



علم المستحاثات (١)
الباليونتولوجيا (١)



السنة: ثانية

القسم: جيولوجية

Damascus University



منشورات جامعة دمشق
كلية العلوم

علم المستحاثات (١) الباليونتولوجيا (١)

الدكتور

كايد معلولة

أستاذ مساعد في قسم الجيولوجيا

١٤٣١ - ١٤٣٢ هـ

٢٠١٠ ... ٢٠١١ م

جامعة دمشق



الفهرس

الموضوع	الصفحة
الفصل الأول الباليونتولوجيا أو علم المستحاثات	٩
- أقسام علم المستحاثات	٩
- أهمية علم المستحاثات	١١
- أشكال حفظ المستحاثات	١٥
- الحصول على المستحاثات ونقلها	٢٥
- تحضيرها للدراسة	٢٧
- تعيين المستحاثات بعد تحضيرها	٤٠
الفصل الثاني علم المستحاثات (الباليونتولوجيا) والتصنيف	٤١
- تعريف	٤١
- التسلسل التصنيفي	٤٤
- قواعد تسمية النوع	٤٧
الفصل الثالث علم المستحاثات والتطور	٤٩
- فرضية خلق الأنواع	٤٩
- مبدأ التحول	٥٠
- نظريات تفسير آلية التطور	٥٢
- منشأ الحياة	٥٨
- تغير الأنواع في علم المستحاثات وتطورها	٦٥

٧٩	- تطور العالم الحي
٨٥	الفصل الرابع علاقة علم المستحاثات بعلم الطبقة
٨٥	- التاريخ النسبي
٩٣	- الأهمية الطبقة للمستحاثات الكبيرة
٩٥	- الأهمية الطبقة للمستحاثات المجهرية
٩٧	- التقسيمات الستراتغرافية
٩٩	الفصل الخامس علم المستحاثات وعلم البيئة
١٠١	- العوامل البيئية التي تؤثر في الأوساط البحرية
١١٣	- النباتات كمفتاح لمناخ الأزمنة القديمة
١١٥	- الفقاريات كمفتاح لمناخ الأزمنة القديمة
١١٥	- أنواع الأوساط البحرية
١١٨	- أنواع الأوساط القارية
١١٩	- السحرة ومستحاثات السحرة
١٢١	الفصل السادس المنخربات
١٢١	- المنخربات الحية
١٢٤	- دورة التكاثر والبيولوجيا
١٢٨	- العوامل البيئية التي تلعب دوراً في توزيع المنخربات
١٣٢	- أمثلة عن البيئة الحالية للمنخربات
١٣٥	- التركيب الفيزي و البنية المجهرية للمنخربات
١٤٠	- عناصر الهيكل البنوية
١٥٢	- البناء العام للهيكل وعلاقته مع النمو
١٥٥	- الشكل العام للهيكل (شكل وترتيب المساكن)
١٥٦	- المنخربات خلال الأزمان الجيولوجية

١٥٩	الفصل السابع المستحاثات المجهرية السيليسية الشعاعيات
١٥٩	- الشعاعيات الحية
١٦٧	- الشعاعيات خلال الأزمان الجيولوجية
١٧٠	- المشطورات
١٧٦	- المشطورات خلال الأزمان الجيولوجية
١٧٧	الفصل الثامن شعبة الاسفنجيات
١٧٨	- صف الاسفنجيات - الصفات العامة
١٨٥	- التكاثر والتطور
١٨٦	- تصنيف الاسفنجيات
١٩٠	- التاريخ الجيولوجي للاسفنجيات
١٩١	- أهميتها الجيولوجية
١٩١	- صف الاسفنجيات الصلبة
١٩٧	الفصل التاسع شعبة الـأركيوسيات
١٩٧	- الصفات العامة
٢٠١	- التكاثر والتطور
٢٠١	- تصنيف الـأركيوسيات
٢٠٣	- التاريخ الجيولوجي للـأركيوسيات وأهميتها
٢٠٥	الفصل العاشر شعبة معويات الجوف
٢٠٥	- الصفات العامة
٢٠٦	- دراسة أمثلة من معويات الجوف الحالية
٢١٢	- تصنيف معويات الجوف
٢٤٢	- التاريخ الجيولوجي لمعويات الجوف وأهميتها

٢٤٣	الفصل الحادي عشر الأوستراكودا
٢٤٣	- الأوستراكودا الحية - البنية العامة
٢٥٣	- لمحة تصنيفية
٢٦٠	- الأوستراكودا خلال الأرمين الجيولوجية
٢٦٥	الفصل الثاني عشر صف ثلاثيات الفصوص - التريلوبيات
٢٦٦	- الشكل الخارجي
٢٧٦	- أنماط هياكل بعض ثلاثيات الفصوص واستنباط طريقة معيشتها
٢٨٣	- أجناس أخرى شائعة
٢٨٨	- التاريخ الجيولوجي ثلاثيات الفصوص
٢٩١	- مجموعات أخرى من مفصليات الأرجل ذات السجل الإحاثي
٢٩٣	- تصنيف ثلاثيات الفصوص
٣٠٠	- توزيع ثلاثيات الفصوص الجيولوجي
٣٠١	المصطلحات العلمية
٣١٧	المراجع العربية والأجنبية

الفصل الأول

الباليونتولوجيا أو علم المستحاثات

PALEONTOLOGY

تعريف :

(الباليونتولوجيا) كلمة مؤلفة من ثلاث كلمات يونانية تعني ترجمتها الحرفية علم الكائنات القديمة . يدرس هذا العلم ، كما يدل اسمه ، العضويات التي عاشت خلال العصور السابقة لعصرنا الحالي ، ممثلة ببقاياها وآثارها المحفوظة في الصخور الرسوبية على شكل مستحاثات (١) .

عرفت المستحاثات منذ القديم في الصخور الرسوبية . فقد اعتبر البعض أنها من ألعيب الطبيعة ، وأن وجودها بأشكال تشابه هياكل الكائنات الحالية ما هو إلا مجرد صدفة . غير أن البعض الآخر عرف طبيعتها الحقيقية ، وبين أنها عبارة عن بقايا حيوانات بحرية أو قارية حفظت ضمن صخور رسوبية تشكلت في أحواض مائية قديمة .

أقسام علم المستحاثات :

١- علم المستحاثات الوصفي :

يهتم هذا العلم بوصف المستحاثات التي تم جمعها وتسميتها وتصنيفها . وهو أقدم فروع علم المستحاثات ، ودراسته ضرورية لا يمكن الاستغناء عنها . ويقسم حسب الكائنات التي يدرسها إلى علم المستحاثات الحيوانية وعلم المستحاثات النباتية . وقد أضيف إلى هذا العلم اتجاهات حديثة استعملت الطرائق الإحصائية ، وأعطت ما يسمى بعلم المستحاثات الكمي . كما أن تطور الأجهزة البصرية ، قد أدى إلى ظهور فرع خاص

في بداية القرن العشرين ، سمي بعلم المستحاثات المجهرية . يستعمل هذا العلم الحديث المكبرات والمجاهر المختلفة ، وحتى أحدث المجاهر الإلكترونية لدراسة ووصف المستحاثات أو بقاياها ، التي لا يمكن التعرف على خصائصها أو رؤيتها بالعين المجردة .

٢- علم المستحاثات التطوري :

يهتم هذا العلم بعلاقات المستحاثات مع بعضها البعض ، فهو يدرس علاقة الأحفاد مع الأجداد والأسلاف من جهة ، كما يدرس علاقة المستحاثات مع الكائنات الحالية من جهة أخرى . وقد اتخذ علم المستحاثات هذا الاتجاه الجديد بفضل العلماء أمثال كوفييه Cuvier ولامارك Lamarck ودارون Darwin وأدى إلى إظهار فكرة التطور إلى حيز الوجود .

٣- علم المستحاثات الطبقي :

ويسمى أيضاً الجيولوجيا التاريخية وهو الفرع التطبيقي لعلم المستحاثات، الذي يشكل علاقة اتصال بين علم المستحاثات ، وبين العلوم الجيولوجية الأخرى . ويعتمد هذا العلم على دراسة تغير الكائنات المستمر نتيجة لتطورها وتحولها مع الزمن . ويقيد هذا التطور والتحول في تمييز مجموعات الصخور الرسوبية ، وتعيين أعمارها النسبية ، وموافقة طبقاتها مع بعضها البعض .

٤- علم البيئة القديمة :

يدرس هذا العلم الحديث علاقة الكائنات التي عاشت خلال الأزمنة الجيولوجية مع الأوساط القديمة . ويستعين هذا العلم للوصول إلى أهدافه بالعلوم البيولوجية والجيولوجية الأخرى ، كما يستعمل طرائقه الخاصة . وتعتبر نتائج الدراسات المتعلقة بهذا العلم هامة جداً بالنسبة إلى علم المناخ القديم الذي يعطينا فكرة عن المناخ المساند خلال العصور الجيولوجية

المختلفة . كما أنها هامة بالنسبة إلى علم الجغرافيا القديمة التي تدرس توزيع اليابسة والبحار ، خلال فترة معينة من تاريخ الأرض الجيولوجي .
أهمية علم المستحاثات :

١- لعلم الباليونتولوجيا أهمية كبيرة بالنسبة إلى علم البيولوجيا . فهي تستطيع من خلال دراسة المستحاثات التعرف على أشكال الحياة في الأزمنة الجيولوجية ، إذ أن أشكال الكائنات الحالية لا تعطي فكرة كافية عن المجموعات المنقرضة ، كمجموعة الغرابوليتات Graptoloida والتريلوبيتات Trilobitae وبعض أشكال النباتات مثل الليبدودندراles (..... الخ) . كما أنها لا تعطي فكرة عن بعض المجموعات التي كان لها انتشار واسع خلال الأزمنة الجيولوجية ، والتي لا تمثل حالياً إلا بعدد قليل محدود (كالزنبقيات Crinoidea وعضديات الأرجل Brachiopoda والنوتيليات Nautiloidea والزواحف Reptilia الخ) .

٢- تساعد دراسة بعض الأشكال القديمة على ربط المجموعات التي تظهر في الوقت الحاضر مختلفة متميزة كما تساعد على معرفة أجدادها المشتركة . فالطائر البدائي المسمى المجنح القديم Archaeopteryx الذي وجدت بقاياه في صخور الجوراسي الأعلى ، يبيد صفات زاحفية تؤكد صلات الطيور مع الزواحف . إن هذه الملاحظات تؤدي إلى إظهار العلاقات بين الفصائل والأجناس والأنواع ، وتعود إلى إملاء الثغرات في علم التصنيف الحيواني والنباتي .

٣- تعتبر دراسة المستحاثات من أهم الأمور التي تساعد البيولوجي على فهم التطور ، وتقدم له براهين مؤكدة لتطور الكائنات الحية . إن دراسة المستحاثات في التعاقب الطبقي الطبيعي للصخور ذات المنشأ

الرسوبي ، تقدم معلومات قيمة عن سجل الحياة القديمة ، وتسمح برسم التاريخ التطوري لمجموعات الكائنات الحية .

٤- اعتمد تعيين الأعمار النسبية للوحدات الستراتيغرافية النموذجية في البداية ، على مبدأ التتضد المعروف في عالم الطبقة . وقد تبين ، فيما بعد ، أثناء دراسة المستحاثات في هذه الوحدات النموذجية ، أن كل وحدة طبقية تختص بوجود مستحاثات مرشدة تميزها عن باقي الوحدات الأخرى .

إن مبدأ التتضد يصبح عديم الفائدة في تعيين الأعمار النسبية عندما تصيب الطبقات الأفقية الأصلية تشوهات ، نتيجة الحركات التكتونية التي يمكن أن تغلبها في بعض الأحيان رأساً على عقب ، ولكن المستحاثات المحفوظة في الوحدات الرسوبية تبقى في هذه الحالة الشواهد الوحيدة التي نستطيع بها تأريخ هذه الطبقات ، وتعيين وضعها النسبي في العمود الطبقي . كما تسمح أيضاً بترابط الطبقات المتباعدة ، وموافقتها مع بعضها البعض .

٥- تبدي الكائنات الحية تغيراً كبيراً تجاه الأوساط المختلفة التي تعيش فيها . فكل كائن حي أكان حيواناً أم نباتاً ، يتلاءم ويعيش في وسط معين محدد . والمستحاثات تحمل بدورها شواهد على الأوساط القديمة التي كانت تعيش فيها أثناء حياتها ، كما يعكس ترتيب وجودها شروط دفنها في الطبقات الرسوبية .

فهي تفيد في تعيين وتحديد الأوساط القديمة (قارية ، بحرية ، بحيرية الخ) وتساعد على معرفة شروط الترسيب ونوعيته . ويجب الإشارة هنا إلى أن بعض المستحاثات لا توجد في الأماكن الأصلية التي كانت تعيش فيها ، فالحياكل والقواقع يمكن أن تنتقل - قبل أو بعد موتها -

وتتوضع في أماكن لم تقطنها أثناء حياتها . وهذا ما يؤدي إلى أخطاء في تعيين الأوساط القديمة ، كوجود بقايا بعض النباتات التي تعيش على القارة مع بعض بقايا كائنات بحرية . فذلك يجب أن نميز بين مجتمع الموت (Thanatocoenose) وبين مجتمع الحياة (Biosociocoenose) الذي يعكس ويدل على الأوساط الحقيقية القديمة .

٦- تعطي المستحاثات معلومات قيمة عن المناخ القديم السائد خلال فترة معينة من التاريخ الجيولوجي . فكثير من العضويات تكيفت للعيش في شروط مناخية خاصة ، كبعض المنخربات والمرجانيات والرخويات وأشجار النخيل التي لا تعيش إلا في مناخ دافئ . وإن وجود أشكالها المستحاثية في المناطق الحالية الباردة يدل على أن المناخ الحالي يختلف عن مناخ الفترة التي عاشت فيها هذه المستحاثات .

٧- تدل دراسة المستحاثات وتوزعها في أوساطها القديمة على توزيع اليابسة والبحار ، وتحديد خطوط الشواطئ القديمة . كما يمكن في بعض الحالات تحديد اتجاهات التيارات ومسالك الهجرات التي اتبعتها الكائنات القديمة أثناء هجرتها . وهذا ما يعطي للمستحاثات أهمية كبيرة في دراسة الجغرافيا القديمة أو الباليوجغرافيا .

٨- للمستحاثات أحيانا قيمة اقتصادية في حالة تجمعها .

أ - ينشأ حجر طرابلس السيليسي الذي يستعمل في الصناعة من تجمع هياكل الأسنات السيليسية المسماة المشطورات Diatoms .

ب- تتشكل طبقات الفحم الحجري نتيجة تحمّ تجمعات الأشجار والبقايا النباتية المختلفة . كما يتشكل البترول نتيجة تفسخ وتخمر الكائنات الدقيقة البحرية التي عاشت خلال الأحقاب الجيولوجية .

ج - بشكل الحجر الكلسي الغني بالمستحاثات أحجار بناء ممتازة ، قد يستعمل بعضها كأحجار زخرفية .

د - تنشأ أغلبية المكامن الفوسفاتية ذات الأصل الرسوبي من تجمع هياكل الحيوانات الفقرية وبقاياها .

هـ - تستعمل بعض البقايا المستحاثية في صناعة الحلي كالعنبر (الذي هو عبارة عن صمغ نباتي مستحاث) ، (والجاي Jais) وهي مادة بيثومية سوداء قاسية ، تستعمل بعد قطعها وصقلها كحجر كريم .

شروط الاستحاثات :

تصبح المتعضية الميتة مستحاثات ، بعد أن تطرأ عليها تحولات فيزيائية كيميائية ضمن شروط خاصة . فالعضوية الميتة التي تبقى معرضة للهواء ، تتفسخ أجزاؤها بعد فترة وجيزة ، كما تتخرب أجزاؤها الصلبة وتتلاشى بعد فترة أطول تختلف باختلاف المناخ السائد.

لذلك لابد ، لكي تحفظ هياكل وأجسام الكائنات الحية على شكل مستحاثات أن يؤمن لها شرطان رئيسيان :

١- أن يكون لهذه الكائنات أجزاء صلبة هيكلية . أما الأجزاء الرخوة فتتفكك وتبلى إلا إذا قدر لها إستثنائياً نوع من التحنيط في مادة راتنجية صمغية أو أسفلتية أو إذا تجمدت في الجليد .

٢- أن تغطي بسرعة بعد موتها بطبقات تحميها من المؤثرات الخارجية ، التي تؤدي إلى تخريبها وفنائها . وتشكل الأحواض المائية كالبحار والبحيرات أوساطاً ملائمة لتأمين هذا الشرط الضروري لعملية الاستحاثات ، لذلك يكون حظ الحيوانات والنباتات المائية فسي الحفظ أوفر من الكائنات التي كانت تعيش على اليابسة ، كما أن وجودها على شكل مستحاثات أكثر شيوعاً وانتشاراً.

وتعود ندرة المستحاثات القارية إلى أن الأماكن التي تتم فيها التغطية بالمناطق القارية قليلة ومحدودة. فقد ينطمر قسم زهيد من الكائنات الحية بالاندفاعات البركانية من لابات ورماد ، أو بالرمال في المناطق الصحراوية التي تكثر فيها الكثبان الرملية ، أو بالانهيارات الأرضية المفاجئة التي تحصل محلياً. وقد تتغلف بعض المتعضيات كالنباتات وأجزائها بتوضعات من كربونات الكالسيوم قرب الينابيع الكلسية.

أشكال حفظ المستحاثات :

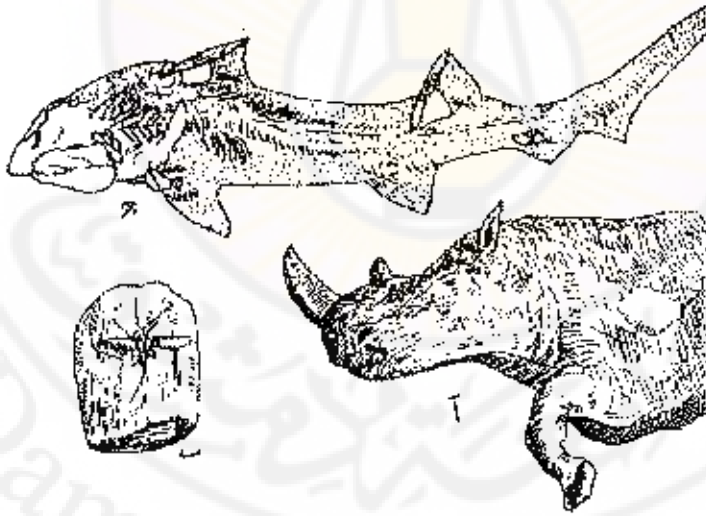
تظهر بقايا الكائن الحي المستحاث في الطبقات الرسوبية أو الطبقات الاستحالية ذات الأصل الرسوبي بأشكال مختلفة . وهي تتراوح بين الحفظ الكامل لعضويته حتى مجرد آثار نشاطاته الحيوية ، كمفرزاته أو انطباعات أقدامه و آثار زحفه . ويمكن تمييز الأشكال التالية :

١- المستحاثات ((الحية)) :

(١) يقصد بالمستحاثات الحية الكائنات التي عاشت خلال العصور الجيولوجية المختلفة وبقيت على قيد الحياة حتى العصر الحاضر ، وأمثلتها البكتريات التي عثر عليها مع البترول منذ تشكله . ويلحق بعض المؤلفين بهذه التسمية بمعناها الواسع بعض الكائنات التي انتشرت أفرادها انتشاراً كبيراً خلال العصور الجيولوجية ، ومازالت ممثلة حالياً ، ولكن بأفراد قليلة حافظت على أشكالها القديمة ، وأمثلتها الجنس *Ginko* من النباتات والجنس *Lingula* من الحيوانات . وهي تشكل بقايا أسلاف قديمة كان لها انتشار واسع .

٢- الجثث المحنطة :

لقد عثر في حالات نادرة ، على بعض الكائنات ، محفوظة حفظاً كاملاً مع أقسامها الرخوة ، نتيجة لوجودها ضمن شروط خاصة مضادة للتلفن ، كالبرودة والجفاف أو تغطيتها بمواد كيميائية عازلة شكل (١-١) . فقد وجد الماموت الذي عاش خلال الدور الرابع منذ (٢٥) ألف سنة ، كاملاً في جليدات سيبيريا وألاسكا . كما وجد وحيد القرن محنطاً ، في الطبقات الأسفلتية العائدة لحقب الكينوزوي في جبال الكاربات . وقد عثر أيضاً على حشرات محنطة في الصمغ النباتية التي يعود عمرها إلى عصر الأوارغوسين في منطقة البaltيق ، أو إلى دور الكريياسي في كندا . كما أن حبوب اللقاح وأبواغ النباتات التي عثر عليها في طبقات الفحم الحجري قد احتفظت بغلافها العضوي المؤلف من مادة القشرين .



الشكل (١-١) الجثث المحنطة

أ- وحيد القرن . ب- حشرة في العنبر . ج- سمكة من الأسماك الغضروفية .

إن هذه الحالات الخاصة من الحفظ ، لها أهمية كبيرة ، فهي تعطي معلومات قيمة عن الأجزاء الرخوة لهذه الكائنات ، حتى أنها مكنت في بعض الأحيان من عمل دراسة نسيجية لها .

٣- حفظ الأجزاء الصلبة الأصلية :

يكون لأغلبية الحيوانات هياكل وقواقع ، تدعم أو تحمي أجزاءها الرخوة، وهي مؤلفة من كربونات الكالسيوم ، أو فوسفات الكالسيوم أو من السيليس ، أو من مركبات عضوية معقدة ومقاومة كالكيتين .
قد تحتفظ هذه المواد الصلبة بتركيبها الكيماوي الأصلي دون أي تغيير . وهذا ما يمكن ملاحظته في بعض قواقع الأمونيات التي احتفظت بطبققتها اللؤلؤية الأصلية ، وقواقع عضديات الأرجل التي احتفظت ببنية جدارها الأصلي وتركيبه، وهيكل بعض الحشرات الكيتيني الذي حفظ في العنبر .

٤- تبدل الأجزاء الصلبة الأصلية :

تبدلي أكثر المستحاثات تبدلات مختلفة في بنيتها الأصلية . وهذه التبدلات تطرأ على بنية مادتها الفيزيائية الأصلية ، أو على تركيبها الكيماوي أو على الاثنين معاً . فقد تكون هذه التبدلات طفيفة مقتصرة على إعادة ترتيب ذرات مادتها الأصلية ، أو يحصل تغير كلي في مادتها الأصلية ، نتيجة انحلالها وتوضع مادة جديدة مكانها . والأمثلة التالية تشرح بعض هذه التبدلات :

أ - **التفحم** : تتحول المادة العضوية كالأنسجة الحيوانية والنباتية إلى مواد فحمية . ويتم ذلك عندما تطمر العضويات بمعزل عن الهواء فسي أوحسال المستنقعات ، حيث تتعرض إلى عمليات تتدخل فيها عوامل كيماوية ، وحيوية جرثومية ، تؤدي إلى طرد الأكسجين والغازات الأخرى منها . وأهم المستحاثات التي تصيبها عملية التفحم هي الغرابوليات ومفصليات الأرجل والأسماك وأغلبية النباتات .

ب - التمدد : يحصل في بعض الأحيان تدعيم بعض الأجزاء الصلبة الحاوية على فراغات كالعظام ، وهياكل شوكلات الجلد بمواد معدنية من نفس طبيعة الهيكل أو مختلفة عنها . فهياكل شوكلات الجلد مثلاً ، قد تدعم بالكلسيت أو بالغلوكوني ، مما يجعلها أكثر كثافة ومقاومة وقدرة على الحفظ .

ج - إعادة التبلور : قد تتحلل المادة الأصلية لبعض الأصناف ، وتحل محلها مواد من نفس الطبيعة الكيماوية الأصلية ، ولكنها تختلف عنها بترتيب بنيتها البلورية . فبعض قواقع المنخربات أو عضديات الأرجل ، مؤلفة في الأصل من كلسيت ذي بنية ليفية ، تتغير إلى كلسيت غير ليفي . كما أن بعض الأصناف التي تكون مؤلفة أصلاً من الأراغونيت ، تستبدل بالكلسيت ، وهو أقل انحلالاً ، وأكثر ثباتاً من الأراغونيت .

وقد يتم نزع الماء من الأوبسال السذي يؤلف هياكل الشعاعيات والاسفنجيات ، ويتبلور ثانية على شكل كلسيدون أو مرو . وهذه العملية تؤدي أحياناً إلى تخريب البنية الأصلية للهيكل كلياً أو جزئياً ، غير أنها لا تغير المظهر الخارجي للمستحاث .

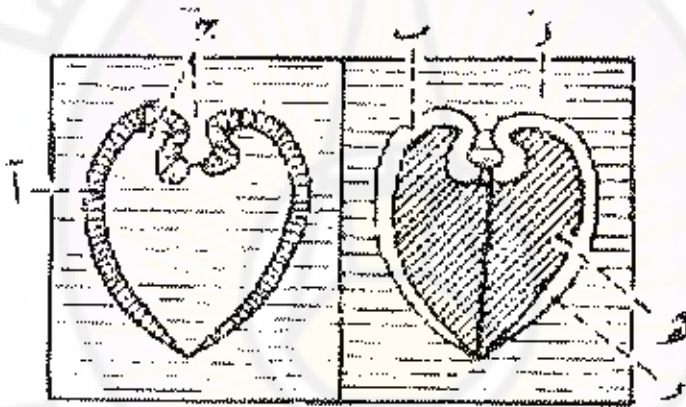
د - الاحلال : يرافق انحلال المادة الأصلية للهياكل ، نوضع مواد معدنية تختلف اختلافاً كبيراً عن طبيعة الهياكل الأصلية . فقد تستبدل الهياكل الكلسية بالبيريث أو بالغلوكوني ، أو بالهيماتيت ، أو بالليمونيت ، أو بالسيدروز وحتى بالفضة والنحاس .

وقد تستبدل الهياكل السيليسية بالكلسيت . وقد تتحول الهياكل الكلسية إلى دولوميت (عملية الدلمتة) أو إلى سيليس (عملية السيليسية) . وتساعد هذه العملية الأخيرة على تحرير المستحاث من الصخر الكاسي بمعالجته بحمض مناسب .

ويمكن في حالات نادرة أيضاً أن تستبدل المواد المسيلولة في النباتات بالسيليس الذي يحفظ البنية الأصلية ، ويسمح بدراسة نسيجية لها . ونذكر مثلاً على هذه الظاهرة الأشجار المتحجرة المتحولة إلى آغات عثر عليها في الولايات المتحدة الأميركية .

٥ - القوالب الداخلية والخارجية :

تنشأ هذه القوالب نتيجة طمر الهياكل في الرسوبيات ، وإسلاء الفراغات التي كانت تحتلها الأجزاء الرخوة . فعندما ينحل الهيكل الأصلي الذي يكون عادة من طبيعة كيميائية مختلفة عن طبيعة الرسوبيات المحيطة به ، يبقى قالب الهيكل الخارجي والداخلي شكل (١ - ٢) .

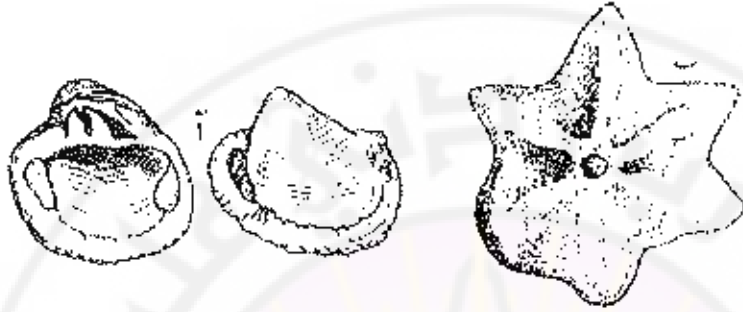


الشكل (١-٢) القوالب الداخلية والخارجية

- أ - الهيكل الصلب ، ب - الفراغ الناتج عن انحلال الهيكل ،
- ج - رسوبيات ، د - رسوبيات بعد تحولها إلى صخر .
- هـ - قالب داخلي ، و - قالب خارجي .

يشكل القالب الخارجي أهمية كبيرة ، لأنه يعكس شكل وزخرفة الهيكل الأصلي الذي يمكن إعادة بنائه بقالب من الجبصين . ويظهر القالب الداخلي

في بعض الحالات ، وضع الأجزاء الرخوة ، كالانطباعات العضلية مثلاً شكل (١ - ٣) . وقد أعطت القوالب الداخلية في حالات نادرة شكل الدماغ الذي كان يحتل جوف القحف لبعض الثدييات الصغيرة .



الشكل (١ - ٣) القالب الداخلي

أ - ذوات المصراعين ، ب - جوف المدوسة العام .

٦-التغشية :

تشكل عملية التغشية حالة خاصة من أشكال المستحاثات . وتحصل عادة في مياه الينابيع الغنية بثاني كربونات الكالسيوم ، حيث يتوضع الكلسيت المتبلور على الكائنات التي تعيش فيها نتيجة لانطلاق غاز الكربون وهذه التوضعات تأخذ جميع تفاصيل شكل العضويات وزخارفها ، التي قد تغنى فيما بعد تاركة قالبها الداخلي أو الخارجي . وإذا صمدف وامتلاً الفراغ الذي خلفته المواد العضوية بتوضعات أخرى يتشكل عندئذ قالب يعكس شكل وزخارف الأجزاء الأصلية .

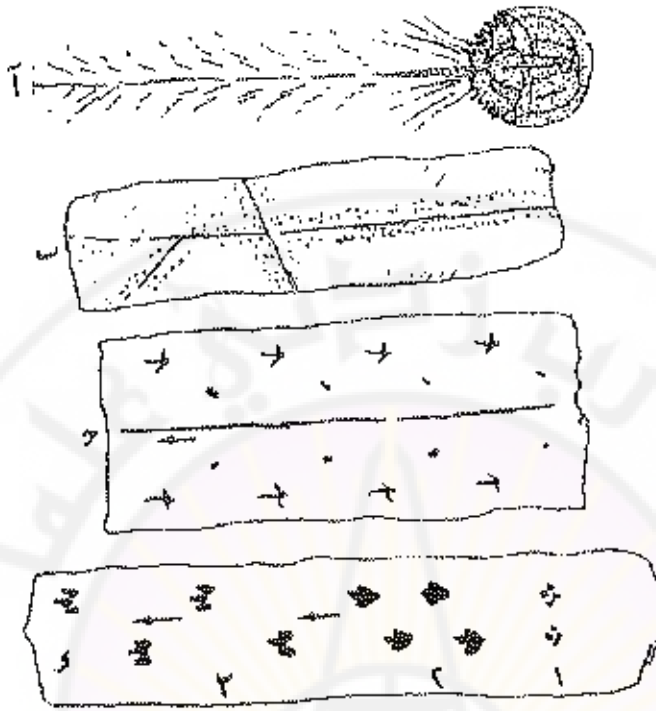
ويمكن للباليونتولوجي أن يقوم بإعادة هذه العملية اصطناعياً ، وذلك بصب الجبصين في الفراغات التي كانت تحتلها الأجزاء العضوية ، ثم إذابة الصخر الكلسي (الترافرتان) بحمض مناسب لتحرير القالب

الجبصيني . وقد تم بهذه العملية الحصول على قوالب الحشرات والنباتات مع أزهارها وثمارها التي تعود إلى عدة ملايين من السنين .

٧- الآثار التي تدل على وجود الكائنات في الماضي :

إن الآثار التي تتركها الكائنات في الصخور الرسوبية شكل (١ - ٤) أثناء سيرها (انطباعات الأرجل والأقدام) أو زحفها (الأخاديد التي تحفرها الزواحف وديدان الفقار) ، تعتبر أيضاً مستحاثات لها القيمة والفائدة نفسها. وتشكل دراسة هذه الآثار علماً مستقلاً في علم المستحاثات يعرف بعلم الأثر القديم (باليوإكتولوجيا) .

من أمثلة هذه الآثار انطباع أقدام الزواحف العملاقة على الأراضي الغضارية القديمة شكل (١ - ٤/ج)



الشكل (١-٤) الآثار التي تدل على وجود المستحاثات

أ - آثار سير الليمون (مفصليات الأرجل) ،

ب - آثار سير التريلوبيت ،

ج - آثار سير زاحف عملاق قافز مع آثار ذيله ،

د - آثار سير الأكوانودون : ١ - في حالة الراحة ، ٢ - في حالة المشي ، ٣ - في حالة الركض .

وانطباع أجزاء المدوسات الرخوة. وقد تترك بعض الحيوانات الرخوة آثار مساكنها التي تحفرها في الصخر شكل (١ - ٥) ، ويجب النظر إلى أهمية الثقوب التي تحفرها معديات الأرجل في أهداف بعض الرخويات ، لتتغذى على أجزائها الرخوة ، فهي تدل على تعايش هذه الحيوانات مع بعضها في وسط واحد .



الشكل (١-٥) الآثار التي تدل على وجود المستحاثات

هـ - مسكن حيوان من الرخويات امتلأ بالرسوبيات .

و - سطح حجر كلسي تظهر فيه مساكن الحيوانات الرخوية الحفارة ،

ز - آثار سير معدية الأرجل أو آثار الديدان .

وإلى جانب هذه الحالات النادرة التي أمكن التعرف عليها فإن هنالك كثيراً من الآثار التي لا تزال من الألغاز شكل (١ - ٥) على الرغم من فائدتها في الدراسات الستراتيغرافية .

٨- الكوبروليت :

يمكن أن تشكل المفرزات المستحاثية للحيوانات القديمة شكل (١ - ٦) ، التي تدعى (كوبروليت) أهمية في الباليونتولوجيا ، فهي تدل على النمط الغذائي للحيوانات بما تحويه من بقايا أطعمة غير مهضومة ، كما تساعد على

إعطاء فكرة عن الشكل التقريبي للشرح في بعض الحالات . وهي تفيد أيضاً في الدراسات الستراتغرافية لمقارنة وربط الطبقات الحاوية عليها مع بعضها البعض .



الشكل (٦-١) الكويروليت (سررات زاحف) .

٩- الأدوات الصوانية :

يعتبر بعض المؤلفين الأدوات الصوانية التي صنعها الإنسان القديم في العصر الحجري لاستعمالاته اليومية من المستحاثات على الرغم من أصلها غير العضوي . وهذه الأدوات حفظت في توضعات الدور الرابع ، في أماكن مختلفة من العالم ، مع عظام الحيوانات المنقرضة المعاصرة .



الشكل (٧-١) أدوات صوانية تبين تطور صناعة الإنسان القديم

أ - أدوات تعود إلى عصر الباليوليتي الأسفل ب - أدوات تعود إلى عصر الباليوليتي الأوسط ج - أدوات تعود إلى عصر الباليوليتي الأعلى .

إن دراسة هذه الأدوات قد أظهرت أن هنالك تطوراً في صناعتها من القديم نحو الحديث شكل (١ - ٧) . فلقد قطعت الأدوات الصوانية في البداية قطعاً بدائياً ، تتميز بأطراف غير منتظمة : يصعب تمييزها بسهولة عن البقايا الصوانية الطبيعية ، غير أن تطور ذكاء الإنسان قد ساعد على تصنيع هذه الأدوات ، ونحتها وصقلها ، بأشكال تتلاءم مع احتياجاته .

وقد استند في دراسة ستراتغرافية الدور الرابع على تطور صناعة هذه الأدوات حيث قسم إلى العصر الحجري القديم (الباليوليتي) والعصر الحجري الحديث (النيوليتي) .

الحصول على المستحاثات وكيفية جمعها ونقلها إلى المختبر :

توجد المستحاثات عادة ضمن الصخور الرسوبية المختلفة ، كالشيبست والحجر الرملي والحجر الكلسي والمارن الخ لذلك لا جدوى من التنقيب عنها في الصخور الاندفاعية المتبلورة التي لا تتلاءم شروط تشكيلها ومنشئها مع شروط الحياة .

تظهر المستحاثات بوضوح على سطوح الطبقات الرسوبية القاسية المعرضة للعوامل الجوية . وهذه العوامل تؤثر على الصخر بشكل متفاوت مما يؤدي إلى بروز هياكل المستحاثات في أغلب الأحيان وإظهار دقائقها وزخارفها . وقد يلجأ الباليونتولوجي إلى استعمال المطرقة الجيولوجية بأنواعها ، والأزاميل المختلفة لتحرير المستحاثات من الصخر القاسي . وتدل التجارب العملية على أن الصخر يتكسر عادة حسب السطوح الفاصلة بينه ، وبين هياكل المستحاثات . ويمكن بشيء من المران الحصول على المستحاثات كاملة ، أو تحرير قوالبها الخارجية ، التي تعكس في الغالب جميع تفاصيل الزخارف الخارجية للهيكل .

وقد يحدث أن تتحرر المستحاثات تلقائياً من الصخور القاسية نتيجة تفتت وتكك الصخر وبتأثير العوامل الجوية ، فيمكن مثلاً جمع هياكل التريلوبيات (ثلاثيات الفصوص) وقواقع الأمونيات إلخ بالقرب من التكتشفات الصخرية الحاوية عليها .

أما في الصخور الرخوة ، كالمسارن والغضار ، فيسهل تحرير المستحاثات وفصلها عن الشوائب المحيطة بها ، حتى أنه يمكن جمع المستحاثات من الرمال العائدة للحقب الثالث في الحوض الباريزي مثلاً ، كما تجمع القواقع الحالية على أي شاطئ بحري معاصر .

وقد تستعمل في حالة الصخور أيضاً مداخل ، ذات فتحات مختلفة ، يتم بواسطتها فصل المستحاثات . وكثيراً ما يستعمل منخلان : قطر فتحات الأول ٥ مم ، وقطر فتحات الثاني ١ مم . ويستحسن أن تتم عمليات المنخل والفصل تحت تيار مائي ، لأن عملية المنخل الجافة ، تؤدي إلى تخریب هياكل المستحاثات ، ذات الجدران الرقيقة الهشة . وهكذا تتجمع على المنخل الأول جميع المستحاثات الكبيرة التي يمكن فصلها بسهولة عن الحصى المرافقة لها ، وتتجمع على الثاني المستحاثات الصغيرة التي يقل قدها عن ١ مم . أما المستحاثات الدقيقة التي تمر عبر ثقوب المنخل الثاني ، فإن عملية فصلها تتم في المختبر - كما سنرى - حيث تتطلب استعمال سلسلة من المناخل المتدرجة في صغر فتحاتها ، ولا تتم دراستها إلا باستعمال المكبرات والمجاهر .

تجري مواسم التفتت عن المستحاثات عادة بعد فصل الأمطار ، حيث تؤدي الأمطار إلى غسل المستحاثات الموجودة على سطح التكتشفات ، وتجعلها أكثر وضوحاً . وفي هذه الحالة يجب الحذر من تحريك الطبقة السطحية للتكتشف ، حتى لا تختفي المستحاثات التي غسلتها الأمطار .

ويعتمد الباليونتولوجي عادة إلى قشر الطبقة السطحية من نكشفس الصخور الرخوة بعد جمع مستحاثاتها الظاهرة ، وذلك لتحضيرها لموسم الأمطار الثاني . هذا ويمسعين الباليونتولوجي بالخرائط الطبوغرافية والجيولوجية ، لتعيين مواضع النكشافات التي أخذت منها العينات المستحاثية ، كما يحتاج في الحقل إلى استعمال مكبرات ذات تكبير ٥ - ١٠ مرات لفحص الصخر ، ومعرفة ما إذا كان يحوي على المستحاثات المجهرية .

يلجأ الباليونتولوجي بعد إتمام عملية تحرير المستحاثات من صخورها، إلى تغليف كل مستحاثاة بالورق ، حتى لا تتخرب زخارفها أثناء نقلها . وقد يتطلب وضع الهش منها في علب من الورق المقوى ، أو في علب خشبية صغيرة . ويجب أن يرافق كل عينة اسم الموقع الذي أخذت منه العينة ورقمها ومعرفة مكانها في المقطع المدروس ، حتى لا يحصل أي اختلاط في العينات. كما يضاف إلى ذلك إن أمكن ، عمرها النسبي التقريبي واسمها العلمي ، إذا كان معروفاً ، على أن تعيين الاسم يعتبر من الأعمال الرئيسية التي يجب أن تتم في المختبر .

تضير المستحاثات الكبيرة للدراسة في المختبر :

تحتاج دراسة هذه المستحاثات التي يصعب تحريرها من المسود الصخرية القاسية العالقة بها مثل الحجر الكلسي الرصيفي ، إلى نشر الصخر وصقله حسب مستويات مختلفة . وتعمل هذه الطريقة مثلاً لدراسة الروديست Rudistae وهي من الرخويات ذوات المصراعين ، كما تعمل لدراسة المرجانيات والأشنيات .

ويتم نشر هذه العينات الصخرية بواسطة منشاس خصاص مرصع بالماس ، كما يتم صقلها بأقراص معدنية أفقية تدور حول محور شاقولي . وتعمل في هذه العملية مساحيق قاسية جداً ذات ذرات مختلفة الحجم .

أما بقية المستحاثات التي تم تحريرها في الحقل ، فيحتاج تنظيفها من الشوائب العالقة بها إلى استعمال مطارق صغيرة ، وإلى مجموعة من الأزاميل المختلفة ، والفراشي الحديدية القاسية أو الرخوة . ويمكن أن يستعمل أحياناً جهاز شبيه بجهاز حفر الأسنان المستعمل في طب الأسنان . إن هذه العملية دقيقة ، وتتطلب الصبر والعناية .

وقد تكون هياكل بعض المستحاثات ، مؤلفة من مادة سيليسية ، ومما يسهل تنظيفها من الشوائب الصخرية الكاسية ، وذلك باستعمال حمض كلور الماء . واستعمال هذا الحمض يساعد أيضاً على إظهار الجهاز العضدي المعقد في بعض أجناس عضديات الأرجل التي تحولت قواقعها إلى سيليس كما في مجموعة Spiriferinae .

هذا وقد تحوي بعض الصخور على مستحاثات ذات هياكل رخوة سهلة التفتت يصعب تحريرها كاملة ، فتؤخذ من هذا الصخر نماذج كبيرة تغلف بطبقة من الجبسين أو البارافين أو الشمع الحار ، لتقاوم التفتت أثناء عملية النقل . ويمكن في المختبر بعد ذلك إزالة هذه المواد بسهولة وتحرر المستحاثات بعناية ، وتدعم أجزاؤها المنكسرة بنقاط من البارافين الدائب أو بنقاط من الصمغ العادي .

وقد تلاحظ عادة في الحقل انطباعات المستحاثات التي يمكن تحريرها ، ونقلها إلى المختبر لأخذ قوالب عنها ، وفي حالة تعذر تحريرها يمكن أن تؤخذ عنها قوالب من الجبسين أو قوالب من المعجون الزيتي ، تنقل إلى المختبر في علب خشبية مقاومة . ويتم الحصول على قوالب جيدة من الجبسين بطلاء فراغ الصخر بطبقة من الزيت قبل صب الجبسين ، لتسهيل نزع القالب ، وإذا تعذر ذلك يمكن تحرير القالب بسهولة بوضع العينة في حمض كلور الماء إذا كان الصخر الأصلي كاسياً . يوضع القالب الجبسيني

الناتج في محلول ممدد من الصمغ بعد غسله وهذا ما يؤدي إلى تقويته وتماسكه .

أما المستحاثات التي تحولت هياكلها الأصلية إلى بيريت ، فتتطلب تحضيراً خاصاً ، إذ أن البيريت يصبح هشاً نتيجة تأكسده مع مرور الزمن ، فتوضع العينات ، في هذه الحالة ، في محم لتجفيفها ، ثم تغطس في البارافين الذائب ، وتسحب بعدها وتزال عنها كمية البارافين الزائدة وذلك بتسخينها في جفنة معدنية .

هذا ويستعمل الصمغ المضاف إليه قليل من السكر لتسديم وتماسك قطع المستحاثات المتكسرة ، كما يستعمل أيضاً لهذه الغاية خليط من الصمغ والجصين ، أو يستعمل الشمع أو الغراء المسخن . ويتم إعادة ترميم المستحاثات غير الكاملة باستعمال الجصين أو أنواع مختلفة من الأسفلت، وقد تستعمل المواد البلاستيكية اللدنة .

تحضير المستحاثات الدقيقة (المجهرية) للدراسة في المختبر :

يتطلب تحضير المستحاثات الدقيقة طرقاً خاصة حسب المجموعة المراد دراستها ، وحسب طبيعة الرسوبيات (رخوة ، قاسية أو نصف قاسية) . وتعتمد هذه الطرق على تحرير المستحاثات من الصخر المحيط بها قبل دراستها ، فإن تحرر ذلك يلجأ بالايوننتلوجي إلى عمل مقاطع رقيقة في الصخر تدرس فيها مقاطع المستحاثات الرقيقة تحت المجهر أو تحت المكبرات المختلفة . وتستعمل الطرق التالية لتحضير عينات المنخرسات والاسفراكودا أو الشعاعيات للدراسة .

١ - عملية تفطيت الصخور

الصخور الرخوة :

تفتت الصخور الرخوة كالغضار والمارن والحجر الرملي ذي الملاط الرخو بسهولة بعد نقعها بالماء العادي ، ويمكن إسراع هذا التفتت بغلي العينة مدة تختلف باختلاف درجة قساوة الصخر . وقد يفيد إضافة بعض المواد الكيماوية كما سنرى بعد قليل في تسهيل تفتت الصخور . وعندما تصبح الصخور بعد عملية النقع على شكل طين متجانس ، نقوم بإجراء المرحلة الثانية لتحرير المستحاثات الدقيقة .

الصخور الصلبة :

أ- المعالجة الآلية :

تكسر الصخور إلى أجزاء صغيرة ، لتسهيل عمل المواد الكيماوية ، وذلك حتى يصبح سطح التفاعل أكبر اتساعاً ، ويتم ذلك بالطرق التالية :

- الهاون العادي: تكسر الصخور إلى أجزاء لا يقل حجمها عن ١ سم³ وتجنب المبالغة في التكسير حتى لا تصيب المستحاثات.
- المكبس المائي: وهذه الطريقة أفضل من الطحن بواسطة الهاون إذ أن الضغط يتوزع على سطحي العينة ، ويؤدي ذلك إلى عدم إتلاف المستحاثات الدقيقة .

يتكسر الصخر حسب السطوح الأقل مقاومة ، وهي سطوح التماس بين الصخر والمستحاثات . وهذه الطريقة تعطي نتائج جيدة في الصخور الشيستية والمتورقة التي تكون على شكل ألواح .

- قدور الضغط : يؤدي غلي العينة في قدور الضغط إلى تفطيت الصخر وتسهل هذه الطريقة في حالة بعض الصخور الكلسية القاسية .

- التجمد المتكرر للعينه (استعمال التلابة): يؤدي إلى تفتت الصخر الرطب وذلك نتيجة تجمد الماء في مسامات الصخر وازدياد حجمه.
- ب- المعالجة بالمواد الكيماوية :
- طريقة التبلور :

١- الحجر الرملي أو الصخور المسامية والنفوذة :

تغلى العينة ، بعد أن تم تكسيرها إلى جزيئات ، مع محلول مركز ، لأأملاح مختلفة، مثل (ملح غلوير) كبريتات الصوديوم المائية ($10H_2O$) ، Na_2SO_4) ، وملح تحت كبريتيت الصوديوم ($Na_2S_2O_3$) ، وملح كربونات الأمونيوم ($(NH_4)CO_3$) الخ..... يساعد تبلور هذه الأملاح عند تبريدها داخل فراغات الصخر على تفتت الصخر . ويمكن أن تعاد العملية عدة مرات حسب الحاجة .

٢- المارن والشبست والحجر الكلسي الغضاري والحجر الرملي الغضاري :

تغلى العينة في محلول ملحي (١٠%) من أحد الأملاح الآتية : كبريتات الصوديوم (Na_2SO_4) ، كربونات الصوديوم (Na_2CO_3) ، نترات الأمونيوم ($(NH_4)NO_3$) ، الصود الكاوي ($NaOH$) أو البوتاس (KOH) وذلك خلال ساعة أو عدة ساعات .

الماء الأوكسجيني :

توضع العينة المكسرة فسي محلول من ١٠-١٥ % في الماء الأوكسجيني. تسخن العينة المحضرة بنار هادئة ، مدة نصف ساعة أو أكثر . ويجب الحذر عند الغلي من البخار الناتج ، وما قد يحمل معه من المحلول الذي يحرق الأيدي. ومن المستحسن أن تعزل حموضة المحلول (الماء الأوكسجيني حامضي) بعد هذه العملية، وذلك بإضافة كمية قليلة من ملح

أساسي مثل الأمونياك، أو البوتاس . تستعمل هذه الطريقة لتفتيت الغضار الشبكي بصورة خاصة .

المعالجة بالكبروسين:

تجفف العينة تماماً ثم تتقع في الكبروسين خلال نصف ساعة ، ترفع العينة وتوضع في الماء البارد مدة نصف ساعة أو أكثر . تعطي هذه المعالجة نتائج جيدة في الصخور الغضارية . والكبروسين هنا لا يستعمل كمذيب ، وإنما كعامل يساعد على تفتيت الصخر .

٢- عملية الغسل

عندما ينقّت الصخر بالعمليات التي ذكرناها يمكننا القيام بعملية الغسل التالية :

طريقة الغسل فوق المنخل أو مجموعة من المناخل بالماء العادي :

- أ- يجب قبل البدء بعملية غسل عينة ما اتباع الخطوات التالية :
- ينظف المنخل بعد تجفيفه تنظيفاً جيداً بفرشاة قاسية ، حتى يزال كل أثر للبقايا الصخرية، أو المستحاثات العالقة بنقوبه من عملية الغسل السابقة .
- تغطس المناخل بعد ذلك في محلول من أزرق الميثيلين بنسبة ٥% وينقع لمدة ٥ دقائق لأجل تلوين المستحاثات التي لا تزال عالقة بالمنخل من العينات السابقة على الرغم من تنظيفه بالفرشاة .
- تغسل المناخل أو المنخل بالماء لإزالة آثار أزرق الميثيلين .
- إن عملية وضع المناخل في أزرق الميثيلين ضرورية ، وذلك لتجنب خلط مستحاثات العينة مع ما سبقها التي تم تلوينها بالأزرق .

- توضع المناخل فوق بعضها البعض ، للقيام بعملية الغسل ، وترتّب ترتيباً خاصاً بحيث تتدرج فتحاتها بالصغر من الأعلى إلى الأسفل .
- ب- عملية الغسل بالمناخل :

المناخل المستعملة في دراسة المنخرات والأوستراكودا هي مناخل معدنية دائرية ، يختلف عمقها باختلاف كمية العينة المراد غسلها . إن عملية الغسل هذه تتم عادة باستعمال ثلاثة مناخل أساسية حيث يكون قطر الفتحات كما يلي :

الفتحة بالملم	المناخل الإفرنسية	مناخل تايلر	مناخل أفتور
٠,٤٥	٤٠	٣٢	٢٨
٠,٢٨ أو ٠,٢٠	٦٠ أو ٨٠	٦٠ أو ٦٥	٢٥ أو ٢٤
٠,١٣ أو ٠,١٠	١٢٠ أو ١٥٠	١١٥ أو ١٥٠	٢٢ أو ٢١

تصبب العينة التي تم تفكيكها بالطرق التي ذكرها على مجموعة المناخل المرتبة . تفرك العينة فوق المنخل الأول بحركة خفيفة دون ضغط شديد ، حتى لا تتكسر المستحاثات . ويتم هذه العملية تحت الماء النازل من صفيحة مثقبة (دوش) .

ونستمر بهذه العملية حتى لا يبقى أي عكر في الماء المتبقي من المنخل . وتتكرر هذه العملية على كل منخل بعد إزالة المنخل الموجود فوقه .

ملاحظة : يجب عدم فتح صنبور الماء فتحاً كبيراً ، حتى لا ندفع المنخرات الطافية تتجرف مع الماء الزائد الذي قد ينسكب على جوانب كل المنخل .

٣- عملية التجفيف

يجمع الناتج المتبقي على سطح كل منخل بعد إتمام عملية الغسل ، وذلك بتوجيه تيار مائي خفيف من خلف المنخل . ويساعد التيار المائي على جمعه وجرفه نحو جفنة من البورسلان أو من المعدن . تصب كميات الماء الزائدة الموجودة في الجفنة ، وتوضع في فرن لا تتجاوز حرارته المئة لتجفيف العينة المراد دراستها .

٤- حفظ ناتج الغسل

يحفظ ناتج كل منخل في أنابيب زجاجية أو من البلاستيك ، أو في أكياس صغيرة من النايلون . ويجب أن يوضع مع كل ناتج رقم العينة ومكان أخذها أو عمقها من سطح الأرض ، والعينة غير المعروفة المكان يجب أن ترمى ويستغنى عنها .

٥- تنقية ناتج الغسل

تشمل هذه العملية فصل المستحاثات عما يشوبها من الشوائب الصخرية ، وتتم بواسطة إبرة أو ملقط دقيق . تمدد طبقة رقيقة من ناتج الغسل فوق صحن خاص أسود ، مقسم عادة إلى مربعات صغيرة لتسهيل التنقية . يوضع الصحن على مكبرة ذات عينتين ، ويحرك من اليمين نحو اليسار ، ثم من اليسار نحو اليمين ، بحيث تغطي الرؤية كل الصحن . تلمس المستحاثات المراد

انتقاؤها برأس الإبرة التي مسرت على الشمع أو المعجون الزيتي .
والمستحاثات الملتصقة على رأس الإبرة تنقل وتوضع في خلية ذات قعر أسود ،
بعد أن تنظف إما بواسطة الإصبع أو بواسطة المعجون . ينقى صحن واحد أو
عدة صحنون حسب كمية المستحاثات الموجودة في العينة ، وتنقل جميع
المعلومات بخصوص هذه العينة على الخلية (كرقم العينة ومكان وجودها الخ
.....) .

الطرق التي تساعد على سرعة التنقية :

تساعد بعض الطرق في الحصول دفعة واحدة على القسم الأعظم من
المستحاثات الدقيقة الموجودة في ناتج الغسيل ، حيث تشكل هذه العملية توفيراً
كبيراً لوقت الباحث . وهذه الطرق لا تؤدي إلى فصل مطلق للشوائب عن
المستحاثات ، وإنما تؤدي إلى إغناء الناتج بالمستحاثات الدقيقة .

ومبدأ هذه الطرق يستند على الاختلاف في الكثافة بين المستحاثات
وبين سوائل مختلفة لها كثافات متباينة . فالمستحاثات التي قد تكون مسكياً
بالهواء ، تطفو على سطح السائل ، مما يسهل فصلها عن الشوائب الثقيلة
الغارقة بعملية الإبانة والترشيح .
طريقة البروموفورم :

يمدد البروموفورم (CHBr_3) ذو الكثافة (٢,٨٤) بالكحول الإيثيلي
($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) ذو الكثافة (٠,٧٨٩) أو مع رباعي كلور الأيثان ذو الكثافة
(١,٦٠) .

يستعمل هذا المحلول لفصل المستحاثات الكلسية عن حبات البيريسيت
والغلوغوني والمرو . ومن المفيد أن يكون لدينا عدة محاليل جسيمة ذات
كثافات مختلفة تتراوح بين ٢,٢٥ - ٢,٦٥ .

طريقة رابع كلور الفحم :

تستعمل هذه المادة صافية ، وهي ذات كثافة (١,٥٩٥) ، غير أن سميتها تخفف من استعمالها الذي يجب أن يكون في الهواء الطلق أو في غرفة مهواة .

طريقة الكلوروفورم :

يؤدي استعمال الكلوروفورم (CHCl_3) ذي الكثافة (١,٤٩٨) إلى طفر المنخرجات الغارقة المملوءة بالهواء ، بينما تبقى المنخرجات المملوءة بالبيريت غارقة ومختلطة مع الرمال والغضار في قعر الإناء .

٦ - طرق تحسين شروط الملاحظة

هناك بعض الطرق المختلفة التي يمكن أن تحسن شروط الملاحظة ، وتظهر بعض التفاصيل التي تصعب رؤيتها .

طريقة التغطيس :

تغطس المستحاثات المجهرية عند فحصها تحت المكبرة في سسوائل تسمح برؤية بعض الدقائق التي لا ترى بالفحص العادي ، ومن هذه السسوائل الماء والكحول والكميلين .

طريقة التنظيف بالإبرة أو بواسطة جهاز فوق الصوت :

قد يكون الغسل العادي غير كاف لرؤية بعض أجزاء المستحاثات الدقيقة كالفتحات مثلاً ، التي تكون مملوءة بالرسوبات ، ويلجأ عادة إلى تنظيفها بواسطة إبرة مجهرية ، وهذه العملية تتطلب مراناً وتدريباً طويلاً للباحث ، غير أن هناك جهازاً تستعمل فيه الاهتزازات الصوتية في وسط مائي ، تسمح بتنظيف المستحاثات وتعطي نتائج جيدة .

طريقة التكلّيس أو التسخين بالحرارة :

توضع المستحاثات الدقيقة في جفنة صغيرة ، أو على صفيحة من الفولاذ (شفرة الحلاقة مثلاً) تسخن على حرارة معتدلة ، وبالتدريج ، فيلاحظ أن الهيكل يصبح أكثر وضوحاً ، ويتميز عن الشوائب التي قد تملأ الفتحات . إن التكلّيس يعطي نتائج جيدة ، ولكن نصبح معه المستحاثات معرضة للتفتت السريع نظراً لتكلسها .

طريقة التلوين :

قد نلجأ في بعض الأحيان لتلوين المستحاثات لإظهار بعض تفاصيل الهيكل كالزخارف والفتحات ، وتمييزها عن الشوائب التي تكون عالقة بها حيث تتلون هذه الأخيرة بلون أكثر عمقاً من أجزاء الهيكل . نذكر من الملونات المستعملة لهذه الغاية الحبر الصيني وأزرق الميثيلين وأخضر مالاكيت الخ

تحضير المقاطع الرقيقة في الصخور الرسوبية :

نلجأ عادة إلى عمل مقاطع رقيقة في الصخر عندما تفشل الطرق التي ذكرناها في تفتيته ، وتحرير المستحاثات الدقيقة منه . تعطى المقاطع الصخرية ، بالإضافة إلى التعرف على مقاطع المستحاثات التي تحويها معلومات عن سحنة الصخر المجهرية بخلاف دراسة المستحاثات الحرة ، التي تم فصلها نهائياً عن الصخر الحاوي عليها . ويجب عند عمل المقاطع ، أن نقوم بعمل مقطعين على الأقل : الأول يوازي مستوى التطبيق والثاني عمودي عليه .

طريقة عمل المقاطع :

١- ينشر الصخر على شكل صفيحات ثخانتها بضعة ملليمترات ،
وسطحها يساوي سطح الصفيحة الزجاجية الحاملة للعيننة (٢
× ٣) سم ، وتصنف هذه الصفيحات الصخرية في علبه مع
هويتها الكاملة حتى لا تختلط مع بعضها بعضاً .

٢- تؤخذ الصفيحات التي تم نشرها ، ويجلى أحد وجهيهما بحيث
يصبح صقلاً تماماً . وإن كل إهمال في تسوية الصفيحة
الصخرية يؤدي إلى إتلاف المقطع كجرفه مثلاً أثناء العملية
النهائية لإتمامه .

يتم الجلي بواسطة قرص معدني يدور حول محور عمودي فوقه
صنبور للماء . والماء النازل على شكل نقاط يرطب مسحوقاً خاصاً يختلف
حجم ذراته باختلاف أنواع الصخور المستعملة . فالمسحوق الخشن ١٨٠-
٢٠٠ ميكرون يسمح بتآكل سريع للصخر ، حتى يصل إلى سسماكة معينة
تستعمل بعدها مساحيق ناعمة بالتدريج ٤٠ ميكروناً ١٨ ميكروناً ١٢ ميكروناً.
ويجب الانتباه حتى لا تختلط المساحيق ذات الذرات المختلفة في الحجم ، لذا
تغسل العينه جيداً بالماء وتزال جميع آثار المسحوق العالقة بها في كل مرة
يراد تغيير المسحوق .

٣- يلصق الوجه الصقيل من الصفيحة الصخرية على صفيحة
زجاجية شافة بواسطة أنواع متعددة من الصمغ الخاصه
نذكر منها صمغ كندا مثلاً .

وتتم عملية اللصق على الشكل التالي :

توضع نقطة من الصمغ كندا على الصفيحة الزجاجية الشافة ، وتوضع
على بلاتين شاحن مسخن بالكهرباء ، أو بالغاز على أن لا تتجاوز الحرارة

٥٥٠ حتى لا يصفر البلمس ويحترق . يصبح طبخ البلمس كافياً عندما يتكسّر خيط منه بعد تبرده .

توضع الصفيحة الصخرية المسخنة قليلاً ، فوق نقطة البلمس المطبوخة على الصفيحة الزجاجية ، بحيث يلصق السطح المصقول ، ويضغط على الصفيحة الصخرية، حتى تطرد جميع الفقاعات الهوائية الموجودة بين الصخر والزجاج. تترك بعدها العينة المحضرة هكذا لتبرد على مستوي أفقي.

هذا وتستعمل مخابر شركات البترول صموغاً أخرى بالإضافة إلى بلمس كندا منها أصابع الأركانسون Arkanson وأصابع ليكسايد Lakeside وغيرها من الصموغ المركبة .

٤- يحت الوجه الخشن من الصخر إما باليد على قرص يدور حول محور شاقولي بالاستعانة بمساحيق الجلي المختلفة ، أو أن يتم بواسطة أجهزة خاصة ميكانيكية ، لا تستعمل فيها مساحيق الجلي ، وإنما لها أقراص مرصعة بحبيبات من الماس . ويستمر الحث حتى يصل المحضر إلى ثخانة مناسبة. ويمكن تجهيز أربعة محضرات في آن واحد أو أكثر، حسب نوع الجهاز الآلي ، أما مبدأ هذا الجهاز فهو :

أ - تأمين مستويين متوازيين الأول يشكل القرص الدائر والثاني حامل العينات .

ب - تأمين آلية تسمح بتغيير المسافة بين المستويين تدريجياً مع تأمين الماء اللازم لإزاحة نتاج الحث وتبريد القرص الدائر .

٥ - تجلى العينة بمساحيق ناعمة حتى تصبح ثخانتها كافية لدراستها تحت المكبرة بالشفوف .

٦- تغطي العينة الجاهزة بالساترة لحفظها . ويتم هذه العملية بوضع نقطة من بلسم كندا فوق الساترة لطبخها أولاً ، ثم توضع بعدها فوق العينة المجهزة والمسخنة قليلاً حتى لا يتجمد البلسم فجأة . يضغط على الساترة ضسغطاً قليلاً ، وبالتدريج من اليسار إلى اليمين ، وذلك لطرد الفقاعات الهوائية الناتجة .

٧- ينظف المحضر عندما يتجمد البلسم بالكسيلين وبعدها بالكحول ويمسح بعد ذلك بقطعة من القماش النظيف .

٨- يكتب على الصفيحة بالحبر الصيني رقم العينة ويصبح جاهزة للفحص .

كيفية تعيين المستحاثات بعد تحضيرها للدراسة :

تصبح المستحاثات بعد عمليات التحضير المذكورة جاهزة للتعيين ، وهي المهمة الرئيسية للباليونتولوجي . ويتم ذلك بمقارنتها مع العينات النموذجية المعروضة، في المتاحف الجيولوجية العالمية . وإذا تعذر عليه ذلك يقوم باستشارة المراجع المتخصصة ، والأشكال المرافقة لها ، أو استشارة المتخصصين في فروع علم الباليونتولوجيا المختلفة .

وعندما يتم تعيين المستحاثات ، تحضر لها بطاقة يكتسب عليها اسم الجنس والنوع واسم العالم الذي وصفها لأول مرة ، وسم الباحث الذي درسها، كما يوضع عليها أيضاً رقم العينة ومكان جمعها ، والعمر الذي تميزه ثم توضع وتصنف بعد ذلك ، أو تعرض في خزائن خاصة .

الفصل الثاني

الباليونتولوجيا وعلم التصنيف

تعريف :

إن المهمة الأولى الملقاة على عاتق كل من البيولوجي والباليونتولوجي أمام العدد الهائل من الكائنات الحية ، والمستحاثات الواجب دراستها ، هي فصل مجموعات الأفراد التي تبدي تشابهاً فيما بينها ، ومن ثم وصفها وتسميتها بشكل يستطيع معه أي باحث آخر أن يتعرف عليها بسهولة . والعلم الذي يقوم بهذه المهمة هو علم التصنيف .

فكرة النوع :

لاحظ الانسان أن الحيوانات والنباتات يمكنها أن تتوزع في مجموعات تتميز بعضها عن بعض ، تكون معها الأفراد التي تمثل كل مجموعة متشابهة فيما بينها بعدد من الصفات تتردد في كل منها ، وتترك في ذهن الانسان الملاحظ انطباعات متجانسة ، استطاع معها أن يطلق عليها تسمية مشتركة . والكائنات الحية التي تجمع على هذه الصورة والتي تخصص بالسمة نفسه تؤلف ما يسمى بالنوع .

ويعتبر علماء التصنيف اليوم أن النوع هو الوحدة الأساسية لتصنيف الكائنات الحية والمستحاثات ، ويهتم البيولوجيون اهتماماً كبيراً بتعريف وتعيين النوع .

فقد عرف مير Mayr النوع أنه عبارة عن جماعات طبيعية ، تكون بالواقع أو بالإمكان قادرة على أن تتكاثر بين بعضها ولا تكون قادرة أن تتكاثر مع زمر مشابهة . وقد وضع غراسيه Grasse تعريف النوع بأنه

مجموع كائنات حية ينحدر بعضها من بعض ، وطوابعها النكوبنية متقاربة جداً ، ولا تحقق الانغال في شروط طبيعية مع الكائنات الحية في أية زمرة أخرى .

أما لينيه Linne ، وهو أول من أعطى تعريفاً علمياً للنوع عام ١٧٥٨ ، فيرى أن كل كائن حي يصنف في نوع غير متغير ومخلوق منذ بداية الحياة ويعطي بالتكاثر أفراداً تشبهه .

إن هذا التعريف الأخير الذي يدعم فكرة ثبات الأنواع بقي مستعملاً من قبل البيولوجيين مدة طويلة من الزمن ، حتى بعد قبول نظرية التطور . وقد اشتق من هذا التعريف طريقة تعيين الأنواع المستعملة لدى الباليونتولوجيين بصورة خاصة ، إذ إنهم يقارنون الفرد المراد تعيينه مع شكل نموذجي Holotype اعتبر أنه ممثل مناسب للنوع .

وهذا الشكل النموذجي ينتخبه المؤلف ويفصل من أفراد عدة نماذج ممثلة له ، يرسم بعضها ويحفظ في المتاحف المستحاثية لتقارن معه العينات الأخرى . فقد تم على هذا الأساس تعيين الأنواع حسب التقسيم الشخصي للباحث ، حتى أن بعض البيولوجيين والباليونتولوجيين قد اعتقدوا أنه من الضروري إعطاء اسم نوع جديد لكل فرد مختلف ، ومهما قلست درجة الاختلاف عن الأفراد النموذجية المعينة . ونتيجة لهذه الفكرة فقد أضاع النوع دلالاته البيولوجية وفائدته العملية . لذلك لجأ المختصون في علم الحيوان إلى دراسة التغيرات ضمن النوع . فقد لاحظوا أن الأفراد المكتملة البالغة التي تولف نوعاً من الأنواع ، لا تكون متماثلة تماماً مطلقاً ، فهي إما أن تختلف بأبعادها وإما أن تختلف بأوزانها ، وإما أن تتميز بعضها عن بعض بشيء من الصفات الشكلية أو الفيزيولوجية . ويقال إن هنالك تغيراً عندما لا تكون الأفراد المنحدرة مشابهة لأبائها كل الشبه . وتنتج هذه التغيرات الصغيرة إما

عن العامل الاصطفائي للأوساط المختلفة ، وإما عن الاختلافات العرضية للتركيب المورثي .

إذا كانت هذه التغيرات متجانسة تشكل ما يسمى (النوع وحيد النمط) ، غير أنه يحدث في بعض المناطق المعزولة جغرافياً أن تتغير الجماعات وتكتسب صفات خاصة وثابتة ، تشكل ما يسمى بتحت الأنواع أو العروق أو الضروب ، وأفرادها تشكل النوع متعدد النمط .

فقد اتضح نتيجة لهذه الدراسات ، أن عدداً كبيراً من الأنواع ، التي تم وصفها ، تمثل تغيراً ضمن النوع ، أي أنها تعود إلى تحت أنواع .
النوع في الباليونتولوجيا :

ينفرد النوع في الباليونتولوجيا عن النوع في العالم الحي بالأمور التالية :

١- تتم ملاحظة الصفات على كائنات ميتة عازلة ، لا يمكن أن تجرى عليها أية عمليات تجريبية حيوية ، (عمليات الإخصاب فيما بينها) إذ أنها تتألف بصورة رئيسية من القواقع والهياكل الصلبة .

٢- تكون البقايا المستحاثية في أغلب الأحيان غير كاملة ، وصفات أقسامها الرخوة مستحيلة الملاحظة .

٣- تكون المستحاثات أكثر ندرة ، والحصول عليها أكثر صعوبة من الأشكال الحية . فالصخور الغنية بالمستحاثات تكون محطية ، ولهذا فإن دراسة التغيرات الجغرافية للأفراد المستحاثية تكون أكثر صعوبة من الأفراد الحية .

٤- والفرق الأكثر أهمية بين الكائن الحي والكائن المستحاث ، هو وجود هذا الأخير ضمن فترة زمنية طويلة . وهذه الميزة لها محاسنها ومساوئها ، فهي تفيد في فهم ودراسة التطور ، بينما تعقد من جهة

ثانية التصنيف ، بحيث لا نستطيع أن نضع حداً واضحاً يفصل بين الأنواع التي تتحول وتتطور تدريجياً مع الزمن .

إن هذا الاختلاف ، بالرغم من ذلك ، بين النوع في علم المستحاثات وبين النوع في العالم الحي ، ليس كبيراً كما يظن لأول وهلة ، ومن المفضل أن يستعمل الباليونتولوجي بقدر الإمكان ، المعطيات التي يستعملها البيولوجيون في تحديد وتعيين النوع .

التسلسل التصنيفي :

يعتمد التصنيف الحيواني والنباتي على إقامة سلم تسلسلي يشمل عدداً من الأقسام التي تتناقص درجة شمولها بالتدريج . فأول من أعطى تقسيماً من هذا النوع هو لينيه Linne سنة ١٧٥٨ . فقد ميز في العالم الحيواني ست درجات تصنيفية وهي العالم والصف والرتبة والجنس والنوع وأخيراً الضرب . وقد استعمل هذا القسم الأخير بمفاهيم مختلفة ، ولهذا فإنه لا يعتبر الآن بصورة عامة درجة من التسلسل التصنيفي الطبيعي .

وقد أضيف فيما بعد إلى السلم الليني قسمان هما : الشعبة بين العالم والصف ، والفصيلة بين الرتبة والجنس . وهذه الأقسام السبعة الرئيسية تشكل هيكل النظام التصنيفي ، واستعملها إجباري . فكل شكل أدخل إلى التصنيف يجب أن ينسب إلى كل الأقسام المذكورة . فمثلاً يصنف كل من الإنسان والكلب على الشكل التالي .

الأنواع التصنيفية	الإنسان	الكلب
فرد	الاسم الشخصي (أحمد)	اسم الكلب (عنبر)
نوع	sapiens عاقل	familiaris أليف
جنس	Homo إنسان	Canis كلب
فصيلة	Homonidae إنسانيات	Canidae كلبيات

رتبة	Primatida رئيسات	Carnivora آكلات اللحوم
صف	Mammalia ثدييات	Mammalia ثدييات
شعبة	Chordata حبلية	Chordata حبلية
عالم	Animalia حيوان	Animalia حيوان

وقد وجد أن هذا السلم لا يفي بالغرض التصنيفي ، نظراً لزيادة عدد المجموعات الحيوانية والمستحاثية زيادة كبيرة ، ولضرورة إبراز علاقاتها بين بعضها البعض .

وهذا ما دعا علماء التصنيف إلى إضافة أقسام أخرى بين الأقسام السبعة الرئيسية يعبر عنها بإضافة مقاطع ، مثل : فوق - Super أو تحت - Sub إلى اسم القسم الرئيسي :

والجدول التالي يلخص هذه التقسيمات المستعملة في السلم التصنيفي :

عالم

شعبة

تحت شعبة (شعبة)

فوق صف

صف

تحت صف (صفيف)

فوق رتبة

رتبة

تحت رتبة (رتيبة)

فوق فصيلة

فصيلة

تحت فصيلة (فصيلة)

قبيلة

تحت قبيلة (قبيلة)

جنس

تحت جنس (جنيس)

نوع

تحت نوع (نوع)

فرد

هذا وقد تبين أثناء وضع تصنيف المستحاثات وجود بعض الأمور

الهامة:

١- توجد أشكال مستحاثية اختلفت من سطح الكرة الأرضية ، ولا يوجد من يمثلها من الكائنات الحالية ، وهذا يتطلب توسيعاً لعلمي التصنيف الحيواني والنباتي . فإذا كانت جميع الأشكال المستحاثية يمكن إدخالها في التقسيمات التصنيفية الكبيرة أو الشعب ، فإنه - على العكس - كان من الواجب خلق بعض صفوف ورتب كثيرة خاصة بها ، تنتمي إليها الأجناس والأنواع المستحاثية المنقرضة .

٢- وجدت بين المستحاثات أشكال وسطية بين بعض المجموعات ، لها صفات عامة مشتركة ، فالزاحف الصغير الثديي الشكل المسمى إكتيدوسوريا Ictidosauria الذي وجد في الترياسي يبدي بعض المميزات الابتدائية للأسماك . والزاحف المسمى سيموريا Seymouria الذي وجد في الدور البرمي له صفات الزواحف والبرمائيات في آن واحد . والمستحاث المسمى إكتيوستيغاليا Ichthyostegalia الذي وجد في الدور الديفوني الأعلى ، له صفات وسطية بين البرمائيات والأسماك والطائر المسمى أركيوبتريكس Archaeopteryx الذي وجد في دور الجوراسي الأعلى له صفات وسطية بين الزواحف والطيور .

أما النباتات فتبدو فيها أيضاً هذه الأشكال المتوسطة . فالنباتات المسماة
السراخس مجنحة البذور Pteridosperms تشكل حالة وسطية بين خفيات
اللقاح Cryptogams وظواهرات اللقاح Phanerogams .
قواعد تسمية النوع :

تستعمل الباليونتولوجيا لتسمية النوع التسمية اللاتينية التي أسسها لينيه
Linne في الطبعة العاشرة من كتابه Systema Naturae الذي صدر
عام ١٨٥٧ وهي نفس التسمية التي تتبع في تسمية الكائنات الحية .
وهي تسمية ثنائية يشترك فيها اسم الجنس مع اسم النوع فمثلاً نقول
Felis leo للأسد و Felis tiris للنمر .

وقد تضاف كلمة لاتينية ثالثة ، إذا ما أريدت الدلالة على تغير ما ضمن
ذلك النوع (تحت النوع) فمثلاً نقول Felis tigris mongolica وتدل
على النمر المنغولي .

وقد نصل أحياناً إلى تسمية رباعية مثلاً Homo sapiens
europeus mediterraneus التي تدل على الإنسان العاقل الأوروبي
حول البحر الأبيض المتوسط .

ويأخذ النوع والجنس الاسم الذي وصف به لأول مرة ، أما الأسماء
الأخرى التي وصف بها نفس النوع فيما بعد فتعتبر مترادفات له . وقد
يصدف ، في بعض الأحيان ، أن يطلق اسم جنس واحد ، من قبل مؤلفين
اثنين ، على حيوانين مختلفين وهذا ما يؤدي إلى تشابه التسمية ، وهي أمور
لا تسمح بها قواعد التسمية ، فمثلاً الجنس Craterophyllum ، اقترحه
أحد المؤلفين عام ١٩٠٩ لمرجان مستحاث من المرجانيات ، فكل حيوان
اقترح له نفس الاسم ، بعد هذا التاريخ ، يجب أن يغير إلى اسم آخر .

هذا وتتقضي قواعد التسمية أيضاً بأن يأتي بعد اسم النوع اسم المؤلف الذي وصفه لأول مرة كما يلي :

Lucina multicostata LAMARCK , *Felis leo* LINNE

وقد اصطلح بأن يبدأ اسم الجنس بحرف كبير واسم النوع بحرف صغير . وأن يكتب اسم المؤلف بأحرف كبيرة . وقد يكتب اسم المؤلف أحياناً بين قوسين كما في الشكل التالي :

Globotruncana area (CUSHMAN)

وهذا يعني أن هذا النوع قد عيّن تحت اسم جنس آخر مختلف عن الجنس الجديد ، الذي ينتسب إليه فعلاً ، فالنوع المذكور كان يعرف باسم :

Pulvinulina area CUSHMAN

أما بالنسبة لتسمية الدرجات التصنيفية الواقعة بين الجنس وفوق الفصيلة ، فقد اتفق على إضافة مقطع لاتيني في نهاية اسم الجنس النموذجي الممثل لهذه الدرجات . فيضاف مثلاً إلى الجنس النموذجي *Miliola* المقطع (- idea) لتشكيل اسم الفصيلة *Miliolidae* ويضاف (- inae) لتشكيل تحت الفصيلة *Miliolinae* . أما فوق الفصيلة فيستبدل المقطع المضاف إلى إحدى فصائلها بالمقطع (- acea) أو (- oidea) فيصبح اسم فوق الفصيلة *Miliolidea* أو *Miliolacea* .

إن الغاية الأساسية من قاعدة الأولوية في التسمية هي تأمين ثباتها ، غير أن هذه القاعدة لم تطبق في بعض الأحيان ، إذ أن تسمية الجنس *Nummulites* المعروف عالمياً ، حلت محل التسمية *Camerina* التي لها حق الأولوية . وقد تم ذلك نظراً لشيوع استعمالها بناء على اتفاق في اللجنة الدولية لتسمية الحيوانات عام ١٩٤٥ . وتجتمع هذه اللجان بصورة دورية لحل مشكلات التسمية ، والاتفاق على توحيدها .

الفصل الثالث

علم المستحاثات والتطور

يذكر العلماء الطبيعيون أن سر أصل الكائنات الحية وماضيها ، قد شغل الإنسان في كل العهود ، وأن الديانات المختلفة والفلسفة كانت أول الأمور التي جربت أن تلبي رغبته في الفهم والتفسير ، وهم يرون أنها لا تستطيع أن تعطيه إلا حلولاً تتقدمها مبادئ أولية مسلم بها . أما العلوم الطبيعية التي استندت على الوثائق والبراهين وجمعت النتائج التجريبية فهي التي تجهد في حل المسألة حلاً عقلياً .

وقبل أن ندرس الحجج الباليونتولوجية التي تساهم في حل المشكلة ، لا بد أن نلخص الفرضيات التي وضعت في تفسير أصل الأنواع وتطورها .

١- فرضية خلق الأنواع :

وهي تعتبر أن الأنواع ثابتة لا تتحول ولا تتبدل ، وأنها خلقت منذ بدء الأزمان مرة واحدة ودفعة واحدة . وتفرض لها في البدء تدخل عامل ما وراء الطبيعية تدخل قبله أرسطو Aristote و لينيه Linne وجورج كوفيه G Cuvier . (١٧٦٩ - ١٨٣٢) الذي يعتبر مؤسس علم الباليونتولوجيا .

لاحظ كوفيه ، أثناء دراسته للمستحاثات ، التخصص المتدرج لمجموع الكائنات الحية ، كما لاحظ انقراض بعض مجموعاتا وظهور نماذج جديدة . وقد افترض ، لكي يفسر هذه الأمور ، تدخل عوامل فرضية قد حصلت فسي الكرة الأرضية ، وأدت إلى زوال كائنات بأكملها عوضت بهجرات كبيرة من كائنات أخرى أنت من أماكن بعيدة .

لقد كان كوفييه على هذا الأساس ضد المفاهيم التطورية ، بيد أنه سهل اعتناق نظرية التحول الحديثة ، بفضل دراساته في نطاق التشريح المقارن والتصنيف وعلم المستحاثات . وهو باستخدامه المعطيات الباليونتولوجية قد برهن على وجود الاتصال والنسب بين المستحاثات وبين الأنواع الحالية . فلقد كان لدراساته وبحوثه مدى لم يقدره هو نفسه تقديراً صحيحاً ، ولم يخیل إليه أن مبدأ التطور سينتقل بفضلها من نطاق البحث النظري ، إلى نطاق التطبيق العملي .

وقد كان من أنصار فرضية الثبات دوريني D. Orbigny (١٨٠٢ - ١٨٥٧) الذي يعتبر من كبار العلماء الذين وصفوا المستحاثات ، وأسهموا في وضع أسس الباليونتولوجيا المستترغرافية . فقد تبنى لتفسير التغيرات المتعددة التي تطرأ على المجموعات الحيوانية نظرية الأب كروازيه Croiset القائلة بالخلق المتعاقب .

لقد ظلت فكرة ثبات الأنواع هي النظرية السائدة حتى بدء القرن التاسع عشر . أما اليوم فلم يبق لها أي مدافع بين علماء الطبيعة لأنها لا تستند إلى أي واقع إيجابي .

٢- مبدأ التحول :

يرى المؤلفون أن الكائنات المتعضية تتطور وتتحوّل ابتداءً من أرومة مشتركة . إنهم يرون أن تلك الفكرة التي تعارض فكرة الثبات ، قد مكنت من فهم العالم الحي الحيواني والنباتي ، ومن إقامة الصلة بين أشكال متباينة ومستقلة في ظاهرها . إن الأنواع تتغير مع الزمن ، ويشق بعضها من البعض بتحوّلات تدرجية . فالأشكال المعقدة قد أتت من أشكال بسيطة سبقتها ، وإن العالم الحي ما هو إلا مرحلة انتهائية من عالم منقرض .

كانت فكرة تطور الحيوانات والنباتات المعقدة بدءاً من أشكالها البسيطة معروفة منذ العصور القديمة فقد وردت في كتب الهند المقدسة ، وذكرها بعض الفلاسفة الرومان واليونان منذ القرن السادس قبل الميلاد، كما ذكرها بعض آباء الكنيسة في القرون الوسطى . غير أن هذه الفكرة لم تبعث من جديد إلا حوالي عام ١٨٠٠ حيث أثارها بعض العلماء التقدميين الافرنسيين والانكليز .

ويعد العالم الفرنسي الموهوب جون باتيست دولامارك J . B . De Lamarck (١٧٤٤ - ١٨٢٩) من أشهر هؤلاء العلماء . فقد نشر دولامارك عام ١٨٠٩ نظرية مفتحة مدعومة ببراهين وحجج تبين أن الأنواع غير ثابتة، وإنما تتحدر من أنواع أخرى تطرأ عليها تغيرات تدرجية خلال الأجيال المتعددة . وقد دعا هذه العملية بالتحول الشكلي Transformism ذلك لأن كلمة تطور Evolution لم تخصص لهذه العملية إلا بعد مدة طويلة. فقد كان لامارك سباقاً على غيره من العلماء في إثارة كثير من الأفكار الأساسية حول هذا الموضوع غير أن آراءه ، على الرغم من أنها أصبحت فيما بعد رائجة بفضل بعض العلماء ، فقد تعرضت لسوء حظه إلى نقد شديد من قبل معاصريه من العلماء الطبيعيين أدى بالنهاية إلى أن نظريته لم تنل في عهده الانتباه أو الفضل الذي تستحقه . وهكذا كان على العالم دارون أن يقنع العالم بعد خمسين سنة بفكرة التحول .

إن ما يدعم فكرة التطور عند الحيوانات هو أن التطور الجنيني الفردي (أونتوجيني) لكائن ما يمثل دوراً مختصراً قصير الأمد للتطور المؤدي إلى تكوين نوعه (فيلوجيني) . إذ إن دراسة التطور الجنيني الفردي ، تسهم في إظهار علاقات الكائنات المختلفة في ظاهرها بعضها مع البعض ، وفي إعادة تشكيل الفروع التطورية التي تنتهي إلى مجموعة الكائنات الحالية . هذا وقد

وجد علماء المستحاثات في هذه الفكرة كثيراً من الأمور المفيدة ، على الرغم من أن الدراسة الحديثة تظن بعدم صحتها ، وهي أمور لا تزال قيد البحث والدراسة .

نظريات تفسير آلية التطور

إن المؤلفين ، وإن كانوا متفقين على أن التطور هو حقيقة واقعة ، غير أنهم لا يزالون يفتشون عن أسبابه والطريقة التي تم بها ، وسنستعرض حجج المذاهب الرئيسية .

أ - اللاماركية :

كان لامارك Lamarek (١٧٤٤ - ١٨٢٩) مؤسس النظرية يرى أن الأنواع ليست ثابتة ، وقد حاول أن يفسر هذه التبدلات ببراهين علمية . فلقد تبين له صعوبة عزل الأنواع عند دراسته للمجموعات الحيوانية الوفيرة في متحف التاريخ الطبيعي في باريس ، فهو يجد بينها أشكالاً انتقالية متوسطة تجعلها ينوب بعضها في البعض ، إذ أن النوع ليس له ذلك الثبات والاستقرار الذي يعزى له . ويرى أن عدم ثبات النوع يرجع إلى شروط البيئة الخارجية التي يعيش فيها ذلك النوع ، والتي تعين عاداته وحاجاته . فكلما تبدلت ظروف البيئة أو الإقليم أو الغذاء أو نمط الحياة تبدلت كذلك صفات القدر والشكل واللون والقوام الخ ...

وبكفي للتأكد من ذلك ، في نظره ملاحظة الحيوانات الأهلية والنباتات المزروعة . فالبيئة تؤثر مباشرة في النباتات التي ترجع تغيراتها إلى تبدلات في شروط تغذيتها .

وهو يرى أن تحولات البيئة تؤدي إلى تبدل الحاجات ، فتصبح للحيوانات من جراء ذلك عادات جديدة تدوم ما دامت الحاجات التي ولدتها (كضمور أسنان أكل النمل ، واستطالة لسانه ، وضمور عيون الخلد ، وظهور غشاء بين أرجل الطيور المائية ، وتطاول رقبة الزرافة الخ ...) .

إن تبدل العادة يؤدي إلى تبدل في الأعمال ، فاستعمال العضو استعمالاً مستمراً ، يقويه وينميه ويمنحه استطالة متناسبة مع مدة الاستعمال ، في حين أن عدم استعمال ذلك العضو يضعفه وينقص بالتدريج من قابليته وينتهي أخيراً إلى ضموره واختفائه . ويرى لامارك أن هذه التحولات المكتسبة تنتقل إلى الأفراد الجديدة التي تنحدر من الأولى من جراء تأثير البيئة التي تعيش فيها الأفراد منذ زمن طويل .

ب - الدارونية :

لقد كان لشارل دارون Charles Darwin (١٨٠٩ - ١٨٨٢) الفضل الكبير في أنه نقل قضية التطور من نطاق التفكير والتأمل المجردين إلى نطاق الوقائع والملاحظة . لقد وضع دارون نظريته بعد دراسات متعددة ورحلة علمية حول العالم . ولقد كدس خلال سنوات طوال الوثائق والحجج التي تلائم نظريته ، فتطور الأنواع بالنسبة إليه مؤكداً لا جدل فيه وإنما يجب تفسيره .

كان دارون كغيره من علماء الطبيعة الذين عاصروه كثيراً ما يفكر في المفهوم التطوري لنظرية التحول الشكلي Transformism التي كانت تسمى التحول الطفري Transmutation لدرجة خلبت له ، شأنه في ذلك شأن معاصريه من العلماء .

فقد أشار في ملاحظاته أنه خلال السنوات الخمس التي قضاها في رحلته العلمية دافع بقوة عن فكرة خلق الأنواع خلقاً منفصلاً ، وفي عام ١٨٣٧ وبعد عدة أشهر من تاريخ عودته إلى انكلترا ، تعرضت أفكاره إلى انعطاف حاد

استناداً إلى الخبرات التي اكتسبها أثناء رحلاته ، إذ وجد دارون بعض الحقائق المهيبة التي لاحظها على ممسحات الثدييات الأمريكية الجنوبية وعلى توزع أنواعها الحية في الجزر المنعزلة والتي يمكن تفسيرها استناداً إلى فكرة التحول التطوري المبتدعة ، لأنه عندما فكر في هذا المجال رأى أن حدودها أصبح أكثر احتمالاً. ومع هذا فإنه لم يتوصل إلى كيفية تفسير الآلية المناسبة التي تؤدي إلى تغير أحد الأنواع إلى نوع آخر .

اعتقد علماء التطور الأوائل أن التغيرات المفيدة التي طرأت على الكائنات خلال حياتها قد انتقلت إلى أجيالها اللاحقة ، وهم يقدمون عنق الزرافة مثلاً على ذلك ، هذا العنق الذي استطال تدريجياً عند محاولة الحيوانات الوصول إلى أوراق الأشجار التي تتغذى بها والتي يتزايد ارتفاعها جيلاً بعد جيل . وقد أدى ذلك إلى استطالة عضلات العنق في كل جيل أكثر من الجيل الذي سبقه وذلك نتيجة استعمالها الفعال تماماً كعضلات الرياضي التي تصبح كبيسة وقوية نتيجة التمرين المستمر . ولقد فرض أن هذه التغيرات التي اكتسبها الفرد تمر بطريقة ما إلى فرعه التطوري فتؤدي إلى عنق أطول في كل جيل . ولقد أكدت أبحاث (لامارك) هذه الفكرة عن وراثته الصفات المكتسبة ، ولم يخامر دارون أي شك أن هذه الطريقة كانت إحدى الأسباب الهامة في التغير التطوري ، ومع ذلك فقد اعتقد بضرورة وجود آلية إضافية لتفسير التنوع اللامتناهي لدى الحيوانات والنباتات .

هذا وقد ابتكر دارون بعد جهود مركزة دامت سنين عديدة سلسلته في التفكير والدراسة تفسيراً آخر للتحول التطوري ، فباستناده على التنوع الواسع الذي تبديه أفراد النوع نفسه كالحجم والشكل والمقدرة ، وبإدراكه أن معظم المتعضيات تنتج فروعاً متعددة تموت قبل البلوغ تمكن من أن يستنتج أن الأفراد التي تعيش لإنتاج الأنواع يجب أن تكون تلك الأفراد التي تملك

مجموعة متوافقة ناجحة من الصفات المتغيرة ، وهكذا فإن أصلح الأفراد هي التي تمرر تغيراتها المرغوبة إلى الجيل التالي . وقد أورد دارون لتفسير ذلك المثال التالي :

" لنأخذ حالة الذئب المفترس الذي يلتهم حيوانات متنوعة ... ولنفرض أن عدد أسرع الفرائس كالغزال مثلاً قد ازداد ، أو أن عدد الفرائس الأخرى قد نقص خلال فصل معين من فصول السنة ، حينئذ تصبح حاجة الذئب إلى الطعام حاجة ملحة ، وتحت تأثير هذه الظروف لا يمكنني أن أشكك في أن الذئاب التي لها أفضل فرص البقاء هي أسرع الذئاب وأمكرها .. وإنني لا أشكك في أن الإنسان يمكنه أن يحسن سرعة كلاب صيده باصطفاء منظم ودقيق " .

يحدث نتيجة لهذه التغيرات تنافس وتصارع وتنازع بين الأفراد فيختلفي منهم أقلهم كفاءة ومن هنا استمد دارون مبدأ مبدأ الصراع لأجل الحياة . إذ يجري بين الكائنات صراع لكسب الغذاء وللبقاء في شروط أنسب ، والظفر يكون من نصيب الكائنات التي تتمتع بميزات أو اختلافات مفيدة . فخلال الصراع من أجل الحياة يحدث اصطفاء طبيعي يؤدي إلى بقاء أشد الأفراد كفاءة وقدرة ، وإلى طرح الأفراد التي لا تصلح للحياة في بعض الشروط .

إن التكاثر بين أشد الأفراد كفاءة وقدرة ، هو إذن تكاثر اصطفائي يقود على مر الأجيال إلى تغيرات تكيفية في النوع تعطي في النهاية نوعاً جديداً ، لذلك أطلق دارون على هذه العملية الاصطفاء الطبيعي تمييزاً لها عن الاصطفاء الصناعي الذي يقوم به مربو الحيوانات والنباتات . ولقد أصبح الاصطفاء في نظر أتباع دارون هو العامل الوحيد المؤثر في التطور ، ويوجه النوع في اتجاه أشد مناسبة وصلاًحاً ، فكل صفة لا تقوم عبر الأجيال إلا إذا كانت مفيدة ونافعة لأن الاصطفاء الطبيعي يبقها .

ج - اللاماركية الجديدة :

لم تتل أفكار (لامارك) في البدء إلا قليلاً من النجاح ، إذ تغلب عليه القائلون بثبات الأنواع بدعم من (كوفييه) . ولكن عندما جاء (دارون) بالبراهين المقنعة لقضية التطور نفقت بعض العلماء أمثال هيات Hyatt وإيمر Eimer وكوب Cope صوب لامارك وتبنوا نظريته . فقد بين إيمر ، أن التطور يمكن أن يستمر في بعض الأحيان بدون تدخل فكرة الاصطفاء الطبيعي ، أي بدون هدف ذي منفعة ، إذ أن الابتعزال الجغرافي والفيزيولوجي يمكن أن ينتج تغيرات تؤدي إلى أنواع جديدة .

د - الدارونية الحديثة :

لاحظ فايسمان Weismann (١٨٣٤ - ١٩١٤) أن البروتوبلازما لكل كائن حي ، تتألف من أصل منشئ ومن جسم ، يستقل أحدهما عن الآخر استقلالاً كاملاً .

فهو ينسب الخلود للأصل المنشئ الذي يستمر عبر الأجيال المتتالية . ويرى أن البيئة ، العامل اللاماركي ، لا تؤثر مباشرة على الأصل المنشئ ، وإنما على الجسم ، وأن صفات الجسم المكتسبة الناتجة عن البيئة لا يمكن أن تورث ، وأن انتقالها مسألة باطلة .

لقد أثبت فايسمان على هذا الأساس بطلان النظرية اللاماركية ودعم النظرية الدارونية التي تفسر تحولات الأنواع بتغييرات مولدة يحافظ عليها الاصطفاء الطبيعي الذي يعتبر العامل الأساسي للتطور . أما البيئة فلا تلعب أي دور في التطور ، وأن كل تغيير وراثي يكون مصدره سبباً داخلياً يقيم في الأصل المنشئ . إن فكرة فايسمان في انفصال الجسم عن الأصل المنشئ ، لا تزال تحدث تأثيراً قوياً في علم الحياة المعاصر ، ويرجع إليه الفضل الكبير في تخمين الدور الرئيسي الذي تقوم به الصبغيات في الحوادث الوراثية .

نتج عن جمع فكرة دارون في الاصطفاء الطبيعي مسع مكتشفات علم الوراثة المتعلقة بالتغيرات الفردية تقدم كبير في فهم عملية التطور خلال الثلاثين سنة الماضية . وسمي هذا التركيب الجديد بالدارونية الحديثة لصلته بالتأكيد المجدد للاصطفاء الطبيعي . فقد كان الموضوع الأساسي في الدارونية الحديثة هو دراسة الوراثة لا في أفراد المنعضيات فقط ، بل في جماعاتها أيضاً التي هي مجموعات من الأفراد القادرة على التناسل فيما بينها وتنتمي إلى النوع نفسه .

إنه من المعروف الآن أن الطفرة وضم المورثات المتقابلة والاصطفاء الطبيعي يمكن أن نقود إلى تغير تطوري فقط عندما تؤثر في أمثال هذه المجموعات من الأفراد .

هـ - الطفرية :

يقول بهذه النظرية العالم دوفريس De Vries فالتطور ، حسب رأيه ، يجري نتيجة تغيرات عرضية طارئة تصيب الأصل المنشئ فجأة . وهذه التغيرات تكون متقطعة ، غير متصلة قد سماها الطفرات ، يقوم الاصطفاء الطبيعي الداروني على مر الزمن بحفظ التغيرات التي تكون أشدها قدرة وكفاءة ، ويوقف التغيرات التي لا تصلح للحياة .

و - علم الوراثة والتحول التجريبي :

لقد تعددت الملاحظات حول الطفرات بعد دوفريس De Vries في العالم النباتي والحيواني على السواء . فلقد عمد مورغان Morgan وكثير من العلماء إلى دمج نتائج بحوثهم في نطاق علم الوراثة وعلم الخلية بالمذهب الداروني ، وبنوا فكرة فايسمان Weismann القائلة باستقلال الأصل المنشئ عن الجسم ، واعتبروا أن التغير الوحيد الذي له قيمة تطورية هو الطفرة .

منشأ الحياة :

إن البحث عن منشأ الحياة أو البيوجينيز (Biogenese) لم يطرح إلا بعد أن دحضت نظرية التوالد الطسوعي من قبل العالم " باسستور " (PASTEUR) ، منذ قرن تقريباً . وإذا كانت قد ظهرت منذ ذلك الحين عناصر لحل هذه المسألة ، فإنه ما يزال ينقص حلقات لكي تعد المسألة محلولة . ولكن قبل كل شيء ، ما هي الحياة ؟ إن الحياة بالنسبة لأرسطو هي فعل التغذي ، والنمو و الذبول . ويمكننا أن نضيف إلى هذا التعريف " التكاثرات " فنعرف هكذا الصفات الرئيسة للحياة .

قبل أن نواجه كيف يمكن للعضويات التي تملك مثل هذه الصفات أن تظهر إلى الوجود ، ينبغي أن نحاول إعادة تمثيل الوسط الفيزيائي - الكيميائي الذي كان مهد تلك الصفات .

أ - الوسط الفيزيائي - الكيميائي :

أصبح مبتدلاً القول إن الغلاف الأحيائي صادر عن الغلاف الصخري ، والغلاف المائي ، والغلاف الجوي معاً . ولكن كيف كانت خصائص هذه " الأغلفة " منذ ٣٥٠٠ مليون سنة ؟ كنا قد تركنا في الفصل السابق القشرة السيليكانية في الفترة التي تصلبت فيها . ويمكن أن تقدم قشرة كوكب الزهرة نموذجاً حالياً لتلك الحالة . فهي قشرة صلبة أيضاً إلا أنها تحتفظ بدرجة حرارة قدرها ٤٧٥ درجة مئوية ، تمنع وجود الماء السائل ، وتحول دون اتحاد الغاز الكربوني مع السيليكات . فالغلاف الجوي للزهرة مؤلف من ٩٧ % CO_2 ، و ٢ % آزوتاً ، و ٠,١ % أوكسجيناً ، و ٠,١ % بخار ماء ، و ٠,٠١ % - ٠,١ % أمونياكاً (تحليل الزهرة ٨ ، ١٩٧٢) ، والضغط الجوي على هذا الكوكب ٩٠ باراً . وقد خلق هذا الغلاف الجوي إطاراً واقعياً يحفظ بصورة ثابتة تقريباً درجة حرارة القشرة حتى أثناء ليل الزهرة اللذي

مدته ١٢٢ يوماً أرضياً . هذا وإن درجة الحرارة المرتفعة ، وشدة الأشعة الشمسية فوق البنفسجية (الزهرة على ثلثي المسافة بين الشمس والأرض تقريباً) سببتا تفكك بخار الماء ، فانطلق الهيدروجين إلى الفضاء ، وتنبست الأوكسجين على الصخور .

إن الغاز الكربوني وبخار الماء الناجمين عن زوال المرحلة الغازية للقشرة الأصلية ، والمذبتين دوماً بخرارة كبيرة من البركنة ، قد شكلا ، على الأرجح، أساس الغلاف الجوي الأولي للكواكب النملورية .

إن الأرض ، وهي أكثر الكواكب النملورية بعداً عن الشمس ، قد تبردت بصورة أسرع من الكواكب النملورية الأخرى . فتنبست الغاز الكربوني بكميات كبيرة على السيليكات السطحية ، وأخذ الماء بالتكاثف منذ أن وصلت درجة الحرارة إلى ما دون النقطة الحرجة وهي ٣٧٤ درجة مئوية . وكسان يكفي ذلك أن يكون الضغط ٢١٧ باراً . فالثخانة الوسطى للغلاف المائي المنتشر بصورة متجانسة على كرة كروية تماماً كانت في ذلك الحين ٢٥٠٠ م ، أي ٢٥٠ باراً . وحتى لو أنه في هذا العصر لم تكن سائر المياه المتوفرة اليوم قد ظهرت على سطح الأرض ، فإن الضغط كان مع ذلك كافياً ، بفضل الغازات الأخرى، كغاز CO_2 الذي لم يكن منتشراً في الفضاء، أو متهدداً بالغلاف الصخري. فكمية الغاز الكربوني كلها تقريباً والتي ما تزال حرة في الغلاف الجوي ، قد انحلت في ماء الأقيانوسات .

إن هذا الطوفان ، تشكلت الأقيانوسات الأولية ، فذوب الماء فوراً الأملاح القابلة للاندخال (بما في ذلك الفوسفات) ، والغازات (NH_3 ، CO_2) ، وسبب تشكل الفخوم الهيدروجينية بدءاً من الفخوم المعدنية . وهكذا كانت البحار منذ نشأتها دافئة، ومالحة، ومغذية، وذات حموضة (PH) أساسية

قليلاً : وهذا هو الحساء الأولي على حد تعبير " هالدان " (HALDANE)
(الشكل ٣-١) .

كان يسود فوق سطح الأرض غلاف جوي مرجع (NH_3 , CO_2 , N_2 , CH_4 , H_2O) ، حيث لاشيء كان يوقف أشعة الشمس فوق البنفسجية . وخلافاً لما هو مألوف فإنه بتماس هذا الغلاف الجوي غير الملانم للحياة الحالية من ناحيتين (غياب الأوكسجين ، وجرعة مهلكة من الأشعة فوق البنفسجية) ، ولدت النماذج الأولية للعالم الحي .

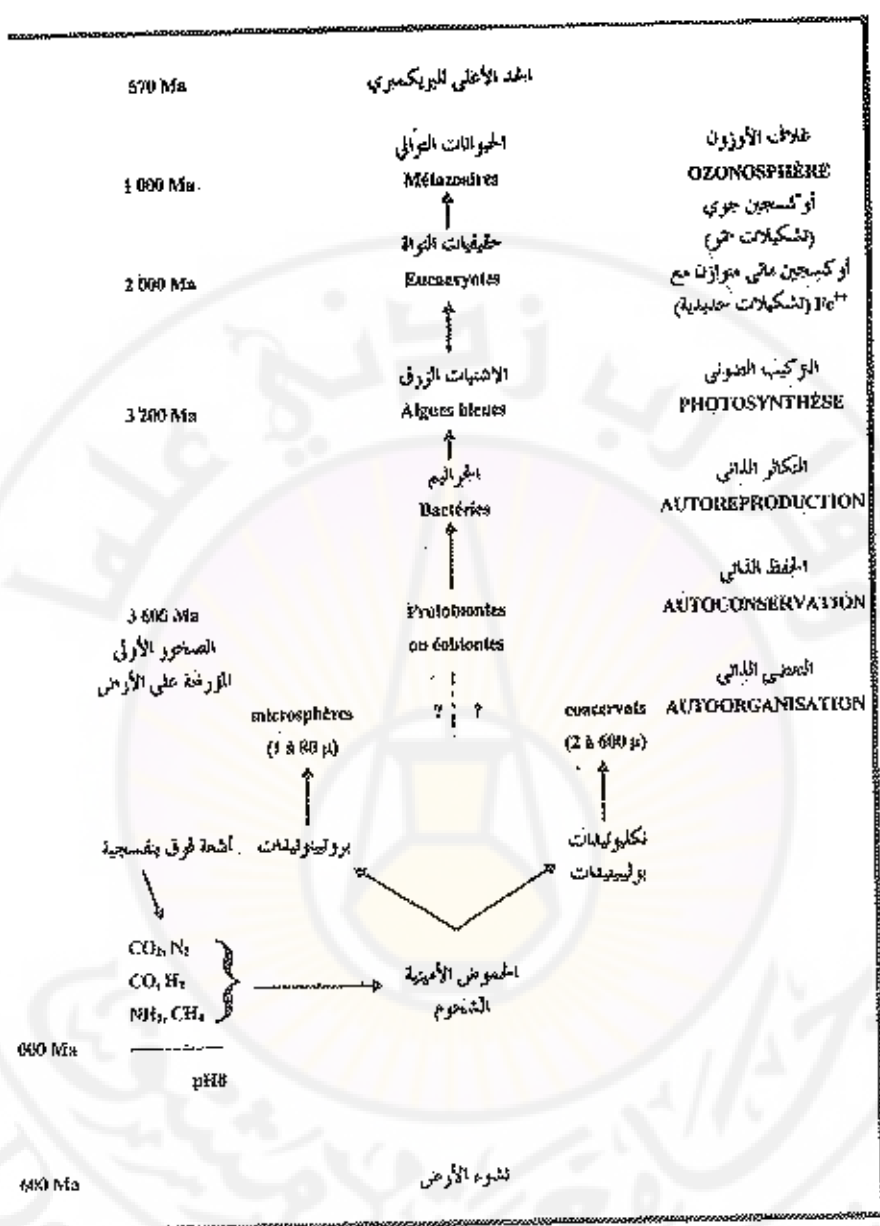
ب - افتراضات الأولية :

بافتراض أن الشروط الفيزيائية الكيميائية أصبحت معروفة ، فإن البيوجينيز ينتقل هنا إلى المجال التجريبي . والمرحلة الأولى في هذا المجال هو تكوين المركبات العضوية (هذا لا يعني البيولوجية) . وقد تمت المحاولة بنجاح منذ عشرات السنين . وذلك بفعل كل من الأشعة فوق البنفسجية ، والحرارة ، أو التفريغ الكهربائي في أوساط مرجعة ، محددة مسبقاً (المنشأ الكهربائي الموسوي للحياة بحسب دوفيليه DAUVILLIER) . وهكذا تحقق منذ بداية القرن تركيب الفورمالدييد (Formaldehyde) بتعريض الماء الحاوي على CO_2 للأشعة فوق البنفسجية :



تم تركيب الأميد الفورمي .



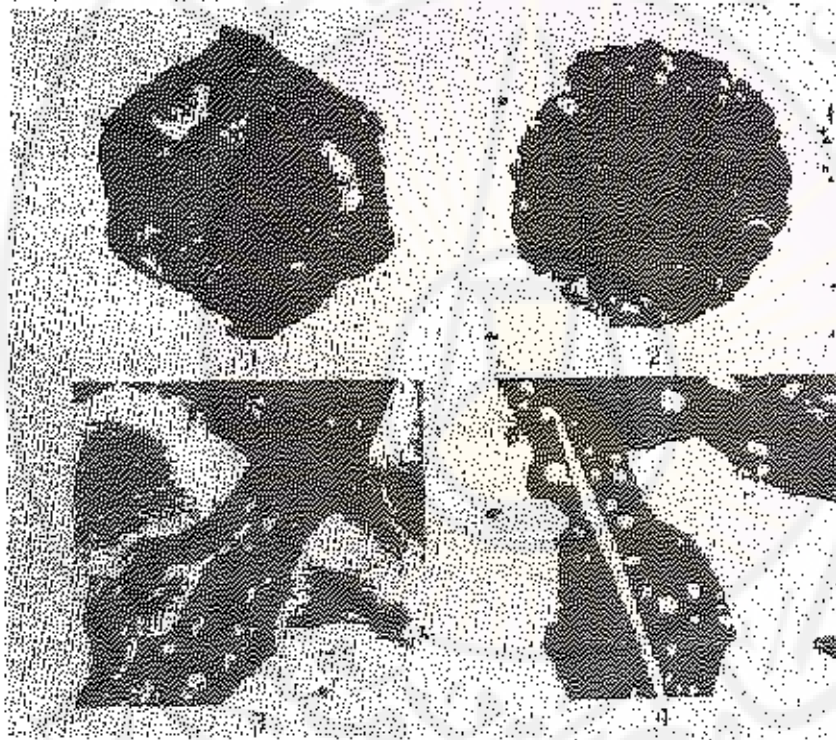


الشكل (١-٣) المراحل الأولى في نشوء الحياة في البريكاميري .

ويؤدي اتحاد التركيبين إلى الحد من الحموض الأمينية ، وهو الغليكوكول
عنصر أساس في البروتئينات :



وفي الواقع ، تم الكشف بين النجوم عن بعض الجواهر العضوية البسيطة
كجذور الهيدروكسيل OH ، والسيانوجين CN ، والفورمالدهيد H CHO ،
والأسيتالدهيد CH₃__CHO ، وحمض الفورمي HCOOH ، وحمض
السيانور HCN ، وحمض الإيزوسيانور HNCO (الشكل ٢-٣) .



الشكل (٢-٣) بنيات عضوية دقيقة .

- ١ - من نيزك Orgueil (كوندريت منقحمة) ، ٢ - من البريكسيري جنوب أفريقيا .
- ٣ - من البريكسيري روديسيا . ٤ - كرية برتقالية دقيقة . تم الحصول عليها مخبرياً
من قبل Smith (عن هومبول) .

وشيناً فشيناً ، تم تركيب جواهر أخذة تدريجياً بالتعقيد : بوليبيبتيدات ، بروتئينات ، نكليوتيدات ، بوليسكاريدات .

وفي مرحلة لاحقة ، أعطى مزيج البوليبيبتيدات والنكليوتيدات قطيبرات مرئية تحت المجهر (٢-٢٠٠ ميكرون) . وهذه هي Coacervats (كواسيرفا) للباحث الروسي " أوبارين " (OPARIN) القابلة لامتصاص الحموض الأمينية ، والغلوسيدات ، والأنزيمات .

وانطلاقاً هذه المرة ، من البروتينوتيدات التي تم الحصول عليها بالتكاثف الحراري المتعدد (البروتينوتيد هو بروتين غير بيولوجي) ، حصل الأمريكي " فوكس " (FOX) على كريسات دقيقة (Microspheres) يتراوح قطرها من ١ إلى ٨٠ ميكرون ، وتقرب أبعادها من أبعاد الجراثيم ، وهي قابلة لتكون محاطة ، بحسب درجة حرارة الحموضة PH ، بغشاء متمايز ، وقابلة للنمو تحت تأثير مواد محرصة كعض ال Coacervats .

إن هذا الإستقلاب البدائي ، والنمو الذي ينجم عنه ، ومجموعة مختارة من قطرات متعددة الجواهر سريعة النمو (حفظ ذاتي : Autoconcentration) ، تضع على طريق الحياة دون أن تبلغ صفتها الأساسية ، إمكانات التكاثف الذاتي . أما السؤال حول معرفة ما إذا كانت هذه الجواهر قابلة للمقارنة بالفيروسات ، فليس بالأمر الأساسي ، لأن الفيروس بحد ذاته غير قابل للنمو والتكاثر خارج خلية مضيفة ، ولا يمكن في هذه الحالة أن يكون شبيهاً بكائن حي .

إن المرحلة اللاحقة ، وهي مرحلة البروتوبونت (Protobiontes) أو الأيوبونت (Eobiontes) ، بحسب " أوبارين " (OPARIN) ، فهي أيضاً حدسية جداً ، إذ أنها تفترض تعضي الـ Coacervats بعمليات أنزيمائية ضابطة للنمو . ويعود هذا الأمر ، بحسب رأي " أوبارين " ، إلى المجموعة المختارة . فهو يكتب : " إن المنظومات الأكثر نمواً بدرجة كبيرة هي وحدها

التي حفظت من أجل تطور لاحق . والمنظومات لم تصبح ببساطة مستقرة ديناميكياً ، وإنما أكثر ديناميكية . ويمكننا عد هذه الحادثة كمرحلة مهمة ثالثة في التطور الموجه للمنظومات الأصلية على طريق " ظهور الحياة " . ولكن الأمر هنا ، كما يبينه بوضوح هذا النص ، قليل الوضوح ، يتعلق في الواقع باعتقاد أكثر مما يتعلق باستعراض .

هكذا ، فإن من المؤكد اليوم ، أن البيوجينيز أو نشوء الحياة الذي حدث في وسط مائي يعلوه غلاف جوي مرجع ، وتخترقه أشعة فوق بنفسجية كثيفة ، مستحيل في الشروط الفيزيائية والكيميائية الحالية ، ومن المؤكد أيضاً أن الأشكال الحية الأولى كانت متغذيات التغذية (Heterotrophe) . ولكن المرور من البناء الجوهري المعقد إلى الحفظ الذاتي فالتكاثر الذاتي ، مسازل لغزاً . وقد كان يحدث هذا منذ ٣٥٠٠ مليون سنة ، إنما ليس لدينا شواهد عليه . وبعد بضع مئات من ملايين السنين أصبحت البقايا العضوية الأولى سهلة المنال في الصخور . ويعقب مجال الوقائع عندئذ مجال التجريب ، ويستلم الجيولوجي هنا الرأية التي كان يحملها البيوكيميائي . ولكن كيف يتم اجتياز المرحلة البيئية الحاسمة التي تفصل بين التأمل والملاحظة ؟

تغير الأنواع في علم المستحاثات وتطورها

يقدم لنا علم المستحاثات حججاً وبراهين كثيرة تدل على تغير أنواع الكائنات المستحاثية في الطبقات الجيولوجية . إن هذه التغيرات لا تلاحظ في الطبقة الواحدة فقط ، بل يمكن متابعتها في الطبقات المتوضعة فوق بعضها ، ويتعبير آخر خلال مدة زمنية قد تكون طويلة جداً . وهذه هي إحدى الميزات التي تتمتع بها دراسة المستحاثات عن دراسة الكائنات الحية التي تكون مقتصرة على مدة محدودة جداً من الزمن .

هذا ويمكن ملاحظة التغيرات التي تطرأ على الأنواع ضمن الطبقة الواحدة في بعض المناطق الغنية بالمستحاثات . وهي مشابهة لتغيرات الأنواع لدى الكائنات الحية حيث يمكننا أن نميز فيها ضروباً محلية وعرقاً إقليمية تشكل ما سميناه النوع متعدد النمط ، ولذلك فإن المجموع الحيواني (Fauna) أو المجموع النباتي (فلورا) لطبقة من الطبقات يتألف من عدد من هذه الأنواع المنفصلة و المتميزة .

لقد لاحظ بيلاردي Bellardi هذه التغيرات منذ زمن بعيد في أفراد الجنس *Nassa* من معديات الأرجل التي تكثر في طبقات حقبة الكينوزوي ، كما لاحظها فونتان Fontanne في الجنس نوماريا *Neumayria* من الأمونيات بكلس الجوراسي .

غير أن التغيرات التي تطرأ على المستحاثات في الطبقات المتعاقبة ، تكون أكثر أهمية ووضوحاً من الاختلافات التي تحدث في الطبقة الواحدة خلال زمن معين . وهذه التغيرات تؤدي إلى تحولات شكلية تدريجية للأنواع ، وبالاختصار فإنها تبدي مظاهر حقيقية للتطور .

إن الدراسة التفصيلية للمستحاثات في الطبقات المتعاقبة ، تبين في كثير من الحالات أن الأنواع المتتالية يمكن أن ترتبط بعضها مع البعض بأشكال متوسطة وأنه يوجد بالنسبة إلى السلم الزمني سلاسل حقيقية من الأشكال تعرف باسم الفروع التطورية . وهكذا نرى إذن أن الأنواع ما هي إلا حالات انتقالية ، و أن الفروع التطورية هي التي تستمر وتنتهي إلى الأنواع الحالية فيما إذا لم تتعرض أثناء تطورها إلى عوامل تؤدي إلى انقراضها .

لقد برزت فكرة سلاسل الأشكال لأول مرة سنة ١٨٧٥ ، حين نشر العالم نومابر Neumayer نتائج دراسته ، التي لا تزال حتى الآن ، حول قواقع الجنس فيفيباروس *Viviparus* أو البالودين *Paludina* الموجودة في الطبقات الرسوبية في سلافونيا Slavonie وهذا الجنس هو عبارة عن رخويات صغيرة من معديات الأرجل تعيش في البحيرات الحالية ، كما كانت تعيش في البحيرات الكبيرة التي كانت موجودة خلال الحقبة الكينوزوي في أوربا الشرقية . فقد عثر على قواقعها المستحاثات بأعداد كبيرة في الطبقات الغضارية الرملية البحرية .

لقد لاحظ نومابر الذي تابع تطور قواقع الجنس فيفيباروس *Viviparus* (الشكل ٣-٣) خطوة خطوة في هذه الطبقات . إن القواقع الموجودة في الطبقات السفلى كانت ملساء بسيطة دون زخرفة ، غير أنها تصبح في الطبقات العليا ذات زخارف تتعقد تدريجياً بظهور الحروف البارزة المدعومة ببنيدات . كما لاحظ ، بالإضافة إلى هذه التحولات ، أن أشكال البالودين الموجودة في الطبقة الواحدة ، تختلف أيضاً فيما بينها حيث يمثل كل نمط منها نهاية فرع تطوري مؤلف من نماذج تتصل مع بعضها بأشكال متوسطة اعتباراً من قاعدة الطبقات المنروسة حتى قمته التي تبلغ ثخانتها حوالي ١٠٠ متر . لقد توصل في نهاية هذه الدراسة إلى تمثيل شجرة نسب لها فروع

متباعدة تمثل تطور قواقع البالودين . ويمكن ملاحظة هذا التطور لدى رخويات أخرى موجودة في الطبقات نفسها .



الشكل (٣-٣) يمثل تطور قوقعة الجنس فيفباروس *Viviparus*.

لقد قام عدد كبير من علماء المستحاثات بأبحاث مشابهة لدراسة الفروع التطورية في الحيوانات اللافقية . فقد بينت دراسة مجموعة الأمونيات من رأسيات الأرجل أن الخطوط الدرقية ، وهي أثر الحواجز الفاصلة بين المساكن على السطح الداخلي لجدار القوقعة ، تكون بسيطة فسي الأشكال البدائية ومؤلفة من سروج وفصوص بسيطة مدورة تتعقد بالتدريج وتتطور مع الزمن في الأشكال المتطورة . وقد أمكن بصورة عامة تمييز ثلاثة أنماط رئيسية تختلف فيما بينها بشكل سروجها وفصوصها (الشكل ٣-٤) وهي : النمط الغونياتيتي *Goniatitic* والنمط السيرانيتي *Ceratitic* ، وأخيراً النمط الأمونيتي *Ammonitic* ، غير أنه توجد بين هذه الأنماط الرئيسية أشكال كثيرة متوسطة .



الشكل (٣-٤) يمثل شكل الخطوط الدرقية في الأمونيات :
١- النمط الغونياتيني ٢- النمط السيراتيني ٣- النمط الأمونيتيني.

أما بالنسبة للحيوانات الفقرية ، فكانت هذه الدراسات أكثر صعوبة بسبب ندرة مستحاثاتها . فهي لا تبدي بصورة عامة معطيات كافية لمثل الفروع التطورية التي تبقى في بعض الأحيان نظرية وعرضة للنقاش والجدل . ومع ذلك فقد أدت الأبحاث المستمرة إلى التعرف على الخطوط الكبرى لفروع تطور الخيليات Equidae ووحيديات القرن Rhinocerotidae والجماليات Camelidae والخرطوميات Proboscidae والثيرانوتيرات Tithanotheridae وحتى الرئيسيات Primatidae . والأمثلة على هذا التطور التدريجي كثيرة ، نذكر منها حالة الفيلة التي لم تكن أصولها مجهزة بخرطوم وأنياب دفتعية وطواحن ضخمة . فقد تطور الأنف واستطال تدريجياً وتحول إلى الخرطوم ، واختزل عدد الأسنان حتى أصبح ممثلاً بقاطعتين طويلتين (الشكل ٣-٥) وستة أضراس في الفك العلوي وستة أضراس في الفك السفلي .

كما نذكر حالة الثيرانوتيرات ووحيديات القرن حيث تنمو القسرون التي تكون معدومة في الأشكال البدائية بصورة تدريجية لتصبح كبيرة جداً في ممثلي الفروع التطورية الانتهازية (الشكل ٣-٦) .



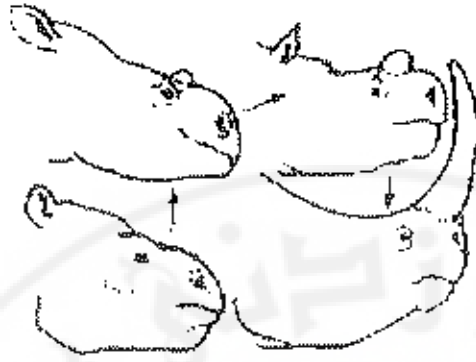
الشكل (٣ - ٥) يمثل تطور الجمجمة في الخرطوميات

١- الجنس مريتريوم *Moertherium*

٢- الجنس فيوميا *Phiomia*

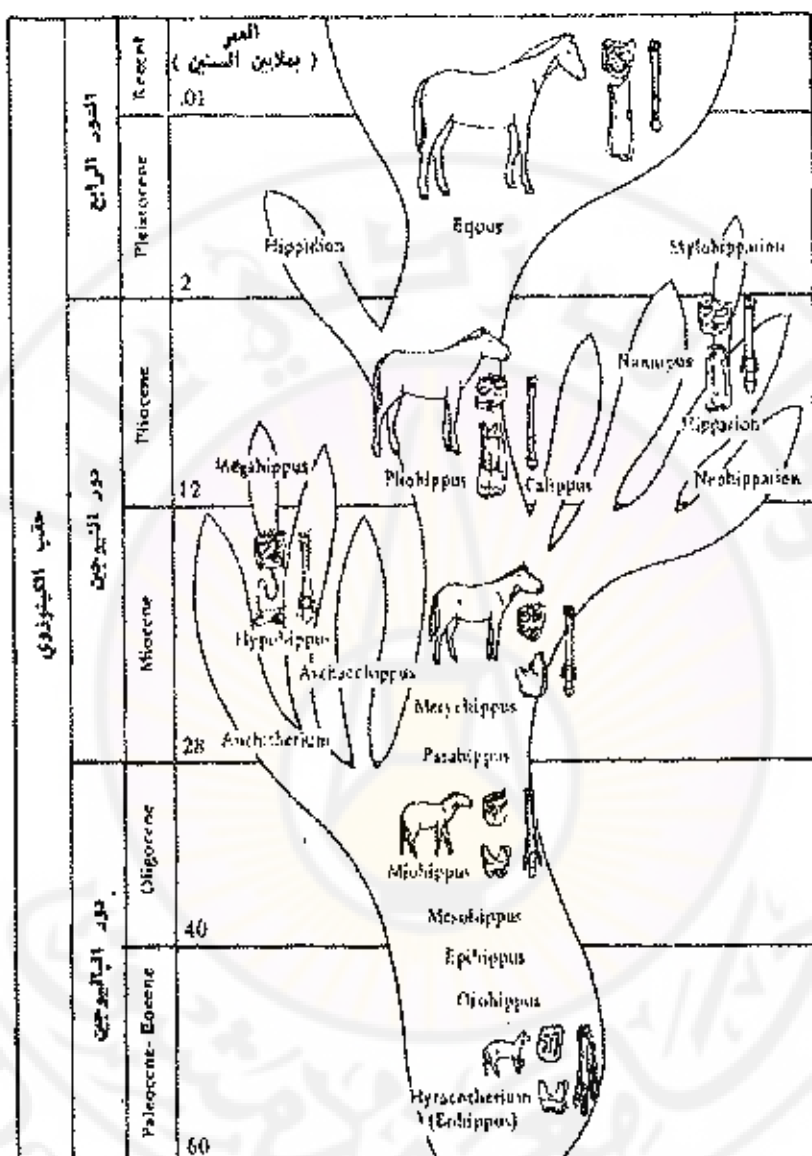
٣- الجنس ستفوماستودون *Stegomastodon*

٤- الجنس يارالفاس *Parcelephas* .

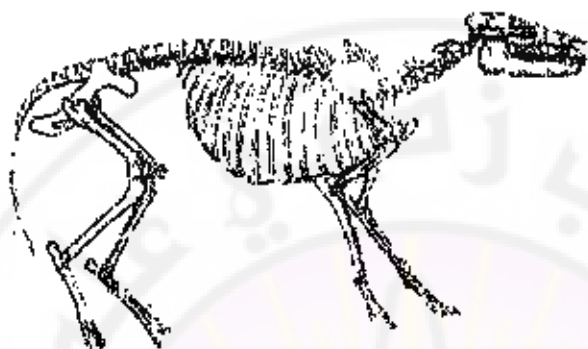


الشكل (٣-٦) يمثل تطور ظهور القرون في مجموعة التيتانوثيريات .

وتعد شجرة نسب الخيليات مثالاً نموذجياً للتطور في علم المستحاثات، إذ مكنت الأشكال المتباينة لأجناس الخيليات التي عثر عليها على شكل مستحاثات من تتبع تطور سلسلة مستمرة من الأشكال المتوسطة بدءاً من الجنس البدائي أيوهيبوس *Eohippus* الذي عثر عليه في الأيوسين الأسفل حتى الحصان الحالي. وقد مكنت هذه الأشكال المتوسطة من تمثيل شجرة نسب نموذجية لفصيلة الخيليات (الشكل ٣ - ٧) . تبدأ هذه السلسلة بالجنس أيوهيبوس الذي عثر عليه في الأيوسين الأسفل في أمريكا الشمالية. وهو حيوان بيدي صفات عامة للخيليات إلا أن حجمه لم يتجاوز حجم الثعلب الصغير (الشكل ٣ - ٨) ، وهو يشبه مثيله الجنس هيراكوتيريوم *Heracotherium* الذي عثر عليه في الأيوسين الأسفل في أوروبا .



الشكل (٣-٧) يمثل شجرة نسب فصيلة الخيليات .



تستمر هذه السلسلة في الأيوسين الأوسط بالجنس أوروهيبوس *Orohippus* الذي أعطى الجنس إبيهيبوس *Ephippus* في الأيوسين الأعلى . ازداد قد الأجناس في الأوليغوسين حتى وصل كل من الجنسين ميزوهيبوس *Meshippus* وميوهيبوس *Miohippus* إلى حجم الكلب الكبير . أما في الميوسين فقد عثر على الجنس باراهيبوس *Parahippus* في الميوسين الأسفل ، وعلى الجنس ميريكيبوس *Merychippus* في الميوسين الأوسط ، وهي أجناس أكبر حجماً من الأجناس التي سبقتها . وقد وصل حجم الجنس بليوهيبوس *Plihippus* الذي عاش خلال الميوسين الأعلى والبليوسين والبليستوسين بأشكال كبيرة هاجرت إلى أوراسيا (أوروبا وآسيا) وأعطت الحصان الحالي ، بينما انقرضت في أمريكا الشمالية وأدخلت فيما بعد إليها من قبل الأسبان .

ويمكن تلخيص التطور الذي طرأ على أفراد هذه السلسلة كما يلي :

١- حصلت زيادة تدريجية في القد بدءاً من الجنس ابوهيبوس حتى الحصان الحالي .

٢- طرأت على الأطراف تحولات تدريجية ، إذ ازدادت في الطول خاصة أجزاؤها الانتهازية . فقد كان الجنس ابوهيبوس ، وأحفاده حتى الجنس ميزرهيبوس على ما يظهر ، حافري المشية يستند على الحوافر التي تشكلها نهايات الأصابع بالإضافة إلى وسادة لحمية تشبه الوسادة الموجودة في طرف الفيل. تختفي هذه الوسادة اللحمية في الجنس ميريكيبوس وأحفاده، وتطراً على عظام الأطراف تحولات تدريجية تتخذ فيها الأطراف شكلها الحالي في الحصان بعد أن يضمّر عظم الزند والشظية ويلتحمان مع عظمي الكعبرة والظنوب (الشكل ٣ - ٩) .

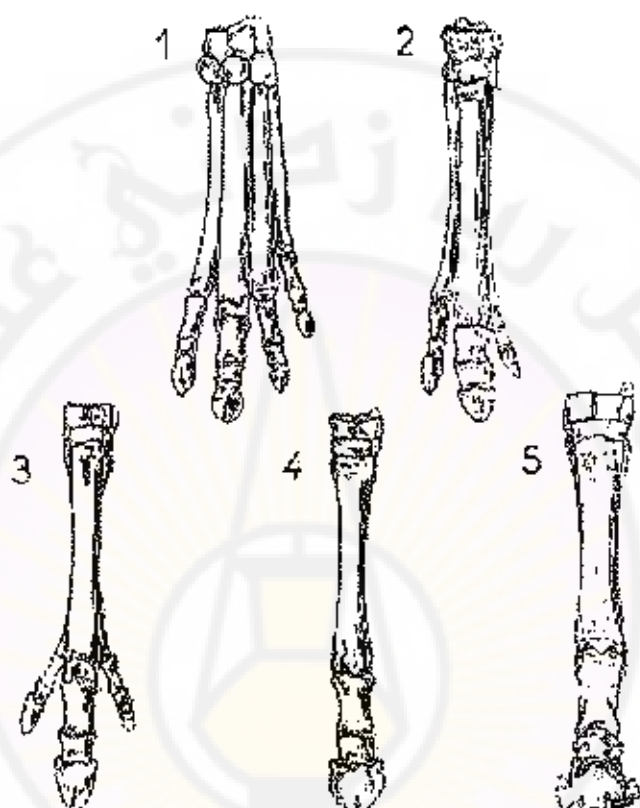


الشكل (٣-٩) يمثل ضمور الزند (اللون الأسود) ونمو الكعبرة في الأطراف الأمامية لبعض أجناس الخيول خلال تطورها .

٣- حصل اختزال في عدد الأصابع (الشكل ٣ - ١٠) ، إذ كان الجنس ايوهيبوس وأحفاده الأيوسيدية أربعة أصابع في الطرفين الأماميين (٣، ٢، ٤، ٥) وثلاثة في الطرفين السفليين (٢، ٣، ٤). وقد حصل فيما بعد ضمور للإصبع الخامس في الطرفين الأماميين، وأصبح لأجناس الأوليغوسين بدءاً من الجنس ميزوهيبوس ثلاثة أصابع في كل طرف . ثم ازداد حجم الإصبع الثالث بالتدريج في هذه الأشكال ، بينما ضمّر الإصبع الثاني والرابع ولكنها بقيت مستندة على الأرض . أما في الجنسين : باراكيبوس وميريكيوس فقد أصبح فيهما الإصبع الثالث العضو الوظيفي في المشي ، حيث كان يستند عليه الحيوان على الأرض ، بينما قصر كل من الإصبعين الثاني والرابع . قادت هذه التحولات إلى أطراف أحادية الإصبع ضمّر فيها الإصبعان الثاني والرابع ، وتحولاً إلى بقايا على شكل أقلام ضامرة على جانبي الطرف ، وهذا ما أدى في النهاية إلى إعطاء الطرف شكلاً يتلاءم مع الجري السريع .

٤- أما النمط السني فيتألف في الجنس ايوهيبوس من أسنان كاملة ذات تاج منخفض تظهر على كل منها ست حديدات قبيسة الشكل Bunodont وهذا ما يدل على أن هذا الجنس كان من أكلات العشب واللحم . تصبح الأضراس الأمامية والخلفية متشابهة بدءاً من الأشكال الأوليغوسيدية، تطراً على سطحها تحولات تدريجية ممثلة باتحاد الحديدات التي تشكل حروفاً متطاوله تفصلها أخاديد بحيث تتكيف مع النظام الغذائي الملازم للأوراق النباتية الطرية (الشكل ٣ - ١١) . أما بدءاً من الميوسين فتصبح الأسنان عالية Hypsodont وذات نمو مستمر، وتلاحظ بوضوح في أسنان الجنس ميريكيوس .

وتدل هذه التحولات بدون شك على تكيف الحيوان الواضح مع النظام
الغذائي العشبي .

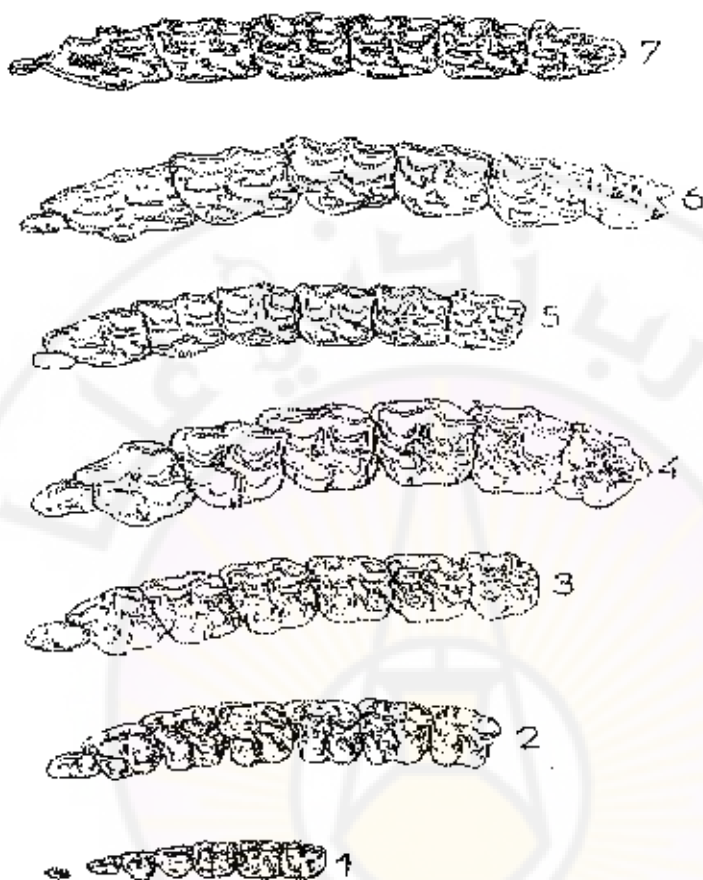


الشكل (٣-١٠) يمثل تطور الطرف الأمامي لبعض أجناس الخيليات خلال تطورها .

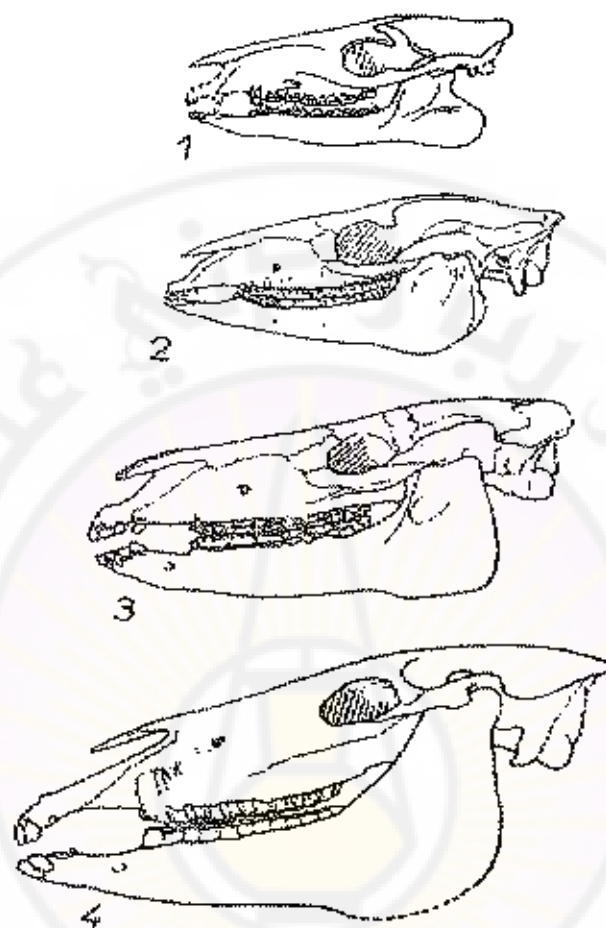
١- الجنس ميوهيبوس *Eohippus* - ٢- الجنس ميوهيبوس *Miohippus*

٣- الجنس باراهيبوس *Parahippus* - ٤- الجنس بليوهيبوس *Pliohippus*

٥- الجنس إيكبوس *Equus* (الحصان الحالي) .



- الشكل (١١-٣) يمثل تطور النمط السنّي في بعض أجناس فصيلة الخيليات
- ١- الجنس ايوهيبوس ٢- الجنس ميزوهيبوس ٣- الجنس ميوهيبوس
- ٥- الجنس ياراهيبوس ٥- الجنس ميريكيبوس ٦- الجنس بتيوهيبوس
- ٧- الجنس ايكبوس (الحصان الحالي) .



الشكل (١٢-٣) يمثل تطور الجمجمة في بعض أجناس الخيليات
 ١- الجنس إيوهيوس ٢- الجنس ميزوهيوس ٣- الجنس باراهيوس
 ٤- الجنس بليوهيوس -

٥- طرأت زيادة تدرجية على حجم الجمجمة والدماغ (الشكل ٣ - ١٢) ، وتطاول الوجه بسرعة نحو الأمام بدءاً من الجنس ايوهيبوس حتى الحصان الحالي .

هذا وقد أعطى الفرع التطوري الرئيسي فروعاً جانبية هاجرت إلى أوروبا وآسيا وأمريكا الجنوبية ، وتطورت في اتجاهات خاصة ، غير أنها انقرضت جميعها دون أن تعطي أحفاداً تمثلها في العصر الحالي . فقد أعطى الجنس ميوهيبوس *Miohippus* فروعاً جانبية عاشت في الميوسين تمثلها بعض الأجناس نذكر منها الجنس أنكيتريوم *Anchitherium* والجنس هيبوهيبوس *Hipohippus* وهما من الأشكال الثلاثية الأصابع . كما أعطى الجنس ميريكيبوس *Merychippus* فروعاً جانبية أخرى تمثلها بعض الأجناس نذكر منها الجنس هيباريون *Hipparion* وهو من الأشكال التي لها أطراف ثلاثية الأصابع . هاجر هذا الجنس من أمريكا ووصل إلى آسيا في نهاية الميوسين ، وشكل قطعاناً متعددة في البليوسين وانقرض في نهايته .

تدل نتائج دراسة الفروع التطورية أن التطور يتم دائماً ببطء شديد ، وأن التحولات الهامة لا يمكن أن تتوضح إلا إذا كان هذا التطور يحصل خلال أدوار جيولوجية عديدة . ولقد رأينا أن فوارة الباليودين الملساء تتطلب أكثر من (١٠٠,٠٠٠) سنة حتى تكتسب سلسلة من الحروف البارزة ، وأن الايوهيبوس لم يصبح حصاناً إلا بعد ٦٤ مليون سنة على الأقل ، وأن تطور الأمونيات قد استغرق حقب الميزوزوي بكامله ، أي ما يعادل ١٦٥ مليون سنة .

تطور العالم الحي

إن الوسيلة الوحيدة لاستخلاص تاريخ طبقات الأرض ، هي دراسة المتحجرات من مخلفات العالم الحيواني والنباتي ، التي كانت تعيش فيها . فهي تسمح بإعطائنا معلومات قيمة حول توزيع أشكاله القديمة وتطورها الزمني . فالشيء الذي يسترعي الانتباه هو ظهور مجموعات هذه الكائنات حسب ترتيب معين يتبع التخصص المستمر والتدريج .

ففي الصخور الحاوية على مستحاثات ، نجد المستحاثات المباشرة التي نستخلص منها تاريخها ، غير أن الطبقات القديمة المجردة من المستحاثات يجعل تفسيرها قائماً على مجرد الحدس والتخمين .

فقد طرأت على الأراضي ما قبل الكامبرية تشوهات كبيرة ، كما رأينا نتيجة درجات الحرارة العالية والضغط ، خربت تقريباً كل بقايا المتعضيات التي كان من المحتمل أن توجد فيها . ولهذا فإن هذه الأراضي على الرغم من ثخانتها لا تحوي إلا آثاراً محدودة جداً من البقايا قد أمكن معرفتها وكلها من أصل بحري . فهي مؤلفة من حيوانات بدائية التطور نسبياً كمعويات الجوف والديدان وهياكل السوطيات والشعاعيات وشوكيات الاسفنجيات .

إن الشواهد المباشرة المستمدة من المستحاثات تبدأ بالدور الكامبري ، وهو الدور الأول من حقبة الحياة القديمة . فقد كانت الحيوانات اللاقارية متنوعة مؤلفة من الديدان والأصداف ومعديات الأرجل ورؤسيات الأرجل الخ . ومن أشهر هذه الحيوانات القديمة ثلاثيات الفصوص Trilobites من مفصليات الأرجل الأولى ، والمرجانيات التي كونت الأرصفة المرجانية فسي البحار الكامبرية .

وأول حقيقة تلفت النظر هي أن مجموعات كثيرة من الحيوانات اللاقارية كانت قد وجدت بالفعل ، غير أنه لم يعرف في الدور الكمبري شيء من الحيوانات الفقرية ، - وحسب نظرية التطور - فإن جميع هذه الحيوانات اللاقارية الكمبرية قد انحدرت من أصل واحد مشترك ، بعد أن قطعت مراحل طويلة من التطور . استغرقت عدة أحقاب . ويقدر طول الزمن الذي انقضى من بداية حقب الحياة القديمة ، وبين عصرنا الحالي بوجه عام بحوالي ٦٠٠ مليون سنة ، ويتفق هذا مع العمر المطلق المستخرج من الصخور ذات النشاط الإشعاعي . غير أن كثيراً من العلماء يرون أن تطور الحيوان الكمبري قد احتاج إلى مدة تعادل أكثر من ضعفي المدة بين الدور الكمبري وأيامنا هذه .

ولكم طالت دهشة علماء الستراتيغرافيا من عسدم عثورهم على آثار واضحة من أجداد الحيوان الكمبري في صخور الحقب السابق له ، فقد كان من المنتظر أن يحتفظ الكثير من هذه الصخور بما دفن فيه من أصداف وفواقع مرجانيات على هيئة مستحاثات . ويظهر أن عدم وجود المستحاثات في صخور الأحقاب قبل الكمبرية التي لم يصبها التشنويه والتحول ، يدل على أنه لم يعيش في ذلك الوقت من الحيوان ما له أجزاء صلبة يمكن أن تبقى آثارها على شكل مستحاثات . ولا بد أن تكون أحوال العالم في بداية حقب الحياة القديمة قد طرأ عليها من التغير ، ما حمل كثيراً من أنواع الحيوان على أن تتروذ بأصداف وهياكل خارجية وما إليها من وسائل الدفاع لأن أهم وظائف القوقعة أو الصدفة أو الهيكل الخارجي هو حماية صاحبها من اللواحم. وتردد مقاومة هذه الهياكل الخارجية بما ينمو عليها من الإبر والأشواك ، وما إليها من الزوائد الصلبة المسننة ، التي لها أثر في الدفاع ما للأسلاك الشائكة والأوتاد التي تحيط بالحصون .

ويظهر أيضاً أن الحيوانات الأولى كانت تعتمد على نمط غذائي نباتي ، ولما كانت كلها من أكلات العشب ، فإنها لم تكن بحاجة إلى الهياكل الخارجية وما إليها من وسائل الدفاع . وفي نهاية الحقب ما قبل الكامبري ظهرت مجموعة من الحيوانات ولعلها أجداد ثلاثيات الفصوص التي تكيفت مع الغذاء الحيواني . فقد كان الطعام عندئذ وفيراً - على ما يظهر - بحيث أدى إلى تكاثر الحيوانات أكلات اللحم بسرعة ، فزادت قوتها وأصبحت لها السيادة على غيرها . وكان تكاثرها المستمر على هذا النحو منذراً بقاء الأحياء الأخرى التي لم تعد نفسها إعداداً يمكنها من الدفاع عن نفسها . فأمن بعضها بالاختباء في الطين وجعل بعضها ، كالإسفنج أنسجته الرخوة مؤذية لا تصلح غذاء بما نبتت عليها من الأشواك والإبر التي تلهب الفم والجهاز الهضمي في كل حيوان يلتهمها . أما البعض الثالث فكان يحيط أجزاءه الرخوة بهيكل خارجي صلب أو بطبقة من القشور والحراشف ، وحافظ غيرها على وجوده باكتسابه القدرة على الحركة السريعة . وعلى هذا فإن ظهور هذه الجماعات الكثيرة من المستحاثات في بداية حقب الحياة القديمة يدل على أنها نتجت عن حيوانات بدائية ، يجب التفنيس عن أصولها وأجدادها في الحقب ما قبل الكامبري .

واعتباراً من الدور السيلوري تتبدل الزمر التي كانت في الكامبري وتتكامل . فالزنبقيات مثلاً تتعدد ، وثلاثيات الفصوص تعطي أشكالاً يزداد اختلافها وتنوعها . والنوتيليات تتنوع من بين الرخويات رأسيات الأرجل . وتظهر في الدور السيلوري الأعلى العقارب التي انتقلت إلى اليابسة ، كما تظهر أيضاً الحيوانات الفقرية بظهور الأسماك قوقعيات الأدمة التي تنتسب لعديمت الفك .

ونجد في هذا الدور، الشاهد الأول المباشر على وجود النبات الأرضي ذي الأبواغ، وهذا التطور في النباتات الأرضية قد يسر الحياة للحشرات التي عثر في السيلوري على أقدم ممثلها .

وفي الدور الديفوني تبرز أنماط جديدة من الأمونيات ، وتظهر صفيحات الأدمة، وهي أسماك ذات هيكل غضروفي تدعمه صفيحات هيكلية أدمية . وفي الديفوني الأعلى تظهر الأسماك الغضروفية .

أما في دوري الكربوني والبرمي فقد ظهرت الأسماك العظمية ، غير أنها لا تزال تحتفظ ببنيات قديمة . كما تطورت الحيوانات الفقرية رباعيات الأرجل الأولى ، وهي سقفيات القحف التي ظهرت في الديفوني العلوي ، ويرى في البرمي أن طلائع الزواحف والزواحف ثدييات الشكل تبدأ بأشكال صغيرة القدر أرضية الطباع ، بينما تختفي سقفيات القحف ، وسرعان ما تتجه الزواحف ثدييات الشكل نحو التعضي الثديي .

ويشهد حقب الميزوزوي انحطاط شوكلات الجاد ذات الساق (الزنبقيات) وانتشار الأشكال الحرة وبلوغ الأمونيات ذروتها ، وتختفي ثلاثيات الفصوص. وتظهر في هذا الحقب القشريات العليا ، وتتطور الحشرات والأسماك العظمية التي تحل محل الأسماك الغضروفية . ويشهد هذا الحقب انتشار الزواحف انتشاراً كبيراً ، حيث دعت إلى اليابسة وإلى البحار والهواء بأشكال ضخمة عملاقة . أما الثدييات الأولى فمعروفة في الجوراسي وهي من أحجام صغيرة لا تزال تحوي على صفات انتقالية . بينما لم تظهر الثدييات المشيمية إلا في الدور الكريتاسي . وأما أقدم الطيور فقد وجدت في الجوراسي العلوي ، وتمايزت في نهاية الكريتاسي .

أما في حقب الكينوزوي فقد اختفت الزواحف العملاقة كلها وتمسايزت الثدييات التي انتشرت في هذا الحقب انتشاراً كبيراً ، حيث تشكلت رتبها كلها تقريباً ، وفي عصر البلمستوسين ظهر الانسان على مسرح الأرض بعد أن تقدمته رئيسات كبيرة .

ويقدم العالم النباتي أمثلة مشابهة ، فقد سبقته خفيات الالقاح ظاهرات الالقاح ، وهذه الأخيرة قد بدأت بظهور عاريات البذور التي سبقته كأساسيات البذور أو النباتات الزهرية .

هذا ولا يظهر السجل المستحاثي نشوء المجموعات الرئيسية وتركيزها في زمن محدد فحسب ، بل يظهر أيضاً مصيرها النهائي المقدر حيث تنزع المتعضيات للانقراض في وقت واحد انقراضاً مفاجئاً نسبياً وواسع الانتشار . كان يتبع أزمة الانقراض أو الانطفاء علاوة على ذلك أزمة من التشعب التطوري السريع ، وهذا ما يشير إلى أن البيئات الشاغرة التي خلفتها الحيوانات والنباتات المنقرضة وراءها قد هيأت مكاناً نموذجياً لاختبسات تطورية جديدة .

فقد حصلت معظم حوادث الانقراض المثيرة قرب نهاية الدور البرمي الذي يفصل بين حقبي الباليوزوي والميزوزوي ، وفي نهاية الدور الكرييناسي الذي يفصل بين حقبي الميزوزوي والكينوزوي ، غير أنه حصلت أيضاً حوادث انقراض ثانوية عند الحدود الفاصلة بين وحدات جيولوجية أصغر من الحقب . وقد أدت حوادث الانقراض الواسعة الانتشار إلى تغيرات واضحة في السجل المستحاثي استعملت بحسب التقاليد المتبعة ، كما سنرى ، في تمييز الوحدات الزمنية الجيولوجية .

إن أسباب حوادث الانقراض المتكررة في فترات منتظمة هي أسباب
غامضة ، مثلها في ذلك أسباب حوادث التشعب التطوري ، ويظهر أن لهذه
الحوادث علاقة أكيدة بتغير بيئات الأرض .



الفصل الرابع

علاقة علم المستحاثات بعلم الطبقة

يهتم الستراتغرافي بمعرفة الأحداث الجيولوجية التي تتابعت على الكوكب الذي نعيش عليه منذ نشأته حتى العصر الحالي . من أجل ذلك ، يتعين عليه التعرف على الترتيب الزمني الذي تظاهرت فيه تلك الأحداث ، وهو ما يعرف بالتأريخ النسبي . أما التأريخ المطلق فهو تحديد الأعمار الزمنية للأحداث ، أي الزمن الذي مضى على حدوثها .

١- التأريخ النسبي :

تمثل كل تشكيلة رسوبية جزءاً على الأقل من الزمن الذي تم فيه توضع الطبقات المتتابعة في هذه التشكيلة . كما أنها تمثل الترتيب الزمني لتدخل الأحداث الجيولوجية التي تحمل التشكيلة بصماتها . وعليه فسلن التشكيلة الرسوبية شاهد مباشر على الفترة الزمنية الموافقة من التأريخ الجيولوجي . غير أن انقطاعات الترسيب المتعددة والمتنوعة التي تشاهد في التشكيلة الرسوبية الواحدة تجعل جزءاً من هذا الزمن الجيولوجي غير ممثل بما يقابله من الرسوبات . وعندما يكون الانقطاع قصيراً جداً (عدة آلاف من السنين) يتم إهماله مقارنة مع الأزمنة الجيولوجية التي تكون وحدة قياس الزمن فيها مليون سنة . ولكن الأمر مختلف جداً عندما يتعلق بانقطاع أعظمي ، أي بانقطاع يتعلق بغمر قارة ، أو بنهوض سلسلة جبلية أو اختفائها .

يقوم مفهوم التأريخ النسبي لحدث جيولوجي على تحديد ما إذا كان هذا الحدث أقدم أو أحدث من حدث آخر . ومن أجل إقامة هذا التأريخ النسبي ،

تستند المترافقا إلى الصفات الليتولوجية والصفات الباليونتولوجية للتشكيلات الصخرية .

إن الصفات الليتولوجية المستخدمة في التعرف على ترتيب تدخّل الأحداث الجيولوجية المتتابعة يستند بعضها إلى تنضد الطبقات المكونة للتشكيلات الرسوبية المتطبقة . ويستند بعضها الآخر إلى هندسة العلاقات التي قد توجد على مستوى سطح الانقطاع الذي يفصل جسمين رسوبيين متتابعين .

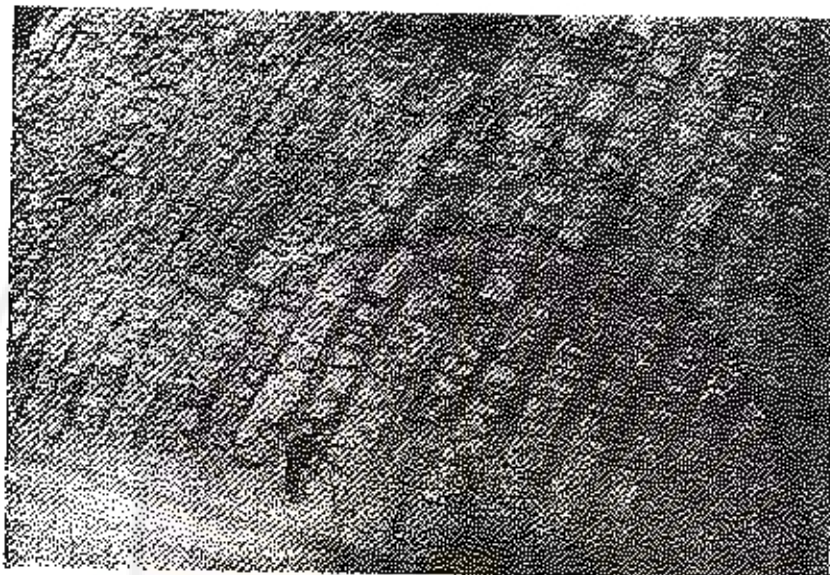
أما الصفات الباليونتولوجية المستخدمة في التعرف على ترتيب تدخّل الأحداث الجيولوجية المتتابعة ، فتتعلق بتطور الكائنات الحية ، وبخصائص هذا التطور الذي تحفظ طبقات التشكيلات الرسوبية شواهد عنه في صلابتها وهي بمثابة هويتها الباليونتولوجية .

١-١ مبدأ تنضد الطبقات :

في تشكيلة رسوبية متطبقة خالية من التشوهات ، تكون كل طبقة فيها أحدث من الطبقة التي تحتملها وأقدم من الطبقة التي فوقها . وتستنتج هذه البديهية عن الظاهرة الرسوبية نفسها ، وعلى وجه التحديد من الدور الحاسم الذي تلعبه النقاة في هذه الظاهرة . وهو ما يعرف بمبدأ تنضد الطبقات الرسوبية أو مبدأ التنضد (Principe de superposition) ، (شكل ١ - ٤) .

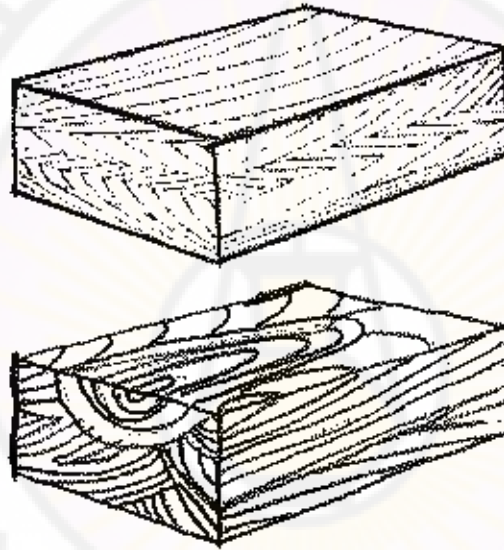
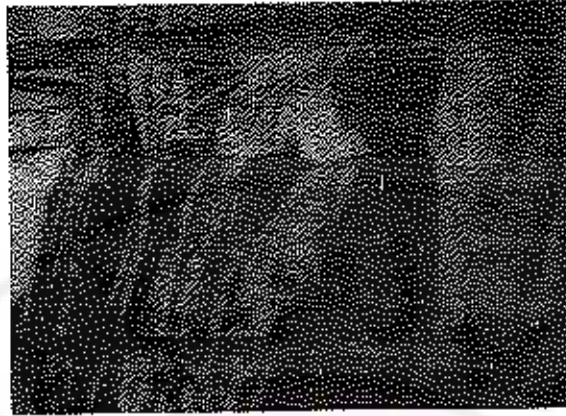
يتعرض هذا المبدأ إلى بعض الاستثناءات عندما تتدخل في توضع التشكيلات الرسوبية عوامل غير عامل النقاة ، أو عندما تصيب التشكيلات الرسوبية تشوهات تكتونية عنيفة .

عندما يخضع الترسيب إلى تيارات عنيفة جارفة أشد قوة من الثقالة ، أي عندما يكون الوسط الرسوبي مضطرباً وذا طاقة عالية ، وبخاصة عندما يتعلق الأمر بمجالات مائية ضعيفة



الشكل (٤ - ١) تلّصّد طبقات كلسية متناوبة مع طبقات مارتية . (١. لومبارد) .

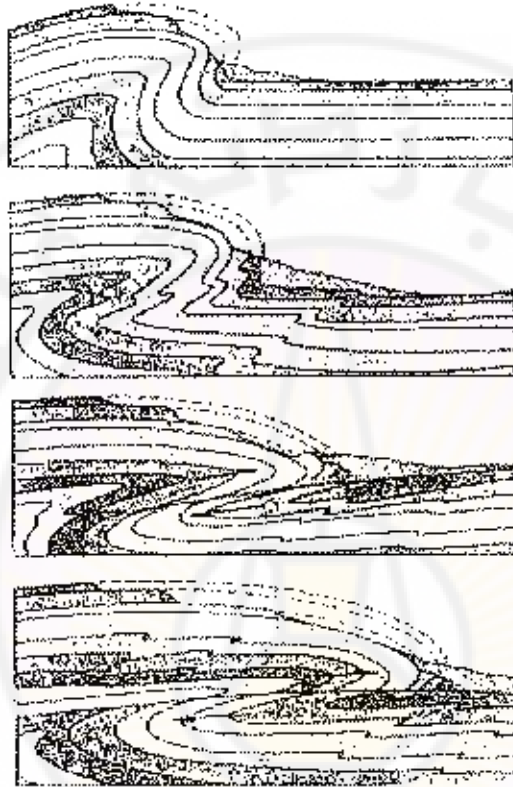
العمق أو ذات قاع شديد الانحدار ، فإن التوضعات المتتابعة يرتصف بعضها إلى جانب بعض في تزايد جانبي تحت تأثير التيارات الحاملة لهذه التوضعات (شكل ٤ - ٢) . وعليه فإن الرسوبات الواقعة على الخط الأفقي نفسه ليست متزامنة . ولا يمكن في هذه الحالة تطبيق مبدأ التّصّدد .



الشكل (٤ - ٢) التوضع المتصائب في ارسويات .

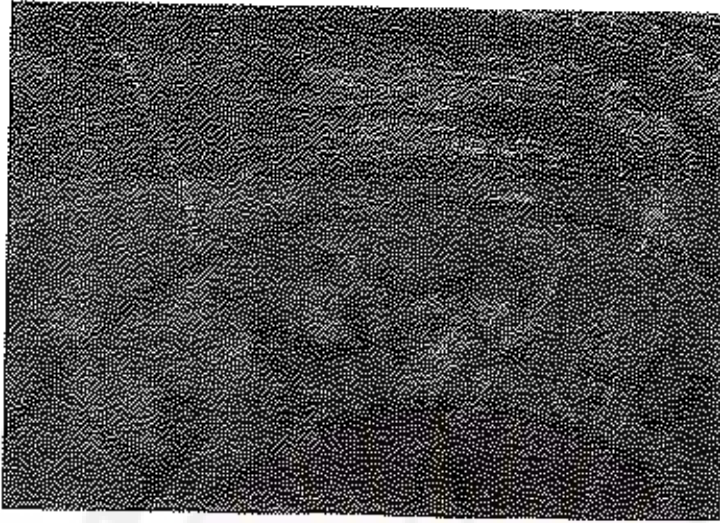
كما أن الحركات التكتونية التي نشوه وضعية التشكيلات الرسوبية وبخاصة الحركات العنيفة التي تؤدي إلى انقلاب التشكيلات (شكل ٤ - ٣ ، ٤) ، فإنها تحول دون تطبيق مبدأ التتضد . وعليه ينبغي اللجوء في مثل هذه الحالات إلى قرائن الاستقطابية الرسوبية ، كرسوم سطح الطبقات ، والتصنيف الحبيبي الشاقولي ، أو رسوم تقاطع سطوح التعطيق لكشف انقلابات قد تكسبون

التشكيلات قد تعرضت لها ، وعندما يصبح بالإمكان تطبيق مبدأ التتضد ، ولكن بالمقلوب ، إذا جاز التعبير .



الشكل (٤ - ٣) تراكب يعكس ظاهرياً مبدأ تتضد الطبقات .

من الواضح أن كل ظاهرة جيولوجية توجد تأثيراتها مستحاثاً في رسوبات ما هي سابقة لتوضع هذه الرسوبات ولاحقة لأحدث الطبقات التي تحمل بصماتها . وهذه البدهية هي امتداد لمبدأ التتضد .



الشكل (٤ - ٤) طية منقلبة .
ينعكس ظاهرياً فيها مبدأ تنضد الطبقات (هـ . ل. ليفين) .

٢-١ مبدأ الاستمرار :

ينص هذا المبدأ على أن للطبقة الواحدة عمراً واحداً في أي مكان وجدت فيه .

من السهل التعرف على الطبقة الواحدة من الرسوبات إذا كانت الإحاطة بانتشارها الجغرافي ممكنة عن طريق النظر أو على مقياس التكشف . أما في حالة الطبقات التي لا يمكن الإحاطة بكامل انتشارها الجغرافي فسي المشهد العام، فلا يمكن تحديد انتشار هذه الطبقات إلا من خلال دراسة المقاطع وإقامة الترابط بينها ، شريطة أن تكون محتفظة بسائر خصائصها الليتولوجية . وقد أدخل من أجل ذلك مفهوم التشكيلة (Formation) ، ولكن هذا الشرط عرضة للتغير والتبدل . وليست التشكيلات الرسوبية ذات الصفات الليتولوجية

الواحدة منزلة بالضرورة ، لحل هذه المسألة لا بد من الاعتماد على الخصائص الباليونتولوجية للطبقات ، وهي ما يعرف بالهوية الباليونتولوجية .

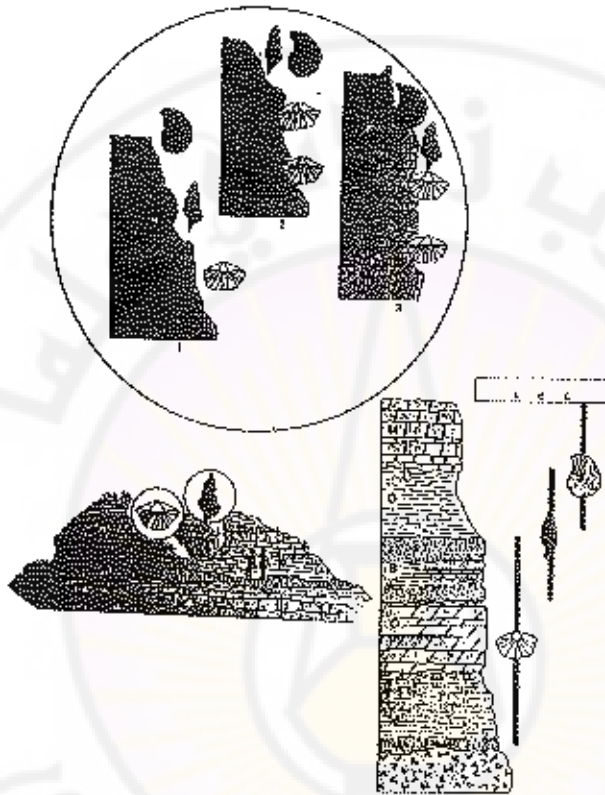
٣-١ مبدأ الهوية الباليونتولوجية :

إن الصفات الباليونتولوجية المستخدمة في التعرف على ترتيب تسلسل الأحداث الجيولوجية المتتابعة وإقامة السلم الستراتغرافي تتعلق بتطور الكائنات الحية . فهذه الكائنات التي تعاقبت على سطح الأرض قد تغيرت مع الزمن . وهذا التغير تابع غير عكسي للزمن الماضي . وعليه فإن المستحاثات المحفوظة في صلب التشكيلات الرسوبية بإمكانها أن تحدد الترتيب الزمني لكل منها ، وبالتالي تحديد العمر النسبي لها شريطة أن تكون تلك المستحاثات معاصرة لترتيب التشكيلات وليست منقحة ، وأن يكون وجودها مقتصر على تلك التشكيلات ، أي أن تكون مميزة لها ومحددة لهويتها ، (شكل ٤ - ٥) .

من المهم أن نشير هنا إلى أن المستحاثات المميزة لتشكيلة رسوبية هي المستحاثات ذات العمر الزمني المحدود ، والانتشار الجغرافي الواسع . وكما كان المدى الزمني للمستحاثات قصيراً كانت أهميتها كبيرة فهي تسأريخ دقيق لتشكيلة الرسوبية التي تحتويها ، ويساعد انتشارها الجغرافي الواسع على إقامة ترابطات مع مناطق بعيدة . وهذه المستحاثات هي التي كانت تمتلك وسائل تنقل تسمح لها بقطع مسافات كبيرة ، أو تلك التي لا تتأثر كثيراً بتبدلات الوسط وتستطيع العيش في بيئات متعددة .

لقد أعطت بعض المجموعات الحية وحدات عديدة من المستحاثات المميزة ، كالتريلوبيات والغرابتوليتات ورأسيات الأرجل أما المنخربات ومنعضيات دقيقة أخرى فتستخدم على نطاق واسع كمستحاثات مميزة . ولقد سمحت هذه المجموعات المختلفة من المستحاثات المميزة بتقسيم الأراضي المستحاثية منذ أراضى الحقبة الأول وحتى أراضى العصر الحالي في تتابع

من النطاقات البيوستراتغرافية يركز كل منها إلى مسحاتة مميزة . ويدعى لتتابع هذه النطاقات في مكان معين بالسلم الباليونتولوجي .



الشكل (٤ - ٥) استخدام المستحاثات في تاريخ الوحدات الصخرية (هـ : ن. ليفين) .

يعتمد الستراتغرافيون عادة على مجموعة من المستحاثات المميزة من أجل إقامة سلم ستراتغرافي واسع ، لأن مجموعة من الأشكال هو بالتأكيد أكثر تمييزاً لمستوى رسوبي من شكل منفرد . ففي شريحة معينة من الرسوبات

يمكن مبدئياً أن نجد أشكالاً ليست معروفة إلا في هذه الشريحة ، ولكنها مؤهلة لأن تشغلها على نطاق واسع وتكون غزيرة فيها وذات دلالة .

إن الصفات الباليونتولوجية وحدها في الواقع ، هي التي تسمح بإقامة سلم للتأريخ النسبي ، أي السلم الستراتغرافي الذي يضم مجموع الأزمنة الجيولوجية منذ الكامبري على الأقل ، وهي التي تسمح بتحديد موقع القطاع المدروس في الزمان ، مهما كانت وضعيته على الأرض ، وذلك بمقابلته مع هذا السلم . فالتأريخ النسبي في الستراتغرافيا يبدو هكذا ، وكأنه من صنع الباليونتولوجيين .

الأهمية الطبقيّة للمستحاثات الكبيرة :

أ - النباتات :

استعملت بعض النباتات المستحاثية العائدة إلى مجموعة خفيات اللقاح الوعائية (Cryptogams) في تقسيم الدور الكربوني ، إذ تعد بعض أنواع السراخس وجناحيات البذور مستحاثات مميزة لهذا الدور . أما بقية النباتات المستحاثية فليس لها أهمية في الدراسات الستراتغرافية ولا تعد مستحاثات مميزة .

ب - الحيوانات :

هنالك مجموعات عديدة من الحيوانات تعد ، على العكس ، مستحاثات مميزة فمجموعة الأركيوسياتيده (Archaeocyathids) التي هي مجموعة قريبة من الاسفنجيات ، تميز الدور الكامبري ، وبعض المرجانيات الباليوزوية تميز طوابق الباليوزوي ، حتى أن بعض الأجناس مثل الجنس كانينييا *Caninia* والجنس زافرننتيس *Zaphrentis* والجنس سيمينولا *Seminula* استعملت في إقامة نطاقات بالكربوني الأسفل ، وتعد الغرابتوليتات (Graptolites) هامة في تقسيم السيلوري ، كما استعملت

أنسواع مجموعتي السبيريفريده (Speriferidae) والبرودوكتيدا (Productidae) من عضديات الأرجل ، فسي تقسيم دوري السديفوني والكربوني .

وأما مجموعة الأمونيات فتعد من أهم مجموعات رأسيات الأرجل من الناحية الستراتغرافية إذ أن أنواع الكليمنيديدا (Clymeniida) استعملت لإقامة نطاقات السديفوني الأعلى واستعملت أنواع الغونياتيتيدا (Goniatitida) في تقسيم السديفوني والكربوني والبرمي وأنواع السيراتيتيدا (Ceratitida) في تقسيم الدور الترياسي . واعتمد في تقسيم الجوراسي والكربتاسي وترابط طبقاتها على الأمونيتيدا (Ammonitida) ، وقد استخدمت أيضاً مجموعة البلمنيتيدا (Belemnitida) من رأسيات الأرجل في تمييز هذين الدورين . وأما معديات الأرجل وصفحيات الغلاصم فلم تستعمل إلا محلياً فسي تقسيم أدوار الحقب الثالث . وتعد التريلوبيتات (ثلاثيات الفصوص) المجموعة الوحيدة من مفصليات الأرجل التي لها أهمية ستراتغرافية ، إذ وجدت بكثرة في الكامبري والسيلوري والسديفوني وانقرضت في نهاية الباليوزوي . وأما شوكيات الجلد وخاصة القنفذانيات فقد استعملت كمستحاثات جيدة محلياً ، في حال غياب أفراد مجموعة الأمونيتيدا ، لتقسيم بعض مسحقات الجوراسي والكربتاسي .

وأما الزواحف فلها أهمية ستراتغرافية محدودة ومحلية حيث استعملت بقاياها في تمييز ستة نطاقات في دوري البرمي والترياسي في جنوبي أفريقيا . وأخيراً فإن الثدييات استعملت في تحديد أعمار بعض التشكيلات القارية العائدة للحقب الثالث (الكينوزوي) .

الأهمية الطبقيّة للمستحاثات المجهرية :

يؤدي الحفر العميق بصورة عامة إلى تخريب المستحاثات الكبيرة التي نحترقها أجهزة الحفر مما يؤدي إلى عدم إمكانية استعمالها في تحديد أعمار الطبقات الرسوبية الحاوية عليها، غير أن معظم المستحاثات المجهرية تبقى في نواتج الحفر كاملة بدون تخريب حيث تطور استعمالها في عِلم الطبقة تطورا كبيرا بفضل شركات النفط التي اعتمدت عليها في تعيين أعمار الطبقات العميقة، وتحديد المستويات الطبقيّة التي يتوصل إليها الحفر .

اعتمد علماء المستحاثات المجهرية في البداية على المنخرات ، غير أن مجموعات المستحاثات المجهرية الحيوانية والنباتية المستعملة حالياً في علم الطبقة هي كثيرة ومتعددة نذكر منها :

أ - المستحاثات النباتية المجهرية :

إن المستحاثات النباتية المجهرية التي لها قيمة ستراتغرافية هي قليلة نسبياً شأنها في ذلك شأن مستحاثاتها الكبيرة ، ومع هذا توجد بعض الأنواع التي استعملت محلياً في تحديد أعمار الطبقات الحاوية عليها . فقد استعملت مثلاً حبات الكارا Chara محلياً (وهي عناصر التكاثر في مجموعة الكاروفيت Charophyta) لتحديد بعض المستويات في الصخور الرسوبية. كما استعملت حبوب الإلقاح والأبواغ في تحديد مستويات الحقب الرابع ومستويات الطبقات الغنية بالفحم الحجري، وفي ترابط الطبقات الحاوية عليها مع بعضها ، إذ تعد الطبقات الحاوية على أشكال متماثلة من حبوب الإلقاح والأبواغ متواقة فيما بينها .

ب - المستحاثات الحيوانية المجهرية :

تفيد غزارة المستحاثات الحيوانية المجهرية في كل الطبقات وتوزعها الجغرافي الواسع لأشكالها المعلقة في استعمالها في تعيين أعمار الطبقات

الحاوية عليها وترابطها مع بعضها . تمثل المنخرجات أهم مجموعات
المستحاثات المجهرية التي استعملت في إقامة السلم الزمني وخاصة الأشكال
العوالق منها . فقد استعملت على النطاق العالمي مجموعة الفوربولينات
Fusulinidae في تحديد مستويات دوري البرمي والكربوني ، واستعملت
مجموعة الغلوبوترونكانيسده Globotruncanidae في تحديد نطاقات
الكريتاسي الأعلى ، ومجموعة الغلوبوروتاليد Globorotalidae في تحديد
نطاقات دوري الباليوجين والنيوجين . وتوجد بالإضافة إلى المجموعات
المذكورة بعض الفصائل من المنخرجات التي لها أهمية محلية ، إذ استعملت
مجموعة الأوربيتولينيد Orbitolinidae في تحديد مستويات محددة من
الكريتاسي ، ومجموعة الأوربيتونيد Orbitoididae في تحديد مستويات من
الكريتاسي الأعلى ، والأوسين ، ومجموعة النوموليتيد Nummulitidae
للدلالة على الباليوجين ، حيث استعملت أنواعها المختلفة في تحديد مستوياته ،
واستعملت الألفيولينيد Alveolinidae في تحديد مستويات من الكريتاسي
حتى الميوسين ، وتعد مجموعة التينيتيد Tintinids من الهديات هامة في
تحديد مستويات في الجوراسي الأعلى حتى الكريتاسي الأسفل ، كما تعد
مجموعة الكوكوليثات Cocoliths والديسكوأستريد Discoasterids
من الموطيات هامة في الكريتاسي الأعلى والباليوجين والنيوجين .
وهناك مجموعة هامة من المستحاثات المجهرية وهي الأوستراكودا
التي تنتمي إلى القشريات الصغيرة ، والتي تتميز بقوقعة مؤلفة من مصراعين
استعملت أجناسها وأنواعها المتعددة في تحديد المستويات الطبقيّة بدءاً من
الأوردويسي . وأخيراً هنالك مجموعة الكونودونت Conodonts وهي
مستحاثات مجهرية بشكل أسنان لم تعرف بالضبط علاقاتها مع المجموعات
الحيوانية قد استعملت أشكالها المتعددة في تحديد مستويات من الدور
الديفوني .

يمكن أن نستنتج مما سبق أن المستحاثات المجهرية قد اكتسبت في الدراسات الستراتغرافية أهمية متزايدة نظراً لغزارتها وانتشارها الجغرافي الواسع في الطبقات الرسوبية .

التقسيمات الستراتغرافية :

ينقسم تاريخ الأرض من حيث الزمن النسبي إلى عدد من المراحل الكبرى يتصف كل منها بسيطرة كائنات حيوانية أو نباتية معينة ، وتتميز هذه المراحل بعضها عن البعض بتغيرات عالمية كبيرة قد طرأت على توزع البر والبحر نتيجة للحركات المولدة للجبال ، ويقال لهذه المراحل الأحقاب الجيولوجية .

فقد تم تمييز حقب الأركيوزوي (حقب الحياة البدائية) وحقب البروتيروزوي (حقب فجر الحياة الأولى) وحقب الباليوزوي (حقب الحياة القديمة) وحقب الميزوزوي (حقب الحياة المتوسطة) وأخيراً حقب الكينوزوي أو السينوزوي (حقب الحياة الحديثة) .

وتقسم الأحقاب إلى أدوار ، والأدوار إلى عصور ، والعصور إلى أعمار . أما بالنسبة للأراضي الرسوبية التي تشكلت خلال حقب واحد ، فيقال لها الايراثيم ، وتقسّم الايراثيم إلى منظومات ، والمنظومة إلى زمر ، والزمرة إلى طباق ، وهي تقابل بالتسلسل التقسيم الزمني الآنف الذكر .

ويمكن تلخيص هذه التقسيمات بالجدول التالي :

الوحدات الزمنية	الوحدات الصخرية
الحقب Era	الايراثيم Erathem
الدور Period	المنظومة System
العصر Epoch	الزمرة Serie
العمر Age	الطابق Stage

إن الأحقاب وتقسيماتها تشكل السلم الزمني الجيولوجي ، أما الصخور التي تشكلت خلال هذه الأحقاب وتقسيماتها ، فتشكل العمود الطبقي الجيولوجي. ونورد فيما يلي جدولاً بالتقسيمات الكبيرة مقتصرين على الأحقاب والأدوار مع الأعمار المطلقة الموافقة لكل تقسيم مقدره بملايين السنين ، أما الجدول المفصل للسلم الزمني الجيولوجي الذي يشتمل على العصور والطوابق المختلفة فيمكن الاطلاع عليه في المراجع المتخصصة .

- ١- حقبة الحياة الحديثة (السينوزوي) (٦٤ - ٧٠)
 - أ - الدور الرابع (١,٦ - ١,٧)
 - ب - الدور النيوجين (٢٤)
 - ج - دور الباليوجين (٤١)
- ٢- حقبة الحياة المتوسطة (الحقبة الثاني) (الميزوزوي) (١٦٥ - ١٧٠)
 - أ- دور الكريتاسي (٧٠)
 - ب- دور الجوراسي (٥٥)
 - ج- دور الترياسي (٤٠ - ٤٥)
- ٣- حقبة الحياة القديمة (الحقبة الأول) (الباليوزوي) (٣١٠ - ٣٥٠)
 - أ- دور البرمي (٤٥)
 - ب- دور الكربوني (٧٥ - ٥٥)
 - ج- دور الديفوني (٧٠ - ٥٠)
 - د- دور السيلوري (٧٠ - ٦٠)
 - هـ- دور الاردوفيسي (٣٥ - ٣٠)
 - و- دور الكمبري (٩٠ - ٧٠)
- ٤ - البريكمبري :
 - البروتيزوي (٢٠٠٠ مليون سنة)
 - الأركيوزوي (٤,٦٥ مليون سنة)

الفصل الخامس

علم المستحاثات وعلم البيئة

مقدمة :

للمستحاثات أهمية كبيرة في إعادة بناء الظروف البيئية التي تشكلت فيها الصخور الرسوبية . وجد في البيئة حيوان أو نباتات معروفة يمكننا بالمقارنة افتراض أن مستحاثات هذا الكائن كانت تعيش في ظروف مماثلة . فالقنأف البحرية الحديثة Echinoids على سبيل المثال لا تعيش إلا في مياه البحر وعليه فإن اكتشاف بقاياها حديثاً في صخور رسوبية قديمة يدل على أن هذه الرسوبيات قد تكونت في بيئة بحرية .

وبالتأكيد فإن هذا الأسلوب الاستنتاجي يجعلنا على يقين أكبر عند دراسة الصخور الأحدث عمراً نسبياً والحاوية على مستحاثات ذات شبه كبير بأشكال الحياة الحديثة . وكلما رجعنا إلى الوراء عبر الزمن الجيولوجي فإن تحديد بيانات المجموعات المنقرضة يزداد صعوبة، وفي هذه الحالة تعتمد على المستحاثات المصاحبة لهذه المجموعات، والتي يمكن مقارنتها بأشكال مشابهة لها في الحياة الحديثة أو الحالية وافترض وجودها في ذلك الوقت تحت نفس المعطيات البيئية . وهنا لا يتطلب منا المغالاة في التحليل حيث يحتمل أن تكون كائنات هذه المستحاثات قد عاشت تحت ظروف مختلفة ثم تعرضت فيما بعد للنقل إلى موقع بيئي جديد قبل دفنها ومثال ذلك نقل نباتات برية إلى البحر بفعل مجرى مائي ثم دفنها في الرسوبيات البحرية مسع أحياء تلك البيئة الجديدة.

وتوجد معظم المستحاثات في رسوبات تشكلت في بيئات مائية تشمل المياه العذبة بالأنهار والمستنقعات والبحيرات المالحة والمياه شبه المالحة (الموالية) بمصب الأنهار واللاغونات Lagoons ومياه البحار . وفي كل هذه البيئات تختلف العوامل المؤثرة من ملوحة ودرجة حرارة والضوء والعمق وكمية الأوكسجين والغذاء . وبالطبع فإن ذلك يتم في أشكال الكائنات الحية الموجودة في كل هذه البيئات .

وأي تغيير مفاجيء في هذه العوامل البيئية السابقة الذكر قد يسبب في موت جماعي للكائنات الحية الموجودة في موقع التغيير .

مثال : انخفاض درجة الحرارة بأحد اللاغونات قد ينجم عنه تأثير موجة مسن البرودة غير عادية وقد يحدّد مستقبل وجود أو عدم وجود شكل معسّن مسن الكائنات الحية في بيئة معينة تغييراً بسيطاً في أحد هذه العوامل البيئية المؤثرة من درجة حرارة

العوامل البيئية التي تؤثر في الأوساط البحرية :

الملوحة : يقصد بالملوحة كمية الأملاح الذائبة في الماء والتي من أهمها كلوريد الصوديوم . وإلى حد ما تعتبر ملوحة مياه البحر ثابتة في البحار المفتوحة حيث تقدر بحوالي ٣,٥ % . وتزيد هذه النسبة في البحار المغلقة التي تقع في أماكن ترتفع فيها نسبة البحر . كما تنقص هذه النسبة قسرب مصبات الأنهار حيث تخفف مياه الأنهار هذه النسبة . أما مياه الأنهار ومعظم البحيرات فعادة ما تكون عذبة .

والحيوانات اللاقارية التي يقتصر وجودها على مياه البحر في الوقت الحاضر تشمل عضديات الأرجل وشوكيات الجلد ومعظم الرخويات وخاصة

رأسيات الأرجل، ويمكن أن نخلص إلى أن أسلاف هذه الحيوانات قد عاشت قديماً في بيئة بحرية شكل (٥ - ١).

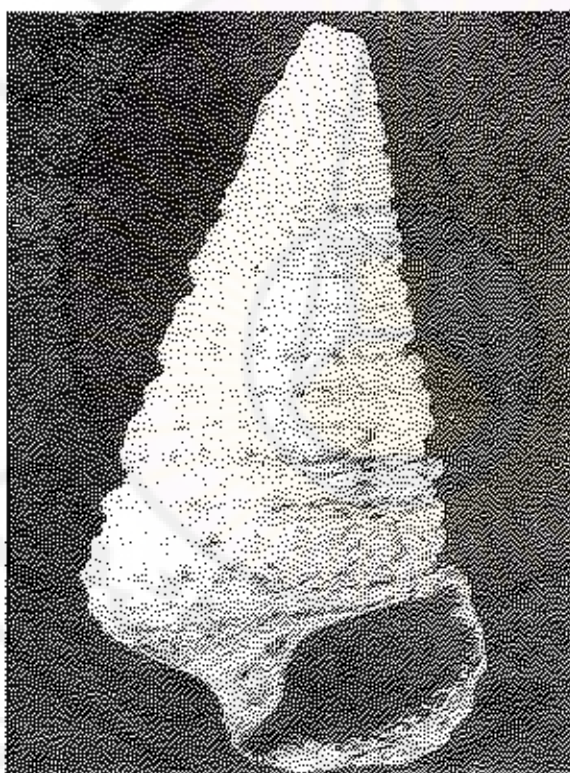


الشكل (٥ - ١) مستحاثات دالة على بيئة بحرية ضحلة ، جنس *Glycymeris* (ذو مصراعين bivalve) يرجع إلى العصر الأيوسيني (5.7 X) .

أما الأشكال التي انقرضت مثال التريلوبيات (ثلاثيات الفصوص Trilobites) فإن مستحاثاتها دائماً ما توجد مع أنماط بحرية معروفة وعليه فإننا نفترض أنها تنتمي بدورها إلى البيئة البحرية.

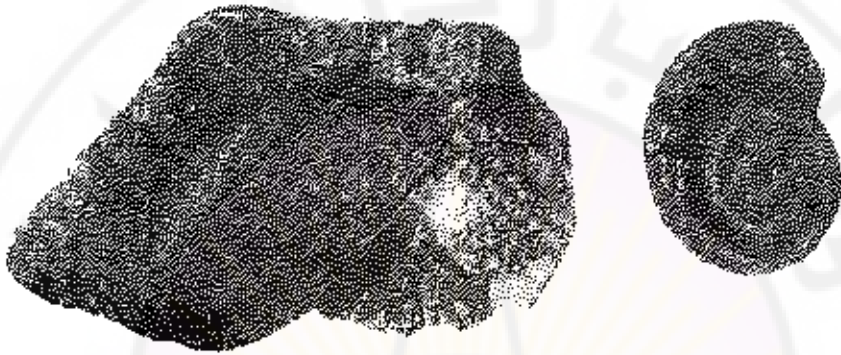
وهناك أشكال من المستحاثات لا يمكن الاعتماد عليها في استنتاج درجة الملوحة التي عاشت فيها . فالأسماك مثلاً قد تكون بحرية وقد تكون عاشت في مياه عذبة في كليهما .

وفي بعض الأحيان تتكيف بعض الحيوانات اللاقارية للمعيشة قرب مصبات الأنهار واللاغونات حيث تختلف الملوحة عن مياه البحر . ويمكن هنا ذكر مثالين أحدهما بلح البحر الشائع الجنس *Mytilus* الذي يوجد عادةً عالقاً بالصخور عند مصبات الأنهار الوحلة، والمثال الآخر الجنس *Potamides* شكل (٥ - ٧) الذي ينتمي إلى معديات الأرجل الذي يعيش بالأخوار وبالبحيرات المويحة عند المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية. وعن وجود هذين الشكلين معاً في أحد الطبقات بسدون مستحاثات بحرية مؤكدة يمكن أن يعزى إلى بيئة مويحة .



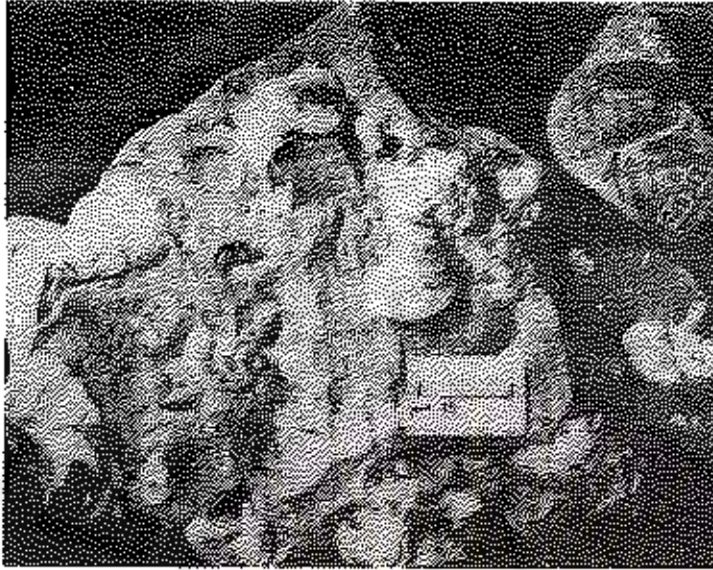
الشكل (٥ ~ ٧) مستحاثة دالة على مياه مويحة ، بوتاميدس فلاجس *Potamides* (معدي الأرجل) ترجع إلى العصر الأوليغوسيني (3 X) .

وفي بعض الأحيان وفي غياب دليل قاطع على البيئة المالحة فإننا نكتفي بالإشارة إلى تلك البيئة بالبحرية مثال الشكلين الموضحين بالشكل (٥ - ٣) والموجودين معاً في طباق الداونتونيان (Downtonian) والتي تنقتر إلى أية أشكال بحرية، مثال ذلك تلك التي توجد في صخور الدور السيلوري من تحتها .



الشكل (٥ - ٣) مستحاثات لا بحرية ، اليمين بلاتيشيزما هيليسايتس *Platyschisma helicites* (معدي الأرجل) ، ومديولوبساس كومبلناتا *Modiolopsis complanata* (ذو مصراعين) ، (2X) .

وتشمل اللاققرات التي تعيش اليوم في المياه العذبة أجناساً معدودة من معديات الأرجل وذوات المصراعين Bivalves . ولهذه الأشكال أمثال لها في السجل المستحاثي وخاصة في الصخور الحديثة نسبياً شكل (٥ - ٤) والتي قد توجد معها مستحاثات للأسماك وبقايا نباتية .

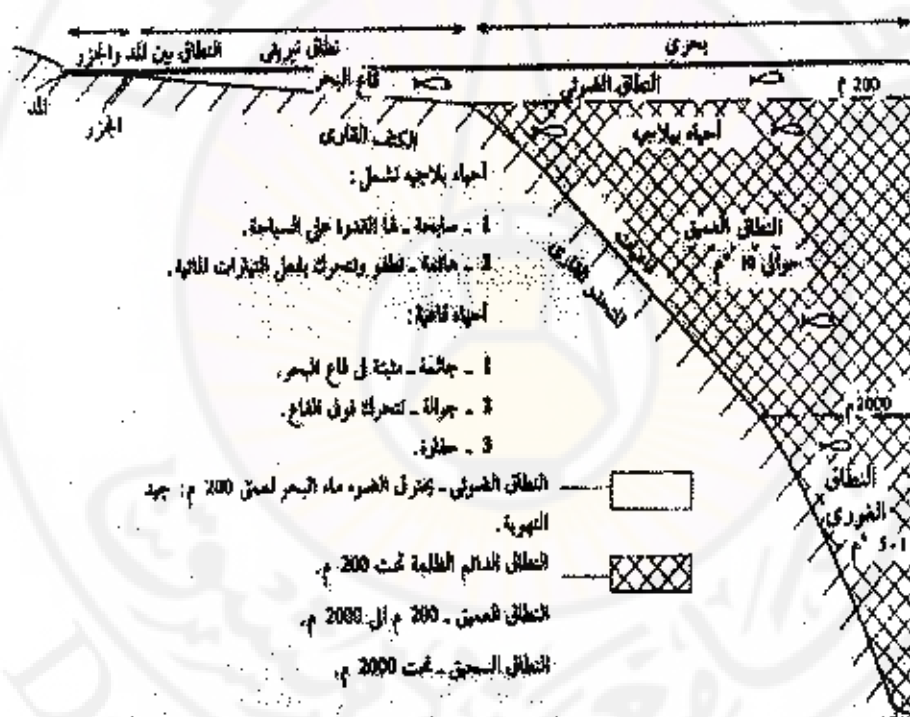


الشكل (٥ - ٤) مستحاثة تدل على مياه عذبة ، فرغيفارس *Viviparus* (معدي الأرجل)، ترجع إلى العصر الأيوسيني (0.9 X) .

الضوء وعمق الماء :

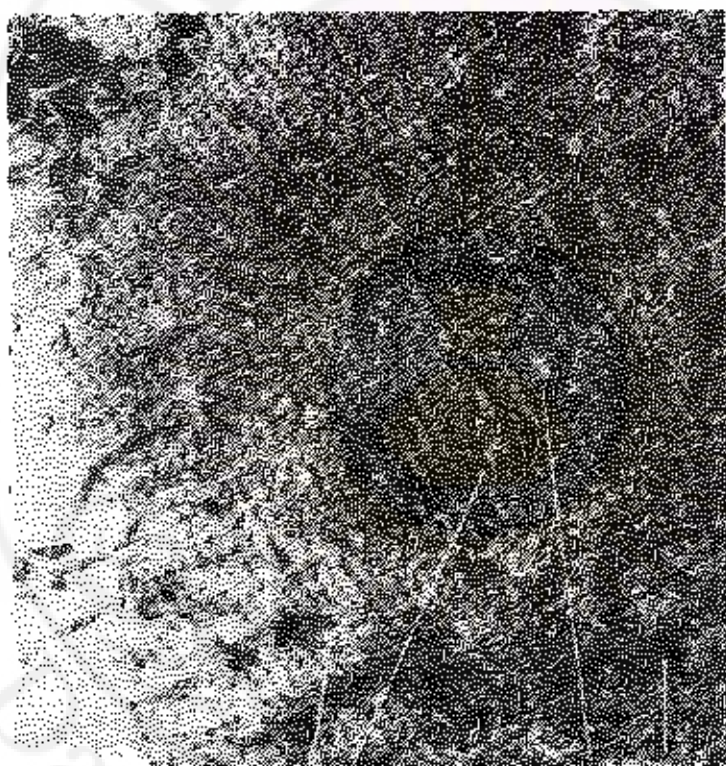
يتم امتصاص أشعة الشمس أثناء مرورها خلال الماء ففي البحار يمكنها الوصول إلى الجزء العلوي فقط من الماء والذي يعسرف بالنطاق الضوئي (Zone) (Photic شكل (٥ - ٥) ويختلف عمق النطاق الضوئي تبعاً لخطوط العرض إلى جانب فصول السنة ونقاوة الماء . فهو أعمق في المناطق الاستوائية حيث يصل إلى حوالي ٢٠٠ متراً . نجد أن الضوء في هذا العمق يقتصر على الموجات الضوئية القصيرة . ونظراً لاعتماد النبات في استمرار حياته على التمثيل اليخضوري فإن وجودها بالبحار يقتصر حصراً على النطاق الضوئي دون غيره . ويتركز وجود النباتات البحرية بالمياه الضحلة قرب الشواطئ وعليه فإن مستحاثاتها يمكن

أن تساهم في إعطائنا فكرة عن عمق المياه في مواقع وجودها . ومثال على ذلك الأشنيات الكلسية ويؤثر اقتران وجود النباتات البحرية على نطاق الضوء في توزيع قطاع كبير من الكائنات الحية وخاصة التي تتغذى على النباتات مثال: معديات الأرجل آكلة الأعشاب وآكلات اللحوم من الحيوانات التي تنمو على الأعشاب والأسماك الصغيرة والقشريات والتي تتخذ من الأعشاب البحرية ملجأ لها، وكذلك الشعب المرجانية التي يعتمد وجودها اعتماداً كلياً على النباتات المجهرية .



الشكل (٥ - ٥) أنماط البيئات البحرية .

وفي أعماق تصل إلى حوالي ٢٠٠٠ متر تحت طبقة النطاق الضوئي. عند النطاق العميق (bathyal zone) توجد أعداد كبيرة ومختلفة من الحيوانات التي تعيش في ظلام دائم شكل (٥ - ٦) تشمل حيوانات قاعية شكل (٥ - ٥) معظمها لا فقارية وأخرى بيلاجية مثال الأسماك والحبار (Squid) إلى جانب التراكم المستمر لبقايا العوالق الميتة التي تشمل أشكالاً من المشطورات (Diatoms) والمنخربات (Foraminifers) التي تمثل الغذاء الرئيسي للكائنات الحية التي تعيش في المياه العميقة .



الشكل (٥ - ٦) بيئة بحرية حديثة ، عميقة ، منظر أخذ للنطاق العميق عند عمق 651 م . ويمثل القاع محتويات صدف ومن فتات الصخور وكذلك العديد من سيفقان كأشباه الزنابق عند خط طول $11^{\circ} 35'$ و $42^{\circ} 41'$ ش . المساحة أعلاه 1 م . مربع .

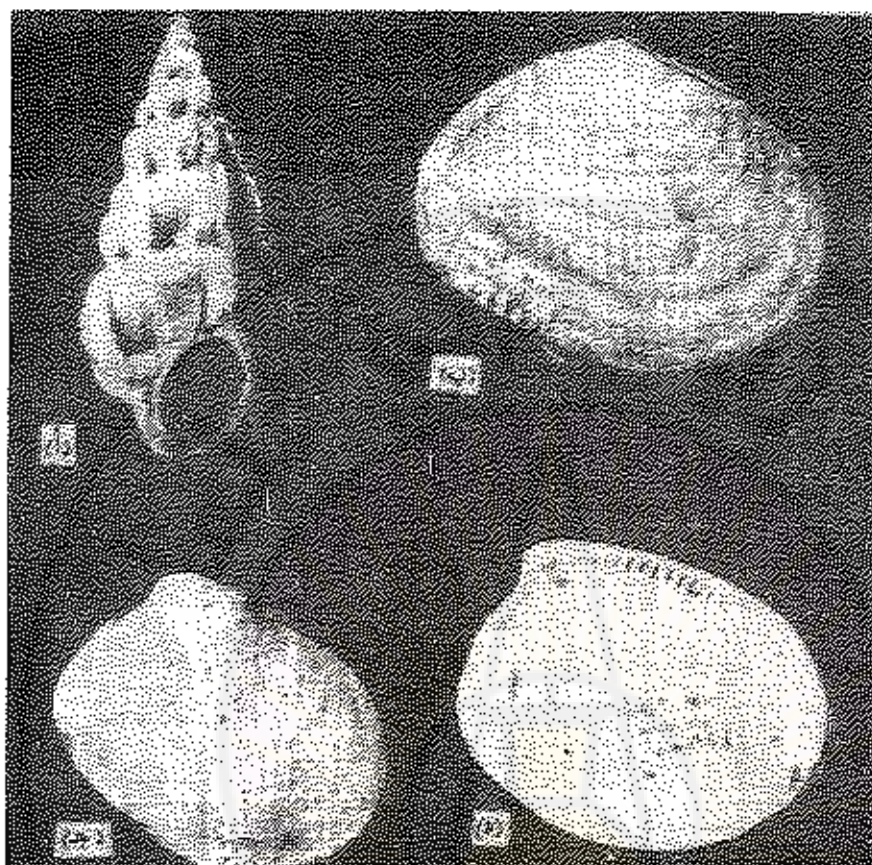
وتعرف البيئة الممتدة من تحت النطاق الضوئي إلى عمق حوالي ٢٠٠٠ متر بالنطاق العميق (Bathyal Zone) .

والمعلومات عن رسوبات هذا النطاق في السجل الرسوبي غير مؤكد. غير أن بعض صخور النور الكريتاسي الحاوية على قليل من المستحاثات العوالق قد أسندت إلى بيئة هذا النطاق .

درجة حرارة مياه البحر :

تتراوح درجة حرارة سطح البحر في الوقت الحالي بسين المتجمد بالقرب من القطبين الشمالي والجنوبي وحوالي ٣٠° مئوية بالمناطق الاستوائية، وتخفض درجة الحرارة بازدياد العمق حيث تتراوح بسين ١٠ - ١٥° مئوية تحت النطاق الضوئي . وإن المعلومات المستقاة من المستحاثات اللافقارية عن درجة حرارة مياه البحر في الماضي هي هامة جداً بالضرورة. فمعظم اللافقاريات اليوم تكيف نفسها للمعيشة في مجال حراري واسع . فالرخويات مثلاً تنتشر بين المناطق الاستوائية والمياه القطبية غير أن هناك أشكالاً معينة من الرخويات يقتصر وجودها على المياه الباردة وأخرى بالمياه الدافئة ومثال ذلك وجود بعض أشكال من الرخويات لمستحاثات في صخور كريج البريطانية Crag deposits ، البليوسينية والبليستوسينية .

وتوضح هذه المستحاثات تدرج ترددي حالة المناخ في بريطانيا والتي وصلت إلى أوجها أثناء العصر الجليدي . وبصورة عامة فإن زيادة نسبة الأنواع التي توجد الآن في مياه الشمال البارد تزداد في اتجاه قمة التسلسل الطبقي للصخور المذكورة بينما تقل هذه النسبة في المياه الدافئة (البحر المتوسط) شكل (٥ - ٧) .



الشكل (٥ - ٧) رخويات بليستوسينية.

- (أ) - سكالا جرينلانديكا *Scala greenlandica* ، (ب) - ماكوما كالكاريا *Mcoma calcarea* ، كلاهما يعيش اليوم في مياه القطب الشمالي في الوقت الحاضر.
(ج ، د) - أسيلاكوبولديي *Acila cobboldiae* (منظر خارجي وداخلي يرجع إلى العصر البليستوسيني الأسفل) وتعيش اليوم في المياه اليابانية (كلها 1.8 X).

والمرجان المشكل للأرصفة المرجانية *Coral reefs* غالباً ما يدل على مياه دافئة وهو حقاً يعكس ظروفًا بيئية بحرية محددة شكل (٥ - ٨) وتتراوح درجة الحرارة المفضلة للمرجان من ٢٥° إلى ٢٩° مئوية

وللأرصفة المرجانية التي تعود إلى حقبة الحياة المتوسطة والحقبة الثالث
علاقة بالشعب المرجانية الحديثة . وهنا تسهل المقارنة بينهما لتحديد المواقع
شبه الإستوائية في تلك الحقبة من الزمن الجيولوجي .



الشكل (٥ - ٨) شعبة مرجانية (صورة تحت الماء) .

وقد اكتشف حديثاً أن هياكل بعض الحيوانات قد تحمل في تركيبها ما
يبدل على درجة الحرارة زمن حياتها . فالفواقع الكلسية وجد أن مركب
كربونات الكالسيوم لها يحوي نوعين من نظائر عنصر الأوكسجين O16 ،
O18 بنسب تعتمد على درجة الحرارة التي عاشت فيها الصدف . وقد وجد
أن الأصداف التي تشكلت تحت ظروف دافئة فيها نسبة أكبر من O 18 .

وإن أفضل الأصداف المختارة لمثل هذه الطرق هي الأصداف ذات العمر الحديث نسبياً مقارنة مع الأصداف ذات العمر الأكبر.

وذلك لضمان عدم تبدل مركباتها عن طريق إعادة التبلور أو بعمليات الترسيب الثانوية . وتشمل هذه الأشكال جسر اب البليمننايت Belemnite وmoceramus والمحار Dysters بالإضافة إلى بعض المنخرسات البليستوسينية .

وقد لوحظ أيضاً أن مواقع بعض اللاقاريات البحرية والمكونة في معظمها من فلز الكالسيوم قد تحوي كمية بسيطة من كربونات المغنيزيوم التي وجد أنها أعلى نسبة (O16) بالأشكال التي عاشت في المياه الدافئة من تلك التي عاشت بالمياه الباردة .

التهوية :

يعتبر الأكسجين شيئاً أساسياً لعملية الاستقلاب (metapolism) بمعظم الكائنات الحية . ففي مناطق كثيرة من البحر توجد كميات وفيرة من الأوكسجين تكفي لعيش أعداد هائلة من الكائنات الحية . وكلما استنفدت منه كمية يتم تعويضها ثانية باستمرار .

ومنذ الزمن الذي بدا فيه الأوكسجين بالشكل كنتاج ثانوي لعملية التمثيل اليخضوري . وهو يختلط بمياه البحر في عملية نقل من الهواء وذلك من خلال تماسه بسطح الماء . والتي يساعد عليها اضطراب المياه تحت تأثير عدة عوامل منها انكسار الأمواج . وبناءً على ذلك توجد كميات أكسج من الأوكسجين بالمياه القريبة من الشواطئ ويجوار الأرصفة المرجانية والسطح. وتقل كمية الأوكسجين بالأعماق وذلك نظراً لاستهلاك الحيوانات لها ولعمليات الأكسدة الناتجة عن تحلل المواد العضوية بفعل البكتيريا .

وطالما أن الماء في حالة دوران مستمر من السطح تجاه قاع البحر فإن كمية الأوكسجين تكون كافية لمتطلبات الحياة . غير أنه في بعض الظروف مثال: الأحواض الرسوبية ذات الامتداد المحدود ، فإن دورة الماء تكون بطيئة بحيث تفوق كمية الأوكسجين المستهلكة بالأعماق الكمية الجديدة المتولدة منه مما يؤدي في بعض الأحيان إلى غياب الأوكسجين تماماً مسبباً بذلك ما يعرف بالشروط اللاهوائية anaerobic conditions .

البيئة اللاهوائية :

إن معظم الحيوانات الحية لا تستطيع العيش في بيئة لاهوائية . غير أن هناك أنواعاً من البكتيريا اللاهوائية لا تحتاج إلى الأوكسجين الحر حيث أنها قادرة على أن تستمد طاقتها بطرق أخرى مثل اختزال الكبريتات Sulphates إلى كبريتيدات Sulphides أو بتحطيم البروتينات في المادة العضوية .

ويمكن للهيدروجين الناتج عن هذه العمليات اختزال مركبات الحديد في الرسوبات إلى مركبات حديدوز Ferrous compounds الذي ينتج عنه بالتالي فلز البيريت Pyrite أو فلز الماركرزيت marcassite .

وتوجد في وقتنا الحاضر البكتيريا اللاهوائية بالوحد الأسود mud black المتراكم في بعض المواقع في البحر الأسود الذي يعتبر في حالة ركود تقريباً . وينجم اللون القاتم في هذا الوحد من كبريتات الحديدوز إلى جانب المادة العضوية .

وتشمل المواد العضوية هذه بقايا العوالق التي ترسبت من المياه القريبة من السطح المهيئ . وتبدأ عملية تحلل هذه البقايا بواسطة البكتيريا العادية إلى أن ينفد الأوكسجين المتوفر .

عندها تتولى البكتيريا اللاهوائية فيما بعد مهمة تكملة عملية التحلل
وتتميز هذه المرحلة بالرائحة الواخزة لكبريتيد الهيدروجين Sulphide
. Hydrogen

وتفتقر مثل هذه البيئة اللاهوائية إلى وجود حيوانات قاعية بما في ذلك
أكلات اللحوم . وعليه فإن الظروف قد تكون مناسبة لحفظ هياكل الحيوانات
البيلاجية .

فالعضار الصفحي الأسود والذي يعتقد أنه ترسب في بيئة فقيرة
بالأوكسجين أو خالية منه . ويشمل العضار الصفحي الحساوي على
الغرايتوليتات graptolitic shales الذي يعود لحقب الحياة القديمة
والعضار الصفحي الحساوي على الغونيايتات goniatic shales الذي
يعود إلى الدور الكربوني قد عثر فيهما على مستحاثات قد تحولت مكوناتها
جزئياً إلى بيريت .

المناخ :

يعتبر المناخ عاملاً حاسماً في توزيع عدد من الأحياء الحية نباتية أم
حيوانية وإن المعلومات التي أسكن الحصول عليها عن الظروف المناخية
باستخدام المستحاثات تعتبر إلى حد ما استنتاجات فرضية . فمستلأ بالنسبة
للمستحاثات حديثة العمر نسبياً يمكن الاعتماد على أن الحاضر هو مفتاح
الماضي من أجل الوصول إلى نتائج موثوقة ، غير أن الدلائل المستمدة من
المستحاثات القديمة يجب دراستها بحذر كبير .

النباتات كمفتاح لمناخ الأزمنة القديمة :

وكمثال على استخدام النباتات كمفتاح لمناخ الأزمنة القديمة حيث تم الحصول على معلومات مفصلة عن مناخ الجزر البريطانية بين الأزمنة الجليدية والفتره التي تليها بدراسة حبوب لقاح النباتات عند مستويات طبقية متتالية في تراكبات الجثث والرسوبات الطينية للبحيرات . وإن حبوب الطلع Pollen التي استخدمت من أجل ذلك تنتمي لأشجار ما زالت موجودة في أوروبا وفي ظروف مناخية محدودة . وقد تم التعرف على التغير الذي حدث للمناخ بتلك المنطقة من خلال تسلسل المؤشرات الدالة عليه .

فقد وجدت دلائل مناخية باردة وجافة غطت خلالها المنطقة نباتات قطبية (ومنها البتولا القزمية dwaf biech) شكل (٥ - ٩) حسـ .

وعقب انحسار الثلوج ، وفي جو رطب ومعتدل ، نمت غابات الأشجار المتساقطة الأوراق deciduous Forest (مثل البلسوط Gook والبنـدق hazel) شكل (٥ - ٩) أ .



(أ)

(ب)



الشكل (٥ - ٩) حبوب اللقاح ترجع إلى الدور الرابع (أ) - مجموعة حبوب لقاح نموذجية لمناخ معتدل 1 بلوط ، 2 بندق ، 3 بتولا ، عشب ، سرخس ، 270 X .
 (ب) - حبوب طلع صنوبر دالة على مناخ شمالي (أي صيف جاف وحار وشتاء بارد)
 120 X . (جـ) - حبوب لقاح لبثولا تدل على ظروف أكثر برودة .

كان اكتشاف الماموت (Woolly mammoths) دليلاً لا يرقى إليه الشك عن المناخ الجليدي في تلك الحقبة الزمنية . وهناك دليل آخر غير مباشر عن الأحوال المناخية تم الحصول عليه من مستحاثات خيول تعود إلى أواخر العصر الميوسيني والعصر البليوسيني والتي تكل تراكب أسنانها على أنها ترعى الأعشاب النجيلية . ويدل توزع بقايا هذه الخيول على أن مساحات شاسعة من أمريكا الشمالية وأوروبا وآسيا كانت تغطيها الأعشاب النجيلية خلال تلك الفترة الزمنية . ونعلم في الوقت الحاضر أن المراعي النجيلية تنمو في مناطق المناخ المعتدل المميز بمطاره المحدودة .

أنواع الأوساط البحرية :

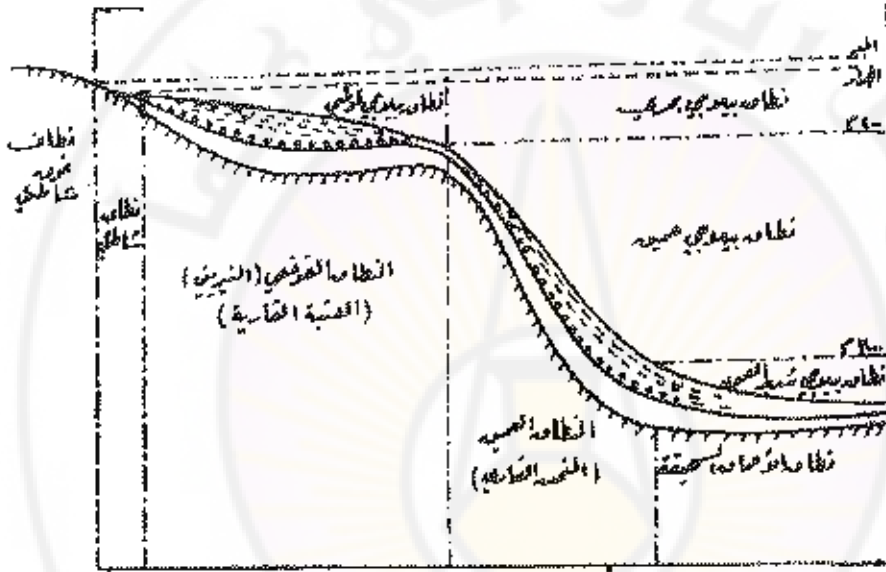
تقسم الأوساط البحرية إلى قسمين رئيسيين : أوساط الحيوانات القاعية ، وأوساط الحيوانات العوالق والسباحة أو الأوساط البيلاجية (شكل ٥ - ١٠) .

فالحيوانات التي تعيش في قاع البحار الضحلة ، أو العميقة تسمى القاعيات . وهي إما أن تكون حرة تزحف على القاع ، أو تكون مثبتة في مكانها وتدعى بالحيوانات اللاطئة . أما بقية الحيوانات السباحة والعوالق ، فتتحرك بحرية في الماء ، وهي إما أن تكون سباحة تتحرك بقوتها الذاتية ، أو تكون معلقة تتحرك بحركة المياه من أمواج وتيارات .

أوساط الحيوانات القاعية :

يمكن أن نميز في الحيوانات البحرية التي تقطن القاع أربع مجموعات، تبعاً إلى العمق التي تعيش فيه ، وبالتالي يمكن أن نميز أربعة نطاقات (شكل ٥ - ١٠) .

الأوساط البحرية



الأوساط القاعية

الشكل (٥ - ١٠) يمثل البيئات البحرية.

- ١- النطاق الشاطئي : وهو المنطقة التي تتناوب عليها حركات المد والجزر ، مرة أو مرتين يومياً ، ويتراوح عرضها من ١-٢ كم .
- ٢- النطاق القوقي النيريني أو النطاق تحت الشاطئي : وهو المنطقة الواقعة بين آخر نقطة ينسحب عنها البحر أثناء عملية الجزر حتى عمق ٢٠٠ م ، وهي الحدود القصوى التي تخترقها أشعة الشمس .

وتوافق هذه المنطقة العتبة (الرصيف) القارية . ويظهر أن القسم الأعظم من المستحاثات البحرية كانت تعيش في هذه المنطقة ، وتدعى البحار التي تغطي العتبة القارية بالبحار فوق القارية .

٣- نطاق المنحدر القاري أو النطاق العميق : وهو المنطقة القاعية التي يتراوح عمق البحر فيها بين ٢٠٠ - ٣٠٠٠ م وتكون الكائنات الحية فيها قليلة ونادرة .

٤- نطاق الأعماق السحيقة : وهو يشكل قاع المحيطات الذي تتجاوز أعماقها ٣٠٠٠ م وتقطنه كائنات نادرة جداً .

أوساط الحيوانات السباحة الطافية :

يصعب تمييز المجموعات الحيوانية التي تعيش في هذه الأوساط تمييزاً دقيقاً ، ومع هذا فيمكن أن نميز بصورة تقريبية قسمين رئيسيين (شكل ٥ - ١٠) .

١- نطاق المياه قليلة العمق المؤلف من مياه البحار السطحية ، أو قرب السطحية ، ومن المياه الموجودة فوق النطاق الشاطئي والتي لا يتجاوز عمق الماء فيه ٢٠٠ م . وهذا النطاق يحوي (٩٩ %) من الحيوانات السباحة والطافية ويقسم على قسمين :

أ - النطاق البيلاجي القوقي : ويتألف من المنطقة المائية الموجودة فوق العتبة (الرصيف) القارية .

ب - النطاق البيلاجي البحري : ويتألف من القسم العلوي من مياه عرض البحر الذي لا يتجاوز عمقه ٢٠٠ م .

٢- نطاق المياه العميقة ، وتعيش فيه بعض أنواع متخصصة من الأسماك الغريبة وهي تشمل :

أ - النطاق البيلاجي العميق وهي المنطقة التي يبلغ عمق الماء فيها بين ٢٠٠ - ٣٠٠٠ م .

ب - النطاق البيلاجي الشديد العمق وهي المنطقة التي يتجاوز عمق الماء فيها أكثر من ٣٠٠٠ م .

أنواع الأوساط القارية :

يميز المختصون في علم البيئة عدة نماذج رئيسية ، وثنائية من الأوساط القارية . وهي تختلف بعضها عن بعض بشروط تتعلق بالمناسخ السائد ، وبطبيعة الأرض الطبوغرافية من جبال ووديان وصحاري .

إن معظم الحيوانات اللاقارية التي عاشت على اليابسة ، والتي تركت بقاياها على شكل مستحاثات خلال حقبة الكينوزوي ، والأحقاب التي سبقتها قد تكيفت مع الحياة في المياه العذبة كالبحيرات والأنهار . ويستعان في تقسيم الوسط القاري الذي عاشت به هذه الحيوانات ، بالصفات الفيزيائية للصخور ، أو بطبيعة المستحاثات نفسها في حالة وجودها ، إذ أن هذا الوسط يتميز بكائنات غير بحرية .

أما الحيوانات اللاقارية التي تكيفت مع الأوساط الجافة القارية ، فتشمل الحشرات والعنكبوتيات والعقارب من مفصليات الأرجل ، كما تشمل بعض معديات الأرجل الممماة بالرنويات . وهذه الأخيرة تعيش في كل أنواع الأوساط القارية ، وحتى في الصحاري والجبال العالية .

السحنة ومستحاثات السحنة :

السحنة هي مجموع الشروط الجغرافية والحيوية المحلية التي تعين الطبيعة الليتولوجية لصخر رسوبي ما ، بالإضافة إلى ما يحويه من مجموعات حيوانية ونباتية . إن البحار القديمة كان لها ، كالبهار الحالية ، شواطئها وأرصفتها المرجانية وحفرها العميقة . وكان لسطح القارات القديمة كذلك مجاريه المائية وبحيراته وصحاريه الخ وهذه الأقاليم المختلفة كان لها بالتالي رسوبات ذات طبيعة مختلفة ، مع أنها قد تكون من عمر واحد ، فكسل منها تتميز بليتولوجية معينة أي بسحنة معينة .

ويمكن أن نميز على هذا الأساس سحنات شاطئية وسحنات بحرية عميقة وسحنات بحيرية وسحنات صحراوية الخ

إن سحنة طبقة ما لا تبقى على وتيرة واحدة بدون تغيير ، فقد تتبدل عمودياً مع الزمن أو جانبياً مع المكان أو مع الاثنين معاً .

إن تغير السحنة مع الزمن ينتج مثلاً عن تجاوز بحري على القارة حيث تتوضع سحنات بحرية فوق سحنات قارية . وإذا جفت مياه البحر في منطقة ما فإن ذلك يؤدي إلى ترسب سحنات تميز البهار المغلقة أو اللاغونات كتوضع الغضار الحاوي على طبقات جصية وملحية

إن تغير السحنة جانبياً باختلاف المكان خلال زمن معين كثير الحدوث ، إذ أن طبقة ما لا تبقى محافظة على سحنتها على طول امتدادها ، بل تتغير جانبياً بالتدريج إلى سحنات جديدة مختلفة . وقد يتم هذا التغير فسي الزمان والمكان ، فطبقة من الكلس الرصيفي مثلاً لا تكون من عمر واحد في أماكن متعددة .

تتميز السحنات المختلفة بمجموعات مستحاثية متباينة لأن الكائنات الحية المختلفة تكيفت مع أنماط خاصة من بيئات تلائم حياتها . فمن الطبيعي أن يتم

تميز البيئات المختلفة بمجموعاتها المستحاثية الخاصة بها والتي تعرف
بمستحاثات السحنة .

إن أمثلة مستحاثات السحنة كثيرة جداً في كل العمود الجيولوجي وفي كل
المناطق لدرجة أنه يصعب أن نذكر أنواعاً لا تدل على البيئة التي كانت تعيش
فيها أو تكيفت معها . ففي بعض الصخور التي تعود إلى العصر نفسه نجد أن
الحجر الكلسي الغني بعضديات الأرجل والطحلبات الحيوانية يتغير جانبياً إلى
غضار صفحي أسود غني بالغرابيوليات ، ولكنه لا يحوي على عضديات
الأرجل أو على الطحلبات الحيوانية . وهذه دلالة واضحة على تأثير البيئات
على وجود الكائنات الحية وبالتالي على وجود مستحاثاتها .

إن دراسة أنواع المستحاثات التي توجد في بعض التوضعات الرسوبية
المتعاقبة يبين وجود مستحاثات من الحيوانات اللافقرية البحرية المميزة فسي
بعض الطبقات ، بينما تكون مفقودة في الطبقات المتوضعة فوقها . ويدل
ظهورها من جديد في الطبقات العليا من هذا التعاقب بعد اختفائها على أن
الطبقات الحاوية على هذه المستحاثات متشابهة من الناحية الليتولوجية ومختلفة
عن الطبقات الأخرى . ويعود سبب اختفاء هذه المستحاثات من بعض الطبقات
إلى حصول تغير محلي في البيئة الرسوبية قد أدى إلى اختفائها . فخلال هذا
الغياب تابعت هذه الحيوانات اللافقرية حياتها في الأمكنة الأخرى التي بقيت
فيها بشروط ملائمة وعادت من جديد إلى المنطقة المدروسة عندما أصبحت
الشروط مناسبة لحياتها .

الفصل السادس

المنخربات

Foraminiferes

تشكل المنخربات المجموعة الأكثر أهمية في المستحاثات المجهرية من حيث عدد أنواعها وغزارتها ضمن الصخور ، وقدم الأعمال وتحددها التي كتبت عنها والخدمات التي قدمتها في مجال تأريخ الصخور الرسوبية وأيضاً فيما يخص علم البنيات القديمة .

١- المنخربات الحية (Foraminiferes vivants)

الشكل (٦-١ ، ٦-٢ ، ٦-٣ ، ٦-٤) :

هي متعضيات مجهرية حيوانية وحيدات خلية تنتمي إلى وحيدات الخلية الحيوانية من جذريات الأرجل حيث تتمايز البرتوبلازما *Porto plasme* إلى :

بلازما داخلية Endoplasme

بلازما خارجية Extoplasme

تصدر عن البرتوبلازما أهداب منشعبة خيبيبية ، خيطية ، متشابكة تسهم في النقاط الغذاء والفرائس وفي نقل الحيوان وفي تشكيل هيكل المنخربات الحية .

وإن من المميزات الأساسية للمنخربات أن لها في البلازما الخارجية هيكلاً متمعدناً مؤلفاً من نعاقب المساكن التي تتصل بسين بعضها بعضاً بنقوب (Foramen) .



الشكل (٦ - ١) : منخرية حية (*Elphidium crispum*) (Linne' , 1758)
 15 X أهداب ps .

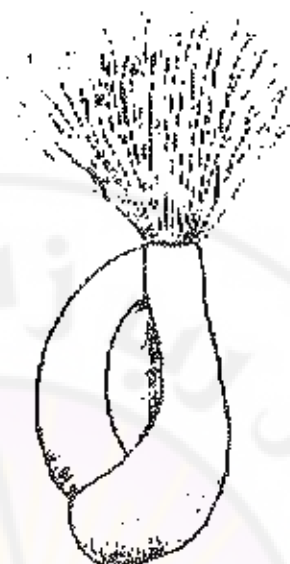
كما أن الهيكل مدعم من الداخل بطبقة مضاعفة من كيتنويد Chitinoides وهو تعبير لم يعرف طبيعته الكيميائية ويقترّب من الكيتين .



الشكل (٦ - ٢) : هيكل غلويجرين .
 يظهر خروج الأهداب من الثقوب الموجودة على الهيكل .

الشكل (٦ - ٣) :

هيكل ميلبويدية يظهر البلاسما
الخارجية من الفتحة الرئيسية .



الشكل (٦ - ٤) : هيكل

ايريدياليسيدا

a = البلاسما الخارجية

b = مادة أساسية كيتينويد

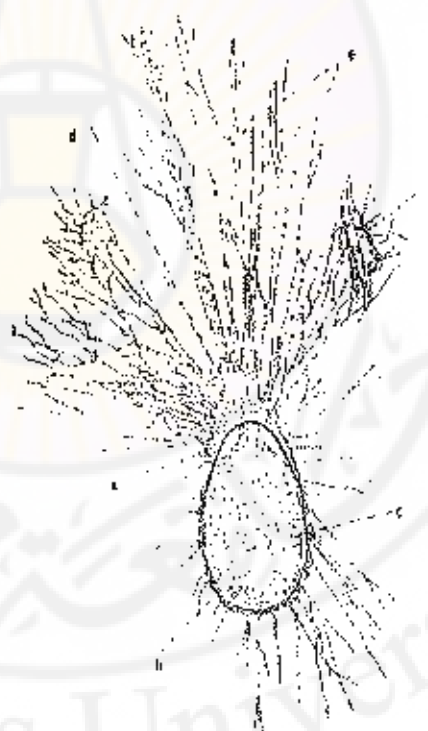
c = البلاسما الداخلية

d = أهداب ملتصقة

e = أهداب متفرعة

f = مشطورة منقطعة بواسطة

الأهداب .



٢- دورة التكاثر أو حلقة التكاثر والبيولوجيا

(شكل ٦ - ٥ ، ٦ - ٦ ، ٧ - ٦) :

عرف مختصو علم المستحاثات المجهرية بشكل مسبق أن النوع نفسه يكون على الغالب مؤلفاً من نمطين من الأفراد ذات هياكل مختلفة قليلاً .
تدعى الأشكال الأكثر وجوداً بالأشكال (A) ، وتكون ذات حجوم ضامرة ويكسبون المسكن الأولي ذا حجم كبير ويدعى ماكروسفير Macrospore .

وتدعى الأشكال الأكثر ندرة بالأشكال (B) ، وتكون على العموم ذات حجوم كبيرة نوعاً ما ومساكنها الأولية ذات حجم صغير Microspore .
يمكن أن نشرح حادثة التثني الشكلي للمنخربات عن طريق دورتها التكاثرية داخل كل نمط من نمطي التكاثر ، يدعى أحدهما لاجنسياً ويسمى Schizogonie ويدعى الآخر جنسياً ويسمى Gamonie الذي يدخل بين فترتي النمو (التكاثر) .
تتجم حادثة التثني الشكلي عند النوع *Elphidium crispum* وعند أغلبية الأنواع عن حادثة التثني البيولوجي .

شكل (A) ماكروسفيريك = كامونت أحادية وحيدة النواة .

شكل (B) ميكروسفيريك = سكينزونت ثنائية متعددة النواة .

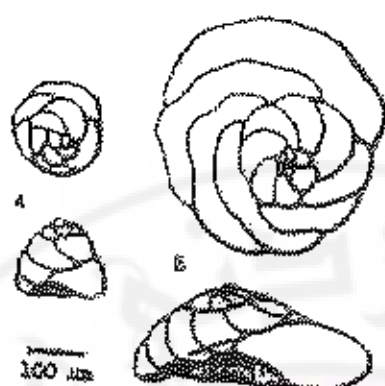
تعد مرحلة الكيكروسفيريك محافظة ، بمعنى أن تطورها الفردي يجمع التطور الشجري الوراثي للمجموعة (Evolution phylogénique) .

بالمقابل تعد المرحلة الماكروسفيريك تقدمية (Progressif) نظراً لأنها
تقفز المراحل الأولية (Tachygenese) من أجل تحقيق إنجاز مرحلة أكثر
تقدماً في التطور .

تكون السيكوزونت ضمن مجموعات المنخربات الحية على الغالب قليلة
العدد بالمقارنة مع الغامونت وهذا بالطبع يبين أن التكاثر الجنسي يحصل
بشكل استثنائي . ويضاف إلى هذه الظاهرة تفكك الهياكل الميكروسفيريك في
لحظة بث الأجنة .

يشرح هذان السببان ندرة الأفراد الميكروسفية . ذلك ضمن التجمعات
المستحاثية . إن فترات النمو عند السيكوزونت Schizozont تكون أطول من
أربع مرات إلى ست مرات من الغامونت Gamonte .

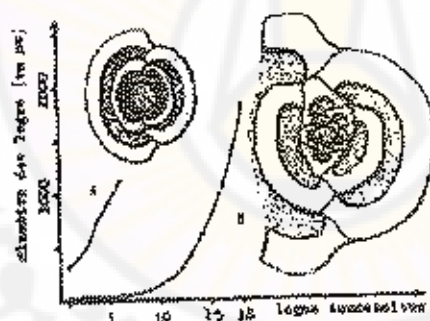
تتغذى المنخربة الحية من حطام أو كسارات فرائس مجهرية (المشطورات
Diatomees) المينة أو الحية وتضاف بشكل دوري مساكن جديدة على كيس
النمو المؤلف من جزيئات متجمعة من قبل الأهداب .



الشكل (٦ - ٥) :

مماثلة الشكل عند الجنس *Discorhis*

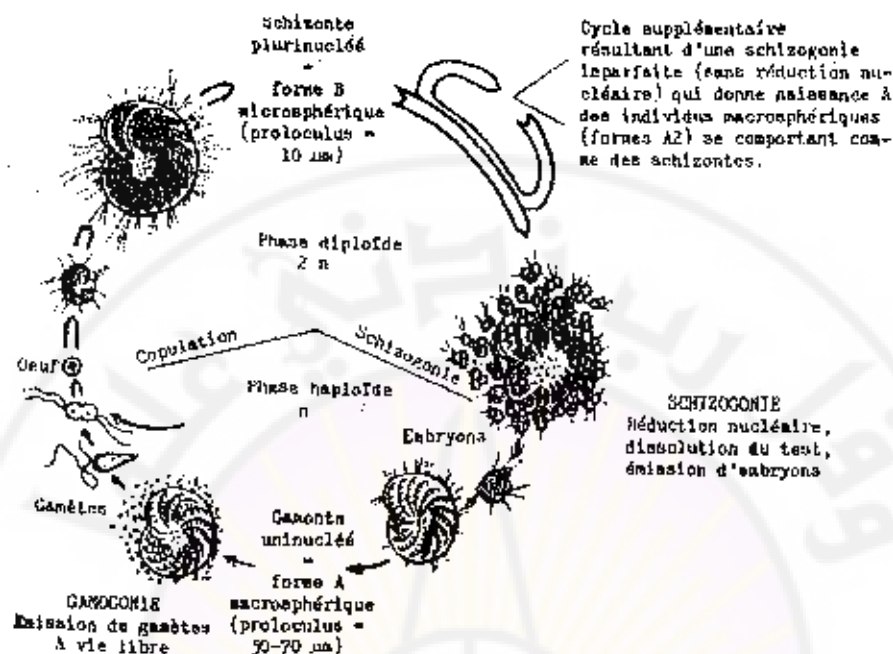
A = ماكروستيفريك B = ميكروستيفريك .



الشكل (٦ - ٦) :

نمو المساكن عند الجنس *Pyrgo* حسب ترتيبها بالظهور

A = ماكروستيفريك B = ميكروستيفريك .



الشكل (٦ - ٧) : الدورة البيولوجية لـ *Elphidium crispum*

المدة سلتان من المانش، المدة ستة ضمن البحار المدارية .

٣ - العوامل البيئية التي تلعب دوراً في توزيع المنخربات الحالية :

لقد ساهمت أعمال الباحث B . pleger بإعطاء معلومات جيدة عن العوامل التي تؤثر في شروط حياة المنخربات وعن التوزيع الجغرافي ضمن أوساط البحار والمحيطات الحالية . وتتصادف على العموم الغالبية العظمى من أنواع المنخربات ضمن الأوساط البحرية ويعود العدد الأكبر منها وهسو ٩٥ % إلى المنخربات القاعية بينما يعود العدد الأقل وهو ٢ - ٣ % إلى المنخربات البلاكتونية التي تعيش بمعظمها ضمن الطبقات المائية العليا (من صفر إلى ٢٠٠ م عمق) للوسط البلاكتوني .

ويؤثر عدد من العوامل البيئية في توزيع المتعضيات المجهرية وتتدخل هذه العوامل مجتمعة أو منفردة وأنه من الصعب أن ندقق دورها المتتالي . ويمكن أن نلخص هذه العوامل بما يلي :

١- الغذاء :

تشكل النباتات المجهرية الغذاء الأساسي للمخربات وإن دورته الفصائلية هامة جداً وتحصل الغزارة العظمى في الربيع والخريف وتتطابق الفصول مع النمو الأعظمي للمخربات .

لقد بين E . H . MYERS أن الشتاء بعد فترة هادئة للحياة النباتية وهذا بسبب ندرة الغذاء ، وقد لاحظ الباحث J . S . BRADSHAW (١٩٥٥) أن الزيادة الكبيرة المبالغ فيها للغذاء يمكن أن تؤدي إلى نتيجة مفرطة .

٢- الضوء :

يرتبط هذا العامل بشكل ظاهري بالغذاء نظراً لأن حياة النباتات ترتبط بالضوء وأن هذه المشكلة غير واضحة بشكل جيد لأنه يبدو أن نسبة كبيرة من المخربات تعيش تحت العمق المحدد لاختراق الإشعاعات الضوئية .

٣- الأوكسجين :

وهو ضروري ، وتتغير كميته بشكل كبير ضمن المياه السطحية . ويتواجد الأوكسجين بشكل كافٍ في البحار والأحواض المفتوحة لكي يسمح للحيوانات بالعيش ، ولا يمكن أن نطبق ذلك بالنسبة للبحار المغلقة حيث تصبح الأنواع أكثر ندرة .

٤- عامل القلوية أو الحموضة PH :

إن تأثيره يصبح هاماً عندما يتدخل أو لا يتدخل في تركيب هيكل كلسي أو سيليسي . ومن البديهي أن الأشكال الكلسية لا يمكن أن تعيش ضمن المياه المحصورة والحامضية فقط فإن الأشكال الملزنة تستطيع أن تستمر .

٥- نسبة كربونات الكالسيوم CO_3Ca :

إن الغزارة الاستثنائية لكربونات الكالسيوم ضمن البحار والمحيطات تؤدي إلى النمو غير العادي لهياكل المنخربات وذات زخرفة جميلة .

٦- وجود الأملاح المغذية :

تتوافق فترة نمو المنخربات وتكاثرها إلى حد ما مع الفترات التي تتواجد فيها تلك الأملاح بغزارة .

٧ - الدوامات والتيارات :

تفسح الرياح واختلافات الحرارة المجال للتيارات التي تساهم بدورها في تجديد الانزياحات الأفقية ضمن المنطقة السطحية وبالقابل فإن حركات الأمواج وتيارات معينة تقوم بدور الخلط الشاقولي للمياه وتؤدي في الوقت نفسه إلى مزج الأملاح المغذية التي تساهم في إغناء الطبقات الفقيرة كما أن امتزاج المياه الباردة مع الدافئة تؤدي إلى تبدل وتغير في مساكن المنخربات .

٨- العكر:

يعطي العالم R . M . Stainforth (١٩٥٢) لهذا العامل دوراً جزئياً في غزارة المنخربات الملزنة .

ويعتقد F . B . Phleger (١٩٦٠) أن هذا العامل يلعب دوراً في توزيع المنخربات ولا يعتقد بالوقت نفسه أن له تأثيراً واضحاً وملفتاً للنظر .

٩- الملوحة:

قد يكون تأثير هذا العامل محسوساً على امتداد الشاطئ حيث أن نسبة الملح ضعيفة مقارنة مع المناطق الممتدة حتى الأعماق السحيقة والبعيدة عن الشاطئ . وتعود التبدلات الفصلية للمياه المالحة إلى تغيرات في نسبة الملح ودرجة الحرارة ، وينشأ بهذه الحالة مجموعة من المنخربات ذات الوسط البحري ولكنها تبدي هيكلًا صغيراً ورقيقاً وشفافاً وذا زخرفة قليلة . ولم يشر أحد من قبل إلى وجود منخربات ضمن الأوساط ذات الملوحة العالية جداً .

١٠- درجة الحرارة والعمق :

يصعب علينا أن نفصل هذين العاملين عن بعضهما بعضاً إذ يرتبط أحدهما بالآخر . ويؤثر عامل الحرارة في التوزيع الجغرافي للمنخربات ويمكن أن نميز مجموعتين :

a. فونات المنخربات التي تخص المياه الباردة

b. فونات المنخربات التي تخص المياه الدافئة .

يصادف بشكل رئيس ضمن المياه الباردة الأشكال البدائية ذات الهياكل الملزنة وذات الملاط غير الكلسي ، وتشكل هذه الفونات مجعاً حيوياً وحيد الشكل مع الاختلافات التي يمكن أن نصادفها ضمن الأقاليم الباردة .

أما في المياه الدافئة فتكون فونات المنخربات أقل تجانساً نظراً لأنها تتأثر بالشروط المحلية التي تغير خواص الوسط وبالتالي فإن المسكن هو الأكثر تلاؤماً مع هذا التغير .

كما أن تأثير العمق في المجمعات الفونية للمنخربات يكون أكثر حساسية في المياه الدافئة مقارنة مع المياه الباردة .

ويؤثر العمق في توزيع الأجناس وحسب العالم A . Carozzi (١٩٤٩) يمكن أن نقبل الأمور التالية :

أ . في المنطقة الشاطئية لا نجد إلا الفونات القاعية .
وتزداد غزارة هذه الفونات عندما يقل العمق . ويخص
هذا المجال الأشكال الكلسية ، ولكن يمكن أن نجد
منخربات ملزنة وبخاصة ضمن المياه الحامضية أو ضمن
مناطق التيارات . كما أن المنخربات البلانكتونية محلية
وتتغير مع التيارات .

ب . في المنطقة الديرثية فإننا نجد النمطين القاعي
والبلانكتوني للمنخربات ولكن بنسب مختلفة .

ج . المنطقة العميقة : لا نجد عملياً إلا المنخربات
البلانكتونية .

د . المنطقة العميقة جداً : ويمكن أن نجد عدة أشكال من
المنخربات الملزنة ، وبالمقابل لا نجد المنخربات ذات
الهيكل الكلسي .

١١- طبيعة القاع :

يبدو أن طبيعة الرسوبات حسب F . B . Phleger لا يمكن أن تلعب
دوراً في توزيع المنخربات القاعية . الأشكال المثبتة من المنخربات فقط يمكن
أن تؤثر فيها الرسوبات .
وحسب P . D . Trask (١٩٥٣) فإن الرسوبات الناعمة تكون الأفضل
بالنسبة لتكاثر المنخربات وتأمين الغذاء .

٤- أمثلة عن البيئة الحالية للمنخربات :

يتصف عدد كبير من المنخربات بنمط الحياة القاعية وتكون إما حرة أو متحركة على القاع أو داخل الطبقة السطحية للرسوبيات (نحو عدة ميلترات) أو مثبتة على دعامة (صخور ، قواقع ، طحلبيات) بواسطة أهدابها أو بفضل الإفرازات الكلسية ، ويكون معظمها بحرياً يعيش في أوساط مالحة . يملك عدد منها هيكلًا بورسلانيًا ، أمثلة :

(*Miliolides* , *Spirolina* , *Peneroplis* , *Alveolinella*)

وتعيش أيضاً ضمن الأوساط ذات الملوحة العالية وتفضل الأخرى منها ، أمثال الملزنة *Foraminiferes Agglutines* مثال : *Eggerella* والشفافة *Hyalins* مثال : *Nonion* المياه ذات الملوحة القليلة .

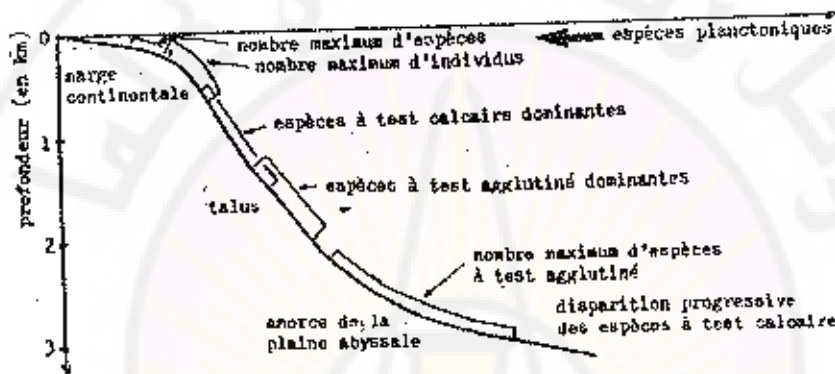
ويتكيف بعضها مع تغيرات هامة للملوحة ويمكن أن نصادفها ضمن كل الأوساط باستثناء الأوساط العذبة فهذه لا تلائم المنخربات .

لا يعد العمق الذي تعيش فيه المنخربات عاملاً دالاً نظراً لأن هذه المتعضيات المجهرية تتطبق حسب العمق استناداً إلى القيم المحلية للحرارة ونسبة الأوكسجين والضوء ، تعيش على العموم الأنواع ذات الهياكل البورسلانية وبخاصة ضمن المياه السطحية وتنتشر تلك ذات الهياكل الشفافة في كل الأمكنة باستثناء الأعماق الكبيرة وتكون الأنواع ذات الهيكل الملزن ذات انتشار واسع بكل الأوساط والأكثر مقاومة للعيش تحت عمق ٤٠٠٠ - ٥٠٠٠ م .

تعد التجمعات الحيوية *Biocenose* الأكثر وجوداً ووفرة ضمن المياه الدافئة والمنخربات الكبيرة التي تخبىء السيتوبلازما . وتشاهد هذه الأنواع حصراً في الأوساط المدارية ، (درجة حرارة بين ١٨ - ٢٢ درجة مئوية) على أعماق لا تزيد على ٢٠٠ م . يتمتع نحو ٤٠ نوعاً بنمط حياتي

بلاكتوني (معلق) وهي ذات ملوحة بشكل محدود (الملوحة تتراوح بين ٣٤ و ٣٦ ‰) .

تعد الأعماق التي تتراوح بين ٦ و ٣٠ م الأكثر ملاءمة لوجود منخربات قاعية كبيرة ولا نجد على الإطلاق منخربات قاعية كبيرة تحت العمق ٢٠٠ م .

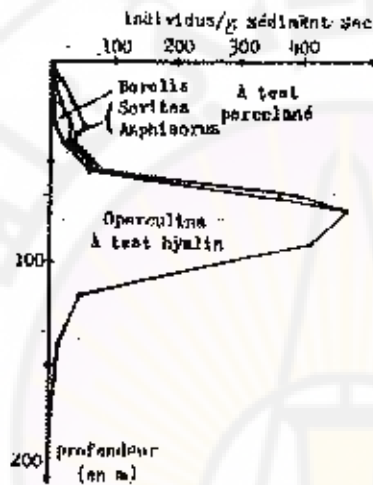


الشكل (٦ - ٨) : التوزيع الحالي للمنخربات حسب العمق .

تشكل هذه الأنواع خمسة تجمعات ضمن مناطق التوزيع مرتبة إلى حد ما بشكل مواز إلى خط الاستواء .

٣- الهيكل وعملية احداثته :

تطرفت الدراسات التفصيلية للمنخربات إلى هياكلها المولفة من مواد فلزية صلبة ، وقد تحفظ بشكل نادر المادة الأصلية لهياكل المنخربات المولفة من مادة عضوية تدعى الكيتين .



الشكل (٦ - ٩) : التوزيع الحالي للمنخربات القاعية الكبيرة ضمن البحر الأحمر حسب العمق .

٥- التركيب الفلزي والبنية المجهرية لجدار هياكل المنخربات :

الشكل (٦ - ١٠ - ١٤) :

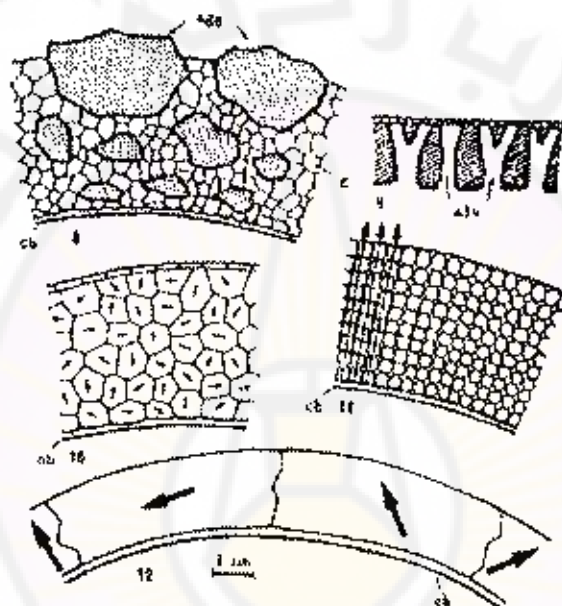
إن العناصر الفلزية المكونة لهياكل المنخربات تتمثل بما يلي :

- حطامات مأخوذة من الوسط الحاضن أو المضيف للمنخربة الحية ويجمع بين بعضها بعضاً ملاحظ يفرزه الحيوان . تدعى هذه الهياكل بالهياكل الملونة أو الهياكل التجمعية .

- كربونات الكالسيوم أو الكالسيت وبحالة نادرة الأراغونيت
وتقرزه المنخرية الحية بشكل كامل أثناء حياتها .

وحسب ترتيب البلورات المشكلة نميز نوعين منها :

- الهياكل البورسلانية (Teste procelanes) أو الهياكل غير المثقبة .
- الهياكل الشفافة (Tests hyalins) أو الهياكل المثقبة .



الشكل (٦ - ١٠ - ١٤) : (١٤ = ١٢ , ١١ = ١٣ , ١٠ = ٨ , ١١ = ٩)

14) الأشكال الأساسية للبنية المجهرية لهياكل المنخرية

٨ = ١٠ هيكل ملزن ذو جدار متراص agg = ملزن ، c = ملاط cb = أساسي
٩ = ١١ هيكل ملزن ذو جدار سنخي ، alv = سنخ متفرع أو غير متجه
نحو الداخل . ١٠ = ١٢ هيكل بورسلاني

١١ = ١٣ هيكل شفاف ذو بنية نسيجية شعاعية

١٢ = ١٤ هيكل شفاف حبيبي

ملاحظة : بالنسبة للأشكال الثلاثة الأخيرة تدل الأسهم على المحاور الضوئية للعناصر
المتبلورة ، cb = طبقة أساسية .

تكون المادة (الشكل ٦ - ١٠) المأخوذة من الوسط الحيوي ذات طبيعة مختلفة للهياكل الملزنة . حبات من الكوارتز (هياكل ذات حبيبات هوائية) ، شرائح من الميكا ، جزيئات عضارية ، أجزاء عظامية لبقايا هياكل المنخربات الصغيرة ، أشواك الاسفنجيات ، الكوكوليت الخ .

تستطيع المنخربة الحية أن تختار هذه المادة أو تلك حسب حجمها وطبيعتها ولونها وترتيبها بشكل مختلف داخل هيكلها .

يكون الملاط المفروز كيتنويدي مثال ذلك الجنس (*Trochammina*) وكلسياً ، وفي هذه الحالة يتلون بأكاسيد الحديد .

تختلف النسبة بين العناصر الملزنة والملاط حسب الأنواع والأفراد وضمن أي جزء في الهيكل .

تخرق الجدر ذات السماكات الكبيرة لعدد معين من فصيلة ليتوليديدة *Lituolides* بأقنية تدعى أسناخ (*Alveoles*) (الشكل ٦ - ١١) .

تكون البلسورات النسي تشكل الهياكل البورسلانية (*Tests porcelanes*) (الشكل ٦ - ١٢) صغيرة (٠,١ حتى ٢ ميلي ميكرون) كروية ، إبرية ومرتبطة بشكل غير منتظم .

تؤدي غزارة المواد المشكلة وغياب التوازي بين محاورها الضوئية إلى عدم اختراق الأشعة المضيئة للجدار بحيث تظهر بالأشعة النافذة قائمة أو سوداء بينما تظهر بالأشعة المنعكسة بيضاء ومشعة .

على الرغم من وجود مسامات ضمن الجدار فإن هذه الفراغات والمسامات لا تصل إلى الطرف الثاني من الجدار .

نطلق عليها عموماً بورسلانية وغير مثقبة .

تتميز الهياكل البورسلانية للمنخربات الحية ولعدد معين من المستحاثات بلون عميري يبدو كأنه مرتبط بمواد عضوية تختفي على العموم خلال عملية الاحاة .

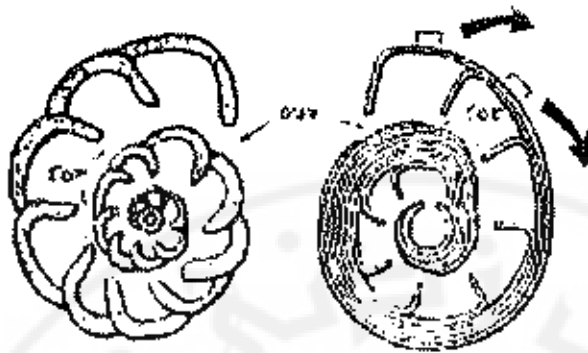
تتميز الهياكل الشفافة (Tests hyalins) بشفافيتها التي تتجم عن الأمور التالية :

- بالنسبة للهياكل ذات التركيب الحبيبي (شكل ٦ - ١٤) ،
الجدار ضعيف السماكة لأنه مؤلف من عدد من البلورات
المجهرية (٥ - ١٠ ميلي ميكرون) وذات توجهات ضوئية
مختلفة .

- بالنسبة للهياكل ذات البنية شبه النسيجية المشعة (Fibro-
radies) (الشكل ٦ - ١٣) ، تكون العناصر المشكلة
لجدار الهيكل ذات ترتيب منتظم لإبر بلورية في غاية الصغر
وذات محور ضوئي عمودي على سطح الهيكل .
وتختفي الشفافية (الشفافية) إذا ازدادت سماكة الجدار الذي يبقى
قابلاً للكشف عند دراسته بالشرائح الرقيقة .

تكون كل الهياكل الشفافة مخترقة بنقوب ذات أقطار تتراوح بين
٠,٥ - ١٥ ميلي ميكرون وبكثافة مختلفة وتطلق عليها عموماً
هياكل شفافة ومثقبة .

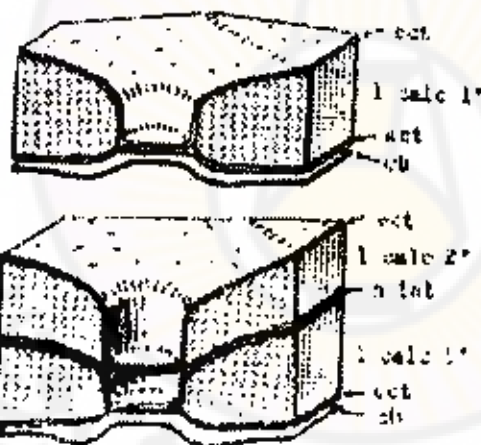
على عكس ما لاحظنا سابقاً ، يكون عدد كبير من الهياكل الشفافة
صفائحياً (الشكل ٦ - ١٥ ، ٦ - ١٦) .



الشكل (٦ - ١٥) : هيكل غيز صفائحي على اليسار

هيكل صفائحي على اليمين

For = فتحة فورامن .



الشكل (٦ - ١٦) : بنية جدار هيكل شفاف صفائحي في مستوى ثقب

في الأعلى : جدار وحيد الصفيحة

في الأسفل : جدار صفائحي

ect = بلاسما خارجية ninte غطاء بلاسما خارجية بين الصفائح

1 cal = ١ ° (٢ °) صفيحة كلسية أولية (ثلوية) .

وتكون جذرها مؤلفة من توضع صفائح كلسية مفصولة عن بعضها بعضاً بأغشية بروتيديّة (Napes protidiques) .

يكون الجدار أكثر سماكة كلما كان المسكن قديماً وذلك لأنه عند إضافة مسكن جديد تغطي المنخرية بشريحة كلسية للمسطح الحر لكل المساكن السابقة . يوجد ضمن الهياكل الشفافة منظومة معقدة نوعاً ما من الأقنية (النيمولينات) .

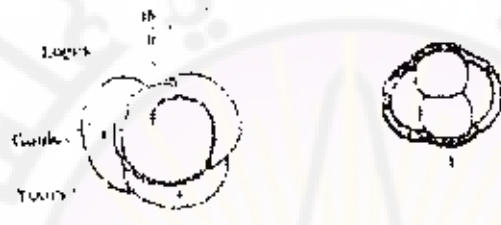
وتتميز هياكل منخريات الحقب الأول ببنية مجهرية (حبيبية مجهرية ، بنية نسيجية ، الخ) لا يوجد ما يقابلها بالنسبة للأنواع الحالية .

٦- عناصر الهيكل البنيوية :

تتألف قوقعة المنخرية إما من مسكن واحد أو من عدة مساكن ويقال عن الهيكل في الحالة الأولى إنه أحادي المسكن ويتم تشكل هذا المسكن بوساطة النمو المستمر . وعندما يكون الهيكل مؤلفاً من عدة مساكن يقال له متعدد المساكن ويبدأ تشكله في هذه الحالة بمسكن أولي يطلق عليه المسكن الجنيني الأولي (Proloculus) .

أ - المسكن الجنيني (Proloculus) وحلقة التثنى الشكلية :

إن المسكن الجنيني الأول (Proloculus) هو أول مسكن في هيكل المنخرية ويمكن أن يتصل مع المسكن الذي يليه بوساطة ثقب أو بوساطة فتحة أو بوساطة أنبوب صغير مستقيم أو بوساطة قناة محددة يطلق عليها اسم غولوت (Goulot) أو قناة ذات نمط ملتوي ، (الشكل ٦ - ١٧) .



1 = جدثة التثني الشكلي للمساكن الأولية عند النوع بلان أوربيلينا ميدائراته

Planorbulina mediterraneensis D' ORBIGNY

a = جزء مركزي لهيكل ميغالوسفيرية b = جزء مركزي لهيكل ميكروسفيرية

2 = البروكونيليس لشكل ميغالوسفيري *Alveolina* ذات التسمية المحددة ،
ونلاحظ الغولوت (القناة ذات النمط المتقوي) .

3 = النيكلوبكونيك (الجهاز الجنيني) لشكل (A) لـ أوربيتويد ميديا

Orbitoides media (D' ARCHIAC) يرينا عدة مساكن جنينية .

عند بعض المنخربات المتطورة يتألف الجزء الأولي للهيكل من مسكنين أو من عدة مساكن جنينية. ويطلق على المجموع اسم الجهاز الجنيني نيكلوبكونيك (Nucleoconites) . لقد بينت الدراسة الشكلية للهيكل متعددة المساكن أنه في معظم الحالات بالنسبة لنوع محدد يوجد نمطان من المساكن الأولية بالنسبة للنوع الواحد أحدها ذو حجم كبير يقابل في أغلب

الأحيان الأشكال A الماكروسفيرية الميغالوسفيرية (غامونت) ، والآخر ذو حجم صغير ينتمي إلى الأشكال B الميكروسفيرية (سكيذونت) .
وتكون الأشكال ذات المسكن الأولي الكبير في الغالب ذات أعداد كبيرة ، أما الأشكال ذات المسكن الأولي الصغير فتكون قليلة العدد .

ب - المساكن اللاحقة للمساكن الجنينية embryonaires - Loges post :
تتشكل هذه المساكن بعد تشكل المساكن الجنينية الأولية ، وتكون على الغالب بيضوية ، أسطوانية ، مثلثية ، مستطيلة أو على شكل V ، متطاولة ، حلقية ، أو تكون ذات أشكال غير منتظمة عند المنخربات المثبتة .
وتكون هذه المساكن في الغالب غير مقسمة عند الأشكال البسيطة في حين تكون عند عدد معين من الأجناس مقسمة إلى حجيرات محتوية بصورة جزئية على تشكلات داخلية .

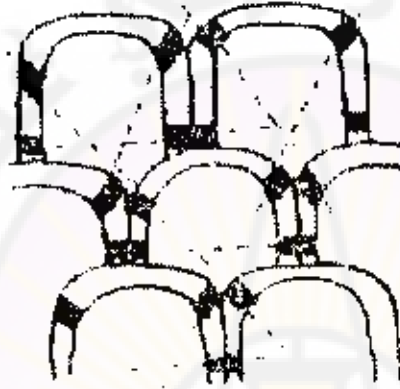
ج - الحواجز والدروز (Cloisons et Sutures) :
الحواجز هي التقسيمات التي توجد بين المساكن بالنسبة للهياكل متعددة المساكن ، وقد تكون هذه الحواجز بسيطة أي أنها مؤلفة من طبقة كلسية واحدة فقط أو قد تكون صفائحية .

أما الدروز فهي بالطبع آثار تلك الحواجز على السطح الخارجي للهيكل ، وقد تكون هذه بسيطة ، سمكية أو مضغوطة ، مستقيمة ، منحنية .

د - منظومة الأفتية (Systeme de Canaux) :
تنتشر في هياكل المنخربات المتطورة منظومة من أفتية معقدة نوعاً ما ، وقد تكون هذه الأفتية موزعة على كامل الجدار الداخلي للهيكل متمركزة في أجزاء معينة من الهيكل أو على محيطه أو على الحافة الداخلية للجدار أو على الحواجز الفاصلة بين المساكن أو على أشواك الهيكل (الشكل ٦ - ١٩) .

هـ - الستولون (Stolon) :

يكون لبعض المنخربات ما يسمى الستولونات (الشكل ٦ - ١٨) وهي عبارة عن أنابيب موزعة أحياناً على عدة صفوف في صلب الحواجز تسمح بالاتصال بين مساكن مختلفة .

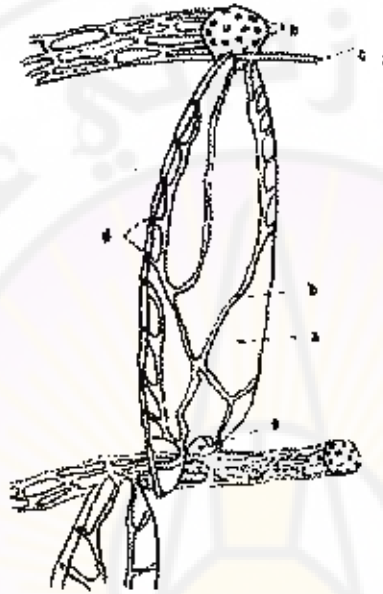


الشكل (٦ - ١٨) : رسم تخطيطي يبين انقطاع الحواجز بسبب مرور الستولون ضمن مساكن الليندوسيكينا *Lepidocyclina S. I* .

و - الفتحات Ouvertures :

وهي ثقوب تكون الميثويلاسيما عبرها يتماس مع الوسط الخارجي وعندما يتشكل مسكن جديد فإن الفتحة السابقة تسمح بالاتصال بين المسكنين المتجاورين . ونطلق على الفتحة التي تؤمن الاتصال بين مسكنين متجاورين اسم نخروب (Foramen) .

بالنسبة للأشكال النادرة فإن الفتحات غير محددة لدى أشكال نادرة . غير أنه توجد في الغالب بشكل جيد لدى هذه الأشكال فتحة قد تكون بسيطة أو متعددة (الشكلان ٦ - ٢٠ ، ٦ - ٢١) .



الشكل (٦ - ١٩) :

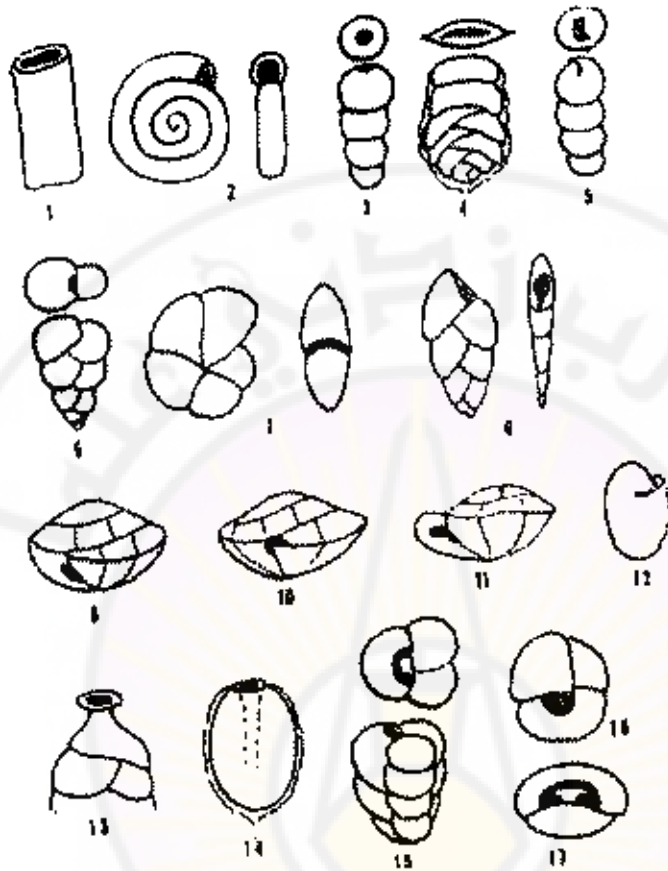
منظومة الأكتية عند أوبركلينا

Operculina D . O . Bannink , 1948

a = حاجز b = قناة حاجزية

c = قناة هامشية d = مسامات حاجزية

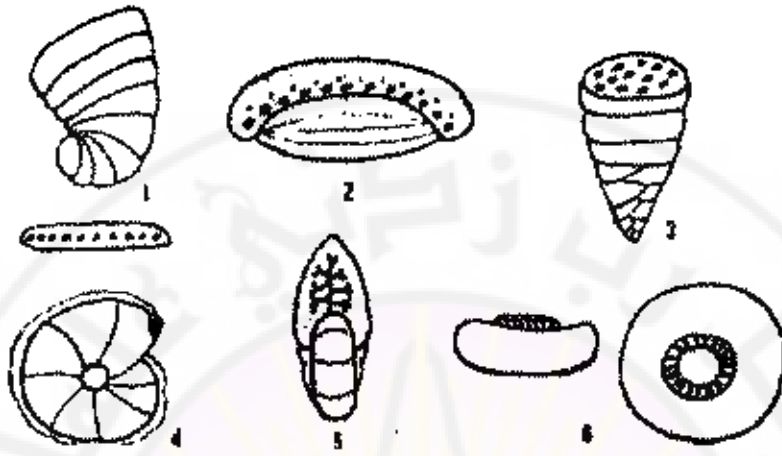
e = أكتية الحبل الهامشي o = فتحة على قاعدة المسكن



الشكل (٦ - ٢٠) : الأماط المختلفة للفتحات البسيطة

- 1-2 = تقع على نهاية المسكن الأثوبي = 3 = نهاية مدورة
 4 = نهاية على شكل شق = 5 = تحت النهاية على شكل الهلال
 6 = قاعدية = 7 = شق قاعدي = 8 = قاعدية على شكل الفاصلة
 9 = بالوسط على الوجه السري = 10 = على المحيط
 11 = عمودية على محور الالتفاف = 12 = جانبية
 13 = نهاية محمولة على عتق = 14 = نهاية على أنبوب داخلي
 15 = نصف دائرية مع صفوحة = 16 = مع سن بسيط
 17 = مع سن متفرع (ثلاثي) .

ويعد شكل الفتحة ووضعيتها صفتين هامتين في مجال النسب والتصنيف .

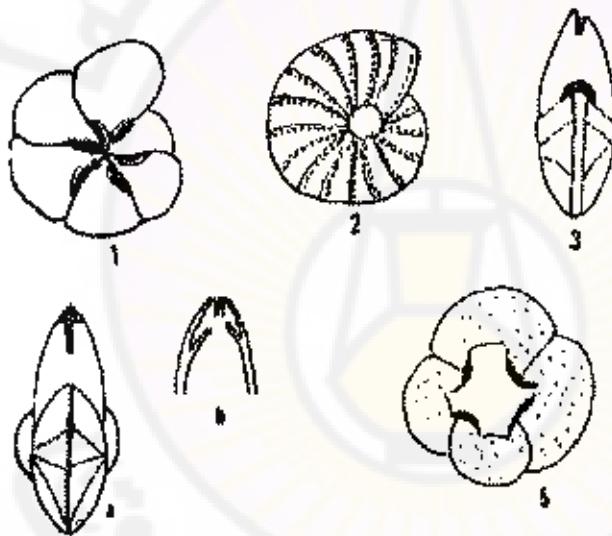


الشكل (٦ - ٢١) : الأنماط المختلفة للفتحات المتعددة

- 1 = نهائية ومرتبة بشكل خطي 2 = قاعدية متلوية
3 = نهائية على شكل الغريال 4 = نهائية مشعة
5 = شجيرية 6 = نهائية مع صفوحة .

قد يكون شكل الفتحات البسيطة مستديراً أو على هيئة شق أو قوس أو هلال أو فاصلة ، بينما تكون الفتحات المتعددة شعاعية أو شجيرية أو غريالية الشكل أو مؤلفة من صفوف من الثقوب ذات وضعية خطية .
كما أن وضع الفتحة يتغير فتكون في نهاية المسكن الأخير ، أو تحت نهائية واقعة على قاعدة المسكن الأخير أو محيطية أو سريرية أو جانبية أو وسط المسكن الأخير .

ويمكن أن تنضم إلى الفتحات الرئيسة الفتحات الثانوية (الإضافية)
 الشكل (٦ - ٢٢) ، ويمكن أن يتغير موقعها أيضاً على الخطوط الدرزية أو
 على الجوانب المحيطة وفي منتصف المسكن الأخير .
 ولا يمكن أن تتصل تلك الفتحات الإضافية ، ولكن تكون على اتصال مع
 فجوات تكون بدورها على اتصال مع المسكن .
 ويمكن للفتحات أن تتبدل بسبب وجود عناصر غريبة . وترينا هذه
 الفتحات أحياناً وجود أسنان بسيطة أو متفرعة أو شفاء محيطة بها ومنثنية
 نحو داخل الهيكل أو صفائح تؤدي إلى تضخمها جزئياً أو كلياً .



الشكل (٦ - ٢٢) : الفتحات الإضافية (الثانوية)

1 - 2 = على الخطوط الدرزية

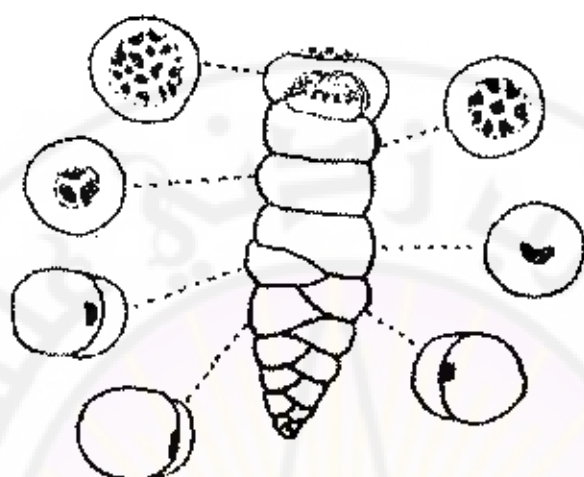
3 = محيطة وقاعدية

4 = a شق تحت الفنحة المشعة

b) مقطع يرينا المسكن الصغير المقابل

5 = فتحات مرتبة حول صفيحة سرية .

وخلال تطور الفرد بتغير شكل الفتحة ووضعيتها (الشكل ٦ - ٢٣)
ويمكن أن يتغير عند الجنس نفسه خلال الشجرة الوراثية .



الشكل (٦ - ٢٣) : تغير الفتحة خلال تطور الفرد عند النوع كليماكامينا
Climacamma sp.

ق - الثقوب :

تربنا هياكل المنخرات الشفافة وجود ثقوب تكون ممراً للأهداب .
ويبدو بالنسبة لعدد من الباحثين أن حجم هذه المسامات وشكلها ووضعها هي
قرائن هامة في التحديد التصنيفي .

وتخترق جدر بعض المنخرات الملزنة ثقوب تعلق عليها المسامات
الأولية ، ولا يمكن عد هذه الأنابيب ، وبحسب عدد من الباحثين ، كالثقوب
المماثلة للمنخرات الشفافة .

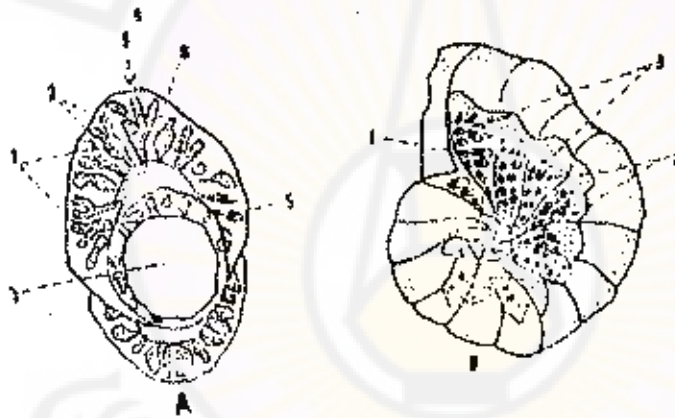
ك - البنية الداخلية :

ويمكن أن نتناول إما القسم الداخلي لجدار الهيكل أو الحواجز أو
المساكن أو المجموع كله . إن حواجز عدد معين من الهياكل الملزنة يمكن أن

تكون سميكة ومخرقة الشكل بنظام سنخي (القبولي) أو أنبوبي نوعاً ما وبشكل غير نظامي ومتشابك (الشكل ٦ - ٢٤ ، ٦ - ٢٥) .

كما يُبدي مظهراً مماثلاً لمظهر إسفنجية على تقيض المظهر المتراص للجدر ذات البنية البسيطة . ويمكن أن تنقسم المساكن جزئياً أو كلياً بتشكيلات هيكلية داخلية وتنشأ تشكيلات هامة خلال تطور الفرد على شكل حواجز ثانوية أو أعمدة ، ويمكن أن تنقطع هذه الحواجز الثانوية على شكل طبقة تحت جلدية .

كما أن المقاطع التي تمر بهذه المناطق تسمح بمشاهدة شبكة ذات فتحات متغيرة حسب توزيعها ، (الشكل ٦ - ٢٤) .



الشكل (٦ - ٢٤) : البنية السنجية عند سيكلامينا كاتسيلاتا

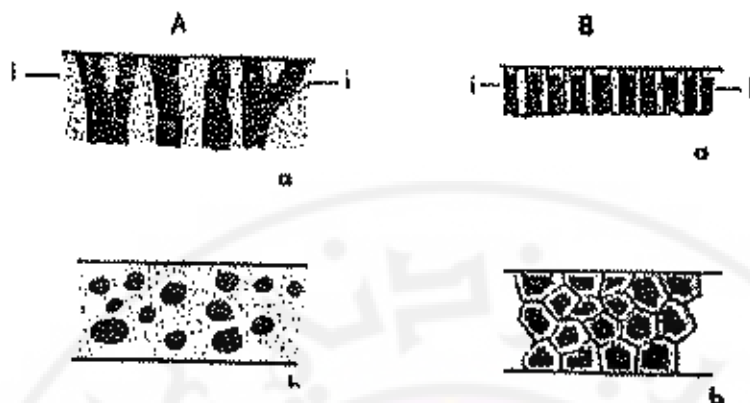
Cyclammina Cancellata

A = مقطع محوري B = هيكل لفرد من أفراد سيكلامينا يرينا البنية السنجية

1 = سنخ أولي 2 = سنخ ثانوي 3 = سنخ ثالثي

5 = فتحات سنخية ثالثة 7 = البرولوكيليس (المساكن الجنينية)

8 = مسكن 9 = مستوى استوائي .



الشكل (٦ - ٢٥) : مقاطع توضح البنية السنخية والمتشابكة

A = البنية السنخية (الألفيولية)

a = جزء من جدار منخرية يبين عليه الأنايب التي تخترقه

b = مقطع عمودي على الأنايب السنخية التي تخترق الجدار

B = البنية المتشابكة

a = جزء من جدار هيكل منخرية يبين عليه الطبقة المحيطة والحواجز

الصغيرة التي تقع تحت الطبقة المحيطة

b = مقطع عمودي يمر بالحواجز الصغيرة تحت المحيطة والتي تظهر على شكل شبكة

ذات فتحات غير منتظمة .

ن - الزخارف :

تكون المنحربات الكلسية مزخرفة بشكل كبير ، ويمكن أن تنال الزخرفة

أجزاء مختلفة من الهيكل ، (الشكل ٦ - ٢٦) .

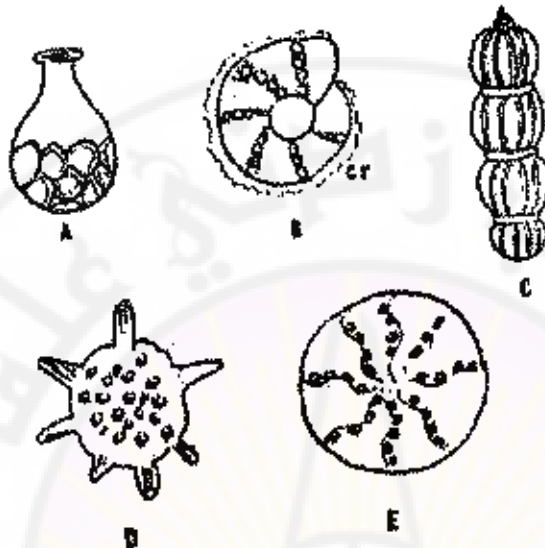
- الجدر الخارجية للمساكن : هو نمط الزخرفة الأكثر شيوعاً وتتألف

هذه الزخرفة من إضافات نسج كلسية على شكل أضلاع أو أشواك أو

شبكات أو حبيبات، ويمكن أن تشمل السطح كله أو جزءاً من مسكن

فقط .

- الدروز : يمكن أن تظهر الخطوط الدرزية على شكل مجعد أو ناهضة أو شوكية أو حبيبية .



الشكل (٦ - ٢٦) : أمثلة عن زخارف هيكل المنخربات

A = الزخرفة على شكل شبكة في قاعدة الهيكل

B = الزخرفة واقعة على الخطوط الدرزية وجيبية وتظهر على محيط الهيكل على شكل

حافة C = الزخرفة على شكل أضلاع D = الزخرفة على شكل أشواك وحبيبات

E = الزخرفة حبيبية وشوكية -

- المحيط : يكون مميزاً أحياناً بترسيبات سميكة زجاجية أو بتشكيلة جادة

نوعاً ما تدعى الحافة (Carene) .

إن هذه الأنماط من الزخارف تكون على الغالب موجودة عند المنخربات

التي تعيش في المياه الدافئة والمشبعة بالكلس .

وتتمو هذه الأنماط من الزخارف عند المنخربات البالغة وتمثل قرينة

نوعية هامة .

٧- البناء العام للهيكل وعلاقته مع النمو :

لم يدرس البيولوجيون بشكل كبير العمليات المتعلقة بنمو هياكل المنخربات وحسب أعمال كل من J . Hofker (١٩٢٨) ، و E . H . Myers (١٩٣٥ - ١٩٤٣) ، و J . Lecalvez (١٩٣٨) و M . W . Jepps فإنه يبدو أن نمو الهيكل يكون غير مستمر عند المنخربات متعددة المساكن على الأقل .

أما بالنسبة للأنواع ذات الهيكل الشفاف (Test hyalin) فإن انضمام مسكن جديد يتحقق خلف كيس النمو الذي يمكن أن يغلف كامل الهيكل أو يمكن أن يتضمن أو يشتمل على مكان المسكن الجديد .

وفي داخل الكيس تفرز البلاسما الخارجية الأساس شبه الكيتيني ويظهر بعدها الهيكل للوجود ويهمل كيس النمو بعد عملية التكتليس الكاملة للهيكل .

قد يكون أساس الغطاء الملزّن السطحي لبعض المنخربات من الكيس، وإن المساكن الملزّنة ما هي إلا أكياس قديمة متصلة بواسطة الغشاء شبه الكيتيني، أو هي ملاط مفرز من قبل البلاسما الخارجية .

أما بالنسبة للمنخربات متعددة المساكن فإن بناء مسكن جديد يحصل حسب عمليتين مختلفتين تسمحان بتمييز نمطين هندسيين .

أ - هياكل غير صفاحية :

في مثل هذا النوع من الهياكل يكون لكل مسكن جداره الخاص الواقع في مستوى درز المسكن السابق المتشكل أو يغطيه قليلاً (الشكل ٦ - ٢٧) .

فالهيكل مؤلف إذن من تتابع مساكن منضمة، ونجد في هذا النمط مسن الهياكل عند الأشكال الملزّنة الحبيبية المجهرية والبورسلانية .



الشكل (٦ - ٢٧) : مقطع تخطيطي لهيكل غير صفائحي.

ب - الهياكل الصفائحية :

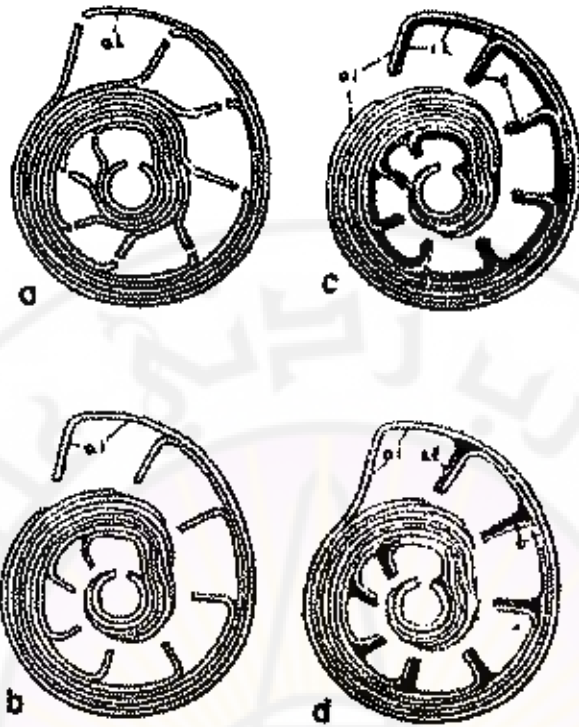
تميز هذه البنية الهياكل الشفافة (Tests hyalins) وعند تشكل مسكن جديد في هذه الهياكل تقوم المنخرية الحية بتغطية السطح الحر لكل المساكن المشكلة سابقاً بطبقة كلسية رقيقة .

لذا فإن جدار المساكن يكون سميكاً ويتألف من تتابع شرائح مميزة ، ويوجد بين هذه الصفائح سطوح فاصلة يجب أن لا تخلطها مع منطقة منظومة الأكتنية الموجودة في الهيكل .

وحسب أعمال Z. Reiss (١٩٥٧ ، ١٩٥٨ ، ١٩٦٣) فإنه من

الممكن أن نميز عدة أنواع من الهياكل الصفائحية (الشكل ٦ - ٢٨)

- الهياكل أحادية الصفائح : يتألف جدار كل مسكن جديد من صفيحة وحيدة تمتد على السطح الخارجي للهيكل .



الشكل (٦ - ٢٨) : مقاطع أفقية تخطيطية للهياكل الصفاحية

حسب Z. Reiss ١٩٥٨ م

a - b = هياكل وحيدة الصفائح C = هيكل ثنائي الصفائح

d = هيكل وحيد الصفائح مع حواجز بشكل ثانوي ثنائية الصفائح

al = صفيحة خارجية il = صفيحة داخلية af = صفيحة حاجزية c = أفتية.

- الهياكل ثنائية الصفائح : يتألف جدار كل مسكن جديد من صفيحتين :

الصفيحة الخارجية تمتد على سطح الهيكل ، صفيحة داخلية تغطي

بشكل داخلي سطح المسكن الجديد .

- الهياكل أحادية الصفائح مع حاجز ثانوي الصفائح بشكل ثانوي : يتألف

جدار كل مسكن جديد من صفيحة وحيدة تمتد على السطح الخارجي للهيكل ،

ولكن زائدة من الصفيحة تضاعف خارجياً الوجه المقابل للمسكن السابق ، ولا تبدو هذه الصفة إلا بشكل ثانوي عند بناء مسكن يلي المسكن السابق .

٨ - الشكل العام للهيكل (شكل المساكن وترتيبها) :

إن شكل المسكن وانتظام الهيكل وكذلك الشكل (المظهر) العام كليهما متنوعة جداً ويمكن أن تكون المساكن كروية منتظمة ، كروية مضغوطة ، متطاولة ، بيضوية ، زاوية منتفخة وغير نظامية ، نصف دائرية ، حلقيّة أو على شكل ٨ (eu chevron) .

وتبدي الهياكل ترتيبات متنوعة ، ونميز هياكل وحيدة المساكن (أو هيكل أحادي المسكن) وتكون بهذه الحالة مكونة من مسكن وحيد والهياكل متعددة المساكن وتكون مكونة من عدة مساكن .

أ - الهياكل وحيدة المسكن :

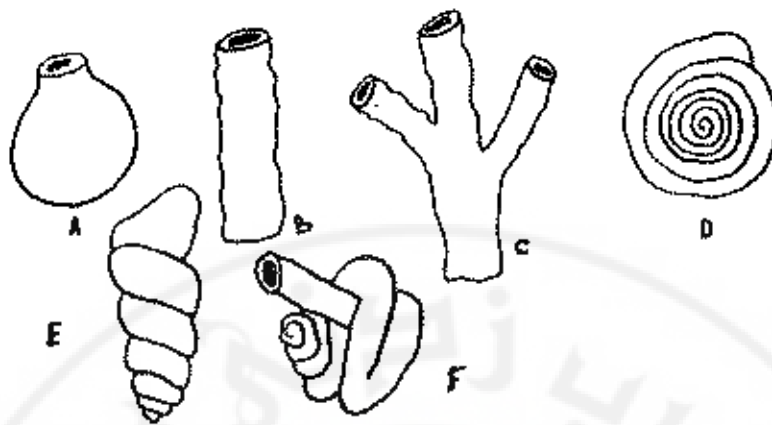
تبدي الهياكل الأكثر بساطة مظهراً بيضوياً أو كروياً مع أو بدون فتحة . أما الهياكل الأخرى فيكون لها شكل أنابيب مستقيمة مفتوحة في نهاياتها أو متفرعة أو متغصنة وهناك عدد معين من الهياكل الأنبوبية ملتفة حلزونياً في مستوى أو في عدة مستويات متغيرة (الشكل ٦ - ٢٩) .

ب - شكل الهياكل متعددة المساكن :

يكون هذا النمط من الهياكل مكوناً من مسكن جنيني (Proloculus) تليه مساكن متصلة فيما بينها بفتحات متتابعة، ويمكن أن تترتب هذه المساكن على شكل وحيد السلسلة أو على شكل ملتف .

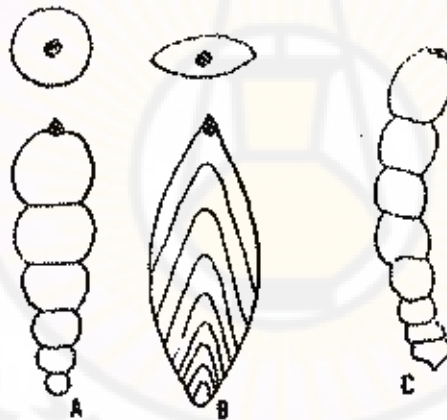
١ - الهياكل وحيدة السلسلة :

إن شكل الهيكل وحيد السلسلة هو الأكثر بساطة (الشكل ٦ - ٣٠) حيث تصطف المساكن فوق بعضها بعضاً بشكل مستقيم أو منحني .



الشكل ٦-٢٩: الأنواع المختلفة للهيكل وحيدات المساكن

A = مسكن كروي B = مسكن على شكل أنبوب مستقيم C = أنبوب متفرع D = أنبوب ملتف ضمن مستوي E = أنبوب ملتف على شكل حلزون F = أنبوب ملتف ضمن مستويات متغيرة.



الشكل ٦-٣٠: هياكل متعددة المساكن وحيدة السلسلة

A = هيكل مستقيم وحيد السلسلة مع مساكن مدورة B = هيكل مسطح مستقيم وحيد السلسلة مع مساكن على شكل A (eu chevron) C = هيكل وحيد السلسلة على شكل منحني.

المنخربات خلال الأزمان الجيولوجية :

ظهرت المنخربات في الأوردفيسي، ومن المحتمل أن تكون قد ظهرت منذ الكمبري ، مثال ذلك باتي سيفون (Bathysiphon) بأشكال ذات هيكل ملزن ووحيد المسكن .

ظهرت الهياكل الكلسية ذات الحبيبات المجهرية في السيلوري والهياكل ذات النسيج الليفي الكاذب (Pseudofibreuse) في الديفوني .

حدث هام تم على الحد بين دوري الديفوني والكربوني هو بداية ظهور حواجز في الهيكل (كاربونلا Carbonella) . (شكل ٦ - ٣١) ، الأمر الذي أعطى الهياكل متعددة المساكن ذات النمو الدوري .

وقد ظهرت بعدها بقليل خلال الكربوني الهياكل البورسلانية وحادثة النثني الشكلي والالتفاف الحلزوني حول محور مع الجنس Trochammina ذي الهيكل الملزن (شكل ٦ - ٣٢) ومع الجنس Tetrataxis ذي الهيكل الكلسي (الشكل ٦ - ٣١) .

كثرت وتآزعت بشكل كبير مجموعات Fusulinides والـ Endothyrides في الحقب الأول العلوي قبل أن تختفي في مطلع الحقب الثاني .

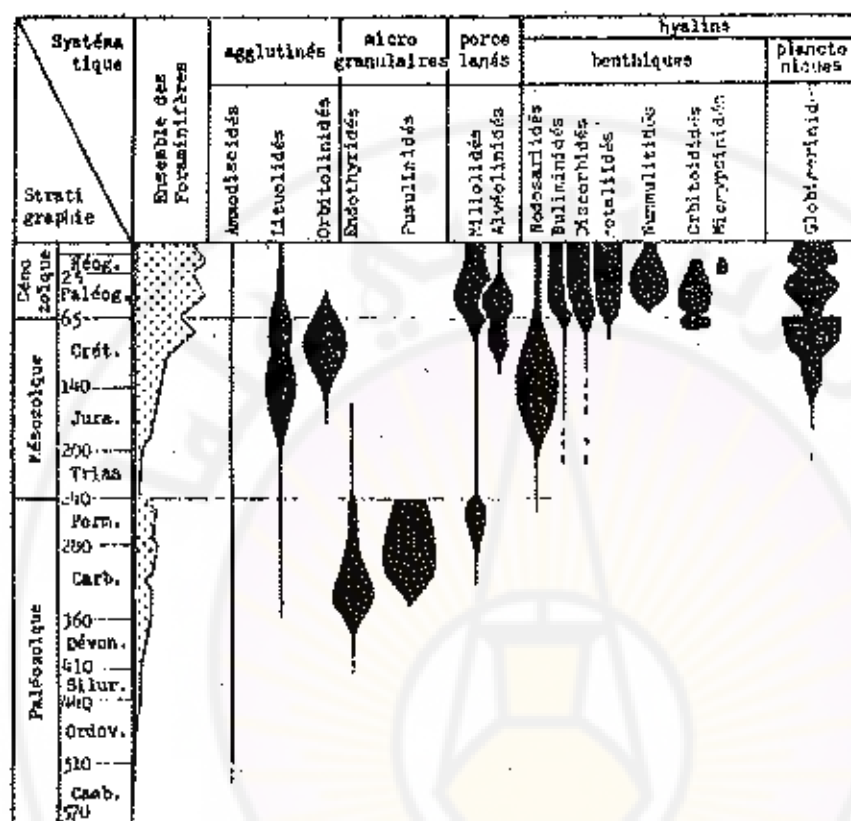
وقد عرف دور الترياس الفقير بالمنخربات تجدداً هاماً تجلى خلال الجوراسي بانتشار الـ Miliolides والمنخربات ذات الهياكل الشفافة ذات البنية الليقية الشعاعية الأولى (radice-Fibro) وذات الهياكل المنقبسة والمصفانحية (Nodosariides) والأشكال البلاتنكتونية (Globuligerina) .

في الكريتاسي الأدنى بدأ بعض الأنواع بالعيش في مياه اللاغونات . ويتابع التنوع خلال الكريتاسي بظهور منظومة الأكنية : مثال : أشكال فصيلة

Rotaliides . وقد لسطوحت ازدياد المنخربات العوالق مثل
(Globotruncana) والمنخربات القاعية الكبيرة أمثال :
Orbitilinides , Alveolinides et Orbitoidides

تتطابق بداية زمن الحقب الثالث مع اختفاء فبسي تناول عدداً من أجناس
القاعيات ، مثال : Orbitoidides والعوالق (Globotruncana) وأعقب
ذلك مرحلة جديدة هامة من التنوع شملت المجموعة القديمة :
(Alveolinides , Orbitoidides , Planctoniques)
أو رافقت المجموعات الجديدة : (Nummulitides) .

كانت نهاية الأوليفوسين كذلك فترة حرجة ، فالمجموعات :
Lituolides ، Alveolinides ، Nummulitides أخذت بالانحدار
بشدة واختفت إلى Orbitoidides في الميوسين .



الشكل ٦- ٣١: المجال الستراتغرافي لعدة مجموعات من المنخربات.

الفصل السابع

المستحاثات المجهرية السيليسية

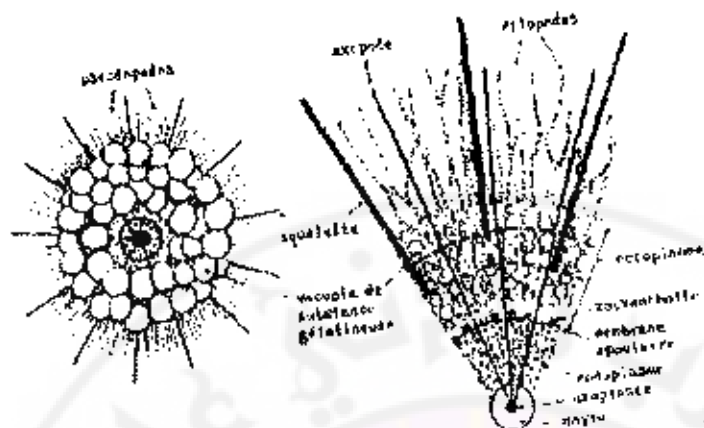
الشعاعيات

(Les Radiolaires)

إن المستحاثات المجهرية السيليسية لها هيكل مؤلف أساساً من الأوبال، سهل العطب ، قابل للانحلال قبل الاستحاثاة وبعدها ، ويمكن أن يتحول كلياً بفضل عمليات الدياجنيز إلى كوارتز ، كالسيت ، دولوميت ، أو بيريت .
توجد الشعاعيات المستحاثاة على العموم داخل صخور قاسية متراصة، وهذا يفسر لنا صعوبة دراستها .
وعلى الرغم من الدراسات التي تمت على الشعاعيات فإن المعلومات عنها تبقى مبعثرة .

الشعاعيات الحية الشكل (٧ - ١ ، ٢) :

تتميز وحيدات الخلية هذه بأن لها غلافاً حافظاً عضسويّاً معبداً ذا طبيعة غير معروفة . يفصل البلاسما الخارجية التي تفرز الهيكل عن البلاسما الداخلية الحاوية على نواة ومحتويات أخرى متنوعة .
نميز في أهداب الشعاعيات نمطين وهما :
- أهداب خيطية متفرعة وذات امتدادات بسيطة للبلاسما الخارجية .



الشكل (٧ - ١) : مظهر خارجي ومقطع ضوئي لشعاعية

Polycystine من مجموعة Spumella الحية

الشكل (٧ - ٢) : مخطط لجزء من مقطع من مجموعة

Spumella حيث الهيكل مؤلف من قوقعتين متركبتين وأشواك شعاعية

- أهداب وحيدة غير متفرعة مطلقاً ذات محور صلب .

إن المعلومات عن الشعاعيات غير موثقة بشكل جيد بسبب عدم إمكانية

القيام بتربيتها مخبرياً فإن مدة حياتها من مرتبة الشهر الواحد .

تتغذى الشعاعيات على المتعضيات والمشطورات وتتكاثر بالانقسام

العادي. يحتفظ أحد الأفراد الناجمة عن التكاثر بقوقعة الفرد الأصلي ، أما

الآخر فيقوم بتشكيل هيكل جديد .

كما أن حادثة التثني الشكلي قد لوحظت عند الشعاعيات ، ويمكن أن نفسرها على أنها تمثل مرحلتين متتابعتين من حلقة التكاثف على غرار المنخرات .

الشعاعيات حيوانات بحرية بلانكتونية وتعيش في مياه ذات ملوحة نظامية ٣ ‰ وتتكاثر بغزارة على عمق ١٠٠ م وتتناقص على عمق ٥٠٠ م . تكون الشعاعيات التي تعيش في المياه السطحية ذات هياكل صغيرة بصورة عامة وأكثر تبرقأ بالمقارنة مع تلك التي تعيش على أعماق كبيرة ، ويزداد حجمها في حين تتناقص على العكس صلابة هياكلها بدءاً من خط الاستواء باتجاه القطبين .

الهيكل:

إن الهيكل هو الجزء القابل للاستحاث ، وقد يكون غير موجود عند الشعاعية الحية . تتألف في الغالب من أشواك منفردة أو متجمعة في بناء معقد.

وبتراوح حجم الشعاعية الحية من ١٠٠ إلى ٤٠٠ ميكرون وقد يصل حجم الهيكل بشكل استثنائي إلى ٢ مم ويكون مؤلفاً من الأوبال النفي على شكل جسيمات مرتبة في سطوح شبكية أو على شكل كتل إسفنجية . ويمكن تمييز مجموعتين كبيرتين للبولىكستين الحالية بحسب شكل الهيكل.

١- مجموعة :

ذات تناظر شعاعي مشتق من قوقعة كروية (الشكل ٧ - ٣) .
وتتمحور التغيرات في هذه المجموعة على :

- شكل القواقع الداخلية (المحفوظة) ، بيضوية ، اهليلجية ، عدسية ، مكعبة ، واحدة أو أكثر ، متمركزات ومرتبطة بين بعضها بعضاً بواسطة وصلات .

- الشكل (متفرع أو غير متفرع) العدد ، الترتيب ، والحجم النسبي وبنية الامتدادات الشعاعية .

٢- مجموعة الناسيلر : الشكل (٧ - ٣) :

يعود تجانس هذه المجموعة إلى هياكلها ذات البنية الشبكية والتي تتجم عن تبدل شوكة أساسية على شكل حاجز بسيط منته بطرفيه بحزم من الأشواك . ويمكن التعرف أحياناً على هذه الشوكة الأساسية عندما تكون داخل قوقعة صغيرة متغيرة الحجم والشكل (كروية أو مفصصة) ، متعبة بدرجة كبيرة أو صغيرة ، مزينة أو غير مزينة بأشواك أو بأنبوب .

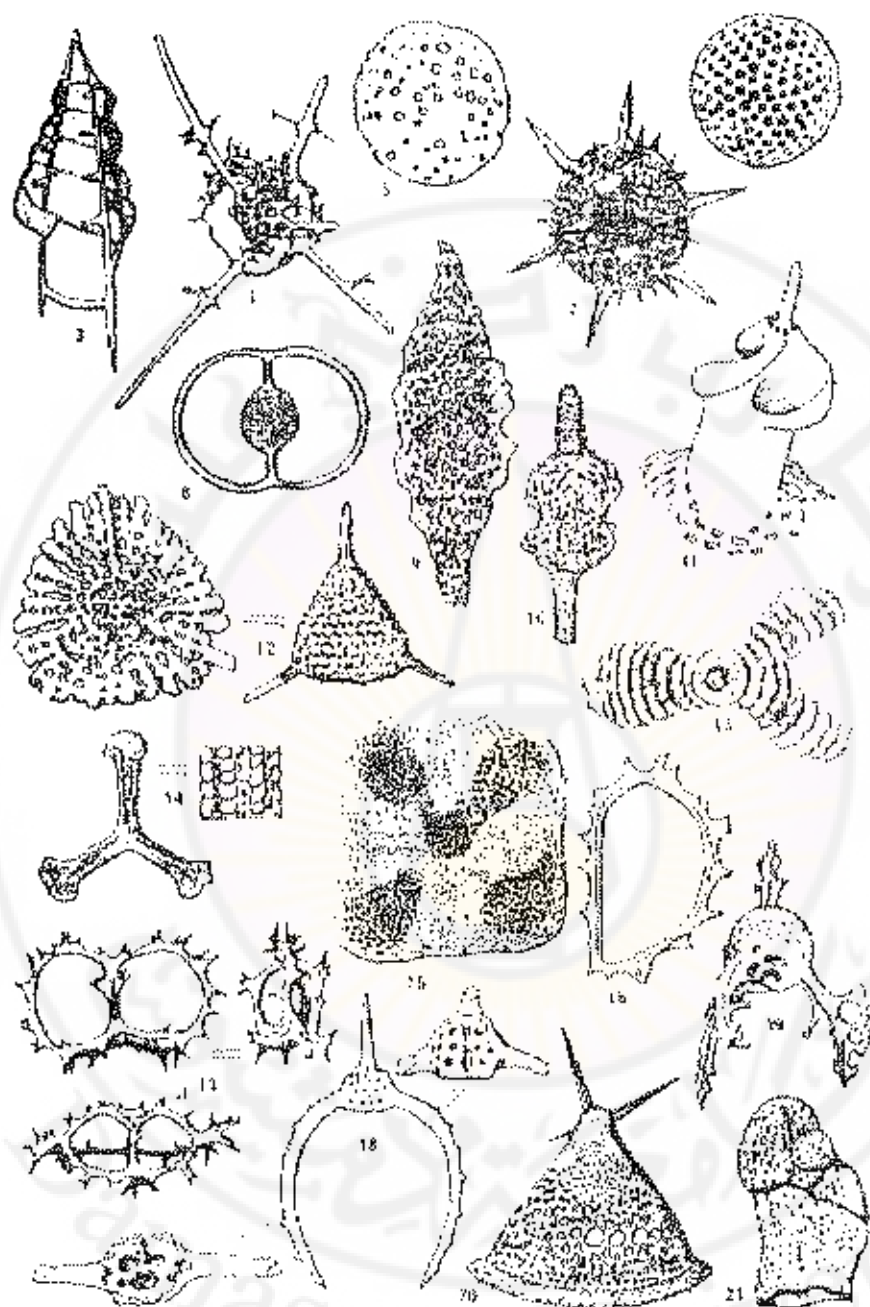
تعد هاتان المجموعتان مناسبتين لتصنيف البوليكيشتين العائدة للحقبين الثاني والثالث .

أما بالنسبة لأشكال الشعاعيات العائدة لأعمار الحقب الأول فإن تقسيمها إلى مجموعات صعب فمجموعة Entactinides على سبيل المثال (الشكل ٧ - ٤) ذات الشكل البيضوي يمكن ترتيبها دون صعوبة تذكر ضمن مجموعة Spmellaires ، بينما تبدو مجموعة Albailfellaires (الشكل ٧ - ٤) دون علاقة مع مجموعة Spumellaires ومجموعة Nassellaires .

على الرغم من العدد الكبير لأجناس الشعاعيات (١٢٠٠ جنس) ولأنواعها (٧٠٠٠ نوع) الموصوفة فإن الشعاعيات المستحاثية ما تزال غير معروفة بشكل جيد . ومنذ أن أهمل التصنيف الاصطناعي المعمول به من قبل العالم Kaeckel فإن تصنيفها من جديد قيد المراجعة .

الشكل (٧ - ٣) الشعاعيات اليوليبيكتين للمجموعات التالية:
(16-21) Nassellaire , (4-15) Spumellaire , (3) Albaillelaire

<i>Albaillella</i>	= 3	(كربوني)
<i>Haplentactinia</i>	= 4	(الديفوني)
<i>Collosphaera</i>	= 5	(الميوسين - الحالي)
<i>Cenosphaera</i>	= 6	(الايوسين - الحالي)
<i>Actinomma</i>	= 7	(الميوسين - الحالي)
<i>Satinomma</i>	= 8	(البليستوسين - الحالي)
<i>Ommulartus</i>	= 9	(الميوسين - الحالي)
<i>Cannartus</i>	= 10	(الاوليغومين - الميوسين)
<i>Capnuhosphaera</i>	= 11	(الترياسي)
<i>Alievium</i>	= 12	(الكريتاسي)
<i>Amphirhopalum</i>	= 13	(البليوسين - الحالي)
<i>Paronaella</i>	= 14	(الكريوني - الكريتاسي)
<i>Spongoster</i>	= 15	(الميوسين - الحالي)
<i>Zygocircus</i>	= 16	(الايوسين - الحالي)
<i>Girffospyris</i>	= 17	(الايوسين - الحالي)
<i>Dorsadospyris</i>	= 18	(الايوسين - الميوسين)
<i>Callimitra</i>	= 19	(الايوسين - الحالي)
<i>Corocalyptra</i>	= 20	(البليستوسين - الحالي)
<i>Botryogyle</i>	= 21	(الايوسين - الحالي)



الشكل (٣ - ٧) : الشعاعيات البوليكيستين للمجموعات التالية :
 (١٦ - ٢١) Nassellaires ، (٤ - ١٥) Spumellaires ، (٣) Albaillellaires

الشكل (٧ - ٤) : الشعاعيات البوليكيستين من مجموعة السـ

: Nassellaires

a = القسم الخلفي

c = القسم الراسي

p = الجزء ما بعد القسم الخلفي

t = القسم الصدري

Anthocyrtidium = 22 (الأوليغوسين - الحالي)

Phormostichoastus = 23 (الأوليغوسين - الحالي)

Teocampe = 24 (الكريتاسي - الحالي)

Holocryptocapsa = 25 (الكريتاسي)

Peripyramis = 26 (الأوليغوسين - الحالي)

Pterocanium = 27 (الأيوسين - الحالي)

Calocyclas = 28 (الأيوسين)

Lychnocanoma = 29 (الأيوسين - الحالي)

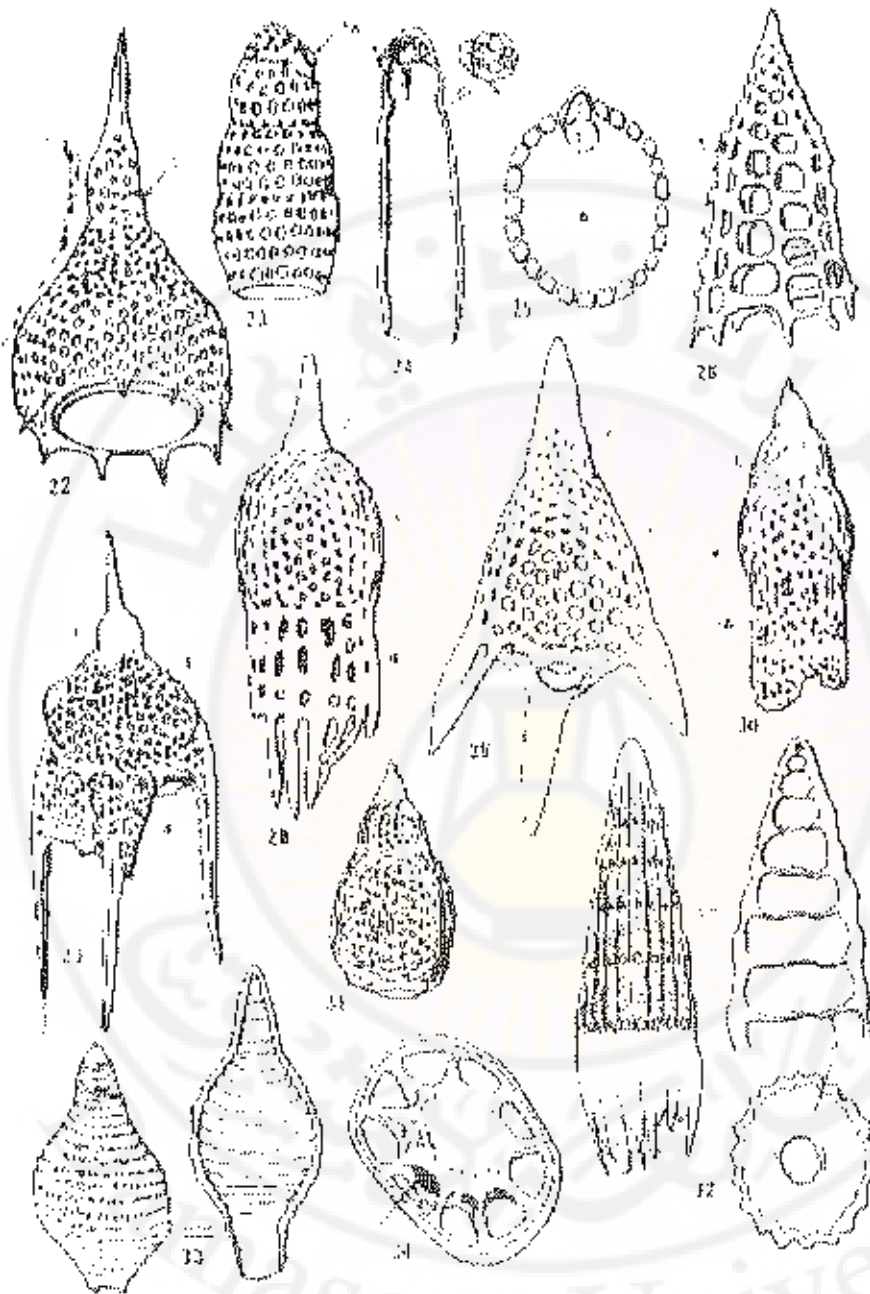
Stichocorys = 30 (الميوسين - البليوسين)

Cyrtocapsa = 31 (الأوليغوسين - الميوسين)

Dictyomitra = 32 (الكريتاسي)

Mirifusus = 33 (الجوراسي - الكريتاسي)

Saturniforma = 34 (الكريتاسي)



الشكل (٧ - ٤) : الشعاعيات البوليكيستين من مجموعة Nassellaires .

الشعاعيات خلال الأزمان الجيولوجية :

ظهرت الشعاعيات في الأوردفيسي . وفي الحقب الأول (Arenig) سيطرت مجموعة الـ Entactinides مجتمعة مع مجموعة Albaillellaires ومجموعة الـ Spumellaires ذات القوقعة الشبكية أو الإسفنجية منذ الديفونيان .

لقد لوحظ تجديد كبير في بداية الحقب الثاني ، فالأشكال المميزة للحقب الأول اختفت في حين أخذت الأشكال الأولى للـ Nassellaires بالظهور ، واستمرت مع بعض الأهمية في الكريتاسي . أما Spumellaires التي ما تزال سائدة ، فإنها ممثلة بعدد من الأجناس الخاصة Capnuchosphaera في الترياس ، Paronaella في الجوراسي - الكريتاسي Alievium و Rotaformides في الكريتاسي .

اختفت في الحقب الثالث أجناس متعددة ، في حين ظهرت أجناس جديدة ، واستمرت باستثناء عدد منها حتى وقتنا الحالي وكان تنوع البوليكيستين على أشده .

وتفقد مجموعة Spumellaires شيئاً فشيئاً أهميتها بالمقارنة مع مجموعة الـ Nassellaires .

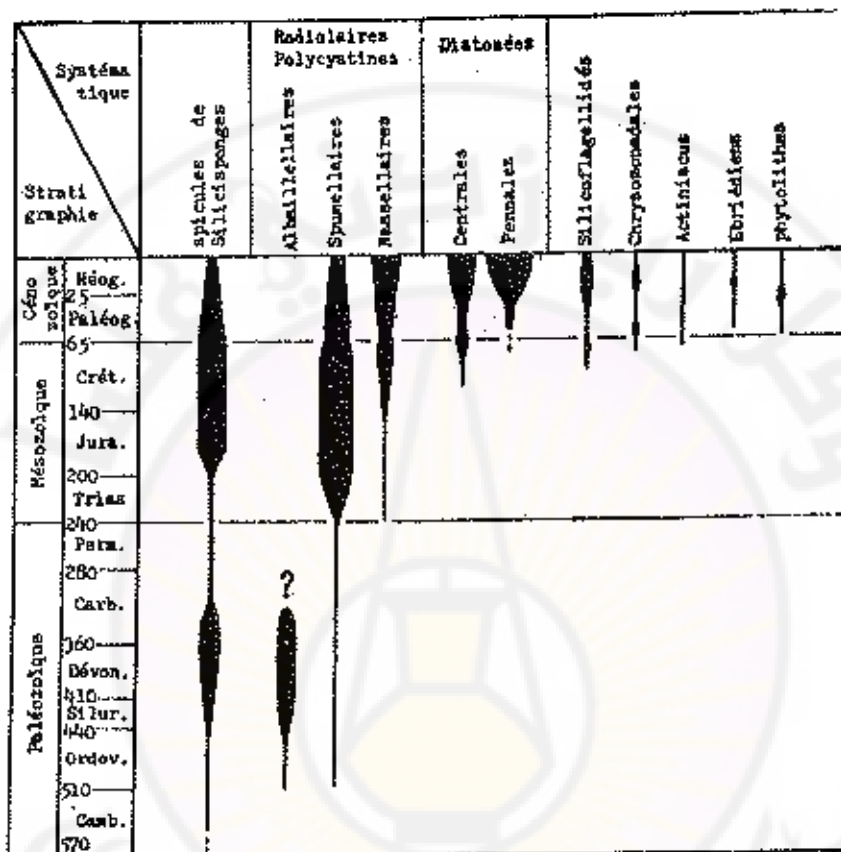
وبدأ من النيوجين تصبح الهياكل أكثر تفرعاً على العموم ويفسر بعض الباحثين هذا الأمر على أنه ناجم عن تزايد المشطورات .

إن نمط حياة الشعاعيات السينوزوية مماثل للشعاعيات الحالية . وينطبق هذا أيضاً على أنواع الحقب الثاني المشتركة في حياتها مع متعضيات بلاكتونية (أمونيات ، منخربات ، كالبونل ، نانوكونيس ، كوكوليت) أو نكتونية (كونودونت الترياس) .

ومع ذلك فإن وجود الشعاعيات المرافق للبولينات والروديست
والطحلبات الكلسية يقضي بأن بعضاً من المكامن قد تشكلت في أوساط بحرية
قليلة العمق وقريبة من القارة .

إن الاستنتاجات المتعلقة بشعاعيات الباليو زوي غير مؤكدة نظراً لأن
الشعاعيات إذا كانت موجودة مع الأمونيايدات والغرايتوليتات فقد تكون
موجودة مع أجزاء من النباتات القارية .

وكان قد اقترح أن توضع مجموعة الـ Albaillellaires ذات
التكيف الضعيف على الطفو في البيئة الشاطئية.



الشكل (٧ - ٥) : التوزيع الستراتغرافي لمجموعة الشعاعيات البوليكيستين .

المشطورات (Les Diatomees) :

١ - المشطورات الحية (Les Diatomees vivantes) الشكل (٦ - ٧) :

المشطورات : طحلبيات كريسوفيتية من وحيدات الخلية ذاتية التغذية تحوي أجساماً يخضورية كبيرة (Chloroplaste) ذات لون أخضر زيتوني أو بني .

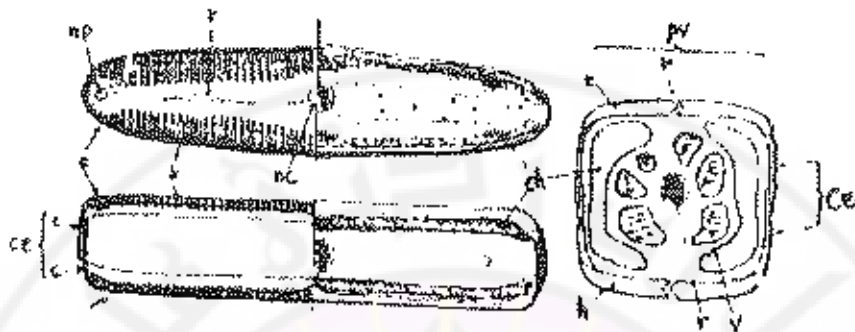
تتراوح حجم الخلية وسطياً من ٤٠ إلى ٥٠ ميلي ميكرونا وقد تصل أحياناً إلى ٢ مم . وتكون مدعومة بهيكل تحت سيتوبلازمي مؤلف من الأوبال ويسمى الفريستيل (Frustule) :

ويتألف كل (فريستيل) من مصراعين غير متساويين قليلاً ، ويتكون كل مصراع من صفيحة مصراعية وسينغولم (Cingulum) . ويتصندق المصراع الأصغر داخل المصراع الأكبر بحيث تتراكب السينغولم مشكلة حزاماً أو عصابة رابطة .

وعندما تنقسم الخلية فإن كل خلية ناتجة عن الانقسام تحصل على أحد المصراعين، وتبلي بسرعة المصراع الآخر . وإن هذا الانقسام الثنائي الذي يحصل ثلاث مرات في اليوم (بالنسبة للأشكال القاعية) وقد يصل إلى ثمان مرات باليوم (بالنسبة للأشكال البلاكتونية) يؤدي إلى التناقص التدريجي لأبعاد هيكل المشطورة .

وتعيش المشطورات معزولة أو مجتمعة على شكل خيط بفضائل اللواحق المخاطية، وعلى الرغم من أننا نصادف أجناساً متعددة فسي سائر الأوساط المائية مهما كانت الملوحة فيها (مياه عذبة ومياه بحرية) ودرجة الحرارة (الجليديات القطبية المرتبطة بالتدفئة الحرارية) فإن أنواعاً كثيرة ذات شروط بيئية ضيقة جداً يكون بعض المشطورات قاعية مثبتة على سطح القاع أو متحركة وبعضها الآخر له نمط حياة بلاكتونية (مياه عذبة مثل

(Pennales) أو الأشكال البحرية ذات التناظر المركزي، وتغزر المشطورات
بخاصة ضمن بلاكتون بحار القطب المتجمد الجنوبي .



الشكل (٦ - ٧) : شكل تخطيطي لمشطورة حية Pennale

على اليسار : مظهر مصراعي (في الأعلى) والقسم المتصل به (في الأسفل)
حيث النصف اليساري يرينا مظهر هيكل المشطورة والنصف اليميني يرينا
المحتوى الخلوي ، الحجم ٥٠٠ مرة .

على اليمين : مقطع عرضي ، التكبير ١٠٠٠ مرة .

c = حزام رباطي ce = حزام ch = أجسام يخضورية

e = مصراع تحتي h = مصراع فوقي n = نواة

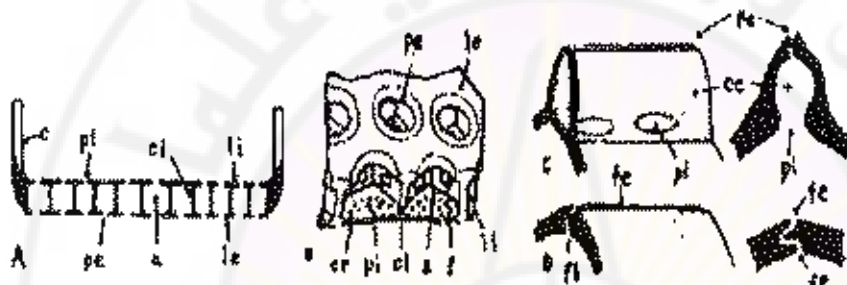
p . nc = عقدة مركزية قطبية pv = صفيحة مصراعية r = raphe

s = خيوط مسامية مفصولة بأضلاع v = فجوة .

هيكل المشطورة أو الفريستيل Le Frustule :

ويمثل هيكل المشطورة ١٥ - ٢٠ % من الوزن الكلي الجاف للخلية
(١ % بالنسبة لأنواع البلاكتونية ضعيفة التسيلس وتصل إلى ٤٧ % عند
Coscinodiscus ، ويتغير شكلها حسب الأنواع) . ويشمل الرباط حزاماً
واحداً أو عدة أحزمة .

وتكون الصفائح المصراعية أحياناً مؤلفة من صفحة واحدة مزخرفة بأضلاع ومتقبة بمسامات وهي في أغلب الحالات ثنائية الصفائح (الشكل ٧-٧) . والصفحتان الداخلية والخارجية تكونان متوضعيتين إحداهما فوق الأخرى ومرتبطتين ببعضهما بهزّمة من الحواجز العمودية محددة فجوات سداسية الشكل . وتخترق أرض الفراغات وسقفها مسامات مغطاة أولاً بصفحة منخلية . وتتصل التجاويف المتعاقبة فيما بينها بنوافذ .



الشكل (٧ - ٧) : بنية هيكل المشطورة

A = مقطع طولي لمصراع

B = ترتيب صفحة مصراعية ثنائية الصفحة نحو ٥٠٠٠ x

Archacoraphidae = C

Euraphidae = D

a = ستخ c = رباط

cc = قناة حافية ناجمة عن التحام الأسناخ cl = حواجز صغيره

cr = منخل f = نافذة Fe(i) = شق خارجي (داخلي)

Le(i) = صفحة خارجية (داخلية) Pe (i) = مسامات خارجية (داخلية) .

ويستند تصنيف المشطورات إلى المظهر الخارجي للمشطورة أو
الفريستيل ، كما أن شكلها وترتيب مسمات الصفائح المصراعية فيها تسمح
بتمييز مجموعتين كبيرتين هما :

- المشطورات المركزية (الشكل ٧-٨) [41 - 53] وهي ذات
مصراعين مدورين أو متعددة الوجوه وذات مسمات خيطية مشعة
ومتمركزة في آن واحد . أما التناظر الإجمالي فهو شعاعي .
- المشطورات Pennales الشكل (٧ - ٨) [52 - 68] فهي ذات
مصراعين اهليلجين وترتيب ثنائي الجانب للمسمات .

الشكل (٧ - ٨) [41 - 68] المشطورات المركزية [41 - 52]
Euraphidees و Archocoeoraphidees و Pennales (53 - 58) ،
(59 - 62)
Chamaeraphidee (65) ، Monoraphidees (63 - 64) ،
Araphidees (66 - 68)

41 = *Coscinoconus* (الكريتاسي - الحالي)

42 = *Actinoptychus* (الكريتاسي - الحالي)

43 = *Asterolampra* (الأيوسين - الحالي)

44 = *Melosira* (الكريتاسي - الحالي)

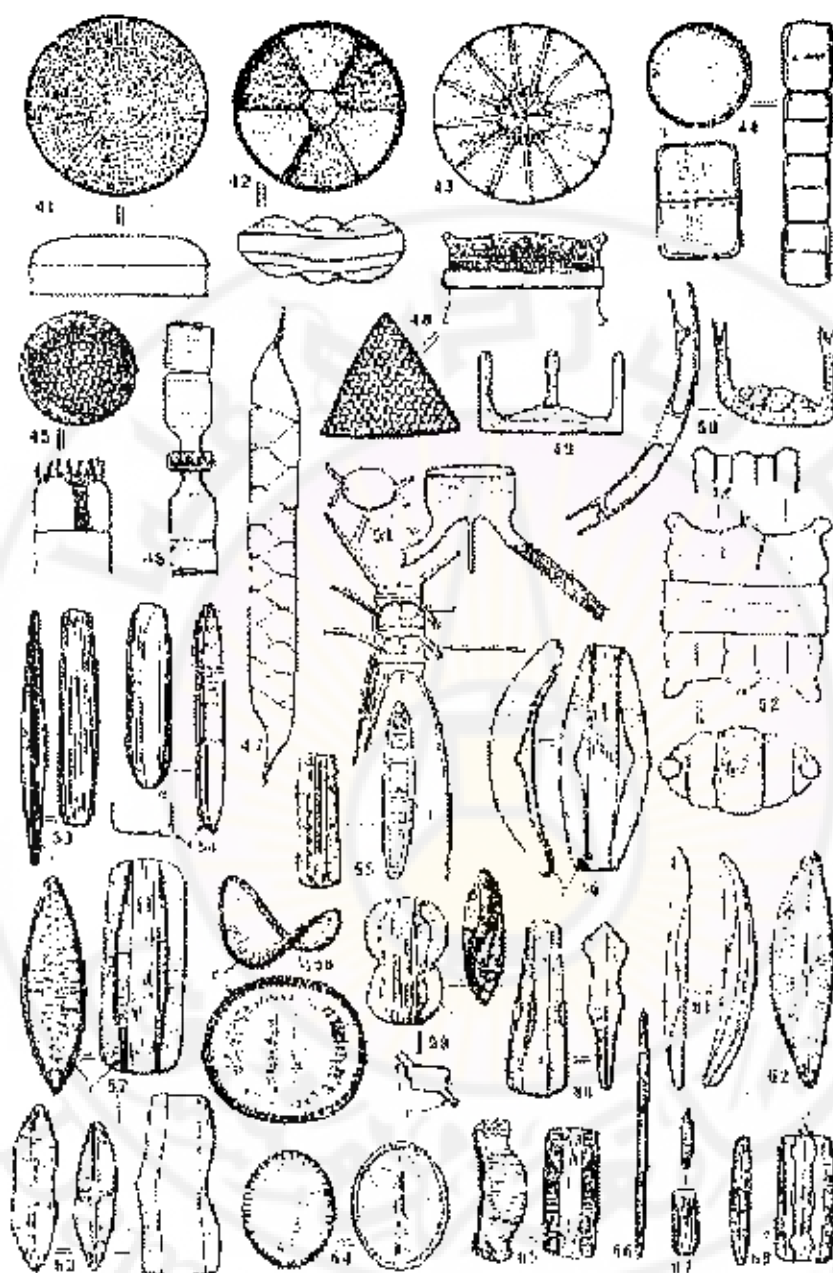
45 = *Stephanopyxis* (الكريتاسي - الحالي)

46 = *Strangulotrema* (الأيوسين)

47 = *Rhizosolenia* (الأوليغوسين - الحالي)

48 = *Triceratium* (الكريتاسي - الحالي)

<i>Trinacria</i>	= 49
(الكريتاسي - الأوليغوسين)	
<i>Hemiaulus</i>	= 50
(الكريتاسي - الحالي)	
<i>Choetoceros</i>	= 51
(الميوسين - الحالي)	
<i>Biddulphia</i>	= 52
(الكريتاسي - الحالي)	
<i>Bacillaria</i>	= 53
(الأوليغوسين - الحالي)	
<i>Nitzschia</i>	= 54
(الميوسين - الحالي)	
<i>Denticula</i>	= 55
(الميوسين - الحالي)	
<i>Epithemia</i>	= 56
(البليوسين - الحالي)	
<i>Surirella</i>	= 57
(الميوسين - الحالي)	
<i>Compylodiscus</i>	= 58
(الميوسين - الحالي)	
<i>Amphiprora</i>	= 59
(الميوسين - الحالي)	
<i>Gomphonema</i>	= 60
(البليوسين - الحالي)	
<i>Pleurosigma</i>	= 61
(الميوسين - الحالي)	
<i>Cymbella</i>	= 62
(الميوسين - الحالي)	
<i>Achnathes</i>	= 63
(الميوسين - الحالي)	
<i>Cocconeis</i>	= 64
(الأوليغوسين - الحالي)	
<i>Eunotia</i>	= 65
(الميوسين - الحالي)	
<i>Synedra</i>	= 66
(الأيوسين - الحالي)	
<i>Fragilaria</i>	= 67
(الأيوسين - الحالي)	
<i>Grammatophora</i>	= 68
(الميوسين - الحالي)	



الشكل (41 - 68) : (A - V)

المشطورات المركزية (41 - 52) : Pennales Archaeophidees (53 - 58)

(63 - 64) Monoraphidees + (59 - 62) Euraphidees

(66 - 68) Araphidees + (65) Chamaeraphidee

إن التصنيف السابق صعب التطبيق على أشكال بلانكتونية معينة من المشطورات ذات النمط البلانكتوني . ويسعى مختصو المشطورات بمساعدة M E B إلى إقامة تصنيف جديد من أجل المس ٢٠٠ جنس والـ ٢٠٠٠٠ نوع من الأشكال الموصوفة ، الحالية منها والمستحاة .

المشطورات خلال الأزمنة الجيولوجية (التوزع المستراتيجي للمشطورات) الشكل (٧ - ٥) :

إن المشطورات المستحاة معروفة بهياكلها (Frustules) وأبواغها الداخلية وتكون هذه الأخيرة أكثر غزارة من هياكل المشطورات . ويعود أقدم Frustules للـ Chaetoceros إلى الميوسين . وقد أعطت الصخور العائدة للكريتاسي الأدنى (الباريميان والأسيان) المشطورات الأولى المؤكدة بصورة غير قابلة للشك ولا تصبح المشطورات غزيرة ضمن الصخور الرسوبية إلا بدءاً من التورونيان .

والمكانس الكريتاسية ذات المنشأ البحري قد أعطت ٧٠ جنساً و ٣٠٠ نوعاً من المشطورات المركزية . وتقود هذه الغزارة إلى الاستنتاج بأن المشطورات المركزية قد وجدت قبل هذا العمر ولكن دون أن تترك أثراً .

في الأيوسين نتبين ظهور الأشكال الأولى من مجموعة الـ Penales وبداية غزو السياه العذبة وفي الأوليغوسين تختفي أجناس متعددة . أما الميوسين فيتميز بظهور أعداد كبيرة من الأجناس وبالتطور الأعظمي للمشطورات مع تنوع كبير للـ Pennales وسيطرة للمشطورات المركزية .

إن نصف أجناس الميوسين ما تزال ممثلة حالياً وتجاوزت الـ Penales بأعدادها المشطورات المركزية .

إن المشطورات بمجملها مجموعة بطيئة التطور ويقدر أن ١٥ % من الأنواع الحالية كانت موجودة في الأيوسين و ٦ % في الكريتاسي الأعلى .

الفصل الثامن

شعبة الاسفنجيات

PHYLUM SPONGIATA

(أتت هذه التسمية من اليونانية Sponges وتعني إسفنجاً)

يدخل ضمن هذه المجموعة من الكائنات الإسفنجانيات وهي كائنات حيوانية حالية وأخرى مستحاثات ، ثابتة قاعية من كثرات الخلايا التي تتميز بهيكل مكون من جسيمات شوكية تدعى الأشواك (Spicules) . تمتاز الإسفنجانيات بتقريب جهاز الهضم فيها الذي يبدأ وينتهي بفتحات عديدة تدعى الثقوب (Pores) ، يدخل ويخرج منها تيار الماء . ولوجود هذه الثقوب فقد سميت هذه الشعبة حاملات الثقوب (المتقبات) (Porifera) . تنضم هذه الشعبة ثلاثة صفوف هي الإسفنجيات (Spongia) والإسفنجيات الصلبة القاسية (Sclerospongia) والسفكتوزوا (Sphinctozoa) ، وذلك اعتماداً على تركيب الهيكل وبنيته بما في ذلك شكل الأشواك . والإسفنجيات هي المجموعة الأساسية في هذه الشعبة والتي تعد نحو ١٠,٠٠٠ نوع . أما الصفان الآخران فيضمان نحو ٣٠٠ نوع .

ويجب أن نذكر أن وضع الصنفين الأخيرين ما يزال موضع نقاش ، بخاصة أننا لا نعرف أي شيء عن بنية الجسم الرخو وتطوره . وقد نجد أحياناً ضرورة ضم صنف آخر إلى الإسفنجانيات هو صنف الريسبتاكوليتا (Receptaculita) .

صنف الإسفنجيات

SPONGIA

(أتت التسمية من اليونانية Sponges وتعني إسفنجاً)

الصفات العامة :

الإسفنجيات متعضيات بدائية مائية ، يعيش معظمها في البحار ، وتكون منفردة أو متجمعة في مستعمرات . تختلف أشكالها حسب الأجناس : فقد تكون المنفردة منها أسطوانية أو مخروطية أو بشكل الفطر ، أما المتجمعة فهي مستعمرات فقد تكون متخزنة أو كتلية أو بشكل منتظم . يتراوح قد الإسفنجيات من بضعة ملمترات حتى المترين أو أكثر .

تتغذى الإسفنجيات بالمتعضيات الدقيقة التي تدخل مع الماء إلى خلايا متخصصة في جوف الجسم وذلك عبر ثقب خاص تدعى الثقب الأدمية ، وتخرج الفضلات مع الماء من فتحة خاصة واحدة أو من فتحات متعددة . وعندما يحمل الماء مواد غير مرغوب فيها تنقلص الخلايا الحاملة للثقب المذكورة وتخلق هذه الثقب .

بدعم الجسم الرخو في معظم الإسفنجيات شويكات منفصلة أو متصلة مع بعضها على شكل شبكة مختلفة الأشكال .

يعيش معظم الإسفنجيات مثبتاً على صخور قاع جميع البحار الضحلة ، غير أن بعضها يعيش على قاع البحار العميقة وحتى البحار سحيقة العمق . وهناك القليل من الإسفنجيات التي تعيش في المياه العذبة . وقد تثبتت الإسفنجيات في القيعان الطينية وذلك بفضل جنود خاصة ، أو أنها تثبتت على هياكل الحيوانات الأخرى التي تؤمن لها غذاءها ، وتتغذى ، وهي بالمقابل

تحميها من أعدائها . تحتاج الإسفنجيات لحياتها مياهاً هادئة غير مضطربة ، لأن المياه العكرة تغلق فتحاتها المغذية وتؤدي بالتالي إلى موتها . عرفت الإسفنجيات بدءاً من الدور الكمبري ، وهي لا تزال ممثلة في البحار الحالية .

الأجزاء الرخوة :

تتميز الإسفنجيات بأنها مكونة من خلايا كثيرة لا تشكل نسجاً متماسكة أو أعضاء خاصة .

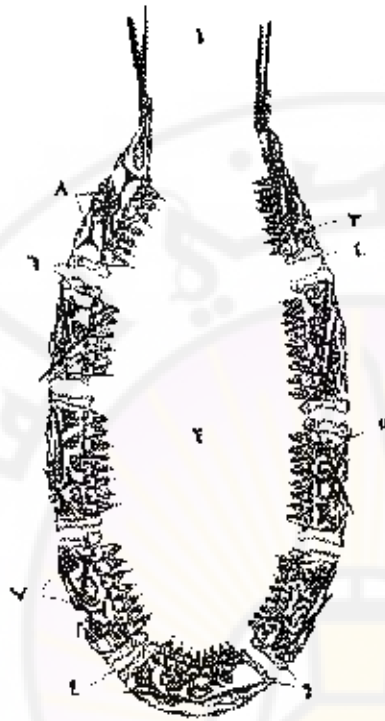
فلا تلاحظ فيها أجهزة الدوران والهضم والجهاز العصبي ، كما لا يوجد فم أو شرج . يتألف جسم الإسفنج من طبقتين من الخلايا :

١- طبقة داخلية : وهي تبطن جوف الإسفنج ، وتتألف من خلايا مطوقة (Choanocytes) تحمل كل منها سوطاً يحيط به جدار أسطواني . تقوم الخلايا المطوقة بتحريض دخول التيارات المائية الحاملة لجزيئات الغذاء وذلك بحركة سباطها التي تستعملها أيضاً للإستيعاء على المواد الغذائية .

٢- طبقة خارجية : وتتألف من خلايا محيطية تغلف الجسم من الخارج ، كما يحمل بعضها قناة داخلية تتفتح إلى الخارج بتقب أعطى المجموعة اسم المنقوبات (أو حاملات الثقوب Porifera) . تعتمد هذه الخلايا في تغذيتها على الخلايا المطوقة .

يفصل الطبقتين المذكورتين طبقة غير خلوية هلامية تسمى الطبقة الهيكلية أو الميزوغلية التي تحوي خلايا أميبية (Amoebocytes) مختلفة الشكل والوظيفة . منها : خلايا متحولة (Wandering cells) في المادة الهلامية ، وأخرى مولدة للأشسواك (Scleroblastes) ، وثالثة بدائية (Archaeocytes) تتحول إلى

خلايا تناسلية ، واربعة ملونة (Chromocytes) نحصل مواد
صبغية تكسب الإسفنج لونه الخاص به (شكل ٨ - ١) .



الشكل (٨ - ١) : يمثل بنية الإسفنج من نموذج الأسكون :

- ١ - فتحة الاسفنج ، ٢ - جوف مركزي ، ٣ - خلية طوقية ، ٤ - ثقب شهيق ، ٥ -
خلية أميبية ، ٦ - خلية ثقبية ، ٧ - خلية غطائية ، ٨ - شويكات .

النماذج الرئيسة لأجهزة القنوات المائية :

نميز في الإسفنجيات ثلاثة نماذج رئيسة للجهاز المائي الذي يربط
الثقوب الشهيقية بالثقوب الزفيرية . هذه النماذج هي التالية :

١- نموذج الأسكون *Ascon* : وهو أبسط النماذج ، يشبه شكله الكيس ، ويبطنه من الداخل صف من الخلايا المطوقة ، ومن الخارج صف من خلايا أدمية تدعمها شويكات كلسية (الشكل ٨ - ٢ / ب) .

يوجد في الطبقة الخارجية ثقب شهيقة تسمح بدخول الماء الحامل للجزيئات الغذائية نحو جوف الإسفنج ، حيث تستولي الخلايا المطوقة على المواد الغذائية . أما الماء فيخرج من فتحة خاصة في قمة الإسفنج تدعى فتحة الإسفنج (الأوسكولوم *Osculum*) .

٢- نموذج السيكون *Sycon* : تحصل في هذا النموذج تجعدات وانخماصات في جدار الإسفنج الخارجي نحو الجوف الكساب (الشكل ٨ - ٢ / ج) تقابلها تجعدات موازية ومقابلة لها في طبقة الخلايا المطوقة . تؤدي هذه البنية إلى تشكيل قنوات شهيقة يجري فيها الماء الخارجي ، حيث يدخل من فتحات شهيقة إلى الغرف ذات الخلايا المطوقة ، وينفذ الماء بعدها من هذه الغرف عبر فتحات خاصة زفيرية إلى جوف الأسفنج ، حيث يخرج من فتحة الإسفنج .

٣- نموذج اللوكون *Leucon* : تتعدد التجعدات في الجدارين الخارجي والداخلي ، ويؤدي ذلك إلى انقسام الغرف ذات الخلايا المطوقة إلى غرف صغيرة مستقلة تتصل مع الوسط الخارجي بثقوب وقنوات شهيقة ، وتتفتح بثقوب وقنوات زفيرية على جوف الإسفنج ومنه يخرج الماء من فتحة الإسفنج (الشكل ٨ - ٢ / د) .

هذا وتختلف الإسفنجيات السيلييسية عن الإسفنجيات الكلسية التي وصفنا نماذجها بعدم وجود أدمة محيطية متميزة ، ووجود شبكة ليفية تحتوي خلايا مطوقة مرتبة ترتيباً منتظماً ، كما في نموذجي السيكون والوكسون . وتتميز الإسفنجيات السيلييسية بأنه ليس لبعضها جوف إسفنجي ولا قنوات ، كما تتميز بعدم وجود الفتحة ، إذ يدخل الماء من ثقب خاصصة من أحد جوانبها ، ويخرج من ثقب في الجهة المقابلة .



الشكل (٨ - ٢)

يمثل النماذج الرئيسة لأجهزة القنوات المائية في الإسفنجيات الحالية :

- أ - إسفنج هي ، ب - نموذج الأسكون ، ج - نموذج السيكون ، د - نموذج اللوكون ،
 ب ، ج ، د - مقاطع طولية ، ب' ، ج' ، د' - مقاطع عرضية ، هـ - خلية دلقية
 سوطية .

بنية الهيكل :

يكون للإسفنجيات هيكل داخلي مؤلف من مادة قرنية ، أو من عناصر
كلسية أو سيليسية تدعى الشويكات .

تتألف الشويكات السيليسية من السيليكا التي تتوضع داخل خلايا
خاصة تدعى الخلايا مولدة الأشواك . فيتكون في البدء خيط محوري مؤلف
من مادة عضوية تحاط بعدها بالسيليس .

أما الشويكات الكلسية فتتألف من كربونات الكالسيوم التي تكون على
شكل كالسيت ، ونادراً ما تكون على شكل أراغونيت . وقد تلاحظ مع
الشويكات الكلسية شويكات سيليسية .

تشكل الإسفنجيات ذات الهيكل القرني الإسفنجيات الرخوة التي
يستعملها الإنسان . وقد وجدت بدون شك في مختلف الأحقاب الجيولوجية ،
ولكنها لم تترك أثراً على شكل مستحاثات .

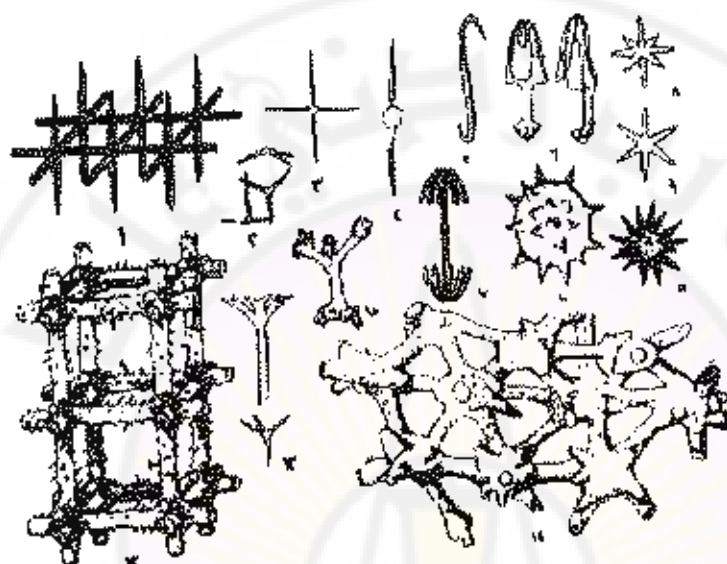
أما الإسفنجيات ذات الهيكل المدعم بشويكات صلبة (كلسية أو
سيليسية) فتشكل المجموعات المهمة في الباليونتولوجيا .

شكل الشويكات :

يتألف هيكل الإسفنجيات السيليسية والكلسية من شويكات كلسية أو
سيليسية (الشكل ٨ - ٣) . وهي ذات أشكال متنوعة ، يلاحظ في مقاطعها
المجهرية وجود قناة مركزية تكون واضحة بصورة خاصة في الشويكات
السيليسية . يمكن أن نميز نوعين من الشويكات حسب حجمها :

شويكات كبيرة ترى بالعين المجردة أو بتكبير ضعيف قد تجتمع مع
بعضها لتشكل شبكة متصلة من الشويكات ، وشويكات صغيرة تصعب رؤيتها
بالعين المجردة . هذا وقد أمكن تمييز عدة أشكال من الشويكات الكبيرة وذلك
حسب عدد محاورها . فقد تكون وحيدة المحور مؤلفة من إبر متطاولية أو

مستقيمة أو منحنية ، وقد تكون ثلاثية المحاور أو رباعيتها أو سداسيتها ، وقد تكون بأشكال متنوعة غير منتظمة .



- الشكل (٨ - ٣) : يمثل شويكات الإسفنجيات : شويكات كلسية (١٠ - ٢) :
- ١ - شويكات ملتحمة Pharetrone ، ٢ - شويكات كلسية ثلاثية المحاور . شويكات سيليسية (٣ - ١٥) : ٣ - ٤ - شويكات إسفنجيات سيليسية من الكميري ، ٥ - ١١ - شويكات ثلاثية المحاور دقيقة سيليسية Microscleres ، ١٢ - ١٣ - شويكات ثلاثية المحاور كبيرة Megascleres ، ١٤ - ١٥ - شويكات رباعية المحاور للإسفنجيات السيليسية والمسماة Desmas .

التكاثر والتطور :

تتكاثر الإسفنجيات تكاثراً لا جنسياً وآخر جنسياً .

أ - التكاثر اللاجنسي : ويتم بثلاث طرائق :

- ١- بالتبرعم : وذلك بظهور برعم صغير من خلايا أميبية متحولة على جسم الإسفنج الأم ، تظهر عليه في وقت لاحق ثقب وفتحة رئيسية ، وإذا لم يفصل البرعم عن جسم الأم تكونت مستعمرة .
- ٢- بالتفتت : ويتم ذلك بتفتت الإسفنج إلى أجزاء صغيرة بشرط أن يحتوي الجسم المتهشم بعض خلايا الطبقتين الخارجية والداخلية .
- ٣- بواسطة الدريرات (Gemmules) : وهي أجسام كروية تتشكل غالباً في إسفنجيات المياه العذبة ، وتتكون من تجمع عدد مسن الخلايا الأميبية الغنية بالمواد الغذائية والمحاط بغلاف حافظ . يتم التكاثر بهذه الطريقة في الظروف غير الملائمة ، فإذا ما تحسنت الأحوال تكونت من الدريرات أفراد جديدة .

ب - التكاثر الجنسي :

لا يوجد في الإسفنجيات جهاز تناسلي خاص ، ولكن توجد بينها مجموعات منفصلة الجنسين وأخرى خنثى . تنشأ الخلايا الجنسية في الميزوغلية ، ويتم تلقيح البيضة وانقسامها داخل الإسفنج الأم ، وتتكون يرقة يصل قدها لميليمتر واحد تسبح بعض الوقت ، ثم تغوص نحو القاع وتثبت به لتكون فرداً جديداً .

تصنيف الإسفنجيات :

يعتمد تصنيف الإسفنجيات على تركيب الهيكل الكيميائي ، وشكل الأشواك ، ونمط الشبكة الهيكلية ، حيث يقسم صف الإسفنجيات إلى صنفين هما : الإسفنجيات السيليسية والإسفنجيات الكلسية .

١- صنف الإسفنجيات السيليسية : **SILICISPONGIA** :
(أتت التسمية من الكلمة اللاتينية *Silix* وهي حالة الإضافة من كلمة *Silicis* وتعني سيليساً . ومن الكلمة اليونانية *Sponges* وتعني إسفنجاً) .

الصفات العامة :

يضم هذا الصنف إسفنجيات ذات هيكل سيليسي تجمعي أو مفرز ، أو سيليسي سبوتجيني أو فقط سبونجيني (قرني) ، وكذلك إسفنجيات دون هيكل (رخوة) . وتوجد أشكال انتقالية عديدة بين الإسفنجيات عديمة الشكل وكافة المجموعات الأخرى المذكورة آنفاً ، حيث يمكن جمعها في صنف منفرد .

تصنيف الإسفنجيات السيليسية :

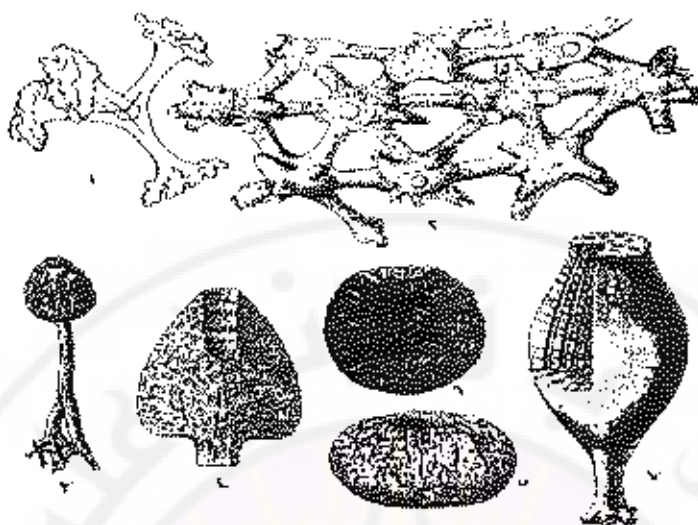
يعتمد تصنيف هذه الإسفنجيات على شكل الشويكات ونمط الشبكة الهيكلية حيث تقسم إلى عدة رتب نذكر منها :

أ - رتبة الإسفنجيات السيليسية ثلاثية المحاور **Triaxonida** أو سداسية الأشعة **Hexactinellida** : (التسمية من اليونانية *Tri* - وتعني ثلاثة ، و *axis* - وتعني محوراً ، و *hex* - وتعني ستة ، و *aktis* حالة الإضافة من *aktinos* - شعاع) .

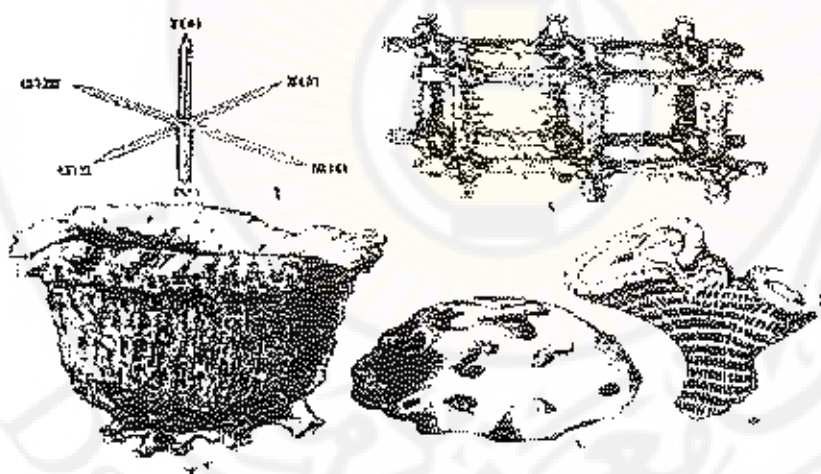
تتضمن هذه الرتبة إسفنجيات منفردة بشكل خاص ونادراً ما توجد أشكال مجتمعة في مستعمرات تحوي شويكات سيليسية ثلاثية المحاور (سداسية الأشعة) (الشكل ٨ - ٥) . وإذا اختفى أحد المحاور من الشويكات تظهر شويكات رباعية الأشعة . يمكن أن تلتحم الشويكات ثلاثية المحاور في هيكل منتظم مؤلف من عناصر تتوضع متعامدة مع بعضها بعضاً تأخذ عادة اسم شبكة dictyon (من اليونانية وتعني شبكة) . تسكن الأشكال الحالية من هذه الإسفنجيات الأحواض البحرية ذات الملوحة النظامية . وهي تعيش حياة مثبتة أو متوضعة بشكل حر على القاع ، وهي تصادف بصورة خاصة في الأعماق التي تتراوح بين ٥٠٠ - ١٠٠٠ متر . ظهرت أفرادها الأولى في الكامبري ، وما تزال تعيش حتى الآن .

ب - رتبة الإسفنجيات السيليسية رباعية المحاور Tetraxonida :
(التسمية من اليونانية Tetra - وتعني أربعة ، و axis - وتعني محوراً) .
تتضمن هذه الرتبة أشكالاً منفردة وأخرى مجتمعة في مستعمرات ذات شويكات سيليسية رباعية المحاور (رباعية الأشعة) ، أو وحيدة المحاور (الشكل ٨ - ٤ ، الشكل ٨ - ٥) .

تلتحم الشويكات رباعية المحاور ذات النهايات الجذرية الشخينة والتي تسمى desmas في هيكل معقد ذي خلايا مثلثة تسدعي الشبكة الحجرية (Lithoidal lattice) . تسكن أفراد هذه الرتبة الأحواض ذات الملوحة النظامية فقط في أعماق تصل حتى ٦٠٠ متر ، وهي تنسب إلى الكائنات القاعية ، وتكون مثبتة على القاع أو متوضعة عليه بصورة حرة . ظهرت أفرادها الأولى في الكامبري ، ولا تزال تعيش حتى الآن .



الشكل (٨ - ٤) : يمثل بعض أشكال رتبة الإسفنجيات السيليسية رباعية المحاور (كمبري -
رباعي): ١ - بنية الشوكات المسماة Desmas ، ٢ - بنية الشبكة الحجرية ، ٣ و ٤ - الجنس
Siphonula (كريتاسي علوي) ، ٥ و ٦ - الجنس *Astylospongia* (أوردوفيسي - سيلوري) ،
٧ - الجنس *Jerea* (كريتاسي) .

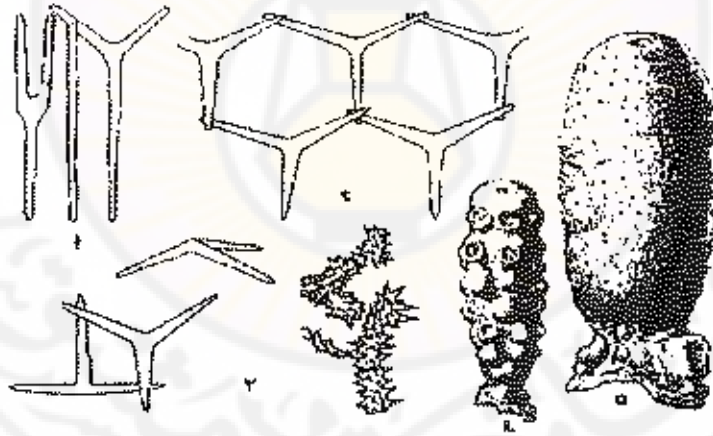


الشكل (٨ - ٥) : يمثل بعض أشكال رتبة الإسفنجيات السيليسية ثلاثية المحاور (كمبري - رباعي):
١ - شوكية سيليسية ثلاثية المحاور (I - III) سداسية الأضلاع (١ - ٦) ، ٢ - شبكة *diction* ،
٣ - الجنس *Ventriculites* (كريتاسي علوي) ، ٤ - الجنس *Etheridgea* (كريتاسي
علوي) ، ٥ - الجنس *Craticularia* (جوراسي علوي - نيوجين سفلي) .

٢- صفييف الإسفنجيات الكلسية *CALCISPONGIA* :

(التسمية من اللاتينية *Calcis* - وتعني حواراً أو كلساً ، و *sponges* - من اليونانية وتعني إسفنجاً) .

يضم هذا الصفييف إسفنجيات منفردة وأخرى مجتمعة في مستعمرات ذات شويكات كلسية من نمط وحيدة المحور ، وثلاثية المحاور (ثلاثية الأشعة) ، ورباعية المحاور (رباعية الأشعة) (الشكل ٨ - ٦) . تشكل الشويكات ثلاثية المحاور (ثلاثية الأشعة) في الإسفنجيات الكلسية الحالية هيكلاً منتظماً ذا خلايا سداسية الزوايا . توجد الإسفنجيات الكلسية في الأحواض المائية البحرية العادية في مختلف المناطق بدءاً من الأعماق ٠ - ٣٠ متراً ، ونادراً ما تصل حتى ٢٠٠ متر ، أي أنها لا تتجاوز المناطق تحت الشاطئية . وهي أشكال قاعية مثبتة . وجدت أفرادها الأولى بدءاً من الديفوني ، واستمرت حتى العصر الحالي .



الشكل (٦ - ٨) : يمثل بعض أشكال صفييف الإسفنجيات الكلسية (ديفوني - رباعي) :
 ١ - شكل تخطيطي يوضح بنية الأشواك الكلسية وحيدة المحور وثلاثية الأشعة ، ٢ - شكل تخطيطي يوضح الهيكل الشبكي في إسفنجيات حالية ، ٣ - بنية الأشواك ثلاثية الأشعة ، ٤ - الجنس *Eudea* (ترياسي - كريتاسي) ، ٥ - الجنس *Peronidella* (ترياسي - كريتاسي)

التاريخ الجيولوجي للإسفنجيات :

يوجد في البحار الحالية ما يقارب ٥٠٠٠ - ٧٠٠٠ نوع من الإسفنجيات ، وكانت بلا شك خلال الأحقاب الجيولوجية المنصرمة أكثر من ذلك بكثير . لقد نشأت الإسفنجيات من أجداد من وحيدات الخلية الحيوانية من السوطيات ، وهذا ما يوضحه وجود الخلايا المطوقة السوطية في الإسفنجيات. وقد ظهرت الأشكال القريبة من وحيدات الخلية وذات البنيسة البدائية من الإسفنجيات فيما قبل البريكميري .

وتصادف في توضعات الجزء السفلي من البروتروزوي العلوي والجزء العلوي من البروتروزوي العلوي من البريكميري مباشرة شويكات إسفنجية وتشكيلات معدنية مختلفة تذكر بالإسفنجيات . وقد ظهرت الأفراد الأولى من الإسفنجيات في مطلع الكميري وكانت ذات ألياف من الإسفنجين مكسوة بالسيليس ذات الهياكل المؤلفة من شويكات كبيرة وحيدة المحور ، وثلاثية المحاور (سداسية الأشعة) ، ورباعية المحاور (رباعية الأشعة) ، وعديدة المحاور (مختلفة الأشعة) ، وكذلك الهياكل الشبكية ، وهي كلها من صنف الإسفنجيات السيليسية *Silicispongia* . وفي حقبة الحياة المتوسطة ظهرت من الإسفنجيات السيليسية أشكال ذات هياكل مزودة بشويكات دقيقة مجهرية ، وتعد الهياكل الشبكية على حساب ملء الفراغات في الهيكل . ومع بداية حقبة الحياة الحديثة ظهرت أشكال المياه المالحة والعذبة . ويعود ازدهار الإسفنجيات السيليسية ذات الهيكل المتناسك والمستلحم إلى الجوراسي والكريتاسي . أما الأفراد الأولى من الإسفنجيات الكلسية فقد ظهرت في الديفوني حيث وجدت أشواك منعزلة من " وحيدة المحور ، وثلاثية المحاور (ثلاثية الأشعة) ، ورباعية المحاور (رباعية الأشعة) " ، ووجدت أيضاً هياكل مؤلفة من شويكات مكونة من ألياف كلسية متصلة مع بعضها .

لقد نشأت الإسفنجيات السيليكية والكلسية بشكل مستقل وغير مرتبطة بالإسفنجيات عديمة الهيكل (الرخوة) ، وهذا ما تؤكد الدراسات الأونتوجينية والبيوكيميائية كل تاريخ تطورها .
أهميتها الجيولوجية :

لا تستخدم الإسفنجيات عملياً في التقسيمات الطبقيّة ، ولكن في حالات نادرة فقط يمكن استخدامها ، وذلك عندما تكون منتشرة بشكل كبير ومميز مما يستدعي تمييز الطوابق والنطاقات في بعض الأكوار كالكريتاسي في بعض المناطق من العالم وكذلك كالباليوجين أيضاً .

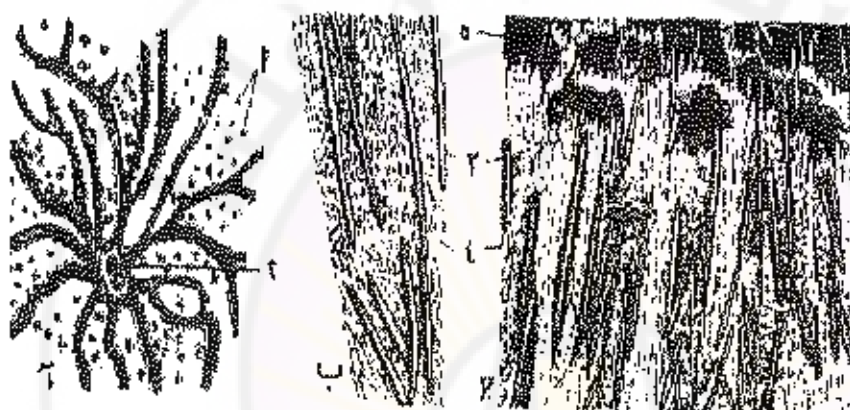
صف الإسفنجيات الصلبة : SCLEROSPONGIA :

(أنت التسمية من اليونانية Scleros - وتعني قاسياً ، صلباً ، و sponges - وتعني إسفنجاً) .

تشكل مجموعة الإسفنجيات الصلبة مجموعة من الأشكال التي لاتزال موضع نقاش وجدل بين العلماء ، إذ تشبه الإسفنجيات والشعريات وذات مقاييس صغيرة . توجد أفرادها في الأحواض البحرية العادية الحالية على أعماق تصل إلى ٢٠٠ متر ، وبأعداد كبيرة في منطقة أرصفة جامايكا .

يتألف هيكلها من شويكات سيليسية وكلسية (من كربونات الكالسيوم) وألياف عضوية . وتكون كربونات الكالسيوم على شكل بلورات من الأراغونيت تشكل كتلة ممتدة ، على شكل أنابيب مجهرية متعددة الزوايا ، وعلى شكل شويكات سيليسية وحيدة المحور متقبة قد تغيب أحياناً . يلاحظ في بعض الأشكال قنوات نجمية تذكرنا بالنقوب النجمية في المستروماتوبورات .

تشبه بنية الجسم الرخو بنية الإسفنجيات السليسية . وقد يعتبر وجود الشويكات السليسية خطوطاً تخصصية في الإسفنجيات السليسية . ولا يزال وضعها التصنيفي موضع نقاش وجدل . واعتماداً على وجهات النظر حول حجم هذا الصف ، يتغير تقويم عمره الجيولوجي : حالي فقط أو باليوزوي - ميزوزوي - حالي (الشكل ٨ - ٧) .



الشكل (٨ - ٧) :

يمثل بعض أفراد صف الإسفنجيات الصلبة الحالية *Sclerospongia* :

أ و ب - الجنس *Stromatospongia* : أ - السطح الخارجي ، ب - مقطع طولي ،

ج - مقطع طولي في الجنس *Ceratoporella* .

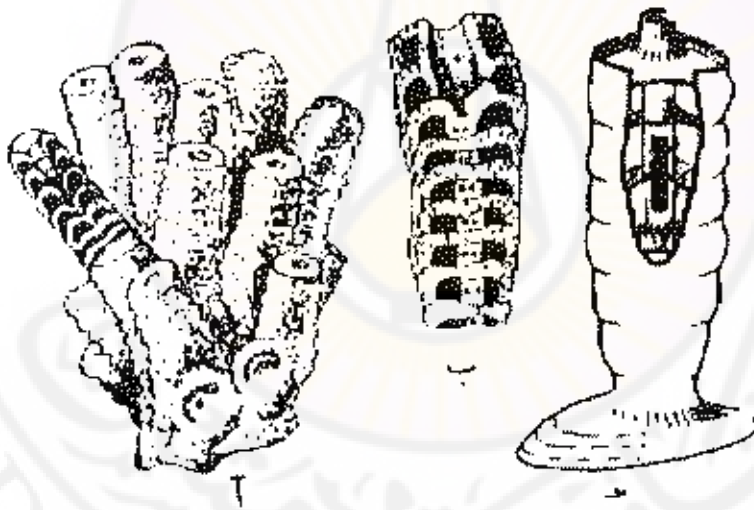
١ - ثقب لدخول الماء ، ٢ - فتحات خروج الماء مع القنوات ، ٣ - شويكات

سليسية ، ٤ - هيكل أراغونيتي ، ٥ - أنابيب مضلعة .

صف سفنكتوزوا SPHINCTOZOA :

(أتت التسمية من اليونانية Sphinkter - وتعني ضغط ، و zoa حالة الجمع من zoon - وتعني حيوان).

لقد رأينا ضم هذه المجموعة ومجموعة الريسبيبتاكوليتا كصفتين تابعين لشعبة الإسفنجانيات وذلك اعتماداً على الشكل العام للهيكل وتركيبه وبنيته في كلتا المجموعتين اللتين تتبعان الكائنات الحيوانية كثيرة الخلايا الدنيا . السفنكتوزوا عضويات من كثرات الخلايا الحيوانية التي عاشت منفردة أو متجمعة في مستعمرات (الشكل ٨ - ٨) .



الشكل (٨ - ٨) : يمثل بعض أجناس صف سفنكتوزوا :

أ - ب - الجنس *Barrosa* (كريناسي) : أ - منظر خارجي للمستعمرة ، ب - مقطع

طولي ، ج - بنية الهيكل في الجنس *Amblysiophonella* (كربوني) .

يكون هيكلها الكلسي ذا شكل كأسى أسطوانى أو مخروطى ، أو ذا شكل غير منتظم ، مقسم بحواجز عرضية إلى حجيرات مستقلة تخترقها أحياناً قناة متقبة . قد يوجد في التجويف المركزي نسيج حويصلي .

يتم الاتصال بين الحجيرات عن طريق مجموعة من القنوات المتوضعة في الحواجز العرضية . تمتلئ المناطق الموجودة بين الحواجز الأفقية بعناصر حاجزية متغصنة أو بنسيج حويصلي . يحوي الجدار الخارجى أحياناً فتحات ضخمة تكون موجودة في وسط عقيدات . يكون الجداران الخارجى والداخلى والحواجز المستعرضة متقبة .

عرفت أشكالها بدءاً من الكربوني ، وقد ازدهرت في البرمي والترياسي ، وقل عددها في الجوراسي والكريتاسي ، ولم تعرف في الباليوجين .

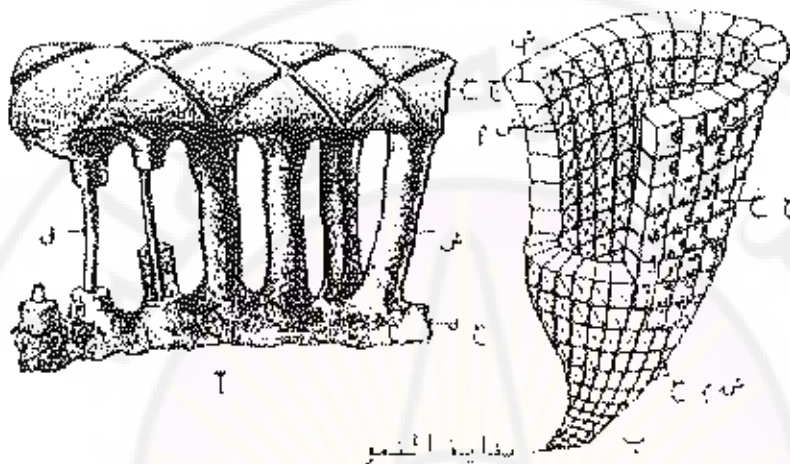
نذكر من أجناسها المميزة الجنس أمبليسيفونيللا *Amblysiphonella* (الكربوني - الترياسي) ، والجنس باروزيا *Barrosia* (الكريتاسي) .

صف ريسيبتاكوليتا RECEPTACULITA :

تتميز أفراد هذه المجموعة بهيكلها الكلسي . يتراوح قد الهيكل من بضعة ميليمترات إلى ٢٠ سم ، ويكون كمثري الشكل أو كأسى الشكل ، ويتألف من جدارين : خارجى وداخلى .

تغطي الجدار الخارجى صفائح معينة أو سداسية تتوضع تحتها أعمدة أسطوانية . يحمل كل عمود منها من الجهة الخارجية أربعة أشعة مماسية تتحد

مع بعضها مشكلة جداراً خارجياً شبيكياً . بشكل كل عمود من الجهة الداخلية قاعدة عريضة تتحد مع ما يجاورها مشكلة الجدار الداخلي السذي يغلف التجويف المركزي (الشكل ٨ - ٩) .



الشكل (٨ - ٩) : يمثل البنية العامة في الجنس ريسيتاكوليتس :

- أ - مقطع في الجدار ، ب - مخطط يوضح بنية الهيكل ، ج - جدار خارجي ، د - جدار داخلي ، هـ - شعاع مماسي داخلي ، و - شعاع مماسي خارجي ، ز - أشعة ، ح - قناة داخل الشعاع .

عاشت أفراد هذه المجموعة منفردة أو مجتمعة في مستعمرات فسي المناطق البحرية الضحلة في الكمبري الأعلى ، واستمرت حتى مطلع الكربوني . نذكر من أجناسها : الجنس ريسيتاكوليتس *Receptaculites* (الأوردوفيسي - الديفوني) .



الفصل التاسع

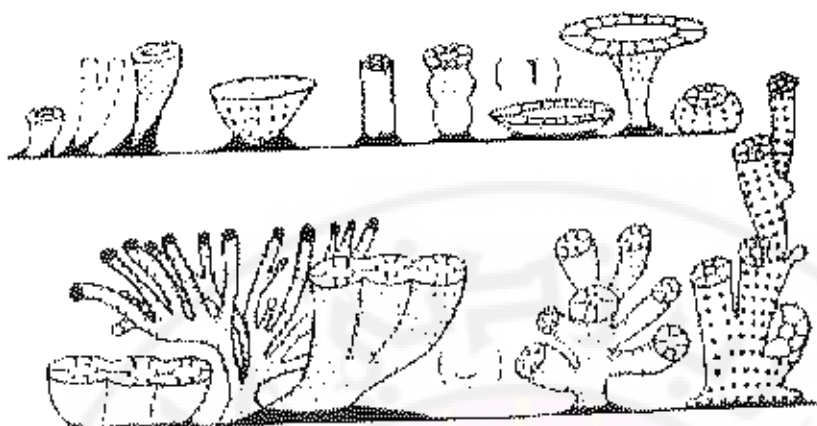
شعبة اللاركيوخيات

ARCHAEOCYATHA

الصفات العامة :

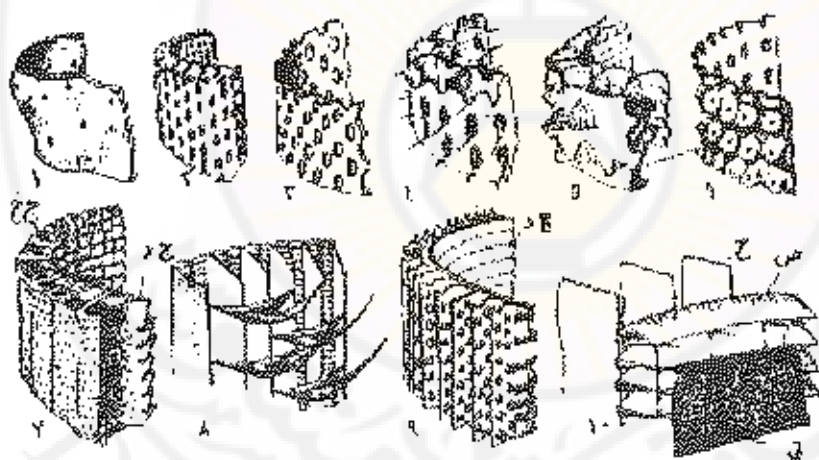
الآركيوخيات (من اليونانية Archaia - وتعني قديماً ، و Kyathos - إسفنجة) كائنات حيوانية لا فقرية بحرية منقرضة عاشت منفردة أو مجتمعة في مستعمرات . لها هيكل كلسي مثقب ذو شكل كأسى مؤلف من جدار واحد أو من جدارين ومن عناصر هيكلية أخرى . تختلف عن الإسفنجيات في عدم وجود أشواك في هيكلها . الأنواع المنفردة ذات هيكل كلسي يختلف شكله اختلافاً كبيراً (الشكل ٩ - ١ / أ) : فقد يكون أسطوانياً أو مخروطياً كأسياً أو قرصياً أو نصف كروي أو بشكل الفطر . وهي ذات سطح أملس أو مزود بتجعيدات طولية أو بتخصرات عرضانية .

أما المستعمرات (الشكل ٩ - ١ / ب) فكانت كتلية أو على شكل سلسلة أو متغصنة . يبلغ قطر الكأس وسطياً (١ - ٢,٥) سم ، وقد يصل إلى (٥٠) سم . أما ارتفاعه فيصل إلى (١٥) سم . عاشت هذه الكائنات مثبتة على القاع أو متوضعة عليه بشكل حر ، وذلك في المناطق قليلة العمق من بحار الكمبري الأسفل . ويمكن أن تكون قد استمرت حتى بداية الكمبري الأوسط .



الشكل (٩ - ١) : يمثل الأشكال المختلفة للأركيوسيناتا :

أ - المنفردة ، ب - المجتمعة في مستعمرات .



الشكل (٩ - ٢) : يمثل بنية الجدار الخارجي (١ - ٦) ، الجدار الداخلي (٧ - ١٠)

في الأركيوسيناتا

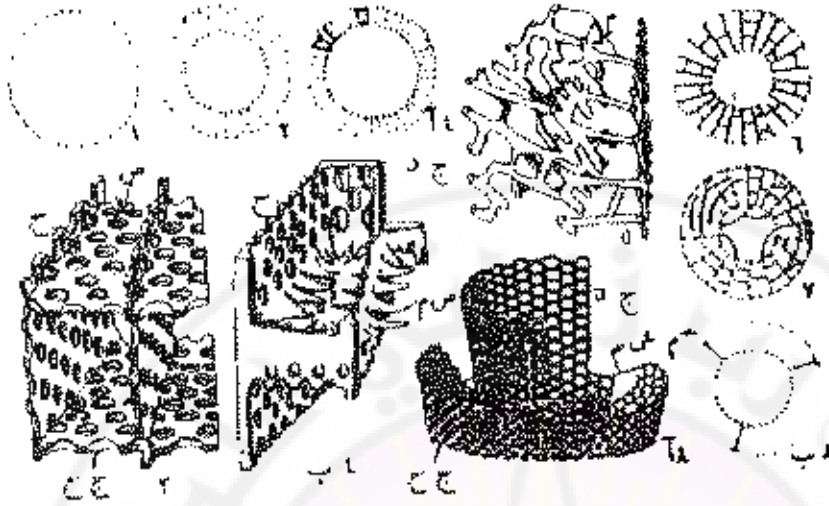
ج خ - جدار خارجي ، ج د - جدار داخلي ، ح - حاجز ، حل - هليمة ، ق -

قشيرة داخلية متفتحة ، ص - صفيحة أفقية .

الهيكل :

يتألف الهيكل - بخاصة في الأشكال الكأسية - من جدارين : خارجي وداخلي ، يغيب في معظم الأشكال الابتدائية ، حيث حفظ فيها الجدار الخارجي فقط . نسمى مثل هذه الأركيوسيات وحيدة الجدار . يتكون الهيكل الأولي من حبيبات دقيقة من الكالسيت وليس من أشواك ، كما هي الحال في هيكل الإسفنجيات .

تدعى الأركيوسيات التي يبقى فيها الجداران الخارجي والداخلي محفوظين بالحالة المستحاة بالأركيوسيات ذات الجدارين (ثنائية الجدران) . يعد الجدار الخارجي من العناصر الهيكلية الرئيسة ، وتتخلله مجموعة من القنوات الدقيقة أو الكبيرة التي تنفتح إلى الخارج بنقوب عديدة دائرية أو إهليلجية أو مضلعة تتوضع بترتيب دقيق ، بالإضافة إلى بعض الشويكات الناتئة من تلك النقوب والتي تبرز للداخل والخارج (الشكل ٩ - ٢ / ١ - ٦) . أما الجدار الداخلي فهو مثقب بنقوب دائرية أو مربعة (الشكل ٩ - ٢ / ٧ - ١٠) . توجد في المسافة البينية بين الجدارين عناصر هيكلية مختلفة تتألف من : صفائح أو حواجز شعاعية عمودية مثقبة أو مصمتة تصل بين الجدارين مقسمة هذا الفراغ إلى حجيرات بين حاجزية . تنشأ هذه الحواجز من جهة الجدار الخارجي . توجد كذلك حواجز عرضية مؤلفة من صفائح مثقبة مستوية أو محدبة أو مشطية تصل بين الجدارين . كما توجد محساور إستنادية تصل بين الجدارين أو بين الحواجز الطولية ، بالإضافة إلى نسيج حويصلي (الشكل ٩ - ٣) .



الشكل (٩ - ٣) : يمثل بنية المسافة البينية بين الجدارين

- ١ - دون عناصر هيكلية ، ٢ - وجود حواجز ، ٣ - وجود صفائح وحواجز مثقبة بثقوب دائرية ، ٤ - أ ، ب - وجود حواجز وصفائح عرضية مشطية ، ٥ - وجود مجموعة من المحاور الإستنادية ، ٦ - وجود حواجز مختلفة ، ٧ - وجود حواجز ونسيج حويصلي ، ٨ - وجود محاور إستنادية مرتبة ترتيباً شعاعياً :
- ج خ - جدار خارجي ، ج د - جدار داخلي ، ح - حاجز ، ص م - صفيحة عرضية مشطية ، ص - صفيحة عرضية ، م - محاور إستنادية ، م ش - محاور إستنادية شعاعية .

وقد تغيب العناصر الهيكلية نهائياً في بعض الأشكال .

يكون التجويف المركزي المحدد بالجدار الداخلي مملوءاً بنسيج حويصلي أو بصفائح عرضية رقيقة ، وذلك في الأشكال التي لا يكون فيها الجدار الداخلي محفوظاً . أما في الأشكال الأخرى فيكون بصورة عامة خالياً من العناصر الهيكلية .

التكاثر والتطور :

لم يعرف إلا القليل عن تكاثر هذه الكائنات نظراً لانقراض أفراد هذه الشعبة ، ويظهر أن مستعمراتها تتكاثر تكاثراً لا جنسياً بالبرعمة ، كما ساد فيها أيضاً التكاثر الجنسي ، حيث نشأت من البيضة الملقحة يرقة كانت تسبح قليلاً ثم تستقر على القاع لتتثبت عليه ، ثم تبدأ بناء هيكلها الكاسي غير المنقب . وفي مرحلة تالية تبني جدارها الخارجي المنقب بتقوب غير مرتبة بصفوف منتظمة ، لا تلبث أن تنتظم في توزيعها مع نمو الكأس . ثم يتابع النمو تطوره بشكل يختلف فيه من مجموعة لأخرى ، مما يعطي الأساس في تقسيم هذه الشعبة إلى الأركيوسيات المنتظمة وغير المنتظمة .

وقد نشأت المجموعات ذات الجدارين من الأشكال وحيدة الجدار . هذا ومن الملاحظ أن كل الأركيوسيات ثنائية الجدران كانت تمر خلال تشكيلها الفردي بمرحلة ذات جدار وحيد وهو الخارجي ، ثم لا يلبث أن يظهر الجدار البسيط الداخلي .

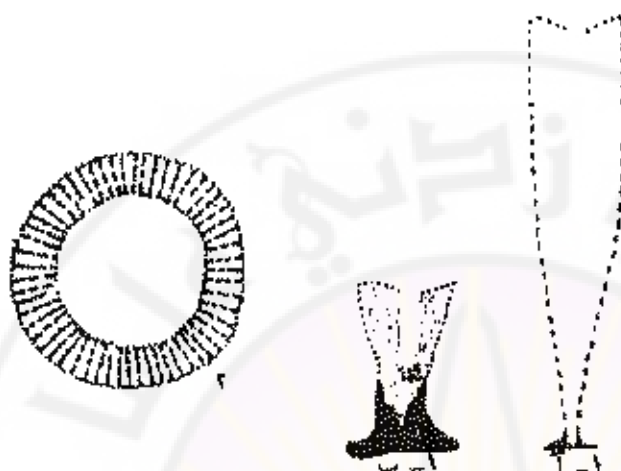
تصنيف الأركيوسيات :

يعتمد تصنيف الأركيوسيات على صفات بنية الهيكل والتشكل الفردي .
نقسم شعبة الأركيوسيات إلى مجموعتين (صفتين) : المنتظمة Regularia وغير المنتظمة Irregularia .

١ - صف الأركيوسيات المنتظمة :

يشمل هذا الصف كائنات منفردة أو على شكل مستعمرات ، ذات جدار واحد أو جدارين تتوضع بينهما عناصر هيكلية مختلفة . الكأس ذو شكل منتظم . عاشت أفراد هذا الصف في الكمبري الأسفل .
نذكر من الأجناس المميزة لهذا الصف (الشكل ٩ - ١٣) :

الجنس آركيولينثوس *Archaeolynthus* ، والجنس أجاسيسيأتوس *Ajacyathus* .



الشكل (٩ - ٤) : يمثل بعض أجناس الأركيوسيات المنتظمة :

١ - أ - ب - الجنس آركيولينثوس *Archaeolynthus* ،

٢ - الجنس أجاسيسيأتوس *Ajacyathus* (مقطع عرضي) .

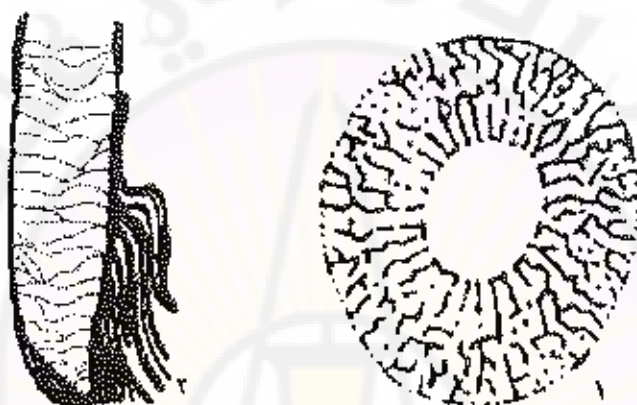
٢- صف الأركيوسيات غير المنتظمة :

تتناسب لهذا الصف أشكال مفردة وأخرى مجتمعة على شكل مستعمرات ذات كأس غير منتظم . المسافة البينية أوسع مما هي عليه في المنتظمة . ينشأ الجدار الداخلي في وقت متأخر عما هو عليه في الصف السابق . يشمل هذا الصف أشكالاً وحيدة الجدار أيضاً ، يمتلئ تجويفها الداخلي بنسيج حويصلي ومحاور إستنادية وصفائح رقيقة .

عاشت أفراد هذا الصف في الكمبري السفلي ، واستمرت بعض أشكالها
الفريدة حتى مطلع الكمبري الأوسط .

نذكر من الأجناس المميزة (الشكل ٩ - ١٤) :

الجنس آركيوسياتوس *Archaeocyathus* ، والجنس باكاتوسياتوس
Bacatocyathus .



الشكل (٩ - ٥) : يمثل بعض أجناس الأركيوسياتا في المنتظمة :

١- الجنس آركيوسياتوس *Archaeocyathus* (مقطع عرضي) .

٢- الجنس باكاتوسياتوس *Bacatocyathus* (مقطع طولي) .

التاريخ الجيولوجي للأركيوسياتا وأهميتها :

من المرجح أن الأركيوسياتا قد ظهرت قبل الكمبري ، ولم يعثر على
بقاياها إلا بدءاً من مطلع الكمبري . ظهرت في البدء الأشكال وحيدة الجدار ،
تبعها الأشكال ثنائية الجدار . وقد سلك التطور عند الأشكال الأخيرة سبيلين :
ففي الأركيوسياتا المنتظمة ظهرت الحواجز الشعاعية ، نلتها الحواجز

المستعرضة . أما في الأركيوسياتا غير المنتظمة فقد ظهرت صفائح طويلة مع أخرى عرضية أو بدونها .

إن الانتشار الجغرافي الواسع والتطور السريع الذي حصل للأركيوسياتا خلال الكمبري الأسفل يدعو إلى استخدامها الواسع فسي تقسيم توضعات الكمبري الأسفل وفي ترابط هذه التوضعات . وقد انقرضت معظم أشكال هذه الشعبة في نهاية ذلك العصر ، وبقي القليل منها حتى بداية الكمبري الأوسط . عاشت الأركيوسياتا في المناطق البحرية الضحلة الدافئة على شكل مستعمرات ضخمة شكلت في بعض الأحيان أرضة أركيوسياتية .

الفصل العاشر

شعبة معويات الجوف COELENTERATA

الصفات العامة :

معويات الجوف حيوانات لافقرية مائية ، لها أشكال مختلفة ، تتميز ببنية بسيطة مؤلفة من خلايا متميزة تشكل نسجاً متخصصة . يعيش أغلبها في البحار ، عدا بعض الأنواع التي تعيش في المياه العذبة . ينمو أكثرها مجتمعاً على شكل مستعمرات ، وقد تنمو منفردة . وهي إما أن تكون مثبتة على قاع البحر ، أو تكون حرة معلقة ، أو سابحة في البحر .

نذكر من أهم أشكالها : المرجانيات وشقائق البحر والمدوسات ومستعمرات الهيدريات . يتصف كثير من هذه الحيوانات بألوان زاهية ، بينما يكون بعضها عديم اللون .

أنت كلمة معويات الجوف من الكلمتين اليونانيتين Koilos أو Coel ومعناها الجوف ، و Enteron ومعناها الأمعاء .

تتميز هذه الحيوانات بوجود خلايا لاسعة في أنسجتها ، لذلك سميت أيضاً كنيدياريا Cnidaria ، ويفضل المؤلفون اسم معويات الجوف نظراً لاستعماله المؤلف الواسع الانتشار من جهة ، ولأنه يدل على التعضي البسيط للحيسوان من جهة أخرى .

تتميز معويات الجوف بتناظر شعاعي ، وهي ذات جدار مؤلف من طبقتين ، يحيط بجوف له فتحة وحيدة تقوم مقام الفم والشرج . يقوم الجوف العام بوظيفة جوف هضمي أو أمعاء ، وهو مقسم في بعض الأشكال بحواجز

شعاعية ، أو يبقى في أشكال أخرى دون أي تقسم . ويلاحظ أن هذه الحيوانات لا تحوي أي أعضاء متخصصة للتنفس والإفراغ ، كما أنه لا يوجد لها أي جهاز عصبي مركزي أو جهاز دوران .

تقرز بعض مجموعات هذه الحيوانات هيكلاً صلباً مؤلفاً من كربونات الكالسيوم يمكن أن يحفظ على شكل مستحاثات .

تكون قدود هذه الحيوانات صغيرة بصورة عامة ، وتدعى الأفراد المنتبذة المنفردة أو المجتمع في مستعمرات البوليبات . أما الأشكال الحرة التي لها شكل المظلة المهدبة الأطراف فتدعى بالمدوسات . يتراوح طول البوليب من ١ مم حتى المتر ، وقطر المدوسة من ١٠ - ٥٠ مم ، وقد يصل في بعض المدوسات إلى ٢ م . يصل طول بعض المرجانيات الكلسية المنفردة إلى أكثر من ٥٠ سم ، وقد يصل طول وقطر بعض مجموعاتها المجتمعة في مستعمرات إلى أكثر من مترين .

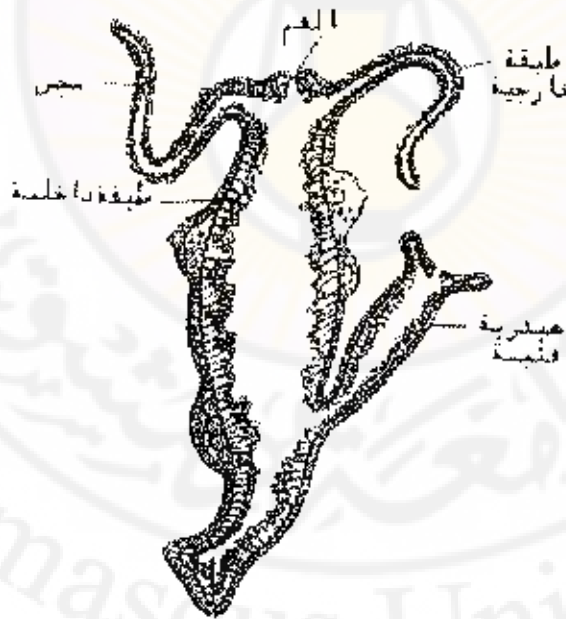
دراسة أمثلة من معويات الجوف الحالية :

يتطلب فهم بنية معويات الجوف دراسة بعض نماذجها الحالية ممثلة بالجنس هيدرا *Hydra* الذي يمثل النموذج المنفرد ، والجنس أوبيليا *Obelia* الذي تتجمع بوليئاته في مستعمرة ، والجنس ميتريديوم *Metridium* وهو من شقائق البحر . ينتسب الجنسان الأولان إلى مجموعة الهيدريات ، بينما ينتسب الجنس الثالث إلى مجموعة الزهريات .

١- الجنس هيدرا *Hydra* :

وهو أبسط الحيوانات كثيرات الخلايا الحقيقية ، له شكل أسطواني مرن ، ذو قد أقل من ٣ سم (الشكل ١٠ - ١) . تشكل إحدى نهايتيه المغلفة القرص القاعدي الذي يستعمل لتثبيت الحيوان ، أما الطرف المقابل فيحمل فتحة صغيرة تسمى الفم الذي تحيطه ٦ - ١٠ مجسات جوفاء مرتبة شعاعياً . يؤدي الفم إلى جوف عام هضمي غير مقسم .

يتألف جدار الهيدرا من طبقتين خلويتين بينهما طبقة هلامية تدعى ميزوغلية *Mesoglea* . تقوم الطبقة الخارجية بوظيفة الحماية والحس ، بينما تقوم الطبقة الداخلية الثخينة بوظيفة الهضم ، يوجد في الطبقتين المذكورتين خلايا عضلية يؤدي تقلصها إلى تقصير البوليب أو إلى تغيير طول قطره وحركة مجساته .



الشكل (١٠ - ١) : يمثل الجنس هيدرا .

تتميز الهيدرية بوجود خلايا لاسعة تكثر في المجسات . وهي محافظ مملوءة بسائل وتحتوي سوطاً أنبوبياً ملتفاً يمكنه أن يخرج فجأة ، ويفيد في اقتناص الفرائس . وقد تجهز المحافظ في بعض الحيوانات بشويكات وبسائل مخدر .

تعيش الهيدرية في المياه العذبة مثبتة بالقرص القاعدي أو سباحة بالماء . وهي تتغذى عادة بالقشريات الدقيقة ويرقات الحشرات . تتكاثر الهيدرية تكاثراً لاجنسياً بالبرعمة ، أو تكاثراً جنسياً باتحاد النطاف مع البيوض . يتألف البرعم من بروز في جدار الجسم بين القرص القاعدي ودائرة المجسات حول الفم ، تنفتح في هذا البرعم فوهة عند اكتمال نموه تظهر حولها مجسات جديدة . تضيق قاعدة البرعم المتصلة بجسم الهيدرية الأصلية تدريجياً حتى تتفصل ، وتحرر هكذا هيدرية جديدة . الهيدريات منفصلة الجنسين . أما البيوض والنطاف فتتشكل في المناسل التي هي انتفاخات في جدار الهيدرية ، ويتم تلقيح البيوض وتطورها في الماء . ويؤدي تلقيح البيضة بالنطفة إلى تشكل البيضة الملقحة التي تنقسم بدورها وتعطي هيدرية صغيرة دون أن تمر بمرحلة المدوسة .

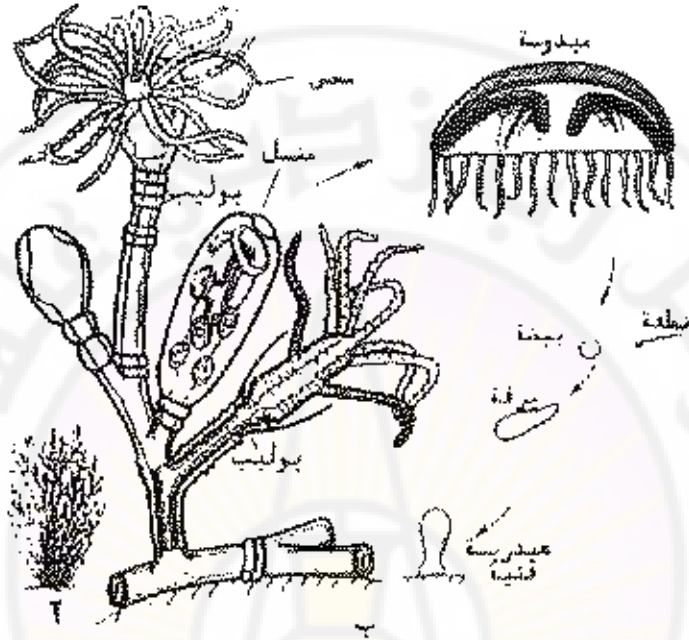
لا تشكل الهيدريات أهمية باليونولوجية بسبب عدم وجود هيكل صلب قابل للحفظ على شكل مستحاثات .

٢- الجنس أوبيليا *Obelia* :

يمثل هذا الجنس الهيدريات التي تعيش في مستعمرات ، وهي تبدي تعاقباً للأجيال الجنسية واللاجنسية .

تتألف مستعمرة الأوبيليا من سوق رفيعة متفرعة مرنة ، تحمل مئات من البوليبات الصغيرة . يصل ارتفاع هذه المستعمرة وعرضها إلى أكثر من ثلاثة سنتيمترات . تثبت المستعمرة بجذور تشبه جذور النباتات . فهي إذن من

الحيوانات المثبتة . يتألف جدار البوليبيات والفروع المختلفة من طبقتين خلويتين : طبقة داخلية وطبقة خارجية يغلفها غلاف كيتيني شاف يسمى الطبقة المحيطية (الشكل ١٠ - ٢) .



الشكل (١٠ - ٢) : يمثل الجنس أوبيليا *Obelia* :
أ - منظر عام للمستعمرة ، ب - تعاقب الأجيال الميوسية والبوليبيية .

يسمى الفراغ المتشكل داخل الحيوان بالجوف العام الذي يصل بين البوليبيات المختلفة . يمكن أن نميز في الأوبيليا نموذجين من البوليبيات المختلفة، يتخصص أحدهما بالتغذية ، ويتخصص الثاني بالتكاثر . يشبه بوليبي التغذية البوليبي عند الهيدرية من حيث الشكل ، ولكنه يحمل هنا عشرين مجسأ أو أكثر تحيط بالفم وتخرج من كأس مغلفة بالطبقة المحيطية التي تقوم بدور الحماية . يستولي بوليبي التغذية على الحيوانات

الدقيقة بوساطة مجساته وخلاياه اللاسعة ، ويتم هضمها فسي جوفه العام الصغير .

أما شكل بوليب التكاثر (المنسل) فيكون أسطوانياً متطاولاً ، تغلفه طبقة محيطية شفافة ، تتشكل فيه براعم صغيرة . يفتح المنسل عند نضجه ويحرر مدوسات صغيرة سباحة لها شكل المظلة تحمل على محيطها مجسات ، وتفتح في مركزها السفلي فوهة تتم عبرها المبادلات بين الوسط الخارجي وجوفها العام .

يتشكل في كل مدوسة منسل يعطي بيوضاً أو نطافاً ، وينتج عن اتحاد النطاف بالبيوض البيوض الملقحة التي تعطي بنموها يرقة سباحة ، لا ثابت أن تثبت لتعطي مستعمرة الأوبيليا . هذا ولا يوجد لجنس الأوبيليا أيضاً هيكل صلب سواء في بوليبياته أو مدوساته ، ولذلك فهو لا يوجد على شكل مستحاثات.

٣- الجنس متريديوم *Metridium* :

تنسب البوليبات التي تشمل شقائق البحر والمرجانيات إلى صف الزهريات . وتكون هذه البوليبات إما مجتمعة في مستعمرة وإما منفردة ، كما في الجنس متريديوم . يتميز هذا الجنس بجسم أسطوانى له قاعدة منبسطة عريضة يثبت بها على قاع البحر تسمى القرص القاعدي ، تقابلها نهاية عليا مجهزة بمجسات مجوفة تحيط بعمق يقود إلى بلعوم متطاول يحتل نصف المسافة بين القدم والقاعدة أو ثلثيها (الشكل ١٠ - ٣) . ينقسم الجوف إلى عدد من الأقسام بوساطة حواجز نسيجية ذات ترتيب شعاعي تتصل مع الجدار الخارجي ، وتكون حرة في الوسط . تنحصر نهاياتها الحرة في الجوف العام ، وتحمل خيوطاً في أقسامها السفلى . تحمل الحواجز النسيجية عدداً كبيراً من

ويجب أن نشير هنا إلى أن الجنس متريديوم جنسين منفصلين ، وأن مرحلة تشكل المدوسة معدومة .

تصنيف معويات الجوف :

تقسم معويات الجوف اعتماداً على خصائص البنية الداخلية ، وعلى طريقة التكاثر إلى ثلاثة صفوف هي :

الهيدريات Hydrozoa والزهريات Anthozoa والفنجانيات Scyphozoa

١- صف الهيدريات HYDROZOA :

(أنت التسمية من اليونانية Hydra - وتعني أفعاً ، و zoa - جمعاً لـ -zoon - وتعني حيواناً) .

الهيدريات معويات جوف لا تحوي بلعوماً ، تعيش منفردة أو في مستعمرات . وهي ذات قيمة باليونتولوجية قليلة لأن هياكلها غير متميزة عن بعضها نمايزاً كافياً يسمح بتعيين أنواعها المختلفة بسهولة ، وبالتالي فإن أهميتها الستراتغرافية محدودة .

ندرس من هذا الصف الصفيفات التالية : الهيدروئيدا ، والسيفونوفورونيدا ، والسترومانتوبورونيدا .

١ - أ - صفيف الهيدروئيدا HYDROIDEA :

تعيش هذه الهيدريات في البحار أو في المياه العذبة . وهي إما أن تكون منفردة وإما مجتمعة في مستعمرات . وتضم رتبتين هما : رتبة الميلبوريدا ، والاستيلامتريدا .

١ - رتبة الميليبوريدا Milleporida :

تعيش أفراد هذه الرتبة في مستعمرات ، قد يبلغ طولها وقطرها أكثر من ٥٠ سم . وهي تفرز هيكلًا كلسيًا كثيفًا بأشكال مختلفة ، تلاحظ على سطحه ثقبوب عديدة أعطت هذه الرتبة اسمها ميليبوريدا (Mille - وتعني ألفاً ، وporus - وتعني ثقباً) .

قد يكون الهيكل نصف كروي ، أو ذا جدار ملتو ، أو على شكل الأوراق ، وقد يكون على شكل أغصان متفرعة (الشكل ١٠ - ١ / ٤) . تنمو هذه الهيدريات مع المرجانيات الأخرى والأشنيات الكلسية ، وهي تشكل أرصفة مرجانية في البحار الدافئة الضحلة .

يتميز سطح الهيكل الكلسي ، كما ذكرنا ، بوجود ثقبوب صغيرة جداً ، بالإضافة إلى ممرات تصل بين أنابيب مستقيمة عمودية على سطح المستعمرة . تكون مقاطع الأنابيب مستديرة الشكل أو نجمية ، ويلاحظ بها وجود حواجز مستعرضة . ويمكن تمييز نوعين من الأنابيب : أنابيب كبيرة تشكل أثناء حياة الحيوان مساكن للبوليبيات المغذية التي تتصف بوجود أربعة مجسات قصيرة جداً وجوف عام نام ، وأنابيب صغيرة تحتلها مساكن البوليبيات المدافعة التي تتصف بوجود مجسات قصيرة (٥ - ٧) ، وبعدم وجود جوف معوي ، وبوجود أكياس منسلية ضخمة . تترك البوليبيات في مكان اتصالها على سطح الهياكل الكلسية في الأشكال المستحاثية نوعين من الثقبوب : ثقبوب كبيرة Gastropores وهي مكان خروج البوليبيات المغذية ، وثقبوب صغيرة Dactylopores وهي مكان خروج البوليبيات المدافعة .

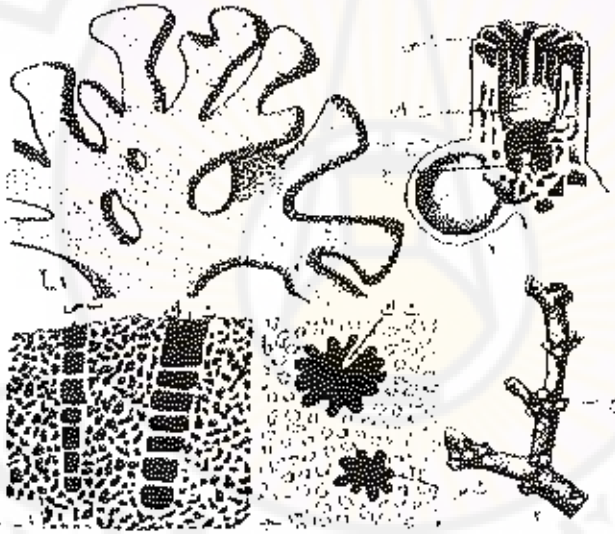
عرفت أفرادها بدءاً من الكريتاسي الأعلى ، واستمرت حتى العصر الحالي .

نذكر من أجناس هذه الرتبة الجنس ميليبورا Millepora (الكريتاسي العلوي - العصر الحالي) .

٢- رتبة الستيلاستيريدا Stylasterida :

تعيش أفراد هذه الرتبة في مستعمرات مختلفة الأشكال ، فقد تكون أنبوبية أو متخصنة (الشكل ١٠ - ٤ / ٢ ، ٣) . يحوي النسيج البيني قنوات كثيرة تتصل مع بعضها مخصصة للبولىبيات المغذية والمدافعة والحويصلات التناسلية . تكون أنابيب البولىبيات المغذية أسطوانية مزودة بفتحة فموية محاطة بمجسات رفيعة خيطية ، أما أنابيب البولىبيات المدافعة فتأخذ شكل مجسات بسيطة .

تغيب مرحلة المدوسات في هذه المجموعة ، وتتطور الخلايا الجنسية في أكياس خاصة هي الأكياس المنسلية التي تتوضع في الحويصلات أنفة الذكر .



- الشكل (١٠ - ٤) : يمثل بعض أجناس رتبة : ميللهوريدا (١) ، وستيلاستيريدا (٢ - ٣) :
 ١ - الجنس ميللهورا *Millepora* (كريتمسي علوي - - العصر النحالي) ، ١ - ١ - منظر عام لمستعمرة حالية ، ب - مقطع طولي ، ١ - ج - مقطع عرضي مماسي .
 الجنس ستيلاستر *Stylaster* (الباليوجين - العصر الحالي) ، ٣ - الجنس ستينوهيليا *Stenohelia* (حديث) ، ح د - حويصل تناسلي ، ث هـ - ثقب صغير ، ث ك - ثقب كبير .
 ع - عمود .

يتميز هيكل أفراد هذه الرتبة عن هيكل أفراد رتبة المليلوريدا بكونه أكثر تماسكاً مع وجود ثقب أكثر عدداً وأصغر حجماً من أفراد الرتبة الأخيرة . تعيش الأشكال الحالية في المناطق الضحلة من البحار المدارية . عرفت أفرادها منذ الكريتاسي الأعلى ، واستمرت حتى العصر الحالي .
نذكر من أجناسها المميزة الجنس ستيلاستر *Stylaster* (الباليوجين - العصر الحالي) ، والجنس الحالي ستينوهيليا *Stenohelia* .

١- ب - صفيف السيفونوفورونية SIPHONOPHOROIDEA :

تنسب لهذا الصفيف (من اليونانية Siphon ممص و phoros حامل) هيدريات سابحة وأخرى بيلاجية متخصصة راقبة تشكل مستعمرات معقدة وذات أفراد بأشكال متعددة : منها البوليبيبية والمدوسية (الشكل ١٠ - ٥) .

يتألف الجزء الأساسي من المستعمرة من حامل ذي جدران مكونة من طبقة خارجية وأخرى داخلية بينهما ميزوغليه . تحيط الطبقة الداخلية بتجويف معوي واحد يصل بين جميع الأفراد . تتغير الأفراد المدوسية في شكلها ، فيتحول بعضها إلى أكياس سباحية تمتلئ غازاً ، ويتحول بعضها الآخر إلى أجراس سباحية تتمدد وتقلص بالتناوب مما يؤدي إلى حركة المستعمرة بكاملها ، أو إلى مناسل تنتج الخلايا الجنسية .



الشكل (١٠ - ٥) : يمثل بنية السيفونوزفورا ولادة :

١ - منظر يوضح البنية العامة للسيفونوفورا ،

٢ - الجنس بليكتوديسكوس *Plectodiscus* (الديفوني الأعلى) .

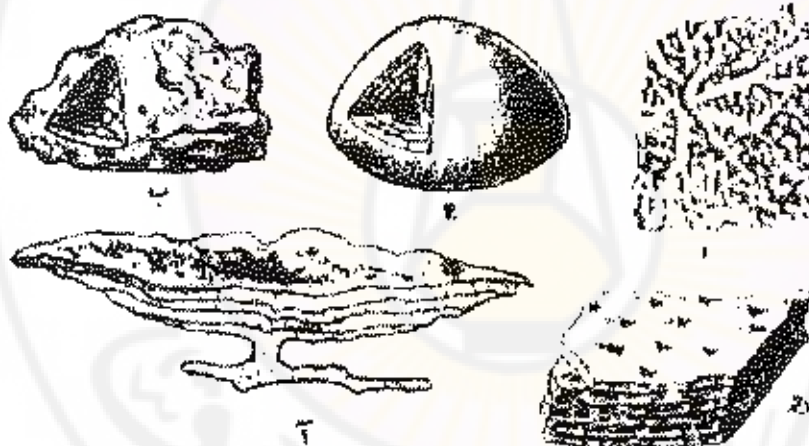
ب م - بوليبي مغذي ، ب مد - بوليبي مدافع ، حا - حامل المستعمرة ، ج س -
جرس سياحي ، ص غ - صفيحة عظمية ، ف - فواش ، م - منسل ، ف ت - فرد
تناسلي ، أ ف ت - أفراد تناسلية .

وهكذا فإن الأفراد البوليبيية تقوم بوظيفة التغذية (بوليبيات مغذية)
وبوظيفة الدفاع عن المستعمرة (بوليبيات مدافعة) .
تتكاثر هذه الكائنات تكاثراً جنسياً وتكاثراً لاجنسياً . تخرج من البيضة
الملقحة يرقة تتشأ منها بطريقة البرعمة مستعمرة جديدة تخيب فيها مرحلة
البوليبيات المتنبئة .

تصادف أفراد هذه المجموعة كمستحاثات بشكل نادر ، ونعترف آثار خمسة أجناس في الأوردوفيسي والسيلوري . نذكر من أجناسها الجنس بلكتوديسكوس *Plectodiscus* (الديفوني الأعلى) .

١- ج - صقيف الستروماتوبورونيدا STROMATOPOROIDEA :

الستروماتوبورونيدا هي معويات جوف منقرضة عاشت في مستعمرات في بحار الباليوزوي بصورة خاصة . وهي تتميز بهيكل كلسي ذي أشكال متعددة : فقد يكون كروياً أو كتلياً أو أسطوانياً أو متغصناً متفرعاً أو على شكل صفائح رقيقة ذات سطح أملس أو مزود بنتوءات (الشكل ١٠ - ٦) .



الشكل (١٠ - ٦) : يمثل أشكال الستروماتوبورونيدة Stromatoporoidea :

أ - ج - شكل خارجي للمستعمرات ، د - ه - الجنس *Stromatopora* (سيلوري - ديفوني) ، د - مقطع عرضي ، وتلاحظ فيه الثقوب النجمية *Astrorhizes* ، ه - جزء من المستعمرة .

وقد توجد هياكلها مثبتة على قواقع عضديات الأرجل أو على هياكل البوليبيات المرجانية . يتألف الهيكل من صفيحات أفقية تخرقها أعمدة (دعامات) ذات أطوال مختلفة ، كما يخرق الهيكل الكلبي قنوات دقيقة ذات أشكال غير محددة ومزودة بحواجز مستعرضة . تتميز هذه الهياكل بوجود الثقوب النجمية ذات الأهمية الكبيرة في التصنيف والمولفة من قنوات عمودية تشع منها في مستويات متعددة قنات أفقية .

عاشت هذه الكائنات في أعماق قليلة بالقرب من الشاطئ وفي المناساطق البحرية المفتوحة ، وتوجد هياكلها بخاصة في الحجر الكلبي ، كما تصادف معها هياكل البوليبيات المرجانية وعضديات الأرجل وذوات المصراعين . ظهرت أفرادها الأولى في الكامبري الأوسط ، وانتشرت انتشاراً واسعاً في الأوردوفيسي ، وساهمت في السيلوري والديفوني في تكوين الأرض المرجانية . أما عن انتشارها في الكربوني والبرمي وأدوار حقبة الحياة المتوسطة فدراستها ليست كافية .

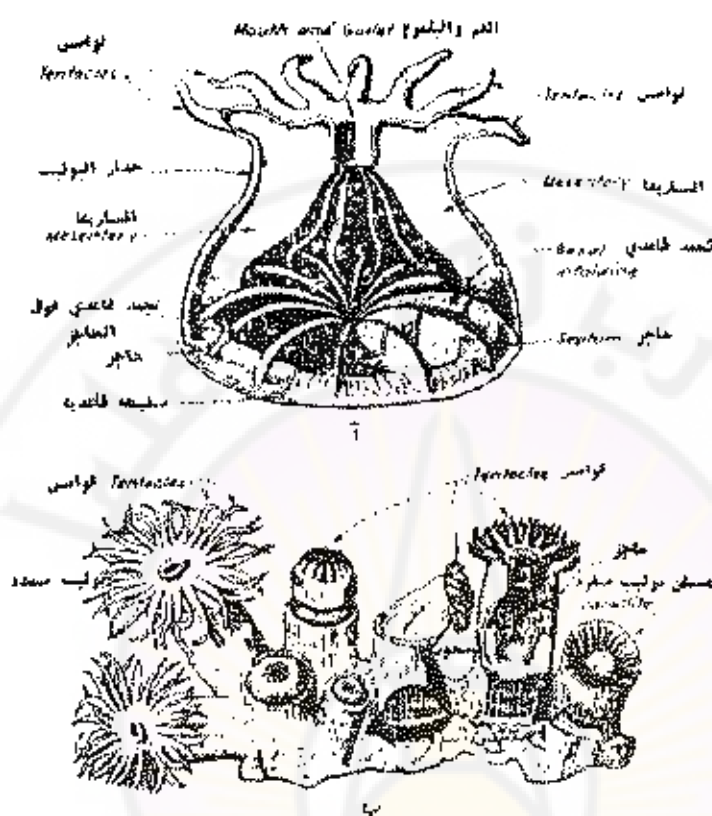
أهم أجناس هذه المجموعة الجنس ستروماتوبورا *Stromatopora* (السيلوري - الديفوني) .

٢- صف الزهريات ANTHOZOA :

الزهريات ، وتدعى أيضاً البوليبيات المرجانية ، هي بوليبيات منفردة أو مجتمعة على شكل مستعمرات (أتت تسميتها من اليونانية Anthos بمعنى زهرة) . وهي كلها بحرية وتقتصر فقط على المرحلة البوليبية . تتميز بوجود معدة ابتدائية (هي البلعوم الذي ينشأ من الإكتوديوم) تصل الفم بالتجويف المركزي (الشكل ١٠ - ٧) .

يكون التجويف المركزي مقسماً بحواجز شعاعية تكون نهايتها المركزية حرة أو متصلة مع المعدة الابتدائية . المجسات حول القسم جوفاء وقابلة للإخماص ، ويتراوح عددها بين ثمانية ويضع عشرات . يشوه التناظر الشعاعي الشكل الشقي للقم والبصوم .

لا يوجد هيكل لدى بعض الزهريات وتتميز المجموعات الأخرى بوجود هيكل خارجي كلسي أو قرني ، وفي مجموعات ثالثة يتوضع الهيكل في الميزوغليه، ويتألف من أشواك منفردة (قرنية أو كلسية) يمكنها أن تتحد مع بعضها لتكون أشكالاً مختلفة من الهياكل الداخلية . تعيش هذه الكائنات الحيوانية في الأعماق البحرية المختلفة بدءاً من المنطقة الشاطئية وحتى المناطق كثيرة العمق . وقد عرفت ابتداءً من الكميري .

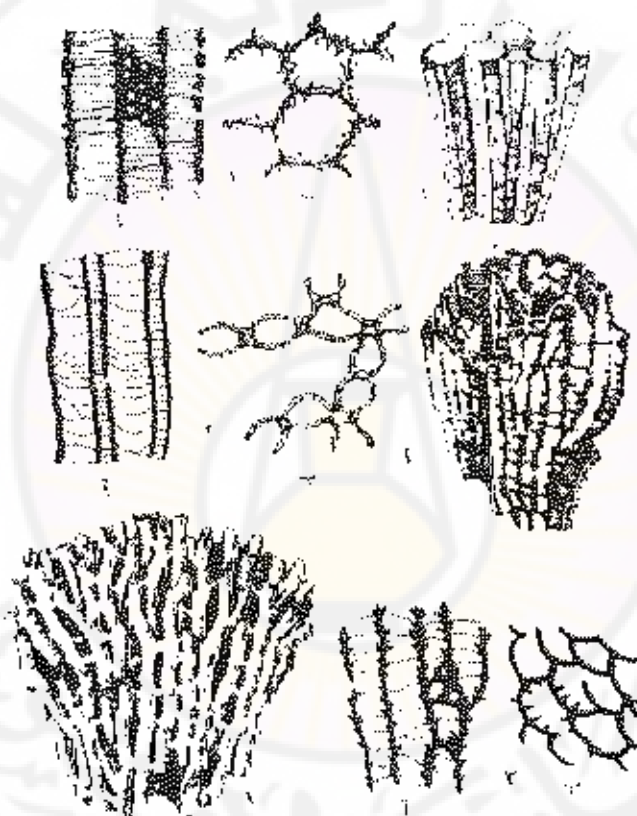


الشكل (٧ - ١٠) : يمثل أ - رسماً توضيحياً لبوليب منفرد من المرجانيات السداسية يوضح العلاقة بين جسم البوليب والهيكل ، ب - مستعمرة من المرجانيات السداسية .

٢ - أ - صنف الصفاتحيات TABULATA :

الصفاتحيات مرجانيات منقرضة تميز حقب الباليوزوي . تعيش في مستعمرات مؤلفة من أنابيب لها هيكل خارجي . تحوي الأنابيب حواجز مستعرضة تدعى Tabulae (الشكل ١٠ - ٨) .

تكون مقاطع الأنابيب متعددة الأضلاع أو إهليلجية أو دائرية لها جدران
مقنية أو مصمتة . يمكن أن تظهر في بعض الأجناس حواجز قصيرة شعاعية.
تكون الأنابيب متوازية متلاصقة أو قليلة التباعد ، وقد تكون متفرعة متباعدة .
يبلغ طول مستعمرة الصفانجيات وارتفاعها عدة ميليمترات وقد تصل إلى
المتر .



الشكل (٨ - ١٠) : يمثل بعض الأجناس من صنف الصفانجيات :

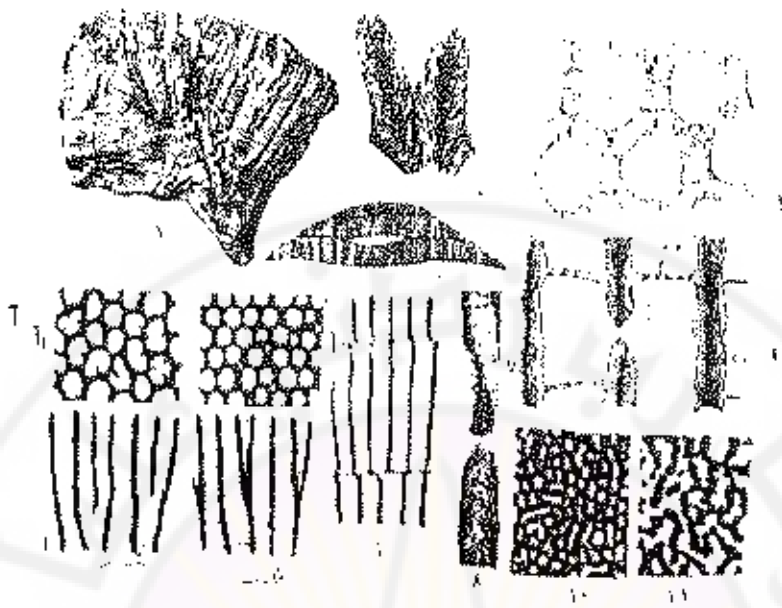
- ١- الجنس فافوزيتس *Favosites* : أ - مقطع طولي ، ب - مقطع عرضي .
- ٢- الجنس هاليزيتس *Halysites* : أ - مقطع طولي ، ب - مقطع عرضي .
- ٣- الجنس أليوليتس *Alveolites* : أ - مقطع طولي ، ب - مقطع عرضي .
- ٤- الجنس سيرينغوبورا *Syringopora* .

يعتمد تصنيف الصفاتحيات على نمط تكاثرها الجنسي ، وعلى صفات
 حواجزها وبنيتها وأشكال العناصر الواصلة بين الكورليات . نذكر من
 أجناسها الجنس فافوزيتس *Favosites* . (السيلوري - البرمي) ، والجنس
 أولوبورا *Aulopora* (الأوردوفيسي - البرمي) ، والجنس هاليزيتس
Halysites (السيلوري) ، والجنس سيرينغوبورا *Syringopora*
 (الأوردوفيسي - البرمي) . عرفت أفراد هذه المجموعة بدءاً من الكمبري
 الأوسط ، وانقرضت بنهاية البرمي .

٢ - ب - صيف الشعريات : CHAETETIDA

الشعريات كائنات حيوانية (أنت تسميتها من اليونانية Chaeta وتعني
 شعراً) عاشت مجتمعة على شكل مستعمرات مثبتة على قاع البحر ، وذلك
 في المناطق البحرية الضحلة ، وهي ذات أشكال مختلفة كروية أو نصف
 كروية أو صفحية ذات مقاييس تتراوح بين بضعة سنتيمترات وعشرات
 السنتيمترات . تتألف المستعمرة من أعداد كبيرة من أنابيب موشورية مضلعة
 متراسة (الشكل ١٠ - ٩) ، كما تلاحظ أشكال متعرجة (Meander) تنتج
 بالانقسامات غير التامة .

يبلغ قطر الأنبوب الواحد ٠,٢٥ - ١,٢ مم . لا توجد فيها حواجز
 طولية ، بل توجد فيها صفائح مستعرضة . لا يوجد اتصال بين الأنابيب .



الشكل (٩ - ١٠) : يمثل الأشكال المختلفة للشعريات :

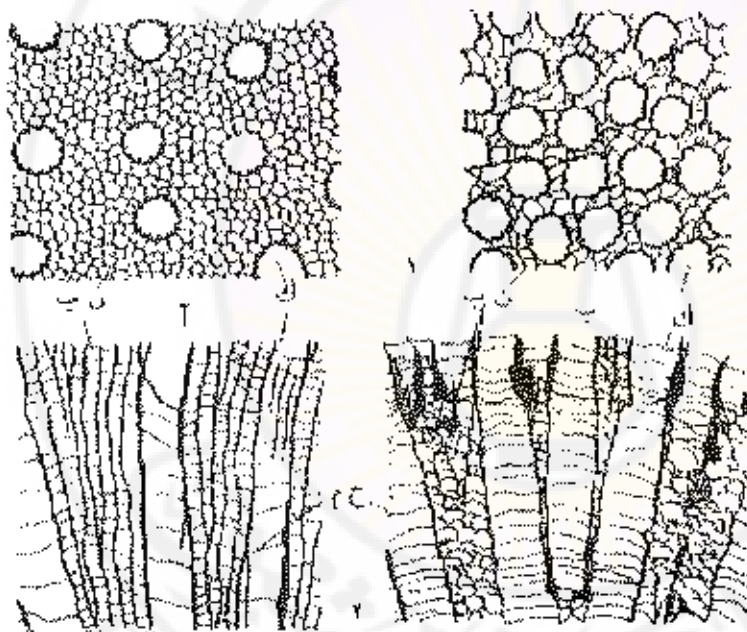
- ١ - ٣ - أشكال المستعمرات ، ٤ - ٦ - أشكال توضيحية للتكاثر : ٤ - أ ، ب -
 التكاثر بالانشطار (في الجنس كيتيتيس *Chaetetes*) - أ - ب - التكاثر بالبرعمة
 (في الجنس باونيا *Baunea*) ، ٦ - التكاثر بالبرعمة القاعدية
 (*Chaetetiporella* , X15) ، ٧ - ٩ - البنية المجهرية ، ١٠ - ١١ - مستعمرات
 ذات أشكال متعرجة ،
 ص م - فيحة مستعرضة ، ث - ثقب ، خ - خلية .

ظهرت الشعريات في الأوردوفيسي الأوسط وازدهرت في الكربوني ،
 واستمرت حتى الايوسين . أهم أجناسها الجنس كيتيتيس *Chaetetes*
 (الكربوني) .

٢- ج - صفييف المرجانيات الشمسية (الهيليوليونويدا)

: HELIOLITOIDEA

مرجانيات منقرضة (أتت تسميتها من اليونانية Helios وتعني شمساً ، و lithos أي صخوراً) . عثر على هياكلها في الباليوزوي . ويتألف هيكلها من كوراليتات مستقلة يجمعها هيكل بيني Coenenchyme .
تكون الكوراليتات ذات مقطع دائري ومزودة بحواجز مستعرضة نامية ،
وبعدد ثابت من الحواجز الشعاعية الطولية ، وينسجج حويصلي (الشكل ١٠-١٠) .



الشكل (١٠ - ١٠) : يمثل مقاطع عرضية (١) وطولية (٢) في المرجانيات الشمسية : ١ - الجنس هيليوليتس *Heliolites* (الأوردوفيسي الأعلى - الديفوني) ، ب - الجنس بروپورا *Propora* (الأوردوفيسي الأعلى - السيلوري الأعلى) ، ح م - حاجز مستعرض ، ك - كوراليت ، ن ب - نسجج بيني .

ظهرت في نهاية الأوردوفيسي الأوسط ، وانقرضت في السيفوني الأوسط. يعتمد تصنيفها على بنية الهيكل البيني . أهم أجناسها :
الجنس هيلوليتس *Heliolites* (الأوردوفيسي - السيفوني) .

٢- د- صفيح المرجانيات الرباعية *TETRACORALLIA* :

المرجانيات الرباعية حيوانات منقرضة مميزة لصخور حقب الباليوزوي تكون منفردة وتشكل مرجانيات بسيطة يدعى مفرداتها كوراليتاً يختلف شكله اختلافاً كبيراً، فقد يكون قرصياً أو مخر وطياً أو أسطوانياً أو هرمياً.



الشكل (١٠ - ١١) : يمثل أشكال المرجانيات الرباعية .

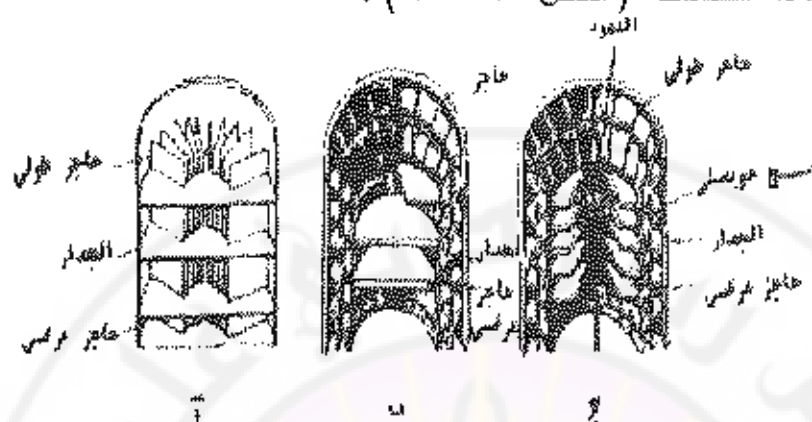
وقد تكون المرجانيات الرباعية مجتمعة في مستعمرات مؤلفة من اجتماع عدد من الكورالينات تدعى المرجانيات المركبة . (الشكل ١٠ - ١١) . تتميز هذه المجموعة بعدم وجود ثقب في حواجزها ، كما تتميز بترتيب خاص لحواجزها الشعاعية الكبيرة والصغيرة . وهي ذات تناظر جانبي . تتشكل في المراحل الأولى ستة حواجز أولية ، تظهر بعد ذلك حواجز ثانوية وذلك في أربعة قطاعات . وتلاحظ بالإضافة إلى الحواجز الأولية الطولية حواجز مستعرضة ، وتسمى المرجانيات في هذه الحالة ذات النطاق الواحد ، كما قد يلاحظ بالإضافة إلى الحواجز الطولية والعرضية نسيج حويصلي ، وتسمى عندها ذات النطاقين (الشكل ١٠ - ١٢) .



الشكل (١٠ - ١٢) : يمثل بنية الهيكل في المرجانيات الرباعية :

- أ - منظر خارجي عام ، ب - بعد قطع جزء عرضي ، ج - بعد قطع جزء طولي ، د - منظر يوضح البنية الداخلية بعد قطع جزء عرضي .

وقد يوجد بالإضافة للعناصر السابقة عمود محوري ، وتسمى علسدها ذات ثلاثة النطاقات (الشكل ١٠ - ١٣) .



الشكل (١٠ - ١٣) : يمثل منظرًا تخطيطيًا يوضح وجود حواجز طولية (قائمة) وعرضية (أفقية) (أ) ، ونسيج حويصلي (ب) ، وعمود محوري (جـ) في المرجانيات الرباعية .

ندرس مثالا على المرجانيات الرباعية :

الجنس ستريتلاσμα *Streptelasma* :

مرجان منفرد بشكل القرن (الشكل ١٠ - ١٤) . الهيكل مخروطي في المراحل الأولى للنمو ، يصبح بعدها أسطوانياً تقريباً في المراحل الكهلة . يلاحظ في أعلى المرجان وجود ثغر يعرف بالكأس . يتميز السطح الخارجي بوجود نوعين من الزخارف : زخارف على شكل خطوط مستعرضة تمثل مراحل النمو المتتالية للكوراليت ، وتدعى أيضاً خطوط النمسو ، وزخارف طولية على شكل حروف ومياريب ، حيث تمثل الحروف المسافة الفاصلة بين آثار حاجزين على سطح الهيكل ، بينما تمثل المياريب اتصال الحواجز مع

السطح الخارجي للهيكل . هذا ويلاحظ ازدياد عدد الحروف والميازيب نحو الأعلى بدءاً من رأس المخروط في الأسفل نحو قاعدته في الأعلى ، وهذا ما يعكس ويفسر نشوء الحواجز الجديدة داخل الهيكل المرجاني .

إن دراسة ترتيب الحواجز داخل الهيكل لا تتم إلا بعمل مقاطع عرضية في الهيكل في مستويات مختلفة يبدو فيها أن الحواجز الجديدة تتركز في أربعة قطاعات .



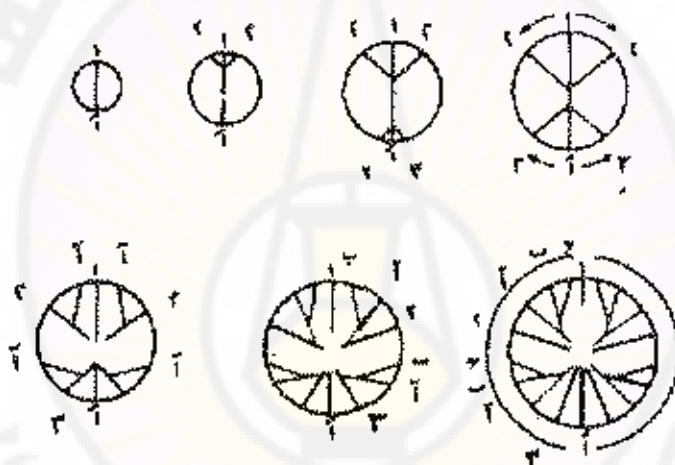
الشكل (١٠ - ١٤) : يمثل الجنس سترينتلاسما *Streptelasma* :

١ - الشكل العام ، ٢ - مقطع طولى ، ٣ - مقطع عرضي .

تتشكل الكأس المقعرة نتيجة لكون أطراف الحواجز المركزية أقصر من أطرافها المحيطية التي تتصل مع سطح الهيكل الخارجي . نميز في الكأس نوعين من الحواجز من حيث الطول (أي امتدادها نحو المركز) : حواجز

طولية تصل إلى المركز وتسمى بحواجز المرتبة الأولى ، وحواجز قصيرة تسمى بحواجز المرتبة الثانية . تمتد حواجز المرتبة الأولى على طول الهيكل حتى النهاية القاعدية المدببة . ويمكن أن نميز مجموعتين من الحواجز : حواجز أولية Prosepta وهي أول الحواجز المتشكلة ، وحواجز ثانوية Metasepta .

تبين المقاطع العرضية المتسلسلة بدءاً من النهاية القاعدية المدببة موضع الحواجز الأولية وترتيبها وتناظرها الجانبي بالنسبة للهيكل (الشكل ١٠ - ١٥) .



الشكل (١٠ - ١٥) : يمثل مقاطع عرضية من الذروة حتى القاعدة في مرجان رباعي :
 ١ - ٣ - حواجز أولية . ١ - حاجز رئيس ، ١ - حاجز مقابل ، ٢ - حاجز جناحي ،
 ٣ - حاجز مقابل جانبي ، أ ب ج د - حواجز ثانوية .

إن أول ما يظهر منها حاجزان على مكانين متقابلين من الهيكل ، يسمى الأول بالحاجز الرئيس (١) أو البطني ، ويسمى الثاني بالحاجز

المقابل (١) أو الظهري . يظهر بعد ذلك حاجزان على جانبي الحاجز الرئيس يسميان بالحاجزين الجناحيين (٢) يتبعهما ظهور حاجزين على جانبي الحاجز المقابل يسميان بالحاجزين المقابلين الجانبيين (٣) .
تضاف بعد تشكل الحواجز الستة المذكورة (١ ، ٢ ، ٣) حواجز المرتبة الثانية الأخرى تبعاً لمخطط معين ، حيث تظهر الحواجز أ ، ب ، ج ، الخ

إن ترتيب الحواجز المذكورة يفسر توزع الحواجز في أربعة قطاعات من القطاعات الستة التي تحددها الحواجز الأولية . وهو ترتيب يميز المرجانيات الرباعية عن المرجانيات السداسية . أما القطاعات الأربعة فهي :
شفع من القطاعات الواقعة بين الحاجز الرئيس (١) والحاجز الجناحي (٢) ،
وشفع من القطاعات الواقعة بين الحاجز المقابل الجانبي (٣) والحاجز الجناحي (٢) .

إن الحاجز الرئيس في الجنس ستربتلازما *Streptelasma* يبقى واضحاً ، بينما في مجموعات أخرى مثل الجنس زافرننتيس *Zaphrentis* متقصر حتى يكاد يختفي ، ويحتل محله في الكأس انخفاض رئيسي وانفسح يدعى الانخفاض الرئيس *Fossula* . وقد نلاحظ في بعض الأجناس الأخرى انخفاضاً جناحياً في المنطقة الواقعة بين الحاجز الجناحي والحاجز المقابل ، وانخفاضاً في منطقة الحاجز المقابل .

هذا وتبين المقاطع الطولية وجود حواجز مستعرضة ، قد تكون محدبة أو مستوية أو مقعرة تشكل أرضية البوليب الذي لم يعد يحتل القسم الأسفل من الكوراليت . وقد تظهر الحواجز المستعرضة وحدها في الأشكال التي تكون حواجزها الشعاعية قصيرة لا تصل إلى مركز الكوراليت .

التاريخ الجيولوجي للمرجانيات الرباعية :

يوضح التاريخ الجيولوجي أن المرجانيات الرباعية قد ظهرت في الأوردوفيسي الأوسط ، وكانت أفرادها من ذات النطاق الواحد . وازدهرت في السيلوري والديفوني وأفرادها من ذات النطاقين . أما في الكربوني فقد ازدهرت المرجانيات الرباعية ذات ثلاثة النطاقات . ولقد قل عدد المرجانيات الرباعية في البرمي ، وانقرضت جميعها بنهاية البرمي .

أهم أجناس المرجانيات الرباعية :

الجنس *Calceola* (الديفوني) ، والجنس *Zaphrentis* (الديفوني)
(الشكل ١٠ - ١٦) .



الشكل (١٠ - ١٦) :

يمثل الجنس كالمسيولا *Calceola* ، والجنس زافرنكتيس *Zaphrentis* (٣) :

١ - الشكل العام للجنس كالمسيولا وغطاؤه ، ٢ - مقطع طولي فيه .

٢ - هـ - صفييف المرجانيات السداسية : HEXACORALLIA

تشمل المرجانيات السداسية جميع المرجانيات التي ظهرت بعد حقب الباليوزوي تقريباً ، وهي ما زالت ممثلة في البحار الحالية .

تكون منفردة على شكل كوراليت منفرد ذي أشكال مختلفة (الشكل ١٠ - ١٧ / ١) أو مجتمعة في مستعمرات (الشكل ١٠ - ١٧ / ٢) .

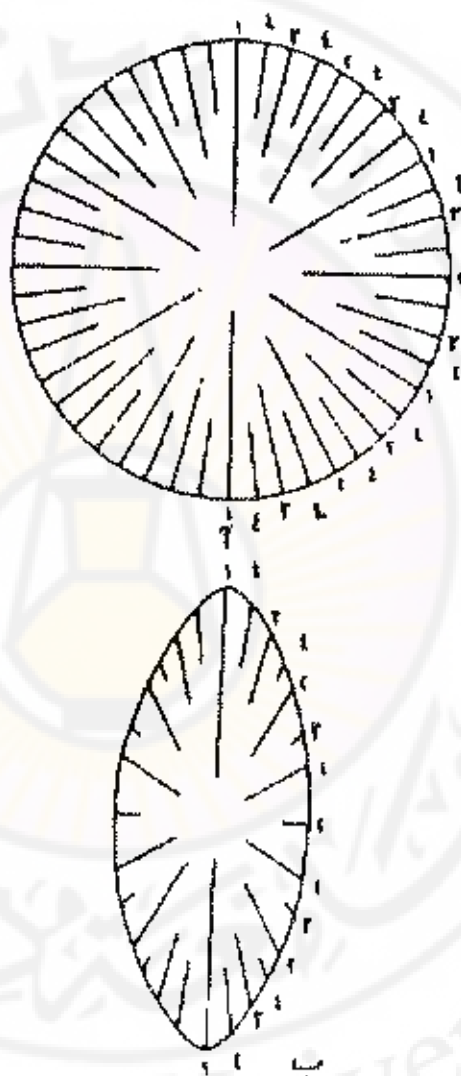


الشكل (١٠ - ١٧) : يمثل أشكال المرجانيات السداسية :

١ - مرجانيات منفردة ، ٢ - مرجانيات مركبة .

تتميز بهيكل خارجي كلسي مؤلف بصورة عامة من الحواجز الشعاعية التي تتشكل بين الحواجز الغشائية. تتشكل في البدء مسنة حواجز تسمى بالحواجز الأولية (١) ، ثم تظهر بينها حواجز ثانوية وثالثية، وهكذا حسب التسلسل (٦ ، ١٢ ، ٢٤ ، الخ) (الشكل ١٠ - ١٨) .

الشكل (١٠ - ١٨) :
يمثل ترتيب الحواجز الأولية
(١) والحواجز الثانوية
والثالثية والرابعة (أ) .
شكل (ب) يمثل ترتيب
الحواجز الأولية (١)
والحواجز الثانوية والثالثية
والرابعة متطاولة حسب
الحاجز الرئيس (١) .



تعيش المرجانيات السداسية في المياه الضحلة الصافية والداقنة ، تكيف بعضها إلى العيش في المياه الباردة ، وفي جميع الأعماق ، ولكنها لا تتحمل إلا الملوحة النظامية . ظهرت في الترياسي ، وانتشرت خلال الميزوزوي ، ومازالت ممثلة بكثرة في بحار المناطق المدارية .

تختلف المرجانيات السداسية عن المرجانيات الرباعية بطريقة إضافة الحواجز الجديدة :

فهي تظهر حسب مجموعات سداسية منتظمة متتالية بين الحواجز الستة الرئيسية ، ولا تظهر المجموعة التالية إلا بعد أن تكتمل المجموعة التي سبقتها ، غير أن لهذه القاعدة شواذ لدرجة أن بعض الأشكال يشبه ترتيب حواجزها ترتيب الحواجز في المرجانيات الرباعية .

الشكل الخارجي :

يسمى الهيكل في البوليب المنفرد أو البوليب في أشكالها التي تعيش في مستعمرات الكوراليت Corallite ، ويدعى القسم الأعلى منه بالكأس التي تكون بصورة عامة مقعرة ، يحل مركزها العمود الذي يختلف شكله وبنيته باختلاف الأجناس .

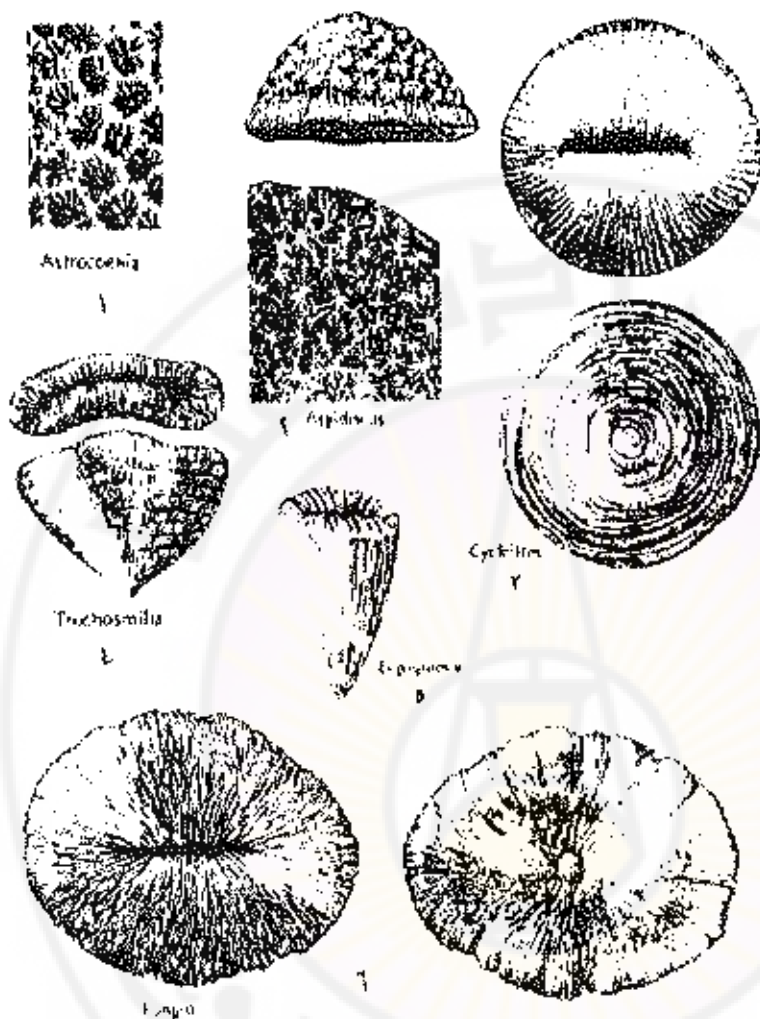
يتألف الهيكل من صفيحة قاعدية تنشأ عنها الحواجز الشعاعية العمودية . ويتشكل الجدار الخارجي للهيكل في بعض الأجناس نتيجة اتحاد النهايات المحيطة للحواجز (Septotheca) ، أو يتشكل في بعض الأجناس الأخرى من طبقة كلسية خلوية الشكل (Parathea) ، أو من تجمع أشواك تصدر من الجانب المحيطي للحايز (Synapticulotheca) . وقد يتضاعف الهيكل (Epithea) في بعض المرجانيات بهيكل خارجي

(Exotheca) وبهيكـل داخلي (Endotheca) مؤلف من طبقة هيكـلية خلوية الشكل .

هذا ويلاحظ في الأشكال المجتمعة في مستعمرات وجود نسيج هيكلي يجمع الكورالينات مع بعضها بعضاً يدعى الهيكـل المحيطي (Pertheca) سوننشيم (Conenchyme) ، كما يلاحظ في بعض المرجانيات الأخرى بروز الحواجز عن الجدار مشكلة حروفاً طويلة واضحة .

نذكر من المرجانيات السداسية ، الأجناس التالية :

الجنس أسبيديسكوس *Aspidiscus* (الكريتناسي) ، والجنس سيكلوليتس *Cyclolites* (الكريتناسي - الإيوسين) ، والجنس أوبساميا *Eupsammia* (الكريتناسي العلوي - العصر الحديث) والجنس تروكوسميليا *Trochosmia* (الكريتناسي العلوي - الميوسين) ، والجنس فونجيا *Fungia* (الميوسين - العصر الحديث) (الشكل ١٠ - ١٩) .



الشكل (١٠ - ١٩) :

يمثل بعض الأنجناس من صنف المرجانيات السداسية .

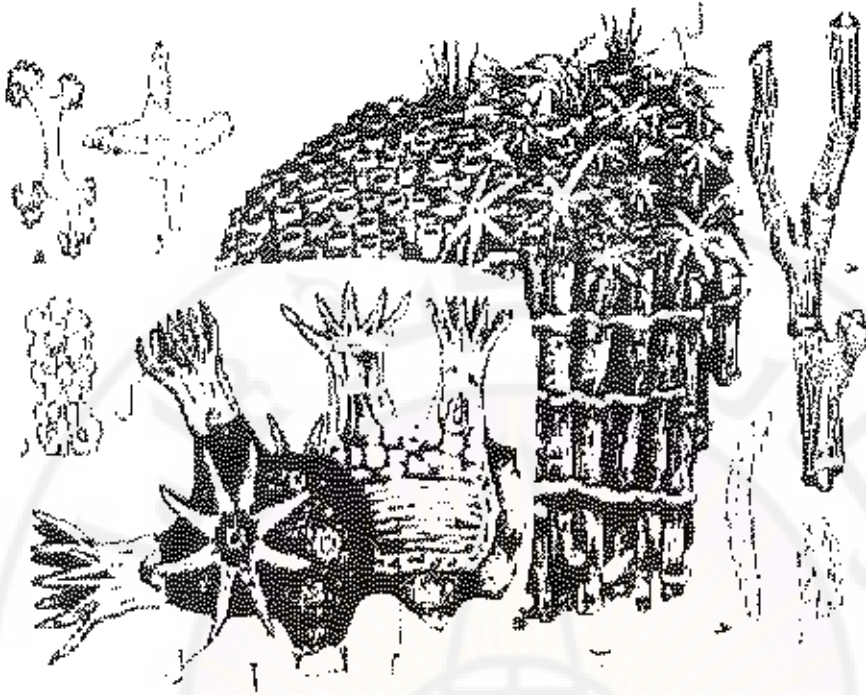
٢ - و - صفيف المرجانيات الثمانية OCTOCORALLIA :

(الألسيوناريا ALCYONARIA)

وهي مرجانيات تعيش في مستعمرات . تكون بوليبياتها مزودة بثمانية مجسات ريشية جوفاء تتوضع حول الفم . يقسم التجويف المعوي إلى ثمانية مساكن بواسطة ثمانية حواجز لينة . تتصل البوليبيات ببعضها بواسطة قنيات دقيقة .

المستعمرات ذات أشكال عديدة ، ويدعمها هيكل كيتينسي أو كلوسي يتألف من شويكات منفصلة أو متحدة مع بعضها مكونة هيكلًا متصلًا أنبوبياً أو محورياً (الشكل ١٠ - ٢٠) .

تعيش المرجانيات الثمانية الحالية في أعماق مختلفة في مياه البحار الإستوائية . يعد النوع كوراليوم روبروم *Corallium rubrum* (المرجان الأحمر) من أكثر الأنواع الحالية انتشاراً ، يتلوه الجنس توبيبورا *Tubipora* (مرجان الأرغن) . حفظت شويكاتها الحرة بشكل واسع ، وهيكلها المحورية بشكل نادر (الجنس *Isis*) ، وكذلك انطباعات الأجزاء الرخوة . عرفت أفرادها بدءاً من الترياسي .



الشكل (١٠ - ٢٠) : يمثل البنية العامة للمرجانيات الثمانية :

أ - كوراليوم روبروم *Corallium rubrum* (حديث) ،

ب - الجنس توبيبورا *Tubipora* (حديث) ، ج - جزء من الهيكل المحوري للجنس

إيزيس *Isis* (كريتاسي أعلى) ، د - ح - أشواك بعض المرجانيات الثمانية الحديثة ، ل

- لامسة ، م - محور الهيكل .

٣ - صف الفنجانيات SCYPHOZOA :

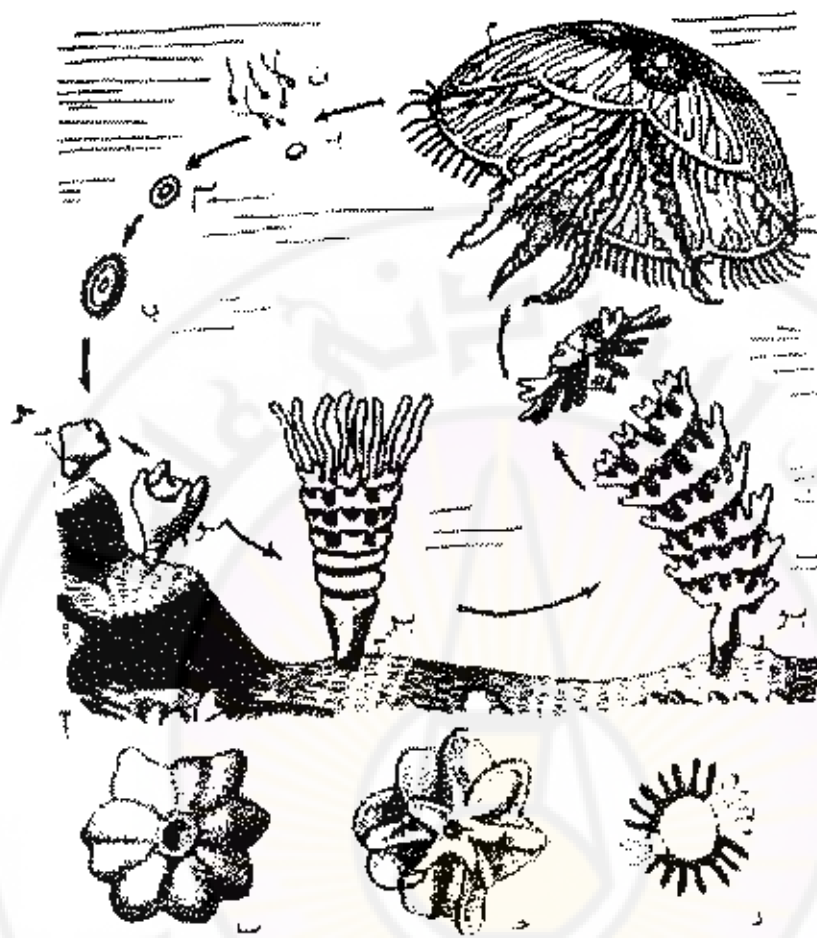
وهي معويات جوف سايحة أو مثبتة . لا يوجد في الجسم عناصر هيكلية. تنقسم الفنجانيات إلى صفيين هما : السيفوميدوسية والكولولاتا .

٣-أ- صفييف السيفوميدوسيا SCYPHOMEDUSAE :

وهي معويات جوف بحرية سابحة أو مثبتة ، مزودة بقنوات متفرعة وبأعضاء حسية ، ويمرحلة بوليبية قصيرة . وهي ذات أشكال تشبه المظلة أو الجرس . تكون الميزوغلليه فيها نامية ، وتقوم بوظيفة الهيكل .

توجد على حواف المظلة مجموعة كبيرة من المجسات ، كما يوجد في مركز السطح السفلي الفم الذي يؤدي إلى التجويف المعوي المقسم إلى أربعة مساكن يتم فيها هضم المواد الغذائية وتطور المنتجات التناسلية .

تتكاثر هذه الكائنات تكاثراً جنسياً ، حيث تثبت اليرقة المهدبة بالقاع بعد سباحتها ، وتتحول إلى بوليب تنمو حول فمه المجسات (بعدد ٤ ، ٨ ، ١٦) كما تنمو أربعة حواجز في التجويف المعوي ، ثم ينقسم البوليب عرضياً إلى مجموعة من الأقراص تشبه الصحنون (الفناجين) يفصل الواحد تلو الآخر عن البوليب ، ويسبح فترة من الزمن ، ويتحول إلى سيفومدوسا . وهكذا يستمر في هذه الكائنات تعاقب في الأجيال يمر البوليب خلاله في مرحلة قصيرة (الشكل ١٠-٢١) .

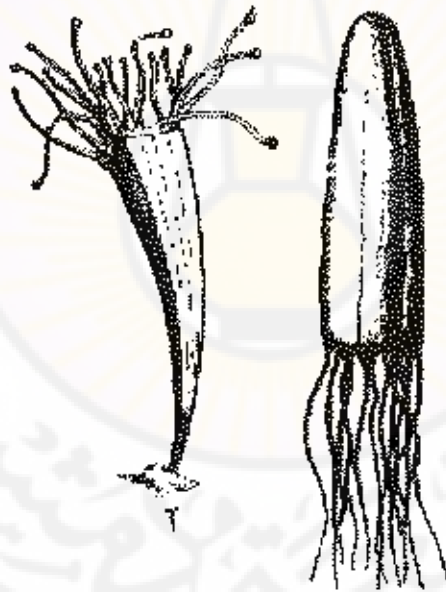


الشكل (١٠ - ٢١) : يمثل : أ - حنقة تطور الجنس *Aurellia* من السيفوميديوسه ،
 ب - ج - انطباعات مستحاثية لميدوسات الجنس *Brooksella* (الكمبري) ، د -
 انطباعات الجنس *Lorenzina* (الإيوسين) ، هـ - بيضة ، ز - نقطة ، ح - بيضة
 ملقحة ، ط - يرقة ، ث - ١ - ٤ - مراحل بوليبيية ، م - ميدوسه .

عرفت آثارها وانطباعات أجزائها الرخوة في توضعات ما قبل
الكمبري . وأهم أجناسها الجنس بروكسيلا *Brooksella* (الكمبري) .

٣- ب - صنف الكونولاتا CONULATA :

وهي معويات جوف بحرية منقرضة ، هرمية أو بشكل السيجار ،
يصل ارتفاعها إلى ٤٠ سم . لها هيكل رقيق الجدران يتألف من طبقات رقيقة
من مواد كيتينية - فوسفاتية كلسية . يكون المقطع العرضي للهيكل مربعاً أو
معيناً أو بيضوياً ، ويمر في كل وجه ميزاب طولي . يغطي الجزء الفموي
غطاء رباعي الفصوص ، كما يغطي السطح الخارجي للهيكل أضلاع ناعمة
عرضية أو خطوط طولية (الشكل ١٠-٢٢)



الشكل (١٠ - ٢٢) : يمثل بعض أجناس الكونولاتا : أ - الجنس أركيوكونولاريا
Archaeoconularia (الأوردوفيسي - السيلوري) ، ب - الجنس إكزوكونولاريا
Exoconularia (الأوردوفيسي - السيلوري) .

عاشت هذه الكائنات مثبتة على القاع . وعاش بعضها سابحاً في الماء
عرفت آثارها منذ البروتروزوي الأعلى ، إلا أن هياكلها وجدت بدءاً من
الكمبري الأوسط ، واستمرت حتى مطلع الترياسي . نذكر من أجناسها الجنس
أركيوكونولاريا *Archaeoconularia* (الأردوفيسي - السيلوري) .

التاريخ الجيولوجي لمعويات الجوف وأهميتها :

عرفت الآثار الأولى لمعويات الجوف (المدوسات والنفجانيات) بدءاً
من البروتروزوي الأعلى . وقد ظهرت السيفومدوسيا والكونولاريا في مطلع
الكمبري ، كما ظهرت الستروماتوبورثيدا والصفائحيات في الكمبري الأوسط ،
وظهرت المرجانيات الشمسية والشعريات والمرجانيات الرباعية في
الأردوفيسي ، وانقرضت الكونولاريا والصفائحيات والمرجانيات الرباعية
في نهاية البرمي وبداية الترياسي ، كما قل كثيراً عدد الستروماتوبورثيدا .

أما في بداية الميزوزوي فقد ظهرت المرجانيات السداسية
والمرجانيات الثمانية التي استمرت حتى أيامنا هذه . كما ظهرت الهيدروثيدا
ذات الهيكل الكلمي (الميلبورثيدا ، والسيتلاستريدا في نهاية الكريتاسي) .

الفصل الحادي عشر

الأوستراكودا

Les Ostracodes

الأوستراكودا الحية - البنية العامة ، شكل (١١ - ٢٠) :

تتكون الأوستراكودا الحية من جسم غير مجزأ ظاهرياً: لها رأس وصدر غير محدد بشكل جيد ولها لواحق داخل درع كالسميتي حيث يجتمع المصراعان بواسطة رباط مرن ومفصلة هامشية .

الشكل (١١ - ١) :

مقطع نصف للنصف اليساري لجسم

أوستراكود

يرينا بنية الصفيحتين ومكان توضع

الأجزاء المتكلسة للدرع

bi = حافة داخلية ep = تحت الجلد

hp = عضو يقوم بوظيفة الكبد

cl = خط التحام

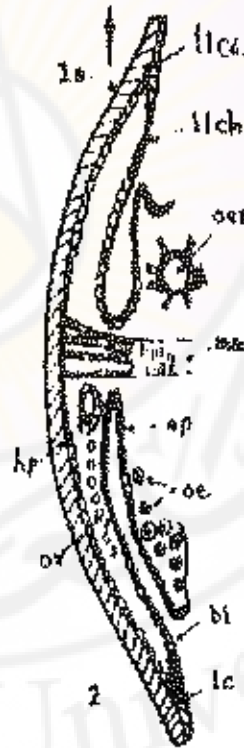
le = الصفيحة الخارجية

Lica (h) = الصفيحة الداخلية

ma = العضلة النافذة oc

oes = الهوصلة

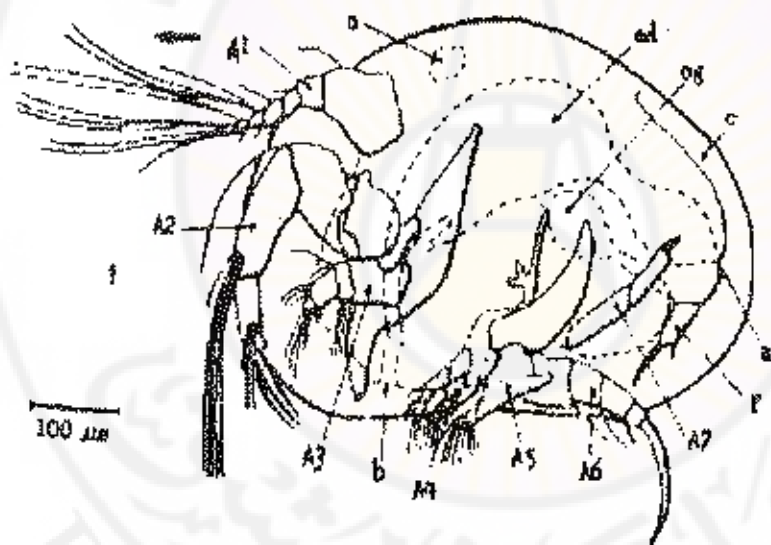
ov = المبيض



ويتدلى من الجسم كيس داخل الذراع حيث يتعلق فيه بالمنطقة الظهرية ويثبت جانبياً بالمصراعين بواسطة العضلات .

ويبلغ عدد اللواحق عند الأوستراكودا سبعة أزواج ، ثلاثة أزواج في المقدمة وأربعة أزواج من الناحية الظهرية وهي تلعب دوراً حسياً أو تستخدم للالتقاط ومضغ الغذاء والحركة وتنظيف الجوف الداخلي .

للأوستراكودا جهاز هضمي وأعضاء تناسلية معقدة ومنظومة عصبية مركزية وأحياناً عين وسطى تستقر داخل الذراع . ويؤدي الذراع أمام هذه العين حفرة صغيرة شفافة أو ندبة .



الشكل (١١ - ٢) : مشهد جانبي لجسم أوستراكود Podocope

المصراع الأيسر كان قد أزيل A 1 - 7 = لواحق

a = شرج ad = جهاز هضمي b = فم

c = ذراع f = شوكة o = عين og = عضو تناسلي .

البيولوجيا:

الجنسان في الأوستراكودا منفصلان عن بعضهما بعضاً مع وجود وافر لظاهرة التثنى الشكلي فعدد الذكور أقل بثلاث مرات إلى عشر مرات من الإناث وقد تنقص الذكور كلياً عندما تكون عملية البارتنوجينيز هي القاعدة (Parthenogenese) .

ويحصل التكاثر بدءاً من بيوض ملقحة أو غير ملقحة . وتكون أنواع أوستراكودا المياه العذبة أكثر مقاومة للجفاف . وتكون اليرقة التي تخرج من البيضة درعاً وثلاثة أزواج من اللواحق . والنمو منقطع ، ويمر بنماتية انسلخات متتالية . و ليرقات الأوستراكودا صفات تشريحية أقل تعقيداً من الأوستراكودا . ولكن نمط حياتها متماثل .

وتصبح الأنواع التي تعيش بالمياه العذبة بالغة خلال ثلاثين يوماً ولا تعيش إلا عدة أشهر . أما الأنواع التي تعيش في مياه البحار والمحيطات فإنها تصبح بالغة خلال زمن مختلف من عدة أسابيع إلى ثلاث سنوات .

البيئة :

إذا كان بعض الأوستراكودا متعايشاً أو طفيلياً فإن الأوستراكودا بشكل عام تتمتع بحياة حرة وتعيش في سائر الأوساط البحرية : المحيطات ، البحار ، المناطق البحرية الشاطئية ، مناطق المد والجزر ، اللاغونات ، المياه القارية (البحيرات ، الأنهار ، الينابيع ، الغدران) وحتى في التربة الرطبة للغابات وكثير منها قاعية ، سابحات ، مشاة ، حفارة وتفضل أحواض المياه قليلة الاضطراب وذات قاع وحلي وذات رمال ناعمة وغنية بالمواد العضوية . بعضها بلانكتوني (Myodocopides) يعيش في أعالي البحار .

وتعتمد الأوستراكودا الحية على نظام غذائي متنوع : حطام الطحالب المجهرية أو الكبيرة ، الفرائس الصغيرة الحية ، الجثث الميتة ، الودول .. وتكون الأوستراكودا ذات حماسية للملوحة ولطبيعة القساع ودرجة الحرارة . بعض أنواع الأوستراكودا مرتبط بالمياه البحرية وبعضها الآخر بالمياه العذبة مثل جنس *Darwinulina* وأغلبية فصيلة *Cypridace* . ولأوستراكودا المياه العذبة بصورة عامة درع قليل السماكة وسطح أملس منقطع بشكل ضعيف ومفصلة عديمة الأسنان خلافاً لأوستراكودا المياه البحرية التي لها درع أكثر صلابة بصورة عامة ومزخرف في الغالب . بعض أنواع الأوستراكودا التي تعيش في المياه اللينة تكون قسائرة على التكاثر فيها (عدة عشرات الآلاف من الأوستراكودا بالمليمتري المربع بالقاع) وتتكيف مع تغيرات كبيرة للملوحة .

الدرع وإحاطته :

الإحاطة :

يزول الجسم واللواحق عند موت الحيوان ، أما الدرع فيستحاث وحده بمصراعيه مجتمعين أو منفصلين والأنواع البلانكتونية قليلة التمعدن فإنها نادراً ما تحفظ .

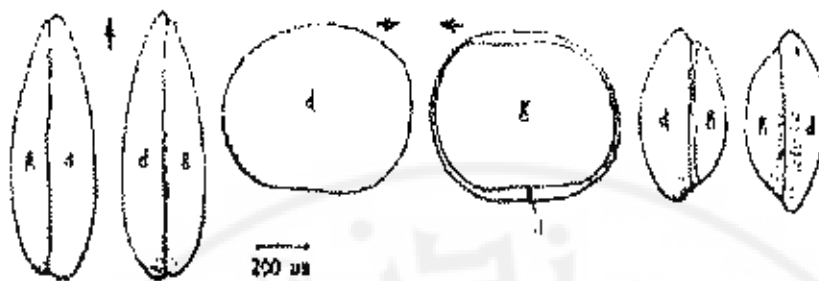
كان قد أشير إلى بعض حالات حفظت فيها أفراد من الأوستراكودا مع لواحقها وهذه الاكتشافات الاستثنائية تعود إلى أنواع من الترصيع (لصخور فوسفات ، سيليس) أو إلى شكل قوالب داخلية بيريتية تؤكد أن الأشكال القديمة كانت ذات بنية قريبة من الأشكال الحالية .

وتغزر الأوستراكودا المستحاثية في رسوبات متعددة مختلفة المنشأ وبخاصة في صخور حطامية قليلة العمق وفي المارن .

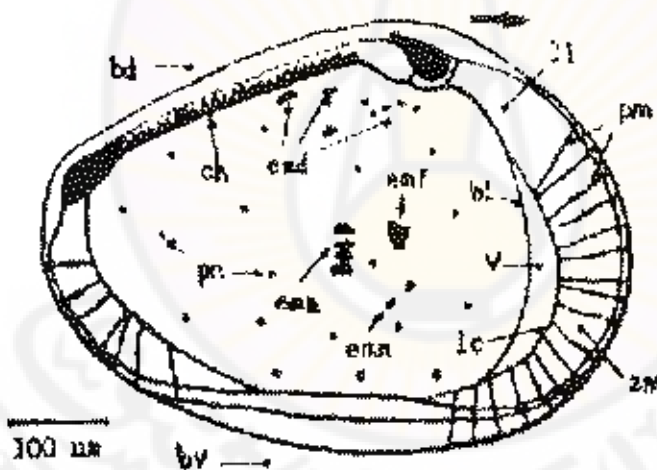
ولا يمكن دراسة الدروع المستحاثية بشكل كامل إلا إذا تم استخراجها من الرسوبات ويكتفى ، بالنسبة للأوستراكودا الباليوزوية بملاحظة الجزء الخارجي للدروع المتوضعة على سطوح التطبيق .
أما الأشرائح الرقيقة فليست كافية لدراسة الأوستراكودا المحفوظة في الصخور الكلسية .

ويمكن في بعض الأحيان أن نخرج (أو نستخرج) مصراع الأوستراكودا من الصخور التي تحتويها باستخدام حموض تتفاعل مع الملاط .

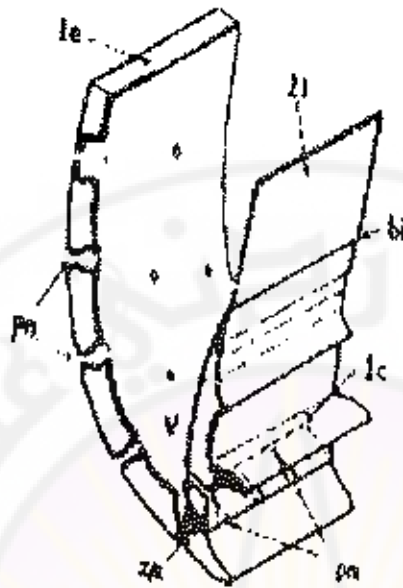
شكل الدرع عند الأوستراكود البالغة (الشكل ١١ - ٣ ، ٤ ، ٥) :
يتراوح حجم الدرع بين ٠,١٥ حتى ٢٠ مم عند الأوستراكودا الحالية ، وتصل حتى ٨٠ مم بالنسبة إلى Leperditicopides الباليوزوية. ويتألف الدرع من مصراعين متطاولين جانبيين ، متشابهين ظهرياً بوساطة مفصلة . والمصراعان غير متناظرين أبداً بالنسبة لمستوي تشابههما ، وأحدهما وهو المصراع الأيسر أكبر حجماً من المصراع الأيمن عند Podocopides . كما أن برفيلهما مختلف ، وهذه الصفة ، بالإضافة إلى غياب خطوط النمو ، هي ما يميز دروع الأوستراكودا عن القواقع الأولية لصفيحات الغلاصم .



الشكل (١١ - ٣) : المشاهد المختلفة للدرع نفسها عند *Cythereella* :
 من اليسار إلى اليمين : مشهد ظهري ، مشهد بطني ، مشهد جانبي يميني ،
 مشهد جانبي يساري ، من الأمام ، من الخلف :
 d = مصراع يميني g = مصراع يساري



الشكل (١١ - ٤) : مشهد داخلي لمصراع يساري *Podocopide* ، *Cytherace* :
 bd = حافة ظهرية hi = حافة داخلية v = حافة بطنية ch = المفصلة
 ena = الانطباعات العضلية الناقلة (ظهرية ، أمامية ، قمية)
 lc = خط الالتحام le (I) = الصفيحة الخارجية و الداخلية
 pm = مسامات هامشية v = تجويف zm = منطقة هامشية .



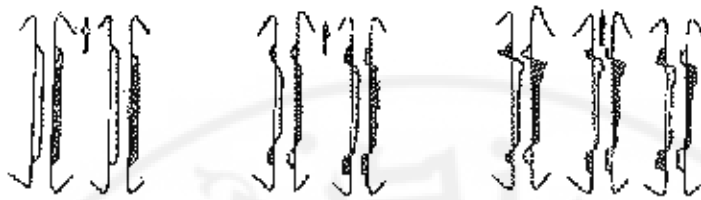
الشكل (١١ - ٥) : تفصيل لحافة بطنية مصراع الأجزاء الكيتينوية
غير مكلسة وموضوعة بشكل منقط
رموز الشكل السابق نفسها .

ويكون سطح المصراعين أملس أو منقطاً أو مزخرفاً بحزمة من
الأضلاع أو الندبات أو الأشواك أو استطالات جناحية بالإضافة إلى فصوص
وأخاديد عميقة خاصة عند الدروع الباليوزوية (شكل ١١ - ٤) .

حيث تكون الحافة الباطنية مزودة بحاجب (غطاء) Velum الشكل
(١١ - ٤) . ويتألف كل مصراع عند الأوستراكودا الحية من صفيحتين
مضاعفتين :

- إحداهما خارجية كلسية كلها .
 - الأخرى داخلية كيتينية باستثناء (على الأقل عند أغلبية Podocopides) القسم المحيطي حيث تكون كلسية .
- إن الصفيحة الداخلية الكلسية عندما تكون موجودة تشكل بالتحامها مع الشريحة الخارجية النطاق الهامشي . وبدءاً من خط الالتحام الذي يجد النطاق الهامشي قد يستطيل الجزء المتكلس من الصفيحة الداخلية ليشكل تجويفاً (Vestibule) بين خط الالتحام والحافة الداخلية .
- وتخترق الصفيحة الخارجية عمودياً مجموعة أفنية من المسامات العادية أو الجانبية تفتح على الخارج على شكل مسام منفرد أو في مجموعة على شكل غريبال وتشغل هذه المسامات عند الأوستراكودا الحية أوباراً حسية . أما النطاق الهامشي فتخترقه مسامات هامشية واقعة في مستوي التحام الصفيحتين .
- يوجد في مركز المصراع قليلاً إلى الأمام حقل الانطباعات العضلية الضامة حيث يكون عددها وشكلها ووضعيتها متغيرة .
- تتميز المفصلة عند الأوستراكودا بثلاثة ألماط رئيسية (١١ - ٦) :
- نمط عديم الأسنان وتكون حافة المصراع الظهري محفورة بوساطة أخدود عميق تدخل فيه الحافة الظهرية البارزة للمصراع الآخر .
 - نمط ذو أسنان يكون فيه الأخدود الموجود في المصراع الواحد والحافة البارزة المقابلة في المصراع الآخر محاطين على التوالي بسنين أو عدد من الأسناخ (الألفيول) .
 - نمط أسنان مختلفة : يشبه النمط السابق مع سن إضافية يقابلها في المصراع الآخر تجويف سني إضافي .

إن كل العناصر السنية : أخدود ، عارضة ، أسنناخ (تجاويف سنية) ، وأسنان يمكن أن تكون ملساء أو مفصصة .



الشكل (١١ - ٦) : الأنماط الرئيسية للمفاصل

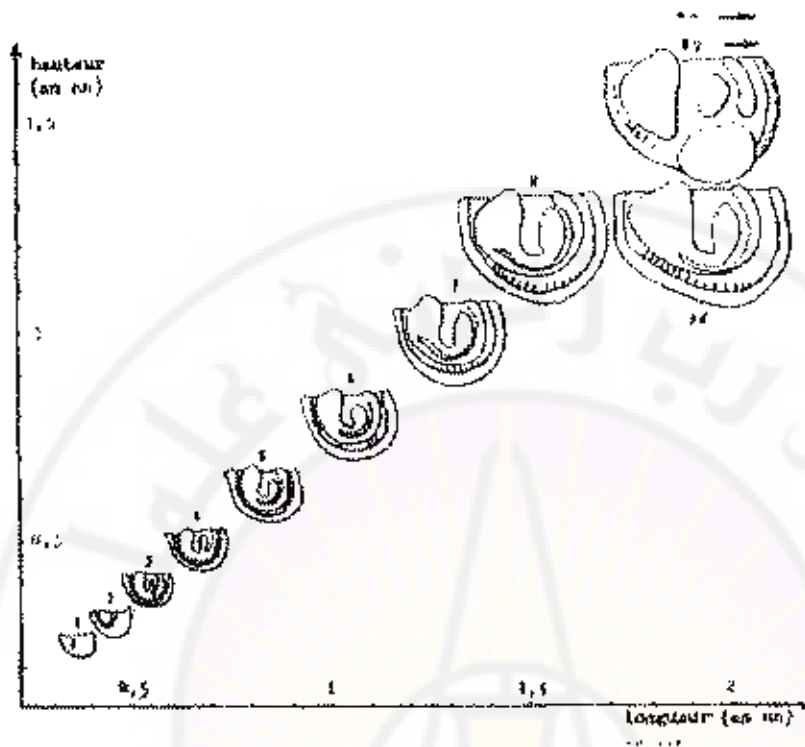
نمطين عديمات الأسنان ، نمطين مع أسنان ، نمطين مع مختلفات الأسنان .

إن مظاهر التنثني الشكلي (الشكل ١١ - ٧) كثيرة جداً ، فالذراع عند الذكور يكون متطاولاً في الغالب وأقل ارتفاعاً منه عند الإناث ، حيث يكون منتقلاً في الخلف ويؤدي عند الأجناس الباليوزوية (*Beyrichia* ، *Craspedoboldina*) جيباً بطنياً .

دروع اليرقات (الشكل ١١ - ٧) :

تتميز مراحل اليرقات عند الأومترات كودا البالغة بحجمها الصغير جداً وبروفيلها الأكثر استدارة وبالمظهر غير المكتمل لدروعها : رقة المصراعين ، رقة المصراع ، الزخرفة ، الانطباعات العضلية ، النطاق الهامشي والمفصلة البدائية .

كما أن التنثني الشكلي الجنسي لا يظهر إلا في المراحل الأخيرة . ولقد أمكن إعادة بناء التطور الفردي لعدة أنواع مستحاثية .



الشكل (١١ - ٧) : تطور فرد من الأوستراكود العائد إلى :
Craspedo boldina clavata , Beyri chicopide
 من السيلوري مبين على قياسات ٣٤٦١ مصراع يميني
 التباين أو الاختلاف الجنسي لا يظهر إلا في المرحلة الأخيرة .

توجيه الدروع :

- إن الحافة الظهرية هي الحافة التي تحوي المفصلة ويمكن أن نميز على المنظر الجانبي مقدمة الجسم ومؤخرته بالاعتماد على الصفات التالية :
- النهاية الخلفية مدورة بصورة عامة والنهاية الأمامية ذات حافة زاوية حادة .
- الانطباعات العضلية متمركزة في النصف الأمامي للمصراع .

- الآثار العينية أمامية - ظهرية .
- الأشواك كبيرة والامتدادات جناحية الشكل متجهة نحو مؤخرة المصراع ، يكون الجزء الأمامي عند الأشكال القاعية على المنظر الظهري أكثر انضغاطاً من الجزء الخلفي .

أخيراً يكون للأوستراكودا البالوزوية حافة ظهرية مستقيمة وحافة بطنية محدبة ، بينما يكون القسم الأثنى من الأخدود تحت المركزي S2 متجهاً نحو الأمام .

لمحة تصنيفية :

مع أن البيولوجيين أخذوا يهتمون أكثر فساداً بالدرع فإن تصنيف الأوستراكودا الحالية قائم على شكل اللواحق ، فلكل نوع حالي درع مميز . وإذا حصل أن المظهر الخارجي كان إلى حد ما متماثلاً عند نوعين مختلفين فإن ملاحظة الصفات الداخلية كافية لتمييز أحدهما عن الآخر .

لقد تم بناء الدروع حسب المخطط نفسه بدءاً من الأمور التالية :

- محيط المصراعين وخصوصيات حافتها البطنية .
- بنية المفصلة .
- صفات النطاق الهامشي .
- السمات .
- الزخرفة .

واستناداً إلى ما سبق ، صنف المختصون نحو ١٠٠٠ ألف جنس وعشرة آلاف نوع من الأوستراكودا .

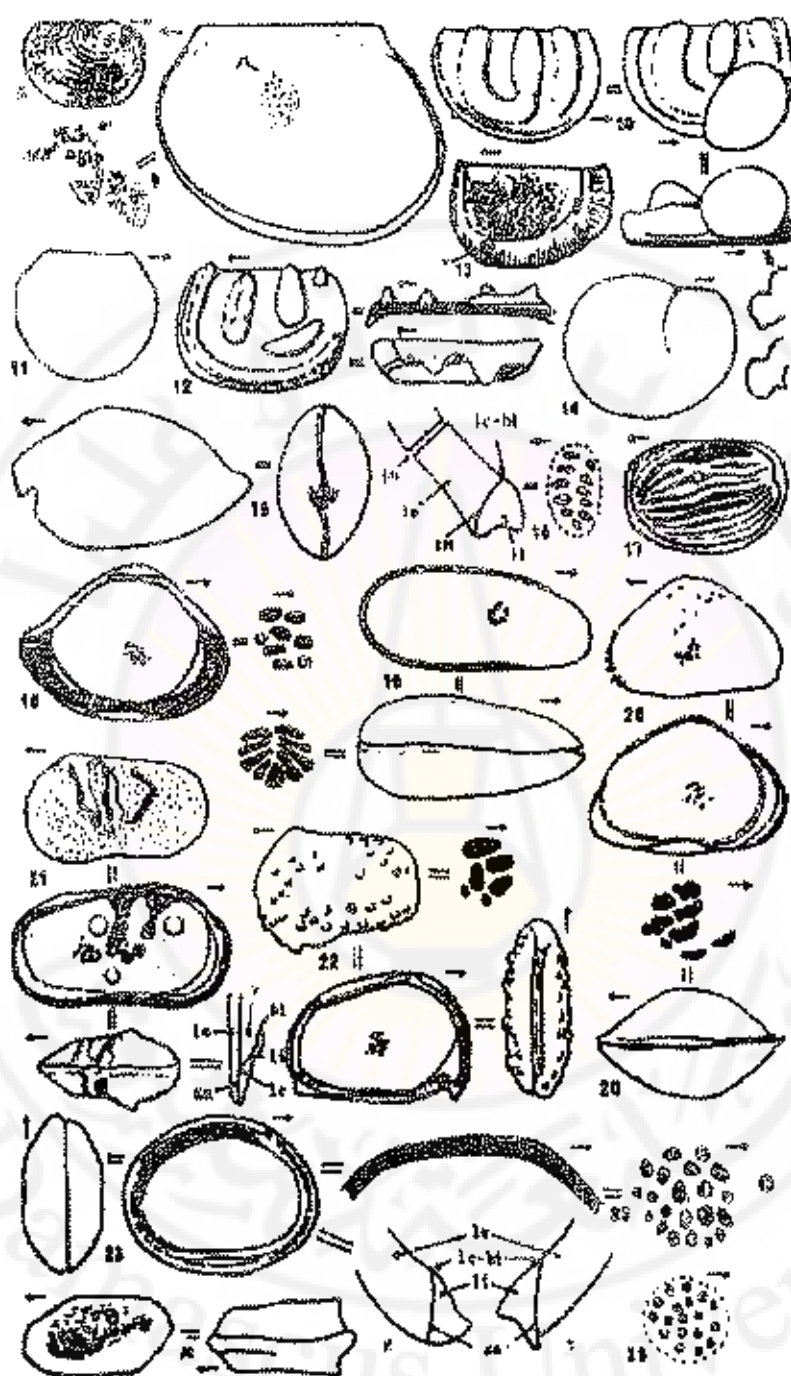
تكون في رتبة (أو تحت صف) الأوستراكودا للأقسام التصنيفية الكبرى دلالات وترتيبات متبادلة تتغير قليلاً حسب المختصين .

إن مجموعة الـ *Leperditicopides* (شكل ١١ - ٨) ذات الحجم الكبير متميزة بسطحها الأملس وبالمئتين (٢٠٠) من الانطباعات العضلية الدائرية الصغيرة ، وقد تكون فرعاً تطورياً مختلفاً في مجموعة الأوستراكودا. أما مجموعة *Beyrichicopides* أو *Paleocopides* بالمعنى الضيق (الشكل ١١ - ٨) فتتشارك فيما بينها بدرع سميك ، مفصلة عديمة الأسنان وبدون وجود نطاق هامشي وبحافة ظهرية مستقيمة وزوايا مسننية واضحة ، ولكنها تتميز بحجمها الصغير وبزخرفة فصوصها وبالأخدود وبالتالي الشكلي الجنسي .

أما بالنسبة للأنواع البلانكتونية *Myodocopides* (الشكل ١١ - ٨) فإنها تشكل مجموعاً غير متجانس ذا دروع رقيقة ضعيفة التماس ، عديمة الأسنان وذات نطاق هامشي ضيق . والصفة الخاصة بها هي شق في الناحية الأمامية البطنية يخرج منه قرون الاستشعار مثال *Cypridina* أو هي أخدود ظهري عميق مثال *Entomozole* .

أما مجموعة الـ *Platycopides* (شكل ١١ - ٨) فإن لها قوقعة قاسية أو صلبة ملساء ، عديمة الأسنان ونطاقاً هامشياً ضيقاً وحقل انطباعات عضلية ثنائية السلسلة .

وتشكل أغلبية الأجناس (شكل ١١ - ٨) في فترة ما بعد الحقب الأول والحقب الحالية المجموعة الأكثر انتشاراً فهي الـ *Podocopides* ذات الحافة الظهرية المقوسة وذات المفصلة عديمات الأسنان أحياناً وذات الأسنان غالباً والنطاق الهامشي الدامي .



الشكل (١١ - ٨) :

- ، Ostracodes leperditicopides = 9 ، Branchiopode = 8
 16 ، Myocopides = 14 - 15 ، Beyrichicopides = 10 - 13
 ، Podacopides ، Platycopides = 17 ذات مفصلة عديمة الأسنان .
 ، Darwinulinace = 19 ، Bairdiace = 18
 Metacopides = 23 - 25 Cypridace = 20 - 22
 = em انطباعات عضلية = vg مصراع أيسر
 = vd مصراع أيمن
 = 8 *Estheriela* (ترياس - كريتاسي) .
 = 9 *Leperditia* (سيلوري - ديفوني) إلى اليسار انطباعات عضلية .
 = 10 *Beyrichia* (سيلوري) إلى اليسار مصراع يميني لجنس ذكر ،
 وإلى اليمين مصراع يميني مشاهد جانبية ، بطنية ومقاطع متسلسلة ثلاثة
 فصوص متتالية من الأمام إلى الخلف (L3 ، L2 ، L1) مفصلة
 بأخدودين S1 و S2 .
 = 11 *Aparchites* (أوردفيسي - ديفوني) مصراع يميني، مشهد جانبي .
 = 12 *Drepanella* (أوردفيسي - سيلوري) ثلاثة فصوص وأخدودين
 في الأعلى وعلى اليمين مفصلة مصراع أيمن .
 = 13 *Eurychilina* (أوردفيسي - سيلوري) أخدود ظهري v = تجويف
 (velum) .
 = 14 *Entomozoe* (سيلوري - برمي) أخدود ظهري .
 = 15 *Cypridino* (كريتاسي - حالي) مشاهد جانبية وأمامية للدرع .
 = 16 *Cytherella* (ترياس - حالي) إلى اليسار مقطع حشافي بطنسي
 للمصراع اليساري .

- bi = حافة داخلية lc = خط الالتحام
- Le (i) = صفحة داخلية وخارجية
- pn = مسامات عادية
- zm = نطاق هامشي وإلى اليمين انطباعات عضلية .
- 17 = *Glyptopleura* (كربوني - برمي) .
- 18 = *Bairdia* (أوردفيسي ؟ كربوني - حالي) إلى اليسار مشاهد داخلي، مصراع يساري .
- 19 = *Datwinulina* (كربوني - حالي) الدرع في الأسفل وإلى اليسار انطباعات عضلية .
- 20 = *Cypris* (الأيوسين - الحالي) من الأعلى وفي الأسفل مشاهد خارجية وداخلية لمصراع أيسر ، انطباعات ، درع ، مشهد بطني .
- 21 = *Ilyocypris* (الجوراسي - الحالي) من الأعلى وفي الأسفل مشاهد خارجية وداخلية لمصراع أيسر ، مشهد ظهري للدرع .
- في الأسفل وإلى اليمين مقطع حافة بطنية لمصراع يساري .
- 22 = *Cyptidea* (الجوراسي - الكريتاسي) مصراع أيسر ودرع مشهد جانبي ، وفي الأعلى وإلى اليمين انطباعات عضلية .
- 23 = *Ogmoconcha* (ترياس - لياس) درع ، تفصيل للمفصلة ، em = انطباعات عضلية وفي الأسفل مقطع حافة بطنية .
- 24 = *Quasillites* (ديفون - كربوني) مشاهد جانبية وبطنية للدرع .
- 25 = *Euglyphella* (ديفون) em = انطباعات عضلية .

الشكل (١١ - ٩) : أوستراكود Podocopides Cytheraces ذات مفصلة مختلفة الأسنان

أو متساوية الأسنان وانطباعات عضلية مرتبة بشكل صف شاقولي (26 - 36) .

استراكودا Podocopides Cytheraces ذات مفصلة مختلفة الأسنان ، أو متساويات الأسنان وانطباعات عضلية مرتبة بشكل صف شاقولي (٢٦ - ٣٦) :

26 = *Cytheridea* (إيوسين - حالي) من اليسار إلى اليمين : مشهد ظهري ، مفصلة ، مشهد خارجي وداخلي ، انطباعات (em) .

27 = *Cyprideis* (ميوسين - حالي) مشهد ظهري لدرع مع عقد .

28 = *Proccytheridea* (الجوراسي) .

29 = *Protocythere* (الجوراسي - الكريتاسي) .

30 = *Cytheretta* (باليوسين - حالي) .

31 = *Lotoconcha* (بالوسين - حالي) .

31 = *Monoceratina* (الديفوني - حالي) ، درع ، مشهد جانبي ومشهد بطني وظهري .

33 = *Macrodentina* (جوراسي - كريتاسي) في الأعلى وإلى اليمين مفصلة .

34 = *Hemicythere* (أوليغوسين - حالي) في الأسفل مفصلة .

35 = *Xestoleberis* (كريتاسي - حالي) مشهد داخلي ومشهد ظهري للدرع .

36= *trachyleberis* (إيوسين - حالي) مشهد جانبي ومشهد ظهري وداخلي ، مفصلة وانطباعات عضلية .

(باستثناء مجموعة *Darwinulina*) والانطباعات العضلية القليلة (أقل من عشرة) .

أخيراً ، إن مجموعة الـ *Metacopides* (شكل ١١ - ٨) التي هي مجموعة وسطى بين المجموعتين السابقتين فإنها متميزة بصفة أساسية هي محفل دائري لعشرين انطباعاً عضلياً .

الأوستراكودا خلال الأزمان الجيولوجية :

١- ظهورها وازدهارها :

لقد تم التعرف منذ بداية الكمبري على *Archaeocopides* ذات الذراع ثنائي المصراع قليل التكلس ، وذات الحافة الظهرية المستقيمة . وتعد مجموعة بدائية من الأوستراكودا .

لقد شهد الاوردوفيسي ازدهار الأشكال الكبيرة من *Leperditicopides* والـ *Paleocopides* الأولى التي استمرت حتى الديفوني .

وتضم الصخور الكلسية ذات الأصل البيلاجي للديفوني والكربوني تجمعات غنية من الـ *Myocopides* (*Entomozoaces*) ذات السدوع الشوكية . وعند نهاية الحقب الأول بدأت مجموعة الـ *Paleocopides* بالتناقص . بينما أخذت المجموعات : *Platycopides* ، *Baridiaces* *Metacopides* وأوائل *Cytheraces* (*Monoceratina*) تحتل أهمية خاصة في نهاية الحقب الأول .

ويعد دور الترياس فترة حرجة بالنسبة الأوستراكودا . وإذا استطاعت مجموعات عائدة للباليزوي الاستمرار خلال هذا الدور فإن مجموعة الـ Paleocopides قد اختفت نهائياً .

بالمقابل بدأت مجموعات جديدة بالظهور كالـ Cypridaces والـ Cytheraces التي أصبحت منذ ذلك الحين هي الغالبة .

وإن تجمعات اللياس قليلة التنوع (Ogmococoncha) ، فبعض الأجناس موجودة في السحنات البحرية للجوراسي (Pliocytheridea) وللكريتاسي الأدنى (Protocythere) .

وتقدم سحنات المياه العذبة ومياه الأمواج للبوربيكيان والويلديان Purbeckiens و Wealdiens أعداداً كبيرة من مجموعة :

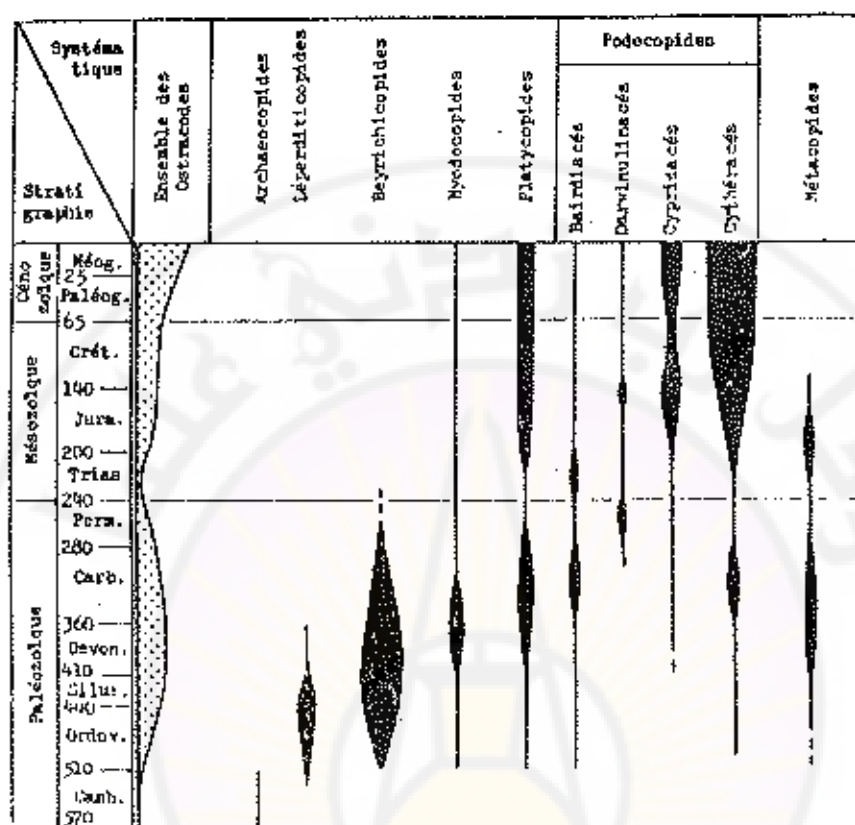
Cypridaces (Ilyocypris ، Cypridea) مجتمعة مع أشكال كالـ Darwinulina والـ Cytheraces وبخاصة (Macrodentina) . وقد تم العثور على أجناس كريتاسية في الأيوسين . وتسود الـ Cypridaces في الحقب الثالث والوقت الحالي في أوساط مياه عذبة والـ Cytheraces في الأوساط البحرية .

تبدى الأوستراكودا خلال الأزمنة الجيولوجية الاتجاهات التطورية التالية

وهي :

- تناقص الحجم .
- تبدلات في استدارة الجسم ، الحافة الظهرية مستقيمة وأفقيّة خلال الحقب الأول ، محدبة ومائلة نوعاً ما بعد ذلك .

- تحقيد المفصلة ، في البداية عديمة الأسنان وتصبح ذات أسنان في نهاية الحقب الأول . وثم ذات أسنان على الطرفين بدءاً من الجوراسي.
- نقصان في عدد الانطباعات العضلية أكثر من ٢٠ في الحقب الأول وأقل من ١٠ حتى ٤ فيما بعد .
- تكلس تدريجي للطبقة الداخلية مع تطور تدريجي للنطاق الهامشي والـ Vestibule (تجويف يقع في الناحية البطنية) .
- ظهور المسامات العادية على شكل غريال منذ الجوراسي الأدنى (اللياس) .
- استئطالة المسامات الهامشية وتعقيدها التي تكتسب مظهراً ملتويماً ومتفرعاً بدءاً من الكريتاسي الأدنى .



الشكل (١١ - ١٠) : التوزع الستراتغرافي
لأهم المجموعات المختلفة من الأوستراكود.

٢- البيئة القديمة :

الأوستراكودا في الحقب الأول بحرية وقاعية بمعظمها، والأشكال البلاكتونية معروفة منذ بداية الأوردوفيسي بينما بدأت الأشكال العذبة (Darwinulina) بالظهور بعد ذلك خلال الكربوني .

وتبدي أشكال ما بعد الحقب الأول تنوعاً بيئياً يمكن مقارنته مع الأشكال الحالية . وقد امكن ملاحظة أن عدداً لا يستهان به قد تكيف للعيش في وسط مالح أو كثير الملوحة .

ويمكن للأوستراكودا أن تتكاثر إلى حد تصل فيه إلى بناء الصخور وذلك بواسطة تجمعاتها الكثيفة (صخور كلسية ذات Cypris في أوليغوسين منطقة Limagne) فرنسا .

ويمكن للأشكال التي تعيش في الأعماق الكبيرة أن تسير التيارات المحيطية العميقة وتتابع امتدادات المياه الباردة .

استنتاج :

بقيت الأوستراكودا من حيث أهميتها الجيولوجية في المرتبة الثانية بعد المنخربات نظراً لأن الدراسات الميكروبيولوجية لم تتم إلا على بقايا غسل العينات الصخرية .

لقد فقدت الأوستراكودا جزءاً من أهميتها الستراتغرافية ولكنها بدأت تأخذ من حيث تنوعها البيئي أهمية كبيرة في إعادة بناء الباليوجغرافيا ، وبخاصة الذي يتعلق منها بالأوساط ذات الملوحة المتغيرة والأوساط الأوقيانوسية العميقة .

الفصل الثاني عشر

صف ثلاثيات الفصوص

التريلوبيتات

ينسب هذا الصف إلى شعبة مفصليات الأرجل وقد أطلق عليه ثلاثيات الفصوص وذلك لتفصص جسمه وهيكله الخارجي الكيتيني وأطرافه الزوجية المفصصة .

ويتميز جسم ثلاثيات الفصوص كونه مقسماً إلى ثلاثة أجزاء ، جزء محوري وجزئين جانبيين وتتجمع كذلك فصوصها المستعرضة في ثلاثة أجزاء .

الرأس (Cephalon) والصدر (Thorax) والذيل (Pygidium) .
كما تنفرع أطرافها إلى فرعين .
غير أن هذه الفصوص قد تكون غير مميزة أو غائبة في بعض الأجناس كما في الجنس Illaenus .

إن ثلاثيات الفصوص هي مفصليات أرجل منقرضة بحرية قد لعبت دوراً كبيراً في تمييز أدوار وعصور وطوايق حقبة الحياة القديمة أو الباليوزوي وقد ظهرت منذ بداية الكامبري وانقرضت في نهاية الدور البرمي .

إن ظهور هذه الحيوانات المفاجيء قد حير العلماء لأنها تعتبر من أعقد الحيوانات اللافقارية بنية ، ويدل تعقيد بنية ثلاثيات الفصوص التي عثر عليها

في قاعدة الكمبري على أنها تطورت دون شك عن أسلاف قديمة جداً وجدت في الفترة التي سبقت الكمبري ولم تترك آثارها على شكل مستحاثات .
تعتبر ثلاثيات الفصوص من المستحاثات المرشدة المميزة نظراً لتنوع أشكال أفرادها وتوزعها الجغرافي الكبير .

صف ثلاثيات الفصوص :

أُلحقت ثلاثيات الفصوص بمفصليات الأرجل وذلك لتفحص أجسامها وهيكلها الخارجي الكيتيني التكويني وأطرافها الزوجية المفصصة ، ويتميز جسمها بكونه مقسماً إلى ثلاثة أجزاء : جزء محوري وجزئين جانبيين . وتتجمع كذلك فصوصها المستعرضة في ثلاثة أجزاء : الرأس (Cephalon) والصدر (Thorax) والسذيل (Pygidium) كما تتفرع أطرافها إلى فرعين .

ولم تعيش ثلاثيات الفصوص بعد دهر الحياة القديمة ، وعليه فإن تفهم بنية أطرافها وطريقة معيشتها قد استنبطت من دراسة مفصليات الأرجل الحديثة مثل القشريات . ويبدو أن ثلاثيات الفصوص قد عاشت في بيئة بحرية ضحلة في معظم الأحيان . وهي عموماً مخلوقات صغيرة الحجم حيث يبلغ معدل طولها حوالي 5 إلى 8 سنتيمترات وأقصى مدى لها يتراوح من 5 إلى 70 سنتيمتراً .

الشكل الخارجي :

يحيط الهيكل الصلب بالأجزاء الرخوة من الخارج ، وإلى جانب كونه مدعماً لجسم الحيوان ومسطحاً تلتصق به العضلات فهو يعمل على حفظ الجسم من الجفاف . ويتكون هذا الغطاء من مادة كيتينية مدعمة بأملح

الكالسيوم . وهناك دليل على أن ثلاثيات الفصوص كانت تطرح غطاءها دورياً ، وعليه فإن أي غطاء من هذه الأغشية التي تقوم بطرحها أي من هذه الحيوانات طوال فترة حياته قد يتحول إلى مستحاثات .

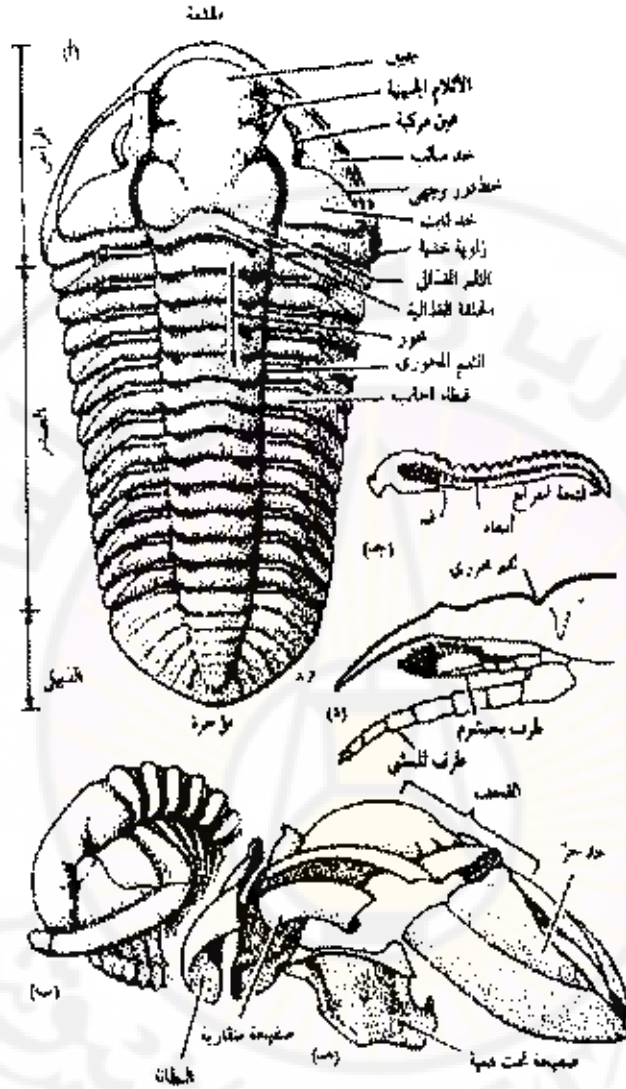
وعادة ما يحفظ الهيكل الصلب الذي يغطي الظهر وجزءاً من السبطن . ويعتقد بأن معظم غطاء البطن كان مغطى بغشاء رخو ، كما أنه يعتقد بأن الأطراف كذلك كانت مغطاة بمسادة كيتينية رخسوة ، وهي قلما تحفظ كمستحاثات .

وعادة ما يكون الغطاء الظهري عبارة عن تدرج مقلطح أو محدب قليلاً متنية أطرافه قليلاً تحت الجهة البطنية مكوناً إطاراً حولها يسمى البطانة (doublure) (الشكل ١٢ - ١ / هـ) . وعلى الغطاء الظهري أخدودان طوليان يعرفان بالثلمين المحوريين (axial furrows) ، يفصل بينهما جزء أوسط مقوس يسمى المحور (axis) ، ويعرف الجزءان الطويلان على جانبي المحور بغطاء الجانب (pleura) (الشكل ١٢ - ١ / أ) . وعادة ما يكون الجبين شديد التحدب في كثير من الأنماط .

وتعكس ظاهرة التفصيص الأصلية تقسيمات مستعرضة تسمى الأثلام الخدية (olabellar) furrows ، آخرها الثلم القذالي occipital furrow (الشكل ١٢ - ١ / أ) . وقد يمتد الخدان أمام الجبين وقد يفصلهما . وفي معظم ثلاثيات الفصوص يمر بكل خد خط يسمى الدرز السوجهي (facial suture) (الشكل ١٢ - ١ / أ) . وقد يمثل هذا الدرز مكان تشقق منطقة الرأس مسهلاً عملية الانسلاخ .

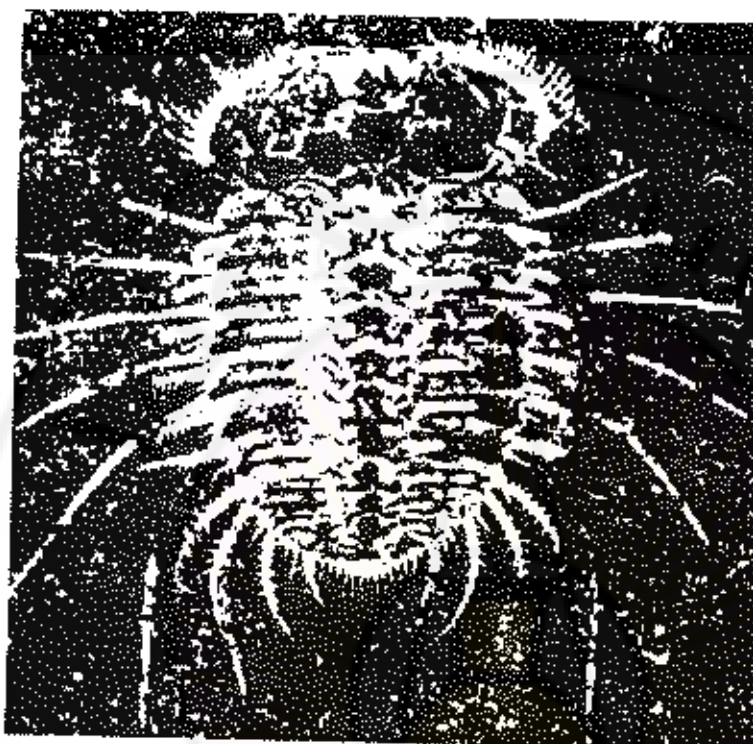
ويقسم خط الدرز الوجهي الخد إلى جزئين : جزء ثابت (fixed cheek) ملتحم بالجبين مكوناً معه القحف (cranidium) ، وجزء حر الحركة يسمى الخد السائب (free cheek) . وينفصل هذا عن القحف أثناء عملية الانسلاخ (الشكل ١٢ - ١ / هـ) . ولثلاثيات الفصوص عينان ، واحدة على حافة كل خد سائب قبالة الدرز الوجهي وعليه يتوقع تخلصها من الغطاء في مرحلة مبكرة من عملية الانسلاخ (الشكل ١٢ - ١ / أ ، ب) .

ويأخذ الدرز الوجهي عدة أشكال . فيبدأ من الحافة الأمامية ويمر إلى الداخل من العين وبذلك يتقاطع مع إحدى الحافتين الخلفيتين . ويسمى في هذه الحالة بالدرز الأوبستوباري (Opisthopariansuture) .



الشكل (١٢ - ١) الشكل الخارجي لثلاثيات الفصوص

(أ) ، (جـ) ، (هـ) ، كاليمين *Calymene* . (أ) منظر ظهري للهيكل الخارجي ، (ب) منظر جانبي لعينة مثقفة ، (جـ) قطاع طولي يبين التمثط المحتمل للقناة الهضمية ، (هـ) منظر أمامي يميل لمنطقة الرأس مقصصة على طول خطوط الدرر لتوضيح العلاقة بين الأجزاء المختلفة ، (د) قطاع مستعرض بقص بمنطقة الصدر يبين إعادة تركيب الأطراف في جنس السيروراس *Ceraurus* ، منظر جانبي .



الشكل (١٢ - ٢) ثلاثي فصوص شوكة .
ميزاسبيس *Miraspis* ، الحين السيلوري (4 X) .

(الشكل ١٢ - ٥ / أ) ، أو قد يتقاطع مع إحدى الحافيتين الجانبيتين
ويسمى في هذه الحالة بالدرز البروباري (Propariansuture) (الشكل ١٢
- ٥ / ز) . أو في بعض الحالات النادرة قد يقطع الزاوية الخدية (genal
angle) بين الحافيتين الخلفية والجانبية للرأس ويسمى في هذه الحالة بالدرز
الجوناثوباري (gonathoparian suture) (الشكل ١٢ - ١ / أ) . ولا

يشاهد خط الدرز الوجهي بوضوح في العديد من ثلاثيات الفصوص لأنه يمر بحافة الرأس (الشكل ١٢ - ٥ / ب) .

ولمعظم ثلاثيات الفصوص عينان غير أن بعض الأنماط تفتقر إليها ، ويقال أن هذه أنماط عمياء (الشكل ١٢ - ٥ / ب) ، وعادة ما تكون العينان مركبتين يتكون كل منها من عدد من العدسات المنفصلة التي تغطيها في مجملها أو منفردة قرنية واضحة (الشكل ١٢ - ٥ / ز) . وتوجد كسل عين فوق الحافة الداخلية لأحد الخدين السائبين بمحاذاة جزء بارز من الخد الثاني الذي يعرف بالفص الحسي (palpebral lobe) . وفي الأنماط الأولى لثلاثيات الفصوص كانت العينان على شكل هلال مبسطيل (الشكل ١٢ - ٥ / أ) ، وربما كانت متصلة بالطرف الأمامي للجبين عن طريق رباط يسمى متن العين (eye ridge) (الشكل ١٢ - ٨ / ب) . وفي الأنماط الأحدث أصبحت العينان أكثر التفافاً وكانا على شكل كلوي (الشكل ١٢ - ٥ / ز) .

وتمتد الزاويتان الخديتان على شكل شوكتين تسمى كل منهما الشوكة الخدية (genal spine) (الشكل ١٢ - ٥ / أ) . وقد يوجد لبعض الأجناس أشواك إضافية على جانبي منطقة الرأس أو الجبين (الشكل ١٢ - ٢) .

وقد يوجد بالمنطقة البطنية للرأس صفيحتان أو ثلاث صفائح تقع إحداها ، وهي التحتمخية (hypostoma) عند مقدمة الفم (الشكل ١٢ - ١ / هـ) . أما الثانية فتوجد بين الصفيحة التحتمخية والحافة الأمامية . وقد تلتحم الصفيحة التحتمخية في بعض الأنماط مع الرأس وفي البعض الآخر تتفصل أثناء الانسلاخ .

ويتراوح عدد الفصوص في منطقة الرأس بين ٢ و ٤٠ فصاً ويكون عددها ثابتاً في الأجناس ذات العلاقة ببعضها البعض . وعادةً ما تكون الفصوص متشابهة في الشكل غير أن حجمها يقل في اتجاه الذيل مما يجعل الشكل الخارجي للصدر مديباً تجاه الجزء الخلفي . ويقسم كل فص ثلثان محوريان إلى منطقة وسطى ذات نقوس واضح يسمى الحلقة المحورية (axial ring) يحفها على الجانبين جزء مفلطح هو الغطاء الجانبي (pleura) (الشكل ١٢ - ١ / أ ، د) . وقد يكون لهذه الأجزاء الجانبية حواش دائرية أو مدببة . ويمكننا في بعض العينات المحفوظة السطوح الداخلية فيها رؤية نتوءات مزدوجة (مرتكزات apodemes) ربما اتصلت بها عضلات الأطراف بالقرب من التلم المحوري (ترى الأتلام المحورية من الداخل كمتن بارز) .

والذيل عبارة عن درع نصف دائري أو مثلث الشكل يغطي عدداً من الفصوص الملتحمة (الشكل ١٢ - ١ / أ) . وتبرز هذه الفصوص أتلان مستعرضة بالأجزاء المحورية والجانبية ، وهو ما يدل على عدد الفصوص الذي يتراوح عادة بين ٢ و ٣٠ ، فصاً غير أنه في بعض الأجناس تكون هذه الأتلان غير واضحة حيث يكون الذيل أملس . وتستعمل نسبة حجم الذيل إلى الرأس كمعيار في تقسيم ثلاثيات الفصوص ، حيث تستعمل المصطلحات دقيقة الذيل (micropygous) ومتساوية الذيل (isopygous) وكبيرة الذيل (macropygous) للدلالة على أن الذيل أصغر أو يساوي أو أكبر من الرأس .



الشكل (١٢ - ٣) ثلاثي فصوي، أطراله (محفوظة كغشاء كربوني فضي اللون)
 ممدودة من تحت الهيكل . أولينويدس سيراتس *Olenoides serratus* ، الكبير
 الأوسط (1.75 X).



الشكل (١٢ - ٤) نموذج للجهة البطنية لثلاثي قصوص .

وقد وجدت أطراف (limbs) ثلاثيات الفصوص (الشكل ١٢ - ١ / د ، ١٢ - ٤) في الكثير من العينات الملتفة وقليل جداً منها وجد محفوظاً في المستحاثات المدفونة داخل الرسوبات دقيقة الحبيبات (الشكل ١٢ - ٣) . ومثال ذلك مستحاثات جنس التراي آرثرس *Triarthrus* التي وجدت في الصخور الطينية السوداء التي ترجع إلى الأردوفيسي الأوسط بولاية نيويورك الأمريكية . وهناك أمثلة عدة أخرى ترجع في أعمارها إلى الكربوني الأوسط والديفوني وجميعها ذات أطراف متشابهة . وهناك نوعان من الأطراف : الأول زوج واحد يتكون من عدة قسرون استشعار (antennae) سوطية الشكل ، واحد منها على كل من جانبي اللوحة التحتخية . والنوع الثاني من

الأطراف متشابهة الشكل فيما عدا صغر حجمها تجاه الذيل . ويتكون كل من هذه الأطراف من فرعين سفلي متين ويتركب من سبعة مفاصل ، وعلوي يشبه المشط . وهو عبارة عن ساق ذات أهداب .

وتعتبر أطراف ثلاثيات الفصوص بسيطة التركيب وذلك مقارنة بباقي مفصليات الأرجل . فمثلاً في القشريات تحوي أطراف الرأس قرني استشعار وكماشات لالتقاط غذائها وتقطيعه فيما تستعمل باقي الأطراف فسي المشي والسباحة والتنفس ونصفية المحتوى الغذائي أو لإحداث تيارات مائية . وبالمقارنة يعتقد بأن الأطراف المفصلية السفلى لثلاثيات الفصوص قد استعملت للمشي والأطراف العلوية للسباحة والتنفس . وتفقد ثلاثيات الفصوص لأطراف متخصصة في جمع الغذاء .

وقد استنتجت مراحل نمو (تطور الكائن الواحد) بعض ثلاثيات الفصوص من مقارنة عينات للنوع نفسه بمراحل نموها المختلفة . وقد وجد أن أولى هذه المراحل هي عبارة عن درع دائري بطول لا يزيد على المليمتر الواحد وهو بدون فصوص سائبة ، غير أن الجزء المحوري واضح جزئياً . وفي بعض الأجناس تكون العينان عند الحافة حيث أن اليرقة بهذه المرحلة كانت سابحة كما في حالة العديد من مفصليات الأرجل الحديثة . ويمكن ملاحظة فصل الذيل عن الرأس وذلك في المراحل التالية ثم تتكون فصوص الصدر التي يزداد عددها في كل مرحلة من مراحل نمو الحيوان حتى تصل إلى مرحلة النضوج . وبعد هذه المرحلة ينمو الحيوان في الحجم فقط وذلك عند كل مرحلة انسلاخ .

أنماط هياكل بعض ثلاثيات الفصوص واستنباط طريقة معيشتها:

الكاليمين *Calymene* : (الشكل ١٢ - ١) :

تمثل منطقة الرأس أعرض جزء من الجسم وهي نصف دائرة ذات زوايا خدية دائرية ، الجبين شديد التحدب ويوضحها ثلمان محوريان متحدان بالمقدمة وتصل الأتلام الجبينية غير الكاملة فصوصاً عقدية الشكل على كل جانب من الجبين ، العينان صغيرتان وخط الدرز السوجهي يقطع الزاوية الخدية، الصدر مذهب قليلاً تجاه الذيل ويحوي ١٣ فصاً ، الذيل صغير ذو ستة حلقات عند الجزء المحوري والأتلام الجانبية عميقة وممتدة إلى الحافة .
العمر : الحين السيلوري إلى الديفوني .

وقد وجدت عيّنات من مستحاثات جنس الكاليمينس *Calymene* إلى جانب بعض المستحاثات القاعية الأخرى مثل المرجان وعضديات الأرجل والحيوانات الطحلبية . ويدل هذا التجمع على أن بيئة المعيشة كانت مياه صافية وضحلة ودافئة . ويؤيد الاعتقاد بأن هذا الجنس قد عاش على القاع وتقلطح في الاتجاه الظهر بطني مع وجود الفم تحت الجهة البطنية ، والعينان في موقع مرتفع على الخدين بحيث يكون النظر مقصوراً على المجال الذي فوق الحيوان . وقد وجدت بعض الأطراف المثالية من نمط ثلاثيات الفصوص في جنس مشابه . وعليه يمكن الاستنتاج بأن جنس *Calymene* كان يتحرك زاحفاً على القاع أو سابحاً بالقرب منه بالإضافة إلى أنه كان يتنفس بواسطة أطراف ذات أهداب . وربما كانت ثلاثيات الفصوص تتحرك ببطء حيث أنها تقتدر إلى البدن الطريبيدي الذي يميز الحيوانات السريعة .

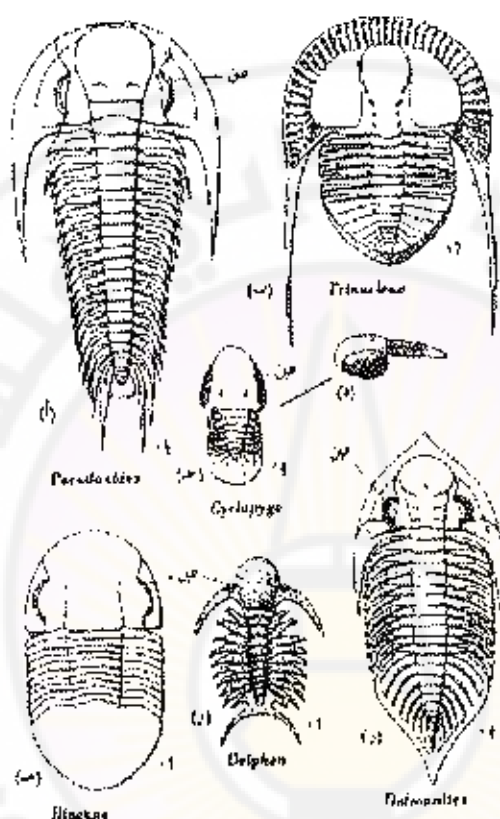
ولا يعرف الكثير عن تفاصيل تركيبة الفم عند ثلاثيات الفصوص ، غير أنه يوجد بالجهة البطنية . ويبدو أنه كان يفتح نحو المؤخرة . ويوحى هذا الوضع إلى جانب افتقار الحيوان إلى أية أعضاء متخصصة في جمع الغذاء بأنه لم يكن مفترساً نشطاً أو أنه كان يستطيع التغلب على الكائنات ذوات الأصداف الصلبة . ولقد زودتنا بعض القشريات الحديثة بشيء من المعلومات حول وسيلة التغذية عند ثلاثيات الفصوص : فربما كان يدفع الحيوان بالغذاء تجاه الفم بواسطة الأطراف وبطريقة أو بأخرى يتم مص الغذاء أو غرقه . وربما كانت بعض الأنماط تتناول الرسوبات من أجل محتواها العضوي أو أنها قد قامت بتصفية الكائنات الدقيقة بواسطة خياشيمها بالإضافة إلى احتمال قيام البعض الآخر بافتراس أو بكشط الأجسام الرخوة للحيوانات القاعية والطحالب البحرية .

البارادوكسايدس *Paradoxides* : (الشكل ١٢ - ٥) :

الجسم ذو استطالة برأس كبيرة نصف دائرية وتمتد الزاويتان الخديتان إلى الخلف على شكل شوكتين طويلتين ، في النيجين ثلثات ممتدة تجاه الحافة الأمامية ، خط الدرز الوجهي من النمط الأوبستوباري ، العينان كبيرتان وهلاليتا الشكل ، الصدر مدبب تجاه الذيل ، وهو مكون من ٦ إلى ٢١ فصاً ، غطاء الجانبين ينتهي على هيئة أشواك طويلة متجهة إلى الخلف ، الذيل صغير جداً ويحتوي على عدد قليل من الفصوص .
العصر : الكامبري الأوسط .

وتميز ظاهرة الغطاء الشوكي جنس البارادوكسايدس *Paradoxides* وكثير من ثلاثيات الفصوص في الكامبري . وللأشواك دور دفاعي أكثر في الحيوانات ، غير أن مثل هذه الأشواك لم تكن منتشرة عند ثلاثيات الفصوص

بعد الكمبري حيث يحتمل أن تكون قد ساعدت الجسم بالعيش فوق الرسوبات
الرخوة .

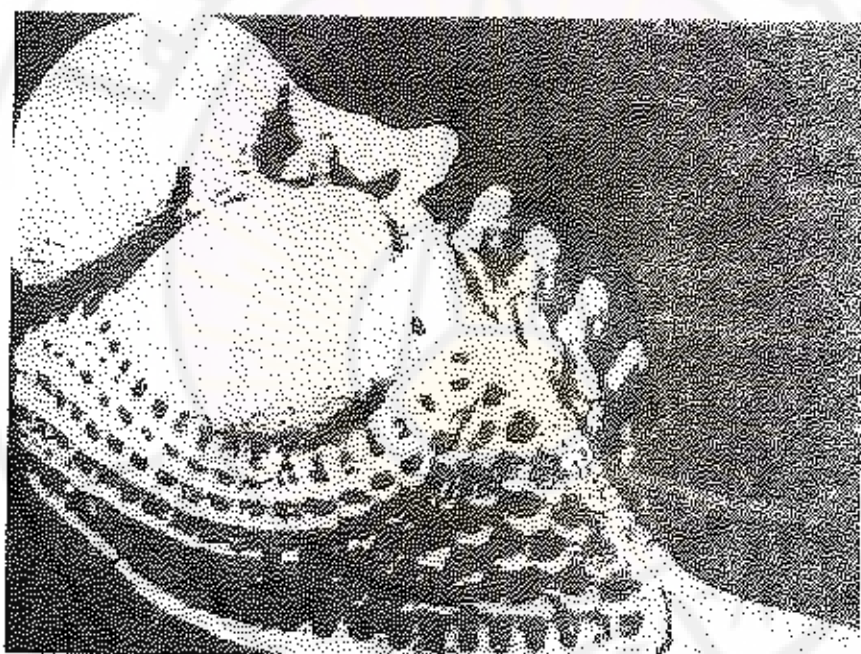


الشكل (١٢ - ٥) تباين الأنماط في ثلاثيات الفصوص .

التراينوكليوس *Trinucleus* : (الشكل ١٢ - ٥ / ب) :

الرأس نصف دائري وهو أكبر وأعرض أجزاء الجسم ، الأشواك الخديسة
في اتجاه خلفي ويبلغ طولها حوالي ضعف طول الجسم ، والرأس حافة هدايية
عريضة عليها ندبات صغيرة في صفوف شعاعية ، الجبين شديد التقعر به

اثنان أو ثلاثة أزواج من الأتلام القصيرة والعميقة (الشكل ١٢ - ٦) .
 الخدان محدبان وأملسان بين الهدبة (Fringe) والجبين ، ليس لها عيون ،
 خط الدرر الوجهي قريب جداً من الحافة . وعليه فالحيوان لم يكن يرى في
 معظم الأحوال ، الصدر مكون من ستة فصوص ، الذيل على شكل مثلث
 عريض وله حافة متكاملة . وتعتبر الأونيا (Onnia) والكربتولايتس
 (Cryptolites) من الأجناس ذات العلاقة بهذا الجنس ، وتختلف عنه فقط
 ببعض التفاصيل مثل افتقارها إلى ثلم الجبين . العمر : الدور الأوردوفيسي .



الشكل (١٢ - ٦) تراينيوكلينيد *Trinucleid* . منظر جانبي لتريتاسبيس سورتينا

، *Tretaspis sortita*

الأوردوفيسي العلوي (6 X) .

ولا يعرف معنى وجود الهدبة والشوكتين الطويلتين في جنس التراينوكليوس *Trinucleus* غير أن مثل هذه الأجزاء توجد في الكثير من ثلاثيات الفصوص التي ترجع إلى دور الأردوفيسي ، ويعتقد أنها ظاهرة تكيفية . ويوجد عادة جنس التراينوكليوس *Trinucleus* في الصخور ذات البنية الدقيقة وربما استعملت هديتها في حفر الطين أو كحذاء لدعم جسمها فوق الطين الرخوة . ويتوافق غياب العينين مع طبيعة الحفر داخل الرسوبات بينما ينبىء وجود الأطراف في الأجناس ذات العلاقة بمقدرتها على الزحف والسباحة ، أما التفردات على الهدبة فلا يعرف كنهها .

الدلمانايتس *Dalmanites* : الشكل ١٢ - ٥ / ز) :

الرأس نصف دائرية تمتد منها أشواك خدية إلى الخلف ، الجبين يزداد في عرضه تجاه المقدمة وتقطعه ثلثات قصيرة ، العينان كبيرتان وتقعان بالقرب من الجبين والحرف الخلفي للرأس ، وهي ذات شكل كلوي وعدسة على سطحها الخارجي المحدب ، خط الدرر الوجهي بروباري ، في الذيل ١١ فصاً وهو بحجم الرأس (متساوية الذيل) وينتهي بشوكة واحدة . العمر السيلوري إلى الديفوني .

ويوجي شكل العينين وموقعهما وحجمهما الكبير على أن الدلمانايتس *Dalmanites* كان نمطاً قاعياً ذا مدى بصري واسع ، بإمكانه متابعة أية حركة حوله ، بما في ذلك نحو الخلف . وقد قورنت شوكة الذيل بذيل ملك السرطين (اللميولاس *Limulus*) (الشكل ١٢ - ١١) والتي يستعملها كمعول لحفر الرمال بحثاً عن الديدان ، غير أن هذه المقارنة لا تنطبق تماماً حيث أن ملك السرطان يلتقط فريسته بواسطة أطراف تشبه الكماشة والتي تفتقر ثلاثيات الفصوص إلى مثلها .

الأيناس *Illaeus* : (الشكل ١٢ - ٥ / هـ) :

الهيكل الخارجي أملس وصلب ، شديد التحذب ، بيضاوي الشكل ، ظاهرة التفصص غير واضحة تماماً هنا ، العيذان كبيرتان وخط الدرز الوجهي من النمط الأوبيستوباري ، للصدر عشرة فصوص ، وهو من النمط المتساوي الذيل . العمر : دور الأردوفيمسي .

ومن أهم مميزات هذا الجنس أن غطاءه الخارجي أملس . ففي جنس البوماستس *Bumastus* ، وهو أحد الأجناس ذات الصلة ، نجد أن ظاهرة التفصص الثلاثي تكاد تكون ممحوة . ومن أحد تفسيرات الغطاء الخارجي الأملس تكيف الحيوان على عزق الطين أو ربما حفر جحور بها ، وخاصة الأنماط التي تفتقر إلى عيون أو أن عيونها من الحجم الصغير . مثال التريميراس *Trimerus* (الشكل ١٢ - ٨ / ز) . غير أن للأيناس *Illaeus* عيذان كبيرتان ربما بقيتا بارزتين عندما يقع الحيوان على القاع مغطياً جسمه بالرسوبيات كما هي الحالة لدى أنواع كثيرة من القشريات الحديثة . والشبه بين البوماستس *Bumastus* وبعض الأنماط البحرية الحديثة في القدرة على الالتفاف مثل متماثلات الأرجل *isopods* (قريبة من حمار القيان *wood louse*) والخيتون *Chiton* (من الرخويات البدائية) ، قد يطرح بديلاً آخرًا للبيئة المعيشية لثلاثيات الفصوص .

فالحوانات المذكورة تعيش في النطاق ما بين المد والجزر والنطاق الذي يليه حيث أن متماثلات الأرجل تختبئ داخل بنى الطحالب البحرية . أما الخيتون فيكون ملتصقاً بسطح الصخور بواسطة قدمه . وفي هذه الظروف غير الهادئة تصبح الأصداف الملساء ميزة هامة حيث أنها تقدم أقل ما يمكن من المقاومة لحركة الأمواج ، كما أن قابليتها للالتفاف تمكنها من التدرج إذا

ما انتزعها التيار مما يقلل من احتمال إصابتها . ويحتمل أن تكون ثلاثيات
الفصوص التي عاشت بين الشعب المرجانية قد قابلت مثل هذه الظروف .

الديفون *Diphon* : (الشكل ١٢ - ٥ / و) :

الخدان مضمحلان ليكونا شوكتين منحنيتين وعينين عند الحافة الأمامية
بالقرب من الجبين المنتفخ جداً ، غطاء الجانبيين والذيل تكون أيضاً أشواكاً .
العصر : دور السيلوري .

والى جانب أن أشواك الهيكل الخارجي قد أزعجت بالتأكيد الحيوانات
المفترسة الأخرى فينظر إليها كميزة تكيفية حيث تزيد من مساحة سطح
الحيوان بالنسبة إلى حجمه . ويتناسب موقع العينين على الحافة مع حياة
الحيوان البيلاجية (Pelagic) . ويعتقد أن الجبين المنتفخ قد حوى مادة
خفيفة مثل الدهن والتي ربما زادت من قدرته على الطفو .

السيكلوبيج *Cyclopyge* : (الشكل ١٢ - ٥ / ج ، د) :

العينان كبيرتان تحتلان معظم الخدين وتمتدان فوق معظم سطح الرأس
البطني ، وفي بعض الأنماط تتعد العينان عند الجهة البطنية .

والسيكلوبيج *Cyclopyge* مجال نظار غير عادي ، ويعتقد أنه حيوان
بيلاجي وربما كان ليالي المعيشة يصعد من الأعماق إلى السطح ليلاً للغذاء .



الشكل (١٢ - ٧) ثلاثي فصوص بهيكل خارجي أملس أنلامه المحورية غير واضحة

بوماستس

Bumastus barriensis باريسيس

أجناس أخرى شائعة

الأولينيلاس *Olenellus* : (الشكل ١٢ - ٨ / ١) :

الرأس نصف دائرية وعريضة ذات شوكتين خديتين ، الجبين ذو ثلثات واضحة ويمتد إلى الحافة الأمامية ، العينان كبيرتان وهلاليتا الشكل تتصلان بمقدمة الجبين ، لا يوجد بها خط درز وجهي ، تتكون منطقة الصدر الأمامية من حوالي ١٤ فصاً متكاملأ بغطاء جانبي ذي أشواك يفقر لها باقي فصوص

الصدر ، غير أن لأولها شوكة طويلة مدببة ، الذيل عبارة عن صفحة صغيرة جداً . العمر : دور الكمبري الأدنى .

الكالفيا *Callavia* :

يشبه جنس الأولينيلاس *Olenellus* ، غير أن أشواكه أقصر طولاً بالإضافة إلى افتقاره إلى الشوكة المحورية الطويلة . العمر : دور الكمبري الأدنى .

الأوليناس *Olenus* : (الشكل ١٢ - ٨ / ب) :

حيوان ثلاثي الفصوص ، صغير في حجمه برأس مربعة الشكل تقريباً عرض من باقي الجسم ، يمتد من الجسم بشكل زاوي شسوكتان خديتان ، العينان مثبتتان على حرف أمام الجبين ، خط الدرز الوجهي أوبيستوباري ، الصدر مكون من حوالي ١٣ إلى ١٥ فصاً ، الذيل صغير ومثلث الشكل . العمر : دور الكمبري الأعلى .

الأجنوستوس *Agnostus* : (الشكل ١٢ - ٨ / جـ) :

الهيكل صغير (٥-٦ ملم) ، متساوي الذيل ، الصدر مكون من فصين اثنين ، ليس له عيان ولا درز وجهي . العمر : دور الكمبري الأعلى ويمتد مدى الأجناس ذات الصلة خلال الدورين الكمبري والأردوفيسي .

الشمرديا *Shumardia* : (الشكل ١٢ - ٨ / د)

نمط أعشى صغير الحجم (٥ ملم) ، خط الدرز الوجه غير موجود ،
الصدر يتكون من ستة فصوص يحمل الغطاء الجانبي للفص الرابع منها
شوكتين طويلتين . العمر : دور التريمادوسي Tremadocian إلى دور
الأردوفيسي .

الأسافس *Asaphus* : (الشكل ١٢ - ٨ / ط) :

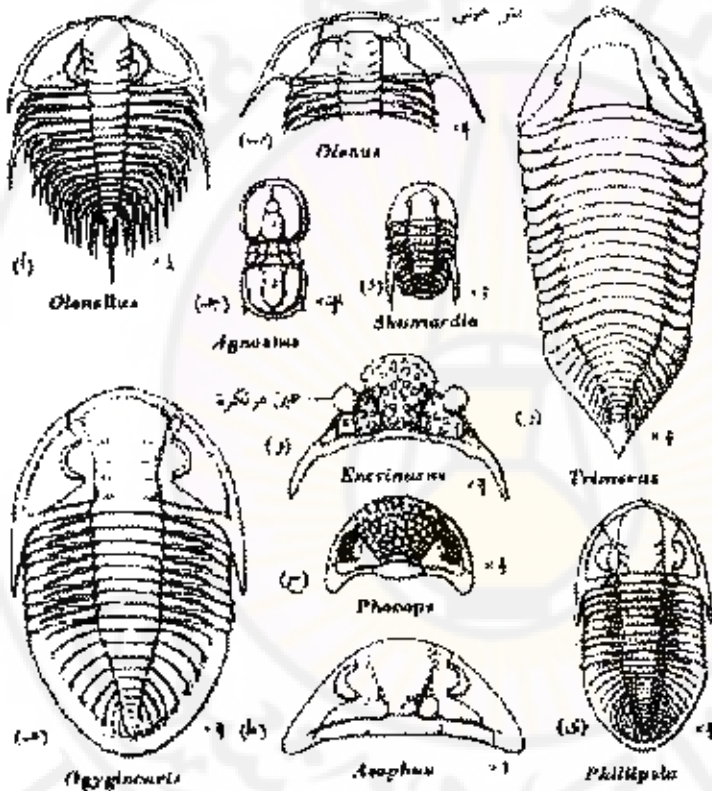
نمط متساوي الذيل بثمانية فصوص صدرية ، يزداد الجبين في عرضته
تجاه الحافة الأمامية للرأس ، خط الدرز الوجهي المستوي ، الخندان
السائبان حرا الحركة ، عريضان نسبياً ، الزاويان اللذان يغطيان الجسائين
دائرية الشكل ، التلم المحوري والنقص غير متكامل .
العمر : دور الأردوفيسي وذلك مثل الأوجيجيوكاريس *Ogygiocaris*
(الشكل ١٢ - ٨ / هـ) ، وقد كان هذا الجنس واسع الانتشار في دور
الأردوفيسي الأوسط .

الأنكرينورس *Encrinurus* : (الشكل ١٢ - ٨ / و)

نمط متساوي الذيل ، الرأس مغطى بدرنات ، الجبين منفتح وعريض
المقدمة ، خط الدرز الوجهي بروباري ، العينان مثبتتان على ما يشبه الرجلين
القصيرة ، الصدر مكون من ١١ إلى ١٢ فصاً ، الذيل عبارة عن مثلث دقيق
الطرف به عدد من الأتلام المحورية تفوق عدد الأتلام بالغطاء الجانبي .
العمر : دور الأردوفيسي الأوسط إلى دور السيلوري .

الترايميراس *Trimerus* : (الشكل ١٢ - ٨ / ز) :

نمط متساوي الذيل برأس وذيل مثلثي الشكل تقريباً ، الجبين والأكتام المحورية غير واضحة ، الهيكل الخارجي أملس ، العينان صغيرتان ، خط الدرز الوجهي يقطع الزاوية الخدية . العمر : دور السيلوري الأوسط إلى دور الديفوني الأوسط .



الشكل (١٢ - ٨) ثلاثيات الفصوص

في (أ) ، (جـ) ، (د) خطوط الدرز الوجحية لا ترى على السطح الظهري . في الأكتام الباقية تكون الخطوط إما أويستوبارية ، كما في (ب) ، (هـ) ، (ط) ، (ي) ، أو بروبارية ، كما في (و) ، (ح) ، أو جونتوبارية كما في (ز) .

الفاكوبس *Phacops* : الشكل (١٢ - ٨ / ح) :

الجبين منتفخ ويزداد في عرضه تجاه الحافة الأمامية للرأس ، الزاويتان الخديتان دائريتا الشكل ، العينان كبيرتان وكلويتا الشكل ذات عدسات قرنية واضحة ، خط الدرز الوجهي بروبازي ، الصدر مكون من ١١ فصاً (ظاهرة تميز العديد من الأجناس ذات العلاقة) ، الذيل صغير وهو على شكل نصف دائرة ، ويوجد في معظم الأحيان هذا الجنس في وضع ملتصق .
العمر : دور السيلوري إلى دور الديفوني .

الفيليبسيا *Phillipsia* : (الشكل ١٢ - ٨ / ي ، ١٢ - ٩) :

الهيكل متساوي الذيل ، بيضاوي الشكل ، ذو استطالة ، للجبين جانبتان متوازيان وتمر به أثلام قصيرة ، العينان كبيرتان ثلاثيتا الشكل تقعان بالقرب من الجبين ، خط الدرز الوجهي أويستوبازي ، الصدر مكون من تسعة فصوص . **العمر :** دور الكربوني الأدنى .

وينتمي جنس *Phillipsia* إلى عائلة البروتيدات *Proetids* التي وجدت من دور الأريوفيسي إلى دور البرمي وهي أطول مدة من التي عاشتها أبة مجموعة أخرى من ثلاثيات الفصوص غير أن عطاءها لم يتغير كثيراً طوال هذه المدة .

التاريخ الجيولوجي لثلاثيات الفصوص

ظهرت ثلاثيات الفصوص وسانت أثناء دور الكمبري الأدنى . وقد وصل عددها إلى أقصاه خلال دور الأردوفيسي الأوسط ثم تناقص تدريجياً خلال دوري السيلوري والديفوني حتى أصبحت عائلات قليلة بنهاية دور الديفوني . وقد كانت ثلاثيات الفصوص نادرة خلال دور الكربوني ثم انقرضت خلال دور البرمي .

وتنتمي أوائل ثلاثيات الفصوص إلى مجموعة يمثلها الأولينيلاس *Olenellus* وهي ذات ملامح يشاركها فيه الكثير من ثلاثيات الفصوص خلال دور الكمبري . فقد كان لها مثلاً رأس كبيرة بعينين هلاليتين ذات استطالة ، أما الصدر فقد كان مكوناً من فصوص شوكية عديدة ، والذيل كان صغيراً جداً . وإلى جانب ذلك فقد وجدت في دور الكمبري الأعلى أنماط أخرى مثال الأجنوستيد الأعمى المتساوي السنبل . وعليه فإن ثلاثيات الفصوص منذ بدايتها كمستحاثات كانت معقدة ومتباينة التراكيب . وبالرغم من غياب الدليل الإحاثي فإن ذلك يدل على سبق وجودها بوقت طويل نسبياً خلال زمن ما قبل البريكمبري .



الشكل (١٢ - ٩) ثلاثي الفصوص يرجع إلى الحين الكربوني . فيليبسيا
جمبوليفيرا *Phillipsia gemulifera* ، الحين الكربوني (4 X) .

وتوجد مستحاثات ثلاثيات الفصوص في رسوبات بحرية عدة وخاصة تلك
التي تراكمت بمياه ضحلة بما في ذلك بيئة الأرصفة المرجانية . وقد يكون

لأنواع ثلاثيات الفصوص مدى قصير وعليه يكون لها أهمية طبقية وعلمية
الأخص بصخور الحين الكمبري حيث تكون باقي أنماط المستحاثات أن عدداً
وتوزيعاً .

وهناك الكثير من ثلاثيات الفصوص التي قد يقتصر و-و- .
جغرافية محدودة . وعليه فإن دراستها قد تساعد في تصور
محيثتها . وقد استعمل أنواع جنس البارادوكسايدس *Paradoxides* (الشكل
١٢ - ٥ / أ) . التي ترجع إلى دور الكمبري الأوسط لرسم العديد من
الأنطقة التي يمكن تتبعها في مناطق شاسعة تشمل أوروبا وأمريكا الشمالية .
وتوجد أنماط أخرى ذات علاقة بجنس الأجوستاس *Agnostus* (الشكل ١٢
٨ - ج) . يستفاد منها في مضاهاة الصخور لهذه الفترة أيضاً . وهي
تكثر في الصخور ذات المحتوى الطيني ولا يصعب التمييز بينها . ويستعمل
جنس الأولينوس *Olenus* (الشكل ١٢ - ٨ / ب) . وأنماط أخرى مشابهة
لتقسيم دور الكمبري الأعلى إلى نطاقات . ويعتبر أحد أنواع جنس الشومارديا
Shumardia مميزاً للزمن التريمادوكي Tremadocian .

وقد وصلت ثلاثيات الفصوص إلى ذروة انتشارها خلال دور الأردوفيسي
حيث كانت متباينة الأنماط إلى حد بعيد . وقد شملت تلك الفترة الزمنية بعض
أنماط دور الكمبري التي بقيت على قيد الحياة (مثال الأولينيدات *Olenids*
والأجوستيدات *Agnostids*) إلى جانب عدد اقتصر وجوده على دور
الأردوفيسي مثال الترنوكليدات *Trinucleids* والأسافيدات *Asaphids*
وأنماط أخرى امتد وجودها إلى دور السيلوري وبعضها إلى ما بعده . ولقد
كانت معظم الأنماط أوستويارية غير أنه كان منها الإيرويساري وذو الخط

الدرزي الحافي أيضاً . وعموماً فإن جنس الأسافس *Asaphus* (الشكل ١٢ - ٨ / ط) . و جنس الترانوكليوس *Trinucleus* (الشكل ١٢ - ٥ / ب) يمثلان أهم عائلتين من ثلاثيات الفصوص .

وقد لوحظت زيادة أهمية الأنماط البروبارية خلال دور السيلوري مثال السدلمانايتس *Dalmanites* (الشكل ١٢ - ٥ / ز) والأكراثيسورس *Encrinurus* (الشكل ١٢ - ٨ / و) والفاكوبس *Phacops* (الشكل ١٢ - ٨ / ح) . ومن ثلاثيات الفصوص الواسعة الانتشار أيضاً الجنس الكاليمين *Calymene* (الشكل ١٢ - ١١) والترايميراس *Trimerus* (الشكل ١٢ - ٨ / ز) والديفون *Deiphon* (الشكل ١٢ - ٥ / و) .

وقد نقص عدد ثلاثيات الفصوص وتنوعها خلال دور الديفوني ، وربما كان جنس الفاكوبس *Phacops* خير مثال لذلك . فكل ما تبقى عند نهاية دور الديفوني ينتمي إلى عائلة واحدة هي البروتيدات *Proetids* حيث بدأت منذ دور الأردوفيسي وبقيت حتى دور البرمي الأوسط ، غير أن آخرها كان يختلف قليلاً عن أولها .

مجموعات أخرى من مفصليات الأرجل ذات السجل الإحاثي :

العنكبوتيات *Arachnids* :

أنماط برية تنتنفس الهواء الطلق ويمثلها في الوقت الحاضر العناكب والعقارب . وهناك منها أنماط مائية بدائية تشبه العقارب مثال جنس الباليوفوناس *Palaeophonus* الذي وجد في صخور دور السيلوري .

ويوضح الشكل (١٢ - ١٠) نمطاً منقرضاً منها يشبه العنكبوت . العصر : دور السيلوري إلى العصر الحاضر .

سيفيات الذيل Xiphosurids :

مجموعة ممثلة في الوقت الحاضر بالسرطان الملكي (النقاب) والمسمى تصنيفياً بجنس الليميولاس *Limulus* (الحقب الثالث إلى العصر الحاضر) . وهو ذو درقة مكونة من ثلاث فصوص ملتحمة وشوكة (ذيل) طويلة . وبذلك فهو يشبه ثلاثيات الفصوص . وكثيراً ما توجد سيفيات الذيل داخل عقيدات nodules في الرسوبات . العصر : دور الكمبري إلى السيلوري الحاضر .

عريضات الزعانف Eurypterids :

أنماط مائية قطبية لها انتشار جغرافي محدود . وتعتبر بعض الأنماط مثال جنس البتريجوتاس *Pterygotus* (دور السيلوري إلى دور الديفوني) من بين مفصليات الأرجل الضخمة حيث يبلغ طوله مترين . ولهذه الحيوانات جسم مفلطح مثل جسم العقرب وتشمل أطرافه زوجاً يشبه المجاذيف ، وهو ما يوحي بمقدرتها على السباحة . كما أن لها زوجاً من المخالب مما يدل على طبيعتها كأكلة لحوم .

الحشرات Insects :

أكبر مجموعة بمفصليات الأرجل ، وهي متباينة الأنماط ويتنفس أغلبها الهواء الطلق في بيئة برية . ويتكون جسمها من ثلاثة أجزاء : الرأس ذو قرني استشعار ، والصدر ذو ثلاث أزواج من الأرجل (عادة بزوجين من الأجنحة) .

تصنيف ثلاثيات الفصوص :

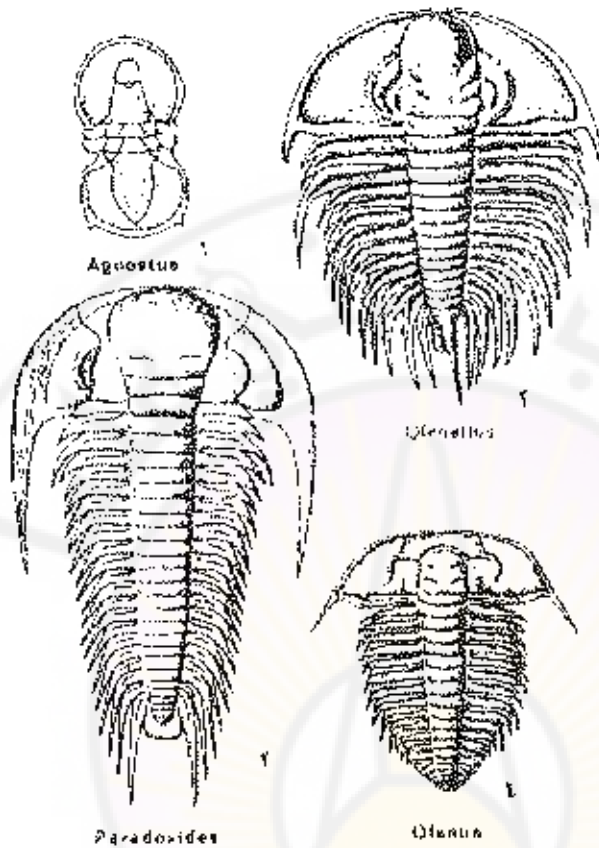
يعتمد تصنيف ثلاثيات الفصوص بصورة رئيسية على نمط الدرز الوجهي، وعلى شكل الرأس وأقسامه وشكل العيون وقدها ، كما يعتمد على عدد قطع الصدر والبيجيدوم ، وعلى تطور المراحل الجنينية . هذا ولم يتفق العلماء على كيفية تقسيم ثلاثيات الفصوص ، وإنما تم تميز مجموعات لها صفات مشتركة تشكل حوالي ٥٠ فصيلة تعود إلى الرتب التالية :

١- رتبة أغنوستيدا *Agnostida* :

تتميز أفرادها بفقدان الدرز الوجهي والعيون . يتألف الصدر من قطعتين صدريتين تنتهي ببيجيدوم عريض (الكمبري الأسفل - الأوردوفيسسي الأعلى) وأهم أجناسها :

الجنس أغنوستوس *Agnostus* من فصيلة *Agnostidae* :

يتميز هذا الجنس بقدر صغير يتشابه فيه الرأس والبيجيدوم فسي الشكل والحجم (الشكل ١٢-١٠ / ١) . العيون والدرز الوجهي مفقودة . الجبين ذو فصين لا يصل إلى حدود الرأس الأمامية ، ويتميز بوجود فص صغير على كل جانب من حدوده الخلفية . يتألف الصدر من قطعتين ، القسم المحسوري عريض ، والقسمان الجانبيان يحويان أهدوداً واضحة ، والقسم مفقود فسي المناطق الجانبية من البيجيدوم . تظهر في نهاية البيجيدوم المنور شوكتان صغيرتان ، وقد تكونان مفقودتين . دور الكمبري .



الشكل (١٢ - ١٠) يمثل بعض أجناس ثلاثيات الفصوص .

٢ - رتبة بروتوباريا *Protoparia* :

تتميز أفرادها بدرز وجهي هامشي و عيون كبيرة هلالية . القطع الصدرية متعددة والبيجيدوم صغير جداً ، أو ضسامر (كمبري الأسفل) أهم أجناسها :

الجنس أولنلوس *Olenellus* من فصيلة *Olenellidae* :

جسم بيضوي بصورة عامة (الشكل ١٢-١٠/٢) يتميز برأس عريض نصف دائري ، ينتهي من الخلف بشوكتين خديتين . الجبين متطاول ذو عرض متجانس تظهر فيه ٣ - ٥ أخاديد واضحة ، له فص جبهي كبير ، ومستدير يصل حتى الحافة الأمامية . الدرز الوجهي غير واضح ، العيوس كبيرة هلالية الشكل تصل حتى القطعة الأمامية للجبين . يتألف الصدر من ١٤ قطعة ، والقطع الجانبية عريضة تنتهي كل منها بشوكة تتجه نحو الخلف . القطعة الثالثة الصدرية أعرض من بقية القطع ، وتنتهي بشوكة كبيرة نسبياً . تصبح الأقسام الجانبية للقطع في المنطقة الخلفية من الجسم ضامرة ، وتزول نهائياً في البيجيدوم . يتألف البيجيدوم من قطعة واحدة ممثلة بقسمها المحوري فقط ، وتكون على شكل تلسون يميز هذا الجنس الكميري الأسفل .

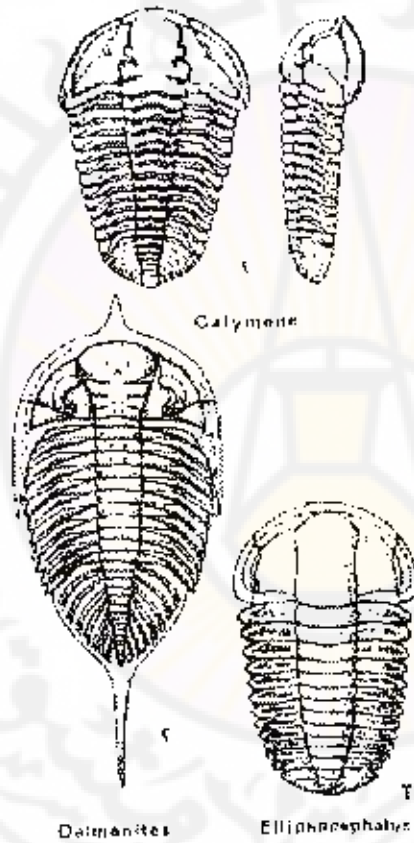
٣ - رتبة أوبستوباريا *Opisthoptera* :

يبدأ الدرز الوجهي في أفراد هذه الرتبة اعتباراً من الهامش الخلفي للرأس على الجانب الداخلي للزاوية الخدية (الكميري الأسفل - البيرمي) وأهم الأجناس :

الجنس بارادوكسيدس *Paradoxides* من فصيلة *Paradoxididae* :

جسم متطاول إجاصي الشكل (الشكل ١٢-١٠/٣) . الرأس نصف دائري ، يتميز بوجود شوكتين خديتين طويلتين . الجبين يزداد عرضاً نحو الأمام ، حتى يصل إلى الحافة الأمامية ، ويحمل ٢-٤ أخاديد ، يكون الأخدود الأمامي منها غير مستمر . يكون الدرز الوجهي واضحاً ، يمتد من الحافة الخلفية للرأس نحو الحافة الأمامية . العيون متوسطة الحجم هلالية الشكل

تقريباً. يتألف الصدر من ١٦-٢١ قطعة . الأقسام المحورية للقطع تصيح ضيقة نحو الخلف ، أما الأقسام الجانبية فهي أفقية تقريباً ، تفصلها عن بعضها البعض أخاديد عميقة ، وتنتهي كل منها بشوكة متجهة نحو الخلف . الشويكتان الأخيرتان طويلتان تحيط بالبيجيدوم . البيجيدوم صغير مؤلف من عدد قليل من القطع (٢-٨) ينتهي بقطعة صفيحية الشكل . (الكمبري الأوسط) .



الشكل (١٢ - ١١) يمثل بعض أجناس ثلاثيات الفصوص .

الجنس أئوس *Olenus* من فصيلة *Olenidae* :

جسم بيضوي ذو رأس ضيق بشكل شبه المنحرف ، له شويكتان خسديتان تظهر وكأنها استمرار لجدار الخدود المتحركة (الشكل ١٢-١٠/٤) . الجبين أسطواناني الشكل تظهر عليه ٢-٣ أزواج من الأخاديد الواضحة ، وهو لا يصل إلى الحافة الأمامية . العيون صغيرة القد . يمتد الدرر الوجهي من الحافة الخلفية للرأس إلى الحافة الأمامية . يتألف الصدر من ١٣-١٥ قطعة . تفصل بين القطع أخاديد واضحة ، وتنتهي كل قطعة من الجانبين بشوكة قصيرة منحنية نحو الخلف . البيجيدوم صغير مثلث الشكل ، مؤلف من ٣-٥ قطع ، لا تحمل أقسامها الجانبية عادة أشواكاً . يميز هذا الجنس الكمبري الأوسط .

الجنس إليسوسيفالوس *Ellipsocephalus* من فصيلة *Ellipsocephalidae* :

جسم متطاول ذو رأس نصف دائري (الشكل ١٢-١١/٣) . يتسع الجبين قليلاً نحو الأمام ويكون له جوانب شبه متوازية . قد تظهر في بعض الأنواع ، شويكتان خديتان صغيرتان . العيون كبيرة نسبياً ، هلالية الشكل تقريباً . الخدود ثابتة عريضة . يتألف الصدر من ١٢ قطعة . البيجيدوم صغير وعريض يميز هذا الجنس الكمبري .

الجنس كاليمن *Calymene* من فصيلة *Calymenidae* :

جسم متطاول ذو رأس نصف دائري تقريباً (الشكل ١٢-١١/١) . الزاويتان خديتان مدورتان غالباً ، وقد تكون حادة . الجبين محدب أكثر

عرضاً في الخلف ، يحمل ثلاثة أزواج من الأخاديد الواضحة تفصل ثلاثاً
أزواج من الفصوص الكروية الجانبية . العيون صغيرة وبارزة . يمتد الدرز
الوجهي من الزاوية الخدية إلى الحافة الأمامية للرأس ، وقد اختلف العلماء في
اعتبار هذا الجنس من رتبة أوبستوباريا . يتألف الصدر من ١٣ قطعة ،
أقسامها المركزية بارزة محدبة ، وأقسامها الجانبية مفصولة بأخاديد واضحة .
يتألف البيجيدوم من ٦-١١ قطعة مفصولة بأخاديد . لا تحمل قطع الصدر
والبيجيدوم أشواكاً (الأوردوفيسي - الميلوزي) .

٤ - رتبة بروباريا *Proparia* :

يبدأ الدرز الوجهي في أفراد هذه الرتبة اعتباراً من الهامش الخلفي للرأس
على الجانب الداخلي للزاوية الخدية (الكمبري الأسفل - البرمي) ، وأهم
الأجناس :

الجنس فاكوبس *Phacops* من فصيلة *Phacopidae* :

جسم بيضوي ذو محيط كامل لا يحوي نتوءات شوكية جانبية أو ذيلية .
الرأس نصف دائري تقريباً ، ينتهي من الجانبين بزاوية خدية مدورة . الجبين
بارز يتسع نحو الأمام ويحمل ٣ - ٤ أخاديد ، غالباً ما تكون غير متميزة .
يمتد الدرز الوجهي من الحافة الجانبية للخددين أمام الزاوية الخدية ، حتى
الحافة الأمامية للرأس أمام الجبين . العيون كبيرة بصورة عامة ، يمكن أن
تميز فيها العدسات . يتألف الصدر من ١١ قطعة منفصلة عن بعضها بأخاديد.
البيجيدوم مدور نصف دائري وقصير . (الأوردوفيسي - الديفوني) .

الجنس دلمانيتيس *Dalmanites* من فصيلة *Dalmanitidae* :

جسم متطاوّل ذو رأس عريض ، يدي جبيناً يتسع تدريجياً نحو الأمام (الشكل ١٢ - ١١ / ٢) . يدي الجبين فصوصاً مفصولة بأخاديد واضحة . العيون كبيرة بارزة هلالية الشكل . تنتهي الخدود المتحركة بأشواك خديسة طويلة ، تشكل امتداداً للحافة الجانبية للرأس . يتألف الصدر من ١١ قطعة ، تنتهي أقسامها الجانبية بأشواك قصيرة جداً . البيجيدوم عريض وطويل ، بصورة عامة ، مؤلف من ١١ - ١٦ قطعة ينتهي بثلثون . (السيلوري - الديفوني الأسفل) .

٥ - رتبة هيپوباريا *Hypoparia* :

تتميز أفراد هذه الرتبة بدرز وجهي هامشي وعيون صغيرة ، قد تكون مفقودة في بعض الأفراد . البيجيدوم واضح ولكنه صغير . (الأوردوفيسي الأسفل - الديفوني) . وأهم أجناسها الجنس باراهاريس *Poraharpes* .

٦ - رتبة إيوديسيدا *Eodiscida* :

تتميز أفراد هذه الرتبة بدرز وجهي هامشي ، أو من نمط بروباريسال . العيون مفقودة بصورة عامة . القطع الصدرية ٢ - ٣ قطع . البيجيدوم عريض . (الكمبري الأسفل والأوسط) وأهم أجناسها : الجنس باغتيسا *Pagetia* .



جدول بالمصطلحات العلمية

عربي	أفريقي	انكليزي
بطن	Abdomen	Abdomen
مقابل الفم	Aboral	Aboral
أعماق سحيقة ، نطاق	Abyssale	Abyssal
بيلاجي شديد العمق ، نطاق	Abyssopelagique	Abyssopelagic
شعاعيات الأرجل	Actinopoda	Actinopoda
أكري تارش	Acritarche	Acritarche
تكيف	Adaptation	Adaptation
مقربة (عضلة)	Adducteur	Adductor
عديمات الأسنان	Adonte	Adont
عمر ، تقسيم زمني	Age	Age
ملزن	Agglutine	Agglutinated
جناحي	Alar	Alar
سنخ	Alveole	Alveolus
أمونيات (رأسيات الأرجل)	Ammonoides	Ammonoidea
مغلفات أو كأسيات البذور	Angiospermes	Angiosperms
حلقي	Annulaire	Annular
قرون الاستشعار	Antennes	Antennae
زهريات (معويات الجوف)	Anthozoaires	Anthozoa
امام	Anterieur	Anterior

Anticusp	Anticusp	نتوء سني مقابل
Aperture	Ouverture	فتحة
Apex	Apex	قمة
Apical	Apical	قمي
Appressed	Comprime	متلاحمة (سنيئات)
Archeozoic	Archeozoique	أركيوزوي ، حقبة زمني
Arm	Bras	ذراع
Aragonite	Aragonite	أراغونيت
Ascon	Ascon	أسكون ، نمط (الاسفنجيات)
Asexual	Asexue	لاجنسي ، تكاثر
Astrorhiza	Astrorhiza	ثقب نجمي (هيدريات)
Atremata	Atremata	عديمات الثقب
Autotroph	Autotrophe	ذاتية التغذية ، كائنات
Axial Section	Section axilae	محوري (مقطع)
Bacteria	Bacteries	بكتريات
Bar	Barre	عرف
Basal	Basal	قلعدي
Bathypelagic	Bathypelagique	بيلاجي عميق ، نطاق
Benthos	Benthose	قعرية
Biconvex	Biconvex	محدب الوجهين
Bifid	Bife	ثنائي التشعب
Bilamellar	Bilamellair	ثنائي الصفيحة
Biofacies	Biofacies	سحنة حيوية

Biology	Biologie	علم الحياة (الأحياء)
Biozone	Biozone	نطاق حيوي
Biserial	Biserie	ثنائي السلسلة
Blade	Lame	نصل
Boss	Bosse	حذبة
Brachial	Brachiale	صفحة ذراعية
Brachiopoda	Brachiopodes	عضديات الأرجل
Bryozoa	Bryozoaires	حيوانات طحالبية
Calcspongia	Eponges calcaires	إسفنجيات كلسية
Calcit	Calcite	كالسيت
Canal	Canal	قناة
Canal System	Systeme de Canalisations	جملة الأقنية
Carapace	Carapace	درع ، هيكل ، قوقعة
Cardinal angle	Angle Cardinale	رئيسية (زاوية)
Carina	Carene	حرف
Caudal	Caudal	ذنب
Cavity	Cavite	جوف
Chalk	Craie	حوار
Chamber	Ioge	مسكن
Chamberlet	Iogette	حجيرة
Channel sample	Echantillon Canal	قناتية (عينة)
Chitin	Chitine	كيتين

Chitinoid	Chitinoide	شبه كيتيني
Chitinous	Chitineux	كيتيني
Chomata	Chomata	كوماتا
Ciliata	Ciliata	هذبيات
Cilium	Cile	هدب
Circular	Circulaire	مدور
Classification	Clssification	تصنيف
Class	Classe	صف ، تقسيم تصنيفي
Clay	Argile	غضار
Coccolith	Coccolithe	كوكوليت
Coccosphere	Coccosphere	هيكل الكوكوليت
Coelenterata	Coelenteres	معوينات الجوف
Coiling	Enroulement	إلتفاف
Collecting	Collectionnement	جمع العينات
Colony	Colonie	مستعمرة
Compass	Boussole	بوصلة
Concreseuce	Concretion	خط التهام
Conodonts	Conodontes	كونودونتات
Corals	Coraux	مرجانيات
Core	Carotte	لبابة مسهرية (قوارة)
Costa	Costa (cote)	ضلع
Costate	Cotes	ذو أضلاع
Crenulate	Ride	مسنن

Cretaceous	Cretace	كريتاسي ، دور زميني
Cribrate	Crible	منخلي ، غربالي
Cryptogams	Cryptogames	خفيات الاقحاح ، نباتات
Crustace	Crustaces	قشريات
Cusp	Pointe , Cuspide	نتوء سني
Cuttings	Debris de forage	كسادات
Cyst	Cyste	كيس
Cytoplasme	Cytoplasme	سيتوبلازما
Dactylopore	Dactylopore	ثقب بوليبي مدافع
Deltidium	Deltidium	دلتيديوم
Denticl	Denticle	سنينة
Denticulation	Denteluse	تسنن
Dentritic	Dentritique	متعصن
Devonian	Devonien	ديفوني ، دور
Diatoms	Diatomes	مشطورات
Dimorphisme	Dimorphisme	ثنائي شكلي
Diploid	Diploide	ثنائي العدد (الصبغيات)
Discoidal	Discoide	قرصي الشكل
Discrete	Discret	منفصلة (سنينات)
Distal	Distal	بعيد (جانب)
Dominant	Dominant	مسيطر أو سائد
Dorsal	Dorsal	ظهري

Duplicature	Duplicature	بطانة (مضاعف)
Ecology	Ecologie	علم البيئة
Ectoderm	Ectoderme	طبقة خارجية (معويات الجوف)
Ectoplasma	Ectoplasma	سيتوبلازما خارجية
Embryo	Embryon	جنين
Embryonic apparatus	Appareille embryoniqu	جهاز جنيني
Endoderm	Endoderme	طبقة داخلية
Endo plasma	Endoplasma	بلازما داخلية
Endopodite	Endopodite	رجيلة داخلية
Endo skeleton	Endoskeleton	هيكل داخلي
Environement	Environnement	بيئة
Eocene	Eocene	إيوسين
Epivalve	Epivalve	مصرع كبير (مشطورات)
Equidae	Equides	خيليات
Equivalve	Equivalve	متساوي المصراعين ، هيكل
Equatorial	Equatorial	استوائي
Era	Ere	حقب ، تقسيم زمني
Evolute	Evolute	ظاهر الالتفاف
Evolution	Evolution	تطور
Exopodite	Exopodite	رجيلة خارجية

Exoskeleton	Exosquelette	هيكل خارجي
Feeding	Alimentation	تغذية
Fibrous	Fibreux	ليفّي
Fissure	Fissure	شق
Fixed cheek	Joue fixe	خد ثابت
Fixism	Fixisme	ثبات الأنواع
Flabelliform	Flabelliforme	مروحي الشكل
Flagellum	Flagelle	سوط
Flagellata	Flagellata	سوطيات
Flange	Aile	امتداد هامشي
Foot	Pied	رجل أو قدم
Formen	Formen	نحروب
Foraminifera	Foraminifères	منخربات
Fossilization	Fossilisation	إستحاثة
Free cheek	Joue mobile	خد متحرك
Frontal	Frontal	جبهّي
Fusiform	Fusifforme	مغزلي الشكل
Gamete	Gamete	عروس
Gamont	Gamonte	غامونت
Gastropore	Gastropore	ثقب بوليبي مغذي
Genera	Genres	أجناس
Generation	Generation	جيل
Genetic	Genetique	علم الوراثة

Genus	Genre	جنس
Glabella	Glabelle	جبين
Gonad	Gonade	منمى
Granular	Granulaine	حببي
Group	Groupe	مجموعة
Gymnosperms	Gymnospermes	عاريات البذور
Haploid	Haploid	نصفية العدد (صبغيات)
Head	Tete	رأس
Heterodont	Hetrodonte	مختلفات الأسنان
Heterospores	Heterospores	أبواغ متباينة
Heterotroph	Heterotrophe	غير ذاتي التغذية
Hinge	Chamiere	مفصلة
Historical geology	Geologie historique	جيولوجيا تاريخية
Hyaline	Hyalins	شفاف
Hydrozoa	Hydrozoaires	هيدريات
Hypovalve	Hypovalve	مصراع صغير (مشطورات)
Inequivalve	Inequivalve	غير متساوي المصراعين
Insecta	Insectes	حشرات
Insert	Insert	داخلية ، صفيحات عينية
Insicives	Incisives	قواطع ، أسنان
Involute	Involute	خفي الالتفاف

Isodonta	Isodontes	متساويات الأسنان
Keel	Carene	حرف
Kingdom	Kingdom	مملكة
Labyrinthine	Labyrinthique	تبيهي ، معقد
Lacustrine	Lacustrine	بحيري
Lamarckism	Lamarckisme	لاماركية ، نظرية
Lamellar	Lamellaire	صفائحي
Larve	Larve	يرقة
Lateral	Lateral	جانبي
Leucon	Leucon	لوكون (إسفنجيات)
Liassic	Lias	لياس ، عصر
Limbate	Limbe	ذو حرف
Line of Concrescence	Line de concretion	خط الالتحام
Linguiform	Linguiforme	لساني الشكل
Littoral	Littorale	شاطئي ، نطاق
Lobe	Lobe	فص
Loop – shaped	Drome de Boucle	شكل الحروة
Lorica	Lorica	قوقعة الكالبيونل
Macrofossils	Macrofossiles	مستحاثات كبيرة
Mammalia	Mammiferes	ثدييات
Mandible	Mandibule	عقيم
Marl	Marne	مارن
Marginal	Morginal	هامشي

Maxilla	Maxillac	فك
Median section	Section mediane	مقطع متوسط
Medusa	Meduse	مدوسة
Megalospheric	Megalospherique	مسكن جنيني كبير
Megascleres	Megascleres	شويكات كبيرة
Metazoa	Metazoa	حيوانات توالي
Microfossil	Microfossile	مستحاثة مجهرية
Microgranular	Microgranulaire	حبيبي مجهري (بنية)
Microsclere	Microsclere	شويكات دقيقة
Microspheric	Microspherique	مسكن جنيني صغير
Milioline	Miliole	ميلولي (التفاف)
Miocene	Miocene	ميوسين ، عصر زمني
Mollusca	Molluques	رخويات
Monaxon	Monaxon	أحادي المحور
Monocotyledons	Monocotyledones	وحيدات الفلقة
Monocyclic	Monocyclique	وحيدة الدورة ، الكأس
Multilocular	Multiloculaire	متعدد المساكن
Mummies	Momies	جثث محنطة
Nacreous	Nacre	صدفي
Nektonic	Nectonique	سباح
Neritopelagic	Neritopelagique	بيلاجي قوقي ، نطاق
Nonlamellar	Nonlamellaire	لاصفانحي
Neodarwinism	Neodarwinisme	داروينية حديثة ، نظرية

Neogene	Neogene	نيوجين ، دور زمني
Nucleoconch	Nucleoconique	جهاز جنيني
Nucleolus	Nucleble	نوية
Nucleus	Nayou	نواة
Ocular	Oculaire	عينية ، صفيحة
Oligocene	Oligocene	أوليغوسين
Oogonium	Oogonium	او غونيا
Operculum	Opercule	غطاء
Order	Ordre	رتبة ، قسم تصنيفي
Ordovician	Ordovicien	أوردوغيسي ، دور زمني
Organism	Organisme	متعضية
Ornamentation	Ornementation	زخرفة
Osculum	Oscule	فتحة الاسفنج
Ostracoda	Ostracodes	أوستراكوذا (قشريات)
Otolith	Otolithe	عظميات سمع الأسماك
Outcrop	Affleurement	تكشف
Ovary	Ovaire	مبيض
Overlap	Chevauchement	راكب
Ovoid	Ovoide	بيضي أو بيضوي
Ovule	Ovule	بويضة
Paleogene	Paleogene	باليوجين ، دور
Paleozoic	Paleozoique	باليوزوي ، حقبة زمني
Paleocene	Paleocene	باليوسين ، عصر

Palynology	Palynologie	علم الباليولوجيا
Parietal	Parietale	جداري
Peduncle	Pedoncule	ساق أو حامل
Pelagic	Pelagique	بيلاجي
Perforate	Perfore	متقرب ، هيكل
Perforations	Perforations	ثقوب
Periderm	Periderme	طبقة محيطية
Peripheral	Peripheral	محيطي
Permian	Permien	برمي ، دور
Phialine	Levre	شفة
Pillar	Pilier	دعامة
Planispical	Planctons	التفاف في مستوى
Planktons	Plancetons	معلقات
Plate	Plaque	صفحة أو لوحة
Platforme	Platforme	سطحية
Pleuron	Pleuron	جنب
Pliocene	Pliocenc	بليوسين
Pollen	Pollen	طلع ، حبات
Polyaxons	Polyaxones	متعددة المحاور ، شويكة
Polyp	Polype	بوليب ، معويات الجوف
Polytype	Polytypique	متعدد النمط
Porcellaneous	Porcellanes	بورسلاني
Pore canal	Canal de pore	قناة الثقب (المسام)

Posterior	Posterieur	خلف
Primary	Primaire	أولي
Proloculus	Proloculus	مسكن جنيني
Protista	Protista	أوليات
Protopore	Proto pore	ثقب ابتدائي
Protozoa	Protozoa (Protozoaires)	حيوانات أولي
Proximal	Proximal	قريب (جانب)
Pseudo chitinous	Pseudo chitineux	شبه كيتيني
Pseudopodia	Pseudopodia	أرجل زائفة
Pteropoda	Pteropodes	جناحيات الأرجل
Pteridosperms	Pteridospermes	مجنحات البذور
Pulp cavity	Cavite de pulpe	لبي (تجويف)
Punctate	Punctue	نقطي
Pygidium	Pygidium	بيجيدوم
Radial	Radial	شعاعي
Radiolaria	Radiolaires	شعاعيات
Rectilinear	Rectilinaire	مستقيم ، خطي
Reefs	Recifs	أرصعة مرجانية
Regularia	Reguliers	منتظمة
Relative	Relatif	نسبي ، عمر
Reniform	Reniforme	كلوي الشكل
Reproduction	Reproduction	تكاثر
Reticulate	Reticule	شبكي

Root	Racine	جذر
Rostral ridge	Ridge rostrale	حرف منقاري
Rotary	Rotary	دوراني (حفر)
Sagittate	Sagital	سهامي ، محوري
Sample	Echantillon	عينة
Sand	Sable	رمل
Scale	Echelle	سلم ، زمني
Schizont	Schizont	سكيزونيت
Secondary	Secondaire	ثانوي
Sediments	Sediments	رسوبيات
Seed	Grain	بذرة
Selvage	Lisiere , Gache	هامش التماس
Septa	Septa	حاجز
Septal	Septal	حاجزي
Septula	Septula	حاجز صغير
Septum	Cloison	حاجز
Series	Series	زمرة
Sexual	Sexuel	جنسي
Shell	Coquille	قوقعة
Siliceous	Siliceux	سيليس ، هيكلي
Silurian	Silurien	سيلوري ، دور
Siphon	Siphon	ممص
Skeleton	Squelette	هيكل (الفقرات)
Slide	Lame mince	شريحة صخرية
Species	Especies	أنواع

Spicules	Spicules	شويكات
Spinose	Epineux	ذو أشواك
Spiral	Spiral	حلزوني
Sponges	Spongiaires	إسفنجيات
Spore	Spore	بوغ
Stamen	Etamine	سدادة
Stem	Tige	ساق ، نبات
Stolon	Stolon	ستولون
Subfamily	Sous-famille	طبقات
Subgenus	Sous- genre	تحت جنس ، جنيس
Subterminal	Subterminal	تحت النهائية
Supplementary	Tayodont	ثانوي
Suture	Suture	درز
Sycon	Sycon	سيكون
Tabulae	Tabulae	حاجز مستعرض
Taxodont	Taxodont	كثيرات الأسنان
Tectonic	Tectonique	تكتوني أو بنيوي
Tentacle	Tentacule	مخمس
Terminal	Terminal	انتهائي
Test	Test	هيكل
Tetraxon	Tetraon	رباعي المحاور
Tissue	Tissu	نسيج
Tooths	Deuts	أسنان
Triaxen	Triaxen	ثلاثي المحاور

Triassic	Trias	ترياسي ، دور زمني
Trilobita	Trilobites	ثلاثيات الفصوص
Trimorphism	Trimorphisme	ثلاثي الشكل
Triserial	Triseree	ثلاثي السلسلة
Trochospiral	Trochospiral	التفاف حول محور بالاتجاهات الرئيسية للفراغ
Tunnel	Tunnel	نفق
Tubercle	Tubercel	حديبة
Type	Type	نمط ، نموذج
Typical	Typical	نموذجي
Umbilical	Umbilical	سري
Umbilicus	Umbilique	سرة
Unicellular	Unicellalaire	أحادي الخلية
Unilocular	Uniloculaire	وحيدة المسكن
Uniserial	Uniserie	أحادي السلسلة
Unisexual	Unisexue	وحيد الجنس
Valve	Valve	مصراع
Variation	Variation	تغير
Ventral	ventrale	بطني
Vestibule	Vestibule	تجويف مصراعي
Wall	Mur	جدار
Washing	lavage	غسيل
Whorl	Tour , Spiral	دورة
Zone	Zone	نطاق
Zygote	Zygote	بيضة ملقحة

المراجع العربية والأجنبية

• المراجع باللغة العربية :

- العجل، فؤاد - خيمي، نصوح، علم المستحاثات (٢) - مطبوعات جامعة دمشق .
- العجل ، فؤاد - علم المستحاثات المجهرية (١٩٨٢) - مطبوعات جامعة دمشق .
- معطي، ميخائيل، الجيولوجية التاريخية، ١٩٩٨، مطبوعات جامعة دمشق .
- معلولة، كايد، الميكروبيالووننتولوجيا (علم المستحاثات المجهرية عملي)، ٢٠٠٦، مطبوعات جامعة دمشق .
- معلولة، كايد، الميكروبيالووننتولوجيا (علم المستحاثات المجهرية)، ١٩٩٤.

• المراجع الأجنبية :

- Moore R . C . Treatise on invertebrate paleontology
Geol . Soc . of America and Kansas
University press .
(1964) part (C) protista 2 (Foraminifers)
900 p . 653 . fig .
Neumann M . (1967) Manuel de Micropaleontologie
Des Foraminiferes vol (1) 297 p . 182 Text fig .
9 Tables , Gouthier - villars . Paris .
Bignot . G . (1982) .
Les Microfossiles , 205 p .
Dunod Universite .
AGER . D . V . (1963) Paleoecology . Mc Graw- Hill
Book Company Inc .

AUBOUIN , J . , BROUSSE , R . LEHMAN , J . , (1967)
Precis
de Geologie
Tome 2 Paleontologie , Stratigraphie . Dunod Universite .

BONDARINKO , O . , Michailova , I . (1969)
Determination
of Invertebrate
Fossils . Nedra Moscow (in Russian) .

EASTON , W . H . , (1960) Paleontology .
Harper & Row , Publishers .

DAVITASHVILI , L . , (1958) Outline of Paleontology .
Moscow (in Russian) .

DELEVORYAS , Th . (1966) Morphology and
evolution
of fossil plants
Holt , Rinehart and Winston .

HECKER , R . F . (1965) Introduction to Paleoecology .

American Elsevier
Publishing Company , Inc . (Translated from the
Russian).

GLEASSNER , P . (1945) Principles of
Micropaleontology . Melbourn University Press .

GRASSE , P.P. , POISSON , R. A. , TUZET , O. , (1970)
Zoologie vertébrés) . Masson & Cie , Paris .
(in-

MOORE , R. C. , LALICKER , C. , FISCHER , A. (1952) Invertebrate
Paleontology . Mc Graw- Hill.

MORET , L. , (1958) Manuel de Paleontologie Animale .
Masson & Cie Paris .

MORET , L. , (1949) Manuel de Paleontologie Vegetale .
Masson & Cie Paris .

MORET , L. , (1967) Precis de Geologie . Masson & Cie
Paris .

PIVETEAU , J. , (1952) Traite de Paleontologie Tome I , II
, III . Masson & Cie .

JONES , D. J. (1956) Introduction to Microfossils . Harper
& Brothers .

ROMER , A. S. , (1953) Vertebrate Paleontology .
The University Of Chicago Press .

SHROCK , R. R. , TWENHOFEL , W. H. , (1953)
Principles of Invertebrate Paleontology . Mc Graw-Hill
Book Company Inc .

SWINNERTON , H. H. , (1950) Outlines of Paleontology .
Arnold .

TERMIER , G. & H. , (1952) Initiation a la Paleontologie
Tome
I , II , . Armand Colin .

THEOBALD , N , GAMA , A . (1969) Paleontologie .
Edition Doin .

WOODS , H , (1916) Paleontology Invertebrate , 8 th
edition . Cambridge University Press .