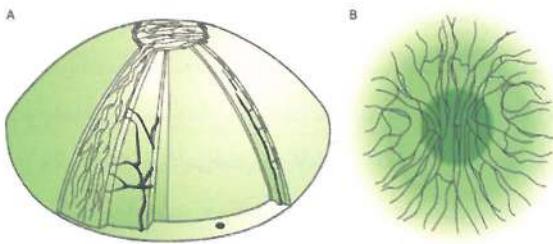


فصل دوم: عصب دهی قرنیه

فرشاد عسکری زاده: دکترای تخصصی اپتومتری

فروزان ناروئی نوری: کارشناس ارشد اپتومتری



شکل ۲-۲. (A) توزیع شماتیک اعصاب در استرومما و شبکه سایپ بازال در قرنیه انسان. فیبرهای عصبی راس قرنیه در جهات ۱۱-۱۲-۱۳ می‌رسند. (B) نمایی از شبکه سایپ بازال در راس قرنیه فیبرهای عصبی تمایل به جهت گیری ترجیحی قدامی-خلفی و در اطراف تمایل به جهت گیری نازال-تپه‌وال دارند.

منشأ اعصاب قرنیه

اکثر فیبرهای عصبی قرنیه، حسی بوده، منشأ آنها شاخه افتالمیک عصب تریزمینیال است و در برخی موارد عصب‌دهی قسمت تحتانی قرنیه از شاخه ماگزیلاری عصب تریزمینیال تماین می‌شود. نتایج مطالعات حیوانات آزمایشگاهی نشان می‌دهند که قرنیه پستانداران، حس خود را از تعداد نسبتاً کمی (۵۰ تا ۴۵۰) از نورون‌های تریزمینیال دریافت می‌کند که البته این تعداد براورد، محافظه‌کارانه می‌باشد و نسبت به تراکم بالای عصب‌دهی اپی‌تلیوم قرنیه، بسیار اندک است. با ترکیب اطلاعات مطالعات مختلف، تعداد نورون‌های حسی قرنیه‌های موش و خرگوش به ترتیب ۲۰۰ و ۳۰۰۰ تخمین زده شده است. همچنین، قرنیه‌های همه پستانداران از گانگلیون گردی فوقانی، عصب‌دهی سمتیک دریافت می‌کنند و البته، تفاوت‌های قابل توجهی در تراکم عصب‌رسانی میان گونه‌ها گزارش شده است. به عنوان مثال، در قرنیه‌های گربه و خرگوش، عصب‌رسانی سمتیک ۱۰ تا ۱۵٪ از عصب‌رسانی کلی قرنیه می‌باشد و در مقایسه با فیبرهای عصبی سمتیک قرنیه انسان، بسیار اندک است. در طی یک مطالعه، عصب‌رسانی متوسط پاراسمتیک از گانگلیون سیلیاری در قرنیه‌های گربه و موش صحرایی با استفاده از تکنیک‌های Retrograde و عدم عصب‌دهی نشان داده شده است. اما اینکه قرنیه پستانداران دیگر از جمله انسان، عصب‌دهی پاراسمتیک دارد یا خیر، همچنان نامعلوم است.

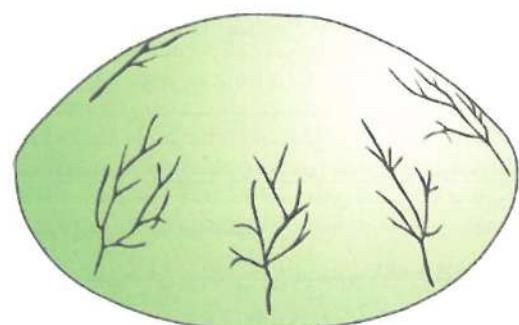
توزیع و فراساختار اعصاب قرنیه

نوارهای عصبی در الگوی شعاعی موازی با سطح قرنیه، از قسمت محیطی (شکل ۲-۱ و ۲-۲) با از دست دادن پوشش‌های پرینوریوم و میلین (تقریباً در یک میلیمتری لیمبوس)، وارد قرنیه می‌شوند (شکل ۲-۵ قسمت D) و این در حالیست که فقط دارای پوشش سلولی شوان می‌باشند و به چندین شاخه کوچکتر تقسیم می‌شوند (شکل ۲-۱ و ۲-۲). بایستی در نظر گرفت که فقدان پوشش میلین بر روی آکسون‌های مرکزی قرنیه برای حفظ شفافیت آن ضروری می‌باشد. اکثر فیبرهای عصبی استرومما در اغلب پستانداران

قرنیه یکی از بافت‌های دارای بالاترین تراکم اعصاب در بدن است و قسمت زیادی از عصب‌رسانی آن توسط فیبرهای عصبی اتونومیک و حسی تماین می‌شود. در طی سالهای اخیر، مطالعه بر روی عصب‌رسانی قرنیه اهمیت زیادی پیدا کرده است زیرا به طور معمول، اعصاب قرنیه به دنبال اعمال جراحی انکساری یا بیماری‌های خاص قرنیه‌ای، صدمه می‌بینند و این آسیب می‌تواند منجر به نقاچی نوروتروفیک موقتی یا مزمن شود. علاوه بر آن، در سالهای اخیر استفاده از نوروپیتیدهای سنتز شده توسط فیبرهای عصبی قرنیه، برای بهبود التیام زخم قرنیه‌ای در قرنیه‌های مقاوم به درمان‌های مرسوم، موفقیت آمیز بوده است. با توجه به اهمیت فراوان اعصاب قرنیه در علوم پزشکی، شناخت اعصاب قرنیه از نظر ساختار، اجزاء و عملکرد، می‌تواند نقش بسیار مهمی در مباحث پایه، بالینی و آینده نگر علوم پزشکی مربوط به قرنیه و سطح قدامی چشم داشته باشد.

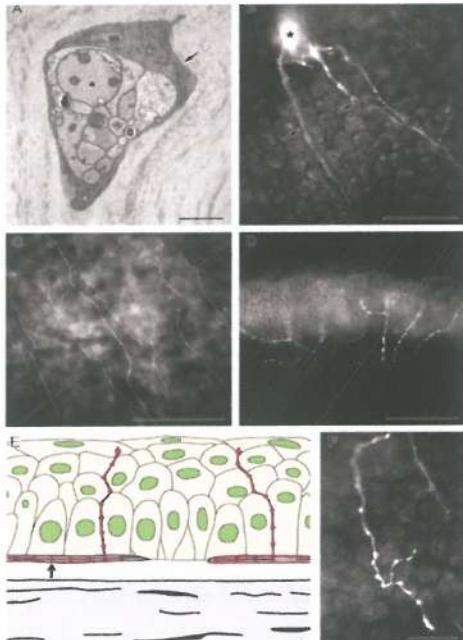
روش‌های مطالعه بر روی عصب‌رسانی قرنیه

درک فعلی از مورفولوژی و ساختمان اعصاب قرنیه، در میکروسکوپ نوری، براساس مشاهدات قرنیه‌های رنگ آمیزی شده ایمنوھیستوشیمی صورت می‌گیرد. از طرف دیگر، اطلاعات فرا ساختاری اعصاب قرنیه انسان، کاملاً شناخته شده نیستند زیرا اعصاب، بلافصله بعد از مرگ چهار دنگ اسیون می‌شوند. از طرفی، برای آنالیز فرا ساختاری مطلوب، به قرنیه‌های تازه انسانی نیاز است. اما از آنجایی که اکثر این نمونه‌ها کاندید پیوند قرنیه هستند، دستیابی به این هدف دشوار است. اخیراً، کانفوکال میکروسکوپ (In vivo) در عنوان دقیقی از ساختمان و تراکم نرمال اعصاب قرنیه پدیدار شده است (شکل ۲-۱ و ۲-۲).



شکل ۲-۱. توزیع شعاعی فیبر عصبی استرومما در قرنیه انسان

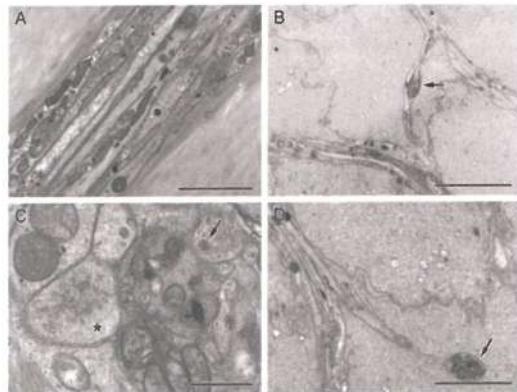
مهره مانند هستند (شکل ۲-۵ قسمت A و شکل ۲-۴ قسمت A تا F) و فیبرهای درون دسته‌های Leash در زوایای عمود بر نوار اصلی، منشعب می‌شوند. هم اعصاب تکی و هم نوارهای عصبی کوچک (شکل ۳-۳ قسمت B و C)، بین سلول‌های بازالت مجاور که به وسیله غشاها واحدهای جدا از هم باقی می‌مانند، جلو می‌آیند در این حالت، دیامتر فیبرهای عصبی شبکه ساب بازالت بین ۰/۰۵ و ۰/۲۵ میکرون می‌باشد که البته دیامتر بیشتر آنها در دامنه ۰/۱ تا ۰/۵ میکرون قرار دارد. این اندازه‌های کوچک شامل فیبرهای C و A-delta می‌باشد که با متدهای الکتروفیزیولوژی در قرنیه‌های گربه و خرگوش توصیف شده‌اند. فیبرهای منحصر به فرد دارای شکل مهره مانند (نه فیبرهای مستقیم)، از دسته‌های ساب بازالت جدا شده، به صورت مایل به سمت لایه‌های سلولی سطحی پیشروی کرده‌اند (شکل ۲-۴ قسمت B تا F).



شکل ۲-۴. (A) یک عصب استرومایی در بیمار کراتوکونوس که به وسیله کراتوستیت احاطه شده است. (B) (F) فیبرهای عصبی SP مثبت در شبکه ساب بازالت. (D) (E) فیبرهای عصبی SP مثبت. نفوذ یک دسته فیبر عصبی استرومایی از سطح قرنیه به لایه بومن (ستاره) و استقرار Leash های عصبی شبکه ساب بازالت در شکل (B) نشان داده شده است (بیکان). (C) شکل حرکت موازی دسته‌های عصبی CGRP مثبت در شبکه ساب بازالت را نشان میدهد. (D) در نمای مقطعی، دسته‌های فیبر عصبی SP-immunoreactive نشان داده شده است. نمای مماسی پایانه‌های عصبی درون اپی‌تلیال مهره مانند SP مثبت (E). (F) نمایی طراحی شده از ساختار فیبرهای عصبی در شبکه ساب بازالت (بیکان) محتوى تعدادی از فیبرهای مهره مانند و مستقیم. فقط فیبرهای مهره مانند از دسته‌های عصبی به دونیم تقسیم و به سمت اپی‌تلیوم طی مسیر می‌کنند.

آنواع متفاوت فیبرهای عصبی اپی‌تلیوم و پایانه‌های عصبی براساس ساختار ظرفیشان تشخیص داده می‌شوند و از ویژگی‌هایی مانند وجود و تراکم وزیکول‌های شفاف کوچک و یا وزیکول‌های دارای هسته متراکم، و هم‌چنین ویژگی‌هایی مانند وزیکول‌های بزرگ

از جمله انسان، در یک سوم قدامی استرومای استرولا قرار گرفته‌اند و البته در قرنیه‌های انسانی، تنہ‌های اعصاب ضخیم استرومای در زیر منطقه یک سوم قدامی استرومای از محیط به سمت مرکز، حرکت می‌کنند که این حالت ناشی از ساختمان لاملاً کلازن می‌باشد. در زمانیکه اعصاب از استرومای عبور می‌کنند، نوارهای عصبی بدون میلین در مرکز قرنیه، حاوی تعداد متفاوتی آکسون می‌باشند که در ماتریکس خارج سلولی دارای الکترون، قرار گرفته‌اند (شکل ۲-۳ قسمت A).



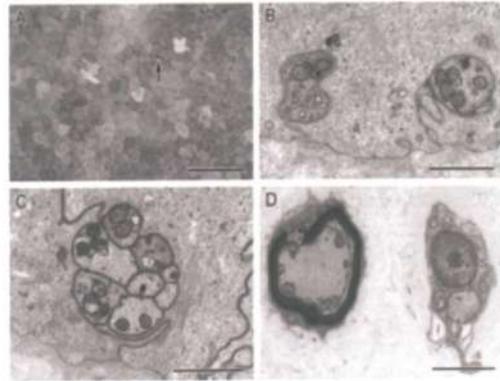
شکل ۲-۳. (A) نمای مماسی یک دسته فیبر عصبی استرومای محتوى هشت فیبر عصبی. (B) و (D) فیبرهای عصبی شبکه ساب بازالت بین سلول‌های اپی‌تلیوم بازالت طی مسیر می‌کنند. توجه داشته باشید که فیبرهای تکی با تراکم بالای میتوکنندی، از دسته عصبی اصلی در هر دو شکل به دو شاخه تقسیم می‌شود. (C) پایانه‌های عصبی بین سلول‌های اپی‌تلیوم محتوى وزیکول‌های شفاف (ستاره) و متراکم (بیکان).

کراتوستیت‌ها، اغلب نزدیک فیبرهای عصبی قرنیه و در داخل سیتوپلاسم قرار گرفته‌اند و تماس فیزیکی بین اعصاب و کراتوستیت‌ها در قرنیه بیماران کراتوکونوس بیشتر از قرنیه‌های نرمال است (شکل ۲-۴ قسمت A). بطور معمول، فیبرهای عصبی استرومای ۹۰ درجه چرخیده و به سمت سطح قرنیه پیشروی می‌کنند (شکل ۲-۴ قسمت B). در قرنیه انسان، اعصاب از قسمت محیطی و مرکزی قرنیه و در قرنیه میمون اعصاب فقط از منطقه محیطی، به غشاء بومن نفوذ کرده، سپس به چندین قسمت کوچک تقسیم می‌شوند. هر نوار عصبی کوچک به طور ناگهانی بیشتر از ۹۰ درجه چرخیده و موازی با سطح قرنیه بین لایه بومن و لایه سلولی بازالت اپی‌تلیال تحت عنوان اپی‌تلیال Leash، امتداد می‌یابند (شکل ۲-۳ قسمت B و D و شکل ۲-۵ قسمتهای A تا C) که واژه Leash به شکل و حالتی گفته می‌شود که یک عصب به چندین شاخه تقسیم می‌شود. در قسمتهای مماسی، های شبکه عصبی ساب بازالت توسط میکروسکوپ نوری به آسانی تشخیص داده می‌شوند (شکل ۲-۴ قسمت C و ۲-۵ قسمت A). با اینحال، در تصاویر Tangential (شکل ۲-۳ قسمت B و D) یا تصاویر مقطعی (شکل ۲-۵ قسمت B و C)، بدست آمده با TEM به راحتی قابل مشاهده‌اند. های اپی‌تلیوم، محتوى ترکیبی از فیبرهای عصبی مستقیم و

می‌کنند، متفاوتند. همه آکسون‌های محیطی نورون‌های قرنیه، اساساً به صورت دسته‌های عصبی با جهت گیری شعاعی، هنگامی که وارد استرومای قرنیه می‌شوند، پوشش میلین را از دست می‌دهند، به صورت گسترده منشعب شده و شبکه ساب اپی‌تلیال را از انشعابات نازکی که به سمت بالا در لایه بومن طی مسیر می‌کنند وارد لایه بازال اپی‌تلیوم می‌شوند، تشکیل می‌دهند. سپس در آنجا موازی با سطح قرنیه حرکت کرده و آها را تشکیل می‌دهند و به لایه‌های سطحی اپی‌تلیوم قرنیه ختم می‌شوند. مورفولوژی آکسون‌های قرنیه‌ای، هنگام مشاهده آن‌ها با تکنیک‌های بافت شناسی یا میکروسکوب الکترونی، مشابه می‌باشد. اما رنگ آمیزی این‌نویتوشیمی^۱ وجود نوروپیتیدهای متفاوت درون تنہ سلولی و فیبرهای آکسونی محیطی نورون‌های قرنیه را نشان داده است و بیان می‌کند که از نظر عملکردی ناهمگون هستند. حدود ۵۸٪ نورون‌های قرنیه از نظر اینمی به وسیله^۲ CGRP، فعال می‌شوند و همچنین ۲۰٪ آن‌ها محتوی SP می‌باشند و مطالعات الکتروفیزیولوژیکی، وجود انواع متفاوتی از فیبرهای حسی قرنیه را تایید کرده است. حدود ۲۰٪ آن‌ها همه فیبرهای میلین دار نازک (Indentation) فقط به نیروهای مکانیکی پاسخ می‌دهند که ناسیسپیتورهای مکانیکی نامیده می‌شوند و پاسخ آنها به کوتاه‌یا مداوم سطح قرنیه ایجاد می‌شود. این الگوی پاسخ، آن‌ها را به عنوان "گیرنده‌های حسی فازیک یا مرحله‌ای" تقسیم‌بندی می‌کند که وجود محرک و به میزان خیلی محدود، شدت را نشان گذاری می‌کنند اما مدت آن را به صورت رمز در نمی‌آورند. نیروی آستانه‌ای مورد نیاز برای فعل کردن این گیرنده‌ها ظاهراً پایین (۰/۶ mN) و از فیبرهای فعل ناسیسپیتور مکانیکی پوست، پایین‌تر است که باید به خاطر داشت، این شدت ممکن است برای آسیب به اپی‌تلیوم غیر کراتینیزه قرنیه کافی باشد.

ناسیسپیتورهای مکانیکی قرنیه مسئول احساس درد واضح و حاد ایجاد شده توسط تماس مکانیکی با سطح قرنیه هستند. اکثر فیبرهای حسی قرنیه (حدود ۷۰٪) که ناسیسپیتورهای Polymodal نامیده می‌شوند، به وسیله انرژی مکانیکی نزدیک به سطوح آسیب رسان^۳ به طور معادل فعل می‌شوند و همچنین به گرما و محرک‌های شیمیابی اگزوژن و انواع گسترده‌ای از میانجی‌های شیمیابی اندوزن ترشح شده توسط بافت آسیب دیده قرنیه، به وسیله سلول‌های التهابی مقیم یا نشأت گرفته از تراوش پلاسمما از عروق لیمبوس (پروتون‌ها، یون‌های پتاسیم، ATP، پروستاگلاندین‌ها و دیگر متابولیت‌های اسید آراشیدونیک، آمینواسیدها، آمین‌ها، سیتوکین‌ها، کینین‌ها، فاکتورهای رشد)، پاسخ می‌دهند. برخی از فیبرهای ناسیسپیتور Polymodal متعلق به گروه میلین دار نازک هستند اما اکثر آنها از نوع C می‌باشند.

متراکم و یا میتوکندری، برای طبقه بندي اعصاب استفاده شده است. وزیکول‌های شفاف در قرنیه‌هایی که به صورت مطلوب حفظ و سریعاً ثبیت شده‌اند، می‌توانند مشاهده شوند. برآمدگی‌های موضعی آکسون‌ها که شکل مهره مانند دارند، حاوی تراکم بالایی از میتوکندری می‌باشند و ظاهر فرا ساختار آن‌ها، مشابه با موارد توصیف شده برای پایانه‌های عصبی ناسیسپیتور^۴ در بافت‌های دیگر است (شکل ۲-۳ و ۲-۵ قسمت C و ۲-۵ قسمت B). غشاها سلولی اپی‌تلیوم در نزدیکی پایانه‌های عصبی، چین خودگی به داخل جهت ایجاد حالت غلاف را نشان می‌دهند که کاربرد این اعمال تخصصی اپی‌تلیومی نا معلوم است. هرچند ظاهر آنها نشان می‌دهد که ممکن است در انتشار مواد سلولی یا خارج سلولی از سلول‌های اپی‌تلیومی مجاور، نقش داشته باشند.



شکل ۲-۵. (A) میکروگراف نوری ممامی از فیبر تکی در شبکه ساب بازال TEM(B) مقطع دو فیبر تکی در یک صفحه نسبت به جهت دسته‌های فیبر عصبی نشان داده شده در شکل (A) بزرگ نمایی بیشتر مقطع دو فیبر عصبی. به میتوکندری در فیبرهای عصبی (C) توجه و آن را با شکل ۳ می‌توان مقایسه کرد. (D) فیبر عصبی دارای میلین (چپ) و بدون میلین (راست) در ناحیه لیمبوس. سیتوپلاسم سلول شوان فیبر بدون میلین را با سیتوپلاسم تیره کراتوسیت احاطه کننده دسته فیبر عصبی در شکل ۴ می‌توان مقایسه کرد.

اعصاب حسی قرنیه از نظر کارکردی ناهمگون هستند

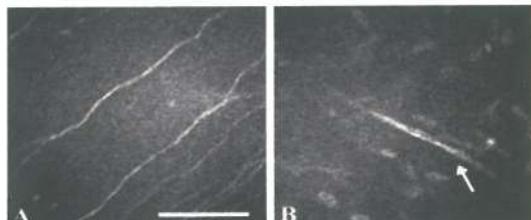
سایز کوچک قرنیه و انشعاب گسترده آکسون‌های محیطی نورون‌های قرنیه، این ساختار را تبدیل به متراکم ترین بافت عصب‌دهی شده بدن، کرده است. نورون‌های قرنیه بسته به سایز و وجود پوشش میلین در آکسون، به دو دسته میلین دار نازک (نوع A-delta^۵ در موش) یا غیر میلین دار (نوع C، ۷۰٪ در موش) تقسیم‌بندی می‌شوند. همچنین، این خصوصیت در "سرعت" منعکس می‌شود که تکانه‌های عصبی را به سیستم عصبی مرکزی منتقل می‌کند و در آکسون‌های نورون‌های A-delta سرعت انتقال تکانه بیشتر از (میانگین ۶ میلی ثانیه) آکسون‌های نورون‌های C (کمتر از ۲ میلی ثانیه) می‌باشد. نورون‌های C و A-delta در برخی از خصوصیات الکتروفیزیولوژیکی فعل و غیر فعل غشاها نورونی شان، که خصوصیات شروع جریان عصبی تکانه نورونی را تعیین

شیمیایی اندوزن، پاسخ می‌دهند. گرچه، فقط شواهد آزمایشگاهی غیر مستقیمی مبنی بر وجود این گروه ناسیسپتورها در قرنیه وجود دارد، با اینحال این گیرندها، تقریباً در همه بافت‌های بدن شناسایی شده‌اند و احتمال دارد که در قرنیه نیز وجود داشته باشند.

نورون‌های گانگلیون تربیتی‌منیال وارد قرنیه شده، به صورت گستردۀ منشعب می‌شوند و منطقه‌ای از سطح بافت که به عنوان میدان گیرنده‌گی "شناخته شده است را می‌پوشانند. تحریک درون میدان گیرنده‌گی، منجر به دپلاریزاسیون پایانه‌های عصبی و جریان سازی تکانه در آکسون می‌شود. میادین گیرنده‌گی عملکردی ناسیسپتورهای مکانیکی و Polymodal بزرگ است و اغلب شامل یک قسمتی از اپی اسکلرای Majuscolo می‌شود. گیرنده‌های سرما در قرنیه و اطراف لیمبوس به وفور یافته می‌شود و میادین گیرنده‌گی کوچک و نقطه مانند دارند. تعداد اندکی از فیبرهای عصبی ضخیم با سرعت هدایت بالا به اپی اسکلرای اطراف لیمبوس (احتمالاً با خصوصیات مورفولوژی اطراف پایانه‌های عصبی شان)، عصب‌دهی می‌کنند. این فیبرها به تحریک مکانیکی ملائم پاسخ می‌دهند و به احساس‌های لمسی غیر مضر برانگیخته شده توسط تحریک مکانیکی ملائم سطح چشم، مانند تحریکاتی که با پلک زدن ایجاد می‌شوند، ارتباط دارند.

کانفوکال میکروسکوپی اعصاب قرنیه‌ای

در حال حاضر، میکروسکوپ نوری انعکاسی کانفوکال In vivo (IVCM) تبدیل به روشی محبوب در تصویر برداری بالینی شده است. با توجه به اینکه نوارهای فیبر عصبی ساب بازال (شکل ۲-۶ قسمت A) که ترکیبی از چندین آکسون احاطه شده با غلاف شوان می‌باشد، به آسانی تشخیص داده می‌شوند، این نوارهای عصبی ساب بازال، ابزارهای اصلی برای ارزیابی تراکم اعصاب قرنیه‌ای توسط IVCM می‌باشند و به عنوان یک نشانه اختصاصی مفید بین لایه اپی‌تلیوم و بومن، به کار می‌روند.



شکل ۲-۶. (A) تصویر کانفوکال میکروسکوپی In vivo دسته‌های فیبر عصبی که موازی با شاخهایی در شبکه ساب بازال قرنیه انسان، طی مسیر می‌کنند. (B) عصب استروموما (پیکان) در یک سوم تحاتی استرومای قنامی. هسته کراتوسیت به صورت شیئی روشن و بیضی ملاحظه می‌شود.

نوارهای عصبی ضخیم استروموما و شاخهای جانبی آنها به صورت خطوط انعکاسی، مشاهده و تصویر برداری می‌شوند و تعیین کمی آنها به دلیل تعداد اندک، ممکن و در عین حال دشوار است. علاوه بر آن، هر کدام از آکسون‌های درون نوارها قابل تصویر برداری نیستند و اگر فیبرهای عصبی درون این تنها

ناسیسپتورهای Polymodal با ارسال نامنظم و پیوسته تکانه‌های عصبی، تازمان حفظ و ادامه تحریک و دارا بودن فرکانس شروع جریان عصبی نسبت به شدت نیروی تحریکی، به محرک طبیعی‌شان پاسخ می‌دهند. بنابراین، ارسال تکانه ناسیسپتورهای Polymodal نه تنها وجود یک محرک پسر راعلامت می‌دهد، بلکه، شدت و مدت آن را نیز رمز گذاری می‌کند. آستانه مکانیکی ناسیسپتورهای Polymodal کمی پایین‌تر از ناسیسپتورهای مکانیکی بوده و هنگامی که با گرما تحریک می‌شوند، در دماهای بیشتر از ۴۸-۳۹ درجه سانتیگراد، شروع به ایجاد جریان عصبی می‌کنند. میزان جریان سازی یکسری از فیبرهای Polymodal (حدود ۰.۵٪) هنگامی که دما به کمتر از ۲۹ درجه سانتیگراد کاهش یافته است، افزایش می‌یابد. همچنین، بسیاری از داروهای شیمیایی، ناسیسپتورهای Polymodal را تحریک می‌کنند. با استفاده از محلول‌هایی با PH کنترل شده یا Gas jet محتوى غلظت بالای CO_2 (که در سطح قرنیه کربونیک اسید تشکیل شده و یک افت ناگهانی PH به طور طبیعی ایجاد می‌کند)، یک آستانه "شیمیایی" حدود یک واحد PH پیشنهاد شده است. کاهش PH بیش از این مقدار، اغلب در بافت‌های ملتهب رخ می‌دهد. احتمالاً ناسیسپتورهای Polymodal، هنگامی که قرنیه به صورت حاد در معرض نیروی مکانیکی قرار می‌گیرند، با ناسیسپتورهای مکانیکی مشارکت و همکاری می‌کنند، با اینحال، آنها منبع اصلی تکانه عصبی ایجاد شده به وسیله محرک شیمیایی، گرمای یا سرمای مضر هستند. در طول التهاب، میانجی‌های ترشح شده، ناسیسپتورهای Polymodal را تحریک می‌کنند که منجر به ایجاد جریان عصبی پیوسته و احساس دائمی درد می‌شوند. طبقه بندی دیگر فیبرهای عصبی قرنیه (۱ تا ۱۵٪ جمعیت کلی است) گیرنده‌های حساس به سرما هستند که مربوط به فیبرهای C و A-delta بوده و خود بخود در حالت استراحت Discharge می‌کنند و میزان جریان سازی آنها هنگامی که دمای نرمال سطح قرنیه (حدود ۳۳ درجه) کاهش می‌یابد، افزایش یافته و این در حالی است که با گرم شدن، به صورت موقتی خاموش (آرام) می‌شوند.

همچنین، میزان جریان سازی فیبرهای عصبی به محض آن که دمای قرنیه به دنبال تبخیر سطح قرنیه، استفاده از محلول‌های سرد یا دمیدن هوای سرد به قرنیه افت می‌کند، افزایش می‌یابد. فیبرهای گیرنده سرما قادر به تشخیص و کد گذاری می‌باشند که این کار به وسیله تغییر در فرکانس تکانه و تغییرات دمایی ۰/۱ درجه سانتیگراد یا کمتر ایجاد می‌شود و بنابراین، منجر به درک کاهش دمای قرنیه که مقدار آن به عنوان احساس آگاهانه سرما است، می‌شود. در نهایت، پیش‌بینی شده است که قرنیه دارای ناسیسپتورهای غیر حساس و خاموش از نظر مکانیکی می‌باشد. مثلاً پایانه‌های بافت عصبی سالم به وسیله محرک‌های مکانیکی یا گرمایی فعل نمی‌شوند اما هنگامی که التهاب موضعی رخ می‌دهد، به این التهاب موضعی مشابه با مواد