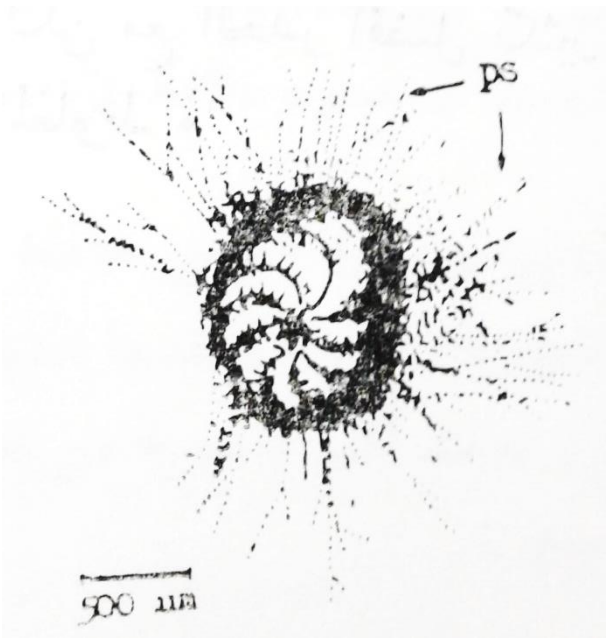
المنخربات Foraminifera

1– مقدمة: تشكل المنخربات المجموعة الأكثر أهمية في المستحاثات المجهرية من حيث تنوعها وغزارتها في الصخور وأهميتها في تأريخ الصخور الرسوبية وفي مجال البيئات القديمة.

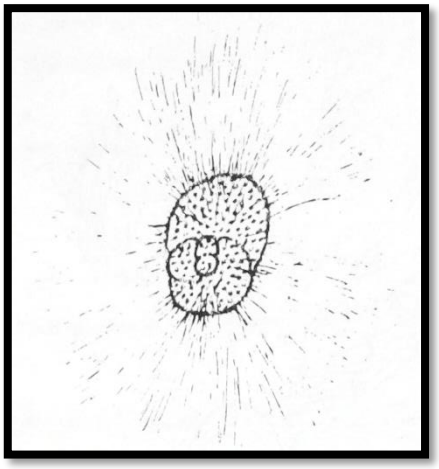
2– المنخربات الحية:

- عبارة عن متعضيات مجهرية حيوانية وحيدات الخلية وتصنيفياً تنتمي إلى شعبة وحيدات الخلية الحيوانية – صف جذريات الأرجل. تتمايز فيها البرتوبلاسما إلى بلاسما داخلية Endoplasm وبلاسما خارجية Extoplasm. يصدر عن البرتوبلاسما أهداب متشعبة حبيبية – خيطية – متشابكة تساهم في التقاط الغذاء والفرائس وفي تنقل الحيوان وفي تشكيل هيكل المنخربات الحية.



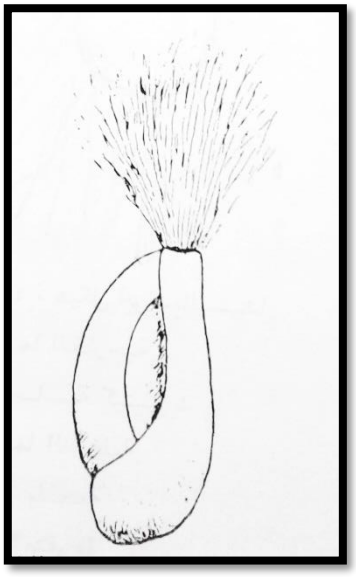
منخربة حية النوع *Elphidium crispum* (Linne, 1978) ps: أهداب 15 X

- إن من أهم المميزات الأساسية للمنخربات أن لها هيكلاً في البلاسما الخارجية وهذا الهيكل متمعدن ومؤلف من تعاقب المساكن التي تتصل مع بعضها بعضاً بثقوب تدعى Foramen. والهيكل مدعم من الداخل بطبقة مضاعفة من الكيتنويد Chitinoides والذي يقترب من الكيتين.



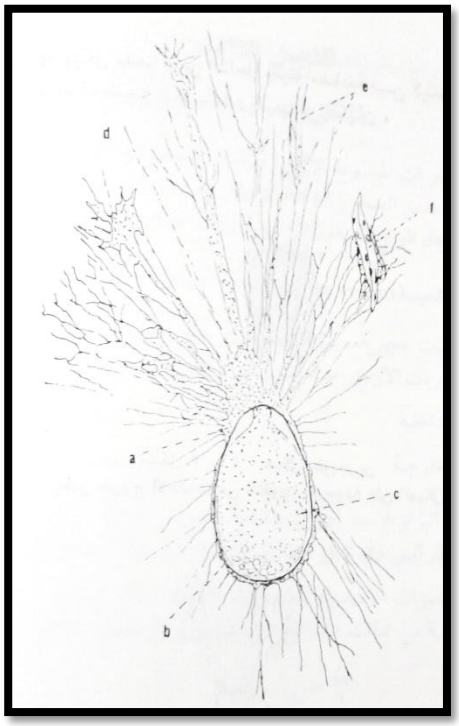
هيكل غلوبجرين

يظهر خروج الأهداب من الثقوب الموجودة على الهيكل



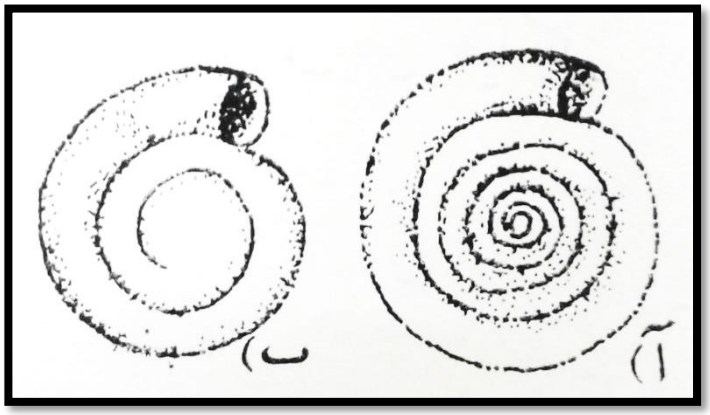
هيكل ميليوليدة

يظهر البلاسما الخارجية من الفتحة الرئيسية



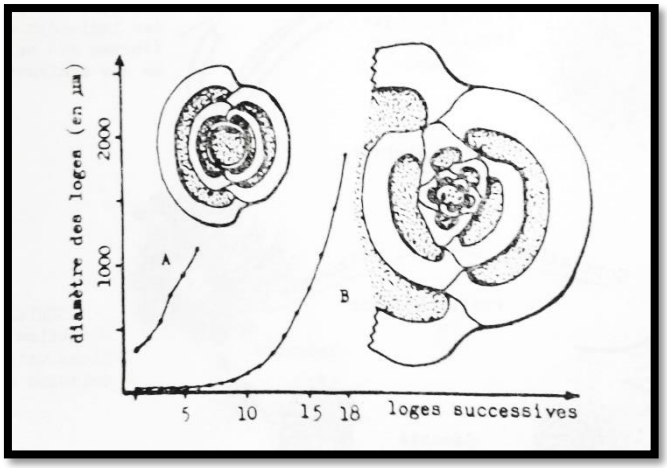
منخربة حية

3- التكاثر عند المنخربات وحادثة التثني الشكلي: تتكاثر المنخربات وحيدة المسكن بالانقسام اللاجنسي، فبعد أن يتم الانقسام يهجر أحد الفردين الهيكل ويفرز لوحده هيكلاً جديداً. أما المنخربات متعددة المساكن فتتكاثر بلانقسام اللاجنسي المتعدد يعقبه انقسام جنسي. إن تعاقب الأجيال الناتجة عن الانقسام اللاجنسي والجنسي والذي يحدث في حلقة تطور المنخربات يساعد على فهم حلات التثني الشكلي التي تلاحظ في أغلبية الأنواع. فقد لوحظ في النوع الواحد وجود أفراد صغيرة ذات مسكن أولي كبير تدعى الأشكال A (ماكروسفيريك) وهي الأكثر عدداً، وأفراد كبيرة ذات مسكن أولي صغير تدعى الأشكال B (ميكروسفيريك) وهي الأقل عدداً.



حادثة التثني الشكلي في الجنس *Gorunuspira*

("ب": الهيكل A حجم صغير ومسكن أولي كبير – "آ": الهيكل B حجم كبير ومسكن أولي صغير



نمو المساكن عند الجنس *Pyrgo* حسب ترتيب ظهورها

A: ماكروسفيريك B: ميكرو سفيريك

4- العوامل البيئية التي تلعب دوراً في توزع المنخربات الحالية: تصادف الغالبية العظمى من أنواع المنخربات ضمن الأوساط البحرية ويعود العدد الأكبر منها وهو 95 % إلى المنخربات القاعية بينما يعود العدد الأقل وهو 2-3 % إلى المنخربات البلانكتونية (االطافية) والتي تعيش بمعظمها ضمن الطبقات المائية العليا (الأعماق 0-200م) للوسط البلانكتوني. ويؤثر عدد من العوامل البيئية في توزع المتعضيات المجهرية وتتدخل هذه العوامل مجتمعة أو منفردة، وهذه العوامل هي:

- **الغذاء:** تشكل النباتات المجهرية الغذاء الأساسي للمنخربات وأن دورته الفصلية هامة جداً وتحصل الغزارة العظمى في الربيع والخريف وتتطابق الفصول مع النمو الأعظمي للمنخربات.
- **الضوء:** يرتبط هذا العامل بشكل ظاهري بالغذاء نظراً لأن حياة النباتات ترتبط بالضوء وأن هذه المشكلة غير واضحة بشكل جيد لأنه يبدو ان نسبة كبيرة من المنخربات تعيش تحت العمق المحدد لاختراق الاشعاعات الضوئية.
- **الاوكسجين:** وهو ضروري وتتغير كميته بشكل كبير ضمن المياه السطحية ويتواجد الاوكسجين بشكل كاف ضمن البحار والأحواض المفتوحة لكي تسمح للحيوانات بالعيش.
- **عامل القلوية أو الحموضة pH:** له تأثير هام في تركيب الهيكل الكلسي أو السيليسي، ومن المعلوم أن الأشكال الكلسية لا يمكن أن تعيش ضمن المياه الحامضية على الأشكال الملزنة التي يمكنها ذلك.
- **نسبة كربونات الكالسيوم:** إن الغزارة النسبية لكربونات الكالسيوم ضمن المياه البحار والمحيطات تؤدي إلى النمو غير العادي لهياكل المنخربات مع جدر سميكة وذات زخرفة جميلة.
- **وجود الأملاح المغذية:** تتوافق فترة نمو المنخربات وتكاثرها إلى خد كبير وقليل مع الفترات التي تتواجد فيها تلك الأملاح بغزارة.
- **الدوامات والتيارات:** تفسح الرياح واختلافات الحرارة المجال للتيارات التي بدورها تساهم في تحديد الانزياحات الأفقية ضمن المنطقة الساحلية وبالمقابل فإن حركات الأمواج وتيارات معينة تقوم بدور الخلط الشاقولي للمياه وتؤدي في الوقت نفسه إلى مزج الأملاح المغذية التي تساهم في اغناء الطبقات الفقيرة كما أن هناك خلطاً للمياه الباردة مع الدافئة التي تؤدي إلى تبدل وتغير في مساكن المنخربات.
- **العكر:** يعتقد بأن هذا العامل له دور جزئي في غزارة المنخربات الملزنة. ويمكن أن يلعب دور في توزع المنخربات.
- **الملوحة:** لهذا العامل دور في طول امتداد الشاطئ حيث نسبة الملح ضعيفة مقارنة مع المناطق الممتدة للأعماق 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 ولكن تبدي هيكلاً صغيراً ورقيقاً وشفافاً وذا زخرفة قليلة. ولا توجد معلومات عن وجود منخربات ضمن الأوساط ذات الملوحة العالية جداً.

- **درجة الحرارة والعمق**: لا يمكن الفصل بين درجة الحرارة والعمق لأن هذين العاملين مرتبطين بعضهما بعضاً. ويؤثر عامل الحرارة في التوزع الجغرافي للمنخربات ويمكن أن نميز مجموعتين:
  - **فاونا المنخربات التي تخص المياه الباردة**
  - **فاونا المنخربات التي تخص المياه الحارة**

يصادف بشكل رئيسي ضمن المياه الباردة الأشكال البدائية ذات الهياكل الملزنة وذات الملاط غير الكلسي وتشكل هذه الفاونا مجمعاً حيوياً وحيد الشكل مع الاختلافات التي يمكن أن نصادفها ضمن الأقاليم الباردة.

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

إن تأثير العمق في مجمعات الفاونا للمنخربات يكون أكثر حساسية في المياه الدافئة مقارنة مع المياه الباردة. حيث يؤثر العمق وفق مايلي:

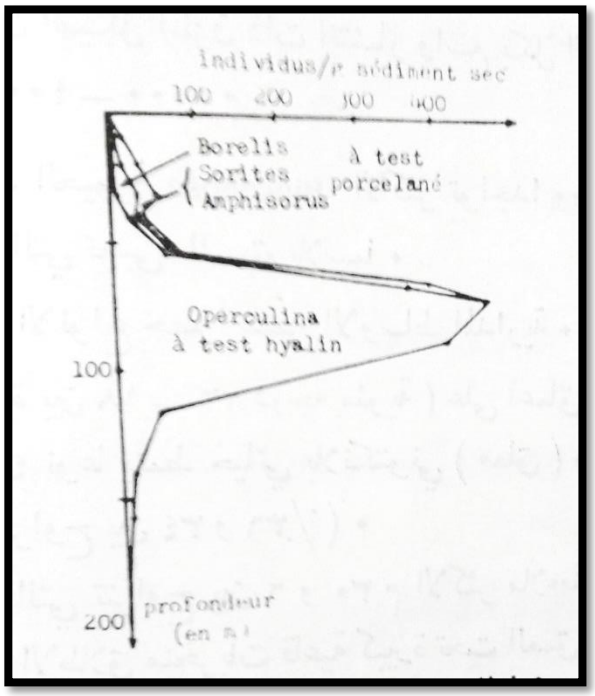
- في المنطقة الشاطئية لا نجد إلا الفاونا القاعية وتزداد غزارتها عنما يقل العمق وها المجال يخص الأشكال الكلسية ولا يمكن أن نجد منخربات ملزنة خاصة ضمن المياه الحامضية أو ضمن مناطق التيارات والمنخربات البلانكتونية محلية وتتغير مع التيارات.
- في المنطقة النيريتة: نجد النمطين القاعي والبلانكتوني للمنخربات ولكن بنسب مختلفة.
- في المنطقة العميقة: لا نجد عملياً إلا المنخربات البلانكتونية.
- في المناطق العميقة جداً: يمكن أن نجد عدة أشكال من المنخربات الملزنة وبالمقابل لا نجد المنخربات الكلسية.

- **طبيعة القاع**: إن طبيعة الرسوبات لا تلعب دورا في توزع المنخربات القاعية. الاشكال المثبتة من المنخربات فقط يمكن أن تؤثر فيها الرسوبات. وقد تبين أن الرسوبات الناعمة تكون الأفضل بالنسبة لتكاثر المنخربات وتامين الغذاء.

5- أمثلة عن البيئة الحالية للمنخربات:

- يتصف عدد كبير من المنخربات بنمط الحياة القاعية وتكون إما حرة أو متحركة على الأرضية أو داخل الطبقة السطحية للرسوبات أو مثبتة على دعامة (صخور – قواقع – طحلبيات) بوساطة أهدابها أو بفضل الافرازات الكلسية ويكون معظمها بحرياً يعيش بأوساط مالحة يملك عدد منها هيكلاً بورسلانياً، أمثلة: *Miliolides, Spirolina, Peneroplis, Alveolinella*.

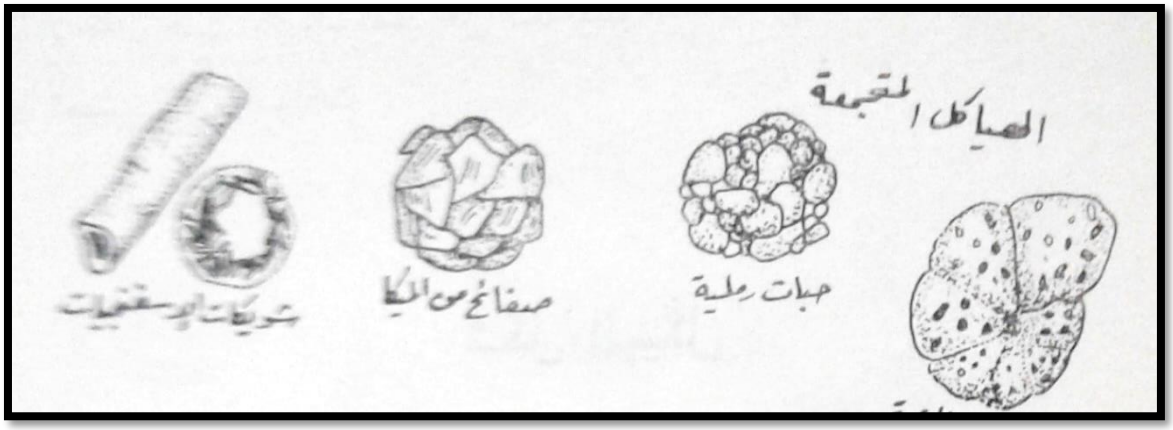
- تعيش أيضاً ضمن الأوساط ذات الملوحة العالية وتفضل الأخرى منها المياه ذات الملوحة القليلة كما هو الحال في أشكال المنخربات الملزنة Agglutinated Foraminifera مثل *Eggerella* والمنخربات ذات الهياكل الشفافة Hyalina Foraminifera مثل *Nonion*.
- تتكيف بعضها مع تغيرات هامة للملوحة ويمكن أن نصادفها ضمن كل الأوساط باستثناء الأوساط العذبة فإنها لا تلائم المنخربات.
- تعيش الأنواع ذات الهياكل البورسلانية وبخاصة ضمن المياه السطحية وتنتشر تلك ذات الهياكل الشفافة في كل الأمكنة باستثناء الأعماق الكبيرة.
- تكون الأنواع ذات الهياكل الملزنة ذات انتشار واسع بكل الأوساط والأكثر مقاومة للعيش تحت عمق 4000-5000م.
- على أعماق لا تزيد على 200 م وبين درجة حرارة 18-22 درجة مئوية يتمتع نحو 40 نوع بنمط حياتي بلانكتوني (معلق – طافي) وهي ذات ملوحة بشكل محدود (الملوحة بين 34-36%)
- تعد الأعماق التي تتراوح بين 6 – 30م الكثر ملائمة لوجود منخربات قاعية كبيرة ولا نجد على الاطلاق منخربات قاعية كبيرة تحت عمق 200م.



التوزع الحالي للمنخربات القاعية الكبيرة ضمن البحر الأحمر حسب العمق

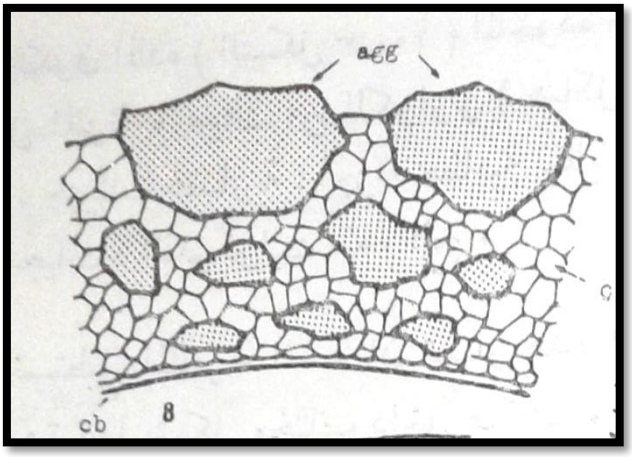
6- الهيكل وعملية احاثته: إن العناصر الفلزية المكونة لهياكل المنخربات تتمثل بـ:

- **الهيكل الملزن (الهيكل التجمعي) Agglutinated Test:**
  - عبارة عن هيكل تبنيه المنخربة الحية من حطاميات مأخوذة من الوسط الحاضن أو المضيف لها ويجمع بين بعضها بعضاً ملاط يفرزه الحيوان.
  - تكون المادة المأخوذة من الوسط الحيوي ذات طبيعة مختلفة للهياكل الملزنة، وتتمثل بحبات من الكوارتز بحجومها المختلفة الخشنة والناعمة، شرائح الميكا، جزئيات غضارية، أجزاء حطامية لبقايا هياكل المنخربات الصغيرة، أشواك الاسفنجيات، الكوكوليت ..... إلخ.

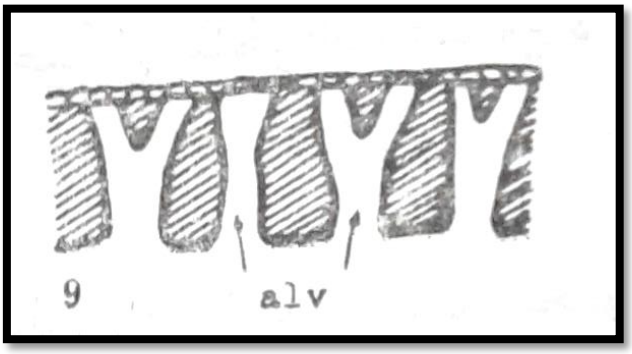


الهياكل التجمعية

- وتستطيع المنخربة الحية أن تختار هذه المادة أو تلك حسب حجمها وطبيعتها ولونها وترتبها بشكل مختلف داخل هيكلها.
- يكون الملاط المفرز من الكيتنويد Chitinoides مثل الجنس *Trochmmina* وكلسياً وفي هذه الحالة يتلون بأكاسيد الحديد.
- تختلف النسبة بين العناصر الملزنة والملاط حسب الأنواع والأفراد وضمن أي جزء في الهيكل.
- تخترق الجدر ذات السماكات الكبيرة لعدد معين من الليتوليدة Lituolides بأقنية تدعى أسناخ. Alveolus.



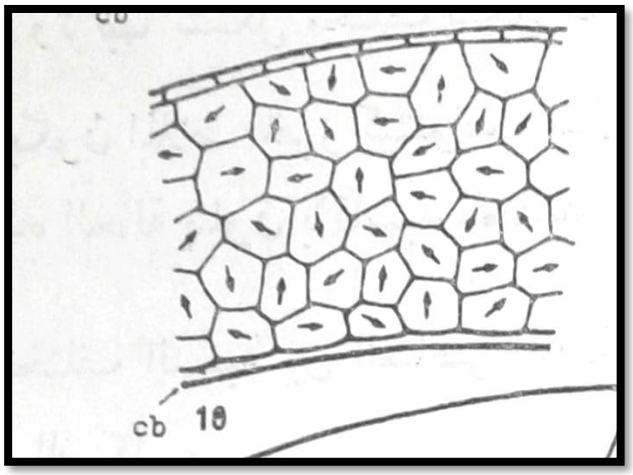
هيكل ملزن ذو جدار متراص (agg ملزن – c ملاط – cb أساس كيتينويدي)



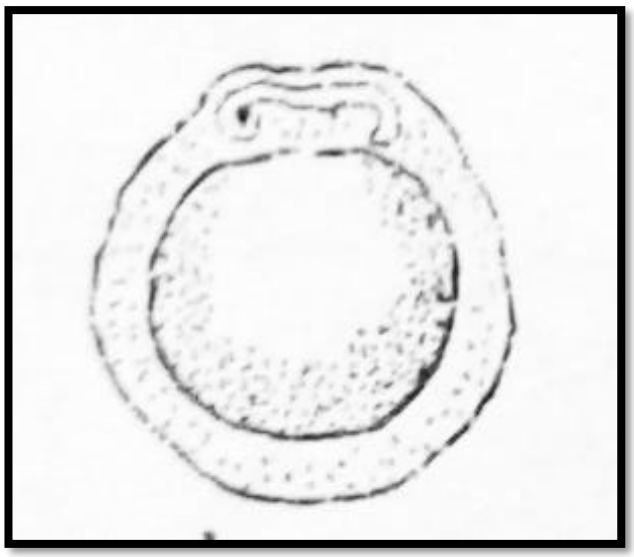
هيكل ملزن ذو جدار سنخي (al سنخ متفرع أو غير متجه نحو الداخل)

- **الهيكل الكلسي**: هيكل مكون من كربونات الكالسيوم أو الكالسيت وبحالة نادرة من الأراغونيت وتفرزه المنخربة الحية بشكل كامل أثناء حياتها. وحسب ترتيب البلورات المشكلة للهيكل نميز بين نوعين من الهياكل الكلسية:
  - **الهياكل البورسلانية Porcelain Test**: وتدعى بالهياكل غير المثقبة:
    - تكون البلورات التي تشكل الهياكل البورسلانية صغيرة (0.1 – 2 ميلي ميكرون) كروية، إبرية ومرتبة بشكل غير منتظم.
    - تؤدي غزارة المواد المشكلة وغياب التوازي بين محاورها الضوئية إلى عدم اختراق الأشعة المضيئة للجدار، حيث ترى تحت المجهر بالضوء المنعكس بلون أبيض حليبي ومشعة، أما بالضوء النافذ فتظهر قاتمة وعاتمة أو سوداء.

- وعلى الرغم من وجود مسامات ضمن جدار الهيكل البورسلاني فإن هذه الفراغات والمسامات لا تصل إلى الطرف الثاني من الجدار.
- تتميز الهياكل البورسلانية للمنخربات الحية وعدد معين من المستحاثات بلون عنبري يبدو كأنه مرتبط بمواد عضوية تختفي على العموم خلال عملية الاستحاثة.

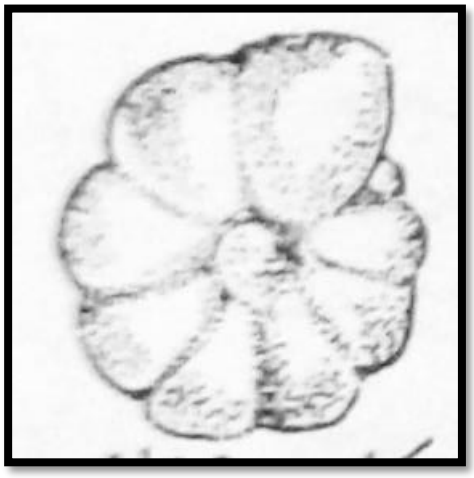


هيكل بورسلاني (cb أساس كيتينويدي) (الأسهم تدل على المحاور الضوئية)



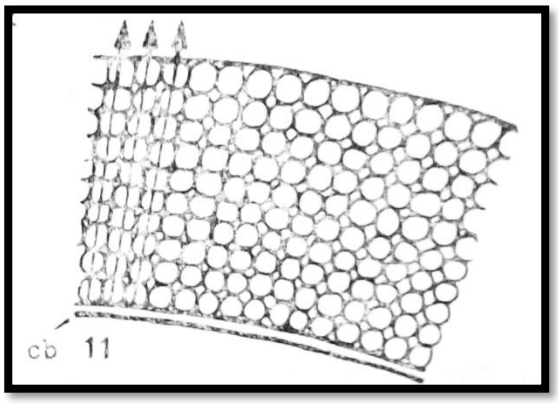
هيكل كلسي بورسلاني

- **الهياكل الشفافة Hyaline Test**: وتدعى بالهياكل المثقبة وترى تحت المجهر بالضوء النافذ بلون أبيض شفاف. وتنجم شفافيتها عن الأمور التالية:
  - بالنسبة للهياكل ذات التركيب الحبيبي، الجدار ضعيف السماكة لأنه مؤلف من عدد من البلورات المجهرية بحجم 5-10 ميلي ميكرون وذات توجهات ضوئية مختلفة.



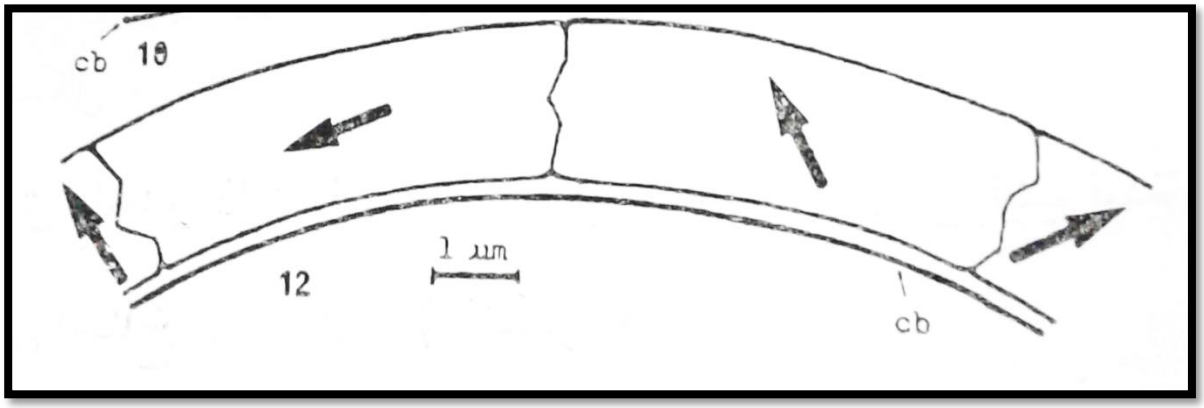
هيكل كلسي شفاف

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

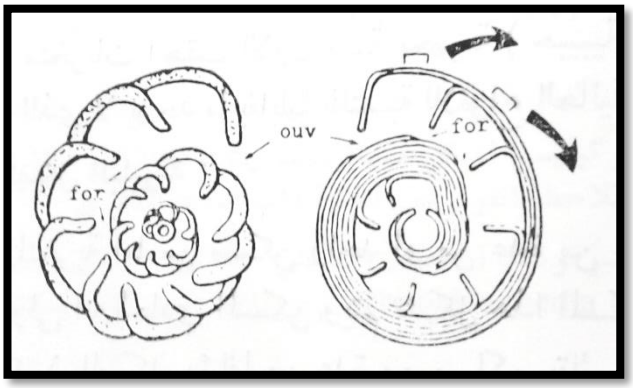


هيكل كلسي شفاف ذو بنية نسيجية مشعة (الأسهم تدل على المحاور الضوئية) (cb أساس كيتينويدي)

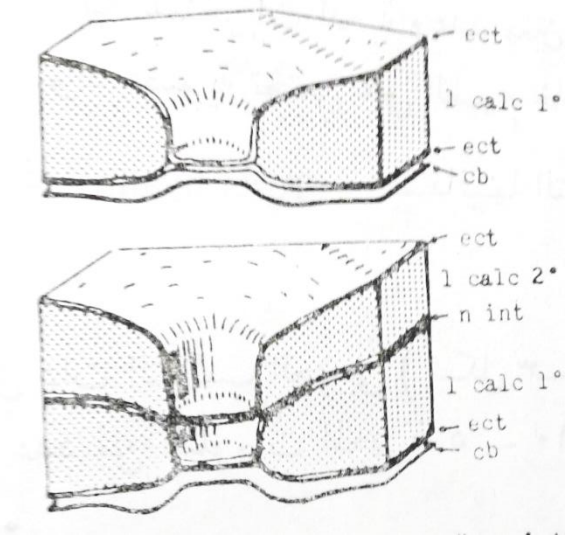
- تكون كل الهياكل الشفافة مخترقة بثقوب ذات أقطار تتراوح بيم 0.5 – 15 ميلي ميكرون وبكثافة مختلفة يطلق عليها الهياكل الشفافة المثقبة.
- يكون عدد كبير من الهياكل الشفافة صفائحية، حيث يكون جدرها مؤلفة من توضع صفائح كلسية مفصولة عن بعضها بعضاً بأغطية بروتيدية.
- يكون الجدار أكثر سماكة كلما كان المسكن قديماً وذلك لأنه عند إضافة مسكن جديد تتغطى المنخربة بشريحة كلسية للسطح الحر لكل المساكن السابقة.
- يوجد ضمن الهياكل الشفافة منظومة أكثر أو أقل تعقيداً للأقنية (النموليتات).
- تتميز هياكل الحقب الأول ببنية مجهرية (حبيبية مجهرية، بنية نسيجية .... إلخ) الذي لا يوجد مقابل لها بالنسبة للأنواع الحالية.



هيكل كلسي شفاف ذو بنية حبيبية (الأسهم تدل على المحاور الضوئية) (cb أساس كيتينويدي)



هيكل صفائي على اليمين – هيكل غير صفائي على اليسار



بنية جدار هيكل شفاف صفائحي في مستوي الثقب

الأعلى: جدار وحيد الصفيحة

الأسفل: جدار صفائحي

ect: بلاسما خارجية **nintc**: غطاء بلاسما خارجية بين الصفائح

1 calc: 1° – (2°) صفيحة كلسية أولية (ثانوية)

- **الهيكل السيليسي**: المنخربات لا تفرز السيليس وإنما يتم عمل إحلال أو استبدل لشاردة السليسيوم مكان شاردة الكالسيوم ويصاب الهيكل الكلسي لعملية سيلسة، إما جزئية أو كلية حسب نسبة الاغناء بشوارد السليسيوم.