

เลี้ยงคลานชั้นต่ำที่ยังมีชีวิตอยู่ เช่น ตกนกและ Sphenodon สัตว์มีกระดูกสันหลังที่มีกระดูก centrums ชนิด amphicelous นั้น มักจะยังคงมีโนโตคอร์คเหลืออยู่ตลอดความยาวของ ท่อนกระดูกสันหลัง (รูป ๙-๕) ภายใน centrums เช่น ครีมีชั้นสูงขึ้นมาจะเว้าทางคานหาง (opisthocelous เช่นใน urodeles ชั้นสูง) เว้าทางคานหน้า (procelous ใน anurans ส่วนใหญ่ และในสัตว์เลี้ยงคลานยุคใหม่) แบนราบทั้งสองคาน (acelous เช่นในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม) หรือเป็นรูปอานมาทั้งสองคาน (heterocelous เช่น ในคอของนกที่ปีกโตมาก ๆ)

บางทีก็มีกระดูก intercentrum ตั้งอยู่ระหว่าง centrums (รูป ๙-๕) Intercentrums เป็นลักษณะของ amphibians โบราณหลายชนิด (รูป ๙-๕) และของ สัตว์เลี้ยงคลานยุคแรก ๆ Intervertebral discs ของจระเข้และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม (รูป ๙-๖, D) ก็เป็นชนิดหนึ่งของ intercentrums ซึ่งมีร่องรอยของโนโตคอร์คเหลืออยู่เรียกว่า pulpy nucleus

ARCHES กระดูกที่ตั้งอยู่บน centrum คือ neural arch (รูป ๙-๖) Neural arches ที่เรียงต่อเนื่องกันโดยมีเส้นยึดไว้จะล้อมรอบท่อ vertebral (neural) canal ที่บรรจุไขสันหลังเอาไว้

กระดูกที่ติดอยู่กับ centrum อาจจะเป็น hemal arch (รูป ๙-๖ และ ๙-๗) หรือที่เรียกว่า chevron bone ใน amniote จะล้อมรอบ caudal artery และ vein พบในหางของปลา urodeles สัตว์เลี้ยงคลานส่วนใหญ่ นกบางชนิด และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมที่มีหางยาวหลายชนิด รวมทั้งแมวกวาย กระดูกเหล่านี้มักจะหายไปในการทำ โครงกระดูก

PROCESSES Processes (apophyses) คือกระดูกที่ยื่นออกมาจาก arches และ centra บางอันก็ช่วยให้ column แข็งแรงขึ้น บางอันก็ป้องกันมิให้มีการบิดมากเกินไป บางอันก็ยึดกับซี่โครง บางอันก็เป็นที่ยึดของกล้ามเนื้อ Transverse processes (diapophyses) พบมากที่สุด มันยึดอยู่กับฐานของ neural arch (บางทีก็ยึดกับ centrum) และยื่นออกทางคานข้างเข้าไปในเนื้อเยื่อที่อยู่ในแนวระดับระหว่าง dorsal (epaxial) และ ventral (hypaxial) muscles (รูป ๙-๖)

Parapophyses (ถ้ามี) จะยึดกับหัวอันล่างของซี่โครงที่มี ๒ หัวของสัตว์สี่เท้า (รูป ๗-๒๒, B) สัตว์สี่เท้าจะมี prezygapophyses ที่มักจะยื่นออกจาก neural arch ไปทางหัวคู่หนึ่ง และ postzygapophyses ที่ยื่นไปทางหางอีกคู่หนึ่ง (รูป ๗-๒๓) ซึ่งทั้ง ๒ คู่นี้ต่างก็ยึดกันไว้ ทำให้การงอและการบิดของท่อนกระดูกสันหลังถูกจำกัดลง นอกจากนี้แล้วยังมี processes อื่น ๆ เกิดขึ้นใน classes ทาง ๆ ของสัตว์มีกระดูกสันหลังอีก

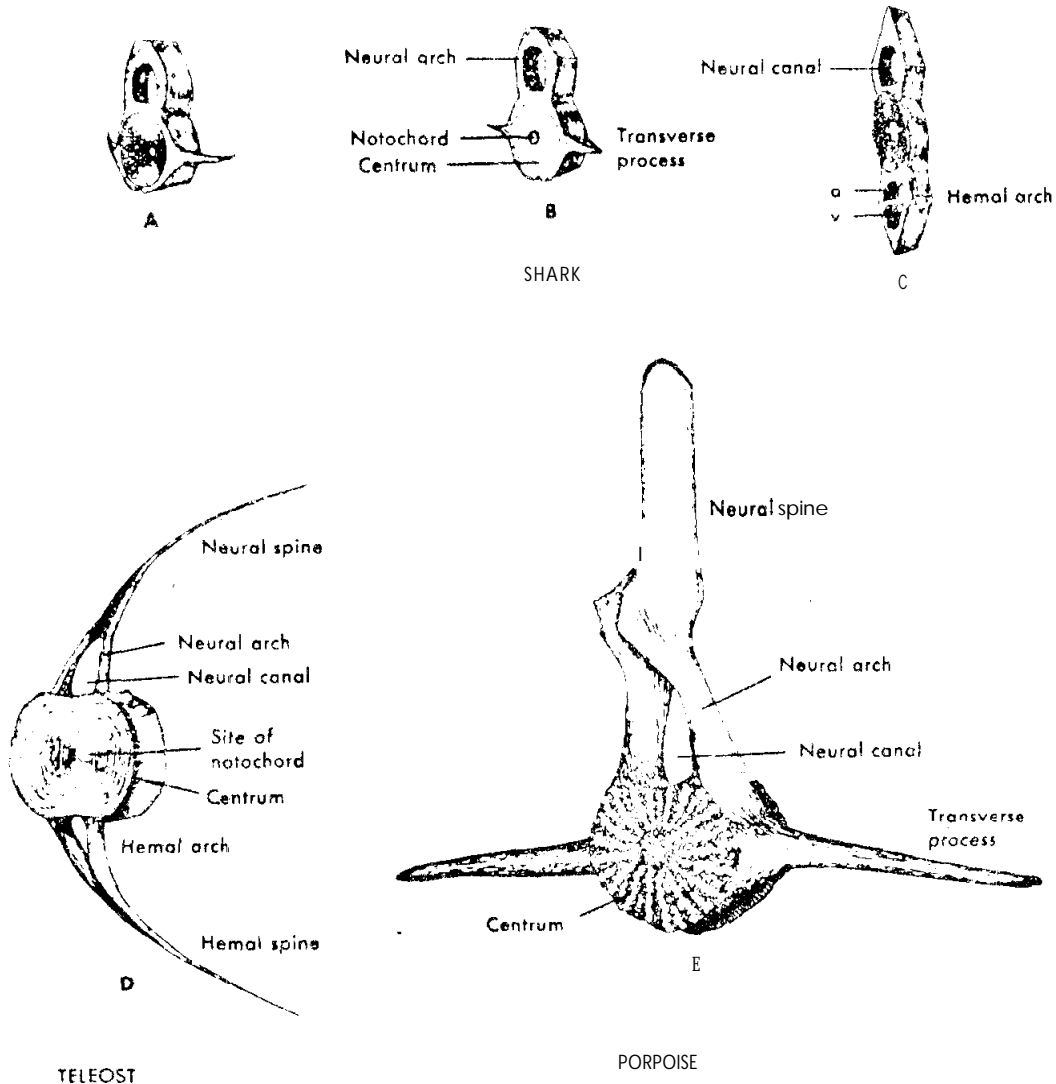


Fig. 7-1. Selected vertebrae from a cephalic view. **A**, Trunk vertebra of a shark. **B**, Section of trunk vertebra at the middle of a centrum. **C**, Tail vertebra of a shark. **D**, Tail vertebra of a teleost. **E**, Lumbar vertebra of a porpoise. The illustrated fish centra are amphicelous; the porpoise centrum is acelous. **a**, Canal for caudal artery; **v**, canal for caudal vein.

การเกิดเป็นรูปร่าง (morphogenesis) ของข้อกระดูกสันหลัง ข้อกระดูก

กระดูกสันหลังที่เป็นแบบฉบับนั้น ประกอบด้วย centrum และ neural arch ที่เกิดมาจากการรวมกลุ่มของ mesenchyme cells ที่เคลื่อนตัวออกมาจาก sclerotomes ของ mesodermal somites แล้วมาล้อมรอบโนโตคอร์ดและ neural tube (รูป ๗-๔) เซลล์จะมารวมกลุ่มกันเป็นระยะ ๆ ไป และเซลล์แต่ละกลุ่มนั้นมาจาก somites ๒ อันที่อยู่ติดกัน

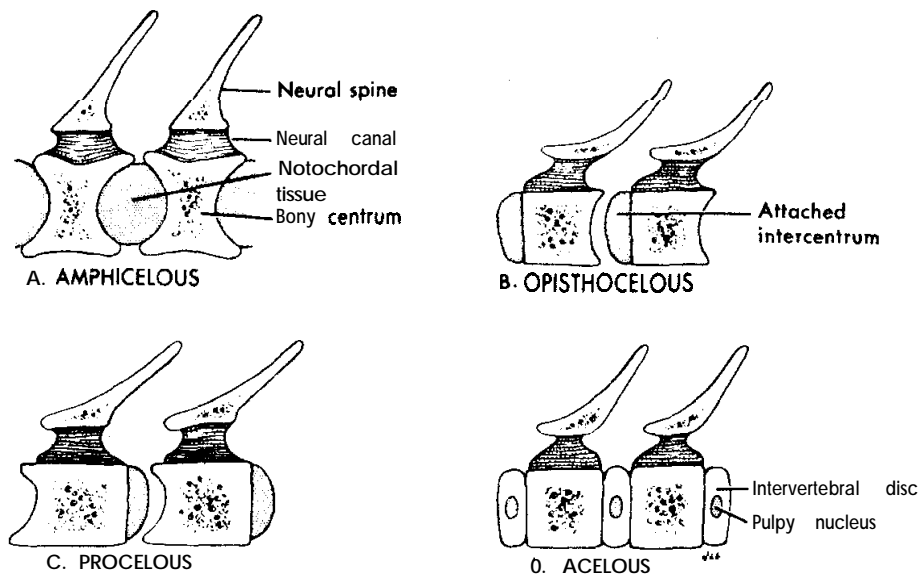


Fig. 7-2. Vertebral types based on shape of articular surfaces and shown in longitudinal sections. The pulpy nucleus is a notochordal remnant.

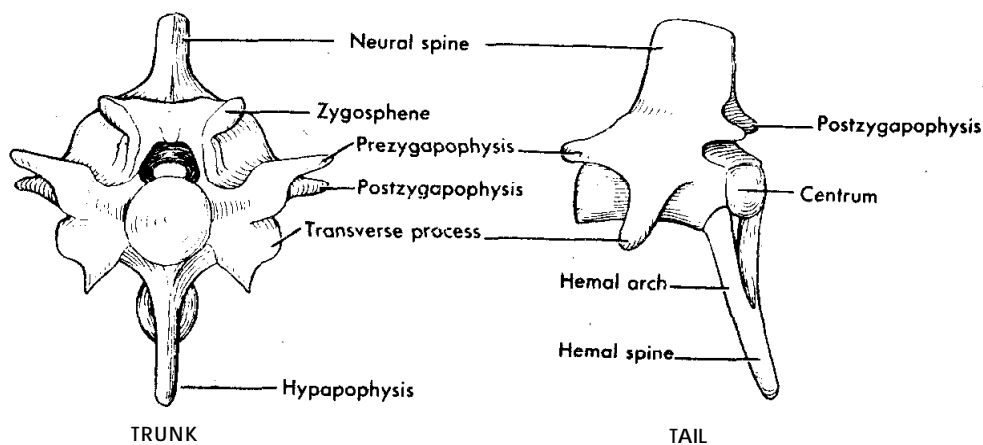


Fig. 7-3. Python vertebrae, cephalic and lateral views.

เมื่อ mesenchyme cells มารวมกลุ่มกันอย่างพอเพียงแล้ว มันจะกลายเป็นกระดูกอ่อนของ centrum (ซึ่งอาจจะแทนที่ในโตคอร์คหมคหรือไม่หมคก็ได้) และ neural arches ต่อมากระดูกอ่อนจะถูกแทนที่โดยกระดูก ยกเว้นพวกปลากระดูกกรวย แต่อย่างไรก็ตาม ในปลากระดูกแข็งหลายชนิด apodans และ amphibians ที่มีหาง กระดูกจะเกิดใน mesenchyme โดยตรง ดังนั้นจึงข้ามขั้นกระดูกอ่อนไป Hemal arches (ง้าม) เกิดมาจาก mesenchyme ที่มารวมกลุ่มกันอยู่รอบ ๆ caudal artery และ vein

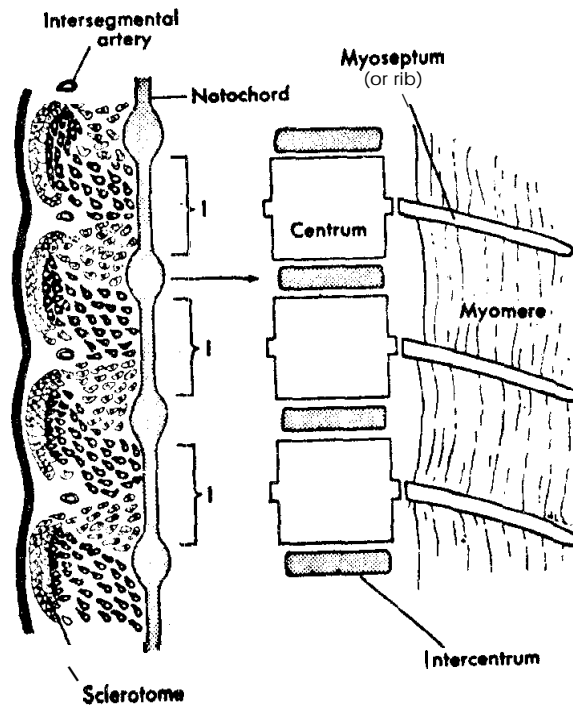


Fig. 7-4. Migration of scleral cells to an intersegmental position (I) around notochord prior to formation of centra and intercentra. Cells (shown light and dark) from two successive somites produce each centrum. Intercentra (intervertebral discs in mammals) may contain remnants of notochord.

เซลล์ของ sclerotome ที่กำลังเคลื่อนที่จำนวนหนึ่งอาจจะแทรกเข้าไปในโนโตคอร์คและกลายเป็น chordal cartilage อยู่ภายในโนโตคอร์คและปลอกหุ้มของมัน ดังนั้น centra จึงอาจประกอบด้วยส่วนที่เป็นทั้ง perichordal และ chordal ซึ่งส่วนหลังที่เป็นกระดูกอ่อนเช่นนี้พบในปลาฉลาม Centra ของ urodeles และ apod-

ans เต็มวัยจะมี chordal cartilage พอ ๆ กับ perichordal membrane bone Centrums ของ anuran มี replacement bone ที่มีจุดกำเนิดมาจากทั้ง chondral และ perichordal การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ อาจจะมีความสำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของบรรพบุรุษ (phylogenetic relationships)

การสร้างกระดูกอ่อนโดยเซลล์ของ sclerotome นั้น เพราะถูกกระตุ้น (เป็นบางส่วน) โดยตัวส่งเสริมกระดูกอ่อนที่ออกมาจากไขสันหลัง ไขสันหลังจากไก่ที่อยู่ในชั้นการเจริญเติบโตที่เหมาะสมถูกนำมาใส่ใน tissue culture ร่วมกับเซลล์ของ somite จะเหนี่ยวนำให้เกิดการสร้างกระดูกอ่อนขึ้นโดยเซลล์ของ somite เซลล์ที่เป็นผลของโนโตคอร์คก็มีพฤติกรรมเช่นเดียวกันนี้ ได้มีการตั้งสมมุติฐานกันไว้ว่าเซลล์ของ somite จะยังไม่สามารถสังเคราะห์ chondroitin sulfate (สารที่เป็นโครงแข็งของกระดูกอ่อน) ได้ จนกว่าจะมาอยู่ที่ต่อติพิทของตัวส่งเสริมกระดูกอ่อน

ท่อนกระดูกสันหลังของปลา ท่อนกระดูกสันหลังของปลาระบุกลุ่ม ไม่ใช่เป็นแบบฉบับของปลา แต่ทำให้เราเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกระดูกสันหลังกับโนโตคอร์คเดิม ท่อนกระดูกสันหลังของปลาระบุกลุ่ม มีความแตกต่างกันออกไปมากในระหว่างครอบครัวต่าง ๆ ตั้งแต่การเป็นท่อนกระดูกอ่อนอย่างง่าย ๆ ที่เกิดขึ้นในปลอกของโนโตคอร์ค จนถึงสภาพที่เป็นข้อ ๆ ที่ซับซ้อนขึ้นอีกมากในปลาฉลาม แม้แต่ภายในตัวเดียวกัน ส่วนต่าง ๆ ของท่อนกระดูกสันหลัง เช่น ส่วนลำตัวคานหัว ส่วนลำตัวคานหาง ฐานของหาง ฯลฯ ก็ยังมีรูปร่างแตกต่างกัน ท่อน

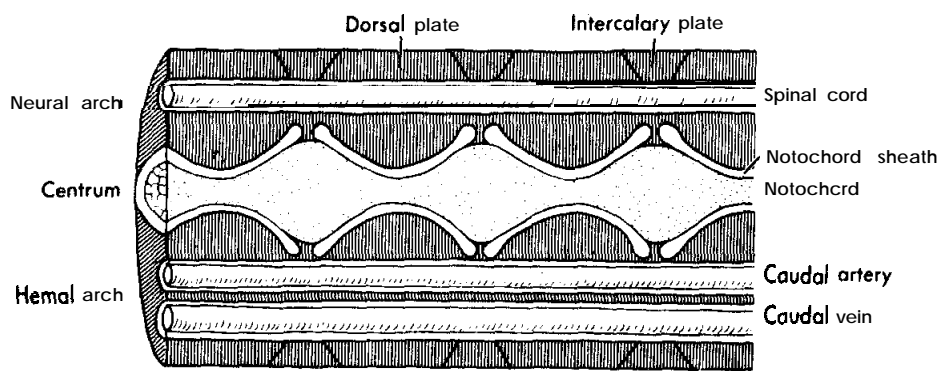


Fig. 7-5. Caudal vertebral column of *Squalus*, sagittal section. The notochord is constricted within each amphicelous centrum.

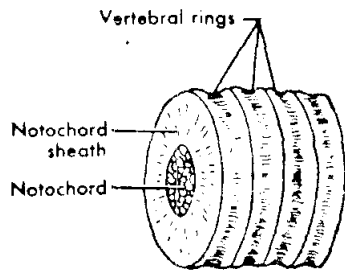


Fig. 7-6. Calcified cartilaginous notochordal rings typical of some Holocephali. The rings are more numerous than the somites. The neural and hemal arches are not illustrated.

กระดูกสันหลังของปลาฉลามหมุนิวัวเป็นแบบ
 ผนังของปลากระดูกกลมโคที่เคียว ไม่มีข้อ
 คอระหว่างข้อกระดูกสันหลัง แต่ยังคงงอได้
 และมีช่วยค้ำจนโคดีกว่าการมีโนโตคอร์ดแค่
 เพียงอย่างเคียวแน่นอน ท่อนกระดูกสัน-
 หลังประกอบด้วยข้อกระดูกสันหลังชนิด amph-
 celous ซึ่งระหว่างปลายทั้งสองของข้อที่
 อยู่ติดกัน โนโตคอร์ด(ซึ่งเป็นแท่งคองเนื่องโดย
 ทลอค)จะขยายออกมาก (รูป ๗-๕)

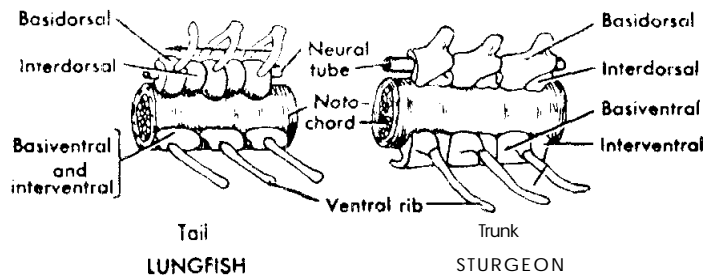


Fig. 7-7. Vertebral components in adult *Neoceratodus* (lungfish) and *Acipenser* (sturgeon). The notochord sheath is invaded by cartilage. Arrow in tail of lungfish indicates canal occupied by a longitudinal ligament. The neural canal is more ventrad, surrounded by basidorsals and interdorsals.

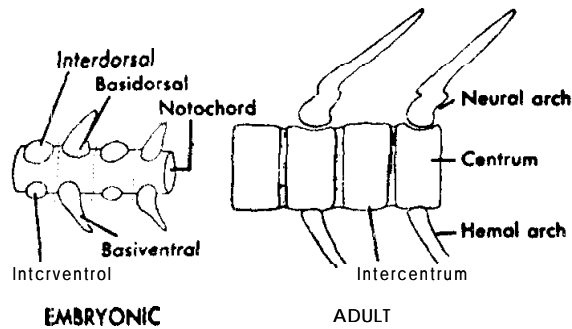


Fig. 7-8. Diplospondyly in tail of *Amia*. A centrum and intercentrum develop for each body segment. Basidorsals and basiventrals contribute to centrams, Interdorsals and interventrals contribute to intercentrums

Neuralaarches ประกอบด้วย dorsal plates ซึ่งเทียบได้กับ neural arches ของสัตว์มีกระดูกสันหลังที่มีกระดูกแข็ง และ intercalary plates ซึ่งเชื่อมอยู่ระหว่าง dorsal plates ใต้อย่างพอดี ซึ่งทำให้ neural canal เป็นท่อปิดโดยสมบูรณ์ Hemal arches ก็มีส่วประกอบเช่นเดียวกันนี้ ทางด้านหัว กระดูกอ่อนของท่อนสันหลังจะติดต่อกันโดยตรงกับของ neurocranium โดยไม่เป็นข้อ (ปลากระดูกกรูบบางชนิดมีข้อเช่นนี้) ในทางมีกระดูกสันหลัง ๒ ข้อต่อ ๑ ปล้องซึ่งเป็นสภาพที่เรียกว่า diplospondyly Centrams ประกอบด้วยกระดูกอ่อนชนิด chordal พอ ๆ กับชนิด perichordal

ในการยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงภายใน class Chondrichthyes เราจะใช้ปลา holocephalans ปลาเหล่านี้บางชนิด การเกิดกระดูกอ่อนภายในปลอกโนโตคอร์คจะเปลี่ยนปลอกไปเป็นท่อนกระดูกสันหลังที่ประกอบด้วยวงกระดูกอ่อนที่ถูก calcified และจำนวนวงนี้จะมากกว่าจำนวนปล้องของร่างกายมาก (รูป ๗-๖) แต่โนโตคอร์คไม่มีการคอดสัมพันธ์กับการวม มี dorsal และ intercalary plates อยู่ ๑ คู่ในแต่ละปล้อง

ลักษณะพื้นฐานของท่อนกระดูกสันหลังของปลากระดูกกรูบ จะพบโคทัวไปในปลากระดูกแข็งทั้งหมด ลักษณะเหล่านี้ได้แก่ การเกิดของโนโตคอร์คแรกเริ่ม การมีปลอกหุ้ม และการรุกเข้าไปในโนโตคอร์คของ scleral mesenchyme และการเกิดของ arches ที่เป็นกระดูกอ่อนภายใน mesenchyme นี้ processes และ centrams ที่ประกอบด้วย ๑ หรือ (ในปลาที่ต่ำกว่านี้) มากกว่า ๑ ส่วน ข้อแตกต่างพื้นฐานมี ๒ ประการคือ กระดูกอ่อน-

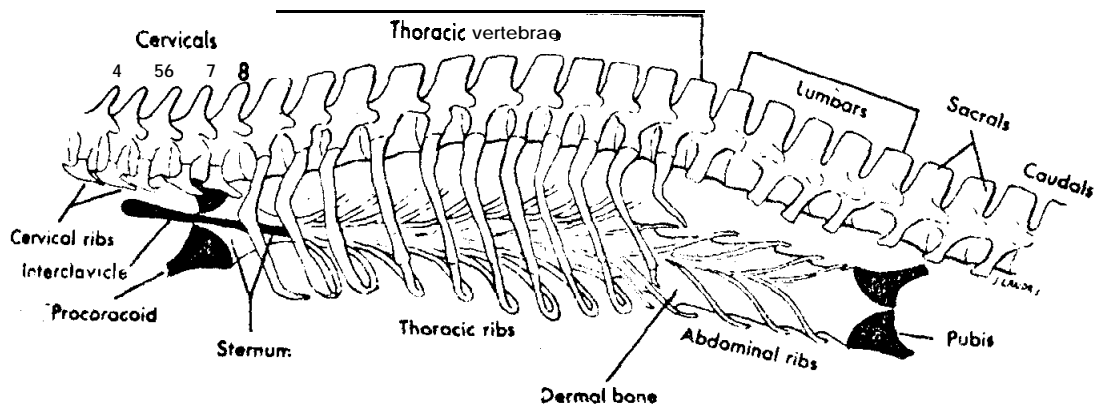


Fig. 7-9. Cervical, thoracic, and vestiges of abdominal ribs (gastralia) of an alligator.

ถูกแทนที่เพียงบางส่วนหรือทั้งหมดโดยกระดูกในปลากละกุกแข็ง และกระดูกสันหลังแต่ละข้อมักจะแยกออกจากกันอย่างเด่นชัด ลักษณะหนึ่งของปลากละกุกแข็งที่แตกต่างออกไปและจำต้องกล่าวถึงก็คือ ส่วนใหญ่ของ central เกิดมาจาก intramembranous ossification ภายใน perichordal mesenchymal blastema แต่จะตองจำไว้ว่าปลากละกุกแข็งนั้นอยู่ตรงเกือบจะปลายสุดของกิ่งของ "ต้นไม้" ประวัติวิวัฒนาการ (phylogenetic "tree")

ปลากละกุกแข็งมีข้อกระดูกสันหลังที่เป็นกระดูกโดยสมบูรณ์ชนิด amphicelous โนโตคอร์คยังคงมีอยู่ภายในแต่ละข้อ (รูป ๙-๑) แต่มักจะหดไปมาก และจะแคบอยู่ตรงระหว่าง centrum ซึ่งเป็นแหล่งที่ปลอกโนโตคอร์คจะสร้างเอ็นที่แข็งแรงระหว่างข้อ Neural arch จะติดอยู่กับ centrum แต่ละข้อยกเว้นที่ปลายหาง และมี hemal arches เกิดขึ้นในบริเวณหาง ไม่บ่อยนักที่ arches จะแยกออกจาก centnums. Neural spines มักจะยาวมาก และข้อคอ ๆ ภายอาจจะเชื่อมกันในบริเวณคานหางของลำตัวและในหางเพื่อเกิดเป็นท่อนกระดูกเล็ก ๆ และยาวนานไปกับท่อนกระดูกสันหลัง ในปลากละกุกแข็งชั้นต่ำจะมี neural spines ปลายที่ ซึ่งอาจมีกระดูกปลายแหลมที่เรียกว่า supraneural bones ตั้งอยู่บนปลายท่อน มี processes ต่าง ๆ ขึ้นออกจาก centnums และ arches แล้วไปยึดกับ processes แบบเดียวกันที่ขึ้นออกมาจากข้อกระดูกสันหลังข้างเคียง ส่วนใหญ่แล้ว processes เหล่านี้ไม่อาจจะเปรียบเทียบกันของสัตว์สี่เท้าได้

ในปลากละกุกแข็งเก่าแก่ที่ยังมีชีวิตอยู่ในปัจจุบัน เช่น sturgeons, spoonbills, Latimeria และในปลาหมึกยุคใหม่ จะไม่มี centrum ที่สมบูรณ์แบบ (รูป ๙-๑) มีโนโตคอร์คที่ไม่ห่อตัวตลอดร่างกาย และกระดูกอ่อนที่เกิดอยู่ภายในปลอกโนโตคอร์คช่วยให้แข็งแรง ที่ติดอยู่บนแต่ละข้าง (และเฉียงลงข้างล่าง) ของโนโตคอร์คในแต่ละปล้องคือกระดูกอ่อน basiventral และ interventral และที่ยึดอยู่เหนือโนโตคอร์คซึ่งเป็นส่วนของ neural arches คือกระดูกอ่อน basidorsal และ interdorsal ไม่เป็นที่แน่ใจว่าสภาพเช่นนี้จะเป็นสภาพที่คึกคะหนุกเจริญเติบโต หรือเป็นการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก ในปลา Amia ซึ่งเป็นปลากละกุกแข็งเก่าแก่ที่ยังมีชีวิตอยู่อีกชนิดหนึ่ง จะมี amphicelous discs ๒ อันคือ centrum และ intercentrum ล้อมรอบโนโตคอร์คในแต่ละปล้องของร่างกาย (รูป ๙-๒) Centrum เท่านั้นที่มี neural และ hemal arches

ปลาที่ไม่มีขากรรไกร (Agnatha) นอกจาก lateral neural cartilages ที่ได้อธิบายไว้ในรูปที่ ๑-๕ แล้ว ปลาที่ไม่มีขากรรไกรจะไม่มีสารแข็งใด ๆ จักถือว่าเป็นระยะ ๆ คือกัมโบโนโตคอร์คของมันอีกเลย Lateral neural cartilages ทางด้านบนของปลาปากกลมจะเชื่อมกันเป็นแผ่นกระดูกอ่อน • แผ่น ซึ่งจะเป็นรู ๆ เพื่อเป็นทางออกของเส้นประสาทสันหลัง ปลาปากกลมบางชนิดมี lateral neural cartilages ๒ คู่ ในแต่ละปล้อง Lateral neural cartilages ของปลา hagfish จะจำกัดอยู่เฉพาะบริเวณทางส่วนหลัง

Lateral neural cartilage อาจจะเป็นข้อกระดูกสันหลังที่เหลือเป็นร่องรอย หรือข้อกระดูกสันหลังชั้นต่ำ หรืออาจจะไม่มีความสัมพันธ์ทางด้านบนกับข้อกระดูกสันหลังก็ได้ ใครจะเรียกสิ่งเหล่านี้ว่า "ข้อกระดูกสันหลัง" หรือไม่นั้น ย่อมขึ้นอยู่กับคำจำกัดความของข้อกระดูกสันหลังที่เราชอบ แล้วของทานละคืออะไร?

ท่อนกระดูกสันหลังของสัตว์สี่เท้า การวิวัฒนาการมามีชีวิตอยู่บนบกนั้น ได้มีการเปลี่ยนแปลงของโครงกระดูกส่วนกลางเกิดขึ้น และคำว่า trunk และ caudal vertebrae จึงไม่พอใช้สำหรับท่อนกระดูกสันหลังของสัตว์สี่เท้า ขาของสัตว์สี่เท้าเหยียดตรงลงดินและแรงย่นที่เกิดขึ้นจะถูกนำไปสู่กระดูกสันหลังส่วนลำตัวข้อท้าย ๆ โดยทางกระดูกรองรับขาหลังที่ขยายกว้างออก ข้อกระดูกสันหลังส่วนนี้เรียกว่า sacral vertebrae สัตว์มีกระดูกสันหลังที่อาศัยอยู่บนบกยังมีการเคลื่อนไหวส่วนคอได้มากขึ้นด้วย อันนี้กระทำได้โดยการลดความยาวของซี่โครงที่ติดอยู่กับข้อกระดูกสันหลังที่อยู่ส่วนหน้า กระดูกเหล่านี้เรียกว่า cervical vertebrae ข้อกระดูกสันหลังส่วนลำตัวที่เหลือเรียกว่า dorsals สัตว์ครึ่งน้ำครึ่งบกเป็นสัตว์สี่เท้าพวกแรกที่มีการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ และท่อนกระดูกสันหลังของมันประกอบด้วย cervical • ข้อ dorsals จำนวนต่างกัน sacral • ข้อ และ caudals จำนวนต่างกัน กระดูกชนิดหลังนี้ (กระดูกหาง) จะไม่มีในพวก anurans. ในจระเข้ lizards นกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทั้งหมด กระดูก dorsals จะกลายเป็น thoracic vertebrae ซึ่งมีซี่โครงยาว และ lumbar vertebrae ซึ่งมีซี่โครงสั้นลงมากหรือไม่มีเลย (รูป ๓-๕)

บริเวณคอ สัตว์ครึ่งน้ำครึ่งบกมีกระดูกคอเพียงข้อเดียว จำนวนจะเพิ่มขึ้น-

ในสัตว์เลื้อยคลาน และเพิ่มขึ้นไปอีกในนก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมจะมีจำนวนพอ ๆ กับของ สัตว์เลื้อยคลาน (ตาราง ๙-๑) ส่วนคอของนกเคลื่อนไหวได้เป็นพิเศษ นกหลายชนิดสามารถหันหัวได้เกือบกลับหลัง สามารถก้มหัวได้ต่ำกว่าระดับพื้นของมัน และสามารถบิคอให้เป็นคลื่นได้ ความสามารถพิเศษนี้มีประโยชน์มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการกินอาหาร การ-

Table Y-I. Number of vertebrae in selected tetrapods

	CERVICAL	DORSALS OR		SACRAL	
		THORACIC	LUMBAR		
Anura	1	7		1	Urostyle
Salamander	1	10			24
Lizard (<i>Lacerta</i>)	8	22		2	Numerous
Painted turtle	8	10		2	25 to 30
Alligator	9	10*	5 to 6	2	34 to 40
Pigeon	12 to 14	5	6	2	15
Mammals	6-9	9 to 25	5 to 8	3 to 5†	3 to 50
Horse	7	18 to 20	6	5	15 to 21
Opossum	7	13	6	2	19 to 35
Hamster	7	13	6	4	13 to 14
Sheep	7	13	6 to 7	4	16 to 18
Cat	7	13	7	3	18 to 25
Dog	7	12 to 13	7	3	19 to 23
Rabbit	7	12	7	4	16+
Man	7	12	5	5	3 to 5
Bat	7	11	5	5	9
Sperm whale	7	11	8	0	24

*Or 8 C and 11 T, depending on the definition of thoracic.
†Except cetaceans with none.

ที่นกสามารถบิคอได้มากเพราะกระดูกคอเป็นแบบ heterocelous นั่นคือปลายค่านหางของ ซอกกระดูกคอเป็นรูปอานม้า โดยมีส่วนบนอยู่ในแกนขวา-ซ้าย และส่วนเว้าอยู่ในแกนบน-ล่าง ปลายค่านหัวของ centrum อันถัดไปจะเข้ากันได้พอดี จำนวนของซอกกระดูกคอจะแตกต่างกันไปแล้วแต่นิกของนก คออินทรีของห่านมีกระดูกคอ ๒๕ ซอก

สัตว์เลื้อยคลาน นก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม กระดูกคอสองซอกแรกจะเปลี่ยนไปเพื่อให้หัวเคลื่อนไหวได้หลายทิศทาง ซอกแรกสุด(atlas) มีรูปร่างแบน (รูป ๙-๑๐) เพราะว่า centrum ส่วนใหญ่ของมันได้แยกออกไป มันยึดกับกะโหลกในซอก condyloid ซึ่งมีผิวที่อาจจะรองรับกะโหลกได้พอดี ส่วนของ centrum ที่แยกออกมาจาก atlas จะ-

ไปติดอยู่กับกระดูกคอข้อที่สอง (axis) ในรูปของ odontoid process ซึ่งจะยื่นไปข้างหน้าไปวางอยู่บนพื้นของ atlas (รูป ๙-๑๑) สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม กะโหลกและ atlas นั้นเหมือนกับเป็นหน่วยเดียวกันที่ตั้งอยู่บน odontoid process ในลักษณะการสันหน้าว่า "ไม้" (กะโหลกและ atlas ยึดกันในลักษณะการพยักหน้าว่า "ไร่") ในสัตว์เลื้อยคลานที่สูญพันธุ์แล้วจำนวนมาก และในจระเข้ Sphenodon และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมที่พบยากชนิดหนึ่ง จะมี neural arch เพิ่มขึ้นอีกชั้นหนึ่งคือ proatlas ซึ่งอยู่ระหว่าง atlas และ กะโหลก (รูป ๙-๑๒) ไคเสนอนแนะกันว่ากระดูกชั้นนี้อาจจะเป็น neural arch ของกระดูกสันหลังข้อแรกที่ต่ำสุดซึ่ง centrum ของมันโคกลายเป็น occipital condyle ที่ไม่มีคูของสัตว์เลื้อยคลานชั้นต่ำ กระดูกชั้นนี้เป็น membrane bone มันบรรจุอยู่ในช่องว่างระหว่างกะโหลกและ atlas ใน lizard ที่ชื่อว่า Lacerta ช่องว่างนี้เป็นเขี้ยว

สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมเกือบทั้งหมดมักจะมีกระดูกคอ ๗ ข้อ (ตาราง ๙-๑) อันนี้เป็นจริงทั้งในคอที่สั้นหนาของปลาวาฬและในคอที่ยาวของยีราฟที่สูงที่สุด พวกที่ยกเว้นได้แก่ edentates ซึ่งมี ๖, ๘, หรือ ๙ ข้อ และพะยูนมี ๖ ข้อ ตัวคนมีกระดูกคอที่เชื่อมเป็นเนื้อเดียวกัน หลายข้อซึ่งอาจจะให้ความแข็งแรงแก่คอเพื่อชก ในปลาวาฬและ armadillos ไม่มีลักษณะภายนอกของส่วนคอ และกระดูกคอทั้งหมดนั้นสั้นและเชื่อมกันไม่มากนัก

กระดูกคอในนกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมจะมีช่อง transverse foramen อยู่ระหว่างหัว(ที่เป็นร่องรอย)ทั้งสองของซี่โครงคอที่เชื่อมกับ transverse processes (รูป ๙-๑๐) ช่องเหล่านี้ยู่ติด ๆ กันไปจึงเกิดเป็นท่อที่เรียกว่า vertebral canal ซึ่งเป็นทางผ่านของ vertebral artery และ vein

Sacrum และ synsacrum กระดูก sacral จะมี transverse processes ที่สั้นหนา ซึ่งยึดกระดูกของรยางค์หลังและขาหลังไว้กับท่อนกระดูกสันหลัง (รูป ๙-๑๓) สัตว์ครึ่งน้ำครึ่งบกมีกระดูก sacral เพียงข้อเดียว สัตว์เลื้อยคลานที่ยังคงอยู่ทั้งหมดและนกส่วนใหญ่มีเพียง ๒ ข้อ กระดูก sacral ใน amniotes มักเชื่อมเป็นเนื้อเดียวกันเพื่อเป็นกระดูกชั้นเดียว(ที่มีหลายข้อ)เรียกว่า sacrum (รูป ๙-๑๐, sacrum, และ ๙-๑๔) Sacrum จะไม่มีในปลาวาฬ ซึ่งเป็นสภาพที่สัมพันธ์กับการที่ไม่มีขาหลังและกระดูกของรยางค์หลัง

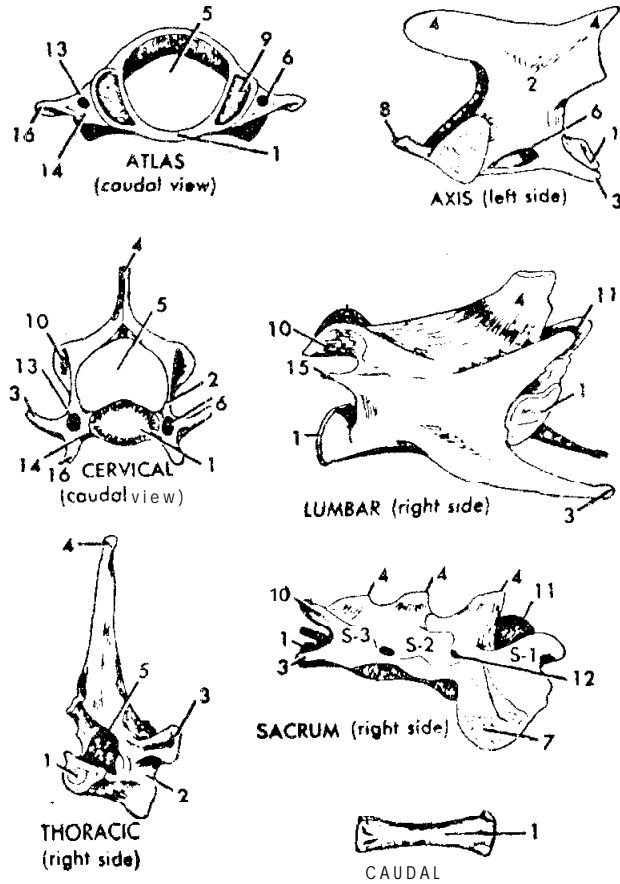


Fig. 7-10. Cat vertebrae. 1, Centrum 2, pedicle, 3, transverse process; 4, neural spine; 5, neural canal; 6, transverse foramen; 7, site of articulation with ilium, 8, odontoid process, 9, articular facet for axis; 10, postzygapophysis, 11, prezygapophysis; 12, intervertebral foramen; 13, diapophysis; 14, parapophysis; 15, accessory process, 16, vestige of a cervical rib with two heads, one fused with a diapophysis, the other with a parapophysis to form the transverse foramen; S-1, S-2, S-3, sacral vertebrae

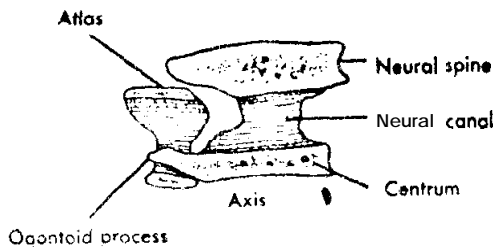


Fig. 7-11. First two cervical vertebrae of a cat, sagittal sections. Much of the centrum of the atlas has become attached to the axis as an odontoid process.

ในนก กระดูกสันหลังส่วนอกข้อสุดท้าย กระดูกสันหลังคอกระดูกกระเบนเหน็บสองข้อ(สามข้อในนกกระจอกเทศ) และกระดูกหาง ๒๓ ข้อแรก จะรวมกันเป็นกระดูกของนกเต็มวัยชิ้นหนึ่งเรียกว่า **synsacrum** (รูป ๗-๑๕ และ ๗-๑๖) กระดูกขนนกจะ-

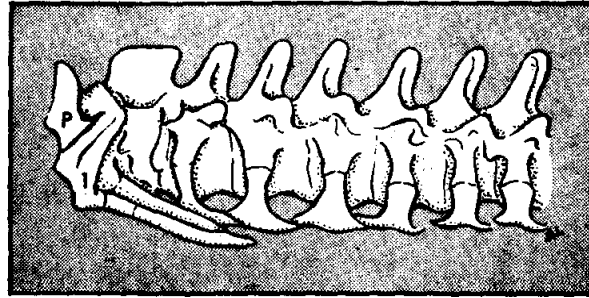


Fig. 7-12. The eight cervical vertebrae, eight cervical ribs, and proatlax, P, of an alligator, left lateral view. A, Atlas and attached first rib. Immediately behind the first rib is the rib of the AXIS.

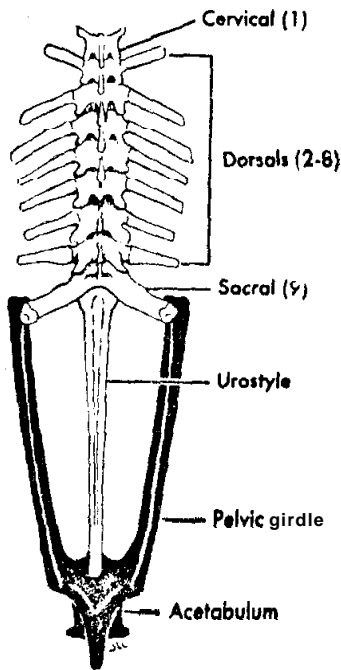


Fig. 7-13. Vertebral column and pelvic girdle (black) of a frog. The transverse processes include short ribs.

เชื่อมกับกระดูกรองรับขาหลัง ไม่มากนัก
 transverse processes ของขอกกระดูกสันหลังของ synsacrum อาจจะมีพบเห็นในภาพคานกลาง (รูป ๗-๑๓) จำนวนของขอกกระดูกสันหลังใน synsacrum จะแตกต่างกันไป ความปกติจะมีจำนวน ๑๒-๑๔ ขอนขึ้นไป Synsacrum เป็นโครงสร้างแข็งสำหรับการเดินสองขาของนก นอกจากจะมีการเชื่อมเป็นเนื้อเดียวกันของกระดูก synsacrum แล้ว ขอกกระดูกสันหลังส่วนอกที่อยู่ข้างหน้า synsacrum ของนกก็จะเชื่อมกันอย่างสมบูรณ์ไม่มากนักด้วยเช่นกัน ดังนั้น หอนกระดูกสันหลังของพวกนกที่อยู่ถัดจากคอไป คสอจึงเคลื่อนไหวได้น้อยมาก

มีที่แตกต่างออกไปอย่างหนึ่งคือ ขอกกระดูกหางส่วนหน้าของ armadillos จะเชื่อมกับ sacrales เพื่อเป็น synsacrum

ที่มี ๑๓ ข้อ นอกจากนั้นยังมีการเชื่อมกันในระหว่างข้อของกระดูกคอของสัตว์ชนิดนี้อีกด้วย การเชื่อมกันในบริเวณทั้งสองของท่อนกระดูกสันหลังดังกล่าวนี้ เป็นการเชื่อมกันระหว่าง neural arches ควบกัน, hemal arches ควบกัน, และ centra ควบกัน

บริเวณหาง ในสภาพขั้นต่ำ กระดูกสันหลังส่วนหางของสัตว์สี่เท้าอาจมีจำนวน ๕๐ ข้อหรือมากกว่า แต่ในสัตว์สี่เท้ายุคใหม่จำนวนจะลดลงมาก ยิ่งใกล้ปลายหางเข้าไปเท่าไร arches และ processes จะยิ่งค่อย ๆ สั้นลง ๆ จนในที่สุดข้อท้าย ๆ จะเหลือ

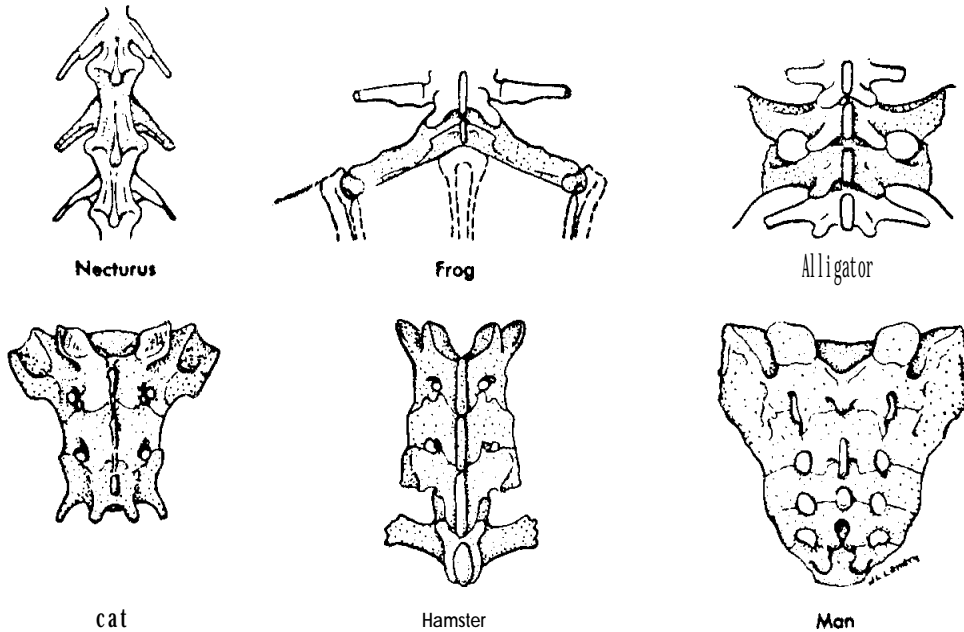


Fig. 7-14. Sacral vertebrae (stippled) of selected vertebrates, dorsal views. The sacral vertebrae have ankylosed to form a sacrum in the amniotes illustrated.

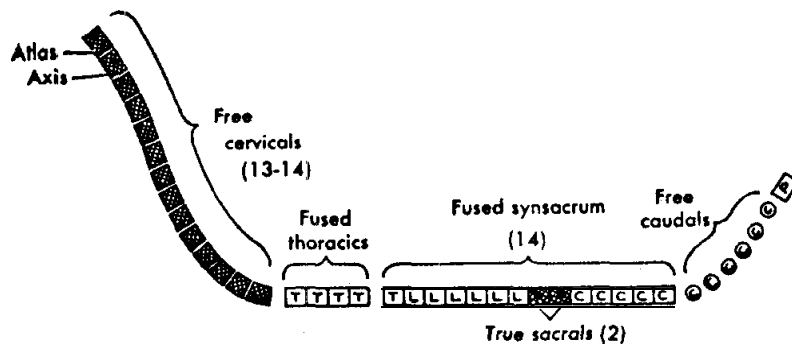


Fig. 7-15. Vertebral column of pigeon, diagrammatical. T, Thoracic; L, lumbar; C, caudal; P, pygostyle.

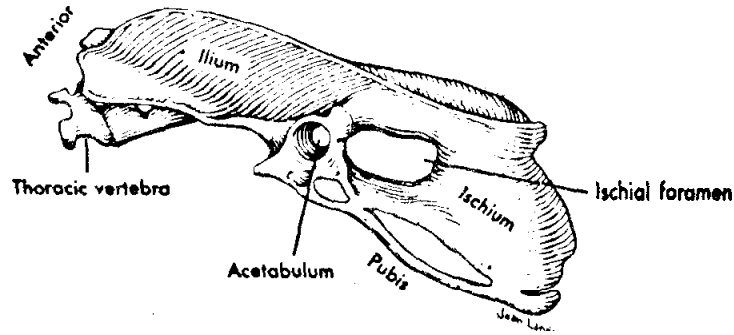


Fig. 7-16. Synsacrum and pelvic girdle of the guinea hen, left lateral view.

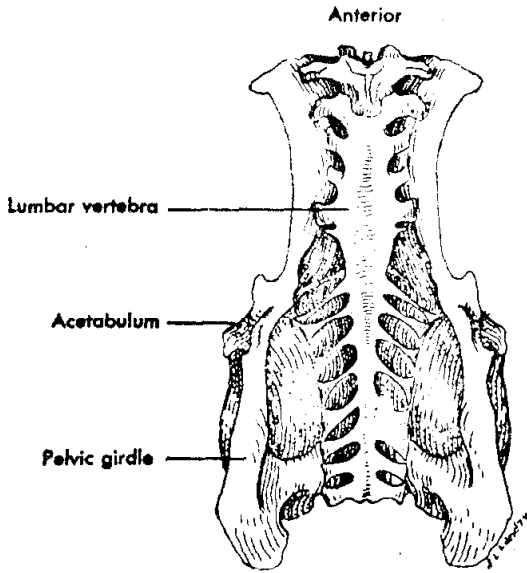


Fig. 7-17. Synsacrum and pelvic girdle of the guinea hen, ventral view.

centrum รูปทรงกระบอกขนาดเล็ก ๆ แต่เพียงอย่างเดียว (รูป ๗-๑๔)

Anurans มีท่อนกระดูกสันหลังข้อสุดท้ายเป็นเอกลักษณ์ เรียกว่า urostyle (รูป ๗-๑๓) ในบางสปีชีส์ปลายคานหัวของ urostyle จะเชื่อมกับ centra ที่มี arches, transverse processes, และช่องออกของเส้นประสาท เหลือเป็นเพียงร่องรอย จำนวนหนึ่งข้อหรือมากกว่า Urostyle เกิดมาจากท่อนกระดูกอ่อนที่ต่อเนื่องล้อมรอบใน-

โคคอर्डส่วนหาง และเหมือนกับท่อนกระดูกอ่อนชนิด perichordal ที่โตมรรยายไว้ก่อนแล้ว ซึ่งเป็นท่อนกระดูกสันหลังของปลากระดูกนุ่มแต่มีขั้วบางชนิด มันเป็นส่วนที่ไม่แบ่งเป็นข้อ ๆ ของท่อนกระดูกสันหลังที่ homologous กับกระดูกหางที่แยกเป็นข้อ ๆ ของสัตว์ครึ่งน้ำครึ่งบกยุคแรก ๆ

นกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมยังคงมีร่องรอยของหางสัตว์เลื้อยคลานที่เป็นบรรพบุรุษอยู่ และนกบางชนิดมีกระดูกหางมากกว่าของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมบางชนิด นกพิราบ

มีกระดูกสันหลังที่อยู่ถัดจากกระดูกกระเบนเห็นไปจำนวน ๑๕ ข้อ ที่อยู่ถัดจาก *synsacrum* ไปจะเป็นข้ออิสระ (แยกกัน) ประมาณ ๖ ข้อ ส่วนที่เหลืออีก ๘ หรือ ๕ ข้อจะเชื่อมเข้าด้วยกันเป็นกระดูกชิ้นเดียวเรียกว่า *pygostyle* ซึ่งก็คือกระดูกที่อยู่ภายในหาง (*uropygium*) *Pygostyle* เกิดจาก *centrums* ที่เป็นกระดูกอ่อนซึ่งแยกกันมาก่อน กระดูกหางที่มีอยู่ ๓ ถึง ๕ ข้อใน *apes* และคนนั้นเรียกว่า *coccygeal* เพราะมักจะมีกระดูก ๒ ข้อหรือมากกว่านั้นเชื่อมเป็นเนื้อเดียวกันในระหว่างชีวิตเพื่อเป็นกระดูก *coccyx*

มี *lizards* หลายชนิดซึ่งเมื่อถูกจับหาง หางจะขาดหางคานหัวของจุดที่ถูกจับ และมันจะหนีไปอย่างรวดเร็ว การขาดตัวเอง (*autotomy*) เช่นนี้จะเกิดขึ้นตรงบริเวณที่มีเนื้อเยื่ออ่อนนุ่มซึ่งแบ่ง *centrum* ของหางแต่ละข้อออกเป็นครึ่งส่วนหัวและครึ่งส่วนท้าย และจุดนี้ก็อยู่ตรงกับระดับ *myoseptum* ตรงจุดนี้แหละที่การขาดเกิดขึ้นและหางก็จะเริ่มงายขึ้นใหม่ (*regenerate*)

วิวัฒนาการของกระดูกสันหลัง ท่อนกระดูกสันหลังของสัตว์สี่เท้าชั้นต่ำสุดไม่ได้ประกอบด้วย ๑ ข้อ ต่อ ๑ ปล้องร่างกาย เหมือนกับสัตว์สี่เท้าส่วนใหญ่ในปัจจุบัน "ข้อสันหลัง" ของปลา *crossopterygians* และของสัตว์ครึ่งน้ำครึ่งบกชั้นต่ำสุด (รูป ๗-๑๕, A) ประกอบด้วย *hypocentrum* (*intercentrum*) ซึ่งเป็นกระดูกชิ้นใหญ่ รูปอ้อม อยู่ในแนวเส้นกลางตัวหางคานหัว ไม่สมบูรณ์ทางด้านบน ๑ ชิ้น และ *pleurocentra* (ขนาดเล็กกว่า อยู่ระหว่างปล้อง อยู่คานบนส่วนหาง) ๒ ชิ้น ข้อกระดูกสันหลังชนิดนี้เรียกว่า *rachitomous* กระดูกสันหลังของสัตว์สี่เท้าในยุคต่อมาทั้งหมด อาจจะได้มาจากการเปลี่ยนแปลงของชนิด *rachitomous* การเปลี่ยนแปลงโดยสำคัญที่นำไปสู่ *amniotes* ยุคใหม่นั้น มีลักษณะที่เห็นได้โดยการเพิ่มขนาดของ *pleurocentrum* ใหญ่ขึ้นตามลำดับ กระดูกสันหลังแบบ *rachitomous* ยังมี การเปลี่ยนแปลงไปในทางอื่น ๆ อีกด้วย (รูป ๗-๑๕, B₁ และ B₂) ในปัจจุบัน ผู้เขียนไม่แน่ใจว่า *centrum* ของสัตว์ครึ่งน้ำครึ่งบกยุคใหม่จะมาจาก *hypocentrum* หรือ *pleurocentrum* กันแน่

แม้แต่ในปัจจุบันนี้ กระดูกสันหลังแต่ละข้อของสัตว์สี่เท้ายุคใหม่ยังเริ่มต้นเจริญเติบโตมาจากหลายแห่งที่อยู่ล้อมรอบไซสันหลังและโนโตคอร์ค ในขณะที่ยังเป็น (anlages) ซึ่งแยกกัน ก้ำดังขยายใหญ่ขึ้นนั้น มันอาจจะยังคงแยกกันอยู่อย่างเดิมหรือรวมกันก็ได้ ดังนั้น-



Fig. 7-18. Complete set of tail vertebrae from a hamster, left lateral view

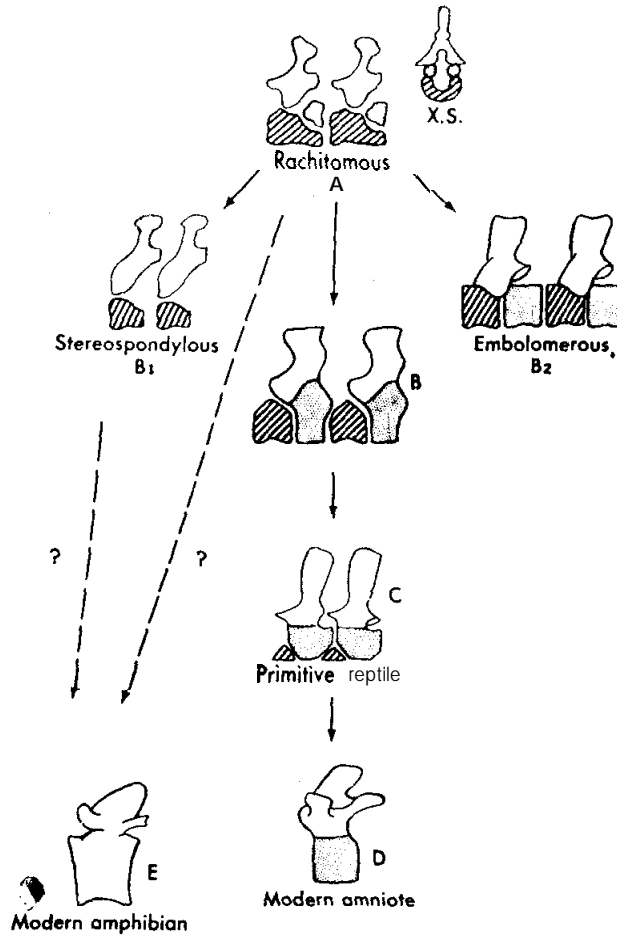


Fig. 7-19. Modifications of tetrapod vertebrae leading to modern amniotes. The rachitinous type (shown also in cross section, X.S.) occurred in crossopterygians and in the earliest amphibians. B is from a labyrinthodont in the reptile line. B₁ and B₂ are from other labyrinthodonts. Whether the modern amphibian centrum represents a hypocentrum (diagonal lines) or a pleurocentrum (stippled) is not certain.

กระดูกสันหลังของสัตว์เต็มวัยที่เป็นแบบฉบับจึงเป็นโครงสร้างผสม การค้นพบทางคัพภวิทยาที่ตี
 ทางกายวิภาคศาสตร์เปรียบเทียบก็ตี และทาง paleontology ก็ตี ล้วนแต่มุ่งชี้ไปสู่ข้อสรุป
 อย่างเดียวกันนี้ กระดูกสันหลังของสัตว์เต็มวัยประกอบด้วย centrum, อัน และ neural a.

rch ในแต่ละปล้องร่างกายนั้นเป็นสภาพชั้นสูง ส่วนสภาพชั้นต่ำนั้นจะมีกระดูกหลายชั้นในแต่ละปล้องร่างกาย

กระดูกซี่โครง (RIBS)

กระดูกซี่โครงเป็นโครงสร้างของกระดูกที่ยาวหรือสั้น จักตัวเป็นระยะ ๆ ยึดกับกระดูกสันหลังทางด้านใน และยื่นออกไปสู่ผนังลำตัว Polypterus และปลากระดูกแข็ง เช่น ปลาแซลมอน ปลาแฮร์ริง และปลาไหล มีซี่โครง ๒ คู่ในแต่ละ centrum ของลำตัว (รูป ๙-๒๒, A) ซี่โครงอันบน (dorsal rib) ยื่นออกมาทางด้านข้างเข้าไปในเยื่อแนวระกบที่อยู่ระหว่างกล้ามเนื้อ epaxial และ hypaxial ส่วนซี่โครงอันล่าง (ventral rib) จะโค้งลงทางด้านล่างในผนังลำตัวข้างนอก parietal peritoneum แบบนี้อาจจะเป็นสภาพขั้นต่ำ ปลากระดูกแข็งส่วนใหญ่จะมีซี่โครงอันล่างเท่านั้นซึ่งเป็นลักษณะของซี่โครง "ปลา" มีปลาชนิดอื่น ๆ เหมือนกันที่มีซี่โครงอันบนอย่างเดียว พวกไม่มีขากรรไกรจะไม่มีซี่โครงเลย ซึ่งอาจจะเป็นลักษณะที่สัมพันธ์กับการที่มันไม่มี centrum ก็ได้

ซี่โครงอันล่างมักจะมีคอดเนื่องเข้าไปในหางซึ่งเป็นแหล่งที่ซี่โครงซ้ายและขวามาพบกันที่ใต้ caudal artery และ vein เพื่อประกอบขึ้นเป็น hemal arches (รูป ๙-๑, D) กระดูกชิ้นเล็ก ๆ ที่อยู่ระหว่างกล้ามเนื้อซึ่งคล้ายกับซี่โครงสั้น ๆ นั้น มักจะเกิดอยู่ใน myosepta ที่ไม่มีซี่โครงที่สมบูรณ์ กระดูกเหล่านี้พร้อมทั้งซี่โครงมากมายและ supra-neural spines ทำให้ปลาที่กินได้ กินได้ยากขึ้น (กางแยะนั่นเอง)

ซี่โครงที่เป็นแบบฉบับของสัตว์สี่เท้า จะยาวและยึดกับกระดูกสันหลังในข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้ มันเป็นโครงสร้างกระดูกที่เกิดใน myosepta งามซี่โครงเรียงกันเป็นอนุกรม โดยเริ่มตรงที่ถัดจากหัว (รูป ๙-๒๐) แล้วเรียงต่อเนื่องเข้าไปถึงในหาง ลักษณะนี้เป็นซี่โครงแบบฉบับของสัตว์ครึ่งน้ำครึ่งบกและสัตว์เลื้อยคลานยุคแรก ๆ และมันทำให้การเคลื่อนที่สะดวกขึ้นโดยกล้ามเนื้อผนังตัวเช่นเดียวกับปลา งูเห่าที่แผ่แม่เบี้ยได้จะมีซี่โครงคอดและซี่โครงออกส่วนหน้ายาว (รูป ๙-๒๐) เมื่อซี่โครงเหล่านี้หมุนออกมาข้างนอก(ยกปลายขึ้น) จะทำให้คอด"แผ่"แม่เบี้ย ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของงูชนิดนี้

ขณะที่สัตว์สี่เท้ายุคแรก ๆ มีการพัฒนาขาเดินให้ดีขึ้นนั้น ซี่โครงอันยาวจะจำกัคอยู่

เฉพาะที่ลำตัว และต่อมาจะจำกัดอยู่เฉพาะส่วนหน้าของลำตัว (รูป ๗-๕, ซีโครงอก) แต่อย่างไรก็ตาม ซีโครงอื่น ๆ ก็มีโคหายไปจนหมดสิ้น แต่จะสั้นเข้าและมักจะเชื่อมกับ transverse processes (รูป ๗-๑๒) ซีโครงทั้งหมดของกบเป็นแบบนี้ (รูป ๗-๑๓) ซีโครงที่เหลือเป็นร่องรอยสั้น ๆ ในกระดูกส่วนคอ บั้นเอว และกระเบนเหน็บ ของสัตว์มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่ก็จะเชื่อมกับ transverse หรือ processes อื่น ๆ ค่ายเช่นกัน ร่องรอยของซีโครงท้อง (gastralia) ยังคงเหลืออยู่ในผนังตัวค้ำกลางของจระเข้และ lizards (รูป ๗-๕) บางครั้งก็มีซีโครงพิเศษเกิดขึ้นในคออย่างผิดปกติของสัตว์มีกระดูกสันหลังหลายชนิด รวมทั้งคนเราด้วย

ซีโครงอกส่วนใหญ่ประกอบด้วย ซีโครงอินบนหรือ vertebral rib และซีโครงอินล่างหรือ sternal rib (รูป ๗-๑๒) ซีโครงอินล่างอาจจะเป็นกระดูกแข็งเช่นในนก หรือยังคงเป็นกระดูกอ่อนอยู่เช่นในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ซีโครงกระดูกอกหรือ costal cartilages ความปกติจะติดต่อกับกระดูกอก (sternum) โดยตรงหรือทางอ้อม ส่วนซีโครงลอยจะไม่ติดกับกระดูกอก ซีโครงอกของนกและ lizards บางชนิดรวมทั้งตัว-

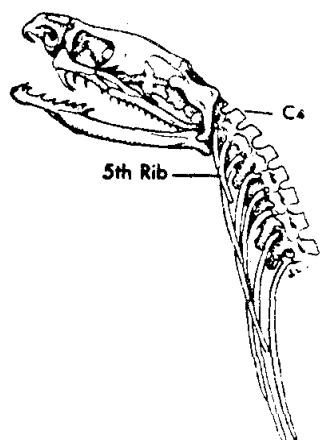


Fig. 7-20. Cervical ribs of a cobra. The first three ribs, associated with the atlas, axis, and third vertebra, are short and are hidden by the jaws. C₄, Neural spine of the fourth cervical vertebra

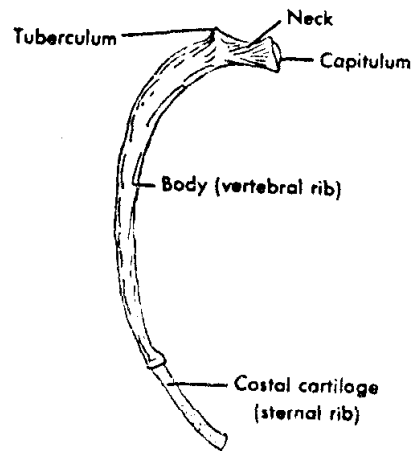


Fig. 7-21. Thoracic rib of a cat, showing the two heads (tuberculum and capitulum).

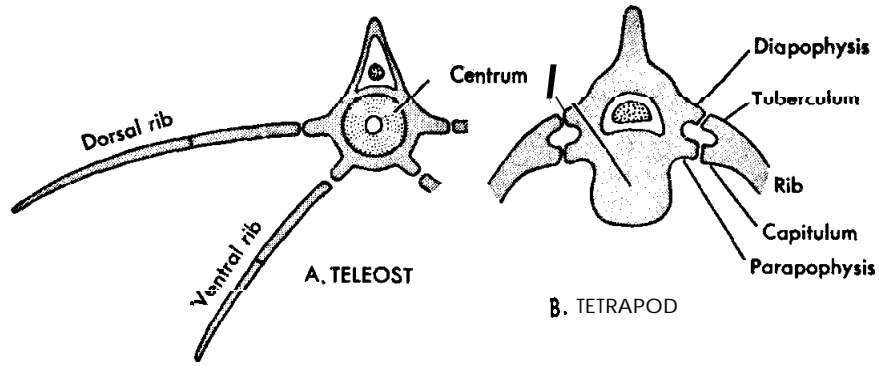


Fig. 7-22. Relationship of teleost ribs, **A**, and bicipital (two-headed) tetrapod rib, **B**, to vertebral column

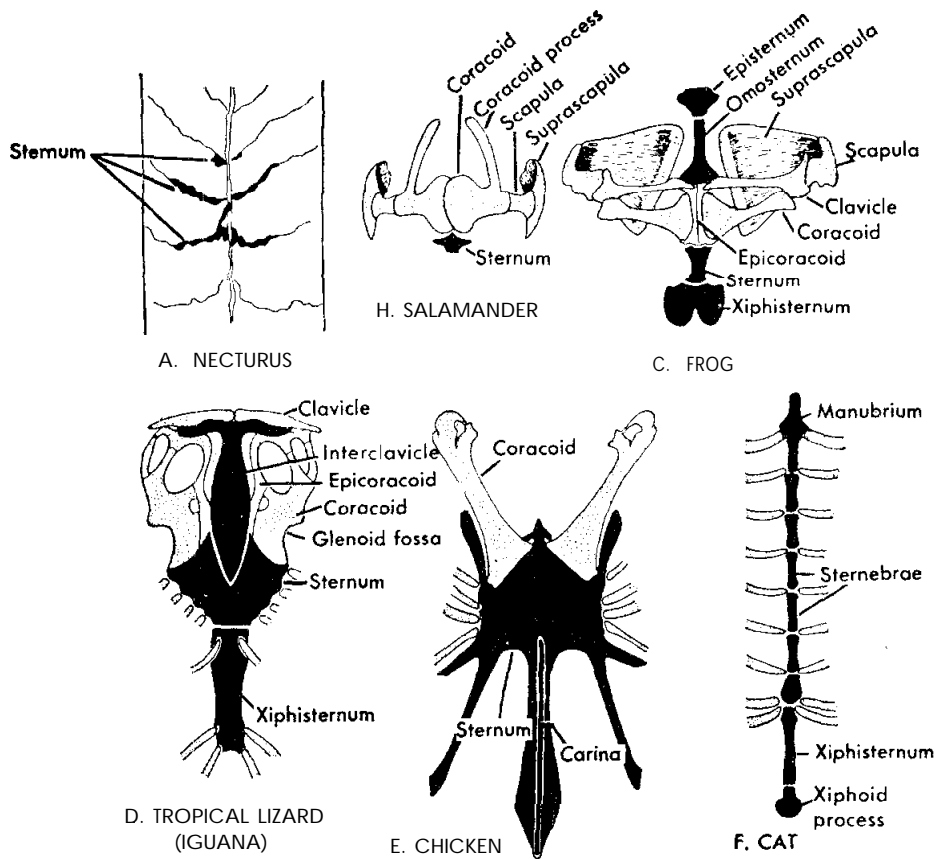


Fig. 7-23. Sternum and associated structures of tetrapods. The episternum (interclavicle) of *Iguana* is not part of the sternum.

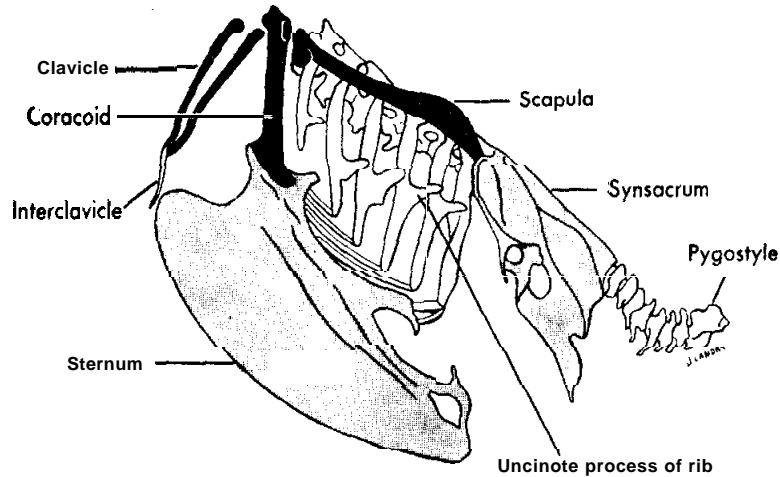


Fig. 7-24. Skeleton of trunk, tail, and pectoral girdle of a pigeon. Replacement bones of the pectoral girdle are black. Between the synsacrum and the pygostyle are free caudal vertebrae

Sphenodon จะมี uncinat processes แบบ ๆ เหลื่อมล้ำเข้าไปในซี่โครง อันที่อยู่ถัดไป (รูป ๗-๒๔) Archaeopteryx ไม่มี processes เช่นนี้ ที่โครงทั้งหมดของเค้า รวมทั้ง neural arches ของ dorsal, กระเบนเห็นและกระดูกหางข้อแรก จะเชื่อมกับกระดูก (รูป ๕-๓๘, A)

ซี่โครงที่เป็นแบบฉบับของสัตว์สี่เท้าคือชนิด bicipital นั่นคือมี ๒ หัว (รูป ๗-๒๒, B) หัวอันบน (tuberculum) ยึดกับ diapophysis ของกระดูกสันหลัง หัวอันล่าง (capitulum) ยึดกับ parapophysis หรือกับ centrum

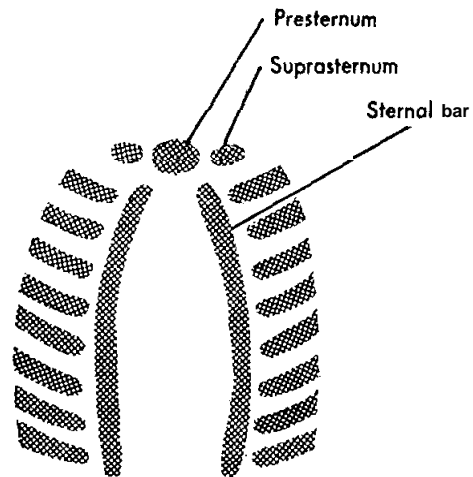


Fig. 7-25. Mesenchymal blastemas contributing to the sternum. The presternal and suprasternal components appear in mammals only. The ventral ends of developing ribs are also shown.

Whether the sternum of amphibians is homologous with that of amniotes is not known.

The sternum of amniotes consists of a cartilaginous or bony plate articulating with the pectoral girdle anteriorly and with a variable

ซีโครงที่เป็นร่องรอยซึ่งเชื่อมกับกระดูกสันหลังส่วนใหญ่มักจะมีหัวเดียว แต่ที่เชื่อมกับกระดูกคอของ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมยังคงมี ๒ หัวอยู่ ระหว่างหัวทั้งสองคือช่อง transverse foramen (รูป ๗-๑๐, กระดูกคอ)

ส่วนที่อยู่ติดกับลำตัวของซีโครงแต่ละอันเกิดมาจาก sclerotomal mesenchyme ส่วนที่อยู่ไกลลำตัวออกไปอาจจะเกิดมาจาก somatopleure ซีโครงที่เป็น กระดูกแข็งมักจะเกิดขึ้นโดยขบวนการ endochondral ossification

กระดูกอก (STERNUM)

กระดูกอกเป็นโครงสร้างของสัตว์สี่เท้าโดยเฉพาะ มันเจริญไม่ขึ้นหรือไม่มีเลย ใน urodeles (รูป ๗-๒๓, A และ B) และในปลาในรูปของ lizardes ที่ไม่มีขา และเท้า กระดูกอกของสัตว์ครึ่งน้ำครึ่งบกจะ homologous กับของ amniotes หรือไม่ ยังไม่ทราบ

กระดูกของ amniotes ประกอบด้วยแผ่นกระดูกอ่อนหรือแข็ง ๖ แผ่น ยึดกับกระดูกอกซี่โครงหน้าทางด้านหน้า และยึดกับซีโครงจำนวนต่าง ๆ กัน (รูป ๗-๔ และ ๗-๒๓, D ถึง F) ในนก(ยกเว้นพวกที่บินไม่ได้)จะมีสันอกในแนวกลางตัวคานกลาง (carina) ซึ่งเป็นที่ยึดของกล้ามเนื้อสำหรับบินขนาดใหญ่ (รูป ๗-๒๔) กระดูกอกอันยาวของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำ นมประกอบด้วยซี่โครงซี่ (sternabrae) ยกเว้นในปลาวาฬและพะยูน ซี่โครง อื่นหน้าคือ manubrium อันหลังคือ xiphisternum ซึ่งมีส่วนยื่นที่เป็นกระดูกอ่อนเรียก ว่า xiphoid process (รูป ๗-๒๓, F) กระดูกอกของ amniotes เกิดมาจากแห่ง กระดูกอกที่เป็น mesenchyme คู่หนึ่งซึ่งต่อมาจะรวมกันและเกิดขบวนการ chondrogenesis ขึ้น (รูป ๗-๒๕)

SUPRASTERNAL OSSICLES ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ในสัตว์เลี้ยง ลูกด้วยน้ำนมหลายชนิด นอกจากจะมีแห่งกระดูกอกในลักษณะแล้ว ยังมีศูนย์สร้างกระดูกอ่อนเกิดขึ้น อีก ๒ แห่ง คือศูนย์ presternal ซึ่งเป็นศูนย์เดี่ยวอยู่ในแนวเส้นกลางตัว และศูนย์ supra- sternal ซึ่งเป็นศูนย์คู่ขนานอยู่สองข้างของศูนย์เดี่ยว ศูนย์เดี่ยวจะกลายเป็น manu- brium และบางที่ศูนย์คู่ก็กลายเป็นกระดูกซี่นี้เหมือนกัน

ในสัตว์กินแมลง edentates สัตว์ทะเล และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมอื่น ๆ อีก

บางชนิด ศูนย์กระดูก suprasternal จะกลายเป็นชิ้นกระดูกอิสระที่เรียกว่า suprasternal (บางทีเรียกว่า presternal) ossicles อยู่ระหว่าง clavicle และ manubrium sterni แม้แต่ในสปีชีส์ที่กระดูกนี้จะรวม (ตามแบบฉบับโดยทั่วไป) กับกระดูกอก เช่นในคน ก็ตาม แต่ที่พบอยู่บ่อย ๆ ที่มันแยกอยู่เป็นอิสระ (ไม่รวมกับกระดูกอก) ในคนบางคน เนื่องจากมันเป็นกระดูกชิ้นเล็ก ๆ จึงมักหายไปได้ง่ายในระหว่างการเตรียมโครงกระดูก

ศูนย์สร้างกระดูกอ่อน presternal และ suprasternal อาจจะเป็นร่องรอยของ interclavicle เกี้ยว และ coracoids คู่ ของกระดูกรองรับขาหน้าของสัตว์เลื้อยคลาน