

|                                                            |            |
|------------------------------------------------------------|------------|
| پیشگفتار.....                                              | ۷          |
| <b>بخش ۲: مباحث علمی پیشرفته.....</b>                      | <b>۹</b>   |
| فصل ۱۳: ساختار و عملکردهای کمپلکس پالپ-عاج.....            | ۱۱         |
| فصل ۱۴: واکنش پالپ به پوسیدگی و اقدامات دندانپزشکی.....    | ۷۵         |
| فصل ۱۵: میکروبیولوژی عفونت‌های اندودانتیک.....             | ۱۱۹        |
| فصل ۱۶: پاتوبیولوژی پریودنتیت اپیکال.....                  | ۱۶۷        |
| <b>بخش ۳: مباحث بالینی پیشرفته.....</b>                    | <b>۲۱۵</b> |
| فصل ۱۷: ارزیابی پیامدها (نتایج).....                       | ۲۱۷        |
| فصل ۱۸: تحلیل ریشه (Root resorption).....                  | ۲۸۵        |
| فصل ۱۹: مدیریت اورژانس‌های اندودانتیک.....                 | ۳۱۹        |
| فصل ۲۰: مدیریت حوادث یا تروژنیک.....                       | ۳۴۵        |
| فصل ۲۱: نقش اندودنتیکس پس از آسیب‌های تروماتیک دندانی..... | ۴۱۳        |
| فصل ۲۲: ترک‌ها و شکستگی‌های مزمن.....                      | ۴۶۵        |
| فصل ۲۳: ترمیم دندان‌های درمان ریشه شده.....                | ۴۹۳        |
| فصل ۲۴: درمان پالپ زنده (Vital pulp therapy).....          | ۵۳۵        |
| فصل ۲۵: اندو - پریو.....                                   | ۵۸۹        |
| <b>بخش ۴: محتوای آنلاین.....</b>                           | <b>۶۱۳</b> |
| فصل ۲۶: روش‌های سفید کردن.....                             | ۶۱۵        |
| فصل ۲۷: ثبت اطلاعات اندودانتیک و مسئولیت‌های قانونی.....   | ۶۴۹        |
| فصل ۲۸: اصول کلیدی در مدیریت درمان اندودانتیک.....         | ۷۳۹        |

# پیشگفتار

پروردگار متعال را شاکریم که با لطف بی‌منت‌هایش، توفیق ترجمه کامل کتاب ارزشمند "pathways of the pulp" را به ما ارزانی داشت. در فرآیند ترجمه این جلد از کتاب، بر خود لازم می‌دانم که از زحمات دوستان عزیز و پرتلاشم دکتر شایان گلکار، دکتر گلشن محمدی، دکتر موحد قاسمی‌گانه، دکتر شراره براتی، دکتر فاروق بهرامی، دکتر مهسا چملائی و دکتر ملیکا جانقربان صمیمانه سپاسگزاری نمایم. همچنین، از همراهی و صبوری بی‌حد و حصر مدیریت و پرسنل محترم انتشارات رویان پژوه که امکان انتشار این اثر را فراهم نمودند، کمال تشکر و قدردانی دارم. امید است که همکاران محترم، ما را از نظرات ارزشمند خود جهت ترجمه بهتر این کتاب، بهره‌مند سازند.

**دکتر حمیدرضا همتی**

اردیبهشت ۱۴۰۴

Hr.hemati94@gmail.com

# مباحث علمی پیشرفته

### عناوین بخش

- ۱۳. ساختار و عملکردهای کمپلکس پالپ-عاج
- ۱۴. واکنش‌های پالپ به پوسیدگی و اقدامات دندانپزشکی
- ۱۵. میکروبیولوژی عفونت‌های اندودانتیک
- ۱۶. پاتوبیولوژی پریودنتیت اپیکال

# ساختار و عملکردهای کمپلکس پالپ-عاج

INGE FRISTAD and ELLEN BERGGREEN\*

## عناوین فصل

### ساختار و عملکردهای کمپلکس پالپ-عاج

#### نواحی مورفولوژیک پالپ

کمپلکس پالپ - عاج

لایه ادنتوبلاست

ناحیه کم سلولی

ناحیه پر سلول

مرکز پالپ

#### سلول های پالپ

ادنتوبلاست

زوائد ادنتوبلاست

ارتباط ساختار ادنتوبلاست با عملکرد ترشحی

فیبروبلاست پالپ

ماکروفاژ

سلول دندریتیک

لنفوسیت

ماست سل

#### متابولیسم

#### ماده بینابینی و زمینه ای پالپ

هیالورونان

الیاف الاستیک

بینابینی ملتهب

#### الیاف بافت همبند پالپ

#### سیستم تری ژمینال

عصب دهی

مراحل و مکانیسم های درک درد

تشخیص: اولین گام در درک درد

### نوروپیتیدها

تست پالپ

حساسیت عاجی

حساسیت محیطی

هایپرالژزیا و آلودینیا

واسطه های التهابی

پالپیت دردناک

پلاستیسیته الیاف عصبی داخل دندانی

آسیب بافتی و deafferentation

پردازش: مرحله دوم در درک درد

شاخ خلفی مدولاری

اجزای شاخ خلفی مدولاری

حساسیت مرکزی

ادراک: تالاموس تا کورتکس

#### خونرسانی

تنظیم جریان خون پالپی

کنترل موضعی جریان خون

کنترل هومورال جریان خون

درناژ مایع

تبادل مایعات بین مویرگی

#### جریان خون در پالپ ملتهب

نفوذپذیری عروقی

جنبه های بالینی

#### ترمیم پالپی

کلسیفیکاسیون های پالپی

تغییرات سنی

## نواحی مورفولوژیک پالپ

### کمپلکس پالپ-عاج

پالپ دندان و عاج به عنوان یک واحد عمل می کنند و ادنتوبلاست ها یک جزء اساسی در این سیستم هستند. ادنتوبلاست ها در بخش های محیطی بافت پالپ قرار گرفته اند و به بخش داخلی عاج گسترش می یابند. عاج وجود نخواهد داشت مگر اینکه توسط ادنتوبلاست ها تولید شود، و پالپ دندان وابسته به حفاظت ایجاد شده توسط عاج و مینا است. به همین شکل تعاملات پویای عاج و پالپ این موضوع را می رساند که تاثیرات بر عاج ممکن است اجزای پالپی را تحت تاثیر بگذارد و همچنین آسیب های وارده به پالپ، کمیت و کیفیت عاج تولید شده را تحت تاثیر می گذارد.

### لایه ادنتوبلاستی

خارجی ترین لایه سلول های پالپ سالم، لایه ادنتوبلاستی است (شکل ۱-۱۳ و ۲-۱۳). این لایه بلافاصله در مجاورت پره دنتین واقع شده است. با این حال، زوائد ادنتوبلاستی از پره دنتین عبور کرده و وارد بخش داخلی عاج می شوند. در نتیجه لایه ادنتوبلاستی در واقع از جسم سلولی ادنتوبلاست ها تشکیل شده است. به علاوه، مویرگ ها، فیبرهای عصبی و سلول های دندریتیک ممکن است در بین ادنتوبلاست ها یافت شود.

در بخش کروئال یک پالپ جوان که به طور فعال در حال ترشح کلاژن است، ادنتوبلاست ها یک نمای استوانه ای بلند به خود می گیرند.<sup>۶۲</sup> ادنتوبلاست ها از نظر ارتفاع، متفاوت هستند. در نتیجه هسته آنها در یک سطح نمی باشد بلکه یک آرایش زیگزاگ به خود گرفته، که اغلب به شکل نمای نرده ای (Palisaded) توصیف می شود. این آرایش باعث می شود که به نظر برسد این لایه در ۳ تا ۵ ردیف سلول قرار گرفته در حالی که فقط یک لایه واقعی ادنتوبلاست وجود دارد. بین ادنتوبلاست های مجاور فضاهای بین سلولی کوچک در حد ۳۰ تا ۴۰ نانومتر وجود دارد. جسم سلولی ادنتوبلاست ها توسط اتصالات محکم و شکاف دار به یکدیگر متصل شده اند.<sup>۲۹،۶۳،۱۶۲</sup> اتصالات شکاف دار توسط پروتئین های کانکسین (connexin) ایجاد می شوند<sup>۱۱۵</sup> که به مولکول های سیگنال دهنده اجازه عبور سلول به سلول را می دهند.

لایه ادنتوبلاستی در پالپ تاجی نسبت به پالپ ریشه ای، سلول های بیشتری در واحد سطح دارد،<sup>۲۴۵</sup> در حالی که ادنتوبلاست های پالپ بالغ تاجی معمولاً استوانه ای هستند؛ آنهایی که در ناحیه میانی پالپ ریشه ای قرار دارند مکعبی تر به نظر می رسند.<sup>۶۳</sup> در نزدیکی فورامن اپیکال، ادنتوبلاست ها به شکل یک لایه سنگفرشی از سلول های مسطح دیده می شوند. از آنجایی که در ریشه نسبت به

تاج، توبول های عاجی کمتری در واحد سطح دندان دیده می شود، جسم سلولی ادنتوبلاست ها در ریشه تراکم کمتری دارد و قادر به گسترش جانبی هستند.<sup>۲۴۵</sup> در حین بلوغ و افزایش سن، افزایش تراکم لایه ادنتوبلاستی به خصوص در پالپ تاجی، ادامه می یابد، که علت آن باریک شدن فضای پالپ می باشد. به نظر می رسد آپوپتوز ادنتوبلاست ها در حین تکامل برای این فضای محدود، نقش جبرانی داشته باشد.<sup>۲۵۷</sup>

تعدادی از اتصالات اختصاصی سلول به سلول (مجموعه اتصالی) شامل دسموزوم ها (zonula adherens)، اتصالات شکاف دار<sup>۱</sup> (nexus) و اتصالات محکم<sup>۲</sup> (zonula occludens) وجود دارند که ادنتوبلاست های مجاور را به یکدیگر متصل می کنند.

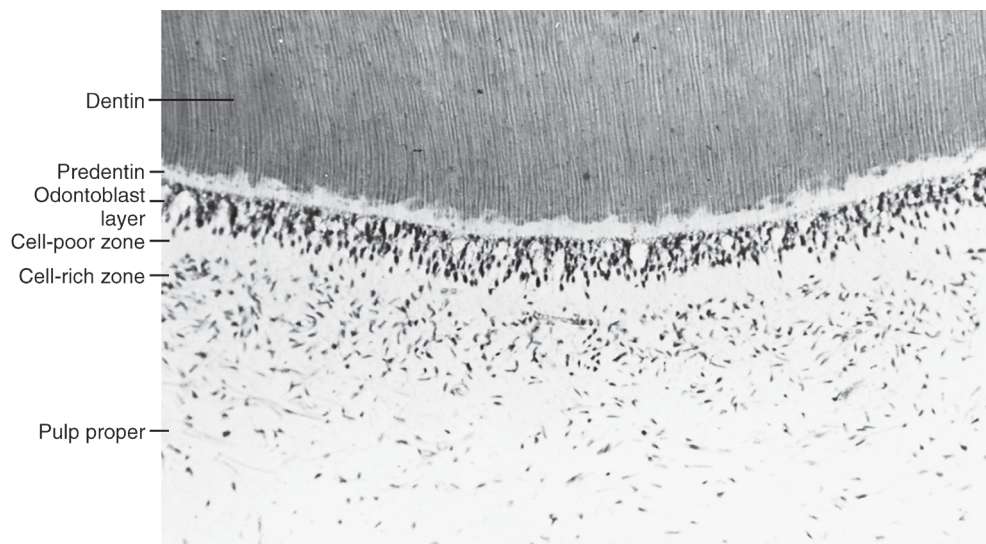
دسموزوم های نقطه ای (Spot desmosomes) که در قسمت اپیکالی جسم سلولی ادنتوبلاست ها قرار دارند به شکل مکانیکی ادنتوبلاست ها را به یکدیگر متصل می کند. اتصالات شکاف دار متعدد، مسیرهای نفوذپذیری ایجاد می کنند که از طریق آنها مولکول های سیگنال دهنده می توانند بین سلولها عبور کنند (شکل ۳-۱۳) تا با هماهنگ کردن فعالیت ترشحی، لایه های نسبتاً یکنواخت پره دنتین ایجاد شود (شکل ۲-۱۳). این اتصالات فراوان ترین نوع اتصال در حین شکل گیری عاج اولیه هستند. اتصالات شکاف دار و دسموزوم ها همچنین در اتصال ادنتوبلاست ها به زوائد فیبروبلاست ها در ناحیه زیرادنتوبلاستی نقش دارند. اتصالات محکم به طور عمده در بخش اپیکال ادنتوبلاست ها در دندان های جوان دیده می شوند. این ساختارها از برجستگی ها و شیارهای خطی که فضای بین سلولی را مسدود می کند تشکیل شده است. با این حال مطالعات با استفاده از ردیاب ها، پیشنهاد دهنده عبور عناصر کوچک از مویرگ های زیرادنتوبلاستی به پره دنتین و عاج در بین ادنتوبلاست ها می باشند.<sup>۲۵۹</sup> به نظر می رسد که اتصالات محکم، نفوذپذیری لایه ادنتوبلاستی را زمانی که عاج توسط مینا یا سمان پوشیده شده است، با محدود کردن عبور مولکولها، یونها و مایعات بین اجزای خارج سلولی پالپ و پره دنتین، تعیین می کنند.<sup>۲۹</sup> در حین آماده سازی حفره این اتصالات گسیخته شده و نفوذپذیری عاج افزایش می یابد.<sup>۳۸۰،۳۸۱</sup>

### ناحیه کم سلول (Cell-poor zone)

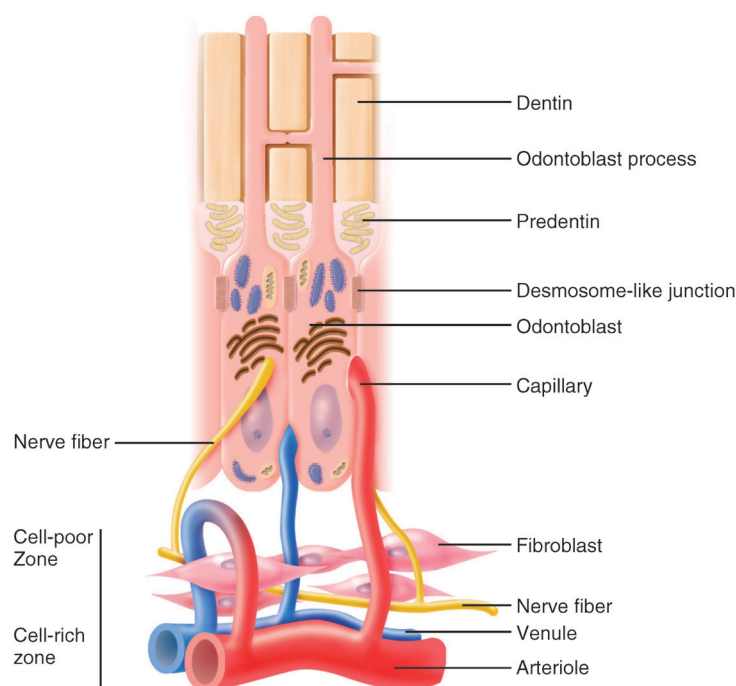
در پالپ تاجی، بلافاصله در زیر لایه ادنتوبلاستی، اغلب یک ناحیه باریک با عرض تقریباً ۴۰ میکرون دیده می شود که نسبتاً فاقد سلول است (شکل ۱-۱۳) و از این نظر ناحیه بدون سلول

1. gap junctions

2. tight junctions



شکل ۱۳-۱ نواحی مورفولوژیک پالپ بالغ.



شکل ۱۳-۲ نمایش نموداری لایه ادنتوبلاست و ناحیه ساب ادنتوبلاستیک پالپ

### ناحیه پر سلول (Cell-rich zone)

در ناحیه زیرادنتوبلاستی، لایه‌ای وجود دارد که در مقایسه با قسمت مرکزی پالپ، فیبروبلاست‌های نسبتاً زیادی دارد (شکل ۱۳-۱). این لایه در پالپ تاجی بسیار واضح‌تر از پالپ ریشه‌ای است. در ناحیه پر سلول، علاوه بر فیبروبلاست‌ها، ممکن است تعداد متغیری از سلول‌های ایمنی از جمله ماکروفاژها و سلول‌های دندریتیک و همچنین سلول‌های بنیادی مزانشیمی تمایز نیافته<sup>۱</sup> (MSCs) نیز وجود داشته باشد.

Weil نیز نامیده می‌شود. مویرگ‌ها، فیبرهای عصبی بدون میلین و زوائد سیتوپلاسمی نازک فیبروبلاست‌ها از این ناحیه عبور می‌کنند (شکل ۱۳-۲). حضور این لایه به وضعیت عملکردی پالپ بستگی دارد.<sup>۶۳</sup> این لایه ممکن است در پالپ‌های جوان که عاج به سرعت در حال تشکیل است یا در پالپ‌های مسن‌تر که عاج ترمیمی ساخته می‌شود، دیده نشود.

1. undifferentiated mesenchymal stem cells

بر اساس شواهد به دست آمده از دندان‌های مولر rat پیشنهاد شده است که <sup>۱۲۸</sup> ناحیه پرسلول در نتیجه مهاجرت محیطی سلول‌هایی که در نواحی مرکزی پالپ ساکن هستند رخ می‌دهد که تقریباً از زمان رویش دندان شروع می‌شود. مهاجرت سلول‌های ایمنی به داخل و خارج ناحیه پرسلول در نتیجه چالش آنتی‌ژنیک است.<sup>۴۲۸</sup> اگرچه در پالپ سالم، تقسیم سلولی در ناحیه پرسلول نادر است، اما مرگ ادنتوبلاست‌ها سرعت میتوز را افزایش می‌دهند. از آنجایی که ادنتوبلاست‌ها سلول‌های پس‌میتوزی (postmitotic cells) هستند، آنهایی که به شکل برگشت‌ناپذیر آسیب می‌بینند توسط سلول‌هایی که از ناحیه پرسلول به سطح داخلی عاج مهاجرت می‌کنند، جایگزین می‌شوند.<sup>۱۰۰</sup> این فعالیت میتوزی احتمالاً اولین مرحله در تشکیل لایه ادنتوبلاستی جدید است.<sup>۷۴،۲۶۱،۲۶۲،۳۴۵</sup> مطالعات، سلول‌های بنیادی را به‌عنوان منشأ این ادنتوبلاست‌های جایگزین در نظر گرفته‌اند.<sup>۲۵۳</sup>

### مرکز پالپ (Pulp proper)

این ناحیه، توده مرکزی پالپ است و بافت همبندی شل، عروق و اعصاب بزرگ‌تر را دربر می‌گیرد. بارزترین سلول در این منطقه، فیبروبلاست است.

## سلول‌های پالپ

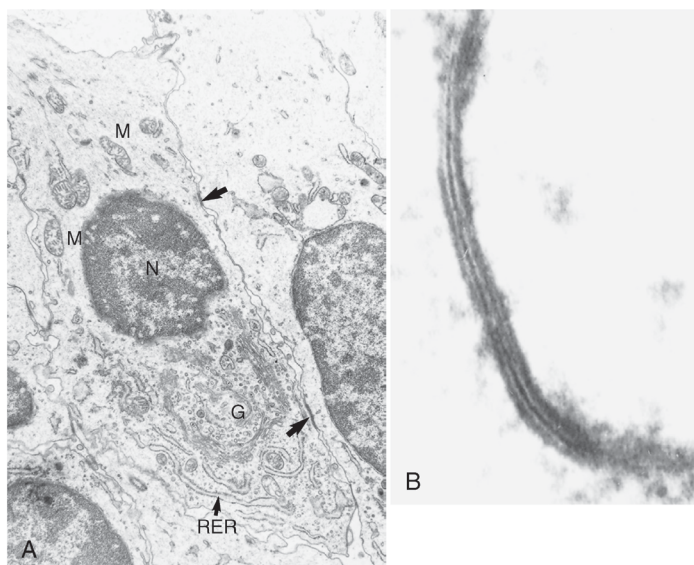
### ادنتوبلاست

از آنجایی که ادنتوبلاست‌ها مسئول تشکیل عاج در زمان تکامل دندان و سنین بالاتر هستند، ادنتوبلاست‌ها شاخص‌ترین و اختصاصی‌ترین سلول کمپلکس عاج-پالپ هستند. در حین تشکیل عاج، ادنتوبلاست‌ها عاج و توبول‌های عاجی را می‌سازند و حضور آنها در درون توبول‌ها، عاج را به یک بافت زنده و پاسخ‌دهنده تبدیل می‌کند. تشکیل عاج، استخوان و سمان از بسیاری جهات کاملاً مشابه هم هستند و ادنتوبلاست‌ها، استئوبلاست‌ها و سمندوبلاست‌ها ویژگی‌های مشترک زیادی دارند. هر یک از این سلول‌ها ماتریکسی متشکل از فیبریل‌های کلاژن، پروتئین‌های غیر کلاژنی و پروتئوگلیکان‌هایی که قادر به مینرالیزه شده هستند، تولید می‌کنند. ویژگی‌های فراساختاری ادنتوبلاست‌ها، استئوبلاست‌ها و سمندوبلاست‌ها از این نظر که دارای شبکه آندوپلاسمی زبر بسیار تکامل یافته، یک شبکه گلژی واضح، کانال‌های ترشحی و میتوکندری‌های متعدد می‌باشند، مشابه هستند. به علاوه، این سلول‌ها غنی از RNA بوده و هسته آنها شامل یک یا چند هستک واضح است. اینها ویژگی‌های عمومی سلول‌های ترشح‌کننده پروتئین می‌باشند.

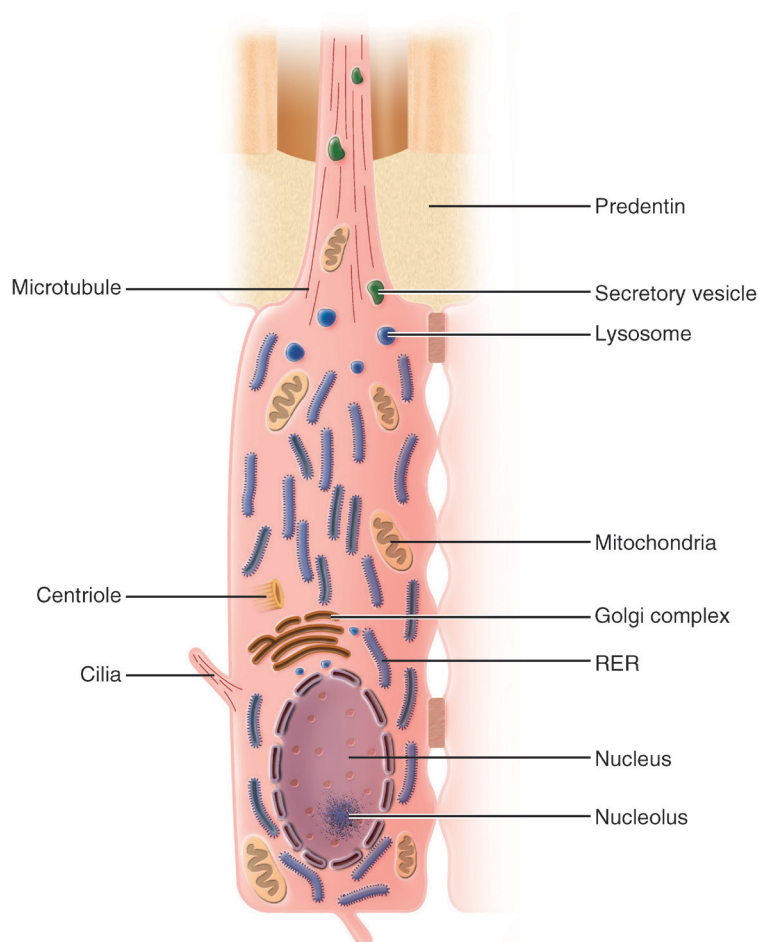
مهم‌ترین تفاوت‌ها بین ادنتوبلاست‌ها، استئوبلاست‌ها و سمندوبلاست‌ها، ویژگی‌های مورفولوژیک آنها، ارتباط اناتومیک این سلول‌ها و ساختارهایی معدنی است که آنها تولید می‌کنند. با اینکه استئوبلاست‌ها و سمندوبلاست‌ها چند وجهی تا مکعبی هستند، ادنتوبلاست کاملاً تکامل یافته در پالپ تاجی، استوانه‌ای بلند هستند.<sup>۶۳،۲۴۵</sup> در استخوان و سمان بعضی از استئوبلاست‌ها و سمندوبلاست‌ها در درون ماتریکس محصور می‌شوند و به ترتیب، استئوسیت یا سمندوسیت را تشکیل می‌دهند. از سوی دیگر، ادنتوبلاست یک زائده از خود به جای می‌گذارد تا توبول عاجی را تشکیل دهد و جسم سلولی در خارج از بافت مینرالیزه قرار می‌گیرد. شاخه‌های جانبی که بین زوائد ادنتوبلاستی اصلی قرار دارند، از طریق تعدادی کانالیکول به یکدیگر متصل می‌شوند،<sup>۱۸۰،۲۵۸</sup> و این دقیقاً شبیه استئوسیت‌ها و سمندوسیت‌هایی است که از طریق کانالیکول‌ها در استخوان و سمان در ارتباط هستند. این مسیری برای ارتباط بین سلولی و گردش مایعات و متابولیت‌ها درون ماتریکس مینرالیزه فراهم می‌کند.

ویژگی‌های فراساختاری ادنتوبلاست‌ها موضوع بسیاری از مطالعات بوده است. جسم سلولی ادنتوبلاست فعال، یک هسته بزرگ دارد که ممکن است تا چهار هستک داشته باشد (شکل ۴-۱۳). هسته در در انتهای بازال سلول قرار گرفته و در داخل غلاف هسته‌ای محدود شده است. یک سیستم گلژی به خوبی تکامل یافته که به شکل مرکزی در سیتوپلاسم و بالای هسته قرار گرفته است که متشکل از تعدادی وزیکول با دیواره‌های صاف و سیسترنای می‌باشد. میتوکندری‌های متعدد به شکل یکنواخت درون جسم سلولی توزیع شده‌اند. شبکه آندوپلاسمی زبر (RER) به طور ویژه برجسته است که شامل سیسترنای روی هم قرار گرفته است که ردیف‌های موازی که به شکل منتشر درون سیتوپلاسم پخش شده‌اند را تشکیل می‌دهد. ریبوزوم‌های متعدد در ارتباط نزدیک با غشای سیسترنای قرار دارند و محل سنتز پروتئین می‌باشند. در درون لومن سیسترنای مواد فیلامنتوس (که احتمالاً نشان‌دهنده پروتئین‌های تازه سنتز شده هستند) دیده می‌شود.

به‌نظر می‌رسد ادنتوبلاست عمدتاً کلاژن نوع یک تولید می‌کند.<sup>۲۱۲،۴۰۸</sup> با این حال مقادیر اندک کلاژن نوع ۵ در ماتریکس خارج سلولی (ECM) یافت شده است. علاوه بر پروتئوگلیکان‌ها<sup>۳۹،۸۵،۱۲۵</sup> و کلاژن<sup>۲۱۲،۲۲۴</sup> ادنتوبلاست‌ها سیالوپروتئین عاجی<sup>۴۱</sup> و فسفوفورین<sup>۴۱،۷۰</sup> که یک فسفوپروتئین به شدت فسفریله است و در مینرالیزاسیون خارج سلولی دخیل است را نیز تولید می‌کنند.<sup>۴۱،۷۸</sup> فسفوفورین مختص عاج بوده و در هیچ نوع سلول مزانشیمال



**شکل ۳-۱۳**، میکروگراف الکترونی یک ادنتوبلاست دندان مولر موش که اتصالات شکافدار (فلش)، هسته (N)، میتوکندری (M)، کمپلکس گلژی (G) و شبکه آندوپلاسمی خشن (RER) را نشان می‌دهد. B، بزرگنمایی بالای یک مقطع ثابت و رنگ آمیزی شده با نیترات لانتانیم جهت نشان دادن یک اتصال شکافدار معمولی.



**شکل ۴-۱۳** دیاگرام یک ادنتوبلاست کاملاً تمایز یافته. RER شبکه آندوپلاسمی خشن.

لیزوزیمی ممکن است در هضم مواد جذب شده از ماتریکس پره‌دنتین نقش داشته باشد.<sup>۸۹</sup> برخلاف ادنتوبلاست‌های فعال، در ادنتوبلاست‌های در حال استراحت یا غیرفعال تعداد ارگانل‌ها کاهش می‌یابد و ممکن است به

دیگری یافت نمی‌شود.<sup>۷۸</sup> ادنتوبلاست‌ها همچنین اسید فسفاتاز و آلکالین فسفاتاز ترشح می‌کنند. آلکالین فسفاتاز ارتباط نزدیک با مینرالیزاسیون دارد اما نقش دقیق آلکالین فسفاتاز در عاج‌سازی همچنان به طور کامل درک نشده است. اسید فسفاتاز، یک آنزیم