

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته زیست شناسی سلولی و مولکولی

بررسی اثر مایع آمنیوتیک انسانی بر بازگشت تمایز سلول های اپی تلیالی رنگدانه دار شبکیه (RPE) به سلول های نابالغ چندقوه ای و دگرتمایز آن ها به سلول های عصبی شبکیه

نگارش

ملیحه داوری

استاد راهنما

دکتر زهرا-سهیلا سهیلی

استاد مشاور

دکتر حسن اکرمی

تیر ۸۹

« سپاس و ستایش خدای را که نام هایش پاک، نعمت هایش سرشار و احسانش وافر
است»

تقدیم به دو عشق پاک زندگی ام :

پدر و مادرم

که مهرشان بنایی شد برای تلاش پر شورم در کسب دانش

تشکر و سپاسگزاری می کنم از :

جناب دکتر حمید احمدیه معاونت پژوهشی مرکز تحقیقات چشم دانشگاه شهید بهشتی که ما را از حمایت های همه جانبه خودشان بهره مند کردند.

استاد راهنمای گرانقدرم سرکار خانم دکتر زهرا-سهیلا سهیلی به پاس تمام راهنمایی ها و زحمات بی شائبه و دلسوزانه خود در جهت به نتیجه رسیدن این پایان نامه

جناب دکتر شهرام سمیعی که با مشاوره ها و راهنمایی های فکری و عملی خود نقش قابل توجهی را در پیشبرد هر چه بهتر این کار ایفا کردند.

جناب دکتر جلیل پاکروش متخصص زنان و نازایی بیمارستان آبان که نمونه های مایع آمنیوتیک را برای ما فراهم نمودند.

استاد مشاور محترم جناب دکتر حسن اکرمی که صبورانه اصول اولیه کار در آزمایشگاه و تکنیک کشت سلول را به من آموختند.

از کارشناسان محترم آزمایشگاه بیوشیمی خانم ها عباسی، واصلی و گرشاسبی به خاطر همه زحمات و راهنمایی هایشان تشکر می کنم.

از دوستان عزیزم خانم ها فاطمه صنیع جهرمی و شیما قادری به خاطر همکاری هایشان، صمیمانه تشکر می کنم.

از خانواده ام به ویژه پدر و مادر عزیزم که همواره مشوق و حامی من در تحصیل علم و دانش هستند و شرایط و امکانات لازم را برایم فراهم می کنند، تشکر و قدردانی می کنم.

چکیده فارسی

بررسی اثر مایع آمنیوتیک بر بازگشت تمایز سلول های RPE به سلول های نابالغ

چندقوه ای و دگرتمایز آن ها به سلول های عصبی شبکیه

مقدمه: سلول های اپی تلیومی پیگمانته شبکیه^۱ واقع در خارجی ترین لایه شبکیه قادرند تحت تاثیر فاکتورهای رشد مختلف بازگشت تمایز یافته و سپس به نورو ن های شبکیه دگرتمایز پیدا کنند. بررسی های پروتئومیکس نشان دادند که مایع آمنیوتیک حاوی فاکتورهای رشد گوناگونی نظیر EGF^۲، FGF^۳، IGF^۴، NGF^۵ می باشد که در تکامل جنین نقش حیاتی دارند. در این مطالعه اثر مایع آمنیوتیک انسانی بر القای بازگشت تمایز و دگر تمایز سلول های RPE مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش ها: سلول های RPE از کره های چشم نوزادان زیر یک سال جدا و در محیط DMEM/F12^۶ حاوی ۱۰٪ FBS^۷ کشت داده شدند و سپس سلول های RPE به مدت بیش از ۳۰ روز تحت تاثیر AF^۸ کشت داده شده و تغییرات مورفولوژیکی آن ها بررسی شد. همچنین با استفاده از روش

¹ Retinal pigment epithelial (RPE) cells

² Epithelial growth factor

³ Fibroblast growth factor

⁴ Insulin-like growth factor

⁵ Nerve growth factor

⁶ Dulbecco's Modified Eagle Medium: Nutrient Mixture F-12

⁷ Fetal bovine serum

⁸ Amniotic fluid

ایمنوسیتوشیمی وجود مارکرهای پروژنیتری و تمایزی نورون های شبکه در کشت های تیمار بررسی و میزان بیان ژن های مربوطه در سطح مولکولی ارزیابی شد.

نتایج: کشت های RPE تحت تاثیر AF تشکیل کلنی های سلولی دادند که اکثریت سلول های آن Nestin را به عنوان مارکر سلول های پروژنیتری عصبی بیان می کردند. همچنین در کشت های تیمار بیان مارکرهای تمایزی PKC α ⁹ برای سلول های دوقطبی و CRABPI¹⁰ برای سلول های آماکراین شبکه نیز مشخص گردید.

بحث: نتایج نشان دادند که مایع آمیوتیک به دلیل دارا بودن فاکتورهای رشد متعدد تاثیر قابل توجهی بر تمایز سلول های RPE به نورون های شبکه دارد و سلول های RPE توانایی دگرتمایز به سایر سلول های عصبی شبکه را تحت شرایط مناسب دارا می باشند. بنابراین می توان آن ها را به عنوان منبع سلولی مناسبی جهت مطالعات مربوط به تولید انواع نورون های شبکه که در درمان بیماری های دژنراتیو شبکه مورد نظر هستند، مورد ارزیابی بیشتر قرار داد.

کلیدواژه: سلول های RPE، مایع آمیوتیک، دگرتمایز، بازگشت از تمایز، Nestin، PKC α و CRABPI

⁹ Protein kinase c isomer α

¹⁰ Cellular retinoic acid binding protein I

فهرست مطالب

فهرست جداول

ز.....

فهرست شکل ها و نمودارها

ح.....

فصل اول: مقدمه

۱.....

۱-۱- چشم ۲

۱-۲- تکامل چشم در طی جنین زایی ۴

۱-۳- ساختار چشم ۷

۱-۴- شبکه ۱۱

۱-۴-۱- نواحی خاص شبکه ۱۱

۱۲	..... ساختار شبکیه. ۲-۴-۱
۱۴	..... فتورسپتورها. ۵-۱
۱۶	..... چگونگی پاسخ به نور و ایجاد پیام عصبی. ۱-۵-۱
۱۹	..... سلول های دو قطبی. ۶-۱
۲۰	..... سلول های آماکراین. ۷-۱
۲۳	..... بیماری های شبکیه. ۸-۱
۲۳	..... Retinitis pigmentosa ۱-۸-۱
۲۴	..... علایم بیماری. ۱-۱-۸-۱
۲۷	..... Age-related macular degeneration ۲-۸-۱
۲۷	..... AMD تاریخچه بیماری ۱-۲-۸-۱
۲۸	..... انواع بیماری AMD ۲-۲-۸-۱
	..... Dry AMD ۱-۲-۲-۸-۱
۳۰	.....
	..... Wet AMD ۲-۲-۲-۸-۱
۳۱	.....
۳۳	..... تغییرات ساختاری مرتبط با سن و بیماری AMD در شبکیه پشتی. ۳-۲-۸-۱
۳۴	..... سلول های RPE (Retinal pigment epithelial cell) ۱-۳-۲-۸-۱
۳۶	..... Bruch's membrane ۲-۳-۲-۸-۱
۳۷	..... فاکتورهای دخیل در AMD ۴-۲-۸-۱
۴۳	..... عوامل محافظت کننده در برابر AMD ۵-۲-۸-۱
۴۴	..... روش های درمانی AMD ۶-۲-۸-۱
۴۸	..... Retinal Pigment Epithelium ۹-۱

- ۱-۹-۱ سلول های RPE (retinal pigment epithelial cell) ۴۸
- ۲-۹-۱ تکامل سلول های RPE ۵۱
- ۳-۹-۱ وظایف سلول های RPE ۵۲
- ۴-۹-۱ توانایی سلول های RPE در بازسازی شبکه آسپ دیده ۵۹
- ۹-۵-۱ پیوند سلول های RPE برای درمان بیماری AMD ۶۰
- ۱۰-۱ مایع آمیوتیک ۶۱

مروری بر مطالعات انجام شده

۶۳.....

هدف از مطالعه

۶۵.....

فصل دوم: مواد و روش

۶۶.....ها

- ۱-۲-۱ جداسازی و کشت سلول های RPE ۶۷
- ۱-۱-۲-۱ مواد لازم ۶۷
- ۲-۱-۲-۱ محلول های لازم و طرز تهیه آن ها ۶۷
- ۱-۲-۱-۲ بافر Phosphate Buffered Saline 10X (PBS) ۶۷
- ۲-۲-۱-۲ محلول آنزیم دیسپاز (Dispase) ۶۸
- ۳-۲-۱-۲ محیط کشت سلول ۶۸
- ۴-۲-۱-۲ Fetal Bovine Serum(FBS) ۶۹
- ۵-۲-۱-۲ فانگوزین ۶۹

- ۶۹..... ۲-۱-۳- تشریح کره های چشم
- ۷۰..... ۲-۲- تعویض محیط کشت
- ۷۱..... ۲-۳- پاساژ سلولی (Subculturing)
- ۷۱..... ۲-۳-۱- مواد لازم
- ۷۱..... ۲-۳-۱-۱- طرز تهیه محلول Trypsin-EDTA
- ۷۱..... ۲-۳-۲- روش کار
- ۷۲..... ۲-۴- فریز کردن سلول ها
- ۷۲..... ۲-۴-۱- مواد لازم
- ۷۲..... ۲-۴-۲- روش کار
- ۷۳..... ۲-۵- بازیابی سلول از نمونه های فریز شده
- ۷۴..... ۲-۶- شمارش سلولی جهت رسم منحنی رشد سلول های RPE در پاساژهای ۶ و ۷
- ۷۴..... ۲-۶-۱- مواد لازم
- ۷۴..... ۲-۶-۲- طرز تهیه رنگ های مخصوص رنگ آمیزی سلول ها
- ۷۴..... ۲-۶-۲-۱- رنگ متیل گرین
- ۷۴..... ۲-۶-۲-۲- رنگ تریپان بلو
- ۷۶..... ۲-۶-۳- کشت سلول جهت شمارش سلولی
- ۷۶..... ۲-۶-۴- شمارش سلولی جهت رسم منحنی رشد سلولی
- ۷۷..... ۲-۷-۱- ایمنوسیتوشیمی (Immunocytochemistry, ICC) برای تایید هویت RPE سلول های کشت داده شده
- ۷۷..... ۲-۷-۱- مواد لازم
- ۷۸..... ۲-۷-۲- کشت سلول جهت انجام تست ایمنوسیتوشیمی
- ۷۸..... ۲-۷-۳- ایمنوسیتوشیمی (ICC)

- ۷۸..... ICC برای لازم های محلول های ۱-۳-۷-۲
- ۷۸..... پارا فرم آلدهید ۸٪ ۱-۳-۷-۲
- ۷۹..... Triton X-100 در بافر PBS (PBST 1%) ۱٪ از ۲-۱-۳-۷-۲
- ۷۹..... محلول ۱٪ BSA در ۱٪ PBST ۳-۱-۳-۷-۲
- ۷۹..... محلول ۱٪ BSA در PBS ۴-۱-۳-۷-۲
- ۲-۳-۷-۲-۲-۲ روش کار
- ۷۹.....
- ۸-۲ تیمار سلول های RPE با مایع آمنیوتیک به منظور بررسی تغییرات مورفولوژی سلول ها تحت تاثیر آن ۸۱.....
- ۸۱..... تهیه مایع آمنیوتیک (Amniotic fluid, AF) ۱-۸-۲
- ۸۱..... کشت سلول به منظور تیمار با AF ۲-۸-۲
- ۹-۲ بررسی تاثیر AF بر رشد و تکثیر سلول های RPE به روش الیزا ۸۲.....
- ۱-۹-۲ مواد لازم ۸۲.....
- ۲-۹-۲ کشت سلول جهت بررسی تکثیر سلول ها تحت تاثیر مایع آمنیوتیک ۸۲.....
- ۳-۹-۲ تست سنجش تکثیر سلولی (Cell Proliferation ELISA Assay) ۸۳.....
- ۳-۲-۱۰-۲ بررسی تاثیر AF بر القای آپوپتوز سلولی در سلول های RPE به روش الیزا ۸۴.....
- ۱-۱۰-۲ مواد لازم ۸۴.....
- ۲-۱۰-۲ کشت سلول جهت بررسی میزان مرگ سلولی تحت تاثیر AF ۸۴.....
- ۳-۱۰-۲ تست سنجش میزان آپوپتوز سلولی (Cell Death Detection ELISA Assay) ۸۵.....
- ۸۵.....
- ۱-۳-۱۰-۲ اساس روش ۸۵.....
- ۲-۳-۱۰-۲ روش کار ۸۵.....

- ۸۷-۱۱-۲- ایمونوسیتوشیمی سلول های تیمار شده با ۳۰٪ AF ۸۷
- ۸۷-۱۱-۲- تیمار سلول ها با ۳۰٪ AF ۸۷
- ۸۷-۱۱-۲- ایمونوسیتوشیمی برای ردیابی مارکرهای پروژنیتری و تمایزی در کشت های تیمار شده با AF ۸۷
- ۸۷-۱۱-۲- مواد لازم ۸۷
- ۸۸-۱۱-۲- شرح آزمایش ۸۸
- ۹۰-۱۲-۲- استخراج RNA از سلول های تیمار شده با مایع آمیوتیک ۹۰
- ۹۰-۱۲-۲- تیمار سلول ها با AF به منظور استخراج RNA ۹۰
- ۹۰-۱۲-۲- استخراج RNA ۹۰
- ۹۰-۱۲-۲- مواد لازم ۹۰
- ۹۰-۱۲-۲- روش کار ۹۰
- ۹۱-۱۲-۲-۳- سنجش مقدار و کیفیت RNA استخراج شده ۹۱
- ۹۱-۱۲-۲-۳- تعیین نسبت جذبی ۲۶۰/۲۸۰ ۹۱
- ۹۱-۱۲-۲-۳-۱- مواد لازم ۹۱
- ۹۱-۱۲-۲-۳-۱- روش کار ۹۱
- ۹۲-۱۲-۲-۳- الکتروفورز با ژل آگارز ۱٪ ۹۲
- ۹۲-۱۲-۲-۳-۱- مواد لازم ۹۲
- ۹۳-۱۲-۲-۳-۲- تهیه محلول های لازم ۹۳
- ۹۳-۱۲-۲-۳-۲- بافر TBE 0.5X ۹۳
- ۹۳-۱۲-۲-۳-۲- Loading Dye ۹۳
- ۹۳-۱۲-۲-۳-۲- ژل آگارز ۱٪ ۹۳

۹۳	..... رنگ اتیدیوم برماید ۲-۱۲-۲-۳-۲-۴-۴
۹۴	..... روش کار ۲-۱۲-۲-۳-۲-۳
۹۴	..... سنتز cDNA ۲-۱۳-۲
۹۴	..... مواد لازم ۲-۱۳-۱
۹۴	..... روش کار ۲-۱۳-۲
۹۶	..... واکنش زنجیره ای پلیمرز (PCR) ۲-۱۴-۱
۹۶	..... طراحی آغازگرها (پرایمر) ۲-۱۴-۱
۹۷	..... PCR معمولی (Conventional PCR) ۲-۱۴-۲
۹۷	..... مواد لازم ۲-۱۴-۲-۱
۹۷	..... روش کار ۲-۱۴-۲-۲
۱۰۰	..... Real-Time PCR ۲-۱۴-۳
۱۰۰	..... مواد لازم ۲-۱۴-۳-۱
۱۰۰	..... روش کار ۲-۱۴-۳-۲
۱۰۵	..... آنالیز داده ها ۲-۱۴-۳-۳

فصل سوم : نتایج

۱۰۶	.....
۱۰۷	..... تثبیت کشت سلول های RPE ۳-۱-۱
۱۱۰	..... منحنی رشد سلول های RPE در پاساژهای بالا ۳-۲-۲
۱۱۱	..... تایید هویت RPE سلول های کشت داده شده و خلوص کشت ها ۳-۳-۳
۱۱۳	..... تغییر رفتار مورفولوژیکی سلول های RPE تحت تاثیر مایع آمیوتیک ۱۰٪ ۳-۴-۴
۱۱۵	..... تاثیر مایع آمیوتیک با غلظت های مختلف بر رشد و تکثیر سلول های RPE ۳-۵-۵

- ۳-۶- عدم القای آپوپتوز در کشت های RPE تحت تاثیر مایع آمنیوتیک ۱۱۷
- ۳-۷- شناسایی مارکرهای پروژنیتری و تمایزی نورون های شبکیه در کشت های RPE تیمار شده با مایع آمنیوتیک ۳۰٪ ۱۱۹
- ۳-۸- استخراج RNA ، سنتز cDNA و PCR معمولی ۱۲۵
- ۳-۹- بیان کمی مارکرهای پروژنیتری و تمایزی نورون های شبکیه (Real-Time PCR) ۱۲۷

فصل چهارم : بحث و نتیجه گیری

- ۱۳۸.....
- ۴-۱- بحث ۱۳۹
- پیشنهادات ۱۵۱
- فهرست منابع ۱۵۳

فهرست جداول

-
- جدول ۱-۱- منشا جنینی بخش های مختلف چشم ۶
- جدول ۱-۲- مهم ترین ژن های مرتبط با AMD ۴۱
- جدول ۲-۱- لیست آنتی بادی های مورد استفاده ۸۹
- جدول ۲-۲- مشخصات پرایمرهای طراحی شده ۹۶
- جدول ۲-۳- دستور تهیه میکس PCR معمولی ۹۸

- جدول ۲-۴- دستور تهیه میکس Real-Time PCR برای دستگاه Roche.....۱۰۰
- جدول ۲-۵- دستور تهیه میکس Real-Time PCR برای دستگاه BioRad..... ۱۰۴
- جدول ۳-۱- زمان دو برابر شدن جمعیت سلول های RPE در پاساژهای مختلف ۱۱۰
- جدول ۳-۲- تعداد سلول های بیان کننده مارکرهای مورد بررسی در ICC ۱۲۱
- جدول ۳-۳- کارایی (E%) PCR به دست آمده برای ژن های مورد نظر ۱۲۷
- جدول ۳-۴- نسبت بیان PEDF/VEGF در غلظت های مختلف مایع آمنیوتیک ۱۳۷

فهرست شکل ها و نمودارها

- شکل ها

- شکل ۱-۱- ساختار چشم ۲
- شکل ۱-۲- نمایی از مراحل اصلی تکامل چشم ۵
- شکل ۱-۳- ساختار قرنیه ۸
- شکل ۱-۴- ساختمان شبکیه ۱۲
- شکل ۱-۵- ساختمان یک سلول فتورسپتور ۱۴
- شکل ۱-۶- رخدادهای بیوشیمیایی درون فتورسپتورها در حضور و عدم حضور نور ۱۷

- شکل ۱-۷- سلول های bipolar و amacrine در شبکه ۲۲
- شکل ۱-۸- کاهش دید جانبی در بیماران مبتلا به رتینیت پیگمنتوزا ۲۴
- شکل ۱-۹- روند پیشرفت بیماری AMD از مراحل اولیه تا بروز شکل پیشرفته بیماری ۳۰
- شکل ۱-۱۰- موج دار دیدن خطوط صاف توسط افرادی با نشانه های wet AMD ۳۲
- شکل ۱-۱۱- از بین رفتن دید مرکزی در بیماری AMD پیشرفته ۳۳
- شکل ۱-۱۲- سلول های RPE آخرین و خارجی ترین لایه شبکه ۳۴
- شکل ۱-۱۳- سلول های RPE ۴۸
- شکل ۱-۱۴- نمایی از سلول های RPE و نمایش وظایف متنوعی که برعهده دارند ۵۸
- شکل ۳-۱- سلول های RPE در دوره های زمانی مختلف کشت سلول ۱۰۹
- شکل ۳-۲- ایمنوسیتوشیمی سلول های RPE برای شناسایی پروتئین RPE65 ۱۱۱
- شکل ۳-۳- ایمنوسیتوشیمی سلول های RPE برای شناسایی پروتئین سیتوکراتین ۱۱۲
- شکل ۳-۴- روند تغییرات مورفولوژیکی سلول های RPE تحت تاثیر مایع آمنیوتیک ۱۱۴
- شکل ۳-۵- بیان مارکر پروژنیوتوری Nestin در کشت های RPE تیمار شده با مایع آمنیوتیک ۱۲۰
- شکل ۳-۶- بیان مارکر تمایزی PKC α در کشت های RPE تیمار شده با مایع آمنیوتیک ۱۲۲
- شکل ۳-۷- بیان مارکر تمایزی CRABPI در کشت های RPE تیمار شده با مایع آمنیوتیک ۱۲۳
- شکل ۳-۸- کاهش بیان مارکر RPE65 در کشت های RPE تیمار شده با مایع آمنیوتیک ۱۲۴
- شکل ۳-۹- RNA استخراج شده ۱۲۵

- شکل ۳-۱۰- الکتروفورز محصولات PCR ژن های مورد بررسی ۱۲۶
- شکل ۳-۱۱- منحنی استاندارد و نقطه ذوب محصول PCR ژن Nestin ۱۲۸
- شکل ۳-۱۲- منحنی استاندارد و نقطه ذوب محصول PCR ژن PKC α ۱۲۸
- شکل ۳-۱۳- منحنی استاندارد و نقطه ذوب محصول PCR ژن CRABP II ۱۲۹
- شکل ۳-۱۴- منحنی استاندارد و نقطه ذوب محصول PCR ژن CRABP I ۱۲۹
- شکل ۳-۱۵- منحنی استاندارد و نقطه ذوب محصول PCR ژن PEDF ۱۳۰
- شکل ۳-۱۶- منحنی استاندارد و نقطه ذوب محصول PCR ژن VEGF ۱۳۰
- شکل ۳-۱۷- منحنی استاندارد و نقطه ذوب محصول PCR ژن GAPDH ۱۳۰

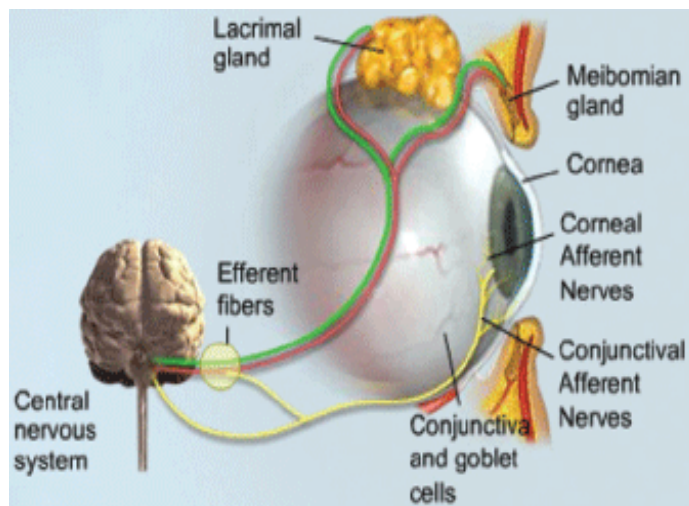
- نمودارها

- نمودار ۳-۱- منحنی رشد سلول های RPE در پاساژهای ۶ و ۷ ۱۱۰
- نمودار ۳-۲- بررسی میزان تکثیر سلول های RPE تحت تاثیر AF ۱۱۶
- نمودار ۳-۳- بررسی میزان القای مرگ سلولی سلول های RPE تحت تاثیر AF ۱۱۸
- نمودار ۳-۴- تغییرات بیان ژن ها در شرایط تیمار با ۱۰٪ AF ۱۳۲
- نمودار ۳-۵- تغییرات بیان ژن ها در شرایط تیمار با ۲۰٪ AF ۱۳۴
- نمودار ۳-۶- تغییرات بیان ژن ها در شرایط تیمار با ۳۰٪ AF ۱۳۵

فصل اول

مقدمه

۱-۱- چشم



شکل ۱-۱ ساختار چشم (Wikipedia)

چشم به عنوان پنجره بدن به سوی دنیای بیرون، یکی از پیچیده ترین اندام های بدن است که با عملکردی کاملا اختصاصی و دقیق امکان مشاهده و درک جهان پیرامون را برای موجود زنده فراهم می کند. تمام موجودات عالم به نوعی دارای چشم یا در نوع ابتدایی اندامی حساس به نور هستند که آن ها را قادر به درک و شناسایی محیط پیرامون خود می سازد.

سرآغاز پیدایش انواع چشم در جانداران مختلف حتی چشم های پیچیده ای مثل چشم انسان از یک اندام حسگر نور به نام proto-eye است که حدود پانصد و چهل میلیون سال پیش به وجود آمده بود. در دوره زمانی که cambrian explosion نیز نامیده می شود، ابتدایی ترین و ساده ترین چشم ها لکه چشمی یا eyespot نامیده می شد که در واقع نوعی پروتئین های حساس به نور هستند که در موجودات تک سلولی یافت می شوند و کارکردی جز تشخیص تاریکی و روشنایی برای موجود زنده ندارند. با این که به سختی می توان این عمل را بینایی نامید اما همین فرایند برای درک و هماهنگی موجود زنده با محیط اطراف خود کافی است. در طی روند تکاملی موجودات زنده چشم نیز مانند دیگر اندام ها از ساده ترین نوع خود در موجودات ابتدایی به پیچیده ترین و مجهزترین ساختارها برای جذب و پردازش نور و تبدیل آن به تصاویر قابل مشاهده نظیر آنچه که انسان از آن برخوردار است، تکامل پیدا کرده است. در اکثر مهره داران عملکرد چشم به این صورت است که نور پس از ورود به داخل چشم بر روی لایه ای از سلول های حساس به نور به نام شبکیه در پشت چشم تابانده می شود. سلول های مخروطی و استوانه ای موجود در شبکیه نور را گرفته و آن را به سیگنال های عصبی تبدیل می کنند. این سیگنال ها سپس از طریق عصب بینایی به مغز فرستاده می شوند. چشم هایی با این عملکرد ساختاری کروی دارند که درون آن ها با ماده ای شفاف و ژلاتینی به نام مایع زجاجیه (vitreous humour) و نیز یک لنز با قابلیت تنظیم پر شده است. میزان نوری که وارد چشم می شود به واسطه انقباض و انبساط ماهیچه های عنبیه که منجر به تغییر قطر مردمک می گردد، تنظیم می شود.

در ماهی ها، دوزیستان و مارها ساختار عدسی یا لنز چشم ثابت و بدون تغییر است و تنظیم وضوح دید مانند نحوه فوکوس شدن لنز دوربین های عکاسی از طریق جابه جایی لنز صورت می گیرد. بندپایان دارای چشم مرکب هستند که از تعداد زیادی چشم ساده تشکیل شده است. هریک از این چشم های ساده دارای عدسی و سلول های حساس به نور مختص خود می باشند. از ادغام تصاویر به دست آمده از هر یک از چشم های ساده تصویر نهایی شکل می گیرد. برخی از چشم های مرکب از بیش از ۲۸۰۰ چشم ساده تشکیل شده اند که در یک ساختار شش وجهی آرایش یافتند و قدرت بینایی دقیقی با میدان