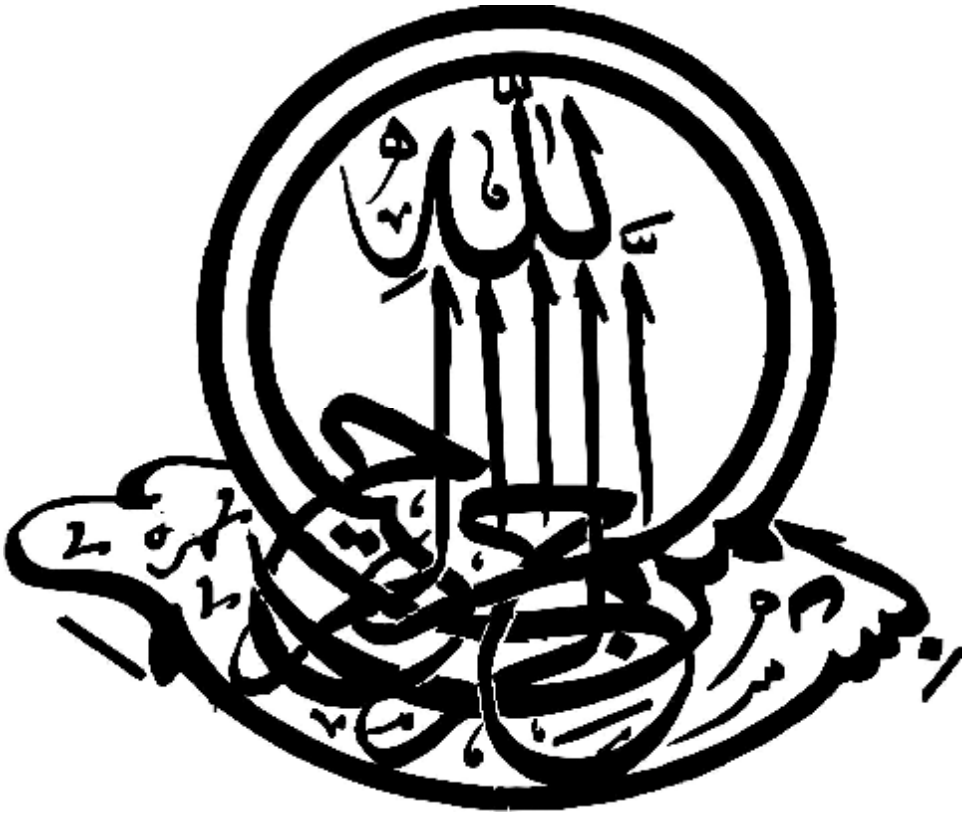


دانشکده علوم پایه

گروه زیست شناسی
(زیست شناسی دریا – جانوران دریا)

بررسی ترتیب سلولی شبکیه ماهی کفال طلایی
(*Liza aurata*)

از:

فرخنده پورنجفی زاده شیجانی

استاد راهنما:

دکتر نادر شعبانی‌پور

اسفند1389

بسمه تعالی

صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی کارشناسی ارشد

با تائیدات الهی و بااستعانت از حضرت ولی عصر "عج"، دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

خواهر/برادر **فرخنده پورنجفی مراد** در رشته **زیست شناسی دریا**

تحت عنوان : **بررسی ترتیب سلولی شپکیه ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*).**

به ارزش **۸** واحد، راس ساعت **۱۱:۰۰ روز دوشنبه** مورخ **۸۹/۱۲/۹** در محل **سالن سمینار** دانشکده **علوم پایه** دانشگاه گیلان تشکیل گردید. هیات داوران به شرح زیر که قبلا پایان نامه ایشان را مطالعه نموده اند، پس از استماع دفاعیات و پرسشهای لازم در زمینه علمی و تحقیقاتی ایشان، نتیجه را به شرح زیر اعلام می دارند:

☐ پایان نامه نامبرده با نمره **۱۹** و با امتیاز عالی ☑، بسیارخوب ☐، خوب ☐، قابل قبول ☐ مورد تائید قرار گرفت.

☐ پایان نامه در وضع فعلی با تصحیحات جزیی مورد قبول است و نامبرده نمره و امتیاز عالی ☐، بسیارخوب ☐، خوب ☐، قابل قبول ☐ دریافت نمود.

☐ پایان نامه و پروژه به شکل فعلی مورد تائید قرار نگرفت و پیشنهاد شد که ...

اعضای هیات داوران	مرتبه دانشگاهی	تخصص	امضاء
استاد (ان) راهنما:			
۱- **دکتر نادر شعبانی پور**	**دانشیار**	**جانورشناسی**	
استاد (ان) مشاور			
استادان یا محققان مدعو:			
۱- **دکتر فرهاد مشایخی**	**دانشیار**	**بیولوژی تکوینی**	
۲- **دکتر علی نیک پی**	**استادیار**	**انگل شناسی**	
نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی:			
دکتر ریحانه سریری	**استاد**	**بیوشیمی**	

سه نسخه اصل از صورتجلسه توسط نماینده تحصیلات تکمیلی تنظیم و به مدیر گروه تسلیم می شود.

یک نسخه در گروه آموزشی، یک نسخه در آموزش دانشکده و یک نسخه در اداره فارغ التحصیلان دانشگاه نگهداری خواهد شد.

تقدیم به

پدر مهربانم

و روح مادر بزرگوارم

و تمام کسانی که در مسیر زندگیم یاریم کردند

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس بیکران یگانه مهربانی را که به قلم قداست و به انسان کرامت بخشید و او را به زیور علم و معرفت بیاراست. سر بر آستان معبودی می ستایم که به من این توانایی را داد که به سهم خود گامی در راه علم و معرفت بر دارم.

حال که به لطف پروردگار متعال نگارش رساله خود را به اتمام رسانیده ام بر خود لازم می‌دانم از تمام بزرگوارانی که مرا در طول این پژوهش یاری کردند تشکر و قدر دانی نمایم :

از خانواده عزیزم بسیار سپاسگزارم که در مسیر زندگیم مشوق و همراه همیشگی من بوده‌اند و هرچه دارم از آنها دارم.

از زحمات و راهنمایی‌های استاد راهنمای بزرگوارم جناب دکتر نادر شعبانی پور که افتخار شاگردی ایشان را در طول دوره تحصیلم داشته‌ام بسیار سپاسگزارم.

از کمک‌ها و زحمات دوست و خواهر خوبم خانم مهندس هنگامه خلیلی که همیشه همراه من بوده‌اند بسیار متشکرم.

از همکلاسی‌های عزیزم خانم ها مهندس الهه فروزنده ، مهندس فاطمه اسمعیل کاویانی و مهندس سیده باهره میرناطق و سایر دوستانم در فیزیولوژی گیاهی ، سیستماتیک گیاهی ، بیولوژی تکوینی که لحظات بسیار زیبایی را در کنارشان تجربه کردم متشکرم.

از آقای مهندس نهرور کارشناس شیلات بندر انزلی که در تهیه نمونه ها کمک کردند بسیار متشکرم.
از سرکار خانم دکتر نعیمی و راهنمایی های ایشان سپاسگزارم.
از آقای دکتر حیدری ، آقای مهندس علوی ، آقای مهندس گلچین ، آقای مهندس روضاتی ، خانم مهندس رحمانی ، خانم مهندس شاهی ، خانم مهندس هادوی ، خانم مهندس شایگان ، خانم کاردان و خانم ستوده متشکرم.

از دوستان خوبم در آزمایشگاه دریا : خانم کریمی ، خانم کیانی ، خانم عبدزاده ، خانم پرسوزی تشکر می‌کنم.

چکیده

بررسی ترتیب سلولی شبکیه ماهی کفال طلایی *(Liza aurata)*

فرخنده پورنجفی زاده شیجانی

بینایی دراغلب ماهیان حس بسیار مهمی است و نقش اساسی در تغذیه، تشخیص دشمن، جفت‌یابی، واکنش‌های تدافعی از جمله تغییر رنگ برای هماهنگی با محیط واستتار، مهاجرت عمودی و رفتار ماهی نسبت به قلاب‌ها و دامهای ماهیگیری دارد. قابلیتهای چشم به میزان زیادی توسط ساختار و عملکرد شبکیه تعیین می‌شود و توانایی شناسایی شکارچیان وطعمه بستگی به حساسیت شبکیه به نور وتشخیص طول موجها دارد. مقایسه بافت‌شناسی شبکیه چشم ماهیان مختلف نشان دهنده سازش آنها در شدت‌های نوری مختلف است و ممکن است از روی الگوی ساختمانی شبکیه به محیط و نحوه زندگی یک ماهی پی برد. مطالعه شبکیه و بررسی اهمیت آن تاکنون درماهی کفال طلایی انجام نشده است. این ماهی فاقد خط جانبی بوده، لذا تصورمی‌شود بینایی در این ماهی ازاهمیت دوچندان برخوردار باشد. نمونه‌ها به طور زنده از پره‌های ساحلی بندرانزلی تهیه شدند. در ابتدا آزمایشهای نور و تاریکی روی ماهیان درآکواریومهای جداگانه صورت گرفت. در مرحله دوم آزمایش، مطالعه واکنش شبکیه نسبت به سه رنگ اصلی(آبی، سبز و قرمز) انجام شد. بعد از هر مرحله چشمها خارج شده، در محلول بوئن تثبیت شدند. قرنیه وعدسی برداشته شده و سپس مراحل آبگیری با سریهای الکل، شفاف‌سازی با گزیلن و قالب‌گیری با پارافین انجام گرفت. مقاطع طولی وعرضی با ضخامت 5 میکرون تهیه و با هماتوکسیلین- ائوزین رنگ آمیزی گردید. مشاهده بافتها با میکروسکوپ نوری والکترونی نشان داد که لایه فتورسپتور دراین گونه دارای سلولهای مخروطی واستوانه‌ای است. سه نوع سلول مخروطی در شبکیه این ماهی وجود دارد: دونوع سلول مخروطی منفرد با مورفولوژی متفاوت و یک نوع سلول مخروطی دوگانه. برش عرضی شبکیه نیز وجود آرایش خاصی از سلولهای مخروطی در شبکیه کفال طلایی را نشان می‌دهد که به صورت الگوی موزائیک مخروطی منظم می‌باشد. آرایش سلولهای مخروطی منفرد به شکل لوزی است و سلول های مخروطی دوگانه با زاویه 90 درجه نسبت به یکدیگر در بین آنها قرار گرفته‌اند. تنوع سلولهای مخروطی یکی از ویژگیهای خاص شبکیه ماهیان استخوانی است. انواع مختلف سلولهای مخروطی، گیرنده طول موجهای مختلف نور هستند. به عبارت دیگر اگر دو یا چند نوع سلول مخروطی در یک جانور وجود داشته باشد، هر کدام از آنها دارای رنگدانه بینایی با حساسیت طیفی خاص است که انتظار می‌رود جانور به کمک آنها قادر به تشخیص رنگ شود. تحقیقات قبلی درمورد شبکیه نشان می‌دهد که حضور و نوع آرایش موزائیک سلول مخروطی دلیلی بر توانایی دید خوب درماهیان است که پژوهش حاضر توانایی دید خوب و رنگی در کفال طلایی را تائید می‌کند .

کلمات کلیدی : کفال طلایی ، دید رنگی ، شبکیه ، سلول مخروطی

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

چکیده فارسی .....ح
چکیده انگلیسی .....خ

فصل اول/ مقدمه و کلیات

مقدمه 1
1-1- نور در محیط زیر آب 2
2-1- ساختمان چشم در ماهیان 3
1-2-1- صلبیه 4
2-2-1- قرنیه 4
3-2-1- عنبیه 4
4-2-1- عدسی 4
5-2-1- مشیمیه 5
6-2-1- شبکیه 5
1-6-2-1- انواع سلول های شبکیه 6
1-1-6-2-1- سلول های اپیتلیال رنگدانه ای 6
2-1-6-2-1- گیرنده های نوری 7
1-2-1-6-2-1- تنوع مورفولوژی سلول های مخروطی در ماهیان 9
2-2-1-6-2-1- آرایش سلول های مخروطی 11
3-1-6-2-1- سلول های افقی 12
4-1-6-2-1- سلول های دوقطبی 13
5-1-6-2-1- سلول های آماکرین 13
6-1-6-2-1-سلولهای عقده ای 14
3-1- سازش به نور وتاریکی 15
4-1- رنگدانه های بینایی 16
1-4-1- ساختار 16
2-4-1- جذب طیفی 17

1-5- دید رنگی و اهمیت آن.....19
1-6- هدف از مطالعه انجام شده.....20

فصل دوم/ مواد و روش ها

2-1- تهیه نمونه ها 22
2-2- طرح آزمایش 23
2-2-1- سازش به نور و تاریکی 23
2-2-2- سازش به نورهای رنگی.....23
2-3- جداسازی و آماده سازی بافت شبکیه 24
2-4- مراحل تهیه مقاطع بافتی 25
2-4-1- آبگیری و شفاف سازی بافت ها 25
2-4-2- قالب گیری بافت ها.....26
2-4-3- مقطع برداری قالب های پارافینی و تهیه گستره بافتی 26
2-4-4- رنگ آمیزی هماتوکسیلین– ائوزین و تهیه لام های دائمی 27
2-5- عکس برداری نمونه ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی نگاره.....27
2-5-1- آماده سازی نمونه ها 27
2-5-2- عکس برداری توسط میکروسکوپ الکترونی 28
2-6- محاسبه تراکم سلول های مخروطی 28

فصل سوم/ نتایج

3-1- ساختمان شبکیه در کفال طلایی 29
3-1-1- لایه های شبکیه 29
3-1-2- لایه گیرنده های نوری.....29
3-1-3- سایر لایه های شبکیه 32
3-1-4- آرایش سلول های مخروطی در کفال طلایی : 35
3-1-5- اندازه و تراکم سلول های مخروطی 37
3-1-5-1- اندازه سلول های مخروطی 37
3-1-5-2- انواع سلول های شبکیه 38
3-2- سازش به نور 39
3-3- سازش به تاریکی 41
3-4- سازش به نورهای رنگی 44
3-4-1- نور آبی.....44
3-4-2- نور قرمز 45

3-4-3- نور سبز 46

فصل چهارم / بحث و نتیجه گیری

4-1- انواع سلول های مخروطی و مورفولوژی آنها.....48
4-2- آرایش سلول های مخروطی.....49
4-3- اندازه و تراکم سلول های مخروطی 50
4-4- سازش به نور و تاریکی.....53
4-5- سازش به نورهای رنگی 54
4-6- رنگ بینی اکولوژیکی.....56
4-7- نتیجه گیری نهایی.....58

پیشنهادات 59

منابع 60

پیوست 67

فهرست شکل‌ها

شکل (1-1) ساختمان چشم در مهره داران 3
شکل (1-2) لایه های مختلف شبکیه..... 6
شکل (1-3) سلولهای اپیتلیال رنگدانه ای..... 7
شکل (1-4) شکل شماتیک سلول های استوانه ای و مخروطی 8
شکل (1-5) تصویر شماتیک انواع سلول های مخروطی 10
شکل (1-6) تصویر شماتیک انواع الگوی سلول های مخروطی.....11
شکل (1-7) نورون های مختلف شبکیه 14
شکل (1-8) موقعیت گیرنده های نوری در سازش به نور و تاریکی 15
شکل (1-9) ساختار رنگدانه رودوپسین 17
شکل (1-10) طیف جذبی یک رنگدانه رودوپسین و یک رنگدانه پورفیروپسین بر پایه همان اپسین 18
شکل (2-1) پره ساحلی در بندرانزلی 22
شکل (2-2) کفال طلایی دریای خزر.....22

شکل (2-3) آکواریوم سازش به نور آبی.....23
شکل (2-4) ما هی در هنگام تلف شدن در آکواریوم در نور سبز.....24
شکل (2-5) نحوه تقسیم بندی شبکیه.....25
شکل (2-6) نحوه نامگذاری بخش های مختلف شبکیه.....25
شکل (2-7) مقطع برداری بافتها توسط میکروتوم.....26
شکل (3-1) لایه های مختلف شبکیه کفال طلایی.....29
شکل (3-2) انواع سلولهای گیرنده نور در شبکیه کفال طلایی.....30
شکل (3-3) تصاویر میکروسکوپ الکترونی مربوط به شبکیه کفال طلایی.....31
شکل (3-4) تصاویر مربوط به میکروسکوپ نوری(سمت چپ) و الکترونی(سمت راست) از لایه های مختلف شبکیه.....33
شکل (3-5) تصویر میکروسکوپ نوری و الکترونی از برش طولی شبکیه کفال طلایی.....34
شکل (3- 6) برش عرضی شبکیه در کفال طلایی.....35
شکل (3-7) تصویر شماتیک از برش عرضی شبکیه کفال طلایی.....36
شکل (3-8) تصاویر میکروسکوپ الکترونی از برش عرضی شبکیه کفال طلایی.....36
شکل (3- 9) برش عرضی شبکیه کفال طلایی.....37
شکل (3-10) تصویر شماتیک از نحوه افزایش تراکم سلول های مخروطی در شبکیه.....39
شکل (3-11) برش طولی شبکیه چشم کفال طلایی در سازش به نور.....40
شکل (3-12) برش طولی شبکیه کفال طلایی در سازش به تاریکی.....41
شکل (3-13) تصاویر میکروسکوپ نوری و الکترونی برش طولی شبکیه در سازش به تاریکی.....42
شکل (3-14) مقایسه شبکیه کفال طلایی در سازش به نور و تاریکی.....43
شکل (3-15) برش طولی شبکیه در سازش به نور آبی.....44
شکل (3-16) برش طولی از کل لایه های شبکیه در سازش به نور آبی.....45
شکل (3-17) برش طولی شبکیه کفال طلایی در سازش به نور قرمز.....46
شکل (3-18) برش طولی شبکیه در سازش به نور سبز.....47

فهرست جدول ها

جدول (3-1) تراکم سلول های مخروطی در نواحی مختلف شبکیه.....38

فصل اول

مقدمه و کلیات

مقدمه :

همانند سایر مهره‌داران سیستم بینایی ماهیان نیز درطول تکامل، برای تشخیص هرچه بهتر محرک‌های مهم محیطی که در آن به سر می‌برند، به پیشرفت قابل ملاحظه‌ای دست یافته است[Evans,1998]. سیستم بینایی ماهیان با توجه به نوع زندگی و محدودیت‌های محیط نوری سازش می‌یابد. از آنجایی که ماهیان در طیف بسیار وسیعی از محیط‌های نوری زندگی می‌کنند، دامنه‌ی تنوع سازش‌های بینایی در آنها نیز محدوده‌ی وسیعی دارد. به عنوان مثال تنوع رنگدانه‌های بینایی در ماهیان از تمام مهره‌داران بیشتر است[Nicol,1989]. علی رغم کیفیت ضعیفتر تصاویر زیر آب ماهیان به میزان زیادی به بینایی، به عنوان منبعی از اطلاعات حسی وابسته هستند[Guthrie and Muntz, 1993].

بینایی در اغلب ماهیان حس بسیار مهمی است که به وسیله آن جهت یابی می‌کنند. همچنین بینایی نقش مهمی در تغذیه، تشخیص دشمن، جفت‌یابی، واکنش‌های تدافعی ازجمله تغییر رنگ برای هماهنگی با محیط واستتار، مهاجرت عمودی و رفتار ماهی نسبت به قلاب ها و دامهای ماهیگیری دارد[Protasov,1970].

چشم موجودات آبزی در طول تکامل ویژگیهای خاصی کسب کرده است. بررسی ساختمان و عملکرد چشم در ماهیان مختلف بر اساس اکولوژی و نحوه زندگی، تفاوت‌های زیادی را در سیستم بینایی آنها نشان می‌دهد. ماهیان عمق‌زی دریایی بیشترین حد سازش را برای دید درمحیط‌هایی با شدت نوری بسیار کم داشته و بینایی آنها جهت برآوردن نیازهای آن شرایط زندگی طراحی شده است. بعضی از گونه‌های ماهیان اعماق حتی برای مرئی کردن محیط، خودشان نور تولید می‌کنند(زیست تابی) [Sandström, 1999].

ماهیان سطح زی درروشنایی به جستجوی غذا می‌پردازند و درمحیط مرئی تیزبینی بالایی دارند. بعضی گونه‌ها حتی توانایی شناسایی بخش UV طیف الکترومغناطیسی را دارند. شرایط بینایی می‌تواند روی بر هم کنش‌های شکارچی- طعمه و نیز بر الگوهای رفتاری ماهی اثر بگذارد[Hanson and Walton, 1990; Gregory, 1990; Barrett *et al.*, 1993].

قابلیت‌های چشم به میزان زیادی توسط ساختار وعملکرد شبکیه آن تعیین می‌شود. مقایسه بافت شناسی شبکیه چشم ماهیان مختلف نشان دهنده سازش آنها در شدت‌های نوری مختلف است و می توان از روی الگوی ساختمانی شبکیه به محیط و نحوه زندگی یک ماهی پی برد[Evans, 1993].

1 - 1 - نور در محیط زیر آب :

محیط آبی اقیانوس‌ها، دریاچه‌ها و رودخانه‌های جهان، تنوع زیادی در شرایط نوری دارند که در بسیاری از جوانب نظیر کدورت و شفافیت، رنگ و میزان روشنایی با هم تفاوت دارند. در سطح آب اشعه خورشید به محدوده طیفی 300 نانومتر در فرابنفش تا 1100 نانومتر در مادون قرمز محدود می‌شود[Bowmaker, 1995].

وقتی که نور وارد آب می‌شود بخشی از آن توسط ذرات موجود در آب جذب یا پراکنده می‌شود که نقش مهمی در چگونگی تشکیل تصویر دارد. بدین ترتیب که پدیده پخش و تغییر ماهیت نور هنگام نفوذ در آب، شدت نور رسیده به چشم را کاهش می‌دهد [Lythgoe, 1979].

پرتوهای با طول موج بالاتر وکوتاهتر عمدتاً به وسیله بخار آب و لایه اوزون جذب یا پخش می‌شوند، اما تابش طیفی دقیق در سطح به مجموعه‌ای از عوامل مانند عرض جغرافیایی، پوشش ابر وارتفاع خورشید بستگی دارد. در زیر سطح آب، دامنه طیفی نور دردسترس محدودیت بیشتری دارد. حداکثر قابلیت انتقال در آب خالص در ناحیه طیفی آبی در طول موج تقریباً 460 نانومتر قرار دارد. اگر چه بدنه‌های آبی به ندرت خالص هستند و ممکن است محتوی آلاینده‌های بسیار از قبیل ذرات معلقی باشند که طول موج‌های کوتاه را پخش می‌نمایند یا حاوی مواد محلولی باشند که به آب رنگ می‌بخشند. در آب اقیانوسی شفاف ضعیف شدن نور در ستون آب اندک است، به طوری که محدودیت دید نوری به عمق 500-300 متری می-رسد.

در هرصورت، در آبهای ساحلی میزان ذرات معلق بالا است و درآنجا مقادیر قابل توجهی از مواد آلی محلول وجود دارد. تحت این شرایط، محدودیت دید نوری تنها به عمق تقریباً 50-30 متری می‌رسد و حداکثر قابلیت عبور به طول موج‌های بلندتر در ناحیه 530-570 نانومتر جابه جا می‌شود. آب شیرین عموماً شفافیت کمتری دارد و در مقایسه با محیط‌های دریایی، ویژگی‌های اپتیکی بسیار متغیرتری داشته، حداکثر انتقال ممکن است به طرف انتهای قرمز طیف جابه جا شود. با این وجود، آب شیرین نسبتاً شفاف نظیرمحیط منحصر به فرد دریاچه بایکال در سیبری نیز یافت می‌شود[Bowmaker, 1995] .

به نظر می‌رسد طیف نوری دریافت شده توسط ماهی شبیه انسان باشد. بنابراین فعالیت امواج نوری در محدوده 400-760 نانومتر توسط چشمان ماهی قابل دریافت و ادراک می‌باشد. طیف نوری قابل درک در ماهیان مختلف متفاوت است. ماهیانی که در لایه‌های فوقانی آب به سر می‌برند، جایی که نور کاملترین حالت و بیشترین شدت را دارد، وسیعترین دامنه دریافت نور

راداشته که به دامنه قابل دریافت انسان نزدیکتر است. در مقابل، ماهیان اعماق که کمترین شدت نور را دریافت می‌کنند، با افزایش عمق آب در محیطی با نور سبز-آبی و سپس آبی به سر می‌برند[Blaxter, 1970].

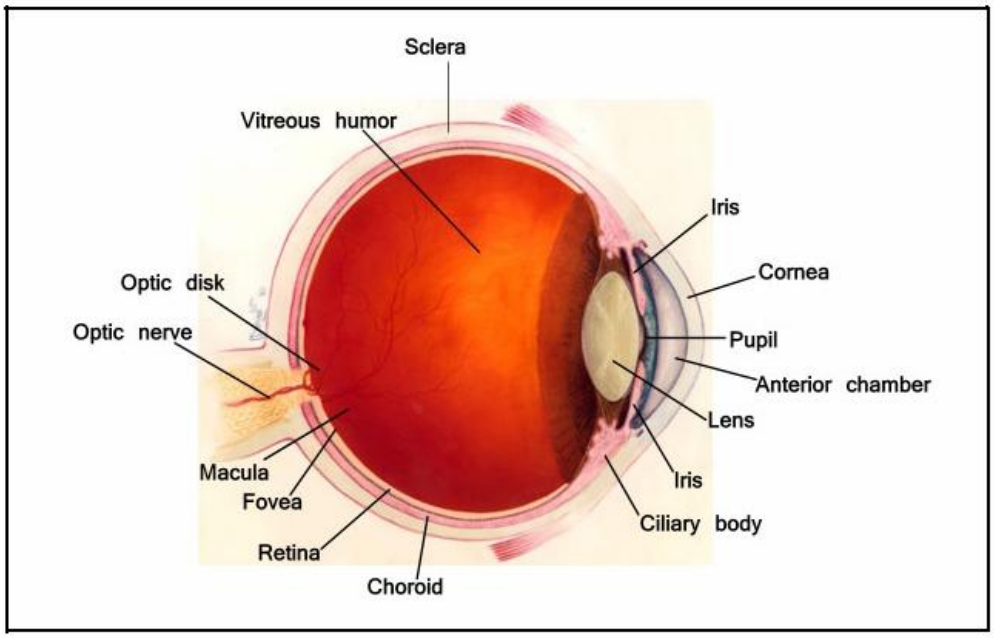
نور به طور مستقیم یا غیر مستقیم نقش مهمی در زندگی ماهی دارد. در بسیاری از ماهیان اندام‌های بینایی نقش مهمی در هنگام شنا، شکار و حرکت به سمت افراد هم‌گونه و تشکیل گله دارند. از آنجایی که هرکدام از این فعالیت‌های رفتاری در مقادیر نوری خاصی انجام می‌شود، بنابراین شدت‌های نوری مختلف در ماهیان به عنوان محرک تغذیه‌ای یا دفاعی از اهمیت خاصی برخوردار است[Protasov, 1970].

1 - 2 - ساختمان چشم در ماهیان :

ساختار چشم ماهیان همانند طرح عمومی چشم مهره‌داران است. چشم ماهیان در سراسر طول عمر رشد می‌کند. بنابراین سازش‌های مورفولوژیک سیستم بینایی ماهی می‌بایست برای برآورده کردن نیازهای حال و آینده بینایی همسو باشند.

ویژگی‌های چشم یک ماهی و بینایی آن مربوط به نحوه زندگی ماهی و محیطی است که در آن به سر می‌برد. گونه‌های مختلف ماهی به زندگی درمحیط‌های نوری متفاوت سازش یافته‌اند. انواع ماهیان روز فعال، شب فعال ، عمق‌زی و سطح‌زی وجود دارند. بنابراین طبیعی است که ساختمان و عملکرد چشم آنها نیز متفاوت باشد[Protasov, 1970] .

چشم مهره داران از بخش های زیر تشکیل یافته است :



شکل (1-1) ساختمان چشم در مهره داران (بر گرفته از اینترنت)

1-2-1- **صلبیه**[1]:

کره چشم دربخش خارجی توسط پوشش کلاژنی متراکمی به نام صلبیه پوشیده شده که بسیار مقاوم وضخیم است. در واقع صلبیه اسکلت چشم است، اندازه چشم را تعریف می‌کند، حمایت پایداری را برای عناصر اپتیکی چشم فراهم می‌کند و برای دست‌یابی به یک تصویر متمرکز ضروری می‌باشد[Trier, 2006].

1-2-2- **قرنیه**[2]:

دربخش جلویی چشم غشاء شفاف و نازک شاخی به نام قرنیه وجود دارد که بسیار نازک و شفاف بوده ، ضریب شکست آن (1/37) تقریباً همانند ضریب شکست آب(1/33) است. بنابراین درماهی وبه طور کلی مهره‌داران آبزی برخلاف مهره‌داران خشکی‌زی که قرنیه نیز همانند عدسی در شکست نور و تمرکز آن روی شبکیه نقش دارد، درشکست نور ودر نتیجه تشکیل تصویر هیچ نقشی ندارد فقط اهمیت حفاظتی دارد[Walls, 1942].

1-2-3- **عنبیه**[3]:

عنبیه چشم ماهی، شامل یک بافت غشایی تیره رنگ است که دارای سوراخ کوچکی دروسط می‌باشد. برخلاف عنبیه چشم انسان که بسته به میزان نور وارد شده به چشم باز و بسته می‌شود (مردمک متغیر) ، عنبیه دراکثر ماهیان ثابت است و نورفقط ازمرکز آن یعنی روزنه مردمک تقریباً ثابت وارد می‌شود[Walls, 1942] وتنگی مردمک درماهی‌ها به الاسموبرانش‌ها محدود می‌شود و تعداد کمی از تلئوست‌های غارزی نیز وجود دارند که برای استتار مردمک‌های قابل رویت خود دریچه‌های مردمکی دارند[Douglas, 2001].

1-2-4- **عدسی**[4]:

عدسی جزء اصلی انکساری چشم است. نور وارد شده به چشم به عدسی کروی برخورد می‌کند. در مهره‌داران خشکی‌زی ، سطح شکست اصلی چشم قرنیه است وعدسی عمدتاً برای تنظیم فاصله کانونی به کار می‌رود، ولی درجانوران آبزی واکثر ماهی‌ها به دلیل محیط مایع اطراف، تنها عنصر انکساری مهم عدسی است[Douglas, 2001]. به دلیل اینکه عدسی ماهی

1-Sclera
2-Cornea
3-Iris
4- Lens

بسیار متراکم است، برخلاف مهره‌داران خشکی‌زی تمرکزدرکانون نیازمند حرکت عدسی به جلو وعقب است [Evans, 1998].

عدسی‌های جانوران خشکی‌زی روزفعال عموماً بیضوی شکل بوده، اما عدسی‌های اکثر ماهیان تلئوست (استخوانی) کروی است. اگرچه بعضی از تلئوست‌ها که دارای چشم‌های بزرگتر هستند و بسیاری از الاسموبرانش‌ها تا حدودی عدسی‌های مسطح دارند وماهی چهار چشم سطح‌زی[1] عدسی نامتقارنی دارد که اجازه دید همزمان در هوا و آب را به آن می‌دهد [Dougals, 2001].

1 - 2–5– **مشیمیه**[2] :

لایه‌ای از عروق خونی است که میلیون‌ها سلول شبکیه‌ای را تغذیه می‌کنند. این لایه بین شبکیه وصلبیه قرار دارد. رشد مشیمیه درگونه‌های مختلف متفاوت است. مثلاً درکپور ماهیان شبکه مویرگ‌های مشیمیه‌ای به خوبی رشد کرده و به عنوان یک غده‌ی مشیمیه‌ای شناخته می‌شود. اما درمارماهی مشیمیه دارای مویرگ‌های خونی کمی بوده و ساختاری شبیه غده مشیمیه‌ای در آن قابل تشخیص نیست[Takashima and Takashi, 1994].

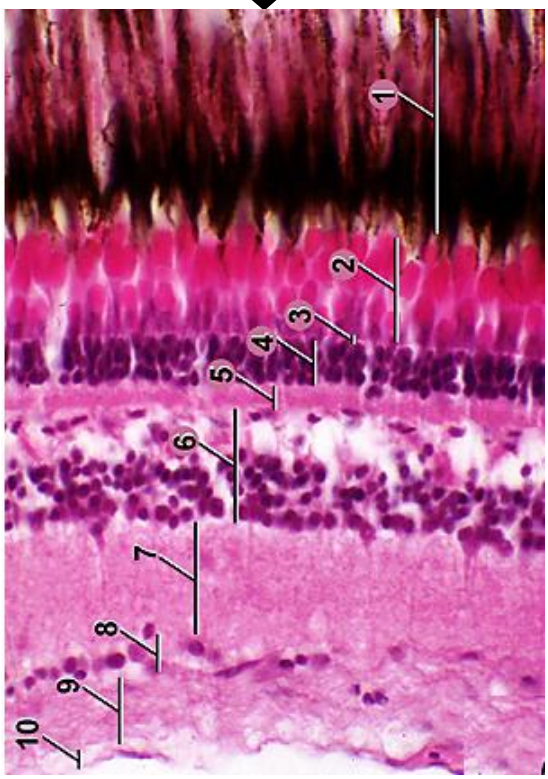
1 - 2 - 6 - **شبکیه**[3] :

شبکیه بخش حساس به نور چشم است که داخلی‌ترین و مهمترین قسمت آن نیز می‌باشد. شبکیه ماهیان به طور کلی شبیه شبکیه دیگر مهره‌داران است، اما به دلیل تعداد فراوان گونه‌های ماهیان ساکن درزیستگاه‌های گوناگون، تنوع ساختاری زیادی را نشان می‌دهد و بیانگر استراتژی‌های سازشی آنها درمحیط‌های نوری خاص است[Fernald, 2000]. بیشتر ماهی‌ها دارای شبکیه دو قسمتی[4] شبیه چشم انسان می‌باشند، یعنی چشم آنها دارای هر دو نوع سلول‌های استوانه‌ای ومخروطی است. لایه-های شبکیه بین مایع زجاجیه و لایه مشیمیه قرار دارند. بنابراین شبکیه دارای دو بخش می‌باشد: یک بخش داخلی رو به زجاجیه[5] و یک بخش خارجی رو به صلبیه[6].

شبکیه شامل 10 لایه است که از خارج به داخل چشم به ترتیب عبارتند از :

1-*Anableps anableps*
2-Iris
3-Retina
4 -Duplex
5 -Vitreal
6-Scleral

بخش صلبیه ای



بخش زجاجیه ای(سمت ورود نور)

1- لایه پوششی رنگدانه ای[1]

2- لایه گیرنده های نوری [2]

3- غشاء محدود کننده خارجی [3]

4- لایه هسته دار خارجی [4]

5- لایه مشبک خارجی [5]

6- لایه هسته دار داخلی[6]

7-لایه مشبک داخلی [7]

8- لایه سلولی گانگلیونی[8]

9- لایه رشته های عصبی [9]

10- غشاء محدود کننده داخلی[10]

شکل (1-2) لایه های مختلف شبکیه (برگرفته از اینترنت)

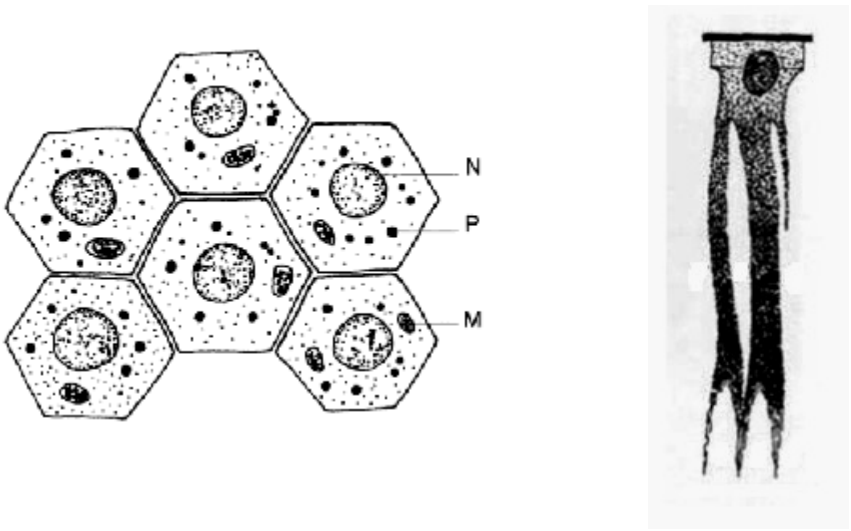
1-2-1-6-1- **انواع سلول های شبکیه** :

1-2-1-6-1-1- **سلول های اپیتلیال رنگدانه ای** [11]

اپیتلیوم رنگدانه‌ای (PE) شامل سلول‌های منشوری شکل و شش وجهی است که در طول مرز معمولشان به وسیله اتصالات پیچیده‌ای به هم متصل شده‌اند و در یک لایه و در خارجی‌ترین قسمت شبکیه به صورت منظم قرار گرفته‌اند. این سلول‌ها انشعابات (زوائد) بلندی دارند که بخش‌های حساس به نور گیرنده‌های نوری را احاطه می‌کنند[Fernald, 2000].

1- Pigment epithelial layer (PEL)
2 - Photoreceptor layer (PL)
3- Outer limiting membrane (OLM)
4- Outer nuclear layer (ONL)
5- Outer plexiform layer (OPL)
6- Inner nuclear layer (INL)
7- Inner plexiform layer (IPL)
8- Ganglion cell layer (GCL)
9- Nerve fibre layer (NFL)
10- Inner limiting membrane (ILM)
11- Pigmented Epithelium=PE

درداخل این سلول‌ها گرانول‌های رنگدانه‌ای استوانه‌ای شکل وجود دارد که بسیار جاذب نور می‌باشند و برای محافظت از بخش‌های خارجی سلول‌های استوانه‌ای در هنگام نور زیاد به کار می‌روند. در سطوح روشنایی اندک، این رنگدانه‌ها به سمت خارج یعنی جسم سلولی سلول‌های اپیتلیوم رنگدانه‌ای مهاجرت می‌کنند[Young, 1970].



شکل(1-3) سلولهای اپیتلیال رنگدانه ای
a) اشکال منظم و چند وجهی سلول های اپیتلیال M : میتوکندری N : هسته P : گرانول رنگدانه ای (منبع : Kunz, 2004)
b) زوائد سلول های اپیتلیال رنگدانه ای(منبع : Walls, 1942)

این عملکرد گرانول‌ها همراه با کشیدگی ویا انقباض سلول‌های گیرنده نور نقش مهمی در تنظیم نور ورودی به چشم ماهی و سازش آن به نور و تاریکی دارد[Walls, 1942]. علاوه براین نقش‌های اپتیکی، سلول‌های PE انتهای بخش خارجی سلول‌های استوانه‌ای و مخروطی را که به طور پیوسته بازسازی می‌شوند، فاگوسیتوز می‌کنند[Young, 1970]. انتقال اکسیژن و متابولیت‌ها به شبکیه و تنظیم یونی فضای زیر شبکیه‌ای از دیگر وظایف این لایه می‌باشد[Marc, 1998].

1-2-6-1-2- گیرنده های نوری[1]:

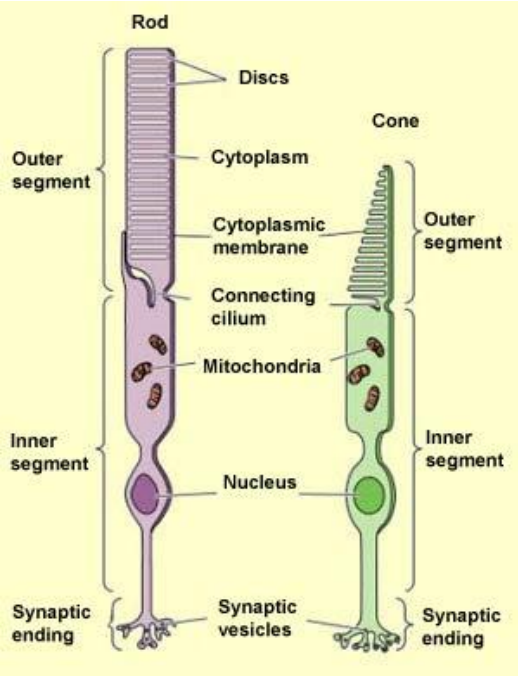
گیرنده‌های نوری سلول‌های حسی انتهایی هستند که به پرتو الکترو مغناطیسی حساس می‌باشند[Evans, 1998] و انرژی نور(پرتو الکترو مغناطیسی) را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند که توسط سیستم عصبی تفسیر می‌شود [Fernald, 2000].

دو نوع گیرنده نوری در شبکیه ماهیان یافت می‌شود:

1- Photoreceptors

1- سلول‌های استوانه‌ای [1]

2- سلول‌های مخروطی [2]



شکل (1-4) شکل شماتیک سلول های استوانه ای و مخروطی (برگرفته از اینترنت)

سلول‌های مخروطی مسئول دید در نور زیاد[3] و سلول‌های استوانه‌ای مسئول دید در نور کم[4] هستند. سلول‌های استوانه‌ای در شبکیه ماهیان شب فعال و ماهیان آب‌های عمیق تر غالب هستند وسلول‌های مخروطی در ماهیانی که ساکن محیط‌های با نور زیاد هستند غالب‌اند[Kusmic, 2000].

این سلول‌ها ، سلول‌های نورواپیتلیال تخصص یافته‌ای هستند که از دو بخش اصلی تشکیل شده‌اند:

1- بخش خارجی[5]:

رنگدانه بینایی حساس به نور در این قسمت وجود دارد که این رنگدانه‌ها روی صفحاتی قرار گرفته‌اند که در سلول‌های استوانه‌ای خود این صفحات دارای غشاء بوده اما به غشای سلول متصل نیستند، ولی درسلول‌های مخروطی غشای این

1- Rod cells
2- Cone cells
3- Photopic vision
4- Scotopic vision
5- Outer segment = OS

صفحات جزئی از غشای سلول است. سلول‌های استوانه‌ای بخش خارجی طویل استوانه‌ای شکل دارند، در حالی که در سلول‌های مخروطی بخش خارجی کوتاهتر و به شکل مخروط می‌باشد[Evans, 1998].

2- بخش داخلی[1]:

بخش داخلی یک گیرنده نوری از سه بخش تشکیل شده است :

1- الیپسوئید[2]: میتوکندری‌ها در این قسمت وجود دارند. الیپسوئیدهای سلول‌های مخروطی تخم‌مرغی شکل و الیپسوئیدهای سلول‌های استوانه‌ای به شکل استوانه است.

2- میوئید[3]: دومین قسمت از بخش داخلی است که قابلیت کشش دارد و دربردارنده شبکه آندوپلاسمی و دستگاه گلژی است.

3- ناحیه مربوط به هسته : این قسمت در اکثر مهره‌داران در مرز لایه هسته‌دار خارجی قرار دارد.

بخش خارجی گیرنده‌های نوری از طریق یک رابط سیتوپلاسمی(گردن مژکی) به بخش داخلی آنها متصل می‌شود. [Marc, 1998].

1-2- 6-1-2 -1- تنوع مورفولوژی سلول‌های مخروطی در ماهیان:

درمیان تمامی گروه‌های مهره‌داران، ماهیان بیشترین تنوع در رنگدانه‌های بینایی و مورفولوژی گیرنده‌های نوری را دارند[Kusmic, 2000].

اشکال مختلف گیرنده‌های نوری در ماهیان عبارتند از :

1- مخروطی منفرد[4]

2- مخروطی دوتایی[5]

3- مخروطی دوگانه[6]

1- Inner segment
2-Ellipsoid
3-Myoid
4- Single cone
5- Double cone
6- Twin cone