

## تکامل چشمها

## Evolution of eyes

Russell D Fernald

*Current Opinion in Neurobiology*, 2000, 10, 444-450

از زمان پیدایش حیات تاکنون کره زمین شاهد  $10^{15}$  طلوع و غروب خورشید بوده است و نور نقش برجسته‌ای در تحول ساختار چشم داشته است. همه چشم‌های سلسله جانداران می‌توانند منشأ واحدی monophyletic داشته و از یک گونه چشم نشأت گرفته باشند یا آنکه از ساختارهای مختلف polyphyletic در زمان‌های مختلف برخاسته باشند.

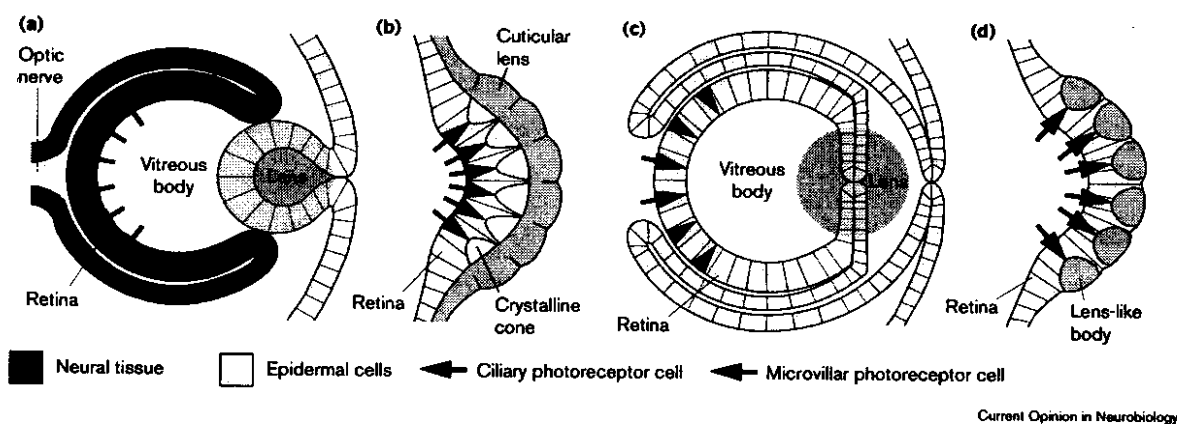
سالوینی پلاون Salvini-Plawen و مایر Mayer در اثر برجسته خود به سال ۱۹۷۷ ساختار کلی، نوع گیرنده‌های نوری و منشأ بافت‌های چشمی، موقعیت اتصال اکسونی و سایر مولفه‌های آناتومیک چشم‌های جانداران گوناگون را با هم مقایسه کرده و به این نتیجه رسیدند که چشم‌های جانوران در جریان تکامل خاستگاه واحد نداشته و حدوداً ۴۰ بار در طی تکامل ظاهر شده‌اند. این دیدگاه در طی سال‌های اخیر دچار تزلزل شده است.

اما این مسئله چه اهمیتی دارد؟ در دوره کامبرین Cambrian چشم‌ها بصورت بسیار ساده برای درک نور اما نه برای پردازش اطلاعات مربوط به سمت و جهت ظاهر شدند. با گسترش سریع انواع جانوران در دوره کامبرین ساختار چشم‌ها نیز بسرعت تکامل یافتند و در این دوره نرم‌تنان، بندپایان و طناب‌داران با چشم‌های کارآمد ظاهر شدند. ساختار و کارکرد چشم در این سه شاخه phylum جانوران تا حدودی متفاوت است: سلول‌های گیرنده نور اصولاً به دو دسته دارای مژک cilia و تازک‌های کوچک یا میکروویلی microvilli تقسیم می‌شوند که نوع اول در مهره‌داران و نوع دوم در بی‌مهرگان وجود دارد. در بندپایان و نرم‌تنان سلول‌های گیرنده نور در پاسخ به نور از طریق باز شدن کانال‌های سدیمی دپلاریزه می‌شوند، در حالی‌که در مهره‌داران، نور بر عکس باعث هیپرپلاریزه شدن سلول‌ها می‌گردد. خاستگاه جنینی اجزاء چشم نیز در شاخه‌های مختلف متفاوت است. در سرپایان cephalopods چشم از چین‌های مکرر اپیدرمی ایجاد می‌شود در حالی‌که در مهره‌داران چشم‌ها از صفحه عصبی neural plate که اپیدرم مجاور خود را جهت تبدیل شدن به لنز تحریک می‌کند به وجود می‌آیند. تشکیل اجزاء چشم با توجه به منشأ جنینی در شکل ۱ نشان داده شده است.

تمامی چشم‌های موجود در جانوران از پروتئینی به نام اوپسین opsin استفاده می‌کنند. مطالعات ژنتیکی نشان داده‌اند که تمامی اوپسین‌ها مشابه homologous هستند و از یک جد مشترک نشأت گرفته‌اند. اما اوپسین‌ها قبل از به وجود آمدن چشم نیز در بدن جانداران وجود داشته‌اند و نقش‌های دیگری را ایفاء می‌کردند. مولکول اوپسین اجدادی حدود ۴۰۰-۳۵۰ میلیون سال قبل به چهار خانواده مخروطها cones در چشم تقسیم می‌شود و بدین ترتیب دید رنگی حاصل می‌شود. بعدها خانواده اوپسین مربوط به استوانه‌ها rods در چشم ظاهر گردید. در پستانداران غلبه با استوانه‌ها است و حدود ۳۵ میلیون سال پیش مجدداً دید رنگی بر اساس ۳ رنگدانه در پستانداران ظاهر گردید. در واقع دید رنگی در ابتدا به وجود آمد و مدتی بعد با غلبه استوانه‌ها دید در تاریکی ارجحیت یافت و مجدداً طی ۳۵ میلیون سال قبل دید رنگی در حیات جانوران برجسته گردید. اخیراً گرینگ Gehring و ایکنو Ikeo ابراز داشتند که یک ژن اصلی، به نام پاکس Pax-6 در گونه‌های متفاوت جانداران می‌تواند تشکیل ساختار چشم را آغاز کند. بنابراین همه چشم‌های جانداران جد مشترکی دارند. گرینگ و همکارانش نشان دادند که ژنی موسوم به eyeless در مگس میوه drosophila وجود دارد که در شکل‌گیری چشم‌ها نقش بسیار حیاتی به‌عهده دارد و این ژن شباهت زیادی به ژنی موسوم به Pax-6 در موش و

Aniridia در انسان دارد. هالدر Hulder نشان داد که فعال سازی هدفدار ژن‌های *eyeless* و *Pax-6* می‌تواند باعث ایجاد چشم‌های نابجا گردد. این کشف هالدر را بر آن داشت که ژن *Pax-6* را "ژن اصلی کنترل" master control gene تکامل چشم بنامد. ژن‌های اصلی کنترل سلسله‌ای از ژن‌ها هستند که فعال شدن آنها ساخته شدن یک دستگاه organ system بدن را مشخص و معین می‌کند.

کشف یک ژن که می‌تواند شکل‌گیری چشم را در جانوران آغاز کند باعث شد تا عده‌ای به این نتیجه برسند که کل چشم‌های جانوران منشأ تکاملی مشترکی دارند بویژه که تمامی شواهد نشانگر آن هستند که ژن *Pax-6* بطور نسبتاً ثابتی در طی تکامل حفظ شده است. از سوی دیگر بعضی از جانوران دارای ژن *Pax-6* هستند اما فاقد چشم می‌باشند و از طرفی قدمت آن به قبل از پیدایش چشم‌ها باز می‌گردد. همچنین ژن‌های دیگری نیز کشف شده‌اند که همگی قادر به القاء تشکیل چشم هستند. با توجه به این شواهد منشأ واحد یا چندگانه چشم‌ها در تکامل هنوز جای بحث دارد و یکی از مباحث جنجالی علوم عصبی است.



شکل ۱: تشکیل چشم با توجه به بافت‌های جنینی. (a) چشم یک مهره‌دار (b) چشم مرکب یک بندپا (c) چشم در سرپایان (d) یک چشم مرکب در کرم‌های لوله‌ای. توجه داشته باشید که ساخته شدن چشم‌ها بطور محسوسی تفاوت دارد. بعنوان مثال در طناب‌داران، سلول‌های گیرنده نور از سیستم عصبی مرکزی نشأت می‌گیرند اما در بندپایان و سرپایان از تمایز اپیدرم ناشی می‌شوند. بعلاوه در مهره‌داران سلول‌های گیرنده نور رو به عقب چشم *inverse* هستند در حالیکه در سرپایان این سول‌ها رو به جلوی چشم *everse* می‌باشند.