

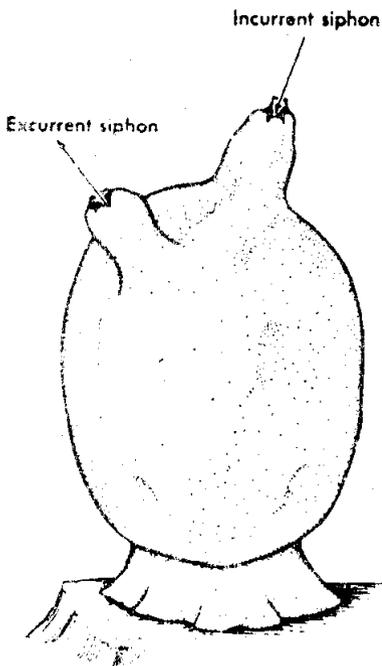
## บทที่ 2 โปรโตคอร์ดเตท (PROTOCHORDATES)

การบรรยายเกี่ยวกับสัตว์มีกระดูกสันหลังจะไม่สมบูรณ์ถ้าไม่กล่าวถึงพวกโปรโตคอร์ดเตท (protochordates) สัตว์เหล่านี้มี notochord (ยกเว้นบางสปีชีส์) <sup>แต่ไม่มีกระดูกสันหลัง</sup> อยู่ ๒ subphyla คือ Urochordata หรือ Tunicata (รูป ๒-๑) และ Cephalochordata (รูป ๒-๓) เป็นสัตว์ทะเลทั้งหมด Sea squirt ที่ยึดอยู่กับที่และพ่นน้ำออกจากตัวทาง excurrent siphon นั้น ก็ยังแตกต่างจาก amphioxus ตัวเล็ก ๆ ซึ่งไม่ใช่ปลาที่ไม่มีขากรรไกรคำสุด โปรโตคอร์ดเตทและสัตว์มีกระดูกสันหลังนั้น มีลักษณะร่วมกันอยู่ ๓ อย่างที่สัตว์อื่นไม่มี คือ ระบบประสาทกลางและอยู่ทางด้านบน มีช่องคอหอย (pharyngeal slits) และมีโนโตคอร์ด (notochord) ซึ่งอย่างน้อยที่สุดก็ยังมีอยู่ในคัพภะ สัตว์มีกระดูกสันหลังมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับโปรโตคอร์ดเตทมากกว่าสัตว์พวกอื่น

### UROCHORDATES      ใน uro-

chordates โนโตคอร์ดจะจำกัดอยู่เฉพาะในทาง คำว่า tunicates หมายถึงส่วนหุ้มที่เหนียวเหมือนเซลลูโลสซึ่งล้อมรอบตัวมันเอาไว้ ส่วนหุ้ม (tunic) นั้นมีลักษณะอ่อนนุ่ม มักจะมีสีสวยงาม และมักจะโปร่งใส Urochordates มีระยะตัวอ่อนที่ว่ายน้ำได้อย่างอิสระ แต่ตัวเต็มวัยหลายชนิดก็ยึดอยู่กับที่ และบางชนิดเป็น colonial ส่วนใหญ่เป็น hermaphroditic มีอยู่ ๓ พวกคือ larvaceans, thaliaceans, และ sea squirts

Larvaceans มีขนาดเล็ก เป็น tunicates ที่เป็น planktonic ซึ่งโปร่งใส และเป็นตัวอ่อนตลอดชีวิต สภาพที่ตัวอ่อน



MOLGULA

Fig. 2-1. Sea squirt.

เจริญถึงขั้นสืบพันธุ์ได้ และสืบพันธุ์ในสภาพที่เป็นตัวอ่อนนี้ เรียกว่า paedogenesis ส่วน thaliaceans นั้นเป็น tunicates ที่ไม่มีส่วนหาง และไม่มีโนโตคอร์ค

Sea squirts. Sea squirts เติบโตมักจะยึดอยู่กับที่และไม่มีโนโตคอร์ค ค่ายเหตุนั้นจึงไม่จัด sea squirts ไว้ในพวก chordates มาเป็นเวลานานจนกระทั่งได้พบตัวอ่อนที่ว่ายนำอิสระ จึงพบว่าสัตว์ชนิดนี้มีโนโตคอร์ค

ตัวอ่อนเป็นสัตว์ที่ว่ายนำอิสระ ยาวประมาณ ๒ มิลลิเมตร มีโนโตคอร์คเฉพาะในหาง (รูป ๒-๒) ระบบประสาททอดอยู่ทางด้านบนของโนโตคอร์คและยื่นเข้าไปในลำตัวตรงที่มี ventricle มีปุ่มยึด (adhesive papillae) ที่มีสารเหนียวเคลือบไว้อยู่ทาง

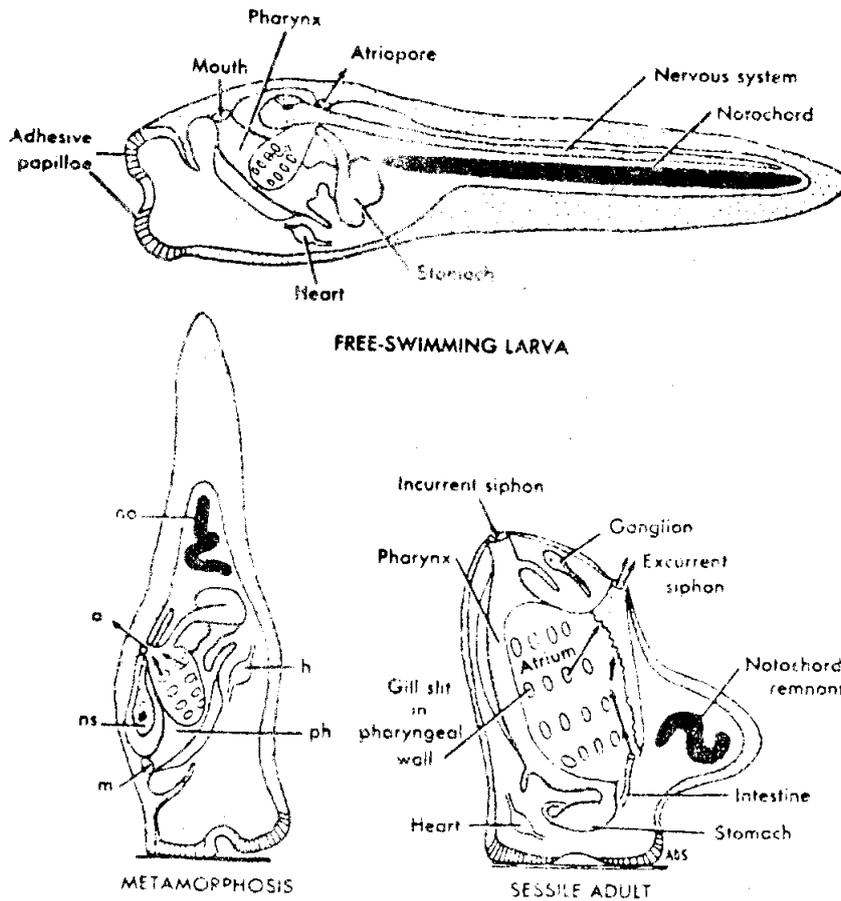


Fig. 2-2. Metamorphosis in a sea squirt. a, Atriopore; h, heart; m, mouth; no, notochord; ns, nervous system; ph, pharynx. Arrows indicate course of water. The atria have been opened to reveal entrance of pharyngeal slits.

ปลายค่านหน้า ๓ ปุ่ม ไม่มีส่วนที่จะเรียกว่าหัวใจ น้ำเข้ามาสู่ pharynx และผ่านของ  
เหงือกเข้าไปใน chamber (atrium) ที่อยู่รอบ pharynx ซึ่งเป็นห้องที่ทางเดินอาหารก็  
มาถ่ายเข้าด้วย จาก atrium น้ำและอาหารที่ไม่ได้ย่อยจะผ่านไปสู่อวัยวะโดยทาง at-  
riopore ขณะเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ปุ่มนี้จะยึดตัวอ่อนไว้กับ substrate สุดท้าย มี  
การจิกตัวใหม่ที่สำคัญของระบบประสาทและของอวัยวะภายในอื่น ๆ เกิดขึ้น ทางจะหดไป และ  
โนโตคอร์ก็จะสลายไปจนเหลือแต่เพียงร่องรอยเท่านั้น ปากตัวอ่อนจะกลายเป็นทางน้ำเข้า  
(incurrent siphon) Atriopore จะกลายเป็นทางน้ำออก (excurrent  
siphon) และสัตว์ก็จะกลายเป็น sea squirt เต็มวัยที่ยึดอยู่กับที่

Sea squirts เต็มวัย น้ำที่มือนำอาหารและออกซิเจนจะผ่าน incurr-  
ent siphon เข้าไปใน pharynx ซึ่งในขณะนี้เป็นอวัยวะที่ใหญ่ที่สุดในร่างกาย ณ ที่นี้  
อนุภาคอาหารจะถูกกรองออกมาจากกระแสน้ำและถูกดักไว้ในเมือกที่ผลิตขึ้นมาโดย endosty-  
le ซึ่งเป็นร่องในพื้นของ pharynx จากนั้นอนุภาคอาหารจะผ่าน (โดย papillae และ  
cilia) เข้าไปในกระเพาะขณะที่น้ำผ่านของเหงือกซึ่งเป็นแหล่งต้องการออกซิเจน ดังนั้น  
จึงเป็นสัตว์ที่กินอาหารโดยการกรอง (filter feeders) ของเหงือก ลำไส้ และ  
gonads (ในฤดูที่เหมาะสม) จะระบายเข้าไปใน atrium ทั้งหมด และน้ำใน atrium จะ  
ถูกขับออกไปสู่ทะเลโดยทางน้ำออก การที่มีน้ำดีออกมาเมื่อสัตว์ถูกรบกวน จึงได้ชื่อว่า "sea  
squirt"

มีปมประสาทที่ยาวและสั้น • ปม ซึ่งเป็นส่วนที่เหลืออยู่ของปมประสาทลำตัวของ  
ตัวอ่อน อยู่ใกล้ ๆ กับปาก แอบนเส้นประสาทผ่านจากปมไปสู่ส่วนทั้งหมดของร่างกาย ไม่มี  
มีระบบประสาทส่วนกลางที่นอกเหนือไปจากปม และไม่มีอวัยวะรับความรู้สึกพิเศษแต่อย่างใด

คอมประสาท (neural gland) • คอมพร้อมด้วยท่อที่มีขน เข้ามาสู่คอหอย  
ใกล้ ๆ กับปมประสาท บางทีมันอาจจะเป็นส่วนที่เทียบได้กับ neural lobe ของ pit-  
uitary ของสัตว์มีกระดูกสันหลังก็ได้

มีหัวใจยาว ๆ • อันอยู่ใกล้กับคอหอย ปลายแต่ละข้างของหัวใจมีเส้นเลือด  
อยู่ข้างละเส้น เลือดถูกดูดเข้าไปเส้นหนึ่งก่อนหลาย ๆ ครั้ง แล้วจึงเปลี่ยนมาดูดเข้าไปใน  
อีกเส้นหนึ่ง เส้นเลือดส่วนใหญ่เป็น sinuses ขนาดใหญ่

Sea squirts มีอยู่หลาย genera. Ciona เหมือน polyp บาง ๆ สีเขียวแกมเหลือง ปรากฏอยู่เดี่ยว ๆ นอกฝั่งของแคลิฟอร์เนียได้ Styela ปรากฏอยู่เดี่ยว ๆ เช่นเดียวกัน เป็นสีน้ำตาล และทำนสน ๆ สำหรับยึด Ascidia ceratodes มีเซลล์เลือกเขียวซึ่งมี vanadium แทนเหล็กในรงควัตถุ Ascidiarians อื่น ๆ อาจมีสีส้ม ขาว แดง หรือไม่มีสี และอาจโปร่งใส (transparent)

#### CEPHALOCHORDATES

Amphioxus. Amphioxus แปลว่า "แหลมทั้งสองปลาย" สมาชิกใด ๆ ของ subphylum Cephalochordata อาจถูกเรียกว่า amphioxus หรือ lancelet (หอกขนาดเล็ก) แต่ชื่อจีนที่ถูกต้องสำหรับ lancelet ที่ศึกษากันในห้องปฏิบัติการทั่ว ๆ ไปคือ Branchiostoma (รูป ๒-๓). Asymmetron เป็นเพียงอีก genus เดียว (ไม่มี genus อื่นอีกแล้ว) เท่านั้นใน subphylum นี้

Amphioxus ปรากฏอยู่ตามชายฝั่งทะเลที่เป็นทรายเกือบทั่วโลก มันอาจจะนอนหงายหรือตะแคงข้างในน้ำตื้น ๆ หรือฝังตัวในทรายโดยยื่นเฉพาะส่วนปากขึ้นมา มันว่ายน้ำโดยการเคลื่อนไหวแบบกระดูก คือหางจะถูกดึงมาทางหัวด้วยความเร็วสูง (ฉับพลัน) ทำให้ร่างกายเป็นรูปตัว S และหลังจากนั้นมันก็จะยืดตัวตรง มันจะกระทำเช่นนี้ ๆ เป็นเวลาหลายวินาทีในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้เล็กน้อย แล้วมันก็จะทิ้งตัวของนอนตะแคงเสมือนว่าเห็นคเห็นอยู่ การเคลื่อนที่แบบเดียวกันนี้ทำให้มันเข้าไปในทรายที่อ่อนและเปื่อยด้วยความเร็วที่น่าทึ่ง ตัวเต็มวัยมีความยาวต่างกันคือ ตั้งแต่ ๑ นิ้วถึงมากกว่า ๓ นิ้ว ตัวที่ใหญ่ที่สุดคือ Branchiostoma californiense ซึ่งมีอยู่ตามชายหาดในแคลิฟอร์เนียใต้และแหลมแคลิฟอร์เนีย นอกฝั่งทะเลของจีน (China) นอกไป amphioxus จะถูกรวบรวมเพื่อปริมาณและขายเป็นอาหาร

ขณะที่ตัวค่อนร่างจะโปร่งใส (semitransparent) แต่เมื่อแช่ในน้ำยาของจะทิมแดงไป ร่างกายจะมีสีดำตัวและหางเท่านั้นเพราะไม่มีหัวใจขึ้น มีสันตามยาว (ที่ยังไม่รู้หน้าที่แน่นอนของมัน) • คือ metapleural folds ห้อยลงมาทั้งสองข้างของเส้นกลางตัวคานกลางจากปลายคานหน้าของร่างกายไปจนถึง atriopore

ผิวหนัง (INTEGUMENT) (รูป ๕-๑) ผิวหนังของ amphioxus ประกอบด้วยเซลล์ของ epidermis • ชั้น และ dermis บาง ๆ อีก • ชั้น มีต่อมชนิด-

เซลล์เคียวแทรกอยู่ระหว่างเซลล์ของ epidermis เมื่อคอนเป็นตัวอ่อน เซลล์ของ epidermis จะมีขน เหมือนระยะตัวอ่อนของหนอนบางชนิด คอมมาขน(cilia)จะหายไปและ epidermis ก็จะสร้าง cuticle ที่เหมือนกับของ annelids ขึ้นมา ถัดจาก dermis เข้าไปข้างในคือกล้ามเนื้อของผนังร่างกาย

โครงร่าง (SKELETON) โนโตคอร์ดเป็นโครงร่างที่สำคัญ (รูป ๒-๔ และ ๒-๕) ซึ่งยื่นจากปลายของ rostrum ไปจนถึงปลายหาง ทางคานกลางของ nerve cord ส่วนที่ยื่นเลยปลายคานหน้าของสมองออกนี้ เป็นสภาพที่พบใน amphioxus เท่านั้น มีปลอกหนาที่ไม่เป็นเซลล์ หุ้มโนโตคอร์ดเอาไว้ มีก้านครีบ (fin rays) ก้านครีบบน (dorsal fin) และครีบล่าง (ventral fin) มีแท่งเส้นใยของเยื่อเกี่ยวพันช่วยให้เหงือกแข็งแรง และแท่งแบบเดียวกันนี้จะสร้างเป็นวงแหวนรอบ ๆ ฐานของชนปาก (buccal cirri) และยื่นเข้าไปในชนปากด้วย

กล้ามเนื้อของผนังตัว กล้ามเนื้อผนังตัวจะอยู่เป็นระยะ ๆ ไป (metameric) มันประกอบด้วยปลอกกล้ามเนื้อที่มีลักษณะ < ซुकหนึ่ง เรียกว่า myomeres ตั้งแต่ปลายหน้าสุดของร่างกายไปจนสุดปลายหาง แต่ละ myomere จะถูกแยกออกจากกันโดยเยื่อเกี่ยวพันที่เรียกว่า myoseptum และถูกเลี้ยงโดยเส้นประสาทสันหลัง (spinal nerve) เส้นล่าง เนื่องจาก myomere มีรูป < ดังนั้นการติดตามขวางของผนังตัวจึงเห็น myomeres เรียงกันเป็นลำดับ (รูป ๒-๖) Myomeres เป็นกล้ามเนื้อสำหรับการเคลื่อนที่

สมอง (BRAIN) Amphioxus มีระบบประสาทพื้นฐานเหมือนกับของสัตว์มีกระดูกสันหลัง แต่อย่างไรก็ตามส่วนแบ่งย่อยของสมองนั้นมีเพียง ๒ ส่วนเท่านั้นคือ prosencephalon ซึ่งมีของสมอง ๑ ช่อง กับ deuteroencephalon ซึ่งอยู่ไปทางคานหางของส่วนแรก Prosencephalon ถูกหุ้มด้วย cilia และส่วนยื่นที่เป็นสายยาว ๆ ของ ependymal cells ซึ่งมองเห็นได้ควมกลองจุดทัศนอเล็กตรอนเท่านั้น

ความพยายามที่จะเปรียบเทียบส่วนต่าง ๆ ของสมองของ amphioxus กับของสัตว์มีกระดูกสันหลัง ยังไม่ประสบความสำเร็จทั้งหมด ใน amphioxus โนโตคอร์ดยื่นออกไปข้างหน้าของสมอง อันนี้แสดงถึงการไม่มีสมองส่วนหน้าหรือ? คำตอบของปัญหานี้จะต้องรอการค้นคว้า (วิจัย) ต่อไป ไม่ว่าเส้นประสาทที่ไปเลี้ยงเหงือกจะถูกพิจารณาว่าเป็นเส้นประ-

สาทสมองหรือไม้ก่ตาม ก็ยังทำให้มีอยู่ห่างๆ อยู่ก็ ถ้าไม่นับเส้นประสาทที่ไปเลี้ยงเหงือก (branchial nerves) ก็จะมีเส้นประสาทสมอง ๘ คู่ (รวมทั้ง apical หรือ terminal nerve) ถ้ารวม branchial และ oral nerves เข้าไปด้วย จะมีจำนวนถึง ๓๔ คู่ การที่มันไม่มีหลอดครึ่งวงกลม ทา ระบบเส้นข้างตัว และ foramen magnum

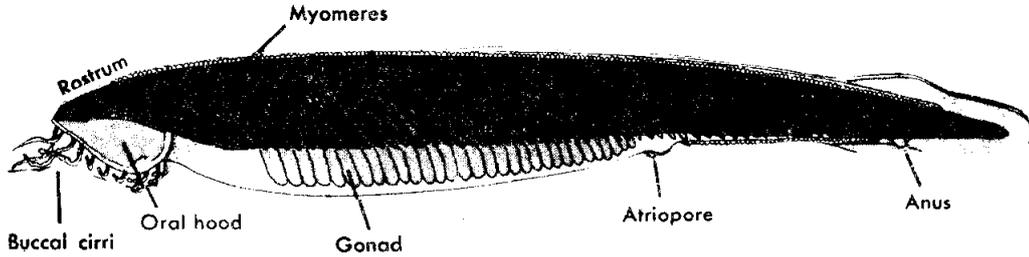


Fig. 2-3. Adult amphioxus. (From Kent: Anatomy of the vertebrates, a laboratory guide, ed. 2, St. Louis, 1973, The C. V. Mosby Co.)

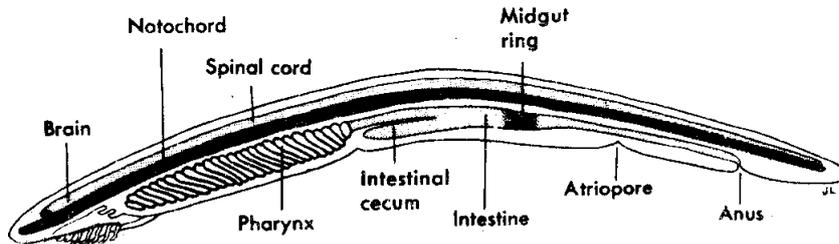


Fig. 2-4. Internal structure of a larval amphioxus.

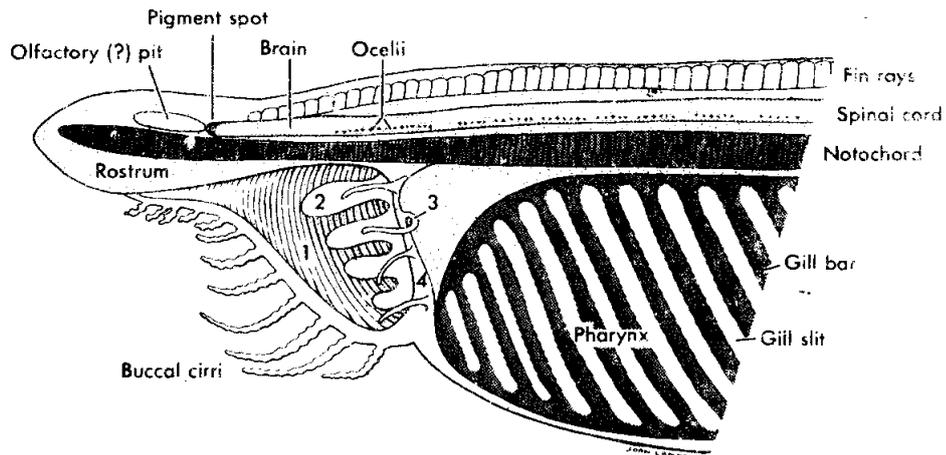
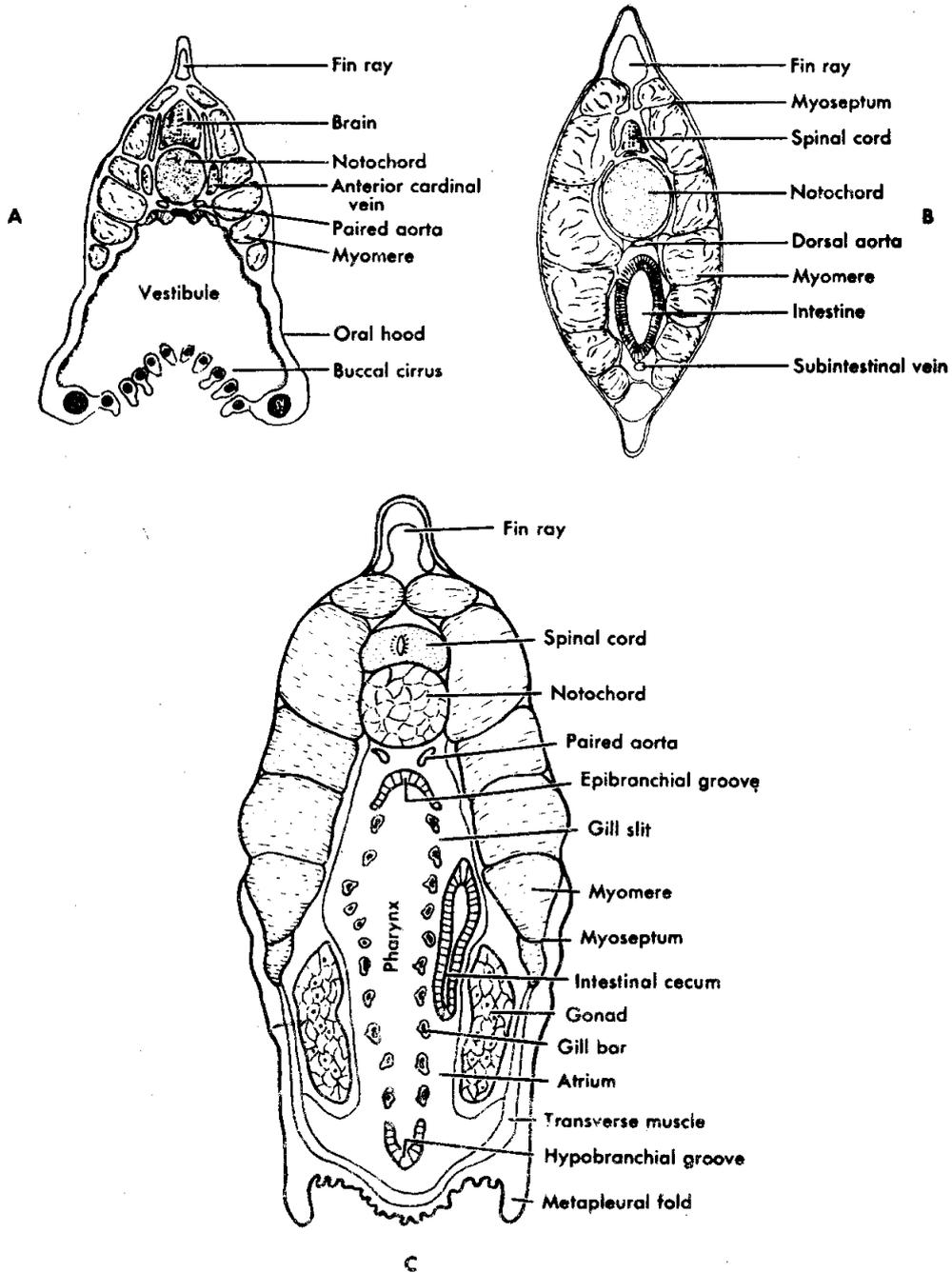


Fig. 2-5. Cephalic end of an amphioxus shown in sagittal section 1, Vestibule bounded by oral hood; 2, wheel organ projecting into vestibule; 3, velar tentacle; 4, velum.



**Fig. 2-6.** Cross sections of an amphioxus. **A**, Anterior to mouth. **B**, Posterior to atriopore. **C**, level of pharynx.

ทำให้ซาคที่สังเกตุที่พอจะช่วยให้เราได้ เนื่องจากความยุ่งยากเหล่านี้ จึงไม่สามารถชักสนใจในขณะนี้ได้ว่าสมองไปสิ้นสุดที่ไหน เราคงกล่าวได้แต่เพียงว่าสมองนั้นกลมกลืนไปกับไขสันหลัง

ไขสันหลัง (SPINAL CORD) และเส้นประสาท (NERVES) ห่อภายในไขสันหลังถูกหุ้มด้วยเซลล์จำพวกที่ไม่ใช่ประสาทเรียกว่า ependymal cells ใกล้เคียงของไขสันหลัง เซลล์ที่เป็นประสาทจะหายไปและไขสันหลังจะประกอบด้วย ependymal cells ล้วน ๆ สภาพเช่นนี้ก็เกิดขึ้นในสัตว์มีกระดูกสันหลังด้วย มีเยื่อเพียงชั้นเดียว (meninx) หุ้มสมองและไขสันหลังไว้

เส้นประสาทสันหลังงอกออกมาทางด้านบนและด้านล่างเป็นอนุกรม เส้นประสาทบน (dorsal nerves) (ส่วนใหญ่เป็น sensory) จะออกสลับกับเส้นประสาทล่าง (ventral nerves) (motor) ไปตามแต่ละข้างของไขสันหลัง เส้นประสาทบนและล่างไม่ได้รวมกันเป็นเส้นประสาทสันหลังเหมือนกับรากบนและรากล่างของสัตว์มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่ สภาพเช่นนี้ก็ถือว่าเป็นขั้นต่ำ การกระจายของเส้นประสาทสันหลังได้กล่าวไว้ในหน้า ๔๕๗ แล้ว เนื่องจากบังกล้ามเนื้อของทั้งสองข้างคางก็ไม่ได้อยู่ตรงข้ามซึ่งกันและกัน ดังนั้นเส้นประสาทบนและล่างของข้างซ้ายและขวา จึงไม่โค้งงอกออกมาโดยอยู่ตรงกันข้าม (คือจะออกมาเยื้องกัน)

อวัยวะรับความรู้สึก การที่มีสมองเล็ก จึงไม่ค่อยมีอวัยวะรับความรู้สึกพิเศษ ไม่มีเรตินา ไม่มีหลอดครึ่งวงกลม หรืออวัยวะเส้นข้างตัว ยังไม่แน่ใจว่ามันจะมีเยื่อหุ้มรับกลิ่นหรือไม่ อวัยวะรับสารเคมี (chemoreceptors) จะมีอยู่มากบนขนปากและ velar tentacles ซึ่งเป็นแหล่งที่มันรับกระแสซ่าเข้า อวัยวะนี้ยังกระจายอยู่บนผิวหนังอื่น ๆ ของร่างกายอีกด้วย ที่หางจะไวกว่าที่ลำตัว อวัยวะรับสัมผัส ซึ่งทำให้เกิดการถอยออกห่างนั้น มีอยู่ตลอดผิวหนังของร่างกายทั้งหมด

อวัยวะรับความรู้สึกส่วนใหญ่ได้แก่ ocelli ที่เป็นสีและไวต่อแสง ซึ่งฝังอยู่ภายในผนังด้านข้างก่อนมาข้างล่างของไขสันหลัง (รูป ๒-๗) แต่ละ ocellus ประกอบด้วย receptor cell และ melanocyte ที่คล้ายหมวก Melanocyte อยู่ระหว่าง receptor cell และลำแสงที่เข้ามา ขบวนการนำแสงจะมาจากฐานของ receptor cell ในระหว่างตอนต้นศตวรรษที่ ๒๐ ocelli ยังมีชื่อเรียกอย่างอื่นอีกว่า Hesse cells ตามชื่อนักวิทยาศาสตร์ที่ได้อธิบายมันไว้ในปี ๑๙๔๔ โครงสร้างของ receptor cell และ-

melanocyte ปัจจุบันได้ศึกษากันด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน และได้บรรยายไว้ Cell membrane ที่ขอบบน (apical border) ของ receptor cell จะเป็นตาข่ายของท่อเล็ก ๆ ที่พับไปมาและยื่นเข้าไปในเซลล์ ๒.๕ ไมครอน ท่อเหล่านี้จะขยายออกที่ฐาน ใต้ฐานมี mitochondria มากมาย Melanocyte จะเต็มไปด้วยเม็ดสีขนาดใหญ่ เม็ดสีแต่ละเม็ดประกอบด้วยถุงเยื่อ • ถุงที่บรรจุเม็ดสีเล็ก ๆ (subgranules) ไว้มากมาย บางครั้งก็มีแขนงคล้ายนิ้วมือของ melanocyte ยื่นเข้าไปสู่ส่วนในของ receptor cell ในด้านจุลกายวิภาคและการเจริญเติบโตของสัตว์ อวัยวะรับแสงเหล่านี้จะเหมือนกับของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น rhabdomeres ของ arthropods และของ achordates อีกมากมาย มากกว่าที่จะเหมือนกับเซลล์รับภาพของสัตว์มีกระดูกสันหลัง ดังนั้นสัตววิทยาที่ศึกษากันด้วยเทคนิคสมัยใหม่ จึงช่วยให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของประวัตินรพันธุ์ของสัตว์ต่อไปอีก

Ocelli อาจจะมีส่วนช่วยในการปรับตัวของสัตว์ขณะที่มันซุกเข้าไปในทราย ส่วน eyespot ซึ่งมีสีและเด่นอยู่ที่ปลายด้านหัวของสมองนั้น ไม่คิดกันว่ามันเป็นอวัยวะรับแสง

COELOM และ ATRIUM ผลจากการเจริญเติบโตของสัตว์ coelom ถูกเบียดจนเกือบหมดโดย atrial chamber ขนาดใหญ่ที่ล้อมรอบคอหอยอยู่ ส่วนถูกเบียดที่เหลือจะอยู่ระหว่างผนังของ atrium และผนังร่างกาย ส่วนที่เหลืออื่น ๆ จะพบอยู่ใกล้กับ gonads, รอบ ๆ ventral aorta, และใน metapleural folds การอธิบายเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของ coelom ของ amphioxus จะพบอยู่ในบทที่ ๔ ภายใต้หัวข้อ mesoderm และความเป็นไปของมัน

ทางเดินอาหาร (DIGESTIVE TRACT) ทางเดินอาหารมีชนโคโดยตลอด ปากเป็นช่องเปิดอยู่ใน velum และนำไปสู่คอหอย มีส่วนยื่นปลายหูก (คล้ายคอ) อยู่กลุ่มหนึ่ง เรียกว่า wheel organ (รูป ๒-๕) ซึ่งทำให้เกิดกระแสน้ำไหลเข้าไปใน vestibule

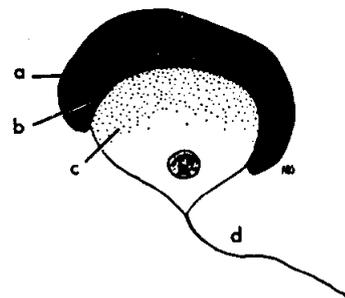


Fig. 2-7. Ocellus (light receptor) from spinal cord of an amphioxus. a, Melanocyte; b, apical border of receptor cell; c, receptor cell; d, process for conduction of impulse.

และผ่านปาก Buccal cirri กรองน้ำบางส่วนที่เข้ามาใน vestibule และรับสารเคมีจากน้ำด้วย Amphioxus เป็นสัตว์ที่กินอาหารโดยการกรอง (filter feeder) ดังนั้นกระแสน้ำที่ไหลเข้าจึงนำทั้งอาหารและออกซิเจนไปสู่คอหอย (pharynx)

อาหารเคลื่อนที่คั่งต่อไปนี้ ในพื้นของคอหอยมีร่อง hypobranchial groove) ตามยาวอยู่ • ร่องเรียกว่า endostyle (รูป ๒-b, C) ในหลังคา(ผนังด้านบน) ของคอหอยมีร่อง (epibranchial groove) อยู่ • ร่อง บน gill bars มีแถบ (peripharyngeal bands) เชื่อมระหว่างร่องทั้งสอง เซลล์ของแถบเหล่านี้ และร่องจะสร้างเมือก จุลินทรีย์และอนุภาคเล็ก ๆ ของสารอินทรีย์อื่น ๆ จะถูกดักไว้ในเมือก และจะรวมกันเป็นสายอาหาร (food cord) คล้ายเส้นเชือก ซึ่งถูกคั้นโดย cilia ไปทางหางเข้าไปใน midgut ดัดจากคอหอย ที่นี้ อาหารจะถูกบีบไว้ชั่วคราวโดย midgut ring (รูป ๒-๔) และผสมกับน้ำย่อยอาหาร ต่อจากนั้นอาหารที่กำจัดย่อยย บางส่วนจะผ่านโดย ring เข้าไปใน hindgut และบางส่วนจะถูกคั้นไปข้างหน้าเข้าไปใน intestinal cecum ซึ่งเป็นส่วนยื่นของ midgut ที่เกิดขึ้นในทำนองเดียวกันกับคัมของสัตว์มีกระดูกสันหลัง ทุกประการแม้ว่าอวัยวะทั้งสองนี้จะมีหน้าที่ต่างกันก็ตาม Cecum สร้าง enzymes และเซลล์ที่ cecum จะกิน (phagocytose) อนุภาคอาหารและขอยมันโดยการย่อยภายในเซลล์ (intracellular digestion) ขบวนการย่อยอาหารแบบนี้เกิดเพิ่มขึ้นจากการย่อยนอกเซลล์ (extracellular digestion) ที่เกิดขึ้นในส่วนอื่น ๆ ของทางเดิน

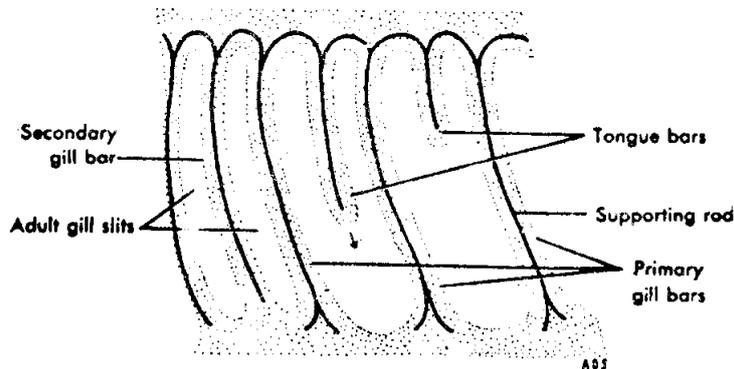


Fig. 2-8. Tongue bars in the pharyngeal wall of an amphioxus growing ventrad (arrow), subdividing the embryonic pharyngeal slits into two adult gill slits.

อาหาร ลำไส้เปิดออกสู่ภายนอกโดยทางทวารหนัก (anus)

**ระบบหายใจ (RESPIRATORY SYSTEM)** การปล่อยออกของอนุภาคอาหาร น้ำไหลผ่านระหว่าง gill bars ไปสู่ atrium. Atrium เปิดออกสู่ภายนอกโดยทาง atriopore จำนวนของช่องเหงือก (gill slits) จะไม่เท่ากันในสปีชีส์ที่ต่างกัน แต่จะมากกว่า ๒๐ ในตัวเต็มวัย ในตัวอ่อนจะมีจำนวนของเหงือกเป็นสองเท่าของตัวเต็มวัย เพราะของเหงือกของตัวอ่อนแต่ละช่องถูกแบ่งออกเป็นสองช่องโดยส่วนที่ยื่นลงมาของ tongue bar (รูป ๒-๔) มีการหายใจทางผิวหนังมาก

**ระบบไหลเวียนของเลือด (CIRCULATORY SYSTEM).** Amphioxus มีระบบไหลเวียนเลือดเป็นแบบฉบับพื้นฐานของสัตว์มีกระดูกสันหลัง แม้ว่าหัวใจจะประกอบด้วย-

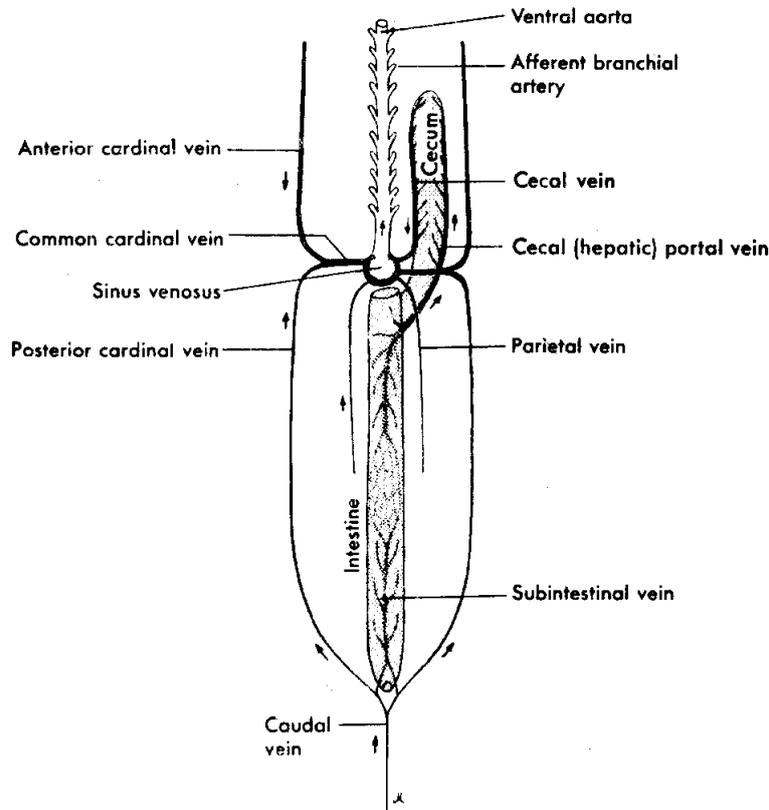


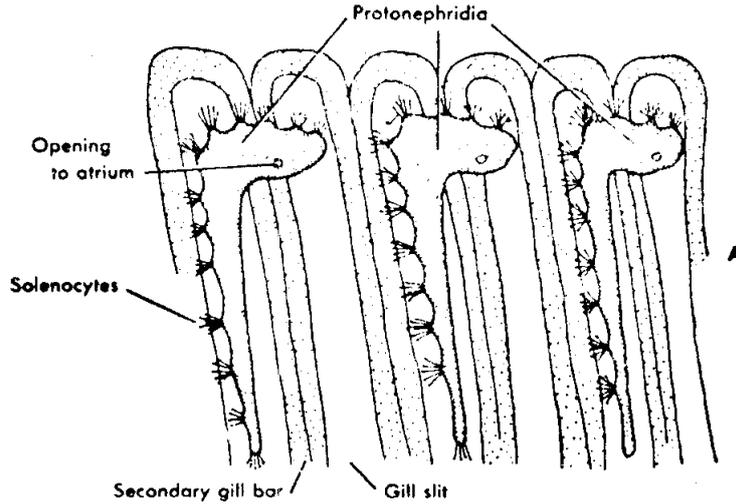
Fig. 2-9. Basic venous channels and ventral aorta of an amphioxus, dorsal view. The cecum has been rotated 90° around the long axis. The cecal portal vein in life is ventral to the cecum and the cecal vein is dorsal.

sinus venosus เท่านั้นก็ตาม เลือดที่ไม่มีสีถูกบีบโดยเส้นเลือดที่มีกล้ามเนื้อและเส้น  
 ใต้ ๒ เส้น ซึ่งทำหน้าที่แทน atria และ ventricles ที่หายไป ทั้งคู่คือเส้นเลือด  
 คำ (cecal vein) ที่วิ่งไปสู่ sinus venosus และ ventral aorta ก็ออก  
 ไปจากนี้ (รูป ๒-๔) เส้นเลือดที่เหลือนอกนั้น มีผนังบาง เส้นเลือดแดง (arteries),  
 เส้นเลือดดำ (veins), และเส้นเลือดฝอย (capillaries) ต่างก็มีโครงสร้างทางเนื้อ  
 เยื่อเหมือนกัน เส้นเลือดแดงคือเส้นเลือดที่นำเลือดออกไปจาก sinus venosus ไปสู่  
 เหงือก และจากนั้นก็ไปสู่ผนังร่างกายและอวัยวะภายใน เส้นเลือดดำรวบรวมเลือดจากส่วน  
 ต่าง ๆ เหล่านี้และนำมาคืนกลับเข้าสู่ sinus venosus

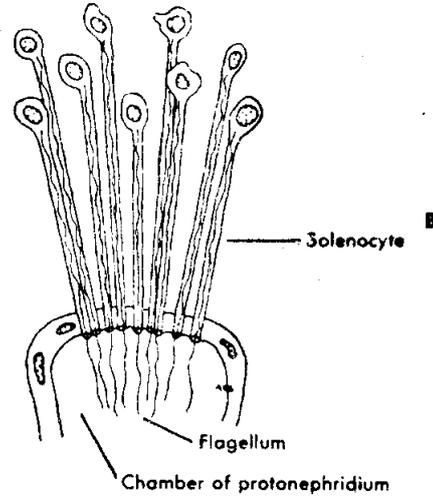
เลือด (arterial blood) จะไหลไปข้างหน้าใต้คอหอยใน ventral  
 aorta ซึ่งมีกล้ามเนื้อและหดรัดได้ และเริ่มต้นจากใน sinus venosus ที่ไม่มี atrium  
 หรือ ventricle จาก ventral aorta จะมีชุดของ afferent branchial  
 arteries ผ่านขึ้นไปตาม gill bars ก่อนที่จะเชื่อมกับ dorsal aorta มันจะ  
 ส่งเส้นเลือดไปเลี้ยง protonephridia จากนั้นเลือดก็เข้าสู่ dorsal aortas  
 ที่เป็นเส้นคู่ ซึ่งจะนำไปทางหางเหนือคอหอยและรวมกันตรงหลังคอหอย แล้วกลายเป็น dor-  
 sal aorta เส้นเดี่ยว เส้นนี้จะส่งเลือดไปสู่ผนังร่างกายโดยทางเส้นเลือดที่เป็นคู่ ๆ  
 และไปสู่อวัยวะภายในโดยทางเส้นเลือดเดี่ยว Dorsal aorta ที่เข้าไปในหางเรียก  
 ว่า caudal artery

เส้นเลือดดำ (รูป ๒-๔) นั้นเหมือนกับเส้นเลือดดำพื้นฐานของสัตว์มีกระดูกสันหลัง  
 จากเส้นเลือดฝอยของหาง จะมี caudal vein เดี่ยววิ่งไปข้างหน้าแยกออกเป็น poste-  
 rior cardinal veins ขวาและซ้าย ซึ่งจะนำไปข้างหน้าในผนังร่างกายด้านข้าง ไป  
 สู่จุดหนึ่งตรงข้างหลังคอหอย ที่ posterior cardinals จะพบกับ anterior  
 cardinals ที่มาจากรostrum และผนังคอหอย จากนั้นเลือดก็จะเข้าสู่ common  
 cardinal vein ไปเข้า sinus venosus. Parietal veins สองเส้นจะ  
 ระบายเลือดจากผนังร่างกายส่วน dorsolateral หลังคอหอย เส้นเลือดดำทั้งสองเส้นนี้  
 ก็จะไปสิ้นสุดใน sinus venosus เช่นเดียวกัน

การระบายเลือดจากอวัยวะภายในนั้น ระบายโดย subintestinal vein



ซึ่งเกิดมาจาก caudal vein. Sub-intestinal ผ่านไปทางหัวตามผิวค้ำล่างของลำไส้ ที่นั่นมันจะแตกแขนงออกเป็นเส้นเลือดเล็ก ๆ จากนั้นเส้นเลือดเล็ก ๆ เหล่านี้ก็จะรวมกันใหม่แล้วผ่านไปข้างหน้ากลายเป็น portal vein ไปสิ้นสุดในเส้นเลือดฝอยของ cecum จาก cecum จะมี cecal vein ที่หัดตัวได้นำไปสู่ sinus venosus



ระบบขับถ่าย-สืบพันธุ์ (URO-GENITAL SYSTEM).

Amphioxus แสดงถึงการเป็น sexual dimorphism

นั่นคือการมีเพศแยกกัน Gonads ที่เจริญ

เต็มที่จะมองเห็นได้โดยผ่านกล้ามเนื้อและผิวหนังของลำตัวเข้าไป สเปิร์มและไข่ถูกปล่อยเข้าสู่ร่างกายใน atrium โดยตรง

การขับของเสียจากช่องตัว กระทำได้โดย protonephridia ที่อยู่ข้าง ๆ

Fig. 2-10. Excretory organs of an amphioxus. A, Three protonephridia. B, A cluster of solenocytes. They project into the coelom at their free ends and empty into the protonephridial chamber at their bases.

secondary gill bars. Protonephridium แต่ละอันประกอบด้วย solenocytes และ chamber ซึ่งเปิดเข้าไปใน atrium ทางรูเล็ก ๆ (รูป ๒-๑๐) Flagellum ทำให้ coelomic fluid ไหลเข้าไปใน solenocyte และผ่านลงมาตามก้าน (stalk) กลไกในการขับถ่ายของเสียนี้เหมือนกับ nephridia ของ annelids ที่อาศัยอยู่ในทะเล และ flame cells ของพวก achordates

Amphioxus และสัตว์มีกระดูกสันหลัง แม้ว่า amphioxus จะเหมือนกับสัตว์มีกระดูกสันหลังในหลายด้านก็ตาม แต่ก็ยังมีข้อแตกต่างกัน Amphioxus ไม่มีหัวใจ ไม่มีอวัยวะรับรู้รสที่เป็นคู่ มีไมโทคอนดริออนแต่ไม่มีกระดูกสันหลัง มีช่องเหงือกจำนวนมากซึ่งระบายเข้าไปใน atrium มีระบบประสาทกลางอยู่ด้านบน แต่สมองไม่มีส่วนที่สำคัญ ๆ เหมือนของสัตว์มีกระดูกสันหลัง มีกล้ามเนื้อเป็นมัด ๆ ไปจนสุดปลายด้านหน้าของหัว มีครีบเดี่ยวแต่ไม่มีครีบคู่ มีผิวหนังสองชั้น แต่ชั้นนอกหนาเพียงเซลล์ชั้นเดียว มีเส้นเลือดแดงและดำเหมือนกับ

เส้นเลือดพื้นฐานของสัตว์มีกระดูกสันหลัง แต่ไม่มีหัวใจ มีช่องตัวแต่จำกัดที่อยู่ ของเสียที่เป็นของเหลวถูกสกัดออกจาก coelomic fluid เหมือนกับในสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นต่ำ แต่ protonephridia ที่ใช้ขับถ่ายนั้นเหมือนกับของ achordates มันอาจจะเป็นตัวแทนของสัตว์มีกระดูกสันหลังที่ไม่มีหัวชั้นสูง ซึ่งน่าจะเป็นกิ่งหนึ่งของสายบรรพบุรุษที่แยกออกมาจาก achordates ไปสู่ vertebrates (รูป ๒-๑๑)

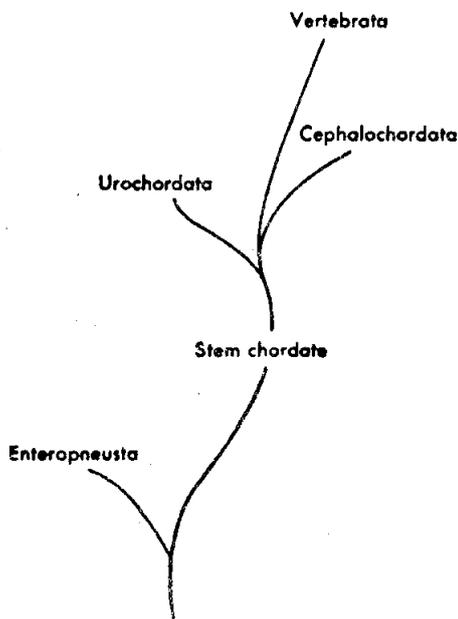


Fig. 2-11. Hypothetical relationships between protochordates and vertebrates. The line may have begun in an achordate with a ciliated larval stage and with echinoderm affinities.

ENTEROPNEUSTA: IN-

CERTAE SEDIS คำว่า "incertae sedis" หมายถึงฐานะที่ไม่แน่นอน แม้ว่า จะใกล้ชิดกันมานานปี แต่ก็ยังมีการขัดแย้งกัน

ในการจัดกลุ่มอนุกรมวิธานของสัตว์ทั้งหมด ในกระบวนสัตว์ที่อยู่ในฐานะไม่แน่นอนนั้น ได้แก่ Dolichoglossus (balanoglossid worms, หรือ enteropneusts ที่อาศัยอยู่ในทะเล) และ Balanoglossus (รูป ๒-๑๒)

ในปี ๑๘๗๐ Karl Gegenbaur ได้จัดกลุ่มอนุกรมวิธานใหม่ โดยให้ enteropneusta ได้แก่พวก balanoglossid worms สืบต่อมา phylum Chordata ก็ถูกตั้งขึ้นโดย Ernst Haeckel ซึ่งประกอบด้วย Urochordata, Cephalochordata, และ Vertebrata ในปี ๑๘๘๘ เมื่อ phylum Chordata ถูกตั้งเป็นกลุ่มอนุกรมวิธานมาครบ ๑๐ ปี William Bateson ได้เพิ่ม enteropneusts เข้าไปใน phylum Chordata ในฐานะ subphylum Hemichorda ซึ่งมีความหมายว่า "ครึ่งหนึ่งของโนโตคอर्ड" การเพิ่มนี้เป็นที่ยอมรับแต่ไม่ใช่ว่าจะปราศจากความไม่เห็นพ้องด้วย การตัดสินใจของ Bateson ขึ้นอยู่กับข้อเท็จจริง ๓ ประการ คือ

๑. Enteropneusts มี(นอกจากการมีประสาทกลางแล้ว) nerve cord คำนบนที่ประกอบด้วยร่องของเซลล์ผิวหนัง ในบริเวณปลอกคอ (collar region) ร่องจะจมอยู่ที่ผิวและกลายเป็นท่อ (สมอง) ที่มีรู (รูป ๒-๑๓) การมี nerve cord คำนบนในรูปของร่องและท่อที่เป็นเอ็คโตเค็ม แสดงว่า balanoglossids อาจจะมีบรรพบุรุษร่วมกับสัตว์มีกระดูกสันหลัง

๒. Enteropneusts มีรูของช่องเหงือกอยู่ในผนังคอหอย ซึ่งนำออกไปสู่ภายนอกโดยตรง

๓. Enteropneusts มีส่วนยื่นสั้น ๆ ของหลอดอาหารที่เรียกว่า stomochord ซึ่งยื่นไปข้างหน้าเข้าไปเป็น proboscis

Bateson มีความเห็นว่า stomochord นั้น homologous กับโนโตคอर्डของ chordates ปัจจุบันนี้นักสำรวจส่วนใหญ่มีความเห็นไปในคำอื่น และชอบที่จะจัดให้ enteropneusts เป็น phylum ที่ใกล้ชิด echinoderms เพราะว่า enteropneusts ส่วนใหญ่มีระยะตัวอ่อนที่ว่ายน้ำอิสระ (tornaria larva) ซึ่งเหมือนกับตัวอ่อนของ echinoderms บางชนิด แต่อย่างไรก็ตาม นักสัตววิทยาอนุรักษนิยมหลายท่านยังคงถือว่า enteropneusts เป็น "incertae sedis"

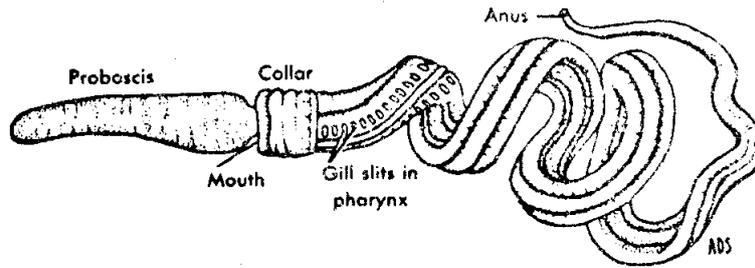


Fig. 2-12. The enteropneust *Dolichoglossus*.

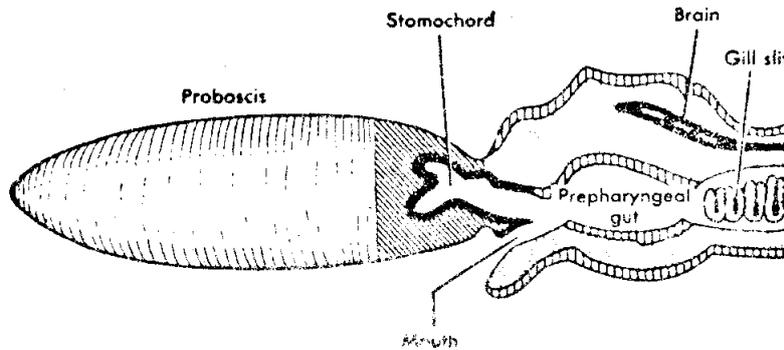


Fig 2-13. Head of *Dolichoglossus*, sagittal section (except proboscis).

ความสัมพันธ์ของคอร์ดเคท (CHORDATE RELATIONSHIPS) การมีกระดูกอ่อนใน urochordates, การมีกระดูกอ่อนที่เหมือน echinoderm ใน enteropneusts, การมีลักษณะของ protochordate แต่ไม่มีโนโตคอร์ดใน thaliaceans, และการมีลักษณะหลายอย่างเหมือนสัตว์มีกระดูกสันหลังใน amphioxus. เหล่านี้ได้นำไปสู่ข้อวินิจฉัยที่ว่า protochordates, echinoderms, enteropneusts, และ vertebrates นั้นอาจจะเป็นญาติที่ห่างไกลกัน ถ้าเช่นนั้น บรรพบุรุษร่วมที่มีอยู่ในยุคก่อนมากแล้วในเวลาทางธรณีวิทยา และขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงของวิวัฒนาการจนได้เป็นสัตว์ต่าง ๆ เหล่านี้ ยังไม่กระจ่างชัดในปัจจุบัน