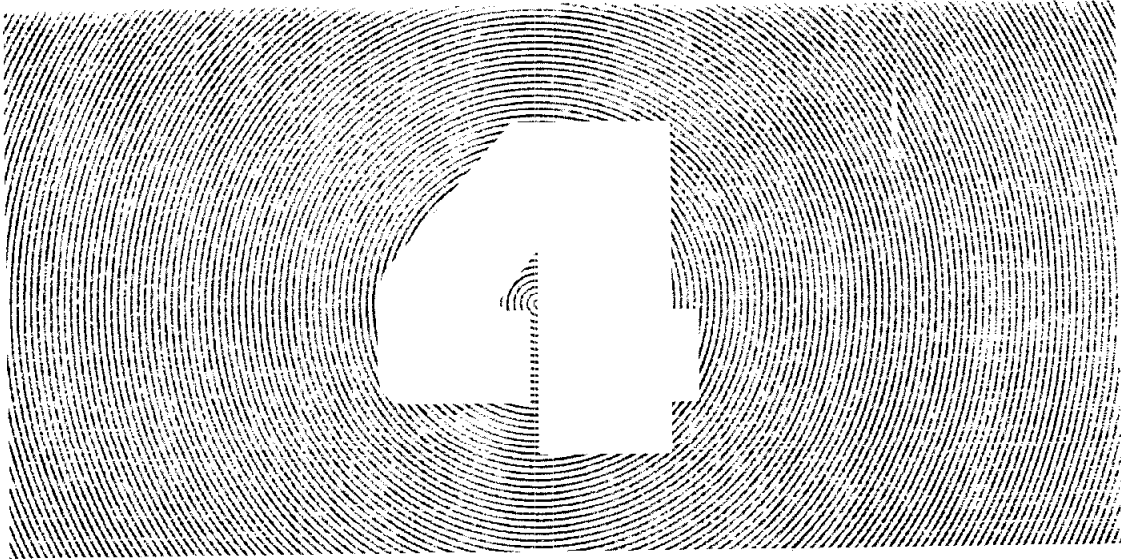


หลักฐานทางสัณฐานวิทยาเปรียบเทียบ



## หลักฐานทางสัจฐานวิทยาเปรียบเทียบ

การศึกษารูปร่างโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตเป็นการศึกษาที่เห็นได้ง่าย และมีข้อเปรียบเทียบถึงลักษณะดังกล่าวตั้งแต่สมัยโบราณกับในปัจจุบัน และยังศึกษาเปรียบเทียบความใกล้เคียงและความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดได้

### **ANALOGY**

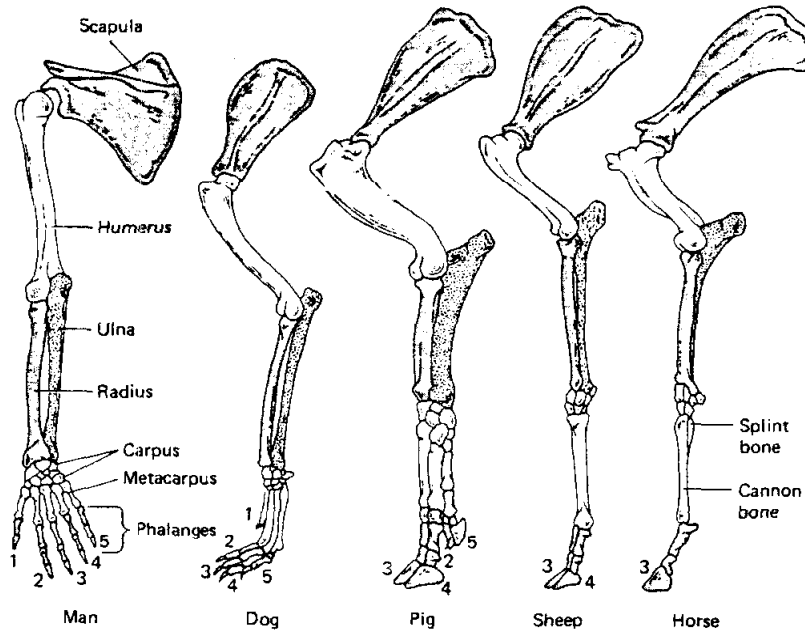
ในการศึกษาโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตเพื่อเปรียบเทียบลักษณะต่าง ๆ ได้ยึดหลักหลายอย่างมาพิจารณา ในกรณีของ analogy นั้น พิจารณาอวัยวะของร่างกายที่ทำหน้าที่คล้ายกัน ทั้งนี้ก็เพราะอาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่คล้ายคลึงกัน จึงจำเป็นต้องมีอวัยวะที่คล้ายคลึงกันในการเคลื่อนไหว ในการหาอาหาร เพื่อดำรงชีวิต ตัวอย่างเช่น ปลา และปลาวาฬ มีรูปร่างที่คล้ายคลึงกันเพื่อใช้ในการว่ายน้ำ หรือปีกแมลง ปีกนก และปีกค้างคาวก็เช่นกัน ใช้สำหรับบินและมีรูปร่างคล้ายคลึงกัน เพื่อใช้ในการต้านลม อวัยวะดังกล่าวนี้เป็น analogous

สำหรับปีกแมลง ปีกนก และปีกค้างคาวนั้น เมื่อพิจารณาแล้วปีกแมลงไม่ได้มีโครงสร้าง

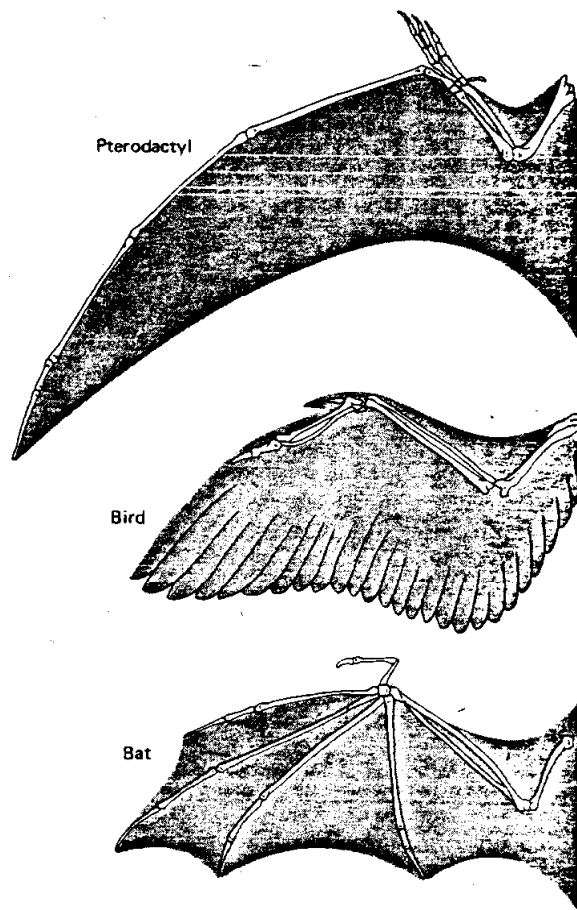
ของอวัยวะมาจากต้นตอเช่นเดียวกับปีกนกและปีกค้างคาว ปีกแมลงถูกปกคลุมด้วย nitrogenous polysaccharide ที่เรียกว่า chitin และถูกพุงให้แข็งด้วยเส้น veins ของปีก แต่สำหรับปีกนกและปีกค้างคาว ถึงแม้ลักษณะภายนอกของปีกนกจะถูกปกคลุมด้วยขนนกและปีกค้างคาวเป็นส่วนหนึ่งของ membrane ก็ตาม แต่โครงสร้างของกระดูกภายในปีกเป็นท่อน ๆ ที่เรียกว่า segments เหมือนกับของสัตว์เลื้อยลูกด้วยนม (ดังรูปที่ 4.1) ท่อนที่ติดกับลำตัว คือ humerus ซึ่งที่ปลาย humerus มีกระดูก 2 ท่อนต่ออยู่ คือ radius และ ulna ถัดไปเป็นกระดูก carpals แล้วก็ metacarpals ปลายสุดเป็นกระดูกนิ้ว phalanges โดยค้างคาวกระดูกนิ้วแรกสั้นและมี claw ที่ปลายนิ้ว ส่วนอีกสี่นิ้วมี membrane มายึดเป็นส่วนของปีก ส่วนนกกระดูก carpals, metacarpals และ phalanges จะมารวมกันเป็นกระดูกที่มีรูปร่างไม่แน่นอน และมีส่วนของขนปกคลุมอยู่ (ดังรูปที่ 4.2) เห็นได้ว่าส่วนปีกของนกและปีกค้างคาวมีโครงสร้างแตกต่างจากปีกของแมลงโดยสิ้นเชิง (ดังรูปที่ 4.3)

## HOMOLOGY

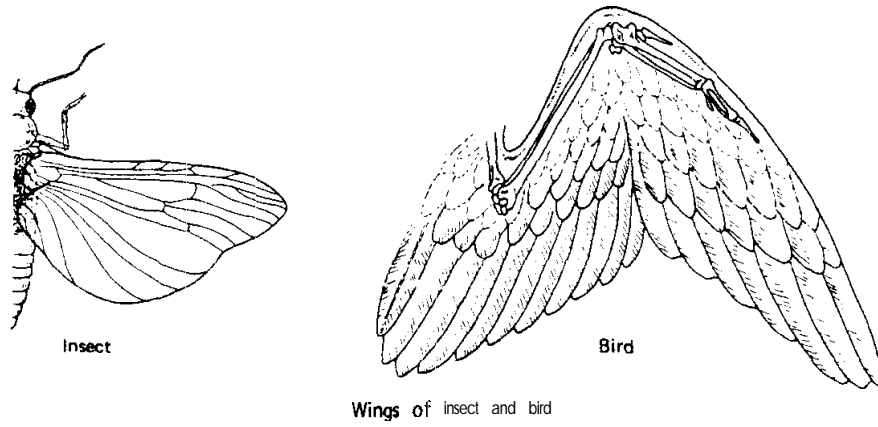
สำหรับหลักของ homology นั้นพิจารณาถึงอวัยวะของร่างกายที่ต้นกำเนิดเดียวกัน หรือมีโครงสร้างพื้นฐานเหมือนกัน อาจใช้ทำหน้าที่เหมือนกันหรือไม่ก็ตาม เช่น แขนของมนุษย์กับกระดูกขาหน้าของสุนัข หมู แกะและม้า อวัยวะดังกล่าวเป็น homologous มีโครงสร้างของกระดูกและต้นกำเนิดเดียวกัน (ดังรูปที่ 4.1) แต่ใช้ประโยชน์หรือทำหน้าที่ต่างกัน หรือในปีกของสัตว์เลื้อยคานพวก pterodactyl ปีกนกและปีกค้างคาวเป็น homologous โดยมีโครงสร้างของปีกคล้ายกัน (ดังรูป 4.2) ในปลาวาฬซึ่งเป็นสัตว์น้ำที่ใหญ่ที่สุดในโลก อวัยวะที่เป็นระยางค์คู่หน้าก็มีต้นกำเนิดเช่นเดียวกับสัตว์เลื้อยลูกด้วยนมทั้งหลาย ดังรูปที่ 4.4 แต่เปลี่ยนแปลงเป็นครีบเพื่อทำหน้าที่ในการว่ายน้ำ



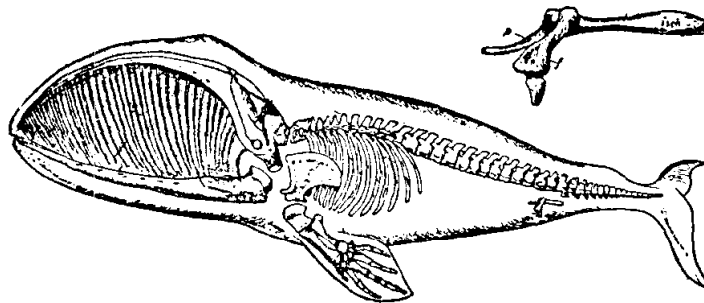
รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะ homology ของระยางค์คู่หน้าของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (29)



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะ homology ของกระดูกปีกของสัตว์เลื้อยคลาน นก และค้างคาว  
(29)



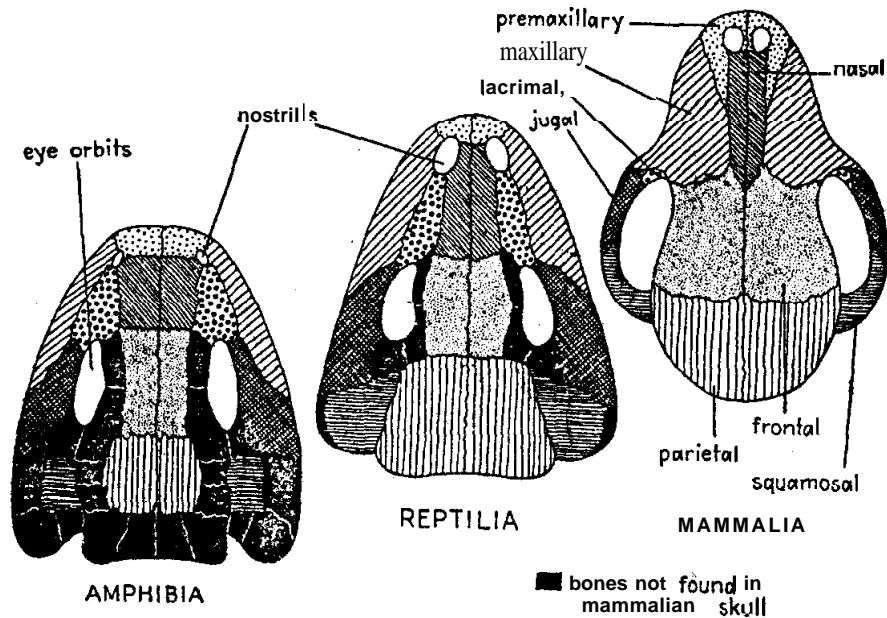
รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะ analogy ของปีกแมลง กับปีกนก (29)



รูปที่ 4.4 ลักษณะโครงกระดูกของปลาวาฬ สังกะตุที่ครีป (19)

## HOMOLOGY IN SKULL STRUCTURE

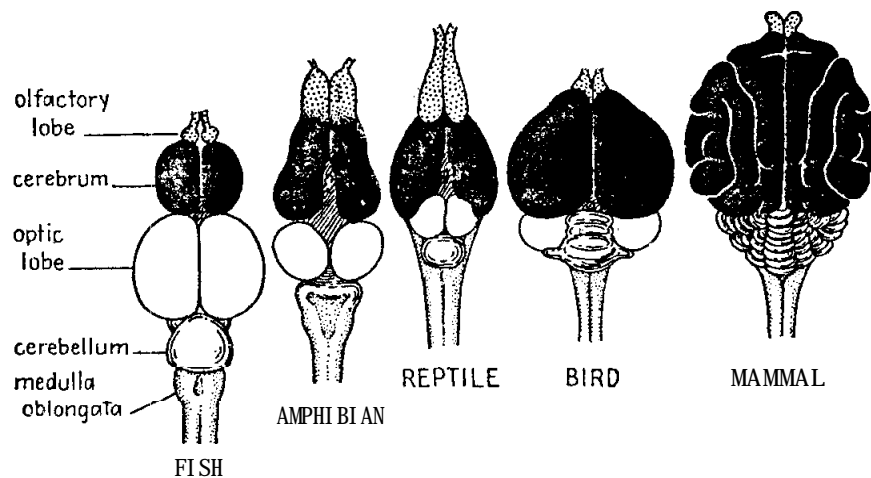
เกือบจะทุกระบบในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายของสัตว์มีกระดูกสันหลังที่แสดงให้เห็นว่า สัตว์ต่างชนิดกันมีอวัยวะพื้นฐานคล้ายคลึงกัน เช่น กระโหลกของสัตว์มีกระดูกสันหลังตั้งแต่ปลาจนถึงมนุษย์ จะมีการเรียงตัวของกระดูกกระโหลกศีรษะคล้ายกัน วิวัฒนาการทำให้มีการรวมตัวกันของกระดูกบางชิ้นและมีกระดูกบางชิ้นหายไป รูปที่ 4.5 เป็นกระดูกกระโหลกของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์เลื้อยคลาน และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม พบว่ากระดูกของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มีจำนวนกระดูกลดลง แต่มีกระดูกบางชิ้นขยายใหญ่มากขึ้น เกิดจากการรวมตัวของกระดูกชิ้นเล็ก ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับในสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมกระดูกส่วน frontal และ parietal มีขนาดใหญ่ขึ้น เพราะต้องขยายตามขนาดของสมองที่มีขนาดใหญ่กว่าสัตว์ชนิดอื่น



รูปที่ 4.5 แสดงกระดูกชิ้นต่าง ๆ ที่ประกอบเป็นกระโหลกของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์เลื้อยคลาน และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (19)

## HOMOLOGY IN BRAIN STRUCTURE

สมองของสัตว์มีกระดูกสันหลังตั้งแต่ปลาจนถึงสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มีโครงสร้างการเรียงตัวของอวัยวะคล้ายกัน (ดังรูปที่ 4.6) เริ่มต้นจากส่วน olfactory lobes, cerebral hemispheres, optic lobes, cerebellum และ medulla เห็นได้ว่าในสัตว์แต่ละชนิดจะมีบางส่วนที่มีขนาดใหญ่ บางส่วนเล็กลงขึ้นกับว่าสัตว์ชนิดไหนใช้ส่วนไหนของสมองสำคัญกว่ากัน ในปลาส่วนของ cerebral hemispheres เล็กกว่าส่วน optic lobes มาก แต่ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมส่วนของ optic lobes อยู่ใต้ส่วน cerebrum ซึ่งมีขนาดใหญ่



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบสมองส่วนต่างๆ ในสัตว์มีกระดูกสันหลังต่างชนิดกัน (19)

## SERIAL HOMOLOGY

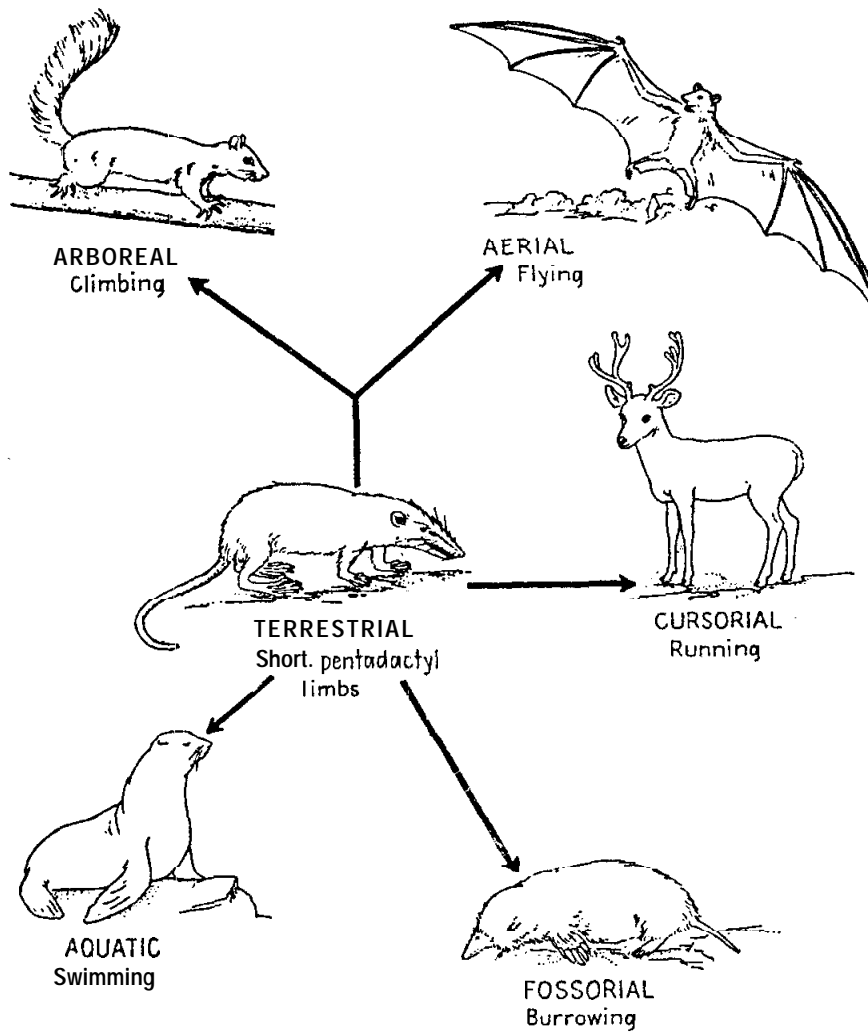
เป็นอีกแบบของ homology หมายถึงสภาพที่มีอวัยวะมากกว่าหนึ่งอวัยวะในสัตว์ตัวเดียวกันที่มีโครงสร้างเหมือนกัน ยกตัวอย่างเช่น แขนและขาของมนุษย์ถือว่าเป็น serial homology เพราะส่วน segment ของทั้งแขนและขาที่ติดกับลำตัวมีกระดูกเพียงอันเดียว ที่แขนเรียกกระดูก



humerus แต่ที่ขาเรียกว่ากระดูก femur ถัดจากกระดูกชิ้นนี้เป็นกระดูก 2 อัน ที่แขนเรียกว่ากระดูก radius และกระดูก ulna แต่ที่ขาเรียกว่ากระดูก tibia และกระดูก fibula ถัดออกไปเป็นกระดูก ส่วน carpals ซึ่งเหมือนกับกระดูก tarsals ที่ขา ถัดออกไปอีกเป็นกระดูกบริเวณฝ่ามือที่เรียกว่า กระดูก metacarpals เหมือนกับกระดูกฝ่าเท้า เรียกว่า metatarsals และก็มาถึงกระดูกนิ้วมือมี 5 นิ้วเช่นเดียวกับนิ้วเท้า 5 นิ้วรวมเรียกกระดูก phalanges เห็นได้ว่าระยางค์ขาหน้าและหลังมาจากโครงสร้างพื้นฐานที่คล้ายกัน แต่มีการเปลี่ยนแปลงไปเพื่อทำหน้าที่ที่เหมาะสมคือ แขนและมือทำหน้าที่จับ ยึด เกาะ แต่ขาและเท้าใช้ในการทรงตัว เดิน

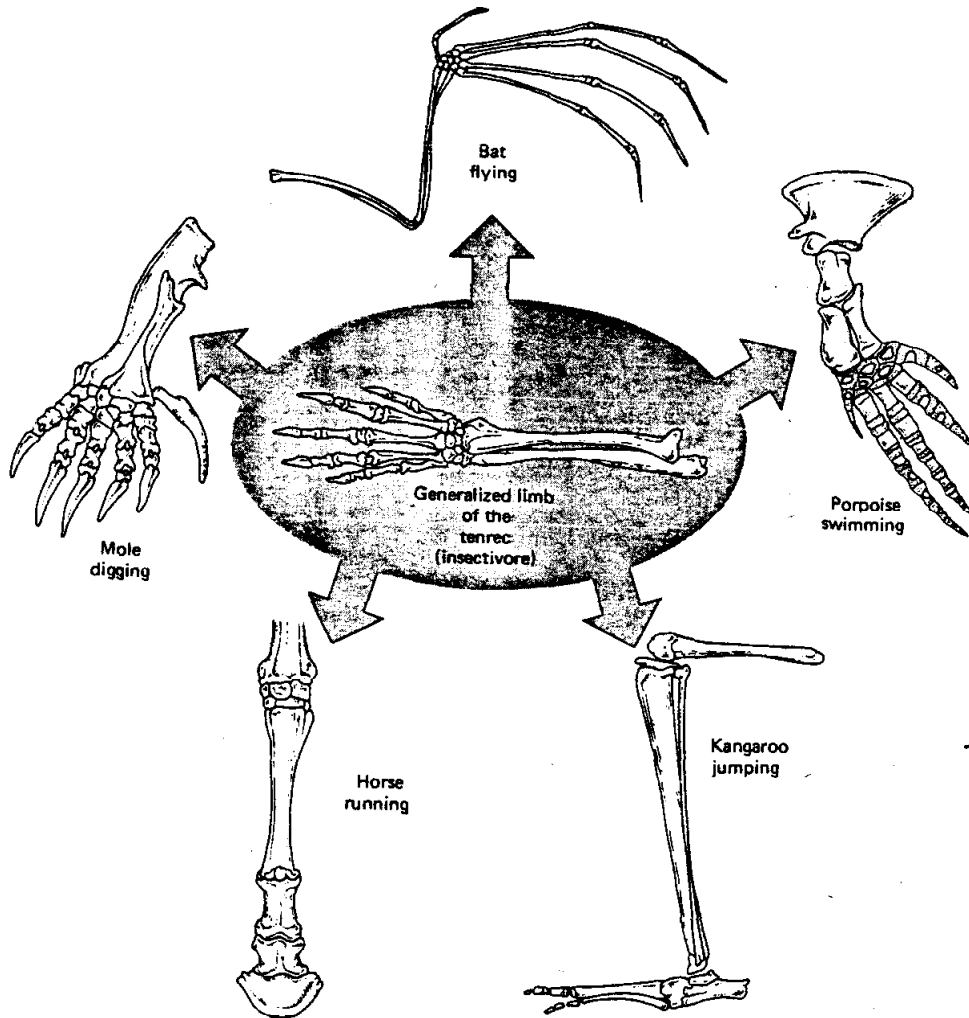
## ADAPTIVE RADIATION

เป็นการชี้แนะว่าวิวัฒนาการเกิดขึ้นได้โดยมีตัวอย่างจากโครงสร้างของขาของสัตว์เลี้ยง ลูกด้วยนมซึ่งมีลักษณะของขาหน้าที่มีบรรพบุรุษร่วมกันคือมีขาสั้น มีนิ้วห้านิ้วอาศัยอยู่บนบก คือ สัตว์พวก insectivorous เนื่องจากสิ่งแวดล้อมและการดำรงชีวิตที่แตกต่างกันทำให้สัตว์แต่ละชนิด มีวิวัฒนาการของขาหน้าแตกต่างกันไปตามลักษณะของการเคลื่อนไหว (ดังรูปที่ 4.7) เช่น สัตว์ ที่อาศัยอยู่บนต้นไม้ (arboreal) ขาหน้าต้องใช้ปีนป่ายไปมาเช่นกระรอก ลิง เป็นต้น หรือเปลี่ยนแปลงสำหรับบิน (aerial) เช่น ค้างคาว หรือใช้สำหรับวิ่ง (cursorial) เช่น ม้า สุนัข สิงโต เป็นต้น หรือใช้ขุดรูอาศัยอยู่ใต้ดิน (fossorial) ส่วนของขาหน้าก็เปลี่ยนไปเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการขุด ดินได้ดีแต่เคลื่อนไหวได้ลำบากบนดิน เช่น ตุ่น หรือขาหน้าเปลี่ยนเป็นอวัยวะสำหรับว่ายน้ำ เป็น ไบพายในสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำ (aquatic) เช่น ปลาวาฬ ปลาโลมา



รูปที่ 4.7 แสดง adaptive radiation ของระยางค์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชนิดต่าง ๆ (19)

แต่อวัยวะขาหน้าที่เปลี่ยนเป็นแบบต่าง ๆ นี้ต่างก็มีโครงสร้างพื้นฐานเหมือนกันดังรูปที่ 4.8 และมีการปรับตัวให้เหมาะกับแต่ละสิ่งแวดล้อม



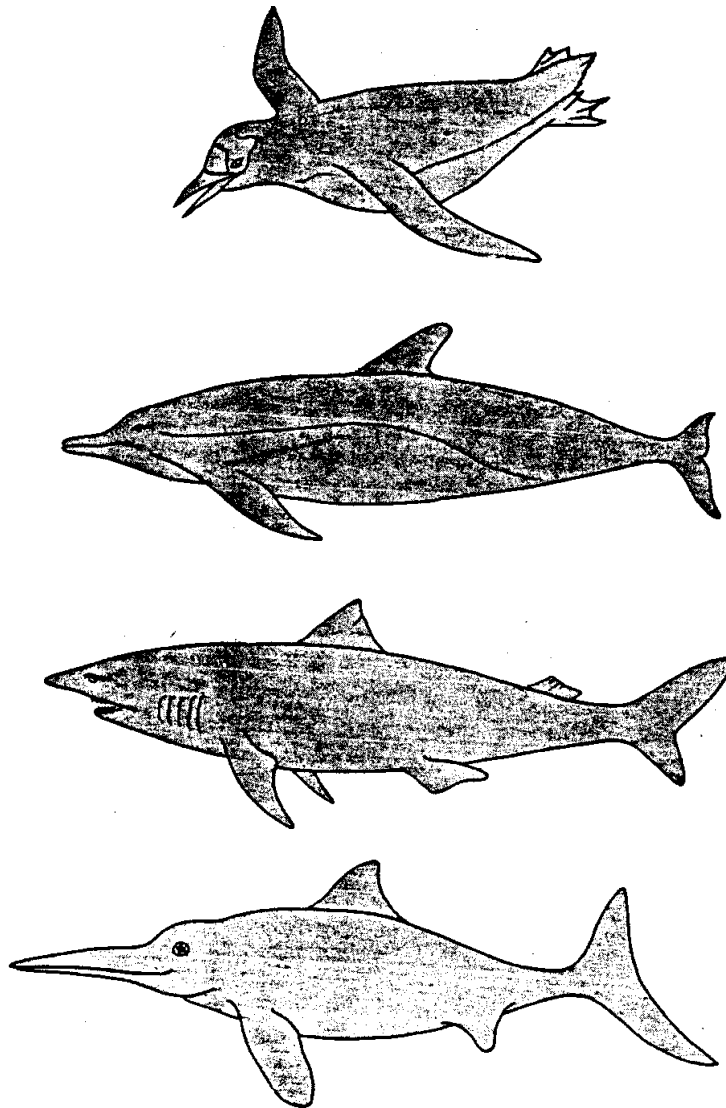
รูปที่ 4.8 แสดง adaptive radiation ของระยางค์คู่หน้า ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชนิดต่าง ๆ (29)

## PARALLEL EVOLUTION

ใน cursorial adaptation สัตว์ปรับตัวให้ขาหน้าใช้ในการวิ่งได้รวดเร็ว เช่นในสัตว์ที่มีขาทั้งหลาย และม้า ถือว่าขาหน้าของสัตว์มีเขาและม้าเป็น analogous แต่ไม่ได้มีความสัมพันธ์กันในสายวิวัฒนาการเลยทั้ง ๆ ที่วิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษเดียวกัน แต่นิ้วเท้าของสัตว์มีเขามี 2 นิ้ว ในขณะที่ม้ามีเพียงนิ้วเดียว ทั้ง ๆ ที่จุดประสงค์ของวิวัฒนาการนี้เพื่อทำหน้าที่เหมือนกันคือเพื่อใช้วิ่ง แต่ไม่มีความใกล้ชิดกันในการวิวัฒนาการ จึงเรียกว่า parallel evolution

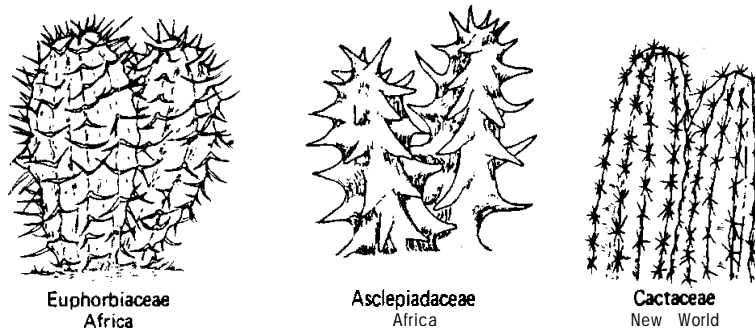
## CONVERGENT EVOLUTION

เป็นการปรับตัวของสิ่งมีชีวิตหรือการวิวัฒนาการเข้าหารูปร่างลักษณะที่คล้ายคลึงกันทั้ง ๆ ที่สายของวิวัฒนาการมิได้ใกล้เคียงกันหรือมีความสัมพันธ์กันเลย แต่เข้าหาจุดที่คล้ายคลึงกัน เช่นรูปร่างลักษณะลำตัวของนกเพนกวิน ปลาโลมา ปลาฉลาม และสัตว์เลื้อยคลานที่มีรูปร่างเหมือนปลาซึ่งสูญพันธุ์ไปแล้ว (Ichthyosaur) ดังรูปที่ 4.9 เป็นการปรับตัวเพื่ออาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่เป็นทะเลเหมือนกัน หรือตัวอย่าง เช่นปีกของผีเสื้อ นก และค้างคาว ก็ถือว่าเป็น convergent evolution



รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะ Convergent evolution ของนกเพนกวิน ปลาโลมา ปลาฉลาม และ Ichthyosaur ตามลำดับ (29)

ส่วนในพืชลักษณะของ convergent evolution มีตัวอย่างในพวกสลดไค์ ซึ่งอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae และไม้พุ่มมียางขาวในวงศ์ Asclepiadaceae มีลักษณะรูปร่างคล้ายกับพวกแคคตัส ซึ่งอยู่ในวงศ์ Cactaceae โดยมีหนามแหลม ดังรูปที่ 4.10 เพื่อเป็นการป้องกันการเสียน้ำ เนื่องจากพบพืชเหล่านี้ในเขตทะเลทราย พืชจึงมีรูปร่างที่มีการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่มีอากาศแห้งและร้อน



รูปที่ 4.10 แสดง convergent evolution ของพืชวงศ์ต่างๆ ที่พบในทะเลทราย (29)

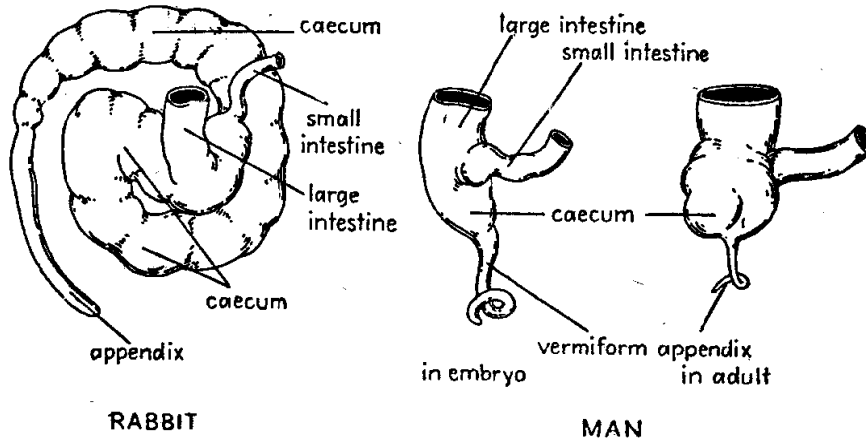
## VESTIGIAL ORGANS

vestigial หรือ rudimentary organs คือส่วนของร่างกายที่มีขนาดเล็กลงในสัตว์ชั้นสูง เมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์ชั้นต่ำ และไม่ทราบหน้าที่ที่แน่นอนเป็นแต่ชิ้นส่วนของอวัยวะที่ยังคงหลงเหลืออยู่ แต่อวัยวะดังกล่าวจะมีขนาดใหญ่และมีหน้าที่สำคัญในสัตว์ชั้นต่ำกว่า ยกตัวอย่างเช่น ไส้ติ่งของมนุษย์ถือว่าเป็น vestigial organ ดังรูปที่ 4.11 ส่วนของไส้ติ่งจะติดกับลำไส้ใหญ่ ส่วนที่เรียกว่า caecum ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชั้นต่ำที่กินเนื้อ (carnivores) เช่นแมว พบว่าจะมีส่วนของ caecum สั้นและมีส่วนของไส้ติ่งสั้นด้วย แต่ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่กินพืช (herbivores) เช่นในกระต่าย มีลำไส้ใหญ่ส่วน caecum และส่วนของไส้ติ่งมีขนาดใหญ่ สันนิษฐานว่าในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมไม่มีเอ็นไซม์ที่จะช่วยย่อยเซลลูโลสในพืชที่กินเข้าไป จึงจำเป็นต้องมีพื้นที่ของลำไส้ใหญ่และไส้ติ่งมากเพื่อเพิ่มพื้นที่ให้แบคทีเรียที่อาศัยในทางเดินอาหารได้ช่วยย่อยเซลลูโลส ดังนั้น

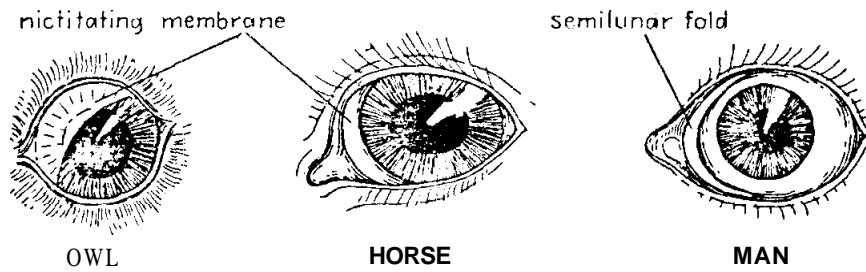
ในลำไส้ใหญ่ส่วน caecum จึงมีความสำคัญต่อสัตว์กินพืชที่ไม่มีกระเพาะสี่ตอนแบบวัว ควาย สำหรับมนุษย์กินทั้งพืชและสัตว์ ส่วนใหญ่พืชที่กินมักจะไม่มีเซลลูโลส ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็น สำหรับมนุษย์ที่จะมีพื้นที่ของ caecum มากเพื่อการทำงานของบักเตรี

ในมนุษย์ vestigial organs ที่พบก็มี semilunar fold ซึ่งอยู่ที่หัวตาด้านในเป็นชิ้นส่วน เนื้อเยื่อเล็ก ๆ ที่ยังคงหลงเหลืออยู่ ดังรูปที่ 4.12 แต่ในสัตว์ชั้นต่ำเรียกส่วนนี้ว่า nictitating membrane เช่นในนกฮูก ม้า เป็นเปลือกตาอีกชั้นหนึ่งอยู่ใต้เปลือกตาปกติ มีลักษณะเป็นเยื่อ บางโปร่ง แต่ของมนุษย์เป็นแต่เพียงชิ้นเนื้อเยื่อเล็ก ๆ เท่านั้นไม่ทราบหน้าที่ที่แน่นอน

นอกจากนี้ยังมีหางของมนุษย์ซึ่งเหลือเป็นเพียงส่วนของกระดูกหางสั้น ๆ เล็ก ๆ ที่ยึด อยู่กับกระดูกเชิงกราน



รูปที่ 4.11 แสดงลำไส้ใหญ่ส่วน caecum และไส้ติ่งของกระต่ายและคน (19)



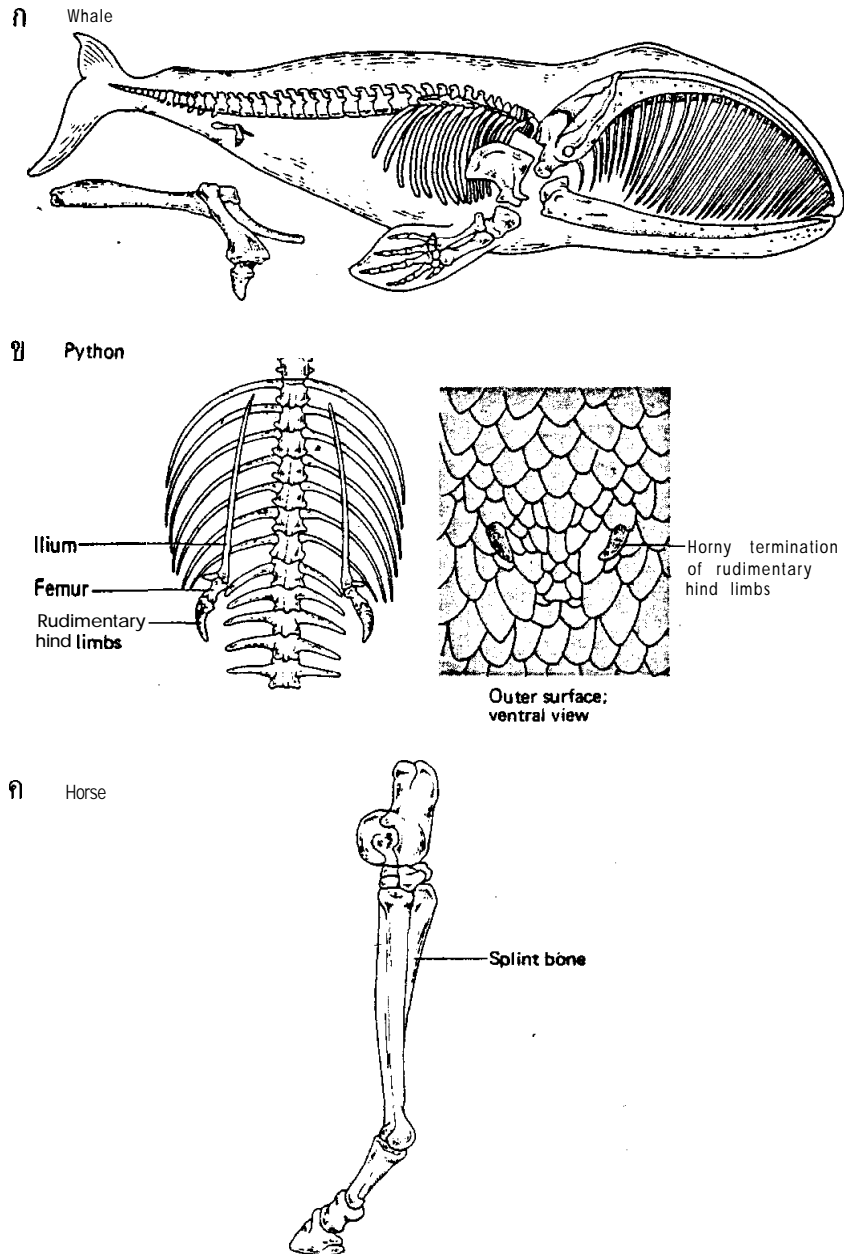
รูปที่ 4.12 แสดง nictitating membrane ของนกฮูก ม้า และ semilunar fold ของมนุษย์ (19)

พวกมันเป็นสัตว์ที่ไม่มีระยางค์แต่ในงูหลาม งูเหลือม จะมีอวัยวะที่หลงเหลืออยู่ของกระดูกส่วน pelvic girdle และส่วนระยางค์หลัง ดังรูปที่ 4.13 เช่นเดียวกับที่พบในปลาวาฬ ซึ่งอวัยวะเหล่านี้ถือว่าเป็น vestigial organs

Splint bone ที่ขาหน้าของม้า ถือว่าเป็นอวัยวะส่วนที่หลงเหลืออยู่ของ metacarpals ของนิ้วที่ 2 และ 4 โดยที่กระดูกส่วนนี้จะไปรวมกับนิ้วที่ 3 รวมกันเป็นเกือกม้า (hoof)

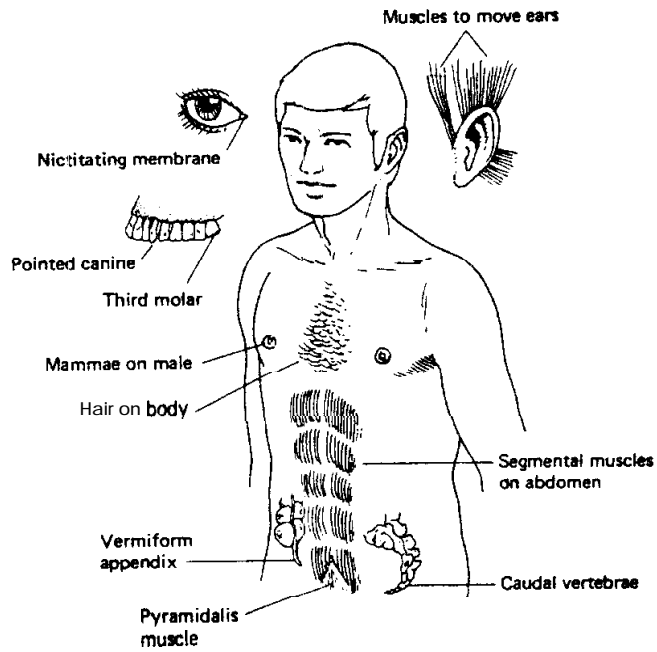
ลักษณะของอวัยวะที่หลงเหลืออยู่ในสัตว์ชั้นสูงเหล่านี้ถึงแม้จะไม่ทราบหน้าที่ที่แน่ชัดก็ตาม แต่เมื่อเปรียบเทียบอวัยวะแบบเดียวกันนี้ที่ยังใช้งานในสัตว์ชั้นต่ำกว่า ทำให้เป็นทางชี้แนะได้ว่าสัตว์ทั้งสองชนิดดังกล่าวมีวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษร่วมกัน





รูปที่ 4.13 แสดงอวัยวะที่หลงเหลืออยู่ (vestigial organs) ของสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดต่าง ๆ (29)

- (ก) กระดูก pelvis ของปลาวาฬ
- (ข) ขาหลังของงูเหลือม
- (ค) Splint bone ที่ขาหน้าของม้า



รูปที่ 4.14 แสดงอวัยวะที่หลงเหลืออยู่ (vestigial organs) ของมนุษย์ (29)

## บทบทวน

### Analogy

- เป็นการศึกษาโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตโดยพิจารณา อวัยวะของร่างกายของสิ่งมีชีวิตที่ทำหน้าที่คล้ายกัน เช่น ปีกแมลง ปีกนก และปีกค้างคาวเป็น analogous

### Homology

- เป็นการศึกษาโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตโดยพิจารณา อวัยวะของร่างกายของสิ่งมีชีวิตที่มีต้นกำเนิดหรือมีโครงสร้างพื้นฐานเหมือนกัน อาจใช้ทำหน้าที่เหมือนกันหรือไม่ก็ตาม เช่น แขนของมนุษย์กับกระดูกขาหน้าของสุนัข หมู แกะ และม้า อวัยวะดังกล่าวเป็น homologous

### Serial Homology

- เป็นอีกแบบของ homology หมายถึง สภาพที่มีอวัยวะมากกว่าหนึ่งอย่างในสัตว์ตัวเดียวกันที่มีโครงสร้างเหมือนกัน เช่น แขนและขาของมนุษย์ถือว่าเป็น serial homology

### Adaptive Radiation

- เป็นตัวอย่างหนึ่งของการเกิดวิวัฒนาการที่สัตว์แต่ละชนิดมีการปรับตัวโดยมีอวัยวะบางส่วนให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม แต่อวัยวะเหล่านั้นต่างก็มีกำเนิดมาจากบรรพบุรุษร่วมกัน เช่น โครงสร้างของระยางค์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

### Parallel Evolution

- การวิวัฒนาการของสัตว์ 2 ชนิดเพื่อจะมีอวัยวะที่ทำหน้าที่คล้ายกัน แต่สัตว์ 2 ชนิดนี้ไม่มีความใกล้ชิดกันในสายวิวัฒนาการเลย เช่น ขาหน้าของสัตว์มีเขาและม้า

### Convergent Evolution

- การวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเข้าหารูปร่างลักษณะที่คล้ายคลึงกันทั้ง ๆ ที่สายของวิวัฒนาการมิได้ใกล้เคียงกันหรือมีความสัมพันธ์กันเลย เช่น รูปร่างลักษณะลำตัวของนกเพนกวิน ปลาโลมา ปลาฉลามและสัตว์เลื้อยคลานพวก Ichthyosaur

### Vestigial Organs หรือ Rudimentary organs

- คือส่วนของร่างกายที่มีขนาดเล็กลงในสัตว์ชั้นสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์ชั้นต่ำและไม่ทราบหน้าที่ที่แน่นอนเป็นแต่เพียงชิ้นส่วนของอวัยวะที่ยังคงหลงเหลืออยู่ในสัตว์ชั้นสูง เช่น ไส้ติ่ง และ semilunar fold ที่หัวใจในมนุษย์ เป็นต้น

### คำถามท้ายบท

1. จงยกตัวอย่างอวัยวะของสัตว์ต่าง ๆ ที่มีลักษณะเป็น analogous
2. จงยกตัวอย่างอวัยวะของสัตว์ต่าง ๆ ที่มีลักษณะเป็น homologous
3. ทำไมในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม กระดูกกะโหลกส่วน frontal และ parietal จึงมีขนาดใหญ่ขึ้น
4. จงยกตัวอย่าง Vestigial organs ในมนุษย์ว่ามีอะไรบ้าง