

مقایسه ریخت‌شناسی رادولا در دو گونه شکم‌پای *Conus textile* و *C. coronatus* از خانواده Conidae

مینا عیسی پور^۱، سید جعفر سیف‌آبادی^{۲*}، بهنام دقوقی^۳

۱- کارشناسی ارشد زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، استان مازندران، نور، پست الکترونیکی: minaaisapour@yahoo.com

۲- دانشیار گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، استان مازندران، نور، پست الکترونیکی: jseyfabadi@gmail.com

۳- دکتری زیست‌شناسی دریا، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، استان هرمزگان، بندرعباس، پست الکترونیکی: b.daghooghi@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۲۲

* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۱۲

© نشریه علمی - پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۳، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

رادولا به عنوان اصلی‌ترین اندام تغذیه در شکم‌پایان، نه تنها در تغذیه بلکه در طبقه‌بندی و مطالعات فیلوژنی نیز اهمیت دارد. در این تحقیق ریخت‌شناسی رادولا در دو گونه *Conus textile* و *C. coronatus* از سواحل جزیره قشم مورد مقایسه قرار گرفت. رادولا پس از آماده‌سازی با میکروسکوپ الکترونی (SEM) عکس‌برداری شد. رادولا در این دو گونه از نوع *Toxoglossan* بوده، ولی هر گونه بر اساس رژیم غذایی خود، دارای ساختار رادولای خاص خود است. همچنین تفاوت‌های بین گونه‌ای بین شکم‌پایان نرم‌تن‌خوار و کرم‌خوار آشکار شد. این ساختار برای شناسایی گونه‌هایی که در مورد سایر ویژگی‌های آن‌ها ابهام وجود دارد ارزشمند خواهد بود.

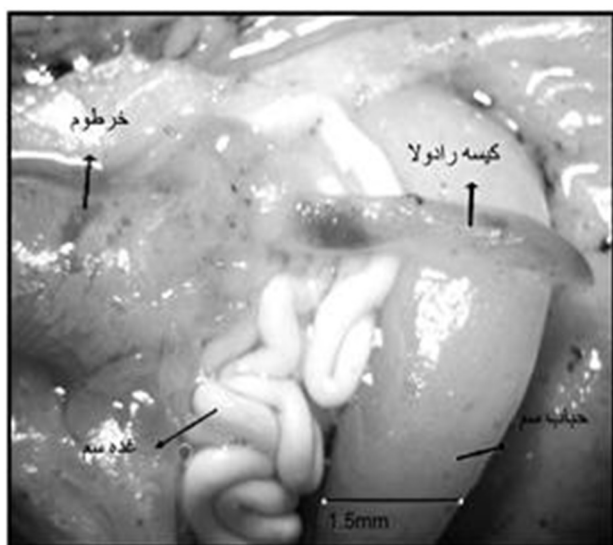
کلمات کلیدی: رادولا، *Conus textile*، *Conus coronatus*، *Conidae*، *Toxoglossan*، جزیره قشم.

۱. مقدمه

گونه‌ای است (Beria and Deniz, 2007). طبقه‌بندی گونه‌ها در گذشته بر مبنای مشخصات پوسته و صفات تشریحی بوده و روابط فیلوژنی به خوبی ارزیابی نمی‌شد. طبقه‌بندی بر اساس ویژگی‌هایی همچون ساختار پا، الگوی رنگ و ساختار خرطوم، پوسته، ریخت‌شناسی رادولا و پوسته لاروی از اواسط قرن بیستم آغاز شد که نقطه عطفی در طبقه‌بندی و افزایش دقت شناسایی گونه‌ای بوده است (Franklin et al., 2007; Puillandre et al., 2008). اگر چه مطالعات مولکولی در شناسایی گونه‌ای روشی

سیستم گوارش یکی از سیستم‌هایی است که در شکم‌پایان به خوبی مطالعه شده و رادولا به عنوان اصلی‌ترین اندام این سیستم در شکم‌پایان محسوب می‌شود (Padilla, 1998)، که اهمیت ویژه‌ای در مطالعات طبقه‌بندی و فیلوژنی دارد (Meirelles and Matthews-Cascon, 2003; Padilla, 1998). رادولا بهتر از ریخت‌شناسی پوسته، منعکس کننده تفاوت‌های طبقه‌بندی بین

یکدیگر متصل می‌کند. ظاهراً هر یک از دندان‌ها به وسیله رباطی کشیده و انعطاف‌پذیر به اپیتلیوم سنگ فرشی کیسه رادولا متصل است (Kantor and Taylor, 2000). کیسه رادولا شامل دو بازوی کوچک و بزرگ بوده، دندان‌ها در بازوی بزرگ‌تر ساخته و در نهایت به بازوی کوتاه منتقل و در آنجا ذخیره می‌شوند (Marsh, 1970; Kantor, 1990; Holford et al., 2009). تنوع قابل توجهی هم در ریخت‌شناسی دندان و هم در تعداد دندانه‌ها در هر ردیف عرضی وجود دارد (۱-۰-۰-۰-۱ و ۱-۱-۱-۱-۱) (Kantor, 1990;) (۱-۱-۱-۱-۱ و ۱-۰-۱-۰-۱ و ۱-۱-۰-۱-۰-۱). (Nybakken and Perron, 1998).



شکل ۱: تصویر گرفته شده با استریو میکروسکوپ، گونه *Conus textile*

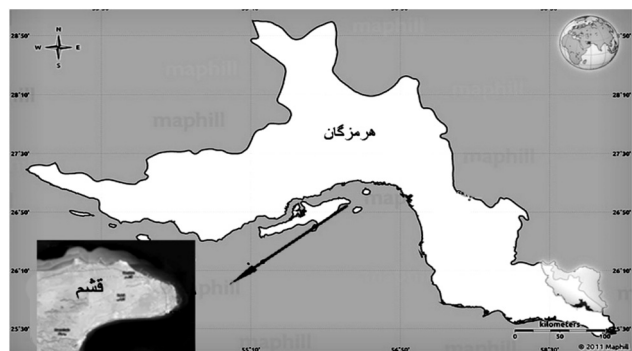
در شکل ۲ نمای شماتیک از قسمت‌های مختلف دندان رادولا نشان داده شده است. یک دندان رادولا می‌تواند از بخش‌های مختلفی تشکیل شده باشد. همان گونه که شکل نیز گویای آن است، همه اجزا روی یک دندان وجود ندارد.

در چند دهه اخیر استفاده از سم شکم‌پایان *Conus* در عصب‌شناسی و کشف مواد پروتئینی مختلف از آن رو به افزایش بوده است. از آنجا که هر یک از گونه‌های *Conus* دارای سم مخصوص به خود بوده و به تبع دارای ترکیبات پروتئینی ویژه‌ای هستند، شناسایی دقیق گونه‌های *Conus* و عادات غذایی آن‌ها و همچنین نیاز به طبقه‌بندی تاکسونومیکی گونه‌های این جنس آشکارتر می‌شود (Franklin et al., 2007). در این تحقیق ساختار رادولای دو گونه *C. coronatus* و *C. textile* (شکل ۳) از سواحل جنوبی ایران مقایسه شده است. با توجه به تنوع بالای شکم‌پایان و مشکلات

جدید و دقیق است، اما استفاده از ریخت‌شناسی و سایر اطلاعات زیست‌شناختی همچنان به عنوان مهمترین ابزار شناسایی گونه‌ای شناخته می‌شوند. مکانیسم تغذیه منحصر به فرد در فوق خانواده *Conoidea*، احتمالاً مرحله‌ای بسیار مهم در منشا تکامل آن‌ها بوده، که به موجب آن تک دندان حاشیه‌ای رادولا که در انتهای خرطوم قرار دارد، به عنوان سلاحی برای مسموم کردن و شکار طعمه استفاده می‌شود. این تکامل منجر به تحول رادولا و ریخت‌شناسی بخش قدامی سیستم گوارش شده است (Fedosov and Kantor, 2007). خانواده *Conidae* که در این تحقیق دو گونه آن مورد بررسی قرار گرفته است، از بزرگترین و موفق‌ترین گروه شکارچیان گوشتخوار و شب فعال هستند که در همه زیستگاه‌های دریایی گرمسیری دنیا یافت می‌شوند. گرچه تمرکز اکثریت گونه‌های آن در هند-آرام و غرب اقیانوس آرام است. شکم‌پایان مخروطی از منطقه جزر و مدی تا عمق بیش از ۱۰۰۰ متر در زیستگاه‌هایی با بسترهای متفاوت مانند صخره‌ای، شنی و ماسه‌ای، صخره‌های مرجانی، بستر علفی یافت می‌شوند (Keen, 1971; Duda et al., 2009). شکم‌پایان این خانواده دارای دستگاه تولید سم هستند که متشکل از حباب سم عضلانی و یک غده سم لوله‌ای می‌باشند (شکل ۱) (Marsh, 1970; Holford et al., 2009). تقریباً تمام گونه‌های *Conus* شکارگر هستند و از طعمه‌هایی در سه گروه ماهیان، کرم‌ها و سایر نرم‌تنان به خصوص شکم‌پایان تغذیه می‌کنند (Duda et al., 2001; Meirelles and Matthews-Cascon, 2003; Dutertre and Richard, 2012). فوق خانواده *Conoidea* به دلیل وجود غده سمی بزرگ همراه با دندان رادولای بسیار تغییر شکل یافته در نوک خرطوم، بسیار مورد توجه است. رادولا در خانواده *Conidae* از نوع *Toxoglossan* بوده که پیکانی شکل و تو خالی جهت تزریق سم و دارای دندان حاشیه‌ای است. دندان‌های میانی بسیار کوچک یا کاملاً از بین رفته است. روبان رادولا، ادونتوفور، عضلات پیچیده مرتبط با آن و تعداد دندان‌های هر ردیف نسبت به دیگر انواع رادولا کاهش یافته است (Kantor, 1990; Nybakken and Perron, 1998). در بسیاری از گونه‌ها، هر ردیف از دو دندان تشکیل شده که تنها از یکی در هر زمان استفاده می‌شود. این دندان‌ها دراز بوده و به کانال سم مرتبط هستند که به صورت جداگانه به خرطوم منتقل و مانند یک نیزه به سمت شکار پرتاب می‌شود. گرچه غشای رادولا کاهش یافته یا از بین رفته است، اما یک غشای نازک رباط مانند دندان‌ها را به

۲. مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری در تابستان ۱۳۹۱ در منطقه پارک زیتون جزیره قشم، در زمان جزر کامل و از پایین‌ترین منطقه جزر و مدی انجام شد (شکل ۴). گونه‌های *Conus* و *Conus coronatus* Gmelin, 1791 (شکل ۴). *Conus textile* Linnaeus, 1758 (حسین زاده صحافی و همکاران، ۱۳۷۹؛ Bruyne et al., 2003؛ Bosch et al., 1995) جمع‌آوری و در الکل ۷۰٪ تثبیت گردید و کیسه رادولای آن‌ها در آزمایشگاه دانشکده علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس جدا شد. تعداد ۵ عدد کیسه رادولا از هر گونه در سائزی یکسان تشریح و رادولاها با دقت از درون کیسه خارج و به مدت تقریباً ۳۰ ثانیه در محلول رقیق شده هیپوکلریت سدیم (Merck) با نسبت ۹:۱ (آب ژاول: آب مقطر) قرار داده شد تا بافت‌های اضافه متصل به رادولا تجزیه شوند (Kantor and Taylor, 2000; Franklin et al., 2007). سپس نمونه‌ها را با آب مقطر شستشوداده و به مدت ۲ ساعت در الکل ۵۰٪، ۲ ساعت در محلول بافر PBS^۱، ۴ ساعت در محلول تتراکسید اسمیموم (۲/۵٪)، و ۲ مرحله ۲ و ۲۴ ساعت آب مقطر قرار گرفتند (Khodabandeh and Golzari, 2006). پس از آن تا زمان عکس‌برداری در الکل ۷۰٪ نگهداری شدند. رادولا به وسیله دستگاه پوشش دهنده با یک لایه نازک از طلا پوشش داده شد و با میکروسکوپ الکترونی SEM مدل XL 30 از شرکت فیلیپس مورد عکس‌برداری قرار گرفت.

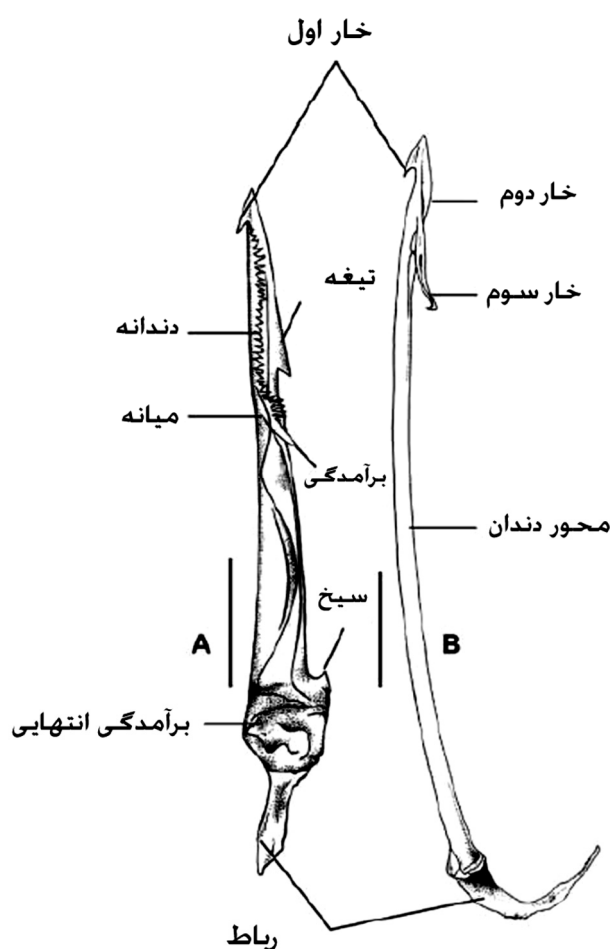


شکل ۴: موقعیت جغرافیایی منطقه نمونه‌برداری (جزیره قشم)

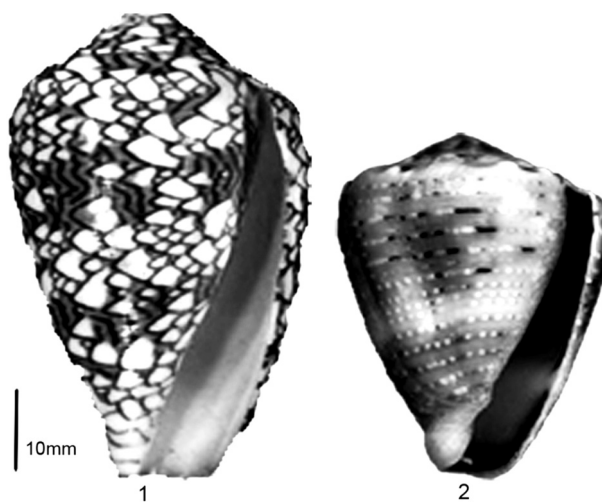
۳. نتایج

رادولا در دو گونه مطالعه شده در این تحقیق مانند سایر گونه‌های خانواده Conidae از نوع *Toxoglossan* بوده که هر گونه دارای تفاوت‌های فراساختاری خاص خود هستند.

ریخت‌شناسی در تفکیک گونه‌ای، تفکیک گونه‌های یک جنس بر اساس ساختار رادولا می‌تواند ابزار مناسبی محسوب شود.



شکل ۲: نمای شماتیک از قسمت‌های مختلف تشکیل دهنده رادولا (*Toxoglossan*, Franklin et al., 2007) A= 0.24mm, B= 1.71mm

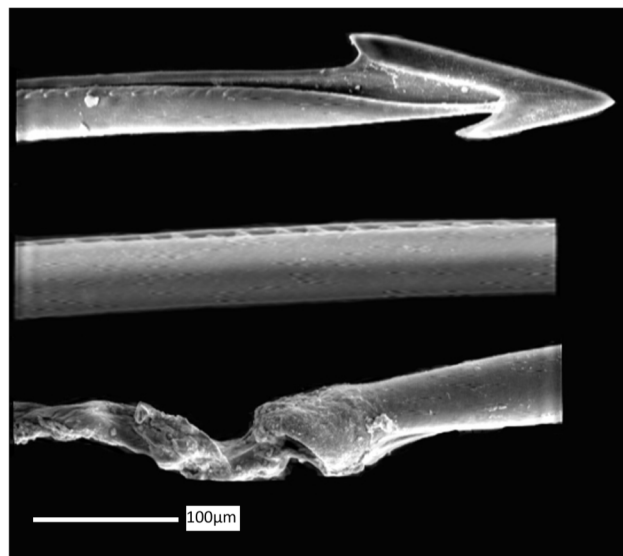


شکل ۳: ۱) *Conus textile*، ۲) *Conus coronatus*

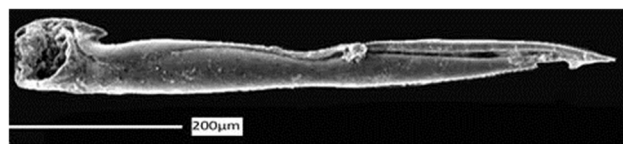
^۱ Phosphate buffered saline

۳-۱. *Conus textile* Linnaeus, 1758

رادولا در این گونه دارای دو قلاب در دو طرف راس رادولا است و بدون تیغه می‌باشد و محور رادولا بلند با عرضی تقریباً یکنواخت و بدون فرورفتگی از راس رادولا تا انتها و بدون دندان، با شیار سم آشکار به‌خصوص در ناحیه پیکانی شکل و دارای برجستگی انتهایی بزرگ و فاقد سیخ است (شکل ۵).

شکل ۵: تصویر میکروسکوپ الکترونی SEM از رادولای گونه *Conus textile*۳-۲. *Conus coronatus* Gmelin, 1791

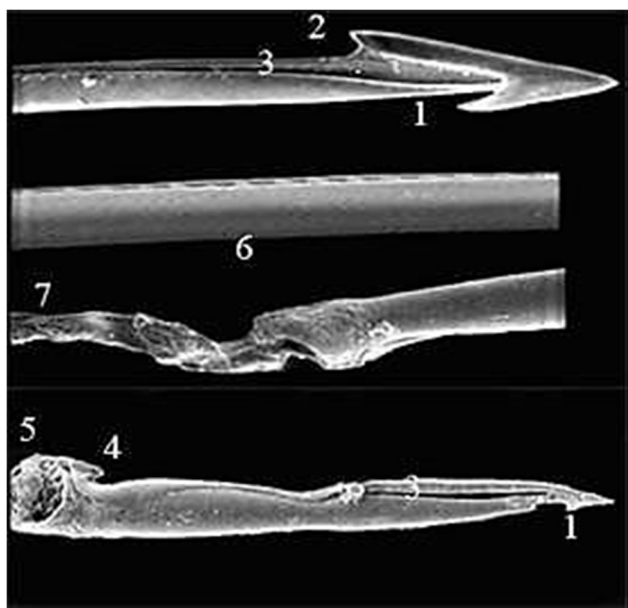
رادولا در این گونه دارای دو قلاب در یک طرف پیکان است. محور رادولا کوتاه و نسبتاً پهن و دارای کمر بند میانی، شیار سم عریض و فاقد هر گونه دندان، برآمدگی میانی و تیغه بوده، برجستگی انتهایی بسیار بزرگ و دارای سیخ می‌باشد (شکل ۶).

شکل ۶: تصویر میکروسکوپ الکترونی SEM از رادولای گونه *Conus coronatus*

۴. بحث و نتیجه‌گیری

استفاده از میکروسکوپ الکترونی امکان مشاهده دقیق بخش‌های مختلف دندان رادولا را فراهم کرده و استفاده از این نوع

میکروسکوپ در کنار میکروسکوپ نوری امکان بررسی هر چه بیشتر دستگاه گوارش را فراهم می‌کند. ما در این تحقیق به شرح مختصری از رادولا در دو گونه از خانواده Conidae با رژیم غذایی گوشتخواری پرداخته ایم. وجود رژیم غذایی متفاوت در گونه‌های مختلف، نیاز به رادولایی با ساختار متناسب با نیاز جانور را ایجاد می‌کند. از این رو گونه‌های مختلف *Conus*، با حالت‌های تغذیه متفاوت دارای رادولایی با ساختار مختلف و مناسب جهت به‌دست آوردن طعمه خاص خود بوده و دارای تفاوت‌های ریز ساختاری هستند. رژیم غذایی بسیاری از گونه‌های جنس *Conus* با بررسی محتوای روده و یا تجزیه و تحلیل مدفوع آن‌ها توسط محققین مختلف بررسی شده است (Nishi and Kohn, 1999; Duda et al., 2009). رادولای دو گونه *C. coronatus* و *C. textile* مانند سایر گونه‌های خانواده Conidae از نوع Toxoglossan بوده و تفاوت آشکاری بین ساختار رادولای این دو گونه وجود دارد. گونه *C. textile* دارای رادولایی با نوک پیکانی و دو خار قدامی همراه با برجستگی انتهایی مشخص و بدون سیخ روی محوری بلند و باریک است که از ویژگی‌های گونه‌های نرم‌تن‌خوار می‌باشد (شکل ۷) (Duda et al., 2011; Dutertre and Richard, 2012) که نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر مطابق با مطالعات پیشین است (Kohn et al., 1999; Franklin et al., 2007). اگر چه مطالعات زیادی روی ساختار رادولای گونه *C. coronatus* انجام نشده است، اما مشخص شده است که این گونه جزء شکم‌پایان کرم‌خوار است.



شکل ۷: ۱- خار اول ۲- خار دوم ۳- مجرای سم ۴- سیخ ۵- برآمدگی انتهایی ۶- محور دندان ۷- رباط

- species differentiated in *Conus ebraeus*, a widespread tropical marine gastropod. *The Biological Bulletin*, 40: D325-D330.
- Dutertre, S.; Richard J.L., 2012. Cone snail biology, bioprospecting and conservation. *Snails: Biology, Ecology and Conservation*, 85-105P.
- Fedosov, A.; Kantor, Y., 2007. Toxoglossan gastropods of the subfamily Crassispirinae (Turridae) lacking a radula, and a discussion of the status of the subfamily Zemaciinae. *Journal of Molluscan Studies*, 74: 27-35.
- Franklin, J.B.; Fernando, S.A.; Chalke, B.A.; Krishnan, K.S., 2007. Radular morphology of *Conus* (Gastropoda: Caenogastropoda: Conidae) from India. *Molluscan Research*, 27(3): 111-122.
- Holford, M.; Puillandre, N.; Terryn, Y.; Cruaud, C.; Olivera, B.; Bouchet P., 2009. Evolution of the toxoglossa venom apparatus as inferred by molecular phylogeny of the Terebridae. *Molecular Biology and Evolution*, 26(1): 15-25
- Kantor, Y.I., 1990. Anatomical basis for the origin and evolution of the toxoglossan mode of feeding. *Malacologia*, 32(1): 3-18.
- Kantor, Y.I.; Taylor, J.D., 2000. Formation of marginal radular teeth in Conoidea (Neogastropoda) and the evolution of the hypodermic envenomation mechanism. *The Zoological Society of London*, 252: 251-262.
- Keen, A.M., 1971. *Seashells of tropical west America: Marine mollusk from Baja California to Peru*. Stanford University Press, Stanford, California, USA. 1064P.
- Khodabandeh, S.; Golzari, A., 2006. Immunolocalization of Na⁺ K⁺-ATPase in the branchial cavity of *Palaemon elegans* (Decapoda: Crustacea) and effects of mercury on Na⁺ K⁺-ATPase immunoreactivity. *Integrative and Comparative Biology*, 45: 1153-1161.
- Kohn, A.J.; Nishi, M.; Pernet, B., 1999. Snail spears دندان رادولای کرم‌خواران در میان گونه‌های مختلف متغیر است و به چندین نوع متفاوت طبقه‌بندی می‌شوند که وجه اشتراک همه آن‌ها، برجستگی انتهایی بسیار بزرگتر از ماهی‌خواران و نرم‌تن-خواران و وجود سیخ روی برجستگی انتهایی است (Duda et al., 2001). وجود رادولای کوچک، پهن و وجود سیخ روی برآمدگی انتهایی در گونه *C. coronatus* می‌تواند نشان‌دهنده رژیم غذایی کرم‌خواری در این گونه باشد که این نتایج مطابق با مطالعات پیشین است (Duda et al., 2001; Dutertre and Richard, 2012). علی‌رغم وجود شباهت‌های اساسی بین انواع مختلف رادولای Toxoglossan که مختص گونه‌های گوشتخوار است، تفاوت‌های ساختاری بین گونه‌های مختلف دیده می‌شود که امکان استفاده از رادولا را جهت مطالعات مربوط به رژیم غذایی فراهم می‌کند و با توجه به تفاوت‌های ساختاری منحصر به هر گونه یا جنس، از این ساختار به طور سنتی به عنوان یکی از کلیدهای شناسایی برای مطالعات سیستماتیک نرم‌تنان استفاده می‌شود (Franklin et al., 2007).
- منابع**
- حسین زاده صحافی، ه.؛ دقوئی، ب.؛ رامشی، ح.، ۱۳۶۹. اطلس نرم‌تنان خلیج فارس. موسسه تحقیقات شیلات ایران. مرکز تحقیقات شیلاتی دریای عمان. چاپ اول، تهران. صفحات ۱۱۲-۱۰۵.
- Beria, F.; Deniz, A., 2007. Further SEM assessment of radular characters of the limpets *Patella caerulea* (Linnaeus 1758) and *P. rustica* (Linnaeus 1758) (Mollusca: Gastropoda) from Antalya Bay, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 33: 359-365.
- Bosch, D.T.; Dance, S.P.; Moolenbeek, R.G., 1995. *Seashells of eastern Arabia* (Motivate Publishing), 285P.
- Bruyne, R., 2003. *The complete encyclopedia of shell*. Rebo International, Netherlands, 336 PP.
- Duda, Jr.F.T.; Kohn, J.A.; Palumbi, R.S., 2001. Origins of diverse feeding ecologies within *Conus*, a genus of venomous marine gastropods. *Biological Journal of the Linnean Society*, 73: 391-409.
- Duda, Jr.F.T.; Kohn, J.A.; Matheny, M.A., 2009. Cryptic

- Nybakken, J.; Perron, F., 1998. Ontogenetic change in the radula of *Conus magus* (Gastropod). *Marine Biology*, 98: 239-242.
- Padilla, D.K., 1998. Inducible phenotypic plasticity of the radula in *Lacuna* (Gastropod: Littorinidae). *The Veliger*, 41(2): 201-204.
- Puillandre, N.; Samadi, S.; Boisselier, C.M.; Sysoev, V.A.; Kantor, I.Y.; C rnaud, C.; Couloux, A.; Bouchet, P., 2008. Starting to unravel the toxoglossan knot: molecular phylogeny of the “turrids” (Neogastropoda: Conoidea). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 47: 1122-1134.
- and scimitars: a character analysis of *Conus* radular teeth. *The Malacological Society of London*, 65: 461-481.
- Marsh, H., 1970. Preliminary studies of the venoms of some vermivorous Conidae. *Toxicon*, 8: 271-277.
- Meirelles, C.O.; Matthews-Cascon, H., 2003. Relations between shell size and radula size in marine prosobranchs (Mollusca: Gastropoda). *Thalassas*, 19 (2): 45-53.
- Nishi, M.; Kohn, A.J., 1999. Radular teeth of indo-pacific molluscivorous species of *Conus*: a comparative analysis. *Malacological Society*, 65: 483-497.