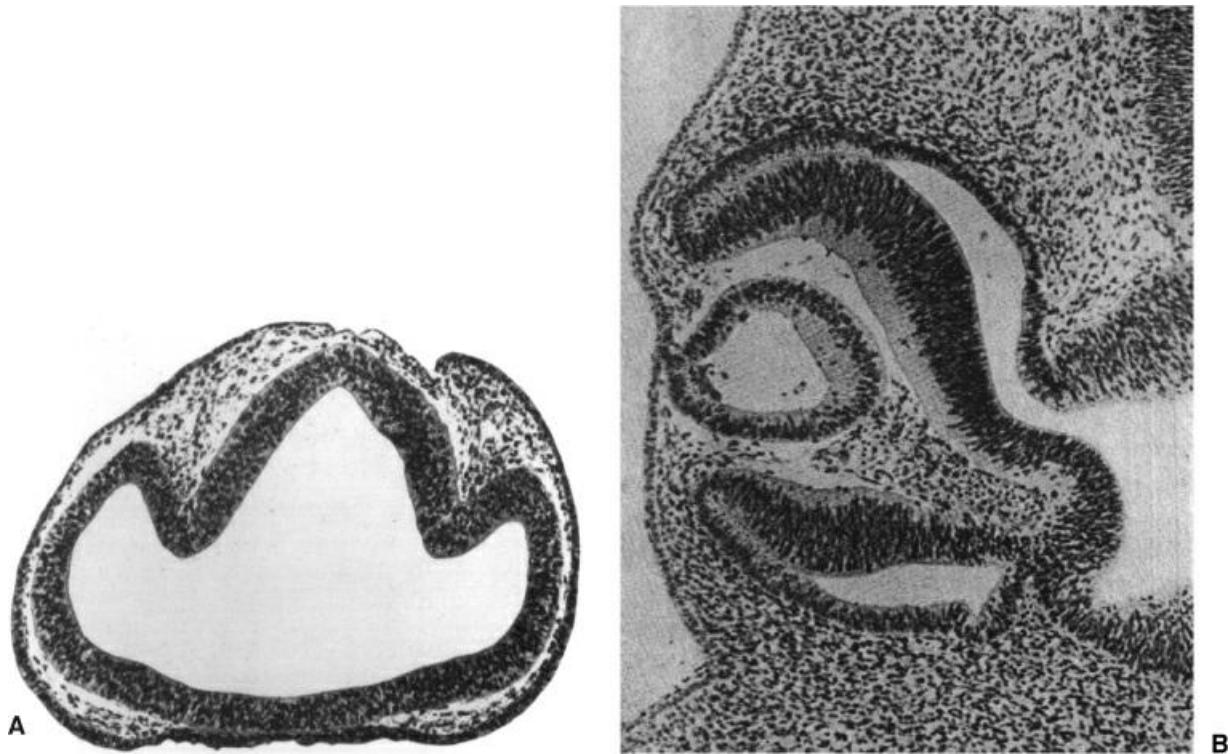




شکل ۱،۲ بافت مربوط به نمودارهای شماتیک در شکل ۱،۱. A: بخشی از پیش مغز جنین انسان ۴ هفته‌ای که لوله عصبی بسته، وزیکول‌های بینایی و ساقه‌های نوری که در آینده تشکیل می‌دهد را نشان می‌دهد (مرتبط با شکل B ۱،۱ قبل از تشکیل Lens Placod و دیسک شبکیه).

جزء دیگر سیستم اپتیکال چشم، قرنیه، از اکتودرم سطحی تشکیل می‌شود که پس از فرورفتگی روی وزیکول عدسی و دهانه اپتیک کاپ قرار می‌گیرد. هنگامی که وزیکول عدسی جدا شد، این بافت دوباره به سمت داخل فرو می‌رود تا سطح پلک و قسمت‌هایی از قرنیه و در ادامه ملتحمه را تشکیل دهد، اما از وزیکول عدسی جدا نمی‌شود. (شکل‌های ۱،۳ و ۱،۴). ب. لبه پلک‌ها بعدها در به سمت هم رشد می‌کنند و در نهایت در لبه‌ها به هم می‌رسند. بخش قرنیه اکتودرم سطحی اپیتلیوم قرنیه را تشکیل خواهد داد. که در ابتدا فقط از دو لایه سلول تشکیل شده است که بر روی یک غشای پایه قرار دارند. تحقیقات نشان می‌دهد که اندازه قرنیه در مدلی از پرندگان که به اندازه اپتیک کاپ بستگی دارد. یک اپتیک کاپ کوچک حاکی از یک قرنیه کوچک اما طبیعی است که نشانه دیگری از ارتباطات موضعی بین سلول‌ها است.



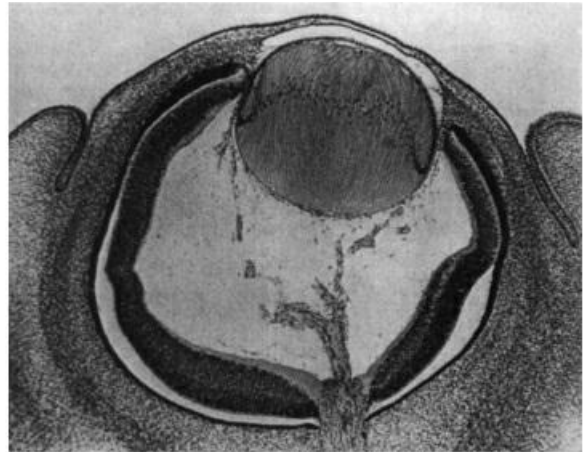
شکل ۱،۳ شماتیک سیستم عروقی هیالوئید در پایان دوره جنینی.

بنابراین، در هفته پنجم بارداری، عدسی در پشت قرنیه اولیه، در دهانه اپتیک کاپ برای تشکیل تصویر روی شبکه در حال رشد قرار گرفته است. غشا خارجی پایه اکتودرم سطحی ویزیکول لنز بعدها ضخیم شده و کپسول اطراف عدسی بالغ شده را تشکیل می‌دهد.

در طی هفته‌های پنجم تا هفتم، ویزیکول توخالی سلول‌های عدسی به علت تحریک شدن توسط سلول‌های اپتیک کاپ شروع به پر شدن کرده تا به شکل نهایی خود برسد. بینایی). سلول‌های دیواره خلفی نزدیک به شبکه، شروع به دراز شدن به سمت جلو می‌کنند تا فضای توخالی ویزیکول لنز را پر کنند (شکل‌های ۱،۴ و ۱،۵). آنها به جلو ادامه می‌دهند تا زمانی که در ۴۵ روز که عدسی جامد می‌شود به سلول‌های قدامی برسند. این هسته عدسی جنینی است. هسته تقریباً کروی است و الیاف درون آن به عنوان الیاف عدسی اولیه شناخته می‌شوند. سپس اپتیک کاپ سلول‌ها را از سطح قدامی عدسی تحریک می‌کند تا به سمت خط عمودی اکواتور عمودی حرکت کنند. اندامک‌های موجود در این سلول‌ها شروع به تخریب می‌کنند و سلول‌ها دراز می‌شوند تا فیبرهای بیشتری تشکیل دهند. نوک فیبر روی الیاف عدسی اصلی در زیر کپسول لنز، در جلو به سمت قطب قدامی و در عقب به سمت قطب خلفی عدسی گسترش می‌یابد. نوک الیافی که از سلول‌ها در مکان‌های مختلف اطراف خط اکواتور امتداد می‌یابند به هم می‌رسند تا سوچورهای قدامی و خلفی را تشکیل دهند. (این سوچورها محل اتصال نوک الیاف لنز بوده و از نظر بالینی اهمیت دارند).



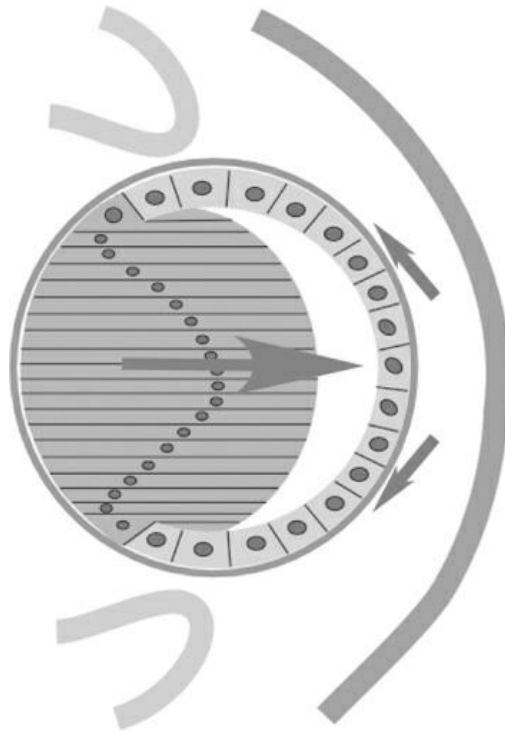
A



B

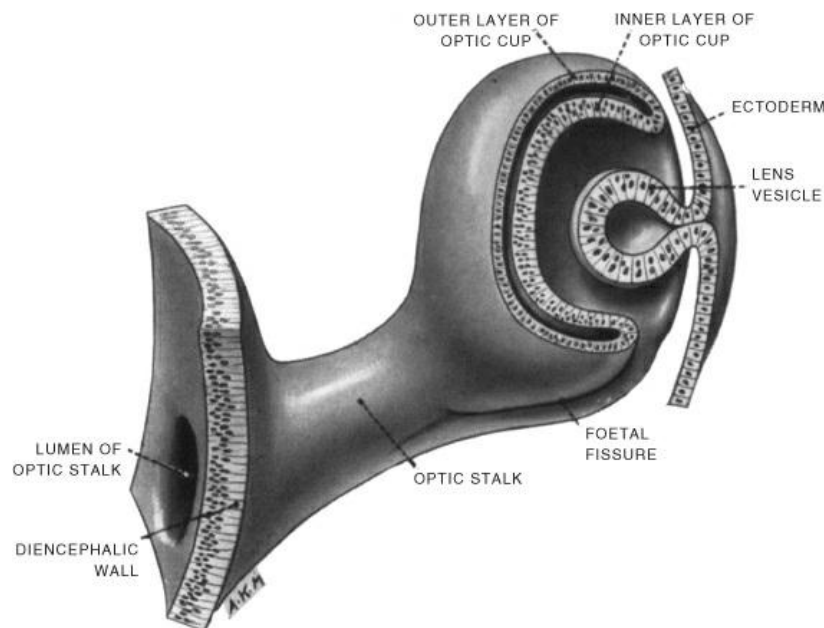
شکل ۱،۴ ساختار چشم انسان با میکروسکوپ نوری در هفته‌های ۵ (A) و ۷ (B) بارداری.

اولین لایه الیاف ثانویه در هفته هفتم بارداری در جای خود قرار دارد و الیاف بعدی به صورت متوالی لایه لایه قرار می‌گیرند. بسته به زمان اختلال در دوران بارداری (مانند عفونت سرخجه)، نوزادان می‌توانند با آب مروارید مادرزادی در بخش‌ها یا لایه‌ای از عدسی متولد شوند (فصل ۱۳). تا هفته هشتم بارداری، قطر عدسی در جهت قدامی-خلفی بیشتر از قطر عدسی در امتداد استوا (به موازات عنبیه) است. عدسی در بدو تولد تقریباً کروی است و در دوران کودکی از حالت کروی خارج می‌شود، به طوری که در بزرگسالی به موازات صفحه عنبیه کشیده شده به حالت بیضی کشیده در می‌آید. بنابراین، ویژگی‌های اپتیکال لنز باید در ماه‌ها یا سال‌های اول پس از تولد مشابه با لنز در افراد بالغ شود (به بحث امترئوپیزیشن در فصل ۴ مراجعه کنید).



شکل ۱،۵ شکل شماتیک، وزیکول لنز، شکل کپسول لنز و نحوه تشکیل الیاف عدسی اولیه را نشان می‌دهد.

کاپ اپتیک پشت لنز قرار می‌گیرد. یکی از جنبه‌های بالینی مهم رشد آن، فرو رفتن نامتقارن آن است، که از بخشی شروع می‌شود که بعدها قسمت تحتانی و نازال چشم را تشکیل می‌دهد. بیشترین فرو رفتگی، از جمله بخشی از ساقه بینایی، در این ناحیه ایجاد می‌شود. عدم تقارن منجر به تشکیل یک شکاف جنینی طولانی در امتداد بخش تحتانی نازال کاپ و ساقه می‌شود (شکل ۱،۶). دیواره‌های شکاف باید در مراحل بعدی رشد به هم جوش بخورند. در صورت جوش نخوردن این شکاف، ساختار چشم ناقص مانده که به آن کلوبوما (Coloboma) گفته می‌شود.



شکل ۱،۶ شماتیک جنین انسان ۵ هفته‌ای که وزیکول عدسی را نشان می‌دهد که از سطح اکتودرم و اپتیک کاپ دو لایه جدا شده است. شکاف جنین در امتداد پایه ساقه بینایی و فنجان دیده می‌شود.

دو دیواره اپتیک کاپ در قسمت خلفی اپیتلیوم رنگدانه شبکیه (RPE) و لایه عصبی شبکیه در قسمت قدامی چشم اجزای عنبیه و جسم سیلیاری را ایجاد می‌کنند. یکی دیگر از نکات مهم بالینی که می‌توان از رویان شناسی چشم خلفی در این مرحله اولیه بارداری فهمید این است که جداسدگی شبکیه، حتی در بزرگسالان، در فاصله بین RPE و لایه عصبی شبکیه رخ می‌دهد. این جداسدگی در نقاطی رخ می‌دهد که راس سلول‌های اپتلیال چین خورده‌اند تا به هم متصل شوند.

تشکیل بافت‌های حمایتی

سایر بافت‌های چشم که از عملکرد شبکیه عصبی، عدسی و قرنیه حمایت می‌کنند، معمولاً از بافت جنینیمزودرم) تشکیل می‌شوند. این بافت در ناحیه سر و گردن تا حدودی با بافت مزودرم دیگر نواحی بدن متفاوت است، زیرا هیچ سومیت (Somit) مزودرمی در ناحیه سر وجود ندارد. این بافت در داخل و اطراف چشم از مقداری مزودرم معمولی تشکیل شده است اما عمدتاً از سلول‌های تاج عصبی مشتق می‌شود. این سلول‌ها به چشم مهاجرت کرده‌اند و تا روز ۲۶، در فضای اطراف بین وزیکول بینایی و اکتودرم سطحی قرار گرفته‌اند. (شکل ۱،۱B) که به این ترکیب مزانشیم چشمی گفته می‌شود، سلول‌های تاج عصبی نیز اجزایی از دندان‌ها، استخوان‌های گوش میانی، مننژ و غدد درون‌ریز را تشکیل می‌دهند؛ بنابراین، اختلال در رشد این سلول‌ها می‌تواند به طور همزمان منجر به ناهنجاری مادرزادی در این بافت‌ها شود.

نقش اصلی مزانشیم در تشکیل بخش قدامی چشم شامل سه فاز مهاجرت سلول‌های تاج عصبی به اتاق قدامی در طی هفته هفتم بارداری است. تصور می‌شود که اختلال در این فازها منجر به ایجاد اختلالات در اتاق قدامی می‌شود. فاز اول بین اکتودرم سطحی و عدسی وارد می‌شود تا اندوتلیوم چند لایه قرنیه و ترابکولار اولیه را تشکیل دهد. فاز دیگری از حاشیه بین اپیتلیوم قرنیه در حال توسعه و اندوتلیوم مهاجرت می‌کند تا کراتوسیت‌هایی را تشکیل دهد که به استرومای قرنیه تبدیل می‌شوند. فاز سوم استرومای عنبیه را تشکیل می‌دهد.

مزانشیم از طریق شکاف جنینی در امتداد کنار کاپ و ساقه بینایی به بخش خلفی چشم نفوذ پیدا می‌کند (شکل ۱،۶). این مزانشیم نقش پرکردن کاپ بینایی را با زجاجیه و تامین خون این محفظه خلفی اولیه را بر عهده می‌گیرد. شفافیت آینده قرنیه، زلالیه، عدسی و زجاجیه به شدت به ترکیب بافتی و آرایش فضایی اجزای تشکیل‌دهنده آنها بستگی دارد. سیستم عروقی قادر به تغذیه این ساختارها بدون ایجاد اختلال در شفافیت آنها یا مسدود کردن دائمی مسیر نوری به شبکیه می‌باشد. دو مرحله اصلی برای تشکیل خون رسانی وجود دارد. اولی، سیستم هیالوئیدی، فقط در دوران بارداری وجود دارد و به طور معمول قبل از تولد تخریب می‌شود. در واقع، مسیر نوری به شبکیه را به طور موقت مسدود می‌کند و بنابراین سیستم کارآمدی برای پس از تولد نخواهد بود. سیستم هیالوئیدی از قسمت انتهایی شریان چشمی (شاخه‌ای از کاروتید داخلی) تغذیه می‌شود که از طریق شکاف جنینی به ساقه بینایی رفته. در امتداد مجرای ساقه فرورفته و از طریق محل آینده سر عصب بینایی به داخل اپتیک کاپ می‌رود. این شریان را شریان هیالوئید می‌نامند. از طریق زجاجیه به سمت جلو رشد می‌کند و شاخه‌هایی را به سطح خلفی عدسی می‌فرستد. سپس این شاخه‌ها شبکه‌ای از مویرگ‌ها را بر روی سطح خلفی عدسی تشکیل می‌دهند که به posterior tunica vasculosa lentis می‌گویند. شاخه‌های شریان هیالوئیدی به سمت جلو حرکت کرده و به رگ حلقوی که به در اطراف لبه اپتیک کاپ در حال تشکیل است. متصل می‌شوند. رگ حلقوی عمدتاً از عروق نزدیک به سطح بیرونی کاپ تشکیل می‌شود (شریان‌های سیلیاری در طول هفته‌های هفتم و هشتم در اطراف قسمت بیرونی اپتیک کاپ شروع به تشکیل می‌کنند). رگ حلقوی، با حرکت انشعابات خود در به سمت سطح قدامی لنز آن را تغذیه می‌کند. که به آن Anterior tunica vasculosa lentis می‌گویند. این سیستم هیالوئید تا پایان ماه دوم بارداری به طور کامل تشکیل می‌شود. خون در این شبکه از طریق عروق در حال تشکیل کروئید به سیستم وریدی می‌رسد (شکل‌های ۱،۳ و ۱،۴).

رشد زجاجیه نیز از دو مرحله متوالی تشکیل شده است. زجاجیه اولیه در هفته پنجم بارداری ایجاد می‌شود. و از لایه مزانشیمی است که از طریق شکاف جنینی و فیبرهای اکتودرمی که لایه حسی شبکیه را به سمت خلفی عدسی متصل می‌کند، مشتق شده است. مانند عروق هیالوئید، زجاجیه اولیه نیز تحلیل می‌رود تا با یک سیستم ثانویه بالغ‌تر جایگزین شود. در مورد زجاجیه، این سیستم ثانویه تقریباً به محض ظاهر شدن نسخه اولیه، در پایان هفته ششم شروع به تشکیل می‌کند. زجاجیه ثانویه در شبکیه حسی به عنوان یک شبکه متشکل از فیبرهای

فشرده تشکیل می‌شود که به هیچ وجه با زجاجیه اولیه ترکیب نمی‌شود، اما به تدریج آن را از شبکیه جدا می‌کند و آن را به سمت شریان هیالوئیدی که از اپتیک دیسک به سمت عدسی می‌رود، می‌راند.

شکاف جنینی در هفته ششم شروع به بسته شدن در اطراف محفظه خلفی حاوی عروق هیالوئید جدید و زجاجیه می‌کند. بسته شدن تقریباً از نقطه میانی در کناره اپتیکال کاپ شروع می‌شود و از آنجا به هر دو سمت پیش می‌رود. آخرین آخرین بریدگی‌های دو سمت شکاف در هفته هفتم بسته می‌شود. همانطور که قبلاً ذکر شد، در صورت اختلال در فرایند بسته شدن شکاف کلوبوم ایجاد می‌شود. (فصل ۱۴).

لایه بیرونی اپتیک کاپ شروع به تمایز به RPE می‌کند که در نهایت گیرنده‌های نوری و لایه عصبی شبکیه را پشتیبانی می‌کند. در هفته پنجم، RPE از دو تا سه لایه سلول تشکیل شده است که در پایان هفته، تقسیم میتوزی را متوقف کرده و مراحل تشکیل گرانول رنگدانه (در الگوی مشابه ملانوسیت‌های اپیدرمی) را نشان می‌دهند (شکل A ۱،۴). این لایه در هفته ششم بالغ می‌شود و یک سلول ضخیم می‌شود، که برآمدگی‌های راس آن به سمت بخش‌های خارجی گیرنده نوری که در آینده تشکیل می‌شوند قرار دارند. (شکل B ۱،۴). در همین حال، لایه بازال شروع به تبدیل شدن به غشای بروخ می‌کند. تعداد و مورفولوژی سلول‌های RPE تقریباً پس از ۸ هفته تغییر نمی‌کند، اگرچه تولید ملانوزوم برای تشکیل رنگدانه تا هفته ۲۷ ادامه دارد.

بنابراین RPE در مراحل بعدی بارداری و پس از تولد از طریق گسترش سلول‌ها رشد می‌کند نه از طریق تقسیم سلولی مزانشیم همچنین در ماه دوم شروع به تشکیل ساختارهایی در اطراف قسمت خارجی اپتیکال کاپ می‌کند. خارج از RPE، عروق اولیه و اجزای استرومایی مشیمیه در هفته چهارم بارداری در مزانشیم قابل مشاهده هستند. یک شبکه عروقی از مویرگ‌ها که از شریان‌های چشمی پشتی و شکمی مشتق می‌شود، در هفته پنجم در کل کاپ را می‌پوشاند. به نظر می‌رسد تشکیل این عروق به تشکیل رنگدانه در RPE بستگی دارد. این شبکه با رگ حلقوی اطراف لبه اپتیک کاپ و سیستم هیالوئید درون کاپ آناستوموز برقرار می‌کند. با این حال، هنگامی که شکاف بسته می‌شود، آناستوموز با رگ‌های داخل فنجان از بین می‌روند. خونی که از این مویرگ‌ها می‌گذرد از طریق یک اتصال سست به دو شبکه عروقی بزرگ، شبکه‌های وریدی فوق اوربیتال و زیر اوربیتال تخلیه می‌شود. اولین سلول‌های صلبیه در حال تمایز و متراکم شدن روی مشیمیه اولیه در هفته هفتم دیده می‌شوند. آنها ابتدا در جلوی خط استوای کاپ ظاهر می‌شوند، سپس بیشتر به جلو به سمت لیمبوس و در عقب به سمت عصب بینایی حرکت می‌کنند.

ماهیه‌های خارج چشمی که چشم‌ها را به حرکت در می‌آورند تا امکان دید دوچشمی را فراهم کنند، ابتدا به صورت بافت کوچک و متراکم مزانشیمی ظاهر می‌شوند. ماهیه‌هایی که توسط عصب جمجمه زوج سوم عصب‌دهی می‌شوند در ۲۶ روزگی ظاهر می‌شوند. لترال رکتوس که توسط عصب ۶ عصب‌دهی می‌شود در ۲۷ روزگی ظاهر می‌شود و عضلات مایل فوقانی که توسط عصب زوج ۴ عصب‌دهی می‌شود ابتدا در ۲۹ روزگی ظاهر می‌شود. عصب ۳ و ۶ در حدود ۳۱ روز از مغز به سمت این بافت‌ها رشد می‌کند و عصب چهارم در روز ۳۳ تشکیل می‌شود. تروکلئای فیبروزی در پایان دوره جنینی بارداری دیده می‌شود.

دوره جنینی (هفته ۹ تا تولد)

دوره رشد جنین از هفته ۹ بارداری تا تولد در حدود ۳۸ هفته طول می‌کشد. این دوره با توسعه عملکرد بافت‌های چشمی مشخص می‌شود، و بنابراین، اختلالات در این دوره به جای اختلال‌های ساختاری، منجر به اختلال‌های عملکردی می‌شود.

قرنیه

در هفته هشتم، اپیتلیوم اولیه از اکتودرم سطحی، اندوتلیوم از فاز اول مهاجرت مزانشیم و استروما از فاز بعدی تشکیل شده است. اپیتلیوم از سلول‌های اسکواموس در سطح بیرونی و بازال ستونی شکل که بر روی بازال لامینا قرار گرفته‌اند تشکیل شده. در پشت آن، استروما شامل ۱۵ لایه سلول با فیبرهای کلاژن به سرعت تشکیل می‌شوند. از نظر محیطی، مزانشیم متراکم که در اطراف قسمت خارجی اپتیک کاپ پخش شده است، ترکیب می‌شود و صلبیه را تشکیل می‌دهد. در پایان ماه سوم، اندوتلیوم به یک لایه سلولی تبدیل شده است، همانطور که در

بزرگسالان دیده می‌شود، و بر روی یک لایه بازال قرار می‌گیرد که اولین شواهد وجود غشای Descemet را نشان می‌دهد. از این رو، تنها لایه قرنیه که در ابتدای ماه چهارم مشاهده نمی‌شود، غشای بومن است. این لایه نهایی در ماه پنجم ظاهر می‌شود و از ابتدا بدون سلول است. لایه‌های قرنیه در ماه‌های آینده شکل و عملکردشان تخصصی‌تر می‌شود.

Ozanics, Rayborn و Sagun ذکر کرده‌اند که پایانه‌های عصبی زیادی در اپیتلیوم قرنیه در اواسط دوره بارداری پخش می‌شوند. آنها همچنین به وجود لوله‌های عصبی و وزیکول‌ها اشاره می‌کنند که نشان‌دهنده انتقال محرک‌های عصبی است.

شفافیت نهایی قرنیه به الگوی و فاصله فیبرهای کلاژن بستگی دارد. این الیاف در طول چند هفته به موازات سطح قرنیه قرار می‌گیرند که با رشد قرنیه هم ضخیم و هم بلندتر می‌شوند. قرنیه اولیه جنینی نیمه شفاف است و تنها زمانی شفاف می‌شود که محتوای آب قرنیه در دوره جنینی کنترل شود. (در طول این دوره، مانند بزرگسالی، استرومای قرنیه آبدوست است و یک پمپ متابولیک برای خارج کردن آب مورد نیاز است.) Zonula occludens اتصالات محکمی هستند که فقط در ماه چهارم، در شروع تشکیل زلالیه، برای محکم کردن اندوتلیوم ایجاد می‌شود. Ehlers, Matthiessen و Andersen دریافتند که قطر قرنیه انسان از ۲ میلی متر در هفته ۱۲ بارداری به ۴,۲ میلی متر در هفته ۱۶ و به ۹,۳ میلی متر در هفته ۳۵ بارداری افزایش می‌یابد (بعد از تولد قطر فقط حدود ۲۰٪ افزایش می‌یابد. رشد و جایگزینی کلاژن با رسیدن به قطر قرنیه انسان بالغ کاهش می‌یابد).

رشد سریع قرنیه در ماه سوم نسبت به بقیه چشم و ظاهر شدن بافت مزانشیمی در ناحیه لیمبال هر دو منجر به افزایش انحنای قرنیه نسبت به صلیبه می‌شود. در بدو تولد، قدرت قرنیه بیش از ۵۰D است که به طور قابل توجهی بیشتر از قرنیه معمولی بزرگسالان است.

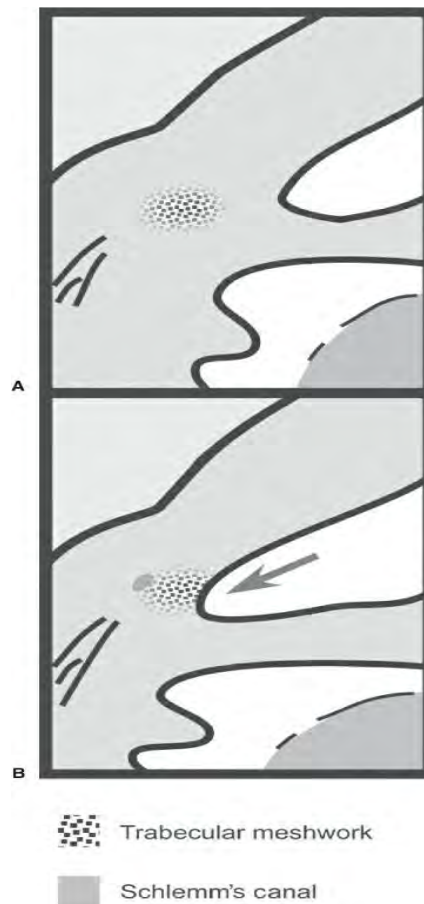
اتاق قدامی

با پیشرفت رشد در دوره جنینی، فضای بین بخش قدامی اپتیک کاپ، عدسی و قرنیه با مزانشیم پر می‌شود. مزانشیم شروع به تشکیل ساختارهای اتاق و زاویه قدامی می‌کند. در این مرحله، واکوئلی که محفظه را تشکیل می‌دهد، بسیار کوچکتر از محفظه قدامی است که در بزرگسالان یافت می‌شود و به محل زاویه گسترش نمی‌یابد (شکل‌های ۱,۷ و ۱,۸). در واقع، ساختارهایی که زلالیه را از چشم تخلیه می‌کنند، تقریباً در مکان‌های صحیح شکل می‌گیرند، اما در این مرحله، کاملاً توسط مزانشیم احاطه می‌شوند. در ماه چهارم، شبکه ترابکولار اولیه شامل یک توده مثلی شکل از سلول‌های مزانشیمی تمایز نیافته است که نقطه قدامی بین استرومای قرنیه و اندوتلیوم تشکیل می‌شود. بنابراین، اندوتلیوم قرنیه، بر خلاف بزرگسالان، که در آن شبکه برای تخلیه زلالیه از محفظه قدامی باز است، بین شبکه و اتاق قدامی قرار دارد (شکل ۱,۷). کانال شلم شروع به تشکیل مجموعه‌ای از قطعات می‌کند که در ۳ ماه آینده به هم می‌پیوندند.

حداقل در چند ربع از کره چشم در ماه هفتم تشکیل شده و در ماه نهم به طور کامل تشکیل می‌شود.

در نیمه دوم بارداری، سلول‌های شبکه ترابکولار و کانال شلم تمایز پیدا می‌کنند و حفره‌هایی را تشکیل می‌دهند، که بیشتر در نقش خود در یعنی تخلیه و فیلتر کردن زلالیه تخصصی می‌شوند. در حالی که سیستم درناژ زلالیه در حال بلوغ است، سلول‌های بین شبکه ترابکولار و سیلیاری بادی شروع به جدا شدن می‌کنند تا زاویه اتاق قدامی بیشتر به سمت محیطی گسترش یابد.

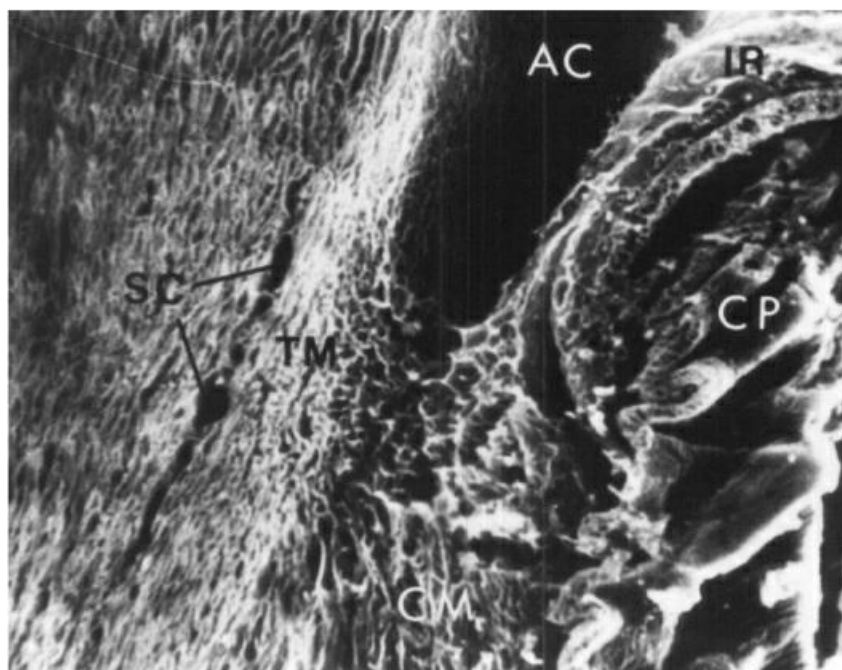
عضلات سیلیاری و سیلیاری بادی در ابتدا در مجاورت شبکه ترابکولار یافت می‌شوند، اما با باز شدن زاویه، به سمت عقب حرکت می‌کنند تا ساختارهای زاویه اتاق قدامی را در معرض زلالیه قرار گیرند (شکل‌های ۱,۷ و ۱,۸). شبکه ترابکولار در حدود ۷ ماهگی مشخص می‌شود، اما سیلیاری بادی و عنبیه تقریباً تا یک سال پس از تولد به عقب حرکت می‌کند.



شکل ۱،۷ شکل شماتیک رشد زاویه اتاق قدامی. ج: شبکه ترابکولار در بافت مرکزی تشکیل می‌شود. ب: شبکه ترابکولار در حدود ۷ ماهگی حاملگی در معرض زاویه اتاق قدامی قرار می‌گیرد.

Kupfer و Ross و Pandolfi و Astedt جریان خروجی زلالیه را در چشم جنین اندازه‌گیری کردند. آنها دریافتند که قبل از ۷ ماهگی ۰،۰۹ میکرولیتر در دقیقه / جیوه و در ۸ ماهگی ۰،۳ میکرولیتر در دقیقه / جیوه است.

نوزادان با کاهش شدید تخلیه زلالیه به گلوکوم مبتلا می‌شوند (فصل ۱۳ و ۱۴). تعدادی از مطالعات بافت این چشم‌ها را مورد بررسی قرار داده‌اند و اشاره کرده‌اند که جسم سیلیاری و عنبریه جلوتر از چشم معمولی قرار دارند. این ساختارها روی قسمت خلفی شبکه ترابکولار پوشانده و نمایی شبیه زاویه در حال رشد یک نوزاد در ۷ یا ۸ ماهگی بارداری دارد. شواهد متفاوتی از مواردی وجود دارد که ناهنجاری به دلیل توقف زودهنگام رشد زاویه، اختلال در تمایز شبکه ترابکولار یا رشته‌های شبکه ترابکولار که خیلی ضخیم و قوی هستند و زاویه را بسته نگه می‌دارند، ظاهر می‌شود. شبکه ترابکولار و کانال شلم در این چشم‌ها وجود دارد و جراحی برای باز کردن زاویه معمولاً موفقیت آمیز است. ناهنجاری‌های مشابه اتاق قدامی را می‌توان در سایر ناهنجاری‌های ساختاری و سندرم‌های گسترده تر مشاهده کرد. این شرایط به دلایل ذکر شده می‌تواند منجر به گلوکوم ثانویه شود. مطالعات متعددی در حال بررسی نقش ناهنجاری‌ها در مهاجرت سلول‌های تاج عصبی و تحریک پایانی در این شرایط هستند. همانطور که قبلاً ذکر شد، بسیاری از کودکان مبتلا دارای ناهنجاری‌هایی در سایر ساختارهای اطراف هستند که از همان سلول‌ها تشکیل شده‌اند.



شکل ۱،۸ جنین انسان در حدود ۷ ماهگی. اسکن میکروگراف الکترونی زاویه اتاق قدامی (AC). راس زاویه با قسمت میانی ناحیه کانال شلم SC همسطح است. CP، برجستگی‌های سیلیاری. TM، شبکه ترابکولار؛ IR، عنبیه؛ CM، عضله سیلیاری

سیلیاری بادی و عنبیه

دیواره خلفی اتاق قدامی توسط عنبیه و سیلیاری بادی تشکیل شده است. بخش قدامی کاپ اپتیک بخش عمده‌ای از این ساختارها را تشکیل می‌دهد. لایه رنگدانه بیرونی کاپ اپیتلیوم سیلیاری، اپیتلیوم عنبیه قدامی و ماهیچه‌های اسفنکتر و دیلاتور را تشکیل می‌دهد. لایه داخلی بدون رنگدانه کاپ اپیتلیوم سیلیاری و اپیتلیوم رنگدانه دار خلفی عنبیه را تشکیل می‌دهد. در هفته ۱۲ بارداری، لایه‌های بیرونی و داخلی کاپ اپتیک از جلو به یکدیگر می‌چسبند، درست در پشت حاشیه در حال رشد و که لبه مردمک و عنبیه را تشکیل می‌دهد. این بخش جوش خورده از اپتیکال کاپ شروع به تشکیل ۷۰ تا ۷۵ برجستگی نصف النهاری می‌کند که از مردمک گسترش پیدا می‌کنند. اینها پیش سازهای برجستگی‌های سیلیاری هستند. تصور می‌شود که چین خوردن نیاز به حضور لنز برای ایجاد تحریک برای تمایز دارد. قسمت بعدی کاپ، در سمت محیطی برجستگی‌های سیلیاری، یک بخش صاف را تشکیل می‌دهد که به pars plana تبدیل می‌شود.

Ozanics و Jakobiec ظاهر "کانالهای" سیلیاری را بین ماه چهارم و ششم توصیف می‌کنند. که از بزرگ شدن فضاهای بین راس سلولهای اپیتلیال سیلیاری رنگدانه دار و بدون رنگدانه در برجستگی‌های سیلیاری ایجاد می‌شوند. فرض بر این است که آنها با شروع ترشح زلالیه مرتبط هستند و مخزن اولیه زلالیه را تشکیل می‌دهند. فشار داخل چشم (IOP) در نوزادان نارس مورد مطالعه قرار گرفته است. دو مطالعه نشان دادند که میانگین فشار داخل چشمی مشابه تقریباً ۱۰ میلی‌متر جیوه در نوزادان در هفته‌های ۲۵ تا ۳۷ بارداری است.

IOP همچنان پایین تر از سطح بزرگسالان در طول دوران کودکی باقی می‌ماند. فیبرهای ماهیچه‌ای سیلیاری اولیه در اواخر ماه سوم بارداری، در مزانشیم بین ناحیه برجستگی‌های سیلیاری چین خورده و تجمع سلول‌های پیش ساز صلبیه وجود دارند. این مزانشیم در ماه چهارم به رشته‌های منظمی تبدیل می‌شود که الیاف طولی قبل از حلقوی شکل می‌گیرند. انتهای قدامی الیاف به خار صلبیه در حال رشد متصل است، اگرچه تاندون‌ها تا ۷،۵ ماهگی تشکیل نمی‌شوند (دسته فیبرهای ماهیچه‌ای سیلیاری همچنان افزایش اندازه داشته و سازماندهی پس از تولد تغییر می‌کند). این عضله از طریق زونول‌ها تأثیر خود را بر روی شکل عدسی اعمال می‌کند. تشکیل این فیبرها در ماه چهارم به عنوان مرحله سوم تشکیل زجاجیه در نظر گرفته شده است که در زجاجیه ظاهر می‌شوند، اما پروتئین آنها در واقع توسط اپیتلیوم سیلیاری تشکیل شده است. در پایان ماه سوم، پس از تشکیل چین‌های سیلیاری، رشد سریع هر دو دیواره اپتیکال کاپ بین ناحیه چین خورده و حاشیه

مردمک وجود دارد. این ناحیه گسترش می‌یابد تا اپیتلیوم عنبیه را تشکیل دهد. برخلاف شبکیه و سیلیاری بادی، هر دو لایه عنبیه رنگدانه دارند. رنگدانه در اواسط بارداری از حاشیه مردمک شروع می‌شود و تا ماه هفتم در قاعده عنبیه ادامه می‌یابد. لایه سوم، استرومای عنبیه، در اتاق قدامی، روی سطح اپیتلیوم عنبیه تشکیل می‌شود.

تمایز مزانشیم به استرومای عنبیه قبل از مرحله رشد اپیتلیال شروع می‌شود. سلول‌های مزانشیمی بدون اتصالات یا لایه‌های پایه در مقابل اپیتلیوم قرار می‌گیرند و شکاف‌های بین سلولی بزرگی بین آنها باقی می‌گذارند.

هم راستا بودن فواصل آنها منجر به تشکیل فرورفتگی‌هایی بزرگ به نام crypt شده که پس از تولد همراه با رنگدانه در استروما به رشد خود ادامه می‌دهند. Mund، Rodrigues و Fine عمدتاً ملانوزوم‌های بالغ را در عنبیه انسان پیدا کردند، در حالی که اکثر سلول‌های کروماتوفورها که رنگ نهایی عنبیه چشم فرد را تعیین می‌کنند پس از تولد تکامل پیدا می‌کنند.

تشکیل عنبیه بالغ نیز به ایجاد اسفنکتر و عضلات دیلاتور برای کنترل اندازه مردمک نیاز دارد. این ماهیچه‌ها از اکتودرم عصبی تشکیل شده اند، و در نهایت در استرومای عنبیه قرار می‌گیرند. اسفنکتر ابتدا به صورت چین خوردگی در لایه اپیتلیال قدامی عنبیه نزدیک لبه اپتیکال کاپ ظاهر می‌شود (لایه بیرونی اپتیکال کاپ). میوفیبریل‌ها در ماه پنجم در ناحیه بدون رنگدانه ظاهر می‌شوند.

بافت همبند، تیغه‌های بافتی و مویرگ‌ها در ماه ششم در دسته‌های عضلانی جا می‌گیرند و احتمالاً در ماه هفتم انتقال سیگنال بین سلولی نیز در عضلات به وجود می‌آید. فیبرهای عضله دیلاتور را می‌توان در ماه ششم تشخیص داد. این عضله در کنار اسفنکتر در لبه محیطی آن شکل می‌گیرد و به سمت قاعده عنبیه رشد می‌کند، (جایی که عنبیه به سیلیاری بادی متصل می‌شود). عضله دیلاتور قبل از اسفنکتر شروع به کار می‌کند و نوزادان نارس که در حدود ۲۶ هفتهگی متولد می‌شوند ممکن است نسبت به نوزادان بزرگتر مردمک میدریاز تری داشته باشند. پاسخ به نور هم در پایان ماه هفتم در مردمک‌ها مشاهده می‌شود.

لنز

عدسی در پشت عنبیه و جسم سیلیاری به رشد خود در دوره جنینی ادامه می‌دهد. الیافی که در تشکیل سوچورهای Y کمک می‌کنند هسته جنینی ثانویه (fetal) را در اطراف هسته مرکزی اولیه (embryonic) جنین تشکیل می‌دهند.

اتاق خلفی - زجاجیه و عروق

زجاجیه ثانویه تقریباً در پایان ماه سوم بارداری به طور کامل تشکیل می‌شود. بقایای زجاجیه اولیه و سیستم عروقی هیالوئید را به صورت مخروطی که راس آن به دیسک بینایی و قاعده آن در سطح خلفی عدسی می‌باشد، فشرده می‌کند. این مخروط به کانال Cloquet معروف است. سیستم هیالوئید از طریق آپوتوز (مرگ برنامه ریزی شده سلولی) و ماکروفاژها در ماه چهارم شروع به تخریب کرده. posterior tunica vasculosa lentis و مجموعه عروق اطراف شریان هیالوئید ابتدا تحلیل می‌رود و به دنبال آن خود شریان هیالوئید تخریب می‌شود. جریان خون در ماه هفتم به طور کامل در شریان هیالوئید متوقف می‌شود. در ماه هشتم از دیسک بینایی جدا می‌شود و در ماه نهم به طور کامل ناپدید می‌شود و اتاق خلفی را با زجاجیه ثانویه شفاف شبیه بزرگسالان پر می‌کند.

این فرآیند می‌تواند مختل شود و منجر به یک وضعیت مادرزادی نسبتاً نادر به نام Persistent hyperplastic primary vitreous شود که مواد اضافی را در کانال Cloquet باقی می‌ماند. این ماده می‌تواند محور بینایی چشم (بنا بر این بینایی) را مسدود کند و منجر به گلوکوم ثانویه شود.

همچنین تصور می‌شود که فلوترهایی که به طور معمول توسط بزرگسالان مشاهده می‌شود، بقایای سیستم عروقی هیالوئید هستند.

منبع خون شبکیه مانند بزرگسالان که دو سوم داخلی شبکیه را تغذیه می‌کند، از سیستم هیالوئید در نقطه‌ای که عصب بینایی را ترک می‌کند، مشتق می‌شود. اگرچه سیستم هیالوئید در اتاق خلفی تحلیل می‌رود، بخشی که از سیستم بینایی عصبی عبور می‌کند با شریان و ورید مرکزی شبکیه ادغام می‌شود این عروق در ماه چهارم بارداری از نزدیک شریان هیالوئید در سر عصب بینایی خارج شده و به سمت حاشیه شبکیه رشد می‌کنند. تخمین زده می‌شود که مویرگ‌ها از ماه چهارم تا هفتم ۰.۱ میلی متر در روز رشد کنند. تصور می‌شود که آنها در پاسخ به نیازهای متابولیکی شبکیه در حال توسعه رشد می‌کنند که در شیب مرکزی به محیطی متمایز می‌شود. مویرگ‌ها در ماه هشتم به *ora serrata* نازال و در ماه نهم به *ora serrata* تمپورال می‌رسند. در رشد معمولی، ناحیه آواسکولار فوونال تقریباً در ماه ۷ بارداری به اندازه بالغ خود می‌رسد. الگوی بالغ مویرگ‌ها در نهایت تقریباً ۳ ماه پس از تولد شکل می‌گیرد و می‌تواند در معرض اختلال شدید در نتیجه زایمان زودرس و وزن کم هنگام تولد (رتینوپاتی نارس بودن) باشد (فصل ۱۴).

RPE - کوروئید و صلبیه

RPE قبل از دوره جنینی تقسیم میتوزی را به پایان رسانده است، بنابراین تعداد سلول‌های بافت ثابت هستند. این سلول‌ها برای حفظ یک لایه پیوسته در ناحیه در حال رشد شبکیه باید کشیده شود و مجدداً ارایش آنها تنظیم شود. در ماه چهارم، RPE مساحت تقریباً ۲۴۰ میلی‌متر مربع را پوشش می‌دهد که در حدود ۲ سالگی به ۸۰۰ میلی‌متر مربع پوشش می‌دهد. سلول‌های RPE در طول این رشد، تمام اتصالات محکم خود را با لایه عصبی شبکیه از دست می‌دهند، زیرا سلول‌های شبکیه همچنان در حال مهاجرت هستند، فضای زیر شبکیه در حالی که دو لایه روی هم می‌لغزند رشد پیدا می‌کند. با این حال، سلول‌های RPE در مهاجرت مرکزی پس از زایمان خود تا حدودی گیرنده‌های نوری را دنبال می‌کنند (به بخش بعدی در مورد رشد شبکیه مراجعه کنید). خارج از RPE، رشد مشیمیه شامل سه فاز رشد عروقی است که در زیر توضیح داده شده و تمایز بافت استرومایی. استروما بافتی انعطاف پذیر بوده، رگ‌های خونی را احاطه کرده و از مزانشیم گرفته شده است. مشیمیه در حدود ماه هفتم بارداری دارای رنگدانه می‌شود و از *posterior pole* شروع می‌شود و به یووه قدامی گسترش می‌یابد. ملانوسیت‌های *uvea* کوروئید آن منشأ مشابه ملانوسیت‌های پوستی دارند، برخلاف RPE، که در آن ملانوزوم‌ها منشأ عصبی دارند. مشیمیه می‌تواند نقش تغذیه‌ای خود را در اوایل بارداری انجام دهد و در ۵ ماهگی ب به طور کامل تمایز پیدا کرده است. صلبیه به صورت بافت مزانشیم متراکم تری نسبت به بافت مشیمیه دیده می‌شود. لبه در حال رشد آن به سمت عصب بینایی حرکت کرده و به عصب نفوذ می‌کند و لامینا کریبروزا را تشکیل می‌دهد. الیاف صلبیه با گذشت زمان ضخیم تر می‌شوند، اگرچه صلبیه در هنگام تولد هنوز نازک است و ممکن است مقداری رنگدانه از طریق آن دیده شود.

عروق Uveal غنیه، جسم سیلیاری، و کوروئید

در دوره جنینی، رگ‌های خونی چشم از لوله‌های اندوتلیالی تشکیل شده‌اند که در مزانشیم قرار دارند و هیچ تمایز آشکاری بین شریان‌ها و وریدها وجود ندارد. این رگ‌ها سیستم هیالوئیدی را در داخل اپتیک کاپ و یک شبکه مویرگی و شریان‌های سیلیاری بلند خلفی ابتدایی بر روی اپتیک کاپ در لایه کوروئید تشکیل می‌دهند. شبکه بیرونی کوریو کاپیلاریس را تشکیل می‌دهد و در ماه سوم توسط شریان‌های سیلیاری خلفی کوتاه تغذیه می‌شود که خون را از شریان چشمی از طریق صلبیه اطراف سر عصب بینایی به بیرون می‌برد. در ماه سوم، لایه کوروئید ثانویه، شبکه‌ای از وریدها، بین شبکه مویرگی کوروئید و صلبیه متراکم ایجاد می‌شود. چند شاخه بزرگ از این سیستم از طریق صلبیه بیرون می‌آیند و وریدهای ورتکس را تشکیل می‌دهند. لایه سوم عروق کوروئید، بین دو لایه دیگر، در ماه چهارم تشکیل می‌شود. این لایه از اتصالات شریانی بین لایه‌های مویرگی و وریدی تشکیل شده است. در ۵ ماهگی تمام لایه‌های مشیمیه وجود دارند و در ماه هفتم کاملاً تمایز یافته‌اند.

شریان‌های سیلیاری خلفی بلند از زیر صلبیه به سمت بخش قدامی یووه عبور می‌کنند: غنیه و جسم سیلیاری. آنها با شریان‌های سیلیاری قدامی برخورد می‌کنند که صلبیه را در نزدیکی لیمبوس سوراخ می‌کنند و از شاخه‌های عضلانی و لاکریمال شریان چشمی مشتق می‌شوند. آنها در ماه چهارم ظاهر می‌شوند. شریان‌های سیلیاری دراز خلفی و شریان‌های سیلیاری قدامی با هم آناستوموز می‌شوند و دایره بزرگ غنیه را در ماه ششم تشکیل می‌دهند.