

پالپ دندان نوعی بافت زنده و فعال است که از نوع soft connective tissue بوده و از عاج حمایت میکند.

از دیدگاه هیستولوژی پالپ به ۴ ناحیه مجزا تقسیم میشود:

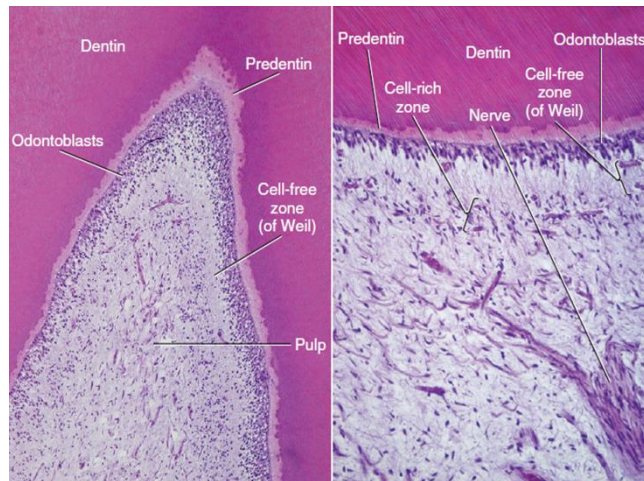
۱- ناحیه odontoblastic که در بخش محیطی پالپ قرار گرفته است.

۲- منطقه بدون سلول weil که در زیر ناحیه odontoblastic قرار گرفته و بیشتر در پالپ ناحیه تاجی وجود دارد.

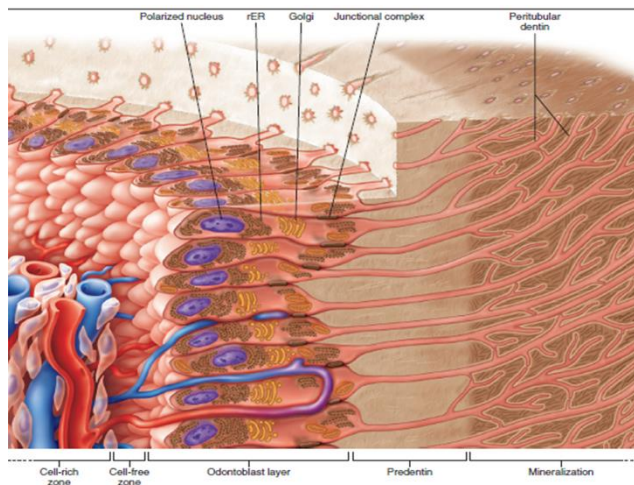
۳- منطقه غنی از سلول با تراکم سلولی بالا که در پالپ تاجی در مجاورت منطقه بدون سلول (cell-free zone) قرار دارد.

۴- هسته پالپ (pulp core) که با حضور عروق و اعصاب فراوان مشخص می شود.

1



2



توضیحات 2: نمای میکروسکوپ الکترونی از بخش های مختلف پالپ در قسمت odontoblastic layer

پلاریزه شدن هسته ها دیده می شود که برای ساختن عاج آماده می شوند. در لایه های سطحی مقداری عاج (dentin) ساخته شده است.

سلول های اصلی پالپ دندان شامل :

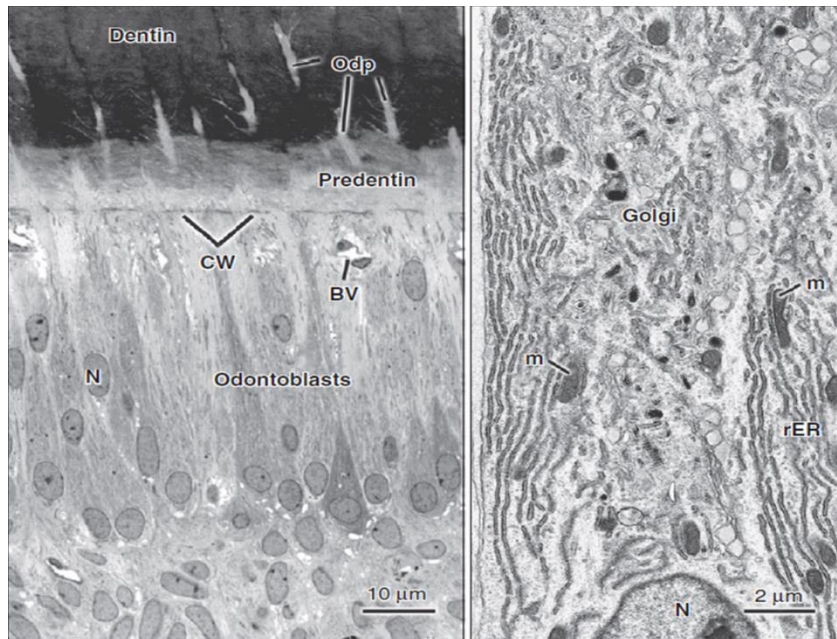
- 1) odontoblasts
- 2) Fibroblasts
- 3) سلول های اکتومزانسیم تمایز نیافته
- 4) macrophage
- 5) سلول های ایمنی
- 6) سلول های بنیادی با پتانسیل چند گانه (multipotent stem cell)

odontoblasts: مشخص ترین سلول های پالپ هستند. این سلول ها لایه ای را در محیط پالپ تشکیل می دهند و حاوی

زوائدی هستند که به طرف امتداد می یابد.

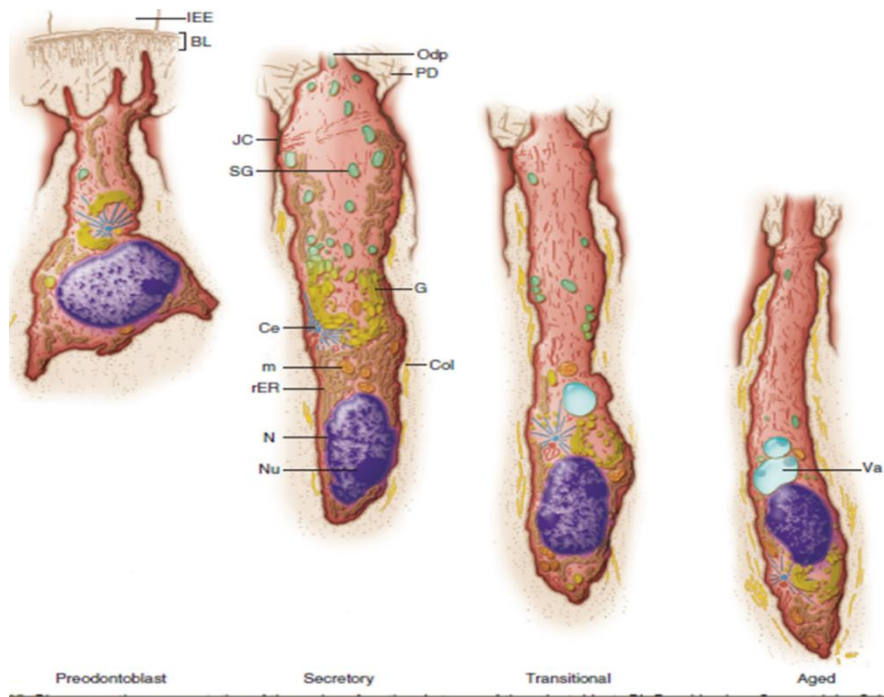
در قسمت تاج دندان بالغ، این سلول ها در لایه هایی به ضخامت سه تا پنج سلول به طور موازی قرار دارند که این نمای چند لایه ای یک artifact می باشد که به علت ازدحام ادونتوبلاست ها در حین مهاجرت به سمت مرکز دندان ایجاد میشود.

نکته: تعداد ادونتوبلاست ها در ارتباط با تعداد توبول های عاجی است (dental tubules).



توضیحات: این تصویر سلول های ادونتوبلاست را نشان می دهد که در مقابل predentin قرار دارند N. همان هسته سلول ها است که در سطوح مختلف مشاهده می شود. همانطور که مشاهده می شود، یک لایه از سلول های ادونتوبلاست در مجاورت predentin قرار دارد. تصویر راست تصویر میکروسکوپ الکترونی است که بخش اعظم فضای فوق هسته ای ادونتوبلاست ها را نشان می دهد که توسط کمپلکس گلژی اشغال شده است.

شکل سلول های ادونتوبلاست براساس موقعیت آنها تغییر می کند. در قسمت های تاجی بصورت استوانه ای، در قسمت های میانی پالپ بصورت مکعبی و در قسمت های رأسی (Apical) مسطح هستند. این تغییر شکل ادونتوبلاست ها در موقعیت های مختلف دندان، در واقع بازتابی از فعالیت عملی سلول است که از فاز سازندگی و فعال (synthetic phase) تا یک فاز رکود و سکون تغییر می یابد.

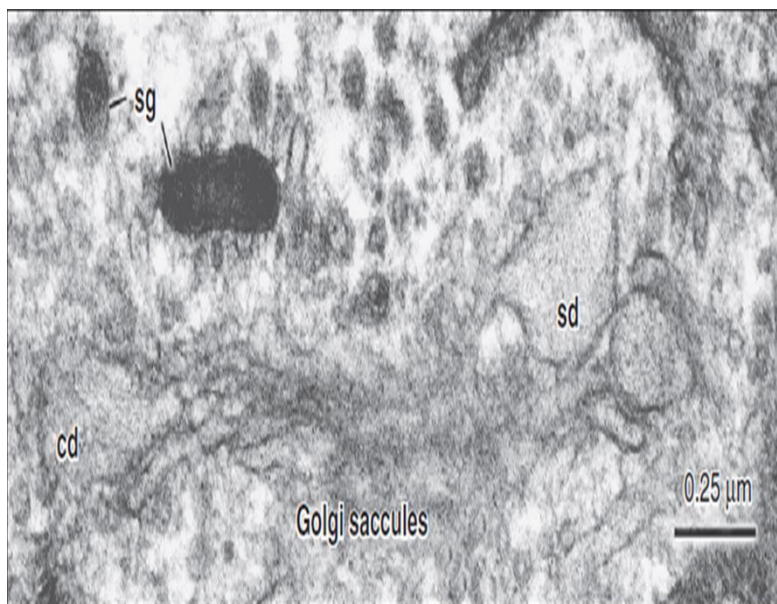


توضیحات: مراحل مختلف عملیاتی ادونتوبلاست ها. در مرحله secretory الیاف کلاژن، دستگاه گلژی فعال و گرانول های ترشحی و SG های فراوان داریم اما در فاز Aged که جز مراحل آخر می باشد، واکوئل های ترشحی و دستگاه گلژی سازمان یافته کمتر دیده شده و الیاف کلاژن تولیدی مشاهده نمی شود.

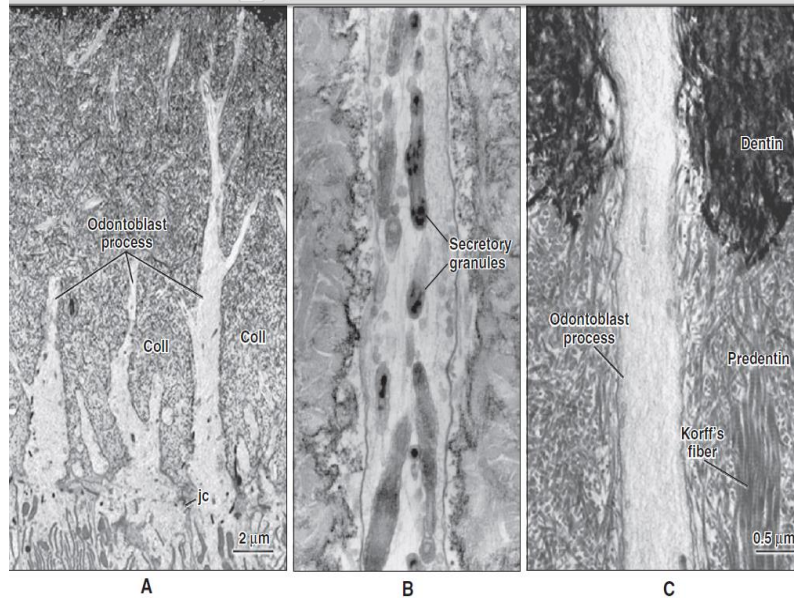
در میکروسکوپ نوری فاز عملیاتی ادونتوبلاست ها بصورت ۲ فاز است:

در فاز فعال سلول ها بصورت سلول های طویل با هسته قاعده ای و سیتوپلاسم بازوفیلیک و تیره و دستگاه گلژی واضح هستند. در فاز استراحت سلول ها بصورت مسطح با سیتوپلاسم کم و هسته هماتوکسیلیک (تیره) هستند. در میکروسکوپ الکترونی علاوه بر دو فاز فعال و استراحت، یک فاز دیگر به نام انتقالی (transitional stage) در بین دو فاز فعال و استراحت وجود دارد. در این فاز ارگانل های یک ادونتوبلاست فعال واضح تر می شوند. همچنین وزیکول های متعدد در کمپلکس گلژی تکامل یافته، رتیکولوم اندوپلاسمیک فراوان در سمت عاجی هسته مشاهده می شوند و میتوکندری های متعدد در بدنه سلول منتشر می شوند. بعلاوه هسته سلول حاوی مقادیر زیادی کروماتین پراکنده می شود و چندین هسته مشاهده می شود.

نکته: راه سنتز الیاف کلاژن توسط ادونتوبلاست ها و نحوه تجمع داخل و خارج سلولی کلاژن مشابه فیروبلاست هاست. یک سری برآمدگی های کروی حاوی پلی پپتید های آزاد وجود دارند که این برآمدگی ها به برآمدگی های استوانه ای حاوی پروکلاژن تبدیل می شوند و الیاف کلاژن بصورت مارپیچ سه گانه دور هم تجمع می یابند. سپس این برآمدگی های استوانه ای به شکل گرانول های ترشحی از اجسام گلژی جوانه می زنند. این گرانول ها طویل بوده و در زیر میکروسکوپ الکترونی یک تراکم مشخص دارند. این گرانول های ترشحی به سمت زائده ادونتوبلاست ها منتقل شده و در این محل محتویات خود را رها می کنند.



توضیحات: در تصویر کمپلکس گلژی مشاهده می شود. Cd بیرون زدگی های استوانه ای است که در آنها مولکول های پروکلاژن دیده می شود. Sd بیرون زدگی کروی است که این بیرون زدگی ها جوانه زدن هایی هستند که در کمپلکس گلژی دیده می شوند.



توضیحات: در این اسلاید، در زیر میکروسکوپ الکترونی odontoblast process مشاهده می شود که در اطراف آن گرانول های ترشحی دستگاه گلژی حاوی الیاف کلاژن دیده می شود. در شکل C نشان داده شده که این ادونتوبلاست ها رشته های ون کورف (korffsfiber) را به موازات زائده خودشان ایجاد کرده اند.

در ادونتوبلاست ها علاوه بر پروتئین های کلاژنه که حاوی الیاف کلاژن بودند و در گرانول های ترشحی ایجاد می شدند یکسری پروتئین های غیر کلاژنه نیز وجود دارد که هنوز اینکه آیا پروتئین های کلاژنه و غیر کلاژنه در گرانول های یکسان دسته بندی شده اند یا مجزا، مشخص نشده است.

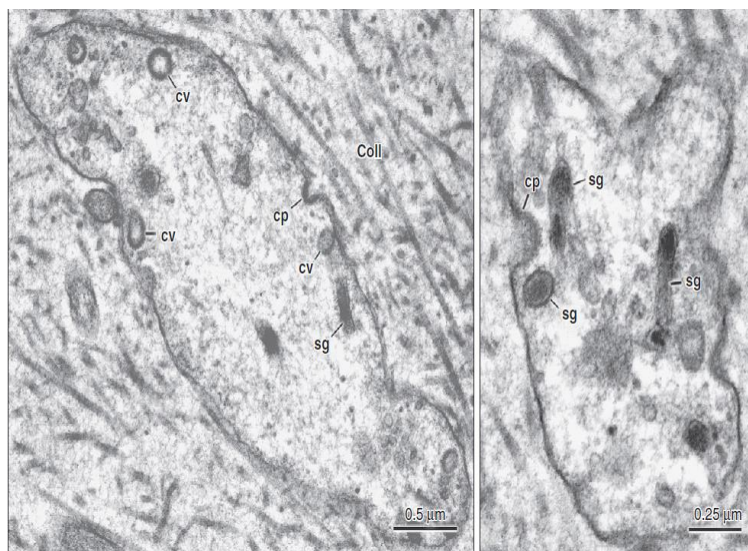
در سیتوپلاسم ادونتوبلاست ها، فیلامنت ها و میکروتوبول ها و یکسری گرانول های احاطه شده توسط غشا که در ظاهر شبیه لیزوزوم هستند را مشاهده می کنیم.

نکته: کاهش در تعداد ارگانل های درون سلولی ادونتوبلاست ها منعکس کننده کاهش فعالیت عملی ادونتوبلاست ها است. برای مثال ادونتوبلاست های بینابینی نسبت به آنهایی که در فاز فعال هستند، سلول های باریک تری هستند. هسته ادونتوبلاست های بینابینی قاعده ای بوده و کروماتین متراکمی دارد و مقدار رتیکولوم اندوپلاسمیک آن کاهش می یابد و در واقع واکوئل های autophagic شکل می گیرند که سازماندهی مجدد سیتوپلاسم را انجام می دهند.

ادونتوبلاست ها در مرحله استراحت یا مسن سلول های کوچک تری بوده که به هم متصل اند. هسته آنها در جهت رأس سلول قرار گرفته و در واقع یک منطقه زیر هسته ای را بوجود می آورند. در این منطقه مقادیر کاهش یافته ای از ارگانل های سیتوپلاسمی را داریم. در منطقه فوق هسته ای در ادونتوبلاست های فعال، ارگانل های متعددی وجود دارد اما در فاز استراحت، این منطقه خالی از ارگانل بوده و تنها واکوئل های بزرگ پر از چربی و با ساختارها و وزیکول های توبولار و فیلامنتی مشاهده می شود و گرانول های ترشحی به مقدار کم یا اصلاً وجود ندارد. زوائد ادونتوبلاستی از ناحیه گردن سلول در واقع قسمت فوقانی کمپلکس اتصال شروع شده و با پیشروی به سمت predentin بتدریج باریک تر می شوند. یک تغییر عمده در ساینولوژی ادونتوبلاست ها در قسمت اتصال بین بدنه سلول و زائده بوجود می آید. در قسمت بین بدنه سلول و زائده، زائده از ارگانل های اصلی خالی می شود ولی مقداری میکروتوبول و فیلامنت ها بصورت طولی در این قسمت قرار دارند. در طول غشای زائده، یکسری وزیکول های پوشش دار و گودال های پوشش دار را مشاهده می کنیم که نشان از فعالیت پینوسیتوزی ادونتوبلاست ها می باشد.

نکته: زائده ادونتوبلاست ها توسط توبول های کلاژن پیش عاج احاطه شده است.

نکته: گرانول های ترشحی در odontoblastic process ها قرار دارند.



توضیحات: در این تصویر فیبریل های کلاژن مشاهده می شود که در اطراف زائده ادونتوبلاستیک قرار دارند که فرورفتگی ها و وزیکول های پوشش دار را با نماد های CV و SG مشاهده می کنید.

اتصالاتی که بین اندوبلاست های مجاور وجود دارد شامل:

(1) اتصالات سوراخ دار (Gap junction)

(2) اتصالات محکم (tight junction)

(3) دسموزوم

اتصالات بین ادونتوبلاست ها در ناحیه ای که بدنه سلول به زائده تبدیل می شود بصورت کمپلکس اتصالی است که این کمپلکس عمدتاً از نوع اتصال چسبنده است و مواردی به صورت اتصال محکم است. در اتصال چسبنده فیلامنت های اکتین وارد اتصال چسبنده می شوند و یک شبکه انتهایی سلولی را ایجاد می کنند که این کمپلکس اتصالی بصورت کمربندی نیست. (مانند سلول های اپی تلیال) این موضوع که کمپلکس اتصالی عبور مولکول ها و یون ها را فراهم می کند، هنوز مشخص نیست اما دیده شده که پروتئین های سرم به راحتی از بین ادونتوبلاست ها عبور کرده اند و به عاج می رسند.

نکته: تعداد و محل شکل گیری اتصالات سوراخ دار متغیر بوده و آنها نسبت به تناسب عملی که در سلول انجام می دهند می توانند به سرعت تشکیل و یا از بین بروند.



توضیحات: در تصویر سمت چپ و میانی اتصالات شکاف دار نشان داده شده و در تصویر راست اتصالات محکم را که حاوی ردیفی از اجزای زیپ مانند هست، مشاهده میکنیم.



نکته: دوره حیات ادونتوبلاست ها در اکثر اوقات با دوره حیات دندان زنده برابر است چون ادونتوبلاست ها سلول های نهایی هستند و وقتی برای اولین باز متمایز می شوند قادر به انجام تقسیمات سلولی بیشتری نیستند.

وقتی پالپ در معرض آسیب و تحریک قرار می گیرد، عمل ترمیم با تشکیل عاج جدید صورت می گیرد. ادونتوبلاست های جدیدی باید متمایز شوند و به منطقه بدون پوشش پالپ دندانی یعنی exposure site مهاجرت کنند. دیده شده این واکنش ترجیحا در منطقه پرسلول ادونتوبلاست ها صورت میگیرد. تمایز ادونتوبلاست ها در طی تکامل دندانی مستلزم وجود یکسری عوامل می باشد. این عوامل در هنگام شکل گیری عاج تازه شامل اپی تلیوم مینایی داخلی و برای عاج ریشه ، غلاف ریشه ای Heltwig می باشد. با این حال سلول های اپی تلیالی در یک دندان تکامل یافته وجود ندارند و تحریک به منظور تمایز ادونتوبلاست های جدید، تحت یک سری شرایط ناشناخته ایجاد می شود.

نکته: عاج از یک سری توبول های عاجی تشکیل شده که محتویاتی دارد که حیات و قدرت پاسخ به انواع تحریکات را به عاج می بخشد، بنابراین قسمت توبولار برای آماده سازی حفره و چسباندن مواد نقش بارزی دارد.

نکته: این ساختمان توبولار عاج توسط زائده ادونتوبلاستی اشغال شده و توبول ها توسط لایه ای از عاج دور توبولی احاطه شده اند و مایع توبولی بین عاج و زائده در جریان است.

• **پرسش:** میزان توسعه زائده ادونتوبلاست ها در توبول های عاجی به چه میزان است؟ اکثر توبول های عاجی در تمام طول خود زائده ادونتوبلاستی را دارند.

• **پرسش:** ترکیبات موجود در فضای بین زائده ادونتوبلاستی و دیواره توبول ها تحت عنوان مایع عاجی چیست ؟ اگر فرض بر این باشد که این ترکیبات معادل مایع بافتی هستند برای اثبات آن بایستی در دندان حفره ایجاد شود تا صدمه بافتی ایجاد شود و تولید آگزودای حاوی پروتئین های پلاسما و فیبرینوژن دیده شود که این مسئله بسیار مشکل است ، اما واضح است محتویات توبول ها شامل : پروتئوگلیکان ها ، تناسین (Tenacin)، فیبرونکتین ، پروتئین های آلبومین سرم، گلیکوپروتئین ها و ترانسفرین ها می باشد که همراه یکدیگر ترکیبات پیچیده ای را در توبول های عاجی ایجاد می کنند.

فیروبلاست

این سلول ها بیشترین سلول های موجود در پالپ هستند و در منطقه تاجی پالپ بسیار فراوان اند. عمل اصلی آنها تشکیل و نگهداری ماتریکس پالپ شامل الیاف کلاژن و ماده زمینه ای است. فیروبلاست های فعال اجزای تکامل یافته ای مثل دستگاه گلژی دارند. در مراحل اولیه فعالیت فیروبلاستها ، فیبریل های کلاژن اندک هستند و ماده زمینه ای بیشتر در فضای اطراف فیروبلاست دیده می شود . وضعیت هیستولوژیک فیروبلاستها میزان عملکرد آنها را نشان می دهد ؛ در پالپ های جوان این سلولها دارای سیتوپلاسم و ماتریکس فعال و غنی از اندامکهای مرتبط با سنتز و ترشح می باشند اما با افزایش سن نیاز به سنتز کاهش یافته و فیروبلاست ها به شکل سلولهای مسطح دوکی شکل با هسته تیره و متراکم در می آیند. فیروبلاست های پالپ در صورت تحریک کافی، قادر به هضم و تخریب کلاژن هستند. مرگ سلولی ناشی از آپوپتوز در این سلول ها به ویژه در ناحیه پر سلول (cell-rich zone) اتفاق می افتد که نمایانگر این است که turn over در سلولهای فیروبلاست وجود دارد. اتصالات بین سلولی فیروبلاست ها عمدتاً از نوع اتصالات دسموزومی است.

سلولهای تمایز نیافته اکتومزانشیم

این سلول ها منبع اصلی برای سلولهای بافت همبند پالپ هستند که بسته به نوع عامل تحریکی به ادونتوبلاست یا فیروبلاست تبدیل می شوند. این سلولها در سرتاسر منطقه cell-rich و بدنه اصلی پالپ حضور داشته و در اغلب موارد نزدیک به عروق خونی قرار دارند. این سلول ها در زیر میکروسکوپ نوری به شکل سلول های بزرگ چند وجهی با هسته روشن مرکزی دیده می شوند. دارای سیتوپلاسم فراوان و استتاله های سیتوپلاسمی محیطی بوده و مانند سایر سلولها با پیر شدن پالپ تعداد آنها کاهش می یابد که این کاهش سلولی همراه با عوامل سنی دیگر منجر به کاهش پتانسیل ترمیمی پالپ می شود.

Denatal pulp stem cells

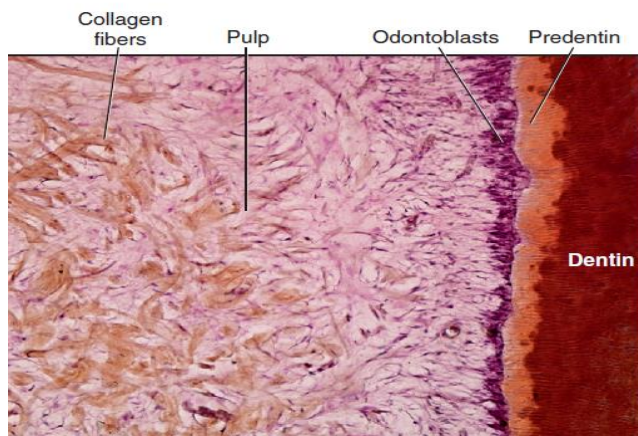
این سلول ها در واقع توانایی تبدیل پالپ به سایر سلول ها را افزایش می دهند و قابلیت self-renewal دارند. برای مثال می توانند در شرایط محیطی مناسب به ادونتوبلاست ، کندروسیت ، سلول چربی و نورون ها تبدیل شوند. همچنین این سلول ها توانایی ایجاد استئوبلاست ها را دارند و می توانند ابزاری امیدوار کننده برای بازسازی استخوان باشند.

سلول های التهابی

- 1- ماکروفاژها: در سرتاسر قسمت مرکزی پالپ وجود دارند. زیر میکروسکوپ نوری به صورت سلول های بزرگ و بیضی یا کشیده با هسته های تیره دیده می شوند. نواحی روشنی در سیتوپلاسم آن ها دیده می شود که در واقع لیزوزوم های بزرگی هستند که بلع مواد را توسط ماکروفاژها نشان می دهد. وظیفه اصلی ماکروفاژها برداشت سلولهای مرده از بافت است که این موضوع وجود turn over را در سلولهای فیرو بلاست پالپ تایید می کند.
- 2- لنفوسیت ها: در پالپ های نرمال لنفوسیت T و در برخی موارد لنفوسیت B نیز با آن دیده می شود. در صورت بروز التهاب در پالپ، سلولهای نوتروفیل و ائوزینوفیل نیز به فضای پالپ مهاجرت می کنند.
- 3- سلولهای دندریتی: این سلول های ارائه دهنده آنتی ژن، دردندانهای رویش نیافته در زیر و اطراف لایه سلولهای ادونتوبلاست و در دندان های رویش یافته در زیر لایه سلولهای ادونتوبلاست یافت می شوند. سلولهای دندریتی ارتباط نزدیکی با اجزای عروقی و عصبی دارند و مانند سلول های لانگرهانس در اپیتلیوم، آنتی ژن را احاطه کرده و به لنفوسیت های T ارائه می کنند. این سلول ها در کنترل ایمنی پالپ نقش مهمی دارند و تعدادشان در دندانهای پوسیده افزایش پیدا می کند. سلولهای دندریتی که در لایه سلولهای ادونتوبلاست وجود دارند می توانند حتی زوائد خود را به درون توبول های عاجی بفرستند.

ماتریکس

ماتریکس پالپ شامل رشته های کلاژن (اغلب نوع I و II) و ماده زمینه ای است. در پالپ های جوان الیاف کلاژن منفرد بین سلول ها پراکنده اند اما با افزایش سن پالپ، تمامی محتوای کلاژن پالپ افزایش یافته ولی نسبت بین کلاژن نوع I و II ثابت باقی می ماند. کلاژن های خارج سلولی به صورت دستجات رشته ای سازمان یافته اند.





بیشترین غلظت کلاژن در راسی ترین قسمت پالپ (most apical portion) است که این موضوع در درمانهای اندودنتیک و پالپکتومی به ما کمک می کند که از وسیله ای به نام barbed broach استفاده میکنیم تا کل پالپ موجود در ناحیه apex را خارج کنیم . در صورتی که پالپ در ناحیه تاجی به صورت ژلاتینی بوده و سریع پاره میشود و این وسیله چندان کارساز نیست.

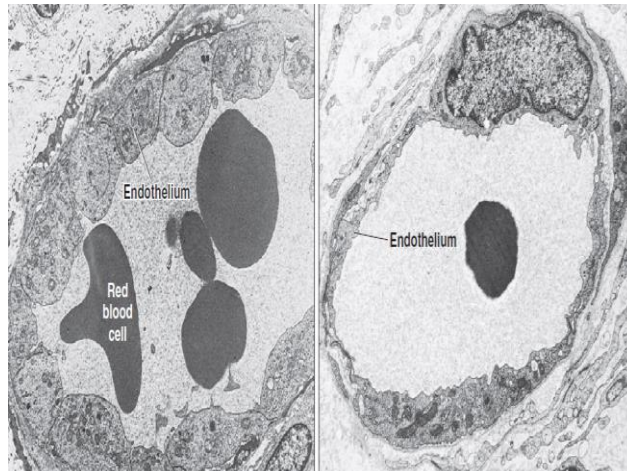
ماده زمینه ای پالپ همانند سایر بافت های همبند سست است که شامل گلیکوزآمینو گلیکان ها، گلیکوپروتئین ها و آب می باشد. این ماده در واقع واسطه ای برای انتقال مواد مغذی از عروق به سلول ها و همچنین انتقال متابولیت ها از سلولها به عروق است. با افزایش سن و یا بیماری، اختلالاتی همچون تغییرات متابولیکی، کاهش عملکرد سلولی و بی نظمی در رسوب مواد معدنی ایجاد می شود.

خونرسانی

جریان خون باعث ایجاد فشار در قسمت خارج سلولی پالپ می شود. عروق خونی از طریق سوراخ راسی ریشه و سوراخ های فرعی به پالپ وارد و همچنین از پالپ خارج می شوند. یک یا دو رگ به اندازه atriol (تقریباً ۱۵۰ میکرومتر) همراه با دستجات عصبی حسی و سمپاتیک وارد سوراخ راسی ریشه می شوند. عروق کوچکتر از طریق سوراخ های ریز فرعی وارد پالپ می شوند ولی عروقی که پالپ دندان را ترک می کنند در ارتباط با آرتریول ها و دستجات عصبی عبوری از سوراخ راسی ریشه هستند. هنگامی که آرتریول ها وارد پالپ می شوند، به قطر دهانه داخلی آنها ((lumen افزوده و از ضخامت دیواره آنها کاسته می شود.

آرتریول ها در قسمت مرکزی پالپ قرار دارند و در حین مهاجرت به سمت تاج به شاخه های جانبی کوچتری تقسیم می شوند و در ناحیه subodontoblastic تشکیل شبکه عروقی وسیعی را می دهند. غالباً شکل عروق پالپ به صورت قوس U شکل است که این آرایش آناتومیکی به تنظیم جریان خون مرتبط می باشد. اندازه عروق ناحیه subodontoblastic بین ۴ تا ۸ میکرومتر متغیر است. برخی مویرگ های انتهایی به سمت بالا و در بین سلول های ادنتوبلاست در نزدیکی پیش عاج (predentin) گسترش می یابند. در اطراف مویرگها و با فواصل غیر منظمی سلول هایی به نام pericyte وجود دارند که سیتوپلاسم این سلول ها یک غلاف محیطی را در نزدیکی دیواره اندوتلیال عروق تشکیل می دهند. این سلولها دارای خاصیت انقباضی بوده و باعث کاهش قطر لومن عروق می شوند.

در پالپ آناستوموز های شریانی-ویریدی هم دیده می شود که اندازه آنها برابر با آرتریول هاست و دارای اندوتلیوم مکعبی هستند که به سمت لومن برجسته شده اند.

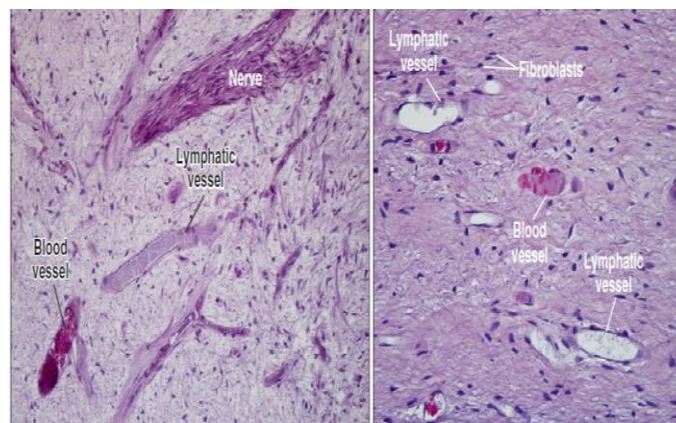


تصویر سمت چپ این اتصالات شریانی-وریدی را با اندوتلیوم مکعبی و تصویر سمت راست آرتریول را با اندوتلیوم سنگفرشی نشان می دهد.

قسمت و ابران نیز از *venule* های فراوان تشکیل شده است که از نظر قطر با آرتریول ها برابرند اما دیواره آنها نازک تر و دارای لایه عضلانی نازک و فاصله دار می باشد که باعث می شود تا دارای لومن بزرگتری در مقایسه با آرتریول ها باشند.

عروق لنفاوی

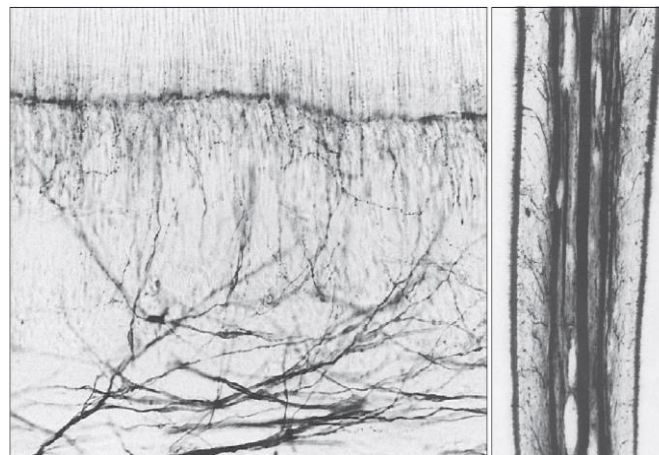
این عروق کوچک هستند، دارای دیواره نازک بوده و در ناحیه تاجی پالپ یافت می شوند. عروق لنفاوی از ناحیه مرکزی و ریشه ای پالپ می گذرند و از طریق سوراخ راسی ریشه به یک یا دو رگ بزرگتر تخلیه می شوند. وجه تمایز عروق لنفی با ونول ها در این است که عروق لنفی دارای دیواره غیر ممتد هستند و در لومن آنها گلبول قرمز یافت نمی شود. اعصاب سمپاتیک با سلولهای عضلات صاف دیواره آرتریول ارتباط دارند و تنظیم عروق را انجام می دهند. انتهای اعصاب آزاد آوران در مجاورت عروق خاتمه می یابند و با آزادسازی نوروپپتیدهای محرک بر سیستم عروقی اثر می گذارند.



نمای هیستوپاتولوژیک پالپ

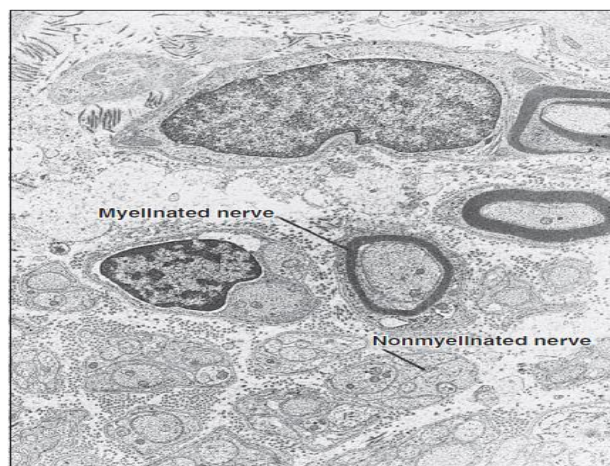
عصب گیری مجموعه عاج و پالپ

اعصاب در پالپ معمولاً عروق آوران را دنبال می کنند. در ابتدا اعصاب به شکل دستجات بزرگ هستند و هر چه به سمت مرکز پالپ و سطح اکلوزال پیشروی می کنند، به انشعابات ریزتر و بیشتری تقسیم می شوند. به طور تخمینی هر رشته عصبی حداقل ۸ شاخه انتهایی را به وجود می آورد و در نهایت شبکه عصبی وسیعی را در منطقه cell-free zone of Weil واقع در زیر لایه سلول های ادونتوبلاست تحت عنوان subodontoblastic plexus of Raschkow به وجود می آورند.

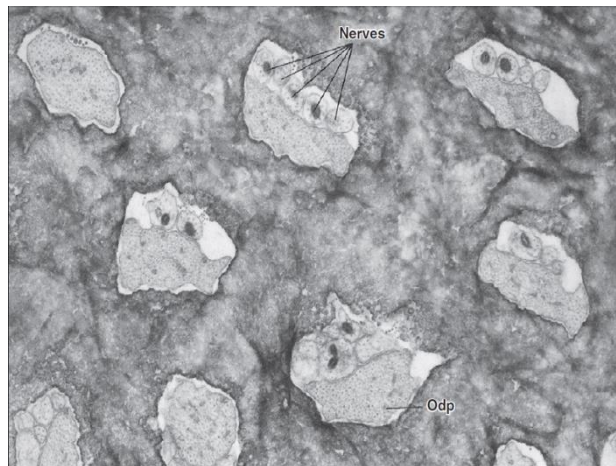


شبکه راشکو واقع در ناحیه بدون سلول با رنگ آمیزی نقره

در ریشه شبکه راشکو وجود ندارد و از تنه اعصاب اصلی شاخه هایی جدا شده و هر شاخه منطقه مربوط به خود را عصب دهی می کند. دسته جات عصبی که وارد پالپ می شوند از شاخه های حسی آوران عصب سه قلو (زوج ۵ مغزی) و شاخه های سمپاتیک گانگلیون گردنی فوقانی منشأ می گیرند. هر دستگاه عصبی از آکسون های میلین دار و غیر میلین دار تشکیل شده است.

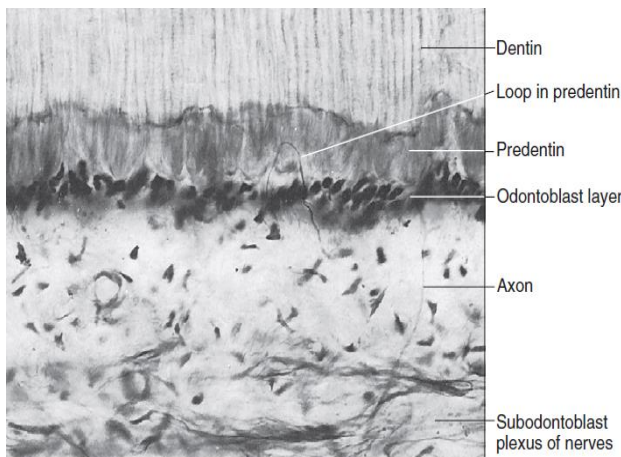


هرچه اعصاب پالپی به طرف تاج پیش می روند، ناپیوستگی پری نوریوم افزایش و پوشش میلین آنها کاهش می یابد و آکسون های غیر میلینه در قسمت تاجی افزایش پیدا می کنند. گفتیم که دسته های عصبی در زیر سلول های ادونتوبلاستی قرار دارند و تشکیل شبکه راشکو می دهند اما آکسون بعضی از اعصاب وارد توبولهای عاجی شده و در مجاورت زوائد ادونتوبلاستی قرار می گیرند.



مقطع توبول های عاجی شامل آکسون ها و زوائد ادونتوبلاستی

هیچ گونه اتصال و یا ارتباط سیناپسی بین زوائد ادونتوبلاستی و آکسون ها در توبول ها وجود ندارد. هرچه از ناحیه predentin به سمت ناحیه مینرالیزاسیون پیش می رویم، از تعداد این اعصاب کاسته می شود؛ به حدی که در ناحیه تاجی عاج به ازای هر دو توبول یک عصب وجود دارد. اعصاب ورودی به پیش عاج نسبت به توبول ها در حالت قائمه قرار دارند. حلقه هایی (loops) از اعصاب که در پیش عاج وجود دارند، در واقع رشته های عصبی ایزوله از شبکه راشکو هستند که طی فرآیند عاج سازی به سمت توبول ها کشیده شده اند؛ اما نظریه دیگری بر این اذعان دارد که برخی از این رشته های عصبی موجود در پیش عاج دارای انشعابات دندریتی نیز هستند



حساسیت عاج: یکی از مهمترین حالت غیر معمول کمپلکس عاج و پالپ است که به صورت درد حس می شود.

اعصاب آوران پالپ، تحریکات گرمایی مکانیکی و لمس را تشخیص می دهد.

در پالپ، به علت تلاقی اعصاب آوران پالپ با دیگر اعصاب مربوط به ساختارهای دهان و صورت سیستم مرکزی، محل دقیق درد پالپال مشکل است. تحریکاتی که توسط اعمال دندانپزشکی ایجاد می شوند، می توانند باعث پاسخ دردناک در پالپ شوند. مانند هوای سرد یا آب، تماس مکانیکی بوسیله پروب یا فلز، دهید را تاسیون با cotton wool یا جریان هوا.

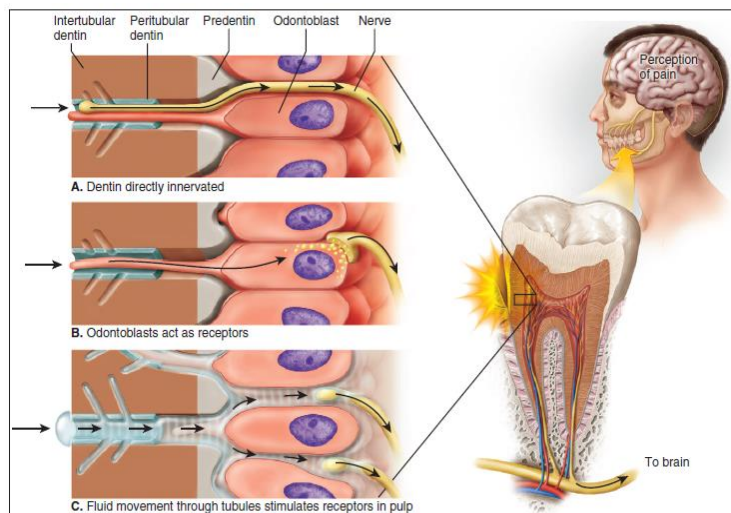
نکته: هیستامین و برادی کینین در تمام بافت ها به جز عاج، عامل القای درد هستند.

بر اساس ساختمان عاج و پالپ، مکانیسم های مختلفی برای درک صحیح درد در پالپ گفته شده:

۱- عاج دارای پایانه های عصبی است و با تحریک عاج پاسخ ایجاد می شود.

۲- آدونتوبلاست ها به عنوان گیرنده عمل می کنند و در پالپ به اعصاب متصل می شوند.

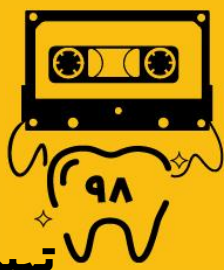
۳- ماهیت توبولار عاج باعث می شود به هنگام ایجاد تحریک، مایع در توبول ها حرکت کند و حرکت مایع توسط پایانه های عصبی آزاد پالپ که در مجاورت آدونتوبلاست ها قرار دارند، درک و ثبت می شود.



در شکل A بصورت شماتیک نشان داده شده که طبق این تئوری، معتقدند که پالپ بصورت مستقیم عصب دهی شده و بصورت مستقیم تحریک می شود.

در شکل B پیشنهاد شده که آدونتوبلاست ها به عنوان گیرنده عمل می کنند و پیام عصبی را ارسال می کنند.

در شکل C گیرنده های موجود در پالپ بصورت مستقیم یا غیر مستقیم توسط حرکت مایع در توبول ها تحریک می شوند و پیام عصبی را منتقل می کنند.



برای هر نظریه یک سری دلایل قانع کننده و یک سری دلایل رد کننده وجود دارد. همانطور که گفته شد، در نظریه اول عاج دارای پایانه های عصبی است و گفته شد که در نزدیکی آدنوبلاست ها پالپ از نظر عصبی بسیار غنی بود و بعضی از اعصاب بین آدنوبلاست ها نفوذ می کردند و مسافتی را در توبول های عاجی طی می کردند.

• **پرسش:** آیا اعصاب داخل توبولی بطور مستقیم می توانند باعث حساسیت دندانی شوند؟ یک سری دلایل برای رد آن وجود دارد: حساسترین قسمت دندان، قسمت های خارجی عاج هستند اما گفته شد اعصاب فقط داخل توبول ها قرار می گیرند. پس نمی تواند باعث حساسیت دندان شود.

مسئله دوم: شبکه راشکو و اعصاب داخلی توبولی تا مدتی پس از رویش دندان ایجاد نمی شود در حالی که میبینیم دندان رویش پیدا کرده حساس است و یک سری بی حس کننده های موضعی یا نیترات نقره که بر روی عاج بدون پوشش استفاده شده حساسیت را از بین نبرده است.

پس می توان گفت در عاج داخلی، اعصابی در بعضی توبول ها وجود دارد اما حساسیت عاج منحصر به تحریک پایانه های عصبی نیست. چون این پایانه های عصبی فقط در عاج داخلی و داخل توبولی وجود دارند و در عاج خارجی که حساسترین قسمت دندان بوده وجود ندارند. ولی در این نظریه نحوه ارتباط سیناپس بین آدنوبلاست ها و اعصاب پالپی مشخص نشده است. در ادامه این نظریه گفته می شود که پتانسیل غشای آدنوبلاست ها (که در invitro اندازه گیری شده) بسیار پایین تر از میزانی است که بتواند ایمپالس را منتقل کند و همچنین کاربرد بی حسی های موضعی و مواد منعقد کننده پروتئین حساسیت را از بین نبرده، پس این نظریه رد شده است.

در نظریه دوم گفته می شود زوائد آدنوبلاست ها تا محل اتصال عاج و مینا کشیده شده اند و حضور اتصالات شکاف دار بین آدنوبلاست ها و احتمالا بین آدنوبلاست ها و اعصاب پالپال شواهدی هستند که نقش مستقیم آدنوبلاست را در حساسیت عاج نشان می دهند ولی نمی توانند علت اصلی حساسیت عاجی باشند.

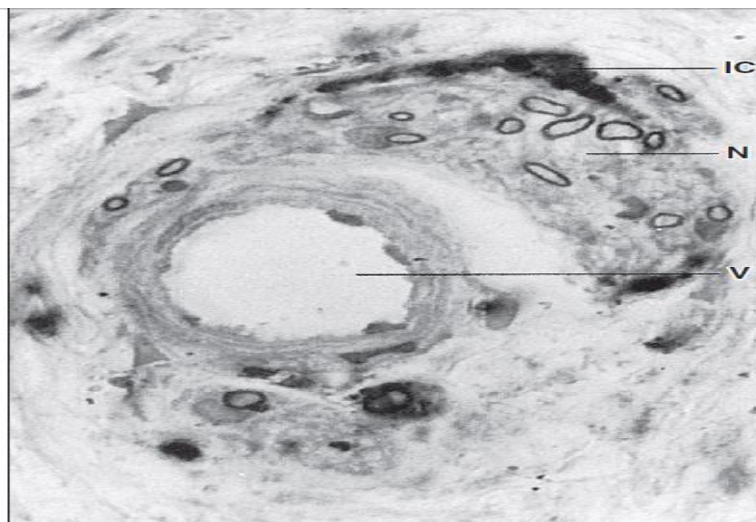
تئوری سوم (مکانیسم هیدرودینامیک): حرکت مایع در توبول های عاجی باعث حساسیت عاجی می شود. اطلاعات تجربی و مورفولوژیک که وجود دارد با این مکانیسم مطابقت دارد. برای توضیح بیشتر، این مکانیسم بیان می کند: حرکت مایع در داخل توبول، محیط موضعی پالپ را تغییر می دهد و این تغییر توسط پایانه های عصبی و شبکه راشکو احساس می شود. بنابراین وقتی عاج برای اولین بار روکش خود را از دست می دهد حباب های کوچکی از مایع در کف حفره قابل مشاهده است. وقتی حباب های کوچک در کف حفره با پنبه یا هوا خشک می شوند، مقدار بیشتری از مایع از دست می رود که این از دست رفتن موجب حرکت بیشتر مایع توبول می شود و حساسیت دندانی بیشتر می شود.

حساسیت در ناحیه اتصال عاج و مینا بیشتر است که این را می توان اینگونه توجیه کرد: انشعابات فراوانی از توبول ها در این ناحیه وجود دارد .

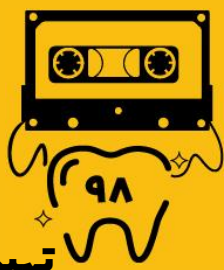
پس تئوری هیدرودینامیک که پذیرفته ترین تئوری است می تواند برای ما توضیح دهد که چرا با کاربرد بی حسی های موضعی بر روی عاج بدون پوشش درد کنترل نمی شود و چرا وقتی که ناحیه عاجی دهیدراته می شود محلول های هایپوتونیک، تغییرات حرارتی، سوراخ مکانیکی در عاج ایجاد شده و حساسیت عاجی وجود دارد.

حساسیت عاج فایده ای برای موجود زنده ندارد ولی از مهمترین نیاز های عملکردی عاج و پالپ است. عصب دهی پالپ نقش مهمی در هموستاز پالپ دارد و عصب دهی در مکانیسم های دفاعی پالپ نقش مهمی ایجاد میکند. همکاری بین اعصاب، عروق خونی و سلول های ایمنی توسط اعصاب پالپی ایجاد می شود. اجزای عروقی و عصبی پالپ باهم در تماس هستند. مثلاً سلول های ایمنی با اندوتلیوم عروق در تماس بوده و ارتباط نزدیکی با پایانه های عصبی دارد. علاوه بر این سلول های ایمنی گیرنده های مختلفی برای انواع نوروپپتیدها دارند.

بنابراین زبان بیوشیمیایی مشترک بین سیستم ایمنی، عصبی و عروقی این را می رساند که عملکرد پالپ بصورت یک واحد عملکردی مهم به حساب می آید



در این تصویر ارتباط بین سلول های ایمنی (ic)، عروقی (v) و عصبی (N) مشاهده می کنیم.

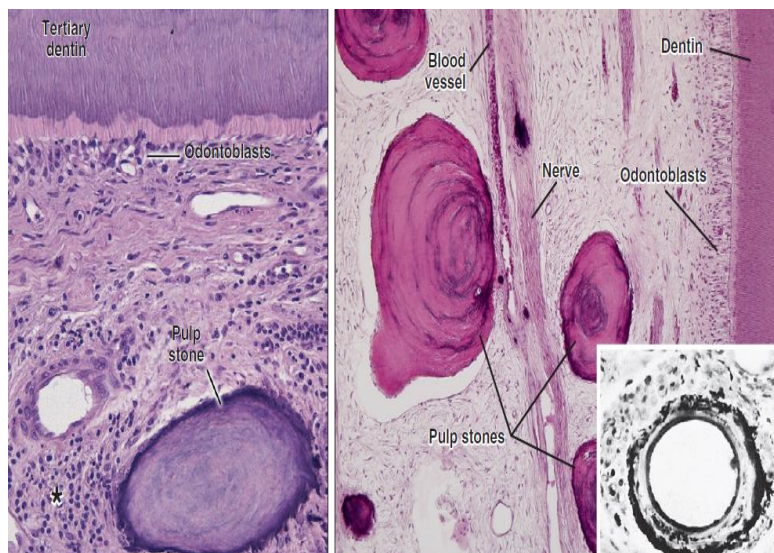


ساختار دیگری که ممکن است در پالپ وجود داشته باشد سنگ های پالپ یا denticles هستند که اغلب در بافت پالپ وجود دارد. این سنگ ها توده های کلسیفیه مجزا هستند که نسبت کلسیم و فسفر آنها شبیه عاج است. سنگ های پالپ می تواند بصورت منفرد یا متعدد باشد که اغلب در اتاقک پالپ یا درون کانال ریشه هستند. از نظر بافت شناسی از لایه های متحدالمرکز از بافت معدنی ایجاد شده اند که در نتیجه تجمع اطراف یک لخته یا سلول مرده یا رشته های کلاژن در حال مرگ شکل می گیرند. به ندرت ممکن است سنگ پالپی حاوی توبول های AD باشد و یا توسط سلول های مشابه آدنوبلاست احاطه شود. اگر سنگی حاوی توبول های AD یا سلول های مشابه آدنوبلاست باشد، در نزدیکی نوک ریشه قرار می گیرد.

به سنگ های حاوی توبول های AD یا مشابه آدنوبلاست سنگ های پالپ حقیقی گفته می شود و بقیه سنگ ها پالپال کاذب هستند و در واقع سلولی ندارند. سنگ های پالپال در دندان های متعددی تشکیل می شوند و دیده شده در برخی افراد در تمامی دندان هایشان مشاهده می شود.

تقسیم بندی دیگر برای سنگ های پالپال: اگر زمان تشکیل سنگ پالپ، اتصالی بین سنگ و دیواره عاج وجود داشته باشد و رسوب عاج ثانویه سنگ را احاطه کند، به این نوع سنگ attached یا متصل می گویند. اگر سنگ کاملاً با بافت نرم احاطه شده باشد، به آن سنگ آزاد یا free گفته می شود.

اهمیت سنگ های پالپ: این سنگ ها حجمی را اشغال می کنند که باعث می شود سلول های موجود در پالپ کاهش پیدا کند و به عنوان مانعی برای بزرگ شدن کانال ریشه ای هستند. برای درمان های endodontic نیاز داریم کانال ریشه رابه یک حد مناسب برسانیم و در واقع مقداری کانال ریشه را بزرگتر کنیم. این سنگ ها مانع بزرگ شدن کانال ریشه ای می شوند و درمان اندو نمیتواند بصورت کامل انجام شود.



در شکل سمت چپ سنگ پالپی مشاهده میشود که اطراف آن سلول های التهابی هستند. پس امکان دارد این پالپ، پالپ پوسیده و عفونی باشد. در شکل سمت راست سنگ های متعدد مشاهده می شود که در پالپ مسن این سنگ ها وجود دارد.

تغییرات سنی: با گذشت زمان، کمپلکس عاج و پالپ هم می تواند دچار تغییرات سنی شود. واضح ترین تغییر، کاهش حجم اتافک پالپ و کانال ریشه ای است که به دلیل رسوب مداوم عاج ایجاد می شود. در دندان های مسن، کانال ریشه ای غالباً چیزی بیش از یک کانال باریک نیست و در برخی از موارد هم کانال ریشه بصورت کامل از بین می رود. کاهش مداوم در حجم پالپ، باعث کاهش در منبع عروقی پالپ می شود و بدنال آن بسیاری از تغییرات سنی دیگر در بافت پالپ ایجاد می شود.



با توجه به شکل، کاهش در حجم پالپ با افزایش سن ایجاد می شود که رسوب مداوم عاج در کف اتافک پالپ باعث کاهش حجم پالپ می شود.

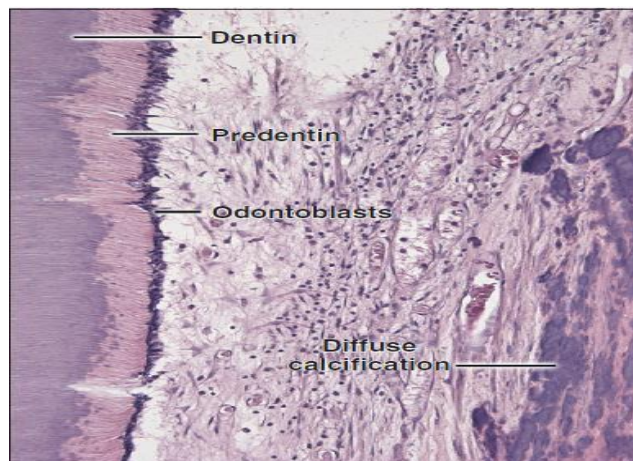


شکل سمت چپ دندان جوانی است که حجم پالپ زیادی دارد و سمت راست پالپی رانشان می دهد که مربوط به دندان پیر است و حجم آن کاهش یافته است.

تقریباً از سن ۲۰ سالگی سلول ها بتدریج کاهش پیدا می کنند و در سن ۷۰ سالگی میزان سلول های پالپ به نصف کاهش پیدا می کند.

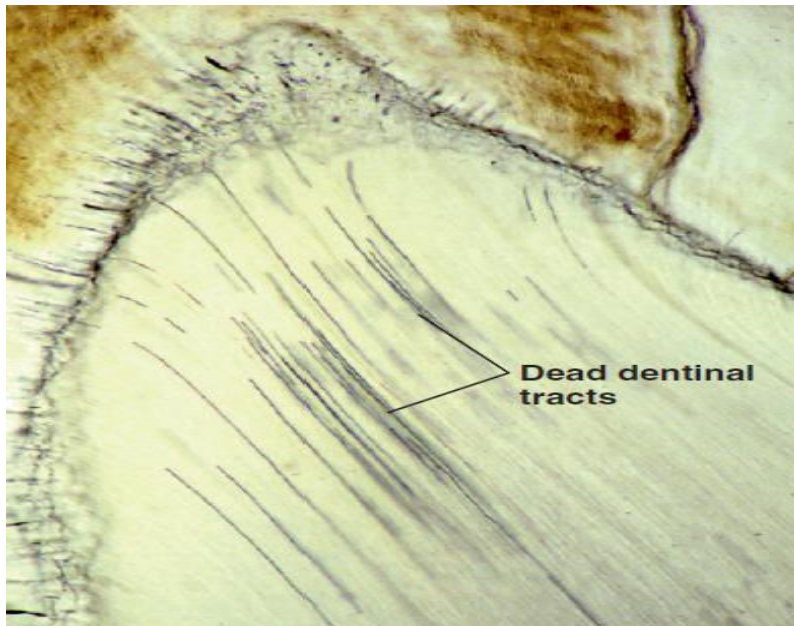
تغییراتی که بر اثر سن ایجاد می شود: باندل های کلاژن شکل می گیرند، degeneration در اعصاب میلینی و بدون میلین ایجاد می شود و همین باعث کاهش حساسیت دندان می شود. تعداد sclerotic dentin و dead tract افزایش پیدا می کند و تمام این وقایع و کاهش ترمیم عاج باعث کاهش حساسیت دندانی می شود.

در پالپ می توان dystrophic calcification را دید که اغلب در مرکز پالپ قرار دارند و در ارتباط با رگ های خونی هستند، یا بصورت diffuse هستند و یا مواد معدنی و رسوبات آنها می تواند در کنار الیاف کلاژن باشد.



در این تصویر calcification های پراکنده در ارتباط با الیاف کلاژن در مرکز پالپ مشاهده می کنید.

همانطور که گفته شد پالپ، عاج را حمایت می کند و تغییرات سنی که در پالپ ایجاد می شود، در عاج هم منعکس می شود. در عاج تجمع عاج داخل توبولی ادامه پیدا می کند و باعث کاهش تدریجی قطر توبول ها می شود. این تجمع مداوم عاج داخل توبولی اغلب باعث انسداد کامل توبول ها می شود. این حالت در مقطع خشک به راحتی قابل مشاهده است و این تجمع مداوم عاج، بافت عاج را sclerotic یا translucent می کند. عاج sclerotic اغلب در قسمت نزدیک نوک ریشه در افراد میانسال میتوان مشاهده کرد. عاج sclerotic باعث افزایش شکنندگی و کاهش نفوذپذیری عاج می شود. تغییر سنی دیگری که در عاج رخ می دهد، افزایش dead tract است (نواحی بدون زائده و یا خالی dead tract نام دارد)



در این تصویر، ground section ر dead tract بصورت خطوط سیاه رنگ نشان داده شده است.

با تغییر سن، عاج و پالپ تغییراتی می کنند که این تغییرات باعث می شود که کمپلکس عاج و پالپ ساختاری مقاوم تر نسبت به صدمات محیطی باشد. مثلاً با مسدود شدن توبول های عاجی، سرعت گسترش پوسیدگی کاهش پیدا می کند. با تغییرات سنی در پاسخ به تحریکات محیطی مثل پوسیدگی یا ساییدگی ها شدت پیدا می کند و درواقع پاسخ این کمپلکس به ساییدگی های تدریجی بصورت تولید عاج اسکلوئوتیک بیشتر و رسوب سریعتر عاج ثانویه می شود. اگر تحریک خیلی جدی باشد، عاج ثالثیه در انتهای توبول های صدمه دیده ایجاد می شود.



تغییرات سنی ، قدرت کمپلکس عاج و پالپ را به منظور ترمیم خود کاهش می دهد. هر نوع جراحی به عنوان دخالت عامل تحریکی در متابولیسم سلول تعریف شده است. اگر جراحی پالپ ایجاد شود ، سن پالپ میزان قابلیت پالپ را برای ترمیم مشخص می کند.

متابولیسم سلولی در پالپ جوان بالاست: بنابراین سلول ها نسبت به عوامل آزار دهنده حساس ترند. این صدمه به صورت تغییر عمل سلول ظاهر می شود و به دنبال آن یکسری اعمال جبرانی سرعت وقوع می پیوندد. اگر صدمه به گونه ای باشد که آدنوبلاست ها تخریب شوند امکان تمایز آدنوبلاست جدید از سلول های مزانشیمی تمایز نیافته ایجاد می شود و ما عاج ترمیمی داریم.

این قابلیت های پالپ و مقابله با جراحی های مختلف ، با افزایش سن پالپ کاهش می یابد.