

General and histological structures of different parts of eye in Beaked Sea Snake, *Enhydrina schistosa* (Daudin 1803)

ساختار کلی و بافت شناختی بخش‌های مختلف چشم مار دریایی منقاردار *Enhydrina schistosa* (Daudin, 1803)

Mansoor Kordi^{1*}, Nader Shabanipour²

1. Ph.D. in Department of Biology, Faculty of Science, Guilan University, Rasht, Iran

2. Associate Professor in Department of Biology, Faculty of Science, Guilan University, Rasht, Iran

(Received: Jan. 31, 2016 - Accepted: May 20, 2019)

منصور کردی^{۱*}، نادر شعبانی‌پور^۲

۱. دکتری، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، ایران

۲. دانشیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۳۰)

Abstract

Study of eye structure in *Enhydrina schistosa* is an important subject and yet not enough as it is an active hunter that lives in shallow waters and some active predators like sea eagles and sharks are feeding at it. In this study Scanning Electron Microscope (SEM) was used for observing cellular layers in details. Specimens were collected from water surface in Chabahar Bay. The eyes were fixed in Bouin's fluid and 10% formalin. There is a transparent layer (Spectacle) in front of the cornea (with protective role) with a three-layered structure. The sclera and cornea are quite thick with protective role against water pressure and mechanical stresses. The choroid consists of a loose tissue. The retina is composed of only a few cones and rods are absent that is evidence of the low visual capability in this successful marine reptile. Cone cells density in Ventral (V) and Dorsal (D) quadrants is higher than Temporal (T) and Nasal (N) quadrants and also Cone cells density in Ventral quadrant is higher than Dorsal quadrant. It seems Ventral quadrant (with highest cone cells density) might have a role in detecting aerial predators (sea eagles) and Dorsal quadrant (with lower cone cells density than Ventral quadrant) might have been engaged (not so important) in feeding on demersal fishes.

Keywords: Beaked Sea snake, *Enhydrina schistosa*, Eye, Retina, Spectacle, SEM.

چکیده

مطالعات بافت شناختی بر اندام‌های حسی مار دریایی منقاردار اندک بوده و از آنجایی که این جانور دریایی هوایی عموماً شکارگر بوده و خود همواره مورد حمله شکارچپانی فعال از قبیل عقاب دریایی و کوسه قرار دارد بررسی ساختار چشم آن از هر دو جنبه حائز اهمیت می‌باشد. در مطالعه حاضر برای بررسی دقیق لایه‌های سلولی در کنار مقاطع بافتی از میکروسکوپ الکترونی نگاره نیز استفاده شد. نمونه‌برداری از سطح آب در خلیج چابهار انجام گرفت. چشم‌ها به ترتیب در محلول بوئن و فرمالین ۱۰ درصد تثبیت شدند. در جلوی قرنیه لایه‌ای شفاف به نام عینک وجود دارد که ساختاری سه لایه در آن یافت شده است. چشم مار دریایی منقاردار دارای صلیبه و قرنیه‌ای ضخیم است که جهت مقاومت در مقابل فشار و برخورد آب سازش یافته است. مشیمیه ساختاری سست داشته و لایه شبکیه تنها واجد گیرنده‌های نوری از نوع مخروطی با تراکم پایین می‌باشد که نشان از ضعف قدرت بینایی در این خزنده موفق دریایی دارد. شمارش سلول‌های مخروطی در شبکیه جانور نیز مشخص نمود که تراکم این سلول‌ها در ربع‌های شکمی و پشتی شبکیه نسبت به ربع‌های گیجگاهی و بینی بیشتر است. همچنین تراکم در ربع شکمی بیشتر از ربع پشتی است. با در نظر گرفتن رفتار جانور در محیط زندگی احتمال می‌رود ناحیه شکمی (با تراکم بیشتر) برای فرار از شکارچپان هوایی (عقاب دریایی) و ناحیه پشتی (با تراکم کمتر) تا حد بسیار اندکی در تغذیه آن از ماهیان بستر نقش داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: چشم، شبکیه، عینک، مار دریایی منقاردار، میکروسکوپ الکترونی نگاره.

مقدمه

سوی اشیاء خارجی و دریافت این نور توسط اندام‌های ویژه‌ای موسوم به اندام‌های گیرنده نور است که انواع پیچیده‌ی این اندام‌ها را چشم می‌نامند.

Walls (1940, 1942) چنین عنوان نمود که چشم مارها در پاسخ به دوره‌ای از حیات آن‌ها (در دوره‌ای که پستانداران پدید آمدند) که در زیر زمین سپری شده و دوره‌ای شب‌فعالی در سطح زمین را در پی داشته است به شدت تحلیل رفته است. پلک در مارها به یک پولک چشمی بی‌حس، شفاف، سخت و شاخی به نام «عینک» (Spectacle) تبدیل شده است. عینک در برخی از پولک‌داران شب‌فعال و همچنین برخی گونه‌های نقب‌زن نیز وجود دارد، همچنین در بین جانوران آبی ابتدایی نیز رایج است. در هر دو گروه مارها و مارمولک‌های عینک‌دار لایه‌ای خارجی از عینک در طی پوست اندازی جانور به صورت دوره‌ای با لایه جدید جایگزین می‌شود (Sivak, 1977; Smith, 2008).

به دلیل دشواری در دسترسی به این مار مهاجم مطالعات زیادی بر روی آن انجام نشده است و همانطور که پیشتر ذکر شد اغلب مطالعات بر روی تاکسونومی، سم، تغذیه و پراکنش آن صورت پذیرفته و اطلاعات بافت‌شناسی بسیار اندکی از این گونه، به ویژه از اندام‌های حسی آن، در اختیار است.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه‌ها

بررسی‌های میدانی این تحقیق در آب‌های خلیج چابهار در جنوب شرق ایران ($60^{\circ}28'22''$ E, $25^{\circ}17'23''$ N) در طول روز و در هوای آفتابی صورت گرفت و تعداد ۱۰ حلقه مار دریایی منقاردار (۵ حلقه مار ماده و ۵ حلقه مار نر) به صورت زنده از سطح آب جمع‌آوری گردید. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه وزن و طول آن‌ها ثبت شده و بر اساس کلید شناسایی توصیف‌شده توسط Rasmussen (2001)، شناسایی نمونه‌ها تا حد جنس و گونه انجام

طی تکامل برخی از خزندگان خشکی‌زی به زندگی در دریا روی آوردند (در ابتدا مارهای دریایی و لاک‌پشت‌های دریایی). مارهای دریایی از خزندگان مهم دریایی بوده که بارزترین ویژگی آن‌ها وجود دم پارویی‌شکل پهن شده از طرفین است که در هیچکدام از مارهای خشکی‌زی یا آبی مشاهده نمی‌شود. این جانوران به کمک حرکات موجی شکل بدن در آب به پیش می‌روند. مارهای دریایی توسط کوسه‌ها و پرندگانی از قبیل عقاب دریایی شکار می‌شوند (Rasmussen et al., 2011). Smith (1926) و Volsøe (1939) مجموعاً ۹ گونه از مارهای دریایی را در دریای عمان و خلیج فارس گزارش نمودند که عبارتند از: *Thalassophina viperina*, *Hydrophis spiralis*, *Enhydrina schistosa*, *Hydrophis cyanocinctus*, *Lapemis*, *Hydrophis lapemoides ornatus* و *Pelamis platurus curtus*، *Microcephalophis gracilis*.

مار دریایی منقاردار از مارهای بسیار سمی زیرخانواده Hydrophiinae بوده که در این گونه آرواره فوقانی کمی جلو آمده و پوزه به شکل منقار دیده می‌شود. چشم‌ها نیز تیره، کوچک و گرد بوده و در سمت بالای جمجمه قرار گرفته‌اند (Heatwole, 1999). آناتومی بدن (Samuel, 1944; Bergman, 1956)، ترکیب و اثر سم (Tamiya & Yagi, 2011) و رژیم غذایی (Voris et al., 1978) این جانور در گذشته مورد مطالعه قرار گرفته است. مار دریایی منقاردار قادر است از انواع مختلف ماهی و میگو تغذیه کند با این وجود مطالعات نشان داد که گربه‌ماهیان برای این گونه در اولویت تغذیه‌ای قرار دارند (Voris et al., 1978).

فرآیند اصلی مورد استفاده توسط اکثر جانوران برای آگاهی از محیط اطراف و تغییرات ایجادشده در این محیط، انعکاس و یا تابش نور به سمت آن‌ها از

دیجیتال انجام شد. به منظور مطالعه دقیق تصاویر به دست آمده از نرم افزار TSView نسخه ۶,۴,۵ استفاده شد. بخش‌های مناسب نوار پارافینی نیز جهت عکس برداری با میکروسکوپ الکترونی مورد استفاده قرار گرفت.

مقاطع منتخب برای میکروسکوپ الکترونی جهت آماده سازی پیش از عکس برداری بر روی لامل‌هایی به اندازه ۱ سانتی متر در ۱ سانتی متر قرار گرفته و مراحل پارافین زدایی مقاطع توسط گزین و گزین زدایی آنها توسط متانول صورت پذیرفت. در مرحله بعد لامل‌ها پس از چسباندن بر روی پایک‌های فلزی مخصوص پوشش طلا گرفته و عکس برداری از آنها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی مدل LED 1430VP انجام گرفت.

نتایج

مشخصات بیومتریکی

طول کل (از ابتدای پوزه تا انتهای دم) نمونه‌ها برای جنس نر $103/8 \pm 5/58$ سانتی متر و برای جنس ماده $99/6 \pm 7/99$ سانتی متر و همچنین وزن نمونه‌ها برای جنس نر $494/2 \pm 95/27$ گرم و برای جنس ماده $429/8 \pm 88/17$ گرم محاسبه شد.

ساختار کلی چشم

چشم‌های مار دریایی منقاردار کاملاً در دو طرف مجسمه قرار گرفته و به شدت توسط بافت عضلانی و استخوانی احاطه شده‌اند. چشم‌ها تقریباً کروی بوده و قطر هر یک در حدود ۳ میلی متر است. مردمک گرد بوده و می‌تواند در نور شدید تا حد منفذی کوچک تنگ شود. میدان دید احتمالی هر یک از ربع‌های شبکه با توجه به جهتی که نور به آن تابیده می‌شود برای درک بهتر رسم شده است (شکل ۱).

شد. در آزمایشگاه پس از بیهوش و تلف نمودن نمونه‌ها با کلروفورم، چشم‌ها خارج شده و به منظور تثبیت سریع ابتدا به مدت ۲ ساعت در محلول بوئن قرار گرفته و در مرحله بعد به فرمالین ۱۰ درصد منتقل شدند.

تقسیم بندی فرضی چشم

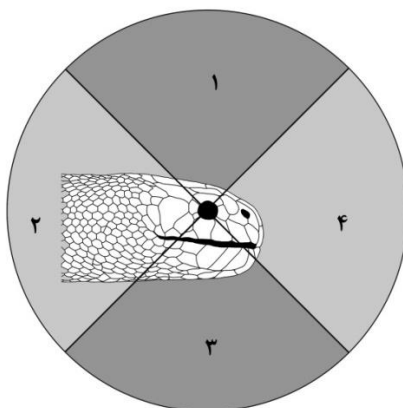
بر اساس وضعیت قرار گرفتن چشم در حدقه، چهار ربع فرضی در آن در نظر گرفته شد که برای چشم راست عبارتند از: پشتی^۱، شکمی^۲، بینی^۳ و گیجگاهی^۴.

انجام پردازش‌های بافتی

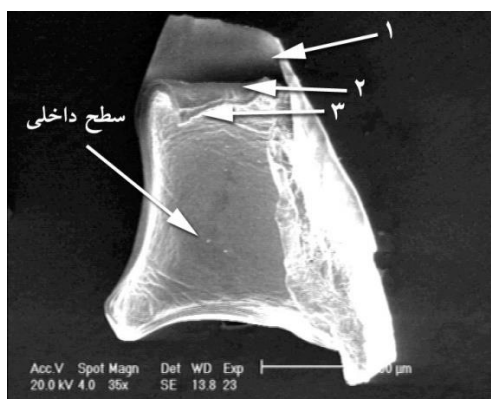
پس از خارج نمودن نمونه‌ها از فرمالین چشم‌ها با دقت از حدقه خارج شده و پس از زدودن بافت عضلانی ضخیم اطراف هر کدام از چشم‌ها به صورت جداگانه برای مدت زمان ۲۴ ساعت در ظرف‌های کوچک درب‌دار حاوی محلول متانول ۷۰ درصد قرار گرفت. چشم‌ها در طول مراحل بافتی به صورت کره کامل مقطع برداری شدند و برای تهیه مقاطع بافتی در تمام موارد از چشم راست استفاده شد.

جهت انجام آبیگری بافت در سری صعودی متانول قرار گرفته و سپس به منظور شفاف سازی بافت در گزین قرار گرفت. در مرحله بعد بافت پارافینه شده و قالب بندی گردید. در نهایت با استفاده از میکروتوم چرخان Leica مقاطع بافتی با ضخامت ۵ میکرون تهیه شد. در مرحله بعد مقاطع به دست آمده بر روی لام قرار گرفته و گستره بافتی تهیه شد. سپس مقاطع به کمک روش رنگ آمیزی هماتوکسیلین-ئوزین مورد رنگ آمیزی قرار گرفت. لام‌های تهیه شده توسط میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار گرفته و عکس برداری از مقاطع نیز با استفاده از دوربین

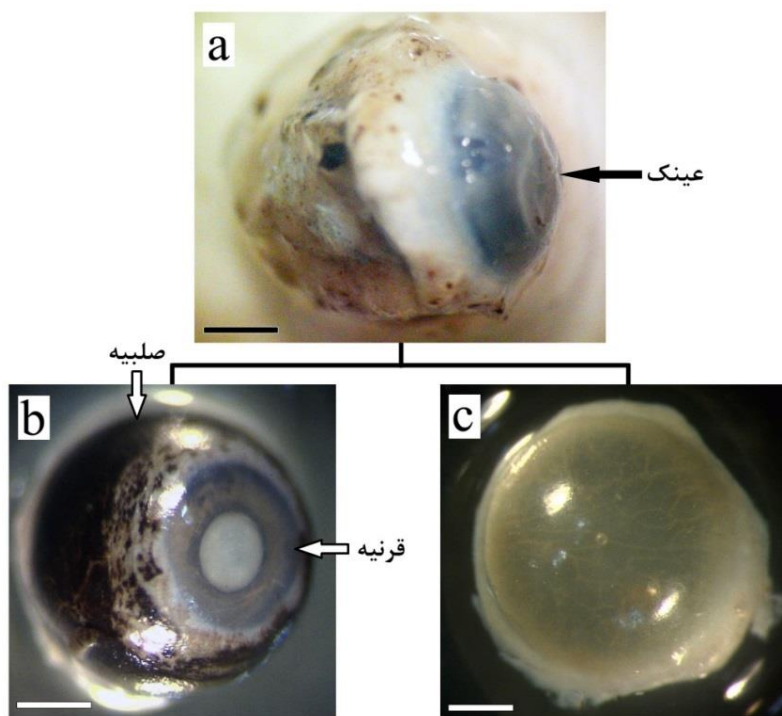
1. Dorsal (D)
2. Ventral (V)
3. Nasal (N)
4. Temporal (T)



شکل ۱. میدان دید احتمالی ربع‌های شکمی (۱)، بینی (۲)، پشتی (۳) و گیجگاهی (۴) شبکه از نمای جانبی



شکل ۲. نمای میکروسکوپ الکترونی قطعه‌ای از عینک سه لایه



شکل ۳. موقعیت عینک در چشم مار دریایی منقاردار. a: چشم قبل از پیرایش و برداشتن عینک. b: چشم پیرایش شده (فاقد عینک). c: عینک (طول خط مقیاس ۱ میلی‌متر)

می‌توان کپسول و اپیتلیوم عدسی را به وضوح مشاهده نمود (شکل ۵).

صلبیه و قرنیه

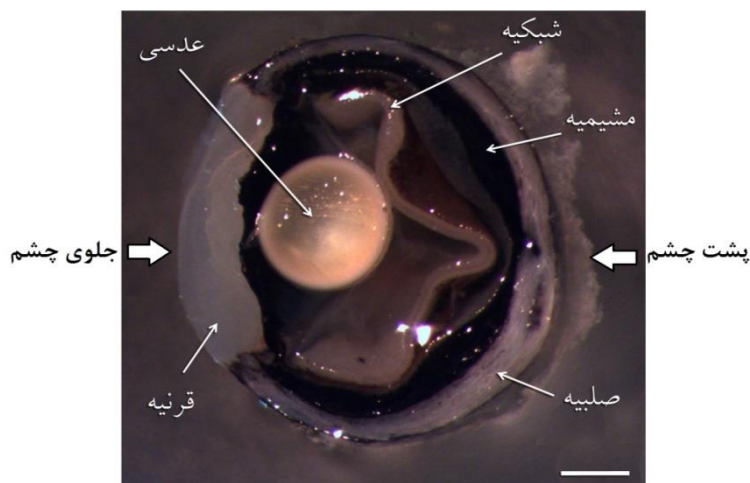
خارجی‌ترین لایه چشم متشکل از صلبیه‌ای ضخیم با ساختار مقاوم است که در جلوی چشم به قرنیه‌ای شفاف تبدیل می‌شود. ضخامت صلبیه در نزدیکی عصب بینایی در بیشترین میزان خود بوده و به تدریج با نزدیک شدن به قرنیه از میزان آن کاسته می‌شود (شکل ۵). قرنیه فاقد عروق خونی بوده و بارزترین زائده قابل مشاهده در آن کانال شلم است (شکل ۵).

عینک

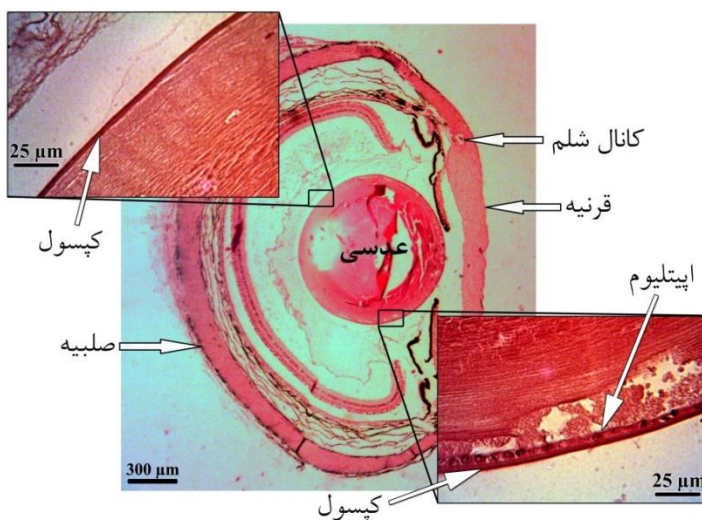
در نبود پلک‌های متحرک، چشم‌ها توسط لایه‌ای غیرمتحرک و شفاف موسوم به عینک محافظت می‌شود. همان‌طور که در نمای میکروسکوپ الکترونی (شکل ۲) مشخص است عینک دارای سه لایه بوده که ضخامت متفاوت دارند. در شکل ۳ موقعیت عینک در چشم به خوبی قابل مشاهده است.

عدسی

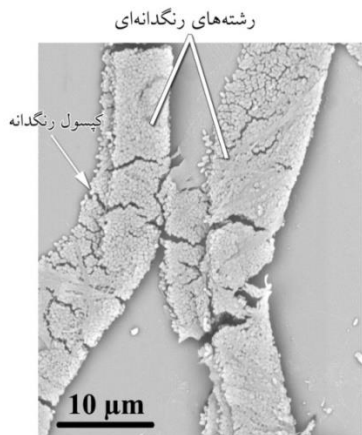
عدسی کروی و نسبتاً سخت بوده و قطر آن در حدود ۱ میلی‌متر است (شکل ۴). در مقاطع بافتی عدسی



شکل ۴. ساختمان داخلی چشم مار دریایی منقاردار (طول خط مقیاس ۴۰۰ میکرومتر)



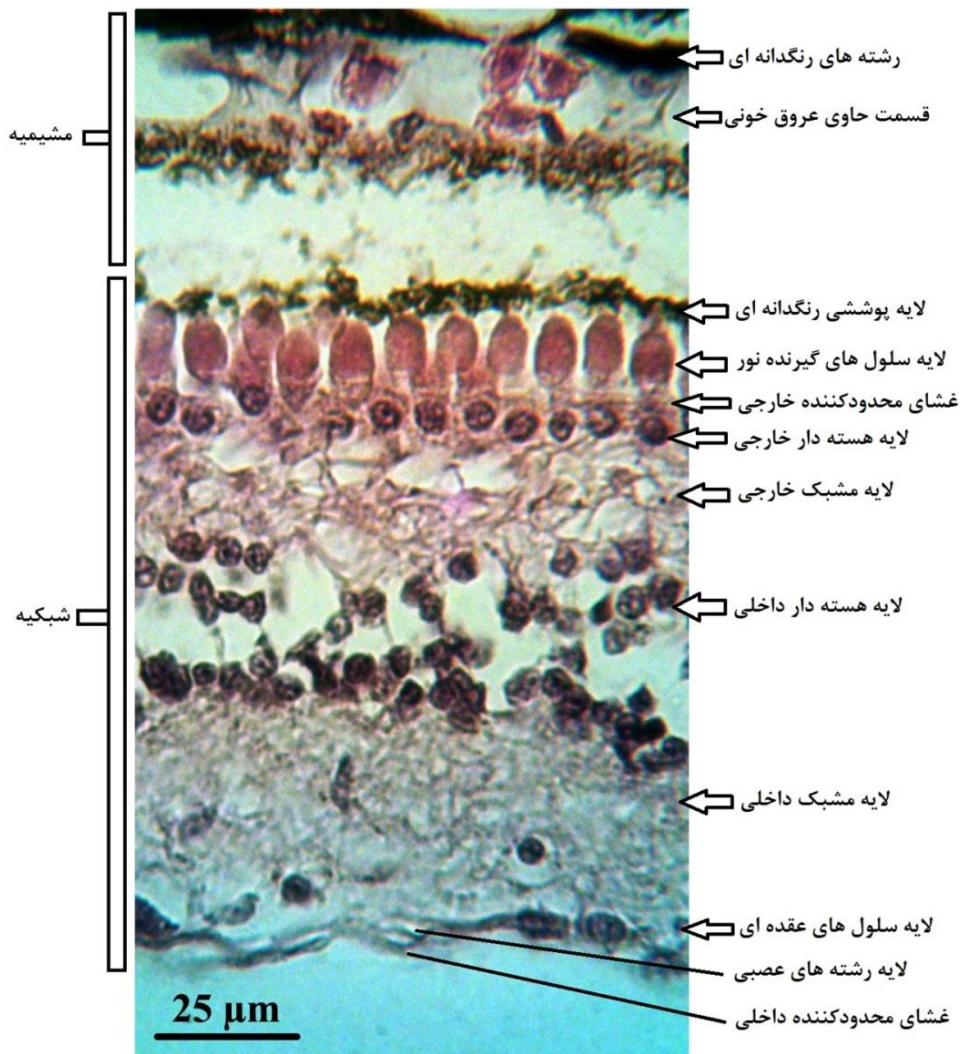
شکل ۵. مقطع کامل چشم نشان‌دهنده ضخامت صلبیه و قرنیه و محل قرار گرفتن کانال شلم و ساختار عدسی (کپسول و اپیتلیوم). (توجه شود که طی پردازش بافت چشم در اثر فشرده شدن از حالت کروی خارج شده است).



شکل ۶. نمای میکروسکوپ الکترونی نگاره از رشته‌های رنگدانه‌ای و کپسول‌های رنگدانه یافت‌شده در مشیمیه

مشیمیه

مشیمیه سست بوده و پردازش بافت اغلب موجب گسستگی آن از هم می‌شود. در بررسی بافتی مشیمیه دو قسمت متفاوت تشخیص داده شد: ۱- قسمت سست حاوی عروق خونی (در سمت نزدیک به شبکه) ۲- رشته‌های ضخیم واجد دانه‌های رنگدانه‌ای (در سمت نزدیک به صلیبه) (شکل‌های ۶ و ۷). در نمای میکروسکوپ الکترونی رشته‌های رنگدانه‌ای می‌توان دانه‌های رنگدانه‌ای تقریباً کروی (کپسول رنگدانه) را مشاهده نمود (شکل ۶).



شکل ۷. تصویر میکروسکوپ نوری از مشیمیه (متشکل از رشته‌های رنگدانه‌ای و قسمت حاوی عروق خونی) و شبکیه (متشکل از لایه‌های ده‌گانه)

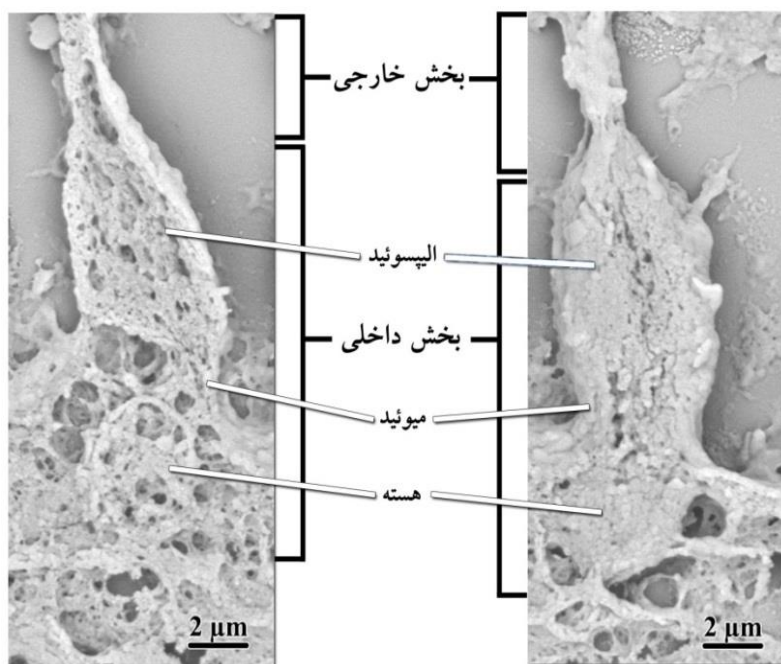
شبکیه

ضخامت شبکیه در تمام نواحی چشم تقریباً یکسان بوده و میانگین آن در حدود ۱۱۵ میکرومتر اندازه‌گیری شد. در مقاطع مورد بررسی تمامی ۱۰ لایه معمول در شبکیه مهره‌داران یافت شد (شکل ۷). پس از بررسی دقیق مقاطع طولی و عرضی تنها دو نوع سلول در لایه سلول‌های گیرنده نور شبکیه مشاهده شد: ۱- سلول‌های مخروطی منفرد بزرگ ۲- سلول‌های مخروطی منفرد کوچک. در هیچ‌کدام از مقاطع بافتی سلول استوانه‌ای یافت نشد. حداکثر طول سلول‌های مخروطی منفرد کوچک در حدود ۱۷/۵ میکرومتر و حداکثر طول سلول‌های مخروطی بزرگ نیز در حدود ۲۸ میکرومتر به دست آمد. سلول‌های مخروطی مشاهده شده نسبتاً بزرگ بوده و دارای ظاهر متفاوتی نسبت به سلول‌های مخروطی معمول قابل مشاهده در شبکیه سایر مهره‌داران بودند. از این تفاوت‌ها می‌توان به میوئید بسیار کوتاه و الیپسوئید قطور آن‌ها اشاره نمود (شکل ۸).

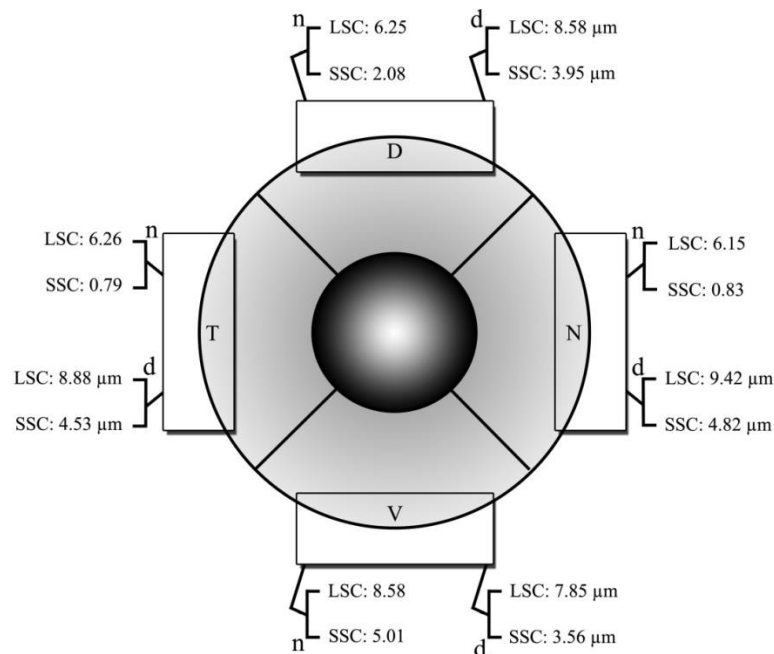
تراکم و قطر سلول‌های مخروطی در نواحی

مختلف شبکیه مورد بررسی قرار گرفته و میانگین تعداد و قطر هر نوع از آنها محاسبه شده است (شکل ۹). میانگین تراکم سلول‌های مخروطی منفرد کوچک در ربع شکمی بیشتر از بقیه ربع‌ها است (۵/۰۱ سلول در ۶۲۵ میکرومتر مربع). ربع پشتی از لحاظ تراکم سلول‌های مخروطی کوچک در رتبه دوم قرار داشته و ربع‌های گیجگاهی و بینی نیز حاوی تعداد کمی از این نوع سلول‌ها هستند. در مورد سلول‌های مخروطی منفرد بزرگ وضعیت متفاوت است به طوری که ربع شکمی همچنان حاوی بیشترین تراکم سلول‌های مخروطی منفرد بزرگ است (۸/۵۸ سلول در ۶۲۵ میکرومتر مربع) اما در بقیه نواحی تفاوت چندانی در تراکم این نوع سلول مشاهده نمی‌شود. در مجموع میانگین تراکم تمامی سلول‌های مخروطی نیز در ربع شکمی و در رتبه دوم در ربع پشتی بیشتر از ربع‌های گیجگاهی و بینی است.

جزئیات دقیق ساختار شبکیه و لایه‌های آن در متنی دیگر (Kordi & Shabanipour, 2014) به‌طور مفصل ارائه و تفسیر شده است.



شکل ۸. قسمت‌های مختلف سلول‌های مخروطی



شکل ۹. میانگین قطر (d) و تعداد (n) انواع سلول‌های مخروطی در نواحی مختلف شبکیه چشم راست در ۶۲۵ میکرومتر مربع (D: ناحیه پشتی، N: ناحیه بینی، V: ناحیه شکمی، T: ناحیه گیجگاهی، LSC: سلول‌های مخروطی منفرد بزرگ، SSC: سلول‌های مخروطی منفرد کوچک)

بوده و به همراه عینک و تا حدودی قرنیه عمل انکسار نور را بر عهده دارد (Sivak, 1977). بررسی Hart *et al.* (2012) نشان داد که در مارهای دریایی گونه *Disteria Aipysurus laevis* *Lapemis curtus* و *major* *Acalyptophis peronii* نیز چشم در زیر عینکی شفاف قرار دارد که از قرنیه محافظت می‌کند. به نظر می‌رسد مار دریایی منقاردار نیز از عینک خود برای محافظت از قرنیه و همچنین انکسار نور بهره می‌برد.

صلبیه و قرنیه

همان‌طور که در شکل‌های ۴ و ۵ به وضوح قابل مشاهده است صلبیه و قرنیه در این جانور ضخامت قابل توجهی دارد که همین امر نفوذ پارافین و به تبع آن مقطع برداری از چشم را با دشواری‌های زیادی مواجه می‌نماید. به نظر می‌رسد ضخامت بالای این بخش‌ها برای مارهای دریایی که قسمتی از اوقات روزمره خود را در اعماق آب (تا ۵۰ متر) سپری می‌کنند جهت سازش در مقابل فشار و امواج آب لازم باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

مردمک

مردمک در مار دریایی منقاردار همانند مارهای روزفعال گرد است. در تمامی مارهای دریایی نیز مردمک گرد و شدیداً قابل انقباض است (Prince, Hibbard & Lavergne, 1956). همان‌طور که (1972) نیز اشاره نموده‌اند مردمک قابل انقباض در مناطق حاره‌ای (زیستگاه مارهای دریایی منجمله مار دریایی منقاردار) که شدت نور در آن‌ها زیاد است در تنظیم نور ورودی به چشم نقش مهمی ایفا می‌کند. مارهای دریایی هنگامی که در خارج از آب هستند مردمک خود را تا حد منفذی کوچک تنگ می‌کنند (Walls, 1942).

عینک

مارها فاقد پلک هستند. بر روی قرنیه مارها لایه‌ای شفاف موسوم به عینک وجود دارد که بررسی‌ها نشان داده است عنصری مهم در انکسار نور در چشم این خزندگان محسوب می‌شود. عدسی مارها تقریباً کروی

مشیمیه (Kordi & Shabanipour, 2014) در کل مشخص شد که چشم این جانور به دلیل داشتن تراکم و تنوع سلولی کم در لایه سلول‌های گیرنده نور احتمالاً نقشی مهم در رفتار جانور نداشته باشد، همان‌طور که از بررسی رفتار تغذیه‌ای آن (Voris *et al.*, 1978) می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً حس بینایی در تغذیه این جانور نقش ناچیزی دارد. به نظر می‌رسد احتمالاً دریافت علائم حسی مکانیکی (مانند حس لامسه) در رفتار این جانور نقش مهم‌تری داشته باشد.

سپاسگزاری

از همکاری بی‌دریغ جناب آقای مهندس حسینی رئیس محترم اداره حفاظت محیط زیست دریایی چابهار و کارکنان محترم آن اداره آقایان مهندس سلطان‌پور و مهندس نجفی و همچنین آقای مهندس دلاور و خانم مهندس فروغی به‌واسطه همکاری صمیمانه در انجام نمونه‌برداری و همچنین از همکاری اداره حفاظت محیط زیست استان سیستان و بلوچستان و همچنین از حمایت‌های دانشگاه گیلان به‌عنوان حامی مالی پروژه، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

- Bergman, R. A. M.; (1956). L'Anatomie De *Enhydrina Schistosa* D. Archives Néerlandaises de Zoologie; 11(1): 127-142.
- Hart, N. S.; Coimbra, J. P.; Collin, S. P.; Westhoff, G.; (2012). Photoreceptor types, visual pigments, and topographic specializations in the retinas of hydrophiid sea snakes. Journal of Comparative Neurology; 520(6): 1246-1261.
- Heatwole, H.; (1999). Sea snakes (No. Ed. 2). Krieger Publishing Company.
- Hibbard, E.; Lavergne, J.; (1972). Morphology of the retina of the sea-snake, *Pelamis platurus*. Journal of anatomy; 112(Pt 1): 125.

مشیمیه لایه مشیمیه مسئول خون‌رسانی به لایه پوششی رنگدانه‌ای و شبکیه بوده و در چشم این جانور مانند اغلب مهره‌داران از ساختاری سست برخوردار است. در این لایه دو بخش حاوی عروق خونی و رشته‌های رنگدانه‌ای قابل مشاهده است که در سایر مهره‌داران نیز یافت می‌شود (Smith, 2008).

شبکیه

نتایج نشان داد که شبکیه مار دریایی منقاردار تماماً مخروطی بوده و فاقد سلول‌های استوانه‌ای است. شمارش سلول‌های مخروطی نیز مشخص نمود که تراکم این سلول‌ها در ربع‌های شکمی و پشتی شبکیه نسبت به ربع‌های گیجگاهی و بینی بیشتر است. همچنین تراکم در ربع شکمی بیشتر از ربع پشتی است. با در نظر گرفتن رفتار جانور در محیط زندگی احتمال می‌رود ناحیه شکمی (با تراکم بیشتر) برای فرار از شکارچیان هوایی (عقاب دریایی) و ناحیه پشتی (با تراکم کمتر) تا حد بسیار اندکی در تغذیه آن از ماهیان بستر نقش داشته باشد. در مطالعه دقیق لایه‌های سلولی شبکیه چشم مار دریایی منقاردار

- Kordi, M.; Shabanipour, N.; (2014). Fine arrangement of photoreceptors in retina and mode of vision in beaked sea snake, *Enhydrina schistosa* (Daudin, 1803) (Reptilia: Hydrophiidae). Italian Journal of Zoology; 81(2): 221-226.
- Prince, J. H.; (1956). Comparative Anatomy of the Eye. Thomas, Springfield, Ill.
- Rasmussen, A. R.; (2001). Sea snakes. The Living Marine Resources of the Western Central Pacific; 6: 3988-4008.
- Rasmussen, A. R.; Murphy, J. C.; Ompi, M.; Gibbons, J. W.; Uetz, P.; (2011). Marine reptiles. PLOS one; 6(11).
- Samuel, M. M.; (1944). Studies on the corpus luteum in *Enhydrina schistosa*

- (Daudin) and *Hydrophis cyanocinctus* (Daudin) of the Madras coast. Proceedings: Plant Sciences; 20(5): 143-174.
- Sivak, J. G.; (1977). The role of the spectacle in the visual optics of the snake eye. Vision Research; 17(2): 293-298.
- Smith, C.; (2008). Biology of sensory systems. John Wiley & Sons.
- Smith, M.; (1926). Monograph of the Seasnake (Hydrophiidae). Trustees of the British Museum.
- Tamiya, N.; Tatsuhiko, Y. A. G. I.; (2011). Studies on sea snake venom. Proceedings of the Japan Academy. Series B, Physical and biological sciences; 87(3): 41.
- Volsøe, H. E. L. G. E.; (1939). The sea-snakes of the Iranian Gulf and the Gulf of Oman. Danish Scientific Investigation in Iran; 1: 9-45.
- Voris, H. K.; Voris, H. H.; Liât, L. B.; (1978). The food and feeding behavior of a marine snake, *Enhydrina schistosa* (Hydrophiidae). Copeia; 134-146.
- Walls, G. L.; (1940). Ophthalmological implications for the early history of the snakes. Copeia; 1-8.
- Walls, G. L.; (1942). The vertebrate eye and its adaptive radiation.