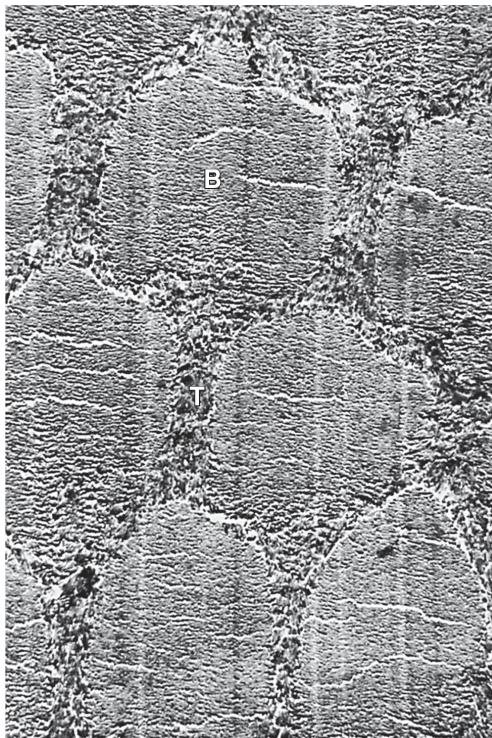


میانگین ضخامت مینا، ۲ میلی‌متر در لبه انسیزال و  $\frac{2}{5}$  تا  $\frac{3}{5}$  میلی‌متر در کاسپ موله است.

در دندان‌های خلفی، یک کاسپ فانکشنال در مقابل یک شیار قرار گرفته و به شیب مینای هر دو طرف شیار برخورد می‌کند نه به عمق آن. این آرایش یک فضای ۷ شکل برای مسیر غذا بین کاسپ و شیار مقابل آن برای حرکت غذا حین جویدن ایجاد می‌کند. ضخامت مینا در نواحی این شیارهای رشدی تغییر می‌کند و ممکن است به‌واسطه برجستگی کاسپی مجاور به صفر برسد.

اجزاء مینای دندان جز هیدروکسی آپاتیت ( $90\text{ تا }92$  درصد حجمی) شامل ماتریکس پروتئین آلی ( $1\text{ تا }2$  درصد حجمی) و آب ( $4\text{ تا }12$  درصد حجمی) است.



به‌طور کلی رادها در دندان‌های شیری و دائمی، هم نسبت به DEJ و هم نسبت به سطح دندان حالت عمودی دارند، جز ناحیه طوق دندان‌های دائمی که منشورها هنگام امتداد به سمت خارج، اندکی برای اپیکالی پیدا می‌کنند. در دندان‌های شیری، رادهای مینایی در قسمت‌های سرویکال و مرکزی تاج نسبت به محور طولی دندان تقریباً عمود قرار گرفته‌اند و مشابه برای رادها در دو سوم اکلوزالی تاج در دندان‌های دائمی هستند. قطر رادهای مینایی نزدیک مرز عاج (DEJ) حدود ۴ میکرومتر و در نزدیک سطح حدود ۸ میکرومتر است.

قسمت سر گرد هر منشور (با پهنای ۵ میکرومتر) مابین بخش باریک دم (با طول ۵ میکرومتر) دو منشور مجاور قرار می‌گیرد.

### نکته

**قطر منشورهای مینایی از سطح به عمق (DEJ) به نصف کاهش می‌یابد.**

**قطر سر منشور مینایی با طول دم آن برابر می‌باشد (۵ میکرومتر).**

منشورهای مینایی از میلیون‌ها کریستالیت آپاتیت کوچک و کشیده، تشکیل شده‌اند که از نظر شکل و اندازه متفاوت‌اند. محور طولی کریستال‌های آپاتیت در ناحیه مرکزی سر تقریباً موازی با محور طولی رادها قرار گرفته است و با نزدیک شدن به ناحیه دم رفتگرته زاویه آن‌ها ( $65$  درجه) نسبت به محور طولی منشور افزایش می‌یابد.

## اهمیت بالینی آناتومی دندانی، بافت‌شناسی، فیزیولوژی و اکلوژن

### فصل ۱ آرت ۲۰۱۸

دکتر کسری طبری

در شش سال اخیر، ۶ سؤال از این فصل مطرح شده است.

### طبقه‌بندی دندان‌ها

شکل و عملکرد: از آن جایی که رژیم غذایی انسان شامل غذاهای گیاهی و حیوانی است، دندان‌های انسان همه‌چیزخوار (Omnivorous) نام گرفته است.

### اینسایزورها

عملکرد آن‌ها به عنوان ابزاری برای بردن و برش دادن غذاست. از نمای جانبی تاج این دندان‌ها نسبتاً مثلثی‌شکل با یک سطح اینسایزال باریک و قاعده سرویکال پهن است.

### کانین‌ها

عملکرد آن‌ها گاز گرفتن، سوراخ کردن، پاره کردن و بردن غذاست. از نمای جانبی تاج آن‌ها نیز مثلثی‌شکل همراه با لبه انسیزال پهن است. این دندان‌ها نه تنها نقش مهمی در اکلوژن دارند؛ بلکه همراه انسایزورها در زیبایی لبخند و ساپورت لبی هم مشارکت می‌کنند.

### پره مولرها

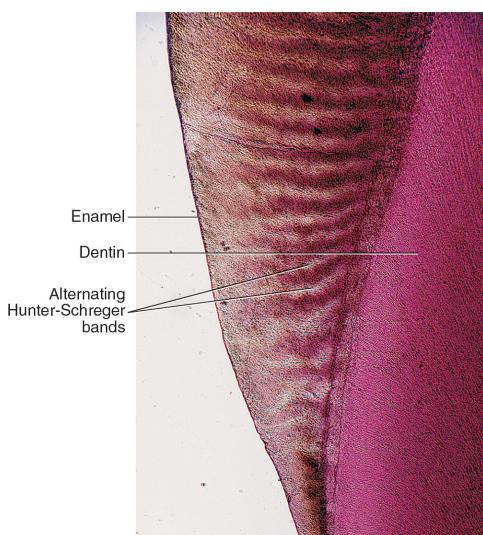
پره مولرها نقشی دوجانبه دارند: ۱) در پاره کردن غذا مشابه کانین‌ها هستند و ۲) در آسیاب کردن غذا مشابه مولرها هستند. اگرچه دندان‌های پره مولر اول نوک‌تیز بوده و کاسپ‌های فیشیال آنها مشابه کانین‌هاست، کاسپ‌های لینگوال پره مولرها ماقزیلا شکل گردتری دارند. سطوح اکلوزال یکسری منحنی‌هایی به شکل تحدب و تقرع نشان می‌دهد که برای عملکرد و تماس اکلوزالی صحیح باید در طول عمر حفظ شوند. پره مولرها نیز می‌توانند نقشی مهم در زیبایی داشته باشند، اگرچه این نقش در مقایسه با انسایزورها و کانین کمرنگ‌تر است.

### مولرها

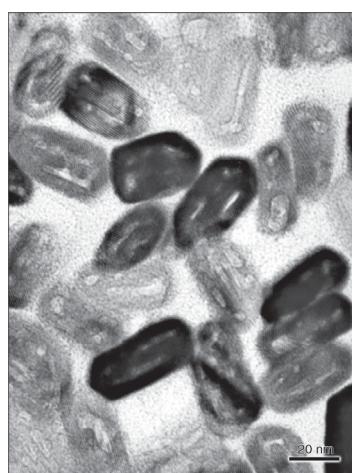
این دندان‌ها برای خرد کردن، آسیاب کردن و جویدن غذا به اندازه‌ای که برای بلع مناسب باشد، طراحی شده‌اند. از آن جایی که دارای سطوح اکلوزالی پهن و با چند ریشه مستحکم هستند، برای این کار بسیار مناسب هستند. پره مولرها و مولرها در حفظ ارتفاع عمودی صورت نقش مهمی دارند.

### بافت‌شناسی مینا

شکل گیری مینا (آملوزنریس) توسط سلول‌هایی به نام آملوبلاست انجام می‌شود که از اکتوورم نشأت می‌گیرند. از لحاظ ساختاری مینا از میلیون‌ها راد یا منشور مینایی تشکیل شده است. تعداد رادها از پنج میلیون عدد در یک اینسایزور مندیبل تا ۱۲ میلیون در مولر ماقزیلا متفاوت هستند.



تغییر جهت منشورهای مینایی شکستگی را در جهت آگزیال کاهش داده و ظاهری اپتیکال به نام نوارهای هونتر-شوگر (Hunter-Schreger bands) ایجاد می‌کند. این نوارها به نظر از نواحی متناوب تیره و روشن با پهنه‌ای متفاوت و تفاوت اندک در نفوذپذیری و محتوای آلی ساخته شده‌اند. از آنجایی که جهت گیری منشورهای مینایی در هر دندان با سایر دندان‌ها متفاوت است، نوارهای هونتر-شوگر نیز تفاوت‌هایی را از نظر تعداد در هر دندان نشان می‌دهند.



آنکه ساختمانی مشخص باشد، نوعی فضای بینابینی غنی از مواد آلی است.

کریستال‌ها شکل نامنظمی دارند به طور میانگین ۱۶۰ نانومتر طول ۴۰ تا ۲۰ نانومتر عرض دارند. هر کریستال در پیکربندی ۶ ضلعی ممکن است ۳۰۰ واحد سلوی طول ۴۰ سلوی عرض و ۲۰ سلوی ضخامت داشته باشد.

**کدام گزینه درباره منشورهای مینایی صحیح است؟ (وروودی ۹۶)**

(الف) قطر آن در نزدیک (DEJ) بیشتر از ناحیه سطحی دندان است.

(ب) بیشترین تعداد آن در مولرهای مندیبل است.

(ج) در قسمت سرویکال دندان‌های شیری اندکی شبیه آپیکالی دارند.

(د) قسمت سر آنها به طرف انسیزال یا اکلوزال دندان قرار می‌گیرد.

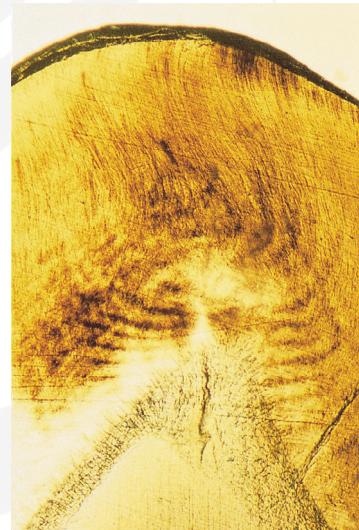
رادهای مینایی (منشورهای مینایی) ندرتاً مسیری مستقیم و شعاعی را می‌پیمایند و تغییرات متناوب در جهت عقربه‌های ساعت و خلاف آن از مسیر شعاعی در تمام سطوح تاج دیده می‌شود.

**نکته**

این نوارهای دندان‌های قدامی نزدیک سطح اینسایزال قرار گرفته‌اند. تعداد و نواحی آن‌ها از کائین به پره موله افزایش می‌یابد. در مولرهای نوارها از نزدیکی ناحیه سرویکال تانوک کاسپ‌ها دیده می‌شوند. جهت گیری سر و دم رادهای مینایی و گره خوردن آن‌ها (Gnarled Enamel) به وسیله مقاومت در برابر نیروهای فشاری و پخش و مستهلك کردن فشارها، موجب استحکام بیشتر می‌شود.

هنگام تراش دندان سانترال بالا برای لامینیت، در مینای لبه انسیزال هنگام تراش با فرز احساس مقاومت بیشتری می‌شود، علت آن کدامیک از موارد زیر است؟ (ارتقاء ۹۴)

- (الف) Gnarled enamel
- (ب) Fluoridated enamel
- (ج) Incremental enamel
- (د) Hunter-schreger band



**کدام گزینه درباره نوارهای هانتر شوگر صحیح است؟ (وروودی ۹۵)**

(الف) نوعی تظاهر نوری است که مربوط به تغییر برای توبول‌های عاجی است.

(ب) تعداد آنها از دندان‌های نیش تا دندان‌های آسیای کوچک کاهش می‌یابد.

(ج) متشکل از نواحی متناوب تیره و روشن هستند که تفاوت اندکی در محتوای غیرآلی آنها دیده می‌شود.

(د) متشکل از نواحی متناوب تیره و روشن هستند که تفاوت اندکی در تراوایی آنها دیده می‌شود.

**مقاومت بیشتر مینای gnarled به خاطر چیست؟ (ارتقاء ۹۳)**

(الف) به خاطر جهت گیری متفاوت و تداخلات منشورهای مینایی

(ب) به خاطر جهت گیری منشورهای مینایی و سختی بیشتر مینا در این نواحی

(ج) به خاطر دنسیتی بیشتر مینا و جهت‌های خاص کریستال‌های هیدروکسی آپاتیت (gnarled) حین تراش دندان، به آسانی تسلیم فشار و سایل برش دستی و تیغه‌دار نمی‌شود.

**راده‌ای ابتدا مسیری منحنی را در ۱/۳ مینا در مجاورت DEJ می‌پیمایند؛ سپس مسیر مستقیم تری در ۲/۳ باقی‌مانده مینا، به سمت سطح طی می‌کنند.**

گروههایی از منشورهای مینایی ممکن است با گروههای مجاور در هم پیچیده و مسیری نامنظم و خمیده را به سمت سطح دنبال کنند. این کار باعث شکل گیری مینای در هم تبیده یا gnarled نزدیک نواحی سرویکال، اینسایزال و اکلوزال شود. مینای در هم تبیده (gnarled) به اندازه مینای معمولی دچار شکستگی نمی‌شود. مینای (gnarled) حین تراش دندان، به آسانی تسلیم فشار و سایل برش دستی و تیغه‌دار نمی‌شود.



بر جستگی های بین شیارها، پریکایماتا نام دارد که به طور پیوسته اطراف دندان و موازی CEJ و یکدیگر قرار گرفته اند.

**تعریف Enamel tuft** کدامیک از موارد زیر است؟

- الف) زائد های ادنتو بلاستیک که از DEJ وارد مینا می شوند.
- ب) زائد های مینایی که در نواحی سرویکال دیده می شوند.
- ج) تغییرات در ساختمان و مینرالیزه شدن مینا در هنگام رشد.
- د) ساختمان هیپومینرالیزه منشورهای مینایی و بین منشوری که از DEJ بین گروه های منشور مینایی نفوذ می کنند.

#### اتصال بین مینا و عاج (DEJ)

بر جستگی های گرد مینا درون فرورفتگی های کم عمق عاج قرار می گیرد. ممکن است این در هم رفتگی در اتصال محکم بین عاج و مینا نقش داشته باشد.

نکته

**عرض DEJ تقریباً ۲ میکرون است و شامل ترکیبی از کمپلکس مینرالیزه عاج در هم تبینده شده (Interwoven) و پروتئین های ماتریکس مینایی است.**

علاوه بر ارتباط فیزیکی (ارتباط کنگره ای بین مینا و عاج)، یک لایه ماتریکس حد واسط (که به طور اولیه از شبکه کلاژن فیبریلی ایجاد شده است) به میزان ۱۰۰ تا ۴۰۰ میکرون، از DEJ به داخل مینا گسترش می یابد. این لایه ماتریکس مدیفیه شده بین فازی (Matrix-modified interphase layer) در برابر گسترش ترک بین مینا و DEJ مقاومت ایجاد می کند و در مجموع سبب استحکام ساختاری مینای چسبیده به عاج می شود.

نکته

**مینای بدون منشور (prismless):** یک لایه خارجی بدون ساختار مینایی با ضخامت حدود ۳۰ میکرون در سطح خارجی مینا می باشد که معمولاً در نواحی سرویکال و باشیوع کمتر در نوک کاسپهای دیده می شود. در این نواحی هیچ گونه حدود خارجی از منشورها دیده نشده و تمام کریستال های آپاتیت موازی با هم و عمود بر خطوط رتیوس هستند. این لایه تحت عنوان مینای بدون منشور (prismless) نامیده شده و ممکن است بسیار معدنی (Heavily mineralized) باشد.

کدامیک از موارد زیر درباره مینای بدون ساختمان نادرست است؟ (جاوابی ۹۲)

- الف) در نواحی سرویکال و ندرتاً در نوک کاسپهای دیده می شود.
- ب) کریستال های آپاتیت عمود بر خطوط رتیوس قرار گرفته اند.
- ج) منطقه ای هایپومینرالیزه است.
- د) ضخامت آن حدوداً ۳۰ میکرون است.

از لحاظ میکروسکوپیک، در سطح مینا فرورفتگی های دایره ای شکلی وجود دارد که بیانگر انتهای منشورهای مینایی است. این تقرعه ها در شکل و عمق متنوع بوده و ممکن است در چسبندگی مواد پلاک و درنتیجه حملات پوسیدگی بهویژه در اطراف دندان های جوان نقش داشته باشند. فرورفتگی های آناتومی سطح مینا تدریجاً با افزایش سن سایش پیدا می کند.

نوارهای (Hunter-Schereger) (ارتقاء ۹۱)

- الف) فقط در دندان های قدامی دیده می شود.
- ب) در نواحی دندان های مولر از سرویکال تا نوک کاسپهای وجود دارند.
- ج) در دندان های قدامی فقط در ناحیه سرویکال دیده می شود.
- د) در دندان های خلفی فقط در ناحیه نوک کاسپهای دیده می شود.

محل باندهای Hunter-Schereger در کدام قسمت دندان های قدامی است؟ (بورد ۹۰)

- ب) معمولاً ۱/۳ اینسایزالی تاج
- د) بیشتر در سینگلوم قرار دارد.
- ج) معمولاً ۱/۳ ژنتیوالی تاج

درباره نوارهای Hunter-Schereger کدام عبارت زیر صحیح است؟ (جاوابی ۹۲)

- الف) تعداد نوارها از کانین به پره مولر افزایش می یابد.
- ب) تعداد نوارها از پره مولرها به کانین ها افزایش می یابد.
- ج) در تمام دندان ها مساوی است؛ فقط از راس کاسپ به سرویکال افزایش می یابد.
- د) در دندان های کانین بیشتر از سایر دندان هاست.

نکته

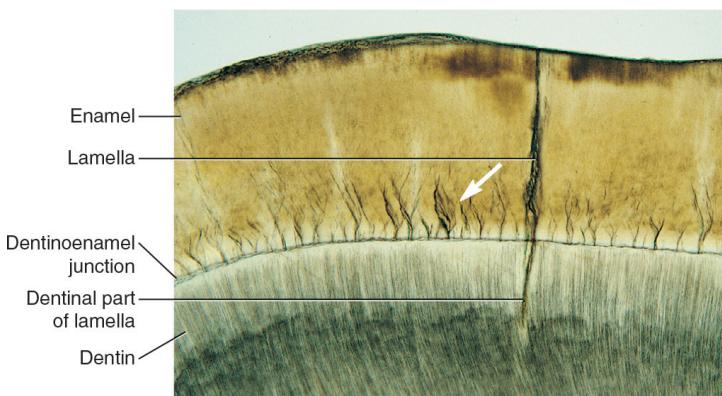
تافت های مینایی ساختارهایی هایپومینرالیزه از منشور و ماده بین منشوری هستند که از DEJ دیده می شوند. این استطاله ها از عاج آغاز شده، در جهت محور طولی تاج دندان گسترش یافته و ممکن است در گسترش پوسیدگی های دندانی نقش داشته باشند.

#### لاملاهای مینایی (Enamel lamella)

تقایص نازک برگ شکلی بین منشورهای مینایی هستند که از سطح مینا به سمت DEJ حرکت نموده و گاهی درون عاج امتداد می یابند. بیشتر شامل مواد آلی بوده و نواحی ضعیفی هستند که دندان را نسبت به ورود باکتری ها و پوسیدگی مستعد می سازند.

تفاوت ایجاد شده در ساختار و مینرالیزاسیون مینا، سبب ایجاد خطوط افزایشی رتیوس می شود که می تواند به عنوان حلقه ای رشدی در نظر گرفته شود.

تنوع ایجاد شده در ساختار مینا و میزان معدنی شدن، خطوط افزایشی رتیوس نام دارد. در مقاطع عرضی دندان، خطوط رتیوس به صورت دوایر متعدد مرکز دیده می شوند. در مقاطع طولی خطوط عرضی نواحی کاسپی و اینسایزال را قطع کرده و سپس به صورت مایل به سمت ناحیه سرویکال پایین آمده و در DEJ ناپدید می شوند. این دوایر در سطح مینا ناکامل هستند و یک سری شیارهای متناسب به نام Imbrication Lines of Pickerell را شکل می دهند.



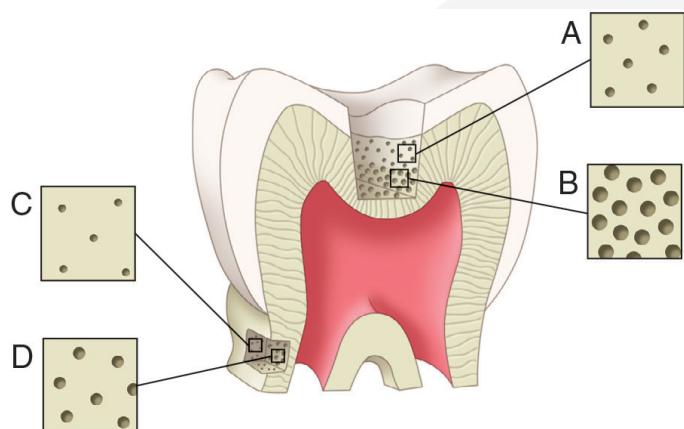


ماتریکس کلازنی خارج سلولی را با آغاز حرکت خود از کنار آملوبلاست‌ها تولید می‌کنند. معدنی شدن ماتریکس کلازنی با تغییرات آن توسط پروتئین‌های غیرکلازنی مختلفی به تدریج در طی ترشح تسهیل می‌شود. آخرین لایه شکل گرفته عاج (تاژه‌ترین لایه) همیشه روی سطح پالپ است. این ناحیه که هنوز معدنی نشده است درست مجاور جسم سلولی ادنتوبلاست‌ها بوده و پردنتنین نام دارد.

برخلاف شکل گیری مینا، شکل گیری عاج پس از رویش دندان و در طی حیات پالپ ادامه دارد (عاج ثانویه فیزیولوژیک). شکل گیری عاج که شکل اولیه دندان را می‌سازد، عاج اولیه نام دارد و معمولاً سه سال بعد از رویش دندان ادامه دارد (در دندان‌های دائمی).

**Dentin formation begins at areas subjacent to the cusp tip or incisal ridge and gradually spreads, at the rate of ~4 μm/day, to the apex of the root.**

به دلیل کاهش سطح، توبول‌ها در نزدیکی پالپ به هم فشرده می‌شوند؛ به همین دلیل است که به نظر می‌رسد تعداد توبول‌ها از DEJ به سمت پالپ افزایش یافته است. قطر توبول‌ها نیز از DEJ تا نزدیکی پالپ، **۲ تا ۴ برابر** افزایش می‌یابد.



توبول‌ها در عاج سطحی نزدیک DEJ در قیاس با عاج عمقی کوچک‌تر بوده و با تراکم کمتری پراکنده شده‌اند. جهت کنترل و کاهش حساسیت ریشه، عاج سطحی و عاج عمقی ریشه در مقایسه با عمق مشابه در عاج تاجی، کوچک‌تر و با تعداد کمتر هستند.

کدامیک از ساختمندانهای مینایی، مسئول حساسیت‌های احتمالی حین تراش دندان است؟ (وروودی ۹۰)

- (الف) Enamel tuft
- (ب) Enamel spindle
- (ج) Enamel lamella
- (د) مینای

کدامیک از موارد زیر صحیح است؟ (وروودی ۷۸)

- (الف) عاج سازی و میناسازی همزمان شروع می‌شود.
- (ب) عاج سازی بلافصله قبل از میناسازی شروع می‌شود.
- (ج) هر دو این اجزاء فقط در دوره خاصی ساخته می‌شود.
- (د) آملوبلاست‌ها زودتر شروع به ساختن مینا می‌کنند.

توبول‌های عاجی در ناحیه سطحی و عمقی ریشه نسبت به عاج تاجی ... است.

- (الف) کوچک‌تر و کم تعدادتر
- (ب) بزرگ‌تر و بیشتر
- (ج) بزرگ‌تر و کم تر
- (د) کوچک‌تر و بیشتر

وقتی که مینا آسیب دید، دیگر توانایی ترمیم خود را ندارد؛ زیرا آملوبلاست‌ها پس از تشکیل منشورهای مینایی دژنره شده و از بین می‌روند. **آخرین عمل آملوبلاست‌ها، ترشح غشایی پوشاننده روی انتهای منشورهای مینایی است.** این لایه **غشاء ناسمیت** یا **کوتیکل مینایی اولیه** نام دارد.

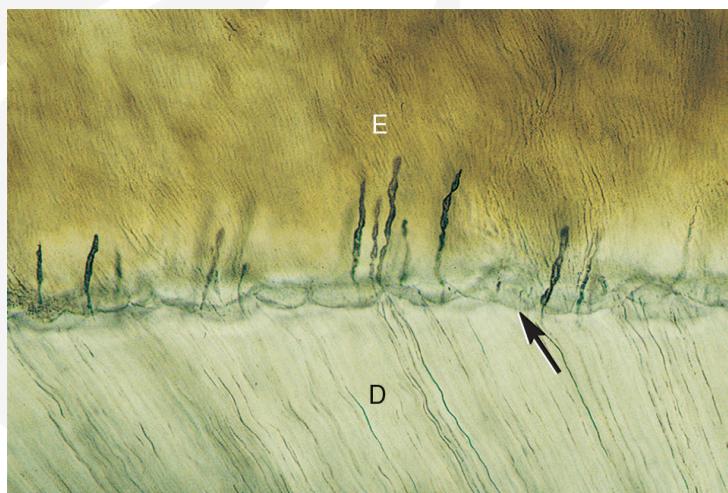
این غشا دندان تازه‌رویش یافته را پوشانده و با جویدن و شستشو سایش می‌یابد. به تدریج این غشا با یک رسوب آلی به نام پلیکل، حاصل از بروتین‌های برازقی جایگزین می‌شود. میکروارگانیسم‌ها ممکن است به پلیکل چسبیده و پلاک باکتریایی ایجاد کنند که ذاتا اسیدساز بوده و می‌تواند به طور بالقوه باعث ایجاد پوسیدگی شود.

مینا ممکن است نسبت به یون‌ها و ملکول‌های خاصی نفوذپذیر باشد. این مسیر عبور ممکن است از طریق نواحی کمتر معدنی شده و غنی از مواد آلی، مانند غلاف منشورها، ترک‌های مینایی و سایر نواص باشد. آب نقش مهمی به عنوان واسطه انتقالی از طریق فضاهای بین کربستالی ایفا می‌کند. نفوذپذیری مینا با افزایش سن به علت تغییرات ماتریکس مینا که به عنوان بلوغ مینا شناخته می‌شود، کاهش می‌یابد.

### کمپلکس پالپ-عاج

**The pulp usually does not differentiate between heat, touch, pressure, or chemicals. Motor nerve fibers initiate reflexes in the muscles of the blood vessel walls for the control of circulation in the pulp.**

شکل گیری عاج یا دنتینوژنیس، توسط ادنتوبلاست‌ها انجام می‌شود. ادنتوبلاست‌ها به عنوان قسمتی از بافت پالپ و عاج در نظر گرفته می‌شوند؛ زیرا بدنه آن‌ها درون پالپ قرار دارد؛ ولی استطاللهای سیتوپلاسمیک آن‌ها به میزان زیادی (۱۰۰ تا ۲۰۰ میکرون) درون توبول‌های عاجی مینرالیزه گسترش یافته (فیبرهای تومز) و از پردنتنین به داخل عاج گسترش پیدا می‌کنند. به علت وجود این زوائد، عاج نوعی بافت زنده با توانایی واکنش به محرك‌های فیزیولوژیک و پاتولوژیک در نظر گرفته می‌شود.



زوائد ادنتوبلاستیک گاهی از DEJ به درون مینا عبور می‌کنند و وقتی انتهای آن‌ها ضخیم می‌شود، **دوک‌های مینایی** (Spindle Enamel) نام می‌گیرند. آن‌ها ممکن است به صورت گیرنده‌های درد عمل نموده و حساسیت مینایی در برخی بیماران (در زمان تراش اولیه حفره) را توجیه نمایند.

پالپ دندان چهار وظیفه بر عهده دارد:

۱. سازندگی تکاملی (formative development)
۲. تغذیه‌ای (nutritive)

۳. حسی حفاظتی (Sensory protective)

۴. دفاعی و ترمیمی (defensive/repaiptive)

شکل گیری عاج درست قبل از شکل گیری مینا آغاز می‌شود. ادنتوبلاست‌ها یک



در رابطه با عاج ثانویه گزینه صحیح کدام است؟ (ورودی ۹۷)

- الف) در اثر حرکت‌های خارجی ایجاد می‌شود.
- ب) سرعت تشکیل آن زیاد است.
- ج) برای توبول‌های عاجی آن با عاج اولیه در یک راستاست.
- د) در نواحی مختلف دندان‌های چندریشه‌ای ضخامت‌های متفاوتی دارد.

عاج اسکلروزیک ناشی از ..... یا ..... است و موجب تغییر در ترکیب ..... می‌شود. (بورد ۹۴)

- الف) افزایش سن، تحریک ملایم، عاج اولیه
- ب) اتریشن، پروسه‌های ترمیمی، عاج ثانویه
- ج) افزایش سن، پروسه‌های ترمیمی، عاج ثالثیه
- د) پوسیدگی حاد، تحریک ملایم، عاج اولیه

عاج انسان تقریباً ۵۰٪ حجمی از مواد غیر آلی و ۳۰٪ حجمی از مواد آلی تشکیل شده است. فاز آلی شامل تقریباً ۹۰٪ کلاژن تیپ ۱ و ۱۰٪ پروتئین‌های غیرکلاژنی است.

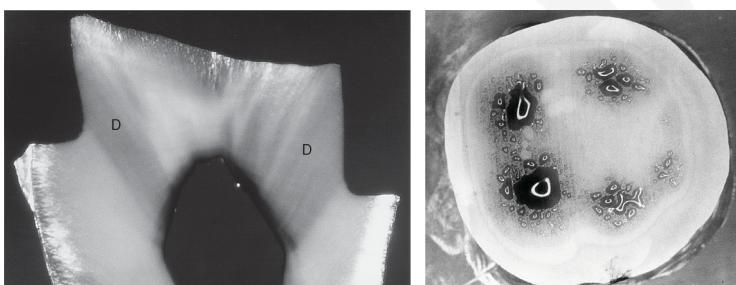
با افزایش سن، عاج سخت‌تر می‌شود که به طور اولیه ناشی از افزایش محتوای معدنی است. اگرچه عاج بافتی سخت و معدنی است؛ اما قابل انعطاف بوده و ضریب کشسانی آن حدود ۱۸ گیگاپاسکال (GPa) می‌باشد. این انعطاف‌پذیری به حمایت از مینای شکننده غیرمنعطف کمک می‌کند.

اغلب "خطوط ترک" کوچکی روی مینای دیده می‌شود که نمایانگر شکستگی‌های خفیف ساختاری است. خطوط ترک معمولاً از لحاظ بالینی حائز اهمیت نیست؛ مگر آنکه همراه با شکستگی عاج زیرین باشد.

مقبول‌ترین فرضیه انتقال درد، فرضیه هیدرودینامیک است که انتقال درد را از طریق حرکات سریع مایع درون توبول‌های عاجی توجیه می‌کند. توبول‌های بسیاری حاوی انتهای‌های عصبی گیرنده حرکت‌های مکانیکی در نزدیکی پالپ قرار دارند که حرکات اندک مایع درون توبول ناشی از برش، خشک کردن، تغییرات فشار، تغییرات اسمزی یا تغییرات دمایی را گزارش می‌دهند.

تحریکی که سبب حرکت مایع درون توبول‌های عاجی شود، ادنتوبلاست‌ها و اعصاب آوران (Afferent) را از شکل طبیعی خارج کرده و به حس درد منتهی می‌شود. بسیاری از روندهای ترمیم مثل برش یا خشک کردن با هوا چنین حرکات مایعی را القا می‌کنند.

مایعات پالپی، فشار مثبت اندکی به سمت خارج دارند. مطالعات نفوذپذیری عاج نشان داده‌اند که توبول‌ها از لحاظ عملکردی بسیار کوچک‌تر از ابعاد اندازه‌گیری شده به طریق میکروسکوپی‌اند؛ چراکه در طول آن‌ها چندین تنگ‌شدن (Constriction) وجود دارد.



نفوذپذیری عاج در تمام سطوح دندان یکسان نیست. عاج تاجی نسبت به عاج ریشه‌ای بسیار نفوذپذیرتر است. همچنین تفاوت‌هایی در خود عاج تاجی دیده می‌شود.

نفوذپذیری عاج به طور اولیه به ضخامت عاج باقیمانده (یعنی طول توبول‌ها) و قطر توبول‌ها بستگی دارد. (قطر توبول نقش مهم‌تری نسبت به طول توبول دارد) نواحی تیره از نفوذ رنگ نشان می‌دهد که توبول‌های عاجی دیواره‌های اگزیال نسبت به آن‌هایی که در کف پالپی هستند، بسیار نفوذپذیرترند.

نواحی عمیق عاج (روی شاخک‌های پالپی) نسبت به عاج سطحی بسیار نفوذ پذیرترند.

در دندان‌های دائمی، عاج اولیه (Primary) چه زمانی کامل می‌شود؟ (ورودی ۹۷)

(ورودی ۸۷)

الف) هنگام رویش دندان

ب) یکسال بعد از رویش دندان

ج) دو سال بعد از رویش دندان

د) سه سال بعد از رویش دندان

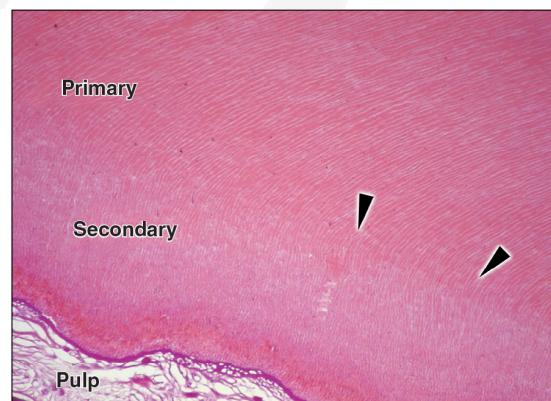
توبول‌های عاجی خمیدگی S شکل خفیفی در ناحیه تاج دارند؛ اما در نوک اینسایزال و ریشه مستقیم‌اند. پس از شکل‌گیری عاج اولیه، رسوب عاج با سرعت کمتری ادامه می‌یابد؛ حتی اگر هیچ گونه حرکتی وجود نداشته باشد. البته سرعت و مقدار این عاج فیزیولوژیک ثانویه به طور قابل ملاحظه‌ای بین افراد مختلف متفاوت است.

After the primary dentin is formed, dentin deposition continues at a reduced rate ( $\sim 0.4 \mu\text{m/day}$ ) even without obvious external stimuli, although the rate and amount of this physiologic secondary dentin vary considerably among individuals. In secondary dentin, the tubules take a slightly different directional pattern in contrast to the primary dentin.

در عاج ثانویه، توبول‌ها الگوی اندک متفاوتی با عاج اولیه نشان می‌دهند. عاج ثانویه تمام سطوح داخلی حفره پالپ را می‌سازد؛ اما در حفره پالپی دندان‌های چند ریشه، تمایل دارد که در سقف و کف، از دیواره‌ها ضخیم‌تر باشد.

خمیدگی توبول‌های عاجی از عاج اولیه به ثانویه مشخصاً تغییر می‌کند. توبول‌های عاجی در عاج ثانویه شکل نامنظم‌تر دارند. عاج اسکلروزه، عاجی است که به واسطه حرکت‌های خفیف مزمن مداوم و یا با افزایش سن شکل می‌گیرد. در این عاج محتوای آلی به تدریج از بین رفته و با مواد معدنی جایگزین می‌گردد.

عاج اسکلروزیک فیزیولوژیک (با افزایش سن) به واسطه افزایش محتوای معدنی در عاج اولیه ایجاد می‌شود. این نواحی سخت‌تر، متراکم‌تر بوده و به دلیل تنگ شدن قطر توبول، حرکت مایع توبولی محدود شده و حساسیت کمتر می‌شود.



**Fig. 1.22** Ground section of dentin with pulpal surface at right. Dentinal tubules curve sharply as they move from primary to secondary dentin. Dentinal tubules are more irregular in shape in secondary dentin. (From Nanci A: *Ten Cate's oral histology: development, structure, and function*, ed 8, St. Louis, 2013, Mosby.)

The walls of the dentinal tubules (peritubular dentin) in the primary dentin gradually thicken, through ongoing mineral deposition, with age. The dentin therefore becomes harder, denser, and, because tubular fluid flow becomes more restricted as the lumen spaces become smaller, less sensitive. The increased amount of mineral in the primary dentin is defined as **dentin sclerosis**. Dentin sclerosis resulting from aging is called **physiologic dentin sclerosis**.