

บทปฏิบัติการที่ 4

เรื่อง การเจริญระยะหลังของเอมบริโอของปลา

บทนำ การเจริญของเอมบริโอของปลา ต่อจากระยะนิวรูลา คือระยะปุ่มหาง (tail bud stage) ซึ่งเป็นระยะก่อนฟักตัวจากเยื่อหุ้ม (prehatching stage)

เอมบริโอระยะปุ่มหาง มีขนาดประมาณ 3-4 มิลลิเมตร อยู่ภายในเยื่อหุ้มใส รูปร่างเปลี่ยนจากระยะก่อนที่ค่อนข้างกลม เป็นยาวรีขึ้น ประกอบด้วยสามส่วนของส่วนหัว (head) ส่วนท้องหรือลำตัว (trunk) และส่วนหาง (tail) ปรากฏร่องรอยโครงสร้าง อวัยวะต่าง ๆ เป็นรอยโป่งนูน (bulge) ออกมาชัดเจน

ลักษณะภายนอกส่วนหัวมีขนาดใหญ่ ด้านข้างปรากฏรอยโป่งของตา optic (eye) vesicle ด้านล่างของส่วนหัว ปรากฏร่องลึก stomodaeum เกิดจากเนื้อเยื่อ ectoderm ยื่นเข้าไป เพื่อสร้างส่วนของปาก stomodaeum ปรากฏระหว่าง adhesive gland หรือ ventral sucker ซึ่งทำหน้าที่สร้างเมือกสำหรับเอมบริโอใช้ยึดเกาะพื้น

ด้านข้างส่วนหัว ถัดจากส่วนตา มีรอยโป่งของแผ่นเหงือก (gill plate) ซึ่งเกิดจากการเจริญของทางเดินอาหารส่วนหน้า บริเวณที่เรียกว่า pharyngeal pouch ด้านบนแผ่นเหงือก ปรากฏรอยโป่งของหู otic (ear) vesicle ด้านหลังแผ่นเหงือก ปรากฏรอยโป่งของไต (pronephros) ด้านบนของไต ปรากฏร่องขวาง ๆ ของ somite ตั้งแต่ส่วนหูจนถึงส่วนหาง ระยะนี้เริ่มมีการเจริญของกล้ามเนื้อ ทำให้เอมบริโอเริ่มมีการเคลื่อนไหว ด้านท้ายของลำตัวทางด้านบน (dorsal) มีกลุ่มเนื้อเยื่อของหาง (tail bud) เห็นได้ชัดเจน

เมื่อศึกษาลักษณะภายในจากเอมบริโอระยะปุ่มหาง ที่ตัดตามยาวกลางลำตัว ระบบอวัยวะที่มีการเจริญเห็นได้ชัดเจน คือระบบประสาท และระบบทางเดินอาหาร

ระบบประสาท ประกอบด้วยส่วนสมอง และไขสันหลัง สมองแบ่งได้เป็นสามส่วน ของสมองส่วนหน้า (fore brain หรือ prosencephalon) สมองส่วนกลาง (mid brain หรือ mesencephalon) สมองส่วนท้าย (hind brain หรือ rhombencephalon) ติดต่อกับไขสันหลัง ท่อแคบ ยาว ซึ่งปรากฏจนถึงส่วนหาง

สมองส่วนหน้าโค้งลงมาติดกับทางเดินอาหารส่วนหน้า notochord ปรากฏเป็นแท่งยาวใต้สมองและไขสันหลัง ข้างใต้สมองส่วนหน้า เนื้อเยื่อ ectoderm เจริญเข้าไปเพื่อสร้าง hypophysis (pituitary gland)

ระบบทางเดินอาหารแบ่งเป็นสามส่วน ของทางเดินอาหารส่วนหน้า (fore gut) ทางเดินอาหารส่วนกลาง (mid gut) และทางเดินอาหารส่วนท้าย (hind gut) ทางเดินอาหารส่วน

หน้าขยายออกกว้างได้เป็นส่วน pharynx เนื้อเยื่อ endoderm ตอนหน้าของ pharynx ยื่นออกไป (oral evagination) เจริญร่วมกับเนื้อเยื่อ ectoderm ที่อยู่ตรงกันข้ามซึ่งยื่นเข้ามา (เรียกส่วนยื่นนี้ว่า stomodaeum) เพื่อสร้างส่วนของปาก

พื้นส่วนท้ายของทางเดินอาหารส่วนหน้า เจริญเข้าไปในส่วน yolk สร้างเป็นตับ (liver diverticulum) ด้านหน้าของตับมีการเจริญของหัวใจ (heart) ภายในช่องว่าง pericardial cavity

ทางเดินอาหารส่วนกลางและส่วนท้าย เป็นท่อแคบ ๆ อยู่เหนือ yolk (yolky endoderm) และเปิดออกที่ช่อง anus

notochord ปรากฏเป็นแท่งยาว ระหว่างพื้น (floor) ของท่อประสาท กับหลังคา (roof) ของท่อทางเดินอาหาร

ต่อมาเอมบริโอระยะบ่มหาง จะฟักจากเยื่อหุ้มเจริญสู่ระยะตัวอ่อน (larva stage) ที่มีลักษณะคล้ายลูกปลาเล็ก ๆ ที่เรียกว่า ลูกอ๊อด (hatching tadpole) มีความยาวประมาณ 5-7 มิลลิเมตร

ลักษณะภายนอกของตัวอ่อน ประกอบด้วยสามส่วน คือ ส่วนหัว ส่วนท้อง และส่วนหาง ตัวอ่อนมีการเจริญของโครงสร้าง และอวัยวะต่าง ๆ มากขึ้น รวมทั้งมีการเจริญของระบบเลือด ส่วนหัวมีขนาดใหญ่ ปรากฏส่วนตา ด้านข้างสมองส่วนหน้า ด้านล่างส่วนหัว ปรากฏร่อง stomodaeum ลึก แผ่นเหงือกมีร่องลึก (visceral groove) ปรากฏอยู่ระหว่าง visceral arch (branchial arch) แต่ละคู่ ซึ่งระยะต่อมาเกิดการเจริญของเหงือก (gill) จาก visceral arch ยื่นออกมาด้านข้างลำตัว

ตอนบนส่วนท้อง มีการเจริญของ somite มากขึ้น ระบบกล้ามเนื้อเจริญดี ตัวอ่อนจึงมีการเคลื่อนไหวมากขึ้น ข้างใต้ somite ปรากฏส่วนหนูนของ pronephros ตอนหลังของส่วนท้องมีช่องเปิด anus อยู่ทางตอนหน้าของส่วนหาง (tail) ครีบทหาง (tail fin) ปรากฏทั้งด้านบน (dorsal) และด้านล่าง (ventral) ของส่วนหาง มีความยาวประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวตัวอ่อน

ระบบเลือด (vitelline vessel) ที่คลุมบนส่วนท้องของตัวอ่อน ประกอบด้วย vitelline vein และ vitelline artery vitelline vein เป็นเส้นเลือดนำเลือดกลับเข้าสู่หัวใจ ที่ตำแหน่ง sinus venosus โดยมี common cardinal vein (duct of Cuvier) นำเลือดกลับเข้าสู่หัวใจที่ตำแหน่งนี้ด้วย common cardinal vein รับเลือดจาก anterior cardinal vein (เส้นเลือดที่รับเลือดจากช่วงหัว และช่วงต้นของลำตัว) และ posterior cardinal vein (เส้นเลือดที่รับเลือดจากช่วงท้ายของลำตัว)

เลือดที่กลับเข้าสู่หัวใจทาง sinus venosus จะส่งผ่านไปยังส่วน atrium, ventricle และออกจากหัวใจ โดยแยกเป็น aortic arch ไปเลี้ยงบริเวณ pharynx ตาม branchial arch คู่ต่าง ๆ และเลือดจะกลับสู่ทางด้านท้ายของลำตัว ทางเส้นเลือดใหญ่ dorsal aorta ซึ่งจะแตกแขนงเป็น vitelline artery ไปยังส่วนท้อง และ caudal artery ไปยังส่วนหาง

ส่วนการศึกษาลักษณะภายในของตัวอ่อน ที่ตัดตามยาวกลางลำตัว พบว่าระบบทางเดินอาหารเจริญดี เนื้อเยื่อ endoderm ของ pharynx กับ ectoderm ที่อยู่ตรงกันข้าม เจริญเข้ามาชิดกัน เกิดเป็นเยื่อบาง ๆ oral plate อยู่ตอนหน้าของทางเดินอาหาร ต่อไปเยื่อนี้จะขาดจากกัน ทำให้เกิดช่องติดต่อรหว่างภายนอกตัวอ่อนกับทางเดินอาหารส่วนหน้า pharynx มีขนาดใหญ่ ตอนท้ายของ pharynx มีการเจริญของตับมากขึ้น

ทางเดินอาหารส่วนกลาง และส่วนท้าย ยังแคบ และเปิดออกที่ช่อง anus ตอนหน้า ส่วนหาง

notochord เป็นแท่งยาวตอนบนของทางเดินอาหาร หัวใจเจริญดี ภายในช่องว่าง (pericardial cavity)

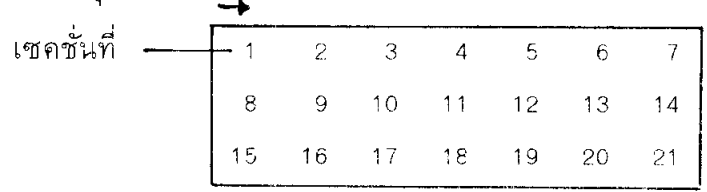
ตัวอ่อนมีการเจริญของท่อประสาท ได้เป็น สมอ 5 ส่วน ชัดเจน และไขสันหลัง ตอนบนของ diencephalon มีส่วนยื่นเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า epiphysis ที่จะเจริญเป็น pineal gland พื้นล่างของ diencephalon ยื่นเป็น infundibulum ที่เจริญร่วมกับส่วนยื่นของ stomodaeum ที่เรียกว่า Rathke's pouch เพื่อสร้างเป็น pituitary gland (hypophysis)

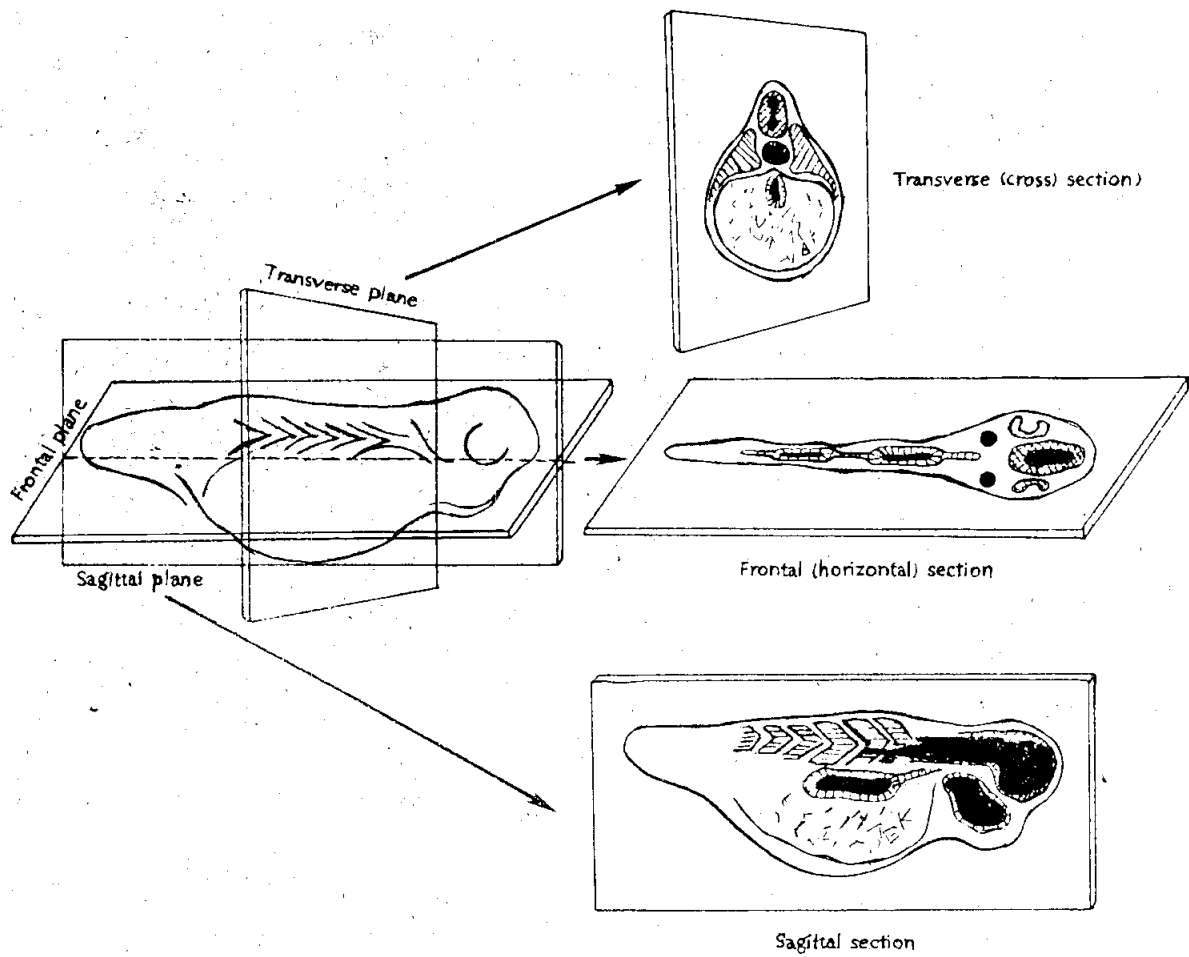
ไขสันหลังเป็นท่อยาว ที่ปรากฏต่อจากสมอจนถึงช่วงท้ายของลำตัว

ตัวอ่อนนี้ จะเจริญมากขึ้น และจะมีการเปลี่ยนแปลงที่เรียกว่า metamorphosis เพื่อให้มีรูปร่างลักษณะคล้ายตัวพ่อแม่ สามารถดำรงชีวิตอยู่บนบกได้ เจริญเป็นลูกกบที่จะเติบโตเป็นตัวเต็มวัยในที่สุด

การศึกษาการเจริญของเอมบริโอในวิชาวิทยาเอมบริโอ นั้น นอกจากจะศึกษาลักษณะภายนอกโดยทั่วไปของเอมบริโอทั้งตัว (whole mount) แล้ว ยังสามารถติดตามการเจริญต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายใน โดยการตัดเซกชันผ่านเอมบริโอตามแนว (plane) ต่าง ๆ เช่น frontal section, transverse section, sagittal section (ดูภาพที่ 4.1 ประกอบ) นอกจากนี้ การตัดเซกชันผ่านตัวเอมบริโอที่เป็นลำดับติดต่อกัน (continuous series of sections) จะทำให้เกิดความเข้าใจถึงการเจริญของอวัยวะภายในเอมบริโอมากขึ้น

ในการศึกษาสไลด์ถาวรของเอมบริโอที่มีการตัดเซกชันผ่านเป็นลำดับติดต่อกัน เซกชันที่ได้จากการตัดเป็นลำดับนี้ จะนำมาเรียงบนแผ่นสไลด์โดยเซกชันที่อยู่ทางตอนต้นของเอมบริโอ (เซกชันแรก) จะปิดทางมุมซ้ายตอนบนของแผ่นสไลด์ เซกชันถัดมาจะปิดทางขวาของเซกชันแรก และจะปิดเรียงเป็นลำดับทางขวามือต่อ ๆ ไป จนหมดแถวและจะเริ่มต้นแถวใหม่ทางด้านซ้ายสุดของสไลด์ เป็นลำดับเช่นนี้ ดังภาพ





Planes and sections "

ภาพที่ 4.1 แสดงการตัดเซคชันผ่านเอมบริโอตามแนวต่าง ๆ เพื่อศึกษาการเจริญของอวัยวะภายใน

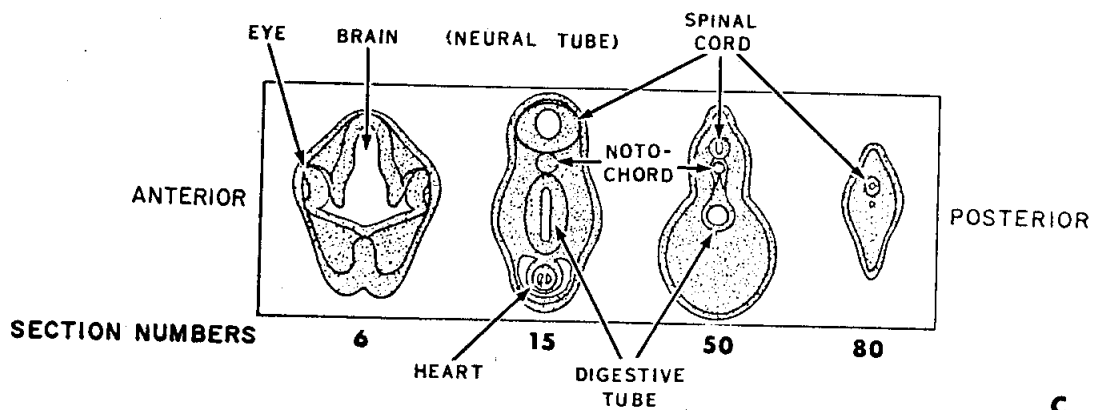
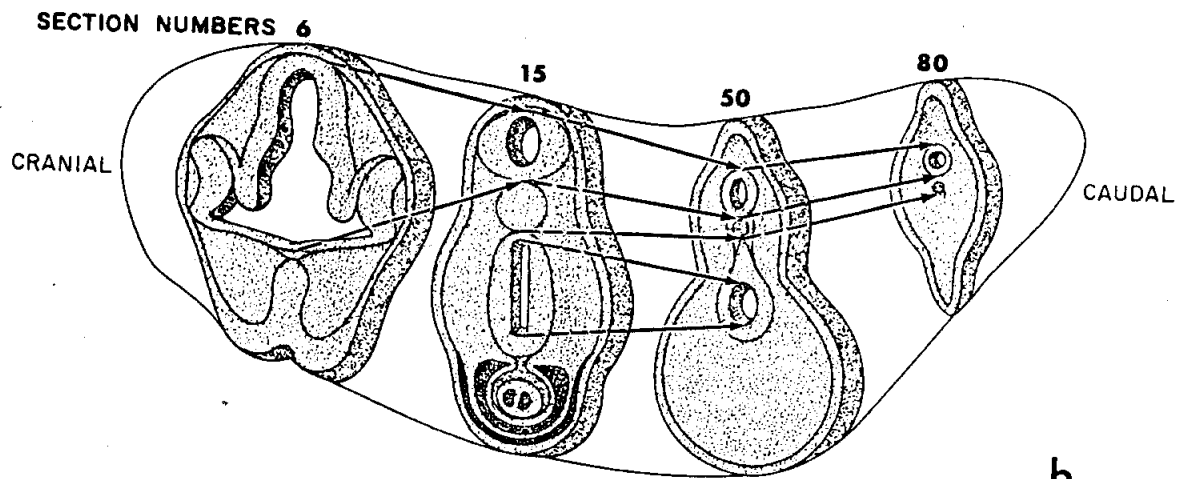
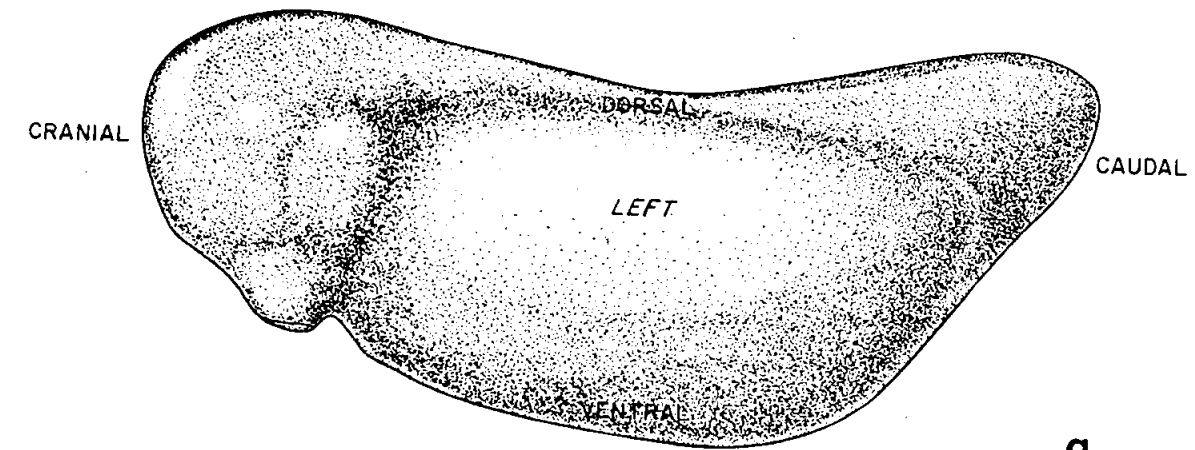
(จาก Eichler, 1978)

บางครั้งจำนวนเซกชันมีมาก จำเป็นต้องใช้มากกว่าหนึ่งสไลด์ ก็สามารถจัดเป็นลำดับของเซกชันในสไลด์แผ่นที่สอง ต่อไปอีกเป็นดังนี้

→

| | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|
| 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 29 | 30 | 31 | | | | |

เมื่อนำภาพที่ได้จากเซกชันเหล่านี้ มาประกอบเข้าด้วยกัน จะทำให้เห็นภาพสามมิติที่สมบูรณ์ของเอมบริโอ ที่อธิบายการเจริญของอวัยวะ โครงสร้างต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกได้ (ดูภาพที่ 4.2 ประกอบ)



ภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างเอมบริโอทุกตัว (a) กับเซกชันที่ได้จากการตัดขวาง (c) เมื่อนำภาพที่ได้จากการตัดขวาง มาประกอบด้วยกัน จะทำให้เห็นภาพสามมิติที่สมบูรณ์ของเอมบริโอที่อธิบายการเจริญของอวัยวะ โครงสร้างต่างๆ ได้ (b)

(จาก Watterson และคณะ 1979)

การศึกษาเอมบริโอของระยะปูมหาง ที่ตัดตามขวางจากส่วนหัวเป็นลำดับไปยังส่วนหาง เซกซ์แรก ๆ จะผ่านสมองส่วนหน้า (prosencephalon) และเซกซ์ต่อ ๆ มา เข้าสู่สมองส่วนหน้าที่มีการเจริญของตาเป็น optic cup ตาติดกับสมองส่วนหน้าที่ตำแหน่ง optic stalk โดยมี lens placode อยู่ตอนหน้าของ optic cup สมองส่วนนี้คือส่วน diencephalon

เซกซ์ต่อ ๆ มา เข้าสู่สมองส่วนกลาง และส่วนท้ายตามลำดับ notochord เริ่มปรากฏข้างใต้สมองส่วนกลาง และปรากฏตลอดจนถึงส่วนหาง หลังคาสมองส่วนท้ายก่อนข้างบางและด้านข้างปรากฏส่วนหู (otocyst หรือ otic vesicle) ต่อจากสมองส่วนท้ายเข้าสู่ท่อประสาท (neural tube) ที่มีลักษณะแคบ ยาว คือส่วนของไขสันหลัง (spinal cord) ซึ่งจะปรากฏจนถึงส่วนท้ายของเอมบริโอ

เริ่มปรากฏทางเดินอาหารส่วนหน้า (fore gut) เป็นช่องใต้สมองส่วนท้าย และขยายกว้างเป็น pharynx ในเซกซ์ต่อ ๆ มา ข้างใต้ pharynx เนื้อเยื่อ ectoderm ยื่นเข้ามาเพื่อสร้าง adhesive gland (oral sucker) ข้างใต้ทางเดินอาหารส่วนหน้ามีการเจริญของหัวใจ ภายในช่องว่างรอบหัวใจ (pericardial cavity) ด้านท้ายของทางเดินอาหารส่วนหน้า มีการเจริญของตับ (liver diverticulum) ซึ่งจะปรากฏส่วนของตับในเซกซ์ก่อนเข้าสู่ทางเดินอาหารส่วนกลาง (mid gut) ทางเดินอาหารส่วนกลางมีขนาดเล็กมองเห็นได้ชัดเจน พื้นล่างทางเดินอาหารส่วนนี้ คือส่วนของ yolk (yolk endoderm) และจะมีลักษณะเช่นนี้ ถึงทางเดินอาหารส่วนท้าย (hind gut)

เซกซ์ที่ปรากฏส่วนตับ จะปรากฏ somite ด้านข้างของ notochord และปรากฏส่วนกระจายออกทางด้านข้าง somite ที่เรียกว่า lateral plate mesoderm กระจายถึงทางด้านล่างของลำตัว ด้านล่างของ somite คู่แรก ๆ มีการเจริญของ pronephros

ทางเดินอาหารที่ปรากฏในเซกซ์ต่อ ๆ มา ต่อจากส่วนกลาง คือ ทางเดินอาหารส่วนท้าย ซึ่งเป็นช่องเล็ก ๆ และสิ้นสุดที่ช่อง anus

การศึกษาการเจริญของตัวอ่อนกบ ขนาด 6-7 มิลลิเมตร ที่ตัดตามขวาง จากส่วนหัวไปยังส่วนหาง เซกซ์แรก ๆ ส่วนที่ปรากฏให้เห็นคือสมองส่วนหน้า (prosencephalon) ซึ่งผนังทางด้านล่างของสมอง มีส่วนหนาตัวเพื่อสร้างจุกที่เรียกว่า olfactory placode หรือ nasal placode เซกซ์นี้จึงเข้าสู่สมองส่วนหน้าระดับ diencephalon ที่มีการเจริญของตามากขึ้น ปรากฏเป็นสองชั้นของ optic cup ข้างใต้สมอง ส่วนนี้เริ่มปรากฏท่อทางเดินอาหารส่วนหน้า ซึ่งจะมีการยื่นนิ้วลิกลงทางด้านล่าง (oral evagination) พบกับส่วนเว้าของ ectoderm ที่เรียกว่า stomodaeum เพื่อสร้างส่วนของปาก stomodaeum เป็นส่วนเว้าที่ปรากฏระหว่าง adhesive gland notochord ปรากฏข้างใต้ท่อประสาทตั้งแต่สมองส่วน mesencephalon และปรากฏไปถึงเซกซ์ช่วงท้ายของลำตัว

สมองส่วนต่อมาที่ปรากฏในเซกชั้น คือสมองส่วนกลาง และเข้าสู่สมองส่วนท้าย ซึ่งปรากฏหลังคา (roof) บาง เห็นได้ชัด ทางเดินอาหารที่ปรากฏได้สมองส่วนท้ายมีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นส่วน pharynx และขยายทางด้านข้างเป็น pharyngeal pouch คู่ที่ 1 พื้นของทางเดินอาหาร ระดับ pharyngeal pouch คู่ที่ 1 มีส่วนยื่นเพื่อสร้างต่อมไทรอยด์ (thyroid gland)

ด้านข้างสมองส่วนท้าย ปรากฏส่วนหู ข้างใต้ pharynx ส่วนของหัวใจเริ่มเจริญดีขึ้น ภายในช่องว่างล้อมรอบหัวใจ ด้านข้าง pharynx มีการเจริญของเหงือก (gill) จากส่วน visceral arch ยื่นจากด้านข้างลำตัวช่วงต้นชัดเจน

ทางเดินอาหารส่วนหน้า ต่อจาก pharynx ก่อนเข้าสู่ส่วนกลางจะเจริญเข้าไปใน yolk สร้างเป็นส่วนของตับ

เซกชั้นต่อจากสมองส่วนท้าย เข้าสู่ไขสันหลัง (spinal cord) ซึ่งมีลักษณะเป็นท่อแคบ และปรากฏไขสันหลังจนถึงช่วงท้ายของลำตัว ด้านข้างของไขสันหลัง ปรากฏกลุ่ม somite เจริญดี ข้างใต้ somite มีการเจริญของระบบขับถ่ายชุดแรก (pronephros) สังเกต pronephric tubule และ pronephric duct ทางเดินอาหารช่วงนี้ ได้แก่ ส่วนกลาง ซึ่งเป็นท่อแคบ ๆ อยู่บนส่วน yolk และจะมีลักษณะเช่นนี้ จนถึงทางเดินอาหารส่วนท้าย และสิ้นสุดที่ช่อง anus

เซกชั้นต่อจาก anus จะเป็นส่วนหางของตัวอ่อน ซึ่งจะปรากฏครีบทหาง (tail fin) ทั้งด้านบน (dorsal) และด้านล่าง (ventral) ของไขสันหลังและ notochord

วัตถุประสงค์ บทปฏิบัติการนี้ มีวัตถุประสงค์ให้นักศึกษา

1. อธิบายการเจริญของเอมบริโอ กบ ในระยะปุ่มหาง และระยะตัวอ่อนจากการศึกษา การเกิดของอวัยวะ โครงสร้างต่าง ๆ จากลักษณะภายนอกของเอมบริโอทั้งตัวและลักษณะ ภายในโดยการตัดเซกชั้นผ่านเอมบริโอตามแนวกลางลำตัว และตามขวางผ่านส่วนต่าง ๆ
2. เปรียบเทียบการเจริญระยะหลังของเอมบริโอ กบ กับการเจริญของสัตว์ชนิดอื่น ในบทปฏิบัติการต่อไปได้

วัสดุอุปกรณ์

1. สไลด์ถาวร รูปปั้น และภาพ แสดงเอมบริโอ กบทั้งตัว ระยะปุ่มหางและระยะตัวอ่อนขนาด 7 มิลลิเมตร
2. รูปปั้น และภาพ แสดงเอมบริโอ ระยะปุ่มหางและระยะตัวอ่อนขนาด 7 มิลลิเมตร ที่ตัดตามยาวกลางลำตัว (median sagittal section)
3. สไลด์ถาวร และภาพ แสดงเอมบริโอ กบ ระยะปุ่มหางและระยะตัวอ่อนขนาด 7 มิลลิเมตร ที่ตัดตามขวาง (transverse section) ผ่านส่วนต่าง ๆ

การศึกษา

1. ศึกษาการเจริญเอมบริโอ กบ ระยะปุ่มหาง ดังต่อไปนี้
 - 1.1 เอมบริโอทั้งตัว จากสไลด์ถาวร รูปปั้น และภาพ สังเกต

| | |
|-----------------|--------------|
| prosencephalon | gill plate |
| mesencephalon | somite |
| rhombencephalon | heart region |
| optic vesicle | mesonephros |
| otic vesicle | tail bud |
| adhesive gland | |

1.2 เอมบริโอตัดตามยาว กลางลำตัว จากรูปปั้นและภาพ สั้งเกต

| | |
|-----------------|--------------------|
| prosencephalon | mid gut |
| mesencephalon | hind gut |
| rhombencephalon | anus |
| neurocoel | liver diverticulum |
| notochord | heart |
| spinal cord | pericardial cavity |
| stomodaeum | yolky endoderm |
| hypophysis | tail bud |
| pharynx | |

1.3 เอมบริโอตัดตามขวาง ผ่านส่วนต่างๆ จากสไลด์ถาวร และภาพ สั้งเกต

| | |
|-----------------|------------------------|
| prosencephalon | heart |
| mesencephalon | pericardial cavity |
| diencephalon | liver diverticulum |
| optic cup | spinal cord |
| optic stalk | somite |
| lens placode | pronephros |
| rhombencephalon | lateral plate mesoderm |
| otic vesicle | mid gut |
| notochord | hind gut |
| fore gut | tail fin |
| pharynx | yolky endoderm |
| adhesive gland | |

2. ศึกษาการเจริญเอมบริโอของ ระยะเวลาอ่อน ขนาด 7 มิลลิเมตร ดังต่อไปนี้

2.1 เอมบริโอทั้งตัว จากสไลด์ถาวร รูปปั้น และภาพ สั้งเกต

| | |
|----------------|-------|
| prosencephalon | heart |
|----------------|-------|

| | |
|--|-------------------|
| mesencephalon | spinal cord |
| rhombencephalon | notochord |
| optic cup | somite |
| otic vesicle | tail fin |
| stomodaeum | yolky endoderm |
| adhesive gland | anus |
| gill | pronephric tubule |
| anterior cardinal vein | pronephric duct |
| posterior cardinal vein | caudal artery |
| common cardinal vein (duct of Cuvier) | caudal vein |
| sinus venosus | vitelline artery |
| dorsal aorta | vitelline vein |

2.2 เอมบริโอตัดตามยาว กลางลำตัว จากรูปปั้น และภาพ สั้งเกต

| | |
|-----------------|--------------------|
| prosencephalon | adhesive gland |
| mesencephalon | pharynx |
| rhombencephalon | thyroid |
| spinal cord | heart |
| infundibulum | pericardial cavity |
| epiphysis | liver |
| notochord | mid gut |
| stomodaeum | hind gut |
| hypophysis | cloaca |
| oral plate | anus |

2.3 เอมบริโอตัดตามขวาง ผ่านส่วนต่าง ๆ จากสไลด์ถาวร และภาพ สั้งเกต

| | |
|-------------------|------------------------|
| prosencephalon | heart |
| olfactory placode | gill |
| diencephalon | pericardial cavity |
| mesencephalon | pronephros |
| optic cup | liver |
| fore gut | lateral plate mesoderm |
| stomodaeum | spinal cord |

adhesive gland

rhombencephalon

notochord

otic vesicle

pharynx

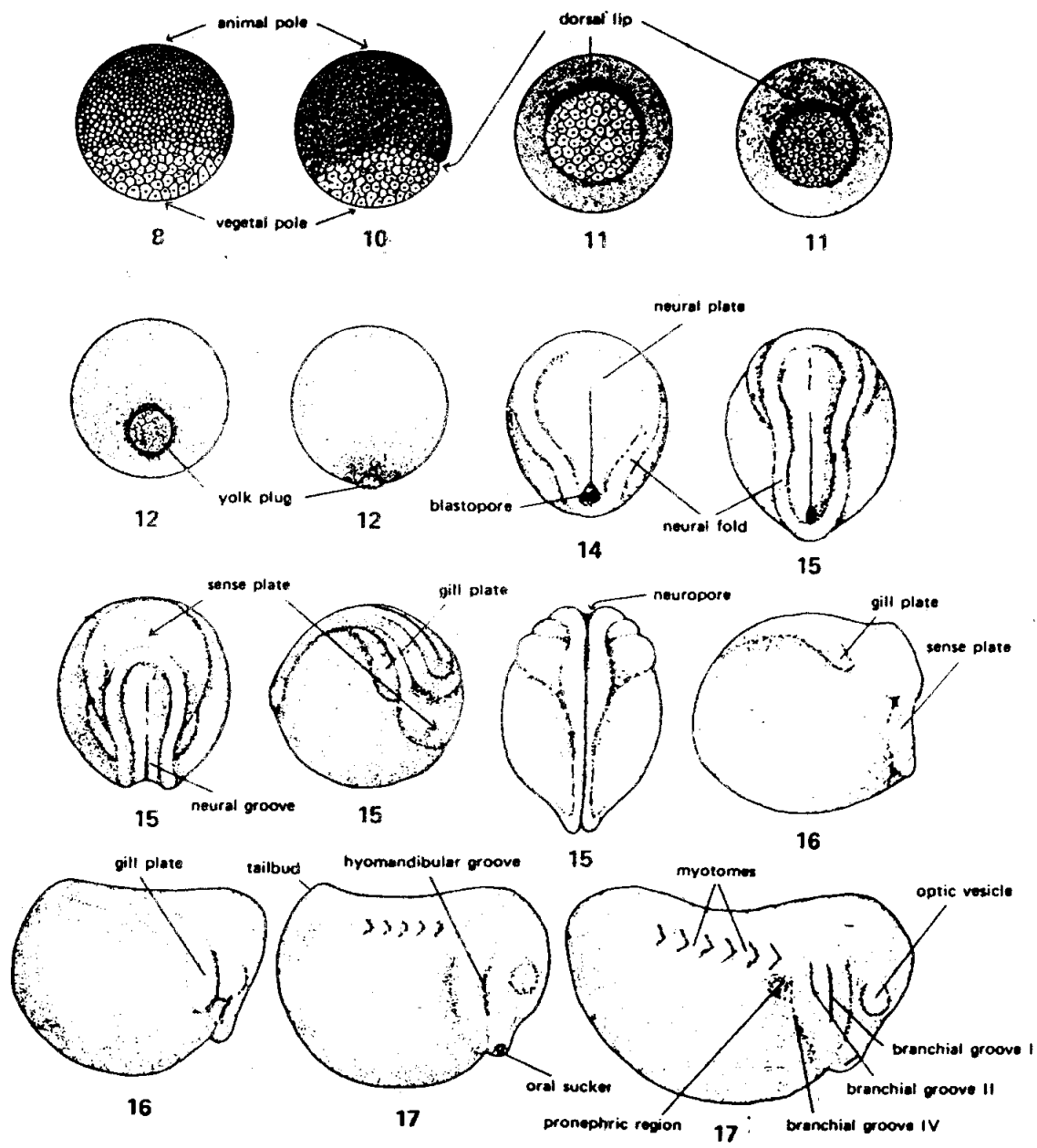
somite

pronephric duct

hind gut

yolky endoderm

tail fin



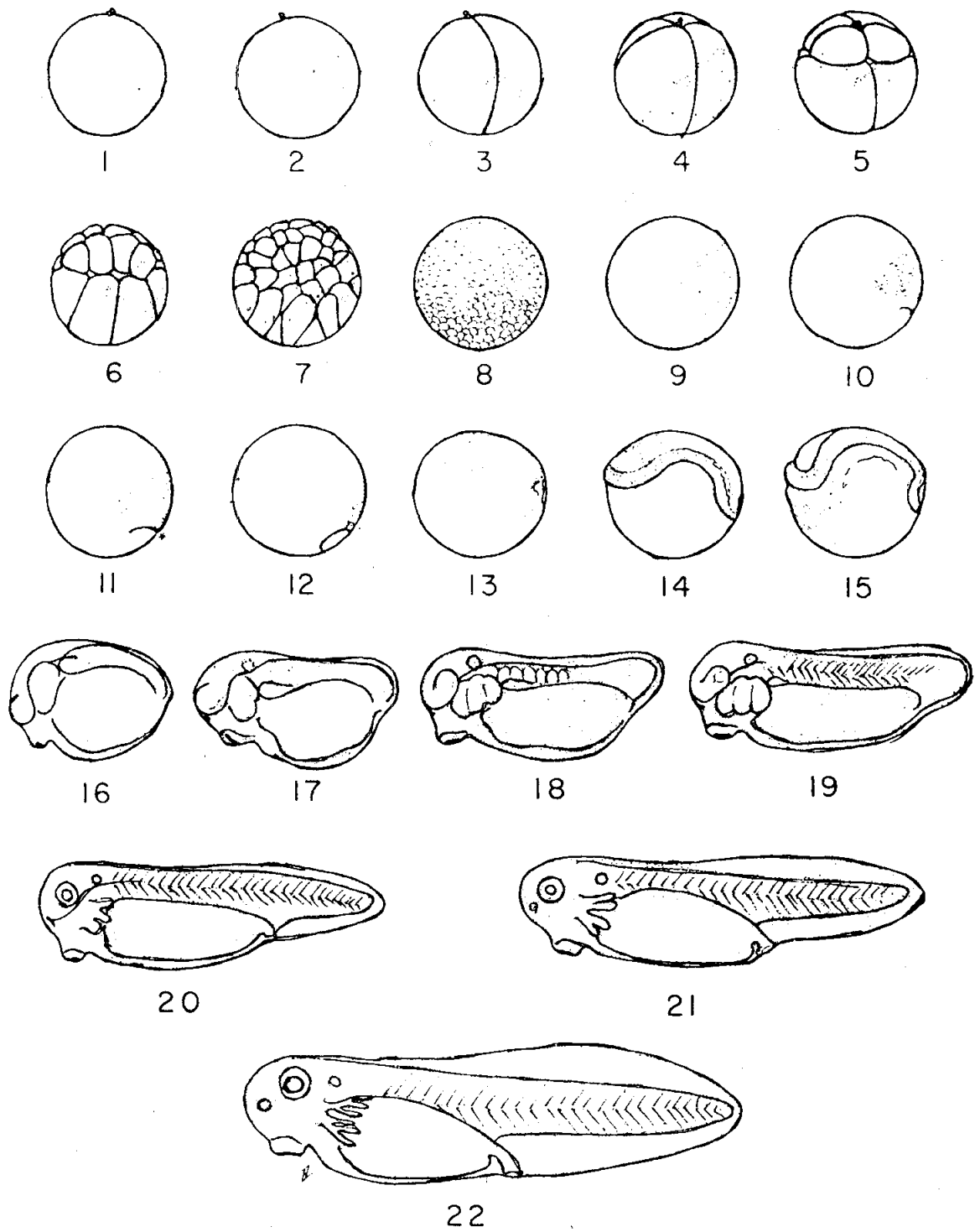
BLASTULA TO TAILBUD STAGES IN FROG (*Rana pipiens*)

Numbered according to Shumway.

รูปที่ 4.3 แสดงลำดับการเจริญของเอ็มบริโอของกบ ตั้งแต่ระยะบลาสตูลาจนถึงระยะปุ่มหาง (จาก Rugh, 1977)

TABLE
TIME SCHEDULE FOR *Rana pipiens* EGGS DEVELOPING AT 24° C
Legend for Figure 4.4

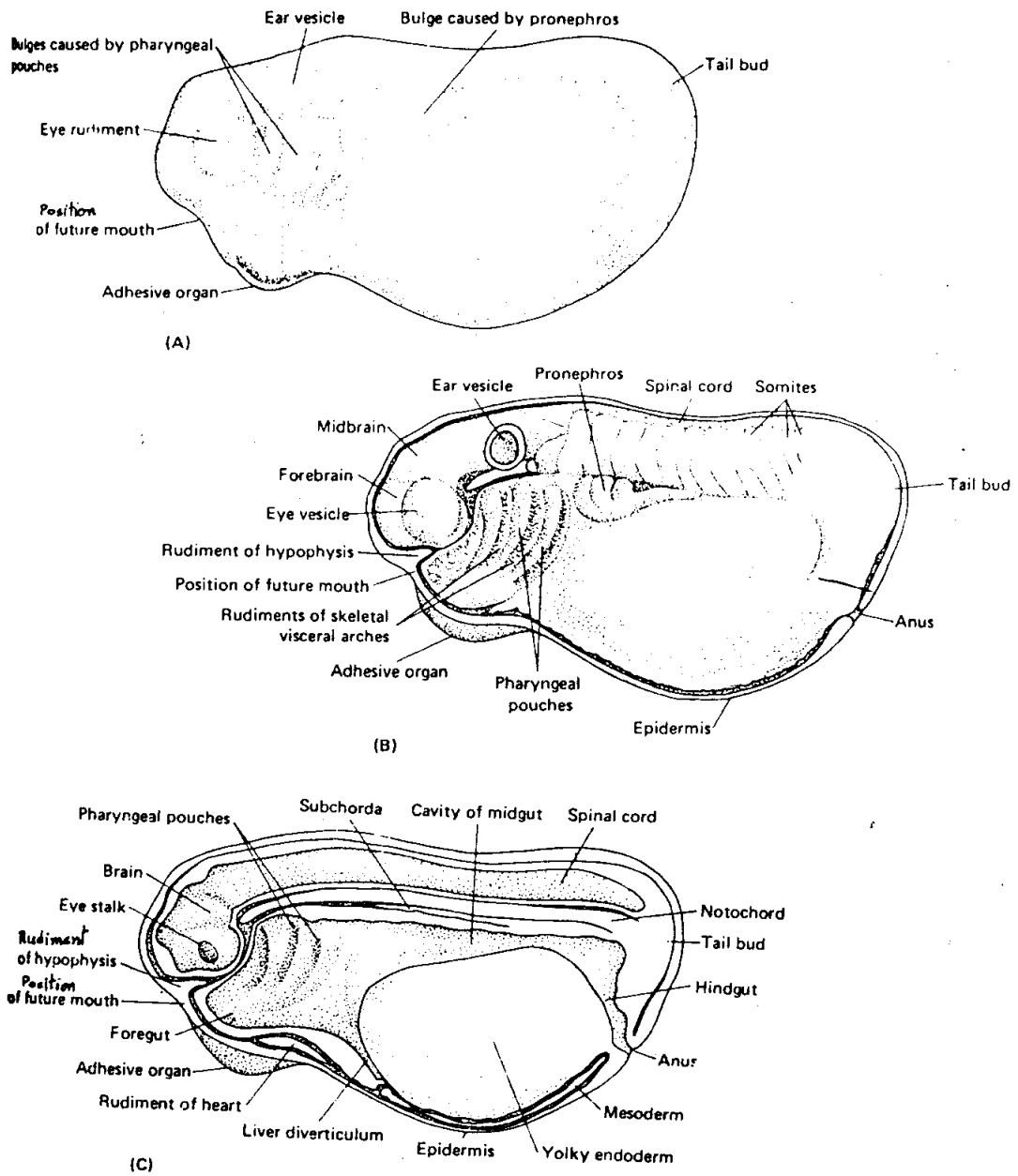
| Shumway Stage | Description of Developmental Age | Average Age |
|------------------|---|----------------|
| | | Hours |
| 1 | Fertilization, rotation of egg in chorion | 0 |
| 2 | Gray crescent formed and bilaterality established | 1 |
| 3 | First cleavage, 2 cell stage..... | 2-2 1/2 |
| 4 | Second cleavage, 4 cell stage..... | 3-4 |
| 5 | Third cleavage, 8 cell stage..... | 4-5 |
| 6 | Fourth cleavage, 16 cell stage..... | 5-6 |
| 7 | Morula, 32 to 250 cell stages..... | 6-10 |
| 8 | Young blastula stage..... | 10-12 |
| 9 | Mid-to late blastula stages..... | 12-14 |
| 10 | Early gastrula, crescent blastopore stage..... | 16-18 |
| 11 | Mid-gastrula, horseshoe blastopore stage..... | 18-22 |
| 12 | Late gastrula, yolk plug blastopore stage..... | 24-30 |
| 13 | Post-gastrula, slit blastopore--pre-neurula stage..... | 32-36 |
| 13+ | First visible outline of neural plate..... | 36-40 |
| 14 | Open neural plate stage with elevated neural folds..... | 40-45 |
| 15 | Closing neural folds..... | 45-50 |
| 16 | Neural tube, pre-tailbud stage..... | 50-60 |
| 17-18 | Tailbud stages, first muscle twitches, 4 to 5 mm. stage..... | 60-75 |
| 19-20 | Late tailbud, first heart beat, external gills, hatching..... | 85-100 |
| 21-22 | Swimming stage, stomodaeum opens..... | 4-5 days |
| 23-24 | Operculum forming and covering right gill..... | 7-8 days |
| 25 | Operculum complete, feeding begins..... | 9-10 days |



ภาพที่ 4.4 ไดอะแกรมลำดับการเจริญของเอ็มบริโอของ

หมายเลขได้ภาพแสดงระยะการเจริญจัดโดย Shumway (Shumway Stage)

ดูคำบรรยายประกอบภาพด้านซ้ายมือ (จาก Lehman, 1977)



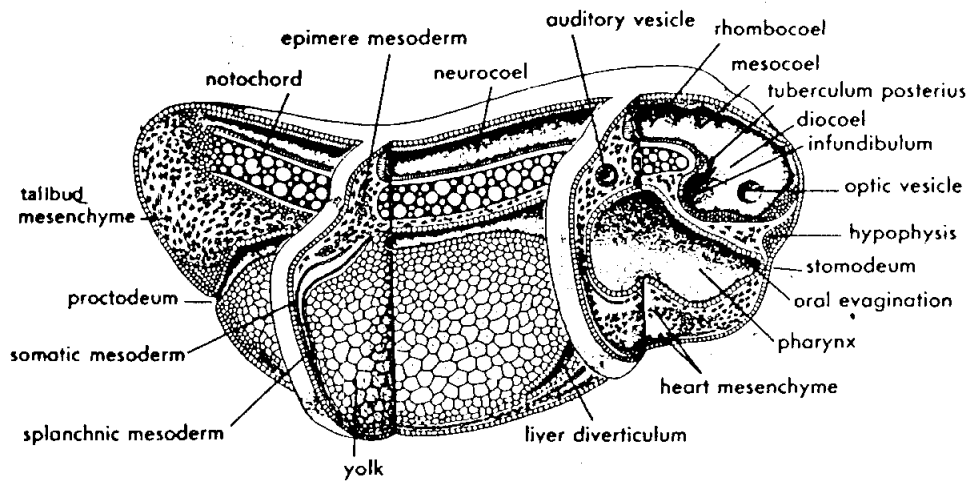
ภาพที่ 4.5 แสดงเอมบริโอของ ระยะเวลาบ่มเพาะ

(A) ลักษณะภายนอกของเอมบริโอ

(B) เมื่อตั้งเนื้อเยื่อชั้นเอกโตเดิร์มออก

(C) เอมบริโอตัดตามยาวกลางลำตัว

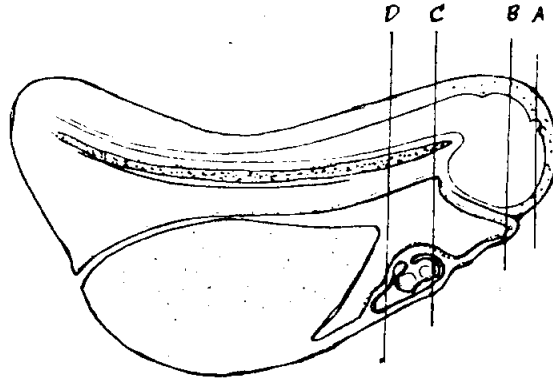
(จาก Brookbank, 1978)



ภาพที่ 4.6 แสดงภาพสามมิติของเอมบริโอของปลานหาง ระยะปมทาง (ขนาดประมาณ 4 มิลลิเมตร)
(จาก Rugh, 1977)

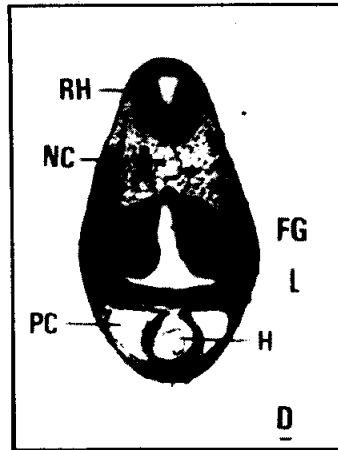
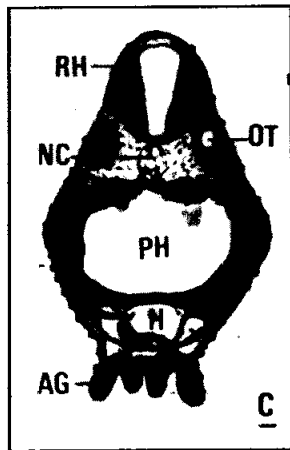
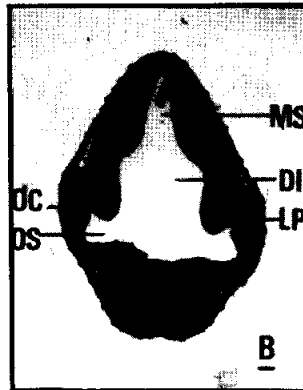
ภาพที่ 4.7 แสดงเอมบริโอของระยะปูมหาง ตัดขวางผ่านส่วนต่าง ๆ

- A เซกชันผ่าน prosencephalon
- B เซกชันผ่าน optic cup
- C เซกชันผ่าน otocyst
- D เซกชันผ่าน heart



คำอธิบายประกอบภาพ

| | | | |
|----|------------------------------|----|--------------------|
| AG | adhesive gland (oral sucker) | OC | optic cup |
| DI | diencephalon | OS | optic stalk |
| FG | fore gut | OT | otocyst |
| H | heart | PH | pharynx |
| L | liver diverticulum | PC | pericardial cavity |
| LP | lens placode | PR | prosencephalon |
| MS | mesencephalon | RH | rhombencephalon |
| NC | notochord | | |

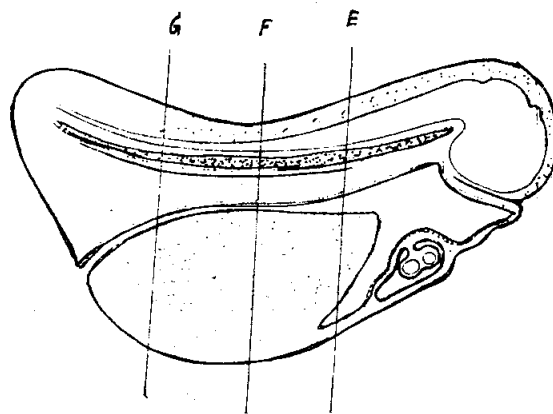


ภาพที่ 4.8 แสดงเอ็มบริโอของปลา ระยะบู่หาง ตัดขวางผ่านส่วนต่าง ๆ

E เซกชันผ่าน liver diverticulum

F เซกชันผ่าน mid gut

G เซกชันผ่าน hind gut



คำอธิบายประกอบภาพ

HG hind gut

L liver diverticulum

LPM lateral plate mesoderm

MG mid gut

NC notochord

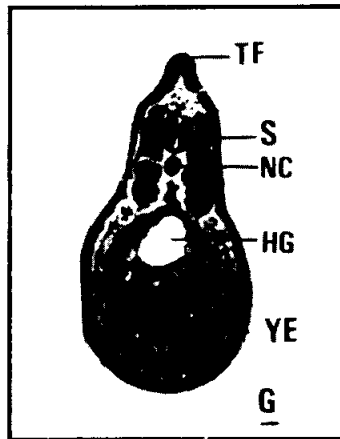
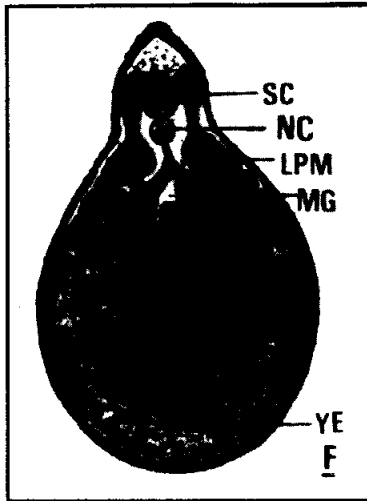
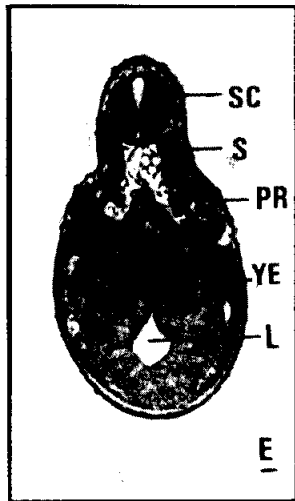
PR pronephros

S somite

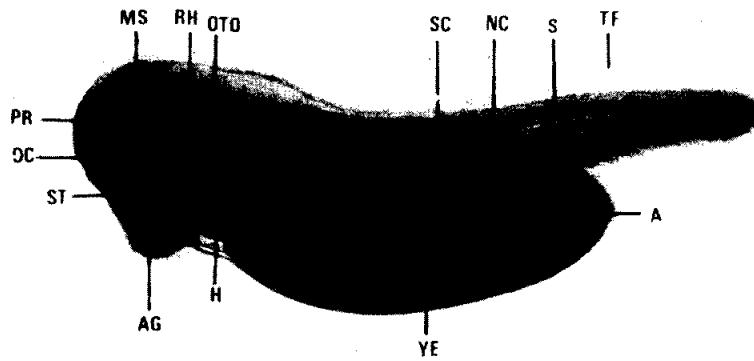
SG spinal cord

TF tail fin

YE yolky endoderm



ภาพที่ 4.9 แสดงตัวอ่อนกบขนาด 7 มิลลิเมตร ทั้งตัว



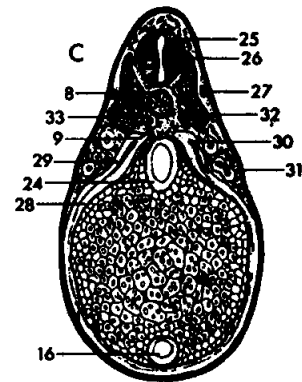
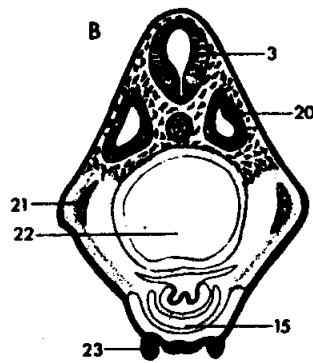
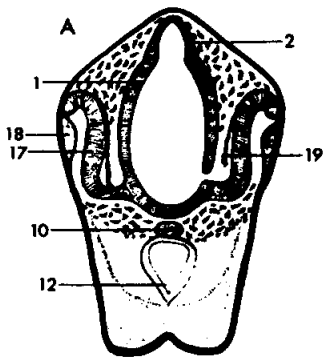
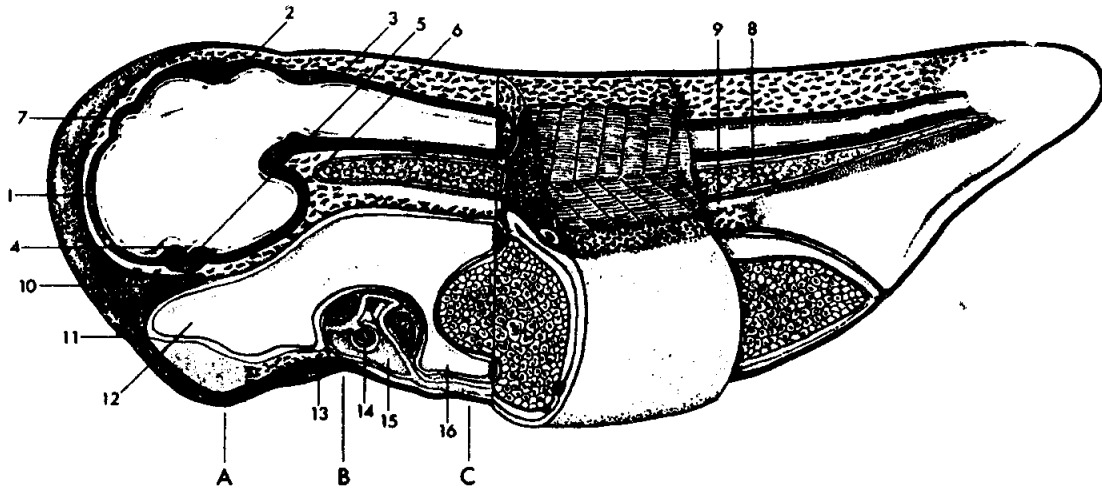
คำอธิบายประกอบภาพ

| | | | |
|-----|------------------------|----|-----------------|
| A | anus | PR | prosencephalon |
| AG | adhesive gland | RH | rhombencephalon |
| H | heart | S | somite |
| MS | mesencephalon | SC | spinal cord |
| NC | notochord | ST | stomodaeum |
| OC | optic cup | TF | tail fin |
| OTO | otocyst (otic vesicle) | YE | yolky endoderm |

FROG DEVELOPMENT

The 5.5 mm Embryo

Muscular Response



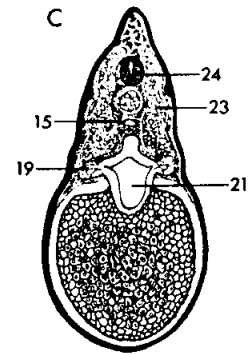
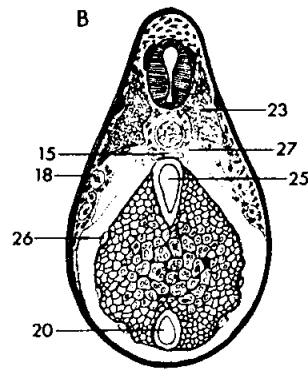
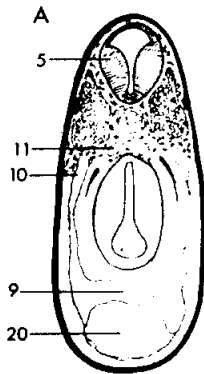
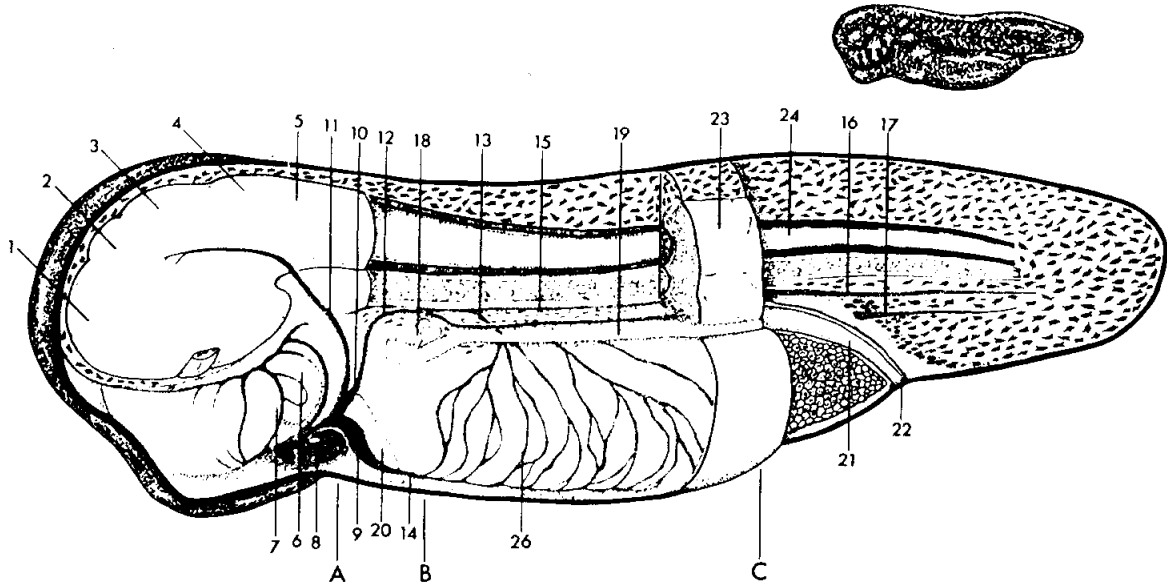
- 1. Prosencephalon
- 2. Mesencephalon
- 3. Rhombencephalon
- 4. Lamina terminalis
- 5. Optic chiasma
- 6. Infundibulum
- 7. Epiphysis
- 8. Notochord
- 9. Subnotochordal rod
- 10. Hypophysis
- 11. Oral plate

- 12. Pharynx
- 13. Thyroid
- 14. Heart
- 15. Pericardial cavity
- 16. Liver
- 17. Optic cup
- 18. Lens
- 19. Pigmented layer
- 20. Auditory vesicle
- 21. Aortic arch
- 22. Foregut

- 23. Oral sucker
- 24. Midgut
- 25. Neural tube
- 26. Neural crest
- 27. Lateral line
- 28. Visceral mesoderm
- 29. Somatic mesoderm
- 30. Coelom
- 31. Pronephric tubule
- 32. Myotome
- 33. Sclerotome

FROG DEVELOPMENT

The 6 mm Embryo



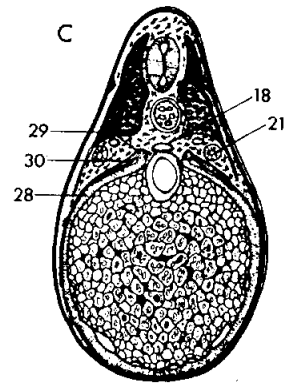
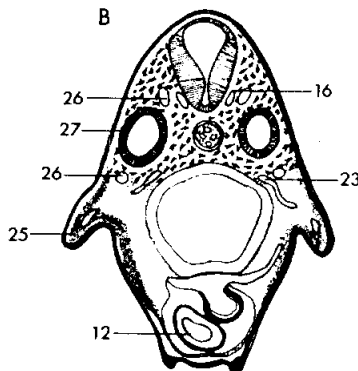
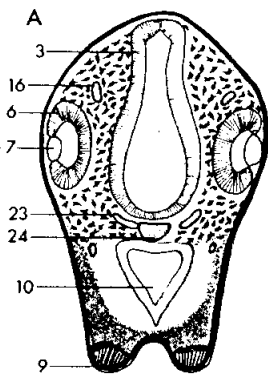
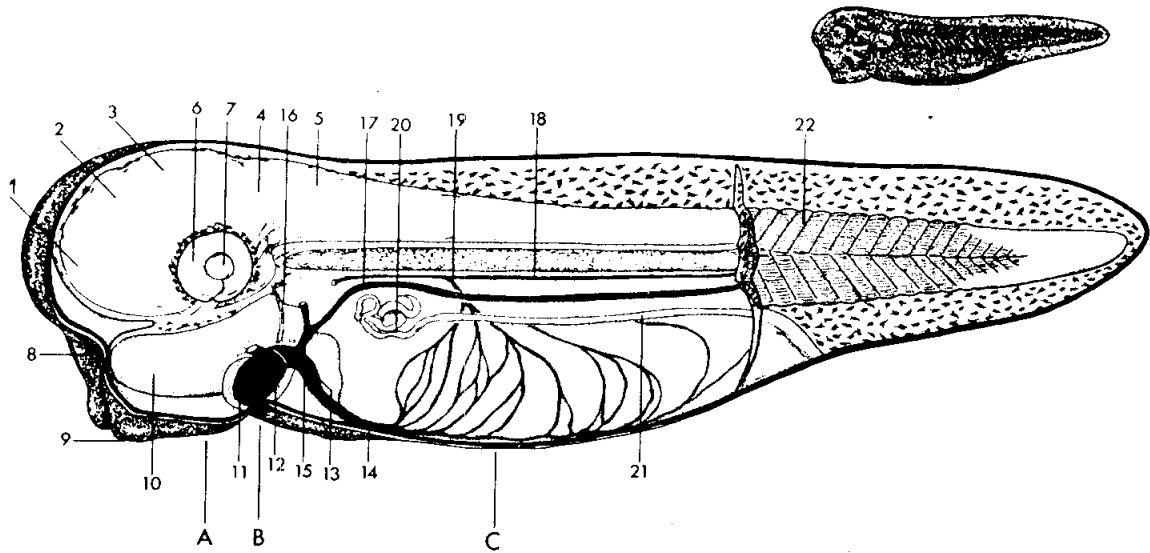
- 1. Telencephalon
- 2. Diencephalon
- 3. Mesencephalon
- 4. Metencephalon
- 5. Myelencephalon
- 6. Gill
- 7. Aortic arch
- 8. Heart
- 9. Sinus venosus

- 10. Duct of Cuvier
- 11. Anterior cardinal vein
- 12. Posterior cardinal vein
- 13. Vitelline artery
- 14. Vitelline vein
- 15. Dorsal aorta
- 16. Caudal artery
- 17. Caudal vein
- 18. Pronephric tubule

- 19. Pronephric duct
- 20. Liver
- 21. Cloaca
- 22. Anus
- 23. Somite
- 24. Neural tube
- 25. Gut
- 26. Vitelline vessels
- 27. Glomus

FROG DEVELOPMENT

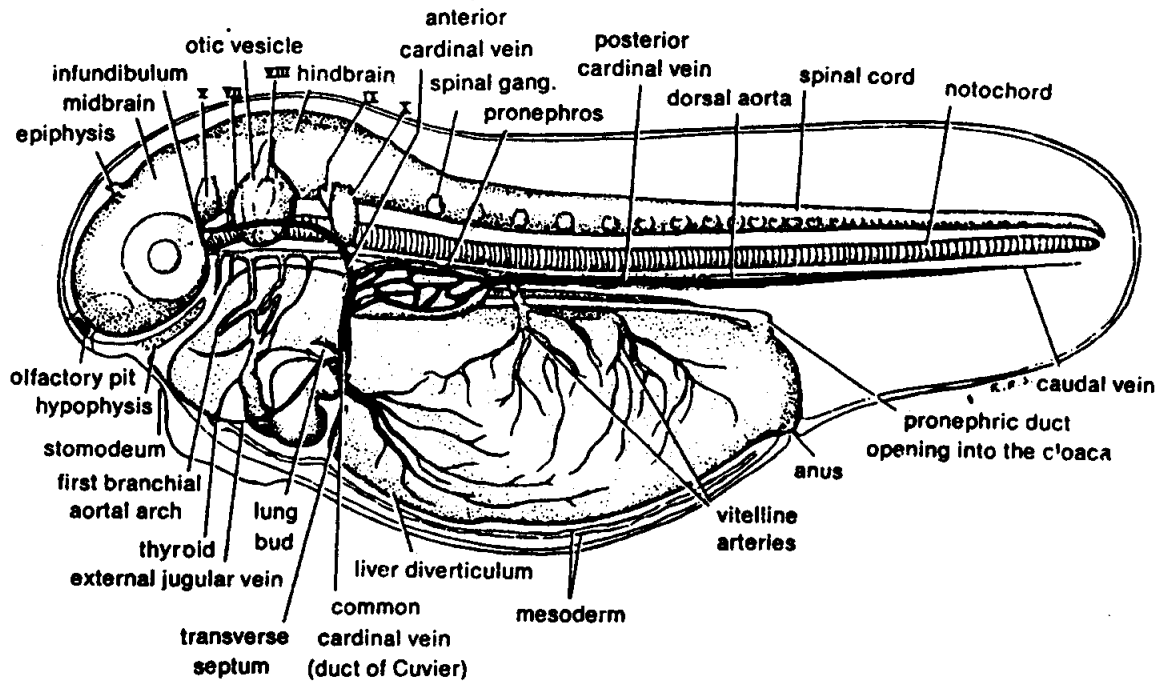
The 7 mm Embryo



- 1. Telencephalon
- 2. Diencephalon
- 3. Mesencephalon
- 4. Metencephalon
- 5. Myelencephalon
- 6. Optic cup
- 7. Lens
- 8. Stomodeal invagination
- 9. Oral sucker
- 10. Pharynx

- 11. Atrium
- 12. Ventricle
- 13. Sinus venosus
- 14. Vitelline vein
- 15. Duct of Cuvier
- 16. Anterior cardinal vein
- 17. Posterior cardinal vein
- 18. Dorsal aorta
- 19. Vitelline artery
- 20. Pronephric tubule

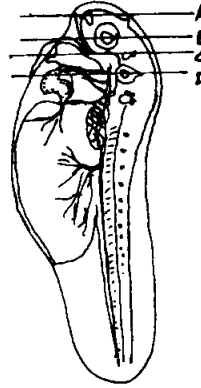
- 21. Pronephric duct
- 22. Myotome
- 23. Dorsal aortic root
- 24. Hypophysis
- 25. Gill
- 26. 7th cranial nerve
- 27. Otic vesicle
- 28. Visceral mesoderm
- 29. Somatic mesoderm
- 30. Coelom



ภาพที่ 4.10 แสดงตัวอ่อนกบ ขนาด 6-7 มิลลิเมตร
(จาก Mathews, 1982)

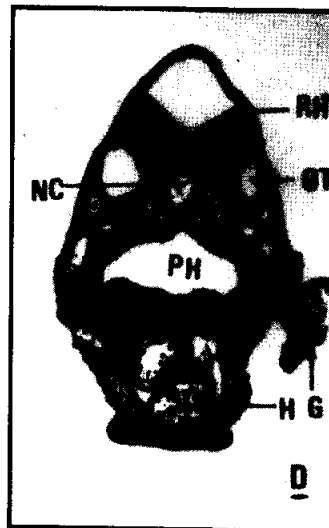
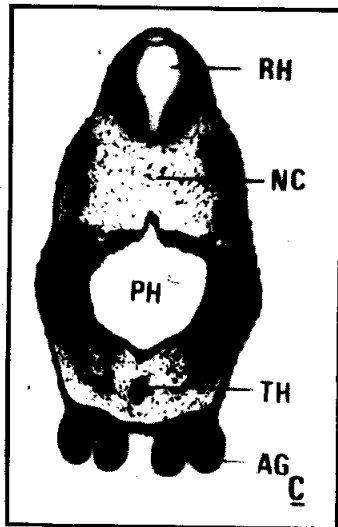
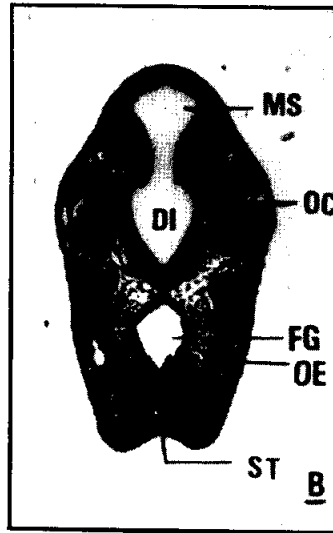
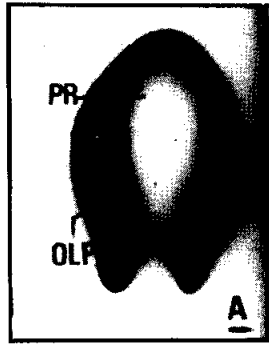
ภาพที่ 4.11 แสดงตัวอ่อนกบขนาด 7 มิลลิเมตร ตัดขวางผ่านส่วนต่าง ๆ

- A เซคชันผ่าน olfactory placode
- B เซคชันผ่าน optic cup
- C เซคชันผ่าน adhesive gland
- D เซคชันผ่าน pharynx และ gill



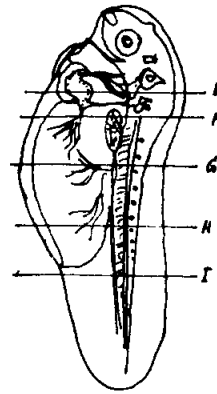
คำอธิบายประกอบภาพ

| | | | |
|----|------------------------------|-----|-------------------|
| AG | adhesive gland (oral sucker) | OE | oral evagination |
| DI | dienecephalon | OLP | olfactory placode |
| F | fore gut | OT | otoeyst |
| G | gill | PH | pharynx |
| H | heart | PR | prosencephalon |
| MS | mesencephalon | RH | rhombencephalon |
| NC | notochord | ST | stomodaeum |
| OC | optic cup | TH | thyroid gland |



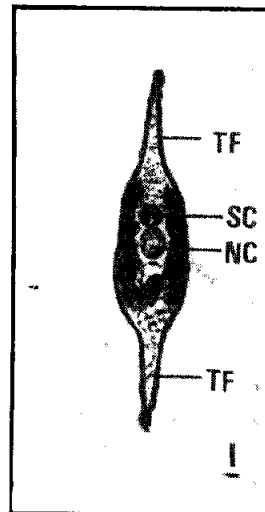
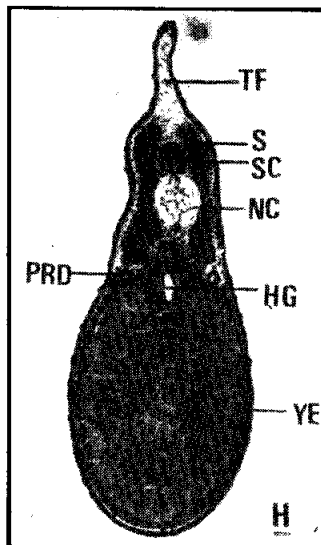
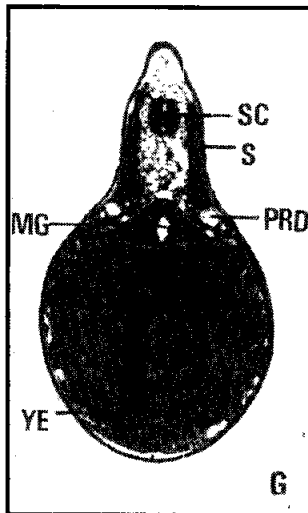
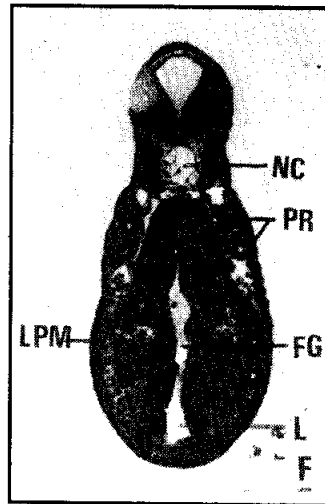
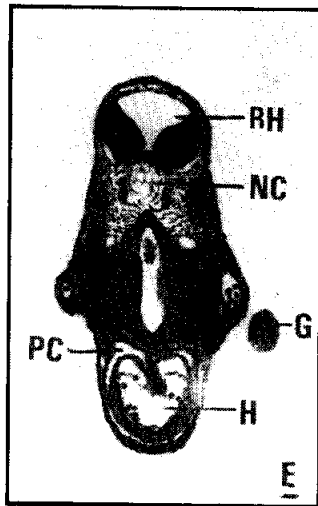
ภาพที่ 4.12 แสดงตัวอ่อนกบ ขนาด 7 มิลลิเมตร ตัดขวางผ่านส่วนต่างๆ

- E เซกชันผ่าน heart
- F เซกชันผ่าน liver
- G เซกชันผ่าน mid gut
- H เซกชันผ่าน hind gut
- I เซกชันผ่าน tail fin



คำอธิบายประกอบภาพ

| | | | |
|-----|------------------------|-----|--------------------|
| FG | fore gut | PC | pericardial cavity |
| G | gill | PR | pronephros |
| H | heart | PRD | pronephric duct |
| HG | hind gut | RH | rhombencephalon |
| L | liver | S | somite |
| LPM | lateral plate mesoderm | SC | spinal cord |
| MG | mid gut | TF | tail fin |
| NC | notochord | YE | yolky endoderm |



ตำราอ่านประกอบ

1. Balinsky, R.I. 1976. *An Introduction to Embryology*. 4th ed. Philadelphia : Saunders.
2. Brookbank, J.W. 1978. *Developmental Biology*. New York : Harper & Row.
3. Eichler, V.B. 1978. *Atlas of Comparative Embryology*. Saint Louis : CV. Mosby.
4. Freeman, W.H. and Bracegirdle, B. 1975. *An Atlas of Embryology*. 3rd ed. London : Heinemann Educational Books.
5. Lehman, H.E.1977. *Chordate Development*. Winston-Salem : Hunter.
6. Mathews, W.W. 1978. *Laboratory Studies in Animal Development*. New York : Macmillan.
7. _____ , 1982. *Atlas of Descriptive Embryology*. 3rd ed. New York : Macmillan.
8. Rugh, R. 1962. *Experimental Embryology*. 3rd ed. Minneapolis : Burgess.
9. _____ , 1977. *A Guide to Vertebrate Development* 7th ed. Minneapolis : Burgess.
10. Watterson, R.L., Schoenwolf, G.C. and Sweeney, R.M. 1979 *Laboratory Studies of Chick, Pig and Frog Embryos*. 4th ed. Minneapolis : Burgess.