یکبار مصرف و یک نور هدایت کننده می‌باشد که یک اسکن موفق را نشان می‌دهد. سیستم Carestream، تنها در خصوص شمار محدودی از کاربردها، شامل اینله، آنله، و کراون‌ها قابلیت قرار گرفتن در کنار صندلی را دارد.

سیستم‌های CAD/CAM کنار صندلی توانایی ساخت اینله، آنله، ونیر و کراون‌ها را دارند. برخی سیستم‌ها نیز قادر به ساخت دنچرهای پارسیل ثابت short-span و نیز ترمیم‌های موقتی در مطب دندانپزشکی می‌باشند. کاربردهای اضافی دیگر، از قبیل اباتمنت‌های ایمپلنت، دنچرهای پارسیل ثابت، و اپلاینس‌های ارتودنسی، منحصر به سیستم‌های خاص هستند (جدول ۱-۱۲).

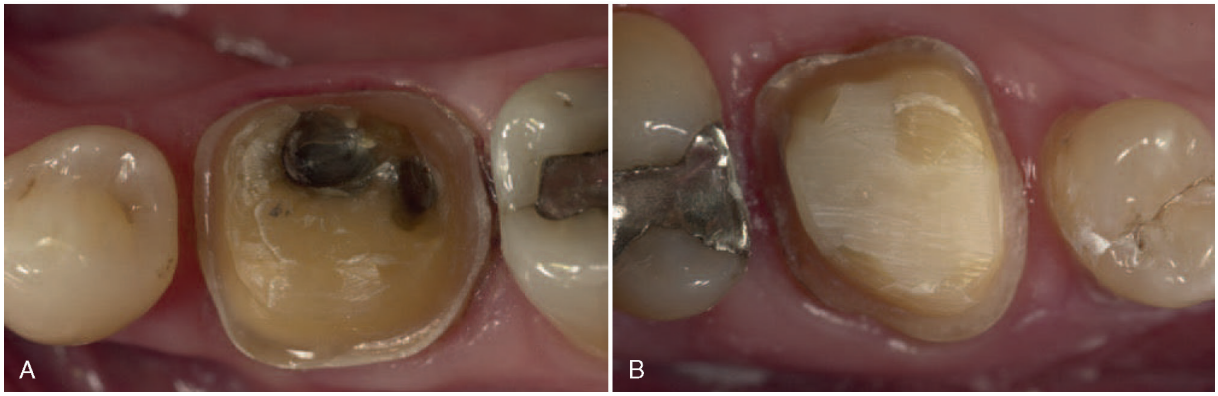
اصول آماده‌سازی دندان برای رستوریشن‌های CAD/CAM

رهنمودها در خصوص آماده‌سازی دندان برای رستوریشن‌های کاملا سرامیکی عموما مبتنی بر ژئومتری خاص و ضخامت ابعاد مورد نیاز برای ایجاد استحکام مطلوب در خصوص ماده سرامیکی انتخابی می‌باشد. به‌عنوان مثال، کوتاه کردن سطحاکلوزال برای یک کراون تمام زیرکونیا، کمتر از آن چیزی است که برای یک کراونلوسیت تقویت شده یا پرسلنی فلدسپاتیک مورد نیاز است، حتی اگر هر دو ماده با یک سیستم CAD/CAM کنار صندلی ساخته شده باشند. با این وجود، چندین رهنمود آماده‌سازی وجود دارند که دقت رستوریشن CAD/CAM را به واسطه تاثیرشان بر فرایند تصویربرداری و ساخت، بهبود می‌بخشند، از قبیل کانتورهای صاف، زوایای انتقالیگرد شده، و کف پالپی یکنواخت.

یک مفهوم منحصر به فرد برای رستوریشن‌های CAD/CAM، "تراش کمتر از حد"(undermilling) یا "تراش بیش از حد"(overmilling) نامیده شده است. این اصطلاحات هم در مورد فرایندهای ساییدن (grinding) و هم در مورد فرایندهای تراشیدن مورد استفاده قرار گرفته‌اند. هر گونه ژئومتری آماده‌سازی کوچکتر از ابعاد ابزارهای تراشیدن، یک مشکل بالقوه را نشان می‌دهد. یا ابزار باید مواد ترمیمی بیشتری را برش دهد تا اطمینان حاصل شود که رستوریشن به‌طور کامل روی کار می‌نشیند (تراش بیش از حد) یا ژئومتری کوچک‌تر را بر نمی‌دارد (تراش کمتر از حد)، و ماده ترمیمی که مانع از نشستن کامل رستوریشن روی کار می‌شود را باقی می‌گذارد. استفاده از یک ژئومتری آماده‌سازی با کانتورهای صاف، منحنی‌هایی ملایم، و زوایای انتقالی گرد شده، به محدود کردن پتانسیل تراش دادن بیش از حد و حصول اطمینان از یک انطباق درونی دقیق رستوریشن کمک می‌کند.

جدول ۱-۱۲ کاربرد بالینی سیستم‌های CAD/CAM کنار صندلی

System	Inlays/Onlays	Crowns	Veneers	FPDs	Implant Abutment	Orthodontic Application	CBCT Compatible
CEREC (Dentsply Sirona)							
BlueCam	X	X	X	X	X	X	X
OmniCam	X	X	X	X	X	X	X
PlanFit (Planmeca)	X	X	X	X	–	–	X
CS Solutions (Carestream)	X	X	X	–	–	–	X



شکل ۳-۱۲: A و B، مثال‌هایی از آماده‌سازی کروان‌های CAD/CAM کنار صندلی

کراون‌ها

آماده‌سازی دندان برای کراون‌های تولید شده باCAD/CAM، همانند روش کراون‌های سرامیکی تولید شده در لابراتوار ضروری می‌باشد. طراحی مارجین برای یک کراون تمام سرامیکی، نیازمند توده‌ای از سرامیک در مارجین می‌باشد تا از ریسک لب پر شدن(chipping) یا شکستن سرامیک اجتناب شود. بهترین با تراش مارجین شولدر، sloped shoulder، یا heavy chamfer حاصل می‌گردد (شکل ۳-۱۲). همه این ژئومتریهای مارجین، به یک اندازه برای کراون‌های CAD/CAM کنار صندلی مفید هستند، مادامی که زوایای داخلی گرد باشند (یعنی تیز یا زاویه‌دار نباشند) تا تطابق داخلی کراون تسهیل شود. میزان تراش سطوح اکلوزال و اگزیال بر اساس ویژگی‌های ماده خاص سرامیکی انتخاب شده برای کراون تعیین می‌شود. تراش سطح اگزیال برای کراون‌های سرامیکی CAD/CAM باید ۱ تا ۱/۲ میلی‌متر برای مواد سرامیکی monolithic باشد، چرا که هیچ کوپینگ داخلی اپکی وجود ندارد که نیاز به پوشانده شدن (ونیر کردن)داشته باشد. تنوع زیادی در تراش سطح اکلوزال ممکن است مورد انتظار باشد، هنگامی که یک فانکشن ماده انتخاب شده است. بیشتر مواد سرامیک شیشه‌ای نیازمند تراش اکلوزالی حداقل ۱/۵ میلی‌متری در ناحیه شیار مرکزی و کاسپ‌های غیرفانکشنال و ۲ میلی‌متر بر روی کاسپ‌های فانکشنال هستند (شکل ۴-۱۲). تحقیقات in vitro نشان داده‌اند که کراون‌های تمام زیرکونیای، ممکن است با یک ضخامت اکلوزالی ۱ میلی‌متری ساخته شوند، بدون اینکه استحکامکراون به خطر بیفتد. علاوه بر این، سازنده بلوک هایلیتیوم دی سیلیکات، اخیرا اعلام کرده است که کراون‌های e.maxCAD اکنون تنها نیازمند تراش اکلوزالی ۱ میلی‌متری هستند؛ با این وجود، این ادعا هنوز نیازمند تایید مستقل می‌باشد. همه زوایای آماده‌سازی باید گرد شوند تا تطابق درونی دقیق و بی نیاز از برش بیش از حد سطح درونی کراون‌ها در طول تراش دادن، تسهیل شود.

چندان غیر معمول نیست که اندرکات‌های قابل توجه در آماده‌سازی کراون در نتیجه ترمیم‌های وسیع قبلی یا برداشت پوسیدگی شناسایی شود. اندرکات‌ها به‌طور دقیق توسط دوربین دیجیتال ثبت خواهد شد و در مدل مجازی کامپیوتری شده در برنامه نرم افزار CAD نشان داده خواهد شد. با این وجود، فرایند تراش دادن هیچ اندرکات داخلی در آماده‌سازی را که ممکن است مانع از نشستن رستوریشن شود را کپی (duplicate) نخواهد کرد. این اندرکات‌ها متعاقبا با سمان رزینی پر خواهد شد. به عبارت دیگر، اندرکات‌ها می‌توانند با استفاده از برنامه نرم افزاری در طول طراحی رستوریشن بلاک اوت شوند. با این وجود، این فرایند توصیه نشده است، چرا که می‌تواند نهایتا منجر به عدم دقت درونی شود، چرا که مدل دیجیتال تغییر کرده است. بنابراین، اگر بلاک اوت کردن ضروری است، بهتر است قبل از اسکن دیجیتال با یک ماده جایگزین مناسب عاج دندان انجام شود، همانطور که توضیح داده شده است.

اینله‌ها و آنله ها

آماده‌سازی‌های اینله و آنلهCAD/CAMعمدتا آماده‌سازی‌های اولیه روش ادهزیو(adhesive style) می‌باشند که بر ادهیژن سمان رزین به عاج دندان و مینا به‌منظور گیر (retention) رستوریشن اتکا دارد (شکل ۵-۱۲). این آماده‌سازی‌ها متباعد بوده و گیرنسبتا غیر مکانیکی به لحاظ طراحی، یک آماده‌سازی محافظه کارانه‌تر از نیاز برای مقاومت(resistance) مکانیکی از طریق شیارها، اسلات‌ها، یا باکس‌ها را فراهم می‌کنند. نمای داخلی آماده‌سازی باید از زدگی‌های تیز یا تقعرها اجتناب کند، و همه زوایای داخلی باید گرد شده باشند (شکل ۱۲-۶). تراش سطح اکلوزال باید یکنواخت باشد و ضخامت کافی داشته باشد تا مقاومت بهینه ماده سرامیکی انتخابی، شبیه به آماده‌سازی کراون، را فراهم کند. آماده‌سازی باید امکان یک ضخامت سرامیکی حداقل ۱/۵ میلی‌متری در فوسای مرکزی و بر روی کاسپ‌های غیرفانکشنال، ۲ میلی‌متر بر روی کاسپ‌های فانکشنال را فراهم کند. همه مارجین‌های کاووسورفیس باید به‌صورت استراتژیک به دور از موقعیت تماس کاسپ‌های مقابلقرار گرفته باشند و به‌منظور شناسایی آسان در نرم افزار طراحی، به well defined (صاف) شده باشند. از لبه‌های پخ دار(beveled) باید اجتناب شود، چرا که نواحی نازک سرامیک، مستعد شکستن هستند. به‌طور مشابه، آماده‌سازی تنگه تراش (ایسموس) باید حداقل دارای ۲ میلی‌متر پهنای فاسیولینگوالی باشد، به گونه‌ای که از شکستن اینله/آنله اجتناب شود (شکل ۱۲-۷).

آماده‌سازی‌های آنلهCAD/CAM، نیازمند ایجاد یک فرول با رستوریشن سرامیکی همراه با کستینگ فلزی نمی‌باشد (شکل ۱۲-۸). در مقابل، یک فرولممکن است عملا با نشستن صحیح رستوریشن به واسطه تراش کمتر از حد دیواره‌های نسبتا موازی و/یا زوایای انتقالی تیز تداخل کند. به عبارت دیگر، این سیستم

• **شـــکل ۴-۱۲:** A و B، مثال‌هایی از کوتاه‌سازی ســـطح اکلوزال برای آماده‌سازی کروان‌های CAD/CAM کنار صندلی

• **شکل ۵-۱۲:** آماده‌سازی انله برای دندان‌های شماره ۳ و ۴ عمدتا به باند ادهزیو سمان رزینی برای گیر رستوریشن متکی است.

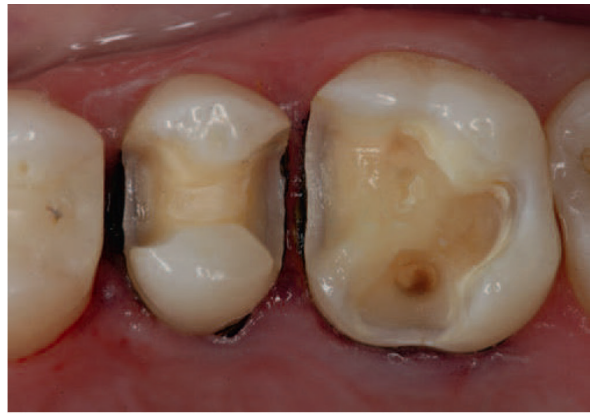
• **شکل ۶-۱۲:** آماده‌سازی انله تمام کاسپی دندان شماره ۳ و انله MODL دندان شماره ۴ با زوایای داخلی صاف و گرد شده.

ممکن است به‌طور قابل توجهی سطح داخلی (intaglio) رستوریشن را بیش از حد تراش دهد و رستوریشن را نازک نماید. هم تراش بیش از حد و هم تراش کمتر از حد برای رستوریشن آنله نهایی مضر هستند.

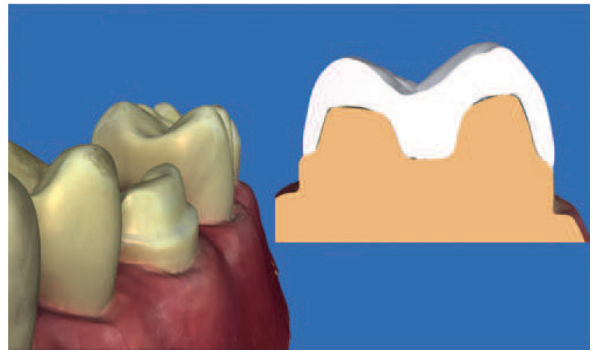
نتیجتا، یک مارجین butt-joint ترجیح داده می‌شود، چرا که امکان ضخامت مناسب ماده سرامیکی در مارجین را فراهم می‌کند و وقوع شکست لبه‌ای را کاهش می‌دهد (شکل ۹-۱۲). متاسفانه، این طرح مارجین اغلب باعث حدود قابل رویت بین دندان و رستوریشن می‌شود. از این رو، زمانی که مرز بین رستوریشن و دندان از نظر زیبایی نگران کننده باشد، اصلاح (مدیفای) مارجین butt-joint فاسیالی ضرورت می‌یابد. مارجین کاووسورفیس ممکن است با یک فرز الماسی football-shaped با زاویه ۴۵ درجه اصلاح شود، و این فرصت برای انتقال ضخامت سرامیک بر روی مینای زیرین ایجاد شود، در حالیکه به‌منظور استحکام فیزیکی سرامیک، توده‌ای از آن در مارجین حفظ شود (شکل ۱۰-۱۲). یک مطالعه in vitro در خصوص آماده‌سازی سرامیک برای ترمیم محافظه‌کارانه دندان‌های درمان ریشه شده، یک بهبود قابل توجه درتطابق لبه‌ای و داخلی رستوریشن سرامیکی با این طرح مارجین- اصلاح شده هم نسبت به فرول و هم مارجین butt-joint۹۰ درجه را گزارش کرد.

مراحل کار بالینی CAD/CAM کنار صندلی

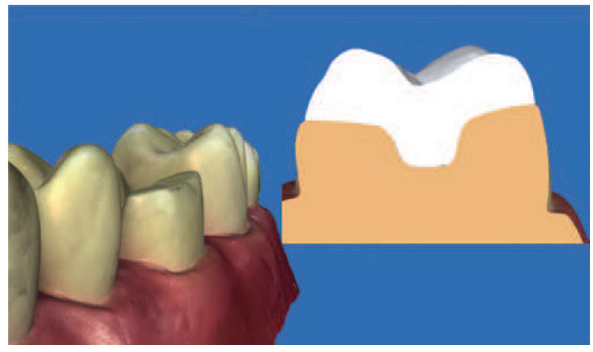
مراحل کار بالینی به‌منظور طراحی و ساخت یک رستوریشن CAD/CAM کنار صندلی، برای همه سیستم‌های موجود کنونی نسبتا مشابه است، با تفاوت‌های قابل توجه در دوربین‌های منحصر به فرد، برنامه‌های نرم افزاری، و اتاقک‌های تراش سیستم‌های عرضه شده به بازار (شکل ۱۱-۱۲ A-L، ترتیب مراحل کار). آماده‌سازی دندان، شامل لبه‌ها، باید با کنار زدن بافت‌های نرم و ایزوله کردن از آلودگی‌های مرطوب قابل مشاهده باشد، به گونه‌ای که دوربین بتواند به‌طور دقیق تصویری دیجیتال از آماده‌سازی تهیه کند. فک مقابلو نیز، یک اسکن از دنتیشن حداکثر تماس بین کاسپی(maximum intercuspation) از نمای فاسیالی ثبت شده است. نرم افزار کامپیوتری به‌طور مجازی مدل‌های مقابل با استفاده از اسکن نمای فاسیالی را روی هم قرار می‌دهد(articulate)، و بنابراین روابط اکلوزالی مطلوب برای رستوریشن می‌تواند طراحی شود. طراحی رستوریشن با



• **شکل ۷-۱۲:** آماده‌سازی اینلـــه برای دندان شماره ۱۳ و آماده‌سازی انله برای دندان شماره ۱۴ با حدود خارجی صاف و مارجین‌های کاووسورفیس موجدار (crisp)

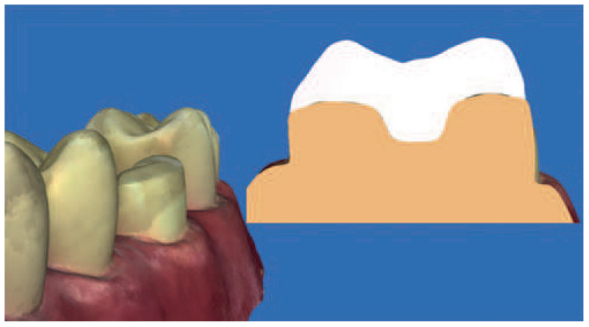


• **شـــکل ۸-۱۲:** طرح فرول لبه با دیواره‌های متقابل برای گیر مکانیکی برای رستوریشن‌های cast-metal مناسب‌تر است.



• **شـــکل ۹-۱۲:** طرح مارجین butt-joint انتخابی برای آماده‌سازی انله سرامیکی

شناسایی لبه‌های رستوریشن طرح ریزی شده شروع می‌شود تا محدودیت‌های طراحی رستوریشن مشخص شود. این نرم افزار از داده‌هایی از دندان‌های کناری و مقابل به‌منظور ایجاد یک رستوریشن (مجازی) پیشنهادی استفاده می‌کند که سپس ممکن است با استفاده از یک سری ابزارهای منحصر به فرد برای هر برنامه نرم افزاری، ویرایش شود. نرم افزار طراحی کنترل emergence profile رستوریشن، آناتومی اکلوزال، تماس‌های اکلوزال طرح ریزی شده، و اندازه و شدت تماس‌های



• **شـــکل ۱۰-۱۲:** طرح مارجین butt-joint مدیفاید شده با فرز الماسی football-shaped برای بهبود زیبایی در ترکیب با مارجین انله.

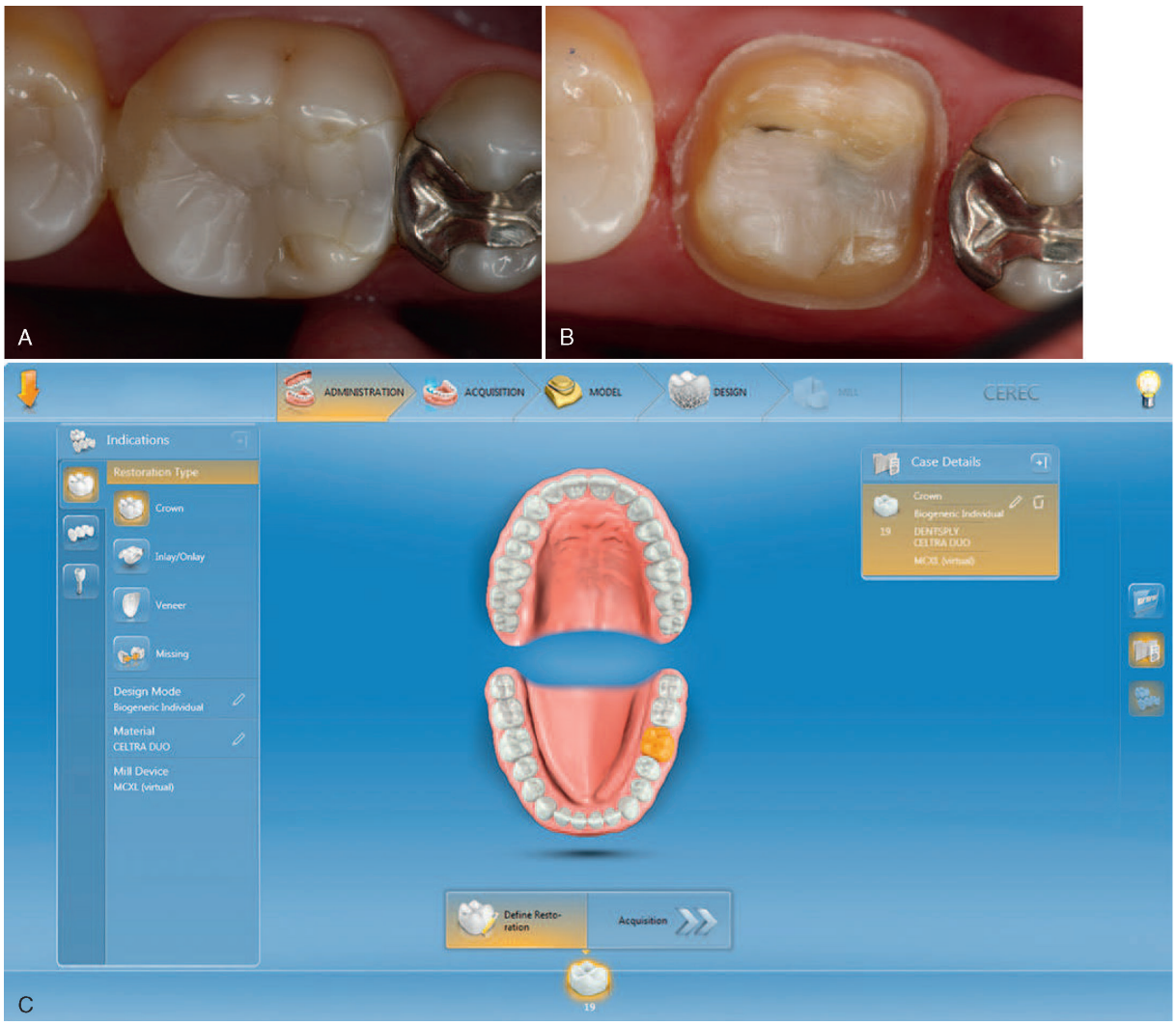
پروکسیمال را امکان‌پذیر می‌سازد. زمانی که طراحی رستوریشن کامل شد، به واحد تراش انتقال داده می‌شود تا فرایند ساخت، شکل حجمی رستوریشن را از یک بلوک تولیدشده صنعتی مواد سرامیکی ایجاد کند. هر چند تنوعی از فرایندهای ساختن ممکن است قابل تصور باشد، پروسه‌های تراش دادن یا subtractive grinding بلوک‌های سرامیکی، بر اساس طراحی حجمی ایجاد شده به وسیله برنامه نرم افزاری طراحی صورت می‌گیرد. بیشتر رستوریشن‌ها ممکن است در طول ۱۰ تا ۱۵ دقیقه طراحی و ماشین شوند تا این امکان فراهم شود که رستوریشن در همان جلسه تحویل داده شود. زمان‌های ماشین کردن طولانی‌تر ممکن است برای ژئومتری‌های پیچیده‌تر از جمله دنچرهای پارسیل ثابت یا رستوریشن‌های ایمپلنت لازم باشد. ماشین کردن آهسته‌تر ممکن است برای لبه‌های نازک، ترجیح داده شود، از جمله برای روکش‌های پرسلنی، تا از لب‌پر شدن در حین تولید جلوگیری شود. سیستم‌های خاص امکان حالت‌های ماشین کردن ظریف را می‌دهند، که پیشروی بلوک در هر بار عبور الماس ها/ فرزها را کند می‌کند (یا امکان یک عبور آرام‌تر ماشین برای بار دوم را می‌دهد) به گونه‌ای که کانتور سطح تصحیح (refine) شود. گلیز نهایی و/ یا پالیش سطح خارجی بعد از تایید بالینی آناتومی و تطابق لبه‌ای رستوریشن نهایی انجام می‌شود. رستوریشن نهایی با سمان رزینی چسبانده می‌شود.

برنامه‌های نرم افزاری CAD/CAMکنار صندلی، تکنیک‌های طراحی مختلفی را پیشنهاد می‌دهد که این فرصت را به وجود می‌آورد که بتوان فرم یک دندان راپیش از درمان یا نمونه اولیه آن را بر روی آماده‌سازی دندان رکورد شده کپی کرد. عمل کپی کردن نیاز به تصحیح ترمیم به دنبال طرح پیشنهادیرستوریشن را به حداقل می‌رساند، که به‌طور خاص در موقعیت‌های بالینی که نیازمند ترمیم دندان‌های پایه شکسته شده برای دنچرهای

پارسیل متحرک (RPD) هستند، مفید می‌باشد. نشستگاه رست (rest seat) موجود و کانتورهای پروگزیمالی از دندان پیش از درمان کپی می‌شوند و متعاقبا به آماده‌سازی دندان ثبت شده اعمال می‌شوند. سپس، رستوریشن سرامیکی جدید تطابق بسیار خوبی با RPD موجود خواهد داشت. همچنین، پروسه طراحی-کپی برای ترمیم‌های قدامی ازطریق استفاده از یک وکس آپ تشخیصی حاوی کانتورهای طرح ریزی شده به‌صورت استراتژیک برای رستوریشن‌ها، بسیار مفید است. این کانتورها ممکن است به‌صورت مجازی بر روی آماده‌سازی ثبت شده کپی شوند، به‌صورت دیجیتالی اصلاح شده، و سپس برای تراش انتقال داده شوند.

مواد ترمیمی کنار صندلی

سازنده گان مواد دندانپزشکی، موادی یکپارچه(monolithic) برای ترمیم‌های CAD/CAMکنار صندلی تولید می‌کنند که عموما از آنها تحت عنوان "بلوک" یاد می‌شود. این بلوک‌ها، موادی فشرده و هموژن هستند که به‌صورت صنعتی و تحت شرایط ایده‌آل تولید شده‌اند تا وجود نقص‌های داخلی محدود شود (خلل و فرج). وجود عیب و نقص‌های محدود، به حداکثر رساندن ویژگی‌های فیزیکی این مواد را امکان‌پذیر کرده است. این بلوک‌ها به قالب‌هایی متصل شده‌اند که خاص برندهای مختلف واحدهای ماشین کاری CAD/CAM کنار صندلی می‌باشند.



• **شـــکل ۱۱-۱۲:** مراحل کاری CAD/CAM کنار صندلی با سیســـتمA .CEREC، نمای دندان شـــماره ۱۹ قبل از درمان. B، آماده‌سازی کروان تمام سرامیکی برای دندان شماره ۱۹.C، تشخیص کیس در فاز اجرایی.