



YES
WE CAN DO IT!

ตัวสอนศาสตร์

(เนื้อหา ม.ปลาย) ชีววิทยา

นพ.วีรวิช เอนกจ้านงศ์พร (พี่วีเวียน)

พ.บ. (เกียรตินิยม) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ยีนที่สังเคราะห์โปรตีน X ในสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่ง มีลำดับนิวคลีโอไทด์ ดังภาพ



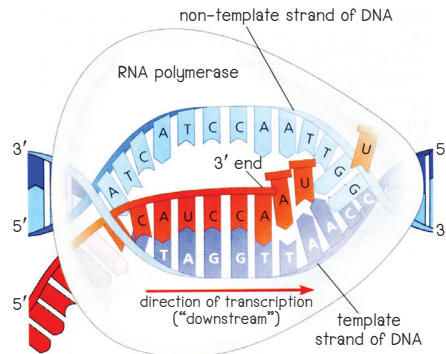
ข้อใดถูกต้อง (A-Level 68)

1. โปรตีน X ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวน 12 โมเลกุล
2. การขาดหายไปของนิวคลีโอไทด์ตำแหน่งที่ 35 ทำให้สายพอลิเพปไทด์สั้นลง
3. mRNA ที่ได้จากกระบวนการถอดรหัสประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ 37 โมเลกุล
4. การแทนที่นิวคลีโอไทด์ T ในตำแหน่งที่ 3 ด้วย C ไม่ส่งผลกระทบต่อความยาวสายพอลิเพปไทด์
5. แอนติโคดอนของ tRNA ที่จะนำกรดอะมิโนตัวสุดท้ายมาต่อยังสายพอลิเพปไทด์ คือ 3' AUU 5'

การสังเคราะห์โปรตีนและการกลาย

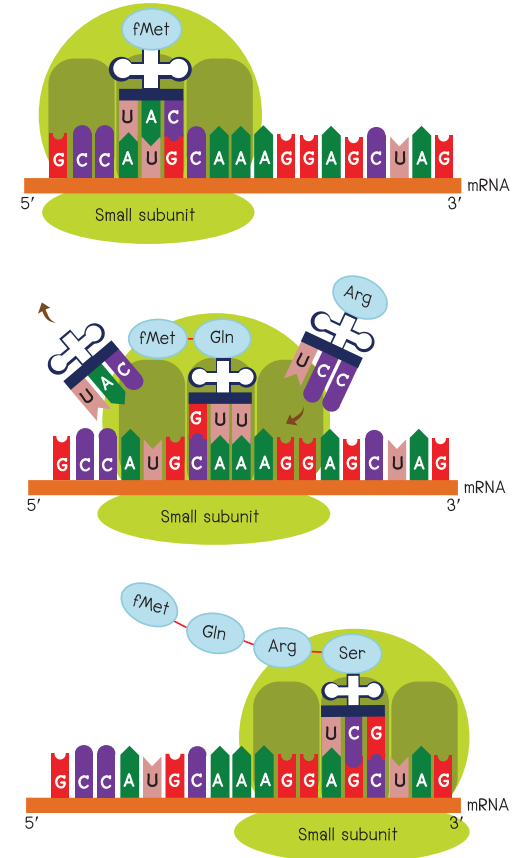
transcription (การถอดรหัส)

- = DNA $\rightarrow$ RNA
- เกิดเมื่อเซลล์ต้องการจะสร้างโปรตีน/ เกิดในนิวเคลียส
- แม่พิมพ์ : DNA 1 สายเดี่ยว
- ทิศทางการเกิด
 - สายต้นแบบ (DNA) อ่านจากทิศ 3' $\rightarrow$ 5'
 - สายใหม่ (RNA) สร้างจากทิศ 5' $\rightarrow$ 3'
- เครื่องมือที่ใช้
 - RNA polymerase (อาร์เอ็นเอพอลิเมอเรส)
 - ทำลายพันธะไฮโดรเจนระหว่างเบสคู่สม
 - เติมนิวคลีโอไทด์เพื่อสร้างสาย RNA
 - ribonucleotide triphosphate (A, U, C, G)
- ผลลัพธ์
 - mRNA ที่ถอดรหัสมาจาก DNA 1 สายเดี่ยว



translation (การแปลรหัส)

- = RNA $\rightarrow$ polypeptide/ โปรตีน
- เกิดเมื่อเซลล์ต้องการจะสร้างโปรตีน/ เกิดที่ไซโทพลาซึม
- แม่พิมพ์ : RNA 1 สายเดี่ยว
- ทิศทางการเกิด
 - อ่านสาย RNA ต้นแบบจากทิศ 5' $\rightarrow$ 3'
 - โปรตีนสายใหม่ที่ได้จะสร้างจากปลาย N $\rightarrow$ ปลาย C
- เครื่องมือที่ใช้
 - กรดอะมิโน 20 ชนิด
 - เป็นวัตถุดิบในการสร้างโปรตีน
 - tRNA
 - เป็นขนส่งกรดอะมิโนแต่ละชนิด มี anticodon (3' $\rightarrow$ 5') ที่คู่สมกับ codon (5' $\rightarrow$ 3')
 - เอนไซม์ aminoacyl-tRNA synthetase (เอนไซม์อะมิโนเอซิลทีอาร์เอ็นเอซินเทส)
 - สร้างโมเลกุลสายผสมของ tRNA และกรดอะมิโน
 - ribosome (ไรโบโซม)
 - เป็นตัวประกบสาย mRNA กับ tRNA + กรดอะมิโน
 - เอนไซม์ peptidyl transferase (เอนไซม์เพปไทด์ทรานสเฟอเรส)
 - สร้างพันธะเพปไทด์ระหว่างกรดอะมิโน
- ผลลัพธ์
 - สายโปรตีนที่ถอดรหัสตามสาย mRNA ต้นแบบ



gene mutation (การกลายระดับยีน)

= การเปลี่ยนแปลง

ของลำดับเบสใน DNA โดยปกติจะเกิดในอัตราต่ำๆ จากความผิดพลาดใน DNA replication แต่จะพบสูงขึ้นเมื่อถูกชักนำด้วยสารก่อการกลาย (mutagen)

การแทนที่เบส (base-pair substitution)

sense/ silent mutation

= กรดอะมิโนไม่เปลี่ยนแปลง/
โปรตีนเหมือนเดิม

missense mutation

= มีการเปลี่ยนชนิดของ
กรดอะมิโน

nonsense mutation

= หยุดสังเคราะห์โปรตีน/
กรดอะมิโนสั้นลง

การเกินหรือขาดหายของนิวคลีโอไทด์ (insertion/deletion)

no frameshift

= เพิ่มหรือลดแล้ว
มีการจัดโคดอน
เหมือนเดิม

มีกรดอะมิโนเกินหรือขาด
ในสายโปรตีน

frameshift

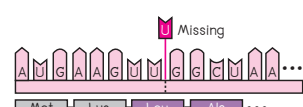
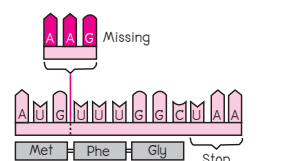
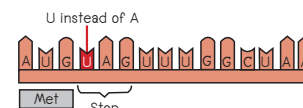
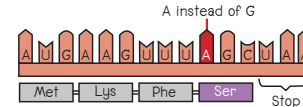
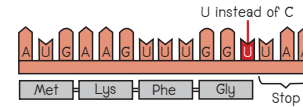
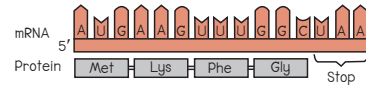
= เพิ่มหรือลดแล้ว
มีการจัดโคดอน
ใหม่

extensive missense mutation

= มีการเปลี่ยนชนิดของ
กรดอะมิโนตลอดสาย

nonsense mutation

= หยุดสังเคราะห์โปรตีน/
กรดอะมิโนสั้นลง



การเปลี่ยนแปลงที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะฟีโนไทป์

- การเติมเบส 1 ตัว ลงในสาย DNA ใน coding region
- การเติมเบส 3 ตัว **หลังตำแหน่งเริ่มต้นของการถอดรหัส** (transcription)
- การ**เพิ่มลำดับเบส** 1 โคดอนในยีน
- การ**นำลำดับเบส** 1 โคดอนออกจากยีน

การเปลี่ยนแปลงที่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะฟีโนไทป์

- การ**เปลี่ยนแปลงเบส** 1 ตัว ในสาย DNA ส่วนที่ไม่ใช้
- การเติมเบส 3 ตัว **หน้าตำแหน่งเริ่มต้นของการถอดรหัส** (transcription)
- การเติมลำดับเบสสำหรับกรดอะมิโน**หน้าตำแหน่งโพรโมเตอร์**
- การเติมลำดับเบสสำหรับกรดอะมิโน**หลังตำแหน่งสุดท้ายของการถอดรหัส**



4. พิจารณาเหตุการณ์หนึ่ง ดังนี้

สีเหนียงของกิ้งก่าเทศผู้เป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมด้วยยีนเพียงหนึ่งยีนบนออโทโซม

การสำรวจประชากรกิ้งก่าในปี ค.ศ. 2023 ณ เกาะภูเขาไฟแห่งหนึ่ง ซึ่งมีหุบเหวลึกขนาดใหญ่แบ่งพื้นที่บนเกาะออกเป็นฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตก พบว่าทั้งสองฝั่งมีกิ้งก่าอาศัยอยู่เป็นจำนวนหลายหมื่นตัว โดยทางฝั่งตะวันตกพบเฉพาะกิ้งก่าเทศผู้ที่มีเหนียงสีแดง ในขณะที่ทางฝั่งตะวันออกพบเฉพาะกิ้งก่าเทศผู้ที่มีเหนียงสีเหลือง

การสืบค้นข้อมูลย้อนหลังพบว่า เหตุการณ์ระเบิดครั้งใหญ่ของภูเขาไฟเมื่อประมาณ 30 ปีก่อนหน้านั้น ส่งผลให้เกิดหุบเหวลึกขนาดใหญ่ ความร้อนและธารลาวาทำให้สัตว์ประจำถิ่นจำนวนมากตายไป ความหลากหลายทางพันธุกรรมของสัตว์ที่ยังคงเหลืออยู่จึงต่ำ ต่อมาได้มีโครงการปรับปรุงพันธุ์โดยนำกิ้งก่าจากทั้งสองฝั่งมาเลี้ยงร่วมกันในสวนสัตว์ พบว่าลูกผสมที่ได้ทุกตัวเป็นหมัน จึงสรุปว่ากิ้งก่าสองกลุ่มนี้ได้แยกกันเป็นสปีชีส์ใหม่อย่างสมบูรณ์

ข้อใดระบุปัจจัยทางวิวัฒนาการที่เป็นเหตุให้กิ้งก่าเทศผู้จากแต่ละฝั่งของเขามีสีเหนียงต่างกัน และระบุกลไกผลักดันให้เกิดกิ้งก่าสปีชีส์ใหม่ขึ้นได้ถูกต้อง ตามลำดับ (A-Level 68)

1. มิวเทชัน และการแบ่งแยกทางภูมิศาสตร์
2. การถ่ายเทยีน และการแบ่งแยกทางภูมิศาสตร์
3. เจเนติกดริฟท์แบบสุ่ม และการแบ่งแยกทางภูมิศาสตร์
4. การผสมพันธุ์แบบไม่สุ่ม และการแบ่งแยกทางพฤติกรรม
5. การคัดเลือกโดยธรรมชาติ และการแบ่งแยกทางพฤติกรรม

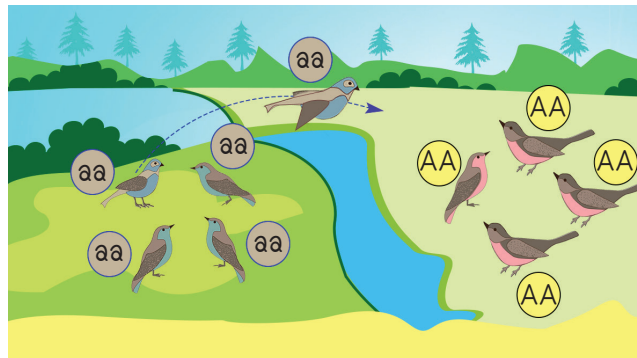
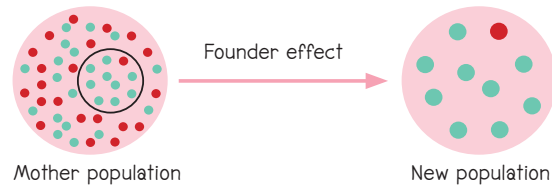
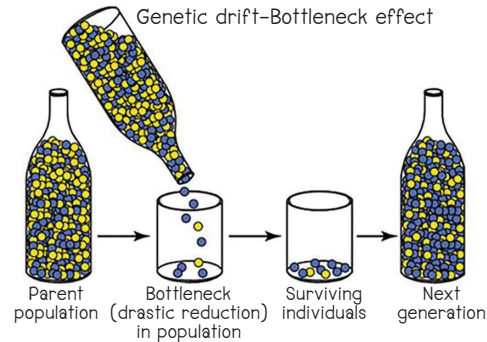
วิวัฒนาการระดับจุลภาคและวิวัฒนาการระดับมหภาค

วิวัฒนาการระดับจุลภาค (microevolution)

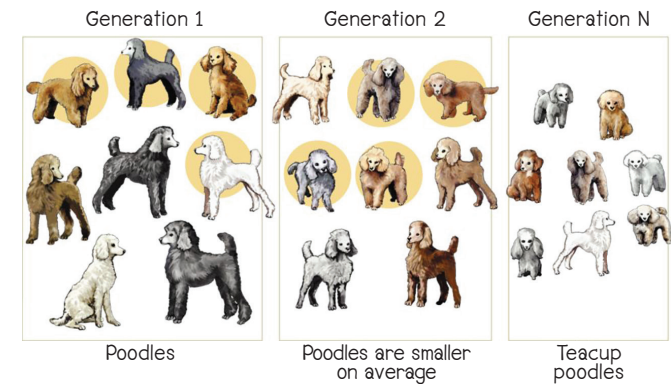
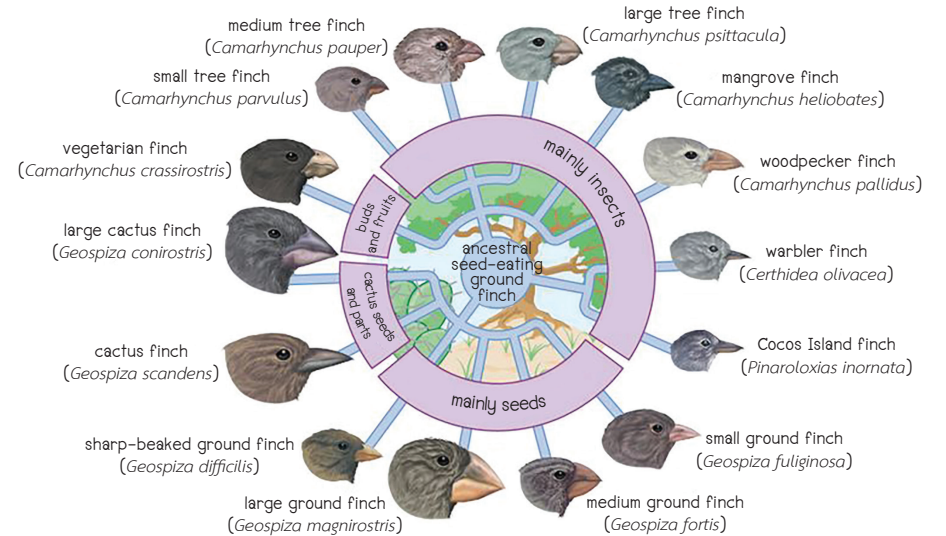
การเปลี่ยนแปลงความถี่แอลลีลหรือความถี่โนไทป์ในกลุ่มประชากร → สมดุล Hardy-Weinberg

ประกอบด้วย 6 ปัจจัย

- founder effect
 - bottleneck effect
 - gene flow
 - non-random mating
 - mutation
 - natural selection
- } random genetic drift



Adaptive radiation in Galapagos finches

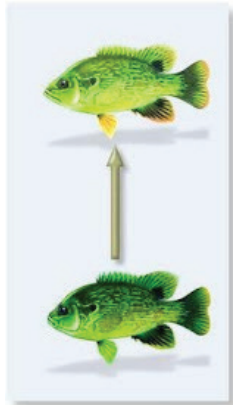


วิวัฒนาการระดับมหภาค (macroevolution)

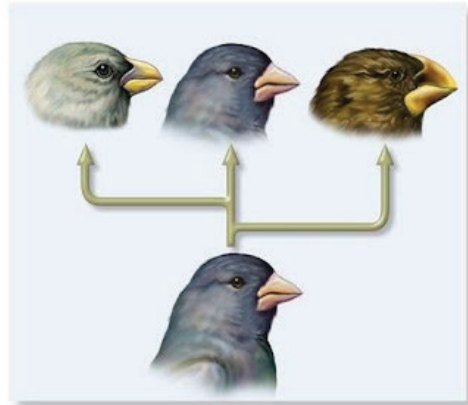
การเกิดสปีชีส์ใหม่จากการเกิด microevolution ซ้ำๆ ต่อเนื่องเป็นเวลานาน

กลไกการเกิดสปีชีส์ใหม่มี 2 แบบ

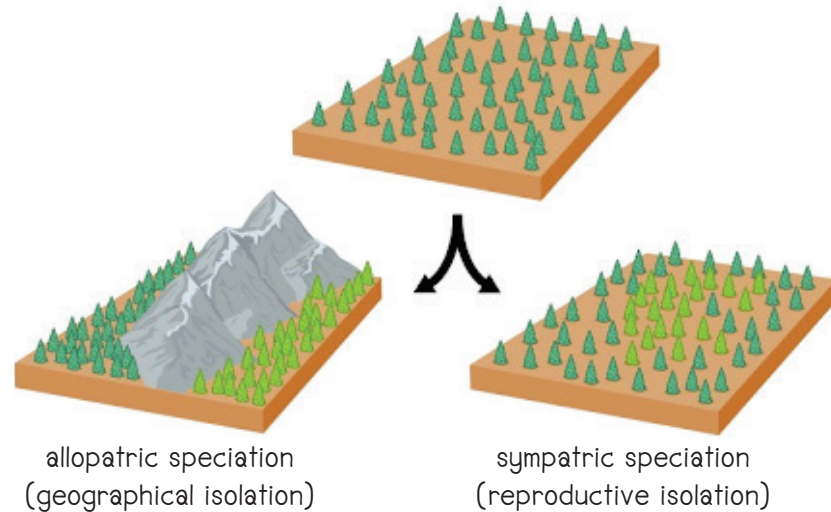
- **แบบสายตรง (phyletic evolution/ anagenesis)** → การสะสมการเปลี่ยนแปลงของลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมในประชากรจนเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสปีชีส์ใหม่แทนสปีชีส์เดิม
- **แบบแตกแขนง (speciation/ cladogenesis)** → เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมเป็นสองกลุ่มหรือมากกว่าในประชากรจนเกิดสปีชีส์ใหม่แยกออกมาจากสปีชีส์เดิม
 - มีการแบ่งแยกทางภูมิศาสตร์ (allopatric speciation) = ภูเขา แม่น้ำ ทะเล มาขวางกั้น → ประชากรแยกกันเป็นสองกลุ่ม → ต่างปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของตนเอง
 - ไม่มีการแบ่งแยกทางภูมิศาสตร์ (sympatric speciation) = สิ่งมีชีวิตยังคงอยู่บริเวณเดียวกัน → เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับโครโมโซม



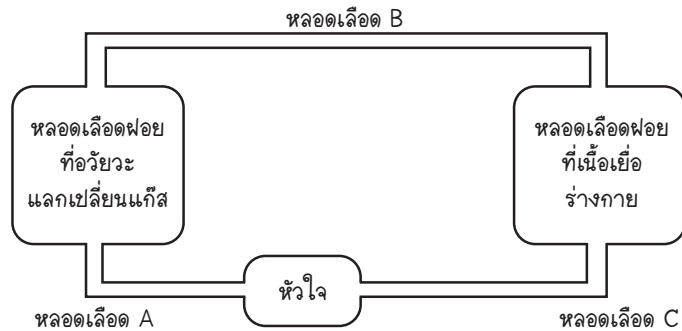
anagenesis



cladogenesis



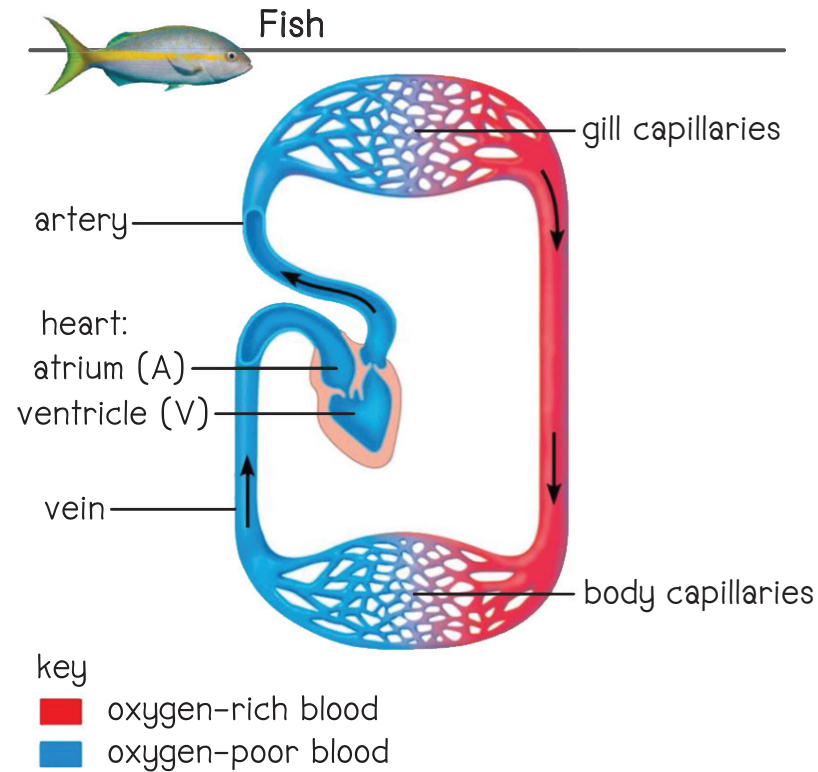
5. แผนภาพระบบไหลเวียนเลือดของสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดหนึ่ง เป็นดังนี้



จากข้อมูล ข้อใดถูกต้อง (A-Level 68)

1. หัวใจของสัตว์ชนิดนี้มีสามห้อง
2. สัตว์ชนิดนี้เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม
3. เลือดในหลอดเลือด A มีอัตราการไหลต่ำที่สุด
4. เลือดในหลอดเลือด A มี P_{O_2} สูงกว่าเลือดในหลอดเลือด B
5. เลือดในหลอดเลือด B มี P_{O_2} สูงกว่าเลือดในหลอดเลือด C

ระบบไหลเวียนเลือดของสัตว์มีกระดูกสันหลัง



• กลุ่มปลา

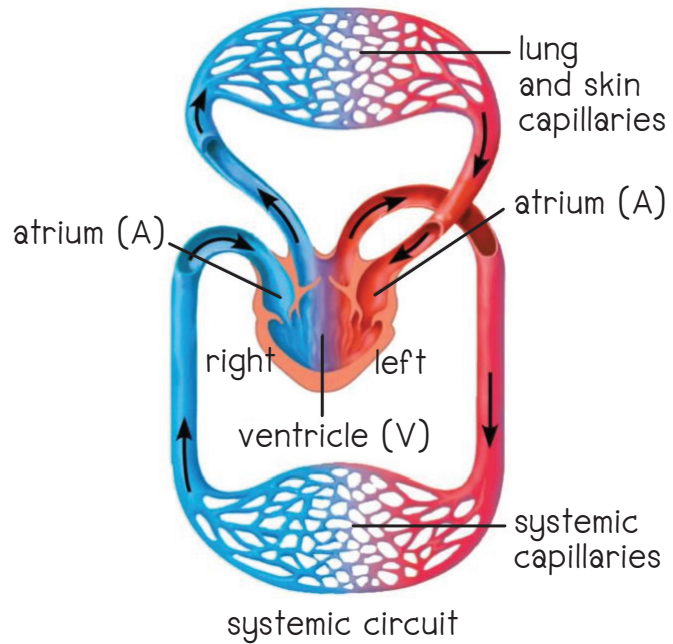
มีหัวใจ 2 ห้อง : 1 atrium (หัวใจห้องบน) + 1 ventricle (หัวใจห้องล่าง)

- single circulation : หมุนเวียนเลือดผ่านหัวใจครั้งเดียว
- เลือดออกซิเจนต่ำจากร่างกายกลับเข้าหัวใจ →
atrium → ventricle → สูบฉีดเลือดไปพอกที่เหงือก →
เลือดออกซิเจนสูงจากเหงือกส่งต่อไปเลี้ยงร่างกาย (โดยไม่ผ่านหัวใจ)
- เลือดที่ผ่านหัวใจทั้ง 2 ห้อง เป็นเลือดออกซิเจนต่ำ



Amphibians

pulmocutaneous circuit



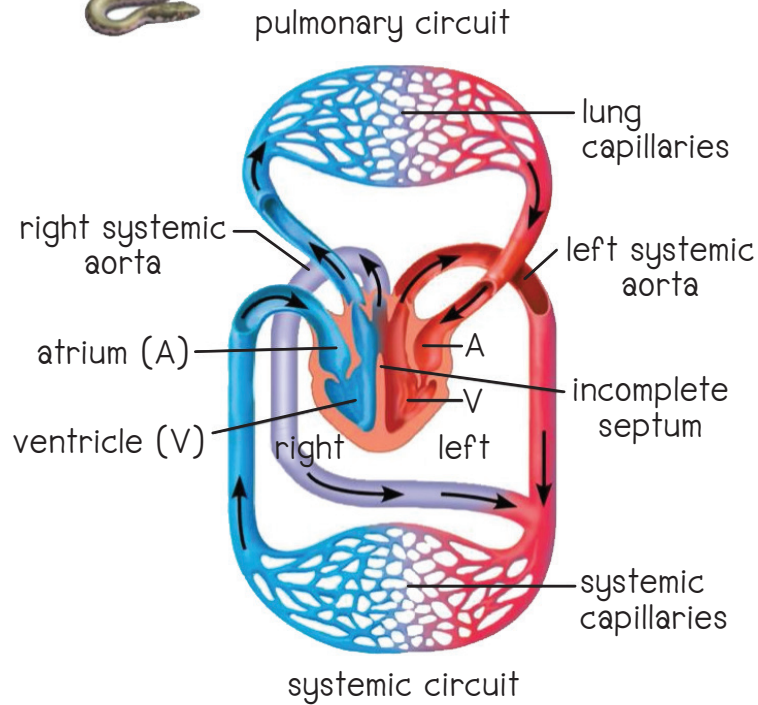
• กลุ่มสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก

มีหัวใจ 3 ห้อง : 2 atrium (หัวใจห้องบน) + 1 ventricle (หัวใจห้องล่าง)

- double circulation : หมุนเวียนเลือดผ่านหัวใจ 2 ครั้ง
- เลือดออกซิเจนต่ำจากร่างกายกลับเข้าหัวใจ (ครั้งที่ 1) →
right atrium → ventricle → สูบฉีดเลือดไปพอกที่ปอดและผิวหนัง →
เลือดออกซิเจนสูงส่งกลับเข้าหัวใจ (ครั้งที่ 2) →
left atrium → ventricle → สูบฉีดเลือดไปเลี้ยงทั่วร่างกาย
- ventricle รับทั้งเลือดออกซิเจนต่ำและออกซิเจนสูง = เลือดผสม



Reptiles (except crocodile)



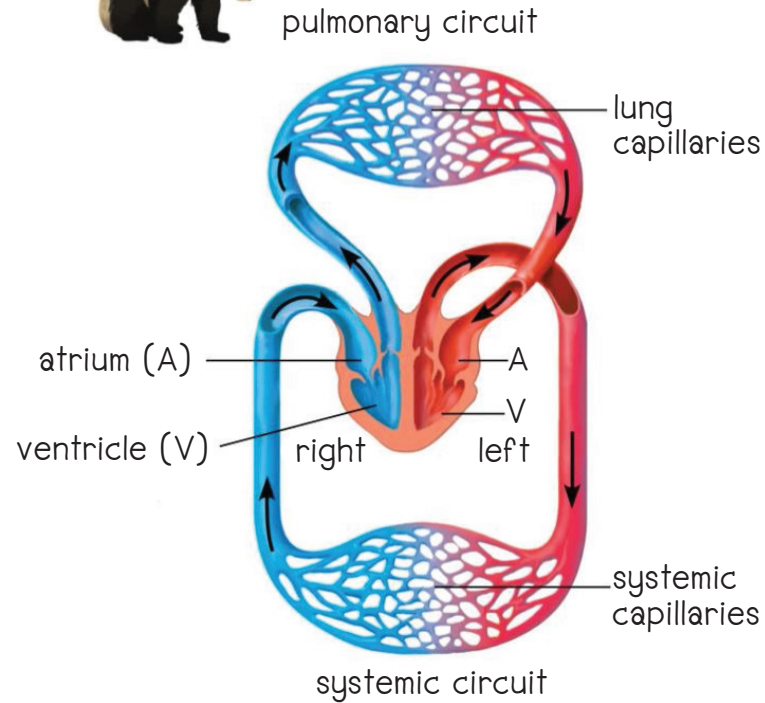
• กลุ่มสัตว์เลื้อยคลานยกเว้นจระเข้

มีหัวใจ 4 ห้องไม่สมบูรณ์ : 2 atrium (หัวใจห้องบน) + 1 ventricle (หัวใจห้องล่าง) ที่ผนังกันไม่สมบูรณ์

- double circulation : หมุนเวียนเลือดผ่านหัวใจ 2 ครั้ง
- เลือดออกซิเจนต่ำจากร่างกายกลับเข้าหัวใจ (ครั้งที่ 1) → right atrium → ventricle → สูบฉีดเลือดไปพอกที่ปอด → เลือดออกซิเจนสูงจากปอดส่งกลับเข้าหัวใจ (ครั้งที่ 2) → left atrium → ventricle → สูบฉีดเลือดไปเลี้ยงทั่วร่างกาย
- ventricle รับทั้งเลือดออกซิเจนต่ำและออกซิเจนสูง = เลือดผสม แต่เลือดปนกันน้อยกว่าระบบหัวใจ 3 ห้อง เพราะมีผนังกันที่ไม่สมบูรณ์



Crocodile birds and mammals



• กลุ่มจระเข้ สัตว์ปีก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

มีหัวใจ 4 ห้องสมบูรณ์ : 2 atrium (หัวใจห้องบน) + 2 ventricle (หัวใจห้องล่าง)

- double circulation : หมุนเวียนเลือดผ่านหัวใจ 2 ครั้ง
- เลือดออกซิเจนต่ำจากร่างกายกลับเข้าหัวใจ (ครั้งที่ 1) →
right atrium → right ventricle → สูบฉีดเลือดไปพอกที่ปอด →
เลือดออกซิเจนสูงจากปอดส่งกลับเข้าหัวใจ (ครั้งที่ 2) →
left atrium → left ventricle → สูบฉีดเลือดไปเลี้ยงทั่วร่างกาย
- เลือดออกซิเจนต่ำและออกซิเจนสูงไม่ปนกัน เพราะมีผนังกันสมบูรณ์



YES
WE CAN DO IT!

ตัวสอนศาสตร์

(เนื้อหา ม.ปลาย) ชีววิทยา

นพ.วีรวัช เอนกจำนงค์พร (พี่วีเวียน)

พ.บ. (เกียรตินิยม) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย