# مبانی کَدکم در دندانپزشکی


**نویسندگان:**

**جاناتان اِل. فِرِنسز**

**نِلسون آر. اِف.اِی. سیلوا**

**مترجمین:**

**دکتر فریبا صالح صابر**

متخصص و دانشیار پروتزهای دندانی دانشگاه علوم پزشکی تبریز

**سپنتاابوالفضلی**

دانشجوی دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی



ACP AMERICAN COLLEGE OF PROSTHODONTISTS

Your smile. Our specialty.™

ROYAN-PAZHOUH PUBLISHER
انتشارات رویان پژوه

ACP EDUCATION FOUNDATION

*Advancing prosthodontics through education and research*

| | |
|---|---|
| سرشناسه | : فرنسز، جاناتان ال. Ferencz، Jonathan L. |
| عنوان و نام پدیدآور | : مبانی کدکم در دندانپزشکی/نویسندگان جاناتان ال. فرنسز، نلسون آر.اف.ای. سیلوا ؛ مترجمین فریبا صالح‌صابر، سپنتا ابوالفضلی. |
| مشخصات نشر | : تهران : رویان‌پژوه، ۱۴۰۰. |
| مشخصات ظاهری | : ۲۸۸ص.: جدول. |
| شابک | : ۹۷۸-۶۰۰-۴۰۸-۸۸۶-۲ |
| وضعیت فهرست نویسی | : فیپا |
| یادداشت | : عنوان اصلی:.Fundamentals of CAD/CAM Dentistry |
| موضوع | : نرم‌افزار کدکم |
| موضوع | : CAD/CAM (Computer software) |
| موضوع | : دندان‌پزشکی -- نرم‌افزار |
| موضوع | : Dentistry -- Software |
| موضوع | : دندان‌پزشکی -- داده‌پردازی |
| موضوع | : Dentistry -- Data processing |
| شناسه افزوده | : سیلوا، نلسون آر. اف. ا. |
| شناسه افزوده | : Silva، Nelson R. F. A. |
| شناسه افزوده | : صالح‌صابر، فریبا، ۱۳۴۴ -، مترجم |
| شناسه افزوده | : ابوالفضلی، سپنتا، ۱۳۸۰-، مترجم |
| رده بندی کنگره | : RK۲۴۰ |
| رده بندی دیویی | : ۶۱۷/۰۷۵ |
| شماره کتابشناسی ملی | : ۸۴۳۶۱۶۰ |

ROYAN-PAZHOUH PUBLISHER
انتشارات رویان پژوه


# مبانی کَدکم در دندانپزشکی


**نویسندگان: جاناتان اِل. فِرنسز، نلسون آر.اِف.اِی. سیلوا**

**مترجمین: دکتر فریبا صالح صابر، سپنتا ابوالفضلی**



| | |
|---|---|
| **ناشر:** | **رویان پژوه** |
| نوبت چاپ: | اول - ۱۴۰۰ |
| صفحه آرا: | مصطفی ابدان |
| چاپ و صحافی: | نور |
| قطع و تعداد صفحات: | رحلی - ۲۸۸ |
| شمارگان: | ۳۰۰ نسخه |
| بها: | ۲۴۰۰۰۰ تومان |

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۴۰۸-۸۸۶-۲



**کلیه حقوق مادی و معنوی اثر متعلق به ناشر است و هرگونه تکثیر، بازنویسی، خلاصه‌برداری و یا برداشت به هر نحوی بدون اجازه کتبی از ناشر مجاز نبوده و منجر به پیگرد قانونی می‌باشد.**



**دفتر نشر و نمایشگاه دائمی: تهران، خیابان انقلاب، بین ۱۲ فروردین و منیری جاوید (روبروی دبیرخانه دانشگاه تهران)**

**ساختمان کتاب‌های جیبی، طبقه سوم** **تلفن: ۶۶۹۷۰۷۴۰ - ۶۶۴۸۶۳۷۳**

**www.RPpub.ir**

# فهرست


تقدیر و تشکر ..... ۷

دیباچه ..... ۸

پیشگفتار مترجم ..... ۹

**بخش ۱ ..... ۱۱**

فصل ۱-۱: تاریخچه‌ی " کَد/کَم" در دندانپزشکی ..... ۱۳

فصل ۱-۲: دیجیتال اسکنینگ و کاربردهای آن ..... ۲۳

فصل ۱-۳: اپتیمال‌سازی تراش دندان و کنارزدن لثه جهت دیجیتال اسکنینگ ..... ۳۹

فصل ۱-۴: طراحی رستوریشن‌ها ..... ۵۳

فصل ۱-۵: مواد بهینه‌سازی شده برای " کَد/کَم" ..... ۵۹

فصل ۱-۶: سازندگان و تکنولوژی میلینگ ..... ۷۷

**بخش ۲ ..... ۸۷**

فصل ۲-۱: دیجیتال وُرک-فلو و انواع آن ..... ۸۹

فصل ۲-۲: نقش تکنولوژی " سی‌بی‌سی‌تی" در " کَد/کَم" ..... ۱۰۱

فصل ۲-۳: درمان دندانپزشکی یک روزه ..... ۱۳۱

فصل ۲-۴: کَد/کَم برای رستوریشن‌های فول کاوریج قدامی ..... ۱۴۳

فصل ۲-۵: درمان با ایمپلنت ..... ۱۶۳

فصل ۲-۶: کاربرد تکنولوژی دیجیتال در ساخت دنچر ..... ۱۹۳

فصل ۲-۷: عصر دیجیتال در ارتودنسی ..... ۲۲۳

فصل ۲-۸: کاربرد تکنولوژی "کَد/کَم" در آموزش دندانپزشکی ..... ۲۴۷

فصل ۲-۹: ملاحظات تکمیلی ..... ۲۶۹

واژه‌یاب ..... ۲۸۳

# تقدیر و تشکر

کالج پروستودنتیست‌های آمریکا (اِی سی پی) از دکتر جاناتان اِل. فِرِنسز و دکتر بلسون آر.اِف.اِی. سیلوا بابت همکاری عالی در ارائه مفاهیم و به اشتراک گذاشتن تجربیاتشان در رابطه با کتاب"مبانی کَد/کَم در دندانپزشکی" تقدیر و تشکرفراون می‌کند. نویسندگان کتاب همچنین از هنری شِین برای حمایت بی‌دریغانه‌شان در پذیره‌نویسی پروژه بازنگری استانداردهای آموزشی اِی سی پی نهایت تشکر را دارند. علاوه بر این از شرکت ایوکلار ویوادنت بابت همراهی و کمک‌هایشان در تامین و جبران هزینه‌های این کتاب بسیار سپاسگذاریم.

از الیسون دیماتئو بایت تلاش خستگی‌ناپذیرانه‌شان در امر ویراستاری کتاب همچنین متشکریم. تمامی درآمدهای حاصله از این کتاب به کالج پروستودنتیست‌های آمریکا تقدیم خواهد شد.

# دیباچه

این کتاب بعنوان ابزار کمک آموزشی و بمنظور استفاده در کوریکلوم دیجیتال دنتیستری "اِی سی پی" ارائه گردیده شده است. ساختار کتاب در پانزده فصل و در طی دو بخش اصلی تنظیم و هر فصل از اهداف آموزشی، مطالب علمی مرتبطه، خلاصه و فهرست مطالعاتی تشکیل شده است.

آکادمی پروستودنتیست‌های آمریکا با هدف و در زمینه اطمینان از آماده شدن پروستودنتیست‌ها برای وارد نمودن دیجیتال دنتیستری در برنامه درمان‌های بالینی دندانپزشکی، فعالیت می‌کند. بمنظور دسترسی به منابع دسترسی بیشتر در این راستا، لطفا از صفحه وبسایت "اِی سی پی" به آدرس: Digital Dentistry Resources مراجعه کنید.

امیدواریم این ابزارهای کمک آموزشی در آموزش دیجیتال دنتیستری کمک کننده و کاربردی باشند.

# پیشگفتار مترجم

با توجه به گسترش روزافزون جایگاه "دیجیتال دنتیستری" در شیوه‌های درمان‌های بالینی، مفتخرم بار دیگر موفق به انجام ترجمه یکی از این کتب با عنوان "مبانی کَد/کَم در دندانپزشکی" شده‌ام. لازم به توضیح است که این کتاب یک کتاب الکترونیکی می‌باشد که در کوریکلوم آموزشی "دیجیتال دنتیستری" آکادمی پروستودنتیست‌های آمریکا گنجانده شده است. از آنجایی که موفقیت درمان‌های پروتزی علاوه بر نیاز به دانش و مهارت بالای کلینیسین و تکنسین دارد، بسیار وابسته به برقراری ارتباط و شیوه انتقال مناسب اطلاعات به لابراتوار است. این کتاب در این خصوص مطالب را با هدف رسیدن به این امکان تنظیم کرده است در این راستا مطالعه فصول ۳ (دندانپزشکی در یک روز)، ۴ (رستوریشن‌های فول کاوریج قدامی با کد/کم) و ۵ (درمان‌های با ایمپلنت) در بخش دوم را به خوانندگان عزیز و همکاران در زمینه درمان‌های بالینی پروتزی توصیه می‌کنم.

یکی از افق‌های هیجان‌انگیز این کتاب مرتبط با روند آموزشی دانشجویان آموزشی در دوره پری‌کلینیک و کلینیک است که امر خودآموزی و خود ارزیابی را توسط دانشجویان در زمان‌های دور از استاد و فراغت دانشجویان را مطرح می‌سازد در واقع تداوم آموزش دندانپزشکی در ساعات غیرآموزشی که سبب افزایش بهره‌وری آموزشی می‌گردد.

در ارزیابی کوریکلوم استاندارد برای دانشکده‌های دندانپزشکی، باید بررسی کرد که چه میزان زمان، به آموزش دندانپزشکی اختصاص داده شده است. تقریبا هفتاد درصد زمان آموزشی در طی دو سال اول مدرسه دندانپزشکی به موارد غیر دندانپزشکی اختصاص داده می‌شود. از دروس دندانپزشکی فقط هیجده درصد زمان کلاس به تراش دندان اختصاص داده می‌شود. بقول مولفین کتاب "بسیاری از دانشجویان سال دوم می‌توانند بخوبی تمامی مراحل چرخه کربس را حفظ کنند ولیکن نمی‌توانند بطور دقیق و تکرار شونده تراش یک دندان کامل و ساده را بطور ایده‌آل انجام دهند"، که به دلیل وجود فشار زمان آموزش علوم پایه در کوریکلوم بر روی زمان آموزشی دندانپزشکی و ناکافی بودن میزان زمان آموزشی برای تراش دندان می‌باشد. بنابراین برنامه‌ریزی مکانیسمی برای دانشجویان که بتوانند در خارج از ساعات آموزشی مهارتهای خود را افزایش دهند، ضروری است. استفاده از شبیه‌سازهای دندانپزشکی در اینگونه موارد، بطور روزافزونی بسیار شایع است تا دانشجویان دندانپزشکی بتوانند از آنها برای انجام تمرین‌های لازم بر روی دندان‌ها بطور نامحدود و بصورت ۲۴ ساعته و ۷ روز هفته استفاده کنند. متاسفانه لابراتوارهای شبیه‌ساز همچنان خالی از حضور دانشجویان می‌باشد که به دلیل تنبل بودن دانشجوها و یا بی‌انگیزه بودن آنها برای تبدیل شدن به یک کلینیسین عالی و بسیار ماهر، نمی‌باشد، بلکه از تمرین کردن بی‌هدف بدون دریافت فیدبک دقیق، خسته و بی‌حوصله شده‌اند. عدم وجود مکانیسم فیدبک برای راهنمایی دانشجویان پس از ساعات مقرر آموزشی، دلیل واضح خالی بودن لابراتوارهای شبیه‌سازدار می‌باشد.

شاید تا کنون در آموزش دانشجویان دندانپزشکی روشی همانند ارزیابی کامپیوتری تراش بوسیله کد/کم در آموزش دانشجویان پری‌کلینیک بدین گونه انقلاب بوجود نیاورده باشد. لذا توجه همکاران دخیل در آموزش دانشجویان دندانپزشکی را به مطالعه فصل آخر کتاب که در رابطه با این امر است جلب می‌کنم. به امید اینکه شاهد وارد شدن هر چه سریع‌تر دیجیتال دنتیستری در کوریکلوم دندانپزشکی کشور و کارآمدتر شدن دانشجویان دندانپزشکی کشور باشیم.

در آخر امیدوارم این مجموعه ترجمه شده مورد استفاده همکاران و دانشجویان دندانپزشکی واقع شود.

**دکتر فریبا صالح صابر**

دانشیار و متخصص پروتزهای دندانی و ایمپلنت

# بخش ۱


فصل ۱-۱: تاریخچه‌ی " کَد/کَم" در دندانپزشکی

فصل ۱-۲: دیجیتال اسکنینگ و کاربردهای آن

فصل ۱-۳: اپتیمال‌سازی تراش دندان و کنارزدن لثه جهت دیجیتال اسکنینگ

فصل ۱-۴: طراحی رستوریشن‌ها

فصل ۱-۵: مواد بهینه‌سازی شده برای " کَد/کَم"

فصل ۱-۶: سازندگان و تکنولوژی میلینگ

# ۱-۱

# تاریخچه‌ی " کَد/کَم" در دندانپزشکی

## اهداف آموزشی

**پس از پایان این بخش خواننده باید بتواند:**

**۱. اجزای اساسی تکنولوژی " کَد/کَم" را بداند.**

**۲. در مورد تاریخچه و سیر تکاملی تکنولوژی " کَد/کَم" بحث کند.**

**۳. کاربرد تکنولوژی " کَد/کَم" را بتواند در موارد دندانپزشکی تعیین کند.**

## مقدمه

*طراحی بوسیله کامپیوتر (کَد) [1] و ساخت بوسیله کامپیوتر (کَم) [2] ضرورتاً با همراه شدن سه پروسه تشکیل می‌شود: تحصیل اطلاعات و تصاویر؛ آنالیز اطلاعات و تصاویر و کار بر روی آنها، یا طراحی بوسیله کامپیوتر؛ و ساخت و یا ساخت به کمک کامپیوتر. اطلاعات با تکنیک‌های مختلفی با هدف ثبت تصاویر، مانند دیجیتال اسکنینگ یا دیجیتال فوتوگرافی حاصل، از نرم افزار برای پردازش، آنالیز و دستکاری تصاویر و از واحدهای میلینگ یا پرینترهای سه بعدی (تری دی) [3] برای ساخت رستوریشن‌های تهیه شده از (کَد) و یا ساخت سایر اجزای طرح درمان استفاده می‌شود.*

---

این روش در سال‌های ۱۹۴۰ در صنعت و کاربری‌های مهندسی برای ساخت آسان‌تر و انبوه‌سازی سریع‌تر اجزای پیچیده، بکار گرفته شد. از سیستم‌های "کَد/کَم" در ابتدا در صنایع اتومبیل‌سازی و هوا فضا استفاده می‌شد. سیستم‌های "کَد/کَم" تا سال‌های ۱۹۷۰ که فرانسوا دورِت[4] کاربردهای آن را در حرفه دندانپزشکی متصورشد، هنوز وارد دندانپزشکی نشده بودند. بنیاد اولیه این فکر در ابتدا ساخت ابزارهایی با کنترل کامپیوتر، ساخت رستوریشن‌هایی با سختی و خطای کمتر و کاهش هزینه‌های ساخت بود. از آنجایی که کاربرد این مدل در سایر صنایع با موفقیت همراه شده بود، چالش اساسی کاربرد "کَد/کَم" در دندانپزشکی، ساخت اجزایی که (مانند رستوریشن‌های دندانی) کاملاً در بین افراد متفاوت است و بایستی بطور اختصاصی با تراش دندان برای هر بیمار ساخته شود، بود.

کاربرد این تکنولوژی در ایجاد و ساخت رستوریشن‌های دندانی در یک روز و در کنار بیمار تا سال‌های ۱۹۸۰ و تا پیدایش و معرفی سیستم "سِرِک" (سیرونا) [5] توسط دکتر وِرنِر مورمان[6] به تعویق افتاد. وی اولین بارموفق به ساخت اینله سرامیکی با استفاده از تکنولوژی ساخت به کمک کامپیوتر در یک جلسه و در کنار بیمار شد.

---

1. CAD
2. CAM
3. 3D
4. François Duret
5. CEREC System (Sirona)
6. Dr. Werner Mörmann

در این تلاش اولیه مشکلات فراوانی (مانند ایجاد جزئیات سطح اکلوزال، مارجینال فیت دقیق) وجود داشت، اولین رستوریشن‌های ساخته شده بوسیله سیستم "سِرک"، اینله‌های کامپوزیتی هیت کیور[1] بودند که با سیمان‌های رزینی به دندان سیمان می‌شدند. نتایج مطالعات اولیه بر روی این رستوریشن‌ها حاکی از بروز تخریب در مارجین اینله‌ی کامپوزیتی بود که معرفی شدن سرامیک بعنوان ماده سازنده اینله، سبب ارتقاء کیفیت رستوریشن‌ها شد.

در این سیستم پیش کسوت، همچنین از دوربین داخل دهانی برای اندازه‌گیری و یا اسکنینگ تراش اینتراکرونال[2] دندان استفاده شد و بر اساس آن اینله طراحی و از یک بلوک سرامیکی متراکم بوسیله میلینگ ماشین کوچکی که قابلیت استفاده در مطب را داشته باشد، حکاکی و تراشیده شد. این اولین سیستمی کارآیی بود که می‌توانست در همان جلسه تراش رستوریشن سرامیکی را بسرعت بسازد و بدین ترتیب راهنمایی برای دندانپزشکی با " کَد/کَم" گشت.

دکتر مَتز اَندرسون[3] در گام بعدی یک سیستم " کَد/کَم" برای ساخت کوپینگ‌های تیتانیومی (نابل پروسِرا " کَد/کَم" سیستم، نابل بایوکِر)[4] را بوجود آورد. در اوایل دهه‌ی ۱۹۸۰، استفاده از آلیاژهای بیس متال به دلیل بحران ناشی از افزایش قیمت طلا، محبوبیت و رواج بیشتری در دندانپزشکی یافت. در این رابطه گزارشاتی مبنی بر بروز واکنش‌های آلرژیک در بیماران نسبت به نیکل موجود در الیاژ همچنین خطر مسمومیت با بریلیوم در تکنسین‌ها به دلیل در معرض بودن با این عنصردر حین کار با آلیاژ ارائه شده است. در پاسخ به پیامدهای منفی و نامطلوب این آلیاژها، استفاده از تیتانیوم در این رابطه مطرح گشت. از آنجایی که کاربرد تکنیک‌های رایج و معمول حذف موم در ریختگی الیاژ برای تیتانیوم مشکل آفرین بود، بنابراین دکتر اَندرسون ساخت کوپینگ‌های تیتانیومی را با اسپارک اروژن[5] و وینیرینگ آنها با کامپازیت با استفاده از تکنولوژی " کَد/کَم" را پیشنهاد نمود. این تحول منجر به پیدایش یک سیستم موفق ساخت تجاری شد که در طی آن با اسکن دای‌ها، رستوریشن‌ها طراحی و با استفاده از مواد تمام سرامیک و میلینگ آنها در یک مجموعه مرکزیت یافته ساخته می‌شدند. بدین ترتیب نظریه‌ی ساخت شبکه‌ایی گسترش یافت و توسط کمپانی‌های متعددی بکار گرفته شد.

کاربرد دنتال " کَد/کَم" نه تنها در ساخت رستوریشن‌های چند واحدی گسترش یافت، بلکه در ساخت اباتمنت ایمپلنت‌ها، گایدهای جراحی، دنچرهای کامل نیز بکار گرفته شد. سیستم‌های اولیه " کَد/کَم" فقط محدود به ساخت رستوریشن‌های تک واحدی مانند اینله، انله، کراون‌های تک واحدی و وینیرها بودند. علاوه بر این به دلیل عدم توانایی ظرفیت کامپیوتر در نگهداری اطلاعات بدست آمده از تصاویر سه بعدی، نرم افزارها و سخت افزارهای سیستم‌های اولیه‌ی " کَد/کَم" فقط توانایی ثبت تصاویر ثبت شده را بصورت دوبعدی (تو دی)[6] دارا بودند.

1. Heat processed composite inlays
2. Intracoronal tooth preparation
3. Dr. Matts Andersson
4. NobelProcera® CAD/CAM System, Nobel Biocare
5. Spark erosion
6. 2D

## سیر تکاملی کَد/کَم[1] در دندانپزشکی

*تا کنون سیستم‌های "کَد/کَم"، اجزای کلینیکال و لابراتواری مرتبط با آن توسط سازندگان متعددی به دندانپزشکی معرفی شده است. سخت افزار کَد/کَم همانطور که قبلا هم شرح آن داده شد، شامل دیجیتال اسکنر[2]، کامپیوتر، تجهیزات تولید کننده (مانند؛ میلینگ یونیت[3] و پرینتر سه بعدی[4]) می‌باشد.*

اگرچه تنظیمات تصویری و طراحی رستوریشن با استفاده از نرم افزار "کَد" انجام می‌شود، سازندگان خود نیز نیازمند نرم افزار "کَم" برای انجام پروسه بصورت کاملا اتوماتیک می‌باشند. توانمندی "کَم" امروزه بسته به نوع نرم افزار، شامل ساخت رستوریشن‌های متعدد بر اساس پارامترهای اختصاصی (مانند؛ مواد، نوع رستوریشن) می‌باشد. اگرچه نرم افزارهای اولیه "کَم" تنها امکان استفاده از مواد مختلف را فراهم می‌کردند، انواع جدید علاوه بر قابلیت تولید بیشتر و کنترل مراحل، مقرون بصرفه‌تر نیز می‌باشند.

سیستم‌های "کَد/کَم" موجود در دندانپزشکی از سیستم‌های کامل که توانایی اسکن، طراحی و میلینگ دارند تا انواعی که فقط توانایی انجام یک فانکشن اختصاصی دارند مانند دیجیتال اسکنینگ، طراحی و یا میلینگ رستوریشن، طیف گسترده‌ایی را شامل می‌شوند. امروزه بدین ترتیب ساخت رستوریشن در سه محیط: در کلینیک دندانپزشکی وکنار بیمار؛ لابراتوار دندانپزشکی؛ و میلینگ سنتر[5] امکان‌پذیر شده است.

در بین سیستم‌های کامل، سیستم " ایی فور دی دنتیست سیستم (تکنولوژی‌ایی فوردی)"[6] تحت عنوان" پلن اسکن" (پلن مگا)[7] در سال ۲۰۰۸ برای " دندانپزشکی کَد/کَم یک جلسه‌ایی"[8] معرفی شده است (شکل ۱-۱ .۱). تفاوت نوع آورانه این سیستم در یکپارچگی آن و معماری باز آن می‌باشد بگونه‌ایی که امکان انتخاب اجزای گردش کار (بطور مثال؛ دیجیتال اسکنرها، نرم افزار "کَد"، واحد میلینگ)، بدون بکارگیری کل سیستم را برای اپراتور فراهم می‌کند.

**شکل ۱-۱.۱** پلن- میل پلنمگا ۴۰

سایر سیستم‌های "کَد/کَم" که امروزه در دندانپزشکی موجود می‌باشند عبارتند از" سِرک اِی سی از کمپانی سیرونا"[9]، " لاوا" ازکمپانی "تری اِم" "ایی اس پی‌ایی"[10]، "آی تِرو" از کمپانی "کادنت"[11] و "تری اُس" از کمپانی "تری شیپ"[12]. در بین این موارد تنها "سِرک اِی سی" قابلیت "کَم" را نیز بهمراه دارد. سیستم‌های "لاوا"، "آی تِرو" و"تری اُس" سیستم‌های قالب‌گیری دیجیتال اختصاصی دارند. برای لابراتوارها نیز سیستم " سِرک در لابرتوار" "اِم سی اِکس اِل میلینگ"[13] در دسترس می‌باشد.

1. CAD/CAM
2. Digital scanner
3. Milling unit
4. 3D printer
5. Milling centers
6. E4D Dentist System (formerly E4D Technologies)
7. Planscan (Planmeca)
8. Same day CAD/CAM dentistry
9. CEREC® AC from Sirona
10. LAVA™ COS from 3M ESPE
11. iTero®from Cadent
12. Trios from 3Shape
13. CEREC inLab® MCXL milling unit

## قالب‌گیری دیجیتال /ابزارهای اسکنینگ[1]

سیستم‌های قالب‌گیری دیجیتال به سخت افزارهایی گفته می‌شود (دوربین‌ها و اسکنرهای متصل به کامپیوتر) که تصاویر دیجیتالی دندان‌ها و بافت‌های نرم، آنالوگ‌ها[2] و قالب‌ها را ضبط و با استفاده از نرم افزارهایی روی تصاویر کار می‌کند و اطلاعات بیمار را مدیریت می‌نماید. اولین اسکنرهای داخل دهانی بمنظور اطمینان از ثبت جزئیات در تصاویر دیجیتالی نیاز به استفاده از پودرهای آشکارساز (مانند دی اکسید تیتانیوم) داشتند. امروزه اسکنرهای دیجیتالی متعددی بدون نیاز به پودر[3] در دسترس می‌باشند. اسکنرهای دیجیتالی داخل دهانی جزیی از یک سیستم کامل "کَد/کَم این-آفیس" [4] (مانند " سِرِک"، " ایی فور دی دنتیست /پلن اسکن)" می‌باشند که برای تولید قالب‌های دیجیتالی از دندان‌های تراش خورده بکار می‌روند که البته در حال حاضر بصورت یک وسیله مستقل در دسترس نیستند.

از فواید قالب‌گیری دیجیتال حذف نیاز به استفاده از آلژینات و مواد قالب‌گیری الاستومریک و تری‌های مربوطه و افزایش کامفورت بیمار می‌باشد. به جای استفاده از مراحل جایگذاری آنالوگ، از اسکنر برای قالب‌گیری دیجیتال استفاده می‌شود.

اسکنرهای نوری داخل دهانی (دیجیتالی) برای اسکن اشیاء با استفاده از یکی از این دو روش کار می‌کنند: نور تقویت شده (مانند منابع لیزری) و یا نور مرئی (مانند منابع نوری). نرم افزارهمراه با اسکنر، تصاویر را در کامپیوتر پروسس و یا با اینترنت به میلینگ سنتر منتقل می‌کند.

صرف نظر از نوع روش کاربردی، تصاویر قالب‌گیری دیجیتالی بلافاصله بر روی صفحه کامپیوتر مشاهده شده و می‌توان آن را به مدل انتزاعی تبدیل نمود. قابلیت ارزیابی فوری کیفیت تصویر (مانند قالب دیجیتال) به کلینیسین امکان بررسی موارد مشکل آفرین (بطور مثال طرح نامناسب تراش و یا واضح نبودن مارجین‌ها) و رفع آنها و تهیه تصویر مجدد را می‌دهد. با انتقال الکترونیکی این اطلاعات به لابراتوار و با استفاده از قالب‌های دیجیتالی، امکان ساخت رستوریشن نهایی به روش مرسوم (مانند ساخت کست استون) و یا بطور مجازی (مدل‌های دیجیتالی) و یا قسمتی از پروسه ساخت رستوریشن بوسیله روش " کَد/کَم" (مانند میلینگ و یا پرینتینگ سه بعدی) فراهم می‌شود. از این فایل‌ها همچنین می‌توان برای طراحی دیجیتالی چِیرساید میلینگ رستوریشن‌ها[5] (مانند" کَد/کَم این-آفیس") استفاده کرد. در صورتی که از تکنولوژی قالب‌گیری دیجیتال در دندانپزشکی استفاده نشود، می‌توان آنالوگ ایمپرشن[6] / و یا مدل را تهیه و برای اسکنینگ به لابراتوار با توانمندی " کَد"، ارسال نمود.

## نرم افزار " دنتال کَد/کَم "

پس از اسکنینگ تصاویر، فایل‌های قالب دیجیتالی در فرمت ".اِس تی اِل" ذخیره می‌شوند. اگرچه سازندگان مختلف سیستم‌های قالب‌گیری دیجیتالی از ورژن‌های اختصاصی این فایل که مانع از استفاده آنها با سایر سیستم‌های در دسترس می‌شود (سیستم بسته)[7]، استفاده می‌کنند. این سیستم‌های بسته، کلینیسین و تکنسین لابراتوار را فقط به استفاده از سیستم طراحی کامپیوتر / نرم افزار و دستگاه تولید کننده‌ایی (مانند میلینگ و یا پرینتر) که فقط بطور اختصاصی با آن سیستم قالب‌گیری کار می‌کند، محدود می‌کند. در سال‌های اخیر خوشبختانه این مورد تغییر یافته است و کمپانی‌های تکنولوژی قالب‌گیری دیجیتالی، بمنظور " باز نمودن معماری" و افزایش قابلیت انعطاف‌پذیری سخت افزار و نرم افزاربرای کلینیسین و تکنسین لابراتوار، اختصاصی بودن این سیستم‌ها را کنار گذاشته‌اند. بدین ترتیب دندانپزشکان بیشتری خواهد توانست با تعداد بیشتری از لابراتوارها و متخصصین، همکاری کنند.

نرم افزار " کَد" معمولاً بطور اتوماتیک طرح و نوع استانداردی از رستوریشن را پیشنهاد می‌کند. اُپراتور (دندانپزشک، تکنسین لابراتوار و دستیار دندانپزشک) می‌تواند در طرح پیشنهادی رستوریشن تغییراتی ایجاد کند. اصلاحات معمولاً شامل محل مارجین، اِمرجنس پروفایل، مواد، ضخامت و مرفولوژی کاسپ می‌باشد. بعضی از نرم افزارها به عمل کننده امکان وکس-آپ مجازی رستوریشن‌ها را بر روی تراش مجازی بمنظور تنظیم دقیق فراهم می‌سازند.

1. Scanning Devices
2. Analog models
3. Powderless
4. In-office CAD/CAM systems
5. Milled restorations chairside
6. Analog impression
7. Closed system

علاوه بر این نرم افزارهای جدید "کَد"، ابزارهای متنوعی را برای اِعمال اصلاحات اضافی مانند تنظیم اکلوژن، هایت آف کانتور و تماس‌های پروگزیمالی، نیز فراهم می‌کنند. در سال‌های اخیر، با پیدایش و ایجاد طبقه‌بندی در کتابخانه "کَد"، سهولت بیشتری در ساخت رستوریشن بوجود آمده است.

استفاده از تکنیک‌های "کَد" و نرم افزارهای نوین "دنتال کَد" سبب افزایش توانایی تولید، ارتقاء کیفیت طراحی رستوریشن و تسهیل در برقراری ارتباط مشترک بین اعضای تیم درمانی دندانپزشکی می‌شود. طیف گسترده‌ایی از نرم افرارهای "دنتال کَد/"کَم" با قابلیت‌ها و کاربردهای متنوعی از طراحی رستوریشن تا آنالیز ارتدنسی و از طراحی جراحی ایمپلنت تا مونیتورینگ درمان در دسترس می‌باشد. علاوه بر این، نرم افزار "کَد" توانایی طراحی رستوریشن را از ابتدا تا انتها با تقلید و همانندسازی مراحل (بطور مثال ایجاد محل مارجین، بلاک-آت اندرکات‌ها، اصلاحات آناتومیک) که بطور معمول توسط تکنسین انجام می‌شود، را برای عمل کننده فراهم می‌کند.

## ساخت توسط "کَم"

ماشین‌های کنترل عددی کامپیوترهای صنعتی از ابزارهای مختلف (مانند دریل‌ها، اره‌ها، ماشین‌های تراش) برای قسمت‌ها و اجزا مورد نظر استفاده می‌کنند، در حالی که ماشین‌های دنتال میلینگ از فرزها استفاده می‌کنند. از آنجایی که روش کاربردی در این واحدهای میلینگ متفاوت است (بطور مثال ساخت تعداد رستوریشن کمتری در روز و یا در هفته؛ صدها تا هزارها در هفته و یا در ماه)، هزینه، سایز و مکانیسم و ظرفیت تولید در بین سیستم‌های موجود بمیزان قابل توجهی تفاوت دارد.

واحدهای دنتال میلینگ برای ساخت رستوریشن اساساً از پروسه‌های سابترکتیو[1] (کاهش دهنده) که با برداشت مواد از بلاک‌ها بر اساس شکل و اندازه‌ایی که توسط دندانپزشک و با استفاده از نرم اقزار "کَد" تعیین شده است، استفاده می‌کنند. کارآیی واحدهای میلینگ بستگی به فاکتورهایی مانند تعدادمحورها و فرزهای موجود در دستگاه دارد. واحدهای میلینگ اصلی چِیرساید[2] و یا دسکتاپ[3] معمولاً با سه یا چهار محورکار می‌کند و بمنظور تولید حجم نور و ساخت رستوریشن‌های با پیچیدگی کمتر طراحی شده است. امروزه واحدهای میلینگ چِیرساید و دسکتاپ پنج محوره که امکان کنترل ابزارهای تراش در سه پلن خطی و دومحور چرخشی را فراهم می‌کنند، نیز وجود دارد (شکل ۲-۱. ۱).

**شکل ۲-۱. ۱** ماشین دنتال میلینگ ۵ محوره رولند دی دبلیوایکس-۵۰ [4]

لابراتوارهای سازنده و مراکز میلینگ دارای واحدهای میلینگ "کَم"، از ماشین‌های ۵ محوره استفاده می‌کنند که این دستگاه‌ها معمولاً بزرگتر و سریع‌تر هستند و دارای اتوماسیون رباتیک[5] برای بکارگیری با مواد و رستوریشن‌ها می‌باشند (شکل۳-۱. ۱). این دستگاه‌ها همچنین از دقت بسیار بالاتری برخوردار می‌باشند.

1. Subtractive
2. Desktop milling units
3. Robatic automation
4. Roland DWX-50 5-Axis Dental Milling Machine
5. Additive

**شکل ۳-۱.۱** مرکز میلینگ سی اِن سی با محورعمودی اَس وی اِف- ۲ تی آر[۳]

اگرچه از پروسه‌های ساخت به روش اَدیتیو[۱] یا افزایشی (مانند پرینتینگ سه بعدی[۲]) بطور فزاینده‌ایی در دندانپزشکی برای ساخت الاینرهای ارتدنسی[۳]،سرجیکال گاید[۴] و دنچرهای متحرک و پروتزهای ثابت ایمپلنت-ساپورت نیز استفاده می‌شود. واحدهای میلینگ با روش سابترکتیو و یا برداشت، با حذف مواد به وسیله فرزها عمل می‌کنند ولیکن در پرینتینگ سه بعدی مواد به روش اَدیتیو ویا افزودن، افزوده می‌شود.

## تنوع مواد در "دنتال کَم"

مواد اصلی " دنتال کَد/کَم" ازسرامیک‌های دانه ریز با پایه فلدسپار است که بصورت بلوک‌هایی فشرده می‌شوند (مانند ویتا بلاک مارک‌I، ویتا) [۵]. اگرچه در اواخر دهه‌ی ۱۹۸۰ سرامیک‌های دانه ریز با پایه فلدسپار که حاوی حجم بالایی از ذرات گلاس بودند (ویتا بلاک مارک II) [۶] معرفی شدند، بدنبال آن در ۱۹۹۷ سرامیک‌های رزین- بیس سیلیکا (مانند پارادیجم اِم زی ۱۰۰، تری اِم -ایی اِس پی‌ایی) [۷] نیز عرضه شدند. پس از آن، انواع مختلفی از رستوریشن‌های بدون فلز که دارای سختی لازم جهت تحمل پروسه " کَم" بودند، نیز بمنظور تأمین استتیک معرفی شدند. این مواد عبارتند از سرامیک‌های رزینی (مانند لاوا یولتیمیت کَد/کَم تری اِم -ایی اِس پی‌ایی) [۸]، لیتیوم دی سیلیکات (مانند آی پی اِس‌ایی. مکس کَد، ایوکلار ویوادنت) [۹]، سرامیک‌ها (مانند لاوا، تری اِم -ایی اِس پی ایی؛ سِرون، دنتسپلی) [۱۰] و سرامیک‌های های-استرنت[۱۱] (مانند آلومینا، زیرکونیا).

در سال‌های اخیر سازندگان، بلوک‌هایی از مواد را که دارای تفاوت رنگ در نواحی سرویکال، بادی، ولبه انسیزال بودند را بمنظور پروسس بسیار سریع‌تر رستوریشن‌های کَد/کَم معرفی کردند. این مواد کیفیت استتیک بسیار بالا و طبیعی تری را تأمین می‌نمایند و شامل آی پی اِس‌ایی. مَکس کَد مولتی (ایوکلار ویوادنت) [۱۲] و همچنین ویتا بلاکس تریلوکس فورت[۱۳] و ویتابلاک رِیل لایف (ویتا)[۱۴] می‌باشند.

1. Additive manufacturing processes
2. 3D printing
3. Orthodontic aligners
4. Surgical guides
5. Vitablocs Mark I, VITA
6. Vitablocs Mark I, VITA
7. Paradigm MZ100, 3M ESPE
8. LAVAUltimate CAD/CAM, 3M ESPE
9. IPS e. maxCAD,IvoclarVivadent
10. LAVA, 3M ESPE; Cercon, DENTSPLY
11. High-strength
12. IPS e. max CAD Multi (IvoclarVivadent)
13. Vitablocs Triluxe Forte
14. Vitablocs RealLife (VITA)