

The Eye and Ear: special sense organs

العين والأذن: أعضاء الحس الخاصة

د. رغداء الوزنة

مقدمة

- تُنقل المعلومات من الوسط الخارجي إلى الجهاز العصبي المركزي عن طريق مستقبلات حسية.
- المستقبلات الكيميائية لحاستي الذوق والشم في جهاز الهضم والانف.
- المستقبلات الآلية في الجلد.
- مستقبلات الضوء في العين (مسؤولة عن الرؤية).
- مستقبلات آلية في الجهاز الدهليزي القوعي في الأذن (أجهزة الإحساس بالتوازن والسمع).

العين: جهاز استقبال الضوء

- الطبقة الليفية
- الطبقة الوعائية
- العدسة
- الجسم الزجاجي
- الشبكية
- التراكيب البنيوية الملحقة بالعين

- العين عضو معقد متطور جداً، حساس للضوء، يسمح بتحليل دقيق لشكل وشدة ولون الضوء المنعكس من الأشياء لتأمين حاسة الإبصار.
- توضع العينان في مناطق محمية في الجمجمة وهي الحجاج orbit الذي يحتوي على وسائل من نسيج دهني.

- تحتوي كل عين على كرة ليفية متينة للمحافظة على شكلها و مجموعة من الأنسجة الشفافة لتركيز الصورة وطبقة من خلايا حساسة للضوء، أيضاً مجموعة من العصبونات لجمع ومعالجة ونقل المعلومات المرئية إلى الدماغ.

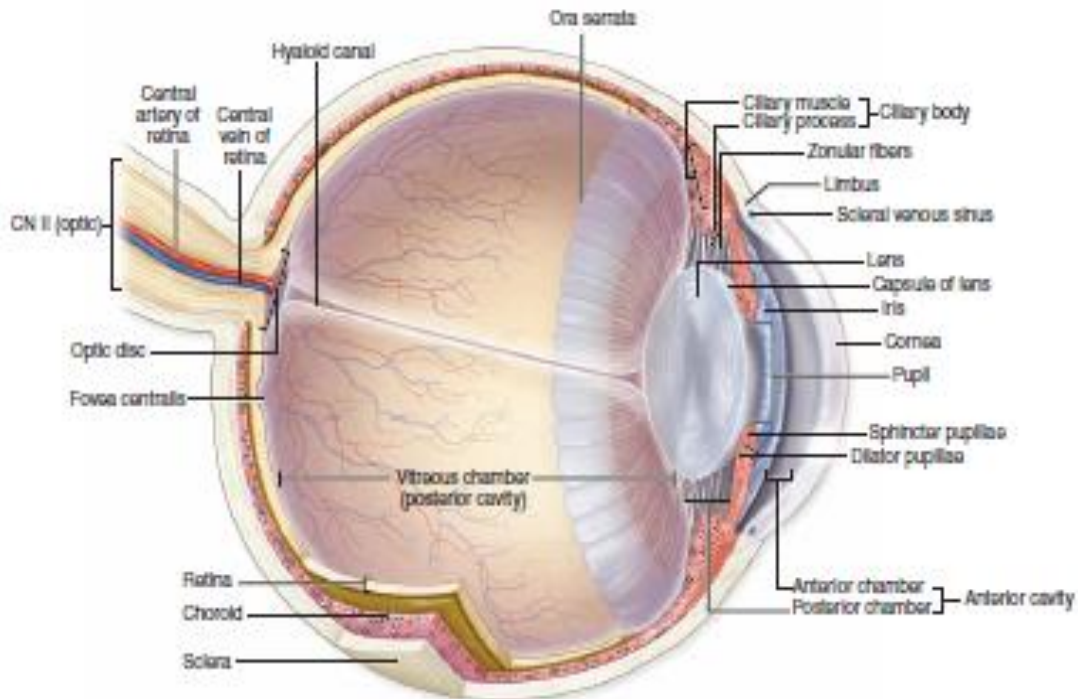
- تتألف كل عين من ثلاث طبقات مركزية التوضع:

1- طبقة خارجية تمثل الصلبة (sclera) والقرنية (cornea).

2- طبقة وسطى أكثر توعية دموية هي المشيمية choroid و الجسم الهدبي ciliary body والقزحية Iris.

3- طبقة حسية داخلية هي الشبكية Retina عبارة عن ظهارة خارجية صباغية وداخلية شبكية خاصة. تتصل الطبقة الداخلية الحساسة للضوء من الشبكية مع المخ بالعصب البصري على الجانب الخلفي للعين.

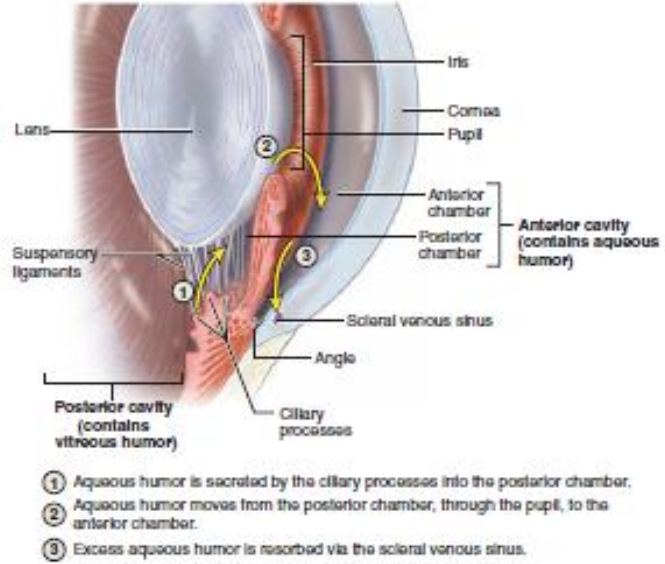
الحافة المشرشرة أو المسننة ora serrata هي الحافة الأمامية للشبكية.



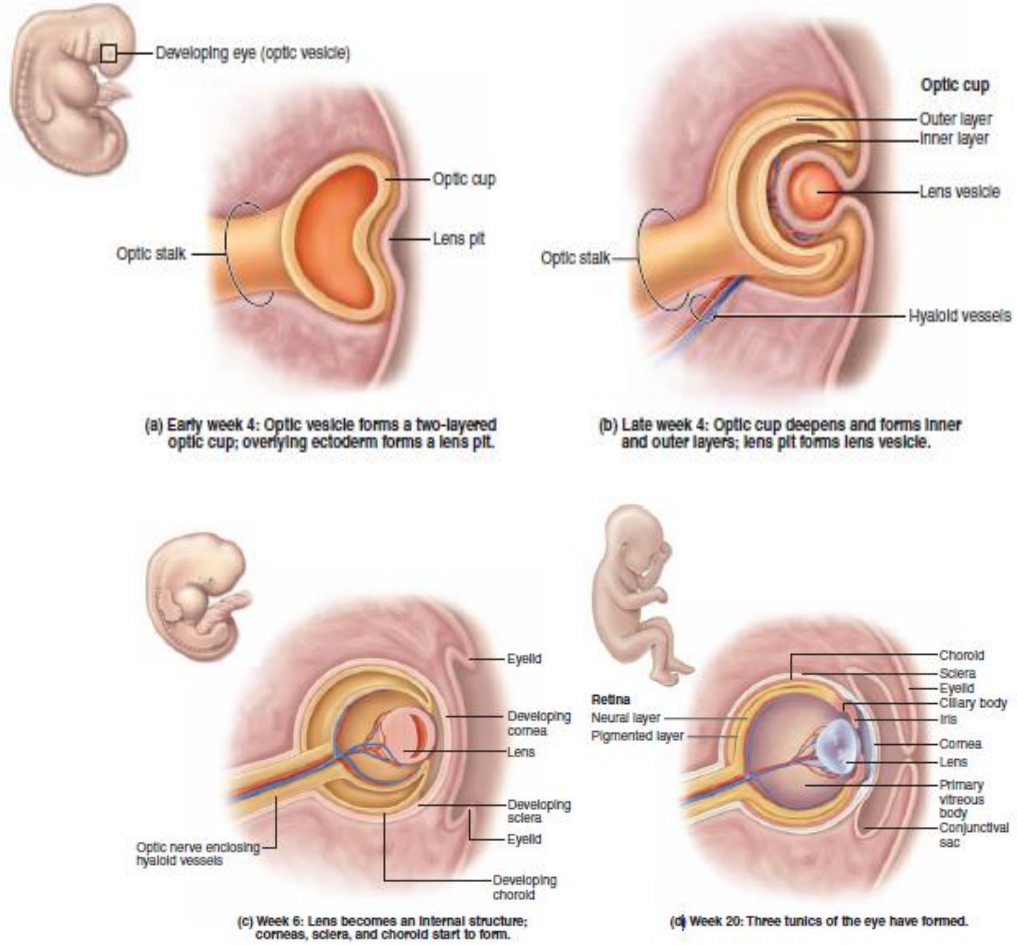
- عدسة العين Lens محدبة الوجهين ذات بنية شفافة مثبتة في مكانها بمجموعة حلقيّة من ألياف النيطقة Zonular fibers تمتد من العدسة إلى سماكة الجسم الهدبي مقابل الجسم البلوري على جانبه الخلفي. يغطي السطح الأمامي للعدسة جزئياً امتداد صباغي عاتم

من الطبقة الوسطى يُدعى القرزحية Iris. الثقب الدائري في وسط القرزحية هو حدقة العين pupil

- الحجرة الأمامية Anterior chamber: المسافة بين القرنية و القرزحية و عدسة العين.
- الحجرة الخلفية Posterior chamber توجد بين القرزحية و الاستطالات الهدبية والارتباطات النطيقية و العدسة. تتصل الحجرات ببعضها في الحدقة وتحتوي على سائل شفاف يُدعى السائل الخلطي Aqueous humor. تتوضع الحجرة الزجاجية Vitreous chamber خلف العدسة والارتباطات النطيقية و تُحاط بالشبكية، تمتلئ بمادة جيلاتينية شفافة من نسيج ضام يُدعى الجسم الزجاجي Vitreous body يحتوي على 90% ماء مرتبط مع الهيالورونات وكمية قليلة من الكولاجين، في الغشاء الزجاجي يوجد نسيج ضام رخو يحوي كولاجين IV وبروتينات أخرى.



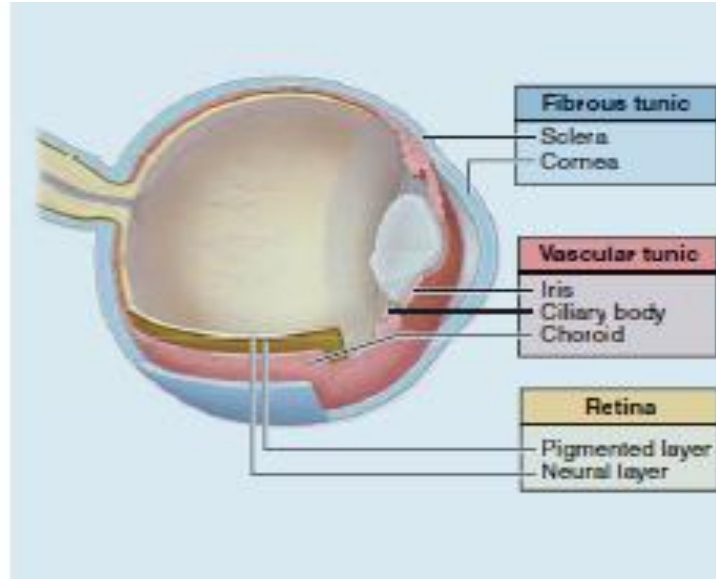
- يبدأ تشكل العين في المرحلة الجنينية المبكرة ببروز الحويصلات الظهارية البصرية على جانبي الدماغ الأمامي المتطور. تتناول الحويصلات وتشكل سويقات بصرية تحمل قديحات أو الكؤوس البصرية optic cups. نتيجة التداخل بين الكؤوس والسطح العلوي للأديم الظاهر الذي ينغمد وينفصل في كلا الجانبين مشكلاً حويصلات العدسة. تتمايز اللحمية المتوسطة للرأس لتعطي في غضون أسابيع معظم الأنسجة في طبقات العين الثلاث و الجسم الزجاجي. يعطي الأديم الظاهر للكؤوس البصري والسويقة البصرية شبكية العين و العصب البصري على التوالي كما أن سطحه يُساهم في تشكل القرنية.



الطبقة الخارجية أو القميص الخارجي الليفي: هو الصلبة (نسيج ضام كثيف ،حزم ليفية غرائية تتجه باتجاهات مختلفة مع محافظتها على التوازي مع سطح الصلبة، قليل من الخلايا المصورة للليف، بعض الخلايا الصباغية المهاجرة).

محفظة تينون هي جهاز رخو من ألياف غرائية مع طبقة كثيفة من النسيج الضام وتُعرف المسافة التي يشغلها الجهاز الرخو بمسافة تينون وبسبب هذه المسافة تستطيع الكرة العينية الحركة الدورانية في كافة الاتجاهات.

الصفحة فوق المشيمية هي طبقة رخوة رقيقة من النسيج الضام غنية بالخلايا الصباغية و الأرومة الليفية و الألياف المرنة، توجد هذه الطبقة بين الصلبة والمشيمية.



• **القرنية:** غير ملونة، شفافة، خمس طبقات،

1- ظهارة القرنية الأمامية (رصفية مطبقة غير قرنية، 5-6 طبقات، انقسامات في الجزء السفلي تدل على تجدها كل 7 أيام، وجود زغيبات تتدلى ضمن مسافة يملؤها الدمع، تحتوي نهايات عصبية حسية غزيرة)،

2- غشاء بومان (ألياف غرائية تتجه عشوائياً بثخانة 7-12 ميكرون، لها دور في ثبات وقوة القرنية)، 3- نسيج قرني بالخاصة أو اللحمية stroma عدة طبقات من حزم ألياف غرائية تشكل مع بعضها زوايا قائمة لييفات كل حزمة متوازية فيما بينها، بين طبقاتها توجد خلايا كيراتينية تشبه الخلايا المصورة للليف، تحتوي المادة الأساسية مخاط متعدد السكاكر الكبريتي، لا توجد أوعية دموية)،

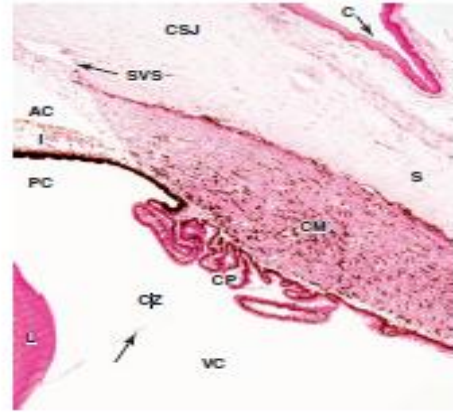
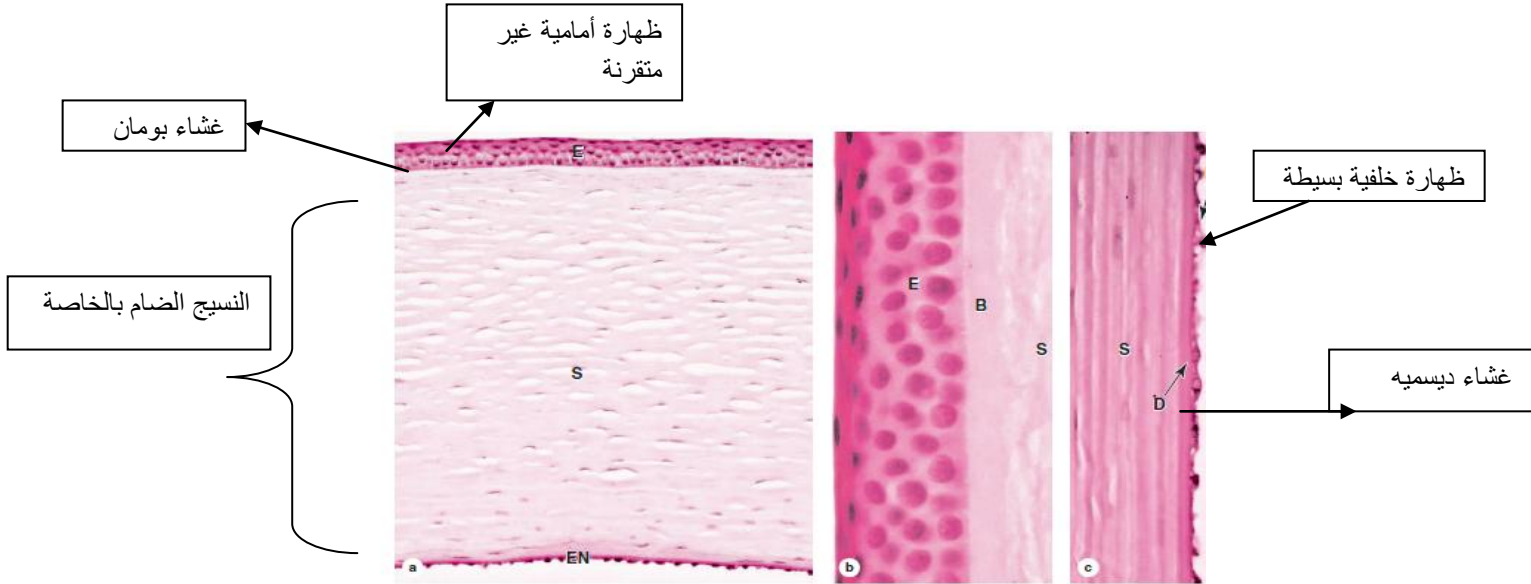
4- غشاء ديسمييه طبقة شفافة متجانسة يفصل اللحمية عن الظهارة الخلفية البطانية، خيوط غرائية في الاتجاهات الثلاث، 5- ظهارة خلفية أو الغشاء البطاني (ظهارة بسيطة مسطحة نشيطة في تركيب المفرزات في النقل النشط و لها علاقة بتركيب غشاء ديسمييه و المحافظة عليه،

تُحافظ الظهارتان الأمامية و الخلفية على شفافية القرنية، تنقل شوارد الصوديوم باتجاه القطب العلوي وأيضاً الكلور والماء للمحافظة على اماهة لحمية القرنية.

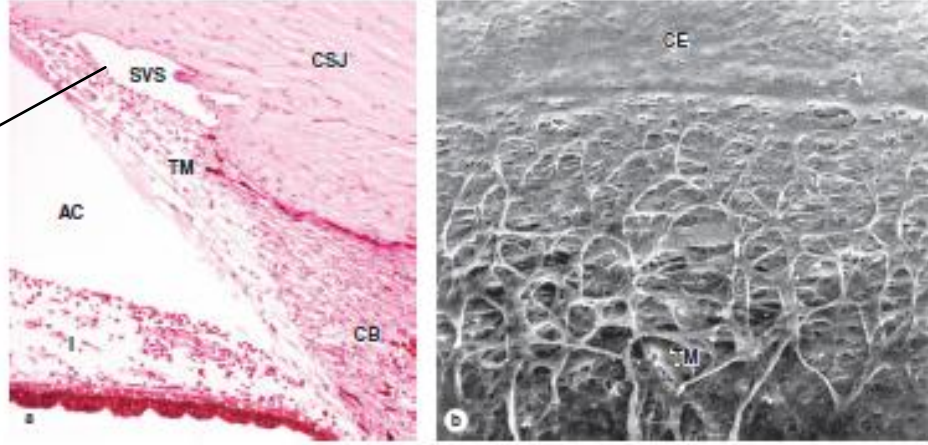
• الاتصال القرني الصلبي أو اللم: منطقة انتقالية من حزم غرائية شفافة من القرنية ألى ألياف بيضاء كثيمة للصلبة وهي كثيرة التوعية، تحتوي على قنوات مبطنة بغشاء بطاني تتصل مع بعضها لتشكل قناة تسليم تتصل خارجياً مع الجهاز الوريدي في الصلبة و تقوم بسحب السوائل من الغرفة الأمامية للعين.

• يُفرز الخلط المائي باستمرار وتساهم كل من البشرة الخلفية في القرنية والخلايا الاسطوانية غير الصباغية في الجسم الهبي والزوائد الهدبية بتشكيله عن طريق انتشار الماء و ضخ الشوارد منها إلى كل من الغرفة الأمامية والخلفية. لذا فإن إعاقة تصريفه

من الغرفة الخلفية نتيجة انسداد قناة شليم يؤدي إلى زيادة الضغط داخل العين مسبباً حالة مرضية تُعرف بزرقة العين Glaucoma. تسبب زرقة العين في حال عدم معالجتها انضغاط الجسم الزجاجي على الشبكية مما يؤثر على وظيفة الرؤية وقد تسبب اعتلالاً عصبياً في هذا النسيج.

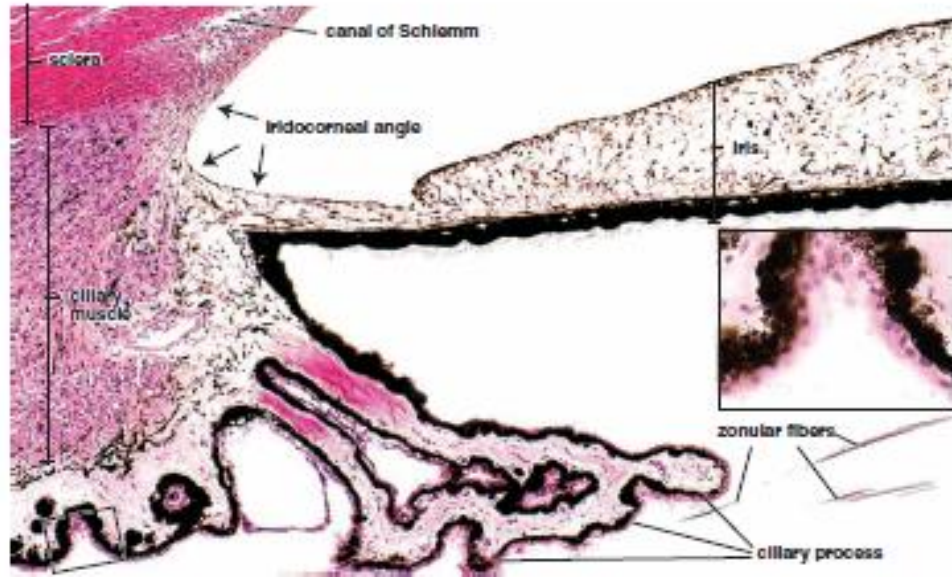


قناة شليم

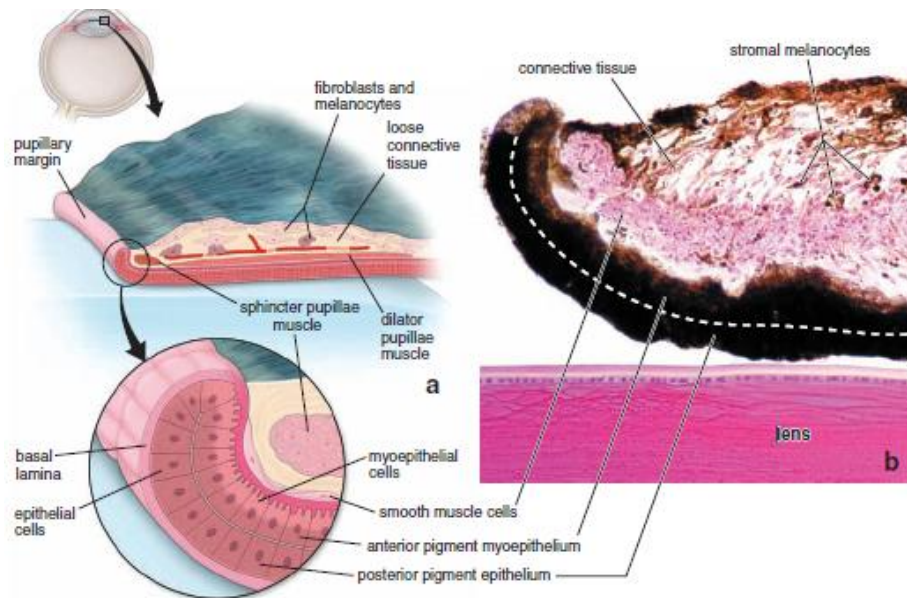


الطبقة الوسطى الوعائية: المشيمية، الجسم الهدبي، القرحية

- المشيمية: تحتوي نسيج ضام رخو غني بالخلايا المصورة للليف و البالعة و المصورية و الخلايا الصباغية، الأوعية الدموية، ألياف مرنة. 3 طبقات: فوق المشيمية غير موعاة صفائح مرنة مع خلايا صباغية مبعثرة. متوسطة وعائية، نسيج ضام رخو فيه العديد من فروع الشرايين و الأوردة الهدبية، العديد من الخلايا الصباغية. الداخلية لها دور في تغذية الشبكية، تنفصل عن الشبكية بغشاء بروش الذي يمتد من الحليمة البصرية أو القرص البصري إلى الحافة المسننة.
- الجسم الهدبي: امتداد أمامي من المشيمية في مستوى العدسة، يظهر بشكل مثلث في مقطع عرضي، نسيج ضام رخو بالاضافة إلى العضلة الهدبية التي لها دور كبير في المطابقة
- الامتدادات الهدبية: امتدادات من الجسم الهدبي، يصدر عنها ألياف النطيقية zonular fibers التي تنتهي في محفظة العدسة وتثبتها في مكانها.



القزحية Iris امتداد أمامي من المشيمية يغطي العدسة جزئياً ويترك فتحة في المركز هي الحدقة، على السطح الأمامي طبقة غير مستمرة من الخلايا الصباغية و الخلايا المصورة للليف. على السطح الخلفي يشكل الشبكية القزحية ويُسْتَر بظهارتين تستمران في الجسم الهدبي.



- عدسة العين lens: بنية شفافة محدبة الوجهين توجد خلف القزحية، تقوم بتركيز الضوء على الشبكية، نسيج غير وعائي، تتصف بمرونتها الشديدة التي تتلاشى مع العمر وتزداد صلابة.

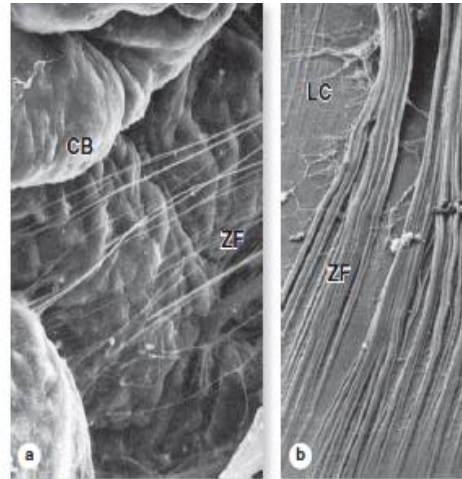
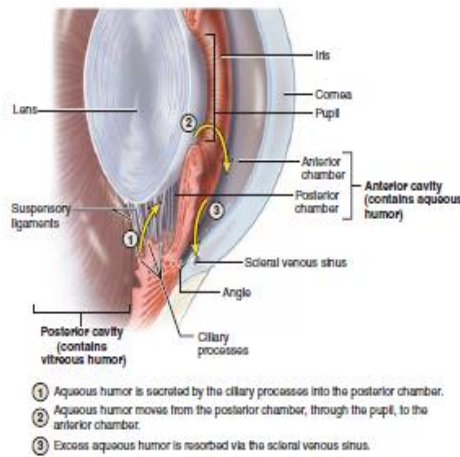
1- محفظة العدسة: سميكة متجانسة، البروتوغليكانات وكولاجين IV ، حماية الخلايا السفلية وتؤمن مكان التصاق الألياف النطيقية.

2- ظهارة العدسة: طبقة واحدة من خلايا مكعبة توجد على السطح الأمامي للعدسة، تحتوي سطوحها القمية على تداخلات لربط الظهارة الألياف الداخلية للعدسة.

3- ألياف العدسة: ألياف متطاولة تؤمنها الخلايا الموجودة في الحافة الخلفية حيث تنمو العدسة ويستمر نموها ببطء. تتكثف ألياف العدسة التي تبدو كبنى مسطحة رقيقة بشدة مع بعضها مشكلة نسيجاً شفافاً تماماً متخصصاً بانكسار الضوء.

لها دور في المطابقة، في الراحة أو النظر إلى الأشياء البعيدة تصبح العدسة ممدودة بواسطة ألياف النطيقية بمستوى عمودي على المحور البصري. أما عند التركيز على الأشياء القريبة تنقل العضلات الهدبية مسببة انزياح المشيمية والجسم الهدبي مما يؤدي إلى زوال التوتر الممارس من قبل النطيقية على العدسة وتصبح العدسة دائرية الشكل وأسمك مما يجعل الشيء المشاهد في البؤرة. تزداد صلابة العدسة مع العمر.

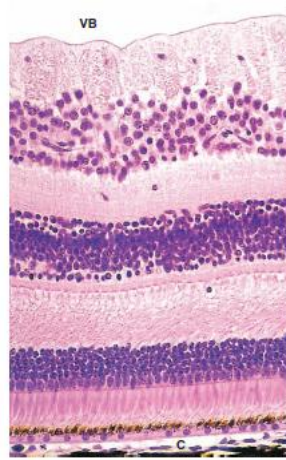
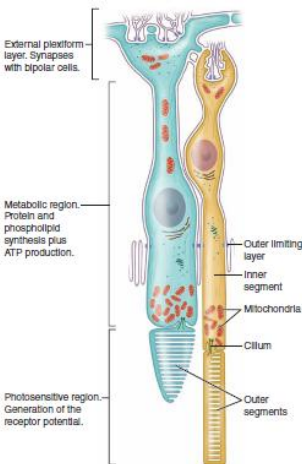
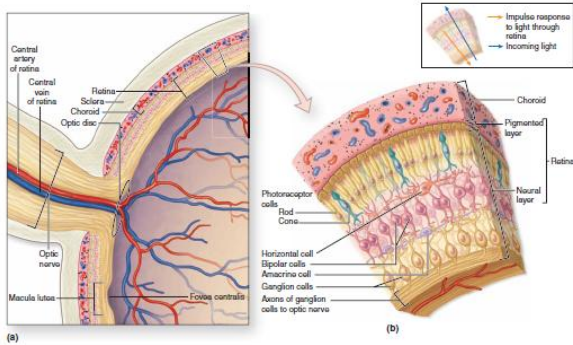
في القرنية: توجد عضلة موسعة للحدقة على طول السطح الخلفي للقرنية وتتمثل بخيوط عضلية ممتدة وشعاعية في خلايا عضلية ظهارية myoepithelial cells توجد تحت الخلايا الصباغية، أما العضلة القابضة للحدقة تتمثل بحزم عضلية ملساء تتوضع في حلقات دائرية بالقرب من حافة الحدقة وتسمى أيضاً العضلة المضيقية للحدقة.



الطبقة الحسية العصبية: الشبكية

- تتكون من طبقتين: داخلية هي الشبكية العصبية تحتوي عصبونات ومستقبلات ضوئية، تمتد أمامياً حتى الحافة المشرشرة، تستمر كظهارة مكعبة مبطنة لسطح الجسم الهدبي والجزء الخلفي من القرنية.

طبقة خارجية هي الظهارة الصباغية: ظهارة تستند على غشاء بروش داخلياً من المشيمية ، خلايا اسطوانية منخفضة بنوى قاعدية، تحتوي على معقدات اتصالية متطورة جداً وارتباطات فضوية والعديد من الانخماصات في الأغشية القاعدية المترافقة مع المتقدرات، تمتد من نهاياتها القمية استطالات و بروزات تحيط بقمم المستقبلات الضوئية. تحتوي أعداد كبيرة من فجوات بلعمية وجسيمات حالة ثانوية وبيروكسيدية و الكثير من الشبكة الملساء و مناطق متخصصة بالمصاوغ (التزامر Isomerization لكافة الريتينال العابر (مشتق من فيتامين A) ونقله إلى المستقبلات الضوئية. وظائف الخلايا الصباغية في الشبكية: تشكل جزء هام في الحاجز الشبكي الدموي. تمتص الضوء العابر من الشبكية لمنع انعكاسه. بلعمة المكونات المتساقطة من العصي والمخاريط المجاورة، التخلص من الجذور الحرة. مصاوغ و تجديد أشباه الريتينال المستخدمة كحاملات الألوان في خلايا العصي والمخاريط.



الطبقة المحددة الداخلية

الطبقة الليفية العصبية

الطبقة العقوية: أجسامها

الطبقة الضفيرية الداخلية

الطبقة النووية الداخلية

الطبقة الضفيرية الخارجية

الطبقة النووية الخارجية

الطبقة المحددة الخارجية

الشبكية

الظهارة الصباغية

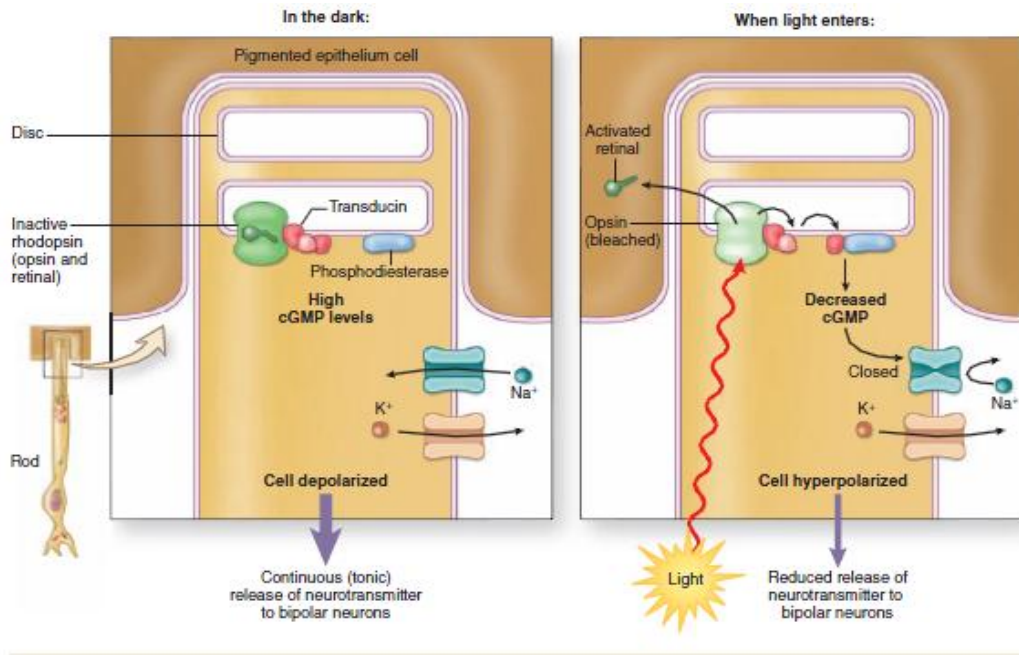
المشيمية

خلايا العصى والمخاريط

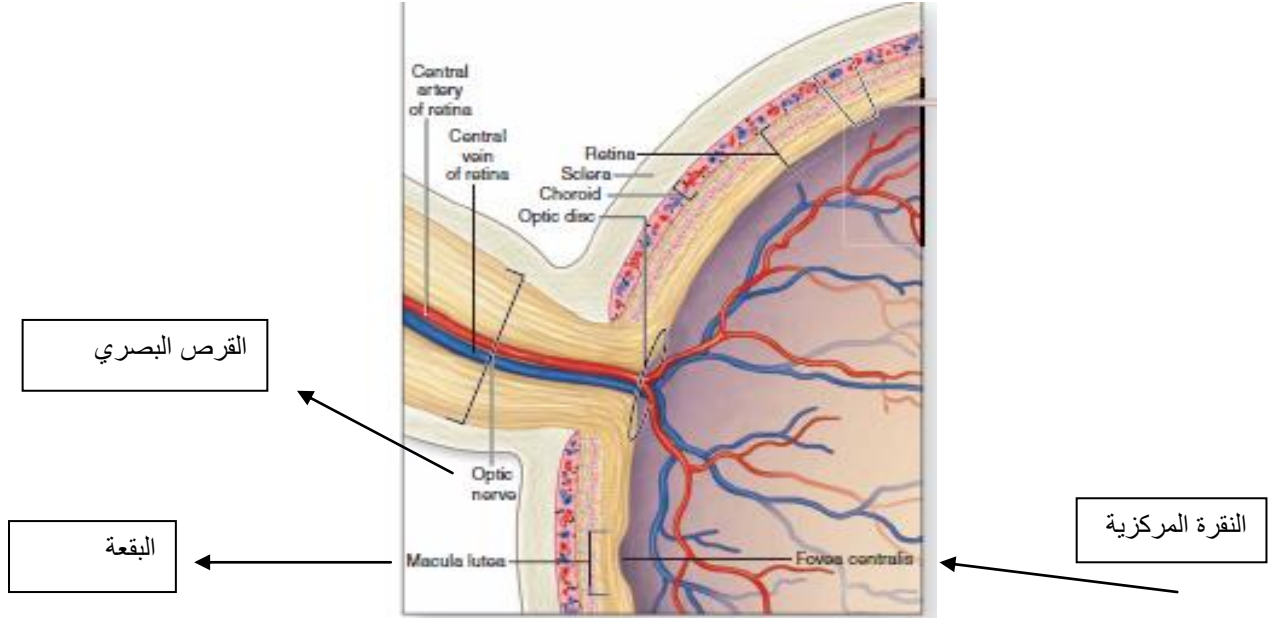
- سميت خلايا العصى و المخاريط بهذا الاسم لشكل قطعتها الخارجية و عصبوناتها القطبية. يوجد في أحد قطبيها تغصن وحيد حساس للضوء وفي القطب الآخر مشابك مع طبقة العصبونات ثنائية القطب. القطع الخارجية أهداب أولية متغيرة تحتوي مجموعات متراسة من كيبسات غشائية كأقراص مسطحة، تحتوي أغشية الكيبسات أصبغة حساسة للضوء في الشبكية. تحتوي شبكية الإنسان ما يقارب 120 مليون من العصى تستجيب لفوتون واحد و تسمح بالرؤيا الضعيفة حتى في مستويات منخفضة للضوء في وقت الغسق والليل. خلايا العصى رفيعة نحيلة متطاولة تتكون من قطعتين خارجية حساسة للضوء وداخلية وهي مكان للاستقلاب الخلوي تتم فيه عمليات التصنيع الحيوي و إنتاج الطاقة وهي غنية بالغلوكوجين و المتقدرات التي تحوي الكثير من الجسيمات الريبية لانتاج بروتينات تنتقل الى القطعة الخارجية حيث تدخل في الأقراص الغشائية. تشمل هذه البروتينات صبغة الرؤية الرودوبسين (الصبغ الأرجواني) الذي يصبح أبيض اللون بالضوء ويؤدي إلى تنبيه العصب البصري. تنتج كل خلية 90 قرص غشائي يومياً عوضاً عن نفس العدد الذي تفقده. تحتاج هذه العملية من تجميع وهجرة و تساقط نحو 10 أيام. تتشكل الأقراص الغشائية نتيجة تكرار طيات الغشاء الخلوي قرب السويقة الموصلة (هدب متحرك) والدخول في بروتينات طبقتي الشحم التي انتقلت إليها من القطعة الداخلية. تنفصل الأقراص المتشكلة حديثاً في خلايا العصى عن الغشاء و تتحرك مبتعدة عن الجزء القاصي كأقراص جديدة. تتساقط و تبتلع بواسطة الخلايا الظهارية الصباغية.
- المخاريط: عصبونات متطاولة ، 6 مليون في شبكية الإنسان، أقل حساسية للضوء منخفض الكثافة من العصى و متخصصة برؤية الألوان في الضوء اللوني، 3 أنواع من المخاريط، كميات مختلفة من صبغ ايودوبسين ذا حساسية عالية للأحمر و الأخضر و الأزرق في الطيف المرئي. تساقط الأقراص أقل من نظيرتها في العصى. تتشكل الأقراص من عدة طيات في الغشاء من جهة واحدة.
- الرودوبسين غير نشيط في الظلام و تبقى قنوات الشوارد المهبطية مفتوحة في غشاء الخلية. يزول استقطاب الخلية و يتحرر الناقل العصبي باستمرار في المنطقة المشبكية مع العصبونات ثنائية القطب. عند امتصاص فوتونات الضوء بواسطة الريتينال من الرودوبسين، يتصاوغ الريتينال من الشكل المقرون إلى المفروق، مؤدياً إلى تنشيط بروتين الأوبسين والذي بدوره ينشط جزيئات الترانسدوسين (بروتين G ثلاثي يقترن مع الأوبسين) المجاورة حيث تتحرر منها الوحيدة α و تتحرك جانبياً و تحفز بروتين غشائي آخر يُدعى الفوسفودي استيراز لحلمة cGMP، التركيز المنخفض من هذا البروتين ينبه انغلاق العديد من قنوات شوارد الصوديوم مؤدياً إلى فرط استقطاب و انخفاض التحرر المشبكي للناقل العصبي و بالنتيجة زوال استقطاب العصبونات ثنائية القطب مرسله كمونات عمل إلى العديد من الخلايا العقدية في العصب البصري والتي تسمح للدماغ بإنتاج الصورة.
- في الظلام يكون الرودوبسين و الريتينال المقرون-11 غير نشيط و تراكيز المرسل الحلقي الثاني cGMP (غوانوزين أحادي الفوسفات الحلقي) عالية داخل الخلايا. يسبب أيضاً

الضوء تغييراً شكلياً في جزيئات الريتينال التي تبدأ بسلسلة حوادث تنتج نشاطاً عصبياً وتسبب انفصال حامل اللون من بروتين الأوبسين، تُدعى هذه الظاهرة تبييض البروتين. تنتشر جزيئات الريتينال الحرة المنقولة إلى الظهارة الصباغية وتتحول فيها إلى ريتينال مقرون ثم يعود راجعاً إلى خلايا العصي أو المخاريط ليتحد مرة أخرى مع الأوبسين. تستغرق دورة تجدد الريتينال و استرجاع رودوبسين من عملية التبييض دقيقة أو أكثر، وهي جزء من التكيف البطيء للعيون التي تحدث عند الانتقال من الضوء المبهر إلى العاتم.

- إن مجموعة فرعية من الخلايا العقدية تعمل كمستقبلات ضوئية تحتوي على ريتينال مقرون-11 مرتبط ببروتين ميلانوبسين الذي لا يشارك في الرؤية لكن يكشف عن تغيرات كمية ونوعية في الضوء على مدار اليوم في دورة الفجر/الغسق.



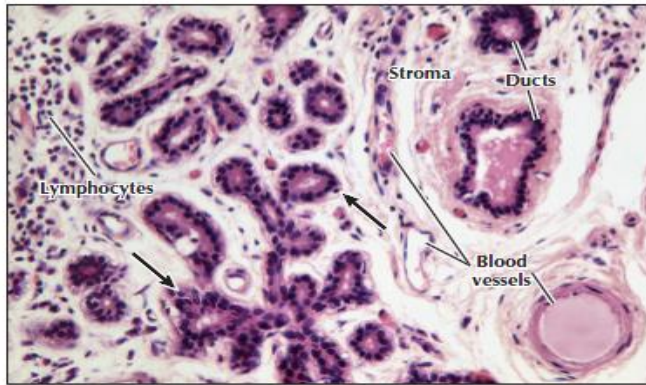
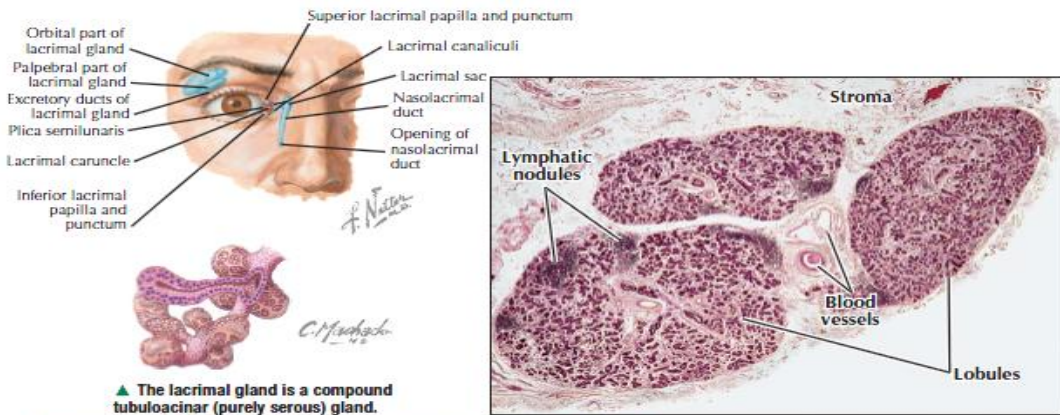
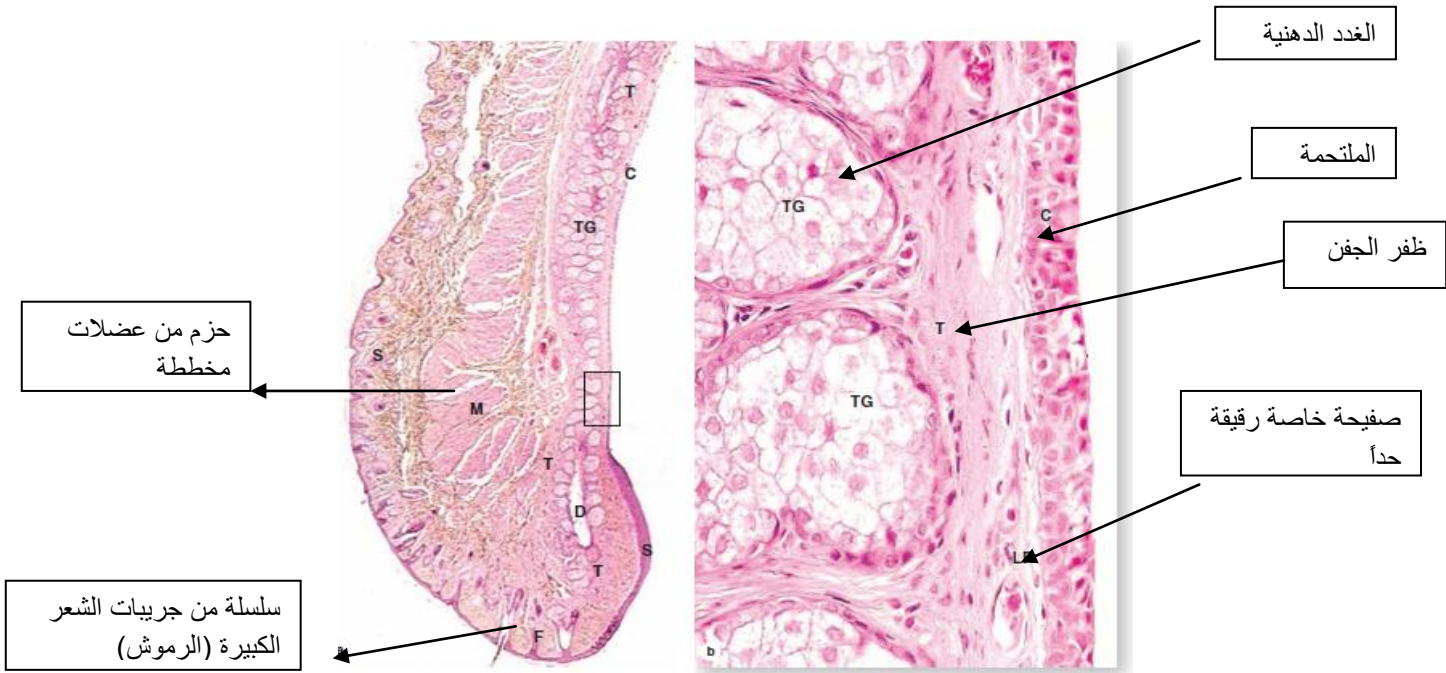
- البقعة العمياء: مكان مغادرة العصب البصري وهي المنطقة الخلفية من الشبكية وتخلو من المستقبلات الضوئية (القرص البصري).
- النقرة المركزية: انخفاضاً ضحلاً في الجزء الصدغي من القرص البصري في القطب السفلي للمحور البصري، منطقة متخصصة في الشبكية. تحتوي على مخاريط فقط في مركزها بينما تتوضع العصبونات ثنائية القطب والخلايا العقدية في المحيط فقط. تكون فيها المخاريط مترابطة بشدة مما يزيد من حدة الابصار. لا تمر الأوعية الدموية فوق هذه المنطقة لذا يسقط الضوء المباشر على المخاريط في الجزء المركزي من النقرة المركزية وهذا يساعد في جعل حدة الابصار دقيقة للغاية.
- تحيط البقعة الصفراء بالنقرة المركزية حيث توجد جميع طبقات الشبكية وتكون الطبقتان الضفيريّتان غنيتان بأشباه الكاروتينات التي تمنح هذه المنطقة لون أصفر.
- أشباه الكاروتينات تمتلك خواص مضادة للأكسدة وتقوم بترشيح الضوء ذي الطول الموجي القصير المؤذي لذا تساهم في حماية المخاريط في النقرة.



الأجزاء الملحقة بالعين

- الملتحمة: غشاء مخاطي شفاف رقيق يغطي القسم الأمامي للصلبة و يتواصل كبطانة للسطح الداخلي لجفون العيون. يحتوي على ظهارة مطبقة اسطوانية فيها العديد من الخلايا الصغيرة المشابهة للخلايا الكأسية، مدعومة بصفيحة خاصة رقيقة من نسيج ضام رخو وعائي. تُضاف الإفرازات المخاطية إلى مسحة الدمع المغذية للظهارة وقرنية العين.
- الأجفان: انتشاء من الجلد يحوي غدد دهنية و القليل من الأجرية الشعرية، عضلة رافعة للأجفان (ألياف عضلية مخططة).
- ظفر الجفن منطقة بالقرب من الملتحمة، هو نسيج ضام ليفي مرن، يحوي عدد كبير من الغدد الدهنية.
- الغدد الدمعية: تتوضع في الجزء الصدغي العلوي من الحجاج، العديد من الفصوص التي تفرغ من خلال قنوات اطراحية في القبو العلوي وهو رطب ملتحمة العين بين الأجفان وكرة العين. تفرز هذه الغدد باستمرار سائلاً يشكل مسحة دمعية تعمل على ترطيب و تزييق القرنية و الملتحمة وتزود الخلايا الظهارية في القرنية بالأوكسجين، فيه العديد من الشوارد والبروتينات بما في ذلك الليزوزيم الذي يقوم بحلمهة جدر بعض أنواع الجراثيم لتخريبها.

- الغدد الدمعية: غنابات نبيبية سنخية مكونة من خلايا مصلية طويلة لها نوى قاعدية وحببيبات إفرازية قليلة التلون، تُحاط بخلايا عضلية ظهارية.



▲ LM showing three lobules in a lacrimal gland. Thin connective tissue septa separate them. Blood vessels, nerves, lymphatics, and excretory ducts travel in the septa. In adults, the stroma usually has various amounts of lymphatic tissue. Lymphocytes are loosely scattered in the stroma or are in lymphatic nodules. 26×. H&E

◀ LM of part of a lacrimal gland at high magnification. The parenchyma consists of secretory acini (arrows) lined by simple cuboidal to columnar epithelium. Stratified cuboidal epithelium forms excretory ducts in the stroma, which also contains many lymphocytes (some of which become antibody-producing plasma cells) and small blood vessels. 360×. H&E

