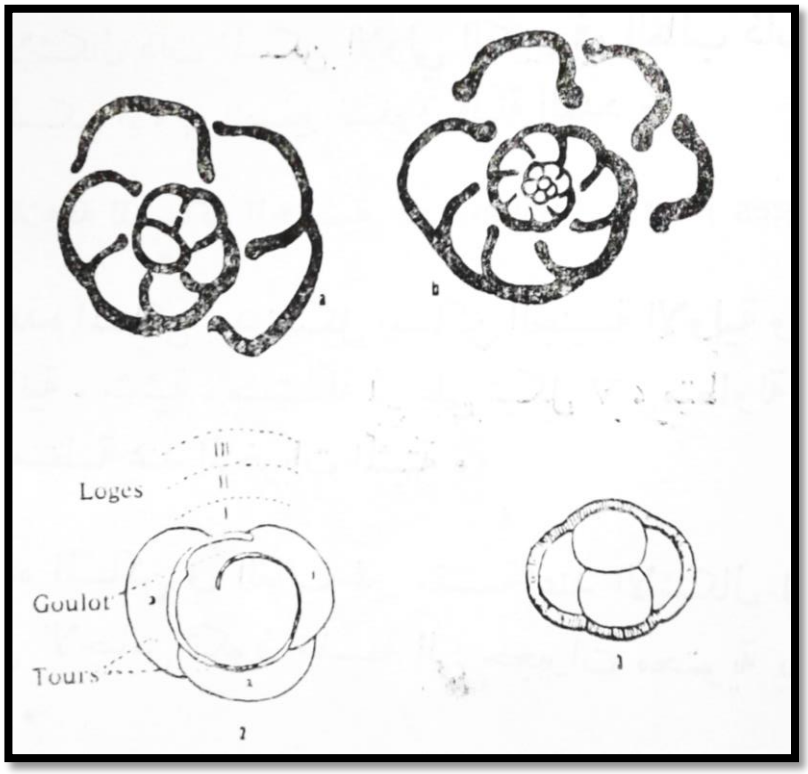
المنخربات Foraminifera /2/

عناصر الهيكل البنيوية: تتألف قوقعة المنخربة

- إما من مسكن واحد يدعى أحادي المسكن ويتم تشكل هذا المسكن بوساطة النمو المستمر
- أو عدة مساكن يدعى متعدد المساكن ويبدأ تشكله بمسكن أولي يطلق عليه المسكن الجنيني الأولي

1- المسكن الجنيني وحادثة التثني الشكلي: إن المسكن الجنيني الأول هو تشكل أول مسكن في هيكل المنخربة ويمكن أن يتصل مع المسكن الذي يليه بوساطة أنبوب صغير مستقيم أو قناة محددة أو قناة ذات نمط ملتوي. في معظم الحالات بالنسبة لنوع ما محدد فإنه يوجد نمطان من المساكن الأولية

- أحدهما ذو حجم كبير يقابل الأشكال A وتدعى الماكروسفريك والتي تكون في الغالب ذات أعداد كبيرة.
- والأخر ذو حجم صغير ينتمي إلى الأشكال B الميكروسفيريك



مسكن جنيني ذو حجم صغير (الأشكال B) مسكن جنيني ذو حجم كبير (الأشكال A)

2- المساكن اللاحقة للمساكن الجنينية: تتشكل هذه المساكن بعد تشكل المساكن الجنينية الأولية وتكون بأشكال مختلفة بيضوية، أسطوانية، مثلثية، مستطيلة، على شكل حرف V، متطاولة، حلقية، أو بأشكال غير منتظمة عند المنخربات المثبتة. هذه المساكن في الغالب غير مقسمة عن الأشكال البسيطة، في بعض الأجناس تكون المساكن مقسمة إلى حجيرات.

3- الحاجز والدروز:

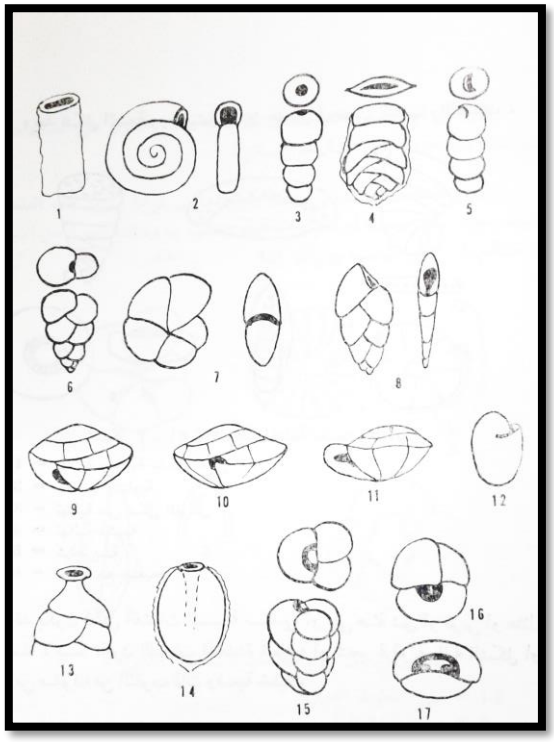
- **الحواجز:** هي التقسمات التي توجد بين المساكن بالنسبة للهياكل متعددة المساكن، وهذه الحواجز قد تكون بسيطة مؤلفة منطبقة كلسية واحدة أو قد تكون صفائحية.
- **الدروز:** آثار الحواجز على السطح الخارجي للهيكل وقد تكون بسيطة، سميكة أو مضغوطة، مستقيمة، منحنية.

4- جملة (منظومة) الأقنية: تنتشر في هياكل المنخربات المتطورة جملة أو منظومة من الأقنية المعقدة نوعاً ما وقد تكون هذه الأقنية موزعة على كامل الجدار الداخلي للهيكل.

5- الستولون (الستولونات): عبارة عن أنابيب موزعة أحياناً على عدة صفوف في صلب الحواجز تسمح بالاتصال بين مساكن مختلفة.

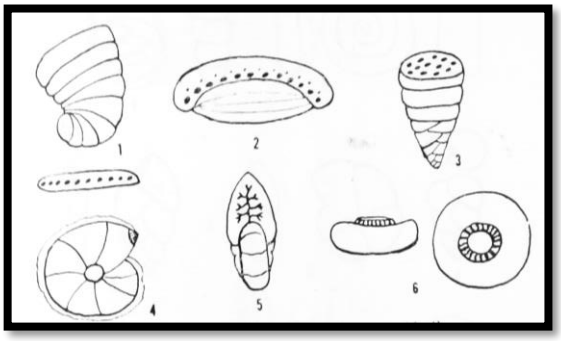
6- الفتحات:

- وهي ثقوب تكون السيتوبلاسما عبرها بتماس 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.
- يعد شكل الفتحة ووضعيتها صفتين هامتين في مجال التصنيف والنسب.
- قد يكون شكل الفتحات البسيطة مستديراً – على هيئة شق أو قوس أو هلال أو فاصلة، بينما تكون الفتحات المتعددة شعاعية أو شجرية أو غربالية الشكل أو مؤلفة من صفوف من الثقوب ذات وضعية خطية.
- وضع الفتحة يتغير فتكون بالنهاية، تحت نهائية واقعة على قاعدة المسكن الأخير أو محيطية أو سرية أو جانبية أو وسط المسكن الأخير.



الأنماط المختلفة للفتحات البسيطة

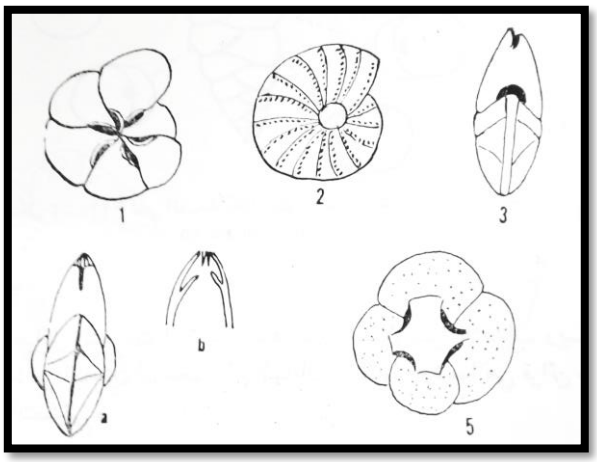
1–2 تقع على نهاية المسكن الانبوبي
3– نهائية مدور
4– نهائية على شكل شق
5– تحت النهاية على شكل هلال
6– قاعدية
7– شق قاعدي
8– قاعدية على شكل الفاصلة
9– بالوسط على الوجه السري
10– على المحيط
11– عمودية على محور الالتفاف
12– جانبية
13– نهائية محمولة على عنق
14– نهائية على أنبوب داخلي
15– نصف دائرية مع صفيحة
16– مع سن بسيط
17– مع سن متفرع (ثنائي)



الأنماط المختلفة للفتحات المتعددة

1– نهائية ومرتبة بشكل خطي. 2– قاعدية متناوبة. 3– نهائية على شكل الغربال. 4– نهائية مشعة. 5– شجيرية. 6– نهائية مع صفيحة

- يمكن أن تنضم إلى الفتحات الرئيسية الفتحات الثانوية (الإضافية)، والتي تتموضع على الخطوط الدرزية أو على الجوانب المحيطية وفي منتصف المسكن الأخير.
- خلال تطور الفرد يتغير شكل الفتحة ووضعيتها ويمكن أن يتغير عند الجنس نفسه خلال الشجرة الوراثية.



الفتحات الإضافية (الثانوية)

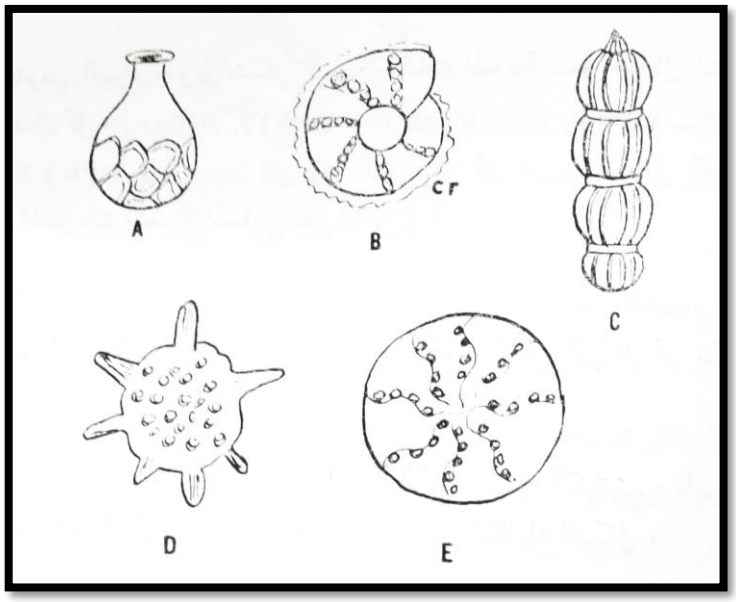
1،2: على الخطوط الدرزية. 3: محيطية وقاعدية. 4: a– شق تحت الفتحة المشعة. b– مقطع. 5: فتحات مرتبة حول صفيحة سرية

7– الثقوب (المسامات): توجد في هياكل المنخربات الشفافة ثقوب (مسامات) تكون ممراً للأهداب وإن حجم هذه الثقوب وشكلها ووضعيتها تعتبر قرائن هامة في التحديد التصنيفي. يخترق جدر بعض المنخربات الملزنة ثقوب ولكن ليست كالثقوب الموجودة في المنخربات الشفافة.

8– البنية الداخلية: تتناول البنية الداخلية إما القسم الداخلي لجدار الهيكل أو الحواجز أو المساكن أو المجموع كله. تبدي حواجز عدد من الهياكل الملزنة سماكة وتكون مخترقة بنطام أنبوبي (سنخي "ألفيولي").

9– الزخارف: تكون المنخربات الكلسية والتي تعيش في المياه الدافئة والمشبعة بالكلس مزخرفة بشكل كبير، وتنمو الأنماط المختلفة للزخارف عند المنخربات البالغة والتي تمثل قرينة نوعية هامة. ويمكن أن تنال الزخرفة أجزاء مختلفة من الهيكل:

- **الجدر الخارجية للمساكن:** وهو النمط الأكثر شيوعاً، حيث تتألف من إضافات نسج كلسية على شكل أضلاع أو أشواك أو شبكات أو حبيبات ويمكن أن تشمل السطح كله أو جزء منه.
- **الدروز:** تظهر الخطوط الدرزية على شكل مجعد أو ناهضة أو شوكية أو حبيبية.
- **المحيط:** يكون مميزاً بترسبات سميكة زجاجية أو بتشكيلة حادة نوعاً ما تدعى الحافة.

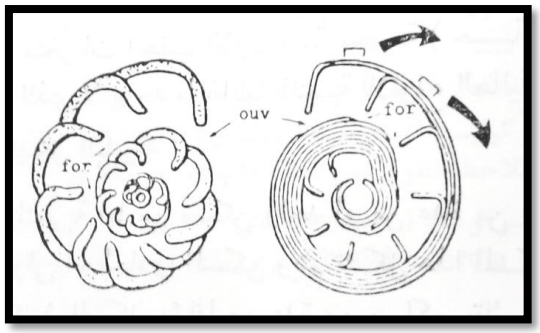


أمثلة على زخارف هياكل المنخربات

A: **شكل شبكة في قاعدة الهيكل. B**: **زخرفة حبيبية على الخطوط الدرزية وحافة على محيط الهيكل. C**: **شكل أضلاع. D**: **شكل أشواك وحبيبات. E**: **حبيبية وشبكية.**

البناء العام للهيكل: في المنخربات متعددة المساكن فإن إضافة مسكن جديد يحصل حسب عمليتين مختلفتين تسمحان بتمييز نمطين من المساكن:

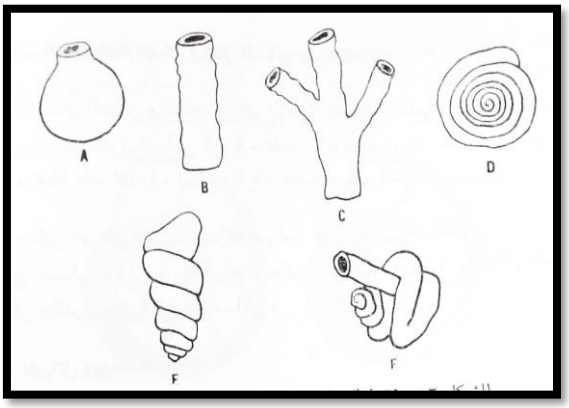
- هياكل غير صفائحية: يكون لكل مسكن جداره الخاص
- هياكل صفائحية: عند تشكل مسكن جديد تقوم المنخربة الحية بتغطية السطح الحر لكل المساكن المتشكلة سابقاً بطبقة كلسية رقيقة، لذلك يكون جدار الهيكل سميكاً وتميز النمط الصفائحي الهياكل الشفافة.



هيكل صفائي على اليمين – هيكل غير صفائي على اليسار

الشكل العام للهيكل (شكل المساكن وترتيبها):

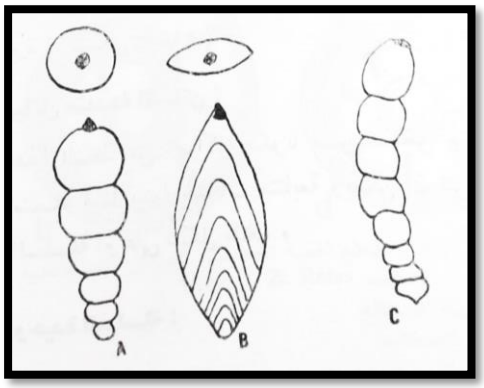
- **الهياكل وحيدة المسكن:** تبدي الهياكل الأكثر بساطة مظهر بيضوي أو كروي مع أو بدون فتحة. الهياكل الأخرى لها شكل أنابيب مستقيمة مفتوحة في نهاياتها أو متفرعة أو غصنية. هناك عدد من الهياكل الأنبوبية ملتفة حلزونياً في مستوي واحد أو عدة مستويات.



الأنواع المختلفة للهياكل وحيدة المسكن

A: مسكن كروي. B: مسكن على شكل أنبوب مستقيم. C: أنبوب متفرع. D: أنبوب ملتف في مستـــــوي. E: أنبوب ملتف على شكل حلزون. F: أنبوب ملتف ضمن مستويات متغيرة.

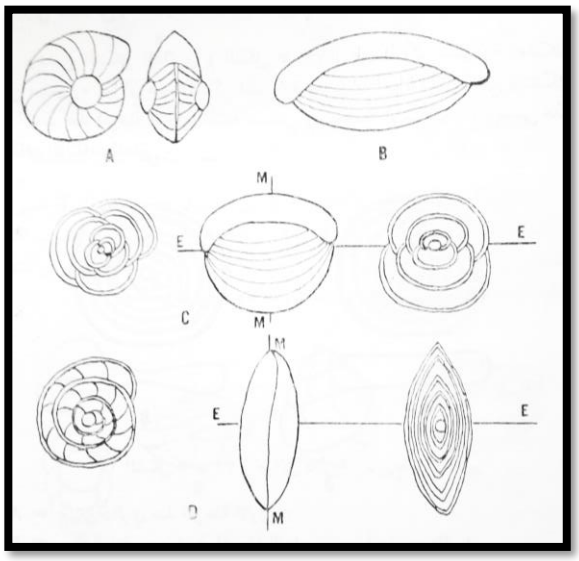
- **الهياكل متعددة المساكن:** يتكون من مسكن جنيني تليه مساكن متصلة بفتحات متتابعة ويمكن أن تترب المساكن على شكل وحيد السلسلة أو على شكل ملتف:
  - الهياكل وحيدة السلسلة: الشكل الوحيد السلسلة هو الأكثر بساطة، حيث تصطف المساكن فوق بعضها بعضاً بشكل مستقيم أو منحن.



هياكل متعددة المساكن وحيدة السلسلة

A: هيكل مستقيم وحيد السلسلة مع مساكن مدورة. B: هيكل مسطح مستقيم وحيد السلسلة مع مساكن على شكل ٨. C: هيكل وحيد السلسلة على شكل منحن

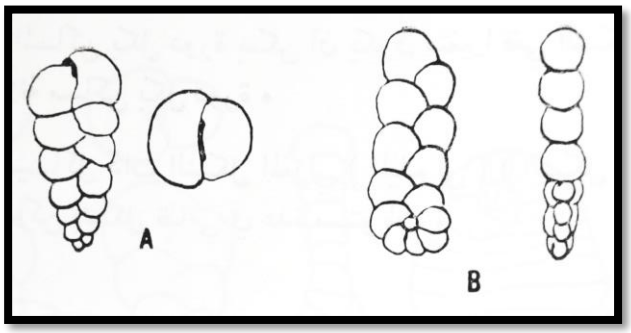
- الهياكل الملتفة: بالنسبة للمنخربات ذات الهيكل الملتف يكون ترتيب المساكن متنوعاً
  - الشكل الملتف بمستو تكون المساكن ملتفة ضمن مستو والهيكل ثنائي التناظر، والمساكن مرئية على الوجهين، وشكل الهياكل الملتفة بمستو تكون ذات شكل عدسي ومغزلي حسب التفاف الشريط الحلزوني للمساكن.



نماذج من الهياكل الملتفة

A: هيكل ملتف في مستو يرينا الدورة الأخيرة للالتفاف. B: ملتف في مستو ذو شكل مغزلي متطاول. C: ملتف في مستو ذو شكل كروي. D: ملتف في مستو ذو شكل عدسي. EE: محور الالتفاف. MM: المستوي الاستوائي.

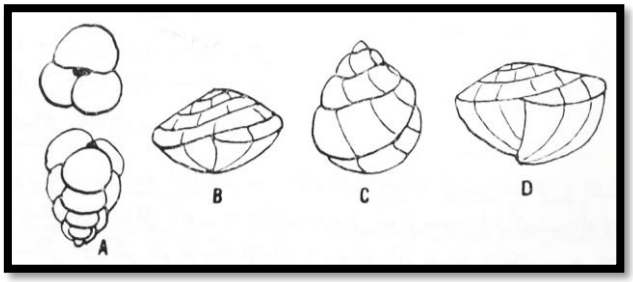
  - ضمن الشكل الدائري، فإن المساكن متمركزة ومشكلة ضمن مستو حيث تكون المساكن على شكل حلقي
  - ضمن الهياكل ذات الشكل ثنائي السلسلة، يمكن أن تتشكل بشكل مباشر وبطريقة متناوبة أو تبدأ مرحلة ملتفة بمستو.



هياكل ثنائية السلسلة

A: هيكل مباشرة ثنائي السلسلة. B: هيكل ملتف في مستو في المرحلة الأولى يصبح فيما بعد ثنائي السلسلة

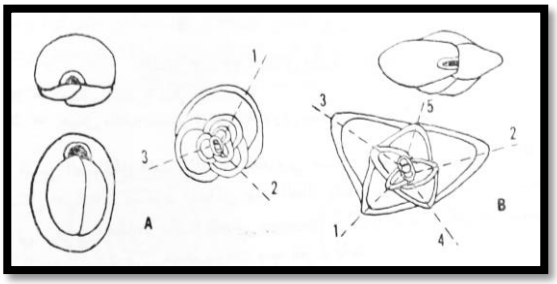
- ضمن الهياكل الملتفة حلزونياً حول محور تكون الهياكل غير متناظرة ثنائية التحدب مستوي – محدب وذات وجه نامٍ نوعاً ما.



هيكل ذو التفاف حلزوني حول محور

A: هيكل ثلاثي السلسلة. B: هيكل متعدد المساكن ذو التفاف حلزوني حول محور ثنائي التحدب. C: هيكل متعدد المساكن ذو التفاف حلزوني حول محور حلزوني متطاول. D: هيكل متعدد المساكن ذو التفاف حلزوني حول محور حلزوني مسطح.

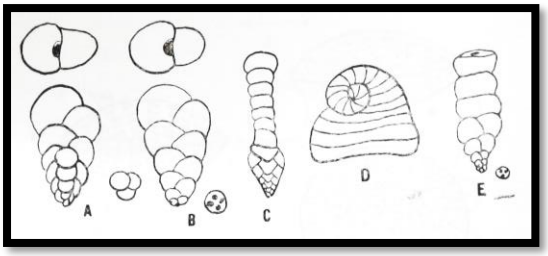
- ضمن الهياكل ذات الشكل المغزلي (الميليولي)، تتشكل المساكن بشكل نظامي في عدة مستويات.



هياكل مغزلية (الميليولي)

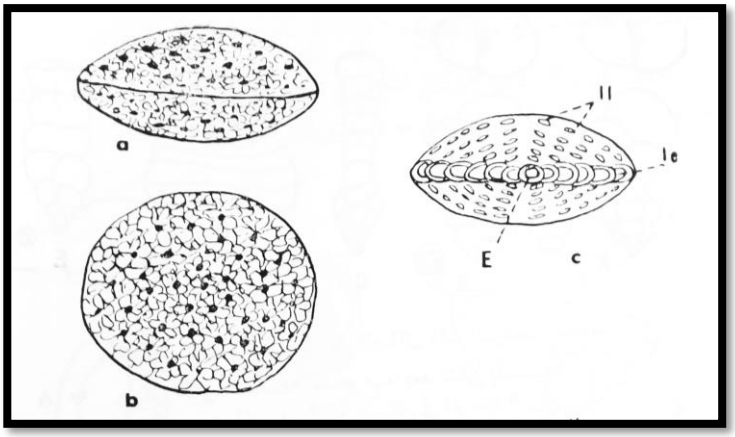
A: هيكل مغزلي متشكل ضمن ثلاث مستويات. B: هيكل مغزلي متشكل ضمن خمس مستويات.

- **الهياكل ذات الترتيب المختلط:** بعض الهياكل ذا التفاف حلزوني حول محور مع ثلاثة مساكن أو أكثر في المرحلة الأولى ويمكن أن تصبح بشكل سريع ثلاثي السلسلة، ثنائي السلسلة أو مستقيماً أحادي السلسلة. وهناك عدد آخر يبدي مرحلة أولية مغزلية (مليلولية) تليها مرحلة ملتفة في مستو.



أمثلة عن الهياكل ذات الترتيب المختلط

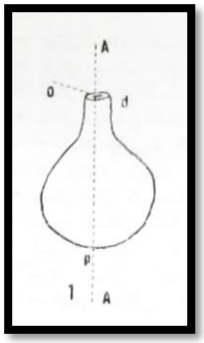
- **الهياكل ذات الترتيب المعقد**: يبدي بعض المنخربات نمطين من تطور متشابه للمساكن:
  - مساكن يقال عنها استوائية حيث تشكلت في مستو بدءاً من المسكن الجنيني.
  - مساكن جانبية متشكلة على جانبي الطبقة الاستوائية.



الهياكل ذات الترتيب المعقد

المصطلحات – التوجيهات والأبعاد:

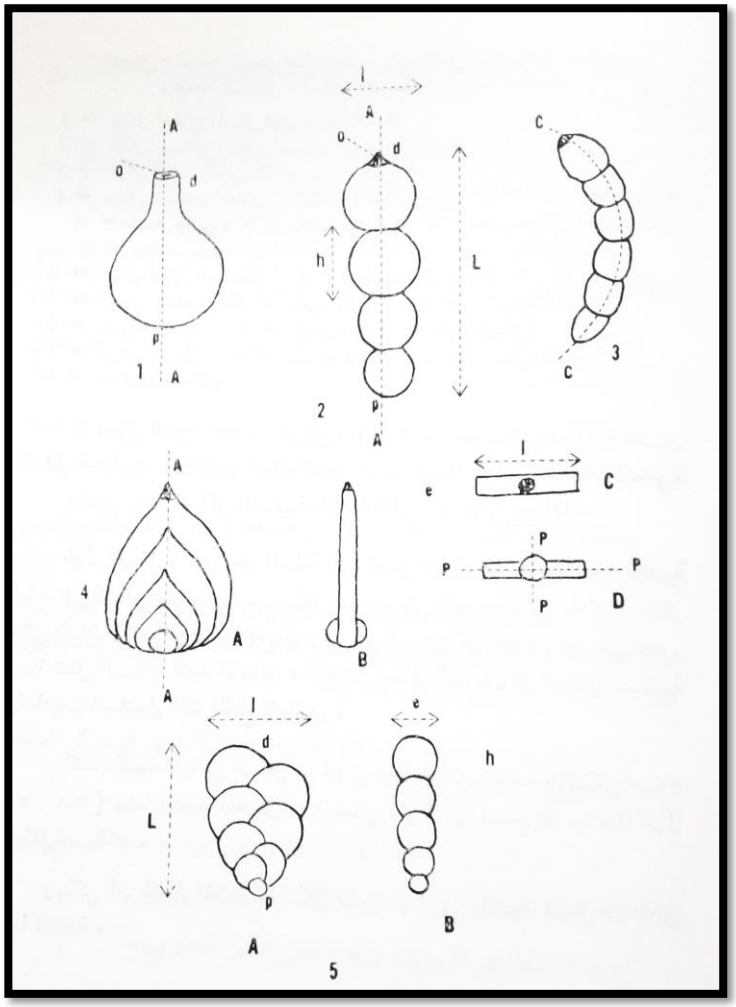
- **الهيكل أحادي المسكن**: الفتحة في الهياكل وحيدة المسكن والكروية هي التي تحدد محو التناظر AA.



الأبعاد في الهياكل وحيدة المسكن تظهر عليه الفتحة. AA: محور التناظر. d: النهاية القمية. o: فتحة

- **الهياكل متعددة المساكن وأحاديات وثنائيات السلسلة:**
  - المنطقة السرية: هي منطقة تشكل المساكن الجنينية.
  - النهاية الظهرية: هي المنطقة المقابلة للمنطقة السرية حيث توجد الفتحة في الغالب
  - محور النمو CC لهيكا أحادي السلسلة ومستقيم هو أيضاً محور التناظر AA.
  - طول الهيكل L: المسافة التي تفصل النهاية السرية عن النهاية الظهرية

- عرض الهيكل **I**: بعد مقيس بشكل عمودي على المحور. في حالة هيكل ثنائي السلسلة يدل عرض الهيكل على أكبر بعد عمودي على محور التناظر، وتمثل e السماكة وهي البعد الصغر وهذان المفهومان في الهياكل المستقيمة وأحاديات السلاسل ذات المقطع الدائري.
- يمكننا المشهد الجانبي للهيكل من قياس طول الهيكل وعرضه، بينما المشهد المحيطي أو الهامشي يسمح بملاحظة طول الهيكل وسماكته.
- محيط الهيكل يمكن أن يكون ذا شكل مدور أو ابري.



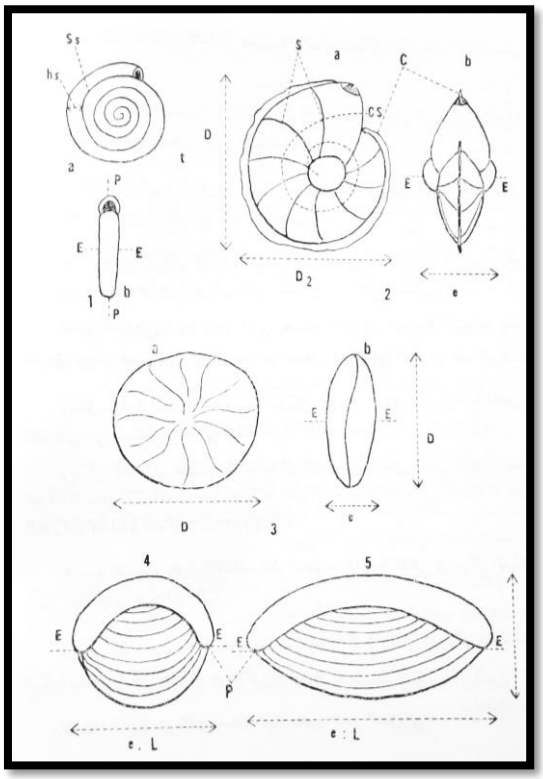
الأبعاد في الهياكل متعددة المساكن، أحادية السلسلة وثنائية السلسلة

2: هيكل مستقيم أحادي السلسلة ذو مقطع دائري. 3: هيكل أحادي السلسلة ذو شكل منحن.

4: هيكل مستقيم أحادي السلسلة ذو مقطع رباعي. 5: هيكل ثنائي السلسلة.

AA: محور التناظر. CC: محور النمو. P: النهاية السرية. d: النهاية القمية. o: فتحة. L: طول الهيكل. I: عرض الهيكل. e: سماكة الهيكل. h: ارتفاع المسكن. PP: مستوي التناظر

- **الهياكل الملتفة بمستو:**
  - محور النمو في هذه الهياكل حلزوني واقعاً في مستو عمودي على محور الالتفاف EE.
  - الدرز الوجهي Ss هو الذي يحدد الدورات المختلفة للالتفاف بينما الدروز s تمثل أثر حواجز المساكن في السطح الخارجي للهيكل.
  - الالتفاف الظاهر والخفي: عندما تكون الدورات مرئية على وجهي الهيكل يكون الالتفاف ظاهر. أما الالتفاف الخفي عندما تخفي الدورة الأخيرة الدورات الأولية.
  - بالنسبة للوجوه خفية الالتفاف فإن الخطوط الدرزية تلتقي في مركز الهيكل ضمن نقطة نطلق عليها اسم السرة.
  - محيط هذه الهياكل مدورا أو زاويا أو ابريا أو حاوي على حافة أو حرف أو شوكية.



الأبعاد في الهياكل الملتفة في مستو

1: هيكل ملتف في مستو أحادي المسكن ظاهر الالتفاف. 2: هيكل ملتف في مستو متعدد المساكن خفي الالتفاف.

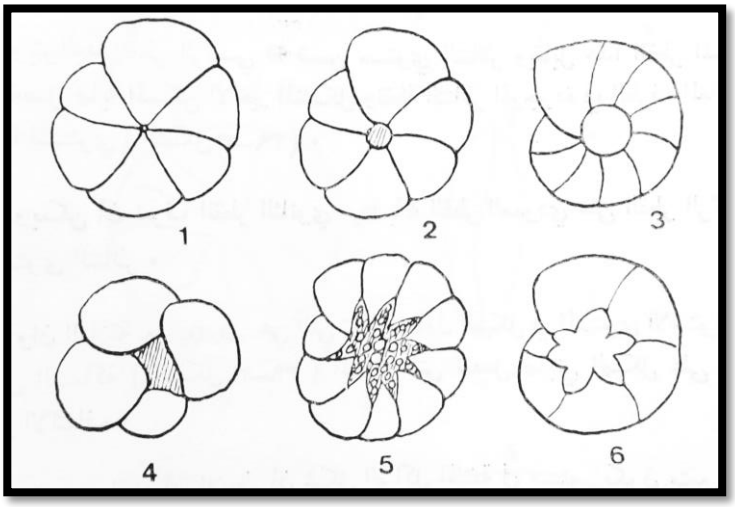
3: هيكل ملتف في مستو ذي شكل عدسي. 4: هيكل ملتف في مستو ذي شكل كروي.

5: هيكل ملتف في مستو ذي شكل مغزلي

Ss: درز حلزوني. s: دروز المساكن. EE: محور الالتفاف. Cs: محور النمو. c: حافة. e: سماكة الهيكل. L: طول.

PP: مستوي التناظر

- **الهياكل ذات الالتفاف الحلزوني حول محور:**
  - تكون غير متناظرة ويكون وجها الهيكل غير متشابهين يظهر أحدهما كامل دورات الالتفاف ونطلق عليه **الوجه الحلزوني** ويظهر الوجه الآخر كامل دورات الالتفاف وغالباً لا نرى إلا الدورة الأخيرة نطلق عليه اسم **الوجه السري** لأن دروز الحواجز تلتقي بالسرة. وتكون السرة:
    - ضامرة على شكل نقطة وتكون السرة مغلقة في هذه الحالة.
    - على شكل حفرة
    - واسعة الفتحة
    - مغطاة بزر أو بصفيحة سرية
    - أو تكون مفتوحة وفي قاع حفرة مملوءة بمواد كلسية على شكل حبات.



الأشكال المختلفة للسرة

1: سرة مغلقة. 2– سرة على شكل حفرة. 3: سرة مغطاة بحدبة سرية. 4: سرة مفتوحة.

5: سرة على حفرة ومملوءة بحبيبات. 6: سرة مغطاة بلوحة سرية