บทที่ 11
แอกทิโนพอดา

เค้าโครงเรื่อง

11.1 ลักษณะทั่วไป

11.1.1 ลักษณะภายนอกและภายใน

11.1.2 การดำรงชีพและวงชีวิต

11.2 การแบ่งชั้น

11.2.1 ชั้นพอลิซิสทินา

11.2.2 ชั้นฟีออแดเรีย

11.2.3 ชั้นเฮลิโอซัว

11.2.4 ชั้นอะแคนแทเรีย

สาระสำคัญ

1. แอกทิโนพอดามีโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่เรียกว่า แอกโซพอเดีย ลักษณะเป็นเส้นยาว มีแกนเป็นมัดของไมโครทิวบุลเรียกว่า แอกโซนีม อาจอยู่แบบเซลล์เดี่ยวหรือโคโลนี บางกลุ่มมีเซลล์รูปทรงกลมมีเปลือกเป็นสารอินทรีย์ สารประกอบของซิลิกาหรือสตรองเซียมหุ้ม เว้นช่องเล็ก ๆ ให้แอกโซพอเดียซึ่งมีแกนแอกโซนีมมีจุดกำเนิดมาจากบริเวณรอบนิวเคลียสหรือจากเซนโทรพลาสท์โผล่ออกมาตามแนวรัศมี ภายในอาจแบ่งเป็นส่วนในเรียกว่าเอนโดพลาซึม แยกจากเอกโทพลาซึมส่วนนอกด้วยโครงสร้างพิเศษมีรูพรุนที่เป็นเมมเบรน หรือโครงสร้างรูพรุนแข็งที่เรียกว่า ฟิวซุล โครงสร้างเหล่านี้ใช้เป็นเกณฑ์สำหรับการแบ่งชั้น
2. แอกทิโนพอดาส่วนใหญ่เป็นพวกล่าเหยื่อโดยใช้เอกซ์ทรูโซมทำให้เหยื่อเป็นอัมพาตก่อนจับกิน อาศัยอยู่ทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศมีหลายวิธีคือ ไบแนรีฟิชชัน มัลทิเพิลฟิชชัน และการแตกหน่อ บางกลุ่มสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยวิธีออโทแกมี

จุดประสงค์ของการเรียนรู้

เมื่อศึกษาจบบทนี้แล้ว นักศึกษาสามารถบอกได้ว่า

1. แอกทิโนพอดามีโครงสร้างหลักสำหรับการเคลื่อนที่และการกินอาหารเป็นแบบใดรวมถึงโครงสร้างของเปลือกที่ใช้เป็นโครงสร้างหลัก และโครงสร้างอื่นที่ใช้เป็นโครงสร้างเสริมสำหรับเป็นเกณฑ์ในการแบ่งชั้นด้วย
2. โครงสร้างเสริมสำหรับการเคลื่อนที่ คือ อันดุลิพอเดีย (แฟลเจลลา) ในกรณีที่อยู่ในระยะสปอร์หรือแกมีทอันเป็นผลเนื่องมาจากการสืบพันธุ์ทั้งแบบไม่อาศัยเพศและอาศัยเพศ เซลล์สืบพันธุ์ที่ได้มีรูปร่างต่างจากเซลล์ปกติ
3. นักศึกษาสามารถตอบคำถามในแบบฝึกหัดท้ายบทได้เกินกว่าร้อยละ 80 ภายในเวลาหนึ่งสัปดาห์

Grell,1973 จัดโปรโตซัวไฟลัมนี้ไว้ในลำดับ Radiolaria และ Heliozoa ของชั้น Rhizopoda; Campbell,1990., Patterson,1992., Solomon, et al.,1993., Magrulis, et al.,1993 และนักอนุกรมวิธานจากตำราอีกหหลายเล่มจัดใหม่เป็นไฟลัม Actinopoda ตามลักษณะโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่ที่เป็นรัศมีพุ่งออกมาจากส่วนในของเซลล์โดยมาจากภาษากรีก aktis-ray + podos-foot,leg รวมหมายถึงขาแบบรัศมี(ray feet)

11.1 ลักษณะทั่วไป

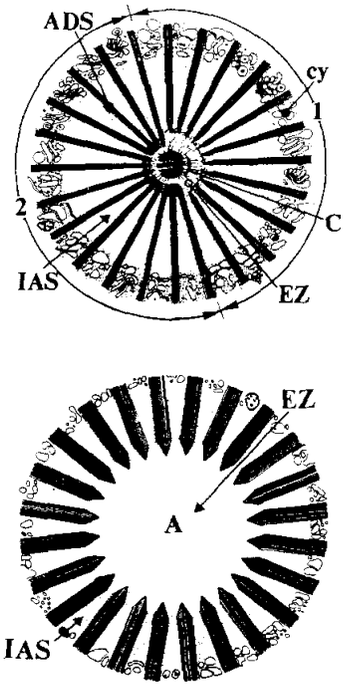
โปรโตซัวในไฟลัมแอกทิโนพอดาถือเป็นโปรโตซัวที่แท้จริงอีกไฟลัมหนึ่ง ไม่มีคลอโรพลาสท์ โครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่เรียกว่า แอกโซพอเดีย แผ่เป็นรัศมีออกมาจากเอนโดพลาซึมของเซลล์ และใช้โครงสร้างนี้สำหรับการลอยตัวและกินอาหารด้วย อาศัยอยู่ในน้ำจืดและน้ำเค็ม ส่วนใหญ่มีเปลือกหุ้ม

11.1.1 ลักษณะภายนอกและภายใน โดยทั่วไปเซลล์รูปทรงกลม อาจไม่มีเปลือกหุ้ม แต่ส่วนใหญ่มีเปลือกหุ้ม โดยเป็นสารอินทรีย์ สารประกอบของซิลิกาหรือของสตรองเซียม ลักษณะเป็นแผ่นต่อกันเว้นช่องไว้ให้แอกโซพอเดียจำนวนมากโผล่ออกมาจากส่วนในสุดของเซลล์ แต่ละแอกโซพอเดียมีแกนไมโครทิวบุลเสริมเรียกว่า แอกโซนีม(ดูข้อ 2.2.1(1) และรูป 2-11 ค. และ ง.) แอกโซนีมมีจุดกำเนิดมาจากบริเวณรอบนิวเคลียสหรือจากเซนโทรพลาสท์ ไซโทพลาซึมถูกแบ่งออกเป็นส่วนนอกและส่วนในด้วยเยื่อหุ้มเรียกว่า เซนทรัลแคปซูล เรียกไซโทพลาซึมส่วนในว่า เอนโดพลาซึม ซึ่งเป็นที่อยู่ของ

รูป 11-1 ก. ภาพจากกล้องจุลทัศน์อิเล็กตรอนของเฮลิโอซัวสกุล *Cienknowskya* (Family Heterophryidae, Suborder Centroplasthelida) แสดงส่วน interaxonemal zone และ centroplst ของ centrosphere ให้สังเกตโครงสร้าง tripartite disk ก้อนทึบแสงใน centroplast และมวลทึบแสงที่แทรกอยู่ระหว่างเส้นแอกโซนีม(microtubule) ข. ภาพจำลองจากข้อมูลภาพอิเล็กตรอนไมโครกราฟแสดงรายละเอียดภายใน centrosphere ภาพบนเป็นของอนุอันดับ Centroaxoplasthelida ภาพล่างเป็นของอนุอันดับ Axoplasthelida ให้สังเกตความแตกต่างในส่วนของ centroplast ภาพบนมีโครงสร้าง tripartite disk(C) ประกบอยู่บนโครงสร้างแคป(cap)ใน centroplast ขณะที่ภาพล่างปราศจากมวลทึบแสง (A) เรียกส่วนนี้ว่า axoplast หรือ clear exclusive zone 1-Acanthocystidae ultra-structure, 2-Heterophryidae ultrastructure, A-axoplast, ADS-axonemal dense substance, C-centroplast consistingof tripartite disk sanwitched between 2 electron dense caps, cy-cytoplasm, EZ-clear exclusive zone, IAS-interaxonemal substance (จาก Margulis, et al., 1993)

ก.

ข.



นิวเคลียส ปกติมีอันเดียว(บางชนิดมีหลายอัน)(ดูข้อ 1.1.1(1) และรูป 1-4 ก. และ ข.) ในกรณีที่แอกโซนีมมีจุดกำเนิดมาจากเซนโทรพลาสท์ นิวเคลียสจะถูกเบียดออกมาอยู่ข้างเซลล์ เอนโดพลาซึมมีมวลทึบแสงแทรกอยู่ระหว่างแอกโซนีมเรียกมวลทึบแสงว่า **แอกโซนีมัลเดนส์ซับสแทนท์(axonemal dense substance or interaxonemal substance)**ปรากฏเป็นแถบกลมเรียกว่า **อินเทอร์แอกโซนีมัลโซน(interaxonemal zone)** (รูป 11-1 ก.) ต่างจากศูนย์กลางใสที่เรียกว่า **เคลียร์เอกซ์คลูซีฟว์โซน(clear exclusive zone)**(รูป 11-1 ข. ภาพล่าง) รวมเรียกบริเวณทั้งสองนี้ว่า **เซนโทรสเฟียร์(centrosphere)** บางชนิดบริเวณใสมีโครงสร้างแผ่นสามแฉก(**tripartite disk**)ขนาบอยู่บนโครงสร้างฝาครอบ(รูป 11.1 ข. ภาพบน) ลักษณะพิเศษเหล่านี้ใช้เป็นเกณฑ์สำหรับการแบ่งอนุอันดับของชั้นเฮลิโอซัว บางชนิดมีโครงสร้างพิเศษเรียกว่า **ฟิวซุล(fusule)** ซึ่งเป็นโครงสร้างรูพรุนทรงกลมแข็งอยู่ภายในเอนโดพลาซึม รูพรุนเป็นช่องเพื่อให้แอกโซนีมแทงโผล่ออกสู่เอกโทพลาซึม แล้วโผล่ออกสู่ภายนอกเซลล์เป็น แอกโซพอเดีย โครงสร้างฟิวซุลเองมีโครงสร้างเป็นหนามแหลมมาเชื่อมต่อจากส่วนรูพรุนทรงกลมแข็งแผ่ออกสู่นอกเซลล์ เรียกส่วนนี้ว่า **สเกเลทัลสปิกุล หรือสไปน์(skeletal spicule or spine)** (รูป 1-4 ข.) บางชนิดอาจมีหนามแหลมมาเสริมอยู่บนแผ่นเปลือกด้วย ส่วนใหญ่มีเอกซ์ทรูโซมจำนวนมากเรียงขนานตามความยาวของแอกโซพอเดีย(รูป 2-16 ข.) โครงสร้างเหล่านี้ใช้เป็นเกณฑ์สำหรับการแบ่งชั้นและอันดับ เซลล์ออร์แกเนลล์อื่นมีเช่นเดียวกับยูแคริโอททั่วไป

11.1.2 *การดำรงชีพและวงชีวิต* แอกทิโนพอดทุกชนิดเป็นพวกเฮเทโรโทรฟ โดยล่าเหยื่อพวกนาโนแพลงตอน แฟลเจลเลท ไดอะตอม โคเพพอด และโรติเฟอร์เป็นอาหารด้วย การกินเหยื่อใช้เอกซ์ทรูโซมทำให้เหยื่อที่ลอยมากับน้ำเป็นอัมพาต แล้วใช้แอกโซพอเดียแทงเหยื่อดูดสารอาหารเข้าสู่เซลล์ หรืออาจใช้แอกโซพอเดียโอบล้อมจับเหยื่อไว้แล้วกินโดยวิธี ฟากอไซทอซิส แอกทิโนพอดพวกเรดิโอแลเรียน ส่วนใหญ่เป็นเพลาจิกแพลงตอนอยู่ในทะเล พวกเฮลิโอซัวพบได้ทั้งในทะเลและน้ำจืดบริเวณน้ำตื้นเหนือพื้นท้องน้ำ พวกอะแคนแทเรียส่วนใหญ่เป็นเพลาจิกแพลงตอนในทะเล มีเพียงสกุลเดียวที่เกาะติดอยู่กับที่ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศมีได้หลายวิธีคือ ไบแนรีฟิชชัน มัลทิเพิลฟิชชัน และการแตกหน่อ(ดูข้อ 4.1) โดยการสร้างเซลล์ที่เรียกว่า **ไบแมสทิกอท หรือ ไบแฟลเจลเลท(bimastigote or biflagellate)**(รูป 11-5 c.) ซึ่งเป็นเซลล์ที่

มีแฟลเจลลาสองเส้น ยาวหนึ่งเส้น สั้นหนึ่งเส้น เส้นสั้น(หรืออาจยาว)ไม่มีแอกโซนีมมีแต่ไคเนโทโซม และไม่ยาวโผล่พ้นออกมาจากร่องเว้าส่วนหน้าของเซลล์ บางชนิดสร้างซิสท์ ส่วนใหญ่ไม่พบการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ยกเว้น ในพวกเฮลิโอซัว(*Actinophrys sol*)ที่พบการสืบพันธุ์แบบออโทแกมี(ดูข้อ 4.2.2 รูป 4-16 ก. และ ข.) ถ้ามีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ เมื่อไอโซแกมีทปฏิสนธิกันแล้วมักเข้าสู่ระยะซิสท์ เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมจึงจะออกจากซิสท์เจริญเป็นเซลล์ปกติต่อไป

11.2 การแบ่งชั้น

เกณฑ์ที่ใช้สำหรับการแบ่งชั้น คือ การมีหรือไม่มีโครงสร้างหุ้มเซลล์ รวมถึงรูปร่างและส่วนประกอบของสารที่เป็นโครงสร้างหุ้มเซลล์ด้วย แอกทิโนพอดาถูกแบ่งออกเป็น 4 ชั้น คือ **พอลิซิสทินา(Polycystina)**, **ฟีออแดเรีย(Phaeodaria)**, **เฮลิโอซัว(Heliozoa)** และ **อะแคนแทเรีย(Acantharia)**

11.2.1 ชั้นพอลิซิสทินา(เรดิโอแลเรีย) ลักษณะเด่น คือ เซลล์เดี่ยวรูปทรงกลม โครงสร้างหุ้มเซลล์เป็นสารประกอบของซิลิกามีรูพรุน(รูป 7-19) เพื่อให้แอกโซพอเดียแทงผ่านรูพรุนแผ่เป็นรัศมีออกสู่ภายนอกโดยมีจุดกำเนิดอยู่ภายในเซนทรัลแคปซูล ซึ่งเป็นเยื่อบางโครงสร้างหลักเช่นเดียวกับเยื่อหุ้มเซลล์ ภายในมีนิวเคลียสหนึ่งอันหรือมากกว่า ไซโทพลาซึมภายในเซนทรัลแคปซูล เชื่อมติดกับไซโทพลาซึมภายนอกที่เรียกว่า **เอกซ์ทราแคปซูลแลเรียม(extracapsularium)**โดยผ่านทางรูพรุนของโครงสร้างที่เรียกว่าฟิวซุล(รูป 1-4 ข.) ไซโทพลาซึมภายในเซนทรัลแคปซูลทำหน้าที่สร้างไซโทพลาซึมภายนอกได้ในกรณีที่ถูกทำให้หลุดออกไป ปกติมักพบสารแขวนลอยอยู่ในไซโทพลาซึมทั้งสองส่วนได้แก่ หยดน้ำมัน ผลึก และซูแซนเทลลา พอลิซิสทินาทุกชนิดอาศัยอยู่ในทะเลในลักษณะเพลาจิกแพลงตอน เป็นพวกเฮเทโรโทรฟที่ล่าเหยื่อพวกนาโนแพลงตอน แฟลเจลเลท ไดอะตอม และโคเพพอดเป็นอาหาร การสืบพันธุ์พบเพียงแบบไม่อาศัยเพศโดยวิธีไบแนรีฟิชชัน มัลทิเพิลฟิชชัน และการแตกหน่อ เซลล์(สปอร์)ที่ได้ต่างจากเซลล์แม่ มีลักษณะพิเศษเรียกว่า ไบแมสทิกอท แบ่งออกเป็น 2 อันดับ คือ Spumellarida และ Nassellarida

Order Spumellarida แบ่งออกเป็น 2 อนุอันดับ แต่ละอนุอันดับแบ่งเป็น 3 เหนือวงศ์และวงศ์ตามลำดับ ดังตัวอย่าง

Suborder Sphaerocollina เซลล์รูปทรงกลมขนาดใหญ่ เปลือกเป็นสารประกอบซิลิกามีรูพรุน มักมีหนามเหลม หรือไม่มีเปลือกเลย นิวเคลียสมีเพียงอันเดียวขนาดใหญ่อยู่ภายในเซนทรัลแคปซูล แบ่งออกเป็น 3 เหนือวงศ์ ที่พบง่าย คือ

Superfamily Exoaxoplastidiata มี 3 วงศ์

Family Thalassicollidae ไม่มีเปลือก เอกซ์ทราแคปซิวแลเรียมเต็มไปด้วยแวดิวโอลมีหลายสกุลเช่น *Thalassicolla* (รูป 11-2 ก.)

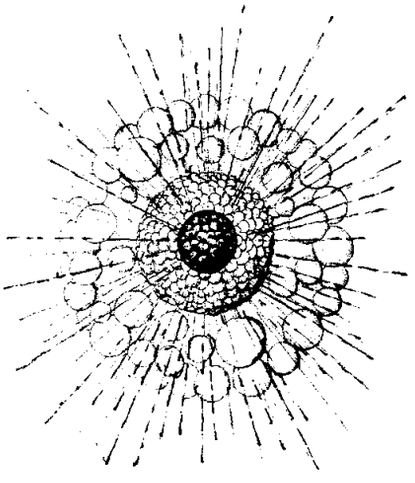
Suborder Sphaerellarina โครงสร้างเปลือกมีรูพรุนอาจมีมากกว่าหนึ่งอัน(เปลือกนอกและเปลือกใน) รูปทรงของเปลือกมีความหลากหลายแต่ส่วนใหญ่มีหนามแหลมแผ่ออกมาเป็นรัศมี แบ่งออกเป็น 3 เหนือวงศ์ ที่พบง่าย คือ

Superfamily Centroaxoplastidiata เปลือกรูพรุนขนาดเล็กซ้อนกันสองอันอยู่ภายในส่วนที่เป็นนิวเคลียส โครงสร้างหุ้มเซลล์ภายนอกหยุ่นคล้ายฟองน้ำและเต็มไปด้วยหนามแฟลม มีหลายสกุล เช่น *Spongosphaera* (รูป 11-2 ข.)

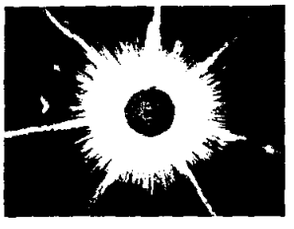
Order Nassellarida แบ่งออกเป็น 2 เหนือวงศ์ที่พบง่าย คือ

รูป 11-2 ภาพจำลองและภาพถ่ายตัวอย่างแอกทิโนพอดในชั้นพอลิซิสทีนา ก. *Thalassicolla nucleata* ข. *Spongosphaera polyacantha* ค. *Cyrtocalpis urceolus* (จาก Grell, 1973)

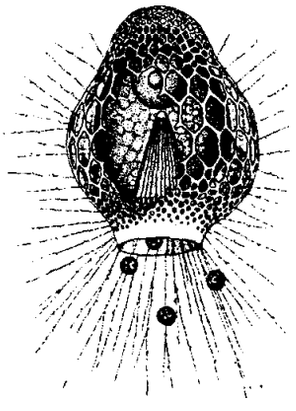
ก.



ข.



ค.



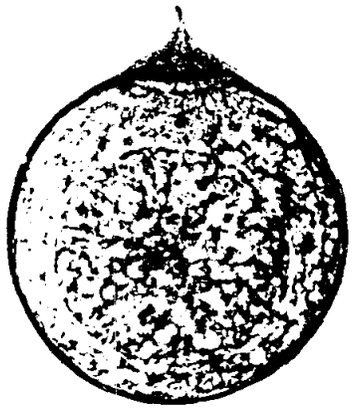
Superfamily Proaxoplastidiata ช่องเปิดของเซนทรัลแคปซูลมีเพียงแห่งเดียวลักษณะเป็นรูพรุนเรียกว่า **แอกเซียลโอเพนิง(axial opening)**ต่อเนื่องอยู่กับ **พอร์คะแนล(pore canal)**สู่ภายนอก มี 2 วงศ์ เช่น

Family Cyrtoidea เปลือกรูพรุนรูปโกฐ แอกโซพอเดียสัดส่วนความยาวต่างกัน เช่น สกุล *Cyrtocalpis* (รูป 11-2 ค.)

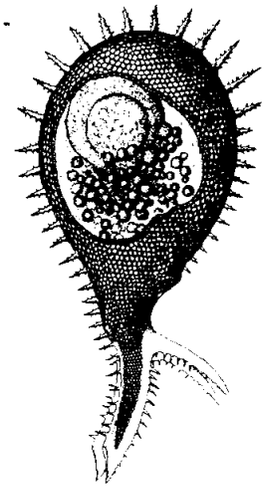
11.2.2 ชั้นฟีออแดเรีย ลักษณะเด่นต่างจากชั้นอื่น คือ เซนทรัลแคปซูลมี 3 ช่องเปิด ลักษณะเป็นหลอดยาวยื่นโผล่พ้นเปลือกนอกออกไป ช่องเปิดหลัก คือ **แอสโทรไพล์(astropyle)** ขนาบด้วยอีก 2 ช่องเปิดเรียกว่า **พาราไพล์ (parapyles)** ปากแอสโทรไพล์ถูกปิดด้วยฝาที่มีลวดลายเป็นแถบ(striped cap) ทุกชนิดมีมวลสารสีน้ำตาลสะสมอยู่บริเวณรอบโคนช่องเปิด เรียกสารนี้ว่า **ฟีออเดียม(phaeodium)** ซึ่งเป็นที่มาของชื่อชั้น บางชนิดไม่มีเปลือก ลักษณะอื่นและการสืบพันธุ์คล้ายคลึงกับชั้นพอลีซิสทินา แบ่งออกเป็น 7 อันดับ ที่ควรทราบ คือ อันดับ *Phaeocystida* และ *Phaeogromida*

รูป 11-3 ภาพถ่ายและภาพจำลองตัวอย่างแอกทิโนพอดในชั้น ฟีออแดเรีย ก. ภาพถ่ายส่วนของเซนทรัลแคปซูลซึ่งแกะออกมาจากเซลล์ของ *Aulacantha scolymantha* ให้สังเกตนิวเคลียสขนาดใหญ่เกือบเต็มไซโทพลาซึมในเซนทรัลแคปซูล ส่วนบนของภาพ คือ ฝาปิดช่องเปิด ข. ภาพจำลองโครงสร้างภายนอกและภายในของ *Challengeron(Challengeria) tcyvillei* ให้สังเกตเดือยที่หลอดพาราไพล์ และ ฟีออเดียม บริเวณเซนทรัลแคปซูล (จาก Grell, 1973)

ก.



ข.



Order Phaeocystida แบ่งเป็น 2 วงศ์ เช่น

Family Aulacanthidae นิวเคลียสเดี่ยวขนาดใหญ่เกือบเต็มเซนทรัลแคปซูล มีหลายสกุล ที่พบง่าย คือ สกุล *Aulacantha* (รูป 11-3 ก.)

Order Phaeogromida แบ่งเป็น 2 วงศ์ เช่น

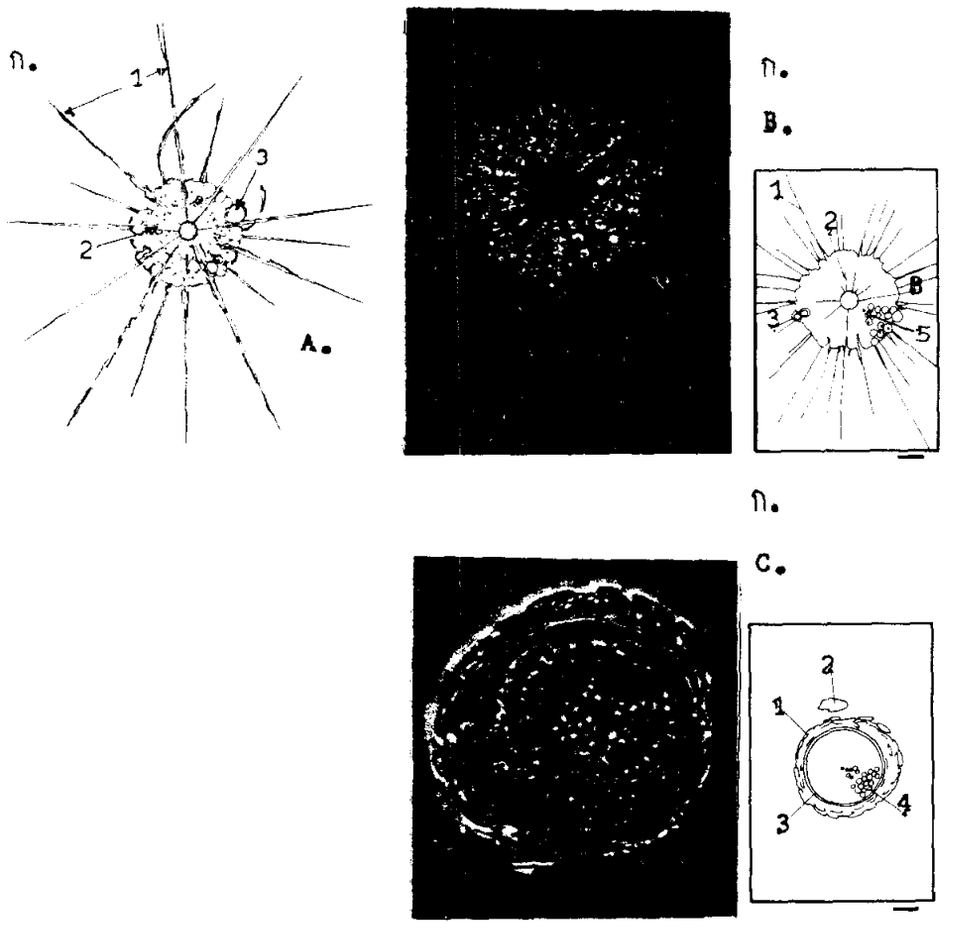
Family Challengeriidae เปลือกลวดลายกระเบื้องโมเสก มีหนามหนาสั้น บนหนามมีปุ่ม หลอดของช่องพาราไพล์มีหนามใหญ่ลักษณะคล้ายเดือย มีหลายสกุล เช่น *Challengeria* (รูป 11-3 ข.)

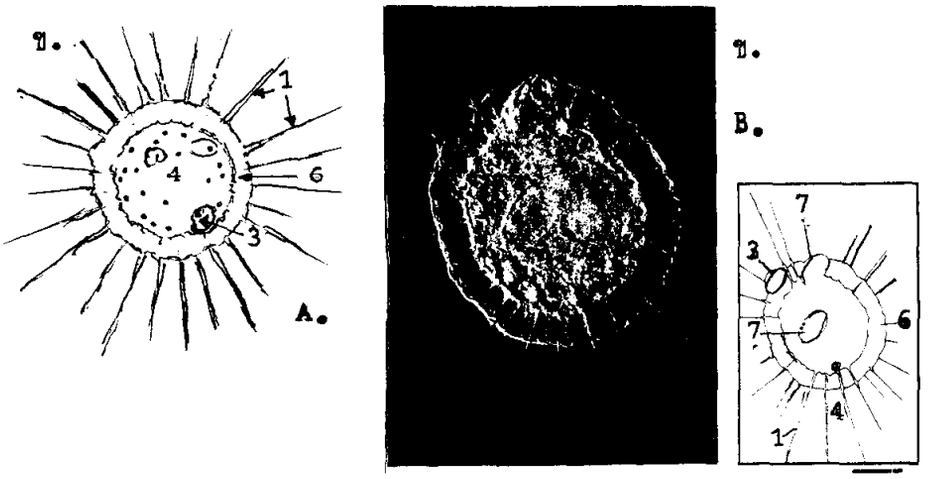
11.2.3 ชั้นเฮลิโอซัว เซลล์เดี่ยวรูปทรงกลม เปลือยหรืออาจมีเปลือกหุ้ม โครงสร้างของเปลือกเป็นสารอินทรีย์หรือสารประกอบซิลิกามีรูพรุนเพื่อให้เป็นช่องออกของแอกโซพอเดียซึ่งแผ่เป็นรัศมีคล้ายรัศมีของแสงอาทิตย์จึงเป็นที่มาของชื่อชั้นซึ่งหมายถึง sun animacule (สัตว์เล็กคล้ายดวงอาทิตย์) แต่ผิวเปลือกไม่มีลวดลาย สารแปลกปลอมที่มาสะสมอยู่บนเปลือกจึงกระจายฝังอยู่อย่างไม่เป็นระเบียบ มีเอกซ์ทรูโซมเรียงรายอยู่ตลอดความยาวของแอกโซพอเดีย ไม่มีเซนทรัลแคปซูล แต่มีเซนโทรสเฟียร์ซึ่งประกอบด้วยมวลทึบแสงแทรกอยู่ระหว่างแอกโซนีมซึ่งมีจุดกำเนิดมาจากเซนโทรพลาสท์(รูป 1-1) จึงทำให้ปรากฏเป็นก้อนทึบแสงต่างจากไซโทพลาซึมรอบนอก เฮลิโอซัว อาศัยอยู่ได้ทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็มบริเวณน้ำตื้นเหนือพื้นตะกอนท้องน้ำ กินอาหารโดยการล่าเหยื่อ เจริญสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยวิธีไบแนรีฟิชชัน มัลทิเพิลฟิชชัน และการแตกหน่อ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยวิธีออโทแกมี(รูป 4-16 ก.ข.ค) แกมีทอาจมีอันดุลิพอเดียมหนึ่งอันหรือมากกว่า(รูป 11-5 c)เสริมขึ้นมาจากโครงสร้างหลักสำหรับการเคลื่อนที่(แอกโซพอเดีย) อาจพบสาหร่ายสีเขียวเป็นซิมไบออนท์อยู่ในเซลล์ แบ่งออกเป็น 2 อันดับ คือ Cryptaxohelida และ Phaneraxohelida

Order Cryptaxohelida แอกโซนีมของ แอกโซพอเดียไม่ได้สิ้นสุดลงที่เซนโทรพลาสท์ แอกโซพอเดียแข็งยาวปลายเรียวมีเอกซ์ทรูโซมเรียงตลอดความยาวสำหรับช่วยจับเหยื่อที่ลอยน้ำผ่านมา โดยทำให้เหยื่อเป็นอัมพาต นิวเคลียสมีได้มากกว่าหนึ่งอัน เอกโทพลาซึมและเอนโดพลาซึมปรากฏขอบเขตแยกกันเด่นชัด ทุกชนิดสร้างซิสท์ได้(รูป 11-4 ก. C.) แบ่งออกเป็น 4 อนุอันดับ ที่สำคัญ คือ Actinophryida และ Desmothoracida ทั้งสองอนุอันดับนี้อาศัยอยู่ในน้ำจืด อีก 2 อนุอันดับ คือ Ciliophryida และ Taxopodida อาศัยอยู่ในน้ำเค็ม

Suborder Actinophryida มีเพียงวงศ์เดียว คือ

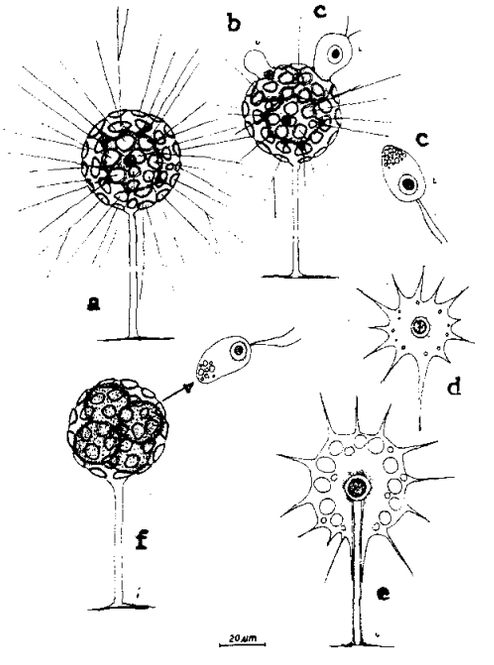
รูป 11-4 ภาพจำลองและภาพถ่ายของเฮลิโอซัวในอนุอันดับ Actinophryida ก. ภาพจำลอง(A) และภาพถ่าย(B) ระยะปกติ(เวเจเททีฟ) และ(C) ระยะซิสท์ของ *Actinophrys* ในภาพ C ให้สังเกตเห็นสารประกอบซิลิกา(2)ที่สะสมอยู่บนผนังซิสท์(1) และสารอินทรีย์(3) ที่อยู่ภายในไซโทพลาซึม(4) ข. ภาพจำลอง(A) และภาพถ่าย(B) ระยะปกติของ *Actinosphaerium* หมายเลข 1-8 สัญญลักษณ์ใช้ได้ทั้งภาพ ก. และ ข. 1-axopodia, 2-axoneme(microtubules), 3-contractile vacuole, 4- nucleus, 5-food vacuole, 6-peripheral vacuole(in ectoplasm), 7-ingested rotifer, 8-centroplast ยกเว้นภาพ ก. C สเกลยาว 20 นาโนมิเตอร์ (ดัดแปลงจาก Patterson, ***1992)***





Family Actinophryidae ลักษณะทั่วไปตามลักษณะของอันดับ มีคอนแทรกไทล์แวคิวโอลจำนวนมากอยู่ในส่วนเอกโทพลาซึม และมีฟูดแวคิวโอลหลายอันต่างขั้นตอนของการย่อยสลายอยู่ในเอนโดพลาซึม มีหลายสกุล เช่น *Actinophrys* มีหนึ่งนิวเคลียส(รูป 11-4 ก.) *Actinosphaerium* มีหลายนิวคลีไอ(รูป 11-4 ข.)

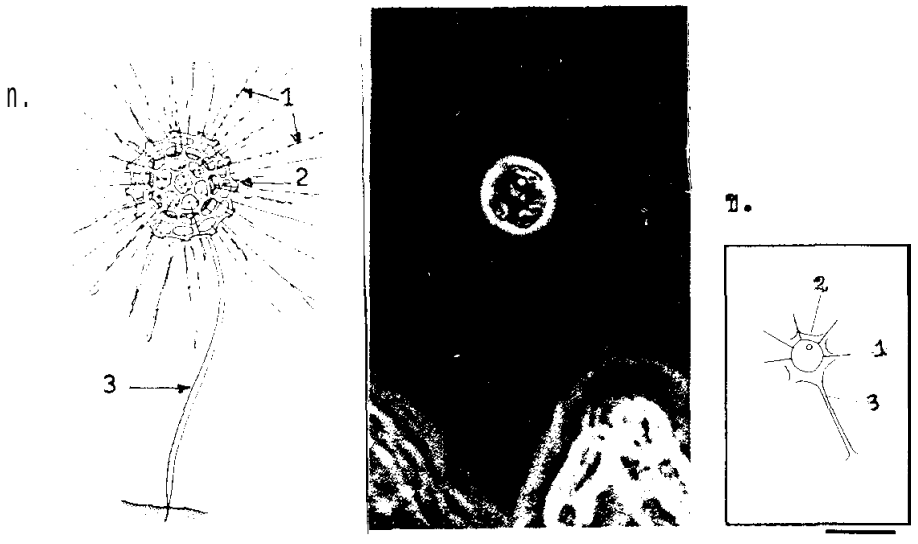
รูป 11-5 แผนภาพวงชีวิตของเฮลิโอซัวชนิด *Clathrulina elegans* a. เวเจเททีฟเซลล์แตกหน่อสร้างอะมีบอยด์เซลล์(b) และไบแมสทิกอทเซลล์(c) ซึ่งเปลี่ยนรูปร่างเป็นเฮลิโอซัวเปลือย(d) แล้วสร้างซูโอพอเดียออกมาทำหน้าที่เป็นก้าน(e) ยึดติดกับซับสเตรท แล้วจึงมีการสร้างเปลือกภายหลัง ในกรณีที่สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม เมื่อมีการแบ่งเซลล์แล้วเซลล์ที่ถูกแบ่งจะเข้าสู่ระยะซิสท์อยู่ภายในเปลือกของเซลล์แม่(f) เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมจึงจะออกจากซิสท์เป็นระยะไบแมสทิกอท แล้วเจริญเปลี่ยนรูปร่างมาเป็นเวเจเททีฟเซลล์ปกติต่อไป(จาก Grell,1973)



Suborder Desmothoracida มีเพียงวงศ์เดียว คือ

Family Clathrulinidae ลักษณะทั่วไปตามลักษณะของอันดับ ลักษณะเด่นที่ต่างจากวงศ์ Actinophryidae คือ เปลือกหุ้มเซลล์เป็นสารประกอบอินทรีย์คล้ายลวดลายจักสาน เกาะติดอยู่กับที่โดยก้านยาวที่เชื่อมต่ออยู่กับเปลือก มีหนึ่งนิวเคลียส วงชีวิตการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศมีทั้งระยะเป็นไบแมสทิกอทและอะมีบอยด์ (รูป 11-5 c และ d) มีหลายสกุล เช่น *Clathrulina* ขนาดใหญ่(รูป 11-5 a และ 11-6 ก.) *Hedriocystis* ขนาดเล็กกว่าสกุลแรก(รูป 11-6 ข.)

รูป 11-6 ภาพจำลองและภาพถ่ายตัวอย่างของเฮลิโอซัววงศ์ Clathrulinidae (Suborder Desmothoracida) ก. *Clathrulina* ข. *Hedriocystis* สัญญลักษณ์หมายเลข 1-arm(axopodia), 2-test(lorica), 3-stalk สเกลยาว 20 นาโนมิเตอร์ (ดัดแปลงจาก **Patter son, 1992)**



Order Phaneraxohelida แอกโซนีมของแอกโซพอเดียไปสิ้นสุดลงที่เซนโทรพลาสท์ มีหนึ่งนิวเคลียสหรือมากกว่า ซึ่งจะถูกเบียดให้อยู่ด้านข้างเซลล์ไซโทพลาซึมเป็นเนื้อเดียวกัน แผ่นเปลือกอาจเป็นสารอินทรีย์หรือสารประกอบซิลิกามีลักษณะเป็นหนามละเอียด(spine) หรือเป็นหนามสปิกุล(spicule) ใช้เป็นเกณฑ์สำหรับแบ่งย่อยลงไปจากอันดับ มี 4 อนุอันดับ อนุอันดับ Centroplasthelida เท่านั้นที่อาศัยอยู่ในน้ำจืด อีก 3

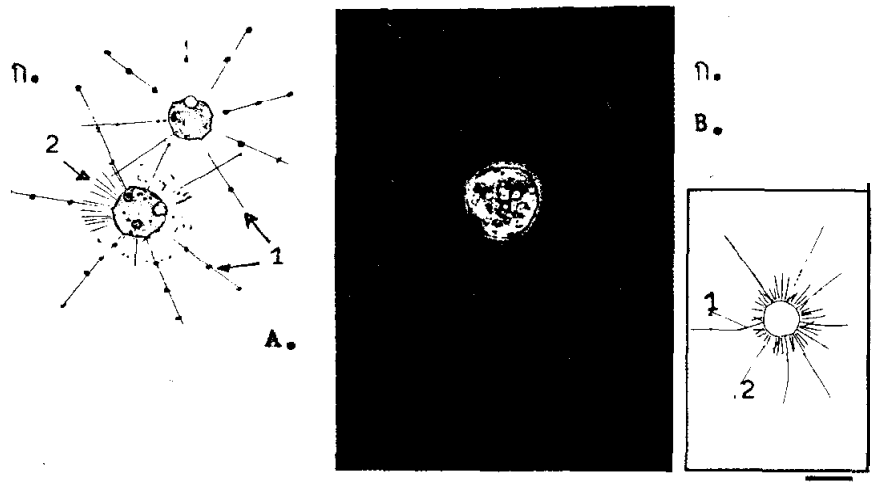
อนุอันดับ คือ Axoplasthelida, Endonucleoaxoplasthelida และ Exonucleoaxoplasthelida อาศัยอยู่ในน้ำเค็ม

Suborder Centroplasthelida เซนโทรสเฟียร์มี tripartite disk (รูป 1-1 ข. ภาพบน) มี 3 วงศ์ คือ

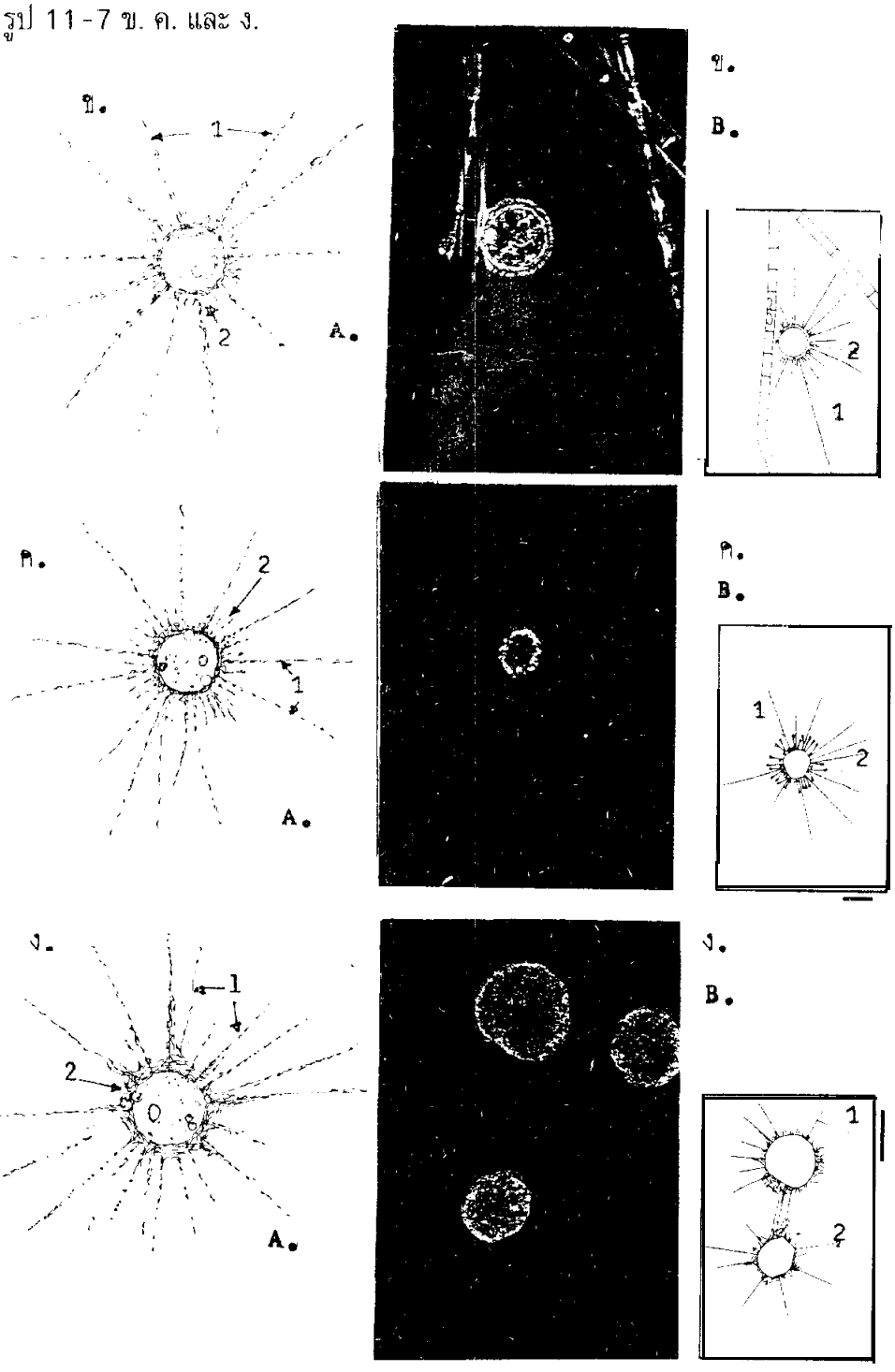
Family Heterophryidae มีสปิกุลเป็นสารอินทรีย์ล้อมรอบเปลือก ซึ่งเป็นสารประกอบซิลิกา เนื่องจากสปิกุลเป็นเส้นละเอียดยาวอัดกันแน่นเมื่อมองผ่านกล้องจุลทัศน์จึงมีลักษณะเป็นแถบกลมโปร่งแสง(halo) บางชนิดไม่มีสปิกุล มีหลายสกุล เช่น *Heterophrys* (รูป 11-7 ก.)

Family Acanthocystidae เอกซ์ทรูโซมที่เรียงอยู่ตลอดความยาวของแอกโซพอเดียปรากฏชัดกว่าวงศ์อื่น ช่องระหว่างแอกโซพอเดียแคบไม่ถ่างเป็นมุมกว้าง แผ่นเปลือกและหนามเป็นสารประกอบซิลิกาปรากฏเป็นแถบวงกลมแคบเรียกว่า **เพริพลาสท์(periplast)** ภายในเซลล์มักมีสีเขียวเนื่องจากชอบกินสาหร่ายสีเขียว สกุลที่พบง่าย คือ *Acanthocystis* (รูป 11-7 ข.) และ *Raphidocystis* แผ่นเปลือกมีหนาม(รูป 11-7 ค.)

รูป 11-7 ภาพจำลอง(A) และภาพถ่าย(B) ตัวอย่างของเฮลิโอซัวในอนุอันดับ Centroplasthelida ก. *Heterophrys* ข. *Acanthocystis* ค. *Raphidocystis* ง. *Raphidiophrys* สัญญลักษณ์หมายเลข 1-arm(axopodia) with extrusome, 2-plate scale with(or without) spine สเกลความยาว 20 นาโนมิเตอร์ (ดัดแปลงจาก Patterson, 1992)



รูป 11-7 ข. ค. และ ง.



Family Raphidiophryidae แอกโซพอเดียผอมยาวแผ่ออกเกือบนานกัน สังเกตได้ชัดต่างจากวงศ์อื่น เอกซ์ทรูโซมปรากฏชัดเช่นเดียวกับวงศ์ Acanthocystidae แผ่นเปลือกเป็นสารประกอบซิลิกาแต่ไม่มีหนาม เซลล์อาจเชื่อมต่อกันโดยแอกโซพอเดียขณะกำลังกินอาหาร เมื่ออาหารหมดแล้วจะแยกอยู่ในสภาพปกติ คือ เป็นเซลล์เดี่ยว สกุลที่พบง่าย คือ *Raphidiophrys* (รูป 11-7 ง.)

11.2.4 ชั้นอะแคนแทเรีย เซลล์เดี่ยวหลากรูปทรง โครงสร้างแข็งค้ำจุนเซลล์เป็นสารประกอบ สตรองเซียมซัลเฟต เรียกว่า **สไปน์** หรือ**สปิกุล(spine or spicule)** จัดเรียงผ่านศูนย์กลางแผ่ออกมาในรูปทรงเรขาคณิตที่เป็นสูตรคงที่ คือ 10 เส้นหรือ 20 เส้น (รูป 11-8 ก.) เปลือกมีรูพรุนให้แอกโซพอเดียยื่นแผ่ออกไปจากเซลล์ นอกเปลือกหุ้มเซลล์ปกคลุมด้วยเพลลิเคิลเรียกว่า **เพริพลาสมิกคอร์เทกซ์(periplasmic cortex)** (รูป 1-4 ข.) หลายชนิดมีมัดเส้นใยไมโครฟิลาเมนท์เรียกว่า **ไมโอนีม(myoneme)** ยึดเพริพลาสมิกคอร์เทกซ์ติดกับสปิกุล ณ บริเวณที่สปิกุลแทงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ออกไป(รูป 11-8 ข. และรูป 11-9 ก.) ทำให้บริเวณดังกล่าวมีลักษณะทรงกรวยสูงเรียกว่า **เพริสปิคิวลาร์โคน(perispicular cone)** (รูป 11-8 ข.) บางชนิดมีก้อนสารประกอบ $SrSO_4$ เรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ เรียกว่า **ลิทอโซม(lithosome)**สะสมอยู่ในไซโทพลาซึมด้วย ทุกชนิดมีนิวเคลียสขนาดเล็กหลายอัน ยกเว้นสกุล *Haliommatidium* ที่มีนิวเคลียสขนาดใหญ่เพียงอันเดียวถูกคลุมด้วยร่างแหเส้นใยไมโครไฟบริล อะแคนแทเรียนแทบทุกชนิดเป็นเพลาจิกแพลงตอนอยู่ในทะเล(ยกเว้นสกุลหนึ่งที่เกาะติดอยู่กับที่) กินอาหารโดยวิธีฟากอไซทอซิส การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยวิธีมัลทิเพิลฟิชชันได้ไบแมสทิกอทเซลล์ที่มีหนึ่งนิวเคลียส ซึ่งอาจจะสัมพันธ์กับการเข้าสู่ระยะซิสท์หรือไม่ก็ได้ สกุล *Haliommatidium* ต้องมีการแบ่งนิวเคลียสเป็นหลายนิวคลีไอก่อนแบ่งเซลล์เป็นไบแมสทิกอท อะแคนแทเรียนถูกแบ่งออกเป็น 4 อันดับ อันดับที่คุ้นเคย คือ

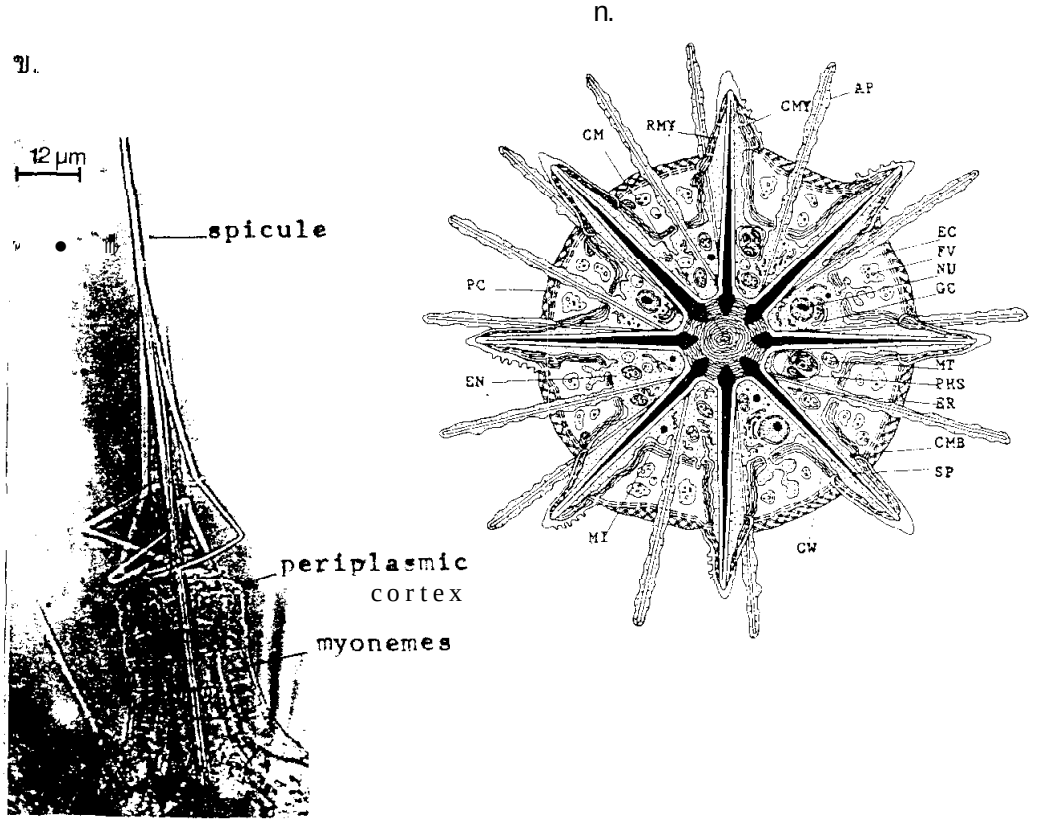
Order Arthracanthida มี 2 อนุอันดับคือ Sphaenacantha และ Phyllacantha แต่ละอนุอันดับมีหลายวงศ์

Suborder Sphaenacantha มี 7 วงศ์ ที่ควรทราบ คือ

Family Acanthometridae สปิกุล 16 อันพาดผ่านแนวศูนย์กลางของเซลล์ รูปทรงของเซลล์และความยาวของสปิกุลใช้เป็นเกณฑ์สำหรับแบ่งออกเป็นสกุล เช่น สกุล *Acanthometra* เซลล์รูปทรงกลม สปิกุลจัดเรียงเป็นระเบียบสมมาตรตามแนว

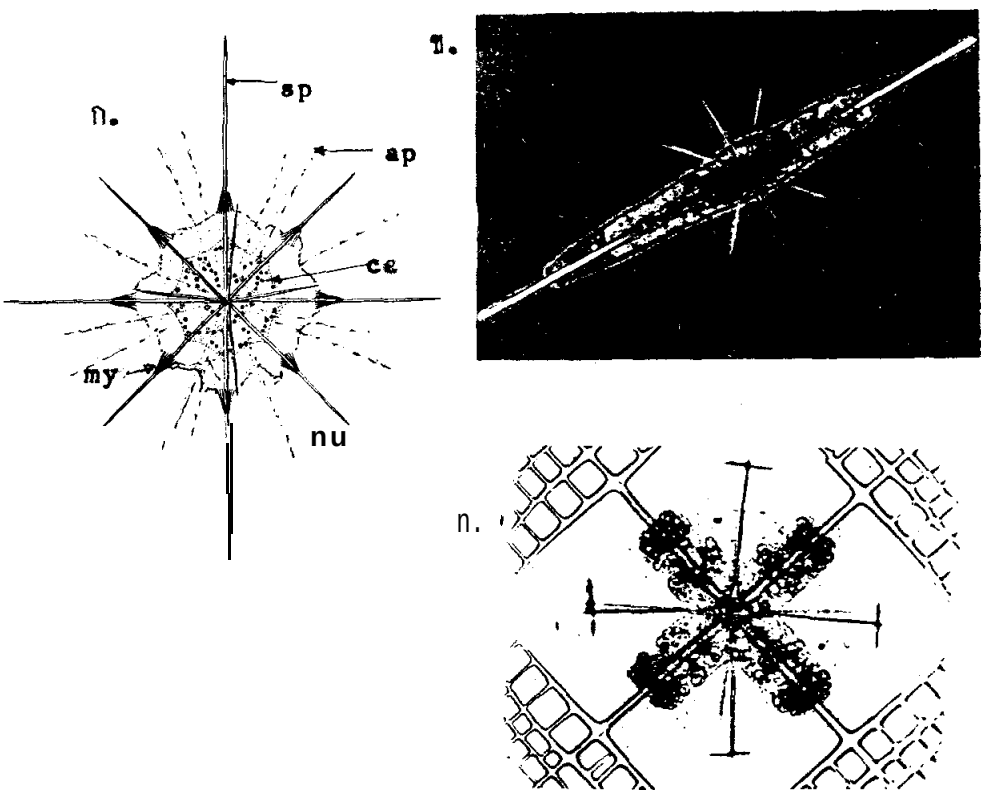
รัศมี(รูป 11-9 ก.) สกุล *Amphilonche* เซลล์รูปทรงกระสวย สปิกุลตามแนวยาวหนาและยาวกว่าอันอื่นที่อยู่ตามแนวขวาง(รูป 11-9 ข.)

รูป 11-8 n . ภาพจำลองโครงสร้างทั่วไปของแอกทิโนพอดในชั้นอะแคนแทเรีย ให้สังเกตโครงสร้างของสปิกุล(SP) ไมโอนีม(CMY,RMY) เพริพลาสมิกคอร์เทกซ์(PC) และเพริสปิคิวลาร์โคน(PS) AP-axopodia, CMB-cell membrane, CM-central mass, CMY -contracted rnyoneme, CW-capsular wall, EC-ectoplasm, EN-endoplasm, ER-endoplasmic reticulum, FV-food vacuole, GC-Golgi complex, Ml-microbody, MT-mitochondria, NU-nucleus, PC-periplasmic cortex with elastic junctions, PHS--photosynthetic symbiont, PS-perispicular cone, RMY-relaxed myoneme, SP-spicule ข. ภาพถ่ายบริเวณผิวนอกของอะแคนแทเรียนชนิด *Conacon foliaceus* แสดงโครงสร้างรูปกรวย perispicular cone ซึ่งประกอบด้วย spicule ที่โคนของ spicule มี myoneme 6 มัดยึดติดกับ periplasmic cortex (จาก Margulis, et al., 1993)



Family Lithopteridae เซลล์รูปทรงไม้กางเขนอยู่ภายในเปลือกรูปสี่เหลี่ยม สปิกุลเส้นยาวตัดตั้งฉากซึ่งกันและกัน 4 เส้น อีก 4 เส้นสั้นตัดตั้งฉากซึ่งกันและกันแต่ทำมุมแหลมกับ 4 เส้นยาว ปลายเส้นสั้นแผ่เป็นแผ่นมีรูพรุน(รูป 11-9 ค.)

รูป **11-9** ตัวอย่างอะแคนแทเรียนในอนุอันดับ **Sphaenacantha** ก. ภาพจำลองของ *Acanthometron*(*Acanthometra*) *elasticum* **ap-axopodia, cc-central capsule, my-myonene, nu-nuclei** ข. ภาพถ่ายของ *Amphilonche elongata* ค. ภาพถ่ายของ *Lithoptera muelleri* (จาก Grell, **1973**)

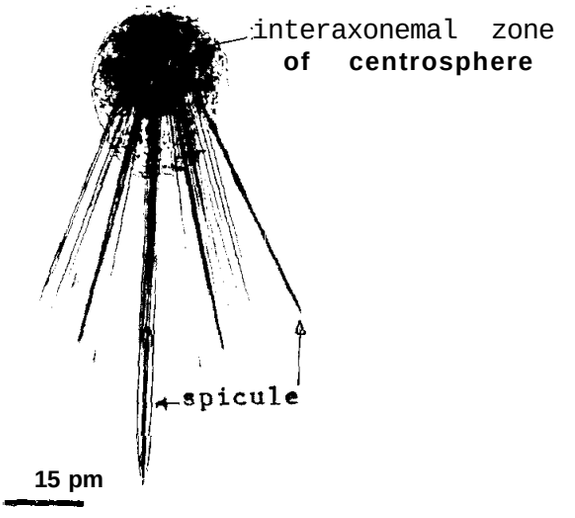


Order Chaunacanthida อาศัยอยู่ในทะเลบริเวณที่มีก้อนหิน จึงเรียกพวกนี้ว่า **ลิทอไฟล์(lithophile)** เซลล์เปลี่ยนรูปร่างจากเซลล์ปกติรูปทรงกลม สปิกุลแผ่ออกตามแนวรัศมีแล้วจัดเรียงใหม่ในแนวเกือบขนานกัน ทำให้เซลล์มีลักษณะคล้ายร่มหุบ เรียกลักษณะเช่นนี้ว่า **ลิทอลอฟัส(litholophus)** (รูป 11-10) การเปลี่ยนรูปร่างมักเกิดขึ้นเพื่อเป็นการเตรียมตัวก่อนเข้าสู่ระยะซิสท์ มี 3 วงศ์ เช่น

Family Gigartaconidae มีหลายสกุล เช่น *Heteracon* (รูป 11-10)

Family Conaconidae เช่นสกุล *Conacon* (รูป11-8 ข.)

รูป 11-10 ภาพถ่ายการเปลี่ยนรูปร่างเป็นแบบ litholophus ของ *Heteracon biformis* ให้สังเกตสปิกุลที่จัดเรียงขนานมาทางส่วนท้ายของเซลล์ (จาก Margulis, et al., 1973)

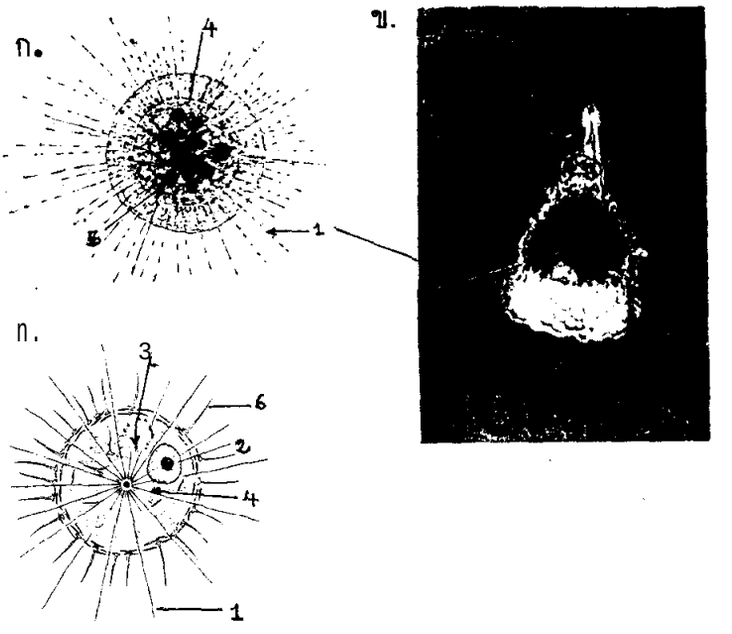


กิจกรรม 11.1

จากตัวอย่างน้ำในกิจกรรม 8.1 และ 8.2 ท่านพบโปรโตซัวในไฟลัมแอกทิโนพอดาได้บ้างหรือไม่ ถ้าพบพยายามเขียนภาพจำลองตัวอย่างที่พบพร้อมทั้งศึกษาเปรียบเทียบลักษณะสำคัญจากตัวอย่างมาตรฐานของแต่ละชั้นว่าคล้ายคลึงกับตัวอย่างที่ท่านพบหรือไม่ รายงานผลพร้อมทั้ง label โครงสร้างหลัก

กิจกรรม 11.2

จง label สัญญลักษณ์หมายเลขในภาพตัวอย่าง ก. ข. และ ค.ว่า คือโครงสร้างใด ท่านสามารถบอกได้หรือไม่ว่า แอกทิโนพอดในภาพควรอยู่ในชั้นใดหรือในอันดับใด



สรุป

โดยทั่วไปแอกทิโนพอดเป็นเซลล์เดี่ยวรูปทรงกลม โครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่ คือ แอกโซพอเดียแผ่เป็นรัศมีออกมาจากส่วนกลางของเซลล์ ภายในมีแกนเสริมความแข็งแรงด้วยแอกโซนีม โดยอาจมีจุดเริ่มต้นจากเซนโทรพลาสท์ของเซนโทรสเฟียร์ หรือจากบริเวณรอบนิวเคลียสซึ่งมีหนึ่งอัน(บางชนิดมีหลายอัน) มีเอกซ์ทรูโซมเรียงขนานตามความยาวของแอกโซพอเดีย โครงสร้างหุ้มเซลล์เป็นสารประกอบอินทรีย์มีการสะสมของแผ่นแข็งที่เป็นสารประกอบซิลิกาอาจมีหนามที่เรียกว่า สไปน์เสริม บางชนิดมีโครงสร้างรูพรุนแข็งภายในต่อเนื่องกับสปิกุลแผ่โผล่ออกมาสู่ภายนอก โดยอาจเป็นสารประกอบพวกซิลิกาหรือสตรองเซียมซัลเฟต โครงสร้างพิเศษ เช่น การมีช่องเปิดจากเซนทรัลแคปซูลผ่านเอกโทพลาซึมสู่ภายนอก การสะสมของสารสีอยู่ภายในเซลล์ การมีแผ่นสามแฉกในเซนโทรพลาสท์ การมีไมโอนีมทำให้เกิดโครงสร้างเพริสปิคิวลาร์โคน โครงสร้างเหล่านี้ถูกนำมาใช้เป็นเกณฑ์เสริมโครงสร้างหลักเพื่อใช้ประกอบการจัดแบ่งชั้นและอันดับทำให้แต่ละชั้นมีเอกลักษณ์เฉพาะ เช่น ชั้นพอลิซิสทินาและฟีออแดเรียมีลักษณะ

เปลือกและโครงสร้างอื่นคล้ายคลึงกัน แต่ฟีออแดเรียมีโครงสร้างเป็นหลอดจากเซนทรัลแคปซูลเปิดสู่ภายนอกเซลล์และมีสารสีน้ำตาลสะสมอยู่ในเซลล์ด้วย เฮลิโอซัวต่างจากชั้นอื่นที่มีโครงสร้างอินทราแอกโซนีมัลซับสแทนซ์อยู่ภายในเซนโทรสเฟียร์ และอะแคนแทเรียมีโครงสร้างเพริสปิดิวลาร์โคนเป็นต้น แอกทิโนพอดทุกชนิดเป็นพวกเฮเทโรโทรฟิกแบบล่าเหยื่อ ส่วนใหญ่เป็นเพลาจิกแพลงตอนอยู่ในทะเลและน้ำจืด การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศมีหลายวิธี การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศพบเฉพาะชั้นเฮลิโอซัวโดยวิธีออโทแกมี

แบบฝึกหัดบทที่ 11

จงเติมศัพท์เทคนิคลงในช่องว่างเพื่อให้ได้ข้อความถูกต้องสมบูรณ์

1. โครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่ของแอกทิโนพอด คือ ..... ซึ่งมี ..... ฝังอยู่ตลอดความยาวทำหน้าที่ทำให้เหยื่อที่ลอยมากับน้ำเป็นอัมพาต จับกินได้ง่าย จึงถือว่าดำรงชีพแบบ ..... ทำหน้าที่เป็น ..... เหยื่อมีทั้งขนาดเล็กพวก nanoplankton และขนาดใหญ่พวก ..... และ rotifer

1. แกนของโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่ คือ มัดซิงเกลทไมโครทิวบุลที่เรียกว่า ..... โดยอาจเริ่มต้นมาจากบริเวณรอบ ..... หรือรอบ MTOC ที่เรียกว่า ..... ในกรณีหลังมีสารอินทรีย์หรือซิลิกามาสะสมลักษณะเป็น axonemal dense substance อยู่ภายใน ..... zone ของ centrosphere เป็นเอกลักษณ์ของชั้น.....

3. ชั้น ..... มีเอกลักษณ์ต่างจากชั้นอื่น คือ การมีหลอดสารประกอบซิลิกา 3 หลอดเริ่มจากโครงสร้างหุ้ม endoplasm แล้วผ่าน ..... ผ่านเปลือกหุ้มเซลล์สู่ภายนอก เรียกโครงสร้างนี้ว่า ..... และ parapyles ยิ่งไปกว่านั้น ยังมีการสะสมของสารสีน้ำตาลที่เรียกว่า ..... อยู่บริเวณรอบโคนหลอดจึงทำให้เป็นที่มาของการตั้งชื่อชั้นนี้

4. ชั้น ..... ก็มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว คือ การมีสารประกอบ ..... sulphate เป็นโครงสร้างค้ำจุนเซลล์ spicule มีเอกลักษณ์เรียงผ่านจุดศูนย์กลางของเซลล์แผ่เป็นรัศมีออกไปในรูปทรงเรขาคณิตที่มีจำนวนคงที่ เพลลิเคิลนอกเปลือกหุ้มเซลล์ที่เรียกว่า ..... cortex ณ จุดสัมผัสกับสปิกุลที่แทงโผล่ออกนอกเซลล์มีลักษณะเป็นกรวยยาวเรียกว่า ..... cone เนื่องจากภายในมี ..... 6 มัดมายึดอยู่ระหว่างเพลลิเคิลและสปิกุล