บทที่ 19 การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

นางสาวอลิชา ใชยชาญ

รายวิชาชีววิทยา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

เขียนเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูกต้อง และเขียนเครื่องหมาย ✗ หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง

( ) 1 ไซโทสเกเลตอนเป็นเส้นใยโปรตีนช่วยในการเคลื่อนที่ของเซลล์

( ) 2. พารามีเซียมสามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าโดยการเคลื่อนที่

( ) 3. แมลงที่บินได้จะมีกล้ามเนื้อเฉพาะที่ปีกเท่านั้น

( ) 4. ระบบประสาทจะส่งสัญญาณให้กล้ามเนื้อหดตัวทำให้เกิดการเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่ได้

( ) 5. เซรีเบลลัมทำหน้าที่ประสานการเคลื่อนไหวของร่างกาย

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

6. การตอบสนองของหน่วยปฏิบัติงานจะต้องถูกสั่งโดยสมองเท่านั้น
7. โครงกระดูกมีส่วนเกี่ยวข้องในการเคลื่อนที่ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง
8. ถ้ากล้ามเนื้อทำงานหนัก อาจเกิดการเกร็งของกล้ามเนื้อและเป็นตะคริวได้
9. นักเพาะกายจะรับประทานอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงเพื่อนำไปสร้างกล้ามเนื้อ
10. ข้อต่อมีน้ำไขข้อทำหน้าที่ลดแรงเสียดทานระหว่างกระดูกอ่อน

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตอาจมีจุดประสงค์ที่หลากหลาย เช่น

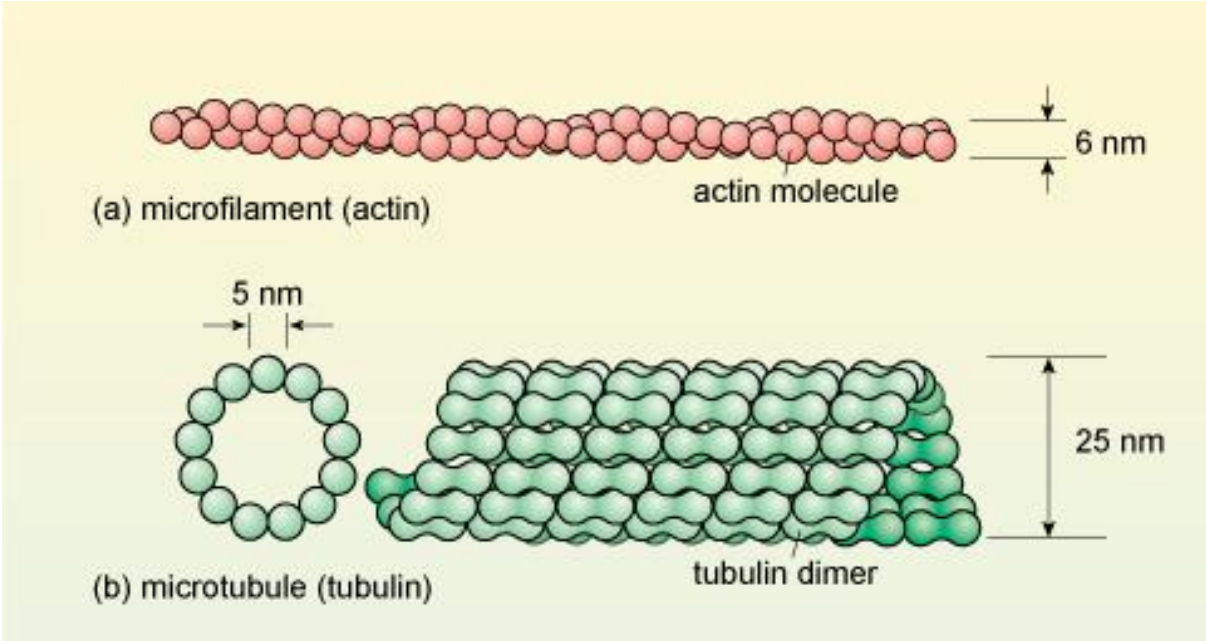
- หาอาหาร
- หลบหลีกอันตราย
- หาคู่เพื่อผสมพันธุ์

การเคลื่อนที่หรือเคลื่อนไหวร่างกายของสัตว์เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบประสาท

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

❖ การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

- การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เกี่ยวข้องกับไซโทสเกเลตอน (cytoskeleton) ที่อยู่ภายในไซโทพลาซึม
- ได้แก่ ไมโครฟิลาเมนท์ กับ ไมโครทูบูล



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

- สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในน้ำหรือบริเวณที่มีความชื้นสูง
- การเคลื่อนที่จะแตกต่างกันตามโครงสร้างของเซลล์
  - การไหลของไซโทพลาซึม
  - การใช้แฟลเจลลัม
  - การใช้ซิเลีย

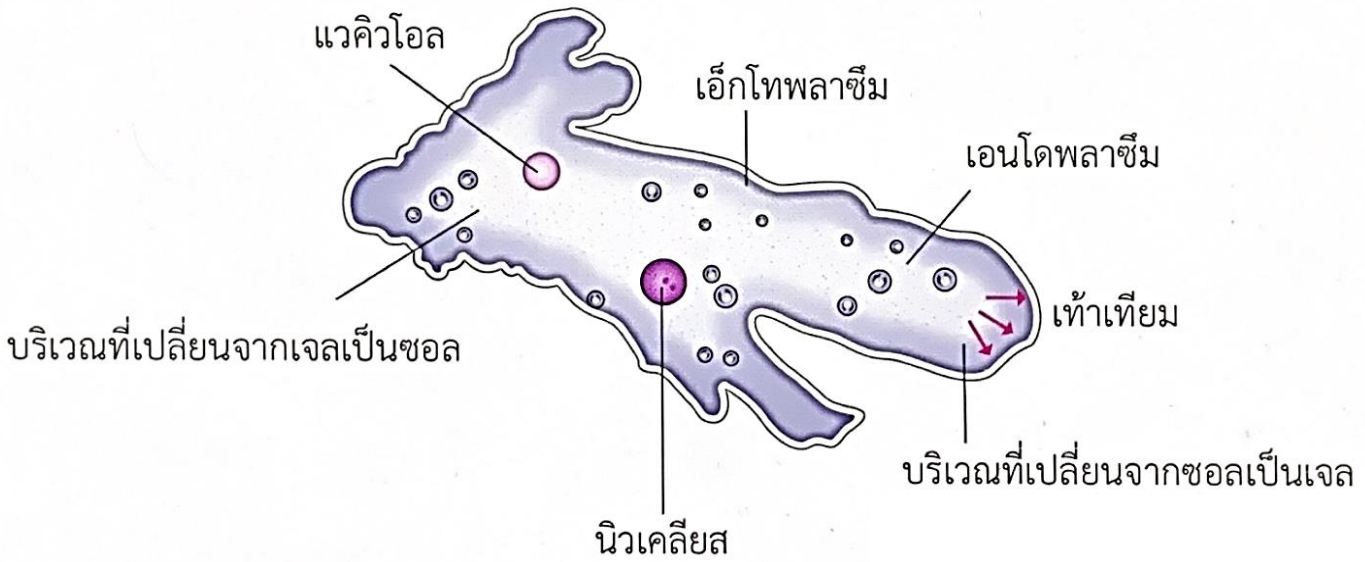
อะมีบา

ยูกลีนา

พารามีเซียม

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

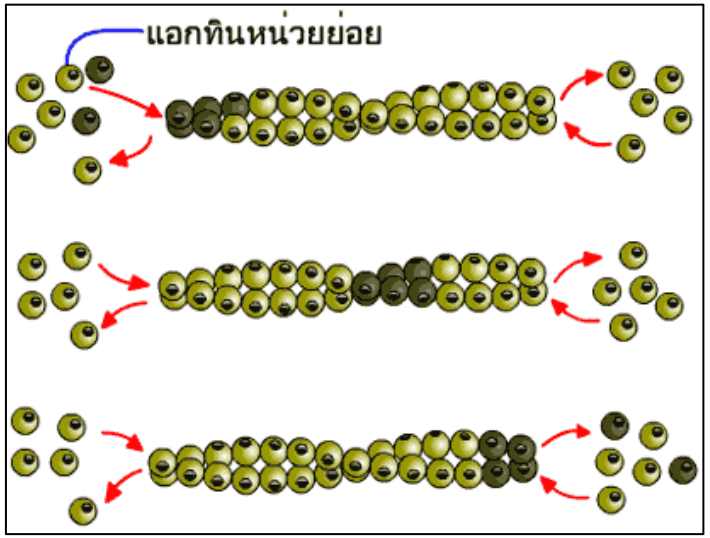
อะมีบา

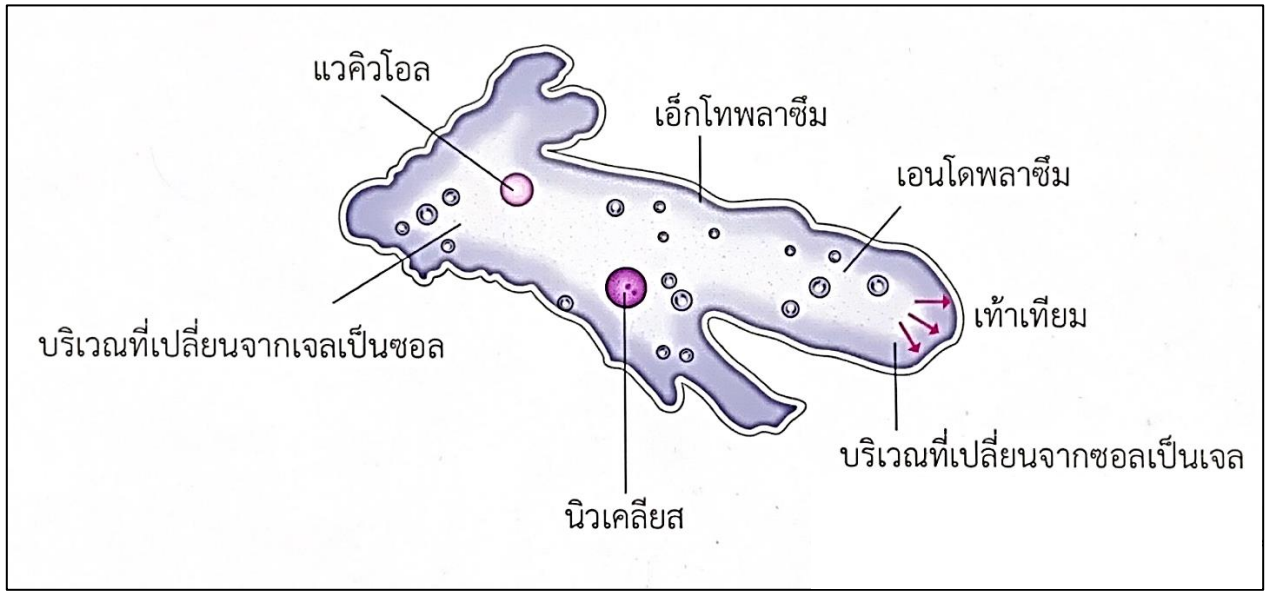


- อะมีบาจะเคลื่อนที่โดยการไหลของไซโทพลาซึมเป็นเท้าเทียม (pseudopodium)
- ไซโทพลาซึมในเซลล์ของอะมีบาแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ
  - เอ็กโทพลาซึม (ectoplasm) เป็นไซโทพลาซึมชั้นนอก มีลักษณะเป็นสารกึ่งแข็งกึ่งเหลว เรียกว่า เจล (gel)
  - เอนโดพลาซึม (endoplasm) เป็นไซโทพลาซึมชั้นใน มีลักษณะค่อนข้างเหลว เรียกว่า ซอล (sol)

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

- การไหลของไซโทพลาซึมเกิดจากการรวมตัวและแยกตัวของโปรตีนแอกทิน ซึ่งเป็นส่วนประกอบของไมโครฟิลาเมนท์

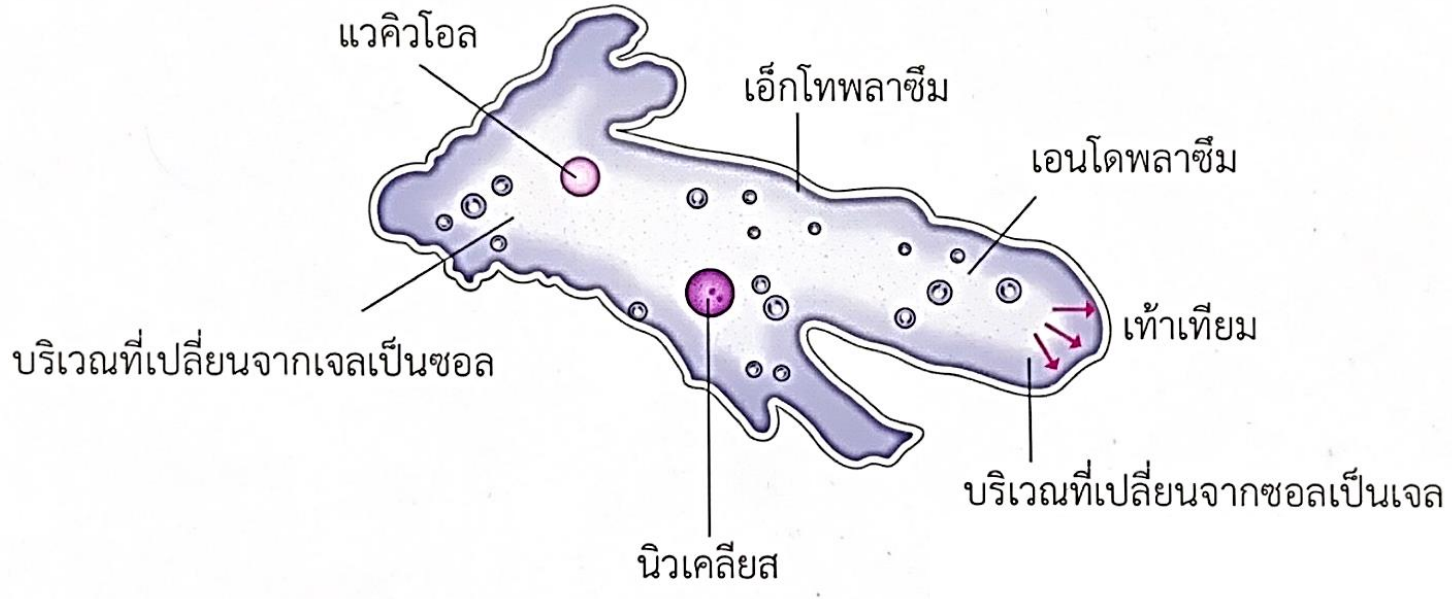




- ทำให้สมบัติของไซโทพลาซึมเปลี่ยนจากเจลเป็นซอลและเปลี่ยนจากซอลเป็นเจล

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

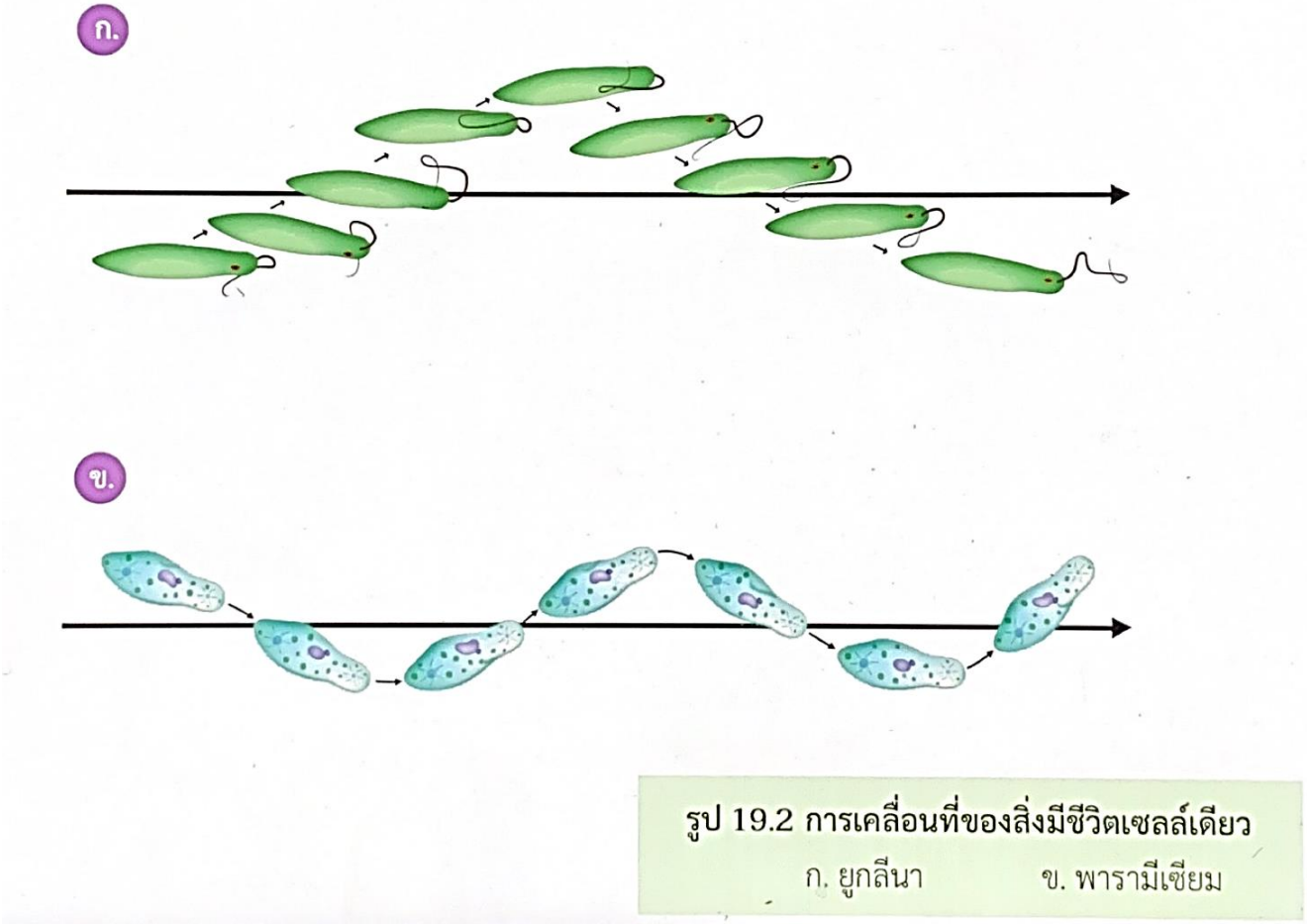
- ไซโทพลาซึมจะไหลไปในทิศทางที่เซลล์จะเคลื่อนที่ไปและดันเยื่อหุ้มเซลล์ส่วนนั้นให้ยื่นออกเป็นเท้าเทียม
- จากนั้นไซโทพลาซึมของทั้งเซลล์จะไหลไปตามทิศทางของเท้าเทียม ทำให้อะมีบาเคลื่อนที่ได้
- เรียกการเคลื่อนที่นี้ว่า **การเคลื่อนที่แบบอะมีบา (amoeboid movement)**



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

ยูกลีนาและพารามีเซียม

- ยูกลีนาและพารามีเซียมอาศัยอยู่ในน้ำ
- มีโครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนที่แตกต่างกัน
- ยูกลีนาใช้แฟลกเจลลัม
- พารามีเซียมใช้ซิเลีย

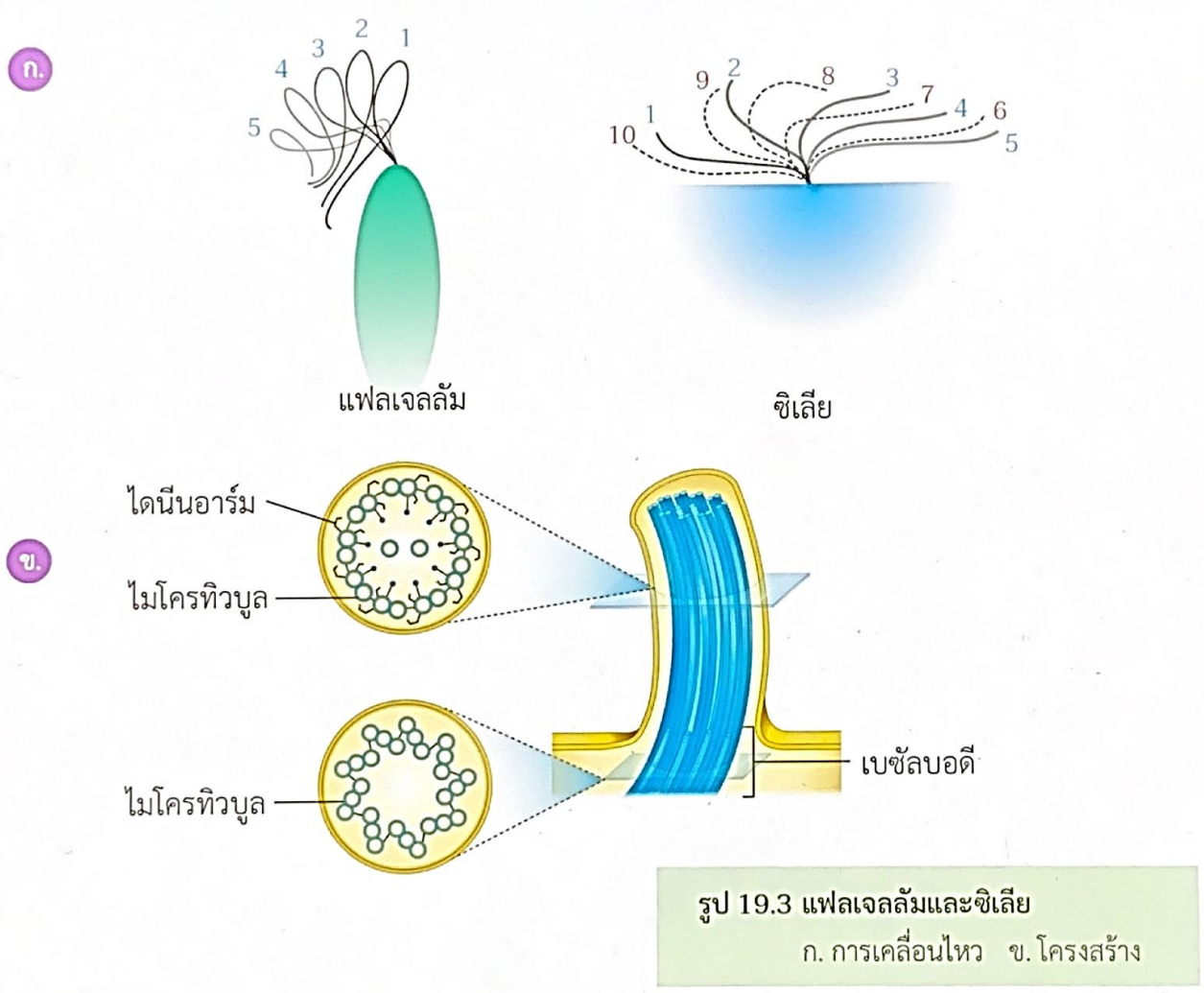


รูป 19.2 การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว
ก. ยูกลีนา ข. พารามีเซียม

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

ยูกลีนาและพารามีเซียม (ต่อ)

- แฟลกเจลลัมกับซิเลีย แตกต่างกันที่ความยาว จำนวน และลักษณะการเคลื่อนไหว
- แต่มีโครงสร้างภายในเหมือนกัน คือ มีโครงสร้างแบบ 9+ 2
- บริเวณโคนของซิเลียและแฟลกเจลลัมยึดติดกับ โครงสร้างที่เรียกว่า เบซัลบอดี (basal body) ซึ่งมีโครงสร้างแบบ 9 + 0 ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหว



รูป 19.3 แฟลเจลลัมและซิเลีย
ก. การเคลื่อนไหว ข. โครงสร้าง

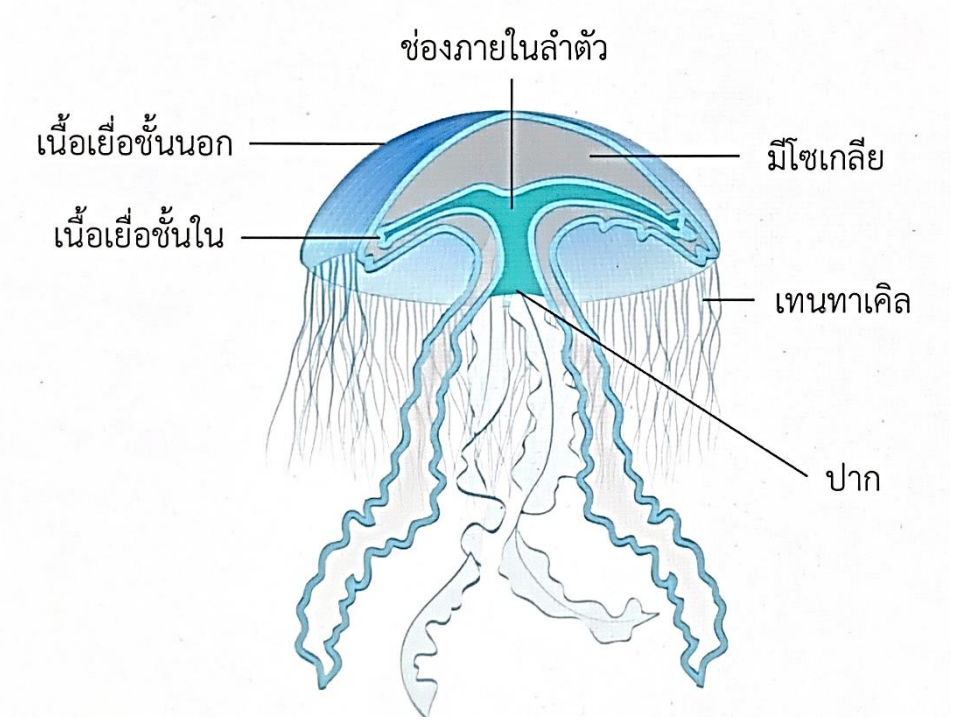
การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

❖ การเคลื่อนที่ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

- โครงร่างของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิด เช่น แมงกะพรุน หมึก ไส้เดือนดิน มีของเหลวเป็นองค์ประกอบภายในลำตัว ทำให้คงรูปร่างได้ เรียกโครงร่างแบบนี้ว่า **hydrostatic skeleton** เมื่อเนื้อเยื่อหรือกล้ามเนื้อหดตัวจะมีการกระจายตัวของของเหลวไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

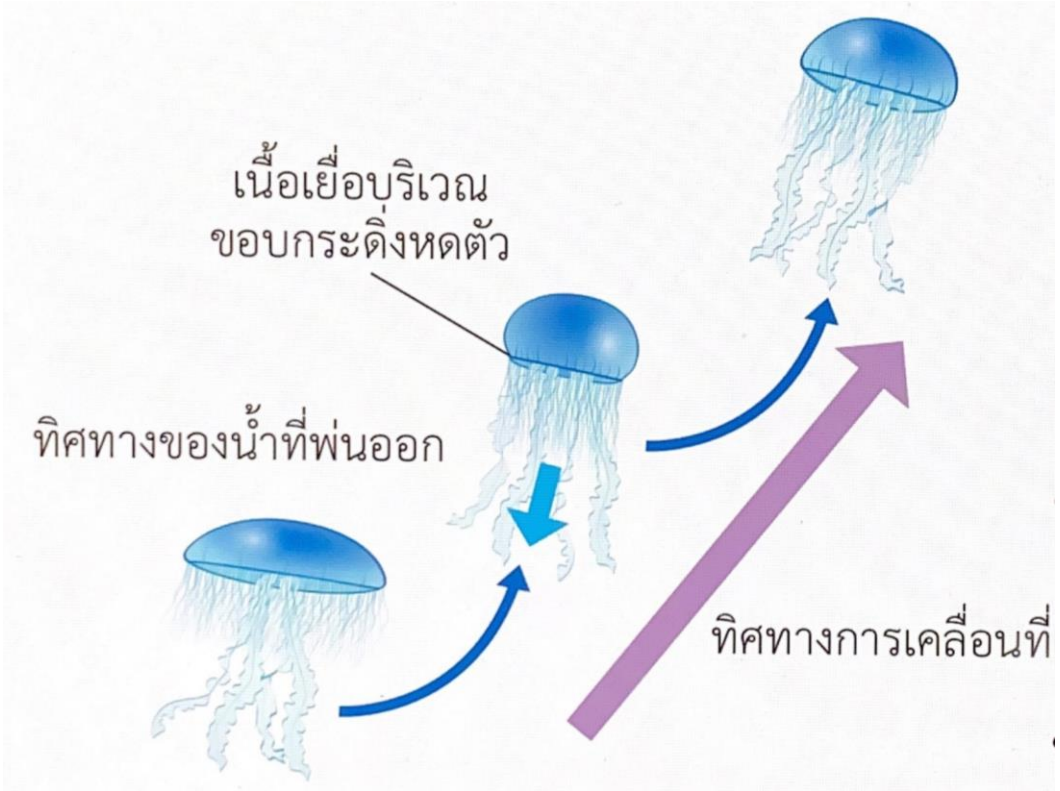
แมงกะพรุน

- มีเนื้อเยื่อชั้นนอกและเนื้อเยื่อชั้นใน
- และมีมีโซเกลีย (mesoglea) ซึ่งมีลักษณะคล้ายเจล แทรกอยู่ระหว่างเนื้อเยื่อ 2 ชั้น



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

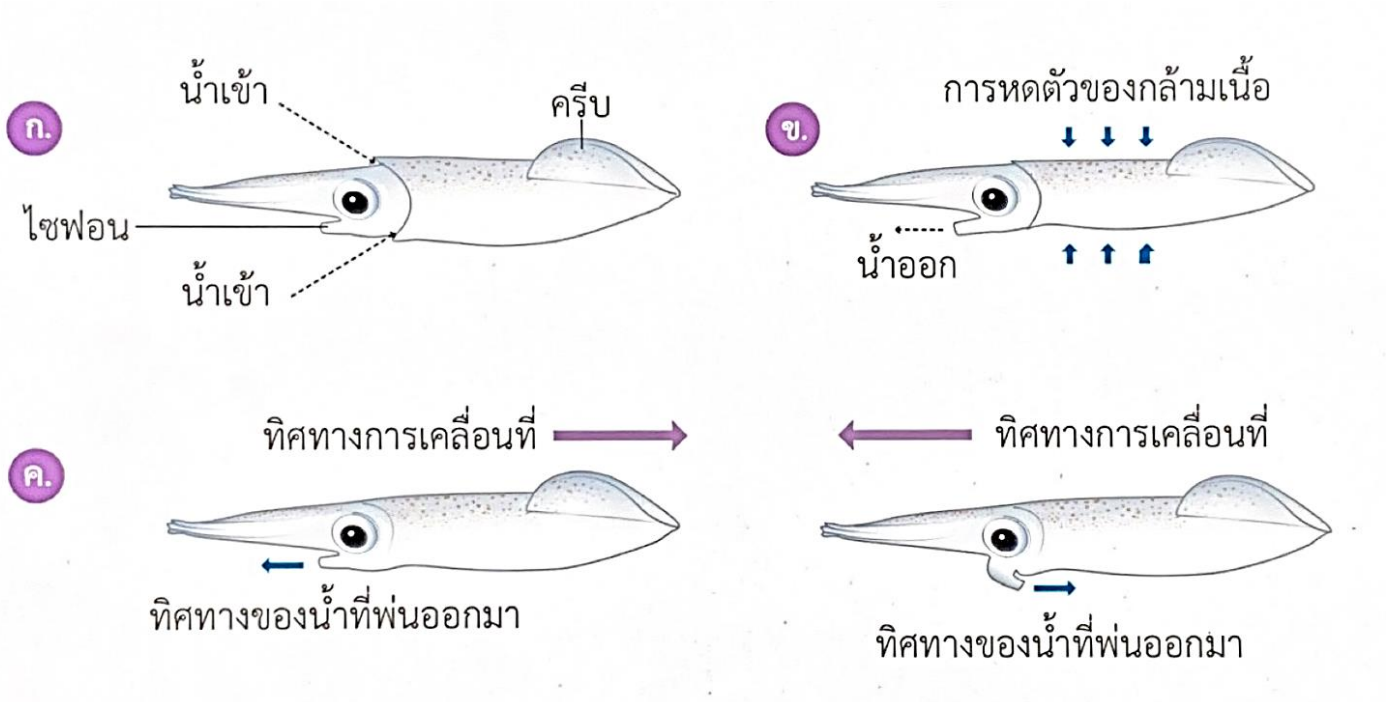
- โดยทั่วไปแมงกะพรุนจะลอยไปตามกระแสน้ำ
- แต่ในบางกรณี เช่น หาอาหาร จะใช้การหดตัวของเนื้อเยื่อบริเวณขอบกระดิ่งและที่ผนังลำตัวสลับกัน ทำให้เกิดแรงดันของน้ำผลักตัวแมงกะพรุนให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงข้ามกับน้ำที่พ่นออกมา



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

หมึก

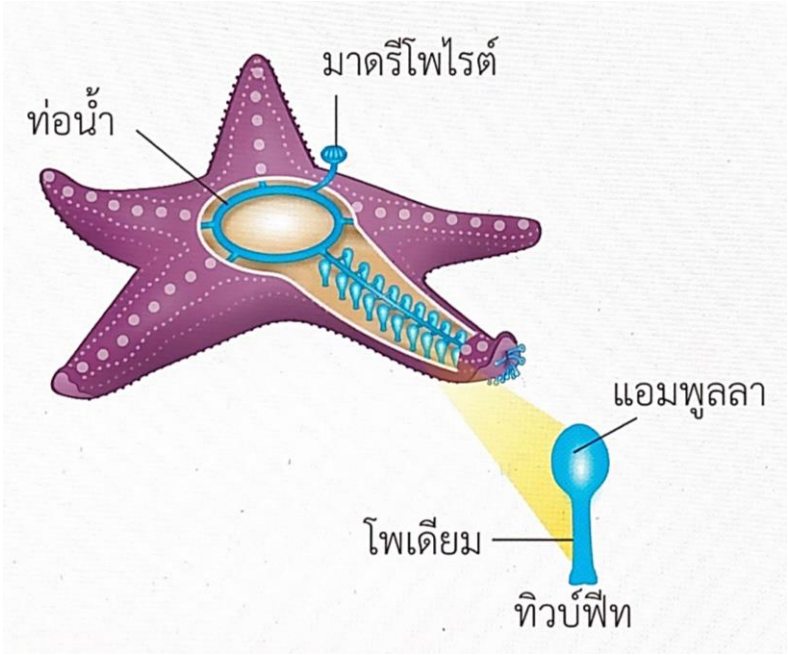
- ตัวหมึกจะมีช่องให้น้ำไหลเข้าไปในช่องว่างในลำตัว (mantle cavity)
- การเคลื่อนที่ของหมึกเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อรอบ ๆ ลำตัว ทำให้น้ำภายในลำตัวถูกดันออกทางท่อไซฟอน (siphon)
- ทิศทางการเคลื่อนที่ของลำตัวจะตรงข้ามกับทิศทางของน้ำที่พ่นออกมาจากไซฟอน



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

ดาวทะเล

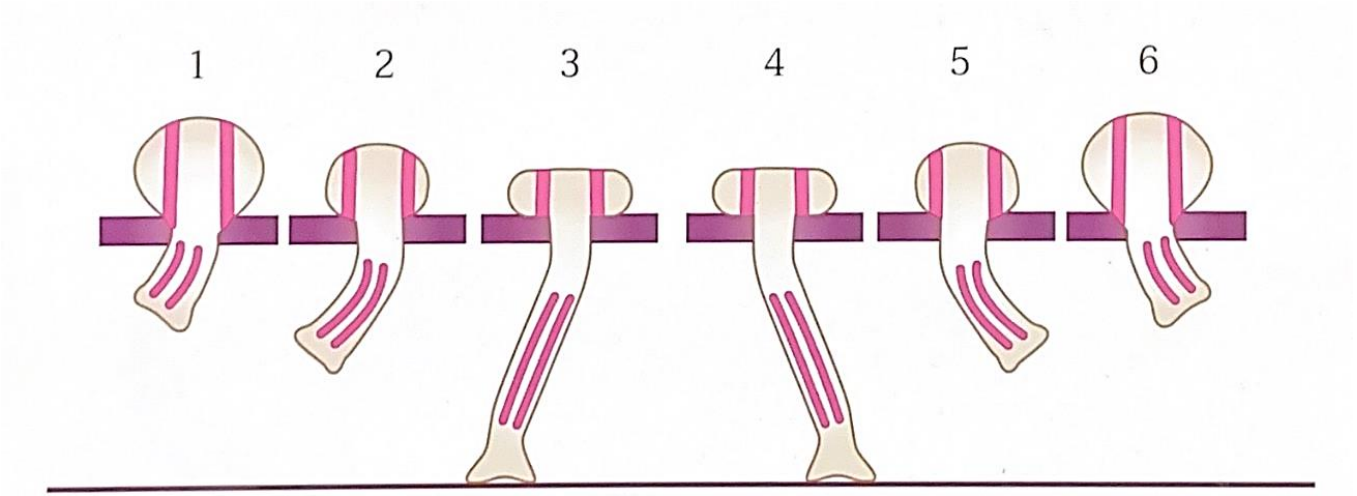
- ดาวทะเลเป็นสัตว์ที่มีโครงร่างแข็งแต่ใช้ไฮโดรสแตติกสเกเลตอนในการเคลื่อนที่
- โดยอาศัยระบบท่อน้ำ (water vascular system) ซึ่งอยู่ภายในลำตัว
- ประกอบด้วยมาดรีโพไรต์ (madreporite) เป็นช่องต่อกับภายนอกสำหรับปรับปริมาณน้ำภายในระบบท่อน้ำ เพื่อส่งไปตามท่อและไปที่ทิวบ์ฟีท (tube feel) ซึ่งประกอบด้วย แอมพูลลา (ampulla) ที่มีลักษณะคล้ายกระเปาะติดอยู่กับโพเดียม(podium)



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

การเคลื่อนที่ของดาวทะเล

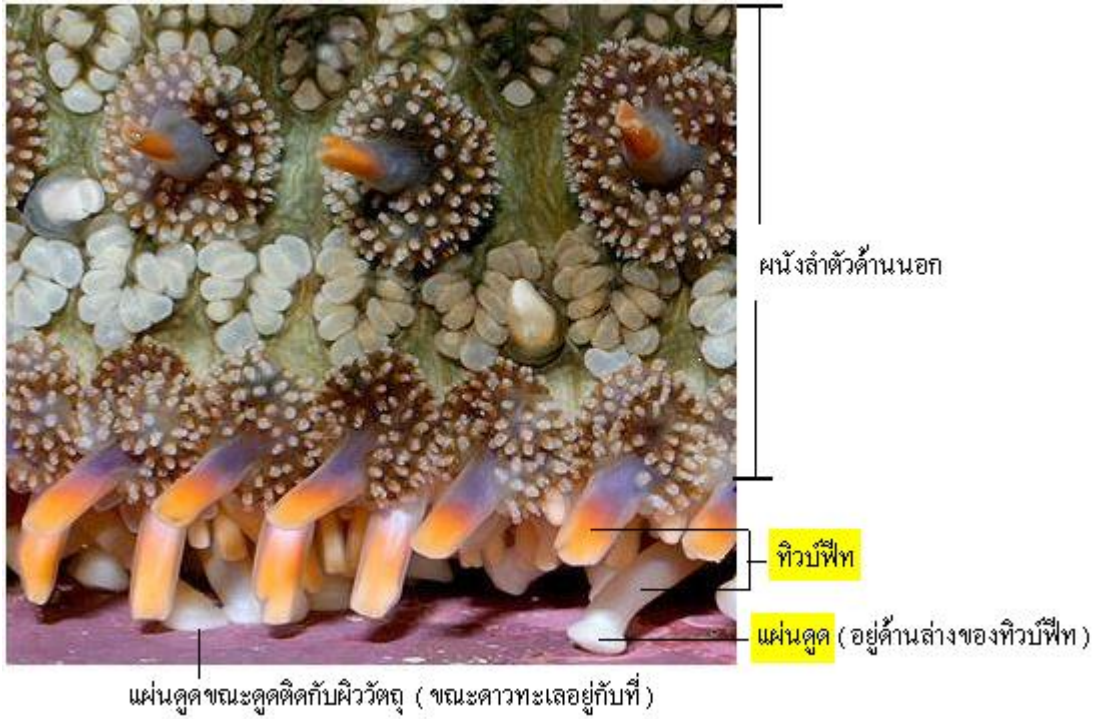
- กล้ามเนื้อบริเวณแอมพูลลาหดตัวจะดันน้ำไปยังโพเดียม ทำให้โพเดียมยืดยาว (รูปที่ 1 2 และ 3)
- กล้ามเนื้อของโพเดียมหดตัวทำให้โพเดียมสั้นลงจะดันน้ำไปยังแอมพูลลา แอมพูลลาขยายขนาดและกล้ามเนื้อคลายตัว (รูปที่ 4 5 และ 6)
- ในขณะที่แอมพูลลาหดตัวและโพเดียมยืดยาว ถ้ากล้ามเนื้อด้านใดด้านหนึ่งของโพเดียมหดตัวจะทำให้โพเดียมเคลื่อนที่ไปทางด้านข้างได้ (รูปที่ 3 และ 4)



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

การเคลื่อนที่ของดาวทะเล

- การยึดหดของทิวบ์ฟีทหลาย ๆ อันต่อเนื่องกันทำให้ดาวทะเลเคลื่อนที่ไปได้
- ปลายสุดของทิวบ์ฟีทมีลักษณะคล้ายแผ่นดูด (sucker) ทำให้การยึดเกาะกับพื้นผิวขณะเคลื่อนที่ได้ดีขึ้น



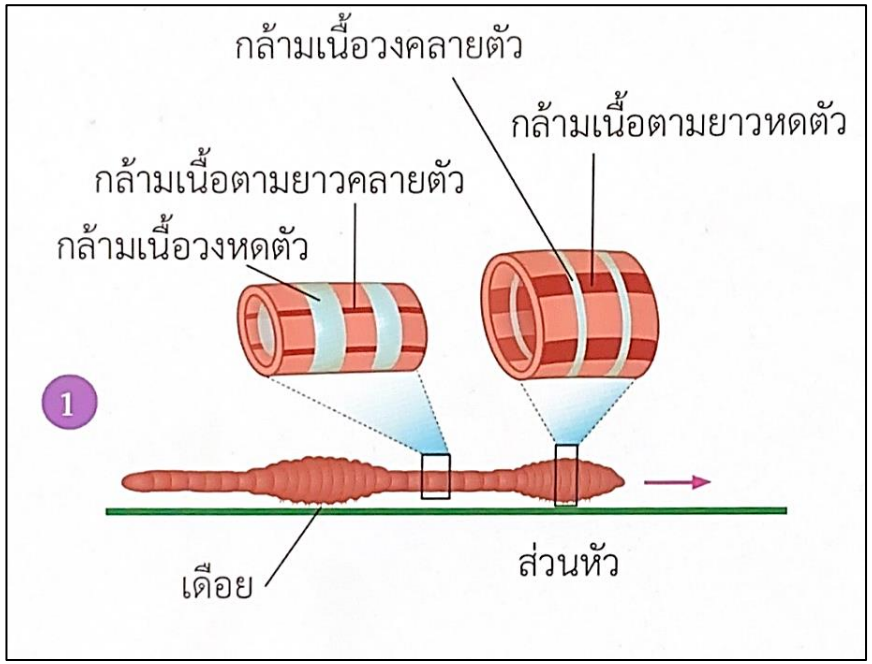
การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

ไส้เดือนดิน

- แต่ละปล้องของไส้เดือนดินมีเดือย (setae) เป็นโครงสร้างเล็ก ๆ ที่ยื่นออกมาจากผนังลำตัวรอบปล้องช่วยในการเคลื่อนที่
- ผนังลำตัวของไส้เดือนดินประกอบด้วยกล้ามเนื้อ 2 ชุด คือ
  - กล้ามเนื้อวง (circular muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่เรียงตัวเป็นวงรอบลำตัว
  - กล้ามเนื้อตามยาว (longitudinal muscle) เรียงตามยาวขนานกับลำตัว

การเคลื่อนที่ของไส้เดือนดิน

1. ปล้องบริเวณส่วนหัวและใกล้หางมีลักษณะสั้นและโป่งออก เนื่องจากกล้ามเนื้อวงของปล้องบริเวณนั้นคลายตัวและกล้ามเนื้อตามยาวหดตัว และมีเดือยที่ยื่นออกมาจากผนังลำตัวจิกดินไว้ ปล้องบริเวณลำตัวส่วนอื่นมีลักษณะยาวและยืดออก เนื่องจากกล้ามเนื้อวงของปล้องบริเวณนั้นหดตัวและกล้ามเนื้อตามยาวคลายตัว

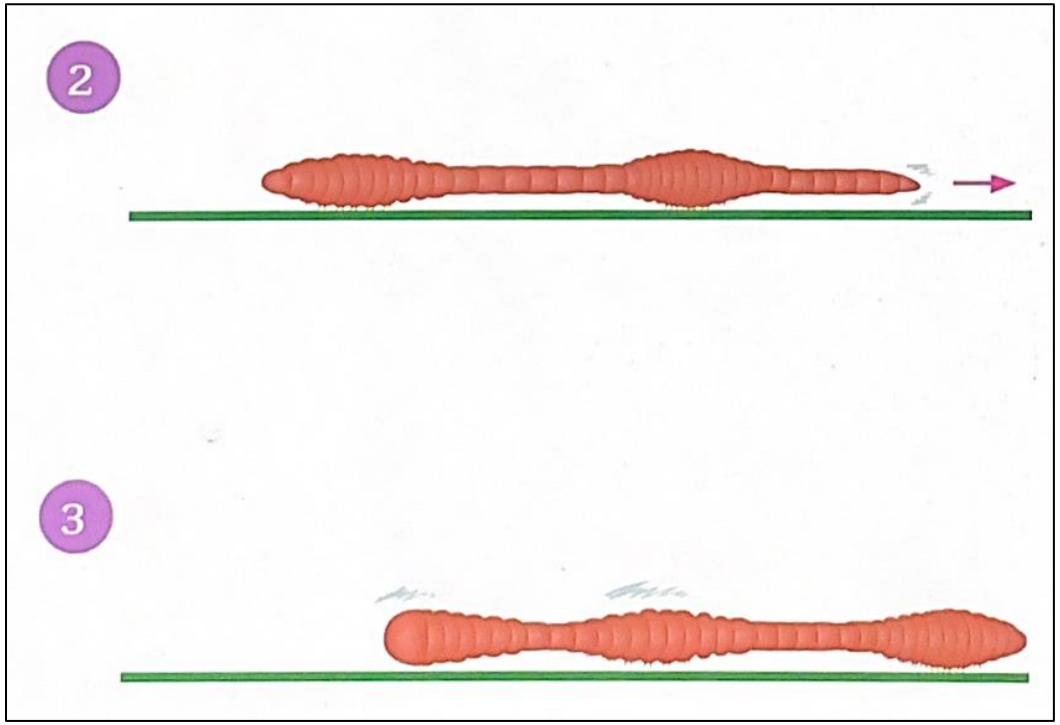


การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

การเคลื่อนที่ของไส้เดือนดิน (ต่อ)

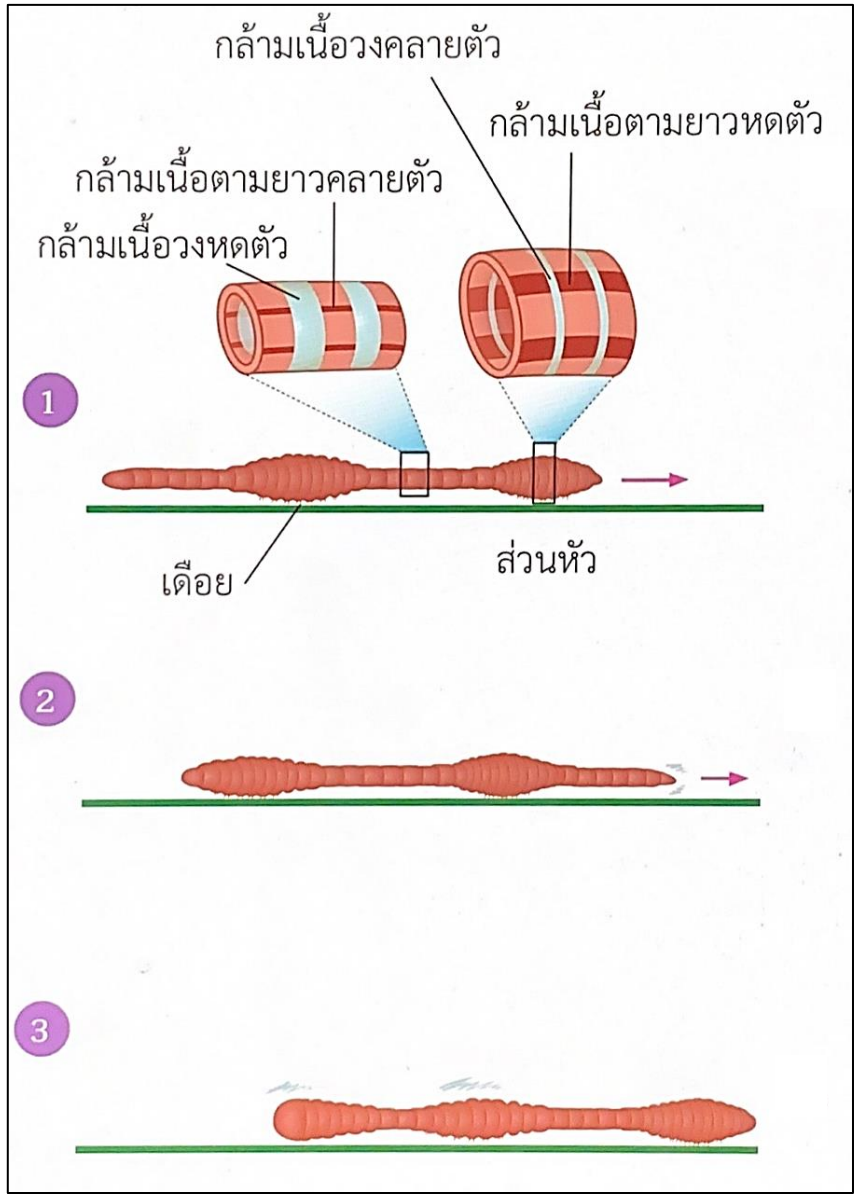
2. กล้ามเนื้อวงของปล้องบริเวณหัวจะหดตัวและกล้ามเนื้อตามยาวคลายตัว ทำให้ส่วนหัวมีลักษณะยาวและยืดไปข้างหน้า ปล้องของบริเวณลำตัวถัดจากหัวและส่วนหางจะโป่งออกและมีเดือยจิกดินไว้เพื่อไม่ให้ลำตัวเคลื่อนถอยหลัง

3. ปล้องบริเวณหัวและใกล้หางก็จะโป่งออกอีกครั้งหนึ่ง เดือยจิกลงดินและลำตัวด้านท้ายเคลื่อนที่ตามมาทางด้านหัว



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

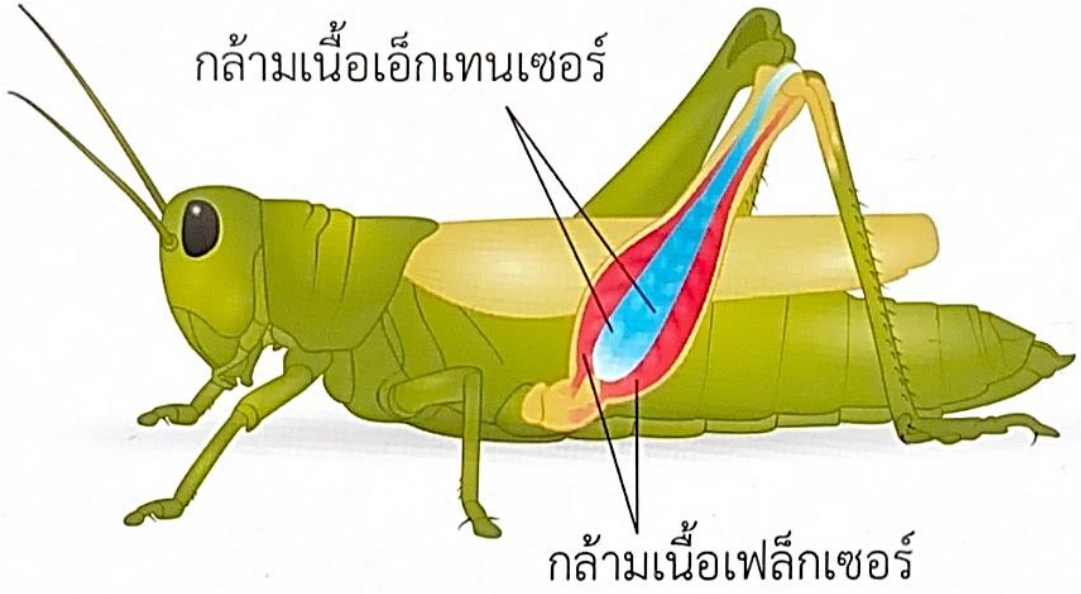
- การทำงานของกล้ามเนื้อทั้ง 2 ชุดในสภาวะตรงกันข้าม (antagonism) ทำให้ไส้เดือนดินสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้
- การที่กล้ามเนื้อวงและกล้ามเนื้อตามยาวหดตัวและคลายตัวเป็นจังหวะเหมือนระลอกคลื่นนี้เรียกว่า เพอริสตัลซิส (peristalsis)



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

แมลง

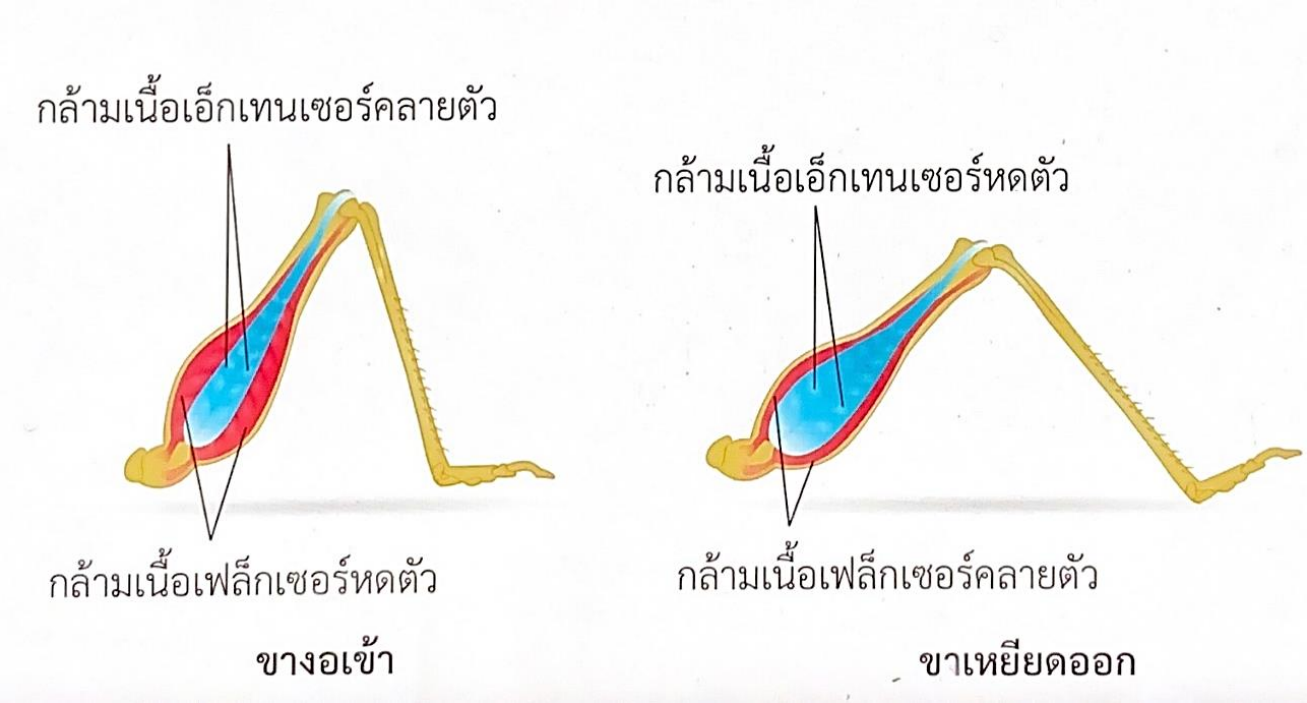
- แมลงมีลำตัวเป็นปล้อง มีรยางค์เป็นข้อ ๆ ต่อกัน มีโครงสร้างภายนอกเป็นเปลือกแข็งที่ประกอบด้วยไคทิน และยึดกับกล้ามเนื้อภายในลำตัว แมลงเคลื่อนที่โดยอาศัยโครงร่างแข็งภายนอก (**exoskeleton**)
- ขาแมลงประกอบด้วยข้อต่อหลายตำแหน่งเพื่อให้สะดวกต่อการเคลื่อนที่ การเคลื่อนไหวของข้อต่ออาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อ



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

การเคลื่อนไหวของขาตั๊กแตน

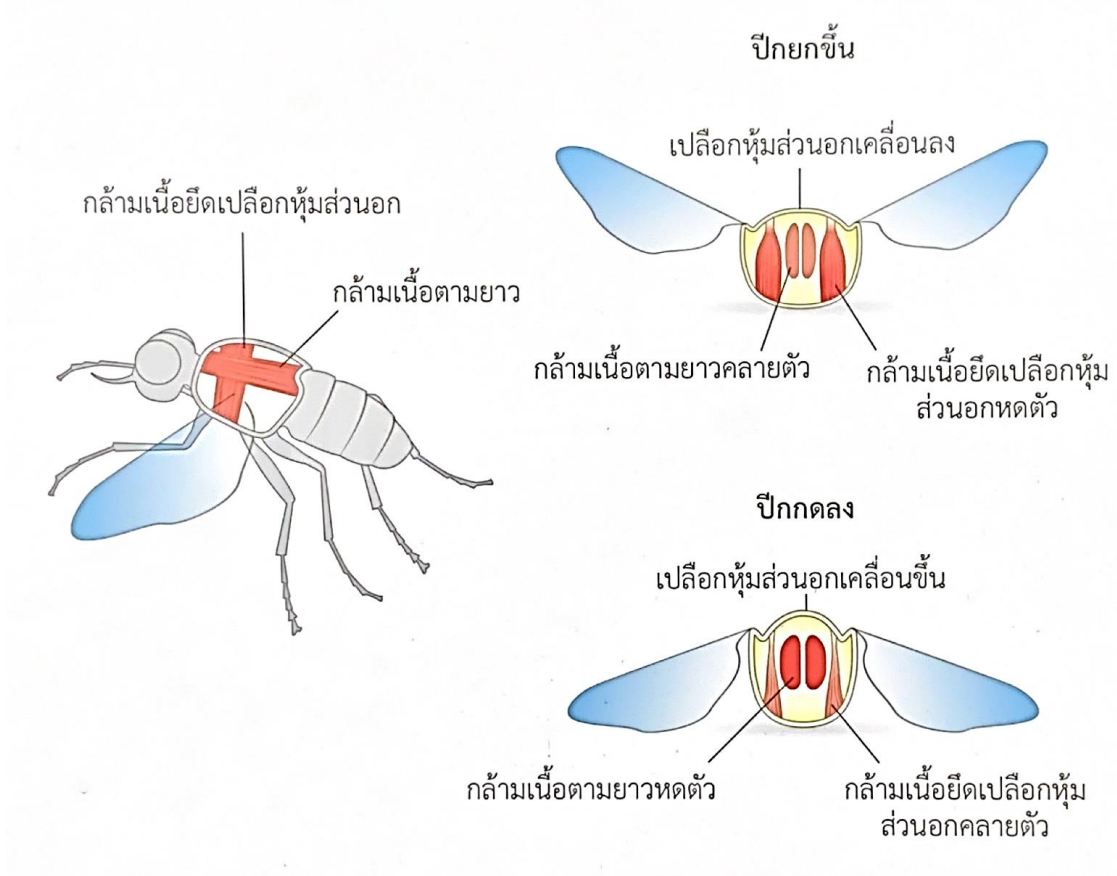
- เกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อ 2 ชุด คือ กล้ามเนื้อเฟล็กเซอร์ (flexor) และกล้ามเนื้อเอ็กเทนเซอร์ (extensor) ซึ่งทำงานในสภาวะตรงกันข้าม คือ เมื่อกล้ามเนื้อเฟล็กเซอร์หดตัว กล้ามเนื้อเอ็กเทนเซอร์จะคลายตัวทำให้ขางอเข้า แต่เมื่อกล้ามเนื้อเอ็กเทนเซอร์หดตัว กล้ามเนื้อเฟล็กเซอร์จะคลายตัวทำให้ขาเหยียดออก



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

การเคลื่อนที่ด้วยการบิน

- เกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อ 2 ชุด คือ กล้ามเนื้อยึดเปลือกหุ้มส่วนอกและกล้ามเนื้อตามยาว
- กล้ามเนื้อยึดเปลือกหุ้มส่วนอกไม่ได้ติดกับปีกโดยตรงแต่ยึดกับเปลือกหุ้มส่วนอกไว้ เมื่อเปลือกหุ้มส่วนอกมีการเคลื่อนไหว ปีกที่ติดอยู่กับส่วนอกจะเคลื่อนไหวด้วย
- การบินแบบนี้พบในแมลงส่วนใหญ่ เช่น ตั๊กแตน ผีเสื้อ แมลงวัน และผึ้ง
- มีแมลงบางชนิดที่มีกล้ามเนื้อยึดติดกับปีกโดยตรง เช่น แมลงปอ ในขณะบินนั้นปีกจะเคลื่อนไหวเนื่องจากการทำงานของกล้ามเนื้อ



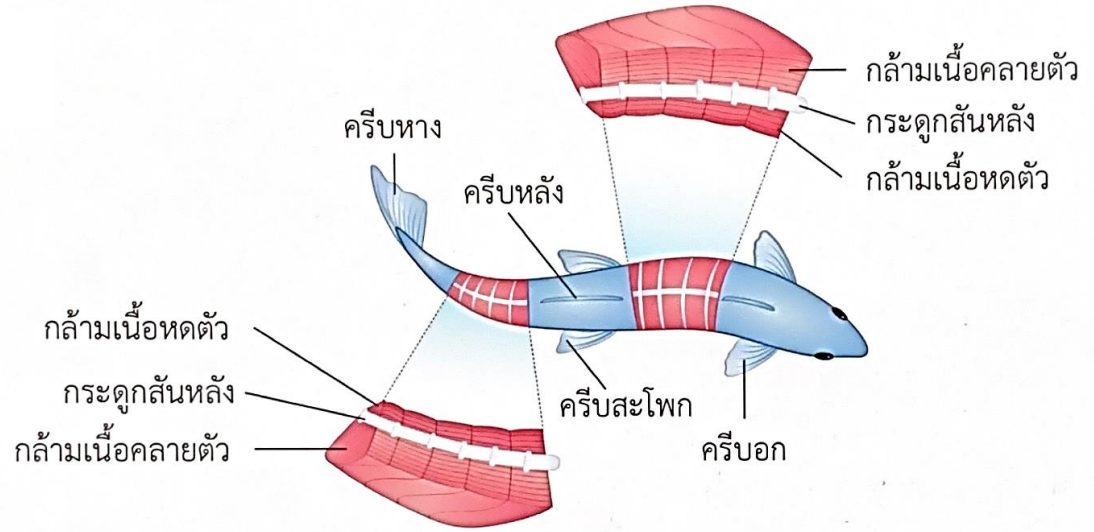
การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

❖ การเคลื่อนที่ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

- สัตว์มีกระดูกสันหลังทุกชนิดมีระบบโครงกระดูกเป็นโครงร่างแข็งภายใน (endoskeleton) ทำหน้าที่เป็นทั้งโครงร่างแข็งช่วยค้ำจุนร่างกายให้คงรูปและยังช่วยในการเคลื่อนที่

ปลา

- ปลาที่มีลำตัวยาว เช่น ปลาไหล ปลาช่อน ขณะเคลื่อนที่ลำตัวจะโค้งไปมาคล้ายคลื่น
- การโค้งของลำตัวนั้นเกิดจากการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อแต่ละด้านที่ยึดติดกับกระดูกสันหลังในบริเวณเดียวกัน



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

- กล้ามเนื้อในแต่ละส่วนของลำตัวปลาจะหดตัวไม่พร้อมกัน โดยจะทยอยจากด้านหัวไปด้านหางทำให้ลำตัวปลามีลักษณะคล้ายคลื่น

- ส่วนการเคลื่อนที่ของปลาที่มีลำตัวไม่ยาวมาก จะมีการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อที่ยึดติดกับกระดูกสันหลังเช่นเดียวกัน แต่จะเกิดการโค้งแค่ที่บริเวณส่วนท้ายลำตัว ทำให้ครีบหางโค้งงอสลับไปมาทางด้านซ้ายและขวา ปลาจึงเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้

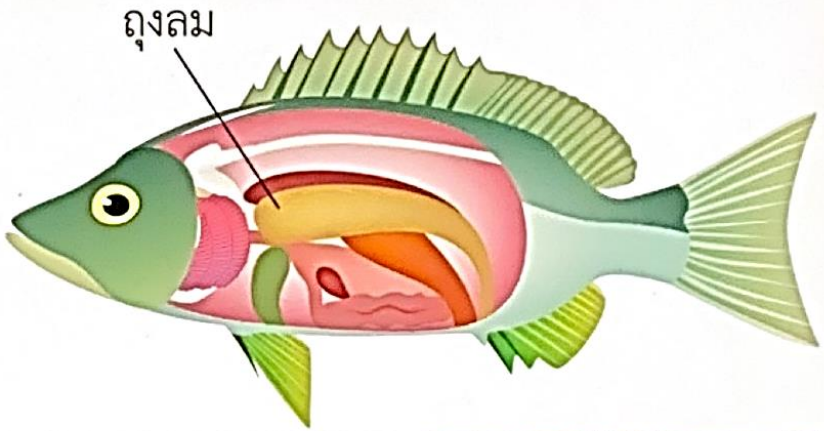
การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

- นอกจากปลาจะว่ายน้ำเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแล้วยังสามารถเคลื่อนที่ไปทางซ้ายและขวา ไปด้านบนและด้านล่างได้ โดยใช้ครีบหลัง ครีบอก และครีบสะโพกช่วยในการกำหนดทิศทาง
- นอกจากรูปร่างของปลาที่เพรียวเหมาะกับการเคลื่อนที่ในน้ำแล้ว ที่ผิวหนังของปลามีเมือกช่วยลดแรงเสียดทานของน้ำขณะเคลื่อนที่
- อย่างไรก็ตามรูปร่างของปลาที่เพรียวอาจทำให้ลำตัวปลามีโอกาสพลิกไปมาได้ง่ายจึงต้องอาศัยครีบช่วยในการรักษาสมดุลในการเคลื่อนที่และการทรงตัว

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

รู้หรือไม่

ปลาบางชนิดมีถุงลมหรือกระเพาะลม (swim bladder) ภายในมีแก๊สบรรจุอยู่ทำหน้าที่ควบคุมการลอยหรือจม สามารถนำกระเพาะลมมาใช้ทำอาหารได้โดยนำไปทอด เรียกว่า กระเพาะปลา และนำไปปรุงอาหารได้หลายชนิด



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

นก

- นกบินได้ด้วยการกระพือปีกขึ้นลงทำให้เกิดแรงยกและทำให้ลำตัวเคลื่อนที่ไปข้างหน้า
- อาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อ 2 ชุด ที่ยึดระหว่างกระดูกโคนปีกและกระดูกอก คือ
  - กล้ามเนื้อยกปีก
  - กล้ามเนื้อกดปีก
- ทำงานแบบสภาวะตรงกันข้ามทำให้นกสามารถขยับปีกขึ้นลงได้

รูป 19.13 การเคลื่อนที่ของนก
ก. การยกปีกขึ้น ข. การกดปีกลง

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

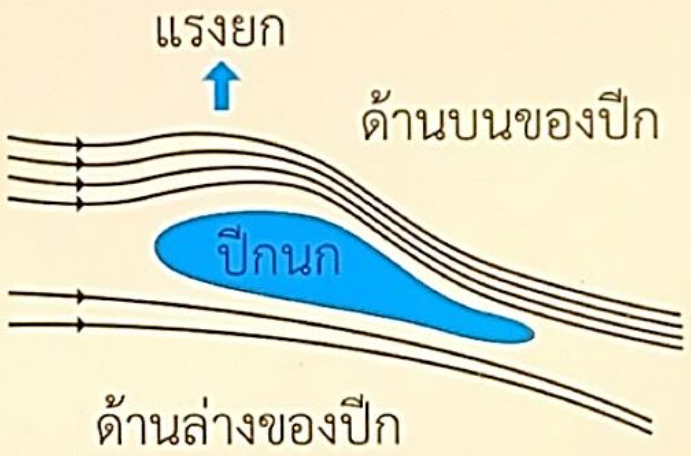
- นอกจากการทำงานของกล้ามเนื้อที่ปีกแล้ว ลักษณะที่เหมาะสมอื่น ๆ ของนกก็ทำให้นกสามารถบินได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น กระดูกมีรูพรุนทำให้มีน้ำหนักเบา ขนบริเวณปีกและหางทำหน้าที่ในการทรงตัวและปรับทิศทางการบิน

ยกตัวอย่างนกที่บินไม่ได้ถึงแม้ว่าจะมีปีก เพราะเหตุใดจึงบินไม่ได้ และนกเหล่านั้นเคลื่อนที่ได้อย่างไร

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

เชื่อมโยงกับฟิสิกส์

การร่อนหรือลอยตัวในอากาศของนกเกิดจากแรงยก อากาศด้านบนของปีกจะเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว ทำให้บริเวณเหนือปีกมีความดันอากาศน้อยกว่าอากาศบริเวณใต้ปีก ความดันอากาศใต้ปีกที่มีมากกว่าจะพยุงให้ปีกและลำตัวนกลอยอยู่ในอากาศได้



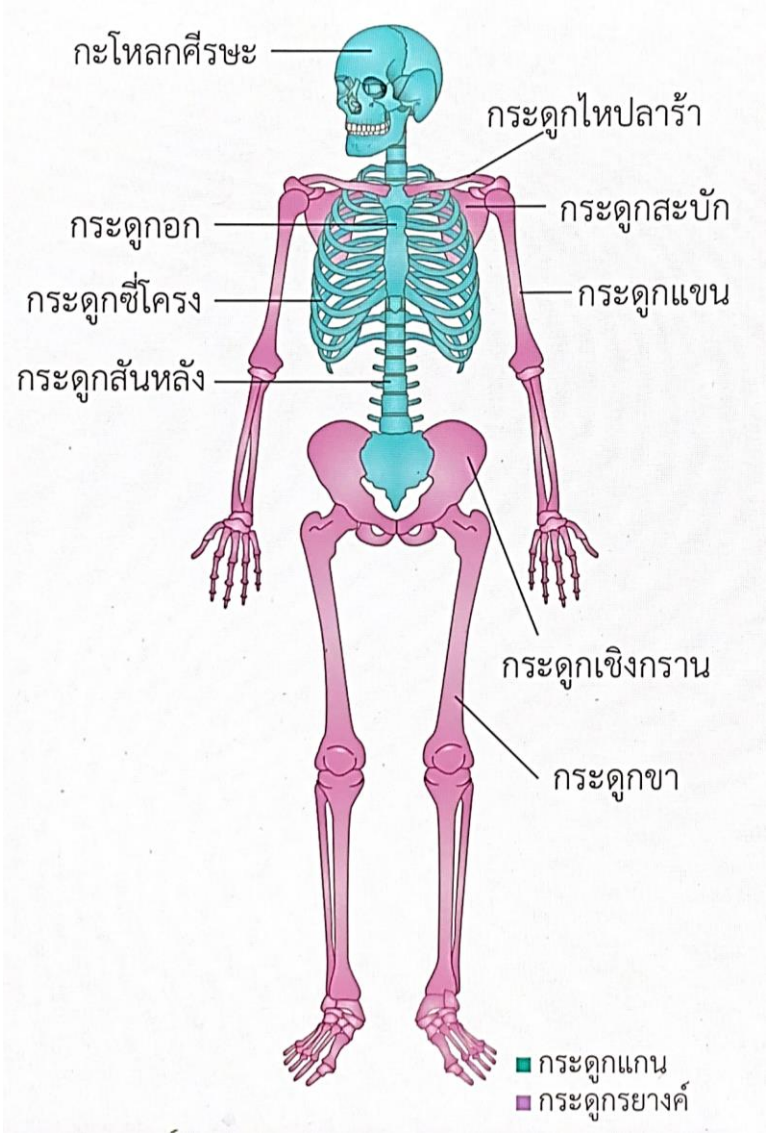
การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

❖ การเคลื่อนที่ของมนุษย์

ระบบโครงกระดูก

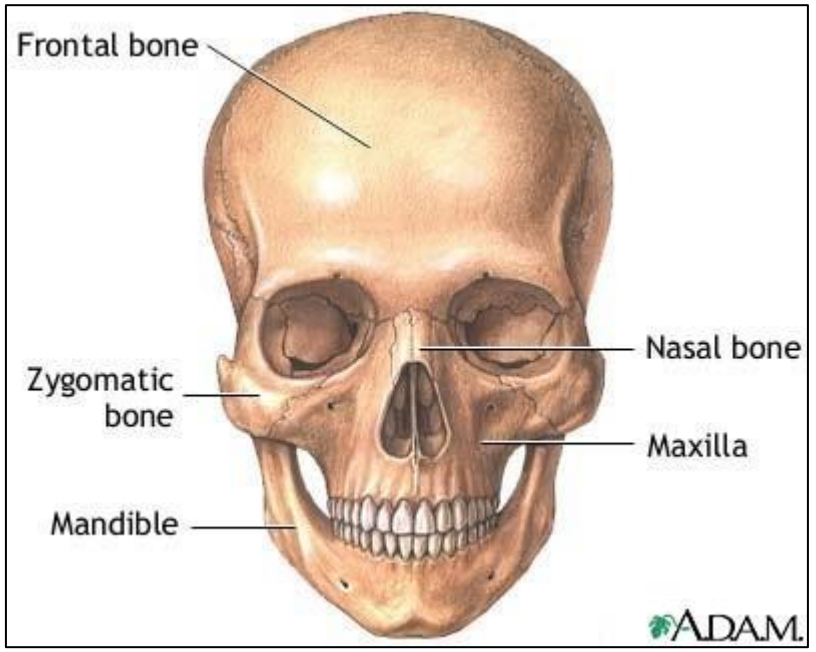
ประกอบด้วย

- กระดูกแกน (axial skeleton)
- กระดูกรยางค์ (appendicular skeleton)
- ข้อต่อ (joint)



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

- เมื่อร่างกายของมนุษย์เจริญเติบโตเต็มที่จะประกอบด้วยกระดูก 206 ชิ้น แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามตำแหน่งที่อยู่ คือ
  - กระดูกแกน
  - กระดูกรยางค์



กระดูกแกน

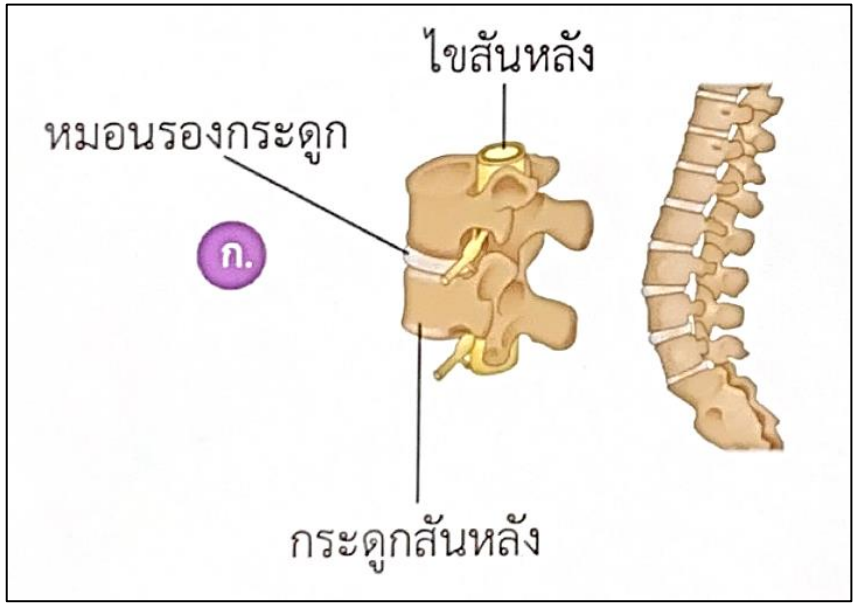
- กระดูกแกนมีจำนวน 80 ชิ้น
- ประกอบด้วยกะโหลกศีรษะ กระดูกสันหลัง กระดูกอก และกระดูกซี่โครง

❑ กะโหลกศีรษะ

เป็นกระดูกที่เป็นแผ่นเชื่อมติดกัน ภายในมีลักษณะเป็นโพรงสำหรับบรรจุสมอง กะโหลกศีรษะทำหน้าที่ป้องกันสมองไม่ให้ได้รับอันตราย

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

กระดูกแกน

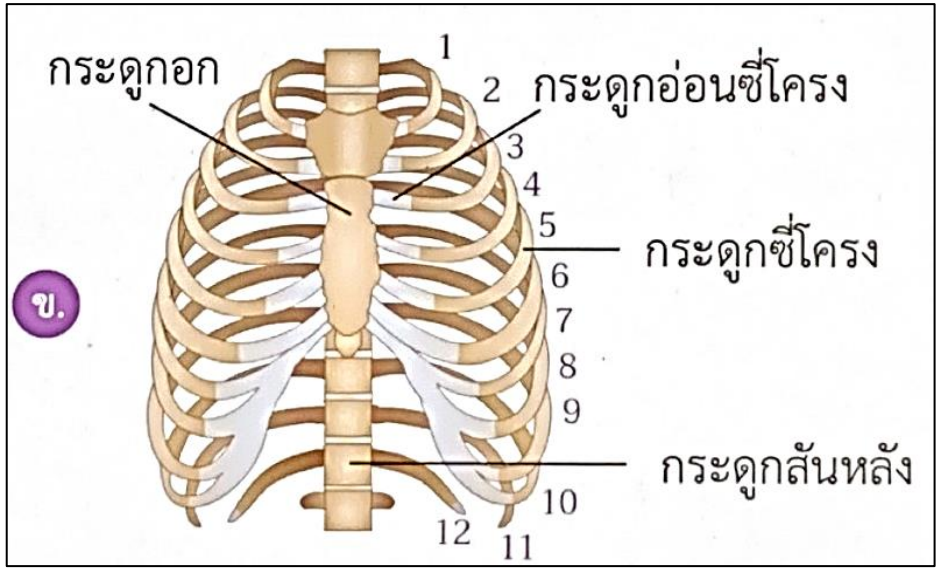


❑ กระดูกสันหลัง

- ช่วยค้ำจุนและรองรับน้ำหนักของร่างกาย
- ประกอบด้วยกระดูกที่มีลักษณะเป็นข้อ ๆ ต่อกัน
- ระหว่างกระดูกสันหลังแต่ละข้อจะมีแผ่นกระดูกอ่อน (cartilage) หรือที่เรียกว่า หมอนรองกระดูก (intervertebral disc) ทำหน้าที่รองและเชื่อมกระดูกสันหลังแต่ละข้อเพื่อป้องกันการเสียดสี
- กระดูกสันหลังแต่ละข้อจะมีช่องให้ไขสันหลังสอดผ่าน และจะมีจะงอยยื่นออกมาเป็นที่เกาะของกล้ามเนื้อและเอ็น กระดูกสันหลังช่วงอกจะมีกระดูกซี่โครงมาเชื่อมต่อ

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

กระดูกแกน

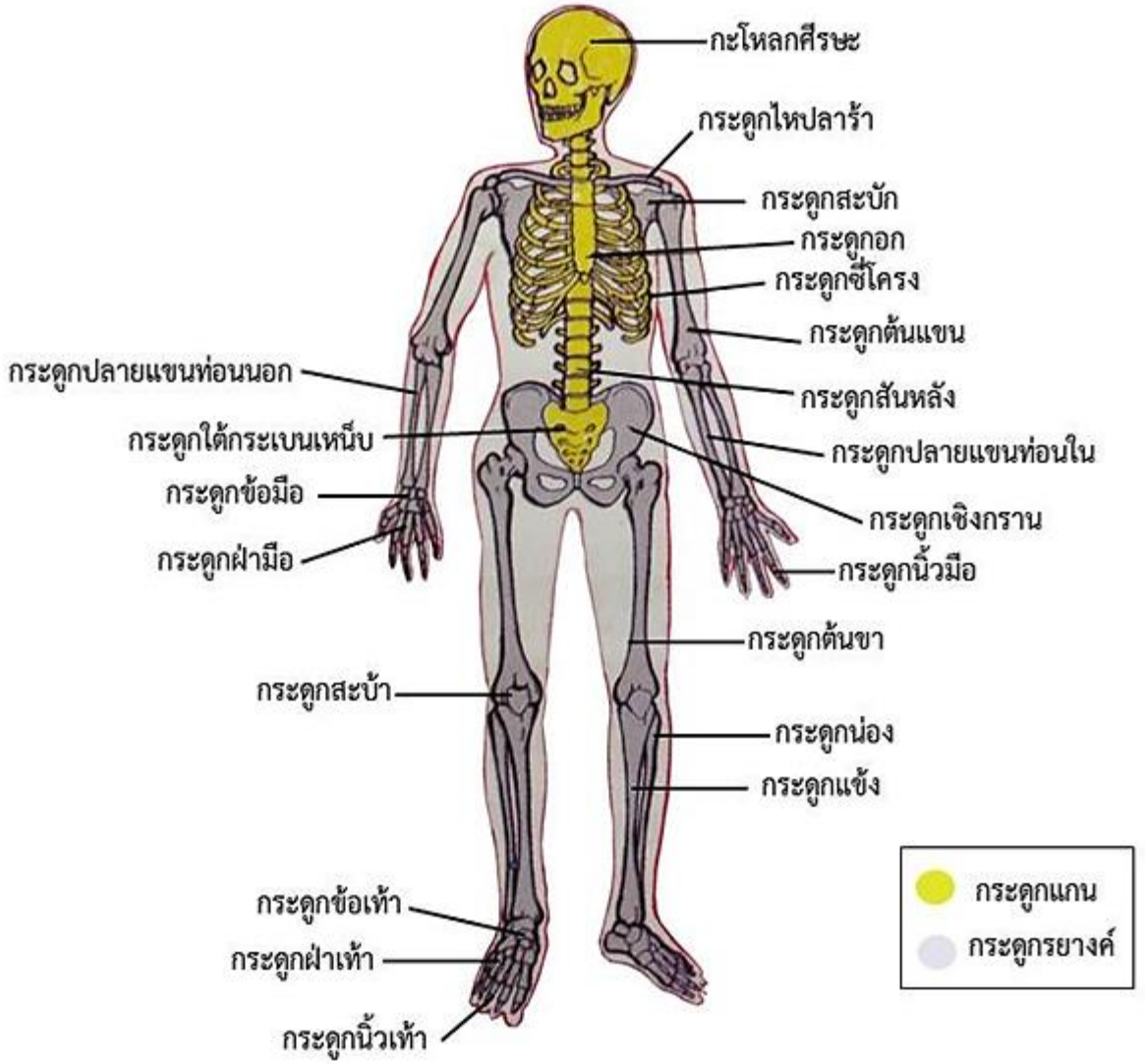


- กระดูกซี่โครง
  - ช่วยป้องกันอวัยวะภายในช่องอก เช่น หัวใจและปอด กระดูกซี่โครง
  - มี 12 คู่
  - กระดูกซี่โครงจะต่อกับด้านข้างของกระดูกสันหลังช่วงอก โดยจะเชื่อมต่อระหว่างกระดูกสันหลังส่วนอกทางด้านหลัง
  - ส่วนด้านหน้าจะมีกระดูกอ่อนซี่โครงเชื่อมระหว่างกระดูกอกและกระดูกซี่โครง ยกเว้นกระดูกซี่โครงคู่ที่ 11 และ 12 จะเป็นซี่สั้นๆ ไม่เชื่อมต่อกับกระดูกอกเรียกว่า ซี่โครงลอย

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

กระดูกรยางค์

- มี 126 ชิ้นได้แก่ กระดูกแขน กระดูกขา รวมไปถึงกระดูกสะบัก กระดูกไหปลาร้าและกระดูกเชิงกราน ซึ่งเป็นที่ยึดเกาะของแขนและขา



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

การที่โครงกระดูกของมนุษย์ไม่ต่อกันเป็นชิ้นเดียวและมีจำนวนมากมีประโยชน์ต่อการเคลื่อนไหวอย่างไร

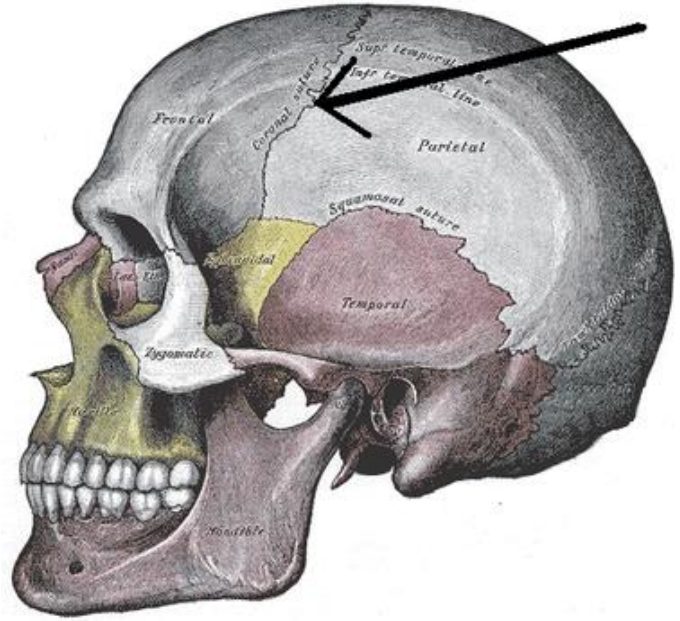
ถ้าหมอนรองกระดูกเสื่อมจะเกิดผลอย่างไร

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

ข้อต่อ

- เป็นบริเวณที่มีการต่อกันของกระดูกต่างชนิดกัน ซึ่งมีทั้งเคลื่อนไหวได้และเคลื่อนไหวไม่ได้
- จำแนกข้อต่อตามความสามารถในการเคลื่อนไหวได้เป็น 3 ประเภทหลัก คือ

1. ข้อต่อที่เคลื่อนไหวไม่ได้ (synarthrosis) หน้าของรอยต่อจะเป็นรอยหยักคล้ายฟัน (surture) เช่น ข้อต่อในกะโหลกศีรษะ



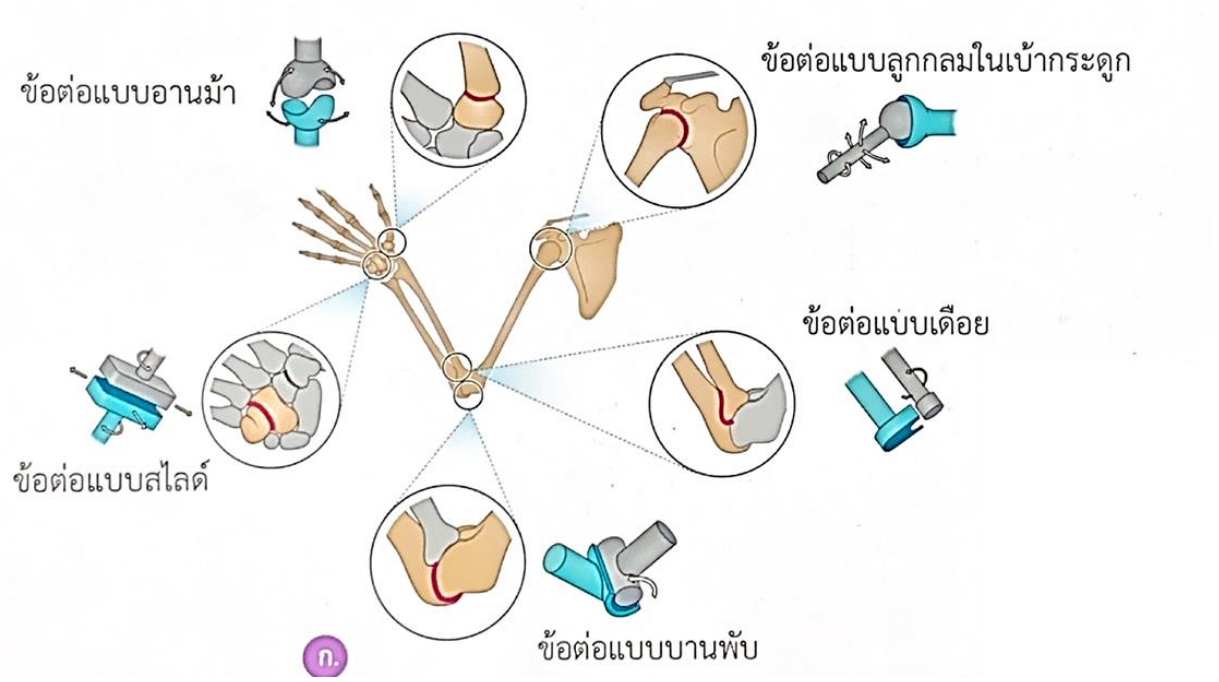
การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

2. ข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้เล็กน้อย (amphiarthrosis) หน้าของข้อต่อจะยึดติดด้วยกระดูกอ่อน (cartilage) ได้แก่ ข้อต่อกระดูกเชิงกราน และข้อต่อกระดูกสันหลัง

3. ข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้มาก (diarthrosis) เป็นข้อต่อที่มีช่องว่างอยู่ภายในเรียกว่า synovial jointและมีแผ่นเยื่อที่ทำหน้าที่สร้างน้ำไขข้อ (synovial fluid) จึงเคลื่อนไหวได้มาก

➢ ตัวอย่างข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้มาก

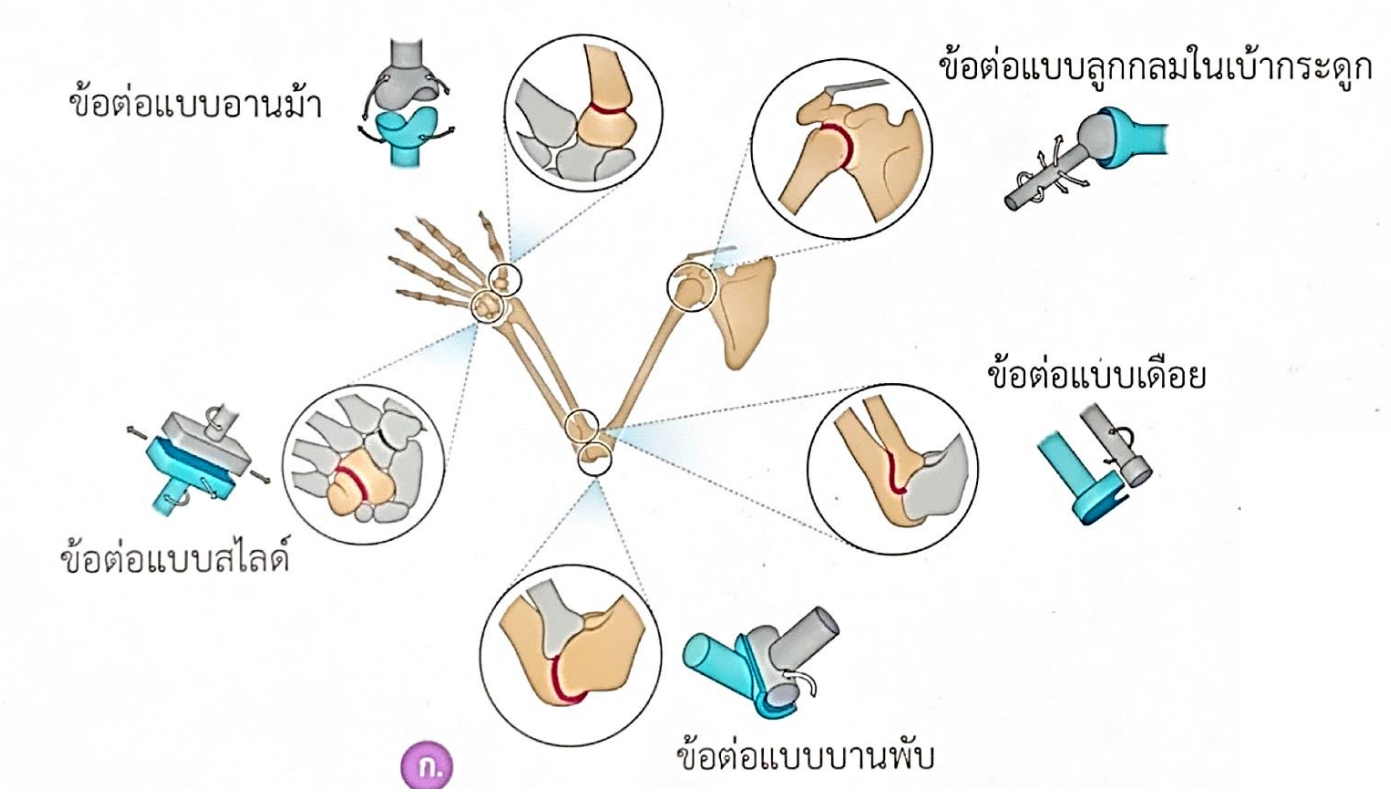
- ข้อต่อแบบเบ้า ทำให้ร่างกายส่วนนั้นเคลื่อนไหวอย่างอิสระหลายทิศทาง เช่น ข้อต่อหัวไหล่ ข้อต่อสะโพก



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

➢ ตัวอย่างข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้มาก

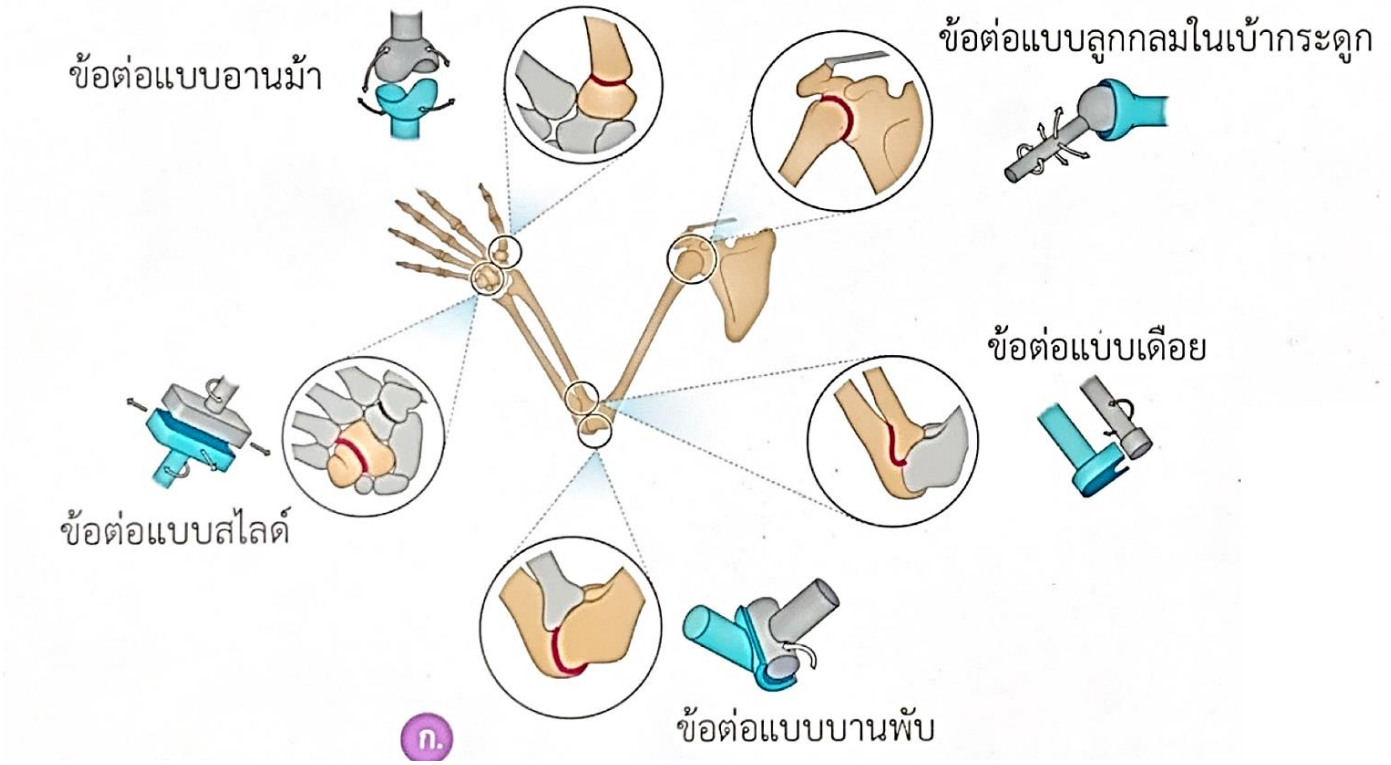
- ข้อต่อแบบบานพับ ทำให้การเคลื่อนไหวตรงส่วนนั้นจำกัดได้เพียงทิศทางเดียว (งอ-เหยียด) เช่น ข้อต่อบริเวณข้อศอก
- ข้อต่อแบบเดือย ทำให้สามารถก้ม เงย บิดไปทางซ้าย ขวา เช่น ข้อต่อที่ต้นคอกับฐานของกะโหลกศีรษะ ข้อต่อบริเวณข้อศอก



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

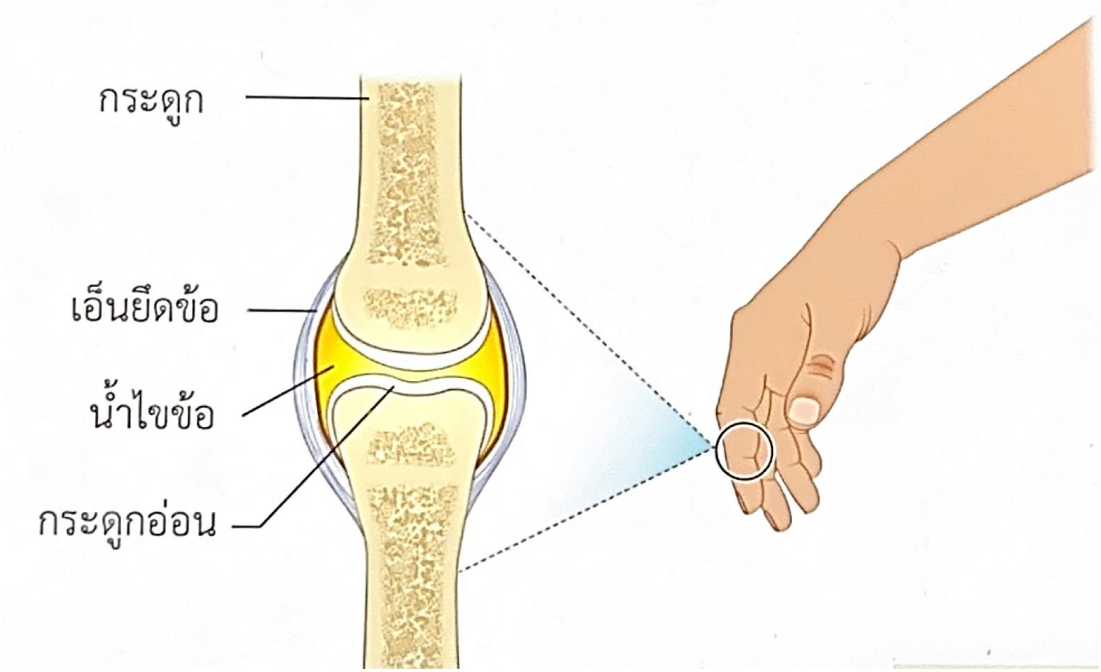
➢ ตัวอย่างข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้มาก

- ข้อต่อแบบอานม้า การประกบอยู่ในแนวที่ต่างกัน ทำให้มีการจำกัดการหมุน เช่น ข้อต่อโคนนิ้วหัวแม่มือ
- ข้อต่อแบบสไลด์ เคลื่อนไหวโดยการขยับหรือถูไถกัน เช่น ข้อต่อกระดูกข้อมือ ข้อเท้า



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

- ข้อต่อกระดูกแต่ละข้อที่เคลื่อนไหวได้จะมี น้ำไขข้อ (synovial fluid) ทำให้กระดูกไม่เสียดสีกันระหว่างเคลื่อนไหว และทำให้เคลื่อนไหวสะดวกไม่เจ็บปวด
- เอ็นยึดข้อ (ligament) เนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เหนียวทำให้ดูกแต่ละข้อเชื่อมติดกัน
- เอ็นยึดกระดูก (tendon) เนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ยึดระหว่างกล้ามเนื้อกับกระดูก



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

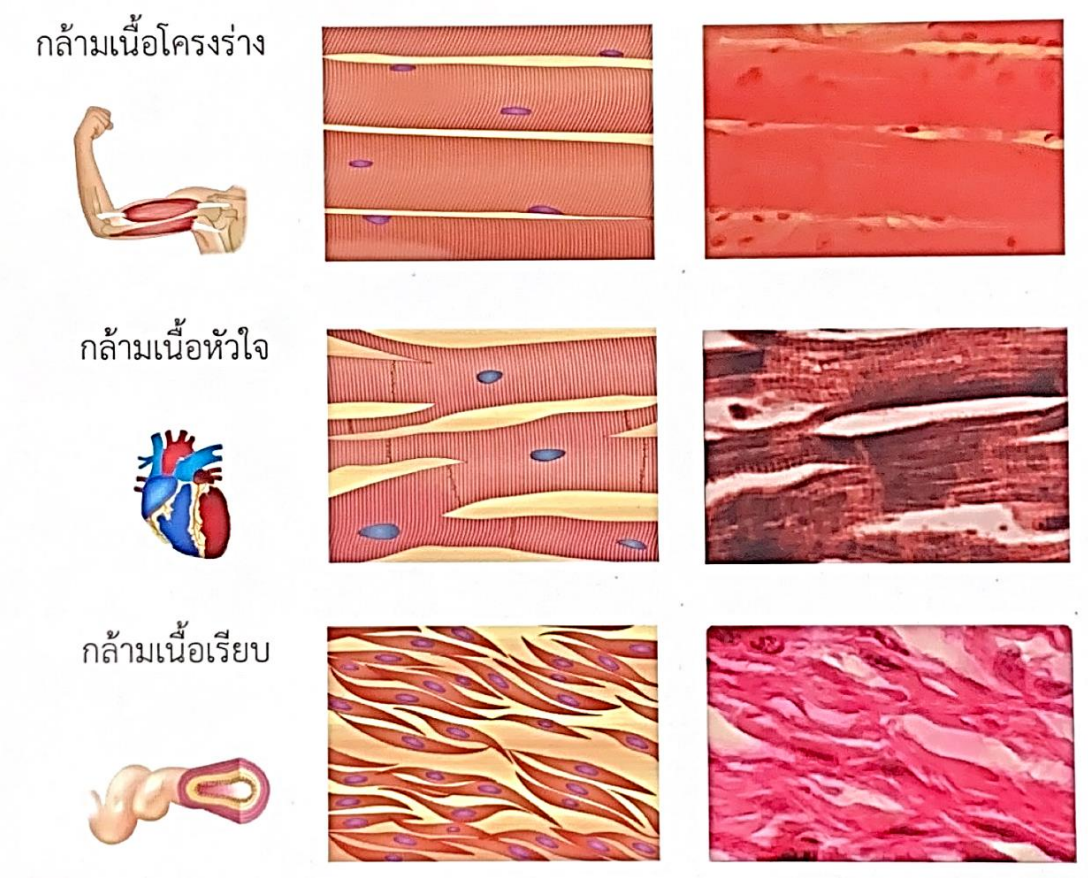
- ข้อต่อแบบอานม้ามีการเคลื่อนไหวอย่างไร
- ข้อต่อแบบบานพับพบที่บริเวณใดของร่างกาย
- โรคข้อเข่าเสื่อมเกิดจากสาเหตุใด มีวิธีป้องกันและรักษาอย่างไร

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

ระบบกล้ามเนื้อ

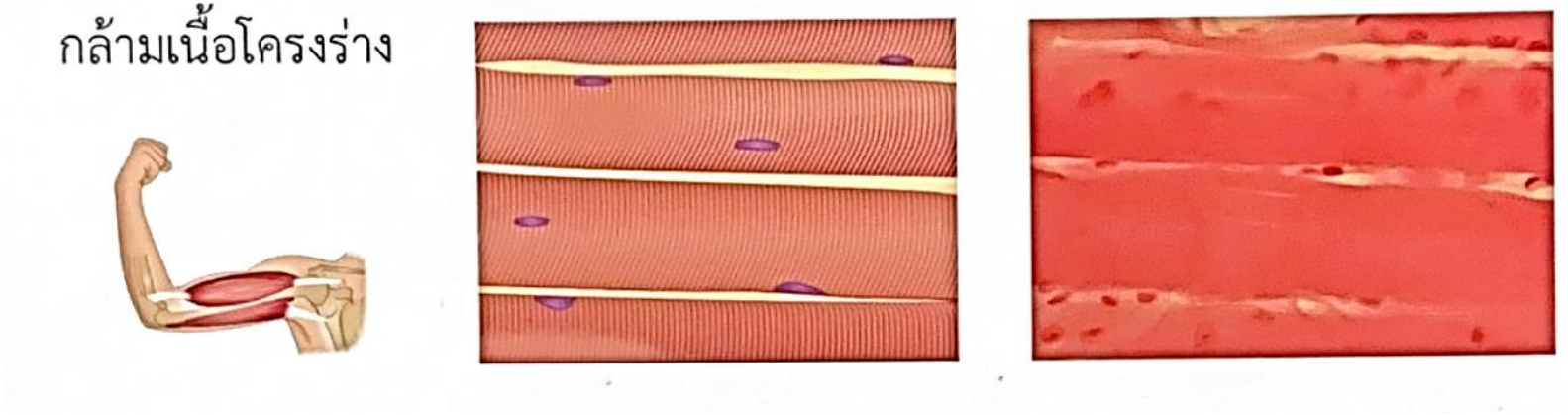
การทำงานของระบบโครงกระดูกเพียงระบบเดียวไม่สามารถทำให้ร่างกายของสัตว์มีกระดูกสันหลังเคลื่อนไหวได้ ต้องอาศัยการทำงานร่วมกับระบบกล้ามเนื้อ (muscular system) เมื่อเกิดการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อจะทำให้เกิดการเคลื่อนไหว
กล้ามเนื้อของสัตว์มีกระดูกสันหลังแบ่งออกเป็น 3 ชนิด

- ❑ กล้ามเนื้อโครงร่าง
- ❑ กล้ามเนื้อหัวใจ
- ❑ กล้ามเนื้อเรียบ



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

กล้ามเนื้อโครงร่าง (skeletal muscle)

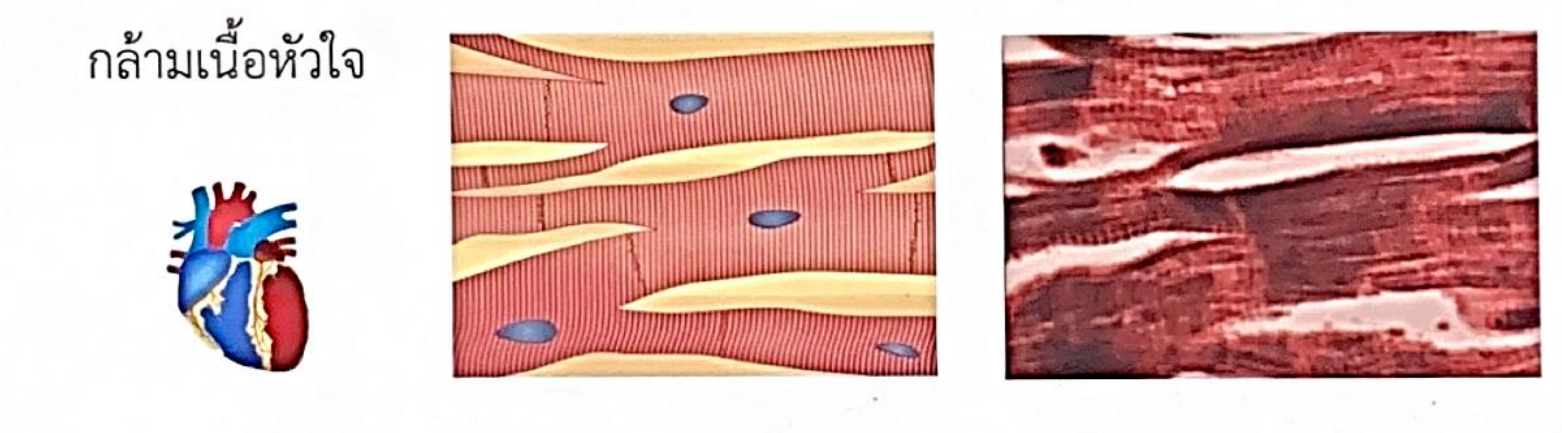


- เป็นกล้ามเนื้อที่เกาะติดกับกระดูก เช่น กล้ามเนื้อแขนและกล้ามเนื้อขา
- ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของร่างกายโดยตรง
- กล้ามเนื้อโครงร่างประกอบด้วยเซลล์ที่มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกยาว แต่ละเซลล์มีหลายนิวเคลียส มองเห็นเป็นแถบสีอ่อนและสีเข้มสลับกันเห็นเป็นลาย
- การทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างถูกควบคุมโดยระบบประสาทโซมาติก (สามารถบังคับได้/อยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ)

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

กล้ามเนื้อหัวใจ

(cardiac muscle)

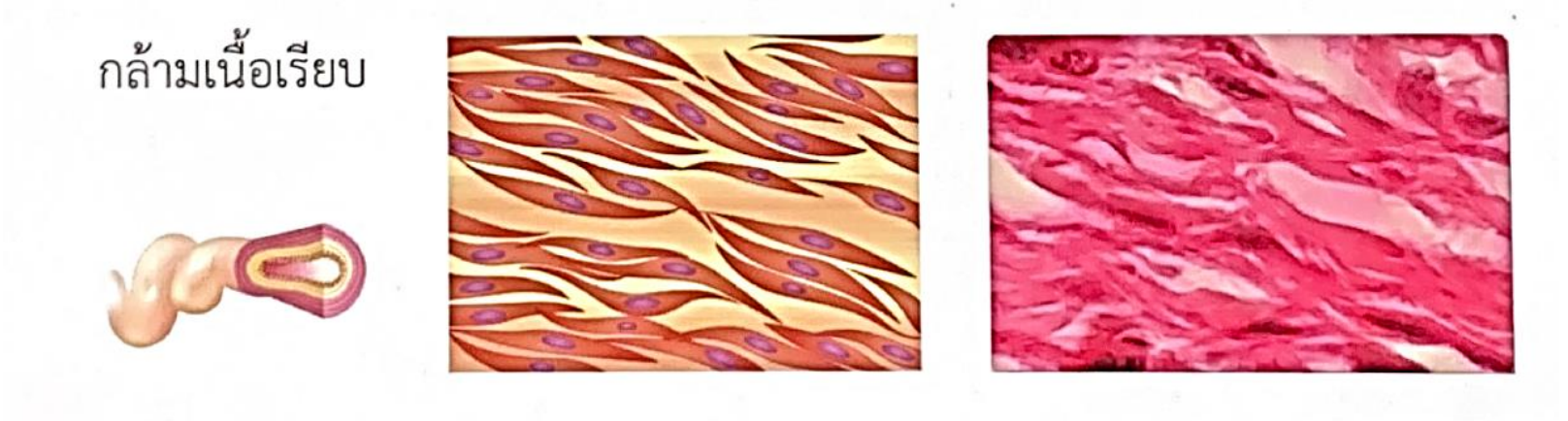


- เป็นกล้ามเนื้อที่พบบริเวณหัวใจ
- ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเต้นของหัวใจ
- เซลล์มีรูปร่างเป็นทรงกระบอก แต่สั้นกว่าเซลล์กล้ามเนื้อโครงร่างและเห็นเป็นลายเช่นเดียวกัน ตอนปลายของเซลล์มีการแตกแขนงและเชื่อมโยงติดต่อกันกับเซลล์ข้างเคียง แต่ละเซลล์มี 1 นิวเคลียส
- การทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนวัติ (ไม่สามารถบังคับได้/อยู่นอกอำนาจจิตใจ)

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

กล้ามเนื้อเรียบ

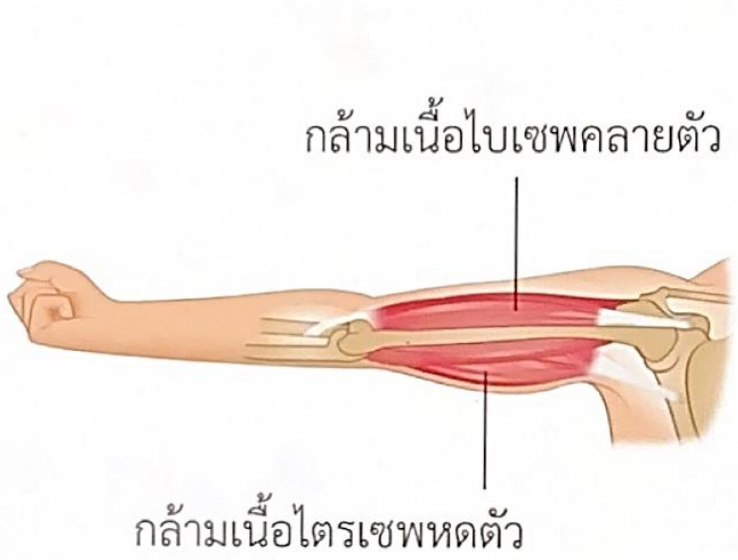
(smooth muscle)

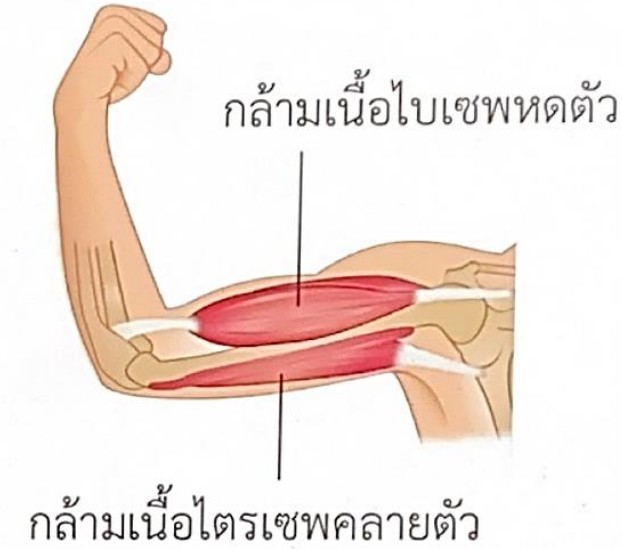


- เป็นกล้ามเนื้อที่พบอยู่ตามอวัยวะภายใน เช่น ผนังกระเพาะอาหาร ผนังลำไส้ ผนังหลอดเลือด และม่านตา
- ประกอบด้วยเซลล์ที่มีลักษณะยาวหัวท้ายแหลม แต่ละเซลล์มี 1 นิวเคลียส ไม่มีลาย
- การทำงานของกล้ามเนื้อเรียบถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนวัติเช่นเดียวกับกล้ามเนื้อหัวใจ

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

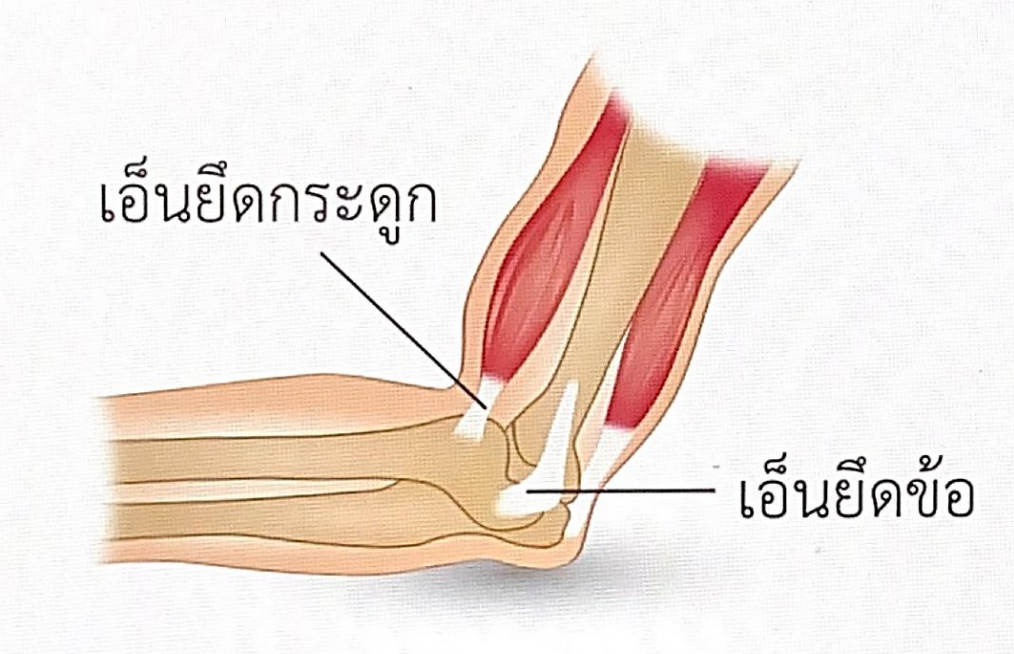
- กล้ามเนื้อโครงร่างจะทำงานเป็นคู่ในสภาวะตรงกันข้าม การเหยียดแขนและงอแขนเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อไบเซพ (bicep) และกล้ามเนื้อไตรเซพ (tricep)
- ขณะที่ไบเซพคลายตัวไตรเซพจะหดตัวทำให้แขนเหยียดออก และขณะที่ไบเซพหดตัวไตรเซพจะคลายตัวทำให้แขนงอเข้า





การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

- เมื่อกล้ามเนื้อหดตัวจะเกิดแรงดึงให้กระดูกทั้งท่อนเคลื่อนไหวได้ เพราะระหว่างกล้ามเนื้อกับกระดูกมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีความเหนียว แข็งแรง และทนทานต่อแรงดึง หรือรองรับน้ำหนักเรียกว่า เอ็นยึดกระดูก (tendon) ยึดอยู่

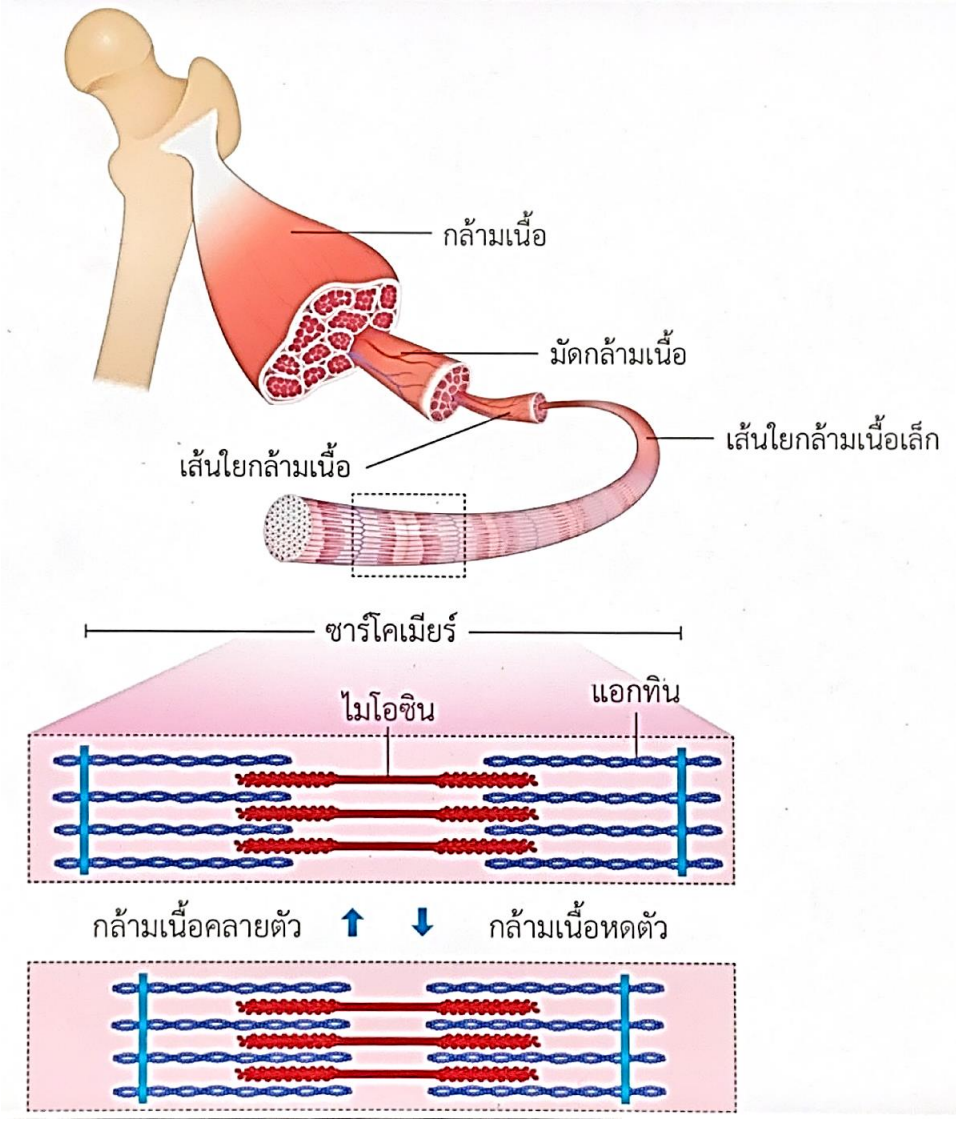


เอ็นยึดข้อและเอ็นยึดกระดูกเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

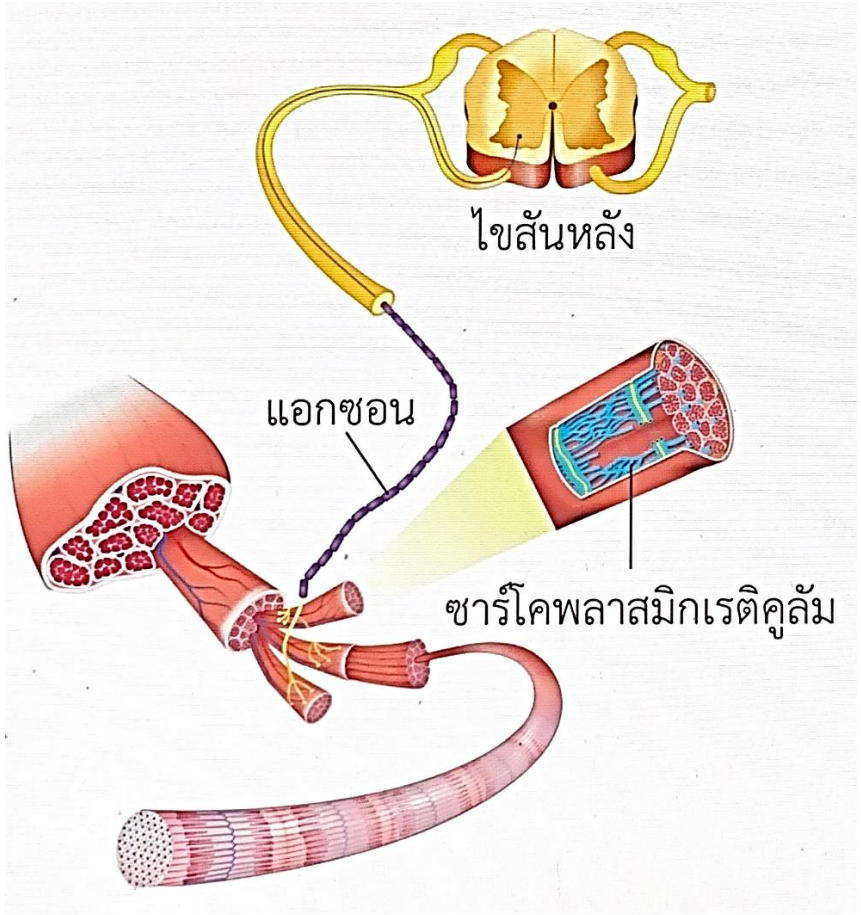
โครงสร้างและการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่าง

- กล้ามเนื้อโครงร่างแต่ละมัดประกอบด้วยเซลล์กล้ามเนื้อ (muscle cell) หรือเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) ภายในเส้นใยกล้ามเนื้อประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อเล็ก (myofibril) มีลักษณะเป็นท่อนยาวเรียงซ้อนกัน เส้นใยกล้ามเนื้อเล็กเหล่านี้จะอยู่รวมกันเป็นมัด
- เส้นใยกล้ามเนื้อเล็กประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า ซาร์โคเมียร์ (sarcomere) ซึ่งมีโปรตีนหลัก 2 ชนิดคือ โปรตีนแอกทิน (actin) ที่มีลักษณะเป็นสายบางและโปรตีนไมโอซิน (myosin) ที่มีลักษณะเป็นสายหนา แอกทินและไมโอซินเรียงตัวขนานกัน



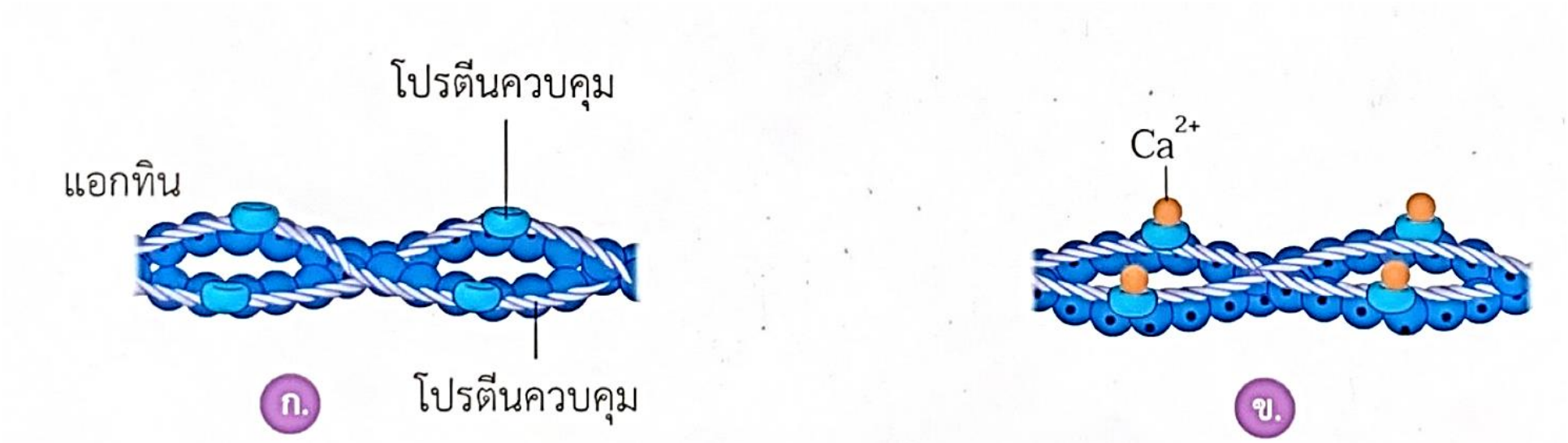
การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

- ฮิวยักซ์เลย์ และจีน แฮนสัน (Hugh Huxley และ Jean Hanson) ได้เสนอสมมติฐานการเลื่อนของฟิลาเมนท์ (sliding filament hypothesis) ว่าการหดตัวของกล้ามเนื้อเกิดจากการเลื่อนของแอกทินเข้าหากันตรงกลาง ซึ่งต้องอาศัย ATP และแคลเซียมที่ทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อหดตัวได้
- การหดตัวของกล้ามเนื้อเกิดจากการกระตุ้นโดยเซลล์ประสาทที่มายังเส้นใยกล้ามเนื้อ จึงเกิดการกระตุ้นให้หลั่งแคลเซียมไอออนที่สะสมไว้ในเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมแบบผิวเรียบของเส้นใยกล้ามเนื้อที่เรียกว่า ซาร์โคพลาสมิกเรติคูลัม (sarcoplasmic reticulum; SR) ออกมาในไซโทพลาซึม



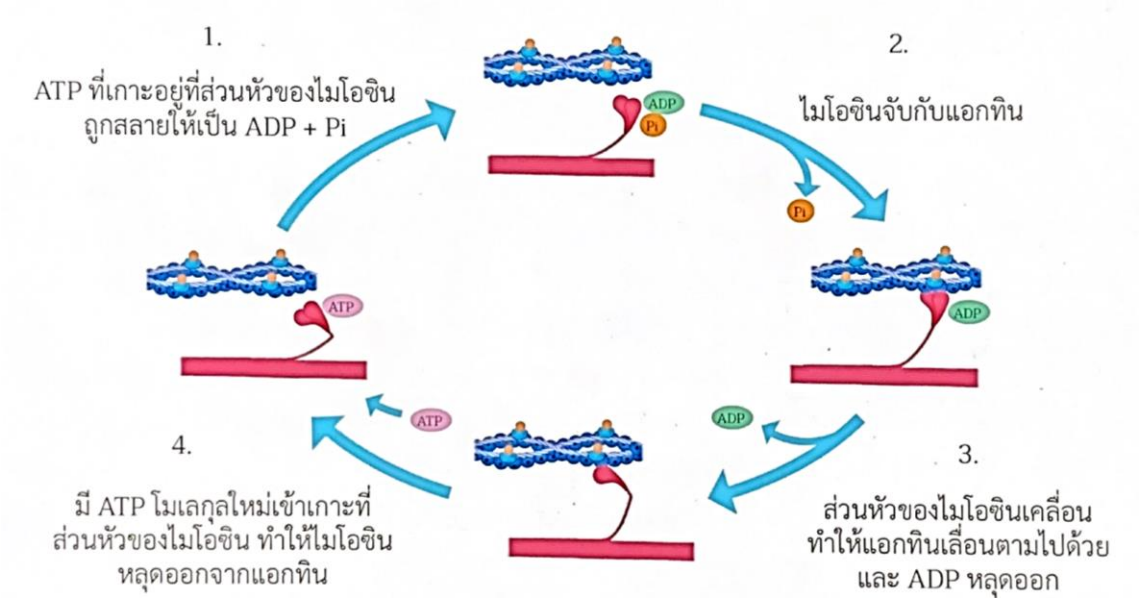
การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

- ถ้าไม่มีการกระตุ้นโดยเซลล์ประสาท ไมโอซินไม่สามารถจับกับแอกทินได้เนื่องจากที่แอกทินมีโปรตีนควบคุมขัดขวางอยู่
- เมื่อระดับแคลเซียมสูงขึ้นจนเหมาะสม แคลเซียมไอออนจะไปจับกับโปรตีนควบคุมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง ซึ่งทำให้ไมโอซินมาจับกับแอกทินได้



การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

- การที่ไมโอซินที่ได้รับ ATP สามารถจับกับแอกทินทำให้เกิดการเลื่อนของแอกทิน
- ซึ่งการเลื่อนของแอกทินจะเกิดขึ้นซ้ำ ๆ ทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ



- เมื่อไม่มีการกระตุ้นจากเซลล์ประสาท แคลเซียมไอออนจะถูกดึงกลับสู่ SR โดยแคลเซียมปั๊ม ซึ่งต้องใช้ ATP
- การลดลงของระดับแคลเซียมนี้ทำให้โปรตีนควบคุมกลับไปที่ตำแหน่งเดิมที่ขวางการเข้าจับของไมโอซิน ไมโอซินจึงไม่สามารถจับกับแอกทินได้ กล้ามเนื้อจึงคลายตัว

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

ตะคริวเป็นอาการเกร็งตัวหรือหดเกร็งของกล้ามเนื้อ เพราะเหตุใดถ้ามีการออกกำลังกายหนักจึงอาจเป็นตะคริวได้