

บทที่ 14

เอพิคอมเพลกซา

เค้าโครงเรื่อง

14.1 ลักษณะทั่วไป

- 14.1.1 ลักษณะภายนอกและภายใน
- 14.1.2 การดำรงชีพและวงชีวิต
 - (1) วงชีวิตของเกรแกรีน
 - (2) วงชีวิตของคอกซิเดียน
 - (3) วงชีวิตของเฮแมทอซวัน

14.2 การแบ่งชั้น

- 14.2.1 ชั้นเกรแกรีนเนีย
- 14.2.2 ชั้นคอกซิเดีย
- 14.2.3 ชั้นเฮแมทอซัว

สาระสำคัญ

1. เอพิคอมเพลกซานทุกชนิดดำรงชีพแบบปรสิตอยู่ในเซลล์ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าโปรโตซัวอื่น จึงต้องศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์เป็นเกณฑ์และอาศัยลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในวงชีวิตประกอบด้วย การศึกษาในระดับอัลตราสตรักเจอร์ด้วยภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ใช้ลักษณะโครงสร้างคอนอยด์ที่ส่วนหน้าสุดของเซลล์ระยะเมโรซอยด์เป็นเอกลักษณ์ต่างจากโปรโตซัวไฟลัมอื่นที่ไม่มีโครงสร้างนี้
2. วงชีวิตการสืบพันธุ์มี 2 ถึง 3 ช่วง คือ แกมโกนี สปอโรโกนี และบางกลุ่ม (เฮแมทอซัว) มีช่วงเมโรโกนีด้วย การสร้างแกมีทเป็นแบบ ไอโซแกมีในพวกเกรแกรีน ไอโอแกมีในพวกคอกซิเดียนและเฮแมทอซัว การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศแบ่งแบบ ไฮโกทิกไมโอซิส การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศช่วงสปอโรโกนีสร้างแฮพลอยด์สปอโรซอยท์จากไฮโกท
3. การแบ่งชั้นใช้ลักษณะเฉพาะที่มีอยู่ในโครงสร้างในระยะต่าง ๆ ของวงชีวิตเป็นเกณฑ์ เช่น แกมีทเพศผู้มีอันดูลิพอเดียมที่มีต้นกำเนิดจากไคเนโทโซมที่มีเพียงซิงเกทไมโครทิวบูลในพวกเกรแกรีนและคอกซิเดียน แต่ไคเนโทโซมในพวกเฮแมทอซัวเป็นแบบมาตรฐาน

จุดประสงค์ของการเรียนรู้

เมื่อศึกษาจบบทนี้แล้ว นักศึกษาสามารถบอกได้ว่า

1. ลักษณะโครงสร้างของคอนอยด์และโครงสร้างอื่นที่สัมพันธ์กันพบในระยะใด โครงสร้างหลักที่ใช้เป็นเกณฑ์แบ่งชั้นเอพิคอมเพลกซานมีเอกลักษณ์เป็นอย่างไร โดยเปรียบเทียบกับโปรโตซัวอื่นที่มีโครงสร้างนี้
2. วงชีวิตของเอพิคอมเพลกซานในชั้น เกรแกริเนีย คอกซิเดีย และเฮแมทอซัว มีความคล้ายคลึง หรือแตกต่างกันอย่างไรบ้าง
3. ชื่อสกุลของเอพิคอมเพลกซานที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคและบั่นทอนสุขภาพในมนุษย์และสัตว์ที่สำคัญได้แก่สกุลใดบ้าง
4. นักศึกษาสามารถตอบคำถามในแบบฝึกหัดท้ายบทได้เกินกว่าร้อยละ 80 ภายในเวลาหนึ่งสัปดาห์

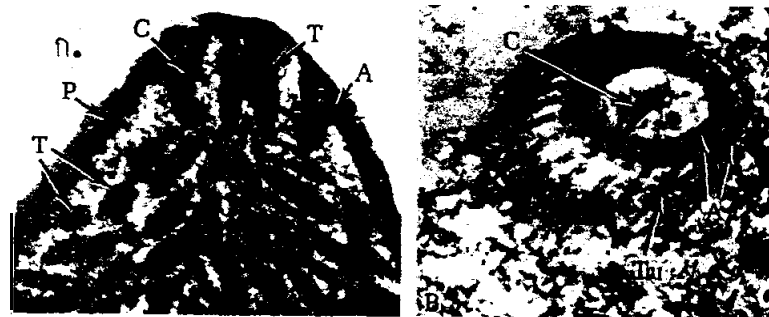
Grell, 1973 จัดพวกเอพิคอมเพลกซานไว้ในระดับชั้น Sporozoa โดยใช้ลักษณะการแบ่งนิวเคลียสแบบมัลติเฟลิกซันในช่วงการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ(สปอโรโกนี)เป็นหลัก Cheng, 1973 จัดเอพิคอมเพลกซานไว้ในระดับอนุไฟลัม Apicomplexa ในไฟลัม Protozoa โดยมีกลุ่มหลักของเอพิคอมเพลกซานอยู่ในชั้น Telosporea; Barrett, et al., 1986 จัดไว้ในไฟลัม Sporozoa ของอนุอาณาจักร Protozoa; Campbell, 1990; Villee, et. al, 1990; Solomon, et al., 1993 และ Margulis, et al., 1993 จัดเอพิคอมเพลกซานไว้ในไฟลัม Apicomplexa โดยมีรากศัพท์มาจากภาษาลาติน apex-ปลาย, ยอด + complexus ถักเข้าด้วยกัน หมายถึงปลายหรือยอดมาถักหรือผสมผสานเข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของโครงสร้างไมโครทิวบูลที่มารวมกันถักเป็นวงอยู่ได้ส่วนหน้าสุดของเซลล์ในระยะเมรอสอยท์

14.1 ลักษณะทั่วไป

เอพิคอมเพลกซานเป็นโปรโตซัวแท้จริงเพียงไฟลัมเดียวที่ไม่มีโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่ถาวร มีเพียงช่วงที่เป็นแกมีทเพศผู้เท่านั้นที่มีโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่ ทั้งนี้ อาจเป็นผลเนื่องมาจากมีวิวัฒนาการมาดำรงชีพแบบปรสิตอยู่ในเซลล์หรือเนื้อเยื่อของโฮสต์ จึงหมดความจำเป็นที่จะใช้โครงสร้างนี้ อย่างไรก็ตาม โปรโตซัวกลุ่มนี้ก็สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยโดยการปรับเปลี่ยนเพลลิวเคลิลของบางระยะในวงชีวิตให้พับเป็นสัน มาทำหน้าที่ทดแทนโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่(ดูข้อ 6.1.2 และรูป 6-8)

4.1.1 ลักษณะภายนอกและภายใน การศึกษาพวกเอพิคอมเพลกซันซึ่งดำรงชีพเป็นปรสิตอยู่ในเซลล์หรือเนื้อเยื่อของสัตว์จำเป็นต้องอาศัยเทคนิคการย้อมสีเนื้อเยื่อ ศึกษา ระยะต่างๆในวงจรชีวิต และผลที่ทำให้เกิดพยาธิสภาพมาประกอบ จึงจะทราบชนิดได้ รายละเอียดของโปรโตซัวในฟิล์มนี้ศึกษาได้จากตำรา ปรสิตวิทยา(parasitology) ในที่นี้จะเสนอเพียงสังเขป เทคนิคทางจุลทรรศน์อิเล็กตรอนช่วยให้ทราบรายละเอียดโครงสร้างภายในที่เป็นเอกลักษณ์ของโปรโตซัวในฟิล์มนี้ คือ โครงสร้าง คอนอยด์(conoid) ได้เฟลลิเคิลที่ส่วนหน้าสุดของเซลล์ระยะ เมโรซอยท์(merozoite) (รูป 14-1 และรูป 1-10) เรียกบริเวณส่วนหน้าของเซลล์ว่า เอพิคัลคอมเพลกซ์(apical complex) คอนอยด์ประกอบด้วยมัดเกลียวไมโครทิวบูลชนิดเป็นวง ต่อจากคอนอยด์ไปข้างหน้ามีซิงเกิลไมโครทิวบูลเป็นเกลียวอีกตั้งแต่หนึ่งเส้นขึ้นไป จากคอนอยด์มีเส้นซิงเกิลไมโครทิวบูล(subpellicular microtubule) เรียงเว้นระยะขนานมาทางส่วนท้ายของเซลล์ นอกจากคอนอยด์แล้ว บริเวณเอพิคัลคอมเพลกซ์ยังมีเส้นใยไมโอโนมและโครงสร้างที่เรียกว่า รอปทรี(rhoptry) ซึ่งส่วนปลายสุดของโครงสร้างนี้ไปเปิดที่ส่วนหน้าสุดของเซลล์ เชื่อกันว่ารอปทรีมีเอนไซม์ช่วยย่อยเยื่อหุ้มเซลล์ของโฮสต์ ทำให้เมโรซอยท์เจาะเข้าสู่โฮสต์เซลล์ได้ง่ายและรวดเร็ว โครงสร้างอื่นภายในเซลล์คล้ายคลึงกับของเซลล์ทั่วไป

รูป 14-1 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบทะลุผ่านบริเวณ apical complex ระยะสปอโรซอยท์ของ *Eimeria nieschulzi* (Order Eimeriida, Class Coccidia) a. ภาคตัดตามยาว ให้สังเกต conoid(C) และ apical ring(A) เห็นเป็นแถบคู่ที่บ่งแสงอยู่ที่ pellicle (P) กลางช่องคอนอยด์คือท่อรวมของ rhoptry(T) กำลังขยาย 80,000 เท่า b. ภาคตัดเฉียงผ่าน conoid(C) ให้สังเกต apical ring(A) สองเส้น และ microtubule(Tu) ที่แผ่ออกมาจากคอนอยด์ กำลังขยาย 60,000 เท่า ให้ศึกษาเปรียบเทียบกับรูป 1-10 (จาก Cheng, 1973)



14.1.2 การดำรงชีพและวงชีวิต เอพิคอมเพลกซานนอกจากจะมีโครงสร้างพิเศษต่างจากโปรโตซัวอื่นแล้ว การดำรงชีพและวงชีวิตยังต่างโดยสิ้นเชิงอีกด้วย สัญนิษฐานว่าน่าจะมีบรรพบุรุษร่วมอยู่กับโปรโตซัวไฟลัมซูโอแอสทิจินาที่มีชีวิตอยู่ในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม เอพิคอมเพลกซานก็ยังคงมีการดำรงชีพและวงชีวิตคล้ายคลึงกับโปรโตซัวอื่นอยู่บ้าง คือ ไฟลัมมิกซอซัว(Myxozoa) และ ไมโครสปอรา(Microspora) ซึ่งทั้งสองไฟลัมมีจำนวนชนิดน้อยและเคยถูกจัดไว้ในชั้น ในดอสปอริเดีย(Cnidosporidia)(Grell, 1973) โดยทั่วไปเอพิคอมเพลกซานดำรงชีพแบบปรสิตถาวรอยู่ในเซลล์หรือเนื้อเยื่อของโฮสต์ และมีความเฉพาะกลุ่มของสัตว์ที่ทำหน้าที่เป็นโฮสต์ด้วย วงชีวิตการสืบพันธุ์แบบสลับระหว่างอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศมีรายละเอียดต่างกันในแต่ละชั้น

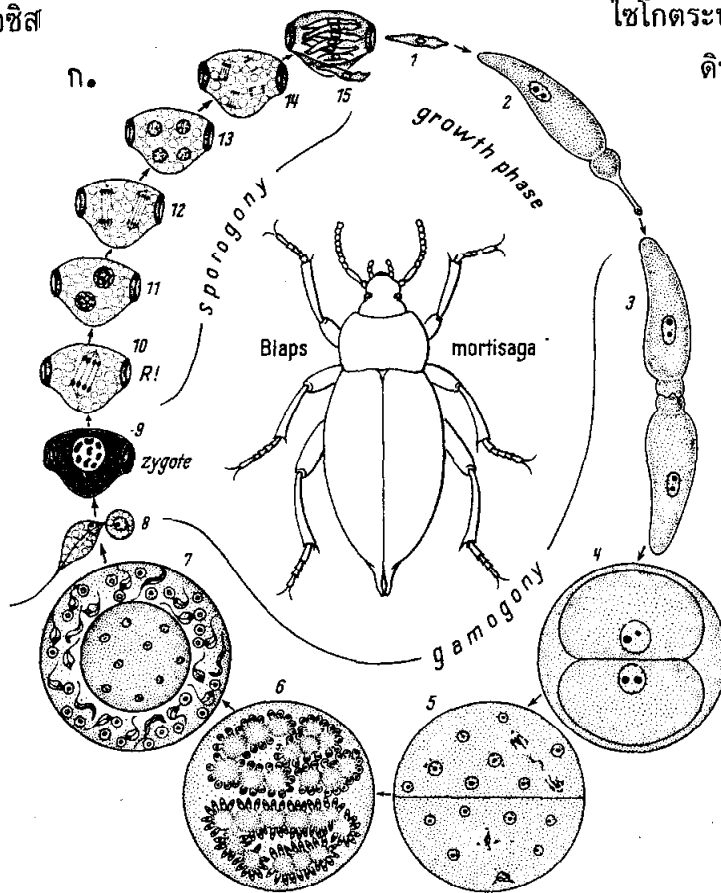
(1) วงชีวิตของเกรแกริน พวกเกรแกริน(gregarines)เป็นปรสิตของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง พวกสัตว์ขาปล้อง มอลลัสค และหนอนปล้อง ในสัตว์กลุ่มอื่นพบบ้าง เช่น แอสไซเดียน(ascidian) เชื่อกันว่า มีวิวัฒนาการควบคุมมากับวิวัฒนาการของโฮสต์ในกลุ่มที่เป็นบรรพบุรุษของหนอนปล้อง พวกเกรแกรินเป็นปรสิตอยู่ในเซลล์เนื้อเยื่อช่องว่างในลำตัว ในระบบทางเดินอาหาร และในเซลล์ของระบบสืบพันธุ์ของโฮสต์ การกินอาหารใช้ดูดกลืนสารอาหารผ่านทางเยื่อหุ้มเซลล์ ระยะแกมมอนท์โตเต็มวัยอยู่นอกเซลล์ มีทั้งกลุ่มที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ คือ พวกยูเกรแกริน(eugregarines) และกลุ่มที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศสลับกับแบบไม่อาศัยเพศที่เรียกว่า ไชซอกอนี(schizogony) คือพวกไชซอเกรแกริน(schizogregarines) ในที่นี้จะนำเสนอเพียงตัวอย่างวงชีวิตของยูเกรแกริน ซึ่งมีจำนวนชนิดและวงศมากที่สุดในกลุ่มของพวกเกรแกริน กลุ่มอื่นศึกษาเพิ่มเติมได้จากตำราปรสิตวิทยา วงชีวิตการสืบพันธุ์มีสองช่วง(รูป 14-2 ก.) ช่วงหนึ่ง(1-4) อยู่ในเซลล์บุผนังกระเพาะอาหารของแมลงปีกแข็ง *Blaps mortisaga* ซึ่งทำหน้าที่เป็นโฮสต์ อีกช่วงหนึ่ง(5-15) อยู่นอกโฮสต์ การติดเชื้อเริ่มต้นจากสปอร์(หรือโอโอซิสท์)(15)ปนเปื้อนอยู่ในอาหารถูกกินโดยแมลงแล้วถูกเอนไซม์ในกระเพาะอาหารย่อยปล่อยระยะสปอโรซอยท์(1 และรูป 14-2 ข. d.)เป็นอิสระเจริญอยู่ในกระเพาะอาหารเข้าสู่ระยะแกมมอนท์(2) เมื่อเจริญถึงระยะหนึ่งจะสลัดส่วนเอพิเมไรท์(epimerite)ของเซลล์ออก แล้วจับคู่กัน(3) สร้างผนังซิสท์มาหุ้มเซลล์(4) ซิสท์หลุดออกจากแมลงปีกแข็งปนมากับอุจจาระ ภายในซิสท์แต่ละแกมมอนท์แบ่งแบบไมโอซิสหลายครั้ง(5) ได้แกมีทนิวคลีไอจำนวนมากเลื่อนไปอยู่ริมขอบไซโทพลาซึม(6) เจริญเป็นแกมีทโดยมีไซโทพลาซึมเหลือมารวมกันเป็น เรซิดวลบอดี(residual body) มีเยื่อหุ้มแยกต่างหากจากของเหลวที่ล้อมรอบแกมีท(7) แกมีทมีรูปร่างต่างกัน ปฏิสนธิกัน(8) ได้ไซโกต

(9) แกมมีทรูปกระสวย(fusiform)จำนวนหนึ่งขาดคุณสมบัติของการปฏิสนธิ ยังไม่ทราบเหตุผลว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น ไฮโกตระยะแรกรูปร่างทรงกลมต่อมาจะเปลี่ยนเป็นรูปทรงที่เรียกว่า คอยน์เพิร์ส(coin-purse) เริ่มต้นเข้าสู่ระยะขสร้างสปอร์(sporogony) โดยนิวเคลียสของไฮโกตแบ่งแบบไมโอซิสลดจำนวนโครโมโซมเป็นแฮพลอยด์จนได้ 8 สปอโรซอท์(10-15) จะเห็นได้ว่า ช่วงที่เป็นดิพลอยด์สั้นมาก เพียงแค่ระยะไฮโกตเท่านั้น

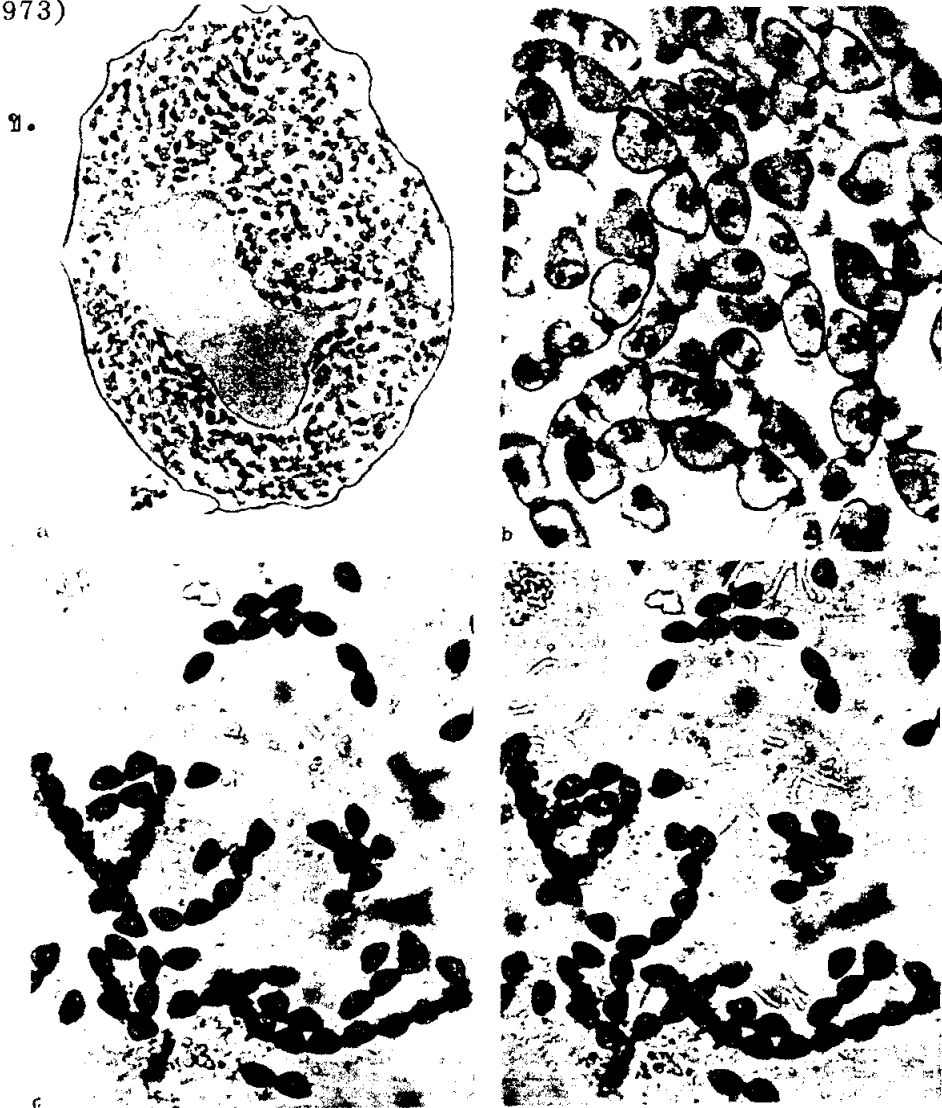
รูป 14-2 ก. แผนภาพวงจรชีวิตของยูเกรการิน *Stylocephalus longicollis* (Order Eugregarinida, Class Gregarina) ระยะ 1-2 เป็นระยะของการเจริญในกระเพาะอาหารของแมลงปีกแข็ง (*Blaps mortisaga*) ระยะ 3-8 เป็นช่วงการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (gamogony) ช่วงหนึ่งอยู่ในกระเพาะอาหารของแมลง(3,4) ช่วงที่เหลือหลุดออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก(5-8) ช่วงการสร้างสปอร์*(sporogony) ยังคงอยู่นอกตัวแมลง รายละเอียดคำอธิบายอยู่ในเนื้อหาของตำรา

แบ่งแบบไมโอซิส ถึงช่วงที่เป็น (จาก Grell, 197 3)

สัญลักษณ์ R! หมายถึงการไฮโกตระยะบยสี่ตำหมายดิพลอยด์ (จาก

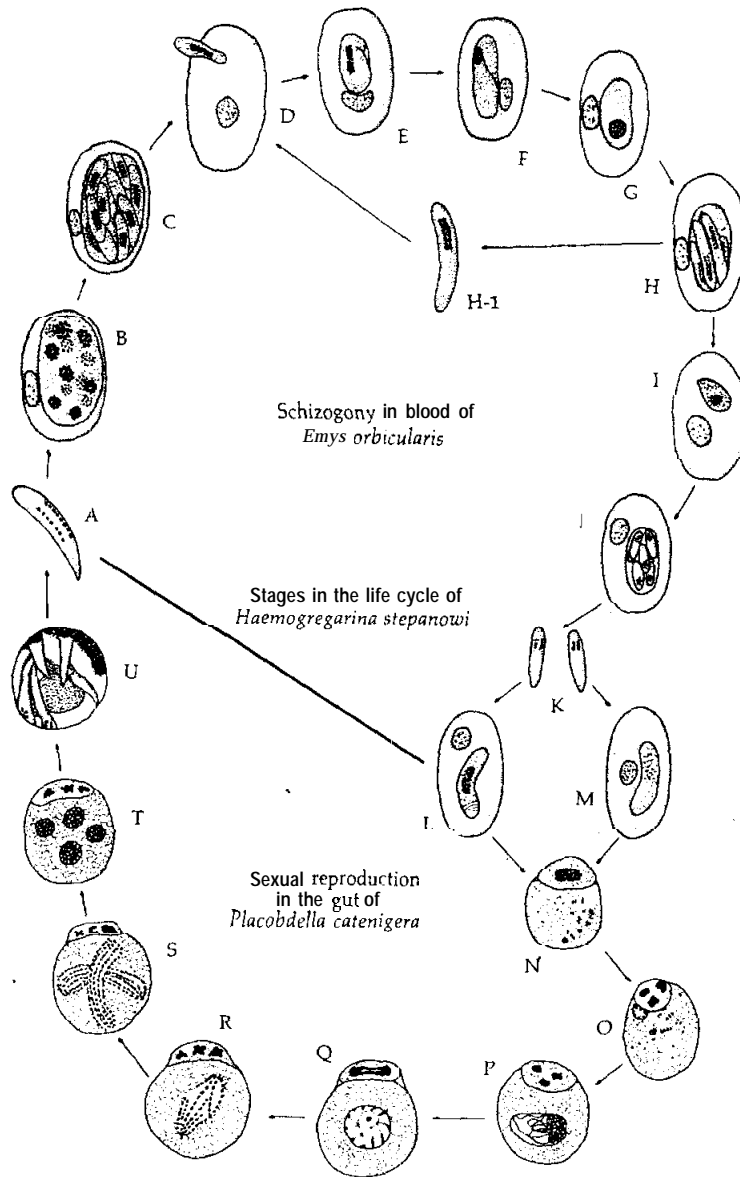


รูป 14-2 ข. ภาพถ่ายระยะการเจริญในวงชีวิตของ *Stylocephalus longicollis* a. แกมมอนท์ซิสต์ ให้สังเกต residual body บริเวณกลางซิสต์ (ดูเทียบกับรูป 14-2 ก. ระยะ 7) b. ภาพขยายแกมมอนท์ซิสต์ ให้สังเกตโครโมโซมของสปอร์รูป coin-purse ในระยะโพรเฟสของการแบ่งแบบไมโอซิส (ดูเทียบกับรูป 14-2 ก. ระยะ 9,10) c. สปอร์ d. สปอร์หลังถูกย่อยโดยเอนไซม์จากกระเพาะอาหารของแมลง ปล่อยสปอร์โรซอยท์หลุดออกมา ให้สังเกตว่า สปอร์เรียงต่อกันคล้ายสร้อยมุก ภาพ a. และ b. ถ่ายจากเนื้อเยื่อที่ถูกเจือเป็นแผ่นบาง แล้วย้อมด้วยสี iron hematoxylin a. กำลังขยาย 150 เท่า b. กำลังขยาย 800 เท่า (จาก Grell, 1973)



(2) วงชีวิตของคอกซิเดียน พวกคอกซิเดียนส่วนใหญ่ดำรงชีพแบบปรสิติกภายในเซลล์เยื่อพิวระบบทางเดินอาหารของโฮสต์ การสืบพันธุ์เป็นแบบสลับระหว่างอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ (schizogony) อยู่ภายในโฮสต์ชนิดเดียวกัน เป็นเอกลักษณ์ของ *Eimeria* (Order Eimeriida) ซึ่งเป็นสกุลที่มีจำนวนชนิดมากและมีความสำคัญจะกล่าวถึงต่อไป กลุ่มที่วงชีวิตการสืบพันธุ์ต่างช่วงอยู่ในต่างโฮสต์ คือ พวกที่อยู่ในอันดับ Adeleida และบางวงศ์ของอันดับ Eimeriida ด้วย ในที่นี้จะเสนอตัวอย่างการสืบพันธุ์ต่างช่วงในต่างโฮสต์ของสกุล *Haemogregarina* (Family Haemogregarinidae) ช่วงการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศอยู่ในสัตว์เลื้อนคลานพวกเต่า ช่วงการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศอยู่ในหนอนปล้องพวกปลิง ซึ่งทำหน้าที่เป็นพาหะนำเชื้อโรคด้วย การติดเชื้อเริ่มต้นจากปลิง (*Placobdella catenigera*) (รูป 14-3) มาดูดเลือดเต่า (*Emys orbicularis*) แล้วปล่อยสปอโรซอยท์ (A) เข้าสู่กระแสโลหิตแล้วเจาะเข้าไปเป็นปรสิตอยู่ในเม็ดเลือดแดง (B) เริ่มต้นช่วงการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (schizogony) โดยการแบ่งแบบมัลติเฟลิกซัน เม็ดเลือดติดเชื้อถูกพาไปยังไขกระดูกที่ซึ่งเมื่อไซซอนท์เจริญเต็มที่ (C) จะแตกหลุดออกมาจากเม็ดเลือดแดงแล้วเจาะเข้าไปในเม็ดเลือดแดงใหม่ (D) เจริญแบ่งนิวเคลียสแบบมัลติเฟลิกซัน (E-H) ได้ 8-24 เมรอกซอยท์ซึ่งจะแตกหลุดออกมา (H,I) แล้วไขกลับเข้าไปในเม็ดเลือดแดงใหม่ วนช่วงไซซอกอนีหลายครั้ง แต่เมรอกซอยท์ที่เข้าไปในเม็ดเลือดแดงใหม่นี้มีส่วนหนึ่งที่ไม่ได้วนช่วงไซซอกอนี แต่เจริญเป็น 6 เมรอกซอยท์ (I,J) แล้วเจริญเปลี่ยนแปลงเป็นไมโครและแมโครแกมีโทไซท์หลุดออกมาจากเม็ดเลือดแดง แล้วไซเข้าไปอยู่ในเม็ดเลือดแดงใหม่ (L,M) ปะปนอยู่กับเม็ดเลือดแดงติดเชื้อที่มีระยะไซซอนท์ เมื่อปลิงมาดูดเลือดเต่าก็ได้รับเม็ดเลือดแดงที่มีไมโครและแมโครแกมีโทไซท์เข้ามาด้วย การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (gamogony) ในปลิงเริ่มต้นจาก ไมโครแกมีโทไซท์เข้ามาจับกับแมโครแกมีโทไซท์ (N) แล้วไมโครแกมีโทไซท์ แบ่งนิวเคลียสได้ 4 ไมโครแกมีโทนิวคลีไอ แต่แมโครแกมีโทไซท์ไม่แบ่งเจริญมาเป็นแมโครแกมีโทเพียงเซลล์เดียว (O) ไมโครและแมโครแกมีโทปฏิสนธิ (P) ได้ไซโกตซึ่งเป็นดิพลอยด์ ไมโครแกมีโทนิวคลีไอที่ไม่ได้ปฏิสนธิจะสลายไป นิวเคลียสของไซโกตจะแบ่งแบบไมโอซิส ลดจำนวนโครโมโซมลงมาเป็นแฮพลอยด์ได้ 8 สปอโรซอยท์ ไปอยู่ที่ต่อมน้ำลายของปลิงพร้อมที่จะเข้าสู่โฮสต์ที่เป็นสัตว์มีกระดูกสันหลัง (เต่า) ต่อไป เป็นที่น่าสังเกตว่า เฮโมเกรกรินไม่สร้างสปอโรซิสท์หรือโอโอซิสท์

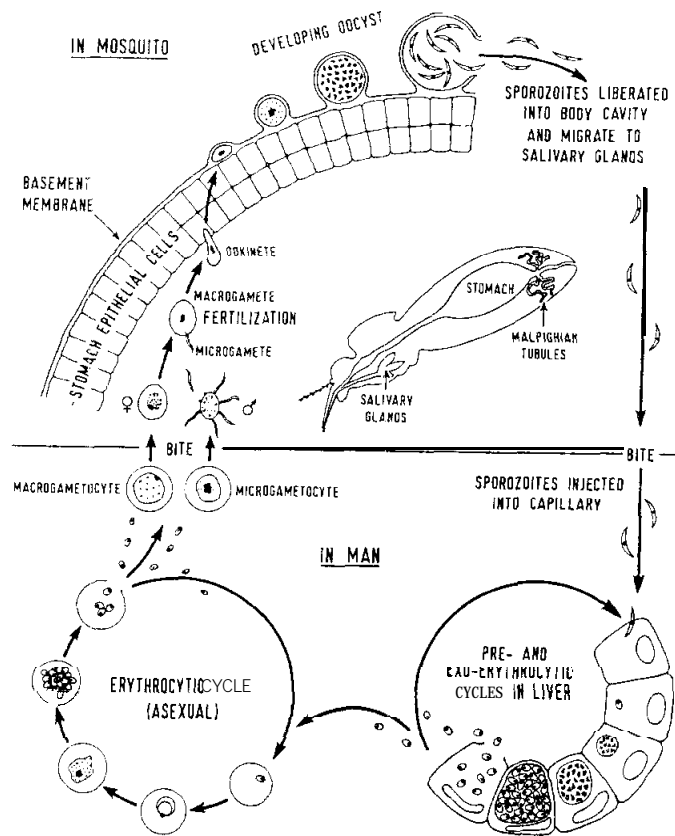
รูป 14-3 แผนภาพวงจรชีวิตของ *Haemogregarina stepanowi* แสดงการสืบพันธุ์สลับระหว่างช่วงไม่อาศัยเพศ (schizogony) ในเม็ดเลือดแดงของเต่า (*Emys orbicularis*) และช่วงอาศัยเพศ (gamogony) ในกระเพาะอาหารของปลิง (*Placobdella catenigera*) คำอธิบายอยู่ในเนื้อหาของตำรา ให้สังเกตการจับคู่ของไมโครและแมโครแกมิโทไซท์โดยมิได้มีการรวมไซโทพลาซึม (N-T) (จาก Cheng, 1973)



(3) วงชีวิตของเฮแมทอซวน วงชีวิตการสืบพันธุ์ของพวกเฮแมทอซวนสลับอยู่ระหว่างไม่อาศัยเพศในสัตว์มีกระดูกสันหลังและอาศัยเพศในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง แม้ว่า จะมีความคล้ายคลึงในรูปแบบของวงชีวิตเมื่อเปรียบเทียบกับพวกคอกซิเดียน แต่เนื้อเยื่อที่เข้าไปเป็นปรสิตและกลุ่มของโฮสต์ต่างกัน สัตว์มีกระดูกสันหลังที่ทำหน้าที่เป็นโฮสต์ส่วนใหญ่ได้แก่พวกนก ขึ้นมาจนถึงสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยเข้าไปอยู่ในเซลล์ของระบบเลือดน้ำเหลือง(reticulo-endothelial system) ขณะที่สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่ทำหน้าที่เป็นพาหะด้วยเป็นพวกสัตว์ขาปล้องโดยเฉพาะกลุ่มของแมลงดูดเลือด ข้อแตกต่างอีกประการหนึ่ง คือ การติดเชื้อระหว่างต่างโฮสต์ไม่ได้เกิดจากสปอร์ แต่แมลงดูดเลือดใช้ปากแทงเข้าไปในเนื้อเยื่อของโฮสต์ที่เป็นสัตว์มีกระดูกสันหลัง แล้วปล่อยระยะสปอโรซอยท์เข้าสู่การหมุนเวียนของกระแสโลหิต ดังตัวอย่างวงชีวิตการสืบพันธุ์ของ *Plasmodium vivax* (Order Haemosporida, Class Hematozoa) (รูป 14-4) ยุงปล้อง(*Anopheles*)ที่ติดเชื้อเมื่อกัดมนุษย์จะปล่อยระยะสปอโรซอยท์เข้าสู่หลอดเลือดฝอย สปอโรซอยท์ไหลตามกระแสโลหิตไปยังตับ แล้วไซเข้าไปในเซลล์บุผนังช่องในตับ(liver sinusoid) เริ่มต้นไซซอกอนีด้วยการแบ่งแบบมีลทิเปลฟิซชันจนได้เมโรซอยท์จำนวนมากออกมาจากเซลล์ตับ ช่วงแรกนี้เรียกว่า พรีอีริทรอไซติกไซเคิล(pre-erythrocytic cycle) เมโรซอยท์จะวนกลับไซเข้าไปในเซลล์ตับเซลล์อื่นๆใหม่ แล้วดำเนินการเจริญไซซอกอนีจนได้เมโรซอยท์ออกมาใหม่ วนเวียนเช่นนี้หลายครั้ง รวมเรียกไซซอกอนีในเซลล์ตับว่า เอกไซอีริทรอไซติกไซเคิล(exo-erythrocytic cycle) เมื่อมีเมโรซอยท์มากพอแล้ว ส่วนหนึ่งจะหลุดจากตับมาตามกระแสโลหิต แล้วไซเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดง เป็นการเริ่มต้นวงชีวิตไซซอกอนีในเม็ดเลือดแดงได้เมโรซอยท์ออกมาอีก ตำราหลายเล่มตั้งชื่อเมโรซอยท์ช่วงนี้ว่า เมตาไซคลิกเมโรซอยท์(metacyclic merozoites) เมโรซอยท์บางส่วนเมื่อไซเข้าสู่เม็ดเลือดแดงใหม่จะไม่เจริญแบ่งนิวเคลียสตามขั้นตอนไซซอกอนี แต่จะเจริญเปลี่ยนแปลงเป็นไมโครและแมโครแกมโทไซท์ เมื่อยุงมากัดมนุษย์จะดูดเลือดที่มีหลายระยะรวมทั้งแกมโทไซท์เข้ามาด้วย เป็นการเริ่มต้นช่วงสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ(gamogony) ไมโครแกมโทไซท์แบ่งนิวเคลียสได้ 4 ไมโครแกมโท มีอันตูลิพอเดีย จึงเคลื่อนที่ได้ แมโครแกมโทไซท์เจริญเป็นแมโครแกมโท แกมโททั้งสองเพศปฏิสนธิกันได้ไซโกต(ดิพลอยด์) ซึ่งจะเปลี่ยนรูปร่างยืดยาวออกเป็นโอโอไคนีทผ่านทางเซลล์บุผนังกระเพาะอาหารของยุง เข้าไปอยู่ในช่องใต้เบสเมทเมมเบรน สร้างซิสต์ขึ้นมาหุ้มเซลล์ไว้เรียกระยะนี้ว่า โอโอซิสต์ นิวเคลียสจะแบ่งแบบไมโอซิสลดจำนวนโครโมโซมเป็นแฮพลอยด์แล้วมีการแบ่งแบบมีลทิเปลฟิซชันเข้าสู่ช่วงสปอโรโกอนีจนได้สปอโรซอยท์จำนวนมาก หลุด

ออกมาสู่ช่องในลำตัวแมลง แล้วไปอยู่ที่ต่อมน้ำลาย เมื่อยุงกัดเชื้อกัตมนุษย์ก็จะปล่อยน้ำลายที่ปนเปื้อนสปอโรซอइटที่เข้าสู่เนื้อเยื่อและกระแสโลหิตต่อไป วงชีวิตของสกุลอื่น เช่น *Haemoproteus* (รูป 4-8) ดำเนินเช่นเดียวกัน ต่างกันที่ชนิดของเซลล์ที่เข้าไปเป็นปรสิตเท่านั้น

รูป 14-4 แผนภาพวงชีวิตการสืบพันธุ์ของ *Plasmodium vivax* แสดงการสืบพันธุ์สลับระหว่างช่วงไม่อาศัยเพศในเซลล์ตับและเซลล์เม็ดเลือดแดงของมนุษย์ กับช่วงอาศัยเพศ (gamogony) และสปอโรโกนีในยุง รายละเอียดคำอธิบายอยู่ในเนื้อหาของตำรา ควรศึกษาเปรียบเทียบกับรูป 14-2, 14-3 และ 4-8 (จาก Adam, et al., 1971)



14.2 การแบ่งชั้น

เอพิคอมเพลกซาถูกแบ่งออกเป็น 3 ชั้นโดยอาศัยลักษณะระยะต่างๆของการเจริญในวงชีวิตและรูปแบบการสืบพันธุ์เป็นเกณฑ์หลัก กลุ่มของเนื้อเยื่อตลอดจนกลุ่มของโฮสต์เป็นเกณฑ์เสริม ได้แก่ชั้น เกรแกริเนีย(Gregarinia), คอกซิเดีย(Coccidia) และ เฮแมทอซัว (Hematozoa)

14.2.1 ชั้นเกรแกริเนีย แกมีทอปศผู้มีอันตูลิพอดีมที่มีต้นกำเนิดมาจากโคเนโทโซมที่ไมโครทิวบูลเป็นแบบซิงเกลท การแบ่งนิวเคลียสในซิงเกลทนี้เพื่อให้ได้เมโรซอยท์ประกอบด้วยซิงเกลทไมโครทิวบูล 9 เส้นเรียงอยู่ในเซนโทรโคน วงชีวิตดูจากข้อ 14.1.2 (1) มี 4 อันดับ อันดับที่มีความสำคัญและมีจำนวนชนิดมากมีเพียงอันดับเดียว คือ ยูเกรแกรินิดา(Eugregarinida)

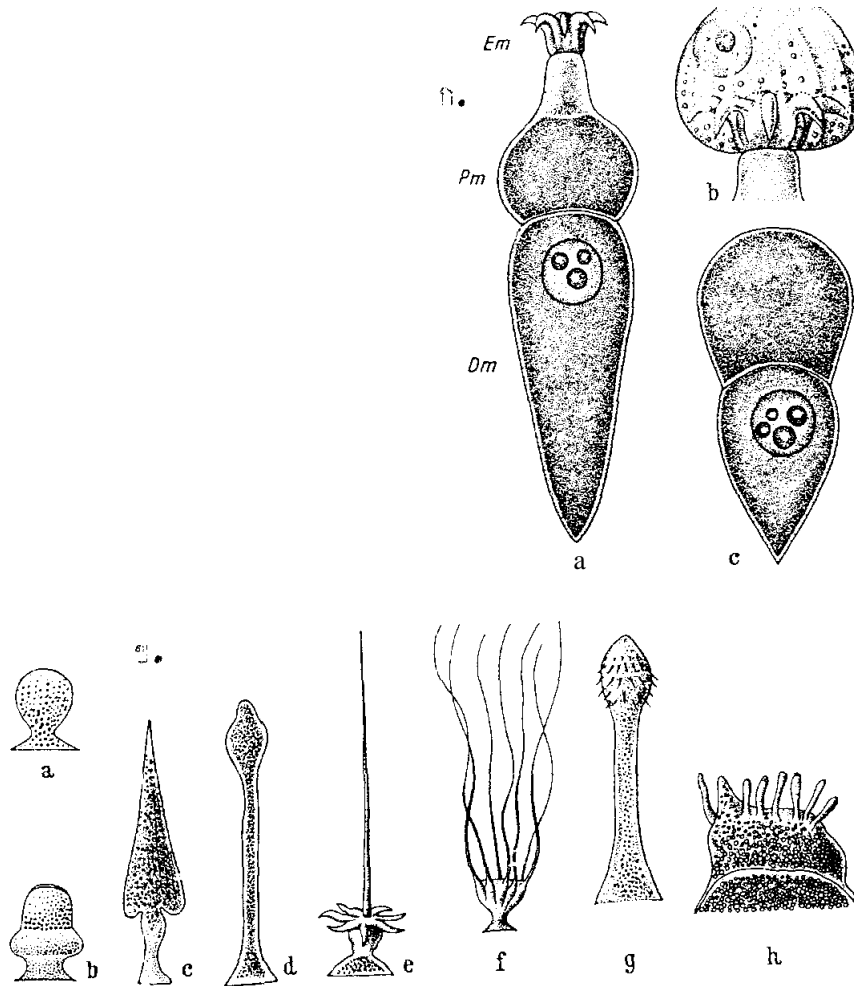
Order Eugregarinida ลักษณะโทรโฟซอยท์มีความหลากหลาย แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่เซลล์ไม่แบ่งเป็นสัดส่วนเรียกว่า เอเซฟาไลนา(acephalina) เซลล์รูปร่างไม่มีลักษณะเด่นเป็นพิเศษ แต่มีโครงสร้างพิเศษสำหรับยึดเกาะอยู่ที่ส่วนหน้าสุดของเซลล์ และกลุ่มที่เซลล์แบ่งเป็นสัดส่วน เซฟาไลนา(cephalina) ส่วนแรกเรียกว่า โปรโตเมไรท์(proto-merite) ส่วนท้ายเรียกว่า ดิวทอเมไรท์(deutomerite)ในกรณีที่แบ่งเป็น 3 ส่วน ก็เรียกจากส่วนหน้าไปยังส่วนท้ายตามลำดับว่า เอพิเมไรท์(epimerite) โปรโตเมไรท์ และดิวทอเมไรท์ (รูป 14-5 ก.) เอพิเมไรท์มีรูปร่างหลากหลายตามเอกลักษณ์ของแต่ละชนิด(รูป 14-5 ข.) ระยะโทรโฟซอยท์นี้นิยมเรียกว่า สปอแรดิน(sporadin) เนื่องจากรูปร่างของเซลล์ยึดยาวคล้ายกับรูปร่างสปอร์(สปอโรซอยท์)ของเอพิคอมเพลกซานทั่วไป ยูเกรแกรินมีทั้งหมด 18 วงศ์ ที่ควรทราบ คือ

(1) พวกที่เซลล์ไม่แบ่งเป็นสัดส่วน ที่ควรทราบมี 2 วงศ์ คือ

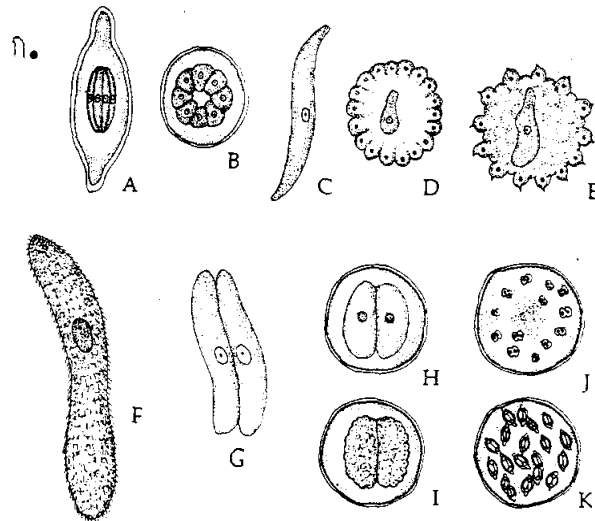
Family Monocystidae ส่วนใหญ่เป็นปรสิตอยู่ในช่องว่างลำตัวและถุงเก็บสเปิร์มของไส้เดือนดิน สกุลที่พบง่ายที่สุด คือ *Monocystis* (รูป 14-6 ก.)

Family Enterocystidae เป็นปรสิตอยู่ในกระเพาะอาหารของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหลายกลุ่ม เช่น สกุล *Enterocystis* อยู่ในกระเพาะอาหารตัวอ่อนของแมลงชีปะขาว(ephemerid) สกุล *Rhabdocystis*, *Apolocystis* และ *Nematocystis* อยู่ในถุงเก็บสเปิร์มของไส้เดือนดินเป็นต้น (รูป 14-6 ข. จาก A-F ตามลำดับ)

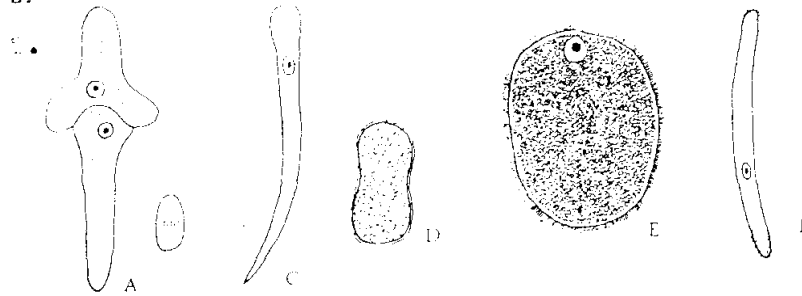
รูป 14-5 n. ภาพจำลองการที่เซลล์ถูกแบ่งเป็นสัดส่วนของพวกยูเกรเกรีน a. ทั้งเซลล์แสดงส่วน epimerite(Em), protomerite(Pm) และ deutomerite(Dm) b. เฉพาะส่วน epimerite ให้สังเกตโครงสร้างยึดเกาะที่อยู่บนสุด c. เซลล์ที่สลัด epimerite ออกไปแล้ว ข. ภาพจำลองรูปร่างและโครงสร้างยึดเกาะบน epimerite ของพวกยูเกรเกรีน a. *Gregarina longa*, b . *Sycia inopinata*, c. *Pileocephalus heeri*,d. *Stylocephnlus longicollis*, e. *Beloides firmus*, f. *Cometoides crinitus*, g. *Geniorhynchus monnieri*, h. *Echinomera hispida* (จาก Grell, 1973)



รูป 14-6 ภาพจำลองระยะต่างๆในวงจรชีวิตของยูเกรนพวกที่เซลล์ไม่แบ่งเป็นสัดส่วน ก. ระยะต่างๆ วงชีวิตของ *Monocystis lumbrici* ซึ่งเป็นปรสิตอยู่ในอุ้งเก็บสเปิร์มของไส้เดือนดิน A spore(oocyst) with 8 sporozoites, B. x-sot. of A, C. sporozoite, D. sporozoite in multicellular sperm sphere of host (sperm mother cells), E. transformation of sporozoite into trophozoite, F. mature trophozoite ภายใน sperm sphere ที่กำลังสลาย, G. two trophozoite ที่หลุดออกมาจาก sperm sphere จับคู่กันเป็น gametocyte H. gametocyst มีผนังเซลล์ 2 ชั้น, I. gametocyte สร้าง isogamete, J. ปฏิสนธิได้ไซโกท, K. ซิสต์ภายในมี young spore ที่ได้จากการแบ่งเซลล์ของไซโกท ข. ตัวอย่างระยะ trophozoite(sporadin) ของยูเกรนบางสกุลในวงศ์ Enterocystidae A. *Enterocystis ensis* ให้สังเกตการจับคู่โดยใช้ส่วนท้ายของเซลล์ B. สปอร์ของ *E. ensis* ที่พบในกระเพาะอาหารตัวอ่อนของแมลงซีปะขาว(*Caenis* sp.) C. *Rhabdocystis claviformis* ปรสิตในอุ้งเก็บสเปิร์มของไส้เดือนดิน(*Octolasion complanatum*). D. ระยะ cyst ของ *R. claviformis*, E. *Apolocystis gigantea* ปรสิตในอุ้งเก็บสเปิร์มของไส้เดือนดิน (*Helodrilus foetidus* & *Lumbricus rubellus*), F. *Nomatocystis vermicularis* ปรสิตในอุ้งเก็บสเปิร์มของไส้เดือนดิน (จาก Cheng, 1973)



รูป 14-6 ข.



(2) พวกที่เซลล์แบ่งเป็นสัดส่วน มีหลายวงศ์ ที่ควรทราบ คือ

Family Porosporidae ยูเกรแกรีนในวงศ์นี้ส่วนใหญ่เป็นปรสิตอยู่ในสัตว์พวกกิ้งและหอย จึงมีความสำคัญด้านเศรษฐกิจ สปอโรซอยต์อยู่ในกระเพาะอาหารของสัตว์พวกกิ้ง เมื่อจับคู่สร้างซีสต์แล้วจะแบ่งนิวเคลียสแบบมีลทิเฟลฟิชชัน ได้เซลล์ขนาดเล็กจำนวนมากเรียกว่า จิมโนสปอร์(gymnospore) เลื่อนมาที่ส่วนท้ายของกระเพาะ แล้วหลุดออกมากับอุจจาระ เมื่อพบกับหอยที่เหมาะสมจะไชเข้าไป หรืออาจถูกโอบล้อมโดยเซลล์ฟาโกไซท์เข้าไปอยู่ที่เหงือก แมนเทิล หรือระบบทางเดินอาหารของหอย จิมโนสปอร์ จับคู่รวมกันเป็นไซโกต แล้วแบ่งนิวเคลียสเจริญต่อไปเป็นสปอโรซอยต์โดยมีเยื่อหุ้มหรือไม่มีเยื่อหุ้มตามลักษณะของแต่ละสกุล ที่พบบ่อย คือ *Porospora* และ *Nematopsis* (รูป 14-7)

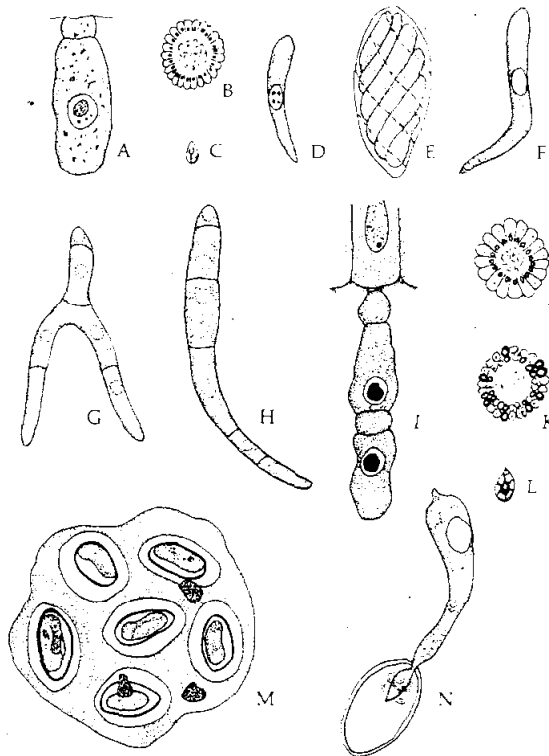
Family Fregarinidae เป็นปรสิตอยู่ในแมลงหลายชนิด สกุลที่พบบ่อย คือ *Gregarina* เช่น *G. blattarum* พบในกระเพาะอาหารส่วนกลางของแมลงสาบ, *G. oviceps* พบในตั๊กแตน, *G. locustae* พบในตั๊กแตนโลคัส(*Dissostertia carolina*) (รูป 14-8 ก. ข. ค. ตามลำดับ)

Family Stylocephalidae ระยะโทรโฟซอยต์มีลักษณะเด่นที่ เอพิเมไรท์ลักษณะคล้ายห้วนม ผิวสปอร์มีปุ่ม พบเป็นปรสิตในสัตว์หลายกลุ่ม คือ พวกแมลง และหอย สกุลที่พบบ่อย คือ *Stylocephalus* เช่น *S. longicollis* (รูป 14-2 ก. และ ข.), *S. giganteus* ในแมลงปีกแข็ง(รูป 14-8 ง.)

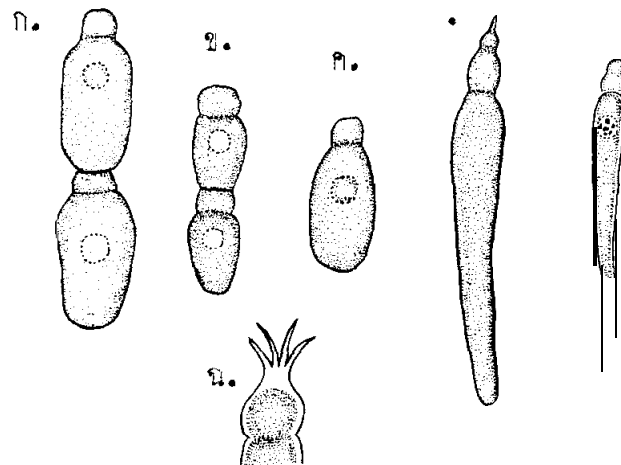
Family Actinocephalidae ระยะโทรโฟซอยต์ของยูเกรแกรีนวงศ์นี้เด่นที่เอพิเมไรท์แยกเป็น 8-10 แฉกคล้ายนิ้วมือ สปอร์รูปสองทรงกรวยฐานชนกัน เป็นปรสิตในสัตว์ขาปล้องหลายกลุ่ม เช่น *Actinocephalus parvus* ในกระเพาะอาหารของหมัด

สุนัข(Ctenocephalus canis), *A. acustispora* ในกระเพาะอาหารของแมลงปีกแข็ง(*Silpha laevigata*) (รูป 14-7 จ. และ ฉ.)

รูป 14-7 แผนภาพระยะต่างๆในวงชีวิตของยูเกรแกรีนวงศ์ Porosporidae A.-F *Porospora gigantea* A. ระยะโทรโฟซอยท์เกาะติดผนังกระเพาะอาหารของ lobster(*Homarus gammarus*), B. จิมโนสปอร์ในหอยแมลงภู่มุ้(*Mytilus minimus* & *Trochocochlea mutabilis*), C. & D. สปอโรซอยท์กำลังเจริญ, E. สปอโรซอยท์ภายในปากอไซท์ของหอย, F. สปอโรซอยท์เจริญเต็มที่, G.-N. เป็นของ *Nematopsis legeri* G. & H.ระยะโทรโฟซอยท์ในสัตว์พวกกุ้ง(*Eriphia spinifrons*) I. โทรโฟซอยท์เกาะผนังกระเพาะอาหารของสัตว์พวกกุ้ง, J. จิมโนสปอร์, K. จิมโนสปอร์เข้าไปอยู่ในหอย, L. สปอโรซอยท์ตัวอ่อน, M. ซิสต์ที่มี 6 สปอร์, N. สปอโรซอยท์งอกออกมาจากสปอร์เมื่อถูกกินเข้าไปอยู่ในกระเพาะอาหารของสัตว์พวกกุ้ง (จาก Cheng, 1973)



รูป 14-8 ภาพจำลองระยะโทรโฟซอยท์(สปอเรดิน)ของยูเกรแกรีน พวกที่เซลล์แบ่งเป็นสัดส่วน ก. *Gregarina blattarum* ข. *Gregarina oviceps* ทั้งภาพ ก. และ ข. เป็นการจับคู่กันของสปอเรดิน ค. *Gregarina locustae* ง. *Stylocephalus giganteus* ให้สังเกตเอพิเมไรท์รูปทรงคล้ายหัวนม จ. *Actinocephalus acustispora* ฉ. แสดงส่วนยึดเกาะปลายเอพิเมไรท์ของภาพ จ. (จาก Cheng, 1973)



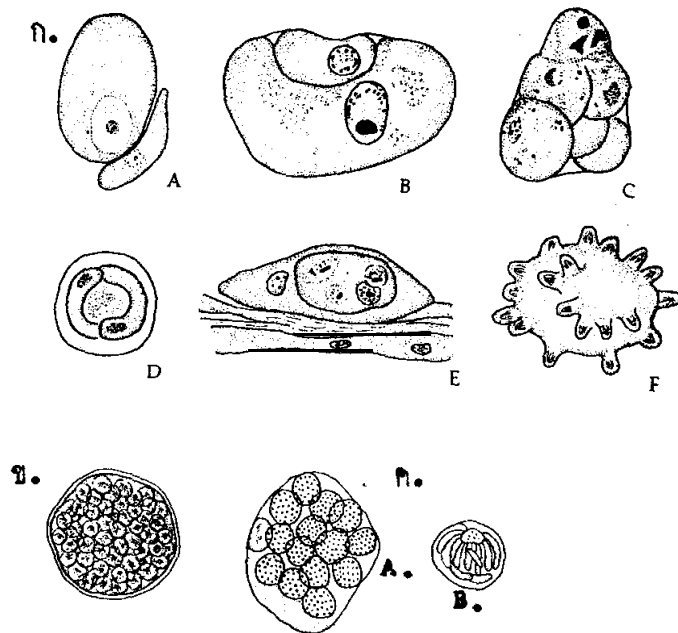
14.2.2 ชั้นคอกซิเดีย โครงสร้างภายในของแกมีโทพไซท์ และการแบ่งเป็นระยะเมโรซอยท์เช่นเดียวกันกับชั้นเกรกริเนีย แต่วางชีวิตต่างกัน โดยทั่วไปต้องสลักระหว่างอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ และต่างโฮสต์ด้วย(ดูข้อ 14.1.2 (2))* สปอร์ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่รุนแรง แบ่งออกเป็น 3 อันดับ ที่สำคัญเกี่ยวข้องกับมนุษย์และสัตว์เลี้ยงเศรษฐกิจอยู่ใน 2 อันดับ คือ เอเดเลอิดา(Adeleida) และ ไอเมริอิดา(Eimeriida)

Order Adeleida ลักษณะเด่นของอันดับนี้ คือ ระยะแมโครและไมโครแกมีโทไซท์ขนาดต่างกันและมาจับคู่กันก่อนการสร้างแกมีท ไมโครแกมีทมีจำนวนน้อย(ต่างจากอันดับ Eimeriida ที่มีจำนวนไมโครแกมีทมาก) ระยะโอโอซิสมีเพียง 2-4 สปอโรซอยท์ แบ่งออกเป็น 5 วงศ์ ที่ควรทราบ คือ

* สกุล Aggregata, Eimeria และ Lankesterella มีเพียงโฮสต์เดียว

Family Adeleidae สปอโรซิสต์สร้างขึ้นมาจากภายในโอโอซิสต์ วงชีวิต การสืบพันธุ์สลับแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศมักอยู่ภายในโฮสต์ชนิดเดียว ส่วนใหญ่เป็นปรสิตอยู่ในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหลายกลุ่ม ตั้งแต่หนอนปล้องขึ้นมาจนถึงสัตว์พวกหอย ตัวอย่าง เช่น *Adelina deronis* เป็นปรสิตภายในเซลล์บุผนังช่องว่างลำตัวของหนอนปล้อง (*Dero limosa*) การติดเชื้อเริ่มต้นจากหนอนปล้องกินโอโอซิสต์(รูป 14-9 ก.) *Klossia helicina* เป็นปรสิตอยู่ในเซลล์ตับของหอยบก(รูป 14-9 ข.) *Klossia muris* เป็นปรสิตอยู่ในเซลล์ไตของหนู (*Mus musculus*) (รูป 14-9 ค. A & B)

รูป 14-9 ภาพจำลองตัวอย่างระยะต่างๆในวงชีวิตของคอกซิเดียน วงศ์ Adeleidae
 A. *Adelina deronis* A. การจับคู่ของแมโครและไมโครแกมีโทไซท์ B. การสร้างผนังมาหุ้มระยะโอโอซิสต์ C. สปอโรพลาสต์(ระยะสปอโรซิสต์ที่กำลังเจริญ)ภายในโอโอซิสต์ ให้สังเกตส่วนที่เหลือของไมโครแกมีโทไซท์(บนสุดของกระเพาะ) D. สปอโรซิสต์โตเต็มวัย E. ไซซอนท์อ่อนวัยภายในเซลล์ช่องท้องของโฮสต์ F. ไซซอกอนี ข. ระยะโอโอซิสต์ของ *Klossia helicina* ให้สังเกตผนังซิสต์ที่เป็น 2 ชั้น และสปอโรซิสต์ทรงกลมจำนวนมากที่อยู่ภายใน ค. *Klossia muris* A. ระยะสปอโรพลาสต์ 14 อันอยู่ภายในเซลล์ไตของหนู B. สปอโรซิสต์ภายในมีสปอโรซอยท์ (จาก Cheng, 1973)



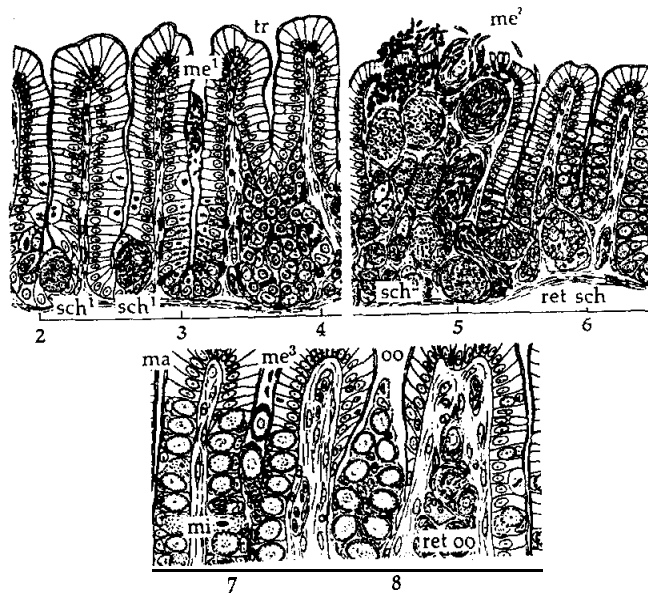
Family Haemogregarinidae วงชีวิตการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ อยู่ในเซลล์ของระบบหมุนเวียนโลหิตสัตว์มีกระดูกสันหลัง สลับกับวงชีวิตสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศอยู่ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ซึ่งทำหน้าที่เป็นพาหะด้วย(ดูข้อ 14.1.2 (2) รูป 14-3) ตัวอย่างของวงศ์นี้ คือ สกุล *Haemogregarina* และ *Hepatozoon Haemogregarina leptodactyli* นอกจากจะพบในเม็ดเลือดของเต่าแล้ว ยังพบในเม็ดเลือดของกบ(*Leptodactylus ocillatus*) โดยมีไร(*Acarus* sp.) ทำหน้าที่เป็นโฮสต์สำหรับวงชีวิตแกมมอกอนีและทำหน้าที่เป็นพาหะด้วย *Hepatozoon muris* เป็นปรสิตในเม็ดเลือดแดงของหนูหลายชนิดโดยมีไร(*Laelaps echidninus*) เป็นพาหะ *Hepatozoon pettiti* เป็นปรสิตในเม็ดเลือดแดงของจระเข้โดยมีแมลงดูดเลือดเซตซี(tsetse fly) เป็นพาหะ

Order Eimeriida คอกซิเดียนในอันดับนี้โดยทั่วไปดำรงชีพแบบปรสิตอยู่ในเซลล์เยื่อบุผิวระบบทางเดินอาหารของสัตว์มีกระดูกสันหลังหลายกลุ่ม โดยมีวงชีวิตสืบพันธุ์สลับระหว่างอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศภายในโฮสต์ตัวเดียวกัน การติดเชื้อโดยการกินระยะโอโอซิสท์ที่ภายในมี 8 สปอโรซอยท์ มีทั้งหมด 18 วงศ์ ที่ควรทราบ คือ

Family Eimeriidae ถือเป็นวงศ์ที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากมีหลายชนิดเป็นปรสิตในสัตว์เลี้ยงที่เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เช่น *Eimeria tenella* ในลำไส้ส่วนซีกมของสัตว์ปีก การติดเชื้อเริ่มต้นจากสัตว์ปีกกินโอโอซิสท์ที่มีสปอโรซอยท์ ซึ่งจะออกมาจากรูไมโครไฟล์ของผนังซิสท์ ไซผ่านเซลล์เยื่อบุผนังซีกมเข้าไปอยู่ในชั้นลามินาพรอเพรีย(lamina propria) (รูป 14-10) แมโครเฟจ(macrophage)ของโฮสต์จะทำหน้าที่โอบล้อมสปอโรซอยท์แล้วถูกส่งต่อไปยังต่อมไลเบอร์คิน(Lieberkuhn) เจริญแบ่งนิวเคลียสแบบมัลติเฟลพิซชันจนได้เมรอกซอยท์จำนวนมาก อาจถึง 900 เซลล์ต่อหนึ่งโฮสต์เซลล์ เมรอกซอยท์ขนาดประมาณ 2-4×1-1.5 ไมโครเมตร ลักษณะเอพิคัลคอมเพลกซ์ของเมรอกซอยท์เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนมีคอนนอยด์ตามลักษณะมาตรฐานของเอพิคัลคอมเพลกซ์ทั่วไป เมรอกซอยด์จะไชเข้าสู่เซลล์ใหม่ข้างเคียง วนช่วงไซซอกอนีได้เมรอกซอยท์ใหม่ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อไชเข้าสู่เซลล์ใหม่อีกบางส่วนจะเจริญเป็นแมโครและไมโครแกมโทไซท์ เป็นการเริ่มต้นวงชีวิตแกมมอกอนี แมโครแกมโทไซท์(รูป 14-11 ก.) เจริญต่อไปเป็นแมโครแกมโทไซท์ขนาดใหญ่ ส่วนไมโครแกมโทไซท์แบ่งเซลล์ได้หลายไมโครแกมโทไซท์ขนาดเล็กที่มีแฟลเจลลลา 2 เส้น ไมโครแกมโทไซท์จะไชเข้าไปในเซลล์ของโฮสต์ที่อยู่ข้างเคียงและมีแมโครแกมโทไซท์อยู่ด้วย หลังการปฏิสนธิได้ไซโกตจะมีการสร้างผนังซิสท์เข้าสู่ระยะโอโอซิสท์ ตามมาด้วยสปอโรโกนีจนได้สปอโรซิสท์ที่ภายในมี 2 สปอโรซอยท์ โดยทั่วไป โอโอซิสท์ที่เป็นระยะติดต่อกันจะมี 4 สปอ

โรซิธ(8 สปอโรซอइट) เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนพบว่า โอโอซิธที่มีโครงสร้างพิเศษต่างจากระยะอื่น คือ มีลักษณะเป็นเส้นวนเวียนที่เรียกว่า แลบรินทีไลค์บอดีส์ (labyrinth like bodies) (รูป 14-11 ข.) การติดเชื้อ *Eimeria* ทำให้สัตว์ปีกมีอาการเลือดออกที่เรียกว่า คอกซิดิโอซีส(coccidiosis) และถึงขั้นเสียชีวิต *Eimeria* ที่พบในสัตว์อื่นที่สำคัญทางเศรษฐกิจคือ *E. stiedae*, *E. magma*, *E. sciurorum* ในกระต่าย; *E. augusta*, *E. bonasae* ในนกเกราส์; *E. deblickei* ในสุกร, *E. arloingi* ในแพะและแกะ; *E. felina* ในแมว; *E. canis* ในสุนัข; *E. smithi*, *E. canadensis* และ *E. bovis* ในปศุสัตว์ นอกจากนี้เหล่านี้แล้วยังพบชนิดอื่นอีกมาก(รูป 14-12 ก.) สำหรับในสัตว์เลี้ยงพวกแกะก็มีรายงานการพบ *Eimeria* อีกมากชนิดเช่นเดียวกัน(รูป 14-12 ข.)

รูป 14-10 ภาพจำลองการเจริญของ *Eimeria tenella* ในต่อมลำไส้ส่วนซีกัมของไก่ หมายเลขใต้ภาพแสดงจำนวนวันของการติดเชื้อ ma-macrogamete, me-merozoite, me¹, me², me³ หมายถึงเมโรซอइटชั่วรุ่นที่ 1,2,3 ตามลำดับ mi-microgamete, oo-oocyst, ret oo & ret sch หมายถึงโอโอซิธและไซซอนที่ที่ไม่หลุดออกมาจากเนื้อเยื่อ sch¹,sch² หมายถึงไซซอนที่ชั่วรุ่นที่ 1,2 ตามลำดับ tr-young growing trophozoite (จาก Cheng, 1973)



รูป 4 - 1 1 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบทะลุผ่าน แสดงโครงสร้างภายในเซลล์ของ *Eimeria perforan* ก. ระยะ young macrogametocyte(Ma) m-mitochondria, N-nucleus, L-lipid inclusion, Mh-mitochondria ของโฮสต์เซลล์(กระต่าย), Ch-cytoplasm ของโฮสต์เซลล์ กำลังขยาย 14,000 เท่า ข. ระยะ oocyst Ow-oocyst wall, v-light vacuole, Ch-cytoplasm ของโฮสต์เซลล์ ให้สังเกตโครงสร้าง labyrinthlike bodies (B) ที่เป็นโครงสร้างพิเศษต่างจากระยะ macrogametocyte ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับเซลล์ทั่วไป กำลังขยาย 19,000 เท่า (จาก Cheng, 1973)

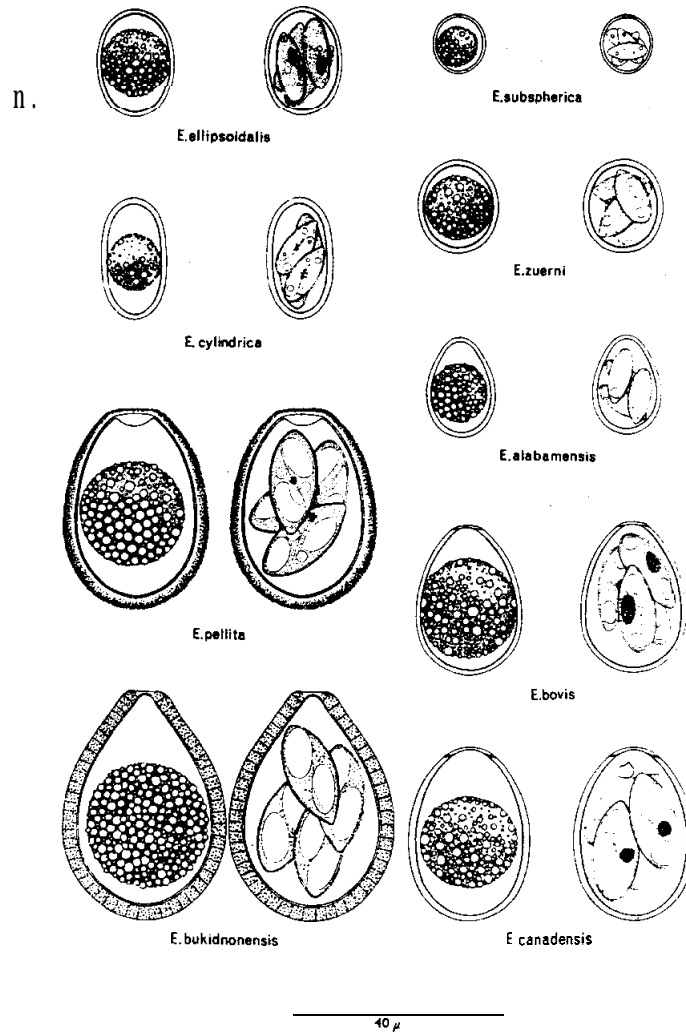
ข.



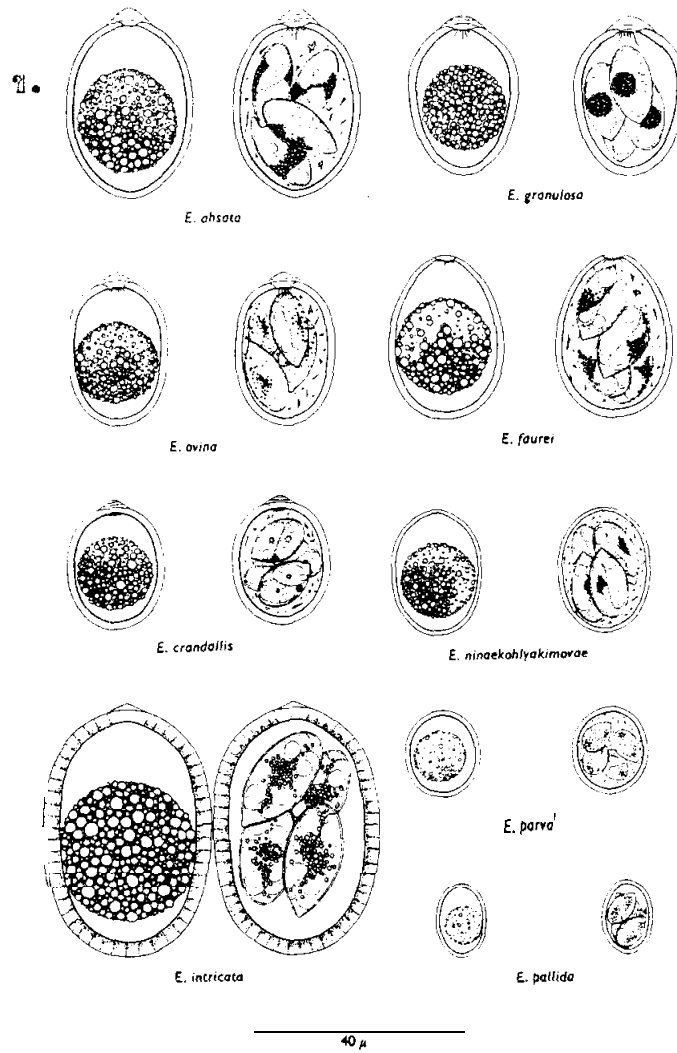
สกุลอื่นที่มีความสำคัญคือ *Isospora* ซึ่งโอโอซิสต์มี 2 สปอโรซิสต์ ภายในแต่ละสปอโรซิสต์มี 4 สปอโรซอัยท์ โอโอซิสต์ไม่มีรูไมโครโพล์ ในอดีต *Isospora* หลายชนิดเป็นปรสิตอยู่ในระบบทางเดินอาหารของปศุสัตว์ และสัตว์เลี้ยงอื่นรวมถึงมนุษย์ด้วย(i.e. *I. hominis*) ปัจจุบันวิธีการสัตวบาลดีขึ้น จึงป้องกันการติดเชื้อได้ดี อาจพบสกุลนี้ในสัตว์ป่าได้ ตั้งแต่

สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์เลื้อยคลาน นก ขึ้นมาจนถึงสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แต่การติดเชื้อไม่ร้ายแรงถึงขั้นทำให้สัตว์ตาย เพียงแสดงอาการท้องเดินและมีไข่เท่านั้น

รูป 14-12 ภาพจำลองตัวอย่างชนิดของ *Eimeria* ที่พบใน ก. ปศุสัตว์ ข. ในแกะ ภาพซ้ายของแต่ละชนิดคือ โอโอซิสที่ยังไม่มีการสร้างสปอร์ ภาพขวาคือ โอโอซิสที่มีการสร้างสปอร์แล้ว (จาก Giorgi, 1974)



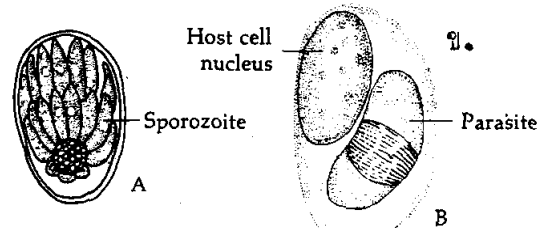
รูป 14-12 ข.



Family Lankesterellidae มีช่วงการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศอยู่ในเม็ดเลือดแดงและเซลล์เยื่อบุอวัยวะภายในของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำหรือสัตว์เลื้อยคลาน ช่วงการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศอยู่สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่ดูดเลือด มีหลายสกุลเช่น *Lankesterella* (รูป 14-13)

รูป 14-13 ภาพจำลองคอกซิเดียนชนิด *Lankesterella minima* ในกบ ก. ระยะโอโอซิสท์(ขนาด 3.3x2.3 นาโนมิเตอร์) ภายในเซลล์เยื่อผนังลำตัว ให้สังเกตสปอโรซอิตจำนวนมากที่อยู่ภายในผนังของซิสท์

ข. สปอโรซอิตที่ไซโซเข้าไปอยู่ในเซลล์ ก.
เม็ดเลือดแดง (จาก Cheng, 1973)



14.2.3 ชั้นเฮแมทอซัว วงชีวิตของเฮแมทอซวนต้องการสองโฮสต์เช่นเดียวกับชั้นคอกซิเดียน(รูป 14-4) แต่มีข้อพึงสังเกตว่า สปอโรซอิตของเฮแมทอซัวไม่ได้สัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอกโฮสต์ จึงไม่มีโครงสร้างผนังซิสท์มาห่อหุ้ม เมื่อถูกปล่อยเข้าสู่โฮสต์ที่เป็นสัตว์มีกระดูกสันหลัง จึงไซโซเข้าสู่เซลล์ระบบเลือดน้ำเหลืองได้ทันที ข้อแตกต่างจากชั้นอื่นอีกประการหนึ่ง คือ ช่วงแบ่งเซลล์มาเป็นเมโรซอิตที่ไม่มีโครงสร้างเซนโทรคอน เฮแมทอซัวมีเพียง 2 อันดับ คือ ฮีโมสปอริดา(Haemosporida) และ ไพโรพลาสมิดา(Piroplasmida)

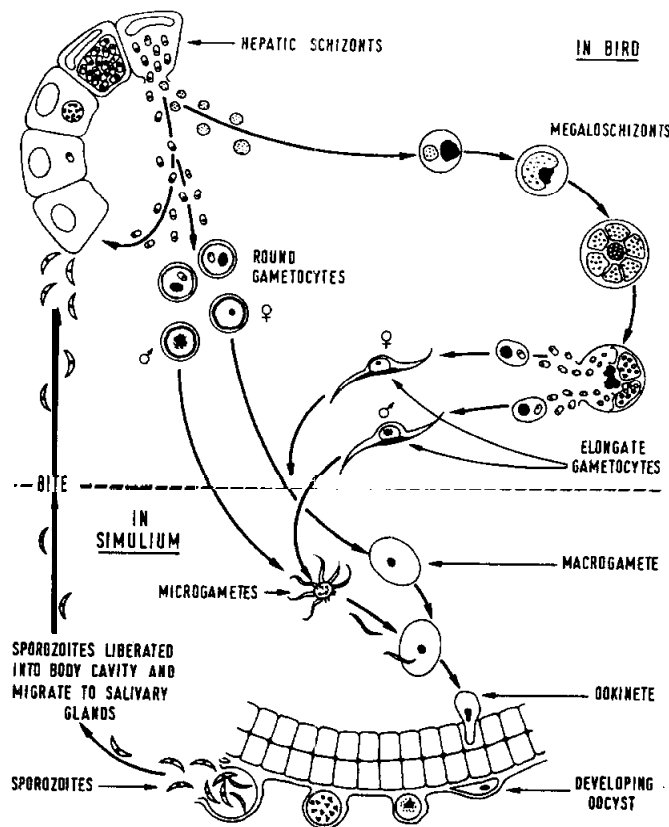
Order Haemosporida เฮแมทอซวนในอันดับนี้ที่ถือว่ามีความสำคัญมากอยู่ในสองวงศ์ คือ Plasmodidae และ Haemoproteidae

Family Plasmodidae ถือเป็นวงศ์ที่มีความสำคัญต่อมนุษย์มากที่สุด สกุลที่บั่นทอนสุขภาพอนามัยของมนุษย์และถึงขั้นเสียชีวิต คือ *Plasmodium* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคมาเลเลีย(โรคไข้จับสั่น) แม้ในปัจจุบันก็ยังเป็นปัญหาการติดเชื้อในหมู่ประชากรของโลกที่สามที่ป่วยด้วยโรคนี้อีกกว่า 6 ล้านคน วงชีวิตและตัวอย่างชนิดของ *Plasmodium* ในมนุษย์ ดูจากรูป 14-4 และรูป 8-15 นอกจากนี้ในมนุษย์แล้ว ยังพบในสัตว์พวกลิงและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอื่น ๆ อีกมากลงมาจนถึง นก สัตว์เลี้ยงคสถาน และสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ

Family Haemosproteidae เป็นเฮแมทอซวนที่ดำรงชีพแบบปรสิตอยู่ในเซลล์ของระบบเลือด-น้ำเหลืองในสัตว์ตั้งแต่ต้นกลางไปจนถึงสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ โดยมีสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่ดูดเลือดทำหน้าที่เป็นโฮสต์ที่สองและเป็นพาหะด้วย สกุลที่สำคัญ คือ *Haemoproteus* และ *Leucocytozoon Haemoproteus* ที่พบในนกมีมากกว่า 50 ชนิด ชนิดที่พบง่ายที่สุด คือ *Haemoproteus columbae* ในเม็ดเลือดแดงนกแก้ว (*Columba livia*) จึงใช้ชนิดนี้เป็นตัวแทนเพื่อใช้เป็นตัวอย่างของวงชีวิต(รูป 4-8) ถึงแม้ว่าสัตว์จะมี *Haemopro-*

teus เป็นปรสิตอยู่ในเม็ดเลือดแดง แต่ก็ไม่ทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพแต่อย่างใด สำหรับสกุล *Leucocytozoon* นั้น เป็นปรสิตอยู่ในเม็ดเลือดขาว ชนิดที่เป็นอันตรายถึงชีวิต คือ *Leucocytozoon simondi* ในเม็ดเลือดขาวของเป็ด (รูป 14-14)

รูป 14-14 แผนภาพวงจรชีวิต *Leucocytozoon simondi* วงชีวิตช่วงที่อยู่ในนก(เป็ด) สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ และช่วงที่อยู่ในแมลงดูดเลือด(*Simulium*) สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (จาก Adam, et al., 1971)

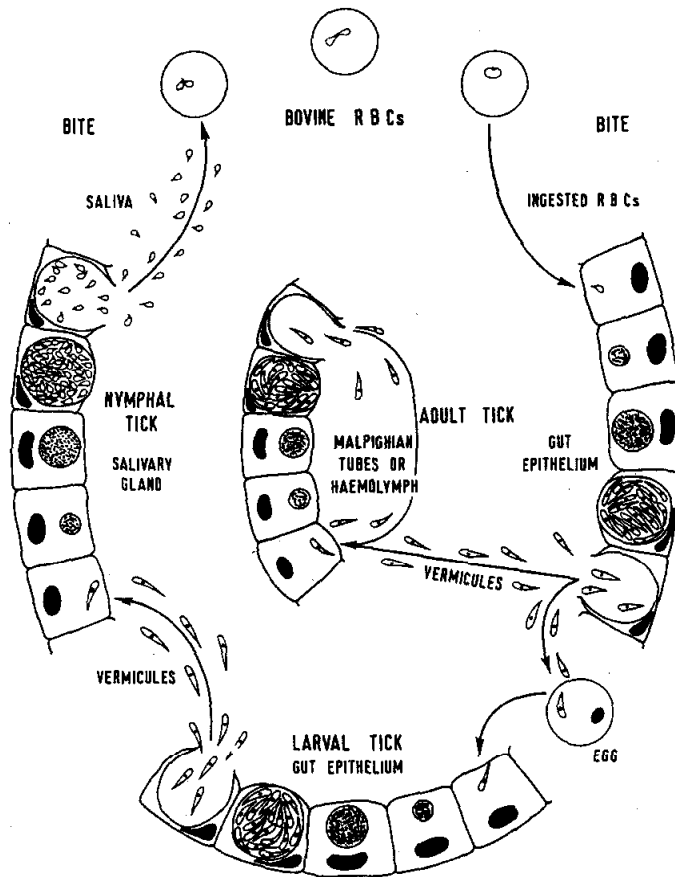


Order Piroplasmida เป็นปรสิตอยู่ในเม็ดเลือดแดงหรือเม็ดเลือดขาวของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สัตว์เลี้ยงคลาน และสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ โดยมีเห็บทำหน้าที่เป็นโฮสต์ที่สองและเป็นพาหะด้วย วงศ์ที่สำคัญ คือ

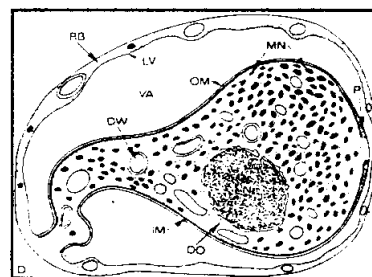
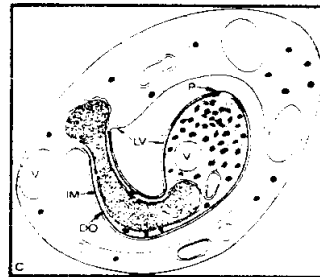
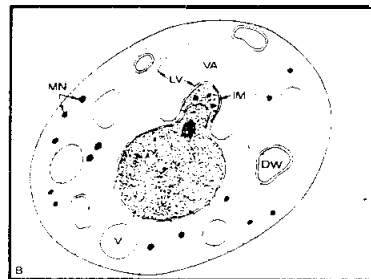
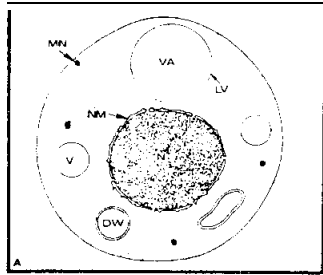
Family Babesiidae ส่วนใหญ่พบเป็นปรสิตในเม็ดเลือดแดงของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยเฉพาะในปศุสัตว์ เช่น *Babesia bigemina* อาการทั่วไป คือ ทำให้โลหิต

จางและตีซ่าน เห็บที่เป็นพาหะนำโรค คือ *Boophilus annulatus* (วงชีวิตดูจากรูป 14-15 ก.) อีกสกุล คือ *Theileria* (รูป 14-15 ข.) เช่น *Theileria parva* เป็นปรสิตอยู่ในเม็ดเลือดแดงของปศุสัตว์ ทำให้เกิดโรค African coast fever สกุลที่พบในสัตว์ที่ไม่ใช่สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมักไม่เป็นที่ทราบและมักไม่มีผู้สนใจศึกษา

รูป 14-15 ก. แผนภาพวงชีวิตของ *Babesia bigemina* ช่วงสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศอยู่ในปศุสัตว์(bovine) ช่วงสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศอยู่ในเห็บ(tick) (จาก Adam, et al., 1971)



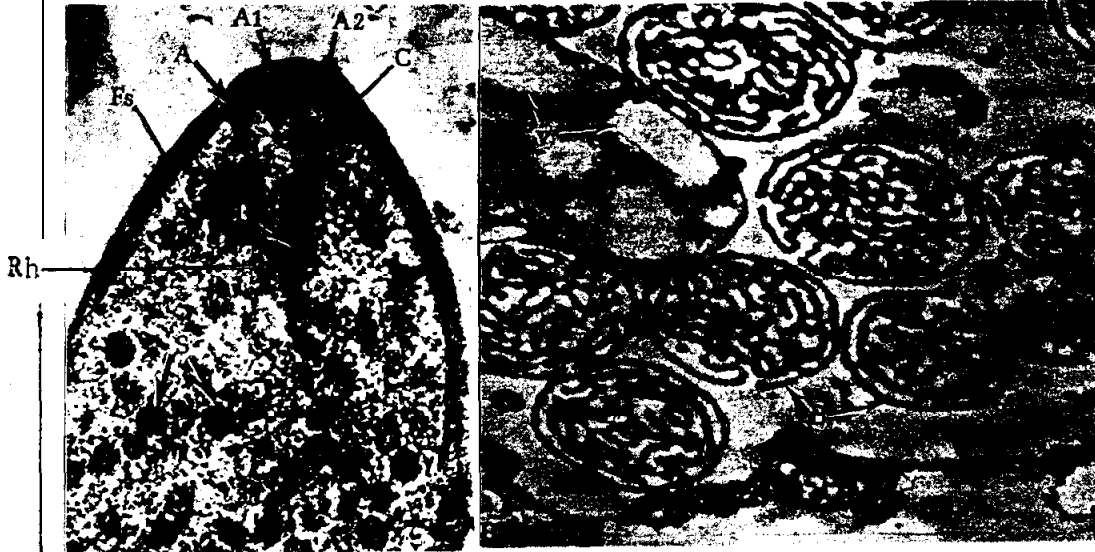
รูป 14-15 ข. แผนภาพการเปลี่ยนรูปร่างช่วงหนึ่งในวงจรชีวิตของ *Theileria* sp. เริ่มต้นจากนิวเคลียสของไซโกต(a)ที่จะเจริญเป็นโอโอโคไนท์ งอกเข้าไปในแควิวโอสของไซโกตเอง(b)แล้วเจริญเปลี่ยนแปลงมาเป็นไซโทพลาซึม(c)จนเป็นโอโอโคไนท์(d) DO-ookinete, DW-mitochondria, IM,OM-inner & outer memmbrane of the pellicle, LV-membrane of the vacuole, MN-micronemes, N-nucleus, NM-nuclear envelope, P-polar ring, RB-residual body, V,VA-vacuole (จาก Margulis, et al., 1993)



กิจกรรม 14.1

จง label สัญลักษณ์ตัวอักษรในภาพ ก. คือ โครงสร้างใด ของระยะใด โครงสร้างที่เห็นในภาพ ข. คืออะไร

ก.



สรุป

โครงสร้างคอนอยด์และรอปทริบริเวณเอพิคัลคอมเพลกซ์ในระยะเมรอซอซท์เป็นเอกลักษณ์ของโปรโตซัวในฟิล์มเอพิคัลคอมเพลกซา แต่ละชั้นมีลักษณะของนิวเคลียสช่วงการแบ่งแบบไมโทซิสต่างกัน ชั้นเกรแกริเนียและคอกซิเดียมีเซนโทรโคนที่ประกอบด้วย 9 ซิงเกิลไมโครทิวบูล แต่ไมโครทิวบูลของโครงสร้างนี้ในชั้นเฮแมทอซัวเป็นแบบมาตรฐานทั่วไป วงชีวิตการสืบพันธุ์เป็นแบบสลับตั้งแต่ 2 ถึง 3 ช่วง โดยช่วงการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศอยู่ในเซลล์ของโฮสต์ชนิดหนึ่งอาจเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังหรือสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ช่วงที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศอยู่ในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เนื่องจากทุกชนิดต้องดำรงชีพแบบปรสิตอยู่ในเซลล์ของโฮสต์จึงไม่มีโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่ ยกเว้นระยะแกมีทเพศผู้เท่านั้นที่มีอันตุลิวเดีย แต่บางระยะเคลื่อนที่ได้ด้วยโดยการเคลื่อนไหวของเพลลิเคิลที่เป็นแถวสั้นๆตามแนวยาวจากส่วนหน้าถึงส่วนท้ายของเซลล์ โดยเฉพาะในพวกเกรแกรินที่เซลล์แบ่งเป็นสัดส่วน เอพิเมไรท์ โปรโทเมไรท์ และดิพโทเมไรท์ การกินอาหารส่วนใหญ่เป็นแบบฟาโกไซโทซิสผ่านทางรูไมโครไพล์ ลักษณะการเจริญเป็นระยะต่างๆของวงชีวิต

ตลอดจนของเสียที่ตกค้างหรือขับออกมาจากเซลล์ ใช้เป็นเกณฑ์ในการจัดหมวดหมู่ในระดับที่ต่ำลงมาจากระดับชั้น สกุล *Plasmodium* ในชั้นเฮมาโทซัว ถือว่ามีความสำคัญต่อมนุษย์มากที่สุดตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เพราะเป็นสาเหตุของโรคไข้จับสั่น ทำให้ประชากรมนุษย์ทั่วโลกเสียชีวิตเป็นจำนวนมาก

แบบฝึกหัดบทที่ 14

I. จงเติมศัพท์เทคนิคลงในช่องว่างเพื่อให้ได้ข้อความถูกต้องสมบูรณ์

1. ระยะโทรโพซอยท์ของเอพิคอมเพลกซันมักไม่มีลักษณะต่างไม่ว่าจะอยู่ในชั้นใด และไม่ต่างจากโปรโตซัวอื่น แต่ระยะ ของเอพิคอมเพลกซันทุกชนิดมีโครงสร้างพิเศษต่างจากโปรโตซัวอื่น คือ มี และ..... อยู่ในบริเวณ apical complex การกินอาหาร ถึงแม้ว่าจะเป็นแบบ phagocytosis เช่นเดียวกับโปรโตซัวอื่นอีกหลายไฟลัม แต่ก็ต่างกันในระยะเฉียด โดยกินผ่านรู โดยให้เมมเบรนบริเวณรอบรูมีการหดตัวของโปรตีนมาช่วยเสริมทำหน้าที่เป็น (หูด) ให้ของไฮสท์เซลล์เข้าสู่เซลล์ของเอพิคอมเพลกซันง่ายขึ้น
2. โดยทั่วไป เอพิคอมเพลกซันไม่มีโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่ ยกเว้นระยะ ของบางกลุ่ม เช่น พวกที่มี undulipodia ยื่นออกมาจาก kinetosome ซึ่งเป็น microtubule ลักษณะนี้ยังพบในพวกด้วย แต่ถ้าเป็นพวก kinetosome มีลักษณะมาตรฐานของยูแคริโอททั่วไป mitosis เพื่อการแบ่งเป็น merozoite ก็มีความแตกต่างกันในระยะเฉียด ชั้น และ coccidia มี แต่ไม่มีโครงสร้างนี้ในชั้น
3. วงชีวิตของเอพิคอมเพลกซันซับซ้อนมี 2-3 phases คือ gamogony ซึ่งเป็นการสืบพันธุ์แบบ ตามมาด้วย ซึ่งเป็นการสืบพันธุ์แบบ หรืออาจเป็น merogony หรือ เพิ่มขึ้นอีก gamete ที่สร้างขึ้นมา ถ้าเป็นแบบ isogamy เป็นลักษณะของกลุ่มที่อยู่ในชั้น ถ้าเป็นแบบ เป็นลักษณะของกลุ่มที่อยู่ในชั้น Coccidia และ ช่วงที่มีการลดโครโมโซม (zygotic meiosis) คือช่วง โดยทั่วไป ช่วง gamogony และ sporogony จะอยู่ในเซลล์ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และช่วง..... หรือ จะอยู่ในเซลล์ของสัตว์อีกชนิดหนึ่งอาจเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังหรือไม่มีกระดูกสันหลังแล้วแตชนิด