الفصل الثالث

فسلجة الأوالي

- تمهيد
- الحركة في الأوالي
- الحركة السوطية
- الحركة الهدبية
- الحركة الاميبية
- الحركة الجريجارينية أو الانزلاقية
- التكاثر في الأوالي
- التكاثر اللاجنسي
- التكاثر الجنسي
- التغذية في الأوالي
- التغذية النباتية الكاملة
- التغذية الحيوانية الكاملة
- التغذية البلعمية
- التغذية الناضحة أو الازموزية
- الإخراج والتنظيم الاسموزي
- التكيف والتأقلم في الأوالي

الفصل الثاني
خصائص الأوالي

تمهيد:

تتميز الأوالي بميزات فسلجية كثيرة تميزها عن الكائنات الأخرى من ممالك الأحياء التي ذكرناها وهذه المميزات عن التداخل بين أفرادها مع أغلب مكونات الممالك الخمسة التي ذكرناها، وهذا التداخل يفرض على الأوالي أن تحمل صفات وخصائص فسلجية متباينة تتبع الأصول النباتية والحيوانية والفطرية والأصول المختلطة التي نشأت عنها من جهة، وكون جسم الأولي رغم كونه وحيد الخلية إلا أنه يمثل كائن حي متكامل الشخصية العضوية، وهذه التركيبية تتطلب امتلاك خصائص فسلجية تكون على درجة عالية من التخصص والكفاءة بحيث تسمح للكائن الحي للقيام بعدة فعاليات كالحركة والإخراج والتكيف والانقسام والتغذية والنمو وغيرها من الفعاليات الحياتية التي يحتاجها الكائن الحي لينظم احتياجاته مع البيئة لاسيما وأن الأوالي تتواجد في جميع البيئات وتتبع كل أنماط التغذية المعروفة في عالم الأحياء. وفي ما يلي استعراض لأهم الخصائص الفسلجية.

الحركة في الأوالي:

تتميز الكائنات الأولية بأنماط وطرز خاصة من الحركة حيث تتبع أساليب مختلفة لحركة أجسامها والسبب هو تنوع وسائل الحركة من الملحقات والزوائد الجسمية فهي تمتلك الأهداب Cilia أو الأسواط Flagella أو الأقدام الكاذبة Pseudopodia أو هذه المكونات مشتركة كما بينا سابقا، بالإضافة إلى تخصص بعض التراكيب الداخلية مثل المركب القمي Apical complex والأجسام الحركية والليفات والبقع العينية والمواقع الحسية وغيرها من وسائل التوجيه والحركة.

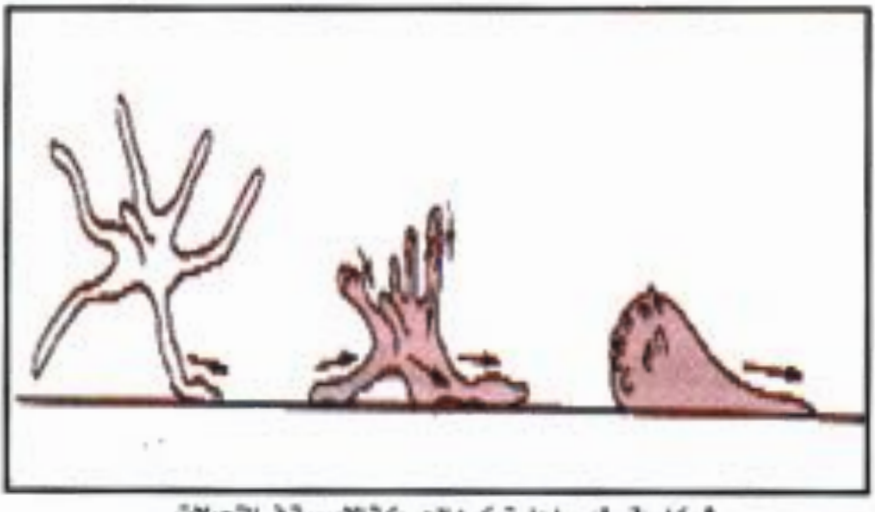
كما أن هناك خاصية تملكها الأوالي وتنفرد فيها عن بقية الأحياء، هي قدرتها على تغير طبيعة الجسم لكي تساعدها في الحركة كتغير طبيعة الغلاف الخارجي أو نمط التكاثر والتغذية فمثلا يستطيع الطور البوغي في الفطريات الحيوانية من القيام بالحركة الأميبية بينما الطور البالغ لا يستطيع ذلك، كما أن بعض الهدبيات والاوبليبيات وحتى بعض السوطيات والبوغيات يكون الطور الجميتي أو البوغي أميبي الحركة، يتحرك بالأقدام الكاذبة ثم تتحول إلى أسواط والبعض منها يفقد وسيلة الحركة في الطور البالغ كما في معظم الأوالي الطفيلية.

لذلك فإن موضوع الحركة وتنوعها جلب اهتمام العديد من الباحثين في علم فسلجة الأوالي واللافقاريات بشكل خاص حيث درس من قبل الباحثين Granham 1966 , Bovee & Jana 1967 وغيرهم و Sleigh, 1989، وغيرهم واعتبرت ميكانيكية الحركة في الأوالي في غاية الأهمية بالنسبة لبيولوجية الحيوانات الراقية، وقد تم تشخيص ثلاثة أنواع رئيسية من الحركة في الأوالي هي:

(1) الحركة الأميبية Amoeboid movement:

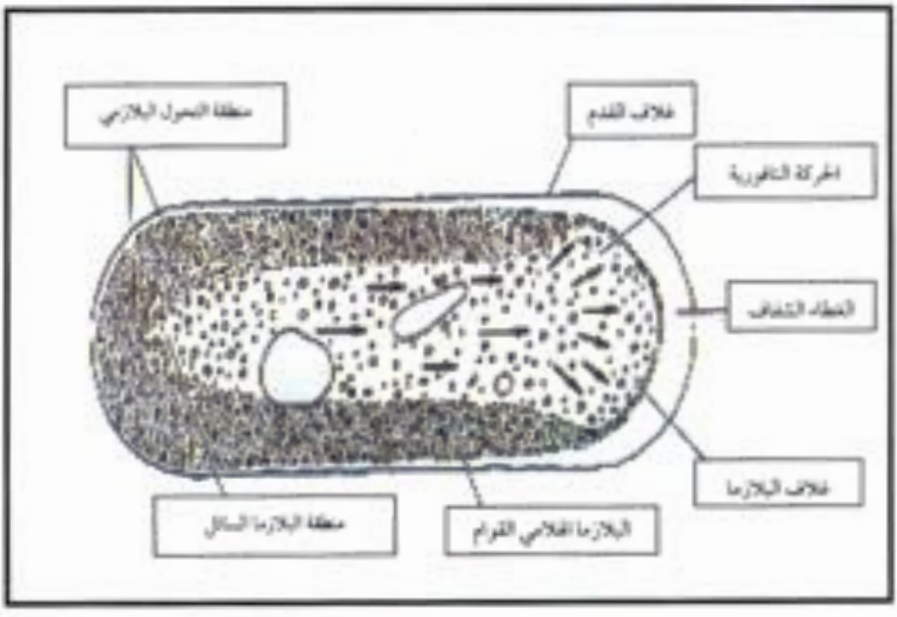
وتمثلت هذه الحركة في المتحولات (الأميبات) وتتصف بها تحت شعبة اللحميات Sarcodina بشكل خاص وكذلك تستخدمها بعض البوغيات الطفيلية في ادوار معينة من دورة الحياة (الأطوار البوغية) ولا توجد في حاملات الأسواط و الأهداب البالغة. ويعتقد السبب في ذلك يعود إلى تعقيد وجود الجدران الخلوية في الأولى والأغلفة و طبقة القشيرة في الثانية.

ولغرض القيام بالحركة يثبت الأولي القدم الكاذب على جسم صلب داخل الماء أو على التربة الرطبة وبذلك ينسحب الجسم باتجاه محور القدم، وهكذا تتكرر العملية إلى أن يصل الحيوان إلى النقطة المرغوب الوصول إليها، ويمكن مشاهدة هذه الوقائع بسهولة تحت المجهر الضوئي عند متابعة عينة تحتوي على عدد من الأميبات الحرة المعيشة مأخوذة من بركة مائية تحتوي على مواد عضوية وكمية من مكونات القاع وخاصة البقايا النباتية المتحللة. والشكل (3-1) يبين مراحل تكون هذه الحركة في نوع من الأميبا الحرة المعيشة.:



شكل (3-1) مراحل تكون الحركة الاميبية في المتحولات

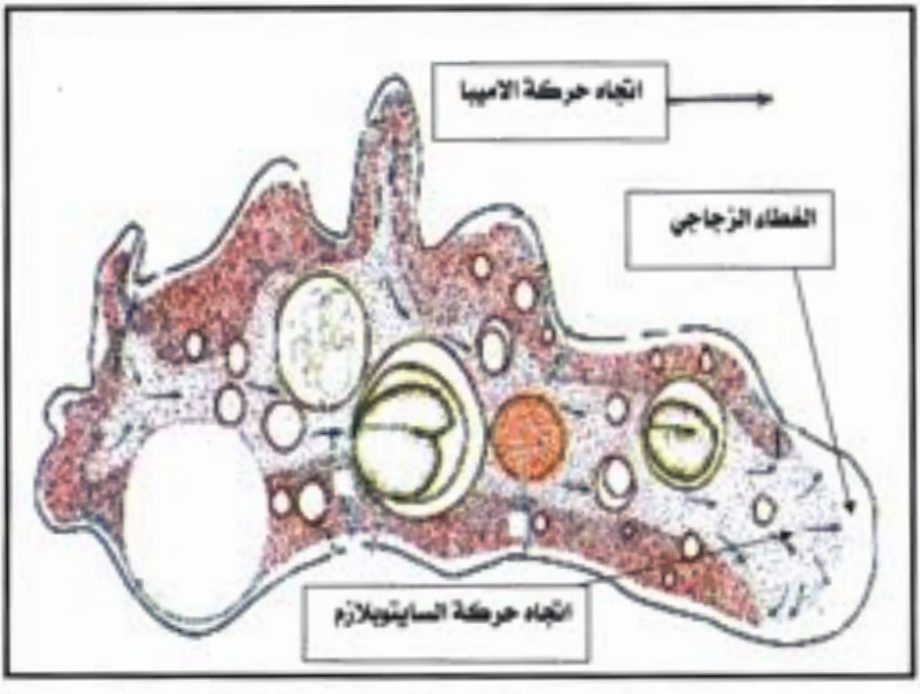
إلا أن القوة التي تسبب سريان الأندوبلازم ما زالت غامضة وتخضع لتفسيرات عديدة إلا أن الباحث (Mast, 1926) قد وضع التفسيرات الأولية لها، وبذلك جلبت ميكانيكية الحركة الامبية في الأوالي انتباه الكثير من الباحثين والفسيولوجيين وقد تمكن الباحثون (Hickman et al, 1984) من وضع قواعد لتفسيرها نتيجة لتطور المجاهر وملاحظة هذه الحركة وتسجيلها بشكل متعاقب، وتبين بأنها عبارة عن تمدد مؤقت في الجسم إلى يؤدي تكون بروز واحد أو أكثر يدعى هذا البروز بالقدم الكاذب False Foot أو Pseudopodia، وعندما يتكون في الاتجاه المطلوب لحركة الحيوان يمتد الجزء الخارجي للغشاء الخلوي ويندفع باتجاهه الاكتوبلازم Ectoplasm الشفاف بعد تحوله من الحالة الصلدة إلى السائلة ويظهر تركيب شفاف على شكل غطاء يسمى الغطاء الزجاجي Hyaline cap كما في الشكل (3-2) التالي:



شكل (3-2) التغيرات الفسلجية في تركيب القدم الكاذب وتكون الغطاء الزجاجي (Hegner & Engemann, 1968).

وعندما يندفع الاندوبلازم Endoplasm نحو الغطاء الخارجي حيث ينتشر بحركة نافورية حتى يصل إلى الحافة وحينها يتحول من الحالة السائلة Sol state إلى الحالة الهلامية او الجيلاتينية Gel state،

وبذلك يتكون تركيب داخل البروز على شكل أنبوبة يجري فيها الأندوبلازم باتجاه نهاية القدم المتكون وعندها يكتمل بناء القدم الكاذب كبروز من الجسم الأولي، ومن الجهة البعيدة من الجسم الجهة (المعاكسة للحركة) أو الخلفية من الأولي حيث يحصل فراغ داخل بروتوبلازم الجسم، لذلك يتحول جزء من الإكتوبلازم الخارجي فيها إلى أندوبلازم لتعويض الجزء الذي اندفع سابقا داخل القدم الخارجي من جهة الحركة وبهذا يعاد التوازن الداخلي لبروتوبلازم الحيوان كما في الشكل التالي التوضيحي التالي (3-3):



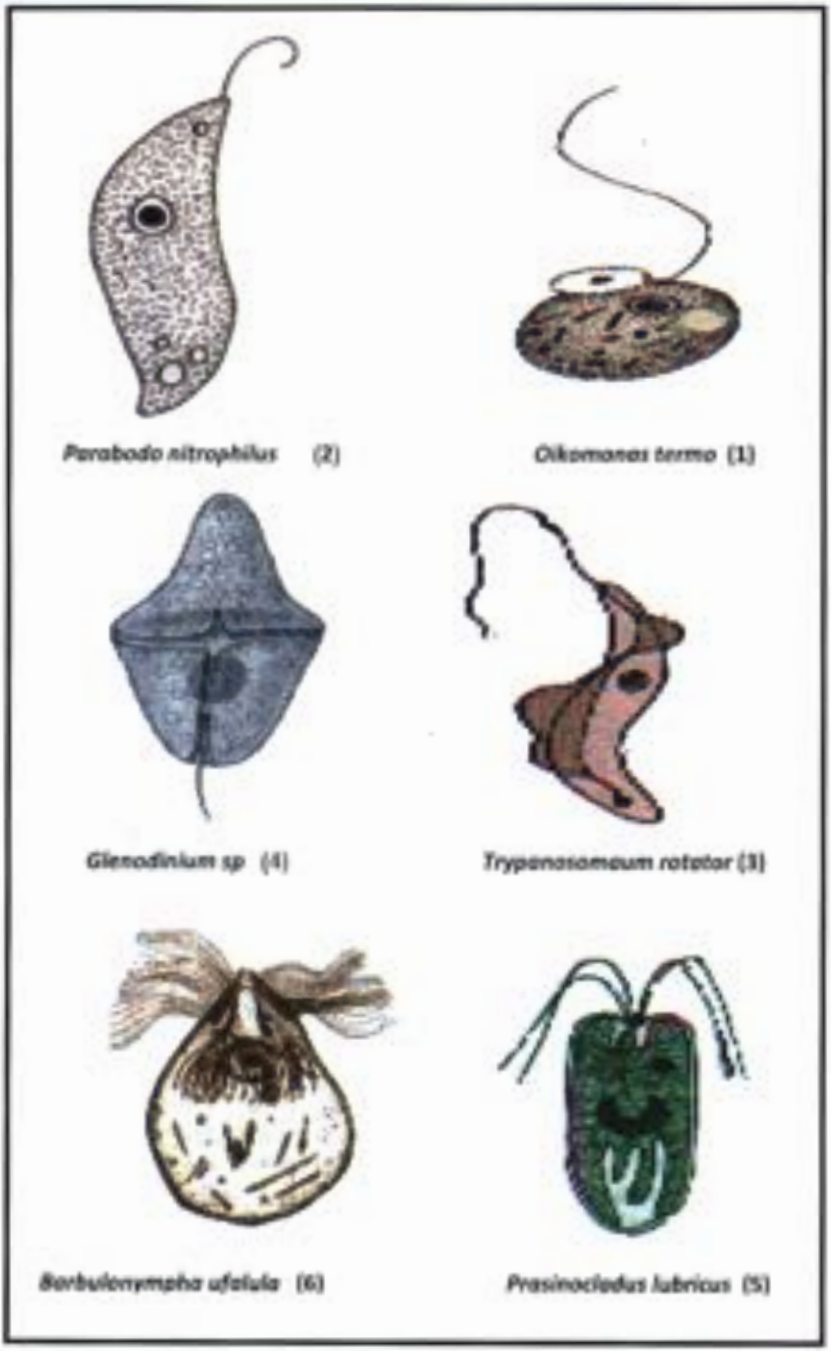
شكل (3-3) آلية واتجاه الحركة الأميبية في الاميبيا الحرة (Jessop,1988).

(2) الحركة السوطية Flagellar Movement:

وهي حركة نمطية تحصل بشكل رئيسي في الأوالي من حاملات الأسواط Mastigophora ويمكن مشاهدتها كذلك في بعض اللحميات Sareodina في أدوار معينة من حياتها أو تظهر على شكل خيوط قطبية في الأطوار الحركية Sporozoite في البوغيات وأيضا يمكن ملاحظتها في الأمشاج الدقيقة من صنف المكورات. ولكن هذه الأسواط تكون حقيقية وتأخذ التركيب الذي أشرنا إليه في الفصل الثاني وتعتبر صفة مميزة في كلا من السوطيات النباتية Phytomastigophora والحيوانية Zoomastigophora بشكل خاص في الطور البالغ.

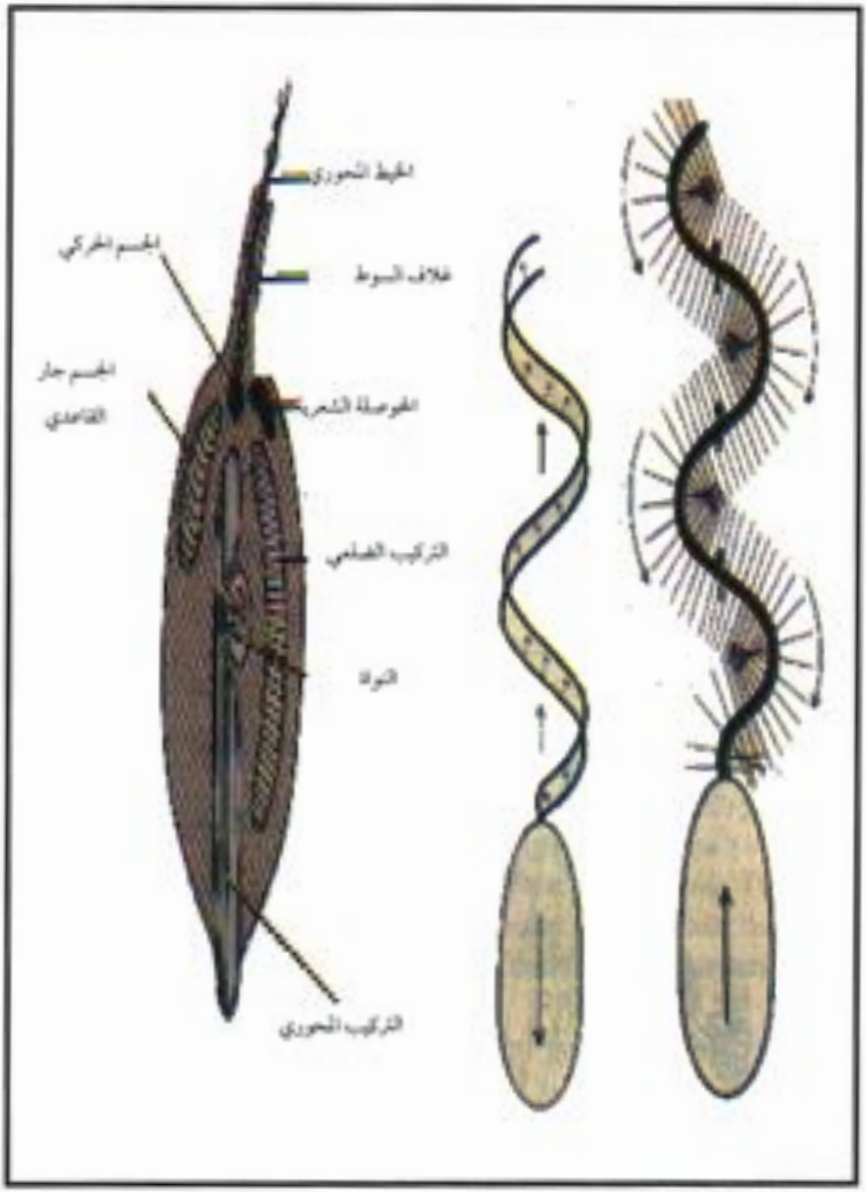
ويؤثر نوع السوط وحجمه وطريقة انطلاقه من الجسم وعدده في الإمام والخلف في طبيعة الحركة، حيث تختلف الأوالي من السوطيات تبعا لذلك، فقد يكون سوط واحد في مقدمة الجسم أو يكون لها سوطان أو ثلاثة أو أربعة أسواط من نقطة واحدة من الجسم، فإذا كان السوط مفرد وفي مقدمة الجسم تكون الحركة موجية منتظمة أو محورية حول الجسم حيث يقوم الكائن بضرب السوط في الماء وأحداث حركة ميكانيكية، أو حركة عجلية حيث نجد من هذه الأنماط الحركية في اليوغلينيات والعديد من السوطيات الحيوانية كما في النموذج (2,1) أو تكون الحركة موجية كما في الترباتوسوما لأن السوط مرتبط بجلد الجسم كما في (3) وفي بعض السوطيات يكون غلاف الجسم مكون من مصراعين أعلى وأسفل واحد الأسواط يمتد إلى الأمام والآخر في الأخدود الوسطي للغلاف عنها تكون الحركة متعاكسة دورانية على المحور ومنها جاءت تسمية المجموعة التي تحملها من أفراد ثنائية الأسواط الدوارة Dinophlagelates كما في النموذج (4) أو تكون الحركة تذبذبية عندما يمتلك عدة أسواط كما في الشكل (5,6) وغيرها من الأنماط الحركية. وهنا نجد أن خاصية الحركة ونمطيتها دخلت كصفة تصنيفية للتمييز بين الطوائف الأولية ضمن شعبة اللحميات السوطية Sarcomastigophora والشكل (3- 4) يعطي نماذج من هذه الأوالي التي تتميز بالأنماط الحركية السوطية المختلفة.

وجميع هذه الحركات السوطية تحتاج إلى طاقة حركية، ويتم تقوية وتنشيط هذه الحركة من خلال انتقال تأثير رد الفعل العكسي لضرب السوط بمكونات الوسط السائل، وانتقال الحركة إلى قاعدة السوط والجسم الحركي وكما سيتم توضيحه عند التعرض بالتفصيل لآلية حدوث ميكانيكية الحركة السوطية الهدبية.



شكل(3-4): اختلاف موقع الأسواط في بعض الأوالي وتأثيره على نمطية الحركة السوطية.

أما الشكل (3-5) يبين مكونات السوط ذات العلاقة بالحركة السوطية وطريقة توزيع الحركة الموجية والطاقة الحركية المرتبطة بطبيعة وتركيب السوط :

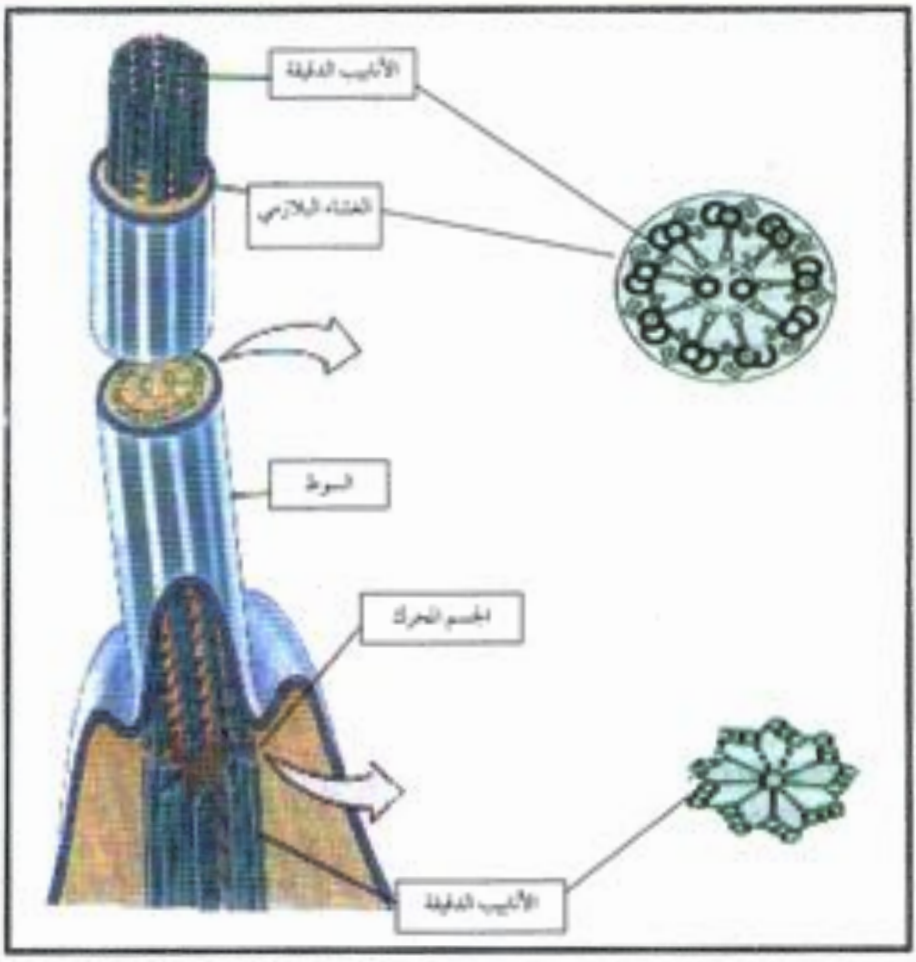


شكل (3-5) مكونات الجسم الحركي وأجزاء قاعدة السوط ورد الفعل الانعكاسي للحركة.
(Sleigh,1989).

(3) الحركة الهدبية Ciliar movement:

وتتمثل بنمطية الحركة السائدة في الأوالي الهدبية أو الهدبيات Ciliata والناتجة عن الفعل الآلي لحركة الأهداب أو التأثير الطاقي لإنزيمات الحركة وتأثيرها على آلية عمل هذه الأهداب. كما تمكن العلماء من مشاهدة هذا النط الحركي في الاوبلينيات Opalinata.

وقبل التعرف على آلية الحركة الهدبية لابد من التعرف على مكونات الهدب ذات العلاقة بفسلجة الحركة الهدبية. عند عمل مقطع عرضي بالهدب لاحظ الباحثين أنه يتكون من تركيبات مقاربة لما موجود في السوط، حيث انه يتكون من تسعة أزواج ثلاثية الأنابيب تقع على محور الهدب تسمى بالمحورية Peripheral tubules وزوج آخر يتكون من أنبوبتين يقع في مركز الهدب يسمى بالزوج المركزي Central tubules ولاحظ العلماء كذلك أن هذه الأنابيب المحورية تحتوي على أذرع سايتوبلازمية على شكل مقابض تفتح باتجاه الانابيب المجاورة لها وتتزلق عليها عموديا عند تكون الحركة تسمى Arms، وتمتد بين الأزواج المحورية والزوج الوسطي خيوط سايتوبلازمية تكون ما يعرف بالأشعة المحورية أو الكوابح الشعاعية Radial spokes تتمتع بخاصية الشد والمطاطية، وهذه الأزواج المحورية والداخلية هي عبارة عن أنابيب دقيقة Microtubules تشكل ما يشبه الحزمة الليفية على طول محور الهدب، وتمثل هذه المكونات جزء الهدب البارز من الجسم الأولي والذي يكون على تماس مباشر مع الوسط المحيط والشكل (3-6) يبين هذه المكونات. أما الجزء القاعدي للهدب فيتكون من الجهاز تحت الهدبي والذي تم توضيحه في الباب الثاني في الشكل (5-2).



شكل (3-6) تراكيب الحركة في مقطع طولي وآخر عرضي في الهدب.

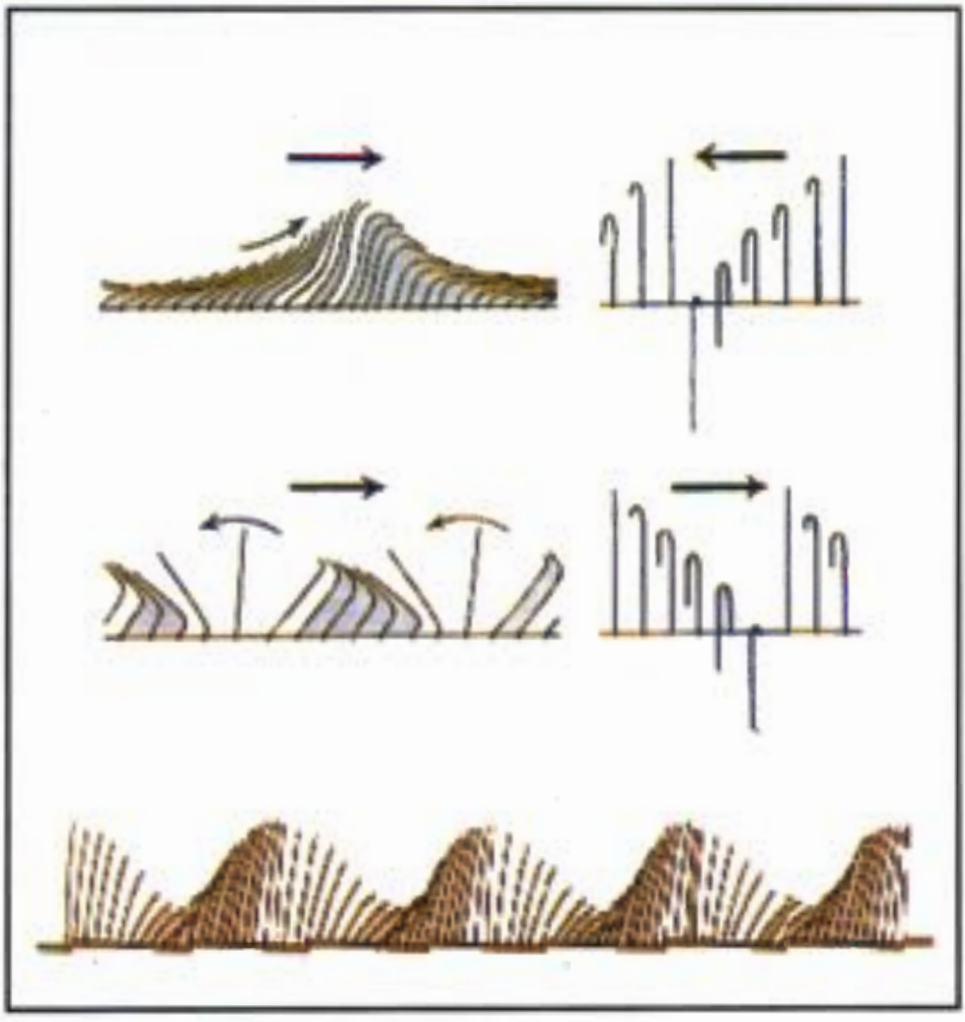
(Tortora, et al 2007)

آلية الحركة الهدبية والسوطية Mechanism of movement:

فسر علماء فسلجة الأوالي بأن الحركة السوطية اهدبية تحصل وفق فرضية انزلاق الأنيبات الدقيقة Hypothesis of sliding microtubules وذلك من خلال عمل الأذرع السايتوبلازمية والكوابح الشعاعية وتحرر طاقة كيميائية تتحول إلى طاقة حركية بفعل إنزيمات خاصة بذلك.

حيث لاحظ علماء فسلجة الأوالي واللافقاريات إن هذا النوع من الحركة ينتج من جراء انزلاق الأنابيب المحورية نتيجة تحرر الطاقة من ATP حيث تمكن الباحثون من تأكيد كونها تنبعث من الذراعين الصغيرين الموجودين على كل زوج من الأنابيب المحورية المحيطية، حيث أثبتت الأبحاث البيوكيمياوية أن هذين الذراعين يحملان أنزيم ثلاثي فوسفاتيز الأدينوزين ATP-ase الذي يعمل على شطر جزيئة ATP ويؤدي ذلك إلى تحرير طاقة كيميائية وهذه العملية تؤدي إلى انطلاق طاقة حركية تعمل على تحريك الأذرع الموجودة على طول الخيوط المتجاورة في المحور، وبذلك تؤدي إلى انطلاق طاقة في الخيط الآخر المجاور لنفس الزوج حيث تنشأ فيه ما يسمى بالمقومة القاطعة Shear resistance عن طريق وجود الخيوط الكابحة (الكوابح الشعاعية) مما تؤدي إلى انثناء الليفة المحورية وعندها تنزلق الخيوط بعيدا عن بعضها البعض كرد فعل عكسي بين المركز والمحور للهدب. وتنتقل هذه الحركة إلى الزوج المركزي مما يؤدي إلى انسحاب الهدب الخارجي إلى داخل محور جسم الاولي نتيجة لسحبه من قبل مكونات قاعدة الهدب الموجودة تحت غلاف الجسم وعند انتقال تأثير الحركة آلة الجسم القاعدي والحركي لحاول مكوناتها دفع الهدب أو السوط بالاتجاه المعاكس، وبذلك يحاول الرجوع إلى وضعه الطبيعي بعملية متعاقبة من التقلص والانبساط وبذلك تحصل الحركة الهدبية السوطية لأن كلا منهما يتصل بجسم قاعدي وهذا الجسم يرتبط مع جسم متحرك Kinety some وبذلك تتوزع الحركة على جميع الأجزاء الداخلية والخارجية. كما أن هنالك رأي يشير إلى أن الحركة عبارة عن دفعة تحصل على طول بعض الليفيات التي تتصل بالجسم القاعدي ثم تنطلق إلى بقية أجزاء الهدب.

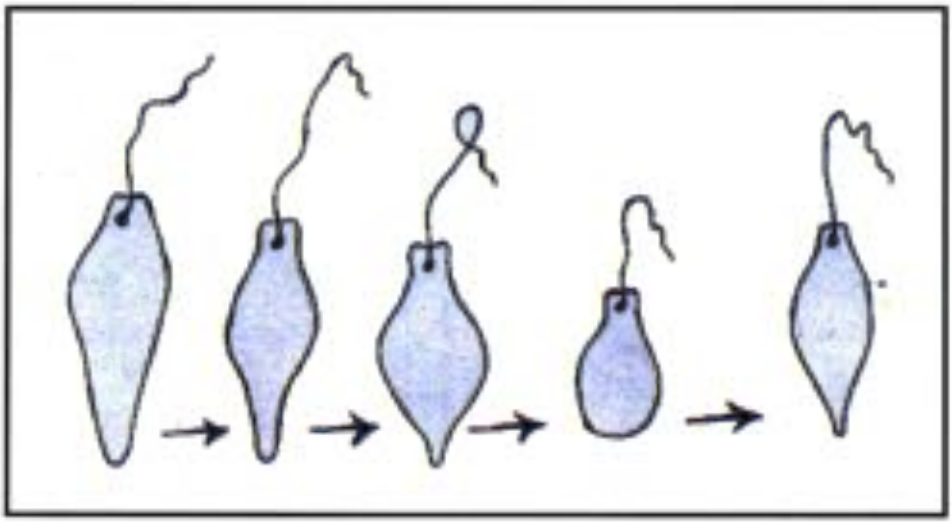
كما يميل بعض العلماء إلى إعطاء تفسير آخر مفاده إن الحركة الهدبية تحصل بفعل التأثير الآلي (الميكانيكي) الناتج من الفعل ورد الفعل بين الماء والأهداب، حيث يشير أصحاب هذا الرأي إلى أن هذه الحركة عبارة عن تأثير آلي محض ينتقل من هدب إلى آخر يسببها اصطدام الهدب الأول مع الماء وانتقال التأثير إلى الأهداب المجاورة، ويتكرر هذا الفعل طالما هنالك حركة مائية ناتجة عن الموجات والتيارات المختلفة، والشكل (3-7) يبين مراحل تكون واتجاه وتوزيع هذه الحركة وضغط موجات الوسط المحيط وكيفية الانتقال الموجي لحركة الأهداب في مجموعة الهديبات.



شكل (3-7) مراحل تكون واتجاه وتوزيع الحركة الهدبية الناتجة من تصادم الاهداب مع الماء
(Farabee . 2003 .Weisz, 1973, Sleigh, 1989)

(4) الحركة اليوجلينية Euglenoid movement:

يحدث هذا النمط من الحركة في اليوجلينيات رغم وجود الأسواط، حيث تلجأ إلى مثل هذا النوع من الحركة ربما في المياه المحتوية على مخلفات نباتية كثيرة ونموات طحلبية ونباتية مختلفة تعيق حركة الأسواط خاصة في البرك البيولوجية ضحلة المياه. وتتم هذه الحركة نتيجة لأن هذه الأوالي تمتلك غشاء خلوي محور على شكل جليد مرن يستطيع القيام بسلسلة متعاقبة من التقلص والانبساط تنعكس على شكل حركة دودية، وتبدأ الحركة من مقدمة الجسم وتنتقل إلى وسطه ومن ثم النهاية الخلفية على شكل موجات تمر من خلال المحور الطولي للخلية الجسمية وتظهر هذه التغيرات على الشكل الخارجي حيث يبدو عريض ومن ضغط من الأمام ثم ينتقل التغير إلى وسط الجسم وبعدها إلى المنطقة الخلفية ثم يعاود التطاول مرة أخرى بالاندفاع الكامل إلى الأمام وكما يظهر في الشكل (3-8).



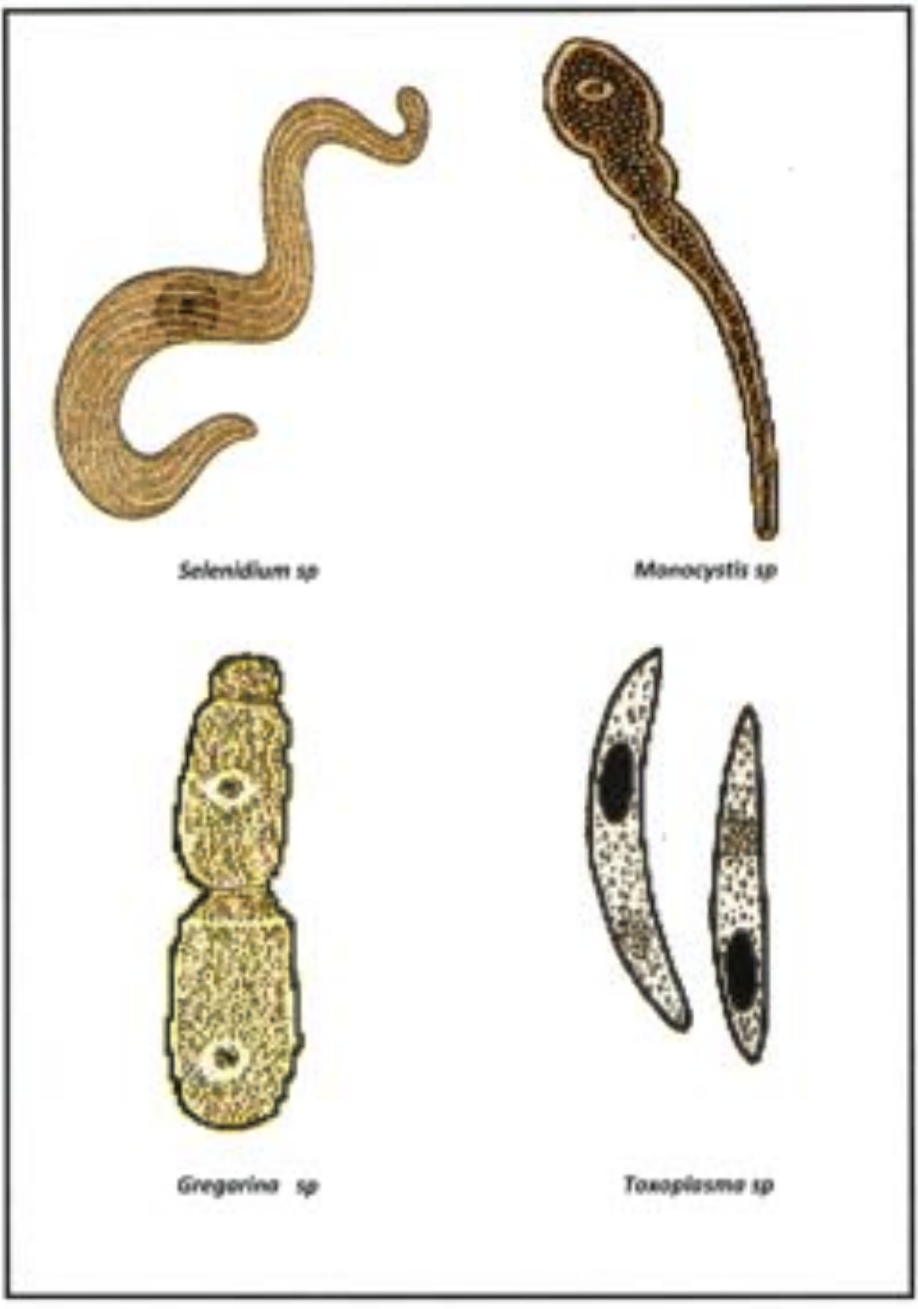
شكل (3-8) مراحل تكون واتجاه الحركة اليوجلينية الناتجة من تقلص وانبساط الجسم.

(5) الحركة الجريجارينية أو الانزلاقية Gregarinia movement:

عرف علماء علماء فسلجة الأوالي هذه الحركة بأنها نمط الحركة التي تحصل في الأوالي التي لا تمتلك وسائل واضحة للحركة مثل (الأسواط أو الأهداب أو الإقدام). وتم التعرف على هذا النمط من الحركة بعدما تمكن العلماء من مشاهدة أنماط من الحركة في بعض الأوالي عندما تطورت المجاهر الضوئية والمركبة وأصبحت قوة التكبير عالية جداً، حيث بدت هذه الأحياء تحت المجهر كأنها تقوم بحركة انزلاقية أو متزحلقة إلى الأمام دون أن تستخدم وسائل للحركة.

فسرت هذه الحركة بفرضيات مختلفة وضعها الباحثون Bovee & Jahn 1967 عند متابعة هذه الحركة بأنها عملية تقلص في الغلاف الجسمي إذا كان الغشاء رقيقاً أو عملية تموج على مستوى القشرة الخارجية ثم تمدد أو تغير في الليفات الداخلية السائدة للغلاف، تعمل انقباض وتمدد يؤدي إلى تحريك الجسم بعملية مشابه لما تقوم به أنواع مختلفة من القواقع إثناء حركتها مثل السزاق Slug الشائع الانتشار في البيئة أو ما يظهر من حركة لخيوط طحالب جنس *Oscillatoria* من مجموعة الطحالب الخضراء المزرقة على جدران الأحواض الزجاجية وغيرها.

وقد تمكن العلماء من متابعة هذا النمط من الحركة بشكل واضح في الطور البالغ من أفراد جنس *Gregarinia* و *Selenidium* مجموعة الأوالي الجريجارينية Eugregarinida ومن هنا جاء تسميتها، وكذلك شوهدت فيما بعد في جنس *Monocystis* والخلايا التناسلية من جنس *Eimerine* *haemogregani* وكذلك في البويضات المتحركة للبوغيات الدموية وفي الطور المتحرك للبوغيات Sporozoite كما في العديد من الأوالي الطفيلية المسبب لداء المقوسات مثل *Toxoplasma* وغيرها من الأوالي الطفيلية الداخلية والتي لاتمتلك وسائل محددة من اللواحق الجسمية الخاصة بالحركة. والشكل التالي (3- 9) يبين نماذج مختلفة من الأوالي التي تحصل فيها هذه الحركة.



شكل (3-9) نماذج مختلفة من الأوالي ذات الحركة الجريجارينية.

التكاثر في الأوالي Reproduction:

عندما ندرس أية مجموعة من الأحياء الأخرى نجد فيها نمط محدد أو نمطين من التكاثر الجنسي واللاجنسي، ولكن عند دراسة الأوالي نجد أن أفراد هذه المملكة من الأحياء تتميز بأنماط كثيرة من التكاثر حيث تتخصص كل مجموعة منها هذه بنمط معين منه وقد يكون لنفس المجموعة أنماط مختلفة من التكاثر وهذا ما يدعم كون الأوالي علم حيوي متفرد في سلوكه ونمط معيشته وحتى تكاثره، وسنتطرق بشكل مقتضب إلى هذه الأنماط البتكاثرية مع ذكر المجاميع الأولية التي تمتاز بها:

(1) التكاثر اللاجنسي Asexual reproduction :

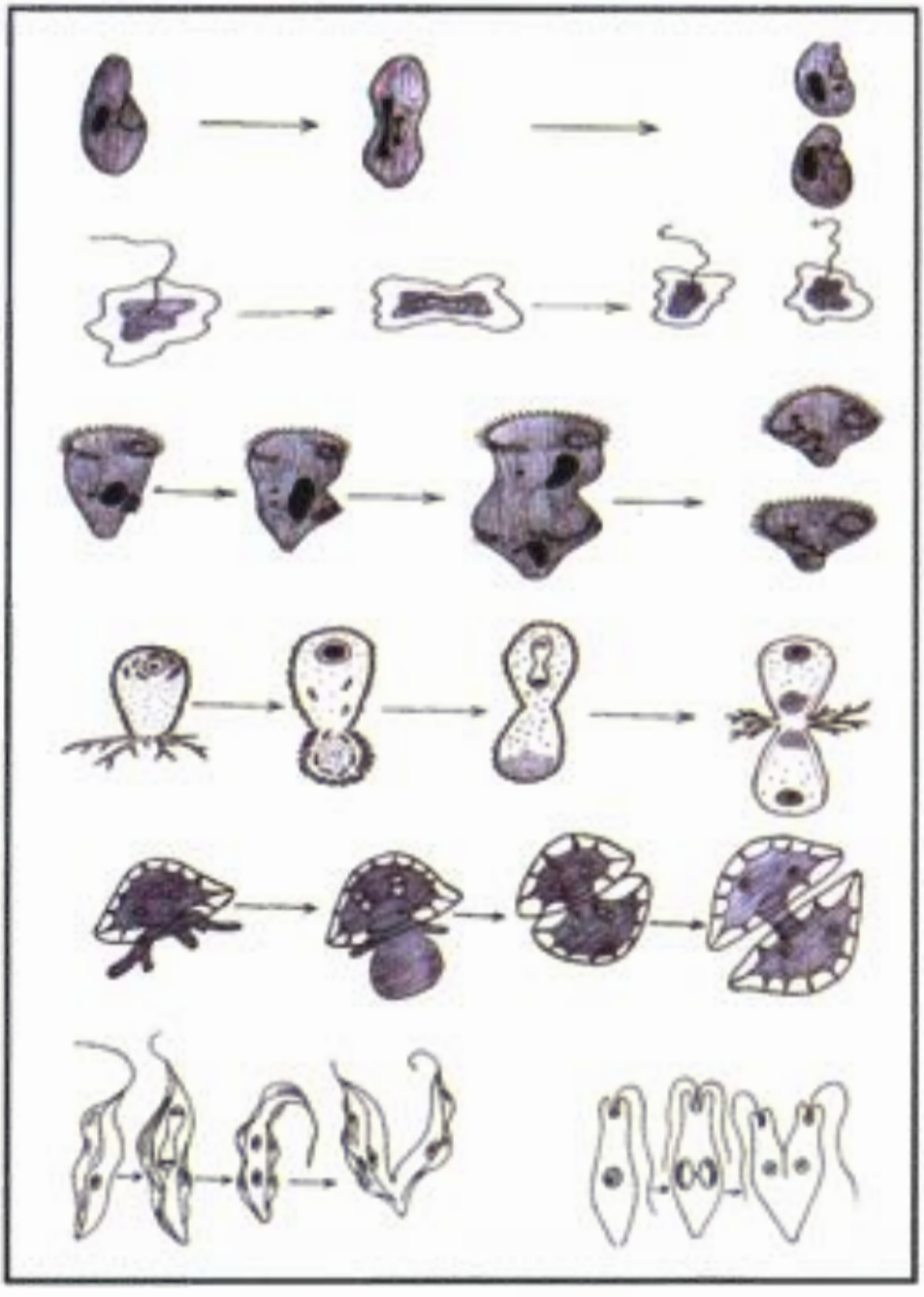
هو نمط التكاثر الذي لا يحصل فيه أية تخصيب بين الكونات الجنسية الذكرية والأنثوية، وبما أن الكائن الأولي يتكون من خلية واحدة فقط فأن هذا الأسلوب من التكاثر يحصل على المستوى الخلوي (الخلية) التي تمثل جسم الأولي. وعند متابعته في عالم الأوالي نجد أنه يحصل بعدة صور وأشكال نعتقد بأن طبيعة المعيشة كونها حرة مفردة أو مستعمرية أو طفيلية وظروف البيئة المحاطة هي العوامل التي تتحكم بنمط التكاثر ومن أهم الأنماط التي تم دراستها ما يلي:

أ- الانشطار الثنائي	**Binary fission**
ب- الانشطار المتعدد	**Multiple fission**
ج- التبرعم	**Budding**
د- التكاثر الانفلاقي (الانشطاري)	**Schizogony**
هـ- الانقسام الداخلي أو التوالد	**Endodyogeny**

(أ) الانشطار الثنائي Binary fission:

وهو حالة من الانقسام الخيطي البسيط لفرد أو كائن إلى اثنين بفترة زمنية قصيرة ويتكرر عدة مرات طيلة فترة العمر الفسلجي أو خلال مواسم النمو والتكاثر للأوالي التي تنشط موسميا. ويتم فيه انقسام نواة الكائن الحي أولا بطريقة الانشطار الخيطيMitosis وفي بعض الأوالي يحدث داخل الغلاف النووي على عكس ما هو في البعديات حيث ينحل غلاف النواة أولا ثم تتطاول تدريجيا وبعدها يحدث الانقسام لمحتوياتها وقد أمكن ملاحظة الأجسام الصبغية Chromosomes

ولليفات المغزل Spindle fibrils أثناء الانشطارات الخيطية لعدد من الأوالي. وبعد انقسام النواة يبدأ السايتوبلازم بالتحصر التدريجي ومن ثم الانقسام ويسمى الانقسام بالخلوي Cytokinesis وهو يتم بعد الانقسام أخيطي النووي Karyokiness، ويحصل هذا النمط من التكاثر في اغلب أفراد شعبة السوطيات اللحمية من طائفة السوطيات النباتية كما في اليوغلينيات والسوطيات الحيوانية كما في التريبانوسوما وفي جذرية القدم من الاميبات العرية والمغلفة وكذلك سجل في أفراد شعبة حاملات الأهداب كما في البراميسيوم والفورتسلا والاوبلينيات كما في أفراد جنس أوباليا وغيرها الكثير من الأوالي. وقد وجد إن هذا الانقسام يكون طوليا من أعلى الجسم إلى أسفله كما في اليوغلينا أو بالعكس كما في التريبانوسوما أو مستعرضا أو من منتصف الجسم كما في البراميسيوم والفورتسلا، وقد تكون الأجزاء المنشطرة متناظرة في الحجم والمكونات أو غير متناظرة حسب نوع الكائن الحي وذلك لأن بعض العضيات تنقسم إلى أجزاء ثنائية متماثلة مثل النواة والمايتوكندريا والمزود والدهليز الفمي والبقعة العينية وغيرها وفي البعض الأخر تبقى العضيات في احد الكائنين ويتكون نظير لها بشكل جديد في الكائن النظير الناتج من الانقسام وما يقال عن العضيات الداخلية يمكن أن نجده كذلك في الملحقات الجسمية كالأسواط والأقدام الأنبوبية والشعيرات اللاسة والأقدام الجذرية وغير ذلك. والشكل (3-10) يبين طرق مختلفة لحصول الانشطار الثنائي في نماذج مختلفة من الأوالي.



شكل (3-10) بعض طرق حدوث عملية الانشطار الثنائي في أوالي مختلفة.

(ب) الانشطار المتعدد Multiple fission:

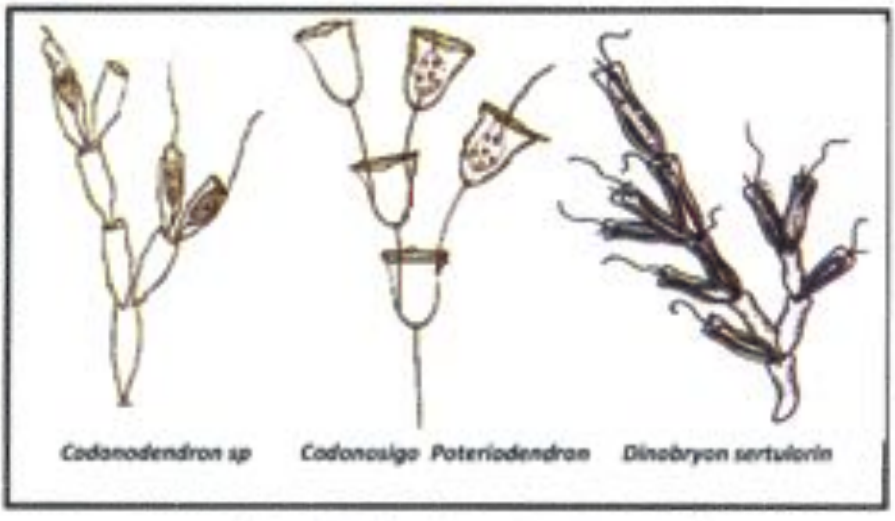
وهو حالة من حالات الانشطار الثنائي ولكنها تستمر بصورة متصلة في عدد من الانقسامات المتلاحقة لنفس الخلية الأم، حيث تنقسم النواة عدة انقسامات يحيط كل منها جزء من السايتوبلازم ما يكون سلسلة طويلة من الأفراد وبذلك تكون كتلة كروية أو على شكل وردة من الكائنات الحية التي تبقى جميعا متصلة من نقطة معينة تجتمع فيها الأفراد الناتجة من الانقسام وكما في الشكل (3-11) التالي:

شكل (3-11) نماذج من التكاثر بالانشطار المتعدد في الأوالي.

لوحظ هذا النوع من التكاثر في عدد من الكائنات الأولية وخاصة في بعض أجناس مجموعة السوطيات الذهبية ومجموعة Eugregarinida من الطفيليات البوغية وكذلك في بعض الأوالي السوطية الحيوانية من رتبة السوطيات الطوفية كما يلجأ إلى هذا النمط بعض الأفراد من حاملات الأسواط الحيوانية من مجموعة Trypanosomatina وبعض الشعاعيات كما في جنس *Thalassophysa* وغيرها.

(ج) التبرعم Budding:

ويحصل هذا النوع بامتداد فرد جديد على شكل برعم من جسم الخلية الأم على سطح الخلية وبعد ذلك يدخل فيه احد نواتج الانقسام النووي والى أن يتم وصول المادة الوراثية يبداء بالانفصال تدريجيا وينمو إلى حجم الكائن الحي الأصلي أو يبقى متصل بالأم عن طريق غشاء ويكون بذلك مستعمرة ويكون هذا النمط من التكاثر اللاجنسي شائعا في مجموعة حاملات الأهداب وفي أنواع من السوطيات النباتية والحيوانية كما في الشكل التالي:

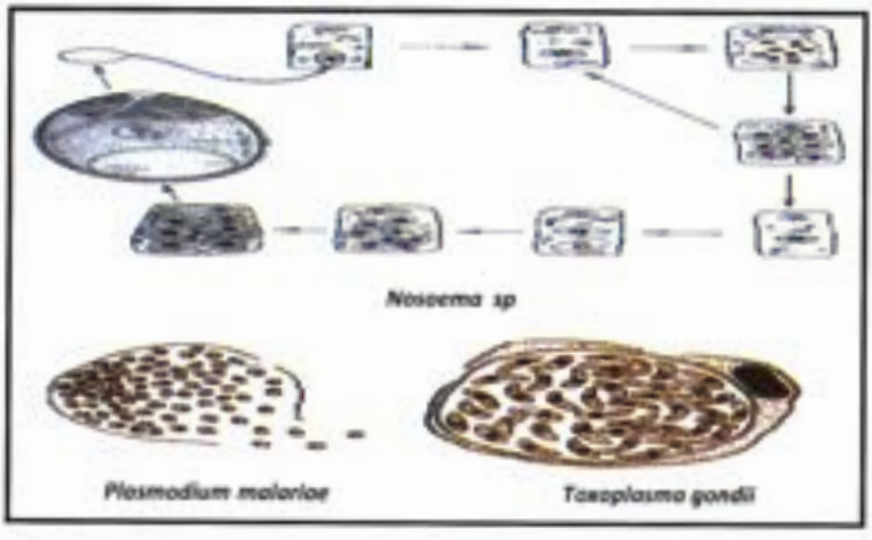


شكل (3-12) نماذج من التكاثر بالتبرعم في الأوالي.

(د) التكاثر الانفلاقي (الانشطاري) Schizogony:

وهذا النوع من التكاثر لا يبدأ بتكوين البرعم إلا بعد عدة انقسامات نووية تتراوح من أربعة انقسامات إلى عدة آلاف وتبدو كأنها براعم وهو شكل من أشكال الانشطار المتعدد. الدراسات المجهرية بينت بأنه نوع من أنواع التبرعم المتعدد حيث تتحرك النواة الأم بعد سلسلة من الانقسامات

أو انقلاقين متكررين إلى محيط الخلية للكائن المفلوق Schizont، ثم يتجزأ السايتوبلازم ويحيط بكل نواة منقلقة وبذلك تنمو الإفراد المنقسمة أو البيبات Merozoites وتبدو كأنها براعم تحضن كل منها نواة داخل الخلية الأم، وبعد ذلك تنفصل عن الكائن المفلوق ويتهدم الأخير لأنه يبقى جسم سايتوبلازمي صغير، ويمكن ملاحظة ذلك في المخلوقات المصورة في كريات الدم الحمر والخضاب البردائ حيث ينحصر هذا النوع من التكاثر في البوغيات والاعتقاد السائد في البوغيات الدقيقة Microsporida مثل جنس *Nosoema, Caniculi, Myxobolus* أو في جنس *Plasmodium* وهي أوالي طفيلية .



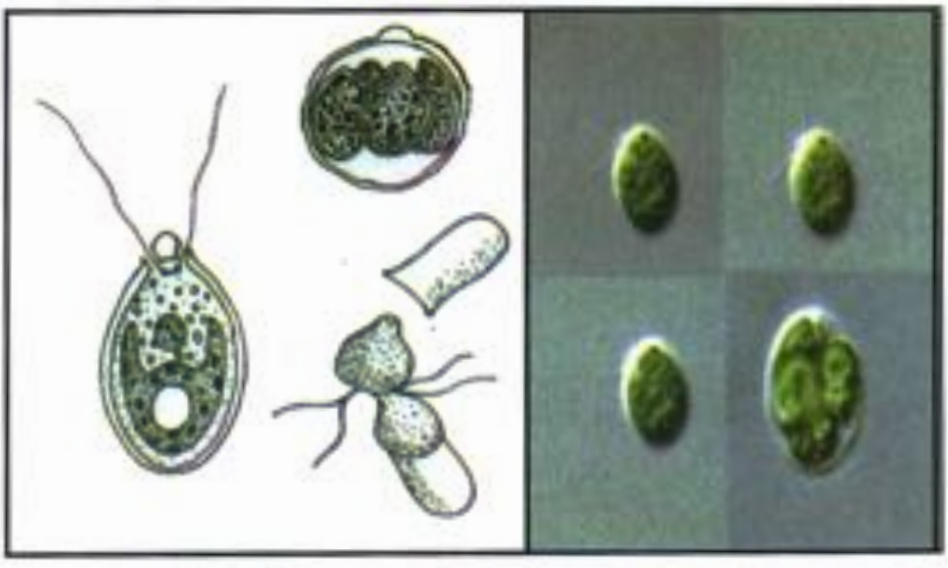
شكل (3-13) نماذج من التكاثر الانقلاقي Schizogony في أجناس *Nosoema*، *Plasmodium* و *Toxoplasma*.

(هـ) الانقسام الداخلي المتكرر أو التوالد Endodyogeny:

وهو يحصل من تطور فردين أو خليتين بنويتين داخل الخلية الأم ويزداد هذا العدد إلى أربعة من الأفراد إلى إن يتم في النهاية تحطيم الغلاف الخارجي للخلية الأم بخروج عدد من الأوالي الصغيرة المشابه للآباء، وتسمى هذه العملية في بعض الأحيان بالتبرعم الداخلي Internal budding.

ويعتبر هذا التكاثر أقل نمط من أنماط التكاثر اللاجنسي وهو يحدث في مملكة الأوالي وبذلك يعتبر من الصفات الخاصة والمميزة لها، وهو ما يثبت أنها عالم مستقل بنفسه حيث لا توجد مثل هذه الحالة عند النباتات أو الحيوانات الأخرى. أي أن هذا النوع من التكاثر هو انقسام ثنائي بسيط

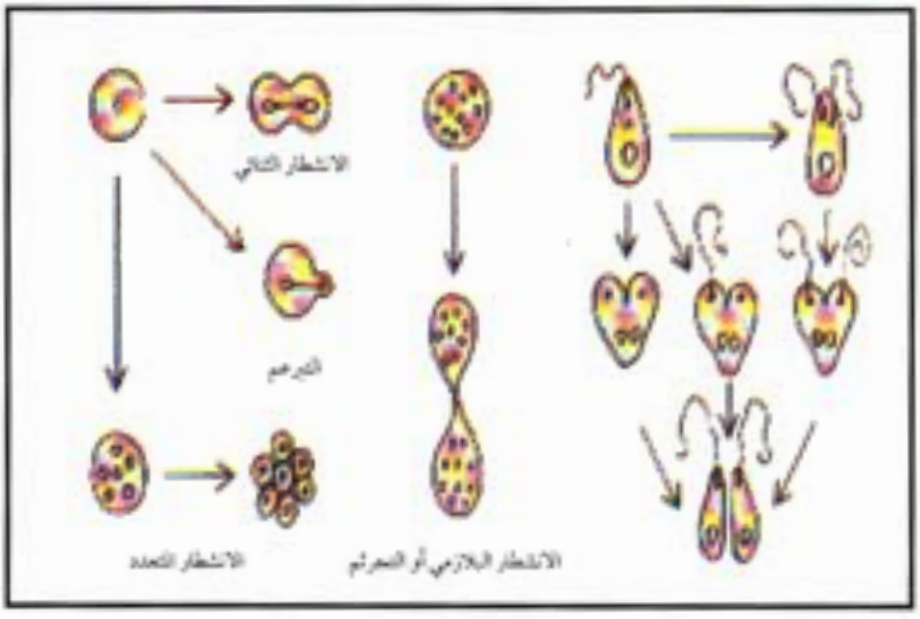
ولكنه يحصل ويتكرر داخل غلاف الجسم نفسه ويعتقد الباحثون بأنه وسيلة من وسائل التكيف البيئي تلجأ إليه هذه الجاميع لغرض المحافظة على الأنواع ومقاومة البيئة والشكل (3-14) يبين حالة انقسام في الخلل وأخرى لخطط توضيحي لأحد الأوالي السوطية.



شكل (3-14) مراحل التكاثر بالانقسام الداخلي المتكرر في جنس *Clamydomonas reinhardtii* .

وقد شخص هذا النمط التكاثري في بعض الأوالي المتطفلة من اليوغيات وفي السوطيات النباتية مثل جنس Chlorella وبعض الأميبات المتكيسة وكذلك سجل في بعض اليوغلينيات عندما تتعرض إلى ظروف بيئية قاسية وغيرها، ومما يميز هذا النمط من التكاثر أن الأفراد الصغيرة الناتجة هي عبارة عن أفراد يافعة كاملة العدد الكروموسومي.

ولقد لخص الباحث(Weisz, 1973) مراحل وأنماط التكاثر اللاجنسي التي تحصل في مملكة الأوالي وشعبها وأجناسها وأنواعها المختلفة المعيشة سواء كانت حرة مفردة أو على هيئة مستعمرات أو ذات معيشة طفيلية أو غير ذلك، من عمليات انشطار ثنائي بسيط أو انقسام متعدد أو داخلي متكرر أو تجرثم داخلي أو ما يسمى بالانفلاقي والذي ينتج عنه أعداد كبيرة من الأبواغ، أو تبرعم من الخلية الأم للكائن الأولي وتكوين مستعمرة كبيرة أو صغيرة حسب نوعه ونمط المعيشة، كما في المخطط التالي المبين بالشكل (3- 15).



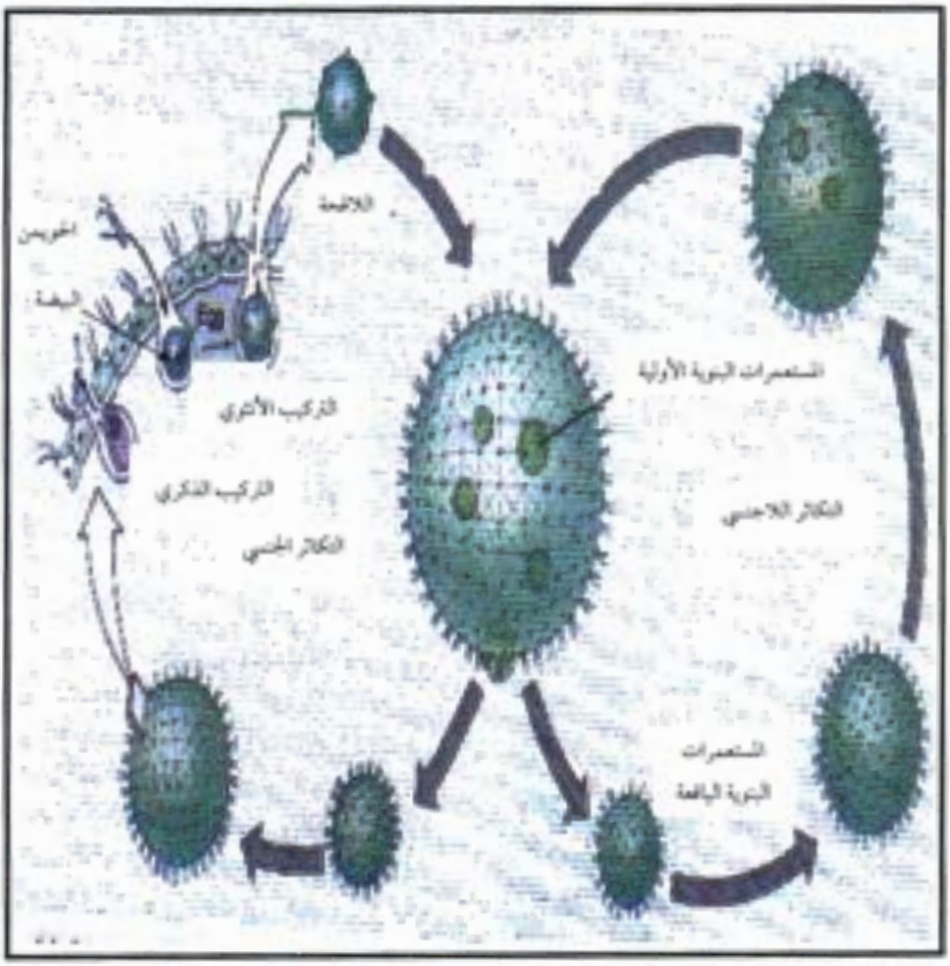
شكل (3-15) مخطط عام يوضح أنماط التكاثر اللاجنسي في الأوالي. عن (Weisz, 1973).

(2) التكاثر الجنسي Sexual reproduction:

لا يحدث التكاثر الجنسي بالمعنى المعروف في هذه الأحياء لان التكاثر الجنسي هو عملية اتحاد بين خلايا ذكرية وأخرى أنثوية لينتج فرد مخصب يحتوي على أزواج من الكر وموسومات، وان الأوليات ليس لها أجنة ولكن مع ذلك تحدث الظواهر الجنسية كثيرا في بعض المجاميع من هذه الأحياء.

ويمكن أن يسبق التكاثر الجنسي بعض حالات التكاثر اللاجنسي وتتضمن المظاهر المهمة للعمليات الجنسية (الانقسام الاختزالي) حيث تنقسم الكروموسومات وتتحول من العدد الزوجي Diploid إلى العدد الفردي Haploid وتتكون الأمشاج Gametes أو على الأقل الأنوية المشجية Gamete Nuclei ثم تتحد الأنوية المشجية أو الأمشاج مرة أخرى. ويعتبر الجنس هنا في الأوليات وسيلة لإعادة التركيب الوراثي، حيث عادة ما تحمل الأنوية المشجية أو الأنوية الأولية Pronuclei التي تتحد في الإخصاب لكي تستعيد العدد المزدوج للكروموسومات في خلايا مشيجية خاصة صفات ذكرية وأنثوية تعمل على توحيد الخصائص الوراثية وتقويتها لكل نوع تحصل فيه هذه الخطوات وكما يتضح ذلك في الشكل (3-16) الذي يبين خطوات التكاثر الجنسي في أحد أنواع الكلاميدوموناس من الأوالي السوطية النباتية.

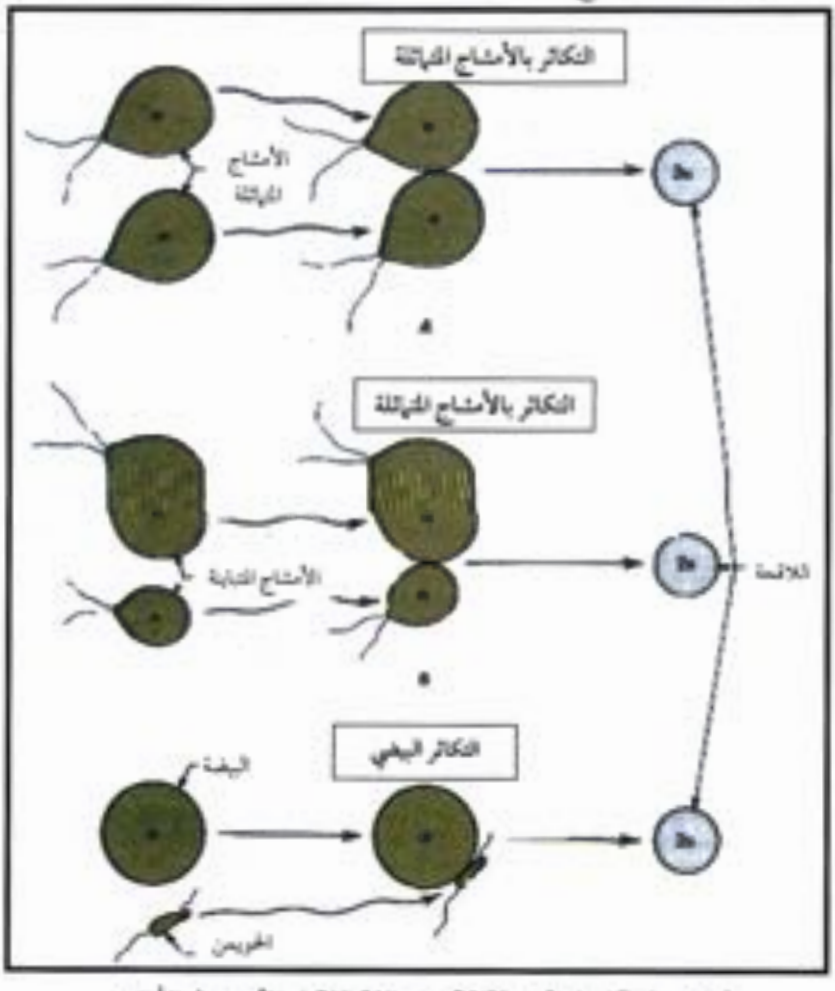
ويسمى التكاثر الجنسي بالاقتران Syngamy عندما تتحد خليتين تناسليتين مع بعضهما ويندمج سايتوبلازمهما والنواة وينتج عن ذلك لاقحة Zygote نتيجة حدوث عملية إخصاب مشيج بآخر، وهذا ما يعتبر من بدايات التكاثر الجنسي في الأوالي وتحصل عملية الاقتران بعدة صور وتأخذ عدة تسميات اعتماد على طبيعة الاقتران وأشكال الأمشاج، فعندما تكون هذه الأمشاج متشابهة Isogametes.



شكل (3-16) مراحل التكاثر الجنسي وتكون الامشاج وعملية اتحاد الانوية الاولية في السوطيات (Weier et al, 1970).

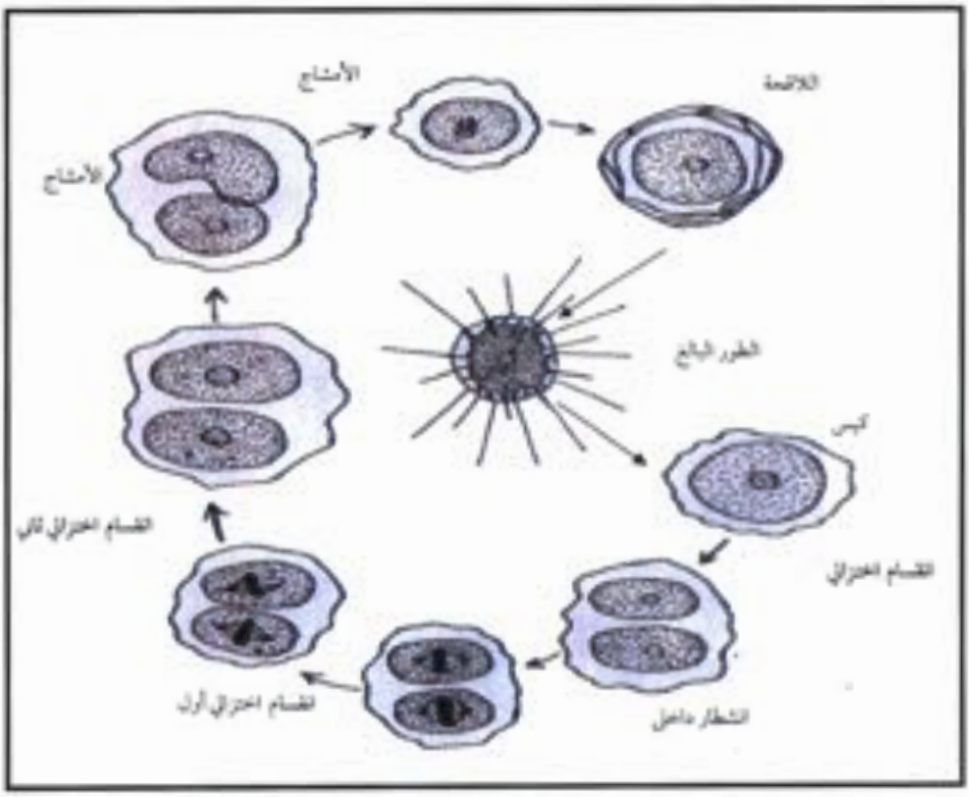
وعندما يسمى بالاقتران المتشابه isogamy كما يحصل في جنس المونستس Monocystis أو إن تكون الأمشاج متباينة في الشكل والحجم والسلوك An isogametes. ويسمى الاقتران Anisogamy

كما في جنس والبلازموديوم وفي بعض الحالات تتصرف بعض الأمشاج كبيضة Egg والاخر كحيمن Sperm كما يحصل في مستعمرات الفولفكس ويسمى عندها التكاثر بالاتحاد المشيجي البيضي Oogamy وفي حالات معينة يحصل اقتران بين كائنين كاملان لايكونان أمشاج في الأصل ولكن يسلك كل منهما وكأنه مشيج ذكري وأخر انثوي وعندها يسمى الاقتران بالاقتران الكلي أو التام hologamy كما يحصل بين أفراد جنس الكلاميدوموناس من السوطيات النباتية وجنس *Euocomonympha* من مفرطة الأسواط الحيوانية (Brusca & Brusca,2004 ، Farabee,2003) والشكل (3-17) يبين بعض أنماط الاقتران بين الأمشاج المختلفة:



شكل (3-17) نماذج مختلفة من حالات الاتحاد المشيجي في الأوالي.

كما وجد الباحثون بأن بعض الظواهر الجنسية التي تحدث في الحيوانات الأولية لا تشمل هذه الطريقة في تكوين الأمشاج بل يكوين الإخصاب الذاتي Autogamy حيث أن الكائن الحي المتكيس يحدث فيه انقسام اختزالي يعقبه انقسام خيطي متكرر ثم يعطي جيئات (أمشاج) داخل الغلاف تخصب بعضها الآخر وتتحد لتكوين زايكوت داخلي ثنائي الأنوية تتحد الأنوية الأولية وينشأ عنها الأنوية المشيجية المخصبة داخل نفس الكائن الذي أنتجها ومن ثم يتكون فرد خصب جديد يتحرر من الغلاف ليكون أولي جديد ويسمى الاقتران عندها بالاقتران الذاتي Autogamy وأمكن ملاحظة ذلك جنس الاكتينوفريس Actinophrys في مجموعة الأوالي الشمسية وكما مبين في الشكل (3- 18).



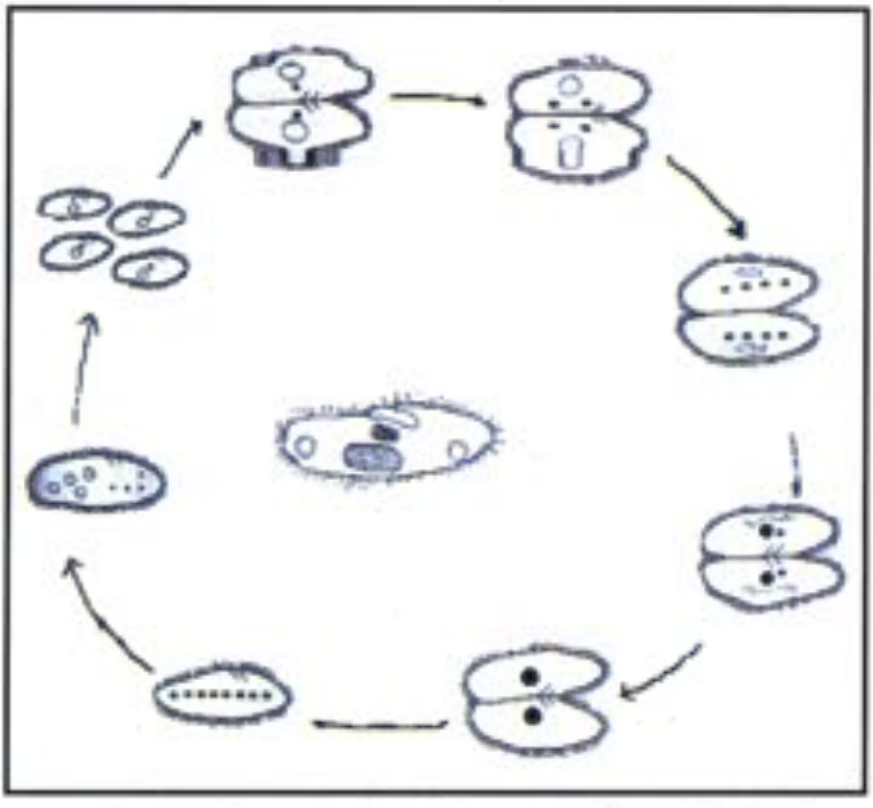
شكل (3-18) عملية الإخصاب الذاتي في الشمسيات.

وقد تم تشخيص الانقسام الميوزي Meiosis أو الميوزي المشيجي Gametic meiosis في بعض السوطيات من ثنائية الأسواط الدوارة والشمسيات والهدبيات كما في الشكل (3- 19). وأيضا سجلت بعض الملاحظات في مجاميع مختلفة من البوغيات حيث وجدوا إن الانقسامات الأولية التي تحدث يكون الإخصاب فيها من النوع الاختزالي وتسمى الانقسام الاختزالي الزايكوتي Zygotic meiosis.

شكل (3-19) الانقسام الاختزالي الزايجوتي Zygotic meiosis في بعض اجناس السوطيات الدوارة.

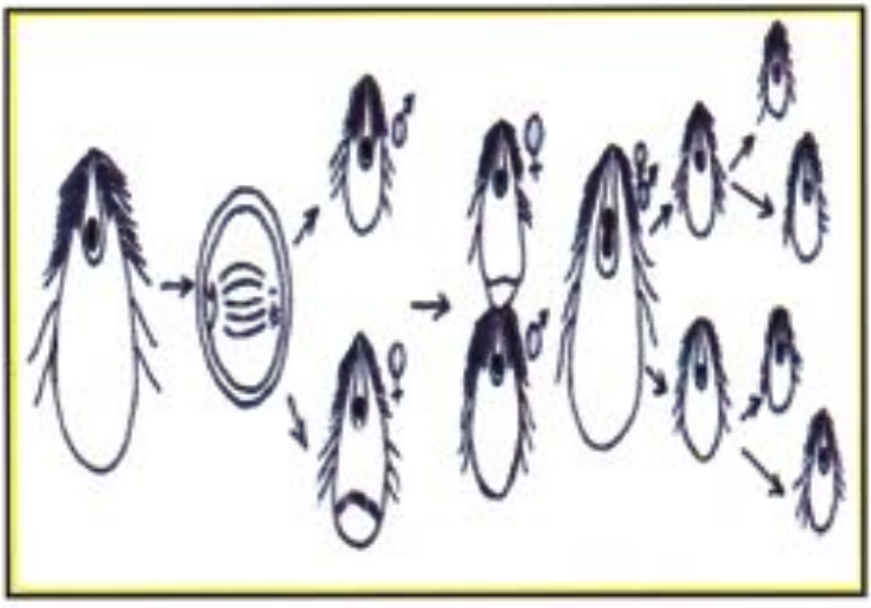
وهذه العملية تختلف عن عملية الاقتران المتبادل أو اللاإخصاب المتبادل Conjugation التي تحصل في الأوالي الهدبية، والتي يتم فيها تبادل المادة الوراثية بين الأنوية المشيجية بين فردين يقترنان لفترة محدودة (المقترنان Conjugates) كما يحصل في البراميسيوم من شعبة الهدبيات حيث أن الأنوية المتحدة في النهاية تعود إلى كائنين مختلفين تم لقائهما بشكل عشوائي في البيئة الخارجية (الماء) وهنا يكون الهدف من الاتصال تطعيم الخيوية والخصوبة نتيجة لعبور المادة الوراثية بين الكائنين المتصلين.

حيث بينت بعض الدراسات الخلوية أن افراد البراميسيوم المتقدمة بالعمر هي التي تلجأ إلى هذا الأسلوب. كما أن العدد الناتج من عملية الاقتران يكون أكثر من حالة الإخصاب الذاتي لكون الانقسام فيها يكون متعاقب بين الاقتران والتخصيب النووي ومن ثم الانقسام المباشر، كما يتبين في الشكل (3- 20) التالي.



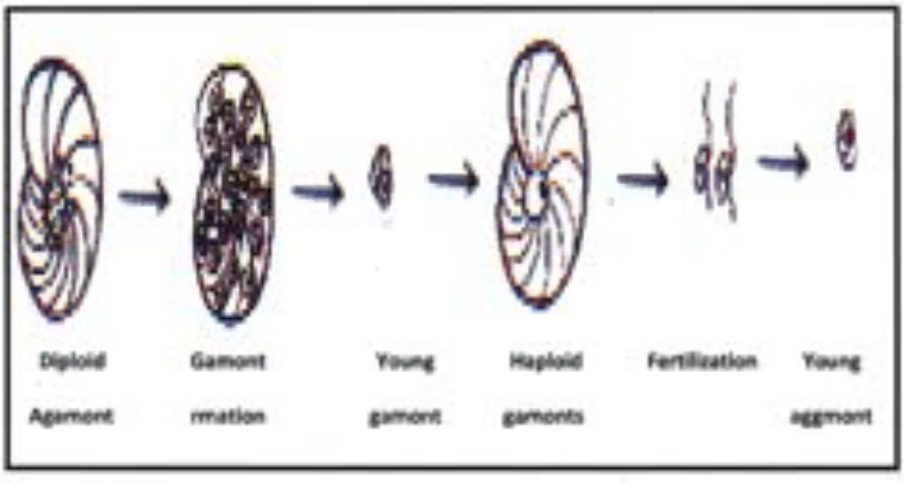
شكل (3-20) التكاثر الجنسي بعملية الاقتران Conjugation في الهدبيات.

وقد أشار بعض الباحثين مثل (Brusca & Brusca, 2004) وغيرهم إلى إمكانية حصول عملية الاقتران في بعض أجناس رتبة مفرطة الأسواط كما في جنس *Trichonympha campanula* حيث تقترن الأمشاج الناتجة من عملية التكيس وتتصرف كأنها أفراد ذكرية وأنثوية وتقترن وتلاقح فيها الأنوية ومن ثم ينقسم الفرد الناتج ليعطي عدة أفراد صغيرة كما مبين في الشكل (3-21).



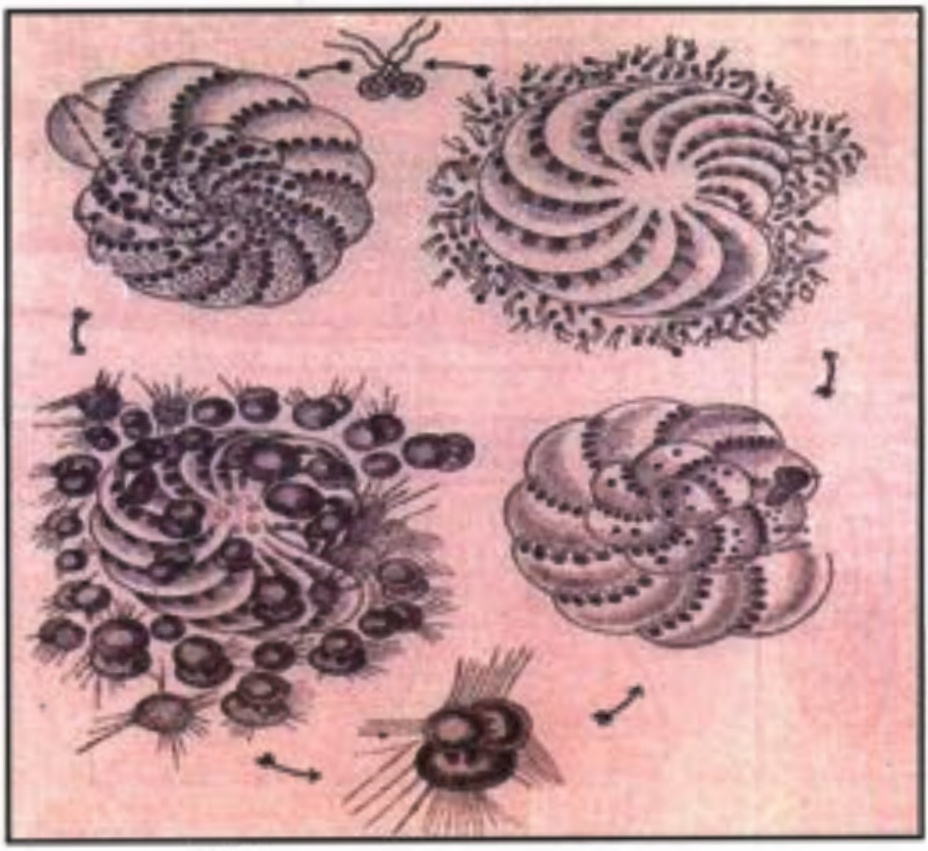
الشكل (3-21) عملية الأقران في رتبة مفرطة الأسوات.

وهناك نوع من التكاثر الجنسي يحدث في الجيبشيكيات يسمى بظاهرة تبادل أو ترادف الأجيال aspheric generation ذات العدد الفردي والعدد الزوجي من الكروموسومات وتدعى هذه العملية أيضا بالانقسام الاختزالي الوسطي Intermediary meiosis . كما في الشكل (3-22).



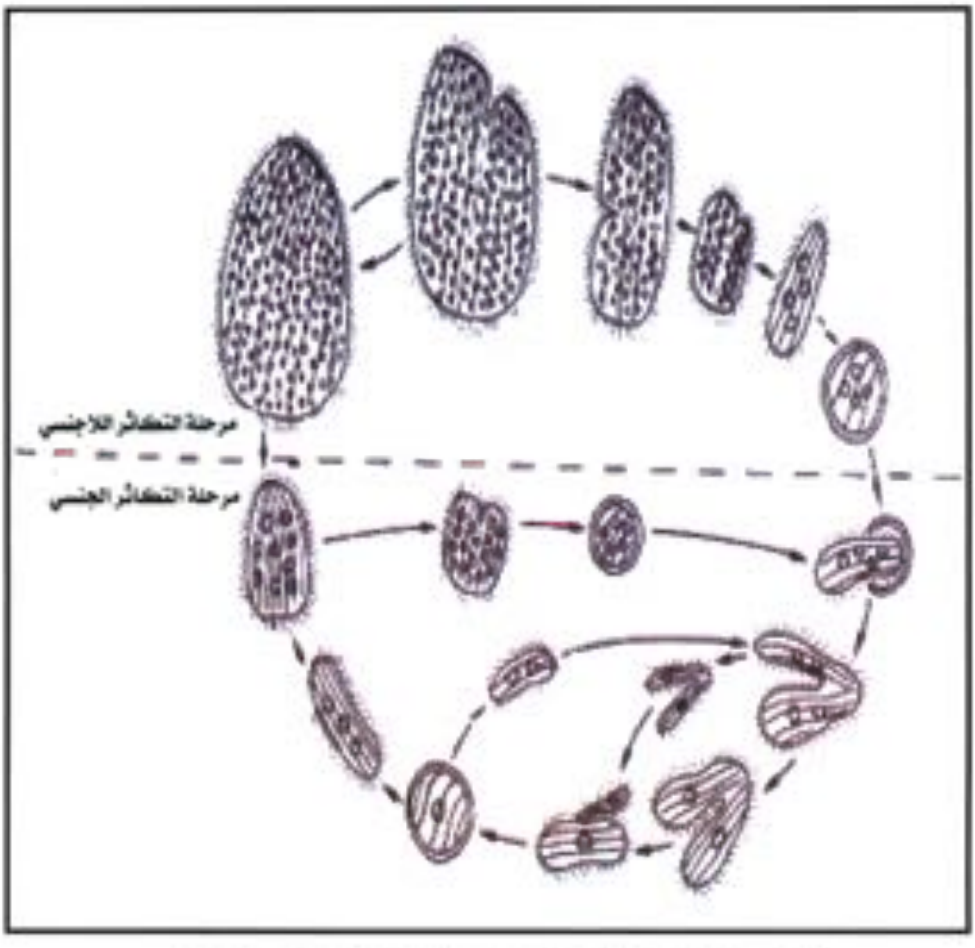
شكل (3-22) مراحل الانقسام الاختزالي الوسطي Intermediary meiosis في الجيبشيكيات/ جنس *Eiphidium crispum* (Seligh,1989).

أو كما يحصل أثناء دورة حياة جنس *Polystomella* وهو من الأجناس الشائعة من رتبة المنخريات foraminifera في منطقة السواحل البحرية حيث يلتصق على أي جسم في الماء وأحياناً على جسم المنخريات الأخرى الكبيرة ويقوم بطرح أعداد كبيرة من حيوانات صغيرة مسوطة (أمشاج مسوطة) تسمى podiospores لأنها تماثل حالة الأبواغ في تكوينها، تنطلق إلى الماء وتقترن مع أمشاج مسوطة أخرى لحيوان ثاني أو تتحد مع أمشاج من نفس الحيوان وتكون لاقحة ثنائية ثم تمر المجموعة الكروموسومية بمراحل انقسام اختزالي وسطي وتنمو لتكون حيوان يافع ومن ثم يكون الطور البالغ. كما في الشكل التالي (3- 23).



شكل (3-23) مراحل الانقسام الاختزالي الوسطي Intermediary meiosis في جنس *Polystomella crispa* عن (Forsker, 2006).

لكن التكاثر الجنسي في عالم الأوالي يبدوا أكثر وضوحا كما يشير الباحثون (Hickman & Hickman,1989 ،Brusca &Brusca,2004) في أفراد رتبة مفرطة الأسواط Hypermastigida من طائفة السوطيات الحيوانية وأفراد تحت شعبة الاوبليبنيات Opalinata وكلاهما من شعبة السوطيات اللحمية Sarcomastigophora، حيث تكون هذه الأوالي أمشاج ذكرية وأنثوية متباينة الحجم وهذه الأمشاج تتحد أثناء دورة الحياة داخل جسم المضيف أو العائل الذي تطفل أو تعايش داخله هذه الأوالي، لتعطي لاقحة Zygote ينتج عنها أفراد خصبة جديدة، كما في الشكل (3-24).



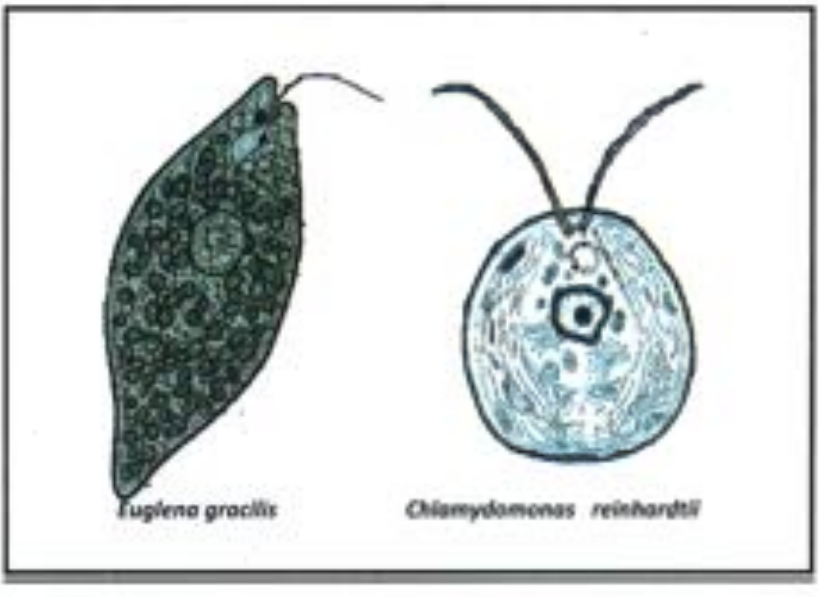
شكل (3-24) حالة التكاثر الجنسي وتكون اللاقحة في الاوبليبنيات.

التغذية في الأوالي Nutrition:

الأوالي كائنات مشتركة الأصول الحيوانية والنباتية لذلك تكون وسائل التغذية وطبيعتها مختلفة بين كائن وآخر و أيضا يرجع ذلك إلى طريقة المعيشة فقسم منها حرة المعيشة والآخر طفيلي المعيشة والثالث تعايشي ، وان تنوع وسائل الحصول على الغذاء فمنها من يملك فتحات فمية وآخر لا يملك يعتبر سبب آخر لاختلاف تنوع الغذاء ووسائله لذلك نجد جميع الطرز وأنماط التغذية تقريبا في هذه المجموعة من الكائنات الحية وسجل العلماء عدد منها.

(1) التغذية النباتية الكاملة Halophytic Nutrition

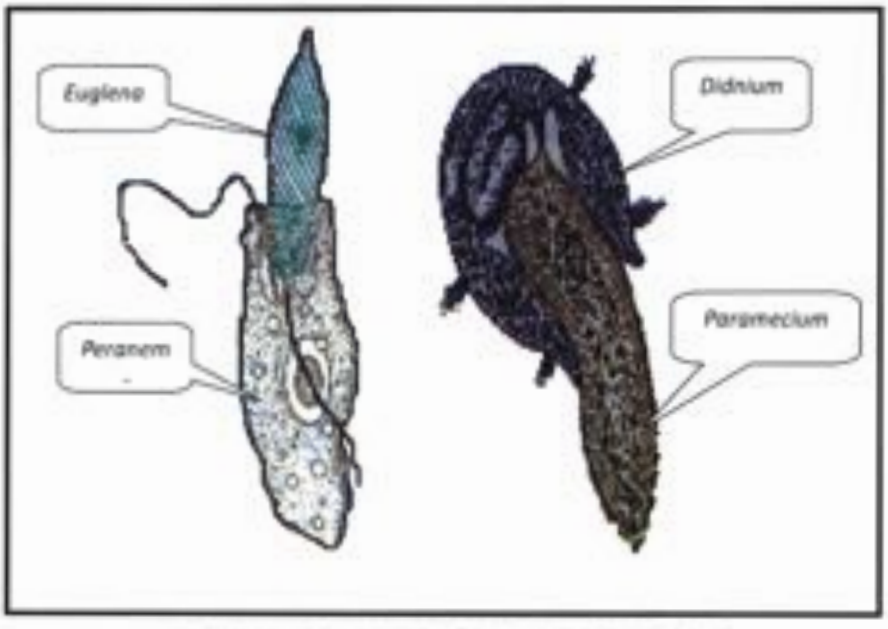
هذا النوع من التغذية يحصل في أغلب أنواع الأوالي التي تمتلك صبغات لونية (صبغات تمثيلية) تساعده في عملية البناء الضوئي حيث تستطيع امتصاص ضوء الشمس وتصنيع الغذاء العضوي بعملية البناء الضوئي المعروفة في النتجات البيتية، ونجدها في الأوالي التي تحمل صفات نباتية حيوانية مشتركة كما في أفراد طائفة السوطيات النباتية الحيوانية Phytomastigophora ومنها أجناس اليوجيلينا والكلاميدوموناس والفوكس والسيراتيم والبوتدورلينا وغيرها.



شكل (3-25) نماذج من الأوالي ذات التغذية النباتية الكاملة.

(2) التغذية الحيوانية الكاملة Holozoic Nutrition

هذا النمط من التغذية يحصل في الكائنات التي تفقد الصبغات التمثيلية التي ذكرناها في المجموعة الأولى، حيث تعتمد الأوالي هنا على التغذية المختلفة heterotrophs وهذا يتطلب أن تمتلك فتحات فمية أو أقدام كاذبة وتستطيع من خلالها افتراس الأوالي الأصغر أو الأحياء الدقيقة الأخرى، فمثلاً أفراد جنس Didinum تفترس الهدبيات الصغيرة من أفراد جنس البراميسيوم، وهذا الأخير يفترس البكتريا والطحالب، والشكل (3- 26) بين نماذج من هذه التغذية.

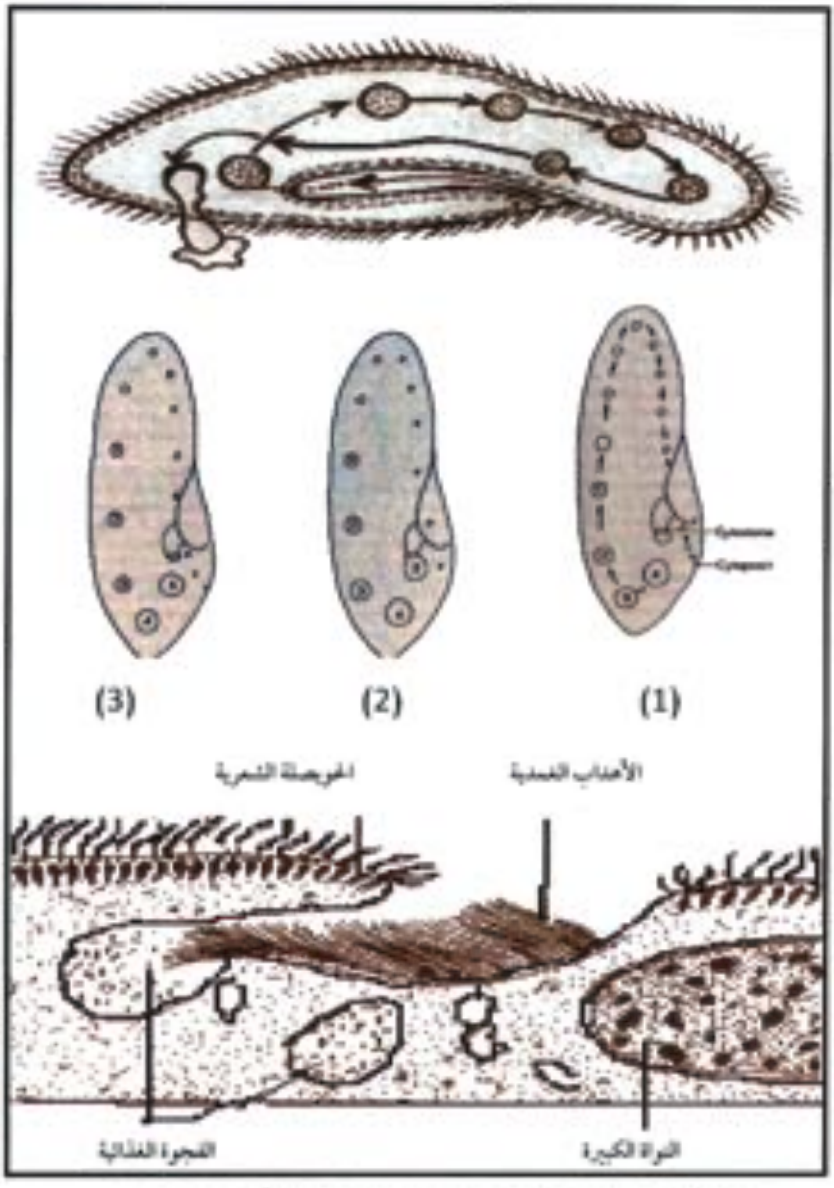


شكل (3-26) طريقة التغذية الحيوانية الكاملة بالافتراس.

(3) التغذية البلعمية Phagotrophis Nutrition

نجد هذا النمط من التغذية في بعض الحيوانات التي تستطيع ابتلاع الغذاء العضوي الموجود في الوسط على شكل جزيئات طعام كبيرة عن طريق ترشيح الغذاء الداخل مع الماء ومن ثم دفعه داخل الدهليز الفمي الذي يقع تحت القم الخلوي وبعد ذلك تتكون فجوه غذائية تنفصل تدريجيا بعد إحاطتها بالقطعة الغذائية وتندفع نحو السايتوبلازم ليتم هضم الغذاء من قبل الأجسام الحالة ومن ثم امتصاصه فيما بعد داخل السايتوبلازم، وتبدو العملية وكأن الأولي قد قام بعملية ابتلاع للغذاء، ويوجد في هذا النمط أغلب الهدبيات التي تمتلك فم غشائي، ويكون مكان البلعمة تركيبًا غمدياً

عدداً هو الفم الخلوي سواء كان ثابتا أو مؤقتا. والشكل (3-27) يبين التركيب الخلوي الفمي أو البلعوم Buccal cavity مراحل عملية الابتلاع وتكون الفجوة الغذائية ومراحل تحلل هذه الفجوات ودوران الغذاء في نموذج من الهدبيات.



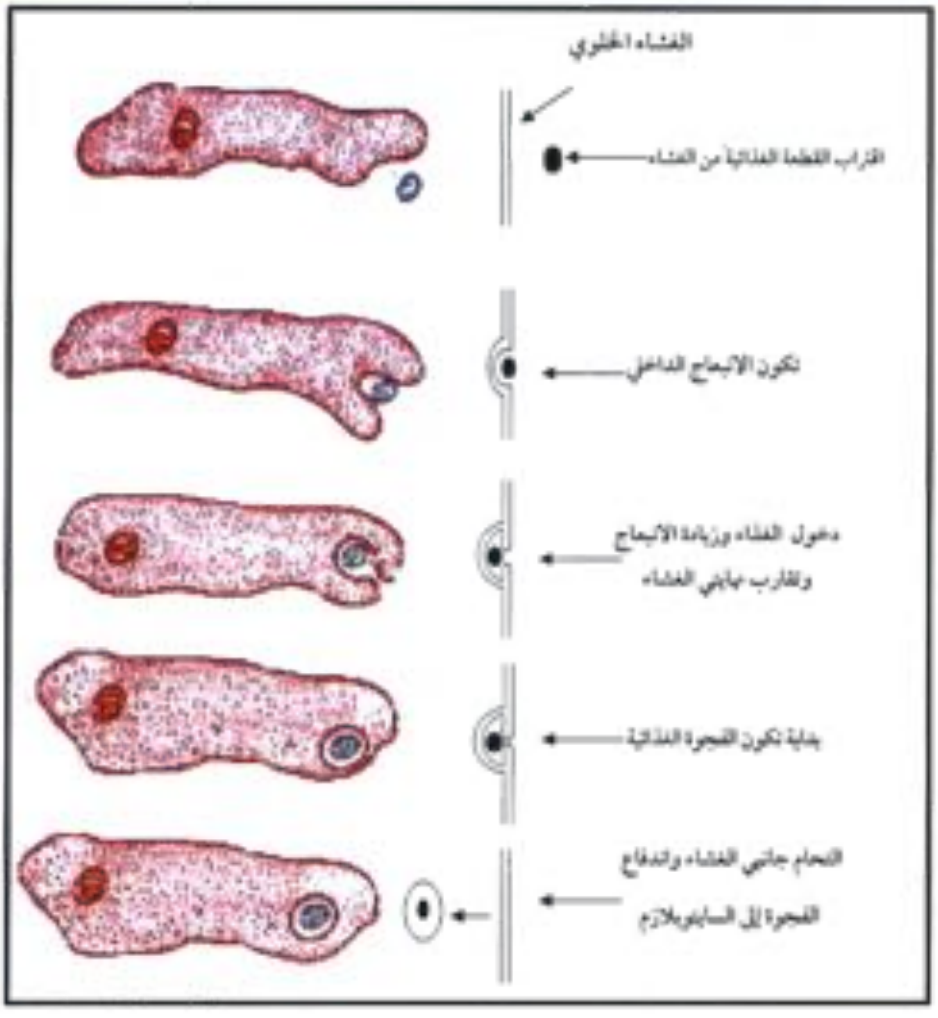
شكل (3-27) مراحل تكون الفجوة الغذائية في الأوالي الهدبية.

وفي بعض الأوالي التي لا تمتلك فم خلوي كما في بعض الأميبيات الحرة المعيشة نجد نمط آخر للتغذية البلعمية والذي يسمى أحياناً بالبلعمة الخلوية phagocytosis حيث يتم في هذه الأوالي دخول الغذاء (الجزيئات الكبيرة التي لاتدخل بالطرق التقليدية في عملية الانتشار والتناقذ وغيرها) عن طريق الغشاء الخلوي ولكن بطريقة خاصة جداً لحصل بعدة خطوات منها:

1- عندما تقترب قطعة الغذاء من غشاء الخلية يحصل فيه انثناء إلى الداخل وتكون انبعاج تندفع في القطعة الغذائية إلى داخل جسم الأولي.
2- يزداد تقعر الانبعاج إلى الداخل ويبدأ بإحاطة القطعة الغذائية من جميع الجوانب.
3- بعد اكتمال الإحاطة تلتصق نهايات الغشاء مع بعضها وتنفصل على شكل فجوة غذائية food vacuole أو الجسم البلعمي phagosome تندفع داخل السايتوبلازم.
4- تتحرك الأجسام الحالة وتحيط بالفجوة الغذائية وتقوم بهضم محتوياتها الغذائية عن طريق مجموعة من الإنزيمات وبذلك تتم عملية الاستفادة من الجزيئات العضوية الموجودة في الوسط البيئي بعدة طرق والشكل التالي يبين مراحل هذا النمط من التغذية.
5- بعد امتصاص الغذاء امتصاص المواد المهضومة تبقى الفجوة المخلفات غير المفيدة ويتم التخلص منها بطريقة معاكسة تسمى الطرد الخلوي exocytosis حيث تبدأ الفجوة بالاقتراب والالتصاق بغشاء الخلية بواسطة ويتم إفراغ محتوياتها خارج الخلية. شكل (3-28) .

(3) التغذية الناضحة أو الازموزية Osmotrophs Nutrition:

هذا النوع نجده في اغلب الأوالي التعايشية والمتطفلة التي تحصل على الغذاء عن طريق نضوح المادة الغذائية الجاهزة والذائبة في السوائل الجسمية كالدم أو السوائل الخلوية للمضيف حيث تقوم هذه الكائنات بامتصاص الغذاء الجاهز وسائل مختلفة تسمى بالارتشاف الخلوي. وكذلك يحصل مثل هذه التغذية في بقية الأوالي التي لاتمتلك فتحات فمية أو التي تحمل صفات مشتركة حيوانية نباتية وتحل فيها حالة تبدل التغذية الذاتية إلى الرمية أو الناضحة Saprozoic كما في اليوغليبات، وأحيانا تسمى التغذية الناضحة بالارتشاف أو الشرب الخلوي Binocytosis Nutrition حيث يحصل هذا النوع من التغذية عندما يكون لدينا أولي لا يملك فتحة فمية فيستخدم الغشاء الجسمي لإدخال الغذاء بواسطة عدة عمليات منها:



شكل (3-28) مراحل تكون الفجوة الغذائية في اللحميات.

1- الانتشار البسيط Diffusion

2- الانتقال الميسر Facilitated transport

3- الانتقال الفعال Active transport

وسجل هذا النوع من التغذية في العديد من السوطيات الحيوانية وبعض الهدبيات والثقبيات وبعض البوغيات وذوات التركيب الفمي. ومما تجدر الإشارة إليه أن الغذاء الذي يدخل بهذه الطريقة

هي الجزيئات التي تكون اصغر أو بحجم فتحات الأغشية الخلوية وكذلك الجزيئات الخاصة التي تحتاجها الخلية من سكريات وفوسفات ونترات والأحاض الأمينية وغيرها.

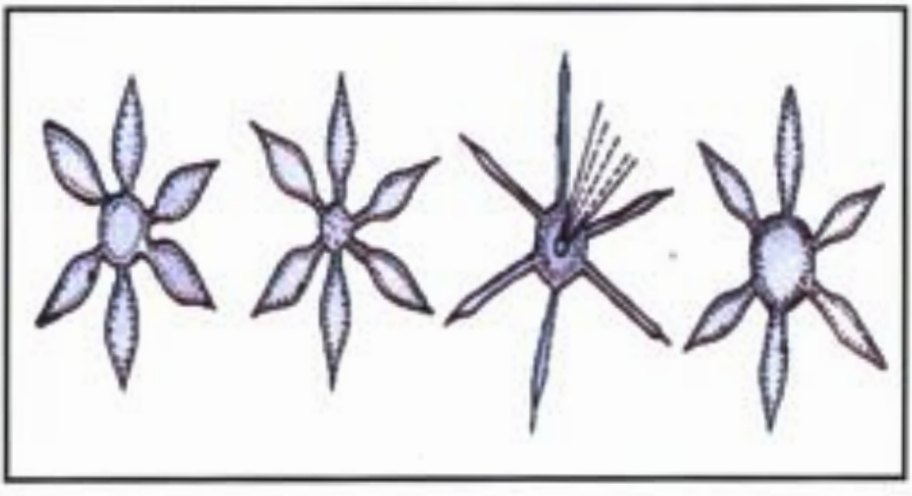
الإخراج والتنظيم الاسموزي Excretion & Osmoregulation:

الأوالي كائنات تعيش في بيئات متنوعة كما مر ذكره سابقا مثل المياه العذبة،المياه قليلة الملوحة ، المياه الشديدة الملوحة ،الترب الرطبة وترب الأراضي الزراعية وبعضها متطفل داخل أجسام الكائنات الحية الأخرى أو متطفلة خارج هذه الأجسام وهذا التنوع النسبي في موطن الأوالي وطريقة معيشتها يتطلب القدرة على التنظيم العالي للسايتوبلازم ليحافظ الجسم على حيويته ومحتوياته وبذلك لابد من أن يملك وسائل لتنظيم العلاقات الأسموزي .

وجد العلماء عند فحص السايتوبلازم لعدد من خلايا كثير من الكائنات الأولية تحت المجهر الضوئي لاحظوا تراكيب خاصة في السايتوبلازم تكون على شكل فجوات وهذه الفجوات تمتلئ دوريا بمادة سائلة تطرح بين فترة وأخرى إلى المحيط الخارجي، وقد أثبتت العديد من الدراسات الفسلجية بان هذه الفجوات المنقبضة أو المتقلصة Contractile Vacuole تعمل أساسا على التنظيم الأسموزي Osmoregulation . ومن خلال هذه الدراسات تبين أن عدد هذه الفجوات وعدد مرات امتلائها وطرح محتوياتها يعتمد على البيئة التي يعيش بها الكائن الأولي وعلى طريقة المعيشة له بالدرجة الأولى ، فمثلا عدد هذه الفجوات وعدد امتلائها أكثر في المياه العذبة من المياه المالحة ، وأيضا لاحظوا عددها يقل في الكائنات الأولية التعايشية والطفيلية والسبب يرجع إلى أن الوسط التعايشي يكون متماثل أسموزيا Isotonic وتقل الحاجة للإخراج الأسموزي .

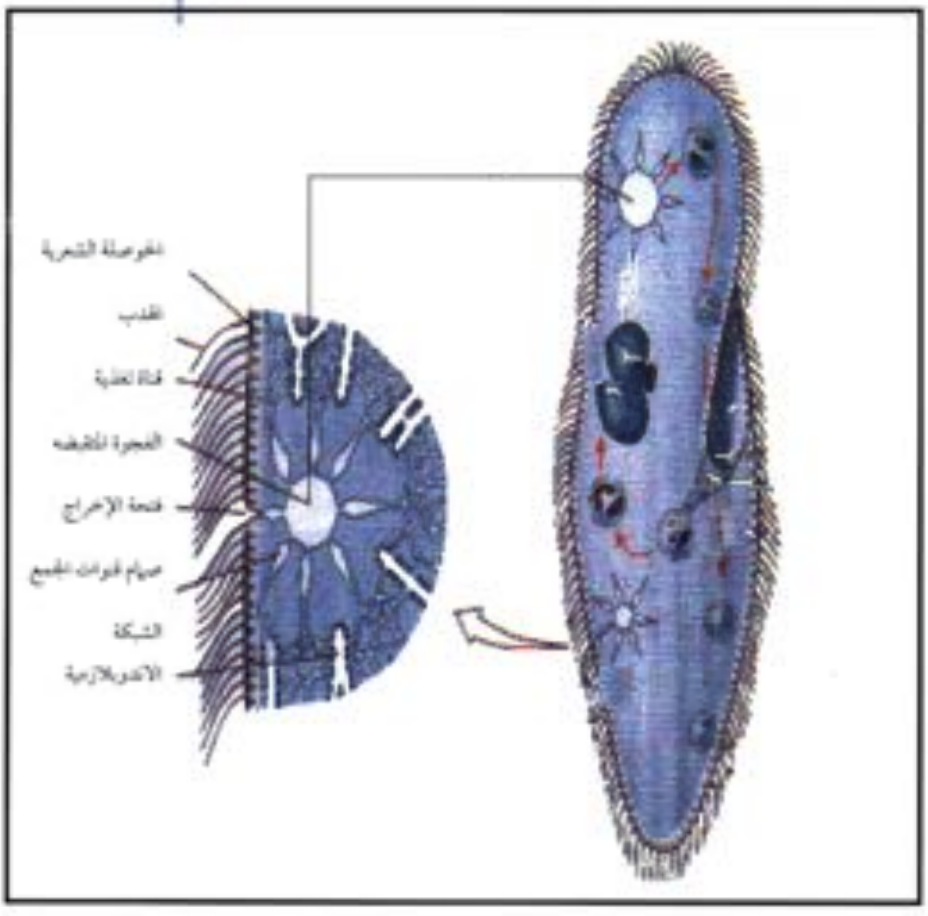
ومن الدراسات لاحظ الباحثون أيضا أن الحيوانات الأولية الصغيرة الحجم والكبيرة المساحة الغشائية نسبة إلى الجسم تكثر فيها الفجوات المتقلصة ويكون معدل امتلائها وتفريغها أسرع من الأخريات كما أن أخراج فضلات الأيض يتم بصورة كلية بعملية الانتشار Difussion ويكون الناتج النهائي للأيض هو الأمونيا NH_3 التي تنفذ بصورة سريعة خارج الأجسام الصغيرة هذه الكائنات، إن حجم وتركيب الفجوات المنقبضة أو الحويصلات الطاردة للماء Water expiusion vesicles تعمل في مقام الجهاز الإخراجي في الكائنات الحية الراقية لأنها تقوم بالتخلص من بقايا الغذاء والأملاح والأمونيا والمواد السامة، وتختلف الفجوات كثيرا في درجة تركيبها بين الأنماط

المختلفة للحيوانات الأولية وحسب طبيعة الأوي وتطوره فمثلا في الأميبات لا تكون الفجوة في مكان ثابت بل تتحرك مع الأندوبلازم حيث تتصل فيها فجوات صغيرة تفرغ فيها المحتويات وعند امتلاء الفجوة الكبيرة تقترب من الغشاء الخلوي لتطرح محتوياتها إلى الخارج، وهذه الميكانيكية نجدها أيضا في بعض الهدبيات مثل بلتاريزيا Blepharisma بينما الهدبيات الأخرى كالبراميسيوم فلها فجوات أكثر تعقيدا وتطورا وفا آلية خاصة في التنظيم وتوجد في مواقع خاصة تحت الغشاء الخلوي وتكون ذات ثقب خارجي Excretory pore متصل بالغشاء مسيطر عليه بآلية للإغلاق والفتح، ولحاظ الفجوة يمتد من القنوات المغذية على شكل أنسجة وتتصل هذه القنوات بقنوات أدق ثم تنتهي بفروع الشبكة الاندوبلازمية ولحاظ الفجوة المنقبضة بحزام من الليفات التي قد تلعب دورا مهما في انقباض هذه التراكيب وكما في الأشكال التالية.



تتم آلية التخلص من السوائل والمواد الزائدة عن الجسم بواسطة الفجوة المنقلصة حيث تتكون هذه الفجوة من فجوة مركزية تحيط بها القنوات الإشعاعية تنتهي بتفرعات صغيرة وترتبط مع الغشاء الخلوي بقناة تنتهي بفتحة وتمتلئ القنوات في بدايتها على صمامات فعندما تزداد السوائل في جسم الأوي يتم سحبها عن طريق التفرعات الشجيرية إلى القنوات الشعرية ودفعها إلى الفجوة المركزية فعندما تمتلئ تغلق الصمامات وتضغط الفجوة وعندما تنقبض الفجوة لطرح محتوياتها إلى الخارج بمساعدة الألياف الموجودة على الفتحات بين القنوات الإشعاعية والفجوة المركزية حيث

تنقبض هذه الفجوة بضغط من اللويفات التي تعمل على غلق الأذرع الإشعاعية وفي الوقت نفسه يتم فتح القناة بين الفجوة المركزية والغشاء الخلوي فيزداد هذا التقلص تدريجيا مما يسهل عملية خروج السوائل بواسطة الفجوة إلى خارج الجسم وبعدها لا تختفي هذه الفجوة بل تقوم بالمجاه معاكس وهو غلق نهاية الفتحة بين الفجوة والغشاء وتفتح الصمامات وتعاد العملية بسحب السوائل من الجسم مرة أخرى عن طريق الأذرع الإشعاعية وهكذا من جديد كأنها جهاز أخراج متكامل كما في الشكل (3-29) التالي:



شكل (3-29) تركيب الفجوة المنقبضة وآلية عملية الإخراج في البراميسيوم.

التكيف والتأقلم في الأوالي Encytement & Adaptation:

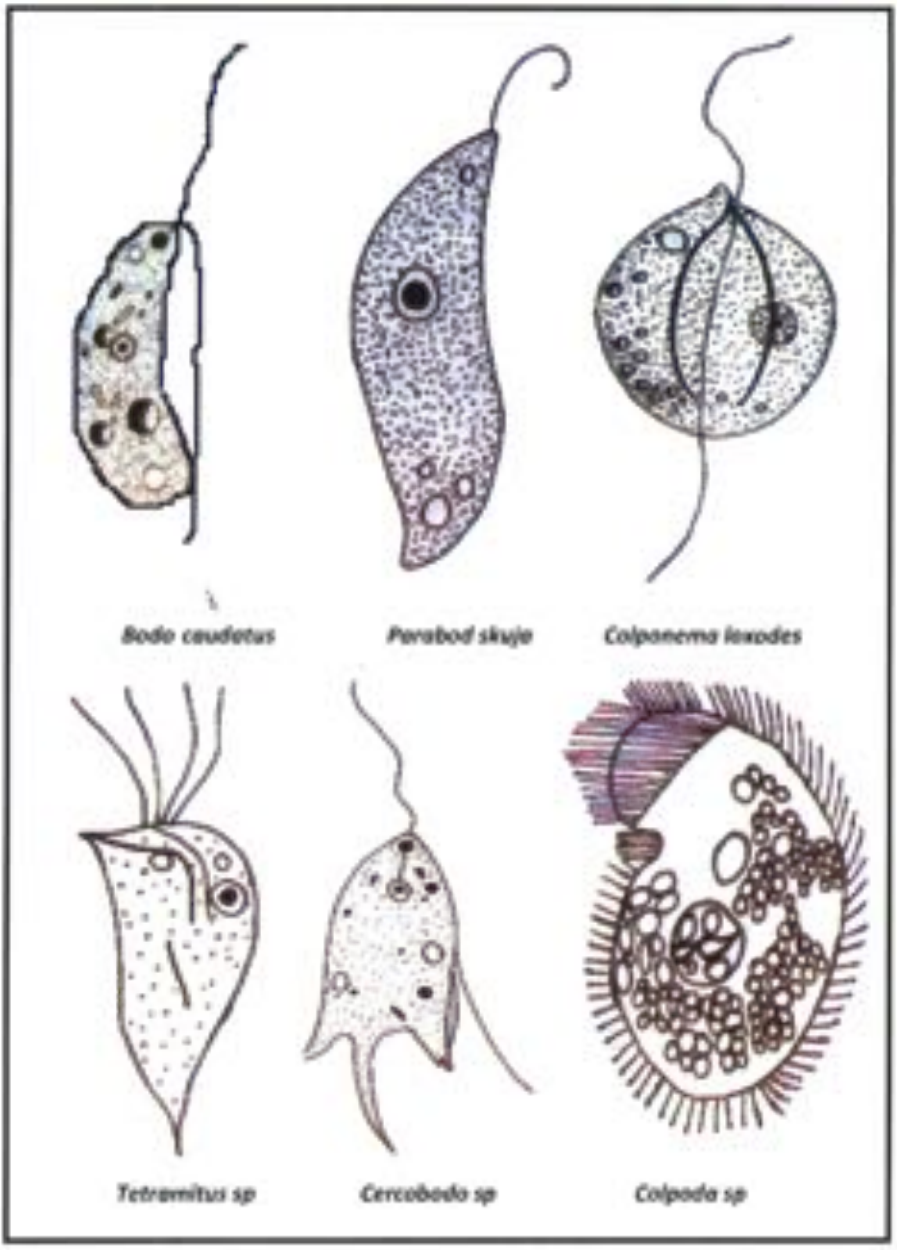
من المعروف أن الأوالي كائنات بسيطة لا يفصلها عن المحيط الخارجي سوى الغشاء الخلوي او الغلاف الذي يحتوي على بعض التحويرات الوظيفية والتركيبية البسيطة، لكن الدراسات التطورية تشير إن الأوالي واحدة من أقدم الكائنات التي ظهرت في البيئة وما يؤكد ذلك وجود الأصداف والقشور للعديد من الأوالي في مختلف الحفريات التي تم فيها الحصول على المتحجرات (المستحاثات) التي درست في مختلف بقاع العالم كما في بقايا الثقبات والأوالي اللحمية المغلفة الإشعاعية والشمسية وغيرها.

إذاً الجدير بالاهتمام هنا هو كيف تستطيع هذه الكائنات بعد أن تعرضت في الماضي وتتعرض حالياً إلى ظروف بيئية وحياتية قاسية جداً في بعض الأحيان مثل الجفاف والحرارة العالية أو الرطوبة العالية والبرد القارس أو قلة غاز الأوكسجين O_2 والتغير في مقدار PH وعوامل التلوث المختلفة، كيف صمدت وماهي الوسائل التكيفية التي حصلت عليها عبر التأريخ التطوري هذه الاحياء.

أجاب العلماء على مثل هذه التساؤلات من خلال مختلف الدراسات التي بينت إن الأوالي تختلف في قابليتها للتكيف للظروف البيئية المختلفة وهذا ما يؤكد انتشارها في جميع البيئات. ويأتي ذلك من وجهة نظر علماء التطور بعدة اساليب منها قدرتها على التكيس والتكوين الاغلفة السميكة سواء في الاطوار اليافعة أو اثناء عملية التكاثر، أو أنها تقوم بتكوين الحويصلات Cysts، **والتي هي عبارة أطوار ساكنة تتميز بان لها أغلفة خارجية مقاومة وعندها تتوقف جميع العمليات الايضية.** إن الظروف التي تؤدي إلى حصول التكيس أو التحوصل في الأوالي غير مفهوم بشكل دقيق فأحياناً يكون بشكل دوري أو في مرحلة معينة من دورة الحياة، وأحياناً يحصل بسبب الظروف غير الملائمة في بيئة الأنواع الحرة المعيشة. وبينت الدراسة بان عملية التحوصل يرافقها سحب عدد العضيات الخارجية والنواتج من الأهداب الأسواط إلى داخل الجسم كذلك يقوم جهاز كوجي بإفراز مادة جدار الحويصلة الذي يحمل إلى سطح الخلية في أكياس صغيرة تلتصق بالغشاء الخلوي وتفرز محتوياتها، أما عملية الخروج من الحوصلة Excitation فهي غير معروفة ولكن غالباً ما تكون مصحوبة بعودة الظروف الطبيعية للكائن الحي، وفي الأنواع الطفيلية قد يكون الحافز إلى الخروج أكثر تحديداً مع العلاقة بظروف العائل المضيف الفسلجية أو الصحية.

وقد سجلت حالة التحوصل والتكيس في الأوالي الحرة المعيشة التي ذكرناها من أوالي التربة وفي بعض الأوالي الطفيلية ولكن ليس جميع الأوليات تعمل حويصلات، ومن الملاحظ كذلك فان عمليات التكاثر مثل الانشطار Fission و التبرعم Budding والتزاوج الأمشاج Syngamy قد تحصل في حويصلات بعض الأنواع كما في *Entaamoeba histolatica* والكلاميدوموناس الاوليتيات والبوغيات وغيرها وهذا مايؤكد بأنها وسيلة تكيف تلجأ اليها الأوالي المختلفة عند الضرورة، ولكن عملية التحوصل والتكيس نادرا ما تحصل في الأنواع البحرية ويعتقد العلماء أن السبب في ذلك هو كون هذه البيئة من أكثر البيئات ثبوتا واستقرارا في متغيراتها البيئية المختلفة وخاصة درجات الحرارة والملوحة. والشكل (3- 30) يبين بعض النماذج من الكائنات الأولية التي تحصل فيها أنماط التكيس والتحوصل التي ذكرناها.

وتؤكد الدراسات بأن الأوالي تختلف في قابلية تكوين ومدة بقاء الحويصلات الخاصة ومقاومتها للظروف والمتغيرات البيئية تبعا لنوع الحيوان المنتج لها ونوعية البيئة (نوعية الوسط المحيط) فمثلا وجد إن حويصلات الحيوان الهدبي الذي يسمى هدبي التربة *Colpoda* تستطيع البقاء لمدة سبعة أيام في الهواء الرطب وثلاث ساعات في درجة حرارة تقريبا 100 درجة مئوية، إما في التربة الجافة فقد استطاعت البقاء 38 سنة، أما بالنسبة إلى حويصلات السوطيات الصغيرة *Bodo* فإنها بقية محافظة على الحياة في التربة الجافة لمدة 49 سنة. كذلك وجد بأن العديد من أوالي التربة من اللحميات مثل *Biomyxa* و *Negleria* و *Euglypha* أو من الهدبيات مثل *Balantiophorus* و *Uroleptus* أو من السوطيات مثل أجناس *Cercobodo* و *Tetramitus* وغيرها تستطيع البقاء لفترات مختلفة مقاومة للمتغيرات البيئية التي تحدث في وسطها، ولكن ليس جميع الأوالي التي تتحوصل له القدرة على التحمل أو لها مقاومة عالية فمثلا حويصلات الاتانيبا هستولتكا تتحمل حموضة المعدة ولكن لا تتحمل الجفاف أو درجة حرارة أعلى من 50 درجة مئوية أو ضوء الشمس الشديد لعدة ساعات.



شكل (3-30) نماذج من بعض الأوالي التي يحصل فيها تكييف وتأقلم.