بسم الله الرحمن الرحيم

اکسیر سبز

(خلاصه نکات علم و هنر در دندانپزشکی ترمیمی)

گردآوری و تلخیص:

دکتر مهدی رهبر

دکتر ندا خیرخواه دبّاغ

دکتر صبا آرامی

دکتر محمدعلی مجددی

محدثه جهدی

سرپرست گردآوری و تلخیص:

دکتر مهدی رهبر

متخصص دندانپزشکی ترمیمی و زیبایی

پژوهشگر برجسته کشوری سال ۹۷

زیرنظر:

دکتر سیاوش سوادی اسکویی **دکتر محمود بهاری**

اعضاء هیأت علمی دندانپزشکی ترمیمی و زیبایی

دانشگاه علوم پزشکی تبریز

مقدمه

«هو العلیم و الحکیم»

کتاب علم و هنر در دندانپزشکی ترمیمی یکی از منابع مهم و ارزشمند رشته دندانپزشکی در جهان از گذشته تا کنون بوده است و نکات اساسی و بنیادین دندانپزشکی در آن گنجانده شده است.

در ویراست جدید این کتاب تغییرات محتوایی و ساختاری خوبی صورت گرفته که می‌توان به ادغام ۳ فصل مربوط به کامپوزیت در یک فصل و ۴ فصل مربوط به آمالگام نیز در یک فصل جداگانه اشاره کرد. اضافه شدن ۴ فصل جدید با عناوین لایت کیور مواد ترمیمی، رنگ و تطابق رنگ در دندانپزشکی ترمیمی، ملاحظات پریودنتولوژی در دندانپزشکی ترمیمی و دندانپزشکی دیجیتال در دندانپزشکی ترمیمی از تغییرات دیگر مربوط به این کتاب می‌باشد. همچنین در ویراست جدید، فصول ابزار و تجهیزات تراش دندان، ملاحظات اولیه در دندانپزشکی ترمیمی و رستوریشن‌های ریختگی کلاس دو به بخش آنلاین کتاب انتقال یافته است.

در ترجمه و گردآوری این کتاب، از ایده‌ی نقشه مفهومی (Concept Map) استفاده گردیده است؛ به‌طوری‌که ضمن ترجمه سلیس، با گنجاندن خلاصه‌ی متن کتاب و نکات در قالب نقشه مفهومی، علاوه بر تسهیل مطالعه‌ی مفاهیم و نکات، مرور آنها را نیز به دلیل ساختارمند بودن راحت‌تر کرده است. لازم به ذکر است که در کتاب حاضر، علاوه بر حفظ کلیه نکات مهم و اساسی کتاب اصلی، به ساختار و اسلوب اصلی آن خللی وارد نشده و مطالب مهم و جدید نیز برجسته شده است.

در پدید آمدن این اثر خانم دکتر ندا خیرخواه دباغ (دستیار تخصصی دندانپزشکی ترمیمی شهید بهشتی)، خانم دکتر صبا آرامی (متخصص دندانپزشکی ترمیمی)، آقای دکتر محمدعلی مجددی (متخصص درمان ریشه) و خانم محدثه جهدی (دانشجوی دندانپزشکی تبریز) همکاری نموده و اساتید گرانقدرم جناب آقایان دکتر سیاوش سوادی اسکویی و دکتر محمود بهاری، زحمت بازبینی و نظارت در روند تکمیل کتاب را برعهده داشتند. همچنین از استاد گرانقدر آقای دکتر علی یزدانی و دوست عزیزم مهدی محمدی بخاطر در اختیار قرار دادن تعدادی از فصول ترجمه کتابشان جهت تسریع تکمیل کتاب، ممنون و سپاسگزارم.

در نهایت از مدیر محترم انتشارات آرتین طب آقای علیدایی و مدیر اجرایی این انتشارات خانم لاری به دلیل حمایت‌ها و پیگیری‌های مستمرشان که قوت قلب همکاران عزیزم بودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

امید است، کتاب حاضر که حاصل ماه‌ها تلاش مستمر بنده و دوستان عزیزم می‌باشد مورد رضایت و قبول خوانندگان عزیز قرار گیرد.

دکتر مهدی رهبر

متخصص دندانپزشکی ترمیمی و زیبایی

تابستان ۹۸

فهرست مطالب

فصل ۱: آناتومی، هیستولوژی و فیزیولوژی دندانی و اکلوژن ۷
فصل ۲: پوسیدگی دندانی: اتیولوژی، خصوصیات کلینیکی، ارزیابی ریسک و کنترل ۲۱
فصل ۳: ارزیابی بیمار، معاینه، تشخیص و طرح درمان ۵۱
فصل ۴: اصول آماده‌سازی دندان ۶۵
فصل ۵: مفاهیم اساسی باند به مینا و عاج ۷۵
فصل ۶: لایت کیور مواد ترمیمی ۹۳
فصل ۷: رنگ و تطابق سایه‌های رنگی در دندانپزشکی ترمیمی ۱۰۵
فصل ۸: تکنیک‌های کلینیکال ترمیم‌های کامپوزیتی مستقیم و ترمیم‌های گلس‌آنیومر ۱۱۳
فصل ۹: اعمال زیبایی محافظه‌کارانه اضافی ۱۲۷
فصل ۱۰: اصول کلینیکی ترمیم‌های آمالگام ۱۵۱
فصل ۱۱: ملاحظات پریودنتولوژی در دندانپزشکی ترمیمی ۲۱۹
فصل ۱۲: دندانپزشکی دیجیتال در حوزه دندانپزشکی ترمیمی ۲۳۳
فصل ۱۳: بیومتریال‌های دندانی ۲۴۱
فصل ۱۴: ابزار و تجهیزات تراش دندان ۲۷۷
فصل ۱۵: ملاحظات اولیه در دندانپزشکی ترمیمی ۲۹۷
فصل ۱۶: اسپلینت‌ها و بریج‌های باند شونده با رزین ۳۱۱
فصل ۱۷: ترمیم‌های مستقیم طلا ۳۲۳
فصل ۱۸: رستوریشن‌های ریختگی Cl.II ۳۳۹

فصل ۱

آناتومی، هیستولوژی و فیزیولوژی دندانی و اکلوژن

تقسیم‌بندی دندان‌ها براساس فرم و فانکشن

انسیزور
- در قدام دهان قرار دارند.
- **برای بریدن و پاره کردن** به کار می‌روند.
- در زیبایی لبخند، ساپورت بافت نرم (مانند لب) و فونتیک مهم هستند.

کانین
- دارای بلندترین ریشه می‌باشند.
- **برای بریدن، پاره کردن و سوراخ کردن** به‌کار می‌روند.
- پایه‌هایی قوی و مستحکم برای پروتز ثابت و متحرک می‌باشند.
- راهنمای اکلوژن بوده و در ساپورت لب و زیبایی نقش مهمی دارند.

پرمولر
- فقط در سیستم دندانی دائمی وجود دارند.
- مانند کانین در بریدن غذا و مانند مولر در خرد کردن غذا دارای اهمیت می‌باشند.
- در زیبایی تأثیرگذار هستند.

مولر
- در نزدیکی مفصل گیجگاهی فکی (TMJ) قرار داشته و در طی فانکشن مانند تکیه‌گاه عمل می‌کنند.
- نقش مهمی در **خرد کردن غذا** دارند.
- **همراه با پرمولرها باعث حفظ ارتفاع عمودی صورت (VD) می‌شوند.**

اجزای ساختاری دندان
- مینا
- کمپلکس عاج- پالپ
- سمنتوم

مینا
- در طی آملوژنز از آملوبلاست‌های مشتق از اکتودرم ساخته می‌شود و تاج آناتومیک را می‌پوشاند.
- ضخامت متوسط آن در لبه انسیزال ثنایاها ۲ میلی‌متر، در کاسپ‌های پرمولرها ۲/۵- ۲/۳ میلی‌متر و در نوک کاسپ مولرها ۳- ۲/۵ میلی‌متر است.
- **کلسیفیکاسیون از محل کاسپ‌ها به صورت مراکز مجزا شروع می‌شود و ضخامت مینا با دور شدن از کاسپ کاهش می‌یابد.**
- فرورفتگی‌های عمیقی که در محل به هم رسیدن ناقص لوب‌های مینایی ایجاد می‌شود **فیشور** و عمیق‌ترین نقطه‌های آن **پیت** نام دارند.

مینا

- مینا دارای ساختاری کریستالین با بیشترین محتوانی معدنی می‌باشد.
- هیدروکسی آپاتیت به‌صورت یک داربست کریستالی بیشترین ماده معدنی مینـا را تشـکیل مـی‌دهـد (۹۲-۹۰٪ حجمی). ماتریکس آلی پروتئینی ۲-۱٪ حجمی و آب ۱۲-۴٪ حجمی مینا را تشکیل می‌دهند.
- مینا از نظر ساختاری از میلیون‌ها راد یا منشور مینایی (Rod or Prism)، غلاف منشورها و ماده بـین منشـورها تشکیل شده است.
- در اثر ترشح لایه لایه مینا، تفاوت در ساختار و مینرالیزاسیون باعث ایجاد ساختاری بـه نـام **خطـوط رتزیـوس (Retzius)** می‌شود که به‌عنـوان **حلقه‌های رشـدی در مقـاطع افقـی** دیـده مـی‌شـوند و بـه صـورت دوایـر متحدالمرکز می‌باشند.
- زمانی‌کـه **خطوط رتزیوس به سطح مینا می‌رسند فرورفتگی‌هایی به نام imbrication lines of Pickerill** را می‌سازند که برجستگی میان این نواحی نیز **پریکماتا (Perikymata)** نام دارد. این **ساختارها موازی هـم و موازی CEJ** می‌باشند.
- تعداد منشورهای مینایی از **حدود ۵ میلیون در ثنایای مندیبل** تا **۱۲ میلیون در مولر ماگزیلا** متفاوت است.
- **منشورهای مینایی در دندان‌های دائمی و شیری عمود بر سطح دنـدان و DEJ مـی‌باشـند و تنهـا استثنا در ناحیه سرویکال دندان‌های دائمی می‌باشد که تمایل اپیکالی پیدا می‌کنند.**
- در قسمت خارجی مینا لایه‌ای بدون ساختار منشوری به ضخامت ۳۰ میکرون وجود دارد کـه **بیشتر در نواحی سرویکال** مشاهده می‌شود. در ایـن **ناحیه هایپرمینرالیزه که مینای بدون منشور (Prismless Enamel)** نام دارد کریستالی‌های هیدروکسی آپاتیت موازی با هم و عمود بر خطوط رتزیوس می‌باشند.
- **منشورهای مینایی در ۱/۳ داخلی مینا مسیر منحنی شکلی داشته و در ۲/۳ خارجی مسیر مستقیم‌تری دارند.**
- در هم پیچیده شدن منشورهای مینایی باعث ایجاد ساختارهایی به نام **مینای Gnarled** می‌شود که در نـواحی سرویکال، انسیزال و اکلوزال بیشتر مشاهده می‌شوند. این ساختارها باعث مقاومت، پخش و خنثی‌سازی نیـروی ضربه شده و در مقابل برش تیغه‌ها و لوازم دستی مقاوم هستند.
- تغییر در جهت‌گیری منشورهای مینایی علاوه بر کاهش احتمال شکست در جهت آگزیال باعث ایجاد نمایی بـه نام **خطوط هانتر شروگر (Hunter-Schreger)** می‌شود که از نظر محتوای آلی و نفوذپذیری متفاوتند.
- در **ثنایاها خطوط هانترشروگر در نزدیکی انسیزال** قرار دارد و **تعداد آنها از کانین به پرمـولر افـزایش می‌یابد**، در دندان‌های مولر این خطوط از سرویکال تا نوک کاسپ‌ها وجود دارند.
- ابعاد منشورهای مینایی در نزدیکی عاج (DEJ) ۴ میکرون و در سطح دندان ۸ میکرون می‌باشـد (از سـطح بـه عمق کوچکتر می‌شوند).
- منشورهای مینایی در نمای میکروسکوپی دارای بخش‌های سر و دم می‌باشند که در ساختاری در هم قفل شده سر هر منشور در میان دم دو منشور مجاور قرار می‌گیرد. به طوری‌که سر در جهت انسیزال یا اکلـوزالی و دم در جهت سرویکال قرار دارند.
- **آخرین عمل آملوبلاست‌ها پس از شکل‌دهی مینا ترشح غشایی به نام کوتیکول مینـایی اولیـه یـا غشای ناسمیت بر سطح خارجی منشورها** می‌باشد. این غشا پس از رویش دندان در اثر مضغ و شستشـو از بین می‌رود.

مینا

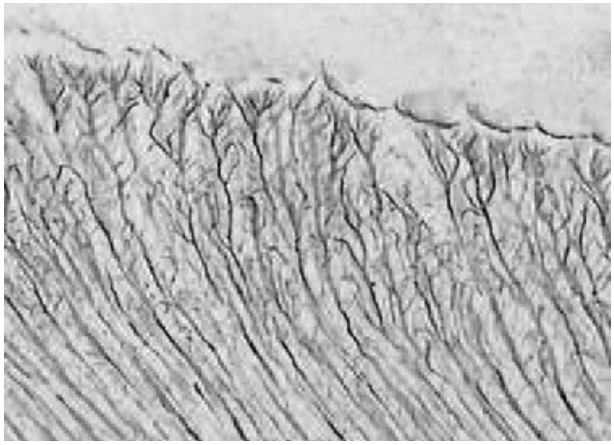
- **غشای ناسمیت در نهایت با پلیکل که رسوب پروتئین‌های بزاقی می‌باشد جایگزین می‌شود و اتصال میکروارگانیسم‌ها به پلیکل باعث ایجاد بیوفیلم خواهد شد.**
- هر منشور مینایی حاوی میلیون‌ها کریستال آپاتیت با سایز و شکل مختلف می‌باشد.
- در سر منشورها، کریستال‌ها در **جهت محور طولی** منشور قرار گرفته و در **قسمت دم با زاویه 65°** با محور طولی منشور جهت‌دهی شده‌اند.
- **جهت‌گیری کریستال‌ها روی حساسیت و حلالیت آنها در اسید (پوسیدگی و اچینگ) تأثیر می‌گذارد** به‌طوری که در قسمت سر منشورها دمینرالیزاسیون بیشتری نسبت به قسمت دم و محیط منشورها اتفاق می‌افتد.
- کریستال‌های آپاتیت دارای شکل هگزاگونال بوده و ماتریکس آلی هر کریستال را می‌پوشاند.
- با وجودی که مینا ساختای متراکم دارد در مقابل برخی یون‌ها و ملکول‌ها نفوذپذیر می‌باشد. این نفوذپذیری از طریق غشای منشورها، ترک‌های مینایی و سایر نقایص کمتر معدنی شده و دارای محتوای آلی و با استفاده از آن به عنوان واسطه انتقال انجام می‌گیرد.
- تافت‌های مینایی ساختارهایی هیپومینرالیزه هستند که از عاج شروع شده و در مینا در ساختار بین منشوری امتداد می‌یابند. در امتداد محور طولی دندان هستند و به نظر می‌رسد در گسترش پوسیدگی نقش داشته باشند.
- لاملاهای مینایی نواقصی نازک و برگی شکل در میان منشورهای مینایی می‌باشند که از سطح خارجی آغاز شده و گاهی تا عاج امتداد می‌یابند و عمدتاً حاوی مواد آلی بوده و باعث افزایش احتمال نفوذ باکتری و بروز پوسیدگی می‌شوند.
- **با افزایش سن تغییرات ایجاد شده در ماتریکس مینایی که تحت عنوان بلوغ مینا شناخته می‌شود باعث کاهش نفوذپذیری مینا خواهد شد.**
- حلالیت مینا در اسید از سطح به سمت DEJ افزایش می‌یابد. همچنین وجود یون فلوراید باعث کاهش حلالیت مینا می‌گردد.
- فلوراید با تأثیرگذاری بر خواص فیزیکی و شیمیایی آپاتیت بر سختی، واکنش‌پذیری و ثبات مینا مؤثر است.
- مینای دندان دارای بیشترین سختی (Hardness) در میان بافت‌های انسانی می‌باشد. دانسیته و سختی مینا از سطح به سمت DEJ کاهش می‌یابد.
- مینا دارای **ساختاری سفت (rigid)** می‌باشد که در عین **استحکام (strong)، شکننده (brittle)** می‌باشد یعنی **دارای ضریب الاستیسیته بالا، استحکام فشاری بالا و استحکام کششی پایین** می‌باشد.
- تحمل نیروهای مضغی توسط مینا به اتصال آن به عاج در DEJ وابسته می‌باشد.
- عاج ساختاری **منعطف (flexible)، مستحکم (strong)** و **ارتجاعی (resilent)** می‌باشد به طوری که دارای **ضریب الاسیتسیته پایین، استحکام فشاری بالا و استحکام کششی بالا می‌باشد و چقرمگی شکست (fracture toughness) بالاتری نسبت به مینا دارد.**
- DEJ حالت دالبری یا موجی شکل دارد به طوری که نوک دالبرها در مینا قرار دارد. عرض این ناحیه ۲ میکرون بوده و شامل کمپلکس مینرالیزه‌ای از در هم تنیده شدن ماتریکس پروتئینی مینا و عاج است.
- علاوه بر شکل دالبری DEJ، یک لایه ماتریکس که عمدتاً شامل شبکه فیبرهای کلاژن می‌باشد از DEJ به عمق ۴۰۰-۱۰۰ میکرون وارد مینا می‌شود که به نظر می‌رسد در محدود کردن نفوذ ترک و ثبات اتصال مینا به عاج دخیل باشد. بنابراین در زمان آماده‌سازی حفره (تراش دندان) باید در نظر داشت که تمام منشورهای مینایی باید دارای ساپورت عاجی باشند.

کمپلکس عاج- پالپ

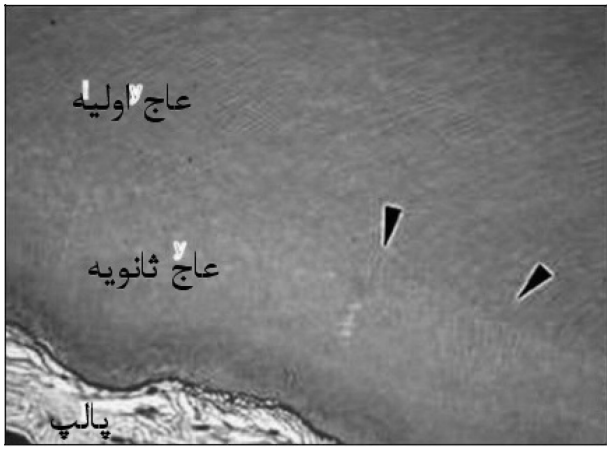
- بافت همبندی تخصص یافته‌ای است که از لایه مزودرمی پاپیلای جوانه دندانی حاصل می‌شود.
- پالپ دندان دارای چهار عملکرد می‌باشد:
  ۱- سازندگی ← ساخت عاج اولیه و ثانویه
  ۲- تغذیه‌ای
  ۳- حسی یا حفاظتی
  ۴- دفاعی یا بازسازی
- اعصاب nociceptor عاج، منحصر به فرد می‌باشند زیرا تمام محرک‌ها را به صورت درد احساس می‌کند.
- اعصاب حرکتی باعث ایجاد رفلکس‌ها در عضلات دیواره‌های عروق خونی و کنترل جریان خون پالپ می‌شوند.
- پالپ از نظر محل آناتومیک: پالپ تاجی، پالپ ریشه‌ای
- بافت پالپی شامل اعصاب، شریان‌ها، وریدها، مویرگ‌ها، کانال‌های لنفاوی، سلول‌های بافت همبندی، ماده بین سلولی، ادنتوبلاست، فیبروبلاست، ماکروفاژ، کلاژن و فیبرهای کوچک می‌باشد.
- عاج در طی دنتینوژنز توسط ادنتوبلاست‌ها ساخته می‌شود. ادنتوبلاست‌ها هم جزء پالپ و هم جزء عاج در نظر گرفته می‌شوند زیرا جسم سلولی آنها در پالپ قرار داشته و زاویه بلند سیتوپلاسمی (فیبرهای تومز) در توبول‌های عاجی (۲۰۰-۱۰۰ میکرون) امتداد می‌یابند.
- گاهی زواید ادنتوبلاستی از DEJ عبور کرده و وارد مینا می‌شوند. این زواید انتهایی ضخیم پیدا کرده و دوک مینایی (Enamel Spindle) نامیده می‌شوند که باعث درد حین تراش مینا در برخی افراد می‌شوند.
- عاج‌سازی بلافاصله قبل از تشکیل مینا آغاز می‌شود و ادنتوبلاست‌ها همزمان با ساخت ماتریکس کلاژنی خارج سلولی از آملوبلاست‌ها دور می‌شوند. ماتریکس کلاژنی سپس مینرالیزه شده و عاج تشکیل می‌شود.
- **جدیدترین لایه عاج که مینرالیزه نشده و در مجاورت پالپ قرار دارد پره دنتین نامیده می‌شود.**
- **عاج‌سازی از نوک کاسپ‌ها یا لبه انسیزال شروع شده** و با **سرعت ۴ میکرون در روز** ادامه می‌یابد تا به آپکس ریشه برسد.
- **عاجی که شکل دندان را ایجاد می‌کند عاج اولیه نام داشته و معمولاً ۳ سال بعد از رویش دندان‌های دائمی کامل می‌شود.**
- توبول‌های عاجی کانال‌هایی کوچک هستند که در طی دنتینوژنز ایجاد شده و در تمام طول عاج (از پالپ تا DEJ) حضور دارند. هر توبول حاوی زاویه سیتوپلاسمی ادنتوبلاست می‌باشد که **فیبرتومز** نام دارد و با عاج دور توبولی (peritubular) کاملاً مینرالیزه احاطه می‌شود. در بین توبول‌ها عاج بین توبولی (intertubular) وجود دارد.
- تعداد توبول‌ها در DEJ ۲۰ تا ۱۵ هزار عدد در میلی‌متر مربع و در سمت پالپ ۴۵ تا ۶۵ هزار عدد در میلی‌متر مربع می‌باشد که با در نظر گرفتن مساحت بیشتر دندان در DEJ قابل توجیه می‌باشد.
- قطر لومن توبول‌ها در DEJ ۰/۵ تا ۰/۹ میکرون و در سمت پالپ ۲ تا ۳ میکرون می‌باشد (در سمت پالپ بزرگتر است).
- **توبول‌ها به‌طور کلی مسیر S شکلی را طی می‌کنند فقط در نواحی لبه انسیزال، نوک کاسپ‌ها و انتهای ریشه این مسیر مستقیم‌تر می‌باشد.** نکته مهم اینکه انتهای توبول‌های عاجی عمود بر DEJ قرار دارد.

کمپلکس عاج- پالپ

- توبول‌های عاجی توسط کانال‌های جانبی و یا کانالیکول‌ها به هم مرتبط می‌شوند که محل قرارگیری زواید جانبی ادنتوبلاست‌ها در طی دنتینوژنز هستند.
- در نزدیکی DEJ توبول‌های عاجی به چندین شاخه تقسیم شده و شبکه‌ای آناستوموزی ایجاد می‌کنند.
- بعد از تکمیل شدن عاج اولیه، عاج‌سازی با سرعت کم (حدود ۰/۴ میکرون در روز) در تمام طول عمر حتی در صورت عدم حضور محرک ادامه می‌یابد که عاج ثانویه نام دارد.
- در عاج ثانویه جهت توبول‌ها متفاوت از عاج اولیه خواهد بود.
- **رسوب عاج ثانویه در دندان‌های چندریشه در کف و سقف پالپ چمبر بیشتر از سایر نواحی می‌باشد.**
- با افزایش سن عاج دور توبولی ضخیم شده و در نتیجه عاج سخت‌تر و متراکم‌تر می‌شود و با کاهش قطر لومن و در نتیجه محدود شدن جریان مایع توبولی حساسیت نیز کاهش می‌یابد. این روند افزایش مینرالیزاسیون در عاج اولیه اسکلروز نام دارد که حالت فیزیولوژیک آن با افزایش سن اتفاق می‌افتد.
- ترکیبات عاج (درصد حجمی):
  - ۵۰٪ ماده معدنی که اکثراً شامل کریستال‌های هیدروکسی آپاتیت است.
  - ۳۰٪ ماده آلی:
    - ۹۰٪ کلاژن نوع I
    - ۱۰٪ پروتئین‌های غیرکلاژنی
- **کریستال‌های هیدروکسی آپاتیت در عاج کوچک‌تر از مینا بوده و مشابه استخوان هستند.**
- بافت‌ها به ترتیب سختی و محتوای مواد معدنی: مینا > عاج > سمنتوم و استخوان.
- **سختی متوسط عاج $\frac{۱}{۵}$ مینا بوده و در نزدیکی DEJ سه برابر بیشتر از سمت پالپی عاج است.**
- با وجودی‌که عاج بافتی سخت در نظر گرفته می‌شود ولی با دارا بودن ضریب الاستیسیته‌ای برابر با ۱۸ GPa انعطاف‌پذیر است که برای پشتیبانی مینای شکننده بسیار مناسب است.
- **استحکام کششی نهایی عاج حدود ۹۸ MPa و در مینا ۱۰ MPa است.**
- **استحکام فشاری عاج ۲۹۷ MPa و مینا ۳۸۴ MPa می‌باشد.**
- در طی تراش دندان افتراق عاج از مینا به ۴ روش امکان‌پذیر است.
  ۱- رنگ و اپاسیته (عاج زردتر و اپک‌تر است.)
  ۲- رفلکت نور (در عاج کمتر است.)
  ۳- سختی (سختی کمتر باعث گیر سوند تیز در عاج می‌شود.)
  ۴- صدا
- **در مورد حساسیت عاج تئوری هیدرودینامیک پذیرفته‌شده‌ترین علت می‌باشد.** طبق این تئوری محرک‌ها با ایجاد جریان مایع توبولی باعث دپولاریزاسیون اعصاب مرتبط با ادنتوبلاست‌ها و درنتیجه حس درد می‌شوند.
- مایع عاجی ترانسودایی از پلاسما بوده و شامل آب، پروتئین‌های ماتریکس، پروتئین‌های تغییردهنده ماتریکس و یون‌های معدنی است.
- در حالت طبیعی مایع توبولی جریان ملایمی به سمت خارج دندان دارد.
- نفوذپذیری عاج در تاج دندان بیشتر از ریشه است.
- نفوذپذیری عاج به ضخامت عاج باقیمانده نیز مرتبط است که هرچه ضخامت کمتر باشد طول توبول‌ها کمتر و قطر آنها بیشتر خواهد بود و در نتیجه عاج نزدیک به پالپ نفوذپذیری بیشتری دارد.



توبول‌های عاجی و شاخه‌های جانبی توبول‌ها در ناحیه DEJ



انحنای شدید توبول‌ها در حد فاصل عاج اولیه و ثانویه. توبول‌های ثانویه نسبت به توبول‌های اولیه دارای بی‌نظمی بیشتری هستند.

واکنش کمپلکس عاج- پالپ به محرک‌های پاتولوژیک

- این واکنش از طریق سیستم دفاعی ایمنی و التهابی پالپ و ساخت و تعمیر عاج انجام می‌گیرد.
- با بروز ضایعه در دندان ادنتوبلاست‌های اولیه مسئول شروع واکنش و ارتباط با پالپ (از طریق سیتوکین‌ها و کموکاین‌ها) بوده و واکنش‌های التهابی شروع می‌شوند.
- آسیب‌های خفیف تا متوسط باعث التهاب قابل برگشت پالپ (پالپیت قابل برگشت) می‌شوند.
- آسیب‌های متوسط تا شدید (مانند پوسیدگی عمیق) می‌توانند باعث دژنراسیون زایده ادنتوبلاستی درگیر و درنتیجه مرگ ادنتوبلاست‌های اولیه شوند. در این شرایط پالپ دچار التهاب غیر قابل برگشت (پالپیت غیر قابل برگشت) شده و دیلاتاسیون مویرگی، ادم ناحیه، توقف جریان خون، آنوکسی و نهایتاً نکروز پالپ ایجاد می‌شود.

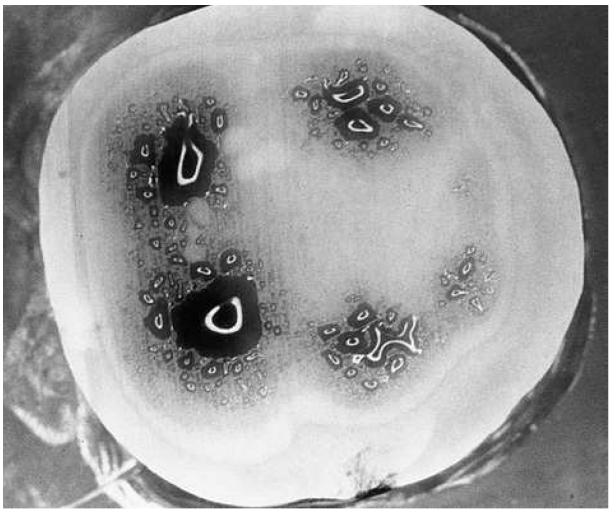
واکنش کمپلکس عاج- پالپ به محرک‌های پاتولوژیک

- سیگنال‌هایی که باعث مرگ ادنتوبلاست‌های اولیه می‌شوند:
  - محصولات توکسیک باکتریال
  - ملکول‌های آزاد شده از ماتریکس عاجی دمینرالیزه
  - غلظت بالای مدیاتورهای التهابی
- **اولین پاسخ دفاعی میزبان به پیشرفت پوسیدگی رسوب مواد معدنی در لومن توبول‌های ناحیه است که مسدود شدن توبول‌ها باعث افزایش عبور نور (Transparency) می‌گردد.** عاج ترانسپرنت ایجاد شده به دلیل از دست رفتن مواد معدنی در عاج بین توبولی به سختی عاج سالم نخواهد بود.
- در شرایط مطلوب عاج بین توبولی رمینرالیزه شده و ناحیه‌ای با سختی بیشتر از عاج سالم ایجاد می‌شود که به افزایش محتوای معدنی عاج اولیه تحت تأثیر پوسیدگی، اسکلروز واکنشی عاج گفته می‌شود.
- **همزمان با پاسخ‌های التهابی پالپ، عاج‌سازی در سمت پالپی ادامه می‌یابد که عاج ثالثیه نامیده می‌شود.**

انواع عاج ثالثیه

۱- در **پاسخ به محرک خفیف (پوسیدگی‌های کم عمق) ادنتوبلاست‌های اولیه** در زیر ناحیه درگیر شروع به ترشح عاج ثالثیه واکنشی **(عاج واکنشی)** می‌کنند که ماهیت توبولار داشته و در امتداد عاج اولیه و ثانویه قرار دارد.

۲- در **پاسخ به محرک‌های شدید (پوسیدگی عمیق)** با **مرگ ادنتوبلاست‌های اولیه** و در صورت توقف روند پوسیدگی، سلول‌های مزانشیال پالپ به ادنتوبلاست‌های ثانویه (یا سلول‌های شبه ادنتوبلاست یا ادنتوبلاستوئیدها) تمایز یافته و **عاج ثالثیه ترمیمی (reparative)** را می‌سازند. این **عاج فاقد توبول** بوده و لذا ساختاری متفاوت از عاج اولیه و ثانویه دارد و به صورت لوکالیزه در زیر محل آسیب تولید می‌گردد.



در مقطع عرضی، عاج در نواحی شاخک پالپی (عاج عمقی) نسبت به سایر نواحی (عاج سطحی) تواتر است.

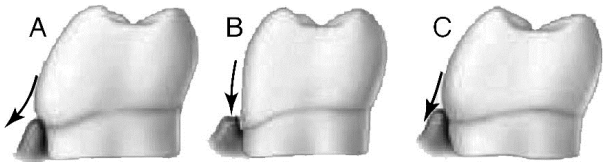
سمنتوم
- سمنتوم لایه‌ای نازک و سخت است که ریشه آناتومیک دندان را می‌پوشاند و اندکی نرم‌تر از عاج است.
- سمنتوم توسط سمنتوبلاست‌های تمایز یافته از سلول‌های مزانشیمال فولیکول دندانی ساخته می‌شود.
- ترکیب سمنتوم (**درصد وزنی**)
  - ۵۰-۴۵٪: ماده معدنی (هیدروکسی آپاتیت)
  - ۵۵-۵۰٪: مواد آلی و آب (بیشتر شامل کلاژن و پلی‌ساکاریدهای پروتئینی است)
- الیاف شارپی (Sharpey) فیبرهای عمدتاً کلاژنی از لیگامان پریودنتال (PDL) هستند که در سمان و استخوان آلوئولار مدفون شده و اتصال دندان به استخوان را امکان‌پذیر می‌سازند.
- سمنتوم بافتی بدون عروق می‌باشد که رنگ آن زرد و اندکی روشن‌تر از عاج است و برای حفظ اتصال دندان به استخوان، همواره در طول عمر ساخته می‌شود.
- انواع سمنتوم
  - آسلولار ← فاقد سمنتوبلاست بوده و عمدتاً در نیمه تاجی ریشه دیده می‌شود.
  - سلولار ← در نیمه آپیکالی ریشه قرار دارد.
- ساخت سمنتوم در انتهای ریشه در پاسخ به سایش اکلوزالی انجام گرفته و باعث رویش غیرفعال (Passive eruption) دندان می‌شود.
- محل اتصال سمنتوم به عاج در دندان‌های دائمی صاف و بسیار مستحکم است.
- **محل اتصال سمنتوم و مینا CEJ نام دارد که در ۱۰٪ دندان‌ها در این ناحیه فاصله وجود داشته و لذا عاج اکسپوز باعث حساسیت خواهد شد.**
- عواملی مثل ابریژن، اروژن، پوسیدگی، جرم‌گیری، فینیش و پالیش ترمیم‌ها می‌توانند باعث کنده شدن سمنتوم از روی عاج و ایجاد حساسیت شوند.
- سمنتوم تا حدودی قادر به بازسازی بافت خود می‌باشد ولی در شرایطی مانند فشارهای شدید ارتودنسی و یا حرکت سریع دندان دچار تحلیل می‌شود.

فیزیولوژی شکل دندان

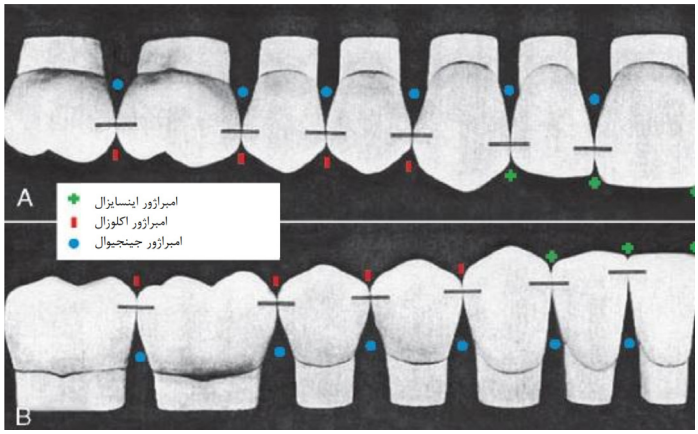
عملکردهای اصلی دندان عبارتند از
- مضغ
- زیبایی
- تکلم
- حفاظت از بافت‌های پشتیبان (لثه و استخوان آلوئول)

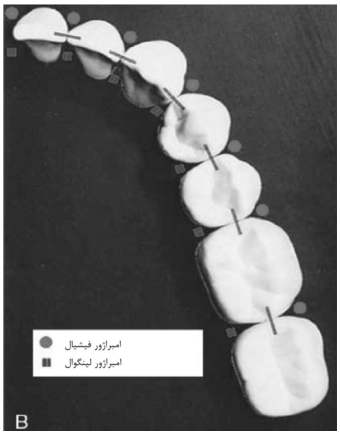
کانتور
- **در سطح فاسیال تمام دندان‌ها حداکثر تحدب در $\frac{1}{3}$ سرویکالی قرار دارد.**
- **در سطح لینگوال ثنایاها و کانین‌ها حداکثر در $\frac{1}{3}$ سرویکالی قرار دارد.**
- **در سطح لینگوال پرمولرها و مولرها حداکثر تحدب در $\frac{1}{3}$ میانی تاج قرار دارد.**
- تحدب کمتر از حد باعث آسیب بافت‌های پشتیبان می‌گردد در حالی‌که تحدب بیش از حد خطرناک‌تر بوده و منجر به تجمع پلاک میکروبی و التهاب مزمن لثه می‌شود.
- **حداکثر تحدب سطح پروگزیمال** منجر به
  - **ایجاد تماس مناسب با دندان مجاور**
  - **ایجاد امبراژور جینجیوالی مناسب**

  می‌شود.



شکل صحیح دندان موجب ایجاد توازن بین تحریک و حفاظت بافت نرم می‌شود.





کانتکت در بعد فاسیولینگوآلی اندکی به سمت فاسیال قرار دارد.

تماس پروگزیمالی

- در زمان رویش دندان، تماس دو دندان مجاور به صورت نقطه‌ای که با گذشت زمان و ابریژن و حرکات فیزیولوژیک دندانی تبدیل به «ناحیه تماس» می‌گردد.
- تماس نامناسب می‌تواند باعث گیر غذایی و بوی بد ناشی از آن (هالیتوزیس)، بیماری پریودنتال، پوسیدگی و حرکت دندانی شود.
- **محل تماس در ثنایاهای هر دو فک در $\frac{1}{3}$ انسیزال و کمی فاسیالی قرار دارد و به‌تدریج به سمت خلف به محل تماس $\frac{1}{3}$ انسیزال و میانی $\frac{1}{3}$ میانی منتقل می‌شود.**
- **امبراژورهای اطراف تماس پروگزیمال کاملاً قرینه‌اند.**

امبراژورها

- **فضاهای V شکلی** هستند که در اطراف محل تماس دو دندان مجاور ایجاد می‌شوند
  - فاسیال
  - لینگوال
  - انسیزال یا اکلوزال
  - جینجیوال
- در شرایط ایده‌آل امبراژور جینجیوال با پاپیلای لثه‌ای پر شده و از گیر غذایی جلوگیری می‌شود.
- در مقطع عمودی در بعد فاسیولینگوآل، پاپیلای لثه‌ای در دندان‌های قدامی شکلی مثلثی دارد ولی در نواحی خلفی دارای دو قله در فاسیال و لینگوال و یک فرورفتگی یا دره به نام Col می‌باشد. col در ناحیه زیر محل تماس پروگزیمال قرار گرفته و دارای اپیتلیوم غیرکراتینیزه می‌باشد فلذا مستعد بیماری پریودنتال (در صورت وجود محل تماس یا امبراژور نامناسب) می‌باشد.
- معمولاً امبراژورهای لینگوال بزرگتر از فاسیال می‌باشند که این امر به هدایت غذا به سمت زبان کمک می‌کنند.
- برای جلوگیری از آسیب بافت پشتیبان مارجینال ریج دو دندان مجاور باید هم سطح باشند.