



دانشگاه سام نور
په

فسیل شناسی خارداران و لاله و شان

(رشته زمین شناسی)

دکتر مهناز السادات امیرشاه کرمی

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و **کمک‌درسی** (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست مطالب

فصل اوّل: خارداران

۱	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- ریخت‌شناسی اسکلتی
۳	۱-۲-۱- سیستم‌های صفحه‌ای
۳	۱-۲-۱-۱- کرونال سیستم
۷	۱-۲-۱-۲- آپیکال سیستم
۷	۱-۲-۱-۳- سیستم پریپراکتال
۷	۱-۲-۱-۴- سیستم پریستومال
۸	۲-۲-۱- شکل پوسته
۹	۳-۲-۱- جهت‌یابی
۱۱	۴-۲-۱- مقایسه پوسته در خارداران منظم و نامنظم
۱۵	۳-۱- تشریح دستگاه مجاری آب
۱۶	۴-۱- بوم‌شناسی و دیرینه بوم‌شناسی خارداران
۱۸	۵-۱- فیلوژنی و تکامل
۲۱	۶-۱- رده‌بندی خارداران
۲۲	۷-۱- سیستماتیک فسیل‌شناسی
۲۳	۱-۷-۱- خارداران پالئوزوئیک
۲۳	۲-۷-۱- خارداران مزوزوئیک
۳۳	۳-۷-۱- خارداران سنوزوئیک
۳۸	فرهنگ اصطلاحات ریخت‌شناسی در خارداران

فصل دوّم: لاله‌وشان

۵۱	۱-۲- مقدمه
۵۲	۲-۲- ریخت‌شناسی عمومی
۵۳	۳-۲- جهت‌یابی و تقارن

۵۷	۴-۲- توصیف عمومی از سنگواره‌های لاله‌وشان
۵۸	۴-۲-۱- بخش اسکلتی سمت مقابل دهانی
۵۹	۴-۲-۱-۱- ساقه
۶۵	۴-۲-۱-۲- جام
۶۸	۴-۲-۲- اسکلت سمت دهانی
۷۱	۴-۲-۵- سیستم جریان آب
۷۱	۴-۲-۶- سبک زندگی و بوم شناسی لاله‌وشان
۷۵	۴-۲-۷- رده‌بندی کرینوتیدها
۷۶	۴-۲-۷-۱- زیررده کامریت
۷۶	۴-۲-۷-۲- زیررده اینادونیت‌ها
۷۸	۴-۲-۷-۳- زیررده آرتیکولیت
۷۸	۴-۲-۷-۴- زیررده فلکسی بل‌ها
۷۸	۴-۲-۸- فسیل‌شناسی سیستماتیک
۸۱	فرهنگ اصطلاحات ریخت‌شناسی در کرینوتیدها
۸۶	Index fossils
۸۷	اطلس فسیل‌شناسی
۱۰۱	منابع

پیشگفتار

خارداران و لاله‌وشان دو رده مهم از شاخه خارپوستانند که با وجود تنوع بالای فسیلی در نهشته‌های دریایی، در مطالعات زیست‌چینه‌نگاری و اکولوژیکی از اهمیت بالایی برخوردارند. در ایران نیز توزیع وسیع لاله‌وشان به‌ویژه در نهشته‌های دونین و نیز فراوانی سنگواره‌های خارداران به خصوص در رسوبات مزوزوئیک و سنوزوئیک زمینه مساعدی جهت مطالعه و تفحص در این رده‌های جانوری فراهم آورده است. تاکنون مقالات تخصصی متعددی درخصوص فسیل‌شناسی و توزیع چینه‌شناسی خارداران و لاله‌وشان توسط محققین مختلف ارائه شده است، اما وجود نوشتاری جهت دسترسی آسان و سریع به اطلاعات مربوط به نمونه‌های گزارش شده از ایران ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین مؤلف درصدد برآمد تا با تحریر این کتاب به زبانی ساده، ضمن آشنایی با ریخت‌شناسی عمومی این رده‌ها با ارائه مطالبی هم‌چون صفات سنگواره‌ای و توزیع زمانی و اکولوژیکی جنس‌های معروف در ایران اطلاعاتی مفید را در جهت شناسایی آن‌ها در اختیار دانشجویان و علاقه‌مندان به علوم زمین قرار دهد. بدون شک تمام مطالب را نمی‌توان در این کتاب به‌طور جامع و کامل عرضه نمود و به‌طور حتم این مجموعه خالی از نقص نیست. امید می‌رود با تذکرات و پیشنهادات شما خوانندگان دانشمند این نقیصه نیز برطرف گردد. در این مقال بر خود فرض می‌دانم که از پروفیسور محمدعلی جعفریان، مؤسس موزه تاریخ طبیعی اصفهان به خاطر بازنگری در مطالب، دکتر محمدرضا کبریایی زاده استادیار دانشگاه پیام‌نور به جهت ارزیابی علمی و پیشنهادات ارزنده ایشان، دکتر رحیم شعبانیان به لحاظ ارزیابی متن و همچنین از مسئولین محترم امور تدوین و انتشارات و مدیر محترم تحقیقات دانشگاه پیام‌نور که اجازه چاپ این مجموعه را داده‌اند تشکر و قدردانی نمایم.

دکتر مهناز السادات امیرشاه کرمی

اردیبهشت ماه ۱۳۸۹

کلیات

خارپوستان جانوران دریازی با اسکلت آهکی می‌باشند که از تنوع بالایی برخوردارند. معرف امروزی این شاخه از بی‌مهرگان جنس‌هایی همانند توتیا، ستاره دریایی، مارسانان، خیاردریایی و لاله‌وشان با توزیع زمانی بلندمدت در ثبت‌های سنگواره‌ای هستند. گسترش و تنوع جنس‌ها و گونه‌های منقرض شده خارپوستان در حد چشمگیر و قابل توجه، نقش به‌سزایی در مطالعات زیست‌چینه‌نگاری نهشته‌های رسوبی دریایی دارد. اسکلت یا پوسته‌این جانوران، درونی و شامل صفحات آهکی کوچک و متعدد از کلسیت متبلور است و از تقارن شعاعی یا دوجانبی برخوردار می‌باشد. از نکات قابل توجه سیستم گردشی لوله‌ای جریان آب در بدن آن‌ها است که در نوع خود بی‌نظیر و بااهمیت بوده و ابزاری برای تغذیه، تنفس و حرکت جانور محسوب می‌گردد. آن‌ها بدون سر و قلب و سیستم دفعند ولی دارای دهان و منخرج می‌باشند. از ویژگی‌های جالب این گروه وجود سیستم عصبی در قالب شبکه‌ای از طناب‌های عصبی در سطح تقارن است، هرچند اعضای حسی از توسعه ضعیفی برخوردارند. گروهی از دانشمندان بر این باورند که خارپوستان و همی‌کوردات‌ها از قرابت و خویشاوندگی نزدیکی برخوردارند و از آن جهت در بررسی‌های فیلوژنی و تکامل طناب‌داران و مهره‌داران مورد توجه می‌باشند. وجود قطعات آهکی و نمای ظاهری پوسته در خارپوستان باعث ایجاد و حفظ نمونه‌های کامل سنگواره‌ای از آن‌ها شده است. بنابراین با توجه به مطالعه ریخت‌شناسی جنس‌ها و گونه‌های زنده امروزی، دسترسی به ویژگی‌های ساختاری و نحوه زیست انواع سنگواره‌ای میسر می‌گردد. از نظر رده‌بندی خارپوستان شاخه‌ای از بی‌مهرگان است که به‌طور خلاصه شامل رده‌های خارداران، خیار دریایی، لاله‌وشان، مارسانان، ستاره‌سانان، کیسه‌سانان و غنچه‌سانان می‌باشد. دو زیر گروه مهم از خارپوستان که در انگاره‌های زیست‌چینه‌نگاری اهمیت به‌سزایی دارند لاله‌وشان یا کرینوتیدها و خارداران یا اکینیدها می‌باشند که ویژگی‌های ساختمانی و ریخت‌شناسی، اکولوژیکی و پراکندگی چینه‌شناسی آن‌ها طی دو فصل مجزا در این کتاب به بحث و بررسی آمده است. فصل اول با عنوان خارداران و فصل دوم در مورد لاله‌وشان می‌باشد.

گزارش‌های مختلف حاکی از وجود ۱۳۰۰۰ نمونه فسیل و ۶۶۰۰ گونه زنده از خارپوستان است. سعی بر آن است تا با معرفی نمونه‌های شاخص در ایران علاوه بر آشنایی با ویژگی‌های ریخت‌شناسی آن‌ها با توزیع برخی از مهم‌ترین جنس‌ها و گونه‌ها در ایران نیز آشنا گردیم.

فصل اوّل

خارداران

۱-۱. مقدّمه

خارپوستان^۱ شاخه‌ای از بی‌مهرگان‌اند که قبلاً در دو گروه خارپوستان ثابت^۲ و خارپوستان آزاد یا متحرک^۳ تقسیم می‌شدند که در حال حاضر این تقسیم‌بندی به دو دلیل مردود است: ۱. زندگی آزاد و ثابت در زمان‌های مختلف در گروه‌های مختلف از خارپوستان دیده می‌شود، ۲. این تقسیم‌بندی باعث قراردادن گروه‌هایی در کنار هم می‌شوند که بایکدیگر اختلاف زیادی دارند (جعفریان و همکاران، ۱۳۸۳). در رده‌بندی جدید شاخه خارپوستان به چهار زیرشاخه آستروزوا^۴، هومالوزوا^۵، کرینوزوا^۶ و اکینوزوا^۷ تقسیم می‌شوند که برخی از مهمترین رده‌های شناسایی شده در این زیرشاخه‌ها به شرح زیر است:

Phylum: Echinodermata

Subphylum: Echinozoa

Class: Echinoidea (Sea-urchins)

Class: Holotroidea (Sea-cucumbers)

Subphylum: Asterozoa

Class: Asteroidea (Star fish)

1. Echinodermata

2. Pelmatozoa

3. Eleutherozoa

4. Asterozoa

5. Homalozoa

6. Crinozoa

7. Echinozoa

Class: Ophiuroidea (Brittle stars)

Subphylum: Crinozoa

Class: Crinoidea (Crinoids)

Class: Cystoidea

Class: Blastoidea (Blastoids)

در میان رده‌های فوق رده اکینیدها یا خارداران و کرینوئیدها یا لاله‌وشان از اهمیت چینه نگاری خاصی برخوردارند و موضوع مورد بحث در کتاب حاضر می‌باشند. با توجه به رده‌بندی فوق خارداران^۱ یک رده از اکینوزوا و از خارپوستان آزاد با پوسته‌ای به شکل نیمه کروی یا نیمه کروی تغییر شکل یافته‌اند که از صفحات آهکی متعدد در قالب سیستم‌های صفحه‌ای ساخته شده‌اند. پوسته خارداران دارای زوائدی بیرونی مانند خارها، گرهک و ارگان‌های گیرنده^۲ و ضمام درونی برای جویدن در دهان می‌باشند. دهان و مخرج توسط سیستم‌های صفحه‌ای احاطه می‌شوند. دهان مستقیم به طرف سطح زیرین جهت‌یابی می‌شود. وضعیت دهان و مخرج یکی از چند عاملی است که تشخیص انواع خارداران را امکان‌پذیر می‌کند. بر این اساس رده خارداران به دو گروه خارداران منظم و نامنظم تقسیم می‌شوند که به‌وسیله موقعیت مخرج نسبت به سیستم صفحه‌ای رأس پوسته مشخص می‌گردد. مطالعه سیستم صفحات و سیستم گردش آب دو مبحث مهم در بررسی ساختمان خارداران می‌باشد که به تفصیل مورد بحث قرار خواهد گرفت. علاوه بر این دو سیستم صفحه‌ای دیگر به نام پرستومال^۳ و پریپراکتال^۴ وجود دارد که به ترتیب دهان و مخرج را احاطه می‌نمایند اسکلت خارداران متشکل از هزاران عنصر اسکلتی جدا از هم است. برای مثال در جنس *Goniocidaris* بیش از ۳۰۰۰ عنصر در اندازه و شکل‌های مختلف وجود دارد. هر قطعه از نظر بلورشناسی یک بلور منفرد کلسیت است. صفحات پوسته دارای زوائد خارجی می‌باشد که بیشترین قسمت‌های اسکلتی را شامل می‌گردد و ارگان‌های داخلی شامل سوزن‌ها^۵ و عناصر مجزای دیگر می‌باشد.

در این گروه از خارپوستان جنس‌های نر و ماده از هم جدا و تولیدمثل همیشه

-
1. Echinides
 2. Pedicellariae
 3. Peristomial
 4. Periproctal
 5. Spicules

جنسی است. خارداران در آب شیرین و یا آبی با شوری خیلی پایین وجود ندارند و موجوداتی دریازی می‌باشند. محیط زندگی آن‌ها به‌طور معمول در مناطق لیتورال^۱ و زیرلیتورال^۲ است، لیکن گونه‌ای از Pourtalesia لای روبی شده از عمق ۷۲۰۰ متر و گونه‌های دیگری نیز در مناطق عمیق و نیمه عمیق یافت شده است.

۲-۱. ریخت‌شناسی اسکلتی^۳

۱-۲-۱. سیستم‌های صفحه‌ای^۴

در خارداران صفحات تشکیل‌دهنده پوسته در چهار نوع سیستم تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱. کروئال سیستم^۵ یا سیستم تاج یا کالیکس^۲. آپیکال سیستم^۶ یا سیستم قله یا رأسی^۳. پریپراکتال سیستم^۷. پریستومال سیستم^۸ یا سیستم دهانی

۱-۲-۱. کروئال سیستم

کروئال سیستم یا تاج یا حقه یا کالیکس ساختمان اصلی پوسته را تشکیل می‌دهد و شامل ده ناحیه نصف‌النهاری^۹ است که از یک قطب تا قطب دیگر صدف کشیده شده است و به آمبولاکر^{۱۰} و اینترآمبولاکر^{۱۱} معروفند. به عبارتی پوسته از از پنج ناحیه آمبولاکر شعاعی و ۵ ناحیه اینترآمبولاکر بین شعاعی که از ردیف‌هایی از صفحات آهکی به‌وجود می‌آیند، تشکیل شده است. در این بین، ۵ ناحیه متناوب که صفحات آمبولاکرای را دربرمی‌گیرند حاوی صفحات منفذدار برای عبور پاهای لوله ای اولیه در سیستم جریان آب^{۱۲} می‌باشند و ۵ ناحیه دیگر صفحات اینترآمبولاکرای را شامل می‌شوند.

-
1. Littoral
 2. Sublittoral
 3. Skeletal morphology
 4. Plate systems
 5. Coronal system
 6. Apical system
 7. Periproctal system
 8. Peristomial system
 9. Meridiozonal
 10. Ambulacral
 11. Interambulacral
 12. Water-vascular system

در خارداران مزوزوئیک و سنوزوئیک برخلاف انتظار آمبولاکر و اینترآمبولاکر هرکدام شامل صفحات دوردیفی هستند. در صورتی که در خارداران پالئوزوئیک هرکدام ممکن است شامل بیش از دو ردیف باشند. صفحات آمبولاکرای کوچکند و هرکدام با یک جفت منفذ سوراخ می‌شوند. از دو سوراخ بسته در یک صفحه آمبولاکرای یک پای لوله‌ای منفرد عبور می‌نماید، به جز در خارداران منظم که صفحات آمبولاکرای مرکب دارند و شامل دو یا چند صفحه متصل به هم با دو یا چند منفذ می‌باشند. این منافذ گرد و بسته‌اند (به جز خارداران نامنظم) و گاهی طولینند و از آن‌ها پاهای لوله‌ای ویژه تنفس عبور می‌نماید. صفحات اینترآمبولاکر بزرگ و فاقد منفذند. سطح آنها به وسیله برجستگی‌ها و گرهک‌هایی^۱ پوشیده می‌شود که در طول حیات جانور، خارهای چوب پا مانند که برای حرکت به کار می‌روند به وسیله ماهیچه بر روی این برجستگی‌ها متصل می‌شوند. خارها به ندرت، در شرایط خاصی در فسیل خارداران باقی می‌ماند، لیکن ممکن است به صورت بقایای منفرد و جدا شده از صدف وجود داشته باشد. یک توبرکول شامل یک برآمدگی سطحی به نام قپه^۲ است که به وسیله یک گره به نام پستانک^۳ رأس‌دار می‌گردد و به وسیله شیارهای سطحی^۴ احاطه می‌شود (شکل ۱-۱).

توبرکول‌ها در هر دو صفحه آمبولاکر و اینترآمبولاکر وجود دارند لیکن در سطح اینترآمبولاکر بیشتر و بزرگ‌ترند. در خارداران منظم آنها از نظر اندازه متنوع از توברکول‌های اصلی بزرگ تا گرانول‌های فرعی کوچک‌اند، لیکن آن‌ها در خارداران نامنظم کوچک‌تر و متراکم‌اند.

یک خار شامل یک میله با یک فرو رفتگی در پایانه آن است که به وسیله دو حلقه ماهیچه‌ای بر روی پستانک توبرکول واقع می‌شود (شکل ۱-۱). حلقه ماهیچه‌ای شامل ماهیچه اتصال داخلی یا ماهیچه نگهدارنده^۵ متصل به قپه و ماهیچه خارجی متصل به شیارهای سطحی و دارای واکنش سریع^۶ می‌باشد. اندازه خارهای موجود بر روی

1. Tubercles - Granules

2. Boss

3. Mamelon

4. Areole

5. Catch

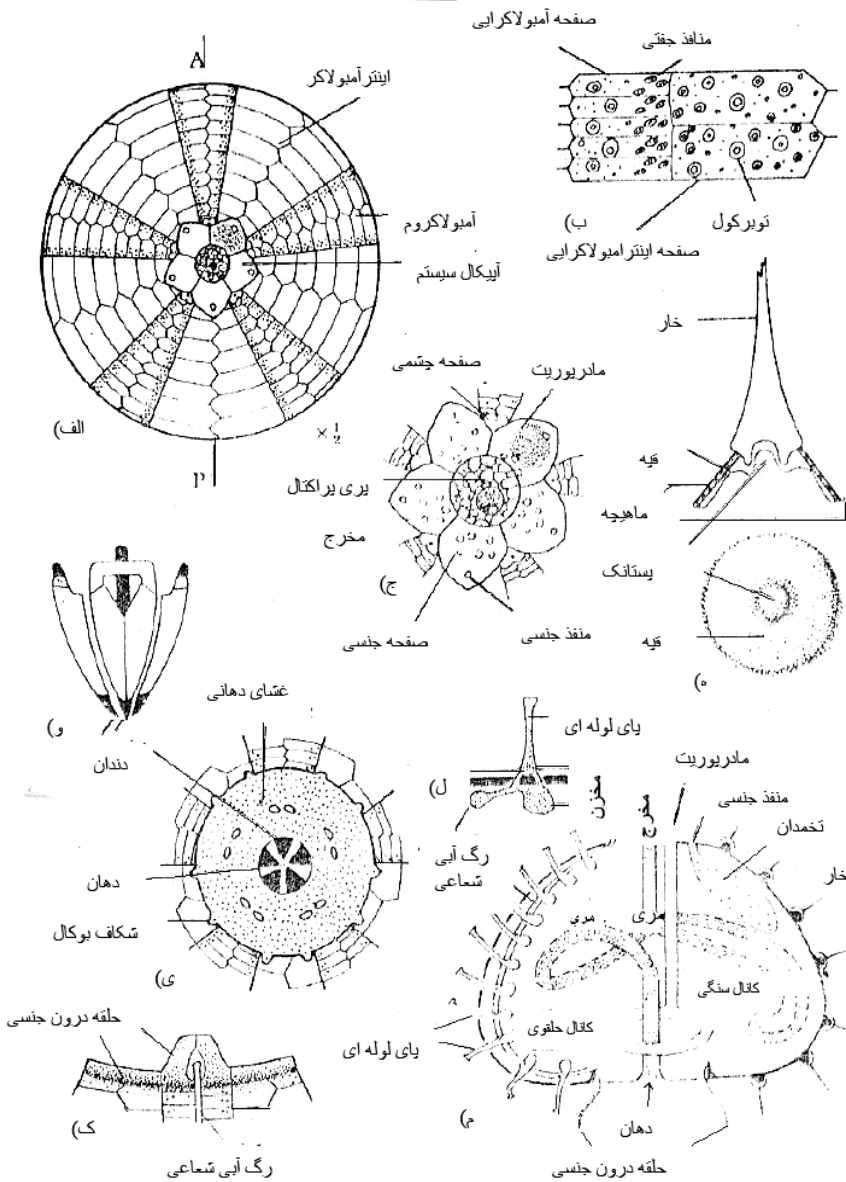
6. Quick

توبرکول با آنهایی که برای اتصال و مفصل کردن به کار رفته متفاوت است. بنابراین در خارداران منظم خارها در چند اندازه اند در حالی که در اشکال نامنظم آنها هم اندازه اند و شبیه موهای زیر پوست متراکمند.

در برخی از خارداران، خارها از نقش دفاعی برخوردارند و نیز گاهی برای راه رفتن به صورت حرکت چوب پا مانند و یا حفر کردن به کار می روند. بنابراین آن‌ها در انواع متنوعی از نمای سوزنی، میله‌ای، و یا قاشقکی شکل می‌باشند. پدیسلاریا^۱ اندام ظریف متصل به گرانول هستند و شامل یک میله نازک، حامل پیوست‌های انعطاف‌پذیر سه قسمتی و گاز انبری شکل هستند و برای دفاع، تمیز کردن رسوبات و لای رویی از سطح پوسته به کار می‌روند و به ندرت حفظ می‌شوند. دهان اغلب در سطح زیرین پوسته است ولی در بعضی جنس‌ها در مکان جلویی صدف واقع می‌گردد. سطح زیرین را اغلب سطح دهانی^۲ و نقطه مقابل آن را که حاوی آپیکال سیستم است سطح مقابل دهانی^۳ یا سطح بالایی می‌نامند.

بزرگ ترین دایره محیطی پوسته در یک سطح افقی رامحیط استوایی صدف یا آمبیتوس^۴ می‌نامند. پلاک‌های موجود بر روی محیط استوایی که اغلب از صفحات دیگر پوسته در خارداران نامنظم بزرگ ترند صفحات استوایی یا پلاک‌های آمبیتوسی نام دارند. صفحات جدید همیشه روی سطح مقابل دهانی تشکیل می‌شوند.

1. Pedicellariae
2. Oral surface
3. Aboral surface
4. Ambitus



شکل ۱-۱: ریخت‌شناسی خارداران منظم براساس جنس *Echinus* (Black, ۱۹۸۸).

(الف) سطح دور از دهان A: سمت جلویی؛ P: سمت عقبی؛ خط AP: محور تقارن،
(ب) صفحات آمبولاکر و ایترآمبولاکر (ج) آپیکال سیستم (د) برش توبرکول و خار
(ه) سطح توبرکول (و) فانوس ارسطو یا آرواره حاوی پنج دندان ی) سطح دهانی
(ک) بخشی از حلقه درونی در شکاف دهانی (ل) برشی از پای لوله ای (م) برش ساده‌ای
از پوسته خارداران و اعضای درونی آن.

۱-۲-۱. آپیکال سیستم

آپیکال سیستم یا سیستم قله یا رأسی دارای ۵ صفحه منفذدار شعاعی و تعداد ۵ یا کمتر صفحات جنسی بین شعاعی می‌باشد. بر طبق بند ۱-۲-۱-۳، در خارداران منظم آپیکال سیستم شامل ۱۰ صفحه واقع در یک یا دو ردیف در اطراف پریپراکتال است (شکل ۱-۱). پنج تا از آن‌ها به نام صفحات چشمی^۱ است که به صورت شعاعی و در تناوب با پنج صفحه بین شعاعی به نام صفحات جنسی^۲ می‌باشند. صفحات چشمی حاوی یک منفذند که از آن پایانه حسی رگ های آبی شعاعی عبور می‌کند. صفحات جنسی بزرگ ترند و حاوی منفذی برای خروج تخم‌ها و اسپرماتوزوا هستند. مادرپوریت هم یک پلاک جنسی در سمت راست جلویی پوسته می‌باشد که به طور ظریف سوراخ شده است. در خارداران نامنظم (شکل ۱-۲) آپیکال سیستم، کوچک و متراکم است و پریپراکتال را در میان نمی‌گیرد و ممکن است شامل کمتر از پنج صفحه جنسی باشد، لیکن همیشه ۵ صفحه چشمی دارد.

۱-۲-۱.۳. سیستم پریپراکتال

سیستم پریپراکتال شامل بخش های انعطاف پذیری است که مخرج در آن باز می‌شود. منافذ مخرج در تعداد کمی از خارداران بدون سرپوش و در بعضی همراه با سرپوش است. این منافذ مایلند که در دایره‌ای نامنظم جای گرفته یا به صورت چرخشی و کوچک اندازه به طرف مرکز قرار گیرند.

۱-۲-۱.۴. سیستم پرستومال

سیستم پرستومال یا دهانی، در بین حاشیه‌ای سمت دهانی از سیستم کرونا و شکاف دهان واقع است و با بخش هایی که اغلب کم و بیش شامل صفحاتی با منشأ و ترتیب متفاوتند پوشیده می‌شوند. به لبه پایین تر کرونا^۳ یا تاج که اعضای دهانی یا پرستوم^۴ به آن متصل شده، حاشیه پرستوم^۵ می‌گویند که به شکل حاشیه کامل و یا شکاف دایره‌ای

1. Ocular plates

2. Genital plates

3. Crona

4. Peristome

5. Peristome margin

ساده می‌باشد. حاشیه پریستوم در خارداران نامنظم آرواره‌دار به وسیله شیاری جهت عبور بافت نرم بقایای گیاهی شکاف‌دار^۱ می‌شود. همچنین حرکت مایعات با وجود این شکاف میسر می‌گردد. به هنگام فعال بودن آرواره در خارداران منظم و نامنظم آرواره‌دار، حاشیه پریستوم طی یک سری مراحل در قالب حلقه درون جنسی^۲ در درون پوسته جلو می‌آید که ممکن است کم و بیش کمان‌های کاملی را روی رگ‌های آبی شعاعی^۳ تشکیل دهد (شکل ۱-۱).

آرواره‌ها واقع در دهان و اغلب شامل ۴۰ عدد قطعات آهکی پیچیده‌اند که در پنج گروه مشابه قرار می‌گیرند و هریک با یک دندان تیز قلم مانند و سیستم پیچیده‌ای از ماهیچه‌ها و لیگمان‌ها در بین واحدها و حلقه درون جنسی نگهداشته شده و کار می‌کنند. این مجموعه آرواره‌ای را فانوس ارسطو^۴ می‌نامند.

دندان‌ها می‌توانند به صورت گروهی و یا منفرد به طرف داخل و خارج برای خرد کردن و پاره کردن غذا حرکت نمایند. آن‌ها به وسیله زائده برجسته‌ای به نام کیل^۵ بر روی صفحه داخلی محکم می‌شوند. در خاردارانی مانند Cidarida پریستوم مطابق با نواحی دیگر کرونا با سری‌های منظمی از صفحات پوشیده می‌شود. آن‌هایی که با آمبولاکر مطابقند صفحات آمبولاکرای هستند که در قالب پریستوم در سطح دهانی پوسته دیده می‌شوند. آن صفحاتی که به کرونا نزدیک ترند حامل یک جفت منفذند که روی یکدیگر در پروکسیمال دهانی قرار داده می‌شوند. صفحات مطابق با اینترآمبولاکر اغلب در سری‌های منفردند و صفحات بین شعاعی^۶ نامیده می‌شوند. شکاف دهانی به وسیله برخورد این صفحات با صفحات پریستوم آمبولاکرای محصور می‌شود.

۱-۲-۲. شکل پوسته

هرچند نمای بیرونی خارداران یک ویژگی برای تمایز آن‌ها از یکدیگر است لیکن این

1. Buccal, Slits
2. Perigenathic girdle
3. Radial water vessels
4. Aristotle's lantern
5. Keel
6. Interradial
7. External shape

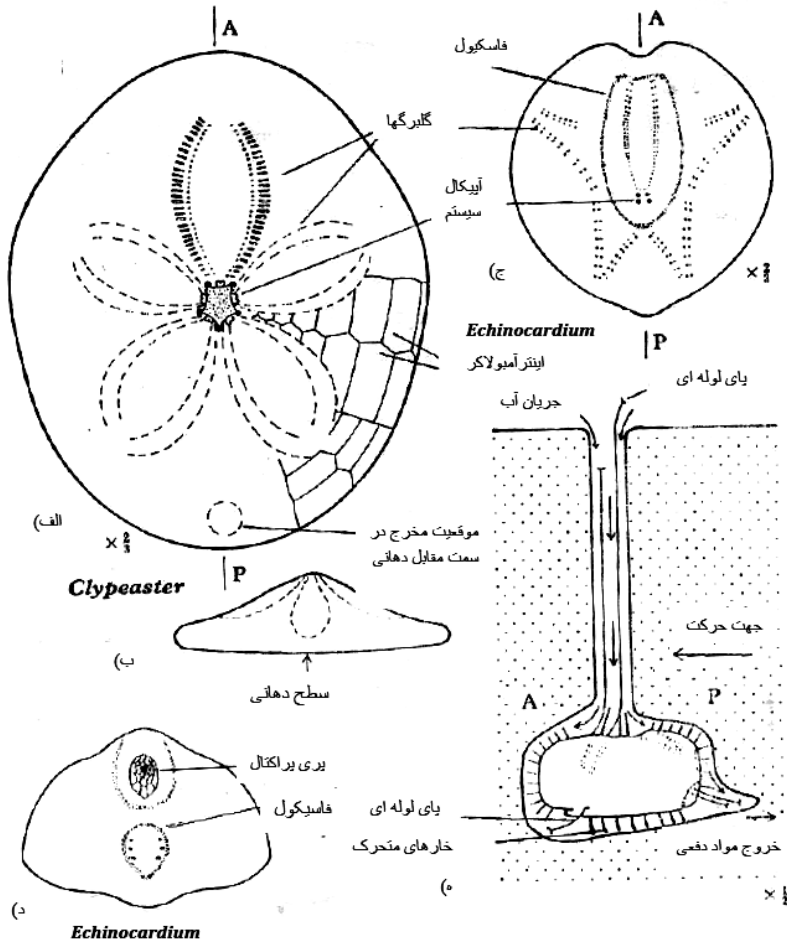
صفت به تنهایی برای جدایش انواع خارداران از هم کافی نیست. در بیشتر خارداران منظم پوسته نیمه کروی است، لیکن در Echinothuriidae پوسته کم و بیش صفحه‌ای است. در فرم‌های اصلی پالئوزوئیک در خارداران نامنظم، پوسته ممکن است به شکل نیمه کروی خوابیده یا مخروط بلند^۱ مانند Clypeasteroidea، قلبی شکل^۲ یا بیضی طویل^۳ مانند Spatogonoida یا بطری شکل^۴ با رستروم جلویی، مانند بعضی از جنس‌های Holasteroidea باشد.

در یک راسته از خارداران منظم به نام Temnopleuroidea پوسته به طور عمیق خراشیده شده است و یا به عبارتی پوسته نیمه کروی فرورفته^۵ دارد. در خارداران منظم ساختمان و نمای درونی^۶ پوسته به استثنای حلقه جنسی^۷، دلالت بر قسمت‌های نرم^۸ دارد که در مطالعه آناتومی آن‌ها قابل بررسی می‌باشد و در فسیل‌شناسی اهمیت کمتری دارد.

۱-۲-۳. جهت‌یابی^۹

در تعریف سطح پرستوم را که حاوی دهان است سمت دهانی^{۱۰} یا سطح زیرین و سطح آپیکال سیستم را سمت مقابل دهانی^{۱۱} یا سطح رأسی یا فوقانی پوسته می‌نامند. در خارداران نامنظم در حالت معمولی سطح آپیکال در بالاترین قسمت است و سطح تقارن دو جانبی از نواحی دهان - مخرج و آپیکال سیستم عبور می‌کند (شکل ۱-۲).

-
1. Tall and conical
 2. Heart shape
 3. Elongate oval
 4. Bottle shape
 5. Depressed - hemispherical
 6. Internal shape
 7. Perignathic girdle
 8. Soft body
 9. Orientation
 10. Oral surface
 11. Aboral



شکل ۱-۲: نحوه زندگی خارداران نامنظم (Black, ۱۹۸۸).

الف و ب) Clypeaster: الف) سطح دور از دهان؛ ب) سطح کناری.
ج د و ه) Echinocardium: ج) سطح دور از دهان؛ د، پایانه عقبی. و) موقعیت یک خاردار در حفره زندگیش

مطالعه زندگی نمونه های عهد حاضر نشان می دهد که در ضمن حرکت، دهان به طرف جلو و مخرج به طرف عقب قرار می گیرد. به طور کلی در خارداران اگر از سمت بالا به صدف نگاه شود سطح مقابل دهانی در بالاترین قسمت واقع می شود و منظره خارجی صدف به صورت دایره ای است که آپیکال سیستم در مرکز و ردیف هایی دوتایی از صفحات شعاعی در اطراف آن قرار می گیرد که این صفحات همان آمبولاکر

و ایترآمبولاکر هستند. برای مطالعه، صدف به طور قراردادی طبق شکل (۱-۱) قرار می‌گیرد به طوری که مادرپوریت در سمت راست در جهت پایانه جلویی است و دهان در سطح زیرین واقع می‌شود.

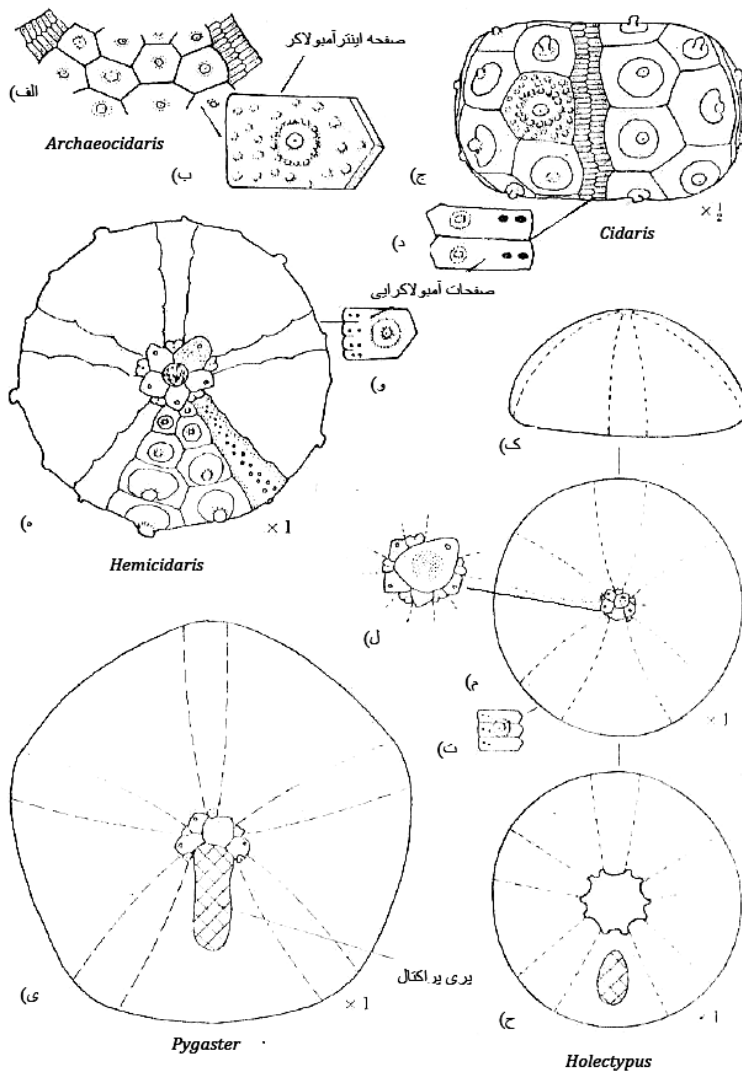
۱-۲-۴. مقایسه پوسته^۱ در خارداران منظم و نامنظم

رده خارداران براساس الگوی موجود در صدف به دو گروه خارداران منظم^۲ و نامنظم^۳ تقسیم می‌شوند که به وسیله موقعیت منخرج نسبت به آپیکال سیستم مشخص می‌شوند. عنوان خارداران منظم یا درون حلقه ای^۴ برای خاردارانی که منخرجشان در آپیکال سیستم باز می‌شود به کار می‌رود (شکل ۱-۱). در این گروه سیستم آرواره خوب توسعه یافته، محیط استوایی خارجیشان کم و بیش دایره‌ای، تا حدودی بیضوی یا ۵ گوش منظم است و از تقارن شعاعی درجه ۵ برخوردار می‌باشد. در خارداران نامنظم برون حلقه ای^۵ منخرج خارج از آپیکال سیستم است. در این گروه تقارن دوجانبی غالب است و محیط استوایی خارجیشان اغلب دایره‌ای نیست.

در خارداران منظم صفحات کروئال^۶ تقارن شعاعی دارند و در نوع نامنظم از تقارن دوجانبی برخوردارند (شکل ۱-۳).

در نوع منظم منخرج به وسیله پریپراکتال احاطه شده و در آپیکال سیستم واقع است و پریستوم همراه با دهان در مرکز سطح دهانی قرار می‌گیرد. پریستوم بزرگ و آرواره‌ها و فانوس ارسطو موجود می‌باشند (شکل ۱-۱). در اشکال نامنظم منخرج خارج از آپیکال سیستم و در عقب ایترآمبولاکروم قرار می‌گیرد (شکل ۱-۳) به طوری که آپیکال سیستم کوچک و متراکم است و پریپراکتال را دربر نمی‌گیرد و تعداد صفحات جنسی ممکن است که از ۵ کمتر باشد اما تعداد صفحات چشمی همیشه ۵ می‌باشد.

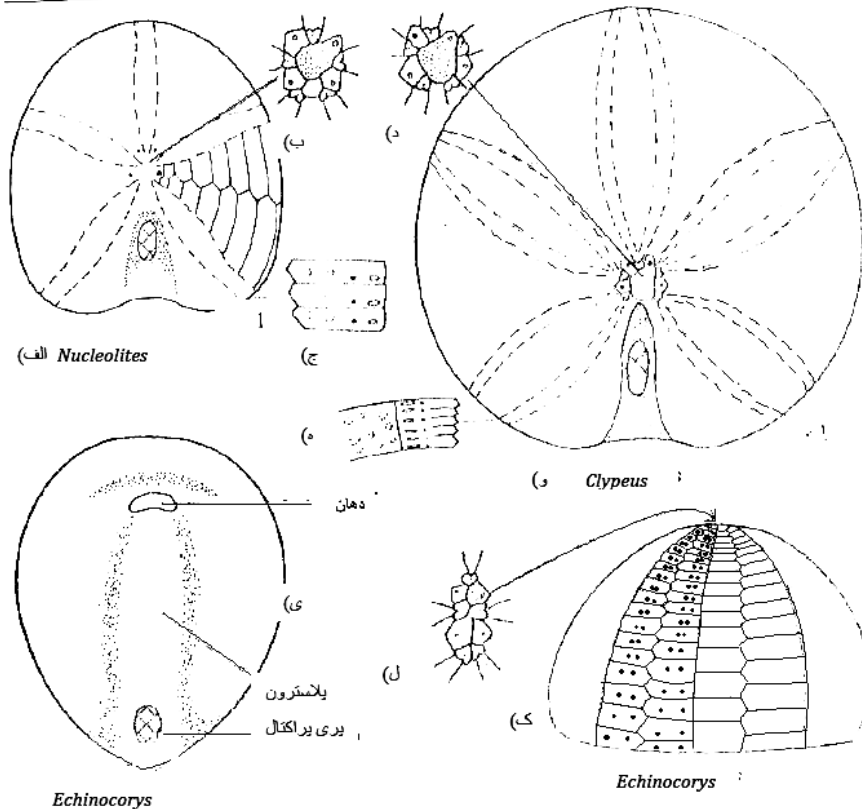
1. Test
2. Regularia
3. Irregularia
4. Endocyclic
5. Exocyclic
6. Coronal



شکل ۳-۱. مقایسه خارداران منظم (الف، ب، ج، د، ه، و) و نامنظم (ی، ک، ل، م، ت، ح) (Black, ۱۹۸۸).

در خارداران نامنظم ممکن است مخروط در جهت سمت مقابل دهانی باقی بماند و یا در سطح یا در شکاف قرار گیرد (شکل ۱-۲) و یا ممکن است روی حاشیه و یا در جهت سمت دهانی پوسته جای گیرد (شکل ۱-۴). پرستوم کوچک و ممکن است در مرکز سطح دهانی و دارای آرواره و یا به طرف حاشیه جلویی و فاقد آرواره باشد

(شکل ۱-۴). صفحات آپیکال سیستم و کروئال سیستم ممکن است به طور کامل در فسیل خارداران حفظ گردد.

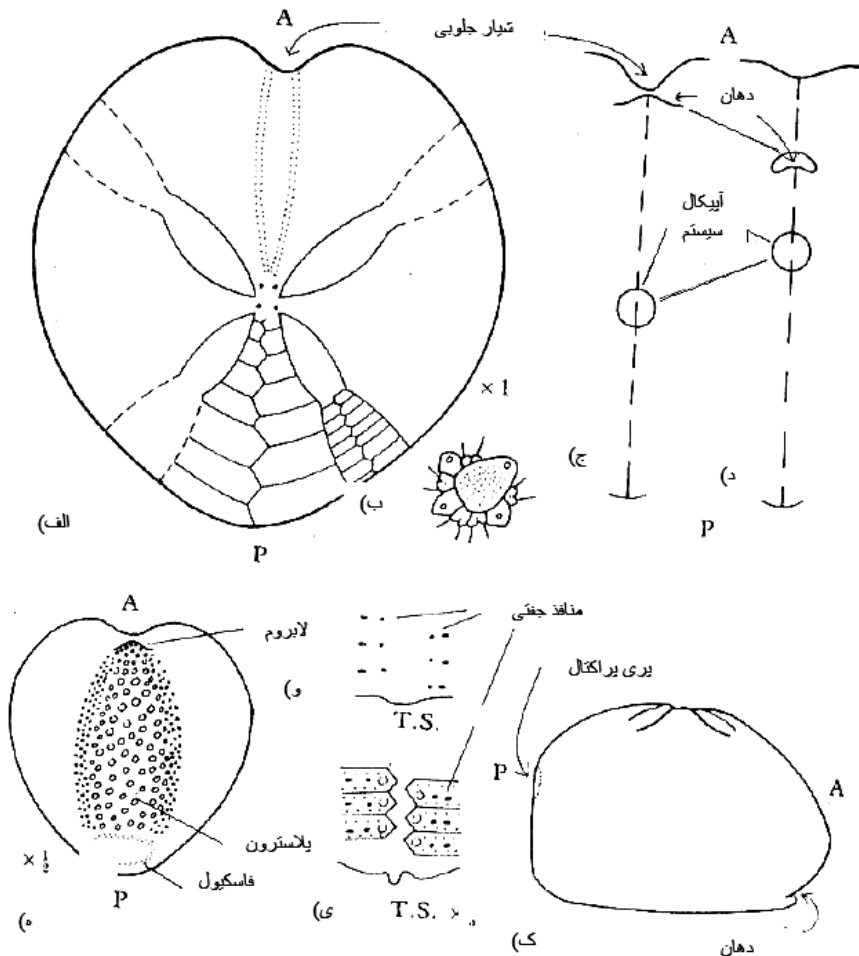


شکل ۱-۴: خارداران نامنظم (Black, ۱۹۸۸). الف، ب، د: آپیکال سیستم؛ ج و ه: صفحات آمبولاکرای

در بیشتر خارداران نامنظم، دهان در پایانه جلویی قرار می گیرد و آرواره و حلقه درون جنسی توسط سطح دهانی بسته می شود. ایتراآمبولاکر عقبی به صورت یک برجستگی پهن به طرف دهان متمایل می شود که پلاسترون^۱ نامیده می شود. در پایانه جلوئیش ممکن است به صورت یک لبه زیر دهانی جلو آید که لابروم^۲ نامیده می شود (شکل ۱-۵). پلاسترون در امتداد آمبولاکر عقبی به طرف پهلوی کشیده می شود. بر روی پوسته برخی از خارداران نامنظم مانند Echinocardium نوارهای نسبتاً یکنواختی به نام

1. Plastron
2. Labrum

فاسکیول^۱ وجود دارد (شکل ۱-۵). نوارها با گرانول‌های کوچک که در طول حیات خاردار با خارهای ظریف به آن متصل شده است پوشیده می‌شوند. فاسکیول‌ها براساس موقعیت شان نامگذاری می‌شوند برای مثال فاسکیول مخرجی^۲ که در سطح زیرین مخرج قرار می‌گیرد.



شکل ۱-۵: تحولات پوسته خارداران نامنظم، جنس *Micraaster* (Black, ۱۹۸۸)

(الف) سطح دور از دهان؛ ب: آپییکال سیستم؛ ج، د) مقایسه مکان آپییکال سیستم در یک میکراستر قدیمی (ج) و یک میکراستر جدید (د)؛ ه) سطح دهانی و، ی) منافذ جفتی و برشی از صفحات آمبولاکر؛ ک) سطح کناری

۱-۳. تشریح دستگاه مجاری آب^۱

همان‌طور که در بخش ساختمان اسکلتی توضیح داده شد در خارداران منظم سطح رأسی در آپیکال سیستم تعداد ده صفحه در قالب یک یا دو حلقه پریپراکتال را محصور می‌کند که مخرج حیوان زنده را نیز دربرمی‌گیرد. سمت داخلی حلقه شامل صفحات جنسی است که منافذ جنسی^۲ را در برمی‌گیرند. در بخش خارجی حلقه و در تناوب با صفحات جنسی یک ردیف از صفحات چشمی^۳ است که هریک از صفحات یک منفذ چشمی^۴ دارد.

صفحات جنسی هم اندازه‌اند، به غیر از یکی از آن‌ها که بزرگ‌تر و پرمفد است و در سمت راست جلویی صدف واقع می‌شود. این صفحه جنسی به خاطر وجود منافذ زیاد امکان ارتباط سیستم جریان آب را با محیط خارج برقرار می‌سازد و به یک ورودی غریبال مانند برای دستگاه گردش آب تبدیل گردیده است. به همین دلیل این صفحه پرمفد را مادرپوریت^۵ می‌نامند (شکل ۱-۱).

صفحه مادرپوریت در نزدیکی مخرج است و به یک لوله عمودی درونی به نام کانال سنگی^۶ که از حلقه‌های آهکی تشکیل شده مربوط می‌گردد (شکل ۱-۱). این کانال از طریق پنج رگ یا کانال شعاعی^۷ به یک کانال حلقوی دهانی^۸ در اطراف سطح دهانی متصل می‌گردد. هر کدام از کانال‌های شعاعی از مرکز یک آمبولاکروم عبور می‌کند و سپس از منفذ منفرد در صفحه چشمی خارج می‌شود و به لوله‌ای که انتهایش بسته^۹ است منتهی می‌گردد. در طول این مجاری شعاعی^۴ جفت پای لوله‌ای به‌طور منظم منشعب می‌شود که هر کدام به طرف قاعده یک پای لوله‌ای، جایی که یک مخزن^{۱۰} وجود دارد، می‌رود. با انقباض مخزن، آب از پای لوله‌ای خارج می‌شود. در پایانه پای لوله‌ای یک مکش وجود دارد که به وسیله آن به مواد می‌چسبند. با انقباض مخزن، پا به عقب کشیده شده و جانور با عملکرد صدها پای ظریف به جلو حرکت

1. Water – Vascular system

2. Genital pore

3. Ocular plates

4. Ocular pore

5. Maderporite

6. Stone canal

7. Radial vessels

8. Circum oral

9. Blinding - ending

10. Ampulla