بررسی روند تکوین ساختار چشم فیل‌ماهی (*Huso huso*)

- **حمید اسحق‌زاده** *: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، صندوق‌پستی:٤١١١
- **غلامرضا رفیعی**: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، صندوق‌پستی:٤١١١
- **رضوان اله کاظمی**: موسسه تحقیقات بین المللی تاسماهیان دریای خزر، رشت، صندوق‌پستی:٣٤٦٤-٤١٦٣٥
- **باقر مجازی امیری**: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، صندوق‌پستی:٤١١١
- **سهیل ایگدری**: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، صندوق‌پستی:٤١١١

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۱

چکیده:

این مطالعه به‌منظور تکامل بینایی فیل‌ماهی (*Huso huso*) از زمان تفریخ تا ۳۲ روز پس از تفریخ و هم‌چنین تعیین ساختار و تشکیلات چشمی و رشد لایه‌های مختلف آن در این مرحله انجام شد. در زمان تفریخ، عدسی و شبکیه لارو فیل ماهی تمایز نیافته بود و در ۲ روز پس از تفریخ چشم شروع به تمایز نمود. آشکارترین تغییرات ساختاری چشم فیل‌ماهی بین زمان تفریخ و ٤ روز پس از تفریخ اتفاق افتاد که در این سن، چشم دارای یک دیواره رشد یافته و مکان سازمان یافته، عدسی، عنبیه، مشیمیه، صلبیه، قرنیه و هم‌چنین محوطه زجاجیه بود و تمام لایه‌های شبکیه در روز هشتم پس از تفریخ به‌صورت کاملاً مجزا مشاهده گردید.

کلمات کلیدی: فیل‌ماهی، تکوین، ساختار چشم، بافت‌شناسی

* پست الکترونیک نویسنده مسئول : hamidshil@yahoo.com

مقدمه

چشم در ماهیان اندامی برای شناسایی محرک‌های نوری، انتقال و به خاطرسپاری تصاویر محیطی به مغز است که یک دامنه وسیعی از سازگاری‌های ساختاری را با محیط مرئی، نوع زندگی و زیستگاه نشان می‌دهد. نور به‌عنوان محرک بسیار مهم در خلال مراحل ابتدایی رشد و رفتاری ماهیان خاویاری مانند تاسماهی چینی (*A. sinensis*)، تاسماهی سیبری(*A. baerii*) و تاسماهی پوزه کوتاه (*A. brevirostrum*) مطرح شده است (Gisbert و همکاران، ۱۹۹۹؛ Richmond وKynard ، ۱۹۹۵؛ Zhuang و همکاران، ۲۰۰۲). به‌عنوان مثال در زمان مهاجرت و شنای رو به بالا در پیش‌لارو جنس‌های *Scaphirhynchus*، *Acipenser* و *Huso* تمایل یکسان به زیستگاه‌های روشن گزارش شده است که نشان‌دهنده نقش نور و اهمیت بینایی در بروز رفتارهای آنتوژنی است ولی با توجه به نیازهای محیطی در هر مرحله از زندگی ماهیان، زمان تمایز و شکل‌گیری کامل لایه‌های مختلف چشم خصوصاً لایه شبکیه در بین لاروهای گونه‌های مختلف استخوانی و خاویاری مانند تاسماهی چینی (*A. sinensis*)، تاسماهی سیبری (*A. baerii*) و تاسماهی سبز (*A. medirostris*)، اسناپر نیوزلند (*Pagrus auratus*) متفاوت می‌باشد (Deng و همکاران، ۲۰۰۲؛ Pankhurst و Eagar، ۱۹۹۶؛ Rodrý´guez و Gisbert، ۲۰۰۲؛ Zhuanga و همکاران، ۲۰۰۳).

حس بینایی در لارو ماهیان خاویاری بر خلاف لارو ماهیان دریایی و استخوانی به‌میزان کم‌تری در شروع تغذیه فعال نقش دارد (Batty، ۱۹۸۷؛ Rodrý´guez و Gisbert، ۲۰۰۲). به طور کلی به‌نظر می‌رسد حس چشایی، خط جانبی و احتمالاً حس بویایی به‌میزان بیش‌تری در شروع و کنترل فعالیت تغذیه‌ای تاسماهیان نقش داشته باشند (Boglione و همکاران، ۱۹۹۷). نیاز به نور و حس بینایی در لارو ماهیان خاویاری در بروز رفتارهایی از جمله جهت‌یابی، رفتارگروهی[1]، رئوتاکسیس[2]، گرایش به نور[3]، فرار از شکارچی، افزایش توانایی لارو در تشخیص حرکت طعمه از محیط اطراف و انتخاب زیستگاه مناسب ثابت شده است و این نوع رفتارها در همه گونه‌های ماهیان خاویاری بسته به نیاز اکولوژیکی گونه و مرحله زندگی با یکدیگر تفاوت دارد (Arnold، ۱۹۷۴؛ Kynard و Horgan، ۲۰۰۲؛ Olla و همکاران، ۱۹۹۶؛ Rodrý´guez و Gisbert، ۲۰۰۲).

مطالعات گسترده‌ای روی ساختار و زمان تمایز لایه شبکیه به‌خصوص سلول‌های استوانه و مخروطی در ماهیان استخوانی و خاویاری انجام شده است، زمان تمایز لایه شبکیه در ماهیان استخوانی هم‌زمان با شروع تغذیه فعال و در ماهیان خاویاری قبل از شروع تغذیه فعال بیان شده است (Carton و Vaughan، ۲۱۰۱؛ Rodrý´guez و Gisbert، ۲۰۰۲) و حضور سلول‌های مخروطی در لایه شبکیه چشم ماهیان استخوانی هم‌زمان با شروع تغذیه فعال است (Blaxter و Staines، ۱۹۷۰) که نشان‌دهنده شروع عملکرد شبکیه در زمان شروع تغذیه فعال است و هم‌چنین زمان حضور سلول‌های استوانه‌ای بعد از به‌وجود آمدن سلول‌های مخروطی در لایه شبکیه گزارش شده است که بین ماهیان استخوانی و خاویاری نیز از نظر زمان به‌وجود آمدن سلول‌های استوانه‌ای تفاوت وجود دارد و علت این تفاوت، سازگاری به شرایط محیطی جدید و تغییر رفتاری از مرحله زندگی پلاژیک به زندگی بنتیک و بالعکس مطرح شده است. از این‌رو بینایی به‌عنوان محرک حسی غالب در زمان دوره لاروی مطرح می‌باشد (Ebbesson و همکاران، ۲۰۰۷؛ Pankhurst و Eagar، ۱۹۹۶؛ Chai و همکاران، ۲۰۰۶).

تغییرات آنتوژنی متعددی در چشم ماهیان به‌خصوص در ارتباط با مورفولوژی شبکیه اتفاق می‌افتد که وابسته به نور محیط می‌باشد (Loew و Sillman، ۱۹۹۳). مطالعه توسعه ساختار چشم در طی فرایند فردزایی گونه‌های خاویاری جنس *Acipenser*(Chai وهمکاران، ۲۰۰۶؛Rodrý´guezوGisbert، ۲۰۰۲) به‌ویژه سلول‌های دریافت‌کننده نور و رنگدانه‌های بینایی در نمونه‌های جوان و بالغ *A. transmontanus* (Sillman و همکاران، ۱۹۹۰) انجام شده است، اما هیچ اطلاعاتی در رابطه با روند توسعه ساختار چشم در طی مراحل اولیه رشد جنس *Huso* موجود نمی‌باشد. از این‌رو این تحقیق با هدف مطالعه روند شکل‌گیری ساختار و رشد هیستومورفولوژیکی چشم فیل‌ماهی (*Huso huso*) از زمان تفریخ تا ۳۲ روز پس از تفریخ به اجرا درآمد.

[1] Schooling
[2] Rheotaxis
[3] Phototaxis

مواد و روش‌ها:

نمونه‌های مورد نیاز از تکثیر مصنوعی یک مولد ماده و سه مولد نر ۹ ساله پرورشی فیل‌ماهی در فروردین ماه ۱۳۹۰ در انستیتو بین‌المللی ماهیان خاویاری دکتر دادمان تهیه شد. در فرآیند تکثیر مصنوعی این مولدین، هورمون‌تراپی با استفاده از $LHRH_{a2}$، در دمای ۱۱ درجه سانتی‌گراد انجام گردید. پیش‌لاروها بعد از ۸ روز از تخم خارج و بلافاصله به ۳ مخزن پرورشی فایبرگلاس ۰/۵ تنی در ابعاد ۱۰۵×۱۰۲×۵۲ (طول×عرض×ارتفاع) سانتی‌متر با تراکم ۳۳ گرم در هر تانک، که تا ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری آب‌گیری شده بودند، معرفی گردیدند. غذادهی از روز ۸ پس از تفریخ به‌میزان ۵۰۰ ناپلی آرتمیا به ازای هر لارو در روز، تا روز پانزدهم پس از تفریخ آغاز شد و بعد از آن از مخلوط غذای زنده (دافنی و شیرنومیده) و غذای کنسانتره (بیومار با قطر ۰/۵ میلی‌متر) تا پایان آزمایش (۳۲ روز پس از تفریخ) تا حد سیری انجام گرفت. منبع آبی مورد استفاده از مخلوط آب چاه و رودخانه به‌ترتیب با دبی ۴۰۰ میلی‌لیتر در دقیقه و ۲۵۰ میلی‌لیتر در دقیقه تأمین گردید. به‌منظور جلوگیری از کاهش دما در نوسانات شبانه‌روزی بالای دمای آب رودخانه از آب چاه نیز استفاده شد. شرایط دما، اکسیژن و pH در طول دوره پرورش به‌صورت روزانه ثبت گردید. در این دوره میانگین pH آب در حدود ۷/۲ و دمای آب ۱۵/۹ درجه سانتی‌گراد و اکسیژن آب ۸/۷ میلی‌گرم در لیتر در نظر گرفته شد.

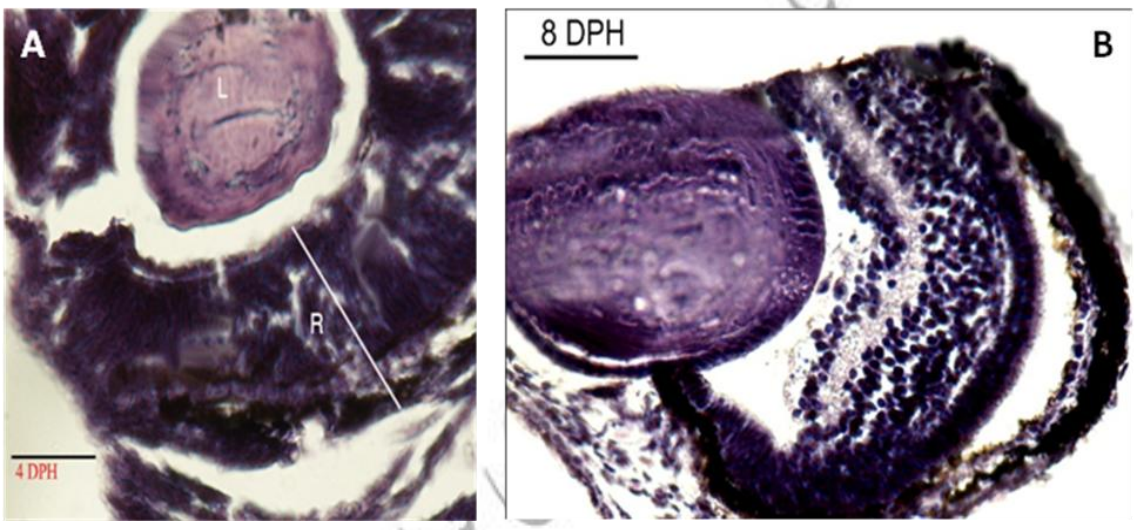
از زمان تفریخ تا روز ۱۵ پس از تفریخ به‌صورت روزانه و بعد از آن هر ۵ روز یک‌بار تا ۳۲ روز پس از تفریخ ۲۰ عدد لارو مورد مطالعه قرار گرفت. نمونه‌ها پس از بی‌هوش شدن در محلول گل میخک مستقیماً در فرمالین فسفات بافری ۱۰ ٪ (pH=7.2, 0.009M) تثبیت و پس از ۲۴ ساعت به اتانول ۷۲ درصد منتقل گردیدند. آماده‌سازی و تهیه مقاطع بافتی به روش پارافینه براساس پوستی انجام شد. در مجموع تعداد ۱۵ برش عرضی و طولی به‌صورت جداگانه با ضخامت ۷-۵ میکرون از هر نمونه تهیه و با استفاده از هماتوکسلین- ائوزین[1] رنگ‌آمیزی شدند. مقاطع بافتی به‌کمک میکروسکوپ‌های نوری مجهز به نمایشگر و دوربین عکاسی نیکون (مدل ۶۰۰) عکس‌برداری و مورد مطالعه قرار گرفتند. اندازه‌گیری طولی لاروها نیز پس از عکس‌برداری با استفاده از نرم‌افزار ImageJ صورت پذیرفت.

[1] Haematoxylin-Eosin

نتایج:

در این پژوهش، نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان ریخت‌زایی بین زمان تفریخ (۱۳/۳۸-۹/۰۵ = طول کل (TL)) تا ۴ روزگی (۱۷/۲۴-۱۶=TL) اتفاق افتاد (شکل 1A)، به عبارت دیگر در انتهای این دوره چشم دارای یک دیواره و جایگاه تمایز یافته، عدسی، عنبیه، مشیمیه، صلبیه، قرنیه و محوطه زجاجیه مشخص بود که لایه شبکیه آن را احاطه می‌کرد. لایه شبکیه در روز ۸ پس از تفریخ به‌صورت لایه‌هایی کاملاً مجزا مشخص بود (شکل 1B). در زمان تفریخ چشم‌ها در منطقه تشکیل لایه عنبیه دارای رنگدانه بودند (شکل 2A). چشم در دوره فوق به‌صورت یک نیم‌کره ناقص شامل سلول‌های نوربلاست، لایه اپی‌تلیوم و یک عدسی می‌باشد که به‌تدریج بعد از این دوره لایه شبکیه آن از لایه اپی‌تلیوم قابل تشخیص می‌شود. در روز چهارم چشم دارای ۳ بخش متمایز، شامل: لایه خارجی بازوفیلیک استوانه‌ای که در ادامه فرایند آنتوژنی چشم به صلبیه و مشیمیه تبدیل می‌شود، لایه شبکیه بازوفیلیک تمایز نیافته و بافت ائوزینوفیلیک که تشکیل عدسی کریستاله را می‌دهد، می‌باشد (شکل 1A). در ۵ روز پس از تفریخ اولین لایه شبکیه مانند به‌همراه یک لایه اپی‌تلیوم ضخیم مشاهده گردید و در این لایه تنها یک ردیف نوربلاست قابل تشخیص بود. اگرچه بین ۵ (۱۸/۶۴-۱۷/۲۸=TL) و ۶ (۱۸/۲۰-۱۶/۹۶=TL) روز پس از تفریخ ساختار کلی چشم به‌طور کامل متمایز شد ولی لایه شبکیه به‌طور کامل تمایز نیافته بود. عدسی‌های کریستاله یک کره گرد با ۲ دیواره بافتی جدا از هم، شامل یک پوشش بیرونی با اپی‌تلیوم ضخیم حاوی سلول مکعبی و یک لایه درونی با سلول‌های رشته‌ای بزرگ و اسید دوست که دارای لبه کند و ضخیم بودند که یک کپسول از جنس کربوهیدرات آن را احاطه می‌کرد (شکل 2B). در ۵ روز پس از تفریخ عدسی تقریباً در تماس با قرنیه شفاف (دربرگیرنده بافت فشرده بازوفلیک و لایه‌های متعدد سلولی) قرار داشت. لایه بیرونی قرنیه با لایه پوستی پیرامونی آمیخته شده و بخش داخلی آن نیز به لایه صلبیه اتصال یافته بود (شکل 2C). لایه صلبیه دارای یک بافت حمایت‌کننده فیبروکلاژنی است که در آن سلول‌های لنفوسیت و ملانوسیت پراکنده بودند. در زمان فوق عنبیه بازوفلیک دارای اپی‌تلیوم صاف بروی لبه خارجی و لایه اپی‌تلیومی کمی برجسته که واجد سلول‌های مکعبی بود روی لبه داخلی قرار داشت. مشیمیه با حاشیه کناری عنبیه در تماس بود و به‌صورت یک بافت ملتحمه دارای رگ‌های خونی

فراوان ظاهر گردید. مشیمیه دارای ۲ لایه رنگی نازک بود که به‌وسیله سینوس وریدی از هم جدا شده بودند. در ۸ روز پس از تفریخ تمام لایه‌های شبکیه قابل مشاهده شدند. در این روز اپی‌تلیوم رنگی (Pigment Epithelium) از لایه خارجی شبکیه منشا گرفت و مانند یک لایه منفرد از سلول‌های مکعبی به‌طور واضح متمایز بود. مقدار گرانول‌های ملانین اپی‌تلیوم رنگی نیز در ادامه فرایند آنتوژنی به‌طور قابل توجهی در لایه شبکیه افزایش یافت. لایه هسته خارجی (Outer Nuclear Layer) دارای یک ردیف منظم از دو سلول متفاوت دریافت‌کننده نوری یا به عبارت دیگر هسته سلول‌های استوانه‌ای و مخروطی منفرد بود (شکل ۲D). بخش خارجی سلول استوانه‌ای به‌صورت یک بیضی کشیده کوچک و ماویید رشته‌ای بلند اسید دوست بود ولی هسته آن بازوفیلیک و تقریباً گرد بود.

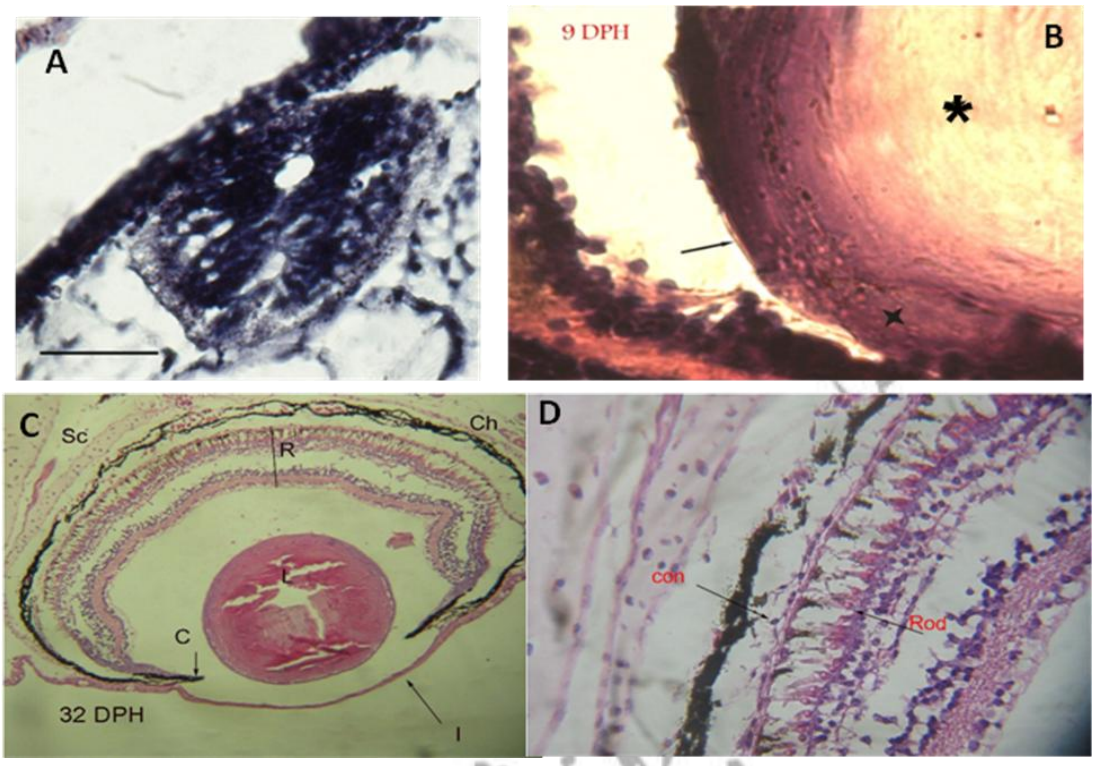


شکل۱: (A) ساختار چشم در ۴ روز پس از تفریخ و (B) ساختار چشم در ۸ روز پس از تفریخ (مقیاس=۲۰۰ میکرومتر، L- عدسی، R- شبکیه تمایز نیافته و - رنگ آمیزی H&E) (۴۰X)

سلول‌های مخروطی نیز دارای یک بخش خارجی ائوزینوفیلیک کوتاه و نازک‌تر به شکل بیضی کشیده با قطرات چربی کوچک و هسته بازوفلیک هم شکل بودند. بخش خارجی گیرنده‌های نوری (Photoreceptor Layer) نیز به‌وسیله رنگدانه‌های لایه اپی‌تلیوم کمی پوشیده می‌شد. بین سلول‌های گیرنده نوری و لایه هسته داخلی (Inner Nuclear Layer) یک لایه درهم پیچیده خارجی بازوفلیک (Outer plexiform Layer) نازک قابل تشخیص بود. از ۸ تا ۳۲ روز پس از تفریخ، تغییرات عمده چشم شامل افزایش تعداد و اندازه سلول‌ها با یک تغییر در سلول‌های دریافت‌کننده نوری و گرانول‌های ملانین در لایه اپی‌تلیوم رنگی مشاهده شد. در روز ۳۲ پس از تفریخ (TL =۳۶/۵۶-۴۷/۹۱) ساختار چشم کاملاً رشد یافته بود.

بحث:

وجود رنگدانه‌های تیره چشمی در زمان تفریخ لارو فیل‌ماهی با نتایج مطالعات انجام شده بروی گونه تاسماهی سفید (*A.transmontanus*) (Loew و Sillman، ۱۹۹۳) و تاسماهی آدریاتیک (*A. naccarii*) (Boglione و همکاران، ۱۹۹۷) و تاسماهی سیبری (*A. baerii*) (Rodrý´guez و Gisbert، ۲۰۰۲) و تاسماهی چینی (*A. sinensis*) (Chai و همکاران، ۲۰۰۶) و برخی از ماهیان استخوانی (Wahl و Mills، ۱۹۹۳) مطابقت داشت.



شکل ۲: (A) ساختار عنبیه در زمان تفریخ (مقیاس=۲۰۰ میکرومتر)، (B) ساختار عدسی چشم در روز ۹ پس از تفریخ. (علامت فلش:کپسول بیرونی احاطه کننده عدسی و از جنس کربوهیدرات؛ * : لایه درونی و × :لایه بیرونی (۱۰۰X)، (C) ساختار چشم در روز ۳۲ پس از تفریخ (L: عدسی، C: قرنیه، Ch: مشیمیه، Vch: زجاجیه، Ach: زلالیه، I: عنبیه، R: شبکیه، Sc: صلبیه (۱۰۰X) و (D) ساختار لایه شبکیه در روز ۳۲ پس از تفریخ (۱۰۰X) (رنگ‌آمیزی H&E)

بین زمان تفریخ و روز ۳ پس از تفریخ ساختار ابتدایی چشم فیل ماهی مشابه تاسماهی سیبری (*A. baerii*) (Rodrý´guez و Gisbert، ۲۰۰۲) و بسیاری گونه‌های ماهیان استخوانی مانند مارماهی حقیقی (*Anguilla anguilla*) (Pankhurst، ۱۹۸۴) و سوف‌حاجی‌طرخان (*Perca fluviatilis*) (Guma'a، ۱۹۸۲) یافت شد. به‌عبارت دیگر شبکیه اولیه در این دوره شامل یک لایه اپی‌تلیوم رنگی ساده و یک لایه نوربلاستیک[1] بود که عملکرد آن تشخیص شدت نور توسط لاروها می‌باشد. Zhuang و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که پیش‌لاروهای جنس *Acipenser*، *Scaphirhynchus* و *Huso* به حضور در زیستگاه‌های روشن تمایل دارند. مطالعات رفتاری در طی دوره مشابه در لاروهای خاویاری سیبری (*A. baerii*) نشان داد که آن‌ها دارای رفتار فتوتاکتیک هستند و زمنیه‌هایی که دارای رنگ سفید هستند را نسبت به رنگ سیاه و خاکستری ترجیح می‌دهند (Gisbert و همکاران، ۱۹۹۹). نتایج مشابه در مورد تاسماهی آمور (*A. schrenckii*) و کالوگا (*H. dauricus*) بر انتخاب زیستگاه روشن صدق می‌کند ولی با ادامه رشد ماهی و شروع تغذیه فعال تمایل و ارجحیت نوری در کالوگا تا روز ۳۰ پس از تفریخ در مقایسه با تاسماهی آمور خیلی بیش‌تر بود که علت آن تفاوت بین گونه‌ها در رفتار غذایابی ذکر شده است (Zhuang و همکاران، ۲۰۰۳) که این تمایل نوری در تاماهی سیبری (*A. baerii*) (Gisbert و همکاران، ۱۹۹۹)، تاسماهی آدریاتیک (*A. nacarii*) (Boglione و همکاران، ۱۹۹۷) و تاسماهی اطلس (*A. oxyrinchus*) (Kynard و Horgan، ۲۰۰۲) یکسان بودند. از این‌رو با توجه تکوین لایه‌های شبکیه مشابه تاسماهی سیبری، دریافت علائم نوری در مراحل اولیه زندگی فیل‌ماهی(*H. huso*)می‌تواند به‌عنوان یک منبع اطلاعاتی مهم مطرح باشد. این علائم مرئی به لاروها در تبعیض بین شکارچیان و محیط آب کمک می‌کند، بنابراین زمانی که روز یا شب است لاروها به‌دلیل توانایی در انتخاب زیستگاه مناسب کم‌تر آسیب‌پذیر می‌شوند (Loew و Sillman، ۱۹۹۳). این

[1] Neuroblastic Layer

قبیل پاسخ‌ها به محرک‌های نوری می‌تواند با وجود گرانول‌های ملانین تیره در اپی‌تلیوم رنگ، یا وجود اپسین[1] به‌عنوان مولکولی رنگدانه‌ای حساس به نور در گیرنده‌های نوری شبکیه (Forsell و همکاران، ۱۹۹۷) و یا دیگر گیرنده‌های نوری مانند پوست و پینه‌آل (Kvenseth و همکاران، ۱۹۹۶) ارتباط داشته باشد که تحقیقات بیش‌تری‌برای‌اثبات دیگر دلایل(غیرازحضورگرانول‌های ملانین تیره در اپی‌تلیوم رنگی و رنگدانه‌ای حساس به نور در گیرنده‌های نوری شبکیه) و مکانیسم‌های آن در مراحل اولیه زندگی فیل‌ماهی نیاز است.

واکنش اولیه به نور در تاسماهی سیبری بعد از تفریخ با رشد کامل سلول‌های دریافت‌کننده نوری شبکیه بین ۵-۶ روز پس از تفریخ افزایش یافت(Rodrý´guez و Gisbert، ۲۰۰۲). سلول‌های استوانه‌ای و مخروطی منفرد در شبکیه چشم ماهیان به افزایش حساسیت به نور کمک می‌کند (Fernald، ۱۹۸۵). همان‌طور که در بخش نتایج ذکر شد این ساختار شبکیه در فیل‌ماهی با دیگر گونه‌های ماهیان خاویاری مانند تاسماهی سفید (*A.transmontanus*)(Loew و Sillman، ۱۹۹۳) و تاسماهی آدریاتیک (*A. naccarii*) (Boglione و همکاران، ۱۹۹۷) مشابه بود.

در بسیاری از ماهیان زمانی تا زمانی که سلول‌های استوانه‌ای و پاسخ شبکیه به نور[2] به‌خوبی توسعه نیابد، توانایی دیداری تا دگردیسی افزایش نمی‌یابد. اگرچه در فیل‌ماهی و بیش‌تر گونه‌های مطالعه شده جنس *Acipenser* ساختار مورفولوژیکی قبل از پایان جذب کیسه زرده حاصل می‌شود (Loew و Sillman، ۱۹۹۳؛ Sillman و همکاران، ۱۹۹۰) ولی ساختار ساده شبکیه آن‌ها فاقد سلول‌های مخروطی دوقلو، سه‌قلو یا چهارقلو است. با وجود این در شبکیه پیچیده لارو بیش‌تر ماهیان استخوانی سلول‌های مخروطی منفرد و دوقلو در یک الگوی موزائیکی گزارش شده است. ساختار شبکیه در لارو فیل‌ماهی مشخصه ماهیانی است که در نزدیکی طلوع و غروب خورشید فعالیت می‌کنند، که وابسته به روشنایی نیستند (Fernald، ۱۹۸۵).

به‌نظر می‌رسد ساختار شبکیه از نظر وجود و تراکم سلول‌های استوانه‌ای و مخروطی با افزایش سن از مرحله پیش‌لاروی به سمت مرحله لاروی فیل‌ماهی ناپایدار می‌باشد. هم‌چنین گزارش شده است که مرحله بلوغ تاسماهی سفید و تاسماهی آدریاتیک دارای مکانیسم دریافت نوری لازم برای دید رنگی و یا بهبود تشخیص دیداری بین دامنه وسیعی از طیف‌های رنگی هستند. پیچیدگی در تاسماهیان بالغ نسبت به مرحله لاروی به‌دلیل نیازهای دیداری آن‌ها بیش‌تر است، اگرچه معلوم نیست که چطور دید رنگی برای ماهیان خاویاری بالغ با توجه به محیط گل‌آلود و کدری که در آن زیست می‌کنند می‌تواند مفید باشد (Govardovskii و همکاران، ۱۹۹۱؛ Loew و Sillman، ۱۹۹۳).

طبق نتایج این تحقیق، تکامل بینایی در فیل‌ماهی در زمان قبل از شروع تغذیه فعال اتفاق افتاد به‌طوری که تمام لایه‌های شبکیه در زمان ۸ روز پس از تفریخ به‌صورت لایه‌های کاملاً مجزا مشاهده شدند که مطابق با تاسماهی سیبری و تاسماهی چینی(*A. sinensis*)بوددرحالی‌که‌تاسماهی‌سبز (*A. medirostris*) دارای لایه شبکیه تمایز یافته در زمان تفریخ بود (Deng و همکاران، ۲۰۰۲). تکوین اندام بینایی در تاسماهی سیبری با تمایز اندام‌های حسی و ساختارهای حرکتی و با یک کاهش قابل توجه در حجم کیسه زرده همراه بود که پاسخی بر تغییر رفتار می‌باشد و هم‌چنین وظیفه‌ای شدن و تمایز کامل شبکیه با رفتار رئوتاکسیس مثبت در ۵-۶ روز پس از تفریخ هم‌پوشانی داشت (Chai و همکاران، ۲۰۰۶؛ Gisbert و همکاران، ۱۹۹۹؛ Rodrý´guez و Gisbert، ۲۰۰۲). در این سن (۵-۶ روزگی) سلول‌های استوانه‌ای و مخروطی به‌طور کامل توسعه یافته‌اند. نور یک نقش قطعی را در پاسخ ماهیان به جریان آب را بازی می‌کند و رئوتاکسیس عموماً وابسته به محرک‌های دیداری است (Arnold، ۱۹۷۴). مکانیسم دیداری مسیریابی به جریان آب در اصل، پاسخ Optomotor است که در لاروهای تاسماهی سیبری و تقریباً تمام ماهیان استخوانی به استثناء بعضی از گونه‌های غیرمهاجر گزارش شده و به‌نظر می‌رسد در پیش‌لاروهای فیل‌ماهی زمانی که مکانیسم لامسه‌ای جهت‌یابی هنوز به اندازه کافی رشد نیافته است، نور برای پاسخ Optomotor مهم باشد، زیرا در طی ساعات شب، زمانی که نور زیر سطح بحرانی برای دیدن اجسام می‌رسد، رئوتاکسیس دیده نمی‌شود (Gisbert و همکاران، ۱۹۹۹). چنین رفتارهای وابسته به محرک‌های نوری که در زمان لاروی ظاهر می‌شود در زمان بلوغ و جوانی مشاهده نمی‌شود، به‌طوری که تغییر در شدت نور اثری روی پاسخ رئوتاکتیک تاسماهی روسی (*A. gueldenstaedtii*) و ازون‌برون (*A. stellatus*) نداشت، زیرا اندام های لامسه‌ای و گیرنده‌های حسی در آن‌ها به‌طور کامل رشد یافته‌اند (Pavlov و همکاران، ۱۹۷۲). تمایز چشم در فیل‌ماهی با استقرار طعمه و اولین تغذیه مطابقت نداشت، بنابراین نتایج این تحقیق اثبات می‌کند که بینایی نقش کلیدی در رفتار تغذیه‌ای و غذایابی

[1] Opsin
[2] Retinomotor Responses

اولیه ندارد که مشابه با نتایج تاسماهی سیبری (Rodrý´guez و Gisbert، ۲۰۰۲) و تاسماهی آدریاتیک (Boglione و همکاران، ۱۹۹۷) است. با این وجود، واضح است که بینایی یک فاکتور اصلی در رفتار تغذیه‌ای ماهیان خاویاری نیست ولی تا اندازه‌ای می‌تواند برای اولین تغذیه لارو از زئوپلانکتون موثر باشد و به آن‌ها برای تشخیص تغییرات در شدت نور محیط و شناسایی و تمایز طعمه در ستون آب کمک کند (Loew و Sillman، ۱۹۹۳).

به‌طورکلی، لارو و انگشت قد فیل‌ماهی دارای شبکیه چشم ساده و فقط با ۲ نوع گیرنده نوری (سلول‌های مخروطی منفرد و استوانه‌ای) بودند. از این‌رو وجود سلول‌های بینایی ظرفیتی برای ردیابی دیداری را تضمین نمی‌کند. نتایج این تحقیق ارزیابی بیش‌تری برای کشف رنگدانه‌های بینایی موجود در سلول‌های دریافت‌کننده نور در طی اولین مراحل رشد را توصیه می‌کند. نتایج این تحقیق هم‌چنین نشان می‌دهد که بینایی می‌تواند در تغذیه، جهت‌یابی، انتخاب زیستگاه مناسب و شناسایی شکارچیان در طی مراحل اولیه تکوین نقش داشته باشد.

تشکر و قدردانی

از همکاری صمیمانه مسئولان و کارشناسان محترم انستیتو تحقیقاتی بین‌المللی ماهیان خاویاری دکتر دادمان و راهنمایی‌های دلسوزانه و بی‌دریغ مهندس علی حلاجیان و محمد پوردهقانی کمال تشکر و قدردانی را دارد.

منابع

1. **Arnold, G., 1974.** Rheotropism in fishes. Biological Reviews, 49: 515-576.
2. **Batty, R.S., 1987.** Effect of light intensity on activity and food searching of larval herring *Clupea harengus*: a laboratory study. Mar. Biol, 93:323- 327.
3. **Blaxter, J. and Staines, M., 1970.** Pure-cone retinae and retinomotor responses in larval teleosts. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 50:449-464.
4. **Boglione, C.; Bronzi, P.; Cataldi, E.; Serra, S.; Gagliardi, F. and Cataudella, S., 1997.** Aspects of early development in the Adriatic sturgeon *Acipenser nacarii*. J. Appl. Ichthyol, 15:207-213.
5. **Carton, A.G. and Vaughan, M.R., 2010**. Behavioural and anatomical measures of visual acuity in first-feeding Yellowtail Kingfish (*Seriola lalandi*) larvae. Environment Biology Fish, 89:3–10.
6. **Chai, Y.; Xie, C.; Wei, Q.; Chen, X. and Liu, J., 2006**. The Ontogeny of the Retina of Chinese Sturgeon (*Acipenser sinensis*). J. Appl. Ichthyol, 22:196-201.
7. **Deng, X.; Van Eenennaam, J.P. and Doroshov, S.I., 2002.** Comparisonof early life stages and growth of green and white sturgeon. In: Biology, Management and Protection of North American Sturgeon. American Fisheries Society, Symposium 28. Eds: W. Van Winkle; P.J. Anders; D.H. Secor; D.A. Dixon. Bethesda. Maryland. pp.237-248.
8. **Ebbesson, L.O.E.; Ebbesson, S.O.E.; Nilsen, T.O.; Stefansson, S.O. and Holmqvist, B., 2007**. Exposure to continuous light disrupts retinal innervation of the preoptic nucleus during parr–smolt transformation in Atlanticsalmon.Aquaculture,273:345-349.
9. **Fernald, R.D., 1985.** Growth of the teleost eye: novel solution to complex constraints. Env.Biol.Fish,13:113-123.
10. **Forsell, J.; Holmqvist, B.; Helvik, J. and Ekström, P., 1997**. Role of the pineal organ in the photoregulated hatching of the Atlantic halibut. The International journal of developmental biology, 41:591.
11. **- Gisbert, E.; Williot, P. and Castello´ Orvay, F., (1999)**. Behavioural modifications in the early life stages of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt). J. Appl. Ichthyol,15:237-242.
12. **Govardovskii, V.I.; Byzov, A.L.; Zueva, L.; Polisczuk, N.A. and Baburina, E.A., 1991**. Spectral characteristics of photoreceptors and horizontal cells in the retina of the Siberian sturgeon

Acipenser baerii Brandt. Vis. Res, 31:2047–2056.

13. **Guma'a,S.A.,1982.**Retinal development and retinomotor responses in perch, *Perca fluviatilis* L. J. Fish Biol, 20: 611-618.
14. **Kvenseth, A.M., Pitman, K. and Helvik, J.V., 1996**. Eye development in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*): differentiation and development of the retina from early yolk sac stages through metamorphosis. Can. J. Fish. Aqua. Sci, 53:2524-2532.
15. **Kynard, B. and Horgan, M., 2002**. Ontogenetic behavior and migrationof Atlanticsturgeon,*Acipenser oxyrinchus oxyrinchus*, and shortnose sturgeon, A. brevirostrum, with notes on social behavior. Env. Biol. Fish., 63:137-150.
16. **Loew, E. and Sillman, A.J., 1993**. Age-related changes in the visual pigments of the white sturgeon (*Acipenser transmontanus*).Can.J. Zool, 71:1552-1557.
17. **Olla, B.; Davis, M.; Ryer, C. and Sogard, S., 1996.** Behavioural determinants of distribution and survival in early stages of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* a synthesis of experimental studies. Fisheries Oceanography, 5:167-178.
18. **Pankhurst, N.W., 1984**. Retinal development in larval and juvenile European eel, *Anguilla anguilla* (L.). Can. J. Zool, 62:335-343.
19. **Pankhurst, P.M. andEagar,R., 1996.** Changes in visual morphology through life history stages of the New Zealand snapper, *Pagrus auratus*. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 30:79-90.
20. **Pavlov, D.S.; Sbikin, Y.N.; Vashchinnihov, A.Y. and Mochek, A.D., 1972**. The effect of light intensity and water temperature on the current velocities critical to fish. J. Ichthyol, 12:703-711.
21. **Richmond, A.M. and Kynard, B., 1995**. Ontogenetic behaviour of shortnose sturgeon, *Acipenser brevirostrum*. Copeia. pp.172-182.
22. **Rodrý´guez, A. and Gisbert, E., 2002**. Eye development and the role of vision during Siberian sturgeon early ontogeny. J.Appl.Ichthyol,18:280-285.
23. **Sillman, A.J.; Spanfelner ,M.D. and Loew, E.R., 1990.** The photoreceptors and visual pigments in the retina of the white sturgeon, *Acipenser transmontanus*. Can. J. Zool, 68:1544-1551.
24. **Wahl, C. and Mills, E., 1993**. Ontogenetic changes in prey selection and visual acuity of the yellow perch, *Perca flavescens*.Can. J. Fish. Aqua. Sci, 50:743-749.
25. **Zhuang, P.; Kynard, B.; Zhang, L.; Zhang, T. and Cao, W., 2002**. Ontogenetic behavior and migration of Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*. Environmental Biology of Fishes, 65: 83-97.
26. **Zhuang, P.; Kynard, B.; Zhanga, L.; Zhang, T. and Cao, W., 2003**. Comparative ontogenetic behavior and migration of kaluga, *Huso dauricus*, andAmursturgeon,*Acipenser schrenckii*, from the Amur River. Env. Biol. Fish, 66:37-48.

Early development of eye structure in Beluga (*Huso huso*)

- **Hamid Eshaghzade*:** Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, P.O. Box: 4111, Karaj, Iran
- **Gholam Reza Rafiae:** Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, P.O. Box: 4111, Karaj, Iran
- **Rezvanolla Kazemi**: Department of physiology and histology, Dadman international sturgeon research institute, P.O.Box: 3464-41635, Rasht, Iran
- **Bagher Mojazi Amiri:** Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, P.O. Box: 4111, Karaj, Iran
- **Soheil Eagdari:** Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, P.O. Box: 4111, Karaj, Iran

Received: November 2012 Accepted: February 2013

Keywords: Beluga, ontogeny, eye structure, histology.

Abstract:

This study aimed to survey development of eye Beluga (*Huso huso*) from hatching time to 32 days after hatching and also determine the structure and organization of the various layers of development of eye and it was at this stage. At hatching, Great sturgeon larvae possess an undifferentiated lens and retina and the eye begins to differentiate at 2 days post-hatch. The most obvious changes of eye structural Beluga occurred between hatching time and 4 days after hatching when At this age, the eye wall has a developed and organized location, lens, iris, choroid, sclera, cornea and the vitreous cavity and at 8 days after hatching, all retinal layers observed quite distinct.

*Corresponding author's email: hamidshil@yahoo.com