

## พันธุศาสตร์กับวิวัฒนาการของมนุษย์

ดังได้กล่าวแล้วว่าวิวัฒนาการเป็นทั้งทฤษฎีและข้อเท็จจริง ทฤษฎีความหลากหลาย และวิวัฒนาการของมนุษย์สามารถทดสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ หนึ่งในทฤษฎีวิวัฒนาการที่นักวิทยาศาสตร์สามารถตรวจสอบได้คือทฤษฎีทางพันธุศาสตร์ ในบทนี้จะกล่าวถึงวิวัฒนาการของมนุษย์ในมุมมองด้านพันธุศาสตร์

เราอาจกล่าวได้ว่ามนุษย์เราเป็นผลผลิตของพันธุกรรม (genetics) และสิ่งแวดล้อม (environment) ดังสูตรข้างล่าง

$$G+E \rightarrow P$$

เมื่อ G=genetic makeup หรือส่วนประกอบทางพันธุกรรม

E = environment หรือสิ่งแวดล้อม

P = physical and behavioral makeup หรือส่วนที่ประกอบขึ้นเป็นลักษณะทางกายภาพและพฤติกรรมของมนุษย์

เราจะเริ่มต้นด้วยทฤษฎีทางพันธุศาสตร์ซึ่งจัดว่าเป็นวิทยาศาสตร์มากที่สุดอย่างหนึ่งในการศึกษาเกี่ยวกับความหลากหลายของมนุษย์ และโดยธรรมชาติแล้วพันธุศาสตร์เป็นวิทยาศาสตร์ทางชีววิทยาที่สามารถทดสอบด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างน่าเชื่อถือมากสาขาหนึ่ง

**วิชาพันธุศาสตร์** หมายถึงวิชาที่ศึกษากลไกของการสืบทอดกรรมพันธุ์และความหลากหลายทางชีววิทยา และในการศึกษกรรมพันธุ์ นักชีววิทยาเรียกหน่วยพันธุกรรมว่ายีน (gene) ซึ่งมาจากภาษากรีก หมายถึง "การเกิด" (birth)

### การสืบทอดมรดกทางกรรมพันธุ์ (Heredity)

การศึกษาเกี่ยวกับการส่งผ่านลักษณะทางชีววิทยาของสิ่งมีชีวิตในแบบแผนที่เป็นมรดกทางกรรมพันธุ์เริ่มต้นมาเมื่อราวตอนกลางศตวรรษที่ 19 ผลงานที่สำคัญและเป็น

จุดเริ่มต้นในการศึกษากรรมพันธุ์คืองานของพระคาทอลิกชาวออสเตรีย ชื่อ เกรเกอร์ เมนเดล (Gregor Mendel) ซึ่งได้รับการยกย่องว่าเป็น "บิดาแห่งวิชา พันธุศาสตร์" (รูปที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 เกรเกอร์ เมนเดล

เกรเกอร์ เมนเดลทดลองผสมพันธุ์ถั่วต่างๆ ซ้ำมพันธุ์ถึง 28,000 ต้น (แรกทีเดียวเมนเดลต้องการทดลองกับมนุษย์ แต่แนวคิดนี้เป็นไปได้ยากในสมัยนั้นเพราะเป็นการยากมากในการควบคุมการผสมพันธุ์ของมนุษย์) จากนั้นเมนเดลได้บันทึกความหลากหลายทางกายภาพเจ็ดอย่างของถั่ว เช่น ดอก สีเมล็ด ความสูง และรูปร่างของเมล็ด เป็นต้น

เมนเดลต้องการศึกษาว่าลักษณะต่างๆ (traits) ของถั่วเหล่านั้นมีการผสมปนเป (blended) กันหรือไม่ แต่สิ่งที่เขาค้นพบนั้นไม่เป็นไปตามคาด เขาพบว่าลักษณะบางอย่างถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปสู่รุ่นหนึ่งผ่านกระบวนการสืบพันธุ์/ผสมพันธุ์ และเขาได้เสนอกฎแห่งพันธุกรรม (law of inheritance)

ตัวอย่างเช่น เมนเดลได้ทำการทดลองโดยผสมพันธุ์ (breeding) พืชที่มีลักษณะลำต้นสูง (พืชที่ลำต้นสูงพันธุ์แท้มาตลอดหลายชั่วอายุ) กับพืชที่มีลักษณะลำต้นเตี้ยพันธุ์แท้ (purebred) ผลปรากฏว่าได้ลูกหลานที่เรียกว่าพืชพันธุ์ทาง (hybrid) ในรุ่นแรกได้ต้นพืชที่มีลำต้นสูงทั้งหมด แต่รุ่นหลังๆ เริ่มมีพืชลำต้นเตี้ยด้วย (เมนเดลสังเกตด้วยว่าพืชในรุ่นที่สองจะ

มีอัตราส่วนลักษณะพันธุกรรม 3:1 เสมอ) เมเนเดลจึงสรุปว่า ลักษณะทางพันธุกรรมมีทั้งแบบที่เด่น (dominant trait) และแบบที่ซ่อนอยู่ซึ่งอาจจะแสดงหรือถ่ายทอดออกมาในรุ่นหลังๆ (recessive trait)

ในกรณีศึกษาต้นถั่ว เมเนเดลพบว่าพืชพันธุ์ทางรุ่นแรกจะมีรหัสพันธุกรรมทั้งสูงและเตี้ย แต่ลักษณะทางพันธุกรรมแบบเด่น (ความสูง) มีมากกว่าจึงแสดงออกมาก่อน ส่วนแบบที่ซ่อนอยู่จะแสดงหรือถ่ายทอดออกมาในรุ่นที่สองในอัตราส่วน 3 ต่อ 1 (ต้นสูง 3 ต้น และต้นเตี้ย 1 ต้น)

เราเรียกส่วนประกอบทางพันธุกรรม (ความสูงและเตี้ยในกรณีต้นถั่ว) นี้ ว่า genotype

ลักษณะที่สังเกตเห็นได้หรือวัดขนาดได้ที่แสดงออกมา เราเรียกว่า phenotype เช่น ในกรณีของต้นถั่วก็คือความสูง

เมเนเดลสังเกตเห็นว่าลักษณะทางพันธุกรรมแบบเด่นของถั่วคือ มีดอกสีม่วง เมล็ดเรียบ และลำต้นมักจะสูง และควรกล่าวด้วยว่าลักษณะทางพันธุกรรมแบบเด่น (phenotype) อาจจะแสดงออกมาพร้อมกันสองอย่างก็ได้ เช่นหมู่มือด (อาจจะแสดงออกมาเป็นหมู่มือด AB) ลักษณะเช่นนี้เราเรียกว่า co-dominance

การผลงานของเกรเกอร์ เมเนเดลตีพิมพ์ตั้งแต่ ค.ศ. 1868 แต่ไม่ได้รับความสนใจ จนกระทั่งถึงปี ค.ศ. 1900 จึงมีผู้อ่านอย่างสนใจและยกย่องผลงานของเขา และต่อมานงานของเขาก็เป็นแบบอย่างในการศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต หรือที่เรียกกันว่า "Mendelian Genetics"

จากการศึกษาพันธุกรรมของพืชก็มาสู่การศึกษาพันธุกรรมของคนและสัตว์ ในต้นศตวรรษที่ 20 ลักษณะพันธุกรรมของพืชหรือสัตว์ที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปสู่ลูกหลาน ผ่านกระบวนการสืบพันธุ์และปฏิสนธินี้เรียกว่าลักษณะทางพันธุกรรม เช่น ความสูง สีตา สีผิว ลักษณะเส้นผม และหมู่มือด เป็นต้น มนุษย์มีลักษณะทางพันธุกรรมมากถึง 4,000 อย่างซึ่งมากกว่าสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ (สิ่งมีชีวิตในโลกเรามีทั้งหมดประมาณ 5 ล้านชนิด)

ต่อมาในราวกลางศตวรรษที่ 20 เจมส์ วัตสัน (James Watson) และ ฟรานซิส คริกค์ (Francis Crick) ค้นพบว่ายีนเป็นส่วนหนึ่งของโมเลกุลของสารพันธุกรรม หรือ DNA (deoxyribonucleic acid) ซึ่งเป็นอินทรีย์โมเลกุลและบรรจุข้อมูลทางพันธุศาสตร์ไว้

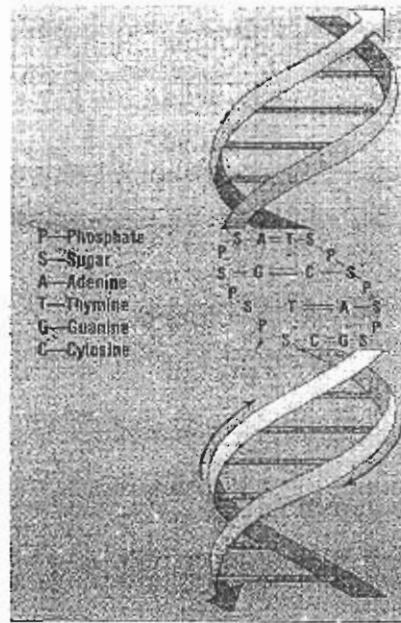
ลักษณะพันธุกรรมต่างๆ จะถูกควบคุมโดยยีนซึ่งอยู่ในโครโมโซม (chromosome) ภายในนิวเคลียส (nucleus) ของเซลล์ (ทั้งเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์) เซลล์เป็นสิ่งที่มีความลักษณะ 3 มิติ เซลล์ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต ลิพิด กรดนิวคลีอิก และโปรตีน มนุษย์เรามีเซลล์ทั้งหมด  $10^{14}$  (ร้อยล้านล้าน) เซลล์

สิ่งมีชีวิตมีจำนวนโครโมโซมไม่เท่ากัน เช่น กุ้งน้ำเค็มมีจำนวนโครโมโซมมากถึง 380 แห่ง หรือ 160 คู่ ส่วนมนุษย์จะมีโครโมโซม 46 แห่ง ในเซลล์แต่ละเซลล์ และแต่ละแห่งจะมีคู่ ฉะนั้นจึงนับเป็นคู่ได้ 23 คู่ (รูปที่ 2.2)



รูปที่ 2.2 โครโมโซมของมนุษย์

โครโมโซมที่มีรูปร่างหน้าตาเหมือนกัน (homologous chromosomes) มี 22 คู่ อีกคู่หนึ่งมีลักษณะพิเศษตรงที่เป็นโครโมโซมเพศ โดยในเพศหญิงจะมีหน้าตาเหมือนกัน แต่ในเพศชายจะมีหน้าตาแตกต่างกัน และโครโมโซมแต่ละแห่งประกอบขึ้นด้วยสารพันธุกรรมหรือ DNA มีลักษณะเป็นแถบยาว 2 เส้นไขว้กันไปมา (รูปที่ 2.3)



รูปที่ 2.3 ลักษณะของ DNA

ในสารพันธุกรรมจะมีโมเลกุลเล็กๆ หลายอันซึ่งมีรหัสผลิตโปรตีน (Sapolsky 1997) โปรตีนนี้จะเป็นส่วนประกอบทางกายภาพที่สำคัญของร่างกายมนุษย์และเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี ร่างกายคนเรามีโปรตีนต่างๆ มากกว่า 10,000 ชนิด ลักษณะหรือการประกอบกันขึ้นทางกายภาพของตัวเราถูกกำหนดโดยการจัดตัวของโปรตีนนี้เอง และบนสายยาวของ DNA มีบางช่วงที่ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะสิ่งมีชีวิต นักวิชาการเรียกช่วงของดีเอ็นเอที่ทำหน้าที่นี้ว่ายีนซึ่งยีนในแต่ละโครโมโซมอาจจะมีหลายรูปแบบซึ่งเรียกว่าอัลลีล (allele)

ในโครโมโซมหนึ่งคู่ของเรานั้นโครโมโซมหนึ่งอันมาจากพ่อและอีกหนึ่งอันมาจากแม่ โดยเราได้โครโมโซมมาจากการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม และผ่านกระบวนการแบ่งเซลล์ (cell division) การส่งผ่านคุณลักษณะทางพันธุกรรมในประชากรมนุษย์สามารถส่งผ่านได้มากกว่าหนึ่งคุณลักษณะ และดังนั้นจึงทำให้มนุษย์มีความหลากหลายทางพันธุกรรมทั้งในระดับปัจเจกบุคคลและระดับกลุ่มประชากร

กล่าวโดยทางทฤษฎีโดยทั่วไป ในประชากรกลุ่มเดียวกันมักจะมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกันเพราะมีการสืบพันธุ์ในหมู่ประชากรเดียวกัน และลักษณะทางพันธุกรรมก็คงที่ (constant) คือไม่เปลี่ยนแปลงจากรุ่นหนึ่งไปรุ่นหนึ่งมากนัก โดยมีเงื่อนไขว่า 1) ต้องมีการสืบพันธุ์แบบสุ่ม 2) จำนวนประชากรมีขนาดใหญ่มาก 3) ไม่มีตัวแปรอื่นๆ เข้าไปในกลุ่ม

ประชากร และ 4) ประชากรทุกคนมีสุขภาพสมบูรณ์และแข็งแรงสามารถสืบพันธุ์ได้ แต่ในความเป็นจริงจำนวนประชากรในแต่ละที่มีขนาดจำกัด ลักษณะทางสรีระของแต่ละคน/กลุ่มก็แตกต่างกัน รวมทั้งพฤติกรรมกรรมการสืบพันธุ์ของแต่ละคนอาจแตกต่างกัน ปัจจัยเหล่านี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของอัลลีล จนมีผลทำให้การผันแปรของยีนเกิดขึ้นแบบสุ่ม (random genetic drift) ในหมู่ประชากร และผลต่อมาก็คือเกิดวิวัฒนาการทางชีววิทยาขึ้น

### ธรรมชาติ กับ การเลี้ยงดู (Nature VS. Nurture)

ดังได้ตั้งคำถามเกริ่นไว้แล้วว่าความเป็นมนุษย์นั้นกำหนดจากอะไร คำถามหนึ่งก็ตามมาก็คือลักษณะต่างๆ ของมนุษย์ที่สังเกตเห็นได้ วัดขนาดได้ (phenotype) ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบทางพันธุกรรม (genotype) เท่านั้นจริงหรือที่ คำตอบน่าจะ "ไม่จริง" เสมอไป

เราได้เห็นแล้วว่าสิ่งแวดล้อมเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ทำให้มนุษย์มีวิวัฒนาการ แม้ว่ายีนของมนุษย์จะเป็นจุดเริ่มต้นของพัฒนาการทางชีววิทยาที่สำคัญ แต่มนุษย์ยังต้องปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมซึ่งมีอิทธิพลต่อความเป็นมนุษย์ไม่น้อยกว่ายีน นักวิชาการหลายคนในทศวรรษ 1960s เชื่อว่ายีนแทบไม่มีบทบาทสำคัญอะไรเลยในการกำหนดลักษณะประชากร โดยเฉพาะพฤติกรรมของมนุษย์ เช่น ความรุนแรงเป็นพันธุกรรมหรือไม่ หรือความอัจฉริยะถ่ายทอดทางพันธุกรรมหรือไม่ หรือเกิดจากความกดดัน หรือการเลี้ยงดูหล่อหลอมทางวัฒนธรรม เป็นต้น

อย่างไรก็ตามเราก็พบว่ามันเป็นเรื่องยากที่จะแยกระหว่างยีนกับการเลี้ยงดูว่าอะไรคือตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของมนุษย์ บางอย่างอาจมีสาเหตุมาจากสองทั้งปัจจัยก็ได้ เช่น มะเร็งอาจเกิดขึ้นจากส่วนประกอบทางพันธุกรรม (มีรายงานว่าโรคนี้นี้เป็นกรรมพันธุ์) และความเครียด หรือพฤติกรรมอื่น ๆ เช่น การดื่มเหล้า สูบบุหรี่ หรือกินอาหารที่มีสารเคมีตกค้าง เป็นต้น ตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นว่าลักษณะทางพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมทั้งทางธรรมชาติและวัฒนธรรมทำงานประสานกันอย่างไม่เป็นอิสระจากกันอย่างเด็ดขาด

กล่าวโดยสรุป พันธุศาสตร์ช่วยให้เราเข้าใจความหลากหลายของปัจเจกและประชากรของสิ่งมีชีวิต และช่วยให้เห็นวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตด้วย วิวัฒนาการเป็นทฤษฎีที่สามารถทดสอบได้ด้วยวิธีการแบบวิทยาศาสตร์ และมนุษย์มีวิวัฒนาการด้วยการปรับตัวทางชีววิทยาและการปรับตัวทางวัฒนธรรม ต่อไปนี้เราจะนำแนวคิดและทฤษฎีวิวัฒนาการมามองวิวัฒนาการของมนุษย์

## ทฤษฎีวิวัฒนาการ

จากที่กล่าวมาข้างต้นเราเห็นว่าวิวัฒนาการทางชีววิทยาเป็นการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมตามเวลาที่ผ่านไป นักมานุษยวิทยากายภาพและนักชีววิทยาแบ่งระดับวิวัฒนาการออกเป็น 2 ระดับ คือวิวัฒนาการระดับจุลภาค (microevolution) และวิวัฒนาการระดับมหภาค (macroevolution)

**วิวัฒนาการระดับจุลภาค** หมายถึงการเปลี่ยนแปลงความถี่ของอัลลีลในช่วงเวลาสั้นๆ เช่นจากรุ่นหนึ่งสู่รุ่นหนึ่ง โดยมุ่งความสนใจที่แบบแผนทางลักษณะพันธุกรรมและความถี่ของยีนทั้งหมดของประชากร ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม หรือลักษณะที่แสดงออกทางกายภาพของปัจเจกบุคคล ฉะนั้นเมื่อพูดถึงทฤษฎีวิวัฒนาการในบทนี้เราจะหมายถึงการศึกษาความเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยาที่เกิดขึ้นตามลำดับเวลาของประชากรกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งที่แต่งงานประสมพันธุกันในกลุ่มเดียวกัน (breeding population) เช่น กลุ่มประชากรที่อยู่อาศัยโดดเดี่ยวในหมู่เกาะแห่งใดแห่งหนึ่ง หรือประชากรที่อาศัยอยู่ห่างไกล ไม่มีการติดต่อกับสังคมหรือกลุ่มประชากรอื่นๆ

ในทางทฤษฎีแล้ววิวัฒนาการทางชีววิทยาของประชากรกลุ่มดังกล่าวแทบจะไม่เกิดขึ้นเลย เนื่องจากไม่มีการแต่งงานข้ามกลุ่มและเป็นการสืบพันธุ์แบบสุ่ม (random mating) และมักเป็นกลุ่มประชากรขนาดใหญ่หรือมีจำนวนอนันต์ ฉะนั้นความถี่ของยีนก็จะสมดุลตลอดเวลา เราเรียกทฤษฎีที่เชื่อในความสมดุลของความถี่ของยีนนี้ว่า “ทฤษฎีฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก” (Hardy-Weinberg Equilibrium)

อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงมีการเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีนเกิดขึ้นอยู่เสมอ เพราะมีปัจจัยผลักดันที่ทำให้เกิดวิวัฒนาการอย่างน้อย 4 ประการที่นักวิชาการทางชีววิทยาได้ศึกษาวิจัย และค้นพบว่ามีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีน และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงทางพันธุศาสตร์ของประชากร และท้ายสุดก็เกิดวิวัฒนาการในกลุ่มประชากรนั้นๆ

## ปัจจัยหรือแรงผลักดันที่ทำให้เกิดวิวัฒนาการ (Evolutionary Forces)

เวลาเราพูดถึงความถี่ของยีนหรือ/และอัลลีล โปรดจำด้วยว่าปัจเจกบุคคลไม่มีความถี่ของยีน แต่ความถี่ของยีน (gene frequency) จะพบในระดับประชากรเท่านั้น ฉะนั้นเมื่อพูดถึงวิวัฒนาการในที่นี้หมายถึงวิวัฒนาการของกลุ่มประชากร ไม่ใช่ปัจเจกบุคคล

ความถี่ของยีนในประชากรเปลี่ยนแปลงได้โดยมีปัจจัยหลักสี่ประการ ได้แก่

1. การผ่าเหล่า (mutation) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงแบบสุ่มของรหัสยีนที่ทำให้เกิดอัลลีลใหม่ โดยทั่วไปอัตราการผ่าเหล่าหรือการกลายพันธุ์ตามธรรมชาติเกิดขึ้นไม่สูงนัก (ประมาณ 30 ต่อล้านในเซลล์ของมนุษย์) และส่วนมากก็ไม่มีผลร้ายตามมามากนัก แต่บางครั้งก็อาจร้ายแรงถึงตายได้ สาเหตุการผ่าเหล่าอาจมาจากสิ่งแวดล้อม เช่นการได้รับรังสี หรือสารเคมีที่ใส่ในอาหาร เป็นต้น

2. การเคลื่อนไหลของยีน (gene flow) หมายถึงการเคลื่อนย้ายของยีนจากประชากรหนึ่งไปยังประชากรหนึ่ง ผ่านทางการอพยพเคลื่อนย้ายของประชากร การสงคราม และการรุกรานอาณาเขต หรือการแต่งงานข้ามกลุ่มประชากร เป็นต้น

3. การผันแปรของยีน (genetic drift) หมายถึงการขึ้นๆ ลงๆ ของความถี่ของยีนในหมู่ประชากร ตัวอย่างเช่นถ้ามีคนตายโดยกะทันหันจำนวนมาก (เช่นในภาวะสงคราม) ทำให้ความถี่มวลรวมของยีน (gene pool) ลดลงไป โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงลักษณะนี้มักจะมีผลกระทบมากในหมู่ประชากรขนาดเล็ก

4. การเลือกสรรโดยธรรมชาติ (natural selection) หมายถึงกระบวนการวิวัฒนาการที่ธรรมชาติมีบทบาทกำหนดคุณลักษณะทางพันธุกรรมบางอย่างของประชากรเพื่อปรับตัวให้อยู่รอดและสามารถส่งผ่านไปยังลูกหลานได้ ตัวอย่างเช่น ต้นตะบองเพชรที่มีหนามทำให้สัตว์ไม่กล้ากิน มีดอกหรือกิ่งน้อยทำให้ไม่ต้องใช้น้ำมาก ลักษณะเช่นนี้ทำให้ตะบองเพชรสามารถมีชีวิตรอดได้ในเขตทะเลทราย หรือสัตว์ที่มีขนปกปุยในเขตขั้วโลกเหนือก็สามารถปรับตัวอยู่ได้เพราะขนปกปุยช่วยให้ร่างกายอบอุ่น เป็นต้น

ควรกล่าวด้วยว่า การปรับตัวบางอย่างอาจเป็นคุณในสภาพแวดล้อมบางอย่าง แต่อาจเป็นโทษในสภาพแวดล้อมอีกอย่าง

โดยสรุป ปัจจัยที่เป็นแรงผลักดันวิวัฒนาการทั้งสี่อย่างส่งผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมในหมู่ประชากรมนุษย์แตกต่างกันดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปัจจัยหรือแรงผลักดันที่ทำให้เกิดวิวัฒนาการ

แรงผลักดันสู่วิวัฒนาการ ของประชากร	ความหลากหลายในกลุ่ม ประชากร	ความหลากหลาย ระหว่างกลุ่มประชากร
Mutation	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น
Gene Flow	เพิ่มขึ้น	ลดลง
Genetic Drift	ลดลง	เพิ่มขึ้น
Natural Selection	เพิ่มขึ้นหรือลดลง	เพิ่มขึ้นหรือลดลง

ในปัจจุบัน สังคมมนุษย์มีอัตราการไหลผ่านของยีน การเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีน การเลือกสรรโดยธรรมชาติ และการผ่าเหล่าหรือกลายพันธุ์มากขึ้นและรวดเร็ว เช่น การเดินทางข้ามทวีปโดยใช้เวลาเพียงไม่กี่ชั่วโมง การแต่งงานข้ามวัฒนธรรม และการฆ่าล้างเผ่าพันธุ์หรือการสงคราม และสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ เป็นต้น ลักษณะเช่นนี้ทำให้มีการปะทะสังสรรค์ระหว่างแรงผลักดันสู่วิวัฒนาการเข้มข้นมากขึ้น ส่งผลให้ประชากรในโลกมีความหลากหลายทางพันธุกรรมมากขึ้นไปด้วย และปัจจัยหรือแรงผลักดันที่ทำให้เกิดวิวัฒนาการเหล่านี้ยังส่งผลให้เกิดวิวัฒนาการของมนุษย์ตามมาในแบบแผนต่างๆ ด้วย

### แบบแผนวิวัฒนาการของประชากร

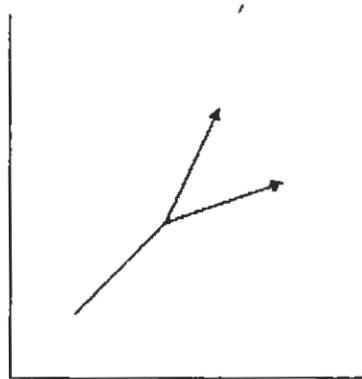
เราสามารถแบ่งแบบแผนวิวัฒนาการของประชากรออกเป็นสามแบบดังนี้

1. วิวัฒนาการแบบเส้นตรง (*linear revolution*) แบบแผนนี้จะแสดงให้เห็นว่าสิ่งมีชีวิตค่อยๆ เปลี่ยนแปลงไปสู่รูปแบบใหม่ (รูปที่ 2.4) แบบแผนนี้มักเกิดขึ้นจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติในสภาพแวดล้อมเฉพาะแห่ง ควรกล่าวด้วยว่าถ้าสิ่งมีชีวิตชนิดใดปรับตัวได้ดีมากเกินไปก็อาจสูญพันธุ์ได้เหมือนกันถ้าสภาพแวดล้อมเปลี่ยนเดิมเปลี่ยนไปอีกครั้ง



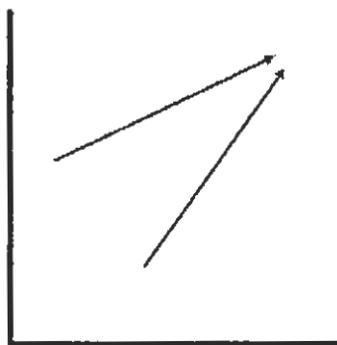
รูปที่ 2.4 วิวัฒนาการแบบเส้นตรง

2. วิวัฒนาการแบบแยกตัว (*divergent evolution*) แบบแผนนี้หมายถึงกลุ่มประชากรที่เป็นบรรพบุรุษมีลูกหลานแตกออกเป็นสองกลุ่ม หรือมากกว่า (รูปที่ 2.5) ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดก็คือประชากรโลกในปัจจุบันที่มีหลายกลุ่มมาก เหมือนการแตกกิ่งก้านสาขาของต้นไม้



รูปที่ 2.5 วิวัฒนาการแบบแยกตัว

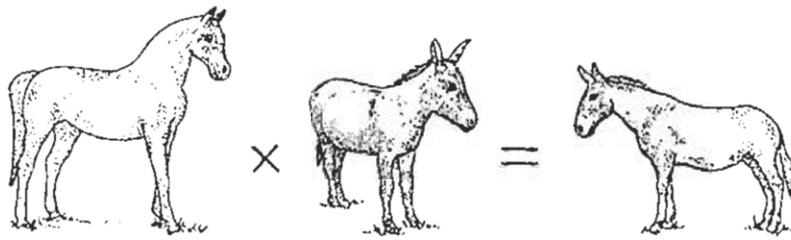
3. วิวัฒนาการแบบรวมตัว (*convergent evolution*) หมายถึงกลุ่มประชากรสองกลุ่มที่แตกต่างกันได้พัฒนาจนมีลักษณะเหมือนหรือใกล้เคียงกัน (รูปที่ 2.6) โดยทั่วไปและโดยทฤษฎีเรามักจะพบแบบแผนวิวัฒนาการแบบนี้ในหมู่ประชากรที่อาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกันหรือคล้ายกัน



รูปที่ 2.6 วิวัฒนาการแบบรวมตัว

แบบแผนวิวัฒนาการแบบที่ 1 และ 2 อาจนำไปสู่การเกิดสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่หรือสายพันธุ์ใหม่ (species) สายพันธุ์หรือชนิดของสิ่งมีชีวิตในทางชีววิทยาหมายถึงประชากรหรือกลุ่มประชากรที่สามารถผสมพันธุ์กันได้ (interbreeding) และผลิตลูกหลานที่แตกต่างจากกลุ่มประชากรอื่น

คำถามสำคัญเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่น่าสนใจ เช่น สิ่งมีชีวิตสามารถผสมพันธุ์ข้ามชนิด (species) ได้หรือไม่ในสภาพธรรมชาติ เช่น ม้าผสมพันธุ์กับลาได้ลูกออกมาเป็นพ่อ แต่อย่างไรก็ตามพ่อผสมพันธุ์กับพ่อไม่สามารถผลิตลูกออกมาได้ (รูปที่ 2.7) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าม้ากับลาเป็นสัตว์คนละชนิด หรือกรณีเสือกกับสิงโตก็เช่นเดียวกัน กล่าวคือเสือกสามารถผสมพันธุ์กับสิงโตแล้วได้ลูกออกมา แต่ลูกของเสือกกับสิงโตไม่สามารถผลิตลูกต่อไปได้ ฉะนั้นเราจึงจัดให้เสือกกับสิงโตเป็นสัตว์ต่างชนิดกัน



รูปที่ 2.7 การผสมพันธุ์ของสัตว์ต่างสายพันธุ์ระหว่างม้ากับลา ผลที่ได้คือพ่อ

อีกคำถามหนึ่งก็คือสิ่งมีชีวิตสามารถผสมพันธุ์ข้ามสายพันธุ์แล้วได้ผลผลิตที่แข็งแรงสมบูรณ์หรือไม่ คำตอบคือไม่เสมอไป เช่น หมาบ้าน (dogs) ผสมพันธุ์กับหมาป่า (wolves) ได้ลูกออกมาก็จริง แต่ลูกไม่แข็งแรงและไม่สามารถสืบพันธุ์ต่อไปได้

อย่างไรก็ตามคำถามเหล่านี้ยังเป็นที่ถกเถียงและยังต้องค้นคว้าต่อไป

**วิวัฒนาการระดับมหภาค** หมายถึงการเกิดขึ้นของประชากรชนิดใหม่ (new species) และการเกิดชนิดของประชากรใหม่นี้มักใช้เวลายาวนาน (โดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 1,000 ปี) ฉะนั้นทฤษฎีวิวัฒนาการระดับมหภาคจึงมุ่งไปที่ความพยายามจะทำความเข้าใจหรืออธิบายว่าทำไมจึงมีสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่เกิดขึ้น

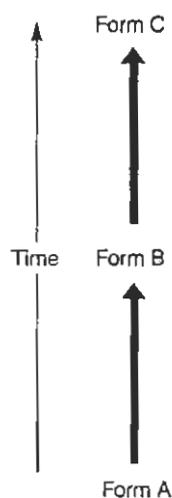
จากการค้นพบซากบรรพชีวินทำให้เราทราบว่าสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่เกิดขึ้น ในขณะที่เดียวกัน ก็มีสิ่งมีชีวิตบางชนิดสูญพันธุ์ไป จากการค้นพบซากบรรพชีวินเช่นนี้ได้นำไปสู่การศึกษาเรื่องวิวัฒนาการ และมีทฤษฎีวิวัฒนาการเกิดขึ้น

ในการศึกษาทฤษฎีวิวัฒนาการในที่นี้เราจะเน้นที่วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในลำดับไพรเมต โดยเฉพาะสายพันธุ์ *โฮโม เซเปียนส์* (*Homo sapiens*) ซึ่งเป็นหนึ่งในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 4,000 ชนิด และหนึ่งในจำนวนสิ่งมีชีวิต 5 ล้านประเภทในโลก และควรกล่าวด้วยว่ามนุษย์ปัจจุบันซึ่งอยู่ในสายพันธุ์ *โฮโม เซเปียนส์* นั้นมีลักษณะเฉพาะหลายอย่างที่แตกต่างกันจากสัตว์อื่นๆ เช่นความมีวัฒนธรรม และมนุษย์ปัจจุบันยังเป็นสัตว์ที่มีร่างกายใหญ่กว่าสัตว์ชนิดอื่นๆ มากกว่า 99% ของสัตว์ทั้งหมดที่พบบนโลก นอกจากนี้ยังมีการค้นพบซากบรรพชีวินของสิ่งมีชีวิตในลำดับไพรเมตมากกว่าสิ่งมีชีวิตในลำดับอื่นๆ เป็นต้น (ซากบรรพชีวินของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่ค้นพบในขณะนี้ไม่มีเพียงสี่หรือห้าลำดับเท่านั้น)

### แบบแผนของวิวัฒนาการระดับมหภาค

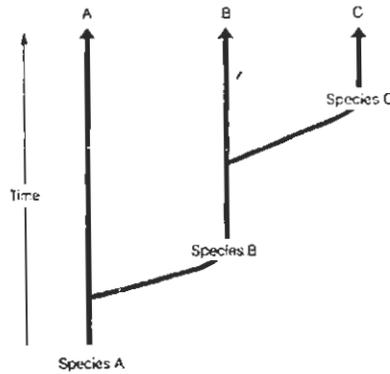
ในการศึกษาวิวัฒนาการระดับมหภาค นักวิชาการได้แบ่งแบบแผนของวิวัฒนาการออกเป็นสองแบบแผน

แบบแผนที่ 1 เป็นการเปลี่ยนแปลงของชนิดประชากรตามเวลา ซึ่งนำไปสู่การก่อตัวของสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่ นักวิชาการเรียกแบบแผนวิวัฒนาการแบบนี้ว่า "anagenesis" (รูปที่ 2.8)



รูปที่ 2.8 วิวัฒนาการแบบ anagenesis

ส่วนแบบแผนที่ 2 เป็นการเปลี่ยนแปลงของชนิดประชากรตามกาลเวลาเช่นเดียวกัน แต่อาจจะเกิดสิ่งมีชีวิตใหม่มากกว่าหนึ่งชนิดก็ได้ นักวิชาการเรียกแบบแผนวิวัฒนาการแบบนี้ว่า "cladogenesis" (รูปที่ 2.9)



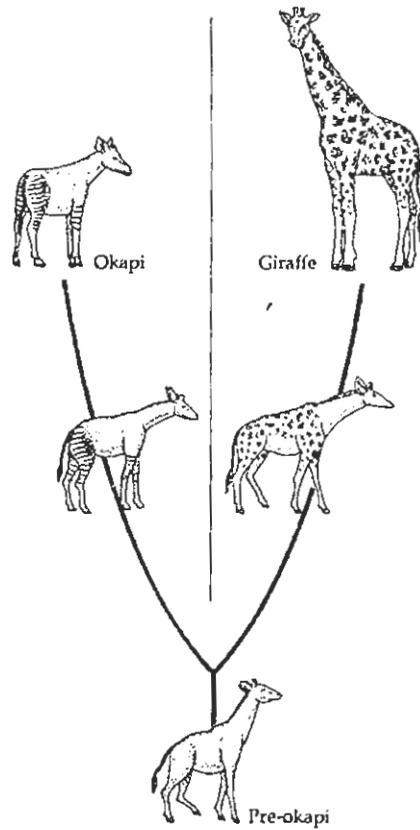
รูปที่ 2.9 วิวัฒนาการแบบ cladogenesis

นักวิชาการทางชีววิทยาและมานุษยวิทยากายภาพเรียกการเกิดหรือกำเนิดของสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่ว่า speciation

แบบแผนของวิวัฒนาการสองลักษณะดังกล่าวเกิดขึ้นในสองลักษณะ ได้แก่ วิวัฒนาการที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ หรือค่อยเป็นค่อยไป (gradualism) และวิวัฒนาการที่เกิดขึ้นเป็นพักๆ (punctuated equilibrium)

วิวัฒนาการที่มีกระบวนการเกิดขึ้นค่อยเป็นค่อยไป หมายถึงการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยๆ ที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตแต่ละรุ่นจนกลายเป็นการเปลี่ยนแปลงขนาดใหญ่ในที่สุด (รูปที่ 2.10)

กระบวนการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นช้าๆ อย่างราบเรียบและใช้เวลานาน ปัจจัยหรือแรงผลักดันที่ทำให้เกิดวิวัฒนาการแบบนี้มักเป็นการเลือกสรรโดยธรรมชาติมากกว่าจะเป็นการผ่าเหล่า หรือ การเลื่อนไหลของยีน หรือการผันแปรของยีน ผู้ที่เสนอทฤษฎีหรือโมเดลวิวัฒนาการแบบนี้คือ **ชาร์ลส ดาร์วิน** (1809 -1882) ซึ่งเป็นนักธรรมชาตินิยมคนสำคัญชาวอังกฤษ (รูปที่ 2.11)

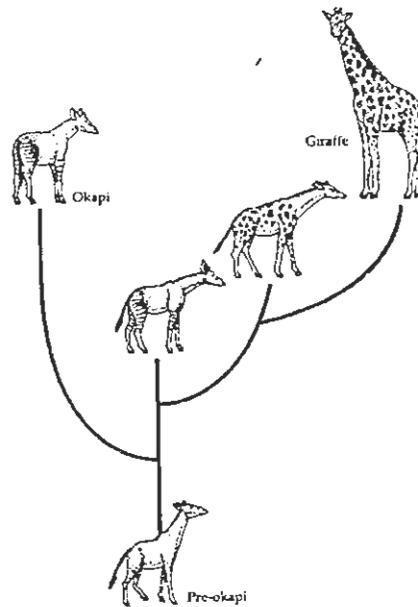


รูปที่ 2.10 แสดงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ



รูปที่ 2.11 ชาร์ลส ดาร์วิน

วิวัฒนาการที่เกิดขึ้นเป็นพักๆ เป็นทฤษฎีหรือโมเดลที่เชื่อว่าแบบแผนวิวัฒนาการประกอบด้วยช่วงเวลายาวนานที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (stasis) หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อย สลับกับช่วงเวลาสั้นๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (รูปที่ 2.12)



รูปที่ 2.12 แสดงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นเป็นพักๆ

ผู้ที่เสนอทฤษฎีหรือโมเดลวิวัฒนาการแบบนี้คือ **ไนลส์ เอลเดรดจ์** (Niles Eldredge) และ **สตีเฟน กูลด์** (Stephen J. Gould) โดยนักวิชาการทั้งสองมองว่าแบบแผนวิวัฒนาการแบบนี้เกิดขึ้นในกลุ่มประชากรที่มีขนาดเล็กและอยู่โดดเดี่ยว การเปลี่ยนแปลงอาจเริ่มจากการผ่าเหล่าซึ่งจะถ่ายทอดไปยังรุ่นหลังได้ ประกอบกับการแต่งงานภายในกลุ่มและการผันแปรของยีนก็จะเป็นอีกแรงที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมอย่างรวดเร็ว และท้ายที่สุดก็ส่งผลให้เกิดสายพันธุ์ใหม่ซึ่งสามารถดำรงเผ่าพันธุ์ได้ดีแล้วและสามารถรักษาความสมดุลทางพันธุกรรมไว้ได้ หรือมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรมน้อยมาก

จากหลักฐานซากบรรพชีวินที่ค้นพบในปัจจุบันค่อนข้างจะสนับสนุนทฤษฎีทั้งสองแบบ และยังไม่เป็นที่สรุปได้ลงตัวในขณะนี้ นักมานุษยวิทยากายภาพยังถกเถียงและรอการค้นพบซากบรรพชีวินกันต่อไป

## ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับทฤษฎีวิวัฒนาการ

มีความเข้าใจผิดหลายประการเกี่ยวกับทฤษฎีวิวัฒนาการ โดยเฉพาะคำกล่าวที่ว่า “ความอยู่รอดของผู้ที่แข็งแรงที่สุด” (survival of the fittest) ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับทฤษฎีวิวัฒนาการอาจแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อหลัก ได้แก่

1. ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับธรรมชาติของการเลือกสรร (nature of selection) โปรดสังเกตด้วยว่าหัวข้อนี้เป็นคนละประเด็นกับการเลือกสรรโดยธรรมชาติ แม้ว่าอาจมีความสัมพันธ์กัน

2. ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ และวิวัฒนาการ (structure, function and evolution)

### ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับธรรมชาติของการเลือกสรร

คนส่วนมากมีความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการเลือกสรรโดยธรรมชาติอยู่แล้ว แต่มักจะตีความผิดเมื่ออธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติ และกระบวนการในการเลือกสรร

ความเข้าใจผิดประการแรก มักเชื่อว่าสิ่งที่ใหญ่กว่าย่อมดีกว่า (bigger is better) ความเข้าใจผิดนี้พบทั่วไปและมักเข้าใจว่าการเลือกสรรโดยธรรมชาติจะนำไปสู่โครงสร้างที่ใหญ่กว่าเสมอ หรืออะไรที่ใหญ่กว่าย่อมดีกว่า เช่น สมอที่ใหญ่กว่าก็จะฉลาดกว่า หรือร่างกายที่ใหญ่กว่าจะได้เปรียบหรือดีกว่า แต่ผลการศึกษานักวิชาการหลายท่านไม่สนับสนุนแนวคิดดังกล่าวเสมอไป ตัวอย่างเช่น แม้ข้อความเสนอที่ว่าในการดำรงชีพหรือหาอาหาร คนที่ร่างกายใหญ่กว่าย่อมจะแข่งขันเอาชนะคนที่ร่างกายเล็กกว่าได้ แต่ก็ไม่ควรลืมว่าร่างกายที่ใหญ่กว่าก็ต้องการพลังงานที่มากกว่าซึ่งเป็นข้อเสียเปรียบเมื่อเทียบกับคนที่ร่างกายที่เล็กกว่าหรือที่มีขนาดเหมาะสมกับปริมาณพลังงานที่ใช้

ความเข้าใจผิดประการที่ 2 มักเชื่อว่าสิ่งใหม่กว่าย่อมดีกว่า (newer is better) ความเข้าใจผิดนี้มีแนวโน้มที่จะเชื่อว่าลักษณะ (traits) ที่พัฒนาเกิดขึ้นใหม่ในยุคหลังย่อมดีกว่า ในความเป็นจริงลักษณะบางอย่างมีมานานนับแสนปีและก็ยังใช้ได้ดีอยู่ เช่น การเดินสองขา การมีนิ้วหัวแม่มือ ซึ่งเริ่มพบพัฒนาการนี้ตั้งแต่ 3-4 ล้านปีมาแล้ว และปัจจุบันก็ยังพบในสิ่งมีชีวิตหลายชนิดและยังทำหน้าที่ได้ดี

*ความเข้าใจผิดประการที่ 3* มักเชื่อว่าการเลือกสรรโดยธรรมชาติมักจะได้ผลเสมอ กล่าวคือการเลือกสรรโดยธรรมชาติให้โอกาสสมาชิกในแต่ละสายพันธุ์มีชีวิตรอดได้เสมอถ้าสามารถปรับตัวเข้ากับธรรมชาติได้ แต่เราก็พบว่าไม่ถูกต้องเสมอไป ตัวอย่างเช่นการปรับตัวในสภาพปัจจุบันที่สิ่งแวดล้อมเป็นพิษอาจต้องการความเปลี่ยนแปลงบางอย่างใน ความถี่ของยีนด้วย หรือถ้าเชื่อว่าการเลือกสรรโดยธรรมชาติมักจะได้ผลเสมอ ทำไม 99% ของสิ่งมีชีวิตในอดีตจึงสูญพันธุ์ไป

*ความเข้าใจผิดประการที่ 4* มักเชื่อว่าวิวัฒนาการย่อมดำเนินไปในทิศทางเดียวกัน เสมอ ไม่มีทางเลือกอื่น เช่น พัฒนาการของสมองมนุษย์ต้องดำเนินไปในทิศทางที่ใหญ่ขึ้นๆ แต่จากหลักฐานเราก็พบว่าความจุสมองมนุษย์ในปัจจุบันมีขนาดเท่ากับความจุสมองมนุษย์ เมื่อ 50,000 ปีมาแล้ว แสดงว่าไม่ได้พัฒนาต่อไปอีก และอาจจะมีขนาดเล็กลงเล็กน้อยด้วยซ้ำเนื่องจากเป็นผลที่ตามมาจากการลดขนาดของโครงกระดูกและความหนักของสมอง

#### *ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ และวิวัฒนาการ*

ความเข้าใจผิดในหัวข้อนี้เน้นที่เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างทางชีววิทยากับหน้าที่เชิงการปรับตัว ประเด็นหลักที่มักเข้าใจผิดมีดังนี้

*เข้าใจผิดว่าการเลือกสรรโดยธรรมชาติมักจะทำให้ได้โครงสร้างที่สมบูรณ์แบบ* มุมมองนี้เห็นว่าธรรมชาติเป็นผลผลิตของวิศวกรรมทางธรรมชาติที่สมบูรณ์แบบอย่างหนึ่ง แต่ถ้าพิจารณาศึกษาตรวจสอบในรายละเอียดแล้วจะพบว่าในโลกนี้ไม่มีอะไรที่ลงตัว สมบูรณ์แบบเสมอไป เช่น ร่างกายมนุษย์ที่ดูผิวเผินแล้วดูเหมือนว่าจะมีโครงสร้างทางชีววิทยาที่ลงตัวที่สุด แต่ถ้าศึกษาดูก็จะพบความไม่ลงตัวบางอย่าง เช่น โครงสร้างหน้าที่ของอวัยวะบางส่วนทำให้เกิดโรคได้ง่าย เช่น โรคไส้เลื่อน (hernias) ที่อาจเป็นผลมาจากโครงสร้างที่เกิดจากการปรับตัวในการยืนตัวตรงของมนุษย์จากการเดินด้วยสี่เท้ามาเป็นการเดินสองเท้า เป็นต้น

*เข้าใจผิดว่าโครงสร้างทุกอย่างเป็นการปรับตัว หรือช่วยในการปรับตัวเสมอ* นักวิชาการในมุมมองนี้เชื่อว่าการเลือกสรรโดยธรรมชาติเสมือนเป็นโมเดลที่ทรงพลังที่สามารถให้อธิบายโครงสร้างทางชีววิทยาของสิ่งมีชีวิตได้ตลอด แต่ก็ยังมีผู้โต้แย้งว่าโครงสร้างบางอย่างอาจเป็นผลพลอยจากการเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยา ไม่ได้มีคุณค่าหน้าที่อะไรมากนัก

และบางอย่างอาจจะมีหน้าที่ในอดีต แต่ปัจจุบันก็หมดความสำคัญไปแม้ว่าจะยังมีอยู่ในร่างกาย เช่น ไม้ติ่งของมนุษย์

เข้าใจผิดว่าโครงสร้างปัจจุบันสะท้อนถึงการปรับตัวในอดีต หมายความว่าโครงสร้างใดโครงสร้างหนึ่งที่มีหน้าที่เฉพาะนั้นวิวัฒนาการมาเพื่อทำหน้าที่นั้นโดยเฉพาะ เช่น เชื่อกันว่าการเดินด้วยสองเท้าทำให้มนุษย์สามารถใช้มืออีกสองข้างทำงานอย่างอื่นได้ (เช่น จับถือเครื่องมือ หรือทำงานอื่นๆได้) แต่จากการศึกษาพบว่าวิวัฒนาการในการเดินสองขานั้นเกิดขึ้นก่อนการรู้จักทำเครื่องมือหินและก่อนการขยายความจุสมองมานานแล้วถึง 1.5 ล้านปี หรือวิวัฒนาการของการใช้นิ้วมือทั้งห้านิ้วที่มนุษย์ใช้ในการทำงานต่างๆ แต่เดิมเชื่อนิ้วมือมีวิวัฒนาการเพื่อใช้ในการจับ (grasping) แต่ความจริงแล้วการใช้นิ้วมือจับมีวิวัฒนาการมาก่อนแล้วในสัตว์ลำดับไพรเมตที่ใช้ในการจับเกาะต้นไม้ ในปัจจุบันแม้ว่าเราจะไม่ได้อาศัยอยู่บนต้นไม้ เรายังใช้งานนิ้วมือทั้งห้าสำหรับทำหน้าที่อย่างอื่นอีกมากมาย สรุปลก็คือโครงสร้างทางชีววิทยาอาจมีการปรับเปลี่ยนได้ตามหน้าที่การใช้งานที่แตกต่างกัน

กล่าวโดยสรุป เนื้อหาหลักในบทนี้พยายามแสดงให้เห็นว่าสิ่งมีชีวิตหรือชีวิตทุกชีวิตเป็นสิ่งที่ต้องดำเนินต่อไป (life is a continuum) ดังเช่นที่ ชาร์ลส ดาร์วิน เชื่อว่าสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ พยายามปรับเปลี่ยนตัวเองเพื่อยึดต่อชีวิตให้ดำเนินต่อไปเรื่อยๆ สิ่งมีชีวิตบางชนิดประสบความสำเร็จในการมีชีวิตรอด แต่บางชนิดก็ไม่สามารถยืนหยัดอยู่ได้และสูญพันธุ์ไปในที่สุด