

مطالعه فراساختار و تحولات پوسته برخی بازوپایان *Martellia shabjerehansis* Percival, (۲۰۰۹) اردوویسین میانی ناحیه کرمان، برش شعبجره (ایران مرکزی)

نجمه ناظری تهرودی^{۱*}، محمدرضا اسمعیل بیگ^۲، محمدرضا قطبی راوندی^۳ و مریم ناز بهرام منش طهرانی^۴

^۱ گروه زمین شناسی، پردیس علوم و تحقیقات فارس، دانشگاه آزاد اسلامی فارس، شیراز، ایران

^۲ گروه زمین شناسی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

^۳ گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زرنند، کرمان، ایران

^۴ گروه نظارت و ارزیابی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

چکیده

مطالعات چینه شناسی و دیرینه شناسی بر روی بازوپایان (براکیوپودها) در ناحیه شعبجره - کرمان - سازند کت کوئیه انجام گردید. سکانس کاملی از تناوب رسوبات اردوویسین که در برخی افقها دارای بازوپا بودند، مورد مطالعه قرار گرفت. یکی از بازوپایان مطالعه شده کامل و سالم *Martellia shabjerehansis* می باشد که مطالعات فراساختار (اولترا استراکچر) بر روی این گونه انجام گرفت. علت انتخاب این گونه، وجود ۲۸ صدف کامل سالم از این گونه بود که دو کفه آن به خوبی حفظ شدگی داشتند و تکامل سنی و تحولات پوسته از نمونه جوان تا مسن را می توان در آن بررسی نمود. این نمونه از کامل ترین و سالم ترین نمونه های یافت شده در برش است.

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۰۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۰/۰۱

کلیدواژه ها:

بازوپا

فراساختار

کارادوسین

شعبجره

کرمان

۱- پیش نوشتار

مطالعه بر روی بازوپایان کامبرین زیرین در ایران و به ویژه ناحیه کرمان معطوف به شناسایی برخی جنس و گونه ها و در راستای تهیه نقشه زمین شناسی مناطق و پایان نامه ها گردیده است. در این مطالعه، سعی گردیده با استفاده از روش های نوین مطالعه پوسته بازوپایان به روش اولترامیکروسکوپی (SEM) یکی از گونه های که دارای تنوع و تعدد بیشتری می باشد (مارتلیا شعبجره انیسس) مورد بررسی قرار گرفته و تحولات پوسته در زمان پالئوزویک از کامبرین تا انتهای دونین مطالعه شده است.

۲- پیشینه مطالعات

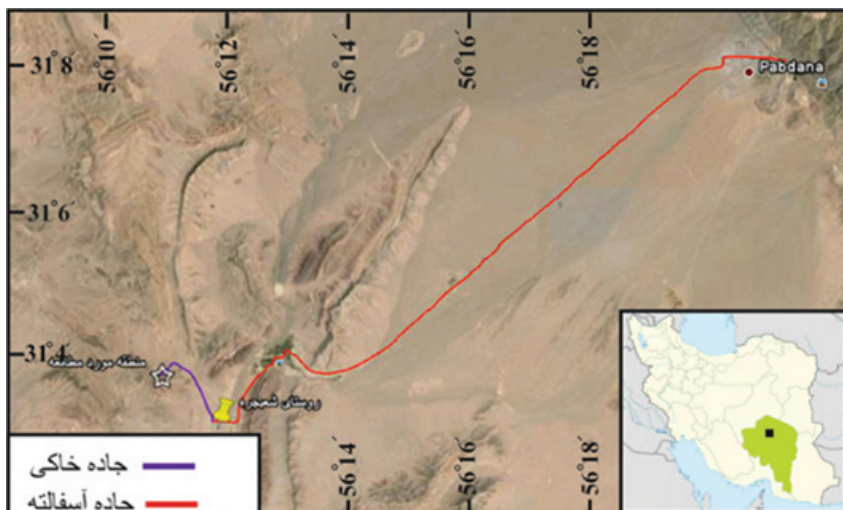
نخستین بار حامدی (Hamedi, 1995) سکانس ۳۴ متری از برونزد چینه شناسی اردوویسین را در نزدیکی روستای شعبجره در شمال باختر شهر کرمان معرفی نمود (شکل ۱) که قاعده این سکانس با کنگلومراهای با جورشدگی ضعیف آغاز می گردد. سپس ۱۶/۳ متر آهک تریلوبیت دار خاکستری دارای شیل گچ دار و شیل سبز رنگ روی این دریای کم ژرفا پیشروی کرده است. این سکانس با عنوان سازند کت کوئیه به صورت محلی نامگذاری گردیده است که در برش های قزو ه گرگ

بالای روستای کت کوئیه و شمال کرمان و خاور زرنند رخنمون های این سازند دیده می شود (آقاناتی، ۱۳۸۳؛ شعبانیان، ۱۳۹۱؛ احمدزاده هروی، ۱۳۶۱؛ خسرو تهرانی، ۱۳۸۳).

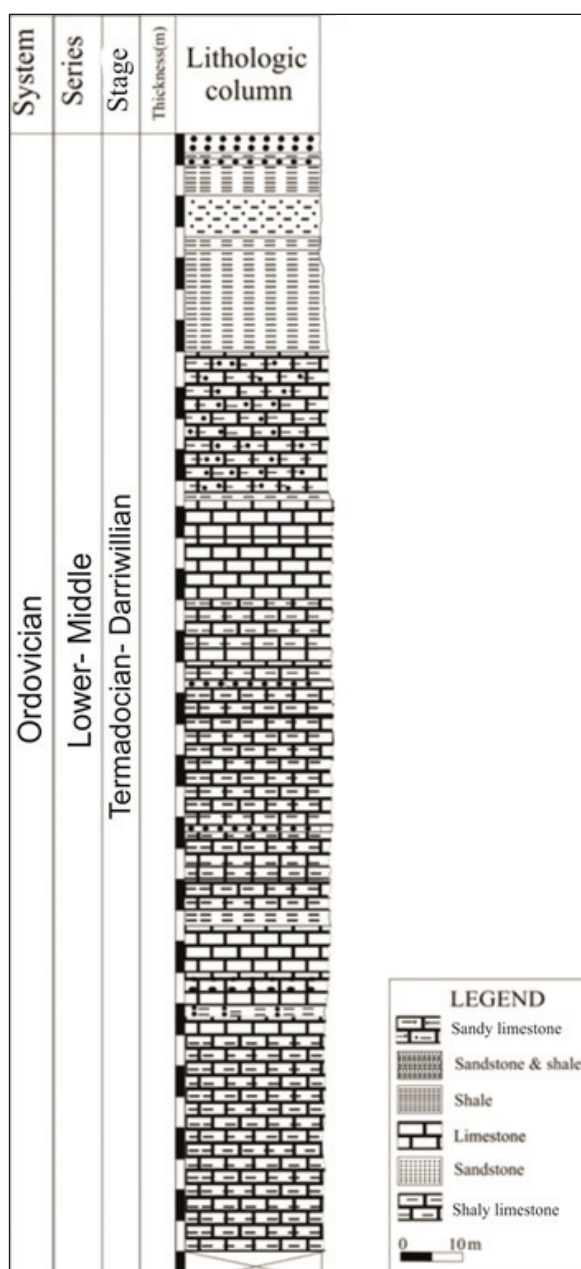
حامدی و همکاران (Hamedi et al., 1997) بر اساس کنودونت *Icriodella* و ظهور *Cryptothyrella* سن آشگلیین را مشخص نمودند.

باست و همکاران (Bassett et al., 1999) سه فون زیستی بر مبنای گراپتولیت ها و بریوزوآهای موجود در آن شناسایی کردند. این سه واحد شامل واحد A گراپتولیت های آرنیگین در بنستان، واحد B شامل فون بریوزوآدار *Rostricellula* و واحد C در سکانس قزو ه گرگسن اردوویسین انتهایی (کارادوسین - آشگلیین) معرفی گردیده است.

سکانس کت کوئیه توسط ریکاردز و همکاران (Rickards et al., 2001) در برش های روستای فوقینز مورد مطالعه قرار گرفت. به لحاظ کم بودن تریلوبیت ها که تنها شامل ۳ جنس بود، استفاده از سایر میکروفسیل ها مانند کنودونت ها و گراپتولیت ها جهت کمک به رسم زیست زون بندی (با یوزوناسیون) استفاده گردید.



شکل ۱- مسیر و راه‌های دسترسی به برش مورد مطالعه.



شکل ۲- ستون چینه‌شناسی برش شعبجره (تهیه شده توسط نگارندگان).

سن سازند کت کوئیه بر اساس گراپتولیت‌هایی که توسط ریکاردز و همکاران (Rickards et al., 2001) مطالعه شدند و تنوع بیشتری نسبت به تریلوبیت‌ها دارند، آرنیگین انتهایی و احتمالاً خلاندورین تعیین شد.

قبادی‌پور و همکاران (Ghobadi Pour et al., 2006) استراکودهایی در این سازند شناسایی کردند. این گونه‌ها در مقاله پوپوف و همکاران (Popov et al., 2009) نیز استفاده گردیده‌اند. در این میان، بازوپایانی نیز شناسایی و نام‌گذاری شدند و سن آنها اردووسین میانی تشخیص داده شد ولی مطالعات سیستماتیک تنها روی تریلوبیت‌ها و استراکودها انجام پذیرفته است.

نژاد عباس و همکاران (Nezhadabbas et al., 2020) کنودونت‌های این ناحیه را با هدف تعیین سن دقیق لایه‌ها شناسایی کردند. در سال‌های قبل نیز مقاله‌ای بر روی کنودونت‌های این ناحیه توسط ژن (Zhen et al., 2001) منتشر گردیده است. بر اساس مطالعات کنودونت‌ها، سن سازند کت کوئیه در بخش‌های بالایی این سازند که دارای فسیل بوده است، آرنیگین تا کارادوسین می‌باشد.

از سایر مطالعات پیشین صورت گرفته در این رابطه می‌توان به مواردی مانند چینه‌شناسی و دیرینه‌شناسی کامبرین در کرمان (عامری، ۱۳۸۴)، مطالعه چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی رسوبات پالئوزویک (قربانی، ۱۳۷۷)، چینه‌شناسی پالئوزویک در کمربند کرمان- زرند و کوهبنان (جعفری صدر و ژيانگ، ۱۳۷۳) اشاره کرد.

۳- موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه

برش مورد مطالعه در طول جغرافیایی $56^{\circ} 09' 12.59''$ E و عرض جغرافیایی $31^{\circ} 04' 35''$ N واقع شده است.

برش چینه‌شناسی شعبجره (شکل ۲) عمدتاً از دو بخش تخریبی - آواری و کربناته همراه با شیل، ماسه‌سنگ و سنگ آهک و آهک ماسه‌ای برخی از لایه‌ها حاوی قطعاتی از بی‌مهرگان (بازوپایان و تریلوبیت و خرده‌های شکم‌پایان (گاستروپود)) می‌باشد.

ستبرای سازند کت کوئیه (محلی نامگذاری شده است) در مقطع مورد مطالعه $204/465$ متر می‌باشد. راه‌های دسترسی به روستای شعبجره و برش و ستون چینه‌شناسی به ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ آمده‌اند. گذر آن با نهشته‌های مرز زیرین و مرز بالایی به صورت پیوسته می‌باشد.

۴- روش مطالعه فراساختار در بازوپایان

لایه‌های موجود در ساختار بازوپایان به صورت کلی در شکل ۳ نشان داده شده‌اند.

نکات مهم در روش مطالعه فراساختار به شرح زیر هستند (Facheng, 2018):

۱- ساینز و شکل صدف و کامل بودن هر دو کفه

۲- وضعیت حفظ شدگی تزیینات (تهیه برش عمودی یا افقی از نمونه‌ها، دقت شود یا همه در جهت عمود به محور برش داده شوند یا در جهت عرضی)

۳- پولیش دادن سطح بریده شده با سمباده و صاف و نرم کردن سطح

۴- قرار دادن نمونه در اسید کلریدریک با غلظت ۵٪ در حد ۵ تا ۱۵ ثانیه (این کار جهت خروج حباب‌های هوا و خروج رطوبت از صدف لازم است به نحوی

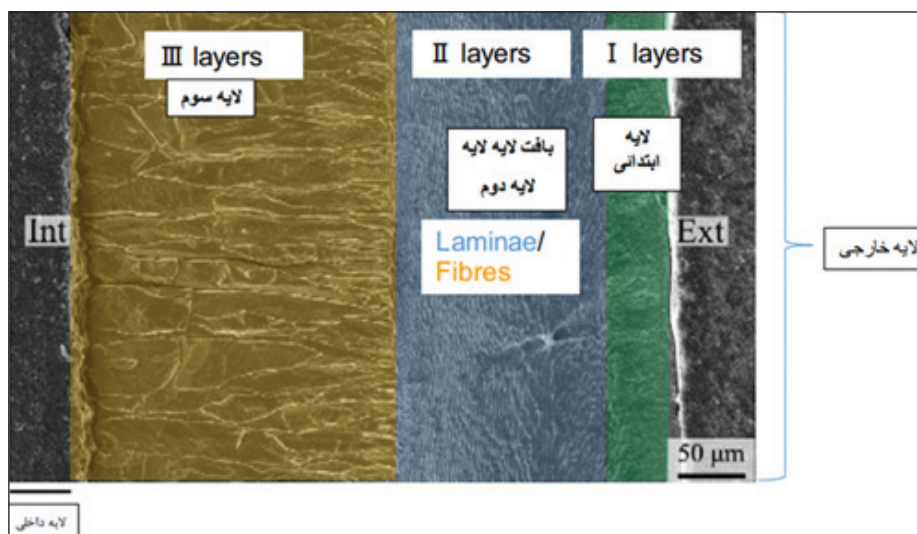
که خروج حباب‌ها با چشم غیرمسلح امکان‌پذیر است و بایستی فوراً فسیل با آب معمولی شسته شود).

۵- پوشاندن نمونه با رویه طلا (کت طلا بر روی نمونه)

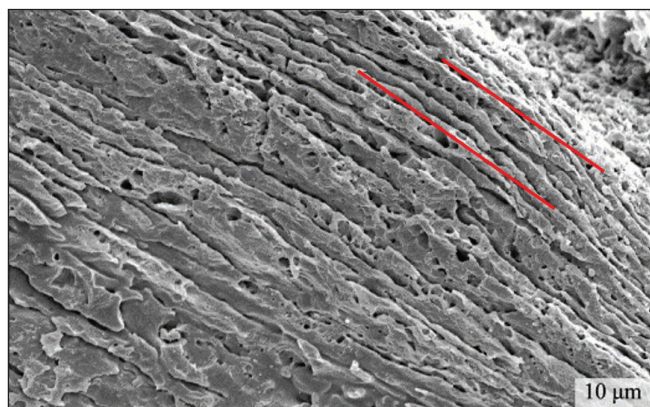
۶- اندازه‌گیری ریزساختار (میکرواستراکچر) در هر ۵ میلی‌متر اول نمونه

۵- تحولات پوسته بازوپایان از کامبرین به اردوویسین

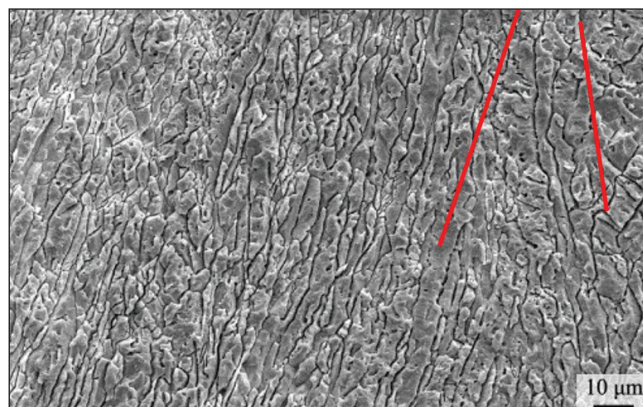
جنس پوسته در نمونه‌های کامبرین حالت لایه لایه فیبری متراکم یا چین‌های شعاعی شکل دارد کاملاً به هم فشرده و ظریف و ابتدایی هستند مانند جنس‌های *Protambonites* cf. *P. primigenius*, *Billingsella* sp. (شکل ۴ و ۵).



شکل ۳- تصویر اولترامیکروسکوپی لایه‌های بازوپا با مقیاس ۵۰ میکرون (Ye et al., 2018).



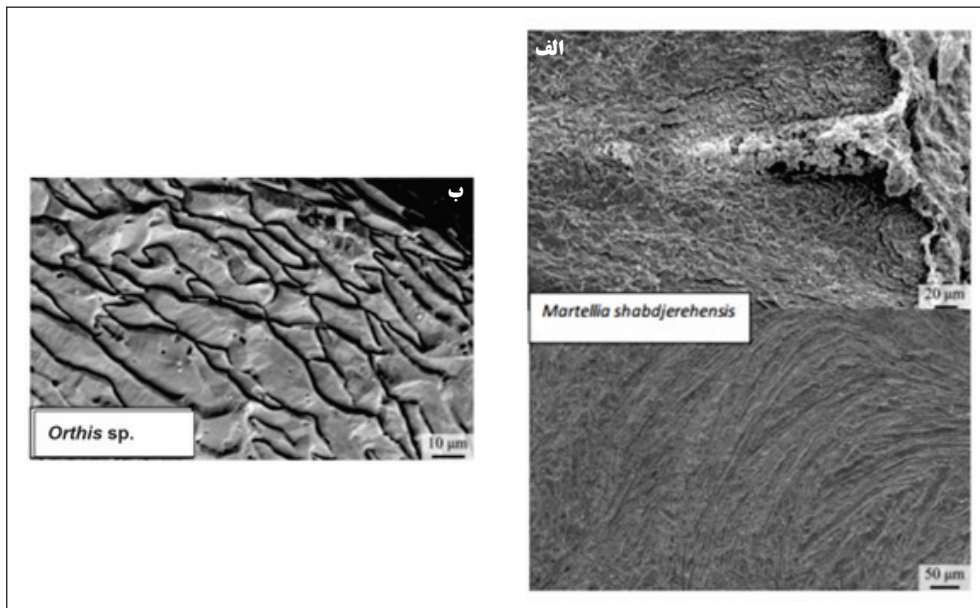
شکل ۵- نمونه فیبرهای متراکم در کامبرین گونه *Protambonites* cf. *P. primigenius*



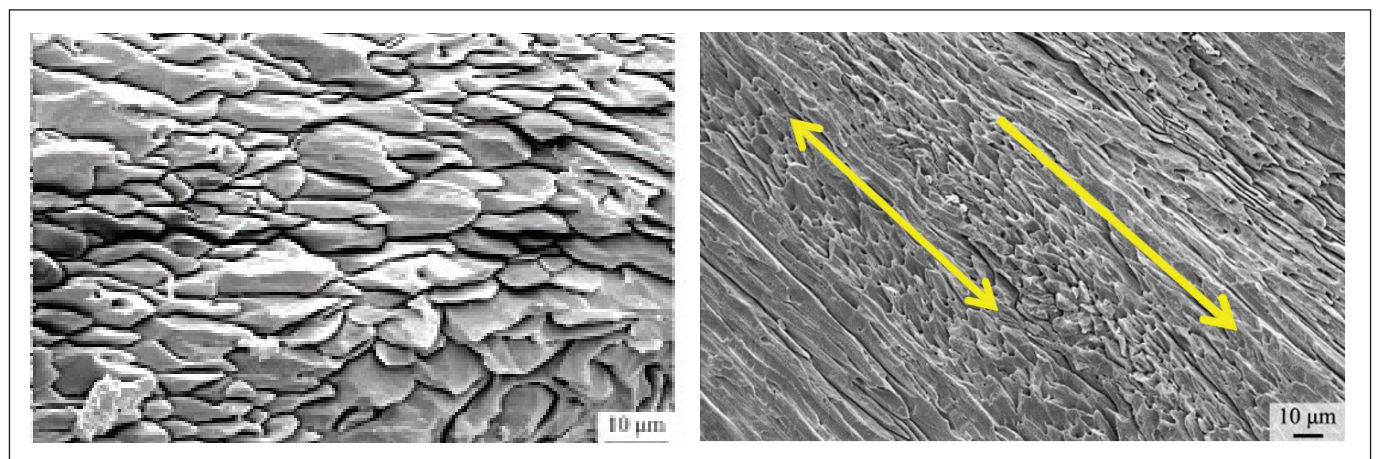
شکل ۴- پوسته بیلینگسلای کامبرین با فیبرهای فشرده و ظریف.

راسته استروفومنیدهای اردوویسین، مانند جنس *Leptellina*، حالت‌های لایه‌لایه صلیبی شکل به خود گرفته‌اند (شکل ۸) (برای نمونه: Garbelli et al., 2017; Duller, 2008; Kassambara and Mundt, 2017; Parkinson et al., 2005).

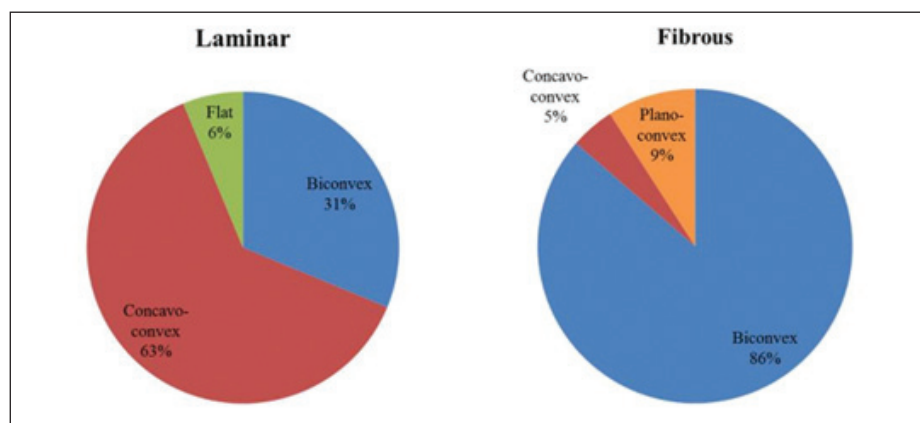
در اردوویسین پوسته‌ها کمی تکامل یافته و به جز حالت لایه لایه فیبری متراکم، حالت لایه‌ای و فلسی شکل مانند پولک‌های ماهی روی هم قرار می‌گیرند (مانند جنس‌های *Orthis* sp. و *Martellia shabjerehansis* (شکل ۶ و ۷)).



شکل ۶- ریزساختار جنس‌های الف) *Martellia shabdjerehensis*؛ ب) *Orthis sp.*



شکل ۷- ریزساختار جنس *Leptellina sp.*



شکل ۸- درصد نمونه‌های دارای پوسته فیبری (شکل سمت راست) و نمونه‌های لایه‌ای در سمت چپ.

۶- سیستماتیک

راسته ارتیداها از جمله نخستین بازوپایان مفصل‌دار در کامبرین و اردوویسین در سطح جهانی هستند که در ایران نیز به‌فراوانی یافت شده‌اند. در ایران مرکزی نیز در بیشتر برش‌های پالئوزوئیک زیرین جنس‌های بیلینگسلا، ارتید و استروفومیدها یافت شده‌اند. در راسته بیلینگسلیدا، جنس مارتللیا با این گونه منحصر به فرد در این برش، نخستین بار توسط پوپوف و همکاران (Popov et al., 2001) گزارش گردید و مطالعات کنونی تکمیل کار و مطالعات بر روی پوسته مارتللیا و مقایسه با سایر بازوپایان کامبرین به منظور تحلیل تکاملی پوسته بازوپایان از کامبرین تا پالئوزوئیک بالایی می‌باشد (برای نمونه: سیفی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Crippa et al., 2016; Facheng 2018; Popp et al., 1986). به همین منظور، ۲۸ نمونه مارتللیای سالم و بدون شکستگی از نمونه‌های جوان تا مسن جداسازی و اندازه‌گیری شده و مورد مطالعه سیستماتیک قرار گرفتند. مبنای نوشتاری سیستماتیک بازوپایان بر اساس ترتیبس براکیوپودها تالیف جدید سال ۲۰۱۰ می‌باشد (Williams et al., 2010).

Order: Billingsellida Schuchert, 1893

Super family: Polytoechioidea Öpik, 1934

Family: Tritoechiidae Ulrich & Cooper, 1936

Genus: *Martellia* Mirth, 1936

Type species: *Orthis inagirdii* Martelli, 1901

– **ویژگی‌های کلی جنس:** اندازه کوچک تا متوسط، دارای بخش خارجی کاملاً گرد شبیه بقیه جنس‌های تریئونکیدانه همراه با پزودواسپوندیلوم، صفحات نوتوتیرال بلند، و دارای برش زیرین قسمت جلویی همراه با سپتوم میانی هستند. خط بست در بخش جلویی حالت یونی‌پلیکیت دارد، تزئینات شامل حالت مولتی کستلیت بسیار منظم می‌باشد (اصلاح شده توسط پوپوف و همکاران (Popov et al., 2001)). طول و عرض پوسته به طور میانگین در حدود ۱۵ میلی‌متر می‌باشد. بیشینه ستبرای کفه‌ها حدود ۸ میلی‌متر است. این گونه دارای نمای دو تحدیبی است. کفه شکمی نیمه هرمی در بخش پشتی مرتفع بوده و سولکوس میانی باریک کم عمقی نزدیک به حاشیه شکمی در نمونه‌های بزرگ قابل مشاهده است. کفه پشتی اغلب با برآمدگی باریک میانی که البته همیشه توسعه یافته نیست، می‌باشد. حاشیه شکمی معمولاً عریض و گرد شده است (این مورد بیشتر در نمونه‌های بزرگ دیده می‌شود) و معمولاً تا حدی زاویه‌دار نیز می‌باشد. کمیسور (خط بست) به‌صورت ضعیفی دارای حالت چین خوردگی می‌باشد. شکل کلی کفه شکمی به‌صورت متغیری از نیمه گرد تا نیمه مربعی و به‌ندرت کشیده نیمه تخم‌مرغی می‌باشد. نسبت طول به عرض به طور متوسط ۰/۹۳ (دامنه ۰/۸۷ – ۰/۹۸) است. طرح کلی کفه پشتی بیشتر به حالت نیمه کروی تا نیمه چهارگوش و با خط لولای مستقیم است. نسبت طول به عرض به طور متوسط ۰/۸۳ (دامنه ۰/۷۷ – ۰/۸۹) است. تزئینات خیلی ظریفی بر روی این نمونه قابل مشاهده هستند که در حدود ۴ یا ۵ کسته در هر میلی‌متر در حاشیه شکمی دیده می‌شود. خطوط رشد به صورت عریض و متحدالمرکز بوده و البته به شکل ناپوسته‌ای بر روی برخی صدف‌ها دیده می‌شوند. لازم به یادآوری است که در مورد سایر نمونه‌ها، این مورد به صورت جزئی و حتی غیر قابل مشاهده می‌باشد. اینترآره در بخش شکمی نسبتاً طویل است (بالای ۰/۲۵ طول کفه) و معمولاً اپساکلاین می‌باشد که البته در مواردی هم میل به کاتاکلاین در آن دیده می‌شود. پزودودیلیدیوم برجسته و مشخص بوده ولی حالت باریکی در آن با دهانه در قله مشخص است. پزودودیلیدیوم پزودودیلیدیوم تیزی دیده می‌شود.

در بخش جلویی شکمی پزودواسپوندیلوم تیزی دیده می‌شود که حاشیه‌های آن توسط صفحه‌های دندانی عمودی محاصره شده است و جفت اثر ماهیچه‌ای جمع کننده خارجی مستطیلی را در برگرفته است که توسط اثر ماهیچه داخلی نازکی جدا

می‌شود. پزودواسپوندیلوم دارای توسعه‌ای در بخش خلفی در زیر پزودودیلیدیوم می‌باشد که دربرگیرنده ۰/۴۵ طول کفه و ۰/۲۵ عرض آن می‌باشد. صفحه‌های دندانی یا لبه‌های جانبی پزودواسپوندیلوم در بخش شکمی توسعه نیافته‌اند. یک لبه میانی کوتاه در بخش شکمی از جلوی لبه پزودواسپوندیلوم تا تقریباً به مسافت نیمی به سمت حاشیه قدامی توسعه پیدا کرده است. کانال‌های پوسته حالت فشرده کمی دارند.

بخش پشتی دارای کاردینال پروسس منفردی به شکل لبه حاشیه‌ای است. یک لبه خیلی کوتاهی میانی که اغلب هم به ندرت قابل تشخیص است، از بخش شکمی و از سطح زیرین صفحه نوتوتیرال به سمت بخش میانی کفه می‌رسد و آنجا ناپدید می‌شود. محدوده ماهیچه‌ای شامل اثرات ماهیچه‌ای انشعابی ضعیف است که توسط دو جفت لبه عضلاتی به دو نیم تقسیم شده‌اند. جفت داخلی طویل تر می‌باشد. لبه کوتاه ستبری نیز در بخش حاشیه‌ای توسعه یافته است.

Species: *Martellia shabjerehansis* Percival et al., 2009

– **توصیف گونه:** این گونه نخستین بار توسط پرسیوال و همکاران (Percival et al., 2009) نام‌گذاری شد.

– **ویژگی‌های گونه:** حاشیه بخش جلویی در این گونه گرد و فرورفتگی در بخش پشتی بسیار ضعیف و نامحسوس است. وجه تسمیه گونه از روستای شعبیره در آن ناحیه گرفته شده است.

– **نمونه (Material):** ۲۸ عدد نمونه کامل به شماره‌های ۲۴، ۲۷، ۲۹، ۳۹، ۴۰، ۴۱، ۴۲، ۴۳، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۷، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۱، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۷، ۵۸، ۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۴ و ۶۵ از منطقه شعبیره

۷- ویژگی‌های آشکار و مقایسه با سایر گونه‌ها

پوپوف و همکاران (Popov et al., 2001) در بازنگری جنس‌هایی از تریئونکیدانه‌ها، به ویژگی‌های برجسته مارتللیا توجه نمودند، از دیگر ویژگی‌های آن این که خط بست جلویی تاحدی چین‌دار، تزئینات خیلی ظریف مولتی کستلیت، پلت‌فرم نوتوتیرال بلند که از بخش شکمی توسط سپتوم میانی آویزان شده است. شکل کلی صدف در برخی مواقع نیمه شش گوش می‌باشد که با یک حاشیه شکمی تیز دیده می‌شود. طرح کلی متغیری از *M. shabdjerehensis* و توسعه نامنظمی از فرورفتگی‌های شکمی گویای این امر است که گونه‌های کاملاً زاویه‌دار هرگز در گونه جدید دیده نمی‌شود. ژن و جین (Zhan and Jin, 2005) گونه *M. ichangensis* Wang, 1956 را به عنوان senior synonym گونه *M. orbicularis* Zeng, 1977 مشخص کرده‌اند. این امر بر اساس طرح کلی نیمه گرد و همچنین فولد و سولکوس‌های کمتر توسعه یافته در هر دو گونه مشخص شده است (Popov et al., 2001). پیش‌تر *Martellia M. transversa* Fang و همچنین *M. ichangensis* Zeng, 1977 و *M. orbicularis* in Zeng, 1977 به عنوان همنام معرفی شده بود. بنابراین تمامی ۴ گونه که دارای حضور با هم در اردوویسین آغازین میانی سازند داووان جنوب چین می‌باشند، هم‌اکنون می‌توانند به عنوان تاکسون یکسانی معرفی گردند. اشتراک گونه‌های ذکر شده با *M. shabdjerehensis*، حاشیه شکمی گرد شده عریض از ویژگی‌های مشترک همه گونه‌ها است. چین خوردگی پشتی و فرورفتگی شکمی نیز اکثراً در گونه‌ها وجود نداشته و یا به‌صورت ضعیفی دیده می‌شود. اگرچه *M. orbicularis* پیش‌تر توسط پوپوف و همکاران (Popov et al., 2001) از *Martellia* مستثنی شده بود، این گونه شباهت بیشتری به *Martellia* نسبت به *Pomatotrema* Ulrich and Cooper in Schuchert and Cooper, 1932 دارد.

گونه‌ای که پیش‌تر از جنوب چین و منطقه Chu-Ili قزاقستان به *Martellia* نسبت داده می‌شد توسط حاشیه‌های شکمی زاویه‌دار و خط بست شکمی از

در مجموع، ۸ جنس از اردووسین در ناحیه کرمان شناسایی گردید. در نمونه‌های ناحیه کرمان، برش شعبجره که سن اردووسین داشتند، تحولاتی در پوسته‌های آنها مشهود است. با آزمایشات ریزساختاری تمایز تغییرات تکاملی و تغییرات فابریک براکیوپودها در طی فانروزوئیک قابل تشخیص می باشد (شکل‌های ۳ و ۴). بدین ترتیب که در نمونه‌های کامبرین جنس پوسته حالت لایه لایه فیبری متراکم یا چین‌های شعاعی شکل دارد که در این مورد می توان به جنس‌هایی مانند *Billingsella* sp., *Protambonites* cf. *P. primigenius* (شکل‌های ۵ و ۴). در زمان اردووسین پوسته‌ها کمی تکامل یافته و به جز حالت لایه لایه فیبری متراکم، حالت لایه‌ای و فلسی شکل می‌گیرند. در این مورد نیز می‌توان به مواردی مانند *Orthis* و *Martellia shabdjerehensis* اشاره نمود (شکل‌های ۶ و ۷). همچنین در راسته استروفومنیدهای اردووسین مانند جنس *Leptellina* می‌توان مشاهده نمود که نمونه‌ها حالت‌های لایه لایه صلیبی شکل به خود گرفته‌اند (شکل ۸).

۱۰- نتیجه‌گیری

نهشته‌های سازند کت کویه (اردووسین) در برش‌های چینه‌شناسی شعبجره از دیدگاه زیست‌چینه‌ای بر اساس فونای براکیوپودی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته‌اند.

در این پژوهش تعداد ۸ جنس شناسایی گردیده است که شامل موارد زیر می‌باشند: *Leptellina* sp. Ind.,

Martellia shabdjerehensis Percival et al., 2009

Orthis sp. Ind.

Paralenorthis sp. Ind.

Doleorthis sp. Ind.

Dinorthis sp. Ind.

Platystrophia cf. *clarksvillensis*,

Rostricellula sp. Ind.

Sulcatospira sp. Ind.

با توجه به وجود فونای بازوپایی یاد شده و با در نظر گرفتن بازه سنی آنها، برای سازند کت کویه بازه سنی اردووسین زیرین- میانی (آرنیگین تا کارادوسین) پیشنهاد گردیده است.

همچنین در این مطالعه با بررسی‌های ریزساختار (میکرواستراکچر) تمایز تغییرات تکاملی و تغییرات فابریک بازوپایان در طی زمان مورد مطالعه قرار گرفته است. تمرکز این مقایسه بر روی فابریک‌های خطی (لامینار) و فیبری و تفاوت فراساختاری آنها استوار بوده است.

مطالعه فراساختار روی گونه مارتلیا شعبجره انسیس و مقایسه با سایر گونه‌های مارتلیایهای یافت شده نشان می‌دهد که این گونه خاص دارای برجستگی ستبری در بخش اینترایا است که در هیچ گونه دیگری این برجستگی آشکار نیست و پوسته صدف از طبقات کاملاً به هم فشرده و متراکم تشکیل شده است به گونه‌ای که لایه‌ها با هم موازی و در هم تنیده‌اند و از یک نظم و هم‌سویی خاصی برخوردارند و بافت فیبری دارند. در صورتی که در نمونه‌های دیگر اردووسین، مانند جنس اورتیس این فیبرها حالت فلس مانند و لوزی شکل دارند. هر قدر از حاشیه جلویی کفه به سمت قله می‌رویم، این فلس‌ها به صورت افقی کشیده می‌شوند و به صورت مطبق روی هم قرار می‌گیرند.

نتیجه مطالعات ریزساختار روی پوسته‌ها نشان می‌دهد که گوناگونی بسیاری از نظر اندازه و بافت پوسته‌ها و تفاوت ساختاری در نوع کفه‌ها دیده می‌شود. نمونه‌های زمان کامبرین زیرین دو تحدبی با پوسته لایه لایه فیبری متراکم و دو تحدبی (مانند جنس بیلینگسلا) هستند فراساختار پوسته‌ها در ۵ میکرومتری دارای فیبرهای ستبر و کشیده است و در زمان کامبرین بالایی شکل صدف‌ها دو تحدبی و محدب مقرر می‌شوند و فراساختار پوسته از میکرون تا سانتی‌متر افزایش می‌یابد و در برخی مواقع

M. shabdjerehensis جدا می‌شوند. اگرچه خط بست شکمی در گونه‌های آرژانتین مانند *M. mesocosta* و *M. talacastoensis* تمایل به nonplicate و یا تا حدی uniplicate دارند، چین میانی باریک و کوتاهی همیشه در تمامی این گونه‌ها حاضر است که مشخص و تفکیک کننده آنها از *M. shabdjerehensis* می‌باشند. همان‌گونه که اشاره شده است، گونه جدید در طرح کلی شکل خارجی و توسعه ضعیف فولد و سولکوس به *M. ichangensis* نزدیک است، ولی تفاوت آن با سایر گونه‌ها در فقدان سپتوم میانی پشتی ستبر است (Zhan and Jin, 2005). افزون بر این، پلیت‌های دندانی در *M. shabdjerehensis* به سمت حاشیه شکمی توسعه نیافته‌اند و لبه میانی شکمی آن کوتاه است برعکس Zeng, 1977 *M. orbicularis* و Zhan and Jin, 2005 *M. ichangensis*، اما گونه‌های چینی و ایرانی معمولاً دارای شباهت‌ها و در طرح کلی شکل خارجی کفه در حالت عمودی هستند. در بین مثال‌هایی از *M. reliqua* که توسط پوپوف و همکاران (Popov et al., 2001) نشان داده شده است، *M. shabdjerehensis* توسط شکل کلی خارجی اریب ماندنش متمایزتر است (Plate 1).

۸- سن، جغرافیا و پراکندگی دیرینه بازوپایان در جهان

گونه مارتلیا شعبجره انسیس در سال ۲۰۰۹ در ایران مرکزی در شمال باختر کرمان برش شعبجره (وجه تسمیه نام گونه بر اساس محل پیدایش گونه فسیلی می‌باشد) توسط پرسپوال و همکاران گزارش گردیده بود (Percival et al., 2009) و جنس مارتلیا در ناحیه البرز خاوری برش‌های ده‌ملا و سیمه کوه دامغان توسط قبادی پور و همکاران (Ghobadi Pour et al., 2012) گزارش شده، ولی گونه‌ای از آن شناسایی نشده است.

در بازنگری برش‌های شعبجره ۱ و ۲ این گونه در زمان اردووسین میانی اشکوب داروازین یافت گردیده است. از دیگر نقاطی که جنس مارتلیا را می‌توان در آن مشاهده کرد، می‌توان به جنوب چین (گونه‌های متعددی که در مبحث مقایسه نام‌برده شد) به سن اشکوب آرنیگین بالایی- لانورینین و همچنین حوضه Precordilleran آرژانتین از سازند San Juan به سن اردووسین میانی نیز اشاره کرد (Benedetto, 1987; Percival et al., 2009).

در جنوب قزاقستان، جنس یاد شده، توسط پوپوف و همکاران (Popov et al., 2001) از سازند Uzunbulak به سن اردووسین گزارش شده است.

۹- بحث

شناسایی بازوپایان در این مطالعه بر اساس مشخصات عمومی خارجی آنها انجام گرفته است. در مطالعه حاضر، مواردی نظیر بررسی ساختار خارجی فونای براکیوپودی، وضعیت دو کفه نسبت به هم، تزیینات موجود بر روی پوسته، شکل خط لولا، محل تلاقی دو کفه، نحوه قرارگیری فورامن، شکل منقار، فولد و سولکوس، اندازه گیری های بیومتری انجام شده است (بهرام‌منش طهرانی و همکاران، ۱۳۹۹). با توجه به مطالعات صورت گرفته در این پژوهش تعداد ۸ جنس شناسایی گردیده است که شامل موارد زیر می‌باشند (ناظری، ۱۴۰۰):

Leptellina sp. Ind.,

Martellia shabdjerehensis Percival et al., 2009

Orthis sp. Ind.

Paralenorthis sp. Ind.

Doleorthis sp. Ind.

Dinorthis sp. Ind.

Platystrophia cf. *clarksvillensis*

Rostricellula sp. Ind.

Sulcatospira sp. Ind.

منشوری در زمان دونین و در زمان پرمین بیشینه این تکامل دیده می‌شود. در پایان‌نامه نگارنده اول (ن. ن.)، جهت بررسی و مطالعات بیشتر سایر برش‌های ناحیه کرمان (کت کوئیه- خانوک- هوتک- کوه‌بان) و مطالعات کلی‌تر بازوپایان پالئوزویک زیرین و بالایی بیش از ۲۰۰ جنس و گونه متنوع از برش‌ها برداشت شده است (ناظری، ۱۴۰۰)، که در اینجا تنها به شرح کامل یکی از کامل‌ترین نمونه‌ها (گونه مارتلیا شعبیجره انسیس) پرداخته شد.

مانند استروفومنیدها حالت صلیبی شکل پیدا می‌کنند. در زمان اردوویسین، کفه‌ها به صورت مسطح- محدب، مقعر- محدب و دو تحدبی هستند و جنس پوسته‌ها با دید فراساختار حالت فیبرهای منشوری قاعده‌ای و فیبرهای کشیده و طویل دارند مانند جنس‌های *Leptellina*, *Martellia shabjerensis*. همچنین در زمان اردوویسین پوسته‌ها کمی تکامل یافته و به جز حالت لایه لایه فیبری متراکم، حالت لایه‌ای و فلسی شکل می‌گیرند. به تدریج هر قدر از نظر زمانی از کامبرین به قسمت‌های بالایی پالئوزویک می‌رسیم، تکامل پوسته بیشتر شده و از حالت فیبری به حالت

Plate 1

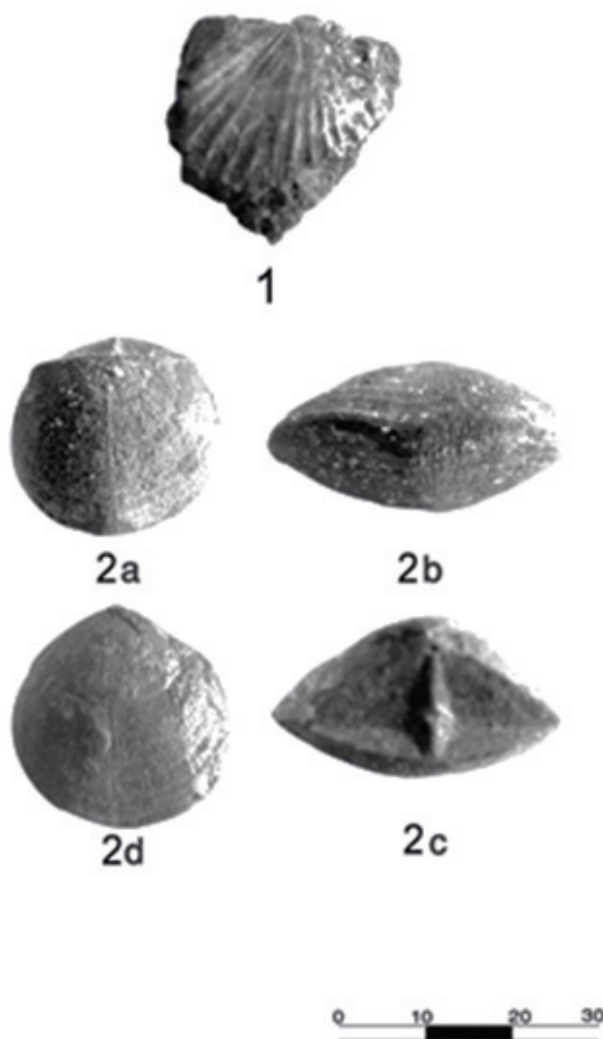


Fig.1- *Leptellina*sp. Ind. Dorsal valve of an articulate specimen 37SH, X1.

Figs. 2a.b.c.d- *Martellia shabjerehansis* Percival et al., 2009. Respectively 2a) dorsal valve of an articulate specimen, 2b) lateral view (Commissure line) of an specimen SH. 24, 2c) Umbonal view, 2d) Ventral view an specimen SH.29. X1

کتابنگاری

- آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ صفحه.
- احمد زاده هروی، م.، ۱۳۶۱، اردوویسین فوقانی جنوب یجنورد (براکیوپودها- کنودونت‌ها). سازمان زمین‌شناسی، ۹۸ ص.
- بهرام‌منش طهرانی، م.، خاکسار، ک. و سنماری، س.، ۱۳۹۹، فرهنگ مصور واژه‌های تخصصی بازوپایان. انتشارات دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) قزوین. ۲۲۰ ص.
- جعفری صدر، ع. ر. و ژيانگ، ز.، ۱۳۷۳، چینه‌شناسی پالئوزوئیک در کمربند کرمان- زرنند و کوهبنان. دومین سمپوزیوم زمین‌شناسی شرق ایران، بیرجند.
- خسروتهرانی، خ.، ۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۳۲۷ ص.
- سیفی، ن.، قریب، ف.، بهرام‌منش طهرانی، م. و قریب، ف.، ۱۳۹۰، مطالعه براکیوپودهای دونین - کربونيفر غرب دریاچه تار شمال شرق دماوند، دومین همایش علوم زمین، آشتیان و پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد آشتیان. ۱۸۳ ص.
- شعبانین، ر.، ۱۳۹۱، زمین‌شناسی ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۳۴۴ ص.
- عامری، ح.، داستانیپور، م.، وزیری، م.، ۱۳۸۳، چینه‌شناسی و دیرینه‌شناسی کامبرین در کرمان، مجموعه مقالات هشتمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، شاهرود، ۴۸۰ ص.
- عامری، ح.، ۱۳۸۴، بیواستراتیگرافی نهشته‌های کامبرین در شمال و جنوب شرق کرمان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۵۹ ص.
- قربانی، ش.، ۱۳۷۷، مطالعه چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی رسوبات پالئوزوئیک (کامبرین، دونین و پرمین) برش زمین‌شناسی دوراهی شهداد واقع در جنوب شرقی کرمان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال ۲۱۲ ص.
- ناظری، ن.، ۱۴۰۰، بررسی نهشته‌های کامبرین- اردوویسین شمال زرنند (استان کرمان) با استفاده از تریلوبیت‌ها و بازوپایان، رساله دکتری چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، دانشگاه علوم تحقیقات فارس، ۲۰۵ ص.

References

- Bassett, M.G., Dastanpour, M., and Popov, L. E., 1999. New data on Ordovician faunas and stratigraphy of the Kerman and Tabas regions, east-central Iran. *Acta-Universitatis Carolinae Geologica* (1/2): 483-486. <https://www.researchgate.net/publication/236901473>.
- Benedetto, J. L., 1987. Braquiopodos clitaibonitaceos de la formación San Juan (Ordovicio temprano), Precordillera argentina. *Ameghiniana* 24 (1-2): 95-108. <https://www.ameghiniana.org.ar/index.php/ameghiniana/article/view/1853>.
- Crippa, G., Ye, F., Malinverno, C., and Rizzi, A., 2016. Which is the best method to prepare invertebrate shells for SEM analysis? Testing different techniques on recent and fossil brachiopods. *Boll. Soc. Paleontol. Ital.*, 55 (2016), pp. 111-125. <http://dx.doi.org/10.4435/BSPI.2016.11>. Corpus ID: 134631045.
- Duller, C., 2008. Teaching statistics with excel a big challenge for students and lecturers. *Austrian Journal of Statistics* 37(2): 195-206-195-206. <https://doi.org/10.17713/ajs.v37i2.300>.
- Facheng, Y., 2018. The microstructure of modern and fossils Brachiopod archives. Ph.D. thesis, University of Milan. 219. P. http://dx.doi.org/10.13130/ye-facheng_phd_2019-02-07.
- Garbelli, C., Angiolini, L., and Chen, S. Z., 2017. Biomineralization and global change: a new perspective for understanding the end-Permian extinction. *Geology* 45(1): 19-22. <https://doi.org/10.1130/G38430.1>.
- GhobadiPour, M., Williams, M., Vannier, J., Meidla, T., and Popov, L.E., 2006. Ordovician ostracods from east central Iran. *Ordovician ostracods from east central Iran. Acta Palaeontologica Polonica* 51(3). <http://app.pan.pl/acta51/app51-551.pdf>.
- GhobadiPour, M., Popov, L.E., and Baars, C., 2012. Middle Ordovician (Darriwilian) brachiopods associated with the 'Neseuretus' biofacies, eastern Alborz Mountains, Iran. *Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists* (42): 263-283.
- Hamed, M. A., 1995. Lower Palaeozoic sedimentology and stratigraphy of the Kerman region, East-Central Iran. <https://ro.uow.edu.au/theses>, Central Iran. Unpublished Ph.D. thesis, University of Wollongong, 176 p.
- Hamed, M.A., Wright, A.J., Aldridge, R.J., Boucot, A.J., Bruton, D.L., Chatterton, B.D.E., Jones, P., Nicoll, R.S., Rickards, R.B., and Ross, J.R.P., 1997. Cambrian to Silurian of East-Central Iran: new biostratigraphic and biogeographic data. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Monatshefte*: 412-424. <https://doi.org/10.1127/njgpm/1997/1997/412>.
- Kassambara, A., and Mundt, F., 2017. Factoextra: extract and visualize the results of multivariate data analyses. package version 1(5): 337-354. <https://www.rdocumentation.org/packages/factoextra/versions/1.0.4>.
- Nezhadabbas, M., Ghaderi, A., Jahangir, H., Ashuri, A.R., 2020. Ordovician conodonts of the Katkoyeh formation in the Kuh-e-Bonorg section, Kalmard Horst (west of Tabas). *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches* 36(1): 61-88. <https://doi.org/10.22108/JSSR.2020.119847.1125>.
- Parkinson, D., Curry, G.B., Cusack, M., and Fallick, A.E., 2005. Shell structure, patterns and trends of oxygen and carbon stable isotopes in modern brachiopod shells. *Chemical Geology* 219(1-4): 193-235. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2005.02.002>.
- Percival, I.G., Wright, A., Nicoll, R.S., and Hamed, M.A., 2009. Martellia and Associated Middle Ordovician Brachiopods from the Katkoyeh Formation, East-Central Iran. *Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists* (37): 315-325. <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/INFORMIT.916823385126966>.

- Popov, L.E., Ghobadipour, M., Bassett, M.G., and Kebriaee, M., 2009. Billingsellide and orthide brachiopods: New insights into earliest Ordovician evolution and biogeography from northern Iran." *Palaeontology* 52(1): 35-52. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4983.2008.00833.x>.
- Popov, L.E., Vinn, O., and Nikitina, O.I., 2001. Brachiopods of the redefined family Tritoechiidae from the Ordovician of Kazakhstan and South Urals. *Geobios* 34(2): 131-155. [https://doi.org/10.1016/S0016-6995\(01\)80057-7](https://doi.org/10.1016/S0016-6995(01)80057-7).
- Popp, B.N., Anderson, T.F., Sandberg, P.A., 1986. Brachiopods as indicators of original isotopic compositions in some Paleozoic limestones. *Geological Society of America Bulletin* 97(10): 1262-1269. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1986\)97<1262:BAIOOI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1986)97<1262:BAIOOI>2.0.CO;2).
- Rickards, R., Hamed, H., and Wright, J. A., 2001. A new assemblage of graptolites, rhabdopleuran hemichordates and chitinous hydroids from the late Arenig (Ordovician) of the Banestan area, east-central Iran. *Alcheringa* 25(2): 169-190. <https://doi.org/10.1080/03115510108619103>.
- Ye, F., Crippa, G., Angiolini, L., and Brand, U., 2018. Mapping of recent brachiopod microstructure: a tool for environmental studies. *Journal of Structural Biology* 201(3): 221-236. <https://doi.org/10.1016/j.jsb.2017.11.011>.
- Zhan, R., and Jin, J., 2005. Brachiopods from the Middle Ordovician Shihtzupu Formation of Yunnan Province, China. *Acta Palaeontologica Polonica* 50(2). <http://app.pan.pl/acta50/app50-365.pdf>.
- Zhen, Y.Y., Nicoll, R.S., Percival, I.G., Hamed, M.A., and Stewart, I., 2001. Ordovician Rhipidognathidae (Conodonta) from Australia and Iran. *Journal of Paleontology* 75, 186-207. 75(1): 186-207. <https://doi.org/10.1017/S002233600003198X>.
- Williams, A., Rowell, A.j., 2010. In: R. C., Moore, Treatise on Invertebrate Paleontology. Part H. Brachiopoda. The Geological Society of America and University of Kansas Press. New York and Lawrence Kansas.

Original Research Paper

Ultrastructure studies and evolution on the shell of some brachiopods, middle Ordovician (*Martellia shabjerehansis* Percival, 2009) in Shabdjereh, Kerman (Central Iran)

Najmeh Nazeri Tahroodi^{1,2}, Mohammad Reza Esmaeilbeig^{2*}, Mohammad Reza Ghotbi Ravandi³, and Maryamnaz Bahrammanesh Tehrani⁴

¹Department of Geology, Fars Science and Research Branch, Islamic Azad University of Fars, Shiraz, Iran

²Department of Geology, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

³Department of Geology, Faculty of Sciences, Zarand Branch, Islamic Azad University, Zarand, Iran

⁴Department of Control and Assessment, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 2021 October 09

Accepted: 2022 January 24

Available online: 2022 December 22

Keywords:

Brachiopod

Ultrastructure

Caradocian

Shabjereh

Kerman

ABSTRACT

Stratigraphic and paleontological studies on 6-section brachiopods from Lower to Upper Paleozoic in the Kerman region were performed by a joint Iranian-Italian team. In one of these sections in the Shabjereh area - Kerman - Kat Kouyeh Formation with geographical characteristics of 31° 5' N, 56°, 10' E, a complete sequence of Ordovician sediments was studied that had brachiopods in some horizons. One of typical brachiopods that was studied in the section, is *Martellia shabjerehansis*. Ultrastructural studies on the species and shell changes of brachiopods from Cambrian to Devonian were conducted on the samples taken by the SEM devices of the University of Milan. The reason for choosing this species was the existence of 28 well-preserved and unbroken shells of the species that are suitable to study on its evolutionary history from juvenile to adult. The specimen is one of the most well-preserved ones in the section.

* Corresponding author: Mohammad Reza Esmaeilbeig; E-mail: r.esmaeilbeig@gmail.com

E-ISSN: 2645-4963; Copyright©2021 G.S. Journal & the authors. All rights reserved.

doi: 10.22071/GSJ.2022.309072.1943

dor: 20.1001.1.10237429.1401.32.4.1.7



This is an open access article under the by-nc/4.0/ License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)