

مطالعه ریخت‌سنجی توتیای دریایی (*Echinometra mathaei* (de Blainville, 1825) در سواحل بندرلنگه، خلیج فارس

موسی کشاورز*^۱، احسان کامرانی^۱، نرگس امراللهی بیوکی^۱، حسین زمانی^۲

۱. گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی و جوی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

۲. گروه آمار، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۴/۲

شناسه دیجیتال (DOI): [10.22113/jmst.2016.15639](https://doi.org/10.22113/jmst.2016.15639)

چکیده

برخی از گونه‌های ارزشمند خلیج فارس، مانند توتیاهای دریایی به دلیل نداشتن جایگاه در سبد غذایی مردم منطقه، مطالعات علمی کمتری را نیز به خود اختصاص داده‌اند. از این رو، این مطالعه، به بررسی پارامترهای ریخت‌سنجی مربوط به توتیای دریایی گونه *Echinometra mathaei* برای یک دوره هفت‌ماهه (فروردین تا مهر ماه سال ۱۳۹۳) در مناطق بین جزرومدی بندرلنگه (N ۲۶°۳۲'۲۸"، E ۵۴°۵۲'۲۹")، می‌پردازد. نمونه‌ها به صورت ماهیانه و تصادفی در هنگام جزر کامل جمع‌آوری و به طور زنده به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس تشریح و جداسازی قسمت‌های مختلف بدنی آغاز شد. هر جزء بدنی از نظر طول و وزن اندازه‌گیری شد. با استفاده از یک تحلیل ریاضی، حجم نمونه به عنوان یک جسم بیضوی محاسبه شد. نتایج حاکی از آن بود که وزن کوچکترین و بزرگترین نمونه به ترتیب ۰/۰۷ و ۱۰۳/۷۷ گرم بود. رابطه بین وزن تر کل و قطر پوسته ($TWW=0.0053TD^{2.3933}$)، وزن تر کل و ارتفاع ($TWW=0.0122H^{2.5872}$) و وزن تر کل و حجم ($TWW=0.0071V^{0.8706}$) بود. ضریب همبستگی بین حجم و وزن تر کل برابر با ۰/۹۴ محاسبه شد که با توجه به ضریب همبستگی نزدیک به عدد یک، دقت روش Disk Method به کار رفته در این مطالعه را نمایان می‌سازد. از طرف دیگر، شاخص HDR، در مقایسه با شاخص HWR، مقادیر بیشتری بدست آمد که این به معنای بزرگتر بودن قطر توتیا، در مقایسه با ارتفاع، به علت شکل بیضوی پوسته می‌باشد. به علاوه، محاسبات آماری به اثبات می‌رساند که این مقدار بیشتر شاخص DWR، در مقایسه با شاخص HWR، در هر دو جنس منطقی و صحیح است.

واژگان کلیدی: خارپوستان، فانوس ارسطو، طول آرواره، ارتفاع پوسته

۱. مقدمه

شاخه خارپوستان تقریباً شامل ۷۰۰۰ گونه زنده و ۱۳۰۰۰ گونه فسیلی است که در پنج گروه تاکسونومیکی جداگانه تقسیم‌بندی شده‌اند (Pawson, 2007)؛ به طوری که شامل ستاره‌سانان، خارداران، خیارسانان مارسانان و لاله‌وشان هستند. خارپوستان به منزله پیشرفته‌ترین بی‌مهرگان بوده و ارتباط تنگاتنگی با مهره‌داران دارند. در اولین نگاه اجمالی در ویژگی‌های بارز آنان، خارپوستان در سطوح بالایی از مطالعه بی‌مهرگان جای گرفته‌اند (Zou et al., 2011). از ویژگی‌های این گروه جانوری، می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود: اسکلت کربنات کلسیمی، سیستم گردش آبی، جابه‌جایی و سایر ویژگی‌هایی که کم‌وبیش با تقارن شعاعی آن در ارتباط است. البته برخی از گونه‌های خارپوستان، برخلاف انتظار نامتقارن بوده و حتی ممکن است سیستم گردش آبی نداشته باشند. خارداران شامل توتیاهای دریایی، دلارهای شنی و بیسکویت‌های دریایی هستند. لاروها و تخم‌های خارداران، به عنوان مدل آزمایشی برای رشد زیستی، بیولوژی سلول و مطالعات ایمنولوژی به کار گرفته می‌شوند. جابجایی توتیاهای دریایی عمدتاً در پاسخ به کمبود غذا مانند هنگام رخداد ال‌نینو و هنگامی که بسترهای کلپی در دسترس نباشند، صورت می‌گیرد. هم‌چنین می‌توان اشاره نمود که برخی از خارپوستان تقریباً هیچ‌گونه جابجایی و مهاجرت ندارند (Coppard and Campbell, 2006). به‌علاوه، توتیاهای دریایی یک مبحث جذاب برای آزمایش‌های زیستی و جانوری در زمینه جنین‌شناسی و تکامل هستند (Amemiya et al., 2005). آن‌ها معمولاً به عنوان مدلی در بررسی‌های پیشرفته زیست‌شناسی (Kaupp et al., 2006) و به عنوان نمونه‌های آزمایشی در تخمین سمیت‌شناسی زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Marin et al., 2007).

توتیاهای دریایی عمده‌ترین مصرف‌کنندگان در نواحی ساحلی صخره‌ای هستند. نشان داده شده است که

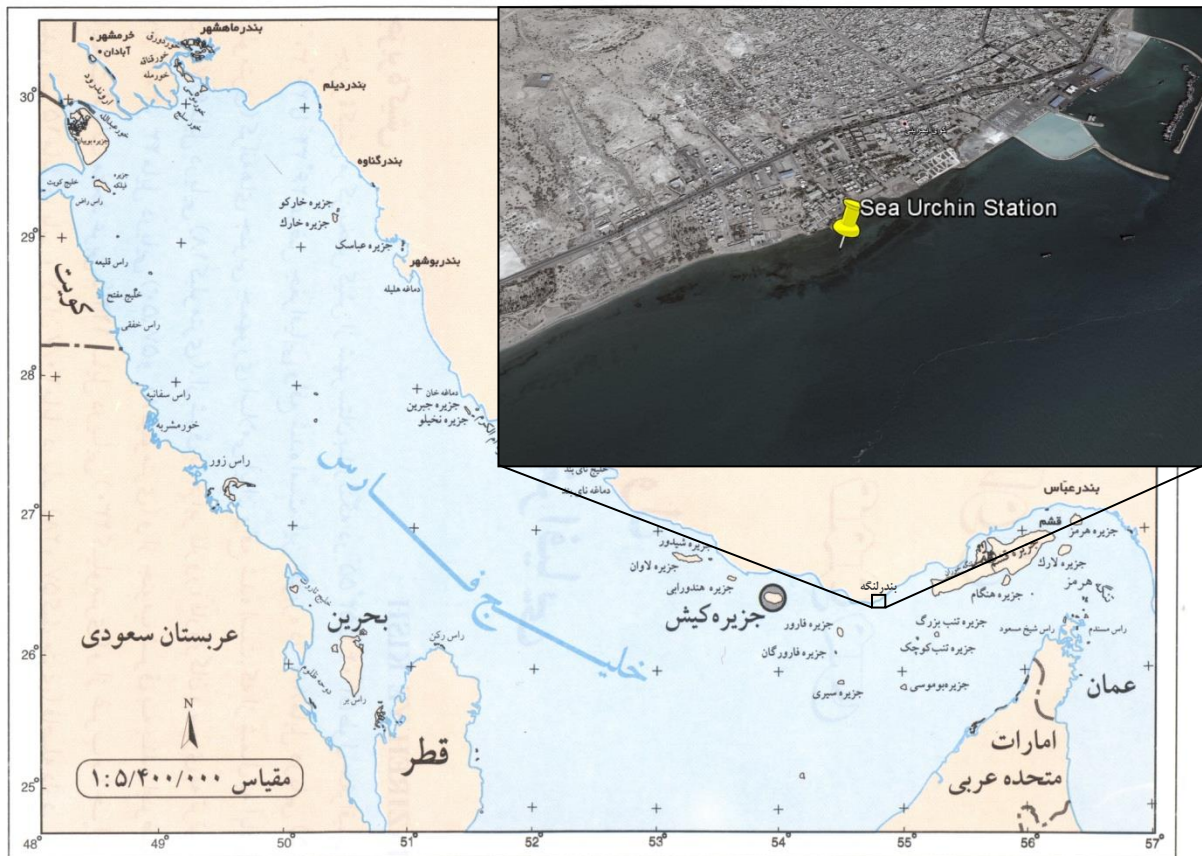
توتیاهای دریایی که در بسترهای جلبکی *Phymatolithon* و *Lithothamnion glaciale rugulosum* قرار دارند، دارای رشد کند و تولید گناد اندک هستند (Meidel and Scheibling, 1999). چرخه تولیدمثلی گونه‌های بسیاری از توتیاهای دریایی مورد بررسی قرار گرفته‌اند و تغییرات فصلی در شاخص گنادوسوماتیکی و گامتوژنیز بررسی شده است (به عنوان مثال Walker et al., 2006). توتیاهای دریایی از جمله جنس *Echinometra* معمولاً با توجه به شرایط ویژه در نواحی جزرومدی، در مجاورت آبنسنگ‌های مرجانی (McCartney et al., 2000) و نواحی ساحلی سکنی می‌گزینند. آن‌ها معمولاً در آب کم‌عمق، بین حداقل متوسط جزرومدی، تا عمق ۱۰ متری گزارش شده‌اند (McClanahan and Muthiga, 2013). اغلب آن‌ها دارای پراکنش لکه‌ای با تراکم‌های متنوع از ۰/۱ تا ۱۰۰ فرد در هر متر مربع می‌باشند (Dumas et al., 2007). *Echinometra* (de Blainville, 1825) نمونه‌ای از این جنس است که دارای پراکنندگی گسترده جهانی بوده و در مباحث علمی به علت نقش اکولوژیکی آن اهمیت چشمگیری دارد. *Echinometra mathaei*، یک گونه چراگر (Grazer) بر روی جلبک‌هاست (Coppard and Campbell, 2006). به طوری که در تراکم‌های زیاد، دارای نقش فرسایشگر زیستی دارد که به عنوان یک فاکتور محدودکننده برای رشد و بقا آبنسنگ‌های مرجانی محسوب می‌شود (Bronstein and Loya, 2014). از آن جایی که محیط‌های دریایی منبع عظیمی از اورگانوسم‌ها را برای ما فراهم می‌کند، لذا به دلیل منابع تغذیه‌ای و دارویی، اهمیت زیادی دارد. در این راستا، توتیاهای دریایی جهت بهره‌برداری از گنادهایشان در جهان صید می‌شوند؛ به طوری که در دهه‌های گذشته، افزایش تقاضای گنادی آن‌ها، منجر به صید بیش از حد در اجتماعات طبیعی‌شان گردیده است (Siikkavuopio, 2009). متأسفانه به علت عدم

بین اجتماعات طبیعی گونه مذکور و هم‌چنین تغییرات آن در طول دوره مورد مطالعه را فراهم کرده است، لذا این مطالعه به عنوان گامی کوچک برای سایر مطالعات زیستی و اکولوژیکی خواهد بود.

۲. مواد و روش‌ها

این مطالعه در محدوده بین جزرومدی در طول سواحل صخره‌ای بندرلنگه واقع در عرض جغرافیایی $26^{\circ}32'28''$ شمالی و طول جغرافیایی $54^{\circ}52'24''$ شرقی در عمق ۰/۵ تا ۱ متری در هفت ماه نخست سال ۱۳۹۳ انجام پذیرفت. همان‌طور که شکل ۱، نشان می‌دهد، ساحل صخره‌ای منطقه مورد مطالعه، مشهود است.

آگاهی از منفعت این موجودات، هیچ‌گونه کاربرد دیگری برای آن‌ها در نظر گرفته نمی‌شود. این مهم، با در نظر گرفتن اهمیت تنوع زیستی در خلیج فارس، اهمیت بیشتری می‌یابد. لذا مطالعه بر روی شناسایی، پراکنش، اکوبیولوژی و شرایط تنوع زیستی توتیاهای دریایی حائز اهمیت دو چندان می‌شود؛ زیرا این گونه از خارپوستان، از گونه‌های ارزشمند خلیج فارس هستند. متأسفانه هیچ مطالعه‌ی مستقل جامعی جهت شناسایی آن‌ها در دسترس نیست؛ زیرا در سید غذایی مردم بومی منطقه جایگاهی ندارد. بنابراین در منطقه خلیج فارس، حتی در مقایسه با سایر آبزیان این منطقه، جنبه‌های تجاری این موجود، ارزشی واقعی خود را نیافته است. از آن جایی که مطالعه حاضر، روابط ایزومتریکی و آلومتریکی اجزای مختلف بدنی در



شکل ۱ (بزرگتر) تصویری از نقشه خلیج فارس (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۳). (کوچکتر) تصویر هوایی منطقه مورد مطالعه که از Google Earth Pro تهیه شده است.

جزرومدی جمع آوری شد. نمونه‌ها به طور زنده به آزمایشگاه زیست‌شناسی دریا، دانشگاه هرمزگان،

جهت بررسی‌های آزمایشگاهی سی‌ویک نمونه در اندازه‌های مختلف بطور تصادفی ماهیانه در ناحیه بین

است. علاوه بر این wg ، وزن تر گناد^۵، wgu ، وزن تر معدی^۶ و wal وزن تر فانوس ارسطو^۸ تعریف می‌شود. dg ، به عنوان وزن خشک گناد^۹، dgu ، وزن خشک معدی^{۱۰} و dal ، وزن خشک فانوس ارسطو^{۱۱} می‌باشد (Feng et al., 2015).

که در آن‌ها HDR، نسبت ارتفاع به قطر پوسته^{۱۲}، HWR، نسبت ارتفاع به وزن بدن^{۱۳} و DWR، نسبت قطر پوسته به وزن بدن^{۱۴} است (Zhao et al., 2015). در اینجا ما یک مدل ریاضی به نام روش دیسک، Disk Method، جهت محاسبه حجم توتیای دریایی ارائه کرده‌ایم. به منظور پیدا کردن حجم از یک جسم بیضوی (مانند توتیای دریایی)، از روش‌های ریاضی استفاده نموده‌ایم. اگر یک بیضی با معادله: $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ بیان شود که $-a \leq x \leq a$ و $-b \leq y \leq b$ می‌باشد. با چرخش حول یکی از محورها (مثلاً محور y)، یک جسم بیضوی ساخته می‌شود (شکل ۲). در اینجا ما از روش Disk Method، جهت یافتن حجم توتیا به عنوان یک جسم بیضوی استفاده نموده‌ایم که a ، نصف قطر پوسته ($a=D/2$) و b نصف ارتفاع ($b=H/2$) در نظر گرفته می‌شود. در این روش جسم بیضوی به قطعه‌های کوچک قرص مانند (دیسک مانند) تقسیم می‌شوند. حجم هر دیسک، dV محاسبه شده و سپس با سایر قطعه‌ها جمع می‌شود به این ترتیب، از همه قطعه‌ها انتگرال‌گیری می‌شود. شاخص‌هایی جهت آنالیز اندازه‌گیری با معادلات زیر تعریف شد (Feng et al., 2015):

^۵ Aristotle's Lantern Moisture Content

^۶ wet weight of the gonad

^۷ wet weight of the gut

^۸ wet weight of the Aristotle's lantern

^۹ dried weight of the gonad

^{۱۰} dried weight of the gut

^{۱۱} dried weight of the Aristotle's lantern

^{۱۲} Test Height-Diameter ratio

^{۱۳} Test Height body Weight ratio

^{۱۴} Test Diameter Weight ratio

انتقال داده شده و وزن تر کل هر نمونه، با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم محاسبه شد. سپس خارها از پوسته جدا گردیده، و ارتفاع و قطر پوسته هر نمونه با کولیس دیجیتالی و با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر محاسبه شد.

غشای دهانی^۱ با اسکالپل برش داده و سپس فانوس ارسطو با پنس برداشته گردید. مایع سلومی^۲ توسط سرنگ انسولین بیرون آورده شد. سپس با یک قیچی دو شکاف کوچک در گوشه پوسته ایجاد گردید و پوسته به دو بخش تقسیم شد. اجزای سیستم گوارشی و گنادها به طور جداگانه برداشته و در داخل ویال‌هایی قرار گرفتند. لازم به ذکر است که رسوبات موجود در امعا و احشا مورد محاسبه قرار نگرفتند و سیستم گوارشی با آب مقطر چندین بار شستشو داده شد. سپس وزن تر همه اجزای بدنی (محتویات معدی، گنادها و فانوس ارسطو) ثبت گردید. در مرحله بعد همه اجزای بدن در آن ۴۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده تا این اجزا خشک شوند. وزن خشک فانوس ارسطو، محتویات معدی و گنادها اندازه‌گیری شد. سپس فانوس ارسطو را در محلول هیپوکالریت سدیم به مدت ۱ تا ۲ دقیقه قرار داده تا هر گونه مواد آلی حذف شود و تنها اسکلت کربنات کلسیمی باقی بماند؛ اجزای اسکلتی فانوس در آب مقطر به مدت ۵ دقیقه شستشو داده و در معرض هوا خشک گردید و سپس طول پنج آرواه از هر فانوس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر محاسبه گردید.

در پایان جنسیت بوسیله مشاهده بخشی کوچک از گناد زیر میکروسکوپ نوری تعیین گردید. از آنجایی که رنگ گناد در جنسیت‌های مختلف متفاوت است لذا مقایسه بین نر و ماده ممکن بود. که GMC محتوای رطوبت گناد^۳، GUMC، محتوای رطوبت معدی^۴ و ALMC، محتوای رطوبت فانوس ارسطو^۵

^۱ Peristome

^۲ Coelomic Fluid

^۳ Gonad Moisture Content

^۴ GUt Moisture Content

$$dV = (\pi x^2) dy$$

با توجه به معادله بیضی، داریم:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \Rightarrow \frac{x^2}{a^2} = 1 - \frac{y^2}{b^2} \Rightarrow$$

$$x^2 = b^2 \left(1 - \frac{y^2}{b^2} \right), \quad a = \frac{D}{2}; \quad b = \frac{H}{2}$$

بنابراین:

$$dV = \left(\pi a^2 \left[1 - \frac{y^2}{b^2} \right] \right) dy, \quad a = \frac{D}{2}; \quad b = \frac{H}{2}$$

با اضافه کردن حجم تک تک دیسک‌ها به یکدیگر، از همه قطعه‌ها در معادله بالا انتگرال گیری می‌شود:

$$\begin{aligned} V &= \int_{-b}^{b} dV = \int_{-b}^{b} \pi a^2 \left[1 - \frac{y^2}{b^2} \right] dy \\ &= 2\pi a^2 b - 2\pi a^2 \frac{b}{3} \\ &= \frac{4}{3} \pi b a^2; \\ a &= \frac{D}{2}, b = \frac{H}{2} \end{aligned} \quad (7)$$

معادله (7) به آن معنی است که حجم توتیا برابر است با $V = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{H}{2} \right) \left(\frac{D}{2} \right)^2 = \frac{1}{6} \pi H D^2$ با نامگذاری $\eta = \frac{H}{D}$ یا $H = \eta D$ ، داریم:

$$V = \frac{1}{6} \pi \eta D^3 \quad (8)$$

با استفاده از معادله (8)، که در آن D ، قطر اندازه‌گیری شده پوسته توتیا و η ، نسبت ارتفاع اندازه‌گیری شده پوسته توتیا به قطر آن است و با استفاده از کولیس قابل اندازه‌گیری هستند، می‌توان حجم هر توتیا را به صورت تقریبی تخمین زد. لذا معادله (8) به عنوان پایه محاسبات حجم در این مطالعه استفاده شد.

تحلیل‌های آماری، با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS 22.0 و Microsoft Office Excel و Minitab 11.12، صورت پذیرفت. توزیع پارامترهای ریخت‌سنجی

$$GMC = \frac{wg - dg}{wg} \times 100 \quad (1)$$

$$GUMC = \frac{wgu - dgu}{wgu} \times 100 \quad (2)$$

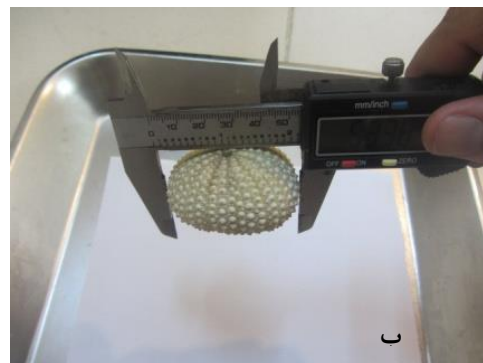
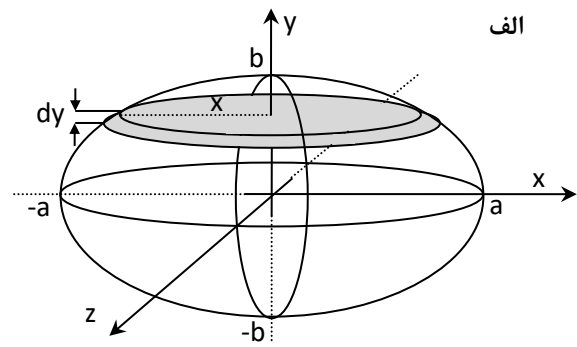
$$ALMC = \frac{wal - dal}{wal} \times 100 \quad (3)$$

به علاوه نسبت‌های زیر نیز تعریف گردید (Zhao et al., 2015):

$$HDR = \frac{th}{td} \quad (4)$$

$$HWR = \frac{th}{wb} \quad (5)$$

$$DWR = \frac{td}{wb} \quad (6)$$



شکل ۲ (الف) نمونه‌ای از شکل توتیای دریایی *Echinometra mathaei* که با استفاده از کولیس دیجیتالی قطر آن محاسبه شده است. (ب) شکلی ایده‌آل از توتیای دریایی به عنوان یک بیضی.

dV شامل مساحت دیسک ضرب در ضخامتش است.

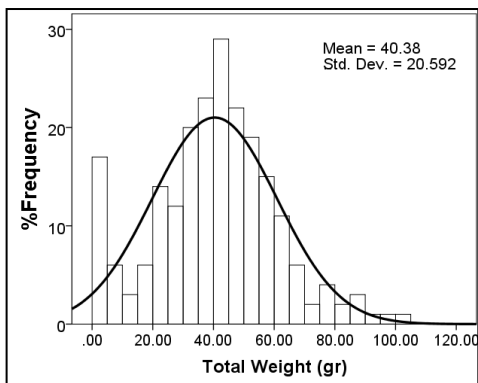
$$dV = (\text{Area of the disk}) dy = (\pi r^2) dy \Rightarrow$$

حجم تقریبی پوسته $t=0/94$ (شکل ۵ پ) در نمونه‌های مورد مطالعه محاسبه گردید.

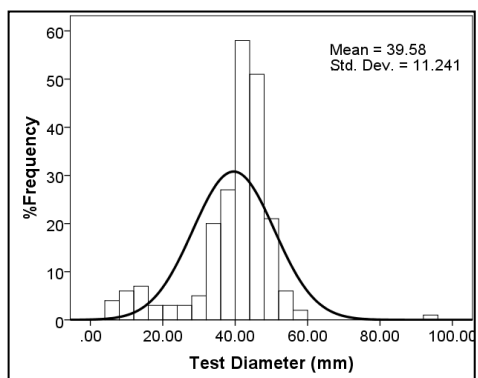
جهت آزمون ویژگی‌های فیزیکی و زیستی توتیاها، شاخص‌های بنیادی براساس معادلات ۱ تا ۶ مورد محاسبه قرار گرفت. نتایج به دست آمده در جدول ۲ نمایش داده شده است. به طوری که مشاهده می‌شود شاخص‌ها برحسب تفکیک جنسیتی می‌باشند. در بین کل جامعه آماری تعداد نرها و ماده‌ها به ترتیب ۷۱ و ۱۲۷ فرد بود. هم چنین ۱۹ فرد از نظر جنسیتی نامشخص بودند، زیرا این تعداد در اندازه‌های کوچک و در نتیجه بدون گناد بودند. قسمت کل از جدول شماره ۲، شامل افراد نابالغ نمی‌باشد.

۴. بحث و نتیجه گیری

همان‌طور که پیش تر اشاره شد، به دلیل اهمیت اقتصادی توتیا در جهان، لازم است با توجه به پتانسیل‌های محیط دریایی خلیج فارس، در ایران نیز در راستای ارزیابی ذخایر، مطالعه این گونه بشتر مورد توجه قرار گیرد.



الف



ب

توتیا در کل دوره نمونه‌برداری و نتایج آن با SPSS انجام شد. علاوه بر این، SPSS به منظور بررسی تقارن و فراوانی داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. از برنامه Minitab برای محاسبه چارک اول و سوم (Q1 و Q3) و دامنه میان چارکی^۱ و دامنه^۲، برای معادلات ۱ تا ۶ مورد محاسبه قرار گرفت. از نرم افزار Excel نیز برای رسم برخی از نمودارها استفاده شد. لازم به ذکر است که کمیت‌هایی که در ادامه ارائه می‌شود، میانگین، به همراه انحراف معیار بیان شده است.

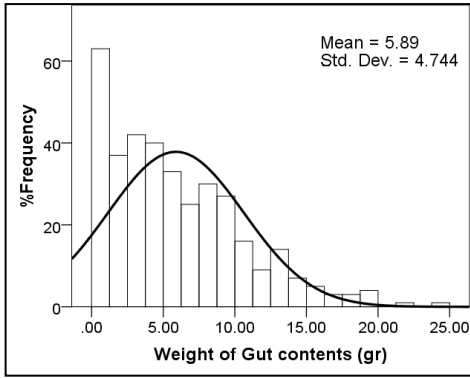
۳. نتایج

در دوره مورد مطالعه، ۲۱۷ نمونه از توتیای دریایی، تشریح و بررسی شد. با تشریح نمونه‌ها، بزرگترین فرد با وزن تر ۱۰۳/۷۷ گرم، ارتفاع ۴۰/۳۵ میلی‌متر، قطر پوسته ۵۹/۲۱ میلی‌متر و وزن فانوس ارسطو معادل ۵/۵۴ گرم و کوچکترین فرد با وزن تر ۰/۰۷ گرم، ارتفاع ۲/۶ میلی‌متر، قطر پوسته ۴/۳۱ میلی‌متر و وزن فانوس ارسطو معادل ۰/۰۲ گرم یافت شد.

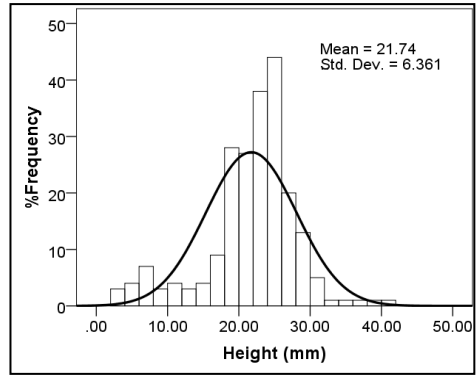
فراوانی توزیع پارامترهای ریخت‌سنجی اجزای بدنی نمونه‌ها، در شکل ۳ ارائه شده است. به طوری که نشان داده شده است، میانگین و انحراف معیار برای هر پارامتر محاسبه شده است. در جدول ۱، بیشترین فراوانی داده‌های هر پارامتر، نشان داده شده است به طوری که فراوانی چندتایی برای وزن فانوس ارسطو، وزن تر گناد و ضخامت پوسته مشاهده گردید. به علاوه، چولگی، نیز محاسبه گردید و میزان تقارن و عدم تقارن هر کمیت تعیین گردید. ضریب همبستگی داده‌های اندازه‌گیری شده بین ارتفاع و قطر پوسته برابر $r=0/73$ (شکل ۴ الف)، طول آرواره و قطر پوسته $r=0/79$ (شکل ۴ ب) و طول آرواره و ارتفاع $r=0/67$ (شکل ۴ پ) بود. به علاوه، ضریب همبستگی بین وزن تر کل و قطر پوسته $r=0/90$ (شکل ۵ الف)، وزن تر کل و ارتفاع $r=0/95$ (شکل ۵ ب) و وزن تر کل و

^۱ Interquartile Range

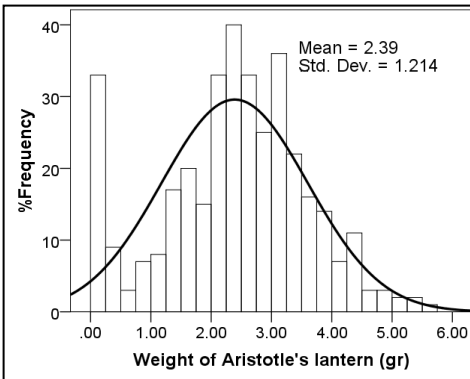
^۲ Range=Max(xi)-Min(xi)



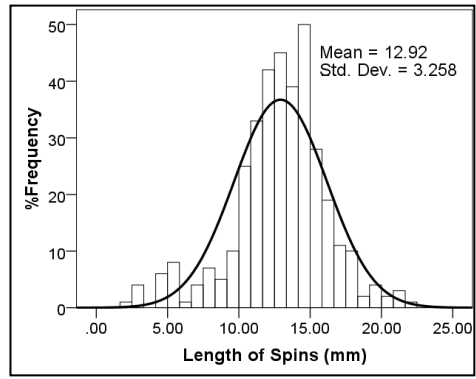
چ



پ

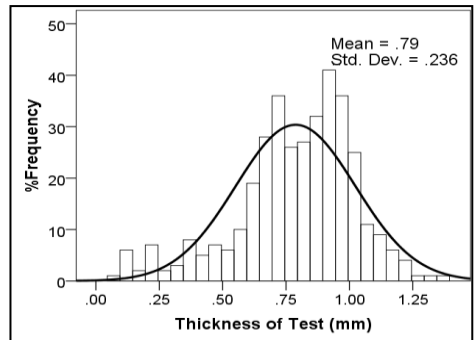


ح

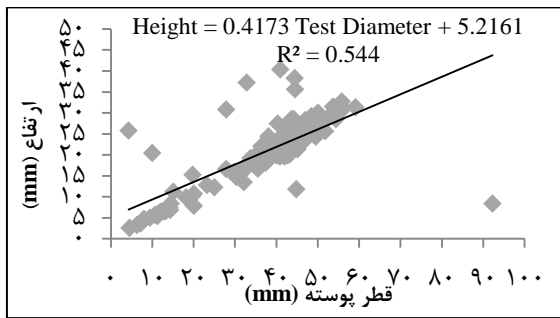


ت

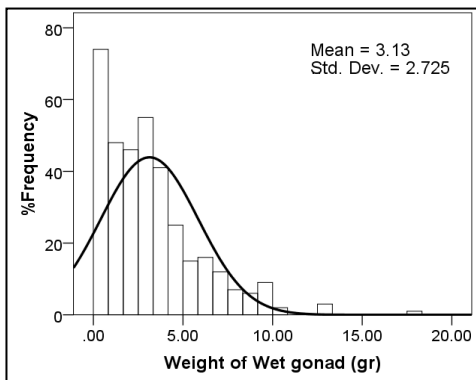
شکل ۳ پراکنش‌های پارامترهای ریخت‌سنجی در طی دوره نمونه‌برداری. (الف) وزن کل، (ب) قطر پوسته، (پ) ارتفاع، (ت) طول خارها، (ث) ضخامت پوسته، (ج) وزن تر گناد، (چ) وزن محتویات معدی، و (ح) وزن فانوس ارسطو



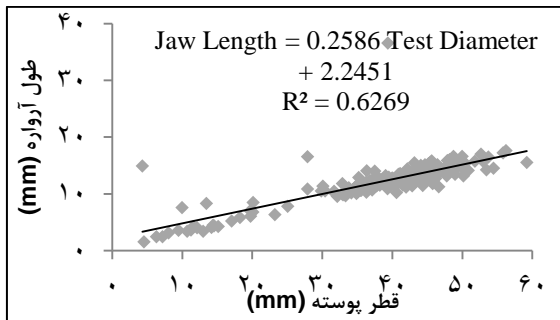
ث



الف



ج



ب

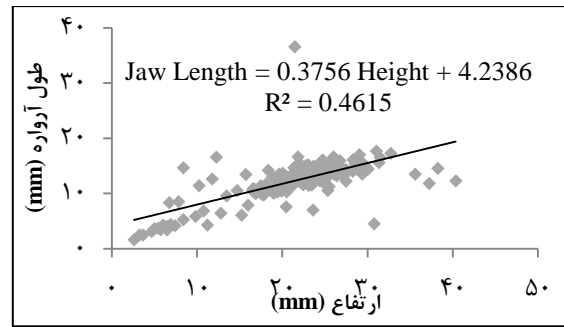
ایجاد اشکال غیرنرمال دلایل پنهانی که کمتر مورد توجه قرار می گیرند باشد؛ برای مثال افزایش نسبت H/D به علت عفونت انگلی یک حلزون در دو گونه *Holopneustes inflatus* و *Salmacis bicolor* گزارش شده است (Mortensen, 1943). از این رو معمولاً در مطالعات ریخت‌سنجی توتیاهای دریایی اختلافاتی وجود دارد. اغلب این اختلافات مربوط به تاثیر عوامل عفونت زا و بازسازی ناقص موجود پس از بهبودی می باشد (Gambardella et al., 2013); (Sadripour et al., 2013) و لذا مطالعات گسترده ریخت‌سنجی می‌تواند تبدیل به یک معیار استاندارد برای گونه *E. mathaei* شده و معرف سلامت منطقه با توجه به پتانسیل‌های بالقوه آن در زمینه تکثیر و پرورش گردد.

در این مطالعه، رابطه بین نسبت ارتفاع-قطر پوسته (H/D) به قطر پوسته (TD) به صورت رابطه (۹) حاصل شده است ($r = -0.57$)؛

$$H/D = -0.188 TD + 8.64 \quad (9)$$

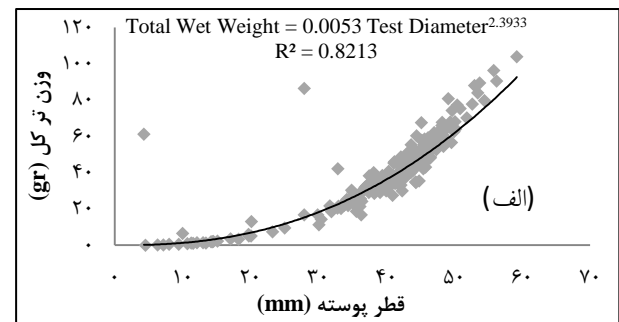
بیشترین و کمترین مقدار مربوط به H/D به ترتیب برابر با ۳۷/۱۴ و ۰/۲۲ میلی‌متر بود. با توجه به رابطه (۹) شیب منفی (۰/۱۸۸-)، این واقعیت را می‌رساند که افزایش ارتفاع در *E. mathaei* با کاهش قطر و برعکس همراه است.

در مطالعه Dafni (1980)، نسبت ارتفاع به قطر پوسته (H/D) در گونه *Tripneustes cf. gratilla* در سه جمعیت مورد بررسی قرار داد و مقادیر ۰/۷±۰/۱۵، ۰/۵۹±۰/۰۶ و ۰/۵۳±۰/۰۴ در آن سه جمعیت به دست آورد ($P < 0.01$). Hagen (2008) رابطه آلومتریکی مستقیمی را بین قطر پوسته و طول آرواره در گونه‌های *Strongylocentrotus pallidus* و *Strongylocentrotus droebachiensis* در سواحل نروژ نشان داد. Ernst (1973) نیز نسبت ارتفاع به قطر را برای *Paracentrotus lividus* و *Arbacia lixula* محاسبه نمود، نتایج وی نشان داد که جمعیت‌های مختلف از گونه‌های مشابه نیز می‌توانند نسبت ارتفاع به قطر متفاوتی داشته باشند.

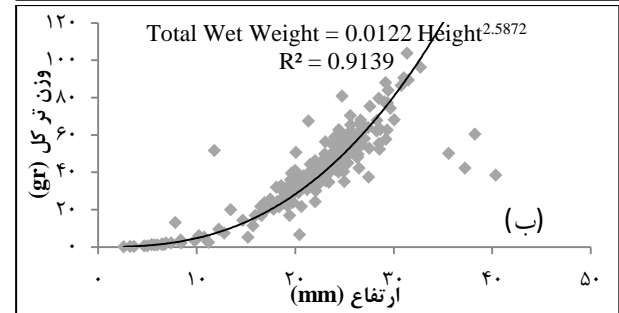


پ

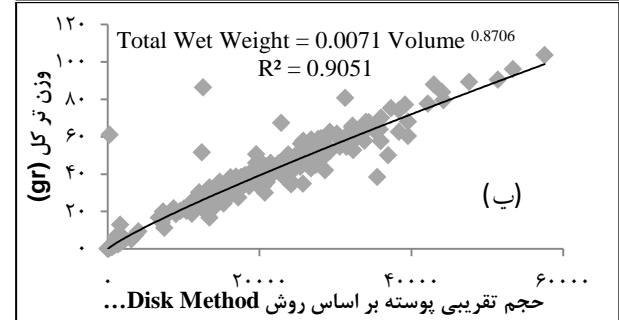
شکل ۴ الف) ارتفاع و قطر پوسته، ب) طول آرواره و قطر پوسته و پ) طول آرواره و ارتفاع



الف)



ب)



ب)

شکل ۵ الف) وزن تر کل و قطر پوسته، ب) وزن تر کل و ارتفاع و پ) وزن تر کل و حجم پوسته

به دلیل شکل غیرنرمال خارداران، تحلیل‌های ریخت‌سنجی توتیای دریایی در مطالعات گذشته، مورد توجه قرار گرفته است (به عنوان مثال Elliott et al., 2013); Padilla-Gamiño et al., (2012) را ببینید). اهمیت این مساله زمانی آشکار می‌گردد که

جدول ۱. نتایج پارامترهای ریخت‌سنجی *E. mathaei*

نوع پارامتر	انحراف معیار \pm میانگین	تقارن	بیشترین فراوانی داده‌ها
وزن کل (گرم)	۴۰/۳۸ \pm ۲۰/۵۹	متقارن	۳۵-۴۵
قطر پوسته (میلی‌متر)	۳۹/۵۸ \pm ۱۱/۲۴	نامتقارن	۴۰-۴۸
ارتفاع (میلی‌متر)	۲۱/۷۴ \pm ۶/۳۶	تا حدی نامتقارن	۲۲-۲۶
طول خارها (میلی‌متر)	۱۲/۹۲ \pm ۳/۲۵	متقارن	۱۱/۶۶-۱۵
ضخامت پوسته (میلی‌متر)	۰/۷۹ \pm ۰/۲۴	تا حدی متقارن	۰/۹-۱، ۰/۷-۰/۷۹
وزن تر گناد (گرم)	۳/۱۳ \pm ۲/۷۲	نامتقارن	۲/۵۱-۳/۳۴، ۰-۰/۸۳
وزن محتویات معدی (گرم)	۵/۸۹ \pm ۴/۷۴	نامتقارن	۰-۱/۲۵
وزن فانوس ارسطو (گرم)	۲/۳۹ \pm ۱/۲۱	متقارن	۳-۳/۲۵، ۲/۲۵-۲/۵، ۰-۰/۲۵

جدول ۲. مقادیر شاخص‌های محاسبه شده براساس جنسیت

جنسیت	نوع پارامتر	میانگین	انحراف استاندارد	چارک اول	چارک سوم	دامنه میان چارکی	دامنه
نر	GMC	۷۴/۶	۹/۸۹	۶۹/۸۹	۸۰/۷۸	۱۰/۸۹	۵۷/۰۴
	GUMC	۸۸/۱۱	۱۱/۲۴	۸۶/۷۵	۹۳/۴۳	۶/۶۸	۸۰/۷۸
	ALMC	۳۸/۳۳	۱۰/۸۳	۳۳/۲۵	۴۴/۵۵	۱۱/۳	۷۷/۸۰
	HDR	۰/۶۳	۰/۶۵	۰/۵۲	۰/۵۷	۰/۰۵	۵/۷۲
	HWR	۰/۶۳	۰/۳۵	۰/۴۸	۰/۷	۰/۲۲	۲/۷۲
	DWR	۱/۱۵	۰/۶۷	۰/۸۴	۱/۲۷	۰/۴۳	۵/۴۱
	GMC	۷۴/۶۷	۱۱/۶۳	۷۲/۱۶	۷۹/۷۲	۷/۵۶	۹۱/۳
ماده	GUMC	۸۸/۶۲	۱۲/۰۵	۸۹/۱۷	۹۳/۸۶	۴/۶۹	۹۲/۲۲
	ALMC	۳۹/۱۶	۹/۸۵	۳۵/۹۵	۴۴/۸	۸/۸۵	۸۱/۹۳
	HDR	۰/۵۴	۰/۰۷۳	۰/۵۱	۰/۵۵	۰/۰۴	۰/۶۹
	HWR	۰/۵۶	۰/۱۶	۰/۴۶	۰/۶۴	۰/۱۸	۱/۰۹
	DWR	۱	۰/۳۲	۰/۸۵	۱/۱۹	۰/۳۴	۲/۳۵
	GMC	۶۸/۲۲	۲۳/۶	۶۹/۶۶	۷۹/۹۴	۱۰/۲۸	۸۹/۵
	GUMC	۸۷/۲۹	۱۳/۸۲	۸۷/۵	۹۳/۶	۶/۱	۹۸
کل †	ALMC	۳۹/۴۴	۱۰/۸۱	۳۵/۵۵	۴۴/۸۶	۹/۳۱	۸۱/۹۳
	HDR	۰/۵۸	۰/۳۹	۰/۵۱	۰/۵۶	۰/۰۵	۵/۷۲
	HWR	۱/۲۶	۳/۴۷	۰/۴۸	۰/۷	۰/۲۲	۳۶/۹۲
	DWR	۲/۳۲	۶/۴۲	۰/۸۶	۱/۳۳	۰/۴۷	۶۵/۳۵
	GMC	۶۸/۲۲	۲۳/۶	۶۹/۶۶	۷۹/۹۴	۱۰/۲۸	۸۹/۵

† در محاسبات این بخش افراد نابالغ از نظر جنسی مورد محاسبه قرار نگرفته‌اند.

ذاتی گونه مورد بررسی بر می‌گردد و یا ناشی از اثرات اکولوژیکی محیط می‌باشد که منجر به رشد نامتقارن پوسته می‌شود. Ernst (1973) نیز نتایج مشابهی را در مورد تاثیر فاکتورهای محیطی گزارش نمود. در هر صورت چه این مساله به خصوصیات ذاتی گونه مذکور مرتبط باشد و چه به اثرات اکولوژیکی

برای انعکاس شرایط واقعی اورگانیزم مورد بررسی و آنچه که در محیط طبیعی گونه رخ داده داده‌های مورد استفاده در این مطالعه به صورت کاملاً تصادفی و بدون هیچ گونه برتری انتخاب گردیده و تمامی داده‌ها نیز در محاسبات استفاده شده است. شیب منفی به دست آمده در این مطالعه، یا به ویژگی‌های

می دهد و تا حدودی مشابه شیب به دست آمده از معادله ۱۰ (تقریباً برابر با ۰/۲۶) در مطالعه حاضر می باشد. علاوه بر این، Pederson and Johnson (2008) ضریب همبستگی مشابهی برای گونه *Heliocidaris erythrogramma* در تراکم طبیعی بسترهای ماکرو جلبکی در تاسمانیای شرقی با فراوانی زیاد فصلی *Ulva pinnatifida* گزارش کردند ($r=0.79$). بررسی *Centrostephanus rogersii* در نیوزیلند، مقدار عددی این رابطه معنی دار را بیشتر نشان می دهد ($r=0.93$)؛ به ویژه زمانی که زیستگاه آن‌ها با پوشش متراکمی از ماکرو جلبک *Ecklonia radiata* متمایز شده بود (Pecorino et al., 2012). همبستگی قوی برابر با ۰/۸۸ بین طول آرواره و قطر پوسته در *H. erythrogramma*، حتی در محیط‌های فقیر نیز دیده می شود (Pederson and Johnson, 2008). طول آرواره *E. mathaei* در مطالعه حاضر، مشابه با *H. erythrogramma* در مطالعه (Pederson and Johnson, 2008) می باشد؛ ضریب همبستگی در این مطالعه برابر با ۰/۷۹ به دست آمده است. بنابراین به نظر می‌رسد که الزاماً رابطه مثبت اما با شیب کم بین قطر پوسته و طول آرواره، به معنای همبستگی ضعیف نیست. زیرا در این مطالعه همبستگی نسبتاً قوی وجود دارد و این مساله ممکن است به ترجیح غذایی یا شرایط اکولوژیکی محیط مرتبط باشد. در هر صورت، نیاز به بررسی‌های بیشتر در زمینه تاثیر عوامل اکولوژیک بر خصوصیات ریخت‌سنجی گونه مورد مطالعه احساس می شود.

جهت توضیح روابط ایزومتریک در توتیا، تنها اعتماد به اندازه‌گیری‌های خطی قطر و ارتفاع کافی نبوده بلکه وزن معیار بهتری است که برای تغییر شکل، و نسبت ارتفاع به قطر پوسته قابل اعتمادتر می باشد. البته محاسبه وزن به دلیل وجود خطا در مطالعات میدانی چندان عملی نیست. اگرچه در مطالعات آزمایشگاهی نیز وزن با تاثیر میزان رطوبت و آب باقیمانده بر روی سطح بدن موجود در هنگام اندازه‌گیری متاثر می گردد که می تواند خطا ایجاد نماید.

محیط، لازم است طول آرواره نیز بررسی گردد تا مشخص شود؛ آیا شیب منفی بین ارتفاع پوسته با قطر آن، در رابطه بین طول آرواره و قطر آن نیز دیده می‌شود یا خیر؟! در این مطالعه، ارتباط بین طول آرواره و قطر پوسته به صورت رابطه ۱۰ به دست آمد که با کمال تعجب شیب آن مثبت و برابر ۰/۲۶۸ بود.

$$\text{Jaw Length} = 0.2586 \text{ Test Diameter} + 2.2451 \quad (10)$$

برخلاف معادله ۹ (با افزایش ارتفاع، قطر پوسته کاهش می‌یابد و برعکس) معادله ۱۰، ارتباط بین قطر پوسته و طول آرواره را مثبت نشان می دهد (با افزایش قطر پوسته، طول آرواره نیز افزایش می‌یابد).

طول آرواره یعنی اندازه فانوس ارسطو؛ در سیستم تغذیه‌ای با اهداف متفاوتی مورد بررسی قرار می‌گیرد و عوامل متعددی نیز بر طول آن تاثیر می‌گذارد. به ویژه تفاوت در میزان غذای در دسترس که بر روی سائز آرواره بیشتر از اندازه کل بدن می‌تواند تاثیرگذار باشد. در بررسی نمونه‌های *Mytilus edulis* که از *Strongylocentrotus pallidus* تغذیه می‌کردند، ارتباط میزان تغذیه با اندازه فانوس ارسطو نشان داده شده است (Hagen, 2008). Ebert و همکاران (2014) تغییرات آلومتریک آرواره را در گونه *Strongylocentrotus purpuratus* وابسته به حضور و میزان دسترسی به غذا، هم به صورت فصلی و هم به صورت سالیانه گزارش نمودند. استفاده از آنالیز ANCOVA شیب لگاریتم طبیعی قطر پوسته را در گونه *Strongylocentrotus franciscanus* تابعی همگن از لگاریتم طبیعی اندازه آرواره ($P=0.1$) نشان می‌دهد، به طوری که توتیاهایی که در نواحی عمیق‌تر هستند، آرواره بلندتری داشته و رابطه محکمی ($r=0.98$) بین اندازه آرواره و قطر پوسته وجود داشته است (Rogers-Bennett et al., 2003).

البته رابطه قوی بین اندازه آرواره و قطر پوسته در همه مطالعات تائید نشده است، برای مثال Hagen (2008)، شیب نمودار را برای گونه‌های *S. pallidus* و *S. droebachiensis* به ترتیب تقریباً مقادیر ۰/۱۷ و ۰/۱۹ محاسبه نمود، که ارتباط ضعیف این دو را نشان

اندازه‌گیری وزن در مطالعات تغذیه‌ای حائز اهمیت است. بررسی لاروهای جونایل^۱ *Tripneustes gratilla* که در دوره ۳۵ روزه با سه گونه جلبک قهوه‌ای *Padina australis*، *Hormophysa cuneiformis* و *Sargassum sp.* تغذیه می‌شدند، لاروهایی که از *Sargassum sp.* تغذیه می‌کردند به لحاظ وزنی از اندازه بزرگتری برخوردار بودند (Capinpin, 2015). Tomšić و همکاران (۲۰۱۰) رابطه بین قطر پوسته و وزن را در *Paracentrotus lividus* به صورت رابطه^{۱.۸۴۹} $Weight=1.98 \text{ Test Diameter}$ (با قطر پوسته بین ۳ تا ۵/۴ سانتی‌متر) گزارش نمودند. در این بررسی رابطه فوق قویتر بوده و به صورت معادله ۱۱ مطرح گردید. علیرغم اینکه در مطالعه کنونی از نمونه‌هایی با اندازه‌های کوچک‌تری استفاده شده است ($0.431 \text{ cm} \leq \text{Test Diameters} \leq 5.921 \text{ cm}$). ضمناً رابطه بین وزن تر و قطر پوسته نیز در *E. mathaei* معنی‌دار است ($r=0.91$)، نتایج مشابهی در مورد گونه *C. rogersii* ($r=0.94$) منتشر شده است (Pecorino et al., 2012). Muthiga و McClanahan (۱۹۸۷) نیز ضریب همبستگی بین میانگین قطر پوسته و وزن را برای گونه *E. mathaei* که زیستگاه آن‌ها در داخل و خارج از آبنگ‌های مرجانی واقع شده بود، محاسبه نمودند ($r=0.96$ و $Weight=0.0021 \text{ Test Diameter}$ ^{۰.۶۴}) ($n=144$)؛ نتایج آن‌ها هم‌خوانی زیادی با نتایج بررسی حاضر دارد.

رابطه بین حجم و وزن در اواخر دوره رشد، به دلیل اینکه گنادها سهم بزرگی در وزن بدن دارند؛ بسیار مهم است. در این دوره، ارتفاع و قطر پوسته تقریباً ثابت می‌باشد (Pederson and Johnson, 2008). تغییرات وزنی در طول دوره گامتوزنز مربوط به اشغال حجم زیادی از وزن بدن توسط گامت‌ها می‌باشد که می‌تواند در بحث آبی‌پروی مفید واقع شود. در بررسی حاضر رابطه قوی و مستقیمی بین حجم

تقریبی پوسته (با استفاده از Disk Method) و وزن تر کل محاسبه گردید ($r=0.95$). برای گونه *Strongylocentrotus purpuratus* حجم پوسته با استفاده از دو مدل مختلف برآورد شده است: (۱) مدل (Vesser (1952) (۲) روش بیضوی پخ شده در قطبین (Oblate Spheroid) (Elliott et al., 2012). نتایج هر دو روش فوق‌الذکر کم‌خطا و نسبتاً دقیق می‌باشد؛ مقادیر t ، شیب و عرض از مبدأ در روش بیضوی پخ شده در قطبین به ترتیب $0.52/0.14$ و $0.52/0.05$ محاسبه گردید. این مسأله به این معناست که با افزایش اندازه واقعی توتیا، تخمین فرمول بیضوی پخ شده در قطبین، نیز افزایش می‌یابد. در این مطالعه شیب برابر با $0.071/0$ و $0.951/r=$ برآورد گردید، از آنجایی که شیب نزدیک به صفر است؛ روش مورد استفاده در بررسی کنونی (Disk Method) برای محاسبه حجم از روش بیضوی پخ شده در قطبین (Elliott et al., 2012) بهتر و دقیق‌تر می‌باشد.

$$\text{Weight} = 0.0053 \text{ Test Diameter} 2.3933 \quad (11) \\ (r=0.91, n=127)$$

علیرغم هم‌خوانی نسبی نتایج مطالعه کنونی با دیگر بررسی‌هایی که بر روی توتیا صورت گرفته است؛ به نظر می‌رسد چالش‌های بسیاری در زمینه بررسی و مطالعه گونه *E. mathaei* وجود داشته باشد. از جمله مهمترین آن‌ها می‌توان به عدم بررسی تغذیه‌ای گونه مذکور با توجه به شرایط محیطی منطقه اشاره نمود که می‌تواند بسیاری از خصوصیات ریخت‌سنجی موجود را تحت تاثیر قرار دهد. لذا بررسی دقیق‌تر گونه *E. mathaei* با تاکید بر جنبه‌های تغذیه‌ای و اکولوژیکی، در سایر سواحل و همچنین چندایستگاهی منطقه پیشنهاد می‌گردد. به علاوه، بررسی رقابت در دو گونه متفات مجاور با یکدیگر، می‌تواند نتایج جذابی را به دنبال داشته باشد. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند به عنوان گام اولیه‌ای در منطقه

رابطه بین حجم و وزن در اواخر دوره رشد، به دلیل اینکه گنادها سهم بزرگی در وزن بدن دارند؛ بسیار مهم است. در این دوره، ارتفاع و قطر پوسته تقریباً ثابت می‌باشد (Pederson and Johnson, 2008). تغییرات وزنی در طول دوره گامتوزنز مربوط به اشغال حجم زیادی از وزن بدن توسط گامت‌ها می‌باشد که می‌تواند در بحث آبی‌پروی مفید واقع شود. در بررسی حاضر رابطه قوی و مستقیمی بین حجم

رابطه بین حجم و وزن در اواخر دوره رشد، به دلیل اینکه گنادها سهم بزرگی در وزن بدن دارند؛ بسیار مهم است. در این دوره، ارتفاع و قطر پوسته تقریباً ثابت می‌باشد (Pederson and Johnson, 2008). تغییرات وزنی در طول دوره گامتوزنز مربوط به اشغال حجم زیادی از وزن بدن توسط گامت‌ها می‌باشد که می‌تواند در بحث آبی‌پروی مفید واقع شود. در بررسی حاضر رابطه قوی و مستقیمی بین حجم

^۱ Juveniles

هموار سازد.

بندرلنگه، مسیر را برای این قبیل مطالعات پیشرفته،

منابع

- Amemiya, C.T., Miyake, T., and Rast, J.P. 2005. Echinoderms. *Current biology* 15(23), R944–R946.
- Bronstein, O. and Loya, Y. 2014. Echinoid community structure and rates of herbivory and bioerosion on exposed and sheltered reefs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 456, 8–17.
- Capinpin, Jr.EC. 2015. Growth and survival of sea urchin (*Tripneustes gratilla*) fed different brown algae in aquaria. *International Journal of Fauna and Biological Studies* 2(3), 56–60.
- Coppard, S.E. and Campbell, A.C. 2006. Taxonomic significance of test morphology in the echinoid genera *Diadema* Gray, 1825 and *Echinothrix* Peters, 1853 (Echinodermata). *Zoosystema* 28(1), 93–112.
- Dafni, J. 1980. Abnormal growth patterns in the sea urchin *Tripneustes cf. gratilla* under pollution (Echinodermata, Echinoidea). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 47(3), 259–279.
- Dumas, P., Kulbicki, M., Chifflet, S., Fichez, R. and Ferraris, J. 2007. Environmental factors influencing urchin spatial distributions on disturbed coral reefs (New Caledonia, South Pacific). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 344(1), 88–100.
- Ebert, T.A., Hernández, J.C. and Clemente, S. 2014. Annual reversible plasticity of feeding structures: cyclical changes of jaw allometry in a sea urchin. *Proc. R. Soc. London B: Biological Sciences* 281(1779), 20132284.
- Elliott, L., Russell, M. and Hernández, J. 2012. Estimating Echinoid test volume from height and diameter measurements. In Johnson C. (ed) *Proceedings of the Thirteenth International Echinoderm Conference*, University of Tasmania, Hobart Tasmania, 5–9 January 2009. *Echinoderms in a Changing World*. CRC Press, pp. 105–112.
- Ernst, G. 1973. Aktuopalaeontology and features variability in Mediterranean echinids and conclusions about the ecology and species limitation of fossil forms. *Paläont. Z.* 47, 188–216.
- Feng, W., Chang, Y., Zhao, C., Sun, P. and Wei, J. 2015. Effects of inbreeding on growth, gametogenesis, gonad production, quality and MYP expression in the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius*. *Aquaculture International*, 23(4): 903–912.
- Gambardella, C., Aluigi, M.G., Ferrando, S., Gallus, L., Ramoino, P., Gatti, A.M., Rottigni, M. and Falugi, C. 2013. Developmental abnormalities and changes in cholinesterase activity in sea urchin embryos and larvae from sperm exposed to engineered nanoparticles. *Aquat. Toxicol.* 130, 77–85.
- Geographic Organization of the Armed Forces, 2014. *Geography of Persian Gulf Islands (Kish and Hendurabi Islands)*. Geographic Organization of the Armed Forces. Tehran. P. 4 (In Persian).
- Hagen, N.T. 2008. Enlarged lantern size in similar-sized, sympatric, sibling species of *Strongylocentrotid* sea urchins: from phenotypic accommodation to functional adaptation for durophagy. *Marine Biology* 153(5), 907–924.
- Kaupp, U., Hildebrand, E. and Weyand, I. 2006. Sperm chemotaxis in marine invertebrates-molecules and mechanisms. *Journal of Cellular Physiology*. 208(3), 487–494.
- Ling, S. and Johnson, C. 2009. Population dynamics of an ecologically important range-extender: kelp beds versus sea urchin barrens. *Marine Ecology Progress Series*. 374, 113–125.
- Marin, A., Montoya, S., Vita R., Marín-Guirao, L., Lloret, J. and Aguado, F. 2007. Utility of sea urchin embryo-larval bioassays for assessing the environmental impact of marine fish cage farming. *Aquaculture*. 271(1), 286–297.
- Mccartney, M.A., Keller, G. and Lessios, H.A. 2000. Dispersal barriers in tropical oceans and speciation in Atlantic and eastern Pacific sea urchins of the Genus *Echinometra*. *Molecular Ecology*. 9(9), 1391–1400.
- McClanahan, T.R. and Muthiga, N.A. 2013. *Echinometra*. In: Lawrence J.M. (ed) *Sea Urchin: Biology and Ecology*. Florida, MA: Academic Press, pp. 337–353.
- Meidel, S. and Scheibling, R.E. 1999. Effects of food type and ration on reproductive maturation and growth of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Marine Biology* 134(1), 155–166.

- Mortensen, T. 1943. A Monograph of the echinoidea III. 2: camarodonta. I. orthopsidae, glyphocyphidae, temnopleuridae and toxopneustidae | text
- Muthiga, N. and McClanahan, T. 1987. Population changes of a sea urchin (*Echinometra mathaei*) on an exploited fringing reef. African journal of ecology 25(1), 1–8.
- Padilla-Gamiño, J.L., Kelly, M.W., Evans, T.G. and Hofmann, G.E. 2013. Temperature and CO₂ additively regulate physiology, morphology and genomic responses of larval sea urchins, *Strongylocentrotus purpuratus*. Proceedings of the Royal Society. Series B: Biological Sciences, 280, 20130155.
- Pawson, D.L. 2007. Phylum Echinodermata. Zootaxa 1668, 749–764.
- Pecorino, D., Lamare, M.D. and Barker, M.F. 2012. Growth, morphometrics and size structure of the Diadematidae sea urchin *Centrostephanus rodgersii* in northern New Zealand. Marine and Freshwater Research. 63(7), 624–634.
- Pederson, H.G. and Johnson, C.R. 2008. Growth and age structure of sea urchins (*Heliocidaris erythrogramma*) in complex barrens and native macroalgal beds in eastern Tasmania. ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil 65(1), 1–11.
- Rogers-Bennett, L., Rogers, D.W., Bennett, W.A. and Ebert, T.A. 2003. Modeling red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) growth using six growth functions. Fishery Bulletin. 101, 614–626.
- Sadripour, E., Mortazavi, M. and Mahdavi Shahri, N. 2013. Effects of mercury on embryonic development and larval growth of the sea urchin *Echinometra mathaei* from the Persian Gulf. Iranian Journal of Fisheries Sciences 12(4), 898–907.
- Siikavuopio, S.I. 2009. Green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*, Müller) in aquaculture: the effects of environmental factors on gonad growth. PhD thesis. University of Tromsø, Tromsø, Norway.
- Tomšić, S., Conides, A., Dupčić Radić, I. and Glamuzina, B. 2010. Growth, size class frequency and reproduction of purple sea urchin, *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) in Bistrina Bay (Adriatic Sea, Croatia). Acta Adriat. 51(1), 67–77.
- Vasseur, E. 1952. Geographic variation in the Norwegian sea urchins, *Strongylocentrotus droebachiensis* and *S. pallidus*. Evolution 6, 87–100.
- Walker, C., Unuma, T. and Lesser, M. 2006. Gametogenesis and reproduction of sea urchins. In Lawrence J.M. (ed) Edible Sea Urchin: Biology and Ecology. The Netherlands, MA: Elsevier Science, pp. 11–33.
- Zhao, C., Zhang, W., Chang, Y., & Liu, P. 2015. Test and gonad characteristics in different genders of cultivated sea urchins (*Strongylocentrotus intermedius*, Agassiz): First insight into sexual identification. African Journal of Biotechnology, 9(44), 7560–7563.
- Zou, M., Guo, B. and He, S. 2011. The roles and evolutionary patterns of intronless genes in deuterostomes. Comparative and functional genomics, 28(39):1–8

A Morphometric study of sea urchin *Echinometra mathaei* (de Blainville, 1825) on beaches of Lengeh Port, Persian Gulf

Keshavarz, Mousa^{1*}, Kamrani, Ehsan², Amrollahi Biuki, Narges³, Zamani, Hossein⁴

1. Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science, Technology, Hormozgan University
2. Department of Statistics, Faculty of Basic Sciences, Hormozgan University

Abstract

Some of valuable species of Persian Gulf, such as sea urchins, are accounted less scientific studies due to the lack of any position in the local food baskets. Therefore, this survey is investigated the biometrical parameters of sea urchin *Echinometra mathaei* for a period of seven months (March– September, 2014) in the intertidal zone of Lengeh Port (26°32'28" N, 54°52'29" E). Random samples were collected monthly during spring tides and transferred alive to the laboratory and then the dissection and the separation of different parts of the body were started. Each part of the body length and weight was measured. By a mathematical method the volume of samples was calculated as an elliptical object. This study illustrated the largest and smallest sample were 0.07 and 103.77 grams, respectively. Results showed that the relationships between Total wet weight and Test Diameter (Total Wet Weight = 0.0053 Test Diameter^{2.3933}), Total Wet Weight and Height (Total Wet Weight = 0.0122 Height^{2.5872}) and Total Wet Weight and Volume (Total Wet Weight = 0.0071 Volume^{0.8706}). The correlation coefficient between volume and total wet weight of samples was $r=0.94$ which shows the accuracy of Disk method. On the other hand, the HDR index was more in compared with the HWR index and it illustrates larger values of Test Diameter in compare with Height. Statical analyses prove that higher values of DWR in compared with HWR are reasonable and accurate in both sexes.

Key words: Echinodermata, Disk Method, Aristotle's lantern, Jaw Length, Test Height

Figure 1 (Larger) A map of Persian Gulf (Geographic Organization of the Armed Forces, 2014). (Smaller) Satellite image of the studied area which is provided on Google Earth Pro.

Figure 2 (A) A real image of sea urchin *Echinometra mathaei* which its diameter is measured by a digital Caliper. (B) An ideal schematic diagram of the sea urchin as an ellipsoid.

Figure 3 The morphometric distributions during the sampling period. (A) The total weight, (B) the test diameter, (C) the test height, (D) the spine length, (E) the test thickness, (F) the wet weight of gonad, (G) the gut weight, and (H) the Aristotle's Lantern weight.

Figure 4 (A) The test height and diameter, (B) the jaw length and test thickness, and (C) the jaw length and test height.

Figure 5 (A) The total wet weight and test diameter, (B) The total wet weight and test height, and (C) The total wet weight and volume.

Table 1. The results of the morphometric parameters of *E. mathaei*.

Table 2. The values of calculated indices due to the gender.

*Corresponding author, E-mail: m.keshavarz@hormozgan.ac.ir