



คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่



ชีววิทยา

เล่ม ๔

๕

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑





คู่มือครู

รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์

ชีววิทยา

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๔

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

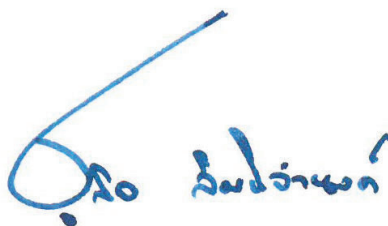
พ.ศ. ๒๕๖๒

คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้รับมอบหมายจาก กระทรวงศึกษาธิการ ในการพัฒนามาตรฐานและตัวชี้วัดของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ และยังมีบทบาทหน้าที่ในการรับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดทำหนังสือเรียน คู่มือครู แบบฝึกทักษะ กิจกรรม และสื่อการเรียนรู้ ตลอดจนวิธีการจัดการเรียนรู้และการวัดและการประเมินผล เพื่อให้การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่มที่ ๔ นี้ จัดทำขึ้น เพื่อประกอบการใช้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่มที่ ๔ โดยครอบคลุมเนื้อหาตามผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ในสาระชีววิทยา โดยมีตารางวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม เพื่อการจัดทำหน่วยการเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ มีแนวการจัดการเรียนรู้ การให้ความรู้เพิ่มเติม ที่จำเป็นสำหรับครูผู้สอน รวมทั้งการเฉลยคำถาม และแบบฝึกหัดในหนังสือเรียน

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือครูเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ และเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ บุคลากรทางการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ในการจัดทำไว้ ณ โอกาสนี้



(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิ้มปิจำนงค์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไปโรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. ได้มีการจัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน และเพื่อให้ครูผู้สอนสามารถสอนและจัดกิจกรรมต่างๆ ตามหนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้จัดทำคู่มือครูสำหรับใช้ประกอบหนังสือเรียนดังกล่าว

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๔ นี้ ได้บอกแนวการจัดการเรียนการสอนตามเนื้อหาในหนังสือเรียนเกี่ยวกับ ระบบย่อยอาหาร ระบบหายใจ ระบบหมุนเวียนเลือดและระบบน้ำเหลือง ระบบภูมิคุ้มกัน รวมทั้งระบบขับถ่าย ซึ่งครูผู้สอนสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ให้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยสามารถนำไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ตามความเหมาะสมและความพร้อมของโรงเรียน ในการจัดทำคู่มือครูเล่มนี้ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เล่ม ๔ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สอน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้คู่มือครูเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้คู่มือครู

วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง 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 หรือกิจกรรมอื่นๆ 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**
ตัวอย่างข้อมูลที่ควรได้จากการอภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม ซึ่งครูอาจใช้คำถามท้ายกิจกรรมหรือคำถามเพิ่มเติม เพื่อช่วยให้นักเรียนอภิปรายในประเด็นที่ต้องการ รวมทั้งช่วยกระตุ้นให้นักเรียนช่วยกันคิดและอภิปรายถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้ผลของกิจกรรมเป็นไปตามที่คาดหวัง หรืออาจไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง

นอกจากนี้อาจมีความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู เพื่อให้ครูมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งไม่ควรนำไปเพิ่มเติมให้นักเรียน เพราะเป็นส่วนที่เสริมจากเนื้อหาที่มีในหนังสือเรียน

แนวทางการวัดและประเมินผล

แนวทางการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งประเมินทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ควรเกิดขึ้นหลังจากได้เรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ผลที่ได้จากการประเมินจะช่วยให้ครูทราบถึงความสำเร็จของการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียน

เครื่องมือวัดและประเมินผลมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น แบบทดสอบรูปแบบต่างๆ แบบประเมินทักษะ แบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูอาจเลือกใช้เครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผลจากเครื่องมือมาตรฐานที่มีผู้พัฒนาไว้แล้ว ดัดแปลงจากเครื่องมือที่ผู้อื่นทำไว้แล้ว หรือสร้างเครื่องมือใหม่ขึ้นเอง ตัวอย่างของเครื่องมือวัดและประเมินผล ดังภาคผนวก

เฉลยคำถาม

แนวคำตอบของคำถามระหว่างเรียนและคำถามท้ายบทเรียนในหนังสือเรียน เพื่อให้ครูใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบการตอบคำถามของนักเรียน

- เฉลยคำถามระหว่างเรียน

แนวคำตอบของคำถามระหว่างเรียนซึ่งมีทั้งคำถามชวนคิด ตรวจสอบความเข้าใจ และแบบฝึกหัด ทั้งนี้ครูควรใช้คำถามระหว่างเรียนเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนก่อนเริ่มเนื้อหาใหม่ เพื่อให้สามารถปรับการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมต่อไป

- เฉลยคำถามท้ายบทเรียน

แนวคำตอบของแบบฝึกหัดท้ายบท ซึ่งครูควรใช้คำถามท้ายบทเรียนเพื่อตรวจสอบว่า หลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว นักเรียนยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องใด เพื่อให้สามารถวางแผนการทบทวนหรือเน้นย้ำเนื้อหาให้กับนักเรียนก่อนการทดสอบได้

13

ระบบย่อยอาหาร

13	ระบบย่อยอาหาร	1
	ผลการเรียนรู้	1
	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	2
	ผังมโนทัศน์	4
	สาระสำคัญ	6
	เวลาที่ใช้	6
	เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	7
13.1	การย่อยอาหารของสัตว์	11
13.2	การย่อยอาหารของมนุษย์	18
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 13	30

14

ระบบหายใจ

14	ระบบหายใจ	37
	ผลการเรียนรู้	37
	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	38
	ผังมโนทัศน์	40
	สาระสำคัญ	42
	เวลาที่ใช้	12
	เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	43
14.1	การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์	46
14.2	อวัยวะและโครงสร้างในระบบหายใจของมนุษย์	56
14.3	การแลกเปลี่ยนแก๊สและการลำเลียงแก๊ส	60
14.4	การหายใจ	65
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 14	80

15

ระบบ หมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลือง

15	ระบบหมุนเวียนเลือดและระบบน้ำเหลือง	87
	ผลการเรียนรู้	87
	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	88
	ผังมโนทัศน์	92
	สาระสำคัญ	93
	เวลาที่ใช้	94
	เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	95
15.1	การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์	96
15.2	การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์	99
15.3	ระบบน้ำเหลือง	130
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 15	133

16

ระบบภูมิคุ้มกัน

16	ระบบภูมิคุ้มกัน	141
	ผลการเรียนรู้	141
	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	142
	ผังมโนทัศน์	144
	สาระสำคัญ	146
	เวลาที่ใช้	146
	เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	147
16.1	กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม	148
16.2	การสร้างเสริมภูมิคุ้มกัน	161
16.3	ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน	168
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 16	173

17

ระบบขับถ่าย

17	ระบบขับถ่าย	179
	ผลการเรียนรู้	179
	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้	180
	ผังมโนทัศน์	182
	สาระสำคัญ	184
	เวลาที่ใช้	184
	เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน	185
17.1	การขับถ่ายของสัตว์	187
17.2	การขับถ่ายของมนุษย์	190
17.3	การทำงานของหน่วยไต	196
17.4	ได้กับการรักษาคุณภาพของน้ำและสารต่าง ๆ ในร่างกาย	203
17.5	ความผิดปกติของระบบขับถ่าย	211
	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 17	216

ภาคผนวก

	ตัวอย่างเครื่องมือวัดและประเมินผล	224
	บรรณานุกรม	236
	คณะกรรมการจัดทำคู่มือครู	239

บทที่

| ระบบย่อยอาหาร

13

ipst.me/8816

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์
2. สังเกต อธิบาย การกินอาหารของ ไฮดรา และพลาณาเรีย
3. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการย่อยอาหาร และการดูดซึมสารอาหาร ภายในระบบย่อยอาหารของมนุษย์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์
2. อธิบายการย่อยอาหารภายนอกเซลล์และภายในเซลล์

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

ผลการเรียนรู้

2. สังเกต อธิบาย การกินอาหารของไฮดรา และพลาณาเรีย

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สังเกตและอธิบายการกินอาหารของไฮดรา และพลาณาเรีย

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท 3. การลงความเห็นจากข้อมูล	1. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์

ผลการเรียนรู้

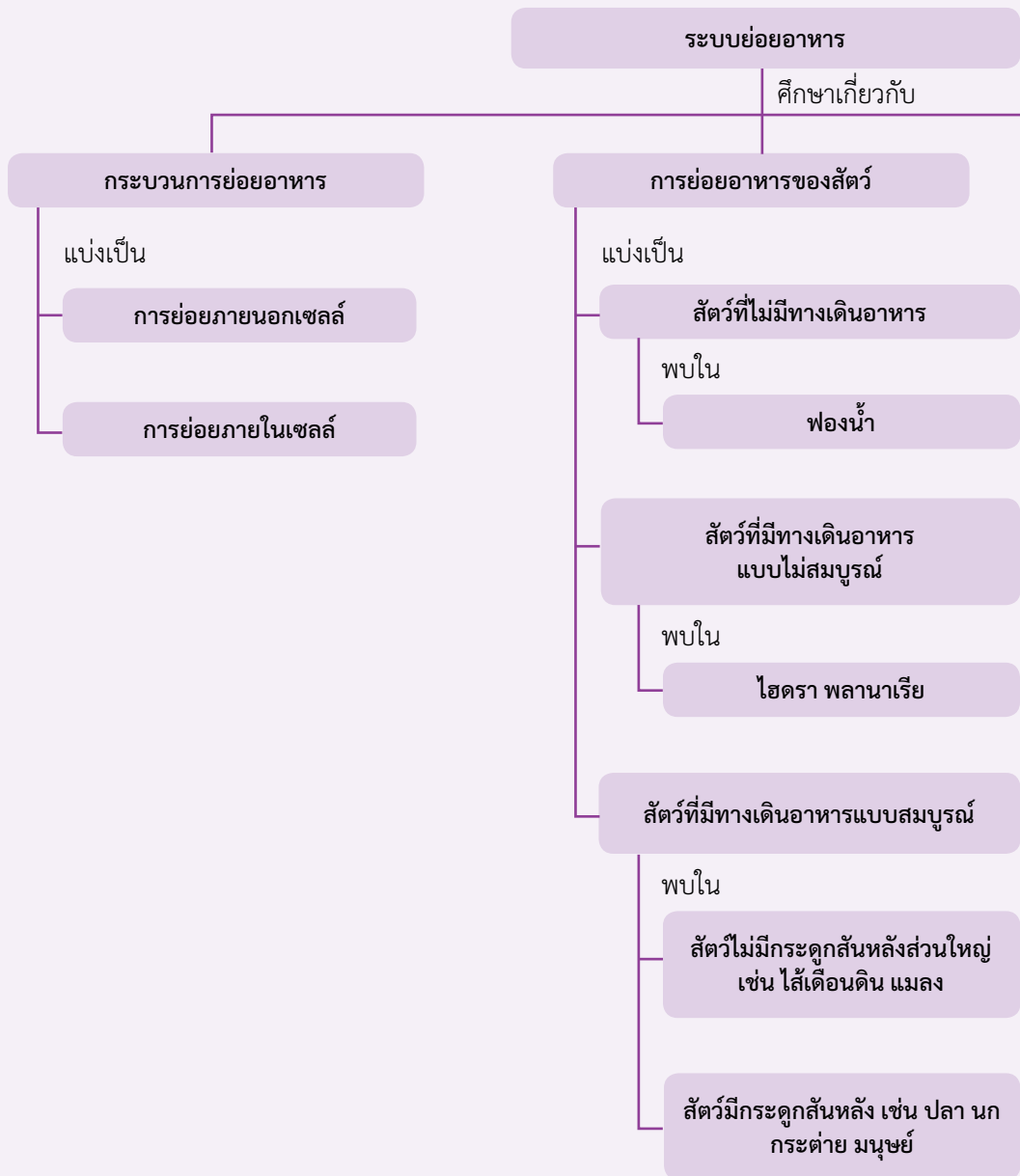
3. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการย่อยอาหาร และการดูดซึมสารอาหารภายในระบบย่อยอาหารของมนุษย์

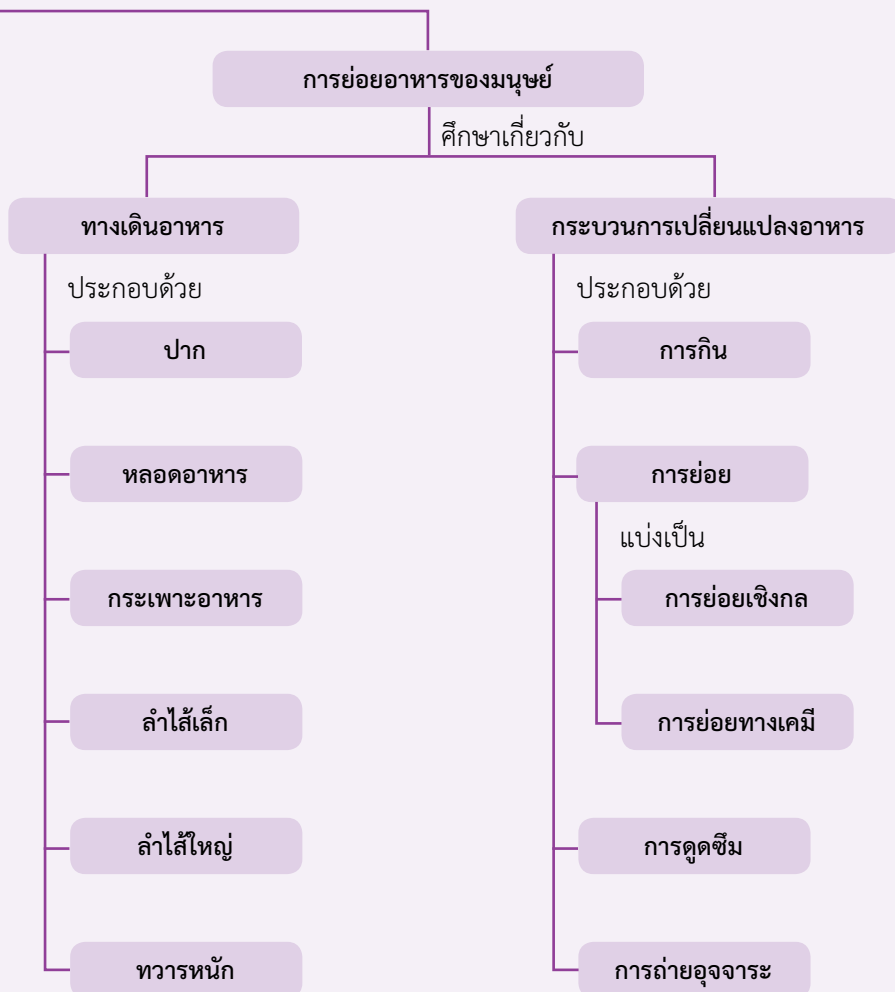
จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในกระบวนการย่อยเชิงกลและทางเคมีของมนุษย์
2. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในการดูดซึมสารอาหารและการถ่ายอุจจาระของมนุษย์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท 3. การลงความเห็นจากข้อมูล	1. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์

ผังมโนทัศน์ บทที่ 13





สาระสำคัญ

อาหารที่สัตว์กินเข้าไปจะถูกย่อยให้มีโมเลกุลขนาดเล็กที่เซลล์นำไปใช้ได้ สัตว์มีโครงสร้างและกระบวนการในการย่อยอาหารแตกต่างกัน แบ่งเป็น สัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ การย่อยอาหารมีทั้งการย่อยภายนอกเซลล์และการย่อยภายในเซลล์

มนุษย์มีทางเดินอาหารประกอบด้วย ปาก หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ และทวารหนัก กระบวนการเปลี่ยนแปลงอาหารประกอบด้วย การกิน การย่อยซึ่งมีการย่อยเชิงกลและการย่อยทางเคมี การย่อยเกิดขึ้นที่ปาก กระเพาะอาหาร และลำไส้เล็ก การดูดซึมซึ่งส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ลำไส้เล็ก และการถ่ายอุจจาระ

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ 14 ชั่วโมง

13.1 การย่อยอาหารของสัตว์	8 ชั่วโมง
13.2 การย่อยอาหารของมนุษย์	6 ชั่วโมง
รวม	14 ชั่วโมง



เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนใส่เครื่องหมายถูก (✓) หรือผิด (×) หน้าข้อความตามความเข้าใจของนักเรียน

- ☒ 1. สิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีโครงสร้างในการย่อยอาหารเหมือนกัน
- ☒ 2. คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และลิพิดเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย เซลล์สามารถนำไปใช้ได้ทันที
- ☒ 3. ทางเดินอาหารของมนุษย์ประกอบด้วยอวัยวะต่าง ๆ ได้แก่ ปาก หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ ทวารหนัก และมีอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร คือ ต่อมน้ำลาย ตับ และตับอ่อน
- ☒ 4. ฟันช่วยบดเคี้ยวอาหารให้มีขนาดเล็กลงจัดเป็นการย่อยเชิงกลและมีลิ้นช่วยคลุกเคล้าอาหาร
- ☒ 5. ภายในกระเพาะอาหารมีการย่อยโปรตีนโดยใช้เอนไซม์ในภาวะที่เป็นกรด
- ☒ 6. การย่อยอาหารในลำไส้เล็กอาศัยเอนไซม์ที่สร้างจากตับอ่อนเท่านั้น
- ☒ 7. การดูดซึมสารอาหารส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ลำไส้เล็ก
- ☒ 8. น้ำดีสร้างจากถุงน้ำดีแล้วส่งไปที่ลำไส้เล็กช่วยให้ลิพิดแตกตัว
- ☒ 9. ไตรกลีเซอไรด์เมื่อถูกย่อยแล้วจะได้กรดไขมันและกลีเซอรอล
- ☒ 10. เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารจัดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูทบทวนเรื่องสารอาหารที่ได้จากอาหารชนิดต่างๆ โดยมีแนวคำถามดังนี้

- อาหารที่นักเรียนรับประทานในแต่ละวันประกอบด้วยสารอาหารประเภทใดบ้าง
- ร่างกายสามารถนำอาหารที่รับประทานนั้นไปใช้ได้ทันทีหรือไม่ เพราะเหตุใด

นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปว่า อาหารที่รับประทานมีหลากหลายชนิดประกอบด้วยสารอาหารทั้งประเภทที่ให้พลังงานและไม่ให้พลังงาน ประเภทที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่และโมเลกุลขนาดเล็ก แต่สารอาหารที่ร่างกายจะนำไปใช้ได้มันต้องมีโมเลกุลขนาดเล็กจนเซลล์สามารถดูดซึมไปใช้ได้

ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตพวกเห็ดราในรูป 13.1 ว่ามีการดำรงชีวิตแบบใด เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า เห็ดราดำรงชีวิตเป็นผู้สลายสารอินทรีย์โดยปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารภายนอกเซลล์ แล้วดูดซึมสารอาหารที่ย่อยเป็นโมเลกุลขนาดเล็กเข้าสู่เซลล์

ครูอาจใช้คำถามเพิ่มเติมซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

- สิ่งมีชีวิตที่มีการย่อยอาหารภายนอกเซลล์มีผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมอย่างไร
- ✎ ช่วยย่อยสลายขยะที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติทำให้ขยะไม่ล้นโลก เช่น เห็ดสามารถย่อยขอนไม้ให้ผุพังได้ หรือรากสามารถย่อยเศษอาหาร ผัก ผลไม้ทำให้เกิดการย่อยสลาย ไม่เป็นขยะที่ล้นโลก ขณะที่ขยะจำพวกพลาสติกซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้ทำให้เกิดปัญหาขยะล้นโลก

ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการปล่อยเอนไซม์มาย่อยอาหารภายนอกเซลล์ ดังนี้

สิ่งมีชีวิตที่มีการปล่อยเอนไซม์มาย่อยอาหารภายนอกเซลล์ทำให้ได้ผลผลิตบางชนิดที่มีประโยชน์ต่อมนุษย์ ปัจจุบันมีการนำเอนไซม์ของจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์มากขึ้น โดยเฉพาะในด้านอุตสาหกรรม เช่น จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักของอาหารที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารใหม่สามารถเก็บได้นาน เช่น ยีสต์ซึ่งใช้ในการหมักน้ำผลไม้เพื่อทำไวน์ ทำข้าวหมาก พวกแบคทีเรียใช้ในการทำแหมม ทำนมเปรี้ยว แต่จุลินทรีย์บางชนิดที่เจริญในอาหารอาจทำให้เกิดการเน่าเสีย บางชนิดผลิตสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น โบทูลินัมทอกซิน (botulinum toxin) ที่พบในหน่อไม้ที่ต้องใน

ภาวะพิษเหตุพิษ อะฟลาทอกซิน (aflatoxin) ที่พบในถั่วลิสงและธัญพืช จุลินทรีย์บางชนิดยังทำหน้าที่เป็นผู้สลายสารอินทรีย์ในซากพืชซากสัตว์ เช่น เห็ดบางชนิดที่ขึ้นบนขอนไม้สามารถย่อยสลายขอนไม้ให้ผุพัง จึงจัดว่าสิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนสารบางชนิด แต่ก็อาจทำให้สภาพแวดล้อมเสียหายสำหรับมนุษย์ได้ เช่น ราที่ขึ้นตามผนัง เครื่องใช้หรือภาชนะ

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 13.2 ในหนังสือเรียน เพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปได้ว่า อะมีบาและพารามีเซียมมีการย่อยอาหารภายในเซลล์ โดยอะมีบามีการนำอาหารเข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีฟาโกไซโทซิส และพินोไซโทซิส ส่วนพารามีเซียมใช้ซิเลียโบกพัดอาหารเข้าสู่เซลล์ที่บริเวณช่องปาก เกิดเป็นฟูดแวคิวโอล กากอาหารถูกกำจัดออกนอกเซลล์ด้วยวิธีเอกไซโทซิโทซิส



ตรวจสอบความเข้าใจ

- ? การย่อยอาหารภายนอกเซลล์และการย่อยอาหารภายในเซลล์แตกต่างกันอย่างไร
- ✎ การย่อยอาหารภายนอกเซลล์เป็นการปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารภายนอกเซลล์แล้วดูดซึมสารอาหารเข้าสู่เซลล์ ส่วนการย่อยอาหารภายในเซลล์นั้น อาหารจะเข้าสู่เซลล์เกิดเป็นฟูดแวคิวโอลแล้วถูกย่อยด้วยเอนไซม์จากไลโซโซม

ครูอาจให้นักเรียนทำกิจกรรมเสนอแนะเพื่อเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับการกินอาหารของพารามีเซียม



กิจกรรมเสนอแนะ : การกินอาหารของพารามีเซียม

จุดประสงค์

- 1. สังเกตการกินอาหารของพารามีเซียม
- 2. อธิบายการเปลี่ยนแปลงของอาหารเมื่อเข้าสู่ภายในเซลล์ของพารามีเซียม

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. ยีสต์	1 ขวด ต่อห้อง
2. พารามีเซียม	1 ขวด ต่อห้อง
3. สารละลายสีคองโกเรด ความเข้มข้น 1%	1 ขวด ต่อห้อง
4. เมทิลเซลลูโลส ความเข้มข้น 5%	1 ขวด ต่อห้อง
5. น้ำ	250 mL
6. หลอดทดลองขนาดกลาง	1 หลอด
7. สไลด์ และกระจกปิดสไลด์	2 แผ่น
8. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ	1 กล้อง
9. ปีกเกอร์ ขนาด 250 mL	1 ใบ
10. ตะเกียงแอลกอฮอล์	1 ชุด

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

- ?** พารามีเซียมมีวิธีการกินยีสต์อย่างไร

 พารามีเซียมจะใช้ซิเลียที่อยู่บริเวณรอบ ๆ ร่องปากพัดโบกเอายีสต์เข้าไปทางร่องปาก ต่อจากนั้นยีสต์จะเข้าสู่ภายในเซลล์ของพารามีเซียมเกิดเป็นฟูดแวคิวโอล

? ยีสต์เมื่อเข้าสู่ภายในเซลล์ของพารามีเซียมแล้วมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือไม่ อย่างไร

 มีการเปลี่ยนแปลง โดยยีสต์ถูกย่อยสลายในฟูดแวคิวโอลด้วยเอนไซม์จากไลโซโซม

13.1 การย่อยอาหารของสัตว์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์
2. อธิบายการย่อยอาหารภายนอกเซลล์และภายในเซลล์
3. สังเกต อธิบาย การกินอาหารของไฮดรา และพลาณาเรีย

ครูใช้คำถามเพิ่มเติมเพื่อนำเข้าสู่หัวข้อการย่อยอาหารของสัตว์ ดังนี้

- สิ่งมีชีวิตสามารถย่อยอาหารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่เป็นโมเลกุลขนาดเล็กด้วยวิธีการอย่างไร
- สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีวิธีการเปลี่ยนแปลงสารอาหารโมเลกุลขนาดใหญ่เป็นโมเลกุลขนาดเล็กเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

สัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 13.3 เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า ฟองน้ำเป็นสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร แต่มีช่องน้ำเข้าและช่องน้ำออก มีโคเอโนไซต์และอะมีโบไซต์ทำหน้าที่ย่อยอาหารซึ่งเกิดขึ้นภายในเซลล์ จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

-  การย่อยอาหารของฟองน้ำเหมือนหรือแตกต่างกับอะมีบา และพารามีเซียม อย่างไร
-  เหมือนกัน คือ มีการย่อยอาหารภายในเซลล์

ครูอาจเพิ่มเติมความรู้ว่าฟองน้ำมีช่องน้ำเข้าทางด้านข้าง อาหารที่มากับน้ำจะถูกนำเข้าสู่เซลล์ ไม่มีการย่อยอาหารในช่องลำตัว เพราะถ้าเซลล์ของฟองน้ำปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารในช่องลำตัว เอนไซม์จะถูกกระแสน้ำที่เข้าและออกพัดพาออกไปทางช่องน้ำออก

สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์

ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบรูป 13.4 กับ 13.8 เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า สัตว์ที่มีทางเดินอาหารที่มีช่องเปิดทางเดียว จัดเป็นสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ ส่วนสัตว์ที่มีทางเดินอาหารที่มีช่องเปิด 2 ทาง คือ มีปากและทวารหนัก จัดเป็นสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 13.1



กิจกรรม 13.1 การกินอาหารของไฮดรา

จุดประสงค์

1. สังเกตการกินอาหารและทางเดินอาหารของไฮดรา
2. สืบค้นข้อมูลและอธิบายกระบวนการย่อยอาหารของไฮดรา

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. ไฮดรา	1 ตัว
2. ไรแดง	3 ตัว
3. น้ำ	25 mL
4. หลอดหยด	2 อัน
5. สไลด์หลุม	1 แผ่น
6. แวนชยาย หรือกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ	1 กล้อง

การเตรียมตัวล่วงหน้าสำหรับครู

ครูควรเตรียมไฮดรา โดยปล่อยให้หอดอาหารประมาณ 2 วันก่อนการทำกิจกรรมการกินอาหารของไฮดรา และในการศึกษานี้อาจใช้แวนชยาย หรือกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ สังเกตขั้นตอนการกินอาหาร

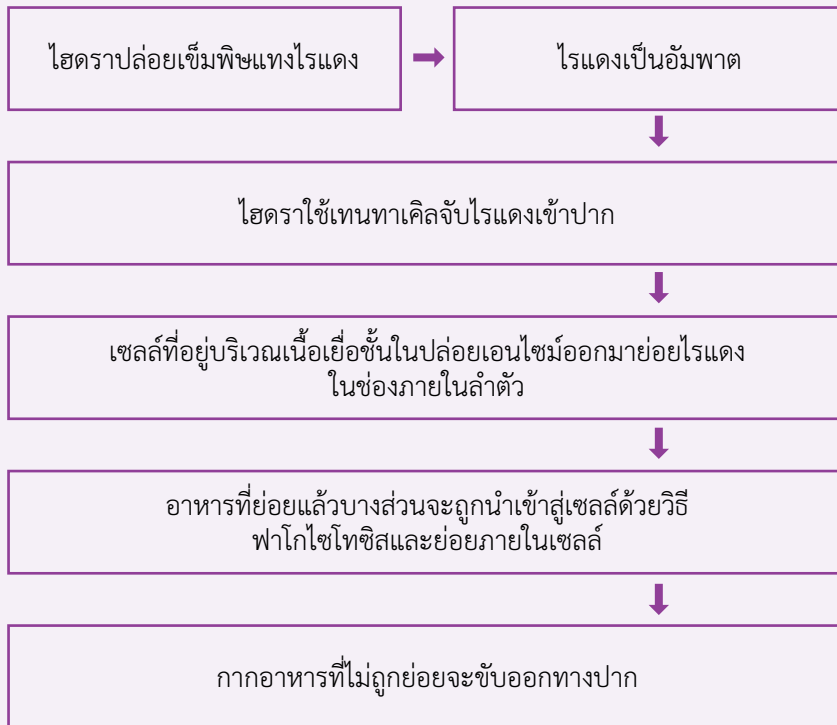
อภิปรายและสรุปผล

จากการทำกิจกรรมพบว่า ไฮดราใช้เทินทาเคลจับไรแดงเข้าสู่ปาก ซึ่งเป็นช่องเปิดเข้าสู่ภายในลำตัวเพียงช่องเดียว และขับกากไรแดงที่เหลือจากการย่อยออกทางปาก

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

-  ไฮดรามีการย่อยอาหารภายนอกเซลล์หรือภายในเซลล์
-  ไฮดรามีการย่อยอาหารทั้งภายนอกเซลล์และภายในเซลล์

? เขียนแผนผังแสดงการกินและกระบวนการย่อยอาหารของไฮดรา



? วิธีการนำอาหารเข้าสู่ร่างกายของฟองน้ำและไฮดราแตกต่างกันอย่างไร



ฟองน้ำจะใช้วิธีนำอาหารเข้าสู่ร่างกายโดยการกรองอาหารที่มากับน้ำทางช่องน้ำเข้า ส่วนไฮดราจะใช้เทินทาเคลือบเหยื่อแล้วส่งเข้าปากเพื่อเข้าสู่ช่องภายในลำตัว

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 13.5 เพื่อสรุปให้ได้ว่า ไฮดรามีเซลล์ที่ผนังด้านในของลำตัวซึ่งทำหน้าที่สร้างเอนไซม์เพื่อปล่อยออกสู่ทางเดินอาหารมาย่อยอาหารภายในช่องลำตัวซึ่งจัดเป็นการย่อยอาหารภายนอกเซลล์ ส่วนเซลล์บางเซลล์สามารถนำอาหารเข้าสู่เซลล์และมีการย่อยอาหารภายในเซลล์อีกด้วย

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 13.6 เพื่อสรุปให้ได้ว่า พลาเนเรียมีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์เช่นเดียวกับไฮดรา โดยมีการปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารให้เป็นชิ้นเล็กลงภายนอกตัวและอาหารที่ย่อยแล้วบางส่วนจะนำเข้าสู่เซลล์และถูกย่อยต่อภายในเซลล์จนสมบูรณ์ ส่วนกากอาหารก็จะขับออกทางปาก จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 13.2



กิจกรรม 13.2 การกินอาหารของปลานาเรีย

จุดประสงค์

- 1. สังเกตการกินอาหารและทางเดินอาหารของปลานาเรีย
- 2. สืบค้นข้อมูลและอธิบายกระบวนการย่อยอาหารของปลานาเรีย

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. ปลานาเรีย	1 ตัว
2. ตับไก่ดิบ หรือไข่แดงสุก	1 ชิ้นเล็ก
3. ผงถ่านคาร์บอน	1 แคปซูลต่อห้อง
4. น้ำ	25 mL
5. หลอดหยด	1 อัน
6. ปากคีบ	1 อัน
7. สไลด์หลุม	1 แผ่น
8. แวนชยาย หรือกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ	1 กล้อง

การเตรียมตัวล่วงหน้าสำหรับครู

ครูควรเตรียมปลานาเรีย โดยปล่อยให้อดอาหารประมาณ 2 วันก่อนการทำกิจกรรมการกินอาหารของปลานาเรีย และในการศึกษานี้อาจใช้แวนชยาย หรือกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ สังเกตขั้นตอนการกินอาหาร

อภิปรายและสรุปผล

จากการทำกิจกรรมพบว่า เมื่อปล่อยปลานาเรียให้กินตับที่ผสมผงถ่านคาร์บอนประมาณ 5-10 นาที จะสามารถสังเกตเห็นทางเดินอาหารของปลานาเรียได้ชัดเจนซึ่งจะมีลักษณะเป็นสีดำ โดยปลานาเรียจะยื่นคอหอยซึ่งเป็นกล้ามเนื้อออกจากปากมาดูดอาหารเข้าสู่ทางเดินอาหาร ซึ่งมีลักษณะเป็นแขนงแยกออกไปตามลำตัว

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

? วิธีการกินอาหารของปลานาเรียแตกต่างจากไฮดราร้อยไร

 ปลานาเรียยื่นคอหอยออกจากปากมาดูดอาหารเข้าสู่ทางเดินอาหาร ส่วนไฮดรารจะใช้ เทนทาเคิลจับเหยื่อแล้วส่งเข้าปากเพื่อเข้าสู่ช่องภายในลำตัว

? ทางเดินอาหารของปลานาเรียที่สังเกตได้มีลักษณะแตกต่างจากไฮดราร้อยไร

 ปลานาเรียมีทางเดินอาหารที่แตกแขนงไปทั่วร่างกาย ส่วนไฮดรามีทางเดินอาหารเป็น ช่องกลางลำตัว ซึ่งสัตว์ทั้งสองชนิดมีทางเดินอาหารแบบมีช่องเปิดทางเดียว



ชวนคิด

? เพราะเหตุใดสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์จึงต้องมีการย่อยอาหารทั้งภายนอกเซลล์ และภายในเซลล์

 สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ ส่วนใหญ่มีทางเดินอาหารสั้น ทำให้การย่อยอาหาร ภายนอกเซลล์มีเวลาน้อย การย่อยจึงเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ต้องมีการย่อยภายในเซลล์ต่อเพื่อให้ได้สารอาหารที่เซลล์สามารถนำไปใช้ได้

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 13.9 จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับทางเดินอาหารของ ไส้เดือนดิน ตั๊กแตน นก และกระต่าย จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนว คำตอบดังนี้

? จากรูป 13.9 สัตว์แต่ละชนิดมีทางเดินอาหารเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

 เหมือนกัน คือ มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ แตกต่างกัน คือ สัตว์บางชนิดมีโครงสร้างที่ช่วย ในการย่อยอาหาร โดยไส้เดือนดินมีกระเพาะพักอาหารและกิน ตั๊กแตนมีต่อมน้ำลาย ต่อมน้ำลาย เอนไซม์และโพรวอนทรีคัลส นกมีกระเพาะพักอาหารและกิน กระต่ายมีฟัน ต่อมน้ำลาย ตับ และตับอ่อน

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับระบบย่อยอาหารของสัตว์ ได้แก่ กระเพาะอาหาร ก้น และโพรเวนทริคัลส ในรูป 13.9 เพื่อสรุปให้ได้ว่า กระเพาะอาหารเป็นส่วนของหลอดอาหารที่ขยายตัวออกเป็นกระเปาะ เป็นที่พักอาหารชั่วคราว ส่วนก้นและโพรเวนทริคัลส เป็นส่วนที่มีกล้ามเนื้อและเหนียวช่วยในการบดอาหารให้ละเอียดมากขึ้น

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 13.10 เพื่อสรุปให้ได้ว่า ในสัตว์กลุ่มเดียวกันที่กินอาหารต่างกันอาจมีลักษณะของทางเดินอาหารแตกต่างกัน พร้อมทั้งให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



ทางเดินอาหารของปลากินพืชกับปลากินเนื้อมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร



ทางเดินอาหารของปลากินพืชจะมีความยาวมากกว่าทางเดินอาหารของปลากินเนื้อ เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของตัวปลา



ทางเดินอาหารของกระต่ายและสุนัขจิ้งจอกมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร



เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของลำตัว กระต่ายมีทางเดินอาหารที่ยาวและมีซีกัมขนาดใหญ่ ส่วนสุนัขจิ้งจอกมีทางเดินอาหารสั้นและมีซีกัมขนาดเล็ก



สัตว์กินพืชกับสัตว์กินเนื้อมีความยาวของทางเดินอาหารแตกต่างกันอย่างไร



สัตว์กินพืชมีความยาวของทางเดินอาหารมากกว่าสัตว์กินเนื้อ

ครูอาจให้นักเรียนทำกิจกรรมเสนอแนะ ดังนี้



กิจกรรมเสนอแนะ : ทางเดินอาหารของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

ศึกษาทางเดินอาหารของสัตว์มีกระดูกสันหลังซึ่งตายแล้วที่หาซื้อได้จากตลาด เช่น กบ ไก่ เป็ด ปลาช่อน ปลาดุก เพียน โดยผ่าเพื่อศึกษาลักษณะของปาก ความยาวลำไส้ ความหนา และขนาดของกระเพาะอาหาร แล้วเขียนแผนภาพทางเดินอาหารตามที่ได้จากการสังเกต

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามท้ายกิจกรรม ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

? สัตว์มีกระดูกสันหลังที่นักเรียนนำมาศึกษามีทางเดินอาหารเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร และมีความสัมพันธ์กับอาหารที่สัตว์นั้นกินอย่างไร

 ทางเดินอาหารของสัตว์มีกระดูกสันหลังจะคล้ายคลึงกัน คือ เริ่มจากปาก คอหอย หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ และทวารหนัก แต่ในสัตว์บางชนิด เช่น เป็ด ไก่ จะมีกระเพาะพักอาหารสำหรับเก็บอาหาร แล้วส่งต่อไปยังถิ่นซึ่งทำหน้าที่ช่วยบดอาหารให้มีขนาดเล็กลง แล้วส่งต่อไปยังกระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่และทวารหนัก ตามลำดับ



ตรวจสอบความเข้าใจ

? ลักษณะทางเดินอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารไม่สมบูรณ์ และ สัตว์ที่มีทางเดินอาหารสมบูรณ์ มีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

 แตกต่างกัน คือ

สัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหารจะไม่มีอวัยวะหรือเส้นทางสำหรับลำเลียงอาหาร แต่จะมีการนำอาหารเข้าสู่เซลล์โดยฟาโกไซโทซิสเกิดเป็นฟูดแวคิวโอล ซึ่งอาศัยเอนไซม์จากไลโซโซม มาช่วยย่อยอาหาร แล้วขับกากอาหารออกจากเซลล์ด้วยวิธีเอกโซไซโทซิส

สัตว์ที่มีทางเดินอาหารไม่สมบูรณ์ ทางเดินอาหารมีช่องเปิดเพียงช่องเดียว เรียกว่า ปาก ซึ่งเป็นทั้งทางเข้าของอาหารและทางออกของกากอาหาร เช่น ไฮดราราน้ำอาหารเข้าทางปาก เมื่อมีการย่อยอาหารเสร็จแล้วก็จะปล่อยกากอาหารออกทางปาก

สัตว์ที่มีทางเดินอาหารสมบูรณ์ ทางเดินอาหารมีช่องเปิด 2 ช่องโดยมีการนำอาหารเข้าทางปากและปล่อยกากอาหารออกทางทวารหนัก ลักษณะของทางเดินอาหารจะเป็นท่อ และแบ่งเป็นส่วนๆ เช่น ปาก คอหอย หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ และทวารหนัก

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- โครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ จากการอภิปรายร่วมกัน และ การทำแบบทดสอบ
- การย่อยอาหารภายนอกเซลล์และภายในเซลล์ จากการอภิปรายร่วมกัน และการทำแบบทดสอบ
- การกินอาหารของไฮดราและพลาณาเรีย จากการทำกิจกรรมและแบบทดสอบ

ด้านทักษะ

- การสังเกต การจำแนกประเภท การลงความเห็นจากข้อมูล ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรมหรือการศึกษาวีดิทัศน์ และการอภิปรายร่วมกัน
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และนำเสนอ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรมหรือการศึกษาวีดิทัศน์ และการอภิปรายร่วมกัน

13.2 การย่อยอาหารของมนุษย์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในกระบวนการย่อยเชิงกลและทางเคมีของมนุษย์
2. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในการดูดซึมสารอาหารและการถ่ายอุจจาระของมนุษย์

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับทางเดินอาหารของมนุษย์ในประเด็นต่างๆ ดังนี้

- อวัยวะต่างๆ ในระบบย่อยอาหาร
- หน้าที่ของโครงสร้างในทางเดินอาหารส่วนต่างๆ

ครูอาจใช้คำถามเพิ่มเติมดังนี้ เมื่อรับประทานอาหาร อาหารจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้างเมื่อเข้าสู่ทางเดินอาหารแต่ละส่วน ตั้งแต่ปากจนถึงทวารหนัก โดยคำตอบของนักเรียนจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของแต่ละคน

จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษารูป 13.11 เพื่อสรุปให้ได้ว่าทางเดินอาหารของมนุษย์ประกอบด้วย ปาก หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ และทวารหนัก รวมทั้งอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร คือ ต่อมน้ำลาย ตับ และตับอ่อน และหน้าที่ของอวัยวะนั้น

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 13.12 เพื่อให้สรุปได้ว่า กระบวนการเปลี่ยนแปลงอาหารเพื่อให้ได้สารอาหารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจนเซลล์สามารถดูดซึมและนำไปใช้ได้ประกอบด้วย การกิน การย่อย การดูดซึม และการถ่ายอุจจาระ ซึ่งจะเกิดขึ้นในทางเดินอาหารส่วนต่างๆ ที่แตกต่างกัน จากนั้นให้นักเรียนศึกษารูป 13.13 ซึ่งอธิบายการย่อยทางเคมีในทางเดินอาหารที่ต้องอาศัยเอนไซม์และเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ต้องใช้น้ำ เรียกว่า ไฮโดรลิซิส เอนไซม์เหล่านี้มีความจำเพาะและทำงานได้ดีที่ pH แตกต่างกัน และสร้างจากแหล่งต่าง ๆ พร้อมทั้งให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

? การย่อยทางเคมีเกิดขึ้นครั้งแรกที่บริเวณใดในทางเดินอาหาร
บริเวณช่องปาก

? ถ้าไม่มีเอนไซม์ ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสจะเกิดขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร
เกิดขึ้นได้ แต่ปฏิกิริยาจะเกิดช้ามาก

การย่อยอาหารในปาก

ครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวการตอบคำถามดังนี้

? การเคี้ยวอาหารมีความสำคัญต่อการย่อยอาหารอย่างไร
การเคี้ยวอาหารเป็นการย่อยเชิงกลทำให้อาหารมีขนาดเล็กลง พื้นที่ผิวของอาหารที่จะสัมผัสกับเอนไซม์จึงมีมากขึ้น ทำให้การย่อยทางเคมีเกิดได้ดีขึ้น

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 13.14 เพื่อสรุปให้ได้ว่าในช่องปากเกิดการย่อยแบ่งโดยอะไมเลส พร้อมทั้งให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

- ?** การเปลี่ยนแปลงของอาหารที่เกิดขึ้นในช่องปากโดยการทำงานของฟันและอะไมเลสแตกต่างกันอย่างไร
-  ฟันทำหน้าที่บดเคี้ยวอาหารให้มีขนาดเล็กลงทำให้พื้นที่ผิวของอาหารที่จะสัมผัสกับเอนไซม์มากขึ้น ส่วนอะไมเลสจะมีหน้าที่สลายพันธะที่ยึดระหว่างโมเลกุลหน่วยย่อย ๆ ของสารอาหารประเภทแป้งให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง โดยมีน้ำเข้าร่วมทำปฏิกิริยาด้วย

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการกลืน เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ของ ลิ้น ลิ้นไก่ เพดานอ่อน คอหอย หลอดอาหาร กล่องเสียง และฝาปิดกล่องเสียง จากนั้นให้นักเรียนศึกษารูป 13.15 และให้นักเรียนใช้มือแตะที่กล่องเสียงเพื่อสังเกตการเคลื่อนขึ้นลงของกล่องเสียงขณะกลืนน้ำลาย ขณะเดียวกันให้นักเรียนสังเกตการหายใจขณะกลืนน้ำลายแล้วอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปให้ได้ว่าการหายใจไม่สามารถเกิดพร้อมกับการกลืนน้ำลายได้ จากนั้นตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

- ?** การพูดคุยหรือการหัวเราะในขณะที่เคี้ยวอาหารและกลืนอาหารจะมีผลอย่างไร เพราะเหตุใด
-  อาหารอาจตกลงไปในกล่องเสียงและท้อลม หรือขึ้นไปทโพรงจมูกได้ เพราะขณะที่หัวเราะหรือพูดคุยนั้นฝาปิดกล่องเสียงจะปิดกล่องเสียงไม่สนิท และเป็นจังหวะที่ลิ้นไก่และเพดานอ่อนปิดช่องทางติดต่อกับโพรงจมูกไม่สนิทเช่นเดียวกัน ซึ่งถ้าอาหารตกลงไปในท้อลมอาจทำให้เกิดการสำลักหรือถ้าอาหารมีขนาดใหญ่ อาจไปอุดตันทำให้เป็นอัมพาตได้
- ?** เพราะเหตุใดเวลารับประทานข้าวแล้วเกิดสำลักจึงมีข้าวออกทางจมูกได้
-  เพราะลิ้นไก่และเพดานอ่อนไม่ปิดกั้นทางติดต่อระหว่างคอหอยกับโพรงจมูก ทำให้อาหารจากช่องปากขึ้นไปในโพรงจมูก
- ?** นักบินอวกาศที่อยู่ในสภาพไร้น้ำหนักโดยศีรษะหันลงสู่พื้นสามารถใช้หลอดดูดน้ำเข้าสู่ทางเดินอาหารโดยไม่ไหลย้อนกลับได้อย่างไร
-  น้ำที่เข้าสู่หลอดอาหารจะเคลื่อนไปตามหลอดอาหารโดยไม่ไหลย้อนกลับ เนื่องจากการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อที่อยู่รอบ ๆ หลอดอาหารที่เรียกว่า เพอริสตัลซิส ซึ่งจะเกิดติดต่อกันไปจนสุดระยะของหลอดอาหาร

- ?** การรับประทานอาหารที่แห้ง แข็ง และชิ้นใหญ่เกินไป หรืออาหารที่เคี้ยวไม่ละเอียด ขณะกลืนจะรู้สึกแน่นที่บริเวณอก เป็นเพราะเหตุใด
- ✎** เพราะอาหารจะเคลื่อนตัวไปตามหลอดอาหารได้ลำบาก หลอดอาหารบีบตัวยาก และเกิดการเกร็งของกล้ามเนื้อหลอดอาหารทำให้รู้สึกแน่นบริเวณอก

การย่อยอาหารในกระเพาะอาหาร

ครูนำเข้าสู่เรื่องการย่อยอาหารในกระเพาะอาหาร โดยทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับกระเพาะอาหาร ซึ่งอาจจะใช้รูป หุ่นจำลอง หรือถามคำถามเพิ่มเติม ดังนี้

- นักเรียนคิดว่าโครงสร้างของกระเพาะอาหารมีความเหมาะสมกับการย่อยอาหารอย่างไร

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่ง ขนาดและโครงสร้างของกระเพาะอาหารว่ามีความเหมาะสมกับหน้าที่ในการย่อยอาหารอย่างไร และให้นักเรียนเชื่อมโยงเรื่องปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตกับเอนไซม์และการทำงานของเอนไซม์ในกระเพาะอาหาร รวมถึงอะไมเลสที่ปนมากับอาหารที่มาจากปากด้วย โดยครูอาจหาสื่อที่หลากหลายให้นักเรียนได้ศึกษา เช่น รูป 13.16 ในหนังสือเรียนเกี่ยวกับกระเพาะอาหาร หุ่นจำลอง ภาพเคลื่อนไหว หรือวีดิทัศน์ และให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถาม ดังนี้

- เพราะเหตุใด ในกระเพาะอาหารจึงมีการย่อยเฉพาะโปรตีน ทั้งที่มีอะไมเลสที่ปนมากับอาหารที่มาจากปาก
- ✎ ในกระเพาะอาหารมีสภาพเป็นกรด pH ประมาณ 2 ซึ่งเหมาะสมต่อการทำงานของเพปซินที่ย่อยโปรตีน ส่วนอะไมเลสถูกทำลายด้วยกรดและเพปซิน
- ผนังด้านในของกระเพาะอาหารมีลักษณะอย่างไร ลักษณะเช่นนี้มีผลต่อการย่อยอาหารอย่างไร
- ✎ ผนังด้านในของกระเพาะอาหารมีลักษณะเป็นคลื่น ทำให้กระเพาะอาหารสามารถขยายเพื่อรับอาหารได้มากขึ้น และช่วยคลุกเคล้าอาหารกับเอนไซม์ระหว่างการย่อยได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้มีเซลล์ที่สร้างสารต่างๆ เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะกรด เอนไซม์ และเมือก
- กล้ามเนื้อหูรูดที่กระเพาะอาหารมีความสำคัญอย่างไร
- ✎ ทำให้อาหารคงอยู่ในกระเพาะอาหาร เอนไซม์ในกระเพาะอาหารย่อยอาหารได้นานขึ้น

- การรับประทานอาหารไม่เป็นเวลามีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดแผลในกระเพาะอาหารหรือไม่ อย่างไร
- ✎ มีส่วนเกี่ยวข้อง โดยเมื่อถึงเวลาอาหาร เอนไซม์ที่หลั่งจากเซลล์ของกระเพาะอาหารจะเปลี่ยนเป็นเอนไซม์ที่พร้อมจะทำงานได้ ถ้าปล่อยให้กระเพาะอาหารว่างเอนไซม์จะย่อยเซลล์บุผนังกระเพาะอาหาร เมื่อเกิดซ้ำบ่อย ๆ ส่งผลให้เกิดแผลในกระเพาะอาหารได้ นอกจากนี้อาจเกิดจากกรดไฮโดรคลอริกในกระเพาะอาหารก็ได้
- การที่กระเพาะอาหารสร้างเอนไซม์ในรูปเปปซิโนเจนซึ่งไม่พร้อมที่จะทำปฏิกิริยา มีประโยชน์อย่างไร
- ✎ ทำให้เอนไซม์ไม่ย่อยเซลล์บุผนังกระเพาะอาหารในขณะที่ท้องว่าง

ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการย่อยอาหารในกระเพาะอาหารได้ดังนี้ การหดตัวของกล้ามเนื้อกระเพาะอาหารโดยวิธีเพริสตัลซิส ทำให้อาหารบางส่วนถูกบีบให้มีขนาดเล็กลง มีการเคลื่อนที่และคลุกเคล้ากับกรดไฮโดรคลอริกและเอนไซม์ อาหารพวกโปรตีนเท่านั้นที่จะถูกย่อยโดยเปปซินที่ผลิตจากกระเพาะอาหาร ทำให้ได้พอลิเปปไทด์ที่มีสายสั้นลงดังรูป 13.17 ในหนังสือเรียน ช่วงนี้อาหารอยู่ในลักษณะขี้เหลว (chyme)

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับความผิดปกติ หรือการเกิดแผลในกระเพาะอาหารซึ่งส่งผลต่อการย่อยโปรตีนในกระเพาะอาหาร จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

- ❓ นอกจากการเกิดแผลในกระเพาะอาหารจากสาเหตุต่าง ๆ ข้างต้นแล้ว ยังมีสาเหตุใดอีกบ้าง
- ✎ นอกจากพฤติกรรมในการรับประทานอาหารแล้ว การเกิดแผลในกระเพาะอาหารอาจมาจากเชื้อแบคทีเรีย *Helicobacter pylori*
- ❓ ในกระเพาะอาหารมีเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนได้ แต่เพราะเหตุใดเอนไซม์ดังกล่าวจึงไม่ย่อยเซลล์ของกระเพาะอาหาร
- ✎ เพราะเอนไซม์ที่กระเพาะอาหารสร้างขึ้นยังไม่พร้อมที่จะทำปฏิกิริยา

การย่อยอาหารในลำไส้เล็ก

ครูนำเข้าสู่เรื่องการย่อยอาหารในลำไส้เล็กโดยใช้คำถาม ดังนี้

- เมื่ออาหารเข้าสู่ลำไส้เล็กสารอาหารใดที่ถูกย่อยแล้ว และสารอาหารใดที่ยังไม่ถูกย่อย
- ✎ คาร์โบไฮเดรตบางส่วนและโปรตีนบางส่วนจะถูกย่อยแล้ว ส่วนที่ยังไม่ถูกย่อย คือ ลิพิด

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 13.18-13.22 ในหนังสือเรียน และสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการย่อยอาหารในลำไส้เล็ก และชี้ให้เห็นว่าอาหารจะถูกย่อยในลำไส้เล็กจนกระทั่งเป็นโมเลกุลขนาดเล็กที่สามารถถูกดูดซึมได้โดยเอนไซม์ที่ผลิตจากตับอ่อนและลำไส้เล็ก นอกจากนี้ยังมีสารที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร ได้แก่ น้ำดีจากตับ โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตจากตับอ่อน และเอนเทอโรไคนเนสจากลำไส้เล็ก



ชวนคิด

- ? คาร์บอกซิเพปติเดสและแอมิโนเพปติเดส หากพิจารณาจากชื่อเอนไซม์แล้ว เอนไซม์ทั้งสองชนิดนี้จะย่อยพอลิเพปไทด์ให้เป็นกรดแอมิโนได้อย่างไร
- ✎ คาร์บอกซิเพปติเดสและแอมิโนเพปติเดสย่อยพอลิเพปไทด์ในตำแหน่งที่แตกต่างกัน โดยคาร์บอกซิเพปติเดสย่อยพอลิเพปไทด์ที่ปลายด้านหมู่คาร์บอกซิล ส่วนแอมิโนเพปติเดสย่อยพอลิเพปไทด์ที่ปลายด้านหมู่แอมิโน

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

- ? เพราะเหตุใดผักและผลไม้บางชนิดที่รับประทานเข้าไปจึงไม่สามารถย่อยได้หมด ยังคงเหลือเป็นเส้นใยที่ย่อยไม่ได้
- ✎ เพราะในร่างกายมนุษย์ไม่มีเอนไซม์เซลลูเลสที่สามารถย่อยเส้นใยที่อยู่ในผักและผลไม้ได้

จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรม 13.3



กิจกรรม 13.3 ทดสอบสมบัติของน้ำดี

จุดประสงค์

ศึกษาสมบัติของน้ำดีในกระบวนการย่อยลิพิด

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. น้ำดี	10 mL ต่อห้อง
2. น้ำมันพืช	2 mL
3. น้ำ	2 mL
4. สีชูดาน	2 mL ต่อห้อง
5. กระบอกลงหรือหลอดฉีดยา	2 อัน
6. หลอดหยด	1 อัน
7. หลอดทดลอง	2 หลอด

อภิปรายและสรุปผล

จากการทำกิจกรรมพบว่า น้ำดีทำให้น้ำมันพืชแตกตัวเป็นหยดไขมันเล็กๆ และแทรกรวมกับน้ำอยู่ในรูปอิมัลชัน สีชูดานทำให้เห็นหยดไขมันได้ชัดเจนขึ้น

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

- ?** การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในหลอดทดลองทั้งสองเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร
-  แตกต่างกัน หลอดทดลองที่ 2 ที่ไม่เติมน้ำดีหยดไขมันที่รวมตัวกับสีชูดานมีอนุภาคใหญ่กว่าหยดไขมันในหลอดทดลองที่ 1 ที่เติมน้ำดี
- ?** น้ำดีมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำมันพืชอย่างไร
-  น้ำดีทำให้โมเลกุลของน้ำมันพืชขนาดใหญ่แตกออกเป็นหยดไขมันขนาดเล็กและอยู่ในรูปของอิมัลชัน

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 13.23 ในหนังสือเรียนเพื่อสรุปบทบาทของน้ำดีกับการย่อยสารอาหารประเภทลิพิด และให้นักเรียนวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นกับร่างกาย ถ้าตับมีอาการผิดปกติไม่สามารถสร้างน้ำดีได้ อาหารที่เหมาะสมกับคนที่เป็นโรคเกี่ยวกับตับควรเป็นอาหารประเภทใด

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



ในกรณีผู้ป่วยที่ถูกตัดกระเพาะอาหารเนื่องจากเป็นมะเร็งที่กระเพาะอาหารจะสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด



ผู้ป่วยรายนี้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ เพราะอาหารส่วนใหญ่จะย่อยที่ลำไส้เล็ก และสารอาหารเกือบทั้งหมดจะถูกดูดซึมที่ผนังลำไส้เล็ก ดังนั้นคนที่มึลำไส้เล็กทำงานอย่างปกติถึงแม้จะไม่มีกระเพาะอาหารก็สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ แต่ต้องรับประทานอาหารที่ย่อยง่าย ๆ และรับประทานคราวละน้อย ๆ



ผู้ป่วยที่ถูกตัดลำไส้เล็กออกไปบางส่วนจะมีผลต่อการย่อยอาหารอย่างไร



ทำให้พื้นที่ในการย่อยอาหารและการดูดซึมสารอาหารลดลง

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการย่อยกรดนิวคลีอิก เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า เอนไซม์ดีออกซีไรโบนิวคลีเอสย่อย DNA และเอนไซม์ไรโบนิวคลีเอสย่อย RNA ได้เป็นนิวคลีโอไทด์ ในขณะที่เอนไซมนิวคลีโอไทเดสย่อยนิวคลีโอไทด์ได้เป็นนิวคลีโอไซด์และฟอสเฟต ซึ่งจะถูกดูดซึมเข้าสู่ไมโครวิลลัสของเซลล์บุผิวที่ผนังลำไส้เล็ก จากนั้นนิวคลีโอไซด์จะถูกย่อยโดยเอนไซมนิวคลีโอซิเดสได้เป็นน้ำตาลเพนโทส และไนโตรจีนัสเบส

ตรวจสอบความเข้าใจ

สรุปกระบวนการย่อยอาหารโดยอาศัยเอนไซม์ในทางเดินอาหารของมนุษย์โดยเติมข้อมูลในตารางให้สมบูรณ์

ส่วนของทางเดินอาหารที่มีการย่อยอาหาร	การย่อยคาร์โบไฮเดรต	การย่อยโปรตีน	การย่อยลิพิด	การย่อยกรดนิวคลีอิก
ช่องปาก	แป้งและไกลโคเจน ↓ อะไมเลส เดกซ์ทริน มอลโทส			
กระเพาะอาหาร		โปรตีน ↓ เพปซิน พอลิเพปไทด์สายสั้น ๆ กรดแอมิโน		
ลำไส้เล็ก	แป้ง ไกลโคเจน และเดกซ์ทริน ↓ อะไมเลส มอลโทส แล็กโทส ซูโครส ↓ มอลโทส แล็กโทส ซูโครส ↓ กลูโคส กลูโคสและกาแล็กโทส ↓ กลูโคสและฟรักโทส	โปรตีน ↓ ทริปซิน ไคโมทริปซิน ↓ เพปไทด์ ↓ ไดเพปไทด์ ไตรเพปไทด์ ↓ กรดแอมิโน ↓ คาร์บอกซิเพปไทด์ แอมิโนเพปไทด์ ↓ กรดแอมิโน	ลิพิด ↓ เกลื่อน้ำดี ↓ ลิพิดหยดเล็กๆ ↓ ลิเพส ↓ กลิเซอรอล และกรดไขมัน	DNA RNA ↓ ดีออกซีไรโบนิวคลีโอไซด์ ไรโบนิวคลีโอไซด์ ↓ นิวคลีโอไทด์ ↓ นิวคลีโอไซด์ ฟอสเฟต ↓ น้ำตาลเพนโทส ฟอสเฟต ↓ ไนโตรจีนัสเบส

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 13.24 เพื่อสรุปเกี่ยวกับวิลลัสและไมโครวิลลัส ซึ่งเป็นโครงสร้างที่เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซึมสารอาหารในลำไส้เล็ก ภายในวิลลัสมีหลอดเลือดฝอย และหลอดน้ำเหลืองฝอย ซึ่งจะรับสารอาหารที่ถูกดูดซึมผ่านเซลล์บุผิวของวิลลัส

จากนั้นครูใช้รูป 13.25 เพื่ออธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการลำเลียงสารอาหารผ่านระบบหมุนเวียนเลือดเข้าและออกจากตับ ก่อนจะลำเลียงไปยังหัวใจ โดยเน้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญเกี่ยวกับหน้าที่ของตับกับการกำจัดและการสะสมสารพิษที่ปนมากับอาหารเมื่อถูกดูดซึมและลำเลียงโดยระบบหมุนเวียนเลือดผ่านตับก่อนที่จะลำเลียงไปยังหัวใจ

ครูใช้รูป 13.26 อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการลำเลียงกรดไขมันและกลีเซอรอลเข้าสู่หลอดน้ำเหลืองฝอย โดยสารอาหารประเภทลิพิดที่ผ่านการย่อยแล้วไม่ละลายน้ำและมีขนาดโมเลกุลใหญ่ ไม่สามารถลำเลียงเข้าสู่หลอดเลือดฝอยได้ จึงถูกลำเลียงเข้าสู่หลอดน้ำเหลืองฝอย แต่สารอาหารประเภทอื่นที่ผ่านการย่อยและละลายน้ำได้ดีจะถูกลำเลียงเข้าสู่หลอดเลือดฝอย จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

 วิตามินเอ เมื่อถูกดูดซึมเข้าสู่ไมโครวิลลัสแล้วจะมีการลำเลียงเข้าสู่หลอดเลือดฝอยหรือหลอดน้ำเหลืองฝอย เพราะเหตุใด

 ลำเลียงเข้าสู่หลอดน้ำเหลืองฝอย เพราะวิตามินเอ เป็นวิตามินที่ละลายในลิพิดจึงถูกดูดซึมพร้อมกับกรดไขมัน และกลีเซอรอล

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 13.27 เพื่อสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของลำไส้ใหญ่ และการถ่ายอุจจาระออกนอกร่างกาย โดยลำไส้ใหญ่ประกอบด้วย ซีกัม โคลอน และไส้ตรง ซึ่งต่อกับทวารหนัก ส่วนของซีกัมมีส่วนยื่นออกมาเรียกว่า ไส้ติ่ง แต่ไม่ได้ทำหน้าที่เกี่ยวกับการย่อยอาหาร

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

 ถ้ากากอาหารอยู่ในลำไส้ใหญ่นานๆ จะเกิดผลอย่างไร

 กากอาหารจะแข็ง เนื่องจากมีการดูดน้ำและธาตุอาหารเข้าสู่หลอดเลือดฝอยบริเวณลำไส้ใหญ่ ทำให้เกิดอาการท้องผูก ถ่ายอุจจาระไม่สะดวก



การรับประทานอาหารที่มีเส้นใยมีประโยชน์ต่อร่างกายอย่างไร



มีประโยชน์ต่อร่างกาย เนื่องจากอาหารที่มีเส้นใยส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลส ซึ่งมนุษย์ไม่มีเอนไซม์ย่อยเซลลูโลสจึงทำให้มีกากอาหารมากขึ้นส่งผลให้ขับถ่ายได้ง่ายยิ่งขึ้น



การรับประทานยาปฏิชีวนะจะส่งผลต่อไมโครไบโอมในทางเดินอาหารอย่างไร



การใช้ยาปฏิชีวนะไม่ได้ออกฤทธิ์เฉพาะเจาะจงกับเชื้อโรคเท่านั้น แต่จะออกฤทธิ์ครอบคลุมไปถึงจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในทางเดินอาหารด้วย ซึ่งเป็นการทำลายสมดุลและความหลากหลายของจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารและก่อให้เกิดปัญหาตื้อยา ดังนั้นจึงไม่แนะนำให้ใช้ยาปฏิชีวนะเดี่ยวๆ แต่ให้ใช้ควบคู่กับผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่มีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อโรค โดยไม่ทำลายสมดุลและความหลากหลายของไมโครไบโอมในทางเดินอาหาร เพื่อรักษาสมดุลตามธรรมชาติของไมโครไบโอมในทางเดินอาหารและลดผลเสียในระยะยาว



อาหารเคลื่อนมาตามหลอดอาหารจนถึงทวารหนักได้อย่างไร



อาหารเคลื่อนมาตามหลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ จนถึงทวารหนักได้โดยเพอริสตัลซิส



การป้องกันไม่ให้เกิดอาการท้องผูกและโรคริดสีดวงทวารสามารถทำได้อย่างไร



กินอาหารที่มีเส้นใยมาก เช่น ผักและผลไม้ ถ่ายอุจจาระเป็นเวลาเสมอ และไม่กลั้นอุจจาระไว้นาน



ถ้าการทำงานของลำไส้ใหญ่ผิดปกติเพราะได้รับสารบางอย่าง เช่น ดีเกลือ (แมกนีเซียมซัลเฟต) หรือจุลินทรีย์บางชนิด เช่น เชื้อบิด เชื้ออหิวาตกโรค จะทำให้ผนังลำไส้ใหญ่ดูดน้ำและธาตุอาหารกลับได้น้อยกว่าปกติจะเกิดผลอย่างไรต่อร่างกาย



ร่างกายจะสูญเสียน้ำและธาตุอาหารปริมาณมาก ทำให้สมดุลน้ำและธาตุอาหารในร่างกายเสียไป ซึ่งอาจทำให้ช็อกและเสียชีวิตได้

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- โครงสร้าง หน้าที่ของอวัยวะในระบบย่อยอาหารของมนุษย์ กระบวนการย่อยอาหารและการดูดซึมสารอาหารภายในระบบย่อยอาหารของมนุษย์ จากการอภิปรายร่วมกัน และการทำแบบทดสอบ

ด้านทักษะ

- การสังเกต การจำแนกประเภท และความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการทำกิจกรรม

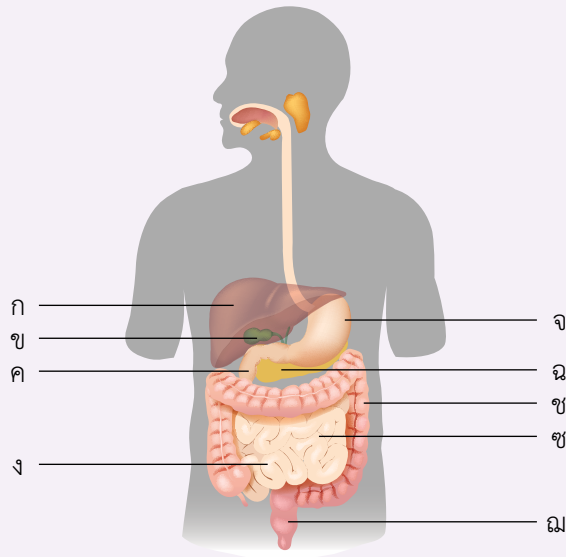
ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็น ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม และการอภิปรายร่วมกัน



เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 13

1. จงนำตัวอักษรที่แสดงอวัยวะต่างๆ ของระบบย่อยอาหารของมนุษย์ เติมลงในช่องว่างหน้าข้อความที่มีความสัมพันธ์กัน อาจตอบได้มากกว่าหนึ่งคำตอบ



-**จ** 1.1 มีเซลล์สร้างเมือก กรดไฮโดรคลอริก และเพปซินोजেন
-**ค** 1.2 เป็นส่วนของทางเดินอาหารที่มีท่อเปิดจากตับอ่อนและท่อน้ำดี
- ช ช** 1.3 เป็นบริเวณที่ส่วนใหญ่ทำหน้าที่ดูดซึมน้ำ วิตามิน และธาตุอาหาร
-**ก** 1.4 สร้างสารที่ทำให้ลิพิดแตกตัวเป็นหยดเล็กๆ
-**ฉ** 1.5 สร้างเอนไซม์ย่อยอาหารทุกประเภทและสร้างสารที่มีฤทธิ์เป็นเบส

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

...✓...2.1 ไฮโดรอลอยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารภายในช่องภายในลำตัว และมีการย่อยอาหารภายในเซลล์ด้วย

...✓...2.2 หน้าที่ย่างหนึ่งของเอนไซม์ที่สร้างจากเซลล์บุผิวของดูโอดินัม คือการเปลี่ยนเอนไซม์บางชนิดจากตับอ่อนที่ยังไม่พร้อมที่จะทำงานให้เป็นเอนไซม์ที่พร้อมจะทำงาน

...✗...2.3 อาหารประเภทลิพิดเมื่อย่อยแล้ว จะลำเลียงเข้าหลอดเลือดฝอยภายในวิลลัสของลำไส้เล็ก

ข้อความที่ผิดกรณีที่ 1

อาหารประเภทลิพิดเมื่อย่อยแล้ว จะลำเลียงเข้าหลอดเลือดฝอยภายในวิลลัสของลำไส้เล็ก

แก้ไขเป็น หลอดน้ำเหลืองฝอย

ข้อความที่ผิดกรณีที่ 2

อาหารประเภทลิพิดเมื่อย่อยแล้ว จะลำเลียงเข้าหลอดเลือดฝอยภายในวิลลัสของลำไส้เล็ก

แก้ไขเป็น คาร์โบไฮเดรตหรือโปรตีน

...✓...2.4 ลำไส้ใหญ่มีหน้าที่ดูดซึมน้ำ วิตามิน ธาตุอาหาร และหลังเมือก เพื่อช่วยในการเคลื่อนที่ของกากอาหาร

...✗...2.5 ผู้ป่วยที่ท่อน้ำดีอุดตันจะไม่มีกรย่อยอาหารประเภทลิพิด

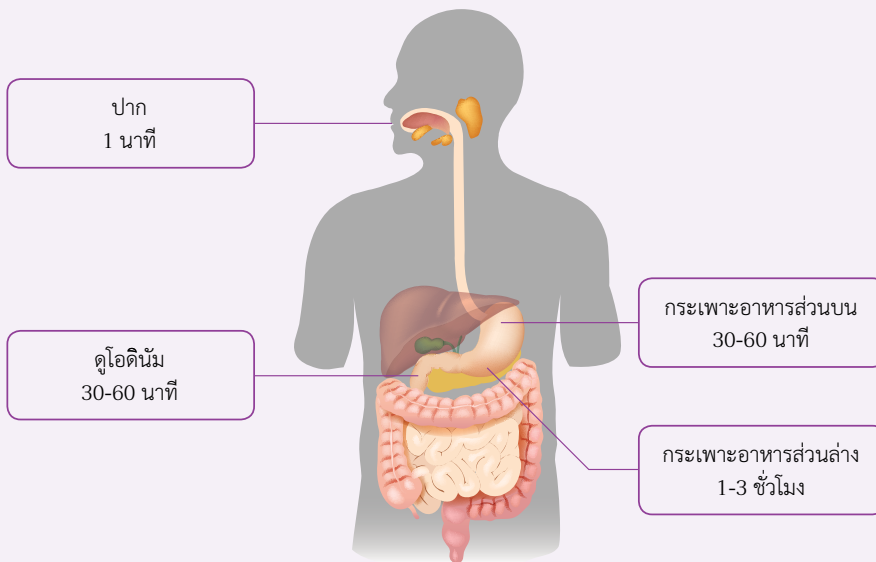
ผู้ป่วยที่ท่อน้ำดีอุดตันจะไม่มีกรย่อยอาหารประเภทลิพิด

แก้ไขเป็น มี (แต่มีประสิทธิภาพลดลง)

3. การหลั่งโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตซึ่งเป็นเบสจากตับอ่อนมีประโยชน์ต่อการย่อยอาหารอย่างไร

ตอบ โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตจากตับอ่อนหลั่งมาที่ดูโอดินัมมาผสมกับอาหารซึ่งมีความเป็นกรดสูงที่มาจากกระเพาะอาหาร ทำให้อาหารค่อนข้างเป็นกลางเพื่อป้องกันผนังของดูโอดินัมไม่ให้ถูกทำลายโดยกรด และทำให้เอนไซม์จากตับอ่อนและลำไส้เล็กทำงานได้ในดูโอดินัม

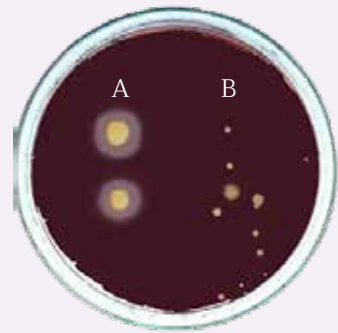
4. นักเรียนคนหนึ่งถูกระบาดเกี่ยวกับคดีฆาตกรรม เรื่องมีอยู่ว่า นาย ก. หายออกจากบ้านไปตอนหลังอาหารกลางวันของวันที่ 1 จนกระทั่งเช้าวันที่ 3 มีผู้พบศพในห้องเย็นสำหรับแช่ปลา ซึ่งถ้าดูจากสภาพการเปลี่ยนแปลงของศพไม่สามารถบอกได้ว่าเสียชีวิตเมื่อใด เนื่องจากศพอยู่ในห้องเย็นจึงดูจากการแข็งตัวของกล้ามเนื้อและการลดลงของอุณหภูมิร่างกายไม่ได้ แต่การผ่าศพพบว่าอาหารส่วนใหญ่อยู่ในกระเพาะอาหาร มีเส้นก๋วยเตี๋ยว ชนผัก และชิ้นเนื้ออีกหลายชิ้น รวมปริมาณอาหารประมาณครึ่งกระเพาะอาหาร และภรรยาของนาย ก. แจ้งว่านาย ก. รับประทานอาหารกลางวันเป็นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่เสร็จเมื่อเวลาประมาณ 12.00 น. นักสืบจึงสันนิษฐานว่า นาย ก. เสียชีวิตเมื่อเวลาประมาณ 24.00 น. ของวันที่หายตัวไป นักเรียนเห็นด้วยกับนักสืบในละครหรือไม่ เพราะเหตุใด



รูปแสดงระยะเวลาที่อาหารอยู่ในส่วนต่างๆ ของทางเดินอาหาร

ตอบ ไม่เห็นด้วย เพราะอาหารจะอยู่ในกระเพาะอาหารประมาณ 1-4 ชั่วโมงขึ้นกับชนิดของอาหาร จากการชันสูตรแล้วพบอาหารที่คาดว่า เป็นชนิดเดียวกับที่รับประทานไปเมื่อตอนกลางวัน ดังนั้น นาย ก. น่าจะเสียชีวิตหลังจากรับประทานอาหารกลางวันได้ไม่นาน คือประมาณ 1-2 ชั่วโมง ดังนั้นนาย ก. น่าจะเสียชีวิตในช่วงบ่ายของวันที่ 1 ถ้าเสียชีวิตเวลาประมาณ 24.00 น. ของวันที่หายไปตามที่นักสืบสันนิษฐาน อาหารที่รับประทานไปตอนกลางวันจะผ่านกระเพาะอาหารไปหมดแล้ว หรือถ้านาย ก. รับประทานอาหารไปอีกหลังจากนั้น อาหารที่พบในกระเพาะอาหารก็ควรจะเป็นชนิดอื่นที่แตกต่างจากอาหารกลางวัน

5. จากการทดลองเพื่อศึกษาการย่อยแป้งด้วยอะไมเลสที่แบคทีเรียสร้างขึ้น โดยเลี้ยงแบคทีเรีย A และ B บนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีแป้ง (starch agar) เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นทดสอบละลายไอโอดีนลงไปบนอาหารเลี้ยงเชื้อพบว่าบริเวณรอบๆ ที่แบคทีเรีย A เจริญ ไม่มีการเปลี่ยนสีของอาหารเลี้ยงเชื้อ ในขณะที่บริเวณรอบๆ ที่แบคทีเรีย B เจริญมีการเปลี่ยนสีของอาหารเลี้ยงเชื้อ ดังรูป



- 5.1 แบคทีเรียชนิดใดสามารถสร้างอะไมเลสได้ ทราบได้อย่างไร

ตอบ แบคทีเรีย A สร้างอะไมเลส โดยดูจากผลการทดลองที่เป็นบริเวณใสรอบโคโลนี แบคทีเรีย A เนื่องจากไม่มีแป้งที่ทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีน ส่วนรอบโคโลนีแบคทีเรีย B เป็นสีม่วงเนื่องจากมีแป้งที่ทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีน

- 5.2 เมื่อนำแบคทีเรีย A ไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวที่มีแป้งเป็นเวลา 3 วัน แยกเซลล์แบคทีเรียออกมาแล้วทำให้เซลล์แตก และนำส่วนที่สกัดจากเซลล์ไปทดสอบการย่อยแป้งของอะไมเลส พบว่าสารสกัดที่ได้จากแบคทีเรีย A สามารถย่อยแป้งได้เล็กน้อย เพราะเหตุใด

ตอบ แบคทีเรีย A สร้างอะไมเลสและปล่อยออกมานอกเซลล์เพื่อย่อยแป้งที่อยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวไปเป็นน้ำตาลที่สามารถนำไปใช้ได้ตลอดเวลา เมื่อทำให้เซลล์แตกและแยกออกมาทดสอบการย่อยแป้ง จะย่อยแป้งได้เพียงเล็กน้อยโดยอะไมเลสที่ยังคงเหลืออยู่ในเซลล์และยังไม่ได้ลำเลียงออกไปนอกเซลล์

6. เติมเครื่องหมาย ✓ ลงในตารางให้ตรงกับลักษณะทางเดินอาหารและการย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตที่กำหนดให้

สิ่งมีชีวิต	ทางเดินอาหาร			การย่อยอาหาร	
	ไม่มีทางเดินอาหาร	ไม่สมบูรณ์	สมบูรณ์	ภายในเซลล์	ภายนอกเซลล์
อะมีบา	✓			✓	
พารามีเซียม	✓			✓	
ฟองน้ำ	✓			✓	
ไฮดรา		✓		✓	✓
ปลานาเรีย		✓		✓	✓
ไส้เดือนดิน			✓		✓

7. นำชื่อสิ่งมีชีวิตที่กำหนดให้เติมลงในช่องว่างหน้าข้อให้สัมพันธ์กับลักษณะของระบบย่อยอาหาร

ตั๊กแตน

ปลานาเรีย

ไฮดรา

ไส้เดือนดิน

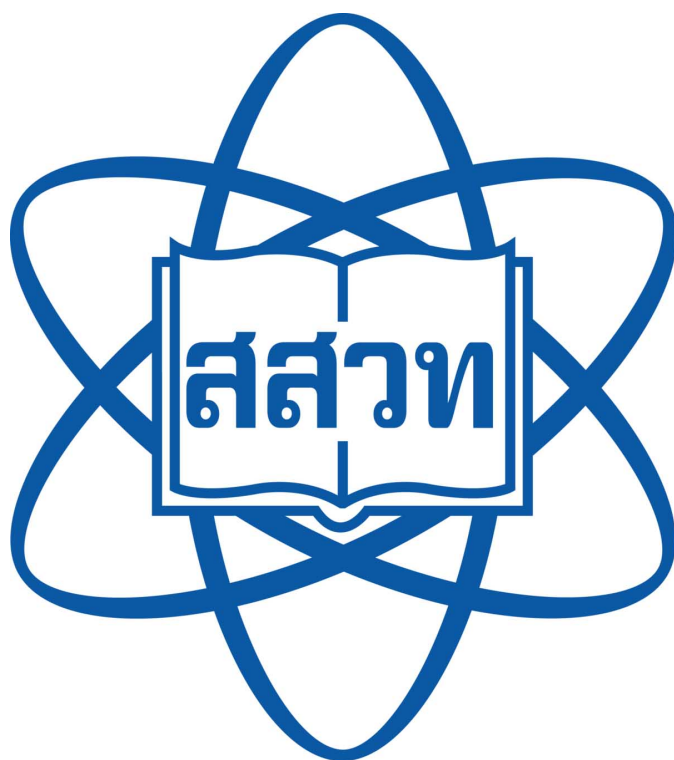
นก

ปลา

- ตั๊กแตน** 7.1 มีกระเพาะอาหารบริเวณอก ใช้โพรงทริคิตัลช่วยบดอาหาร มีต่อมสร้างเอนไซม์
- นก** 7.2 ไม่มีฟันและต่อมน้ำลาย ใช้ก้นช่วยบดอาหาร มีตับ ตับอ่อนสร้างเอนไซม์ ขับกากอาหารทางทวารหนัก
- ไฮดรา** 7.3 จับเหยื่อด้วยเข็มพิษ ปล่อยเอนไซม์จากเนื้อเยื่อชั้นในของช่องภายในลำตัว
- ไส้เดือนดิน** 7.4 กินอาหารทางปาก ไม่มีฟัน ลำไส้สร้างเอนไซม์มาย่อยอาหาร มีกระเพาะพักอาหาร
- ปลา** 7.5 ส่วนใหญ่มีฟัน มีตับ ถุงน้ำดี และมีตับอ่อนสร้างเอนไซม์ ขับกากอาหารทางทวารหนัก
- ปลานาเรีย** 7.6 ปล่อยเอนไซม์จากทางเดินอาหารผ่านคอหอยมาย่อยอาหารภายนอกตัว และย่อยต่อในช่องภายในลำตัว ขับกากอาหารออกทางปาก

8. ถ้าตัดส่วนเทนทาเคิลของไฮดราออกจะส่งผลต่อกระบวนการย่อยอาหารหรือไม่ เพราะเหตุใด

ตอบ ถ้าตัดส่วนเทนทาเคิลของไฮดราออกจะไม่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการย่อยอาหาร แต่จะส่งผลต่อการนำอาหารเข้าสู่เซลล์ เพราะเทนทาเคิลของไฮดราจะมีเข็มพิษสำหรับใช้แทงเหยื่อให้สลบและใช้เทนทาเคิลเพื่อจับอาหารเข้าสู่ปาก ดังนั้นเมื่อตัดเทนทาเคิลออกจะทำให้ไฮดราไม่สามารถนำอาหารเข้าปากและย่อยอาหารในช่องภายในลำตัวได้



บทที่

| ระบบหายใจ



ipst.me/8817

14



ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของพองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ และนก
2. สังเกต และอธิบายโครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม
3. สืบค้นข้อมูล และอธิบายโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สและกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์
4. อธิบายการทำงานของปอด และทดลองวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของพองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ และนก

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของพองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ และนก

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. การใช้วิจารณ์ญาณ 2. ความอยากรู้อยากเห็น

ผลการเรียนรู้

2. สังเกต และอธิบายโครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สังเกต และอธิบายโครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ 2. ความอยากรู้อยากเห็น 3. ความมุ่งมั่นอดทน

ผลการเรียนรู้

3. สืบค้นข้อมูล และอธิบายโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สและกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล และอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในทางเดินหายใจของมนุษย์
2. สืบค้นข้อมูล และอธิบายโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส กระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊ส และการลำเลียงแก๊สของมนุษย์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา	1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความอยากรู้อยากเห็น

ผลการเรียนรู้

4. อธิบายการทำงานของปอด และทดลองวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สังเกต และอธิบายการทำงานของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการหายใจเข้าและหายใจออก และทดลองวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์
2. สืบค้นข้อมูล และอธิบายการควบคุมการหายใจของมนุษย์และการรักษาคุณภาพของกรด-เบสในเลือด
3. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอสาเหตุ อาการ แนวทางการป้องกันโรคที่เกิดจากความผิดปกติของระบบหายใจ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การสังเกต 2. การวัด 3. การลงความเห็นจากข้อมูล 4. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 5. ทักษะการทดลอง 6. การสร้างแบบจำลอง	1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 3. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความรอบคอบ 3. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ 4. ความมุ่งมั่นอดทน

ผังมโนทัศน์ บทที่ 14





สาระสำคัญ

สัตว์แต่ละชนิดมีโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของโครงสร้างของร่างกาย สภาพแวดล้อมที่สัตว์อาศัยอยู่ และปริมาณแก๊สออกซิเจน (O_2) ที่สัตว์ต้องการเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมและเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ต้องกำจัดออกจากร่างกาย

การแลกเปลี่ยนแก๊สผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรงพบในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เช่น อะมีบา พารามีเซียม และสัตว์ที่ไม่มีระบบหมุนเวียนเลือด เช่น ฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย ส่วนไส้เดือนดินมีการแลกเปลี่ยนแก๊สผ่านเซลล์บริเวณผิวหนังที่เปียกชื้น แมลงมีท่อลมซึ่งแตกแขนงเป็นท่อลมฝอยนำแก๊สไปยังเซลล์ ปลาแลกเปลี่ยนแก๊สที่ละลายอยู่ในน้ำผ่านเหงือก สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกใช้เหงือกแลกเปลี่ยนแก๊สในระยะตัวอ่อน ใช้ผิวหนังและปอดในระยะตัวเต็มวัย ส่วนสัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ปีก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมใช้ปอดในการแลกเปลี่ยนแก๊ส

ทางเดินหายใจของมนุษย์ประกอบด้วย รูจมูก โพรงจมูก คอหอย กล่องเสียง ท่อลม หลอดลม หลอดลมฝอย และถุงลมในปอด โดยปอดเป็นบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างถุงลมกับหลอดเลือดฝอย และบริเวณเซลล์ของเนื้อเยื่อต่าง ๆ มีการแลกเปลี่ยนแก๊สโดยการแพร่ผ่านหลอดเลือดฝอยเช่นกัน ซึ่ง O_2 และ CO_2 จะถูกลำเลียงโดยระบบหมุนเวียนเลือด นอกจากนี้การทำงานของระบบหายใจยังเกี่ยวข้องกับการรักษาสมดุลภาพของกรด-เบสของเลือด

การหายใจปกติของมนุษย์เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความดันอากาศภายในปอดโดยการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครง และควบคุมโดยสมองส่วนพอนส์และเมดัลลาออบลองกาตา ระบบหายใจมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต เพื่อไม่ให้เกิดความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจ ดังนั้นจึงควรมีการดูแลรักษาระบบหายใจให้ทำงานเป็นปกติ

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ 12 ชั่วโมง

14.1 การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์	4 ชั่วโมง
14.2 อวัยวะและโครงสร้างในระบบหายใจของมนุษย์	1 ชั่วโมง
14.3 การแลกเปลี่ยนแก๊สและการลำเลียงแก๊ส	2 ชั่วโมง
14.4 การหายใจ	5 ชั่วโมง
รวม	12 ชั่วโมง



เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนใส่เครื่องหมายถูก (✓) หรือผิด (×) หน้าข้อความตามความเข้าใจของนักเรียน

- ☒ 1. ในบรรยากาศมีปริมาณแก๊สต่าง ๆ เรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ O_2 CO_2 และ N_2
- ☒ 2. CO_2 แพร่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นสูง
- ☒ 3. จมูก ท่อลม หลอดลม และปอด เป็นโครงสร้างในระบบหายใจของมนุษย์
- ☒ 4. การหายใจเข้านำเฉพาะ O_2 เข้าสู่ปอด และการหายใจออกนำเฉพาะ CO_2 ออกสู่บรรยากาศ
- ☒ 5. การหายใจระดับเซลล์เพื่อสลายสารอาหารในร่างกาย ส่วนใหญ่ต้องการ O_2 ในการสร้าง ATP
- ☒ 6. กระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สเกิดขึ้นระหว่างถุงลมในปอดกับหลอดเลือดฝอยและระหว่างหลอดเลือดฝอยกับเนื้อเยื่อ
- ☒ 7. การหายใจเข้าและการหายใจออกของมนุษย์เกี่ยวข้องกับการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครง
- ☒ 8. ขณะหายใจออกปริมาตรของอากาศภายในช่องอกเพิ่มขึ้น ความดันของอากาศในปอดจะมากกว่าความดันของอากาศภายนอก
- ☒ 9. มนุษย์ไม่สามารถหายใจขณะที่มีการกลืนอาหารได้
- ☒ 10. ความจุอากาศของปอดแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกันขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น เพศ อายุ ขนาดของร่างกาย และการออกกำลังกาย

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ในรูปนำบทที่แสดงถึงการเดินทางไปยังพื้นที่ที่อยู่สูงเหนือระดับน้ำทะเลมาก ๆ ทำให้อาจมีอาการวิงเวียน อ่อนเพลีย และหายใจลำบาก โดยครูอาจใช้รูปหรือวิดีโออื่น ๆ ในการนำเข้าสู่บทเรียน เช่น มนุษย์อวกาศปฏิบัติภารกิจนอกยานอวกาศ หรือการใช้หน้ากากออกซิเจนบนเครื่องบิน โดยอาจใช้แนวคำถามดังนี้

- เมื่อสภาพแวดล้อมภายนอกเปลี่ยนแปลง เช่น มีความดันอากาศลดลง จะส่งผลต่อร่างกายมนุษย์อย่างไร
- เพราะเหตุใดมนุษย์จึงต้องหายใจตลอดเวลา

จากการอภิปราย นักเรียนควรได้ข้อสรุปว่ามนุษย์จำเป็นต้องได้รับ O_2 อย่างเพียงพอตลอดเวลาเพื่อใช้สร้างพลังงานในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเซลล์ ซึ่งร่างกายต้องมีกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สกับสิ่งแวดล้อม เพื่อนำ O_2 ไปยังเซลล์และกำจัด CO_2 ออกจากร่างกาย จากนั้นครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบค้นข้อมูลว่ากระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สเกิดขึ้นได้อย่างไร ซึ่งนักเรียนอาจมีคำตอบได้หลากหลายและจะได้ศึกษาจากบทเรียนต่อไปนี้



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

อาการที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ตัวอย่างของรูปนำบทเรียกว่า altitude sickness เป็นภาวะที่พบในนักท่องเที่ยวที่เดินทางไปพื้นที่ที่มีความสูงเหนือระดับน้ำทะเลมากกว่า 3,000 เมตร และร่างกายไม่สามารถปรับตัวให้อยู่ในภาวะที่มี O_2 เบาบางได้ ทั้งนี้มีความแตกต่างกันขึ้นกับสภาพร่างกายของแต่ละบุคคล สำหรับคนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่สูงนั้นร่างกายจะมีการปรับตัวและให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ในบริเวณที่มี O_2 เบาบางได้ โดยในประเทศไทยบริเวณที่สูงที่สุดคืออุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ ซึ่งมีระดับความสูงประมาณ 2,565 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล จึงไม่พบอาการ altitude sickness ในนักท่องเที่ยว

ที่มา: National Health Service. (2560, 28 April). **Altitude sickness**. สืบค้นเมื่อ 28 พฤษภาคม 2561, จาก <https://www.nhs.uk/conditions/altitude-sickness/>
 สำนักอุทยานแห่งชาติ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. **ดอยอินทนนท์ (Doi Inthanon)**. สืบค้นเมื่อ 28 พฤษภาคม 2561, จาก http://park.dnp.go.th/visitor/nationparkshow.php?PTA_CODE=1006

ครูทบทวนความรู้และให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับกระบวนการหายใจระดับเซลล์ที่มีการใช้ O_2 ในการสร้างพลังงานและเกิด CO_2 ที่ต้องมีการกำจัดออก โดยมีแนวคำถามดังนี้

- การหายใจระดับเซลล์เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตใดบ้าง และเกิดที่โครงสร้างใดของเซลล์
- สารตั้งต้นที่จำเป็นในการหายใจระดับเซลล์ได้แก่อะไรบ้าง และได้ผลิตภัณฑ์อะไรบ้าง
- เซลล์ได้รับ O_2 มาจากกระบวนการใด
- เพราะเหตุใดสิ่งมีชีวิตต้องกำจัด CO_2 ออกจากร่างกาย
- แก๊ส O_2 และ CO_2 ลำเลียงเข้าหรือออกจากเซลล์ด้วยวิธีใด

นักเรียนควรได้ข้อสรุปว่าการหายใจระดับเซลล์เกิดบริเวณไมโทคอนเดรียในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยมีสารตั้งต้นคือกลูโคสและ O_2 ได้ผลิตภัณฑ์คือ ATP และ CO_2 โดยสัตว์หายใจเข้าเพื่อนำ O_2 จากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ร่างกาย ซึ่ง O_2 ในสิ่งแวดล้อมมาจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชและสาหร่าย และสัตว์กำจัด CO_2 ออกจากร่างกายสู่สิ่งแวดล้อมและเข้าสู่วัฏจักรคาร์บอนต่อไป ครูใช้รูป 14.1 ในหนังสือเรียนเพื่อเชื่อมโยงให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของระบบหายใจที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สในสัตว์และมีความสำคัญในการรักษาคุณภาพของร่างกาย

จากนั้นครูทบทวนเกี่ยวกับการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ด้วยการแพร่ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจว่าการแลกเปลี่ยนแก๊สเกิดขึ้นโดยการแพร่ การแพร่ของสารในสารละลายเป็นการเคลื่อนที่สุทธิของสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารนั้นสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารต่ำ การแพร่ของแก๊สก็เช่นกัน โดยการแพร่ของแก๊สพิจารณาจากความดันย่อยของแก๊สนั้นๆ ครูอาจเชื่อมโยงกับวิชาเคมีและทบทวนความหมายของความดันและความดันย่อยของแก๊ส จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามเชื่อมโยงความรู้ ดังนี้



การเชื่อมโยงความรู้

- ? จากตาราง ความดันย่อยของ N_2 และ CO_2 เป็นเท่าใด
ความดันย่อยของ N_2 ในบรรยากาศ คือ

$$P_{N_2} = 760 \times \frac{78}{100} \approx 593 \text{ mmHg}$$
 ความดันย่อยของ CO_2 ในบรรยากาศ คือ

$$P_{CO_2} = 760 \times \frac{0.04}{100} \approx 0.30 \text{ mmHg}$$

แก๊ส	สัดส่วนโดยปริมาตร (%)
O_2	21
CO_2	0.04
N_2	78
อื่นๆ	≈ 1

14.1 การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของฟองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ และนก
2. สังเกต และอธิบายโครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีความซับซ้อนของโครงสร้างร่างกาย สภาพแวดล้อมที่อาศัย และปริมาณ O_2 ที่ต้องการแตกต่างกัน โดยอาจใช้คำถามดังนี้ สัตว์ต่าง ๆ มีโครงสร้างในการแลกเปลี่ยนแก๊สและกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สอย่างไร

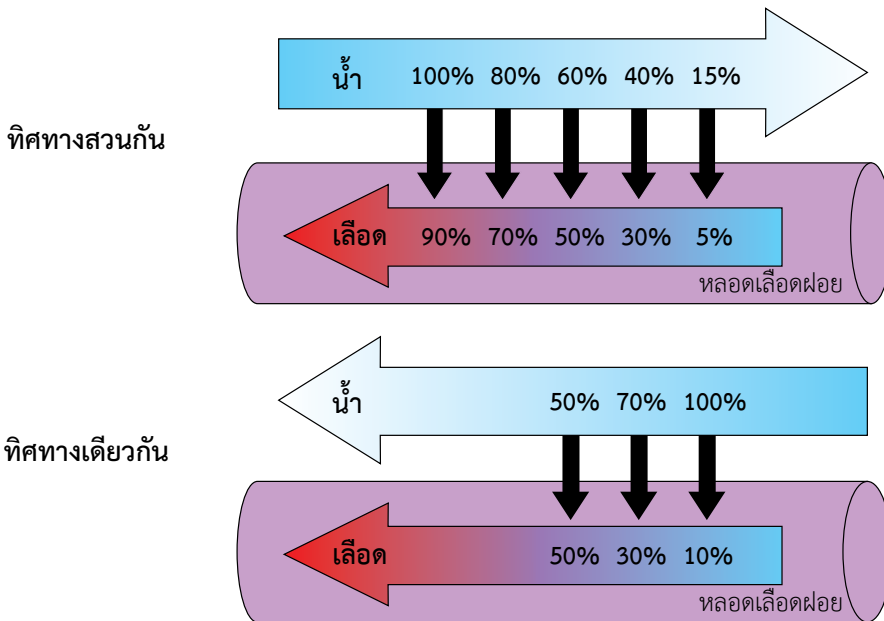
ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ฟองน้ำ ไฮดรา และพลาเนเรีย ซึ่งควรสรุปได้ว่าสิ่งมีชีวิตเหล่านี้นำ O_2 จากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าสู่ร่างกายเพื่อไปใช้สร้างพลังงาน และกำจัด CO_2 ที่ไม่ต้องการสู่สิ่งแวดล้อม โดยสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ไม่มีโครงสร้างเฉพาะสำหรับการแลกเปลี่ยนแก๊ส แต่มีการแลกเปลี่ยนแก๊สผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรง

ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อนำไปสู่การสืบค้นข้อมูลของสัตว์กลุ่มอื่น ๆ ดังนี้

- สัตว์ที่มีร่างกายขนาดใหญ่ต้องการ O_2 ในปริมาณมากขึ้น การแลกเปลี่ยนแก๊สผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรงเพียงพอหรือไม่ เพราะเหตุใด
- สัตว์ที่มีร่างกายขนาดใหญ่จะมีโครงสร้างใดที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส และมีการลำเลียงแก๊สไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้อย่างไร

นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของไส้เดือนดิน แมลง ปลา สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ปีก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม แล้วร่วมกันอภิปรายโดยใช้รูป 14.3-14.9 เพื่อเปรียบเทียบโครงสร้างและกลไกที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ต่าง ๆ และตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบดังนี้

-  การแลกเปลี่ยนแก๊สของฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย และไส้เดือนดินเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
-  เหมือนกัน คือ โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สมีลักษณะบางและชื้นทำให้แลกเปลี่ยนแก๊สได้ดี แตกต่างกัน คือ ฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรียเป็นสัตว์ขนาดเล็ก มีเยื่อหุ้มเซลล์ที่สัมผัสกับสิ่งแวดล้อมและสามารถแลกเปลี่ยนแก๊สกับสิ่งแวดล้อมได้โดยตรง ส่วนไส้เดือนดินมีเนื้อเยื่อหลายชั้น มีการแลกเปลี่ยนแก๊สผ่านทางผิวหนัง และมีระบบหมุนเวียนเลือดช่วยในการลำเลียงแก๊สไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย ซึ่งบางส่วนไม่สัมผัสกับสิ่งแวดล้อม
-  โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของแมลงสัมพันธ์กับโครงสร้างของร่างกายอย่างไร
-  แมลงใช้ระบบท่อลมซึ่งแตกแขนงไปทั่วร่างกายในการแลกเปลี่ยนแก๊ส เนื่องจากแมลงมีร่างกายขนาดเล็ก ดังนั้นการแตกแขนงของท่อลมจึงสามารถลำเลียงแก๊สไปแลกเปลี่ยนกับเซลล์ได้โดยตรงอย่างทั่วถึง โดยไม่ต้องใช้ระบบหมุนเวียนเลือด
-  โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของปลามีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตอย่างไร
-  ในน้ำมี O_2 ละลายอยู่ในปริมาณน้อยและมีการแพร่ของ O_2 ช้าเมื่อเทียบกับการแพร่ของ O_2 ในอากาศ สัตว์ที่อาศัยในน้ำ เช่น ปลาและกุ้ง ใช้เหงือกซึ่งมีลักษณะเป็นซี่ๆ เรียงกันเป็นแผงเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับ O_2 ในน้ำในการแลกเปลี่ยนแก๊ส และมีการไหลเวียนของน้ำผ่านเหงือกตลอดเวลา
-  ถ้าการไหลของน้ำและการไหลของเลือดในเหงือกมีทิศทางเดียวกัน การแลกเปลี่ยนแก๊ส O_2 จะแตกต่างจากการไหลที่มีทิศทางสวนทางกันอย่างไร
-  การไหลที่มีทิศทางเดียวกัน (concurrent) จะมีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนแก๊สต่ำกว่าการไหลที่มีทิศทางสวนทางกัน (countercurrent) เนื่องจากในการไหลที่มีทิศทางเดียวกัน เมื่อ O_2 ในน้ำที่ไหลผ่านเหงือกแพร่เข้าสู่หลอดเลือดฝอยจะมีปริมาณที่ลดลงตามลำดับ ในขณะที่ O_2 ในหลอดเลือดฝอยจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความแตกต่างของความดันย่อยของ O_2 ระหว่างน้ำและเลือดลดลงตามลำดับ ส่วนการไหลที่มีทิศทางสวนทางกันจะมีความแตกต่างของความดันย่อยของ O_2 ในน้ำสูงกว่าในหลอดเลือดฝอยตลอดพื้นที่ที่มีการแลกเปลี่ยนแก๊ส จึงทำให้มีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนแก๊สสูงกว่า



↓ ทิศทางการแพร่ของ O_2 จากน้ำสู่เลือด

ตัวเลขแสดงเปอร์เซ็นต์ของ O_2 ที่ละลายได้ในน้ำและในเลือด

การไหลของน้ำและการไหลของเลือดในเหงือกในทิศทางเดียวกันและทิศทางสวนทางกัน

?



โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของกบมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตอย่างไร
กบเป็นสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ซึ่งในแต่ละช่วงวัยใช้อวัยวะในการแลกเปลี่ยนแก๊สแตกต่างกัน
ในระยะที่เป็นลูกออดอาคัยในน้ำและใช้เหงือก เมื่อเป็นตัวเต็มวัยจะอาศัยใกล้แหล่งน้ำและใช้
ผิวหนังที่ชื้นในการแลกเปลี่ยนแก๊ส ร่วมกับการหายใจและแลกเปลี่ยนแก๊สในปอด

?



โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของนกมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตอย่างไร
นกต้องการพลังงานมากในการบิน จึงต้องใช้ O_2 ปริมาณมาก ปอดของนกเชื่อมต่อกับถุงลม
เพื่อสำรองอากาศไว้ใช้ การหายใจของนกแตกต่างจากสัตว์บกอื่นๆ โดยอากาศจะเคลื่อนที่ผ่าน
ปอดที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สในทิศทางเดียว ไม่มีอากาศที่ผ่านการแลกเปลี่ยนแก๊สแล้วมา
ผสม อีกทั้งนกไม่มีกล้ามเนื้อกะบังลมที่เกี่ยวข้องกับการขยายและหดตัวของปอด แต่ใช้การ
ขยายและหดตัวของถุงลมในการนำอากาศเข้าและออก

จากการสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายเกี่ยวกับโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ชนิดต่าง ๆ นักเรียนควรเปรียบเทียบและสรุปได้ว่าสัตว์ต่าง ๆ มีโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สแตกต่างกันขึ้นกับโครงสร้างของร่างกายและสภาพแวดล้อมที่อาศัย โดยนักเรียนอาจสรุปได้ดังตาราง ซึ่งครูอาจชี้ให้นักเรียนเห็นถึงวิวัฒนาการของโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สจากสัตว์ที่มีโครงสร้างร่างกายไม่ซับซ้อนจนมีโครงสร้างร่างกายซับซ้อนมากขึ้น

ตารางเปรียบเทียบโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ชนิดต่าง ๆ

สัตว์	โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส	ลักษณะสำคัญอื่น ๆ
พองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย	เยื่อหุ้มเซลล์	-
ไส้เดือนดิน	ผิวหนัง	- ลำเลียงแก๊สโดยระบบหมุนเวียนเลือด
แมลง	ระบบท่อลม	- ท่อลมฝอยสัมผัสกับเซลล์โดยตรง - มีถุงลมเพื่อสำรองอากาศในแมลงที่บินได้บางชนิด
ปลา	เหงือก	- ลำเลียงแก๊สโดยระบบหมุนเวียนเลือด - ทิศทางการไหลของเลือดในเหงือกและน้ำที่ผ่านเหงือกจะสวนทางกัน
สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก	เหงือก ผิวหนัง ปอด	- ลำเลียงแก๊สโดยระบบหมุนเวียนเลือด - มีการหายใจเข้าโดยอากาศถูกดันเข้าสู่ปอด ส่วนการหายใจออกโดยการหดตัวของปอดและกล้ามเนื้อโครงร่าง
สัตว์เลื้อยคลาน	ปอด	- ลำเลียงแก๊สโดยระบบหมุนเวียนเลือด
สัตว์ปีก	ปอด	- ลำเลียงแก๊สโดยระบบหมุนเวียนเลือด - มีถุงลมเพื่อสำรองอากาศ - อากาศจะเคลื่อนที่ผ่านปอดที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สในทิศทางเดียว - มีการหายใจเข้าและหายใจออก 2 ครั้ง ในแต่ละรอบการหายใจ
สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	ปอด	- ลำเลียงแก๊สโดยระบบหมุนเวียนเลือด - นำอากาศเข้าและออกผ่านทางเดินหายใจ ซึ่งประกอบด้วยรูจมูก โพรงจมูก คอหอย กล่องเสียง ท่อลม หลอดลม หลอดลมฝอย และถุงลมในปอด - หายใจเข้าและออกโดยอาศัยกล้ามเนื้อกะบังลม และกล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครง

ครูให้นักเรียนศึกษาโครงสร้างปอดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม จากนั้นนำเข้าสู่กิจกรรม 14.1 โดยตั้งคำถามดังนี้

- โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมมีลักษณะอย่างไร



กิจกรรม 14.1 โครงสร้างปอดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม

จุดประสงค์

1. สังเกตลักษณะภายนอกและภายในของปอด
2. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของปอดเมื่อมีการสูบลมเข้า
3. สังเกตและอธิบายลักษณะโครงสร้างของท่อลม หลอดลม และเนื้อเยื่อปอด

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

2 ชั่วโมง

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. ปอดหมู หรือปอดวัว (ที่มีท่อลมและกล่องเสียงติดอยู่)	1 อัน
2. น้ำ	200 ml
3. เครื่องมือผ่าตัด	1 ชุด
4. ถาดผ่าตัด	1 ถาด
5. ถ้วยมือยาง	ตามจำนวนนักเรียน
6. สายยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 cm และ 1 cm	2 เส้น
7. ที่สูบลมหรือที่สูบลูกโป่ง	1 อัน
8. ปีกเกอร์ ขนาด 250 mL	1 ใบ

การเตรียมตัวล่วงหน้าสำหรับครู

ครูเตรียมปอดหมูหรือปอดวัวซึ่งต้องสั่งผู้ขายล่วงหน้า เพราะปอดที่นำมาขายในตลาดนั้น มักถูกหั่นเป็นชิ้นจึงไม่เหมาะที่จะนำมาศึกษา ควรให้ปอด ท่อลม และกล่องเสียงมีความสมบูรณ์ ไม่ฉีกขาด โดยอาจนำส่วนของฝาปิดกล่องเสียงที่ติดอยู่กับลิ้น รวมทั้งหลอดอาหารมาด้วย ทั้งนี้ การเลือกตัวอย่างสัตว์ควรคำนึงว่าไม่ขัดต่อศาสนาของนักเรียน

แนวการจัดกิจกรรม

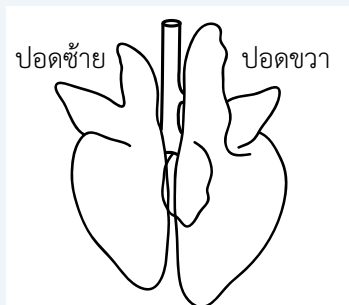
1. ให้นักเรียนศึกษาขั้นตอนการทำกิจกรรมให้ละเอียด โดยครูอาจอธิบายขั้นตอนพร้อมกับสาธิตให้นักเรียนดูก่อน จากนั้นครูแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 3-4 คน ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างจริงพร้อมเปรียบเทียบโครงสร้างของปอดกับรูป 14.10 ในหนังสือเรียน โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายคำถามภายในกลุ่ม และบันทึกผลด้วยการวาดรูปหรือถ่ายรูป
2. ในการศึกษาการขยายตัวของปอด ควรใช้สายยางและที่สูบลม ไม่ควรเป่าลมจากปากโดยตรง เพราะอาจทำให้ติดเชื้อโรคจากสัตว์ได้ และในการศึกษาหลอดลม อาจใช้สายยางขนาดต่างๆ ที่มีขนาดใกล้เคียงกับหลอดลมที่สังเกตเพื่อสูบลมเข้าไป ครูชี้แจงว่าการทำเช่นนี้เพื่อให้เห็นว่าหลอดลมมีขนาดต่างๆ โดยหลอดลมที่ต่อกับท่อลมมีขนาดใหญ่และจะมีขนาดเล็กลงตามลำดับ จนมีขนาดเล็กที่สุดเรียกว่าหลอดลมฝอย ซึ่งหลอดลมฝอยมองด้วยตาเปล่าไม่เห็นแต่นักเรียนอาจเห็นจุดสิ้นสุดเท่าที่สังเกตด้วยตาเปล่าได้
3. ครูอาจอธิบายเพิ่มเติมเพื่อทบทวนเกี่ยวกับการกลืนอาหาร โดยนำส่วนของกล่องเสียง ฝาปิดกล่องเสียง และหลอดอาหารมาอธิบาย

ให้นักเรียนเปรียบเทียบการทำงานของฝาปิดกล่องเสียงในการหายใจเข้าและหายใจออก กับขณะกลืนอาหาร ซึ่งลิ้นจะดันอาหารไปด้านหลังของช่องปาก อาหารจะดันลิ้นไก่และเพดานอ่อนขึ้นด้านบนปิดกั้นทางเดินหายใจเพื่อป้องกันอาหารไม่ให้เข้าสู่โพรงจมูกและท่อลม เนื่องจากมีฝาปิดกล่องเสียงปิดช่องเปิดของกล่องเสียงไว้ ซึ่งอาจสรุปได้ดังนี้

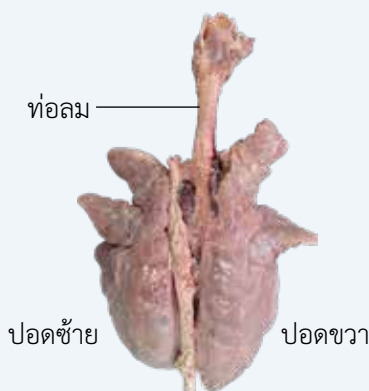
โครงสร้าง	ขณะหายใจเข้าและหายใจออก	ขณะกลืนอาหาร
ฝาปิดกล่องเสียง	ยกตัวสูงขึ้น	เลื่อนต่ำลง
ทางเดินหายใจ	เปิด	ปิด
ทางเดินอาหาร	ปิด	เปิด

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

จากการสังเกตโครงสร้างภายนอกของปอดหมู พบว่า ปอดมีสีแดงเรื่อ ปอดซ้ายมี 3 พู ปอดขวามี 4 พู มีกล่องเสียง ต่อกับท่อลม ท่อลมมีกระดูกอ่อนทำให้ไม่แฟบ และรูปร่าง กระดูกอ่อนคล้ายตัวอักษรภาษาอังกฤษ C เรียงตัวต่อกัน ทำให้มีความยืดหยุ่น เมื่อสูบลมเข้าท่อลมทั้งปอดซ้ายและ ปอดขวาจะพองตัว จากนั้นจะแฟบลง



โครงสร้างภายนอกของปอดหมู

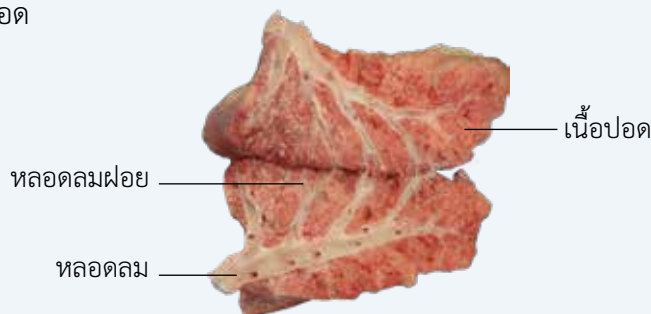


ลักษณะปอดก่อนสูบลม



ลักษณะปอดหลังสูบลมเข้าท่อลม

เมื่อใช้กรรไกรตัดท่อลมตามแนวยาวจนถึงหลอดลม ให้นักเรียนสังเกตว่าท่อลมแยกออกเป็นหลอดลมเข้าสู่ปอดทั้ง 2 ข้าง เมื่อใช้สายยางสอดเข้าไปที่หลอดลมด้านใดด้านหนึ่งแล้วสูบลม ปอดด้านนั้นจะพองตัว และเมื่อผ่าเนื้อปอดจะเห็นหลอดลมแตกแขนงเป็นหลอดลมขนาดเล็กลงไปทั่วปอด



ลักษณะหลอดลมและหลอดลมฝอย

เมื่อตัดชิ้นเนื้อปอดใส่ในบีกเกอร์ที่มีน้ำหรือภาชนะอื่น ชิ้นเนื้อปอดจะลอยน้ำเพราะมีอากาศค้างอยู่ภายในถุงลม โดยครูอาจให้นักเรียนเปรียบเทียบกับชิ้นกล้ามเนื้อ ซึ่งจะพบว่าชิ้นกล้ามเนื้อจะจม นอกจากนี้ครูอาจใช้กิจกรรมนี้ชี้แนะนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าปอดมีลักษณะคล้ายลูกโป่งที่มีอากาศภายใน โดยอธิบายว่าปอดมีเนื้อเยื่อที่ภายในมีถุงลมจำนวนมาก และหลอดเลือด ถ้าสังเกตแล้วพบว่าชิ้นเนื้อปอดไม่ลอยอาจเป็นเพราะเป็นบริเวณที่มีเลือดค้างอยู่ภายใน



ชิ้นกล้ามเนื้อและชิ้นเนื้อปอดในภาชนะที่มีน้ำ

จากการทำกิจกรรม นักเรียนอาจวาดรูปทางเดินหายใจและปอดได้หลากหลาย ขึ้นกับส่วนประกอบที่สังเกตได้จากการทำกิจกรรม โดยควรมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ กล่องเสียง ท่อลม หลอดลมและปอด

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

? ปอดมีสีอะไร เพราะเหตุใดจึงมีสีเช่นนั้น

✎ ปอดมีสีแดง เพราะบริเวณถุงลมมีหลอดเลือดฝอยล้อมรอบ

? เนื้อปอดมีลักษณะอย่างไร

✎ เนื้อปอดมีลักษณะหยุ่นคล้ายฟองน้ำ

? ลักษณะรูปร่างและขนาดของปอดซ้ายและปอดขวามีความแตกต่างกันอย่างไร

✎ ปอดซ้ายเล็กกว่าปอดขวาเล็กน้อย เนื่องจากด้านซ้ายเป็นบริเวณที่มีหัวใจ โดยในปอดของหนู ปอดซ้ายมี 3 พู ปอดขวามี 4 พู ซึ่งแตกต่างจากปอดของมนุษย์ที่ปอดซ้ายมี 2 พู ปอดขวามี 3 พู

? เมื่อใช้นิ้วมือบีบท่อลมแล้วปล่อย ท่อลมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

 เมื่อบีบท่อลมจะแฟบ เมื่อปล่อยท่อลมจะกลับคืนรูปเดิม

? ลักษณะของท่อลม การจัดเรียงตัวของกระดูกอ่อน รูปร่างของกระดูกอ่อนมีความเหมาะสมต่อการทำหน้าที่อย่างไร

 ท่อลมมีกระดูกอ่อนเป็นวงเรียงตัวต่อกันทำให้ท่อลมไม่ตีบแบน และปลายกระดูกอ่อนแต่ละชิ้นไม่ชนกันมีกล้ามเนื้อเชื่อมระหว่างปลาย จึงมีลักษณะเหมือนตัวอักษรภาษาอังกฤษ C มีความยืดหยุ่นและสามารถขยายตัวได้เล็กน้อย จึงมีประโยชน์ทำให้อากาศเข้าและออกจากปอดได้สะดวก

? เมื่อสอดสายยางแล้วสูบลมเข้าที่หลอดลมด้านหนึ่งของปอด ปอดอีกข้างมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

 ปอดอีกข้างไม่มีการเปลี่ยนแปลง

? เมื่อตัดเนื้อปอดเป็นชิ้นขนาดเล็กใส่ในบีกเกอร์ที่มีน้ำจะเกิดอะไรขึ้น เพราะเหตุใด

 ชิ้นเนื้อปอดจะลอยน้ำ เพราะมีอากาศค้างอยู่ภายในถุงลมในปอด



ชวนคิด

? โลมาและวาฬใช้โครงสร้างอะไรในการแลกเปลี่ยนแก๊ส

 โลมาและวาฬเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมที่อาศัยในน้ำ ใช้ปอดในการแลกเปลี่ยนแก๊สเช่นเดียวกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมชนิดอื่น โดยมีช่องหายใจ (blowhole) ที่อยู่ด้านบนของหัวเป็นทางเข้าออกของแก๊ส ซึ่งทำให้วาฬและโลมาต้องขึ้นมาหายใจที่ผิวน้ำ

จากการศึกษาโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ชนิดต่าง ๆ ครูอาจใช้คำถามเพื่อให้ นักเรียนอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับลักษณะสำคัญดังนี้ โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ต่าง ๆ มีลักษณะสำคัญร่วมกันอย่างไรที่เหมาะสมต่อการแพร่และการลำเลียงแก๊ส

จากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่า ลักษณะของโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สต้องมีผนังบางและมีความชื้น นอกจากนี้ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนแก๊สขึ้นอยู่กับปริมาณพื้นที่ผิวที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส และมีระบบหมุนเวียนเลือดช่วยลำเลียงแก๊ส



ตรวจสอบความเข้าใจ

? หากเปื่อยที่อาศัยในน้ำและแพนด้าที่อาศัยบนบกมีโครงสร้างและกระบวนการในการแลกเปลี่ยนแก๊สเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

 หากเปื่อย (nudibranch) เป็นสัตว์ที่อาศัยในน้ำจัดอยู่ในกลุ่มหอย ไม่มีเปลือก ด้านหลังของลำตัวมีเหงือกที่เป็นซี่ๆ ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส โดย O_2 ในน้ำจะแพร่เข้าสู่เซลล์และลำเลียงไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย ส่วนแพนด้าเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมอาศัยบนบก มีปอดเป็นอวัยวะที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส โดย O_2 ในอากาศจะแพร่เข้าสู่ถุงลมและลำเลียงไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยระบบหมุนเวียนเลือด

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- โครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ และนก จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทำแบบทดสอบ
- โครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการทำกิจกรรม

ด้านทักษะ

- การสังเกต การจำแนกประเภท การลงความเห็นจากข้อมูล จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการทำกิจกรรมเกี่ยวกับโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ จากการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอ และการทำกิจกรรมเกี่ยวกับโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- การใช้วิจารณญาณ ความอยากรู้อยากเห็น ความรอบคอบ ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ และความมุ่งมั่นอดทน จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน

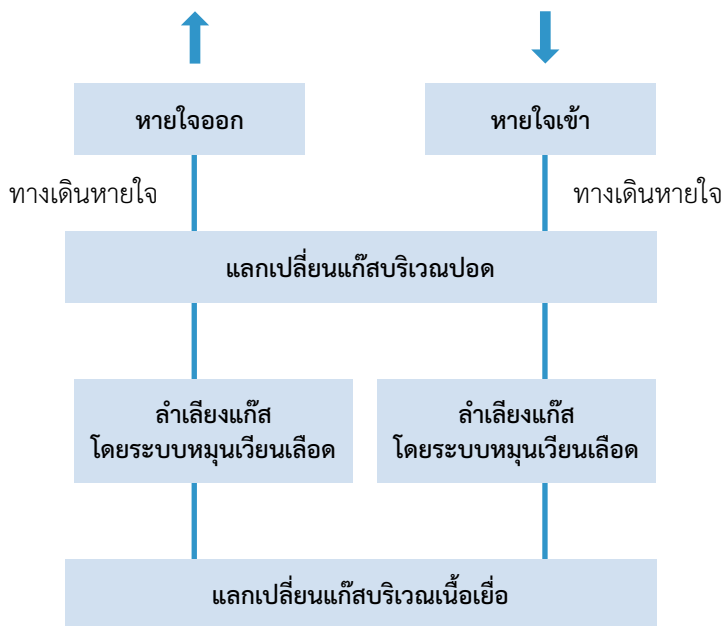
14.2 อวัยวะและโครงสร้างในระบบหายใจของมนุษย์

จุดประสงค์การเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล และอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในทางเดินหายใจของมนุษย์

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนเปรียบเทียบโครงสร้างของระบบหายใจในมนุษย์กับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่ได้ศึกษาจากกิจกรรมว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร แล้วทบทวนความรู้เกี่ยวกับระบบหายใจของมนุษย์ ซึ่งมีกระบวนการที่เกี่ยวข้องดังนี้



ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพื่ออธิบายเกี่ยวกับทางเดินหายใจและโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์โดยอาจใช้รูป 14.10 ในหนังสือเรียนประกอบ ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับระบบหายใจของมนุษย์ โดยอาจใช้คำถามนำการอภิปรายดังนี้

- เมื่อนักเรียนสูดอากาศเข้าทางรูจมูก อากาศจะผ่านอวัยวะใดบ้าง
รูจมูก → โพรงจมูก → คอหอย → กล่องเสียง → ท่อนลม → หลอดลม → หลอดลมฝอย → ถุงลม
- โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์มีลักษณะสำคัญอย่างไรที่เหมาะสมต่อการแพร่และการลำเลียงแก๊ส
ถุงลมในปอดเป็นโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สที่มีผนังบาง มีความชื้นสูง มีพื้นที่ผิวมาก และมีร่างแหของหลอดเลือดฝอยห่อหุ้มอยู่โดยรอบสำหรับแลกเปลี่ยนแก๊สและลำเลียงแก๊ส
- ร่างกายมนุษย์มีวิธีการรักษาความชื้นของโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สได้อย่างไร
ร่างกายมีการรักษาความชื้นของโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สได้โดยปอดมีตำแหน่งอยู่ภายในช่องอก และมีเยื่อหุ้มปอดที่ช่วยรักษาความชื้นให้ปอดอยู่เสมอ รวมทั้งภายในถุงลมมีความชื้นสูง

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

- ? ถุงลมในปอดของมนุษย์เหมือนหรือแตกต่างจากถุงลมของนกอย่างไร
แตกต่างกันคือถุงลม (alveolus) ในปอดของมนุษย์ ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊ส โดยมีผนังบาง มีพื้นที่ผิวมาก มีหลอดเลือดฝอยล้อมรอบ ส่วนถุงลม (air sac) ของนก ทำหน้าที่สำรองอากาศเพื่อส่งไปแลกเปลี่ยนแก๊สที่บริเวณแขนงหลอดลมในปอด และถุงลมของนกมีผนังหนา มีพื้นที่ผิวน้อยกว่า
- ? โครงสร้างของถุงลมและหลอดเลือดฝอยมีลักษณะเหมาะสมกับการแลกเปลี่ยนแก๊สอย่างไร
มีผนังบางมาก มีความชื้น และมีพื้นที่ผิวมาก ทำให้แก๊สสามารถแพร่ผ่านระหว่างถุงลมและหลอดเลือดฝอยได้ดี
- ? เมื่อมีมลพิษทางอากาศ เช่น ฝุ่นละอองขนาดเล็กเข้าสู่ทางเดินหายใจ จะส่งผลกระทบต่อทางเดินหายใจอย่างไร และร่างกายมีกระบวนการป้องกันอย่างไร
หากได้รับฝุ่นละอองในปริมาณมากและสะสมจะส่งผลให้เกิดการระคายเคือง คัดจมูก มีความเสี่ยงที่จะเป็นภูมิแพ้ หอบหืด เนื้อเยื่อปอดถูกทำลาย และเป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจ ร่างกายมีกระบวนการป้องกันโดยภายในโพรงจมูกและท่อนลมมีเยื่อบุผิวที่มีซิเลียและเมือกช่วยดักจับสิ่งแปลกปลอมรวมทั้งฝุ่นละอองไม่ให้เข้าสู่ถุงลม ส่วนฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กมากอาจเข้าสู่ทางเดินหายใจและเข้าสู่ถุงลมได้

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับหน้าที่ของโครงสร้างและอวัยวะในทางเดินหายใจซึ่งประกอบด้วยรูจมูก โพรงจมูก คอหอย กล่องเสียง ท่อลม หลอดลม หลอดลมฝอย และถุงลมในปอด จากนั้นครูอธิบายเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของโครงสร้างของถุงลมที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส ซึ่งมีผนังบาง มีความชื้นสูง มีหลอดเลือดฝอยหล่อหุ้ม มีพื้นที่ผิวมาก ครูอาจอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรที่มีผลกับการแลกเปลี่ยนแก๊ส โดยเปรียบเทียบระหว่างถุงลมในคนปกติและถุงลมของผู้ป่วยที่เป็นโรคถุงลมโป่งพองจากกรณีศึกษา



ชวนคิด

? สารจะแพร่เข้าและออกจากเซลล์ได้ดีกว่าเมื่ออัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมีค่าสูงกว่า ถ้าถุงลม A มีรัศมี 0.1 มิลลิเมตร และถุงลม B มีรัศมี 0.3 มิลลิเมตร จงเปรียบเทียบอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของถุงลม A และ B

✎ ถุงลม B ที่มีขนาดใหญ่กว่า มีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรน้อยกว่าถุงลม A ที่มีขนาดเล็กกว่า

แนวการคิด

ถุงลมมีรูปร่างค่อนข้างกลมสามารถหาพื้นที่ผิวและปริมาตรได้ดังนี้

ถุงลม A

$$\text{พื้นที่ผิว} = 4 \pi r^2 = 4 \times 3.14 \times 0.1^2 = 0.1256 \text{ mm}^2$$

$$\text{ปริมาตร} = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3.14 \times 0.1^3 = 0.0042 \text{ mm}^3$$

$$\text{ดังนั้น อัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของถุงลม A} = \frac{0.1256}{0.0042} = 30 : 1$$

ถุงลม B

$$\text{พื้นที่ผิว} = 4 \pi r^2 = 4 \times 3.14 \times 0.3^2 = 1.1304 \text{ mm}^2$$

$$\text{ปริมาตร} = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3.14 \times 0.3^3 = 0.1130 \text{ mm}^3$$

$$\text{ดังนั้น อัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของถุงลม A} = \frac{1.1304}{0.1130} = 10 : 1$$

? ในผู้ป่วยที่เป็นโรคถุงลมโป่งพอง ผนังของถุงลมอาจถูกทำลายทะลุถึงกันเกิดเป็นถุงลมขนาดใหญ่ขึ้น ดังรูปตัดตามขวางของถุงลมในปอด โครงสร้างของถุงลมที่เปลี่ยนแปลงไปจะส่งผลต่อการแลกเปลี่ยนแก๊สอย่างไร

 ผู้ป่วยที่เป็นโรคถุงลมโป่งพองจะมีการแลกเปลี่ยนแก๊สลดลง เนื่องจากอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรต่ำกว่าถุงลมปกติมีผลต่อการแพร่เข้าและออกของแก๊สจากถุงลม ทำให้ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนแก๊สลดลง



ถุงลมของคนปกติ

ถุงลมของคนที่เป็นโรคถุงลมโป่งพอง



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

เสียงพูดเกิดจากการทำงานร่วมกันของอวัยวะต่างๆ รวมทั้งกล่องเสียงซึ่งมีเส้นเสียง (vocal cord) ซึ่งพาดอยู่บริเวณด้านบน ซึ่งเสียงพูดเกิดจากลมหายใจในขณะหายใจออก โดยเมื่อกล้ามเนื้อในกล่องเสียงตึงสายเสียงมาชิดกัน ลมจากปอดจะดันให้สายเสียงสั่นสะเทือนเกิดเป็นคลื่นเสียงเสียงสูงหรือเสียงต่ำขึ้นกับความถี่ของการสั่น เมื่อมีการเคลื่อนไหวของอวัยวะในคอ ช่องปาก ลิ้น และริมฝีปากจะเกิดเป็นเสียงพูดนั่นเอง



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

มลพิษทางอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อระบบหายใจของมนุษย์และสัตว์ต่างๆ โดยเฉพาะฝุ่นละอองและสารมลพิษที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การจราจร อุตสาหกรรมการก่อสร้าง การเผาป่า หรือจากธรรมชาติ เช่น การระเบิดของภูเขาไฟ ตัวอย่างเช่น ปัญหาหมอกควันในกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2561 ซึ่งมีฝุ่นละออง (particle matter; PM) ขนาดเล็กปกคลุมพื้นที่เป็นเวลาหลายวัน ส่งผลให้ผู้อาศัยมีอาการระคายเคืองตาและทางเดินหายใจ แน่นจมูก หายใจลำบาก เป็นต้น โดยฝุ่นละอองขนาดเล็กเป็นอันตรายต่อสุขภาพเพราะสามารถเข้าสู่ถุงลมในปอดได้ ดังนี้

PM 10 คือ ฝุ่นหยาบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในช่วง 2.5-10 ไมโครเมตร เมื่อเข้าสู่ทางเดินหายใจจะทำให้เกิดการระคายเคือง เนื้อเยื่อปอดถูกทำลาย

PM 2.5 คือ ฝุ่นละอองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร ซึ่งสามารถเข้าสู่ถุงลมในปอดและระบบหมุนเวียนเลือดได้ ฝุ่นที่สูดฝุ่นนี้เข้าไปในปริมาณมาก จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อตาและทางเดินหายใจ ปอดจะแลกเปลี่ยนแก๊สได้ลดลงและหัวใจอาจทำงานหนักขึ้น

ทั้งนี้ในการป้องกันควรมีการควบคุมแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง และป้องกันการได้รับฝุ่นละอองด้วยการใส่หน้ากากที่เหมาะสม

ที่มา: กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2558, 1 เมษายน). แนวทางการเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงจากมลพิษทางอากาศกรณีฝุ่นละอองขนาดเล็ก. สืบค้นเมื่อ 15 มิถุนายน 2561, จาก http://hia.anamai.moph.go.th/more_news.php?cid=317&filename=index

14.3 การแลกเปลี่ยนแก๊สและการลำเลียงแก๊ส

จุดประสงค์การเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล และอธิบายโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส กระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊ส และการลำเลียงแก๊สของมนุษย์

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ ดังนี้

- การแลกเปลี่ยนแก๊สเกิดขึ้นที่ใดบ้าง
- อากาศที่นักเรียนหายใจเข้ามี O_2 สูง เมื่อเข้าสู่ถุงลม O_2 เหล่านี้จะเข้าสู่เลือดได้อย่างไร
- O_2 จะเคลื่อนเข้าสู่เซลล์และ CO_2 จะเคลื่อนออกจากเซลล์ได้อย่างไร
- ร่างกายมีวิธีกำจัด CO_2 ออกได้อย่างไร

จากการอภิปราย คำตอบของนักเรียนอาจมีได้หลากหลาย จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษารูป 14.11 ในหนังสือเรียน แล้วสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนแก๊สในส่วนต่างๆ ของร่างกาย เมื่อมีความดันย่อยของแก๊สแตกต่างกัน

นักเรียนควรสรุปได้ว่าการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์เกิดขึ้น 2 บริเวณ คือ บริเวณถุงลมในปอด กับหลอดเลือดฝอย และบริเวณเซลล์ของเนื้อเยื่อต่างๆ กับหลอดเลือดฝอย โดยบริเวณถุงลมในปอด อากาศที่หายใจเข้าจะมี O_2 สูง มีความดันย่อยของ O_2 สูง จึงแพร่จากถุงลมเข้าสู่หลอดเลือดฝอย รอบๆ ถุงลม จากนั้น O_2 จะลำเลียงไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายผ่านระบบหมุนเวียนเลือด ซึ่ง O_2 ในหลอดเลือดฝอยมีความดันย่อยสูงกว่าในเนื้อเยื่อจึงแพร่เข้าสู่เซลล์ในทางกลับกัน CO_2 ภายในเซลล์มีความดันย่อยสูงกว่าจะแพร่ออกจากเซลล์เข้าสู่หลอดเลือดฝอย เมื่อเลือดที่มี CO_2 สูงเคลื่อนที่ไปยังถุงลมในปอด CO_2 จะแพร่ออกจากหลอดเลือดฝอยสู่ถุงลม และหายใจออกเพื่อนำ CO_2 ออกจากตัว

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



บริเวณใดของร่างกายมีความดันย่อยของ O_2 สูงที่สุด และต่ำที่สุด เพราะเหตุใด



บริเวณที่มีความดันย่อยของ O_2 สูงที่สุดคือบริเวณทางเดินหายใจส่วนที่รับอากาศจากภายนอก เข้าสู่ร่างกาย เนื่องจากอากาศที่หายใจเข้ามี O_2 เป็นส่วนประกอบในปริมาณมาก ส่วนบริเวณที่มีความดันย่อยของ O_2 ต่ำที่สุดคือเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย เนื่องจากเนื้อเยื่อใช้ O_2 ในปฏิกิริยาต่างๆ ของเมแทบอลิซึม



บริเวณใดของร่างกายมีความดันย่อยของ CO_2 สูงที่สุด และต่ำที่สุด เพราะเหตุใด



บริเวณที่มีความดันย่อยของ CO_2 สูงที่สุดคือบริเวณเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย เนื่องจากเซลล์ต่างๆ มีการหายใจระดับเซลล์และเกิด CO_2 ส่วนบริเวณที่มีความดันย่อยของ CO_2 ต่ำที่สุดคือบริเวณทางเดินหายใจส่วนที่รับอากาศจากภายนอกเข้าสู่ร่างกาย เนื่องจากอากาศที่หายใจเข้ามี CO_2 เป็นส่วนประกอบในปริมาณน้อย



เซลล์ของเนื้อเยื่อปอดต้องการ O_2 หรือไม่ เพราะเหตุใด



เซลล์ของเนื้อเยื่อปอดต้องการ O_2 เพราะเนื้อเยื่อปอดต้องการพลังงานในการทำกิจกรรมในเซลล์เช่นเดียวกับเซลล์อื่นๆ ของร่างกาย

ครูตั้งคำถามให้นักเรียนอภิปรายว่า มนุษย์มีการลำเลียง O_2 จากปอดไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ เพื่อใช้ในการหายใจระดับเซลล์ได้อย่างไร และลำเลียง CO_2 จากเนื้อเยื่อไปยังปอดได้อย่างไร จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบหมุนเวียนเลือดและโครงสร้างของเซลล์เม็ดเลือดแดงที่มีฮีโมโกลบินเป็นองค์ประกอบแล้วให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับการลำเลียง O_2 และ CO_2 ในร่างกาย โดยอาจใช้รูป 14.12-14.14 ในหนังสือเรียน



ชวนคิด

- ?** แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นแก๊สที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น โดยทั่วไปเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งฮีโมโกลบินสามารถจับกับ CO ได้ดีกว่าจับกับ O_2 มากกว่า 210 เท่า เพราะเหตุใดการนอนหลับเป็นเวลานานในรถที่ติดเครื่องยนต์ และเปิดเครื่องปรับอากาศ รวมทั้งปิดกระจก อาจมีอาการปวดศีรษะ อ่อนเพลีย หรือถึงขั้นเสียชีวิตได้
- ✎** คำนวณจากท่อไอเสียรถยนต์ซึ่งมี CO อาจจะเข้ามาในรถ เมื่อหายใจเข้าไปในปริมาณมากจะทำให้ร่างกายได้รับ CO ในปริมาณมาก ซึ่ง CO จะไปจับกับฮีโมโกลบินของเซลล์เม็ดเลือดแดงได้ดีกว่า O_2 และฮีโมโกลบินไม่ยอมปล่อย CO ออกมาง่าย ๆ ส่งผลให้เลือดลำเลียง O_2 ได้น้อยลง ทำให้สมองและร่างกายขาด O_2 จึงเกิดอาการปวดศีรษะ อ่อนเพลีย หรือถึงขั้นเสียชีวิตได้

ครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

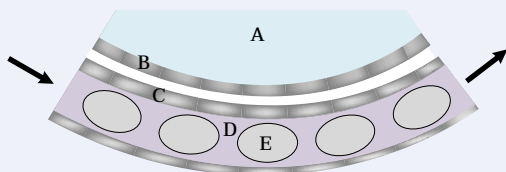
- ?** ถ้าร่างกายได้รับ CO_2 มากจะส่งผลต่อความเป็นกรด-เบสของเลือดอย่างไร
- ✎** เมื่อร่างกายได้รับ CO_2 มากจะส่งผลให้เลือดมีความเป็นกรดมากขึ้น

นักเรียนควรสรุปได้ว่า O_2 จับกับหมู่ฮีมของฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดงและลำเลียงไปยังเซลล์ต่าง ๆ ส่วน CO_2 ทำปฏิกิริยากับน้ำในเซลล์เม็ดเลือดแดงเกิดเป็นกรดคาร์บอนิก ซึ่งกรดคาร์บอนิกจะแตกตัวได้ไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออนและไฮโดรเจนไอออน หลังจากนั้นไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออนจะถูกลำเลียงสู่พลาสมา และลำเลียงไปยังปอดต่อไป นอกจากนี้ครูอาจอธิบายเพิ่มเติมว่า CO_2 ส่วนหนึ่งลำเลียงโดยจับกับฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดง และอีกส่วนหนึ่งละลายอยู่ในพลาสมา



ตรวจสอบความเข้าใจ

จากรูปหลอดเลือดฝอยที่ล้อมรอบถุงลมในปอดซึ่งมีทิศทางการไหลของเลือดตามลูกศร ตอบคำถามต่อไปนี้โดยใช้ตัวอักษร A-E สามารถตอบซ้ำกันได้



? ลำดับทิศทางการแพร่ของ O_2 เป็นอย่างไร

✎ $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$

? บริเวณใดที่แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีผลต่อการแลกเปลี่ยนแก๊สของ O_2

✎ E

? ตำแหน่งใดที่มีออกซีฮีโมโกลบิน

✎ E

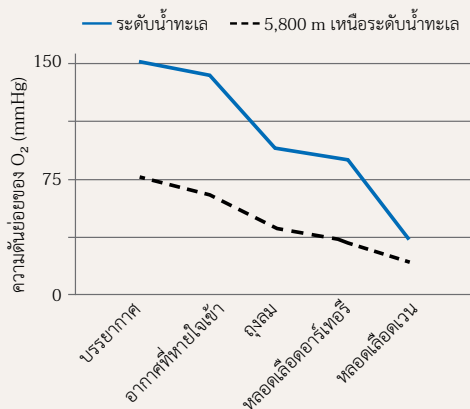
? ที่ตำแหน่ง A และ D บริเวณใดมีความดันย่อยของ CO_2 สูงกว่า

✎ D



ชวนคิด

? เมื่อนักท่องเที่ยวบินภูเขาที่มีความสูงประมาณ 5,800 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล อาจมีอาการปวดศีรษะ วิงเวียน อ่อนเพลีย และหายใจลำบาก นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะเหตุใดโดยใช้ข้อมูลอ้างอิงได้จากในกราฟ



ที่มา: Peacock, A. J. (1998). Oxygen at high altitude. *BMJ : British Medical Journal*, 317 (7165), 1063-1066.

กราฟแสดงความดันย่อยของ O_2 เมื่อวัดในบรรยากาศและบริเวณต่างๆ ของร่างกาย ที่ความสูงระดับน้ำทะเลและที่ความสูง 5,800 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล

✎ เมื่อเดินทางไปยังพื้นที่สูงเหนือระดับน้ำทะเล ความดันอากาศจะลดลง ทำให้ความดันย่อยของ O_2 ในบรรยากาศลดลง ความดันย่อยของ O_2 ในทางเดินหายใจ ถุงลม และหลอดเลือดจึงลดลง ส่งผลให้ร่างกายได้รับ O_2 ไม่เพียงพอ จึงมีอาการ altitude sickness เช่น ปวดศีรษะ วิงเวียน อ่อนเพลีย และหายใจลำบาก ทั้งนี้หากค่อยๆ เดินทางไปยังพื้นที่สูงและใช้ระยะเวลาหนึ่ง ร่างกายจะมีการปรับตัวโดยเลือดจะสามารถรับ O_2 ได้ดีขึ้น ทำให้ร่างกายได้รับ O_2 เพียงพอ

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในทางเดินหายใจของมนุษย์จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การทำแบบฝึกหัด การทำกิจกรรม และการทำแบบทดสอบ
- โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส กระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊ส และการลำเลียงแก๊ส ของมนุษย์ จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทำแบบทดสอบ

ด้านทักษะ

- การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการทำแบบฝึกหัด
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- การใช้วิจารณญาณ และความอยากรู้อยากเห็น จากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

14.4 การหายใจ

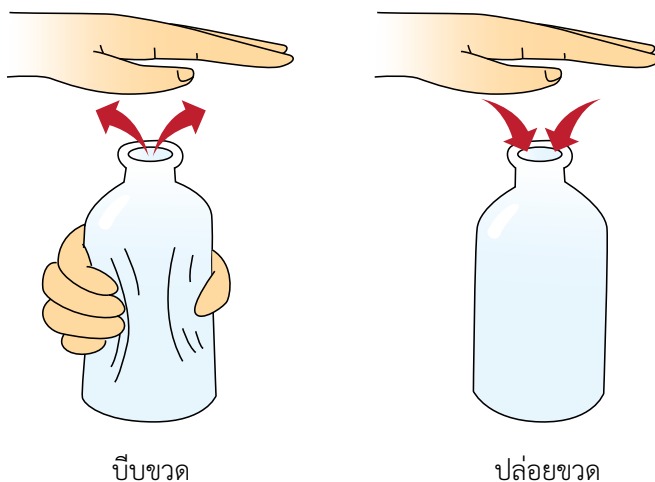
จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สังเกต และอธิบายการทำงานของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการหายใจเข้าและหายใจออก และทดลองวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์
2. สืบค้นข้อมูล และอธิบายการควบคุมการหายใจของมนุษย์และการรักษาคุณภาพกรด-เบสในเลือด
3. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอสาเหตุ อาการ แนวทางการป้องกันโรคที่เกิดจากความผิดปกติของระบบหายใจ

แนวการจัดการเรียนรู้

14.4.1 กลไกการหายใจ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนเกี่ยวกับกลไกการหายใจ โดยให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรกับการเคลื่อนที่ของอากาศจากกิจกรรมง่าย ๆ ดังนี้ ใช้มืออึ่งเหนือปากขวด แล้วใช้มืออีกข้างบีบขวดพลาสติก สังเกตการเปลี่ยนแปลงของอากาศเหนือปากขวด จากนั้นปล่อยมือที่บีบขวดออก สังเกตการเปลี่ยนแปลง



จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าอากาศเคลื่อนออกจากขวดและเคลื่อนเข้าไปในขวดได้อย่างไร นักเรียนควรสรุปได้ว่าการเคลื่อนที่ของอากาศเกิดจากความแตกต่างของความดันของอากาศภายในขวดและภายนอกขวด เมื่อบีบขวดเปรียบเทียบกับขณะที่หายใจออก ซึ่งปริมาตรลดลง อากาศภายในมีความดันเพิ่มขึ้น อากาศจะไหลออกมาสู่ภายนอก เมื่อปล่อยมือเปรียบเทียบกับที่หายใจเข้า ซึ่งปริมาตรเพิ่มขึ้น ความดันลดลง อากาศภายนอกจะไหลเข้าสู่ปอด

ครูอาจให้นักเรียนทำตามกล่องลองทำดูในหนังสือเรียน เพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของกระดุกซีโครงขณะที่หายใจเข้าและหายใจออก ซึ่งนักเรียนจะสังเกตว่าขณะที่หายใจเข้ากระดุกซีโครงยกสูงขึ้น และขณะที่หายใจออกกระดุกซีโครงจะลดต่ำลง ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าการหายใจเกิดจากการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อระหว่างกระดุกซีโครงที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันอากาศในช่องอก

จากนั้นครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่กิจกรรม 14.2 ว่าความดันอากาศภายในปอดเปลี่ยนแปลงได้อย่างไร นักเรียนทำกิจกรรม 14.2 เพื่อศึกษาการจำลองการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลมในขณะหายใจเข้าและหายใจออก



กิจกรรม 14.2 การจำลองการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลม

จุดประสงค์

ทดลองและอธิบายการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลมในขณะหายใจเข้าและหายใจออก

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

20 นาที

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. หลอดฉีดยาพลาสติกใส ขนาด 50 mL	1 อัน
2. ลูกโป่ง	1 อัน
3. จุกยางเบอร์ 13 ที่มีรูตรงกลาง 1 รู	1 อัน

การเตรียมล่วงหน้า

ครูควรเตรียมตัดปลายหลอดฉีดยาสำหรับทำกิจกรรมล่วงหน้า โดยใช้เข็มเย็บหรือลวดเหล็กกลนไฟให้ร้อนแล้วตัดบริเวณปลายหลอด จากนั้นใช้เข็มเย็บหรือลวดเหล็กกลนไฟให้ร้อนแล้วเจาะรูขนาดเล็ก ๆ ข้างหลอด ทั้งนี้ครูควรเลือกขนาดของลูกโป่งให้เหมาะสมกับขนาดของหลอดฉีดยา

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ขณะที่ปิดรูข้างหลอด เมื่อดันลูกสูบไปด้านหน้า จะสังเกตเห็นลูกโป่งหดตัวและแฟบ และเมื่อดึงลูกสูบกลับไปด้านท้าย ลูกโป่งขยายขนาดเพิ่มขึ้น ดังรูป

← แสดงทิศทางการอากาศ



ผลการทำกิจกรรมขณะที่ปิดรูข้างหลอด

เมื่อไม่ใช้นิ้วหัวแม่มือปิดรูข้างหลอด จะสังเกตเห็นว่าลูกโป่งไม่แฟบลงหรือขยายขนาดขึ้น ในขณะที่ดันลูกสูบไปด้านหน้าหรือดึงลูกสูบไปด้านท้ายตามลำดับ ดังรูป



ผลการทำกิจกรรมขณะที่เปิดรูข้างหลอด

อภิปรายและสรุปผล

ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง ซึ่งนักเรียนควรอธิบายโดยกล่าวถึงปริมาณความดันอากาศ และทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศ โดยครูอาจแนะนำให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองแสดงการเปลี่ยนแปลงความดันอากาศ จากนั้นอภิปรายว่าสามารถนำผลการทำกิจกรรมไปอธิบายกลไกการหายใจเข้าและการหายใจออกของมนุษย์ได้อย่างไร ซึ่งควรได้ข้อสรุปว่า

- ถ้ากล้ามเนื้อกะบังลมคลายตัว กะบังลมจะโค้งมากขึ้น ทำให้ปริมาตรช่องอกลดลง ความดันอากาศในปอดเพิ่มขึ้น เกิดการหายใจออก เช่นเดียวกับการดันลูกสูบไปด้านหน้า ทำให้ปริมาตรอากาศภายในหลอดลดลง ความดันอากาศในลูกโป่งเพิ่มขึ้น อากาศเคลื่อนที่ออกจากลูกโป่ง ทำให้ลูกโป่งหดตัว
- ถ้ากล้ามเนื้อกะบังลมหดตัว กะบังลมเคลื่อนต่ำลงและแบนราบ ทำให้ปริมาตรช่องอกเพิ่มขึ้น ความดันอากาศในปอดลดลง เกิดการหายใจเข้า เช่นเดียวกับการดึงลูกสูบไปด้านหลัง ทำให้ปริมาตรอากาศภายในหลอดเพิ่มขึ้น ความดันอากาศในลูกโป่งลดลง อากาศภายนอกมีความดันสูงกว่าจะเคลื่อนที่เข้าสู่ลูกโป่ง ทำให้ลูกโป่งขยายขนาด

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

 ส่วนใดของชุดทดลองที่เปรียบได้กับปอดและกะบังลม

 ลูกโป่งเปรียบเทียบกับปอด และลูกสูบเปรียบเทียบกับกะบังลม

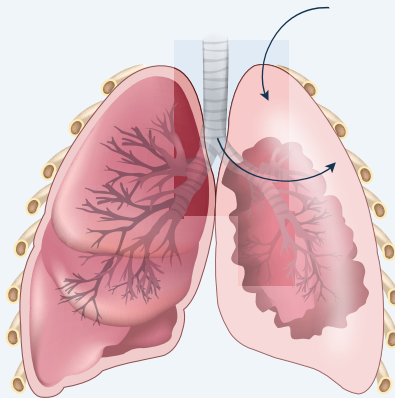
 การดันลูกสูบไปด้านหน้าเปรียบเทียบกับกระบวนการใดในการหายใจ

 การยกตัวของกะบังลมในการหายใจออก

 ในการทดลองที่ใช้นิ้วหัวแม่มือปิดรู ความดันอากาศในหลอดฉีดยาและในลูกโป่งระหว่างดันลูกสูบมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร และระหว่างดึงลูกสูบมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

 ในขณะที่ดันลูกสูบ ความดันอากาศในกระบอกหลอดฉีดยาและในลูกโป่งเพิ่มขึ้น ทำให้อากาศในลูกโป่งเคลื่อนที่ออก ส่วนในขณะที่ดึงลูกสูบ ความดันอากาศในกระบอกหลอดฉีดยาและในลูกโป่งลดลง ทำให้อากาศจากภายนอกเคลื่อนที่เข้ามา

- ? ผลการทดลองที่ใช้นิวทว้แม่มือปิดรูและที่ไม่ปิดรูแตกต่างกันหรือไม่ เพราะเหตุใด
 ✎ แตกต่างกัน เพราะผลการทดลองครั้งที่ไม่ปิดรู อากาศภายในหลอดไม่มีการเปลี่ยนแปลง ความดัน เนื่องจากอากาศเคลื่อนออกมาทางรูเล็กข้างหลอด ทำให้ขนาดของลูกโป่งไม่มีการเปลี่ยนแปลง
- ? แบบจำลองการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลมนี้แตกต่างจากโครงสร้างในระบบหายใจของมนุษย์อย่างไร
 ✎ แบบจำลองนี้แตกต่างจากโครงสร้างในระบบหายใจของมนุษย์ โดยในการหายใจของมนุษย์ มีการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อกระตุกซี่โครง
- ? ถ้ามีผู้ได้รับบาดเจ็บและเยื่อหุ้มบริเวณปอดเป็นรูขนาดเล็ก จะส่งผลต่อการหายใจหรือไม่ อย่างไร
 ✎ หากเยื่อหุ้มบริเวณปอดเป็นรูจะส่งผลให้ความดันบริเวณเยื่อหุ้มปอดและปอดเปลี่ยนแปลง ปอดข้างที่เยื่อหุ้มปอดมีรูจะแฟบ ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ ดังรูป



ครูให้นักเรียนศึกษารูป 14.15 ในหนังสือเรียน และสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของช่องอกขณะหายใจเข้าและหายใจออก โดยครูอาจใช้สื่อแอนิเมชันอธิบายเสริมความรู้ให้นักเรียนเข้าใจว่าการหายใจเข้าและหายใจออกปกติจะอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครงแถบนอกกับกล้ามเนื้อกะบังลม และให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุป โดยใช้คำถามจากหนังสือเรียนในการอภิปรายดังนี้

? การที่กระดุกซี่โครงยกสูงขึ้นหรือลดต่ำลงสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงความดันอากาศในปอดอย่างไร

 กระดุกซี่โครงยกสูงขึ้นทำให้ความดันอากาศในปอดลดลง เมื่อกระดุกซี่โครงลดต่ำลงทำให้ความดันอากาศในปอดเพิ่มขึ้น

ครูให้นักเรียนวัดอัตราการหายใจเข้าและหายใจออกของตนเองเป็นเวลา 1 นาทีในขณะที่นั่งพัก และเปรียบเทียบกับข้อมูลอัตราการสูดลมหายใจของผู้ใหญ่ในขณะที่พัก จากนั้นครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่กิจกรรมว่าการหายใจเข้าและหายใจออกแต่ละครั้งมีปริมาตรของอากาศเท่าใด และมีความแตกต่างระหว่างบุคคลหรือไม่ อย่างไร แล้วให้นักเรียนศึกษาปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์จากกิจกรรม 14.3



กิจกรรม 14.3 ปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์

จุดประสงค์

1. วัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์
2. ออกแบบการทดลองและทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาตรของอากาศที่หายใจออก

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. ขวดพลาสติกใสความจุ 5 L	1 ขวด
2. ถ้วยตวงขนาด 500 mL	1 ใบ
3. ปากกาสำหรับทำเครื่องหมาย	1 ด้าม
4. สายยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 cm ยาว 60 cm	1 เส้น
5. กะละมังพลาสติกขนาดความสูง 15-20 cm	1 ใบ
6. น้ำ	-

แนวการจัดกิจกรรม

1. ครูอาจนำเข้าสู่กิจกรรมโดยใช้สถานการณ์ดังนี้ ถ้าโรงเรียนกำลังคัดเลือกตัวแทนเพื่อเข้าร่วมแข่งขันว่ายน้ำให้นักเรียนหาตัวแทนในชั้นเรียนโดยส่วนหนึ่งพิจารณาจากนักเรียนที่มีความจุปอดมากที่สุดจากการวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออก
2. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายก่อนการทดลอง โดยใช้ตัวอย่างคำถามดังนี้
 - จากกิจกรรม นักเรียนจะวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกได้อย่างไร
 - ✎ วัดจากปริมาตรของอากาศที่ไปแทนที่น้ำ
 - นักเรียนจะมีวิธีอย่างไร เพื่อควบคุมให้ได้ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกต้องและแม่นยำ
 - ✎
 1. ขวดบรรจุน้ำควรมีสเกลที่ถูกต้องและชัดเจน
 2. การหายใจต้องสูดอากาศเข้าปอดให้เต็มที่แล้วเป่าลมหายใจออกให้มากที่สุดในทุกครั้งของการทดลอง
 3. ทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย
3. เมื่อเปลี่ยนผู้ทดลองต้องทำความสะอาดสายยางทุกครั้ง
4. เมื่อทำการทดลองเสร็จ ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น
5. ในการทดลองหาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาตรของอากาศที่หายใจออกในแต่ละบุคคล อาจเปรียบเทียบปัจจัยในด้านต่าง ๆ ดังนี้ เพศ ขนาดของร่างกาย อาชีพ การออกกำลังกาย ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยการทดลองเช่นเดียวกับกิจกรรม 14.3 โดยกำหนดตัวแปรต้นแตกต่างกันในแต่ละครั้ง เช่น ถ้าต้องการทราบว่าปริมาตรของอากาศที่หายใจออกของบุคคลที่มีอายุต่างกันจะแตกต่างกันหรือไม่ กำหนดตัวแปรดังนี้
 - ตัวแปรต้น คือ กลุ่มคนที่มีช่วงอายุแตกต่างกัน กลุ่มละ 4-5 คน เพื่อหาค่าเฉลี่ย
 - ตัวแปรตาม คือ ปริมาตรของอากาศในการหายใจออก
 - ตัวแปรควบคุม คือ สภาพของร่างกาย เช่น ขณะพัก ร่างกายแข็งแรงสมบูรณ์ เพศเดียวกัน น้ำหนัก และส่วนสูงใกล้เคียงกัน

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

- ?** ปริมาตรของอากาศที่หายใจออกเต็มที่แต่ละครั้งเท่ากันหรือไม่ อย่างไร
- ✎ คำตอบอาจมีได้หลากหลาย ขึ้นอยู่กับผลการทำกิจกรรมของนักเรียน เช่น นักเรียนอาจตอบว่าปริมาตรของอากาศมีค่าประมาณ 4,500 mL ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันในทุกครั้ง หรือนักเรียนอาจตอบว่ามีค่าไม่เท่ากัน เนื่องจากการเป่าลมหายใจแต่ละครั้งอาจเป่าลมไม่เต็มที่แตกต่างจากครั้งอื่นๆ

- ?** นอกจากปัจจัยที่นักเรียนได้ออกแบบการทดลอง ยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อปริมาตรของอากาศที่หายใจออกอีกหรือไม่ อย่างไร
-  คำตอบอาจมีได้หลากหลาย ขึ้นอยู่กับการออกแบบการทดลองของนักเรียน ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาตรของอากาศที่หายใจออกอาจมีดังนี้ เพศ ขนาดของร่างกาย อาชีพ และการออกกำลังกาย

จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาปริมาตรของอากาศภายในปอดขณะหายใจเข้าและหายใจออกที่วัดด้วยเครื่องสไปโรมิเตอร์จากรูป 14.16 ในหนังสือเรียน และร่วมกันอภิปรายเพื่อตอบคำถาม

- ?** ในการหายใจปกติแต่ละครั้ง ปริมาตรของอากาศในการหายใจเข้าเป็นเท่าไร และปริมาตรของอากาศในการหายใจออกเป็นเท่าไร
-  ปริมาตรของอากาศในการหายใจเข้าเป็น 500 mL และปริมาตรของอากาศในการหายใจออกเป็น 500 mL
- ?** ปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้าเต็มที่และการหายใจออกเต็มที่ต่างกันหรือไม่ อย่างไร
-  แตกต่างกัน ปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้าเต็มที่จะมีปริมาตรอากาศในปอดสูงสุดที่ประมาณ 5,800 mL ขณะที่หายใจออกเต็มที่จะมีปริมาตรของอากาศประมาณ 4,600 mL และยังคงมีอากาศตกค้างในปอดประมาณ 1,200 mL
- ?** เมื่อหายใจออกปกติจะมีปริมาตรของอากาศที่ตกค้างในปอดเป็นเท่าไร
-  2,400 mL
- ?** มนุษย์สามารถหายใจเอาอากาศออกจากปอดจนหมดได้หรือไม่ เพราะเหตุใด
-  ไม่ได้ จะมีอากาศที่ตกค้างอยู่ภายในปอดเนื่องจากการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครงแถบนอกทำงานได้จำกัด และภายในถุงลมยังคงมีอากาศค้างอยู่

ครูให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้นักเรียนสรุปเกี่ยวกับปริมาตรของอากาศในการหายใจของมนุษย์ได้ว่าในการหายใจเข้าและออกปกติ 1 ครั้ง มีปริมาตรประมาณ 500 mL เมื่อมีการหายใจเข้าเต็มที่และเป่าลมหายใจออกเต็มที่就会有ปริมาตรของอากาศที่ออกมาประมาณ 4,600 mL ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อหายใจออกเต็มที่แล้วยังคงมีอากาศตกค้างในปอดประมาณ 1,200 mL นอกจากนี้ปริมาตรของอากาศในปอดของแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกัน เช่น เพศชายส่วนใหญ่มีความจุปอดมากกว่าเพศหญิง ผู้ใหญ่มีความจุปอดมากกว่าเด็ก นักกีฬาที่ออกกำลังกายเป็นประจำมีความจุปอดมากกว่าผู้ที่ไม่ออกกำลังกาย

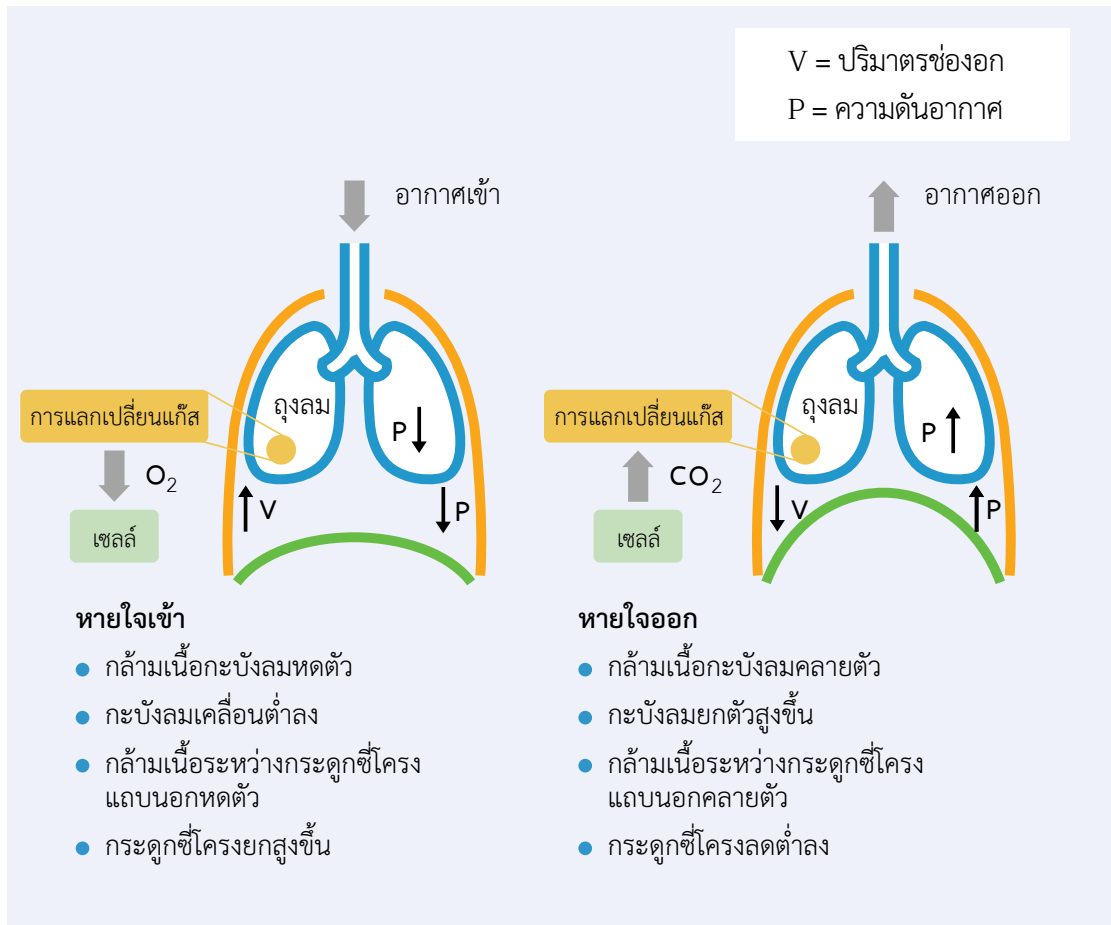


ตรวจสอบความเข้าใจ

? เขียนตารางหรือแผนผังสรุปขั้นตอนการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหายใจเข้าและหายใจออก พร้อมทั้งอธิบายการเปลี่ยนแปลงปริมาตรช่องอกและความดันอากาศในปอด

✎ คำตอบของนักเรียนมีได้หลากหลาย ดังตัวอย่างตารางหรือแผนผังต่อไปนี้

ข้อเปรียบเทียบ	หายใจเข้า	หายใจออก
กล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครงแถบนอก	หดตัว	คลายตัว
กระดูกซี่โครง	ยกตัวสูงขึ้น	เคลื่อนต่ำลง
กล้ามเนื้อกะบังลม	หดตัว	คลายตัว
ปริมาตรช่องอก	เพิ่มขึ้น	ลดลง
ความดันอากาศในปอด	ลดลง	เพิ่มขึ้น
การเคลื่อนที่ของอากาศ	เข้าสู่ปอด	ออกจากปอด



14.4.2 การควบคุมการหายใจ

การจัดการเรียนรู้ในหัวข้อนี้ควรให้นักเรียนเข้าใจว่าระบบประสาทเกี่ยวข้องกับการควบคุมการหายใจอย่างไร โดยไม่ควรเน้นเรื่องโครงสร้างของสมองซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษาในลำดับถัดไป โดยในหัวข้อนี้ ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนลองกลั้นหายใจ ซึ่งนักเรียนจะกลั้นหายใจได้ระยะหนึ่งแล้วตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายว่ากลไกควบคุมการหายใจเกิดขึ้นได้อย่างไร และมนุษย์สามารถควบคุมการหายใจของตนเองได้หรือไม่ อย่างไร

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการควบคุมการหายใจ ซึ่งควรสรุปได้ว่า การหายใจปกติถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติ โดยศูนย์ควบคุมการหายใจอยู่ที่สมองส่วนพอนส์และเมดัลลาออบลองกาตา

การรักษาคุณภาพของกรด-เบสของเลือดโดยระบบหายใจ

ครูทบทวนสมการการเกิดปฏิกิริยาของ CO_2 และน้ำในเลือดที่ทำให้เกิดไฮโดรเจนไอออน (H^+) โดย H^+ ที่เกิดขึ้นนี้ทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสในเลือดเปลี่ยนแปลงไป หลังจากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกลไกการรักษาคุณภาพของกรด-เบสของเลือดโดยการทำงานของระบบหายใจจากหนังสือเรียนหรือแหล่งการเรียนรู้อื่นๆ แล้วให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามดังนี้

- ถ้าเลือดมีปริมาณ H^+ มากกว่าหรือน้อยกว่าปกติจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ pH อย่างไร
- การหายใจช่วยในการรักษาคุณภาพของกรด-เบสในเลือดได้อย่างไร

จากการสืบค้นและอภิปรายนักเรียนควรได้ข้อสรุปว่า โดยปกติเลือดมีค่า pH ประมาณ 7.35-7.45 ถ้าเลือดมีปริมาณ H^+ มากกว่าปกติจะทำให้ pH ของเลือดลดลง แต่ถ้าเลือดมีปริมาณ H^+ น้อยกว่าปกติจะทำให้ pH ของเลือดเพิ่มขึ้น โดยการหายใจเป็นการช่วยรักษาคุณภาพของกรด-เบสในเลือดได้ ดังรูป 14.18 ดังนี้ ถ้าปริมาณ CO_2 หรือไฮโดรเจนไอออนสะสมอยู่ในเลือดมากส่งผลให้เลือดมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงนี้จะส่งสัญญาณไปกระตุ้นศูนย์ควบคุมการหายใจที่สมองส่วนพอนส์และเมดัลลาออบลองกาตา ซึ่งจะไปควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครง แขนบอกและกล้ามเนื้อกะบังลม ทำให้เพิ่มอัตราการหายใจเพื่อขับ CO_2 ออกจากปอดเร็วขึ้น แต่ถ้าเลือดมีความเป็นเบสมากขึ้น อัตราการหายใจจะลดลงเพื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนไอออนให้สูงขึ้นโดยการสะสม CO_2 ในเลือด ทำให้ความเป็นกรด-เบสของเลือดเข้าสู่ภาวะสมดุล

จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายคำถามในหนังสือเรียน



ในขณะที่นอนหลับมีการควบคุมการหายใจแบบใด



มีการควบคุมการหายใจโดยระบบประสาทอัตโนมัติซึ่งอยู่นอกอำนาจจิตใจ



เพราะเหตุใดมนุษย์ไม่สามารถกลั้นหายใจจนเสียชีวิตได้



มนุษย์สามารถกลั้นหายใจได้เพียงชั่วระยะหนึ่งเท่านั้นและจะหายใจเป็นปกติเพราะขณะที่กลั้นหายใจปริมาณ CO_2 ในร่างกายจะสูงขึ้นจนถึงจุดหนึ่งที่ร่างกายทนไม่ได้ ทำให้ต้องหายใจออกเพื่อนำ CO_2 ออกจากร่างกายและหายใจเอา O_2 เข้าไป โดยการตอบสนองนี้เป็นกลไกที่ควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติที่อยู่นอกอำนาจจิตใจ



กรณีศึกษา

? จากข้อมูลให้อธิบายว่าอัตราการหายใจ ความดันย่อยของ O_2 ความดันย่อยของ CO_2 ความเข้มข้นของ H^+ ในเลือด ขณะพักและหลังออกกำลังกายอย่างหนักมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพราะเหตุใด โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับการควบคุมดุลยภาพของกรด-เบสของเลือด โดยระบบหายใจ

ตารางแสดงผลการศึกษาอัตราการหายใจ ความดันย่อยของ O_2 ความดันย่อยของ CO_2 ความเข้มข้นของ H^+ ในขณะพักและหลังออกกำลังกายอย่างหนัก

หัวข้อที่ศึกษา	ขณะพัก	หลังออกกำลังกายอย่างหนัก
อัตราการหายใจ (minute ventilation)	20 L/min	70 L/min
ความดันย่อยของ O_2 ในอาร์เทอร์รี่ (arterial P_{O_2})	100 mmHg	100 mmHg
ความดันย่อยของ CO_2 ในอาร์เทอร์รี่ (arterial P_{CO_2})	40 mmHg	35 mmHg
ความเข้มข้นของ H^+ ในอาร์เทอร์รี่ จากกรดแลกติก	36 nmol/L	44 nmol/L

ที่มา: ดัดแปลงจาก Saladin, K. S. (2010). *Anatomy & Physiology : The Unity of Form and Function* (5th ed). New York: McGraw-Hill. p 474.

-  เมื่อมีการออกกำลังกายอย่างหนัก ร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อรักษาดุลยภาพของร่างกายดังนี้
1. อัตราการหายใจจะเพิ่มขึ้นสูงมาก ทั้งหายใจถี่และแรงหรือลึก
 2. ในกรณีของ O_2 ระหว่างการออกกำลังกายร่างกายจะมีการสลายสารอาหารระดับเซลล์เพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้พลังงานในการทำกิจกรรม เนื้อเยื่อจึงต้องการ O_2 มากขึ้น ทำให้ P_{O_2} ในหลอดเลือดเวนลดลง แต่การหายใจที่เพิ่มขึ้นทำให้ P_{O_2} ในหลอดเลือดอาร์เทอร์รี่ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากขณะพัก
 3. ในกรณีของ CO_2 ระหว่างการออกกำลังกายเซลล์กล้ามเนื้อสร้าง CO_2 เพิ่มขึ้น ทำให้ P_{CO_2} ในหลอดเลือดเวนเพิ่มขึ้น แต่ P_{CO_2} ในหลอดเลือดอาร์เทอร์รี่ไม่เพิ่มแต่กลับลดลง เนื่องจากการหายใจถี่และแรงหรือลึกทำให้ CO_2 ถูกขับออกไปเร็วและมาก ดังนั้น CO_2 ในถุงลมลดลง และ P_{CO_2} ในหลอดเลือดอาร์เทอร์รี่ลดลงกว่าก่อนออกกำลังกาย
 4. ในกรณีของ H^+ ในหลอดเลือดอาร์เทอร์รี่ระหว่างออกกำลังกายอย่างหนักพบว่าเซลล์กล้ามเนื้อจะสร้างกรดแลกติก และหลั่งออกมาในเลือด ดังนั้นความเข้มข้นของ H^+ ในหลอดเลือดอาร์เทอร์รี่เพิ่มขึ้น ซึ่งกระตุ้นศูนย์ควบคุมการหายใจให้เพิ่มอัตราการหายใจ

14.4.3 ความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจ

ครูนำเข้าสู่หัวข้อนี้โดยนำเหตุการณ์ปัจจุบันเกี่ยวกับโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจ หรือสถิติของผู้ป่วยโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจจากกระทรวงสาธารณสุข โดยใช้คำถามนำว่า **โรคเกี่ยวกับระบบหายใจมีโรคอะไรบ้าง และมีสาเหตุมาจากอะไร**

จากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจดังรูป 14.19 จากหนังสือเรียนและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ โดยให้นักเรียนศึกษาและอภิปรายถึงสาเหตุ อาการของโรค วิธีการแพร่กระจาย และวิธีป้องกันตนเองไม่ให้เป็นโรค แล้วให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน

 เพราะเหตุใด ในขณะที่ผู้ป่วยโรคถุงลมโป่งพองออกกำลังกายอย่างหนัก ร่างกายอาจได้รับ O_2 ไม่เพียงพอ

 ในผู้ป่วยโรคถุงลมโป่งพอง ผนังของถุงลมจะถูกทำลายทำให้ผนังถุงลมทะลุถึงกันและมีพื้นที่ผิวสำหรับแลกเปลี่ยนแก๊สลดลง ในขณะที่ออกกำลังกายอย่างหนัก ร่างกายจะมีเมแทบอลิซึมสูงขึ้น ต้องการ O_2 เพิ่มขึ้น ร่างกายจึงอาจได้รับ O_2 ไม่เพียงพอ

 การสูบบุหรี่มีผลเสียต่อร่างกายอย่างไร ประเทศไทยมีนโยบายในการลดการสูบบุหรี่อย่างไรบ้าง

 ผู้ที่สูบบุหรี่จะได้รับสารเสพติดและสารพิษที่มีผลต่อระบบหายใจ ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบประสาท คาร์บอนมอนอกไซด์ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อตา จมูก คอ และปอด อีกทั้งยังเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคถุงลมโป่งพอง โรคมะเร็งปอด รวมถึงโรคหอบหืด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อร่างกายถึงขั้นเสียชีวิต นอกจากนี้จะส่งผลกระทบต่อคนที่สูบบุหรี่โดยตรงแล้ว ยังมีผลต่อบุคคลข้างเคียงที่สูดดมเอาคาร์บอนมอนอกไซด์หรือสูดกลืนควันที่ตกค้างจากสิ่งแวดล้อม เช่น เสื้อผ้า ม่าน และเฟอร์นิเจอร์ เข้าไป โดยเฉพาะทารกหรือเด็กจะมีความเสี่ยงเพิ่มขึ้น สำหรับคำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับนโยบายในการลดการสูบบุหรี่อาจมีได้หลากหลายขึ้นอยู่กับข้อมูลที่นักเรียนสืบค้นได้ เช่น กำหนดค่าเตือนบนซองบุหรี่ ควบคุมภาษี ห้ามขายหรือให้ผลิตภัณฑ์ยาสูบแก่บุคคลที่มีอายุต่ำกว่า 20 ปี กำหนดพื้นที่ห้ามสูบบุหรี่ ผู้ฝ่าฝืนสูบบุหรี่ในเขตปลอดบุหรี่จะถูกปรับขั้นต่ำ 5,000 บาท ห้ามโฆษณาสื่อสารการตลาดผลิตภัณฑ์ยาสูบในทุกรูปแบบ



การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอส่งผลดีต่อระบบหายใจอย่างไร



การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอมีประโยชน์ต่อระบบหายใจ โดยช่วยให้ปอดและกล้ามเนื้อต่าง ๆ มีความแข็งแรงมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาตรของอากาศในปอดเพิ่มขึ้นสามารถแลกเปลี่ยนแก๊สได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การออกกำลังกายยังช่วยป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจตีบตัน ทำให้สมรรถภาพการทำงานของหัวใจดีขึ้น



กิจกรรมเสนอแนะ : ความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจ

จุดประสงค์

1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจ
2. นำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการดูแลรักษาสุขภาพของตนเองและผู้อื่น

แนวการจัดกิจกรรม

ครูควรให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มในการสืบค้นข้อมูลความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจ จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่หลากหลาย โดยให้นักเรียนเลือกหัวข้อตามที่สนใจ ทั้งนี้สถานการณ์ที่กำหนดให้ครูอาจปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับสถานการณ์ในห้องเรียนหรือสถานการณ์ในขณะนั้น เพื่อให้นักเรียนได้ตระหนักถึงความสำคัญของการดูแลสุขภาพต่อระบบหายใจ ตลอดจนผลกระทบจากปัจจัยต่าง ๆ ต่อบุคคลและผู้อื่น เช่น การสูบบุหรี่ ในการประเมินผล ครูอาจให้เพื่อนในชั้นเรียนร่วมประเมินด้วย

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- การทำงานของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการหายใจเข้าและการหายใจออก จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัด และการทำแบบทดสอบ
- การควบคุมการหายใจของมนุษย์และการรักษาคุณภาพกรด-เบสในเลือด จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การทำแบบฝึกหัด และการทำแบบทดสอบ
- สาเหตุ อาการ แนวทางการป้องกันโรคที่เกิดจากความผิดปกติของระบบหายใจ จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการทำกิจกรรม

ด้านทักษะ

- การสังเกต การวัด การลงความเห็นจากข้อมูล การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการทดลอง จากการสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการทำกิจกรรม
- การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ จากการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอ และการทำกิจกรรม

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- การใช้วิจารณญาณ ความรอบคอบ ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ และความมุ่งมั่นอดทน จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน



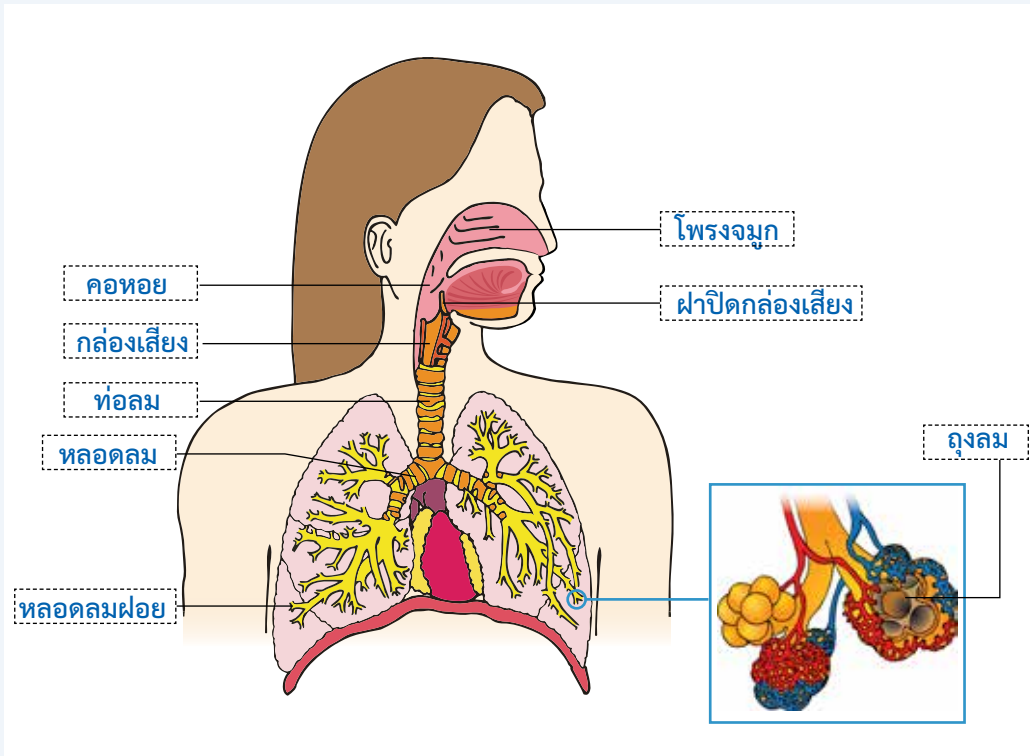
เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 14

1. จงใส่เครื่องหมายถูก(✓)หน้าข้อความที่ถูกต้องใส่เครื่องหมายผิด(×)หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง และขีดเส้นใต้เฉพาะคำ หรือส่วนของข้อความที่ไม่ถูกต้อง และแก้ไขข้อความโดยตัดออก หรือเติมคำหรือข้อความที่ถูกต้องลงในช่องว่าง

การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์

-1.1 ผิวน้ำ เหงือก และปอดเป็นโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส มีลักษณะบางและชื้นอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้เกิดการแพร่และแอกทีฟทรานสปอร์ตของแก๊สได้
- แก้ไขโดย** ตัดคำว่า และแอกทีฟทรานสปอร์ต
-1.2 ไส้เดือนดินเป็นสัตว์ที่มีระบบหมุนเวียนเลือดและสามารถแลกเปลี่ยนแก๊สผ่านผิวน้ำลำตัว
-1.3 แมลงมีการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างท่อลมฝอยกับเซลล์ในส่วนต่างๆ ของร่างกาย
-1.4 ในปลา น้ำที่มี O_2 จากปากจะผ่านออกทางเหงือก โดย O_2 จากน้ำจะแพร่เข้าสู่หลอดเลือดฝอยที่เหงือกได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเลือดและน้ำไหลไปในทิศทางเดียวกัน
- แก้ไขเป็น** ทิศทางสวนทางกัน
-1.5 สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกใช้เหงือก ผิวน้ำ และปอดในการแลกเปลี่ยนแก๊ส
-1.6 โครงสร้างที่ใช้แลกเปลี่ยนแก๊สของนกอยู่ที่ปอดและถุงลม (air sac)
- แก้ไขโดย** ตัดคำว่า และถุงลม (air sac)
-1.7 อากาศที่ไหลผ่านปอดของนกจะไหลในทิศทางเดียวเสมอ โดยทุกรอบของการหายใจ อากาศในปอดจะถูกแทนที่ด้วยอากาศจากถุงลมเข้าไปใหม่ตลอดเวลา

2. จากรูปทางเดินหายใจของมนุษย์ จงระบุชื่อโครงสร้างในช่องว่าง จากนั้นนำชื่อโครงสร้างใส่หน้าข้อความที่มีความสัมพันธ์กัน



- **กล่องเสียง** 2.1 ส่วนของทางเดินหายใจที่อยู่ระหว่างคอหอยและท่อลม ภายในมีสายเสียง
- **ท่อลม** 2.2 ท่อที่อยู่ระหว่างกล่องเสียงกับหลอดลม
- หลอดลมฝอย** 2.3 หลอดขนาดเล็กที่แตกแขนงจากหลอดลม มีหลายขนาด ลำเลียงอากาศไปยังถุงลมในปอด
- **คอหอย** 2.4 ช่องบริเวณลำคอเป็นทางผ่านของอากาศและอาหาร
- **หลอดลม** 2.5 หลอด 2 แขนงที่แยกจากท่อลมเพื่อไปยังปอดซ้ายและปอดขวา
- **ถุงลม** 2.6 ถุงปลายตันที่มีผนังบางอยู่ในปอด ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนแก๊ส
- **โพรงจมูก** 2.7 โพรงบริเวณจมูกซึ่งมีเยื่อผิวที่มีซิเลีย และเมือกสำหรับจับสิ่งแปลกปลอม
- ฝาปิดกล่องเสียง** 2.8 แผ่นที่ปิดกล่องเสียง เพื่อป้องกันไม่ให้อาหารเข้าไปในทางเดินหายใจ

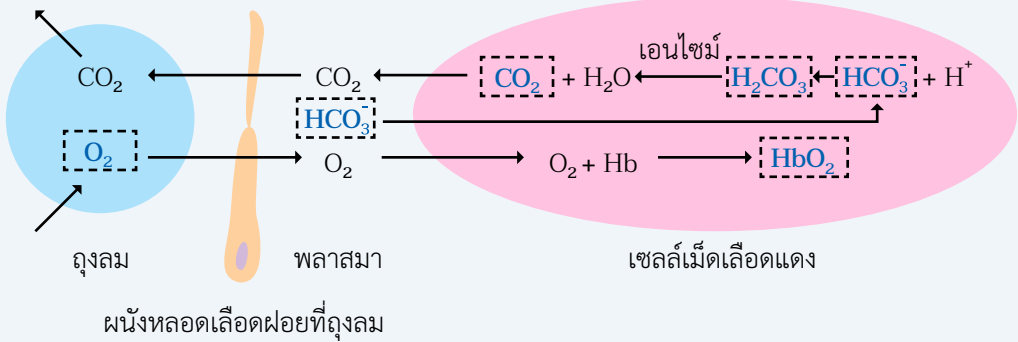
3. จงใส่เครื่องหมายถูก (✓) หน้าข้อความที่ถูกต้อง ใส่เครื่องหมายผิด (×) หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง และขีดเส้นใต้เฉพาะคำ หรือส่วนของข้อความที่ไม่ถูกต้อง และแก้ไขข้อความโดยตัดออก หรือเติมคำหรือข้อความที่ถูกต้องลงในช่องว่าง

ระบบหายใจของมนุษย์

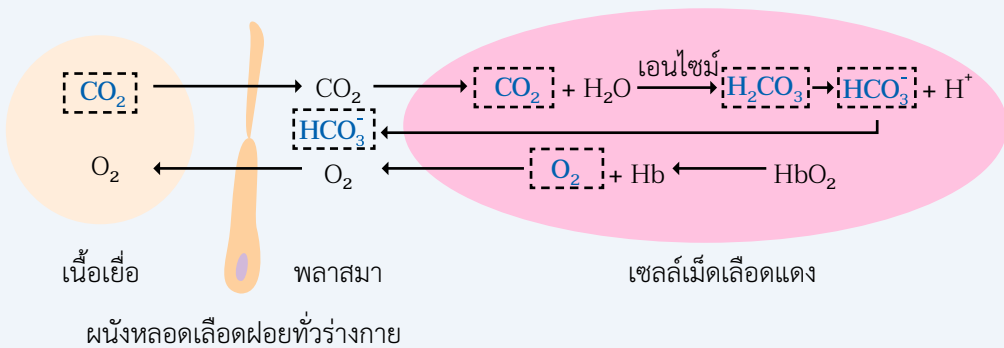
- ✓.....3.1 บริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนแก๊สที่ปอดของมนุษย์คือถุงลม
- ✓.....3.2 ท่อลม หลอดลม และหลอดลมฝอยส่วนต้นของระบบหายใจมีกระดูกอ่อนค้ำจุน เพื่อป้องกันการแฟบของท่อ
- ✗.....3.3 ถ้ากะบังลมทะลุจะทำให้การหายใจเข้าและหายใจออกลึก
แก้ไขเป็น ต้น (ได้รับอากาศน้อยกว่าปกติ)
- ✗.....3.4 ขณะหายใจปกติ ความดันและปริมาตรของอากาศภายในปอดมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อหน้าท้อง
แก้ไขเป็น กล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครงแถบนอก
- ✓.....3.5 ในการหายใจเข้า กะบังลมเคลื่อนที่ต่ำลงจากการหดตัวของกล้ามเนื้อกะบังลม และกระดูกซี่โครงยกสูงขึ้นจากการหดตัวของกล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครง ทำให้ปริมาตรในช่องอกเพิ่มขึ้น ความดันภายในปอดลดลง
- ✓.....3.6 ในการหายใจออกอย่างแรง (forced breathing) จะมีการหดตัวของกล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครงแถบในมาทำงานร่วมกัน
- ✗.....3.7 การหายใจเข้าและการหายใจออกเกิดขึ้นได้อย่างเป็นจังหวะสม่ำเสมอทั้งในยามหลับและตื่น เนื่องจากการควบคุมของสมองส่วนไฮโปทาลามัส
แก้ไขเป็น พอนส์และเมดัลลาออบลองกาตา
- ✓.....3.8 การกลืนหายใจขณะดื่มน้ำ ส่วนของสมองที่ทำหน้าที่เพิ่มขึ้นคือเซรีบรัลคอร์เทกซ์ และไฮโปทาลามัส
- ✓.....3.9 การหายใจช่วยรักษาดุลยภาพของกรด-เบสในร่างกายโดยการขับ CO₂ ออก
- ✓.....3.10 ภายในปอดของผู้ป่วยที่เป็นโรคปอดบวมซึ่งมีของเหลวในถุงลมเพิ่มขึ้นจะมีพื้นที่ผิวสำหรับการแลกเปลี่ยนแก๊สลดลง

4. จากแผนภาพเรื่องการแลกเปลี่ยนแก๊ส จงเติมคำลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

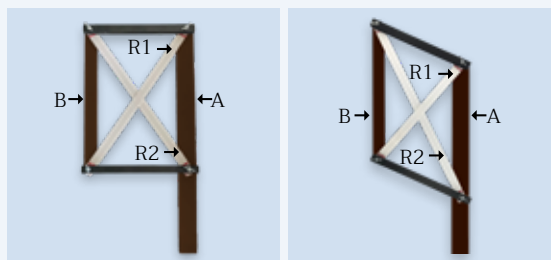
4.1



4.2



5. จากรูปแสดงแบบจำลองที่ทำจากไม้ (A และ B) และเส้นยาง (R1 และ R2) เพื่อแสดงการเคลื่อนที่ของกระดูกซี่โครงในการหายใจปกติของมนุษย์ เมื่อเส้นยาง R1 หดตัว พบว่าไม้ชิ้น B เลื่อนขึ้น



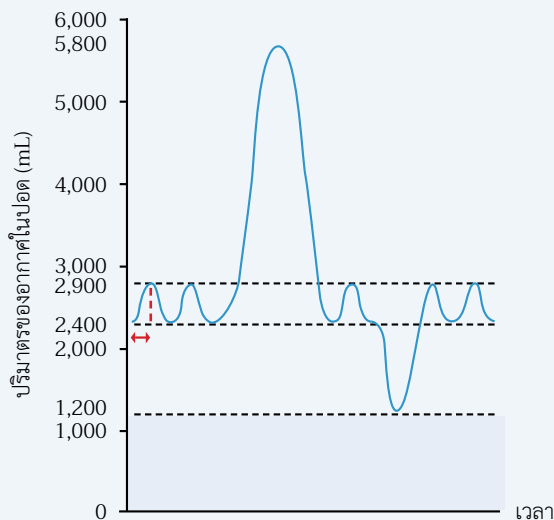
5.1 ถ้า A แทนกระดูกสันหลังและ B แทนกระดูกอก (sternum) เส้นยาง R1 และ R2 แทนโครงสร้างใด

 เส้นยาง R1 แทนกล้ามเนื้อเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครงแถบนอก และเส้นยาง R2 แทนกล้ามเนื้อเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครงแถบใน

5.2 การหดตัวของเส้นยาง R1 เทียบได้กับการทำให้เกิดการหายใจเข้าหรือการหายใจออก

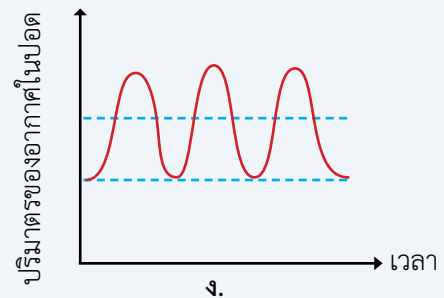
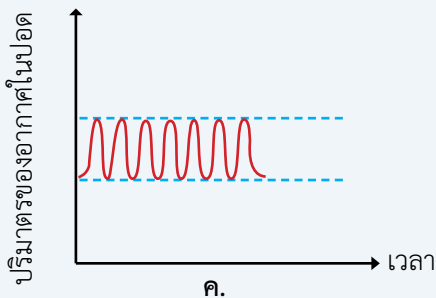
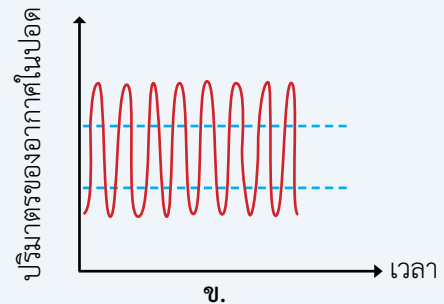
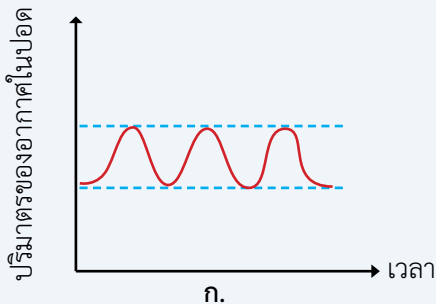
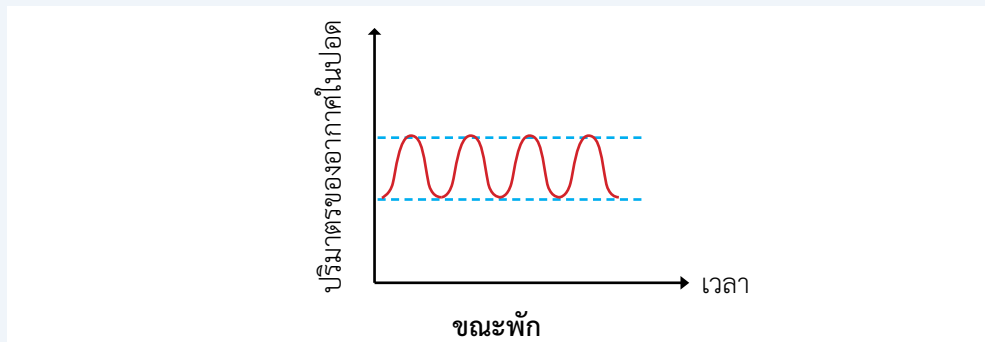
 การหายใจเข้า

6. กราฟแสดงปริมาตรของอากาศในปอดขณะหายใจเข้าและหายใจออกปกติ และขณะหายใจเข้าและหายใจออกเต็มที่ของมนุษย์ จากกราฟที่ลูกศรชี้ (↔) กล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครงแถบนอกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร และจะส่งผลอย่างไร



 กล้ามเนื้อกะบังลมหดตัวทำให้กะบังลมเคลื่อนที่ลง กล้ามเนื้อเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครงแถบนอกหดตัวทำให้กระดูกซี่โครงยกสูงขึ้น ส่งผลให้ปริมาตรในช่องอกเพิ่มขึ้น ความดันอากาศภายในปอดลดลง ทำให้อากาศภายนอกไหลเข้าสู่ปอด เกิดการหายใจเข้า

7. กราฟแสดงปริมาณของอากาศในปอดขณะหายใจเข้าและหายใจออกของมนุษย์ที่วัดได้จากเครื่องสไปโรมิเตอร์ในระหว่างการออกกำลังกาย เมื่อเปรียบเทียบกับขณะพักจะเป็นไปดังกราฟใด เพราะเหตุใด



- ✎ กราฟจะเป็นไปดัง ข. เนื่องจากในระหว่างการออกกำลังกาย ร่างกายต้องการ O_2 มากขึ้น สำหรับใช้สร้างพลังงาน และต้องกำจัด CO_2 จากการ ทำงานของกล้ามเนื้อ ส่งผลให้มีการหายใจถี่และลึกขึ้น กราฟจะมีความถี่มากขึ้น และปริมาณอากาศที่เข้าและออกจากปอดขณะหายใจ (tidal volume) จะสูงขึ้น

8. Hyperventilation syndrome คือ ภาวะที่ผู้ป่วยหายใจเร็วและลึกทำให้มีปริมาณ CO_2 ในเลือดลดลง เลือดจึงมีความเป็นเบส ส่งผลให้เกิดการหดตัวของหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย ทำให้เกิดอาการเวียนศีรษะ หน้ามืด ตาพร่ามัว หัวใจเต้นเร็ว ใจสั่น มือเท้าเย็น ชาตามแขนตามขา หรือมีอาการกล้ามเนื้อเกร็ง นิ้วมือจับเข้าหากัน บางรายเป็นลมหมดสติได้ การปฐมพยาบาลเบื้องต้นทำได้โดยการปรับให้หายใจช้าลงหรือการใช้ถุงกระดาษครอบทั้งปากและจมูก เพราะเหตุใด

 เนื่องจากภาวะ hyperventilation syndrome นี้ทำให้มีการหายใจหอบเร็วและลึก ส่งผลให้ CO_2 ในเลือดลดต่ำลง ปริมาณ H^+ ในเลือดลดลง เลือดมีสภาพเป็นเบส สมดุลของกรด-เบสในเลือดเปลี่ยนไป การปฐมพยาบาลเบื้องต้นโดยการปรับให้หายใจช้าลงหรือการใช้ถุงกระดาษครอบทั้งปากและจมูกจะทำให้ร่างกายได้รับ CO_2 จากการหายใจเข้ามากขึ้น ปริมาณ H^+ ในเลือดเพิ่มมากขึ้น ความเป็นกรด-เบสในเลือดจึงเข้าสู่ภาวะสมดุล

บทที่

15

| ระบบหมุนเวียนเลือดและระบบน้ำเหลือง

ipst.me/8818

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด
2. สังเกตและอธิบายทิศทางการไหลของเลือดและการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดในทางปลา และสรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด
3. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดในมนุษย์
4. สังเกตและอธิบายโครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ และเขียนแผนผังสรุปการหมุนเวียนเลือดของมนุษย์
5. สืบค้นข้อมูล ระบุความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เพลตเลต และพลาสมา
6. อธิบายหมู่เลือดและหลักการให้และรับเลือดในหมู่เลือดระบบ ABO และหมู่เลือดระบบ Rh
7. อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับส่วนประกอบและหน้าที่ของน้ำเหลือง รวมทั้งโครงสร้างและหน้าที่ของหลอดน้ำเหลือง และต่อมน้ำเหลือง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. การใช้วิจารณ์ญาณ

ผลการเรียนรู้

2. สังเกตและอธิบายทิศทางการไหลของเลือดและการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดในทางปลา และสรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สังเกตและอธิบายทิศทางการไหลของเลือดและการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดในทางปลา
2. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท 3. การลงความเห็นจากข้อมูล	1. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. ความซื่อสัตย์ 2. ความมุ่งมั่นอดทน 3. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์

ผลการเรียนรู้

3. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดในมนุษย์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดในมนุษย์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท	1. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์

ผลการเรียนรู้

4. สังเกตและอธิบายโครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ และเขียนแผนผังสรุปการหมุนเวียนเลือดของมนุษย์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สังเกตและอธิบายโครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ และเขียนแผนผังสรุปการหมุนเวียนเลือดของมนุษย์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท	1. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์

ผลการเรียนรู้

5. สืบค้นข้อมูล ระบุความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เพลตเลต และพลาสมา

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล ระบุความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เพลตเลต และพลาสมา

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. ความมุ่งมั่นอดทน

ผลการเรียนรู้

6. อธิบายหมู่เลือดและหลักการให้และรับเลือดในหมู่เลือดระบบ ABO และหมู่เลือดระบบ Rh

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายหมู่เลือดและหลักการให้และรับเลือดในหมู่เลือดระบบ ABO และหมู่เลือดระบบ Rh

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การจำแนกประเภท 2. การสร้างแบบจำลอง	1. ความร่วมมือการทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ 2. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. ความอยากรู้อยากเห็น

ผลการเรียนรู้

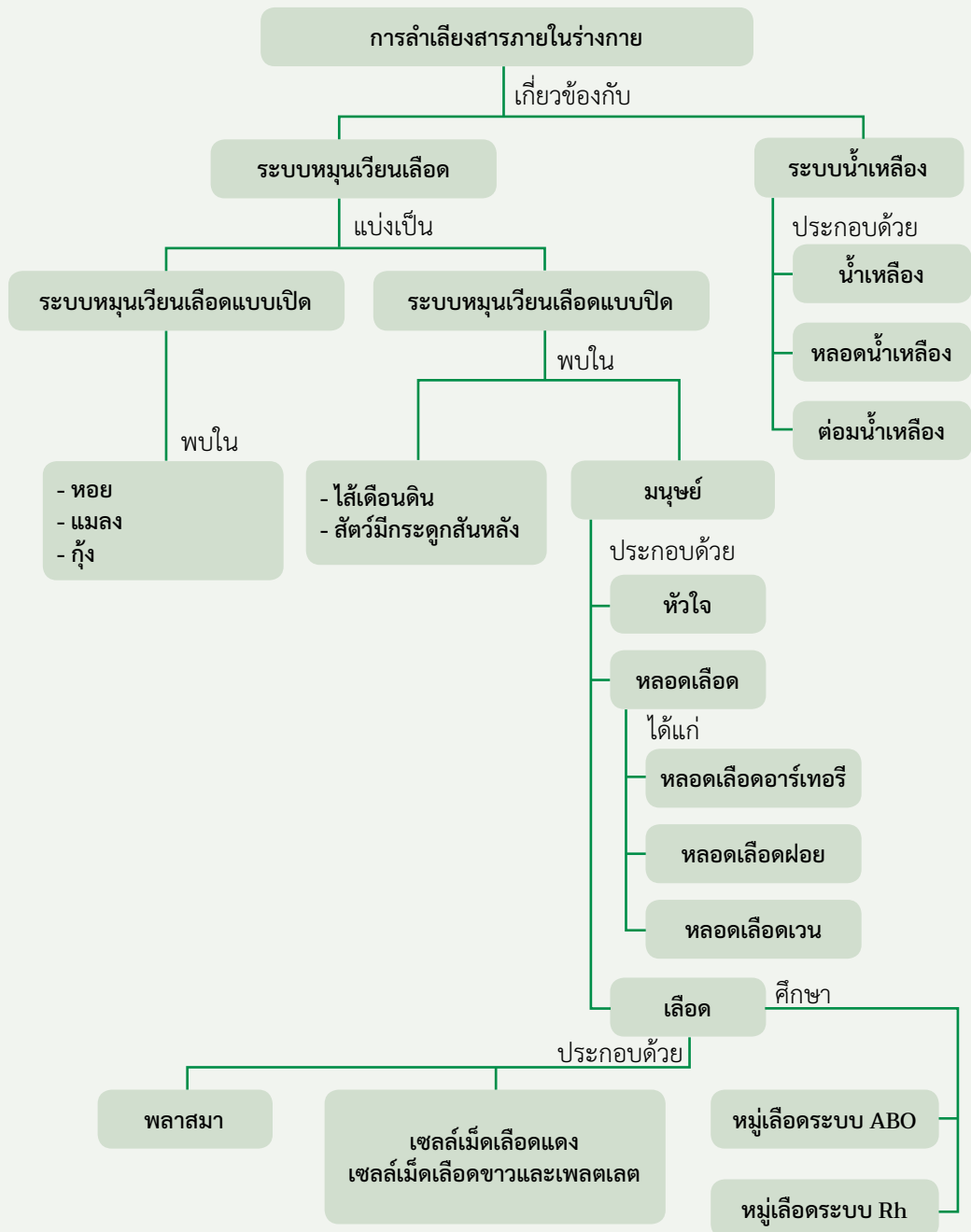
- อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับส่วนประกอบและหน้าที่ของน้ำเหลือง รวมทั้งโครงสร้างและหน้าที่ของหลอดน้ำเหลือง และต่อมน้ำเหลือง

จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับส่วนประกอบและหน้าที่ของน้ำเหลือง รวมทั้งโครงสร้างและหน้าที่ของหลอดน้ำเหลือง และต่อมน้ำเหลือง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ	1. ความอยากรู้อยากเห็น

ผังมโนทัศน์ บทที่ 15



สาระสำคัญ

สิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนจะมีการแลกเปลี่ยนสารระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อมโดยตรง ในขณะที่สิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างซับซ้อนจะมีระบบหมุนเวียนเลือดทำหน้าที่ลำเลียงสารไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย ระบบหมุนเวียนเลือดมี 2 แบบ คือ ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด พบในสัตว์จำพวกหอย แมลง กุ้ง ส่วนระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดพบในไส้เดือนดิน สัตว์มีกระดูกสันหลัง รวมทั้งมนุษย์

ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ประกอบด้วย หัวใจ หลอดเลือด และเลือด หัวใจทำหน้าที่รับและสูบฉีดเลือดไปยังเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกาย ขณะที่กล้ามเนื้อหัวใจหดตัวและคลายตัวทำให้เกิดความดันในหลอดเลือดและชีพจร ความดันเลือดและชีพจรมีความสัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆ เช่น ปริมาณไขมันในหลอดเลือด กิจกรรมของร่างกาย อายุ และเพศ

หลอดเลือด มีลักษณะเป็นท่อสำหรับให้เลือดลำเลียงสารต่างๆ แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ หลอดเลือดอาร์เทอรี หลอดเลือดฝอย และหลอดเลือดเวน

เลือดของมนุษย์ประกอบด้วย พลาสมา เซลล์เม็ดเลือดและเกล็ดเลือด พลาสมาประกอบด้วย น้ำ โปรตีน สารอาหาร ฮอรโมน ของเสียและสารอื่นๆ เซลล์เม็ดเลือดประกอบด้วยเซลล์เม็ดเลือดแดง ทำหน้าที่ลำเลียงแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เซลล์เม็ดเลือดขาวทำหน้าที่ทำลายเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอม และสร้างภูมิคุ้มกัน ส่วนเกล็ดเลือดทำหน้าที่เกี่ยวกับการแข็งตัวของเลือด

เลือดของมนุษย์จำแนกตามหมู่เลือดระบบ ABO ได้เป็นเลือดหมู่ A B AB และ O และสามารถจำแนกตามระบบ Rh ได้เป็นเลือดหมู่ Rh^+ และ Rh^- ตามชนิดของแอนติเจนที่ผิวเซลล์เม็ดเลือดแดง หมู่เลือดมีความสำคัญต่อการให้และการรับเลือด ผู้ให้และผู้รับเลือดควรมีเลือดหมู่เดียวกันจึงจะปลอดภัยที่สุด

ระบบน้ำเหลืองประกอบด้วยน้ำเหลือง หลอดน้ำเหลือง และต่อมน้ำเหลือง โดยน้ำเหลืองจะถูกลำเลียงผ่านหลอดน้ำเหลืองฝอยและหลอดน้ำเหลือง ผ่านต่อมน้ำเหลืองซึ่งเป็นบริเวณที่มีการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่มากับน้ำเหลือง จึงพบเซลล์เม็ดเลือดขาวจำนวนมากในต่อมน้ำเหลือง จากนั้นน้ำเหลืองจะถูกลำเลียงกลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ 17 ชั่วโมง

15.1	การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์	4 ชั่วโมง
15.2	การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์	
15.2.1	หัวใจ	6 ชั่วโมง
15.2.2	หลอดเลือด	2 ชั่วโมง
15.2.3	เลือด	4 ชั่วโมง
15.3	ระบบน้ำเหลือง	1 ชั่วโมง
รวม		17 ชั่วโมง



เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนใส่เครื่องหมายถูก (✓) หรือผิด (×) หน้าข้อความตามความเข้าใจของนักเรียน

- ☐ 1. หัวใจของมนุษย์แบ่งเป็น 4 ห้อง ได้แก่ หัวใจห้องบน 2 ห้อง และห้องล่าง 2 ห้อง ระหว่างหัวใจห้องซ้ายและหัวใจห้องขวามีลิ้นหัวใจกัน
- ☐ 2. หัวใจห้องบนซ้ายจะบีบตัวส่งเลือดไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย
- ☒ 3. หลอดเลือดแบ่งเป็น หลอดเลือดอาร์เทอรี หลอดเลือดเวน หลอดเลือดฝอย ซึ่งมีโครงสร้างต่างกัน
- ☒ 4. เลือดประกอบด้วย เซลล์เม็ดเลือด เกล็ดเลือด และพลาสมา
- ☒ 5. เลือดที่มีปริมาณแก๊สออกซิเจนสูงจะออกจากหัวใจไปยังเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกาย ขณะเดียวกันแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากเซลล์จะแพร่เข้าสู่หลอดเลือดฝอยและลำเลียงกลับเข้าสู่หัวใจและลำเลียงไปแลกเปลี่ยนแก๊สที่ปอด
- ☒ 6. ซีพวบอกอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งอัตราการเต้นของหัวใจในขณะปกติและหลังจากทำกิจกรรมต่างๆ จะแตกต่างกัน
- ☐ 7. อัตราการเต้นของหัวใจในคนที่อายุน่าเท่ากันและเพศเดียวกันจะไม่แตกต่างกัน
- ☒ 8. การออกกำลังกาย การเลือกรับประทานอาหาร และการพักผ่อนให้เพียงพอช่วยในการดูแลรักษาระบบหมุนเวียนเลือดให้เป็นปกติ

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้ภาพนำบทในหนังสือเรียน จากนั้นใช้คำถามเพิ่มเติมดังนี้

- เพราะเหตุใด เมื่อไปพบแพทย์จึงต้องมีการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ
- ในชีวิตประจำวันมีการวัดอัตราการเต้นของหัวใจในกิจกรรมใดอีกบ้าง

คำตอบของนักเรียนขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของนักเรียน แต่นักเรียนควรสรุปได้ว่าการวัดอัตราการเต้นของหัวใจช่วยบอกข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการทำงานของหัวใจเป็นปกติหรือไม่ การเต้นของหัวใจเกิดจากการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ ทำให้เลือดไหลเวียนเพื่อลำเลียงสารอาหาร แก๊ส และสารอื่นๆ ไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย นอกจากการวัดอัตราการเต้นของหัวใจเมื่อไปพบแพทย์แล้วยังวัดอัตราการเต้นของหัวใจเมื่อมีการออกกำลังกายด้วย

จากนั้นให้นักเรียนช่วยกันระดมความคิดว่า การลำเลียงสารในสิ่งมีชีวิตมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตอย่างไร สิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างของร่างกายต่างกันจะมีกระบวนการลำเลียงสารเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร เพื่อนำไปสู่หัวข้อการลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์และมนุษย์

15.1 การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 15.1 เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่าการลำเลียงสารของสิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างร่างกายไม่ซับซ้อนจะมีการแพร่ระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อมโดยตรง ครูอาจใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายดังนี้

- สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เช่น อะมีบา พารามีเซียม มีวิธีการลำเลียงสารอย่างไร
- ✎ สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวมีการรับสารที่เซลล์ต้องการ และกำจัดสารที่เซลล์ไม่ต้องการผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมโดยตรง

- ฟองน้ำและไฮดรามีระบบหมุนเวียนเลือดในการลำเลียงสารหรือไม่ อย่างไร
- ✎ ฟองน้ำและไฮดราไม่มีระบบหมุนเวียนเลือดในการลำเลียงสาร เนื่องจากฟองน้ำประกอบด้วยเซลล์ที่รวมกลุ่มกัน แต่ยังไม่เป็นเนื้อเยื่ออย่างแท้จริง ส่วนไฮดรามีเนื้อเยื่อ 2 ชั้น โดยสารต่าง ๆ แพร่จากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่เซลล์โดยตรง
- พลาเนเรียมีโครงสร้างร่างกายซับซ้อนกว่าไฮดราแต่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ทั้งที่มีวิธีการลำเลียงสารเช่นเดียวกับไฮดรา เพราะเหตุใด
- ✎ เพราะแม้ว่าพลาเนเรียจะเป็นสัตว์ที่มีขนาดใหญ่กว่าไฮดราแต่มีลำตัวแบนทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมมากพอที่จะสามารถแลกเปลี่ยนสารกับสิ่งแวดล้อมได้โดยตรง และมีการลำเลียงสารระหว่างเซลล์ในร่างกาย

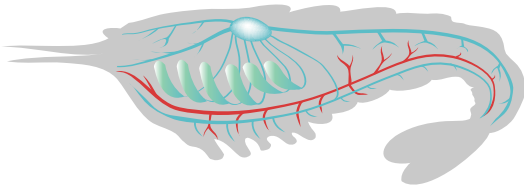
ครูให้นักเรียนร่วมกันศึกษารูป 15.2 ในหนังสือเรียนเพื่อศึกษาโครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ เช่น หอย แมลง ไส้เดือนดิน ปลา และหนู จากนั้นอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปได้ว่าสัตว์ที่มีโครงสร้างของร่างกายขนาดใหญ่และซับซ้อนจะอาศัยการแลกเปลี่ยนสารกับสิ่งแวดล้อมและการลำเลียงสารภายในร่างกายด้วยวิธีการที่ซับซ้อนกว่าการแพร่โดยตรง เนื่องจากสารต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น แก๊สออกซิเจนจะต้องใช้เวลานานในการแพร่จากภายนอกไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายอย่างทั่วถึงจึงจำเป็นต้องมีระบบหมุนเวียนเลือดช่วยในการลำเลียงสารไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้อย่างทั่วถึงและรวดเร็ว

จากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเรื่องการลำเลียงสารของหอย แมลง ไส้เดือนดิน ปลา และหนู พร้อมทั้งใช้รูป 15.2 ประกอบการอธิบายเสริมความรู้ให้นักเรียน แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปโดยใช้ตัวอย่างคำถามดังนี้

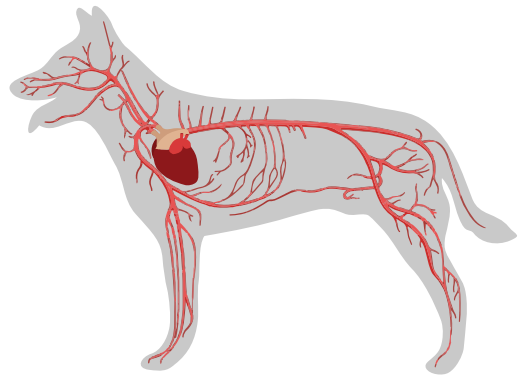
- หอย แมลง ไส้เดือนดิน ปลา และหนู มีการลำเลียงสารเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร
- ✎ แตกต่างกัน หอยและแมลง มีการลำเลียงสารโดยอาศัยระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด ส่วน ไส้เดือนดิน ปลา และหนูมีการลำเลียงสารโดยอาศัยระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด
- ระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดและแบบเปิดแตกต่างกันอย่างไร ให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย
- ✎ ระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดเลือดจะไหลอยู่ในหลอดเลือดตลอดเวลา การแลกเปลี่ยนสารระหว่างเลือดกับเนื้อเยื่อจะผ่านทางผนังหลอดเลือดฝอย ส่วนระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดในบางช่วงเลือดจะไหลออกมาสู่ช่องรับเลือดต่าง ๆ ตามลำตัว เนื่องจากหลอดเลือดไม่ได้ติดต่อ

กันตลอด การแลกเปลี่ยนสารระหว่างเลือดกับเนื้อเยื่อจะแลกเปลี่ยนโดยไม่ต้องผ่านผนังหลอดเลือดฝอย เนื่องจากเลือดสัมผัสกับเนื้อเยื่อโดยตรง

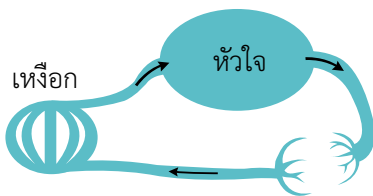
- ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างสัตว์ที่มีระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดมาอย่างละ 1 ตัวอย่าง พร้อมทั้งเขียนแผนภาพประกอบ
- ✎ ตัวอย่างสัตว์ที่มีระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดคือ กุ้ง และระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดคือ สุนัข



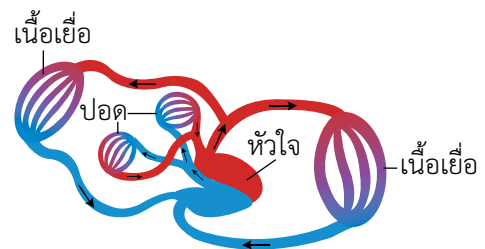
ระบบหมุนเวียนเลือดของกุ้ง



ระบบหมุนเวียนเลือดของสุนัข



แผนภาพระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด
ของกุ้ง



แผนภาพระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด
ของสุนัข

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบคำถาม ดังนี้



แมลงจำเป็นต้องใช้ระบบหมุนเวียนเลือดเพื่อลำเลียงแก๊สออกซิเจนหรือไม่ เพราะเหตุใด



ไม่จำเป็น เพราะแมลงมีการลำเลียงแก๊สออกซิเจนผ่านระบบท่อลมซึ่งแตกแขนงเป็นท่อลมฝอย นำแก๊สออกซิเจนไปยังเซลล์โดยตรง

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด จากการเขียนแผนภาพ และการทำแบบทดสอบ

ด้านทักษะ

- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- การใช้วิจารณญาณ จากการอภิปรายร่วมกัน

15.2 การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สังเกตและอธิบายทิศทางการไหลของเลือดและการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดในทางปลา
2. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด
3. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดในมนุษย์
4. สังเกตและอธิบายโครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ และเขียนแผนผังสรุปการหมุนเวียนเลือดของมนุษย์
5. สืบค้นข้อมูล ระบุความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เพลตเลต และพลาสมา
6. อธิบายหมู่เลือดและหลักการให้และรับเลือดในหมู่เลือดระบบ ABO และหมู่เลือดระบบ Rh

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องการลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ โดยใช้คำถามเพิ่มเติม ซึ่งคำตอบของนักเรียนอาจมีได้หลากหลาย ดังนี้

- มนุษย์มีระบบหมุนเวียนเลือดแตกต่างจากสัตว์อื่น ๆ หรือไม่

จากนั้นทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์โดยใช้คำถามเพิ่มเติม ดังนี้

- มีอวัยวะอะไรบ้างที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงสารไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
- อวัยวะเหล่านี้มีรูปร่างลักษณะและหน้าที่การทำงานอย่างไร

นักเรียนอาจตอบได้ว่า อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงสารไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ได้แก่ หัวใจ หลอดเลือด ซึ่งเชื่อมต่อกันเป็นวงจร

จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษารูป 15.3 และ 15.4 เพื่อสรุปให้ได้ว่า หัวใจอยู่ภายในถุงเยื่อหุ้มหัวใจ แทรกอยู่ระหว่างปอดทั้งสองข้างค่อนข้างค่อนไปทางซ้ายเล็กน้อย หัวใจทำหน้าที่สูบฉีดเลือดแล้วลำเลียงผ่าน หลอดเลือด โดยเลือดทำหน้าที่ลำเลียงสารต่าง ๆ เช่น สารอาหาร แก๊ส ของเสีย และสารอื่น ๆ ไปยังปอดและส่วนต่าง ๆ ทั่วร่างกาย

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบดังนี้



ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์เป็นระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดหรือแบบปิด เพราะเหตุใด
ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์เป็นแบบปิด เพราะเลือดไหลเวียนอยู่ในหลอดเลือดตลอดเวลา

15.2.1 หัวใจ

ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 15.1 เพื่อศึกษาโครงสร้างของหัวใจสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม พร้อมทั้งสืบค้นข้อมูลและบอกความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับหน้าที่ของหัวใจแต่ละห้อง ลิ้นหัวใจ รวมทั้งหลอดเลือดที่เชื่อมต่อกับหัวใจ ครูชี้แจงเพิ่มเติมว่าหัวใจหมูหรือหัวใจวัวนั้นมีโครงสร้างใกล้เคียงกับหัวใจของมนุษย์



กิจกรรม 15.1 โครงสร้างของหัวใจสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

จุดประสงค์

1. ศึกษาและสรุปโครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม
2. สืบค้นข้อมูลและบอกความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับหน้าที่ของหัวใจแต่ละห้อง ลิ้นหัวใจ รวมทั้งหลอดเลือดที่เชื่อมต่อกับหัวใจ
3. สรุปทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจ

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

2 ชั่วโมง

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. หัวใจหมู หรือหัวใจวัว	1 อัน
2. เครื่องมือผ่าตัด	1 ชุด
3. ถาดผ่าตัด	1 ถาด
4. ถังมือยาง	ตามจำนวนนักเรียน
5. แท่งแก้วคนสาร	2 อัน
6. หลอดฉีดยา ขนาด 20 mL	1 อัน
7. ปีกเกอร์ ขนาด 100 mL	1 ใบ
8. น้ำ	

ข้อควรระวัง

1. ระมัดระวังในการใช้เครื่องมือผ่าตัด
2. สวมถุงมือยางระหว่างการทำกิจกรรม
3. หลังการทำกิจกรรมควรทำความสะอาดอุปกรณ์ และล้างมือให้สะอาด

การเตรียมตัวล่วงหน้าสำหรับครู

1. ครูเตรียมหัวใจหมูหรือหัวใจวัวที่มีหลอดเลือดและสภาพหัวใจสมบูรณ์ โดยมีหลอดเลือดครบทุกหลอดเลือดและหัวใจครบทุกห้อง ดังรูป



ด้านหน้า



ด้านหลัง

2. ให้นักเรียนศึกษาลักษณะภายนอกของหัวใจว่าด้านใดเป็นด้านหน้า ด้านใดเป็นด้านหลัง โดยมีจุดสังเกตที่หัวใจซีกซ้ายจะมีขนาดใหญ่กว่าหัวใจซีกขวา
3. ให้ถือหัวใจโดยให้หัวใจซีกซ้ายอยู่ทางด้านขวามือของผู้ถือ ซึ่งด้านที่เห็นอยู่ตรงข้างหน้าจะเป็นด้านหน้าของหัวใจ
4. ให้นักเรียนสังเกตหลอดเลือดโคโรนารีอาร์เทอร์ที่อยู่บริเวณรอบนอกของหัวใจเพิ่มเติม
5. ให้นักเรียนศึกษาโครงสร้างของหัวใจจากของจริงเปรียบเทียบกับภาพ 15.5 ในหนังสือเรียน ซึ่งเป็นแผนภาพแสดงโครงสร้างภายนอกและภายในของหัวใจมนุษย์

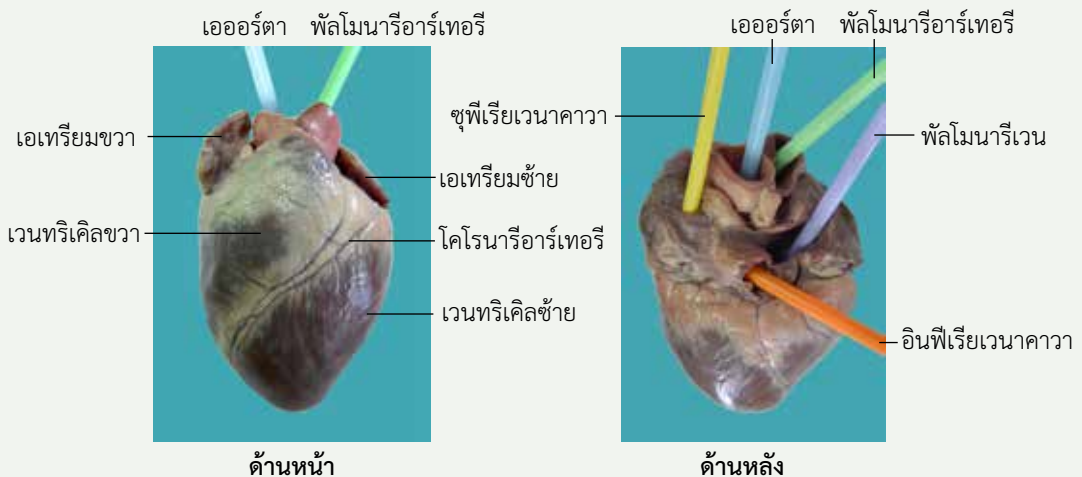
ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ถ้าต้องการเก็บหัวใจไว้ศึกษาต่อในภายหลัง ควรดองด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 80% หรือฟอร์มาลิน 10%

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

1. จากการสังเกตโครงสร้างภายนอกของหัวใจ พบว่า จะมีหลอดเลือดติดอยู่บริเวณผิวด้านนอกของหัวใจ คือ โคโรนารีอาร์เทอร์ และยังมีหลอดเลือดต่าง ๆ ติดกับหัวใจซึ่งบางครั้งหลอดเลือดเหล่านี้อาจมีอยู่ไม่ครบเพราะถูกตัดสั้นเกินไป คงเห็นเพียงช่องเปิดโดยด้านบนของหัวใจมีหลอดเลือด 2 หลอด หลอดที่มีผนังหนาที่สุดและมีช่องติดต่อกับเวนทริเคิลซ้ายคือ เอออร์ตา ส่วนอีกหลอดหนึ่งมีขนาดเล็กกว่านำเลือดออกจากเวนทริเคิลขวา

คือ พัลโมนารีอาร์เทอร์ ซึ่งซ้ายของหัวใจมีหลอดเลือด 2 คู่เป็นหลอดเลือดพัลโมนารีเวน ซึ่งรับเลือดจากปอด 2 ข้างมาส่งให้อะเทรียมซ้าย ส่วนทางซีกขวาของหัวใจจะมีหลอดเลือด 2 หลอด คือ เวนาคาวาซึ่งรับเลือดจากส่วนต่างๆ ของร่างกายเข้าสู่เอเทรียมขวา โดยครูดอาจใช้หลอดกาแลสตีต่างๆ สอดไปในหลอดเลือดเพื่อให้เห็นชัดเจนขึ้น ดังรูป



- สังเกตลักษณะภายนอกของหัวใจเพื่อระบุว่าด้านใดเป็นด้านซ้ายหรือด้านขวา โดยใช้มือบีบจะพบว่าด้านที่แข็งกว่าเป็นหัวใจด้านซ้าย เนื่องจากผนังหัวใจด้านซ้ายจะหนากว่าด้านขวา
- สังเกตความหนาของผนังหลอดเลือดที่เชื่อมต่อกับหัวใจ แล้วใช้แท่งแก้วปลายด้านทุ่หรือนิ้วมือสอดลงไปตามหลอดเลือดที่พบ เพื่อตรวจสอบว่าหลอดเลือดต่ออยู่กับหัวใจห้องใด หลอดเลือดที่มีผนังหนาที่สุดจะเป็นเอออร์ตา หลอดเลือดอีกหลอดหนึ่งที่อยู่ใกล้ๆ เอออร์ตา และหลอดเลือดที่มีผนังบางคือ พัลโมนารีอาร์เทอร์ ให้สังเกตเส้นที่โคนหลอดเลือดนี้จะมีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม 3 ชั้นวางชนกัน

พัลโมนารีอาร์เทอร์



เอออร์ตา

เมื่อใช้หลอดฉีดยาฉีดน้ำเข้าไปในเอเทรียมขวาจะพบว่าน้ำไหลไปอยู่ในพัลโมนารีอาร์เทอร์ ในขณะที่เมื่อใช้หลอดฉีดยาฉีดน้ำเข้าไปในเอเทรียมซ้ายจะพบว่าน้ำไหลไปอยู่ในเอออร์ตา ดังรูป



น้ำในพัลโมนารีอาร์เทอร์



น้ำในเอออร์ตา

4. สังเกตลักษณะลิ้นหัวใจที่กั้นระหว่างเอเทรียมและเวนทริเคิล

ก่อนการผ่าหัวใจครูควรให้นักเรียนศึกษารูป 15.5 ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงโครงสร้างภายในของหัวใจเพื่อให้นักเรียนรู้จักชื่อส่วนต่างๆ ของหัวใจก่อน จากนั้นจึงเริ่มผ่าหัวใจ การผ่าเป็นการผ่าครึ่งหัวใจโดยวางหัวใจให้ด้านหน้าอยู่ด้านบนและเวนทริเคิลซ้ายอยู่ด้านขวามือของผู้ผ่า จากนั้นใช้มีดผ่าจากปลายของเวนทริเคิลจนถึงรอยต่อกับเอเทรียม

ลักษณะลิ้นหัวใจที่กั้นระหว่างเอเทรียมขวาและเวนทริเคิลขวา

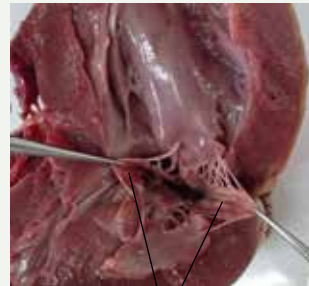
ครูชี้ให้นักเรียนสังเกตลิ้นหัวใจที่กั้นระหว่างเอเทรียมขวาและเวนทริเคิลขวา โดยลิ้นนี้มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ 3 ชั้น เรียกว่า ลิ้นไตรคัสปิด ลักษณะของลิ้นลู่ลงสู่หัวใจห้องเวนทริเคิลขวา แสดงทิศทางการไหลของเลือดจากเอเทรียมขวาลงสู่เวนทริเคิลขวา

ลักษณะลิ้นหัวใจที่กั้นระหว่างเอเทรียมซ้ายและเวนทริเคิลซ้าย

ครูชี้ให้นักเรียนสังเกตลิ้นหัวใจที่กั้นระหว่างเอเทรียมซ้ายและเวนทริเคิลซ้าย โดยลิ้นนี้มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ 2 ชั้น เรียกว่า ลิ้นไบคัสปิด ลักษณะของลิ้นลู่ลงสู่หัวใจห้องเวนทริเคิลซ้าย แสดงทิศทางการไหลของเลือดจากเอเทรียมซ้ายลงสู่เวนทริเคิลซ้าย ดังรูป



ลิ้นไตรคัสปิด



ลิ้นไบคัสปิด

5. สังเกตลิ้นที่กั้นระหว่างหลอดเลือดกับเวนทริเคิล

ลิ้นที่กั้นระหว่างเวนทริเคิลซ้ายกับหลอดเลือด

ครูให้นักเรียนใช้แท่งแก้วสอดไปตามหลอดเลือดที่ติดต่อกับเวนทริเคิลซ้าย ซึ่งจะพบว่าทะลุออกไปตามหลอดเลือด เรียกว่า เอออร์ตา ให้สังเกตลิ้นที่โคนหลอดเลือดนี้จะมีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม 3 ชั้นวางชนกัน ลิ้นที่กั้นระหว่างเวนทริเคิลซ้ายกับเอออร์ตาเรียกว่า ลิ้นเอออร์ติกเซมิลูนาร์

ลิ้นที่กั้นระหว่างเวนทริเคิลขวากับหลอดเลือด

ครูให้นักเรียนใช้แท่งแก้วสอดไปตามหลอดเลือดที่ติดต่อกับเวนทริเคิลขวา ซึ่งจะพบว่าทะลุออกไปตามหลอดเลือดอีกหลอดเลือดหนึ่งที่อยู่ใกล้ๆ เอออร์ตา หลอดเลือดนี้คือ ฟัลโมนารีอาร์เทอรี ให้สังเกตลิ้นที่โคนหลอดเลือดนี้จะมีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม 3 ชั้นวางชนกัน เรียกลิ้นที่กั้นระหว่างเวนทริเคิลขวากับหลอดเลือดที่ออกจากหัวใจนี้ว่า ลิ้นฟัลโมนารีเซมิลูนาร์ ดังรูป

ลิ้นปัลโมนารีเซมิลูนาร์

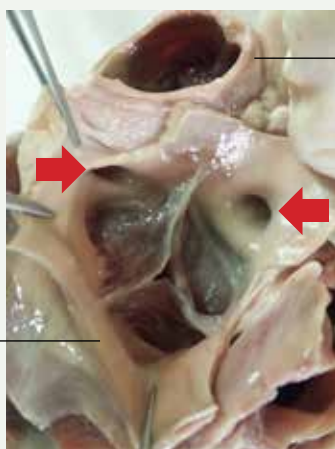


ลิ้นเอออร์ติกเซมิลูนาร์

6. สังเกตหลอดเลือดที่นำเลือดมาเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ โดยใช้เข็มเย็บตรงบริเวณลิ้นหัวใจที่อยู่บริเวณโคนหลอดเลือดเอออร์ตากับเวนทริเคิลซ้าย

เมื่อใช้กรรไกรผ่าผนังของเอออร์ตาลงมาจนถึงโคนหลอดเลือด จะพบว่า มีช่องอยู่จำนวน 2 ช่อง (ลูกศรสีแดง) ดังรูป

เอออร์ตา



ปัลโมนารีอาร์เทอร์

เมื่อใช้แท่งแก้วหรือเข็มเย็บสอดเข้าไปในช่องนี้จะพบว่าเป็นช่องของหลอดเลือดที่นำเลือดมาเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ คือ โคโรนารีอาร์เทอร์

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

? หลอดเลือดบริเวณผิวรอบนอกของหัวใจทำหน้าที่อะไร

 นำเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ

? ความหนาของกล้ามเนื้อหัวใจทั้ง 4 ห้องแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร ลักษณะดังกล่าวสัมพันธ์กับการบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจอย่างไร

 แตกต่างกัน โดยเวนทริเคิลจะมีกล้ามเนื้อหนากว่าเอเทรียม และกล้ามเนื้อหัวใจของเวนทริเคิลซ้ายจะหนากว่าเวนทริเคิลขวา ลักษณะเช่นนี้แสดงว่าเวนทริเคิลซ้ายจะต้องออกแรงบีบตัวมาก เนื่องจากต้องสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงทั่วร่างกาย ส่วนเวนทริเคิลขวามีกล้ามเนื้อบางกว่ามีหน้าที่สูบฉีดเลือดไปยังปอด ส่วนเอเทรียมขวาและเอเทรียมซ้ายมีกล้ามเนื้อบางมาก เนื่องจากทำหน้าที่รับเลือดแล้วบีบตัวส่งเลือดลงไปยังเวนทริเคิลเท่านั้น

? ลิ้นที่กั้นระหว่างเอเทรียมและเวนทริเคิลมีลักษณะอย่างไร ลักษณะดังกล่าวบอกทิศทางการไหลของเลือดอย่างไร และถ้าลิ้นเหล่านี้ผิดปกติจะมีผลต่อร่างกายอย่างไร

 ลิ้นที่กั้นระหว่างห้องของหัวใจ มีลักษณะดังนี้

1. ลิ้นที่กั้นระหว่างเอเทรียมขวากับเวนทริเคิลขวา มีลักษณะเป็นแผ่นเยื่อบาง ๆ 3 แผ่น เรียกว่า ลิ้นไตรคัสปิด ลิ้นนี้จะเปิดเมื่อความดันเลือดในเอเทรียมขวาสูงกว่าเวนทริเคิลขวา เลือดจึงไหลจากห้องเอเทรียมขวาลงสู่เวนทริเคิลขวา และจะปิดเมื่อเลือดในเวนทริเคิลขวาที่มีความดันเลือดสูงกว่าเอเทรียมขวา
 2. ลิ้นที่กั้นระหว่างเอเทรียมซ้ายกับเวนทริเคิลซ้ายจะมีลักษณะเป็นแผ่นเยื่อบาง ๆ 2 แผ่น เรียกว่า ลิ้นไบคัสปิด ลิ้นนี้จะเปิดเมื่อความดันเลือดในเอเทรียมซ้ายสูงกว่าเวนทริเคิลซ้าย เลือดจึงไหลจากเอเทรียมซ้ายลงสู่เวนทริเคิลซ้าย และจะปิดเมื่อเลือดในเวนทริเคิลซ้ายมีความดันเลือดสูงกว่าเอเทรียมซ้าย
- ถ้าลิ้นเหล่านี้ผิดปกติ เช่น มีรูรั่วจะทำให้เลือดบางส่วนจากเวนทริเคิลไหลย้อนกลับไปยังเอเทรียมขวาหรือเอเทรียมซ้ายส่งผลให้เลือดจากเวนทริเคิลขวาไปปอดได้น้อยลง เช่นเดียวกับเลือดจากห้องเวนทริเคิลซ้ายไปเลี้ยงร่างกายได้น้อยลง

? ลิ้นที่โคนหลอดเลือดที่ต่อกับเวนทริเคิลซ้ายและเวนทริเคิลขวามีลักษณะอย่างไร ลักษณะดังกล่าวบอกทิศทางการไหลของเลือดอย่างไร และถ้าลิ้นเหล่านี้ผิดปกติจะมีผลต่อร่างกายอย่างไร

 มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ รูปครึ่งวงกลม 3 แผ่นวางชนกันเรียกลิ้นนี้ว่า ลิ้นเซมิลูนาร์จะพบ 2 บริเวณ คือ

1. ลิ่มที่กั้นระหว่างเอออร์ตากับเวนทริเคิลซ้ายเรียกว่า ลิ่มเอออร์ติกเคมีลูนาร์ ลิ่มนี้จะเปิดเมื่อความดันเลือดในเวนทริเคิลซ้ายสูงกว่าในเอออร์ตา และจะปิดเมื่อความดันเลือดในเอออร์ตาสูงกว่าเวนทริเคิลซ้าย เลือดจึงไหลจากเวนทริเคิลซ้ายไปตามเอออร์ตาและไม่ไหลย้อนกลับ ถ้าลิ่มเอออร์ติกเคมีลูนาร์รั่วจะทำให้มีเลือดไปเลี้ยงร่างกายได้น้อยลง เป็นผลให้ร่างกายขาดเลือดได้
2. ลิ่มที่กั้นระหว่างหลอดเลือดพัลโมนารีอาร์เทอร์กับเวนทริเคิลขวา เรียกว่า ลิ่มพัลโมนารีเคมีลูนาร์ ลิ่มนี้จะเปิดเมื่อความดันเลือดในเวนทริเคิลขวาสูงกว่าในพัลโมนารีอาร์เทอร์ เลือดจึงไหลจากห้องเวนทริเคิลขวาไปตามพัลโมนารีอาร์เทอร์ และลิ่มจะปิดเมื่อความดันเลือดในพัลโมนารีอาร์เทอร์สูงกว่าเวนทริเคิลขวา ทำให้เลือดไม่ไหลย้อนกลับ ถ้าลิ่มพัลโมนารีเคมีลูนาร์รั่วจะทำให้มีเลือดไปแลกเปลี่ยนแก๊สที่ปอดน้อยลงส่งผลให้ออกซิเจนในเลือดลดลง

? เขียนแผนผังแสดงทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจ ปอด และเนื้อเยื่อของร่างกาย



เลือดจากส่วนต่าง ๆ ทั่วร่างกายไหลกลับเข้าสู่เอเทรียมขวาผ่านทางหลอดเลือดเวนขนาดใหญ่น 2 หลอดคือ ซุปรีเวนาคาวาที่นำเลือดมาจากส่วนหัว ลำตัวส่วนบนและแขน และอินฟีเรียเวนาคาวา ซึ่งนำเลือดมาจากลำตัวส่วนล่างและขาเข้าสู่หัวใจ



เมื่อเอเทรียมขวาบีบตัวเลือดจะไหลเข้าสู่เวนทริเคิลขวา ผ่านลิ้นไครัคส์ปิดที่กั้นระหว่างเอเทรียมขวาและเวนทริเคิลขวา



เมื่อเวนทริเคิลขวาบีบตัวเลือดจะไหลผ่านลิ้นพัลโมนารีเคมีลูนาร์เข้าสู่พัลโมนารีอาร์เทอร์ ซึ่งนำเลือดไปยังปอดเพื่อแลกเปลี่ยนแก๊ส



จากนั้นเลือดไหลจากปอดกลับเข้าสู่เอเทรียมซ้ายทางพัลโมนารีเวน เมื่อเอเทรียมซ้ายบีบตัว เลือดจะไหลผ่านลิ้นไครัคส์ปิดเข้าสู่เวนทริเคิลซ้าย



เมื่อเวนทริเคิลซ้ายบีบตัว เลือดจะไหลเข้าสู่เอออร์ตาผ่านลิ้นเอออร์ติกเคมีลูนาร์ซึ่งกั้นไม่ให้เลือดไหลย้อนกลับ จากเอออร์ตาจะมีหลอดเลือดแตกแขนงเพื่อลำเลียงไปยังส่วนต่าง ๆ ทั่วร่างกาย รวมทั้งหัวใจด้วย

15.2.2 หลอดเลือด

ครูให้นักเรียนเข้าสู่หัวข้อเรื่องหลอดเลือดโดยทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน โดยใช้คำถาม ดังนี้

- หลอดเลือดในร่างกายของมนุษย์มีหลอดเลือดอะไรบ้าง
- หลอดเลือดแต่ละชนิดเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

จากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหลอดเลือด หรืออาจให้นักเรียนศึกษารูป 15.7 ในหนังสือเรียน เพื่อสรุปให้ได้ว่า หลอดเลือดแต่ละชนิดมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน โดยใช้คำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบ ดังนี้

 จากรูป 15.7 โครงสร้างของหลอดเลือดอาร์เทอร์รี่ หลอดเลือดฝอย และหลอดเลือดเวน เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

 หลอดเลือดอาร์เทอร์รี่และหลอดเลือดเวนมีโครงสร้างเหมือนกัน คือ ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น ได้แก่ เนื้อเยื่อบุผิวชั้นใน เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน แต่มีความแตกต่างกัน โดยหลอดเลือดอาร์เทอร์รี่มีผนังหนาเนื่องจากมีชั้นกล้ามเนื้อที่หนากว่าหลอดเลือดเวน ส่วนภายในหลอดเลือดเวนมีลิ้นก้นเป็นระยะ ๆ ด้วย สำหรับหลอดเลือดฝอย มีผนังบาง และประกอบด้วยเนื้อเยื่อบุผิวเพียงชั้นเดียว

 เลือดในหลอดเลือดอาร์เทอร์รี่ส่วนใหญ่จะเป็นเลือดที่มีแก๊สออกซิเจนมาก และเลือดในหลอดเลือดเวนส่วนใหญ่จะเป็นเลือดที่มีแก๊สออกซิเจนน้อย เลือดในหลอดเลือดใดที่ไม่เป็นไปตามนี้ เพราะเหตุใด

 เลือดในพัลโมนารีอาร์เทอร์รี่และพัลโมนารีเวน เพราะพัลโมนารีอาร์เทอร์รี่เป็นหลอดเลือดที่นำเลือดที่มีแก๊สออกซิเจนน้อย แต่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากออกจากหัวใจไปยังปอด ส่วนพัลโมนารีเวนนำเลือดที่มีแก๊สออกซิเจนมากแต่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์น้อยออกจากปอดเข้าสู่หัวใจ

จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 15.2 การหมุนเวียนเลือดของปลา เพื่อสรุปได้ว่า ทิศทางและความเร็วของการไหลของเลือดในหลอดเลือดต่างชนิดกันจะแตกต่างกัน



กิจกรรม 15.2 การหมุนเวียนเลือดของปลา

จุดประสงค์

1. สังเกตและอธิบายทิศทางการไหลของเลือดและการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดในทางปลา
2. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. ปลาขนาดเล็ก เช่น ปลาหางนกยูงเพศเมีย ลูกปลานิล หรือลูกอ๊อด	1 ตัว
2. สำลี	2 ก้อน
3. น้ำ	50 mL
4. สไลด์และกระจกปิดสไลด์	1 ชุด
5. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ	1 กล้อง

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ครูแนะนำให้นักเรียนนำปลาขนาดเล็กและแข็งแรงมาศึกษา เช่น ปลาหางนกยูง ลูกปลานิล และลูกปลากระดี่ เป็นต้น สำหรับปลาหางนกยูง ให้นำเพศเมียมาศึกษาเพราะบริเวณทางปลาเพศเมียมีเม็ดสีน้อย นอกจากนี้อาจใช้สัตว์อื่นๆ เช่น ลูกอ๊อด มาศึกษาก็ได้
2. ครูควรแนะนำนักเรียนว่าในขณะที่วางปลาบนสไลด์ต้องให้ความชุ่มชื้นบริเวณหัวและเหงือกตลอดเวลา ด้วยการใช้สำลีชุบน้ำวางบนส่วนหัว เวลาที่ศึกษาแต่ละครั้งไม่ควรนานเกิน 3 นาที เพราะปลาอาจจะตาย ควรปล่อยลงน้ำสักครู่แล้วจึงนำมาศึกษาใหม่ เมื่อศึกษาเสร็จแล้วนำปลาไปปล่อยในแหล่งน้ำ
3. ครูควรให้นักเรียนสังเกตทิศทางการไหลของเลือดโดยเน้นว่าภาพที่ศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์เป็นภาพเสมือนหัวกลับ ดังนั้นทิศทางการไหลของเลือดที่สังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์จึงเป็นทิศทางตรงข้ามกับของจริง เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า เลือดในหลอดเลือดอาร์เทอร์จะไหลจากทางด้านโคนหางไปยังด้านปลายหาง ส่วนในหลอดเลือดเวนเลือดจะไหลจากด้านปลายหางไปยังด้านโคนหาง



ipst.me/9203

4. ครูควรให้นักเรียนสังเกตขนาดของหลอดเลือดอาร์เทอร์ที่มีขนาดไม่เท่ากัน การไหลของเลือดในหลอดเลือดจะมีความเร็วแตกต่างกัน

เลือดในหลอดเลือดอาร์เทอร์ไหลออกจากหัวใจ ส่วนเลือดในหลอดเลือดเวนไหลกลับเข้าสู่หัวใจ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดแดงในหลอดเลือดอาร์เทอร์เร็วกว่าในหลอดเลือดเวน ส่วนในหลอดเลือดฝอยจะเห็นเซลล์เม็ดเลือดแดงไหลเรียงกันทีละเซลล์อย่างช้า ๆ ด้วยความเร็วต่ำสุด ในหลอดเลือดชนิดเดียวกันความเร็วในการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดแดงในหลอดเลือดที่มีขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าในหลอดเลือดขนาดเล็ก

นอกจากนี้ให้นักเรียนสังเกตหลอดเลือดที่เชื่อมโยงระหว่างหลอดเลือดแต่ละหลอดเลือดซึ่งเป็นหลอดเลือดฝอยโดยสังเกตได้จากเซลล์เม็ดเลือดแดงไหลเรียงกันทีละเซลล์อย่างช้า ๆ และควรให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองด้วยหลังจากที่นักเรียนทำกิจกรรมเสร็จแล้ว และครูควรสังเกตทักษะการใช้กล้องจุลทรรศน์ในขณะที่นักเรียนกำลังศึกษาอยู่นั้น ตั้งแต่การปรับกล้องจุลทรรศน์ การหาภาพตลอดจนการเก็บกล้องจุลทรรศน์เมื่อใช้งานเสร็จแล้ว เป็นต้น

อภิปรายและสรุปผล

จากกิจกรรมจะเห็นว่า ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดในหลอดเลือดอาร์เทอร์เร็วกว่าในหลอดเลือดเวน และความเร็วในการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดในหลอดเลือดชนิดเดียวกันแต่ขนาดต่างกันจะไม่เท่ากัน โดยเซลล์เม็ดเลือดในหลอดเลือดอาร์เทอร์ที่มีขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าในหลอดเลือดอาร์เทอร์ขนาดเล็ก

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

 ทิศทางการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดแดงในหลอดเลือดต่าง ๆ เป็นอย่างไร

 บางหลอดเลือดเซลล์เม็ดเลือดแดงเคลื่อนที่ไปทางหัว บางหลอดเลือดเซลล์เม็ดเลือดแดงเคลื่อนที่ไปทางหาง บางหลอดเลือดมีการไหลของเลือดเชื่อมต่อระหว่างหลอดเลือดที่เลือดไหลไปทางหางกับหลอดเลือดที่เลือดไหลไปทางหัว

- ?** การเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดแดงในหลอดเลือดมีความเร็วเท่ากันทุกหลอดเลือดหรือไม่ อย่างไร
-  ไม่เท่ากัน เซลล์เม็ดเลือดแดงที่เคลื่อนไปทางด้านหางจะเคลื่อนที่เร็วกว่าไปทางด้านหัว และเซลล์เม็ดเลือดที่เคลื่อนไปในหลอดเลือดขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่เร็วกว่าในหลอดเลือดขนาดเล็ก
- ?** สังเกตได้อย่างไรว่าหลอดเลือดใดเป็นหลอดเลือดอาร์เทอร์รี่หรือหลอดเลือดเวน
-  ถ้าเป็นหลอดเลือดอาร์เทอร์รี่เลือดจะไหลจากทางด้านโคนหางไปยังด้านปลายหาง ส่วนหลอดเลือดเวนเลือดจะไหลจากด้านปลายหางไปยังด้านโคนหาง (ภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะกลับทิศทางจากซ้ายเป็นขวา)



ตรวจสอบความเข้าใจ

- ?** การไหลของเลือดในหลอดเลือดฝอย ขนาดหลอดเลือดฝอย และขนาดเซลล์เม็ดเลือดแดง มีความสัมพันธ์กันอย่างไร
-  เซลล์เม็ดเลือดแดงจะมีขนาดใกล้เคียงกับเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดเลือดฝอย จึงเห็นเซลล์เม็ดเลือดแดงเรียงเป็นแถวเดียวขณะที่ไหลช้า ๆ อยู่ในหลอดเลือดฝอย

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับระบบหมุนเวียนเลือดของปลา ซึ่งมีหัวใจ 2 ห้อง และให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามเพิ่มเติมและคำถามในหนังสือเรียนดังนี้

- ระบบหมุนเวียนเลือดของปลาเหมือนหรือแตกต่างกับไส้เดือนดินหรือไม่ อย่างไร
 -  เหมือนกันคือ เป็นระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด
- แตกต่างกันคือ ปลามีอวัยวะทำหน้าที่สูบฉีดเลือดที่แท้จริงคือหัวใจ ส่วนไส้เดือนดินมีหลอดเลือดใหญ่บริเวณส่วนหัวมีลักษณะเป็นท่งหลอดเลือดรอบบริเวณหลอดอาหาร ติดต่อระหว่างหลอดเลือดด้านบนและด้านล่าง ทำหน้าที่คล้ายกับหัวใจ เรียกว่า หัวใจเทียม



เลือดที่ไหลผ่านหัวใจของปลาเป็นเลือดที่มีแก๊สออกซิเจนมากหรือน้อย เพราะเหตุใด



เลือดที่ไหลผ่านหัวใจของปลาเป็นเลือดที่มีแก๊สออกซิเจนน้อย เนื่องจากเป็นเลือดที่มาจากส่วนต่างๆ ของร่างกาย

จากนั้นครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่าโครงสร้างของหลอดเลือด รวมทั้งโครงสร้างของหัวใจทั้งภายนอกและภายในที่นักเรียนได้ศึกษาจากกิจกรรม 15.1 นั้นจะมีความสัมพันธ์กับการทำงานของหัวใจ ทั้งนี้หัวใจทำหน้าที่สูบฉีดเลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยการเต้นของหัวใจที่เกิดจากการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อหัวใจเป็นจังหวะ ซึ่งสามารถวัดอัตราการเต้นของหัวใจได้โดยตรงด้วยการฟังที่ใช้สเตโทสโคปแบบที่อกบริเวณหัวใจ หรือวัดได้จากการหดและคลายตัวของผนังหลอดเลือดอาร์เทอร์รี่ใน 1 นาที ซึ่งเรียกว่า ชีพจร จากนั้นครูให้นักเรียนทดลองจับชีพจรของตนเองบริเวณตำแหน่งต่างๆ ซึ่งการวัดชีพจรสามารถวัดได้หลายบริเวณ เช่น ข้อมือ ข้อพับ และคอ เพราะเป็นบริเวณที่มีหลอดเลือดอาร์เทอร์รี่อยู่ใกล้กับผิวหนัง ซึ่งมีวิธีการตรวจวัดโดยใช้นิ้วชี้และนิ้วกลางของมือข้างหนึ่งวางตรงบริเวณที่ต้องการวัดและกดจนรู้สึกถึงการเต้นของชีพจร ดังรูป



บริเวณข้อมือ



บริเวณข้อพับ



บริเวณคอ

จากนั้นครูอาจให้นักเรียนทำกิจกรรมเสนอแนะ การวัดชีพจร เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อชีพจร



กิจกรรมเสนอแนะ : การวัดชีพจร

จุดประสงค์

1. วางแผน ออกแบบการทดลอง และทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเต้นของหัวใจกับการเปลี่ยนแปลงของชีพจร
2. จัดกระทำข้อมูล วิเคราะห์ สรุปและนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

การทำกิจกรรมนี้ครูอาจจะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ตามความสนใจ และให้ออกแบบการทดลองโดยกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ต่อจากนั้น ให้แต่ละกลุ่มดำเนินการทดลองตามทีออกแบบการทดลองไว้ จัดกระทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่น่าสนใจ เปิดโอกาสให้เพื่อนในชั้นเรียนร่วมอภิปรายถึงความสม่าเสมอของอัตราการเต้นของหัวใจ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเต้นของหัวใจ

อภิปรายและสรุปผล

การออกแบบการทดลองอาจเลือกศึกษาปัจจัยได้หลายปัจจัย สำหรับตัวอย่างต่อไปนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับอัตราการเต้นของหัวใจของเพศหญิงและเพศชาย ซึ่งอาจออกแบบการทดลองได้ดังนี้

ตัวอย่าง การศึกษาการวัดชีพจรของเพศหญิงและเพศชาย

สมมติฐานของการทดลอง

1. ถ้าชีพจรขึ้นอยู่กับเพศ ดังนั้นชีพจรของหัวใจในเพศชายจะมีจำนวนครั้งต่อนาทีสูงกว่าในเพศหญิง

ตัวแปรต้น

เพศ

ตัวแปรตาม

ชีพจร

ตัวแปรควบคุม

อายุ น้ำหนัก สุขภาพ

2. ถ้าชีพจรขึ้นอยู่กับวัย ดังนั้นชีพจรในวัยเด็กจะมีจำนวนครั้งต่อนาทีสูงกว่าในวัยผู้ใหญ่
- | | |
|--------------|--------------------|
| ตัวแปรต้น | อายุ |
| ตัวแปรตาม | ชีพจร |
| ตัวแปรควบคุม | เพศ น้ำหนัก สุขภาพ |

วิธีการทดลอง

วัดชีพจรตามที่ออกแบบไว้ แล้วบันทึกข้อมูลลงในตาราง

ตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูล

อายุ (ปี)	ชีพจร (ครั้ง/นาที)	
	เพศหญิง	เพศชาย
1-5		
6-10		
11-15		
16-20		
21-25		
26-30		
มากกว่า 30 ปีขึ้นไป		

หมายเหตุ ตัวแปรควบคุมเรื่องน้ำหนักอาจแบ่งเป็นช่วงของน้ำหนัก ส่วนสุขภาพคือ ไม่มีโรคประจำตัว เช่น โรคความดันเลือดสูง โรคหัวใจ

ครูให้นักเรียนศึกษากราฟแสดงคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ดังรูป 15.9 ในหนังสือเรียน การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และกราฟแสดงคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ทั้งนี้ครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่าคลื่นไฟฟ้าหัวใจของมนุษย์สามารถบอกถึงการทำงานที่ปกติของหัวใจได้ ซึ่งแพทย์สามารถนำข้อมูลนี้ไปใช้ในการตรวจสอบการทำงานของหัวใจ และวินิจฉัยโรคได้

หลังจากนั้นให้นักเรียนศึกษารูป 15.10 ในหนังสือเรียน แล้วร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวการตอบคำถามดังนี้

-  การวัดชีพจรสามารถวัดจากหลอดเลือดเวนได้หรือไม่ เพราะเหตุใด
-  ไม่ได้ เนื่องจากความดันเลือดในหลอดเลือดดำมีผลทำให้กล้ามเนื้อของหลอดเลือดเวนหดตัวและคลายตัวน้อย จึงไม่สามารถวัดชีพจรได้
-  ถ้าวร่างกายได้รับอุบัติเหตุแล้วเสียเลือดมาก การไหลเวียนของเลือดในร่างกายจะเป็นอย่างไร
-  การไหลเวียนของเลือดจะช้าลง เนื่องจากเลือดที่มีปริมาณน้อยลงส่งผลกระทบต่อความดันเลือดลดลง

จากนั้นครูนำเข้าสู่บทเรียนเรื่อง ความดันเลือด ซึ่งควรสรุปได้ว่า การที่เลือดไหลไปตามหลอดเลือดได้เพราะมีความดันและให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าความดันเลือดในหลอดเลือดต่าง ๆ เท่ากันหรือไม่ จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับความดันเลือดในหลอดเลือด การวัดความดันเลือด และค่าความดันเลือด โดยครูใช้รูปที่แสดงค่าความดันเลือดในหลอดเลือดต่าง ๆ ดังรูป 15.10 ในหนังสือเรียนและครูอาจสาธิตการวัดความดันเลือดโดยใช้เครื่องมือหรืออาจให้นักเรียนทดลองวัดความดันเลือดของเพื่อน

นอกจากนี้ครูอาจเสริมความรู้ให้กับนักเรียนดังนี้

ความดันเลือดสามารถวัดได้จากหลอดเลือดอาร์เทอรีที่ใกล้หัวใจ เช่น บริเวณต้นแขน ความดันเลือดในหลอดเลือดอาร์เทอรีขนาดต่าง ๆ จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระยะห่างจากหัวใจ ขณะนอนความดันเลือดบริเวณส่วนต่างๆ ของร่างกายตั้งแต่ศีรษะถึงเท้าจะใกล้เคียงกัน แต่ขณะยืนความดันเลือดบริเวณขาจะสูงมากที่สุด บริเวณศีรษะจะน้อยที่สุด เนื่องจากการไหลของเลือดจะไหลไปในทิศทางเดียวกับแรงโน้มถ่วงของโลกได้ดีกว่าทิศทางตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลก

ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลในรูป 15.11 การวัดความดันเลือดและค่าความดันเลือดของมนุษย์ที่มีอายุและเพศต่างกันและนำข้อมูลความดันซิสโตลิกมาเขียนเป็นกราฟ สุ่มเลือกตัวแทนนำกราฟมาเสนอหน้าชั้นเรียน และให้ทุกคนร่วมกันอภิปราย โดยใช้คำถามดังนี้

- คนที่มีอายุมากขึ้นจะมีความดันเลือดเป็นอย่างไร
-  ความดันเลือดจะสูงขึ้น
- เพศหญิงและเพศชายมีความดันเลือดขณะหัวใจบีบตัวแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
-  ต่างกันในช่วงของอายุ วัยหนุ่มสาวเพศชายจะมีความดันเลือดสูงกว่าเพศหญิง และช่วงอายุ 45 ปีขึ้นไป เพศหญิงจะมีความดันเลือดสูงกว่าเพศชาย

- ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความดันเลือดมีอะไรบ้าง
- ✎ ปัจจัยที่มีผลทำให้ความดันเลือดสูง ได้แก่
 - อายุ เพศ น้ำหนัก สภาพร่างกาย และกิจกรรมที่ทำ
 - ความยืดหยุ่นของผนังหลอดเลือด ผู้สูงอายุมักมีความยืดหยุ่นของผนังหลอดเลือดน้อยลงทำให้มีแรงต้านทานสูงขึ้น
 - การสะสมของคอเลสเตอรอลในผนังหลอดเลือด ถ้ามีมากจะทำให้ช่องทางที่เลือดจะไหลไปได้แคบลง
 - อารมณ์เครียด ตกใจ โกรธ มีผลต่อการเต้นของหัวใจซึ่งส่งผลต่อความดันเลือด
 - สารเคมีต่าง ๆ ที่มีผลต่อการกระตุ้นการทำงานของหัวใจ
 - ขนาดของร่างกาย เช่น คนที่มีร่างกายขนาดใหญ่ความดันเลือดจะสูงกว่าคนที่มียา่ร่างกายขนาดเล็ก

นอกจากครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับความดันเลือด ครูควรให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของการดูแลสุขภาพของนักเรียนและของคนในครอบครัว เพื่อให้ทราบถึงแนวทางในการปฏิบัติตนในชีวิตประจำวันในการหลีกเลี่ยงการมีความดันเลือดสูงที่มาจากปัจจัยต่างๆ เช่น การเลือกรับประทานอาหาร หลีกเลี่ยงอาหารที่มีไขมันสูงและอาหารที่มีรสเค็มจัด การควบคุมอารมณ์ เป็นต้น

ครูกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายในประเด็น ดังนี้

- การไหลของเลือดในหลอดเลือดเวนไหลต้านกับแรงโน้มถ่วงของโลก และความดันในหลอดเลือดเวนมีน้อย หลอดเลือดเวนมีโครงสร้างอย่างไร จึงสามารถลำเลียงเลือดเข้าสู่หัวใจได้โดยเลือดไม่ไหลย้อนกลับ

หลังจากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 15.3 เพื่อศึกษาทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน



กิจกรรม 15.3 ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน

จุดประสงค์

1. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของหลอดเลือดขณะปกติและขณะถูกกด และแปลความหมายจากผลที่สังเกต
2. สรุปทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน เมื่อเปรียบเทียบกับหลอดเลือดอาร์เทอร์รี่

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
ผ้าสำหรับมัดต้นแขน	1 ผืน

แนวการทำกิจกรรม

1. ควรแบ่งกลุ่มในการทำกิจกรรมเนื่องจากต้องมีการใช้ผ้ามัดต้นแขน และมีการใช้นิ้วกดหลอดเลือด และร่วมกันสรุปการทำกิจกรรม
2. การใช้ผ้ามัดต้นแขนไม่ควรมัดให้แน่นจนเกินไป
3. อาจไม่ต้องใช้ผ้ามัดต้นแขนก็ได้ แต่ต้องเลือกนักเรียนที่สามารถกำมือแล้วเห็นหลอดเลือดบริเวณข้อพับได้ชัดเจน

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

- ?** เพราะเหตุใดเมื่อใช้ผ้ามัดต้นแขนแล้ว หลอดเลือดจึงปรากฏชัดเจนขึ้น
-  เพราะเลือดไหลไปได้น้อยลง เลือดจึงคั่งอยู่ในหลอดเลือดทำให้หลอดเลือดโป่งเห็นชัดเจนขึ้น
- ?** การไหลของเลือดในหลอดเลือดที่ปรากฏน่าจะมีทิศทางจากปลายแขนไปยังต้นแขน หรือจากต้นแขนไปยังปลายแขน
-  จากปลายแขนไปยังต้นแขนเพราะเมื่อมัดต้นแขนแล้ว ทำให้หลอดเลือดบริเวณต่ำกว่าต้นแขนลงมาโป่งออก

? ก่อนปล่อยนิ้ว ข. ลักษณะของหลอดเลือดเป็นอย่างไร

 หลอดเลือดไม่โป่ง ไม่มีเลือดไหลกลับเข้ามาในหลอดเลือด

? เมื่อปล่อยนิ้ว ข. ลักษณะของหลอดเลือดเป็นอย่างไร เพราะเหตุใด

 หลอดเลือดไม่โป่ง เพราะเลือดถูกไล่ไปทางต้นแขน ส่วนทางปลายแขนยังคงมีนิ้ว ก. กดอยู่ ทำให้เลือดไหลมาไม่ได้ เลือดที่ถูกไล่ไปทางต้นแขนแล้วไหลกลับมาไม่ได้ เพราะภายในหลอดเลือดมีลิ้นคอยกั้นอยู่

? เมื่อปล่อยนิ้ว ก. ลักษณะของหลอดเลือดเป็นอย่างไร

 หลอดเลือดจะโป่ง เพราะมีเลือดไหลกลับเข้ามาในหลอดเลือด

? ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดที่ศึกษาเป็นอย่างไร

 เลือดในหลอดเลือดที่ศึกษามีทิศทางการไหลไปทางเดียวกันคือ จากปลายแขนไปยังต้นแขน ดังนั้นภายในหลอดเลือดน่าจะมียลิ้นทำหน้าที่กั้นไม่ให้เลือดไหลย้อนกลับ

? ในกรณีที่เลือดไหลไปทางเดียวกันไม่มีการไหลย้อนกลับ โครงสร้างภายในของหลอดเลือดควรมีลักษณะอย่างไร

 ภายในหลอดเลือดควรมียลิ้นกั้นการไหลของเลือดเป็นระยะ ๆ เพื่อกันไม่ให้เลือดไหลย้อนกลับดังในหลอดเลือดเวน

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน โดยครูอาจใช้รูป 15.12 ในหนังสือเรียนซึ่งแสดงการทำงานของลิ้นภายในหลอดเลือดเวน และกลัมนี้อธิบายว่า หลอดเลือดเวนแล้วร่วมกันอภิปรายโดยครูอาจใช้คำถามเพิ่มเติม ดังนี้

- ผู้สูงอายุ หญิงมีครรภ์ และผู้ประกอบอาชีพที่ต้องยืนเป็นเวลานาน ๆ มักจะมีการหลอดเลือดขอดที่ขา เพราะเหตุใด
-  การยืนเป็นเวลานาน ๆ ทำให้เลือดในหลอดเลือดเวนที่ขาไหลกลับเข้าสู่หัวใจยากขึ้นเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เมื่อเป็นเช่นนี้ทำให้ลิ้นของหลอดเลือดเวนต้องรับน้ำหนักของเลือดเป็นเวลานานจึงทำให้ลิ้นเสื่อมสภาพเกิดการโป่งของหลอดเลือดเนื่องจากมีเลือดคั่งอยู่บริเวณนั้น

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโรคและความผิดปกติของหัวใจ หลอดเลือด โดยครูอาจให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าจากวารสาร หนังสือพิมพ์ เอกสารแผ่นพับของโรงพยาบาลต่าง ๆ กรมนานามัย ฯลฯ หรือเชิญวิทยากรภายนอกที่เชี่ยวชาญเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวมาให้ความรู้แก่นักเรียน อาจใช้สื่อวีดิทัศน์จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ มาใช้ประกอบการสอนในหัวข้อนี้

15.2.3 เลือด

ครูนำนักเรียนเข้าสู่เรื่องส่วนประกอบของเลือดโดยการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน และใช้คำถามดังนี้

- เลือดในร่างกายของนักเรียนมีปริมาณเท่าใด
- ✎ คำตอบอาจมีได้หลากหลายขึ้นอยู่กับประสบการณ์เดิมของนักเรียน

ต่อจากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณเลือดในร่างกายของมนุษย์ และส่วนประกอบของเลือดที่ผ่านการปั่นแยกจากรูป 15.13 ในหนังสือเรียนแสดงส่วนประกอบของเลือดที่ผ่านการปั่นแยก

จากนั้นครูนำเข้าสู่กิจกรรม 15.4 ลักษณะเซลล์เม็ดเลือดของมนุษย์ โดยทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับเซลล์เม็ดเลือดของมนุษย์ และนำไปสู่การอภิปรายว่า เซลล์เม็ดเลือดของมนุษย์มีโครงสร้างเหมาะสมต่อการทำหน้าที่อย่างไร



กิจกรรม 15.4 ลักษณะเซลล์เม็ดเลือดของมนุษย์

จุดประสงค์

สืบค้นข้อมูล เปรียบเทียบรูปร่างลักษณะและปริมาณของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือด

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. สไลด์ถาวรเซลล์เม็ดเลือดของมนุษย์	1 แผ่น
2. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ	1 กล้อง

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

1. ครูควรนำสไลด์ถาวรมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อตรวจหาชนิดของเซลล์เม็ดเลือดขาวก่อนล่วงหน้า และทำเครื่องหมายแสดงตำแหน่งที่พบ
2. ครูไม่ควรให้นักเรียนเจาะเลือดเพื่อทำสไลด์เซลล์เม็ดเลือดด้วยตนเอง เนื่องจากอาจติดเชื้อเข้าสู่กระแสเลือดได้

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

- ?** เซลล์เม็ดเลือดที่สังเกตมีกี่ชนิด แต่ละชนิดมีขนาด รูปร่างและปริมาณแตกต่างกันอย่างไร
-  2 ชนิด คือ เซลล์เม็ดเลือดแดงและเซลล์เม็ดเลือดขาว ซึ่งเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 2 ชนิดจะแตกต่างกัน ดังนี้

เซลล์เม็ดเลือดแดง	เซลล์เม็ดเลือดขาว
1. มีขนาดเล็กกว่า 2. ไม่มีนิวเคลียส ตรงกลางบุ๋ม 3. มีจำนวนมากกว่า	1. ส่วนมากมีขนาดใหญ่กว่า 2. มีนิวเคลียสเป็นพู ๆ หรือก้อนกลมใหญ่ เกือบเต็มเซลล์ บางเซลล์จะเห็นแกรนูลชัดเจน 3. มีจำนวนน้อยกว่า

- ?** เซลล์เม็ดเลือดขาวแต่ละชนิดมีโครงสร้างภายในเซลล์เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

 เหมือนกัน คือ มีนิวเคลียส

แตกต่างกัน คือ นิวเคลียสแบ่งเป็นพู รูปร่างกลมขนาดใหญ่เกือบเต็มเซลล์ หรือเป็นรูปไต และการมีหรือไม่มีแกรนูลเฉพาะ

- ?** นอกจากเซลล์เม็ดเลือดแล้ว สังเกตเห็นส่วนประกอบอื่นหรือไม่ มีลักษณะอย่างไร

 นอกจากเซลล์เม็ดเลือดแล้ว ยังพบเกล็ดเลือดซึ่งมีขนาดเล็กมาก และมีรูปร่างไม่แน่นอน เนื่องจากเป็นส่วนชิ้นส่วนของไซโทพลาซึมของเซลล์ชนิดหนึ่งในไขกระดูกที่ปล่อยออกสู่กระแสเลือด

ต่อจากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับรูปร่างลักษณะ ปริมาณ และหน้าที่ของ เซลล์เม็ดเลือดแดง และร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบคำถามดังนี้

-  การที่เซลล์เม็ดเลือดแดงไม่มีนิวเคลียสและมีลักษณะกลมแบน ตรงกลางบวมขึ้นมีความเหมาะสมต่อหน้าที่อย่างไร
-  ลักษณะดังกล่าวทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงสามารถเคลื่อนที่ในหลอดเลือดฝอยได้ง่าย มีแรงเสียดทานต่อผนังหลอดเลือดน้อย นอกจากนี้ยังทำให้มีพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนแก๊สมากและแก๊สสามารถแพร่เข้าสู่กลางเซลล์ได้อย่างทั่วถึง
-  เซลล์เม็ดเลือดแดงที่อยู่ในหลอดเลือดได้รับพลังงานมาจากขั้นตอนใดของกระบวนการหายใจระดับเซลล์ เพราะเหตุใด
-  เซลล์เม็ดเลือดแดงได้รับพลังงานมาจากไกลโคไลซิสในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ เพราะเซลล์เม็ดเลือดแดงไม่มีไมโทคอนเดรีย

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับชนิด รูปร่างลักษณะ และหน้าที่ของเซลล์เม็ดเลือดขาวพร้อมทั้งศึกษารูป 15.16 ในหนังสือเรียน เพื่อสรุปให้ได้ว่าเซลล์เม็ดเลือดขาวมีหลายชนิด และแต่ละชนิดมีรูปร่างและหน้าที่แตกต่างกัน

ครูนำเข้าสู่เรื่องเพลตเลต โดยอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับการไหลของเลือด เมื่อเกิดบาดแผลว่า โดยทั่วไปใช้เวลานานเท่าไรเลือดจึงหยุดไหล ต่อจากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับเพลตเลตและศึกษารูป 15.17 ในหนังสือเรียน เพื่อสรุปเกี่ยวกับการแข็งตัวของเลือด เมื่อร่างกายมีบาดแผลเกิดขึ้น แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามในหนังสือเรียนและคำถามเพิ่มเติม ซึ่งมีแนวการตอบคำถามดังนี้

-  ร่างกายได้รับวิตามิน K จากอาหารชนิดใด
-  ผักสีเขียว น้ำมันปลา เนื้อสัตว์
-  ถ้ารับประทานยาปฏิชีวนะติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้เชื้อแบคทีเรียที่สังเคราะห์วิตามิน K ในลำไส้ถูกทำลาย จะส่งผลต่อร่างกายอย่างไร
-  ร่างกายอาจขาดวิตามิน K ทำให้เลือดแข็งตัวช้า เมื่อเกิดบาดแผลอาจทำให้เลือดไหลไม่หยุด

พลาสมา

ครูนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องพลาสมา โดยให้ศึกษารูป 15.13 ในหนังสือเรียน และสังเกตส่วนประกอบของเลือดที่ผ่านการปั่นแยก ส่วนที่เป็นของเหลวมีสีเหลืองใสซึ่งเรียกว่า พลาสมา และร่วมกันอภิปรายถึงส่วนประกอบและหน้าที่ของพลาสมา โดยสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับพลาสมาและซีรัม และให้นักเรียนเปรียบเทียบกับเมื่อมีบาดแผล บางครั้งจะสังเกตเห็นว่าเมื่อเลือดแข็งตัวแล้วจะมีของเหลวใสออกมาจากบริเวณที่เลือดแข็งตัว ของเหลวใสนี้เรียกว่า ซีรัม ซึ่งไม่มีไฟบริโนเจน ต่อจากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



ซีรัมและพลาสมามีส่วนประกอบแตกต่างกันอย่างไร



ส่วนประกอบส่วนใหญ่ของซีรัมจะเหมือนกับพลาสมา แต่ซีรัมไม่มีไฟบริโนเจน และสารที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด เช่น วิตามิน K แคลเซียม และโปรทรอมบิน

ครูอาจให้นักเรียนร่วมกันสรุปหน้าที่สำคัญของเลือด ดังนี้

1. ลำเลียงสารต่าง ๆ ผ่านระบบหมุนเวียนเลือด เช่น แก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ สารอาหารและวิตามินต่าง ๆ ยูเรีย และฮอร์โมน
2. ทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายโดยเซลล์เม็ดเลือดขาว
3. แลกเปลี่ยนของเหลวและสารต่าง ๆ ที่บริเวณหลอดเลือดฝอยทั่วร่างกาย
4. ช่วยในการแข็งตัวของเลือดโดยเพลตเลต

หมู่เลือดและการให้เลือด

ครูนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องหมู่เลือดและการให้เลือด โดยทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนถึงเรื่องหมู่เลือดที่นักเรียนรู้จัก ต่อจากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหมู่เลือดระบบ ABO หมู่เลือดระบบ Rh รวมถึงการให้และการรับเลือด เพื่อสรุปให้ได้ว่าหมู่เลือดระบบ ABO จำแนกได้เป็นเลือดหมู่ A B AB และ O ตามชนิดของแอนติเจนที่ผิวเซลล์เม็ดเลือดแดง ดังตาราง 15.1 ในหนังสือเรียน

จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 15.5 แบบจำลองโครงสร้างหมู่เลือดระบบ ABO



กิจกรรม 15.5 แบบจำลองโครงสร้างหมู่เลือดระบบ ABO

จุดประสงค์

- 1. สร้างแบบจำลองของหมู่เลือดระบบ ABO
- 2. ระบุชนิดแอนติเจนและแอนติบอดีของเลือดหมู่ A B AB และ O
- 3. อธิบายหลักการให้และรับเลือดในเลือดหมู่ A B AB และ O

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

วัสดุและอุปกรณ์

รายการ		เลือดหมู่ A	เลือดหมู่ B	เลือดหมู่ AB	เลือดหมู่ O
1	ผ้าโปรงสีแดง ขนาด 20x20 cm ² (แทนเซลล์เม็ดเลือดแดง 1 เซลล์)	1	1	1	1
2	หนัวยาง	1	1	1	1
3	กระดุมแป๊ก (แทนส่วนหัวของแอนติเจนและแอนติบอดี)				
	แบบเหลี่ยม-มีรูตรงกลาง	10	-	-	10
	แบบเหลี่ยม-ไม่มีรูตรงกลาง	-	5	5	-
	แบบกลม-มีรูตรงกลาง	-	10	-	10
	แบบกลม-ไม่มีรูตรงกลาง	5	-	5	-
4	ริบบิ้นลวด ยาว 3 cm (แทนแขนของแอนติเจน)				
	สีเขียว	5	-	5	-
	สีแดง	-	5	5	-
5	ลวดกำมะหยี่ ยาว 10 cm (แทนแขนของแอนติบอดี)				
	สีเขียว	-	5	-	5
	สีส้ม	5	-	-	5

**วัสดุอุปกรณ์แต่ละรายการในตารางสำหรับ 1 ชุด ต่อเลือด 1 หมู่

ตัวอย่างการทำการกิจกรรม แบบจำลองโครงสร้างเลือดหมู่ต่างๆ ควรมีลักษณะดังนี้

รายการ	เลือดหมู่ A	เลือดหมู่ B	เลือดหมู่ AB	เลือดหมู่ O
เซลล์เม็ดเลือดแดง	 ผิวเซลล์ เม็ดเลือดแดง มีแอนติเจน A	 ผิวเซลล์ เม็ดเลือดแดง มีแอนติเจน B	 ผิวเซลล์ เม็ดเลือดแดงมี แอนติเจน A และ แอนติเจน B	 ผิวเซลล์ เม็ดเลือดแดง ไม่มีแอนติเจน
พลาสมา	 แอนติบอดี B	 แอนติบอดี A	ไม่มีแอนติบอดี	 แอนติบอดี A แอนติบอดี B

การอภิปรายและสรุปผล

เมื่อนำแบบจำลองโครงสร้างของเลือดแต่ละหมู่มาแสดงบทบาทสมมติเป็นผู้ให้และผู้รับเลือด พบว่าถ้ากระดุมแป๊กสามารถประกบกันได้แสดงว่าเลือดเกิดการตกตะกอนทำให้เกิดอันตราย นั่นคือผู้ให้เลือดและผู้รับเลือดไม่สามารถให้และรับเลือดกันได้

ข้อสังเกต

กรณีที่ผู้ให้เลือดหมู่ O พบว่าสามารถให้เลือดกับผู้รับได้ทุกหมู่เลือด แต่ให้เฉพาะส่วนที่เป็นเซลล์เม็ดเลือดแดงเท่านั้น จึงจะไม่ทำให้เกิดการประกบกันได้ของกระดุมแป๊ก เพราะเลือดหมู่ O ไม่มีแอนติเจนบนผิวเซลล์เม็ดเลือดแดง ดังรูป

ผู้ให้เลือดหมู่ O	ผู้รับมีเลือดหมู่ B
	
 	

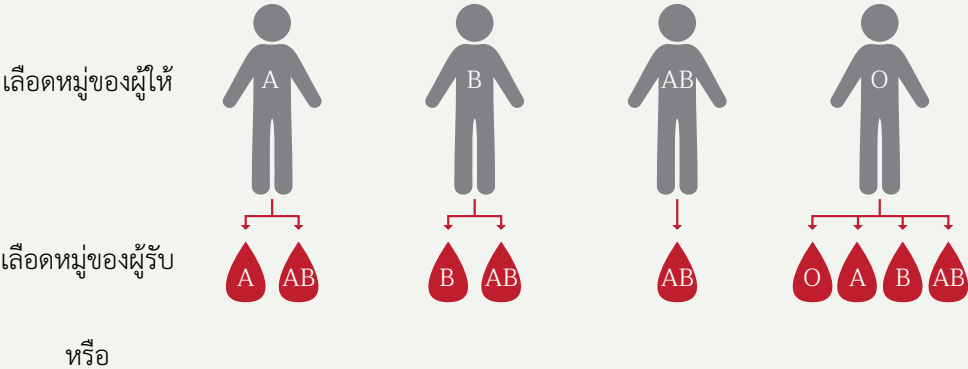
เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

? คนที่มีเลือดหมู่ O ให้เลือดแก่คนที่มีเลือดหมู่ A ได้ แต่คนที่มีเลือดหมู่ A ไม่สามารถให้เลือดแก่คนที่มีเลือดหมู่ O ได้ เพราะเหตุใด

 เพราะคนที่มีเลือดหมู่ O ไม่มีแอนติเจน A และ แอนติเจน B จึงไม่ทำปฏิกิริยากับแอนติบอดี B ของคนที่มีเลือดหมู่ A แต่คนที่มีเลือดหมู่ A มีแอนติเจน A ซึ่งทำปฏิกิริยากับแอนติบอดี A ของคนที่มีเลือดหมู่ O

? เขียนแผนผังสรุปการให้และรับเลือดในหมู่เลือดระบบ ABO

 ตัวอย่างแผนผัง



เลือดหมู่ผู้ให้	เลือดหมู่ผู้รับ			
	A	B	AB	O
A	✓		✓	
B		✓	✓	
AB			✓	
O	✓	✓	✓	✓

ครูให้นักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับหลักการให้และรับเลือดในหมู่เลือดระบบ ABO ซึ่งควรสรุปได้ว่าการให้เลือดและการรับเลือดจะพิจารณาเฉพาะแอนติเจนเป็นหลัก โดยแอนติเจนของผู้ให้ต้องไม่ตรงกับแอนติบอดีของผู้รับ และการให้และรับเลือดที่เหมาะสมที่สุดคือผู้ให้และผู้รับควรมีเลือดหมู่เดียวกัน

นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหมู่เลือดระบบ Rh พร้อมทั้งศึกษารูป 15.18 ในหนังสือเรียน แล้วร่วมกันอภิปรายและสรุปหลักการของการให้และรับเลือดในหมู่เลือดระบบ Rh และกรณีเลือดหมู่ Rh ของแม่กับของลูกในครรภ์ไม่ตรงกัน ซึ่งควรสรุปได้ดังนี้

1. คนที่มีเลือดหมู่ Rh^+ สามารถรับเลือดได้ทั้งเลือดหมู่ Rh^+ และ Rh^-
2. คนที่มีเลือดหมู่ Rh^- ต้องได้รับเลือดหมู่ Rh^- เท่านั้น แต่ถ้ารับเลือดหมู่ Rh^+ ครั้งแรกอาจไม่เกิดอันตราย แต่จะเกิดอันตรายรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อรับเลือดหมู่ Rh^+ ครั้งต่อไป
3. แม่มีเลือดหมู่ Rh^+ ลูกในครรภ์จะมีเลือดหมู่ Rh^+ หรือ Rh^- ลูกก็จะมีไม่มีอันตรายที่เกิดจากอีรีโทรบลาสโตซิสฟีทาลิส
4. แม่มีเลือดหมู่ Rh^- ถ้ามีลูกเลือดหมู่ Rh^- จะไม่เป็นอันตราย แต่ถ้าเคยมีลูกที่เป็นเลือดหมู่ Rh^+ มาก่อนแล้ว ลูกคนต่อไปถ้ามีเลือดหมู่ Rh^+ จะเป็นอันตรายจากอีรีโทรบลาสโตซิสฟีทาลิส

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 15.19 เพื่อสรุปว่า ระบบหมุนเวียนเลือดนอกจากจะมีหน้าที่ลำเลียงสารอาหาร แก๊ส และของเสียแล้ว ยังเกี่ยวข้องกับการรักษาอุณหภูมิของอุณหภูมิในร่างกายด้วย

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียน ซึ่งมีแนวการตอบดังนี้



เพราะเหตุใดเมื่อออกกำลังกายอย่างหนักจะมีอาการหน้าแดง เหงื่อออกมากและหายใจแรงและถี่ขึ้น



เมื่อออกกำลังกายอย่างหนักเซลล์ในร่างกายจะต้องใช้พลังงานอย่างมาก จึงเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมเพิ่มขึ้นทำให้เกิดความร้อนในร่างกายมากกว่าปกติ ศูนย์ควบคุมอุณหภูมิที่สมองส่วนไฮโปทาลามัสจะส่งสัญญาณไปกระตุ้นให้หลอดเลือดฝอยที่ผิวหนังขยายตัว เลือดหมุนเวียนได้ดีขึ้น ทำให้มีอาการหน้าแดง ขณะเดียวกันต่อมเหงื่อมีการขับเหงื่อเพิ่มขึ้นเพื่อช่วยระบายความร้อน และกระบวนการเมแทบอลิซึมก็ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือด ร่างกายจึงต้องขับแก๊สนี้ออกโดยการหายใจแรงและถี่ขึ้นเพื่อนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกายให้เร็วที่สุด



มนุษย์มีพฤติกรรมใดอีกบ้างเพื่อช่วยรักษาคุณภาพของอุณหภูมิในร่างกาย

คำตอบอาจมีได้หลากหลายขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของนักเรียน เช่น เมื่ออากาศร้อนควรสวมใส่เสื้อผ้าที่บาง อาบน้ำบ่อยครั้ง หลีกเลี้ยงแสงแดดโดยอยู่ใต้ร่มไม้ หรืออยู่ในอาคาร อยู่ในห้องที่มีเครื่องปรับอากาศหรือพัดลม เมื่ออากาศเย็นควรสวมใส่เสื้อผ้าที่หนาขึ้น ก่อกองไฟเพื่อผิงไฟ ออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความร้อนให้กับร่างกาย

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- โครงสร้างและการทำงานของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ จากการทำแบบทดสอบ
- โครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมจากการทำกิจกรรม
- ระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด ทิศทางการไหลของเลือดและการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดในหลอดเลือดขนาดต่าง ๆ และความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด จากการทำกิจกรรม และแบบทดสอบ
- ทิศทางการไหลของเลือดผ่านบริเวณหัวใจของมนุษย์ และการหมุนเวียนของเลือดในร่างกายมนุษย์ จากการเขียนแผนผังสรุป และการทำแบบทดสอบ
- ความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เพลตเลต และพลาสมา จากการทำแบบทดสอบ
- หมู่เลือดและหลักการให้และรับเลือดในหมู่เลือดระบบ ABO และหมู่เลือดระบบ Rh จากการทำตารางสรุปและแบบทดสอบ

ด้านทักษะ

- การสังเกต และการจำแนกประเภท การลงความเห็นจากข้อมูล และความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอ

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความซื่อสัตย์ ความมุ่งมั่นอดทน ความอยากรู้อยากเห็น และความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรมและการอภิปรายร่วมกัน
- ความมุ่งมั่นอดทน จากการสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม

15.3 ระบบน้ำเหลือง

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับส่วนประกอบและหน้าที่ของน้ำเหลือง รวมทั้งโครงสร้างและหน้าที่ของหลอดน้ำเหลือง และต่อมน้ำเหลือง

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนเกี่ยวกับระบบน้ำเหลือง โดยการใช้คำถาม ดังนี้

- น้ำเหลืองคืออะไร
- น้ำเหลืองต่างจากพลาสมาและซีรัมอย่างไร
- ✎ คำตอบของนักเรียนอาจมีหลากหลายขึ้นอยู่กับความรู้และประสบการณ์ของนักเรียน ครูอาจยังไม่เฉลยคำตอบในทันที แต่จะให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับน้ำเหลือง หลอดน้ำเหลือง ต่อมน้ำเหลือง การลำเลียงน้ำเหลืองในระบบน้ำเหลือง โดยครูใช้รูป 15.20 รูป 15.21 และรูป 15.22 ในหนังสือเรียน แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยใช้คำถามเพิ่มเติมและคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวการตอบคำถามดังนี้
- ส่วนประกอบของน้ำเหลืองต่างจากเลือดหรือไม่ อย่างไร
- ✎ ต่างกันคือ น้ำเหลืองไม่มีเซลล์เม็ดเลือดแดง เพลตเลตและมีโปรตีนขนาดใหญ่จำนวนมากน้อย

? ถ้าไม่มีการลำเลียงน้ำเหลืองผ่านต่อมน้ำเหลืองจะส่งผลกระทบต่อร่างกายอย่างไร

✎ เชื้อโรคจะไม่ถูกดักจับที่ต่อมน้ำเหลืองจึงเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดได้อย่างรวดเร็ว

? ถ้าหลอดน้ำเหลืองอุดตันจะส่งผลกระทบต่อร่างกายอย่างไร

✎ ทำให้เกิดการบวมเฉพาะที่ของร่างกาย เช่น แขน และขา เนื่องจากของเหลวระหว่างเซลล์มีปริมาณเพิ่มขึ้น

? การไหลเวียนของน้ำเหลืองในระบบน้ำเหลืองกับการไหลเวียนของเลือดในระบบหมุนเวียนเลือดเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

✎ แตกต่างกัน โดยการไหลเวียนของน้ำเหลืองในระบบน้ำเหลืองมีทิศทางไหลเข้าสู่หัวใจทิศทางเดียว ส่วนการไหลเวียนของเลือดในระบบหมุนเวียนเลือดมีการไหลเข้าและออกจากหัวใจ

-  น้ำเหลืองมาจากส่วนใดของร่างกายและเข้าสู่หลอดน้ำเหลืองได้อย่างไร
-  น้ำเหลืองมาจากช่องเหลวที่อยู่ระหว่างเซลล์หรืออยู่รอบ ๆ เซลล์แพร่เข้าสู่หลอดน้ำเหลืองฝอยซึ่งมีปลายตัน
-  เมื่อช่องเหลวระหว่างเซลล์มีปริมาตรเพิ่มขึ้น แรงดันของช่องเหลวที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลต่อร่างกายอย่างไร
-  ทำให้ร่างกายเกิดอาการบวม เพราะมีการสะสมของช่องเหลวมากเกินไป ซึ่งอาจจะเกิดจากยาบางชนิด หรือไตทำงานผิดปกติ
-  พลาสมา ของเหลวระหว่างเซลล์ และน้ำเหลืองมีความสัมพันธ์กันอย่างไร
-  มีความสัมพันธ์กัน คือ ของเหลวระหว่างเซลล์เกิดจากพลาสมาแพร่ออกจากหลอดเลือดฝอย และเมื่อช่องเหลวระหว่างเซลล์แพร่เข้าไปในหลอดน้ำเหลืองฝอยจึงเรียกว่า น้ำเหลือง น้ำเหลืองมีส่วนประกอบคล้ายพลาสมาแต่มีโปรตีนขนาดใหญ่จำนวนน้อยกว่า



ตรวจสอบความเข้าใจ

-  ระบบหมุนเวียนเลือดและระบบน้ำเหลืองเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
-  ระบบหมุนเวียนเลือดและระบบน้ำเหลืองเป็นระบบที่ช่วยในการลำเลียงสาร หรือหมุนเวียนสารในร่างกายเหมือนกัน แต่มีความแตกต่างในเรื่องโครงสร้างและทิศทางการลำเลียงสาร คือ ระบบหมุนเวียนเลือดจะไหลอยู่ในหลอดเลือดซึ่งติดต่อกัน มีทั้งหลอดเลือดที่นำเลือดเข้าสู่หัวใจและออกจากหัวใจ ส่วนระบบน้ำเหลืองนั้น ปลายหลอดน้ำเหลืองฝอยจะเป็นปลายตัน ทิศทางการไหลของน้ำเหลืองจะเข้าสู่หัวใจทางเดียว

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- ส่วนประกอบและหน้าที่ของน้ำเหลือง โครงสร้างและหน้าที่ของหลอดน้ำเหลือง ต่อมน้ำเหลือง จากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ

ด้านทักษะ

- การสังเกตจากการศึกษาภาพ
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการนำเสนอข้อมูล

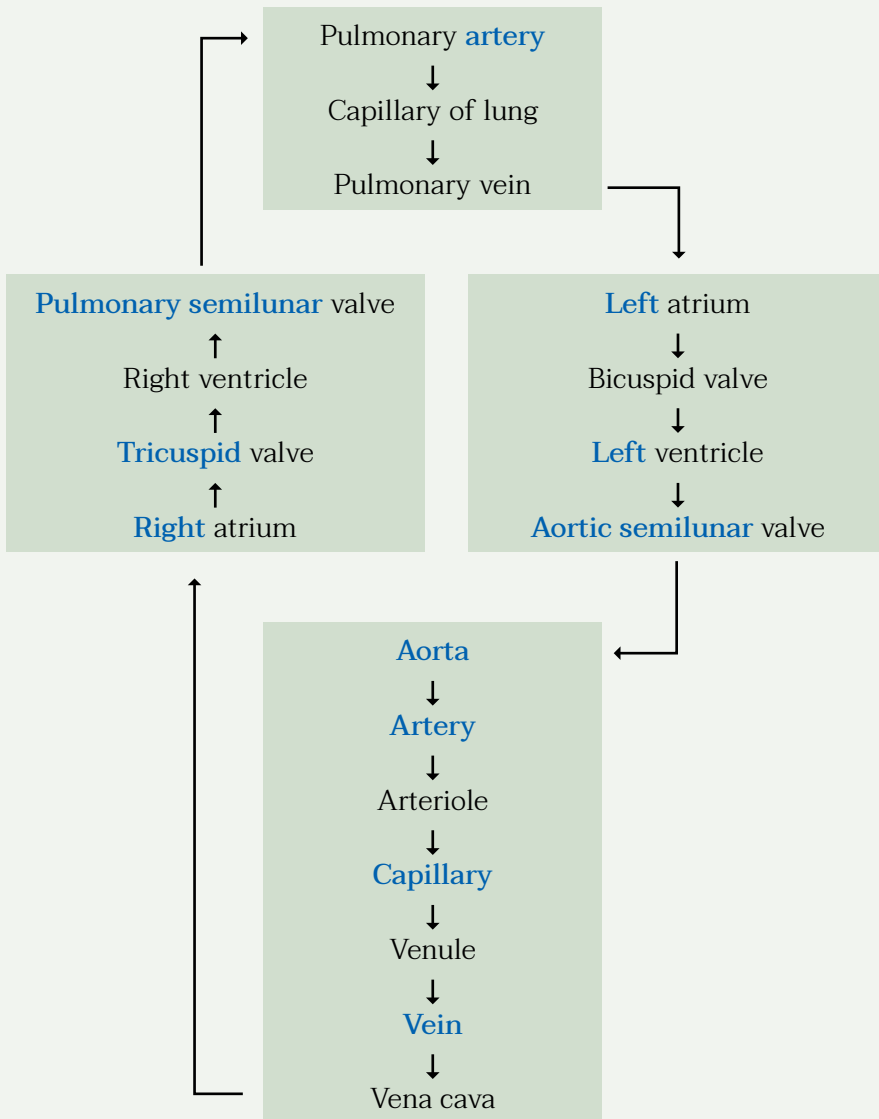
ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็น จากการอภิปรายร่วมกัน



เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 15

1. จงเติมชื่อโครงสร้างในระบบหมุนเวียนเลือดในร่างกายของมนุษย์ลงในช่องว่างให้ถูกต้อง



2. จงนำตัวอักษรหน้าข้อความที่อยู่ด้านขวามือเติมในช่องว่างด้านซ้ายมือให้มีความสัมพันธ์กัน
- | | |
|-------------------------------------|--|
| ...ค...2.1 atherosclerosis | ก. กราฟที่ได้จากการบันทึกการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหัวใจ ซึ่งตรงกับจังหวะการทำงานของหัวใจส่วนต่างๆ |
| ...ข...2.2 artificial pacemaker | ข. เครื่องที่ทำให้เกิดสัญญาณไฟฟ้าไปกระตุ้นให้กล้ามเนื้อหัวใจทำงานได้เป็นปกติ |
| ...จ...2.3 blood clotting | ค. ภาวะที่หลอดเลือดตีบและแข็งเนื่องจากการสะสมของคอเลสเตอรอลที่ผนังหลอดเลือด |
| ...ก...2.4 electrocardiogram | ง. การเพิ่มจำนวนของเซลล์เม็ดเลือดขาวอย่างผิดปกติ และไม่สามารถทำงานได้ |
| ...ฉ...2.5 erythroblastosis fetalis | จ. กระบวนการที่ทำให้เกิดการสลายของไฟบรินเป็นร่างแหโปรตีนโดยจะรวมกับเพลตเลต และเซลล์เม็ดเลือดแดงไปอุดตันหลอดเลือด |
| ...ง...2.6 leukemia | ฉ. ภาวะที่เกิดกับลูกที่มีเลือดหมู่ Rh ⁺ ตั้งแต่คนที่ 2 ขึ้นไป และแม่ที่มีเลือดหมู่ Rh ⁻ สร้างแอนติบอดีต่อแอนติเจน Rh ได้เนื่องจากได้รับแอนติเจน Rh จากลูกที่มีเลือดหมู่ Rh ⁺ คนแรกขณะคลอด |
3. จงใส่เครื่องหมายถูก (✓) หน้าข้อความที่ถูกต้อง ใส่เครื่องหมายผิด (×) หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง และขีดเส้นใต้เฉพาะคำหรือส่วนของข้อความที่ไม่ถูกต้อง และแก้ไขโดยเติมคำหรือข้อความที่ถูกต้องลงในช่องว่างใต้ข้อความ
- ×.....3.1 ถ้าเส้นประสาททุกเส้นที่ไปยังหัวใจถูกทำลาย พบว่าหัวใจจะหยุดทำงานทันที **แก้ไขเป็น** จะไม่หยุด
- อธิบาย** หัวใจมี pacemaker ที่กระตุ้นให้หัวใจทำงานตลอดเวลา เส้นประสาทเพียงเปลี่ยนอัตราการเต้นของหัวใจ
- ✓.....3.2 เลือดที่มี O₂ ต่ำจะเข้าสู่เอเทรียมขวาของหัวใจโดยตรง เนื่องจากไม่มีลิ้นกั้นระหว่างหลอดเลือดและหัวใจ

-3.3 เลือดในเวนทริเคิลขวาที่มีความเข้มข้นของ O_2 น้อยกว่าเลือดในพัลโมนารีอาร์เทอร์
ข้อความที่ผิดกรณีที่ 1
 เลือดในเวนทริเคิลขวาที่มีความเข้มข้นของ O_2 น้อยกว่าเลือดในพัลโมนารีอาร์เทอร์
แก้ไขเป็น เท่ากับ
ข้อความที่ผิดกรณีที่ 2
 เลือดในเวนทริเคิลขวาที่มีความเข้มข้นของ O_2 น้อยกว่าเลือดในพัลโมนารีอาร์เทอร์
แก้ไขเป็น พัลโมนารีเวน
-3.4 โคโรนารีอาร์เทอร์เป็นหลอดเลือดที่นำเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ
-3.5 ในคนปกติวัดความดันเลือดได้ประมาณ 120/80 มิลลิเมตรปรอท ถ้าเวนทริเคิลบีบตัวแรงขึ้น แต่ยังคล้ายตัวปกติ พบว่าจะทำให้ความดันซิสโตลิกลดลง
แก้ไขเป็น เพิ่มขึ้น
-3.6 ผนังของอาร์เทอร์ หลอดเลือดฝอย และเวน ประกอบด้วยเนื้อเยื่อบุผิวชั้นใน เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน
แก้ไขโดย ตัดคำว่า หลอดเลือดฝอย
-3.7 หลอดเลือดฝอยมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กแต่มีพื้นที่ผิวรวมมาก เลือดในหลอดเลือดฝอยจึงไหลเร็ว
แก้ไขเป็น ช้า
-3.8 เซลล์เม็ดเลือดแดงในหลอดเลือดของคนมีรูปร่างกลมแบน ตรงกลางบุ๋ม ไม่มีนิวเคลียส มีไมโทคอนเดรีย มีฮีโมโกลบินซึ่งสามารถจับ O_2 และ CO_2 ได้
แก้ไขเป็น ไม่มี
-3.9 เซลล์เม็ดเลือดแดงสามารถเคลื่อนผ่านผนังหลอดเลือดฝอยสู่เนื้อเยื่อที่มีเชื้อโรค และเคลื่อนที่เข้าหาสารเคมีที่เชื้อโรคหรือที่เซลล์แปลกปลอมปล่อยออกมา
ข้อความที่ผิดกรณีที่ 1
เซลล์เม็ดเลือดแดง สามารถเคลื่อนผ่านผนังหลอดเลือดฝอยสู่เนื้อเยื่อที่มีเชื้อโรค และเคลื่อนที่เข้าหาสารเคมีที่เชื้อโรคหรือที่เซลล์แปลกปลอมปล่อยออกมา

แก้ไขเป็น เซลล์เม็ดเลือดขาว

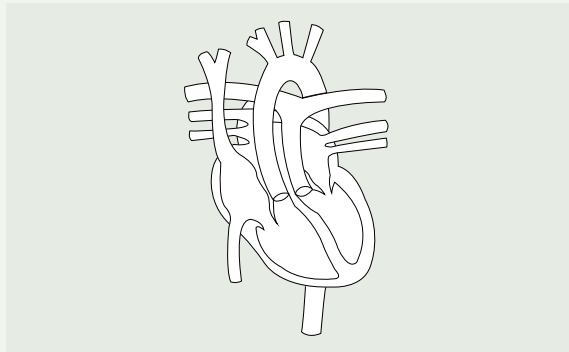
ข้อความที่ผิดกรณีที่ 2

เซลล์เม็ดเลือดแดง**สามารถ**เคลื่อนผ่านผนังหลอดเลือดฝอยสู่เนื้อเยื่อที่มีเชื้อโรค และเคลื่อนที่เข้าหาสารเคมีที่เชื้อโรคหรือที่เซลล์แปลกปลอมปล่อยออกมา

แก้ไขเป็น ไม่สามารถ

- ✓.....3.10 ในผู้ใหญ่เซลล์เม็ดเลือดแดงทั้งหมดสร้างจากเซลล์ต้นกำเนิดในไขกระดูก
- ✓.....3.11 น้ำเหลืองต่างจากพลาสมาเพราะมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่า
- ✓.....3.12 หลอดน้ำเหลืองมีลิ้นก้นซึ่งคล้ายกับหลอดเลือดเวน

4. Transposition of the great vessels (TGV) เป็นความผิดปกติ ตั้งแต่แรกเกิดที่มีการสลับของ หลอดเลือดดังรูป



- 4.1 จงเขียนวงจรการไหลของเลือดในร่างกายของผู้ที่มีความผิดปกตินี้ โดยระบุหลอดเลือด และห้องหัวใจที่เกี่ยวข้อง

ตอบ วงจรการไหลของเลือดในร่างกายมี 2 วงจรดังนี้

วงจรที่ 1

vena cava → right atrium → right ventricle → aorta → body



วงจรที่ 2

pulmonary vein → left atrium → left ventricle → pulmonary artery → lung



4.2 ผลกระทบและความร้ายแรงของการที่หลอดเลือดสลับตำแหน่งกันในกรณีนี้เป็นอย่างไร

ตอบ ในผู้ที่มีความผิดปกตินี้ตำแหน่งของเอออร์ตา กับพัลโมนารีอาร์เทอร์สลับกัน ดังนั้นเลือดที่ไหลไปสู่ปอดจะแยกวงจรกับเลือดที่ไปเลี้ยงทั่วร่างกาย โดยเลือดที่เอออร์ตาและอาร์เทอร์นำไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายนั้นจะเป็นเลือดที่มีปริมาณ O_2 ต่ำ (deoxygenated blood) เนื้อเยื่อจึงได้รับ O_2 ไม่เพียงพอ และการที่เลือดแยกไหลเป็นสองวงจรเช่นนี้ จะทำให้เลือดที่ผ่านการแลกเปลี่ยนแก๊สจะไม่ไปยังส่วนอื่นของร่างกาย ความรุนแรงของความผิดปกตินี้จึงค่อนข้างสูง (ผู้ที่มีความผิดปกตินี้ส่วนใหญ่จะมีช่องเปิดระหว่าง aortic arch และพัลโมนารีอาร์เทอร์ทำให้เลือดจากสองระบบสามารถผสมกันได้บ้าง แต่ยังคงต้องได้รับการผ่าตัดเพื่อแก้ไขความผิดติดังกล่าว)

5. Ventricular septal defect (VSD) เป็นความผิดปกติที่พบตั้งแต่แรกเกิด โดยหัวใจของผู้ป่วยจะมีรูเปิดที่ผนังระหว่างเวนทริเคิลซ้ายและเวนทริเคิลขวา ผู้ที่เป็นโรคนี้จะมีอาการหัวใจเต้นเร็ว หายใจถี่ เหนื่อยหอบง่าย สามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและกลไกการทำงานของหัวใจอธิบายอาการดังกล่าวได้อย่างไร

ตอบ การที่มีรูเปิดที่ผนังระหว่างเวนทริเคิลซ้ายและเวนทริเคิลขวา จะทำให้เลือดที่มีออกซิเจนสูงและต่ำมาผสมกัน เลือดออกจากหัวใจไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายจึงมีปริมาณ O_2 ต่ำและปริมาณ CO_2 สูงกว่าคนปกติ ทำให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนแก๊สที่เนื้อเยื่อลดลง เลือดจึงมีความเข้มข้นของ CO_2 สูงและความเข้มข้นของ O_2 ต่ำกว่าที่ควร ร่างกายจึงตอบสนองด้วยการหายใจถี่และหัวใจเต้นเร็ว ทำให้บุคคลที่เป็นโรคมีอาการเหนื่อยหอบง่ายเมื่อทำกิจกรรมต่างๆ

6. จากตารางแสดงเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดเลือด

หลอดเลือด	ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก (μm)	ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายใน (μm)
A	10	8
B	3,000	1,000
C	3,500	3,000

หลอดเลือดใดเป็นอาร์เทอร์รี่ เวน และหลอดเลือดฝอย เพราะเหตุใด

ตอบ A คือ หลอดเลือดฝอย B คือ อาร์เทอร์รี่ C คือ เวน

เพราะ A มีขนาดเล็กและเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกกับภายในใกล้เคียงกันแสดงว่ามีผนังบางมาก

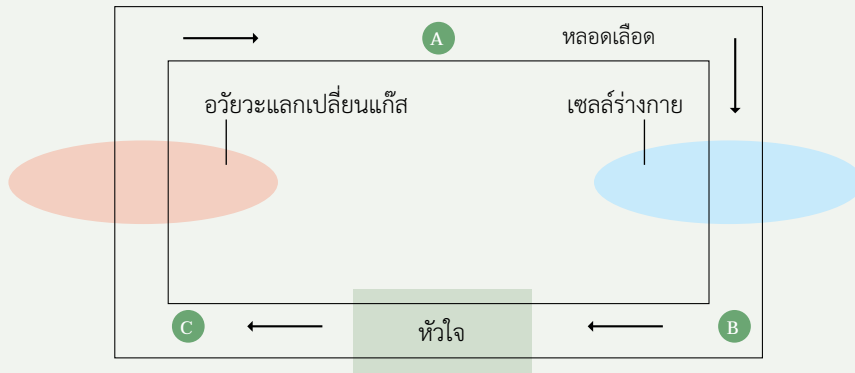
B และ C มีขนาดใกล้เคียงกัน แต่เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของ B น้อยกว่า C แสดงว่า B ผนังหนากว่า C ดังนั้น B คือ อาร์เทอร์รี่ และ C คือ เวน

การที่อาร์เทอร์รี่มีผนังหนาที่สุดนั้นเหมาะสมกับหน้าที่ เนื่องจากเลือดภายในอาร์เทอร์รี่จะมีแรงดันสูง ชั้นกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันทำให้อาร์เทอร์รี่มีความยืดหยุ่นมาก สามารถขยายตัวรองรับแรงดันเลือดที่ค่อนข้างสูงจากเวนทริเคิลซ้ายได้ ส่วนเวนมีขนาดใหญ่เช่นเดียวกันแต่มีผนังที่บางกว่าอาร์เทอร์รี่ ซึ่งสอดคล้องกับการที่เวนนำเลือดที่มีแรงดันต่ำกลับเข้าสู่หัวใจ สำหรับหลอดเลือดฝอยมีขนาดเล็กและผนังบางมากเมื่อเทียบกับอาร์เทอร์รี่และเวน ซึ่งสอดคล้องกับการที่หลอดเลือดฝอยเป็นบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนสารระหว่างหลอดเลือดและเนื้อเยื่อ ซึ่งทำให้ระยะทางระหว่างภายในและพื้นผิวของหลอดเลือดนั้นมีค่าลดลง การแลกเปลี่ยนสารจึงเกิดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

7. ไส้เดือนดินอาศัยในดินที่ชื้น เซลล์ของร่างกายจึงมีโอกาสสัมผัสกับน้ำตลอดเวลา ทำให้เซลล์สามารถแลกเปลี่ยนแก๊สกับสิ่งแวดล้อมได้โดยตรง เพราะเหตุใดไส้เดือนดินจึงยังจำเป็นต้องมีระบบหมุนเวียนเลือด ขณะที่ปลานาเรียหรือกลุ่มหนอนตัวแบนไม่ต้องอาศัยระบบหมุนเวียนเลือด

ตอบ เพราะไส้เดือนดินมีขนาดตัวที่ใหญ่กว่าปลานาเรีย การแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อมสามารถเกิดขึ้นได้สำหรับเซลล์ที่อยู่ด้านนอก ขณะที่เซลล์ด้านในจำเป็นต้องอาศัยระบบหมุนเวียนเลือดเพื่อที่สามารถแลกเปลี่ยนแก๊สได้ทั่วถึง ส่วนปลานาเรียมีขนาดเล็กสามารถแลกเปลี่ยนแก๊สได้ทั่วถึงโดยไม่จำเป็นต้องอาศัยระบบหมุนเวียนเลือด

8. สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งมีระบบหมุนเวียนเลือดดังรูป

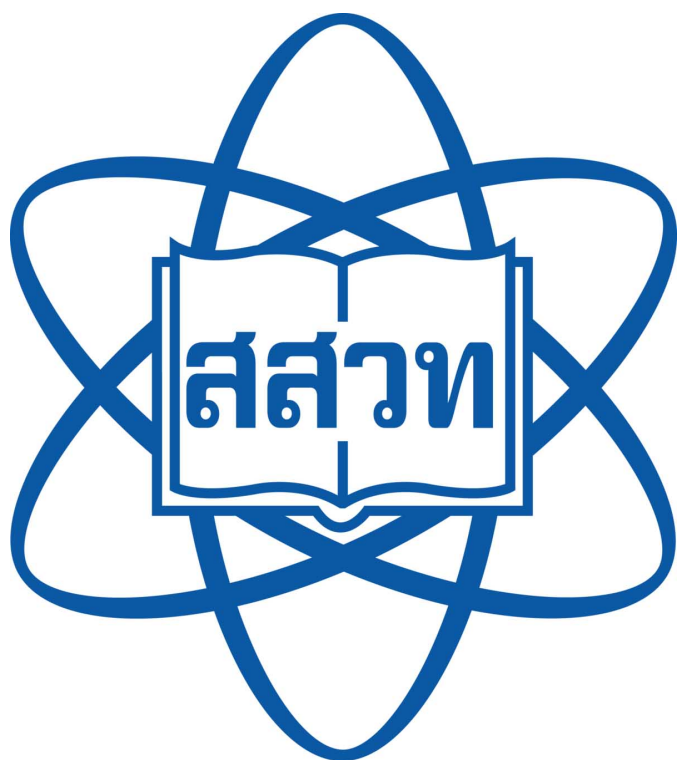


8.1 จากรูปสิ่งมีชีวิตมีระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดหรือแบบปิด เพราะเหตุใด

ตอบ มีระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด เพราะเลือดไหลอยู่ในหลอดเลือดตลอดเวลา

8.2 จากรูป A B และ C บริเวณใดบ้างที่มีแก๊สออกซิเจนในหลอดเลือดสูง เพราะเหตุใด

ตอบ บริเวณ A เพราะเลือดมาจากอวัยวะแลกเปลี่ยนแก๊ส ขณะที่บริเวณ B และ C เป็นเลือดที่มีแก๊สออกซิเจนต่ำเนื่องจากมาจากส่วนต่างๆ ของร่างกายและเข้าสู่หัวใจ โดยไม่มีการแลกเปลี่ยนแก๊ส



บทที่

| ระบบภูมิคุ้มกัน

16

ipst.me/8819

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ
2. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบการสร้างภูมิคุ้มกันก่อเอง และภูมิคุ้มกันรับมา
3. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอดส์ ภูมิแพ้ การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ
2. เปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ
3. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างหรือตอบสนองของภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท 3. การลงความเห็นจากข้อมูล	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา	1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความรอบคอบ

ผลการเรียนรู้

2. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบการสร้างภูมิคุ้มกันตนเอง และภูมิคุ้มกันรับมา

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบการสร้างภูมิคุ้มกันตนเองและภูมิคุ้มกันรับมา

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การจำแนกประเภท 3. การลงความเห็นจากข้อมูล	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา	1. การใช้วิจารณ์ญาณ 2. ความรอบคอบ

ผลการเรียนรู้

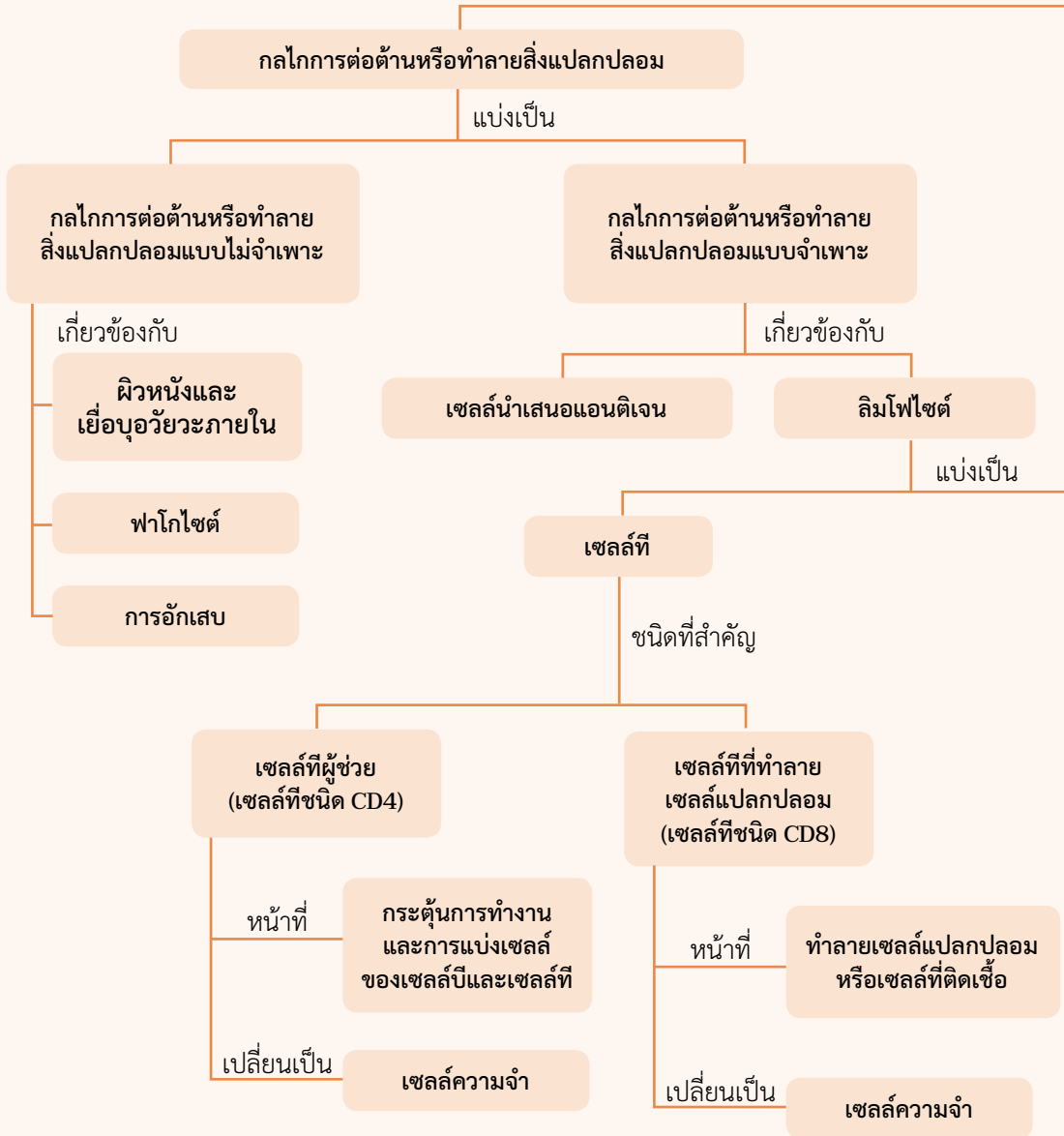
3. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอดส์ ภูมิแพ้ การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง

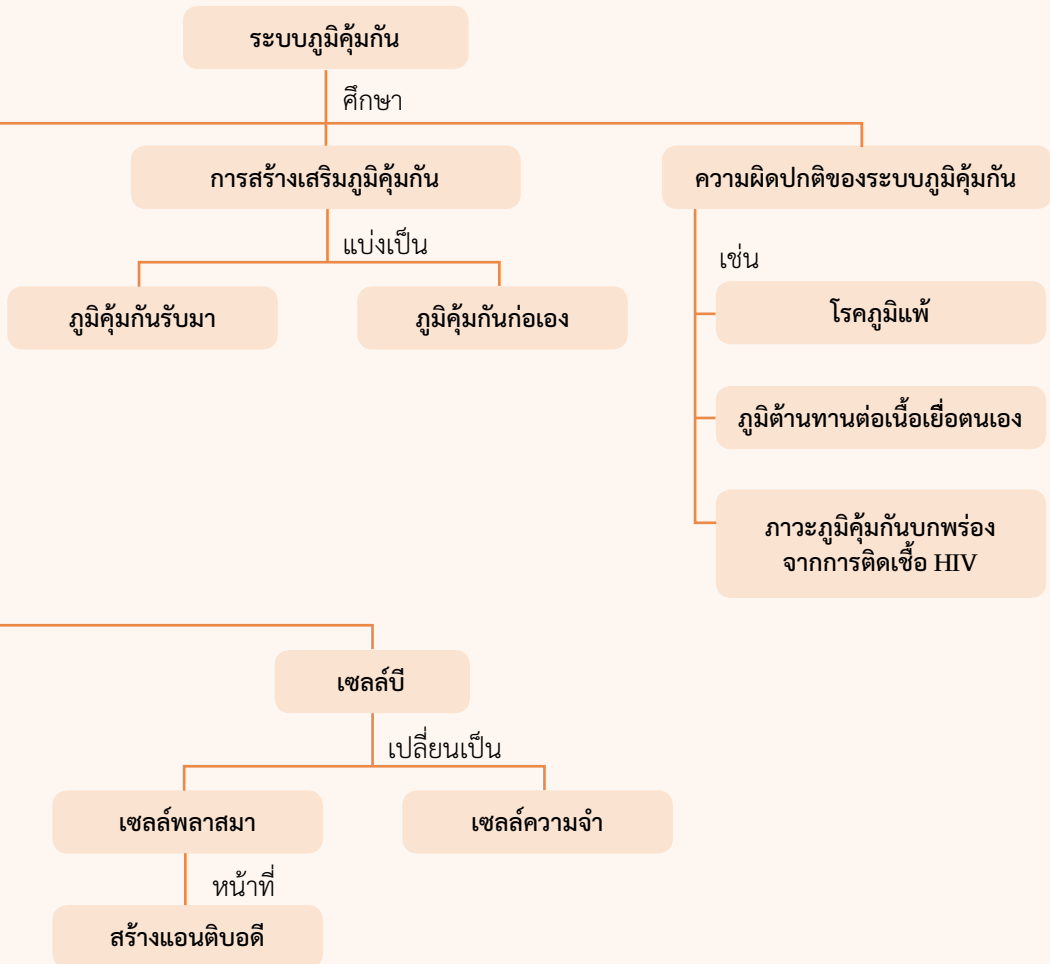
จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง และเอดส์
2. สืบค้นข้อมูล และอธิบายกลไกการติดเชื้อ HIV ที่เป็นสาเหตุการเกิดภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาศาสตร์
1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 3. ความร่วมมือ 4. การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ	1. การใช้วิจารณ์ญาณ 2. ความรอบคอบ 3. ความใจกว้าง 4. การยอมรับความเห็นต่าง

ผังมโนทัศน์ บทที่ 16





สาระสำคัญ

เมื่อสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกาย ร่างกายจะมีกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะประกอบด้วย การต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมไม่ให้เข้าสู่เนื้อเยื่อ และการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่เนื้อเยื่อแล้วโดยการทำงานของฟาโกไซต์และการอักเสบ ส่วนกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะเป็นการทำงานของเซลล์นำเสนอแอนติเจนร่วมกับลิมโฟไซต์ทำหน้าที่ทำลายสิ่งแปลกปลอมนั้น ในกรณีที่ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายไม่สามารถทำหน้าที่ได้ซึ่งอาจเกิดจากความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันหรือการได้รับเชื้อไวรัสบางชนิด ก็จะส่งผลเสียต่อการดำรงชีวิตหรืออาจเสียชีวิตได้

การสร้างเสริมภูมิคุ้มกันให้กับร่างกายมี 2 แบบคือ ภูมิคุ้มกันรับมาและภูมิคุ้มกันก่อเอง โดยภูมิคุ้มกันรับมาเป็นวิธีที่ร่างกายได้รับแอนติบอดีที่มีความจำเพาะต่อแอนติเจนซึ่งสามารถทำงานได้ทันทีแต่อยู่ในร่างกายไม่นาน ส่วนภูมิคุ้มกันก่อเองเป็นวิธีที่ร่างกายได้รับแอนติเจนซึ่งจะกระตุ้นให้ร่างกายสร้างแอนติบอดีหรือกระตุ้นเซลล์ที่มีความจำเพาะต่อแอนติเจนนั้น ซึ่งใช้เวลานานกว่าภูมิคุ้มกันรับมาแต่ภูมิคุ้มกันก่อเองจะอยู่ในร่างกายได้นานเนื่องจากการสร้างเซลล์ความจำด้วย

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ 8 ชั่วโมง

16.1 กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม	5 ชั่วโมง
16.2 การสร้างเสริมภูมิคุ้มกัน	1 ชั่วโมง
16.3 ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน	2 ชั่วโมง
รวม	8 ชั่วโมง



เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนใส่เครื่องหมายถูก (✓) หรือผิด (×) หน้าข้อความตามความเข้าใจของนักเรียน

-  1. ผิวหนังช่วยป้องกันเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมไม่ให้เข้าสู่ร่างกาย
-  2. เซลล์เม็ดเลือดขาวทำหน้าที่กำจัดเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกาย
-  3. เซลล์เม็ดเลือดขาวพบได้ในระบบหมุนเวียนเลือด ระบบน้ำเหลือง และบางครั้งพบในเนื้อเยื่อบริเวณที่มีบาดแผล
-  4. การนำแบคทีเรียเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดขาวเป็นการลำเลียงเข้าสู่เซลล์โดยแอกทีฟทรานสปอร์ต เนื่องจากแบคทีเรียมีขนาดเล็กและต้องอาศัยพลังงานในการลำเลียงเข้าสู่เซลล์
-  5. แอนติบอดีและเอนไซม์ไลโซไซม์ในน้ำตาเป็นสารประเภทลิพิดที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย
-  6. เมื่อเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกาย เซลล์เม็ดเลือดขาวจะได้รับการกระตุ้นและเกิดการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเพื่อสร้างเซลล์เม็ดเลือดขาวจำนวนมากไว้กำจัดเชื้อโรคที่เข้ามาในร่างกาย
-  7. การฉีดวัคซีนช่วยกระตุ้นให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันต่อเชื้อโรค
-  8. ผู้ป่วยโรคเอดส์มักจะเสียชีวิตจากการติดเชื้อ HIV อย่างรุนแรง

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนเกี่ยวกับจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อม โดยให้ศึกษารูปนำบทที่เป็นจุลินทรีย์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ และใช้คำถามถามนักเรียนเพื่อร่วมกันอภิปรายดังนี้

- จุลินทรีย์บนอาหารเลี้ยงเชื้อมาจากที่ใด
- ถ้าเด็กคนนั้นใช้มือหยิบอาหารรับประทานจะได้รับจุลินทรีย์เข้าไปในร่างกายหรือไม่อย่างไร

นักเรียนอาจจะร่วมกันตอบได้ว่า จุลินทรีย์บนอาหารเลี้ยงเชื้อมาจากฝ่ามือของเด็ก เมื่อนำมาทาบนอาหารเลี้ยงเชื้อจะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตจนสามารถมองเห็นได้ และหากเด็กคนดังกล่าวใช้มือหยิบอาหารหรือขนมรับประทานก็จะได้รับจุลินทรีย์เข้าไปด้วย จากนั้นครูอาจถามนักเรียนว่า

- นักเรียนเคยใช้มือหยิบอาหารหรือขนมรับประทานหรือไม่
- นักเรียนเคยมีอาการเจ็บป่วยหรือเป็นโรคจากการใช้มือหยิบขนมรับประทานหรือไม่ อย่างไร

คำตอบอาจมีได้หลากหลาย นักเรียนบางคนอาจไม่เคยใช้มือหยิบอาหาร ในกรณีที่เคยใช้มือหยิบอาหารรับประทาน นักเรียนอาจมีอาการเจ็บป่วย เช่น อาหารเป็นพิษ หรืออาจจะไม่เจ็บป่วย จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า บนมือของทุกคนมีจุลินทรีย์ ถ้าใช้หยิบอาหารรับประทาน จุลินทรีย์จากมือจะเข้าสู่ร่างกาย แต่เมื่อได้รับจุลินทรีย์แล้วบางคนอาจเกิดอาการเจ็บป่วยแต่บางคนไม่เจ็บป่วย ครูถามนักเรียนเพิ่มเติมว่า **เพราะเหตุใดจุลินทรีย์จึงทำให้บางคนมีอาการเจ็บป่วยหรือเป็นโรค ในขณะที่บางคนอาจจะไม่มีอาการดังกล่าว** ซึ่งนักเรียนอาจจะตอบได้หรือตอบไม่ได้ ครูจะยังไม่สรุปแต่ให้นักเรียนศึกษาจากบทเรียน

16.1 กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ
2. เปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ
3. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างหรือตอบสนองของภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ

16.1.1 กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ แนวการจัดการเรียนรู้

ครูอาจใช้คำถามในหนังสือเรียนและคำถามเพิ่มเติมต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยเกี่ยวกับกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมของร่างกาย เช่น

- นอกจากจุลินทรีย์สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทางปากแล้ว นักเรียนคิดว่าจุลินทรีย์สามารถเข้าสู่ร่างกายทางใดได้อีกบ้าง
- การสัมผัสสารคัดหลั่งต่างๆ เช่น น้ำมูก น้ำลาย หรือการไอ การจาม การหายใจรดกันในสถานที่แออัด จะทำให้จุลินทรีย์เข้าสู่ร่างกายได้หรือไม่ อย่างไร
- นักเรียนคิดว่าร่างกายจะมีกลไกที่ทำให้เกิดการตอบสนองโดยการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมเหล่านี้เพื่อไม่ให้เกิดอันตรายกับร่างกายได้อย่างไร

คำตอบของนักเรียนอาจมีหลากหลาย นักเรียนควรสรุปได้ว่าจุลินทรีย์อาจเข้าทางช่องเปิดอื่นนอกจากปาก เช่น หู ตา จมูก ช่องคลอด หรืออาจเข้าสู่ร่างกายผ่านทางผิวหนังเมื่อเกิดบาดแผล การสัมผัสสารคัดหลั่งก็สามารถทำให้จุลินทรีย์เข้าสู่ร่างกายได้เช่นกัน แต่ร่างกายมีกลไกบางอย่างที่ทำให้จุลินทรีย์ที่อาจเป็นอันตรายเหล่านั้นไม่สามารถสร้างความเสียหายกับร่างกายได้ จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 16.1 เพื่อให้ นักเรียน สืบค้นข้อมูล สรุป และนำเสนอเกี่ยวกับกลไกของร่างกายที่ต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมไม่ให้เข้าสู่เนื้อเยื่อของร่างกาย ผ่านทางผิวหนัง หรือช่องเปิดต่างๆ



กิจกรรม 16.1 กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมไม่ให้เข้าสู่เนื้อเยื่อของร่างกาย

จุดประสงค์

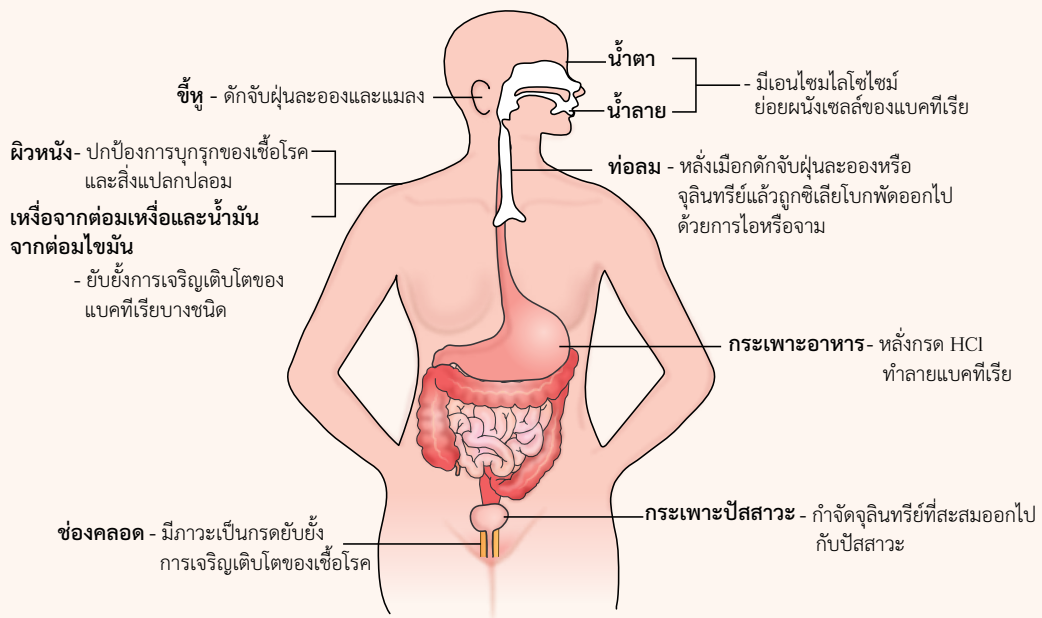
สืบค้นข้อมูล อธิบายและนำเสนอกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมไม่ให้เข้าสู่เนื้อเยื่อของร่างกาย

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

30 นาที

แนวการจัดกิจกรรม

ครูอาจให้นักเรียนจับคู่หรือแบ่งกลุ่ม สืบค้นข้อมูล และสรุปกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมไม่ให้เข้าสู่เนื้อเยื่อของร่างกาย แล้วให้นำเสนอผลงานการสืบค้นในรูปแบบของแผนภาพหรือ infographic



เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

- ?** ผิวหนังสามารถป้องกันไม่ให้เชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกายได้อย่างไร
- ✎** ผิวหนังป้องกันการบุกรุกของเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอม และยังมีเหงื่อจากต่อมเหงื่อและน้ำมันจากต่อมไขมันซึ่งมีสารที่มีสมบัติยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียบางชนิดได้
- ?** เยื่อต่างๆ มีกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมไม่ให้เข้าสู่เนื้อเยื่อของร่างกายได้อย่างไร
- ✎** เยื่อป้องกันการบุกรุกของเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอม เช่น เยื่อทางเดินหายใจมีซีเลียดักจับสิ่งแปลกปลอมและจะพัดออกไปด้วยการไอหรือจาม ส่วนเยื่อทางเดินอาหารมีการหลั่งเมือกเพื่อดักจับสิ่งแปลกปลอมเอาไว้ และในกระเพาะอาหารมีกรดไฮโดรคลอริกสามารถทำลายเชื้อโรคได้

จากกิจกรรม 16.1 นักเรียนควรสรุปได้ว่าร่างกายมีกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะที่ป้องกันไม่ให้สิ่งแปลกปลอมเหล่านั้นเข้าสู่เนื้อเยื่อ โดยผิวหนังจะจับเห็บที่ต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม หรือเยื่อบุบริเวณต่าง ๆ หลังเมื่อกคอยดักจับหรือมีการหลังของเหลวที่มีสารบางอย่างซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมบางชนิดได้ เช่น เอนไซม์ไลโซไซม์ที่พบในน้ำตา หรือน้ำลาย



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

เสมหะ คือ สารคัดหลั่งที่สร้างจากเซลล์บริเวณทางเดินหายใจ โดยปกติร่างกายผลิตเสมหะเพื่อป้องกันไม่ให้เนื้อเยื่อทางเดินหายใจแห้งเพราะเสมหะประกอบด้วยน้ำเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้เสมหะยังช่วยจับสิ่งแปลกปลอมไว้ไม่ให้แพร่กระจายเข้าสู่เนื้อเยื่อ ร่างกายกำจัดเสมหะโดยใช้ซิเลียที่อยู่บริเวณท่อลมโบกพัดออกไปด้วยการไอหรือจาม

เสมหะอาจมีสีและความเหนียวเปลี่ยนไปเมื่อทางเดินหายใจได้รับการระคายเคืองจากสาเหตุต่างๆ เช่น การสูบบุหรี่ การติดเชื้อที่ทางเดินหายใจ การอักเสบ ทั้งนี้เสมหะอาจเกิดร่วมกับอาการอื่นๆ ได้อีก เช่น ไอ เจ็บคอ

ครูอาจใช้คำถามในหนังสือเรียนหรือคำถามเพิ่มเติมทบทวนเกี่ยวกับระบบหมุนเวียนเลือดเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องการอักเสบ เช่น

- หากเกิดบาดแผลที่ผิวหนัง และเยื่อต่าง ๆ หรือสารคัดหลั่งและเอนไซม์ต่าง ๆ ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมไม่ให้เข้าสู่เนื้อเยื่อของร่างกายได้ ร่างกายจะมีกลไกอื่น ๆ ในการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้าไปสู่เนื้อเยื่อต่าง ๆ อีกหรือไม่ อย่างไร
- นักเรียนทุกคนต้องเคยเกิดบาดแผลขึ้นในร่างกาย และส่วนใหญ่จะเกิดการอักเสบบริเวณบาดแผล นักเรียนคิดว่าการอักเสบเกี่ยวข้องกับระบบหมุนเวียนเลือดหรือไม่

นักเรียนควรสรุปร่วมกันจากการตอบคำถามได้ว่า ร่างกายยังมีกลไกอื่น ๆ ที่ช่วยในการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่เนื้อเยื่อ โดยมีเซลล์ต่าง ๆ ที่อยู่ในระบบหมุนเวียนเลือด ดังรูป 16.1 เช่น นิวโทรฟิล แมโครฟาจ โมโนไซต์ เป็นต้น ซึ่งจะเข้าดักจับและทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่

กระแสเลือด ในขณะที่เดียวกันโมโนไซต์จะแทรกตัวไปตามเนื้อเยื่อบริเวณนั้น และเปลี่ยนแปลงไปเป็นแมโครฟาจ ทำหน้าที่ดักจับและทำลายสิ่งแปลกปลอมซึ่งกลไกเหล่านี้จะเกี่ยวข้องกับการอักเสบที่เกิดขึ้นบริเวณบาดแผล

จากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกลไกการอักเสบของร่างกายมนุษย์ โดยอาจใช้คำถาม ดังนี้

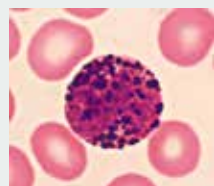
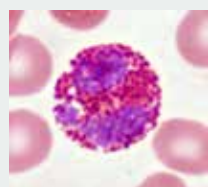
- การอักเสบมีความสำคัญกับร่างกายหรือไม่ อย่างไร
- กลไกการอักเสบเกิดขึ้นได้อย่างไร

จากการสืบค้นข้อมูลนักเรียนควรสรุปได้ว่า การอักเสบเป็นอีกกลไกหนึ่งของกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อมีการติดเชื้อบริเวณบาดแผลทำให้เชื้อโรคเข้าสู่เนื้อเยื่อ การอักเสบมีความสำคัญกับร่างกายโดยเป็นกลไกที่ช่วยทำลายสิ่งแปลกปลอมหรือทำให้สิ่งแปลกปลอมหมดความสามารถเข้าทำลายเนื้อเยื่อ และยังซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่เกิดความเสียหายโดยขั้นตอนการอักเสบจะเกี่ยวข้องกับฟาโกไซต์ เช่น นิวโทรฟิล และโมโนไซต์ที่จะทำลายสิ่งแปลกปลอมและเนื้อเยื่อส่วนที่เสียหายโดยฟาโกไซโทซิส ดังรูป 16.2 จนสุดท้ายสิ่งแปลกปลอมที่ถูกทำลายจากการอักเสบและฟาโกไซต์ที่ตายแล้วจะรวมกันเป็นหนองและถูกกำจัดออกไป ซึ่งในระหว่างการอักเสบจะมีอาการ บวม แดง เจ็บ และอุณหภูมิบริเวณที่อักเสบสูงขึ้น หลังจากนั้นจะเกิดการซ่อมแซมเนื้อเยื่อบริเวณนั้นให้กลับคืนสู่สภาพเดิมและทำหน้าที่ได้ดังเดิม



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

- อีโอซิโนฟิล (eosinophil) มีประมาณร้อยละ 1-4 ของเซลล์เม็ดเลือดขาว นิวเคลียสส่วนใหญ่มี 2 พู ประกอบด้วยแกรนูโลพิเศษที่มีขนาดใหญ่รูปรี หน้าที่หลักของอีโอซิโนฟิล คือ การต่อต้านและทำลายปรสิตขนาดใหญ่
- เบโซฟิล (basophil) มีจำนวนน้อยกว่าร้อยละ 1 ของเซลล์เม็ดเลือดขาว นิวเคลียสมี 2 พู แต่เห็นไม่ชัดเจน แกรนูโลมีขนาดใหญ่กว่าที่พบในอีโอซิโนฟิลแต่มีจำนวนน้อยกว่า มีรูปร่างกลมหรือรี เบโซฟิลสามารถตอบสนองต่อแอนติเจนโดยการสร้างและหลั่งฮิสตามีน ทำให้เกิดอาการแพ้ได้เช่นเดียวกับเซลล์แมสต์



16.1.2 กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ โดยอาจใช้คำถามต่อไปนี้

- ถ้าเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมผ่านเข้าสู่เนื้อเยื่อได้ นอกจากเกิดการอักเสบแล้วร่างกายยังมีกลไกการตอบสนองอย่างไรได้อีก

จากการอภิปรายร่วมกัน นักเรียนอาจสรุปได้ว่า ร่างกายต้องมีกลไกอื่น ๆ เช่น เมื่อได้รับเชื้อไวรัสหรือแบคทีเรียจากการไอ จาม การขี้น้ำ หรือจากการรับประทาน ร่างกายจะมีการกำจัดสิ่งแปลกปลอมเหล่านี้โดยเซลล์เม็ดเลือดขาวและเซลล์อื่น ๆ ในระบบภูมิคุ้มกัน ครูควรให้ความรู้เพิ่มเติมว่า ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายมนุษย์นอกจากมีกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ (ฟาโกไซต การอักเสบ) แล้วยังมีกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานของเซลล์นำเสนอแอนติเจนและลิมโฟไซต์ จากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับคำว่า แอนติเจน เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่หัวข้อ 16.1.2 โดยใช้คำถามดังนี้

- แอนติเจนกระตุ้นให้ร่างกายเกิดการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะได้อย่างไร

ครูให้ความรู้กับนักเรียนว่าการทำงานของกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะไม่ได้เป็นอิสระจากการทำงานของกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะเนื่องจากฟาโกไซต เช่น แมโครฟาจ ที่มีบทบาทสำคัญในกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะมีส่วนสำคัญในการกระตุ้นกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะโดยมีบทบาทในการเป็นเซลล์นำเสนอแอนติเจน ซึ่งเซลล์ชนิดนี้จะไปกระตุ้นให้ลิมโฟไซต์ชนิดต่าง ๆ เกิดการแบ่งเซลล์เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่ต่าง ๆ ต่อไป

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับความหมายของคำว่า แอนติเจน ว่าเป็นโมเลกุลของสารหรือสิ่งแปลกปลอม รวมทั้งชิ้นส่วนของเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอม และสารพิษที่เมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะไปกระตุ้นให้ร่างกายเกิดกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะขึ้น จากนั้นให้ความรู้เกี่ยวกับเซลล์นำเสนอแอนติเจนว่าเป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่ในการจับและย่อยแอนติเจนให้มีขนาดเล็กลงแล้วนำเสนอชิ้นส่วนของแอนติเจนให้กับลิมโฟไซต์ ทำให้เกิดการกำจัดสิ่งแปลกปลอมได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยครูอาจใช้รูป 16.3 ประกอบ

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะจากแหล่งการเรียนรู้อื่น ๆ เช่น เว็บไซต์ แพทย์ หรือบุคลากรทางด้านสาธารณสุขอื่น ๆ โดยอาจกำหนดหัวข้อให้สืบค้นดังนี้

1. กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมโดยเซลล์ที
2. กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมโดยเซลล์บี

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการสืบค้นเพื่อให้นักเรียนเข้าใจถึงหลักการทำงานของเซลล์ทีและเซลล์บี โดยอธิบายถึงบริเวณตัวรับแอนติเจนบนผิวเซลล์ของเซลล์ที (TCR) และตัวรับแอนติเจนบนผิวเซลล์ของเซลล์บี (BCR) ที่มีโครงสร้างที่แตกต่างกัน ทำให้มีบริเวณจับแอนติเจนแตกต่างกันไปด้วย โดย TCR มีบริเวณจับแอนติเจน 1 ตำแหน่งดังรูป 16.5 ขณะที่ BCR มีบริเวณจับแอนติเจน 2 ตำแหน่ง ดังรูป 16.7

นอกจากนี้ TCR ยังไม่สามารถจับกับแอนติเจนได้โดยตรง แต่จะจับกับชิ้นส่วนแอนติเจนที่ถูกนำเสนอโดยเซลล์นำเสนอแอนติเจนเท่านั้น

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะโดยใช้รูป 16.9 ในหนังสือเรียน ซึ่งสรุปได้ดังนี้

- เซลล์เม็ดเลือดขาวที่เกี่ยวข้องกับกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะคือ ลิมโฟไซต์ ซึ่งแบ่งได้เป็น เซลล์ทีและเซลล์บี
- บริเวณผิวเซลล์ที่มีตัวรับแอนติเจนเรียกว่า TCR เพื่อจับกับชิ้นส่วนแอนติเจนที่ถูกนำเสนอโดยเซลล์นำเสนอแอนติเจน ส่วนเซลล์บีมีตัวรับแอนติเจน ที่เรียกว่า BCR ที่สามารถจับจำเพาะกับแอนติเจนได้อย่างจำเพาะเช่นเดียวกัน
- เมื่อแอนติเจนถูกย่อยด้วยแมโครฟาจซึ่งทำหน้าที่เป็นเซลล์นำเสนอแอนติเจน เซลล์ทีชนิด CD4 จะตอบสนองต่อชิ้นส่วนแอนติเจนบนผิวของแมโครฟาจและส่งสัญญาณไปยังเซลล์อื่นๆ ในระบบภูมิคุ้มกัน โดยการหลั่งไซโตไคน์
- ไซโตไคน์ที่ปล่อยจากเซลล์ทีชนิด CD4 จะกระตุ้นการทำงานของเซลล์อื่นๆ ในระบบภูมิคุ้มกัน ดังนี้
 - กระตุ้นเซลล์ทีชนิด CD8 ให้แบ่งเซลล์แล้วไปทำลายเซลล์แปลกปลอมหรือเซลล์ที่ติดเชื้อไวรัส และบางส่วนเปลี่ยนไปเป็นเซลล์ความจำ

- กระตุ้นเซลล์ทีชนิด CD4 ให้หลั่งไซโตไคน์และแบ่งเซลล์เพิ่มขึ้นและบางส่วนเปลี่ยนไปเป็นเซลล์ความจำ
- กระตุ้นให้เซลล์บีเกิดการแบ่งเซลล์และพัฒนาเป็นเซลล์พลาสมาซึ่งจะเกิดการหลั่งแอนติบอดีจำนวนมาก มาจับกับสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกาย ดังรูป 16.8 และบางส่วนเปลี่ยนไปเป็นเซลล์ความจำ
- บางครั้งเซลล์บียังสามารถจับจำเพาะกับแอนติเจนได้โดยตรงทำให้เซลล์บีเกิดการแบ่งเซลล์และพัฒนาเป็นเซลล์พลาสมาซึ่งจะเกิดการหลั่งแอนติบอดีจำนวนมาก มาจับกับสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกาย และเซลล์บีบางส่วนเปลี่ยนไปเป็นเซลล์ความจำเช่นเดียวกัน



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

เซลล์ที่มีบทบาทสำคัญในระบบภูมิคุ้มกันประกอบด้วยเซลล์ที่ผู้ช่วย (helper T cell) และเซลล์ที่ทำลายเซลล์แปลกปลอม (cytotoxic T cell) ซึ่งเซลล์ที่ทั้งสองชนิดนี้มีลักษณะที่เหมือนกันจนยากที่จะแยกออกจากกันด้วยลักษณะภายนอก สิ่งที่มีความแตกต่างกันของเซลล์ที่ทั้งสองชนิด คือ โปรตีนต่าง ๆ ที่อยู่บนผิวของเซลล์ที่

Cluster of differentiation protein หรือ CD เป็นโปรตีนที่พบได้บนผิวของเซลล์ที่ ซึ่งจะทำงานร่วมกับ T cell receptor หรือ TCR และยังใช้ในการระบุชนิดของเซลล์ที่ด้วย เซลล์ที่ผู้ช่วยส่วนใหญ่จะพบ CD ชนิด CD4 อยู่บนผิวเซลล์ จึงอาจมีการเรียกเซลล์ที่ผู้ช่วยได้ว่า CD4 (ในหนังสือเรียนจะเรียกให้เข้าใจง่าย ๆ ว่า เซลล์ทีชนิด CD4) ส่วนเซลล์ที่ทำลายเซลล์แปลกปลอมส่วนใหญ่จะพบ CD ชนิด CD8 อยู่บนผิวเซลล์ จึงอาจเรียกเซลล์ที่ทำลายเซลล์แปลกปลอมได้ว่า CD8 (ในหนังสือเรียนจะเรียกให้เข้าใจง่าย ๆ ว่า เซลล์ทีชนิด CD8)

ครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



ตรวจสอบความเข้าใจ

? คางทูม อีสุกอีใส มีสาเหตุมาจากการติดเชื้อไวรัส สามารถติดต่อได้ผ่านทางระบบหายใจ จากการไอหรือจาม การหายใจรดกัน หรือการสัมผัสสารคัดหลั่งที่มีเชื้อไวรัสปะปนอยู่ เช่น น้ำลาย น้ำมูก แต่ผู้ที่เคยป่วยและรักษาจนหายดีแล้ว หากได้รับเชื้อไวรัสชนิดเดิมจะไม่เป็นโรคหรือมีอาการไม่รุนแรง เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

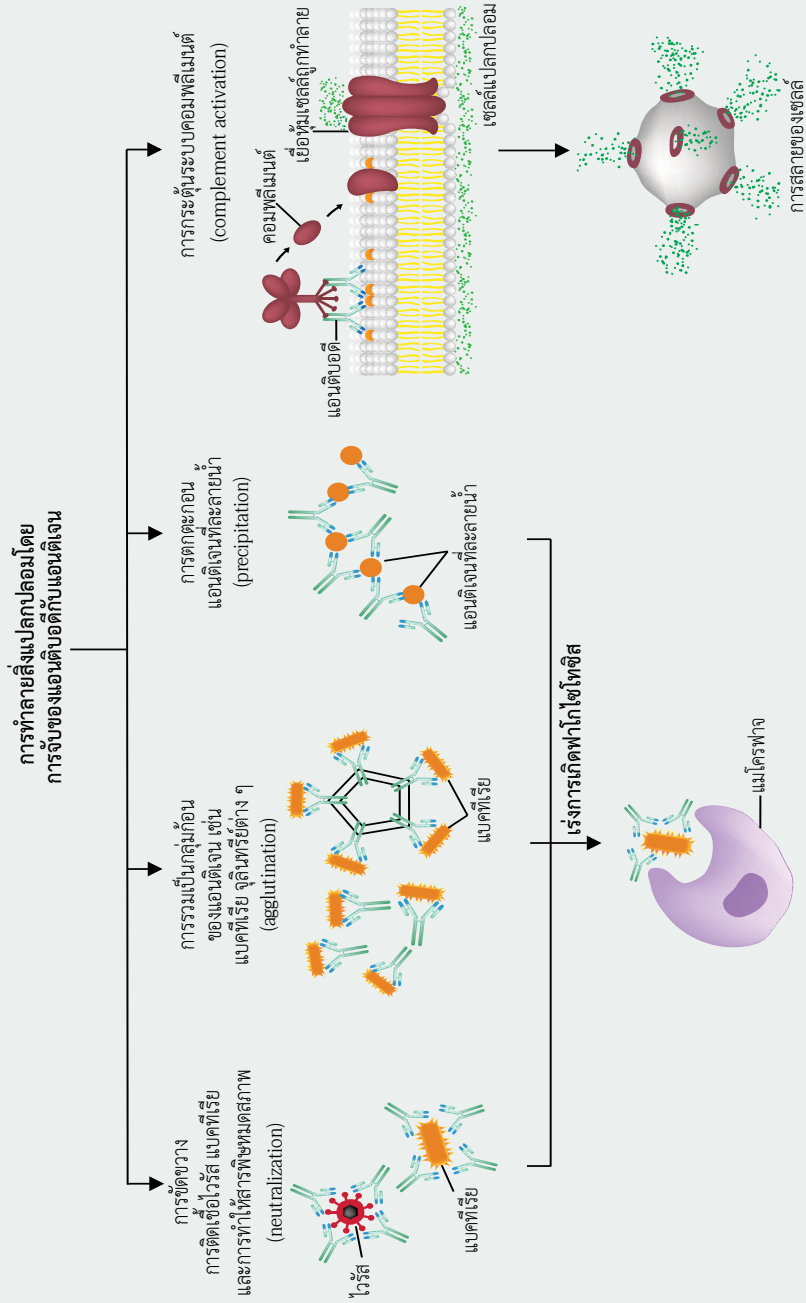
✎ เพราะในการติดเชื้อไวรัสครั้งแรกร่างกายมีการสร้างเซลล์ความจำจำนวนมากไว้ ซึ่งมีความจำเพาะต่อเชื้อไวรัส เมื่อได้รับเชื้อไวรัสชนิดเดิมอีกครั้งเซลล์ความจำเหล่านี้จะไปกระตุ้นเซลล์บี เซลล์ทีชนิด CD4 และ CD8 เพื่อทำลายเซลล์ที่ติดเชื้อไวรัสได้อย่างรวดเร็วขึ้น ทำให้ไม่เกิดโรคดังกล่าวอีก หรือถ้าเกิดโรคก็มีอาการไม่รุนแรง



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

โดยทั่วไปแอนติบอดีไม่สามารถทำลายแอนติเจนได้โดยตรงแต่การจับกันของแอนติบอดีกับแอนติเจนจะทำให้เกิดกลไกการตอบสนองเพื่อทำลายสิ่งแปลกปลอมได้หลายแบบ เช่น

1. การเกิดปฏิกิริยาสะเทิน (neutralization) เป็นกลไกที่แอนติบอดีจับกับแอนติเจน แล้วไปขัดขวางแอนติเจนทำให้แอนติเจนหมดประสิทธิภาพในการทำงาน เช่น การทำให้พิษงูหมดสภาพความเป็นพิษหรือการล้อมรอบไวรัสทำให้ไม่สามารถติดเชื้อได้ต่อไป
2. การรวมเป็นกลุ่มก้อน (agglutination) เป็นกลไกที่แอนติบอดีจับกับแอนติเจน ทำให้แอนติเจนรวมอยู่เป็นกลุ่มก้อน ทำให้ง่ายต่อการกำจัดโดยฟาโกไซต์
3. การตกตะกอน (precipitation) เป็นกลไกที่แอนติบอดีสามารถเชื่อมต่อกับแอนติเจนที่เป็นสารละลาย ทำให้มีขนาดใหญ่จนเกิดการตกตะกอน ทำให้ง่ายต่อการกำจัดโดยฟาโกไซต์
4. การทำงานของคอมพลีเมนต์ (complement activation) เป็นกลไกที่เกิดขึ้นเมื่อแอนติบอดีจับกับแอนติเจนแล้วไปกระตุ้นการทำงานของคอมพลีเมนต์ซึ่งเป็นกลุ่มของโปรตีนที่พบในเลือด โดยคอมพลีเมนต์ไปจับบนแอนติเจนหรือเจาะผิวเซลล์แปลกปลอมทำให้เซลล์แตกเป็นการทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบหนึ่ง





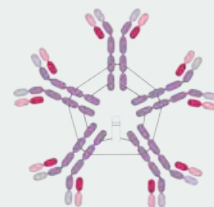
ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

แอนติบอดีหรืออิมมูโนโกลบูลินเป็นสารประเภทโปรตีนที่หลั่งออกมาจากเซลล์พลาสมา ซึ่งในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม จำแนกได้ 5 กลุ่ม ดังนี้

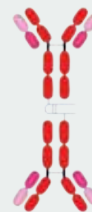
1. **อิมมูโนโกลบูลินจี (Immunoglobulin G; IgG)** เป็นแอนติบอดีที่มีมากที่สุดในซีรัม มีบทบาทสำคัญในการป้องกันการติดเชื้อของพืชในครรภ์ และเร่งการเกิดฟาโกไซโทซิส
2. **อิมมูโนโกลบูลินเอ็ม (Immunoglobulin M; IgM)** เป็นแอนติบอดีชนิดแรกที่สร้างในเด็กแรกเกิด และจะตอบสนองต่อแอนติเจนที่ได้รับครั้งแรกทำให้เกิดการรวมกันเป็นกลุ่มก้อนและการตกตะกอนได้ดีกว่าแอนติบอดีชนิดอื่น เนื่องจากมีบริเวณที่จับกับแอนติเจน 10 ตำแหน่ง
3. **อิมมูโนโกลบูลินเอ (Immunoglobulin A; IgA)** เป็นแอนติบอดีหลักที่หลั่งออกนอกร่างกาย พบในน้ำนม หรือสารคัดหลั่งจากร่างกาย เช่น น้ำลาย น้ำตา เมื่ออยู่ในทางเดินหายใจ มีบทบาทสำคัญในการป้องกันเยื่อเมือก ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการรุกรานของจุลินทรีย์ก่อโรค
4. **อิมมูโนโกลบูลินอี (Immunoglobulin E; IgE)** พบในซีรัมปริมาณเล็กน้อย ส่วนใหญ่จะอยู่บนผิวเซลล์แมสต์และเบโซฟิล ทำหน้าที่ตอบสนองต่อสารก่อภูมิแพ้ และเป็นตัวก่อให้เกิดอาการของโรคภูมิแพ้
5. **อิมมูโนโกลบูลินดี (Immunoglobulin D; IgD)** เป็นตัวรับแอนติเจนบนผิวของเซลล์บีเมื่อจับกับแอนติเจน ทำให้เซลล์บีพัฒนาเป็นเซลล์พลาสมาและเซลล์ความจำ



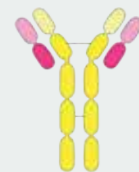
IgG



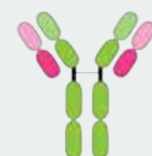
IgM



IgA



IgE



IgD

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุประบบภูมิคุ้มกันของร่างกายมนุษย์ เพื่อเปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะว่ามีหน้าที่ กระบวนการ ในการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร ดังตัวอย่าง

ตัวอย่าง เปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ

ประเด็น	กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ	กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ
1. เซลล์หรือเนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้องในการทำงาน	- ฟาโกไซต์ เช่น แมโครฟาจ นิวโทรฟิล โมโนไซต์ - เยื่อบุผิวหรือต่อมต่างๆ - หลังสารคัดหลั่ง	- ลิมโฟไซต์ ได้แก่ เซลล์บี และเซลล์ที - เซลล์นำเสนอแอนติเจน เช่น แมโครฟาจ
2. กระบวนการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม	- ฟาโกไซโทซิสโดยฟาโกไซต์ - ทำลายโดยสารคัดหลั่งต่างๆ	- เซลล์บีพัฒนาไปเป็นเซลล์พลาสมา สร้างแอนติบอดีเพื่อจับกับแอนติเจนให้รวมกันและถูกทำลายได้ง่าย - เซลล์ทีชนิด CD4 กระตุ้นการทำงานของเซลล์บีและเซลล์ทีชนิด CD8 ทำลายเซลล์แปลกปลอมหรือเซลล์ที่ติดเชื้อไวรัส
3. ความสามารถในการจดจำสิ่งแปลกปลอม	ไม่มีการจดจำ เพราะไม่มีเซลล์ความจำ	มีการจดจำ เพราะมีเซลล์ความจำ
4. ความจำเพาะต่อสิ่งแปลกปลอม	ไม่มี	มี

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและร่วมกันอธิบายเกี่ยวกับอวัยวะหรือเนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างหรือการตอบสนองของลิมโฟไซต์ในร่างกายมนุษย์ เช่น ไขกระดูก ที่เป็นได้ทั้งแหล่งสร้างและพัฒนาลิมโฟไซต์หรือม้ามที่เป็นแหล่งดักจับและทำลายสิ่งแปลกปลอม ครูอาจเชื่อมโยงถึงความสำคัญของการรักษาสุขภาพให้แข็งแรง เพื่อให้นักเรียนเห็นถึงการมีสุขภาพร่างกายที่แข็งแรงเสมอซึ่งจะส่งผลถึงการทำงานของอวัยวะหรือเนื้อเยื่อที่สร้างลิมโฟไซต์ให้ทำหน้าที่ได้อย่างปกติ หรือครูอาจให้นักเรียนทำกิจกรรมเสนอแนะ



กิจกรรมเสนอแนะ : อวัยวะและเนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างหรือการตอบสนองของลิมโฟไซต์

จุดประสงค์

สืบค้นข้อมูล ระบุ และอธิบายเกี่ยวกับหน้าที่และโรคหรือความผิดปกติของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างหรือตอบสนองของลิมโฟไซต์

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

30 นาที

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

- ให้นักเรียนจับคู่หรือแบ่งกลุ่มเพื่อสืบค้นข้อมูลในหัวข้อต่อไปนี้
 - หน้าที่ของอวัยวะและเนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างหรือการตอบสนองของลิมโฟไซต์
 - โรคหรือความผิดปกติที่อาจเกิดกับอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างหรือการตอบสนองของลิมโฟไซต์
- สรุปและนำเสนอในรูปแบบของแผนภาพหรือ infographic

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ อวัยวะและเนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างลิมโฟไซต์ จากการอธิบาย อภิปราย การสืบค้นข้อมูล การนำเสนอข้อมูล การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ

ด้านทักษะ

- การสังเกต การจำแนกประเภท การลงความเห็นจากข้อมูล จากการอธิบายและการอภิปราย
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการสืบค้นข้อมูล การอธิบาย และการทำกิจกรรม

ด้านจิตวิทยาาสตร์

- การใช้วิจารณญาณ ความรอบคอบ จากการอธิบาย การอภิปรายและการทำกิจกรรม

16.2 การสร้างเสริมภูมิคุ้มกัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบการสร้างภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ โดยใช้คำถามกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ครูอาจถามถึงประสบการณ์การได้รับวัคซีนหรือเซรุ่ม แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังนี้

- การได้รับวัคซีน เซรุ่ม มีประโยชน์อย่างไร
- วัคซีนและเซรุ่มเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

จากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่า วัคซีนเป็นการให้แอนติเจนที่เป็นส่วนประกอบของเชื้อโรค เพื่อให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันสามารถตอบสนองต่อเชื้อโรคซึ่งจะช่วยป้องกันโรคบางชนิดไว้ล่วงหน้า ทำให้เมื่อได้รับเชื้อโรคหลังจากได้รับวัคซีนแล้วก็จะมีอาการป่วยเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีอาการเลย ส่วนการได้รับเซรุ่ม จะช่วยร่างกายกำจัดเชื้อโรคได้ทันที เช่น เซรุ่มป้องกันโรคพิษสุนัขบ้า เซรุ่มแก้พิษงู จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 16.2



กิจกรรม 16.2 สืบรวจการฉีดวัคซีน

จุดประสงค์

เพื่อให้ตระหนักถึงความสำคัญในการฉีดวัคซีนเพื่อป้องกันโรค

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

30 นาที

แนวการจัดกิจกรรม

ครูให้นักเรียนสำรวจสมาชิกในห้องเรียนว่าเคยได้รับวัคซีนชนิดใดมาบ้าง และได้รับเมื่ออายุเท่าใด สำหรับการสำรวจสมาชิกในครอบครัวของนักเรียนครูให้นักเรียนไปสอบถามมาล่วงหน้าแล้วจึงนำข้อมูลการสำรวจมาจัดกระทำข้อมูลสำหรับนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนภูมิวงกลม แผนภูมิแท่ง แล้วให้ตอบคำถามท้ายกิจกรรม

เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

- ?** วัคซีนป้องกันโรคใดที่นักเรียนส่วนใหญ่จะได้รับเหมือนกัน
-  วัณโรค ไวรัสตับอักเสบบี หัดเยอรมัน คางทูม (ให้อ้างอิงจากตาราง 16.1 ในหนังสือเรียน)
- ?** การได้รับวัคซีนสามารถได้รับโดยวิธีใดบ้าง
-  การฉีด การรับประทาน การพ่นทางช่องจมูก
- ?** หากได้รับวัคซีนป้องกันโรคใดโรคหนึ่งแล้ว ยังมีโอกาสเป็นโรคนั้นอีกหรือไม่ เพราะเหตุใด
-  ยังมีโอกาสเป็นหรือไม่เป็นก็ได้ โดยในกรณีที่ป่วยเป็นโรคนั้นแต่ร่างกายยังมีภูมิคุ้มกันที่ได้จากการฉีดวัคซีนป้องกันโรคนั้นอยู่อาการป่วยอาจจะไม่รุนแรงเหมือนคนที่ไม่ได้รับการฉีดวัคซีนป้องกันโรคนั้น
- ?** เหตุใดจึงควรฉีดวัคซีนป้องกันเชื้อไข้หวัดใหญ่ทุก ๆ ปี
-  เพราะในแต่ละปีมีการแพร่ระบาดของสายพันธุ์เชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่แตกต่างกันไป และวัคซีนที่ผลิตออกมานั้นไม่สามารถป้องกันได้ครอบคลุมทุกสายพันธุ์

กิจกรรมนี้นักเรียนจะเห็นความสำคัญของการฉีดวัคซีนซึ่งช่วยป้องกันโรคบางโรคได้ โดยประชากรไทยทุกคนสามารถขอรับบริการฉีดวัคซีนที่มีความจำเป็นพื้นฐานที่หน่วยงานภาครัฐจัดให้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ตั้งแต่แรกเกิดจนถึงอายุประมาณ 11-12 ปี

ครูให้นักเรียนศึกษารูป 16.11 แล้วใช้คำถามในหนังสือเรียน ให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น ดังนี้

- การสร้างเสริมภูมิคุ้มกันในรูป 16.11 ก. และ ข. เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการแสดงความคิดเห็นว่าการสร้างภูมิคุ้มกันในรูป 16.11 แตกต่างกัน โดยรูป ก. ลูกจะได้รับแอนติบอดีโดยตรงจากน้ำนมแม่ ส่วนรูป ข. เป็นการฉีดวัคซีน ซึ่งเป็นการกระตุ้นร่างกายให้สร้างแอนติบอดีที่จำเพาะต่อแอนติเจนนั้น นำไปสู่ข้อสรุปว่าการสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกายแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ ภูมิคุ้มกันรับมาและภูมิคุ้มกันก่อเอง

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับภูมิคุ้มกันรับมาและภูมิคุ้มกันก่อเอง จากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ หรืออาจพานักเรียนไปยังสถานที่แสดงการผลิตเซรุ่ม เช่น สถานเสาวภา สภากาชาดไทย เพื่อให้นักเรียนศึกษาขั้นตอนการผลิตเซรุ่ม ความสำคัญของเซรุ่ม สาเหตุที่ต้องผลิตเซรุ่ม หรือศึกษาวิถีทัศน์จาก QR code เรื่องการผลิตวัคซีนหรือเซรุ่มซึ่งเป็นสื่อการเรียนรู้ในหนังสือเรียน จากนั้นให้นักเรียนสรุปความรู้ที่ได้จากการศึกษา และเปรียบเทียบความเหมือนหรือความแตกต่างระหว่างภูมิคุ้มกันรับมาและภูมิคุ้มกันก่อเอง จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ

ตัวอย่าง ตารางแสดงการเปรียบเทียบระหว่างภูมิคุ้มกันรับมาและภูมิคุ้มกันก่อเอง

ประเด็น	ภูมิคุ้มกันรับมา	ภูมิคุ้มกันก่อเอง
1. กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม	แบบจำเพาะ	แบบจำเพาะ
2. การเกิดภูมิคุ้มกัน	- ได้รับจากแม่ผ่านทางรกและน้ำนม - การได้รับเซรุ่ม	- การได้รับเชื้อโรค - การได้รับวัคซีน
3. ความเร็วในการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม	เข้าทำลายเชื้อโรคได้ทันทีโดยไม่ต้องมีการกระตุ้นก่อน	ต้องมีช่วงเวลาในการกระตุ้นให้ร่างกายสร้างแอนติบอดีต่อโรคนั้นก่อนจึงจะมีภูมิคุ้มกัน
4. ระยะเวลาที่อยู่ในร่างกาย	อยู่ได้ในระยะสั้น	อยู่ได้ค่อนข้างนาน บางชนิด 10 ปี เช่น ภูมิคุ้มกันที่กระตุ้นผ่านการฉีดวัคซีนป้องกันโรคบาดทะยัก
5. จุดประสงค์ในการใช้	ป้องกันและรักษาโรค	ป้องกันโรค
6. ตัวอย่าง	- น้ำนมแม่ - เซรุ่มแก้พิษงู - เซรุ่มป้องกันโรคพิษสุนัขบ้า	- ภูมิคุ้มกันที่เกิดขึ้นผ่านการฉีดวัคซีน เช่น - วัคซีนป้องกันโรคบาดทะยัก - วัคซีนป้องกันโรคคอตีบ - วัคซีนป้องกันมะเร็งปากมดลูก



ตรวจสอบความเข้าใจ

? การให้วัคซีนและการให้เซรุ่มมีผลต่อร่างกายเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร



การให้วัคซีนและการให้เซรุ่มมีผลต่อร่างกายเหมือนกัน คือ การสร้างเสริมภูมิคุ้มกันให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น แต่แตกต่างกันที่การให้วัคซีนเป็นการให้แอนติเจนที่หมดสภาพ ความเป็นพิษต่อร่างกายไปกระตุ้นให้ร่างกายสร้างแอนติบอดี ซึ่งจะใช้เวลาในการสร้างเซลล์ความจำและแอนติบอดีขึ้นมาระยะหนึ่ง ทั้งนี้เซลล์ความจำที่สร้างขึ้นนี้จะอยู่ในร่างกายได้ค่อนข้างนานอาจเป็นปีหรือตลอดชีวิต ขณะที่เซรุ่มเป็นการให้แอนติบอดีที่สร้างจากสัตว์หรือมนุษย์โดยตรง เช่น เซรุ่มแก้พิษงู ที่สกัดได้จากเลือดม้า นำไปให้กับผู้ที่ถูกงูมีพิษกัดซึ่งสามารถทำลายพิษงูได้ทันที แต่แอนติบอดีนี้จะอยู่ในร่างกายได้ในระยะเวลาสั้น ๆ เท่านั้น



ชวนคิด

? เพราะเหตุใดเมื่อถูกงูกัดจึงต้องจดจำลักษณะของงูที่กัด



เพราะงูแต่ละชนิดมีส่วนประกอบของสารที่เป็นพิษแตกต่างกัน ดังนั้นหากจดจำลักษณะของงูหรือนำซากงูที่กัดมาด้วยจะทำให้สามารถระบุชนิดของงูได้ถูกต้อง และให้เซรุ่มหรือแอนติบอดีที่จำเพาะต่อพิษงูชนิดนั้นได้ทันเวลาที่

ครูให้นักเรียนศึกษาตาราง 16.1 และให้สืบค้นเกี่ยวกับวัคซีนป้องกันโรคอื่น ๆ ที่อาจให้เสริมหรือทดแทนนอกเหนือจากตาราง 16.1 และควรเป็นรายชื่อวัคซีนที่มีความเป็นปัจจุบันมากที่สุด นักเรียนอาจสืบค้นได้จากเว็บไซต์ของหน่วยงานหรือองค์กรที่มีความน่าเชื่อถือ เช่น

- สำนักโรคติดต่อทั่วไป กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข
<http://thaigcd.ddc.moph.go.th>
- สมาคมโรคติดต่อในเด็กแห่งประเทศไทย
<http://www.pidst.or.th>
- สถาบันวัคซีนแห่งชาติ (องค์การมหาชน)
<http://nvi.go.th/index.php>

ตัวอย่าง รายชื่อวัคซีนที่อาจได้รับเสริมหรือทดแทน

ชื่อวัคซีน	ผู้ที่ควรได้รับวัคซีน
โรต้า (Rotavirus)	- เด็กทั่วไปที่ควรได้รับ โดสแรกอายุตั้งแต่ 6 สัปดาห์และไม่เกิน 15 สัปดาห์
ฮิบ (Haemophilus influenzae type b)	- เด็กทั่วไปที่มีอายุ 2 เดือน - 2 ปี - เด็กทุกอายุที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่อง ม้ามทำงานผิดปกติ
อีสุกอีใส (Varicella zoster virus)	- บุคลากรทางการแพทย์ที่ยังไม่เคยเป็นโรคหรือยังไม่มีภูมิคุ้มกัน - บุคคลทั่วไปที่ยังไม่เคยเป็นโรคอีสุกอีใส หรือยังไม่มีภูมิคุ้มกัน โดยให้ได้ในเด็กอายุตั้งแต่ 1 ปีขึ้นไป จนถึงผู้ใหญ่
ตับอักเสบบี (Hepatitis A)	- บุคคลทั่วไปที่อายุมากกว่า 1 ปีขึ้นไป - ผู้ที่ไม่มีภูมิคุ้มกันและมีความเสี่ยงต่อโรคตับรุนแรง เช่น ผู้ที่เป็นโรคตับเรื้อรัง - ผู้ที่จะเดินทางไปในที่ที่มีการระบาดหรือความชุกของโรคสูง
นิวโมคอคคัส (Streptococcus pneumoniae) ชนิด 23- valent polysaccharide	- บุคคลที่มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อนิวโมคอคคัสมากกว่าคนปกติ หรือรุนแรงกว่าคนปกติที่มีอายุ 2 ปีขึ้นไป เช่น ผู้ที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่อง ผู้ป่วยที่ไม่มีม้ามหรือม้ามทำงานผิดปกติ ผู้ป่วยโรคเรื้อรัง โรคหัวใจพิการแต่กำเนิดชนิดเขียว ผู้ป่วยภาวะหัวใจวาย โรคปอดเรื้อรัง โรคเบาหวาน ผู้ป่วยที่มีน้ำไขสันหลังรั่ว และผู้ป่วยปลูกถ่ายคอเคลีย (cochlea)
นิวโมคอคคัส (Streptococcus pneumoniae) ชนิด 10- valent ชนิด (PCV-10) และ 13 valent conjugate (PCV-13)	- เด็กปกติที่มีอายุตั้งแต่ 6 สัปดาห์ขึ้นไป จนถึง 5 ปี - เด็กที่มีความเสี่ยงได้แก่ เด็กทุกอายุที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่อง หรือมีความเสี่ยงต่อโรค เช่น ไม่มีม้ามหรือม้ามทำงานผิดปกติ ผู้ป่วยโรคเรื้อรัง โรคหัวใจพิการแต่กำเนิดโดยเฉพาะชนิดเขียวและผู้ป่วยภาวะหัวใจวาย โรคปอดเรื้อรัง โรคเบาหวาน ผู้ป่วยที่มีน้ำไขสันหลังรั่ว และผู้ป่วยปลูกถ่ายคอเคลีย - ผู้ใหญ่ทุกคนที่อายุ 50 ปีขึ้นไป
ไข้เหลือง (Yellow fever)	- เฉพาะผู้มีอายุ 9 เดือน ขึ้นไปที่จะเดินทางไปยังประเทศที่กำหนดเป็นพื้นที่ติดโรคไข้เหลือง

ไข้กาฬหลังแอ่น (<i>Neisseria meningitidis</i>) ชนิด polysaccharide (MPSV 4)	- เฉพาะผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 2 ปี ขึ้นไป และมีข้อบ่งชี้ดังนี้ 1. ผู้ที่จะเดินทางไปยังบริเวณที่มีการระบาดของเชื้อไข้กาฬหลังแอ่น ซึ่งมีซีโรกรุ๊ปที่วัคซีนป้องกันได้ เช่น ผู้เดินทางไปประกอบพิธีฮัจญ์ และอุมเราะห์ที่ประเทศซาอุดีอาระเบีย 2. กรณีที่มีการระบาดของเชื้อซีโรกรุ๊ปที่มีในวัคซีนเกิดขึ้น 3. กรณีก่อนไปศึกษาต่อชั้นมัธยมศึกษา หรือมหาวิทยาลัยที่ประเทศสหรัฐอเมริกา หรือประเทศอื่นที่กำหนดให้ต้องฉีดก่อนเข้าเรียน ในสถาบันอุดมศึกษา 4. มีภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องได้แก่ ภาวะม้ามไม่ทำงาน หรือขาดสารคอมพลีเมนต์ส่วนปลาย
ไข้กาฬหลังแอ่นชนิดคอนจูเกต (MCV4)	- MCV4-DT (MenactraTM) ในผู้ที่อายุ 9 เดือน-55 ปี - MCV4-CRM (MenveoTM) ในผู้ที่อายุ 2-55 ปี - ข้อบ่งชี้เหมือน MPSV4 ข้างต้น
พิษสุนัขบ้า (Rabies)	- ทุกคนที่ถูกสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมกัด - ผู้ที่มีโอกาสสัมผัสเชื้อพิษสุนัขบ้า เช่น สัตวแพทย์ ผู้ทำงานในห้องปฏิบัติการ หรือผู้เดินทางเข้าไปในถิ่นที่มีโรคพิษสุนัขบ้าชุกชุม

ที่มา : ปรับจากตารางคำแนะนำการใช้วัคซีนที่อยู่นอกแผนงานสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคของกระทรวงสาธารณสุข;
<http://data.nvi.go.th/vaccineknowledge/content/optional-vaccine.php> (เข้าถึง 29 มิ.ย. 2561)



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

การสร้างภูมิคุ้มกันโดยการให้วัคซีนป้องกันโรค เช่น วัคซีนป้องกันคอตีบ-บาดทะยัก-ไอกรน หรือการฉีดวัคซีนบาดทะยักจำเป็นต้องมีการฉีดวัคซีนกระตุ้น (vaccine booster) ในช่วงอายุต่างๆ โดยในวัคซีนนี้จะมีเชื้อโรคอยู่ในปริมาณที่น้อยกว่าครั้งแรกที่ได้รับเพื่อเป็นการกระตุ้นให้ร่างกายสร้างแอนติบอดีและรักษาระดับภูมิคุ้มกันของโรค โดยอาจเป็นการรักษาปริมาณของแอนติบอดีหรือเซลล์ความจำต่อเชื้อโรคนั้นให้อยู่ในร่างกายนานที่สุด



ชวนคิด

? เพราะเหตุใดจึงต้องได้รับวัคซีนชนิดเดียวกันซ้ำกันเป็นระยะ ๆ

✎ เพราะภูมิคุ้มกันต่อโรคบางโรคจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อเวลาผ่านไป และการไม่ได้สัมผัสกับเชื้อโรคที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมเป็นประจำ ดังนั้นการฉีดวัคซีนกระตุ้นภูมิคุ้มกันของร่างกายในแต่ละช่วงอายุ จะทำให้ร่างกายสร้างแอนติบอดีเพิ่มขึ้นหรือคงปริมาณของแอนติบอดีในร่างกายให้อยู่ได้นานขึ้น

? โรคบางชนิด เช่น คอตีบ ไม่จำเป็นต้องได้รับการฉีดวัคซีนกระตุ้นในวัยผู้ใหญ่ เพราะเหตุใด

✎ เพราะร่างกายได้รับการกระตุ้นจากเชื้อโรคคอตีบในธรรมชาติ ทำให้เกิดการสร้างแอนติบอดีอยู่ตลอดเวลา

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- การสร้างภูมิคุ้มกันตนเองและภูมิคุ้มกันรับมา จากการอธิบาย การอภิปราย การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ

ด้านทักษะ

- การสังเกต การจำแนกประเภท การลงความเห็นจากข้อมูล จากการอธิบายและการอภิปราย
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาจากการสืบค้นข้อมูลและการทำกิจกรรม

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- การใช้วิจารณญาณ ความรอบคอบ จากการอธิบาย และการอภิปราย

16.3 ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง และเอดส์
2. สืบค้นข้อมูล และอธิบายกลไกการติดเชื้อ HIV ที่เป็นสาเหตุการเกิดภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูทบทวนเกี่ยวกับระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ทั้งกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ จากนั้นใช้คำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงเรื่องความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายดังนี้

- ถ้าระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายไม่สามารถทำหน้าที่ได้เป็นปกติจะมีสาเหตุมาจากอะไรบ้าง

จากการอภิปรายอาจสรุปได้ว่า การที่ภูมิคุ้มกันของร่างกายไม่สามารถทำหน้าที่ได้เป็นปกตินั้นเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น

- การที่ร่างกายตอบสนองต่อสิ่งแปลกปลอมหรือเชื้อโรคอย่างรุนแรง เช่น โรคภูมิแพ้
- การที่ภูมิคุ้มกันไม่สามารถแยกระหว่างสิ่งแปลกปลอมกับเซลล์ของเนื้อเยื่อตนเองได้ ทำให้เซลล์หรือเนื้อเยื่อของร่างกายเสียหาย เช่น ภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเองหรือ SLE
- การได้รับเชื้อไวรัสบางอย่างที่มีผลต่อการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน เช่น การได้รับเชื้อ HIV

ครูยกตัวอย่างโรคที่เกิดจากความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่พบได้บ่อย เช่น โรคภูมิแพ้ โดยอาจให้นักเรียนเล่าประสบการณ์ แลกเปลี่ยนความรู้ในห้องเรียน แล้วให้นักเรียนไปสืบค้นเกี่ยวกับสาเหตุ อาการ กลไกการเกิดโรคภูมิแพ้ และแนวทางการป้องกันหรือรักษา แล้วร่วมกันสรุปเป็นความรู้ หรืออาจให้นักเรียนทำกิจกรรมเสนอแนะเรื่อง การสำรวจโรคภูมิแพ้



กิจกรรมเสนอแนะ : การสำรวจโรคภูมิแพ้

จุดประสงค์

อธิบายสาเหตุ อาการ และวิธีป้องกันโรคภูมิแพ้

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

30 นาที

แนวการจัดกิจกรรม

ครูให้นักเรียนสำรวจเพื่อนในห้องเรียนหรือในระดับชั้นเรียนที่เป็นโรคภูมิแพ้ โดยให้สอบถามถึงสารก่อภูมิแพ้ อาการแพ้ และวิธีการป้องกันหรือหลีกเลี่ยงสารก่อภูมิแพ้ แล้วนำเสนอในรูปแบบต่างๆ เช่น ป้ายนิเทศ แผ่นพับ หรือ infographic

จากการสรุปความรู้ที่ได้จากการสืบค้นหรือการทำกิจกรรมเสนอแนะ นักเรียนจะได้รับความรู้เกี่ยวกับสาเหตุ อาการ และวิธีการป้องกันหรือรักษาโรคภูมิแพ้ และยังทำให้นักเรียนเข้าใจถึงบางคนที่มีอาการแพ้อากาศเมื่อสภาพอากาศเปลี่ยน ซึ่งมักจะมีอาการคัดจมูก น้ำมูกไหล ไอหรือจามบ่อยครั้ง หรือบางคนที่มีการแพ้อาหารบางอย่าง เช่น การแพ้อาหารทะเล การแพ้ถั่ว ซึ่งการแพ้อาหารนี้บางคนที่มีภูมิคุ้มกันมีการตอบสนองต่อสารก่อภูมิแพ้ที่รุนแรง อาจทำให้เป็นอันตรายถึงชีวิตได้ ครูเพิ่มเติมความรู้ให้นักเรียนว่านอกจากจะมีโรคภูมิแพ้แล้ว ยังมีโรคอื่น ๆ ที่เกิดจากความผิดปกติของภูมิคุ้มกันที่นักเรียนควรศึกษา เช่น เอดส์ที่เกิดจากภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องจากการติดเชื้อ HIV ครูให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับสาเหตุ กลไกที่ทำให้เกิดภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องที่เกิดจากการติดเชื้อ HIV รวมไปถึงความเสี่ยงในการติดเชื้อ HIV และใช้รูป 16.15 ประกอบคำอธิบายเพื่อสรุปผลการสืบค้น ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการหลีกเลี่ยงพฤติกรรมที่เสี่ยงต่อการได้รับเชื้อ HIV โดยใช้สื่อที่เข้าถึงได้จาก QR code ประจำบท หรือสืบค้นจากแหล่งการเรียนรู้อื่น ๆ แล้วให้ตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้



การสัมผัสเหงื่อ น้ำลาย หรือน้ำตา ซึ่งเป็นสารคัดหลั่งจากผู้ติดเชื้อ HIV จะทำให้ติดเชื้อนี้ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด



ไม่สามารถติดเชื้อได้ เพราะปริมาณเชื้อ HIV ที่ปะปนออกมากับเหงื่อ น้ำลาย หรือน้ำตาของผู้ติดเชื้อ HIV มีปริมาณน้อยมากจนไม่สามารถติดต่อไปยังผู้อื่นได้



เพราะเหตุใดการบริจาคเลือดจึงมีความจำเป็นต้องตรวจการติดเชื้อ HIV ก่อนทุกครั้ง



เพื่อให้แน่ใจว่าเลือดที่ได้รับบริจาคมาไม่มีเชื้อ HIV เพราะถ้ามีเชื้อ HIV ก็จะทำให้ผู้ป่วยที่รับบริจาคมีความเสี่ยงที่จะเป็นโรคเอดส์



ชวนคิด



การรับประทานอาหาร หรือการดื่มน้ำที่ใช้ภาชนะร่วมกับผู้ที่ติดเชื้อ HIV สามารถทำให้ติดเชื้อ HIV ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด



ไม่สามารถติดเชื้อ HIV ได้ เพราะปริมาณเชื้อ HIV ที่ปะปนออกมากับน้ำลายของผู้ติดเชื้อมีปริมาณน้อยมากจนไม่สามารถติดต่อไปยังผู้อื่นได้

ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 16.3 เพื่อให้ นักเรียนได้รู้จักกับโรคที่เกิดจากภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องอื่น ๆ นอกเหนือจากในหนังสือเรียน และความรู้เกี่ยวกับการป่วยเป็นโรคเอดส์ที่เกิดจากภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องเพิ่มขึ้นเกี่ยวกับ อาการ ผลกระทบต่อสุขภาพ การป้องกันหรือรักษา และความชุกของโรค



กิจกรรม 16.3 ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน

จุดประสงค์

1. สืบค้นข้อมูล และอธิบายสาเหตุของโรคหรืออาการที่เกี่ยวข้องกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน
2. สืบค้นข้อมูล ระบุสาเหตุของภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องที่เกิดจากการติดเชื้อ HIV และแนวทางในการป้องกันหรือรักษาโรคจากการติดเชื้อ HIV

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

60 นาที

แนวการทำกิจกรรม

กิจกรรมนี้อาจให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน โดยให้สืบค้นข้อมูลมาล่วงหน้าจากแหล่งความรู้ที่มีความน่าเชื่อถือ เช่น สถาบันหรือหน่วยงานของรัฐ สถานพยาบาลต่าง ๆ หรือสอบถามโดยตรงจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง แล้วนำมาเสนอในชั้นเรียนในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ป้ายนิเทศ แผ่นพับ วิดีทัศน์ หรือ infographic

จากกิจกรรม 16.3 นักเรียนควรจะเข้าใจถึงสาเหตุ อาการ และแนวทางในการป้องกันรักษาโรคที่เกิดจากความผิดปกติของภูมิคุ้มกันหรือโรคที่ทำให้ภูมิคุ้มกันเกิดความผิดปกติยิ่งขึ้น และสามารถนำความรู้ที่ได้ศึกษาไปใช้ดูแลสุขภาพของตนเองและครอบครัวได้

ครูควรเน้นย้ำโดยให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่าโรคเอดส์ที่เกิดจากภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องซึ่งเป็นผลมาจากการได้รับเชื้อ HIV เป็นปัญหาระดับชาติและระดับโลก ซึ่งกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข รายงานว่า ปีพ.ศ. 2560 มีผู้ติดเชื้อ HIV ประมาณ 440,000 คน และมีผู้ติดเชื้อรายใหม่มากกว่า 5,000 คน หรือเฉลี่ยวันละ 16 คน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง สำหรับผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อควรรับการวินิจฉัยจากแพทย์โดยทันที หากตรวจพบเชื้อผู้ติดเชื้อต้องได้รับยาต้านเชื้อ HIV ตามคำสั่งของแพทย์อย่างสม่ำเสมอเพราะยาต้านเชื้อไม่สามารถกำจัดเชื้อ HIV ให้หมดไปหรือรักษาให้หายขาด



ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

ภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง (immunodeficiency) แบ่งตามสาเหตุการเกิดได้เป็น 2 แบบ คือ

1. ภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องแต่กำเนิด (primary immunodeficiency) ส่วนใหญ่มีสาเหตุจากความผิดปกติของพันธุกรรมหรือยีนซึ่งได้รับการถ่ายทอดต่อมา มักแสดงอาการตั้งแต่วัยแรกเกิด ทำให้เซลล์ที่เกี่ยวข้องในระบบภูมิคุ้มกัน เช่น เซลล์บี เซลล์ที ฟาโกไซต์ หรือโปรตีนในระบบคอมพลีเมนต์ไม่สามารถทำงานได้หรือทำงานได้ไม่เป็นปกติ
2. ภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องที่เกิดขึ้นภายหลัง (secondary immunodeficiency) เกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ เช่น
 - การได้รับเชื้อไวรัสบางอย่าง เช่น เชื้อ HIV
 - มะเร็ง เช่น โรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว (leukemia) ที่ไขกระดูก
 - การได้รับยาที่มีผลต่อระบบภูมิคุ้มกัน เช่น ยากดภูมิคุ้มกันกลุ่มสเตียรอยด์ ยาเคมีบำบัด
 - ทุพโภชนาการ (malnutrition) คือ การขาดสารอาหารบางอย่าง โดยเฉพาะโปรตีน ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของอิมมูโนโกลบูลิน หรือแร่ธาตุอื่นๆ
 - การได้รับสารพิษหรือสารเคมีจากสาเหตุดังกล่าวทำให้ภูมิคุ้มกันของร่างกายลดต่ำลง และทำให้เสี่ยงต่อการติดโรคอื่นๆ ได้ง่ายกว่าปกติ

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดภูมิแพ้ การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง และภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องจากเชื้อ HIV จากการสืบค้นข้อมูล การตอบคำถาม การนำเสนอข้อมูล การทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัด และแบบทดสอบ

ด้านทักษะ

- การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล จากการอธิบายและการอภิปราย
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการสืบค้นข้อมูล และการทำกิจกรรม

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- การใช้วิจารณญาณ ความรอบคอบ ความใจกว้าง การยอมรับความเห็นต่าง จากการตอบคำถาม การอธิบาย อภิปราย และการทำกิจกรรม



เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 16

1. จงใส่เครื่องหมายถูก(✓)หน้าข้อความที่ถูกต้องใส่เครื่องหมายผิด(×)หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง และขีดเส้นใต้เฉพาะคำ หรือส่วนของข้อความที่ไม่ถูกต้อง และแก้ไขข้อความโดยตัดออก หรือเติมคำหรือข้อความที่ถูกต้องลงในช่องว่าง

✓.....1.1 กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะมีประสิทธิภาพสูงกว่า กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะเนื่องจากมีความจำเพาะต่อแอนติเจนและการมีเซลล์ความจำต่อแอนติเจนนั้น

✓.....1.2 แมโครฟาจพัฒนามาจากโมโนไซต์ มีหน้าที่ทำลายแอนติเจนและนำเสนอชิ้นส่วนของแอนติเจนบนผิวเซลล์ต่อเซลล์ทีชนิด CD4

✗.....1.3 เซลล์พลาสมาพัฒนามาจากเซลล์ทีชนิด CD4 ที่ถูกกระตุ้น เพื่อสร้างแอนติบอดี
แก้ไขเป็น เซลล์บี

✓.....1.4 เด็กที่เคยได้รับวัคซีนบาดทะยัก เมื่อเข้าสู่วัยหนุ่มสาวจำเป็นต้องได้รับวัคซีนนี้ซ้ำอีก

✗.....1.5 การฉีดวัคซีนไขหวัดใหญ่จะช่วยป้องกันโรคไขหวัดใหญ่ได้ทุกชนิด
แก้ไขเป็น ไม่ได้ทุกชนิด หรือ ได้บางชนิด

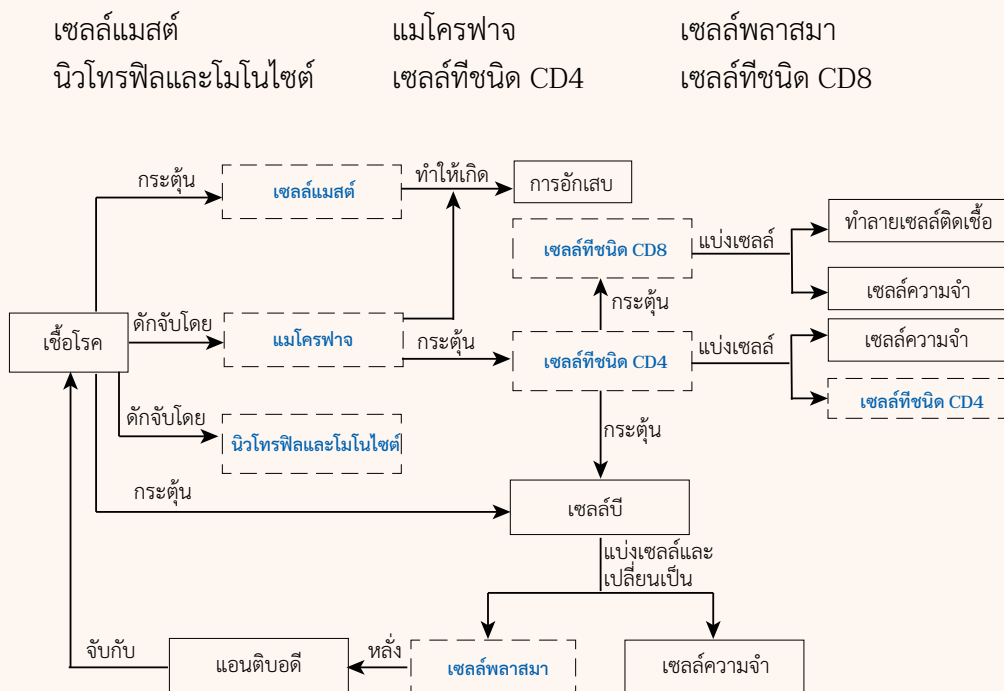
อธิบาย เพราะเชื้อไขหวัดใหญ่มีหลายสายพันธุ์ การฉีดวัคซีนไขหวัดใหญ่จึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนตามสายพันธุ์ของเชื้อที่มีการระบาด

✗.....1.6 เซลล์ที่ติดเชื้อไวรัสจะถูกเซลล์บีเข้าทำลายได้โดยตรง
แก้ไขเป็น เซลล์ทีชนิด CD8

✗.....1.7 เซลล์ความจำเกิดจากการแบ่งเซลล์ของเซลล์บีเท่านั้น
แก้ไขเป็น เซลล์บี และ เซลล์ที

✓.....1.8 ทอกซอยด์ผลิตจากสารพิษของแบคทีเรีย

2. เมื่อเชื้อโรคเข้าสู่บาดแผล เซลล์ต่างๆ ในระบบภูมิคุ้มกันจะมีการตอบสนองดังแผนภาพ จงนำคำศัพท์ที่กำหนดให้เติมลงในช่องว่างให้ถูกต้อง (ตอบซ้ำได้)

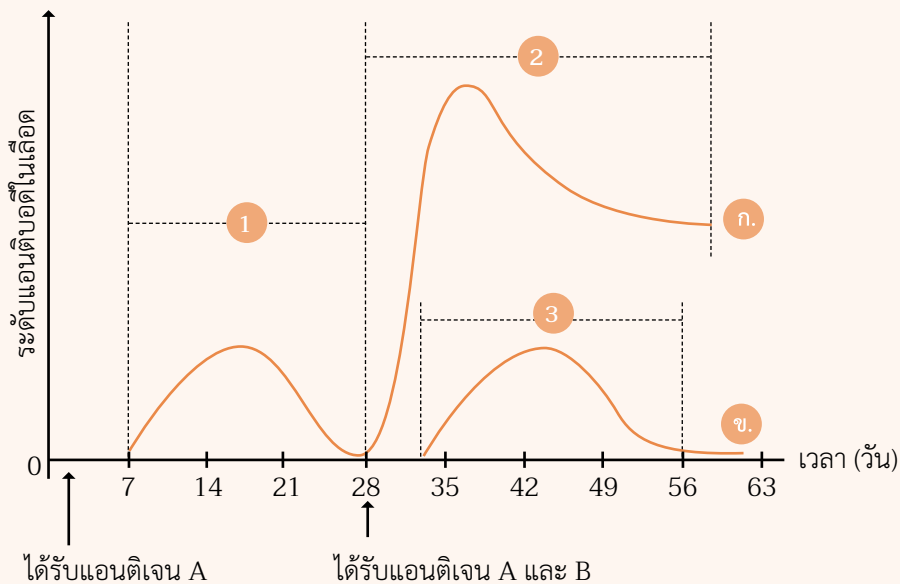


3. เด็กที่เกิดมาแล้วไม่มีไข้มัสจะขาดเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดใด และมีผลต่อร่างกายอย่างไร
- ✎ เด็กที่ไม่มีไข้มัสจะไม่มีเซลล์ทีทุกชนิด ซึ่งรวมทั้งเซลล์ทีชนิด CD4 ที่ช่วยกระตุ้นเซลล์บีให้สร้างแอนติบอดีทำให้ประสิทธิภาพในการสร้างแอนติบอดีลดลง และไม่มีเซลล์ทีชนิด CD8 ทำให้ประสิทธิภาพในการทำลายเซลล์ที่ติดเชื้อไวรัสหรือเซลล์ที่ผิดปกติอย่างจำเพาะลดลง ระบบภูมิคุ้มกันจึงอ่อนแอ และมักเสียชีวิตตั้งแต่เด็ก
4. “ถ้าร่างกายมีจำนวนแมโครฟาจน้อยลงจะมีผลทั้งกลไกการป้องกันหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะทำให้ร่างกายติดเชื้อได้ง่าย” คำกล่าวนี้เป็นจริงหรือไม่ เพราะเหตุใด

✎ เป็นจริง เพราะถ้าร่างกายมีจำนวนแมโครฟาจน้อยลง จะทำให้

- กลไกการป้องกันหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะลดลง เนื่องจากประสิทธิภาพในการเกิดฟาโกไซโทซิสลดลง
- กลไกการป้องกันหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะลดลง เนื่องจากการนำเสนอชิ้นส่วนของแอนติเจนบนผิวเซลล์ของแมโครฟาจลดลง ทำให้เซลล์ทีชนิด CD4 ที่จะถูกกระตุ้นด้วยชิ้นส่วนของแอนติเจนลดลง ดังนั้นประสิทธิภาพในการตอบสนองจากเซลล์ทีชนิด CD4 ลดลง ทำให้ร่างกายติดเชื้อได้ง่าย

5. กราฟแสดงระดับแอนติบอดีที่ตอบสนองต่อแอนติเจน A และแอนติเจน B ในเลือดของชายคนหนึ่ง



จงตอบคำถามต่อไปนี้

5.1 หมายเลขใดแสดงช่วงเวลาของระดับแอนติบอดีในเลือดที่เกิดการตอบสนองครั้งแรกต่อแอนติเจน A และแอนติเจน B

✎ หมายเลข 1 ตอบสนองต่อแอนติเจน A และหมายเลข 3 ตอบสนองต่อแอนติเจน B

5.2 เพราะเหตุใดระดับแอนติบอดีสูงสุดในเลือดของเส้นกราฟ ก. ที่ช่วงเวลาหมายเลข 1 และหมายเลข 2 จึงต่างกันและระยะเวลาในการตอบสนองหลังจากได้รับแอนติเจน A ในแต่ละช่วงเวลาจึงไม่เท่ากัน

 เพราะที่ช่วงเวลาหมายเลข 1 เมื่อแอนติเจน A เข้าสู่ร่างกายครั้งแรก จะกระตุ้นให้มีการตอบสนองต่อแอนติเจนครั้งแรก ซึ่งจะตรวจพบแอนติบอดีประมาณวันที่ 7 และมีการตอบสนองสูงสุดประมาณวันที่ 15 ในขณะที่เมื่อได้รับแอนติเจน A ครั้งที่ 2 จะตรวจพบแอนติบอดีหลังได้รับแอนติเจนและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีการตอบสนองสูงสุดภายในประมาณ 7 วันซึ่งทั้งเร็วและสูงกว่าเมื่อได้รับแอนติเจนครั้งแรกมาก โดยเซลล์บีที่จำเพาะต่อแอนติเจน A เพิ่มจำนวนและเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์พลาสมา ทำหน้าที่สร้างแอนติบอดีที่จำเพาะต่อแอนติเจนชนิดนี้ ขณะเดียวกันเซลล์บีบางเซลล์จะพัฒนาเป็นเซลล์ความจำจำนวนมากทำหน้าที่จดจำแอนติเจนชนิดนี้ไว้ เซลล์ความจำนี้มีอายุมากกว่าเซลล์พลาสมา ในการตอบสนองต่อแอนติเจนครั้งแรกจะใช้ระยะเวลาค่อนข้างนานเนื่องจากเซลล์บีที่ตอบสนองมีจำนวนน้อยจึงทำให้โอกาสที่แอนติเจนจะพบเซลล์บีที่จำเพาะต่อแอนติเจน A ใช้เวลานาน ระดับการตอบสนองต่ำ และระดับแอนติบอดีสูงสุดในเลือดไม่สูงมากนัก ส่วนที่ช่วงระยะเวลาหมายเลข 2 เมื่อได้รับแอนติเจน A เดิมอีกครั้ง จะกระตุ้นให้เซลล์ความจำซึ่งมีอยู่จำนวนมากพัฒนาเป็นเซลล์พลาสมาจึงสร้างแอนติบอดีได้รวดเร็ว และมีปริมาณมาก

5.3 เพราะเหตุใดในช่วงเวลาหมายเลข 3 ของเส้นกราฟ ข. จึงมีการตอบสนองคล้ายกับในช่วงเวลาหมายเลข 1 ของเส้นกราฟ ก.

 ในช่วงเวลาหมายเลข 3 ร่างกายได้รับแอนติเจน B ซึ่งแตกต่างจากแอนติเจน A ทำให้ระบบภูมิคุ้มกันเกิดการตอบสนองครั้งแรกต่อแอนติเจน B

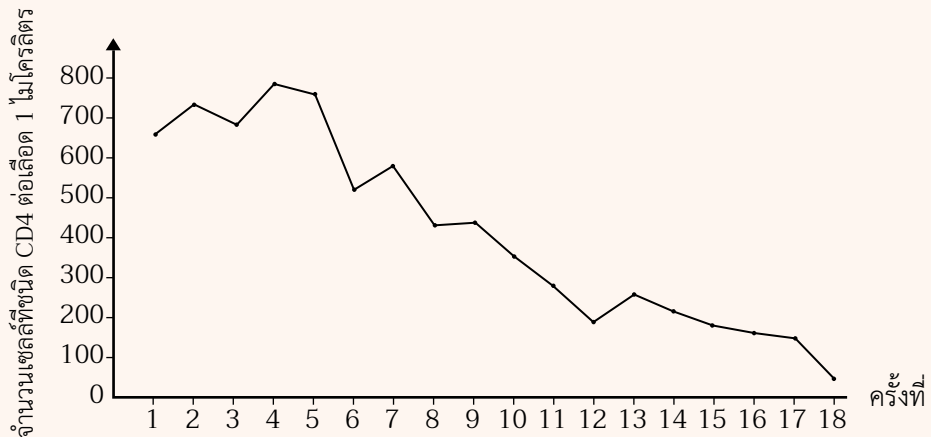
6. ผู้ป่วยที่ได้รับการปลูกถ่ายอวัยวะมีความเสี่ยงอย่างไร เพราะเหตุใดแพทย์จึงต้องให้ผู้ป่วยรับประทานยากดภูมิคุ้มกัน

 มีความเสี่ยงคือ ร่างกายผู้ป่วยอาจไม่ยอมรับอวัยวะที่ได้รับการปลูกถ่ายซึ่งจัดเป็นสิ่งแปลกปลอม และอาจกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันให้ต่อต้านอวัยวะที่ได้รับการปลูกถ่าย ดังนั้นผู้ป่วยจึงต้องรับประทานยากดภูมิคุ้มกันเพื่อลดการต่อต้านอวัยวะที่ปลูกถ่าย ซึ่งทำให้ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายผู้ป่วยลดลงและติดเชื้ออื่นๆ ได้ง่าย

7. ผลการเจาะเลือดทุกๆ 4 เดือน ของผู้ป่วยรายหนึ่งที่ได้รับเชื้อ HIV พบว่าในช่วงเวลา 6 ปี นับตั้งแต่เริ่มติดเชื้อ จำนวนเซลล์ทีชนิด CD4 ต่อเลือด 1 ไมโครลิตร มีการเปลี่ยนแปลง ดังนี้ 662, 743, 684, 798, 763, 528, 597, 442, 446, 360, 287, 199, 260, 225, 197, 168, 155, 48

7.1 จงเขียนกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเซลล์ทีชนิด CD4

 ตัวอย่าง กราฟ



7.2 อธิบายการเปลี่ยนแปลงจำนวนเซลล์ทีชนิด CD4 ของผู้ป่วยหลังได้รับเชื้อ HIV

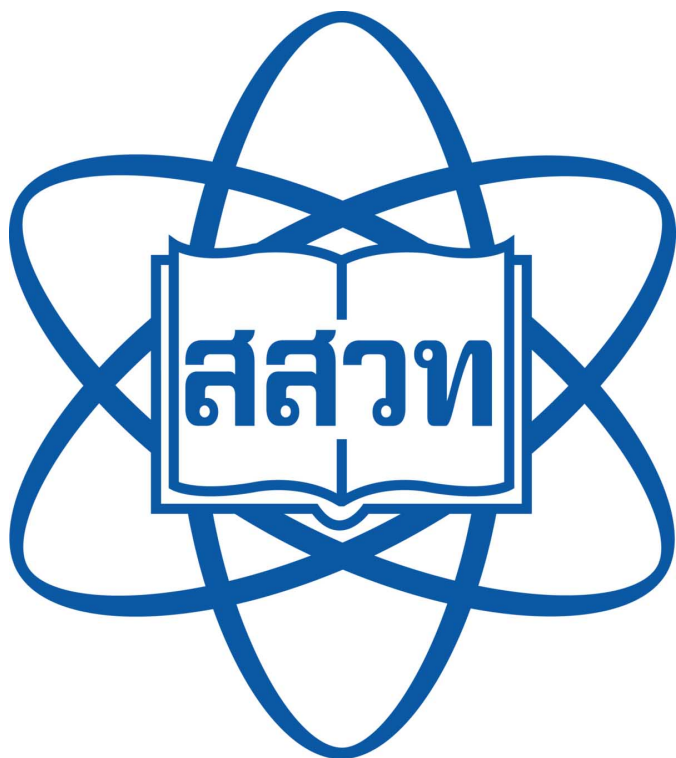
 จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าเซลล์ทีชนิด CD4 ลดจำนวนลงตามเวลาที่ผ่านมาทำให้ปริมาณเซลล์ทีชนิด CD4 ในเลือดลดน้อยลงไปเรื่อย ๆ

7.3 จำนวนเซลล์ทีชนิด CD4 เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันและอาการของผู้ป่วยอย่างไร

 เซลล์ทีชนิด CD4 มีหน้าที่สำคัญในการกระตุ้นการทำงานของเซลล์ต่างๆ ในระบบภูมิคุ้มกัน เมื่อเซลล์ทีชนิด CD4 ถูกทำลายให้ลดจำนวนลง ประสิทธิภาพการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันก็จะลดลงไปด้วย ทำให้ผู้ที่ติดเชื้อ HIV ติดเชื้อโรคต่างๆ ได้ง่ายขึ้นเข้าสู่ระยะโรคเอดส์ ทำให้ผู้ป่วยมีอาการป่วยจากโรคต่างๆ รุนแรงขึ้น และเสียชีวิตได้

8. เพราะเหตุใดผู้ที่ติดเชื้อ HIV ต้องรับประทานยาต้านเชื้อไวรัสและรักษาสุขภาพร่างกายให้แข็งแรงอยู่เสมอ

 เพราะยาต้านเชื้อ HIV จะเข้าไปยับยั้งการเพิ่มจำนวนของไวรัส ส่งผลให้เซลล์ทีชนิด CD4 ไม่ถูกทำลาย ส่วนการรักษาสุขภาพร่างกายจะช่วยให้ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายฟื้นตัวและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพส่งผลให้ไม่ป่วยหรือติดเชื้ออื่นๆ ได้ง่าย



บทที่ 17 | ระบบขับถ่าย

ipst.me/8820

17



ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายของพองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง
2. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของไต และโครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะออกจากร่างกาย
3. อธิบายกลไกการทำงานของหน่วยไตในการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย และเขียนแผนผังสรุปขั้นตอนการกำจัดของเสียออกจากร่างกายโดยหน่วยไต
4. สืบค้นข้อมูล อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับความผิดปกติของไตอันเนื่องมาจากโรคต่างๆ

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

- 1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายของพองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง

จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายของพองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง

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

ผลการเรียนรู้

- 2. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของไต และโครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะออกจากร่างกาย

จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของไต และโครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะของมนุษย์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล	1. การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2. ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ	1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ 3. ความมุ่งมั่นอดทน

ผลการเรียนรู้

- อธิบายกลไกการทำงานของหน่วยไตในการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย และเขียนแผนผังสรุปขั้นตอนการกำจัดของเสียออกจากร่างกายโดยหน่วยไต

จุดประสงค์การเรียนรู้

- สืบค้นข้อมูล อธิบายและสรุปกลไกการกำจัดของเสียออกจากร่างกายโดยหน่วยไต
- เขียนแผนผังสรุปขั้นตอนการกำจัดของเสียออกจากร่างกายโดยหน่วยไต
- อธิบาย และสรุปกลไกการรักษาคุณภาพของน้ำและสารต่างๆ คุณภาพของกรด-เบส ในเลือด โดยหน่วยไต

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
- การจำแนก - การลงความเห็นจากข้อมูล - การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล - การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป - การใช้จำนวน	- การสื่อสารสารสนเทศและ การรู้เท่าทันสื่อ - การคิดอย่างมีวิจารณญาณและแก้ปัญหา	- การใช้วิจารณญาณ - ความมุ่งมั่นอดทน

ผลการเรียนรู้

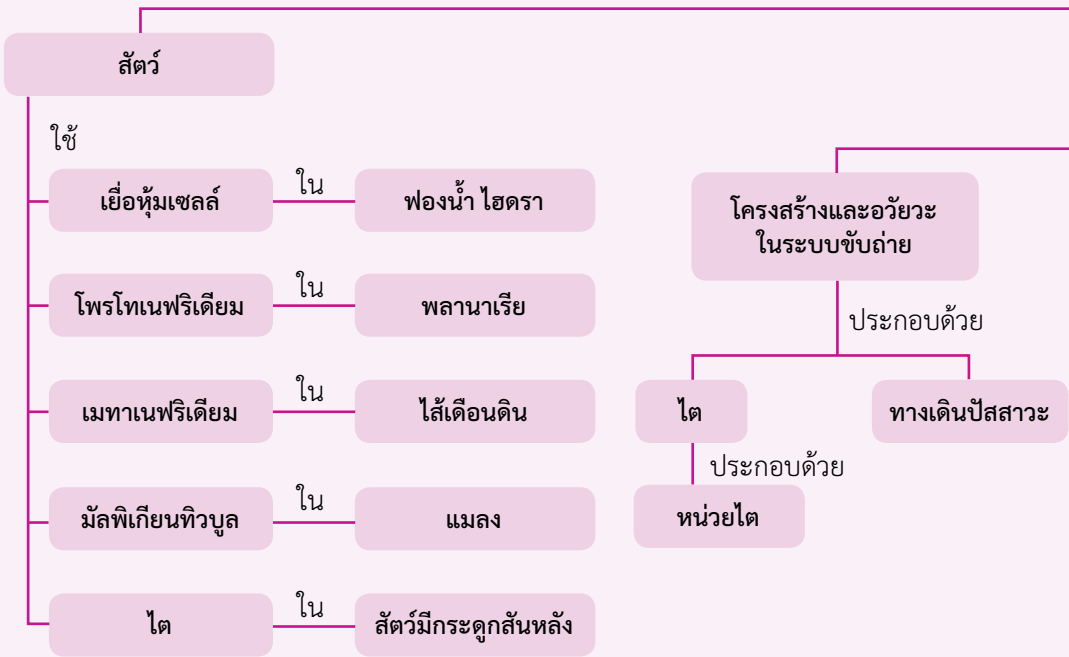
- สืบค้นข้อมูล อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับความผิดปกติของไตอันเนื่องมาจากโรคต่างๆ

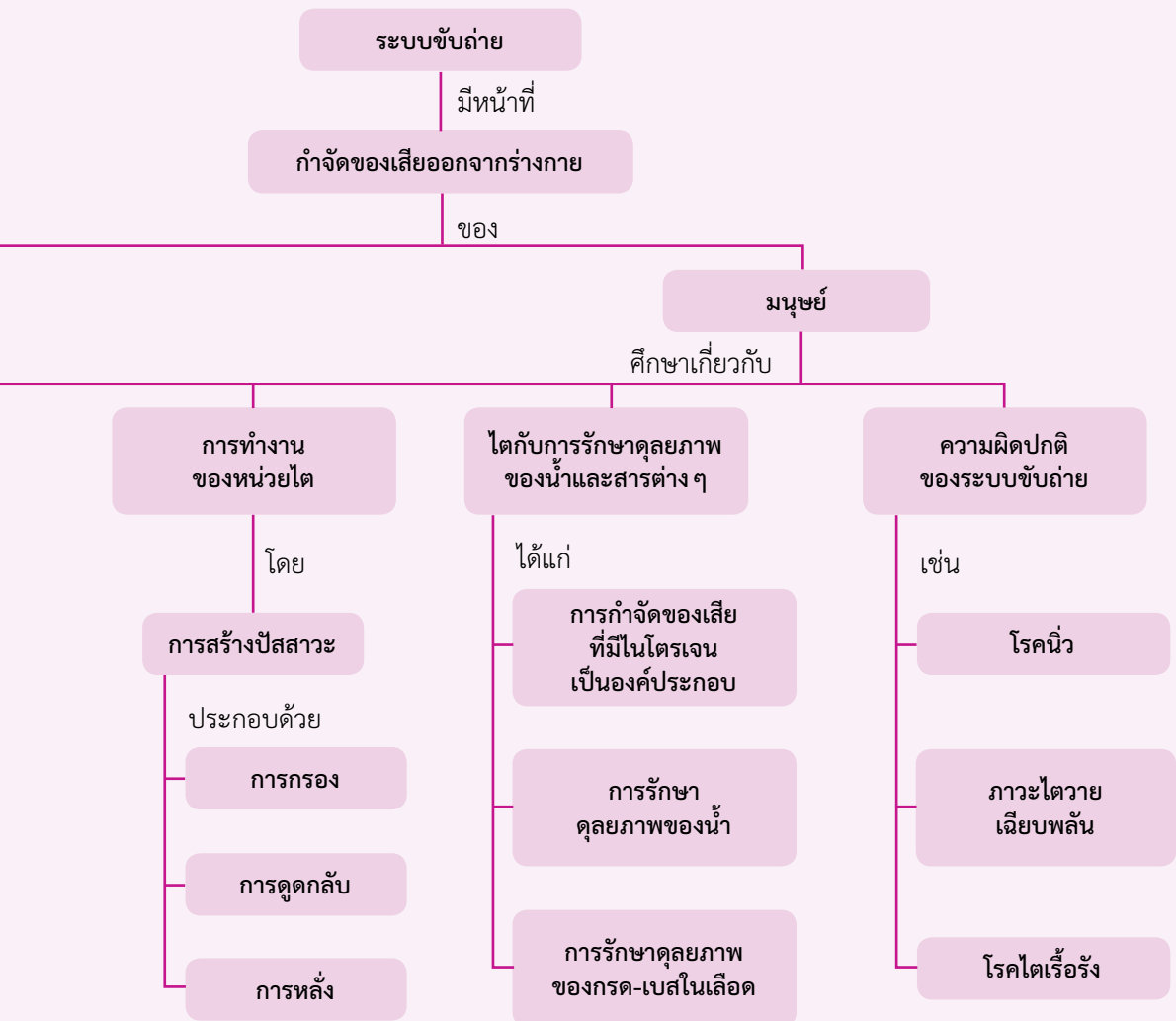
จุดประสงค์การเรียนรู้

- สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่างและอธิบาย สาเหตุ แนวทางป้องกันหรือรักษาโรคที่เกี่ยวข้องไตและโรคที่เกี่ยวข้องทางเดินปัสสาวะ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21	จิตวิทยาาสตร์
การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	การสื่อสารสารสนเทศและ การรู้เท่าทันสื่อ	ความมุ่งมั่นอดทน

ผังมโนทัศน์ บทที่ 17





สาระสำคัญ

สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้ต้องใช้พลังงานที่ได้จากกระบวนการเมแทบอลิซึม แต่กระบวนการดังกล่าวทำให้เกิดของเสียขึ้น โดยเฉพาะของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งอยู่ในรูปของแอมโมเนีย ยูเรีย และกรดยูริก

สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีโครงสร้างหรืออวัยวะสำหรับกำจัดของเสียแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวิวัฒนาการและสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ เช่น ฟองน้ำและไฮดรามีการแพร่ของเสียผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ พลาณาเรียมมีโพรโทเนพริเดียม ไส้เดือนดินมีเมทาเนพริเดียม แมลงมีมัลปิเกียนทิวบูล สัตว์มีกระดูกสันหลังและมนุษย์มีไตเป็นอวัยวะในระบบขับถ่ายที่ทำหน้าที่กำจัดของเสียและรักษาคุณภาพของน้ำและสารต่างๆ ในร่างกาย

ไตของมนุษย์ประกอบด้วยหน่วยไตที่ทำหน้าที่กำจัดของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบโดยผ่านกลไกการสร้างปัสสาวะซึ่งมี 3 ขั้นตอน คือ การกรอง การดูดกลับ และการหลั่ง นอกจากนี้ไตยังทำหน้าที่รักษาคุณภาพของน้ำ คุณภาพของกรด-เบสในเลือด และคุณภาพของแร่ธาตุในร่างกายอีกด้วย

ความผิดปกติที่เกิดกับไตของมนุษย์ เช่น โรคนี้่ว ภาวะไตวายเฉียบพลัน โรคไตเรื้อรัง รวมทั้งโรคที่เกิดกับทางเดินปัสสาวะ หากไม่ป้องกันหรือรักษาย่อมส่งผลกระทบต่อการทำงานของไต

เวลาที่ใช้

บทนี้ควรใช้เวลาสอนประมาณ 9 ชั่วโมง

17.1 การขับถ่ายของสัตว์	2 ชั่วโมง
17.2 การขับถ่ายของมนุษย์	3 ชั่วโมง
17.3 การทำงานของหน่วยไต	2 ชั่วโมง
17.4 ไตกับการรักษาคุณภาพของน้ำและสารต่างๆ ในร่างกาย	1 ชั่วโมง
17.5 ความผิดปกติของระบบขับถ่าย	1 ชั่วโมง
รวม	9 ชั่วโมง



เฉลยตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนใส่เครื่องหมายถูก (✓) หรือผิด (×) หน้าข้อความตามความเข้าใจของนักเรียน

- ☒ 1. อวัยวะในระบบขับถ่ายของมนุษย์ ได้แก่ ไต ท่อไต กระเพาะปัสสาวะ และท่อปัสสาวะ
- ☒ 2. ไตทำหน้าที่กำจัดของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกายและรักษาคุณภาพของสารต่าง ๆ ในเลือด
- ☒ 3. หน่วยไต คือ หน่วยการทำงานของไต ทำหน้าที่กรอง ดูดกลับ และหลั่งสาร
- ☐ 4. โกลเมอรูลัส คือ กลุ่มของหลอดเลือดฝอยที่ทำหน้าที่ในการกรองและการดูดกลับสารต่าง ๆ ในเลือด
- ☒ 5. บริเวณท่อหน่วยไตมีการดูดกลับสารบางอย่างที่เป็นประโยชน์ เช่น กรดแอมิโน น้ำเข้าสู่หลอดเลือดฝอย
- ☒ 6. ของเสียจากเมแทบอลิซึม เช่น แอมโมเนีย ยูเรีย กรดยูริก จะถูกกำจัดออกหรือเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่มีความเป็นพิษน้อยลงก่อนขับออกจากร่างกาย
- ☐ 7. ปัสสาวะของมนุษย์ประกอบด้วยน้ำ กลูโคส และของเสีย เช่น ยูเรีย
- ☐ 8. ระบบขับถ่ายเกี่ยวข้องกับการขับถ่ายปัสสาวะและการถ่ายอุจจาระ
- ☒ 9. การรับประทานอาหารที่มีสารอาหารต่าง ๆ ในปริมาณที่พอเหมาะ ดื่มน้ำสะอาดให้เพียงพอับความต้องการของร่างกายและลดอาหารที่มีรสเค็มเป็นวิธีที่ทำให้ไตทำงานได้เป็นปกติ

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยให้นักเรียนศึกษารูปสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่นักเรียนรู้จัก เช่น อะมีบา พารามีเซียม จากนั้นใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นร่วมกัน ดังนี้

- การที่อะมีบา พารามีเซียมดำรงชีวิตอยู่ได้ในน้ำจะต้องรักษาคุณภาพของน้ำและสารในเซลล์รวมทั้งกำจัดของเสียอย่างไร

จากการแสดงความคิดเห็นนักเรียนควรสรุปได้ว่า การที่อะมีบา และพารามีเซียมอาศัยอยู่ในน้ำที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าของเหลวภายในเซลล์ทำให้น้ำแพร่เข้าเซลล์ตลอดเวลา แต่เซลล์สามารถรักษาสสมดุลของน้ำและสารต่าง ๆ ภายในเซลล์ไว้ได้เพราะมีคอนแทร็กไทล์แวคิวโอลทำหน้าที่ขับน้ำส่วนเกินออกไปและของเสียบางส่วนจะถูกขับปนมากับน้ำด้วยเช่นกัน ซึ่งของเสียที่ถูกขับออกมานี้เป็นของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

จากนั้นครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามเพิ่มเติมดังนี้

- สิ่งมีชีวิตที่มีหลายเซลล์ เช่น สัตว์ต่าง ๆ หรือมนุษย์ ที่อาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่ต่างกันจะมีโครงสร้างหรืออวัยวะในการกำจัดของเสียหรือรักษาคุณภาพของสารต่าง ๆ ภายในเซลล์เหมือนหรือต่างกันอย่างไร

นักเรียนอาจตอบได้หรือไม่ได้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของนักเรียน แต่ครูจะยังไม่สรุปการอภิปราย จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาหัวข้อการขับถ่ายของสัตว์ในหนังสือเรียน

17.1 การขับถ่ายของสัตว์

จุดประสงค์การเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายของฟองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยอาจใช้รูปสัตว์ เช่น ฟองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลงให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึม โดยใช้คำถามดังนี้

- ฟองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง มีของเสียเกิดขึ้นหรือไม่ อย่างไร

นักเรียนอาจจะตอบได้หรือตอบไม่ได้ ครูจะยังไม่สรุปการอภิปราย

ครูให้นักเรียนสืบค้นความรู้เกี่ยวกับของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สัตว์ต้องกำจัดออกนอกร่างกาย แล้วร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ โดยอาจใช้รูป 17.2 ในหนังสือเรียนประกอบการอธิบายซึ่งควรสรุปได้ว่าสัตว์ต่าง ๆ มีของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของโปรตีนและกรดนิวคลีอิก ซึ่งของเสียที่เกิดขึ้นนี้มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ สัตว์แต่ละชนิดจะมีการกำจัดในรูปที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวิวัฒนาการและสิ่งแวดล้อมที่สัตว์นั้นอาศัยอยู่ สัตว์บางชนิดสามารถกำจัดในรูปของแอมโมเนียได้โดยตรง เช่น ฟองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ขณะที่บางชนิดต้องขับออกในรูปแอมโมเนียและยูเรีย เช่น ไส้เดือนดิน บางชนิดขับออกในรูปกรดยูริก เช่น แมลง โดยการขับของเสียในรูปต่างๆ นี้ขึ้นกับปริมาณน้ำที่ใช้และพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนรูป และครูควรอธิบายเพิ่มเติมว่าในรูป 17.2 นั้นเป็นการกำจัดของเสียในรูปที่สัตว์กลุ่มนั้น ๆ ขับถ่ายออกมามากที่สุด แต่ก็อาจขับถ่ายในรูปอื่นได้อีก เช่น มนุษย์ สามารถกำจัดของเสียในรูปแอมโมเนียหรือกรดยูริกได้แต่ในปริมาณที่น้อย

ครูให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับโครงสร้างและอวัยวะที่ทำหน้าที่ในการขับถ่าย และกระบวนการขับถ่าย ของฟองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเปรียบเทียบ และสรุป โดยอาจใช้รูป 17.3-17.5 ประกอบ ซึ่งอาจสรุปได้ดังตัวอย่าง

สิ่งมีชีวิต	โครงสร้างหรืออวัยวะในการขับถ่าย	กระบวนการขับถ่าย	ชนิดของของเสียที่ถูกกำจัดออก
พองน้ำไฮดรา	ไม่มี	การแพร่ออกจากเซลล์สู่สิ่งแวดล้อมโดยตรง	แอมโมเนีย
พลาเนียเรีย	โพโรโทเนพริเดียม	ใช้ซิเลียที่เฟลมเซลล์โบกพัดทำให้เกิดแรงดันน้ำพร้อมของเสียที่ละลายอยู่เข้าเฟลมเซลล์แล้วลำเลียงสู่ท่อรับของเหลว เพื่อไปกำจัดออกที่ช่องเปิดที่ผนังลำตัว	แอมโมเนีย
ไส้เดือนดิน	เมทาเนพริเดียม	ใช้เนโฟรโตมที่เป็นปลายเปิดของเมทาเนพริเดียมรับของเสียที่ละลายอยู่ในของเหลวภายในช่องลำตัว แล้วลำเลียงออกสู่ช่องเปิดที่ผนังลำตัว น้ำและแร่ธาตุบางชนิดที่มีประโยชน์จะถูกดูดกลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด	แอมโมเนียยูเรีย
แมลง	มัลปิเกียนทิวบูล	ที่ปลายท่อของมัลปิเกียนทิวบูลจะรับของเสียจากของเหลวภายในช่องของลำตัว แล้วลำเลียงไปยังทางเดินอาหาร ซึ่งจะมีการดูดกลับน้ำ และสารที่มีประโยชน์กลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด ของเสียที่เหลือซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบจะเปลี่ยนเป็นกรดยูริกขับออกมาพร้อมกากอาหารทางทวารหนัก	กรดยูริก

ครูอาจใช้คำถามถามนักเรียนเพิ่มเติม ดังนี้

- เพราะเหตุใด พองน้ำและไฮดราจึงดำรงชีวิตอยู่ได้โดยไม่มีโครงสร้างที่ใช้ในการขับถ่าย
- ✎ เพราะเซลล์ทุกเซลล์ของพองน้ำและไฮดราสัมผัสกับน้ำ จึงมีการขับถ่ายของเสียพวกแอมโมเนียออกสู่ น้ำได้โดยตรง

จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

- ❓ จากตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง สัตว์กลุ่มใดที่สูญเสียน้ำในการขับถ่ายของเสียน้อยที่สุด เพราะเหตุใด
- ✎ แมลงสูญเสียน้ำในการขับถ่ายของเสียน้อยที่สุด เพราะแมลงขับของเสียในรูปของกรดยูริกที่ใช้น้ำปริมาณน้อยในการกำจัด เป็นการช่วยสงวนน้ำไว้ในร่างกาย

สำหรับการกำจัดของเสียในสัตว์มีกระดูกสันหลัง ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างสัตว์มีกระดูกสันหลังที่นักเรียนรู้จัก เช่น สุนัข แมว ไก่ ปลา และระบุโครงสร้างที่สัตว์เหล่านั้นใช้ในการขับถ่ายของเสีย

จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างหรืออวัยวะในการกำจัดของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ และร่วมกันอธิบายโดยใช้คำถาม ดังนี้

- อวัยวะที่ทำหน้าที่ในการกำจัดของเสียของสัตว์มีกระดูกสันหลังเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
- สัตว์มีกระดูกสันหลังมีการกำจัดของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบในรูปใดบ้าง เพราะเหตุใด

จากการสืบค้นข้อมูลและการอธิบายนักเรียนควรได้ข้อสรุปว่า สัตว์มีกระดูกสันหลังมีไตเป็นอวัยวะในระบบขับถ่ายที่ทำหน้าที่กำจัดของเสียเหมือนกัน แต่อาจมีรูปร่างและขนาดของไตแตกต่างกัน สัตว์มีกระดูกสันหลังจะขับของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบออกในรูปของแอมโมเนีย ยูเรีย หรือกรดยูริกขึ้นกับสิ่งแวดล้อมที่อาศัย จากนั้นอาจให้นักเรียนตอบคำถามชวนคิดในหนังสือเรียน



ชวนคิด

- ?** สัตว์กลุ่มเดียวกัน เช่น เต่าบกกับเต่าที่อาศัยอยู่ในน้ำจะมีการกำจัดของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบในรูปที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
-  แตกต่างกัน เพราะเต่าทั้ง 2 กลุ่มใช้ชีวิตส่วนใหญ่ในแหล่งที่อยู่อาศัยไม่เหมือนกัน โดยเต่าบกที่อาศัยบนบกต้องสูญเสียน้ำให้น้อยที่สุดจึงต้องกำจัดของเสียในรูปของกรดยูริก ส่วนเต่าที่อาศัยอยู่ในน้ำจะขับทั้งยูเรีย และแอมโมเนีย

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- กระบวนการขับถ่ายของฟองน้ำไฮดราพลาเนเรียไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง จากการตอบคำถาม การอธิบาย การเปรียบเทียบ การทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ

ด้านทักษะ

- การจำแนกประเภท การคิดอย่างมีวิจารณญาณ จากการตอบคำถาม อธิบาย และการเปรียบเทียบ
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความมุ่งมั่นอดทน จากการสืบค้นข้อมูล

17.2 การขับถ่ายของมนุษย์

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของไต และโครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะของมนุษย์

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนศึกษารูปนำบทแล้วตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เช่น

- ปัสสาวะในคนปกติควรมีสี กลิ่น ความขุ่นหรือใส อย่างไร
- ปัสสาวะเกิดขึ้นได้อย่างไร

จากการอภิปรายอาจสรุปได้ว่าปัสสาวะในคนปกติจะมีสีเหลืองอ่อน แต่หากดื่มน้ำมากอาจใส มีสีจางหรือหากดื่มน้ำน้อยสีจะเข้มข้น ปัสสาวะอาจมีกลิ่นแอมโมเนียจางๆ (ไม่รวมกรณีที่กินยาวิตามิน หรืออาหารบางชนิดที่อาจทำให้มีสีหรือกลิ่นที่แตกต่างออกไป) นอกจากนี้ปัสสาวะไม่ควรขุ่นแต่อาจ

ขุนได้เล็กน้อยจากการปนเปื้อนสารคัดหลั่งจากอวัยวะเพศ โดยปัสสาวะเกิดขึ้นจากการทำงานของไตในระบบขับถ่ายซึ่งทำหน้าที่กำจัดของเสียที่เกิดจากเมแทบอลิซึม รักษาคุณภาพของน้ำและสารต่าง ๆ ในร่างกาย และรักษาคุณภาพของกรด-เบสในเลือด

จากนั้นครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกายมนุษย์ โดยใช้คำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายดังนี้

- ของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกายมีอะไรบ้าง
- สารใดที่ร่างกายมีการสะสมไว้ปริมาณมากแล้วจะเกิดอันตราย และร่างกายจะมีวิธีการจัดการกับสารดังกล่าวอย่างไร

จากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่า กระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกายทำให้เกิดของเสียต่าง ๆ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ หากมีการสะสมไว้ในเซลล์จะทำอันตรายต่อเซลล์ได้ ร่างกายจึงต้องมีวิธีกำจัดออกจากร่างกาย เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กำจัดออกโดยการหายใจ ของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบกำจัดออกโดยไตในกระบวนการขับถ่าย

ครูอาจใช้รูปกระบวนการสลายคาร์โบไฮเดรต ลิพิด และโปรตีน ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอ (รูป 3.40 ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 1) มาประกอบเพื่อให้นักเรียนเห็นว่าการสลายโปรตีนจะได้ แอมโมเนีย ยูเรีย และกรดยูริก

ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับของเสียที่ระบบขับถ่ายต้องกำจัดออกจากร่างกายมนุษย์ โดยระบบขับถ่ายของมนุษย์ทำหน้าที่กำจัดของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบซึ่งจะถูกขับถ่ายออกไปกับปัสสาวะ ส่วนกากอาหารที่เกิดจากการที่ร่างกายย่อยอาหารไม่ได้หรือย่อยไม่หมดในระบบย่อยอาหารจะถูกกำจัดออกไปในรูปของอุจจาระ

สำหรับของเสียอื่น ๆ เช่น ยูเรียบางส่วนถูกกำจัดออกทางผิวหนังในรูปของเหงื่อ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ถูกกำจัดออกโดยระบบหายใจ

จากนั้นครูอาจใช้คำถามชวนคิด เพื่อให้นักเรียนแยกความแตกต่างระหว่างการขับถ่ายกับการถ่ายอุจจาระ



ชวนคิด

? การถ่ายอุจจาระ (defaecation) เป็นส่วนหนึ่งของระบบขับถ่ายหรือไม่ เพราะเหตุใด
 ✎ ไม่เป็น เพราะการถ่ายอุจจาระ คือ การกำจัดกากอาหารที่ย่อยไม่ได้หรือย่อยไม่หมด ออกจากร่างกายซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบย่อยอาหาร ส่วนระบบขับถ่าย คือ การกำจัดของเสีย ที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมโดยเฉพาะของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

ครูเชื่อมโยงถึงการลำเลียงสารต่าง ๆ ที่ได้จากกระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกายซึ่งจะถูก ลำเลียงอยู่ในรูปของของเหลว แล้วอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับของเหลวในร่างกาย ดังรูป 17.6 ซึ่ง จะเกิด การแลกเปลี่ยนสารต่าง ๆ ระหว่างของเหลวภายในเซลล์และของเหลวภายนอกเซลล์ตลอดเวลา ทั้งนี้ ของเหลวในร่างกายมนุษย์จะประกอบด้วยน้ำเป็นส่วนใหญ่ การได้รับและการสูญเสียน้ำในแต่ละวัน จึงมีผลต่อปริมาณของเหลวและสารต่าง ๆ ร่างกายจึงต้องมีกลไกในการรักษาคุณภาพของน้ำและ สารต่าง ๆ ไว้

ครูใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงกับความรู้ที่นักเรียนได้ศึกษามาแล้ว เกี่ยวกับอวัยวะที่ทำหน้าที่ในการ กำจัดของเสียของร่างกายมนุษย์และรักษาคุณภาพของน้ำและสารต่าง ๆ เช่น

- ไตของมนุษย์มีลักษณะอย่างไร และมีหน้าที่สำคัญอะไรบ้าง

นักเรียนควรตอบได้ว่าไตของมนุษย์มีลักษณะคล้ายเมล็ดถั่วแดง ทำหน้าที่กำจัดของเสียที่เกิด จากกระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกายโดยเฉพาะของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ และรักษา ดุลยภาพของน้ำและสารต่าง ๆ รักษาคุณภาพของกรด-เบสในเลือด รวมทั้งขับสารแปลกปลอม เช่น ยาบางชนิด วัตถุปรุงแต่งอาหาร จากนั้นครูให้นักเรียนทำกิจกรรม 17.1 โครงสร้างของไต



กิจกรรม 17.1 โครงสร้างของไต

จุดประสงค์

1. ศึกษาโครงสร้างภายนอกและภายในของไตสัตว์มีกระดูกสันหลัง
2. ระบุ และอธิบายลักษณะโครงสร้างภายนอกและภายในของไต

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

1 ชั่วโมง

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. ไตหมูหรือไตวัว	1 อัน
2. เครื่องมือผ่าตัด	1-2 ชุด
3. ถาดผ่าตัด	1 ถาด
4. แวนชยาย	2 อัน
5. ถุงมือยาง	ตามจำนวนนักเรียน

การเตรียมล่วงหน้า

1. ครูควรเตรียมการล่วงหน้าโดยหาซื้อไตหมูหรือไตวัวซึ่งมีขายในตลาด โดยสั่งผู้ขายว่าควรให้มีหลอดเลือดที่เข้าและออกจากไตรวมถึงท่อไตส่วนต้นด้วย
2. ก่อนให้นักเรียนลงมือศึกษาควรให้นักเรียนสวมถุงมือยางสำหรับผ่าตัดและล้างไตให้สะอาด

ข้อเสนอแนะสำหรับครู

ก่อนการผ่าควรใช้แท่งแก้วสอดเข้าไปทางช่องเปิดของท่อไต เพื่อหาตำแหน่งกรวยไตที่มีลักษณะเป็นโพรง

แนวการจัดกิจกรรม

ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มและทำกิจกรรมตามขั้นตอนในหนังสือเรียน จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันระบุและอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของไตตามลักษณะที่พบ และตอบคำถามท้ายกิจกรรม

ผลการทำกิจกรรม



โครงสร้างภายนอกของไต



โครงสร้างภายในของไต
เมื่อผ่าตามยาว

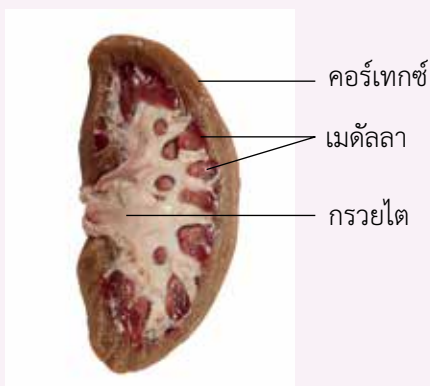
เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

? โครงสร้างภายนอกและภายในของไตที่สังเกตได้ มีลักษณะอย่างไร

✎ ไตมีสีแดงหรือแดงอมชมพู รูปร่างคล้ายเมล็ดถั่วแดง ยาวประมาณ 10-13 เซนติเมตร กว้าง 6 เซนติเมตร หนา 3 เซนติเมตร เมื่อผ่าไตตามยาวจะเห็นไตแบ่งเป็น 2 บริเวณ คือ ส่วนนอก เรียกว่า คอร์เทกซ์ และส่วนใน เรียกว่า เมดัลลา นอกจากนี้ยังมีส่วนที่เป็นโพรง ซึ่งจะแคบลงต่อกับท่อไตเรียกว่า กรวยไต

? เนื้อไตบริเวณคอร์เทกซ์และเมดัลลาแตกต่างกันอย่างไร

✎ เนื้อไตบริเวณเมดัลลาที่มีลักษณะคล้ายรูปพีระมิดจะมีสีเข้มกว่าเนื้อไตบริเวณคอร์เทกซ์ ดังรูป



หลังจากที่นักเรียนทำกิจกรรม ครูควรชี้แจงเพิ่มเติมว่าโครงสร้างของไตหมูหรือไตวัวมีลักษณะคล้ายคลึงกับโครงสร้างของไตมนุษย์ แต่กิจกรรม 17.1 จะไม่เห็นรายละเอียดของเนื้อเยื่อในไตมากนัก ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของไต รวมทั้งโครงสร้างที่ทำหน้าที่ลำเลียงปัสสาวะออกจากร่างกาย หรืออาจใช้รูป 17.7-17.9 ในหนังสือเรียนประกอบการอธิบาย ซึ่งนักเรียนควรอธิบายได้ว่า อวัยวะในระบบขับถ่ายของมนุษย์ประกอบด้วย ไต ท่อไต กระเพาะปัสสาวะ และท่อปัสสาวะ ไตทำหน้าที่กำจัดของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ รักษาคุณภาพของน้ำและสารต่างๆ รักษาคุณภาพของกรด-เบสและขับสารแปลกปลอมบางอย่าง โดยมีระบบหมุนเวียนเลือดนำเลือดที่มีสารที่มีประโยชน์และของเสียมาที่ไตผ่านรีนัลอาร์เทอร์และนำเลือดที่ผ่านกระบวนการต่างๆ ออกจากไตผ่านรีนัลเวน และเมื่อพิจารณาโครงสร้างของไตผ่าตามยาวจะพบว่าภายในเนื้อไตประกอบด้วยหน่วยไตจำนวนมาก ซึ่งแต่ละหน่วยไตประกอบด้วย โกลเมอรูลัส โบว์แมนส์แคปซูล และท่อหน่วยไตซึ่งส่วนปลายของท่อหน่วยไตจากหลายหน่วยไตจะเปิดออกสู่ท่อรวม ส่วนโครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะได้แก่ ท่อไต กระเพาะปัสสาวะ และท่อปัสสาวะ

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- โครงสร้างและหน้าที่ของไต โครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะออกจากร่างกาย จากการสืบค้นข้อมูล การทำกิจกรรมและการทำแบบทดสอบ

ด้านทักษะ

- การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล จากการทำกิจกรรม
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล
- ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ จากการทำกิจกรรม

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความอยากรู้อยากเห็น จากการตอบคำถามและการทำกิจกรรม
- ความเชื่อมั่นต่อหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการทำกิจกรรม
- ความมุ่งมั่นอดทน จากการสืบค้นข้อมูลและการทำกิจกรรม

17.3 การทำงานของหน่วยไต

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายและสรุปกลไกการกำจัดของเสียออกจากร่างกายโดยหน่วยไต
2. เขียนแผนผังสรุปขั้นตอนการกำจัดของเสียออกจากร่างกายโดยหน่วยไต

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนเกี่ยวกับหน้าที่ของอวัยวะและโครงสร้างในระบบขับถ่ายของร่างกายมนุษย์ ซึ่งแต่ละอวัยวะทำหน้าที่ร่วมกันในการกำจัดและลำเลียงของเสียออกจากร่างกายได้แก่ ไต ทำหน้าที่กำจัดของเสียที่มีในโตรเจนเป็นองค์ประกอบและควบคุมสมดุลของสารต่าง ๆ ท่อไต ทำหน้าที่ลำเลียงปัสสาวะไปยังกระเพาะปัสสาวะซึ่งทำหน้าที่เก็บปัสสาวะ และท่อปัสสาวะทำหน้าที่ลำเลียงปัสสาวะออกจากร่างกาย ทั้งนี้ไตเป็นอวัยวะที่สำคัญโดยภายในเนื้อไตมีโครงสร้างที่เป็นหน่วยการทำงานที่เรียกว่า หน่วยไต ซึ่งมีจำนวนมากทำหน้าที่ในการกำจัดของเสียที่มีในโตรเจนเป็นองค์ประกอบและรักษาคุณภาพของสารต่าง ๆ ในเลือดให้สมดุลอยู่เสมอ

ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกลไกการกำจัดของเสียที่มีในโตรเจนเป็นองค์ประกอบ โดยการทำงานของหน่วยไต โดยใช้คำถาม ดังนี้

● หน่วยไตสามารถสร้างปัสสาวะได้อย่างไร

คำตอบของนักเรียนอาจมีได้หลากหลาย ซึ่งครูจะยังไม่สรุป จากนั้นครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของหน่วยไต โดยเน้นให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับกระบวนการทำงานของหน่วยไต ในการกำจัดของเสียที่มีในโตรเจนเป็นองค์ประกอบ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอธิบายและสรุปโดยครูอาจใช้รูป 17.10 จากหนังสือเรียนในการอธิบายและสรุปกลไกการสร้างปัสสาวะซึ่งประกอบด้วย การกรอง การดูดกลับ และการหลั่ง ครูอาจเชื่อมโยงความรู้ระหว่างการดูดกลับ และการหลั่ง กับวิธีการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์จากที่นักเรียนได้ศึกษามา เช่น การดูดกลับน้ำ เป็นการลำเลียงแบบออสโมซิส การดูดกลับกรดแอมิโน กลูโคส โซเดียมไอออนเป็นการลำเลียงแบบแอกทีฟทรานสปอร์ต

ครูให้นักเรียนศึกษาตาราง 17.1 ในหนังสือเรียน ซึ่งแสดงปริมาณของของเหลวและความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ที่พบในพลาสมา ของเหลวที่ผ่านการกรองและปัสสาวะ เพื่อเปรียบเทียบ

ความเข้มข้นของสารแต่ละชนิด ซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจและสามารถเชื่อมโยงไปถึงผลลัพธ์ที่เกิดจากกระบวนการทำงานของหน่วยไตตามที่นักเรียนได้ศึกษา ครูอาจอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับโมเลกุลของโปรตีนที่จะผ่านโกลเมอรูลัสได้นั้นต้องเป็นโปรตีนที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก แล้วให้ตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

? สารใดที่พบในปัสสาวะมีความเข้มข้นสูงกว่าที่พบในของเหลวที่ผ่านการกรอง

 ยูเรีย กรดยูริก ครีเอทีนีน คลอไรด์ไอออน โพแทสเซียมไอออน

? ถ้าผนังของโกลเมอรูลัสและโบว์แมนส์แคปซูลถูกทำลายหรือฉีกขาดจะพบสารใดในปัสสาวะซึ่งปกติไม่ควรพบ

 พบโปรตีนที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ซึ่งจะผ่านบริเวณที่ถูกทำลายหรือฉีกขาดของผนังโกลเมอรูลัสและโบว์แมนส์แคปซูลได้ และท่อหน่วยไตไม่สามารถดูดกลับได้ ปกติโปรตีนที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่จะไม่ผ่านการกรองที่โกลเมอรูลัสและโบว์แมนส์แคปซูล นอกจากนี้จากตาราง 17.1 จะไม่พบกลูโคสในปัสสาวะ เพราะท่อขดส่วนต้นสามารถดูดกลับกลูโคสเข้าหลอดเลือดได้หมด

? ยูเรียและกรดยูริกมีการดูดกลับวันละกี่กรัม ถ้าร่างกายมีของเหลวที่ผ่านการกรองวันละ 180 ลิตร และขับถ่ายปัสสาวะวันละ 1.5 ลิตร

 มีการดูดกลับยูเรียวันละ 19.5 กรัม และกรดยูริกวันละ 4.77 กรัม

วิธีคำนวณ

- การคำนวณปริมาณยูเรียที่ถูกดูดกลับ

ของเหลวที่ผ่านการกรอง 100 mL	มียูเรีย	=	26	mg
------------------------------	----------	---	----	----

ของเหลวที่ผ่านการกรอง 180,000 mL	มียูเรีย	=	$\frac{26 \times 180,000}{100}$	mg
----------------------------------	----------	---	---------------------------------	----

		=	46,800	mg
--	--	---	--------	----

ปัสสาวะ 100 mL	มียูเรีย	=	1,820	mg
----------------	----------	---	-------	----

ปัสสาวะ 1,500 mL	มียูเรีย	=	$\frac{1,820 \times 1,500}{100}$	mg
------------------	----------	---	----------------------------------	----

		=	27,300	mg
--	--	---	--------	----

แสดงว่าร่างกายมีการดูดกลับยูเรียวันละ

46,800 - 27,300		=	19,500	mg
-----------------	--	---	--------	----

		=	19.5	g
--	--	---	------	---

- การคำนวณปริมาณกรดยูริกที่ถูกดูดกลับ

ของเหลวที่ผ่านการกรอง 100 mL มีกรดยูริก = 3 mg

ของเหลวที่ผ่านการกรอง 180,000 mL มีกรดยูริก = $\frac{3 \times 180,000}{100}$ mg

= 5,400 mg

ปัสสาวะ 100 mL มีกรดยูริก = 42 mg

ปัสสาวะ 1,500 mL มีกรดยูริก = $\frac{42 \times 1,500}{100}$ mg

= 630 mg

แสดงว่าร่างกายมีการดูดกลับกรดยูริกวันละ

5,400 - 630 = 4,770 mg

= 4.77 g



เพราะเหตุใดครีเอตินินที่พบในปัสสาวะมีปริมาณมากกว่าที่พบในของเหลวที่ผ่านการกรอง เพราะบริเวณท่อหน่วยไตมีการหลั่งครีเอตินินส่วนเกินที่อยู่ในของเหลวระหว่างเซลล์เข้าสู่ของเหลวในท่อหน่วยไตเพิ่มขึ้นทำให้มีความเข้มข้นของครีเอตินินในปัสสาวะเพิ่มขึ้นเนื่องจากการดูดกลับน้อยมาก สามารถคำนวณหาปริมาณครีเอตินินได้ดังนี้

วิธีคำนวณ

- การคำนวณปริมาณครีเอตินินที่พบในของเหลวที่ผ่านการกรอง

ของเหลวที่ผ่านการกรอง 100 mL มีครีเอตินิน = 1.1 mg

ของเหลวที่ผ่านการกรอง 180,000 mL มีครีเอตินิน = $\frac{1.1 \times 180,000}{100}$ mg

= 1,980 mg

- การคำนวณปริมาณครีเอตินินที่พบในปัสสาวะ

ปัสสาวะ 100 mL มีครีเอตินิน = 196 mg

ปัสสาวะ 1,500 mL มีครีเอตินิน = $\frac{196 \times 1,500}{100}$ mg

= 2,940 mg

ดังนั้นสรุปได้ว่าปริมาณครีเอตินินที่พบในปัสสาวะมีมากกว่าที่พบในของเหลวที่ผ่านการกรอง

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปว่ากลไกการสร้างปัสสาวะประกอบด้วย การกรอง การดูดกลับ และการหลั่ง ทำให้ของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบและสารส่วนใหญ่ในปัสสาวะมีความเข้มข้นสูงกว่าในพลาสมา จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ เพื่อให้ นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจถึงกลไกในการกำจัดของเสียโดยการทำงานของระบบขับถ่ายได้ดียิ่งขึ้น



ตรวจสอบความเข้าใจ

- ?** ปริมาณของเสียในเลือดที่อยู่ในรีนัลอาร์เทอร์ีต่างจากเลือดที่อยู่ในรีนัลเวนอย่างไร เพราะเหตุใด
-  ปริมาณของเสียในรีนัลอาร์เทอร์ีมีมากกว่าในรีนัลเวน เพราะเมื่อเลือดจากรีนัลอาร์เทอร์ี ไหลเข้าสู่ไตจะผ่านขั้นตอนการกรอง การดูดกลับ และการหลั่งที่หน่วยไตซึ่งทำให้ปริมาณของเสียลดลงเมื่อมีการลำเลียงออกจากไตเข้าสู่รีนัลเวน
- ?** ถ้าไม่มีการดูดกลับน้ำและสารต่างๆ ที่บริเวณท่อหน่วยไตจะมีผลต่อร่างกายอย่างไร
-  ร่างกายจะสูญเสียน้ำปริมาณมาก รวมถึงสารต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น กลูโคส กรดแอมิโน ไอออนบางชนิดและไม่สามารถรักษาคุณภาพของความเป็นกรด-เบสของเลือดได้





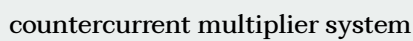
ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

Osmolarity เป็นความเข้มข้นทั้งหมดของตัวละลายในสารละลาย ตามปกติความเข้มข้นของเลือดมนุษย์มีค่าประมาณ 300 mOsm/L (milliosmole/liter) ขณะที่เรดื่มน้ำมากหรือน้อยไตสามารถปรับปริมาตรและความเข้มข้นของปัสสาวะได้ ซึ่งไตมนุษย์สามารถขับปัสสาวะที่มีความเข้มข้นมากกว่าเลือดได้สูงสุดประมาณ 4 เท่า คือ 1,200 mOsm/L ซึ่งกลไกที่ทำให้ปัสสาวะมีความเข้มข้นนี้ เรียกว่า countercurrent multiplier system ที่ทำให้เกิดความแตกต่างของความเข้มข้นของของเหลวระหว่างเซลล์ในชั้นเมดัลลา กับของเหลวในท่อหน่วยไตบริเวณห่วงเฮนเลและท่อรวมที่อยู่ในชั้นเมดัลลา

เมื่อของเหลวไหลเข้าสู่ห่วงเฮนเล เซลล์บุผิวที่ห่วงเฮนเลขาลงยอมให้น้ำผ่านออก ส่วนเซลล์บุผิวที่ห่วงเฮนเลขาขึ้นยอมให้โซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนผ่านออกอย่างเดียว นอกจากนี้ทิศทางการไหลที่สวนทางกันของของเหลวในท่อขาลงกับของเหลวในท่อขาขึ้น จะทำให้ของเหลวในท่อขาลงมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ถ้าห่วงเฮนเลยาวขึ้น ของเหลวยังมีความเข้มข้นมากขึ้น

การที่ความเข้มข้นของของเหลวบริเวณเมดัลลาในส่วนต่าง ๆ ยังคงสูงอยู่ (มากกว่า 300 mOsm/L) เนื่องจากการไหลของเลือดในหลอดเลือดฝอยรอบห่วงเฮนเลจะไหลสวนทางกับของเหลวในห่วงเฮนเล โดยขณะที่เลือดในหลอดเลือดฝอยรอบห่วงเฮนเลขาลงนำเลือดสู่บริเวณคอร์เทกซ์ น้ำจะออสโมซิสจากห่วงเฮนเลขาลงเข้าสู่หลอดเลือดฝอย และเกิดเหตุการณ์ตรงข้ามกันที่ห่วงเฮนเลขาขึ้นโดยโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนจะถูกดูดกลับเข้าสู่หลอดเลือดฝอย

ส่วนความเข้มข้นของของเหลวในท่อรวมควบคุมโดย ADH ถ้าเลือดมีความเข้มข้นสูงกว่าปกติ จะกระตุ้นการหลั่ง ADH ทำให้มีการดูดกลับน้ำมากขึ้นบริเวณท่อรวม ทำให้ปัสสาวะมีความเข้มข้นขึ้นและมีปริมาณน้อยลง



แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- กลไกการจัดของเสียออกจากร่างกายโดยการทำงานของหน่วยไต จากการอธิบายลงข้อสรุปและการทำแบบทดสอบ

ด้านทักษะ

- การจำแนกประเภท การลงความเห็นจากข้อมูล การใช้จำนวน การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การตีความหมายและลงข้อสรุป จากการอธิบาย การเขียนแผนผังและลงข้อสรุป และการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูล

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- ความมุ่งมั่นอดทน จากการสืบค้นข้อมูล

17.4 ไตกับการรักษาคุณภาพของน้ำและสารต่าง ๆ ในร่างกาย

จุดประสงค์การเรียนรู้

อธิบาย และสรุปกลไกการรักษาคุณภาพของน้ำและสารต่าง ๆ คุณภาพของกรด-เบสในเลือดโดยหน่วยไต

แนวการจัดการเรียนรู้

17.4.1 การรักษาคุณภาพของน้ำ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามกระตุ้นความสนใจของนักเรียน และให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อเชื่อมโยงไปถึงการรักษาคุณภาพของน้ำในร่างกาย ดังนี้

- ร่างกายรับรู้ได้อย่างไรว่าต้องการน้ำ และต้องขับปัสสาวะออกจากร่างกาย

จากการอภิปรายอาจสรุปได้ว่าในแต่ละวันร่างกายต้องมีการขับถ่ายของเสียไปกับปัสสาวะ แต่ถ้าน้ำในร่างกายลดลง ร่างกายก็จะต้องมีการดื่มน้ำเพื่อเข้าไปทดแทนหรือถ้ามีปริมาณน้ำในร่างกายมากเกินไปเกินความต้องการจะต้องมีการขับถ่ายปัสสาวะมากขึ้นหรือนักเรียนอาจสรุปว่าเป็นผลจากการทำงานของระบบประสาทที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอวัยวะในระบบขับถ่าย ซึ่งครูจะยังไม่สรุปผลการอภิปราย

ครูใช้รูป 17.11 ในหนังสือเรียนร่วมกันอภิปราย และสรุปเกี่ยวกับกลไกการรักษาคุณภาพของน้ำในร่างกาย แล้วให้นักเรียนตอบคำถามตรวจสอบความเข้าใจ และทำกิจกรรม 17.2 ในหนังสือเรียน



ตรวจสอบความเข้าใจ

- ?** ถ้าปริมาณน้ำในเลือดมาก ร่างกายจะมีกลไกรักษาคุณภาพของน้ำอย่างไร
 เมื่อปริมาณน้ำในเลือดมาก ความเข้มข้นของเลือดจะลดลงทำให้มีแรงดันออสโมติกต่ำ สมอส่วนไฮโปทาลามัสจะลดการกระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนหลังทำให้ต่อมใต้สมองส่วนหลังลดการหลั่ง ADH ส่งผลให้ท่อขดส่วนปลายและท่อรวมลดการดูดกลืนน้ำเข้าหลอดเลือด ทำให้ขับถ่ายปัสสาวะปริมาณมากขึ้นและมีสีอ่อน
- ?** การออกกำลังกายในสภาพอากาศที่ร้อน ไตจะมีการรักษาคุณภาพของน้ำอย่างไรบ้าง
 เมื่อออกกำลังกายในสภาพอากาศที่ร้อน ร่างกายจะสูญเสียเหงื่อมากทำให้ปริมาณน้ำในเลือดลดลง ความเข้มข้นของเลือดเพิ่มขึ้นมีแรงดันออสโมติกสูงซึ่งจะไปกระตุ้นไฮโปทาลามัสให้เพิ่มการกระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนหลังให้หลั่ง ADH มากขึ้นซึ่งจะไปเพิ่มการดูดกลืนน้ำที่ท่อขดส่วนปลายและท่อรวมเพื่อเข้าสู่หลอดเลือด ทำให้ขับถ่ายปัสสาวะออกปริมาณน้อยและมีสีเข้มขึ้น



กิจกรรม 17.2 การรักษาคุณภาพของของเหลวในร่างกาย

จุดประสงค์

อธิบายกลไกการรักษาคุณภาพของของเหลวในร่างกายและแปลผลการทดลอง

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

30 นาที

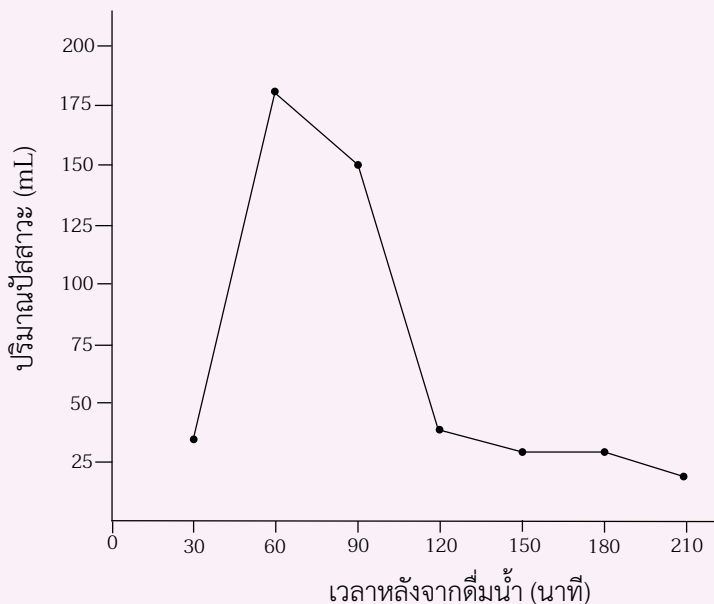
แนวการทำกิจกรรม

ให้นักเรียนเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปัสสาวะกับเวลาหลังจากดื่มน้ำ จากนั้นให้วิเคราะห์และอธิบายกราฟเพื่อเชื่อมโยงไปถึงกลไกการรักษาคุณภาพของของเหลวในร่างกาย พร้อมทั้งตอบคำถามท้ายกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

? เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปัสสาวะกับเวลาหลังจากดื่มน้ำ

 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปัสสาวะกับเวลาหลังจากดื่มน้ำเขียนได้ดังนี้



เฉลยคำถามท้ายกิจกรรม

- ?** จากกราฟที่ได้นักเรียนจะอธิบายเชื่อมโยงเกี่ยวกับการรักษาคุณภาพของของเหลวในร่างกายอย่างไร โดยให้กล่าวถึงบทบาทของหน่วยไต ADH และไฮโปทาลามัส
-  จากการดื่มน้ำทำให้ร่างกายมีปริมาณน้ำในเลือดเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของเลือดจะลดลง ส่งผลให้แรงดันออสโมติกลดลง ทำให้ลดการกระตุ้นสมองส่วนไฮโปทาลามัสซึ่งควบคุมสมดุลของเหลวในร่างกายส่งผลให้ต่อมใต้สมองส่วนหลังหลั่ง ADH น้อยลง เซลล์ที่ท่อขดส่วนปลายของหน่วยไตและท่อรวมจึงลดการดูดกลืนน้ำเข้าสู่หลอดเลือด ร่างกายจะขับถ่ายปัสสาวะปริมาณมากและเจือจางในเวลาที่ 60 และ 90 และเมื่อเวลาผ่านไปปริมาณปัสสาวะจะลดลงจนมีปริมาณค่อนข้างคงที่ เนื่องจากร่างกายรักษาคุณภาพของของเหลวในร่างกายได้เป็นปกติ



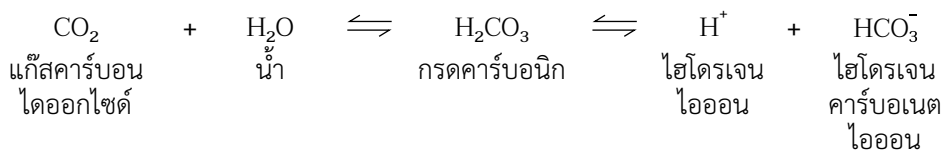
ชวนคิด

- ?** เพราะเหตุใดจึงไม่ควรดื่มน้ำทะเล
-  เพราะน้ำทะเลมีปริมาณโซเดียมค่อนข้างสูง เมื่อดื่มน้ำทะเลเข้าไปจะทำให้แรงดันออสโมติกของเลือดสูงขึ้น ซึ่งจะไปกระตุ้นสมองส่วนไฮโปทาลามัสทำให้เกิดการกระหายน้ำมากกว่าปกติ และทำให้หน่วยไตต้องทำงานหนักขึ้นเพื่อกำจัดเกลือที่มากเกินไปออกจากเลือด

จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับการรักษาคุณภาพของน้ำโดยไตว่าควบคุมโดยสมองส่วนไฮโปทาลามัสที่รับการเปลี่ยนแรงดันออสโมติกในเลือด และต่อมใต้สมองส่วนหลังในการหลั่ง ADH เพื่อลดหรือเพิ่มการดูดกลืนน้ำที่ท่อหน่วยไตและท่อรวม

17.4.2 การรักษาคุณภาพของกรด-เบสในเลือด

ครูทบทวนกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกายว่านอกจากจะได้ของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบแล้วยังเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อแก๊สนี้ละลายในเลือดจะทำให้ได้ไฮโดรเจนไอออน และไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออนดังสมการ ซึ่งไฮโดรเจนไอออนที่เกิดขึ้นนี้ทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสของเลือดเปลี่ยนแปลง



ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-เบสของเลือด ดังนี้

- ถ้าร่างกายมีไฮโดรเจนไอออนสูงกว่าปกติ จะมีผลอย่างไรกับกระบวนการเมแทบอลิซึม

จากการอภิปรายนักเรียนควรสรุปได้ว่า ถ้าร่างกายมีไฮโดรเจนไอออนสูงกว่าปกติจะทำให้เลือดมีภาวะเป็นกรด ส่งผลให้เอนไซม์ที่ทำหน้าที่เร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาในกระบวนการเมแทบอลิซึมไม่สามารถทำงานได้ โดยปกติเลือดจะมี pH อยู่ระหว่าง 7.35-7.45 ซึ่งเป็นภาวะที่เอนไซม์ส่วนใหญ่ทำงานได้

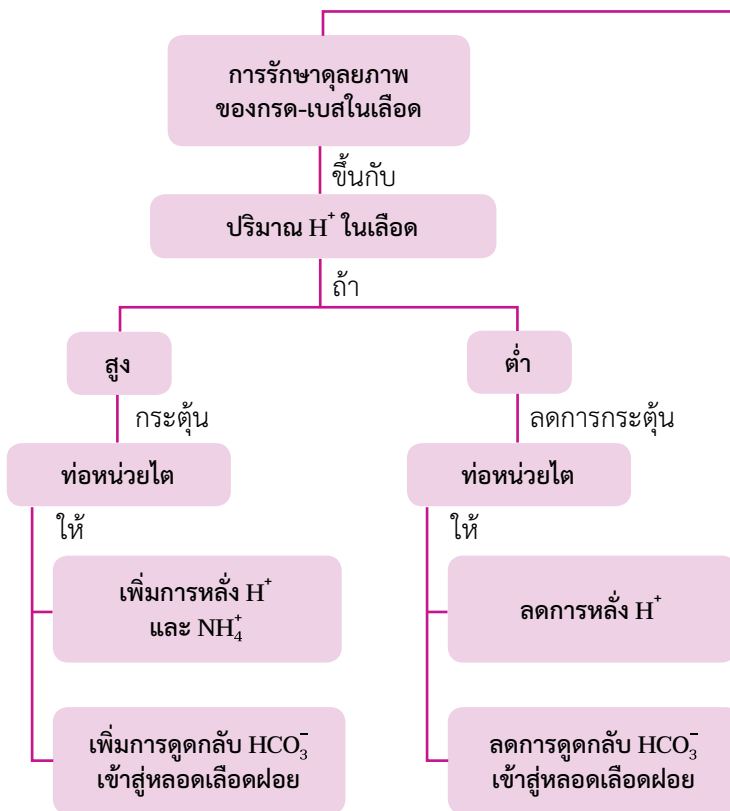
ครูให้นักเรียนสืบค้น อธิบายและสรุปเกี่ยวกับกลไกที่ควบคุมการรักษาคุณภาพความเป็นกรด-เบสของเลือดโดยไต ครูอาจใช้รูป 17.10 ในหนังสือเรียนเพื่อสรุปว่าเมื่อเลือดมีความเป็นกรด ไตจะเพิ่มการหลั่งไฮโดรเจนไอออนและมีการหลั่งแอมโมเนียมไอออนจากเลือดเข้าสู่ท่อหน่วยไตบริเวณท่อขดส่วนต้นและท่อขดส่วนปลาย และเพิ่มการดูดกลืนสารที่มีสมบัติเป็นเบส เช่น ไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออนเข้าสู่หลอดเลือด ทำให้ความเป็นกรด-เบสของเลือดเข้าสู่ภาวะสมดุล

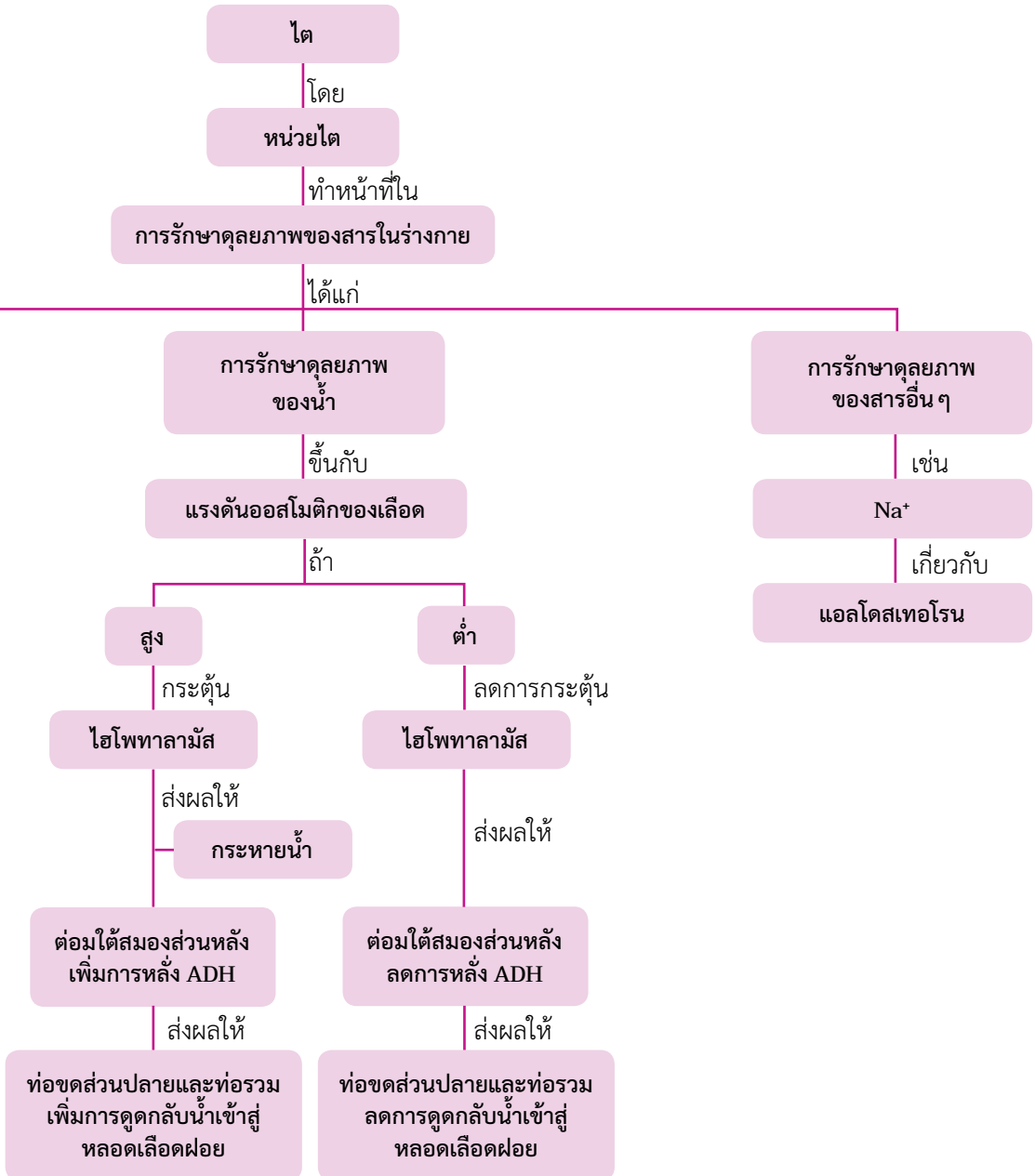
ครูอาจเชื่อมโยงถึงระบบหายใจซึ่งมีปอดทำหน้าที่ในการรักษาคุณภาพความเป็นกรด-เบสของเลือดด้วย โดยการหายใจนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกาย

จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามในหนังสือเรียนซึ่งมีแนวคำตอบดังนี้

-  ถ้าไตเสียหายหรือไม่สามารถทำงานได้จะมีผลต่อร่างกายอย่างไร
-  ร่างกายจะสะสมของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมไว้เป็นจำนวนมาก และไม่สามารถรักษาคุณภาพของน้ำและสารต่าง ๆ รวมทั้งความเป็นกรด-เบสในเลือดได้ อาจทำให้เสียชีวิต

ครูและนักเรียนร่วมกันเขียนแผนผังสรุปกระบวนการทำงานของหน่วยไตในการรักษาคุณภาพของสารต่าง ๆ ในร่างกาย ซึ่งอาจเขียนแผนผังได้ดังตัวอย่าง







ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู

การรักษาคุณภาพของกรด-เบส ของเลือดนอกจากการทำงานของไตและระบบหายใจแล้วยังมีอีกกลไกหนึ่งคือ ระบบบัฟเฟอร์ (buffer system) ที่รักษาค่า pH ของเลือดให้เปลี่ยนแปลงน้อยเมื่อมีกรดหรือเบสเพิ่มขึ้น

บัฟเฟอร์ คือ สารละลายกรดอ่อนและเกลือของกรดอ่อน หรือเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อน เป็นสารละลายที่รักษาสภาพ pH ของสารละลาย แม้จะมีการเติมกรดหรือเบสเข้าไปในสารละลาย โดยระบบบัฟเฟอร์ที่สำคัญของร่างกาย เช่น

- ระบบบัฟเฟอร์ไบคาร์บอเนต (bicarbonate buffer system)
บัฟเฟอร์ คือ กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) กับ ไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-)
- ระบบบัฟเฟอร์ฟอสเฟต (phosphate buffer system)
บัฟเฟอร์ คือ H_2PO_4^- กับ HPO_4^{2-}
- ระบบบัฟเฟอร์โปรตีน (protein buffer system)
บัฟเฟอร์ที่เกิดจากหมู่คาร์บอกซิล ($-\text{COOH}$) และหมู่แอมิโน ($-\text{NH}_2$) ของหมู่ R (side group) บนสายโปรตีน

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- การรักษาดุลยภาพของน้ำและสารต่างๆ ดุลยภาพของกรด-เบสในเลือด และการกำจัดของเสียจากการอภิปราย การสืบค้นข้อมูล การทำกิจกรรมและการทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ

ด้านทักษะ

- การลงความเห็นจากข้อมูล การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป จากการอธิบาย อภิปราย การเขียนแผนผังและการทำกิจกรรม จากการสรุปการทำงานของหน่วยไต และการทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ
- การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการสืบค้นข้อมูลและการทำกิจกรรม
- การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากการอภิปราย และการทำกิจกรรม

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

- การใช้วิจารณญาณ จากการสืบค้นข้อมูล และการทำกิจกรรม
- ความมุ่งมั่นอดทน จากการสืบค้นข้อมูล

17.5 ความผิดปกติของระบบขับถ่าย

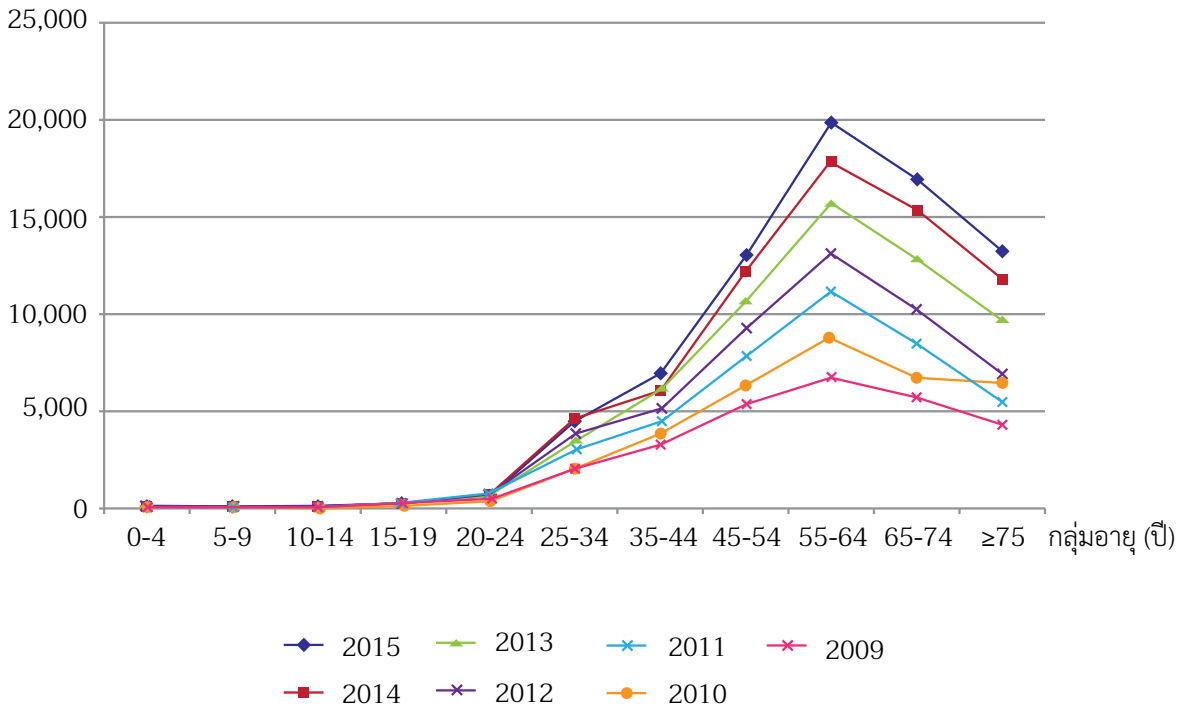
จุดประสงค์การเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่างและอธิบาย สาเหตุ แนวทางป้องกันหรือรักษาโรคที่เกี่ยวข้องไตและโรคที่เกี่ยวข้องทางเดินปัสสาวะ

แนวการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยอาจใช้สื่อวีดิทัศน์เกี่ยวกับการรักษาผู้ป่วยโรคไต หรือเชิญบุคลากรทางการแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับระบบขับถ่ายมาให้ความรู้กับนักเรียน หรืออาจใช้กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคไตที่เข้ารับการรักษาจากรายงานประจำปีของสมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย ซึ่งสามารถสืบค้นได้ที่ www.nephrothai.org/th หรือแหล่งการเรียนรู้อื่นๆ เพื่อแสดงให้เห็นว่าผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาโรคไตมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี ดังรูป

จำนวนผู้ป่วย (cases)



กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคไตที่ได้รับการฟอกเลือด แยกตามกลุ่มอายุ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2009-2015
 ที่มา: Annual Report Thailand Renal Replacement Therapy 2015 (th) หน้า 45

จากนั้นครูอาจตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้ประชากรไทยมีแนวโน้มที่จะป่วยเป็นโรคไตมากขึ้น ดังนี้

- สาเหตุใดบ้างที่ทำให้มีโอกาasp่วยเป็นโรคไต
- นักเรียนจะปฏิบัติตนอย่างไรเพื่อไม่ให้เกิดความเสี่ยงกับการเป็นโรคไต

นักเรียนอาจตอบได้ว่า สาเหตุที่อาจทำให้เป็นโรคไตเกิดจากการรับประทานอาหารที่มีรสเค็ม การเป็นโรคบางอย่างที่ส่งผลต่อการทำงานของไต เช่น ความดันเลือดสูง เบาหวาน โรคหัวใจ หรือการติดเชื้อแบคทีเรียในทางเดินปัสสาวะ ส่วนวิธีการป้องกันโรคไต คือ ควบคุมความดันเลือด ลดการรับประทานอาหารที่มีรสเค็มจัด หลีกเลี่ยงอาหารที่มีสารออกซาลेटสูงที่เป็นสาเหตุให้เกิดนิ่ว จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรม 17.3



กิจกรรม 17.3 โรคไตและโรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินปัสสาวะ

จุดประสงค์

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายสาเหตุ อาการ แนวทางการป้องกันหรือรักษาโรคไตและโรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินปัสสาวะ
2. นำความรู้ที่ศึกษามาปฏิบัติและแนะนำผู้อื่นในการหลีกเลี่ยงการเป็นโรคไตและโรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินปัสสาวะ

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ)

45 นาที

แนวการจัดกิจกรรม

ครูอาจให้นักเรียนจับคู่ หรือแบ่งกลุ่มให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล เกี่ยวกับสาเหตุ อาการ รวมทั้งวิธีรักษาและการปฏิบัติตนเพื่อป้องกันโรคไตและโรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินปัสสาวะ และให้นักเรียนนำเสนอในรูปแบบต่างๆ เช่น แผ่นพับ infographic ป้ายนิเทศ

ครูขยายความรู้โดยการเชื่อมโยงเกี่ยวกับการตรวจสุขภาพประจำปีของนักเรียนหรือจากตัวอย่างผลการตรวจสุขภาพประจำปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2561 เพื่อตรวจคัดกรองความผิดปกติของการทำงานของไต เพื่อให้นักเรียนตระหนักถึงสุขภาพของตนเองโดยเน้นย้ำว่าการตรวจนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันโรคหรือตรวจหาความเสี่ยงในการเกิดโรค ซึ่งสถานพยาบาลส่วนใหญ่จะมีการตรวจปัสสาวะรวมอยู่ในการตรวจสุขภาพประจำปีด้วย

การตรวจปัสสาวะนี้ทำให้ทราบการทำงานของไตว่ายังเป็นปกติอยู่หรือไม่ โดยจะตรวจหาค่าความเป็นกรด-เบส ความถ่วงจำเพาะ โปรตีน และกลูโคส รวมทั้งตรวจตะกอนในปัสสาวะ เพื่อตรวจหาเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เยื่อหุ้มผิว แบคทีเรีย และผลึกแคลเซียมออกซาเลต นอกจากนี้ การตรวจเลือดก็สามารถบอกภาวะการทำงานของไตได้เช่นกัน โดยตรวจค่ายูเรียไนโตรเจนในเลือด (Blood Urea Nitrogen : BUN) และการตรวจหาสารที่เกิดจากเมแทบอลิซึมของเซลล์กล้ามเนื้อ หรือที่เรียกว่าครีเอตินีน (creatinine)

ตัวอย่าง ผลการตรวจสอบสภาพประจำปี พ.ศ. 2560 และ ปีพ.ศ. 2561 เพื่อตรวจคัดกรองความผิดปกติของการทำงานของไต

- ตรวจการทำงานของไตจากการตรวจปัสสาวะ
 - ตรวจทางเคมี

การตรวจ	พ.ศ. 2560	พ.ศ. 2561	ค่าอ้างอิง
ความเป็นกรด-เบส (pH)	6.5	5.5	4.5-8.5
ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)	1.015	1.010	1.003-1.030
โปรตีน (protein)	trace	negative	negative
น้ำตาล (glucose)	negative	negative	negative

- ตรวจตะกอนจากกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic examination (cells/hpf))

การตรวจ	พ.ศ. 2560	พ.ศ. 2561	ค่าอ้างอิง
เม็ดเลือดขาว (WBC)	10-20	-	0-5
เม็ดเลือดแดง (RBC)	10-20	-	0-5
เยื่อบุผิวชนิด squamous epithelium	10-20	-	0-5
เยื่อบุผิวชนิด transitional epithelium	-	-	0-5
แบคทีเรีย (bacteria)	moderate	negative	negative
ผลึก (crystal)	Calcium oxalate 30-50	-	-

หมายเหตุ hpf = high power field
- คือไม่ได้ตรวจในรายการนั้น

- ตรวจการทำงานของไตจากการตรวจ BUN และ creatinine ในเลือด (mg/dL)

การตรวจ	พ.ศ. 2560	พ.ศ. 2561	ค่าอ้างอิง
BUN	12	10	7-20
Creatinine	0.7	0.69	ชาย 0.67-1.17 หญิง 0.51-0.95

หมายเหตุ BUN ; Blood Urea Nitrogen คือ ค่ายูเรียไนโตรเจนในเลือด

แนวการวัดและประเมินผล

ด้านความรู้

- สาเหตุ แนวทางป้องกันหรือรักษาโรคที่เกี่ยวกับไตและโรคที่เกี่ยวกับทางเดินปัสสาวะ จากการตอบคำถาม การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การอธิบาย และการทำกิจกรรม

ด้านทักษะ

- การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ จากการทำกิจกรรม และการนำเสนอข้อมูล

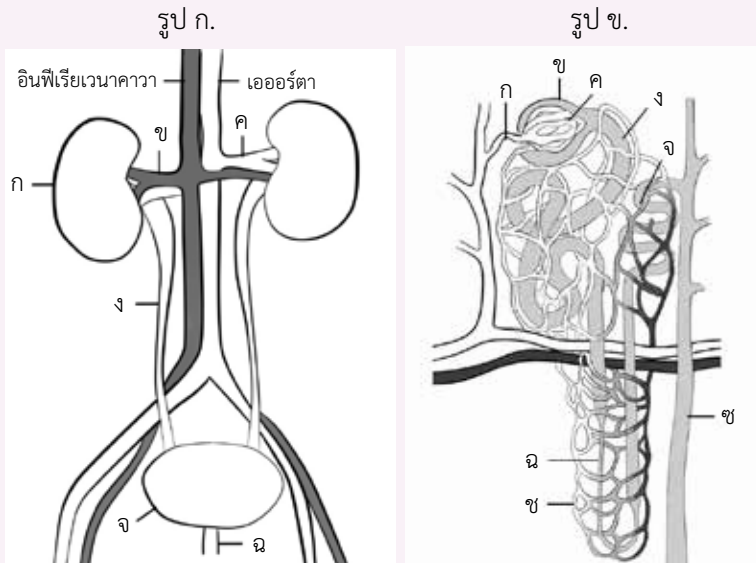
ด้านจิตวิทยาาสตร์

- ความมุ่งมั่นอดทน จากการทำกิจกรรม



เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 17

- จงนำตัวอักษรจากรูปที่กำหนดให้มาเติมในช่องว่างของแต่ละข้อให้ถูกต้อง (ตอบได้มากกว่า 1 คำตอบและตอบซ้ำได้)



1.1 รูป ก.

-**ข**.....1. นำเลือดที่ผ่านการกรองที่ไตออกไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย
-**ค**.....2. นำเลือดที่มีของเสียซึ่งเป็นสารประกอบไนโตรเจนเข้าไต
-**จ**.....3. เก็บปัสสาวะก่อนขับออก
-**ก**.....4. มีหน้าที่กำจัดของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ
-**ง**.....5. ลำเลียงปัสสาวะออกจากไต

1.2 รูป ข.

-**ค**.....1. บริเวณที่มีแรงดันในหลอดเลือดฝอยสูงกว่าหลอดเลือดฝอยบริเวณอื่น
- จ และ ข**.....2. ADH มีผลต่อการทำงานของเซลล์ในบริเวณนี้
- ข และ ค**.....3. อัลบูมินที่ตรวจพบในปัสสาวะมักเป็นผลมาจากการทำงานที่ผิดปกติของส่วนนี้
- ง และ จ**.....4. ส่วนที่หลังสารที่มีองค์ประกอบของ H^+ เพื่อช่วยรักษาดุลยภาพของกรด-เบสในเลือด
-**ง**.....5. ส่วนที่ดูดกลับกรดแอมิโนและกลูโคสเข้าสู่หลอดเลือด

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

✓.....2.1 เมทาเนพริเดียมของไส้เดือนดินแตกต่างจากโปรโทเนพริเดียมของพลาณาเรีย คือมีการดูดกลับสารที่มีประโยชน์เข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด

✓.....2.2 มนุษย์มีไตทำหน้าที่กำจัดของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึม โดยเฉพาะของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

×.....2.3 สารที่เกินความต้องการของร่างกายและของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ไหลไปตามท่อไต จากนั้นเข้าสู่ท่อหน่วยไตและไปยังกระเพาะปัสสาวะ

แก้ไขเป็น ท่อหน่วยไต ท่อไต

✓.....2.4 สารบางชนิดในของเหลวที่ถูกกรองเข้าสู่ท่อหน่วยไต เช่น กรดแอมิโน กลูโคส ไอออนต่าง ๆ และน้ำจะถูกดูดกลับโดยผนังของท่อหน่วยไตเพื่อกลับเข้าสู่หลอดเลือดฝอย

×.....2.5 ของเหลวที่อยู่ในกระเพาะปัสสาวะประกอบด้วย ยูเรีย โซเดียมไอออน กรดแอมิโน และเซลล์เม็ดเลือด

กรณีที่ 1 ของเหลวที่อยู่ในกระเพาะปัสสาวะประกอบด้วย ยูเรีย โซเดียมไอออน กรดแอมิโน และเซลล์เม็ดเลือด

แก้ไขเป็น โกลเมอรูลัส

กรณีที่ 2 ของเหลวที่อยู่ในกระเพาะปัสสาวะประกอบด้วย ยูเรีย โซเดียมไอออน กรดแอมิโน และเซลล์เม็ดเลือด

แก้ไขเป็น ตัดกรดแอมิโน และเซลล์เม็ดเลือด ออก

กรณีที่ 3 ของเหลวที่อยู่ในกระเพาะปัสสาวะประกอบด้วย ยูเรีย โซเดียมไอออน กรดแอมิโน และเซลล์เม็ดเลือด

แก้ไขเป็น กรดยูริก คลอไรด์ไอออน เป็นต้น

- ✓.....2.6 ความดันเลือดมีผลต่ออัตราการกรองที่โกลเมอรูลัส
- ✓.....2.7 การทำงานของระบบขับถ่ายและระบบหายใจเกี่ยวข้องกับการรักษาคุณภาพของกรด-เบสในเลือด
- ✗.....2.8 ความเข้มข้นของยูเรียในโบว์แมนส์แคปซูลสูงกว่าในท่อรวม

กรณีที่ 1 ความเข้มข้นของยูเรียในโบว์แมนส์แคปซูลสูงกว่าในท่อรวม
แก้ไขเป็น ต่ำกว่า

กรณีที่ 2 ความเข้มข้นของยูเรียในโบว์แมนส์แคปซูลสูงกว่าในท่อรวม
แก้ไขเป็น ท่อรวม โบว์แมนส์แคปซูล

- ✗.....2.9 ถ้าเลือดเป็นกรด ไตจะรักษาคุณภาพของกรด-เบสในเลือดโดยหลังไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออนออกจากหลอดเลือดและดูดกลับไฮโดรเจนไอออนเข้าสู่หลอดเลือด

แก้ไขเป็น ไฮโดรเจนไอออน ไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออน

- ✓.....2.10 เมื่อดื่มน้ำปริมาณมากและต่อเนื่อง สมอส่วนไฮโปทาลามัสจะกระตุ้นต่อมใต้สมอส่วนหลังให้ลดการหลั่ง ADH ทำให้เซลล์ที่ท่อขดส่วนปลายและท่อรวมลดการดูดกลับน้ำ

3. บุคคลที่มีไตทำงานปกติเพียงข้างเดียวจะดำรงชีวิตอย่างคนปกติได้หรือไม่ อย่างไร

✎ ได้ เพราะไตเพียงข้างเดียวที่ทำงานปกติสามารถทำหน้าที่ขับถ่ายของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบและรักษาคุณภาพของน้ำและสารต่างๆ ในร่างกายได้ โดยต้องมีการควบคุมอาหาร เช่น ไม่รับประทานอาหารที่มีรสเค็มจัด อาหารที่มีโปรตีนสูง เพื่อให้ไตที่เหลืออยู่ไม่ทำงานมากเกินไป และรักษาสุขภาพให้แข็งแรงอยู่เสมอ

4. ถ้าไตไม่ตอบสนองต่อ ADH จะเกิดผลอย่างไรกับการรักษาคุณภาพของน้ำในร่างกาย

✎ ไตไม่สามารถดูดกลับน้ำเข้าสู่หลอดเลือดได้ ปัสสาวะมีปริมาณมากและเจือจาง ทำให้สูญเสียน้ำจากร่างกายมากกว่าปกติ

5. ตารางแสดงผลการตรวจสอบสารในเลือดเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของไต

การทดสอบ	ค่าปกติ	นาย ก.	นาย ข.
BUN	7-20 mg/dL	A	B
WBC	5,000-10,000/ μ L	C	7,500/ μ L
pH	7.4	7.2	D

BUN ; Blood Urea Nitrogen คือ ค่ายูเรียไนโตรเจนในเลือด

WBC ; White Blood Cell คือ จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาว

จงใส่เครื่องหมายถูก (✓) หน้าข้อความที่ถูกต้อง ใส่เครื่องหมายผิด (x) หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง และขีดเส้นใต้เฉพาะคำ หรือส่วนของข้อความที่ไม่ถูกต้อง และแก้ไขโดยตัดออกหรือเติมคำหรือข้อความที่ถูกต้องลงในช่องว่าง

.....5.1 นาย ก. มีภาวะไตวายเฉียบพลัน ค่า A ที่ได้จะมีแนวโน้มต่ำกว่าค่าปกติ

แก้ไขเป็น สูง

อธิบาย เพราะไตไม่สามารถกำจัดสารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบออกจากเลือดได้ ทำให้เกิดการสะสมอยู่ในเลือด

✓.....5.2 นาย ข. มีค่า B เท่ากับ 15 mg/dL แสดงว่าไตของนาย ข. ทำงานได้เป็นปกติ

✓.....5.3 ถ้านาย ก. เป็นโรคไตจากการติดเชื้อแบคทีเรีย ค่า C จะมีแนวโน้มสูงกว่าค่าปกติ

.....5.4 ถ้านาย ข. มีภาวะหายใจมากกว่าปกติหรือภาวะหายใจเกิน (hyperventilation) ค่า D จะต่ำกว่าค่าปกติ

แก้ไขเป็น สูง

อธิบาย เพราะภาวะหายใจเกินเป็นการขับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกายอย่างรวดเร็วส่งผลให้ปริมาณไฮโดรเจนไอออนในเลือดลดลง เลือดจึงมีค่า pH สูงกว่าค่าปกติ

6. การรับประทานอาหารที่มีรสเค็มจัดเป็นประจำจะส่งผลต่อร่างกายอย่างไร

 อาหารที่มีรสเค็มจัดมีส่วนประกอบของโซเดียมคลอไรด์มาก เมื่อโซเดียมคลอไรด์เข้าสู่ร่างกายจะแตกตัวเป็นไอออนได้แก่ Na^+ และ Cl^- ซึ่งปกติในร่างกายจะมีปริมาณ Na^+ และ Cl^- สมดุลอยู่แล้ว แต่ถ้าได้รับมากเกินไปจะทำให้ความเข้มข้นของ Na^+ และ Cl^- ในเลือดเพิ่มขึ้น ไตต้องรักษาสมดุลโดยการดูดกลับน้ำจากของเหลวในท่อหน่วยไตเข้าสู่หลอดเลือดเพิ่มมากขึ้น เพื่อลดความเข้มข้นของ Na^+ ในเลือด ปริมาณเลือดจึงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้หัวใจต้องสูบฉีดเลือดไปทั่วร่างกายเร็วขึ้น ความดันเลือดจึงสูง ซึ่งความดันเลือดที่สูงขึ้นนี้จะเพิ่มแรงดันที่โกลเมอรูลัสที่ทำหน้าที่กรองสาร ทำให้หลอดเลือดฝอยอาจเกิดรอยรั่วหรือฉีกขาด อาจทำให้เกิดการรั่วของโปรตีน และเซลล์เม็ดเลือดแดงออกมากับปัสสาวะ ซึ่งส่งผลให้เกิดโรคไต เช่น โรคไตเรื้อรัง

7. จงเปรียบเทียบโครงสร้างหรืออวัยวะในการขับถ่ายและกระบวนการขับถ่ายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและสัตว์มีกระดูกสันหลังลงในตารางที่กำหนดให้

	สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง				สัตว์มีกระดูกสันหลัง เช่น มนุษย์
	พองน้ำ	ไฮดรา	พลาเนเรีย	ไส้เดือนดิน	แมลง
โครงสร้างหรืออวัยวะในการขับถ่าย	ไม่มี	ไม่มี	โพโรเทเนพริเดียม	เมทาเนพริเดียม	มัลปิเกียนทิวบูล
กระบวนการขับถ่าย	การแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ออกสู่สิ่งแวดล้อม	การแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ออกสู่สิ่งแวดล้อม	ใช้ขี้เสียที่ฟเลมเซลล์โบกพัดทำให้เกิดแรงดันน้ำพร้อมของเสียที่ละลายอยู่เข้าฟเลมเซลล์แล้วลำเลียงสู่ท่อรับของเหลวเพื่อไปกำจัดออกที่ช่องเปิดที่ผนังลำตัว	ใช้ไนโตรัสเดมที่เป็นปลายเปิดของเมทาเนพริเดียมรับของเสียที่ละลายอยู่ในน้ำ แล้วลำเลียงออกสู่ช่องเปิดที่ผนังลำตัว และนำและแร่ธาตุบางชนิดที่มีประโยชน์จะถูกดูดกลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดของเสียที่เหลือซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบจะเปลี่ยนเป็นกรดยูริกขับออกมาพร้อมกากอาหารทางทวารหนัก	การกรองเกิดขึ้นที่หน่วยไตบริเวณโกลเมอรูลัสกับโบว์แมนส์แคปซูล สารที่มีขนาดเล็กลงจะถูกกรองเข้าสู่ช่องในโบว์แมนส์แคปซูล เข้าสู่ท่อหน่วยไตที่มีลักษณะเป็นท่อยาวคดไปมาซึ่งแต่ละบริเวณของท่อหน่วยไตจะมีการดูดกลับสารที่มีประโยชน์ใช้ระบบหมุนเวียนเลือด บางบริเวณเกิดการหลั่งไอออนบางชนิดที่มีมากเกินไปหรือสารพิษบางชนิด จนสุดท้ายของเสียที่ได้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของยูเรียและกำจัดออกไปกับปัสสาวะ

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 แต่บางกรณีอาจมีส่วนของสถานการณ์เพิ่มขึ้นมาด้วย 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 √ หรือ × 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

การปฏิบัติการทดลองเป็นกิจกรรมที่สำคัญที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปจะประเมิน 2 ส่วน คือ ประเมินทักษะการปฏิบัติการทดลองและการเขียนรายงานการทดลอง โดยเครื่องมือที่ใช้ประเมินดังตัวอย่าง

ตัวอย่างแบบสำรวจรายการทักษะปฏิบัติการทดลอง

รายการที่ต้องสำรวจ	ผลการสำรวจ	
	มี (ระบุจำนวนครั้ง)	ไม่มี
การวางแผนการทดลอง		
การทดลองตามขั้นตอน		
การสังเกตการทดลอง		
การบันทึกผล		
การอธิบายผลการทดลอง 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

ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราส่วนค่า

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	เขียนรายงานการทดลอง ตามลำดับ แต่ไม่สื่อความหมาย	เขียนรายงานโดยลำดับขั้นตอน ไม่สอดคล้องกัน และไม่สื่อความหมาย

แบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์

การประเมินจิตวิทยาศาสตร์ไม่สามารถทำได้โดยตรง โดยทั่วไปทำโดยการตรวจสอบพฤติกรรมภายนอกที่ปรากฏให้เห็นในลักษณะของคำพูด การแสดงความคิดเห็น การปฏิบัติหรือพฤติกรรมบ่งชี้ที่สามารถสังเกตหรือวัดได้ และแปลผลไปถึงจิตวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นสิ่งที่ส่งผลให้เกิดพฤติกรรมดังกล่าว เครื่องมือที่ใช้ประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่าง

ตัวอย่างแบบประเมินคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง จงทำเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างที่ตรงกับคุณลักษณะที่นักเรียนแสดงออก โดยจำแนกระดับพฤติกรรมแสดงออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

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

รายการพฤติกรรมการแสดงออก	ระดับพฤติกรรมการแสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
ด้านความอยากรู้อยากเห็น 1. นักเรียนสอบถามจากผู้รู้หรือไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมเมื่อเกิดความสงสัยในเรื่องราววิทยาศาสตร์ 2. นักเรียนขอไปงานนิทรรศการวิทยาศาสตร์ 3. นักเรียนนำการทดลองที่สนใจไปทดลองต่อบ้าน				

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

รายการพฤติกรรมการแสดงออก	ระดับพฤติกรรมการแสดงออก			
	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีการแสดงออก
เจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ 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
ด้านการวางแผน	
ไม่สามารถออกแบบได้ หรือออกแบบได้แต่ไม่ตรงกับประเด็นปัญหาที่ต้องการเรียนรู้	ต้องปรับปรุง
ออกแบบการได้ตามประเด็นสำคัญของปัญหาเป็นบางส่วน	พอใช้
ออกแบบครอบคลุมประเด็นสำคัญของปัญหาเป็นส่วนใหญ่ แต่ยังไม่ชัดเจน	ดี
ออกแบบได้ครอบคลุมทุกประเด็นสำคัญของปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนที่ชัดเจนและตรงตามจุดประสงค์ที่ต้องการ	ดีมาก

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

บรรณานุกรม

- ผกากรอง วณไพศาล. (2559, 10 สิงหาคม). บทความเผยแพร่ความรู้สู่ประชาชน เรื่อง น้ำนมแม่
ประโยชน์เนกอนันต์, สืบค้นเมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2561, จาก <http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/338/>
- ไพศาล สิทธิกรกุล. (2548). วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำหรับการเรียนการสอนและการวิจัย. กรุงเทพฯ :
ศูนย์สื่อเสริม กรุงเทพ.
- ภาควิชาตจวิทยา คณะแพทยศิริราชพยาบาล. (2560, 21 สิงหาคม). อยู่เป็นสุขกับโรคเอส แอล อี,
สืบค้นเมื่อ 17 มกราคม 2561, จาก <http://www.si.mahidol.ac.th/sidoctor/e-pl/article/detail.asp?id=38>
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). ศัพท์วิทยาศาสตร์ อังกฤษ-ไทย ไทย-อังกฤษ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน
(พิมพ์ครั้งที่ 5 แก้ไขเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน
วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ตามมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลาง
การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา
เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลาง
การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา
เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลาง
การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). **หนังสือเรียนรู้เพิ่มเติมเพื่อเสริมศักยภาพวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 พื้นฐานชีววิทยา แอนติบอดี** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ : บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.

สมาคมโรคติดเชื้อในเด็กแห่งประเทศไทย. (2561). **ตารางการให้วัคซีนในเด็กไทยปกติ โดยสมาคมโรคติดเชื้อในเด็กแห่งประเทศไทย 2561**. สืบค้นเมื่อ 22 มิถุนายน 2561, จาก <http://www.pidst.net/A626.html>

Campbell, N. A., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Reece, J. B. (2018). **Biology: A Global Approach** (11th ed). New York: Pearson Education Limited.

Cowan, M. K., Talaro, K. P. (2009). **Microbiology A : System Approach** (2nd ed). New York: McGraw-Hill Education, Inc.

Gerard J. T., Berdell R. F., Christine L. C. (2014). **Microbiology : An Introduction** (11rd ed): Pearson Education Limited.

Mader, S. S., Windelspecht, M. (2016). **Biology** (12th ed). New York: McGraw-Hill Education.

Nester, E. W., Anderson, D. G., Roberts, C. E., Pearsall N. N., Nester M. T. (2001). **Microbiology: A Human Perspective** (3rd ed). New York: Pearson Education Limited.

Peacock, A. J. (1998). ABC of Oxygen : Oxygen at High Altitude. **BMJ**: 317 (7165), 1063-1066.

Saladin, K. S. (2010). **Anatomy & Physiology : The Unity of Form and Function** (5th ed). New York: McGraw-Hill Education, Inc.

Shier, D., Butler, J., & Lewis, R. (2009). **Hole's essential of Human Anatomy & Physiology** (10th ed). New York: McGraw-Hill Education, Inc.

Teresa A., Gerald A. & Bruce E. B. (2008). **Biology : Life on Earth with Physiology** (8th ed). New York: Pearson Education Limited.

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.

Widmaier, E. P., Raff, H., Strang, K. T., & Vander, A. J. (2008). **Vander's Human Physiology: The Mechanisms of Body Function**. Boston: McGraw-Hill Higher Education.

คณะกรรมการจัดทำคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา เล่ม 4
ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

คณะที่ปรึกษา

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

คณะผู้จัดทำคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 4

- | | |
|------------------------------|---|
| 1. รศ.ดร.ธีรพงษ์ บัวบูชา | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2. ศ.ดร.ไพศาล สติธิกรกุล | ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 3. นายธีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์ | ผู้อำนวยการสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 4. รศ.ดร.วีระวรรณ สติธิกรกุล | ผู้เชี่ยวชาญ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 5. นางเพ็ชรรัตน์ ศรีวิสัย | ผู้เชี่ยวชาญ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 6. ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา | ผู้ชำนาญ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 7. นายณรงค์ พ่วงศรี | ผู้ชำนาญ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 8. นางสาววิลาส รัตนานุกุล | นักวิชาการอาวุโสสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

- | | |
|--------------------------|---|
| 9. ดร.นันทยา อัครอารีย์ | นักวิชาการสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 10. นางสาวปาณิก เวียงชัย | นักวิชาการสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

คณะผู้ร่วมพิจารณาผู้มีความรู้รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 4

- | | |
|---|--|
| 1. ผศ.ดร.ชัชวาล ใจซื่อกุล | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2. ผศ.ดร.นพดล กิตนะ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 3. ผศ.ดร.สิทธิพร ภัทรดิตรัตน์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 4. อ.ดร.สพ.ญ.วัชรภรณ์ ตียะสัตย์กุลโกวิท | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 5. นายชัยยศ นุ่มกลิ่น | โรงเรียนศรีบุญยานนท์ จ.นนทบุรี |
| 6. นางสาวณัฏยา สุริยนต์ | โรงเรียนสามัคคีวิทยาคม จ.เชียงราย |
| 7. นายณัฐพงศ์ มนต์อ่อน | โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) กรุงเทพมหานคร |
| 8. นางสาวณิคมล มีศิริ | โรงเรียนสระหลวงพิทยาคม จ.พิจิตร |
| 9. นางสาวปิยรัตน์ พิมพ์สวัสดิ์ | โรงเรียนค้อวังวิทยาคม จ.ยโสธร |
| 10. นางสาววรรณิภา เบญจเลิศยานนท์ | โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ภูเก็ต จ.ภูเก็ต |
| 11. นางวิภาณีย์ จิธรภักดี | โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จ.ลพบุรี |
| 12. นางสาววิลาวัลย์ ยั่งยืน | โรงเรียนพนมสารคาม "พนมอดุลวิทยา" จ.ฉะเชิงเทรา |
| 13. นายวีระเดช คำถาวร | โรงเรียนหอวัง กรุงเทพมหานคร |
| 14. นายศุภลักษณ์ เรืองสมบัติ | โรงเรียนนาครชนประชาสรรค์ จ.มหาสารคาม |
| 15. นางสาวลิโรธ ศรีโซติ | โรงเรียนปทุมคงคา กรุงเทพมหานคร |
| 16. นายสุรเดช ศรีทา | โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กรุงเทพมหานคร |
| 17. นายสุริยา บัวหอม | โรงเรียนประจันตราษฎ์บำรุง จ.ปราจีนบุรี |
| 18. นางอารี อนันต์ศรี | โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย สุราษฎร์ธานี จ.สุราษฎร์ธานี |
| 19. ดร.อรสา ชูสกุล | ผู้อำนวยการสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

- | | |
|---------------------------------|---|
| 20. ดร.สุนัดดา โยมญาติ | ผู้อำนวยการสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 21. ดร.ปารวีร์ เล็กประเสริฐ | นักวิชาการอาวุโสสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 22. ดร.ขวัญชนก ศรีทาสุษ | นักวิชาการสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 23. ดร.ภัณฑิลา อุดร | นักวิชาการสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 24. นางสาวปยุตยาพร บริเวธานันท์ | นักวิชาการสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

คณะกรรมการ

- | | |
|---|--|
| 1. รศ.ดร.ธีรพงษ์ บัวบูชา | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2. ผศ.ดร.ชัชวาล ใจเชื้อกุล | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 3. ผศ.ดร.นพดล กิตนะ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 4. ผศ.ดร.สิทธิพร ภัทรดิลกรัตน์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 5. อ.ดร.สพ.ญ.วัชรภรณ์ ตียะสัตย์กุลโกวิท | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 6. ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ | ผู้ช่วยผู้อำนวยการ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 7. ศ.ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล | ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 8. นายธีรพัฒน์ เวชประสิทธิ์ | ผู้อำนวยการสาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |



สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ