

ตอนที่ 1

ลักษณะและโครงสร้างทั่วไปของโปรโตซัว

โปรโตซัว เป็นยูแคริโอตเริ่มแรกที่มีส่วนประกอบโครงสร้างของเซลล์เช่นเดียวกับพวกยูแคริโอตที่เป็นสัตว์และพืชซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ เยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) ไซโทพลาซึม (cytoplasm) และ นิวเคลียส (nucleus) โครงสร้างหลักดังกล่าวมีความหลากหลายในรายละเอียดเพื่อให้ โปรโตซัว สามารถมีชีวิตรอดได้ในความหลากหลายของสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนของเยื่อหุ้มเซลล์ที่ปรับเปลี่ยนเพื่อการดำรงชีพในสภาพแวดล้อมที่เป็น ไฮเพอร์โทนิก (hypertonic) ตลอดจนการปรับเปลี่ยนเยื่อหุ้มเซลล์และโครงสร้างอื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้สำหรับการเคลื่อนที่ เซลล์ออร์แกเนลล์หลายชนิด มีความเฉพาะในแต่ละกลุ่มของโปรโตซัว เช่น ไคโทพลาสท์ พบเฉพาะในพวกแฟลเจลเลท ไม่พบในโปรโตซัวกลุ่มอื่น และไม่พบในยูแคริโอตที่เป็นสัตว์และพืช นิวเคลียสก็มีความหลากหลายทั้งขนาด รูปร่าง และจำนวนที่อาจมีตามปกติเพียง 1 นิวเคลียส ขึ้นมาจนถึง 2 นิวเคลียสในพวก ซิลิเอท หรือหลายนิวเคลียส (นิวคลีไอ) ในพวกพลาสโมเดียม ดังรายละเอียดที่จะกล่าวถึงในบทที่ 1-3

บทที่ 1

โครงสร้างหุ้มเซลล์

เค้าโครงเรื่อง

1.1 โครงสร้างหุ้มเซลล์ของโปรโตซัวทั่วไป

1.1.1 เยื่อหุ้มเซลล์

- (1) เยื่อหุ้มเซลล์ของโรโซพอดา
- (2) เยื่อหุ้มเซลล์ของแอกทีโนพอดา
- (3) เยื่อหุ้มเซลล์ของยูกลีนิดา
- (4) เยื่อหุ้มเซลล์ของซูโอแมสทีจิดา
- (5) เยื่อหุ้มเซลล์ของเอพิคอมเพลกซา

1.1.2 เปลือกหุ้มเซลล์

- (1) เปลือกหุ้มเซลล์ของโรโซพอดา
- (2) เปลือกหุ้มเซลล์ของคลิพทอไฟทา
- (3) เปลือกหุ้มเซลล์ของแอกทีโนพอดา
- (4) เปลือกหุ้มเซลล์ของไดโนแมสติกอทา
- (5) เปลือกหุ้มเซลล์ของครีซอไฟทา
- (6) เปลือกหุ้มเซลล์แกรนิวโลเรทิกิวลอลา
- (7) เปลือกหุ้มเซลล์ของเบซิลลารีโอไฟทา

1.2 โครงสร้างหุ้มเซลล์ที่สัมพันธ์กับโครงสร้างเคลื่อนที่

1.2.1 โครงสร้างหุ้มเซลล์ของซิลิโอฟอรา

1.2.2 อัญคลิพอเดียม

สาระสำคัญ

1. โครงสร้างหุ้มเซลล์ของโปรโตซัว ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเยื่อหุ้มเซลล์ที่มีส่วนประกอบหลักเช่นเดียวกับเยื่อหุ้มเซลล์ของยูแคริโอททั่วไป โครงสร้างเสริมคือ เปลือกหุ้มเซลล์ซึ่งอยู่นอกชั้นเยื่อหุ้มเซลล์ พบได้ในโปรโตซัวหลายไฟลัม ทั้งในกลุ่มของพวกที่

เป็นโปรโตซัวแท้ คือ ไรโซพอดา และ แกรนิวโลเรทิกิวลอลา และพวกที่คล้ายสาหร่าย คือ ไดโนแมสติกอกา และ เบซิลลารีโอไฟทา

2. โครงสร้างหุ้มเซลล์ โดยเฉพาะเยื่อหุ้มเซลล์เมื่อถูกไมโครทิวบูลดันออกมานอกเซลล์ จะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่โดยทั่วไปเรียกว่า อันดูลิพอเดียม พบในโปรโตซัวหลายเฟิร์ม อาจมีเพียงอันเดียว เช่น กรณีของยูกลีนา หรือมีจำนวนมาก เช่น ในกรณีของโปรโตซัวในฟิล์มซิลิโอฟอรา

จุดประสงค์ของการเรียนรู้

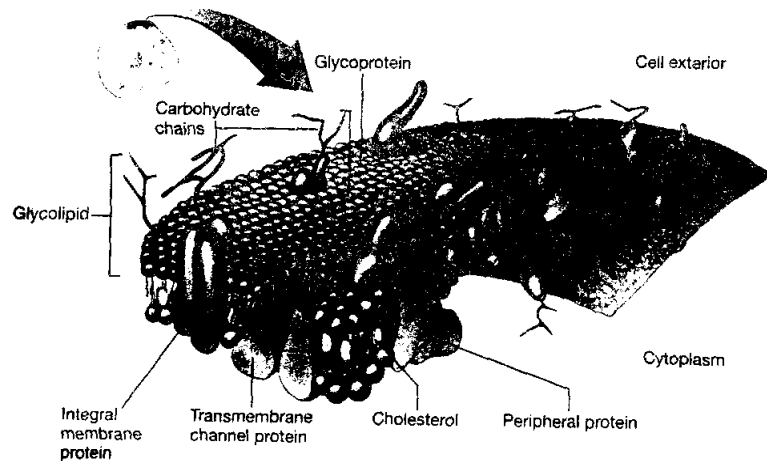
เมื่อศึกษาจนจบบทนี้แล้ว นักศึกษาสามารถบอกได้ว่า

1. โครงสร้างหุ้มเซลล์ของโปรโตซัวทั่วไปประกอบด้วย เยื่อหุ้มเซลล์ และโครงสร้างเสริม คือ เปลือกหุ้มเซลล์
2. นักศึกษาสามารถทราบถึงโครงสร้างหุ้มเซลล์ที่สัมพันธ์กับเซลล์ออร์แกเนลล์อื่นโดยเฉพาะไมโครทิวบูล ซึ่งวิวัฒนาการออกมาจากเซลล์เพื่อใช้สำหรับการเคลื่อนที่
3. นักศึกษาสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากบทนี้มาประยุกต์เขียนแผนภาพโครงสร้างหุ้มเซลล์ของโปรโตซัวอื่นที่ไม่ได้ชักตัวอย่างไว้ได้
4. นักศึกษาสามารถตอบคำถามท้ายบทได้เกินกว่าร้อยละ 80 ในเวลาหนึ่งสัปดาห์

โครงสร้างหุ้มเซลล์ของโปรโตซัว ประกอบด้วย เยื่อหุ้มเซลล์(**cell membrane**) เป็นโครงสร้างหลัก หลายชนิดมีโครงสร้างเสริมคลุมชั้นนอกของเยื่อหุ้มเซลล์ เพื่อช่วยเสริมความแข็งแรงและทนทานต่อสภาพแวดล้อม เรียกว่า **เพอริพลาสต์(periplast)** มีลักษณะต่างกันตามหน้าที่พิเศษของแต่ละชนิด อาจมีส่วนประกอบลักษณะเป็นเกล็ด(**scale**) เป็นแผ่นกลมแข็ง(**coccolith**) หรือเป็นแผ่น(**plate**) รวมถึงการเปลี่ยนแปลงเป็นโครงสร้างพิเศษที่เรียกว่า **ผนังหุ้มเซลล์(cell wall)** เป็นโครงสร้างยึดหยุ่นได้ที่เรียกว่า **เพลลิเคิล(pellicle)** และแบบที่เป็นโครงสร้างแข็งด้วยสารประกอบของซิลิกาหรือของแคลเซียม ซึ่งเรียกว่า **เปลือกหุ้มเซลล์** มีชื่อเรียกเฉพาะได้หลายชื่อ เช่น **theca lorica test** หรือ **frustule** จะกล่าวถึงเพียงบางกลุ่มในข้อ 1.1.2 เยื่อหุ้มเซลล์ของโปรโตซัวมีส่วนประกอบหลักตามแบบเยื่อหุ้มเซลล์ของ **Singer-Nicolson** เช่นเดียวกับ ยูคาริโอททั่วไป(รูป 1-1) กล่าวคือ ประกอบด้วย (1) ชั้นของ **ลิพิดไบเลเยอร์(lipid bilayers)** จัดเรียงขนานกันห่างกันประมาณ 200 แองสตรอม จัดเรียงโมเลกุลโดยหันส่วน

ที่ขอบน้ำออกสู่ด้านนอกเซลล์และด้านในเซลล์ ส่วนที่ไม่ชอบน้ำหันเข้าหากัน (2) กลอบิวลาร์โปรตีน(**globular protein**) สอดแทรกอยู่ระหว่างชั้นของลิพิด ถ้าแทรกทะลุตลอดทั้ง 2 ชั้น เรียกว่า อินเทกรัลโปรตีน(**integral protein**) ถ้าแทรกอยู่ในระหว่างโมเลกุลของลิพิดเพียงชั้นใดชั้นหนึ่ง(ชั้นนอก หรือชั้นใน) เรียกว่า เพริเฟรัลโปรตีน(**peripheral protein**) (3) ส่วนประกอบอื่น คือ คอเลสเตอรอล คาร์โบไฮเดรต เอนไซม์ แทรกอยู่ในหรือระหว่างชั้นลิพิด โดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรตมักรวมกันเป็นสารประกอบเชิงซ้อนในรูปของ ไกลโคลิพิด หรือไกลโคโปรตีน โดยมีสัดส่วนมากหรือน้อยต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของเซลล์และชนิดของสิ่งมีชีวิต รายละเอียดส่วนประกอบ และหน้าที่หลักของเยื่อหุ้มเซลล์สามารถศึกษาได้จากตำราชีววิทยาและเซลล์วิทยา

รูป 1-1 แผนภาพเยื่อหุ้มเซลล์ตามแบบของ Singer-Nicolson แสดงส่วนประกอบหลัก คือ ชั้นลิพิดไบแลเยอร์ และโปรตีน ให้สังเกตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่เป็นส่วนประกอบเชิงซ้อนอยู่กับโปรตีนหรือลิพิดนั้น มักพบได้น้อยในเซลล์ทั่วไป แต่จะพบได้มากโดยเป็นส่วนประกอบของชั้น **buffy-coat** ของเยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง(จาก Solomon et al., 1993)



1.1 โครงสร้างหุ้มเซลล์ของโปรโตซัวทั่วไป

โปรโตซัวทุกชนิดมีเยื่อหุ้มเซลล์ หลายชนิดมีโครงสร้างเสริมที่เรียกว่าเพอริพลาสต์ ดังกล่าวแล้ว ข้อมูลจากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบทะลุผ่านทำให้ทราบว่า เยื่อหุ้มเซลล์มีลักษณะเป็น หน่วยเยื่อหุ้มเซลล์(**unit membrane**) แต่มีข้อจำกัดบางประการทำให้การศึกษารายละเอียดเยื่อหุ้มเซลล์ของพวก Testacea, Granuloreticulosa, Dinomastigota และ Bacillariophyta ทำได้ยาก เนื่องจากโปรโตซัวเหล่านั้นสร้างเปลือกหุ้มเซลล์เป็นอุปสรรคต่อระเบียบวิธีเตรียมตัวอย่างสำหรับการฉีกเป็นแผ่นบางพิเศษ จึงต้องทดแทนโดยการศึกษาโครงสร้างของเปลือกหุ้มเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

1.1.1 เยื่อหุ้มเซลล์

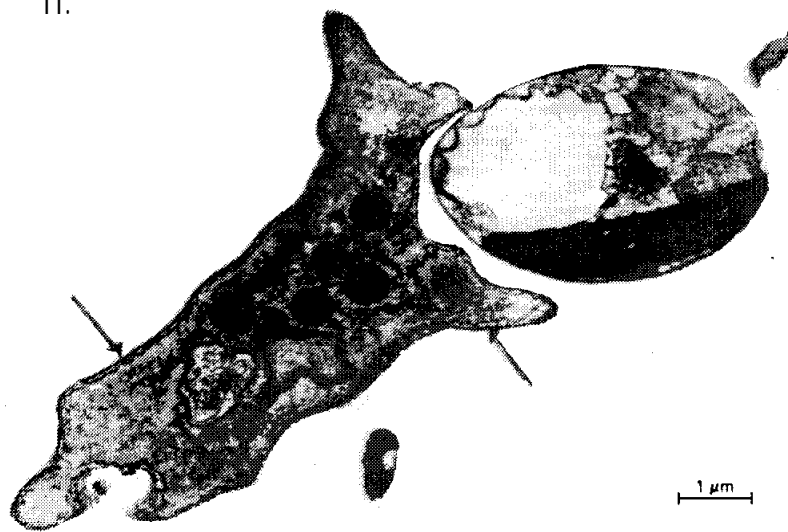
เยื่อหุ้มเซลล์ของโปรโตซัว นิยมเรียกว่า **เพลลิเคิล(pellicle)** และรวมใช้เรียกเยื่อหุ้มเซลล์ของพวกโปรติสต์ด้วย โปรโตซัวทุกชนิด มีเยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วย ชั้นลิพิดไบเลเยอร์ และโปรตีน ทำหน้าที่หลักเป็นโครงสร้างหุ้มเซลล์ เพื่อป้องกันไซโทพลาซึมมิให้สัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอก และควบคุมการเข้า-ออกของสาร ความเป็นไดนามิกส์ของเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นผลให้มีหน้าที่อื่นได้ด้วย เช่น การไหลเพื่อให้เกิดเป็น **ตีนเทียม(pseudopodium)** ใช้สำหรับการเคลื่อนที่ในพวกโรโซพอดา การตอบสนองต่อสิ่งเร้าทั้งชนิดที่เป็นสิ่งเร้าเชิงกลและสิ่งเร้าเคมี การยึดติดกับซับสเตรท หรือยึดติดกับเซลล์ข้างเคียง หน้าที่พิเศษเหล่านี้ เป็นหน้าที่ของเพอริพลาสต์ซึ่งเป็นโครงสร้างอันเป็นผลเนื่องมาจากวิวัฒนาการถ่ายทอดโดยทางพันธุกรรมด้วยการผสมพันธุ์แบบอาศัยเพศของตัวที่มียีนลักษณะเฉพาะ ทำให้มีลักษณะพิเศษเสริมร่วมอยู่กับเยื่อหุ้มเซลล์ และคลุมเยื่อหุ้มเซลล์ไว้เพื่อตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมให้สามารถมีชีวิตรอดได้ดีที่สุด

(1) เยื่อหุ้มเซลล์ของโรโซพอดา การศึกษาเยื่อหุ้มเซลล์ของโปรโตซัวหลายชนิดในฟิล์มโรโซพอดาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบทะลุผ่าน พอสรุปได้ว่าเยื่อหุ้มเซลล์มีลักษณะเป็น **ไตรลามินาร์เลเยอร์(trilaminar layer)** (รูป 1-2 ก.) ลักษณะดังกล่าวคือชั้นของลิพิดไบเลเยอร์นี้เองที่ทำให้เห็นว่าเป็น 3 ชั้นก็เนื่องจากโมเลกุลของลิพิดในแต่ละชั้นมีส่วนประกอบที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ ส่วนที่ชอบน้ำเมื่อเรียงสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอกเซลล์และภายในเซลล์จึงปรากฏให้เห็นเป็นเส้นทึบขนานกัน ส่วนที่ไม่ชอบน้ำเรียงเข้าหากันจึงปรากฏเป็นเส้นจางอยู่ระหว่างสองเส้นทึบ กล่าวอีกนัยหนึ่ง

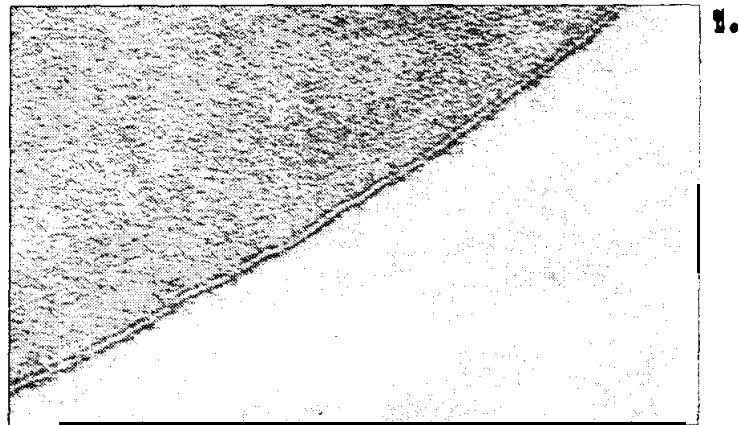
คือ คล้ายกับเป็นช่องว่างอยู่ระหว่างสองเส้นที่บวม จึงเป็นที่มาของคำว่า ไทรลามินาร์แลเออร์ จะเห็นได้ว่ายากจะบอกความแตกต่างจากเซลล์ของยูแคริโอททั่วไป(รูป 1-2 ข.) แม้ในโปรติสท์กลุ่มที่มีคลอโรพลาสต์ ซึ่งในวงชีวิตมีการสร้างและสลายผนังเซลล์ได้ แต่เยื่อหุ้มเซลล์ยังคงลักษณะไทรลามินาร์แลเออร์(รูป 1-2 ค.)

รูป 1-2 ก. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของ *Amoeba* ขณะใช้ชูโตพอดเดี่ยว (ลูกศร) โอบล้อมสาหร่ายเซลล์เดียวเพื่อกิน(phagocytosis)เป็นอาหาร ให้สังเกตเยื่อหุ้มเซลล์ของอะมีบา(ลูกศรหนา) ที่มีลักษณะเป็นเส้นที่บวมเส้นจาง(ไทรลามินาร์แลเออร์) (จาก Arms & Camp, 1988)

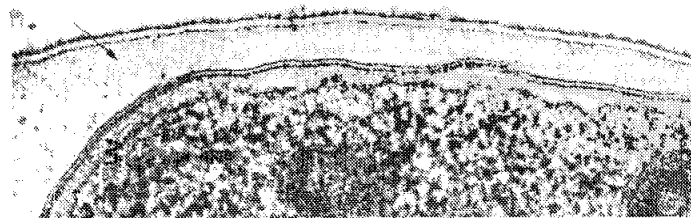
ก.



รูป 1-2 ข. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของยูแคริโอทเซลล์ ลูกศรชี้คือเยื่อหุ้มเซลล์ที่มีลักษณะเป็นไตรลามินาร์แลเออร์หุ้มไซโทพลาซึม(Cy) (จาก Solomon et al., 1993)



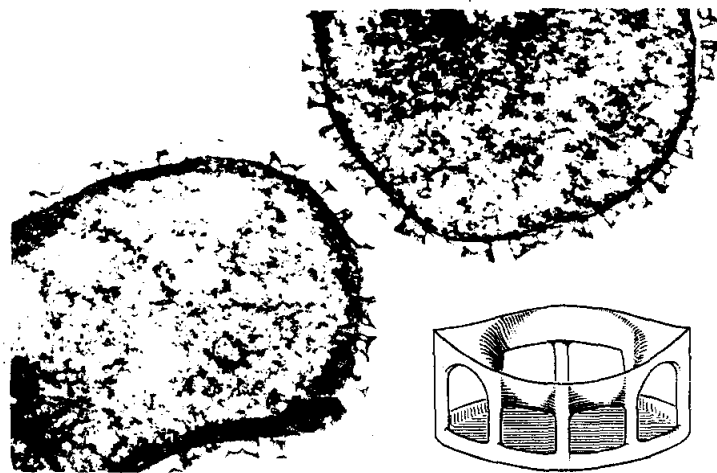
รูป 1-2 ค. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของ *Chlorella fusca* (Class Chlorococcales, Phylum Chlorophyta) แสดงระยะสุดท้ายของการรวมกันของแผ่นเส้นใยเป็นผนังเซลล์ (w) อยู่ภายในชิดกับเยื่อหุ้มเซลล์(ลูกศรทึบ)ของ autospore ลูกศรเดี่ยวคือผนังเซลล์ที่กำลังเสื่อมสลายของเซลล์แม่ ให้สังเกตว่า เยื่อหุ้มเซลล์ทั้งของ autospore และเซลล์แม่มีลักษณะ ไตรลามินาร์แลเออร์ (จาก Pickett-Heaps, 1975)



อะมีบาบางชนิด เช่น *Amoeba proteus*, *Hyalodiscus simplex*, *Pelomyxa carolinensis* (Order Amoebida, Class Lobosea) มีเยื่อหุ้มเซลล์ที่ต่างออกไป โดยที่ถูกปกคลุมด้วยชั้นบางซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นละเอียดเล็ก ๆ ยื่นออกไปจากเยื่อหุ้มเซลล์เป็นระยะ ๆ สม่่าเสมอ เส้นละเอียดนี้เป็นสารประกอบมิวคอปอลิแซกคาไรด์และอาจทำหน้าที่ช่วยให้อะมีบายึดติดกับซัพสเตรท หรือทำหน้าที่ดูดซับสารก่อนที่จะถูกกินโดยวิธีไฟโนไซโทซิส(plinocytosis)

เยื่อหุ้มเซลล์ของ *Paramoeba eilhardi* (Family Paramoebidae, Suborder Conopodina, Order Amoebida) ต่างจากอะมีบาชนิดอื่นคือ เยื่อหุ้มเซลล์ถูกปกคลุมด้วย เพอริพลาสต์ จึงนิยมเรียกว่า เฟลลิกเซล เพอริพลาสต์มีลักษณะพิเศษที่เรียกว่า “บ็อกซ์ไลค์”(box-liked) ดูคล้ายกล่อง หรือตะกร้ารูปกระสวยขนาดเล็ก ถูกเจาะเป็นรู (รูป 1-3) แต่ละกล่องมีขนาดยาวระหว่าง 330-370 นาโนมิเตอร์ ด้านล่างแปะติดอยู่กับเยื่อหุ้มเซลล์ด้านข้างถูกค้ำจุนด้วยโครงสร้างคล้ายเสา 8 อัน จึงทำให้ด้านข้างเป็นรูปพวง ด้านบนเปิดไว้ลึกลงไปเป็นรูปถ้วยทำให้ช่องกลางลักษณะเป็นหกเหลี่ยม เชื่อว่าทำหน้าที่คล้าย “ถ้วยดูด”(suction cup) เอื้อประโยชน์สำหรับอะมีบาชนิดนี้เกาะติดกับ ซับสเตรทได้ดีขึ้น

รูป 1-3 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของ *Paramoeba eilhardi* เยื่อหุ้มเซลล์ถูกปกคลุมด้วยโครงสร้าง “box-liked” ขนาดเล็กตั้งรายละเอียดในแผนภาพมุมล่างขวา (จาก Grell, 1973)

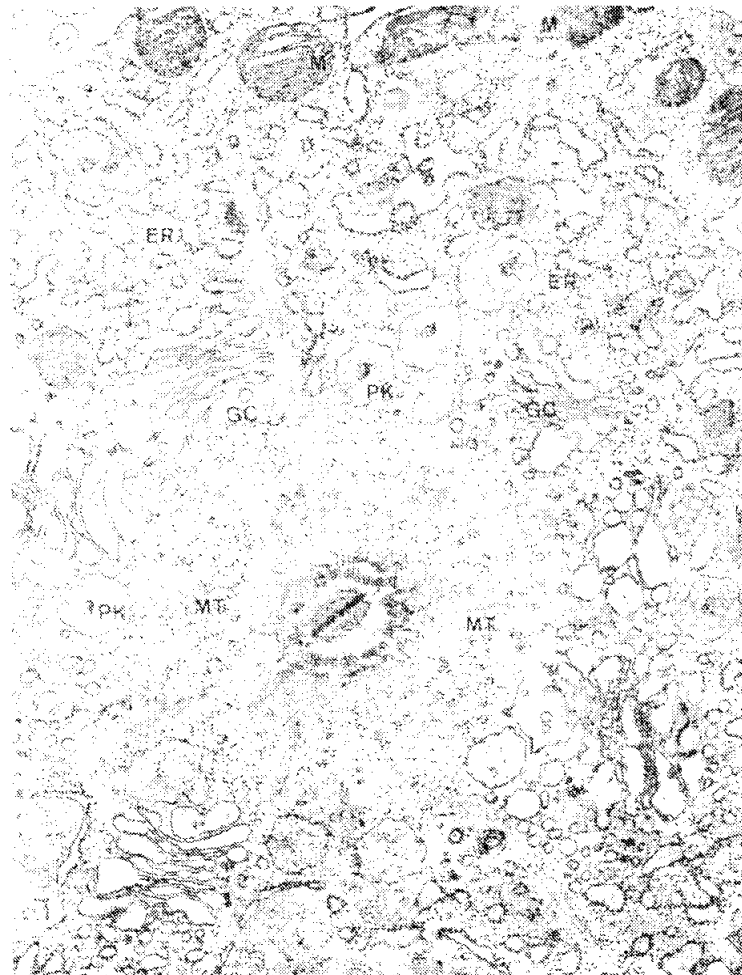


(2) เยื่อหุ้มเซลล์ของแอกทีโนพอดา เยื่อหุ้มเซลล์นอกจากจะทำหน้าที่หลักคือ หุ้มไซโทพลาซึมให้แยกเป็นอิสระจากสิ่งแวดล้อมภายนอกแล้ว ยังทำหน้าที่แบ่งสัดส่วนไซโทพลาซึมภายในได้อีกด้วย พบได้ในฟิล์มแอกทีโนพอดา(Actinopoda) โดยแบ่งไซโทพลาซึมส่วนนอกแยกเป็นอิสระจากไซโทพลาซึมส่วนใน เรียกโครงสร้างเยื่อหุ้มนี้ว่า เซนทริลแคปซูล(central capsule) (รูป 1-4 ก. และ ข.) ภายในเซนทริลแคปซูลอาจมีนิวเคลียสเดี่ยวหรือหลายนิวเคลียส จึงทำให้ส่วนในถูกแบ่งจากส่วนนอกเป็นห้อง

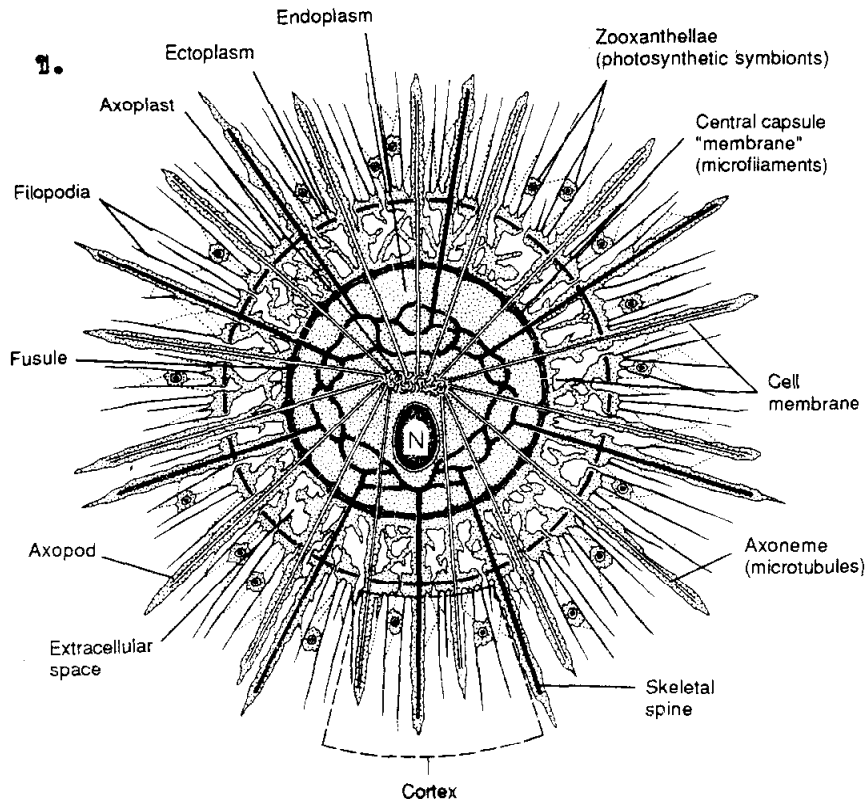
เดี่ยวหรือหลายห้อง และยังมีสารประกอบมาหุ้มตลอดจนมีรูพรุนลักษณะต่างกัน ใช้เป็นหลักสำหรับการจัดหมวดหมู่โปรโตซัวในฟิลัมนี้ได้

รูป 1-4 ก. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของ *Heterophrys marina* (Class Heliozoa, Phylum Actinopoda) ศูนย์กลางของเซลล์เรียกว่า **เซนทริลแกรนูล (central granule)** หรือ **เซนโทพลาสท์ (centroplast)** ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของไมโครทิวบูลที่เป็นแกนของ แอ็กโซพอดี (axopodia) ให้สังเกตว่าไซโทพลาซึม (เรียกว่า **endoplasm** ในรูป 1-4 ข.) ลักษณะต่างจากไซโทพลาซึมรอบนอกที่เป็นที่อยู่ของเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม (ER) ดูรายละเอียดเปรียบเทียบจากแผนภาพในรูป 1-4 ข. MT - microtubule, GC - Golgi complex, PK perikinetocyst, ER - endoplasmic reticulum, M - mitochondria. N - nucleus (จาก Grell, 1973)

ก.



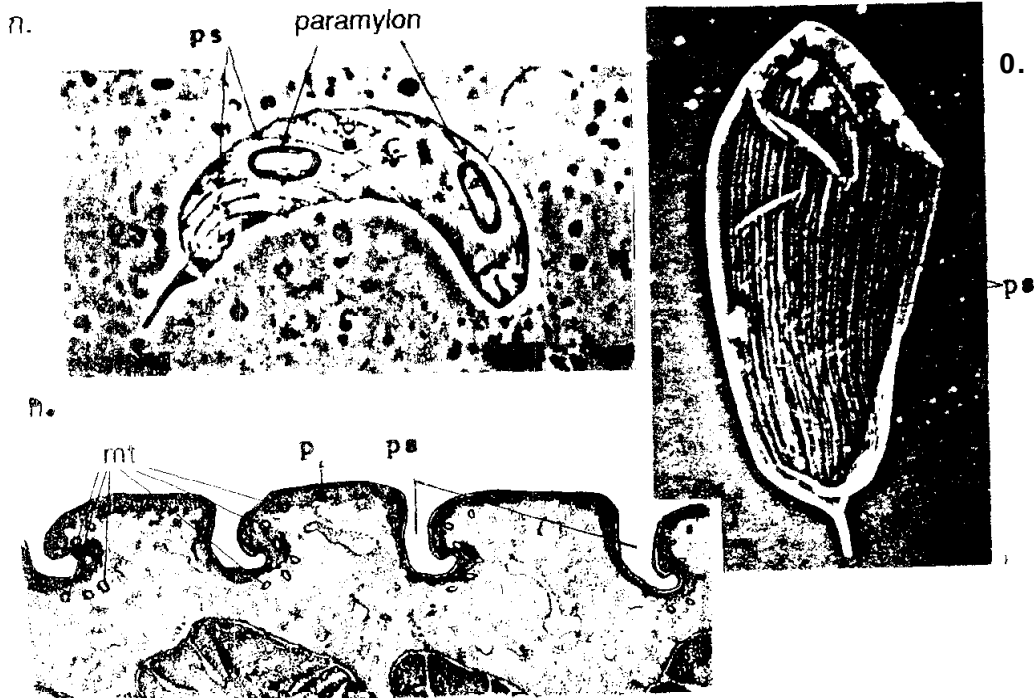
รูป 1-4 ข. แผนภาพรายละเอียดโครงสร้างทั่วไปของโปรโตซัวในฟิล์ม แอกทีโนพอดา ให้สังเกต เซนทริลแคปซูลซึ่งเป็นเมมเบรน(หรือ microfilament) ทำหน้าที่หุ้มไซโทพลาซึมส่วนใน(endoplasm) แยกเป็นอิสระจากไซโทพลาซึมส่วนนอก (จาก Margulis et al., 1993)



(3) เยื่อหุ้มเซลล์ของยูกลีนิดา เพลลลิกเซลของโปรโตซัวในฟิล์มยูกลีนิดา ประกอบด้วยเยื่อหุ้มเซลล์และสารเหนียวหุ้มทำให้มีรูปทรงกระสวยคองที่ จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาจะเห็นลายเส้นขนานพาดตามแนวเฉียงตลอดความยาวของเซลล์เรียกว่า สไปรัลสไตรป์(spiral stripe) หรือ เพลลลิกิวลาร์สไตรป์(pellicular stripe) (รูป 1-5 ก. ข. และ ค.) โครงสร้างนี้เกิดจากการโค้งขึ้นมาเกยกันของเพลลลิกเซลเมื่อศึกษาจากภาคตัดขวางจึงทำให้เห็นมีส่วนเว้าลึกลงไปเป็นร่องและส่วนนูนขึ้นมาเป็นสันคล้ายซี่ฟัน(tooth-like projection) ภายใต้อันเป็นชั้นโปรตีนมีความหนาหรือบางต่างกันในแต่ละชนิดตามสัดส่วนของโปรตีน ลิพิด และคาร์โบไฮเดรตที่เป็นส่วนประกอบหลัก

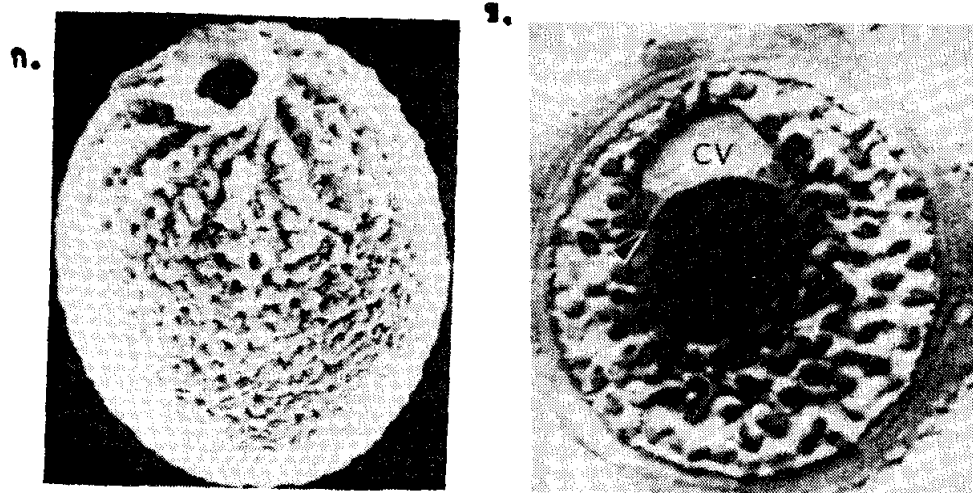
ของชั้นโปรตีน และยังมีไมโครทิวบูลที่เป็นโครงสร้างค้ำจุนอยู่ใต้เพลลิวเคลียกด้วย เมื่อไมโครทิวบูลหดตัว ทำให้พวก ยูกลีนิด(euglenid) เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้แบบที่เรียกว่า เมตาบอลิ(metaboly) (รูป 1-5 ก.)

รูป 1-5 เพลลิวเคลียของ *Euglena spiragya* ก. เซลล์ที่โครงสร้างภายในหลุดออกไปหมดแล้วเหลือแต่ พาราไมลอน(paramylon) ให้สังเกต เพลลิวคลาร์สไตรปี(PS) ปรากฏเป็นเส้นเกลียวขนาน ช่วยให้ยูกลีนิดาหดตัวเปลี่ยนรูปร่างได้แบบที่เรียกว่า เมตาบอลิ ข. เพลลิวเคลียที่ถูกลอกออกจากเซลล์มองจากด้านใน เพลลิวคลาร์สไตรปี เป็นเส้นขนาน (จาก Grell, 1973) ค. แผนภาพภาคตัดขวางจำลองจากภาพของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แสดงเพลลิวคลาร์สไตรปีเป็นร่องเว้าถูกเกยทับด้วยแง่ของเส้นปรากฏให้เห็นคล้ายซี่ฟัน ให้สังเกตภายใต้ชั้นเพลลิวเคลียค้ำจุนด้วยแถบโปรตีน(P) และไมโครทิวบูล(mt) (จาก Margulis et al., 1993)



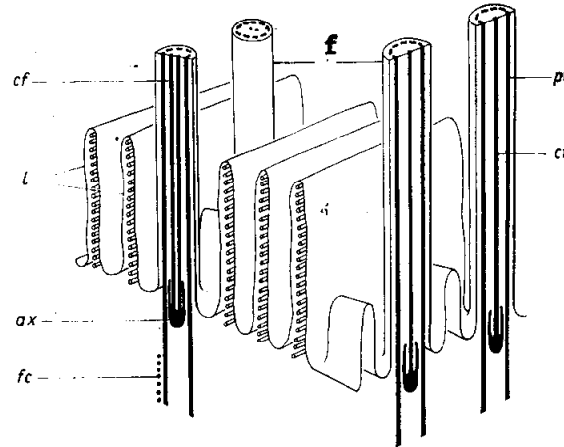
เพลลิเคิลของยูกลีนิดาบางกลุ่มต่างออกไป โดยเฉพาะในกลุ่มที่ช่วงหนึ่งของวงชีวิตเปลี่ยนแปลงเป็นระยะไม่มีการเคลื่อนที่ เซลล์รวมกันเป็นโคโลนี เรียกโครงสร้างนี้ว่า พัลเมลลอยด์ (palmelloid) เช่น สกุล *Trachelomonas* (Order Euglenales) เพลลิเคิลถูกหุ้มด้วยสารเหนียว จึงทำให้มีลักษณะคล้ายเปลือก (lorica) และช่วยให้เซลล์ติดกัน เรียกส่วนที่มาหุ้มนี้ว่า มิวซิเลจสแตรนด์ (mucilage strand or mucilstrand) ซึ่งเป็นที่สะสมของสารประกอบของแมงกานีสจำนวนมากด้วย (ร้อยละ 20-60) (รูป 1-6 ก. และ ข.) มิวซิเลจสแตรนด์ของโครงสร้างพัลเมลลอยด์นี้ยังพบในไฟโทแฟลเจลเลทไฟลัมอื่นได้อีกคือ ไฟลัมคริปทอไฟทา (Cryptophyta) และไฟลัมเรพิดอไฟทา (Raphidophyta) ไฟลัมหลังจะไม่กล่าวถึงในตำราเล่มนี้

รูป 1-6 ก. ภาพจากกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราดของ *Trachelomonas lefevrei* แสดงโครงสร้างทรงกลมของมิวซิเลจ ช่องด้านบนภาพเป็นตำแหน่งที่ให้แอนติลิวเดียยื่นออกมาได้ (จาก South & Whittick, 1987) ข. ภาพถ่ายภาคตัดขวางระยะอินเทอร์เฟสพัลเมลลอยด์เซลล์ของ *Vacuolaria virescens* (Phylum Raphidophyta) ให้สังเกตเห็นหน้าของมิวซิเลจที่หุ้มเพลลิเคิล แผ่นรูปไข่ที่บวมจำนวนมากคือ พลาสติดกระจายอยู่โดยรอบนิวเคลียสขนาดใหญ่กลางเซลล์ ลูกศรชี้คือ กอสมิโคมเพิลล์ CV - contractile vacuole (จาก Margulis et al., 1973)

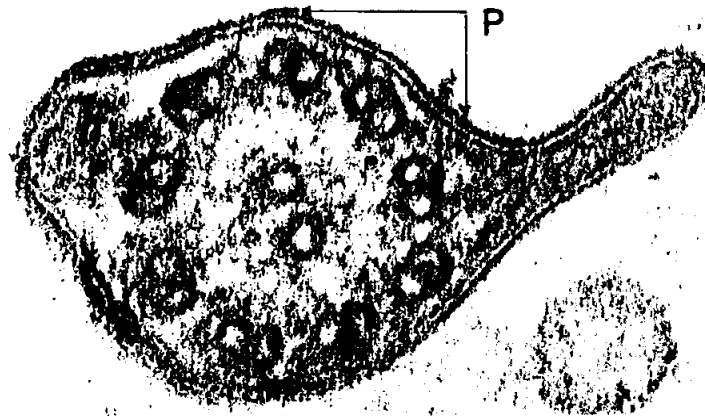


(4) เยื่อหุ้มเซลล์ของซูโอแมสทีจิना เพลลลิเคิลของโปรโตซัวในฟิล์ม ซูโอแมสทีจิना (*Zoomastigina*) มีความหลากหลายมากเป็นผลเนื่องมาจากวิวัฒนาการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมเพื่อการอยู่รอด กลุ่มที่ดำรงชีพแบบพึ่งพา เช่น พวก โอพาลินิด (*opalinid*) ซึ่งอยู่ในลำไส้ของแมลงพวกปลวก มีเพลลลิเคิลเพียงชั้นเดียว ไม่ปรากฏเป็นลักษณะไทรลามินาร์แลเออร์ (รูป 1-7) เพลลลิเคิลพยับเป็นคลื่น ได้ชั้นเพลลลิเคิลแต่ละคลื่นต่ำจนด้วยไมโครทิวบูล เรียงเป็นแถวตามแนวยาวตลอดหัว-ท้ายเซลล์ ประมาณ 20-25 เส้น ระหว่างร่องของคลื่น มีอันดูลิพอเดีย (แฟลเจลลา) สั้น ๆ โผล่ขึ้นมาเป็นระยะ การพยับของเพลลลิเคิลคล้ายกับวิลไล (villi) ของลำไส้ ซึ่งให้เห็นความสัมพันธ์กับวิธีการกินอาหารของกลุ่มโอพาลินิดที่ไม่มี ช่องปาก (*cytostome*) ว่าเป็นการเพิ่มพื้นที่สำหรับดูดกลืนอาหารที่ย่อยแล้ว และจากการศึกษา *Copepoda dimidiata* (Order Opalinida, Class Opalinata) พบว่า มีการกินอาหารที่เป็นของเหลวผ่านทางกันรอยพยับของเพลลลิเคิลโดยวิธีไฟโนไซโทซิส กลุ่มที่ดำรงชีพแบบปรสิต มีเพลลลิเคิลต่างจากพวก โอพาลินิด โดยสิ้นเชิง ทั้งพวก ไกอาร์เดียน (*glaridan*, Family Hexamitidae, Class Diplomonadida) และพวก ทริพานโซม (*trypanosome*, Family Trypanosomatidae, Class Kinetoplastida) เพลลลิเคิลมีลักษณะเป็นไทรลามินาร์แลเออร์ คลุมด้วยชั้นหนาของโปรตีนที่มีคุณสมบัติเป็นแอนติเจน (รูป 1-8 ก. และ ข. ตามลำดับ) ยิ่งไปกว่านั้น เพลลลิเคิลของชนิดเดียวกัน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างตามขั้นตอนการเจริญของวงชีวิต ลักษณะของเพลลลิเคิลก็ถูกเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย เช่นกรณีของ *Trypanosoma cruzi* เมื่อเพาะเลี้ยงในมีเดีย ระยะ เอแมสติกอท (*amastigote*) มีชั้น เซอร์เฟซโคท (*surface coat*) อัดแน่นผิวนอกเรียบคลุมเยื่อหุ้มเซลล์ (รูป 1-9 ก.) เมื่อเจริญเปลี่ยนแปลงรูปร่างมาเป็นระยะ เอพิแมสติกอท (*epimastigote*) ชั้นเซอร์เฟซโคทสลายไปเหลือเพียงเพลลลิเคิลธรรมดา (รูป 1-9 ค.) เมื่อเจริญถึงระยะ ทริพอแมสติกอท (*trypomastigote*) ชั้นเซอร์เฟซโคทมีลักษณะคล้าย หนามละเอียด (*bristle-like*) (รูป 1-9 ข.) แต่ถ้าเพาะเลี้ยง *Trypanosoma cruzi* ไว้ใน เฮลาเซลล์ (*Hela cell*) เพลลลิเคิลของระยะเอแมสติกอทมีลักษณะแปลกออกไปอีก คือ ถูกปกคลุมด้วย โครงสร้างคล้ายวิลไล (*villi-like structure*) (รูป 1-9 ง.) ความซับซ้อนโครงสร้างของเพลลลิเคิลเหล่านี้ ซึ่งนำไปถึงลักษณะการปรับเปลี่ยนให้มีชีวิตรอดอยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่าง ซึ่งจะมีข้อมูลใหม่เกิดขึ้น เมื่อมีนักวิทยาศาสตร์บางท่านสนใจที่จะศึกษา

รูป 1-7 แผนภาพจำลองจากภาพถ่ายโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดง เพลลลิเคิลของ *Opalina ranarum* (Order Opalinida, Class Opalinata) ให้สังเกตได้รอยพับตามแนวยาว (l) ของเพลลลิเคิลนั้นมีไมโครทิวบูลค้ำจุน ระหว่างร่องเพลลลิเคิลมีแฟลเจลเลลา (f) สั้น ๆ แทรกเป็นระยะ. ax - จุดเริ่มต้นของแอกโซนีม, cf - central microtubule, pt - peripheral microtubule, fc - microtubule ของ basal body (ดัดแปลงจาก Grell, 1973)



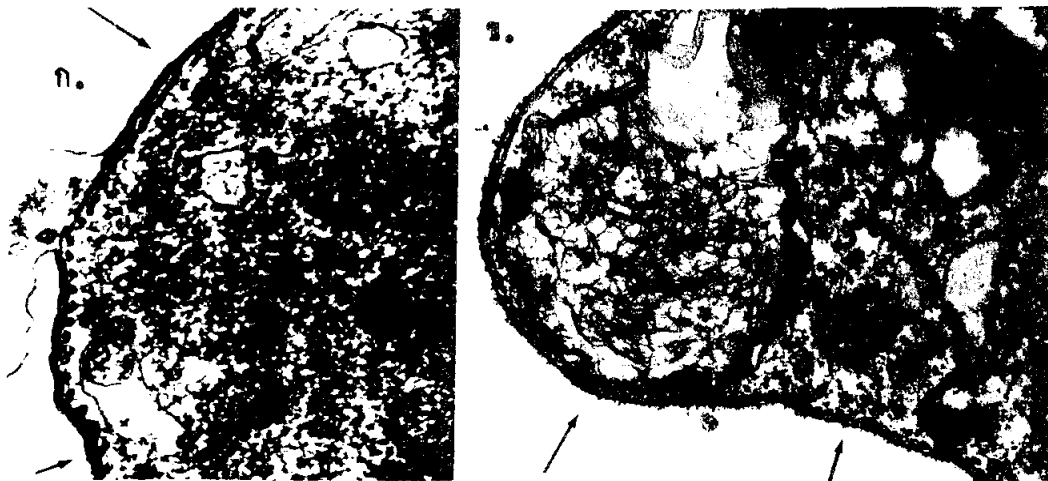
รูป 1-8 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของ ก. ภาคตัดขวางส่วนของ แฟลเจลลาที่ยื่นพ้นเซลล์ *Giardia muris* ให้สังเกตเพลลลิเคิลลักษณะเป็นไทโรลามินาร์แลเออร์คูลมด้วยเซอร์เฟซโคท(P) อัดแน่น วง 2 วงกลางภาพคือ singlet microtubule วงคู่รอบนอกคือ doublet microtubule(peripheral microtubule) (จาก Friend, 1966)



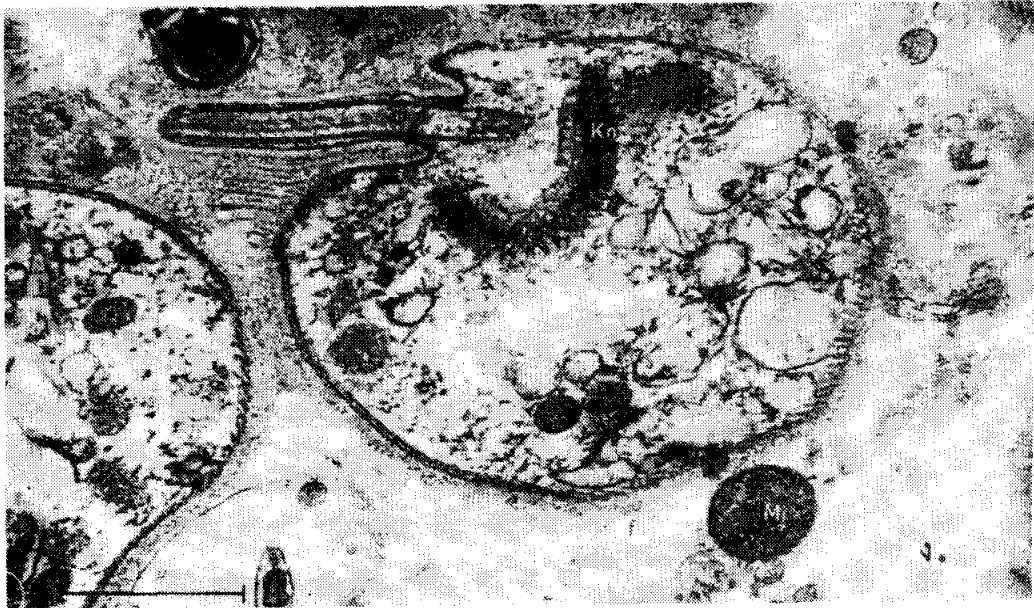
รูป 1-8 ข. ภาคตัดขวางผ่านอันดูลิพอเดียม(แฟลเจลลา) ระยะ metacyclic kinetoplastid trypomastigote ของ *Trypanosoma brucei* ให้สังเกตเห็นเพลลิเคิลที่ถูกปกคลุมด้วยเซอร์เฟซโคทหนา (SC) และโครงสร้างพิเศษ คือ **paraxial rod(pr)** ซึ่งยังไม่ทราบหน้าที่ ลูกศรคือ เดสโมโซม ทำหน้าที่เชื่อมต่อเพลลิเคิลส่วนของตัวเซลล์(body) กับส่วนของอันดูลิพอเดียมเข้าด้วยกัน มีช่องให้ไซโทพลาซึมไหลเวียน. ax - axoneme, gl - glycosome, mt - pellicular microtubule (จาก Margulis et al., 1993)



รูป 1-9 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของ *Trypanosoma cruzi* ก. ระยะเอแมสติกอท ลูกศรชี้เพลลิเคิล เซอร์เฟซโคทหนาเปรียบเทียบกับ ข. ระยะทริพอแมสติกอท ให้สังเกตเห็นมละเอียดย(ลูกศร)ขนาดเล็กมากที่คลุมอยู่บนเซอร์เฟซโคท

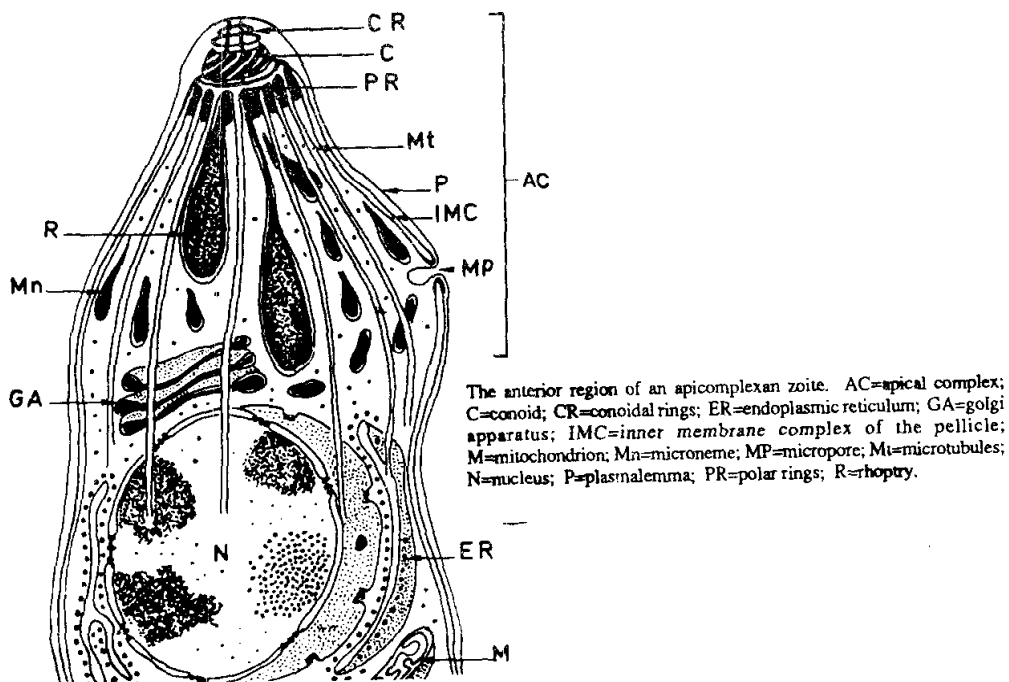


รูป 1-9 ค. ระยะเอพิแมสติกอท ลูกศรชี้เพลลิดีลที่ไม่มีเซอร์เฟซโคท (จาก Kanbara et al., 1974) และ ง. โครงสร้างคล้ายไวรัส(A และลูกศร)ที่คลุมต่อนื่องกับ เซอร์เฟซโคท. Kn- kinetoplast, Mi - mitochondria ของเฮลาเซลล์ (จาก Inoki et al., 1973)



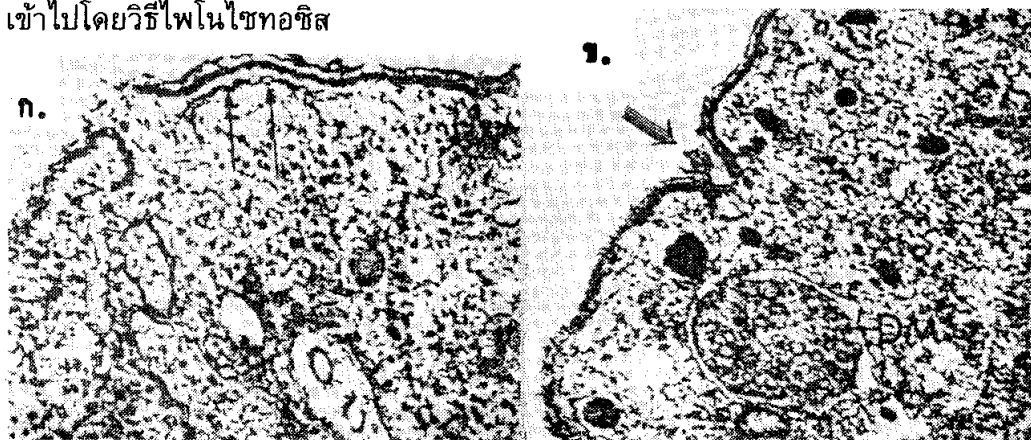
(5) เยื่อหุ้มเซลล์ของเอพิกอมเพลกซา โปรโตซัวในฟิล์มนี้ทุกชนิดดำรงชีพแบบปรสิตอยู่ในเซลล์ของเนื้อเยื่อของโฮสต์ เพลลิเคิลจึงมีวิวัฒนาการให้เหมาะต่อการรับอาหารจากโฮสต์พร้อมทั้งป้องกันการย่อยโดยเอนไซม์จากไลโซโซมของโฮสต์เซลล์ด้วย การกินอาหารจะใช้วิธีดูดกลืนอาหารที่ย่อยแล้วผ่านทางเยื่อหุ้มเซลล์ ในชั้นเกรแกริเนีย(Gregarinia) เพลลิเคิลมีลักษณะพับย่นคล้ายกับในพวกโอพาลินิด ซึ่งเป็นเค้าเงื่อนถึงการกินอาหารแบบไฟโนไซโทซิสอีกด้วย ข้อสันนิษฐานนี้ได้รับการพิสูจน์ในพวกคอกซิเดียน(Class Coccidia) ด้วยการพบไมโครพอร์(micropore) ซึ่งมีลักษณะเป็น ถุงไฟโนไซโทซิส(pinocytotic vesicle) (รูป 1-10) ในระยะ เมรอซอยท์(merozoite) และในระยะ โอโอไคไนท์(ookinete) (รูป 1-11) จึงถือได้ว่าไมโครพอร์ทำหน้าที่แบบร่องปากของพวก ซิลิโอฟอราน(ciliophoran)

รูป 1-10 แผนภาพจำลองจากภาพถ่ายของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แสดงรายละเอียดโครงสร้างระยะ ซอยท์(zoite) หรือ เมรอซอยท์ของพวกเอพิกอมเพลกซาน ให้สังเกต micropore(mp) (จาก Margulis et al., 1993)



เพลลิเคิลของชนิดเดียวกันเมื่ออยู่ในช่วงการเจริญของวงชีวิตระยะต่างกันก็มีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปทำนองเดียวกับที่ศึกษาพบในพวกทริพาโนโซม ช่วงการเจริญระยะโอโอโคไนท์อยู่ภายใน โอโอซิสท์(oocyst)ที่ผนังกระเพาะอาหารของยุง เพลลิเคิลจะมีลักษณะไทรลามินาร์แลเออร์ชันกันถึง 3 ชั้น(รูป1-11 ก.) แล้วลดลงเหลือเพียง 2 ชั้นเมื่อโอโอโคไนท์เจริญยัดเซลล์ยาวมากขึ้น(รูป1-11 ข. ค. และ ง.) พร้อมกับการเปลี่ยนแปลงนี้ก็มีไมโครทิลบูลเข้ามาเสริมค้ำจุนได้เพลลิเคิลเริ่มจากทางด้านหน้าของเซลล์ไปสู่ด้านหลัง (รูป1-11 จ.) ในช่วงการเจริญระยะเมรอสอยที่อยู่ภายในเซลล์ตับของหนู(ซึ่งทำหน้าที่เป็นโฮสต์กึ่งกลาง)และระยะเมรอสอยที่เจริญเต็มที่พร้อมจะแตกออกจากโฮสต์เซลล์เพลลิเคิลก็มีลักษณะเป็นไทรลามินาร์แลเออร์ชันกัน 2 ชั้น (รูป1-12 ข.) โดยเฉพาะชั้นนอกยังกคลุมทับด้วยเครือข่ายเส้นใยละเอียด(microfibrilla) (รูป1-12 ข.) อีกด้วย จึงพอสรุปได้ว่า ในช่วงที่เป็นปรสิตอยู่ภายในโฮสต์เซลล์ คอกซิเดียนมีเพลลิเคิลแข็งแรงต่อต้านทานการย่อยสลายโดยโฮสต์เซลล์ขณะเดียวกันก็สามารถดูดกลืนและกินอาหาร (ไซโทพลาซึม) ของโฮสต์เซลล์ได้ด้วย

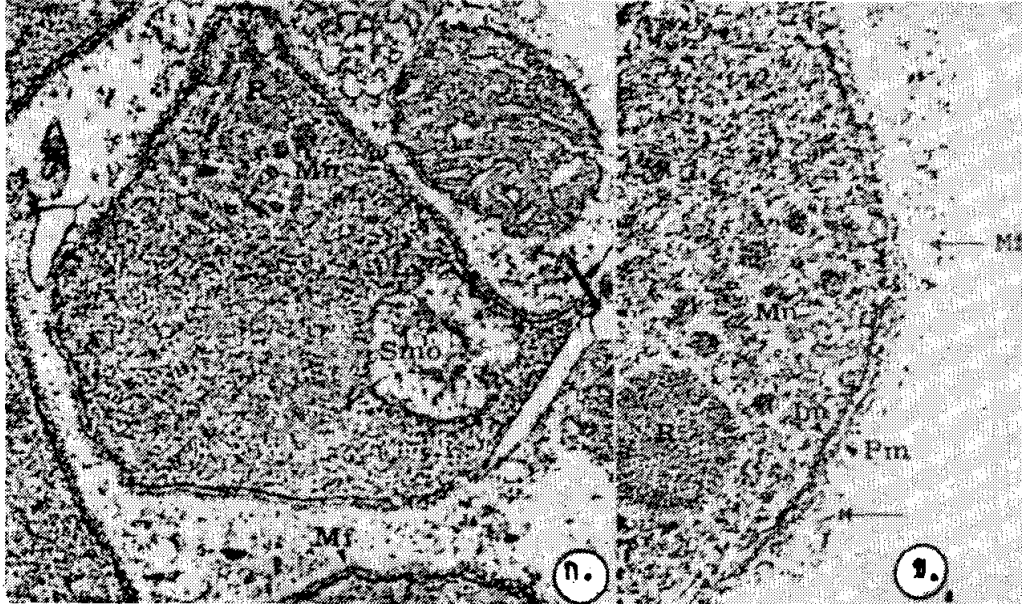
รูป 1-11 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ระยะโอโอโคไนท์ของ *Plasmodium berghei nigeriensis* ในเซลล์กระเพาะอาหารของยุง ก. ระยะ 20 ชั่วโมง ให้สังเกตเพลลิเคิลลักษณะไทรลามินาร์แลเออร์ชัน 3 ชั้น(ลูกศรคู่) ข. ระยะ 20 ชั่วโมงเช่นเดียวกัน ให้สังเกตรอยเว้า(ลูกศรทึบ)ที่เพลลิเคิล. DM - large body คือไมโทคอนเดรียที่มีเมทริกซ์ภายในแน่นทึบ ค. ระยะ 20 ชั่วโมง แสดงให้เห็นเยื่อหุ้มชั้นในของเพลลิเคิลเว้าลึกเข้าไปลักษณะเป็นถุง(sac-like body - SB) ง. ระยะ 20 ชั่วโมง แสดง sac-like body สัมพันธ์กับโครงสร้างรูปไข่มีเยื่อหุ้มชั้นเดียว(ลูกศรคู่) ซึ่งเชื่อว่า น่าจะเป็นส่วนที่ถูกกินเข้าไปโดยวิธีไพโนไซโทซิส



รูป 1-11 จ. ระยะ 22 ชั่วโมง แสดงโครงสร้างไมโครทิลบูล(MT) ที่ค้ำจุนได้เพอ
ลิเคิลทางด้านหน้าของเซลล์ขณะที่ด้านหลังมีเพียงเพอลิเคิล. SEV-smooth endoplasmic
reticulum, V -large vacuole, P -pigment bar, L -lipid bodies (จาก Davies, 1974)



รูป 1-12 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนระยะเมรอซอยท์ของ *Plasmodium berghei* ในเซลล์ตับของหนูตันไม้ (*Thamnomys surdaster*) ก. เพลลิเคิล(ลูกศรชี้) ลักษณะไทรลามินาร์แลเออร์ 2 ชั้น ข. แสดง microfibrilla(mf) ซึ่งคลุมทับเพลลิเคิลชั้นนอก(Pm) Mn -microneme, In -inner membrane, R -rhoptries, Smo-smooth membraned organelle (oin Dessler & Weller, 197 1)



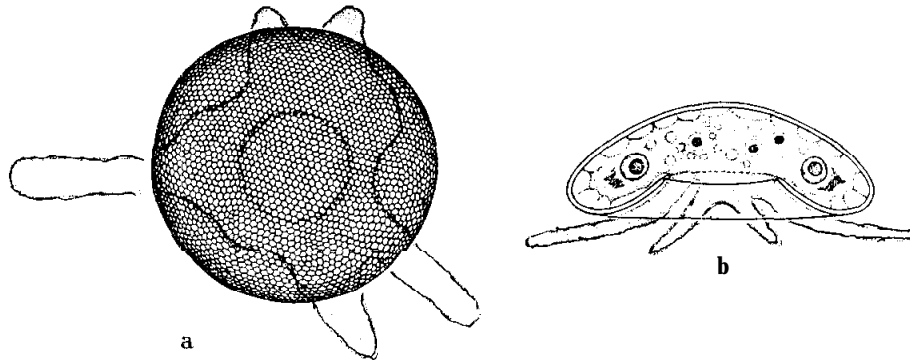
เพลลิเคิลของไฟลัมซิลิโอฟอราจะกล่าวถึงในข้อ 1.2.1

1.1.2 เปลือกหุ้มเซลล์ ในธรรมชาติสภาพแวดล้อมย่อมมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ โปรโตซัวหลายชนิดจึงมีวิวัฒนาการเสริมความแข็งแรงให้กับเซลล์ด้วยการมีโครงสร้างพิเศษหุ้มเซลล์ไว้เพื่อการมีชีวิตรอด สารที่ใช้หุ้มส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์เชิงซ้อนแล้วเสริมด้วยสารเพิ่มความแข็งพวกแคลเซียมคาร์บอเนต หรือ ซิลิกา หรือ ชั้นอนุภาคขนาดเล็กอื่น โครงสร้างหุ้มเซลล์ที่สร้างขึ้นเป็นครั้งคราวในช่วงของวงจรชีวิตนิยมเรียกว่า ซิสต์ (cyst) เช่นกรณีของ อะมีบา เมื่อสภาพแวดล้อมมีแรงดันออสโมซิสเปลี่ยนไปก็จะสร้างซิสต์มาหุ้มเซลล์ไว้เข้าสู่ระยะพัก เมื่อสภาพแวดล้อมกลับคืนสู่ภาวะปกติก็จะใช้เอนไซม์ละลายผนังซิสต์ออกแล้วหากินตามปกติต่อไป รายละเอียดจะกล่าวถึงในเรื่องของการสืบพันธุ์ สำหรับโครงสร้างแข็งหุ้มเซลล์ที่คงอยู่ถาวรตลอดวงจรชีวิตเรียกว่า เปลือกหุ้มเซลล์ มี

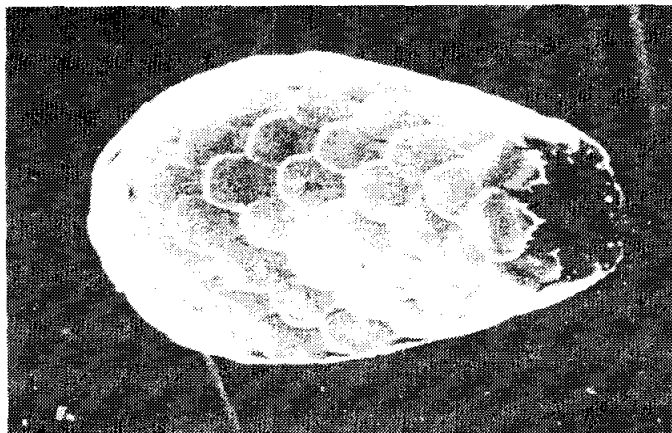
หุ้มเซลล์ มีชื่อทั่วไปว่า lorica, test หรือ theca และมีชื่อเรียกเฉพาะในแต่ละกลุ่มซึ่งมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวใช้เป็นหลักในการจำแนกชนิดได้ด้วย

(1) เปลือกหุ้มเซลล์ของไรโซพอดา โปรโตซัวที่มีเทสท์ของฟิล์มที่ถูกจัดไว้ใน Subclass Testacealobosa และใน Class Filosea เปลือกของพวกแรกมีลักษณะเป็นแผ่นรูปหกเหลี่ยมเล็ก ๆ เชื่อมต่อกันเป็นแผ่นกลมโค้งคล้ายกระจกนาฬิกา (รูป 1-13 ก.) ในพวกหลังมีลักษณะเป็นแผ่นซิลิกาเกยซ้อนกันคล้ายกระเบื้องมุงหลังคา (รูป 1-13 ข.)

รูป 1-13 ก. แผนภาพแสดงโครงสร้างเปลือกหุ้มเซลล์ของ *Arcella vulgaris* (Order Arcellinidae, Subclass Testacealobosa) ภาพซ้ายเมื่อมองจากด้านบน ภาพขวาเมื่อมองจากด้านข้าง (จาก Grell, 1973)

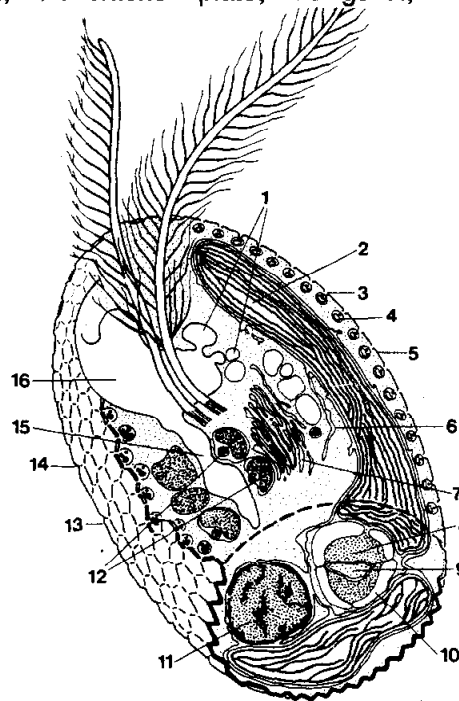


รูป 1-13 ข. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงเปลือกหุ้มเซลล์ของ *Euglypha rotunda* ให้สังเกตเห็นแผ่นแข็งที่ซ้อนเกยกันคล้ายกระเบื้องมุงหลังคา (จาก Grell, 1973)

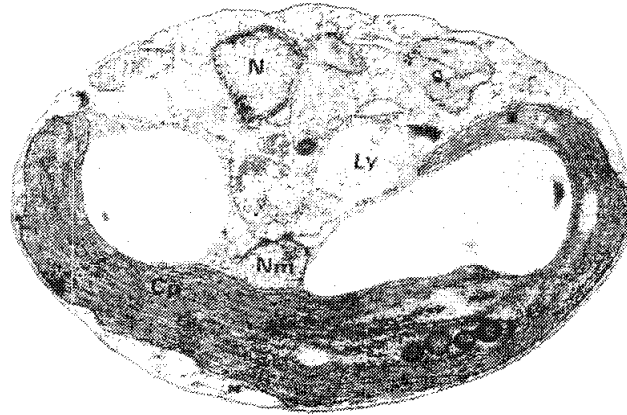


(2) เปลือกหุ้มเซลล์ของคริปทอไฟทา(*Cryptophyta*) ไฟโทแฟลเจลเลทในไฟลัมนี้มีโครงสร้างเสริมความแข็งแรงให้กับเพลลิเคิลต่างจากกลุ่มอื่น ส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบที่เรียกว่าเปลือย(*naked form*) คือ ชั้นนอกสุดเป็นเยื่อหุ้มเซลล์ ใต้ชั้นเยื่อหุ้มเซลล์ (ไซโทพลาซึมส่วนนอกสุด) เข้ามามีแผ่นแข็งเหนียวยึดตัวได้ของสารประกอบโปรตีน (*proteinaceous plate*) เสริมทำให้เซลล์เคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้น(รูป 1-14 ข.) ไม่ค่อยพบแผ่นโปรตีนนี้ออกมาเสริมภายนอกเยื่อหุ้มเซลล์(รูป 1-14 ก.) จึงไม่นิยมเรียกว่าเปลือกหุ้มเซลล์ แผ่นโปรตีนนี้สร้างออกมาจากโกลจิคอมเพลกซ์ และยังพบในไฟโทแฟลเจลเลทบางชนิด หรือในบางระยะของการเจริญในวงจรชีวิตของหลายไฟลัม เช่น คริสโซไฟทา และ เรฟิดอไฟทา(*Chrysophyta and Raphidophyta*)

รูป 1-14 ก. แผนภาพโครงสร้างทั่วไปของ *Cryptomonas* (Phylum *Cryptophyta*) ให้สังเกตแผ่นโปรตีน(14)ที่คลุมอยู่นอกเยื่อหุ้มเซลล์ 1-vacuole, 2-plastid, 3-pore, 4-small ejectosome, 5-plate, 6-plastid endoplasmic reticulum, 7-Golgi complex, 8-pyrenoid, 9-nucleomorph, 10-starch, 11-nucleus, 12-large ejectosome, 13-periplast, 14-exterior plate, 15-gullet, 16-vestibulum (จาก Margulis et al., 1993)



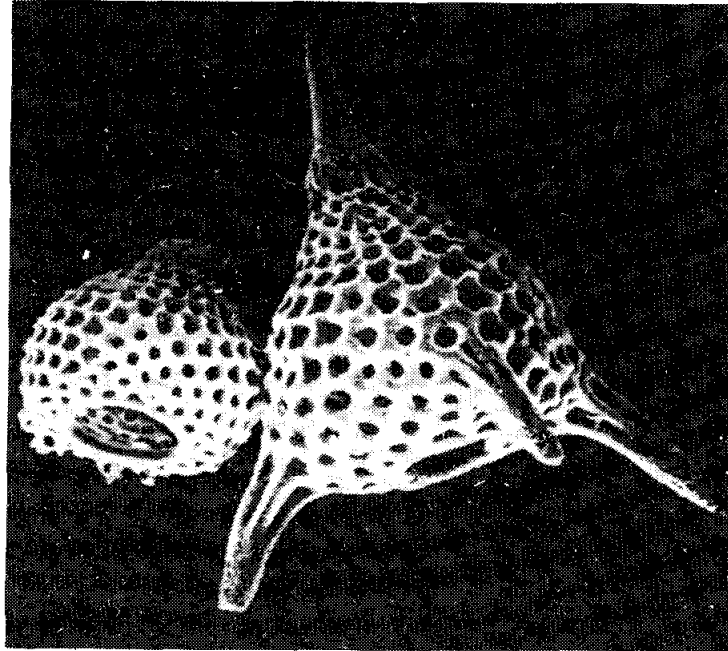
รูป 1-14 ข. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนเป็นภาพตัดขวางด้านหน้าเซลล์ของ *Hemiselmis brunescens* (Phylum Cryptophyta) ให้สังเกตแผ่นโปรตีน(P) เรียงอยู่ใต้ชั้นเยื่อหุ้มเซลล์(Pm). Cp-chloroplast, Ly-lysosome, N-nucleus, Nm-nucleomorph (จาก South & Whittick, 1987)



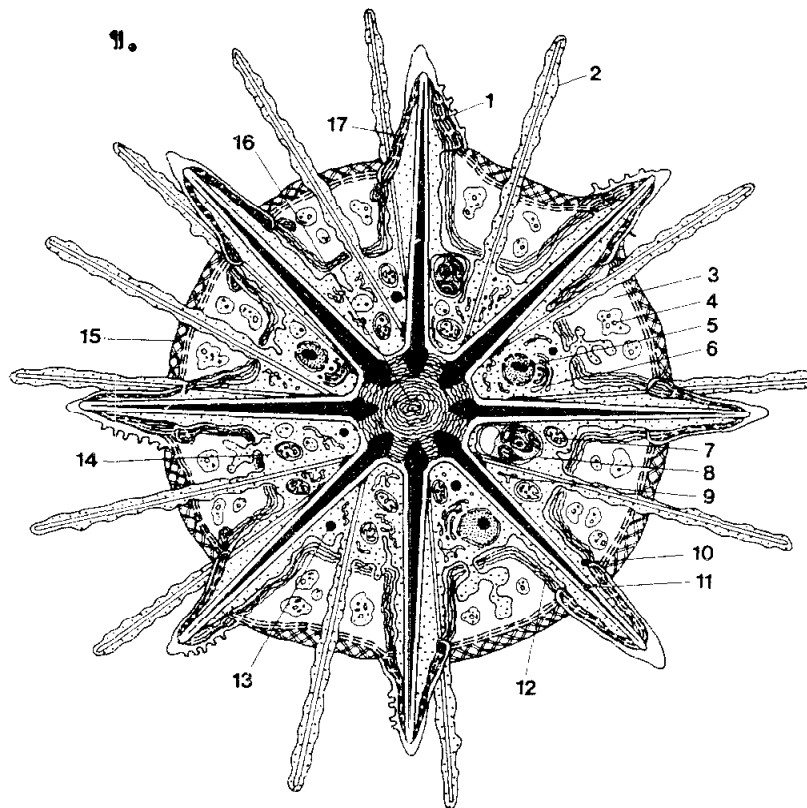
(3) เปลือกหุ้มเซลล์ของแอกทิโนพอดา เปลือกหุ้มเซลล์ของโปรโตซัวในไฟลัมนี้มีความหลากหลายมาก ในชั้น **เฮลิโอซัว(Hellozoa)** เซลล์รูปทรงกลม เพลลิเคิลมีรูเพื่อให้เป็นที่ยื่นออกมาของแอกโซนีม(รูป 1-4 ข.) บางชนิดมีสารพวกวุ้นมาหุ้มเพลลิเคิล บางชนิดสารที่มาหุ้มแข็งจนทำหน้าที่เป็นแคปซูล ทำให้มีลักษณะคล้ายแผ่นมี **รูพรุน(perforated grid-liked capsule)** ในพวก **เรดิโอลาเรียน(radiolarian)** ปัจจุบันถูกจัดอยู่ในชั้น **Polycystina** และ **Phaeodaria**) เปลือกหุ้มเซลล์แข็งมีรูพรุน มีซิลิโคนเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งเป็นลักษณะเด่นเฉพาะ(รูป 1-15 ก.) รูปทรงของเปลือกมีความหลากหลายมาก ตั้งแต่รูปทรงกลมไปจนถึงแบนเป็นทรงสามเหลี่ยม เป็นรูปหมวก รูปโคมไฟ หรือคล้ายกรงสัตว์ โดยทั่วไปมักมีลักษณะสมมาตรด้วย แต่ในชั้น **อะแคนแทเรีย(Acantharia)** สารประกอบหลักของเปลือกคือสตรองเทียมซิลเฟต เปลือกมีหนาม 20 อัน และหนามจะเรียงเป็นรูปทรงเรขาคณิตหลายแบบ(รูป 1-15 ข.)

รูป 1-15 ก. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงซากดึกดำบรรพ์สมัย อีโอซีน(Eocene)ของเปลือกหุ้มเซลล์ของเรติโอลาเรียน ช่องที่เป็นรูพรุนคือตำแหน่งที่ยื่นออกมาของแอกโซเนียม (จาก Grell, 1973)

ก.

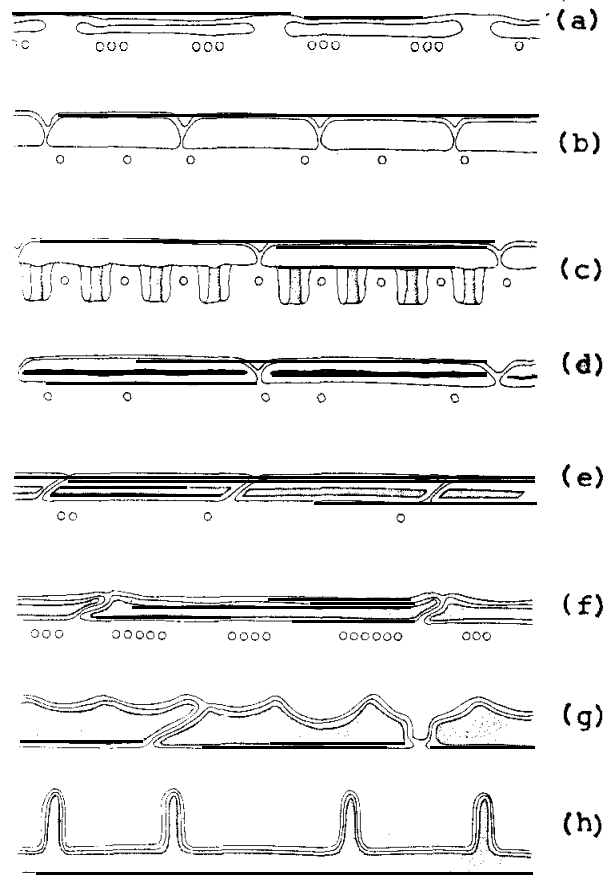


รูป 1- 15 ข. แผนภาพโครงสร้างเปลือกหุ้มเซลล์และเซลล์ออร์แกเนลล์ของอะแคนแทเรีย ให้สังเกตแคปซูล(12)หนามมีหนาม(11 -spicule)ยื่นออกมาตามแนวรัศมี 1 - contracted myoneme, 2-axopodia, 3-ectoplasm, 4-food vacuole, 5-nucleus, 6-Golgi complex, 7-mitochondria, 8-photosynthetic symbionts, 9- endoplasmic reticulum, 10-cell membrane, 11 -spicule, 12-capsular wall, 13-microbody, 14-endoplasm, 15-periplasmic cortex with elastic junction, 16-central mass, 17-relaxed myoneme (จาก Margulis et al., 1993)



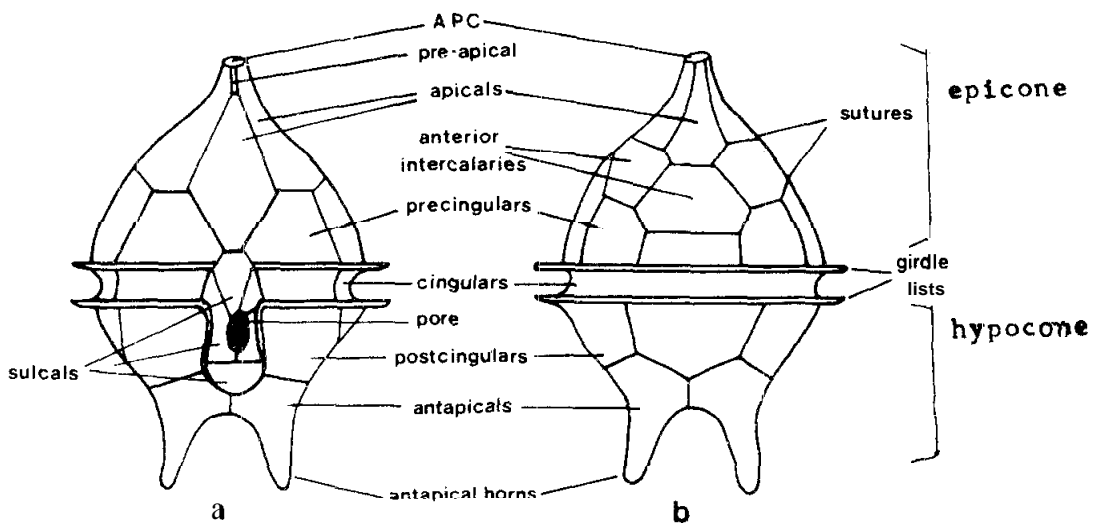
(4) เปลือกหุ้มเซลล์ของไดโนแมสติกอกทา โปรโตซัวในฟิล์มนี้เป็นกลุ่มหนึ่งของพวกไฟโทแฟลเจลเลทซึ่งมีรูปร่างเป็นแบบ เกราะ(armored) มีหลายฟิล์ม เป็นไฟโทแฟลงตอนที่พบได้ง่ายทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม จึงมีผู้นนำมาศึกษากันมาก เปลือกหุ้มเซลล์ของไดโนแมสติกอกทา ในอันดับกอนิออแลคัลเอส(*Gonyaulacales*) เช่น สกุล *Ceratium*, *Gonyaulax* และในอันดับเพอริดีนินัลเอส(*Peridiniales*) เช่นสกุล *Peridinium* นิยมใช้เป็นตัวแทนแสดงลักษณะทั่วไปของโครงสร้างเปลือก ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นแข็ง เรียกว่า ทีคา(*theca* or *thecal plate* Loeblich, 1970 เรียกแผ่นทีคาว่า *amphiesma*)

รูป 1-16 ก. แผนภาพภาคตัดขวาง แสดงลักษณะโครงสร้างและสวดลายของทีคา ที่มีลักษณะเฉพาะในแต่ละสกุลของไดโนแมสติกินา a-*Oxyrrhis*, b-*Amphidinium*, c-*Gymnodinium*, d-*Katodinium*, e-*Woloszynskia*, f-*Glenodinium* and *Heterocapsa*, g-*Ceratium* and some *Peridinium*, h-*Prorocentrum* (จาก South & Whittick, 1987)

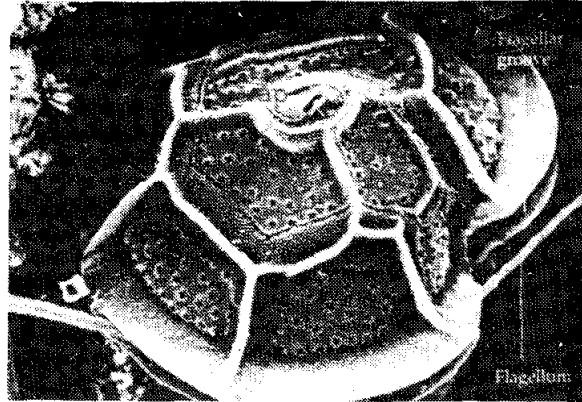


ที่คามีส่วนประกอบหลายชั้นซ้อนกัน และมีรูปร่างลดหลั่นการจัดเรียงหลากหลาย ใช้ประโยชน์สำหรับจำแนกชนิดได้(รูป 1-16 ก.) โครงสร้างหลักของเปลือกประกอบด้วย ส่วนกลางเรียกว่า เกอร์เดิล หรือ ซิงกีวลาร์(girdle or cingular) ลักษณะเป็นวงกลมเว้า ลึกลงกลางจึงทำให้ขอบวงเป็นสันยื่น เกอร์เดิลนอกจากจะทำหน้าที่เป็นโครงหลักของ เปลือกแล้วยังทำหน้าที่แบ่งเปลือกแผ่นที่คามีเคลือบเซลล์ไว้เรียงประกอบกันเป็นรูปกรวย ออกเป็นสองส่วน คือ เอพิกอน และ ไฮพอโคน(epicone and hypocone) ด้านล่างของ เปลือกมีร่องตัดเป็นมุมฉากกับร่องของเกอร์เดิล เรียกร่องนี้ว่า ซัลคัส(sulcus) ณ ใกล้เคียงบริเวณจุดตัด มีรูเพื่อให้อันติคูลิฟอเดี่ยื่นออกมาได้ อันหนึ่งพันตามขวางตามแนวร่องของ เกอร์เดิล อีกอันหนึ่งทอดมาตามแนวซัลคัส(รูป 1-16 ข. และ ค.)

รูป 1-16 ข. a และ b แผนภาพแสดงที่คัลเพลทที่ประกอบเป็นเอพิกอนและไฮพอโคนโดยมีเกอร์เดิลอยู่ที่ส่วนกลางของเปลือก a. ด้านล่างของเปลือก b. ด้านบนของเปลือก (จาก Margulis et al., 1993)



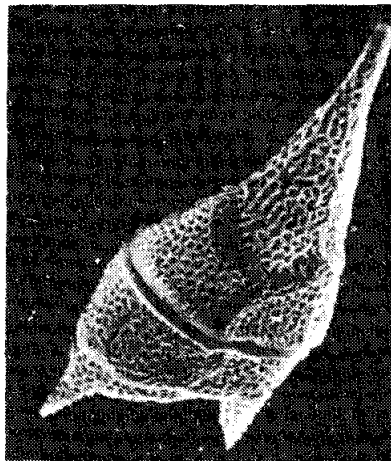
รูป 1-16 ข. c. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดง เอพิโคน เปลือกของ *Pyrodinium bahamense* ให้สังเกตอันติลโพเดียม(flagellum)ทางขวาและ ขั้วของภาพ ร่อง(flagellar groove)ของเกอร์เดิลและเอพิคัลพอร์(ap) (จาก South & Whittick, 1987)



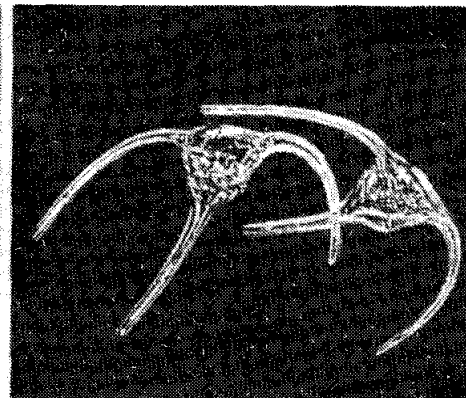
(c)

10 μ m

รูป 1-16 ค. a. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของ *Ceratium brachyceros* ให้สังเกตลวดลายและลักษณะของทีคัลเพลท และร่องของเกอร์เดิล b. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาของ *Ceratium* sp (จาก South & Whittick, 1987 และ Campbell, 1989)



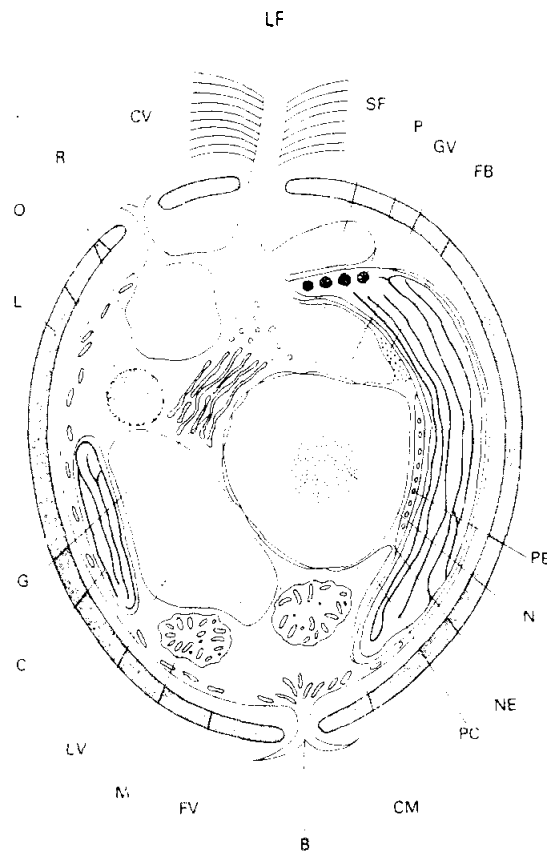
a



(b)

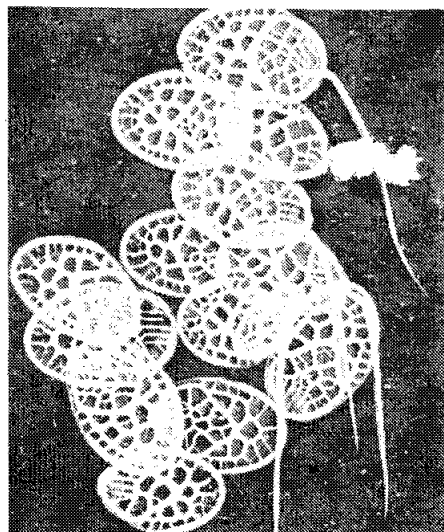
(5) เปลือกหุ้มเซลล์ของคริซอไฟทา ไฟโทแฟลเจลเลทในไฟลัมนี้โดยทั่วไปมีรูปร่างเซลล์เป็นแบบเปลือกย่น น้อยชนิดจึงจะมีเซลล์เป็นแบบเกราะ เช่น สกุล *Chrysococcus* (Order Ochromonadales, **Class Chrysophyceae**) และพวกที่อยู่ในชั้น **Dictyochophyceae (Silicoflagellates)** เกราะมีลักษณะเป็น เกล็ด(scale)บางแผ่นเล็ก ๆ

รูป 1 - 17 ก. แผนภาพแสดงโครงสร้างลอริกา(L)ของ *Chrysococcus rufescens*
 B-branched cytoplasmic process, C-chloroplast, CM-cell membrane, CV-contractile vacuole, FB-fibrillar bundle, FV -flattened vesicle, G-Golgi complex, LF-long undulipodium, LV-leucosin vesicle, L-lorica, M-mitochondria, N-nucleus, NE-nuclear envelope, P-pigment chamber, PC-periplastidial cisternae, PB-periplastidial reticulum(ER), R-ribosome, SF-short undulipodium (จาก South & Whittick, 1 987)



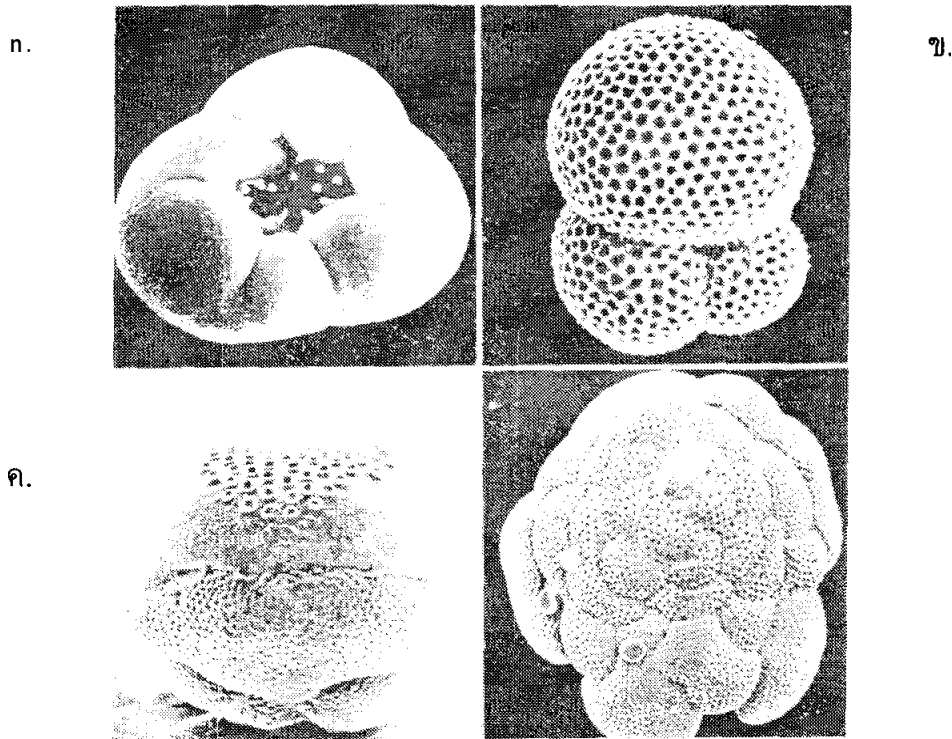
ของสารประกอบซิลิกาคลุมไว้ เกล็ดเหล่านี้สร้างโดยโกลจิเวซิเคิล บางพวกมีเปลือกหนา หุ้มเกือบหมดทั้งเซลล์ ยกเว้นบางส่วนเพื่อเป็นทางออกของอันดูลิพอเดียและส่วนยื่นของ ไฮโทพลาซิม นิยมเรียกเปลือกหุ้มที่ไม่สมบูรณ์ว่า ลอริคา(lorca) (รูป 1-17 ก.) เกล็ด อาจมีลักษณะต่างกันแม้ภายในเซลล์เดียวกัน เช่นกรณีของสกุล *Mallomonas* (Order Mallomonadales, Class Chrysophyceae) (รูป 1-17 ข.)

รูป 1-17 ข. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาแสดง เกล็ด(body scale and apical scales)ของ *Mallomonas harvisea* ให้สังเกตความแตกต่างของเกล็ดทั้ง 2 แบบ ส่วน apical scale คือส่วนที่ต่อเนื่องอยู่กับ หนามยาว(bristle) (จาก South & Whittick, 1987)



(6) เปลือกหุ้มเซลล์ของแกรนิวโลเรทิกิวลอลา โปรโตซัวในไฟลัมนี้เป็นที่รู้จักกันในชื่อสามัญว่า ฟอแรมินิเฟอราน(foraminiferan) ถือเป็นกลุ่มที่มีจำนวนชนิดมาก ทั้งในปัจจุบันและที่สูญพันธุ์พบในลักษณะซากดึกดำบรรพ์ในชั้นหิน เปลือกของฟอแรมมี เมทริกซ์เป็นสารอินทรีย์เสริมด้วยสารพวกแคลเซียมคาร์บอเนต บางชนิดอาจมีเพียงเม็ดทรายมาเกาะเพิ่มความแข็งแรงให้กับเซลล์ เปลือกโดยทั่วไปมีรูปทรงหลากหลาย มีรูพรุน และอาจแบ่งเป็นห้อง(รูป 1-18) มีขนาดตั้งแต่เล็กสุดประมาณ 20 ไมครอนขึ้นมาจนถึงขนาดใหญ่หลายเซนติเมตร ซากดึกดำบรรพ์ขนาดใหญ่คือ พวกนัมมิวไลท์ (nummulites) ชนิดที่เคยมีชีวิตอยู่ในสมัย ไมโอซีน(miocene) และขุดพบแถบตะวันออกใกล้ มีลักษณะใกล้เคียงกับนัมมิวไลท์คือ *Lepidocyclina elephantina* Lemoine et Douville มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 14.5 เซนติเมตร และหนาถึง 1.5 เซนติเมตร

รูป 1- 18 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงโครงสร้างเปลือกแบบต่าง ๆ ของแกรนิวโลเรทีคิวลอลา fl. *Rotaliella heterocaryotica* ข. *Globigerinoides sacculifer* ค. *Tretomphalus bulloides* ภาพซ้ายเป็นระยะแกมมอนท์(gamont) ภายในมี floating chamber ภาพขวามองจากด้านบนของระยะเอแกมมอนท์(agamont) (Pin Grell, 1973)

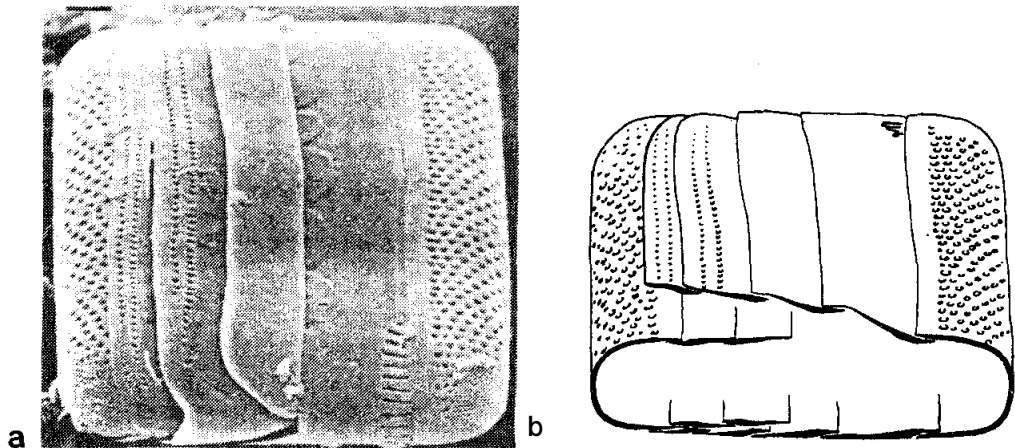


(7) เปลือกหุ้มเซลล์ของเบซิลลารีโอไฟทา ชื่อสามัญคือ ไตอะตอม เป็นไฟโทแพลงตอนที่พบได้ทั่วไปทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม จึงมีผู้ศึกษาลักษณะและจำแนกชนิดไว้มากอีกกลุ่มหนึ่ง ไตอะตอมมีรูปร่างได้หลายแบบและในทุกแบบต้องมีลักษณะสมมาตร คือ อาจเป็นแบบสมมาตรด้านข้าง(bilateral symmetry) (รูป 1-19 ก. ข. และ ค.) หรือสมมาตรแนวรัศมี(radial symmetry) ซึ่งจะมีลักษณะสมมาตรด้านข้างพร้อมกันไปในตัวด้วย(รูป 1-19 ง. และ จ.) เปลือกของไตอะตอมเรียกว่า ฟรัสทุล(frustule) ส่วนมากเป็นเซลล์เดี่ยว บางชนิดเรียงต่อกันเป็นเส้นเรียกว่า ฟิลาเมนต์(filament) (รูป 1-19 ฉ.) เปลือกประกอบด้วยสารอินทรีย์เชิงซ้อนของไกลโคโปรตีนที่มีการสะสมของซิลิกา

เป็นส่วนใหญ่ ในทางเคมี คือ ควอร์ตไซต์(*quartzite* $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) สารอื่นที่มีจำนวนเพียงเล็กน้อยคือ อะลูมินัม แมกนีเซียม เหล็ก และทิตาเนียม สัดส่วนของการสะสมต่างกันในแต่ละกลุ่มแต่ละชนิด พวกที่ไม่มีการสะสมของซิลิกาเลยคือ *Phaeodactylum tri-cornulum* โครงสร้างของฟรัสทูลและลวดลายที่ปรากฏใช้เป็นหลักในการจำแนกชนิด

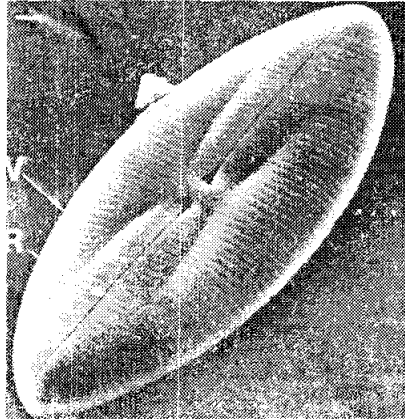
ฟรัสทูลแบ่งออกเป็น 2 ฝาเกือบเท่า ๆ กัน ฝาหนึ่งเรียก เอพิวัลฟ์(*epivalve* หรือ *epitheca*) อีกฝาหนึ่งเรียก ไฮพอวัลฟ์ (*hypo valve* หรือ *hypotheca*) ส่วนที่เชื่อมต่อ 2 ฝาเข้าด้วยกันคือเกอร์เดิล(รูป 1-19 ก. และ จ.) ไดอะตอมจึงมีศัพท์เทคนิคที่ใช้เรียก ฟรัสทูลเช่นเดียวกับพวกไดโนแอสทีกอทา ฟรัสทูลแต่ละฝามีรูพรุนเรียกว่า พอร์ (*pore* หรือ *hole*) พวกที่มีสมมาตรด้านข้าง ฟรัสทูล มักมีรูปร่างคล้ายใบไม้(*pennate*) ฝาจะถูกแบ่งออกเป็นร่องลึกแคบตามแนวยาวเรียกว่า ราเฟ(*raphe*) (รูป 1-19 ข.) ภายใต้อาเฟมี ราเฟไฟเบอร์(*raphe fiber*) ซึ่งเชื่อว่าเป็นตัวสร้างราเฟ เพื่อช่วยให้ ไดอะตอมเคลื่อนที่ได้แบบ สลื่นไถล(*gliding*) รายละเอียดส่วนประกอบต่าง ๆ ของฟรัสทูล ศึกษาได้จากรูป 1-19 ตั้งแต่ ก. ถึง ฉ. ศัพท์เทคนิคที่ใช้สำหรับการจำแนกชนิดจะกล่าวถึงโดยละเอียดในตอนที่ 4

รูป 1-19 ก. ฟรัสทูลของไดอะตอมสกุล *Grammatophora* (a) ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ให้สังเกตเอพิวัลฟ์ทางขวามือมีเกอร์เดิล 4 แถบซึ่งบางส่วนแยกทับไฮพอวัลฟ์ทางด้านซ้าย ไฮพอซิงกิวลัม 2 แถบที่ไม่สมบูรณ์ของไฮพอวัลฟ์ซ่อนอยู่ใต้เอพิวัลฟ์ (b) แผนภาพจำลองโครงสร้างของภาพ (a) (จากMargulis et al., 1993)

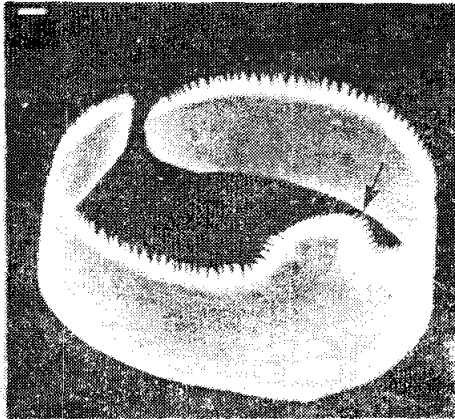


รูป 1-19 ข. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของไดอะตอมรูปใบไม้สกุล *Navicula* ให้สังเกตผ่า(v)ของพริสทูลถูกแบ่งด้วยร่องลึกแคบยาวของราเฟ(R)
 ค. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของไดอะตอมสกุล *Pleurosira* ให้สังเกตรอยหยักของเกอร์เดิล(fimbriate girdle)ตลอดความยาวของพริสทูล และมี ลิ้น (tongue หรือ ligula)(ลูกรูซี่)โผล่ออกมาระหว่างแถบแคบ ๆ ของเกอร์เดิล แท่งขาวมุมบนซ้ายของภาพแสดงมาตราส่วนความยาว 10 ไมครอน

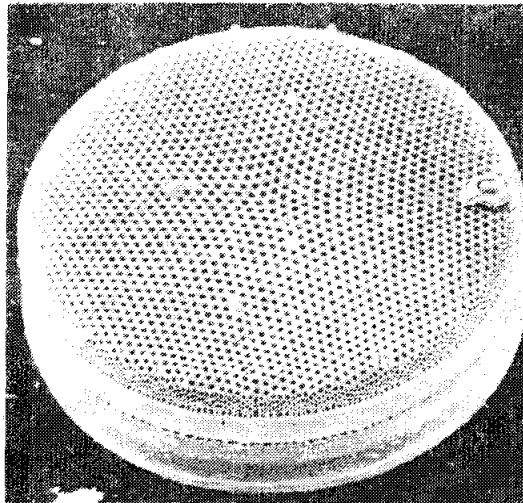
ข.



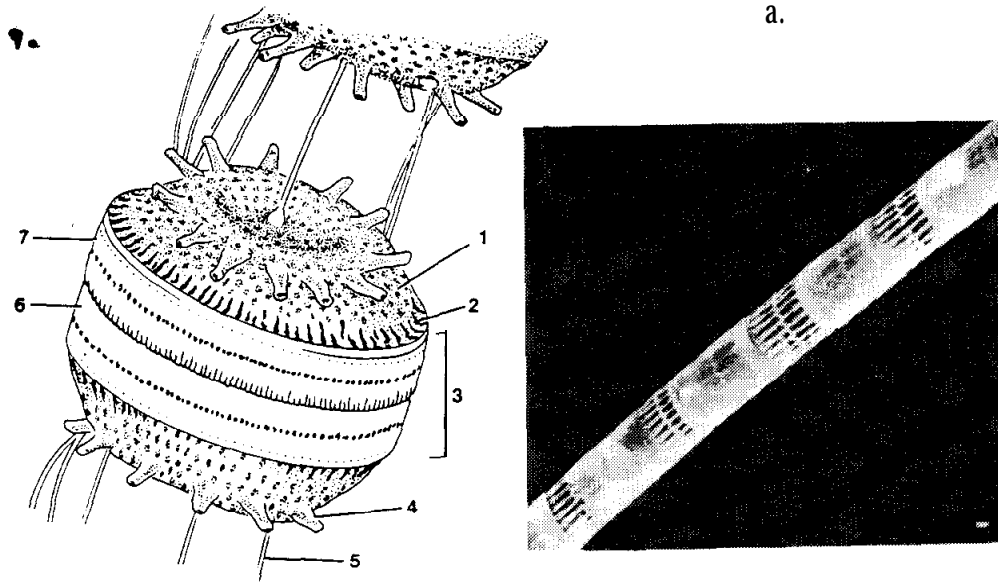
ค.



รูป 1-19 ง. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของไดอะตอมสกุล *Coscinodiscus* ให้สังเกตรูพรุนในผ้ากอลมแบนที่ประกบอยู่บนเกอร์เดิล(ค. และ ง. จาก Margulis et al., 1993)



รูป 1-19 จ. แผนภาพแสดงรายละเอียดฟรัลทูลของ *Thalassiosira nordenskjoeldii* เกอร์เดิล(3)ของเอพิวัลฟ์(7) และของไฮพอวัลฟ์(6)มาประกบกัน ฝารูปโดมนอกจากจะมีรูพรุนแล้วยังมีหนาม(spine-4) และลายขีด(striae-2)อีกด้วย ไดอะตอมชนิดนี้เรียงต่อกันเป็นเส้นได้โดยใช้เซทา(seta-5)ยึดฝาของเซลล์ข้างเคียง 1-mantle ฉ. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของไดอะตอมสกุล *Skeletonema* แสดงการรวมเป็นโคโลนีลักษณะเส้นที่เรียกว่าฟิลาเมนต์ (จ. และ ฉ. จาก Margulis et al., 1993)



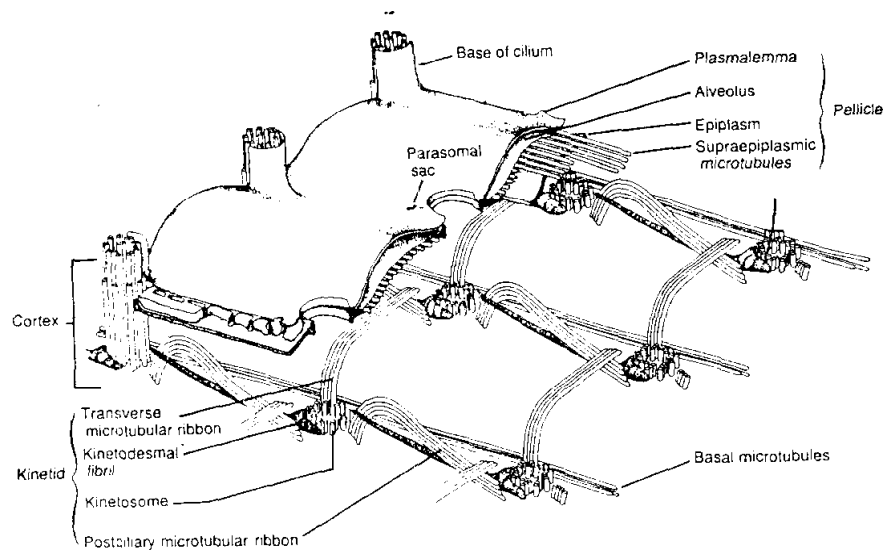
1.2 โครงสร้างหุ้มเซลล์ที่สัมพันธ์กับโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่

โครงสร้างหลักสำหรับการเคลื่อนที่ในโปรโตซัวกลุ่มที่มีโครงสร้างพิเศษสำหรับการเคลื่อนที่ คือ อัญคลิพอเดีย รูปร่างลักษณะของอัญคลิพอเดียมีความหลากหลาย อาจเป็นเส้นเดี่ยว หรือหลายเส้น เส้นมีการแตกแขนงมีความสั้นยาวต่างกัน เดิมนิยมเรียกเส้นสั้นว่า ซีเลีย เส้นยาวว่า แฟลเจลลา และเส้นยาวส่วนที่พาดเชื่อมติดกับตัวเซลล์ว่า อัญคลีทิงเมมเบรน(undulating membrane) แกนของอัญคลิพอเดียคือ ไมโครทิวบูลที่เรียงกันเป็นระบบดันทันเยื่อหุ้มเซลล์ออกไป

1.2.1 โครงสร้างหุ้มเซลล์ของซิลิโอฟอรา โปรโตซัวในไฟลัมนี้ โดยทั่วไปมีอันดูลิพอดเดี่ยวสั้น และมีจำนวนมาก อาจเรียงคลุมรอบเซลล์หรือมีเพียงส่วนใดส่วนหนึ่งของเซลล์ จึงสามารถใช้เป็นหลักในการจัดหมวดหมู่ได้ เพลลิเคิลมีความซับซ้อน เพราะสัมพันธ์กับไมโครทิวบูลที่มีไว้เพื่อเป็นโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่ และที่มีไว้เพื่อค้ำจุนโครงสร้างของเซลล์ จึงมีลักษณะพิเศษต่างจากโปรโตซัวในกลุ่มอื่น เนื่องจาก *Paramecium* เป็นซิลิโอฟอราที่มีขนาดใหญ่พบได้ง่ายและสามารถเพาะเลี้ยงได้ง่ายด้วย จึงนิยมศึกษากันมากและใช้เป็นตัวแทนแสดงลักษณะโครงสร้างหุ้มเซลล์ของโปรโตซัวในไฟลัมนี้

ชั้นนอกสุดทำหน้าที่หุ้มไซโทพลาซึมเรียกว่า **คอร์เทกซ์(cortex)** (รูป 1-20) มีส่วนประกอบหลักเป็นโปรตีนหรือสารประกอบเชิงซ้อนของโปรตีนและพอลิแซ็กคาไรด์ มีความหนาตั้งแต่หนึ่งถึงหลายไมโครมิเตอร์ เป็นที่ฝังตัวของโคนอันดูลิพอดเดี่ยว เพลลิเคิลซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งของคอร์เทกซ์ ประกอบด้วยชั้นนอกสุดคือ **เยื่อหุ้มเซลล์**

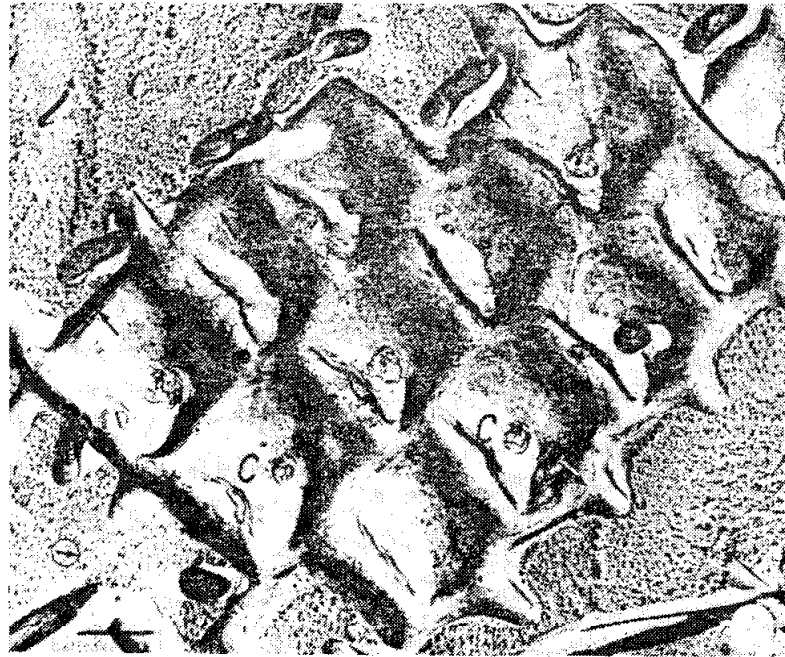
รูป 1-20 แผนภาพแสดงรายละเอียดโครงสร้างหุ้มเซลล์ของซิลิโอฟอรา ให้สังเกตรายละเอียดส่วนประกอบของไคนetid ซึ่งเป็นส่วนโคนของอันดูลิพอดเดี่ยว (จาก Margulis et al., 1993)



(plasmalemma) ถัดมาเป็นช่องแคบ ๆ เรียก แอลวีโอลัส(alveolus) ตามมาด้วย เอพิพลาซึม(epiplasm)และไมโครทิวบูลที่เรียงเป็นแผ่นขนานตามความยาวของเซลล์ (supraepiplasmic microtubule) ใต้ชั้นนี้ลงมา มีเส้นริบบิ้นของไมโครทิวบูล(transverse microtubule ribbon)จากโคนเกิดแต่ละอันทอดตามแนวขวางและแนวเฉียงกับความยาวของเซลล์ ยิ่งไปกว่านั้น ยังมีมัดไมโครทิวบูล(basal microtubule)เรียงห่างกันเป็นระยะตลอดตามแนวยาวของเซลล์ด้วย

จากการศึกษาด้วยวิธี ฟรีซเอทซิง(freeze etching)ของพารามีเซียม ก็ได้ผลสอดคล้องกับการศึกษาโดยใช้เทคนิคธรรมดาที่ใช้ประจำกับกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบทะลุ

รูป 1-21 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบทะลุผ่านของ *Paramecium caudatum* ซึ่งเตรียมตัวอย่างโดยวิธีฟรีซเอทซิง แสดงรายละเอียดเพลลิเคิล ให้สังเกต โคนของอันดูลิพอดียม(C) เปรียบเทียบกับ base of cilium(undulipodium) ในรูป 1-20 (จาก Janisch, 1972)



ผ่าน กล่าวคือ เพลลิวคิลจะมีร่องเว้าเป็นระยะสม่ำเสมอทำให้ผิวมีลักษณะคล้ายลายขนมเปียกปูน(รูป 1-21(1)) แต่ละช่องเป็นตำแหน่งที่มีอันดูลิวคิลเดี่ยว(C) ยื่นออกมา 1-2 อัน ชั้นนอกสุดของเพลลิวคิลเป็นเยื่อหุ้มเซลล์บาง(ลูกศรชี้ในรูป 1-21(2)) เทียบกับรูป 1-21 คือ plasmalemma ชั้นเยื่อหุ้มเซลล์ด้านในมีอนุภาคกลมขนาดเล็กประมาณ 10-20 นาโนเมตรจัดเรียงเป็นวง(CR) กระจายอยู่เป็นหย่อมๆ (รูป 1-21(3)) วงของอนุภาคเหล่านี้จะอยู่ ณ ตำแหน่งที่มี ไทรคอสซิสต์(trichocyst) เรียงเป็นรูปร่างกลมซ้อนกัน(ลูกศรในรูป 1-21(4)) หรือ(ลูกศรในรูป 1-21(5))

1.2.2 อันดูลิวคิลเดี่ยว โครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่ของโปรโตซัว ตลอดจนโปรติสท์กลุ่มอื่นได้รับการตั้งชื่อใหม่ว่า อันดูลิวคิลเดี่ยว ประกอบด้วยส่วนโคนที่ฝังอยู่ในชั้นคอร์เทกซ์ ได้เพลลิวคิลเรียกว่า ไคเนทิด(รูป 1-22 ก.) และส่วนที่ยื่นพ้นตั้งฉากกับแนวระนาบของเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งเดิมเคยเรียกว่า ชิเลีย และแฟลเจลลา(รูป 1-22 ข. ภาพซ้าย)

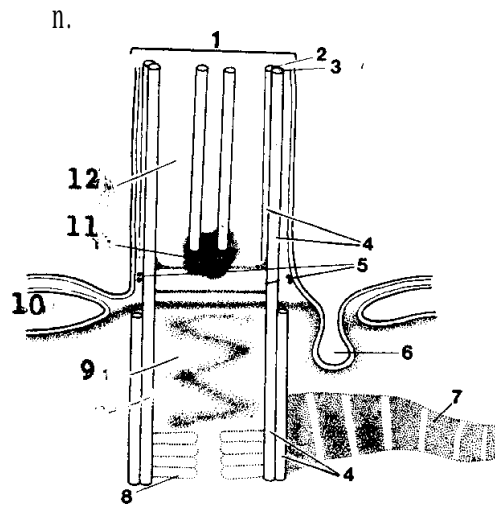
ชื่อที่เคยใช้เรียกไคเนทิดมีหลายชื่อ ในสิ่งตีพิมพ์ช่วงก่อนทศวรรษ 1990 ได้แก่ basal apparatus, flagellar apparatus, flagellar root system, undulipodial apparatus, kinetosomal territory, ciliary corpuscle ฯลฯ ปัจจุบันคำว่า ไคเนทิด เป็นที่ยอมรับกันทั่วไป ไคเนทิดต้องประกอบด้วย ไคเนโทโซม(kinetosome) (9(3)+0 ดูบทนำข้อ 3.1) อย่างน้อยสุดหนึ่งชุด อาจมี หนึ่งคู่(dikinetid) มักไม่ค่อยพบ หลายไคเนโทโซม (polykinetid) โครงสร้างที่สัมพันธ์กับไคเนโทโซม คือ อันดูลิวคิลเดี่ยว พาราซอมัลแซก (parasomal sac) ไคเนทอเดสมัลไฟเบอร์(kinetodesmal fiber) แอลวีโอลัส microtubule ribbon, bundles of microtubule, trichocyst เยื่อหุ้มเซลล์ และโครงสร้างอื่น ๆ รายละเอียดส่วนประกอบของไคเนทิดและโครงสร้างสัมพันธ์กับไคเนทิดใช้เป็นหลักในการจำแนกชนิดและศึกษาวิวัฒนาการการเคลื่อนที่ของพวกโปรติสท์ได้

แอกโซโซม ซึ่งทำหน้าที่เป็นแกนของ อันดูลิวคิลเดี่ยว(รวมถึงแกนของ แอกโซพอดเดี่ยวด้วย) มีจุดเริ่มต้นจาก แอกโซโซม(axosome) แกนกลางเป็น ซิงเกิลไมโครทิวบูล (singlet microtubule) 2 เส้นหุ้มด้วยโปรตีน รอบนอกเป็น ดับเบลไมโครทิวบูล (doublet microtubule) 9 เส้นเรียงรายล้อมต่อเชื่อมกับแกนกลางด้วย เรเดียลสป็อค (radial spoke) ซึ่งเป็นสารประกอบโปรตีน ชุดของไมโครทิวบูลจึงเขียนเป็นสูตรดังนี้คือ

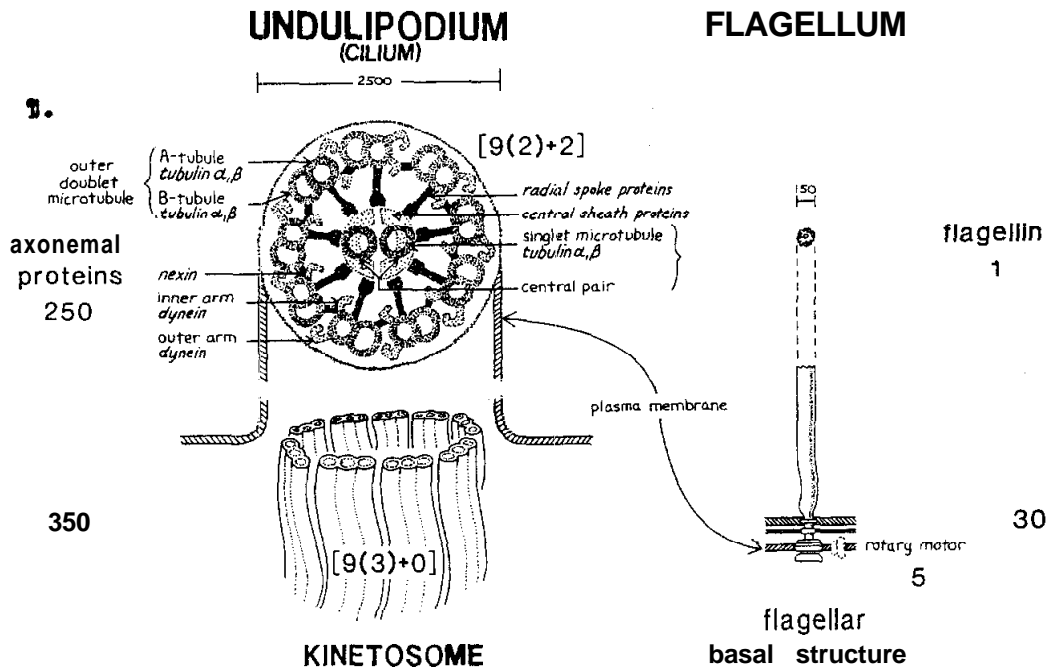
9(2)+2 แอกโซนิมถูกหุ้มด้วยเยื่อหุ้มเซลล์ การทำงานของไมโครทิวบูลเพื่อให้แอกโซนิมพอเดียมเป็นโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่จะกล่าวถึงในบทที่ 6

รูป 1-22 n . แผนภาพภาคตัดตามยาวแสดงไคเนทิด แอกโซนิมพอเดียม และโครงสร้างที่สัมพันธ์กับไคเนทิด ควรศึกษาเปรียบเทียบกับภาพในรูป 1-20

1 -undulipodium, 2-B ring and 3-A ring of 4-doublet microtubule, 5-ciliary necklace, 6-parasomal sac, 7-kinetodesmal fiber, 8-cartwheel, 9-kinetosome, 10-alveolus, 11 -axosome, 12-axoneme (9(2)+2) (จาก Marquis et al., 1993)

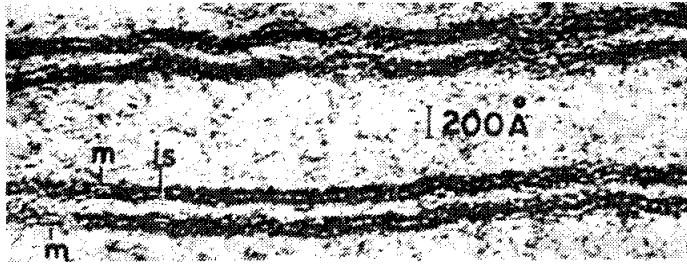


รูป 1-22 ข. แผนภาพภาคตัดขวาง แสดงส่วนประกอบโครงสร้างของอณูลิพอเดียม และโคเนโทโซม ภาพแฟลเจลลัมทางด้านขวา แสดงเพื่อเปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างของโปรตีนแฟลเจลลา กับอณูลิพอเดียมของยูแคริโอต (จาก Margulis et al., 1993)



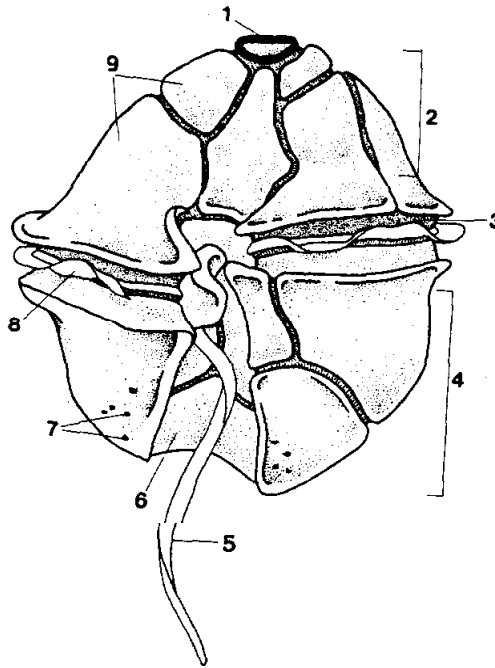
กิจกรรม 1.1

จากภาพอิเล็กตรอนไมโครกราฟของเยื่อหุ้มเซลล์ด้านซ้าย ให้นักศึกษาเขียนแผนภาพสองมิติของเยื่อหุ้มเซลล์ลงในที่ว่างด้านขวา และเลเบลประกอบว่า “m” และ “ls” คืออะไร ลักษณะที่ปรากฏเป็นแบบไทโรลามินาร์แลเออร์หรือไม่ จำนวนเยื่อหุ้มเซลล์มีกี่เส้น และสามารถบอกได้หรือไม่ว่าเป็นเยื่อหุ้มเซลล์ของสิ่งมีชีวิตกลุ่มใด



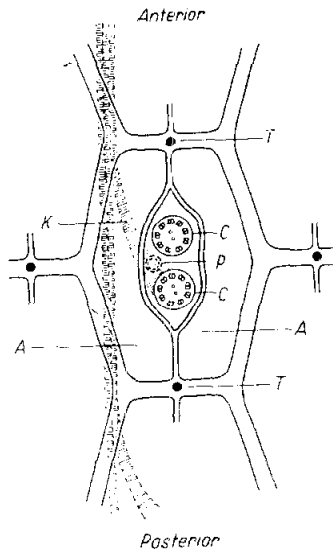
กิจกรรม 1.2

แผนภาพนี้เป็นของโปรโตซัวกลุ่มใด มีเหตุผลใดมาสนับสนุนคำตอบของท่าน หมายเลขที่อยู่ในภาพแสดงส่วนประกอบโครงสร้างใด



กิจกรรม 1.3

แผนภาพนี้เป็นของโปรโตซัวกลุ่มใด มีเหตุผลใดมาสนับสนุนคำตอบของท่าน
อักษรย่อในภาพแสดงส่วนประกอบโครงสร้างใด



สรุป

โปรโตซัวที่มีโครงสร้างหุ้มเซลล์ยึดหยุ่นได้นิยมเรียกว่า เพลลิเคิล ซึ่งมีส่วนประกอบหลักเป็น ลิพิดไบแลเออร์ และโปรตีนเช่นเดียวกับเยื่อหุ้มเซลล์ของ ยูแคริโอททั่วไป โครงสร้างเสริมของเยื่อหุ้มเซลล์ที่ยึดหยุ่นได้ มักเป็นสารประกอบพวกโปรตีนส่วนใหญ่เสริมอยู่ภายนอก คลุมทับเยื่อหุ้มเซลล์ไว้ และมีลักษณะโครงสร้างต่างกันตามความเหมาะสมเพื่อการมีชีวิตรอดของแต่ละกลุ่ม เช่นกรณีของ *Paramecium* ลักษณะคล้ายตะกร้า เพลลิเคิล อาจมีเพียงชั้นเดียว หรือซ้อนกันเป็นสองถึงสามชั้น เมื่อโปรโตซัวมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในวงจรชีวิต เช่นกรณีของ ระยะเวลาของออยท์ และโอโอไดไนท์ของปรสิตโปรโตซัวในฟิล์มเอพิกอมเพลกซา เพลลิเคิล นอกจากจะทำหน้าที่หุ้มเซลล์แล้วยังทำหน้าที่แบ่งสัดส่วนไซโทพลาซึมภายในเซลล์ เช่นกรณีของโปรโตซัวในฟิล์ม แอ๊กทีโนพอดา ในกรณีที่โครงสร้างเสริมเป็นสารประกอบพวกแคลเซียมหรือซิลิกา นิยมศึกษาโครงสร้างเปลือกหุ้มเซลล์เป็นการทดแทน โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ลักษณะสวดลาย การเรียงตัวของแผ่นแข็ง รูปทรงของแผ่นแข็ง ตลอดจนรูปทรงของที่กาหรือลอรिका ใช้เป็นหลักในการจัดหมวดหมู่ได้ โครงสร้างหลักที่สัมพันธ์กับเยื่อหุ้มเซลล์คือ ไคเนทิด และโครงสร้างที่สัมพันธ์กัน และอันคูลิพอดเทียม ซึ่งมีแกนแอกโซนีมเป็นระบบการเรียงตัวของไมโครทิวบูล เพื่อช่วยให้โปรโตซัวมีโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่พบได้ในกลุ่มของซิลิโอฟอร่า ซูโอแอมสิจิโน และไฟโทแฟลเจลเลทอีกหลายแฟล็ม

แบบฝึกหัดบทที่ 1

I. จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ เพลลลิกูลของ *Paramoeba* กับเยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง
2. เปลือกหุ้มเซลล์ของ แกรนิวโลเรทิกิวโลซาน มีความแตกต่าง หรือคล้ายคลึงกับเปลือกหุ้มเซลล์ของ เบซิลลารีโอไฟทา อย่างไรบ้าง
3. อันคูลิพอดเทียม และแอกโซพอดเทียม เป็นโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่เช่นเดียวกัน ทำไมจึงต้องเรียกชื่อต่างกัน

II. จงเติมคำในช่องว่างด้วยศัพท์เทคนิคเพื่อให้ได้ข้อความถูกต้องสมบูรณ์

4. อนุชั้น Testacealobosa ของชั้น Lobosea ต่างจากอนุชั้น Gymnamoebia คือมีเปลือกที่เรียกว่า..... การที่ได้ชื่อเช่นนี้ เนื่องจากเซลล์มิได้ถูกหุ้มไว้ทั้งหมด เหลือช่องให้ ยื่นออกมาเพื่อการเคลื่อนที่ได้ เช่น ในกรณีของ สกุล *Diffugia* แต่ถ้าเป็น สกุล เปลือกจะมีรูปทรงคล้ายกระจกนาฬิกา คลุมส่วนบนของเซลล์ไว้เท่านั้น
5. โคน หรือฐานของโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่ ได้รับการตั้งชื่อเอาไว้มากในสิ่งตีพิมพ์ช่วงก่อนทศวรรษ 1990 เช่น , apparatus ปัจจุบันใช้ชื่อ เนื่องจากส่วนนี้เป็นที่กำเนิดของไมโครทิวบูลซึ่งเป็นแกนของอันคูลิพอดเทียมและควบคุมการทำงานเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ในสิ่งมีชีวิตพวก แต่ถ้าเป็นสิ่งมีชีวิตพวก prokaryote จะไม่มีโครงสร้างนี้ ถึงแม้ว่าจะมีโครงสร้างเพื่อการเคลื่อนที่ที่เรียกว่า ก็ตาม แต่ธรรมชาติของเส้นใยเป็นโปรตีนพวก flagellin

6. โปรโตซัวในกลุ่ม , Cryptophyta และ Dinomastigota ที่มีสารพวก โปรตีนเหนียวมาหุ้มเพลลิเคิลไว้ เรียกลักษณะของกลุ่มนี้ว่า เป็นพวก protozoa ในกรณีของกลุ่มแรกมีสัดส่วนของโปรตีนถึงร้อยละ 80 ส่วนที่เหลือคือ ลิพิด และคาร์โบไฮเดรต เรียกโครงสร้างหุ้มเซลล์ที่เป็นโปรตีนนี้ว่า ถ้าเป็น สารพวกมีวคอปอลิแซกคาไรด์ และมีอนุภาคอื่นมาสะสมด้วย เรียกว่า