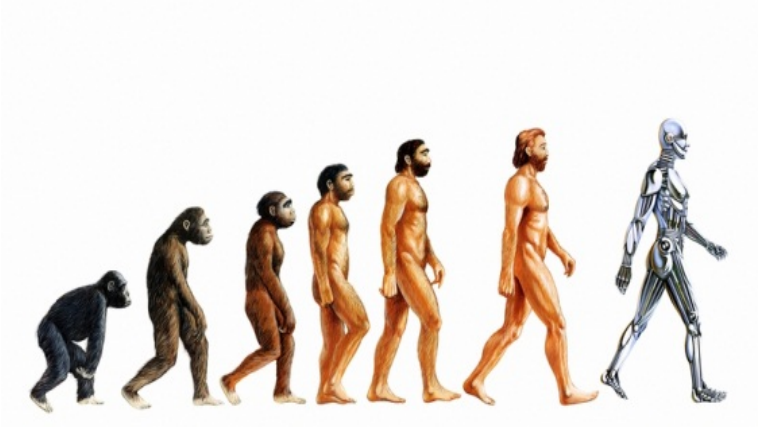
วิวัฒนาการ

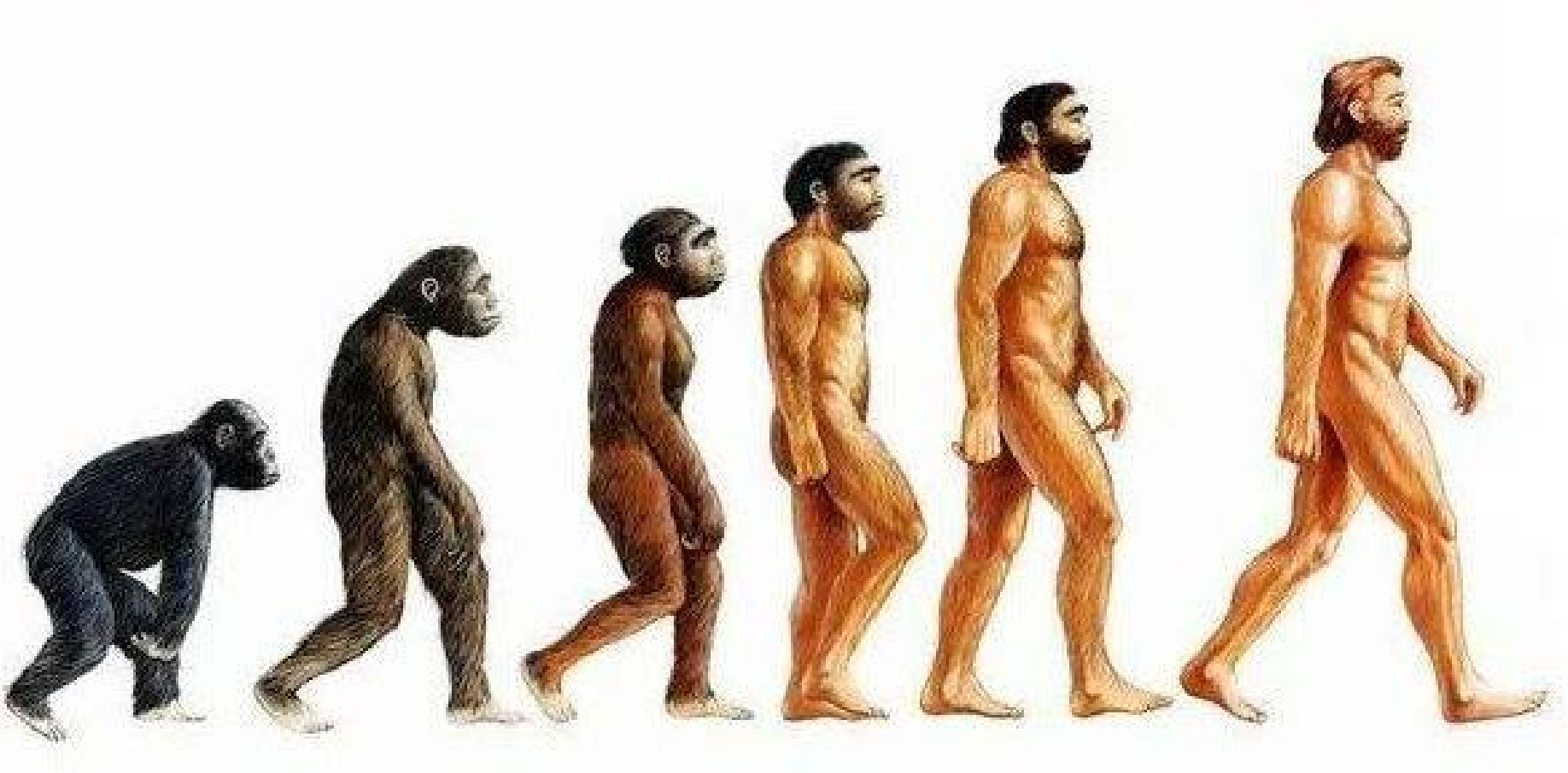


Outline

- หลักฐานที่สนับสนุนวิวัฒนาการ
- ทฤษฎีวิวัฒนาการ
- กลไกการเกิดวิวัฒนาการ
- การดำรงสปีชีส์เดิม
- การเกิดสปีชีส์ใหม่
- วิวัฒนาการของมนุษย์

วิวัฒนาการ

- วิวัฒนาการ (Evolution) เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ในสิ่งมีชีวิต
- ซึ่งส่งผลให้สิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงหลาย ๆ ด้าน เช่น รูปร่าง สรีรวิทยา พฤติกรรม
- จนกระทั่งสิ่งมีชีวิตดั้งเดิมกลายเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่



วิวัฒนาการ

- วิวัฒนาการมีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วนคือ

ความแปรผัน

- สิ่งมีชีวิตทุกชีวิตล้วนมีความแปรผันแตกต่างกันในขนาด รูปร่าง สีและความแข็งแรง

การคัดเลือก

- ลักษณะเฉพาะบางอย่าง ที่แตกต่างกัน อาจทำให้สิ่งมีชีวิตนั้นอาจรอดมากกว่าสิ่งอื่นสิ่งมีชีวิตบางชนิดอาจปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าชนิดอื่น

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

- ลักษณะที่ปรับให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดีจะมีชีวิตอยู่รอดและสืบพันธุ์ให้ลูกหลานที่มีลักษณะที่คัดเลือกไว้ได้ต่อไป

วิวัฒนาการ

การศึกษาวิวัฒนาการแบ่งเป็น 2 ระดับ

Microevolution

Macroevolution

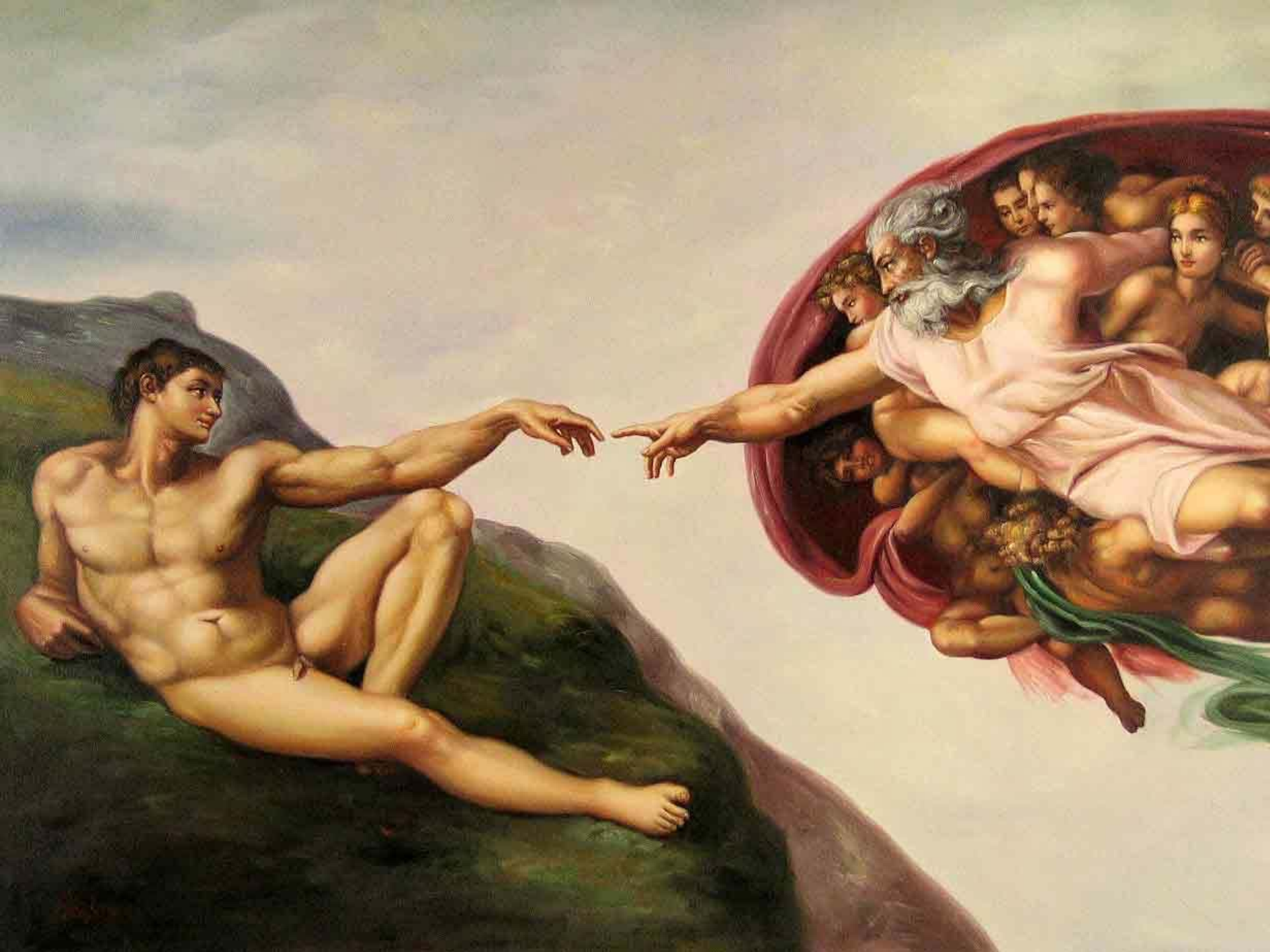
Microevolution

- เป็นการศึกษาวิวัฒนาการในระดับประชากรของสิ่งมีชีวิตแต่ละสปีชีส์
- โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของพันธุกรรม ของประชากรที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องสะสมไปทีละเล็กน้อย อันเป็นกลไกที่แท้จริงในกระบวนการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต จนประชากรใหม่มีความแตกต่างจากประชากรเดิมมาก (เกิดเป็นสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่)

Macroevolution

- เป็นวิวัฒนาการที่เกิดขึ้นในกลุ่มสิ่งมีชีวิตระดับสปีชีส์ขึ้นไป
- เป็นการเปลี่ยนแปลงที่มีผลทำให้สิ่งมีชีวิตมีลักษณะรูปร่างและการดำรงชีวิตหลากหลายรูปแบบ
- โดยการเปลี่ยนแปลงนำไปสู่สิ่งมีชีวิตหลากหลายในปัจจุบัน

กำเนิดสิ่งมีชีวิต

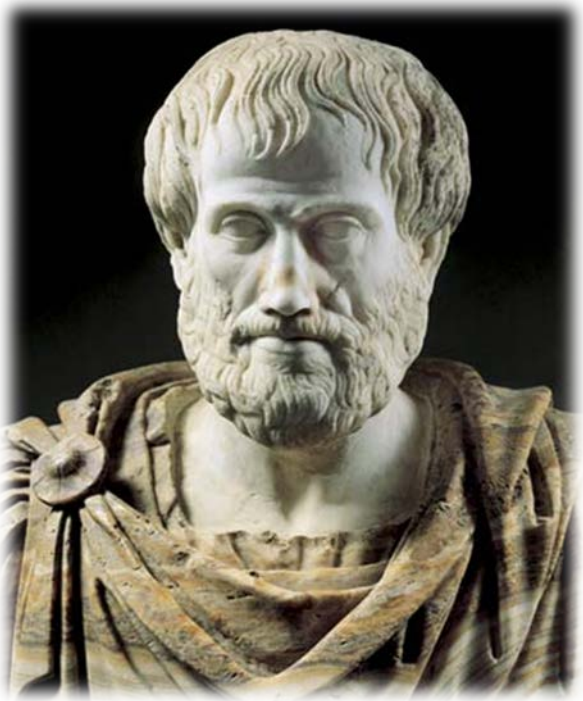


กำเนิดสิ่งมีชีวิต

- มนุษย์ในแต่ละยุคมีความเชื่อเกี่ยวกับกำเนิดของสิ่งมีชีวิตและวิวัฒนาการที่แตกต่างกันออกไป
- แนวคิดที่นับว่าเป็นจุดเริ่มต้นของความเชื่อใหม่ ๆ ที่ว่าสิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการมาจากสิ่งมีชีวิตด้วยกันเริ่มเมื่อประมาณ 300 ปีก่อนคริสตศักราช

กำเนิดสิ่งมีชีวิต

- โดย อริสโตเติล (Aristotle) นักปราชญ์ชาวกรีกได้เสนอแนวคิดว่า สิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงจากลักษณะง่าย ๆ ที่ไม่สมบูรณ์ไปสู่ลักษณะที่มีความซับซ้อน และสมบูรณ์มากขึ้น



กำเนิดสิ่งมีชีวิต

- เมื่อมนุษย์ศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติมากขึ้น มีการพัฒนาแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยข้อสังเกต(observation) และการทดลอง (experiment) มาเป็นหลักฐานในการเสนอแนวคิดใหม่ มีการค้นพบซากดึกดำบรรพ์ (fossil) มากมายนักชีววิทยาจึงเริ่มให้ความสนใจศึกษาเกี่ยวกับกำเนิด และวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตมากขึ้นตามลำดับ

กำเนิดสิ่งมีชีวิต

- แนวคิดการกำเนิดสิ่งมีชีวิตที่มีผู้เชื่อถือค่อนข้างมากนับจากสมัยก่อนมี 5

สิ่งมีชีวิตเกิดจากอำนาจนอกเหนือธรรมชาติ (Special Creation)

สิ่งมีชีวิตเกิดจากสปอร์ของโลกอื่น (Cosmozonic Theory)

สิ่งมีชีวิตเกิดจากสิ่งไม่มีชีวิต (Spontaneous Generation)

สิ่งมีชีวิตเกิดจากสิ่งมีชีวิต (Biogenesis)

สิ่งมีชีวิตเกิดจากวิวัฒนาการทางเคมี (Chemical Theory)

สิ่งมีชีวิตเกิดจากอำนาจนอกเหนือธรรมชาติ (Special Creation)

- ในสมัยก่อนคริสตศักราชมนุษย์มีความเชื่อว่า สิ่งมีชีวิตในโลกเกิดจากการบันดาลของผู้สร้าง (creator) ซึ่งมีอำนาจเหนือธรรมชาติเช่น พระเจ้าเป็นผู้บันดาลให้เกิดสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดถูกสร้างขึ้นมาให้มีลักษณะเฉพาะที่คงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และสิ่งมีชีวิตชนิดเหล่านั้นเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน

สิ่งมีชีวิตเกิดจากสปอร์ของโลกอื่น (Cosmozonic Theory)

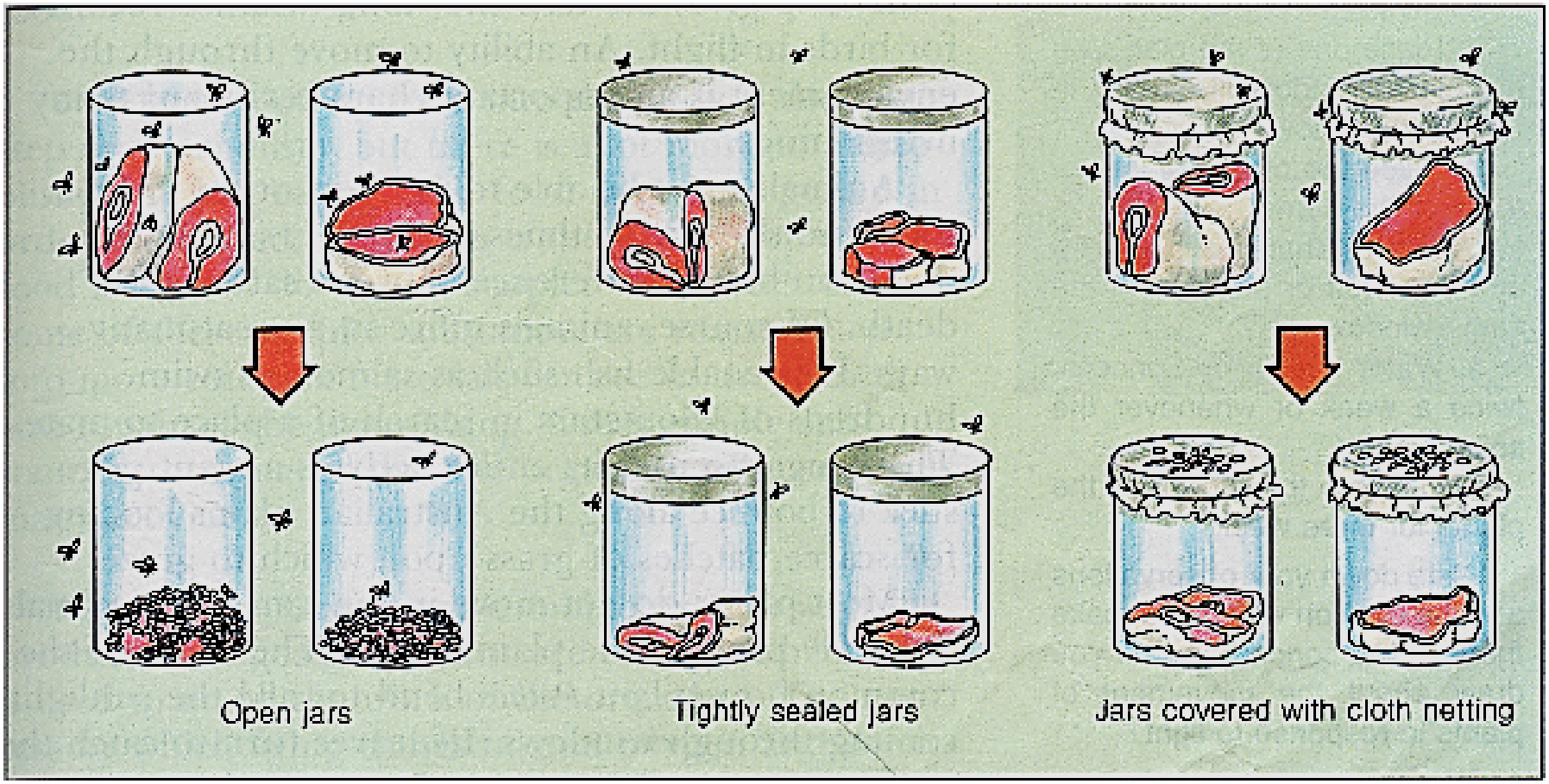
- แนวคิดนี้เชื่อว่ามีสปอร์ของสิ่งมีชีวิตปลิวมาตกในโลกหรือมาพร้อมกับอุกกาบาตที่ตกบนโลก สอดคล้องกับแนวคิดของอาร์เรเนียส
- จากแนวคิดดังกล่าวนักวิทยาศาสตร์ให้เหตุผลว่า สิ่งมีชีวิตหรือสปอร์ของสิ่งมีชีวิตหากถูกส่งมายังโลกจะต้องผ่านชั้นบรรยากาศของโลก ดังนั้นสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นอาจถูกทำลายจากรังสีในชั้นบรรยากาศ

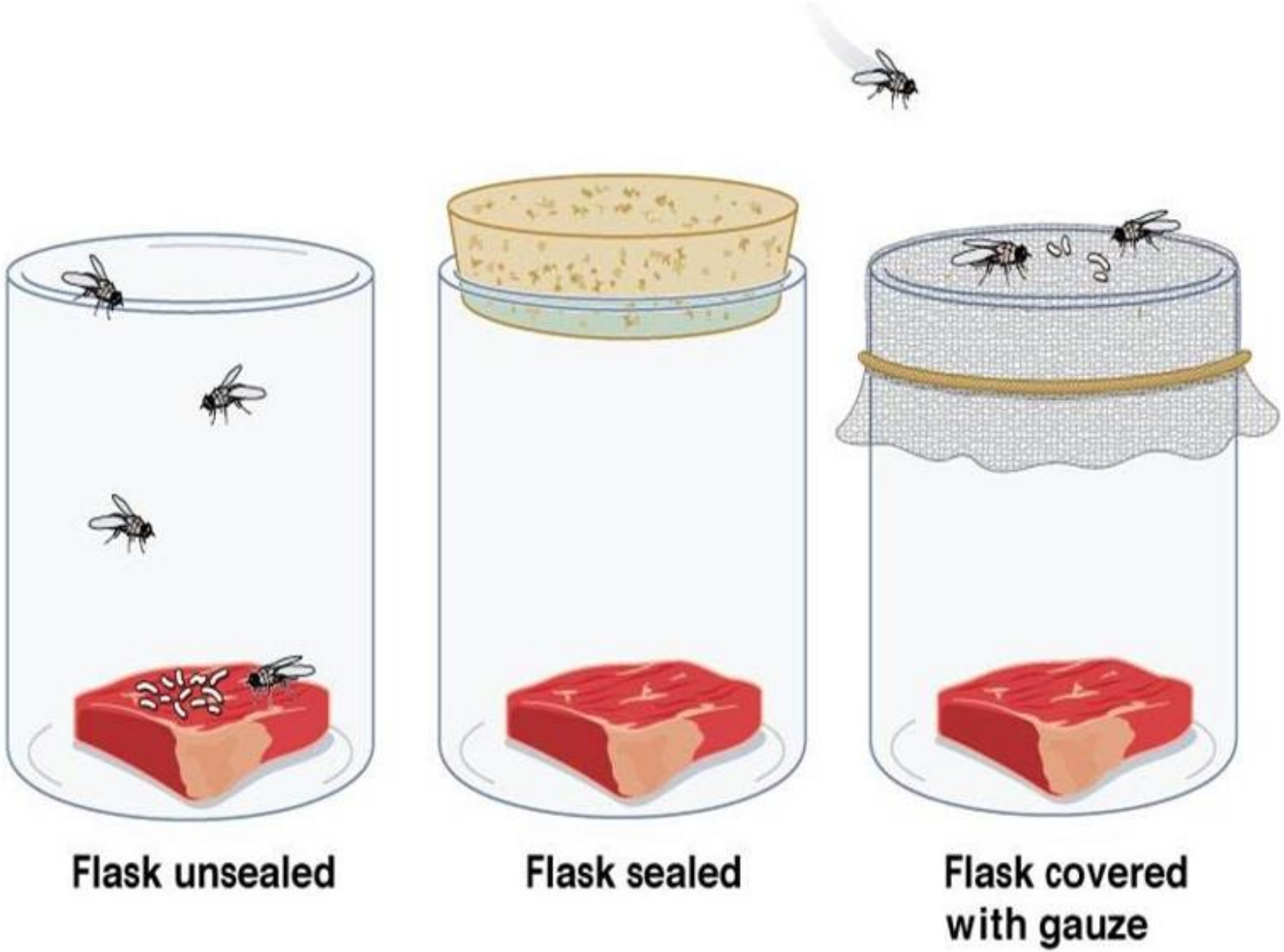
สิ่งมีชีวิตเกิดจากสิ่งไม่มีชีวิต (Spontaneous Generation)

- แนวคิดนี้เชื่อว่าสิ่งมีชีวิตเกิดจากสิ่งไม่มีชีวิต เช่น หนอนเกิดจากเนื้อเน่า ปลาเกิดจากโคลนหรือเลน จุลินทรีย์เกิดจากน้ำซุป ความเชื่อดังกล่าวได้รับการสนับสนุนจากการทดลองของ จอห์น นิดแฮม แนวความคิดนี้ถูกหักล้างไปโดยการทดลองของ ฟรานซิสโก เรดี (Francisco Redi) และหลุย ปาสเตอร์ (Louis Pasteur)

สิ่งมีชีวิตเกิดจากสิ่งมีชีวิต (Biogenesis)

- แนวความคิดนี้เชื่อว่า สิ่งมีชีวิตเกิดจากสิ่งมีชีวิตที่มีอยู่เดิมเท่านั้น เช่น ในการทดลองของ เรดี และปาสเตอร์ ฟรานซิสโก
- เรดี ได้ทดลองเอาปลาตายใส่ขวดโหล 3 ขวด ขวดที่หนึ่งเปิดฝาทิ้งไว้ ขวดที่ 2 ปิดด้วยผ้าขาว ขวดที่ 3 ปิดด้วยหนังสัตว์ เรดีพบว่าหนอนเกิดขึ้นได้เฉพาะขวดโหลที่เปิดฝาทิ้งไว้เนื่องจากมีแมลงวันไปเกาะและวางไข่ในขวดโหลนั้นได้ ส่วนขวดโหลที่ปิดฝาทั้งสองใบไม่มีหนอนเลย เขาเรียกหนอนนั้นว่า แมกกอตส์ (maggots)


Open jars
Tightly sealed jars
Jars covered with cloth netting

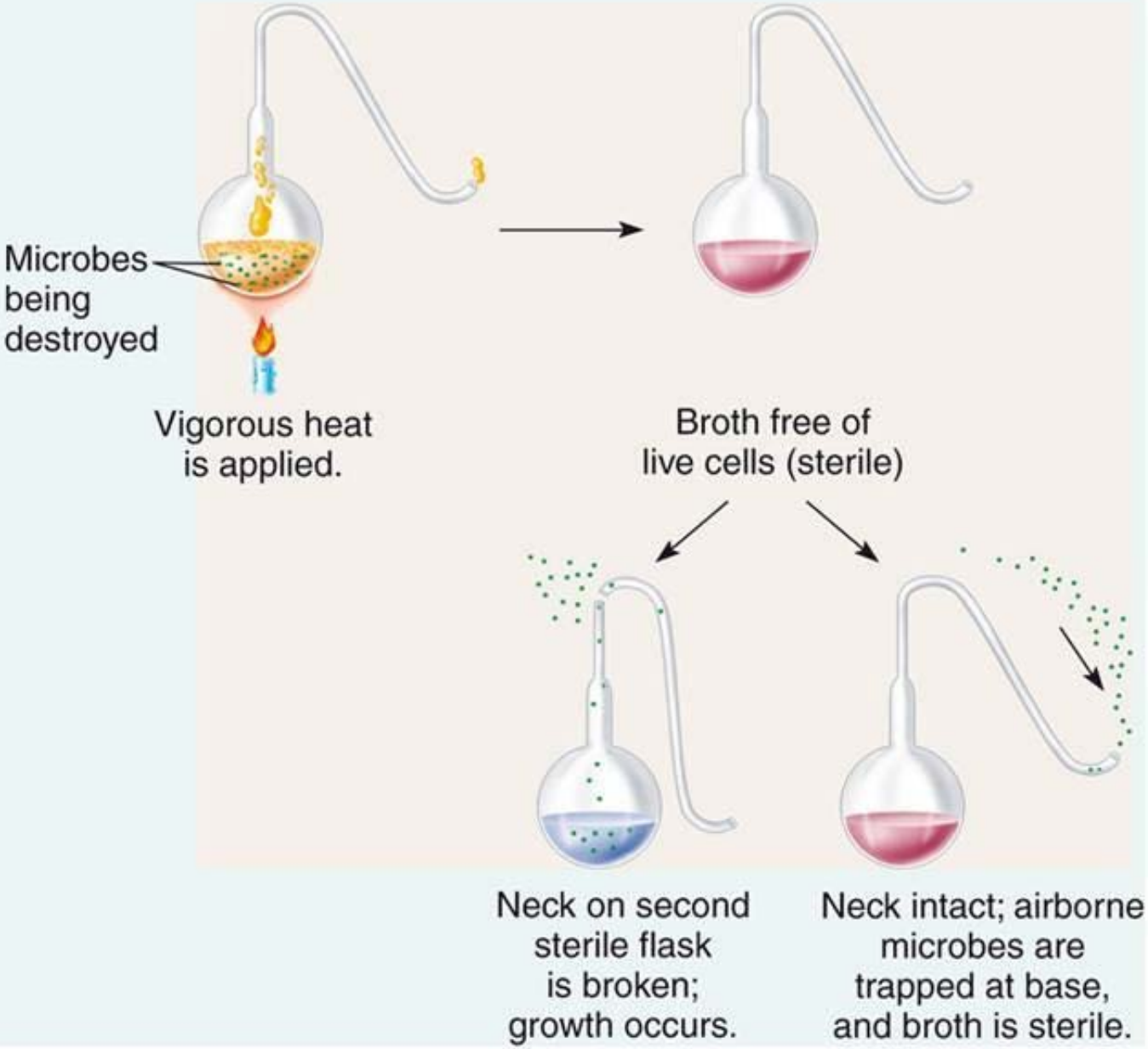

Flask unsealed
Flask sealed
Flask covered with gauze

สิ่งมีชีวิตเกิดจากสิ่งมีชีวิต (Biogenesis)

- หลุยส์ ปาสเตอร์ ใช้ขวดแก้วทดลองใส่น้ำต้มเนื้อ แล้วต้มน้ำต้มเนื้อนั้นต่อ เขาดึงปากขวดแก้วที่ใส่น้ำต้มเนื้อนั้นเป็นรูปตัวเอส (S) โดยไม่ปิดปากขวดทดลอง พบว่าไม่มีจุลินทรีย์เกิดขึ้น เนื่องจากลักษณะปากขวดรูปตัวเอสนี้จะดักจุลินทรีย์ไม่ให้เข้าไปในขวดน้ำต้มเนื้อได้ แต่เมื่อตัดปากขวดรูปตัวเอสออก หรือวางเอียงให้น้ำสัมผัสอากาศ พบว่ามีจุลินทรีย์เกิดขึ้นจำนวนมาก เนื่องจากจุลินทรีย์ในอากาศสามารถเข้าไปเจริญเติบโตในน้ำต้มเนื้อได้ แสดงว่าจุลินทรีย์ที่เจริญในน้ำต้มเนื้อไม่ได้เกิดขึ้นเองแต่มีอยู่ในอากาศ

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Pasteur's Experiment



สิ่งมีชีวิตเกิดจากวิวัฒนาการทางเคมี (Chemical Theory)

- การทดลองของโอปารินและฮอลเดน (A.I. Oparin and J.B.S. Haldane) นักวิทยาศาสตร์ชาวรัสเซียและอังกฤษ ในปี 1924
- เสนอแนวความคิดว่า สิ่งมีชีวิตแรกเริ่มเกิดในทะเลโดยที่ในขณะนั้นบรรยากาศของโลกดึกดำบรรพ์ประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด เช่น มีเทน แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไอน้ำ ฯลฯ แต่ไม่มีออกซิเจนอิสระ และอาศัยพลังงานจากดวงอาทิตย์ เช่น รังสีอัลตราไวโอเลต รังสีคอสมิก พลังงานจากการสลายสารกัมมันตรังสีบนโลกประกอบกับฟ้าแลบฟ้าผ่าทำให้ก๊าซเหล่านั้นเกิดปฏิกิริยาเคมีรวมกันเป็นสารอินทรีย์ เมื่อมีฝนตกสารอินทรีย์เหล่านั้นได้ละลายลงในทะเล สารอินทรีย์หลายโมเลกุลจะรวมตัวใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ จนเกิดเป็นสิ่งมีชีวิตขึ้นโดยบังเอิญ

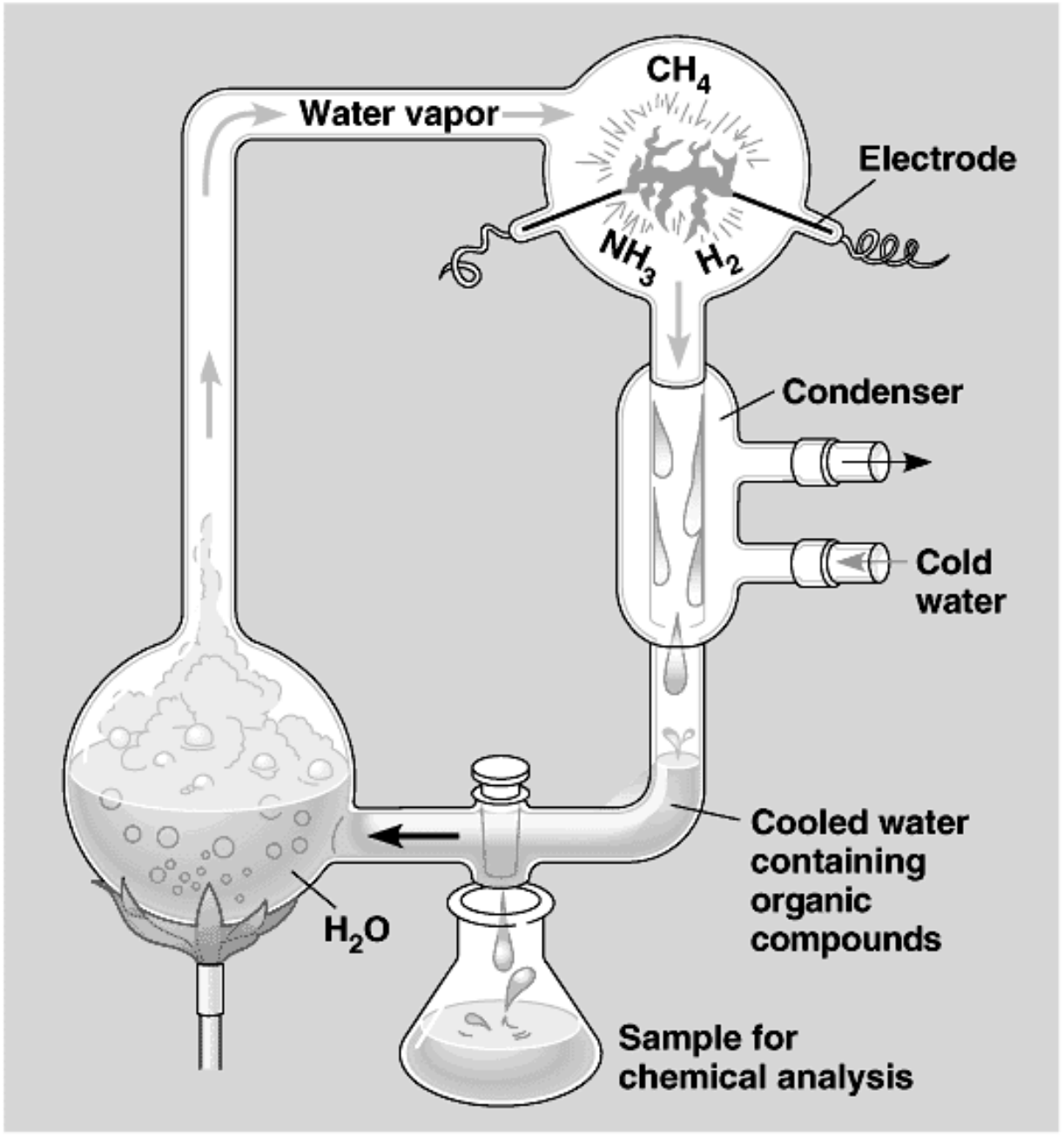
indaroomy.com
©

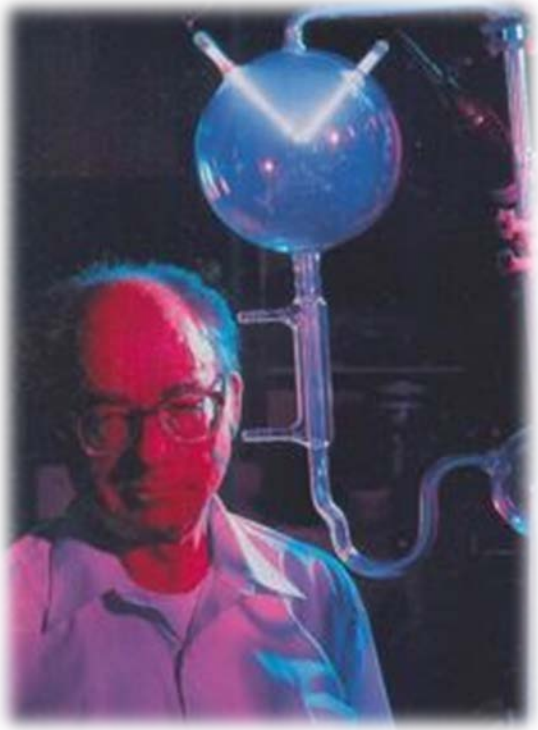
สิ่งมีชีวิตเกิดจากวิวัฒนาการทางเคมี (Chemical Theory)

- แนวคิดของโอปารินและฮอลเดนได้รับการสนับสนุนจากงานทดลองของมิลเลอร์และเออเรย์ (S. Miller and H. Urey)
- ในปี 1953 มิลเลอร์ได้ทำการทดลองเพื่อทดสอบว่าสามารถสังเคราะห์อินทรียสารจากอนินทรียสารได้หรือไม่ โดยสร้างเครื่องมือ เป็นภาชนะบรรจุก๊าซชนิดต่าง ๆ (CH4 H2 NH3 และไอน้ำ) เพื่อเป็นการจำลองบรรยากาศของโลกดึกดำบรรพ์ให้หมุนเวียนผ่านน้ำเดือดและไอน้ำแล้วปล่อยไฟฟ้าแรงสูงเข้าไปในภาชนะนั้น

สิ่งมีชีวิตเกิดจากวิวัฒนาการทางเคมี (Chemical Theory)

- จากนั้นได้ทำการตรวจสอบพบว่ามีกรดอะมิโนแลสารอินทรีย์ที่เป็น organic monomer หลายชนิดที่พบในขบวนการเมตาโบลิซึมเกิดขึ้น ต่อมาได้มีการทดลองในทำนองเดียวกันนี้ โดยใช้แหล่งพลังงานต่าง ๆ กัน ไปปรากฏว่าได้ผลคล้ายคลึงกัน ทำให้คาดว่าครั้งหนึ่งนานมาแล้ว ในโลกของเรานี้มีสารเคมีที่ซับซ้อนของสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นได้เอง จากสารเคมีง่าย ๆ เหมือนกับที่นักวิทยาศาสตร์ได้ทำให้เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการ

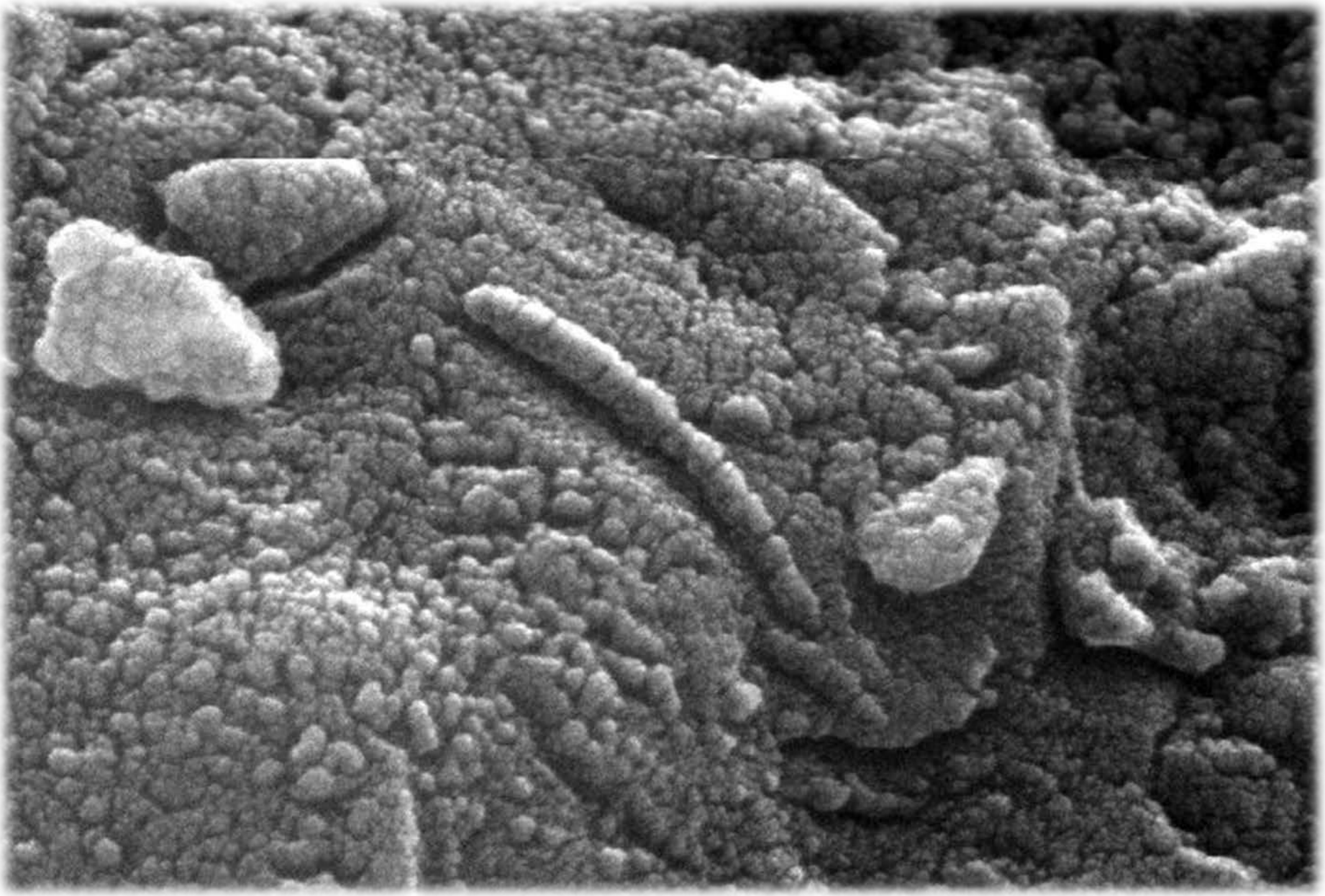




Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

สิ่งมีชีวิตเกิดจากวิวัฒนาการทางเคมี (Chemical Theory)

- หลักฐานทางธรณีวิทยาชี้ให้เห็นว่าโลกมีอายุประมาณ 4.5 - 4.6 พันล้านปีการศึกษาอายุของหินโดยใช้ไอโซโทป
- ทำให้นักวิทยาศาสตร์ประมาณได้ว่า สิ่งมีชีวิตอุบัติขึ้นบนโลก ประมาณ 3.5 - 4.0 พันล้านปี
- โดยสิ่งมีชีวิตเริ่มแรกน่าจะเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะคล้ายโปรคาริโอตพบในชั้นหินที่เรียกว่า **stromatolite** ซึ่งเป็นหินตะกอนมีลักษณะทับถมกันเป็นชั้น ๆ มีอายุประมาณ 3.5 พันล้านปี



SCIENCE PHOTO LIBRARY

กระบวนการวิวัฒนาการทางเคมี (chemical evolution)

- ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือ

1. การสังเคราะห์สารอินทรีย์หน่วยย่อยจากโมเลกุลสารอนินทรีย์
2. การเกิดการสังเคราะห์สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่จากสารอินทรีย์หน่วยย่อย
3. การรวมกันของโมเลกุลสารอินทรีย์อย่างเป็นระเบียบ
4. พัฒนาความสามารถในการสร้างตัวเองเพื่อขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนขึ้น

กระบวนการวิวัฒนาการทางเคมี (chemical evolution)

1. การสังเคราะห์สารอินทรีย์หน่วยย่อยจากโมเลกุลสารอนินทรีย์จากอะตอมของธาตุที่มีอยู่ในบรรยากาศ เช่น ไอน้ำ (H20) แก๊สแอมโมเนีย (NH3) แก๊สมีเทน หลังจากนั้น อนินทรียสารรวมตัวเป็นโมเลกุลอินทรียสารเช่น กรดอะมิโน กรดไขมัน น้ำตาล เป็นต้น

กระบวนการวิวัฒนาการทางเคมี (chemical evolution)

2. การเกิดการสังเคราะห์สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่จากสารอินทรีย์หน่วยย่อย สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น โปรตีน กรดนิวคลีอิก เป็นต้น

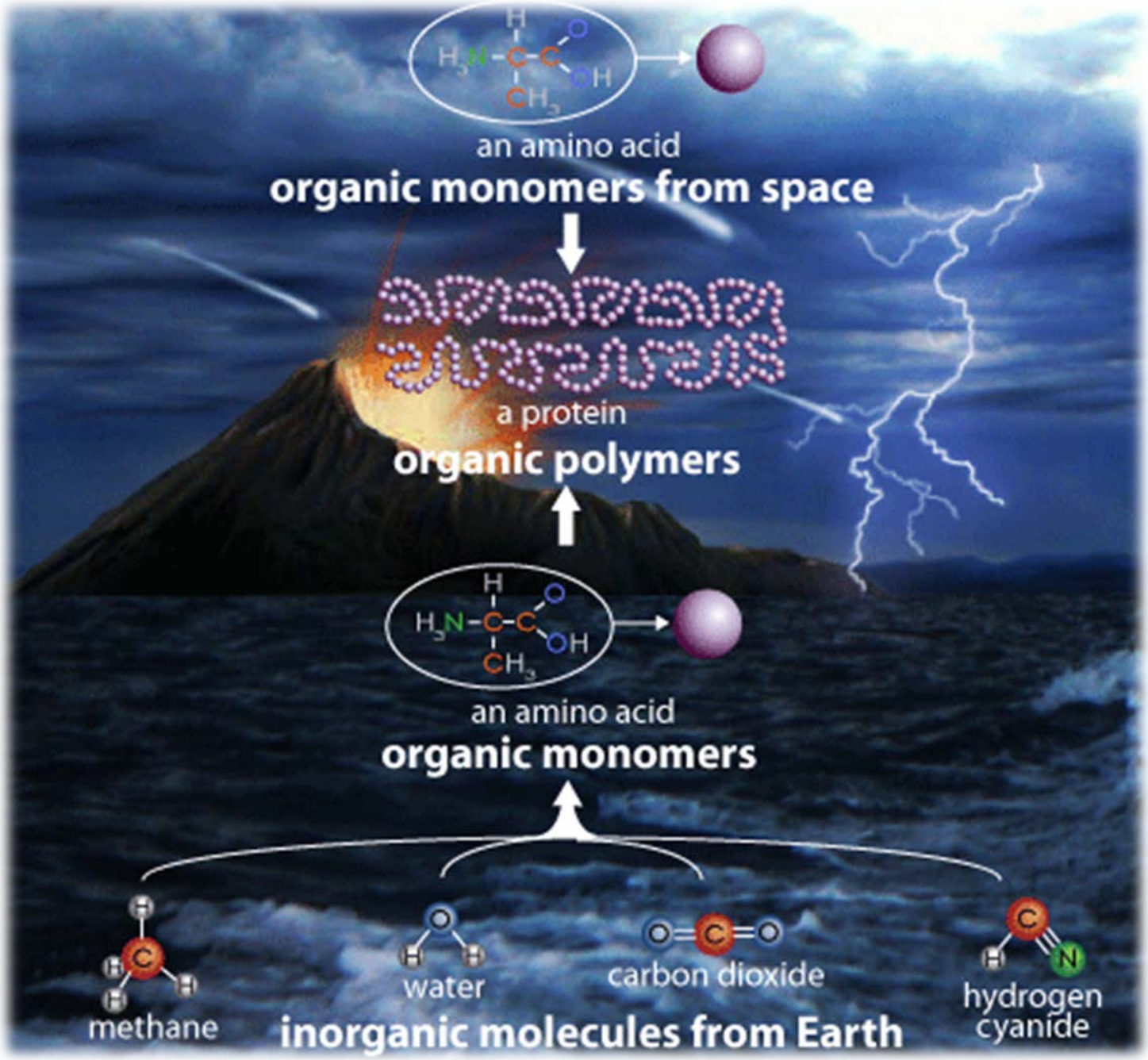
กระบวนการวิวัฒนาการทางเคมี (chemical evolution)

3. การรวมกันของโมเลกุลสารอินทรีย์อย่างเป็นระเบียบแบ่งแยกตัวจากสิ่งแวดล้อมเรียกว่าProtobionts มีการจัดโครงสร้างอินทรียสารให้อยู่ในรูปของอนุภาคทรงกลม ซึ่งคล้ายโครงสร้างพื้นฐานของเซลล์ ซึ่งสามารถรักษาสภาพภายในของมันเป็นแตกต่างจากสภาพแวดล้อมภายนอก

กระบวนการวิวัฒนาการทางเคมี (chemical evolution)

4. พัฒนาความสามารถในการสร้างตัวเองเพื่อขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนขึ้น โดยพัฒนาการใช้สารพันธุกรรมในการถ่ายทอดลักษณะ

- แม้ว่าในสิ่งมีชีวิตปัจจุบันมี DNA ทำหน้าที่เป็นสารพันธุกรรม แต่ในสิ่งมีชีวิตเริ่มแรกสารพันธุกรรมน่าจะเป็น RNA โดยเป็น RNA สายสั้น ๆ
- ในยุคโบราณเชื่อว่าโมเลกุล RNA สามารถสร้างตัวเองขึ้นได้ จากโครงสร้างของ RNA ซึ่งเป็นสายเดี่ยว และสามารถเปลี่ยนแปลงบางส่วนให้อยู่ในรูปสามมิติ โดยการสร้างพันธะไฮโดรเจนในบริเวณต่าง ๆ ของสายเดี่ยวทำให้โมเลกุล RNA ทำหน้าที่เป็น catalyst โดยตัวมันเอง โดยทำหน้าที่คล้ายเอนไซม์


an amino acid
organic monomers from space
a protein
organic polymers
an amino acid
organic monomers
methane
water
carbon dioxide
hydrogen cyanide
inorganic molecules from Earth

กำเนิดสิ่งมีชีวิต

- ในปี ค.ศ.1980 Thomas Cech ค้นพบว่าในเซลล์ปัจจุบันบางชนิดสามารถใช้ RNA ทำหน้าที่เป็นเอนไซม์ในการตัดสาย RNA และสังเคราะห์ RNA สายใหม่ได้เรียก RNA ที่ทำหน้าที่เป็น catalyst นี้ว่าRibosyme จึงเป็นไปได้ว่าในช่วงเวลาวิวัฒนาการในอดีต RNA มีคุณสมบัติในการสร้างตัวเองขึ้นได้ และเป็นตัวกำหนดการสร้างโพลีเปปไทด์ด้วย จึงเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการreplication และ translation ของสารพันธุกรรม

กำเนิดสิ่งมีชีวิต

- สำหรับ DNA นั้นมีวิวัฒนาการเกิดขึ้นภายหลัง โดยใช้ RNA เป็นแม่พิมพ์ในการสร้าง จากนั้นDNA เป็นโมเลกุลที่ถูกคัดเลือกไว้ให้เป็นโมเลกุลที่ทำหน้าที่เป็นสารพันธุกรรม ขณะที่ RNA ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรม

Primordial Soup with amino acids

↓

???

↓

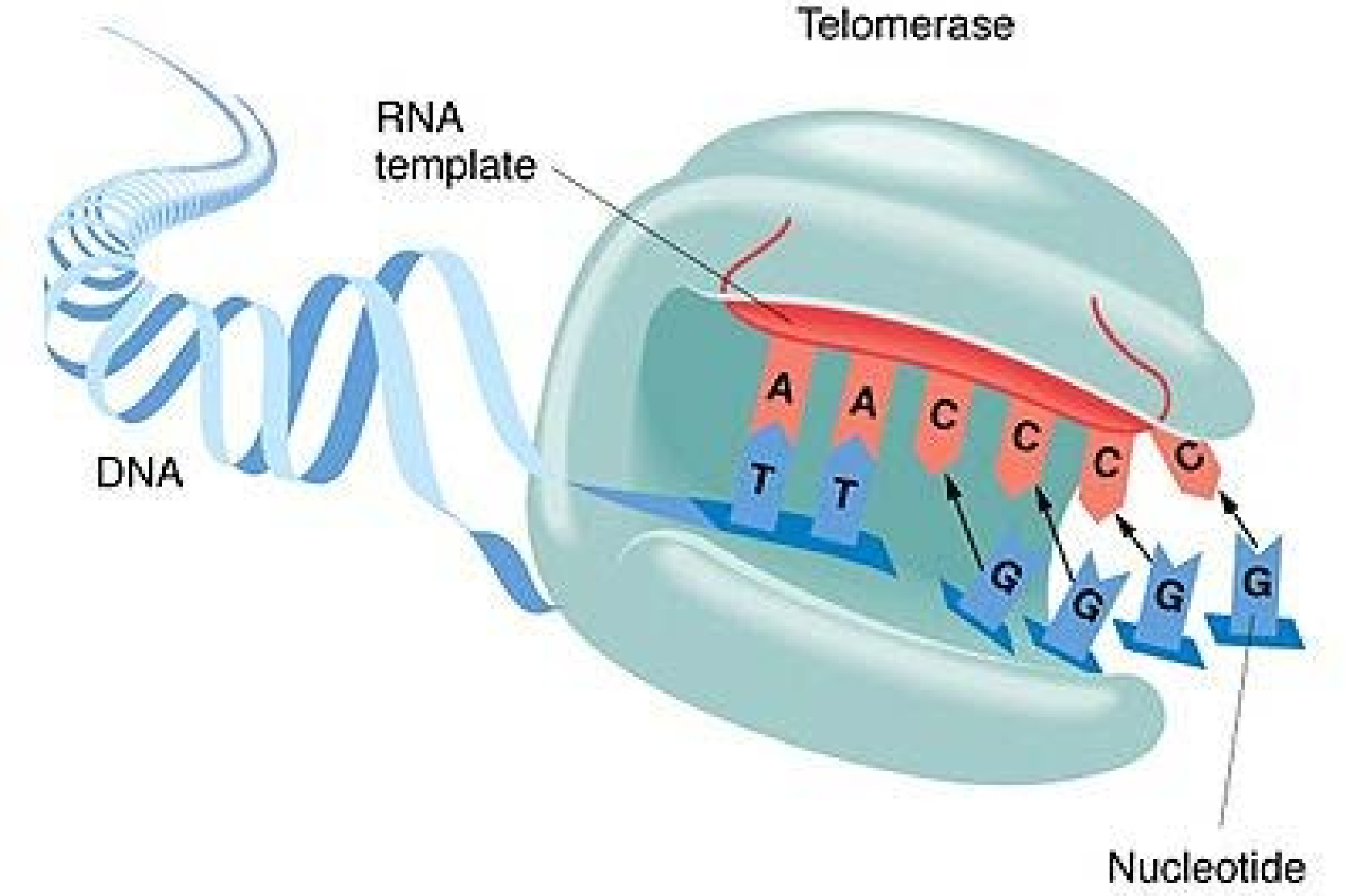
RNA World

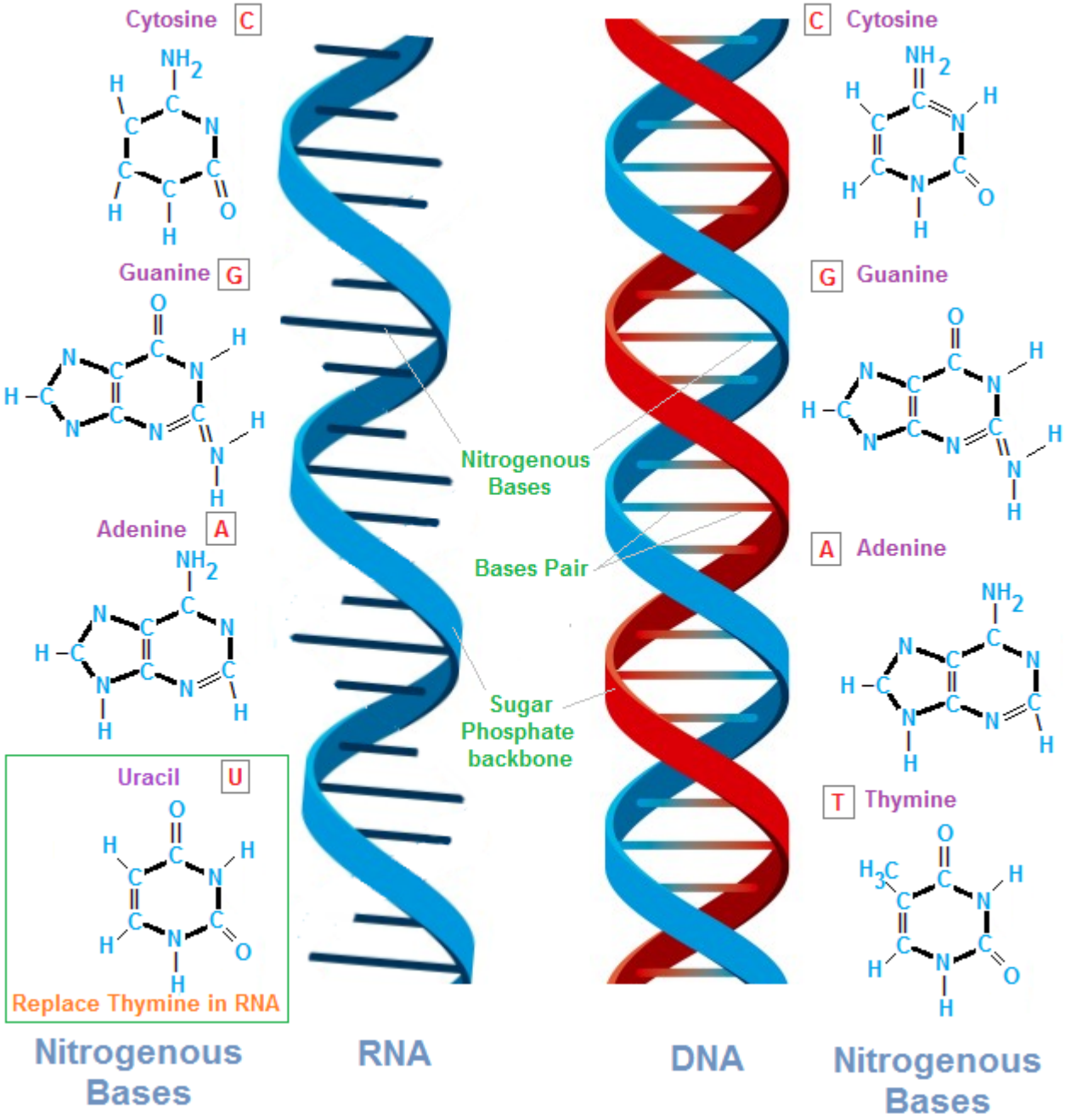
↓

DNA World

(***Life as we know it***)

Thomas R. Cech
(1947 -)


Telomerase
RNA
template
DNA
A
A
C
C
C
C
T
T
G
G
G
G
Nucleotide


Cytosine C
Guanine G
Adenine A
Uracil U
Replace Thymine in RNA
Nitrogenous Bases
RNA
Nitrogenous Bases
Bases Pair
Sugar Phosphate backbone
DNA
C Cytosine
G Guanine
A Adenine
T Thymine
Nitrogenous Bases

กำเนิดสิ่งมีชีวิต

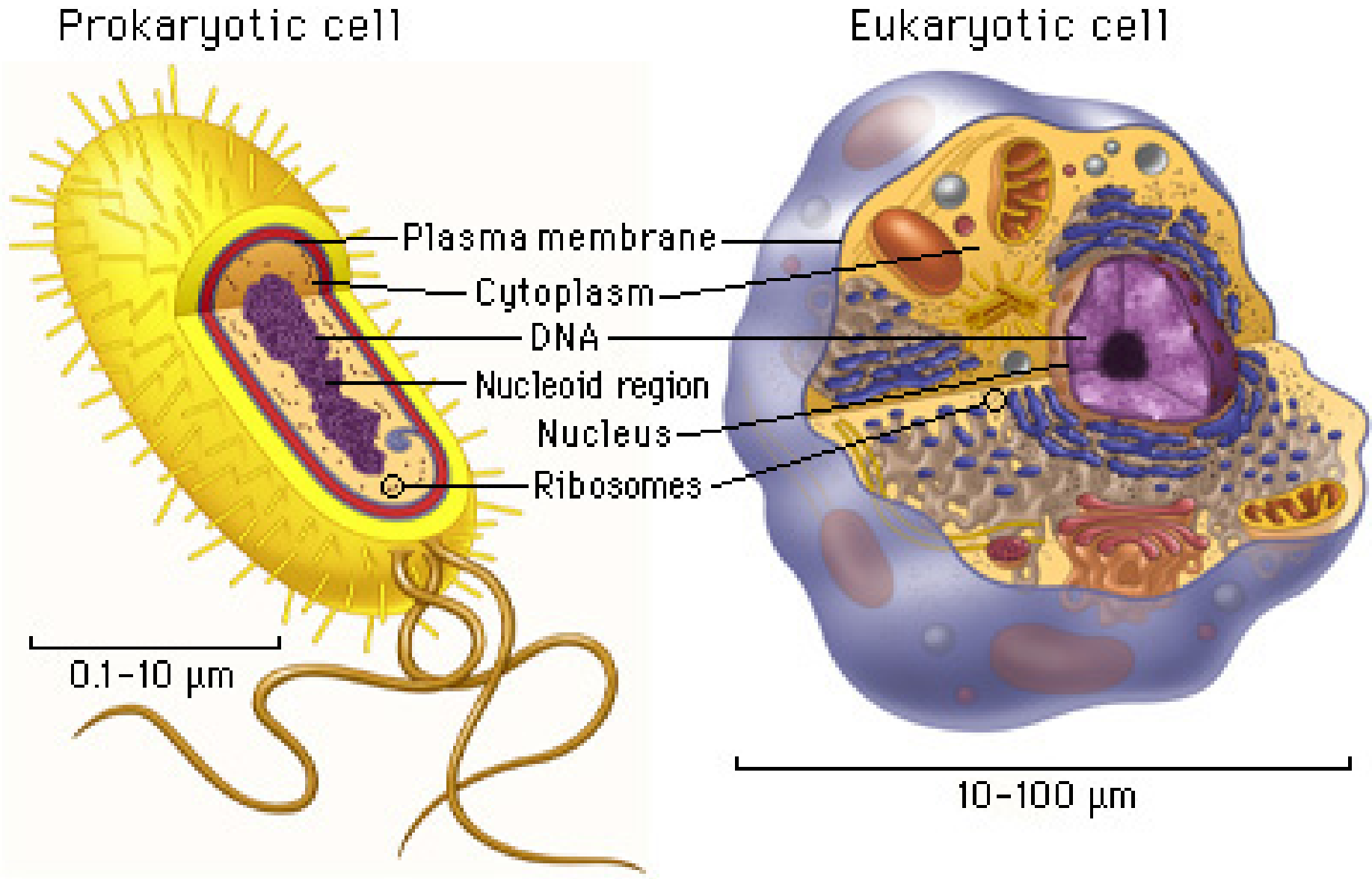
- ประวัติสิ่งมีชีวิต (The History of life) นักธรณีวิทยา ได้จัดแบ่งอายุทางธรณีวิทยาออกเป็นส่วนย่อย ๆ เช่น มหายุค (Eras), ยุค (Period) โดยอาศัยลำดับของชั้นหิน ซึ่งในชั้นหินเหล่านี้มีซากดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิตอยู่ด้วย เมื่อประกอบกับหลักฐานอื่น ๆ ทำให้สามารถจะคาดคะเนและลงความเห็นเกี่ยวกับประวัติการเกิดและชนิดของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในแต่ละยุคสมัยได้
- การศึกษาทางธรณีวิทยายืนยันว่าโลกมีอายุประมาณ 4,500 ล้านปีและหลักฐานทางวิวัฒนาการชี้ว่าสิ่งมีชีวิตเริ่มกำเนิดขึ้นในโลกนี้ประมาณ 3200 - 3800 ล้านปีมาแล้ว

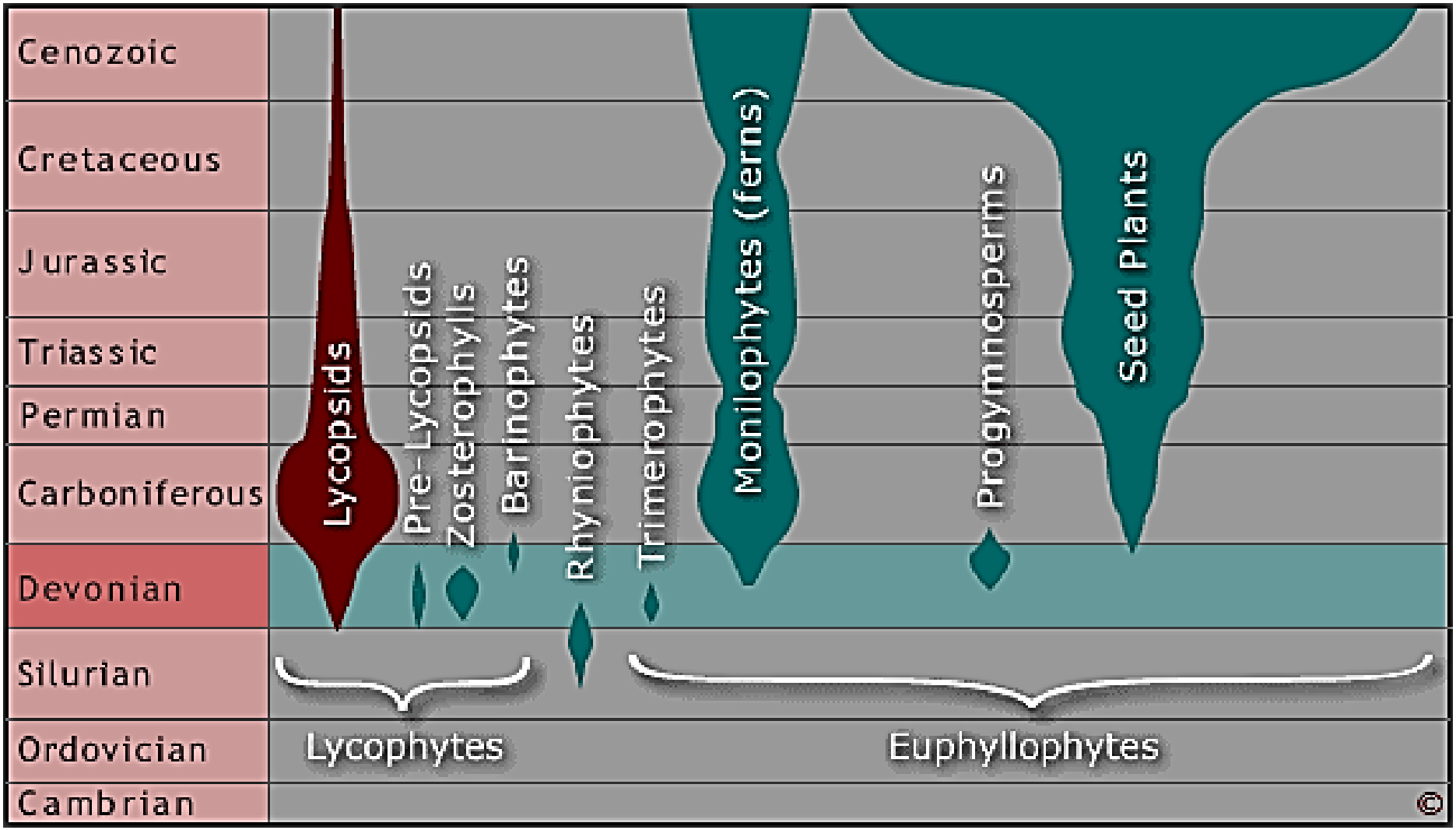
กำเนิดสิ่งมีชีวิต

- โดยสิ่งมีชีวิตพวกแรก ได้แก่ เซลล์โปรคาริโอท (prokaryotic cell) ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีรูปร่างง่าย ๆ ไม่มีนิวเคลียส เช่น แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน
- สิ่งมีชีวิตพวกแรกนี้สามารถเติบโต และดำรงชีวิตอยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนได้ นอกจากนี้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถสังเคราะห์แสง โดยใช้น้ำเป็นแหล่งให้อะตอมไฮโดรเจน มีผลให้เกิดออกซิเจนในบรรยากาศ ซึ่งเมื่อสะสมมากขึ้น

กำเนิดสิ่งมีชีวิต

- จะเกิดการเปลี่ยนแปลงในชั้นบรรยากาศ ทำให้เซลล์ต่าง ๆ มีการพัฒนาระบบการหายใจอย่างมีประสิทธิภาพขึ้น ในที่สุดก็มีเซลล์ยูคารีโอท (eukaryotic cell) ถือกำเนิดขึ้นมา
- เซลล์ยูคาริโอทเป็นเซลล์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน มีนิวเคลียส และออร์แกเนลล์หลายอย่างที่สำคัญคือ ไมโทคอนเดรีย (mitochondria) และคลอโรพลาสต์ (chloroplast) กำเนิดของเซลล์ยูคารีโอทเป็นจุดสำคัญ นำไปสู่วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์และเกิดเป็นสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิดขึ้นทั่วโลก


Prokaryotic cell
Eukaryotic cell
Plasma membrane
Cytoplasm
DNA
Nucleoid region
Nucleus
Ribosomes
0.1–10 µm
10–100 µm


Cenozoic
Cretaceous
Jurassic
Triassic
Permian
Carboniferous
Devonian
Silurian
Ordovician
Cambrian
Lycopsids
Pre-Lycopsids
Zosterophylls
Barinophytes
Rhyniophytes
Trimerophytes
Monilophytes (ferns)
Progymnosperms
Seed Plants
Lycophytes
Euphyllophytes
©

หลักฐานที่สนับสนุนวิวัฒนาการ

- ในปัจจุบันเชื่อกันว่าวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเป็นไปได้จริง เพราะมีหลักฐานหลายอย่างเช่นหลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ ความคล้ายคลึงของโครงสร้างของสิ่งมีชีวิต แบบแผนการเจริญเติบโตของเอมบริโอ การปรับปรุงพันธุ์ที่ทำให้เกิดลักษณะใหม่ การแพร่กระจายที่ทำให้สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันอาศัยในท้องถิ่นต่าง ๆ ตลอดจนความคล้ายคลึงของสารที่สร้างขึ้นโดยสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน

หลักฐานที่สนับสนุนวิวัฒนาการ

ชีวภูมิศาสตร์

ชีววิทยาโมเลกุล (Molecular biology)

คัพภะวิทยา (Embryology)

ซากดึกดำบรรพ์ (Fossil)

กายวิภาคเปรียบเทียบ (Comparative anatomy)

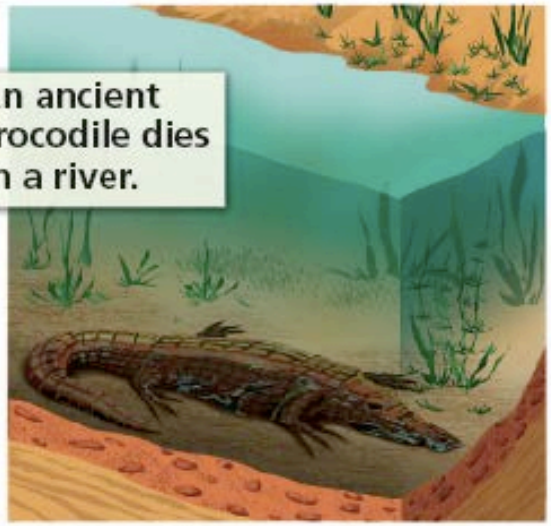
ซากดึกดำบรรพ์ (Fossil)

- ซากดึกดำบรรพ์ (Fossil) หมายถึงส่วนที่เป็นร่างกาย หรือร่องรอยของสิ่งมีชีวิตที่กลายเป็นหินหรือที่จมอยู่ในน้ำแข็ง ในบ่อน้ำมัน ในยางไม้ เช่น ซาก ชิ้นส่วนของอวัยวะ รอยเท้า (footprint) รอยพิมพ์(mold) ของสิ่งมีชีวิต หรือซากสิ่งมีชีวิต รวมทั้งวัตถุที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิต ซึ่งถูกขุดค้นขึ้นมา
- ซากดึกดำบรรพ์มักถูกค้นพบในชั้นหินตะกอน โดยซากดึกดำบรรพ์ถูกเก็บรักษาไว้ในชั้นหินโดยบังเอิญเช่น ซากหรือชิ้นส่วนของสิ่งมีชีวิตซึ่งควรเน่าเปื่อยผุสลายไปแต่โดยบังเอิญทำให้ไม่มีการเน่าเปื่อยเกิดขึ้น อาจเนื่องจากสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียซึ่งเป็นผู้ย่อยสลายที่สำคัญเป็นต้น

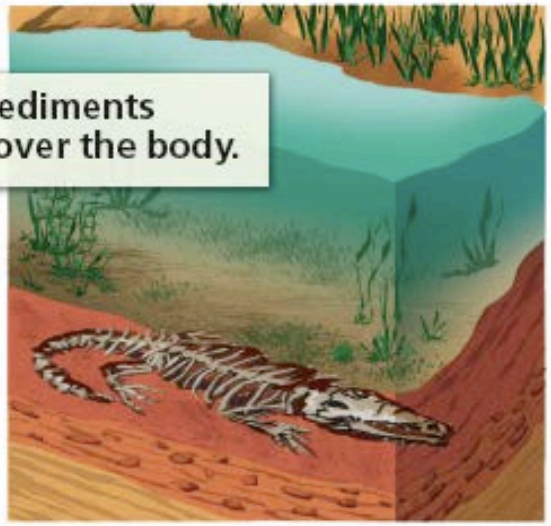
ซากดึกดำบรรพ์ (Fossil)

- ซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์มีกระดูกสัตว์หลังที่พบบ่อย ๆ คือ ชิ้นส่วนของกระดูก แต่ในบางครั้งชิ้นส่วนที่เป็นเนื้อเยื่ออ่อน ๆ ถูกเก็บรักษาไว้ได้เช่นกัน โดยการที่แร่ธาตุบางชนิดเช่น เหล็ก ซิลิกา แทรกซึมเข้าไปอยู่ในเนื้อเยื่อส่วนนั้น ๆทำให้มันคงสภาพอยู่ได้ และเก็บรักษาไว้ภายใต้ชั้นหินหรือกลายเป็นหินไปเอง
- ความรู้ทางธรณีวิทยาสามารถใช้ในการคำนวณอายุของหินได้ ดังนั้นจึงสามารถทราบอายุของซากดึกดำบรรพ์ได้ จากอายุของชั้นหินที่พบซากดึกดำบรรพ์นั้น ๆ หรือวัดจากกัมมันตรังสี (^{14}C) ที่เหลืออยู่ในของซากนั้น

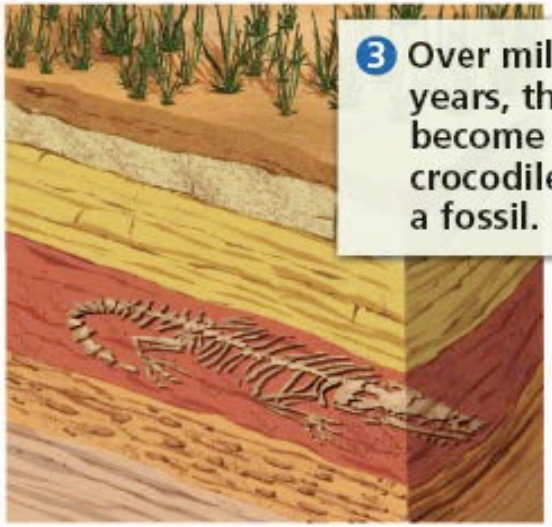
7.60 Fossil Formation



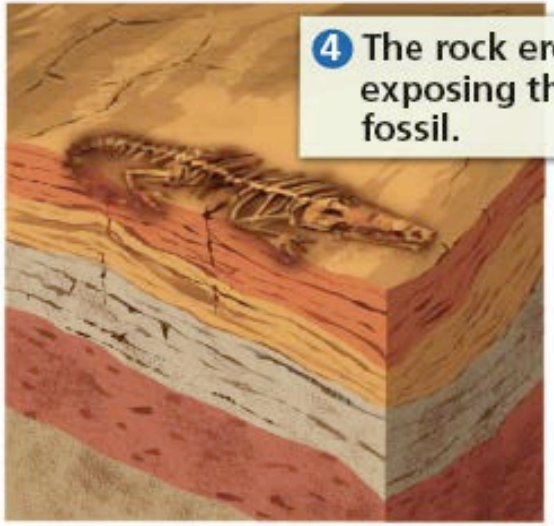
1 An ancient crocodile dies in a river.



2 Sediments cover the body.

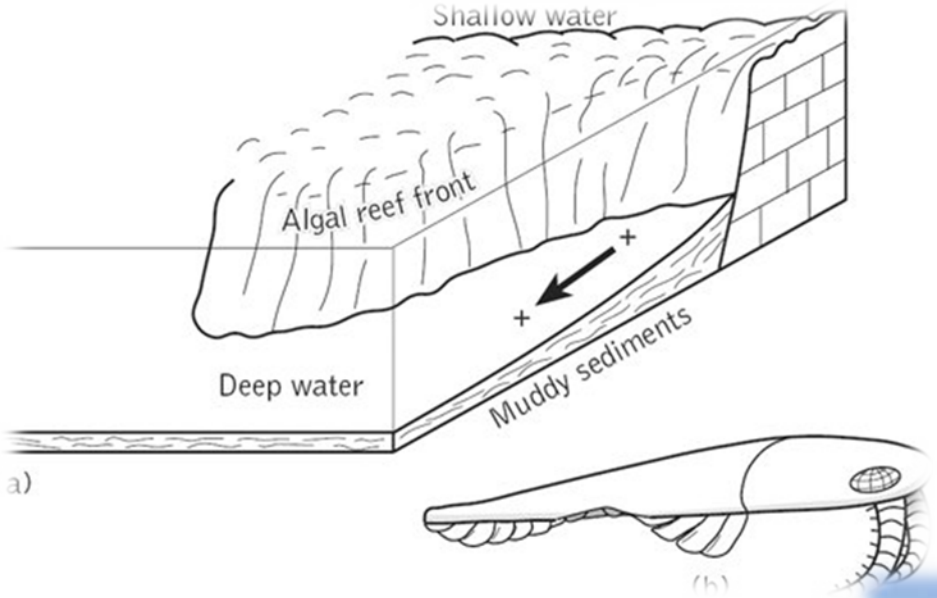


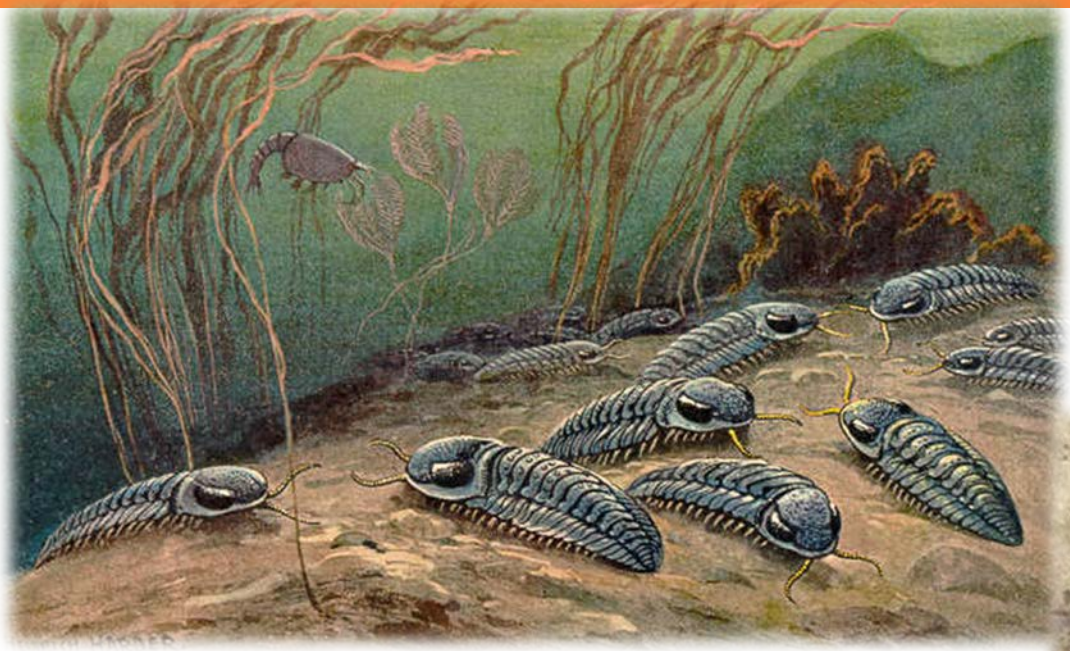
3 Over millions of years, the sediments become rock. The crocodile becomes a fossil.



4 The rock erodes, exposing the fossil.

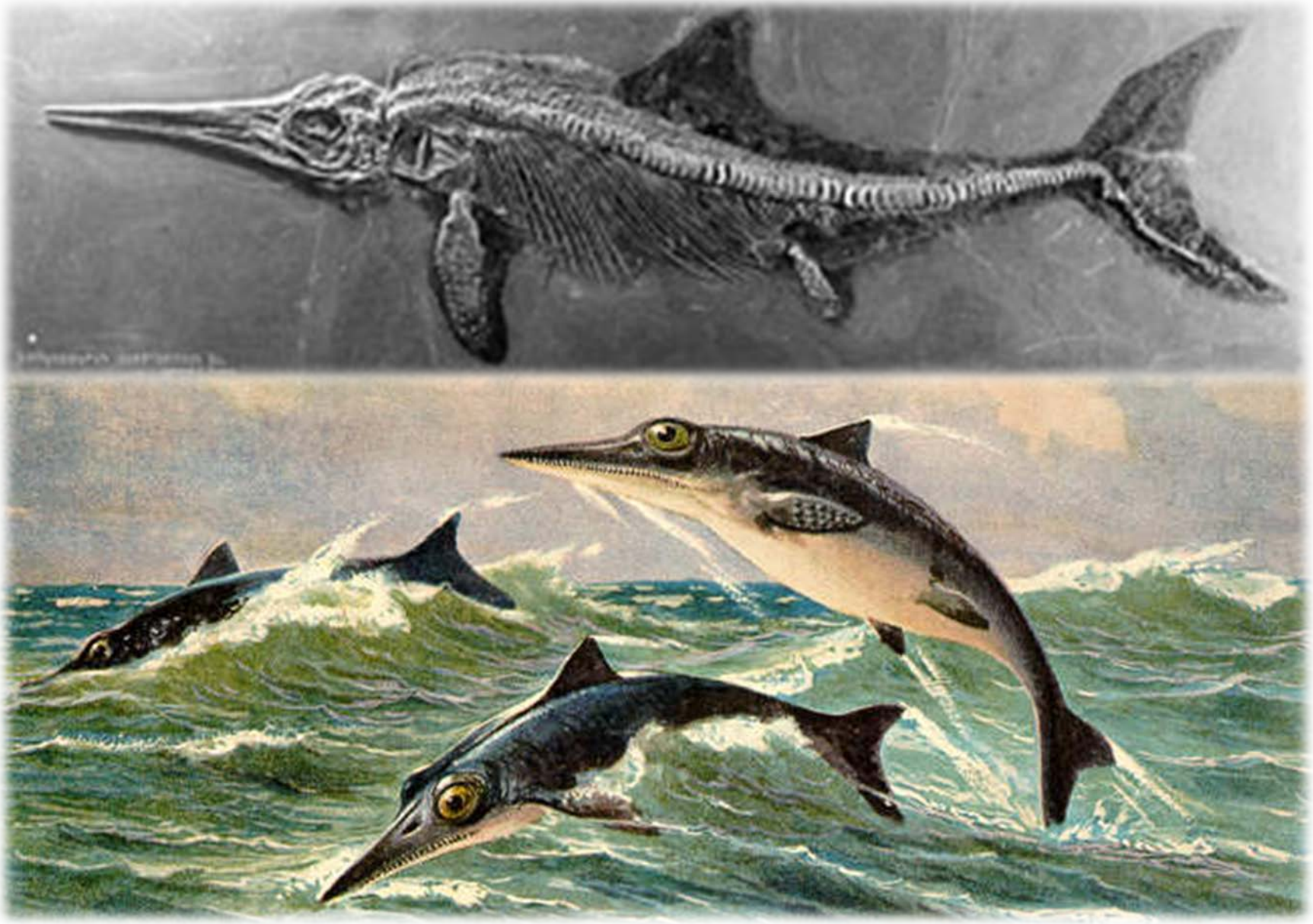
© Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Prentice Hall. All rights reserved.

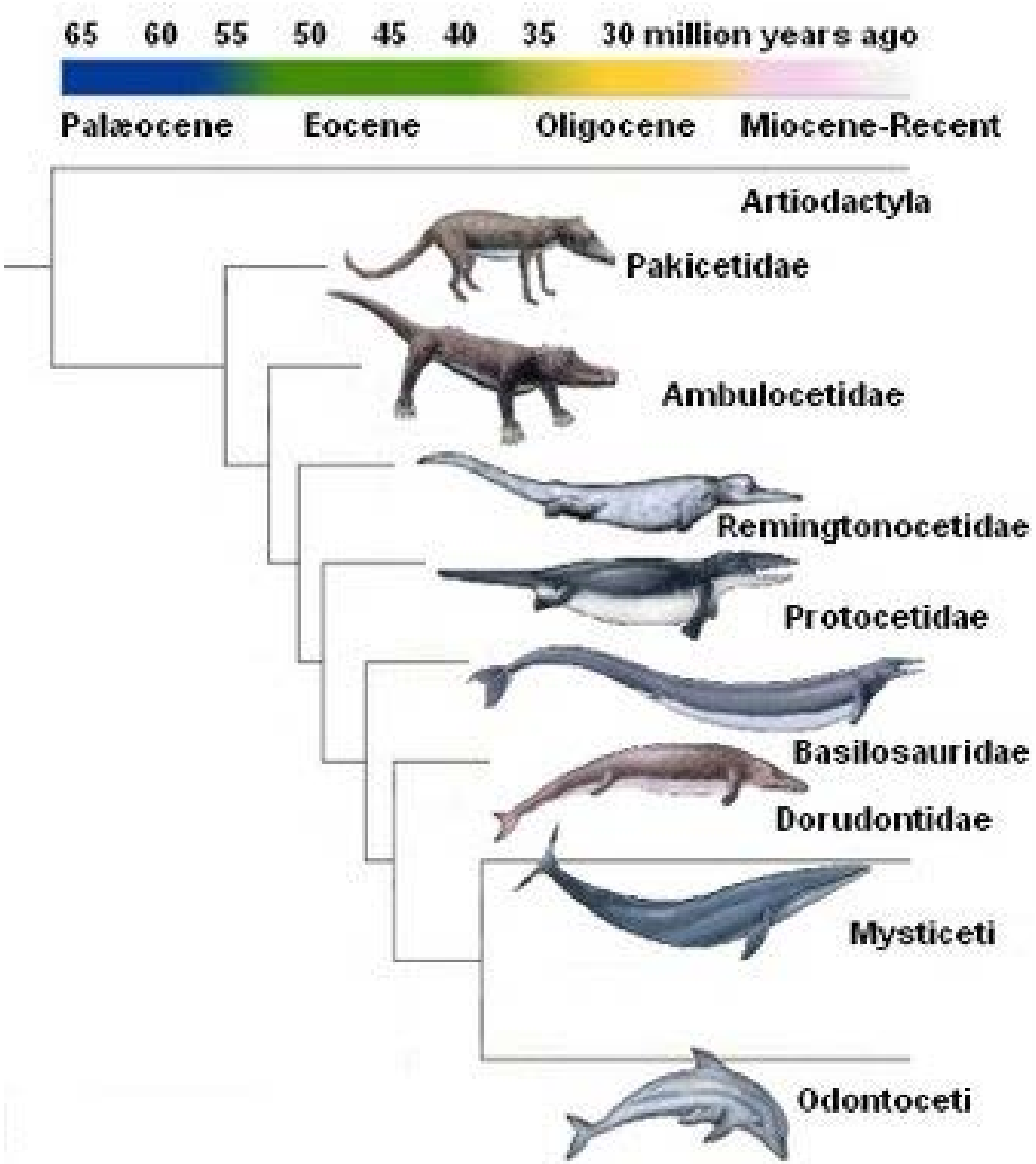

Shallow water
Algal reef front
Deep water
Muddy sediments
a)



ซากดึกดำบรรพ์ (Fossil)

- จากซากดึกดำบรรพ์ชนิดต่าง ๆ ที่ถูกขุดค้นขึ้นมา ทำให้นักวิทยาศาสตร์ผู้ศึกษาซากดึกดำบรรพ์ของพืช และสัตว์สามารถคาดคะเน หรือลงความเห็นเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตได้ ซากดึกดำบรรพ์จึงเป็นหลักฐานอย่างหนึ่งที่แสดงถึงโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตในอดีตที่ปรากฏในโลกเป็นเวลาหลายล้านปี แต่ส่วนใหญ่ถูกทำลายไปโดยมนุษย์ หรือโดยการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ทำให้ได้หลักฐานไม่มากนัก




65 60 55 50 45 40 35 30 million years ago
Palæocene
Eocene
Oligocene
Miocene-Recent
Artiodactyla
Pakicetidae
Ambulocetidae
Remingtonocetidae
Protocetidae
Basilosauridae
Dorudontidae
Mysticeti
Odontoceti

บันทึกของซากดึกดำบรรพ์บอกให้ทราบว่า

- สิ่งมีชีวิตหลากหลายที่พบอยู่ในโลก ปัจจุบันนี้มิได้เกิดขึ้นมาในทันทีทันใด ชีวิตเริ่มและอยู่ในน้ำสิ่งมีชีวิตบนบก เกิดขึ้นภายหลังนานมาก ขณะที่สัตว์ชนิดใหม่แต่ละชนิดมีวิวัฒนาการสัตว์ชนิดเก่าก็จะลดจำนวนลงสัตว์ที่ปรับตัวได้ไม่ดีนักมักจะสูญพันธุ์
- ซากดึกดำบรรพ์บางชนิดจะให้ข้อมูลที่ช่วยให้เรารู้ว่า สัตว์บางกลุ่มวิวัฒนาการมาอย่างไร นักธรณีวิทยาได้พบซากพืช สัตว์ในหิน ซึ่งเป็นข้อยืนยันว่าสิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการแน่นอน

บันทึกของซากดึกดำบรรพ์บอกให้ทราบว่า

- เช่น มีผู้พบซากของนกโบราณชื่อ **Archeopteryx** เป็นนกโบราณมีชีวิตอยู่เมื่อ **150** ล้านปีมาแล้ว (ยุคจูราซิค (**Jurassic**)) จากซากดึกดำบรรพ์ทำให้เราทราบว่านกนี้มีหางยาวและปากมีฟัน แบบสัตว์เลื้อยคลาน แต่ตัวมีขนแบบขนนก กระดูกมีลักษณะเป็นพวกนก ซากดึกดำบรรพ์นี้เป็นตัวเชื่อมที่แสดงว่าสัตว์เลื้อยคลานและนกวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษร่วมกัน

บันทึกของซากดึกดำบรรพ์บอกให้ทราบว่า

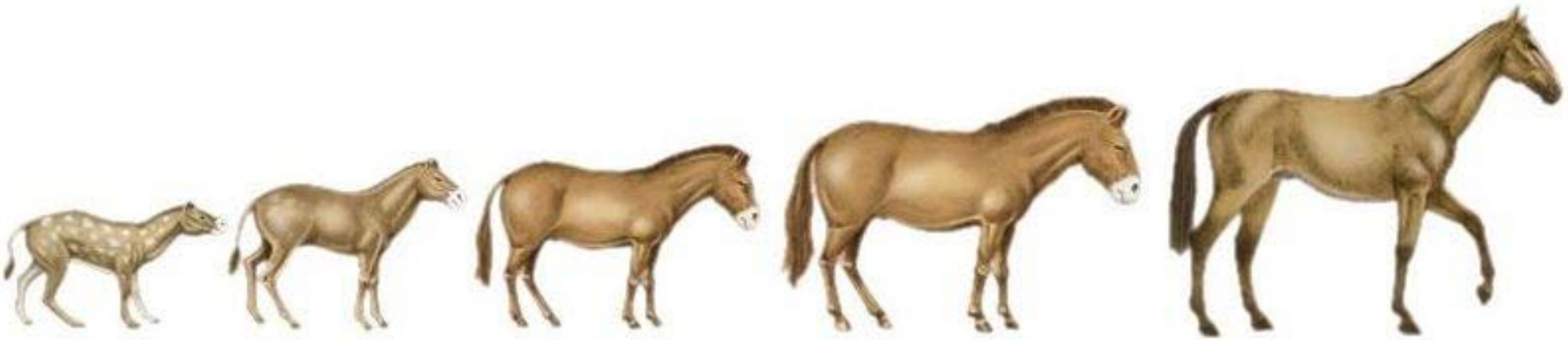
- หลักฐานของการวิวัฒนาการที่เห็นได้ครบถ้วน คือการวิวัฒนาการของม้า ซึ่งม้าในเริ่มแรกตัวเล็ก สูงราว 11 นิ้วเท่านั้น ขาหน้ามี 4 นิ้ว และนิ้วที่ 5เป็นชิ้นนิดเดียว ขาหลังไม่มีนิ้วที่ 1 และนิ้วที่ 5 เหลือชิ้นนิดเดียว ทั้งขาหน้าและขาหลัง นิ้วกลางยาวที่สุดและได้มีวิวัฒนาการเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน

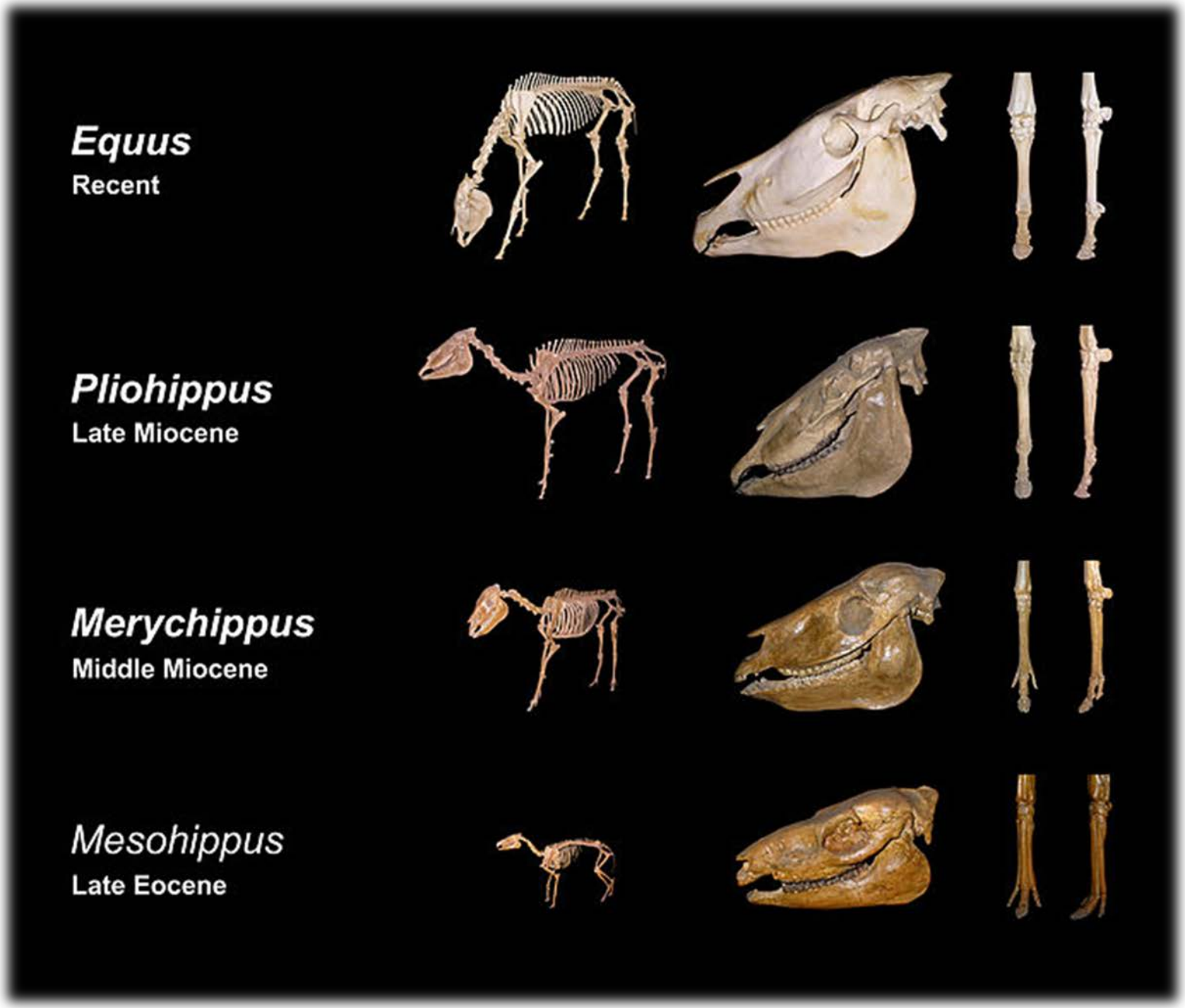
บันทึกของซากดึกดำบรรพ์บอกให้ทราบว่า

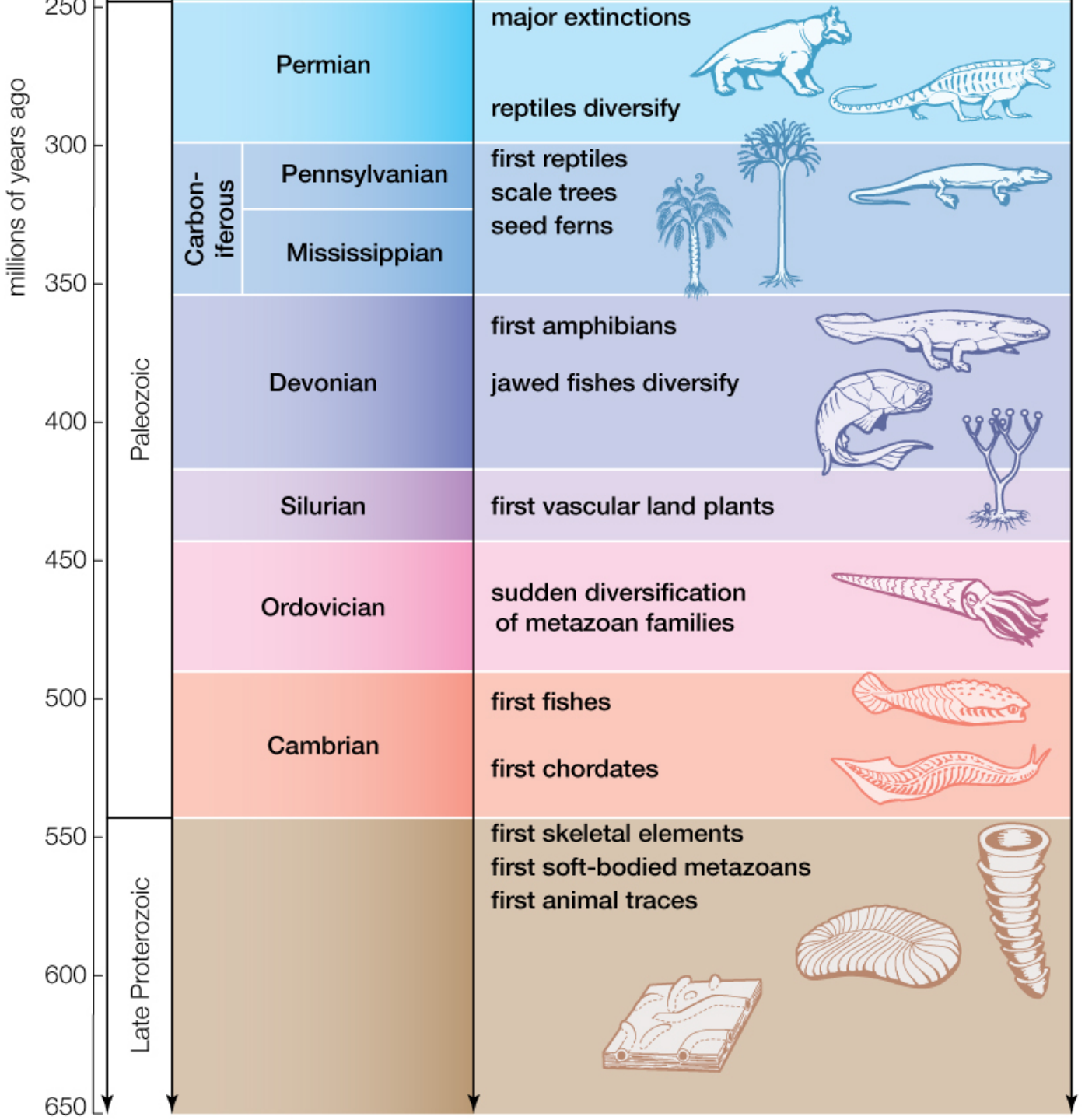
- เชื่อว่าวิวัฒนาการของม้าเกิดขึ้นตั้งแต่ 60 ล้านปีที่ผ่านมาซึ่งตอนนั้นสภาพท้องที่ส่วนใหญ่เป็นที่ลุ่ม มีต้นไม้เล็ก และพุ่มไม้ ซึ่งสามารถใช้เป็นที่ซ่อนให้พ้นจากผู้ล่า
- แต่เมื่อ 1 ล้านปีก่อน สภาพแวดล้อมเปลี่ยนไป ทุ่งหญ้าแทนที่ต้นไม้และพุ่มไม้ ไม่มีที่ให้สัตว์ซ่อนตัว สัตว์ที่วิ่งได้เร็วจะมีโอกาสหนีรอดจากผู้ล่าได้มากขึ้นและรอดชีวิต
- สัตว์คอยาวจะมองเห็นผู้ล่าได้ดีกว่า เท้าแบบที่นิ้วเท้าแผ่ออกช่วยไม่ให้สัตว์จมลงไปในพื้นที่ชื้นแฉะ แต่ไม่เหมาะกับการวิ่งเร็ว

บันทึกของซากดึกดำบรรพ์บอกให้ทราบว่า

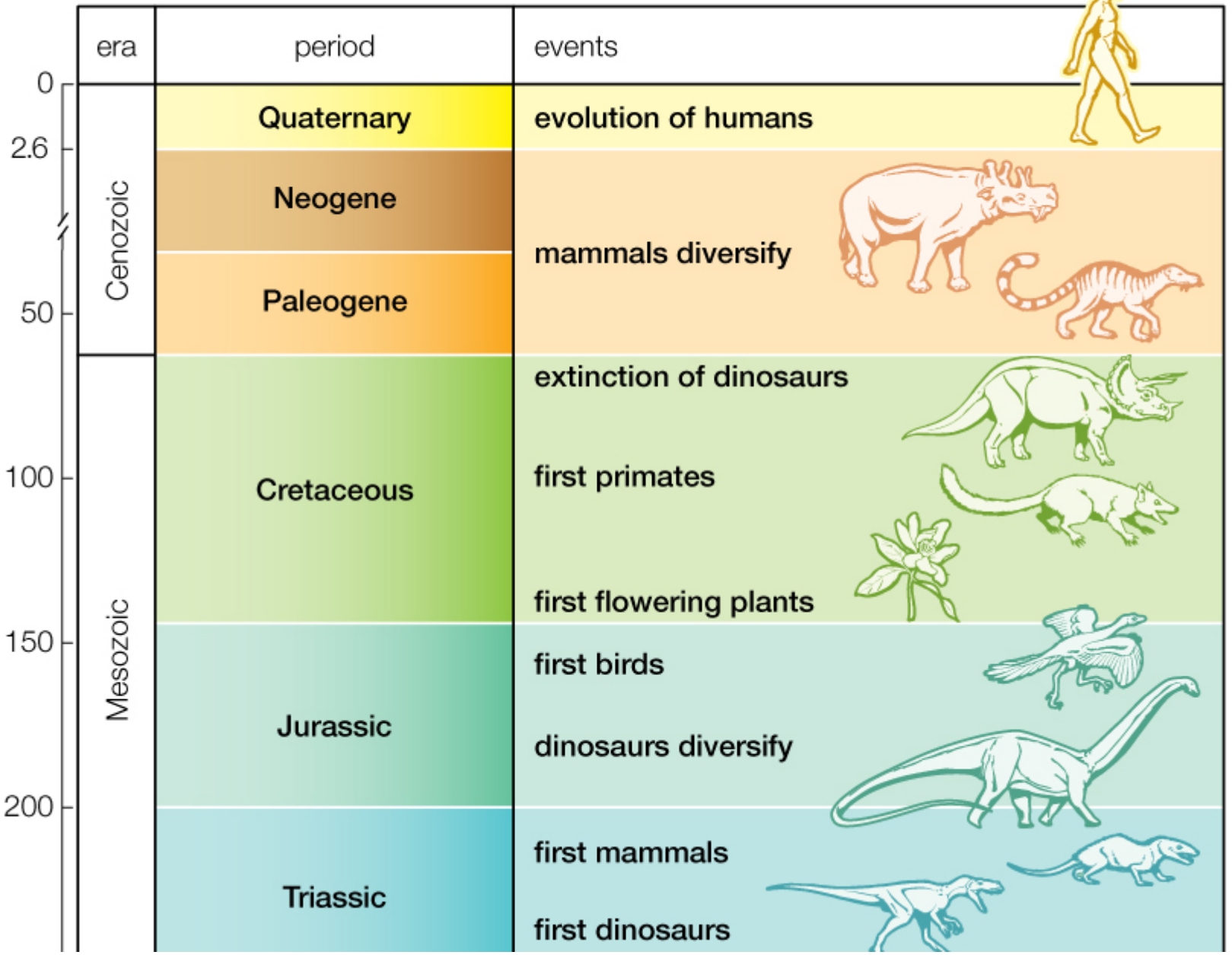
- ม้าสมัยใหม่มีขายาวและวิ่งด้วยนิ้วเท้าเพียงนิ้วเดียว มันสามารถเคลื่อนที่ได้รวดเร็วบนพื้นแข็ง ม้าจะวิ่งได้เร็วบนพื้นที่ชื้นแฉะหรือไม่ บรรพบุรุษของม้าสมัยใหม่อาจมีขนาดเล็กกว่าม้าปัจจุบันมาก จึงสามารถหลบซ่อนผู้ล่าได้ แต่ด้วยการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมธรรมชาติจึงเลือกสัตว์ที่สามารถวิ่งได้เร็วกว่าผู้ล่า
- มีอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำไมธรรมชาติจึงเลือกสัตว์คอยาว นั่นคือ ลักษณะนี้ช่วยให้การเล็มหญ้าในทุ่งหญ้าใหม่เป็นไปได้ดี ม้าปัจจุบันสูง 64 นิ้ว ขาหน้ามองเห็นนิ้วกลางนิ้วเดียว ส่วนนิ้วที่ขนาบสองข้างหายไปเหลือเป็นเกล็ดเล็ก ๆ พอติดอยู่เท่านั้น วิวัฒนาการของม้าจนถึงปัจจุบันเป็นเวลากว่า 50 ล้านปี


Eohippus
Oligohippus
Merychippus
Pliohippus
Modern horse


Equus
Recent
Pliohippus
Late Miocene
Merychippus
Middle Miocene
Mesohippus
Late Eocene

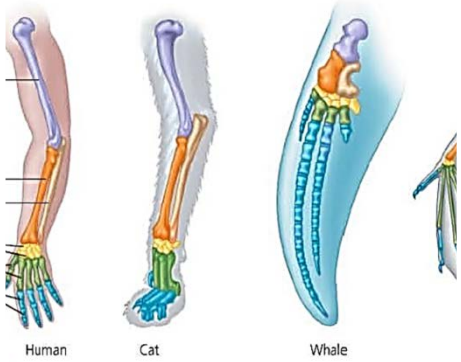

millions of years ago
250
300
350
400
450
500
550
600
650
Paleozoic
Late Proterozoic
Permian
Carbon-iferous
Pennsylvanian
Mississippian
Devonian
Silurian
Ordovician
Cambrian
major extinctions
reptiles diversify
first reptiles
scale trees
seed ferns
first amphibians
jawed fishes diversify
first vascular land plants
sudden diversification of metazoan families
first fishes
first chordates
first skeletal elements
first soft-bodied metazoans
first animal traces

Geologic time scale, 650 million years ago to the present

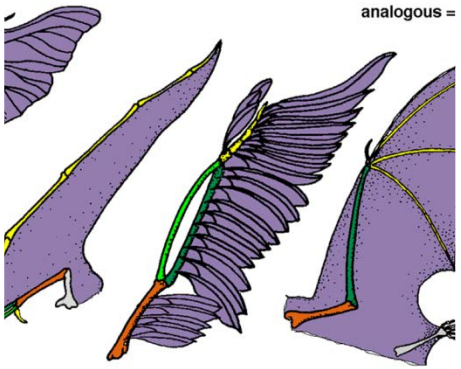


กายวิภาคเปรียบเทียบ (Comparative anatomy)

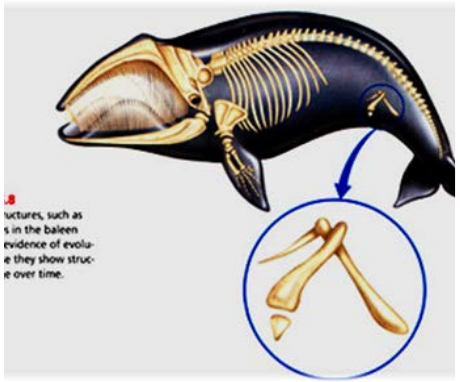
- เป็นการศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างของอวัยวะของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบจุดกำเนิด หน้าที่และการทำงานของโครงสร้างต่าง ๆ แบ่งออกเป็น



homologous structure



Analogous structure

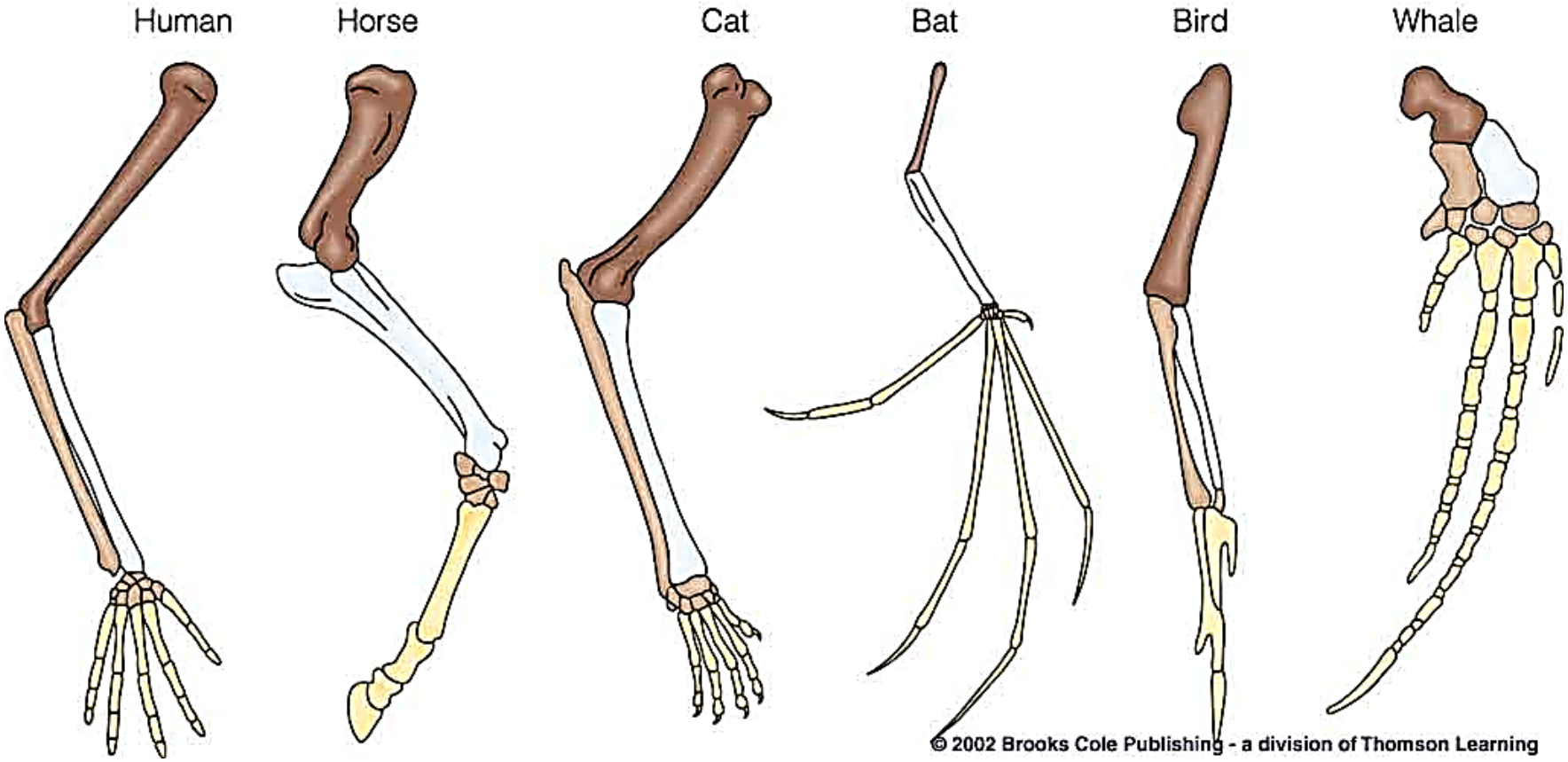


Vestigial structure

Homologous structure

- คือโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตในกลุ่มที่มาจากจุดกำเนิดเดียวกันแต่หน้าที่ต่างกัน แสดงให้เห็นว่าสัตว์กลุ่มนี้มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกัน เช่น การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างปีกของนก แผ่นครีบของปลาโลมา ปีกของค้างคาว และแขนของคน ทำให้ทราบว่าอวัยวะต่าง ๆ ที่มาจากสัตว์ต่างชนิดกันนี้มีโครงสร้างพื้นฐานคล้ายคลึงกัน

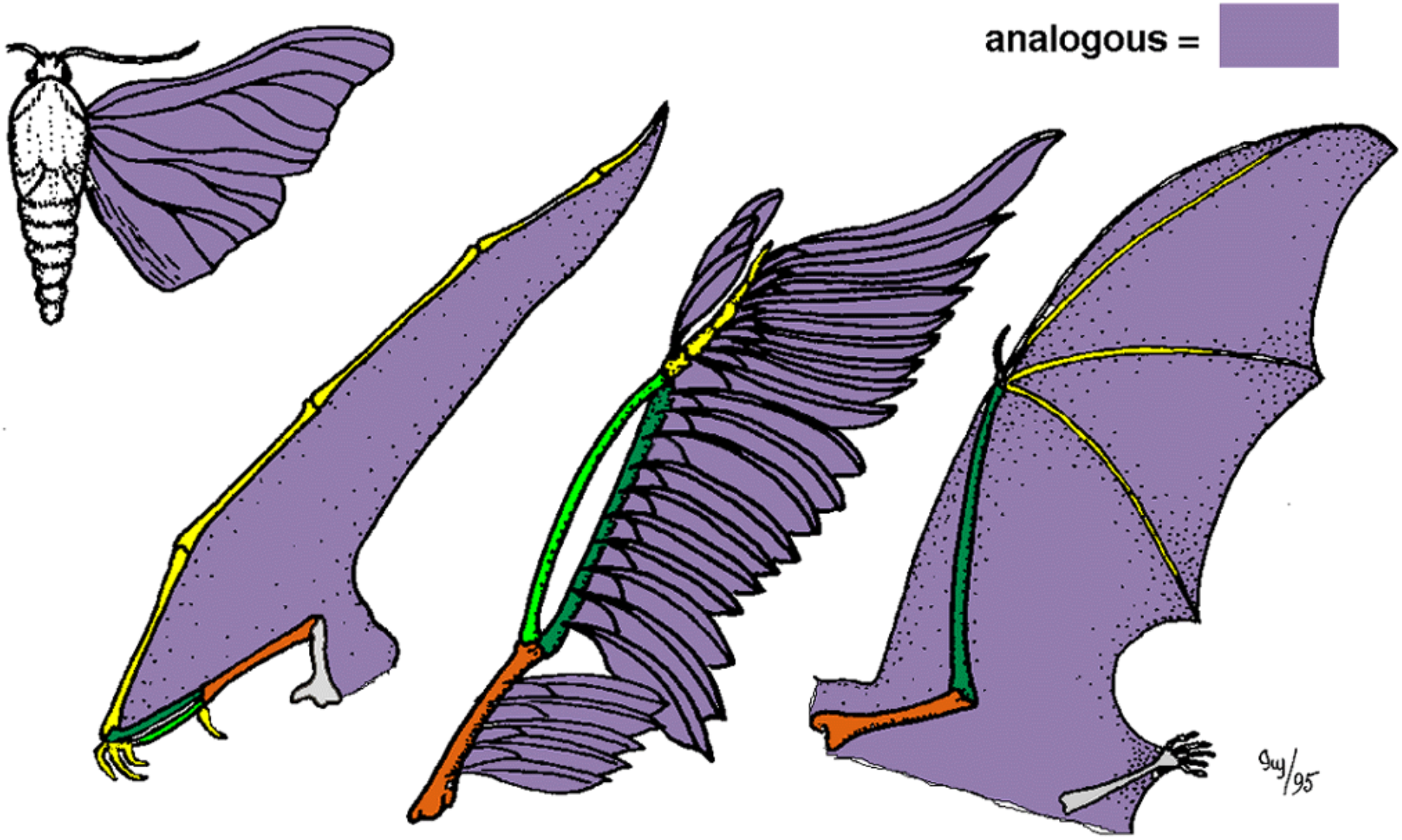
ยอร์ช

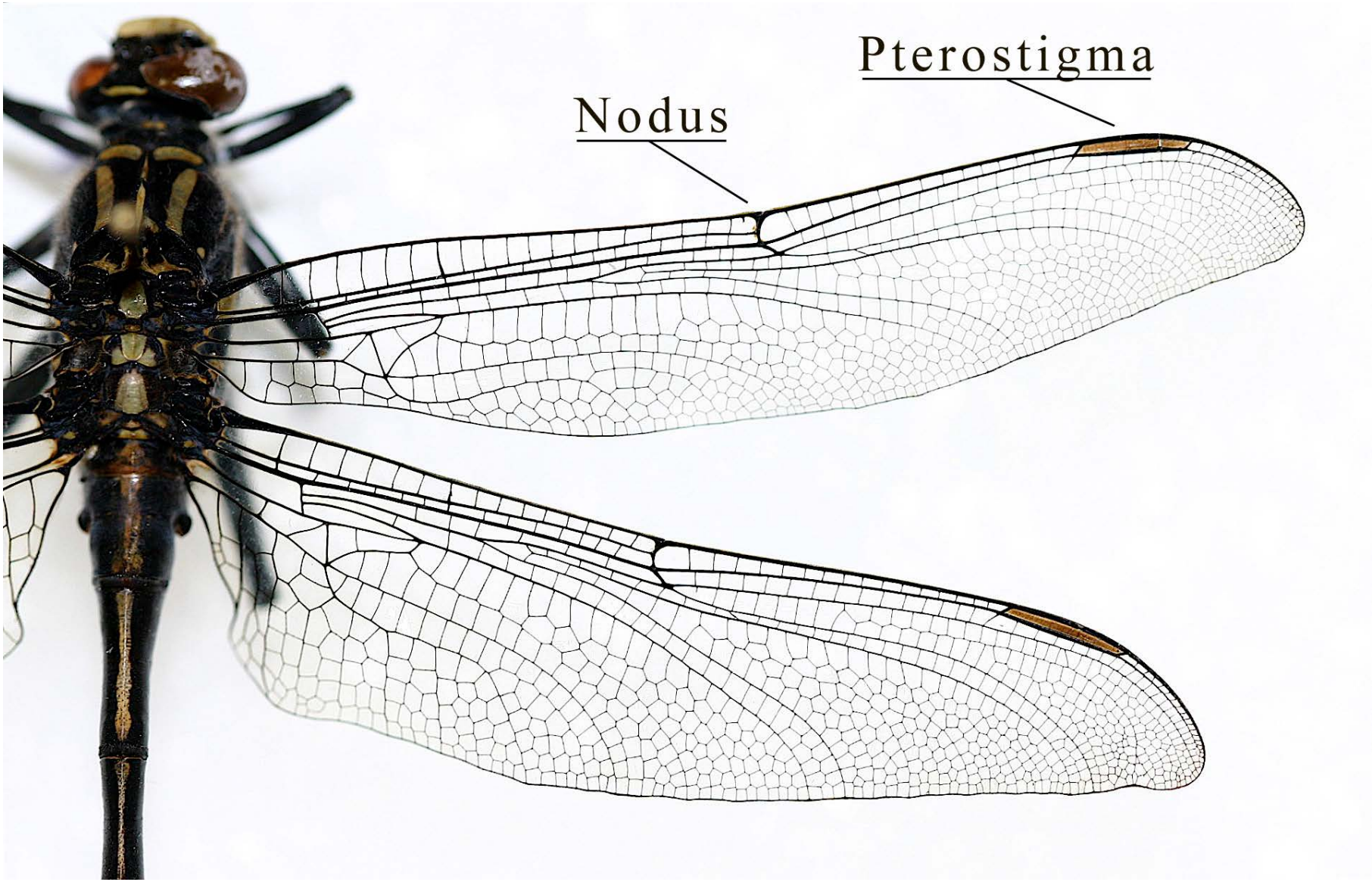


© 2002 Brooks Cole Publishing - a division of Thomson Learning

Analogous structure

- คือโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตที่มาจากจุดกำเนิดต่างกัน แต่ทำหน้าที่เหมือนกัน เนื่องจากโครงสร้างเหล่านี้ไม่ได้มีความสัมพันธ์ในเชิงวิวัฒนาการ อวัยวะที่ทำหน้าที่เหมือนกันแต่มีพื้นฐานโครงสร้างต่างกัน เช่น ปีกของแมลง และปีกของนก ซึ่งต่างก็ทำหน้าที่ในการบินเหมือนกัน แต่โครงสร้างปีกแมลงไม่มีกระดูกค้ำจุน ขณะที่ปีกนกมีกระดูกเป็นส่วนประกอบด้วย ดังนั้นนกและแมลงจึงมีวิวัฒนาการที่ห่างไกลกัน


analogous =


Pterostigma
Nodus

Vestigial structure

- เป็นโครงสร้างลดรูปของสิ่งมีชีวิต จากการศึกษาพบโครงสร้างบางอย่างที่เคยใช้งานมาก่อนในอดีต แต่ในปัจจุบันโครงสร้างนี้ลดขนาดลงและไม่มีความสำคัญต่อไปอีก เช่นชิ้นส่วนกระดูกเชิงกราน และกระดูกขาหลังในงูและปลาวาฬ ไส้ติ่งในคน กล้ามเนื้อหูของคน

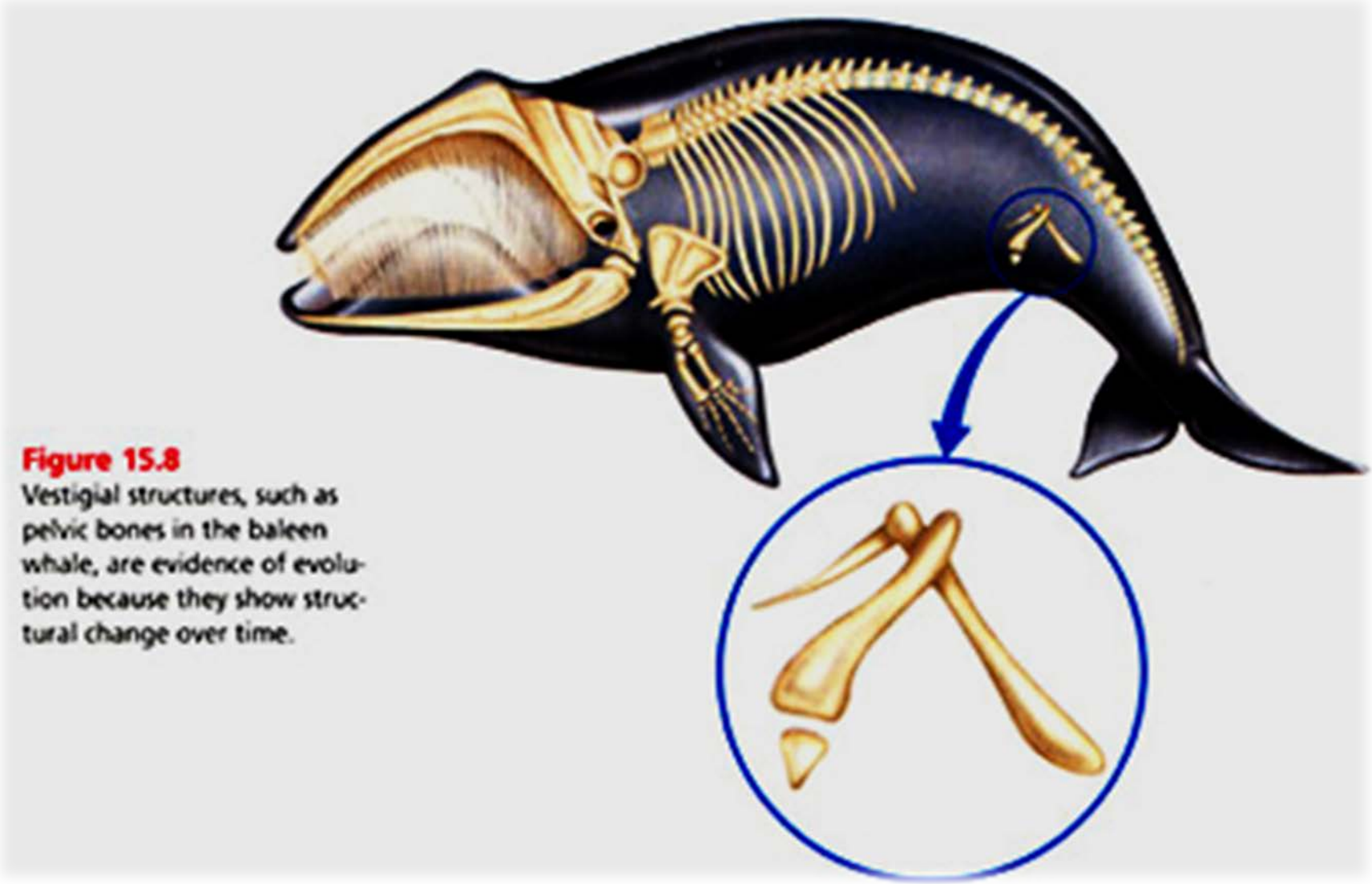
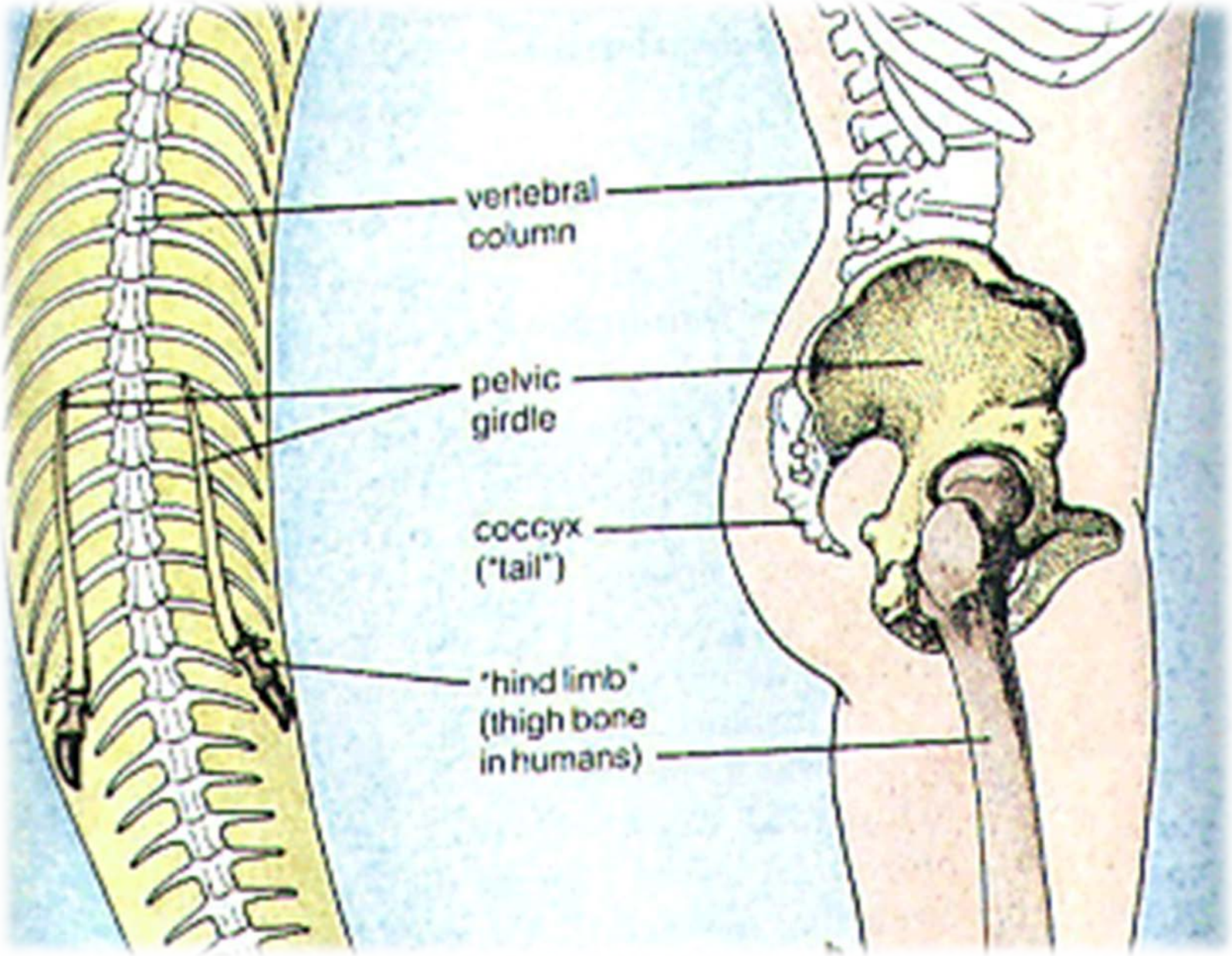
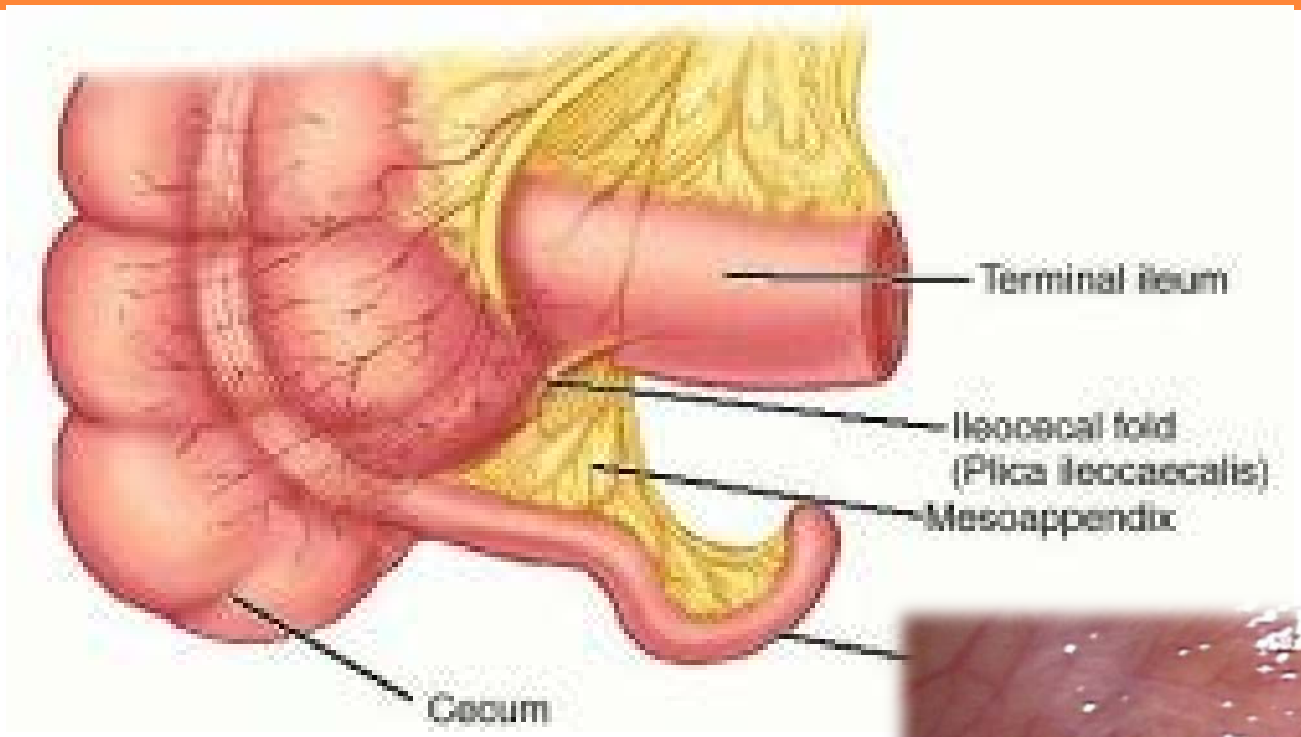
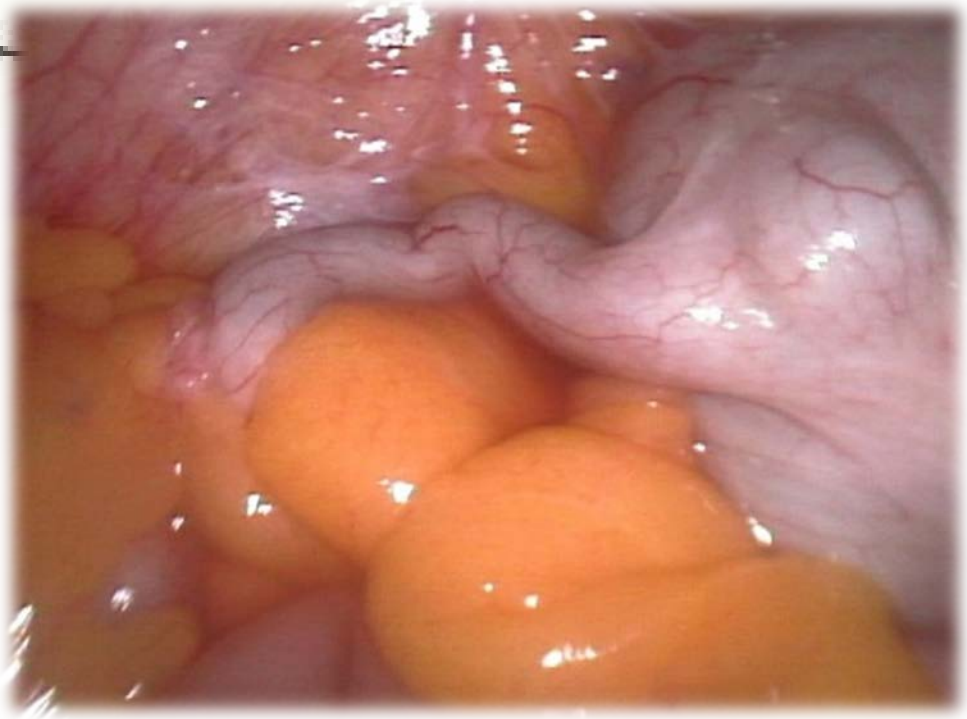


Figure 15.8
Vestigial structures, such as pelvic bones in the baleen whale, are evidence of evolution because they show structural change over time.


vertebral column
pelvic girdle
coccyx ("tail")
"hind limb" (thigh bone in humans)


Terminal ileum
Ileocecal fold
(Plica ileocaecalis)
Mesoappendix
Cecum



คัพภะวิทยา (Embryology)

- ตัวอ่อนในช่วงชีวิตต้น ๆ ของสิ่งมีชีวิต และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จากความซับซ้อนน้อยกว่าไปสู่ความซับซ้อนมากกว่า จึงอาจเป็นไปได้ว่าสิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการจากสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับเอมบริโอ ดังนั้นสิ่งมีชีวิตที่มีเอมบริโอคล้ายกันจึงน่าจะมีบรรพบุรุษร่วมกัน

คัพภะวิทยา (Embryology)

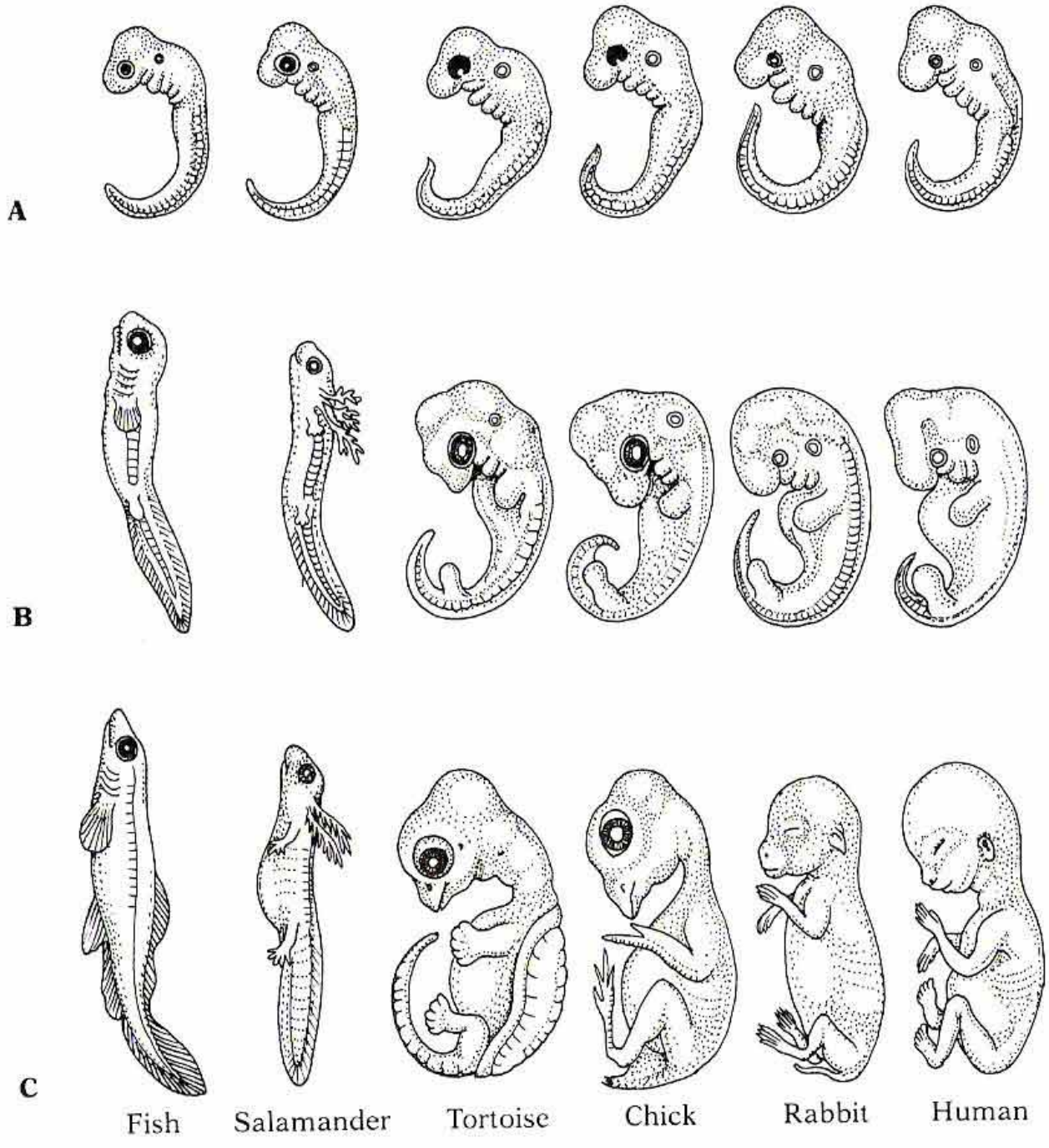
- ตัวอ่อนของสัตว์หลายชนิดมีความคล้ายคลึงกันมากจนในบางครั้งไม่สามารถแยกออกว่าเป็นตัวอ่อน ของสัตว์อะไรตัวอย่างเช่น ตัวอ่อนของปลา กบ ไก่ หมู และคนมีลักษณะเหมือนกันหลายประการ เช่น การมีช่องเหงือก การมีหัวใจมีลักษณะเป็นท่อยังไม่มีการแบ่งแยกเป็นช่องขวาซ้าย เป็นต้นอย่างไรก็ตามเมื่อตัวอ่อนเหล่านี้พัฒนาเป็นตัวเต็มวัยแล้ว ลักษณะร่วมเหล่านี้ก็จะหมดไป

คัพภะวิทยา (Embryology)

- จากการศึกษาเปรียบเทียบตัวอ่อนนี้ นักชีววิทยาเชื่อว่า สัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นสูง เช่น ไก่ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมีวิวัฒนาการมาจากสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นต่ำกว่าได้แก่ ปลา เมื่อระยะเวลาผ่านไป ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมเกิดขึ้น ทำให้มีวิวัฒนาการแตกแขนงออกไปเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นสูงหลากหลายชนิด

คัพภะวิทยา (Embryology)

- เฮคเคล และ มัลเลอร์ (E.H. Haeckel และ HJ. Muller) สรุปการเจริญเติบโตตามลำดับของ ตัวอ่อนว่า"การเจริญเติบโตพัฒนาตามลำดับของสิ่งมีชีวิตจะย้อนรอยลักษณะต่าง ๆ ของบรรพบุรุษ"
- ซึ่งต่อมาแนวความคิดนี้ได้รับการเชื่อถือ และตั้งเป็นทฤษฎี เรียกทฤษฎีการย้อนรอยบรรพบุรุษ(The recapitulation theory)


A
B
C
Fish
Salamander
Tortoise
Chick
Rabbit
Human

ชีววิทยาโมเลกุล (Molecular biology)

- ปัจจุบันการศึกษาในระดับโมเลกุลมีมากขึ้น และสามารถนำมาเป็นหลักฐานแสดงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตได้
- โดยการศึกษาลำดับนิวคลีโอไทด์บนโมเลกุล DNA หรือลำดับ และชนิด ของกรดอะมิโนบนสายโพลีเปปไทด์ เปรียบเทียบระหว่างสิ่งมีชีวิต

ชีววิทยาโมเลกุล (Molecular biology)

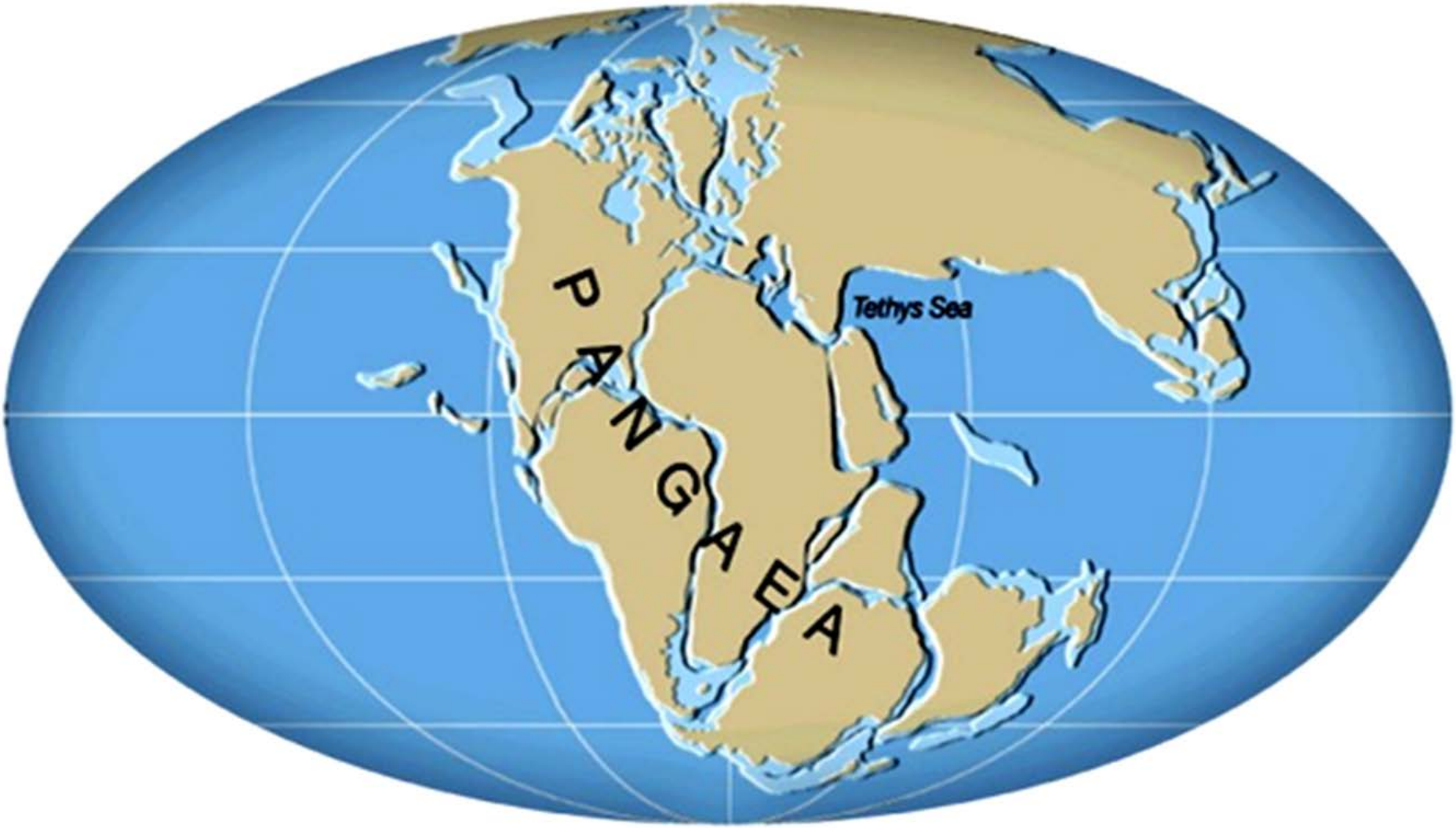
- ตัวอย่างเช่นการเปรียบ DNA ของคน, ชะนี และชิมแพนซี พบว่ามีความแตกต่างระหว่างนิวคลีโอไทด์ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ระหว่างคนและชิมแพนซี ขณะที่มีความแตกต่างประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ระหว่างคนและชะนี แสดงว่าคนมีวิวัฒนาการใกล้เคียงกับชิมแพนซีมากกว่าชะนี เป็นต้น

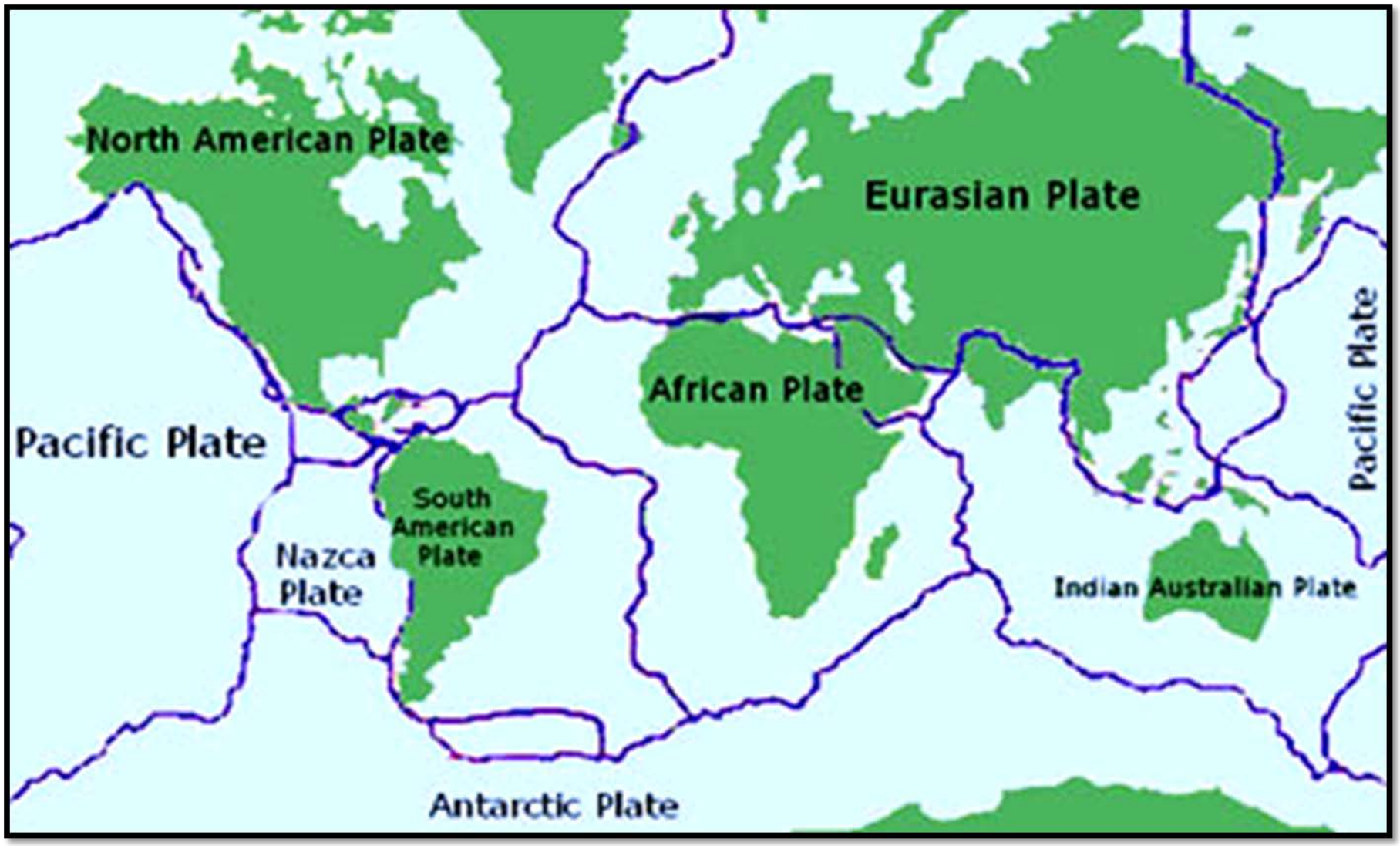
Table 22.1 Molecular Data and the Evolutionary Relationships of Vertebrates

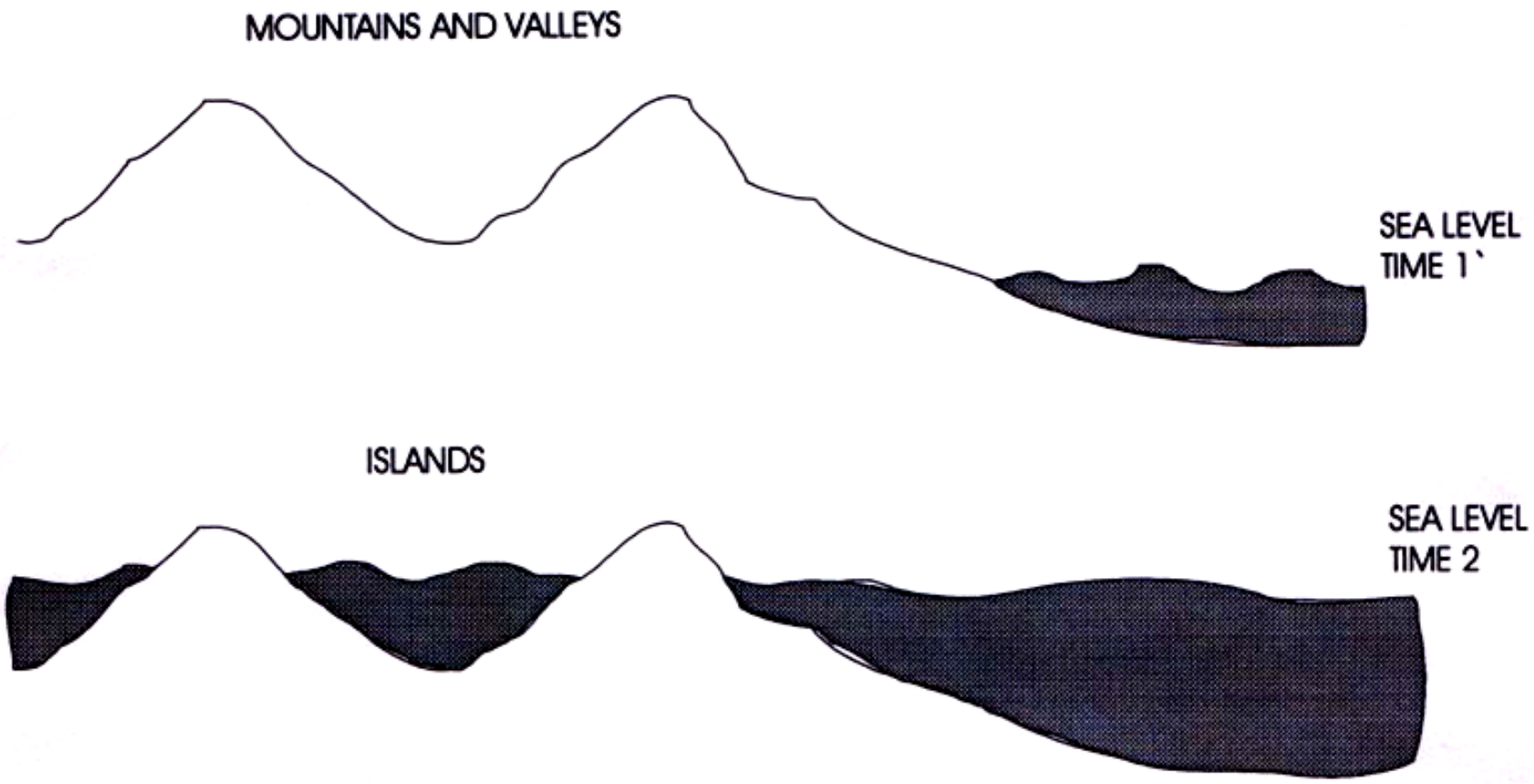
Species	Number of Amino Acids That Differ from a Human Hemoglobin Polypeptide (Total Chain Length = 146 Amino Acids)
Human	0
Rhesus monkey	8
Mouse	27
Chicken	45
Frog	67
Lamprey	125

ชีวภูมิศาสตร์

- การแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในหมู่เกาะต่าง ๆ ที่มีสภาพใกล้คล้ายกัน คาดว่าน่าสิ่งมีชีวิตเหล่านี้น่าจะมีลักษณะที่คล้ายกัน อย่างไรก็ตามกลับพบว่ามีลักษณะแตกต่างกัน และพบว่าสิ่งกีดขวางทางภูมิศาสตร์ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวิวัฒนาการ เนื่องจากต้องมีการปรับตัว ทำให้สิ่งมีชีวิตแตกต่างกันกระจายอยู่ทั่วโลก


PANGAEA
Tethys Sea


North American Plate
Eurasian Plate
African Plate
Pacific Plate
Pacific Plate
South American Plate
Nazca Plate
Indian Australian Plate
Antarctic Plate


MOUNTAINS AND VALLEYS
SEA LEVEL
TIME 1`
ISLANDS
SEA LEVEL
TIME 2

(a) Cactus-eater. The long, sharp beak of the cactus ground finch (*Geospiza scandens*) helps it tear and eat cactus flowers and pulp.

(b) Insect-eater. The green warbler finch (*Certhidea olivacea*) uses its narrow, pointed beak to grasp insects.

(c) Seed-eater. The large ground finch (*Geospiza magnirostris*) has a large beak adapted for cracking seeds that fall from plants to the ground.

ทฤษฎีวิวัฒนาการ

- จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ทำให้เชื่อได้ว่าสิ่งมีชีวิตในปัจจุบันกับอดีตนั้นมีความแตกต่างกันสิ่งมีชีวิตบางชนิดมีลักษณะใกล้เคียงกับสมัยก่อนแต่บางชนิดก็แตกต่างออกไปมาก แสดงว่าสิ่งมีชีวิตต่าง ๆนั้นมีวิวัฒนาการ แนวคิดของการเกิดวิวัฒนาการที่น่าสนใจได้แก่ แนวคิดของลามาร์ค แนวคิดของดาร์วินแนวคิดของเดอฟรีย์ และนักวิทยาศาสตร์รุ่นใหม่ ๆ อีกมากมาย

ทฤษฎีวิวัฒนาการ

- แนวคิดของลามาร์ค
- แนวคิดของดาร์วิน
- แนวคิดของของ ฮิวโก เดอ ฟรีส์ : ทฤษฎีการผ่าเหล่า (Mutation theory)
- แนวคิดทฤษฎีซินเทติก (The modern synthesis)

แนวคิดของลามาร์ค

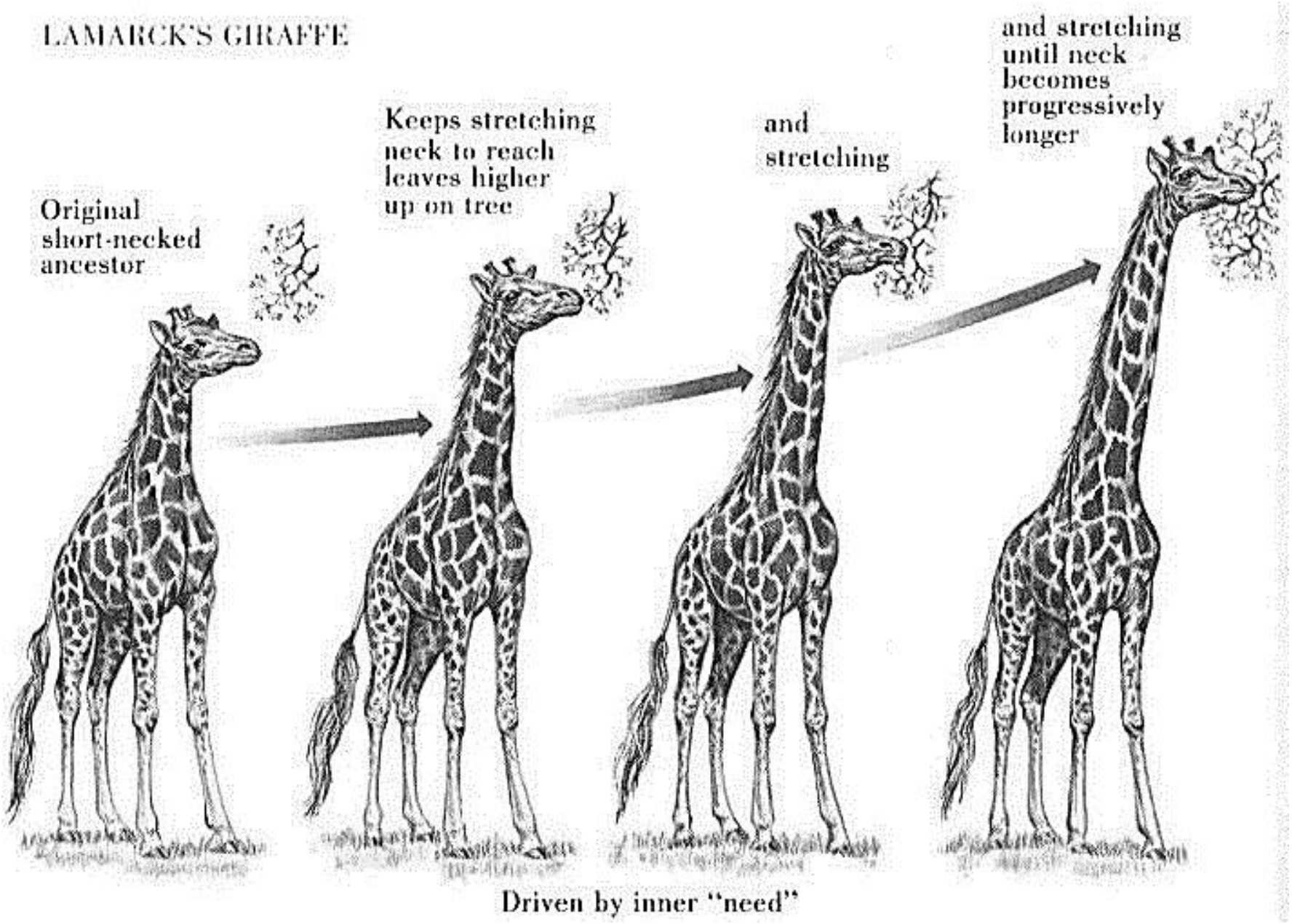
- **Jean – Beptiste Lamarck (ค.ศ. 1744 - 1829) ชาวฝรั่งเศสได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตว่า สภาพแวดล้อมทำให้สิ่งมีชีวิตเกิดการเปลี่ยนแปลง สิ่งมีชีวิตต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม ลามาร์คได้เสนอแนวความคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการโดยอาศัยหลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ซึ่งมีรูปร่างไม่สลับซับซ้อนโดยเชื่อว่าสภาพแวดล้อมและอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอวัยวะ**

แนวคิดของลามาร์ค

- การเกิดอวัยวะใหม่ ๆ ของสิ่งมีชีวิตเป็นผลเนื่องมาจากความต้องการของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆตราบใดที่มีการใช้ อวัยวะนั้นจะยังคงอยู่และเจริญแข็งแรง ถ้าไม่มีการใช้อวัยวะนั้นจะค่อย ๆ หดหายไป ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้สามารถถ่ายทอดให้ลูกหลานรุ่นต่อ ๆ ไปได้

แนวคิดของลามาร์ค

- ลามาร์คยกตัวอย่างยีราฟ เขากล่าวว่าเดิมบรรพบุรุษของยีราฟ มีคอสั้น ขาสั้น กินหญ้าตามพื้นดินเป็นอาหาร ต่อมาหญ้าตามพื้นดินมีไม่เพียงพอต้องยืดคอกินใบไม้ที่อยู่สูง ซึ่งต้องใช้ขาเขย่งเท้าให้สูง คอและขาจึงยาวขึ้นกว่าเดิม และลักษณะดังกล่าวถ่ายทอดให้ลูกหลานทำให้ยีราฟปัจจุบันมีคอยาว


LAMARCK'S GIRAFFE
Original short-necked ancestor
Keeps stretching neck to reach leaves higher up on tree
and stretching
and stretching until neck becomes progressively longer
Driven by inner "need"

แนวคิดของลามาร์ค

- ลามาร์คเชื่อว่าสิ่งมีชีวิตมีพลังชีวิต (Vital force) ภายในเป็นแรงผลักดันให้เปลี่ยนแปลงตัวเองอยู่ตลอดเวลา เขาเสนอสมมติฐาน 2 ข้อ คือ
  1. **Law of use and disuse** กล่าวว่า อวัยวะหรือชิ้นส่วนของอวัยวะถูกใช้งานมาก ๆ จะมีการแปรเปลี่ยนให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตในสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป ส่วนอวัยวะใดไม่ได้ใช้งานจะค่อย ๆ ลีบและเสื่อมลง จนในที่สุดอวัยวะดังกล่าวจะลดรูปหายไป
  2. **The inheritance of acquired characters** ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไป และมีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต จะถูกถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกเพื่อดำรงเผ่าพันธุ์ต่อไป
- จากสมมติฐาน 2 ข้อนี้ ลามาร์คเชื่อว่าสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่มีวิวัฒนาการเปลี่ยนแปลงมาจากสิ่งมีชีวิตดั้งเดิม โดยการถ่ายทอดลักษณะที่เป็นประโยชน์ต่อ ๆ กันมาเป็นเวลาหลายชั่วอายุ

แนวคิดของดาร์วิน

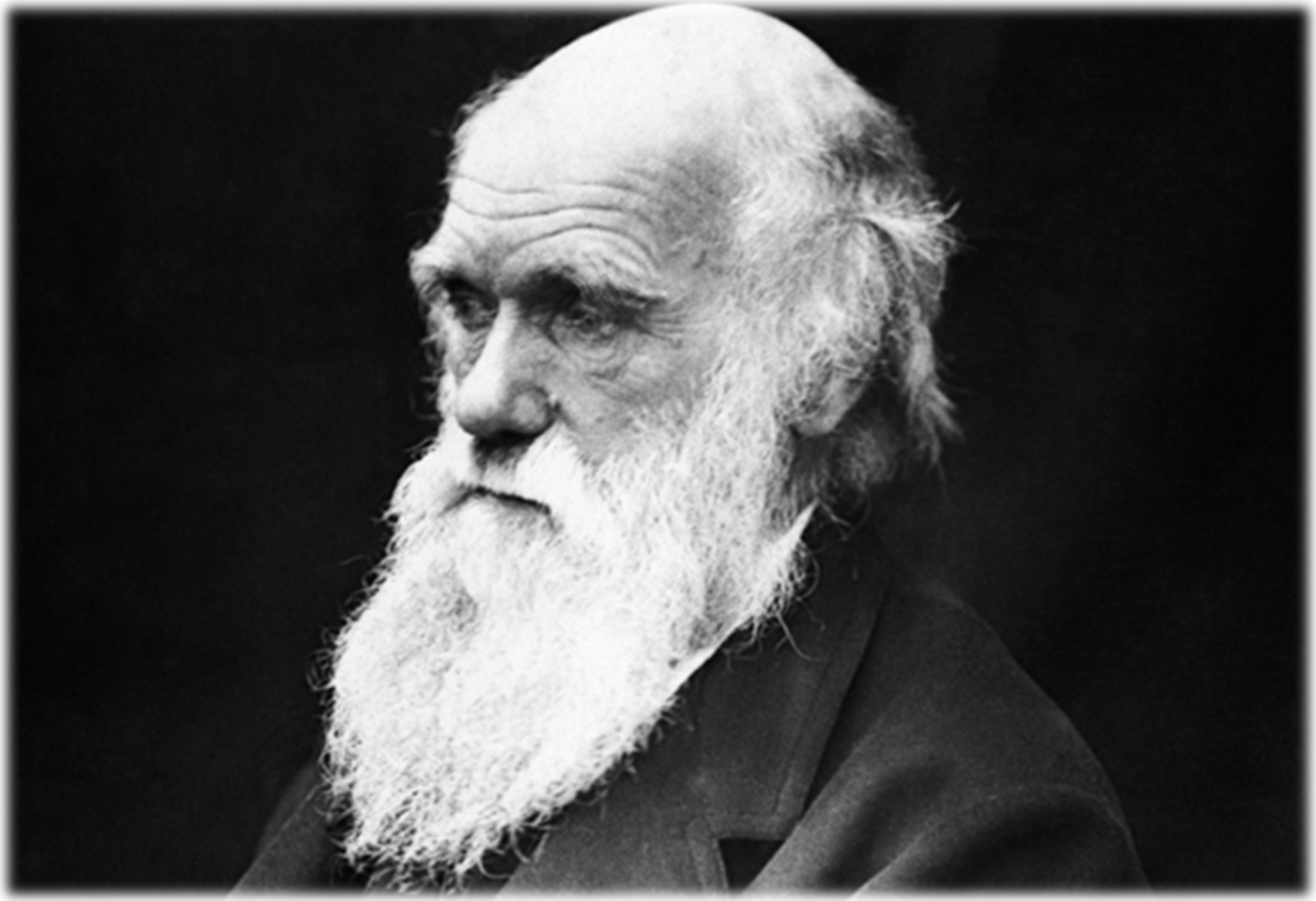
- **Charles Darwin (ค.ศ.1809 - 1882) นักธรรมชาติวิทยาชาวอังกฤษ เสนอทฤษฎีวิวัฒนาการเรียกว่า ทฤษฎีการคัดเลือกตามธรรมชาติ (Theory of Species by Natural Selection)**
- **จากการสังเกตของ ดาร์วินพบว่าสิ่งมีชีวิตทุกชนิดจะผลิตลูกหลานเป็นจำนวนมาก และลูกหลานแต่ละตัวอาจมีความแตกต่างกัน ลูกหลานเหล่านี้จะมีการดิ้นรนแก่งแย่งเพื่อความอยู่รอดของชีวิตพวกที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมเท่านั้นจะถูกธรรมชาติคัดเลือกให้รอดชีวิต และถ่ายทอดลักษณะที่เหมาะสมเหล่านั้นให้กับสิ่งมีชีวิตรุ่นต่อมา**

แนวคิดของดาร์วิน

- ดาร์วินอธิบายว่าตามสภาพธรรมชาติสิ่งมีชีวิตที่มีความสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าพวกอื่น จะสามารถดำรงชีวิตอยู่ และถ่ายทอดลักษณะที่เหมาะสมต่อไป
- ดาร์วินเสนอแนวคิดเรื่องบรรพบุรุษของยีราฟว่า ประชากรของยีราฟในอดีตมีทั้งพวกคอสั้น และคอยาวปะปนกัน พวกคอยาวมีโอกาสหากินได้มากกว่า สามารถกินยอดพืชบริเวณที่สูง ๆ ได้ และสามารถเห็นศัตรูได้ก่อนพวกคอสั้นจึงรอดชีวิตได้มากกว่าพวกคอยาวจึงสามารถดำรงพันธุ์ต่อมาได้

แนวคิดของดาร์วิน

- แนวคิดของดาร์วินได้มาจากหนังสือชื่อ **Principles of geology** เขียนโดย ชาลส์ ไลเอลล์ ซึ่งกล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลกและหนังสือ **An essay on the principle of population** เขียนโดยโทมัส มัลทัส ซึ่งกล่าวถึงการเพิ่มจำนวนประชากรมนุษย์ว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณหรือตามอัตราเรขาคณิตและข้อมูลทางธรรมชาติที่เขาเก็บรวบรวมได้ขณะที่ออกเดินทางไปกับเรือสำรวจตามแนวฝั่งทวีปรอบโลกการสำรวจตามแนวฝั่งของทวีปอเมริกาใต้ และหมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิก



Darwin in 1840, after his return from the voyage
The Galápagos Islands
PACIFIC OCEAN
Pinta
Genovesa
Marchena
Santiago
Daphne Islands
Fernandina
Pinzón
Isabela
Santa Cruz
Santa Fe
San Cristobal
Florenza
Española
0 40 km
0 40 miles
NORTH AMERICA
GREAT BRITAIN
EUROPE
ATLANTIC OCEAN
AFRICA
HMS Beagle in port
SOUTH AMERICA
PACIFIC OCEAN
Andes
Cape of Good Hope
AUSTRALIA
PACIFIC OCEAN
Tasmania
New Zealand
Cape Horn
Tierra del Fuego

NATIONAL GEOGRAPHIC
Find more wallpapers at www.nationalgeographic.com
© 2006 National Geographic Society. All rights reserved.
Photograph © Rob Stewart/Animals Animals - Earth Scenes

GALAPAGOS ISLANDS
Pinta
Marchena
Genovesa
PACIFIC OCEAN
Santiago
Fernandia
Santa Cruz
Isabela
San Cristobel
Santa Maria
Española
GALAPAGOS ISLANDS
ECUADOR
PACIFIC OCEAN
PERU

แนวคิดของดาร์วิน

- ดาร์วินได้พบว่า พืชและสัตว์ที่พบบนพื้นทวีปและหมู่เกาะมีความคล้ายคลึงกันแต่ไม่เหมือนกัน
- ตัวอย่างเช่น ดาร์วินสังเกตพบว่านกฟินซ์ 13 สปีชีส์ที่พบบนหมู่เกาะกาลาปากอส (Galapagos) ซึ่งอยู่ในมหาสมุทรแปซิฟิก มีจะงอยปากที่มีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ กันตาม ความเหมาะสมของประเภทอาหารที่นกแต่ละชนิดกิน นกเหล่านี้มีความคล้ายคลึงกับนกบนผืนแผ่นดินใหญ่ ดาร์วินเชื่อว่า นกเหล่านี้ต่างมีบรรพบุรุษร่วมกัน คือ อาศัยอยู่บนทวีปอเมริกาใต้มาก่อน แต่มีการอพยพย้ายถิ่นไปอยู่ที่หมู่เกาะ และมีการแยกย้ายไปอยู่ในถิ่นอาศัยที่แตกต่างกันจึงมีการปรับตัวไปตามสภาพแวดล้อม เมื่อระยะเวลานานมากขึ้นจึงมีวิวัฒนาการเปลี่ยนแปลงไปเป็นนกสปีชีส์ใหม่

(a) Cactus-eater. The long, sharp beak of the cactus ground finch (*Geospiza scandens*) helps it tear and eat cactus flowers and pulp.

(b) Insect-eater. The green warbler finch (*Certhidea olivacea*) uses its narrow, pointed beak to grasp insects.

(c) Seed-eater. The large ground finch (*Geospiza magnirostris*) has a large beak adapted for cracking seeds that fall from plants to the ground.

แนวคิดของดาร์วิน

- ในทฤษฎีวิวัฒนาการของดาร์วิน **การคัดเลือกตามธรรมชาติ (natural selection)** เป็นกลไกสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในประชากรของสิ่งมีชีวิตสปีชีส์หนึ่ง ๆ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้นำไปสู่การเกิดสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ใหม่ขึ้นได้

แนวคิดของดาร์วิน

- ดาร์วินเสนอกลไกการคัดเลือกตามธรรมชาติขึ้นจากข้อสังเกต ซึ่งเป็นสภาวะธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตบนโลก คือ
  1. การเพิ่มจำนวนประชากรสิ่งมีชีวิตมีแนวโน้มในการผลิตรุ่นลูกจำนวนมากทำให้มีจำนวนประชากรมากเกินไป (overpopulation)
  2. การแข่งขัน (competition) มีการแข่งขันระหว่างสมาชิกในประชากรเพื่อความอยู่รอด การแข่งขันนี้ เป็นการแก่งแย่งทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดในสภาวะแวดล้อมหนึ่ง ๆ โดยเฉพาะการแก่งแย่งสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิต เช่น อาหาร พื้นที่อยู่อาศัย เป็นต้น
  3. ความแปรผันของลักษณะ (variation) สมาชิกในประชากรมีความแตกต่างกัน ในรูปร่างหรือพฤติกรรม ลักษณะ ฯลฯ ซึ่งความแตกต่างนี้สามารถส่งทอดไปยังรุ่นลูกได้

แนวคิดของดาร์วิน

- การคัดเลือกตามธรรมชาติอธิบายว่าสิ่งมีชีวิตจะมีลักษณะแตกต่างกันแม้จะเกิดจากพ่อแม่เดียวกันสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเหมาะกับการดำรงชีวิต จะสามารถอยู่รอดและสืบพันธุ์ถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวไปยังรุ่นต่อ ๆ ไป ทำให้สิ่งมีชีวิตมีโอกาสสะสมลักษณะที่แตกต่างกันมากขึ้นเมื่อเวลาล่วงเลยมานานขึ้น
- จากข้อสังเกตข้างต้น เมื่อทรัพยากรมีจำกัด สมาชิกในประชากรที่มีจำนวนมากมีการแก่งแย่งกันเฉพาะสมาชิกที่เหมาะสมในสภาวะแวดล้อมขณะนั้นเท่านั้นที่จะเหลือรอดชีวิตอยู่ได้ (survival to produce)และสามารถสืบพันธุ์ผลิตลูกหลานในรุ่นต่อ ๆ ไปได้ จึงมีโอกาสในการส่งทอดลักษณะไปยังรุ่นลูก ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะในประชากรเกิดขึ้นช้า ๆ จนในที่สุดทำให้วิวัฒนาการเกิดเป็นสปีชีส์ใหม่

แนวคิดของดาร์วิน

- สรุปตามแนวคิดของดาร์วิน คือ สิ่งมีชีวิตหลากหลายสปีชีส์บนโลก มาจากการสืบทอดลักษณะที่เปลี่ยนไปของสปีชีส์ดึกดำบรรพ์ โดยกลไกที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง คือ การคัดเลือกตามธรรมชาติ และใช้ระยะเวลาที่ยาวนาน

แนวคิดของดาร์วิน

- ในช่วงเวลาต่อมา อัลเฟรด รัสเซล วอลเลซ (Alfred Russel Wallace) นักธรรมชาติวิทยาชาวอังกฤษได้เสนอผลงานที่มีเนื้อหาตรงกันกับแนวคิดของดาร์วินที่ว่าวิวัฒนาการเกิดจากกระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติ
- ในปี พ.ศ.2401 ไลเอลล์ ได้นำผลงานของดาร์วินและวอลเลซมาเปิดเผยเป็นครั้งแรก ปีต่อมาดาร์วินได้จัดพิมพ์ผลงานของของตนเองในหนังสือ “Origin of Species by Means of Natuaral Selection” ซึ่งมีการแสดงลำดับความคิดเป็นขั้นตอนสมเหตุสมผล และมีหลักฐานประกอบหลายอย่างตามวิธีทางวิทยาศาสตร์
- โดยสาระสำคัญของหนังสือกล่าวว่า สิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการเกิดขึ้นโดยกลไกที่ก่อให้เกิดวิวัฒนาการคือ การคัดเลือกโดยธรรมชาติ

"But with regard to the material world, we can at least go so far as this—we can perceive that events are brought about not by insulated interpositions of Divine power, exerted in each particular case, but by the establishment of general laws."

W. Whewell: *Bridgewater Treatise.*

"To conclude, therefore, let no man out of a weak conceit of sobriety, or an ill-applied moderation, think or maintain, that a man can search too far or be too well studied in the book of God's word, or in the book of God's works; divinity or philosophy; but rather let men endeavour an endless progress or proficience in both."

Bacon: *Advancement of Learning.*

Down, Bromley, Kent,
October 1st, 1859.

ON

THE ORIGIN OF SPECIES

BY MEANS OF NATURAL SELECTION,

OR THE

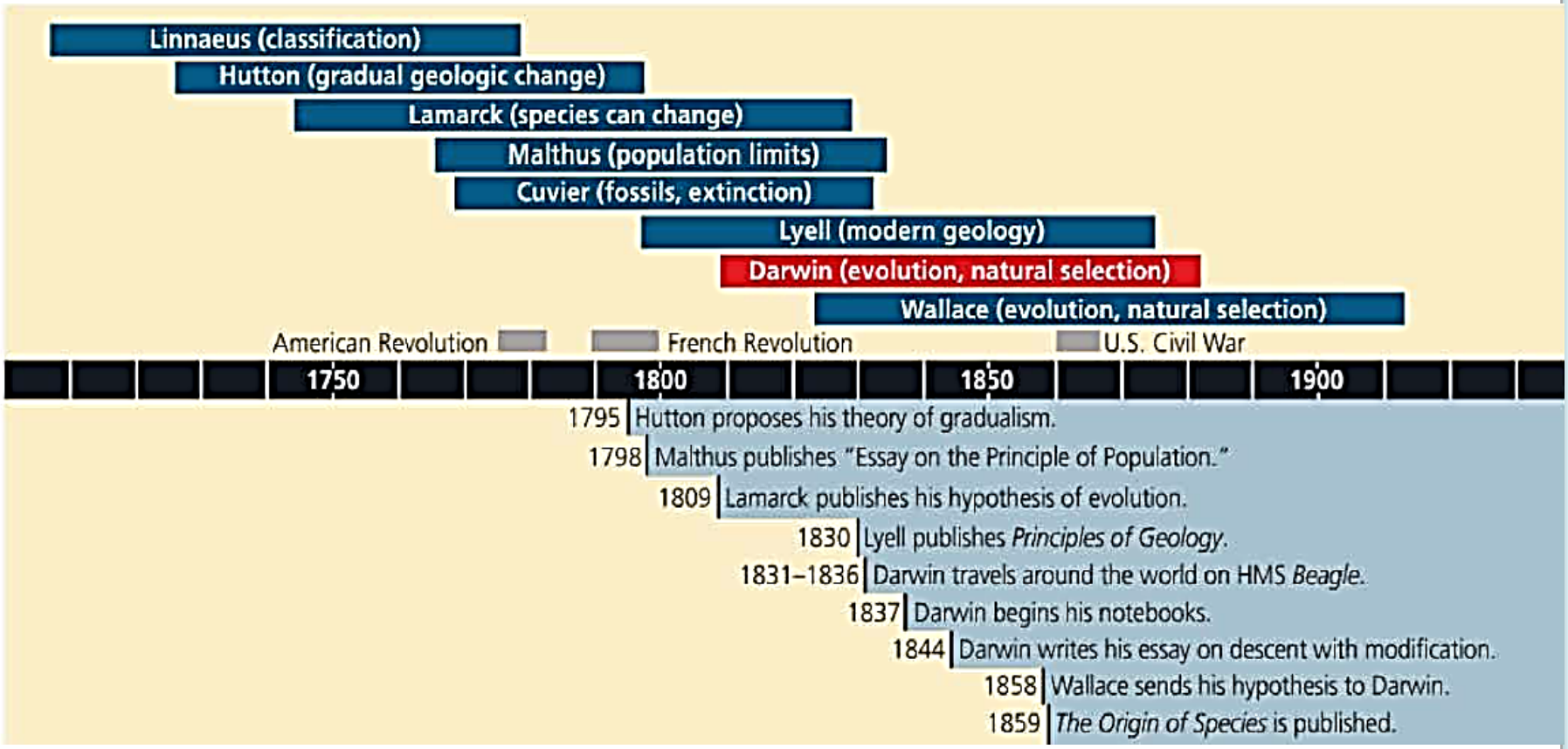
PRESERVATION OF FAVOURED RACES IN THE STRUGGLE FOR LIFE.

By CHARLES DARWIN, M.A.,

FELLOW OF THE ROYAL, GEOLOGICAL, LINNÆAN, ETC., SOCIETIES;
AUTHOR OF 'JOURNAL OF RESEARCHES DURING H. M. S. BEAGLE'S VOYAGE ROUND THE WORLD.'

LONDON:
JOHN MURRAY, ALBEMARLE STREET.
1859.

The right of Translation is reserved.

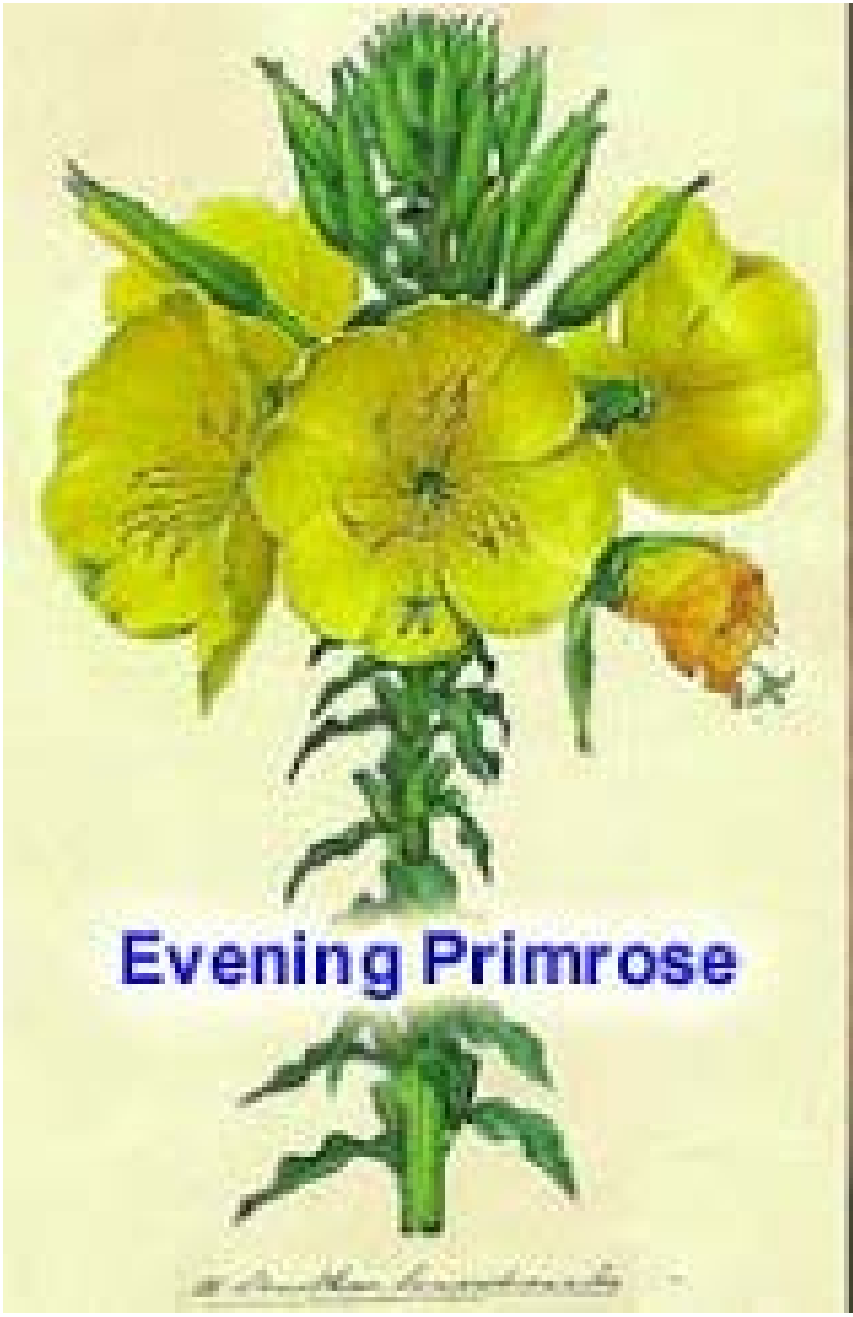

Linnaeus (classification)
Hutton (gradual geologic change)
Lamarck (species can change)
Malthus (population limits)
Cuvier (fossils, extinction)
Lyell (modern geology)
Darwin (evolution, natural selection)
Wallace (evolution, natural selection)
American Revolution
French Revolution
U.S. Civil War
1750
1800
1850
1900
1795 Hutton proposes his theory of gradualism.
1798 Malthus publishes "Essay on the Principle of Population."
1809 Lamarck publishes his hypothesis of evolution.
1830 Lyell publishes *Principles of Geology*.
1831–1836 Darwin travels around the world on HMS *Beagle*.
1837 Darwin begins his notebooks.
1844 Darwin writes his essay on descent with modification.
1858 Wallace sends his hypothesis to Darwin.
1859 *The Origin of Species* is published.

แนวคิดของของ ฮิวโก เดอ ฟรีส์ : ทฤษฎีการผ่าเหล่า (Mutation theory)

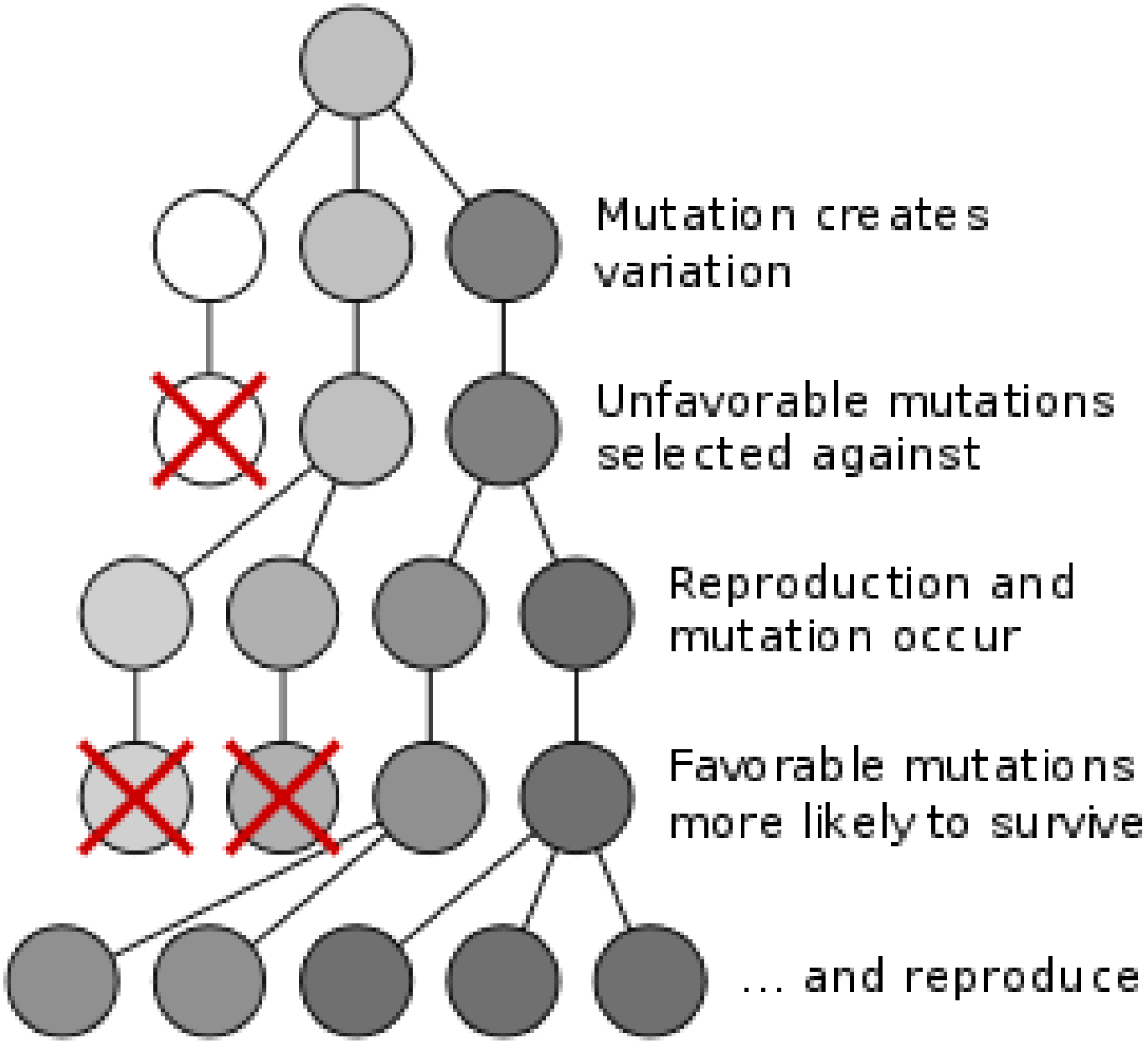
- ฮิวโก เดอ ฟรีส์ (De Vries, Hugo : 1843-1935) นักพฤกษศาสตร์ ชาวฮอลแลนด์ ได้เสนอแนวคิดของการเกิดสปีชีส์ใหม่ว่า เนื่องมาจากมีการผันแปรของหน่วยพันธุกรรมเกิดขึ้น การผันแปรนี้เรียกว่า "การผ่าเหล่า" (Mutation)
- เมื่อนำความรู้เกี่ยวกับความผันแปรของหน่วยพันธุกรรมมอธิบายร่วมกับทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของดาร์วิน อาจอธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตได้ดังนี้

แนวคิดของของ ฮิวโก เดอ ฟรีส์ : ทฤษฎีการผ่าเหล่า (Mutation theory)

- เมื่อมีการผ่าเหล่าเกิดขึ้นอาจจะได้ลักษณะที่เป็นประโยชน์ หรือลักษณะที่ไม่เป็นผลดีต่อสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ โดยวิธีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ ลักษณะที่เอื้ออำนวยประโยชน์ต่อการอยู่รอดของชีวิตเหมาะกับสภาพแวดล้อม ขณะนั้นสิ่งมีชีวิตนั้นจะถูกคัดเลือกไว้ เมื่อมีการรอดชีวิตทำให้มีโอกาสแพร่ลูกหลานได้มากกว่า เมื่อระยะเวลาผ่านไปนาน ๆพวกที่มีลักษณะที่มิได้ถูกคัดเลือกไว้จะค่อย ๆ ลดลงจนในที่สุดจะเหลือแต่พวกที่มีลักษณะเหมาะกับการอยู่รอด
- สปีชีส์ต่าง ๆที่เกิดขึ้นในโลกจึงเป็นผลเนื่องมาจากการสะสมลักษณะผันแปรที่เป็นคุณต่อสิ่งมีชีวิตกลุ่มนั้น ๆ เป็นระยะเวลาอันยาวนานจนได้สิ่งมีชีวิตชนิดใหม่ ๆ ขึ้น


Evening Primrose

Hugo DeVries


Mutation creates variation
Unfavorable mutations selected against
Reproduction and mutation occur
Favorable mutations more likely to survive
... and reproduce

แนวคิดทฤษฎีซินเทติก (The modern synthesis)

- ตามแนวคิดของลามาร์ค และดาร์วิน มีส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสืบทอดลักษณะปรากฏอยู่ด้วย แต่ทั้งลามาร์คและดาร์วินไม่สามารถอธิบายว่าการสืบทอดลักษณะเกิดขึ้นได้อย่างไร แต่กฎการถ่ายทอดลักษณะของเมนเดลสามารถนำมาอธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตได้ จึงได้มีการเสนอทฤษฎี **The modern synthesis** ขึ้นประมาณปี ค.ศ. 1940 โดยนักวิทยาศาสตร์หลายคนเช่น **R.A. Fisher , J.B.S. Haldane** และ **Sewall Wright** เป็นต้น

แนวคิดทฤษฎีซินเทติก (The modern synthesis)

- เป็นทฤษฎีผสมผสานระหว่างแนวความคิดต่าง ๆ ของ ดาร์วิน และ เดอ ฟรีส์ ผนวกกับความรู้ทางด้านพันธุศาสตร์ ประชากรศาสตร์ และยังได้นำความรู้ทางคณิตศาสตร์และสถิติมาใช้กับประชากรในธรรมชาติด้วย กล่าวได้ว่าการเกิดวิวัฒนาการ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมและการคัดเลือกโดยธรรมชาติ ซึ่งในทฤษฎี
- ซินเทติกนี้ หน่วยย่อยที่เกิดวิวัฒนาการคือ ประชากร โดยสมาชิกในประชากรมีความแตกต่างทางพันธุกรรม ซึ่งทำให้มีการคัดเลือกสมาชิกที่เหมาะสมไว้ มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางพันธุกรรมของประชากร ทีละเล็กละน้อยเกิดวิวัฒนาการกลายเป็นสปีชีส์ใหม่

31. คำอธิบายในข้อใด สอดคล้องกับทฤษฎีวิวัฒนาการของลามาร์ค (Lamarck)

1. ปลาทับทิมเกิดจากการคัดเลือกพันธุ์ปลานิล
2. กะเหรี่ยงคอยาวมีลูกสาวคอยาวเหมือนแม่
3. การดื้อสาร DDT ของยุง
4. นกฟินช์บนเกาะกาลาปากอสจะมีงอกปากหลายแบบ

5. ข้อใดต่อไปนี้สอดคล้องกับทฤษฎีวิวัฒนาการจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติ
   1. ตั้งแต่อดีตมา ยีราฟต้องยืดคอเพื่อกินยอดไม้เป็นอาหารอยู่เสมอ ยีราฟปัจจุบันจึงมีคอยาว
   2. แมลงแต่ละตัวมียีนที่ทำให้มีความสามารถต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้แตกต่างกันไป
   3. สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะที่ไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมจะตายก่อนได้สืบพันธุ์
   4. การใช้ยาปฏิชีวนะจะชักนำให้เกิดยีนต้านทานต่อยานั้นขึ้นในประชากร