این شیوه‌های تصویربرداری دیجیتال به تیم ایمپلنت این امکان را می‌دهند تا با استفاده از جراحی با کمک کامپیوتر (CAS)، برنامه‌ریزی مبتنی بر قراردهی ایمپلنت را به صورت مشارکتی انجام دهند.

سیستم هدایت رایانه‌ای در جراحی (CAS) یک تکنیک کلی است که از تصاویر تشخیصی پیش از عمل به همراه ابزارهای برنامه‌ریزی کامپیوتری برای تسهیل برنامه‌ریزی و انجام جراحی‌های ترمیمی و سایر اعمال جراحی استفاده می‌کند. این سیستم دارای سه نوع اصلی است.

- **dynamic navigation** در این روش، سیستم naviga-tion در حین عمل جراحی به طور مداوم با موقعیت ابزار جراح و آناتومی بیمار به‌روز می‌شود و اطلاعات آن به صورت لحظه ای در اختیار جراح قرار می‌گیرد.
- **static guidance** در این روش، از تصاویر پیش از عمل برای ایجاد یک نقشه سه بعدی از آناتومی بیمار استفاده می‌شود. این نقشه سپس با موقعیت ابزار جراح در حین عمل

هم راستا می‌شود و به جراح در هدایت ابزار به محل مورد نظر کمک می‌کند.

• **ROBOTIC** در این روش، روبات‌های جراحی با استفاده از داده‌های CAS هدایت می‌شوند. این روبات‌ها می‌توانند دقت و کنترل بیشتری را در حین عمل جراحی برای جراح فراهم کنند.

در حال حاضر، اکثر ایمپلنت‌های دندانی به صورت **فری‌هند** قرار داده می‌شوند، بدون اینکه از هیچ نوع سیستم **CIS سیستم هدایت رایانه‌ای** استفاده شود. این امر می‌تواند منجر به قرارگیری نادرست ایمپلنت‌ها شود. بسیاری از عوارض مرتبط با قرارگیری ایمپلنت‌های دندانی را می‌توان به طور مستقیم به موقعیت‌یابی نادرست نسبت داد. این عوارض شامل موارد زیر است:

• **آسیب به عصب آلوئولار تحتانی** : این عصب مسئول حس لب پایین، چانه و دندان‌های پایین است. آسیب به این عصب می‌تواند منجر به بی‌حسی دائمی شود.

• **هماتوم کف دهان و بسته شدن مجرای تنفسی:** هماتوم تجمع خون در بافت است. در حالت خوب چنین وضعیتی می‌تواند باعث تورم شدید کف دهان و در موارد حاد،بستن مجرای تنفسی شود.

• **آسیب به ریشه‌های مجاور:** قرارگیری نادرست ایمپلنت می‌تواند منجر به آسیب به ریشه‌های دندان‌های مجاور شود که در نهایت منجر به از دست رفتن دندان می‌شود.

• **عفونت سینوس به دلیل سوراخ شدن غیرعمدی سینوس(perforation)**: سینوس حفره‌های پر از هوا در استخوان‌های جمجمه و صورت هستند. قرارگیری نادرست ایمپلنت در فک بالا می‌تواند منجر به سوراخ شدن سینوس و عفونت آن شود.

• **شکستگی ایمپلنت به دلیل بارگذاری خارج از محور(off-axis loading)**: بارگذاری خارج از محور به وضعیتی گفته می‌شود که نیروی وارد شده به ایمپلنت در راستای صحیح آن قرار نداشته باشد. این امر می‌تواند منجر به شکستگی ایمپلنت شود.

• **پری‌ایمپلنتیت به دلیل گیر غذایی و بارگذاری خارج از محور:** پری‌ایمپلنتیت نوعی التهاب لثه اطراف ایمپلنت است. بارگذاری خارج از محور و گیر غذایی می‌توانند خطر ابتلا به پری‌ایمپلنتیت را افزایش دهند.

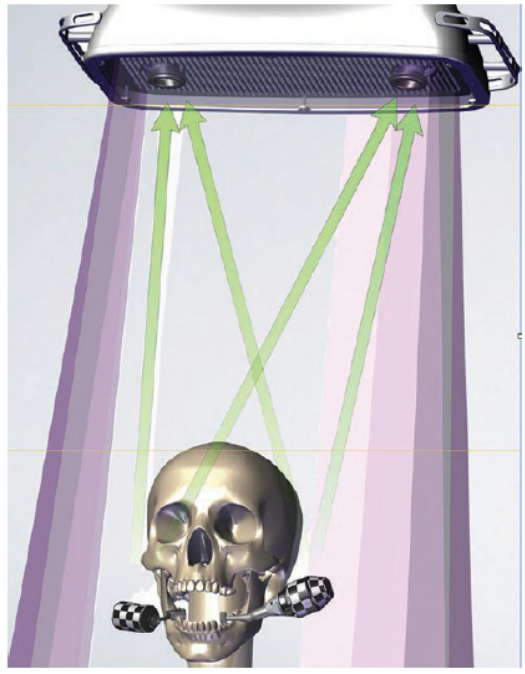
• **زیبایی ضعیف به دلیل نازکی استخوان و بافت نرم باکال و لبیال:** استخوان باکال و لبیال، استخوان‌های نازکی در جلوی فک هستند. قرارگیری نادرست ایمپلنت در این ناحیه می‌تواند منجر به مشکلات زیبایی شود.

• **کاهش استخوان بین دندانی به دلیل قرار دادن ایمپلنت نزدیک به دندان‌های مجاور و ایمپلنت‌های دیگر:** قرار دادن ایمپلنت‌های دندانی خیلی نزدیک به هم می‌تواند منجر به کاهش استخوان بین دندانی شود که در نهایت می‌تواند منجر به لق شدن ایمپلنت و نیاز به جراحی مجدد شود.

۹ـ۲: اصول navigation dynamic

۹ـ۲ـ۱: مبانی DN

سیستم‌های navigation dynamic که در حال حاضر در ایالات متحده موجود هستند، نوعی از سیستم‌های nav-igation رایانه‌ای (CAS) هستند که از ردیابی نوری استفاده می‌کنند. نور از یک منبع نور LED (دیود نورفشان) که بالای بیمار قرار دارد، تابانده می‌شود. نور به پایین به سمت بیمار و ناحیه جراحی تابانده می‌شود. نور از tracking arrays، ar-rayهای غیرفعال با الگو که به بیمار و ابزار جراحی در حال ردیابی متصل شده‌اند، منعکس می‌شود. نور منعکس شده توسط یک جفت دوربین استریو بالای بیمار گرفته می‌شود. سپس سیستم navigation dynamic موقعیت بیمار و ابزارها را نسبت به برنامه پیش از جراحی محاسبه می‌کند. این کار به صورت زنده یا "dynamic" انجام می شود. سپس یک تصویر مجازی بر روی مانیتوری برای جراح و پرسنل اتاق عمل نمایش داده می شود (شکل(۹.۱) این ابزار واقعیت مجازی به جراح اجازه می دهد تا به صورت dynamic روی بیمار کار کند و جراحی ایمپلنت برنامه ریزی شده را انجام دهد. جراح می تواند در هر زمان بر اساس شرایط بالینی، برنامه را تغییر دهد.



شکل ۹.۱ نور پرتاب شده روی trackingarraysبه دوربین ها بازتاب می‌شود

DN به مراحل زیر نیاز دارد:

- دریافت تصویر
- پردازش و تحلیل تصویر
- تشخیص
- برنامه ریزی
- شبیه سازی جراحی
- اجرای جراحی

فرایند دریافت تصویر شامل به دست آوردن فایل‌های سه بعدی است، که معمولا شامل یک CBCT با فرمت بایگانی تصویر و ارتباطات در پزشکی (DICOM.) و یک اسکن داخل دهانی با فرمت استریولیتوگرافی (StL.) می‌باشد CBCT یک تصویر سه بعدی حجمی است که بافت‌های نرم و سخت را ثبت می‌کند. همچنین ممکن است از CT اسکن fan beam پزشکی استفاده شود. مجموعه داده‌ها از چندین فایل با پارامترهای تصویر مختلف تشکیل شده است.

حجم CT ناحیه ای از بیمار که توسط CBCT تصویربرداری می شود نامیده می شود.

این حجم از وکسل‌ها یا جعبه‌های سه بعدی تشکیل شده است که در یک سیستم مختصات سازماندهی شده‌اند. هر وکسل دارای موقعیت X، Y و Z است. پارامترها بر اساس ناحیه‌ای که تصویربرداری می‌شود و روش‌هایی که باید انجام شود، انتخاب می‌شوند.

به عنوان مثال، FOVبزرگ ۲۵ سانتی‌متر عمق در ۱۷ سانتی‌متر ارتفاع با وضوح ۰.۳ میلی‌متر برای مشاهده کل ماگزیلا، مندیبل یا هر دو مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مورد ممکن است توسط جراحان فک و صورت، متخصص ارتودنسی و رادیولوژیست فک و صورت استفاده شود.

FOVکوچک ۶ سانتی‌متر عمق در ۶ سانتی‌متر ارتفاع ممکن است برای یک تا سه دندان با وضوح بالاتر ۰.۱۳ میلی‌متر استفاده شود. معمولاً این موارد برای روش‌های اندودنتیک و موارد ایمپلنت ناحیه ی بی دندانی استفاده می‌شوند.

طیف وسیعی از دوزهای تابشی از تولیدکنندگان مختلف و FOV از ۱۹ میکروسیورت تا ۱۰۷۳ میکروسیورت وجود دارد، به عنوان مثال، محدوده ۴۴-۱۹ میکروسیورت برای FOV کوچک، ۲۶۸-۲۸ میکروسیورت برای FOVمتوسط و ۳۶۸-۶۸ میکروسیورت برای FOV بزرگ پس از گرفتن تصویر، برای پردازش بعدی در نرم افزار برنامه ریزی، در قالب اصلی .dicom ذخیره می شود.

CBCT تصویربرداری عالی از ساختارهای استخوانی ارائه می دهد اما در رابطه با دندان و بافت نرم محدودیت دارد.

یک نکته مهم مرتبط با گرفتن CBCT که اغلب نادیده گرفته می شود، جداسازی بافت های نرم در هنگام گرفتن تصویر است. برای اهداف برنامه ریزی ایمپلنت دندان، یک رول پنبه یا ماده رادیولوسنت گذاشته شده بین دندان ها و مخاط دهلیزی/لبیال یک ناحیه کنتراست هوا ایجاد می کند. این امکان را می دهد تا بافت نرم در ناحیه حاشیه لثه آزاد در CBCT قابل مشاهده باشد. اگر اجازه داده شود مخاط باکال/ لبیال با بافت های حاشیه ای تماس پیدا کند، هیچ کنتراستی وجود نخواهد داشت و بافت های نرم حاشیه ای قابل مشاهده نخواهند بود.

محدودیت های CBCT به تنهایی

- وضوح تصویر محدود
- ایجاد آرتیفکت ها از فلز ترمیم های دندانی (streak artifact)
- ناتوانی در ارزیابی اکلوژن
- ناتوانی در تجسم جزئیات بافت نرم

اسکنرهای داخل دهانی (IOS) تصویری سه بعدی از سطح دندان و اکلوژن بیمار را ارائه می دهند. این تصاویر حجمی نیستند، بلکه سطحی هستند IOS. به عنوان روش مستقیم دریافت داده در نظر گرفته می شود. دریافت مستقیم داده برخی از ناپدیدی های مرتبط با دریافت غیرمستقیم داده را از بین می برد، مانند گرفتن ایمپرشن الاستومری، ریختن مدل و سپس استفاده از اسکنر دندانپزشکی در آزمایشگاه IOS. برای ایمپرشن‌های تک واحدی و کوادرانتی از دقت بالایی برخوردار است. اما هنگامی که کل قوس اسکن شود، دقت کاهش می یابد. تیم ایمپلنت ممکن است بخواهد قبل از کشیدن دندان، IOS بیمار را تهیه کند. اگر قرار نیست اکلوژن تغییر کند، این تصاویر را می توان برای استفاده بعدی در برنامه ریزی موقعیت ایده آل ایمپلنت و ساخت پروتز موقت ذخیره کرد.

۲ـ۲ـ ۹: پردازش تصویر، تجزیه و تحلیل

پس از تهیه و ذخیره تصاویر، آنها به نرم افزار برنامه ریزی درمان وارد می شوند. بسته های نرم افزاری زیادی در دسترس هستند، اما برخی از ویژگی های کلیدی باید در رابطه با پردازش و تجزیه و تحلیل تصویر وجود داشته باشد:

- قابلیت وارد و صادر کردن فرمت‌های فایل عمومی.dicom) و (.stl
- قابلیت روی هم قرار دادن فایل های سه بعدی
- قابلیت روی هم قرار دادن تصاویر DICOM حاصل از دو اسکن مختلف
- قابلیت خروجی گرفتن تصاویر در یک سیستم مختصات مشترک به صورت تکی یا ادغام شده

دقت مجموعه داده‌های سوپرایمپوز و اکلوژن مرتبط آن‌ها، بر برنامه ریزی درمان برای ایمپلنت‌های جراحی تمرکز دارد.

دقت این مجموعه داده‌های ادغام شده با استفاده از نقاط مش‌بندی (mesh points) مربوطه می‌تواند برای داده‌های ادغام شده ۰.۱۵ ± ۰.۱۲ میلی‌متر و برای خود تصاویر ۰.۱۸ ± ۰.۱۳ میلی‌متر باشد.

مطالعات کمی در مورد دقت این مجموعه داده‌های ادغام شده با ثبت‌های اکلوژن با استفاده از IOS وجود دارد. محدوده تکنیک مورد استفاده توسط اکثر IOS، که تکنیک اسکن بوکال است، تا ۰.۴۹-۰.۴۱ میلیمتر می‌رسد.

هنگامی که این تصاویر تمیز .stl بر روی داده‌های CBCT سوپرایمپوز می‌شوند، تصاویر ترکیبی به تیم ایمپلنت اجازه می‌دهند تا با تصاویر ایده‌آل سه‌بعدی برنامه‌ریزی کنند. ساختارهای استخوانی، دندانی و بافت نرم به خوبی قابل مشاهده هستند و همچنین اکلوژن شکل ۹,۲ قابل مشاهده است.

مزایای CBCT و IOS ادغام شده:

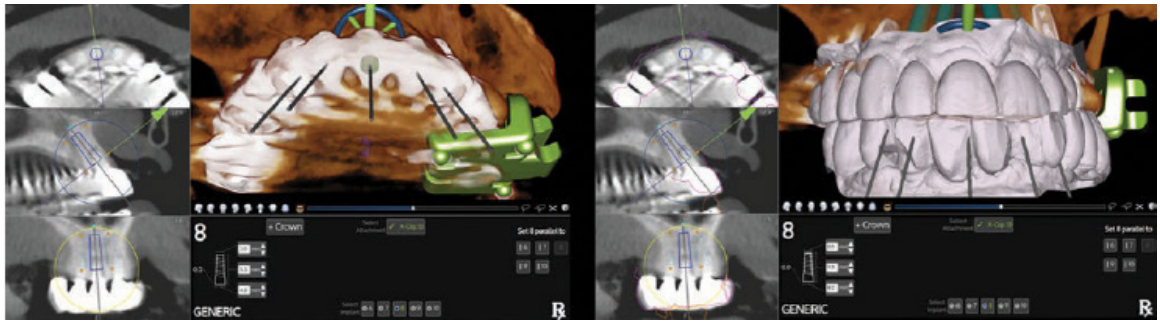
- کیفیت بالا
- بدون آثار رگه ای(St) رادیوگرافی
- توانایی تجسم اکلوژن
- توانایی تجسم جزئیات بافت نرم
- توانایی تجسم ساختار استخوانی

۳-۲- ۹: تشخیص

تمام تصاویر ابتدا باید از نظر پاتولوژی بررسی شوند. آشنایی با خواندن کل حجم CBCT اهمیت دارد. بررسی تصاویر توسط رادیولوژیست فک و صورت ممکن است به تشخیص شرایط پاتولوژیک ظریف کمک کند. اجزای نرم افزار که برای اهداف تشخیصی مهم هستند عبارتند از:

- قابلیت پاکسازی آرتیفکت ها از تصویر
- قابلیت مشاهده تصاویر کرونال، آگزیال و ساژیتال
- قابلیت مشاهده در نماهای مقاطع عرضی (کراس سکشنال)
- قابلیت مشاهده در نمای ارتوگونال
- قابلیت تغییر سطح و اپسیتی

- قابلیت ترسیم عصب‌ها و ساختارهای آناتومیکی مهم
- قابلیت تغییر جهت حجم در صفحات X,Y,Z
- قابلیت برآورد واحدهای هانسفیلد)تراکم استخوان(
- ابزار اندازه‌گیری برای زاویه و طول
- پنجره‌های گرید(grid window) برای اندازه‌گیری ساختارهای آناتومیکی



شکل ۹.۲ فقط DICOM در مقابل تصویر DICOM/stl روی هم قرار گرفته است

سپس تیم باید حجم استخوان و بافت نرم را در ناحیه ایمپلنت‌های پیشنهادی ارزیابی کند. اتصالات پریودنتال لیگامان) یک ساختار مهم است که اغلب نادیده گرفته می‌شود و می‌توان آن را در نماهای عمودی و مقاطع عرضی مشاهده کرد.

۹-۲-۴: برنامه‌ریزی

در جراحی فک و صورت، توانایی شما در کاشت دقیق ایمپلنت دندان، مستقیماً به قدرت تجسم و برنامه ریزی شما وابسته است. به همین دلیل، تهیه و پردازش تصویر برای فرآیند برنامه ریزی حیاتی است. رویکردی که بر خلاف سیستم های خاص ایمپلنت، عمومی باشد، انعطاف بیشتری به تیم کاشت ایمپلنت می دهد. گردش کار فرآیند برنامه ریزی باید به صورت شهودی از چپ به راست چیده شود. اجزاء و ابزارهای نرم افزار که برای برنامه ریزی اهمیت دارند، عبارتند از:

- قابلیت استفاده از ایمپلنت های "عمومی"
- قابلیت استفاده از اباتمنت های "عمومی"
- امکان مشاهده از نمای ایمپلنت محور
- قابلیت قرار دادن "halos" با اندازه های مختلف در اطراف ایمپلنت مجازی
- ابزارهای آینه سازی و موازی کردن ایمپلنت
- نمایش گرید اندازه گیری ایمپلنت محور

مراحل برنامه ریزی شامل موارد زیر است:

- نقشه برداری از قوس دندانی (arch)
- نقشه برداری از ساختارهای آناتومیکی مهم مانند عصب آلوئولار تحتانی
- همپوشانی IOS
- ثبت اسکن دوگانه
- پاکسازی تصویر از آرتیفکت
- قرار دادن روکش های مجازی(virtual)
- قرار دادن ایمپلنت و اباتمنت مجازی
- قابلیت انتقال طرح برای ساخت ترمیم ها

برنامه ریزی برای کاشت ایمپلنت باید با رویکردی مبتنی بر ترمیم دندان (Restorative-driven) صورت پذیرد. این فرآیند با ارزیابی دقیق اکلوژن (Occlusion) و جایگذاری روکش های مجازی (Virtual Crowns) دندان ها در موقعیت مناسب از نظر عملکرد جویدن آغاز می شود.

دو روش برای انجام این کار وجود دارد:

- **استفاده از ایمپلنت های مجازی در نرم افزار جراحی:** نرم افزارهای جراحی امکان جایگذاری و بهینه سازی موقعیت ایمپلنت های مجازی را فراهم می آورند.
- **استفاده از نرم افزار پروتز مجزا:** در این روش، ابتدا با استفاده از نرم افزارهای اختصاصی پروتز، طرح ترمیم دندان (Prosthetic Plan) به طور کامل طراحی می شود. سپس این طرح به صورت فایل StL خروجی گرفته شده و به نرم افزار برنامه ریزی جراحی وارد می شود.

پس از انجام یک یا هر دو روش مذکور، ایمپلنت های مجازی باید به درستی زیر تاج های مجازی تراز شوند تا

۹

خروجی (Emergence) ایده آل به فضای پروتز (Prosthetic Space) داشته باشند. این ترازبندی مناسب، عملکرد و زیبایی نهایی ترمیم ایمپلنت را تحت تاثیر قرار می دهد.

علاوه بر دندان تحت درمان، امکان جایگذاری ایمپلنت های مجازی براساس دندان های مجاور و طرف مقابل (Contra-lateral Teeth) نیز وجود دارد. این ایمپلنت های مجازی به ارزیابی دقیق زاویه و عمق مناسب برای کاشت ایمپلنت اصلی کمک می کنند.

در نهایت، با استفاده از ابزارهای موجود در نرم افزار، مانند قابلیت‌های "Mirroring" (آینه‌سازی) و "Paralleling" (موازی سازی)، موقعیت ایده آل برای کاشت ایمپلنت بر اساس طرح ترمیمی و آنالیز دندان های مجاور، به طور دقیق برنامه ریزی می شود.

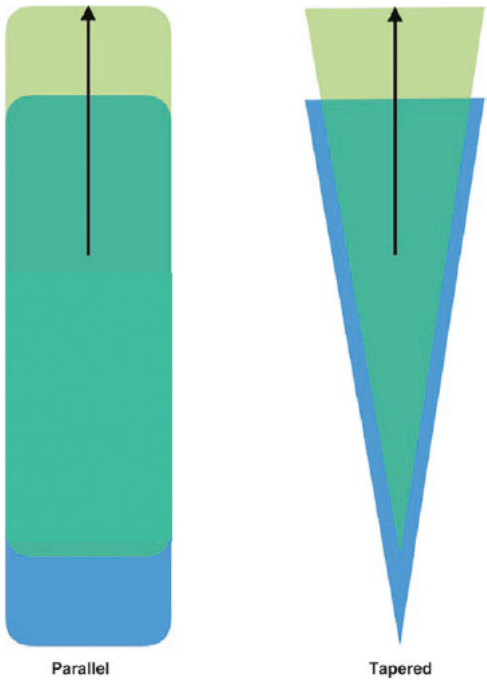
این رویکرد مبتنی بر ترمیم در برنامه ریزی ایمپلنت، منجر به دستیابی به نتایج عملکردی و زیبایی شناختی بهینه برای بیماران در جراحی فک و صورت می گردد.

برنامه‌ریزی درمان در navigation dynamic (DN) دارای چند ویژگی منحصر به فرد است:

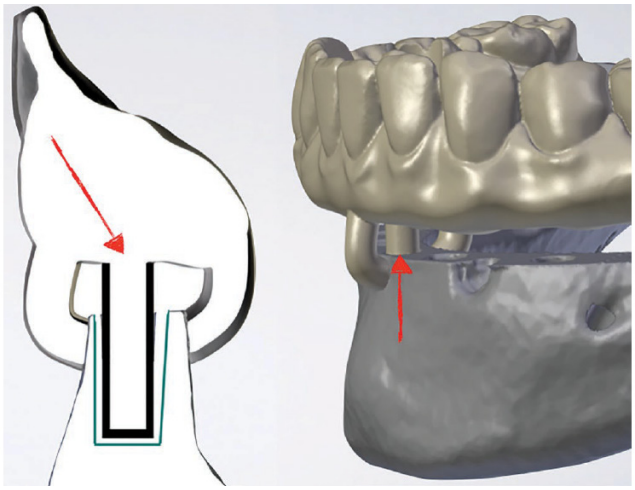
۱. دشواری در تعیین عمق پیش از جراحی: با وجود بهترین تکنیک‌های تصویربرداری، تعیین عمق دقیق ایمپلنت پیش از عمل جراحی غالباً دشوار است. تصمیم نهایی در مورد عمق ایمپلنت معمولاً در حین عمل گرفته می‌شود.

۲. امکان تغییر برنامه در حین جراحی: انعطاف‌پذیری تغییر برنامه در حین عمل، از ویژگی‌های منحصر به فرد DN است. انتخاب ایمپلنت‌هایی با دیواره‌های بلند و موازی به جراح اجازه می‌دهد تا ایمپلنت را در هر زمان به سمت آپیکال یا کرونال جابجا کند. این امر تیم جراحی ایمپلنت را قادر می‌سازد تا از حداکثر انعطاف‌پذیری DN بهره ببرند.

۳. محدودیت ایمپلنت‌های کاملاً مخروطی: در صورت استفاده از ایمپلنت‌های کاملاً مخروطی، پس از تکمیل استئوتومی (ایجاد حفره برای کاشت ایمپلنت) امکان حرکت ایمپلنت به سمت اکلوزال وجود نخواهد داشت (شکل ۹.۳))



شکل ۹.۳ دیوارهای موازی در مقابل مخروطی. فقط دیوار موازی اجازه حرکت عمودی اکلوزال را می دهد.



شکل ۹.۴ تصویر پین هدایت شده در سیستم navigation dynamic

قابلیت مشاهده و لمس ایمپلنت در زمان تحویل، به جراح این امکان را می دهد که از انحرافات اپکس ایمپلنت ناشی از ساختارهای استخوانی متراکم آگاهی یابد. به عنوان مثال، ایمپلنت ها به طور کلی به دلیل وجود صفحه قشری لینگوال مندیبل یا استخوان متراکم کام، به سمت باکال و دیستال جابجا می شوند. در چنین مواردی، استفاده از ایمپلنت های مخروطی ممکن است مفید باشد.

۵-۲- ۹: شبیه‌سازی جراحی

شبیه‌سازی جراحی برای اهداف آموزشی، بخش مهمی از آموزش دندانپزشکی معاصر است. از همان ابتدای معرفی navigation dynamic (DN)، از این فناوری برای شبیه‌سازی جایگذاری ایمپلنت‌های دندانی و دندانپزشکی ترمیمی با درجات مختلف موفقیت استفاده شده است.در علم پزشکی، منحنی یادگیری navigation dynamic به خوبی مستند شده است. یک مطالعه شبیه‌سازی اخیر که دانشجویان دندانپزشکی مبتدی را در کاشت ایمپلنت با DN در مقایسه با روش دستی مورد مقایسه قرار داد، نشان‌دهنده‌ی بهبود آماری قابل توجه با استفاده از DN بود. علاوه بر این، استفاده از DN امکان مستندسازی آموزش را فراهم می‌کند. نرم‌افزار موجود در این سیستم‌ها، سابقه‌ای از موقعیت نوک ابزار جراحی نسبت به بیمار را نگه می‌دارد. این داده‌ها به عنوان "پوزیشن" نوک ابزار شناخته می‌شوند. این اطلاعات برای جلسات بازخورد، عیب‌یابی و اهداف آموزشی قابل تجسم هستند. شکل ۹.۴ تصویری از پوزیشن‌های یک عمل جراحی را نشان می‌دهد. با استفاده از این روش، جراحان می‌توانند به صورت آماری برای مستندسازی صلاحیت، استانداردسازی شوند. در مقاله اخیر Block، منحنی یادگیری سه جراح مورد بررسی قرار گرفت و آن‌ها پس از کاشت بین ۱۰ تا ۲۰ ایمپلنت، از نظر آماری معادل و ماهر شدند.

شبیه سازی جراحی در navigation dynamic (DN) این امکان را برای تیم جراحی فک و صورت فراهم می سازد که طرح جراحی/ترمیم را به نرم افزارهای ترمیمی CAD/CAM منتقل کنند. این امر به تیم ایمپلنت اجازه می دهد تا ترمیم های موقت (پروتزهای موقت) را قبل از انجام جراحی بسازند. این فرآیند با عنوان "dynamic guided presthetic" شناخته می شود.

طرح جراحی هدایت شده شامل موارد زیر است:
- میزان کاهش استخوان مورد نیاز(bone reduction)
- موقعیت ایمپلنت (implant position)
- روابط اکلوزال
- روابط عمودی
- پروتز نهایی فرزکاری شده (هیبرید)

برای قرارگیری صحیح پروتز موقت، پین های راهنمای عمودی کوچک که بر روی پروتز فرزکاری شده اند، مورد استفاده قرار می گیرند. استئوتومی برای این پین ها با استفاده از سیستم DN بریده می شود.

برای بهبود دقت پروتز هدایت dynamic، پایه های جانبی بدون راهنما نیز به آن اضافه می شود شکل (۹.۴).

۹-۳: accuracy and precision of navigation dynamic

در حال حاضر، اکثر ایمپلنت‌های دندانی به صورت **فری‌هند (بدون راهنما)** و بدون هیچ گونه سامانه کامپیوتری جراحی (CAS) قرار داده می‌شوند. این امر می‌تواند منجر به **قرارگیری نامناسب** ایمپلنت شود. بسیاری از **عوارض** مرتبط با کاشت ایمپلنت‌های دندانی را می‌توان مستقیماً به **موقعیت نامناسب** آن‌ها نسبت داد. این عوارض عبارتند از:

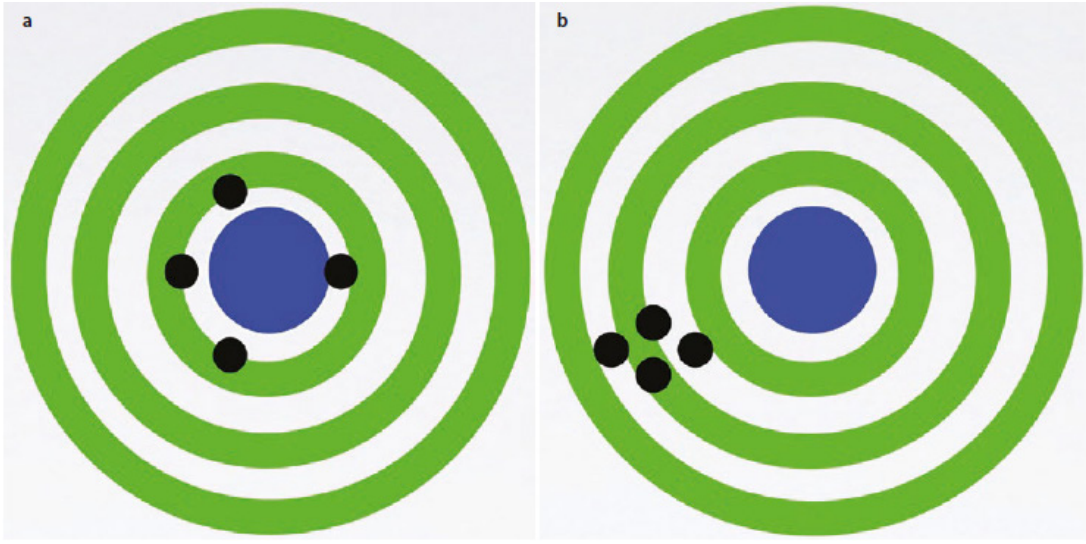
- **آسیب به عصب آلوئولار تحتانی**
- **هماتوم کف دهان و اکلوژن راه هوایی**
- **آسیب به ریشه‌های مجاور**
- **عفونت سینوسی** ناشی از سوراخ شدن ناخواسته سینوس
- **شکستگی ایمپلنت** به دلیل بارگذاری خارج از محور
- **پری ایمپلنتیت** ناشی از گیر غذایی و بارگذاری خارج از محور
- **ایجاد نتایج زیبایی ضعیف** به دلیل نازک بودن استخوان باکال و بافت نرم
- **از دست رفتن استخوان بین دندانی** به دلیل قرار دادن ایمپلنت در فاصله بسیار نزدیک به دندان‌ها و ایمپلنت‌های مجاور
- **افزایش پیچیدگی و هزینه پروتزهای دندانی**

در جراحی فک و صورت، دو مفهوم کلیدی برای سنجش کیفیت اندازه‌گیری وجود دارد:

- **دقت (Accuracy)**: میزان نزدیکی بین یک اندازه‌گیری و مقدار واقعی آن)انحراف میانگین(. به عبارت دیگر، دقت نشان می‌دهد که اندازه‌گیری ما چقدر به واقعیت نزدیک است.
- **تکرارپذیری (Precision)**: درجه‌ای که اندازه‌گیری‌های تکراری تحت شرایط یکسان، بدون تغییر باقی می‌مانند (انحراف استاندارد از انحراف میانگین). تکرارپذیری نشان می‌دهد که اندازه‌گیری‌های ما چقدر باهم سازگار هستند.

به طور خلاصه، منابع علمی به صراحت بیان می‌کنند که هر نوعی از سیستم جراحی کمکی کامپیوتری (CAS) از نظر آماری از نظر دقت و صحت نسبت به free hand implant برتری دارد، زیرا بر عدم دقت ذاتی بینایی انسان غلبه می‌کند.

۹



شکل ۹.۵ دقت بالا/دقت کم در مقابل دقت بالا/دقت کم

۹-۴: مؤلفه‌های navigation dynamic

۹-۴-۱: تعاریف مهم

- **حجم تصویربرداری شده توسط سی تی اسکن (CBCT volume - CTV)**: ناحیه‌ای که توسط اسکنر سی تی تصویربرداری می‌شود. این حجم دارای یک سیستم مختصات X، Y و Z است.
- **حجم ردیابی جراحی (StV)**: ناحیه‌ای که توسط سیستم navigation dynamic (DN) تصویربرداری و ردیابی می‌شود. این حجم نیز دارای یک سیستم مختصات X، Y و Z است.
- **ثبت (Registration)**: هم‌ترازی مختصات X، Y و Z حجم ردیابی جراحی و حجم سی تی اسکن با استفاده از ar-ray ردیابی بیمار. این کار را می‌توان با استفاده از روال‌های مبتنی بر نقاط زوج (fiducial) یا تطابق سطح (fiducial free) انجام داد.
- **کالیبراسیون (Calibration)**: اندازه‌گیری هندسه دستگاه در حال هدایت نسبت به arrayهای ردیابی.
- **بررسی سیستم (System check)**: تایید صحت کالیبراسیون و ثبت با لمس یک نقطه آناتومیک شناخته شده روی بیمار و مشاهده همان نقطه روی مانیتور.

تمام سیستم های DN دارای اجزای زیر هستند:

- کامپیوتر: پردازنده گرافیکی
- مانیتور: تجسم برای جراح و کارکنان
- دوربین ها: حجم ردیابی جراحی
- رابط دیجیتال آنالوگ: Fiducials
- tracking array بیمار:فریم رفرنس dynamic
- array ابزار: اثرگذارهای بیمار
- نرم افزار برنامه ریزی
- نرم افزار ردیابی
- اکستنشن دریل و فرز هندپیس جراحی

۹-۴-۲: کامپیوتر

برای هر نوع جراحی هدایت‌شده، استفاده از کامپیوتر ضروری است. navigation dynamic (DN) به دلیل ماهیت تصویر زنده و نیاز به پردازش گرافیکی بالا، منحصر به فرد است. سیستم ایده‌آل برای این کار، سیستمی اختصاصی و طراحی‌شده برای این منظور است که از استحکام بالاتری برخوردار خواهد بود. سیستم‌های مبتنی بر GPU (واحد پردازش گرافیک) مشابه رایانه های "gaming" ترجیح داده می‌شوند.

۹-۴-۳: مانیتور

navigation dynamic (DN) نوعی جراحی هدایت شونده با تصویر است. در حین جراحی، جراح و تیم جراحی به جای نگاه کردن به بیمار، به یک مانیتور کامپیوتر نگاه خواهند کرد. در چنین جراحی‌هایی، ایده‌آل آن است که از یک صفحه‌ی نمایش بزرگ استفاده شود که از هر جای اتاق عمل به راحتی قابل مشاهده باشد.

۹-۴-۴: دوربین‌ها

سیستم از طریق دوربین‌های استروسکوپیک بیمار را ردیابی می‌کند. ناحیه‌ای که توسط این دو دوربین ردیابی می‌شود، "حجم ردیابی جراحی" (StV) نامیده می‌شود. این ناحیه توسط دوربین‌ها تعیین می‌گردد.

برای ردیابی مؤثر، پارامترهای مشابه با سایر اشکال عکاسی اهمیت دارند:

- **فاصله کانونی**
- **عمق میدان**
- **اندازه پیکسل**

یکی دیگر از پارامترهای مهم، فاصله بین دو دوربین استروسکوپی است که به آن "فاصله خط پایه" (baseline distanse)یا "خط پایه جراحی" (surgical baseline) گفته می‌شود. به طور کلی، خط پایه‌های بزرگتر با افزایش اختلاف منظر برای یک تغییر خاص در عمق، منجر به بهبود سه‌بعدی‌نگاری می‌شوند. این به معنای آن است که سیستم می‌تواند عمق را با دقت بیشتری اندازه‌گیری کند. در تمامی سیستم‌های navigation پزشکی و دندانپزشکی از یک خط پایه ثابت استفاده می‌شود.

تعیین اجزای ایده‌آل سیستم دوربین پیچیده است، اما از فرمول کلی زیر پیروی می‌کند:

$$D = \frac{f * b}{d * ps}$$

D = عمق؛ f = فاصله کانونی؛ b = خط پایه؛ d = نابرابری ارزش؛ ps = اندازه پیکسل

عمق فاصله‌ی دوربین‌ها تا سطح جسم مورد تصویربرداری است.شکل (۹.۶).

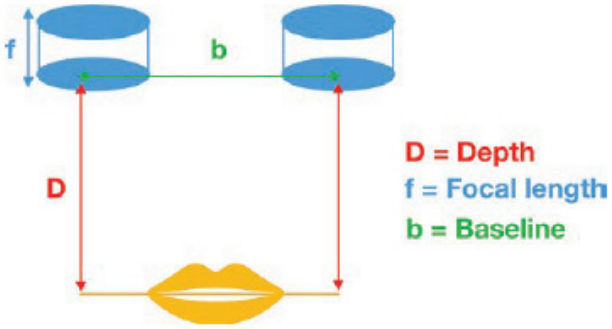
دیواریابی (Disparity) به اختلاف موقعیت یک پیکسل در تصاویر دو دوربین مختلف گفته می‌شود.

سازندگان از سخت‌افزارهای مختلفی برای بهینه‌سازی سیستم navigation dynamic (DN) جهت دستیابی به بهترین StV استفاده می‌کنند [۲۲].

۹-۴-۵: رابط دیجیتال آنالوگ

سیستم DN باید بیمار را با تصاویر دیجیتالی تولید شده توسط CBCT مطابقت دهد. برای انجام این کار، نرم افزار نقاط یا "فیدوشال" نشانگر موجود در تصویر CBCT را با همان مکان ها روی بیمار تطبیق می دهد.

- این کار را می توان به دو روش انجام داد:
- **استفاده از فیدوشال های رادیواپک:** در این روش، اشیاء رادیواپک (مات در برابر اشعه ایکس) مانند اشیاء گرد یا پیچ های کوچک در حین تصویربرداری CBCT روی بیمار قرار می گیرند. نرم افزار سپس این نشانگرهای رادیواپک را در تصویر CBCT با نشانگرهای مشابهی که روی بیمار قرار داده شده اند، تطبیق می دهد.
- **استفاده از فیدوشال های آناتومیک:** در این روش به جای نشانگرهای فیزیکی، از نقاط آناتومیک یا سطوح موجود در تصویر CBCT به عنوان "فیدوشال های ارگانیک" استفاده می شود. همچنین می توان از رویکرد "بدون فیدوشال" استفاده کرد که در آن نرم افزار مستقیماً ویژگی های آناتومیک بیمار را در تصویر CBCT با موقعیت واقعی بیمار در حین جراحی مطابقت می دهد.



این اسناد یک رابط دیجیتال آنالوگ را نشان می دهد که برای "پذیرش(register)" بیمار در سیستم ردیابی استفاده می شود.

۹-۴-۶: tracking arrays بیمار

ردیاب بیمار (Patient Tracking Array - PRA) به صورت دندانه‌دار مستقیماً به بیمار متصل می‌شود تا سیستم DN بتواند موقعیت بیمار را در حین جراحی ردیابی کند. دو نوع ردیاب بیمار وجود دارد:

- **ردیاب‌های غیرفعال (Passive Arrays)**: این ردیاب‌ها نور تابیده شده از دوربین‌های بالای سر را بازتاب می‌دهند.
- **ردیاب‌های فعال (Active Arrays)**: این ردیاب‌ها به طور فعال نور را از خود ساطع می‌کنند.
- این arrays باید به اندازه‌ای بزرگ باشند که دوربین‌های ردیابی DN بتوانند آن‌ها را به طور دقیق ردیابی کنند.
- با این حال، نباید آنقدر بزرگ باشند که توسط دست‌ها یا سر پزشک یا دستیار مسدود شوند.

هنگامی که دوربین‌های استریو سیستم DN قادر به دیدن arraysنباشند، ردیابی مسدود می‌شود. این پدیده تداخل نوری نامیده می‌شود)شکل ۹.۸ (تیم جراحی باید یاد بگیرند که بدون مسدود کردن arraysعمل جراحی را انجام دهند.

تعداد نقاط و هندسه tracking arraysنیز اهمیت دارد. به طور کلی، هر چه تعداد نقاط ردیابی شده بیشتر باشد، سیستم دقیق تر و کارآمدتر خواهد بود.هنگامی که tracking arrays بیمار (PTA) نسبت به الگوهای استخوانی ثابت (StV) و بافت نرم ثابت (CTV) ثبت می شود، سازه مجازی به قاب مرجع dynamic (DRF) تبدیل می شود. برای اینکه این اتفاق بیفتد، ابزار داخل دهانی (DAI) باید با tracking arrays بیمار (PTA) کالیبره شود.به طور ایده آل، تمام array ها قبل از جراحی کالیبره می شوند. این کار با نگه داشتن array در حجم ردیابی جراحی و فعال کردن نرم افزار انجام می شود. این فرآیند را می توان در هر زمانی در حین جراحی، در صورت شل شدن بخشی از array یا نیاز به تغییر موقعیت آن، تکرار کرد.

شکل ۹,۷ تعدادی از tracking arraysبیمار را نشان می‌دهد. برای موارد دندانه‌دار، PTA به دندان‌های بیمار در ناحیه‌ای متصل می‌شود که ایمپلنت دندانی قرار داده نمی‌شود. در موارد بدون دندان) موارد ادنتولس tracking arrays (را می‌توان با پیچ به اسکلت بیمار، معمولا فک بالا یا فک پایین متصل کرد.

۹-۴-۷: arrays ردیابی ابزار

ابزار جراحی نیز دارای arrayهایی (مجموعه حسگرها(هستند که به طور سفت و سخت به ابزاری که در حال ردیابی است متصل می‌شوند. این arraysدارای ویژگی‌های مشابهی با tracking arraysبیمار هستند. در حالت ایده‌آل، این arrays باید کوچک، سبک و از نظر ارگونومیکی به خوبی طراحی شوند. پس از کالیبراسیون (تنظیم و هم‌سطح‌سازی)، این arraysبه "اثرگذار بیمار" (Patient Effector - PE) تبدیل می‌شوند.

شکل ۹.۷ tracking arraysبیمار

شکل ۹.۸ تداخل نوری

۹-۴-۸: نرم افزار برنامه ریزی

نرم افزار مورد استفاده برای DN مشابه نرم افزار مورد استفاده برای همه اشکال CAS است و در بالا توضیح داده شده است.

۹-۴-۹: نرم افزار ردیابی

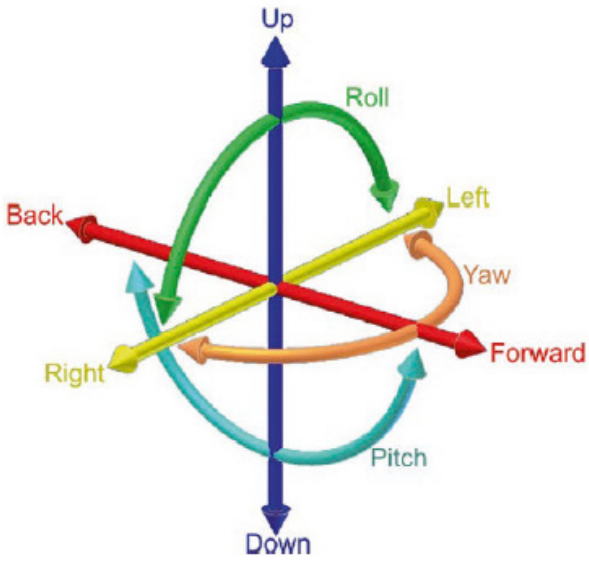
نرم افزار مورد استفاده برای هدایت ابزار باید امکان تجسم در شش درجه آزادی را فراهم کند.

تمام اجسام که در فضای سه بعدی حرکت می کنند موقعیت خود را در شش درجه آزادی توصیف می کنند: بالا/پایین، زمین، رول، انحراف، چپ/راست، و جلو و عقب (شکل ۹.۹)

نرم‌افزار ردیابی باید به صورت شهودی این امکان را برای جراح فراهم کند که موقعیت مناسب را در یک پنجره به صورت بصری مشاهده نماید شکل ۹.۱۰).

هنگام استفاده از نرم افزار ردیابی، جراح به صورت سیستماتیک عمل می‌کند:

- **موقعیت پلتفرم(سکوی جراحی) کسب می‌شود:** نوک دریل در نقطه ورود مناسب (جلو/عقب و چپ/ راست) قرار می‌گیرد.
- **زاویه ایمپلنت به دست می‌آید:** (شیب [pitch]، چرخش [roll]، انحراف [yaw])
- **عمق اجرا می‌شود (بالا/ پایین)** با حفظ چهار پارامتر اولیه.



شکل ۹.۹ شش درجه آزادی. (تصویر ایجاد شده توسط Horia Io-nescu)

سیستم navigation dynamic (DN) به جراح این امکان را می دهد که بافت نرم هدف (Soft Tissue Volume - StV) را با دقت میکرومتری ببیند، بنابراین ثبات دست جراح (Steady Hand) بسیار مهم (Imperative) است. برای دستیابی به کنترل بهینه، استفاده از نگهدارنده های انگشت (Finger Rests) ضروری است.

۹-۴-۱۰: Surgical Handpiece Chuck and Drill Extension

سیستم‌های مختلف DN به استفاده از چندین دریل استاندارد کاشت ایمپلنت با سرعت پایین امکان می‌دهند. تمامی این سیستم‌ها به نوعی ابزار اتصال برای ردیاب‌ها نیاز دارند.

در تمامی سیستم‌های چرخشی مکانیکی، مقداری عدم دقت ذاتی به نام "چرخش نامتقارن" (Run-out) وجود دارد. این عدم دقت دارای دو مؤلفه است:

- **چرخش نامتقارن شعاعی (Radial Run-out):** این نوع عدم دقت نشان دهنده انحراف شعاعی محور چرخش از یک دایره‌ی کامل است. به عبارت دیگر، نقاط روی محیط جسم چرخان در حین چرخش، مسیری به شکل دایره‌ی کامل را طی نخواهند کرد.
- **چرخش نامتقارن محوری (Axial Run-out):** این نوع عدم دقت نشان دهنده‌ی نوسانات (بالا و پایین رفتن)

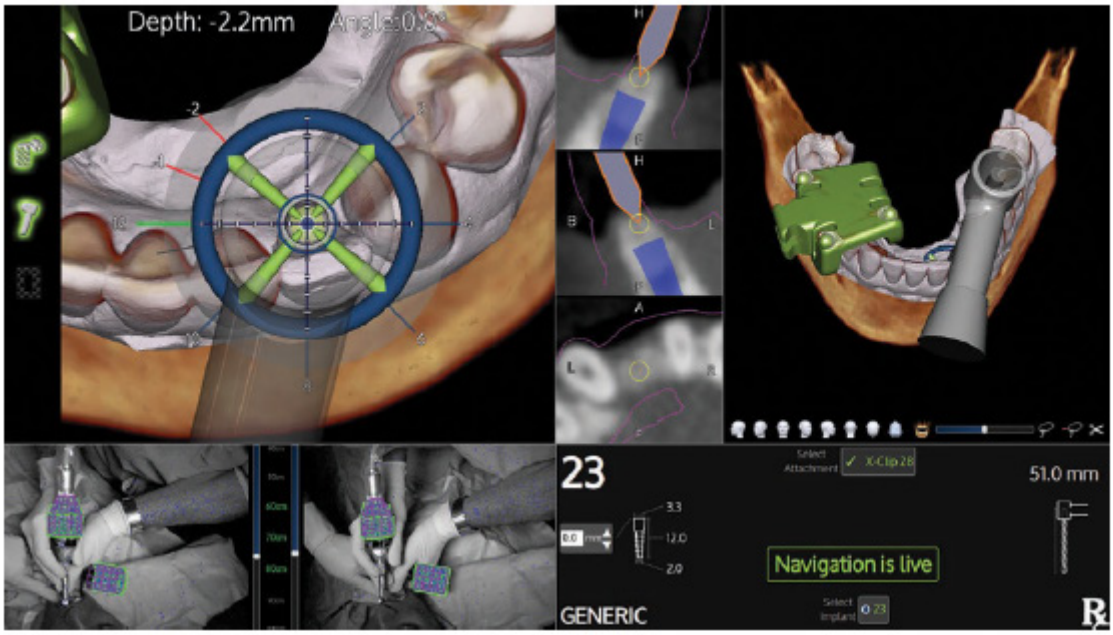
موازی با محور چرخش است. به عبارت دیگر، در حین چرخش، نقاط روی محور جسم از یک خط صاف منحرف خواهند شد.

برای یک دریل استاندارد ۱۳ میلی‌متری، میزان خطا در داخل خود هندپیس (Handpiece - پوسته دریل) می‌تواند تا ۴۰۰ میکرون باشد. در صورتی که اکستنشن دریل Drill Extension - استفاده شود، این خطا تا ۱.۵ میلی‌متر افزایش می‌یابد (شکل ۹.۱۱). با توجه به اینکه با استفاده از اکستنشن دریل، زاویه انحراف نیز افزایش می‌یابد، درصورت امکان باید از آن‌ها اجتناب کرد. دریل های یک‌تکه بلندتر، انتخاب ارجح‌تری هستند .

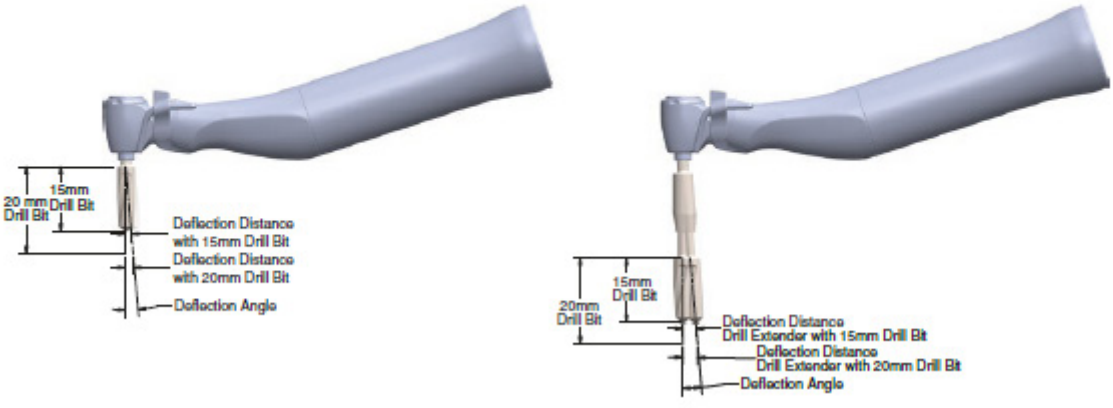
۹-۵: گردش کار پایه navigation dynamic

گردش کار تمامی سیستم‌های navigation سرپایی بر مبنای مدل است. مدل مجازی با استفاده از تصاویر پیش از جراحی ساخته شده و سپس در زمان جراحی با بیمار تطبیق داده می‌شود. در حین عمل جراحی هیچ تصویری گرفته نمی‌شود.

فرایند تطبیق بیمار با برنامه مجازی به دو صورت انجام می‌شود:



شکل ۹.۱۰ نرم افزار ردیابی



شکل ۹.۱۱ زاویه انحراف با طول افزایش می یابد

مراحل navigation با نقاط مرجع به شرح زیر است:

- **قرار دادن نشانگرهای مرجع روی بیمار:** در این مرحله، نشانگرهای مرجع (فیدوشال مارکر) روی صورت بیمار قرار داده می شوند.
- **تصویربرداری CBCT:** پس از قرار دادن نشانگرها، از بیمار با استفاده از دستگاه CBCT تصویربرداری به عمل می آید.
- **برنامه ریزی جراحی:** براساس تصاویر CBCT، برنامه ریزی جراحی ایمپلنت انجام می شود.
- **کالیبراسیون array ردیابی بیمار با نقاط مرجع متصل:** array ردیابی بیمار که مسئول ردیابی موقعیت بیمار در حین جراحی است، با نشانگرهای مرجع متصل روی صورت بیمار کالیبره می شود.
- **کالیبراسیون ابزار:** ابزار جراحی که در کاشت ایمپلنت استفاده می شوند، کالیبره می شوند.
- **قرار دادن مجدد نشانگرها روی بیمار در موقعیت اولیه:** نشانگرهای مرجع که پیش از تصویربرداری CBCT روی بیمار قرار داده شده بودند، مجدداً در همان موقعیت اولیه روی صورت بیمار قرار داده می شوند.
- **ثبت بیمار (Registration):** در این مرحله، نرم افزار navigation با استفاده از اطلاعات تصویر CBCT و موقعیت نشانگرهای مرجع، موقعیت بیمار در فضای مجازی را ثبت می کند .
- **navigation:** با ثبت موقعیت بیمار، جراح می تواند از سیستم navigation برای هدایت دقیق ابزار جراحی در حین کاشت ایمپلنت استفاده کند.

۱-۵- ۹: مروری بر گردش کار

سیستم navigation dynamic به کاربر این امکان را می دهد تا تصاویر سی تی اسکن را برای برنامه ریزی مجازی جراحی ایمپلنت ارزیابی کند.

برنامه ریزی بر روی سیستم navigation dynamic: پیش از شروع جراحی، باید بر روی خود سیستم navigation dynamic یا بر روی یک ایستگاه کاری (Workstation) برنامه ریزی انجام شود.

ایستگاه کاری (Workstation)برنامه ریزی: ایستگاه کاری برنامه ریزی می تواند یک کامپیوتر شخصی مجهز به نرم افزار برنامه ریزی سیستم navigation dynamic باشد.

وارد کردن برنامه از کامپیوتر به سیستم navigation: در صورتی که برنامه ریزی بر روی خود دستگاه انجام نشود، پس از تکمیل برنامه ریزی در کامپیوتر و قبل از کالیبراسیون ابزار، پرونده باید به سیستم navigation وارد (Import) شود.

در زمینه کاشت ایمپلنت، دو دسته بیمار وجود دارد: بیمارانی که هنوز دندان‌های خود را حفظ کرده‌اند (دندانی) و بیمارانی که دندان‌های خود را در ناحیه مورد نظر کاشت از دست داده‌اند)بی‌دندان(

با توجه به نوع بیمار، مراحل برنامه‌ریزی و انجام جراحی با استفاده از navigation dynamic (DN) متفاوت خواهد بود.

برای تسهیل ثبت موقعیت بیمار در حین جراحی با navigation dynamic (DN)، از عناصر navigation خاصی استفاده می شود. این عناصر به دو دسته کلی تقسیم می شوند:

- **کلیپ های مرجع (Fiducial Clip):** این کلیپ ها به دندان های موجود بیمار متصل می شوند.
- **فیدوشال های بی دندانی (Edentulous Fiducials):** این پین های کوچک مستقیما روی استخوان بیمار در ناحیه بی دندان قرار داده می شوند.

هدف از استفاده از هر دو نوع فیدوشال، تعیین دقیق موقعیت بیمار در تصاویر سی تی اسکن (CT scan) است تا سیستم navigation بتواند موقعیت بیمار را در حین عمل جراحی ردیابی کند.

نوع مورد بیمار بر اساس این تعیین می شود که آیا بیمار در قوس (ناحیه) که ایمپلنت در آن قرار می گیرد دندانی (Dentate) یا بی دندان (Edentulous) باشد:

بیمار با دندان (Dentate): بیمار به طور کامل یا بخشی دندان دار است. دندان ها می توانند از یک کلیپ مرجع) فیدوشیال(پشتیبانی کنند.شکل(۹.۱۲)

بیمار بی دندان (Edentulous): بیمار بدون دندان است. از یک صفحه بی دندانی و فیدوشیال های بی دندانی استفاده کنید (شکل ۹.۱۳ و جدول ۹.۱).

شکل ۹.۱۲ تصویر گیره فیدوشیال

شکل ۹.۱۳ صفحه بی دندانی

۶-۹: گردش کار بیمار دندانه دار

در بیمار دندانی، از کلیپ راهنما (Fiducial Clip) برای گرفتن قالب از دندان‌های بیمار استفاده می‌شود. این قالب اطمینان می‌دهد که کلیپ راهنما به طور محکم توسط دندان‌ها در جای خود نگه داشته می‌شود و هر بار که در دهان بیمار قرار می‌گیرد، در موقعیت ثابتی قرار می‌گیرد. گرفتن سی‌تی‌اسکن با قرارگیری صحیح کلیپ راهنما در دهان بیمار و بدون هیچ گونه حرکت یا لق‌زدگی آن ضروری است. ثبات کلیپ راهنما تضمین می‌کند که اطلاعات به دست آمده از سی‌تی‌اسکن با موقعیت واقعی دندان‌ها و فک بیمار مطابقت داشته باشد.در صورت حرکت یا لق‌زدگی کلیپ راهنما، ممکن است خطاهایی در فرایند navigation dynamic و قرارگیری ایمپلنت ایجاد شود.

۱-۶- ۹: ملاحظات کلیپ فیدوشیال

هنگام ساخت و استفاده از کلیپ راهنما در جراحی ایمپلنت با navigation dynamic، به نکات زیر توجه کنید:

- محل قرارگیری: بخش اتصال بازوی ردیاب کلیپ راهنما باید روی گونه (Buccal) بیمار قرار گیرد. موقعیت دقیق این کلیپ توسط جراح قبل از ساخت آن تعیین می شود
- قوس ایمپلنت گذاری: کلیپ راهنما باید روی همان قوس دندانی قرار گیرد که جراح قصد کاشت ایمپلنت در آن را دارد.
- عدم ایجاد تداخل: محل قرارگیری کلیپ نباید با دریلینگ برای کاشت ایمپلنت تداخل داشته باشد.
- کاهش تداخل دیداری: برای به حداقل رساندن تداخل دید ناشی از دست ها و ابزار جراح و دستیاران، بهتر است کلیپ راهنما در طرف مقابل ناحیه جراحی قرار گیرد. به عنوان مثال، جراح راست دست ترجیح می دهد کلیپ راهنما در سمت چپ بیمار قرار گیرد.
- عدم استفاده از دندان های لق: از دندان های لق برای تثبیت کلیپ راهنما استفاده نکنید.
- پونتیک بریج: در صورت امکان، از نواحی پونتیک بریج برای قرارگیری کلیپ راهنما خودداری کنید. اما اگر مجبور به استفاده از این ناحیه هستید، برای جلوگیری از گیر افتادن کلیپ، از ماده مسدود کننده (Wax Blocking Agent) زیر پونتیک استفاده کنید. اگر برداشتن کلیپ راهنما از ناحیه پونتیک دشوار بود، پزشک می تواند با استفاده از تیغ جراحی، هرگونه بریدگی (Undercut) شدید را برطرف کند.
- سیم های ارتودنسی: در صورتی که سیم و براکت های ارتودنسی بیمار قابل برداشتن موقت از ناحیه مورد نظر برای قرارگیری کلیپ راهنما نباشد، نمی توان از این کلیپ استفاده کرد.
- بِتن های اینویزیلاین (Invisalign): دکمه های چسبیده روی دندان برای سیستم اینویزیلاین، معمولا محل مناسبی برای قرارگیری کلیپ راهنما هستند. به شرطی که در زمان قرارگیری کلیپ، الاینر (Invisalign Aligner) در مرحله فعال (Active) نباشد، مگر اینکه جراحی و قرارگیری کلیپ در یک روز انجام شوند.
- دندان با سایش سطحی (Abfraction Defect): دندان هایی که در سطح باکالی (Buccal) دچار سایش سطحی شده اند، عموما محل مناسبی برای قرارگیری کلیپ راهنما هستند.

۹

هنگام برداشتن کلیپ از این دندان ها، باید آن را به سمت سایش سطحی بچرخانید (Rolled). برای قرارگیری مجدد نیز، کلیپ را از سمت باکالی به سمت لینگوالی بچرخانید تا با سایش سطحی درگیر شده و محکم شود.

Table 9.1 Steps for dentate versus edentulous cases

Dentate	Edentulous
1. Create a fiducial clip and place in the patient's mouth	1. Place three to six edentulous fiducials in the patient's bone
2. Take a CT scan of the patient with the fiducial clip in place and load the images on the network	2. Take a CT scan of the patient and load the images on the network
3. Load the patient's file onto the dynamic navigation system	3. Load the patient's file onto the dynamic navigation system
4. Plan case with implants	4. Mark edentulous fiducials in the software
5. Calibrate patterned parts	5. Plan case with implants
6. Perform calibration check	6. Calibrate handpiece
7. Place the fiducial clip on the patient and conduct a system check *tThis step is critical to ensure accurate navigation	7. Calibrate probe
8. Proceed to planned surgery	8. Attach the appropriate tracker arm to the edentulous plate and surgically place on the patient with bone screw fixation
9. Click complete surgery	9. Attach patient tracker to edentulous plate/tracker arm assembly
	10. Calibrate the system using the edentulous fiducials
	11. Conduct a system check. *tThis step is critical to ensure accurate navigation
	12. Proceed to planned surgery
	13. Click complete surgery

۹-۶-۲: آماده سازی کلیپ Fiducial

۱. حمام آب گرم: ابتدا حمام آب گرم را روشن کنید. (منظور از حمام آب گرم، دستگاهی است که آب را برای گرم کردن ابزار جراحی تأمین می کند)

۲. تهیه ابزار: فورسپس پنبه یا پنس جراحی (cotton forceps or tweezer)را آماده کنید.

۳. سرد کردن ابزار: لیوان های آب سرد و یخ برای خنک کردن ابزار جراحی را آماده نمایید.

ملاحظات مهم در هنگام تعیین محل کلیپ ثابت فیدوشال:

- کلیپ ثابت فیدوشال را تا حد امکان نزدیک به ناحیه کاشت ایمپلنت قرار دهید، اما به گونه ای که در مسیر دریل هدایت شده قرار نگیرد.
- ویژگی های صورت بیمار را در نظر بگیرید مانند اندازه دهان، توروس لینگوال، تداخل اجزای صورت با کلیپ.
- بررسی کنید که آیا بیمار کارهای دندانپزشکی دارد که با قرارگیری کلیپ ثابت تداخل پیدا کند؟ (مانند روکش دندان، بریج دندانی، و دندان های لق یا نامستحکم)

۹-۶-۳: Fiducial Clip Impressions

۱. آماده سازی کلیپ راهنما:

- کلیپ راهنما را به مدت تقریباً ۳ تا ۵ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۱۴۰ تا ۱۶۰ درجه فارنهایت (۶۰ تا ۷۱ درجه سانتیگراد قرار دهید. هنگامی که پلاستیک شفاف روی کلیپ راهنما شفاف شد، به این معنی است که آماده استفاده است.
- از یک ابزار مکانیکی برای خارج کردن کلیپ راهنما از حمام آب گرم استفاده کنید.
- اجازه دهید سطح کلیپ راهنما به مدت تقریباً ۱ دقیقه خنک شود تا دمای آن به کمتر از ۴۰ درجه سانتیگراد ۱۰۴) درجه فارنهایت(برسد.

۲. قرار دادن کلیپ راهنما روی بیمار:

- از بیمار بخواهید روی یونیت دندانپزشکی بنشیند و سر خود را روی تکیه‌گاه سر قرار دهد.
- قسمتی از کلیپ راهنما که برای اتصال بازوی ردیاب استفاده می‌شود، باید در سمت باکال قرار گیرد.
- کلیپ راهنما را روی سه دندانی که انتخاب کرده‌اید، تراز کنید و مطمئن شوید فاصله آن از سمت لینگوالی و باکالی یکسان است. آن را به طور مستقیم فشار دهید تا روی سطح پلاستیکی محکم شود.
- کلیپ راهنما را به همان صورت که وارد کرده‌اید، به صورت مستقیم بیرون بکشید. آن را تکان ندهید.

۳. قالبگیری:

- با استفاده از مواد قالبگیری مناسب، از دندان‌های بیمار قالبگیری کنید.
- مطمئن شوید که کلیپ راهنما در حین قالبگیری جابجا نشده است.

۴. قرار دادن مجدد کلیپ راهنما:

- پس از قالبگیری، کلیپ راهنما را در حمام آب سرد قرار دهید تا رنگ ترموپلاستیک کاملاً سفید شود.
- کلیپ راهنما را از حمام آب سرد خارج کرده و دوباره در دهان بیمار قرار دهید تا از تناسب مناسب آن اطمینان حاصل کنید .
- از بیمار بپرسید که آیا در لثه‌هایی که کلیپ راهنما روی آن‌ها قرار گرفته است، احساس ناراحتی می‌کند.

۵. بررسی و اصلاح کلیپ راهنما در صورت نیاز:

- در صورت احساس ناراحتی بیمار هنگام تعویض کلیپ راهنما، آن را خارج کرده و بررسی کنید. به دنبال لبه‌های تیز در نزدیکی بافت نرم باشید. این لبه‌ها را باید با اسکالپل بردارید، به گونه‌ای که به داخل کلیپ نزدیک محل اتصال ترموپلاستیک به دندان آسیبی وارد نشود.

۶. اسکن CT:

- بیمار را به دستگاه سی تی اسکن هدایت کنید.
- اطمینان حاصل کنید که کلیپ راهنما در طول اسکن ثابت باقی می‌ماند.

۷. انتقال داده‌ها:

- داده‌های اسکن CT را به نرم‌افزار برنامه‌ریزی جراحی ایمپلنت منتقل کنید.

۸. طراحی دیجیتال پروتز و موقعیت ایمپلنت:

- از نرم‌افزار برای طراحی دیجیتال پروتز نهایی و موقعیت ایده‌آل ایمپلنت‌ها استفاده کنید.

۹. ساخت قالب جراحی:

- با استفاده از اطلاعات طراحی دیجیتال، قالب جراحی را با دقت بسازید.

۱۰.جراحی با navigation dynamic

جراحی ایمپلنت را با استفاده از سیستم navigation dynamic و اسپلینت جراحی انجام دهید.

۱۱. بررسی و تنظیم موقعیت ایمپلنت

در حین جراحی، موقعیت ایمپلنت‌ها را با استفاده از سیستم navigation dynamic بررسی و در صورت نیاز تنظیم کنید.

۱۲. قرار دادن ایمپلنت

ایمپلنت‌ها را در موقعیت‌های نهایی خود قرار دهید.

۱۳.بستن محل جراحی

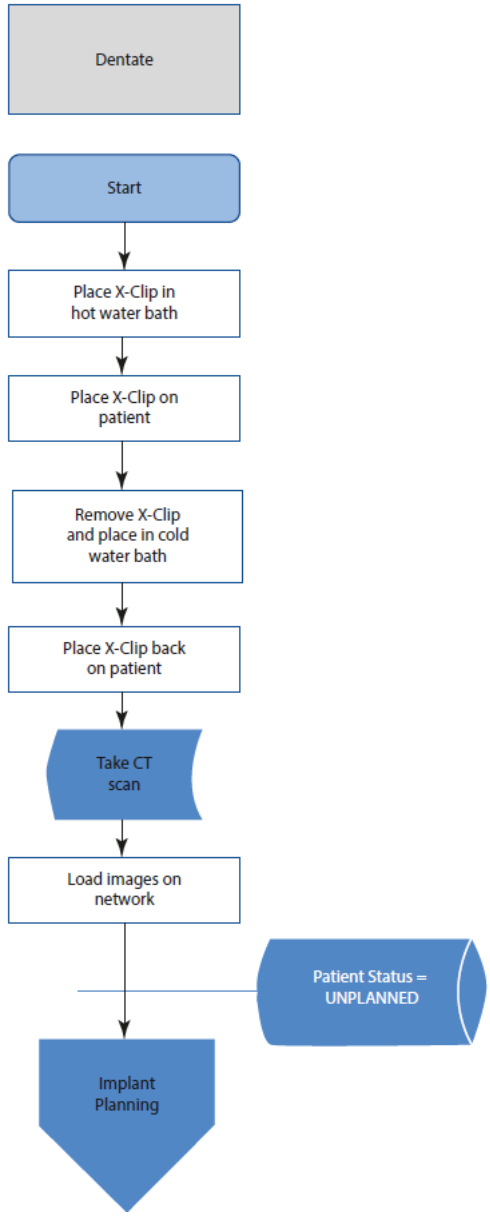
پس از قرار دادن ایمپلنت‌ها، محل جراحی را با بخیه ببندید.

۴-۶- ۹: قرار دادن کلیپ فیدوشیال

"تست محکم بودن(Snap Test)" به اطمینان از قالب‌گیری مناسب و تناسب دقیق کلیپ راهنما کمک می‌کند.

مراحل تست محکم بودن:

- جراح، کلیپ راهنما را در ناحیه‌ای که از آن ساخته شده است، مجدداً قرار می‌دهد. در صورت قرارگیری صحیح، باید صدای تق (Snap) و احساس محکم شدن)به صورت لمسی(ایجاد شود. در صورتی که بیمار دارای اندرکات های مناسب (Undercuts) بر روی دندان‌ها نباشد، ممکن است همیشه صدای تق شنیده نشود. در این صورت، جراح باید دقت بیشتری به خرج دهد تا مطمئن شود کلیپ راهنما لق نمی‌زند و به راحتی جدا نمی‌شود.
- جراح باید قسمتی از کلیپ راهنما را که بازوی ردیاب به آن متصل می‌شود، در دست بگیرد و هرگونه حرکت کلیپ را بررسی کند. نباید هیچ‌گونه لق زدن یا حرکتی احساس شود. جراح باید بتواند فک بیمار را بدون خارج شدن کلیپ راهنما از جای خود حرکت دهد.
- در صورت وجود هرگونه حرکت، باید فرآیند قالب‌گیری کلیپ راهنما تکرار شود.



شکل ۹.۱۴ نمودار گردش کار پیش از عمل navigation برای بیماران دندان دار

۴.عدم تناسب محل انتخابی:

- در صورتی که محل انتخابی به دلیل نبودن آندرکات یا کوتاهی تاج دندان مناسب تشخیص داده نشود، باید محل جدیدی انتخاب شود و مراحل ساخت قالب جراحی تکرار گردد.

۵. افزایش میزان نگهداری (Retention):

- در صورتی که جراح تمایل به افزایش میزان نگهداری کلیپ راهنما داشته باشد، می‌تواند مقدار کمی از کامپوزیت را به صورت موقت روی یک‌سوم باکال و اکلوزال سطوح اکلوزال سه دندان متصل شده به کلیپ راهنما بچسباند. جراح باید دستورالعمل‌های مربوط به ماده کامپوزیت مورد نظر را رعایت کند. این کامپوزیت پس از اتمام جراحی قابل برداشتن است.

۶. مشکل در خارج کردن کلیپ راهنما:

- در صورتی که خارج کردن کلیپ راهنما با مشکل مواجه شود، آن را به سمت سطح گونه باکال یا لبیال بچرخانید تا از محل خود جدا شود.

۷. گیر کردن کلیپ راهنما:

- در صورتی که کلیپ راهنما در آندرکات یا بریج گیر کند، می‌توان با برش دادن آن از مزیال به دیستال به دو قسمت، آن را خارج کرد. پس از برش، پلاستیک و ترموپلاستیک را می‌توان جدا کرد.

۹-۶-۵: ملاحظات دو قوس

در صورتی که نیاز به قرار دادن چندین کلیپ راهنما در دهان بیمار باشد، ملاحظات بیشتری لازم است. بهترین روش این است که اطمینان حاصل کنید کلیپ‌های راهنما همدیگر را لمس نمی‌کنند. اگر باید با هم تماس داشته باشند، حتما از جدا بودن بخش‌های فلزی آن‌ها مطمئن شوید. سی تی اسکن ممکن است با هر دو کلیپ راهنما که در دهان بیمار قرار گرفته‌اند، گرفته شود. ملاحظات اضافی در مرحله برنامه ریزی، مرحله کالیبراسیون و مرحله navigation که در فصول بعدی مورد بحث قرار گرفته است، مورد نیاز است.

۹-۶-۶: چندین کلیپ راهنما روی یک قوس دندانی

در صورتی که از چندین کلیپ راهنما روی یک قوس دندانی در دهان بیمار استفاده می شود، اطمینان حاصل کنید که این کلیپ‌ها با یکدیگر تماس نداشته باشند. سی تی اسکن را می‌توان با هر دو کلیپ راهنما که در دهان بیمار قرار گرفته‌اند، انجام داد.

۹-۷: روند درمان بیمار بی دندان با navigation dynamic

در موارد مربوط به بیماران بی‌دندان، برای تسهیل ثبت تصویر در سی تی اسکن، از فیدوشال‌های بی‌دندانی (پیچ‌های کوچک)

کـه در اسـتخوان فـک بیمار قرار داده می‌شـوند، اسـتفاده می‌گردد.

قـرار دادن فیدوشـال‌ها می‌توانـد از طریـق بافـت نـرم بیمـار، بـا ایجـاد برش‌هـای کوچـک (stab incisions) در ناحیـه اپیـکال mucogingival junction، یا به طور مسـتقیم در اسـتخوانی که بـا کنـار زدن لثه نمایان شـده، صـورت گیرد. جـراح در انتخاب محل قرارگیری فیدوشـال‌های بی‌دندانی باید دقت و وسـواس به خرج دهد.

از فیدوشـال‌های بی‌دندانـی همچنیـن در روند پیـش از جراحی بـرای ثبـت تصویـر در نرم‌افـزار قبـل از عمـل اسـتفاده می‌شـود. هنـگام قـرار دادن فیدوشـال‌های بی‌دندانـی در فـک پاییـن، باید از پیچ‌هـای کوتـاه ۴ میلی‌متـری اسـتفاده شـود تا از آسـیب به عصب آلوئـولار تحتانی جلوگیری شـود.

۹-۷-۱: جایگذاری فیدوشال‌های بی‌دندانی (Edentulous Fiducials)

فیدوشـال‌های بی‌دندانـی پیچ‌هـای کوچـک اسـتخوانی موقتـی هسـتند کـه در اسـتخوان فـک بیمـار در قوسـی کـه قـرار اسـت ایمپلنـت در آن قـرار گیـرد، جایگذاری می‌شـوند. نرم‌افـزار navigation بـه دنبـال ایـن هندسـه خـاص می‌گـردد.

طـول پیـچ بـا توجـه بـه کیفیـت اسـتخوان و موقعیـت آن در ماگزیـلا یـا مندیبـل تعیین می‌شـود. مـوارد قابل توجـه در انتخاب طـول پیـچ به شـرح زیر اسـت:

- پیـچ ۴ میلی‌متـری: بـه طـور کلـی، بـه خصـوص در ناحیـه خلفـی فـک پاییـن یـا در مناطقی بـا اسـتخوان کورتیـکال متراکم، پیـچ ۴ میلی‌متـری توصیـه می‌شـود.
- پیـچ ۵ میلی‌متـری: در فـک بـالا یـا نواحـی بـا اسـتخوان پیونـدی نـرم و نابالـغ، ممکـن اسـت بـرای اطمینـان از ثبـات، بـه پیچ‌هـای بلندتـر ۵ میلی‌متـری نیـاز باشـد.

در جراحـی ایمپلنـت بـا navigation dynamic بـرای بیمـاران بـی دندان، بایـد کلیپ هـای راهنمای مخصـوص در قوس دندانـی کـه ایمپلنـت هـا در آن قـرار داده مـی شـوند، جایگـذاری شـوند. ایـن کلیـپ هـا بایـد در ناحیـه ای قـرار داده شـوند کـه در حیـن جراحـی با بـرش زیرمخاطـی نمایان شـود و روی اسـتخوانی باشـد کـه برداشـته نمی شـود.

عصـب الوئـولار تحتانـی و اینفرااوربیتـال بایـد در نظـر گرفتـه شـوند و از آسـیب بـه آن هـا جلوگیـری شـود.همچنین کلیپ های راهنمـا نبایـد در نزدیکـی محل قرارگیـری پلیت بی دندانی باشـند. بـرای اطمینـان از دقـت سیسـتم بایـد حداقـل ۴ کلیـپ راهنما در دهـان بیمـار قـرار داده شـود. ایـن کلیـپ ها بایـد تا حد امـکان در اطـراف قـوس دندانـی پراکنـده شـوند، به طـوری کـه حداقل یک کلیـپ در ناحیـه قدامـی، دو کلیـپ در ناحیـه خلفـی و یـک کلیپ نزدیـک محـل ایمپلنت باشـد.

۹-۷-۲: تصویربرداری CT در جراحی ایمپلنت با navigation dynamic

از بیمـار خواسـته می‌شـود تـا در وضعیـت "اکلوژن" یـا "بایت" مناسـب قـرار بگیـرد. بـه ایـن معنـی که فـک بـالا و پاییـن باید به طـور کامـل روی هـم قـرار گرفتـه و دندان‌هـا بـه طـور صحیـح در مقابـل یکدیگـر قـرار بگیرند.

۹-۷-۳: تکنیک اسکن دوگانه (Dual Scan)

تکنیـک اسـکن دوگانـه روشـی اسـت کـه در آن یـک وسـیله دندانـی، ماننـد یـک دسـت دنـدان مصنوعی، روی سـی تی اسـکن بیمـار قـرار داده می شـود. ایـن روش مـی تواند بـرای راهنمایی در تعییـن محـل قرارگیـری ایمپلنـت در مرحلـه برنامه ریـزی جراحی مـورد اسـتفاده قـرار گیرد.

در نـرم افـزار سیسـتم navigation dynamic، دکمـه ای تحـت عنـوان "اسـکن دوگانـه" وجـود دارد که بـرای روی هـم قرار دادن اسـکن وسـیله دندانـی بـا داده هـای سـی تـی اسـکن بیمـار اسـتفاده مـی شـود. بـا اسـتفاده از ایـن تکنیـک، جـراح مـی توانـد موقعیـت دقیـق دنـدان هـا و سـایر اجزای پروتـز بیمار را نسـبت به اسـتخوان فـک در تصاویـر سـی تی اسـکن مشـاهده کند. ایـن امر بـه برنامـه ریزی دقیق تـر محل قرارگیـری ایمپلنت ها و دسـتیابی بـه نتایـج مطلـوب کمک مـی کند.

۹-۷-۴: بررسی کلی فرآیند اسکن دوگانه (Dual scan)

فرآینـد اسـکن دوگانـه روشـی اسـت کـه در جراحـی ایمپلنـت بـا navigation dynamic بـرای افزایـش دقـت و تسـهیل برنامه‌ریـزی جراحـی مـورد اسـتفاده قـرار می‌گیـرد. ایـن فرآینـد شـامل مراحـل زیـر اسـت:

۱. چسباندن کلیپ های راهنما به قالب دندانی:

- حداقـل پنـج عـدد کلیـپ راهنمـای موقـت ۲ میلـی متری و چسـبنده را روی قالـب دندانـی بچسـبانید.

۲. اسکن اولیه:

- قالب دندانی را به همراه کلیپ های راهنما در دستگاه سی تی اسکن قرار دهید.
- اسکن را با وضوح بالا ۰.۳ (وکسل) انجام دهید.

۳. انتقال قالب به دهان بیمار:

- کلیپ های راهنما را از روی قالب دندانی جدا نکنید.
- قالب دندانی را در دهان بیمار قرار دهید و از قرارگیری صحیح آن اطمینان حاصل کنید.

۴. اسکن ثانویه:

- بیمار را به همراه قالب دندانی در دهان، با دستگاه سی تی اسکن اسکن کنید.

۵. بارگذاری تصاویر در سیستم navigation dynamic:

- تصاویر DICOM بیمار خروجی دستگاه سی تی اسکن را به سیستم navigation dynamic آپلود کنید.

۶. سوپر ایمپوز کردن اسکن ها:

• با استفاده از دکمه "اسکن دوگانه" در نرم افزار navigation dynamic، اسکن قالب دندانی را روی تصاویر DICOM بیمار سوپر ایمپوز کنید.

۵-۷- ۹: مراحل دقیق اسکن در جراحی ایمپلنت با navigation dynamic

۱. اسکن کردن قالب دندانی:

- در صورتی که نیاز به اسکن جداگانه‌ی قالب‌های دندانی برای ماگزیلا و مندیبل وجود دارد، مراحل زیر را برای هر دو قالب اجرا کنید:
- حداقل پنج برچسب راهنما (فیدوشال) موقت و چسبنده را مستقیماً روی سطح خارجی قالب دندانی بچسبانید. اطمینان حاصل کنید که این برچسب‌ها به طور محکم در جای خود قرار گرفته‌اند و در حین اسکن یا قرارگیری در دهان بیمار جابجا نمی‌شوند.
- هر قالب دندانی را به طور جداگانه در دستگاه CT اسکنر قرار داده و اسکن کنید. اگر هر دو قالب فک بالا و پایین را اسکن می‌کنید، اطمینان حاصل کنید که هر کدام مجموعه‌ی جداگانه‌ای از فایل‌های DICOM داشته باشند.

۲. اسکن کردن بیمار:

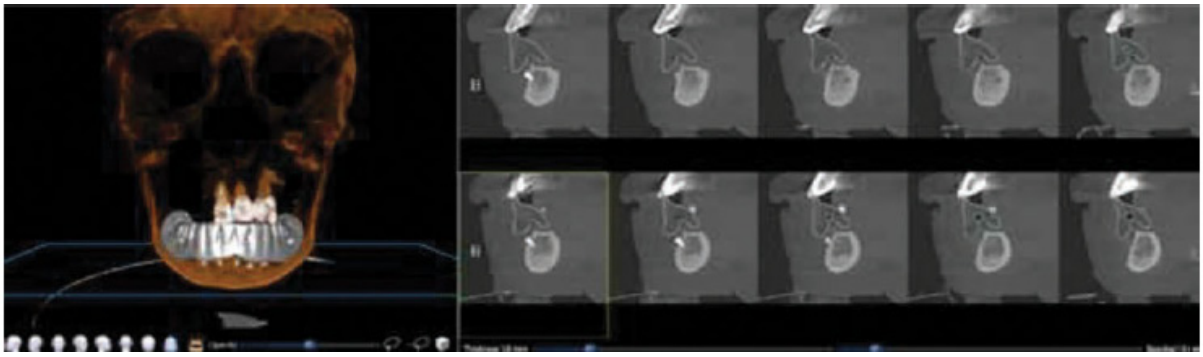
- قالب دندانی را با دقت در دهان بیمار قرار دهید و مراقب باشید که برچسب‌های راهنما جابجا نشوند.
- در صورتی که از هر دو قالب فک بالا و پایین استفاده می‌شود، هر دو را در دهان بیمار قرار دهید. در حین اسکن، دندان‌های مصنوعی بیمار (در صورت وجود) باید در وضعیت «اکلوژن» یا «بایت» صحیح قرار گرفته باشند.
- بیمار را همراه با قالب دندانی با دستگاه CT اسکنر اسکن کنید.

۳. آپلود تصاویر DICOM به سیستم navigation dynamic:

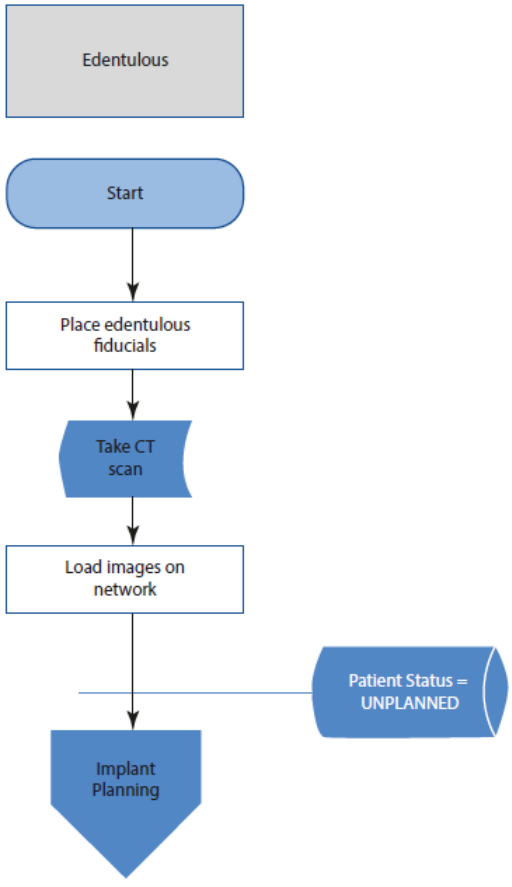
- با استفاده از دکمه "افزودن تصاویر DICOM بیمار" در صفحه انتخاب بیمار، تصاویر DICOM بیمار را به سیستم navigation dynamic آپلود کنید.
- پرونده بیمار را باز کنید و مطمئن شوید که نشانگرهای (Fiducials) مربوط به قالب (قالب های) جراحی در تصویر سه بعدی قابل مشاهده هستند.
- به صفحه انتخاب بیمار بازگردید. دکمه "اسکن دوبل" را که در سمت راست ردیف پرونده بیمار قرار دارد، پیدا کرده و انتخاب کنید.
- با انتخاب دکمه "اسکن دوبل"، سیستم از کاربر می‌خواهد مجموعه تصاویر DICOM مربوط به قالب دندانپزشکی را انتخاب کند.
- پس از انتخاب مجموعه صحیح تصاویر DICOM، پنجره "تنظیمات اسکن دوبل" ظاهر می‌شود.
- در سمت چپ پنجره، فک مورد نظر را انتخاب کنید. فک انتخاب شده با رنگ سبز مشخص می‌شود.
- از نوارهای لغزنده در پایین پنجره برای تنظیم سطح شفافیت (Opacity) و آستانه HU برای تشخیص خودکار سطح قالب (Appliance Isosurface HU Threshold) استفاده کنید. همچنین، می‌توانید با استفاده از دکمه‌های جهت‌گیری تصویر سه بعدی را بچرخانید یا با ابزار lasso و قیچی قسمتی از آن را جدا کنید.
- روی "تأیید" کلیک کنید. فرآیند ثبت (Registration) شروع می‌شود.
- سیستم navigation dynamic در حال تراز کردن نشانگرهای موجود در اسکن قالب با نشانگرهای موجود در اسکن بیمار است. قبل از ادامه کار، منتظر اتمام ثبت باشید.

۹

- پس از بسته شدن پنجره "انجام ثبت اسکن دوبل"، پرونده بیمار قابل باز شدن است.
- اطمینان حاصل کنید که قالب دندانپزشکی به درستی در تصویر سه بعدی قرار گرفته است. همچنین، حالت کلی قالب در برخی از نماهای دو بعدی قابل مشاهده است.
- در صورت عدم موفقیت در ثبت، یک هشدار ظاهر می‌شود. هیچ پوششی (Superimposition) در پرونده بیمار مشاهده نخواهد شد. این عدم موفقیت ممکن است به دلیل قرارگیری نشانگرهای بیماران بی‌دندان (Edentulous Fiducials) در اسکن بیمار و اسکن قالب در موقعیت‌های مختلف باشد. در این صورت، ممکن است نیاز به اسکن مجدد قالب یا بیمار باشد (شکل‌های ۹.۱۵ و ۹.۱۶)



شکل ۹.۱۵ تصویر دستگاه دندانپزشکی روی هم در نماهای دو بعدی و سه بعدی



شکل ۹.۱۶ نمودار گردش کار پیش از عمل navigation برای بیماران بی دندان