



بررسی آلومتری رشد خصوصیات ریختی ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) در مراحل اولیه تکوینی

قدیر قربانزاده^{۱*}، غلامرضا رفیعی^۲، سهیل ایگدری^۳، هادی پورباقر^۳، ایرج عفت‌پناه^۴

- ۱- دانشآموخته کارشناسی ارشد تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج.
- ۲- استاد، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج.
- ۳- استادیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج.
- ۴- مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر ماهیان خاویاری شادروان دکتر یوسف‌پور، سیاهکل، گیلان.

دریافت: ۹۲/۱۰/۰۳ پذیرش: ۹۳/۰۴/۲۲

* نویسنده مسئول مقاله: ghadir.ghorbanzadeh@gmail.com

چکیده:

این تحقیق برای بررسی تمايز ریختی و الگوهای رشد آلومتریک ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) در مراحل اولیه زندگی (از روز ۰ تا ۳۵ پس از تفریخ) انجام شد. داده‌های ریختی مورد مطالعه از روی تصاویر گرفته شده از نمونه‌ها، با نرم‌افزار ImageJ استخراج و الگوهای رشد آلومتری براساس $y = \log_{10} \alpha + \beta \log x$ محاسبه شدند. براساس آستانه‌های تغییرات در رشد ویژگی‌های ریختی و تغییرات شکل، مراحل مختلف زندگی لاروی ماهی سفید به دوره‌های Eleuthero-embryo، Propterygio-larval، Pterygio-larval و نوجوانی تقسیم گردید، که در هر یک از این مراحل وقایع مهم و حیاتی در لارو رخ می‌دهد. تغییرات در مراحل اولیه لاروی با سرعت و شدت بیشتری (Propterygio-larvae, eleuthero-embryo) رخ داد که از آن جمله می‌توان به تکوین ساختار آبشی، شروع تغذیه فعال و تکوین ساختارهای تغذیه‌ای، حسی و اندام‌های مؤثر در شنا اشاره کرد. همچنین نتایج نشان داد که بروز این وقایع مهم حیاتی با نقاط عطف خصوصیات ریختی همخوانی داشته و روند تغییر آن‌ها، ترجیحات تکوینی ساختارهای دخیل در تغذیه، تنفس، شنا و اندام‌های حسی را نشان می‌دهد.

کلید واژگان: ماهی سفید، الگوهای رشد آلومتری، تکوین لاروی، ویژگی‌های ریختی

مقدمه

نشان دهد (Peña and Dumas, 2009). الگوهای رشد آلمتریک در طی دوره تکوین لاروی، در گروههای مختلفی از ماهیان استخوانی و غضروفی استخوانی بررسی شده‌اند (Gisbert, 1999; Osse and Van den Boogaart, 2004; Peña and Dumas, 2009; Khemis et al., 2013) نتایج نشان می‌دهد که تغییر در الگوهای رشد آلمتریک در پاسخ به فشارهای محیطی برای سازگاری انجام شده و احتمال بقا و رشد را در طی این دوره با ایجاد تغییرات در شکل بالا می‌برد (Fuiman, 1983). از طرفی تکوین ریختی و الگوهای رشدی در مراحل اولیه زندگی ماهی از این جهت اهمیت دارد که امکان درک مراحل مختلف زندگی لارو، تقدم در رشد اندامهای مختلف و اندازه مرتبط با این تغییرات را فراهم کرده و می‌تواند به بینش کامل از زیست‌شناسی، رفتارشناسی و بوم‌شناسی ماهی منجر شود (Gisbert, 1999; Russo et al., 2007; Peña and Dumas, 2009).

ماهی سفید (*R. frisii kutum*) یکی از مهم‌ترین ماهیان تجاری در حوزه دریای خزر است (Salehi, 2003) که از رود ولگا تا خلیج آسترabad پراکنش دارد. این گونه مهاجر آنادروموس از اواخر بهمن تا اوسط اردیبهشت به رودخانه‌های حوزه دریای خزر مهاجرت کرده و اقدام به تخم‌ریزی می‌کند (Ebrahimi and Ouraji, 2012). طی سال‌های ۱۳۱۸ تا ۱۳۶۰ عواملی مانند آلدگی منابع آبی، صید بی‌رویه، تخریب بسترها تخم‌ریزی و زیستگاه‌های زندگی این گونه باعث کاهش صید از ۵/۸ هزار تن به ۳۵۰ تن شد، اما در سال‌های اخیر میزان صید در طی سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۸۱ از ۱۴۶ تن به ۱۴/۸ متريک تن رسیده است (Abdolhay et al., 2011). برنامه‌های بازسازی ذخایر سازمان شیلات ایران از طریق تکثیر مصنوعی و رهاسازی سالیانه ۲۰۰ میلیون بچه‌ماهی به رودخانه‌ها و مصب‌ها در حوزه دریای خزر، از عوامل مهم در این افزایش بوده است.

ماهیان در طی مراحل اولیه زندگی تغییرات ریختی و روندهای رشدی پیچیده‌ای را طی می‌کنند (Osse et al., 1997) که قابلیت‌های رفتاری و فیزیولوژیکی آن‌ها را در طی این دوره تعیین می‌کند. برطبق تحقیقات انجام شده شکار و گرسنگی از عوامل مهم دخیل در بقا در طی مراحل اولیه تکوین است (Bailey and Houde, 1989). تکوین اندامهای مختلف در این دوره باعث بهبود شرایط فیزیولوژیکی و رفتاری ماهی شده (Peña and Dumas, 2009) و در نهایت به بقای ماهی کمک می‌کند. کمک به بقا از طریق بهبود در فرایندهای رفتاری در طی مراحل اولیه اونتوژنی بسیاری از گونه‌های ماهی استخوانی، به صورت تغییرات ریختی- فیزیولوژیکی (مانند تکوین ساختارهای دخیل در شنا، اندامهای حسی، سیستم‌های تنفسی و تغذیه‌ای) بروز کرده و هر کدام از این مراحل بر پراکنش، بقا و بازگشت شیلاتی تأثیر خواهد گذاشت (Gisbert, 1999). اندازه و شکل، عوامل تعیین‌کننده برای گونه‌ها محسوب شده و تکامل ریختی، منجر به تغییرات در اندازه بدن و اندازه نسبی اندامهای بدن می‌شود (Russo et al., 2007; Russo et al., 2008).

تغییر در ساختار بدن و به طبع آن، تکوین ساختارهای عملکردی ماهی در مراحل اولیه به سرعت رخ داده و چون ساختارهای بدن براساس اهمیت‌شان برای عملکردهای زندگی اولیه تکوین می‌یابند (Osse et al., 1997; Simonović et al., 1999)، بنابراین در گونه‌های مختلف فرایندهای تکوینی ممکن است به صورت قابل ملاحظه‌ای با تغییرات انتوژنیک در زیستگاه و منابع مورد استفاده در ارتباط باشد (Ward-Campbell and Beamish, 2005). بر این اساس می‌توان مراحل لاروی را به چند مرحله تقسیم کرد که هر یک ممکن است الگوهای رشدی مختلفی را

رودخانه سفیدرود که یکی از رودخانه‌های اصلی تکثیر مولдин ماهی سفید است، تأمین شد. به علاوه برای غنی‌سازی محیط استخر از پلانکتون‌های جانوری، به طور میانگین هر سه روز یکبار استخر با استفاده از کود گاوی کوددهی گردید. لاروهای سه روزه پس از اینکه حجم کیسه زرده آن‌ها تقریباً به نصف کاهش یافته و امکان تغذیه خارجی (باز شدن دهان) در آن‌ها فراهم شده بود، به استخر خاکی منتقل شدند. تعداد ۳۰ هزار لارو سه روزه به استخر خاکی منتقل گردید به طوری که میزان تراکم لاروها در هر لیتر سه عدد برآورد شد. از آنجایی که مزوکوزم ایجاد شده توان پاسخ‌گویی غذای زنده برای کل دوره پرورشی را نداشت، لاروها پس از یک هفته با غذای مخصوص تهیه شده برای لارو ماهی سفید (SFK) دو بار در روز و در هنگام صبح و عصر تغذیه شدند. میانگین دمای آب استخر کل دوره ۲۵ درجه سانتی‌گراد، میانگین pH در حدود ۸/۱ و میزان اکسیژن اشباع ۷/۴ ثبت شد. دوره نمونه‌برداری ۳۵ روز و تا وزن یک گرمی (وزن رهاسازی بچه‌ماهی سفید به دریا) به طول انجامید. نمونه‌گیری‌ها به صورت کاملاً تصادفی بوده و تعداد ۴۵۰ نمونه لاروی و بچه‌ماهی (۳۰ عدد به ازای هر روز) برای انجام آنالیزها استفاده شدند. نمونه‌گیری‌ها در پنج روز ابتدایی پس از تخم‌گشایی به صورت روزانه، از روز پنجم تا ۱۵ پس از تخم‌گشایی با فواصل یک روز در میان و از روز ۱۵ تا ۳۵ با فواصل ۵ روزه صورت گرفت. نمونه‌ها پس از صید در محلول بافر فسفاته فرمالدئید چهار درصد تثبیت گردیدند و برای مطالعات بعدی به آزمایشگاه منتقل شدند. برای وزن کردن نمونه‌های ماهی از ترازوی دیجیتال با دقت ۱۰ هزارم گرم استفاده شد. برای تهیه تصاویر از نمونه‌های ماهی، از لاروها در زیر لوب مجهر به دوربین سونی با قدرت تفکیک ۱۸ مگاپیکسل، از نیم‌رخ چپ ماهی

(Jafari et al., 2010). نتایج این مطالعه برای بهبود شرایط پرورشی درباره گونه‌های در حال بازسازی مثل ماهی سفید لازم به نظر می‌رسد، زیرا در خصوص الگوهای آلومتری رشد و مکانیزم تغییرات ریختی در مراحل اولیه رشدی ماهی سفید اطلاعاتی وجود ندارد. از این‌رو با توجه به اهمیت شناخت مراحل تکوین لاروی این گونه با ارزش، این تحقیق با هدف بررسی الگوهای رشد آلومتریک و مکانیزم تغییرات ریختی در طی مراحل تکوین اولیه ماهی سفید انجام شد.

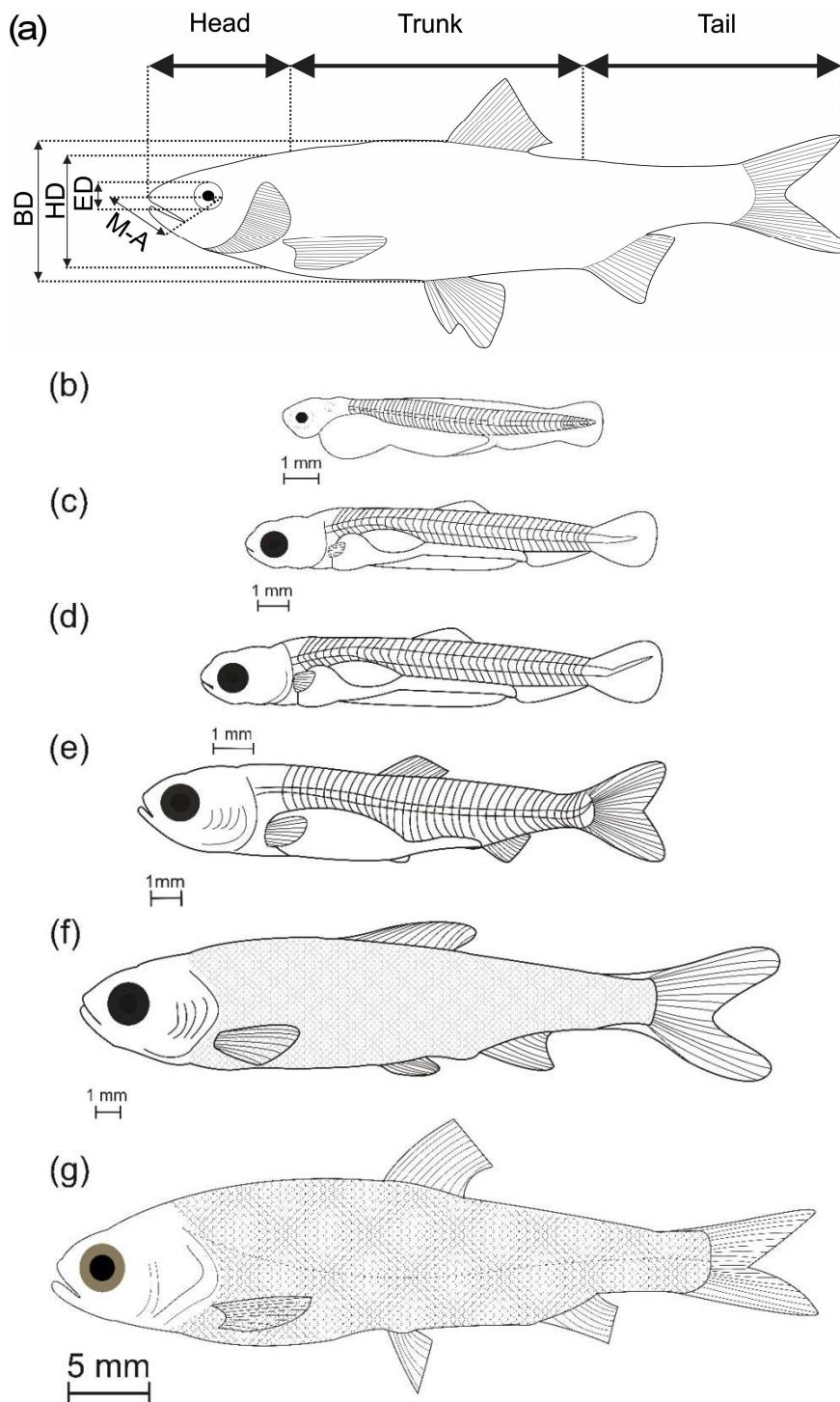
مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری: برای انجام این آزمایش، لاروهای ماهی سفید از مجتمع بازسازی ذخایر ماهیان دریایی شادروان یوسف‌پور تأمین شدند. از ۳۰ مولد نر و ۱۵ مولد ماده پس از تزریق هیپوفیز اقدام به تکثیر مصنوعی گردید. تخم‌های حاصل پس از شستشو و رفع چسبندگی برای گذراندن دوره جنینی به ویس منتقل شدند. لاروها پس از گذشت تقریباً شش روز در داخل ویس‌ها تفریخ شدند. دمای متوسط فضای سرپوشیده تفریخگاه در حدود ۲۲ درجه سانتی‌گراد بود. نمونه‌برداری از لاروها به سرعت پس از تفریخ لاروها شروع گردید. فوائل نمونه‌برداری از ویس‌ها در روزهای ابتدایی برای تعیین جزئیات تکوینی لاروی هر ۱۲ ساعت انجام شد. برای ادامه پرورش دوره لاروی پس از جذب کیسه زرده یک استخر خاکی ۰/۱ هکتاری با ایجاد یک مزوکوزم طبیعی آماده گردید. از لحاظ جمعیت پلانکتونی نیز سعی شد شرایطی مشابه با محیط طبیعی پرورش لارو ماهی سفید از طریق پاییش شفافیت آب و نیز دسترسی به غذاهای زنده مختلف از قبیل دافنی، روتیفر، جلبک و شیرونومید با توجه به مراحل مختلف زندگی (Razavi Sayad, 1995)

$\beta \text{Log } x$ بوده و در این معادله y متغیر وابسته، x متغیر مستقل، آلفا محل تقاطع و بتا شبیب یا ضریب رشد در نظر گرفته شده است (Osse et al., 1997; van Snik et al., 1997). برای تعیین نقطه عطف عوامل اندازه‌گیری شده، از روش (van Snik et al., 1997) استفاده شد. در رشد ایزومتریک مقدار β یک است، مقادیر کمتر بیانگر رشد آلومتریک منفی و مقادیر بزرگ‌تر نشان‌دهنده رشد آلومتریک مثبت است. درباره داده‌های حجمی یعنی مدل وزن- طول ضریب رشد ایزومتریک سه است و مقادیر آلومتری در مدل وزن- طول براساس آن سنجیده می‌شوند. جدول ۱ بیومتری ماهی سفید در سنین مختلف را نشان می‌دهد.

عکس‌برداری گردید و از ماهیان بزرگ‌تر با استفاده از Copystand مجهز به دوربین دیجیتال Canon، با قدرت تفکیک ۱۴ مگاپیکسل عکس‌برداری شد.

بررسی رشد آلومتری: طول کل (L_T)، طول سر (L_H)، طول دم (L_{TA}) و طول تنه (L_{TR})، قطر چشم (ED)، زاویه دهان (M-A)، ارتفاع سر (HD) و ارتفاع بدن (BD) (شکل ۱) با استفاده از نرم‌افزار Image J version. 1.44p باستخراج شد ($L_{TR} = L_T - L_H - L_{TA}$). از داده‌های خطی تبدیل شده بر اساس لگاریتم پایه ۱۰ رگرسیون خطی گرفته شد و برای انجام آن طول کل به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد. رگرسیون‌های محاسبه شده منحنی‌های نوع $\text{Log10 } y = \text{Log10 } a + \text{Log10 } x$



شکل ۱ (a) عوامل اندازه‌گیری شده مربوط به شکل در ماهی سفید، (b) طول سر، (c) طول تنه، (d) طول دم، (e) زاویه دهان، (f) قطر چشم، (g) ارتفاع بدن. مراحل مختلف تکوینی لارو و بچه‌ماهی سفید از روز صفر تا روز ۳۵: (b) لارو تازه تخم‌گشایی شده، (c) لارو پنج روزه، (d) لارو هفت روزه، (e) لارو ۱۱ روزه، (f) لارو ۲۰ روزه، (g) بچه‌ماهی ۳۵ روزه.

جدول ۱ سن، زیست‌سنجی و تعداد نمونه‌های جمع‌آوری شده ماهی سفید از صفر تا ۳۵ روز پس از تغیر.

سن	دامنه طول کل (mm)	تعداد نمونه	میانگین طول کل (mm) ±SD(mm)
۰	۷/۶۱-۸/۸۹	۰	۸/۳۷±۰/۶۰
۱	۸/۰۵-۹/۲۱	۱	۸/۷۳±۰/۳۴
۲	۹/۴۰-۸/۴۴	۲	۸/۹۴±۰/۲۴
۳	۸/۴۲-۹/۸۲	۳	۹/۰۸±۰/۳۶
۴	۹/۳۲-۱۱/۳۶	۴	۱۰/۳۳±۰/۴۹
۵	۹/۶۴-۱۲/۱۱	۵	۱۱/۱۳±۰/۶۲
۷	۱۱/۳۳-۱۳/۶۴	۷	۱۲/۴۵±۰/۶۷
۹	۱۱/۶۴-۱۶/۴۰	۹	۱۴/۰۸۵±۱/۰۷
۱۱	۱۵/۲۴-۱۹/۲۹	۱۱	۱۷/۲۳±۱/۲۵
۱۳	۱۸/۱۸-۲۲/۲۸	۱۳	۱۹/۹۶±۱/۰۱
۱۵	۲۱/۴۰-۲۶/۶۴	۱۵	۲۴/۰۵±۱/۲۱
۲۰	۲۸/۸۴-۳۳/۸۵	۲۰	۳۱/۵۲±۱/۴۸
۲۵	۳۵/۸۳-۴۹/۰۱	۲۵	۳۹/۵۹±۲/۶۱
۳۰	۳۹/۶۶-۴۹/۴۴	۳۰	۴۳/۳۵±۲/۴۱
۳۵	۴۳-۵۲/۹۰	۳۵	۴۸/۳۰±۲/۰۸

خارجی و تشکیل چین‌های باله‌ای است. در این مرحله هنوز شعاع‌های باله‌ای تکوین نیافرته‌اند. در مرحله Propterygio-larval تکمیل خمیدگی نوتوكورد نیز در روز هفت پس از تغیر (شکل ۱d) قابل مشاهده است. سومین مرحله تکوینی یا Pterygio-larval است که از روز ۱۱ (شکل ۱e) تا روز ۲۰ پس از تغیر (شکل ۱f) را در طی این مرحله کیرد (طول کل $۳۱/۵۲±۱/۴۸$ میلی‌متر). در طی این دوره شعاع‌های باله‌ها و اندام‌های حرکتی به‌طور کامل شکل می‌گیرند. در پایان مرحله Pterygio-larval دگردیسی رخ داده و لارو وارد مرحله بچه‌ماهی جوان (Juvenile) می‌شود و یک شکل مینیاتوری از ماهی بالغ را بروز می‌دهد و نیز در این مرحله پیدایش فلس‌ها را می‌توان مشاهده کرد (در انتهای دوره $۴۸/۳۰±۲/۰۸$ میلی‌متر).

الگوهای رشد در مراحل مختلف لاروی: الگوی آلومتری رشد بخش‌های اصلی بدن ماهی سفید در مراحل مختلف لاروی و نیز بچه‌ماهی متفاوت بود و نوسانات

نتایج

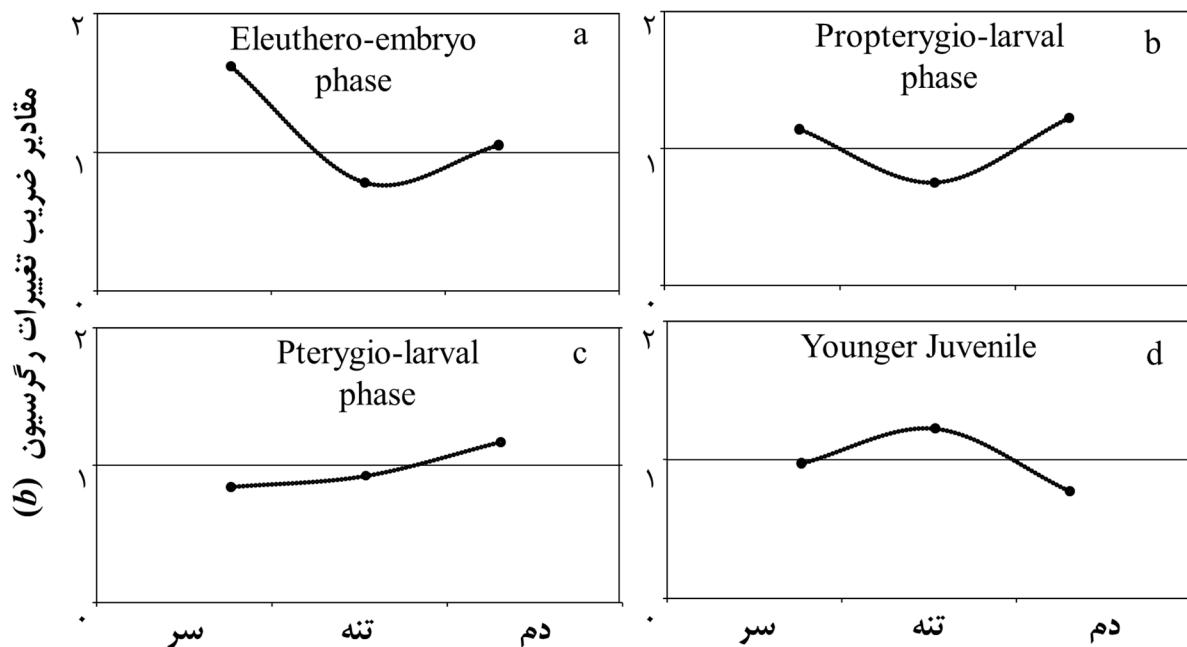
تکوین در طی مراحل اولیه لاروی: مراحل مختلف زندگی اولیه ماهی سفید براساس خصوصیات ریختی و آستانه‌های به‌دست آمده برای نقاط عطف از صفر تا ۳۵ روز پس از تخم‌گشایی به چهار دوره مجزا قابل تقسیم است. این مراحل شامل دوره Eleuthero-embryo Juvenile Pterygio-larval و Propterygio-larval هستند. مرحله Younger Eleuthero-embryo، از روز صفر (شکل ۱b) تا روز پنجم پس از تغیر (طول کل $۸/۳۷±۰/۶۰$ میلی‌متر) (شکل ۱c) را دربر می‌گیرد. در این دوره لارو دارای کيسه زرد بوده و تا روز سوم پس از تغیر تغذیه داخلی و از آن روز به بعد تغذیه مختلط دارد. در پایان این مرحله کيسه زرد لارو جذب شده و لارو شروع به تغذیه خارجی می‌کند. مرحله دوم یا Propterygio-larval (طول کل $۱۷/۲۳±۱/۲۵$ میلی‌متر) است، که شامل شکل‌گیری زوائد تغذیه‌ای، آغاز تغذیه

دگردیسی و ورود به مرحله بچه‌ماهی آلمتری طول تنه مثبت می‌شود. در خصوص طول دم وضعیت متفاوت بود و الگوی آلمتری رشد طول دم در Eleuthero-embryo و Propterygio-larvae ایزومتریک، در مراحل Pterygio-larvae مثبت و در مرحله بچه‌ماهی جوان منفی بود (شکل ۲).

زیادی را نشان داد (جدول ۲). نتایج نشان داد که آلمتری رشد طول سر در طی دوره‌های Eleuthero-embryo و Pterygio-larvae مثبت و در مراحل Propterygio-larvae و Younger Juvenile تقریباً ایزومتریک است. درباره طول تنه الگوی رشد آلمتری در طی مراحل لاروی Propterygio-larvae و Eleuthero-embryo منفی و در مرحله Pterygio-larvae تقریباً ایزومتریک بود ولی پس از

جدول ۲ مقادیر ضریب رشد *b* (شیب خط رگرسیون) رگرسیون خطی طول سر، تنه، دم در مراحل مختلف دوران اولیه زندگی ماهی سفید. ضریب یک به عنوان ضریب ایزومتریک ویژگی‌های طولی در نظر گرفته شده است. *P*-value محاسبه شده با آزمون *t* نشان داده نشده است ($*p < 0.05$ ، $**p < 0.01$)

	طول دم	طول تنه	طول سر
Eleuthero-embryo	۱/۰۵**	۰/۷۸**	۱/۶۲**
Propterygio larvae	۱/۲۲**	۰/۷۵**	۱/۱۴**
Pterygio larvae	۱/۱۷**	۰/۹۲**	۰/۸۴**
Younger Juvenile	۰/۷۷**	۱/۲۲**	۰/۹۷**

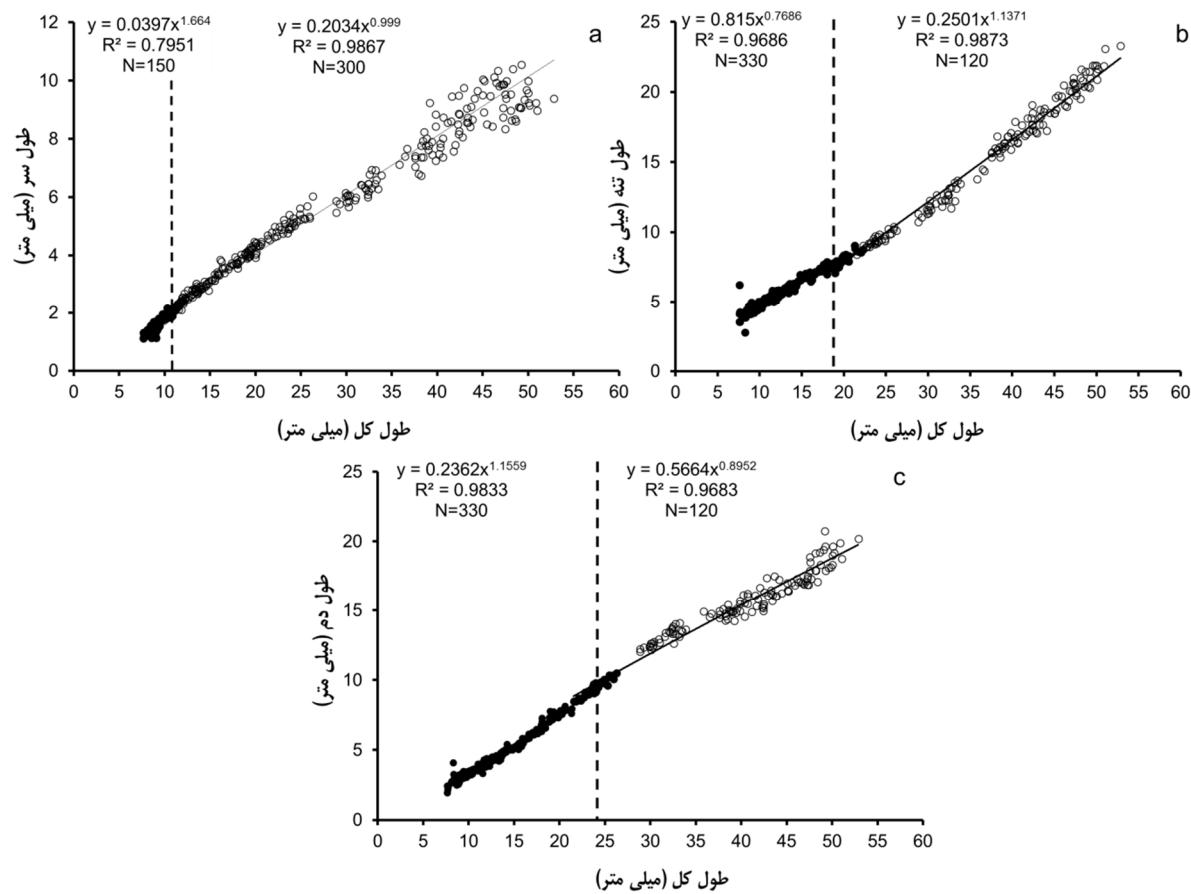


شکل ۲ روند تغییرات ضرایب رشد قسمت‌های مختلف بدن (سر، تنه، دم) با توجه به مراحل مختلف زندگی لاروی و بچه‌ماهی جوان از روز صفر تا ۳۵ پس از تغیریخ: (d) Younger Juvenile, (a) Eleuthero-embryo, (b) Propterygio-larvae, (c) Pterygio-larvae

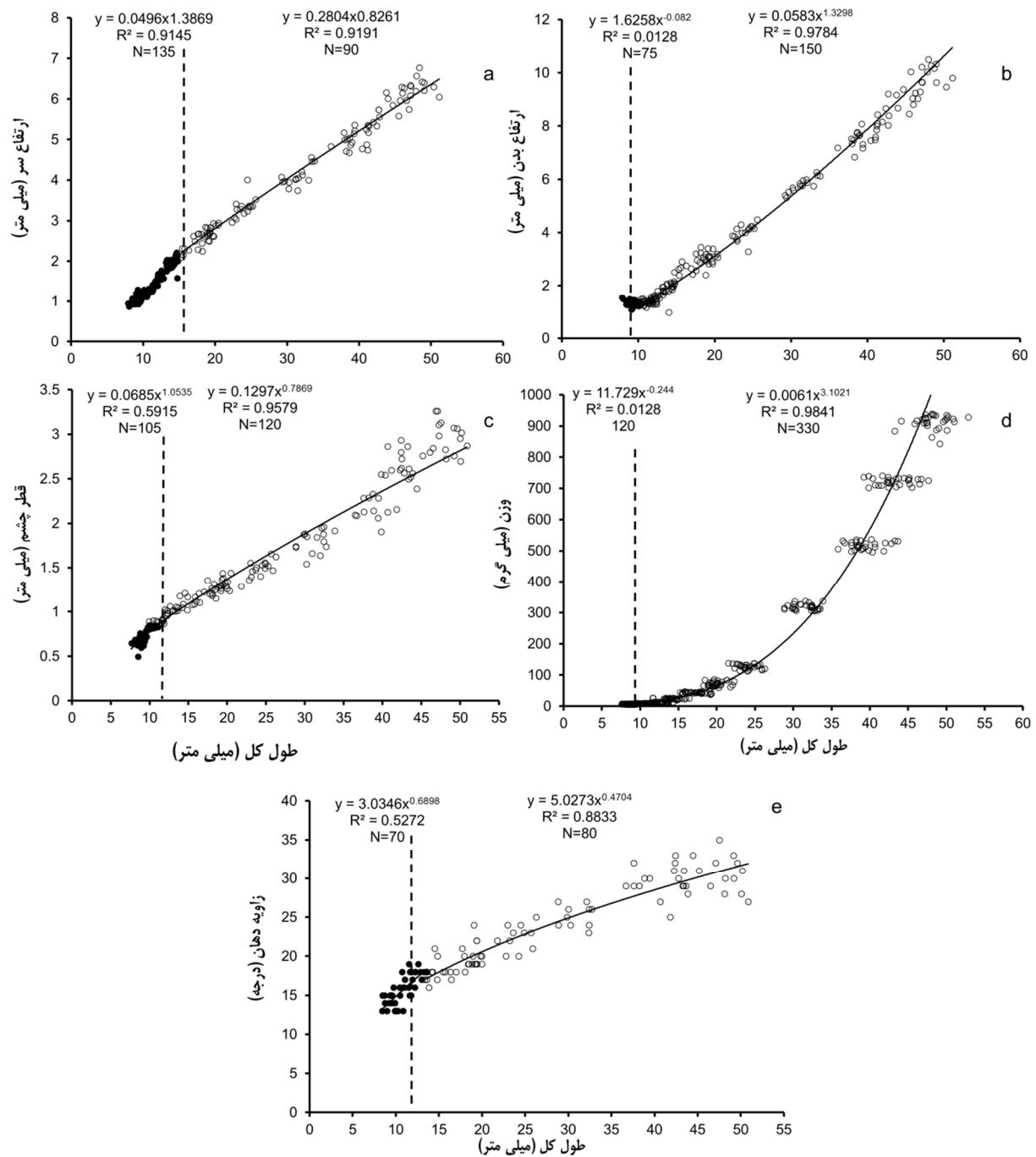
تفریخ به دست آمد و نقطه آلومتری منفی ($b=+0.08$) و پس از آن مثبت ($b=1/33$) بود (شکل ۴b). روند تغییرات قطر چشم (شکل ۴c) نسبت به طول کل همبستگی معناداری را نشان داد ($p<0.01$). نقطه عطف تغییرات قطر چشم در روز هفت پس از تفریخ رخ داد (طول کل 12.5 ± 0.67 میلی‌متر) و الگوی رشد آن از روز صفر تا روز هفتم پس از تفریخ آلومتری مثبت ($b=1/05$) و سپس تقریباً ایزومنتریک متمایل به منفی بود ($b=+0.08$).

روند تغییرات وزن نسبت به طول کل مانند تغییرات ارتفاع تنه بود، به طوری که نقطه عطف تغییرات وزن در روز سوم پس از تفریخ بوده و الگوی آن تا پیش از نقطه عطف آلومتری منفی ($b=-0.24$) و پس از آن مثبت ($b=3/1$) بود (شکل ۴d). در بررسی تغییرات زاویه دهان (شکل ۴e) نسبت به طول کل مشاهده شد که بین تغییرات زاویه دهان و طول کل همبستگی معناداری وجود دارد ($p<0.01$) و همگام با رشد ماهی تا مرحله بچه ماهی اندازه زاویه دهان نیز افزایش می‌باید. نقطه عطف تغییرات زاویه دهان در روز هفتم پس از تفریخ (طول کل 12.5 ± 0.67 میلی‌متر) رخ داد. با این حال الگوی آلومتری تغییرات زاویه دهان از روز صفر تا روز ۳۵ پس از تفریخ منفی بود ($b=+0.46$). مقادیر مربوط به آلومتری پیش و پس از نقطه عطف به ترتیب $b=+0.68$ و $b=+0.48$ بود و در هر دو مرحله روند آلومتری منفی را دنبال می‌کند.

الگوهای آلومتری رشد بخش‌های مختلف بدن: روند تغییرات اندازه سر نسبت به طول کل از مدل خطی پیروی کرده و همبستگی بین تغییرات طول سر و طول کل بسیار معنادار بود ($p<0.01$). نقطه عطف تغییرات طول سر در روز پنجم پس از تفریخ رخ داد و الگوی رشد اندازه طول سر از روز صفر تا روز پنجم آلومتری مثبت ($b=1/66$)، و پس از نقطه عطف تقریباً ایزومنتریک و ضریب رشد آن برابر یک بود (شکل ۳a). همبستگی بین تغییرات طول تنه و طول کل معنادار بود ($p<0.01$). بر اساس نتایج به دست آمده نقطه عطف تغییرات طول تنه در روز ۱۳ پس از تفریخ (طول کل 19.96 ± 1.01 میلی‌متر) رخ می‌دهد (شکل ۳b). الگوی رشد تنه از روز صفر تا روز ۱۳ پس از تفریخ آلومتری منفی ($b=+0.77$) و سپس مثبت بود ($b=1/14$). نقطه عطف تغییرات طول دم در روز ۱۵ پس از تفریخ (طول کل 24.05 ± 1.21 میلی‌متر) رخ داد (شکل ۳c) و این تغییرات به طور معناداری با تغییرات طول کل همبستگی داشت ($p<0.01$). الگوی رشد طول دم تا روز ۱۵ بعد از تفریخ آلومتری مثبت ($b=1/16$)، ولی از روز ۱۵ تا ۳۵ پس از تفریخ تقریباً ایزومنتریک بود ($b=+0.9$). الگوی رشد ارتفاع سر با طول سر همخوانی داشت و پیش از نقطه عطف در روز نهم پس از تفریخ آلومتری مثبت ($b=1/4$) و پس از آن تقریباً ایزومنتریک ($b=+0.82$) بود (شکل ۴a). در بررسی تغییرات ارتفاع تنه نقطه عطف در روز سوم پس از



شکل ۳ الگوهای آلمتری رشد بخش‌های اصلی بدن ماهی سفید شامل سر، تنہ و دم، روند تغییرات و معادله رشد مربوط به این بخش‌ها نسبت به طول کل در طی مراحل اولیه تکوینی (از روز صفر تا ۳۵ پس از تفريخ)؛ (a) طول سر، (b) طول تنہ، (c) طول دم (خط‌چين بيانگر نقاط عطف است).



شکل ۴ الگوهای آلومنتری رشد بخش‌های مختلف بدن ماهی سفید. (a) الگوی آلومنتری رشد ارتفاع سر، (b) الگوی آلومنتری رشد ارتفاع بدن، (c) قطر چشم، (d) وزن، (e) زاویه دهان (خط چین بینگر نقاط عطف است).

براساس نتایج الگوی‌های رشد بخش‌های سر و دم لارو ماهی سفید، که از بخش‌های دخیل در تغذیه و حرکت ماهی می‌باشند، در مراحل اولیه لاروی تا پیش از نقطه عطف دارای الگوی آلمتری مثبت بودند. با توجه به نتایج van den Boogaart و Osse (۲۰۰۴)، آلمتری مثبت طول سر و دم در دوره تغذیه داخلی و مختلط بیانگر ترجیح تکوینی ساختارهای مرتبط با شنا و تغذیه است. از طرفی تمایز و تکوین سیستم‌های حسی، عصبی و تغذیه‌ای در قسمت سر به افزایش قابلیت‌های مربوط به شناسایی و گرفتن طعمه غذایی و فرایندهای هضمی منجر می‌شود (Van Sink و همکاران ۱۹۹۹a). Koumoundouros et al., (1999b) اظهار می‌دارند که یکی از دلایل رشد سریع سر در مراحل اولیه کاهش ذخایر کیسه زرده بوده و لارو نیازمند استفاده از زواید تغذیه‌ای کارامد برای تغذیه خارجی است. لارو ماهی سفید در طی مرحله Eleuthero-embryo دارای کیسه زرده بوده و با توجه به اینکه این ذخیره غذایی پس از مدتی مصرف می‌شود و لارو ناگزیر به استفاده از گزینه‌های غذایی محیطی می‌گردد، به همین دلیل در روز دوم پس از تفریخ شاهد باز شدن دهان هستیم. باز شدن دهان با پر شدن کیسه شنا که در این مرحله هنوز تک بخشی است، هم‌زمان است. پر شدن کیسه شنا به همراه حرکات باله سینه‌ای که تکوین آن از مراحل جنینی شروع شده ولی لارو پس از گذراندن مرحله شنای عمودی در روز دوم پس از تفریخ از آن استفاده می‌کند، یک نیروی پیش‌ران به همراه تعادل در لارو ایجاد کرده تا لارو انرژی کمتری را در حفظ شناوری خود مصرف کند. در این مرحله الگوی شنای لاروها به صورت شنای انفجاری است که نقش اصلی در این الگوی شنا بر عهده باله سینه‌ای بوده (Osse et al., 1997) و انتظار می‌رود که این الگوی شنا پاسخ مناسبی

بحث

در طی مراحل اولیه تکوینی لاروها تغییرات زیادی را متحمل می‌شوند و سرعت رشد بخش‌های مختلف بدن با توجه به گونه ماهی، شرایط محیطی و ویژگی ژنتیکی Falk-Petersen, 2005; (Peña and Dumas, 2009) نوسانات زیادی را نشان می‌دهند (Strauss and Bond, 1990). مرحله لاروی یک مرحله انتقالی محسوب شده که با تغییرات ریختی عمدۀ ای همراه است (Fuiman, 1983). در این مرحله گذار ساختارهای عملکردی باید به گونه‌ای تمایز پیدا کنند تا در پایان دوره لاروی، عملکرد هر بخش مشخص باشد (Fuiman, 1983). همچنین روند رشد لارو با مرحله بچه‌ماهی از لحاظ عوامل طولی تفاوت‌های اساسی دارد، زیرا شدت تغییرات به طور یکنواخت در بدن توزیع نشده است، ولی گرادیان آن آرام و پیوسته است (Fuiman, 1983). نتایج این مطالعه نیز نشان داد که تغییرات ریختی در لارو ماهی سفید بسیار شدید بوده و پس از تفریخ رشد نسبی برخی از عوامل ریختی روند آلمتری مثبت داشته و پس از مدت کوتاهی روند این تغییرات ایزومتریک می‌شود. به نظر می‌رسد تغییرات در الگوهای رشد آلمتری عوامل ریختی به عملکردهای تنفس، تغذیه و توانایی شنا در لارو ماهی مرتبط باشد (Osse and Boogaart, 1995) و نیز الگوهای رشد آلمتری در لاروها و بچه ماهیان می‌توانند اهمیت و ترجیح تکوینی قسمت‌های مختلف بدن را به تصویر بکشند (Osse et al., 1997; van Snik et al., 1997; Gisbert, 1999; Gisbert et al., 2002; Osse and Van den Boogaart, 2004). این است که گاهشناشی تغییرات آلمتری با گاهشناشی وقایع مهم در طی مراحل اولیه در ارتباط بوده و از طریق پاسخ اونتوژنیک تکاملی به نیازهای اساسی بروز می‌کند (Huysentruyt et al., 2009).

از ماهیان برای تغذیه به بینایی خود متکی هستند. در لارو ماهی سفید روند تغییرات الگوی رشد قطر چشم با تغییرات الگوی آلومتری چشم در بسیاری از تحقیقات انجام شده بر روی دیگر ماهیان از جمله تاس ماهی سیبری Khemis (Gisbert, 1999) و کفال خاکستری لب-کلفت (et al., 2012) در طی دوره لاروی مشابه بود.

اونتوژنی تغذیه‌ای همراه با تغییراتی در خصوصیات ریختی شامل تغییر در شکل کلی و ساختارهای دهان است (Joakim et al., 2003). در مراحل اولیه رشد ماهی سفید تکوین دهان با آلومتری مثبت طول و ارتفاع سر همخوانی داشته و تغییرات زاویه شکاف دهانی صورت گرفته در طی دوران لاروی، بیانگر افزایش حفره دهانی بود، هر چند الگوی آلومتری این تغییرات منفی بود. دهان از ساختارهای اساسی در تغذیه محسوب شده و اندازه حفره دهانی از عوامل دخیل در انتخاب طعمه با اندازه مناسب است (Yúfera and Darias, 2007) قدرت مکش بالا در دهان بستگی به حجم سر دارد؛ به عبارتی، رشد سریع سر امکان افزایش کارایی مکشی را فراهم می‌کند (Huysentruyt et al., 2009). همچنین باز شدن دهان امکان شنا در سطح و بلعیدن هوا به وسیله لارو برای پر کردن کيسه شنا و در نتیجه پایداری در وضعیت شنا را فراهم می‌کند (and Gozlan, 2004).

لارو ماهی سفید پس از گذراندن مرحله Eleuthero-embryo وارد مرحله Propterygio-larvae می‌شود. در این مرحله لارو به طور کلی به محیط خارج وابسته بوده و باید از محیط اطراف غذا کسب کند. بنابراین در این مرحله باید عوامل دخیل در تغذیه و شنا تا اندازه‌ای تکوین یافته باشند. از این‌رو تغییرات در بخش‌های تغذیه‌ای با توجه به الگوی آلومتری مثبت بخش سر قابل تشخیص است. در مرحله Propterygio-larvae با توجه به آلومتری مثبت

برای فرار از شکارچی در این مرحله از زندگی باشد (Huysentruyt et al., 2009). به علاوه الگوی رشد طول Eleuthero-embryo در طی مرحله Propterygio-ايزومنتریک است، ولی در طی مراحل Pterygio-larvae و Younger-Juvenile الگوی آن آلومتری منفی می‌شود. بر اساس مطالعات انجام شده آلومتری مثبت طول دم به لارو کمک می‌کند تا از طریق بهبود شنا و رفتارهای مربوط به فرار از دست شکارچی، هزینه‌های انرژی مربوط به جابه‌جایی و انتقال لارو کاهش یافته و بهینه شوند (Fuiman, 1983; Peña and Dumas, 2009). در طی مرحله Eleuthero-embryo شاهد تغییر الگوی آلومتری ارتفاع تنها از منفی به مثبت بودیم، که از دلایل آلومتری منفی مرحله پیش از نقطه عطف ارتفاع تنها می‌توان کاهش ذخایر کيسه زرد را نام برد، ولی پس از شروع تغذیه مختلط یعنی روز سوم بعد از تفریخ، به دلیل تکوین سیستم‌های آنژیمی، هضمی و افزایش کارایی تغذیه آلومتری مثبت را شاهد بودیم (Peña and Dumas, 2005). بسیاری از لاروهای ماهیان برای جستجوی غذا، جهت‌یابی، رفتارهای گروهی و پرهیز از شکارچی به بینایی خود متکی هستند (Rodríguez and Gisbert, 2001). همچنین بینایی نقش مهمی در پاسخ ماهی به جریان‌های آبی (Gisbert, 1999) و واکنش به محرک‌های نوری (Gisbert et al., 2002) بازی می‌کند. بر طبق تحقیقات انجام شده، آلومتری مثبت قطر چشم بیانگر رشد مغز (Packard and Wainwright, 1974)، تکوین و تمایز ساختارهای حسی و عصبی (Gisbert et al., 2002; Van den Boogart and Osse, 2012) است. (Khemis et al., 2012) بر این عقیده‌اند که چشم‌ها نقش مهمی را در تغذیه کپور در مراحل لاروی بر عهده دارند؛ زیرا این گونه

افزایش و بهبود ظرفیت تنفسی یکی از اولویت‌های تکوینی در طی دوران لاروی است (Khemis et al., 2012). اکثر لاروها در طی دوران پس از تخم‌گشایی، تنفس جلدی داشته و ساختارهای تنفسی آنها هنوز تکوین Gisbert et al., 2002; Comabella et al., 2010; Khemis et al., 2012 نیافرته است (Gisbert et al., 2002). تنفس آبششی نسبت به تنفس جلدی، انتقال اکسیژن را تسهیل نموده و باعث افزایش فعالیت شنا در ماهی می‌گردد (Russo et al., 2007). علاوه بر این رشد سرپوش آبششی در طی مراحل اولیه اوتونوژنی پس از تکوین هیوئید اتفاق افتاده و یک ساختار جانبی کمکی در امر تغذیه محسوب می‌شود (Van Snik et al., 1997; Gisbert, 1999; Khemis et al., 2012). تکوین ساختارهای آبششی در کپور *Cyprinus carpio* و *Acipenser baeri* مطابقت دارد (Jafari et al., 2009). بنابراین با توجه به الگوی آلومتری مثبت سر در طی مراحل اول و دوم لاروی تغییر در ساختارهای آبششی مانند تشکیل سرپوش آبششی، رشته‌ها و خارهای آبششی در لارو ماهی سفید قابل پیش‌بینی است.

در بررسی تفکیکی مراحل لاروی، تغییرات آلومتری طول تنه ابتدا در مرحله Pterygio-larvae ایزومنتریک بوده و پس از دگردیسی و ورود به مرحله Juvenile آلومتری مثبت می‌شود. آلومتری منفی طول تنه در مراحل اولیه دلیل دیگری بر اهمیت تکوین اندام‌های عملکردی (تنفسی، تغذیه‌ای، حرکتی و حسی) است (Gisbert et al., 2002)، زیرا تا مرحله دگردیسی انعطاف‌پذیری بخش جلویی بدن

ارتفاع و طول سر، رشد قسمت‌های مربوط به تغذیه و تنفس (مانند فک، حلق و آبشش) و همچنین اندام‌های حرکتی مانند دم، که آلومتری رشد آن همچنان مثبت است، ادامه دارد.

در مرحله Propterygio-larvae خمیدگی نوتوكورد که از روز سوم پس از تفریخ شروع شده، تکمیل گردید. از آن جا که به دنبال این مرحله، تکوین شعاع‌های باله‌ها، تغییر شکل ماهی و بهبود توانایی حرکتی و رفتار تغذیه‌ای ماهی رخ می‌دهد، خمیدگی نوتوكورد یکی از مراحل مهم در زندگی ماهی محسوب می‌گردد (Hoar and Randall, 1988; Koumoundouros et al., 1999b) و تغییرات با تکوین ستون مهره همراه بوده که باعث قوام و استحکام محور بدن شده و نیروی حرکتی را بالا می‌برد (Koumoundouros et al., 1999b). همچنین در این مرحله نقطه عطف تغییرات ارتفاع سر در روز نهم پس از تفریخ رخ داد و آلومتری آن از مثبت به آلومتری منفی متمایل به ایزومنتریک تغییر کرد ($b=1/40-83$) که با نتایج تحقیقات انجام شده از سوی Khemis و همکاران (2012) بر روی کفال خاکستری لب-کلفت خاکستری *Chelon labrosus* و Peña (2009) بر روی باس خالدار شنی *Paralabrax maculatusfasciatus* مطابقت داشت. از دلایل آلومتری مثبت ارتفاع سر در طی مراحل اول و دوم لاروی می‌توان به رشد و شکل‌گیری جمجمه و نیز تکوین آبشش‌ها اشاره کرد (Comabella et al., 2010). پدیدار شدن بخش جلویی کیسه شنا که از آغاز این مرحله رخ می‌دهد به پایداری و شناوری بیشتر لارو کمک می‌کند؛ به طوری که بخش عقبی کیسه‌ای شنا کشیده‌تر شده و به سمت انتهای بدن متمایل می‌شود. از دلایل دو بخشی شدن را می‌توان به افزایش وزن بدن و عدم تکوین کامل بخش‌های حرکتی ذکر کرد.

Sabatés and Saiz, 2000; Russo et al., 2007). طعمه‌های کوچک‌تر در قیاس با طعمه‌های بزرگ‌تر گسترش بیشتری داشته و ماهی نیاز به پیمودن مسافت‌های زیاد برای دسترسی به طعمه‌های بزرگ‌تر دارد (Russo et al., 2008) که خود دلیل دیگری بر نیاز ماهی به قابلیت بالا در شناسنایت تواند تمامی سطوح را جستجو کند.

با توجه به نتایج این مطالعه مشخص شد که با استفاده از اندازه‌گیری خصوصیات ریختی و بررسی آلومتری رشد بخش‌های مختلف می‌توان بروز وقایع مهم در مرحله لاروی را پیش‌بینی کرده و براساس تغییرات انجام شده تکوین لاروی را به مراحل مختلف تقسیم کرد. همچنین نتایج نشان داد که بروز این وقایع با نقاط عطف خصوصیات ریختی همخوانی داشته و روند تغییر عوامل ریختی، ترجیحات تکوینی ساختارهای دخیل در تغذیه، تنفس، شنا و اندام‌های حسی را نشان می‌دهد.

تشکر و قدردانی

از همکاری صمیمانه ریاست محترم مرکز بازسازی ذخایر شادروان یوسف‌پور، جناب آقای مهندس عفت‌پناه، معاونت تکثیر این مرکز جناب آقای مهندس رسولی، کارکنان آزمایشگاه و بخش تکثیر مرکز مربوط و تمام عزیزانی که در انجام این تحقیق یاری‌رسان بندۀ بودند، تشکر و سپاسگزاری می‌نمایم.

منابع

Abdolhay, H. A., Daud, S. K., Rezvani Ghilkolahi, S., Pourkazemi, M., Siraj, S. S. and Abdul Satar, M. K. 2011. Fingerling production and stock enhancement of Mahisefid (*Rutilus frisii kutum*) lessons for others in the south of Caspian

در امر شنا به سبب الگوی شنای anguilliform اهمیت بهسزایی دارد (Osse et al., 1997; Russo et al., 2007). همچنین بر طبق تحقیقات انجام شده بر روی ماهی سوف (Rutilus rutilus (L.)) و کلمه ((*Perca fluviatilis*) ثابت شد که افزایش رشد تنه و ایجاد حالت دیسکی با رفتار تغذیه از بستر ارتباط مستقیم دارد، زیرا در این حالت ماهی نیاز به مانور بالا در قیاس با حمله سریع دارد (Hjelm et al., 2000; Joakim et al., 2003) تشكیل فلس نیز در مرحله سوم لاروی رخ می‌دهد و پس از دگردیسی کامل می‌گردد. فرایند تشكیل فلس به همراه تکوین باله‌ها و تشكیل استخوان‌ها از شاخص‌های اصلی در تفکیک مرحله لاروی و بچه‌ماهی می‌باشد (Balon, 1999; Peña and Dumas, 2009).

کمی پیش از دگردیسی الگوی شنا لارو ماهی نیز از الگوی ماماهمی شکلان¹ به الگوی گیش‌ماهمی شکلان² تغییر می‌کند (Osse, 1990); که در لارو ماهی سفید نیز این گونه بود و از عوامل این تغییر در وضعیت شنا می‌توان به تغییرات باله‌ها و شکل‌گیری شعاع‌های باله و افزایش رشد تنه اشاره کرد (Gisbert, 1999). این تغییرات باعث افزایش توانایی شنا و قدرت هیدرودینامیکی در لارو شده تا بتواند برای دسترسی به غذا و حمله به شکار مناطق وسیعی را جستجو کنند و نیز برای فرار از شکارچی توانایی بالای داشته باشند (Osse et al., 1997; Gisbert, 1999; Simonović et al., 1999). پس از ورود به مرحله بچه‌ماهی تقریباً تمامی بخش‌های دخیل در بقای ماهی تکوین یافته و یک شکل مینیاتوری از ماهی بالغ به وجود می‌آید. ماهی در این مرحله بیشتر به طعمه‌های بزرگ‌تر و با کیفیت بالاتر حمله کرده و تقریباً از همه سطوح آبی قادر

1. anguilliform

2. subcarangiform

- Huyssentruyt, F., Moerkerke, B., Devaere, S. and Adriaens, D.** 2009. Early development and allometric growth in the armoured catfish *Corydoras aeneus* (Gill, 1858). *Hydrobiologia*, 627: 45-54.
- Jafari, M., Salleh Kamarudin, M., Saad, C. R., Arshad, A., Oryan, S. and Guilani, M. H. T.** 2010. Embryonic Development of Caspian kutum, *Rutilus frisii kutum*. *Journal of the World Aquaculture Society* 41: 378-390.
- Joakim, H., Gercen, H. V. D. W. and Ferdinand, A. S.** 2003. Functional link between foraging performance, functional morphology, and diet shift in roach (*Rutilus rutilus*). In *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, pp. 700-709. Ottawa, Canada, Ottawa: National Research Council of Canada.
- Khemis, I. B., Gisbert, E., Alcaraz, C., Zouiten, D., Besbes, R., Zouiten, A., Masmoudi, A. S. and Cahu, C.** 2013. Allometric growth patterns and development in larvae and juveniles of thick-lipped grey mullet *Chelon labrosus* reared in mesocosm conditions. *Aquaculture Research*, 44: 1872-1888.
- Koumoundouros, G., Divanach, P. and Kentouri, M.** 1999a. Ontogeny and allometric plasticity of *Dentex dentex* (Osteichthyes: Sparidae) in rearing conditions. *Marine Biology*, 135: 561-572.
- Koumoundouros, G., Divanach, P. & Kentouri, M.** 1999b. Osteological development of the vertebral column and of the caudal complex in *Dentex dentex*. *Journal of Fish Biology*, 54: 424-436.
- Osse, J.** 1990. From changes in fish larvae in relation to changing demands of function. *Netherlands Journal of Zoology*, 40: 1-2.
- Osse, J., Van Den Boogaart, J., Van Snik, G. and Van Der Sluys, L.** 1997. Priorities during early growth of fish larvae. *Aquaculture*, 155: 249-258.
- Osse, J. W. M. and Van den Boogaart, J. G. M.** 2004. Allometric growth in fish larvae: timing and function. In *American Fisheries Society Symposium*, pp. 167-194: American Fisheries Society.
- Peña, R. and Dumas, S.** 2005. Effect of delayed first feeding on development and feeding ability of Sea. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 21: 247-257.
- Bailey, K. M. and Houde, E. D.** 1989. Predation on eggs and larvae of marine fishes and the recruitment problem. In *Advances in Marine Biology* (Blaxter, J. H. S. & Southward, A. J., eds.), pp. 1-83: Academic Press.
- Balon, E.** 1999. Alternative Ways to become a juvenile or a definitive phenotype (and on some persisting linguistic offenses). *Environmental Biology of Fishes*, 56: 17-38.
- Comabella, Y., Hurtado, A. and García-Galano, T.** 2010. Ontogenetic Changes in the Morphology and Morphometry of Cuban Gar (*Atractosteus tristoechus*). *Zoological Science*, 27: 931-938.
- Ebrahimi, G. and Ouraji, H.** 2012. Growth performance and body composition of kutum fingerlings, *Rutilus frisii kutum* (Kamenskii 1901), in response to dietary protein levels. *Turkish Journal of Zoology*, 36(4): 551-558.
- Falk-Petersen, I. B.** 2005. Comparative organ differentiation during early life stages of marine fish. *Fish and Shellfish Immunology*, 19: 397-412.
- Fuiman, L. A.** 1983. Growth gradients in fish larvae. *Journal of Fish Biology*, 23, 117-123.
- Gisbert, E.** 1999. Early development and allometric growth patterns in Siberian sturgeon and their ecological significance. *Journal of Fish Biology*, 54: 852-862.
- Gisbert, E., Merino, G., Muguet, J. B., Bush, D., Piedrahita, R. H. and Conklin, D. E.** 2002. Morphological development and allometric growth patterns in hatchery-reared California halibut larvae. *Journal of Fish Biology*, 61: 1217-1229.
- Hjelm, J., Persson, L. and Christensen, B.** 2000. Growth, morphological variation and ontogenetic niche shifts in perch (*Perca fluviatilis*) in relation to resource availability. *Oecologia*, 122: 190-199.
- Hoar, W. S., and Randall, D. J.** 1988. The Physiology of Developing Fish. Part A: Eggs and Larvae. *Fish Physiology*, 11, 546.

- breadth of myctophiform fish larvae. *Marine Ecology Progress series*, 201: 261-271.
- Salehi, H. 2003.** Economic assessment of fingerling releasing *Rutilus frisii kutum* in Iran. *Journal of Marine Sciences and Technology*, 2(1): 35-46. (Abstract in English)
- Simonović, P. D., Garner, P., Eastwood, E. A., Kováč, V. and Copp, G. H. 1999.** Correspondence between ontogenetic shifts in morphology and habitat use in minnow *Phoxinus phoxinus*. *Environmental Biology of Fishes*, 56: 117-128.
- Strauss, R. E. and Bond, C. E. 1990.** Taxonomic methods: morphology. Methods for Fish Biology. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 109-140.
- Van Snik, G .M. J., van den Boogaart, J. G. M. and Osse, J. W. M. 1997.** Larval growth patterns in *Cyprinus carpio* and *Clarias gariepinus* with attention to the finfold. *Journal of Fish Biology*, 50: 1339-1352.
- Ward-Campbell, B. S. and Beamish, F. W. H. 2005.** Ontogenetic changes in morphology and diet in the snakehead, *Channa limbata*, a predatory fish in western Thailand. *Environmental Biology of Fishes*, 72: 251-257.
- Yúfera, M. and Darias, M. J. 2007.** The onset of exogenous feeding in marine fish larvae. *Aquaculture*, 268: 53-63.
- Paralabrax maculatofasciatus* larvae. *Journal of Fish Biology*, 67: 640-651.
- Peña, R. and Dumas, S. 2009.** Development and allometric growth patterns during early larval stages of the spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus* (Percoidei: Serranidae). *Scientia Marina*, 73: 183-189.
- Pinder, A. C. and Gozlan, R. E. 2004.** Early ontogeny of sunbleak. *Journal of Fish Biology*, 64: 762-775.
- Razavi Sayad, B. 1995.** Mahisefied. Iranian Fisheries Research Organization. Tehran, Iran, 164p. (In Persian)
- Rodríguez, A. and Gisbert, E. 2001.** Morphogenesis of the eye of Siberian sturgeon. *Journal of Fish Biology*, 59: 1427-1429.
- Russo, T., Costa, C. and Cataudella, S. 2007.** Correspondence between shape and feeding habit changes throughout ontogeny of gilthead sea bream *Sparus aurata* L., 1758. *Journal of Fish Biology*, 71(3): 629-656.
- Russo, T., Pulcini, D., O'Leary, Á., Cataudella, S. and Mariani, S. 2008.** Relationship between body shape and trophic niche segregation in two closely related sympatric fishes. *Journal of Fish Biology*, 73: 809-828.
- Sabatés, A. and Saiz, E. 2000.** Intra-and interspecific variability in prey size and niche



Early development and allometric growth patterns in Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*)

Ghadir Ghorbanzadeh^{1*}, Gholamreza rafiee², Soheil eagderi³, Hadi Pourbagher³, Iraj Efatpanah⁴

1- M.Sc. graduated of Aquaculture, Department of fisheries and aquaculture, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj.

2- Professor, Department of fisheries and aquaculture, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj.

3- Assistant Prof. Department of fisheries and aquaculture, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj.

4- Dr. Yousefpour Fish Hatchery Center, Siahkal, Guilan.

Received: 24/12/2013

Accepted: 13/07/2014

* Corresponding author: ghadir.ghorbanzadeh@gmail.com

Abstract:

The early morphological development and allometric growth pattern of Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*) during early development (from 0-35 days post hatch=dph) was studied. Morphological data were obtained using ImageJ software from 2D pictures and allometric growth patterns were computed based on $\text{Log}_{10} y = \text{Log}_{10} \alpha + \beta \text{Log } x$ function. Based on inflection point of morphological traits and body shape changes, the early developmental of kutum were divided into Eleuthero-embryo, Propterygio-larval, Pterygio-larval" and younger juvenile phases, each of which included vital developmental events. Rapid and intense changes occurred during Eleuthero-embryo and Propterygio-larvae stages such as development of gills, depletion of yolk-sac and exogenous feeding, development of feeding apparatus, sense organs and organs related to swimming performance. The results also revealed that developmental changes occurred in agreement with the inflection points of morphological characters and their developmental priority imply on functional importance of feeding, respiration and swimming related structures.

Keywords: Caspian Kutum, Allometric growth pattern, Larval development, Morphological trait.