



คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่

# ชีววิทยา เล่ม ๕

# ๖

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑







คู่มือครู

# รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

## ชีววิทยา

ชั้น

## มัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

ฉบับเผยแพร่ เมษายน พ.ศ. ๒๕๖๓

# คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้รับมอบหมายจากกระทรวงศึกษาธิการในการพัฒนามาตรฐานและตัวชี้วัดของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และยังมีบทบาทหน้าที่ในการรับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดทำหนังสือเรียน คู่มือครู แบบฝึกทักษะ กิจกรรม และสื่อการเรียนรู้ตลอดจนวิธีการจัดการเรียนรู้และการวัดและการประเมินผล เพื่อให้การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕ นี้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการใช้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕ โดยครอบคลุมเนื้อหาตามผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ในสาระชีววิทยา โดยมีตารางวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ เพื่อการจัดทำหน่วยการเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติม มีแนวการจัดการเรียนรู้ การให้ความรู้เพิ่มเติมที่จำเป็นสำหรับครูผู้สอน รวมทั้งการเฉลยคำตอบและแบบฝึกหัดในหนังสือเรียน

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือครูเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ และเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ บุคลากรทางการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำไว้ ณ โอกาสนี้

(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
กระทรวงศึกษาธิการ

# คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้ออกไปกับการใช้งาน ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไป โรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. ได้มีการจัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน และเพื่อให้ครูผู้สอนสามารถสอนและจัดกิจกรรมต่าง ๆ ตามหนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้จัดทำคู่มือครูสำหรับใช้ประกอบหนังสือเรียนดังกล่าว

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕ นี้ ได้บอกแนวการจัดการเรียนการสอนตามเนื้อหาในหนังสือเรียนเกี่ยวกับ ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต ระบบต่อมไร้ท่อ ระบบสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต และพฤติกรรมของสัตว์ ซึ่งครูผู้สอนสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ให้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยสามารถนำไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ตามความเหมาะสมและความพร้อมของโรงเรียน ในการจัดทำคู่มือครูเล่มนี้ ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒินักวิชาการอิสระคณาจารย์ รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สอน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้คู่มือครูเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง

## ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้คู่มือครู

วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ รวมทั้งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาผลผลิตต่าง ๆ ที่ใช้ในการอำนวยความสะดวกทั้งในชีวิตและการทำงาน นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ยังช่วยพัฒนาวิธีคิดและทำให้มีทักษะที่จำเป็นในการตัดสินใจและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีความรู้และทักษะที่สำคัญตามเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญยิ่ง ซึ่งเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในลักษณะ ขอบเขต และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้เกิดทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
5. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่า
7. เพื่อให้มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์

คู่มือครูเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นควบคู่กับหนังสือเรียน สำหรับให้ครูได้ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้และมีทักษะที่สำคัญตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหนังสือเรียน ซึ่งสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ รวมทั้งมีสื่อการเรียนรู้ในเว็บไซต์ที่สามารถเชื่อมโยงได้จาก QR code หรือ URL ที่อยู่ประจำแต่ละบท ซึ่งครูสามารถใช้ส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ อย่างไรก็ตามครูอาจพิจารณาตัดแปลงหรือเพิ่มเติมการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียนได้ โดยคู่มือครูมีองค์ประกอบหลักดังต่อไปนี้

### ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้เป็นผลลัพธ์ที่ควรเกิดกับนักเรียนทั้งด้านความรู้และทักษะ ซึ่งช่วยให้ครูได้ทราบเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ในแต่ละเนื้อหาและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับ

ผลการเรียนรู้ได้ ทั้งนี้ครูอาจเพิ่มเติมเนื้อหาหรือทักษะตามศักยภาพของนักเรียน รวมทั้งอาจสอดแทรกเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับท้องถิ่น เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้นได้

### **การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้**

การวิเคราะห์ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และ จิตวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละผลการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้

### **ผังมโนทัศน์**

แผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดหลัก ความคิดรอง และความคิดย่อย เพื่อช่วยให้ครูเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาภายในบทเรียน

### **สาระสำคัญ**

การสรุปเนื้อหาสำคัญของบทเรียน เพื่อช่วยให้ครูเห็นกรอบเนื้อหาทั้งหมด รวมทั้งลำดับของเนื้อหาในบทเรียนนั้น

### **เวลาที่ใช้**

เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งครูอาจดำเนินการตามข้อเสนอแนะที่กำหนดไว้ หรืออาจปรับเวลาได้ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

### **ความรู้ก่อนเรียน**

คำสำคัญหรือข้อความที่เป็นความรู้พื้นฐาน ซึ่งนักเรียนควรมีก่อนที่จะเรียนรู้เนื้อหาในบทเรียนนั้น

### **ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน**

ชุดคำถามและเฉลยที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียนตามที่ระบุไว้ในหนังสือเรียน เพื่อให้ครูได้ตรวจสอบและทบทวนความรู้ให้นักเรียนก่อนเริ่มกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละบทเรียน

การจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้ออาจมีองค์ประกอบแตกต่างกัน โดยรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบมีดังนี้

#### **- จุดประสงค์การเรียนรู้**

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้ หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งสามารถวัดและประเมินผลได้ ทั้งนี้ครูอาจตั้งจุดประสงค์เพิ่มเติมจากที่ให้ไว้ ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

- **ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น**  
เนื้อหาที่นักเรียนอาจเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่พบบ่อย ซึ่งเป็นข้อมูลให้ครูได้พึงระวังหรืออาจเน้นย้ำในประเด็นดังกล่าวเพื่อป้องกันการเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้
- **แนวการจัดการเรียนรู้**  
แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยมีการนำเสนอทั้งในส่วนของเนื้อหาและกิจกรรมเป็นขั้นตอนอย่างละเอียด ทั้งนี้ครูอาจปรับหรือเพิ่มเติมกิจกรรมจากที่ให้ได้ตามความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละห้องเรียน

## กิจกรรม

การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสาธิต การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งควรให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง โดยองค์ประกอบของกิจกรรมมีรายละเอียดดังนี้

- **จุดประสงค์**  
เป้าหมายที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมนั้น
- **วัสดุและอุปกรณ์**  
รายการวัสดุ อุปกรณ์ หรือสารเคมี ที่ต้องใช้ในการทำกิจกรรม ซึ่งครูควรเตรียมให้เพียงพอสำหรับการจัดกิจกรรม
- **การเตรียมล่วงหน้า**  
ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่ครูต้องเตรียมล่วงหน้าสำหรับการจัดกิจกรรม เช่น การเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ การเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิต
- **ข้อเสนอแนะสำหรับครู**  
ข้อมูลที่ให้ครูแจ้งต่อนักเรียนให้ทราบถึงข้อควรระวัง ข้อควรปฏิบัติ หรือข้อมูลเพิ่มเติมในการทำกิจกรรมนั้น ๆ
- **ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม**  
ตัวอย่างผลการทดลอง การสาธิต การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ เพื่อให้ครูใช้เป็นข้อมูลสำหรับตรวจสอบผลการทำกิจกรรมของนักเรียน
- **อภิปรายและสรุปผล**  
ตัวอย่างข้อมูลที่ควรได้จากกรอภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม ซึ่งครูอาจใช้คำถามท้ายกิจกรรมหรือคำถามเพิ่มเติม เพื่อช่วยให้นักเรียนอภิปรายในประเด็นที่ต้องการ รวมทั้งช่วยกระตุ้นให้นักเรียนช่วยกันคิดและอภิปรายถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้ผลของกิจกรรมเป็นไปตามที่คาดหวัง หรืออาจไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง

นอกจากนี้อาจมีความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู เพื่อให้ครูมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งไม่ควรนำไปเพิ่มเติมให้นักเรียน เพราะเป็นส่วนที่เสริมจากเนื้อหาที่มีในหนังสือเรียน



## แนวทางการวัดและประเมินผล

แนวทางการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งประเมินทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ควรเกิดขึ้นหลังจากได้เรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ผลที่ได้จากการประเมินจะช่วยให้ครูทราบถึงความสำเร็จของการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียน

เครื่องมือวัดและประเมินผลมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น แบบทดสอบรูปแบบต่าง ๆ แบบประเมินทักษะ แบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูอาจเลือกใช้เครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผลจากเครื่องมือมาตรฐานที่มีผู้พัฒนาไว้แล้ว ดัดแปลงจากเครื่องมือที่ผู้อื่นทำไว้แล้ว หรือสร้างเครื่องมือใหม่ขึ้นเอง ตัวอย่างของเครื่องมือวัดและประเมินผล ดังภาคผนวก

## เฉลยคำถาม

แนวคำตอบของคำถามระหว่างเรียนและคำถามท้ายบทเรียนในหนังสือเรียน เพื่อให้ครูใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบการตอบคำถามของนักเรียน

### - เฉลยคำถามระหว่างเรียน

แนวคำตอบของคำถามระหว่างเรียนซึ่งมีทั้งคำถามชวนคิด ตรวจสอบความเข้าใจ และแบบฝึกหัด ทั้งนี้ครูควรใช้คำถามระหว่างเรียนเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนก่อนเริ่มเนื้อหาใหม่ เพื่อให้สามารถปรับการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมต่อไป

### - เฉลยคำถามท้ายบทเรียน

แนวคำตอบของแบบฝึกหัดท้ายบท ซึ่งครูควรใช้คำถามท้ายบทเรียนเพื่อตรวจสอบว่า หลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว นักเรียนยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องใด เพื่อให้สามารถวางแผนการทบทวนหรือเน้นย้ำเนื้อหาให้กับนักเรียนก่อนการทดสอบได้

## 18

## ระบบประสาท

18	ระบบประสาท	1
	ผลการเรียนรู้	1
	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	2
	ผังมโนทัศน์	8
	สาระสำคัญ	10
	เวลาที่ใช้	11
	เฉลยตรวจสอบความรู้อก่อนเรียน	12
18.1	การรับรู้และการตอบสนองของสัตว์	13
18.2	โครงสร้างและการทำงานของเซลล์	17
18.3	ศูนย์ควบคุมระบบประสาทของมนุษย์	28
18.4	การทำงานของระบบประสาท	37
18.5	อวัยวะรับความรู้สึก	44
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 18	61

## 19

การเคลื่อนที่  
ของสิ่งมีชีวิต

19	การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต	67
	ผลการเรียนรู้	67
	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	68
	ผังมโนทัศน์	70
	สาระสำคัญ	72
	เวลาที่ใช้	72
	เฉลยตรวจสอบความรู้อก่อนเรียน	73
19.1	การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว	74
19.2	การเคลื่อนที่ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	75
19.3	การเคลื่อนที่ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง	80
19.4	การเคลื่อนที่ของมนุษย์	85
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 19	96

## 20

## ระบบต่อมไร้ท่อ

20	ระบบต่อมไร้ท่อ	99
	ผลการเรียนรู้	99
	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	100
	ผังมโนทัศน์	102
	สาระสำคัญ	104
	เวลาที่ใช้	104
	เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	105
20.1	การทำงานร่วมกันของระบบต่อมไร้ท่อและระบบประสาท	106
20.2	ต่อมไร้ท่อ	108
20.3	ฮอร์โมนและการทำงานของฮอร์โมน	111
20.4	การรักษาสมดุลของฮอร์โมน	128
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 20	141

## 21

## ระบบสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต

21	ระบบสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต	149
	ผลการเรียนรู้	149
	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	150
	ผังมโนทัศน์	152
	สาระสำคัญ	154
	เวลาที่ใช้	155
	เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	156
21.1	การสืบพันธุ์ของสัตว์	157
21.2	การสืบพันธุ์ของมนุษย์	167
21.3	การเจริญเติบโตของสัตว์	182
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 21	196

## 22

## พฤติกรรมของสัตว์

22	พฤติกรรมของสัตว์	209
	ผลการเรียนรู้	209
	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	210
	ผังมโนทัศน์	212
	สาระสำคัญ	214
	เวลาที่ใช้	214
	เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	215
22.1	การศึกษาพฤติกรรมของสัตว์	216
22.2	กลไกการเกิดพฤติกรรม	219
22.3	ประเภทพฤติกรรมของสัตว์	222
22.4	ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมและ วิวัฒนาการของระบบประสาท	243
22.5	การสื่อสารระหว่างสัตว์	251
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 22	260

## ภาคผนวก

	ตัวอย่างเครื่องมือวัดและประเมินผล	270
--	-----------------------------------	-----

	บรรณานุกรม	282
	คณะกรรมการจัดทำคู่มือครู	286

บทที่

18

| ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก

[ipst.me/10783](https://ipst.me/10783)

### ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทของไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน กุ้ง หอย แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง
2. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท
3. อธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาทและกลไกการถ่ายทอดกระแสประสาท
4. อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก
5. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนต่างๆ ในสมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง สมองส่วนหลัง และไขสันหลัง
6. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างการทำงานของระบบประสาทโซมาติกและระบบประสาทอัตโนมัติ
7. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนังของมนุษย์ ยกตัวอย่างโรคต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และบอกแนวทางในการดูแลป้องกันและรักษา
8. สังเกต และอธิบายการหาตำแหน่งของจุดบอด โฟเวีย และความไวในการรับสัมผัสของผิวหนัง

## การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

### ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทของไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน กุ้ง หอย แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทของไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน กุ้ง หอย แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การจำแนกประเภท</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>2. ความมีเหตุผล</li> </ol>

**ผลการเรียนรู้**

- อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

- อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท
- ระบุชนิดของเซลล์ประสาทที่จำแนกตามจำนวนเส้นใยประสาทและหน้าที่

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
<ol style="list-style-type: none"> <li>การสังเกต</li> <li>การจำแนกประเภท</li> <li>การลงความเห็นจากข้อมูล</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ความมีเหตุผล</li> <li>ความมุ่งมั่นอดทน</li> </ol>

**ผลการเรียนรู้**

- อธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาท และการถ่ายทอดกระแสประสาท

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

- อธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาท
- อธิบายเกี่ยวกับกลไกการเกิดกระแสประสาทและการถ่ายทอดกระแสประสาท

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
<ol style="list-style-type: none"> <li>การจำแนกประเภท</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ความมุ่งมั่นอดทน</li> <li>ความมีเหตุผล</li> </ol>

### ผลการเรียนรู้

4. อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การจำแนกประเภท	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา	1. ความมุ่งมั่นอดทน

### ผลการเรียนรู้

5. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนต่างๆ ในสมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง สมองส่วนหลัง และไขสันหลัง

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนต่างๆ ของสมอง และไขสันหลัง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การจำแนกประเภท	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา	1. ความมุ่งมั่นอดทน 2. ความมีเหตุผล



### ผลการเรียนรู้

- สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างการทำงานของระบบประสาทโซมาติก และระบบประสาทอัตโนมัติ

### จุดประสงค์การเรียนรู้

- สืบค้นข้อมูล อธิบายการทำงานของระบบประสาทโซมาติกและระบบประสาทอัตโนมัติ
- เปรียบเทียบและยกตัวอย่างการทำงานของระบบประสาทโซมาติกและระบบประสาทอัตโนมัติ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
<ol style="list-style-type: none"> <li>การสังเกต</li> <li>การจำแนกประเภท</li> <li>การลงความเห็นจากข้อมูล</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ความมุ่งมั่นอดทน</li> <li>ความมีเหตุผล</li> </ol>

### ผลการเรียนรู้

7. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนังของมนุษย์ ยกตัวอย่างโรคต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และบอกแนวทางในการดูแลป้องกันและรักษา
8. สังเกต และอธิบายการหาตำแหน่งของจุดบอด โฟเวียและความไวในการสัมผัสของผิวหนัง

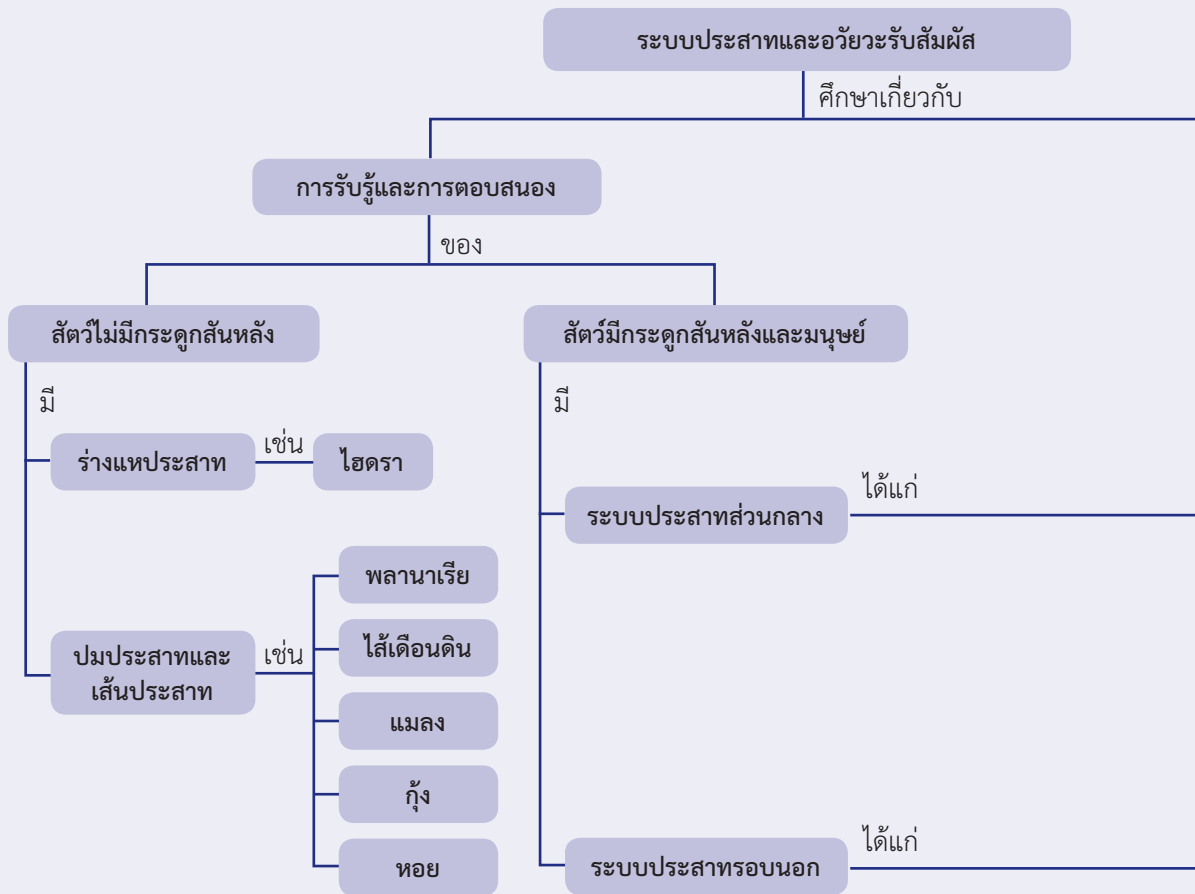
### จุดประสงค์การเรียนรู้

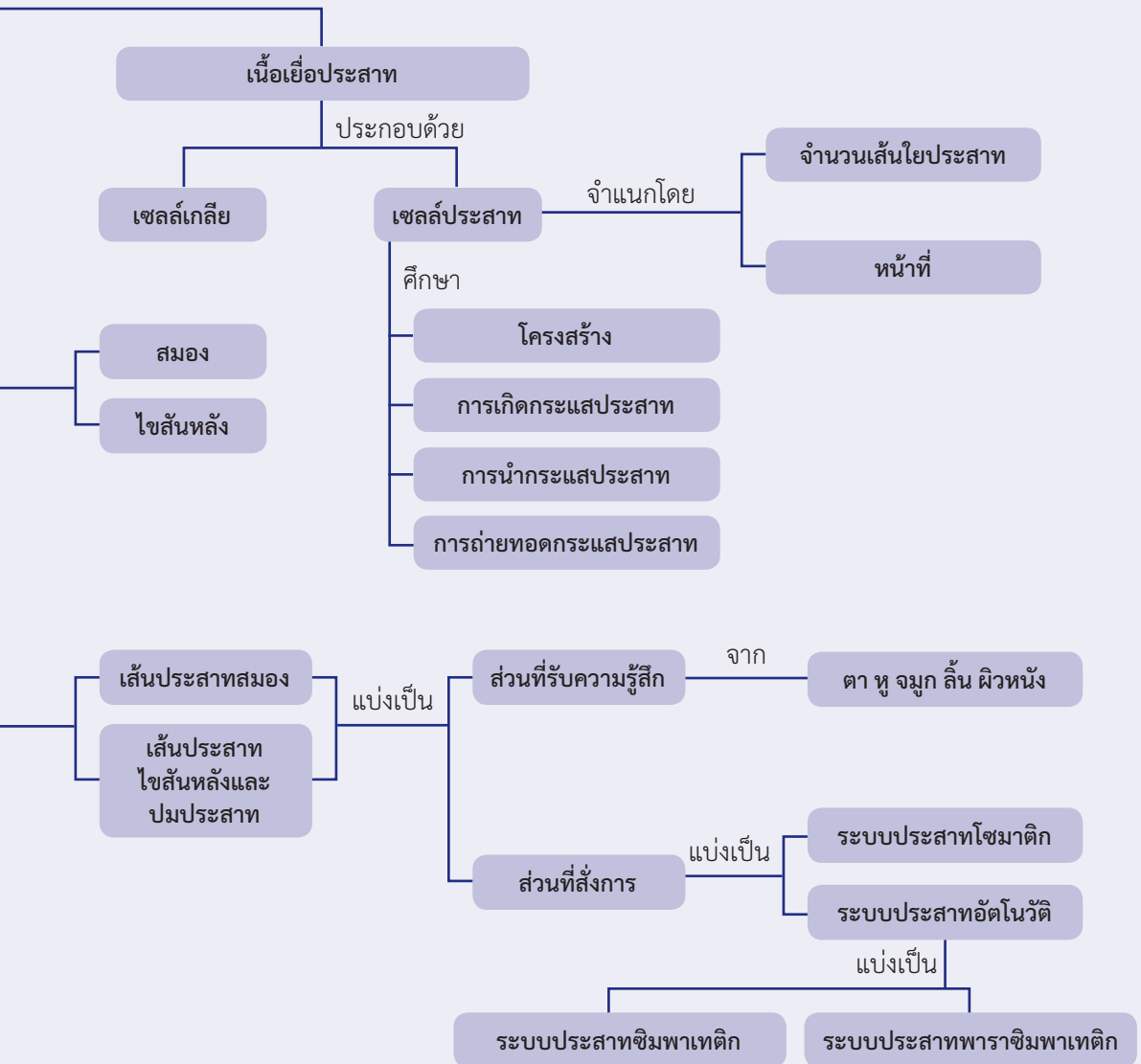
1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของตา
2. สังเกตและอธิบายการหาตำแหน่งของจุดบอดและโฟเวีย
3. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของหู
4. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของจมูก
5. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของลิ้น
6. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของผิวหนัง
7. สังเกตและอธิบายความไวในการสัมผัสของผิวหนังในแต่ละบริเวณ
8. สืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างโรคที่เกี่ยวข้องกับตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง และนำความรู้มาใช้ในการดูแลรักษาและป้องกันอันตรายต่ออวัยวะรับความรู้สึกต่างๆ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การลงความเห็นจากข้อมูล</li> <li>3. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>2. ความมุ่งมั่น</li> </ol>



## ผังมโนทัศน์ บทที่ 18





## สาระสำคัญ

สัตว์รับรู้และตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้เพราะมีระบบประสาท การตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสัตว์แต่ละกลุ่มขึ้นอยู่กับการพัฒนาของระบบประสาท เช่น สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิดมีร่างแหประสาท บางชนิดมีปมประสาทและเส้นประสาทขนาดใหญ่ ขณะที่สัตว์มีกระดูกสันหลังและมนุษย์มีสมอง ไขสันหลัง เส้นประสาท และปมประสาท

โครงสร้างของระบบประสาทประกอบด้วยเนื้อเยื่อประสาท โดยมีเซลล์ประสาทเป็นหน่วยการทำงาน และมีเซลล์เกลียทำหน้าที่ค้ำจุนและสนับสนุนการทำงานของเซลล์ประสาท เซลล์ประสาทประกอบด้วยตัวเซลล์ และเส้นใยประสาทที่แบ่งได้ 2 ชนิด คือ เดนไดรต์ และแอกซอน โดยแอกซอนอาจมีหรือไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม เซลล์ประสาทยังจำแนกได้ตามจำนวนเส้นใยประสาท หรือหน้าที่ของเซลล์ประสาท

ในภาวะปกติที่เซลล์ประสาทยังไม่ถูกสิ่งเร้ากระตุ้นจะมีศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์ในระยะพักซึ่งค่าศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์ภายในเซลล์จะต่ำกว่าภายนอกเซลล์ โดยการทำงานของโซเดียมโพแทสเซียมปั๊ม และช่องไอออนที่ไม่มีประจุ

เมื่อเซลล์ประสาทถูกกระตุ้นถึงระดับเทรชโฮลด์จะเกิดกระแสประสาทหรือแอกซันโพเทนเชียล โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์บริเวณแอกซอน มีการเคลื่อนที่เข้าและออกของไอออนบางชนิดผ่านช่องไอออนที่มีประจุทำให้ศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์ภายในเซลล์สูงกว่าภายนอกเซลล์ และลดต่ำลงอย่างรวดเร็วจนเข้าสู่ระยะพัก กระแสประสาทจะเกิดขึ้นต่อเนื่องไปเรื่อยๆ จนถึงปลายแอกซอนแอกซอนที่มีเยื่อไมอีลินหุ้มจะมีการนำกระแสประสาทได้เร็วกว่าที่ไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม กระแสประสาทสามารถถ่ายทอดไปยังเซลล์ประสาทหรือเซลล์อื่น ๆ ได้โดยผ่านไซแนปส์

ศูนย์ควบคุมระบบประสาทในสัตว์มีกระดูกสันหลังและมนุษย์เกิดจากการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก ระบบประสาทส่วนกลาง ได้แก่ สมองและไขสันหลัง ในมนุษย์สมองมีการพัฒนาโดยแบ่งเป็นส่วน ๆ แต่ละส่วนแม้จะมีหน้าที่ต่างกันแต่ทำงานสัมพันธ์กัน ส่วนไขสันหลังทำหน้าที่ประมวลผลการตอบสนองต่างๆ เช่น การเกิดรีเฟล็กซ์ และการถ่ายทอดกระแสประสาทระหว่างไขสันหลังกับสมอง ทั้งสมองและไขสันหลังจะมีเส้นประสาทสมองและเส้นประสาทไขสันหลังเชื่อมโยงระหว่างหน่วยรับความรู้สึกกับหน่วยปฏิบัติงาน ส่วนระบบประสาทรอบนอกแบ่งได้เป็นระบบประสาทโซมาติกควบคุมหน่วยปฏิบัติงานที่บังคับได้และระบบประสาทอัตโนมัติควบคุมหน่วยปฏิบัติงานที่บังคับไม่ได้

อวัยวะรับความรู้สึกของมนุษย์ ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง มีหน่วยรับความรู้สึก เมื่อมีสิ่งเร้ามากกระตุ้นจะส่งกระแสประสาทไปยังระบบประสาทส่วนกลางเพื่อประมวลผลและแปลความหมายเป็นการรับรู้ต่อสิ่งเร้าทำให้เกิดการตอบสนองได้อย่างเหมาะสม

### เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ 16 ชั่วโมง

18.1 การรับรู้และการตอบสนองของสัตว์	2 ชั่วโมง
18.2 โครงสร้างและการทำงานของเซลล์ประสาท	6 ชั่วโมง
18.3 ศูนย์ควบคุมระบบประสาทของมนุษย์	2 ชั่วโมง
18.4 การทำงานของระบบประสาท	2 ชั่วโมง
18.5 อวัยวะรับความรู้สึก	4 ชั่วโมง
<b>รวม</b>	<b>16 ชั่วโมง</b>



### เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนใส่เครื่องหมายถูก (✓) หรือผิด (×) หน้าข้อความตามความเข้าใจของนักเรียน

1. เซลล์ประสาทประกอบด้วยตัวเซลล์และเส้นใยประสาท
2. ศูนย์กลางของระบบประสาทของสัตว์มีกระดูกสันหลังประกอบด้วยสมองและไขสันหลัง
3. เดนไดรต์เป็นเส้นใยประสาทที่ทำหน้าที่รับกระแสประสาท ขณะที่แอกซอนทำหน้าที่ส่งกระแสประสาท
4. การถ่ายทอดกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาทกับเซลล์ประสาทหรือเซลล์อื่น ๆ ส่วนใหญ่ต้องใช้สารสื่อประสาท
5. ไซแนปส์เป็นบริเวณที่อยู่ชิดกันระหว่างปลายแอกซอนของเซลล์ประสาทเซลล์หนึ่งกับตัวเซลล์หรือส่วนของเดนไดรต์ของเซลล์ประสาทอีกเซลล์หนึ่ง
6. การเกิดรีเฟล็กซ์ของการกระตุกขาเมื่อเคาะที่เอ็นใต้หัวเข่าถูกควบคุมด้วยไขสันหลังและสมอง
7. ทาลามัสควบคุมสมดุลของน้ำในร่างกาย
8. ลิ่นแต่ละส่วนสามารถรับรสได้เพียงรสเดียวเท่านั้น
9. ผู้ที่มีสายตาสั้นแก้ไขให้มองเห็นภาพชัดเป็นปกติได้โดยการใส่แว่นที่มีเลนส์นูน ส่วนผู้ที่มีสายตายาวแก้ไขได้โดยการใส่แว่นที่มีเลนส์เว้า
10. ซีโคล คือผิวหนังที่หลุดลอกจากผิวหนังชั้นหนังกำพวด



## แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษารูปนำบทในหนังสือเรียน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการที่จะเล่นเปียโนได้เกิดจากการควบคุมของระบบประสาทซึ่งประกอบด้วยสมอง ไขสันหลัง เส้นประสาท และปมประสาท ที่ทำหน้าที่รับรู้สิ่งเร้าจากภายในร่างกายและภายนอกร่างกาย ไปประมวลผลแล้วนำคำสั่งไปยังหน่วยปฏิบัติงานให้เกิดการตอบสนองเพื่อทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้เป็นปกติ หรืออาจนำบทความเกี่ยวกับความผิดปกติของสมอง หรือไขสันหลังซึ่งทำให้ไม่สามารถควบคุมร่างกายได้ เช่น โรคลัลไซเมอร์ โรควาร์กินสัน ผู้ป่วยอัมพาตที่เกิดจากความเสียหายของกระดูกสันหลัง เป็นต้น เพื่อให้นักเรียนเห็นความสำคัญของระบบประสาทที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของร่างกายและทบทวนความรู้เรื่องระบบประสาทที่ได้ศึกษามาแล้วจากชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จากนั้นครูใช้คำถามในหนังสือเรียนว่า **กลไกการรับรู้และตอบสนองดังกล่าวเกิดขึ้นได้อย่างไร และมีโครงสร้างหรืออวัยวะใดเกี่ยวข้องบ้าง** เพื่อเข้าสู่เนื้อหาต่อไป

## 18.1 การรับรู้และการตอบสนองของสัตว์

### จุดประสงค์การเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทของไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน กุ้ง หอย แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูอาจให้นักเรียนตีแขนเพื่อนที่นั่งด้านข้าง โดยไม่ให้เพื่อนรู้ตัวแล้วสังเกตการตอบสนองหรือถามความรู้สึกของเพื่อน โดยใช้คำถามดังนี้

- เพื่อนของนักเรียนรู้สึกและมีการตอบสนองอย่างไร และการตอบสนองนั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร

คำตอบของนักเรียนอาจมีได้หลากหลาย เช่น รู้สึกเจ็บเมื่อถูกตีและมีการตอบสนอง เช่น ร้อง ซึ่งเกิดจากการทำงานของระบบประสาท จากนั้นครูเพิ่มเติมความรู้ให้นักเรียนว่า การตอบสนองเกิดขึ้นจากการมีสิ่งเร้าคือ การตีแขน และผิวหนังบริเวณที่ถูกตีมีหน่วยรับความรู้สึก การตอบสนองโดยการหดแขนหนีเป็นการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่าง เรียกว่า หน่วยปฏิบัติงาน ความรู้สึกเจ็บบริเวณที่ถูกตีเป็นผลมาจากการประมวลผลโดยสมอง โดยกระบวนการดังกล่าวเรียกว่า การรับรู้และการตอบสนอง จากนั้นครูใช้คำถามเพิ่มเติมว่า

- การรับรู้และการตอบสนองต่อสิ่งเร้ามีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร

คำตอบอาจมีได้หลากหลาย เช่น ทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถหาอาหารได้ หลบหลีกศัตรูได้ แต่ครูควรสรุปว่าการรับรู้และการตอบสนองต่อสิ่งเร้าทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตและสามารถอยู่รอดได้

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 18.1 ในหนังสือเรียนและสรุปร่วมกันว่าสิ่งมีชีวิตจะตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้ต้องมีองค์ประกอบ คือ หน่วยรับความรู้สึก เซลล์ประสาทรับความรู้สึก หน่วยประมวลผล เซลล์ประสาทสั่งการ และหน่วยปฏิบัติงาน นอกจากนี้ในบางกรณีระบบประสาทยังทำงานร่วมกับระบบต่อมไร้ท่ออีกด้วย


### 18.1.1 การตอบสนองของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

ครูตั้งคำถามเกี่ยวกับการตอบสนองของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ดังนี้

- สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น ไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง กุ้ง และหอย มีการตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้อย่างไร

การตอบคำถามข้างต้น ครูอาจให้นักเรียนศึกษาจากไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน ที่ยังมีชีวิตโดยให้นักเรียนทดสอบโดยใช้ปลายเข็มแตะตามบริเวณต่างๆ เช่น ที่เทนทาเคิลของไฮดรา หรือสันภาชนะที่ไส้ไฮดราให้สะท้อน แล้วให้ทำการทดลองซ้ำกับพลานาเรีย ไส้เดือนดิน บันทึกผลการสังเกต หรือครูให้นักเรียนศึกษารูป 18.2 - 18.4 ในหนังสือเรียนแล้วให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมแล้วร่วมกันอภิปราย โดยใช้คำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

**?** ไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง กุ้ง และหอยมีโครงสร้างของระบบประสาทแตกต่างกันอย่างไร

 ไฮดรา มีร่างแหประสาทที่มีเซลล์ประสาทเชื่อมโยงถึงกันทำให้เมื่อมีการตอบสนองต่อสิ่งเร้า จะตอบสนองโดยการหดทั้งตัว ส่วนพลานาเรียมีเซลล์ประสาทที่รวมกันเป็นกลุ่มบริเวณหัว เรียกว่าปมประสาท และมีเส้นประสาทขนาดใหญ่ยาวขนานไปตามลำตัวและเส้นประสาทตามขวาง ทำให้สามารถตอบสนองเฉพาะส่วนของร่างกายตรงบริเวณที่มีสิ่งเร้ามากระตุ้น สำหรับไส้เดือนดิน แมลง กุ้ง และหอย ระบบประสาทเริ่มมีการพัฒนาขึ้น ปมประสาทมีขนาดใหญ่ขึ้นทำหน้าที่เป็นสมองอยู่บริเวณหัว และมีเส้นประสาทขนาดใหญ่ด้านท้องที่มีปมประสาทอยู่เป็นระยะๆ ตามความยาวลำตัว แต่สัตว์ในกลุ่มหอยและหมีก้นนอกจากจะมีปมประสาทอยู่ที่หัวแล้วยังมีอยู่ที่อวัยวะภายในและบริเวณเท้า

**?** การที่ฟลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง กุ้ง และหอย มีปมประสาทอยู่บริเวณหัวมีผลต่อการรับรู้และการตอบสนองอย่างไร



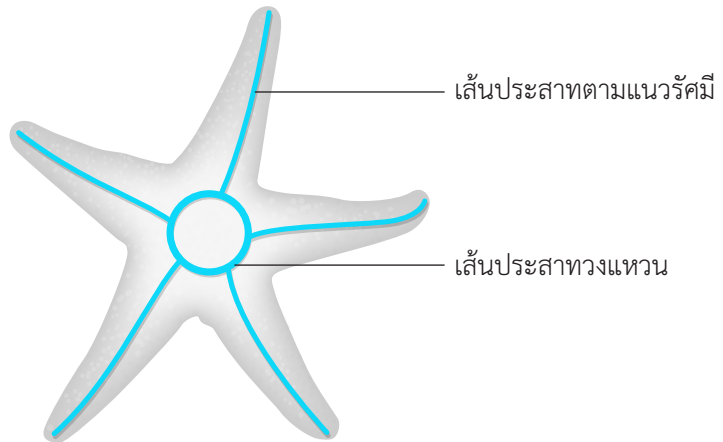
การมีปมประสาทที่บริเวณหัวมีผลต่อการรับรู้เนื่องจากสัตว์ส่วนใหญ่เคลื่อนที่ไปทางด้านหัว จึงรับสิ่งเร้าได้ก่อนและตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ



สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังชนิดอื่นมีระบบประสาทที่มีโครงสร้างแบบอื่นอีกหรือไม่ อย่างไร



ตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น ดาวทะเล มีระบบประสาทแบบวงแหวน โดยมีเส้นประสาทวงแหวน (nerve ring) อยู่บริเวณปากกลางลำตัวและมีเส้นประสาทตามแนวรัศมี (radial nerve) เชื่อมต่อเป็นแขนงออกมาจากเส้นประสาทวงแหวนยื่นยาวออกไปตามแขนแต่ละข้าง ดังรูป



ระบบประสาทของดาวทะเล

### 18.1.2 การตอบสนองของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

ดังนี้

ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการตอบสนองของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

- นักเรียนคิดว่าสัตว์มีกระดูกสันหลังมีระบบประสาทที่ทำให้มีการตอบสนองต่อสิ่งเร้าเหมือนกับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหรือไม่ อย่างไร

นักเรียนอาจแสดงความคิดเห็นได้หลากหลาย แต่ครูจะยังไม่สรุป ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากหนังสือเรียนหรือแหล่งการเรียนรู้อื่น ๆ และให้นักเรียนศึกษาตำแหน่งของสมอง ไขสันหลัง

เส้นประสาทและปมประสาทจากรูป 18.5 ในหนังสือเรียน เพื่อให้นักเรียนเห็นว่าระบบประสาทของสัตว์มีกระดูกสันหลังโดยเฉพาะมนุษย์มีการพัฒนามาก โดยระบบประสาททั้งหมดและส่วนที่รับความรู้สึกต่าง ๆ ส่วนใหญ่อยู่บริเวณหัว ซึ่งมีเซลล์ประสาทจำนวนมากทำหน้าที่รับความรู้สึก ประสานงาน และตอบสนองต่อสิ่งเร้า

ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าสมองและไขสันหลัง คือ กลุ่มของเซลล์ประสาทจำนวนมากที่อยู่รวมกัน และมีเส้นประสาทแยกออกมาจากสมองและไขสันหลัง เซลล์ประสาทจัดเป็นหน่วยงานขนาดเล็กที่สุดของระบบประสาท โดยระบบประสาทของมนุษย์แบ่งเป็น 2 ระบบ คือ ระบบประสาทส่วนกลาง (CNS) และระบบประสาทรอบนอก (PNS) ครูใช้คำถามในหนังสือเรียนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจว่า โครงสร้างของระบบประสาทมีอะไรบ้างและสามารถทำงานได้อย่างไร เพื่อเข้าสู่หัวข้อต่อไป

### แนวการวัดและประเมินผล

#### ด้านความรู้

- โครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทของไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง กุ้ง หอย สัตว์มีกระดูกสันหลัง จากการสืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ การทำแบบฝึกหัด และแบบทดสอบ

#### ด้านทักษะ

- การสังเกต การจำแนกประเภท จากการอธิบายและการเปรียบเทียบ
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการอธิบาย อภิปราย การตอบคำถาม และการสืบค้นข้อมูล

#### ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็น ความมีเหตุผล จากการตอบคำถามและการอธิบาย

## 18.2 โครงสร้างและการทำงานของเซลล์ประสาท



### จุดประสงค์การเรียนรู้



1. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท
2. ระบุชนิดของเซลล์ประสาทที่จำแนกตามจำนวนเส้นใยประสาทและหน้าที่
3. อธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาท
4. อธิบายเกี่ยวกับกลไกการเกิดกระแสประสาทและการถ่ายทอดกระแสประสาท

### แนวการจัดการเรียนรู้

#### 18.2.1 เนื้อเยื่อประสาท

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษารูปร่าง ลักษณะของเซลล์ประสาทจากสไลด์ถาวร วิดีทัศน์ หรือรูป 18.6 ในหนังสือเรียน โดยเปรียบเทียบกับเซลล์อื่นๆ ที่นักเรียนเคยศึกษามาแล้ว เช่น เซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เซลล์เยื่อข้างแก้ว จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับโครงสร้างของระบบประสาท ในหนังสือเรียน หรือแหล่งการเรียนรู้อื่นๆ แล้วตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

 เซลล์ประสาทมีโครงสร้างเหมือนหรือแตกต่างจากเซลล์อื่นๆ ของร่างกายหรือไม่ อย่างไร  
 โครงสร้างที่เหมือนกับเซลล์อื่นๆ ของร่างกายคือ คือ มีเยื่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม นิวเคลียส และออร์แกเนลล์ต่างๆ  
 โครงสร้างที่แตกต่าง คือ มีรูปร่างแตกต่างจากเซลล์อื่นๆ ของร่างกาย คือ เซลล์ประสาท มีเส้นใยประสาทยื่นออกมาจากตัวเซลล์

 ลักษณะของเซลล์ประสาทมีความสัมพันธ์กับการทำงานหรือไม่ อย่างไร  
 การที่เซลล์ประสาทมีเส้นใยประสาทยื่นออกมาจากตัวเซลล์ ทำให้เหมาะสมในการรับและส่งกระแสประสาทไปยังเซลล์ประสาทอื่น และเซลล์อื่นๆ ที่อยู่ห่างไกลออกไป

ครูสรุปว่าโครงสร้างของเซลล์ประสาทมีรูปร่างแตกต่างจากเซลล์อื่นๆ โดยเซลล์ประสาทประกอบด้วยตัวเซลล์ เส้นใยประสาทซึ่งประกอบด้วยแอกซอน และเดนไดรต์

ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าเซลล์ประสาทในรูป 18.6 ก. ในหนังสือเรียนบริเวณแอกซอนที่ยื่นยาวออกมาเป็นแอกซอนที่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม และมีโนดออฟรานเวียร์อยู่เป็นระยะ ครูควรเน้นให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างแอกซอนกับเซลล์ชวานน์และเยื่อไมอีลิน โดยใช้รูป 18.7 ในหนังสือเรียน เพื่อสรุปให้ได้ว่าเยื่อไมอีลินคือส่วนหนึ่งของเยื่อหุ้มเซลล์ชวานน์ ซึ่งเป็นเซลล์เกลียชนิดหนึ่ง นอกจากนี้ในระบบประสาทยังมีแอกซอนแบบไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้มด้วย การมีเยื่อไมอีลินหรือไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้มนี้อาจเกี่ยวข้องกับการนำกระแสประสาทที่นักเรียนจะได้ศึกษาในหัวข้อต่อไป



### ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

#### แนวความคิดเกี่ยวกับการเกิดเยื่อไมอีลินหุ้มแอกซอน

ในระยะเอ็มบริโอ เซลล์ประสาทยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ เส้นใยประสาทที่ยาวยังไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้มมีแต่เซลล์ชวานน์ การนำกระแสประสาทจึงยังไม่ดีและไม่รวดเร็ว ต่อมาส่วนของเยื่อหุ้มเซลล์ชวานน์จะม้วนหุ้มแอกซอน ดังนั้นเยื่อไมอีลินคือ เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ชวานน์นั่นเอง

ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าเนื้อเยื่อประสาทไม่ได้มีเฉพาะเซลล์ประสาท แต่มีเซลล์เกลียซึ่งเป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่ค้ำจุนและรักษาคุณภาพของสารต่างๆ ให้เซลล์ประสาทด้วย ทำให้เซลล์ประสาทสามารถทำงานได้เป็นปกติ ครูอาจให้นักเรียนหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับหน้าที่ของเซลล์เกลียแต่ละชนิดด้วยก็ได้



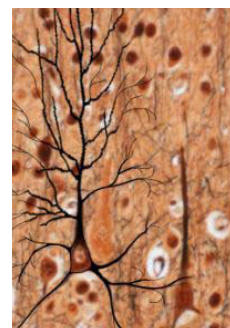
## ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ตารางแสดงชนิดและหน้าที่ของเซลล์เกลียในระบบประสาท

ชนิดของเซลล์เกลีย	หน้าที่หลัก	ตำแหน่งที่พบ
โอลิโกเดนโดรไซต์ (oligodendrocyte)	สร้างเยื่อไมอีลินซึ่งมีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าล้อมรอบแอกซอน	ระบบประสาท ส่วนกลาง
ไมโครเกลีย (microglia)	เป็นฟาโกไซตที่ทำหน้าที่กำจัดสิ่งแปลกปลอมที่อาจปะปนเข้ามาในระบบประสาท	
แอสโตรไซต์ (astrocyte)	- คำจุนโครงสร้างและซ่อมแซมเส้นใยประสาท - ลำเลียงสารอาหารให้เซลล์ประสาท - เป็นสิ่งขวางกั้นระหว่างสมองและเลือด (blood-brain barrier) ป้องกันสารเคมีบางอย่างในเลือดไม่ให้เข้าไปในเซลล์ประสาท	
เซลล์อีเพนดิโมล (ependymal cell)	ส่วนใหญ่มีซีเลียทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับกการหมุนเวียนของน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลัง	
เซลล์ซาเทลไลต์ (satellite cell)	คำจุนโครงสร้างและรักษาคุณภาพของเซลล์ประสาท	ระบบประสาท รอบนอก
เซลล์ชวันน์ (Schwann cell)	สร้างเยื่อไมอีลินซึ่งเป็นฉนวนไฟฟ้าล้อมรอบแอกซอน	

สำหรับการจัดจำแนกชนิดของเซลล์ประสาท ครูให้นักเรียนศึกษารูป 18.8-18.10 ในหนังสือเรียนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจเกณฑ์ในการจัดจำแนกเซลล์ประสาท จากนั้นครูยกตัวอย่างรูปเซลล์ประสาท 1 ชนิดอาจเป็นรูปวาดหรือภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง ดังตัวอย่าง

ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปประเภทของเซลล์ประสาทดังกล่าว และระบุเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก โดยใช้คำถามดังนี้



เซลล์ประสาทสมองของหนูภายใต้กล้องจุลทรรศน์

- จากรูปตัวอย่างเซลล์ประสาท เซลล์ประสาทนี้คือชนิดใด และใช้เกณฑ์อะไรในการจัดจำแนก
- ✎ เซลล์ประสาทหลายตัว โดยใช้เกณฑ์ คือ จำนวนเส้นใยประสาทต่อหนึ่งเซลล์ประสาท พิจารณาจากการมีเดนไดรต์ยื่นออกมาจากตัวเซลล์จำนวนมาก และมีแอกซอน 1 เส้นใย

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 18.11 ในหนังสือเรียน เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทรับรู้ความรู้สึก เซลล์ประสาทประสานงานและเซลล์ประสาทสั่งการ ซึ่งเซลล์ประสาททั้ง 3 ประเภทดังกล่าวจะต้องมีการถ่ายทอดกระแสประสาทผ่านการไซแนปส์ ซึ่งเป็นหนึ่งในกลไกในการทำงานของเซลล์ประสาท

ครูอาจอธิบายเพิ่มเติมว่าไซแนปส์ คือ รอยต่อระหว่างเซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์ (presynaptic neuron) ซึ่งเป็นบริเวณปลายแอกซอนกับเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ (postsynaptic neuron) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นบริเวณเดนไดรต์ โดยมีช่องว่างไซแนปส์ (synaptic cleft) อยู่ระหว่างรอยต่อซึ่งการที่จะถ่ายทอดกระแสประสาทผ่านช่องว่างนี้ได้ต้องมีกลไกบางอย่างซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษาต่อไปในเรื่องการถ่ายทอดกระแสประสาท ครูควรเพิ่มเติมความรู้เกี่ยวกับไซแนปส์ยังรวมถึงบริเวณปลายแอกซอนของเซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์กับหน่วยปฏิบัติงานอีกด้วย

## 18.2.2 การทำงานของเซลล์ประสาท

ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น เช่น

- เซลล์ประสาทมีการทำงานอย่างไรจึงสามารถรับและส่งกระแสประสาทถึงกันได้

คำตอบที่ได้อาจมีหลากหลาย ครูควรให้ความรู้ว่าการทำงานของเซลล์ประสาทประกอบด้วยกลไกต่าง ๆ ได้แก่ การเกิดกระแสประสาท การนำกระแสประสาท และการถ่ายทอดกระแสประสาท ซึ่งการทำงานของเซลล์ประสาททำให้เซลล์ประสาทแต่ละเซลล์สามารถรับและส่งกระแสประสาทถึงกัน และทำให้หน่วยปฏิบัติงานสามารถเกิดการตอบสนองได้อย่างเหมาะสม จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษากลไกการทำงานของเซลล์ประสาทตามหัวข้อดังนี้

### การเกิดกระแสประสาท

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 18.12 ในหนังสือเรียน เพื่อแสดงให้เห็นว่าเยื่อหุ้มเซลล์ประสาทด้านนอกและด้านในมีศักย์ไฟฟ้าต่างกัน ซึ่งสามารถวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าออกมาโดยใช้เครื่องมือวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า



ipst.me/10792



ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่าสารละลายภายนอกเซลล์และภายในเซลล์ส่วนใหญ่ประกอบด้วยไอออนต่างๆ ที่มีความเข้มข้นต่างกัน แต่ไอออนที่สำคัญซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์ คือ โซเดียมไอออนและโพแทสเซียมไอออน ดังตาราง 18.1

ตาราง 18.1 ความเข้มข้นของไอออนภายในและภายนอกเซลล์ประสาทของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม

ชนิดของไอออน	ความเข้มข้นของไอออน (มิลลิโมลาร์)	
	ภายในเซลล์	ภายนอกเซลล์
โซเดียมไอออน	15	150
โพแทสเซียมไอออน	140	5

ครูอธิบายเกี่ยวกับช่องโปรตีนที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์ประสาทว่ามีช่องโซเดียม ช่องโพแทสเซียม ซึ่งมีทั้งแบบที่ไม่มีประตูและมีประตูมีโซเดียมโพแทสเซียมปั๊มที่คอยรักษาคุณภาพของโซเดียมไอออน โพแทสเซียมไอออนภายในและภายนอกเซลล์ให้คงที่ ซึ่งโซเดียมโพแทสเซียมปั๊มจะต้องใช้พลังงานจากการสลาย ATP เพื่อขับโซเดียมไอออนออกนอกเซลล์และดึงโพแทสเซียมไอออนเข้าสู่เซลล์ในอัตราส่วน  $3\text{Na}^+ : 2\text{K}^+$  ดังรูป 18.13 ในหนังสือเรียนทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์ระยะพัก

ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่าเยื่อหุ้มเซลล์ยังมีช่องไอออนที่มีประตูแทรกอยู่ด้วยเช่นกัน โดยช่องไอออนที่มีประตูที่สำคัญซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์ คือ ช่องโซเดียมที่มีประตู และช่องโพแทสเซียมที่มีประตู ซึ่งทั้ง 2 ช่องนี้จะทำงานก็ต่อเมื่อมีสิ่งเร้าหรือสัญญาณไฟฟ้ามากระตุ้น ครูใช้รูป 18.14 ในหนังสือเรียนอธิบายเพิ่มเติมว่า ช่องโซเดียมที่มีประตูมี 3 สถานะคือ สถานะ “ปิดแบบพร้อมใช้งาน” ซึ่งสามารถเปิดได้เมื่อได้รับการกระตุ้น สถานะ “เปิด” เมื่อได้รับการกระตุ้น และสถานะ “ปิดแบบไม่พร้อมใช้งาน” ซึ่งไม่สามารถเปิดได้แม้ได้รับการกระตุ้น แต่จะปรับเป็นสถานะ “ปิด” เมื่อศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์ต่ำกว่าปกติ ส่วนช่องโพแทสเซียมที่มีประตูมี 2 สถานะ คือ ปิด และเปิด

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกลไกการเกิดกระแสประสาทหรือแอกซันโพเทนเชียลจากหนังสือเรียน วิดีทัศน์ หรือแหล่งการเรียนรู้อื่นๆ แล้วร่วมกันอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับกลไกการเกิดกระแสประสาท โดยใช้รูป 18.15 และ 18.16 ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์ที่เปลี่ยนไปในการเกิดแอกซันโพเทนเชียลแต่ละระยะประกอบ ดังนี้

- **ระยะพัก** เป็นระยะที่เซลล์ประสาทยังไม่ถูกสิ่งเร้ากระตุ้น ศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์มีค่าเป็น -70 มิลลิโวลต์ เพราะช่องโซเดียมที่มีประตูปิดแบบพร้อมใช้งานและช่องโพแทสเซียมที่มีประตูปิดเช่นกัน แต่เซลล์ยังรักษาปริมาณไอออนทั้งสองไว้ได้ด้วยการทำงานของโซเดียมโพแทสเซียมปั๊ม (รูป 18.16 หมายเลข 1)

- **ระยะดีโพลาไรเซชัน** เป็นระยะที่เซลล์ประสาทถูกสิ่งเร้ามากระตุ้น ศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์จะมีค่าเป็นบวกมากขึ้นหรือประมาณ -50 มิลลิโวลต์ (รูป 18.16 หมายเลข 2) เพราะในช่วงแรกช่องโซเดียมที่มีประตูปิดเริ่มเปิด โซเดียมไอออนเริ่มเข้าสู่ภายในเซลล์ และถ้าการกระตุ้นถึงระดับเทรชโฮลด์ จะทำให้เกิดแอกชันโพเทนเชียลขณะที่ช่องโพแทสเซียมที่มีประตูปิดอยู่ ช่วงหลังการเกิดดีโพลาไรเซชันทำให้ช่องโซเดียมที่มีประตูปิดเพิ่มมากขึ้น ขณะที่ช่องโพแทสเซียมที่มีประตูปิดอยู่ จึงทำให้โซเดียมไอออนเข้าสู่เซลล์เป็นจำนวนมาก ทำให้ศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์เพิ่มขึ้นเป็นประมาณ +30 มิลลิโวลต์ (รูป 18.16 หมายเลข 3)

- **ระยะรีโพลาไรเซชัน** เป็นระยะที่ศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์มีค่าเป็นลบมากขึ้น เพราะช่องโซเดียมที่มีประตูปิดส่วนใหญ่ปิดแบบไม่พร้อมใช้งาน โซเดียมไอออนไม่สามารถเข้าสู่เซลล์ได้ ส่วนช่องโพแทสเซียมที่มีประตูปิดเริ่มเปิดทำให้โพแทสเซียมไอออนผ่านออกไปนอกเซลล์ได้ (รูป 18.16 หมายเลข 4)

- **ระยะไฮเพอร์โพลาไรเซชัน** เป็นระยะที่ศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์มีค่าเป็นลบมากที่สุดโดยมีค่าเป็นลบมากกว่าระยะพัก (รูป 18.16 หมายเลข 5) เพราะช่องโซเดียมที่มีประตูปิดเปลี่ยนจากสถานะ “ปิดแบบไม่พร้อมใช้งาน” เป็น “ปิดแบบพร้อมใช้งาน” ทำให้โซเดียมไอออนยังคงไม่สามารถผ่านเข้าเซลล์ได้ ขณะที่ช่องโพแทสเซียมที่มีประตูปิดยังคงเปิดอยู่ ทำให้โพแทสเซียมไอออนผ่านออกนอกเซลล์ แต่เมื่อเวลาผ่านไปช่องโพแทสเซียมที่มีประตูปิด ค่าศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์จะเข้าสู่ระยะพัก

สำหรับคำตอบชวนคิด มีแนวการตอบดังนี้



### ชวนคิด



ถ้าไม่มี ATP เซลล์ประสาทจะรักษาศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์ระยะพักได้หรือไม่ เพราะเหตุใด



ไม่ได้ เพราะการทำงานของโซเดียมโพแทสเซียมปั๊มต้องใช้พลังงานที่ได้จากการสลาย ATP ในการรักษาศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์ระยะพัก

## การนำกระแสประสาท

ครูทบทวนความรู้เรื่องการเกิดกระแสประสาทแล้วใช้คำถามถามนักเรียนเพื่อนำเข้าสู่เรื่องการนำกระแสประสาทดังนี้



- กระแสประสาทที่เกิดขึ้น ณ บริเวณที่ถูกกระตุ้นจะทำให้เกิดกระแสประสาทในบริเวณใกล้เคียงได้หรือไม่ อย่างไร
- การนำกระแสประสาทในแอกซอนที่ไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้มกับที่มีเยื่อไมอีลินหุ้มมีความเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

ครูยังไม่เฉลยคำตอบ ครูอาจแบ่งกลุ่มนักเรียนเพื่อให้สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการนำกระแสประสาทและความเร็วในการนำกระแสประสาทในแอกซอนที่ไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้มกับแบบมีเยื่อไมอีลินหุ้มจากหนังสือเรียนหรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ จากนั้นร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการสืบค้นที่ได้ ซึ่งควรสรุปได้ดังนี้

1. การนำกระแสประสาทเกิดจากการเหนี่ยวนำประจุไฟฟ้าแบบจุดต่อจุด โดยเริ่มจากจุดที่ถูกกระตุ้น เยื่อหุ้มเซลล์บริเวณนั้นจะเปลี่ยนสถานะ เกิดการเปลี่ยนแปลงประจุไฟฟ้าภายในเซลล์เกิดกระแสประสาทขึ้น กระแสประสาทที่เกิดขึ้นจะไปกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงประจุไฟฟ้าภายในเซลล์จุดใหม่ ขณะที่จุดเดิมกลับคืนสู่ภาวะปกติ จุดใหม่จะเหนี่ยวนำจุดถัดไปเรื่อย ๆ ทำให้กระแสประสาทเคลื่อนที่ต่อไปจนถึงปลายแอกซอน ดังรูป 18.17 ในหนังสือเรียน

สำหรับการนำกระแสประสาทในแอกซอนที่ไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้มจะเกิดต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ จากจุดที่ถูกกระตุ้นไปตลอดปลายแอกซอนแบบจุดต่อจุดดังรูป 18.17 ในหนังสือเรียน ส่วนการนำกระแสประสาทในแอกซอนที่มีเยื่อไมอีลินหุ้มจะเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณโนดออฟรานเวียร์เท่านั้นในลักษณะก้าวกระโดดไปยังโนดออฟรานเวียร์ถัดไป ดังรูป 18.18 ในหนังสือเรียน

2. ความเร็วของกระแสประสาทในแอกซอนที่มีเยื่อไมอีลินหุ้มจะเร็วกว่าแอกซอนที่ไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม เพราะบริเวณที่มีเยื่อไมอีลินจะเป็นฉนวนปิดกั้นการผ่านเข้าออกของไอออน การแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้าจะเกิดขึ้นได้ที่บริเวณโนดออฟรานเวียร์หนึ่งไปยังอีกโนดออฟรานเวียร์หนึ่งเท่านั้น โนดออฟรานเวียร์ที่ห่างกันจะนำกระแสประสาทได้เร็วกว่าแอกซอนที่มีโนดออฟรานเวียร์ใกล้กัน

นอกจากนี้ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของแอกซอนมีผลต่อความเร็วของกระแสประสาท คือ แอกซอนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่จะนำกระแสประสาทได้เร็วกว่าแอกซอนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก เพราะความต้านทานการเคลื่อนที่ของไอออนจะแปรผกผันกับพื้นที่ตัดขวางของแอกซอนจากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



### ตรวจสอบความเข้าใจ

**?** เพราะเหตุใดการนำกระแสประสาทจึงเกิดขึ้นได้เพียงทิศทางเดียว



ในสภาวะปกติการนำกระแสประสาทโดยการเกิดแอกซันโพเทนเชียลจะเริ่มเกิดจากบริเวณแอกซอนที่ติดกับตัวเซลล์ไปตลอดความยาวของแอกซอน แม้ว่าสัญญาณดีโพลาไรเซชันจากบริเวณที่เกิดแอกซันโพเทนเชียลจะสามารถเคลื่อนที่ไปทั้งสองทาง แต่ด้านที่ติดกับเซลล์ซึ่งเพิ่งเกิดแอกซันโพเทนเชียลจะอยู่ในภาวะไฮเพอโพลาไรเซชัน ทำให้สัญญาณดีโพลาไรเซชันที่ได้รับไม่รุนแรงมากพอที่จะถึงระดับเทรชโฮลด์ จึงไม่เกิดการตอบสนองส่วนอีกด้านที่อยู่ห่างจากเซลล์ประสาท จะอยู่ในระยะพัก ทำให้สัญญาณดีโพลาไรเซชันที่ได้รับถึงระดับเทรชโฮลด์ และเกิดการตอบสนองแบบแอกซันโพเทนเชียล

ครูอาจเพิ่มเติมความรู้ว่าถ้ากระตุ้นที่ตำแหน่งอื่นของแอกซอนและถึงระดับเทรชโฮลด์การเกิดแอกซันโพเทนเชียลสามารถเกิดขึ้นได้ 2 ทิศทาง การนำกระแสประสาทจึงเกิดได้ 2 ทิศทางเช่นเดียวกัน คือ เข้าสู่ตัวเซลล์และออกจากตัวเซลล์ซึ่งพบได้ในเซลล์กล้ามเนื้อโครงร่าง

### การถ่ายทอดกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาทหรือเซลล์อื่น ๆ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามในหนังสือเรียนว่าเมื่อมีการนำกระแสประสาทไปถึงปลายแอกซอนแล้วจะเกิดการถ่ายทอดกระแสประสาทไปยังเซลล์อื่น ๆ ได้อย่างไร

ครูทบทวนเกี่ยวกับโครงสร้างของเซลล์ประสาทบริเวณเดนไดรต์และแอกซอน และครูควรเน้นให้นักเรียนเข้าใจว่าเซลล์ประสาทแต่ละเซลล์ไม่ได้เชื่อมติดกัน แต่จะมีช่องว่างระหว่างเซลล์ประสาทที่เรียกว่า ช่องไซแนปส์ ซึ่งการจะถ่ายทอดกระแสประสาทไปยังอีกเซลล์ได้นั้นจะต้องมีกลไกบางอย่างที่ถ่ายทอดให้ผ่านช่องไซแนปส์ได้

ครูให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับไซแนปส์จากการทดลองของออตโต ลอวี รูป 18.19 ในหนังสือเรียน ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับไซแนปส์เคมีที่พบในสัตว์มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่ และร่วมกันสรุปผลการทดลองของออตโต ลอวี ที่นำไปสู่ความรู้ที่ว่าบริเวณปลายแอกซอนของเซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์มีการปล่อยสารสื่อประสาทออกมาที่ช่องไซแนปส์

ครูอาจให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากหนังสือเรียนหรือแหล่งการเรียนรู้อื่น ๆ เกี่ยวกับไซแนปส์เคมี และให้นักเรียนสรุปความรู้ที่ได้ ครูอาจแนะนำให้นักเรียนใช้รูป 18.20 ในหนังสือเรียนประกอบการสรุปซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่า ไซแนปส์เคมีพบในสัตว์มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่ เมื่อเซลล์ประสาทเกิดแอกซอนโพเทนเชียลมาถึงปลายแอกซอนของเซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์ แอกซอนโพเทนเชียลจะชักนำให้เยื่อหุ้มเซลล์บริเวณปลายแอกซอนเกิดดีโพลาไรเซชันส่งผลให้แคลเซียมไอออนถูกนำเข้าสู่เซลล์ แคลเซียมไอออนจะไปกระตุ้นให้ถุงที่บรรจุสารสื่อประสาทเคลื่อนไปรวมกับเยื่อหุ้มเซลล์ตรงบริเวณไซแนปส์และมีผลต่อเนื่องทำให้ปล่อยสารสื่อประสาทเข้าสู่ช่องไซแนปส์ สารสื่อประสาทนี้จะไปจับกับโปรตีนตัวรับสารสื่อประสาทที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ จะทำให้เกิดดีโพลาไรเซชันหรือไฮเพอร์โพลาไรเซชันต่อไปโดยขึ้นกับชนิดของไอออนที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าสู่เซลล์ทำให้เกิดการกระตุ้นหรือยับยั้งการส่งกระแสประสาทต่อไป ครูอาจให้นักเรียนสืบค้นเพิ่มเติมเกี่ยวกับสารสื่อประสาทชนิดอื่น ๆ นอกจากอะเซทิลโคลีน นอร์เอพิเนฟริน และเอนโดर्फิน



ipst.me/10794



ipst.me/10831



### ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

สารสื่อประสาทมีหลายชนิดสามารถจำแนกออกเป็น 4 กลุ่ม ตามองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้



1. อะเซทิลโคลีน ซึ่งประกอบด้วยกรดแอสติกและโคลีน
2. กรดแอมิโน เช่น โกลูตามีน กลูตาเมต แอสปาร์เทต กรดแกมมาแอมิโนบิวไทริก ( $\gamma$  - aminobutyric acid (GABA))
3. โมโนเอมีน (monoamine) เช่น เอพิเนฟริน นอร์เอพิเนฟริน โดพามีน ฮิสตามีน และเซโรโทนิน
4. นิวโรเปปไทด์ (neuropeptide) เช่น บีตาเอนโดर्फิน ( $\beta$ -endorphin) โคลิซิสโทโคคินิน

ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามต่อไปนี้

- ร่างกายจะมีกลไกหยุดการทำงานของสารสื่อประสาทที่จับและที่ไม่ได้จับกับตัวรับของเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์อย่างไร

นักเรียนควรอภิปรายและสรุปได้ว่า สารสื่อประสาทบางส่วนจะถูกสลายโดยเอนไซม์ เช่น เอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรสที่จะสลายอะเซทิลโคลีน ซึ่งอะเซทิลโคลีนที่ถูกสลายจะถูกนำไปสังเคราะห์อะเซทิลโคลีนขึ้นมาใหม่ หรือสารสื่อประสาทบางชนิดจะมีการลำเลียงกลับเข้าสู่เซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์อย่างรวดเร็วเพื่อนำกลับไปใช้อีกครั้ง เช่น เอพิเนฟริน โดพามีน

ครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

- ?** การที่สารสื่อประสาทพบเฉพาะที่ปลายแอกซอนเท่านั้น แต่ไม่พบที่ปลายเดนไดรต์ ลักษณะดังกล่าวจะมีผลต่อทิศทางการถ่ายทอดกระแสประสาทอย่างไร
-  สารสื่อประสาทจะมีผลทำให้กระแสประสาทเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวคือ จากแอกซอนของเซลล์ประสาทหนึ่งไปยังเดนไดรต์ของเซลล์ประสาทอีกเซลล์หนึ่ง ทำให้สามารถถ่ายทอดกระแสประสาทไปยังเป้าหมายได้
- ?** ถ้าสารสื่อประสาทไม่มีการสลายตัวและไม่มีการลำเลียงกลับเข้าสู่เซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์ จะเกิดอะไรขึ้นกับร่างกาย
-  เซลล์ประสาทหลังไซแนปส์จะถูกกระตุ้นหรือยับยั้งตลอดเวลาขึ้นอยู่กับชนิดของสารสื่อประสาท

ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่ายังมีไซแนปส์อีกแบบหนึ่งคือ ไซแนปส์ไฟฟ้า ครูให้นักเรียนสืบค้นจากหนังสือเรียนหรือแหล่งการเรียนรู้อื่นๆ แล้วให้ร่วมกันสรุปผลการสืบค้น ซึ่งควรสรุปได้ว่าไซแนปส์ไฟฟ้าเกิดขึ้นที่รอยต่อระหว่างเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์และเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ที่อยู่ชิดกันจนเสมือนเป็นเยื่อหุ้มเซลล์เดียวกันซึ่งเกิดจากการเชื่อมติดกันของโปรตีนรวมกันเป็นช่อง ดังรูป 18.21 ในหนังสือเรียน ทำให้แอกชันโพเทนเชียลจากเซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์แพร่ไปยังเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ได้โดยตรง ในสัตว์มีกระดูกสันหลังอาจพบได้บ้างในอวัยวะหรือเซลล์ที่ต้องตอบสนองอย่างรวดเร็ว เช่น กล้ามเนื้อหัวใจ กล้ามเนื้อเรียบบางบริเวณ

ครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



ไซแนปส์เคมีและไซแนปส์ไฟฟ้าแตกต่างกันอย่างไร



ไซแนปส์เคมีจะมีกลไกที่ซับซ้อนกว่าไซแนปส์ไฟฟ้า โดยไซแนปส์เคมีต้องมีการปล่อยสารสื่อประสาทจากถุงบรรจุสารสื่อประสาทที่ปลายแอกซอนจากการกระตุ้นของแคลเซียมไอออน เข้าสู่ช่องไซแนปส์ และสารสื่อประสาทนั้นจะต้องไปจับกับโปรตีนตัวรับของเซลล์ประสาท หลังไซแนปส์ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของไอออนผ่านเข้าหรือออกจากเซลล์แล้วจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์ในเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ต่อไป แต่ไซแนปส์ไฟฟ้า แอกซอนโพเทนเชียลจากเซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์สามารถผ่านช่องโปรตีนเข้าสู่เซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ได้โดยตรง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์ในเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ได้เร็วกว่าไซแนปส์เคมี

### แนวการวัดและประเมินผล

#### ด้านความรู้

- โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท การเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาท การนำกระแสประสาท และการถ่ายทอดกระแสประสาท จากการตอบคำถาม การอธิบาย การทำแบบฝึกหัด และแบบทดสอบ

#### ด้านทักษะ

- การสังเกต การจำแนกประเภทข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล จากการระบุ การอธิบาย และการอภิปราย
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ จากการสืบค้นข้อมูล และการอธิบาย

#### ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความมุ่งมั่นอดทน ความมีเหตุผล จากการตอบคำถามและการอธิบาย

## 18.3 ศูนย์ควบคุมระบบประสาทของมนุษย์

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก
2. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนต่างๆ ของสมองและไขสันหลัง

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยอาจใช้รูปสมอง และไขสันหลังของมนุษย์ แล้วใช้คำถามถามนักเรียนเพื่อให้ร่วมกันแสดงความคิดเห็นดังนี้

- สมองและไขสันหลังของมนุษย์มีลักษณะอย่างไร พัฒนามาจากโครงสร้างใด

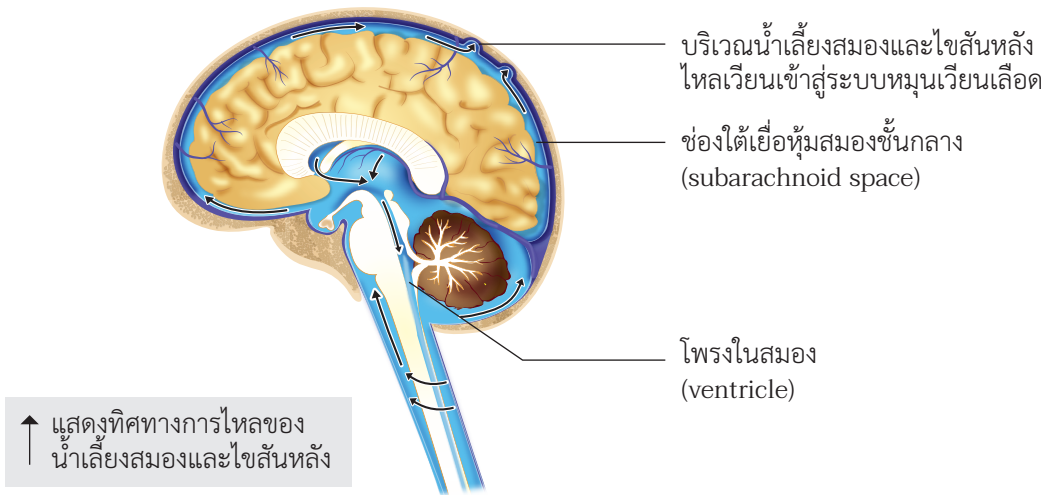
นักเรียนอาจแสดงความคิดเห็นได้หลากหลาย ครูจะยังไม่สรุป แต่ให้นักเรียนศึกษารูป 18.22 ในหนังสือเรียน เพื่อให้เห็นการเจริญของสมองและไขสันหลังของมนุษย์ว่ามีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงมาจากนิ่วรลทิวบ์ สมองของมนุษย์สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ สมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง และสมองส่วนหลัง จากนั้นให้นักเรียนศึกษา รูป 18.23 ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงให้เห็นว่าสมองอยู่ภายในเยื่อหุ้มสมอง และมีน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังหล่อเลี้ยงอยู่ตลอดเวลา แล้วให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



ถ้าทางเดินของน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังอุดตัน จะเกิดผลเสียต่อร่างกายอย่างไร

ถ้าช่องที่น้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังอุดตัน จะทำให้เซลล์ประสาทได้รับสารอาหารและแก๊สออกซิเจนไม่เพียงพอและไม่สามารถนำของเสียออกจากเซลล์ได้ในภาวะปกติร่างกายจะสร้างน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังตลอดเวลา ดังรูป





### บริเวณที่พบน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลัง

การอุดตันของช่องที่มีน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังยังทำให้เกิดภาวะน้ำคั่งในสมอง เพราะน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังไม่สามารถระบายออกได้ จะทำให้ความดันของของเหลวในสมองสูงขึ้น ถ้าความผิดปกตินี้เกิดขึ้นในเด็ก น้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังจะกดสมองทำให้สมองเจริญเติบโตไม่เต็มที่ และดันกะโหลกให้ขยายขนาดใหญ่ขึ้นทำให้ศีรษะโตมาก เด็กที่มีอาการเช่นนี้ถ้าไม่รีบเจาะเอาของเหลวที่คั่งออกจะมีชีวิตอยู่ได้ไม่นาน ถ้าเกิดขึ้นในผู้ใหญ่ศีรษะจะไม่โตจากปกติ แต่จะเพิ่มความดันของของเหลวในสมองทำให้มีอาการปวดศีรษะมาก

ครูอาจให้นักเรียนสืบค้นโรคหรืออาการที่เกี่ยวกับเยื่อหุ้มสมอง เช่น โรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบ (meningitis) ที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ โรคหรืออาการที่เกิดจากความผิดปกติของน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลัง เช่น ภาวะน้ำคั่งในสมอง (hydrocephalus) แล้วให้นักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ซึ่งจะทำให้ นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจและเห็นความสำคัญของสมองมากขึ้น

### 18.3.1 โครงสร้างและหน้าที่ของสมอง

ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น ดังนี้

- ถ้าสมองได้รับความกระทบกระเทือนอย่างรุนแรง จะเกิดผลอย่างไร

คำตอบที่ได้อาจมีหลากหลาย ครูรวบรวมคำตอบของนักเรียน แล้วสรุปผลแสดงความคิดเห็น โดยเน้นให้เห็นผลเสียต่อโครงสร้างของสมอง เช่น เซลล์สมองอาจเสียหาย ทำให้มีผลต่อการรับรู้และสั่งการของสมอง หรือหากมีเลือดคั่งในสมองอาจทำให้ปวดศีรษะอย่างรุนแรง และหากไม่รีบทำการรักษาอาจเสียชีวิตได้ เป็นต้น

ครูเสริมความรู้ให้กับนักเรียนโดยอธิบายว่าเนื้อสมองของสัตว์มีกระดูกสันหลังแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนนอกจะเป็นเนื้อสีเทาเพราะเป็นบริเวณที่มีตัวเซลล์และแอกซอนที่ไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้มอยู่รวมกัน และส่วนในจะเป็นเนื้อสีขาวเป็นบริเวณที่มีแอกซอนที่มีเยื่อไมอีลินหุ้มอยู่รวมกัน ดังรูป 18.24 ในหนังสือเรียน

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 18.25 ในหนังสือเรียนและสืบค้นจากแหล่งการเรียนรู้อื่น ๆ เกี่ยวกับวิวัฒนาการของสมองในสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบและสังเกตการเจริญของสมองแต่ละส่วนของสัตว์แต่ละชนิด แล้วให้นักเรียนวิเคราะห์ อธิบายและร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ในประเด็นต่อไปนี้

1. สัตว์มีกระดูกสันหลังเริ่มตั้งแต่สัตว์เลื้อยคลานเป็นต้นไป มีแนวโน้มที่จะเพิ่มศูนย์กลางการทำงานที่สำคัญ ๆ เข้าไปที่สมองส่วนหน้า ทำให้สมองส่วนหน้ามีหน้าที่นอกเหนือไปจากการดมกลิ่น ส่วนนี้จึงมีขนาดใหญ่ขึ้นตามลำดับของวิวัฒนาการ

2. รอยหยักในสมองส่วนหน้าของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมจะทำให้พื้นที่ผิวของสมองเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นสัตว์ที่มีรอยหยักบนสมองมากจะมีพื้นที่ของเนื้อสีเทามาก ซึ่งแสดงว่ามีจำนวนเซลล์ประสาทมากด้วย ทำให้สามารถเรียนรู้และคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลได้ดีสำหรับคำถามในหนังสือเรียนมีแนวคำตอบดังนี้



ปลามีสมองส่วนใดเจริญกว่าสัตว์กลุ่มอื่น



สมองส่วนกลาง โดยสมองส่วนนี้ควบคุมการเคลื่อนไหวและเป็นศูนย์กลางในการมองเห็น



สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมมีการพัฒนาของสมองส่วนใดมากกว่าสัตว์กลุ่มอื่น ๆ



สมองส่วนหน้า ซึ่งมีความสำคัญเกี่ยวกับการเรียนรู้ และการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล



สมองของสัตว์มีกระดูกสันหลังมีการพัฒนาตามวิวัฒนาการอย่างไร



สมองส่วนหน้าและสมองส่วนหลังมีการพัฒนามากขึ้น สมองส่วนกลางมีการพัฒนาลดลง

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 18.26 ในหนังสือเรียน จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและร่วมกันอธิบายเกี่ยวกับตำแหน่งและหน้าที่ของสมองแต่ละส่วน ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่ามนุษย์มีสมองส่วนหน้าส่วนเซรีบรัมที่พัฒนาดีที่สุด ทำให้สามารถรับรู้และควบคุมการตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้เป็นอย่างดี สามารถคิดสิ่งต่าง ๆ ที่มีความซับซ้อนได้ แต่ขณะเดียวกันมีสมองบางส่วนไม่ได้พัฒนาดีเท่าเซรีบรัม เช่น อัลแฟกทอรีบัลล์ที่มีการพัฒนาน้อยกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมชนิดอื่น ๆ เช่น หมู สุนัข ทำให้ความสามารถในการดมกลิ่นของมนุษย์น้อยกว่าสัตว์เหล่านั้น

ครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



การทำข้อสอบเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องใช้สมองส่วนใด



เซรีบรัม



ผู้ที่มีอาการเดินเซหรือทรงตัวไม่ได้เกิดจากความผิดปกติของสมองส่วนใด



เซรีเบลลัม

ครูควรเสริมความรู้เกี่ยวกับสารพิษต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดอันตรายกับสมอง โดยครูอาจให้นักเรียนสืบค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมนอกเวลาเรียน เพื่อให้นักเรียนตระหนักถึงอันตรายและหลีกเลี่ยงสารพิษต่าง ๆ เช่น การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ในปริมาณมากเป็นประจำจะมีผลให้เซลล์ประสาทในสมองตาย รวมทั้งสารพิษอื่น ๆ เช่น สารตะกั่วที่ปะปนในอากาศ ในน้ำ และในอาหาร หรือให้นักเรียนทำรายงานเกี่ยวกับโรคที่เกี่ยวกับสมอง เช่น โรคลมชัก จากนั้นอาจให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการสืบค้นมาจัดทำป้ายนิเทศ หรือแผ่นพับเผยแพร่ความรู้ เพื่อรณรงค์ให้นักเรียนในโรงเรียนได้ตระหนักถึงอันตรายของสารพิษเหล่านั้น และวิธีการป้องกัน ดูแล รักษาโรคที่เกี่ยวกับสมอง

สำหรับแอลกอฮอล์ที่มีผลต่อการทำงานของสมอง ครูอาจนำข่าวจากหนังสือพิมพ์ที่เกี่ยวกับกรณีที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ แล้วทำให้เกิดอุบัติเหตุหรืออันตรายต่าง ๆ โดยเฉพาะการเกิด

อุบัติเหตุทางยานพาหนะของประเทศไทยที่ส่วนใหญ่เกิดจากการดื่มแอลกอฮอล์แล้วขับซึ่งขณะมีเมามาทำให้เกิดการสูญเสียทรัพย์สินและเสียชีวิตของผู้ขับและบุคคลอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องแล้วให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลของความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือดที่มีผลต่อสมอง ซึ่งส่งผลต่อการควบคุมร่างกายของผู้ดื่ม ดังตัวอย่างตาราง 18.2 และ 18.3

ตาราง 18.2 ระดับแอลกอฮอล์ในเลือดกับอาการที่แสดงออก

ระดับแอลกอฮอล์ในเลือด (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์)	อาการที่แสดงออก
30	สนุกสนาน ร่าเริง
50	เสียการควบคุมการเคลื่อนไหว
100	เดินไม่ตรง
200	สับสน
300	ง่วงซึม
400	สลบและอาจเสียชีวิต

ตาราง 18.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับแอลกอฮอล์ในเลือดกับโอกาสเกิดอุบัติเหตุ

ระดับแอลกอฮอล์ในเลือด (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์)	สมรรถภาพในการขับชี่	โอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุ
20	มีเพียงเล็กน้อย	ใกล้เคียงกับคนไม่ดื่มสุรา
50	ความสามารถในการขับชี่ลดลง 8%	2 เท่าของคนที่ไม่ดื่มสุรา
80	ความสามารถในการขับชี่ลดลง 12%	3 เท่าของคนที่ไม่ดื่มสุรา
100	ความสามารถในการขับชี่ลดลง 15%	6 เท่าของคนที่ไม่ดื่มสุรา
150	ความสามารถในการขับชี่ลดลง 33%	40 เท่าของคนที่ไม่ดื่มสุรา

ที่มา : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.). <https://www.thaihealth.or.th/Content/21332-แอลกอฮอล์กับความสัมพันธ์ในเลือด.html> (เข้าถึง 28 มี.ค. 2562)







ปัจจุบันการวัดปริมาณแอลกอฮอล์จากลมหายใจโดยการใช้เครื่องเป่าสามารถระบุถึงระดับแอลกอฮอล์ในเลือดได้ ซึ่งพระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522 กำหนดไว้ว่าระดับแอลกอฮอล์ในเลือดต้องไม่เกิน 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์

ครูเชื่อมโยงเรื่องเส้นประสาทสมองโดยใช้รูป 18.27 ในหนังสือเรียนว่ายังมีเส้นประสาทสมองแยกออกมาอีก 12 คู่ และใช้คำถามเพิ่มเติม ดังนี้

- สมองสามารถรับรู้และส่งคำสั่งไปควบคุมการทำงานของอวัยวะต่างๆ ได้อย่างไร

ครูยังไม่เฉลยคำตอบ แต่ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับเส้นประสาทสมองทั้ง 12 คู่ จากหนังสือเรียนหรือแหล่งความรู้อื่นๆ จากนั้นจึงร่วมกันสรุปหน้าที่ของเส้นประสาทสมองทั้ง 12 คู่ ที่มีหน้าที่การรับรู้และสั่งการการทำงานของอวัยวะแต่ละส่วนของร่างกาย

ครูไม่ควรเน้นให้นักเรียนท่องจำหน้าที่ของเส้นประสาทสมองแต่ละคู่ แต่ควรรู้ว่าเส้นประสาทสมองทำหน้าที่เป็นเส้นประสาทรับความรู้สึก เส้นประสาทสั่งการ และเส้นประสาทผสม สำหรับคำถามในหนังสือเรียนมีแนวคำตอบดังนี้

-  เส้นประสาทสมองคูใดเป็นเส้นประสาทรับความรู้สึก คูใดเป็นเส้นประสาทสั่งการ และคูใดเป็นเส้นประสาทผสม
-  เส้นประสาทสมองที่เป็นเส้นประสาทรับความรู้สึกคือ คู่ที่ 1 2 และ 8 เส้นประสาทสมองที่เป็นเส้นประสาทสั่งการคือ คู่ที่ 3 4 6 11 และ 12 เส้นประสาทสมองที่เป็นเส้นประสาทผสมคือ คู่ที่ 5 7 9 และ 10
-  ขณะอ่านหนังสือ เส้นประสาทสมองคูใดบ้างที่ทำงานเกี่ยวข้องโดยตรง
-  เส้นประสาทสมองคูที่ 2 3 4 และ 6
-  การรับรสอาหารเป็นหน้าที่ของเส้นประสาทสมองคูใด
-  เส้นประสาทสมองคูที่ 7 และ 9

### 18.3.2 โครงสร้างและหน้าที่ของไขสันหลัง

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เกี่ยวกับการเจริญของสมองและไขสันหลังที่พัฒนามาจากนิวรัลทิวบ์แล้วให้นักเรียนศึกษารูป 18.28 ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงไขสันหลัง ที่อยู่ภายในกระดูกสันหลังซึ่งทอดยาวมาสิ้นสุดตรงบริเวณกระดูกสันหลังบริเวณเอวข้อที่ 2 และแสดงเส้นประสาทไขสันหลัง แล้วให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

**?** เพราะเหตุใด การฉีดยาเข้าที่ไขสันหลังบริเวณต่ำกว่ากระดูกสันหลังบริเวณเอวข้อที่ 2 ลงไป จึงมีอันตรายน้อยกว่าบริเวณอื่น



เพราะบริเวณดังกล่าวไม่มีตัวเซลล์ประสาท มีแต่เส้นใยประสาท



ไขสันหลังบริเวณใดถ้าถูกทำลายแล้วจะทำให้เป็นอัมพาตตั้งแต่บริเวณเอวลงไป



ไขสันหลังบริเวณเอว ซึ่งมีเส้นประสาทไขสันหลังจำนวน 5 คู่ ที่ทำหน้าที่รับความรู้สึกและตอบสนองตั้งแต่บริเวณเอวลงไปจนถึงเท้า

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 18.29 ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงโครงสร้างภาคตัดขวางของไขสันหลัง และเส้นประสาทไขสันหลังที่แยกออกมาจากไขสันหลัง และให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากหนังสือเรียนหรือแหล่งการเรียนรู้อื่น แล้วใช้คำถามถามนักเรียนเพื่อให้ร่วมกันอธิบายโครงสร้างของไขสันหลัง ดังนี้

- โครงสร้างของไขสันหลังประกอบด้วยอะไรบ้าง มีบริเวณเนื้อสีเทากับเนื้อสีขาวเหมือนกันในสมองหรือไม่

นักเรียนควรอธิบายได้ว่า ไขสันหลังประกอบด้วย 2 บริเวณ คือ บริเวณเนื้อสีเทาที่มีลักษณะคล้ายตัว H และมีบริเวณเนื้อสีขาวอยู่รอบบริเวณเนื้อสีเทาซึ่งต่างจากสมองที่บริเวณเนื้อสีเทาจะอยู่รอบเนื้อสีขาว ตรงกลางเนื้อสีเทาของไขสันหลังยังมีช่องกลางซึ่งมีน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังบรรจุอยู่

บริเวณเนื้อสีเทาที่มีลักษณะคล้ายตัว H หรือปีกผีเสื้อแบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือปีกบน 2 ปีกเรียกว่า ดอร์ซัลฮอร์น ปีกล่าง 2 ปีกเรียกว่า เวนทรัลฮอร์น โดยมีเส้นประสาทไขสันหลังที่แยกจากไขสันหลังมาติดกับดอร์ซัลฮอร์นเรียกว่า รากบน ซึ่งมีปมประสาทอยู่ด้วย ส่วนเส้นประสาทไขสันหลังที่แยกจากไขสันหลังมาติดกับเวนทรัลฮอร์น เรียกว่า รากล่าง ซึ่งจะไม่มีปมประสาทอยู่ จากนั้นครูใช้คำถามในหนังสือเรียนนำเข้าสู่การทำงานของไขสันหลังและเส้นประสาทไขสันหลัง ดังนี้

- เส้นประสาทไขสันหลังสามารถรับรู้และตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้อย่างไร

สำหรับการตอบคำถามดังกล่าวครูให้นักเรียนศึกษาการทดลองการส่งกระแสประสาทของเส้นประสาทไขสันหลังในกบ ดังรูป 18.30 ในหนังสือเรียนแล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยใช้คำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบดังนี้



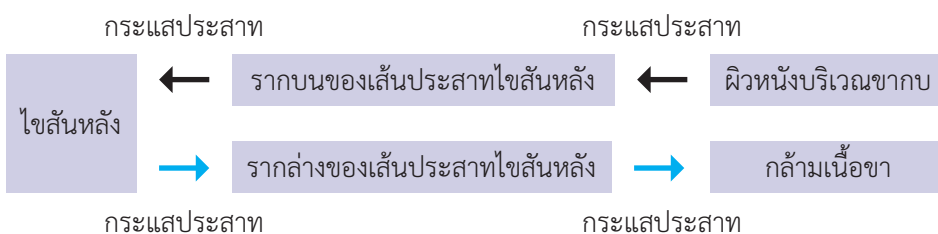
จากรูป 18.30 สามารถอธิบายผลการทดลองแต่ละขั้นตอน และสรุปผลการทดลองได้อย่างไร ผลการทดลองแต่ละขั้นตอนอธิบายได้ดังนี้

- เมื่อใช้เข็มแทงที่ขาหลังกบ หลังจากทำลายสมองกบแล้ว ปรากฏว่ากบกระตุกขาหลัง แสดงว่าการตอบสนองนี้ควบคุมจากไขสันหลัง โดยไม่ผ่านการควบคุมจากสมอง
- เมื่อตัดรากล่างของเส้นประสาทไขสันหลัง แล้วใช้เข็มแทงที่ขาหลัง ปรากฏว่ากบไม่กระตุกขาหลัง แต่ถ้าใช้เข็มแทงที่เส้นประสาทไขสันหลัง ตรงจุดที่ถูกตัด (จุดที่ 2) ปรากฏว่ากบกระตุกขาหลังได้ แสดงว่ารากล่างมีหน้าที่นำกระแสประสาทจากไขสันหลังส่งไปยังหน่วยปฏิบัติงาน คือ กล้ามเนื้อขา
- เมื่อตัดรากบนของเส้นประสาทไขสันหลังระหว่างจุดที่ 3 และ 4 แล้วใช้เข็มแทงขาหลังพบว่ากบไม่กระตุกขาหลัง แต่เมื่อใช้เข็มแทงตรงจุดที่ถูกตัด (จุดที่ 3) ปรากฏว่ากบกระตุกขาหลังได้ แสดงว่ารากบนมีหน้าที่นำกระแสประสาทจากหน่วยรับความรู้สึกเข้าสู่ไขสันหลัง แล้วส่งไปยังหน่วยปฏิบัติงานคือกล้ามเนื้อขา

สรุปผลการทดลองได้ว่า กบสามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้แม้ไม่มีการสั่งงานจากสมองโดยเมื่อใช้เข็มแทง (สิ่งเร้า) ที่ผิวหนังบริเวณขา กบ (หน่วยรับความรู้สึก) จะเกิดกระแสประสาทเคลื่อนไปยังรากบนของเส้นประสาทไขสันหลังเข้าสู่ไขสันหลัง แล้วผ่านรากล่างของเส้นประสาทไขสันหลังไปกระตุ้นกล้ามเนื้อขาซึ่งเป็นหน่วยปฏิบัติงานให้หดตัว ทำให้กบกระตุกขาหลังได้



จงเขียนแผนผังแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสประสาทจากการทดลองนี้



ครูให้นักเรียนศึกษารูป 18.31 ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงทิศทางการถ่ายทอดกระแสประสาทเข้าและออกจากไขสันหลัง และสังเกตเห็นว่ามีองค์ประกอบใดเกี่ยวข้องบ้าง แล้วให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

**?** เส้นประสาทไขสันหลังเป็นเส้นประสาทรับรู้สัมผัสหรือเส้นประสาทสั่งการหรือเป็นเส้นประสาทผสม



เส้นประสาทผสม



ถ้าไขสันหลังเกิดความเสียหายจะมีผลกับร่างกายอย่างไรบ้าง



ถ้าไขสันหลังเกิดความเสียหายจะทำให้เซลล์ประสาทในไขสันหลังถูกทำลายไปด้วย ส่งผลให้หน่วยปฏิบัติงานที่ถูกควบคุมโดยเซลล์ประสาทในส่วนนั้นไม่สามารถตอบสนองได้

### แนวการวัดและประเมินผล

#### ด้านความรู้

- โครงสร้างของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก จากการอธิบาย การสรุป การทำแบบฝึกหัด และแบบทดสอบ
- โครงสร้างและหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ในสมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง สมองส่วนหลัง และไขสันหลังจากการตอบคำถาม การอธิบาย การสรุป การทำแบบฝึกหัด และแบบทดสอบ

#### ด้านทักษะ

- การจำแนกประเภท จากการตอบคำถามและการอธิบาย
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ จากการสืบค้นข้อมูล และการตอบคำถาม

#### ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความมุ่งมั่นอดทน ความมีเหตุผล จากการตอบคำถามและการอธิบาย



## 18.4 การทำงานของระบบประสาท

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายการทำงานของระบบประสาทโซมาติกและระบบประสาทอัตโนมัติ
2. เปรียบเทียบและยกตัวอย่างการทำงานของระบบประสาทโซมาติกและระบบประสาทอัตโนมัติ

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษารูป 18.32 ในหนังสือเรียนซึ่งเป็นการสรุปภาพรวมการทำงานของระบบประสาทของมนุษย์และสัตว์มีกระดูกสันหลัง ว่ามีระบบใดบ้างที่เกี่ยวข้องซึ่งทำให้เกิดการตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้อย่างเหมาะสมและดำรงชีวิตอยู่รอดได้

#### 18.4.1 ระบบประสาทโซมาติก

ครูนำเข้าสู่หัวข้อ 18.4.1 ในหนังสือเรียน โดยอาจให้นักเรียนทำการทดสอบรีเฟล็กซ์แยกชั้นของการกระตุกขาเมื่อเคาะที่เอ็นใต้หัวเข่า โดยปฏิบัติดังนี้

1. ให้นักเรียนจับคู่กันโดยสลับกันเป็นผู้ทดสอบ
2. ให้ผู้รับการทดสอบนั่งห้อยขาบนเก้าอี้โดยเท้าไม่แตะพื้นหรือขาเก้าอี้
3. ให้ผู้ทดสอบคลำหาเอ็นที่อยู่ใต้กระดูกสะบ้าหัวเข่า แล้วใช้ค้อนยางเคาะอย่างรวดเร็ว แต่อย่างรุนแรง
4. สังเกตการตอบสนองที่เกิดขึ้นกับขาที่อ่อนล้าของผู้รับการทดสอบ (อาจทดสอบซ้ำได้)

ถ้าไม่สามารถทำการทดสอบได้ ครูอาจให้นักเรียนศึกษาจากวิดีโอที่ค้นหาซึ่งสามารถสืบค้นได้ทั่วไปจากแหล่งการเรียนรู้อื่น ๆ หรือจากรูป 18.33 - 18.34 ในหนังสือเรียนและสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกลไกการเกิดรีเฟล็กซ์แยกชั้นเมื่อเคาะที่เอ็นใต้หัวเข่า และการเกิดรีเฟล็กซ์แยกชั้นเมื่อมีสัมผัสความร้อนและให้นักเรียนศึกษาว่ามืองค์ประกอบใดที่เหมือนหรือแตกต่างกันบ้าง จากนั้นครูให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



การเกิดรีเฟล็กซ์แยกชั้นเมื่อเคาะที่เอ็นใต้หัวเข่ามีเซลล์ประสาทชนิดใดเกี่ยวข้องบ้าง  
เซลล์ประสาทรับความรู้สึก และเซลล์ประสาทสั่งการ

? รีเฟล็กซ์แอกชันเมื่อเคาะที่เอ็นใต้หัวเข่ากับเมื่อนิ้วมือสัมผัสความร้อนเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

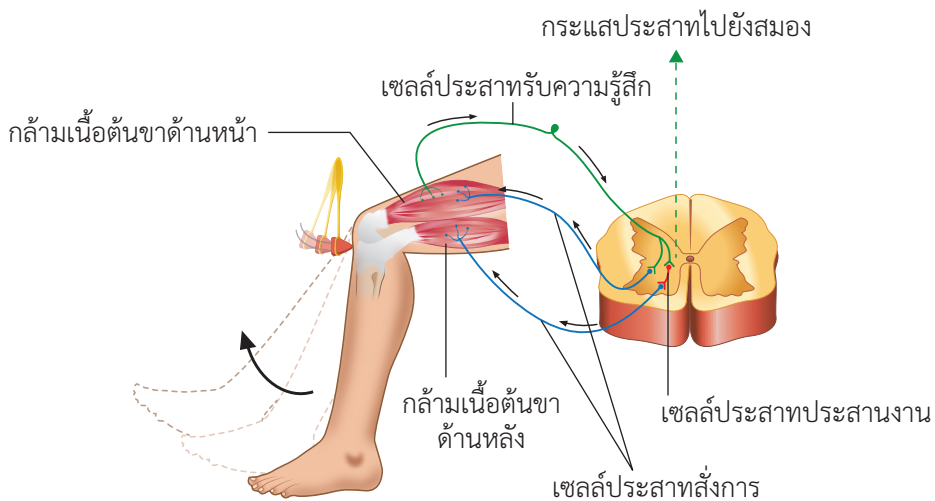
✎ แตกต่างกัน โดยรีเฟล็กซ์แอกชันเมื่อนิ้วมือสัมผัสความร้อนมีความซับซ้อนมากกว่า เพราะมีเซลล์ประสาทประสานงานเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ส่วนรีเฟล็กซ์แอกชันการเคาะที่เอ็นใต้หัวเข่าสามารถเกิดขึ้นได้โดยไม่ต้องอาศัยเซลล์ประสาทประสานงาน

? รีเฟล็กซ์แอกชันมีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์อย่างไร

✎ ช่วยให้มนุษย์หลบหลีกอันตรายที่จะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ได้รับอันตรายจากสิ่งเร้านั้นน้อยลง

ครูอาจให้นักเรียนยกตัวอย่างการเกิดรีเฟล็กซ์แอกชันที่นักเรียนเคยประสบมาก่อน เช่น การยกเท้าขึ้นเมื่อเหยียบเศษแก้วหรือของมีคมต่าง ๆ จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษารูป 18.35 ในหนังสือเรียน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจถึงองค์ประกอบของรีเฟล็กซ์อาร์กว่าต้องมีหน่วยย่อยอะไรบ้าง แต่ละหน่วยย่อยมีการทำงานที่สัมพันธ์กัน แต่บางครั้งการเกิดรีเฟล็กซ์อาร์ก็ไม่จำเป็นต้องมีเซลล์ประสาทประสานงานก็ได้

ครูเพิ่มความรู้ให้นักเรียนว่ากลไกการเกิดรีเฟล็กซ์แอกชันเมื่อเคาะที่เอ็นใต้หัวเข่ายังมีการส่งกระแสประสาทจากเซลล์ประสาทรับความรู้สึกแล้วส่งกระแสประสาทไปยังเซลล์ประสาทประสานงานที่ไขสันหลังเพื่อนำคำสั่งไปที่เซลล์ประสาทสั่งการอีกเซลล์หนึ่ง ซึ่งมีหน่วยปฏิบัติการเป็นกล้ามเนื้อแฮมสตริง (hamstring) หรือกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง เพื่อยับยั้งการหดตัวของกล้ามเนื้อแฮมสตริงซึ่งจะทำให้กล้ามเนื้อส่วนนี้คลายตัว ทำให้เกิดการเตะขาไปข้างหน้าได้ ดังรูป



### 18.4.2 ระบบประสาทอัตโนมัติ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยอาจให้นักเรียนออกกำลังกายหรือเคลื่อนไหวร่างกาย เช่น การลุกนั่ง กระโดดตบมือ เป็นเวลา 3-5 นาที จากนั้นให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงของร่างกายหลังทำกิจกรรมดังกล่าว หรือครูให้นักเรียนเล่าประสบการณ์ที่ทำให้นักเรียนตื่นเต้น ตกใจที่สุดในชีวิต ว่ามีความรู้สึกอย่างไรในขณะนั้น ซึ่งนักเรียนอาจบรรยายความรู้สึกได้หลากหลาย เช่น หัวใจเต้นเร็วและแรง เหงื่อออก บางคนใบหน้ามีสีแดงเรื่อ ๆ แต่เมื่อเวลาผ่านไปสักพักหัวใจจะเต้นช้าลงและเข้าสู่ภาวะปกติ ไม่มีเหงื่อ เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกี่ยวข้องกับระบบประสาทอัตโนมัติ

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติจากหนังสือเรียน หรือแหล่งการเรียนรู้อื่น ๆ จากนั้นให้ร่วมกันอธิบายและสรุปการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ โดยใช้คำถามในหนังสือเรียนว่า **ระบบประสาทอัตโนมัติควบคุมกิจกรรมของหน่วยปฏิบัติงานได้อย่างไร**

นักเรียนควรอธิบายและสรุปได้ว่าระบบประสาทอัตโนมัติควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อหัวใจ และต่อมต่าง ๆ ซึ่งเป็นหน่วยปฏิบัติงานที่อยู่นอกอำนาจจิตใจ ระบบประสาทอัตโนมัติประกอบด้วย ปมประสาทอัตโนมัติ เซลล์ประสาทก่อนปมประสาท เซลล์ประสาทหลังปมประสาท ดังรูป 18.36 ข. ในหนังสือเรียน ระบบประสาทอัตโนมัติยังแบ่งได้เป็น 2 ระบบ คือ ระบบประสาทซิมพาเทติก และระบบประสาทพาราซิมพาเทติก โดย 2 ระบบนี้ส่วนใหญ่จะทำงานในสภาวะตรงกันข้ามเพื่อควบคุมหน่วยปฏิบัติงานให้ทำงานได้ตามปกติ

ครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



หน่วยปฏิบัติงานของระบบประสาทซิมพาเทติกเหมือนหรือแตกต่างจากระบบประสาทอัตโนมัติอย่างไร



หน่วยปฏิบัติงานของระบบประสาทซิมพาเทติกแตกต่างจากระบบประสาทอัตโนมัติ โดยหน่วยปฏิบัติงานของระบบประสาทซิมพาเทติกจะเป็นกล้ามเนื้อโครงร่าง ส่วนหน่วยปฏิบัติงานของระบบประสาทอัตโนมัติจะเป็นกล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อหัวใจ หรือต่อมต่าง ๆ



ครูให้นักเรียนศึกษารูป 18.37 ในหนังสือเรียนแล้วให้สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับผลของระบบประสาทซิมพาเทติกและระบบประสาทพาราซิมพาเทติกที่มีต่ออวัยวะต่าง ๆ แล้วร่วมกันสรุปเป็นตาราง ดังตัวอย่างตาราง 18.4

ตาราง 18.4 ผลของการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติต่ออวัยวะต่าง ๆ


อวัยวะ	ระบบประสาทซิมพาเทติก	ระบบประสาทพาราซิมพาเทติก
รูม่านตา	รูม่านตาขยาย	รูม่านตาหรี
ต่อมน้ำตา	-	หลั่งน้ำตาเป็นปกติ
กล้ามเนื้อยึดเลนส์	คลายตัวเมื่อมองวัตถุในระยะไกล	หดตัวเมื่อมองวัตถุในระยะใกล้
ต่อมน้ำลาย	น้ำลายข้นมีเมือกมาก	น้ำลายใสมีเอนไซม์มาก
ทางเดินอาหาร (กระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก)	ลดการเคลื่อนไหวแบบเพริสตัลซิสและลดการสร้างเอนไซม์	เพิ่มการเคลื่อนไหวแบบเพริสตัลซิสและเพิ่มการสร้างเอนไซม์
ตับ	กระตุ้นการสลายตัวของไกลโคเจน	สังเคราะห์ที่ไกลโคเจน
ถุงน้ำดี	คลายตัวทำให้ยับยั้งการหลั่งน้ำดี	บีบตัวทำให้กระตุ้นการหลั่งน้ำดี
ตับอ่อน	ลดการหลั่งเอนไซม์	เพิ่มการหลั่งเอนไซม์
หลอดเลือดและหลอดเลือดฝอย	กระตุ้นการขยายตัวทำให้หายใจคล่อง	กระตุ้นการหดตัวทำให้หายใจไม่คล่อง
ต่อมเหงื่อ	กระตุ้นการขับเหงื่อ	-
หัวใจ	เพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ	ลดอัตราการเต้นของหัวใจ
ไต	ลดการขับปัสสาวะ	-
ต่อมหมวกไตส่วนใน	กระตุ้นการหลั่งเอพิเนพรินและนอร์เอพิเนพริน	ไม่มีเส้นประสาท
มดลูก	<ul style="list-style-type: none"> <li>คลายตัวในภาวะปกติ</li> <li>หดตัวขณะคลอดลูก</li> </ul>	-
กระเพาะปัสสาวะ <ul style="list-style-type: none"> <li>ผนังกระเพาะปัสสาวะ</li> <li>กล้ามเนื้อหูรูดด้านใน</li> </ul>	- หดตัว ทำให้ปัสสาวะถูกกักไว้	กระตุ้นให้หดตัว คลายตัว ทำให้ปัสสาวะไหลออก
อวัยวะสืบพันธุ์ <ul style="list-style-type: none"> <li>องคชาติ หรือคลิทอริส</li> <li>การหลั่งสารคัดหลั่ง</li> </ul>	- -	กระตุ้นให้เกิดการแข็งตัว กระตุ้นการหลั่งสารคัดหลั่ง

\*หมายเหตุ - คือ เส้นประสาทที่ไปอวัยวะนั้นไม่ส่งผลการทำงานที่เด่นชัด

ครูควรเพิ่มเติมถึงข้อยกเว้นบางประการที่บางอวัยวะอาจถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติระบบเดียว เช่น ต่อมหมวกไต (ส่วนใน) จะถูกควบคุมโดยระบบประสาทซิมพาเทติกเพียงอย่างเดียว แล้วให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

- ?** ศูนย์กลางการสั่งการของระบบประสาทซิมพาเทติกและระบบประสาทพาราซิมพาเทติกอยู่ที่ใดบ้าง
-  ศูนย์กลางการสั่งการของระบบประสาทซิมพาเทติกอยู่ที่ไขสันหลังบริเวณอกและบริเวณเอว ส่วนศูนย์กลางการสั่งการของระบบประสาทพาราซิมพาเทติกอยู่ที่ก้านสมองซึ่งประกอบด้วยสมองส่วนกลาง พอนส์ และเมดัลลาลาอบลองกาตา และอยู่ที่ไขสันหลังบริเวณกระเบนเหน็บ
- ?** ถ้าระบบประสาทอัตโนมัติมีแต่ระบบประสาทพาราซิมพาเทติกที่ควบคุมอวัยวะภายในเพียงระบบเดียวจะมีผลต่อร่างกายอย่างไร
-  ขึ้นอยู่กับอวัยวะนั้นที่ระบบประสาทพาราซิมพาเทติกควบคุม เช่น การควบคุมการเต้นของหัวใจ ถ้ามีแต่ระบบประสาทพาราซิมพาเทติกอย่างเดียวหัวใจก็จะไม่มีการเพิ่มอัตราการเต้นเลือดอาจสูบฉีดไปเลี้ยงเซลล์ทั่วร่างกายไม่ทัน หากในขณะนั้นมีการออกกำลังกายหรือทำกิจกรรมหนักๆ

ครูให้นักเรียนสืบค้นเพิ่มเติมเกี่ยวกับหน้าที่ ตำแหน่งของตัวเซลล์ประสาทก่อนปมประสาท สารสื่อประสาทของระบบประสาทซิมพาเทติกและระบบประสาทพาราซิมพาเทติกว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไรบ้าง จากนั้นครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบประสาทซิมพาเทติกและระบบประสาทพาราซิมพาเทติกว่าแม้ส่วนใหญ่ระบบประสาทซิมพาเทติกจะมีผลกระตุ้นแต่ก็ยังมีผลยับยั้งในบางอวัยวะ เช่น ในตับอ่อนลดการหลั่งอินซูลิน ส่วนระบบประสาทพาราซิมพาเทติกไม่ยับยั้งอย่างเดียวกแต่ยังมีการกระตุ้นในบางอวัยวะ เช่น ในตับอ่อนเพิ่มการหลั่งอินซูลิน จากนั้นครูใช้คำถามดังนี้

- ต่อมหมวกไตส่วนในได้รับกระแสประสาทจากเซลล์ประสาทก่อนปมประสาทของระบบประสาทอัตโนมัติระบบใด อย่างไร
-  จะมีการตอบสนองเฉพาะระบบประสาทซิมพาเทติกเท่านั้น โดยเซลล์ในต่อมหมวกไตส่วนในจะหลั่งเอพิเนฟรินและนอร์เอพิเนฟรินซึ่งจะถูกลำเลียงไปตามกระแสเลือดและทำให้เกิดการตอบสนองทั่วร่างกาย เช่น หัวใจเต้นเร็ว ความดันเลือดสูง รูม่านตาขยาย เหงื่อออก

ครูให้นักเรียนสืบค้นและร่วมกันเปรียบเทียบการทำงานของระบบประสาทโซมาติกกับระบบประสาทอัตโนมัติ โดยใช้คำถามตรวจสอบความเข้าใจในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



### ตรวจสอบความเข้าใจ

**?** จงเปรียบเทียบการทำงานและโครงสร้างของระบบประสาทโซมาติก ระบบประสาทซิมพาเทติก และระบบประสาทพาราซิมพาเทติก เช่น หน้าที่ทั่วไป ชนิดการควบคุม หน่วยปฏิบัติงาน ตำแหน่งของตัวเซลล์ประสาทสั่งการ จำนวนเซลล์ประสาทสั่งการ ปมประสาทของเซลล์ประสาทสั่งการที่อยู่นอกระบบประสาทส่วนกลาง สารสื่อประสาทที่หลั่งออกจากปลายแอกซอน

**ตัวอย่าง** การเปรียบเทียบโครงสร้างและการทำงานของระบบประสาทโซมาติกและระบบประสาทซิมพาเทติกและระบบประสาทพาราซิมพาเทติก

ลักษณะ	ระบบประสาทโซมาติก	ระบบประสาทอัตโนมัติ	
		ซิมพาเทติก	พาราซิมพาเทติก
หน้าที่ทั่วไป	เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของร่างกาย	ปรับสมดุลของร่างกาย เนื่องจากการกระตุ้นของสิ่งเร้าภายใน ส่วนใหญ่ทำหน้าที่ตรงข้ามกับพาราซิมพาเทติก	ปรับสมดุลของร่างกาย เนื่องจากการกระตุ้นของสิ่งเร้าภายใน ส่วนใหญ่ทำหน้าที่ตรงข้ามกับซิมพาเทติก
ชนิดการควบคุม	บังคับได้/ อยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ	บังคับไม่ได้/อยู่นอกอำนาจจิตใจ	บังคับไม่ได้/อยู่นอกอำนาจจิตใจ
หน่วยปฏิบัติงาน	กล้ามเนื้อโครงร่าง	กล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อหัวใจ และต่อมต่างๆ	กล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อหัวใจและต่อมต่างๆ
ตำแหน่งของตัวเซลล์ประสาทสั่งการ	สมองและไขสันหลัง	ไขสันหลังบริเวณอกและบริเวณเอว	สมองส่วนกลาง พอนส์ เมดัลลาออบลองกาตา และไขสันหลังบริเวณกระเบนเหน็บ

ลักษณะ	ระบบประสาทโซมาติก	ระบบประสาทอัตโนมัติ			
		ซิมพาเทติก		พาราซิมพาเทติก	
จำนวนเซลล์ประสาทสั่งการ	1 เซลล์	2 เซลล์ (แอกซอนของเซลล์ประสาทก่อนปมประสาทสั้นกว่าแอกซอนของเซลล์ประสาทหลังปมประสาท)		2 เซลล์ (แอกซอนของเซลล์ประสาทก่อนปมประสาทยาวกว่าแอกซอนของเซลล์ประสาทหลังปมประสาท)	
ปมประสาทของเซลล์ประสาทสั่งการที่อยู่นอกระบบประสาทส่วนกลาง	ไม่มี	มี 1 ปม		มี 1 ปม	
อะเซทิลโคลีนจากเซลล์ประสาทหลังปมประสาท	อะเซทิลโคลีน	อะเซทิลโคลีนจากเซลล์ประสาทก่อนปมประสาท	นอร์เอพิเนฟรินจากเซลล์ประสาทหลังปมประสาท	อะเซทิลโคลีนจากเซลล์ประสาทก่อนปมประสาท	อะเซทิลโคลีนจากเซลล์ประสาทหลังปมประสาท

## แนวการวัดและประเมินผล

### ด้านความรู้

- การทำงานของระบบประสาทโซมาติก และระบบประสาทอัตโนมัติ จากการตอบคำถาม การอธิบาย การยกตัวอย่าง การเปรียบเทียบ การทำแบบฝึกหัด และแบบทดสอบ

### ด้านทักษะ

- การสังเกต การจำแนกประเภท จากการตอบคำถามและการอธิบาย
- การลงความเห็นจากข้อมูล จากการตอบคำถาม การอธิบาย การเปรียบเทียบ และการยกตัวอย่าง
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการสืบค้นข้อมูลและการอธิบาย

### ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความมุ่งมั่นอดทน ความมีเหตุผล จากการตอบคำถามและการอธิบาย

## 18.5 อวัยวะรับความรู้สึก

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของตา
2. สังเกตและอธิบายการหาตำแหน่งของจุดบอดและโฟเวีย
3. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของหู
4. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของจมูก
5. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของลิ้น
6. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของผิวหนัง
7. สังเกตและอธิบายความไวในการรับสัมผัสของผิวหนังในแต่ละบริเวณ
8. สืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างโรคที่เกี่ยวข้องกับตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง และนำความรู้มาใช้ในการดูแลรักษาและป้องกันอันตรายอวัยวะรับความรู้สึกต่างๆ



## แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยครูอาจนำสิ่งต่างๆ ใส่กล่อง 3 กล่อง เช่น กาแฟผง น้ำตาลทราย และเกลือป่น ให้นักเรียนเขย่ากล่องเพื่อฟังเสียงแล้วทายว่ามีอะไรอยู่ข้างใน นักเรียนอาจระบุไม่ได้ว่าคืออะไร แล้วให้นักเรียนดมกลิ่น นักเรียนอาจตอบได้ว่า กล่องที่ 1 เป็นกาแฟ จากนั้นเปิดกล่องเพื่อสังเกต แล้วถามนักเรียนว่า **สิ่งที่อยู่ในกล่องคืออะไร** นักเรียนควรบอกได้ว่ากล่องแรกคือ กาแฟ แต่อาจจะระบุไม่ได้ว่ากล่องที่ 2 และ 3 เป็นน้ำตาลทรายและเกลือป่น ครูถามนักเรียนว่า **จะใช้วัยวะรับความรู้สึกใดเพิ่มอีกจึงจะตอบได้ว่าสิ่งที่อยู่ในกล่องอีก 2 กล่องคืออะไร** นักเรียนอาจตอบได้ว่าใช้ลิ้นเพื่อรับรสหรือใช้มือสัมผัสเพื่อสังเกตลักษณะของผลึก น้ำตาลทรายจะมีลักษณะเป็นเหลี่ยมมากกว่าเกลือป่นซึ่งมีลักษณะกลมมน ครูอาจให้นักเรียนชิมสิ่งที่อยู่ในกล่องเพื่อยืนยันคำตอบ โดยชิมทีละอย่างและถามว่าได้รับรสอะไรบ้าง นอกจากนี้อาจให้นักเรียนชิมทั้ง 3 อย่างพร้อมกัน แล้วถามว่าได้รับรสที่เหมือนหรือต่างจากการชิมทีละอย่างหรือไม่ อย่างไร



แต่ต้องแจ้งเตือนนักเรียนว่า การจะทดสอบรสของสิ่งต่างๆ ต้องแน่ใจว่าสิ่งนั้นไม่เป็นอันตราย ถ้าไม่แน่ใจว่าเป็นอะไรห้ามทดสอบด้วยการชิมเพราะอาจเป็นสารเคมีที่เป็นอันตราย

ครูถามนักเรียนว่า **อวัยวะรับความรู้สึกมีอวัยวะใดบ้างและทำงานได้อย่างไร** นักเรียนอาจตอบได้ว่ามี ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง หรืออาจตอบไม่ได้ขึ้นกับความรู้เดิม จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาในแต่ละหัวข้อ ดังนี้

### 18.5.1 ตากับการมองเห็น

ครูให้นักเรียนจับคู่กันเพื่อพิจารณาโครงสร้างต่างๆ ของตาที่มองเห็นจากภายนอก เช่น ม่านตา รูม่านตา และตาขาว จากนั้นให้นักเรียนศึกษาหุ่นจำลองของตาหรือรูป 18.38 และรูป 18.39 ในหนังสือเรียน แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับโครงสร้างของตา ผนังตาชั้นต่างๆ และการมองเห็น เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า ตาประกอบด้วยเลนส์ตา ทำหน้าที่โฟกัสแสงให้ตกลงบนเรตินา ซึ่งมีเซลล์รูปแท่งกับเซลล์รูปกรวยทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสประสาท ส่งไปตามเส้นประสาทสมองคู่ที่ 2 แล้วส่งต่อไปยังสมองและทำการแปลผลเป็นภาพ

ครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

-  ม่านตาเทียบได้กับส่วนใดของกล้องจุลทรรศน์
-  ไดอะแฟรม

**?** เพราะเหตุใดเมื่อเข้าไปในห้องที่มีแสงสว่าง ในตอนแรกจะมองเห็นสิ่งต่าง ๆ ได้ไม่ชัด แต่สักครู่จะมองเห็นชัดขึ้นทั้ง ๆ ที่ไม่ได้เพิ่มแสงสว่าง

**✎** ขณะที่อยู่ในที่สว่าง รูม่านตาแคบเพื่อให้อัตราปริมาณแสงที่เข้าไปในตาพอเหมาะ เมื่อเข้าไปในที่ที่มีแสงสว่าง แสงจึงตกที่เรตินาน้อยทำให้มองเห็นภาพไม่ชัด แต่ต่อมารูม่านตาจะขยายใหญ่ โดยการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ทำให้ปริมาณแสงที่ตกบนเรตินามากขึ้น จึงมองเห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น

ครูให้นักเรียนตรวจสอบตำแหน่งจุดบอดและโฟเวีย จากกิจกรรม 18.1 ดังนี้



### กิจกรรม 18.1 การหาตำแหน่งของจุดบอดและโฟเวีย

#### จุดประสงค์

สังเกตและอธิบายการหาตำแหน่งของจุดบอดและโฟเวีย

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

#### วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. กระดาษขาวกว้าง 3 cm ยาว 13 cm ทำเครื่องหมาย + และ • ห่างกัน 10 cm	1 ชิ้นต่อ 2 คน
2. ปากกาที่มีสีสด	1 ด้ามต่อ 2 คน
3. ไม้บรรทัด	1 อันต่อกลุ่ม

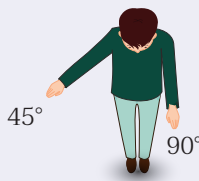
#### เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม ตอนที่ 1

**?** เพราะเหตุใดเมื่อหลับตาซ้ายจึงมองไม่เห็นเครื่องหมาย • ทั้ง ๆ ที่ยังมีเครื่องหมายอยู่  
**✎** เมื่อผู้ทำการทดลองทดสอบได้ระยะหนึ่ง จะมองเห็นเพียงเครื่องหมาย + แต่มองไม่เห็นเครื่องหมาย • แสดงว่าระยะนั้นเป็นระยะที่แสงจากเครื่องหมาย • ตกลงบนเรตินาในบริเวณที่ไม่มีเซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวยคือ จุดบอดของนัยน์ตาข้างขวา

- ? จากการทำกิจกรรมบอกได้หรือไม่ว่าจุดที่ตามองไม่เห็นภาพอยู่เยื้องไปทางใดของตา  
 จุดที่ตามองไม่เห็นภาพของตาแต่ละข้างจะเยื้องไปทางมุม

### เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม ตอนที่ 2

- ? สามารถบอกสีของวัตถุได้ถูกต้อง เมื่อวัตถุอยู่ในตำแหน่งใด  
 เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ใกล้กับแนวมองของตาที่ประมาณ 45 องศา จึงจะบอกสีได้ถูกต้อง



- ? เพราะเหตุใดเมื่อเริ่มเห็นวัตถุจึงไม่สามารถบอกสีได้ถูกต้อง  
 แสงที่สะท้อนจากวัตถุไม่ตกที่โฟเวียที่มีเซลล์รูปกรวยหนาแน่นกว่าบริเวณอื่น

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 18.40 ร่วมกับการอภิปรายการทำกิจกรรม นักเรียนควรสรุปได้ว่า บริเวณโฟเวียจะมีเซลล์รูปกรวยหนาแน่นกว่าบริเวณอื่น ถ้าแสงตกลงบริเวณนี้ จะเห็นภาพได้ชัดเจน แต่ถ้าแสงตกลงบริเวณจุดบอดจะไม่เห็นภาพเพราะบริเวณนี้ไม่มีเซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวย


จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

- ? ถ้าน้ำเลี้ยงลูกตามีความดันมากกว่าปกติจะมีผลต่อสุขภาพของตาอย่างไร  
 จะทำลายเรตินา ทำให้เกิดอาการที่เรียกว่าต้อหิน และถ้าไม่รักษาอาจจะทำให้ตาบอดได้  
**คำอธิบายเพิ่มเติม** โดยทั่วไปอัตราการสร้างน้ำเลี้ยงลูกตาจะสมดุลกับอัตราการไหลออกจากลูกตา ตาจึงมีระดับความดันภายในลูกตาที่เป็นปกติ แต่ในสภาวะที่ของเหลวนี้ไหลออกจากลูกตาผ่านช่องทางหน้าของลูกตาด้วยอัตราที่ลดน้อยลง จึงเกิดการคั่งของของเหลวภายในลูกตา จนทำให้ระดับความดันภายในลูกตาเพิ่มสูงขึ้นและจะไปกดจอประสาทตาหรือเรตินา ทำให้เลือดมาเลี้ยงจอประสาทตาด้านน้อยลง เป็นผลให้เรตินาเสื่อมทำให้เกิดอาการที่เรียกว่าต้อหิน ซึ่งจะทำให้สายตามัวลงจนอาจสูญเสียการมองเห็นได้ในที่สุด



### ชวนคิด


**?** โดยทั่วไปจะมีข้อแนะนำให้ใส่คอนแทคเลนส์ติดต่อกันไม่เกิน 8 ชั่วโมง ถ้าใส่คอนแทคเลนส์เป็นระยะเวลานานกว่านั้นหรือใส่ขณะนอนหลับ จะเกิดผลอย่างไร

 โดยปกติกระจกตาจะได้รับออกซิเจนจากน้ำเลี้ยงลูกตาและจากอากาศผ่านทางชั้นน้ำตาที่เคลือบตาไว้ การใส่คอนแทคเลนส์จะทำให้กระจกตาได้รับออกซิเจนจากอากาศน้อยลง เพราะออกซิเจนจะผ่านคอนแทคเลนส์ได้น้อย ถ้าใส่คอนแทคเลนส์นาน ๆ อาจทำให้กระจกตาขาดออกซิเจน ทำให้ตาแห้ง เกิดการระคายเคือง เป็นแผลที่กระจกตาและทำให้ติดเชื้อได้ หรือถ้าใส่คอนแทคเลนส์แล้วนอนหลับจะทำให้ตาแห้ง อาจจะมีการขยี้ตาทำให้คอนแทคเลนส์ขาดและทำให้กระจกตาเป็นแผลได้

ครูให้นักเรียนมองเพื่อนที่นั่งติดกันจากนั้นมองออกไปนอกหน้าต่าง อาจให้มองต้นไม้หรือตึกเรียนอื่น แล้วถามนักเรียนว่า การมองวัตถุที่อยู่ใกล้และวัตถุที่อยู่ไกล นักเรียนเห็นภาพชัดเหมือนกันหรือไม่ และเพราะเหตุใดจึงสามารถมองวัตถุที่อยู่ใกล้และไกลได้ชัดเจน จากนั้นให้นักเรียนศึกษารูป 18.41 เพื่อสรุปว่า ความโค้งของเลนส์เปลี่ยนแปลงได้ ถ้ามองวัตถุระยะใกล้ กล้ามเนื้อยึดเลนส์จะหดตัวเอ็นยึดเลนส์หย่อนทำให้เลนส์โป่งออก ถ้ามองวัตถุระยะไกล กล้ามเนื้อยึดเลนส์จะคลายตัว เอ็นยึดเลนส์ตึง เลนส์จะนูนน้อยลง

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

**?** เพราะเหตุใดเวลาอ่านหนังสือนาน ๆ จึงรู้สึกเมื่อยตา แต่ถ้าหากมองทีวีทัศน์ที่อยู่ไกลจะมองได้นานกว่า

 การอ่านหนังสือเป็นเวลานานทำให้เกิดอาการกล้ามเนื้อตาล้า เนื่องจากกล้ามเนื้อยึดเลนส์หดตัวเพื่อโฟกัสที่จุดใดจุดหนึ่งซึ่งอยู่ใกล้เป็นเวลานาน ๆ รวมทั้งการปรับปริมาณแสงที่เข้าสู่ตาโดยกล้ามเนื้อตาล้า นอกจากการอ่านหนังสือแล้ว กิจกรรมอื่น ๆ เช่น การทำงานหน้าจอคอมพิวเตอร์ การเล่นเกมหรือการอ่านหน้าจอตระกูลมือถือ หรือการดูโทรทัศน์เป็นเวลานาน ๆ สามารถทำให้เกิดอาการเมื่อยตาเช่นเดียวกัน การมองทีวีทัศน์ที่อยู่ไกลจะมองได้นานกว่า เพราะการมองวัตถุระยะไกล กล้ามเนื้อยึดเลนส์จะคลายตัว และมีระยะโฟกัสของการมองวัตถุที่หลากหลาย ทำให้กล้ามเนื้อยึดเลนส์ไม่ได้ทำงานเพื่อโฟกัสที่ระยะใดระยะหนึ่งเป็นเวลานาน ๆ จึงไม่เกิดอาการล้า

ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่า การแก้ไขอาการกล้ามเนื้อตาล้าสามารถทำได้โดยเปลี่ยนระยะโฟกัสของวัตถุหรือจุดมองไปยังจุดอื่น ๆ เป็นระยะ ๆ เพื่อให้กล้ามเนื้อตาได้พักจากการโฟกัสที่จุดใดจุดหนึ่งเป็นเวลานาน ๆ นอกจากนี้การใช้สายตามากอาจทำให้ตาแห้งเกิดอาการระคายเคืองได้ จึงควรหลับตาเพื่อพักสายตาเป็นระยะ ถ้าตาแห้งมากอาจต้องหยอดน้ำตาเทียม

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับความผิดปกติของการมองเห็น ตัวอย่างคำถามมีดังนี้

- พ่อแม่ ปู่ย่า ตายายของนักเรียน ใ้ใส่แว่นตาขณะอ่านหนังสือหรือไม่ และเมื่อทำกิจกรรมอื่น ๆ ใส่แว่นตาหรือไม่
- ถ้าพ่อแม่ของนักเรียนใส่แว่นตาในช่วงอายุมากกว่า 40 ปี แต่ก่อนนั้นไม่ได้ใส่แว่นเป็นเพราะเหตุใด
- นักเรียนในห้องที่สายตาสั้นมีจำนวนกี่คน มีลักษณะการมองเห็นเป็นอย่างไร
- นักเรียนที่สายตาสั้นมีอาการสายตาสั้นเมื่ออายุประมาณเท่าใด แว่นตาที่นักเรียนใส่เป็นเลนส์แบบใด

คำตอบอาจมีหลากหลายขึ้นกับประสบการณ์ของนักเรียน เช่น พ่อแม่ ปู่ย่า ตายาย ใส่แว่นอ่านหนังสือ ทั้ง ๆ ที่ตอนอายุไม่มากจะไม่ได้ใส่แว่น แต่เมื่ออายุมากกว่า 40 ปีจะเริ่มใส่แว่นเวลาอ่านหนังสือ แต่เมื่อทำกิจกรรมอื่น เช่น รดน้ำต้นไม้ ทำอาหาร อาจจะไม่ใส่แว่น หรือพ่อแม่ ปู่ย่า ตายาย เคยใส่แว่นตาเพื่อแก้ไขสายตาสั้น แต่เมื่ออายุมากขึ้นต้องใส่แว่นตาที่แก้ไขสายตาสั้นและสายตายาว ด้วย ส่วนนักเรียนที่สายตาสั้นอาจตอบได้ว่า เมื่อสายตาสั้นจะมองภาพที่อยู่ไกลไม่ชัดเจน ถ้าสายตาสั้นไม่มากจะยังคงเห็นภาพต่าง ๆ ได้ อาจไม่จำเป็นต้องใส่แว่น

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 18.42 และ 18.43 แล้วร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับความผิดปกติของการมองเห็นและการแก้ไขสายตาโดยการใช้เลนส์ จากการอภิปรายร่วมกันนักเรียนควรสรุปได้ว่า เมื่ออายุมากกว่า 40 ปี เลนส์ตาจะสูญเสียความยืดหยุ่นและกล้ามเนื้อยึดเลนส์จะเสื่อมตามอายุ ส่งผลต่อการมองเห็น คือ มองภาพใกล้ไม่ชัดแต่ยังคงมองภาพไกลได้ชัด เรียกว่า สายตายาว แก้ไขได้โดยใส่แว่นตาที่เป็นเลนส์นูน ถ้ามองเห็นภาพไกลไม่ชัดแต่เห็นภาพใกล้ชัด เกิดจากแสงตกก่อนถึงเรตินา ทำให้เกิดสายตาสั้น แก้ไขโดยใช้แว่นตาที่เป็นเลนส์เว้า

นอกจากสายตายาวและสายตาสั้นแล้ว ยังมีความผิดปกติของการมองเห็นที่เป็นสายตาเอียง จะเห็นเส้นในแนวใดแนวหนึ่งไม่ชัดเจน แก้ไขได้โดยใช้แว่นที่เป็นเลนส์ทรงกระบอก

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



เพราะเหตุใดในผู้สูงอายุที่สายตาวาย จึงมองวัตถุที่อยู่ไกลได้ชัดเจน แต่มองเห็นวัตถุใกล้ไม่ชัดเจน



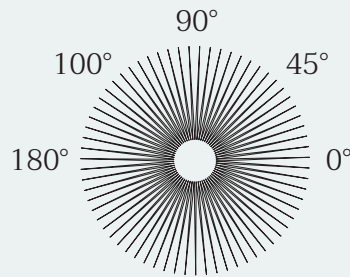
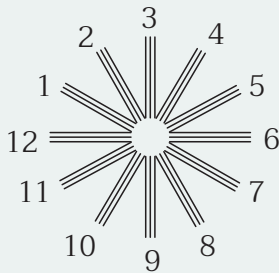
เนื่องจากการมองวัตถุที่อยู่ไกล ไม่จำเป็นต้องอาศัยการหดตัวของกล้ามเนื้อเย็บเลนส์ แต่กล้ามเนื้อเย็บเลนส์จะคลายตัวทำให้เลนส์มีความนูนน้อย ทำให้ในผู้สูงอายุที่กล้ามเนื้อเย็บเลนส์เสื่อมยังคงมองเห็นวัตถุที่อยู่ไกลได้ แต่มองวัตถุที่อยู่ใกล้ไม่ชัดเพราะกล้ามเนื้อเย็บเลนส์เสื่อมไม่สามารถหดตัวได้มาก รวมทั้งเลนส์ตามีความยืดหยุ่นน้อยลง จึงทำให้เลนส์ตาไม่สามารถไปออกเพื่อให้ผิวเลนส์มีความนูนมากขึ้นได้



### ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

สายตาเอียง คือ ความผิดปกติของการมองเห็นที่มองเห็นภาพไม่ชัด มีสาเหตุเกิดจากกระจกตา ด้านหน้า ด้านข้าง หรือส่วนโค้งของกระจกตาด้านในมีรูปร่างลักษณะผิดปกติ ทำให้เกิดความผิดปกติของการเดินทางของแสงไปยังจุดโฟกัสที่เรตินา ภาพที่มองเห็นจึงไม่ชัดเจนเป็นบางบริเวณ ขึ้นกับบริเวณที่ผิดปกติของกระจกตา สายตาเอียงเป็นลักษณะความผิดปกติที่พบได้ทั่วไป มีระดับของความผิดปกติหลายระดับ ถ้าไม่ผิดปกติมากก็ไม่จำเป็นต้องใส่แว่นตาที่มีเลนส์แก้สายตาเอียง แต่ถ้าผิดปกติมากจะทำให้มองเห็นภาพไม่ชัดและอาจจะมีอาการปวดศีรษะร่วมด้วยจึงจำเป็นต้องใส่แว่นตาที่ใช้เลนส์ทรงกระบอกแก้ไขสายตาเอียง

สำหรับแผนภาพที่ใช้ในการทดสอบสายตาเอียงจะมีหลากหลายรูปแบบ แต่โดยหลักการแล้วจะให้ผู้เข้ารับการทดสอบมองภาพที่ใช้ในการทดสอบที่ระยะ 12-14 นิ้ว โดยปิดตาทีละข้างแล้วมองภาพ ดูความแตกต่างของภาพที่มองเห็นจากตาทั้งสองข้าง ถ้าสายตาปกติ ตาทั้งสองข้างจะมองเห็นภาพที่มีความชัดเจนเท่ากัน ถ้ากระจกตาที่มีความผิดปกติ จะทำให้มองเห็นภาพที่ไม่เป็นเส้นตรงหรือไม่ชัด หรือมองเห็นเป็นเส้นสีเทา ขึ้นกับลักษณะความผิดปกติของกระจกตาและการหักเหของแสงจากกระจกตาไปยังจุดโฟกัส



ครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับกลไกการมองเห็นจากการศึกษารูป 18.44 และอธิบายเพิ่มเติมถึงความสัมพันธ์ระหว่างสารโรดอปซินกับวิตามินเอ เพื่อให้ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ทางโภชนาการกับการมองเห็นได้ โดยใช้แนวคำถามเพิ่มเติมดังนี้

- ถ้าร่างกายขาดวิตามินเอจะทำให้เกิดอาการตาฟางในเวลาที่มีแสงสว่างน้อย เช่น ตอนใกล้ค่ำ เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
- ✎ ในขณะที่มีแสงสว่างน้อย เช่น ตอนใกล้ค่ำ เซลล์รูปกรวยทำงานไม่ดี เพราะเซลล์รูปกรวยต้องการแสงสว่างมาก ดังนั้นขณะที่แสงสว่างน้อย เซลล์รูปแท่งเท่านั้นที่สามารถทำงานได้ แต่ถ้าร่างกายขาดวิตามินเอซึ่งเป็นสารตั้งต้นของเรตินอล จะทำให้เซลล์รูปแท่งขาดเรตินอลด้วยจึงส่งผลให้ขาดโรดอปซิน กระบวนการมองเห็นเกิดจากแสงไปทำให้โรดอปซินเปลี่ยนเป็นเรตินอลกับออปซิน แล้วจะเกิดกระแสประสาทไปยังสมองเพื่อแปลเป็นภาพ เมื่อมีโรดอปซินน้อยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจึงเกิดขึ้นได้น้อย ทำให้มองเห็นไม่ชัด
- ถ้ามองภาพหรืออ่านหนังสือในขณะที่มีแสงสว่างมากหรือขณะที่ใช้สายตามาก จะรู้สึกตาพร่า เพราะเหตุใด
- ✎ เพราะในขณะนั้นเซลล์รับแสงมีการสลายโรดอปซินมากและไม่สามารถสร้างกลับมาได้ทันที ทำให้ประสิทธิภาพของการมองเห็นลดลง

ครูนำเข้าสู่เรื่องการมองเห็นสีต่าง ๆ โดยใช้คำถามถามนักเรียนว่า


- รู้จักระบบสี RGB หรือไม่
- ถ้านักเรียนเคยใช้โปรแกรม photoshop หรือ power point เคยกำหนดค่าสีด้วยการใช้ค่า RGB หรือไม่ อย่างไร

คำตอบอาจมีได้หลากหลายขึ้นกับประสบการณ์เดิมของนักเรียน ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่า RGB ย่อมาจาก red green และ blue เป็นระบบสีที่เกิดจากการรวมกันของแสงสีแดง เขียว และน้ำเงิน การใช้สัดส่วนของสี 3 สีนี้ที่แตกต่างกันจะทำให้เกิดสีต่าง ๆ ได้อีกมากมาย งานที่เหมาะสมกับระบบสี RGB คือ งานที่ใช้แสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เช่น เว็บไซต์หรือสื่อออนไลน์

จากนั้นครูถามนักเรียนว่า เซลล์รูปกรวยบนเรตินาจะมีความไวต่อช่วงความยาวคลื่นแสงในช่วงจึงทำให้มนุษย์มองเห็นสีต่าง ๆ ได้มากมาย นักเรียนศึกษารูป 18.45 ในหนังสือเรียนประกอบการอภิปราย ซึ่งควรสรุปได้ว่า เซลล์รูปกรวยที่มีความไวต่อช่วงความยาวคลื่นแสง 3 ช่วง คือ เซลล์รูปกรวยที่ไวต่อแสงสีน้ำเงิน เซลล์รูปกรวยที่ไวต่อแสงสีแดง และเซลล์รูปกรวยที่ไวต่อแสงสีเขียว การที่มองเห็นสีได้หลายสีเพราะมีการกระตุ้นเซลล์รูปกรวยแต่ละชนิดพร้อม ๆ กัน จึงเกิดการผสมของสีต่าง ๆ ได้



### ตรวจสอบความเข้าใจ

- ?** ภาพที่ผ่านเลนส์ตาและตกลงที่เรตินาจะเป็นภาพจริงหัวกลับ เพราะเหตุใดจึงมองเป็นภาพหัวตั้งได้
-  สมอประมวลผลออกมาเป็นภาพหัวตั้ง

ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมเสนอแนะเพื่อให้ตระหนักและเห็นความสำคัญของการดูแล ป้องกัน และรักษาตาให้สามารถทำงานได้อย่างปกติ





## กิจกรรม 18.2 ความรู้เกี่ยวกับโรคตา

### จุดประสงค์

ยกตัวอย่างโรคที่เกี่ยวข้องกับตาและบอกแนวทางในการดูแล ป้องกัน และรักษาตา

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

### ผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างโรคที่เกี่ยวข้องกับตา

ปัญหา	อาการ	การแก้ไข
เยื่อตาอักเสบ (conjunctivitis)	ตาแดง มีน้ำตาไหลมาก อาจเกิดจากไวรัสหรือแบคทีเรีย	พบจักษุแพทย์ ถ้ามีการติดเชื้อแบคทีเรียอาจหยอดยาหรือป้ายยาปฏิชีวนะ
แผลที่กระจกตา (corneal ulcers)	มีการอักเสบของกระจกตา ตาแดง มีน้ำตาไหลมาก อาจเกิดจากไวรัสหรือแบคทีเรีย หรือจากการใช้คอนแทคเลนส์	พบจักษุแพทย์ ถ้ามีการติดเชื้อแบคทีเรียอาจหยอดยาหรือป้ายยาปฏิชีวนะ ร่วมกับการใช้ความร้อนประคบ
ตาคุ้งยุง (stye)	ปวดหนังตา กลอกตาหรือหลับตาจะทำให้ปวด อาจมีอาการบวมที่เปลือกตา เห็นเป็นก้อนที่เปลือกตาหรือมีหนองไหลออกจากเปลือกตา	พบจักษุแพทย์ หยอดยาหรือป้ายยาปฏิชีวนะ ต้องใช้ยาปฏิชีวนะรับประทานร่วมด้วย ถ้าเป็นฝีหรือมีก้อนขึ้นมาแล้วจำเป็นต้องทำการผ่าตัด
ต้อกระจก (cataract)	เกิดจากเลนส์ตาขุ่นมัว ทำให้เห็นภาพมัวเหมือนมองผ่านหมอก เวลามองดูดวงไฟเหมือนมีริ้วคมีอยู่รอบๆ	พบจักษุแพทย์ ใช้วิธีผ่าตัดเปลี่ยนเลนส์ตา

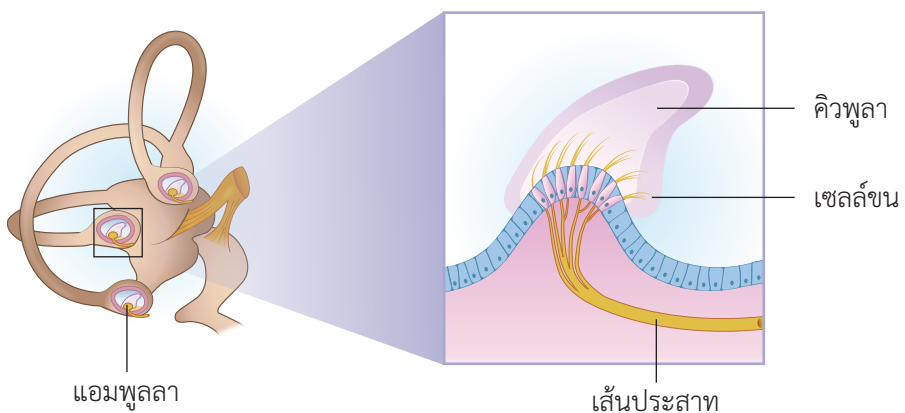
ปัญหา	อาการ	การแก้ไข
ต้อหิน (glaucoma)	ความดันในลูกตาสูง ไปกดเส้นประสาทตาเนื่องจากการถ่ายเทของของเหลวในตาขัดข้องหรือใช้ยาหยอดตาบางชนิดบ่อยเกินไป	พบจักษุแพทย์ ลดความดันของลูกตา โดยใช้ยาที่มีสมบัติในการขับของเหลวในลูกตา ถ้าเป็นมากต้องผ่าตัดระบายของเหลวในลูกตาเพื่อลดความดันในลูกตา
ต้อเนื้อหรือ ต้อลิ้นหมา (pterygium)	เกิดจากเยื่อตาออกไปทางใดทางหนึ่งหรือสองด้านของลูกตาด้านข้าง ล้ำเข้าไปที่กระจกตา ถ้ารู้กล้ำเข้าไปยังรูม่านตาจะรบกวนการมองเห็น อาจมีอาการเคืองตา แสบตา ตาแห้ง อาจเกิดจากแสง หรือฝุ่นละอองเข้ามากกระทบตาบ่อยๆ	พบจักษุแพทย์ โดยลอกเยื่อตาออก
ต้อลำไย (leucoma corneae)	เกิดจากกระจกตาขุ่นมัว จนแสงผ่านไม่ได้ มักเกิดจากการอักเสบของกระจกตา ซึ่งอาจเกิดจากอุบัติเหตุหรือโรคติดเชื้อจนกระจกตาขาวขุ่น มองดูคล้ายเนื้อลำไย อาจทำให้ตาบอดได้	พบจักษุแพทย์ ถ้าประสาทตายังไม่เสียหายสามารถเปลี่ยนกระจกตาได้
ตาเพลีย (eyestrain)	ปวดรอบๆ ตาและหน้าผาก เนื่องจากใช้สายตามากเกินไป หรือมีแสงสว่างน้อยเกินไป	จัดแสงให้เหมาะสมหรือพักสายตา

### 18.5.2 หูกับการได้ยิน





ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยศึกษาหุ่นจำลองแสดงโครงสร้างของหูหรือรูป 18.46 โครงสร้างภายในหู และถามนักเรียนเกี่ยวกับลักษณะใบหูที่สังเกตได้จากภายนอก นักเรียนควรตอบได้ว่า มีลักษณะเป็นแผ่นยื่นออกมาจากศีรษะซึ่งช่วยในการรับเสียง และใบหูเชื่อมต่อกับช่องหูเข้าไปด้านในของศีรษะ จากนั้นให้นักเรียนพิจารณาหูส่วนกลางจากรูป แล้วถามนักเรียนว่า **ลักษณะการเรียงตัวของกระดูกค้อน ทั้ง และโกลน มีความเหมาะสมต่อการได้ยินเสียงอย่างไร** นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า ลักษณะการเรียงตัวของกระดูกทั้ง 3 ชั้นนั้นเป็นระบบคานาคัตคานังด์ ทำให้มีการขยายแอมพลิจูดของคลื่นเสียงเพิ่มจากหูส่วนนอกประมาณ 22 เท่า ครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมว่า การทำงานของกระดูกค้อน ทั้ง และโกลน ช่วยเสริมแอมพลิจูดของคลื่นเสียงประมาณ 1.3 เท่า หลังจากที่ยึดแก้วหูได้สั่นสะเทือน เพื่อเพิ่มแอมพลิจูดของคลื่นเสียงมาแล้ว 17 เท่า

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 18.47 เซมิเซอร์คิวลาร์แคแนลและคอเคลีย แล้วให้นักเรียนร่วมกัน อภิปรายเกี่ยวกับหูส่วนในเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า หูส่วนในประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ชุดคือ ชุดที่ใช้รับเสียง คือ คอเคลีย ภายในมีของเหลวบรรจุอยู่ และชุดที่ใช้รับรู้การทรงตัว คือ เซมิเซอร์คิวลาร์แคแนล มีลักษณะเป็นหลอดครึ่งวงกลม มี 3 หลอด ที่ปลายหลอดจะพองออกมาเรียกว่า แอมพูลลา ภายในมีของเหลวและเซลล์ขนทำหน้าที่รับความรู้สึก

ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่า ภายในแอมพูลลาประกอบด้วยคิวพูลา (cupula) มีลักษณะคล้ายวุ้น และมีกลุ่มเซลล์ขนอยู่รอบ ๆ ดังรูป เมื่อร่างกายเคลื่อนไหว ของเหลวที่อยู่ภายในหลอดจะไหลไปมา การไหลของของเหลวนี้ทำให้คิวพูลาเคลื่อนไหวและเกิดการเบนของเซลล์ขน การเบนของเซลล์ขนนี้จะทำให้เกิดกระแสประสาทส่งไปยังสมอง เพื่อให้สมองทราบถึงการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของศีรษะ และสั่งการให้เกิดการทรงตัวในตำแหน่งที่เหมาะสม



จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

- ?** ลักษณะของใบหูที่แผ่กว้างติดต่อกับช่องหูที่เป็นท่อยาวไปจรดเยื่อแก้วหูนั้น มีส่วนช่วยในการได้ยินหรือไม่ อย่างไร
-  มีส่วนช่วยในการได้ยิน คือ ใบหูที่แผ่กว้างช่วยดักคลื่นเสียงให้เข้าสู่ช่องหู และการที่ช่องหูต่อเป็นท่อยาวช่วยในการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงเพื่อส่งไปยังหูส่วนกลางต่อไปได้ดีขึ้น
- ?** มีสิ่งใดหรือเหตุการณ์ใดบ้างที่ทำให้หูอื้อหรือปวดหูได้
-  การขึ้นภูเขาสูง การขึ้นลิฟท์บนตึกสูง ช่วงที่เครื่องบินขึ้นหรือลง และการดำน้ำลึก
- ?** ถ้าหมุนตัวหลาย ๆ รอบ แล้วจะยืนตรงได้ทันทีหรือไม่ เพราะเหตุใด
-  จะยืนตรงทันทีไม่ได้ เพราะขณะหมุนตัวหลาย ๆ รอบของเหลวภายในเซมิเซอร์คิวลาร์แคนแนลจะเปลี่ยนระดับและไหลไปมา เมื่อหยุดหมุนตัว ของเหลวภายในเซมิเซอร์คิวลาร์แคนแนลยังคงเคลื่อนที่ทำให้เซลล์รับความรู้สึกยังคงทำงานอยู่และไม่สามารถทรงตัวได้เพราะสัญญาณจากการทำงานของเซลล์รับความรู้สึกที่เซมิเซอร์คิวลาร์แคนแนลส่งไปสมองเพื่อควบคุมกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัวทั้งสองข้างของร่างกายไม่เท่ากัน
- ?** หากได้ยินเสียงดังมากติดต่อกันเป็นเวลานาน ๆ จะมีผลต่อการรับฟังอย่างไร
-  ทำให้เซลล์ประสาทหูเสื่อม ความสามารถในการได้ยินลดลง เป็นโรคหูตึง

ครูควรให้นักเรียนตระหนักถึงความผิดปกติของหู โดยแบ่งกลุ่มให้นักเรียนไปสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้หูเกิดความพิการ ตลอดจนแนวทางในการรักษา เช่น

## โรคเกี่ยวกับหู

### หูน้ำหนวก

เกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรีย มีการอักเสบของเยื่อหูส่วนกลาง เยื่อกระดูกหู และท่อยูสเตเชียน แพทย์จะรักษาโดยการให้ยาปฏิชีวนะ

### เชื้อราในหู

เกิดจากเชื้อราที่อยู่ในหู ทำให้มีอาการคันมาก แพทย์จะรักษาโดยใช้ไม้พันสำลีชุบยาฆ่าเชื้อราทาภายในรูหู

### แก้วหูทะลุ

ส่วนมากเกิดจากการได้รับความกระทบกระเทือนที่บริเวณหู เกิดจากอุบัติเหตุ และอาจเกิดจากการแคะหูหรือการได้ยินเสียงที่ดังมาก แพทย์จะรักษาโดยการปะเยื่อแก้วหูซึ่งจะทำให้การได้ยินเสียงดีขึ้น


### 18.5.3 จมูกกับการดมกลิ่น

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยนำอาหารบางชนิดมาให้นักเรียนดมกลิ่น แล้วถามนักเรียนว่า อาหารชนิดนั้นคืออะไรและทราบได้อย่างไร จากนั้นครูให้นักเรียนพิจารณารูป 18.48 โครงสร้างภายในของจมูกแล้วร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า จมูกมีเซลล์รับกลิ่นที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสิ่งเร้าให้เป็นกระแสประสาทเคลื่อนที่ไปยังเส้นประสาทรับกลิ่น (เส้นประสาทสมองคู่ที่ 1) เพื่อส่งไปยังสมองให้แปลเป็นความรู้สึกต่อไป ครูอาจใช้คำถามเพิ่มเติม ดังนี้

- ถ้านักเรียนไม่เคยได้กลิ่นดอกจำปีมาก่อน เมื่อดมกลิ่นโดยไม่เห็นดอกไม้ จะบอกได้หรือไม่ว่าเป็นกลิ่นของดอกอะไร
- ✎ อาจตอบไม่ได้ว่าเป็นกลิ่นดอกไม้อะไร เนื่องจากไม่เคยได้กลิ่นและจำมาก่อนว่ากลิ่นนั้นคือดอกจำปี แม้ว่าจะได้รับกลิ่นก็ไม่สามารถบอกชนิดดอกไม้ได้
- ถ้าเปลี่ยนจากดอกกุหลาบในรูป 18.48 เป็นดอกมะลิ กระบวนการการรับกลิ่นและประมวลผลจะเหมือนหรือต่างจากเดิมอย่างไร
- ✎ ถ้าเปลี่ยนดอกกุหลาบเป็นดอกมะลิ สิ่ง que เปลี่ยนไปคือ โมเลกุลของสารเคมีที่ทำให้เกิดกลิ่น จะเปลี่ยนจากกลิ่นกุหลาบไปเป็นกลิ่นมะลิ แต่กระบวนการรับกลิ่นจะเหมือนเดิม สมองจะแปลผลและบอกได้ว่าเป็นกลิ่นใดโดยเทียบกับข้อมูลกลิ่นจากประสบการณ์

ครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

**?** สุนัขมีศูนย์ควบคุมการรับกลิ่นที่ดีมาก มนุษย์ใช้ประโยชน์จากความสามารถของสุนัขในเรื่องนี้ด้านใดบ้าง

 ฝึกสุนัขให้ช่วยดมกลิ่นเพื่อหาสารเสพติด ระเบิด เพื่อค้นหาบุคคลที่ติดอยู่ในซากอาคารหรือหลงป่า หรือตามจับผู้ต้องหาโดยเทียบกลิ่นกับหลักฐานที่มี


### 18.5.4 ลิ้นกับการรับรส

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการถามนักเรียนว่า จากการทำกิจกรรมที่นักเรียนชิมกาแฟ น้ำตาลทราย และเกลือป่น **บอกได้หรือไม่ว่าแต่ละอย่างมีรสชาติอย่างไร** นักเรียนควรตอบได้ว่า กาแฟมีรสขม น้ำตาลทรายมีรสหวาน และเกลือป่นมีรสเค็ม ครูถามต่อไปว่า **ถ้าชิมกาแฟ น้ำตาลทราย และเกลือป่นพร้อมกัน การรับรสจะเป็นอย่างไร** นักเรียนอาจตอบได้ว่าได้รับทั้งรสขม หวาน และเค็มพร้อมกัน หรือคำตอบอาจเป็นแบบอื่นขึ้นกับประสบการณ์ของนักเรียน ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างอาหารที่เคยรับประทานและได้รสชาติหลาย ๆ รสพร้อมกันและมีรสอะไรบ้าง นักเรียนอาจยกตัวอย่างอาหารหลายชนิด เช่น ส้มตำ ต้มยำ แกงส้ม ยำชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีรสเปรี้ยว เค็ม และหวาน ครูถามนักเรียนว่า **รสพื้นฐานมีกี่รส อะไรบ้าง และลิ้นรับรสต่าง ๆ พร้อมกันได้อย่างไร**

จากนั้นให้นักเรียนศึกษารูป 18.49 และให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า รสพื้นฐานมี 5 รส คือ รสหวาน รสขม รสเปรี้ยว รสเค็ม และรสอโรยหรืออูมามิ ลิ้นมีตุ่มรับรส แต่ละตุ่มรับรสประกอบด้วยเซลล์รับรสชนิดต่าง ๆ ซึ่งเซลล์รับรสจะทำหน้าที่เปลี่ยนสิ่งเร้าให้เป็นกระแสประสาทส่งไปตามเส้นประสาทสมองคู่ที่ 7 และเส้นประสาทสมองคู่ที่ 9 ไปยังศูนย์รับรสที่เซรีบรัม เพื่อประมวลผลว่าอาหารที่กินมีรสอะไร

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

**?** เพราะเหตุใดในช่วงที่เป็นหวัดจึงรับประทานอาหารไม่อร่อย

 เพราะการไต่กลิ่นและการรับรสมีความสัมพันธ์กัน สมองถูกฝึกให้รับกลิ่นและรสพร้อมกัน ดังนั้นเมื่อเป็นหวัด เยื่อจมูกถูกคลุมด้วยเมือกจึงรับกลิ่นไม่ได้ เมื่อขาดการรับกลิ่นแล้วแม้ว่าลิ้นจะยังรับรสได้ก็จะรู้สึกรับประทานอาหารไม่อร่อย

### 18.5.5 ผิวหนังกับการรับความรู้สึก

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนใช้ปลายนิ้วสัมผัสที่แขนของเพื่อน จากนั้นครูถามคำถามนักเรียนว่า **รู้สึกว่ามีสัมผัสที่แขนหรือไม่** นักเรียนตอบได้ว่า **รู้สึกว่ามีสัมผัสที่ผิวหนังที่แขน**

แล้วถามต่อไปว่า **ผิวหนังรับความรู้สึกอะไรได้บ้าง** นักเรียนอาจตอบว่า ความรู้สึกเจ็บ ร้อน เย็น หรือ คำตอบอื่นๆ ขึ้นกับประสบการณ์ ครูให้นักเรียนศึกษารูป 18.50 เพื่อพิจารณาปลายประสาทชนิดที่ทำหน้าที่รับความรู้สึกต่างๆ บริเวณผิวหนัง แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า ผิวหนังประกอบด้วยปลายประสาทที่รับทั้งความรู้สึกต่างๆ เช่น รับรู้เกี่ยวกับการสัมผัส ความเจ็บปวด ความร้อน ความเย็น แรงกด การสั่น และการยืด หน่วยรับความรู้สึกบางชนิดพันอยู่รอบเส้นขน เมื่อลูบเส้นขนเบา ๆ จึงรับรู้การสัมผัสได้ หน่วยรับความรู้สึกบางชนิดสามารถรับความรู้สึกได้มากกว่าหนึ่งชนิด เช่น หน่วยรับความรู้สึกที่ปลายเดนไดรต์แทรกอยู่ในชั้นหนังกำพร้าที่สามารถรับรู้เกี่ยวกับความเจ็บปวด ความร้อน และความเย็น

ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 18.3 เพื่อศึกษาความไวในการรับสัมผัสแต่ละบริเวณของผิวหนัง



### กิจกรรม 18.3 ความไวในการรับสัมผัสแต่ละบริเวณของผิวหนัง

#### จุดประสงค์

สังเกตและอธิบายความไวในการรับสัมผัสของผิวหนังในแต่ละบริเวณ

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

#### วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. ลวดเสียบกระดาศ	1 อันต่อ 2 คน
2. ไม้บรรทัด	1 อันต่อ 2 คน

#### ข้อเสนอแนะสำหรับครู

อาจใช้เวอร์เนียแทนลวดเสียบกระดาศได้ และอ่านค่าจากเวอร์เนียโดยไม่ต้องใช้ไม้บรรทัด

#### เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

**?** เพราะเหตุใดผิวหนังแต่ละบริเวณจึงรับความรู้สึกได้ไม่เท่ากัน

**✎** บริเวณต่างๆ ของร่างกายมีจำนวนหน่วยรับความรู้สึกแตกต่างกัน

จากการทำกิจกรรมเพื่อสังเกตความไวในการรับสัมผัสแต่ละบริเวณของผิวหนัง จะพบว่าบางบริเวณที่จุดสัมผัสห่างกันเล็กน้อยแต่ผู้ถูกทดลองสามารถบอกได้ว่าจุดสัมผัสมีสองจุด ในขณะที่บางบริเวณแม้ว่าจะมีจุดสัมผัสที่ห่างกันมาก แต่ผู้ถูกทดลองไม่สามารถจะบอกได้ว่าจุดสัมผัสมีสองจุด ทั้งนี้เพราะบริเวณต่างๆ ของร่างกายมีจำนวนปลายประสาทแตกต่างกัน เช่น บริเวณปลายนิ้ว มีจำนวนปลายประสาทรับสัมผัสมาก บริเวณหลังต้นคอมีจำนวนปลายประสาทรับสัมผัสน้อย ขนาดของบริเวณที่รับความรู้สึกจะเกี่ยวข้องกับความสามารถในการจำแนกจุดสัมผัสสองจุด

### แนวการวัดและประเมินผล

#### ด้านความรู้

- โครงสร้างและหน้าที่ของตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง จากการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน
- โรคและแนวทางในการดูแล ป้องกันและรักษาอวัยวะรับความรู้สึก จากการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน

#### ด้านทักษะ

- การสังเกตและการลงความเห็นจากข้อมูลจากการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน
- การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลจากการทำกิจกรรม
- ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ และการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการทำกิจกรรมและการนำเสนอ

#### ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็นและความมุ่งมั่นอดทน จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน

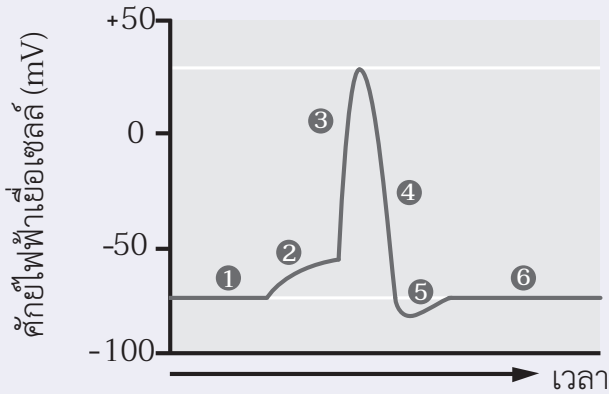




### เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 18

1. จงใส่เครื่องหมายถูก (✓) หน้าข้อความที่ถูกต้อง ใส่เครื่องหมายผิด (×) หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง และขีดเส้นใต้เฉพาะคำ หรือส่วนของข้อความที่ไม่ถูกต้อง และแก้ไขโดยตัดออก หรือเติมคำหรือข้อความที่ถูกต้องลงในช่องว่าง
  - ...✓... 1.1 เซลล์ประสาทส่วนใหญ่มี 1 แอกซอนยื่นออกจากตัวเซลล์
  - ...✓... 1.2 เซลล์ประสาทที่สมองจะได้รับสารอาหาร แก๊สออกซิเจนจากน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลัง
  - ...×... 1.3 เซลล์ประสาทหลายตัวทำหน้าที่ควบคุม การรับความรู้สึก และสั่งการหน่วยปฏิบัติงาน **แก้ไขเป็น** ตัด “การรับความรู้สึก”
  - ...✓... 1.4 แอกซอนโพเทนเชียลจะเกิดได้เมื่อมีสิ่งเร้ากระตุ้นเซลล์ประสาทถึงระดับเทรชโฮลด์
  - ...×... 1.5 การแลกเปลี่ยนไอออนผ่านช่องโปรตีนที่มีประจุที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์เป็นการแพร่แบบ แอกทีฟทรานสปอร์ต **แก้ไขเป็น** ฟาซิลิเทต
  - ...✓... 1.6 โซเดียมโพแทสเซียมปั๊มทำงานเพื่อลำเลียงโซเดียมไอออนออกนอกเซลล์และลำเลียงโพแทสเซียมไอออนเข้ามาภายในเซลล์ เพื่อรักษาศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์ระยะพัก
  - ...✓... 1.7 ถ้าศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์เปลี่ยนจาก  $-70$  mV เป็นประมาณ  $-50$  mV จะทำให้สมบัติในการยอมให้สารผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์เปลี่ยนไป โดยมีการลำเลียงโซเดียมไอออนเพิ่มขึ้น
  - ...×... 1.8 เส้นประสาทไขสันหลัง บางเส้นทำหน้าที่รับความรู้สึก บางเส้นทำหน้าที่สั่งการ **แก้ไขเป็น** ทุกเส้นทำหน้าที่ทั้งรับความรู้สึกและสั่งการ
  - ...✓... 1.9 จุดภาพชัดมีเซลล์รูปกรวยหนาแน่นกว่าบริเวณอื่น ทำให้แสงที่ตกบริเวณนี้เกิดเป็นภาพได้ชัดเจน
  - ...×... 1.10 แต่ละตุ่มรับรสสามารถรับรสได้ เพียงรสเดียว **แก้ไขเป็น** มากกว่า 1 รส

## 2. จากรูปแสดงการเกิดแอกชันโพเทนเชียลที่แอกซอน




จงเติมคำหรือข้อความที่กำหนดให้ที่มีความสัมพันธ์กับหมายเลขลงในตาราง (ตอบซ้ำได้) และเติมเครื่องหมายถูก (✓) เพื่อแสดงการเปิดหรือปิดของช่องไอออนที่มีประจุหรือช่องโพแทสเซียมที่มีประจุ

depolarization      depolarization (ต่ำกว่าเทรสโฮลด์)      hyperpolarization  
 repolarization      resting state


ระยะ	ช่องไอออนที่มีประจุ			
	ช่องโซเดียมที่มีประจุ		ช่องโพแทสเซียมที่มีประจุ	
	เปิด	ปิด	เปิด	ปิด
① resting state		✓		✓
② depolarization (ต่ำกว่าเทรสโฮลด์)	✓ (บางส่วน)			✓
③ depolarization	✓			✓
④ repolarization		✓	✓	
⑤ hyperpolarization		✓	✓	
⑥ resting state		✓		✓

3. ขณะที่นายแสนดีขับรถยนต์เพื่อเดินทางไปท่องเที่ยว มีรถจักรยานยนต์ขี่ตัดหน้ากะทันหัน ทำให้นายแสนดีตกใจมากจึงรีบเลี้ยวรถหลบอย่างรวดเร็วทำให้รอดพ้นจากการชนไปได้หวุดหวิด หลังจากเกิดเหตุการณ์นายแสนดีรู้สึกตกใจมาก มีอาการหัวใจเต้นเร็ว ภูม่านตาขยาย และเหงื่อไหล แต่เมื่อนั่งพักสักครู่อาการดังกล่าวค่อย ๆ ลดลงและหายไป


3.1 จากสถานการณ์ดังกล่าว อาการที่เกิดขึ้นกับนายแสนดีเกี่ยวข้องกับระบบประสาทอัตโนมัติอย่างไร

 อาการที่เกิดขึ้นกับนายแสนดีขณะที่เกิดเหตุการณ์ เกิดจากการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติก ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการตอบสนองเมื่อร่างกายอยู่ในสถานการณ์ที่มีความกดดันหรือมีความเครียด แต่เมื่อนั่งพักสักครู่อาการดังกล่าวหายไป เนื่องจากการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติกที่ทำหน้าที่ลดการกระตุ้นของหน่วยปฏิบัติงานทำให้ร่างกายกลับเข้าสู่ภาวะปกติหรือทำให้ร่างกายเกิดความผ่อนคลาย


3.2 ถ้านายแสนดีเลี้ยวหลบรถจักรยานยนต์อย่างรวดเร็ว ศีรษะกระแทกกับพวงมาลัยรถจนทำให้สมองส่วนหน้าเสียหาย นักเรียนคิดว่านายแสนดีจะมีปัญหาด้านใดได้บ้าง


 ด้านความคิด ความจำ ปัญญา การดมกลิ่น การรับรส การหลังฮอร์โมน และการรักษาคุณภาพของร่างกาย

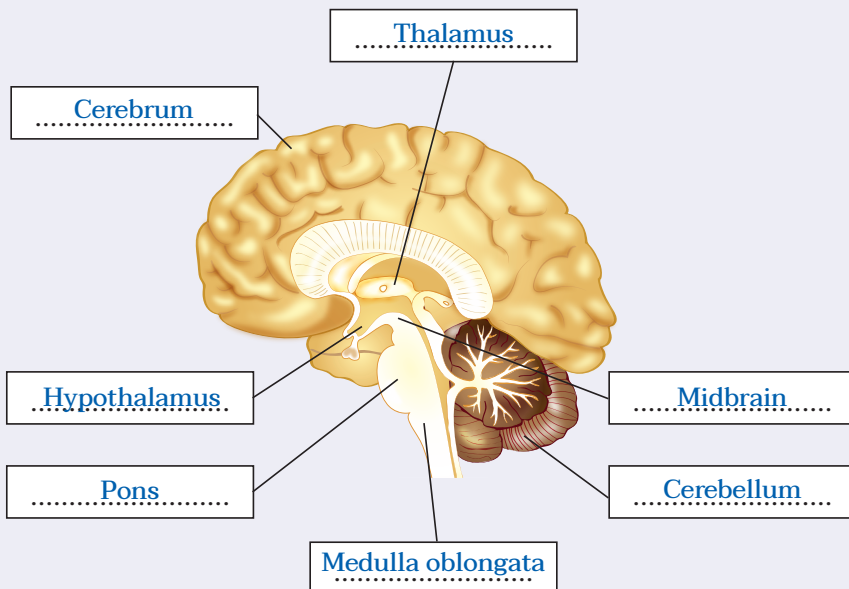
3.3 ถ้าผู้ขับขี่จักรยานยนต์ล้มลงศีรษะกระแทกทำให้ต้องส่งตัวไปโรงพยาบาล แพทย์ต้องดูแลอย่างใกล้ชิดเนื่องจากการหายใจและการเต้นของหัวใจยังไม่คงที่ และห้ามเดินหรือลุกนั่งเร็วเพราะยังทรงตัวได้ไม่ดี แสดงว่าได้รับบาดเจ็บที่ส่วนใดของสมอง

 ได้รับบาดเจ็บที่สมองส่วนซีรีเบลลัมซึ่งควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายและการทรงตัวของร่างกาย เมดัลลาออบลองกาตาซึ่งควบคุมการหายใจ และการเต้นของหัวใจ พอนส์ซึ่งควบคุมการหายใจ

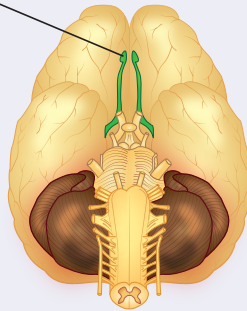
4. ถ้าเนื้อเยื่อประสาทมีแต่เซลล์ประสาทโดยไม่มีเซลล์เกลีย ระบบประสาทจะทำงานได้เป็นปกติหรือไม่ เพราะเหตุใด

 ระบบประสาทไม่สามารถทำงานได้ เพราะเซลล์เกลียเป็นเซลล์ที่ช่วยค้ำจุนเซลล์ประสาท ลำเลียงสารอาหาร รักษาคุณภาพของสารต่างๆ เมื่อไม่มีเซลล์เกลีย เซลล์ประสาทจะไม่สามารถทำงานได้

5. การวินิจฉัยเบื้องต้นสำหรับผู้ที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ว่ามีอาการเมาหรือไม่โดยไม่ต้องใช้การทดสอบทางเคมีมีหลายวิธี เช่น ให้ผู้รับการทดสอบเดินเป็นเส้นตรง โดยให้วางเส้นเท้าจรดต่อปลายนิ้วเท้าอีกข้างหนึ่งในขณะที่ตามองไปข้างหน้า ผู้ที่มีอาการเมาจะเดินไม่เป็นเส้นตรง การทดสอบดังกล่าวเป็นการทดสอบผลของแอลกอฮอล์ต่อการทำงานของสมองส่วนใด จงอธิบาย
-  เป็นการทดสอบผลของแอลกอฮอล์ต่อการทำงานของสมองส่วนเซรีเบลลัม ซึ่งควบคุมการเคลื่อนไหวหรือการทรงตัว ประสานการเคลื่อนไหวของร่างกายให้ราบรื่นและเที่ยงตรง เนื่องจากแอลกอฮอล์จะส่งผลให้เซรีเบลลัมทำงานได้ไม่ปกติ ดังนั้นบุคคลที่มีอาการเมาจะไม่สามารถควบคุมการทรงตัวหรือบังคับการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อโครงร่างให้เดินเป็นเส้นตรงได้
6. จงเติมชื่อส่วนต่างๆ ของสมองมนุษย์เป็นภาษาอังกฤษลงในรูป และหน้าข้อความที่มีความสัมพันธ์กัน (ตอบได้มากกว่า 1 ชื่อ และตอบซ้ำได้)

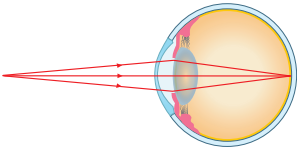
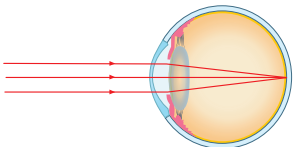
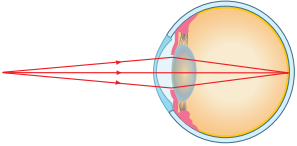
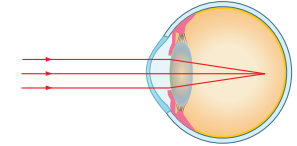
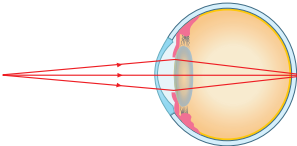
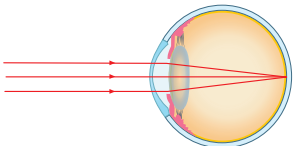


**Olfactory bulb**



- |  |      |  |
|--|------|--|
| ..... <b>Hypothalamus</b> .....                    | 6.1  | สร้างฮอร์โมนซึ่งควบคุมการสร้างและหลั่งฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า                        |
| ..... <b>Medulla oblongata, Hypothalamus</b> ..... | 6.2  | ควบคุมการเต้นของหัวใจ ความดันเลือด   |
| ..... <b>Medulla oblongata, Pons</b> .....         | 6.3  | ควบคุมการหายใจในภาวะปกติ   |
| ..... <b>Cerebellum</b> .....                      | 6.4  | ควบคุมการทรงตัวของร่างกาย  |
| ..... <b>Olfactory bulb</b> .....                  | 6.5  | ทางผ่านของกระแสประสาทเกี่ยวกับการดมกลิ่น   |
| ..... <b>Cerebellum</b> .....                      | 6.6  | ควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย  |
| ..... <b>Hypothalamus</b> .....                    | 6.7  | ควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย   |
| ..... <b>Cerebrum</b> .....                        | 6.8  | ศูนย์กลางการรับรส การมองเห็น การได้ยินและการดมกลิ่น  |
| ..... <b>Thalamus</b> .....                        | 6.9  | ทางผ่านของกระแสประสาทจากหน่วยรับความรู้สึกต่างๆ ของร่างกายเพื่อส่งไปยังซีรีบรัมบริเวณต่างๆ |
| ..... <b>Midbrain</b> .....                        | 6.10 | ควบคุมการเคลื่อนไหวของตา   |

7. ถ้าผู้ที่มีอายุ 15 ปี สายตาสกปรก อายุ 25 ปี สายตาสั้น และอายุ 60 ปี สายตายาว ทำกิจกรรมอ่านหนังสือและมองนก การมองวัตถุนั้นจะเป็นอย่างไร ให้อธิบายเกี่ยวกับความชัดเจนของการมองเห็น และวาดรูปเลนส์ตา เอ็นยึดเลนส์ กล้ามเนื้อยึดเลนส์ และแสงจากวัตถุที่ตกบนเรตินาลงในตาราง

อายุ (ปี)/ สายตา	อ่านหนังสือที่อยู่ห่าง 30 เซนติเมตร	มองนกที่อยู่ห่าง 20 เมตร
15 สายตาสกปรก	มองภาพได้ชัดเจน เนื่องจากกล้ามเนื้อยึดเลนส์สามารถหดตัว เอ็นยึดเลนส์หย่อนลง ทำให้เลนส์โป่งออก ภาพตกที่เรตินาพอดี 	มองภาพได้ชัดเจน เนื่องจากกล้ามเนื้อยึดเลนส์คลายตัว เอ็นยึดเลนส์ตึง ทำให้เลนส์มีลักษณะแบนลง ภาพตกที่เรตินาพอดี 
25 สายตาสั้น (-2.0)	มองภาพได้ชัดเจน กล้ามเนื้อยึดเลนส์สามารถหดตัว เอ็นยึดเลนส์หย่อนลงทำให้เลนส์โป่งออก ภาพตกที่เรตินาพอดี 	มองภาพไม่ชัดเจน กล้ามเนื้อยึดเลนส์คลายตัว เอ็นยึดเลนส์ตึง ทำให้เลนส์มีลักษณะแบนลง ภาพตกก่อนถึงเรตินา 
60 สายตายาว	มองภาพไม่ชัดเจน เนื่องจากกล้ามเนื้อยึดเลนส์ไม่สามารถหดตัวได้ดี เอ็นยึดเลนส์ตึง เลนส์ตายืดหยุ่นได้ไม่ดี ทำให้เลนส์ไม่สามารถโป่งออกได้ มีลักษณะแบน ภาพจึงตกหลังเรตินา 	มองภาพได้ชัดเจน เนื่องจากกล้ามเนื้อยึดเลนส์คลายตัว เอ็นยึดเลนส์ตึง ทำให้เลนส์มีลักษณะแบนลง ภาพตกที่เรตินาพอดี 

บทที่

| การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

## 19

[ipst.me/10784](https://ipst.me/10784)

## ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของแมงกะพรุน หมึก ดาวทะเล ไส้เดือนดิน แมลง ปลา และนก
2. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์
3. สังเกตและอธิบายการทำงานของข้อต่อชนิดต่างๆ และการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์

## การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

### ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของแมงกะพรุน หมึก ดาวทะเล ไส้เดือนดิน แมลง ปลา และนก

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายและเปรียบเทียบโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของอะมีบา พารามีเซียม และยูกลีนา
2. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของ แมงกะพรุน หมึก ดาวทะเล ไส้เดือนดิน และแมลง
3. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของปลาและนก

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การจำแนกประเภท</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>2. ความมีเหตุผล</li> <li>3. ความมุ่งมั่นอดทน</li> </ol>



### ผลการเรียนรู้

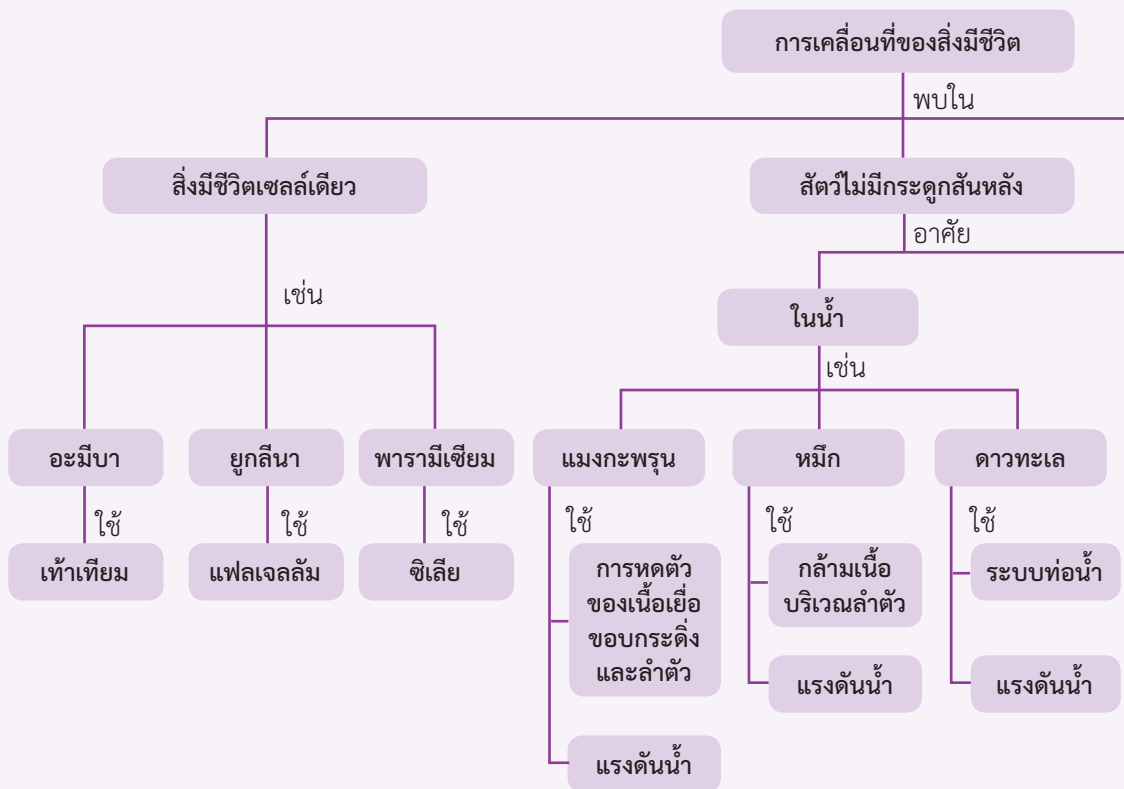
- สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์
- สังเกตและอธิบายการทำงานของข้อต่อชนิดต่างๆ และการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์

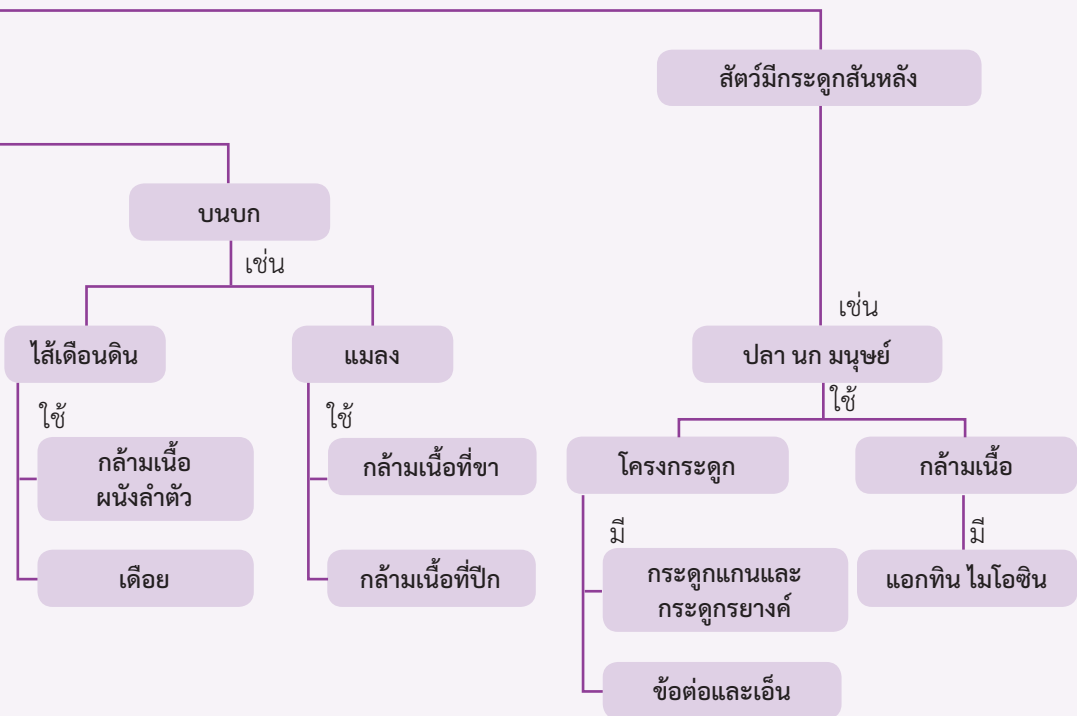
### จุดประสงค์การเรียนรู้

- สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์
- สังเกตและอธิบายการทำงานของข้อต่อชนิดต่างๆ
- สังเกตและอธิบายการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
<ol style="list-style-type: none"> <li>การสังเกต</li> <li>การจำแนกประเภท</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>ความมีเหตุผล</li> <li>ความมุ่งมั่นอดทน</li> </ol>

## ผังมโนทัศน์ บทที่ 19





## สาระสำคัญ

สิ่งมีชีวิตมีโครงร่างช่วยค้ำจุนร่างกายให้คงรูปและช่วยในการเคลื่อนที่ สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวบางชนิดมีไซโทสเกเลตอนช่วยในการเคลื่อนที่ เช่น การไหลของไซโทพลาซึมเป็นทำเทียมของอะมีบา การพัดโบกแฟลเจลลัมของยูกลีนา การพัดโบกซิเลียของพารามีเซียม ส่วนสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิดมีไฮโดรสเตติกสเกเลตอนช่วยในการเคลื่อนที่ เช่น แมงกะพรุนอาศัยการหดตัวของเนื้อเยื่อขอบกระดิ่งและแรงดันน้ำ หมึกใช้กล้ามเนื้อบริเวณลำตัวและแรงดันน้ำ ดาวทะเลเคลื่อนที่โดยอาศัยแรงดันน้ำและระบบท่อในร่างกาย ไส้เดือนดินใช้เดือยและการทำงานของกล้ามเนื้อผนังลำตัวสองชุดทำงานในสภาวะตรงกันข้าม แมลงเคลื่อนที่โดยอาศัยกล้ามเนื้อยึดติดกับโครงร่างแข็งภายนอก กล้ามเนื้อสองชุดทำงานในสภาวะตรงกันข้ามทั้งที่ขาและที่ปีก สัตว์มีกระดูกสันหลังทุกชนิดมีโครงร่างแข็งภายในช่วยในการเคลื่อนที่ร่วมกับการทำงานของกล้ามเนื้อ 2 ชุด ทำงานแบบสภาวะตรงกันข้าม เช่น ปลาอาศัยครีบและกล้ามเนื้อที่ยึดติดกระดูกสันหลังทั้งสองข้าง นกเคลื่อนที่โดยอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อ 2 ชุด ที่ยึดระหว่างกระดูกโคนปีกและกระดูกอก

มนุษย์เคลื่อนที่โดยอาศัยการทำงานของโครงกระดูกและกล้ามเนื้อ โดยทำงานร่วมกับระบบประสาทเช่นเดียวกับสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดอื่น กระดูกบริเวณข้อต่อเชื่อมต่อกันด้วยเอ็นยึดข้อ กล้ามเนื้อโครงร่างยึดติดกับกระดูก การที่กล้ามเนื้อ 2 ชุดทำงานร่วมกันในสภาวะตรงกันข้ามทำให้เกิดการเคลื่อนไหว การหดตัวของกล้ามเนื้อโครงร่างเกิดจากการเลื่อนของแอกทินเข้าหากันตรงกลาง ซึ่งต้องอาศัย ATP และแคลเซียม

## เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ 8 ชั่วโมง

19.1 การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว	0.5 ชั่วโมง
19.2 การเคลื่อนที่ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	2.5 ชั่วโมง
19.3 การเคลื่อนที่ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง	1 ชั่วโมง
19.4 การเคลื่อนที่ของมนุษย์	4 ชั่วโมง
<b>รวม</b>	<b>8 ชั่วโมง</b>



## ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนใส่เครื่องหมายถูก (✓) หรือผิด (×) หน้าข้อความตามความเข้าใจของนักเรียน

1. ไซโทสเกเลตอนเป็นเส้นใยโปรตีนช่วยในการเคลื่อนที่ของเซลล์
2. พารามีเซียมสามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าโดยการเคลื่อนที่
3. แมลงที่บินได้จะมีกล้ามเนื้อเฉพาะที่ปีกเท่านั้น
4. ระบบประสาทจะส่งสัญญาณให้กล้ามเนื้อหดตัวทำให้เกิดการเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่ได้
5. เซรีเบลลัมทำหน้าที่ประสานการเคลื่อนไหวของร่างกาย
6. การตอบสนองของหน่วยปฏิบัติงานจะต้องถูกสั่งโดยสมองเท่านั้น
7. โครงกระดูกมีส่วนเกี่ยวข้องในการเคลื่อนที่ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง
8. ถ้ากล้ามเนื้อทำงานหนัก อาจเกิดการเกร็งของกล้ามเนื้อและเป็นตะคริวได้
9. นักเพาะกายจะรับประทานอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงเพื่อนำไปสร้างกล้ามเนื้อ
10. ข้อต่อมีน้ำไขข้อทำหน้าที่ลดแรงเสียดทานระหว่างกระดูกอ่อน

## แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้รูปนำบทในหนังสือเรียนหรือวีดิทัศน์การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สุนัขมาให้นักเรียนศึกษาและร่วมกันอภิปรายในประเด็นต่าง ๆ เช่น

- การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สุนัขเหมือนสุนัขที่มีชีวิตหรือไม่ อย่างไร
- ถ้าต้องการให้หุ่นยนต์สุนัขเคลื่อนที่ได้เหมือนสุนัขที่มีชีวิตมากขึ้น สามารถทำได้อย่างไร

นักเรียนอาจตอบได้หลากหลาย เช่น หุ่นยนต์สุนัขเคลื่อนที่ได้เหมือนสุนัข มีการเดิน นั่ง กระดิกหาง และส่ายหัวไปมา ถ้าต้องการให้หุ่นยนต์สุนัขเคลื่อนที่ได้เหมือนสุนัขที่มีชีวิตมากขึ้นอาจเพิ่มข้อต่อที่ส่วนต่าง ๆ ของหุ่นยนต์ เนื่องจากข้อต่อจะทำให้มีการเคลื่อนไหวได้อย่างเป็นธรรมชาติมากขึ้น จากนั้นครูให้นักเรียนยกตัวอย่างการเคลื่อนที่ของสัตว์ต่าง ๆ ทั้งที่อาศัยอยู่บนบก ในน้ำ หรือว่าบินได้ในอากาศ รวมทั้งบอกถึงโครงสร้างหรือรูปร่างของสัตว์เหล่านั้นด้วย และครูอธิบายเพิ่มเติมว่า สัตว์ชนิดต่าง ๆ อาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันและมีรูปร่างที่แตกต่างกัน โครงสร้างของร่างกายและสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการเคลื่อนที่ของสัตว์อย่างไร และมีการทำงานร่วมกันของระบบต่าง ๆ อย่างไรจึงทำให้สัตว์เคลื่อนที่หรือเคลื่อนไหวได้

## 19.1 การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายและเปรียบเทียบโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของอะมีบา พารามีเซียม และยูกลีนา

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูอาจให้นักเรียนศึกษาการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวโดยใช้วีดิทัศน์ เพื่อให้เห็นว่าสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวสามารถเคลื่อนที่ได้ แล้วนำไปสู่ประเด็นการอภิปรายว่า การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวแต่ละชนิดมีการเคลื่อนที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ครูไม่ตอบคำถามของนักเรียนทันที แต่ให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมเกี่ยวกับโครงสร้างของเซลล์จากบทเรียนเรื่องเซลล์และการทำงานของเซลล์เพื่ออธิบายเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวแต่ละชนิดเคลื่อนที่แตกต่างกัน จากนั้นสืบค้นข้อมูลหรือศึกษารูป 19.1 19.2 และ 19.3 นักเรียนควรสรุปได้ว่าการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันขึ้นกับโครงสร้างของเซลล์ เช่น การไหล

ของไซโทพลาซึมทำให้เกิดเท้าเทียมของอะมีบา การใช้แฟลเจลลัมของยูกลีนา และการใช้ซิเลียของพารามีเซียม ซึ่งแฟลเจลลัมและซิเลียประกอบด้วยแกนที่เป็นไมโครทิวบูลเหมือนกันแต่มีความยาวจำนวน การเคลื่อนไหว และโครงสร้างที่แตกต่างกัน

## 19.2 การเคลื่อนที่ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของแมงกะพรุน หมึก ดาวทะเล ไส้เดือนดิน และแมลง

### แนวการจัดการเรียนรู้

#### แมงกะพรุน หมึก และดาวทะเล

ครูอาจให้นักเรียนศึกษาการเคลื่อนที่ของแมงกะพรุน หมึก และดาวทะเลโดยใช้วีดิทัศน์ จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่ออธิบายการเคลื่อนที่ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง หรือศึกษารูปร่าง และลักษณะการเคลื่อนที่ของแมงกะพรุน หมึก และดาวทะเลจากรูป 19.4 – 19.8 ในหนังสือเรียน แล้วถามนักเรียนโดยใช้คำถามดังนี้

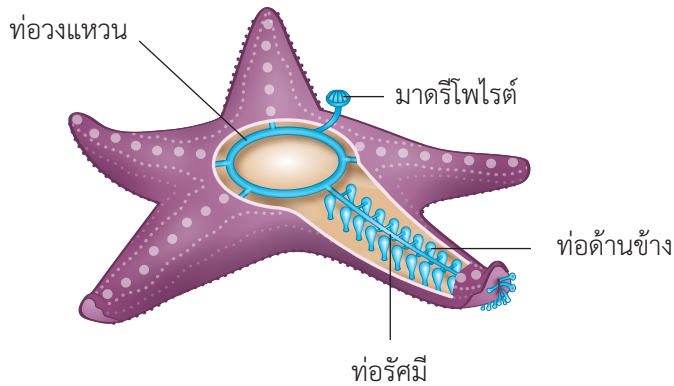
- การเคลื่อนที่ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังแตกต่างกับการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวหรือไม่ อย่างไร
- ✎ แตกต่างกัน ร่างกายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีขนาดใหญ่กว่าจึงต้องอาศัยโครงสร้างต่าง ๆ เพื่อช่วยในการเคลื่อนที่ ส่วนสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวใช้โครงสร้างของเซลล์ช่วยในการเคลื่อนที่

จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับความเหมือนและความแตกต่างของโครงสร้างหรืออวัยวะที่ใช้ในการเคลื่อนที่ นักเรียนควรสรุปได้ว่า การเคลื่อนที่ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิดอาศัยไฮดรอสเตติกสเกลตอนร่วมกับแรงดันน้ำ เช่น แมงกะพรุนอาศัยการหดตัวของเนื้อเยื่อขอบกระดิ่งและผนังลำตัว หมึกอาศัยการหดตัวของกล้ามเนื้อลำตัวและไซฟอน ส่วนดาวทะเลแม้ว่ามีโครงร่างแข็งภายในแต่ใช้ระบบท่อน้ำในการเคลื่อนที่โดยอาศัยการหดตัวของกล้ามเนื้อแอมพูลลาและโพเดียม



ipst.me/10795

ครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมว่า ระบบท่อน้ำของดาวทะเลประกอบด้วย มาดรีโฟไรต์ที่อยู่บริเวณด้านหลังของลำตัว มีรูจำนวนมากเป็นทางผ่านเข้าออกของน้ำจากภายนอก แล้วน้ำจะผ่านท่อขนาดเล็กที่เปิดเข้าสู่**ท่อวงแหวน** (ring canal) ซึ่งเป็นท่อน้ำที่อยู่ล้อมรอบปาก น้ำจะผ่านจากท่อวงแหวนไปยัง**ท่อรัศมี** (radial canal) ที่แยกจากท่อวงแหวน แล้วแต่ละท่อรัศมียื่นออกไปจนสุดปลายแขนของดาวทะเล ด้านข้างของท่อรัศมีมี**ท่อด้านข้าง** (lateral canal) ต่อไปยังทิวบ์พีท



### ไส้เดือนดิน

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนทำกิจกรรม 19.1



### กิจกรรม 19.1 การเคลื่อนที่ของไส้เดือนดิน

#### จุดประสงค์

สังเกตลักษณะการเคลื่อนที่ของไส้เดือนดิน

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

#### วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. ไส้เดือนดิน	1 ตัว
2. แผ่นกระดาษ	1 แผ่น
3. แว่นขยายหรือกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ	1 อัน



### ข้อเสนอแนะก่อนการทำกิจกรรม

1. ควรเลือกไส้เดือนดินที่มีขนาดใหญ่ แล้วนำมาล้างดินออกจากลำตัว
2. ระวังอย่าให้ผิวไส้เดือนดินแห้ง ควรพรมน้ำเป็นระยะ
3. เมื่อทำกิจกรรมเสร็จแล้วให้นำไส้เดือนดินไปปล่อยตามแหล่งธรรมชาติ

### เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

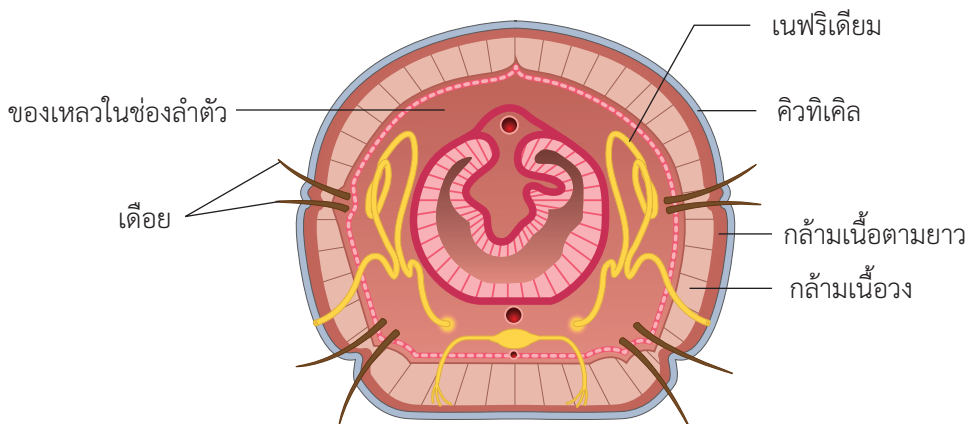
? ลักษณะการเคลื่อนที่ของไส้เดือนดินเป็นอย่างไร

✎ คล้ายระลอกคลื่น โดยเริ่มจากบริเวณปลายด้านหน้าสุดมาสู่ปลายด้านท้ายสุดของลำตัว ลำตัวบางช่วงจะพอมยาวลำตัวบางช่วงอ้วนสั้น

? ไส้เดือนดินใช้โครงสร้างใดบ้างในการเคลื่อนที่

✎ ใช้เดือยเล็ก ๆ ที่ยื่นจากผนังลำตัวแต่ละปล้องยึดเกาะกับพื้นร่วมกับการทำงานของกล้ามเนื้อลำตัว

ครูให้นักเรียนศึกษาลักษณะการจัดเรียงตัวของกล้ามเนื้อที่ผนังลำตัวของไส้เดือนดินและการเคลื่อนที่ของไส้เดือนดินจากรูป 19.9 หรือครูอาจใช้ภาพตัดขวางแสดงกล้ามเนื้อวงและกล้ามเนื้อตามยาวตามยาวตั้งรูป แล้วอธิบายว่า ของเหลวในช่องลำตัวที่อยู่ระหว่างผนังกั้นปล้องต่าง ๆ ทำให้ลำตัวของไส้เดือนดินคงรูปอยู่ได้ เรียกไฮโดรสเตติกสเกลตอน ขณะที่มีการหดตัวและคลายตัวสลับกันของกล้ามเนื้อวงและกล้ามเนื้อตามยาว เกิดแรงดันของของเหลวในช่องลำตัวทำให้ลำตัวยืดและหดสลับกัน



ภาพแสดงภาคตัดขวางของไส้เดือนดิน

จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของไส้เดือนดิน โดยครูถามนักเรียนว่า **ขณะที่ไส้เดือนดินเคลื่อนที่มีการทำงานของกล้ามเนื้อวงและกล้ามเนื้อตามยาวอย่างไร** นักเรียนควรสรุปได้ว่า ขณะที่ไส้เดือนดินเคลื่อนที่จะยื่นส่วนหัวไปด้านหน้า และเดือยที่ยื่นออกมาจากผนังลำตัวจิกดินเอาไว้เพื่อไม่ให้ส่วนท้ายของลำตัวเคลื่อนที่ กล้ามเนื้อวงจะหดตัวและกล้ามเนื้อตามยาวจะคลายตัว ทำให้ลำตัวยืดยาวออก จากนั้นไส้เดือนดินจะใช้เดือยยึดส่วนของลำตัวไว้กับดิน เมื่อกล้ามเนื้อตามยาวหดตัว กล้ามเนื้อวงคลายตัวจะดึงส่วนท้ายของตัวให้เคลื่อนที่มาข้างหน้าได้ การหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อทั้งสองชุดจะต่อเนื่องกันคล้ายระลอกคลื่น

### แมลง

ครูนำเข้าสู่หัวข้อนี้โดยถามนักเรียนว่า **แมลงเคลื่อนที่ได้อย่างไรและมีโครงสร้างที่ช่วยในการเคลื่อนที่อย่างไร** โดยครูอาจนำรูปหรือวิดีโอที่เกี่ยวข้อกับการเคลื่อนที่ของแมลง เช่น ตั๊กแตน ผีเสื้อ แมลงปอ ฝี่เสื้อ และมด มาให้นักเรียนร่วมกันสังเกตรูปร่างและร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับลักษณะและการเคลื่อนที่ของแมลง โดยใช้แนวคำถามดังนี้

- แมลงเคลื่อนที่ด้วยวิธีใดบ้าง
- การเคลื่อนที่แบบใดที่ทำให้แมลงเคลื่อนที่ได้เร็ว

นักเรียนอาจตอบได้หลากหลายขึ้นอยู่กับความรู้เดิม เช่น แมลงเคลื่อนที่ได้หลายแบบ เช่น บิน กระโดด เดิน แมลงบางชนิดอาจเคลื่อนที่ได้มากกว่า 1 แบบ เช่น ตั๊กแตนที่กระโดดและบินได้ ส่วนแมลงบางชนิดสามารถเคลื่อนที่ได้เพียงแบบเดียว เช่น มดที่เคลื่อนที่โดยการเดิน

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างที่ช่วยในการเคลื่อนที่ของแมลง หรือศึกษาจากรูป 19.10 แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังนี้

- กล้ามเนื้อของแมลงทำงานอย่างไรจึงทำให้ขาอเข้าและเหยียดออกได้
-  เมื่อกล้ามเนื้อเฟล็กเซอร์หดตัว กล้ามเนื้อเอ็กเทนเซอร์จะคลายตัวทำให้ขาอเข้า แต่เมื่อกล้ามเนื้อเอ็กเทนเซอร์หดตัว กล้ามเนื้อเฟล็กเซอร์จะคลายตัวทำให้ขาเหยียดออก

จากนั้นให้นักเรียนศึกษารูป 19.11 แล้วถามนักเรียนว่า **โครงร่างของแมลงเกี่ยวข้องกับการบินอย่างไร** นักเรียนอาจตอบได้ว่า แมลงมีโครงร่างแข็งภายนอกและมีกล้ามเนื้อยึดติดกับเปลือกหุ้มส่วนนอก เมื่อกล้ามเนื้อหดตัวหรือคลายตัว โครงร่างจะมีการเคลื่อนไหวทำให้ปีกมีการขยับและบินได้

สำหรับคำถามในหนังสือเรียนมีแนวการตอบดังนี้

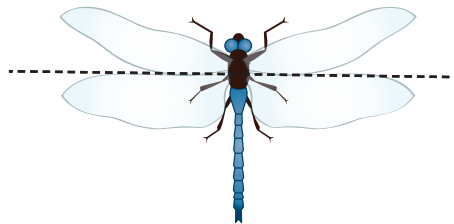


การทำงานของกล้ามเนื้อขณะที่แมลงขยับปีกขึ้นและลงเป็นอย่างไร

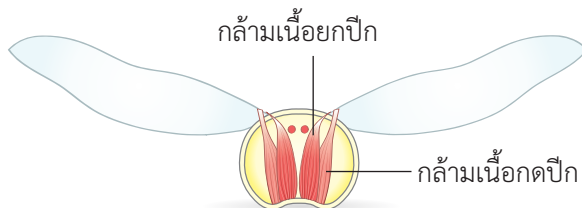


แมลงมีกล้ามเนื้อสองชุดซึ่งทำงานในสภาวะตรงกันข้าม โดยขณะยกปีกขึ้นกล้ามเนื้อยึดเปลือกหุ้มส่วนนอกจะหดตัวทำให้ปีกยกขึ้น และกล้ามเนื้อตามยาวจะคลายตัว และขณะที่แมลงขยับปีกลงกล้ามเนื้อตามยาวจะหดตัว กล้ามเนื้อยึดเปลือกหุ้มส่วนนอกคลายตัวทำให้ปีกตกลง

ครูอาจอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับแมลงปอที่มีกล้ามเนื้อยึดติดกับปีกโดยตรงว่า การเคลื่อนที่ของปีกแมลงปอนั้นเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อยกปีกและกล้ามเนื้อกดปีก ดังรูป และชี้ให้นักเรียนเห็นว่าการบินของแมลงทั้ง 2 แบบ จะต้องอาศัยกล้ามเนื้อ 2 ชุดที่ทำงานในสภาวะตรงกันข้ามและเกิดขึ้นรวดเร็วจึงจะทำให้แมลงบินได้



กล้ามเนื้อยกปีกหดตัว  
กล้ามเนื้อกดปีกคลายตัว  
ปีกยกขึ้น



กล้ามเนื้อยกปีกคลายตัว  
กล้ามเนื้อกดปีกหดตัว  
ปีกตกลง

การทำงานของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการบินของแมลงปอ

## 19.3 การเคลื่อนที่ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของปลาและนก

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษารูปหรือวิดีโอที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง ซึ่งอาจให้เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ระหว่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังกับสัตว์มีกระดูกสันหลัง เช่น หมึกกับปลา และแมลงเต่าทองกับนก หรือเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของสัตว์มีกระดูกสันหลังที่มีรูปร่างคล้ายกัน เช่น สุนัขกับแมว จากนั้นนำเข้าสู่การอภิปราย โดยมีประเด็นคำถามดังนี้

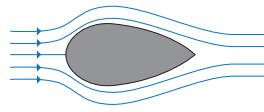
- การเคลื่อนที่ของสัตว์มีกระดูกสันหลังแตกต่างจากการเคลื่อนที่ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหรือไม่ อย่างไร
- สัตว์มีกระดูกสันหลังแต่ละชนิดเคลื่อนที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

จากการอภิปรายร่วมกันอาจสรุปได้ว่า สัตว์แต่ละชนิดมีการเคลื่อนที่แตกต่างกัน ขึ้นกับรูปร่างและที่อยู่อาศัย ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลหรือศึกษาการเคลื่อนที่ของปลาและนกในหนังสือเรียนเพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของสัตว์มีกระดูกสันหลังที่อาศัยอยู่ในน้ำและบนบก แล้วถามนักเรียนว่า สัตว์เหล่านี้มีการเคลื่อนที่ที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

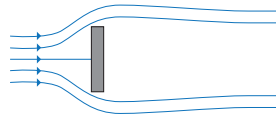
### ปลา

ครูให้นักเรียนสังเกตการเคลื่อนที่ของปลาในตู้ปลาหรือสระน้ำจากวิดีโอ จากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดรูปร่าง ทิศทางการเคลื่อนที่ของปลา ตำแหน่งและการทำงานของอวัยวะที่ช่วยในการว่ายน้ำ จากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของปลาหรือศึกษารูป 19.12 แล้วร่วมกันอภิปรายโดยใช้แนวคำถามดังนี้

- รูปร่างลักษณะของปลาเหมาะสมในการเคลื่อนที่หรือไม่ อย่างไร
- ✎ เหมาะสมโดยมีรูปร่างเพรียวและมีผิวเรียบลื่น ทำให้มีแรงต้านน้อยช่วยลดแรงเสียดทานของน้ำ ดังภาพ



วัตถุรูปร่างเพรียว  
แรงต้านน้อย



วัตถุรูปร่างทู่  
แรงต้านมาก

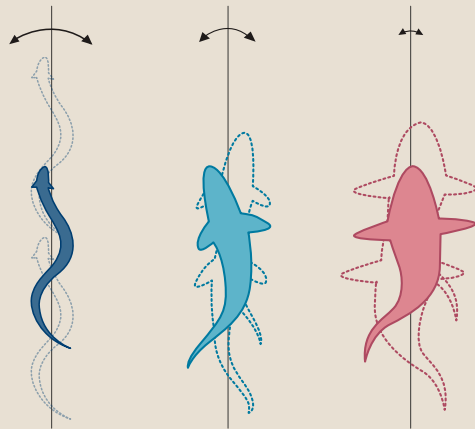
- เมื่ออกของปลา มีประโยชน์ในการเคลื่อนที่อย่างไร
- ✎ เมื่ออกของปลาทำให้ลำตัวปลา มีลักษณะเรียบลื่น จึงช่วยลดแรงเสียดทานของน้ำ
- ปลา มีการเคลื่อนที่ในแนวใดบ้าง
- ✎ เคลื่อนที่ได้ 3 มิติ คือ เคลื่อนที่ไปข้างหน้า - ข้างหลัง ไปทางซ้าย - ทางขวา ขึ้นและลง ในแนวตั้งได้
- ครีบต่าง ๆ ของปลา มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของปลาอย่างไร
- ✎ ครีบอก ครีบสะโพก ครีบหลัง และครีบหางของปลา มีส่วนช่วยให้ปลาเคลื่อนที่ในน้ำได้ 3 มิติ



### ชวนคิด

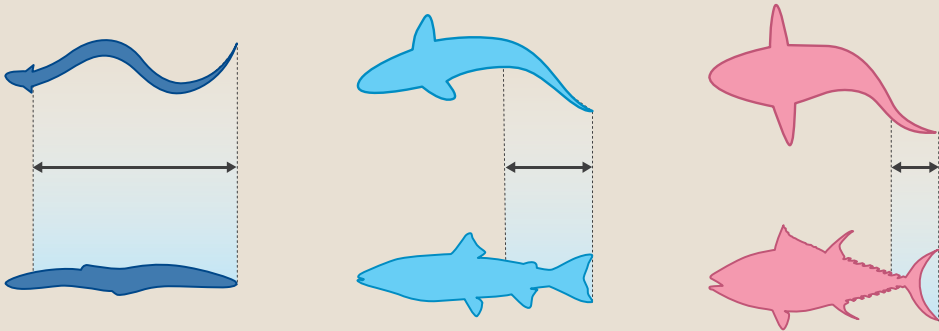
**?** ลักษณะลำตัวของปลา 3 ชนิดนี้ ส่งผลต่อการโค้งงอของลำตัวปลาให้มีลักษณะคล้ายคลึงอย่างไร

✎ ปลากลุ่ม A มีการโค้งงอของลำตัวคล้ายคลื่นมากที่สุด รองลงมาคือกลุ่ม B ส่วนปลากลุ่ม C ที่มีลักษณะรูปร่างอ้วน ทำให้ไม่เกิดการโค้งงอของลำตัวเป็นคลื่นอย่างชัดเจน



### คำอธิบายเพิ่มเติม

ปลากลุ่ม A ที่มีรูปร่างลำตัวเรียวยาวจะเคลื่อนที่โดยใช้ทั้งลำตัวและการเคลื่อนที่将有ลักษณะเป็นคลื่นหรือรูปตัว S ปลากลุ่ม B ที่มีลำตัวค่อนข้างยาวจะเคลื่อนที่โดยใช้ลำตัวส่วนติดกับหางและส่วนหาง ปลากลุ่ม C ที่มีลำตัวกว้างจะเคลื่อนที่โดยใช้เฉพาะส่วนหางแกว่งหรือส่ายไปมา



หมายเหตุ: ช่วงของลูกศรคือส่วนของลำตัวที่มีการเคลื่อนไหวมาก

นก

ดังนี้

ครูอาจเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของนกโดยถามนักเรียน

- เพราะเหตุใดนกที่เคลื่อนที่โดยการบินจึงจำเป็นต้องใช้แก๊สออกซิเจนในการหายใจสูง
- นกมีโครงสร้างในระบบหายใจที่ช่วยในการบินอย่างไร

นักเรียนควรตอบได้ว่า นกต้องใช้พลังงานมากในการบิน จึงจำเป็นต้องใช้แก๊สออกซิเจนปริมาณสูงในการสลายสารอาหารระดับเซลล์ และมีถุงลมเพื่อสำรองอากาศไว้ใช้ในการหายใจ

จากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของนกหรือศึกรูป 19.13 ในหนังสือเรียน แล้วถามนักเรียนว่า การบินของนกเกี่ยวข้องกับกระดูกและกล้ามเนื้ออย่างไร นักเรียนควรสรุปได้ว่า การบินของนกเกิดจากการกระพือปีกขึ้นลง โดยอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อ 2 ชุด ที่อยู่ระหว่างกระดูกโคนปีกและกระดูกอก คือ กล้ามเนื้อยกปีกและกล้ามเนื้อกดปีก ทำงานแบบสภาวะตรงกันข้ามทำให้เกิดแรงยกและทำให้ลำตัวพุ่งไปข้างหน้า จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



ขณะที่นกกำลังบินเมื่อปีกยกขึ้นและปีกกดลง กล้ามเนื้อ 2 ชุด ทำงานอย่างไร

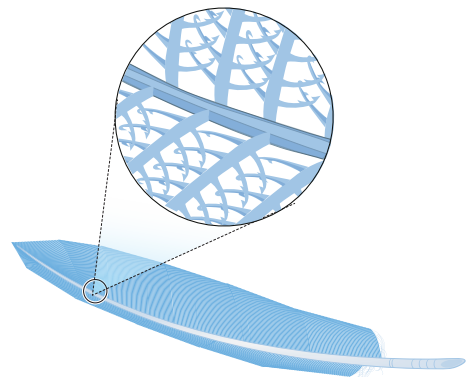


เมื่อปีกยกขึ้น กล้ามเนื้อยกปีกจะหดตัวและกล้ามเนื้อกดปีกจะคลายตัว เมื่อปีกกดลง กล้ามเนื้อกดปีกจะหดตัวและกล้ามเนื้อยกปีกจะคลายตัว

ครูให้นักเรียนศึกรูป 19.14 แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับโครงสร้างด้านอื่น ๆ ของนกที่ทำให้มันสามารถบินได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้คำถามถามนักเรียนว่า **นอกจากกระดูกโคนปีก กระดูกอก และกล้ามเนื้อ การบินของนกอาศัยโครงสร้างใดอีกบ้าง** ซึ่งนักเรียนอาจตอบได้หรือตอบไม่ได้ขึ้นอยู่กับความรู้เดิม จากนั้นครูนำภาพกระดูกนกและขนนกให้นักเรียนศึกดังรูป หรือศึกษาขนของนกโดยใช้แว่นขยายเพื่อสังเกตการเกี่ยวกันของเส้นขน การแตกแขนงและการเกาะเกี่ยวของขนเล็ก และตัดแกนขนดูความกลวงของแกนขน จากนั้นครูถามนักเรียนว่า **ลักษณะกระดูกและขนนกช่วยให้นกบินได้อย่างไร** นักเรียนควรสรุปได้ว่า ภายในกระดูกมีรูพรุนทำให้มีน้ำหนักเบา ขนนกเป็นลักษณะขนแผง มีส่วนประกอบเป็นเคราติน มีลักษณะเบาและแข็งแรง ดังรูป



กระดูกนก



ขนนก



### ชวนคิด

**?** ยกตัวอย่างนกที่บินไม่ได้ถึงแม้ว่าจะมีปีก เพราะเหตุใดจึงบินไม่ได้ และนกเหล่านั้นเคลื่อนที่ได้ได้อย่างไร

- นกกระจอกเทศ นกอีมู มีลำตัวใหญ่ กล้ามเนื้อที่ปีกไม่แข็งแรง ลักษณะขนที่เรียงห่างกัน ทำให้ไม่เกิดแรงยก นกกระจอกเทศเคลื่อนที่โดยการเดินและสามารถวิ่งได้เร็วเพราะมีขาที่แข็งแรงมาก
- นกกิวี มีปีกขนาดเล็กเมื่อเทียบกับลำตัว ขนมีลักษณะเป็นเส้น (hair-like) ปกคลุมลำตัวไม่สานกันเป็นแผงแน่น กระจุกไม่มีรูพรุน นกกิวีเคลื่อนที่โดยการเดินและวิ่งได้เร็ว
- นกเพนกวิน มีปีกขนาดเล็กเมื่อเทียบกับลำตัว ปีกมีลักษณะคล้ายครีบลำตัวใหญ่ มีขนแบบขนนกที่กันน้ำได้ดีปกคลุมทั้งลำตัว ขาเป็นพังผืด กระจุกไม่มีรูพรุน นกเพนกวินเคลื่อนที่ด้วยการเดินและใช้ปีกว่ายน้ำได้เร็ว

### แนวการวัดและประเมินผล

#### ด้านความรู้

- โครงสร้างและหน้าที่ของของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของแมงกะพรุน หมึก ดาวทะเล ใส่เตีดินดิน แมลง ปลา และนก จากการทำกิจกรรม การสืบค้นข้อมูล อภิปราย การตอบคำถามในหนังสือเรียน การทำแบบฝึกหัดท้ายบทและแบบทดสอบ
- โครงสร้างและหน้าที่ของกระจุกและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์ จากการทำกิจกรรม การสืบค้นข้อมูล อภิปราย การตอบคำถามในหนังสือเรียน การทำแบบฝึกหัดท้ายบทและแบบทดสอบ
- การทำงานของข้อต่อชนิดต่าง ๆ และการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์ จากการทำกิจกรรม การสืบค้นข้อมูล อภิปราย การตอบคำถามในหนังสือเรียน การทำแบบฝึกหัดท้ายบทและแบบทดสอบ

#### ด้านทักษะ

- การสังเกตและการลงความเห็น จากข้อมูลจากการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน



- ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล จากการทำกิจกรรม
- ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ และการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการทำกิจกรรมและการนำเสนอ

### ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็นและความมุ่งมั่นอดทน จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม และการอภิปรายร่วมกัน

## 19.4 การเคลื่อนที่ของมนุษย์

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์
2. สังเกตและอธิบายการทำงานของข้อต่อชนิดต่างๆ
3. สังเกตและอธิบายการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนลองเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายของตนเอง จากนั้นให้นักเรียนลองทำดังนี้

- ใช้กระดาษแข็งพันบริเวณข้อศอกและข้อมืองอของส่งให้เพื่อน
- ถอดกระดาษแข็งที่พันรอบข้อศอกออกของส่งให้เพื่อน
- ถอดกระดาษแข็งที่พันข้อมืองอกของส่งให้เพื่อน





ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยใช้คำถามดังนี้

- การหีบของส่งให้เพื่อนทั้ง 3 ครั้ง มีการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกันอย่างไร
- ถ้ากระดูกท่อนแขนต่อกันเป็นชิ้นเดียว การเคลื่อนไหวจะเป็นอย่างไร
- การเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนต่างๆ ต้องอาศัยการทำงานของอวัยวะใดบ้าง

นักเรียนอาจตอบได้ว่าในการหีบของส่งให้เพื่อนทั้ง 3 ครั้ง ครั้งแรกที่มีกระดูกแข็งพันบริเวณข้อศอกและข้อมือจะเคลื่อนไหวส่งของให้เพื่อนได้ลำบากที่สุด ส่วนครั้งสุดท้ายสามารถเคลื่อนไหวได้สะดวกที่สุด และถ้ากระดูกท่อนแขนต่อกันเป็นชิ้นเดียวจะทำให้เคลื่อนไหวไม่สะดวกคล้ายกับการส่งของครั้งแรก ดังนั้นการเคลื่อนไหวของร่างกายต้องอาศัยการทำงานของกระดูก กล้ามเนื้อ และข้อต่อ

### ระบบโครงกระดูก

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของมนุษย์หรือศึกษาระบบโครงกระดูกของมนุษย์จากรูป 19.15 ในหนังสือเรียน หรือครูอาจนำหุ่นจำลองให้นักเรียนศึกษา โดยครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่าในเรื่องของโครงกระดูกนี้ไม่ได้มุ่งหวังให้นักเรียนรู้รายละเอียดของโครงกระดูก แต่ต้องการให้นักเรียนทราบว่าระบบโครงกระดูกจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นกระดูกแกน กระดูกซี่โครง และข้อต่อ จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษารูป 19.16 และ 19.17 แล้วร่วมกันอภิปรายถึงโครงกระดูกของมนุษย์ โดยใช้คำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

- ?** การที่โครงกระดูกของมนุษย์ไม่ต่อกันเป็นชิ้นเดียวและมีจำนวนมากมีประโยชน์ต่อการเคลื่อนไหวอย่างไร
-  ช่วยทำให้เกิดการเคลื่อนไหวได้หลายทิศทาง
- ?** ถ้าหมอนรองกระดูกเสื่อมจะเกิดผลอย่างไร
-  อาจมีผลทำให้ร่างกายเคลื่อนไหวไม่สะดวก เกิดความเจ็บปวดตรงระหว่างข้อต่อของกระดูกสันหลังในขณะที่เคลื่อนไหว

### ข้อต่อ

ครูให้นักเรียนศึกษารูปโครงกระดูกหรือหุ่นจำลองของมนุษย์อีกครั้งหนึ่ง แล้วถามนักเรียนว่ากระดูกต่างๆ ในร่างกายของคนไม่ได้ต่อกันเป็นชิ้นเดียว และกระดูก 2 ชิ้นที่อยู่ติดกันเชื่อมต่อกันได้อย่างไร นักเรียนอาจตอบได้ว่า ตำแหน่งที่กระดูก 2 ชิ้นต่อกันเรียกว่าข้อต่อ จากนั้นครูอาจใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเห็นความสำคัญของข้อต่อดังนี้

- นักเรียนเคยมีอาการข้อมือหรือข้อเท้าเคล็ดหรือไม่ มีอาการอย่างไร
- การพันผ้ายืดที่ข้อมือและข้อเท้าที่เคล็ด มีประโยชน์อย่างไร

นักเรียนอาจตอบได้ว่า อาการข้อมือและข้อเท้าเคล็ดทำให้เกิดอาการเจ็บปวด ซึ่งอาจมีสาเหตุจากความผิดปกติของข้อต่อหรือเอ็นยึดข้อ ถ้ามีผ้ายืดพันข้อมือและข้อเท้าจะทำให้ส่วนนั้นงอไม่ได้ ส่งผลให้เคลื่อนไหวไม่สะดวก แต่จะทำให้ส่วนนั้นไม่บาดเจ็บเพิ่มขึ้น จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรม 19.2 ข้อต่อกับการเคลื่อนไหว



## กิจกรรม 19.2 ข้อต่อกับการเคลื่อนไหว

### จุดประสงค์

1. สังเกตการทำงานของข้อต่อชนิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของมนุษย์
2. จำแนกชนิดของข้อต่อโดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดขึ้นเอง

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)


1 ชั่วโมง

### ข้อเสนอแนะสำหรับครู


ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อเคลื่อนไหวอวัยวะต่างๆ ของร่างกายตามขั้นตอนในหนังสือเรียน โดยครูควรเน้นให้นักเรียนระมัดระวังในการเคลื่อนไหวของอวัยวะที่สำคัญโดยเฉพาะที่บริเวณศีรษะ จากนั้นให้นักเรียนสังเกตและบันทึกผลการทำงานของข้อต่อบริเวณต่างๆ เพื่อให้ นักเรียนสามารถตอบประเด็นปัญหาว่าข้อต่อบริเวณต่างๆ เคลื่อนที่ได้เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร ชนิดของข้อต่อมีผลต่อการเคลื่อนไหวแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

### คำถามท้ายกิจกรรม


**?** ทุกๆ ส่วนของร่างกายที่ใช้ทำกิจกรรมมีขอบเขตในการเคลื่อนไหวเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

 มีขอบเขตในการเคลื่อนไหวแตกต่างกัน บางบริเวณเคลื่อนไหวได้ในทิศทางเดียว เช่น ข้อศอก บางบริเวณเคลื่อนไหวได้หลายทิศทาง เช่น หัวไหล่และคอ

**?** สิ่งที่ยากัดขอบเขตในการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนที่ทำในกิจกรรมคืออะไร

 ลักษณะของข้อต่อ

**?** ถ้ากำหนดเกณฑ์เองเพื่อจำแนกข้อต่อจากการทำกิจกรรม จะใช้เกณฑ์ใดและจำแนกข้อต่ออย่างไร

 คำตอบข้อนี้ขึ้นอยู่กับ การเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ของร่างกายที่นักเรียนทดลอง เช่น ถ้าใช้ทิศทางการเคลื่อนไหวของร่างกายบริเวณนั้นเป็นเกณฑ์ในการแบ่งชนิดของข้อต่อ อาจแบ่งข้อต่อเป็น 2 กลุ่ม คือข้อต่อที่ทำให้มีการเคลื่อนไหวทิศทางเดียว เช่น ข้อศอก และข้อต่อที่ทำให้มีการเคลื่อนไหวได้หลายทิศทาง เช่น หัวไหล่และคอ

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 19.18 ลักษณะข้อต่อ เพื่ออธิบายรูปแบบการเคลื่อนไหวที่นักเรียนพบจากการทำกิจกรรม


จากการอภิปรายนักเรียนควรตอบได้ว่า ข้อต่อช่วยให้อวัยวะต่างๆ เคลื่อนไหวได้ ข้อต่อบางชนิดสามารถเคลื่อนไหวได้หลายทิศทาง บางชนิดเคลื่อนไหวได้น้อย และบางชนิดเคลื่อนไหวไม่ได้

สำหรับคำถามในหนังสือเรียนมีแนวคำตอบดังนี้

**?** ข้อต่อแบบอานม้าและข้อต่อแบบสไลด์ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวได้กี่ทิศทาง

 เคลื่อนไหวได้ 2 ทิศทาง

**?** ข้อต่อแบบบานพับพบที่บริเวณใดของร่างกาย

 ข้อศอกและข้อเข่า

จากนั้นศึกษารูป 19.19 โครงสร้างของข้อต่อ แล้วใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายดังนี้

- กระดูกบริเวณข้อต่อไม่เสียดสีกันเพราะเหตุใด
- กระดูกที่มีลักษณะเป็นข้อต่อเชื่อมติดกันได้อย่างไร
- เพราะเหตุใดผู้สูงอายุจึงเคลื่อนไหวได้ไม่คล่องแคล่ว และมีอาการกระดูกสันหลังขณะที่มีการเคลื่อนไหว

จากการอภิปรายนักเรียนควรตอบได้ว่า ระหว่างกระดูกบริเวณข้อต่อมีน้ำไขข้อหล่อลื่นอยู่ ทำให้กระดูกไม่เสียดสีกัน และมีเอ็นยึดข้อทำหน้าที่ยึดกระดูก 2 ท่อนให้เชื่อมติดกัน

ครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมว่า ผู้สูงอายุเคลื่อนไหวได้ไม่คล่องแคล่วเนื่องจากการสึกกร่อนหรือเสื่อมของกระดูก หมอนรองกระดูก และข้อต่อ รวมทั้งปริมาณของน้ำไขข้อบริเวณข้อต่อลดลงตามวัย ขณะเคลื่อนไหวจึงเกิดการเสียดสีของกระดูกบริเวณข้อต่อทำให้เกิดเสียงลั่น และอาจมีอาการเจ็บปวดขณะเคลื่อนไหว จึงทำให้เคลื่อนไหวได้ช้าลงและไม่คล่องแคล่ว

คำถามในหนังสือเรียนมีแนวการตอบดังนี้



โรคข้อเข่าเสื่อมเกิดจากสาเหตุใด มีวิธีการป้องกันและรักษาอย่างไร



สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อเข่าเสื่อม เช่น

1. การยกของหนัก การนั่งพับเพียบ การนั่งยองๆ การนั่งบนพื้นเป็นเวลานาน การนอนกับพื้นเป็นประจำเพราะขณะลุกขึ้นหรือลงนอนจะเกิดอันตรายกับเข่า การขึ้นลงบันไดบ่อยๆ
2. การมีน้ำหนักตัวมากข้อเข่าจะเสื่อมเร็ว
3. การไม่ออกกำลังกาย
4. การที่ได้รับบาดเจ็บบริเวณข้อเข่า หรือผู้ที่เคยได้รับอุบัติเหตุที่ข้อเข่า เช่น กระดูกข้อเข่าแตก หรือเอ็นฉีกจะมีโอกาสเสี่ยงเกิดโรคข้อเข่าเสื่อมได้
5. การที่มีอายุมากมีโอกาสเป็นโรคข้อเข่าเสื่อมมากเนื่องจากอายุการใช้งานมาก
6. เพศหญิงจะเป็นโรคเข่าเสื่อมมากกว่าเพศชาย 2 - 3 เท่า เพราะเมื่ออายุมากขึ้นร่างกายผลิตฮอร์โมนเอสโตรเจนได้น้อยลง ส่งผลให้เซลล์กระดูกอ่อนที่เกี่ยวกับฮอร์โมนเพศหญิงทำงานได้น้อยลง ทำให้การสร้างโปรตีนโอไกลแคนเพื่อซ่อมแซมเซลล์กระดูกอ่อนจะลดลงด้วย

### การป้องกันและรักษาโรคข้อเข่าเสื่อม

1. ควรหลีกเลี่ยงต่อสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อเข่าเสื่อม เช่น การยกของหนัก การนั่งพับเพียบ นั่งยองๆ ควรจะนั่งบนเก้าอี้ไม่ควรนั่งบนพื้น การนอนกับพื้นเป็นประจำเพราะขณะลุกขึ้นหรือลงนอนจะเกิดอันตรายกับเข่า หลีกเลี่ยงการขึ้นลงบันไดบ่อยๆ
2. การลดน้ำหนักเป็นอีกปัจจัยที่จะลดอาการปวดและช่วยชะลอข้อเข่าเสื่อมได้

3. การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะการบริหารกล้ามเนื้อต้นขาจะทำให้กล้ามเนื้อแข็งแรงจะช่วยลดแรงที่กระทำต่อเข่า
4. การเดินหรือวิ่งควรใส่รองเท้าที่เหมาะสม
5. การทำกายภาพบำบัด ควรปฏิบัติตามแพทย์แนะนำ เช่น วิธีการบริหารกล้ามเนื้อและข้อเข่าเพื่อลดอาการปวด ป้องกันข้อผิดรูปรวมทั้งทำให้กล้ามเนื้อและกระดูกบริเวณข้อเข่าแข็งแรง

ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนขยายความรู้เพิ่มเติมโดยอภิปรายถึงความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทางการแพทย์ที่สามารถปลูกถ่ายหรือเปลี่ยนกระดูกให้แก่ผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับกระดูก การเปลี่ยนข้อต่อ เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้ความก้าวหน้าทางการแพทย์อันเป็นประโยชน์ต่อไป

### ระบบกล้ามเนื้อ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษารูป 19.20 ในหนังสือเรียนเพื่อแสดงลักษณะของเซลล์กล้ามเนื้อโครงร่าง กล้ามเนื้อหัวใจและกล้ามเนื้อเรียบ แล้วถามนักเรียนว่า **เซลล์กล้ามเนื้อทั้ง 3 ชนิดเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร** นักเรียนควรตอบได้ว่า เซลล์กล้ามเนื้อโครงร่างมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกยาว มีลายขวาง มองเห็นเป็นแถบเข้มจางสลับกัน เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจคล้ายกับเซลล์กล้ามเนื้อโครงร่าง มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกสั้น แดกแขนงมีลายเช่นเดียวกัน เซลล์กล้ามเนื้อเรียบมีลักษณะยาวเรียวยาว แหวม

ครูกระตุ้นความสงสัยของนักเรียนโดยถามนักเรียนว่า **การเคลื่อนที่ของมนุษย์เกี่ยวข้องและสัมพันธ์กับการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างและกระดูกอย่างไร** โดยครูอาจให้นักเรียนนำปิกไถ่ติบมาศึกษา และให้สังเกตในประเด็นต่อไปนี้

- ลักษณะของกล้ามเนื้อปิกไถ่
- ส่วนปลายของมัดกล้ามเนื้อที่ติดกับกระดูก
- ข้อต่อ
- ส่วนปลายของกระดูก

จากนั้นครูให้นักเรียนอภิปรายว่าโครงสร้างเหล่านี้ทำงานสัมพันธ์กันและเหมาะสมต่อการเคลื่อนที่อย่างไร แล้วจึงให้นักเรียนทำกิจกรรม 19.3 เพื่อศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างที่แขน

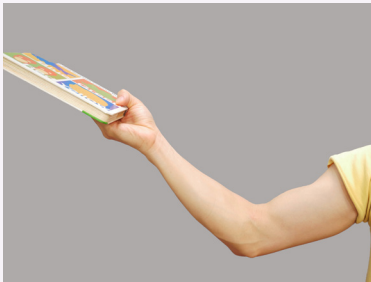


### กิจกรรม 19.3 การทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างที่แขน

#### จุดประสงค์

สังเกตและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกล้ามเนื้อบริเวณต้นแขนด้านบนกับด้านล่าง เมื่อทำกิจกรรมที่แตกต่างกัน

#### ตัวอย่างการทำกิจกรรม



ยกหนังสือ



กดพื้นโต๊ะ

#### เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม


**?** กล้ามเนื้อแขนขณะที่ยกหนังสือและกดพื้นโต๊ะกับขณะวางราบบนพื้น มีลักษณะแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

**✎** แตกต่างกัน ขณะที่ยกหนังสือ กล้ามเนื้อต้นแขนด้านบนจะเกร็งมีลักษณะแข็งมากกว่าขณะที่กดพื้นโต๊ะหรือขณะวางแขนราบบนพื้นโต๊ะเพราะกล้ามเนื้อต้นแขนด้านบนหดตัวและกล้ามเนื้อต้นแขนด้านล่างคลายตัว และเมื่อออกแรงกดบนพื้นโต๊ะกล้ามเนื้อต้นแขนด้านล่างจะเกร็งมีลักษณะแข็งมากกว่าขณะที่ยกหนังสือหรือขณะวางแขนราบบนพื้นโต๊ะเพราะกล้ามเนื้อต้นแขนด้านล่างหดตัวและกล้ามเนื้อต้นแขนบนคลายตัว

**?** นักเรียนจะสรุปผลการทดลองเกี่ยวกับการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างไร

**✎** เมื่อกล้ามเนื้อต้นแขนด้านบนหรือไบเซพหดตัว กล้ามเนื้อต้นแขนด้านล่างหรือไตรเซพจะคลายตัวทำให้แขนงอเข้าหากัน เมื่อกล้ามเนื้อไตรเซพหดตัว กล้ามเนื้อไบเซพจะคลายตัวทำให้แขนเหยียดออก

จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษารูป 19.21 เพื่ออธิบายการทำงานของกล้ามเนื้อไบเซพและกล้ามเนื้อไตรเซพ ที่ทำงานเป็นคู่ในสภาวะตรงกันข้ามในการเหยียดแขนและงอแขน เมื่อนักเรียนเข้าใจการทำงานของกล้ามเนื้อแล้วจึงให้อธิบายการทำงานของกล้ามเนื้อที่บริเวณอื่นของร่างกาย เช่น ข้อเข่า โดยใช้แนวคำถามดังนี้

- กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนใดอีกบ้าง ที่ทำงานในสภาวะตรงกันข้าม
-  กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าและกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (แฮมสตริง) ทำให้งอขาและเหยียดขาได้

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 19.22 หรือครูอาจให้นักเรียนสังเกตว่าระหว่างกล้ามเนื้อกับกระดูกจะมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันยึดกล้ามเนื้อติดกับกระดูกเรียกว่า เอ็นยึดกระดูก หลังจากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



เอ็นยึดข้อและเอ็นยึดกระดูกเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร



แตกต่างกันคือ เอ็นยึดข้อจะยึดกระดูกให้ต่อกัน ทำให้กระดูกทำงานสัมพันธ์กันในขณะที่เคลื่อนไหว ส่วนเอ็นยึดกระดูกจะยึดระหว่างกล้ามเนื้อกับกระดูก เพื่อให้กระดูกที่กล้ามเนื้อยึดไว้เกิดการเคลื่อนไหวได้ เหมือนกันคือ ทั้งเอ็นยึดข้อและเอ็นยึดกระดูกเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีความเหนียวและแข็งแรง



### ตรวจสอบความเข้าใจ



ขณะที่ร่างกายเคลื่อนไหว กระดูก กล้ามเนื้อ และข้อต่อมีการทำงานสัมพันธ์กันอย่างไร



ขณะที่ร่างกายเคลื่อนไหว กล้ามเนื้อโครงร่างที่ทำงานร่วมกันในลักษณะสภาวะตรงกันข้ามจะหดตัวหรือคลายตัวเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของกระดูก ในขณะที่ข้อต่อจะช่วยควบคุมทิศทางในการเคลื่อนไหวของกระดูก

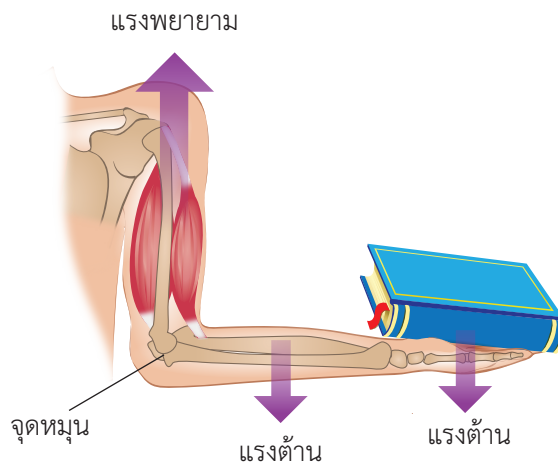


ครูให้นักเรียนเชื่อมโยงกับหลักของวิชาฟิสิกส์เรื่องคาน เพื่อให้ นักเรียนเกิดความเข้าใจว่า การหดตัวของกล้ามเนื้อที่ทำให้กระดูกเคลื่อนไหวอาศัยหลักการทำงานโดยการออกแรงต้านน้ำหนักแบบ คานติดคานงัดโดยมีข้อต่อระหว่างกระดูกเป็นจุดหมุน กล้ามเนื้อกับกระดูกทำงานโดยอาศัยหลักการของ คาน คือ มีกระดูกเป็นคานและข้อต่อเป็นจุดหมุน

ส่วนต่างๆ ของร่างกายสามารถเปรียบเทียบกับคานได้ดังนี้

- กระดูกเปรียบได้กับตัวคาน
- ข้อต่อเปรียบได้กับจุดหมุน
- แรงดึงกล้ามเนื้อเปรียบได้กับแรงพยายาม
- น้ำหนักของกระดูกและวัตถุที่ถือในมือเปรียบได้กับแรงต้าน

ตัวอย่างเช่น การหดตัวของกล้ามเนื้อที่ทำให้กระดูกเคลื่อนไหวอาศัยหลักการทำงานโดยการ ออกแรงต้านน้ำหนักแบบคานงัดคานติด มีกระดูกเป็นคานและข้อต่อเป็นจุดหมุน ดังรูป



### โครงสร้างและการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่าง

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้รูป 19.23 ในหนังสือเรียนเพื่อให้นักเรียนศึกษา โครงสร้างและการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่าง จากนั้นให้นักเรียนศึกษารูป 19.24 19.25 และ 19.26 แล้วตั้งคำถามถามนักเรียนว่า กล้ามเนื้อโครงร่างหดตัวและ คลายตัวได้อย่างไร



นักเรียนควรสรุปได้ว่า กล้ามเนื้อโครงร่างหดตัวเกิดจากการกระตุ้นโดยเซลล์ประสาทที่ส่งกระแสประสาทมาที่กล้ามเนื้อนั้น กล้ามเนื้อของมนุษย์จะประกอบด้วยมัดกล้ามเนื้อซึ่งมีเซลล์กล้ามเนื้อหรือเส้นใยกล้ามเนื้อ ภายในเส้นใยกล้ามเนื้อประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อเล็กซึ่งมีโปรตีนหลักเป็นไมโอซินและแอกทิน เมื่อระดับแคลเซียมที่สูงขึ้นจนเหมาะสมจะไปจับกับโปรตีนควบคุม ทำให้ไมโอซินที่ได้รับ ATP สามารถจับกับแอกทิน เกิดการเลื่อนของแอกทินและเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ จากนั้นแคลเซียมจะถูกดึงกลับสู่ SR โดยแคลเซียมปั๊มซึ่งต้องใช้ ATP การลดลงของระดับแคลเซียมนี้ทำให้โปรตีนควบคุมกลับไปจับกับแอกทินเหมือนเดิม ไมโอซินจึงไม่สามารถจับกับแอกทินได้ กล้ามเนื้อจึงคลายตัว

สำหรับคำถามในหนังสือเรียนมีแนวคำตอบดังนี้



จงเปรียบเทียบการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อโครงร่าง



กล้ามเนื้อหดตัว	กล้ามเนื้อคลายตัว
มีการกระตุ้นจากเซลล์ประสาท	ไม่มีการกระตุ้นจากเซลล์ประสาท
แคลเซียมไอออนจาก SR ออกมาในไซโทพลาซึม	แคลเซียมไอออนในไซโทพลาซึมถูกดึงกลับสู่ SR
โปรตีนควบคุมไม่ขวางการเข้าจับของไมโอซิน	โปรตีนควบคุมขวางการเข้าจับของไมโอซิน
ใช้ ATP	ใช้ ATP
ไมโอซินจับกับแอกทิน	ไมโอซินไม่จับกับแอกทิน
แอกทินเลื่อนเข้าหากัน	แอกทินเลื่อนออกจากกัน



ตะคริวเป็นอาการเกร็งตัวหรือหดเกร็งของกล้ามเนื้อ เพราะเหตุใดถ้ามีการออกกำลังกายหนักจึงอาจเป็นตะคริวได้



การคลายตัวของกล้ามเนื้อต้องมีการดึงแคลเซียมไอออนกลับสู่ SR โดยแคลเซียมปั๊มซึ่งต้องใช้พลังงานจาก ATP การออกกำลังกายหนักทำให้กล้ามเนื้อมีการใช้ ATP จำนวนมาก เมื่อกล้ามเนื้อหดตัวแล้วเกิดภาวะขาด ATP กล้ามเนื้อจะคลายตัวไม่ได้ จึงเกิดการหดเกร็งเป็นตะคริวได้

## แนวการวัดและประเมินผล

### ด้านความรู้

- โครงสร้างและหน้าที่ของกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์
- การทำงานของข้อต่อชนิดต่างๆ และการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์

### ด้านทักษะ

- การสังเกตและการลงความเห็นจากข้อมูลจากการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน
- ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลจากการทำกิจกรรม
- ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ และการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการทำกิจกรรมและการนำเสนอ

### ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็นและความมุ่งมั่นอดทน จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน



### เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 19

1. จงใส่เครื่องหมายถูก (✓) หน้าข้อความที่ถูกต้อง ใส่เครื่องหมายผิด (×) หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง และขีดเส้นใต้เฉพาะคำ หรือส่วนของข้อความที่ไม่ถูกต้อง และแก้ไขโดยตัดออก หรือเติมคำหรือข้อความที่ถูกต้องลงในช่องว่าง

..... × 1.1 การเคลื่อนที่ของหมึกเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อบริเวณลำตัว ทำให้น้ำภายในลำตัวพุ่งออกทางไซฟอน หมึกจึงเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับน้ำที่พุ่งออกมา

**แก้ไขเป็น** ตรงกันข้าม

..... × 1.2 ขณะที่กล้ามเนื้อเฟล็กเซอร์คลายตัว กล้ามเนื้อเอ็กเทนเซอร์หดตัว จะทำให้ขาของแมลงงอเข้า

**ข้อความที่ผิดกรณีที่ 1**

ขณะที่กล้ามเนื้อเฟล็กเซอร์คลายตัว กล้ามเนื้อเอ็กเทนเซอร์หดตัว จะทำให้ขาของแมลงงอเข้า

**แก้ไขเป็น**เหยียดออก

**ข้อความที่ผิดกรณีที่ 2**

ขณะที่กล้ามเนื้อเฟล็กเซอร์คลายตัว กล้ามเนื้อเอ็กเทนเซอร์หดตัว จะทำให้ขาของแมลงงอเข้า

**แก้ไขเป็น** หดตัว และ คลายตัว ตามลำดับ

..... ✓ 1.3 การเคลื่อนที่ของสัตว์มีกระดูกสันหลังเกิดจากการทำงานร่วมกันของกระดูกและกล้ามเนื้อ โดยมีระบบประสาททำหน้าที่ควบคุม

..... × 1.4 การบีบตัวและคลายตัวของหัวใจเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อเรียบ


**แก้ไขเป็น** กล้ามเนื้อหัวใจ

..... ✓ 1.5 กระดูกบางชิ้นในทารกแรกเกิดยังไม่เชื่อมประสานกันทำให้จำนวนชิ้นของกระดูกมีมากกว่าในผู้ใหญ่


- ..... **✗** 1.6 เนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ยึดระหว่างกระดูก 2 ชั้นบริเวณข้อต่อ เรียกว่า เอ็นยึดกระดูก  
**ข้อความที่ผิดกรณีที่ 1**  
 เนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ยึดระหว่างกระดูก 2 ชั้นบริเวณข้อต่อ เรียกว่า เอ็นยึดกระดูก  
**แก้ไขเป็น** เอ็นยึดข้อ
- ..... **✗** 1.7 ถ้าระบบประสาทโซมาติกถูกทำลาย จะทำให้กล้ามเนื้อหัวใจและกล้ามเนื้อโครงร่างไม่สามารถทำงานได้  
**ข้อความที่ผิดกรณีที่ 1**  
 ถ้าระบบประสาทโซมาติกถูกทำลาย ทำให้ กล้ามเนื้อหัวใจและกล้ามเนื้อโครงร่าง ไม่สามารถทำงานได้  
**แก้ไขโดย** ตัดคำว่า กล้ามเนื้อหัวใจและ
- ..... **✗** 1.8 ข้อต่อที่บริเวณหัวไหล่เป็นข้อต่อชนิดเดียวกับข้อต่อที่ต้นคอกับฐานของกะโหลกศีรษะ  
**แก้ไขเป็น** ต่างชนิด
- ..... **✗** 1.9 เมื่อพิจารณาในแต่ละซาร์โคเมอร์ การหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อเกิดจากการเลื่อนของแอกทินและไมโอซิน  
**แก้ไขโดย** ตัดคำว่า และไมโอซิน
- ..... **✓** 1.10 ผู้ป่วยที่มีอาการโรคข้อเข่าเสื่อมแบบที่มีน้ำไขข้อลดลง เมื่อเคลื่อนไหวจะทำให้กระดูกในบริเวณเข่าเสียดสีกัน และเกิดอาการเจ็บปวด

- ..... ✗ 1.11 ขณะเอื้อมมือไปหยิบของ กล้ามเนื้อไบเซพจะหดตัวและกล้ามเนื้อไตรเซพจะ คลายตัว  
**แก้ไขเป็น** คลาย และ หด ตามลำดับ
- ..... ✓ 1.12 แคลเซียมไอออนที่ปล่อยจากซาร์โคพลาสมิกเรติคูลัมจะจับกับโปรตีนควบคุม ทำให้ไมโอซินจับกับแอกทินได้ เกิดการเลื่อนของแอกทินเข้าหากันและทำให้ กล้ามเนื้อหดตัว
- ..... ✓ 1.13 การกระตุ้นโดยเซลล์ประสาททำให้กล้ามเนื้อหดตัว และเมื่อไม่มีการกระตุ้นจะทำให้กล้ามเนื้อคลายตัว


2. การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ได้แก่ อะมีบา พารามีเซียม ยูกลีนา เหมือนหรือแตกต่างกัน และมีความสัมพันธ์กับออร์แกเนลล์ภายในเซลล์หรือไม่ อย่างไร

 แตกต่างกัน โดยการเคลื่อนที่ของอะมีบาเกิดจากการไหลของไซโทพลาซึม ซึ่งเกิดจากการรวมตัวและแยกตัวของโปรตีนแอกทินที่เป็นไมโครฟิลาเมนต์ ขณะที่การเคลื่อนที่ของพารามีเซียมและยูกลีนาเกิดจากการทำงานของซิเลียและแฟลเจลลัมซึ่งมีไมโครทิวบูลเป็นส่วนประกอบ

3. เพราะเหตุใดการออกกำลังกายที่ใช้กล้ามเนื้อโครงร่าง เช่น การวิ่ง ว่ายน้ำจึงต้องการพลังงานจากการสลายสารอาหารระดับเซลล์มาก

 เพราะการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อโครงร่างต้องอาศัย ATP การออกกำลังกายทำให้กล้ามเนื้อโครงร่างทำงานมากขึ้นจึงต้องการ ATP จากการสลายสารอาหารระดับเซลล์มากขึ้น

4. เพราะเหตุใดภายหลังคนตายเพียงไม่กี่ชั่วโมง จึงเกิดอาการแข็งตัวของกล้ามเนื้อทั่วร่างกาย

 อาการแข็งตัวของกล้ามเนื้อทั่วร่างกายเกิดหลังจากเสียชีวิตตามปกติประมาณ 2- 4 ชั่วโมง เนื่องจากเซลล์กล้ามเนื้อเริ่มตาย แคลเซียมจึงรั่วออกมาจากซาร์โคพลาสมิกเรติคูลัมและไปจับกับโปรตีนควบคุม ทำให้ไมโอซินสามารถจับแอกทินและเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างเต็มที่ และไม่มีการสร้าง ATP ทำให้แคลเซียมไม่ถูกดึงกลับเข้าสู่ซาร์โคพลาสมิกเรติคูลัม โปรตีนควบคุมไม่กลับไปจับกับแอกทิน กล้ามเนื้อจึงไม่เกิดการคลายตัว

บทที่

| ระบบต่อมไร้ท่อ

20



[ipst.me/10785](https://ipst.me/10785)



### ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนผังสรุปหน้าที่ของฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน

## การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

### ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนผังสรุปหน้าที่ของฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน

### จุดประสงค์การเรียนรู้

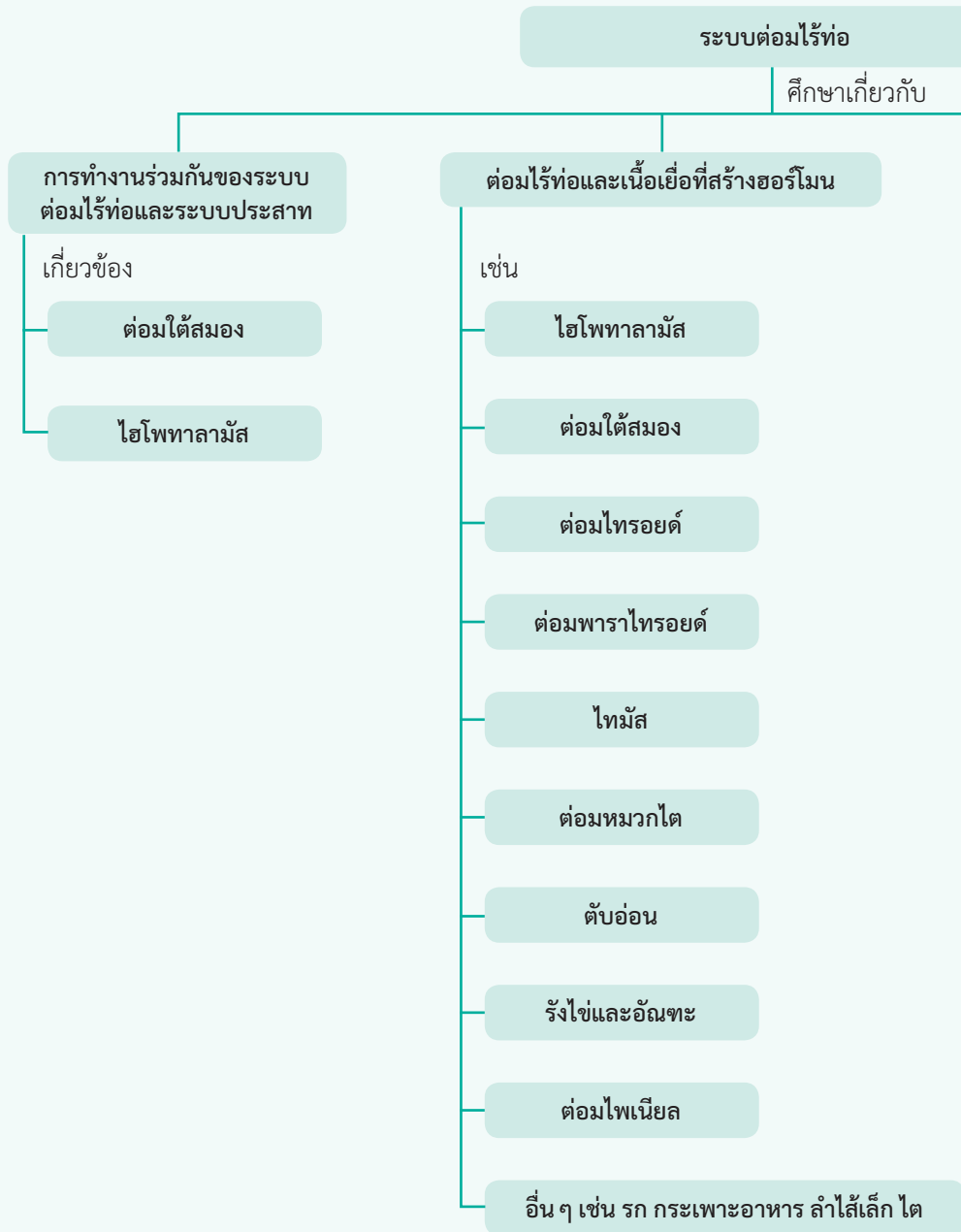
1. อธิบายการทำงานร่วมกันของระบบต่อมไร้ท่อและระบบประสาท
2. ระบุตำแหน่งของต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สำคัญในร่างกายที่ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมน
3. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับประเภทและหน้าที่ของฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน
4. ยกตัวอย่างและอธิบายการทำงานร่วมกันของฮอร์โมนหลายชนิดในการรักษาคุณภาพของร่างกาย
5. อธิบายและเขียนแผนผังการจัดกลุ่มฮอร์โมนชนิดต่าง ๆ ตามการทำงานของฮอร์โมน
6. อธิบายอาการผิดปกติของร่างกายที่เกิดจากการมีฮอร์โมนปริมาณมากหรือน้อยเกินไป

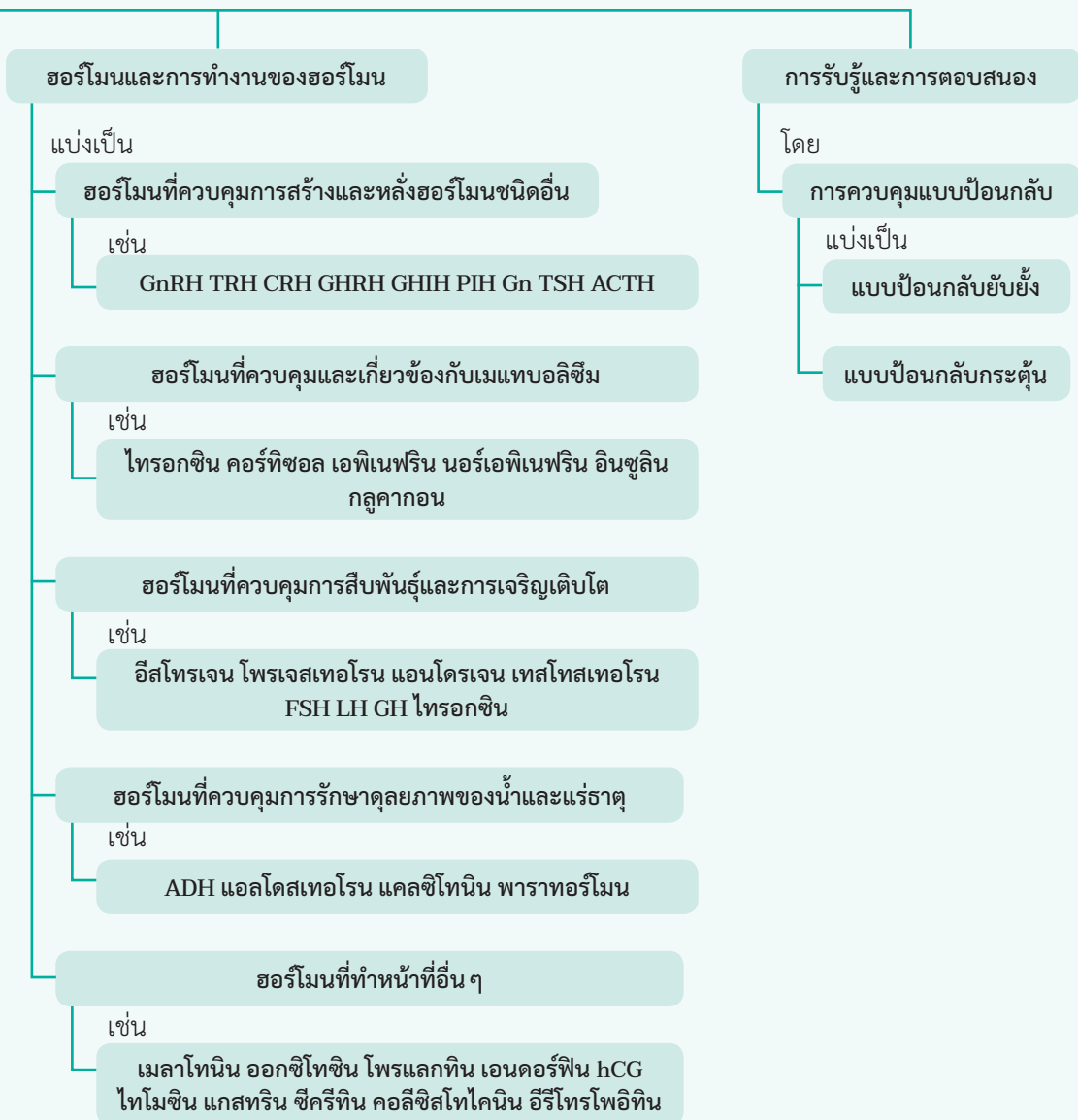
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การจำแนกประเภท</li> <li>3. การลงความเห็นจากข้อมูล</li> <li>4. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>2. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>3. ความใจกว้าง</li> <li>4. ความมุ่งมั่นอดทน</li> <li>5. ความซื่อสัตย์</li> </ol>





## ผังมโนทัศน์ บทที่ 20





## สาระสำคัญ

ระบบต่อมไร้ท่อมีการทำงานร่วมกันกับระบบประสาทเพื่อควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกาย ระบบประสาทมีสารสื่อประสาทเป็นตัวกลางในการถ่ายทอดกระแสประสาทไปยังเซลล์เป้าหมายโดยตรง ในขณะที่ระบบต่อมไร้ท่อจะมีฮอร์โมนซึ่งลำเลียงผ่านระบบหมุนเวียนเลือดไปยังเซลล์เป้าหมายซึ่งส่วนใหญ่อยู่ไกลออกไปและมีตัวรับที่จำเพาะต่อฮอร์โมน

มนุษย์และสัตว์มีกระดูกสันหลังมีต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมน กระจายอยู่ในตำแหน่งต่างๆ ทั่วร่างกาย เช่น ต่อมใต้สมอง ตับอ่อน ต่อมหมวกไต ต่อมไทรอยด์ ต่อมพาราไทรอยด์ อวัยวะสืบพันธุ์ ต่อมไพเนียล เนื้อเยื่อของกระเพาะอาหาร ลำไส้เล็กส่วนดูโอดินัม ไทมีส รก และไต โดยสร้างและหลั่งฮอร์โมนซึ่งอาจเป็นสารประเภทเพปไทด์หรือโปรตีน เอมีน หรือสเตอรอยด์

ฮอร์โมนมีหลายชนิด ทำหน้าที่แตกต่างกันและควบคุมการทำงานของร่างกาย เช่น เมแทบอลิซึม การย่อยอาหาร การควบคุมคุณภาพของสารในเลือด การสืบพันธุ์ การเจริญเติบโต จึงอาจแบ่งฮอร์โมนออกเป็นกลุ่มต่างๆ ดังนี้ ฮอร์โมนที่ควบคุมการสร้างและหลั่งฮอร์โมนชนิดอื่น ฮอร์โมนที่ควบคุมและเกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึม ฮอร์โมนที่ควบคุมการสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนที่ควบคุมการรักษาคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุ และฮอร์โมนที่ทำหน้าที่อื่น ๆ นอกจากนี้สัตว์ยังมีฟีโรโมนซึ่งผลิตจากต่อมมีท่อของสัตว์ซึ่งส่งผลต่อสัตว์ตัวอื่นที่เป็นสปีชีส์เดียวกัน

การรักษาสมดุลของฮอร์โมน เป็นการควบคุมการหลั่งฮอร์โมนของต่อมไร้ท่อ โดยปริมาณของฮอร์โมนเอง ระดับสารเคมีอื่น ๆ ในเลือด และระบบประสาท ซึ่งส่วนใหญ่เป็นวิธีการควบคุมแบบป้อนกลับ ซึ่งมี 2 แบบ คือแบบป้อนกลับยับยั้ง และแบบป้อนกลับกระตุ้น

## เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ 12 ชั่วโมง

20.1 การทำงานร่วมกันของระบบต่อมไร้ท่อและระบบประสาท	1 ชั่วโมง
20.2 ต่อมไร้ท่อ	1 ชั่วโมง
20.3 ฮอร์โมนและการทำงานของฮอร์โมน	8 ชั่วโมง
20.4 การรักษาสมดุลของฮอร์โมน	2 ชั่วโมง
<b>รวม</b>	<b>12 ชั่วโมง</b>



## ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนใส่เครื่องหมายถูก (✓) หรือผิด (×) หน้าข้อความตามความเข้าใจของนักเรียน

1. ฮอรโมนจากต่อมไร้ท่อถูกลำเลียงไปส่วนต่างๆ ของร่างกายโดยระบบหมุนเวียนเลือด และกำจัดออกจากร่างกายโดยระบบน้ำเหลือง
2. ฮอรโมนเพศทำหน้าที่ควบคุมการแสดงออกของลักษณะทางเพศที่แตกต่างกัน
3. รังไข่ทำหน้าที่สร้างฮอรโมนเพศ คือ เทสโทสเทอโรน อีสโตรเจน และโพรเจสเทอโรน
4. ยาคุมกำเนิดเป็นฮอรโมนสังเคราะห์ที่มีโครงสร้างคล้ายฮอรโมนเพศหญิง
5. อีสโตรเจนและเทสโทสเทอโรนเป็นฮอรโมนที่สังเคราะห์มาจากคอเลสเตอรอล
6. อีสโตรเจนและโพรเจสเทอโรนเป็นฮอรโมนกลุ่มสเตอรอยด์
7. การควบคุมสมดุลของน้ำในร่างกายเกี่ยวข้องกับแอนติไดยูเรติกฮอรโมน (ADH) ซึ่งกระตุ้นให้ท่อขดส่วนปลายของหน่วยไตและท่อรวมดูดกลับน้ำคืนเข้าสู่หลอดเลือด ทำให้ปริมาณน้ำในเลือดสมดุล
8. การควบคุมสมดุลของโซเดียม โพแทสเซียม และฟอสเฟตเกี่ยวข้องกับแอลโดสเทอโรนจากไต โดยกระตุ้นให้มีการดูดกลับสารต่างๆ เข้าสู่หลอดเลือด

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษารูปนำบทในหนังสือเรียน หรือวีดิทัศน์เกี่ยวกับความผิดปกติของฮอร์โมนกับขนาดของร่างกาย เช่น คนแคระกับคนร่างยักษ์ จากนั้นใช้คำถามดังนี้

- ในขณะที่ฟังเพลงที่ชื่นชอบ ออกกำลังกาย รับประทานอาหารที่ชอบ เราจะมีความสุขและสดชื่น นักเรียนคิดว่าเกี่ยวข้องกับฮอร์โมนหรือไม่ อย่างไร
- ในชีวิตประจำวันนักเรียนคิดว่ามีกิจกรรมใดอีกบ้างที่เกี่ยวข้องกับฮอร์โมน
- คนแคระกับคนร่างยักษ์มีความผิดปกติเกี่ยวกับฮอร์โมนอะไร

คำตอบขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของนักเรียน และนักเรียนอาจตอบได้ว่าเกี่ยวข้องกับฮอร์โมน ซึ่งเป็นสารเคมีที่ร่างกายสร้างจากต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อต่าง ๆ เพื่อทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของร่างกายให้อยู่ในดุลยภาพได้ กิจกรรมในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับฮอร์โมน เช่น การขับถ่าย การย่อยอาหาร และครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่าคนแคระกับคนร่างยักษ์เกิดจากความผิดปกติของโกรทฮอร์โมน

จากนั้นให้นักเรียนช่วยกันระดมความคิดในประเด็นต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่หัวข้อ การทำงานร่วมกันของระบบต่อมไร้ท่อและระบบประสาท ดังนี้

- ต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อในร่างกายประสานงานและควบคุมให้ร่างกายอยู่ในดุลยภาพได้อย่างไร
- ฮอร์โมนมีการทำงานร่วมกับระบบใดในการควบคุมดุลยภาพของร่างกาย

## 20.1 การทำงานร่วมกันของระบบต่อมไร้ท่อและระบบประสาท

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการทำงานร่วมกันของระบบต่อมไร้ท่อและระบบประสาท

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้รูป 20.1 เพื่อระบุตำแหน่งของไฮโปทาลามัส และทบทวนความรู้เกี่ยวกับหน้าที่ของไฮโปทาลามัส การควบคุมการตอบสนองของร่างกายโดยระบบประสาท แล้วใช้คำถามดังนี้

- ไฮโปทาลามัสมีหน้าที่อะไรบ้าง เกี่ยวข้องกับระบบต่อมไร้ท่อหรือไม่อย่างไร
- ✎ ไฮโปทาลามัสเป็นส่วนหนึ่งของสมองส่วนหน้ามีหน้าที่ควบคุมการรักษาอุณหภูมิของน้ำ และอุณหภูมิของร่างกาย ควบคุมการเต้นของหัวใจและความดันเลือด สร้างฮอร์โมนประสาทไปควบคุมการหลั่งฮอร์โมนของต่อมใต้สมองส่วนหน้า

จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษารูป 20.1 ในหนังสือเรียน แล้วอภิปรายร่วมกัน เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างไฮโปทาลามัสกับต่อมใต้สมองส่วนหน้าและไฮโปทาลามัส กับต่อมใต้สมองส่วนหลังในการสร้าง การหลั่ง และการลำเลียงฮอร์โมน โดยครูอาจใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปราย ดังนี้

- สารที่สร้างจากไฮโปทาลามัสมีอะไรบ้าง
- ✎ สารสื่อประสาทและฮอร์โมนประสาท
- ฮอร์โมนประสาทที่หลั่งจากเซลล์นิวโรซีรีทอรีจากไฮโปทาลามัสเข้าสู่ต่อมใต้สมองส่วนหน้าได้อย่างไร
- ✎ ผ่านระบบหมุนเวียนเลือด
- ปลายแอกซอนของเซลล์นิวโรซีรีทอรีในไฮโปทาลามัสอยู่ที่ต่อมใต้สมองส่วนใด
- ✎ ต่อมใต้สมองส่วนหลัง
- ฮอร์โมนประสาทที่สร้างจากเซลล์นิวโรซีรีทอรีในไฮโปทาลามัสเกี่ยวข้องกับต่อมใต้สมองส่วนหน้าอย่างไร
- ✎ ทำหน้าที่เป็นฮอร์โมนกระตุ้นหรือฮอร์โมนยับยั้งการสร้างและหลั่งฮอร์โมนของต่อมใต้สมองส่วนหน้า
- ต่อมใต้สมองส่วนหลังสร้างฮอร์โมนหรือไม่
- ✎ ต่อมใต้สมองส่วนหลังไม่มีการสร้างฮอร์โมน แต่รับฮอร์โมนที่สร้างมาจากไฮโปทาลามัสเพื่อหลั่งไปยังอวัยวะเป้าหมาย

ครูและนักเรียนร่วมกันอธิบายและสรุปให้ได้ว่า ระบบต่อมไร้ท่อและระบบประสาททำงานร่วมกันในการควบคุมคุณภาพของร่างกาย โดยมีไฮโปทาลามัสซึ่งเป็นส่วนของสมองส่วนหน้าและมีตำแหน่งอยู่ติดกับต่อมใต้สมองทำหน้าที่สร้างและหลั่งฮอร์โมนประสาทมาควบคุมการสร้างและหลั่งฮอร์โมนของต่อมใต้สมองส่วนหน้า ไฮโปทาลามัสจึงเป็นตัวเชื่อมการทำงานระหว่างระบบประสาทและระบบต่อมไร้ท่อ

ฮอร์โมนที่สร้างและหลั่งจากไฮโปทาลามัสที่ไปยังต่อมใต้สมองส่วนหน้าและส่วนหลังจะมีการลำเลียงแตกต่างกัน โดยฮอร์โมนที่ไปยังต่อมใต้สมองส่วนหน้าจะถูกลำเลียงผ่านระบบหมุนเวียนเลือด ในขณะที่ต่อมใต้สมองส่วนหลังรับฮอร์โมนจากปลายแอกซอนของเซลล์นิวโรซีรีทอรี (รูป 20.1 ข.) จากนั้นจึงหลั่งและลำเลียงไปตามระบบหมุนเวียนเลือดไปยังอวัยวะเป้าหมาย

## 20.2 ต่อมไร้ท่อ

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุตำแหน่งของต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สำคัญในร่างกายที่ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมน

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนเกี่ยวกับต่อมน้ำลาย ต่อมน้ำตา ซึ่งเป็นต่อมมีท่อ และตับอ่อน ซึ่งเป็นทั้งต่อมมีท่อและต่อมไร้ท่อ โดยใช้คำถามดังนี้

- ต่อมน้ำลายสร้างอะไร มีหน้าทียังไร
- ✎ ต่อมน้ำลายสร้างน้ำลายซึ่งมีเอนไซม์อะไมเลส ลำเลียงไปตามท่อไปเปิดในช่องปาก ทำหน้าที่ย่อยแป้งในปาก
- ตับอ่อนสร้างอะไร มีหน้าทียังไร
- ✎ ตับอ่อน เป็นทั้งต่อมมีท่อและต่อมไร้ท่อ ส่วนที่เป็นต่อมมีท่อสร้างเอนไซม์ส่งเข้าสู่ดูโอดินัมเพื่อย่อยอาหาร ส่วนที่เป็นต่อมไร้ท่อกระจายอยู่ทั่วตับอ่อนจะสร้างฮอร์โมน เช่น อินซูลินลำเลียงไปตามระบบหมุนเวียนเลือดไปยังอวัยวะเป้าหมาย เช่น ตับ ทำหน้าที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด



- ต่อมไร้ท่อมีลักษณะแตกต่างจากต่อมมีท่ออย่างไร

คำตอบนี้นักเรียนจะได้จากการเปรียบเทียบโครงสร้างและการเกิดต่อมมีท่อและต่อมไร้ท่อ โดยใช้รูป 20.2 ในหนังสือเรียน จากนั้นอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



จากรูปสารที่สร้างจากต่อมไร้ท่อและต่อมมีท่อมีการลำเลียงไปสู่อวัยวะเป้าหมายเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร



แตกต่างกัน คือ ต่อมมีท่อใช้ท่อในการลำเลียงสารที่ต่อมสร้างขึ้นไปยังอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการทำงานซึ่งส่วนใหญ่อยู่ใกล้กับต่อมมีท่อ ส่วนต่อมไร้ท่อไม่มีท่อสำหรับลำเลียงสารที่ต่อมสร้างขึ้นไปยังอวัยวะเป้าหมายแต่จะลำเลียงสารผ่านระบบหมุนเวียนเลือด จึงทำให้บริเวณรอบ ๆ ต่อมไร้ท่อมีหลอดเลือดมาหล่อเลี้ยงจำนวนมาก อวัยวะเป้าหมายของต่อมไร้ท่อส่วนใหญ่อยู่ไกลออกไปจากต่อมไร้ท่อ

ครูใช้คำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า **ต่อมไร้ท่อของมนุษย์มีอะไรบ้าง ทำหน้าที่อะไร** จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลแล้วอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับตำแหน่งของ ต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สำคัญในการสร้างฮอร์โมนของมนุษย์ รวมทั้งฮอร์โมนที่ต่อมไร้ท่อหรือเนื้อเยื่อนั้นสร้างขึ้น หรืออาจใช้รูป 20.3 ในหนังสือเรียน ประกอบการอธิบาย หรือครูอาจให้นักเรียนทำเป็นตารางสรุป ดังนี้

ตาราง 20.1 ต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สำคัญในการสร้างและหลั่งฮอร์โมนของมนุษย์

ชื่อต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างและหลั่งฮอร์โมน	ฮอร์โมน
ไฮโปทาลามัส	GnRH TRH CRH GHRH GHIH PIH ADH ออกซิโทซิน
ต่อมใต้สมองส่วนหน้า	Gn (FSH LH) TSH ACTH GH โพรแลกติน เอนดอร์ฟิน
ต่อมใต้สมองส่วนหลัง	ADH ออกซิโทซิน (หลั่ง)
ต่อมไพเนียล	เมลาโทนิน
ต่อมไทรอยด์	ไทรอกซิน แคลซิโทนิน
ต่อมพาราไทรอยด์	พาราฮอร์โมน
ตับอ่อน เซลล์แอลฟา	กลูคาγον
ตับอ่อน เซลล์บีตา	อินซูลิน
ต่อมหมวกไตส่วนนอก	กลูโคคอร์ติคอยด์ เช่น คอร์ติซอล มินERALOCORTICOID เช่น แอลโดสเตอโรน
ต่อมหมวกไตส่วนใน	เอพิเนฟริน นอร์เอพิเนฟริน
ไทมัส	ไทมอซิน
รังไข่	อีสโตรเจน โพรเจสเตอโรน
อัณฑะ	เทสโทสเตอโรน
รก	hCG
กระเพาะอาหาร	แกสตริน
ลำไส้เล็ก	ซีครีติน คอลิซิสไทโคนิน
ไต	อีรีโทรพอยทิน

## แนวการวัดและประเมินผล

### ด้านความรู้

- ตำแหน่งของต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สำคัญในร่างกายที่ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมน จากการทำตารางสรุป การตอบคำถามในหนังสือเรียน การทำแบบฝึกหัดท้ายบทและแบบทดสอบ

### ด้านทักษะ

- การสังเกต และความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรมกลุ่ม
- การจำแนกประเภท การลงความเห็นจากข้อมูล การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จาก การตอบคำถาม การอภิปรายร่วมกัน และการนำเสนอข้อมูล
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล

### ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็น และการใช้วิจารณญาณ ความใจกว้าง ความมุ่งมั่นอดทน และความซื่อสัตย์ จากการอภิปรายร่วมกัน

## 20.3 ฮอรโมนและการทำงานของฮอรโมน

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับประเภทและหน้าที่ของฮอรโมนจากต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอรโมน

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้วิดีโอหรือแอนิเมชันเกี่ยวกับการทำงานของฮอรโมนชนิดต่าง ๆ หรืออาจใช้คำถาม เพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับฮอรโมนและการลำเลียงฮอรโมน โดยระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ ดังนี้

- ฮอรโมนคืออะไร
- ฮอรโมนทำหน้าที่เกี่ยวกับอะไร
- ฮอรโมนผลิตจากที่ใด ลำเลียงไปยังอวัยวะเป้าหมายได้อย่างไร

นักเรียนควรตอบได้ว่า ฮอรโมนเป็นสารเคมีที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบต่าง ๆ ให้อยู่ในดุลยภาพ สร้างจากต่อมไร้ท่อหรือเนื้อเยื่อบางชนิด โดยมีการลำเลียงไปตามระบบหมุนเวียน เลือดไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหน้าที่และการจำแนกฮอรโมน เพื่อสรุปให้ได้ว่า ฮอรโมนมีผลควบคุมการทำงานของเซลล์เป้าหมายซึ่งส่วนใหญ่อยู่ไกลออกไปโดยฮอรโมนจะถูกลำเลียงผ่านระบบหมุนเวียนเลือด ฮอรโมนมีความสำคัญต่อ การควบคุมการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย

ฮอรโมนจำแนกตามโครงสร้างทางเคมีได้เป็นกลุ่มสเตียรอยด์หรือโปรตีน กลุ่มเอมีนและกลุ่มสเตอรอยด์ หรืออาจแบ่งตามสมบัติการละลายในน้ำและละลายในลิพิด

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบ ดังนี้



เซลล์ที่มีการสังเคราะห์ฮอรโมนกลุ่มสเตียรอยด์หรือโปรตีนควรมีออร์แกเนลล์ชนิดใดมาก เพราะเหตุใด



RER และกอลจิคอมเพล็กซ์ เพราะที่ผิวของ RER มีไรโบโซมทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีนเกาะอยู่ เมื่อโปรตีนที่ RER สังเคราะห์แล้วจะถูกส่งไปที่กอลจิคอมเพล็กซ์ ซึ่งจะทำหน้าที่รวบรวมโปรตีนแล้วสร้างเวสิเคิลที่บรรจุฮอรโมนส่งออกนอกเซลล์

ครูใช้คำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการออกฤทธิ์ของฮอรโมน ดังนี้

- ฮอรโมนลำเลียงผ่านเซลล์ต่าง ๆ มากมาย เพราะเหตุใดเซลล์ที่ไม่ใช่เป้าหมายจึงไม่เกิดการตอบสนอง

หลังจากนั้นครูใช้คำถามในหนังสือเรียนว่า เมื่อฮอรโมนถูกลำเลียงไปถึงอวัยวะเป้าหมาย ฮอรโมนจะออกฤทธิ์ต่อเซลล์เป้าหมายได้อย่างไร

ครูให้นักเรียนศึกษาชีวิตสัตว์เกี่ยวกับการออกฤทธิ์ของฮอร์โมน หรืออาจใช้รูป 20.4 ในหนังสือเรียน แล้วร่วมกันอภิปรายเพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า ฮอร์โมนจะจับกับตัวรับของเซลล์เป้าหมายที่จำเพาะกับฮอร์มนั้น ๆ ฮอร์โมนจึงจะสามารถออกฤทธิ์กับเซลล์เป้าหมายได้

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 20.5 ในหนังสือเรียน เพื่อศึกษาตำแหน่งของตัวรับฮอร์โมนที่เซลล์เป้าหมายว่ามีตำแหน่งที่แตกต่างกัน คือ บางชนิดอยู่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ บางชนิดอยู่ภายในเซลล์ โดยฮอร์โมนที่ละลายในน้ำจะจับกับตัวรับบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ ส่วนฮอร์โมนที่ละลายในลิพิดจะจับกับตัวรับที่อยู่ภายในเซลล์

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบ ดังนี้



เพราะเหตุใด ฮอร์โมนกลุ่มเพปไทด์หรือโปรตีนจึงมีตัวรับอยู่ที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์

เพราะฮอร์โมนกลุ่มเพปไทด์หรือโปรตีนไม่ละลายในลิพิดจึงไม่สามารถลำเลียงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ เซลล์เป้าหมายจึงต้องมีโปรตีนตัวรับอยู่ที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์เพื่อจับกับฮอร์มนกลุ่มนั้น ๆ



เพราะเหตุใด อีส์โทรเจนจึงเข้าไปจับกับตัวรับที่อยู่ภายในเซลล์เป้าหมายได้

เพราะอีส์โทรเจนเป็นฮอร์โมนในกลุ่มสเตอรอยด์ที่มีสมบัติละลายได้ในลิพิดจึงลำเลียงเข้าสู่เซลล์ ซึ่งเยื่อหุ้มเซลล์มีฟอสโฟลิพิดเป็นองค์ประกอบและมีสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่านที่ทำการที่ละลายได้ในลิพิดสามารถเข้าสู่เซลล์ได้ และสามารถจับกับตัวรับที่อยู่ภายในเซลล์เป้าหมายได้



### ตรวจสอบความเข้าใจ



เอพิเนฟรินมีตัวรับอยู่บริเวณใดของเซลล์เป้าหมายและตำแหน่งของตัวรับมีความสัมพันธ์กับสมบัติการละลายของเอพิเนฟรินอย่างไร



เอพิเนฟรินมีตัวรับอยู่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์เป้าหมาย เนื่องจากเอพิเนฟรินเป็นฮอร์โมนกลุ่มเอมีน มีสมบัติละลายในน้ำได้ ไม่สามารถลำเลียงผ่านชั้นลิพิดบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์จึงต้องจับกับโปรตีนตัวรับบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ และออกฤทธิ์ต่อเซลล์เป้าหมายได้

ครูอาจใช้วิดีโอ หรือรูป 20.6 ในหนังสือเรียนเพื่ออธิบายการออกฤทธิ์ของฮอร์โมน โดยเน้นให้เห็นว่าฮอร์โมนชนิดเดียวกันสามารถมีผลต่อเซลล์เป้าหมายได้หลายชนิด และออกฤทธิ์ให้มีการตอบสนองที่แตกต่างกัน

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 20.7 ในหนังสือเรียนแล้วอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพของร่างกายด้วยสารเคมีชนิดต่างๆ เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า สารเคมีที่สัตว์สร้างขึ้น นอกจากฮอร์โมน ฮอร์โมนประสาท และสารสื่อประสาทแล้วยังมีฟีโรโมนซึ่งไม่มีผลต่อร่างกายของสัตว์ตัวที่สร้างฟีโรโมนแต่มีผลต่อสัตว์ตัวอื่นที่เป็นสปีชีส์เดียวกัน

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบ ดังนี้



จากรูป 20.7 การลำเลียงสารเคมีไปยังเซลล์เป้าหมายมีความแตกต่างกันอย่างไร

แบบ ก. ฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและแบบ ข. ฮอร์โมนประสาทมีการลำเลียงผ่านระบบหมุนเวียนเลือด ซึ่งแตกต่างจากแบบ ค. สารสื่อประสาทที่มีการส่งผ่านบริเวณไซแนปส์ ส่วนแบบ ง. ฟีโรโมนแพร่ผ่านสิ่งแวดล้อม



ความเร็วของการตอบสนองของฮอร์โมนและสารสื่อประสาทที่เซลล์เป้าหมายมีความแตกต่างกันอย่างไร

ฮอร์โมนจะตอบสนองช้ากว่าสารสื่อประสาทเนื่องจากต้องลำเลียงผ่านระบบหมุนเวียนเลือดไปยังอวัยวะเป้าหมาย แต่การหลั่งสารสื่อประสาทสู่เซลล์เป้าหมายอาศัยการถ่ายทอดกระแสประสาทซึ่งสามารถเกิดได้อย่างรวดเร็ว



ฟีโรโมนเหมือนหรือแตกต่างจากฮอร์โมนอย่างไร

เหมือนกัน คือ เป็นสารเคมีที่สัตว์สร้างขึ้น

แตกต่างกัน คือ ฟีโรโมนสร้างจากต่อมไร้ท่อแล้วแพร่ออกไปมีผลต่อสัตว์ตัวอื่นที่เป็นสปีชีส์เดียวกัน ส่วนฮอร์โมนสร้างจากต่อมไร้ท่อแล้วลำเลียงผ่านระบบหมุนเวียนเลือดไปมีผลต่อเซลล์เป้าหมายภายในร่างกายของสัตว์นั้น

## การทำงานของฮอร์โมน

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้วีดิทัศน์หรือแอนิเมชันเกี่ยวกับการทำงานของฮอร์โมน แล้วแบ่งกลุ่มให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของฮอร์โมนในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1. ฮอร์โมนที่ควบคุมการสร้างและหลั่งฮอร์โมนชนิดอื่น
2. ฮอร์โมนที่ควบคุมและเกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึม
3. ฮอร์โมนที่ควบคุมการสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต
4. ฮอร์โมนที่ควบคุมการรักษาคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุ
5. ฮอร์โมนที่ทำหน้าที่อื่น ๆ

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นมาอภิปรายร่วมกัน และศึกษาแต่ละประเด็นดังนี้

### 1. ฮอร์โมนที่ควบคุมการสร้างและหลั่งฮอร์โมนชนิดอื่น

ครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับฮอร์โมนจากไฮโปทาลามัส และต่อมใต้สมองส่วนหน้า ดังรูป 20.8 จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปเกี่ยวกับ

- ฮอร์โมนจากไฮโปทาลามัสซึ่งทำหน้าที่ทั้งกระตุ้นและยับยั้งการสร้างและหลั่งฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า เช่น
  - กลุ่มทำหน้าที่กระตุ้น เช่น GnRH TRH CRH GHRH
  - กลุ่มทำหน้าที่ยับยั้ง เช่น GHIH PIH
- ฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองส่วนหน้าทำหน้าที่กระตุ้นการสร้างและหลั่งฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่ออื่น ๆ เช่น Gn (FSH LH) TSH ACTH

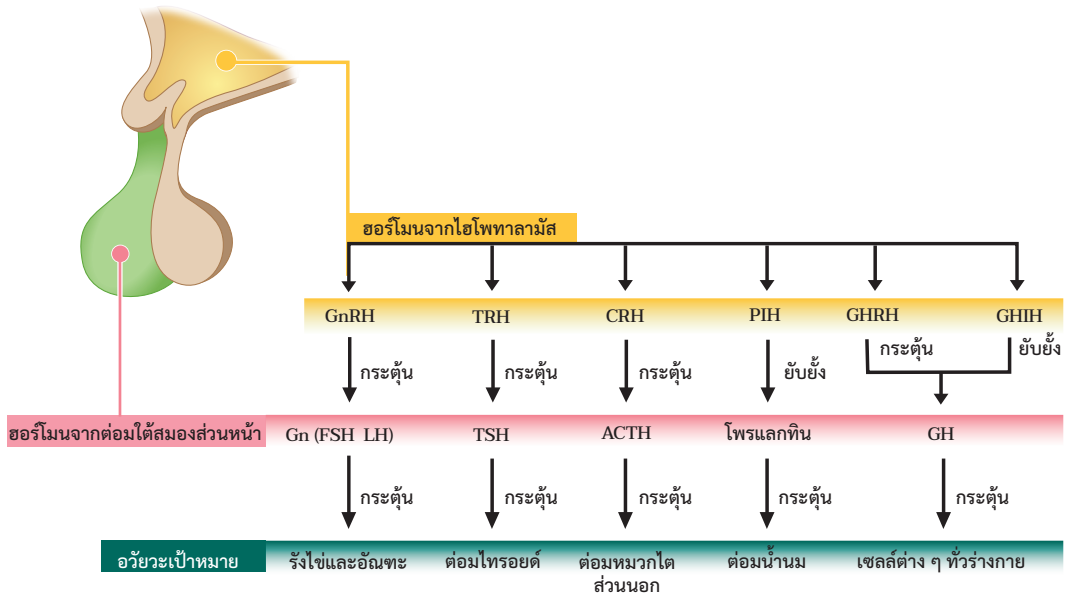
จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



ความสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนจากไฮโปทาลามัสกับต่อมใต้สมองส่วนหน้าสามารถสรุปได้  
อย่างไร



ฮอร์โมนส่วนใหญ่ที่สร้างจากไฮโปทาลามัสทำหน้าที่กระตุ้นหรือยับยั้ง การสร้างและหลั่ง  
ฮอร์โมนของต่อมใต้สมองส่วนหน้า ดังนี้



ต่อมไร้ท่อใดที่ไม่ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมองส่วนหน้า



ต่อมพาราไทรอยด์ ต่อมหมวกไตส่วนใน ต่อมไพเนียล ตับอ่อนบริเวณไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮันส์

## 2. ฮอร์โมนที่ควบคุมและเกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึม

ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการควบคุมกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกาย ขึ้นอยู่กับการทำงานของฮอร์โมนหลายชนิด คือ กลุ่มฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ กลุ่มฮอร์โมนจากต่อมหมวกไต และกลุ่มฮอร์โมนจากตับอ่อน

### 2.1 กลุ่มฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 20.9 และรูป 20.10 ในหนังสือเรียนเพื่อศึกษาตำแหน่งของต่อมไทรอยด์และไทรอยด์ฟอลลิเคิลซึ่งทำหน้าที่สร้างไทรอยด์ฮอร์โมน โดยส่วนใหญ่อยู่ในรูปไทรอกซิน จากนั้นครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่าไทรอกซินทำหน้าที่ควบคุมอัตราเมแทบอลิซึมของร่างกาย ควบคุมการเจริญเติบโตของร่างกายและพัฒนาการของสมอง



ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลหรือศึกษารูป 20.11 และ 20.12 ในหนังสือเรียนแล้วอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปว่า กรณีที่ต่อมไทรอยด์สร้างไทรอกซินได้น้อยกว่าปกติจะแสดงออกในผู้ป่วยที่เป็นเด็กและผู้ใหญ่แตกต่างกัน ในเด็กพบความผิดปกติของ การเจริญเติบโตของร่างกายและสมอง



เรียกว่า แครทีนิซิม ส่วนในผู้ใหญ่จะพบความผิดปกติของเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ของร่างกาย เรียกว่า มิกซีดีมา

ส่วนในกรณีร่างกายขาดไอโอดีนจะทำให้ต่อมไทรอยด์ไม่สามารถสร้างไทรอกซินได้ ต่อมไทรอยด์จะขยายขนาดผิดปกติ ทำให้เป็นโรคคอพอก แต่ถ้าต่อมไทรอยด์ถูกกระตุ้นให้สร้างฮอร์โมนมากเกินไปก็จะทำให้เป็นโรคคอพอกเป็นพิษ

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบ ดังนี้

-  ไอโอดีนมีความเกี่ยวข้องกับต่อมไทรอยด์อย่างไร และถ้าขาดไอโอดีนจะส่งผลต่อร่างกายอย่างไร
-  ไอโอดีนเป็นองค์ประกอบในการสร้างไทรอกซิน ถ้าร่างกายขาดไอโอดีนจะทำให้ต่อมไทรอยด์สร้างไทรอกซินได้น้อยกว่าปกติ ซึ่งจะพบการขยายขนาดของต่อมไทรอยด์ทำให้มีลักษณะคอโตหรือเรียกว่า โรคคอพอก และพบอาการผิดปกติของร่างกายอื่น ๆ ได้เช่นเดียวกับภาวะที่ต่อมไทรอยด์สร้างไทรอกซินได้น้อยกว่าปกติด้วยสาเหตุอื่น ๆ

## 2.2 กลุ่มฮอร์โมนจากต่อมหมวกไต

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 20.13 เพื่อระบุตำแหน่งและโครงสร้างของต่อมหมวกไต ซึ่งประกอบด้วยต่อมหมวกไตส่วนนอกและต่อมหมวกไตส่วนใน

จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกลูโคคอร์ติคอยด์ซึ่งเป็นกลุ่มฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมหมวกไตส่วนนอกมีหน้าที่หลักในการควบคุมเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ตัวอย่างของฮอร์โมนกลุ่มนี้คือ คอร์ติซอล ทำหน้าที่เพิ่มระดับน้ำตาลในเลือด

รวมทั้งสรุปถึงการมีกลูโคคอร์ติคอยด์มากเกินไป ทำให้เกิดกลุ่มอาการคุซิง ผู้ป่วยจะมีความผิดปกติเกี่ยวกับเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและลิพิด โดยครูอาจใช้รูป 20.14 ประกอบการอธิบายลักษณะของผู้ที่มีกลุ่มอาการคุซิง



### ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

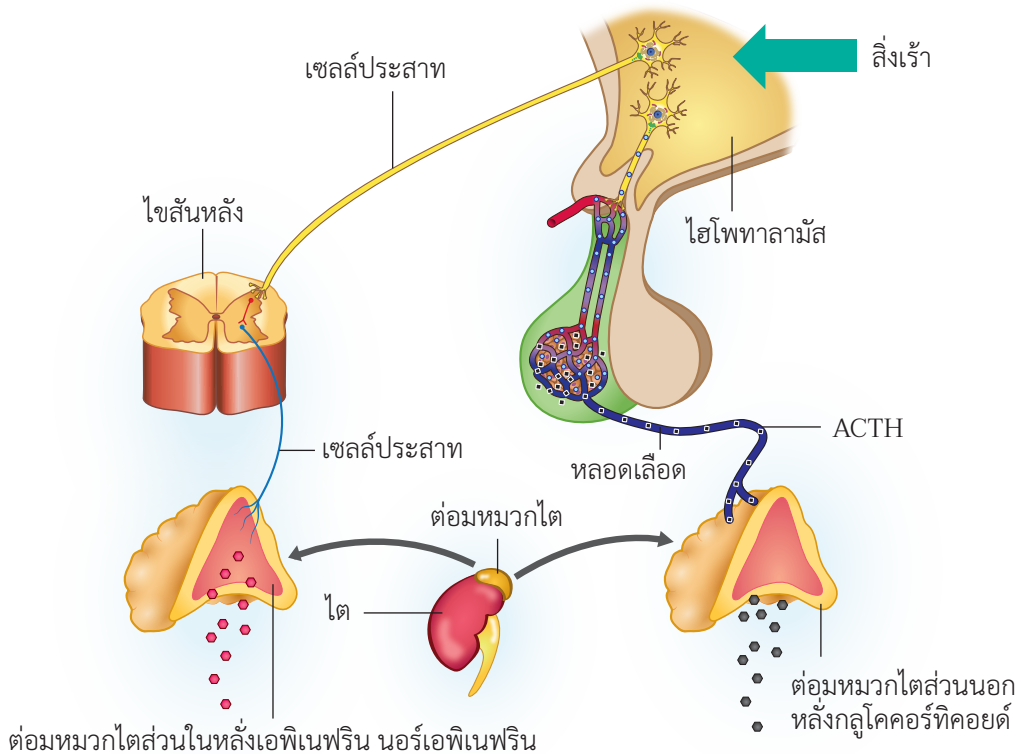
ระดับคอร์ติซอลจะเพิ่มสูงขึ้น เมื่ออยู่ในภาวะที่มีความกดดันหรือต้องแข่งขัน เช่น การแข่งกีฬา การเล่นเกม การแข่งขันทางวิชาการ และการแข่งขันทรัพยากรที่มีจำกัด จากการศึกษา ระดับคอร์ติซอลในน้ำลายของนักเต็นร่า พบว่าในขณะที่แข่งขันจริงนักเต็นร่ามีระดับคอร์ติซอลสูง เนื่องจากมีความกดดัน แต่ในขณะที่ฝึกซ้อมซึ่งไม่มีการให้คะแนนพบว่า มีระดับคอร์ติซอลต่ำ

ส่วนเอพิเนพรีนและนอร์เอพิเนพรีนเป็นฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมหมวกไตส่วนในและออกฤทธิ์เหมือนกัน โดยกระตุ้นให้เพิ่มการสลายไกลโคเจนมีผลทำให้น้ำตาลในเลือดเพิ่มมากขึ้น

ครูให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้กับระบบประสาทเกี่ยวกับการหลั่งฮอร์โมนจากต่อมหมวกไตส่วนในจะอยู่ภายใต้การควบคุมของระบบประสาทอัตโนมัติ ในกรณีที่มีภาวะคับขัน เช่น คนชนของหนีไฟไหม้สามารถแบกหรือยกสิ่งของที่น้ำหนักมากได้ทั้งที่ในภาวะปกติไม่สามารถทำได้

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบ ดังนี้

- ?** การทำงานของเอพิเนพรีนกับกลูโคคอร์ติคอยด์มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร
- ✍** เหมือนกัน คือ เพิ่มระดับน้ำตาลในเลือด
- แตกต่างกัน คือ การหลั่งเอพิเนพรีนเกิดได้รวดเร็ว เนื่องจากควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติทำให้เกิดการตอบสนองได้เร็ว ส่วนการหลั่งของกลูโคคอร์ติคอยด์เกิดได้ช้ากว่า เนื่องจากถูกกระตุ้นโดย ACTH จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า ดังรูป



### 2.3 กลุ่มฮอร์โมนจากตับอ่อน

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 20.15 เพื่อศึกษาตำแหน่งของต่อมไร้ท่อบริเวณตับอ่อน คือ ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮันส์ ซึ่งประกอบด้วยเซลล์บีตาและเซลล์แอลฟา รวมทั้งการค้นพบอินซูลินที่ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด

ครูใช้รูป 20.16 เพื่อให้นักเรียนศึกษากราฟแสดงระดับน้ำตาลในเลือดของ คนปกติ และผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน จากนั้นอภิปรายร่วมกันแล้วตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบเป็นดังนี้



จากกราฟสามารถอธิบายเพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานกับคนปกติได้อย่างไร



ใน 30 นาทีแรกระดับน้ำตาลในเลือดของคนปกติและผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานจะเพิ่มสูงขึ้น หลังจาก 30 นาทีคนปกติระดับน้ำตาลในเลือดจะค่อย ๆ ลดลง และเข้าสู่เกณฑ์ปกติในนาทีที่ 120 โดยประมาณ ส่วนในผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานระดับน้ำตาลในเลือดยังคงสูงขึ้นอีกจนถึงนาทีที่ 60 แล้วค่อย ๆ ลดลง แต่ยังคงสูงกว่าเกณฑ์ของคนปกติมาก

ครูให้นักเรียนวิเคราะห์และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับหน้าที่ของอินซูลินและ กลูคากอน เพื่อสรุปให้ได้ว่า อินซูลินและกลูคากอนทำหน้าที่ตรงข้ามกัน คือ กลูคากอนจะไปกระตุ้นการสลายไกลโคเจนเป็นกลูโคสทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้น ในขณะที่อินซูลินทำหน้าที่ลดระดับน้ำตาลในเลือดให้เป็นปกติ จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบ ดังนี้



คนปกติร่างกายจะหลั่งอินซูลินออกมามากเมื่อใด เพราะเหตุใด



คนปกติร่างกายจะหลั่งอินซูลินออกมามากเมื่อระดับน้ำตาลในเลือดสูงหรือหลังรับประทานอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรต แล้วมีการดูดซึมน้ำตาลเข้าสู่หลอดเลือด เพราะระดับน้ำตาลในเลือดที่สูงนี้จะไปกระตุ้นเซลล์บีตาของไอส์เลตออฟลั่งเกอร์ฮันส์ให้หลั่งอินซูลินออกมา และมีผลให้น้ำตาลในเลือดลดลงสู่ระดับปกติ



ปัจจัยที่กระตุ้นให้เซลล์ในไอส์เลตออฟลั่งเกอร์ฮันส์หลั่งกลูคากอนคืออะไร ระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ



ปัจจัยใดที่ควบคุมความสัมพันธ์ของการหลั่งอินซูลินและกลูคากอน ระดับน้ำตาลในเลือด



เพราะเหตุใดเมื่อออกกำลังกายร่างกายต้องใช้พลังงานมาก แต่ก็ยังสามารถรักษาคุณภาพของระดับน้ำตาลในเลือดให้เข้าสู่ระดับปกติได้



เมื่อออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา ร่างกายต้องใช้พลังงานมาก ระดับน้ำตาลในเลือดลดลงซึ่งกระตุ้นตับอ่อนให้หลั่งกลูคากอนเพื่อสลายไกลโคเจนที่เก็บไว้ในตับและกล้ามเนื้อเป็นกลูโคสแล้วส่งเข้าระบบหมุนเวียนเลือด ทำให้สามารถรักษาคุณภาพของระดับน้ำตาลในเลือดได้

ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับระดับน้ำตาลในเลือดเป็นปัจจัยในการยับยั้งและกระตุ้นการหลั่งอินซูลินและกลูคากอน ดังรูป 20.17 ในหนังสือเรียน จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบ ดังนี้



ฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมหมวกไตและไอส์เลตออฟลั่งเกอร์ฮันส์ทำหน้าที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร



เหมือนกัน คือ ต่อมหมวกไตสร้างคอร์ติซอล เอพิเนพรีน และนอร์เอพิเนพรีนซึ่งทำหน้าที่สลายไกลโคเจนเป็นกลูโคสทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้น ส่วนไอส์เลตออฟลั่งเกอร์ฮันส์สร้างกลูคากอนทำหน้าที่สลายไกลโคเจนทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ต่างกัน คือ ไฮโปเธลลอปิงเกอร์ฮันส์สร้างอินซูลินทำหน้าที่ลดระดับน้ำตาลในเลือด โดยกระตุ้นให้เซลล์ตับและเซลล์กล้ามเนื้อนำกลูโคสเข้าไปในเซลล์มากขึ้น และเปลี่ยนกลูโคสให้เป็นไกลโคเจนเพื่อเก็บสะสมไว้

### 3. ฮอรโมนที่ควบคุมการสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต

ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปว่า การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตถูกควบคุมโดยฮอรโมนหลายชนิด คือ กลุ่มฮอรโมนจากอวัยวะสืบพันธุ์ กลุ่มฮอรโมนจากต่อมหมวกไตส่วนนอก กลุ่มฮอรโมนจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า และกลุ่มฮอรโมนจากต่อมไทรอยด์

#### 3.1 กลุ่มฮอรโมนจากอวัยวะสืบพันธุ์

ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า อัณฑะและรังไข่นอกจากสร้างเซลล์สืบพันธุ์แล้วยังทำหน้าที่เป็นต่อมไร้ท่อ สามารถสร้างฮอรโมนประเภทสเตอรอยด์ได้หลายชนิด โดยรังไข่สร้างฮอรโมนเพศหญิง คือ เอสโตรเจนและโพรเจสเทอโรน ส่วนอัณฑะสร้างฮอรโมนเพศชาย คือ แอนโดรเจน ซึ่งประกอบด้วยฮอรโมนหลายชนิด ที่สำคัญคือ เทสโทสเตอโรน จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษารูป 20.18 เพื่อระบุตำแหน่งของเซลล์อินเตอร์สตีเชียลหรือเซลล์เลย์ดีกซึ่งทำหน้าที่สร้างฮอรโมนเพศชาย และรูป 20.19 เพื่อศึกษาลักษณะของฟอลลิเคิลและคอร์ปัสลูเทียมในรังไข่

#### 3.2 กลุ่มฮอรโมนจากต่อมหมวกไตส่วนนอก

ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าฮอรโมนเพศนอกจากสร้างจากอวัยวะสืบพันธุ์แล้ว ยังมี การสร้างจากต่อมหมวกไตส่วนนอก คือ แอนโดรเจน ซึ่งมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อเทียบกับฮอรโมนเพศที่สร้างจากอวัยวะสืบพันธุ์ แต่มีความสำคัญในการเจริญของอวัยวะสืบพันธุ์ของเพศชายในช่วงวัยเด็ก และเป็นฮอรโมนที่ทำให้มีการเจริญของขนที่บริเวณต่าง ๆ ในเพศหญิงช่วงวัยรุ่น ในเพศหญิงหากมีการสร้างแอนโดรเจนจากต่อมนี้มากเกินไป จะทำให้มีขนที่มากเกินไปบริเวณหน้า รักแร้ หรือขา

การสร้างฮอรโมนเพศจากต่อมหมวกไตส่วนนอกจะถูกควบคุมโดย ACTH จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า ซึ่งต่างจากฮอรโมนเพศที่สร้างจากรังไข่และอัณฑะที่ถูกควบคุมโดย Gn จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า

#### 3.3 กลุ่มฮอรโมนจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า

ครูอธิบายเกี่ยวกับโกนาโดโทรปินว่า ประกอบด้วย FSH และ LH ซึ่งในเพศชายและเพศหญิงทำหน้าที่แตกต่างกัน จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบ ดังนี้

? กลไกการทำงานของ LH จากต่อมใต้สมองส่วนหน้าในเพศชายและเพศหญิงมีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร



แตกต่างกัน โดยในเพศชาย LH ทำหน้าที่กระตุ้นเซลล์อินเทอร์สตีเชียลให้สร้างแอนโดรเจน แต่ในเพศหญิง LH ทำหน้าที่กระตุ้นให้เกิดการตกไข่

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล พร้อมทั้งศึกษารูป 20.20 และรูป 20.21 ในหนังสือเรียนเกี่ยวกับโกรทฮอร์โมน แล้วอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับผลของโกรทฮอร์โมนที่มีต่อร่างกายในกรณีที่มีมากหรือน้อยเกินไป ทำให้เกิดความผิดปกติต่อร่างกายซึ่งมีผลแตกต่างกันในวัยเด็กและผู้ใหญ่

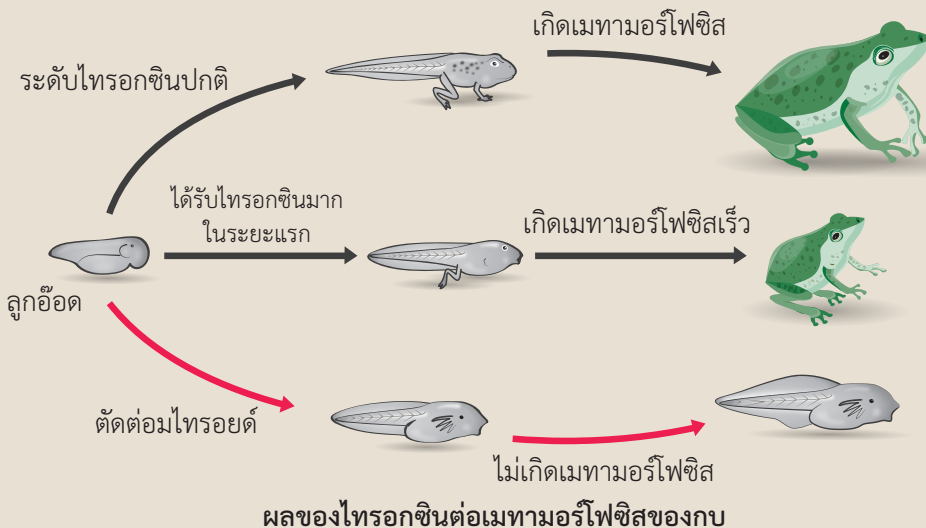
### 3.4 กลุ่มฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์



ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้วิดีโอเกี่ยวกับเมตามอร์โฟซิสของกบ จากนั้นใช้คำถามชวนคิดเกี่ยวกับไทรอกซินที่เกี่ยวข้องกับเมตามอร์โฟซิสในกบให้นักเรียนร่วมกันตอบโดยมีแนวคำตอบดังนี้



#### ชวนคิด

ในสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกมีไทรอกซินสร้างจากต่อมไทรอยด์ซึ่งมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต โดยกระตุ้นเมตามอร์โฟซิส มีผู้ศึกษาผลของไทรอกซินกับการเกิดเมตามอร์โฟซิสของกบ ดังรูป




- ?** ถ้าลูกอ๊อดได้รับไทรอกซินมากในระยะแรก การเจริญเติบโตจะแตกต่างจากลูกอ๊อดที่มีไทรอกซินปกติอย่างไร
-  ฮอร์โมนที่มากเกินไปจะไปเร่งให้เกิดเมตามอร์โฟซิสเร็วขึ้น ทำให้ขนาดของกบเล็กกว่าปกติ
- ?** ถ้าลูกอ๊อดขาดไทรอกซินจะมีผลต่อการเจริญเติบโตอย่างไร
-  ลูกอ๊อดไม่เกิดเมตามอร์โฟซิสและไม่สามารถเจริญเป็นกบตัวเต็มวัยได้

ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า สำหรับในมนุษย์การขาดไทรอกซินในวัยเด็กจะส่งผลทำให้พัฒนาการทางร่างกายและสมองด้อยลง การเจริญเติบโตช้ากว่าปกติและปัญญาอ่อน ไทรอกซินจึงมีหน้าที่ควบคุมการเจริญเติบโตของร่างกายและสมอง นอกเหนือจากควบคุมอัตราเมแทบอลิซึม

#### 4. ฮอร์โมนที่ควบคุมการรักษาคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุ


ดังนี้

ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการรักษาคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุ โดยใช้คำถาม

- การรักษาคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุมีฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อใดเกี่ยวข้องบ้าง
-  การรักษาคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุในร่างกายถูกควบคุมโดยฮอร์โมนหลายชนิดจากต่อมใต้สมองส่วนหลัง ต่อมหมวกไตส่วนนอก ต่อมไทรอยด์และต่อมพาราไทรอยด์

##### 4.1 ฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองส่วนหลัง

ครูทบทวนว่าต่อมใต้สมองส่วนหลังไม่ได้สร้างฮอร์โมน แต่รับฮอร์โมนมาจากไฮโปทาลามัส และอธิบายเพิ่มเติมว่า ฮอร์โมนที่หลังจากต่อมใต้สมองส่วนหลัง คือ ADH หรือวาโซเพรสซินทำหน้าที่ควบคุมคุณภาพของน้ำ จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบ ดังนี้

- ?** ถ้าร่างกายขาด ADH จะมีผลต่อการรักษาคุณภาพของน้ำอย่างไร
-  ร่างกายไม่สามารถดูดกลับน้ำบริเวณท่อขดส่วนปลายของหน่วยไตและท่อรวมได้ ทำให้มีปัสสาวะมากและเจือจาง จนอาจทำให้เป็นโรคเบาจัด

#### 4.2 ฮอรโมนจากต่อมหมวกไตส่วนนอก

ครูอธิบายเกี่ยวกับมีเนราโลคอร์ติคอยด์ซึ่งสร้างจากต่อมหมวกไตส่วนนอก มีหน้าที่หลักในการควบคุมดุลยภาพของน้ำและแร่ธาตุในร่างกาย ฮอรโมนที่สำคัญในกลุ่มนี้คือ แอลโดสเตอโรน

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบ ดังนี้



การสร้างฮอรโมนของต่อมหมวกไตส่วนนอกถูกควบคุมโดยฮอรโมนชนิดใดและฮอรโมนนี้สร้างมาจากแหล่งใด



ควบคุมโดย ACTH ซึ่งสร้างจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า

ครูนำเข้าสู่เรื่องการควบคุมดุลยภาพของแคลเซียม โดยใช้คำถาม ดังนี้

- การควบคุมดุลยภาพของแคลเซียมเกี่ยวข้องกับฮอรโมนชนิดใดบ้าง

จากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการควบคุมดุลยภาพของแคลเซียม แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุป ดังนี้

การควบคุมดุลยภาพของแคลเซียมเกี่ยวข้องกับฮอรโมนหลายชนิด คือ ฮอรโมนจากต่อมไทรอยด์ และฮอรโมนจากต่อมพาราไทรอยด์

#### 4.3 ฮอรโมนจากต่อมไทรอยด์และต่อมพาราไทรอยด์

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของต่อมพาราไทรอยด์ โดยครูอาจใช้รูป 20.22 ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงตำแหน่งของต่อมพาราไทรอยด์ที่อยู่ทางด้านหลังของต่อมไทรอยด์

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 20.23 ในหนังสือเรียน จากนั้นตั้งคำถามว่า

- ถ้าระดับแคลเซียมในเลือดต่ำหรือสูงกว่าปกติร่างกายจะรักษาดุลยภาพของแคลเซียมอย่างไร



ถ้าร่างกายมีระดับแคลเซียมในเลือดต่ำ ร่างกายจะรักษาดุลยภาพของแคลเซียมโดยต่อมพาราไทรอยด์จะหลั่งพาราทอรโมนทำให้กระตุ้นการสลายแคลเซียมจากกระดูก มีการเพิ่มการดูดกลับแคลเซียมในไต และเพิ่มการดูดซึมแคลเซียมในลำไส้เล็ก ส่งผล



ให้ระดับแคลเซียมในเลือดปกติในกรณีระดับแคลเซียมในเลือดสูงแคลซิโทนินทำหน้าที่กระตุ้นการสะสมแคลเซียมที่กระดูก ลดการดูดกลับแคลเซียมที่ไตและลดอัตราการดูดซึมแคลเซียมที่ลำไส้เล็กส่งผลให้ระดับแคลเซียมในเลือดปกติ

จากนั้นครูให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน เพื่อสรุปว่า การควบคุมคุณภาพของแคลเซียมเกิดจากการทำงานร่วมกันของแคลซิโทนินจากต่อมไทรอยด์และพาราไทรอยด์จากต่อมพาราไทรอยด์ในกรณีระดับแคลเซียมในเลือดสูงแคลซิโทนินทำหน้าที่กระตุ้นการสะสมแคลเซียมที่กระดูก ลดการดูดกลับแคลเซียมที่ไตและลดอัตราการดูดซึมแคลเซียมที่ลำไส้เล็ก ระดับแคลเซียมในเลือดต่ำพาราไทรอยด์ฮอร์โมนหรือพาราไทรอยด์ฮอร์โมนทำหน้าที่ควบคุมระดับแคลเซียมในเลือดให้ปกติ และพาราไทรอยด์ฮอร์โมนจะทำงานได้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นเมื่อทำงานร่วมกับวิตามิน D

ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่า การที่ได้รับแคลเซียมน้อยกว่าปกติเป็นเวลานาน อาจส่งผลให้ระดับแคลเซียมในเลือดลดลง ร่างกายจะรักษาสมดุลแคลเซียมในเลือดโดยมีการหลั่งพาราไทรอยด์เพิ่มขึ้น และมีการสลายแคลเซียมจากกระดูกมากขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้กระดูกบาง เปราะ หักง่าย และอาจเป็นโรคกระดูกพรุนได้

## 5. ฮอรโมนที่ทำหน้าที่อื่น ๆ

ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับฮอรโมนอื่น ๆ ที่สร้างจากต่อมไร้ท่อแต่ทำหน้าที่นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งมีอยู่หลายชนิด เช่น เมลาโทนิน ออกซิโทซิน โพรแลกติน เอนดอร์ฟิน

ปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทางการแพทย์ได้มีการผลิตฮอรโมนสังเคราะห์ออกมาหลายชนิด เช่น ออกซิโทซินและนำมาใช้เพื่อกระตุ้นการบีบตัวของมดลูกในระหว่างการคลอด รวมทั้งใช้รักษาอาการตกเลือดหลังคลอด และกระตุ้นการทำงานของมดลูกในภาวะแท้งคุกคาม โดยการใช้ฮอรโมนนี้ต้องอยู่ภายใต้คำแนะนำของแพทย์เท่านั้น

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับฮอรโมนที่ไม่ได้สร้างจากต่อมไร้ท่อ แต่สร้างจากเนื้อเยื่อต่าง ๆ อีกหลายชนิด เช่น hCG ไทโมซิน แกสทริน ซีครีติน คอลิซิสโทไคนิน อีริโทรโพอิติน แล้วให้นักเรียนอภิปรายและสรุปร่วมกันเพื่อให้เห็นความสำคัญของฮอรโมนที่ไม่ได้สร้างจากต่อมไร้ท่อ

จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 20.1 เพื่อศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับต่อมไร้ท่อของนักวิทยาศาสตร์ ดังนี้



## กิจกรรม 20.1 งานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับฮอร์โมน

### จุดประสงค์

สืบค้นข้อมูล อธิบายและสรุปความสำคัญของงานวิจัยที่เกี่ยวกับฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อต่างๆ

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

### วัสดุและอุปกรณ์ -

#### วิธีดำเนินกิจกรรม

1. สืบค้นข้อมูลจาก ข่าว บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อต่างๆ ในด้านต่างๆ เช่น การแพทย์ การเลี้ยงสัตว์
2. สรุปความสำคัญและประโยชน์ของฮอร์โมน
3. นำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เช่น นิทรรศการ รายงาน แผ่นพับ และอภิปรายร่วมกัน

#### ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ศาสตราจารย์ ดร.ปิยะรัตน์ โกวิททรงศ์ ศูนย์วิจัยประสาทวิทยาศาสตร์ สถาบันชีววิทยาศาสตร์โมเลกุล มหาวิทยาลัยมหิดล ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเมลาโทนินที่สร้างและหลั่งจากต่อมไพเนียล ผู้สูงอายุจะสร้างและหลั่งเมลาโทนินได้เพียงครึ่งหนึ่งของคนวัยหนุ่มสาว ซึ่งการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่า การหลั่งเมลาโทนินลดลงเชื่อมโยงกับกลไกการชราภาพและเชื่อว่าเมลาโทนินมีสมบัติชะลอความชราภาพโดยผ่านกระบวนการกำจัดสารอนุมูลอิสระ

จากการทดลองในหนูพบว่าเมลาโทนินสามารถยับยั้งการตายของเซลล์ประสาทโดพามีนผ่านกลไกการกระตุ้นโปรตีนต่างๆ ภายในเซลล์ เนื่องจากเมลาโทนินมีสมบัติในการกำจัดสารอนุมูลอิสระและป้องกันการตายของเซลล์ประสาทที่สร้าง โดพามีนอันเนื่องมาจากสารเสพติดแอมเฟตามีน (amphetamine) และเมลาโทนินมีสมบัติคล้ายกับยาบางชนิดที่ใช้ในการรักษาโรคพาร์กินสัน ซึ่งแสดงว่า เมลาโทนินสามารถป้องกันและยับยั้งการเสื่อมของสมองได้

ปัจจุบันยังได้ศึกษาสมองในส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับความจำบริเวณ ฮิปโปแคมปัส (hippocampus) ว่าเมลาโท닌สามารถกระตุ้นการสร้างเซลล์ประสาทบริเวณนี้ได้มากขึ้นเพียงใดเพื่อช่วยผู้ป่วยที่เป็นโรคอัลไซเมอร์ และศึกษาสมองส่วนกลางซึ่งเกี่ยวข้องกับโรคพาร์กินสัน ว่าเมลาโท닌สามารถกระตุ้นการแบ่งเซลล์ประสาทที่สร้างโดพามีน ได้หรือไม่

ผลจากการวิจัยนี้เป็นแนวทางในการป้องกันและรักษาโรคอัลไซเมอร์ โรคพาร์กินสัน และโรคสมองเสื่อมจากการติดเชื้อเสฟติดแอมเฟตามีนด้วยสมบัติของเมลาโท닌ที่ช่วยในการฟื้นฟูสมองได้

ที่มา: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. (2561). **ผลงานวิจัยเด่น** (พิมพ์ครั้งที่ 1).

กรุงเทพมหานคร : บริษัท ซีโน พับลิชชิ่ง แอนด์ แพคเกจจิ้ง จำกัด.

## แนวการวัดและประเมินผล

### ด้านความรู้

- หน้าที่ของฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อ ความสำคัญของฮอร์โมนที่ผลิตจากต่อมไร้ท่อ และสรุปสมบัติเฉพาะของฮอร์โมน จากการทำกิจกรรม การตอบคำถามในหนังสือเรียน การทำแบบฝึกหัดท้ายบทและแบบทดสอบ

### ด้านทักษะ

- การสังเกต และความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรมกลุ่ม
- การจำแนกประเภท การลงความเห็นจากข้อมูล การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการทำกิจกรรม การอภิปรายร่วมกัน และการนำเสนอข้อมูล
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการทำกิจกรรม

### ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็น และการใช้วิจารณญาณ ความใจกว้าง ความมุ่งมั่นอดทน และความซื่อสัตย์ จากการทำกิจกรรม

## 20.4 การรักษาสมดุลของฮอร์โมน

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ยกตัวอย่างและอธิบายการทำงานร่วมกันของฮอร์โมนหลายชนิดในการรักษาคุณภาพของร่างกาย
2. อธิบายและเขียนแผนผังการจัดกลุ่มฮอร์โมนชนิดต่าง ๆ ตามการทำงานของฮอร์โมน

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้วิดีโอเกี่ยวกับการควบคุมการหลั่งฮอร์โมนแบบป้อนกลับยับยั้ง หรืออาจใช้คำถาม ดังนี้

- ในช่วงที่ไม่ได้รับประทานอาหาร ระดับน้ำตาลในเลือดควรลดลง แต่จากการตรวจสอบพบว่าระดับน้ำตาลในเลือดยังคงอยู่ในระดับปกติ ร่างกายมีกลไกอย่างไรในการรักษาคุณภาพของน้ำตาลในเลือด

ครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมการหลั่งฮอร์โมนของต่อมไร้ท่อจากรูป 20.24 ในหนังสือเรียนแล้วอภิปรายร่วมกัน เพื่อสรุปให้ได้ว่า การควบคุมการหลั่งฮอร์โมนของต่อมไร้ท่อ อาจควบคุมโดยปริมาณของฮอร์โมน ระดับสารเคมีอื่น ๆ ในเลือด หรือควบคุมโดยระบบประสาท ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมที่ร่างกายรับรู้ผ่านระบบประสาท

ครูใช้รูป 20.25 รูป 20.26 และรูป 20.27 ในหนังสือเรียน เพื่ออธิบายเพิ่มเติมว่าการควบคุมการหลั่งฮอร์โมนที่กล่าวมาแล้วส่วนใหญ่ควบคุมโดยวิธีการควบคุมแบบป้อนกลับ ซึ่งมี 2 แบบ คือแบบป้อนกลับยับยั้งและแบบป้อนกลับกระตุ้น เช่น การควบคุมการหลั่งพาราไทรอยด์ฮอร์โมนแบบป้อนกลับยับยั้ง การควบคุมการหลั่งไทรอกซิน แบบป้อนกลับยับยั้ง และการควบคุมการหลั่งออกซิโทซินแบบป้อนกลับกระตุ้น

จากนั้นครูตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน โดยใช้คำถามตรวจสอบความเข้าใจในหนังสือเรียน ดังนี้

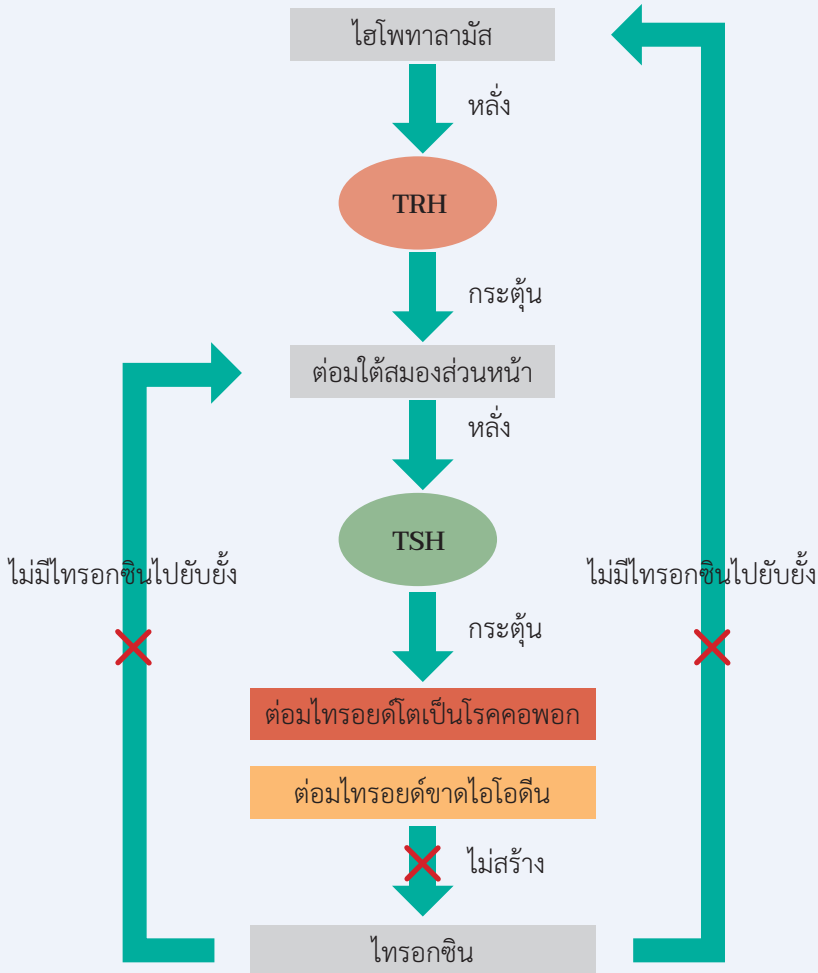


ipst.me/10798



## ตรวจสอบความเข้าใจ

? จงเขียนแผนภาพการควบคุมการหลั่งไทรอกซินแบบป้อนกลับยับยั้ง ในกรณีที่ร่างกายขาดไอโอดีนจนเป็นโรคคอพอก



ในกรณีที่ร่างกายขาดไอโอดีนจะทำให้ต่อมไทรอยด์ไม่สามารถสร้างไทรอกซินได้ ส่งผลให้ไม่มีไทรอกซินไปยับยั้งการหลั่ง TRH จากไฮโปทาลามัส หรือ TSH จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า ทำให้ต่อมใต้สมองส่วนหน้าหลั่ง TSH มากกระตุ้นต่อมไทรอยด์ตลอดเวลาส่งผลให้ต่อมไทรอยด์ขยายขนาดผิดปกติ จนทำให้เป็นโรคคอพอก

ครูให้นักเรียนร่วมกันสรุปการจัดกลุ่มฮอร์โมนตามการทำงานของฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน โดยใช้คำถามตรวจสอบความเข้าใจในหนังสือเรียน ดังนี้



### ตรวจสอบความเข้าใจ

**?** จงเขียนแผนผังสรุปการจัดกลุ่มฮอร์โมนตามการทำงานของฮอร์โมนจาก ต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน

ตัวอย่างแผนผังสรุปการจัดกลุ่มฮอร์โมนตามการทำงานของฮอร์โมนจาก ต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน ดังนี้

#### ฮอร์โมนและการทำงานของฮอร์โมน

หน้าที่

— ฮอร์โมนที่ควบคุมการสร้างและหลั่งฮอร์โมนชนิดอื่น

ได้แก่ฮอร์โมนจาก

ไฮโปทาลามัส ได้แก่ GnRH TRH CRH PIH GHRH GHIH

ต่อมใต้สมองส่วนหน้า ได้แก่ FSH LH ACTH TSH โพรแลกติน และเอนดอร์ฟิน

— ควบคุมและเกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึม

ได้แก่ฮอร์โมนจาก

ต่อมไทรอยด์ ได้แก่ ไทรอกซิน

ต่อมหมวกไตส่วนนอก ได้แก่ กลูโคคอร์ติคอยด์ เช่น คอร์ติซอล

ต่อมหมวกไตส่วนใน ได้แก่ เอพิเนฟริน นอร์เอพิเนฟริน

ตับอ่อน ได้แก่ อินซูลิน กลูคากอน

— ควบคุมการสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต

ได้แก่ฮอร์โมนจาก

รังไข่ ได้แก่ อีสโตรเจน โพรเจสเตอโรน

อัณฑะ ได้แก่ เทสโทสเตอโรน

ต่อมหมวกไตส่วนนอก ได้แก่ แอนโดรเจน

ต่อมใต้สมองส่วนหน้า ได้แก่ FSH LH GH

ต่อมไทรอยด์ ได้แก่ ไทรอกซิน

### ควบคุมการรักษาคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุ

ได้แก่ฮอร์โมนจาก

ต่อมใต้สมองส่วนหลัง ได้แก่ ADH

ต่อมหมวกไตส่วนนอก ได้แก่ มีเนราโลคอร์ติคอยด์ เช่น แอลโดสเตอโรน

ต่อมไทรอยด์ ได้แก่ แคลซิโทนิน

ต่อมพาราไทรอยด์ ได้แก่ พาราธอร์โมน

### ฮอร์โมนที่ทำหน้าที่อื่น ๆ

ได้แก่ฮอร์โมนจาก

ต่อมไพเนียล เช่น เมลาโทนิน

ต่อมใต้สมองส่วนหน้า เช่น โพรแลกติน เอนดอร์ฟิน

ต่อมใต้สมองส่วนหลัง เช่น ออกซิโทซิน

รก เช่น hCG

ไทมัส เช่น ไทโมซิน

กระเพาะอาหาร เช่น แกสทริน

ลำไส้เล็ก เช่น ซีครีติน คอลิซิสโทไคนิน

ไต เช่น อีรีโทรพอิติน

ครูอาจแบ่งกลุ่มให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพื่อสรุปหน้าที่ของฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมนให้สัมพันธ์กันในหัวข้อต่าง ๆ เช่น ชื่อต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน ฮอร์โมนที่หลั่ง อวัยวะเป้าหมาย หน้าที่ของฮอร์โมน และความผิดปกติ ดังตัวอย่างในตารางดังนี้

ชื่อต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน	ฮอร์โมนที่หลั่ง	อวัยวะเป้าหมาย	หน้าที่ของฮอร์โมน	ความผิดปกติหรือโรคที่เกิดจากการขาดฮอร์โมนหรือมีมากเกินไป
ไฮโปทาลามัส	GnRH	ต่อมใต้สมองส่วนหน้า	ควบคุมการสร้างและหลั่ง Gn จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า	ถ้าขาดจะทำให้รังไข่และอัณฑะสร้างฮอร์โมนเพศได้น้อย
	TRH	ต่อมใต้สมองส่วนหน้า	กระตุ้นการสร้างและหลั่ง TSH จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า	ถ้ามีมากเกินไปจะทำให้ต่อมไทรอยด์ปล่อยฮอร์โมนไทรอยด์ออกมากเกินไปจนทำให้เกิดโรคคอพอกเป็นพิษ
	CRH	ต่อมใต้สมองส่วนหน้า	กระตุ้นการสร้างและหลั่ง ACTH จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า	ถ้าขาดจะทำให้ต่อมหมวกไตส่วนนอกหลั่งฮอร์โมนได้น้อย
	GHRH	ต่อมใต้สมองส่วนหน้า	ควบคุมการสร้างและหลั่ง GH จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า	ถ้ามีมากเกินไปจะทำให้มี GH มาก ส่งผลให้ร่างกายสูงผิดปกติ
	GHIH	ต่อมใต้สมองส่วนหน้า	ยับยั้งการสร้างและหลั่ง GH จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า	ถ้ามีมากเกินไปจะทำให้มี GH น้อย ส่งผลให้ร่างกายมีลักษณะเตี้ยแคระ
	PIH	ต่อมใต้สมองส่วนหน้า	ยับยั้งการสร้างและหลั่งโพรแลกติน จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า	ถ้าขาดจะทำให้ต่อมหน้ามสร้างน้ำนมได้น้อย



ชื่อต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน	ฮอร์โมนที่หลั่ง	อวัยวะเป้าหมาย	หน้าที่ของฮอร์โมน	ความผิดปกติหรือโรคที่เกิดจากการขาดฮอร์โมนหรือมีมากเกินไป
ต่อมใต้สมองส่วนหน้า	FSH	อัณฑะ	กระตุ้นการสร้างสเปิร์ม	ถ้าขาดจะไม่กระตุ้นการสร้างสเปิร์ม
		รังไข่	กระตุ้นการเจริญของฟอลลิเคิลในรังไข่	ถ้าขาดจะไม่กระตุ้นการเจริญของฟอลลิเคิลในรังไข่
	LH	อัณฑะ	กระตุ้นเซลล์อินเตอร์สเตเชียลให้สร้างเทสโทโรน	ถ้าขาดจะไม่มีการสร้างเทสโทโรน ทำให้เพศชายไม่มีความสามารถในการสืบพันธุ์ และไม่มีลักษณะของการแตกเนื้อหนุ่ม
ต่อมไทรอยด์	TSH	รังไข่	กระตุ้นการตกไข่	ถ้าขาดจะไม่มีการตกไข่
		ต่อมไทรอยด์	กระตุ้นการหลั่งไทรอกซิน	ถ้าขาดจะไม่มีการสร้างและหลั่งไทรอกซิน ถ้ามีมากเกินไปจะทำให้ต่อมไทรอยด์โต จนทำให้เป็นโรคคอพอก
	ต่อมหมวกไตส่วนนอก	ACTH	กระตุ้นการหลั่งกลูโคคอร์ติคอยด์ และมีเมลาโนคอร์ติคอยด์	ถ้าขาดจะไม่มีการหลั่งกลูโคคอร์ติคอยด์และมีเมลาโนคอร์ติคอยด์

ชื่อต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน	ฮอร์โมนที่หลั่ง	อวัยวะเป้าหมาย	หน้าที่ของฮอร์โมน	ความผิดปกติหรือโรคที่เกิดจากการขาดฮอร์โมนหรือมีมากเกินไป
ต่อมใต้สมองส่วนหน้า	GH	เซลล์ต่างๆ ของร่างกาย	กระตุ้นการเจริญเติบโต	- ถ้ามีมากเกินไปในวัยเด็กจะทำให้ร่างกายสูงผิดปกติหรือสภาพร่างกายยักษ์ - ถ้าขาดในวัยเด็กจะทำให้มีลักษณะเตี้ยแคระหรือสภาพแคระ - ถ้ามีมากเกินไปหลังจากโตเต็มวัยแล้วจะทำให้มีลักษณะเป็นอะโครเมกาลี
ต่อมใต้สมองส่วนหลัง	โพรแลกติน	ต่อมน้ำนม	กระตุ้นการสร้างน้ำนม	ถ้าขาดจะทำให้ไม่มีการสร้างน้ำนม
	ADH (สร้างที่ไฮโปทาลามัส)	ท่อขดส่วนปลายของหน่วยไตและท่อรวม	ควบคุมการดูดกลับน้ำของท่อหน่วยไตและท่อรวม	ถ้าขาดจะทำให้เกิดอาการปัสสาวะมากและเจือจาง เรียกว่า โรคเบาจืด
	ออกซิโทซิน (สร้างที่ไฮโปทาลามัส)	มดลูก	กระตุ้นการหดตัวของกล้ามเนื้อผนังมดลูกขณะคลอด	ถ้าขาดจะทำให้มดลูกไม่บีบตัว
	โอดีโทซิน (สร้างที่ไฮโปทาลามัส)	ต่อมน้ำนม	กระตุ้นกล้ามเนื้อรอบๆ ต่อมน้ำนมหดตัวเพื่อขับน้ำนม	ถ้าขาดจะทำให้ไม่มีการขับน้ำนม

ชื่อต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน	ฮอร์โมนที่หลั่ง	อวัยวะเป้าหมาย	หน้าที่ของฮอร์โมน	ความผิดปกติหรือโรคที่เกิดจากการขาดฮอร์โมนหรือมีมากเกินไป
ต่อมไทรอยด์	ไทรอกซิน	เซลล์ต่างๆ ของร่างกาย	ควบคุมอัตราเมแทบอลิซึม	- ถ้าขาดไทรอกซินในวัยเด็กจะทำให้มีกลุ่มอาการเครทินิซึมในวัยผู้ใหญ่จะทำให้มีกลุ่มอาการมิคซีดามา - ถ้าร่างกายไม่สร้างไทรอกซินจะทำให้เป็นโรคคอพอก - ถ้าร่างกายสร้างไทรอกซินมากเกินไปจะทำให้เป็นโรคคอพอกเป็นพิษ
	แคลซิโทนิน	กระดูก ไต ลำไส้เล็ก	ควบคุมคุณภาพของแคลเซียมร่วมกับพาราไทรอยด์	- ถ้าขาดจะทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดสูง
ต่อมพาราไทรอยด์	พาราไทรอยด์	กระดูก ไต ลำไส้เล็ก	ควบคุมคุณภาพของแคลเซียมร่วมกับแคลซิโทนิน	- ถ้าขาดจะทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดต่ำ ทำให้กล้ามเนื้อเกิดอาการเกร็งและชักกระตุก - ถ้ามีมากเกินไปทำให้แคลเซียมในเลือดสูง กระดูกบาง ฟันผุและหักง่าย

ชื่อต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน	ฮอร์โมนที่หลั่ง	อวัยวะเป้าหมาย	หน้าที่ของฮอร์โมน	ความผิดปกติหรือโรคที่เกิดจากการขาดฮอร์โมนหรือมีมากเกินไป
ต่อมหมวกไตส่วนนอก	กลูโคคอร์ติคอยด์ เช่น คอร์ติซอล	เซลล์ต่างๆ ของร่างกาย	ควบคุมสมดุลของระดับน้ำตาลในเลือด โดยเพิ่มระดับน้ำตาลในเลือดจากการทำงานร่วมกับกลูคาγον	ถ้ามีกลูโคคอร์ติคอยด์มากเกินไปจะทำให้เกิดกลุ่มอาการคุซิง มี ความผิดปกติเกี่ยวกับ เมแทบอลิซึมของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด
	มีเนราไลคอร์ติคอยด์ เช่น แอลโดสเตอโรน	ไต	ควบคุมการดูดกลืนน้ำและโซเดียมเข้าสู่หลอดเลือด และควบคุมการขับโพแทสเซียมออกจากท่อหน่วยไต	ถ้าขาดมีเนราไลคอร์ติคอยด์จะทำให้ร่างกายสูญเสียน้ำและโซเดียมไปพร้อมปัสสาวะส่งผลให้ปริมาตรของเลือดลดลง อาจทำให้เสียชีวิตได้จากอาการ ความดันเลือดต่ำ
ต่อมหมวกไตส่วนใน	เอพิเนพรีน และนอร์เอพิเนพรีน	หัวใจและหลอดเลือด	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เพิ่มระดับน้ำตาลในเลือด</li> <li>- กระตุ้นให้หัวใจเต้นเร็วขึ้น</li> <li>- เพิ่มความดันเลือด</li> <li>- กระตุ้นการบีบตัวของหลอดเลือดบางบริเวณ</li> </ul>	ถ้ามีเอพิเนพรีนมากเกินไปจะทำให้มีความดันเลือดสูงชันรุนแรง อาจทำให้เสียชีวิตได้

ชื่อต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน	ฮอร์โมนที่หลั่ง	อวัยวะเป้าหมาย	หน้าที่ของฮอร์โมน	ความผิดปกติหรือโรคที่เกิดจากการขาดฮอร์โมนหรือมีมากเกินไป
ตับอ่อน เซลล์บีตา	อินซูลิน	เซลล์ต่างๆ ของร่างกาย	ควบคุมสมดุลของระดับน้ำตาลในเลือด โดยลดระดับน้ำตาลในเลือด ด้วยการให้ตับและกล้ามเนื้อนำน้ำตาลไปสะสมในรูปของไกลโคเจน	ถ้าขาดอินซูลินจะทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่าปกติทำให้เป็นโรคเบาหวาน
ตับอ่อน เซลล์แอลฟา	กลูคากอน	เซลล์ต่างๆ ของร่างกาย	ควบคุมสมดุลของระดับน้ำตาลในเลือด โดยเพิ่มระดับน้ำตาลในเลือดจากการสลายไกลโคเจนในตับและกล้ามเนื้อ	ถ้าขาดกลูคากอนจะทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลง ไม่มี การสลายไกลโคเจนในตับและกล้ามเนื้อ
อัณฑะ	เทสโทสเทอโรน	เซลล์ต่างๆ ของร่างกาย เช่น อวัยวะสืบพันธุ์ สมอง กระดูก และกล้ามเนื้อ	- ทำให้เพศชายมีความสามารถในการสืบพันธุ์ กระตุ้นการสร้างสเปิร์ม และแสดงลักษณะเพศชาย - เจริญเติบโต เช่น กระตุ้น การเจริญของกล้ามเนื้อ การสังเคราะห์โปรตีน	ถ้าขาดจะทำให้เพศชายไม่มี ความสามารถในการสืบพันธุ์ และไม่มีลักษณะของการแตกเนื้อหนุ่ม

ชื่อต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน	ฮอร์โมนที่หลั่ง	อวัยวะเป้าหมาย	หน้าที่ของฮอร์โมน	ความผิดปกติหรือโรคที่เกิดจากการขาดฮอร์โมนหรือมีมากเกินไป
รังไข่	โพรเจสเทอโรน	มดลูก ต่อมำมนม	<ul style="list-style-type: none"> <li>- กระตุ้นผนังมดลูกชั้นในให้หนาขึ้น</li> <li>- กระตุ้นต่อมำมนมให้เจริญ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ถ้าขาดจะทำให้เอ็มบริโอไม่สามารถฝังตัวที่ผนังมดลูกได้ เนื่องจากไม่มีการกระตุ้นให้ผนังมดลูกหนาขึ้น</li> <li>- ถ้าขาดจะไม่มีการกระตุ้นการเจริญของต่อมำมนม</li> </ul>
ออดิทรเจน	เซลล์ต่างๆ ของร่างกาย เช่น อวัยวะสืบพันธุ์ สมอง กระดูก และกล้ามเนื้อ		<ul style="list-style-type: none"> <li>- ทำให้เพศหญิงมีความสามารถในการสืบพันธุ์ และแสดงลักษณะเพศหญิง</li> <li>- เจริญเติบโต เช่น กระตุ้นการเจริญของกล้ามเนื้อเรียบ และกระดูก</li> <li>- ลดการดึงแคลเซียมออกจากกระดูก</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ถ้าขาดจะทำให้เพศหญิงไม่มีความสามารถในการสืบพันธุ์ และไม่มีลักษณะของเพศหญิง</li> <li>- ถ้าขาดจะทำให้กระดูกเปราะบาง แตกหักง่าย และอาจเป็นโรคกระดูกพรุน</li> </ul>
ต่อมไพเนียล	เมลาโทนิน	ไฮโปทาลามัส	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ช่วยควบคุมการเจริญเติบโตของอวัยวะสืบพันธุ์ก่อนเข้าสู่วัยหนุ่มสาวของมนุษย์</li> <li>- ทำให้ร่างกายรับรู้ว่าเป็นเวลากลางวันและกลางคืน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ถ้ามีมากเกินไปจะส่งผลให้เจริญเข้าสู่วัยหนุ่มสาวเร็วกว่าปกติ</li> <li>- ถ้าขาดจะทำให้ร่างกายไม่สามารถรับรู้เวลากลางวันกลางคืนได้</li> <li>- ถ้าขาดจะทำให้นอนหลับยาก</li> </ul>

ชื่อต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน	ฮอร์โมนที่หลั่ง	อวัยวะเป้าหมาย	หน้าที่ของฮอร์โมน	ความผิดปกติหรือโรคที่เกิดจากการขาดฮอร์โมนหรือมีมากเกินไป
รก	hCG	คอร์ปัสลูเทียมในรังไข่	กระตุ้นให้คอร์ปัสลูเทียมหลั่งโปรเจสเตอโรนต่อไป	ถ้าขาดจะไม่มีการหลั่งโปรเจสเตอโรนจากคอร์ปัสลูเทียม
ไทมัส	ไทมินซิน	ไทมัส	กระตุ้นการแบ่งเซลล์และพัฒนาการของลิมโฟไซต์ชนิดที	ถ้าขาดจะไม่มีการกระตุ้นการเจริญของลิมโฟไซต์ชนิดที ทำให้เกิดความผิดปกติในระบบภูมิคุ้มกัน
กระเพาะอาหาร	แกสตริน	กระเพาะอาหาร	กระตุ้นการหลั่งเพปไซโนเจนและกรดไฮโดรคลอริก	ถ้าขาดจะทำให้ในกระเพาะอาหารมีเพปซินน้อยลง การย่อยโปรตีนในกระเพาะอาหารน้อยลงด้วย
ถ้าได้เล็กส่วนดูโอเดนิม	ซีครีทิน	ตับอ่อน	กระตุ้นการหลั่งโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต	ถ้าขาดจะไม่มีการหลั่งโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตทำให้ อาหารที่อยู่ในดูโอเดนิมมีความเป็นกรด
	คอเลซิสไทเคตินิน	ถุงน้ำดี และตับอ่อน	กระตุ้นการบีบตัวของถุงน้ำดีและ ตับอ่อนให้หลั่งเอนไซม์	ถ้าขาดจะทำให้ถุงน้ำดีไม่บีบตัวและไม่มีการหลั่งเอนไซม์จากตับอ่อน
ไต	อีริโทรพอยทิน	ไขกระดูก	กระตุ้นการสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดงจากไขกระดูก	ถ้าขาดจะทำให้มีการสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดงน้อยลง

หมายเหตุ \*\*\* ขาด หมายถึงมีฮอร์โมนน้อยหรือไม่มีฮอร์โมน

## แนวการวัดและประเมินผล

### ด้านความรู้

- การทำงานร่วมกันของฮอร์โมนหลายชนิดในการรักษาคุณภาพของร่างกาย และหน้าที่ของฮอร์โมน จากการเขียนตารางหรือแผนผังสรุป การตอบคำถามในหนังสือเรียน การทำแบบฝึกหัดท้ายบทและแบบทดสอบ

### ด้านทักษะ

- การสังเกต และความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรมกลุ่ม
- การจำแนกประเภท การลงความเห็นจากข้อมูล การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จาก การตอบคำถาม การอภิปรายร่วมกันและการนำเสนอข้อมูล
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล

### ด้านจิตวิทยาศาสตร์

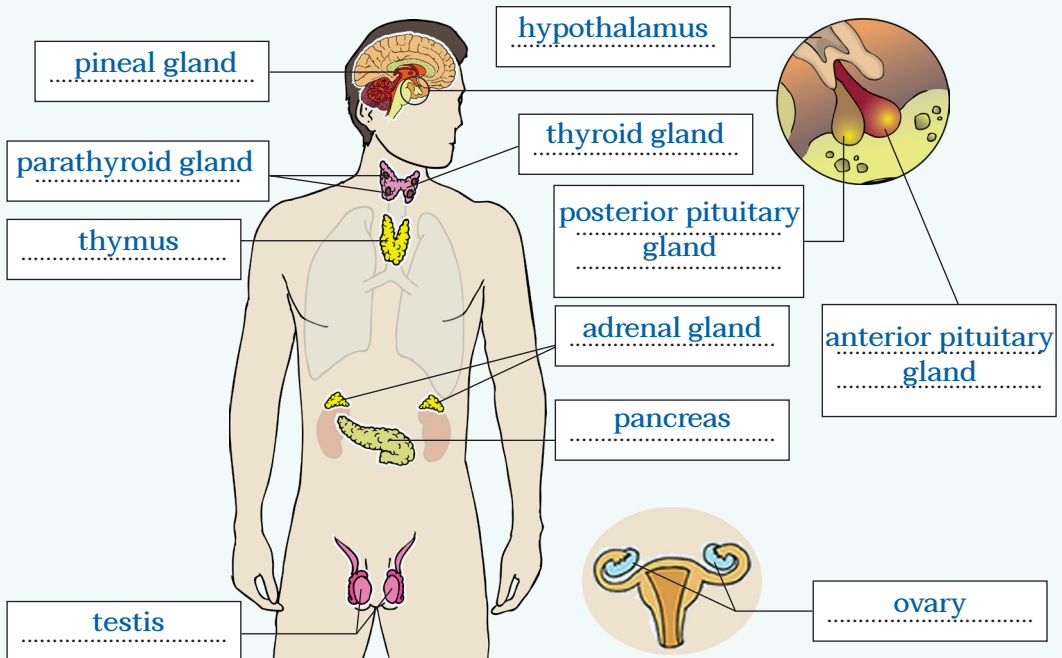
- ความอยากรู้อยากเห็น และการใช้วิจารณญาณ ความใจกว้าง ความมุ่งมั่นอดทน และความซื่อสัตย์ จากการอภิปรายร่วมกัน





### เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 20

1. จงเติมชื่อต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมนเป็นภาษาอังกฤษลงในรูปและเติมลงหน้าข้อความที่มีความสัมพันธ์กัน (ตอบได้มากกว่า 1 ชื่อ และตอบซ้ำได้)



- |   |     |  |
|---|-----|--|
| ..... <b>pancreas</b> .....                         | 1.1 | อยู่บริเวณช่องท้อง สร้างฮอร์โมนที่ทำหน้าที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับปกติ                    |
| ..... <b>posterior pituitary gland</b> .....        | 1.2 | เป็นต่อมที่ไม่ได้สร้างฮอร์โมน แต่รับฮอร์โมนจากไฮโปทาลามัส ถ้าต่อมนี้ออกมาจะทำให้มีอาการปัสสาวะมากและบ่อย |
| ..... <b>thyroid gland, parathyroid gland</b> ..... | 1.3 | สร้างฮอร์โมนที่ทำหน้าที่ควบคุมสมดุลของแคลเซียมในเลือด  |
| ..... <b>parathyroid gland</b> .....                | 1.4 | ถ้าหลังฮอร์โมนมากเกินไปจะมีโอกาสเป็นโรคกระดูกพรุน  |
| ..... <b>thymus</b> .....                           | 1.5 | สร้างฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกาย  |

thyroid gland, adrenal gland, ovary, testis	1.6	ควบคุมโดยฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า
pineal gland	1.7	ถ้าสร้างฮอร์โมนมากเกินไปในช่วงก่อนวัยเจริญพันธุ์จะทำให้เป็นหนุ่มสาวช้ากว่าปกติ
thyroid gland	1.8	ถ้าขาดฮอร์โมนจากต่อมนี้จะทำให้เป็นโรคคอพอก
anterior pituitary gland	1.9	ถ้าหลังฮอร์โมนมากเกินไปในวัยเด็ก จะทำให้ร่างกายสูงใหญ่ผิดปกติ
ovary	1.10	สร้างฮอร์โมนเพื่อเตรียมมดลูกให้พร้อมในการรับการฝังตัวของเอ็มบริโอ
hypothalamus	1.11	สร้างฮอร์โมนที่ทำหน้าที่ขั้บน้ำนม

## 2. จงเติมชื่อฮอร์โมนเป็นภาษาอังกฤษลงหน้าข้อความให้สัมพันธ์กัน

ADH	endorphin	melatonin	prolactin
calcitonin	GH	oxytocin	thyroxine
cortisol	insulin	progesterone	TSH

endorphin	2.1	เมื่อหลั่งออกมาทำให้รู้สึกมีความสุข หรือช่วยระงับความเจ็บปวด
oxytocin	2.2	กระตุ้นการบีบตัวของมดลูกและกระตุ้นต่อมน้ำนมให้ขั้บน้ำนมออกมา
thyroxin	2.3	ในเด็กหากร่างกายสร้างฮอร์โมนนี้ได้น้อย จะทำให้ร่างกายเตี้ยแคระ แขน ขาสั้น เจริญเติบโตช้ากว่าปกติ และปัญญาอ่อน ที่เรียกว่า เครตินิซึม
calcitonin	2.4	กระตุ้นการสะสมแคลเซียมที่กระดูก ทำงานร่วมกับฮอร์โมนจากต่อมพาราไทรอยด์และวิตามิน D
insulin	2.5	ผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานโดยที่ร่างกายมีการสร้างฮอร์โมนนี้เป็นปกติ แต่ตัวรับผิดปกติจะทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูง

..... cortisol	2.6	มีหน้าที่ควบคุมเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต โดยการเปลี่ยนโปรตีนกับลิพิดเป็นกลูโคส
..... progesterone	2.7	ถ้าไม่มีการปฏิสนธิ ฮอโมนนี้จะลดลงทำให้เยื่อบุผนังมดลูกสลายตัว
..... ADH	2.8	มีหน้าที่ควบคุมการดูดกลืนน้ำของท่อหน่วยไตและกระตุ้นให้อาร์เทอร์หดตัว
..... TSH	2.9	เมื่อร่างกายขาดไอโอดีนจะส่งผลให้ฮอโมนนี้เพิ่มสูงขึ้นและมีผลทำให้เป็นโรคคอพอก
..... melatonin	2.10	ทำหน้าที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของอวัยวะสืบพันธุ์ไม่ให้เติบโตเร็วเกินไปก่อนถึงช่วงวัยเจริญพันธุ์ และทำให้ร่างกายรับรู้ว่าเป็นเวลากลางวันหรือกลางคืน

3. จงใส่เครื่องหมายถูก (✓) หน้าข้อความที่ถูกต้อง ใส่เครื่องหมายผิด (×) หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง และขีดเส้นใต้เฉพาะคำ หรือส่วนของข้อความที่ไม่ถูกต้อง และแก้ไขโดยตัดออกหรือเติมคำหรือข้อความที่ถูกต้องลงในช่องว่าง

- ..... 3.1 ฮอโมนของร่างกายสร้างมาจากต่อมไร้ท่อเท่านั้น  
**แก้ไขเป็น** และเนื้อเยื่อ  
 อธิบาย ตัวอย่างเนื้อเยื่อหรืออวัยวะอื่น ๆ ที่สร้างฮอโมน เช่น ไต รก กระจกอาหาร
- ✓..... 3.2 การขาดไอโอดีนในอาหาร จะทำให้สูญเสียความสามารถของการควบคุมแบบป้อนกลับยับยั้งของฮอโมนระหว่างต่อมไทรอยด์ ต่อมใต้สมอง และไฮโปทาลามัส
- ..... 3.3 คนปกติที่อดอาหารนาน 24 ชั่วโมง จะมีระดับน้ำตาลในเลือดต่ำกว่าคนปกติที่ไม่อดอาหาร  
**แก้ไขเป็น** ใกล้เคียง

- ✗ 3.4 ในกรณีที่คนไข้มีภาวะขาดน้ำตาล อวัยวะที่ต้องทำงานมากขึ้นคือ ตับอ่อน  
ต่อมไทรอยด์ และต่อมหมวกไต  
**แก้ไขเป็น** ตัดคำว่า ต่อมไทรอยด์
- ✗ 3.5 ถ้าเกิดลิ่มเลือดอุดตันการไหลของเลือดจากไฮโปทาลามัสมายังต่อมใต้สมอง  
ส่วนหลังอาจมีผลทำให้ปัสสาวะมากและเจ็บจางได้  
**แก้ไขเป็น** ไม่มีผล  
อธิบาย เนื่องจาก ADH ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่ช่วยในการดูดกลับน้ำที่ท่อหน่วยไต  
และท่อรวม ADH สร้างจากไฮโปทาลามัส และลำเลียงมายังต่อมใต้สมอง  
ส่วนหลังโดยตรง ไม่ได้มาตามเลือด
- ✗ 3.6 แร่ธาตุที่จำเป็นที่สุดสำหรับการเปลี่ยนสภาพจากลูกอ๊อดมาเป็นตัวบกคือ  
แคลเซียม  
**แก้ไขเป็น** ไอโอดีน
- ✗ 3.7 ในภาวะปกติ เพศหญิงไม่สามารถสร้างฮอร์โมนเพศชายได้  
**แก้ไขเป็น** ตัดคำว่า ไม่  
อธิบาย เพศหญิงสามารถสร้างฮอร์โมนเพศชายได้จากต่อมหมวกไตส่วนนอก
- ✓ 3.8 ฮอร์โมนจากต่อมพาราไทรอยด์มีผลเพิ่มระดับแคลเซียมในเลือด ถ้าต่อมนี้เกิด  
เนื้องอก น่าจะมีผลทำให้เกิดโรคกระดูกพรุนหรือกระดูกบางได้
- ✓ 3.9 ฮอร์โมนจากไทมัสทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกาย
- ✗ 3.10 ปริมาณการหลั่งเมลาโท닌จากต่อมไพเนียลจะแปรผกผันกับช่วงเวลาที่ได้รับ  
แสง ดังนั้นในฤดูร้อนจึงหลั่งเมลาโท닌มากกว่าฤดูหนาว  
**แก้ไขเป็น** น้อยกว่า
- ✓ 3.11 ต่อมไทรอยด์สร้างฮอร์โมนที่ทำหน้าที่ควบคุมสมดุลของแคลเซียมในเลือดและ  
อัตราเมแทบอลิซึมของร่างกาย
- ✗ 3.12 ไฮโปทาลามัสเป็นแหล่งผลิตและหลั่งฮอร์โมนที่มากกระตุ้นหรือยับยั้ง  
การสังเคราะห์ฮอร์โมนของต่อมใต้สมองส่วนหลัง  
**แก้ไขเป็น** ต่อมใต้สมองส่วนหน้า

✓..... 3.13 การขาดโกรทฮอร์โมนตั้งแต่วัยเด็กจะทำให้เด็กมีสภาพแคระ

✓..... 3.14 ผู้ที่กินยาที่มีคอร์ติโคสเตอโรยด์เป็นส่วนผสมเพื่อป้องกันอาการแพ้หรืออักเสบ ติดต่อกันเป็นเวลานาน อาจทำให้เกิดกลุ่มอาการคูซิงได้

4. ในการใช้ชุดตรวจการตั้งครรภ์โดยการทดสอบปัสสาวะ เพื่อตรวจหา hCG จงตอบคำถามต่อไป

4.1 เพราะเหตุใดจึงสามารถตรวจพบ hCG ในปัสสาวะ

 **แนวคำตอบ**

ในกระแสเลือดมีปริมาณ hCG สูง เมื่อเลือดผ่านการกรองที่ไตฮอร์โมนนี้จะปนออกไปกับปัสสาวะชุดตรวจการตั้งครรภ์จึงสามารถตรวจได้

4.2 เพราะเหตุใดจึงสามารถตรวจ hCG ได้ในช่วงแรกของการตั้งครรภ์

 **แนวคำตอบ**

เพราะ hCG สร้างจากเซลล์ของรก เพื่อกระตุ้นคอร์ปัสลูเทียมในรังไข่ให้เจริญต่อไป และสร้าง โพรเจสเทอโรนเพิ่มขึ้นทำให้คงภาวะการตั้งครรภ์ไว้ แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปโพรเจสเทอโรนจากคอร์ปัสลูเทียมจะลดลง และรกจะทำหน้าที่สร้างโพรเจสเทอโรนแทน

5. ลุงสมจิตรและป้าสมหวังถูกตรวจพบว่าเป็นโรคเบาหวาน หลังจากพบแพทย์ แพทย์ได้นัดให้ลุงสมจิตรมาฉีดอินซูลินทุกวันเพื่อควบคุมปริมาณน้ำตาลในเลือด รวมทั้งควบคุมอาหารและออกกำลังกายเพิ่มขึ้น ขณะที่แพทย์แนะนำให้ป้าสมหวังให้ควบคุมอาหารและออกกำลังกายเพิ่มขึ้น ไม่ฉีดอินซูลิน เมื่อป้าสมหวังทราบจึงรู้สึกไม่พอใจที่ไม่ได้รับการรักษาโดยการฉีดอินซูลินเหมือนลุงสมจิตร นักเรียนจะใช้ความรู้เรื่องฮอร์โมนอธิบายให้ป้าสมหวังเข้าใจได้อย่างไร

 **แนวคำตอบ**

อธิบายให้ป้าสมหวังทราบว่าลุงสมจิตรและป้าสมหวังป่วยเป็นโรคเบาหวานคนละแบบ โดยลุงสมจิตรป่วยเป็นโรคเบาหวาน ซึ่งเกิดจากตับอ่อนไม่สามารถสร้างอินซูลินได้ แพทย์จึงต้องรักษาโดยการฉีดอินซูลินเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ขณะที่ป้าสมหวังป่วยเป็นโรคเบาหวานที่ตับอ่อนสามารถสร้างอินซูลินได้เป็นปกติ แต่เกิดจากตัวรับอินซูลินผิดปกติ

ทำให้ไม่จำเป็นต้องฉีดอินซูลิน ดังนั้นจึงแนะนำให้ปัสสาวะห้วงควบคุมอาหารและออกกำลังกายเพิ่มขึ้นเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับปกติ

6. ผู้ป่วยโรคเบาชนิดมีอาการปัสสาวะปริมาณมากและเจือจาง แพทย์วินิจฉัยว่าเกิดจากความผิดปกติของฮอร์โมน นักเรียนทราบหรือไม่ว่าผู้ป่วยมีความผิดปกติของฮอร์โมนชนิดใดและฮอร์โมนนี้สร้างและหลังจากที่ใด

#### แนวการตอบ

ผู้ป่วยปัสสาวะปริมาณมากและเจือจางเนื่องจากความผิดปกติของ ADH ซึ่งสร้างในปริมาณน้อยเกินไปจากไฮโปทาลามัส ทำให้หลังจากต่อมใต้สมองส่วนหลังในปริมาณน้อย น้ำจึงถูกดูดกลับที่ท่อหน่วยไตและท่อรวมได้น้อย อาจส่งผลให้ผู้ป่วยขาดน้ำและเสียชีวิตในเวลาต่อมา

7. ผู้ที่มีร่างกายเตี้ยแคระซึ่งเป็นผลมาจากฮอร์โมนแสดงว่าขาดฮอร์โมนชนิดใด

#### แนวการตอบ

ขาดโกรทฮอร์โมน เนื่องจากโกรทฮอร์โมนมีหน้าที่สำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโตผลิตจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า ซึ่งเป็นต่อมที่อยู่ติดกับส่วนล่างของสมองส่วนไฮโปทาลามัสขาดเทสโทสเทอโรน มีผลต่อการสร้างกระดูกและกล้ามเนื้อขาดไทรอกซิน มีผลต่อการสร้างกระดูกและกล้ามเนื้อ

8. เมื่อทำการทดลองโดยการตัดตับอ่อนของหนูออกไป พบว่าหนูไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ ทำให้ระดับน้ำตาลสูงขึ้น จากนั้นนำตับอ่อนของหนูอีกตัวมาปลูกถ่ายไว้

8.1 นักเรียนคาดว่าระดับน้ำตาลในเลือดของหนูที่ได้รับการปลูกถ่ายตับอ่อนจะเป็นอย่างไร เพราะเหตุใด

#### แนวการตอบ

ระดับน้ำตาลในเลือดของหนูน่าจะลดลงเป็นปกติ เนื่องจากระดับน้ำตาลถูกควบคุมด้วยอินซูลินที่ผลิตจากกลุ่มเซลล์ไอส์เลตออฟลิ่งเกอร์ฮันส์ที่อยู่ในตับอ่อน ครั้งแรกที่ถูกตัดตับอ่อนออกไป ระดับน้ำตาลในเลือดจึงสูงขึ้นเนื่องจากไม่มีอินซูลินมาควบคุมระดับน้ำตาล แต่เมื่อนำตับอ่อนมาปลูกถ่าย ทำให้ตับอ่อนใหม่สร้างอินซูลินเข้าสู่กระแสเลือดไปกระตุ้นเซลล์ตับและเซลล์กล้ามเนื้อนำกลูโคสไปเก็บสะสมไว้ในรูปของไกลโคเจนมากขึ้น ระดับน้ำตาลจึงลดลง

8.2 ถ้าหนูตัวที่ปลูกถ่ายตับอ่อนมีระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ กลุ่มเซลล์ชนิดใดจากตับอ่อน จะสร้างฮอร์โมนอะไร และฮอร์โมนนั้นทำหน้าที่อะไร



#### แนวการตอบ

ตับอ่อนจะสร้างกลูคากอน จากเซลล์แอลฟาในไอส์เลตออฟลั่งเกอร์ฮันส์ ช่วยในการกระตุ้นการสลายไกลโคเจนจากตับและกล้ามเนื้อเพื่อให้ได้น้ำตาลกลูโคสกลับสู่กระแสเลือด ระดับน้ำตาลในเลือดจะกลับสู่ภาวะปกติ

9. ถ้านักเรียนรู้สึกแสบท้อง และมีกรดมากเกินไปในกระเพาะอาหาร คาดว่านักเรียนอาจมีฮอร์โมนชนิดใดในปริมาณมากกว่าปกติ

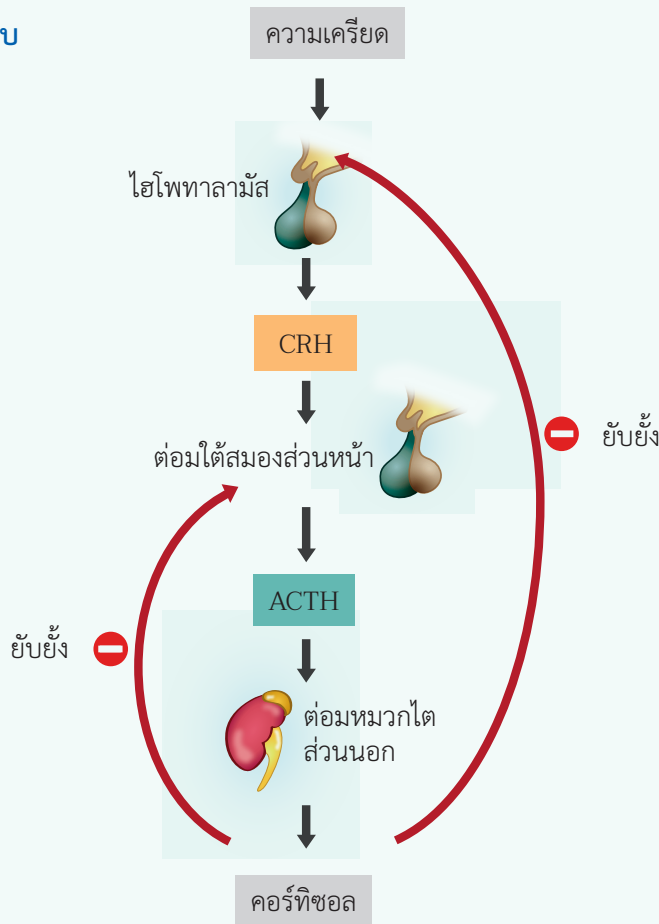


#### แนวการตอบ

แกสทรินจากกระเพาะอาหาร กระตุ้นการหลั่งเพปซิโนเจนและกรดไฮโดรคลอริกจากกระเพาะอาหาร

10. จงเขียนแผนภาพและอธิบายการควบคุมการหลั่งคอร์ติซอลแบบป้อนกลับยับยั้งเมื่ออยู่ในภาวะที่มีความกดดันหรือการแข่งขัน เช่น การแข่งกีฬาที่ทำให้ระดับคอร์ติซอลเพิ่มสูงขึ้น

 **แนวคำตอบ**



ในกรณีแข่งกีฬาจะเกิดความเครียดซึ่งส่งผลให้ไฮโปทาลามัสหลั่ง CRH ไปกระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนหน้าให้หลั่ง ACTH ไปกระตุ้นต่อมหมวกไตส่วนนอกให้หลั่งคอร์ติซอลเพิ่มมากขึ้น ทำให้ระดับคอร์ติซอลในเลือดสูงขึ้นซึ่งมีผลไปยับยั้งไฮโปทาลามัสให้ลดการหลั่ง CRH หรือยับยั้งต่อมใต้สมองส่วนหน้าให้ลดการหลั่ง ACTH ทำให้ต่อมหมวกไตส่วนนอกหลั่งคอร์ติซอลน้อยลง แต่ถ้ายังคงมีความเครียดอยู่ ระดับคอร์ติซอลก็ยังไม่ลดลงสู่ระดับปกติจนกว่าความเครียดจะหายไป



บทที่

21

| ระบบสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต


[ipst.me/10786](https://ipst.me/10786)


### ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศในสัตว์
2. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์เพศชายและระบบสืบพันธุ์เพศหญิง
3. อธิบายกระบวนการสร้างสเปิร์ม กระบวนการสร้างเซลล์ไข่ และการปฏิสนธิในมนุษย์
4. อธิบายการเจริญเติบโตระยะเอ็มบริโอและระยะหลังเอ็มบริโอของกบ ไก่ และมนุษย์

## การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

### ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศในสัตว์

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศในสัตว์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การจำแนกประเภท 2. การลงความเห็นจากข้อมูล	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน

### ผลการเรียนรู้

2. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์เพศชายและระบบสืบพันธุ์เพศหญิง

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์เพศชายและระบบสืบพันธุ์เพศหญิง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การจำแนกประเภท	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. การใช้วิจารณญาณ

**ผลการเรียนรู้**

3. อธิบายกระบวนการสร้างสเปิร์ม กระบวนการสร้างเซลล์ไข่ และการปฏิสนธิในมนุษย์

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

1. อธิบายกระบวนการสร้างสเปิร์ม กระบวนการสร้างเซลล์ไข่ และการปฏิสนธิในมนุษย์
2. อธิบายความสัมพันธ์ของการตกไข่และการมีประจำเดือนกับการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนในเพศหญิง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การลงความเห็นจากข้อมูล</li> <li>3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>2. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>3. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน</li> <li>4. ความมุ่งมั่นอดทน</li> </ol>

**ผลการเรียนรู้**

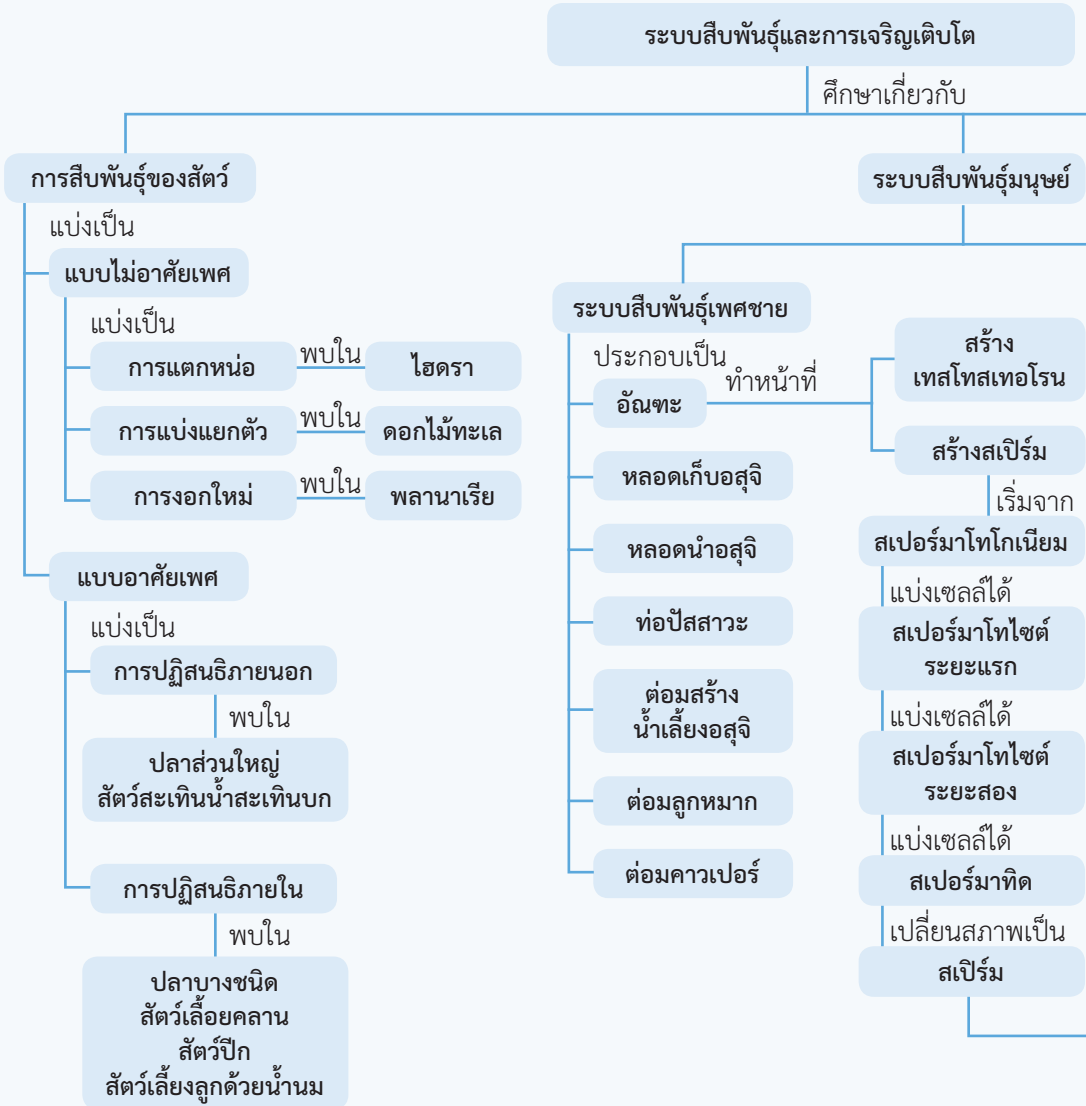
4. อธิบายการเจริญเติบโตระยะเอ็มบริโอและระยะหลังเอ็มบริโอของกบ ไข่ และมนุษย์

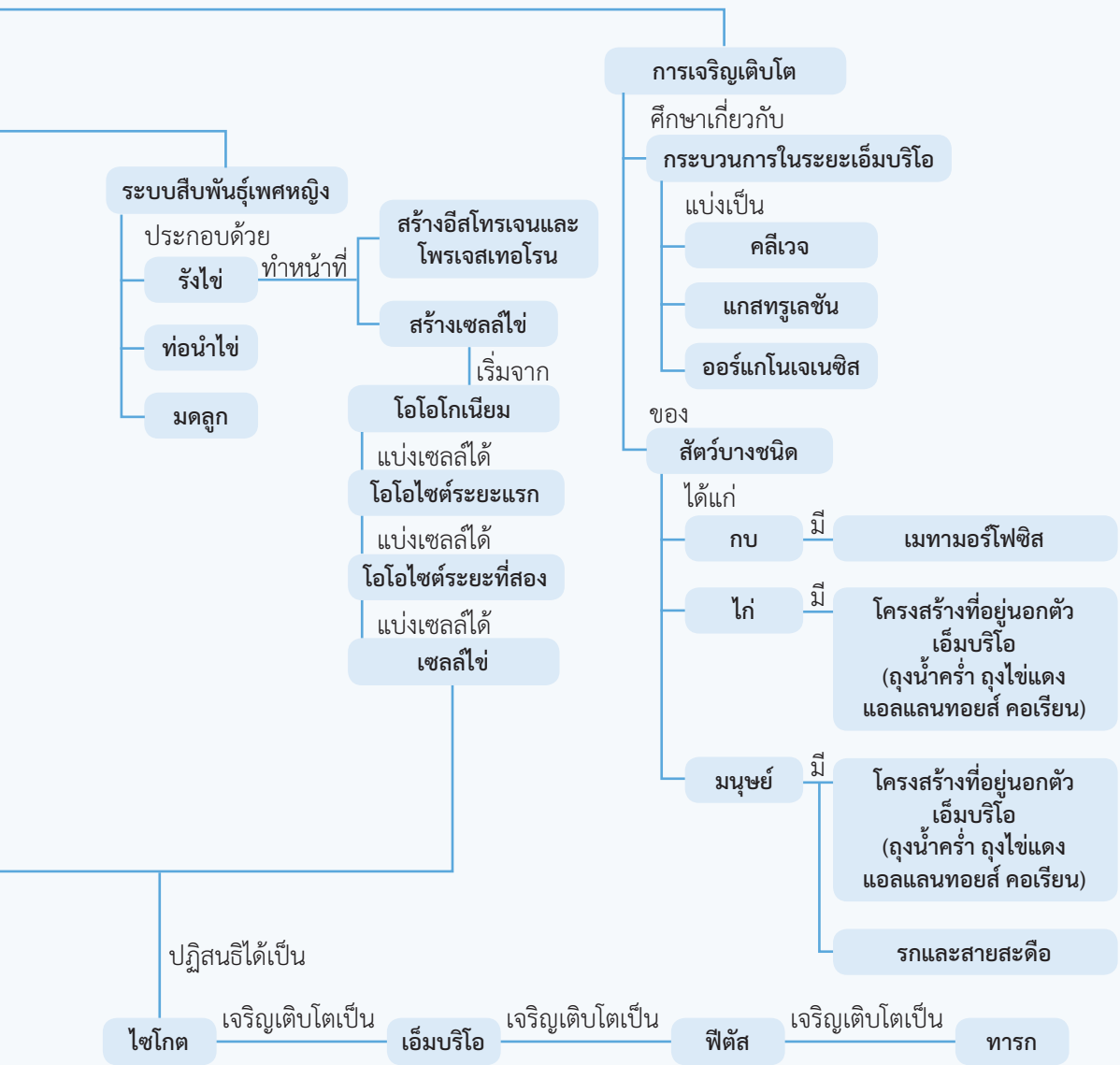
**จุดประสงค์การเรียนรู้**

1. อธิบายการเจริญเติบโตระยะเอ็มบริโอและระยะหลังเอ็มบริโอของกบ ไข่ และมนุษย์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การลงความเห็นจากข้อมูล</li> <li>2. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน</li> </ol>

ผังมโนทัศน์ บทที่ 21





## สาระสำคัญ

การสืบพันธุ์เป็นลักษณะเฉพาะของสิ่งมีชีวิต เป็นความสามารถในการให้กำเนิดสิ่งมีชีวิตใหม่ จากสิ่งมีชีวิตเดิมเพื่อดำรงพันธุ์ไว้ การสืบพันธุ์ของสัตว์มีแบบไม่อาศัยเพศและแบบอาศัยเพศ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเป็นการสืบพันธุ์ที่ไม่มีการรวมของเซลล์สืบพันธุ์ เช่น การแตกหน่อ การแบ่งแยกตัว และการงอกใหม่ ส่วนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศเป็นการสืบพันธุ์ที่มีการรวมนิวเคลียสของเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งมีทั้งการปฏิสนธิภายนอกและการปฏิสนธิภายใน สัตว์บางชนิดมี 2 เพศในตัวเดียวกัน แต่การผสมพันธุ์ส่วนใหญ่จะผสมข้ามตัว

การสืบพันธุ์ของมนุษย์มีกระบวนการสร้างสเปิร์มจากเซลล์สเปอร์มาโทโกเนียมภายในอัณฑะ และกระบวนการสร้างเซลล์ไข่จากเซลล์โอโอโกเนียมภายในรังไข่ การปฏิสนธิเกิดขึ้นภายในท่อนำไข่ ได้เป็นไซโกต แล้วเจริญเติบโตเป็นเอ็มบริโอ ไปฝังตัวที่ผนังมดลูกจนกระทั่งครบกำหนดคลอด

อวัยวะสืบพันธุ์ของเพศชายประกอบด้วยอัณฑะทำหน้าที่สร้างสเปิร์มและฮอร์โมนเพศชาย และมีโครงสร้างอื่น ๆ ที่ทำหน้าที่ลำเลียงสเปิร์ม สร้างน้ำเลี้ยงอสุจิ และสารหล่อลื่นท่อปัสสาวะ โดยอัณฑะประกอบด้วยหลอดสร้างอสุจิที่ภายในมีสเปอร์มาโทโกเนียมที่เป็นเซลล์ตั้งต้นของกระบวนการสร้างสเปิร์ม ซึ่งจะมีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้สเปอร์มาโทโกเนียมจำนวนมาก แล้วมีส่วนหนึ่งพัฒนาเป็นสเปอร์มาโทไซตระยะแรก โดยสเปอร์มาโทไซตระยะแรกจะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส I ได้เป็นสเปอร์มาโทไซตระยะที่สองที่จะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส II ได้สเปอร์มาทิดตามลำดับ จากนั้นพัฒนาเป็นสเปิร์ม

อวัยวะสืบพันธุ์ของเพศหญิงประกอบด้วย รังไข่ ท่อนำไข่ มดลูก และช่องคลอด รังไข่ทำหน้าที่สร้างเซลล์ไข่และฮอร์โมนเพศหญิง กระบวนการสร้างเซลล์ไข่เริ่มจากโอโอโกเนียมแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส I และจะหยุดอยู่ที่ระยะโพรเฟส I ได้เป็นโอโอไซตระยะแรก เมื่อเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์จึงแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส I ต่อและตามด้วยไมโอซิส II แล้วหยุดที่ระยะเมทาเฟส II ได้เป็นโอโอไซตระยะที่สอง ซึ่งจะเกิดการตกไข่ต่อไป เมื่อได้รับการกระตุ้นจากสเปิร์ม โอโอไซตระยะที่สองจะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส II ต่อจนเสร็จ แล้วพัฒนาเป็นเซลล์ไข่

การเจริญเติบโตของสัตว์ เช่น กบ ไก่ และมนุษย์ มีแบบแผนคล้ายกัน เริ่มต้นด้วยการแบ่งเซลล์ของไซโกต การจัดเรียงตัวของกลุ่มเซลล์ของเอ็มบริโอเป็น 3 ชั้น คือ เอ็กโทเดิร์ม เมโซเดิร์ม และเอนโดเดิร์ม การเกิดอวัยวะ โดยมีการเพิ่มจำนวน ขยายขนาด และการเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ พัฒนาการของอวัยวะต่าง ๆ จะทำให้มีรูปร่างและโครงสร้างที่แน่นอนในสัตว์แต่ละสปีชีส์

การเจริญเติบโตของเอ็มบริโอมนุษย์จะมีขั้นตอนคล้ายกับการเจริญเติบโตของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมอื่น ๆ โดยเอ็มบริโอจะฝังตัวที่ผนังมดลูกและมีการแลกเปลี่ยนสารระหว่างแม่กับลูกผ่านทางรกและสายสะดือ เมื่อครบกำหนดจะคลอดเป็นทารก โดยสัตว์จะมีการเติบโตของร่างกายจนเป็นตัวเต็มวัยที่สมบูรณ์และมีการเติบโตขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงระยะหนึ่งจะชะลอการเติบโต

### เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ 18 ชั่วโมง

21.1 การสืบพันธุ์ของสัตว์	3 ชั่วโมง
21.2 การสืบพันธุ์ของมนุษย์	8 ชั่วโมง
21.3 การเจริญเติบโตของสัตว์	7 ชั่วโมง
<b>รวม</b>	<b>18 ชั่วโมง</b>



### เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนใส่เครื่องหมายถูก (✓) หรือผิด (×) หน้าข้อความตามความเข้าใจของนักเรียน

1. สัตว์สามารถสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้
2. การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ร่างกายจะได้เซลล์ลูกที่มีข้อมูลทางพันธุกรรมแตกต่างไปจากเซลล์เดิม
3. การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสัตว์เกิดจากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ซึ่งจะได้เซลล์ที่เป็นดิพลอยด์
4. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสสามารถเกิดขึ้นได้กับทุกเซลล์ในร่างกาย
5. สเปิร์มของมนุษย์มีโครโมโซมจำนวน 23 แท่ง
6. เมื่อเซลล์ไข่ปฏิสนธิกับสเปิร์มจะได้ไซโกต
7. ในระบบสืบพันธุ์ของมนุษย์ รังไข่ทำหน้าที่สร้างเซลล์ไข่และองคชาติทำหน้าที่สร้างสเปิร์ม
8. ลูกที่เกิดจากพ่อแม่เดียวกันจะมีลักษณะทางพันธุกรรมที่ต่างจากกันเป็นผลเนื่องจากการรวมของเซลล์ไข่และสเปิร์มในการปฏิสนธิเป็นไปอย่างสุ่ม
9. FSH กระตุ้นการเจริญของรังไข่และอันธะให้สร้างเซลล์สืบพันธุ์
10. เอ็มบริโอจะฝังตัวในมดลูกของแม่และได้รับสารอาหาร แก๊สออกซิเจน และแอนติบอดีจากแม่



## แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษารูปนำบทเกี่ยวกับการอัลตราซาวด์เพื่อติดตามการเจริญเติบโตของลูกในครรภ์ จากนั้นร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตในการสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ทั้งนี้ครูอาจใช้รูปการผสมพันธุ์หรือการเจริญเติบโตของสัตว์ชนิดอื่น ๆ ในการนำเข้าสู่บทเรียน เช่น การผสมพันธุ์ของแมลงปอ และเมทาโมอร์โฟซิสของผีเสื้อ โดยอาจใช้แนวคำถามดังนี้ **ถ้าสัตว์ไม่มีการสืบพันธุ์จะเกิดผลอย่างไร สัตว์มีการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยที่พร้อมจะสืบพันธุ์และให้ลูกหลานต่อไปได้อย่างไร**

จากการอภิปรายนักเรียนอาจมีคำตอบได้หลากหลาย โดยควรสรุปได้ว่าการสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตเป็นลักษณะเฉพาะของสิ่งมีชีวิต การสืบพันธุ์เป็นการเพิ่มจำนวนสิ่งมีชีวิตสืบสืบต่อกัน ถ้าสัตว์ไม่มีการสืบพันธุ์อาจจะทำให้สปีชีส์นั้นสูญพันธุ์ได้ สัตว์มีการเจริญเติบโตจนเกิดเป็นรูปร่างและโครงสร้างที่มีลักษณะเหมือนตัวเต็มวัยที่พร้อมจะสืบพันธุ์และให้ลูกหลานต่อไปได้ ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าการเจริญเติบโตเป็นการเพิ่มจำนวนและขนาดของเซลล์ มีการเปลี่ยนสภาพของเซลล์เพื่อทำหน้าที่เฉพาะอย่าง มีการเจริญของกลุ่มเซลล์จนเป็นเนื้อเยื่อ และมีการพัฒนาของอวัยวะต่าง ๆ ที่แน่นอนในสัตว์แต่ละสปีชีส์

จากนั้นครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบค้นข้อมูลว่าการสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของสัตว์มีกระบวนการอย่างไร ซึ่งนักเรียนอาจมีคำตอบได้หลากหลายและจะได้ศึกษาต่อไปในบทนี้

## 21.1 การสืบพันธุ์ของสัตว์

### จุดประสงค์การเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศในสัตว์

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับการสืบพันธุ์ของสัตว์ โดยอาจให้นักเรียนศึกษารูปหรือวิดีโอทัศน์การสืบพันธุ์ของสัตว์หลาย ๆ ชนิด และใช้คำถามดังนี้

- สัตว์แต่ละชนิดมีการสืบพันธุ์เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

### 21.1.1 การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของสัตว์ด้วยการแตกหน่อ การแบ่งแยกตัว และการงอกใหม่ แล้วร่วมกันอภิปรายโดยใช้รูป 21.1-21.3 เพื่อเปรียบเทียบลักษณะของสัตว์ตัวใหม่ที่ได้จากการสืบพันธุ์แบบต่างๆ โดยครูอาจให้นักเรียนศึกษาการแตกหน่อของไฮดราและการงอกใหม่ของพลาเนเรียจากตัวอย่างสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ จากนั้นตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



การสืบพันธุ์ด้วยการแตกหน่อแตกต่างจากการแบ่งแยกตัวอย่างไร



ในการสืบพันธุ์ด้วยการแตกหน่อ นั้น สัตว์ตัวใหม่ที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเล็กกว่าตัวเดิม ส่วนการแบ่งแยกตัว สัตว์ตัวเดิมจะแบ่งเซลล์และได้เป็นตัวใหม่ 2 ตัวที่มีขนาดใกล้เคียงกัน



สัตว์ที่มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศมีชนิดใดอีกบ้าง จงยกตัวอย่าง



ฟองน้ำ หนอนตัวแบน และดาวทะเล

ครูอาจถามคำถามเพิ่มเติม ดังนี้

- เพราะเหตุใดสัตว์ตัวใหม่ที่เกิดจากการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศจึงมีลักษณะรูปร่างและข้อมูลทางพันธุกรรมเหมือนกับสัตว์ตัวเดิมทุกประการ
- ✎ สัตว์ตัวใหม่เกิดจากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ทำให้เซลล์ทุกเซลล์ของสัตว์ตัวใหม่มีลักษณะรูปร่างและข้อมูลทางพันธุกรรมเหมือนกับสัตว์ตัวเดิมทุกประการ

จากนั้นครูอาจให้นักเรียนศึกษาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวเพื่อเปรียบเทียบกับ การสืบพันธุ์ของสัตว์ ซึ่งโดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

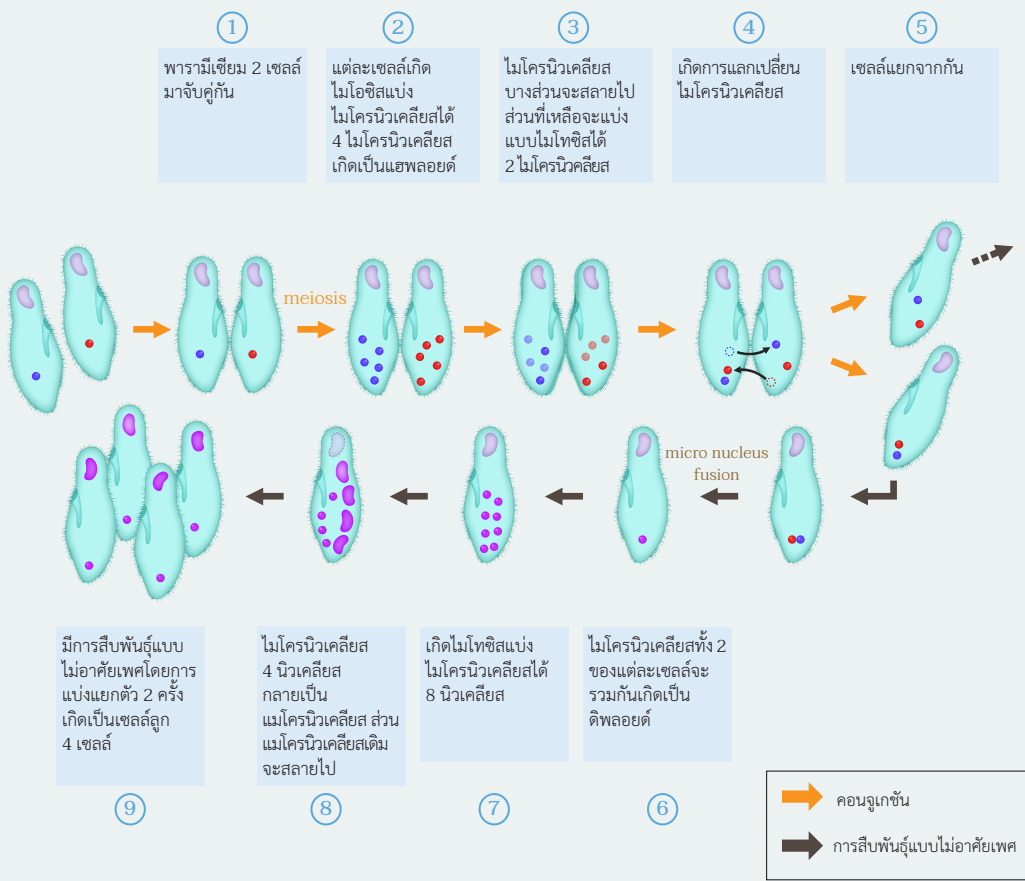
ครูให้นักเรียนอภิปรายและสรุปร่วมกันเกี่ยวกับความหมายและหลักการของการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่าการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเป็นการสืบพันธุ์ที่ไม่มีการรวมกันของเซลล์สืบพันธุ์ สัตว์จะมีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส รุ่นลูกจะมีลักษณะและข้อมูลทางพันธุกรรมที่เหมือนกับสัตว์ที่ให้กำเนิด โดยสัตว์แต่ละชนิดมีรูปแบบการสืบพันธุ์ที่แตกต่างกัน ได้แก่ การแตกหน่อ การแบ่งแยกตัว และการงอกใหม่

ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่าโดยทั่วไปสัตว์ที่สามารถสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้จะสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศได้ด้วย เช่น ไฮดราสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยสร้างอัมตะและรังไข่ซึ่งสร้างเซลล์สืบพันธุ์ และส่วนใหญ่จะเกิดในภาวะที่แห้งแล้งหรืออากาศเย็นจัดซึ่งไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต ส่วนพลาณาเรียมีอวัยวะสืบพันธุ์ทั้งสองเพศอยู่ในตัวเดียวกัน มีการปฏิสนธิข้ามตัว โดยพลาณาเรียจะจับคู่แลกเปลี่ยนสเปิร์มกัน สเปิร์มจะเคลื่อนไปตามท่อนำไข่แล้วเกิดการปฏิสนธิกับเซลล์ไข่ในท่อนำไข่



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

พารามีเซียมมีคอนจูเกชัน (conjugation) โดยจะมีการจับคู่กันและแลกเปลี่ยนไมโครนิวเคลียสที่เป็นแฮพลอยด์ จากนั้นจะมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศด้วยการแบ่งแยกตัวมี กระบวนการดังรูป



### 21.1.2 การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ

ครูนำเข้าสู่หัวข้อโดยการทบทวนความรู้เรื่องการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศที่มีการปฏิสนธิระหว่างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียจนได้เป็นไซโกต เอ็มบริโอ และเป็นตัวเต็มวัย โดยอาจใช้รูป 21.4 ประกอบ จากนั้นครูเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมโดยให้นักเรียนอภิปรายคำถามในหนังสือเรียนต่อไปนี้

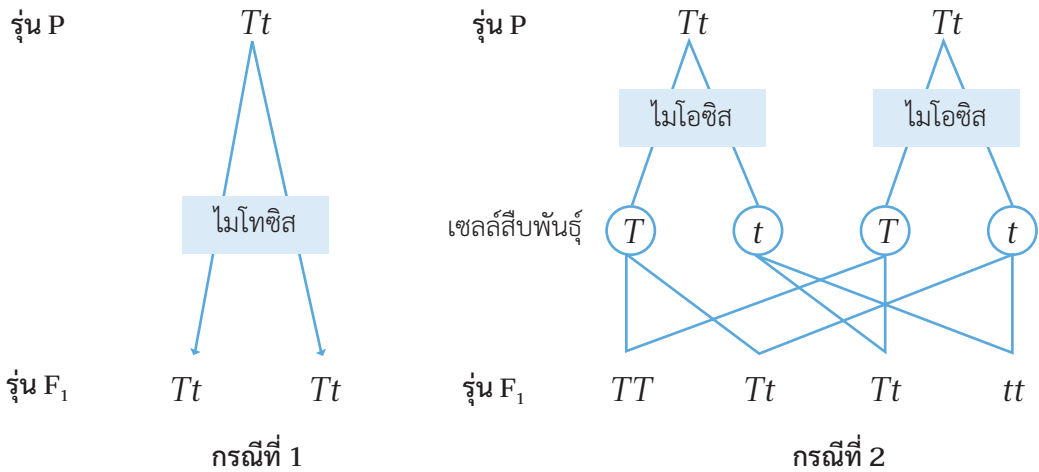
- ?** เพราะเหตุใดในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจึงได้ลูกที่มีลักษณะหลากหลายและแตกต่างจากพ่อและแม่ ความหลากหลายที่เกิดขึ้นนี้ส่งผลต่อการอยู่รอดของสัตว์ชนิดนั้นอย่างไร
- ✎** ในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ลูกเกิดจากการปฏิสนธิของเซลล์สืบพันธุ์จากพ่อและแม่ ซึ่งในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์มีการรวมกลุ่มอย่างอิสระของโครโมโซม รวมทั้งการปฏิสนธิเป็นไปอย่างสุ่ม ทำให้ลูกที่เกิดมีความหลากหลายทางพันธุกรรมและแปรผันไปจากพ่อและแม่ ลักษณะทางพันธุกรรมที่หลากหลายส่งผลให้สมาชิกของสัตว์ชนิดนี้มีโอกาสอยู่รอดมากขึ้นเมื่อมีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

จากนั้นครูอาจให้นักเรียนศึกษาจากกรณีศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรมของรุ่นลูกที่ได้จากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและแบบไม่อาศัยเพศ ดังนี้

ถ้าสัตว์ชนิดหนึ่งโดยปกติอาศัยในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียส กำหนดให้ลักษณะการทนต่ออุณหภูมิสูงเป็นลักษณะทางพันธุกรรม

โดย  $T$  แทนความสามารถในการทนต่ออุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ได้น้อยกว่า 15 วัน และ  $t$  แทนความสามารถในการทนต่ออุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ได้มากกว่า 15 วัน

- ถ้าสัตว์มีจีโนไทป์  $Tt$  และมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ จะได้รุ่นลูกที่มีจีโนไทป์และฟีโนไทป์เป็นอย่างไร
- ✎ เมื่อมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศมีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจะได้รุ่นลูกที่มีจีโนไทป์เป็น  $Tt$  ทั้งหมด และสามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้น้อยกว่า 15 วัน ดังรูปกรณีที่ 1
- ถ้าสัตว์มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศกับอีกตัวที่มีจีโนไทป์  $Tt$  จะได้รุ่นลูกมีจีโนไทป์และฟีโนไทป์เป็นอย่างไร
- ✎ เมื่อมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจะได้รุ่นลูกที่มีจีโนไทป์เป็น  $TT : Tt : tt$  ในอัตราส่วน  $1 : 2 : 1$  และสามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้น้อยกว่า 15 วัน และสามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้มากกว่า 15 วัน ในอัตราส่วน  $3 : 1$  ดังรูปกรณีที่ 2



- ถ้าสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ต่อเนื่องนานมากกว่า 15 วัน รุ่นลูกจากกรณีใดมีโอกาสรอดชีวิตมากกว่ากัน เพราะเหตุใด
- ✎ ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ต่อเนื่องนานมากกว่า 15 วัน รุ่นลูกจากกรณีที่ 2 มีโอกาสรอดชีวิตมากกว่า เนื่องจากมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศทำให้รุ่น  $F_1$  มีโอกาสมีจีโนไทป์  $tt$  ทำให้มีฟีโนไทป์ที่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้มากกว่า 15 วัน และหากมีการผสมพันธุ์แบบสุ่มไปเรื่อยๆ หลายๆ รุ่นก็จะมีสมาชิกของประชากรที่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้มากกว่า 15 วัน ในร้อยละที่สูงขึ้น ในขณะที่การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศให้รุ่นลูกที่มีจีโนไทป์เหมือนรุ่นพ่อแม่จึงไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้และมีโอกาสที่จะสูญพันธุ์

จากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและเปรียบเทียบการปฏิสนธิภายนอกกับการปฏิสนธิภายใน โดยใช้รูป 21.5-21.6 ประกอบ ซึ่งนักเรียนควรได้ข้อสรุปว่าการปฏิสนธิภายนอก สเปิร์มจะถูกปล่อยออกภายนอกและเกิดการปฏิสนธิภายนอกในร่างกายของสัตว์เพศเมีย มักพบในปลาส่วนใหญ่และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ส่วนการปฏิสนธิภายในสเปิร์มจะถูกปล่อยภายในร่างกายของสัตว์เพศเมียและเกิดการปฏิสนธิภายในร่างกาย พบในสัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ปีก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการสืบพันธุ์ของสัตว์ที่เป็นกะเทย เช่น พลานาเรีย หอยทาก และไส้เดือนดิน โดยใช้รูป 21.7 ประกอบ และเปรียบเทียบกับสัตว์แยกเพศ จากนั้นร่วมกันอภิปรายโดยใช้ตัวอย่างคำถามดังนี้

- เพราะเหตุใดสัตว์ที่เป็นกะเทยส่วนใหญ่จึงไม่สามารถผสมพันธุ์ในตัวเองได้ แต่จะมีการจับคู่และแลกเปลี่ยนเซลล์สืบพันธุ์ซึ่งกันและกัน มีผลดีต่อสัตว์อย่างไร
- ✎ เซลล์สืบพันธุ์ทั้ง 2 เพศที่อยู่ในสัตว์ตัวเดียวกันส่วนใหญ่จะเจริญไม่พร้อมกัน จึงไม่สามารถผสมพันธุ์ในตัวเองได้ ต้องจับคู่กันเพื่อแลกเปลี่ยนเซลล์สืบพันธุ์ เกิดผลดีคือทำให้ลักษณะของลูกมีความหลากหลาย ถ้ามีลักษณะที่เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมก็จะมีโอกาสดำรงชีวิตอยู่รอดและดำรงเผ่าพันธุ์ต่อไปได้

จากนั้นครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่กิจกรรม 21.1 โดยใช้คำถามดังนี้ สัตว์ต่าง ๆ มีกระบวนการสืบพันธุ์เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร และกระบวนการสืบพันธุ์นั้นมีความเหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสัตว์อย่างไร นักเรียนทำกิจกรรม 21.1 เพื่อศึกษาการสืบพันธุ์ของสัตว์



### กิจกรรม 21.1 การสืบพันธุ์ของสัตว์

#### จุดประสงค์

สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศในสัตว์

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

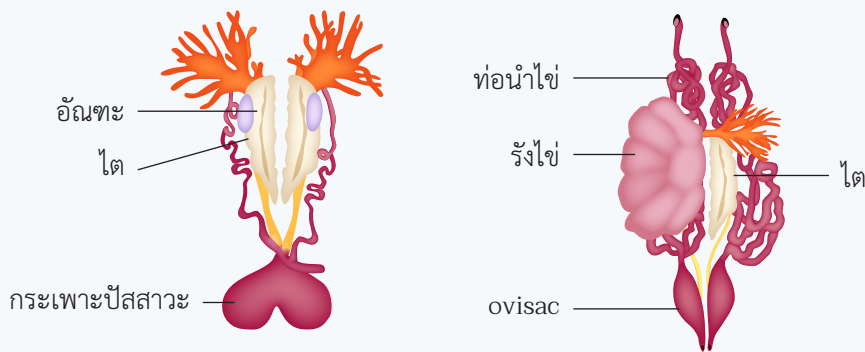
#### แนวการจัดกิจกรรม

ในการทำกิจกรรม ครูควรให้นักเรียนแบ่งกลุ่มและเลือกชนิดของสัตว์ที่สนใจอย่างหลากหลายโดยไม่ซ้ำกับกลุ่มอื่น ครูอาจแนะนำให้สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสัตว์ในท้องถิ่นหรือสัตว์ที่มีผลต่อเศรษฐกิจในชุมชน ในการสืบค้นข้อมูลควรแนะนำให้นักเรียนหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และรวบรวมข้อมูลจากหลาย ๆ แหล่ง การนำเสนอควรมีข้อมูลที่ครบถ้วนและมีรูปแบบที่สื่อสารได้ชัดเจนเข้าใจง่าย

#### ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างการรวบรวมข้อมูลการสืบพันธุ์ของสัตว์ที่นักเรียนสนใจ เช่น กบ

- **โครงสร้างของระบบสืบพันธุ์** การสืบพันธุ์ของกบเป็นแบบอาศัยเพศและมีการปฏิสนธิภายนอก โดยส่วนใหญ่กบเพศผู้จะมีขนาดเล็กกว่ากบเพศเมีย กบเพศผู้มีอัณฑะและมีโครงสร้างต่างๆ ที่นำสเปิร์มออกนอกร่างกาย กบเพศเมียมีรังไข่ ท่อนำไข่ ดังรูป



- **พฤติกรรมการจับคู่ผสมพันธุ์** กบจะเริ่มผสมพันธุ์ในช่วงต้นฤดูฝน กบมีพฤติกรรมกอดรัดกันระหว่างผสมพันธุ์ กบเพศผู้จะเกาะบนหลังกบเพศเมีย กบส่วนมากจะวางไข่ในน้ำ บางชนิดป้องกันดูแลไข่โดยเก็บไข่ไว้บนหลัง หรือบางชนิดวางไข่ไว้กับพืชน้ำ
- **วัฏจักรชีวิต** กบวางไข่ในน้ำโดยเฉพาะในแหล่งน้ำนิ่ง เมื่อมีการปฏิสนธิจะได้เป็นไซโกตแล้วเป็นเอ็มบริโอ เมื่อฟักออกมาจะเป็นลูกอ๊อดที่มีหางยาว ส่วนหัวโต แลกเปลี่ยนแก๊สโดยใช้เหงือก และดำรงชีวิตในน้ำ จากนั้นมีเมทาโมอร์โฟซิสเป็นลูกกบซึ่งจะเริ่มมีขาออกออกมาทางจะค้อยๆ เล็กและสั้นลง เริ่มมีการเจริญของปอด จากนั้นเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย ส่วนหางจะหดสั้นและหายไป แลกเปลี่ยนแก๊สโดยใช้ปอด และดำรงชีวิตทั้งบนบกและในน้ำ
- **จำนวนลูกที่เกิดในแต่ละรุ่น** กบวางไข่จำนวนประมาณ 2,500-3,000 ฟองต่อครั้ง อาจแตกต่างกันขึ้นกับสปีชีส์
- **อายุขัย** มีอายุขัยประมาณ 10-12 ปี อาจแตกต่างกันขึ้นกับสปีชีส์


หลังจากการนำเสนอการสืบพันธุ์ของสัตว์แต่ละชนิดตามประเด็นต่างๆ แล้ว ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อเปรียบเทียบการสืบพันธุ์ของสัตว์ที่นักเรียนสืบค้นมา โดยครูอาจจะระบุหัวข้อในการอภิปราย เช่น การสืบพันธุ์ การปฏิสนธิ ลักษณะของลูกที่ออก จำนวนไข่หรือจำนวนตัว ดังตัวอย่างในตาราง

ชนิดสัตว์	การสืบพันธุ์		การปฏิสนธิ		ลักษณะของลูก		จำนวนไข่หรือจำนวนตัว	
	ไม่อาศัยเพศ	อาศัยเพศ	ภายนอก	ภายใน	ไข่	ตัว	มาก	น้อย
ไฮดรา	✓	✓	-	✓	✓	-		✓
ผีเสื้อ	-	✓	-	✓	✓	-	✓	-
กบ	-	✓	✓	-	✓	-	✓	-
เต่า	-	✓	-	✓	✓	-	✓	-
เป็ด	-	✓	-	✓	✓	-	-	✓
แมว	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓

จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปการอภิปรายว่าสัตว์ต่าง ๆ มีการสืบพันธุ์เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร และเหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสัตว์นั้นอย่างไร


### เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

**?** สัตว์ที่มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศมีข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบกันอย่างไร


 สัตว์ที่มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศส่วนใหญ่เพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว สืบพันธุ์ได้โดยไม่ต้องมีการจับคู่เพื่อผสมพันธุ์ ไม่ต้องรอฤดูผสมพันธุ์ แต่ประชากรไม่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความอยู่รอดของประชากรเมื่อสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป ส่วนสัตว์ที่มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศส่วนใหญ่จะมีประชากรที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมส่งผลให้มีโอกาสอยู่รอดตามการคัดเลือกโดยธรรมชาติ แต่การให้กำเนิดลูกใช้เวลานานและขึ้นกับโอกาสในการปฏิสนธิ โดยทั่วไปมีการจับคู่เพื่อผสมพันธุ์ซึ่งต้องมีสิ่งแวดล้อมและเวลาที่เหมาะสม เอ็มบริโอต้องการสารอาหารที่สะสมในไข่แดงหรือจากแม่ผ่านทางรก มีการเลี้ยงดูจากแม่และพ่อ ทำให้มีโอกาสอยู่รอดได้มากขึ้น



**?** สัตว์ที่มีการปฏิสนธิภายนอกและการปฏิสนธิภายในมีการดำรงชีวิตในสิ่งแวดล้อมเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

 สัตว์ที่มีการปฏิสนธิภายนอก สเปิร์มจำเป็นต้องอาศัยน้ำในการเคลื่อนที่ไปผสมกับเซลล์ไข่ จึงพบสัตว์ที่มีการปฏิสนธิภายนอกอาศัยอยู่ในน้ำหรือมีการผสมพันธุ์ในน้ำหรือที่ชื้น ส่วนสัตว์ที่มีการปฏิสนธิภายใน สเปิร์มไม่จำเป็นต้องอาศัยน้ำจากสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจะพบว่า สัตว์ที่มีการปฏิสนธิภายในสามารถอาศัยอยู่ในน้ำหรือบนบก

**?** เมื่อเปรียบเทียบสัตว์ที่มีการปฏิสนธิภายนอกกับสัตว์ที่มีการปฏิสนธิภายใน จำนวนไข่ และการอยู่รอดของลูกแตกต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด

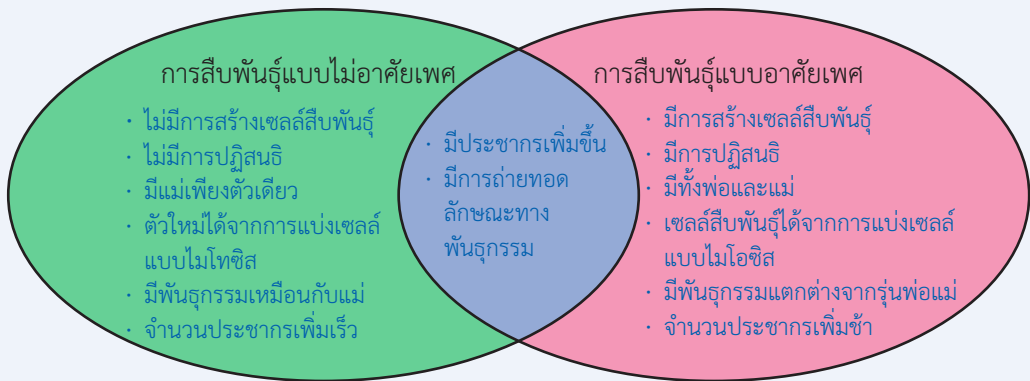
 ในการปฏิสนธิภายนอก สเปิร์มจะเคลื่อนที่ไปหาเซลล์ไข่ ซึ่งในระหว่างนั้นอาจมีปัจจัยหลายประการที่ทำให้สเปิร์มไม่มีโอกาสไปผสมกับเซลล์ไข่ที่เพศเมียปล่อยออกมาได้ เซลล์ไข่จึงไม่ได้รับการปฏิสนธิ และแม้ว่าเซลล์ไข่ได้รับการปฏิสนธิแล้วเจริญเป็นตัวอ่อนก็อาจจะเป็นอาหารของสัตว์อื่น ๆ ได้ สัตว์เหล่านี้จึงต้องวางไข่จำนวนมาก ๆ เพื่อให้มีโอกาสได้รับการผสมและเพื่อการอยู่รอดของเผ่าพันธุ์ ส่วนกลุ่มที่มีการปฏิสนธิภายในและออกลูกเป็นตัวมีข้อจำกัดในการตั้งครรภ์ ลูกวัยอ่อนเจริญอยู่ในตัวแม่จึงจำเป็นต้องมีลูกจำนวนน้อย และแม่มักจะเป็นผู้คุ้มภัยให้กับลูกวัยอ่อนด้วย จึงทำให้ลูกวัยอ่อนสามารถมีชีวิตอยู่รอดได้มากกว่าพวกที่ปฏิสนธิภายนอก ส่วนสัตว์ที่ปฏิสนธิภายในและออกลูกเป็นไข่ เช่น เต่า จะมีการวางไข่จำนวนมากในแต่ละครั้ง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์ที่ปฏิสนธิภายนอกแล้ว จำนวนไข่ก็ยังน้อยกว่า

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับการสืบพันธุ์ของสัตว์ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการสืบพันธุ์ของสัตว์มีทั้งการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศอาจมีการปฏิสนธิภายนอกหรือการปฏิสนธิภายใน สัตว์บางชนิดมี 2 เพศในตัวเดียวกัน แต่การผสมพันธุ์ส่วนใหญ่จะผสมข้ามตัว ทั้งนี้สัตว์ต่าง ๆ มีการสืบพันธุ์ที่แตกต่างกัน โดยสัตว์กลุ่มเดียวกันมีการสืบพันธุ์ในรูปแบบที่คล้ายกัน และการสืบพันธุ์ของสัตว์ชนิดต่าง ๆ มีความเหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสัตว์ชนิดนั้น



### ตรวจสอบความเข้าใจ

? จงสรุปและเปรียบเทียบการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของสัตว์ลงในแผนภาพ



### แนวการวัดและประเมินผล

#### ด้านความรู้

- การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัด และการทำแบบทดสอบ

#### ด้านทักษะ

- การจำแนกประเภทและการลงความเห็นจากข้อมูล จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการทำกิจกรรม
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอ และการทำกิจกรรม

#### ด้านจิตวิทยาาสตร์/เจตคติ

- ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน

## 21.2 การสืบพันธุ์ของมนุษย์

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล และอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์เพศชายและระบบสืบพันธุ์เพศหญิง
2. อธิบายกระบวนการสร้างสเปิร์ม กระบวนการสร้างเซลล์ไข่ และการปฏิสนธิในมนุษย์
3. อธิบายความสัมพันธ์ของการตกไข่และการมีประจำเดือนกับการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนในเพศหญิง







### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับการสืบพันธุ์ของมนุษย์ โดยใช้ตัวอย่างคำถามดังนี้


- การสืบพันธุ์ของมนุษย์เหมือนกับสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดอื่นอย่างไร  
✎ เหมือนกัน คือ มีการสืบพันธุ์เป็นแบบอาศัยเพศมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศชายและเซลล์สืบพันธุ์เพศหญิง มีการปฏิสนธิภายใน และออกลูกเป็นตัว
- อวัยวะที่ทำหน้าที่สร้างสเปิร์มและเซลล์ไข่คืออะไร  
✎ อวัยวะที่ทำหน้าที่สร้างสเปิร์มคืออัณฑะ และอวัยวะที่ทำหน้าที่สร้างเซลล์ไข่คือรังไข่
- กระบวนการสร้างสเปิร์มและกระบวนการสร้างเซลล์ไข่เหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร  
✎ คำตอบของนักเรียนอาจมีได้หลากหลาย ซึ่งนักเรียนใช้ความรู้พื้นฐานเชื่อมโยงกับเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม และระบบสืบพันธุ์ที่นักเรียนได้ศึกษามาแล้ว ครูอาจยังไม่เฉลยคำตอบ ซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษาในเรื่องการสืบพันธุ์ของมนุษย์ แล้วให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจอีกครั้งท้ายเรื่อง

### 21.2.1 ระบบสืบพันธุ์เพศชาย

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของระบบสืบพันธุ์เพศชาย โดยใช้รูป 21.8 ในหนังสือเรียน ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่าอวัยวะสืบพันธุ์ของเพศชายประกอบด้วยอวัยวะทำหน้าที่สร้างสเปิร์มและฮอร์โมนเพศชาย และมีโครงสร้างอื่นๆ ที่ทำหน้าที่ลำเลียงสเปิร์ม สร้างน้ำเลี้ยงอสุจิ และสารหล่อลื่นที่อู่ปัสสาวะ และให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

-  สเปิร์มที่สร้างจากหลอดสร้างอสุจิเคลื่อนออกนอกร่างกายโดยผ่านโครงสร้างใดบ้าง
-  หลอดสร้างอสุจิ → หลอดเก็บอสุจิ → หลอดนำอสุจิ → ท่อปัสสาวะ → ออกนอกร่างกาย
-  อวัยวะเจริญภายในช่องท้องและก่อนคลอดจะเคลื่อนมาอยู่ในถุงอัณฑะ ถ้าอวัยวะไม่เคลื่อนมาอยู่ในถุงอัณฑะจะมีผลอย่างไร
-  โดยปกติอุณหภูมิในถุงอัณฑะจะต่ำกว่าอุณหภูมิในช่องท้องประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส ถ้าอวัยวะไม่เคลื่อนมาอยู่ในถุงอัณฑะ อุณหภูมิในช่องท้องจะสูงเกินไปจึงไม่เหมาะสมกับการสร้างสเปิร์ม และผู้ที่มีอวัยวะเคลื่อนมาอยู่ในถุงอัณฑะเพียงข้างเดียวจะสร้างสเปิร์มได้จำนวนน้อยกว่าปกติ
-  ของเหลวที่หลังจากต่อมต่างๆ ในระบบสืบพันธุ์เพศชายช่วยในการลำเลียงสเปิร์มเข้าสู่ระบบสืบพันธุ์เพศหญิงอย่างไร
-  ของเหลวจากต่อมคาวเปอร์ช่วยหล่อลื่นและลดความเป็นกรดภายในท่อปัสสาวะของเพศชาย ของเหลวจากต่อมสร้างน้ำเลี้ยงอสุจิเป็นแหล่งพลังงานของสเปิร์ม และของเหลวจากต่อมลูกหมากมีสมบัติเป็นเบสช่วยให้สเปิร์มสามารถเคลื่อนที่และอยู่รอดได้เมื่อเข้าสู่ช่องคลอดที่มีสภาพเป็นกรด

จากนั้นครูอาจอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของระบบสืบพันธุ์เพศชาย รวมทั้งเส้นทางลำเลียงสเปิร์มในระบบสืบพันธุ์เพศชาย โดยอาจใช้แอนิเมชันหรือแบบจำลองระบบสืบพันธุ์เพศชายประกอบ แล้วให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและอภิปรายคำถามเพิ่มเติมดังนี้

- ก่อนที่สเปิร์มจะออกนอกร่างกาย จะไปรวมกับของเหลวเป็นน้ำอสุจิ ของเหลวนี้นี้สร้างจากต่อมใดบ้าง
-  ต่อมสร้างน้ำเลี้ยงอสุจิ ต่อมลูกหมาก และต่อมคาวเปอร์

- ถ้าต่อมลูกหมากโตผิดปกติจะเกิดอะไรขึ้น
    - ✎ ต่อมลูกหมากอาจจะไปเบียดท่อปัสสาวะ ส่งผลให้เกิดอาการปัสสาวะขัด
  - ถ้าการทำงานของต่อมคาเวนเดอร์ผิดปกติจะเกิดอะไรขึ้น
    - ✎ ท่อปัสสาวะของเพศชายจะมีความเป็นกรด ทำให้ไม่เหมาะสมกับการอยู่รอดของสเปิร์ม
  - การทำหมันในเพศชายโดยการตัดและผูกท่อนำอสุจิทั้งสองข้างจะส่งผลอย่างไร
    - ✎ ส่งผลให้สเปิร์มที่สร้างจากหลอดสร้างอสุจิไม่สามารถเคลื่อนที่ไปยังท่อปัสสาวะได้ น้ำอสุจิจะไม่มีสเปิร์ม ทำให้เป็นหมัน
  - ถ้าผู้ชายคนหนึ่งป่วยเป็นไขมีอุณหภูมิของร่างกายสูงกว่าปกติหลายวันจะมีผลต่อการสร้างสเปิร์มหรือไม่ อย่างไร
    - ✎ อุณหภูมิของร่างกายสูงกว่าปกติหลายวันไม่มีผลต่อการสร้างสเปิร์มเพราะอณูจะอยู่ในถุงอัณฑะ ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าภายในร่างกาย และเมื่อระดับอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง อณูจะเกิดการหดตัวหรือคลายตัวเพื่อให้อณูทะลุเข้าใกล้ลำตัวหรือห่างจากลำตัวมากขึ้น เป็นการช่วยรักษาอุณหภูมิของอณูให้พอเหมาะได้
  - ถ้าผู้ชายมีจำนวนสเปิร์มในน้ำอสุจิน้อยกว่าปกติมีผลต่อการสืบพันธุ์อย่างไร
    - ✎ อาจส่งผลให้เกิดภาวะการมีบุตรยากในเพศชาย โดยค่ามาตรฐานในการตรวจภาวะการมีบุตรยากในเพศชายคือผู้ชายปกติจะมีสเปิร์มมากกว่า 15 ล้านเซลล์ต่อมิลลิลิตร\* ส่วนผู้ชายที่มีสเปิร์มน้อยกว่า 15 ล้านเซลล์ต่อมิลลิลิตรจะมีบุตรยาก
- \* ที่มา: Cooper, T.G., Noonan, E., von Eckardstein, S., Auger, J., Baker, H. W., Behre, H.M., Haugen, T. B., Kruger, T., Wang, C., Mbizvo, M. T., Vogelsong, K. M., (2010). World Health Organization reference values for human semen characteristics. **Human Reproduction Update**, 16 (3), 231–245.

ครูให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของระบบสืบพันธุ์เพศชาย นักเรียนควรสรุปได้ว่าอวัยวะสืบพันธุ์ของเพศชายประกอบด้วย อัณฑะทำหน้าที่สร้างสเปิร์มและฮอร์โมนเพศชาย และมีโครงสร้างอื่นๆ ที่ทำหน้าที่ลำเลียงสเปิร์ม สร้างน้ำเลี้ยงสเปิร์ม ของเหลวหล่อลื่นท่อปัสสาวะ และลดความเป็นกรดภายในท่อปัสสาวะ

## กระบวนการสร้างสเปิร์ม

ก่อนเข้าสู่หัวข้อกระบวนการสร้างสเปิร์ม ครูควรทบทวนความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสโดยใช้แผนภาพที่แสดงขั้นตอนและจำนวนโครโมโซม โดยครูอาจใช้คำถามตรวจสอบความรู้ก่อนเรียนของนักเรียนดังนี้

- เพราะเหตุใดในกระบวนการสร้างสเปิร์มจึงต้องมีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส
- ✎ เซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะมีโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่งของเซลล์เริ่มต้น เมื่อสเปิร์มรวมกับเซลล์ไข่จะได้ไซโกตที่มีโครโมโซมเท่ากับเซลล์ร่างกาย

ดังนี้

ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการสร้างสเปิร์ม โดยอาจใช้คำถาม

- การสร้างสเปิร์มมีกระบวนการอย่างไร เกิดขึ้นที่ใด
- ผู้ชายเริ่มมีการสร้างสเปิร์มเมื่อใด และสามารถสร้างได้ตลอดอายุขัยหรือไม่
- สเปิร์มมีรูปร่างอย่างไร สร้างได้จำนวนเท่าใด
- รูปร่างและจำนวนของสเปิร์มมีผลต่อการเคลื่อนที่ในระบบสืบพันธุ์เพศหญิงและการปฏิสนธิอย่างไร

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับโครงสร้างของสเปิร์มและกระบวนการสร้างสเปิร์มจากรูป 21.9 และ 21.10 ในหนังสือเรียน หรือแอนิเมชันแสดงกระบวนการสร้างสเปิร์ม จากนั้นตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้


**?** สเปอร์มาโทไซต์ระยะแรกและสเปอร์มาโทไซต์ระยะที่สองมีจำนวนโครโมโซมแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

✎ แตกต่างกัน โดยสเปอร์มาโทไซต์ระยะแรกเป็นดิพลอยด์มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับเซลล์ร่างกาย ส่วนสเปอร์มาโทไซต์ระยะที่สองเกิดจากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส I เป็นแฮพลอยด์มีจำนวนโครโมโซมเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกาย


**?** ถ้ามีสเปอร์มาโทไซต์ระยะแรกจำนวน 400 เซลล์จะสร้างสเปิร์มได้ที่เซลล์

✎ สร้างสเปิร์มได้ 1,600 เซลล์

? การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสในกระบวนการสร้างสเปิร์มส่งผลให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรมในรุ่นลูกอย่างไร

 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสในกระบวนการสร้างสเปิร์มเกิดโครตซิงโอเวอร์ในระยะโพรเฟส I และมีการแยกออกจากกันของโฮมอโลกัสโครโมโซมและมีการรวมกลุ่มอย่างอิสระ ซึ่งส่งผลให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรมในรุ่นลูก

? สเปิร์มมีโครงสร้างที่เหมาะสมต่อการทำหน้าที่อย่างไร

 สเปิร์มมีส่วนหัวที่มีนิวเคลียสนำสารพันธุกรรม ปลายของส่วนหัวมีอะโครโซมซึ่งมีเอนไซม์สำหรับย่อยเยื่อหุ้มเซลล์ไข่ ลำตัวมีไมโทคอนเดรียจำนวนมากสำหรับสร้างพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนที่ และส่วนหางคือแฟลเจลลัมที่ไมโครทิวบูลช่วยในการเคลื่อนที่

ครูให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปว่ากระบวนการสร้างสเปิร์มเกิดภายในหลอดสร้างอสุจิของอันทะ เริ่มต้นจากสเปอร์มาโทโกเนียมแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้สเปอร์มาโทโกเนียมจำนวนมากแล้วพัฒนาเป็นสเปอร์มาโทไซต์ระยะแรก โดยสเปอร์มาโทไซต์ระยะแรกจะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส I ได้เป็นสเปอร์มาโทไซต์ระยะที่สองซึ่งจะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส II ได้สเปอร์มาทิตตามลำดับ จากนั้นเปลี่ยนสภาพเป็นสเปิร์ม

### 21.2.2 ระบบสืบพันธุ์เพศหญิง

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของระบบสืบพันธุ์เพศหญิงโดยใช้รูป 21.11 ในหนังสือเรียน ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่าอวัยวะสืบพันธุ์ของเพศหญิงประกอบด้วย รังไข่ ท่อนำไข่ มดลูก และช่องคลอด โดยรังไข่ทำหน้าที่สร้างเซลล์ไข่และฮอร์โมนเพศหญิง มดลูกมีเอนโดเมเทรียมที่เป็นบริเวณที่มีการฝังตัวของเอ็มบริโอ ครูอาจใช้วิดีโอทัศน์หรือแบบจำลองระบบสืบพันธุ์เพศหญิงประกอบการอธิบายเพิ่มเติม

ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการสร้างเซลล์ไข่โดยอาจใช้คำถามดังนี้

- กระบวนการสร้างเซลล์ไข่เริ่มเกิดขึ้นเมื่อใด เกิดขึ้นที่อวัยวะใด
- ในช่วงที่มีการตกไข่ โอโอไซต์ระยะที่สองอยู่ในระยะใดของการแบ่งเซลล์
- การเปลี่ยนแปลงของโอโอไซต์ระยะที่สองเมื่อมีการปฏิสนธิและไม่มีการปฏิสนธิแตกต่างกันอย่างไร
- ในแต่ละรอบประจำเดือน ฟอลลิเคิลมีการเจริญอย่างไร

### กระบวนการสร้างเซลล์ไข่

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับกระบวนการสร้างเซลล์ไข่จากรูป 21.12 ในหนังสือเรียน หรือแอนิเมชันแสดงกระบวนการสร้างเซลล์ไข่ จากนั้นตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



แต่ละเซลล์ของโอโอไซต์ระยะแรกมีข้อมูลทางพันธุกรรมเหมือนหรือแตกต่างกัน เพราะเหตุใด



แต่ละเซลล์ของโอโอไซต์ระยะแรกมีข้อมูลทางพันธุกรรมเหมือนกัน เพราะเป็นเซลล์ที่เกิดจากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของโอโอโกเนียม จากนั้นจะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสและจะหยุดอยู่ที่ระยะโพรเฟส I โดยแต่ละเซลล์ยังคงเป็นดิพลอยด์



โดยปกติเพศหญิงในช่วงวัยเจริญพันธุ์จะมีการตกไข่ครั้งละ 1 เซลล์ต่อรอบประจำเดือน ถ้าผู้หญิงคนหนึ่งเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรกเมื่ออายุ 12 ปีและประจำเดือนหมดเมื่ออายุ 50 ปี



ผู้หญิงคนนี้จะมีการตกไข่ทั้งหมดประมาณกี่เซลล์



สเปิร์มและเซลล์ไข่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร และจำนวนเซลล์ที่สร้างในแต่ละครั้งมีจำนวนแตกต่างกันอย่างไร



ขอเปรียบเทียบระหว่างสเปิร์มและเซลล์ไข่สรุปได้ดังนี้

สเปิร์ม	เซลล์ไข่
1. มีขนาดเล็ก	1. มีขนาดใหญ่
2. รูปร่างมีส่วนหัว ลำตัว และหาง	2. รูปร่างกลม
3. สร้างได้ตลอดเวลาและหลังออกมามีครั้งละประมาณ 300-500 ล้านเซลล์	3. ในแต่ละรอบประจำเดือน สร้างได้ 1 เซลล์
4. เคลื่อนที่ได้	4. เคลื่อนที่เองไม่ได้
5. สเปิร์มมาโทไซต์ระยะแรก 1 เซลล์ จะได้สเปิร์ม 4 เซลล์	5. โอโอไซต์ระยะแรก 1 เซลล์ จะได้เซลล์ไข่ 1 เซลล์
6. มีจำนวนโครโมโซม 1 ชุด	6. มีจำนวนโครโมโซม 1 ชุด



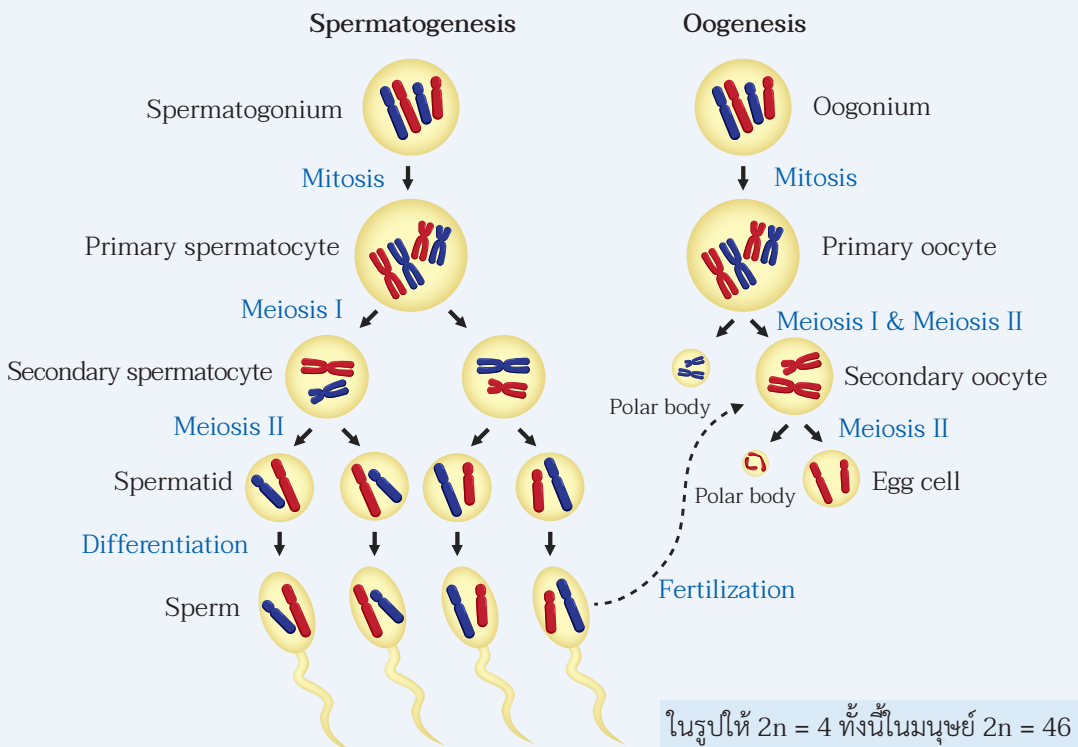
ครูให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปเกี่ยวกับกระบวนการสร้างเซลล์ไข่และการเจริญของฟอลลิเคิลในรังไข่จากการสืบค้นข้อมูลและร่วมกันอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่ากระบวนการสร้างเซลล์ไข่เริ่มจากโอโอโกเนียมแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส I และจะหยุดอยู่ที่ระยะโพรเฟส I ได้เป็นโอโอไซต์ระยะแรก เมื่อเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์จึงแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส I ต่อและตามด้วยไมโอซิส II แล้วหยุดที่ระยะเมทาเฟส II ได้เป็นโอโอไซต์ระยะที่สอง ซึ่งจะเกิดการตกไข่ต่อไป เมื่อได้รับการกระตุ้นจากสเปิร์ม โอโอไซต์ระยะที่สองจะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส II ต่อจนเสร็จ แล้วพัฒนาเป็นเซลล์ไข่ โดยฟอลลิเคิลจะค่อย ๆ เจริญจนมีการตกไข่แล้วจะกลายเป็นคอร์ปัสลูเทียม ทั้งนี้กระบวนการสร้างเซลล์ไข่และการเจริญของฟอลลิเคิลในรังไข่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นวงจร



### ตรวจสอบความเข้าใจ

? เขียนแผนภาพเพื่อแสดงกระบวนการสร้างสเปิร์มและกระบวนการสร้างเซลล์ไข่ จากนั้นเปรียบเทียบและสรุปว่ากระบวนการทั้งสองมีความแตกต่างกันอย่างไร

✎ นักเรียนอาจเขียนแผนภาพได้หลากหลาย ดังตัวอย่างแนวคำตอบต่อไปนี้



ผลการเปรียบเทียบและสรุปความแตกต่างของกระบวนการสร้างสเปิร์มและกระบวนการสร้างเซลล์ไข่มีดังนี้

- ในการสร้างสเปิร์ม สเปอร์มาโทไซต์ระยะแรก 1 เซลล์ จะได้สเปิร์ม 4 เซลล์ แต่ในการสร้างเซลล์ไข่มีการแบ่งไซโทพลาซึมไม่เท่ากัน โดยโอโอไซต์ระยะแรก 1 เซลล์จะได้เซลล์ไข่ 1 เซลล์ ส่วนโพลาร์บอดีจะสลายไป
- ขั้นตอนในการแบ่งเซลล์สร้างสเปิร์มเกิดอย่างต่อเนื่อง แต่ในการสร้างเซลล์ไข่จะหยุดเป็นช่วง คือ โอโอไซต์ระยะแรกหยุดอยู่ที่โพรเฟส I และโอโอไซต์ระยะที่สองหยุดที่เมทาเฟส II และจะสร้างเซลล์ไข่ได้เมื่อสเปิร์มเจาะโอโอไซต์ระยะที่สอง
- ในการสร้างสเปิร์มจะเกิดขึ้นตั้งแต่ช่วงวัยรุ่นจนตลอดชีวิตได้สเปิร์มจำนวนมาก แต่การสร้างเซลล์ไข่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสสิ้นสุดตั้งแต่อ่อนเกิด และจะสร้างเซลล์ไข่ในระยะโอโอไซต์ระยะที่สองรอบประจำเดือนละ 1 เซลล์ ตั้งแต่วัยรุ่นจนถึงอายุประมาณ 50 ปี

### ฮอโมนกับระบบสืบพันธุ์เพศหญิง

ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับการทำงานของฮอโมนที่มีผลต่อระบบสืบพันธุ์เพศหญิง โดยอาจใช้คำถามเพื่อนำการอภิปรายดังนี้

- FSH และ LH หลังจากที่ได้ และควบคุมการทำงานของอวัยวะเพศอย่างไร
- ไฮโปทาลามัสมีการควบคุมการหลั่ง FSH และ LH จากต่อมใต้สมองส่วนหน้าอย่างไร
- ฮอโมนเพศหญิงมีชื่อว่าอะไร หลังจากที่ได้ และควบคุมการทำงานของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์อย่างไร




จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับฮอโมนกับระบบสืบพันธุ์เพศหญิง โดยใช้รูป 21.13 ในหนังสือเรียน และใช้แอนิเมชันแสดงการเปลี่ยนแปลงของฮอโมนกับการตกไข่ประกอบการอธิบายเพื่อให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการมากขึ้น แล้วร่วมกันอภิปรายคำถามต่อไปนี้

- การเปลี่ยนแปลงในรังไข่และมดลูกสัมพันธ์กันอย่างไร
- ฮอโมนส่งผลต่อการตกไข่และการมีประจำเดือนอย่างไร



ipst.me/10800

ครูให้ความรู้เกี่ยวกับการทำงานของ FSH LH อีสโตรเจน และโปรเจสเทอโรนที่มีผลต่อการเจริญของฟอลลิเคิลในรังไข่และการเปลี่ยนแปลงของผนังมดลูกซึ่งเกิดขึ้นเป็นวงจรทุกรอบประจำเดือนแล้วให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

- ?** จากรูป 21.13 ในช่วงที่มีปริมาณอีสโตรเจนสูงที่สุด กระบวนการสร้างเซลล์ไข่ในรังไข่อยู่ในระยะใด และเอนโดมีเทรียมมีลักษณะอย่างไร
-  อยู่ในระยะที่เป็นโอเอสโตรระยะที่สองพร้อมที่จะตกไข่ และเอนโดมีเทรียมมีลักษณะหนากว่าช่วงหลังการมีประจำเดือน แต่ไม่หนาที่สุด
- ?** จากรูป 21.13 ในระยะหลังการตกไข่ รังไข่จะผลิตฮอร์โมนชนิดใดในปริมาณสูงที่สุด และเอนโดมีเทรียมมีลักษณะอย่างไร
-  ฮอร์โมนที่รังไข่ผลิตได้สูงสุดในระยะหลังการตกไข่คือโปรเจสเทอโรน และเอนโดมีเทรียมมีลักษณะหนาขึ้นเพื่อเตรียมพร้อมรับการฝังตัวของเอ็มบริโอ
- ?** LH มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของรังไข่อย่างไร
-  LH กระตุ้นฟอลลิเคิลที่เจริญเต็มที่ให้เกิดการตกไข่ และกระตุ้นคอร์ปัสลูเทียมให้หลังโปรเจสเทอโรนและอีสโตรเจน

จากนั้นครูอาจตั้งคำถามเพิ่มเติมให้นักเรียนวิเคราะห์เกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นในรอบประจำเดือน การเจริญของฟอลลิเคิลในรังไข่ การเปลี่ยนแปลงของผนังมดลูก และการควบคุมโดยฮอร์โมนในวันที่มีการตกไข่ วันที่มีโอกาสเกิดการปฏิสนธิ วันที่ไม่มีโอกาสเกิดการปฏิสนธิ และวันที่มีประจำเดือน

ครูให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปเกี่ยวกับฮอร์โมนกับระบบสืบพันธุ์เพศหญิง ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่าการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศหญิงในรังไข่เกิดขึ้นเป็นวงจรทุกรอบประจำเดือน เกิดขึ้นพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงของผนังมดลูกเพื่อพร้อมที่จะรับการฝังตัวของเอ็มบริโอ โดยควบคุมด้วยฮอร์โมนและระบบประสาท เริ่มจาก FSH และ LH กระตุ้นให้มีการเจริญของฟอลลิเคิล อีสโตรเจนที่สร้างจากฟอลลิเคิลส่งผลให้มีการหลั่ง LH ในระดับสูงซึ่งไปกระตุ้นให้เกิดการตกไข่ พร้อมทั้งจะเกิดการปฏิสนธิ จากนั้นคอร์ปัสลูเทียมจะสร้างโปรเจสเทอโรนไปกระตุ้นให้เอนโดมีเทรียมหนาขึ้น หากไม่มีการปฏิสนธิ เอนโดมีเทรียมจะสลายและหลุดลอกเกิดเป็นประจำเดือน โดยครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมว่าจำนวนวันรอบประจำเดือนของแต่ละคนจะแตกต่างกันไปอยู่ในช่วง 20-40 วัน อาจไม่ใช่ 28 วัน ทั้งนี้ในแต่ละรอบประจำเดือนก็อาจเปลี่ยนแปลงไปขึ้นกับสภาพร่างกายในระยะเวลานั้น

ครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับฮอร์โมนในระหว่างการตั้งครรภ์ว่ารกเป็นแหล่งสำคัญในการหลั่ง hCG โพรเจสเตอโรน และอีสโตรเจน โดย hCG จะไปกระตุ้นให้คอร์ปัสลูเทียมหลั่งโพรเจสเตอโรน และอีสโตรเจนในช่วงแรกของการตั้งครรภ์ ในระหว่างสัปดาห์ที่ 7-17 ของการตั้งครรภ์คอร์ปัสลูเทียมจะสลายและรกจะทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนเป็นหลัก

จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 21.2 เพื่อสังเกตลักษณะของเซลล์ในระยะต่างๆ จากอันธะและรังไข่ของหนู พร้อมทั้งสังเกตโครงสร้างมดลูกและรังไข่ของหนู



### กิจกรรม 21.2 โครงสร้างของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์ของสัตว์

#### จุดประสงค์

1. สังเกตและระบุชื่อของเซลล์ในระยะต่างๆ ในกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์
2. เปรียบเทียบรูปร่างลักษณะของสเปิร์มและเซลล์ไข่
3. สังเกตและระบุโครงสร้างในมดลูกและรังไข่ของหนู

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

#### วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. สไลด์ถาวรตัดตามขวางของอันธะและรังไข่ของหนู*	1 ชุด
2. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	1 กล้อง
3. มดลูกและรังไข่ของหนู	1 อัน
4. เครื่องมือผ่าตัด	1 ชุด
5. ภาชนะตัด	1 ภาชนะ
6. ถ้วยมือยาง	ตามจำนวนนักเรียน

\* สไลด์ถาวรตัดตามขวางของอันธะและรังไข่ของหนูมีจำหน่ายที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

### การเตรียมล่วงหน้า

ครูเตรียมซึ่มดลูกของหมูที่ตลาดหรือร้านค้าไว้ล่วงหน้า ซึ่งทั่วไปนิยมเรียกว่าไส้ตัน ทั้งนี้การจัดกิจกรรมควรคำนึงว่าไม่ขัดต่อศาสนาของนักเรียน

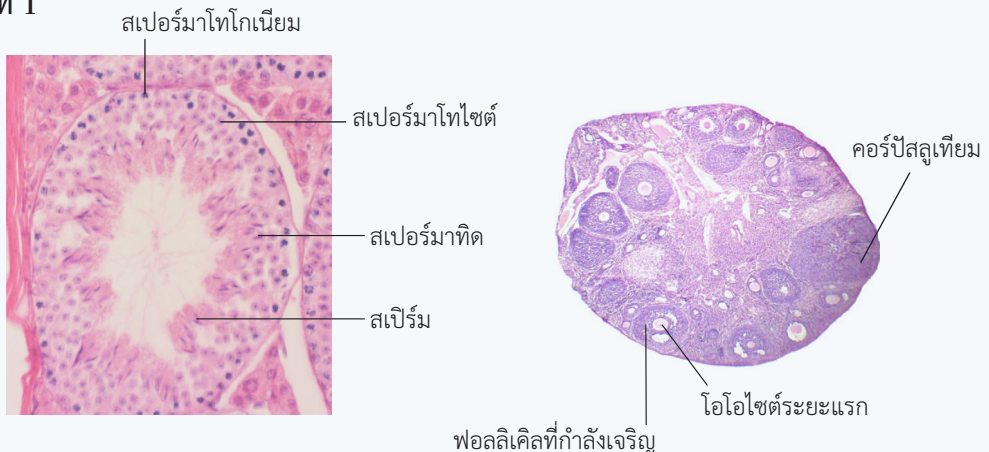
### แนวการจัดกิจกรรม

ในตอนต้นที่ 1 ครูให้นักเรียนสังเกตรูปร่างและระบุชื่อของเซลล์ในระยะต่างๆ จากสไลด์ถาวรตัดตามขวางของอวัยวะและรังไข่ของหนูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยให้เปรียบเทียบกับรูป 21.10 และ 21.12 ในหนังสือเรียน ครูอาจให้นักเรียนทำกิจกรรมในระหว่างที่ศึกษาเรื่องกระบวนการสร้างสเปิร์มและเซลล์ไข่

ในตอนต้นที่ 2 ครูให้นักเรียนสังเกตลักษณะลักษณะภายนอกเพื่อระบุรังไข่ ท่อนำไข่ มดลูก และช่องคลอด จากนั้นให้สังเกตจำนวนและลักษณะของฟอลลิเคิลที่บริเวณรังไข่ของหมู ซึ่งจะพบว่าฟอลลิเคิลมีลักษณะกลมแต่มีขนาดต่างๆ โดยฟอลลิเคิลที่เจริญจะมีขนาดประมาณ 5-10 มิลลิเมตร โดยหมูจะมีการตกไข่ครั้งละประมาณ 10-20 เซลล์ ในช่วงที่มีการเป็นสัด (estrus) เมื่อมีการตกไข่และปฏิสนธิแต่ละเอ็มบริโอจะฝังตัวตามผนังของมดลูกที่มีลักษณะเป็นท่อยาว ซึ่งหมูจะมีลูกแต่ละครอกประมาณ 8-12 ตัว แตกต่างจากมนุษย์ที่มีการตกไข่เพียง 1 เซลล์ในแต่ละครั้ง และมีลูกเพียง 1 คน

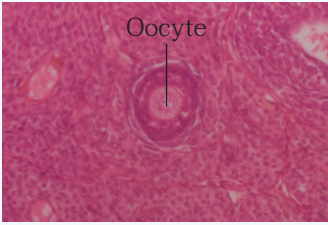
### ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

#### ตอนที่ 1

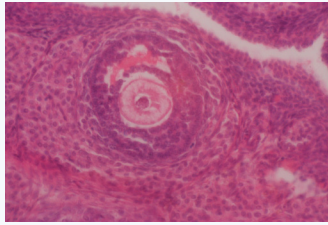


อวัยวะของหนูตัดตามขวาง

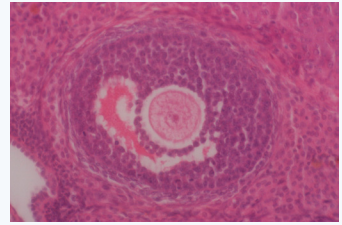
รังไข่ของหนูตัดตามขวาง



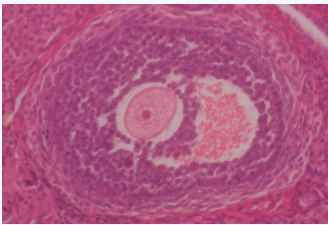
ก. (100X)



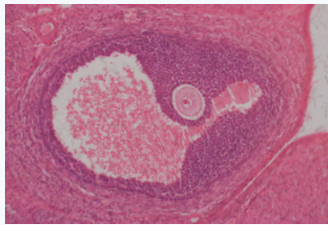
ข. (100X)



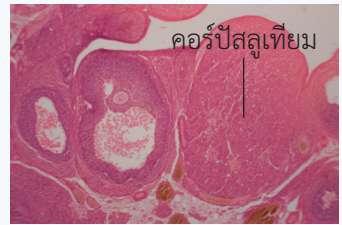
ค. (100X)



ง. (100X)



จ. (50X)

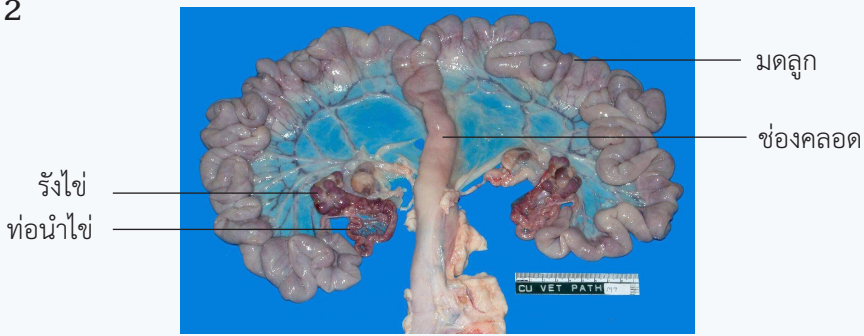


ฉ. (20X)

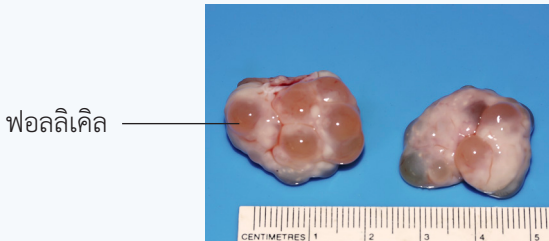
**ฟอลลิเคิลที่กำลังเจริญในระยะต่าง ๆ ตามลำดับ และคอร์ปัสลูเทียม ในรังไข่หนู**

ที่มารูป: เอื้อเฟื้อโดย ศ.ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

**ตอนที่ 2**







**มดลูกและรังไข่ของหนู**



**รังไข่ของหนู**

ที่มารูป: เอื้อเฟื้อโดย ศ.น.สพ.ดร.เผด็จ ธรรมรักษ์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

- ?** บริเวณที่พบสเปิร์มาโทโกเนียมและสเปิร์มในอวัยวะต่างกันหรือไม่ อย่างไร
-  สเปิร์มาโทโกเนียมจะพบบริเวณผนังด้านในของหลอดสร้างอสุจิ ส่วนสเปิร์มจะพบบริเวณตรงกลางของหลอดสร้างอสุจิ
- ?** โอโอไซตฺระยะใดที่พร้อมจะตกไข่ และจะสังเกตได้อย่างไรว่าเป็นเซลล์ใดในสไลด์
-  โอโอไซตฺระยะที่สองพร้อมจะตกไข่ โดยสังเกตได้จากฟอลลิเคิลมีขนาดใหญ่ที่สุดและมีช่องขนาดใหญ่บรรจุของเหลวล้อมรอบโอโอไซตฺระยะที่สอง
- ?** รูปร่างลักษณะของสเปิร์มและเซลล์ไข่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
-  แตกต่างกัน สเปิร์มมีส่วนหัว ลำตัวและหาง และมีขนาดเล็ก ส่วนเซลล์ไข่มีรูปร่างกลมและมีขนาดใหญ่กว่า
- ?** รูปร่างของมดลูกหมูมีลักษณะอย่างไร
-  มดลูกของหมูมีลักษณะเป็นท่อขดไปมาคล้ายลำไส้ ซึ่งทั่วไปนิยมเรียกว่าไส้ตัน

ครูอาจอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนทราบว่ามดลูกของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมมีรูปร่างแตกต่างกัน มดลูกของมนุษย์มีรูปร่างคล้ายลูกแพร์ (pear shaped uterus) ส่วนมดลูกหมูมีรูปร่างคล้ายเขา (horn shaped uterus)

### 21.2.3 การปฏิสนธิและการตั้งครรภ์

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิสนธิโดยใช้รูป 21.14 ในหนังสือเรียนประกอบ หรือแอนิเมชันเกี่ยวกับการปฏิสนธิ ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่าเมื่อมีการตกไข่ โอโอไซตฺระยะที่สองจากรังไข่จะเคลื่อนไปตามท่อนำไข่ เมื่อมีการรวมกันของนิวเคลียสของสเปิร์มและเซลล์ไข่จะเกิดการปฏิสนธิได้เป็นไซโกต แล้วเจริญเป็นเอ็มบริโอไปฝังตัวที่เอนโดเมเทรียม จากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับเทคโนโลยีกับการปฏิสนธิและการตั้งครรภ์ จากหนังสือเรียนและแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ ดังในกิจกรรมเสนอแนะ



## กิจกรรมเสนอแนะ : เทคโนโลยีกับการปฏิสนธิและการตั้งครรภ์

### จุดประสงค์

สืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับเทคโนโลยีกับการปฏิสนธิและการตั้งครรภ์

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

30 นาที

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำกิจกรรมและเลือกเทคโนโลยีเกี่ยวกับการปฏิสนธิและการตั้งครรภ์ที่แตกต่างกัน ครูอาจแนะนำให้นักเรียนสืบค้นและรวบรวมข้อมูลเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการปฏิสนธิและการตั้งครรภ์ เช่น ICSI IUI GIFT การแช่แข็งเก็บรักษาเซลล์ไข่ (oocyte freezing, oocyte cryopreservation) อัลตราซาวด์ และแอปพลิเคชันติดตามการตกไข่

### ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ICSI (intracytoplasmic sperm injection) หรืออิกซี่ เป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่ช่วยให้ผู้มีบุตรยากสามารถมีบุตรได้

**หลักการ** เป็นการปฏิสนธิภายนอกในร่างกายที่เกิดขึ้นในท้องปฏิบัติการ โดยนำโอโอไซต์ระยะที่สองมาผสมกับสเปิร์ม 1 เซลล์ เป็นวิธีที่ใช้เมื่อเพศชายมีสเปิร์มจำนวนน้อย ไม่สมบูรณ์ทั้งทางด้านรูปร่างหรือความสามารถในการเคลื่อนที่ของสเปิร์ม เพศชายที่ทำหมันแล้ว หรือกรณีที่ชั้นห่อหุ้มเซลล์ไข่หนาและสเปิร์มไม่สามารถเจาะเข้าได้ ขั้นตอนการทำมีดังนี้ กระตุ้นโอโอไซต์ระยะที่สองในเพศหญิงให้พร้อมตกไข่มากกว่า 1 เซลล์ แล้วดูดออกมา ในเพศชายเก็บน้ำอสุจิ จากนั้นใช้เข็มแก้วขนาดเล็กเลือกดูสเปิร์มที่แข็งแรง ใช้เข็มเจาะและฉีดสเปิร์มเข้าไปในโอโอไซต์ระยะที่สองโดยทำภายใต้กล้องจุลทรรศน์ นำไปเลี้ยงในน้ำยาที่เหมาะสมจนได้เอ็มบริโอที่เป็นบลาสโทซิสต์ แล้วนำกลับไปใส่ในโพรงมดลูก เพื่อให้เจริญเป็นทารกต่อไป

**ข้อดี** ช่วยให้ผู้ที่มีภาวะมีบุตรยากสามารถมีบุตรได้ โอกาสการปฏิสนธิค่อนข้างสูง และลดปัญหาการเกิดปฏิสนธิจากสเปิร์มหลายตัวที่เกิดใน IVF

**ข้อจำกัด** ค่าใช้จ่ายสูง อาจเกิดภาวะแทรกซ้อนกับแม่และลูก



**ชีวจริยธรรมที่ควรคำนึงถึง** ในระหว่างการทำมีการใส่เอ็มบริโอมากกว่าหนึ่ง เพื่อป้องกันโอกาสที่จะไม่ติดหรือแท้ง ส่งผลให้มีโอกาสเกิดการตั้งครรภ์ลูกแฝดมากขึ้นกว่าในธรรมชาติ หรือบางครั้งอาจมีการทำลายเอ็มบริโอที่ไม่ได้ใช้ การเลือกสเปิร์มที่แข็งแรงไม่เป็นไปตามธรรมชาติ หรืออาจเลือกเพศของบุตรได้ซึ่งการเลือกเพศของเอ็มบริโอในประเทศไทยผิดกฎหมาย นอกจากนี้มีค่าใช้จ่ายสูงทำให้การเข้าถึงเทคโนโลยีมีความไม่เท่าเทียม

### แนวการวัดและประเมินผล

#### ด้านความรู้

- โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์เพศชายและระบบสืบพันธุ์เพศหญิง จาก การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทำแบบทดสอบ
- กระบวนการสร้างสเปิร์ม กระบวนการสร้างเซลล์ไข่ การปฏิสนธิและการตั้งครรภ์ในมนุษย์ จาก การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัด และการทำแบบทดสอบ
- ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนในเพศหญิงกับการตกไข่และการมีประจำเดือน จาก การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัด และการทำแบบทดสอบ

#### ด้านทักษะ

- การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล การจำแนกประเภท และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จาก การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการทำกิจกรรม
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จาก การสืบค้นข้อมูล การนำเสนอ และการทำกิจกรรม

#### ด้านจิตวิทยาศาสตร์/เจตคติ

- ความอยากรู้อยากเห็น การใช้วิจารณญาณ ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน ความมุ่งมั่นอดทน จาก การสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน

## 21.3 การเจริญเติบโตของสัตว์

### จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายการเจริญเติบโตระยะเอ็มบริโอและระยะหลังเอ็มบริโอของกบ ไก่ และมนุษย์

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยอาจให้นักเรียนศึกษาแผนภาพหรือวีดิทัศน์แสดงวัฏจักรชีวิตของสัตว์ในระยะต่าง ๆ เช่น ไข่ และกบ จากนั้นร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของสัตว์ว่ามีกระบวนการอย่างไร แล้วร่วมกันอภิปรายถึงการเจริญเติบโตของมนุษย์ตั้งแต่เป็นไซโกตจนเป็นตัวเต็มวัยเกี่ยวกับจำนวนเซลล์ รูปร่างเซลล์ และขนาดของร่างกาย โดยใช้ตัวอย่างคำถามดังนี้

- เซลล์เริ่มต้นที่จะเจริญเป็นร่างกายของนักเรียนคืออะไร มีกี่เซลล์ มีขนาดเท่าไร
- ✎ เซลล์เริ่มต้นคือไซโกต มี 1 เซลล์ มีขนาดเล็กมาก ประมาณ 0.2 มิลลิเมตร
- เมื่อเปรียบเทียบกับไซโกตกับร่างกายของนักเรียน แตกต่างกันอย่างไร
- ✎ ไซโกตมี 1 เซลล์ แต่ร่างกายของนักเรียนประกอบด้วยเซลล์จำนวนมาก ไซโกตยังไม่มีการพัฒนาของอวัยวะ แต่ร่างกายมีอวัยวะและระบบอวัยวะสมบูรณ์

ครูตั้งคำถามว่าไซโกตมีกระบวนการในการเจริญเติบโตจนเป็นตัวเต็มวัยอย่างไร และสัตว์แต่ละชนิดมีการเจริญเติบโตเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งคำตอบของนักเรียนอาจมีได้หลากหลายขึ้นกับประสบการณ์ จากนั้นครูให้ความรู้เพื่อนำเข้าสู่การเจริญเติบโตของสัตว์ว่าการเจริญของสัตว์เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ การเปลี่ยนแปลงสภาพ การเจริญของเซลล์เป็นเนื้อเยื่อและอวัยวะ และการเติบโต จนเกิดเป็นรูปร่างและโครงสร้างที่แน่นอนของสัตว์แต่ละสปีชีส์ โดยสัตว์แต่ละกลุ่มมีขั้นตอนและแบบแผนการเจริญเติบโตที่คล้ายกัน ดังที่จะได้ศึกษาจากการเจริญเติบโตของกบ ไก่ และมนุษย์

### 21.3.1 การเจริญเติบโตของกบ

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 21.15 ในหนังสือเรียน และสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของกบ ครูอาจใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับกระบวนการเจริญเติบโตของกบ ดังนี้

- กบมีการปฏิสนธิแบบใด มีการวางไข่ในน้ำหรือบนบก
- ✎ กบมีการปฏิสนธิภายนอก โดยมีการวางไข่และผสมพันธุ์ในน้ำ
- เซลล์ไข่ของกบมีลักษณะอย่างไร
- ✎ เซลล์ไข่มีรูปร่างกลม มีวุ้นห่อหุ้ม มีไข่แดงปานกลาง โดยไข่แดงจะอยู่ที่บริเวณด้านล่างของเซลล์ไข่มากกว่าด้านบน
- การเจริญเติบโตของกบในระยะเอ็มบริโอประกอบด้วยกระบวนการอะไรบ้าง
- ✎ คลีเวจ แกสทูลูเลชัน และออร์แกโนเจเนซิส
- ตัวอ่อนของกบมีรูปร่างเหมือนหรือแตกต่างจากตัวเต็มวัย กบมีกระบวนการในการเจริญเติบโตอย่างไร
- ✎ ตัวอ่อนของกบมีรูปร่างแตกต่างจากตัวเต็มวัย โดยตัวอ่อนมีหางและเริ่มมีการพัฒนาของรยางค์ ส่วนตัวเต็มวัยมี 4 ขา โดยมีเมทามอร์โฟซิสและเติบโตจนเป็นตัวเต็มวัย

จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

- ?** ในออร์แกโนเจเนซิสมีการสร้างนิวรัลทิวบ์โดยอาศัยการเคลื่อนที่ของไมโครฟิลาเมนต์ ถ้าให้สารที่ยับยั้งการทำงานของไมโครฟิลาเมนต์จะส่งผลอย่างไร
- ✎ ทำให้ไม่มีการจัดเรียงของกลุ่มเซลล์เป็นนิวรัลทิวบ์ ส่งผลให้ระบบประสาทไม่เจริญ

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของกบ เริ่มจากไข่โกตเกิดคลีเวจจนได้เอ็มบริโอที่มีจำนวนเซลล์เพิ่มขึ้น และมีการเรียงตัวของเซลล์เป็นชั้นรอบบลาสโทซีสต์ เรียกเอ็มบริโอระยะนี้ว่าบลาสตูลา จากนั้นเกิดแกสทูลูเลชันโดยมีการเคลื่อนที่และจัดเรียงตัวของกลุ่มเซลล์ของเอ็มบริโอเป็นชั้นได้แก่ เอ็กโทเดิร์ม เมโซเดิร์ม และเอนโดเดิร์ม ต่อมาเกิดออร์แกโนเจเนซิสซึ่งมีการพัฒนาของกลุ่มเซลล์ชั้นต่าง ๆ เป็นอวัยวะอย่างเฉพาะเจาะจง จนเกิดเป็นลูกอ๊อด จากนั้นเกิดเมทามอร์โฟซิสและเติบโตจนเป็นตัวเต็มวัย ซึ่งครูอาจอธิบายเพิ่มเติมโดยใช้รูปถ่าย แบบจำลอง หรือวีดิทัศน์แสดงการเจริญเติบโตของกบ

### 21.3.2 การเจริญเติบโตของไข่

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนสังเกตโครงสร้างของไข่ไก่ เปรียบเทียบโครงสร้างกับรูป 21.16 ในหนังสือเรียน และอภิปรายเกี่ยวกับหน้าที่ของโครงสร้างต่างๆ โดยอาจใช้คำถามต่อไปนี้

- ไข่มีการปฏิสนธิแบบใด มีการวางไข่ในน้ำหรือบนบก
- ✎ ไข่มีการปฏิสนธิภายใน ผสมพันธุ์บนบก โดยออกลูกเป็นไข่และวางไข่บนบก
- เซลล์ไข่ของไข่มีลักษณะอย่างไร
- ✎ เซลล์ไข่ของไข่มีขนาดใหญ่ มีลักษณะค่อนข้างกลม มีไข่แดงปริมาณมาก
- ไข่แดงมีหน้าที่อะไร
- ✎ เป็นอาหารสะสมสำหรับเอ็มบริโอ
- บริเวณใดของไข่ไก่ที่มีการเจริญเป็นเอ็มบริโอ
- ✎ บริเวณที่เป็นวงสีขาวขนาดเล็กใกล้ผิวด้านบนของไข่แดง (หรือที่เรียกว่า germinal disc)

การสาธิตนี้ครูควรใช้ไข่ไก่เท่านั้นเพราะสามารถมองเห็นสายของไข่ขาวได้ชัดเจน ก่อนตอกไข่ลงในจานเพาะเชื้ออาจใส่น้ำลงในจานเพาะเชื้อก่อนเล็กน้อย เพื่อให้สามารถพลิกไข่ได้สะดวก โดยปกติตำแหน่งของบริเวณที่จะเจริญเป็นเอ็มบริโอจะอยู่ด้านบน บางครั้งอาจมองไม่เห็นควรใช้ช้อนตักพลิกขึ้น ครูอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนทราบว่าส่วนเซลล์ไข่คือสิ่งที่อยู่ภายในเยื่อหุ้มเซลล์ไข่รวมทั้งเยื่อหุ้มเซลล์ไข่ ส่วนไข่ขาวนั้นไม่ใช่โครงสร้างของเซลล์ไข่ ไข่ขาวช่วยรองรับแรงกระแทกต่อเซลล์ไข่และเป็นอาหารให้เอ็มบริโอ

จากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของไข่ โดยอาจใช้รูป 21.17 และ 21.18 ประกอบ และตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

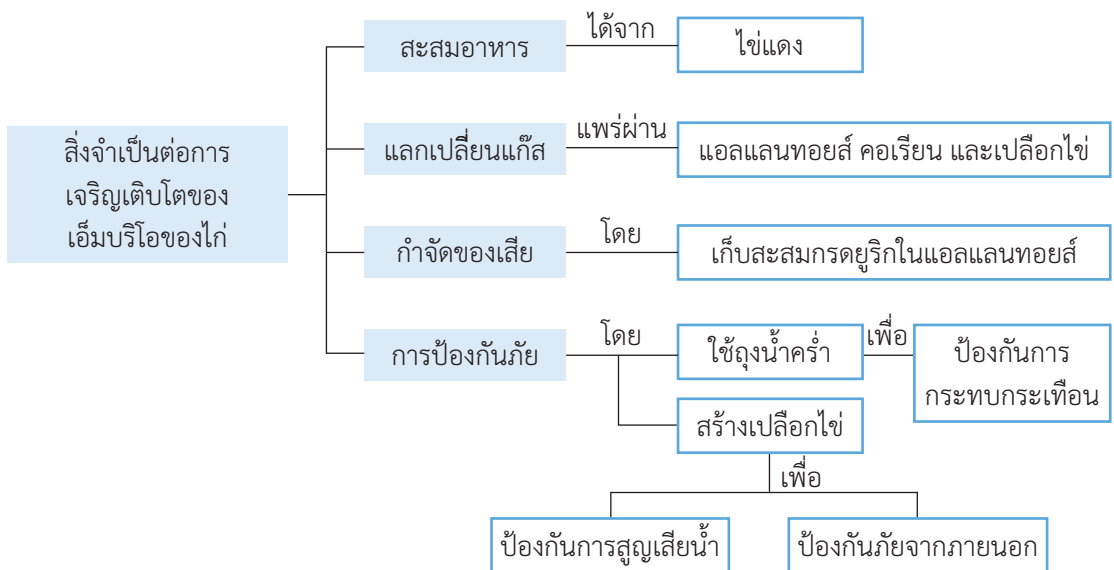
- ❓ กระบวนการเจริญเติบโตในระยะเอ็มบริโอของไข่เหมือนหรือแตกต่างจากเอ็มบริโอของกบอย่างไร
- ✎ การเจริญเติบโตในระยะเอ็มบริโอของไข่มีกระบวนการเหมือนกบ คือ คลีเวจ แกสทูลูเลชัน และออร์แกโนเจเนซิส แต่รายละเอียดในแต่ละกระบวนการจะแตกต่างกัน เนื่องจากเซลล์ไข่ไก่มีปริมาณไข่แดงมากกว่าเซลล์ไข่กบ และเอ็มบริโอไก่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างจาก

เอ็มบริโอของไก่ โดยระยะเวลาในการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอไก่คือประมาณ 21 วัน ส่วนเอ็มบริโอของไก่ใช้เวลาประมาณ 3.5 วัน จึงเป็นลูกอ๊อด และต้องมีเมทามอร์โฟซิสจึงจะเป็นตัวเต็มวัยได้



การเจริญเติบโตของสัตว์ที่มีเมทามอร์โฟซิสแตกต่างจากสัตว์ที่ไม่มีเมทามอร์โฟซิสอย่างไร การเจริญเติบโตของสัตว์ที่มีเมทามอร์โฟซิสจะมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้าง รูปร่าง รวมถึงการดำรงชีวิตที่เด่นชัดแตกต่างกันในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโต ส่วนสัตว์ที่ไม่มีเมทามอร์โฟซิสจะไม่มีเปลี่ยนแปลงที่เด่นชัดเหมือนสัตว์ที่มีเมทามอร์โฟซิส

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและสรุปเกี่ยวกับหน้าที่ของโครงสร้างที่อยู่นอกตัวเอ็มบริโอของไก่ ในการเป็นแหล่งสะสมอาหาร การแลกเปลี่ยนแก๊ส การกำจัดของเสีย และการป้องกันภัย ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอของไก่ อาจสรุปได้ดังนี้



เอ็มบริโอของไก่มีโครงสร้างอะไรที่ทำให้สามารถอยู่รอดบนบกได้ เอ็มบริโอของไก่ซึ่งเป็นสัตว์บกอาจมีการสูญเสียน้ำและเป็นอันตรายจากแรงกระแทก จึงมีโครงสร้างเปลือกไข่ป้องกันอันตรายและการสูญเสียน้ำ ถุงน้ำคร่ำป้องกันการกระแทกกระเทือน และป้องกันไม่ให้เอ็มบริโอแห้ง คอเรียนช่วยแลกเปลี่ยนแก๊ส ถุงไข่แดงเพื่อให้มีอาหารสะสมเพียงพอ และแอลแลนทอยส์เก็บสะสมของเสียในรูปกรดยูริกและแลกเปลี่ยนแก๊ส

จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของไก่ เอ็มบริโอมีการเจริญเติบโตโดยเกิดคลีเวจ แกสทูลูล์ซัน และออร์แกโนเจเนซิส เมื่อเอ็มบริโอเจริญเติบโตเต็มที่ก็จะฟักออกจากไข่ แล้วเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยต่อไป โดยไม่มีเมทาโมริโฟซิส ซึ่งครูอาจอธิบายเพิ่มเติมโดยใช้รูปถ่าย แบบจำลอง หรือวีดิทัศน์แสดงการเจริญเติบโตของไก่

ครูอาจให้นักเรียนทำกิจกรรมเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของสัตว์ชนิดต่าง ๆ โดยนำไข่ของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก เช่น กบ เขียด คางคก ที่วางไข่ตามแหล่งน้ำต่าง ๆ มาศึกษาการเจริญเติบโตโดยใช้แว่นขยายหรือกล้องสเตอริโอ และถ่ายภาพหรือวาดภาพที่สังเกตเห็นได้ นอกจากนี้อาจให้นักเรียนสืบค้นและนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของสัตว์ที่สนใจหรือสัตว์เศรษฐกิจในท้องถิ่น เช่น แมลง กุ้ง ปลา ไก่ และวัว โดยอาจเชิญวิทยากรในท้องถิ่นมาบรรยายเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของสัตว์ดังกล่าว

### 21.3.3 การเจริญเติบโตของมนุษย์

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับการเกิดไซโกตและการเคลื่อนที่มาฝังตัวที่ผนังมดลูกของเอ็มบริโอ แล้วให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามเพิ่มเติมดังนี้

- มนุษย์มีการปฏิสนธิแบบใด ออกลูกเป็นตัวหรือเป็นไข่
- ✎ มนุษย์มีการปฏิสนธิภายใน โดยออกลูกเป็นตัว
- เซลล์ไข่ของมนุษย์มีลักษณะอย่างไร
- ✎ เซลล์ไข่มีลักษณะกลม ขนาดเล็ก และมีไข่แดงปริมาณน้อย
- กระบวนการเจริญเติบโตในระยะเอ็มบริโอของมนุษย์เหมือนหรือแตกต่างจากกบและไก่อย่างไร
- ✎ เอ็มบริโอของมนุษย์มีกระบวนการเจริญเติบโตเหมือนกบและไก่ คือ คลีเวจ แกสทูลูล์ซัน และออร์แกโนเจเนซิส แต่แตกต่างกันในรายละเอียดของแต่ละกระบวนการ เซลล์ไข่ของมนุษย์มีไข่แดงสะสมน้อย โดยเอ็มบริโอจะฝังตัวที่ผนังมดลูกและมีการแลกเปลี่ยนสารระหว่างแม่กับลูกผ่านทางรก

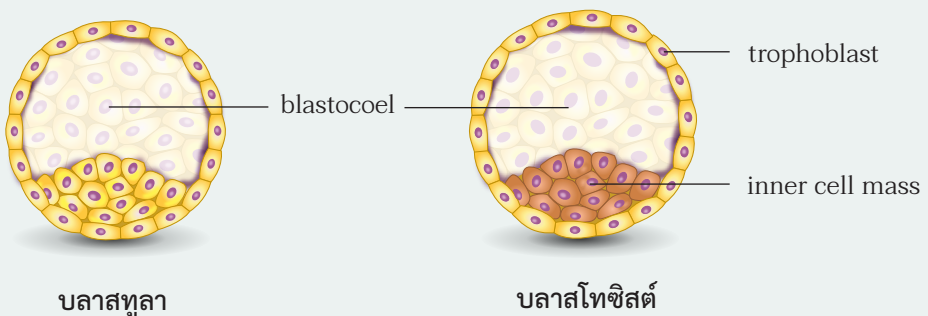
จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการเจริญเติบโตในระยะเอ็มบริโอและฟัตัสของมนุษย์ โดยศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการคลีเวจ แกสทูลูล์ซัน และออร์แกโนเจเนซิส รวมทั้งการพัฒนาอวัยวะของลูกในครรภ์ในช่วง 3 เดือนแรก ช่วง 6 เดือนแรก และช่วง 3 เดือนสุดท้าย โดยอาจใช้รูป 21.19 และ 21.20 ในหนังสือเรียนประกอบการศึกษา

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของมนุษย์ โดยไซโกตจะเกิดคลีเวจเพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ จากนั้นเจริญเป็นบลาสโทซิสต์ แล้วเคลื่อนที่มาฝังตัวที่เอนโดเมเทรียม ต่อมา มีการจัดเรียงตัวของกลุ่มเซลล์ของเอ็มบริโอเป็นเอ็กโทเดิร์ม เมโซเดิร์ม และเอนโดเดิร์ม ซึ่งจะเจริญเป็นอวัยวะต่างๆ ต่อไป จากนั้นเกิดออร์แกโนเจเนซิส โดยเริ่มมีการเจริญของนิวรัลทิวบ์และอวัยวะต่างๆ ต่อไปจนเป็นฟัตัสในสัปดาห์ที่ 8 ซึ่งในช่วงแรกนี้จะเป็นการเจริญเติบโตเพื่อสร้างอวัยวะและรูปร่าง มีการเพิ่มขนาดของร่างกายน้อย แต่เมื่อเป็นฟัตัสมีอวัยวะครบแล้วจะมีการเพิ่มขนาดของร่างกายมากขึ้น โดยในช่วง 3 เดือนสุดท้ายจะมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว หลังจากคลอดเป็นทารกจะมีการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยต่อไป ซึ่งครูสามารถอธิบายเพิ่มเติมโดยใช้รูปถ่าย แบบจำลอง หรือวีดิทัศน์แสดงการเจริญเติบโตของมนุษย์



### ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

- เอ็มบริโอของกบและไก่ในระยะที่เป็นบลาสตูลามีการจัดเรียงตัวของกลุ่มเซลล์เป็นชั้นอยู่รอบนอกส่วนตรงกลางภายในมีช่องบลาสโทซิสต์ ส่วนเอ็มบริโอของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมมีความแตกต่างไป โดยหลังจากที่เอ็มบริโอมีการแบ่งเซลล์จำนวนมาก จะมีการจัดเรียงตัวของกลุ่มเซลล์เป็นชั้นภายในมีช่องบลาสโทซิสต์ และมีการเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์เป็น inner cell mass ที่จะเจริญเป็นฟัตัส และเป็น trophoblast ที่จะเจริญเป็นรก เรียกเอ็มบริโอนี้ว่าบลาสโทซิสต์



- อายุของลูกในครรภ์นับจากวันที่มีการปฏิสนธิ (ประมาณ 38 สัปดาห์) ส่วนอายุครรภ์ของแม่จะนับจากวันแรกของการมีประจำเดือนครั้งสุดท้าย (ประมาณ 40 สัปดาห์) นั่นคือประมาณ 2 สัปดาห์ก่อนการปฏิสนธิ



### ตรวจสอบความเข้าใจ

? จงเขียนขั้นตอนการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอมนุษย์ตั้งแต่เป็นไซโกตจนถึงกำหนดคลอด คำตอบของนักเรียนอาจมีได้หลากหลาย ทั้งนี้ครูอาจแนะนำให้นักเรียนนำเสนอเป็นตารางหรืออินโฟกราฟิกในรูปแบบต่าง ๆ รายละเอียดลำดับขั้นตอนการเจริญเติบโตดังนี้

อายุ	ขั้นตอนการเจริญเติบโต
1 สัปดาห์	เอ็มบริโอแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนเซลล์
2 สัปดาห์	บลาสโทซิสต์ฝังตัวที่ผนังมดลูก กลุ่มเซลล์ของเอ็มบริโอจัดเรียงเป็น 3 ชั้น
3 สัปดาห์	เอ็มบริโอเริ่มมีระบบประสาทและหัวใจ
4 สัปดาห์	เอ็มบริโอมีตุ่มสร้างแขนขา ระบบหมุนเวียนเลือดทำงาน
5 สัปดาห์	เอ็มบริโอมีศีรษะมีขนาดใหญ่ขึ้น เริ่มสร้างอวัยวะรับความรู้สึก
6 สัปดาห์	เอ็มบริโอมีนิ้วมือนิ้วเท้า
7 สัปดาห์	เอ็มบริโอมีเปลือกตา นิ้ว จมูก
8 สัปดาห์	เอ็มบริโอมีอวัยวะครบเรียกว่าฟัตัส
3 เดือน	ฟัตัสมีใบหน้า นิ้วมือ และนิ้วเท้าเจริญ มีอวัยวะสืบพันธุ์เจริญ
6 เดือน	ฟัตัสมีขนาดโตขึ้นเรื่อยๆ และมีการเคลื่อนไหวมากขึ้น มีกระดูก ผม และขน
9 เดือน	ฟัตัสมีขนาดโตมากขึ้นมีการพัฒนาของอวัยวะต่างๆ และมีระบบประสาทเจริญ

ครูอธิบายเพิ่มเติมว่ามนุษย์มีการพัฒนาโครงสร้างที่อยู่นอกตัวเอ็มบริโอ นั่นคือ ถุงน้ำคร่ำ คอเรียน ถุงไข่แดง และแอลแลนทอยส์ เช่นเดียวกับไก่ จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของรกและสายสะดือ รวมทั้งทิศทางการแลกเปลี่ยนสารระหว่างแม่และลูก ครูอาจอธิบายเพิ่มเติมว่ารกเจริญมาจากส่วนนอกสุดของเนื้อเยื่อของเอ็มบริโอและเอนโดเมเทรียมของแม่ โดยมีหลอดเลือดที่เชื่อมระหว่างแม่และลูกผ่านทางสายสะดือ ส่วนของถุงไข่แดงและแอลแลนทอยส์ไม่ทำหน้าที่เหมือนในเอ็มบริโอของไก่ แต่ไปรวมเป็นส่วนของสายสะดือ



จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



ปริมาณของไข่แดงมีส่วนเกี่ยวข้องกับแบบแผนการเจริญเติบโตของสัตว์แต่ละชนิดหรือไม่อย่างไร



ปริมาณของไข่แดงเกี่ยวข้องกับแบบแผนการเจริญเติบโตของสัตว์แต่ละชนิด ในกบซึ่งมีไข่แดงปานกลางและไข่แดงอยู่ส่วนล่างของเซลล์ในคลีเวจจะมีการแบ่งเซลล์ด้านบนเร็วกว่า และได้เซลล์ที่มีขนาดเล็กกว่าด้านล่าง ไก่มีไข่แดงมากจะมีการแบ่งเซลล์เฉพาะบริเวณที่จะเจริญเป็นเอ็มบริโอซึ่งอยู่ที่ผิวของไข่แดง ส่วนมนุษย์มีไข่แดงน้อยจะมีการแบ่งเซลล์ทุกบริเวณใกล้เคียงกัน และได้เซลล์ขนาดใกล้เคียงกัน เอ็มบริโอของมนุษย์ได้รับสารอาหารจากแม่ ซึ่งแตกต่างจากเอ็มบริโอกบและไก่ที่ได้รับสารอาหารจากไข่แดง



เอ็มบริโอมนุษย์ได้รับสารอาหาร แก๊สออกซิเจน หรือขับถ่ายของเสียด้วยวิธีการที่ต่างจากเอ็มบริโอไก่อย่างไร



เอ็มบริโอของมนุษย์ได้รับสารอาหารและแก๊สออกซิเจน กำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และขับถ่ายของเสียพวยกระจายผ่านทางรกและสายสะดือ ซึ่งแตกต่างจากไก่ โดยเอ็มบริโอของไก่ได้รับสารอาหารจากไข่แดง ได้รับแก๊สออกซิเจนและกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านทางเปลือกไข่ แอลแลนทอยส์ และคอเรียน ส่วนการขับถ่ายกรดยูริกจะเก็บสะสมไว้ในแอลแลนทอยส์



ระบบหมุนเวียนเลือดของลูกไม่เชื่อมต่อกับระบบหมุนเวียนเลือดของแม่ การลำเลียงสารต่างๆ ระหว่างแม่และลูกเกิดขึ้นได้อย่างไร



ลูกในครรภ์ได้รับสารอาหารและกำจัดของเสียโดยการแพร่เข้าสู่หลอดเลือดบริเวณรก



หญิงมีครรภ์คนหนึ่งที่มีรอบประจำเดือนปกติแจ้งกับแพทย์ว่าวันแรกของการมีประจำเดือนครั้งสุดท้ายผ่านมาแล้ว 50 วัน อยากทราบว่าลูกที่อยู่ในครรภ์ของหญิงคนนี้มีอายุประมาณเท่าใด



เอ็มบริโอที่อยู่ในครรภ์มีอายุประมาณ 36 วัน โดยคำนวณจากวันแรกของการมีประจำเดือนเป็นวันที่เริ่มสร้างเซลล์ไข่และการตกไข่ในช่วงประมาณกึ่งกลางของรอบประจำเดือน คือประมาณวันที่ 14

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการขาดสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของลูกในครรภ์และการได้รับยา สารเคมี เชื้อโรค หรือรังสีที่อาจเป็นอันตรายต่อลูกในครรภ์ จากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ เช่น หน่วยงานของกระทรวงสาธารณสุข และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดขึ้นกับทารก โดยอาจใช้คำถามดังนี้

- เพราะเหตุใดการขาดสารอาหารที่จำเป็นหรือการได้รับสารที่เป็นอันตรายในช่วง 3 เดือนแรกของการตั้งครรภ์จึงส่งผลต่อการเจริญของลูกในครรภ์อย่างมาก
- ✎ เพราะในช่วง 3 เดือนแรกของการตั้งครรภ์เป็นช่วงที่มีการพัฒนาของอวัยวะต่างๆ ของลูกในครรภ์



### ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

กรดโฟลิก (folic acid) หรือวิตามิน B<sub>9</sub> มีความสำคัญช่วยลดความเสี่ยงภาวะพิการแต่กำเนิดของทารกในครรภ์ โดยกรดโฟลิกช่วยป้องกันความผิดปกติในการปิดของนิวรัลทิวบ์ที่จะเจริญเป็นไขสันหลัง สมอง และเส้นประสาทต่อไป การเจริญของนิวรัลทิวบ์เกิดขึ้นในช่วงสัปดาห์ที่ 3 – 4 ของการตั้งครรภ์ ดังนั้นผู้หญิงที่เตรียมตั้งครรภ์และช่วงแรกของการตั้งครรภ์ควรรับประทานกรดโฟลิกประมาณ 400 ไมโครกรัมต่อวัน การเสริมสร้างทำได้โดยรับประทานผักใบเขียว ไข่ นม ถั่ว หรือจากกรดโฟลิกในรูปแบบเม็ด ถ้าแม่ขาดกรดโฟลิกจะส่งผลต่อการเจริญของระบบประสาทของทารกในครรภ์

ครูและนักเรียนอภิปรายเพื่อสรุปว่าการเจริญเติบโตของสัตว์ เช่น กบ ไข่ และมนุษย์ จะเริ่มต้นด้วยการแบ่งเซลล์ของไซโกต การเกิดเอ็กโทเดิร์ม เมโซเดิร์ม และเอนโดเดิร์ม และการสร้างอวัยวะ โดยมีการเพิ่มจำนวน ขยายขนาดและการเปลี่ยนสภาพ ซึ่งพัฒนาการของอวัยวะต่าง ๆ จะทำให้มีการเกิดรูปร่างที่แน่นอนในสัตว์แต่ละชนิด จากนั้นถามคำถามนำเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของสัตว์หลังจากเกิดเป็นตัวอ่อนว่า **สัตว์มีการเจริญเติบโตตลอดอายุขัยหรือไม่ อย่างไร และจะวัดการเจริญเติบโตได้อย่างไร**

ครูตั้งคำถามให้นักเรียนอภิปรายเพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับการวัดขนาดของสิ่งมีชีวิต ดังนี้

- มีวิธีใดบ้างที่ใช้ในการวัดการเติบโตของสัตว์ แต่ละวิธีมีความเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร
- ✎ การชั่งน้ำหนัก เป็นวิธีที่สะดวกแต่น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นอาจไม่สัมพันธ์กับการเติบโตของร่างกาย เนื่องจากการเติบโตของสัตว์บางชนิดอาจมีน้ำหนักเปลี่ยนแปลงไม่มาก แต่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือเกิดอวัยวะต่าง ๆ
- การวัดส่วนสูงหรือความยาวของลำตัวเป็นวิธีที่สะดวกและการเพิ่มความสูงแสดงถึงการเติบโต แต่มีข้อเสียคือสัตว์มีความสูงจำกัดทำให้ความสูงไม่เพิ่มขึ้น แต่สัตว์ยังคงเติบโตอยู่
- การวัดเส้นรอบวงของอวัยวะของร่างกาย เช่น วัดเส้นรอบวงของศีรษะ แขน ขา เป็นต้น แต่เป็นการวัดการเติบโตเฉพาะที่ ไม่แสดงถึงการเติบโตของร่างกายโดยรวม
- สัตว์แต่ละชนิดมีการเจริญเติบโตตลอดอายุขัยหรือไม่
- ✎ ไม่ เพราะสัตว์จะมีการเจริญเติบโตในช่วงอายุที่จำกัด
- อัตราการเติบโตของสัตว์แต่ละชนิดเท่ากันตลอดอายุขัยหรือไม่
- ✎ ไม่เท่ากัน

ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 21.3 เพื่อวิเคราะห์และตีความหมายข้อมูลเกี่ยวกับการเติบโตของสัตว์



### กิจกรรม 21.3 อัตราการเติบโตของสัตว์

#### จุดประสงค์

1. อธิบายและวิเคราะห์ข้อมูลแสดงอัตราการเติบโตของมนุษย์
2. เปรียบเทียบแบบแผนการเติบโตของสัตว์

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

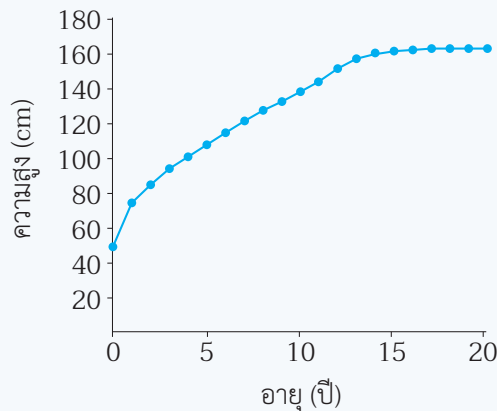
30 นาที

#### แนวการจัดกิจกรรม

ครูแนะนำให้นักเรียนสร้างกราฟโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่างๆ เช่น Excel และอาจแนะนำให้หาค่าความชันของกราฟเพื่อหาอัตราการเติบโตในแต่ละช่วงอายุ

#### ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

กราฟแสดงอัตราการเติบโตของมนุษย์

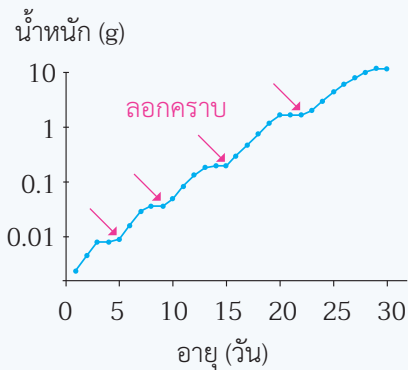


#### เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

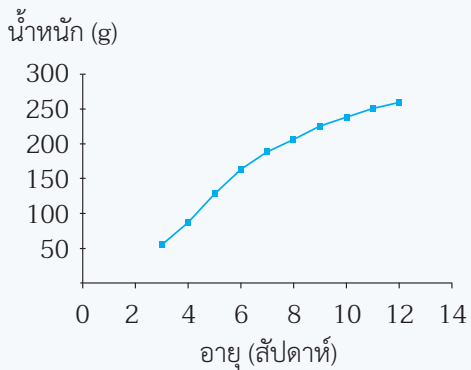
? ช่วงอายุเท่าไรที่กราฟมีความชันมาก อัตราการเติบโตในช่วงนี้เป็นอย่างไร

✎ ช่วงอายุตั้งแต่แรกเกิดจนอายุประมาณ 5 ปี กราฟจะมีความชันมาก เป็นช่วงที่มีอัตราการเติบโตสูง เมื่อเปรียบเทียบกับอายุช่วงอื่น ในช่วงอายุ 6-15 ปี กราฟจะมีความชันน้อยลง อัตราการเติบโตจะค่อย ๆ น้อยลง และในช่วงอายุ 16-20 ปี กราฟจะมีความชันน้อยที่สุด มีอัตราการเติบโตน้อยที่สุด

- ? เส้นกราฟในระยะหลังจากอายุ 20 ปีไปแล้ว มีแนวโน้มเป็นอย่างไร และมนุษย์ยังมีการเติบโตอยู่หรือไม่
- ✎ เส้นกราฟจะค่อนข้างคงที่ เนื่องจากความสูงจะคงที่หรืออาจเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และยังมีการเติบโตอยู่แต่น้อยมาก
- ? ยกตัวอย่างสัตว์ที่มีแบบแผนการเติบโตที่คล้ายกับข้อมูลที่กำหนดให้
- ✎ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมและสัตว์ปีก
- ? จากกราฟ แบบแผนการเติบโตของแมลงที่มีเมทามอร์โฟซิส (กราฟ ก.) มีความแตกต่างจากแบบแผนการเติบโตของหนู (กราฟ ข.) อย่างไร



ก.



ข.

ที่มา: ดัดแปลงจาก

1. Grunert L. W., Clarke J.W., Ahuja C., Eswaran H., & Nijhout HF. (2015). A Quantitative Analysis of Growth and Size Regulation in *Manduca sexta*: The Physiological Basis of Variation in Size and Age at Metamorphosis. *PLOS ONE*, 10(5), e0127988.
2. ศูนย์สัตว์ทดลองแห่งชาติ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2562). สัตว์ทดลอง. สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2562, จาก <https://nlac.mahidol.ac.th/acth/index.php/animals-bioproduct/animals>

✎ แตกต่างกัน โดยแมลงที่มีเมทามอร์โฟซิสจะมีการลอกคราบเพื่อขยายขนาด หลังลอกคราบแมลงจะกินอาหารและเติบโต ในขณะที่ก่อนลอกคราบแมลงจะหยุดกินอาหาร การเติบโตจึงหยุดชะงัก จึงมีแบบแผนการเติบโตลักษณะคล้ายขั้นบันได โดยมีอัตราการเติบโตสูงในทุกช่วงหลังการลอกคราบ และหลังจากนั้นจะมีอัตราการเติบโตค่อนข้างคงที่ ส่วนแบบแผนการเติบโตของหนูจะมีอัตราการเติบโตสูงในช่วงแรกจากนั้นเมื่อมีอายุมากขึ้นจะมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง จนถึงระยะหนึ่งแล้วจะมีอัตราการเติบโตลดลง ทำให้กราฟการเติบโตมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง

จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษารูป 21.22 และตอบคำถามในหนังสือเรียน



ในช่วงอายุ 12-18 ปี เนื้อเยื่อที่สร้างเซลล์เม็ดเลือดขาวมีการเติบโตเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร มีการเติบโตลดลง



อวัยวะสืบพันธุ์ของมนุษย์มีการเติบโตอย่างรวดเร็วเมื่ออายุประมาณเท่าใด และช่วงอายุนั้น ร่างกายมีอัตราการเพิ่มขนาดเป็นอย่างไร



อายุประมาณ 12-20 ปี ร่างกายมีอัตราการเพิ่มขนาดมากขึ้น



ระยะใดที่สมองมีอัตราการเติบโตสูงสุด



ตั้งแต่แรกเกิดจนอายุประมาณ 5 ปี

ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปเกี่ยวกับแบบแผนการเติบโตของสัตว์ ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่าสัตว์ส่วนใหญ่เมื่อมีอายุมากขึ้นจะมีการเติบโตมากขึ้นเรื่อยๆ จนถึงระยะหนึ่งจะชะลอการเติบโต และจากการศึกษารูป 21.22 ขณะที่ร่างกายมีการเติบโตมากในช่วง 12-15 ปี แต่ละอวัยวะมีการเติบโตเร็วช้าแตกต่างกัน โดยสมองมีการเติบโตมากในช่วงแรกเกิดถึง 5 ปี อวัยวะสืบพันธุ์มีการเติบโตในช่วง 12 ปี เป็นต้นไป ส่วนเนื้อเยื่อที่สร้างเซลล์เม็ดเลือดขาวมีจำนวนลดลงตั้งแต่อายุ 12 ปี

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปเกี่ยวกับความสำคัญของการสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตว่าเป็นลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตเพื่อให้สามารถดำรงพันธุ์ไว้ได้

จากนั้นครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์จากวัยอ่อนจนเป็นตัวเต็มวัยและการอยู่รอดของสัตว์ แล้วอาจให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างพฤติกรรมการดูแลลูกวัยอ่อนของสัตว์ชนิดต่างๆ ที่นักเรียนสนใจเพื่อเชื่อมโยงไปยังเรื่องพฤติกรรมของสัตว์

## แนวการวัดและประเมินผล

### ด้านความรู้

- การเจริญเติบโตระยะเอ็มบริโอและระยะหลังเอ็มบริโอของกบ ไข่ และมนุษย์ จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทำแบบทดสอบ

### ด้านทักษะ

- การลงความเห็นจากข้อมูล การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการสืบค้นข้อมูลและการอภิปราย
- การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการสืบค้นข้อมูล ตอบคำถาม และการอภิปราย

### ด้านจิตวิทยาาสตร์/เจตคติ

- การใช้วิจารณญาณและความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน



### เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 21

1. จงใส่เครื่องหมายถูก (✓) หน้าข้อความที่ถูกต้อง ใส่เครื่องหมายผิด (×) หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง และขีดเส้นใต้เฉพาะคำ หรือส่วนของข้อความที่ไม่ถูกต้อง และแก้ไขโดยตัดออก หรือเติมคำหรือข้อความที่ถูกต้องลงในช่องว่าง

#### การสืบพันธุ์ของสัตว์

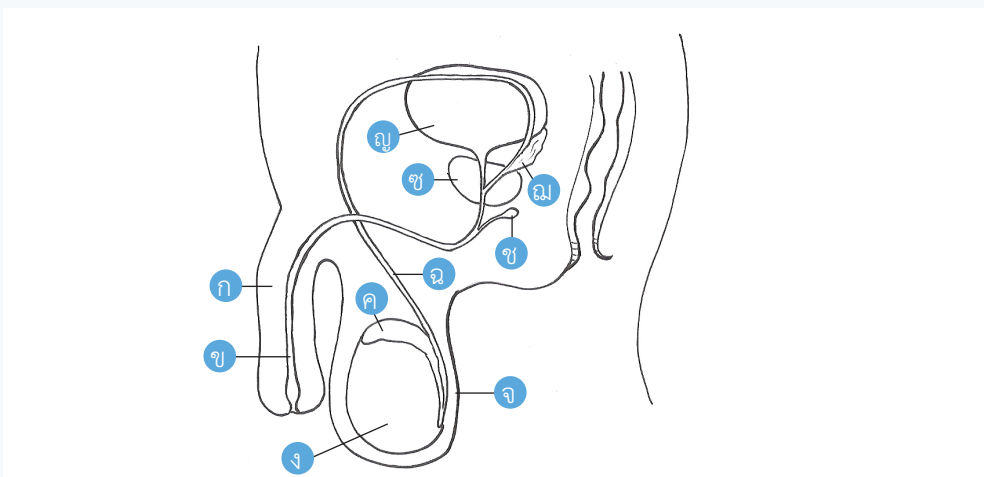
- ✓..... 1.1 สัตว์ตัวใหม่ที่เกิดจากการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศมีลักษณะรูปร่างและข้อมูลทางพันธุกรรมเหมือนกับสัตว์ตัวเดิมทุกประการ
- ✗..... 1.2 การแตกหน่อและการงอกใหม่เป็นการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยสัตว์มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์  
**แก้ไขโดย** ตัดข้อความ เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์
- ✓..... 1.3 การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศเกิดจากการปฏิสนธิระหว่างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย โดยสามารถเกิดได้ทั้งภายนอกและภายในร่างกายของสัตว์เพศเมีย
- ✗..... 1.4 ไข่เดือนดินเป็นกะเทย เซลล์ไข่และสเปิร์มของไข่เดือนดินที่สร้างจากตัวเดียวกันสามารถปฏิสนธิกันเองได้  
**แก้ไขเป็น** ไม่สามารถปฏิสนธิกันเองได้
- ✗..... 1.5 ในกระบวนการสร้างสเปิร์ม สเปอร์มาโทไซด์ระยะแรกจะมีโครโมโซมเป็นแฮพลอยด์  
กรณีที่ 1  
ในกระบวนการสร้างสเปิร์ม สเปอร์มาโทไซด์ระยะแรกจะมีโครโมโซมเป็นแฮพลอยด์  
**แก้ไขเป็น** ดิพลอยด์  
กรณีที่ 2  
ในกระบวนการสร้างสเปิร์ม สเปอร์มาโทไซด์ระยะแรกจะมีโครโมโซมเป็นแฮพลอยด์  
**แก้ไขเป็น** สเปอร์มาโทไซด์ระยะที่สอง



- ✓..... 1.6 การเจาะของสเปิร์มที่ผิวเซลล์โอโอไซต์ระยะที่สองภายในท่อนำไข่กระตุ้นทำให้เกิดการแบ่งเซลล์ต่อไปเป็นเซลล์ไข่
- ✓..... 1.7 ในเพศหญิงมีการสร้างโอโอโกเนียมจำนวนมากตั้งแต่เกิดและไม่มีการสร้างเพิ่มเติมอีก
- ✓..... 1.8 คอร์ปัสลูเทียมในรังไข่ของเพศหญิงเป็นเนื้อเยื่อที่เปลี่ยนแปลงมาจากฟอลลิเคิลที่เจริญเติบโตเต็มที่หลังโอโอไซต์ระยะที่สองหลุดออกไปแล้ว
- ✗..... 1.9 ในเพศหญิง ถ้าเซลล์ไข่ไม่ได้รับการปฏิสนธิจะมีประจำเดือนซึ่งเกิดจากการสลายของเยื่อของท่อนำไข่  
**แก้ไขเป็น** มดลูก (เอนโดมีเทรียม)
- ✓..... 1.10 การที่สเปิร์มเจาะเข้าไปในโอโอไซต์ระยะที่สองจะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อป้องกันการเจาะเข้าไปของสเปิร์มอื่น

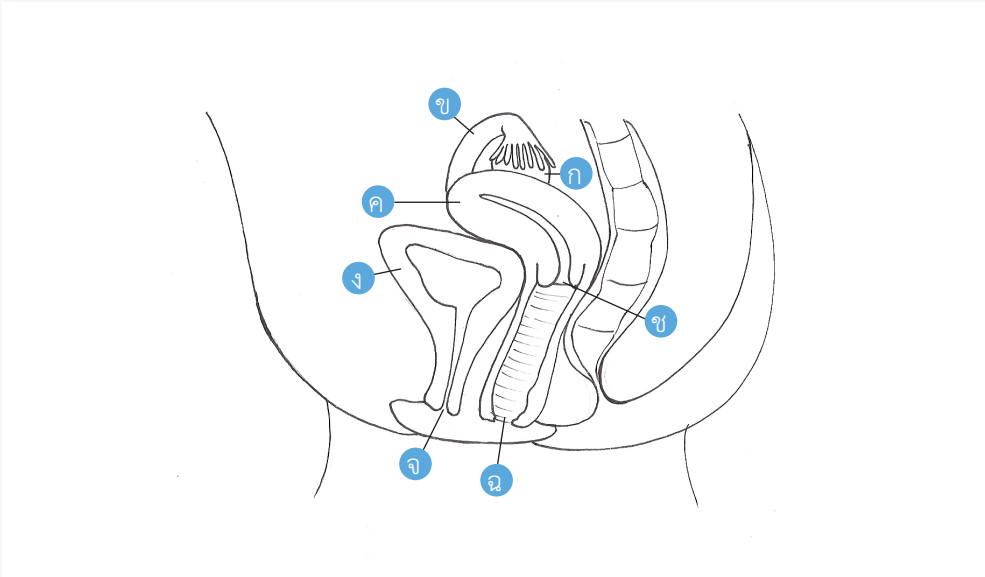
2. จงนำตัวอักษรจากรูประบบสืบพันธุ์ของเพศชายและเพศหญิงเติมลงในช่องว่างหน้าข้อความที่มีความสัมพันธ์กัน พร้อมระบุชื่อโครงสร้าง (ภาษาอังกฤษ) ลงในช่องว่างหน้าข้อความ (สามารถตอบซ้ำได้)

### 2.1 เพศชาย



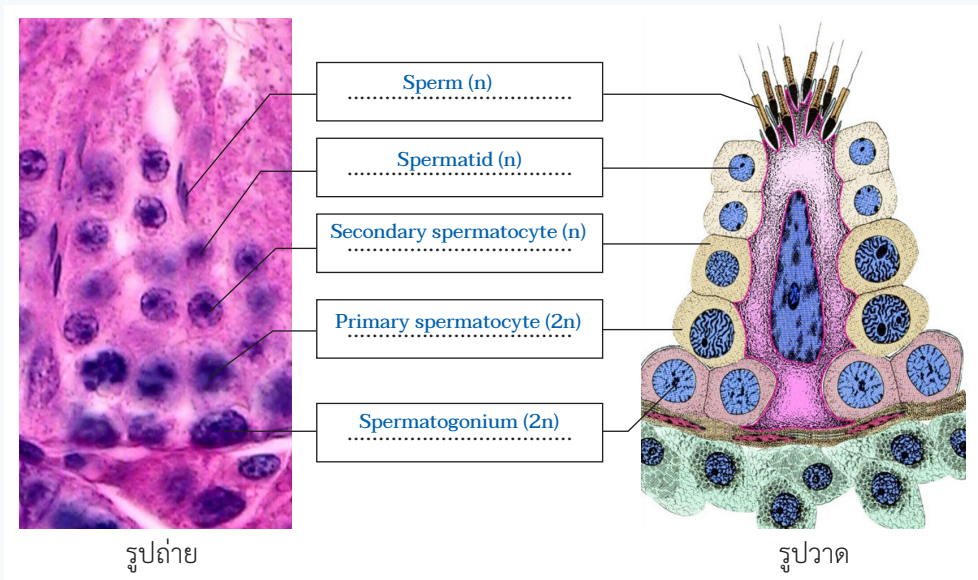
..... <b>ง. Testis</b> .....	1.	ทำหน้าที่สร้างสเปิร์มและฮอร์โมนเพศชาย
..... <b>ณ. Seminal vesicle</b> .....	2.	ทำหน้าที่หลังของเหลว เมือก และสารอาหารที่เป็นแหล่งพลังงานให้กับสเปิร์ม
..... <b>ช. Prostate gland</b> .....	3.	หลังของเหลวซึ่งมีสมบัติเป็นเบสเพื่อปรับสภาพภายในท่อปัสสาวะให้เป็นกลาง
..... <b>ฉ. Vas deferens</b> .....	4.	บริเวณที่สามารถผูก ตัด หรือจี้ด้วยไฟฟ้าเพื่อทำหมัน
..... <b>ค. Epididymis</b> .....	5.	บริเวณที่สเปิร์มพัฒนาต่อจนเจริญเต็มที่

## 2.2 เพศหญิง



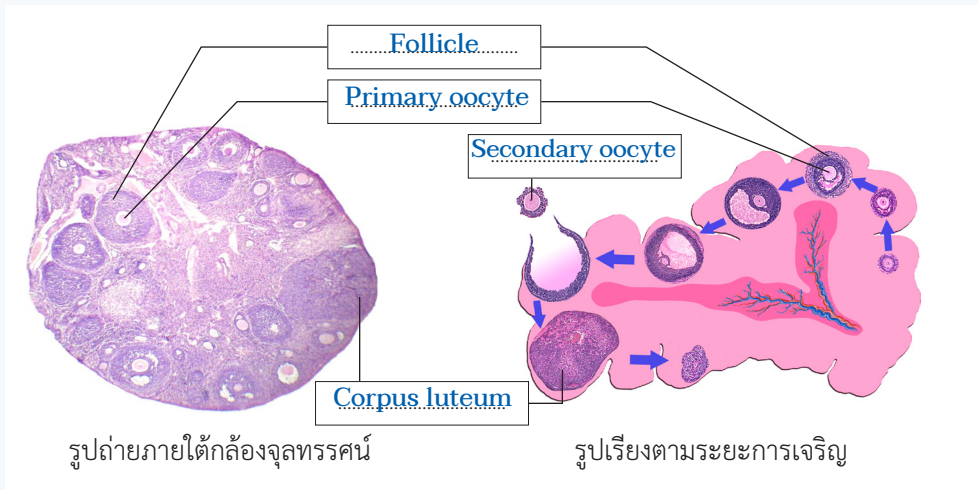
..... <b>ก. Ovary</b> .....	1.	ทำหน้าที่ผลิตเซลล์ไข่และอีสโตรเจน
..... <b>ข. Oviduct</b> .....	2.	บริเวณในระบบสืบพันธุ์เพศหญิงที่สามารถผูก ตัด หรือจี้ด้วยไฟฟ้าเพื่อทำหมัน
..... <b>ค. Endometrium</b> .....	3.	ส่วนที่เยื่อบุผิวสลายกลายเป็นประจำเดือน
..... <b>ค. Endometrium</b> .....	4.	บริเวณที่เอ็มบริโอฝังตัว
..... <b>ช. Oviduct</b> .....	5.	บริเวณที่เกิดการปฏิสนธิ

3. จากรูปถ่ายและรูปร่างเนื้อเยื่อหลอดสร้างอสุจิของหนูขาวที่นำมาตัดตามขวางและศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จงเติมชื่อเซลล์ (ภาษาอังกฤษ) ในกระบวนการสร้างสเปิร์มลงในช่องว่าง พร้อมระบุว่าเซลล์เป็นดิพลอยด์ ( $2n$ ) หรือแฮพลอยด์ ( $n$ )

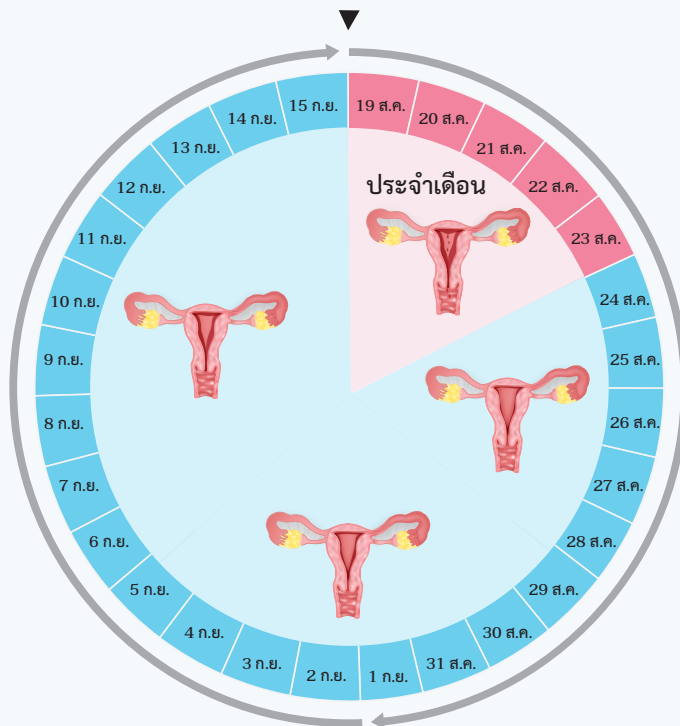




4. จากรูปถ่ายเนื้อเยื่อรังไข่ของหนูขาวที่นำมาตัดตามขวางและศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และรูปเรียงตามระยะการเจริญ จงเติมชื่อเซลล์ (ภาษาอังกฤษ) ในกระบวนการสร้างเซลล์ไข่ลงในช่องว่าง

4. จากรูปถ่ายเนื้อเยื่อรังไข่ของหนูขาวที่นำมาตัดตามขวางและศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และรูปเรียงตามระยะการเจริญ จงเติมชื่อเซลล์ (ภาษาอังกฤษ) ในกระบวนการสร้างเซลล์ไข่ลงในช่องว่าง




5. จากรูปแสดงการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนเทรียมในช่วงต่าง ๆ ของรอบประจำเดือน ถ้าผู้หญิงคนหนึ่งมีประจำเดือนวันแรกในวันที่ 19 สิงหาคม และมีรอบประจำเดือนเป็นปกติทุก ๆ 28 วัน จงตอบคำถามต่อไปนี้




- 5.1 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฮีสโตรเจนในเลือดในสัปดาห์สุดท้ายของเดือน สิงหาคมเป็นอย่างไร และส่งผลอย่างไร
-  ความเข้มข้นของฮีสโตรเจนในเลือดค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งกระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนหน้าให้หลั่ง LH ส่งผลให้เกิดการตกไข่
- 5.2 ผู้หญิงคนนี้จะมีการตกไข่ประมาณวันที่เท่าใด และคาดว่าจะมีประจำเดือนรอบถัดไปในช่วงวันที่เท่าใด
-  ผู้หญิงคนนี้จะมีการตกไข่ประมาณวันที่ 1 กันยายน นั่นคือ หลังจากวันแรกของการมีประจำเดือนประมาณ 2 สัปดาห์ และคาดคะเนว่าประจำเดือนรอบถัดไปจะเกิดในช่วงวันที่ 16 -20 กันยายน


5.3 ในช่วงวันที่เท่าใดที่ผู้หญิงคนนี้มีโอกาสที่จะตั้งครรภ์หากมีเพศสัมพันธ์โดยไม่มีการคุมกำเนิด เพราะเหตุใด

 ช่วงประมาณวันที่ 28 สิงหาคม ถึง 3 กันยายน จะมีโอกาสที่จะมีการตั้งครรภ์หากมีเพศสัมพันธ์ เนื่องจากเป็นช่วงที่อยู่ระหว่างการตกไข่ อีสุกโรเจนจะมีระดับลดลงและโพเรเจสเทอโรนมีระดับเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เอนโดมีเทรียมหนาขึ้นเพื่อเตรียมรับการฝังตัวของเอ็มบริโอ หากมีการปฏิสนธิในช่วงนี้อาจมีโอกาสตั้งครรภ์ได้ โดยหลังการตกไข่ โอโอไซต์ระยะที่สองจะอยู่ได้ประมาณ 24-48 ชั่วโมง แล้วจะฝ่อไป ส่วนสเปิร์มสามารถอยู่ในระบบสืบพันธุ์ของเพศหญิงได้นานประมาณ 3-5 วัน

5.4 หากมีการปฏิสนธิระดับความเข้มข้นของโพเรเจสเทอโรนจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร


 ความเข้มข้นของโพเรเจสเทอโรนจะมีค่าสูง ซึ่งยับยั้งการเจริญของเซลล์ไข่ชุดถัดไป และทำให้ผนังมดลูกยังคงหนาอยู่เพื่อรับการฝังตัวของเอ็มบริโอ

5.5 ถ้าในเวลาต่อมา ผู้หญิงคนนี้มีรอบประจำเดือนทุกๆ 22 วัน และมีเพศสัมพันธ์โดยไม่มีการคุมกำเนิดในวันที่ 12 ของรอบประจำเดือน มีโอกาสที่จะเกิดการปฏิสนธิหรือไม่

 มีโอกาสเกิดการปฏิสนธิ เนื่องจากน่าจะมีการตกไข่ประมาณกลางรอบประจำเดือน นั่นคือประมาณวันที่ 11 ของรอบประจำเดือน สเปิร์มจึงมีโอกาสปฏิสนธิกับเซลล์ไข่ได้

6. ภาวะการตั้งครรภ์นอกมดลูก (ectopic pregnancy) เป็นภาวะที่เอ็มบริโอไม่ได้ไปฝังตัวที่เอนโดมีเทรียมตามปกติ แต่ไปฝังตัวที่บริเวณอื่นแทน ภาวะการตั้งครรภ์นอกมดลูกที่พบบ่อยคือเอ็มบริโอไปฝังตัวที่บริเวณท่อนำไข่ ซึ่งผู้หญิงที่มีการตั้งครรภ์แบบนี้มักจะมีจำนวนของซีเลียในท่อนำไข่ต่ำกว่าปกติ จากข้อมูลที่กำหนดให้ จงตอบคำถามต่อไปนี้

6.1 ถ้าการตั้งครรภ์แบบที่เอ็มบริโอไปฝังตัวที่ท่อนำไข่ยังคงดำเนินต่อไป จะเกิดเหตุการณ์ใดขึ้น เพราะเหตุใด

 ท่อนำไข่มีสภาพไม่เหมาะสมในการฝังตัวของเอ็มบริโอผนังในบริเวณนี้ไม่มีหลอดเลือดมาเลี้ยงมากพอ นอกจากนี้ท่อนำไข่ยังมีขนาดเล็กไม่สามารถขยายใหญ่ขึ้นได้ ถ้าการตั้งครรภ์แบบที่เอ็มบริโอไปฝังตัวที่ท่อนำไข่ยังคงดำเนินต่อไป เมื่อเอ็มบริโอมีขนาดใหญ่มากขึ้นจะทำให้ท่อนำไข่แตกได้ เสี่ยงต่อการตกเลือดภายใน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำเอ็มบริโอออกเพื่อรักษาชีวิตของมารดาและต้องได้รับการรักษาโดยสูตินารีแพทย์

6.2 เพราะเหตุใดจำนวนซิเลียในบริเวณท่อนำไข่จึงมีความสัมพันธ์กับการตั้งครรภ์แบบที่เอ็มบริโอฝังตัวที่ท่อนำไข่



เพราะซิเลียทำหน้าที่พัดโบกให้เอ็มบริโอเคลื่อนที่ไปยังโพรงมดลูก ดังนั้นจำนวนของซิเลียในท่อนำไข่ที่มีน้อยจะทำให้เอ็มบริโอที่พร้อมจะฝังตัวเคลื่อนที่ช้า จึงอาจฝังตัวที่ท่อนำไข่ก่อนที่จะเดินทางถึงโพรงมดลูก

7. จงนำตัวอักษรหน้าคำที่กำหนดให้เติมลงหน้าข้อความที่มีความสัมพันธ์กัน

ก. โอโอไซต์ระยะแรก	ข. โอโอไซต์ระยะที่สอง	ค. แกสทรูลา
ง. ท่อนำไข่	จ. แอลแลนทอยส์	ฉ. รก
ช. การแบ่งเซลล์	ซ. คลีเวจ	ฅ. คอร์ปัสลูเทียม
ญ. บลาสตูลา	ฎ. ออร์แกโนเจเนซิส	ฏ. เซลล์ไข่

...ข... 7.1 เซลล์ที่หลุดออกจากฟอลลิเคิลเข้าสู่ท่อนำไข่ในกระบวนการตกไข่

...ฉ... 7.2 โครงสร้างที่ลำเลียงสารอาหารและแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนระหว่างแม่กับลูก

...ช... 7.3 การที่ไซโกตมีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสอย่างรวดเร็วในกระบวนการเจริญเติบโตของกบ

...ค... 7.4 เอ็มบริโอในระยะที่มีการจัดเรียงตัวของกลุ่มเซลล์เป็น 3 ชั้น คือ เอ็กโทเดิร์ม เมโซเดิร์ม และเอนโดเดิร์ม

...จ... 7.5 โครงสร้างของเอ็มบริโอไก่ที่ใช้แลกเปลี่ยนแก๊สและเก็บของเสียประเภทกรดยูริก

...ฅ... 7.6 โครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงมาจากฟอลลิเคิล ทำหน้าที่สร้างโปรเจสเทอโรน

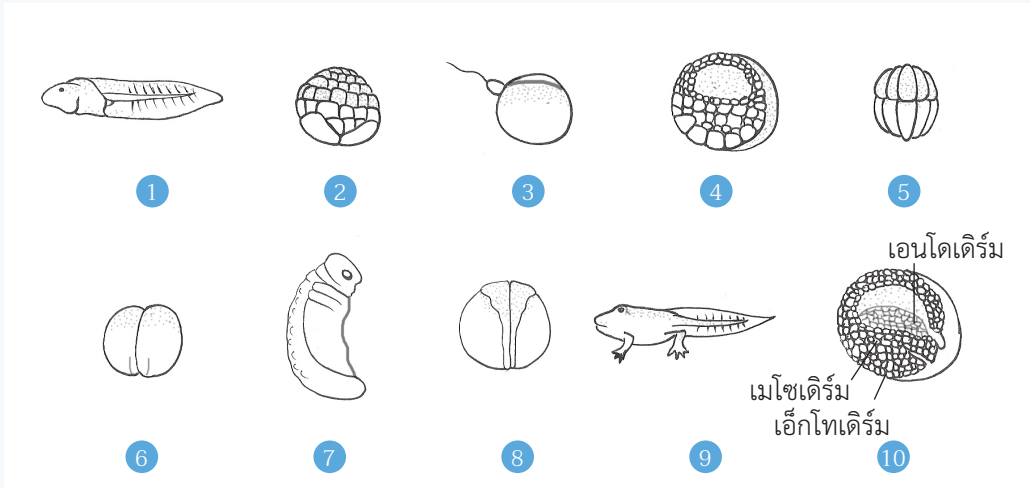
8. จงใส่เครื่องหมายถูก (✓) หน้าข้อความที่ถูกต้อง ใส่เครื่องหมายผิด (×) หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง และขีดเส้นใต้เฉพาะคำ หรือส่วนของข้อความที่ไม่ถูกต้อง และแก้ไขโดยตัดออก หรือเติมคำหรือข้อความที่ถูกต้องลงในช่องว่าง

### การเจริญเติบโตของสัตว์

- ..... ✓ 8.1 การที่มีปริมาณและการกระจายของไข่แดงในเซลล์ไข่ไม่เท่ากันทำให้สัตว์มีลักษณะการแบ่งเซลล์ในคลีเวจของเอ็มบริโอต่างกัน
- ..... ✗ 8.2 ในคลีเวจพบว่าเอ็มบริโอมีการเพิ่มขนาดอย่างรวดเร็ว  
**แก้ไขเป็น** จำนวนเซลล์
- ..... ✗ 8.3 การแบ่งเซลล์ในคลีเวจอัตราส่วนพื้นที่ผิวของเซลล์ต่อปริมาตรจะลดลง  
**แก้ไขเป็น** เพิ่มขึ้น
- ..... ✗ 8.4 ผนังคร่ำของไข่เป็นถุงบรรจุของเหลวทำหน้าที่ป้องกันการกระทบกระเทือนและไม่ให้เอ็มบริโอแห้ง คอเรียนของไข่เป็นถุงทำหน้าที่สะสมอาหาร  
กรณีที่ 1 ผนังคร่ำของไข่เป็นถุงบรรจุของเหลวทำหน้าที่ป้องกันการกระทบกระเทือนและไม่ให้เอ็มบริโอแห้ง คอเรียนของไข่เป็นถุงทำหน้าที่สะสมอาหาร  
**แก้ไขเป็น** แลกเปลี่ยนแก๊ส  
กรณีที่ 2 ผนังคร่ำของไข่เป็นถุงบรรจุของเหลวทำหน้าที่ป้องกันการกระทบกระเทือนและไม่ให้เอ็มบริโอแห้ง คอเรียนของไข่เป็นถุงทำหน้าที่สะสมอาหาร  
**แก้ไขเป็น** ไข่แดง
- ..... ✓ 8.5 เยื่อหุ้มไข่ขาวของไข่ไก่ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายและการสูญเสียน้ำของเซลล์
- ..... ✗ 8.6 สมอง ไข่สันหลัง เล็บ เลนส์ตา และโนโทคอร์ด เป็นอวัยวะที่เจริญมาจากเอ็กโทเดิร์มของเอ็มบริโอ  
**แก้ไขโดย** ตัด และโนโทคอร์ด ออก
- ..... ✗ 8.7 ผนังคร่ำพบได้ทั้งในสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สัตว์ปีก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม  
**แก้ไขโดย** ตัด สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ออก
- ..... ✓ 8.8 ฟีตัสได้รับสารอาหารและแก๊สออกซิเจนจากรกผ่านทางสายสะดือ

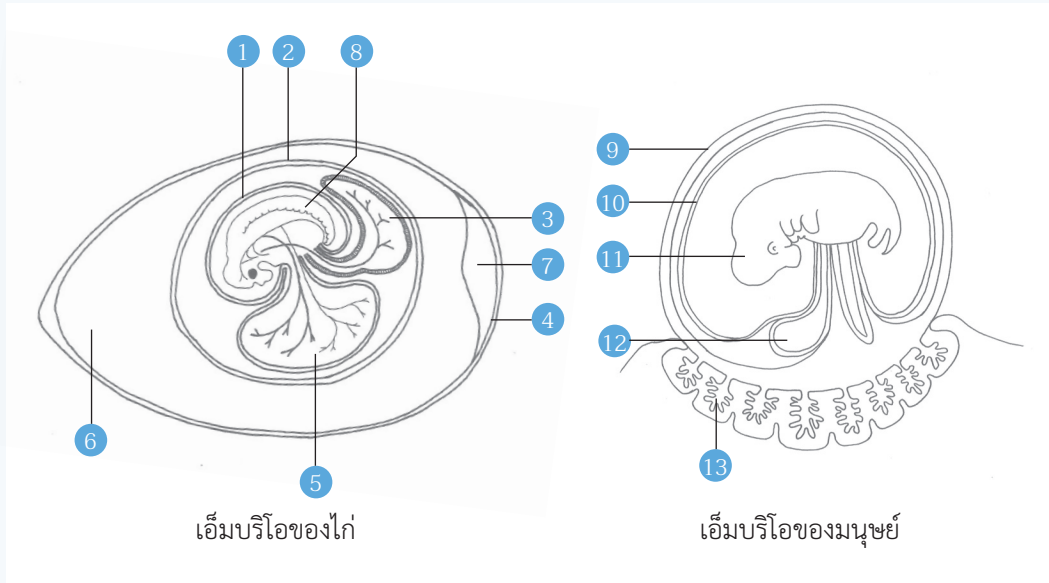


9. จากรูปการเจริญเติบโตของกบ จงเติมหมายเลขลงในตารางให้สัมพันธ์กับลำดับของกระบวนการที่เกิดขึ้น สามารถตอบได้มากกว่า 1 หมายเลข



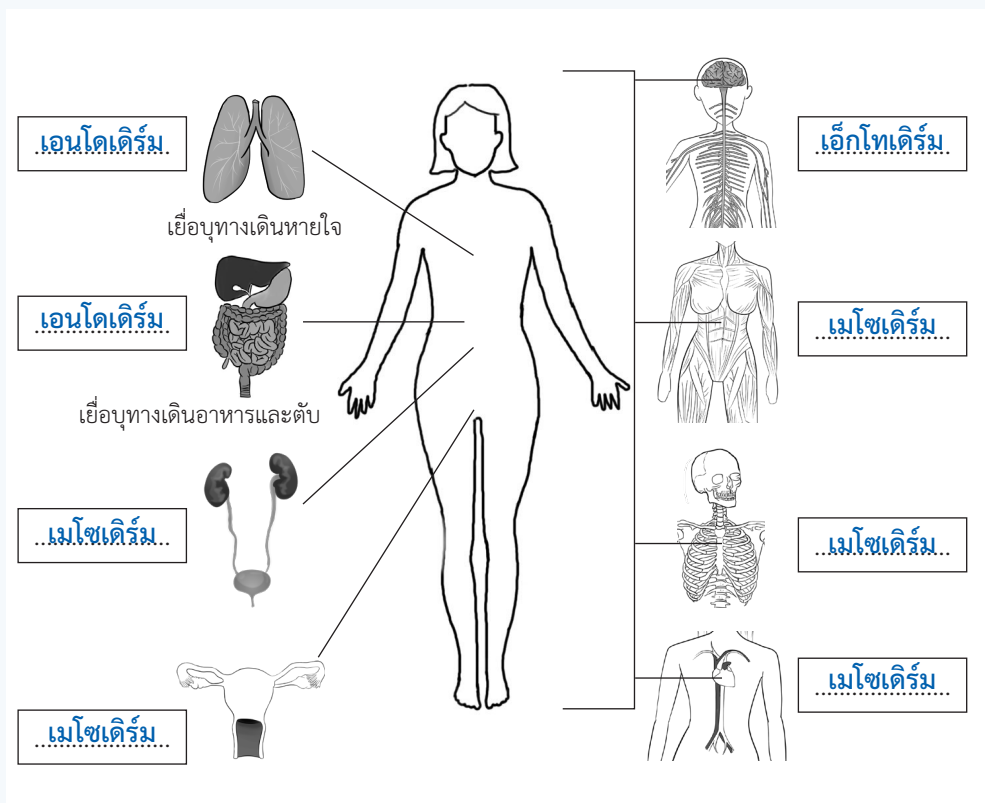
กระบวนการ	หมายเลข
9.1 ปฏิสนธิ	3
9.2 คลีเวจ	6, 5, 2 และ 4
9.3 แกสทรูเลชัน	10
9.4 ออร์แกโนเจเนซิส	8 และ 7
9.5 เมทามอร์โฟซิส	1 และ 9

10. จากรูปการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอของไก่และเอ็มบริโอของมนุษย์ จงเติมหมายเลขและชื่อโครงสร้างของเอ็มบริโอ (ภาษาอังกฤษ) ที่สัมพันธ์กับหน้าที่ลงในตาราง




หน้าที่	หมายเลขและชื่อโครงสร้าง เอ็มบริโอของไก่	หมายเลขและชื่อโครงสร้าง เอ็มบริโอของมนุษย์
10.1 แลกเปลี่ยนแก๊ส	2 chorion	13 placenta
10.2 เก็บของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ	3 allantois	13 placenta
10.3 เก็บหรือลำเลียงสารอาหารสำหรับเอ็มบริโอ	5 yolk sac	13 placenta
10.4 ป้องกันเอ็มบริโอไม่ให้ได้รับการกระทบกระเทือน	1 amnion	10 amnion

11. เอ็มบริโอของมนุษย์มีการเจริญเติบโตในแกสตรูลา โดยมีการจัดเรียงตัวของกลุ่มเซลล์ 3 ชั้น ซึ่งจะพัฒนาไปเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เฉพาะ จงระบุว่าอวัยวะในรูปมีการพัฒนามาจากกลุ่มเซลล์ชั้นใด



12. กลุ่มอาการผิดปกติของทารกในครรภ์จากการดื่มแอลกอฮอล์ของมารดา (fetal alcohol spectrum disorder; FASD) ทำให้การเจริญของเอ็มบริโอผิดปกติ เมื่อคลอดออกมาทารกจะมีกะโหลกศีรษะเล็ก ร่างกายเล็ก และปัญญาอ่อน นอกจากนี้ยังเพิ่มความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตของทารก ทั้งนี้อันตรายและความรุนแรงขึ้นอยู่กับปริมาณแอลกอฮอล์ที่ดื่มและอายุครรภ์ โดยเฉพาะในช่วง 3 เดือนแรกของการตั้งครรภ์ แพทย์จึงแนะนำให้หญิงที่ตั้งครรภ์งดดื่มแอลกอฮอล์ตลอดการตั้งครรภ์ แอลกอฮอล์สามารถเข้าสู่เอ็มบริโอในครรภ์ได้อย่างไร เพราะเหตุใดการดื่มแอลกอฮอล์ในช่วง 3 เดือนแรกของการตั้งครรภ์จึงส่งผลรุนแรงกว่าในช่วงหลังจาก 3 เดือนแรกของการตั้งครรภ์

 เอ็มบริโอได้รับแอลกอฮอล์ผ่านทางรกและสายสะดือ สาเหตุที่ควรงดดื่มแอลกอฮอล์ในช่วง 3 เดือนแรกของการตั้งครรภ์นั้น เพราะช่วงเวลาดังกล่าวเซลล์จะมีการเพิ่มจำนวนและมีการเปลี่ยนสภาพไปทำหน้าที่เฉพาะ เช่น สร้างเซลล์ประสาท รวมถึงสร้างอวัยวะต่างๆ เช่น สมอง หัวใจ ตา แขน ขา อวัยวะเพศ นอกจากนี้เอ็มบริโอยังมีเซลล์จำนวนน้อย ดังนั้นเซลล์ของเอ็มบริโอในระยะนี้จึงได้รับผลกระทบรุนแรงจากแอลกอฮอล์หรือสารเคมีอื่นๆ ที่มารดาได้รับ ซึ่งอาจทำให้พิการได้

บทที่

| พฤติกรรมของสัตว์

22

[ipst.me/10787](https://ipst.me/10787)

### ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบและยกตัวอย่างพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดและพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ของสัตว์
2. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมกับวิวัฒนาการของระบบประสาท
3. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างการสื่อสารระหว่างสัตว์ที่ทำให้สัตว์แสดงพฤติกรรม

## การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

### ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบและยกตัวอย่างพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดและพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ของสัตว์

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการศึกษาพฤติกรรมของสัตว์
2. อธิบายกลไกการเกิดพฤติกรรมของสัตว์
3. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบและยกตัวอย่างพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดและพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ของสัตว์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสังเกต</li> <li>2. การลงความเห็นจากข้อมูล</li> <li>3. การจำแนกประเภท</li> <li>4. การทดลอง</li> <li>5. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล</li> <li>6. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ</li> <li>2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา</li> <li>3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การใช้วิจารณญาณ</li> <li>2. ความรอบคอบ</li> <li>3. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน</li> <li>4. ความอยากรู้อยากเห็น</li> </ol>

### ผลการเรียนรู้

2. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมกับวิวัฒนาการของระบบประสาท

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมกับวิวัฒนาการของระบบประสาท

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. การใช้วิจารณญาณ

### ผลการเรียนรู้

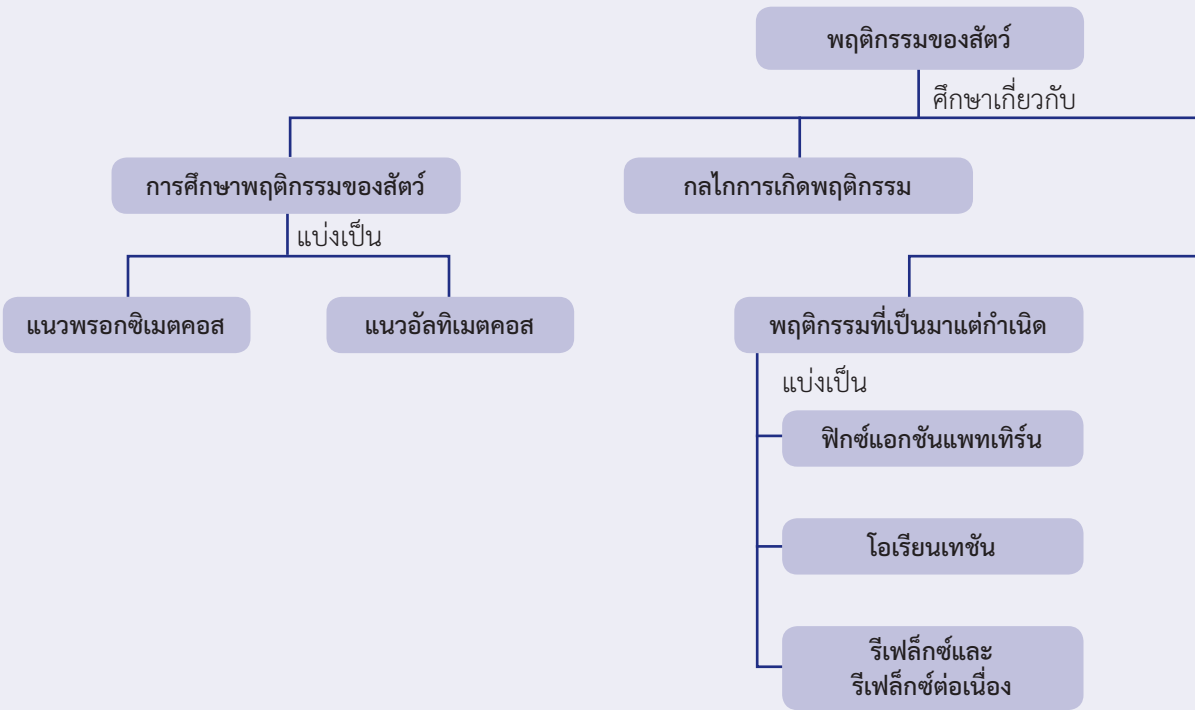
- สืบค้นข้อมูล อธิบายและยกตัวอย่างการสื่อสารระหว่างสัตว์ที่ทำให้สัตว์แสดงพฤติกรรม

### จุดประสงค์การเรียนรู้

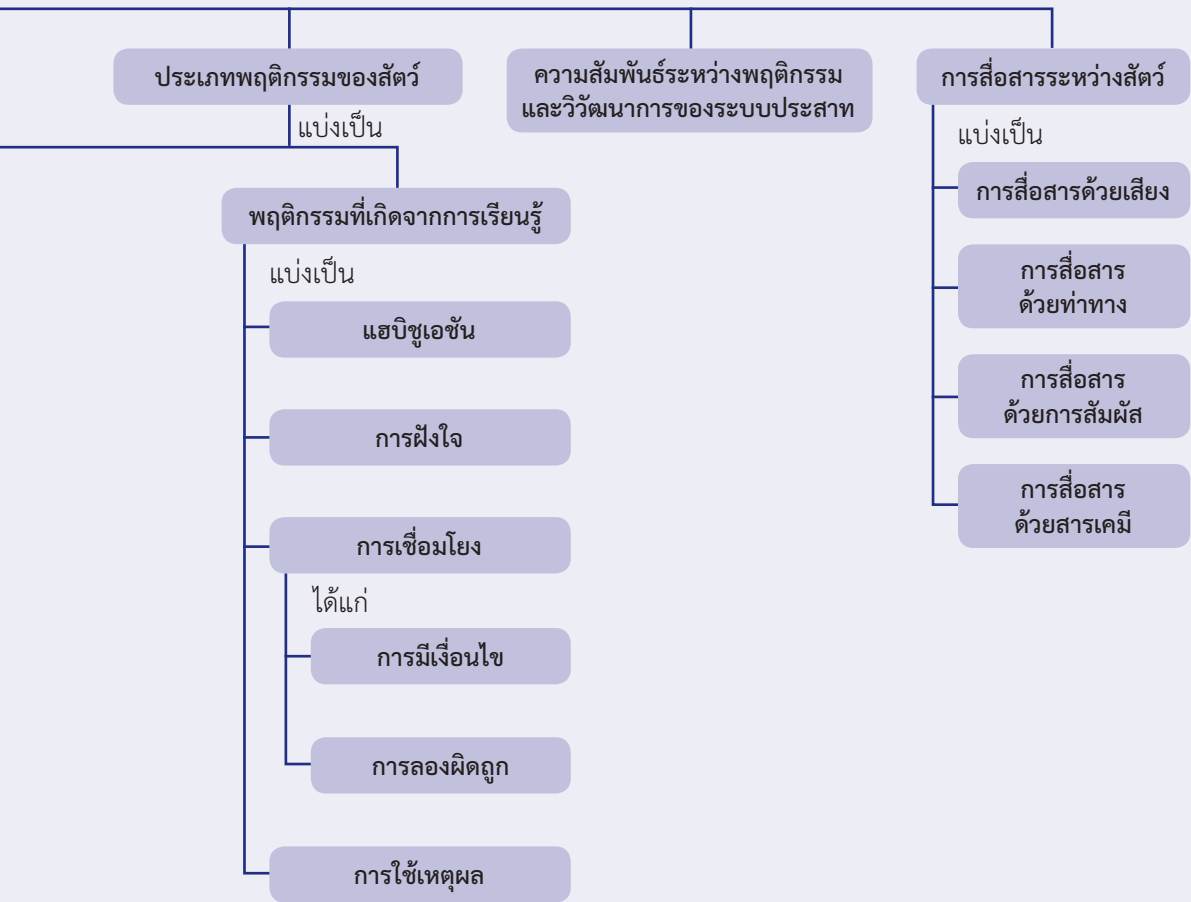
- สืบค้นข้อมูล อธิบายและยกตัวอย่างการสื่อสารระหว่างสัตว์ที่ทำให้สัตว์แสดงพฤติกรรม

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล 3. การจำแนกประเภท	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. การใช้วิจารณญาณ

## ผังมโนทัศน์ บทที่ 22







## สาระสำคัญ

พฤติกรรม คือ ปฏิกริยาที่สิ่งมีชีวิตแสดงเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่มากระตุ้น ทำให้สามารถดำรงชีวิตอยู่รอดได้โดยพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการแสดงพฤติกรรม การศึกษาพฤติกรรมของสัตว์อาจศึกษาได้ 2 แนวทาง คือ แนวพรอกซิเมตคอส ซึ่งศึกษาในแง่กลไกการแสดงออกของพฤติกรรม และสิ่งเร้าที่ทำให้เกิดพฤติกรรม รวมถึงพัฒนาการของพฤติกรรมที่เกิดขึ้น และการศึกษาพฤติกรรมในแนวอัลทิเมตคอส เป็นการศึกษาผลของพฤติกรรมที่สัตว์แสดงออกต่อการปรับตัวในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ตลอดจนวิวัฒนาการของพฤติกรรมนั้น ๆ เมื่อเทียบกับสัตว์กลุ่มที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกัน

พฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดเป็นพฤติกรรมที่แสดงออกมาโดยไม่ต้องได้รับการฝึกฝน สามารถถ่ายทอดได้ทางพันธุกรรม เช่น พิกซ์แอกซันแพทเทิร์น โอเรียนเทชัน รีเฟล็กซ์และรีเฟล็กซ์ต่อเนื่อง พฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้เป็นพฤติกรรมที่อาศัยประสบการณ์จึงจะแสดงพฤติกรรมได้อย่างเหมาะสม แบ่งได้เป็น แสปีซูเอชัน การฝังใจ การเชื่อมโยง (การมีเงื่อนไขและการลองผิดลองถูก) และการใช้เหตุผล

ระดับการแสดงพฤติกรรมที่สัตว์แต่ละชนิดแสดงออกจะแตกต่างกันซึ่งมีความสัมพันธ์กับวิวัฒนาการของระบบประสาทที่แตกต่างกัน และมนุษย์สามารถแสดงพฤติกรรมการใช้เหตุผลได้ดีที่สุด

การสื่อสารในสัตว์เป็นพฤติกรรมเพื่อสื่อความหมายให้เข้าใจตรงกัน ซึ่งมีหลายวิธี เช่น การสื่อสารด้วยเสียง การสื่อสารด้วยท่าทาง การสื่อสารด้วยการสัมผัส และการสื่อสารด้วยสารเคมี (ฟีโรโมน)

## เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ 6 ชั่วโมง

22.1 การศึกษาพฤติกรรมของสัตว์	0.5	ชั่วโมง
22.2 กลไกการเกิดพฤติกรรม	0.5	ชั่วโมง
22.3 ประเภทพฤติกรรมของสัตว์	3.5	ชั่วโมง
22.4 ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมและวิวัฒนาการของระบบประสาท	0.5	ชั่วโมง
22.5 การสื่อสารระหว่างสัตว์	1	ชั่วโมง
<b>รวม</b>	<b>6</b>	<b>ชั่วโมง</b>



### ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนใส่เครื่องหมายถูก (✓) หรือผิด (×) หน้าข้อความตามความเข้าใจของนักเรียน

1. ✓ มนุษย์และสัตว์มีการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอกและสิ่งเร้าภายใน
2. ✓ การแสดงพฤติกรรมของสัตว์ถูกควบคุมโดยระบบประสาท
3. ✓ ฮอร์โมนมีผลต่อการแสดงพฤติกรรมของสัตว์
4. × สัตว์ทุกสปีชีส์แสดงพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ได้
5. ✓ การร้องขออาหารของลูกนกแรกเกิดสามารถเกิดขึ้นได้โดยไม่จำเป็นต้องเรียนรู้จากประสบการณ์
6. ✓ การได้รับสารเสพติดทำให้พฤติกรรมของมนุษย์และสัตว์เปลี่ยนแปลงไป
7. ✓ การแสดงพฤติกรรมบางอย่างของสัตว์ต้องอาศัยประสบการณ์
8. × ปฏิกริยารีเฟล็กซ์เป็นพฤติกรรมที่มีการตอบสนองต่อสิ่งเร้าทันทีโดยการสั่งงานของสมอง
9. × พัฒนาการทางร่างกายของสัตว์ไม่มีผลต่อการแสดงพฤติกรรมของสัตว์
10. × พฤติกรรมของสัตว์ทุกชนิดจะคงอยู่ถาวร ไม่ลดระดับการตอบสนองต่อสิ่งเร้าทุกชนิด

## 22.1 การศึกษาพฤติกรรมของสัตว์

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการศึกษาพฤติกรรมของสัตว์

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยอาจใช้รูปนำบทในหนังสือเรียนหรือรูปอื่นหรือวิดีโอที่คนแสดงพฤติกรรมของสัตว์สั้น ๆ แล้วถามนักเรียนโดยใช้คำถามในหนังสือเรียนดังนี้ พฤติกรรมที่สัตว์แสดงมีประโยชน์ต่อสัตว์อย่างไร สิ่งเร้าที่กระตุ้นให้สัตว์แสดงพฤติกรรมคืออะไร มีกลไกการเกิดพฤติกรรมอย่างไร และมนุษย์จะได้ประโยชน์อะไรจากการศึกษาพฤติกรรมของสัตว์

คำตอบของนักเรียนมีได้หลากหลาย ครูยังไม่ต้องเฉลยว่าคำตอบของนักเรียนถูกต้องหรือไม่ สำหรับครูควรเข้าใจในเบื้องต้นว่า สัตว์แสดงพฤติกรรมเพื่อประโยชน์ในการดำรงชีวิต เช่น การหาอาหาร การหลบหลีกศัตรู การสืบพันธุ์ ซึ่งสิ่งเร้าที่ทำให้สัตว์แสดงพฤติกรรมมีหลากหลาย และมนุษย์ศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ เพื่ออธิบายและทำความเข้าใจพฤติกรรมของสัตว์ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

ครูอาจยกตัวอย่างนกกระจัดและหนูแพรรีในหนังสือเรียนเพื่อนำไปสู่การศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ในแนวพรอกซิเมตคอส ซึ่งศึกษาในแง่กลไกการแสดงออกของพฤติกรรม และสิ่งเร้าที่ทำให้เกิดพฤติกรรม รวมถึงพัฒนาการของพฤติกรรมที่เกิดขึ้น เพื่อให้เข้าใจว่า สัตว์แสดงพฤติกรรมต่างๆ ได้อย่างไร และการศึกษาพฤติกรรมในแนวอัลทิเมตคอส ซึ่งศึกษาผลของพฤติกรรมที่สัตว์แสดงออกต่อการปรับตัวในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ตลอดจนวิวัฒนาการของพฤติกรรมนั้น ๆ เมื่อเทียบกับสัตว์กลุ่มที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกัน เพื่อให้เข้าใจว่า สัตว์แสดงพฤติกรรมต่างๆ เพื่อวัตถุประสงค์ใด การศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ทั้งในแนวพรอกซิเมตคอสและอัลทิเมตคอสนั้น จะช่วยในการอธิบายและทำความเข้าใจพฤติกรรมของสัตว์ได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น



### ตรวจสอบความเข้าใจ

- ? การศึกษาว่ายีนใดส่งผลต่อรูปแบบการชกไขของแมงมุมสายพันธุ์หนึ่ง เป็นการศึกษาพฤติกรรมในแนวพรอกซิเมตคอสหรือแนวอัลทิเมตคอส เพราะเหตุใด
- ✎ เป็นการศึกษาพฤติกรรมในแนวพรอกซิเมตคอส เพราะศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกลไกการเกิดพฤติกรรม

ครูอาจให้นักเรียนยกตัวอย่างพฤติกรรมของสัตว์ที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวันและอภิปรายร่วมกันว่าสิ่งเร้าอะไรเป็นตัวกระตุ้นให้สัตว์แสดงพฤติกรรมเหล่านั้น และสัตว์รู้ได้อย่างไรว่าจะแสดงพฤติกรรมอย่างไร รวมทั้งจะได้ประโยชน์อะไรเมื่อสัตว์แสดงพฤติกรรมที่เหมาะสมเพื่อนำเข้าสู่เรื่องกลไกการเกิดพฤติกรรม



### ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ในการศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ในแนวทางอัลทิมेटคอส ทำให้เข้าใจได้ว่าสัตว์แสดงพฤติกรรมเหล่านั้นเพื่อวัตถุประสงค์ใด พฤติกรรมที่สัตว์แสดงออกมาเป็นผลมาจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติ ซึ่งการแสดงพฤติกรรมเหล่านี้เป็นผลมาจากการแสดงออกของยีนที่เหมาะสมที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมมาจากบรรพบุรุษ ทำให้สัตว์ที่มียีนที่ควบคุมการแสดงออกของพฤติกรรมที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมสามารถเพิ่มโอกาสในการอยู่รอด สืบพันธุ์ เพิ่มจำนวนและขยายขนาดประชากรได้ ดังตัวอย่างพฤติกรรมต่อไปนี้

**การปกป้องอาณาเขต (territoriality)** สัตว์แต่ละสปีชีส์มีขนาดอาณาเขตที่ใช้ในการหากิน อยู่อาศัย ผสมพันธุ์และทำรังแตกต่างกันซึ่งโดยทั่วไปในธรรมชาติอาณาเขตดังกล่าวมีพื้นที่จำกัด ดังนั้นสัตว์บางสปีชีส์จึงมีพฤติกรรมปกป้องอาณาเขต เพื่อเป็นหลักประกันว่าจะยังคงมีทรัพยากรอาหารและที่อยู่อาศัยที่เพียงพอในการอยู่รอดและสืบพันธุ์ต่อไปได้ พฤติกรรมนี้จะแสดงออกชัดเจนในช่วงฤดูผสมพันธุ์ของสัตว์บางสปีชีส์ เช่น นกทะเลบางสปีชีส์ในช่วงนอกฤดูผสมพันธุ์จะมีอาณาเขตการหากินที่กว้าง และไม่ค่อยแสดงพฤติกรรมปกป้องอาณาเขต เมื่อเข้าสู่ฤดูผสมพันธุ์จะสร้างรังและจับคู่ผสมพันธุ์เพื่อวางไข่ นกจะมีพฤติกรรมลดขนาดอาณาเขตหากินลง และมีการแสดงพฤติกรรมปกป้องอาณาเขตหากินรอบ ๆ รัง แสดงพฤติกรรมก้าวร้าวต่อผู้บุกรุกที่เข้ามาในอาณาเขตของรัง

**กลยุทธ์ในการสืบพันธุ์ (reproductive strategies)** สัตว์บางสปีชีส์มีลักษณะภายนอกของเพศผู้และเพศเมียต่างกันชัดเจน เช่น ในนกบักขาสวรรค์เพศผู้จะมีสีขนสวยงาม มีขนหางยาวเพื่อใช้ในการเต้นระบำเกี้ยวพาราสีเพศเมีย เมื่อถึงฤดูผสมพันธุ์นกเพศเมียจะเลือกคู่ผสมพันธุ์โดยการคัดเลือกทางเพศ (sexual selection) ซึ่งดูจากสีขนของขนและท่าทางการเต้นของเพศผู้ตัวที่เต้นที่สุด เพราะเป็นเพศผู้ที่แข็งแรงที่สุดและหาอาหารเก่งที่สุด สีขนที่สวยงามสะท้อนถึงความสามารถในการเข้าถึงแหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์ เป็นหลักประกันว่าลูกที่เกิดมาจะได้ลักษณะที่ดีเหล่านี้มาจากพ่อเช่นกัน และเพิ่มอัตราการอยู่รอดของลูก

**พฤติกรรมทางสังคม** (social behavior) สัตว์บางสปีชีส์มีการอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มและมีปฏิสัมพันธ์กับสมาชิกภายในกลุ่มเพื่อประโยชน์หลายอย่าง เช่น ลดความเสี่ยงในการถูกล่า สามารถหาอาหารได้ดีขึ้นและมากขึ้น ช่วยกันปกป้องที่อยู่อาศัยหรือแหล่งอาหาร ช่วยกันดูแลสมาชิกในกลุ่มที่เป็นวัยอ่อนหรือลูกอ่อน อย่างไรก็ตามการรวมกลุ่มกันมีข้อเสียต่อสัตว์สปีชีส์นั้น เช่น เพิ่มอัตราการแข่งขันในการหาอาหาร ที่อยู่อาศัย หรือจับคู่ผสมพันธุ์ การแพร่กระจายโรคระบาดเกิดง่ายขึ้น การรวมกลุ่มกันต้องได้รับประโยชน์ในภาพรวมมากกว่าข้อเสีย เช่น ปลาซาร์ดีนจะอยู่รวมกันเป็นฝูงใหญ่ในมหาสมุทร ทำให้สัตว์ผู้ล่าในมหาสมุทรล่าปลาซาร์ดีนได้ยากขึ้น เนื่องจากผู้ล่าเกิดความสับสน และไม่สามารถพุ่งเป้าในการล่าเหยื่อตัวใดตัวหนึ่งโดยตรงได้

**การเสียสละ** (altruism) สัตว์บางสปีชีส์มีพฤติกรรมในการลดบทบาทในการที่จะสืบพันธุ์ เพื่อไปทำหน้าที่อื่นในสังคม ซึ่งช่วยเพิ่มโอกาสในการสืบพันธุ์ของสมาชิกในกลุ่ม เช่น มด ปลวก และผึ้ง ซึ่งมีเพียงนางพญาที่ทำหน้าที่สืบพันธุ์ ในขณะที่ มดงาน ปลวกงาน หรือผึ้งงาน ทำหน้าที่ในการหาอาหาร ดูแลตัวอ่อน ดูแลนางพญา หรือปกป้องรัง พฤติกรรมการเสียสละในสัตว์จะส่งผลกระทบต่อสังคมของสัตว์ ตัวอย่างอื่น เช่น ในนกฟลอริดาศรรับเจย์ ลูกนกที่เกิดในครอกก่อนเมื่อโตขึ้นจะช่วยพ่อและแม่ของมันเองเลี้ยงลูกนกซึ่งเกิดขึ้นมาในครอกหลัง ซึ่งเสียโอกาสที่จะได้สืบพันธุ์เร็ว แต่ทำให้ลูกนกครอกหลังมีโอกาสรอดชีวิตสูงขึ้น และเป็นการเรียนรู้ทักษะในการเลี้ยงลูกอ่อนจากพ่อแม่ ส่งผลให้เมื่อนกเหล่านี้หมดหน้าที่ในการเลี้ยงลูกนกรอกหลัง แล้วออกไปจับคู่สืบพันธุ์และสร้างรังเองสามารถเลี้ยงลูกให้อยู่รอดได้มากขึ้น ช้างแอฟริกันเพศเมียที่อาวุโส แข็งแรง และมีประสบการณ์มากที่สุดมักทำหน้าที่เป็นผู้นำในการดูแลลูกช้างในโขลงโดยลดบทบาทการสืบพันธุ์ ทำให้อัตราการรอดชีวิตของลูกช้างในโขลงเพิ่มขึ้น สมาชิกตัวอื่นในโขลงที่เป็นเพศเมียวัยอ่อนกว่ารวมถึงลูกช้างจะได้รับการอยู่เป็นสังคมและวิธีการเอาตัวรอดอย่างเหมาะสมในธรรมชาติจากผู้นำ

อย่างไรก็ดีเหตุผลที่มนุษย์ใช้อธิบายพฤติกรรมของสัตว์เหล่านี้ล้วนมาจากการสังเกตและตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้และมีเหตุผลมากที่สุดในการอธิบายในช่วงเวลาปัจจุบัน และในหลายคำตอบของคำถาม “สัตว์ทำพฤติกรรมเหล่านี้เพื่อวัตถุประสงค์ใด” ยังมีข้อโต้แย้งและมีสมมติฐานใหม่ ๆ เกิดขึ้นมามากขึ้นตามกาลเวลาและความก้าวหน้าของการศึกษาทางวิทยาศาสตร์

ครูสามารถใช้ตัวอย่างเหล่านี้หรือวิดีโอเพื่ออธิบายการศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ในแนวอัสทิเมตคอสได้

## 22.2 กลไกการเกิดพฤติกรรม

### จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายกลไกการเกิดพฤติกรรมของสัตว์

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสัตว์จากการเรียนเรื่องระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึกแล้วให้นักเรียนยกตัวอย่างการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสัตว์และระบุชนิดของสิ่งเร้าที่ทำให้เกิดพฤติกรรมดังกล่าวรวมทั้งประโยชน์ที่สัตว์ได้รับจากการแสดงพฤติกรรม เพื่อให้สรุปความหมายของพฤติกรรมและปัจจัยที่ทำให้สัตว์แสดงพฤติกรรม

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 22.1 โดยครูควรอธิบายให้เข้าใจว่าการที่สัตว์จะแสดงพฤติกรรมออกมานั้นต้องมีเหตุจูงใจ ได้รับตัวกระตุ้นที่เหมาะสม ได้แก่ สิ่งเร้าภายนอก และมีความพร้อมของร่างกาย ได้แก่ สิ่งเร้าภายในซึ่งเป็นการทำงานของระบบต่าง ๆ ของร่างกายที่เกี่ยวข้องและควบคุมด้วยพันธุกรรม จากนั้นอภิปรายร่วมกันว่าการที่สัตว์จะรับรู้สิ่งเร้าภายนอกและสิ่งเร้าภายในได้ต้องกระตุ้นหน่วยรับความรู้สึก เกิดเป็นกระแสประสาทเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลางเพื่อประมวลข้อมูลและสั่งการให้หน่วยปฏิบัติงานแสดงพฤติกรรมได้อย่างเหมาะสม การทำงานของระบบประสาทร่วมกับระบบต่อมไร้ท่อในการควบคุมการแสดงพฤติกรรม เช่น ฮอร์โมนเพศกระตุ้นการทำงานของระบบสืบพันธุ์ทำให้สัตว์แสดงพฤติกรรมจับคู่ผสมพันธุ์หรือฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงดูลูกอ่อนกระตุ้นให้สัตว์เพศเมียฟักไข่ ดูแลและหาอาหารให้ลูก เป็นต้น

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 22.2 เพื่อให้นักเรียนเข้าใจว่าพฤติกรรมเป็นผลที่เกิดจากพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม เช่น แมงมุมต่างสปีชีส์เลือกชักใยบนต้นไม้ที่มีความสูงจากพื้นดินแตกต่างกันและมีรูปแบบที่แตกต่างกันดังตาราง

สปีชีส์ของแมงมุม	ชื่อเฉพาะของใยแมงมุม
แมงมุมสปีชีส์ A	two-dimensional orb webs
แมงมุมสปีชีส์ B	derived orb webs
แมงมุมสปีชีส์ C	three-dimensional sheet webs
แมงมุมสปีชีส์ D	ladder webs
แมงมุมสปีชีส์ E	cobwebs with gumfooted threads
แมงมุมสปีชีส์ F	three-dimensional orb webs

สำหรับคำถามในหนังสือเรียนมีแนวคำตอบดังนี้



แมงมุมสปีชีส์ E มีการชักใยและมีชนิดเหยื่อต่างจากแมงมุมสปีชีส์ A อย่างไร

แมงมุมสปีชีส์ E ชักใยตามแนวพื้นล่าง จะชักใยที่มีประสิทธิภาพในการดักเหยื่อที่อาศัยอยู่ตามพื้นดิน เช่น แมลงที่มักเคลื่อนที่ด้วยการเดินหรือกระโดด ใยที่สร้างจึงมีลักษณะแผ่กระจายไปตามพื้นและมีจุดยึดเกาะกับวัสดุรอบ ๆ มาก ซึ่งแตกต่างจากแมงมุมสปีชีส์ A รูปแบบของการชักใย บริเวณที่ชักใย และชนิดของเหยื่อ

ครูอาจเพิ่มเติมว่าแมงมุมสปีชีส์ A มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Nephila clavipes* แมงมุมสปีชีส์ E มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Latrodectus hasseltii* ซึ่งสามารถสืบค้นรูปหรือวิดีโอที่ค้นของแมงมุมเพื่อประกอบการสอนได้

แมงมุมสปีชีส์ B ชักใยในรูปแบบคล้ายกับแมงมุมสปีชีส์ A แต่มีการลดขนาดและรูปร่างของใยจนมีลักษณะคล้ายรูปสามเหลี่ยม ชักใยสูงจากพื้นดินและดักจับเหยื่อซึ่งมักเป็นแมลงขนาดเล็กที่บินได้เป็นอาหาร แมงมุมสปีชีส์ B คือ *Hyptiotes paradoxus*

แมงมุมสปีชีส์ C มักชักใยบริเวณไม้พุ่มชั้นล่างหรือพื้นดิน เหยื่อที่มาติดใยรูปแบบนี้ค่อนข้างหลากหลาย เช่น แมลงที่บินได้ แมลงที่เคลื่อนที่ด้วยการเดินหรือกระโดด แมงมุมสปีชีส์ C คือ *Linyphia triangularis*



แมงมุมสปิชีส์ D ซักใยในรูปแบบพิเศษที่เพื่อจับแมลงกลุ่มผีเสื้อกลางคืน เมื่อผีเสื้อกลางคืนขยับแต่ครั้งสามารถสลัดผิวหนังส่วนนอกทิ้งได้และหลุดจากใย ผีเสื้อกลางคืนบินขยับไปมาหลายครั้ง จนในที่สุดจะติดกับส่วนเหนียวของใยบริเวณด้านล่างของใย แมงมุมสปิชีส์ D คือแมงมุมจิ้งนัส *Scoloderus*

แมงมุมสปิชีส์ F ซักใยในรูปแบบพิเศษที่มีขนาดใหญ่และยึดเกาะกับวัสดุหลายจุด ใยรูปแบบนี้สามารถดักจับเหยื่อที่เป็นแมลงขนาดใหญ่ได้ดี แมงมุมสปิชีส์ F คือ แมงมุมจิ้งนัส *Cyrtophora*


ครูควรสรุปว่าแมงมุมแต่ละสปิชีส์ซักใยในรูปแบบต่างกัน เป็นผลมาจากพันธุกรรม

ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับกลไกที่กำหนดการแสดงพฤติกรรมของสัตว์ โดยให้ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนจากเรื่องการศึกษาของยีน *FosB* และถามคำถามท้ายกรณีศึกษา




### กรณีศึกษา

? การทดลองนี้มีสมมติฐานว่าอย่างไร

 ยีน *FosB* มีผลต่อพฤติกรรมเลี้ยงลูกในหนูเมาส์

? พฤติกรรมเลี้ยงลูกในหนูเมาส์เกี่ยวข้องกับพันธุกรรมอย่างไร

 หนูเมาส์ที่ยีน *FosB* แสดงออกปกติจะกระตุ้นให้เกิดการสร้างโปรตีนที่ส่งผลให้แสดงพฤติกรรมเลี้ยงลูก ในขณะที่หนูเมาส์ที่ยีน *FosB* ไม่แสดงออกจะไม่แสดงพฤติกรรมเลี้ยงลูก

ครูควรอธิบายเสริมว่า โดยทั่วไปพฤติกรรมจะกำหนดโดยพันธุกรรมเป็นพื้นฐาน แต่พฤติกรรมอาจปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยอาศัยการเรียนรู้จากประสบการณ์ แต่ปัจจัยใดจะมีบทบาทมากหรือน้อยย่อมขึ้นกับชนิดของสัตว์และรูปแบบของพฤติกรรม ครูอาจให้นักเรียนยกตัวอย่างพฤติกรรมของสัตว์ที่อาศัยการเรียนรู้โดยประสบการณ์ที่พบได้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งคำตอบมีได้หลากหลาย เช่น การฝึกสัตว์ให้ทำตามคำสั่ง การมารอขออาหารของสัตว์ หรือกรณีอื่นๆ

ครูนำเข้าสู่หัวข้อประเภทพฤติกรรมของสัตว์ โดยอาจให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นว่า พฤติกรรมของสัตว์แบ่งได้กี่ประเภท

## 22.3 ประเภทพฤติกรรมของสัตว์

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบและยกตัวอย่างพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดและพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ของสัตว์

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษารูป หรือวีดิทัศน์แสดงพฤติกรรมของลูกเต่าทะเลหลังฟักออกจากไข่ที่เคลื่อนที่จากหาดทรายลงทะเล โดยครูสามารถสืบค้นรูปหรือวีดิทัศน์โดยใช้คำว่า “Baby turtles run towards ocean” แล้วอภิปรายร่วมกันอาจใช้แนวคำถามดังนี้

- ลูกเต่ารู้ได้อย่างไรว่าต้องแหวกทรายขึ้นสู่ด้านบน และเคลื่อนที่ลงทะเลทันทีหลังฟักออกจากไข่

เมื่อนักเรียนอภิปรายแล้ว ครูสามารถอธิบายเพิ่มเติมว่า เมื่อลูกเต่าฟักออกจากไข่และแหวกขึ้นมาสู่ผิวทรายแล้ว ลูกเต่าจะเคลื่อนที่ไปยังทิศทางที่มีแสงจ้าทันที ซึ่งมักเป็นบริเวณกลางทะเล และเมื่อลงทะเลแล้วลูกเต่าสามารถว่ายน้ำได้ทันที ครูอาจถามนักเรียนเพิ่มว่าทำไมลูกเต่าสามารถว่ายน้ำได้ทันที ซึ่งครูเพิ่มเติมว่า พฤติกรรมของลูกเต่านี้เป็นพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิด ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนต่อไป

### 22.3.1 พฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิด

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 22.3 และร่วมกันอภิปรายว่าถ้าลูกนกนางนวลไม่จิกจุดสีแดงที่จะงอยปากด้านล่างของแม่ นก จะเกิดผลดีหรือผลเสียต่อลูกนกอย่างไร หรือถ้าแม่ห่านไม่ใช่ปากกิ้งไข่ที่อยู่นอกรังกลับเข้าไปในรัง จะเกิดผลอย่างไร ซึ่งนักเรียนควรสรุปได้ว่า ลูกนกนางนวลตัวนั้นอาจได้รับอาหารจากแม่น้อยกว่าตัวอื่น และไข่ห่านที่กิ้งออกจากรังจะไม่สามารถฟักเป็นตัวเพราะแม่ห่านไม่ได้กกไข่ ซึ่งลูกนกนางนวลและแม่ห่านสามารถแสดงพฤติกรรมนี้ได้ถูกต้องโดยไม่ต้องเรียนรู้จึงเป็นพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิด

สำหรับคำถามในหนังสือเรียนมีแนวคำตอบดังนี้

- ?** จากตัวอย่างลูกนกนางนวลและแม่ห่าน สิ่งเร้าที่เป็นเครื่องหมายที่กระตุ้นให้แสดงพฤติกรรมคืออะไร
- ✎** ลูกนกนางนวลได้รับสิ่งเร้าที่เป็นเครื่องหมาย คือจุดสีแดงที่จะงอยปากด้านล่างของแม่ นก ส่วนแม่ห่านได้รับสิ่งเร้าที่เป็นเครื่องหมาย คือไข่ที่อยู่บนกรัง

ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าสิ่งเร้าที่กระตุ้นให้สัตว์ตอบสนองได้นั้นคือ สิ่งเร้าที่เป็นเครื่องหมาย ซึ่งสัตว์จะตอบสนองได้ในครั้งแรกโดยไม่ต้องมีประสบการณ์มาก่อน จัดเป็นพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิด โดยรูปแบบของพฤติกรรมจะเหมือนกันในสัตว์สปีชีส์เดียวกัน ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาและสถานที่เพราะพฤติกรรมนี้จะถ่ายทอดทางพันธุกรรมจากพ่อแม่ซึ่งต้องแสดงถูกต้องในครั้งแรกแม้ไม่มีประสบการณ์มาก่อน เมื่อสัตว์เริ่มแสดงพฤติกรรมแล้วต้องแสดงจนจบรูปแบบ เรียกพฤติกรรมนี้ว่าฟิซึเออชันแพทเทิร์น ซึ่งเป็นพื้นฐานของพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิด



### ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู



กรณีสิ่งเร้าที่เป็นเครื่องหมายมีขนาดใหญ่หรือมีความเข้มสูงกว่าระดับปกติ สามารถกระตุ้นให้สัตว์ตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เป็นเครื่องหมายรุนแรงขึ้น เช่น ลูกนกที่ร้องเสียงดังขึ้น อ้าปากกว้างขึ้นจะกระตุ้นให้แม่นกนำอาหารมาป้อนลูกนกบ่อยขึ้น

ในธรรมชาติมีสัตว์บางสปีชีส์ใช้ประโยชน์จากพฤติกรรมแบบฟิซึเออชันแพทเทิร์นของสัตว์สปีชีส์อื่น โดยใช้สิ่งเร้าที่เป็นเครื่องหมายชนิดเดียวกันที่มีขนาดใหญ่กว่า เพื่อเพิ่มโอกาสในการอยู่รอดและขยายขนาดประชากร เช่น นกคัคคู (cuckoo) มีพฤติกรรมวางไข่ที่เป็นกาฝากในรังของแม่นกสปีชีส์อื่นเพื่อให้ช่วยเลี้ยงลูกของมัน โดยทั่วไปลูกนกคัคคูที่อยู่ในรังของนกสปีชีส์อื่นจะมีขนาดตัวที่ใหญ่ อ้าปากได้กว้าง ร้องขออาหารได้บ่อยและเสียงดังกว่าลูกนกที่เป็นลูกจริงของนกสปีชีส์นั้น และจะกระตุ้นให้แม่นกสปีชีส์อื่นที่เลี้ยงลูกนกคัคคูนำอาหารมาป้อนบ่อยกว่าปกติ

ครูตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนจากเรื่องการศึกษาพฤติกรรมก้าวร้าวของปลาหลังนามเพศผู้ และถามคำถามท้ายการตรวจสอบความเข้าใจ



### ตรวจสอบความเข้าใจ


- ?** จากการทดลองสิ่งเร้าที่เป็นเครื่องหมายซึ่งกระตุ้นให้ปลาหลังนามเพศผู้แสดงพฤติกรรมก้าวร้าวคืออะไร
-  สีแดงทางด้านล่างของหุ่นจำลอง
- ?** พฤติกรรมก้าวร้าวของปลาหลังนามเพศผู้เป็นพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิด หรือพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ และสัตว์ที่แสดงพฤติกรรมนี้จะได้รับประโยชน์อย่างไร
-  เป็นพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดซึ่งเป็นประโยชน์โดยสามารถไล่ปลาหลังนามเพศผู้ตัวอื่นที่อาจจะเข้ามาผสมพันธุ์กับเพศเมียได้

### โอเรียนเทชัน

ครูให้นักเรียนสืบค้นและยกตัวอย่างพฤติกรรมของสัตว์ที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เป็นปัจจัยทางกายภาพ หรือใช้รูป 22.4 ก-ง เพื่อให้เห็นว่าสัตว์จะจัดวางตัวอยู่ในตำแหน่งที่สอดคล้องกับปัจจัยทางกายภาพซึ่งจะช่วยให้สามารถดำรงชีวิตในสิ่งแวดล้อมได้ดี เรียกพฤติกรรมนี้ว่า โอเรียนเทชัน

ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าในอดีตพฤติกรรมแบบโอเรียนเทชันอาจแบ่งเป็นแทกซิสหรือโคเนซิสขึ้นกับความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางการเคลื่อนที่กับสิ่งเร้า ซึ่งในปัจจุบันไม่นิยมแยกประเภทเป็นแทกซิสและโคเนซิสแล้วตามกล่องความรู้เพิ่มเติม

สำหรับคำถามในหนังสือเรียนมีแนวคำตอบดังนี้

- ?** ยกตัวอย่างพฤติกรรมแบบโอเรียนเทชันในสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นมาอย่างน้อย 2 ชนิด
-  ตัวอย่างคำตอบ
  1. แมลงเม่าบินเข้าหาดวงไฟ
  2. การเคลื่อนที่ของพารามีเซียมออกจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ซึ่งเป็นอันตรายต่อเซลล์

3. การเคลื่อนที่ของพารามีเซียมเข้าหาสารละลายที่เป็นกรดอ่อนๆซึ่งในธรรมชาติจะมีแบคทีเรียที่เป็นอาหาร
4. การเคลื่อนที่ของพารามีเซียมที่ถอยห่างจากบริเวณที่มีฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยเบี่ยงส่วนท้ายของเซลล์ไปจากเดิมเล็กน้อยแล้วเคลื่อนที่ไปข้างหน้าในทิศทางที่เปลี่ยนไป ทำเช่นนี้ซ้ำจนกว่าจะไม่พบฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
5. การเคลื่อนที่ของแมลงสาบเข้าหาที่มืดและแคบ
6. พลานาเรียเคลื่อนที่ออกจากบริเวณที่มีแสงจ้า



พฤติกรรมแบบโอเรียนเทชันมีประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร



มีประโยชน์คือทำให้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแก่การดำรงชีวิตได้ เช่น เคลื่อนที่เข้าหาแหล่งที่มีอาหาร จับคู่ผสมพันธุ์ หรือ เคลื่อนที่ออกจากสิ่งที่เป็นอันตราย

จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการอพยพว่าเป็นรูปแบบหนึ่งของพฤติกรรมแบบโอเรียนเทชัน โดยใช้รูปหรือวีดิทัศน์แสดงการบินของนกเป็นรูปอักษร V สืบค้นโดยใช้คำสำคัญ “vee formation” หรือ “V formation”

จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 22.1 การศึกษาพฤติกรรมของจิ้งหรีด เพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดแบบโอเรียนเทชัน



## กิจกรรม 22.1 การศึกษาพฤติกรรมของจิ้งหรีด

### จุดประสงค์

อธิบายพฤติกรรมไอเรียนเทชันของสัตว์

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

### วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
จิ้งหรีด 30 ตัว	30 ตัว แต่ใช้หมุนเวียนกันได้ทุกกลุ่ม
กล่องพลาสติกหรือกระดาษแข็ง	1 กล่อง
นาฬิกาจับเวลา	1 อัน
มีดตัดกระดาษ	1 อัน
เทปกาว	1 อัน
กระดาษทึบแสง	1 แผ่น
แผ่นพลาสติกใส	1 แผ่น

### การเตรียมล่วงหน้า

ในการทำกิจกรรมนี้ใช้จิ้งหรีดในการทำการทดลอง 30 ตัว และทดลองซ้ำ 3 ครั้ง แต่แต่ละครั้งใช้จิ้งหรีด 10 ตัว ครูอาจหาจิ้งหรีดได้จากสวน หรือซื้อจากผู้เพาะเลี้ยงจิ้งหรีด เมื่อได้จิ้งหรีดมาแล้วให้นำมาขังไว้ 3-5 วัน ในพื้นที่ปิดขนาดเหมาะสมที่มีขอบสูงป้องกันจิ้งหรีดกระโดดหนี เช่น ตู้ปลาขนาดเล็ก กล่องที่ทำจากกระดาษหรือพลาสติก โดยให้แสงผ่านได้น้อย เพื่อให้จิ้งหรีดคุ้นเคยกับสภาพที่อยู่อาศัยใหม่ก่อน ให้เศษผัก เช่น แตงกวา ผักบุ้ง หรือข้าวโพดดิบ เป็นอาหารของจิ้งหรีด และมีภาดใส่น้ำขนาดเล็ก ควรเปลี่ยนน้ำและอาหารวันละ 1 ครั้ง และทำความสะอาดพื้นที่ปิดที่เลี้ยงโดยใช้ทิชชูหรือผ้าชุบน้ำหมาด ๆ เช็ดทำความสะอาด หลังการทดลอง

### แนวการจัดกิจกรรม

ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม แล้วทำกล่องสำหรับการทดลอง จากนั้นทดลองตามวิธีการทดลอง บันทึกผลการทดลอง นำเสนอผลการทดลอง อภิปรายและสรุปผลร่วมกัน

### ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ในกรณีที่มีจำนวนจิ้งหรีดที่ใช้ในการศึกษาไม่เพียงพอ ครูสามารถปรับลดจำนวนจิ้งหรีดได้ตามความเหมาะสม โดยแต่ละกลุ่มใช้จิ้งหรีดชุดเดิมตลอดการทำกิจกรรมได้โดยไม่ต้องเคลื่อนย้ายจิ้งหรีดสลับวางในกล่องด้านฝาโปร่งใสและด้านฝาทึบแสงด้วยมือ แต่ใช้วิธีการเคลื่อนย้ายฝาทึบแสงไปปิดฝาด้านโปร่งใสในขณะที่จิ้งหรีดยังอยู่ในกล่องแทน และย้ายจิ้งหรีดทั้งหมดไปรวมไว้ด้านที่มีแสง แล้วสังเกตการเคลื่อนที่ของจิ้งหรีด
2. ในกรณีที่ครูไม่สามารถใช้จิ้งหรีดในการทำกิจกรรมได้ ครูสามารถใช้แมลงชนิดอื่นที่มักเคลื่อนที่หนีจากแสงได้ เช่น จิ้งโกร่ง แมลงกลบ แมลงสาบ แมลงสามง่าม
3. ถ้าจิ้งหรีดที่ใช้ในการทดลองถูกจับมาจากแหล่งธรรมชาติควรปล่อยจิ้งหรีดคืนสู่แหล่งที่เดิมที่จับมา


### ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม




จากการทำกิจกรรม ได้ผลการทำกิจกรรมดังตาราง

ครั้งที่	เริ่มปล่อยในที่สว่าง		เริ่มปล่อยในที่มืด	
	ไปที่มืด	ไปที่สว่าง	ไปที่มืด	ไปที่สว่าง
1	7	3	9	1
2	8	2	8	2
3	8	2	10	0
ค่าเฉลี่ย (ตัว)	7.7	2.3	9	1

### เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

**?** ทิศทางการเคลื่อนที่ของจิ้งหรีดเป็นอย่างไร

 จิ้งหรีดส่วนใหญ่จะเคลื่อนที่ไปยังด้านปิดทึบที่ไม่มีแสง

- ?** การเคลื่อนที่เพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าของจิ้งหรีดน่าจะมีประโยชน์อย่างไร
-  ทำให้จิ้งหรีดเคลื่อนที่ไปยังแหล่งที่เหมาะสมกว่าในการดำรงชีวิต โดยทั่วไปในธรรมชาติ จิ้งหรีดชอบอาศัยอยู่ในที่มืด หรือตามเหลี่ยมมุมของวัตถุต่างๆ ที่แสงส่องถึงได้น้อย มักออกหากินในเวลากลางคืน ในช่วงกลางวันมักหลบซ่อนตัวในหลุมหรือซอกหลืบบริเวณพื้นดิน เพื่อหลบหลีกผู้ล่า
- ?** สิ่งมีชีวิตชนิดใดบ้างที่มีการแสดงพฤติกรรมในรูปแบบคล้ายกับจิ้งหรีด
-  แมลงสาบและแมลงแกลบ แมลงทั้งสองชนิดนี้อาศัยอยู่ในบริเวณที่มืดและอับ ในกรณีที่นักเรียนตอบเป็นสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ครูควรสืบค้นเพิ่มเติมว่าสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นในธรรมชาติชอบอาศัยอยู่ในที่มืดด้วยหรือไม่
- ?** ถ้าเปลี่ยนสิ่งเร้าเป็นชนิดอื่น เช่น อุณหภูมิ หรือความชื้น นักเรียนจะออกแบบการทดลองอย่างไร
-  นักเรียนสามารถใช้รูปแบบการทดลองเดิมตามหนังสือเรียนแต่เปลี่ยนสิ่งเร้า ถ้าเป็นอุณหภูมิสามารถนำผ้าปิดด้านที่บดแสงออก และอาจใช้เครื่องเป่าลมร้อนเป่าด้านล่างของฟืนกล่องข้างหนึ่ง เพื่อให้ด้านนั้นมีอุณหภูมิสูงกว่าอีกด้าน แล้วปล่อยจิ้งหรีดตามวิธีการเดิมในหนังสือเรียน ถ้าเปลี่ยนสิ่งเร้าเป็นความชื้น สามารถนำผ้าปิดด้านที่บดแสงออก แล้วนำผ้าหรือกระดาษชุบน้ำหมาด ๆ วางไว้ในมุมกล่อง แล้วปล่อยจิ้งหรีดตามวิธีการเดิมในหนังสือเรียน

จากกิจกรรมนักเรียนควรสรุปได้ว่าพฤติกรรมการเคลื่อนที่เข้าหาที่มีมืดของจิ้งหรีดเป็นพฤติกรรมแบบโอเรียนเทชั่น โดยมีแสงเป็นสิ่งเร้า

ครูอาจแนะนำให้นักเรียนทำกิจกรรมการตอบสนองของพารามีเซียมต่อสารละลายโซเดียมคลอไรด์และกรดอ่อน

### การเตรียมล่วงหน้า

ในการทำการทดลองนี้ควรเตรียมพารามีเซียมไว้ล่วงหน้า โดยต้มฟางข้าวแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจากนั้นนำน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น น้ำในสระ หนอง หรือบึงมาใส่น้ำต้มฟางข้าว ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ จะมีพารามีเซียมมากพอที่จะนำมาศึกษาได้ สามารถเตรียมวัสดุอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลองได้ดังนี้

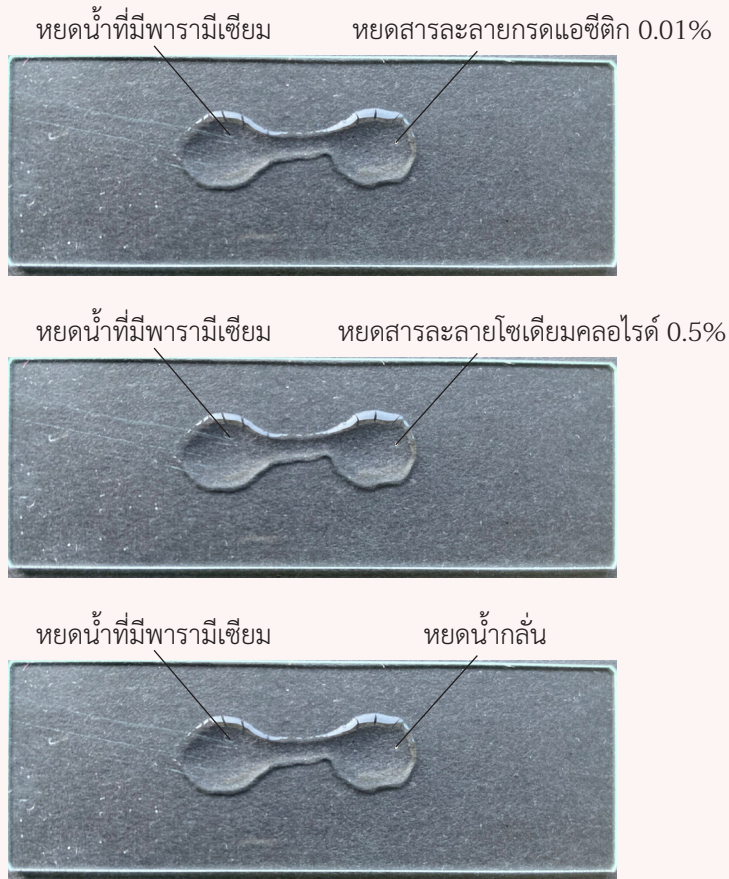


## วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
พารามีเซียม	1 ปีกเกอร์
กล้องจุลทรรศน์	1 ตัว
สารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5%	1 ปีกเกอร์
สารละลายกรดแอสติค 0.01%	1 ปีกเกอร์
หลอดหยด	4 อัน
น้ำกลั่น	1 ปีกเกอร์
สไลด์	ตามจำนวนนักเรียน
เข็มเขี่ย	ตามจำนวนนักเรียน

## วิธีการทดลอง

1. หยดน้ำที่มีพารามีเซียมลงบนสไลด์ 1 หยด นำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ แล้วสังเกตพฤติกรรมของพารามีเซียม
2. หยดสารละลายหยดสารละลายกรดแอสติค 0.01% หรือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% หรือหยดน้ำกลั่นลงบนบริเวณใกล้หยดน้ำที่มีพารามีเซียมบนสไลด์ในข้อ 1
3. ใช้เข็มเขี่ยลากเส้นให้หยดของสารละลายกรดแอสติคหรือสารละลายโซเดียมคลอไรด์หรือน้ำกลั่น ไปแตะหยดน้ำที่มีพารามีเซียมดังรูป แล้วนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ สังเกตพฤติกรรมของพารามีเซียม



### ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ควรใช้หลอดหยดดูดพารามีเซียมจากน้ำบริเวณที่มีฝ้าขาว ๆ จับอยู่ ซึ่งจะเป็นบริเวณที่มีพารามีเซียมอยู่อย่างหนาแน่น การทดลองนี้ต้องใช้พารามีเซียมจำนวนมากพอสมควรจึงจะสังเกตผลได้ชัดเจน ในการสังเกตผลการทดลองควรดูลักษณะโดยรวมว่า พารามีเซียมอยู่หนาแน่นที่บริเวณใด ไกลหรือใกล้สารเคมี เช่น ถ้าพารามีเซียมไปอยู่รวมกันหนาแน่นในด้านตรงข้ามกับหยดสารเคมี แสดงว่าพารามีเซียมหนีจากสารเคมีนั้น แต่ถ้ามาอยู่รวมกันใกล้หยดสารเคมี แสดงว่าพารามีเซียมเข้าหาสารเคมีนั้น

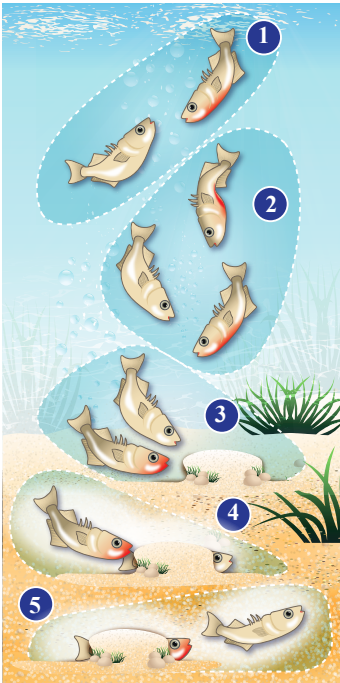
การสังเกตผลควรดูจากบริเวณเส้นด้ายที่ชุบด้วยสารเคมี ถ้าปรากฏว่ามีพารามีเซียมมาอยู่รอบ ๆ เส้นด้ายอย่างหนาแน่นกว่าบริเวณอื่น แสดงว่าพารามีเซียมเคลื่อนที่เข้าหาสารเคมีนั้น แต่ถ้ารอบ ๆ เส้นด้ายมีพารามีเซียมน้อยมากหรือไม่มี แสดงว่าพารามีเซียมหนีจากสารเคมีนั้น

จากกิจกรรมสรุปได้ว่าการเคลื่อนที่ของพารามีเซียมเป็นพฤติกรรมแบบโอเรียนเทชัน โดยพารามีเซียมเคลื่อนที่เข้าหาสารละลายกรดแอซิดิก แต่เคลื่อนที่หนีจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ พฤติกรรมดังกล่าวน่าจะมีผลต่อการอยู่รอดของพารามีเซียม เพราะในธรรมชาติบริเวณที่มีแบคทีเรีย ซึ่งเป็นอาหารของพารามีเซียมจะมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน ๆ การเคลื่อนที่เข้าหาบริเวณที่เป็นกรดอ่อน ๆ จึงมี โอกาสทำให้พารามีเซียมได้รับอาหาร ส่วนการหนีพฤติกรรมหนีจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ อาจทำให้ รอดพ้นจากอันตรายที่ได้รับจากสารเคมีนั้น ๆ

### รีเฟล็กซ์และรีเฟล็กซ์ต่อเนื่อง

ครูทบทวนปฏิกิริยารีเฟล็กซ์ที่นักเรียนเคยเรียนในเรื่องระบบประสาทว่าเป็นการตอบสนองต่อ สิ่งเร้าที่มากกระตุ้นได้อย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการคิดและการสั่งงานจากสมอง แล้วให้นักเรียน ยกตัวอย่างปฏิกิริยารีเฟล็กซ์ในมนุษย์ และครูอธิบายเพิ่มเติมว่าในสัตว์มีปฏิกิริยารีเฟล็กซ์เช่นเดียวกัน เช่น การหดตัวของกล้ามเนื้อของขาหนีของแมลงมาจัม และถ้าสัตว์แสดงพฤติกรรมรีเฟล็กซ์หลาย พฤติกรรมต่อเนื่องกันไปเป็นโซ่ของการตอบสนองต่อสิ่งเร้า ดังรูป 22.5 เรียกพฤติกรรมนี้ว่ารีเฟล็กซ์ต่อ เนื่อง เช่น การชักใยของแมงมุม การฟักไข่ของแม่ไก่ การสร้างรังของนก การดูนมของทารก การเลียข ลุกของสัตว์เลียขลุกด้วยน้ำนม เป็นต้น ครูอาจให้นักเรียนสืบค้นเพิ่มเติมหรือแสดงวิถีทัศน์ตัวอย่าง พฤติกรรมรีเฟล็กซ์และรีเฟล็กซ์ต่อเนื่องเพื่อเสริมความเข้าใจของนักเรียน

ครูอาจยกตัวอย่างเพิ่มเติมเกี่ยวกับพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิด เช่น การผสมพันธุ์ของปลา หลังหนาม ซึ่งเป็นพฤติกรรมแบบรีเฟล็กซ์ต่อเนื่อง และอาจนำไปเปรียบเทียบกับพฤติกรรมการผสมพันธุ์ ของสัตว์ชนิดอื่น ดังนี้



(1) เมื่อปลาหลังนามเพศผู้ที่มีสีแดงได้ต้องพบปลาหลังนามเพศเมียที่มีท้องป่องซึ่งเต็มไปด้วยไข่และพร้อมที่จะผสมพันธุ์ (2) จะว่ายเข้าไปใกล้ปลาเพศเมียโดยว่ายน้ำในทิศทางซิกแซก เพื่อดึงดูดความสนใจจากปลาเพศเมีย (3) และว่ายน้ำนำปลาเพศเมียไปยังรังที่ปลาเพศผู้สร้างขึ้นที่พื้นท้องน้ำ (4) เมื่อถึงปากทางเข้ารังและปลาเพศเมียเข้าไปในรังแล้ว ปลาเพศผู้จะกระตุ้นให้ปลาเพศเมียวางไข่โดยใช้ส่วนหัวไปสัมผัสผิวย้ำๆ ที่ส่วนท้ายจนถึงโคนหางของปลาเพศเมีย (5) จากนั้นปลาเพศเมียจะวางไข่ในรัง และออกจากรังไป ปลาเพศผู้จะเข้าไปในรังแล้วปล่อยสเปิร์มเพื่อผสมกับไข่ และจะทำหน้าที่ดูแลไข่ต่อไปตั้งรูป

ครูสามารถสืบค้นรูปหรือวิดีโอทัศนของปลาหลังนามเพื่อประกอบการสอนโดยใช้คำสำคัญ “Three-spined stickleback” หรือ “*Gasterosteus aculeatus*”

สำหรับคำถามในหนังสือเรียนมีแนวคำตอบดังนี้



ยกตัวอย่างพฤติกรรมรีเฟล็กซ์ต่อเนื่องที่พบในสัตว์ชนิดอื่นมา 2 ตัวอย่าง



ตัวอย่างคำตอบ

1. การผสมพันธุ์ของปลากัด ปลากัดที่จับคู่กันจะว่ายน้ำมาอยู่ใต้หลอดโบทกพัดทางไปมาและเมื่อได้จังหวะ เพศผู้และเพศเมียจะหันหัวและหางสลับทิศทางกัน จากนั้นเพศผู้ค่อยๆ งอตัวเข้าโอบรัดเพศเมีย และโอบรัดแน่นขึ้นเรื่อยๆ เป็นการกระตุ้นให้เพศเมียรู้ว่าเพศผู้พร้อมที่จะปล่อยสเปิร์ม เมื่อเพศผู้คลายการโอบรัด เพศเมียจะตะแคงตัวลอยสู่น้ำ ทำให้ไข่ที่ติดอยู่ตามท้อง ครีบอกและครีบท้องหลุดร่วงลงสู่ก้นบ่อ ปลากัดเพศผู้จะปล่อยสเปิร์มผสมกับไข่ แล้วใช้ปากอมไข่ที่ผสมแล้วขึ้นไปไว้บนหลอดที่ตัวผู้สร้างไว้ที่ผิวน้ำ และดูแลไข่ต่อจนฟักเป็นตัว

2. การรำแพนหางของนกยูง เมื่อนกยูงเพศเมียเข้ามาในอาณาเขตของเพศผู้ในช่วงฤดูผสมพันธุ์ นกยูงเพศผู้จะเข้าหานกยูงเพศเมีย และแสดงการรำแพน กางปีก และเดินไปรอบ ๆ เพศเมีย ซึ่งการรำแพนจะใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที ถ้าเพศเมียพร้อมผสมพันธุ์และสนใจเพศผู้ตัวนี้ จะย่อตัวลงกับพื้นให้เพศผู้ตัวนี้ผสมพันธุ์ได้

ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่ามีพฤติกรรมของสัตว์จำนวนมากที่สัตว์เรียนรู้จากประสบการณ์และแสดงพฤติกรรมได้อย่างเหมาะสม จากนั้นครูให้นักเรียนช่วยกันยกตัวอย่างพฤติกรรมดังกล่าวตามความเข้าใจของนักเรียนเพื่อนำไปสู่การศึกษาในหัวข้อพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้โดยครูยังไม่จำเป็นต้องเฉลยว่าถูกหรือผิด

### 22.3.2 พฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนเรื่อง พฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้โดยอาจให้นักเรียนศึกษารูปหรือวิดีโอที่สั้น ๆ เกี่ยวกับการฝึกสัตว์ให้ทำตามที่ต้องการ และถามว่าสัตว์เรียนรู้ที่จะตอบสนองโดยแสดงพฤติกรรมที่ผู้ฝึกต้องการได้อย่างไร และสัตว์ทุกตัวจะตอบสนองเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร หรืออาจใช้รูป 22.6 เพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าเหตุใดคางคกจึงไม่กินทั้งผึ้งและแมลงวันหัวบวบทั้ง ๆ ที่เคยกินแมลงวันหัวบวบมาก่อนหน้านี้ และรู้ว่าสามารถกินแมลงปอได้แต่กินผึ้งไม่ได้ เพื่อให้นักเรียนสรุปความหมายของพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ว่าสามารถปรับไปตามประสบการณ์ได้ จากนั้นให้นักเรียนช่วยกันยกตัวอย่างพฤติกรรมที่พบเห็นในชีวิตประจำวันที่เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้

#### แฮบิซูเอชัน

ครูอาจยกตัวอย่างพฤติกรรมแบบแฮบิซูเอชันในหนังสือเรียน หรือใช้รูป 22.7 ปลาพลวงหรือตัวอย่างอื่น ๆ ที่ทำให้นักเรียนสรุปได้ว่าสัตว์อาจลดการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เผชิญอยู่ เพราะเห็นว่สิ่งเร้านั้นไม่เกิดประโยชน์หรือโทษกับการดำรงชีวิตของตน

อย่างไรก็ตามแม้พฤติกรรมนี้จะมีประโยชน์โดยช่วยลดการตอบสนองลงเรื่อย ๆ และอาจหยุดตอบโต้เพื่อลดการใช้พลังงาน แต่สิ่งเร้านั้นยังคงมีอยู่และอาจทำให้เกิดอันตรายขึ้นได้ในครั้งต่อไป เช่น เมื่อสัญญาณเตือนไฟไหม้เกิดการขัดข้องและดังขึ้นเองบ่อย โดยไม่ได้มีเหตุไฟไหม้จริง คนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นเมื่อเริ่มแรกจะตอบสนองต่อสัญญาณเตือนนั้น แต่เมื่อไม่มีเหตุไฟไหม้จริง คนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นจะลดการตอบสนองต่อสัญญาณเตือนนั้น แต่เมื่อเกิดเหตุไฟไหม้จริงและสัญญาณเตือนดังขึ้น คนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นอาจไม่ตอบสนองต่อสัญญาณเตือนเช่นเดิม และทำให้เกิดอันตรายได้

สำหรับคำถามในหนังสือเรียนมีแนวคำตอบดังนี้



ยกตัวอย่างพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้แบบแฮบิซูเอชันของสัตว์ชนิดอื่นมา 2 ตัวอย่าง  
ตัวอย่างคำตอบ

1. เมื่อมีคนแปลกหน้ามาที่บ้านครั้งแรก สุนัขจะเห่า แต่เมื่อมาหลายครั้งและเจ้าของบ้านต้อนรับ เมื่อคนเดิมมาที่บ้านอีกในครั้งต่อไป สุนัขจะเห่าน้อยลงจนอาจหยุดเห่าได้
2. นกที่ทำรังบนต้นไม้ใกล้ถนน เมื่อมีรถยนต์แล่นผ่านเกิดเสียงดัง ตอนแรกนกจะตกใจบินหนีไป ต่อมาเมื่อรถยนต์แล่นผ่านมาแต่ไม่ทำอันตรายกับนก นกจะบินหนีน้อยลงจนอาจไม่บินหนีเลย เพราะเรียนรู้ว่ารถที่วิ่งผ่านไม่มีอันตรายต่อตน



พฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้แบบแฮบิซูเอชันมีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์หรือไม่ อย่างไร  
แฮบิซูเอชันมีผลดีโดยสัตว์ไม่จำเป็นต้องตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่มากระตุ้นตลอดเวลา ร่างกายและระบบประสาทไม่ต้องสั่งการในสถานการณ์ที่ไม่จำเป็น จึงลดการใช้พลังงาน แต่การลดการตอบสนองอาจเป็นผลเสียได้ถ้าในบางครั้งสิ่งเร้านั้นอาจเป็นอันตราย เช่น แมวที่เคยเลี้ยงร่วมกับสุนัขมาจนคุ้นเคยกันแล้ว เมื่อแมวพบกับสุนัขตัวอื่นอาจเกิดอันตรายได้

### การฝังใจ

ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างพฤติกรรมการฝังใจตามความเข้าใจของนักเรียน โดยครูไม่จำเป็นต้องเฉลยว่าถูกหรือผิด จากนั้นครูให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจของตนเองว่าถูกต้องหรือไม่โดยสืบค้นข้อมูลพฤติกรรมการฝังใจของลูกห่านจากการทดลองของลอเรนซ์ ดังรูป 22.8 แล้ว ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปความหมายของการฝังใจว่าเป็นพฤติกรรมที่มักเกิดในช่วงต้นของชีวิต เกิดในช่วงเวลาจำกัดช่วงหนึ่ง ที่เรียกว่าระยะวิกฤติ โดยสัตว์แรกเกิดหรือสัตว์ที่มีอายุน้อยเรียนรู้ที่จะสร้างความผูกพันกับแม่หรือสัตว์ที่มีอายุมากกว่า พฤติกรรมแบบนี้จะช่วยให้ลูกได้รับประโยชน์ในเรื่องความคุ้มครองจากอันตราย ได้รับอาหารและเรียนรู้ลักษณะของสัตว์ที่จะเป็นคู่ผสมพันธุ์ในอนาคตจากการอยู่เป็นฝูง นอกจากนี้การฝังใจอาจพบได้ในสัตว์ตัวเต็มวัยเช่นกัน ดังกรณีของนกเพนกวินจักรพรรดิ รูป 22.9 ซึ่งระยะวิกฤติเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ของนกเพนกวินจักรพรรดิ

ครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมว่าการฝังใจอาจแบ่งได้ดังนี้

1. parental imprinting เกิดขึ้นในระยะแรกเกิดของสัตว์ มักเป็นพฤติกรรมที่มีการติดตามพ่อแม่ ทำให้เกิดความผูกพันระหว่างลูกกับพ่อแม่ พ่อแม่ช่วยปกป้องลูก ลูกได้เรียนรู้การอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตสปีชีส์เดียวกัน ส่งผลให้มีพฤติกรรมทางสังคมที่ถูกต้องเมื่อเติบโตขึ้น

2. sexual imprinting เกิดขึ้นภายหลังเมื่อสัตว์เจริญเติบโตขึ้น เป็นพฤติกรรมที่ต่อเนื่องมาจาก parental imprinting ที่ทำให้สัตว์แต่ละสปีชีส์จำกันได้เมื่อถึงระยะสืบพันธุ์ สามารถจับคู่กับเพศตรงข้ามในสปีชีส์เดียวกันได้ถูกต้อง สัตว์จึงผสมข้ามสปีชีส์ได้น้อยมาก แม้ว่าสัตว์เหล่านั้นจะมีรูปร่างลักษณะตลอดจนโครงสร้างคล้ายกัน เช่น หนูคอตตอน (*Peromyscus gossypinus*) ซึ่งอาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกับหนูตีนขาว (*Peromyscus leucopus*) ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยหนูทั้ง 2 สปีชีส์นี้มีลักษณะภายนอกคล้ายกันมาก ลูกหนูคอตตอนที่ถูกเลี้ยงโดยแม่ อาจจะจดจำลักษณะหลายประการจากแม่ เช่น กลิ่น เสียงร้อง หรือพฤติกรรมอื่น ๆ ที่เป็นลักษณะเฉพาะของสปีชีส์ เมื่อเติบโตขึ้นและเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ หนูคอตตอนจะเลือกผสมพันธุ์กับหนูคอตตอนเพศตรงข้าม โดยไม่ผสมพันธุ์กับหนูตีนขาวที่อาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกัน การผสมข้ามสปีชีส์จึงมีโอกาสเกิดได้ยาก

พฤติกรรมการฝังใจบางพฤติกรรมอาจเกิดขึ้นภายหลังแม่จะเรียนรู้ในระยะแรกเกิดก็ตาม เช่น การร้องเพลงของนก ลูกนกเรียนรู้เสียงร้องเพลงของนกสปีชีส์เดียวกันในช่วงเวลาที่จะเกิดการเรียนรู้ได้ แต่จะสามารถร้องเพลงได้เมื่อถึงระยะสืบพันธุ์ จากการศึกษาของนกกระจอกสปีชีส์หนึ่งพบว่าจะมีการเรียนรู้เสียงร้องเพลงของนกสปีชีส์เดียวกันในระยะ 10-15 วัน หลังจากฟักออกจากไข่ และเริ่มร้องเพลงได้ในช่วงประมาณ 150 วัน และร้องได้ดีเมื่ออายุ 200 วัน เมื่อทดลองนำลูกนกที่ฟักออกจากไข่มาให้ได้ยินเสียงร้องเพลงในช่วงเวลาที่กำหนดนกจะสามารถร้องเพลงได้ แต่ลูกนกที่ไม่ได้ยินเสียงร้องเพลงมาก่อน จะไม่สามารถร้องเพลงได้ ดังนั้นการพิจารณาว่าพฤติกรรมใดเป็นการฝังใจหรือไม่ ต้องอาศัยการทดลอง เพราะพฤติกรรมแบบนี้อาจจะแสดงออกในเวลาต่อมาภายหลังจากการเรียนรู้ผ่านไปแล้วเป็นเวลานาน

สำหรับคำถามในหนังสือเรียนมีแนวคำตอบดังนี้



ยกตัวอย่างพฤติกรรมการฝังใจที่พบในสัตว์ชนิดอื่นมา 2 ตัวอย่าง



ตัวอย่างคำตอบ

1. ลูกปลาแซลมอนเมื่อฟักออกจากไข่ จะจำกลิ่นของน้ำและสภาพแวดล้อมบริเวณนั้น เมื่อถึงฤดูผสมพันธุ์จะกลับมาวางไข่ในบริเวณเดิมที่เป็นแหล่งกำเนิด การกลับไปวางไข่ในแหล่งน้ำเดิมของปลาแซลมอนที่ช่วยให้ลูกปลามีอาหารอุดมสมบูรณ์เมื่อฟักออกจากไข่

2. ลูกนกนางนวลบางชนิดเมื่อเติบโตขึ้นจะเลือกผสมพันธุ์กับนกที่มีสีรอบดวงตาแบบเดียวกับที่เห็นจากพ่อแม่เมื่อแรกเกิด



พฤติกรรมการฝังใจมีประโยชน์ต่อสัตว์อย่างไร



มีประโยชน์ในเรื่องการดำรงพันธุ์เพราะสัตว์จะมีโอกาสอยู่รอดมากขึ้นเนื่องจากได้รับการดูแลจากพ่อแม่ รวมทั้งผสมพันธุ์ในสปีชีส์เดียวกันได้ถูกต้อง ไม่ผสมพันธุ์ข้ามสปีชีส์ ทำให้สปีชีส์นั้นดำรงพันธุ์อยู่ได้



ipst.me/10801

### การเชื่อมโยง

ครูให้นักเรียนศึกษาการทดลองของพัฟลอฟดังรูป 22.10 เพื่อให้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้า 2 สิ่ง คือ สิ่งเร้าที่ไม่เป็นเงื่อนไขซึ่งเป็นสิ่งเร้าแท้จริงที่สัตว์ตอบสนอง และสิ่งเร้าที่เป็นเงื่อนไขซึ่งเป็นสิ่งเร้าที่โดยปกติสัตว์จะไม่ตอบสนอง โดยได้นำสิ่งเร้าทั้ง 2 แบบมาเชื่อมโยงกัน จนภายหลังสัตว์สามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เป็นเงื่อนไขแบบเดียวกับที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่ไม่เป็นเงื่อนไขได้ เรียกการเชื่อมโยงแบบนี้ว่า การมีเงื่อนไข

จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาการทดลองของสกินเนอร์ดังรูป 22.12 เพื่อให้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างการเหยียบแป้นกดกับการตกลงมาของอาหารซึ่งในครั้งแรกเกิดจากความบังเอิญ และต่อมาหนูเรียนรู้ที่จะเหยียบแป้นกดอีกเมื่อต้องการให้อาหารตกลงมา เรียกการเชื่อมโยงนี้ว่า การลองผิดลองถูก



ipst.me/10802

ครูให้นักเรียนศึกษาและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับพฤติกรรมการเชื่อมโยงทั้งสองแบบจากรูป 22.11 และ 22.13

นักเรียนควรสรุปได้ว่าพฤติกรรมการเชื่อมโยงแบบการมีเงื่อนไข เริ่มต้นเมื่อสัตว์เห็นอาหารซึ่งเป็นสิ่งเร้าที่ไม่เป็นเงื่อนไข ส่งผลให้สัตว์หลั่งน้ำลาย จากนั้นเมื่อให้เสียงกระดิ่งซึ่งเป็นสิ่งเร้าที่เป็นเงื่อนไขพร้อมกับอาหาร พบว่าสัตว์หลั่งน้ำลายที่ตอบสนองต่ออาหาร และสุดท้ายเมื่อให้เฉพาะเสียงกระดิ่งเพียงอย่างเดียว สัตว์ยังคงตอบสนองด้วยการหลั่งน้ำลายเช่นเดิม ซึ่งสัตว์เรียนรู้ที่จะเชื่อมโยงเสียงกระดิ่งและอาหารเข้าด้วยกัน ส่วนพฤติกรรมการเชื่อมโยงแบบการลองผิดลองถูก เมื่อเริ่มต้นสัตว์อาจแสดงทั้ง 3 พฤติกรรม แต่เมื่อแสดงพฤติกรรมที่ 2 โดยบังเอิญสัตว์จะได้รับอาหาร ต่อมาสัตว์อาจแสดงพฤติกรรมอีกหลายครั้ง แต่ทุกครั้งที่แสดงพฤติกรรมที่ 2 จะได้อาหาร จึงเกิดการเรียนรู้ที่จะเชื่อมโยงการแสดงออกพฤติกรรมที่ 2 กับอาหาร เมื่อเวลาผ่านไปสัตว์จะลดหรือไม่แสดงพฤติกรรมที่ 1 และ 3 แต่จะเลือกแสดงพฤติกรรมที่ 2 เท่านั้นเพราะได้รับอาหาร



จะเห็นได้ว่าสัตว์มีการลองผิดลองถูกในตอนแรกและจะแสดงพฤติกรรมที่เหมาะสมได้ในที่สุด รวมทั้งลดการแสดงพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมได้ การทำความเข้าใจพฤติกรรมการเชื่อมโยงแบบการลองผิดลองถูกมีประโยชน์ต่อมนุษย์ในการฝึกสัตว์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ ในช่วงเริ่มต้นของการฝึก ผู้ฝึกจะพบว่าสัตว์ที่กำลังฝึกแสดงหลายพฤติกรรม และยังไม่ทำตามคำสั่งไม่ได้ เมื่อฝึกสัตว์ต่อไปเรื่อย ๆ และผู้ฝึกเลือกให้อาหารเฉพาะเวลาที่สัตว์แสดงพฤติกรรมที่ผู้ฝึกต้องการ หรือลงโทษเมื่อสัตว์แสดงพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสม สัตว์จะเริ่มเชื่อมโยงพฤติกรรมที่แสดงกับอาหารที่ได้หรือการถูกลงโทษ และเลือกแสดงเฉพาะพฤติกรรมที่ได้รับอาหารเป็นการตอบสนองหรือลดการแสดงพฤติกรรมที่ทำให้ถูกลงโทษ



### ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

พฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้แบบการเชื่อมโยงมีรูปแบบอื่นอีก เช่น สัตว์สามารถจับคู่ชนิดอาหารที่กินกับการเจ็บป่วยหรือได้รับโทษ สัตว์สามารถเรียนรู้ได้ทันทีจากผลของการเชื่อมโยงเพียงครั้งเดียวหรือน้อยครั้ง และมักตอบสนองต่อสิ่งเร้าหลังการเชื่อมโยงอย่างรุนแรง ทำให้สัตว์สามารถหลีกเลี่ยงสิ่งเร้าที่เป็นภัยในธรรมชาติซึ่งอาจทำให้ถึงตายได้ทันที เช่น อาหารที่เป็นพิษ การเชื่อมโยงรูปแบบนี้แตกต่างจากการมีเงื่อนไขและการลองผิดลองถูกในบางกรณีซึ่งโดยทั่วไปสัตว์ต้องเรียนรู้จากการทำซ้ำหลาย ๆ ครั้ง จึงสามารถตอบสนองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับคำถามในหนังสือเรียนมีแนวคำตอบดังนี้



ยกตัวอย่างพฤติกรรมการเชื่อมโยงที่พบในสัตว์ชนิดอื่นมา 2 ตัวอย่าง



ตัวอย่างคำตอบ

1. เมื่อให้อาหารปลาบริเวณข้างตู้ ปลาจะว่ายเข้ามากินอาหารที่บริเวณข้างตู้เป็นปกติ จากนั้นให้อาหารบริเวณข้างตู้เหมือนเดิมและเคาะตู้ปลาบริเวณนั้นไปพร้อมกัน ปลายังคงว่ายเข้ามากินอาหาร ต่อมาเคาะที่ตู้ปลาอย่างเดียวโดยไม่ให้อาหาร ปลายังคงมารวมกันบริเวณที่เคาะได้
2. เมื่อนกจิกแผ่นป้ายสัญลักษณ์ที่ถูกต้อง นกจะได้รับอาหารเป็นรางวัล แต่ถ้าจิกแผ่นป้ายสัญลักษณ์ที่ผิดนกจะไม่ได้รับอาหาร ต่อมานกจะเลือกจิกเฉพาะแผ่นป้ายที่มีสัญลักษณ์ถูกต้อง
3. เมื่อสุนัขเห็นสัญญาณมือให้นั่งลงพร้อมกับได้รับขนมเป็นรางวัลทุกครั้งเมื่อสุนัขนั่งลง ต่อมาเมื่อสุนัขเห็นสัญญาณมือเพียงอย่างเดียวสุนัขก็จะนั่งลง



พฤติกรรมการลองผิดลองถูกมีประโยชน์ต่อสัตว์อย่างไร



มีประโยชน์คือทำให้สัตว์เลือกแสดงพฤติกรรมที่เป็นประโยชน์ในเวลาที่เหมาะสม ลดการแสดงพฤติกรรมที่ไม่ได้รับประโยชน์หรือเป็นโทษ



### ตรวจสอบความเข้าใจ



การเลือกกินอาหารของเต่าตีนแดงเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้แบบใด เพราะเหตุใด  
เป็นพฤติกรรมการเชื่อมโยง เพราะเต่าตีนแดงสามารถเชื่อมโยงคุณภาพและปริมาณสารอาหารกับสีของแผ่นพลาสติก ทำให้หลังการฝึกสามารถเลือกสีของแผ่นพลาสติกได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่

จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 22.2 เพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมแบบลองผิดลองถูกมากขึ้น



### กิจกรรม 22.2 การลองผิดลองถูก

#### จุดประสงค์

อธิบายพฤติกรรมการเชื่อมโยงแบบการลองผิดลองถูก

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

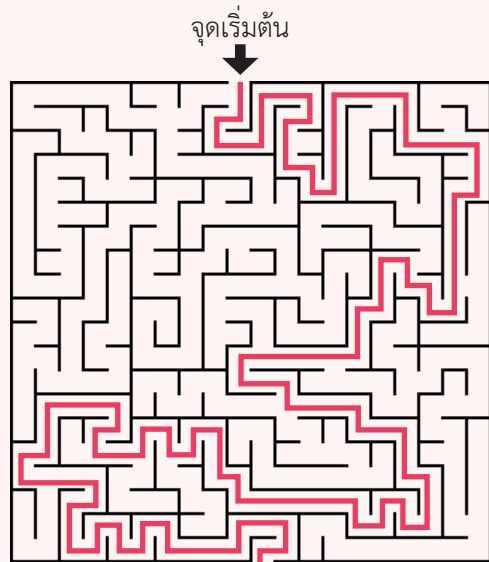
30 นาที

#### วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
รูปแสดงทางวากวน	ตามจำนวนนักเรียน
ดินสอเขียนแผ่นใสหรือปากกา	ตามจำนวนนักเรียน
กระดาษไขหรือแผ่นพลาสติกใส	ตามจำนวนนักเรียน

### แนวการจัดกิจกรรม

ให้นักเรียนจับคู่กันทำกิจกรรม โดยให้นักเรียนสลับหน้าที่กันบันทึกเวลาที่ใช้ในการลากเส้นแต่ละครั้งจนครบ 5 ครั้ง สำหรับแนวการลากเส้นเดินในทางขวามือดังนี้



ปลายทาง

### เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

- ?** วิธีการหรือเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมนี้ในครั้งแรกและครั้งต่อ ๆ มาแตกต่างกันอย่างไร
- ✎** เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมครั้งหลัง ๆ จะลดลง เพราะผู้ทดลองสามารถจำเส้นทางที่ถูกและเส้นทางที่ผิดได้และมีวิธีการที่จะหลีกเลี่ยงเส้นทางที่ผิดและไปเส้นทางที่ถูกต้องได้เร็วขึ้น
- ?** กิจกรรมนี้ได้ข้อสรุปอย่างไร
- ✎** ในการลองผิดลองถูก ผู้ทำกิจกรรมจะพบเส้นทางที่ถูกต้องโดยบังเอิญในครั้งแรก แต่เรียนรู้ที่จะลดการเลือกเส้นทางที่ผิดและเลือกเส้นทางที่ถูกได้มากขึ้น ทำให้ใช้เวลาน้อยลงในการเลือกเส้นทางเพื่อไปสู่จุดหมาย

เมื่อนักเรียนทำกิจกรรม 22.2 จะสรุปได้ว่า การเชื่อมโยงในครั้งแรกเป็นเรื่องบังเอิญ แต่เมื่อทำซ้ำจะสามารถจดจำได้และใช้เวลาน้อยลงในการเรียนรู้ที่จะทำกิจกรรมนั้น

### การใช้เหตุผล

ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยรูปหรือวีดิทัศน์การแก้ปัญหาของสัตว์ เช่น ลิงแสมที่ใช้หินทุบเปลือกหอยให้แตกเพื่อกินเนื้อหอยเป็นอาหาร

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 22.14 เพื่ออภิปรายร่วมกันและสรุปได้ว่าสัตว์สามารถแก้ปัญหาได้โดยใช้เหตุผลไม่ใช่การลองผิดลองถูก โดยสัตว์นำประสบการณ์ที่มีอยู่มาปรับให้สอดคล้องในการแก้ปัญหาใหม่ได้อย่างทันที ซึ่งสัตว์ที่จะแสดงพฤติกรรมแบบนี้ได้ดีต้องมีระบบประสาทเจริญดีโดยเฉพาะสมองส่วนหน้า

ครูควรอธิบายเพิ่มเติมด้วยว่า พฤติกรรมการใช้เหตุผลที่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจน บ่อยครั้งมาจากการทดลองโดยการนำสัตว์มาจัดการทดลองให้เจอกับอุปสรรคหรือสถานการณ์ใหม่ที่ไม่เคยถูกฝึกมาก่อน และลองให้สัตว์แก้ปัญหาด้วยการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในชุดการทดลองนั้น และสัตว์ไม่แสดงพฤติกรรมลองผิดลองถูก

สำหรับคำถามในหนังสือเรียนมีแนวคำตอบดังนี้



ยกตัวอย่างพฤติกรรมการใช้เหตุผลที่พบในสัตว์ชนิดอื่นมา 2 ตัวอย่าง



ตัวอย่างคำตอบ

1. อีเกอในห้องปฏิบัติการที่ไม่เคยได้รับการฝึกมาก่อน สามารถนำเนื้อที่ผูกเชือกซึ่งห้อยต่ำลงจากกิ่งไม้ขึ้นมากินได้โดยใช้จะงอยปากดึงเชือก
2. เสือชีตาห์เรียนรู้การล่าจากการสังเกตและเรียนรู้วิธีการล่าเหยื่อจากแม่ และนำมาปรับวิธีการล่าเหยื่อของตัวเองให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น



พฤติกรรมการใช้เหตุผลมีประโยชน์ต่อสัตว์อย่างไร



สัตว์จะแสดงพฤติกรรมที่ประเมินได้ว่าจะได้รับสิ่งที่ต้องการ เช่น อาหาร ได้อย่างเหมาะสมโดยไม่ต้องลองผิดลองถูก



ระบบประสาทเกี่ยวข้องกับการแสดงพฤติกรรมการใช้เหตุผลอย่างไร








สัตว์ที่มีสมองส่วนหน้าเจริญดีโดยเฉพาะส่วนซีรีบรัมจะแสดงพฤติกรรมการใช้เหตุผลได้ดี เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม



### ตรวจสอบความเข้าใจ



พฤติกรรมต่อไปนี้จัดเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้แบบใด เพราะเหตุใด

- สัตว์เลี้ยงแสดงพฤติกรรมที่เจ้าของฝึกเพื่อขออาหารจากเจ้าของ
-  พฤติกรรมการเชื่อมโยงแบบการลองผิดลองถูก เพราะสุนัขได้รับการฝึกให้ขออาหารจากเจ้าของ โดยสุนัขถูกฝึกให้เชื่อมโยงพฤติกรรมที่แสดงออกกับอาหารที่ได้รับเป็นรางวัล
- สุนัขจะเห่าทุกครั้งที่มีคนแปลกหน้าเข้ามาในบริเวณบ้าน แต่เมื่อคนนั้นเข้าบ้านมาบ่อย ๆ สุนัขจะเห่าน้อยลง
-  แสบิซูเอชัน เพราะสุนัขลดการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่ไม่เกิดประโยชน์และโทษต่อตนเอง คือคนแปลกหน้า เมื่อคนแปลกหน้าเข้ามาในบ้านบ่อยขึ้น และไม่ได้คุกคามต่อสุนัข สุนัขจึงเริ่มเคยชินและเห่าน้อยลง
- หนูใช้เวลาน้อยลงในการเดินไปกินอาหารที่วางอยู่ไกลออกไปในเส้นทางวกวน
-  พฤติกรรมการเชื่อมโยงแบบลองผิดลองถูก เริ่มแรกเมื่อปล่อยหนูให้เดินในเส้นทางวกวน หนูจะลองผิดลองถูกและใช้เวลามากในการเดินไปหาอาหาร เมื่อหนูมีประสบการณ์มากขึ้น หนูจึงเรียนรู้และจดจำเส้นทางในการเดินไปหาอาหารได้ และใช้เวลาน้อยลง
- นักคู้ตอเมริกันเพคเมียดัวเต็มวัยสามารถแยกแยะลูกนกตัวแรกที่ฟักไข่ออกมาได้ทันทีจากลูกนกที่เป็นกาฝากได้
-  การฝังใจ เพราะแม่นกสามารถจดจำกลิ่นของลูกนกที่ฟักออกจากไข่ได้ทันที ข้อมูลกลิ่นของลูกที่ฟักออกมาจากไข่ ทำให้สามารถแยกแยะลูกของตนได้ถูกต้อง
- นักดีดสีน้ำเงินที่อาศัยอยู่ในเขตเมือง ลดพฤติกรรมการระวังภัยลงเมื่อพบมนุษย์ และเรียนรู้ที่จะเข้ามากินอาหารบนมือของมนุษย์ได้
-  แสบิซูเอชัน เพราะนกลดพฤติกรรมการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่ไม่เกิดโทษหรือประโยชน์ และรู้ว่ามนุษย์ไม่ทำอันตราย

- อูรังอุตัง ชิมแปนซี และกอริลลา สามารถแก้ปัญหาได้เมื่อนำกล้วยใส่ในกระบอกทรงสูงที่ยึดติดกับพื้น สัตว์ไม่สามารถใช้นิ้วหรือมือหยิบได้ จึงอมน้ำมาพ่นลงในกระบอกเพื่อให้กล้วยลอยขึ้นมา สัตว์จึงสามารถหยิบกล้วยได้
- ✎ การใช้เหตุผล เพราะสัตว์รู้ว่ากระบอกมีขนาดเล็กและลึก ไม่สามารถใช้มือหยิบกล้วยได้ และการใส่น้ำลงไปจะทำให้กล้วยลอยขึ้นมาที่ปากกระบอกและสามารถทำให้สามารถหยิบกล้วยมากินได้

### แนวการวัดและประเมินผล

#### ด้านความรู้

- พฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดและพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ของสัตว์ จากการทำรายงานและแบบทดสอบ
- ตัวอย่างพฤติกรรมการตอบสนองที่สัมพันธ์กับทิศทางของสิ่งเร้า จากการทำกิจกรรม

#### ด้านทักษะ

- การสังเกต และการลงความเห็นจากข้อมูล จากการทำกิจกรรม
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ

#### ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็น และความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

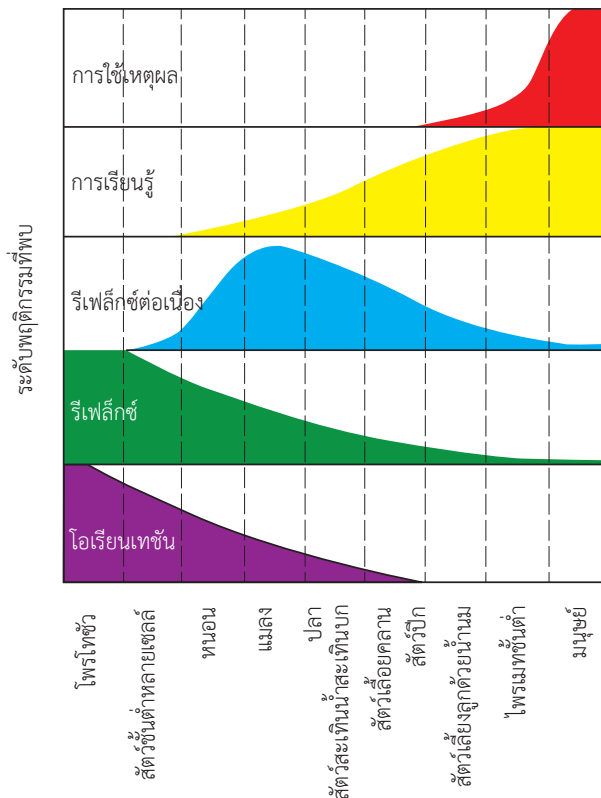
## 22.4 ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมและวิวัฒนาการของระบบประสาท

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมกับวิวัฒนาการของระบบประสาท

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูให้นักเรียนศึกษาตาราง 22.1 ในหนังสือเรียนที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวิวัฒนาการของระบบประสาทและพฤติกรรมของสัตว์ แล้วให้ร่วมกันอภิปรายเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปว่าสัตว์ที่มีวิวัฒนาการของระบบประสาทเจริญขึ้น มีแนวโน้มที่จะแสดงพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ที่ซับซ้อนมากขึ้น แต่ครูไม่ควรเน้นให้นักเรียนจำว่าสัตว์แต่ละกลุ่มมีพฤติกรรมที่สำคัญเท่าที่แสดงในตาราง เช่นเดียวกับกราฟเปรียบเทียบพฤติกรรมที่พบในสัตว์กลุ่มต่าง ๆ ดังรูป ซึ่งข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นเพียงแนวโน้มของการแสดงพฤติกรรมเท่านั้น และถ้าต้องการข้อมูลเพิ่มเติมจำเป็นต้องมีการศึกษาในประเด็นต่าง ๆ ต่อไป





### กิจกรรมเสนอแนะ : การศึกษาพฤติกรรมของสัตว์บางชนิด

#### จุดประสงค์

บันทึกและอธิบายพฤติกรรมของสัตว์ที่เลือกศึกษา

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

#### วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
สมุดบันทึก	ตามจำนวนนักเรียน
ปากกาหรือดินสอ	ตามจำนวนนักเรียน
กระดาษโปสเตอร์	1 แผ่น
กล้องถ่ายรูปหรือโทรศัพท์มือถือ	ตามจำนวนนักเรียน (ถ้ามี)

#### การเตรียมล่วงหน้า

ก่อนนำเข้าสู่การทำกิจกรรมเสนอแนะ เรื่องการศึกษาพฤติกรรมของสัตว์บางชนิด ครูควรศึกษาความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู ซึ่งอธิบายวิธีการเก็บข้อมูลพฤติกรรมของสัตว์ตามมาตรฐานสากล วิธีการทำตารางบันทึกข้อมูล ครูอาจอธิบายเพิ่มเติมเพื่อเสริมความเข้าใจแก่นักเรียนเกี่ยวกับวิธีการเก็บข้อมูลระหว่างการทำกิจกรรม

#### แนวการจัดกิจกรรม

ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม ครูอธิบายแนวทางการศึกษาหรือเก็บข้อมูลพฤติกรรมของสัตว์ จากนั้นให้นักเรียนเลือกศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ที่สนใจ โดยให้นักเรียนออกแบบวิธีการศึกษา การบันทึกผลการทดลอง การนำเสนอผลการทดลองโดยอิสระ และศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ที่เลือกนอกเวลาเรียน จากนั้นอภิปรายและสรุปผลร่วมกัน นำเสนอผลการศึกษาในชั้นเรียนเป็นรายกลุ่ม




### ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ครูอาจให้เวลานักเรียนเก็บข้อมูลการศึกษาประมาณ 3 - 4 วันหรือตามความเหมาะสมเพื่อวางแผนและเก็บข้อมูลจริง นักเรียนอาจนำเสนอชนิดสัตว์และวิธีการศึกษาให้ครูทราบเบื้องต้นเพื่อขอคำแนะนำ หรืออาจออกแบบสิ่งเร้าที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์เพื่อศึกษาการแสดงพฤติกรรมที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้านั้นหรือศึกษาพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดของสัตว์ โดยครูอาจนำความรู้เพิ่มเติมสำหรับครูเรื่องการศึกษาและเก็บข้อมูลพฤติกรรมของสัตว์จัดทำเป็นใบความรู้ให้นักเรียนก่อนศึกษาจริง แล้วนำผลการศึกษามานำเสนอและอภิปรายในชั้นเรียน
2. ระหว่างการเก็บข้อมูลพฤติกรรมสัตว์ ครูควรแนะนำให้นักเรียนถ่ายรูปบริเวณรอบ ๆ ที่สัตว์อยู่ เพื่อบันทึกลักษณะที่อยู่อาศัยของสัตว์ หรือจดบันทึกข้อมูลโดยละเอียด และเตือนนักเรียนว่าวิธีการเก็บข้อมูลต้องไม่ทำให้สัตว์เป็นอันตราย ถ้ามีการจับสัตว์มาและเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ เมื่อเสร็จสิ้นต้องนำไปปล่อยไว้ที่เดิม

### สำหรับคำถามท้ายกิจกรรมมีแนวคำตอบดังนี้

**?** พฤติกรรมของสัตว์ที่นักเรียนบันทึกได้มีอะไรบ้าง

 คำตอบมีได้หลากหลายขึ้นอยู่กับนิสัยของสัตว์ที่นักเรียนศึกษาและพฤติกรรมที่สัตว์นั้นแสดงออก เช่น การตอบสนองต่ออาหาร การขับถ่าย อาจเป็นพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิด เพราะสัตว์โดยทั่วไปตอบสนองต่อสิ่งเร้าเหล่านี้ได้ทันที และมักเหมือน ๆ กันทุกตัว แต่ในขณะที่ยังพฤติกรรมเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ เช่น สุนัขและแมวบางตัวเป็นมิตรกับมนุษย์ บางตัวกลัวมนุษย์



## ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

วิธีการเก็บข้อมูลพฤติกรรมสัตว์มี 4 วิธี ได้แก่

- แอด ลิบิตัม (*ad libitum*) การบันทึกพฤติกรรมสัตว์ที่สนใจโดยไม่มีระเบียบวิธีการเก็บข้อมูลที่แน่นอน ไม่จำกัดเวลาเก็บข้อมูล เป็นการบันทึกเพื่อให้เห็นรายละเอียดเบื้องต้น มักใช้ในการศึกษานำร่อง (pilot study) ก่อนลงมือทำการศึกษาจริง
- โฟคอล แซมปลิง (focal sampling) การบันทึกพฤติกรรมของสัตว์แบบเฉพาะเจาะจงรายตัวหรือทั้งกลุ่ม โดยมีกรอบเวลาที่ชัดเจน เช่น บันทึกพฤติกรรมของแมวตัวแรกทุกพฤติกรรมที่แสดงออกในระยะเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาของตัวแรก จากนั้นบันทึกข้อมูลพฤติกรรมของแมวตัวที่สองในระยะเวลาเท่ากัน ทำให้ได้ข้อมูลความยาวหรือความถี่ของพฤติกรรมต่าง ๆ เช่น ระยะเวลาและจำนวนครั้งที่แมวใช้ในการแสดงพฤติกรรมชนิดต่าง ๆ เช่น เดิน กินอาหาร ขับถ่าย ในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง
- สแกน แซมปลิง (scan sampling) การบันทึกพฤติกรรมของสัตว์ทั้งกลุ่มหรือรายตัว โดยการบันทึกพฤติกรรมเป็นช่วงเวลาในกรอบเวลาชัดเจน เช่น ทุก 5 นาที ติดต่อกัน 1 ชั่วโมง ในกรณีที่บันทึกพฤติกรรมของสัตว์ทั้งกลุ่มจะเริ่มบันทึกพฤติกรรมของสัตว์แต่ละตัวพร้อมกันในทุกเวลาที่ศึกษา เช่น ผู้ศึกษานั่งบันทึกตำแหน่งของแมวในบ้านจำนวน 4 ตัว ทุก 15 นาที ในช่วงเวลาบ่ายถึงหกโมงเย็น เพื่อศึกษาว่าแมวแต่ละตัวมีพฤติกรรมการใช้พื้นที่ใดในบ้านบ้าง แล้วบันทึกข้อมูลในรูปของการแจกแจงความถี่ของแต่ละพฤติกรรม
- บีแฮฟวิเออร์ แซมปลิง (behavior sampling) เป็นการเก็บข้อมูลพฤติกรรมที่สนใจของสัตว์ทั้งกลุ่ม โดยที่ผู้สังเกตบันทึกข้อมูลพฤติกรรมของสัตว์ที่แสดงออกเป็นรายตัวเช่นกัน โดยมีกรอบเวลาการเก็บข้อมูลแน่นอน มักใช้บันทึกพฤติกรรมที่หายากและสำคัญของสัตว์ โดยจะได้รายละเอียดที่ชัดเจนกว่าวิธีแอด ลิบิตัม ตัวอย่างเช่น ผู้ศึกษานั่งบันทึกข้อมูลพฤติกรรมการต่อสู้กันของแมวจรจัดในหมู่บ้านแห่งหนึ่ง ในช่วงเวลาห้าโมงเย็นถึงสองทุ่ม

นอกจากวิธีการเก็บข้อมูลดังกล่าวแล้ว ผู้ศึกษาอาจสร้างสถานการณ์ให้สัตว์เรียนรู้เพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าโดยสถานการณ์ที่ออกแบบนั้นไม่ควรเป็นอันตรายต่อสัตว์ และสร้างตารางเพื่อบันทึกข้อมูลตามความเหมาะสม



## ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

### อีโทแกรม (ethogram) : ตารางบันทึกข้อมูลพฤติกรรมของสัตว์

ในการสำรวจพฤติกรรมของสัตว์ที่สนใจเบื้องต้นก่อนทำการศึกษาริจริง เพื่อสร้างตารางบันทึกข้อมูลพฤติกรรมของสัตว์หรืออีโทแกรม อาจกำหนดกฎเกณฑ์ ลักษณะของพฤติกรรม และข้อตกลงเบื้องต้นในการเก็บข้อมูลพฤติกรรมของสัตว์ เพื่อลดความสับสนในระหว่างการศึกษา ดังตัวอย่างต่อไปนี้

นักเรียนต้องการศึกษาพฤติกรรมของแมวบ้านในช่วงเวลากลางวัน หลังจากการศึกษานำร่อง (pilot study) ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลเบื้องต้นอย่างหยาบ ๆ และไม่มีแบบแผนที่ชัดเจน ตามวิธีแอด ลิปิตัม พบว่าแมวบ้านแสดงพฤติกรรมหลักในช่วงกลางวันดังนี้

พฤติกรรม	รหัสแทนพฤติกรรม	คำอธิบายของพฤติกรรม
นอน	S	นอนพักอยู่หนึ่ง ๆ ณ บริเวณที่พบ
เล่น	P	เล่นกับแมวตัวอื่น โดยไม่พบว่าต่อสู้หรือว่ากำลังชูกัน
ล่าสัตว์อื่น	H	ล่าสัตว์อื่น เช่น นก หนู จิ้งจก เป็นต้น โดยผู้สังเกตสามารถเห็นแมวและเป้าหมายของสัตว์ที่แมวกำลังล่าได้ชัดเจน
กินอาหาร	C	กินอาหารหรือน้ำ
เลียขน	G	เลียขนบริเวณส่วนต่างๆ ของร่างกาย
ต่อสู้	F	ต่อสู้กับแมวตัวอื่น มีการพองขน ส่งเสียงขู่ แยกเขี้ยว ตวัดหางไปมา อาจมีการกัดกัน
ขับถ่าย	E	ขับถ่ายอุจจาระหรือปัสสาวะ
เคลื่อนที่	L	เคลื่อนที่ เช่น เดิน วิ่ง เป็นต้น
อื่น ๆ	OT	พฤติกรรมอื่น ๆ ของสัตว์

นักเรียนสามารถออกแบบตารางการเก็บข้อมูลโดยยึดเกณฑ์การแบ่งประเภทพฤติกรรมของแมวที่แสดงออกจากอีโทแกรม ตามวิธีการเก็บข้อมูลพฤติกรรมของสัตว์ได้ดังนี้

### วิธีการโปคอล แคมปลิง

เก็บข้อมูลพฤติกรรมของแมว 2 ตัว ตั้งแต่เวลา 12 : 00 – 13 : 00 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยบันทึกพฤติกรรมของแมวแต่ละตัวที่แสดงออก และบันทึกระยะเวลาที่แมวใช้ในแต่ละพฤติกรรม

ชื่อผู้เก็บข้อมูล:	ชื่อของนักเรียน
วันที่และเวลา:	20 เมษายน 2562 เวลา 12 : 00 – 12 : 30 (ตัวที่ 1) เวลา 12 : 30 – 13 : 00 (ตัวที่ 2)
สถานที่เก็บข้อมูล:	บ้านของนักเรียน
สภาพทั่วไปของสถานที่เก็บข้อมูล:	สภาพทั่วไปของสถานที่เก็บข้อมูล: เป็นบ้านปูน 1 ชั้น อยู่ในพื้นที่ขนาด 1 ไร่ มีรั้วรอบพื้นที่ทั้งหมด เป็นพื้นที่บ้านประมาณ 10% ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ที่เหลือเป็นสวนหย่อม พืชสวนอื่น ๆ เช่น นกขนาดเล็ก กิ้งก่า จิ้งเหลน หากินในสวนหย่อม มีคนเข้าออกบ้านตลอดเวลา
จำนวนแมวที่เลี้ยง:	4 ตัว
จำนวนแมวที่เก็บข้อมูล:	2 ตัว

แมว	รหัสแทนพฤติกรรม	ช่วงเวลา	เวลาที่แสดงพฤติกรรม (นาที)	คำอธิบายของพฤติกรรม
ตัวที่ 1	S	12 : 00 – 12 : 24	24	
ตัวที่ 1	L	12 : 24 – 12 : 28	4	เดิน
ตัวที่ 1	G	12 : 28 - 12 : 30	2	
ตัวที่ 2	S	12 : 30 - 12 : 45	15	
ตัวที่ 2	L	12 : 45 - 12 : 46	1	เดิน
ตัวที่ 2	E	12 : 46 - 12 : 48	2	ถ่ายอุจจาระ
ตัวที่ 2	G	12 : 48 - 12 : 52	4	
ตัวที่ 2	L	12 : 52 - 12 : 56	4	เดิน
ตัวที่ 2	S	12 : 56 - 13 : 00	4	

### วิธีการสแกน แคมพลิง

เก็บข้อมูลพฤติกรรมของแมว 2 ตัว ตั้งแต่เวลา 12 : 00 - 13 : 00 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยบันทึกพฤติกรรมที่แมวแสดงออกทุกๆ 5 นาที ดังตารางบันทึกข้อมูล

ชื่อผู้เก็บข้อมูล: ชื่อของนักเรียน  
วันที่และเวลา: 21 เมษายน 2562 เวลา 12 : 00 - 13 : 00  
สถานที่เก็บข้อมูล: บ้านของนักเรียน

สภาพทั่วไปของสถานที่เก็บข้อมูล:

เป็นบ้านปูน 1 ชั้น อยู่ในพื้นที่ขนาด 1 ไร่ มีรั้วรอบพื้นที่ทั้งหมด เป็นพื้นที่บ้านประมาณ 10% ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ที่เหลือเป็นสวนหย่อม พบสัตว์อื่น ๆ เช่น นกขนาดเล็ก กิ้งก่า จิ้งเหลน หากินในสวนหย่อม มีคนเข้าออกบ้านตลอดเวลา

จำนวนแมวที่เลี้ยง: 4 ตัว

จำนวนแมวที่เก็บข้อมูล: 2 ตัว

เวลา	พฤติกรรม ของแมว ตัวที่ 1	พฤติกรรม ของแมว ตัวที่ 2	หมายเหตุ
12:00	S	S	
12:05	S	S	
12:10	S	S	
12:15	S	S	
12:20	S	S	
12:25	S	S	
12:30	G	L	เดิน (ตัวที่ 2)
12:35	L	G	เดิน (ตัวที่ 1)
12:40	L	S	เดิน (ตัวที่ 1)
12:45	S	S	

เวลา	พฤติกรรม ของแมว ตัวที่ 1	พฤติกรรม ของแมว ตัวที่ 2	หมายเหตุ
12:50	S	S	
12:55	S	S	
13:00	S	S	

นักเรียนสามารถดัดแปลงตารางเก็บข้อมูลจากตารางตัวอย่างของวิธีการโฟคอล แซมปลิงและวิธีการสแกน แซมปลิงที่กำหนดให้ สามารถเพิ่มหรือลดข้อมูลของพฤติกรรมบางพฤติกรรม รวมถึงกำหนดช่วงเวลาในการศึกษา สปีชีส์ของสัตว์ จำนวนตัวของสัตว์ได้ตามความเหมาะสม ขึ้นอยู่กับสัตว์แต่ละสปีชีส์ สัตว์บางสปีชีส์อาจไม่คุ้นชินกับคน และมีอาการตื่นตกใจในขณะที่ทำการศึกษา ควรวางแผนการเก็บข้อมูลอย่างเหมาะสมเพื่อไม่ให้รบกวนสัตว์ เช่น บันทึกพฤติกรรมของสัตว์ในระยะห่างออกไป

นอกจากนี้ครูอาจเสนอแนะนักเรียนให้บันทึกข้อมูลพฤติกรรมอย่างง่าย นอกเหนือจากการบันทึกตามวิธีการดังกล่าว เช่น เขียนบรรยายพฤติกรรมของสัตว์ที่นักเรียนศึกษาโดยละเอียด หรือถ่ายวิดีโอทัศน์หรือรูปประกอบการอธิบายพฤติกรรมของสัตว์ที่ศึกษา

### แนวการวัดและประเมินผล

#### ด้านความรู้

- ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมกับวิวัฒนาการของระบบประสาท และการยกตัวอย่างพฤติกรรม จากการทำแบบทดสอบ

#### ด้านทักษะ

- การสังเกต และการลงความเห็นจากข้อมูล จากการทำกิจกรรม
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ

#### ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็น และความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรม ในการอภิปรายร่วมกัน

## 22.5 การสื่อสารระหว่างสัตว์

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายและยกตัวอย่างการสื่อสารระหว่างสัตว์

### แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนดูรูป หรือวิดีโอที่เกี่ยวกับการสื่อสารกันระหว่างสัตว์ เช่น การร้องของนก หรือให้นักเรียนยกตัวอย่างการสื่อสารระหว่างสัตว์จากประสบการณ์ของนักเรียน แล้วอภิปรายเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปว่าการอยู่รวมกันเป็นกลุ่มย่อมต้องมีพฤติกรรมที่แสดงแล้วสามารถสื่อสารให้เข้าใจตรงกันได้ ซึ่งนักเรียนอาจบอกได้ว่าเป็นการสื่อสารโดยใช้เสียง ท่าทาง การสัมผัส หรือสารเคมี นอกจากนี้ครูอาจอธิบายเพิ่มเติมว่าการสื่อสารระหว่างสัตว์ยังสามารถจัดอยู่ในประเภทพฤติกรรมของสัตว์ที่ได้เรียนมาแล้วในก่อนหน้าด้วย ทั้งพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดหรือพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ นอกจากนี้การสื่อสารของสัตว์บางชนิดมีความคาบเกี่ยวกันระหว่างพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิด และพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ เช่น นกบางชนิดขณะยังเป็นวัยแรกเกิดสามารถร้องขออาหารจาก

แม่ไกด์ทันที่ซึ่งจัดเป็นพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิด เมื่อโตเต็มวัยและมีพัฒนาการของระบบประสาท รวมถึงโครงสร้างและอวัยวะกำเนิดเสียงเต็มที่จะสามารถเรียนรู้การร้องเป็นทำนองเพลงจากนกตัวอื่นได้ ซึ่งมีประโยชน์ในการหาคู่ผสมพันธุ์ จึงเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ การที่นกร้องได้ทันที่ในช่วงวัยแรกเกิดและเรียนรู้การร้องเป็นเพลงได้เมื่อโตเต็มวัย จัดเป็นการสื่อสารด้วยเสียงทั้งคู่ ดังนั้นการจัดประเภทของพฤติกรรมต้องศึกษาพฤติกรรมการสื่อสารของสัตว์นั้นโดยละเอียด

### 22.5.1 การสื่อสารด้วยเสียง

ครูให้นักเรียนดูรูป 22.15 และยกตัวอย่างการใช้เสียงในการสื่อสารของเมียร์แคต ครูให้นักเรียนศึกษาการทดลอง ดังรูป 22.16 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแม่ไก่ตัวเดียวกันแต่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าแตกต่างกัน โดยแม่ไก่ไม่มีอาการตอบสนองต่อลูกไก่ที่ส่งเสียงร้องอยู่ในครอบแก้ว ในขณะที่ลูกไก่ที่ส่งเสียงร้องแต่มีฉากบังไว้อยู่ แม่ไก่ตอบสนองต่อเสียงลูกไ้มากกว่าการเห็นภาพ ครูอาจให้นักเรียนยกตัวอย่างการสื่อสารด้วยเสียงในสัตว์สปีชีส์อื่น ๆ หรือให้นักเรียนสืบค้นหรือดูจากวีดิทัศน์การสื่อสารด้วยเสียงของสัตว์จากอินเทอร์เน็ต

ครูอาจร่วมอภิปรายหรือถามคำถามนำนักเรียนเกี่ยวกับประโยชน์และความสำคัญของการสื่อสารด้วยเสียง ในธรรมชาตินั้นการสื่อสารด้วยเสียงเป็นการสื่อสารที่มีประโยชน์อย่างมาก เพราะเสียงสามารถเดินทางในอากาศหรือน้ำ สามารถใช้ได้ตลอดเวลา นอกจากนี้ในสัตว์สปีชีส์เดียวกันยังมีการสื่อสารด้วยเสียงได้หลายรูปแบบ เช่น เสียงร้องของนก มีทั้งเสียงร้องแบบเป็นเพลงเพื่อใช้ในการเกี้ยวพาราสีกันในช่วงฤดูผสมพันธุ์ เสียงร้องเตือนภัย เสียงร้องทั่วไป หรือเสียงร้องที่ใช้ในการบ่งบอกอาณาเขตที่ปกครอง เสียงยังมีความถี่และความยาวคลื่นที่แตกต่างกันออกไปตามแต่ชนิดของเสียง และรูปแบบการสื่อสารด้วยเสียงจะแตกต่างกันออกไปในสัตว์แต่ละสปีชีส์ ครูอาจหาข้อมูลเพิ่มเติมหรือเปิดวีดิทัศน์แสดงพฤติกรรมของสัตว์ที่สื่อสารด้วยเสียงในอินเทอร์เน็ต เพื่อเสริมความเข้าใจ ครูอาจยกตัวอย่างที่น่าสนใจเพิ่มเติมในสัตว์บางสปีชีส์ เช่น วาฬหลังค่อม (humpback whale) ซึ่งอาศัยอยู่ในมหาสมุทรใช้เสียงในการสื่อสารภายในกลุ่ม ซึ่งเสียงสามารถเดินทางในน้ำไปได้ไกลเกินกว่า 100 กิโลเมตรในบางครั้ง ทำให้วาฬหลังค่อมสามารถสื่อสารในระยะที่ไกลกันได้ ตัวอย่างอื่น ๆ เช่น การขันของไก่ป่าตัวผู้ในตอนเช้าตรู่เพื่อบอกอาณาเขต การร้องของอีกาเพื่อบอกอาณาเขต การร้องของนกกระแตแต้แว๊ดเพื่อเตือนภัย การร้องของกบเพศผู้เพื่อจับคู่ผสมพันธุ์ การสีปีกของจิ้งหรีดเพื่อจับคู่ผสมพันธุ์



สำหรับคำถามในหนังสือเรียนมีแนวคำตอบดังนี้



การสื่อสารด้วยเสียงมีข้อดีและข้อจำกัดอย่างไร



**ข้อดี**

เสียงสามารถเดินทางได้ในระยะไกลทั้งในน้ำและอากาศ แม้สภาพแวดล้อมที่รกทึบเช่นป่ายังสามารถสื่อสารกันได้ นอกจากนี้สัตว์บางชนิดยังสามารถเพิ่มความเข้มและความถี่ของเสียงในการสื่อสารระหว่างกันให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

**ข้อจำกัด**

เสียงสามารถดึงดูดผู้ล่าได้ง่าย

### 22.5.2 การสื่อสารด้วยท่าทาง

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนยกตัวอย่างพฤติกรรมการสื่อสารด้วยท่าทางในสัตว์ที่นักเรียนรู้จักหรือพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้อภิปรายร่วมกัน จากนั้นให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างพฤติกรรมสื่อสารด้วยท่าทางในสัตว์ ดังรูป 22.17 ในหนังสือเรียน ครูเน้นให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์ของการสื่อสารด้วยท่าทางในสัตว์ โดยเฉพาะในการจับคู่ผสมพันธุ์ของสัตว์ในธรรมชาติ สัตว์บางสปีชีส์จะมีการเต้นรำเพื่อเกี้ยวพาราสี โดยเฉพาะเพศผู้ที่มีสีสันสวยงาม ครูให้นักเรียนดูวีดิทัศน์จากอินเทอร์เน็ต เช่น การอ้าปากขออาหารของลูกนก การรำแพนหางของนกยูง และการเต้นรำนกปีกขาวสวรรค์เพศผู้เพื่อเกี้ยวพาราสีเพศเมีย

ครูสามารถยกตัวอย่างเพิ่มเติมเรื่องพฤติกรรมผสมพันธุ์ของปลาหมอกหลัง ซึ่งอาจยกตัวอย่างไปแล้วก่อนหน้านี้ ขณะที่สอนเรื่องพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดประเภทรีเฟล็กซ์ต่อเนื่อง จัดเป็นการสื่อสารด้วยท่าทางเช่นกัน โดยทั่วไปในธรรมชาติพฤติกรรมการเกี้ยวพาราสีของสัตว์การผสมพันธุ์ของสัตว์หลายชนิดจัดว่าเป็นการสื่อสารด้วยท่าทางในสัตว์เช่นกัน

สำหรับคำถามในหนังสือเรียนมีแนวคำตอบดังนี้



การสื่อสารด้วยท่าทางมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์อย่างไร





เพื่อการสื่อสารให้เข้าใจตรงกันในสปีชีส์เดียวกัน อาจเพื่อแสดงอารมณ์ เตือนภัย แสดงอาณาเขต เกี้ยวพาราสีหรือผสมพันธุ์ ซึ่งส่งผลให้สามารถอยู่รอดได้ในธรรมชาติ

### 22.5.3 การสื่อสารด้วยการสัมผัส

ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการนำเสนอวิดีโอทัศน์หรือรูปการสื่อสารด้วยการสัมผัสในสัตว์ เช่น แมวเลียขนให้กัน ครูอาจให้นักเรียนยกตัวอย่างพฤติกรรมการสื่อสารด้วยการสัมผัสที่พบได้ในชีวิตประจำวัน และครูยกตัวอย่างเพิ่มเติม เช่น ลิงบางชนิด ลิงในฝูงจะมีการช่วยกันสัมผัส ใช้ขน หรือช่วยกันแต่งตัว ซึ่งนอกจากจะช่วยในเรื่องการสานสัมพันธ์ของสมาชิกภายในฝูงแล้ว ยังช่วยกำจัดปรสิตที่เกาะตามขน ซึ่งอาจเป็นพาหะนำโรคมาลูกลิงในฝูงได้ จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในเรื่องการสื่อสารด้วยการสัมผัส



สำหรับคำถามในหนังสือเรียนมีแนวคำตอบดังนี้

-  การสื่อสารด้วยการสัมผัสมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์อย่างไร
-  ช่วยในการกระชับความสัมพันธ์ภายในกลุ่ม ในลูกอ่อนจะรู้สึกได้รับการปกป้องและความปลอดภัยจากการสัมผัสของแม่ และยังช่วยในเรื่องพัฒนาการและเพิ่มทักษะการเข้าสังคมให้กับลูกได้เมื่อโตขึ้น

จากนั้นครูอธิบายกรณีศึกษาของลูกลิงรีซีส์ และให้นักเรียนตอบคำถามในกรณีศึกษา



#### กรณีศึกษา

-  เพราะเหตุใดลูกลิงจึงมักเข้าไปซบหุ้แม่ลิงที่มีผ้าห่มมากกว่าหุ้แม่ลิงที่ไม่มีผ้าห่ม
-  หุ้แม่ลิงที่มีผ้าห่มมีความเหมือนแม่ลิงตามธรรมชาติมากกว่าหุ้โน้โครงเหล็ก การเข้าไปซบหุ้ที่หุ้แม่ลิงที่มีผ้าห่มทำให้อลูกลิงรู้สึกปลอดภัยมากกว่า นอกจากนี้ลูกลิงนั้นต้องการความอบอุ่น และการเลี้ยงดูจากแม่ ลูกลิงจึงสามารถมีการเจริญเติบโตและพัฒนาการได้ตามปกติ ไม่หวาดระแวงหรือตกใจกลัว และสามารถเข้าสังคมได้

### 22.5.4 การสื่อสารด้วยสารเคมี

ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการเสนอรูปหรือวิดีโอทัศน์การสื่อสารด้วยสารเคมีในสัตว์ที่น่าสนใจ เช่น สุนัขเพศผู้ดมกลิ่นเพศเมียเพื่อตรวจสอบความพร้อมในการผสมพันธุ์ ครูอธิบายเกี่ยวกับฟีโรโมน และการสื่อสารด้วยสารเคมี ซึ่งสัตว์สามารถรับฟีโรโมนได้ 3 ทาง ได้แก่ การได้รับกลิ่น การกิน และการสัมผัส ครูสามารถยกตัวอย่างในสัตว์อื่น ๆ เพิ่มเติมตามเนื้อหาในหนังสือเรียน

ครูอาจยกตัวอย่างอื่นที่น่าสนใจของการได้รับฟีโรโมนทางกลิ่น เช่น การปล่อยฟีโรโมนของผีเสื้อไหมเพศเมียเพื่อดึงดูดเพศผู้ ปลวกงานที่เป็นผู้นำทางจะปล่อยฟีโรโมนออกจากต่อมพิเศษที่อยู่บริเวณอกเอาไว้ตามทางเดิน เพื่อให้ปลวกงานตัวอื่น ๆ ไม่ออกนอกเส้นทางระหว่างการออกหาอาหาร ตัวปล่อยฟีโรโมนให้ตัวอื่นมารวมกันที่แหล่งอาหารซึ่งช่วยให้ตัวอื่นเข้าถึงแหล่งอาหารง่ายขึ้นโดยไม่ต้องค้นหาแหล่งอาหารเองสุนัขและเสือขับถ่ายปัสสาวะที่มีฟีโรโมนไว้ที่ต่าง ๆ เพื่อบอกอาณาเขต

ครูอาจอธิบายเพิ่มเติมว่า การรับฟีโรโมนโดยการสัมผัสในสัตว์ มักจะเป็นฟีโรโมนที่ระเหยได้ยาก และเกาะแน่นกับวัตถุในสิ่งแวดล้อมได้นาน เช่น ฟีโรโมนชนิด (Z)-9-tricosene (เป็นสารไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลขนาดใหญ่ที่ประกอบด้วยคาร์บอน 23 อะตอม) เป็นฟีโรโมนที่แมลงวันตัวผู้ได้รับขณะเกาะที่ตัวเมียและจะกระตุ้นให้เกิดการผสมพันธุ์กัน

โดยทั่วไปการได้รับฟีโรโมนทางกลิ่นนั้น ฟีโรโมนมักเป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง เพราะถ้าน้ำหนักโมเลกุลมากจะแพร่ได้ยากแต่ถ้าน้ำหนักโมเลกุลน้อยเกินไปจะระเหยง่ายทำให้การสื่อสารเกิดยากขึ้น ยกเว้นฟีโรโมนที่สัตว์รับโดยการสัมผัส อาจมีโมเลกุลขนาดใหญ่ ระเหยได้ยาก เกาะติดกับวัตถุได้นานได้

จากนั้นครูนำนักเรียนเข้าสู่คำถามและตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



การสื่อสารด้วยฟีโรโมนมีความสำคัญต่อสัตว์อย่างไร



ทำให้สัตว์สามารถติดต่อสื่อสารกันได้อย่างเฉพาะเจาะจง สามารถรับรู้ได้ถึงสถานะของสัตว์ตัวที่ปล่อยฟีโรโมน เช่น ความพร้อมในการผสมพันธุ์ การใช้เพื่อปกป้องอาณาเขต ในแมลงบางชนิดยังใช้ฟีโรโมนในการควบคุม และแบ่งหน้าที่แมลงตัวอื่นในรัง เช่น มด เป็นต้น



ฟีโรโมนเหมือนหรือต่างจากฮอร์โมนอย่างไร




ฟีโรโมนและฮอร์โมนเหมือนกันเพราะจัดเป็นสารเคมีที่สัตว์สร้างขึ้น และแตกต่างกันคือ ฟีโรโมนผลิตจากต่อมมีท่อส่วนฮอร์โมนผลิตจากต่อมไร้ท่อ ฟีโรโมนใช้สื่อสารกับสัตว์ตัวอื่นหรือกระตุ้นให้สัตว์ตัวอื่นที่เป็นสปีชีส์เดียวกันแสดงพฤติกรรม ส่วนฮอร์โมนเป็นสิ่งที่ร่างกายมีผลเฉพาะต่อสัตว์ตัวที่สร้างเท่านั้น

จากนั้นครูยกรณศึกษากการทดลองกับผีเสื้อไหม ครูถามนำว่าปัจจัยใดที่ทำให้ผีเสื้อไหมเพศผู้เคลื่อนที่เข้าหาผีเสื้อไหมเพศเมีย ซึ่งควรจะได้รับคำตอบว่าเป็นสารเคมีบางชนิด ซึ่งครูอธิบายเพิ่มเติมว่า สารนี้เรียกว่าฟีโรโมน จากนั้นครูให้ความหมายของฟีโรโมนว่าเป็นสารเคมีที่ผลิตมาจากต่อมมีท่อของสัตว์ที่สร้างออกมาแล้วไม่มีผลต่อร่างกายของสัตว์เองแต่สามารถไปมีผลต่อสัตว์ตัวอื่นที่เป็นชนิดเดียวกัน ครูอาจอธิบายเพิ่มเติมว่าผีเสื้อไหมใช้หนวด ซึ่งมีความไวต่อการตรวจจับฟีโรโมนที่เฉพาะเจาะจงสูง และนักเรียนควรสรุปได้ว่าฟีโรโมนเป็นสารเคมีที่สำคัญที่สัตว์ใช้ในการสื่อสาร




### กรณีศึกษา


**?** ผลการทดลองนี้สามารถอธิบายได้อย่างไร

 การเคลื่อนที่ของผีเสื้อไหมเพศผู้เข้าหาผีเสื้อไหมเพศเมีย ไม่ได้เกิดจากการใช้ประสาทส่วนที่เกี่ยวข้องกับการรับภาพ

**?** การทดลองนี้สรุปได้อย่างไร

 ผีเสื้อไหมเพศเมียสร้างฟีโรโมนที่ทำให้ผีเสื้อไหมเพศผู้เคลื่อนที่เข้าหาเพศเมียตัวที่ปล่อยฟีโรโมน

**?** ผลการทดลองนี้สามารถอธิบายได้อย่างไร

 สารเคมีที่ผีเสื้อไหมเพศเมียสร้างขึ้นมีผลต่อผีเสื้อไหมเพศผู้โดยผีเสื้อไหมเพศผู้ใช้หนวดในการรับกลิ่นสารเคมีและเคลื่อนที่เข้าหาเพื่อจับคู่ผสมพันธุ์

ครูอาจเชื่อมโยงกับการศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ในแนวอัลทิมेटคอสที่ได้เรียนไปแล้ว เพื่อเสริมความเข้าใจให้นักเรียนว่าสัตว์ใช้ฟีโรโมนเพื่อวัตถุประสงค์ใด ครูสามารถยกตัวอย่างการสื่อสารด้วยฟีโรโมนในแมลงที่อยู่เป็นสังคม เช่น มดนางพญาจะใช้ฟีโรโมนในการควบคุมและสื่อสารกับมดงาน เพื่อให้ไปทำหน้าที่ต่าง ๆ เช่น เลี้ยงดูตัวอ่อน และปกป้องรัง ซึ่งเป็นผลจากการคัดเลือกทางธรรมชาติ



### ตรวจสอบความเข้าใจ

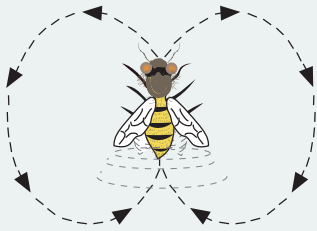
**?** การสื่อสารระหว่างสัตว์โดยใช้เสียง ท่าทาง การสัมผัส และฟีโรโมนมีความแตกต่างกันอย่างไร

**✎** การสื่อสารแต่ละแบบมีความแตกต่างกัน เช่น ชนิดของอวัยวะที่ใช้ในการรับข้อมูลจากการสื่อสาร สัตว์ที่สื่อสารด้วยเสียงต้องมีอวัยวะในการสร้างเสียง และต้องมีอวัยวะรับเสียงได้ ส่วนสัตว์ที่สื่อสารด้วยท่าทางต้องพัฒนาระบบต่างๆ รวมถึงอวัยวะบางอย่างเฉพาะ เพื่อให้การสื่อสารด้วยท่าทางอย่างมีประสิทธิภาพ และสัตว์ผู้รับการสื่อสารต้องมีตาที่พัฒนาดี ทำให้มองเห็นท่าทางได้ การสื่อสารด้วยการสัมผัส สัตว์ต้องพัฒนาระบบประสาทรับความรู้สึกที่ดีและไวพอต่อการรับการสื่อสารด้วยการสัมผัสได้อย่างมีประสิทธิภาพ การสื่อสารด้วยสารเคมีหรือฟีโรโมน สัตว์ต้องมีการพัฒนาอวัยวะเฉพาะเพื่อสร้างฟีโรโมน รวมถึงอวัยวะรับฟีโรโมน การสื่อสารด้วยเสียงสามารถส่งไปได้ในระยะค่อนข้างไกล และสามารถส่งได้ทุกเวลาไม่ขึ้นกับช่วงกลางวันหรือกลางคืน การสื่อสารด้วยท่าทางมักจะได้ผลดีในเวลากลางวัน สัตว์จึงมองเห็นท่าทางที่สื่อสารได้ สำหรับการสัมผัส สัตว์ที่ใช้การสื่อสารด้วยวิธีนี้จำเป็นต้องอยู่ในระยะที่ใกล้กัน จึงสามารถสื่อสารกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการสื่อสารด้วยฟีโรโมนไปตามกระแสลมจะสามารถส่งฟีโรโมนออกไปได้ในระยะไกลมาก

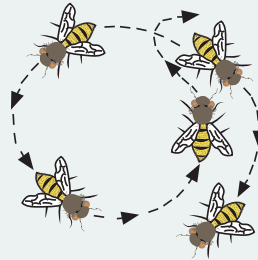


### ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

การสื่อสารในสัตว์บางสปีชีส์มีความซับซ้อนมาก และใช้วิธีการสื่อสารที่หลากหลายเพื่อส่งต่อข้อมูลให้กับสมาชิกตัวอื่นภายในสปีชีส์เดียวกัน เช่น การเต้นของผึ้งยุโรป (*Apis mellifera*) เพื่อบอกระยะและทิศทางของแหล่งอาหาร เมื่อผึ้งยุโรปพบแหล่งอาหารและกลับมาที่รัง ผึ้งตัวนี้จะ เป็นจุดสนใจของผึ้งตัวอื่นในรัง ผึ้งตัวที่พบแหล่งอาหารจะสื่อสารโดยการเต้นเป็นวงกลมหรือเลขแปดซึ่งเป็นการสื่อสารด้วยท่าทาง ดังรูป



การเต้นแบบเลขแปดของผึ้งยุโรป



การเต้นแบบวงกลมของผึ้งยุโรป

ระหว่างที่ผึ้งกำลังเต้นจะมีผึ้งตัวอื่นในรังเข้ามาสัมผัสกับผึ้งตัวที่กำลังเต้นซึ่งเป็นการสื่อสารด้วยการสัมผัส นอกจากนี้ยังพบว่าผึ้งมีการส่งสัญญาณเสียงและมีการปล่อยสารเคมีหลายชนิดระหว่างการเต้นด้วย ซึ่งการสื่อสารที่หลากหลายเช่นนี้จะถูกผึ้งตัวอื่นแปลงเป็นข้อมูลระยะและทิศทางของแหล่งอาหาร ทำให้ผึ้งตัวอื่นบินไปยังแหล่งอาหารได้ถูกต้อง

ครูสรุปและเน้นย้ำให้นักเรียนเข้าใจความสำคัญของการสื่อสารของสัตว์ ซึ่งช่วยให้สัตว์สามารถเลือกคู่หรือจับคู่ผสมพันธุ์ ปกป้องอาณาเขตของตนหรือกลุ่ม ประสานงานและดำรงอยู่เป็นกลุ่มอย่างมีประสิทธิภาพ และเลี้ยงลูกอ่อนให้อยู่รอดได้มากขึ้นหรือมีพฤติกรรมเหมาะสม

ครูอธิบายเพิ่มเติมเรื่องมนุษย์ใช้ประโยชน์จากการศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ตามหนังสือเรียน จากนั้นสรุปว่าพฤติกรรมต่างๆ ที่สัตว์แสดงออก ล้วนเป็นผลมาจากการปรับตัวของสิ่งมีชีวิตให้สามารถอยู่ได้ในสิ่งแวดล้อมทั้งในระยะสั้นหรือระยะยาว ถ้าสิ่งมีชีวิตมีพฤติกรรมไม่เหมาะสมแก่การดำรงชีวิตในถิ่นอาศัยนั้น สิ่งมีชีวิตนั้นมีความจำเป็นต้องปรับตัวเพื่อให้อยู่อาศัยได้ ถ้าไม่ปรับตัวอาจสูญพันธุ์ในที่สุด

## แนวการวัดและประเมินผล

### ด้านความรู้

- การสื่อสารระหว่างสัตว์ที่ทำให้สัตว์แสดงพฤติกรรมจากการทำแบบทดสอบ

### ด้านทักษะ

- การสังเกต และการลงความเห็นจากข้อมูล จากการศึกษาภาพหรือวีดิทัศน์ และการอภิปรายร่วมกัน
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ








### ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็น และความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน



### เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 22

1. จงใส่เครื่องหมายถูก (✓) หน้าข้อความที่ถูกต้อง ใส่เครื่องหมายผิด (×) หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง และขีดเส้นใต้เฉพาะคำ หรือส่วนของข้อความที่ไม่ถูกต้อง และแก้ไขโดยตัดออก หรือเติมคำหรือข้อความที่ถูกต้องลงในช่องว่าง





- ..... 1.1  กลไกการเกิดพฤติกรรมในสัตว์เกิดจากสิ่งเร้าภายนอกเท่านั้น  
**แก้ไขเป็น** และสิ่งเร้าภายใน
- ..... 1.2  ปลาหลายชนิดว่ายน้ำสวนทางกับทิศทางของกระแส น้ำ ทำให้ไม่ถูกกระแสน้ำพัดพาไป จัดเป็นพฤติกรรมแบบโอเรียนเทชัน
- ..... 1.3  พฤติกรรมการใช้เหตุผลจัดเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ที่พบมากในสัตว์ที่มีระบบประสาทไม่ซับซ้อน  
**แก้ไขเป็น** ซับซ้อน
- ..... 1.4  การร้องเตือนภัยของนกเมื่อมีศัตรูบุกรุกอาณาเขตเป็นการสื่อสารด้วยเสียง
- ..... 1.5  การศึกษาพฤติกรรมแนวพรอกซิเมตคอสเป็นการศึกษาในแง่กลไกการแสดงออกของพฤติกรรม และสิ่งเร้าที่ทำให้เกิดพฤติกรรม
- ..... 1.6  อวัยวะรับความรู้สึกจะเปลี่ยนสิ่งเร้าให้เป็นกระแสประสาทเข้าสู่หน่วยประมวลข้อมูลในไขสันหลังแล้วส่งคำสั่งไปยังหน่วยปฏิบัติงาน เพื่อแสดงพฤติกรรมที่เหมาะสม  
**แก้ไขเป็น** สมอง
- ..... 1.7  เมื่อสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลง พฤติกรรมก็อาจเปลี่ยนแปลงได้บ้างเนื่องจากการเรียนรู้เพื่อให้อยู่รอดในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปได้ดียิ่งขึ้น



- ✗ 1.8 พฤติกรรมที่พันธุกรรมมีบทบาทมากกว่าประสบการณ์มักเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้  
ข้อความที่ผิดกรณีนี้ 1  
พฤติกรรมที่พันธุกรรมมีบทบาทมากกว่าประสบการณ์มักเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้  
**แก้ไขเป็น** น้อยกว่า  
ข้อความที่ผิดกรณีนี้ 2  
พฤติกรรมที่พันธุกรรมมีบทบาทมากกว่าประสบการณ์มักเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้  
**แก้ไขเป็น** พฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิด
- ✓ 1.9 พฤติกรรมที่มีแบบแผนแน่นอนเป็นพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิด มีแบบแผนเฉพาะตัวและจะเหมือนกันในสัตว์สปีชีส์นั้น
- ✗ 1.10 การฝังใจในสัตว์สามารถเกิดได้ทุกช่วงของชีวิต  
**แก้ไขเป็น** ในทุกช่วงของชีวิต แต่ต้องอยู่ในระยะวิกฤติ
- ✓ 1.11 แสบซิวเอชชันเป็นพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิดที่สัตว์ลดการตอบสนองต่อสิ่งเร้า เพราะสิ่งเร้านั้นไม่เกิดประโยชน์หรือโทษกับการดำรงชีวิตของตน
- ✓ 1.12 การฝังใจเป็นพฤติกรรมของสัตว์แรกเกิดที่เรียนรู้ที่จะสร้างความผูกพันกับแม่หรือสัตว์ที่มีอายุมากกว่า ช่วยให้ลูกได้รับประโยชน์ในเรื่องความคุ้มครองจากอันตรายและการได้รับอาหาร
- ✓ 1.13 ผู้ฝึกจะใช้อาหารเป็นตัวกระตุ้นให้สัตว์ที่ถูกฝึกเพื่อการแสดงทำตาม เป็นพฤติกรรมการลองผิดลองถูก
- ✗ 1.14 สัตว์ที่มีระบบประสาทเจริญไม่ดี จะมีการแสดงพฤติกรรมที่ซับซ้อนได้  
ข้อความที่ผิดกรณีนี้ 1  
สัตว์ที่มีระบบประสาทเจริญไม่ดี จะมีการแสดงพฤติกรรมที่ซับซ้อนได้  
**แก้ไขเป็น** ดี


### ข้อความที่ผิดกรณี 2

สัตว์ที่มีระบบประสาทเจริญไม่ดี จะมีการแสดงพฤติกรรมที่ซับซ้อนได้  
**แก้ไขเป็น** ไม่ซับซ้อน


- ✓ 1.15 สุนัขเพศผู้จะพองขนและโก่งตัวเมื่อพบกับสุนัขเพศผู้ตัวอื่น เป็นการสื่อสารด้วยท่าทาง
2. จงศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ต่อไปนี้และระบุว่าเป็นพฤติกรรมแบบใด
- 2.1 ผีเสื้อกลางคืนชนิดหนึ่งขณะที่กำลังบิน เมื่อได้รับสัญญาณเสียงความถี่สูงที่ปล่อยออกมาโดยค่างคาวที่เป็นผู้ล่า จะหุบปีกทันทีและตกลงสู่พื้น เพื่อหลบหนีจากผู้ล่า
-  พิกซ์แอกซันแพทเทิร์น
- 2.2 เมื่อชาวประมงส่องไฟจากบนเรือลงบนผิวน้ำในคืนเดือนมืด จะพบแพลงตอนสัตว์จำนวนมากมารวมกลุ่มกันที่ผิวน้ำบริเวณใต้แสงไฟ
-  โอเรียนเทชัน
- 2.3 เมื่อฉายแสงไปยังพลานาเรีย พลานาเรียจะตอบสนองต่อแสงด้วยการยืดตัวยาวออก แต่เมื่อกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าอ่อน ๆ พลานาเรียจะตอบสนองด้วยการหดตัวสั้นเข้า ถ้าให้แสงแล้วตามด้วยการปล่อยกระแสไฟฟ้าซ้ำหลายครั้ง พบว่าในที่สุดเมื่อให้แสง พลานาเรียจะยืดตัวและตามด้วยการหดตัวแม้ว่าจะยังไม่กระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า
-  การเชื่อมโยง
3. จงสืบค้นพฤติกรรมของสัตว์ต่อไปนี้และบอกประโยชน์ที่สัตว์ได้รับจากการแสดงพฤติกรรม
- 3.1 การชักใยของแมงมุม
-  แมงมุมจะมีอวัยวะสำหรับสร้างใยที่เรียกว่า สปินเนอร์เรท (spinnerets) ทั้งหมด 7 คู่ อยู่ที่บริเวณกลางหรือส่วนท้ายของลำตัว และอวัยวะสำหรับสร้างใยแต่ละคู่จะมีลักษณะแตกต่างกัน ทำหน้าที่สร้างใยที่มีลักษณะแตกต่างกัน เช่นสร้างใยที่มีลักษณะบางเบา ทำให้สามารถลอยตัวกลางอากาศเพื่ออพยพหาแหล่งที่อยู่ใหม่ เป็นประโยชน์ต่อการแพร่กระจายพันธุ์ของแมงมุมโดยเมื่อแมงมุมฟักตัวออกจากไข่ก็จะสร้างใยชนิดนี้ขึ้นมาทำให้สามารถลอยตัวกลางอากาศไปได้ไกลๆ สร้างใยที่มีลักษณะเหนียวใช้สำหรับจับเหยื่อที่ผ่านเข้ามาเพื่อเป็นอาหาร สร้างใยที่ใช้สำหรับห่อหุ้มเหยื่อทำให้เหยื่อไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ สร้างใยสำหรับห่อหุ้มไข่ และสำหรับเป็นเส้นทางการเดินทาง

ทางของแมงมุม และสำหรับใช้เป็นตัวส่งสัญญาณบอกแรงสั่นสะเทือนเมื่อมีเหยื่อเข้ามาติดที่ใย เป็นต้น


### 3.2 การรวมฝูงของปลา

 ปลาหลายชนิดอาศัยรวมกันเป็นฝูงใหญ่ เช่น ปลาซาร์ดีนว่ายน้ำรวมเป็นฝูงไปในทิศทางเดียวกันทั้งในแนวตั้งและแนวระนาบ ซึ่งมีผลดี เช่น ลดความเสี่ยงจากการถูกล่า โดยผู้ล่าไม่สามารถพุ่งเข้าเพื่อล่าปลาตัวใดตัวหนึ่งโดยตรงได้ นอกจากนี้เมื่อปลาบางตัวในฝูงตรวจจับภัยคุกคามที่มีต่อฝูงปลาได้ ปลาเหล่านั้นจะเคลื่อนไหวเพื่อเตือนภัยอย่างรวดเร็ว ปลาตัวอื่นจะรับรู้การเตือนภัยได้จากอวัยวะรับความรู้สึก เช่น ตา และเส้นข้างลำตัว

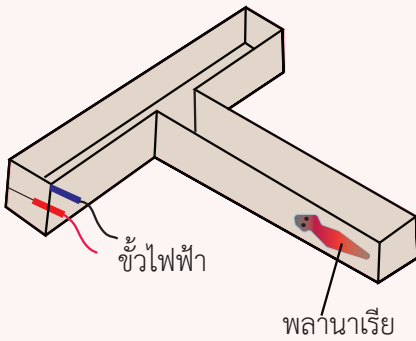
### 3.3 การที่แมลงถูกล่าตัวกับเจ้าของหรือกับสิ่งต่าง ๆ

 เป็นพฤติกรรมที่แมงใช้ในการแสดงอาณาเขต และแสดงความเป็นเจ้าของ เนื่องจากแมงจะมีต่อมสร้างกลิ่นอยู่ที่โคนหางและตลอดความยาวของหาง และด้านข้างของส่วนหัว บริเวณริมฝีปาก คาง บริเวณใกล้อวัยวะเพศ และอวัยวะด้านหน้า เมื่อแมงแสดงพฤติกรรมดังกล่าวอาจทิ้งรอยสีเทาดำมีลักษณะเป็นคราบมัน

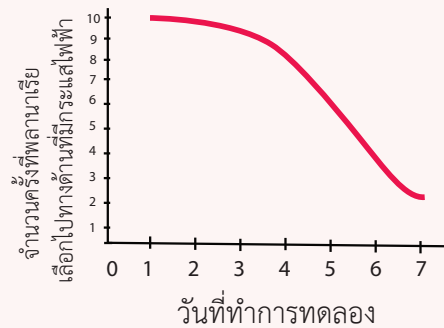
### 3.4 การเดินตามกันของมด

 มดจะมีการเดินตามกันเป็นแถวในทิศทางเดียวกัน พฤติกรรมนี้เริ่มต้นจากมดตัวแรกหรือกลุ่มแรกๆ เดินไปพบกับแหล่งอาหาร โดยมดเหล่านี้จะมีการหลั่งฟีโรโมนลงตามทางที่เดินจากรังไปสู่แหล่งอาหารเพื่อนำทางมดตัวอื่น ๆ จากรังไปสู่แหล่งอาหารนั้น เพื่อขนอาหารกลับเข้ารัง ซึ่งเป็นการสื่อสารด้วยสารเคมีกับมดตัวอื่น นอกจากนี้เมื่อสังเกตดูใกล้ ๆ จะพบว่า จะมีมดบางตัวที่เดินสวนกันบนเส้นการเดินเดียวกัน โดยพบว่าจะมีการใช้หนวดแตะกับมดที่เดินสวนกัน เป็นการสื่อสารกันโดยใช้การสัมผัส และอาจเป็นการตรวจสอบด้วยว่าเป็นสมาชิกจากกลุ่มหรือรังเดียวกัน

4. นักเรียนคนหนึ่งทดลองโดยใช้กล่องรูปตัวที (T) ซึ่งใส่น้ำไว้เต็ม ปลายด้านหนึ่งมีกระแสไฟฟ้าอ่อนๆ ดังรูป ก. นำปลาฉลามเรียสใส่ในกล่องเพื่อสังเกตการเคลื่อนที่ว่าจะเลือกไปในทางใด โดยทำการทดลอง 10 ครั้งในแต่ละวันเป็นเวลา 7 วัน บันทึกผลการทดลองได้ตั้งกราฟในรูป ข.




ก.




ข.

จากข้อมูลข้างต้น จงตอบคำถามต่อไปนี้

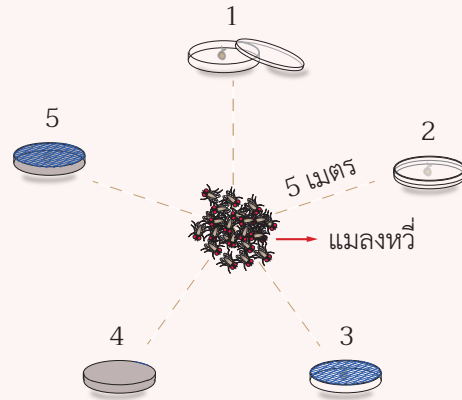
- 4.1 การแสดงพฤติกรรมของปลาฉลามเรียส จัดเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้หรือไม่ เพราะเหตุใด

 เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้แบบการลองผิดลองถูก เพราะปลาฉลามเรียสไม่รู้ว่าด้านใดมีกระแสไฟฟ้า และเมื่อไปผิดทางในครั้งแรกๆ ก็ยังไม่สามารถจดจำได้แต่เมื่อผิดหลายครั้งจึงเรียนรู้ว่าไปผิดทางและถูกลงโทษ

- 4.2 ถ้าหยุดทำการทดลองเมื่อครบ 7 วันแล้ว อีก 5 วันต่อมา นำปลาฉลามเรียสตัวเดิมมาทำการทดลองอีก จำนวนครั้งที่ปลาฉลามเรียสเลือกเคลื่อนที่ไปทางด้านที่มีกระแสไฟฟ้าจะแตกต่างจากวันที่ 7 ของการทดลองครั้งแรกหรือไม่อย่างไร เพราะเหตุใด

 จำนวนครั้งที่ปลาฉลามเรียสเลือกไปด้านที่มีกระแสไฟฟ้าอาจเพิ่มขึ้น เพราะปลาฉลามเรียสมีระบบประสาทไม่เจริญดีจึงอาจจำไม่ได้ว่าด้านใดมีกระแสไฟฟ้า



5. เมื่อนำผลงุ่นที่เริ่มเน่าใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่มีลักษณะแตกต่างกัน 5 ชุด แล้วปล่อยแมลงหวี่ 20 ตัว ซึ่งอยู่ห่างจากจานเพาะเชื้อแต่ละชุด เป็นระยะทาง 5 เมตร ดังรูป




เมื่อเวลาผ่านไป 30 วินาที นับจำนวนแมลงหวี่ที่อยู่รอบจานเพาะเชื้อ และนับอีกครั้งเมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที ได้ผลการทดลองดังนี้

ลักษณะของจานเพาะเชื้อ	จำนวนแมลงหวี่ที่อยู่รอบจานเพาะเชื้อ (ตัว)	
	30 วินาทีหลังจากปล่อย	10 นาทีหลังจากปล่อย
1. แก้วใส และเปิดฝาด้านบน	7	17
2. แก้วใส และปิดฝาสนิท	0	0
3. แก้วใส และปิดฝาด้านบนไว้ด้วยตาข่ายที่มีช่องขนาดเล็ก	7	2
4. แก้วสีทึบ และปิดฝาสนิท	0	0
5. แก้วสีทึบ และปิดฝาด้านบนไว้ด้วยตาข่ายที่มีช่องขนาดเล็ก	6	1

จากข้อมูลข้างต้น จงตอบคำถามต่อไปนี้


- 5.1 สิ่งเร้าที่ทำให้เกิดพฤติกรรมเคลื่อนที่ของแมลงหวี่คืออะไร  
 กลิ่นขององุ่นที่เริ่มเน่า
- 5.2 พฤติกรรมเคลื่อนที่ของแมลงหวี่เป็นพฤติกรรมแบบใด  
 โอเรียนเทชัน

5.3 จำนวนแมลงหวี่ที่เปลี่ยนแปลงไปใน 10 นาทีหลังจากปล่อย ควรมีสาเหตุจากอะไร  งานเพาะเชื้อหมายเลข 3 และ 5 นั้นในช่วง 30 วินาทีแรกแมลงหวี่ยังได้กลิ่นขององุ่นที่เริ่มเน่าอยู่ เพราะใช้ตาข่ายปิดฝาด้านบนไว้ซึ่งกลิ่นขององุ่นที่เริ่มเน่ายังคงผ่านออกมาได้ แมลงหวี่บางส่วนจึงมาเกาะอยู่ที่รอบงานเพาะเชื้อหมายเลข 3 และ 5 แต่เมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที จำนวนแมลงหวี่ที่อยู่รอบงานเพาะเชื้อหมายเลข 3 และ 5 น้อยลง เนื่องจากย้ายไปงานเพาะเชื้อหมายเลข 1 มากขึ้น เพราะเปิดฝาด้านบนไว้และมีอาหารอยู่ แมลงหวี่จึงเข้าถึงองุ่นที่เริ่มเน่าได้ สำหรับงานเพาะเชื้อหมายเลข 2 และ 4 นั้นถูกปิดฝาไว้สนิท แมลงหวี่ไม่ได้กลิ่นขององุ่นที่เริ่มเน่า จึงไม่พบแมลงหวี่เกาะอยู่รอบงานเพาะเชื้อหมายเลข 2 และ 4


6. มดฤดูหนาว (*Prenolepis imparis*) พบได้ทั่วไปในทวีปอเมริกาเหนือ และเป็นมดที่ทำรังอยู่ใต้ดินในระดับลึก นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของมดชนิดนี้ โดยนับจำนวนมดที่พบบนพื้นดินทั้งหมดในรัศมี 10 เซนติเมตรจากปากทางเข้ารัง ที่ช่วงอุณหภูมิแตกต่างกัน ได้ผลการศึกษาดังนี้

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	จำนวนมดที่พบในการนับแต่ละครั้ง (ตัว)
0-2	2
5-7	23
10-12	32
15-17	27
22-24	9
27-29	1


6.1 สิ่งเร้าที่ทำให้เกิดพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของมดไปยังปากรังคืออะไร

 อุณหภูมิ


6.2 พฤติกรรมของมด จัดเป็นพฤติกรรมแบบใด

 โอเรียนเทชั่น

### 6.3 มดมีการตอบสนองต่อสิ่งเร้านี้อย่างไร

 มดตอบสนองต่ออุณหภูมิในช่วง 10 - 12 องศาเซลเซียส มากที่สุด โดยออกจากรังอาจเป็นเพราะช่วงอุณหภูมินี้สัตว์ที่เป็นอาหารของมดชนิดนี้ออกมาอยู่บริเวณดังกล่าวค่อนข้างมากด้วย


6.4 ระหว่างฤดูร้อน (อุณหภูมิเฉลี่ย 24 องศาเซลเซียส) กับฤดูใบไม้ผลิ (อุณหภูมิเฉลี่ย 12 องศาเซลเซียส) ฤดูใดที่มีโอกาสพบมดบนผิวดินมากกว่ากัน เพราะเหตุใด

 ฤดูใบไม้ผลิ เพราะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 12 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของมดชนิดนี้


7. นกตีติวิลโลวส์ (*Parus montanus*) พบได้ทั่วไปในเขตเมืองของประเทศฟินแลนด์ ซึ่งมักจะอยู่รวมเป็นฝูงใหญ่ นกภายในฝูงมักจะทำหน้าที่ระวังภัยให้กับฝูง โดยการส่งเสียงเตือนเมื่อมีสิ่งที่เป็นภัยคุกคามต่อฝูง นกตัวเต็มวัยสามารถปรับตัวให้อยู่กับมนุษย์ได้ สามารถกินอาหารที่มนุษย์วางไว้ และไม่แสดงอาการกลัวมนุษย์ แม้จะมีนกบางตัวในฝูงส่งเสียงเตือน นักวิทยาศาสตร์ได้เก็บข้อมูลการตอบสนองของนกตัวเต็มวัยและนกวัยอ่อนต่อเสียงเตือนโดยใช้วิธีอัดเสียงเตือนของนกสปีชีส์นี้แล้วมาเปิดให้นักตัวเต็มวัย 25 ตัว และนกวัยอ่อน 30 ตัว ซึ่งอาศัยอยู่บริเวณฟุ่มไม้ในเขตเมือง โดยวางลำโพงซึ่งเปิดเสียงร้องของนกที่อัดไว้เป็นระยะทาง 5 เมตรจากฟุ่มไม้ แล้วบันทึกพฤติกรรมที่แสดงออก ได้ผลการศึกษาดังนี้

พฤติกรรมของนก	การแสดงออกของพฤติกรรม (ร้อยละ)	
	นกตัวเต็มวัย	นกวัยอ่อน
บินหนีเข้าฟุ่มไม้	42	79
บินหนีออกจากฟุ่มไม้	5	10
ไม่ตอบสนองต่อเสียงเตือน	53	11

7.1 การแสดงพฤติกรรมของนกตัวเต็มวัยเป็นพฤติกรรมแบบใด

 แสบิชูเอชัน


7.2 นกตัวเต็มวัยตอบสนองต่อเสียงเตือนอย่างไร แตกต่างจากนกวัยอ่อนหรือไม่ อย่างไร

 นกตัวเต็มวัยส่วนใหญ่ตอบสนองต่อเสียงเตือนน้อยกว่านกที่มีอายุน้อย เพราะมีประสบการณ์ว่าเสียงเตือนที่ได้ยินไม่ได้ตามมาด้วยอันตรายจึงลดการตอบสนองต่อเสียงเตือน

8. นักวิทยาศาสตร์ทดลองผสมฟีโรโมนชนิด A และฟีโรโมนชนิด B ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน เพื่อพัฒนากับดักล่อผีเสื้อกลางคืนสปีชีส์หนึ่งซึ่งเป็นแมลงศัตรูพืช โดยนำกับดักที่ใส่ฟีโรโมนทั้งสองชนิดนี้ไปวางล่อผีเสื้อกลางคืนในพื้นที่เปิด แล้วนับจำนวนผีเสื้อกลางคืนที่มาติดกับดัก ได้ผลการศึกษาดังนี้

กับดักชุดที่	อัตราส่วนฟีโรโมน (A : B)	จำนวนผีเสื้อกลางคืนเฉลี่ยที่ติดกับดัก (ตัว/วัน)
1	97 : 3	45
2	3 : 97	3
3	35 : 65	7
4	ไม่ใช่ฟีโรโมน	0

8.1 จากผลการศึกษา กับดักแต่ละชุดมีประสิทธิภาพในการล่อผีเสื้อกลางคืนแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

 แตกต่างกัน กับดักชุดที่มีปริมาณฟีโรโมนชนิด A มากกว่าจะสามารถล่อผีเสื้อกลางคืนมาติดกับดักได้มากกว่า

8.2 ถ้านักเรียนเป็นเกษตรกรและต้องการลดการระบาดของผีเสื้อกลางคืนชนิดนี้ จะใช้กับดักชุดใด เพราะเหตุใด

 กับดักชุดที่ 1 เพราะสามารถดักผีเสื้อกลางคืนชนิดนี้ได้มากที่สุด

8.3 ถ้าใช้ฟีโรโมนทั้งสองชนิดนี้ในอัตราส่วน ฟีโรโมนชนิด A : ฟีโรโมนชนิด B เท่ากับ 65 : 35 จำนวนผีเสื้อกลางคืนที่มาติดกับดักนี้ควรเป็นอย่างไร

 ควรดักได้มากกว่า 7 ตัว และอาจดักได้น้อยกว่า 45 ตัว



ภาคผนวก

## ตัวอย่างเครื่องมือวัดและประเมินผล

### แบบทดสอบ

การประเมินผลด้วยแบบทดสอบเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนโดยเฉพาะด้านความรู้และความสามารถทางสติปัญญา ครูควรมีความเข้าใจในลักษณะของแบบทดสอบ รวมทั้งข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบรูปแบบต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในการสร้างหรือเลือกใช้แบบทดสอบให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด โดยลักษณะของแบบทดสอบ รวมทั้งข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบรูปแบบต่าง ๆ เป็นดังนี้

#### 1) แบบทดสอบแบบที่มีตัวเลือก

แบบทดสอบแบบที่มีตัวเลือก ได้แก่ แบบทดสอบแบบเลือกตอบ แบบทดสอบแบบถูกหรือผิด และแบบทดสอบแบบจับคู่ รายละเอียดของแบบทดสอบแต่ละแบบเป็นดังนี้

##### 1.1) แบบทดสอบแบบเลือกตอบ

เป็นแบบทดสอบที่มีการกำหนดตัวเลือกให้หลายตัวเลือก โดยมีตัวเลือกที่ถูกเพียงหนึ่งตัวเลือก องค์ประกอบหลักของแบบทดสอบแบบเลือกตอบมี 2 ส่วน คือ คำถามและตัวเลือก แต่บางกรณีอาจมีส่วนของสถานการณ์เพิ่มขึ้นไปด้วย แบบทดสอบแบบเลือกตอบมีหลายรูปแบบ เช่น แบบทดสอบแบบเลือกตอบคำถามเดียว แบบทดสอบแบบเลือกตอบคำถามชุด แบบทดสอบแบบเลือกตอบคำถาม 2 ชั้น โครงสร้างดังตัวอย่าง

#### แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถามเดียวที่ไม่มีสถานการณ์

คำถาม.....

ตัวเลือก ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

## แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถามเดียวที่มีสถานการณ์

สถานการณ์.....

คำถาม.....

ตัวเลือก ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

## แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถามเป็นชุด

สถานการณ์.....

คำถามที่ 1 .....

ตัวเลือก ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

คำถามที่ 2 .....

ตัวเลือก ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

### แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น

สถานการณ์.....

คำถามที่ 1 .....

ตัวเลือก ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

คำถามที่ 2 ...(ถามเหตุผลของการตอบคำถามที่ 1).....

.....

.....

แบบทดสอบแบบเลือกตอบมีข้อดีคือ สามารถใช้วัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนได้ครอบคลุมเนื้อหาตามจุดประสงค์ สามารถตรวจให้คะแนนและแปลผลคะแนนได้ตรงกัน แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออกอย่างอิสระจึงไม่สามารถวัดความคิดระดับสูง เช่น ความคิดสร้างสรรค์ ได้นอกจากนี้นักเรียนที่ไม่มีความรู้สามารถเดาคำตอบได้

#### 1.2) แบบทดสอบแบบถูกหรือผิด

เป็นแบบทดสอบที่มีตัวเลือก ถูกและผิด เท่านั้น มีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ คำสั่งและข้อความให้นักเรียนพิจารณาว่าถูกหรือผิด ดังตัวอย่าง

#### แบบทดสอบแบบถูกหรือผิด

คำสั่ง ให้พิจารณาว่าข้อความต่อไปนี้ถูกหรือผิด แล้วใส่เครื่องหมาย  $\checkmark$  หรือ  $\times$  หน้าข้อความ

..... 1. ข้อความ.....

..... 2. ข้อความ.....

..... 3. ข้อความ.....

..... 4. ข้อความ.....

..... 5. ข้อความ.....

แบบทดสอบรูปแบบนี้สามารถสร้างได้ง่าย รวดเร็ว และครอบคลุมเนื้อหา สามารถตรวจได้รวดเร็ว และให้คะแนนได้ตรงกัน แต่นักเรียนมีโอกาสเดาได้มาก และการสร้างข้อความให้เป็นจริงหรือเป็นเท็จ โดยสมบูรณ์ในบางเนื้อหาทำได้ยาก

### 1.3) แบบทดสอบแบบจับคู่

ประกอบด้วยส่วนที่เป็นคำสั่ง และข้อความ 2 ชุด ที่ให้จับคู่กัน โดยข้อความชุดที่ 1 อาจเป็นคำถาม และข้อความชุดที่ 2 อาจเป็นคำตอบหรือตัวเลือก โดยจำนวนข้อความในชุดที่ 2 อาจมีมากกว่าในชุดที่ 1 ดังตัวอย่าง

#### แบบทดสอบแบบจับคู่

คำสั่ง ให้นำตัวอักษรหน้าข้อความในชุดคำตอบมาเติมในช่องว่างหน้าข้อความในชุดคำถาม

ชุดคำถาม	ชุดคำตอบ
..... 1. ....	ก. ....
..... 2. ....	ข. ....
..... 3. ....	ค. ....
	ง. ....

แบบทดสอบรูปแบบนี้สร้างได้ง่ายตรวจให้คะแนนได้ตรงกัน และเดาคำตอบได้ยากเหมาะสำหรับวัดความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่างคำหรือข้อความ 2 ชุด แต่ในกรณีที่นักเรียนจับคู่ผิดไปแล้วจะทำให้มีการจับคู่ผิดในคู่อื่น ๆ ด้วย

## 2) แบบทดสอบแบบเขียนตอบ

เป็นแบบทดสอบที่ให้นักเรียนคิดคำตอบเอง จึงมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นและสะท้อนความคิดออกมาโดยการเขียนให้ผู้อ่านเข้าใจ โดยทั่วไปการเขียนตอบมี 2 แบบ คือ การเขียนตอบแบบเติมคำหรือการเขียนตอบอย่างสั้น และการเขียนตอบแบบอธิบาย รายละเอียดของแบบทดสอบที่มีการตอบแต่ละแบบเป็นดังนี้

### 2.1) แบบทดสอบเขียนตอบแบบเติมคำหรือตอบอย่างสั้น

ประกอบด้วยคำสั่ง และข้อความที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งจะมีส่วนที่เว้นไว้เพื่อให้เติมคำตอบหรือข้อความสั้น ๆ ที่ทำให้ข้อความข้างต้นถูกต้องหรือสมบูรณ์ นอกจากนี้แบบทดสอบยังอาจประกอบด้วยสถานการณ์และคำถามที่ให้นักเรียนตอบโดยการเขียนอย่างอิสระ แต่สถานการณ์และคำถามจะเป็นสิ่งที่กำหนดคำตอบให้มีความถูกต้องและเหมาะสม

แบบทดสอบรูปแบบนี้สร้างได้ง่าย มีโอกาสเดาได้ยาก และสามารถวินิจฉัยคำตอบที่นักเรียนตอบผิดเพื่อให้ทราบถึงข้อบกพร่องทางการเรียนรู้หรือความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ แต่การจำกัดคำตอบให้นักเรียนตอบเป็นคำ วลี หรือประโยคได้ยาก ตรวจสอบให้คะแนนได้ยากเนื่องจากบางครั้งมีคำตอบถูกต้องหรือยอมรับได้หลายคำตอบ

## 2.2) แบบทดสอบเขียนตอบแบบอธิบาย

เป็นแบบทดสอบที่ต้องการให้นักเรียนสร้างคำตอบอย่างอิสระ ประกอบด้วยสถานการณ์และคำถามที่สอดคล้องกัน โดยคำถามเป็นคำถามแบบปลายเปิด

แบบทดสอบรูปแบบนี้ให้อิสระแก่นักเรียนในการตอบจึงสามารถใช้วัดความคิดระดับสูงได้ แต่เนื่องจากนักเรียนต้องใช้เวลาในการคิดและเขียนคำตอบมาก ทำให้ถามได้น้อยข้อ จึงอาจทำให้วัดได้ไม่ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด รวมทั้งตรวจให้คะแนนยาก และการตรวจให้คะแนนอาจไม่ตรงกัน

## แบบประเมินทักษะ

เมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมจริงจะมีหลักฐานร่องรอยที่แสดงไว้ทั้งวิธีการปฏิบัติและผลการปฏิบัติ ซึ่งหลักฐานร่องรอยเหล่านั้นสามารถใช้ในการประเมินความสามารถ ทักษะการคิด และทักษะปฏิบัติได้เป็นอย่างดี

การปฏิบัติการทดลองเป็นกิจกรรมที่สำคัญที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยทั่วไปจะประเมิน 2 ส่วน คือ ประเมินทักษะการปฏิบัติการทดลองและการเขียนรายงานการทดลอง โดยเครื่องมือที่ใช้ประเมินดังตัวอย่าง

ตัวอย่างแบบสำรวจรายการทักษะปฏิบัติการทดลอง

รายการที่ต้องสำรวจ	ผลการสำรวจ	
	มี (ระบุจำนวนครั้ง)	ไม่มี
การวางแผนการทดลอง		
การทดลองตามขั้นตอน		
การสังเกตการทดลอง		
การบันทึกผล		
การอภิปรายผลการทดลอง ก่อนลงข้อสรุป		

## ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย

ทักษะปฏิบัติการทดลอง	คะแนน		
	3	2	1
การเลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลอง	เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลองได้ ถูกต้องเหมาะสมกับงาน	เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลองได้ ถูกต้องแต่ไม่เหมาะสมกับ งาน	เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลอง ไม่ถูกต้อง
การใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลอง	ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือใน การทดลองได้อย่าง คล่องแคล่ว และถูกต้อง ตามหลักการปฏิบัติ	ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือใน การทดลองได้ถูกต้องตาม หลักการปฏิบัติ แต่ไม่ คล่องแคล่ว	ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือใน การทดลองไม่ถูกต้อง
การทดลองตามแผนที่ กำหนด	ทดลองตามวิธีการและ ขั้นตอนที่กำหนดไว้อย่าง ถูกต้อง มีการปรับปรุง แก้ไขเป็นระยะ	ทดลองตามวิธีการและ ขั้นตอนที่กำหนดไว้ มีการ ปรับปรุงแก้ไขบ้าง	ทดลองตามวิธีการและ ขั้นตอนที่กำหนดไว้หรือ ดำเนินการข้ามขั้นตอนที่ กำหนดไว้ ไม่มีการ ปรับปรุงแก้ไข

## ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราประมาณค่า

ทักษะที่ประเมิน	ผลการประเมิน		
	3	2	1
1. วางแผนการทดลองอย่างเป็นขั้นตอน 2. ปฏิบัติการทดลองได้อย่างคล่องแคล่ว สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง เหมาะสม และจัดวางอุปกรณ์เป็นระเบียบ สะดวกต่อการใช้งาน 3. บันทึกผลการทดลองได้ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์	ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติได้ 3 ข้อ	ระดับ 2 หมายถึง ปฏิบัติได้ 2 ข้อ	ระดับ 1 หมายถึง ปฏิบัติได้ 1 ข้อ

## ตัวอย่างแนวทางการให้คะแนนการเขียนรายงานการทดลอง

คะแนน		
3	2	1
เขียนรายงานตามลำดับขั้นตอน ผลการทดลองตรงตามสภาพจริง และสื่อความหมาย	เขียนรายงานการทดลองตามลำดับ แต่ไม่สื่อความหมาย	เขียนรายงานโดยลำดับขั้นตอน ไม่สอดคล้องกัน และไม่สื่อความหมาย

## แบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาาสตร์

การประเมินจิตวิทยาาสตร์ไม่สามารถทำได้โดยตรง โดยทั่วไปทำโดยการตรวจสอบพฤติกรรมภายนอกที่ปรากฏให้เห็นในลักษณะของคำพูด การแสดงความคิดเห็น การปฏิบัติหรือพฤติกรรมบ่งชี้ที่สามารถสังเกตหรือวัดได้ และแปลผลไปถึงจิตวิทยาาสตร์ซึ่งเป็นสิ่งที่ส่งผลให้เกิดพฤติกรรมดังกล่าว เครื่องมือที่ใช้ประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาาสตร์ ดังตัวอย่าง

## ตัวอย่างแบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาาสตร์

**คำชี้แจง** จงทำเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างที่ตรงกับคุณลักษณะที่นักเรียนแสดงออก โดยจำแนกระดับพฤติกรรม การแสดงออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

มาก	หมายถึง นักเรียนแสดงออกในพฤติกรรมเหล่านั้นอย่างสม่ำเสมอ
ปานกลาง	หมายถึง นักเรียนแสดงออกในพฤติกรรมเหล่านั้นเป็นครั้งคราว
น้อย	หมายถึง นักเรียนแสดงออกในพฤติกรรมเหล่านั้นน้อยครั้ง
ไม่มีการแสดงออก	หมายถึง นักเรียนไม่แสดงออกในพฤติกรรมเหล่านั้นเลย

รายการพฤติกรรมการแสดงออก	ระดับพฤติกรรมการแสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
<b>ด้านความอยากรู้อยากเห็น</b> 1. นักเรียนสอบถามจากผู้รู้หรือไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม เมื่อเกิดความสงสัยในเรื่องราววิทยาศาสตร์ 2. นักเรียนชอบไปงานนิทรรศการวิทยาศาสตร์ 3. นักเรียนนำการทดลองที่สนใจไปทดลองต่อที่บ้าน				



รายการพฤติกรรมการแสดงออก	ระดับพฤติกรรมการแสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
<b>ด้านความซื่อสัตย์</b> 1. นักเรียนรายงานผลการทดลองตามที่ทดลองได้จริง 2. เมื่อทำการทดลองผิดพลาด นักเรียนจะลอกผลการทดลองของเพื่อนส่งครู 3. เมื่อครูมอบหมายให้ทำชิ้นงานออกแบบสิ่งประดิษฐ์ นักเรียนจะประดิษฐ์ตามแบบที่ปรากฏอยู่ในหนังสือ				
<b>ด้านความใจกว้าง</b> 1. แม้ว่านักเรียนจะไม่เห็นด้วยกับการสรุปผลการทดลองในกลุ่ม แต่ก็ยอมรับผลสรุปของสมาชิกส่วนใหญ่ 2. ถ้าเพื่อนแย้งวิธีการทดลองของนักเรียนและมีเหตุผลที่ดีกว่า นักเรียนพร้อมที่จะนำข้อเสนอแนะของเพื่อนไปปรับปรุงงานของตน 3. เมื่องานที่นักเรียนตั้งใจและทุ่มเททำถูกตำหนิหรือโต้แย้ง นักเรียนจะหมดกำลังใจ				
<b>ด้านความรอบคอบ</b> 1. นักเรียนสรุปผลการทดลองทันทีเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง 2. นักเรียนทำการทดลองซ้ำ ๆ ก่อนที่จะสรุปผลการทดลอง 3. นักเรียนตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ก่อนทำการทดลอง				
<b>ด้านความมุ่งมั่นอดทน</b> 1. ถึงแม้ว่างานค้นคว้าที่ทำอยู่มีโอกาสสำเร็จได้ยาก นักเรียนจะยังคงค้นคว้าต่อไป 2. นักเรียนล้มเลิกการทดลองทันที เมื่อผลการทดลองที่ได้ขัดจากที่เคยได้เรียนมา 3. เมื่อทราบว่าคุณสมบัติการทดลองที่นักเรียนสนใจต้องใช้ระยะเวลาในการทดลองนาน นักเรียนก็เปลี่ยนไปศึกษาชุดการทดลองที่ใช้เวลาน้อยกว่า				

รายการพฤติกรรมการแสดงออก	ระดับพฤติกรรมการแสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
<b>เจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์</b> 1. นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันอยู่เสมอ 2. นักเรียนชอบทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ 3. นักเรียนสนใจติดตามข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์				

### วิธีการตรวจให้คะแนน

ตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์โดยกำหนดน้ำหนักของตัวเลือกในช่องต่าง ๆ เป็น 4 3 2 1 ข้อความที่มีความหมายเป็นทางบวก กำหนดให้คะแนนแต่ละข้อความดังนี้

ระดับพฤติกรรมการแสดงออก	คะแนน
มาก	4
ปานกลาง	3
น้อย	2
ไม่มีการแสดงออก	1

ส่วนของข้อความที่มีความหมายเป็นทางลบการกำหนดให้คะแนนในแต่ละข้อความจะมีลักษณะเป็นตรงกันข้าม

### การประเมินการนำเสนอผลงาน

การประเมินผลและให้คะแนนการนำเสนอผลงานใช้แนวทางการประเมินเช่นเดียวกับการประเมินภาระงานอื่น คือ การใช้คะแนนแบบภาพรวม และการให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) **การให้คะแนนในภาพรวม** เป็นการให้คะแนนที่ต้องการสรุปภาพรวมจึงประเมินเฉพาะประเด็นหลักที่สำคัญ ๆ เช่น การประเมินความถูกต้องของเนื้อหา ความรู้และการประเมินสมรรถภาพด้านการเขียนโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

## ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินความถูกต้องของเนื้อหาความรู้ (แบบภาพรวม)

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
เนื้อหาไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	ต้องปรับปรุง
เนื้อหาถูกต้องแต่ให้สาระสำคัญน้อยมาก และไม่ระบุแหล่งที่มาของความรู้	พอใช้
เนื้อหาถูกต้อง มีสาระสำคัญ แต่ยังไม่ครบถ้วน มีการระบุแหล่งที่มาของความรู้	ดี
เนื้อหาถูกต้อง มีสาระสำคัญครบถ้วน และระบุแหล่งที่มาของความรู้ชัดเจน	ดีมาก

## ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินสมรรถภาพด้านการเขียน (แบบภาพรวม)

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
เขียนสับสน ไม่เป็นระบบ ไม่บอกปัญหาและจุดประสงค์ ขาดการเชื่อมโยงเนื้อหาบางส่วน ไม่ถูกต้องหรือไม่สมบูรณ์ ใช้ภาษาไม่เหมาะสม และสะกดคำไม่ถูกต้อง ไม่อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	ต้องปรับปรุง
เขียนเป็นระบบแต่ไม่ชัดเจน บอกจุดประสงค์ไม่ชัดเจน เนื้อหาถูกต้องแต่มีรายละเอียดไม่เพียงพอ เนื้อหาบางตอนไม่สัมพันธ์กัน การเรียบเรียงเนื้อหาไม่ต่อเนื่อง ใช้ภาษาถูกต้อง อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	พอใช้
เขียนเป็นระบบ แสดงให้เห็นโครงสร้างของเรื่อง บอกความสำคัญและที่มาของปัญหา จุดประสงค์ แนวคิดหลักไม่ครอบคลุมประเด็นสำคัญทั้งหมด เนื้อหาบางตอนเรียบเรียงไม่ต่อเนื่อง ใช้ภาษาถูกต้อง มีการยกตัวอย่างรูปภาพ แผนภาพประกอบ อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	ดี

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
เขียนเป็นระบบ แสดงให้เห็นโครงสร้างของเรื่อง บอกความสำคัญและที่มาของปัญหา จุดประสงค์ แนวคิดหลักได้ครอบคลุมประเด็นสำคัญทั้งหมด เรียบเรียงเนื้อหาได้ต่อเนื่อง ใช้ภาษาถูกต้อง ชัดเจนเข้าใจง่าย มีการยกตัวอย่าง รูปภาพ แผนภาพประกอบ อ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้	ดีมาก

2) การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย เป็นการประเมินเพื่อต้องการนำผลการประเมินไปใช้พัฒนางานให้มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ และพัฒนาคุณภาพให้สูงขึ้นกว่าเดิมอย่างต่อเนื่อง โดยใช้เกณฑ์ย่อย ๆ ในการประเมินเพื่อให้รู้ทั้งจุดเด่นที่ควรส่งเสริมและจุดด้อยที่ควรแก้ไขปรับปรุงการทำงานในส่วนนั้น ๆ เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย มีตัวอย่างดังนี้

#### ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินสมรรถภาพ (แบบแยกองค์ประกอบย่อย)

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
<b>ด้านการวางแผน</b>	
ไม่สามารถออกแบบได้ หรือออกแบบได้แต่ไม่ตรงกับประเด็นปัญหาที่ต้องการเรียนรู้	ต้องปรับปรุง
ออกแบบการได้ตามประเด็นสำคัญของปัญหา เป็นบางส่วน	พอใช้
ออกแบบครอบคลุมประเด็นสำคัญของปัญหา เป็นส่วนใหญ่ แต่ยังไม่ชัดเจน	ดี
ออกแบบได้ครอบคลุมทุกประเด็นสำคัญของปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนที่ชัดเจนและตรงตามจุดประสงค์ที่ต้องการ	ดีมาก

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ
<b>ด้านการดำเนินการ</b>	
ดำเนินการไม่เป็นไปตามแผน ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบถูกต้องแต่ไม่คล่องแคล่ว	ต้องปรับปรุง
ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบถูกต้องแต่ไม่คล่องแคล่ว	พอใช้
ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบการสาธิตได้อย่างคล่องแคล่วและเสร็จทันเวลา ผลงานในบางขั้นตอนไม่เป็นไปตามจุดประสงค์	ดี
ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบได้ถูกต้อง คล่องแคล่ว และเสร็จทันเวลา ผลงานทุกขั้นตอนเป็นไปตามจุดประสงค์	ดีมาก
<b>ด้านการอธิบาย</b>	
อธิบายไม่ถูกต้อง ขัดแย้งกับแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์	ต้องปรับปรุง
อธิบายโดยอาศัยแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ แต่การอธิบายเป็นแบบพรรณนาทั่วไปซึ่งไม่คำนึงถึงการเชื่อมโยงกับปัญหาทำให้เข้าใจยาก	พอใช้
อธิบายโดยอาศัยแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ ตรงตามประเด็นของปัญหาแต่ข้ามไปในบางขั้นตอน ใช้ภาษาได้ถูกต้อง	ดี
อธิบายตามแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ ตรงตามประเด็นของปัญหาและจุดประสงค์ ใช้ภาษาได้ถูกต้องเข้าใจง่าย สื่อความหมายได้ชัดเจน	ดีมาก

## บรรณานุกรม

- ช่อผกา วิจิตรตระกูลชัย, ประทีป ด้วงแค และวิจักขณ์ ฉิมโฉม. (2558). ลักษณะเสียงร้องของชะนีมือขาวเพศผู้ (*Hylobates lar*) ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี. *วารสารสัตว์ป่าเมืองไทย*, 22 (1), 191-202.
- ไพศาล สิทธิกรกุล และศิวาพร ลงยันต์. (2557). *กายวิภาคของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง Anatomy of The Invertebrates* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ : บริษัท ชัคเซสพับลิเคชั่น.
- ราชบัณฑิตยสภา. (2546). *ศัพท์วิทยาศาสตร์ อังกฤษ-ไทย ไทย-อังกฤษ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน* (พิมพ์ครั้งที่ 5 แก้ไขเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค.ลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค.ลาดพร้าว.
- สุนทร โสทธิพันธุ์. (2534). *พฤติกรรมของสัตว์*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. 167 หน้า.
- สำนักงานราชบัณฑิตยสถาน. (2560). *พจนานุกรมศัพท์พันธุศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์.
- Alcock, J. (2013). *Animal behavior: An evolutionary approach* (10<sup>th</sup> ed.). Sunderland, MA, US: Sinauer Associates.

- Barrett, C. E., Keebaugh, A. C., Ahern, T. H., Bass, C. E., Terwilliger, E. F., & Young, L. J. (2013). Variation in vasopressin receptor (*Avpr1a*) expression creates diversity in behaviors related to monogamy in prairie voles. **Hormones and behavior**, 63(3), 518-526.
- Batsell, W. R. (2012). Taste Aversion Learning. In: Seel N. M. (eds) **Encyclopedia of the Sciences of Learning**. Springer, Boston, MA.
- Blamires, S. J., Zhang, S., & Tso, I. M. (2017). Webs: Diversity, Structure and Function. In **Behaviour and Ecology of Spiders** (pp. 137-164). Springer, Cham.
- Campbell, N. A., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Reece, J. B. (2018). **Biology: A global approach** (11<sup>th</sup> ed). New York: Pearson Education Limited.
- Chen, L. C., & Martinich, R. L. (1975). Pheromonal stimulation and metabolite inhibition of ovulation in the zebrafish, *Brachydanio rerio*. **Fishery Bulletin** 73(4), 889-893.
- Covino, K. M., Morris, S. R., & Moore, F. R. (2015). Patterns of testosterone in three Nearctic–Neotropical migratory songbirds during spring passage. **General and comparative endocrinology**, 224, 186-193.
- Gill, F. B. (1995). **Ornithology**. New York: W.H. Freeman.
- Griffin, A. S., Blumstein, D. T., & Evans, C. S. (2000). Training captive–bred or translocated animals to avoid predators. **Conservation biology**, 14(5), 1317-1326.
- Johnson, G. B., & Losos, J. B. (2017). **Essentials of the living world** (10<sup>th</sup> ed). New York: McGraw-Hill.
- Kardong, V.K. (2019). **Vertebrates: Comparative Anatomy Evolution** (8<sup>th</sup> ed). New York: McGraw-Hill.
- Krebs, J. R., & Davies, N. B. (2009). **Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach**.

- Mader, S. S., Windelspecht, M. (2016). **Biology** (12<sup>th</sup> ed). New York: McGraw-Hill Education.
- Martin, P., & Bateson, P. (2007). **Measuring behaviour: an introductory guide**. Cambridge University Press.
- Nation Sr, J. L. (2015). **Insect physiology and biochemistry**. CRC press.
- Powell, D. (2008). **Methods for Animal Behavior Research [DVD]**. New York: Wildlife Conservation Society.
- Rajala, M., Rätti, O., & Suhonen, J. (2003). Age differences in the response of willow tits (*Parus montanus*) to conspecific alarm calls. **Ethology**, 109(6), 501-509.
- Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2014). **Biology** (10<sup>th</sup> ed). Boston: Pearson.
- Rossi, M. Cicconofri, G., Beran, A., Noselli, G., and DeSimone, A. (2017). Kinematics of flagellar swimming in *Euglena gracilis*.: Helical trajectories and flagellar shapes. **PNAS**, 114(50), 13085-13090.
- Sadava, D. E., Heller, H. C., Purves, W. K., Orians, G. H., & Hillis, D. M. (2008). **Life: The science of biology**. New York: W.H. Freeman.
- Saladin, K.S. (2018). **Anatomy & Physiology : The Unity of Form and Function** (8<sup>th</sup> ed). New York: McGraw-Hill Education, Inc.
- Shier, D., Butler, J., & Lewis, R. (2009). **Hole's essential of Human Anatomy & Physiology** (10<sup>th</sup> ed). New York: McGraw-Hill Education, Inc.
- Skinner, B. F. (1938). **The Behavior of Organisms: An Experimental Analysis**. Cambridge, Massachusetts: B.F. Skinner Foundation.
- Soldati, F., Burman, O. H., John, E. A., Pike, T. W., & Wilkinson, A. (2017). Long-term memory of relative reward values. **Biology letters**, 13(2), 20160853.



- Talbot, M. (1943). Response of the ant *Prenolepis imparis* Say to temperature and humidity Changes. **Ecology**, 24(3), 345–352.
- Thom, C., Gilley, D., Hooper, J., & Esch, H. (2007). **The scent of the waggle dance**. *PLoS Biology*. 5 (9): e228.
- Tinbergen, N., & Perdeck, A. C. (1950). On the stimulus situation releasing the begging response in the newly hatched Herring Gull chick (*Larus argentatus argentatus* Pont.). **Behaviour**, 3, 1-39.
- VanPutte, C., Regan, J., Russo, A., Seeley, R., Stephen, T., Tate, P. (2017). **Seeley's Anatomy & Physiology** (11th ed). New York: McGraw-Hill Education, Inc.
- Webster, R. P., Charlton, R. E., Schal, C., & Cardé, R. T. (1986). High-efficiency pheromone trap for the European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of economic entomology**, 79(4), 1139 -1142.
- Widmaier, E.P., Raff, H., Strang, K. T. (2016). **Vander's Human Physiology: The Mechanisms of Body Function** (14<sup>th</sup> ed). New York: McGraw-Hill Education, Inc.

คณะกรรมการจัดทำคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา เล่ม 5  
ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)  
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

### คณะที่ปรึกษา

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| 1. ศ.ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์    | ผู้อำนวยการ<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี        |
| 2. ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ | ผู้ช่วยผู้อำนวยการ<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

### คณะผู้จัดทำคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| 1. รศ.ดร. อีรพงษ์ บัวบูชา    | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย   |
| 2. ศ.ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล     | ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี              |
| 3. นายธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์ | ผู้อำนวยการสาขาเคมีและชีววิทยา<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 4. รศ.ดร.วีระวรรณ สิทธิกรกุล | ผู้เชี่ยวชาญ<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี                   |
| 5. นางเพ็ชรรัตน์ ศรีวิสัย    | ผู้เชี่ยวชาญ<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี                   |
| 6. ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา     | ผู้อำนวยการ<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี                    |
| 7. นายณรงค์ พ่วงศรี          | ผู้อำนวยการ<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี                    |
| 8. ดร.สุนัดดา โยมญาติ        | ผู้อำนวยการสาขาเคมีและชีววิทยา<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| 9. นางสาววิลาส รัตนานุกูล | นักวิชาการอาวุโสสาขาเคมีและชีววิทยา<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 10. ดร.นันทยา อัครอารีย์  | นักวิชาการสาขาเคมีและชีววิทยา<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี       |
| 11. นางสาวปาณิก เวียงชัย  | นักวิชาการสาขาเคมีและชีววิทยา<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี       |
| 12. ดร.ธเนศ เกิดแก้ว      | นักวิชาการสาขาเคมีและชีววิทยา<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี       |

### คณะผู้ร่วมพิชการณาคู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 5

- |   |   |
|---|---|
| 1. ผศ.ดร.ชัชวาล ใจซื่อกุล               | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย                                     |
| 2. ผศ.ดร.นพดล กิตนะ                     | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย                                     |
| 3. ผศ.ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร           | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย                                     |
| 4. อ.ดร.สพ.ญ.วัชรภรณ์ ติยะสัต์ยกุลโกวิท | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย                                     |
| 5. นางกัลยารัตน์ นาคีย์                 | โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ<br>จ.สกลนคร |
| 6. นางสาวจันทร์สม สัตตรัตน์ขจร          | โรงเรียนเสริมงามวิทยาคม จ.ลำปาง                           |
| 7. นางสาวจันทร์หา เป็นสุข               | โรงเรียนจอมพระประชาสรรค์ จ.สุรินทร์                       |
| 8. นางสาวจันทิมา มีลา                   | โรงเรียนเรณูนครวิทยานุกูล จ.นครพนม                        |
| 9. นางสาวชยาภา พุ่มสมบัติ               | โรงเรียนชาณูวิทยา จ.กำแพงเพชร                             |
| 10. นางนันทน์ลิน เพชรรักษ์              | โรงเรียนเทศบาล ๑ (เอ็งเสียงสามัคคี) จ.สงขลา               |
| 11. นางสาวน้ำรินทร์ ก้อนเพชร            | โรงเรียนเทพลีลา กรุงเทพมหานคร                             |
| 12. นายปรัชญา ละงู                      | โรงเรียนเมืองกลาง จ.ภูเก็ต                                |
| 13. นางพจนีย์ ปลื้มมะลัง                | โรงเรียนลำสนธิวิทยา จ.ลพบุรี                              |
| 14. นายรัฐราชฤทธิ์ เกื้อสกุล            | โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี กรุงเทพมหานคร                      |
| 15. นางลักขณา รัตนพิทยาภรณ์             | โรงเรียนวิสุทธิรังษี จ.กาญจนบุรี                          |
| 16. นายวิวัฒน์ บุญธรรม                  | โรงเรียนโยธินบูรณะ ๒ (สุวรรณสุทธาราม) กรุงเทพมหานคร       |

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| 17. นางสาวศศิธร บัวลา           | โรงเรียนพระฤทธิชัย จ.เชียงใหม่  |
| 18. นางสาวอรนุช เฉยฉิว          | โรงเรียนปากช่อง จ.นครราชสีมา  |
| 19. นายอาทิตย์วราห์ ไตรภูมิ     | โรงเรียนหนองพลับวิทยา จ.ประจวบคีรีขันธ์                                       |
| 20. ดร.อรสา ชูสกุล              | ผู้อำนวยการสาขาเคมีและชีววิทยา<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 21. ดร.ขวัญชนก ศรีธธาสุข        | นักวิชาการสาขาเคมี และชีววิทยา<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 22. ดร.ภัณฑิลา อุดร             | นักวิชาการสาขาเคมีและชีววิทยา<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  |
| 23. นางสาวปทุมยาพร บริเวธานันท์ | นักวิชาการสาขาเคมีและชีววิทยา<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  |

### คณะบรรณาธิการ

- |   |   |
|---|---|
| 1. รศ.ดร.ธีระพงษ์ บัวบุชา               | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย   |
| 2. ผศ.ดร.ซัชวาล ใจซื่อสกุล              | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย   |
| 3. ผศ.ดร.นพดล กิตนะ                     | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย   |
| 4. อ.ดร.สพ.ญ.วัชรภรณ์ ติยะสัถย์กุลโกวิท | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย   |
| 5. ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์            | ผู้ช่วยผู้อำนวยการ<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี             |
| 6. ศ.ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล                | ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี              |
| 7. นายธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์            | ผู้อำนวยการสาขาเคมีและชีววิทยา<br>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |



สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
กระทรวงศึกษาธิการ