12 วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต (Organic Evolution)

ถ้านักศึกษาลองพิจารณาวิธีการค้นคว้าทางชีววิทยาสมัยใหม่จะพบว่า การศึกษาชีววิทยาในปัจจุบันนั้นแบ่งออกได้เป็นสองแนวทางกว้าง ๆ กล่าวคือ แนวทางหนึ่งนั้นมุ่งศึกษาเกี่ยวกับวิธีการจัดระเบียบ (organization) ในลักษณะและระดับต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต นับตั้งแต่ระดับโมเลกุล ขึ้นมาจนถึงระดับสูงขึ้นกลุ่มประชากรและสังคม โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อจะแสดงให้ประจักษ์ว่า ผลของการจัดระเบียบนั้นทำให้เกิดระบบการ (system) ต่าง ๆ ที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนอีกแนวทางหนึ่งนั้นมุ่งศึกษาถึงความสืบเนื่องเป็นมาตลอดถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพชีวิตตั้งแต่ระดับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ไปจนถึงการมีวิวัฒนาการ

คำว่า "วิวัฒนาการ" มีความหมายอย่างกว้าง ๆ ว่า เป็นการเปลี่ยนจากสภาพหนึ่งไปสู่อีกสภาพหนึ่ง ในลักษณะที่ค่อยเป็นค่อยไปตามลำดับขั้นโดยอาศัยเวลานาน เรื่องราวของวิวัฒนาการนี้มีเกี่ยวข้องอยู่ในหลายสาขาวิชา เช่นทางดาราศาสตร์ อาจกล่าวถึงวิวัฒนาการของระบบสุริยะ วิวัฒนาการทางธรณีวิทยาหมายถึงการเปลี่ยนแปลงของชั้นหินและสภาพภูมิประเทศ หรือวิวัฒนาการทางเคมี หมายถึงความคลี่คลายเกี่ยวกับการค้นคว้าสารเคมีเป็นต้น วิวัฒนาการด้านต่าง ๆ ตามที่กล่าวมานี้ เป็นวิวัฒนาการเกี่ยวกับสิ่งไม่มีชีวิต เรียกว่า inorganic evolution ส่วนวิวัฒนาการในทางชีววิทยานั้น มีความหมายเน้นหนักไปถึงขบวนการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเรียกว่า organic evolution ซึ่งตามทฤษฎีที่ยอมรับกันนั้น เชื่อว่า สิ่งมีชีวิตทุกชนิดนั้นสืบเนื่องมาจากบรรพบุรุษร่วมกัน หากแต่มีความผิดแผกแปรผันจากกันไปเพราะความเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมและการปรับปรุงสภาพให้เหมาะสมกับภาวะแวดล้อม

ด้วยเหตุที่นักวิทยาศาสตร์ต่างก็ยอมรับว่า วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตนั้นมีจริง จึงมีผู้พยายามเสนอทฤษฎีที่จะอธิบายเกี่ยวกับเรื่องราวของวิวัฒนาการนี้ติดต่อกันมาตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ 17 ทฤษฎีใดที่มีหลักฐานไม่สมเหตุผลก็ไม่เป็นที่ยอมรับและถูกยกเลิกไปในที่สุด

สำหรับในที่นี้จะนำมากล่าวแต่เฉพาะทฤษฎีที่อยู่ในความสนใจและมีอิทธิพลต่อการศึกษาวิวัฒนาการเพียง 3 ทฤษฎี คือ

1. ทฤษฎีของลามาร์ค (Lamarck's Theory) ตั้งโดยนักชีววิทยาชาวฝรั่งเศสชื่อ Jean Baptiste de Lamarck ตีพิมพ์ลงในหนังสือ Philosophie Zoologigue เมื่อ ค.ศ. 1809 ซึ่งเป็นที่นิยมและเชื่อถือกันมากกว่า 70 ปี ตามทฤษฎีนี้ ลามาร์คได้เสนอความคิดเกี่ยวกับการสร้างสมและถ่ายทอดลักษณะที่เกิดใหม่อันเนื่องมาจากอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม (inheritance of acquired characteristics) ซึ่งมีหลักการโดยสรุปอยู่ 4 ขั้น คือ

(1) สภาพของสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลชักนำให้สิ่งมีชีวิตเกิดความจำเป็นในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง

(2) สิ่งมีชีวิตมีความจำเป็นจะต้องคล้อยตามธรรมชาติ

(3) สิ่งมีชีวิตจึงปรับตัวเข้าหาสภาพแวดล้อม ทำให้โครงสร้างและลักษณะเปลี่ยนแปลงไป

(4) การเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้เกิดการสะสมทางพันธุกรรม และสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกหลานได้

ตัวอย่างที่ใช้ประกอบทฤษฎีนี้ ได้แก่เรื่องที่ยีร้าฟมีคอยาว ลามาร์คอธิบายว่า เดิมทีบรรพบุรุษของยีร้าฟมีคอสั้นแต่มีความจำเป็นต้องกินยอดไม้ใบไม้ซึ่งอยู่ในระดับสูง จึงต้องพยายามยืดคอเพื่อเก็บกินอาหารนั้น เมื่อพฤติกรรมเช่นนี้เกิดขึ้นตลอดชั่วอายุ จึงทำให้กลายเป็นลักษณะทางพันธุกรรมซึ่งสามารถถ่ายทอดลงมายังรุ่นลูกหลานได้

แม้ว่าทฤษฎีนี้จะไม่สมเหตุผลตามหลักการทางพันธุศาสตร์แต่ก็ไปตรงกับความเชื่อฝังใจของคนโดยทั่วไปซึ่งยังเชื่อว่าอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ได้ เช่นการห้ามหญิงมีครรภ์รับประทานกล้วยแฝด เพราะเกรงว่าจะเกิดลูกแฝดติดกันเป็นต้น

2. ทฤษฎีของดาร์วิน (Darwin's Theory) ตั้งโดย Charles Darwin นักธรรมชาติวิทยาชาวอังกฤษ ได้กล่าวถึงทฤษฎีวิวัฒนาการไว้ในหนังสือชื่อ The Origin of Species by Natural Selection ซึ่งตีพิมพ์เมื่อปี ค.ศ. 1859 หลักวิวัฒนาการตามทฤษฎีของดาร์วิน มีใจความสำคัญอยู่ 4 ประการ คือ

(1) ในกลุ่มของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน ถ้าพิจารณาลักษณะเป็นรายตัวไปจะพบว่ามีความแตกต่างไปจากกันเสมอ เช่นสีผิวอาจจะเผือดหรือคล้ำมากน้อยกว่ากันเป็นต้น ลักษณะเช่นนี้ดาร์วินเรียกว่าความแปรผัน (Variation)

(2) สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ มักมีลูกหลานมากเกินไป จนไม่มีอาหารหรือได้รับการเลี้ยงดูไม่เพียงพอแก่ความต้องการของลูกหลานทุกชีวิตนั้น

(3) ด้วยเหตุที่มีอาหารอยู่จำกัดแต่ผู้ต้องการอาหารมีมากจึงทำให้เกิดการแก่งแย่งแข่งขัน เพื่อให้ตนเองได้รับอาหารมากตามต้องการ (compete for existence)

(4) ด้วยเหตุแห่งการแข่งขันต่อสู้กับสิ่งแวดล้อมอยู่เสมอ ผู้ที่อ่อนแอไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมนั้นจะตายไป เหลืออยู่แต่ผู้ที่เหมาะสมที่สุด (best fitted will survive) เท่านั้น ผู้ที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมนี้มักจะมีคุณลักษณะพิเศษที่ดีเด่นแปลกไปจากผู้อื่น เมื่อมีลูกหลานก็จะถ่ายทอดหรือสอนลักษณะนั้น ๆ สืบต่อกันไป (inheritance of favorable characteristics) เกิดเป็นพันธุ์ใหม่ที่ดีขึ้นมา

เนื่องด้วยการได้ผู้มีลักษณะเหมาะสมอยู่รอดได้นี้เกิดจากสภาพความเป็นไปของสิ่งแวดล้อม ดาร์วินจึงเรียกวิธีการนี้ว่า natural selection หรือการเลือกสรรโดยธรรมชาติ

ทฤษฎีของดาร์วิน ได้ให้คำอธิบายเกี่ยวกับเรื่องวิวัฒนาการได้ดีกว่าทฤษฎีอื่น ๆ ทั้งยังเหมาะสมกับความหมายของวิวัฒนาการอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นขบวนการที่เกิดการเปลี่ยนแปลงทีละเล็กทีละน้อยใช้เวลานานมาก ประกอบกับมีหลักฐานตามธรรมชาติมาสนับสนุนคำอธิบายได้เป็นอย่างดี จึงทำให้มีผู้นิยมเชื่อถือทฤษฎีนี้กันมากมาจนปัจจุบันนี้

3. ทฤษฎีของ เดอ ฟรีส์ (De Vries' Theory) ตั้งโดย Hugo De Vries นักพฤกษศาสตร์ชาวฮอลันดา ปรากฏอยู่ในหนังสือชื่อ Die Mutation theories เมื่อ ค.ศ. 1909 มีใจความสำคัญสรุปไว้ว่า สิ่งมีชีวิตอาจเกิดพันธุ์ใหม่ขึ้นได้อย่างทันทีทันใด เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นภายในเซลล์สืบพันธุ์ และความเปลี่ยนแปลงนี้สามารถถ่ายทอดสู่ลูกหลานได้ ปัจจุบันเราพบว่าทฤษฎีนี้อาจเป็นไปได้โดยการทดลองทางวิทยาศาสตร์

หลักฐานเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต (Evidences for organic evolution)

นับตั้งแต่ดาร์วินได้เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการออกมา นักชีววิทยาทั้งหลายต่างก็ตื่นตัว เสาะแสวงหาและเก็บรวบรวมหลักฐานข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นข้อพิสูจน์เกี่ยวกับเรื่องราววิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ซึ่งเมื่อแยกประเภทของหลักฐานข้อมูลเหล่านั้นแล้ว พบว่า แบ่งออกเป็นสองประเภท คือ หลักฐานที่ได้โดยตรงจากการศึกษาซากของสิ่งมีชีวิตซึ่งกลายเป็นหิน หรือที่เรียกว่า *fossil* กับหลักฐานที่ได้จากการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะของสิ่งมีชีวิตในยุคปัจจุบันในแง่ของรูปร่าง โครงสร้าง การพัฒนาการ และลักษณะการทำงานของอวัยวะในสิ่งมีชีวิต

อาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าหลักฐานที่ได้จากการศึกษาในเรื่องของวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตนั้นได้มา 6 ทาง คือ

1. หลักฐานจากการศึกษาทางบรรพชีวินวิทยา
2. หลักฐานจากการศึกษาเปรียบเทียบทางกายวิภาคและคัพภวิทยา
3. หลักฐานจากการศึกษาทางอนุกรมวิธาน
4. หลักฐานจากการศึกษาเปรียบเทียบทางสรีรวิทยาและชีวเคมี
5. หลักฐานจากการศึกษาทางภูมิศาสตร์ชีวภาพ
6. หลักฐานจากการศึกษาทางพันธุศาสตร์

12.2 หลักฐานจากการศึกษาทางบรรพชีวินวิทยา (Paleontology evidence)

บรรพชีวินวิทยา (Paleontology) เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับซากเหลือของพืชและสัตว์ซึ่งเคยมีชีวิตอยู่ในสมัยดึกดำบรรพ์ เมื่อตายไปจะถูกกระทำโดยขบวนการทางธรรมชาติจนซากนั้นกลายสภาพเป็นหิน ซากเหลือของสิ่งมีชีวิตจำแนกออกเป็น 5 ประเภท คือ

1. ซากเหลือที่มีรูปร่างสมบูรณ์ (entire body fossil) เป็นซากเหลือที่ถูกสารรักษาสภาพอาบหุ้มไว้ทั้งตัว ทำให้สภาพของร่างกายหรือลำต้นไม่ได้รับความเสียหาย เช่น ตัวแมลงที่ติดอยู่ในแท่งยางสน หรือซากช้างโบราณที่จมอยู่ใต้พื้นน้ำแข็งซึ่งพบในแคว้นไซบีเรีย เป็นต้น

2. ซากเหลือที่เป็นส่วนแข็งของร่างกาย (hard parts fossil) ได้แก่ซากเหลือของส่วนที่เป็นกระดูก ฟัน เปลือก หรือสิ่งที่คงทนต่อการผุกร่อน ปรกติแล้วเมื่อสิ่งมีชีวิตตายลง ส่วนที่อ่อนนุ่มจะถูกทำลายให้เน่าเปื่อยไปอย่างรวดเร็ว เหลือแต่ส่วนที่เป็นของแข็ง ถ้าส่วนที่เป็นของแข็งนี้ถูกเคลือบหุ้มด้วยตะกอนโคลนทรายต่าง ๆ ก็อาจคงสภาพอยู่ได้นาน เมื่อได้รับแรงกดดันอยู่นาน ๆ ก็จะกลายสภาพเป็นหินไป

3. ซากเหลือที่เป็นแบบหล่อและรอยพิมพ์ (mold and imprints fossil) เป็นซากเหลือที่เกิดจากส่วนแข็งซึ่งถูกเคลือบหุ้มอยู่นั้นสูญสภาพไป ส่วนที่เคลือบหุ้มอยู่จะมีลักษณะเป็นเบ้าหรือแบบหล่อ (mold) บางทีอาจมีสารละลายอื่นซึมเข้าไปขังอยู่ในเบ้านั้นและกลายสภาพเป็นรูปหล่อ (cast) ของส่วนแข็งนั้น ๆ ไป โดยที่ยังมีรายละเอียดของโครงสร้างนั้น ๆ อย่างครบถ้วนทุกประการ

ส่วนรอยพิมพ์ (imprint) นั้นคือซากเหลือซึ่งเกิดจากพืชหรือสัตว์ทิ้งรอยประทับไว้ แล้วรอยเหล่านี้ถูกโคลนหรือของเหลวอื่นไหลกลบโดยที่ยังไม่ทันเสียสภาพ และเมื่อเวลานานมากเข้าก็จะกลายเป็นหินไปในที่สุด

4. ซากเหลือซึ่งเกิดจากการมีสารเข้าแทนที่ (petrifaction fossil) เป็นซากเหลือที่เกิดจากแร่ธาตุสารเคมีซึมเข้าไปแทนที่ของเนื้อเยื่อทีละน้อย ๆ จนครบตามลักษณะเดิมของสิ่งมีชีวิตนั้นทุกประการ ซากเหลือชนิดนี้ จะไม่มีเนื้อเยื่อเดิมของสิ่งมีชีวิตนั้นเหลืออยู่เลย ตัวอย่างเช่นท่อนไม้ที่กลายเป็นหินเป็นต้น

5. ซากเหลือที่เป็นกากอาหาร (coprolite) คือเศษหรือกากของอาหารที่กลายเป็นหินในทำนองเดียวกับ petrifaction

ซากเหลือชนิดต่าง ๆ เหล่านี้ จะปรากฏอยู่ตามชั้นหินหรือดินที่ประกอบกันเป็นผิวโลก ปรกติแล้วชั้นหินชั้นดินที่อยู่ส่วนลึกจะมีอายุมากกว่าชั้นที่อยู่เหนือขึ้นมา แต่ในบางกรณีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของผิวโลก อาจทำให้หินดินต่าง ๆ กลับชั้นกันได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อเอาความรู้ทางธรณีวิทยาเข้ามาประกอบการศึกษา สามารถสรุปได้ว่า ซากเหลือของสิ่งมีชีวิตในยุคแรก ๆ มีโครงสร้างซับซ้อนน้อยกว่าในยุคหลังขึ้นมาและยิ่งใกล้ยุคปัจจุบันมากเพียงใดก็จะทวีความซับซ้อนมากขึ้นเป็นลำดับ จึงเป็นข้อยืนยันได้ว่า สิ่งมีชีวิตนั้นมีวิวัฒนาการอย่างแน่นอน

วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตตั้งแต่ยุคแรกเริ่มมาจนถึงปัจจุบันเมื่อนำไปสัมพันธ์กับความรู้ทางธรณีวิทยา อาจสรุปได้ตามตารางต่อไปนี้

ตารางเวลาทางธรณีวิทยา

	Era	Period	Epoch	ระยะเวลา (ล้านปี)	เวลาย้อนไปจากปัจจุบัน (ล้านปี)
5	Cenozoic (ยุคของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม)	Quaternary	ปัจจุบัน	0.011	0.011
			Pleistocene	1	1
		Tertiary	Pleiocene	12	13
			Miocene	13	25
			Oligocene	11	36
			Eocene	22	58
			Paleocene	5	63
			(เทือกเขาร็อคกี้เกิดการเปลี่ยนแปลง ซากเหลือถูก		
4	Mesozoic (ยุคของสัตว์เลื้อยคลาน)	Cretaceous		72	135
		Jurassic		46	181
		Triassic		49	230
			(เทือกเขาแอปปาลาเชียนเกิดการเปลี่ยนแปลง		

*วิธีอ่าน ให้อ่านจากตอนล่างของหน้า 220–221 ขึ้นมาถึงตอนบนของหน้า 218–219 ทีละคู่

สภาพทางธรณีวิทยา	ลักษณะมีชีวิตของพืช	ลักษณะการมีชีวิตของสัตว์
สิ้นสุดสภาพยุคน้ำแข็ง อากาศอบอุ่นขึ้น มีสภาพเป็นน้ำแข็งซ้ำกัน 4 ครั้ง	ไม้เนื้อแข็งลดปริมาณลง ไม้ล้มลุกเพิ่มขึ้น พืชส่วนใหญ่สูญพันธุ์	เป็นสมัยของมนุษยชาติ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมสูญพันธ์ เริ่มมีสังคมมนุษย์
เกิดเทือกเขาทางตะวันตกเฉียงเหนือของอเมริกา มีปรากฏการณ์ภูเขาไฟระเบิด เกิดเทือกเขาเชียรา คาสเคด ภูเขาไฟในเขตตะวันตกเฉียงเหนือระเบิด อากาศเย็นลง แผ่นดินทรุดต่ำ อากาศร้อนขึ้น ภูเขาทะลาย ทะเลในแผ่นดินตื้นเขิน อากาศอุ่น ทำลายลงบ้างเล็กน้อย)	ป่าไม้ลดลง ทุ่งหญ้าเกิดมากขึ้น มีพืชดอก และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เจริญมากขึ้น เกิดป่าขึ้นมากที่สุด พืชดอกและพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเริ่มเกิดขึ้น	พันธุ์มนุษย์อุบัติขึ้น ช้าง ม้า อูฐ มีรูปร่างคล้ายชนิดปัจจุบัน สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมมีวิวัฒนาการสูงสุด เริ่มมีพันธุ์ลิงที่คล้ายมนุษย์ (ape) สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมชนิดโบราณสูญพันธุ์ เริ่มเกิดสัตว์คล้ายมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมชนิดปัจจุบัน มีสัตว์ที่มีรก สัตว์กีบ สัตว์กินเนื้อ เกิดขึ้น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมชนิดโบราณขยายพันธุ์มากขึ้น
เทือกเขาแอนดีส แอลป์ หิมาลัย ร็อคกี้ เริ่มก่อตัวเกิดขึ้น ทะเลในแผ่นดินเริ่มเกิด เริ่มมีป่าชายบึง เริ่มเกิดหินปูนและหินชนวน	ป่าพืชไม่มีเนื้อหุ้มเมล็ดลดน้อยลง พืชใบเลี้ยงเดี่ยว โอ๊ค เริ่มเกิดขึ้น	ไดโนเสาร์มีมากที่สุดและเริ่มสูญพันธุ์ นกมีพันเริ่มสูญพันธุ์ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมมีอยู่ทั่วไป เริ่มเกิดพันธุ์นกชนิดปัจจุบัน
พื้นทวีปสูงขึ้น ท้องทะเลแถบยุโรป และอเมริกาตะวันตกเริ่มตื้นเขิน	พบปรงและสนโดยทั่วไป พืชใบเลี้ยงคู่ ทวีจำนวนมากขึ้น	มีสัตว์กินแมลง และนกมีพันอยู่ทั่วไป ไดโนเสาร์มีชนิดใหญ่และมีปริมาณมาก
เริ่มเกิดทวีปและแผ่นดิน ทะเลทรายมีมากแห่งขึ้น ซากเหลือบางส่วนถูกทำลาย)	พืชไม่มีเนื้อหุ้มเมล็ดมีมากแล้วเริ่มลดลง เฟิร์นที่มีเมล็ดเริ่มสูญพันธุ์	เริ่มเกิดไดโนเสาร์ เทอโรเสาร์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมที่ออกลูกเป็นไข่ สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำโบราณสูญพันธุ์

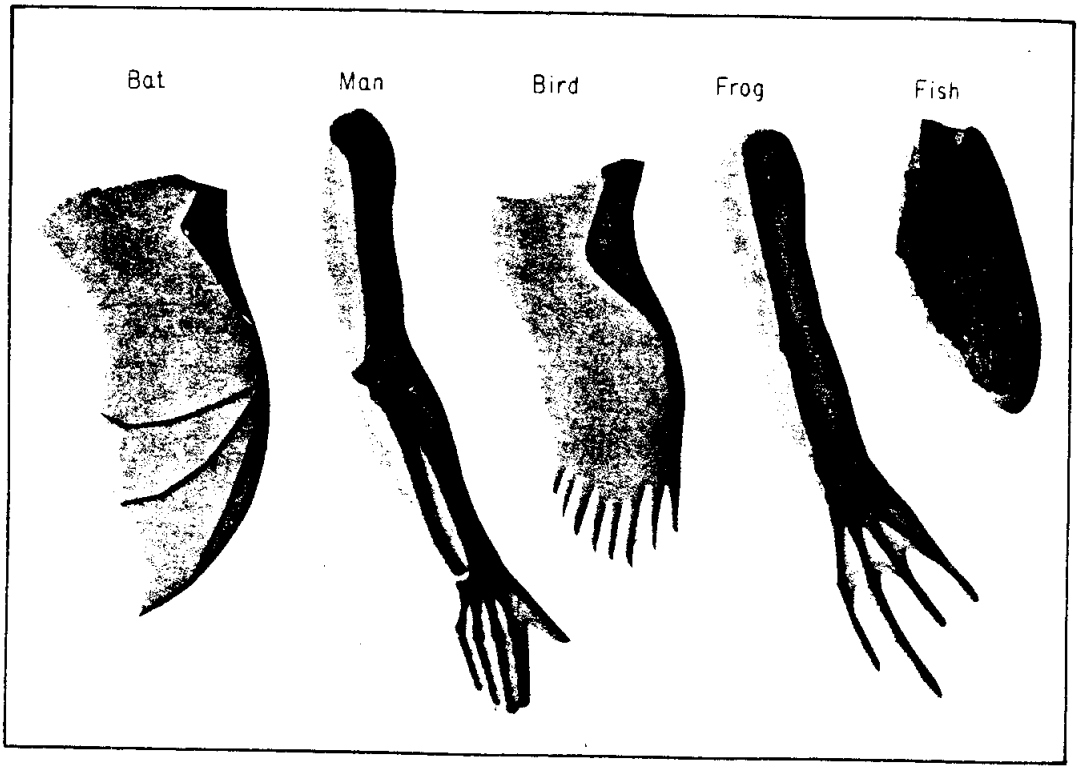
	Era	Period	Epoch	ระยะเวลา (ล้านปี)	เวลาย้อนไปจากปัจจุบัน (ล้านปี)
3	Paleozoic (ยุคของสิ่งมีชีวิตโบราณ)	Permian		50	280
		Pennsylvanian		40	320
		Missisippian		25	345
		Devonian		60	405
		Silurian		20	425
		Ordovician		75	500
		Cambrian		100	600
		(เกิดการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่หนที่สอง)			
2	Proterozoic			1,000	1,600
		(เกิดการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่หนแรก)			
1	Archeozoic			2,000	3,600

สภาพทางธรณีวิทยา	ลักษณะมีชีวิตของพืช	ลักษณะการมีชีวิตของสัตว์
เกิดทวีปต่าง ๆ เทือกเขาแอปปาลาเชียน อากาศแห้งแล้ง ภูเขาน้ำแข็งเกิดมากขึ้น	พืชไร้เมล็ดพวก Lycopsida และ Sphenopsida ลดลง	สัตว์โบราณตายลงมาก สัตว์เลื้อยคลาน ที่คล้ายสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม แมลง เริ่มเกิด
เกิดแผ่นดินลุ่มและบ่อถ่านหิน	มีป่าเฟิร์นมีเมล็ด และพืชไม่มีเนื้อหุ้มเมล็ด	มีสัตว์เลื้อยคลานชนิดแรก สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำรุ่นโบราณจำนวนมาก แมลงมีทั่วไป
แผ่นดินเริ่มสูงขึ้น อากาศตอนแรกร้อนชื้น แล้วตอนหลังเย็นลง	มีพืชไร้เมล็ดพวก Lycopsida และ Sphenopsida มากที่สุด พืชไม่มีเมล็ดหุ้มเนื้อทวีจำนวนขึ้น	มีสัตว์พวก Sea lily มากและมีปลาฉลามโบราณแพร่หลาย
เกิดทะเลในแผ่นดิน แผ่นดินสูงขึ้น อากาศแห้งแล้ง มีภูเขาน้ำแข็ง	เริ่มมีป่า มีพืชบก และเริ่มเกิดพืชที่ไม่มีเนื้อหุ้มเมล็ด	สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำเริ่มเกิด มีปลาที่ใช้ปอด และปลาฉลามมาก
เกิดทะเลในทวีป แผ่นดินสูงขึ้น ที่ลุ่มเริ่มแห้ง	มีหลักฐานว่ามีพืชบกเริ่มเกิดมีแอลจีมาก	เริ่มเกิดแมลงไม่มีปีก ปลา และมี arachnida ในทะเลเป็นจำนวนมาก
แผ่นดินจม อากาศร้อนจัด	มีแอลจีทะเลมากที่สุด และสันนิษฐานว่ามีพืชบก	เริ่มเกิดปลาน้ำจืด ปะการัง และหอยชนิดต่าง ๆ
เกิดแผ่นดินลุ่ม อากาศอุ่น เริ่มเกิดหิน	เริ่มเกิดแอลจีน้ำเค็ม	มีสัตว์พวก arthropoda มากที่สุด
เกิดการทับถมของหินและดิน ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินถล่มและและเกิดภูเขาน้ำแข็งบ่อยครั้ง	เกิดพันธุ์ไม้น้ำชนิดโบราณ มีแอลจีและฟังไจเกิดขึ้น	เกิดสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเล พวกโปรโตซัวในทะเล หลายชนิดเริ่มสูญพันธุ์
ภูเขาไฟระเบิด หินดินทับถมเป็นชั้น แผ่นดินถล่ม	ไม่มีหลักฐานพยานที่แสดงให้ทราบว่ามีสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้น	

12.2 หลักฐานจากการศึกษาเปรียบเทียบทางกายวิภาคและคัพภวิทยา

(Comparative anatomy and embryology evidence)

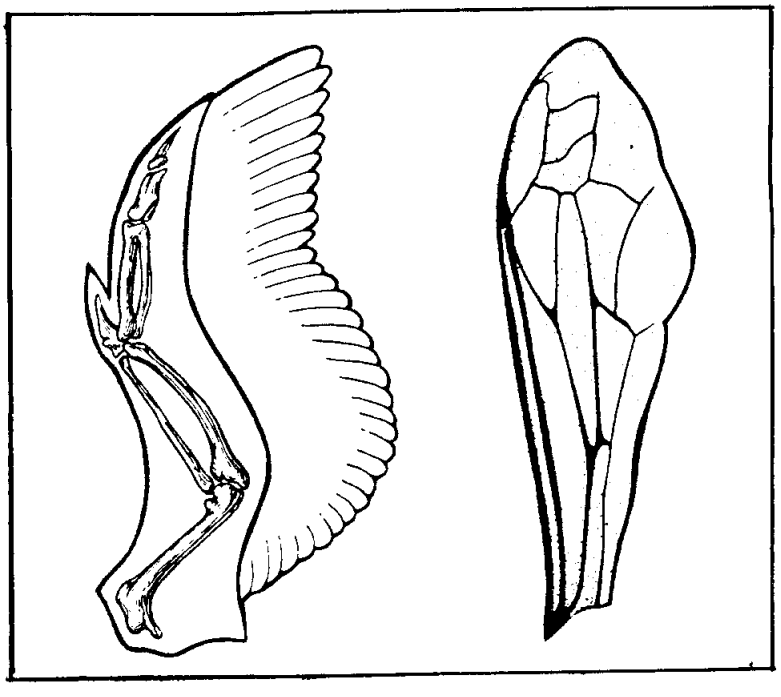
ลักษณะความคล้ายคลึงกันของโครงสร้างของร่างกายของสัตว์นับว่าเป็นหลักฐานสนับสนุนว่าวิวัฒนาการมีจริง ความคล้ายคลึงนี้อาจพิจารณาได้จากอวัยวะรยางค์ของสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังชนิดต่าง ๆ เช่น ค้างคาว คน นก กบ ปลา ซึ่งเมื่อพิจารณาโดยทั่ว ๆ ไปจะเห็นว่าคล้าย ๆ กัน แตกต่างกันเพียงรายละเอียดเฉพาะอย่างตามลักษณะการใช้งานเท่านั้น อวัยวะที่มีลักษณะกำเนิด โครงสร้าง และจุดกำเนิดในแบบเดียวกัน แม้ว่าลักษณะหน้าที่จะแตกต่างกันออกไป อวัยวะเช่นนี้เรียกว่า Homologous organ จากการศึกษาเปรียบเทียบทางกายวิภาคศาสตร์ พบว่าอวัยวะเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงในระยะแรกเริ่มเหมือนกัน จะมาผิดแผกไปจากกันในช่วงระยะหลังของการเจริญเติบโตเท่านั้น ด้วยเหตุนี้จึงเป็นข้อสันนิษฐานได้ว่า สิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีบรรพบุรุษร่วมกันมาในอดีต



ภาพ 12-1 แสดง **homologous organ**

homologous organ ในพืชก็มีเช่นกัน เช่น ส่วนของดอก เปลี่ยนแปลงมาจากใบและผิวลำต้น

ส่วนอวัยวะที่มีลักษณะกำเนิดและจุดกำเนิดต่างกัน แม้ว่าต่อมาจะมาทำหน้าที่คล้ายคลึงกันก็ตาม อวัยวะเช่นนั้นเรียกว่า Analogous organ ตัวอย่างเช่น ปีกของนก และปีกของแมลง ดังภาพ 12-2

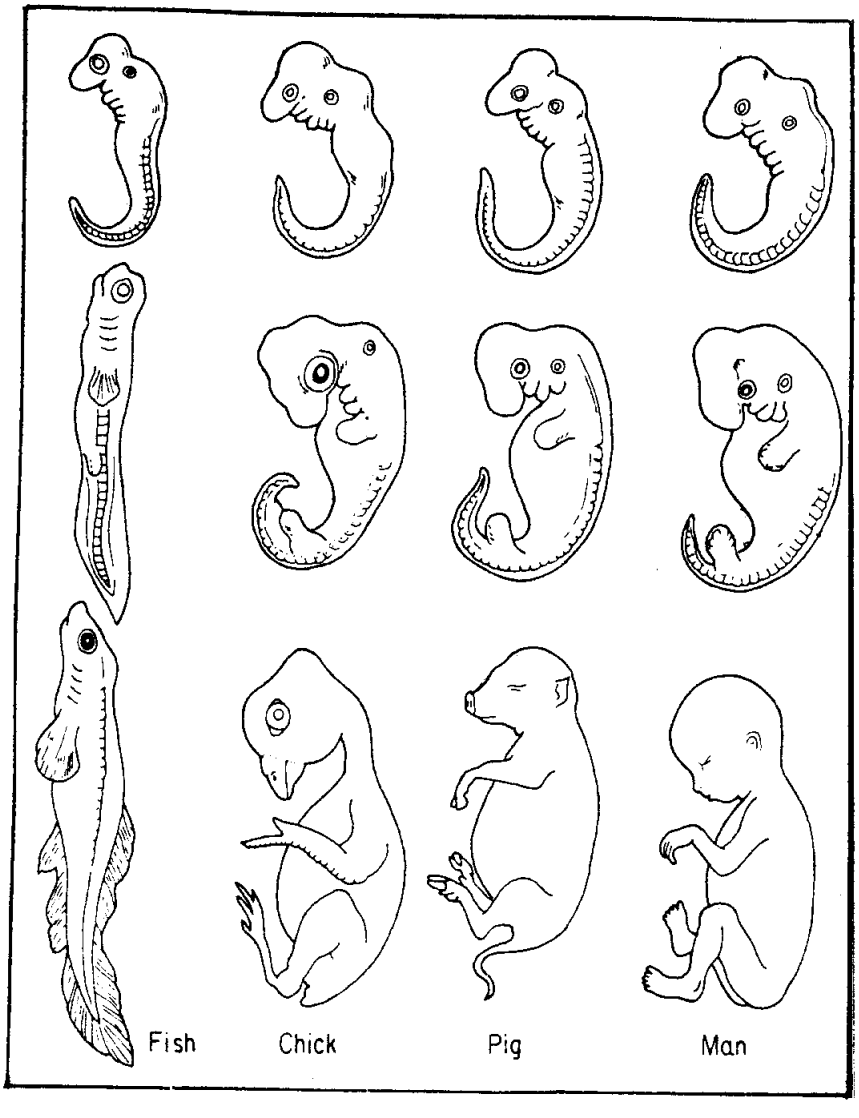


ภาพ 12-2 แสดง analogous organ

นอกจากนี้ จากการศึกษาอวัยวะในสัตว์บางชนิด พบว่าอวัยวะนั้นเจริญเติบโตและทำประโยชน์ได้ดีในสัตว์ชนิดหนึ่งแต่กลับไร้ประโยชน์และเสื่อมสภาพในสัตว์อีกชนิดหนึ่ง อวัยวะเช่นนี้เรียกว่า vestigial organ เช่นกระดูกขาหลังของงู ไส้ติ่งในคน ใบเกล็ดของพืช อวัยวะเหล่านี้เป็นหลักฐานยืนยันอย่างดีว่า วิวัฒนาการนั้นมีจริง

หลักฐานยืนยันอีกประการหนึ่ง ได้จากการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะการเจริญของตัวอ่อน (คัพภะ - embryo) ของสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดต่าง ๆ พบว่าในตอนแรกนั้นสัตว์เจริญมาจากไซโกตซึ่งมีลักษณะเป็นเซลล์ธรรมดา แล้วจึงเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงไปมีลักษณะเฉพาะของแต่ละชนิดขึ้นในภายหลัง จากการศึกษานี้ทำให้นักคัพภวิทยา ชื่อ เค. อี. ฟอน แบร์ (K. E. von Baer) ตั้งเป็นกฎเกณฑ์ เรียกว่า Biogenic Law ซึ่งต่อมา มุลเลอร์กับเฮคเกล (Muller

and Haeckel) เปลี่ยนแปลงและปรับปรุงขึ้นใหม่ เรียกว่า Principle of Recapitulation มีใจความโดยสรุปว่า การเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตนั้นจะย้อนลักษณะการเจริญของบรรพบุรุษที่มีวิวัฒนาการมาโดยลำดับ (ontogeny is an abbriviated recapitulation of phylogeny)



ภาพ 12-3 แสดงการเจริญเติบโตของคัพภะของคอร์เดท์

12.3 หลักฐานจากการศึกษาทางอนุกรมวิธาน (Taxonomic evidence)

การศึกษาทางอนุกรมวิธาน (Taxonomy) เป็นการศึกษาเพื่อจัดแยกหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต ปัจจุบันการศึกษาหมวดหมู่ของพืชและสัตว์ ใช้ระบบที่พิจารณาถึงความสัมพันธ์ทางธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตแต่ละพวกว่ามีความสัมพันธ์ต่อกันมากน้อยเพียงใด ทั้งในทางโครงสร้าง การเจริญเติบโต ลักษณะทางชีวเคมีและสรีรวิทยา ถ้าสิ่งมีชีวิตชนิดใดมีความสัมพันธ์กันมากก็นำมารวมไว้ในหมวดหมู่เดียวกัน จากผลของการจัดหมวดหมู่แบบนี้จะเห็นได้ว่า สิ่งมีชีวิตทั้งหลายนั้นควรจะต้องมีวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษเดียวกัน

12.4 หลักฐานการศึกษาเปรียบเทียบทางชีวเคมีและสรีรวิทยา (Comparative biochemistry and physiology evidence)

จากการศึกษาทางการแยกวิเคราะห์สารที่เป็นองค์ประกอบของร่างกายสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพวกสัตว์ พบว่า สัตว์ที่มีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกันจะมีสารประกอบทางเคมีภายในร่างกาย คล้ายคลึงกันและมีหน้าที่การทำงานคล้ายกันด้วย จากการที่นักศึกษาได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องการจัดระเบียบทางเคมีภายในโปรโตพลาสม์ ก็คงเห็นได้ว่าสิ่งมีชีวิตทั้งหลายนั้น ประกอบด้วยสารเคมีชนิดพื้นฐานอย่างเดียวกัน จึงน่าจะเป็นแนวยืนยันได้ว่า สิ่งมีชีวิตนั้นน่าจะมีบรรพบุรุษร่วมกันมาก่อน

12.5 หลักฐานการศึกษาทางภูมิศาสตร์ชีวภาพ (Biogeography evidence)

จากการศึกษาลักษณะของพืชและสัตว์ในภูมิภาคต่าง ๆ จะเห็นได้ว่า พืชและสัตว์ที่กระจายอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ทั้งที่ยังมีชีวิตอยู่และสูญพันธุ์ไปแล้ว เป็นประจักษ์พยานได้ดีเกี่ยวกับความเชื่อที่ว่าวิวัฒนาการนั้นมีจริง สิ่งมีชีวิตบางชนิดกระจายไปอาศัยอยู่ในที่ต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง แต่บางชนิดก็อยู่จำกัดในเฉพาะพื้นที่ แม้ว่าสภาพแวดล้อมที่อื่นจะเหมาะสมพอที่จะให้อาศัยอยู่ได้เป็นอย่างดี นอกจากนั้นสิ่งมีชีวิตซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกัน แต่ก็กระจายไปอยู่ในที่ซึ่งไกลกันมาก และแต่ละชนิดก็มีการเปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของตน เช่นเราสามารถพบเห็นอูฐได้ในทวีปเอเชียและทวีปแอฟริกา แต่พบลามาได้เฉพาะในทวีปอเมริกาใต้ แต่เมื่อสืบค้นพบบรรพบุรุษของสัตว์เหล่านี้ พบว่าในสมัยโบราณนั้นอยู่กระจัดกระจายไปในที่ทุกแห่ง จึงเป็นเหตุผลกล่าวได้ว่าสัตว์เหล่านี้เดิมมีบรรพบุรุษร่วมกันมา แล้วมีการแปรผันไปตามลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งสอดคล้องไปกับทฤษฎีวิวัฒนาการที่เชื่อถือกัน

12.6 หลักฐานจากการศึกษาจากพันธุศาสตร์ (Genetic evidence)

จากการทดลองศึกษาทางพันธุศาสตร์ พบว่าในการผสมพันธุ์นั้น ลูกที่ได้อาจมีลักษณะ

แปรผันออกไปจากพ่อแม่ได้โดยที่มีการแลกเปลี่ยนยีนส์ หรือโครโมโซมเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหัน (mutation) ความผิดปรกติของโครโมโซมทั้งในด้านลักษณะและจำนวนทำให้ได้สิ่งมีชีวิตพันธุ์ใหม่ขึ้น จึงอาจถือได้ว่าวิวัฒนาการเกิดขึ้นได้โดยมีเรื่องราวเหล่านี้เป็นอีกปัจจัยหนึ่ง

เมื่อประมวลเอาหลักฐานเหล่านี้มาประกอบกัน ทำให้เกิดเป็นเหตุผลสนับสนุนความเชื่อที่ว่าวิวัฒนาการนั้น มีขึ้นได้อย่างแน่นอน