



หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่



ชีววิทยา

เล่ม ๕

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๐

๖





หนังสือเรียน

รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชีววิทยา

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

จัดทำเป็นฉบับ e-book ครั้งที่ ๒ พ.ศ. ๒๕๖๖

มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียนฉบับ e-book นี้ขึ้น โดยมีเนื้อหาเช่นเดียวกับหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕ ฉบับสิ่งพิมพ์ ที่จัดทำตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ทุกประการ เพื่อให้นักเรียน ครู ผู้ปกครอง นักวิชาการ และ ผู้สนใจทั่วไปเข้าถึงได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว รวมทั้งสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมกับจุดประสงค์ต่าง ๆ ทั้งนี้ สสวท. ขอสงวนสิทธิ์ในหนังสือเรียนฉบับ e-book นี้ตามกฎหมายลิขสิทธิ์ ห้ามผู้ใดทำซ้ำ คัดลอก ดัดแปลง เลียนแบบ จำหน่าย หรือ เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

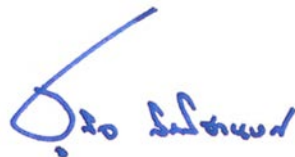
สามารถเข้าถึงสื่อดิจิทัลต่าง ๆ ของ สสวท. ได้ที่ <http://www.ipst.ac.th/ebook-resource/>

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไป โรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. จึงได้จัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ เล่ม ๕ นี้ มีผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ครอบคลุมเนื้อหาบางส่วนที่ปรากฏตามตัวชี้วัดของรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ชีวภาพ โดยเมื่อผู้เรียนเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา เล่ม ๑ – เล่ม ๖ ครบทุกชั้นปีในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ – ๖ แล้วจะสามารถบรรลุผลสัมฤทธิ์ตามตัวชี้วัดของรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ชีวภาพได้ และในขณะเดียวกันก็สามารถต่อยอดเนื้อหาจากรายวิชาพื้นฐานไปสู่เนื้อหาในรายวิชาเพิ่มเติมได้โดยไม่ต้องเสียเวลาเรียนซ้ำซ้อน ทั้งนี้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา เล่ม ๕ นี้ มีเนื้อหาที่จำเป็นต้องเรียนประกอบด้วยเรื่องระบบประสาทและอวัยวะรับรู้ความรู้สึก การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต ระบบต่อมไร้ท่อ ระบบสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต และพฤติกรรมของสัตว์ ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการศึกษต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์หรือประกอบอาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ วิศวกร เทคนิคการแพทย์ วิทยาศาสตร์การกีฬา เทคโนโลยีชีวภาพ ฯลฯ โดยเน้นกระบวนการคิด วิเคราะห์และการแก้ปัญหา เชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ รวมทั้งกิจกรรมที่ผู้เรียนสามารถคิดค้นและออกแบบการทดลองด้วยตนเอง มีแบบตรวจสอบความรู้ความเข้าใจก่อนเรียน มีแบบฝึกหัดเพื่อให้ตรวจทานความรู้หลังจากที่เรียนไปแล้ว รวมทั้งสรุปความรู้ในแต่ละบทด้วย ในการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้ ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ทั้งหลาย รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากสถาบันและสถานศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา เล่ม ๕ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียนและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้หนังสือเรียนเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง



(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิ้มปิ๋จำนงค์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

หนังสือเรียนเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้นักเรียนได้ใช้ในการศึกษาเนื้อหาที่สำคัญ และเกิดทักษะที่จำเป็นที่สอดคล้องกับมาตรฐานและสาระการเรียนรู้ รวมทั้งยังมีสื่อที่ช่วยเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยสามารถเชื่อมต่อไปยังหน้าเว็บไซต์รายการสื่อได้จาก QR code หรือ URL ที่อยู่ประจำแต่ละบท การทำความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่างๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน จะช่วยให้นักเรียนใช้หนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่างๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน มีดังนี้

1	คำถามสำคัญ  คำถามประจำบทที่ผู้เรียนต้องอาศัยความรู้ทั้งหมดในบทเรียนในการตอบคำถาม ซึ่งผู้เรียนควรตอบได้หลังจากได้เรียนรู้ในบทนั้นแล้ว	2	จุดประสงค์การเรียนรู้  เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งผู้เรียนควรศึกษาทำความเข้าใจก่อนเริ่มเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ
3	ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน  ชุดคำถามที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน ซึ่งผู้เรียนควรตอบคำถามให้ถูกต้องทั้งหมด หากไม่ถูกต้องควรทบทวนเนื้อหาในนั้นก่อนเริ่มการเรียนรู้เรื่องใหม่ในแต่ละบท	4	ชวนคิด  คำถามระหว่างเรียนที่เชื่อมโยงหรือต่อยอดความรู้เดิมที่ศึกษาแล้วกับความรู้ใหม่หรือความรู้ในศาสตร์อื่น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์หรือความต่อเนื่องของเนื้อหา
5	ตรวจสอบความเข้าใจ  คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยประเมินการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้ตรวจสอบว่า ตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้วหรือยัง	6	ลองทำดู  การปฏิบัติที่ช่วยเสริมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งผู้เรียนสามารถลงมือปฏิบัติด้วยตนเองนอกเวลาเรียนได้

7	กิจกรรม  การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่นๆ ซึ่งผู้เรียนควรลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง	8	ตัวอย่าง  การแสดงแนวทางการตอบคำถามหรือการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งผู้เรียนสามารถศึกษาเพื่อเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนมากขึ้น
9	กิจกรรมเสนอแนะ  การปฏิบัติที่ช่วยเสริมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งอาจเป็นกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติในห้องเรียนหรือนอกเวลาเรียนได้	10	ความรู้เพิ่มเติม  ความรู้ที่เพิ่มเติมจากเนื้อหาในบทเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น โดยไม่มีการวัดและประเมินผล
11	รู้หรือไม่  ความรู้ที่เชื่อมโยงให้เห็นความสอดคล้องของเนื้อหาบทเรียนกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน	12	การเชื่อมโยงความรู้  เนื้อหาที่แสดงความเชื่อมโยงของความรู้ในบทเรียนกับความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ความรู้ในชีวิตประจำวัน หรือความรู้ที่ใช้ในอาชีพต่าง ๆ
13	กรณีศึกษา  ตัวอย่างข้อมูลจากการศึกษาหรืองานวิจัยที่สอดคล้องกับความรู้ในบทเรียน เพื่อให้ นักเรียนศึกษาวิเคราะห์จากกรณีจริง	14	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน  การสรุปเนื้อหาสำคัญภายในบทเรียน เพื่อช่วยให้เห็นภาพรวมของเนื้อหาทั้งหมด
15	แบบฝึกหัดท้ายบท  คำถามท้ายบทเรียนสำหรับผู้เรียนตรวจสอบความเข้าใจหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้เป็นข้อมูลในการทบทวนเนื้อหาที่ยังไม่เข้าใจได้	16	สื่อ AR (Augmented Reality)  สื่อเสริมการเรียนรู้ที่ใช้เทคโนโลยี AR ผู้เรียนสามารถดาวน์โหลดเพื่อใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน "AR วิทย์ ม.ปลาย"

บทที่	เนื้อหา	หน้า
18	18 ระบบประสาทและอวัยวะรับรู้ความรู้สึก	1
	18.1 การรับรู้และการตอบสนองของสัตว์	4
	18.2 โครงสร้างและการทำงานของเซลล์ประสาท	8
	18.3 ศูนย์ควบคุมระบบประสาทของมนุษย์	23
	18.4 การทำงานของระบบประสาท	34
	18.5 อวัยวะรับรู้ความรู้สึก	41
	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	60
19	แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 18	62
	19 การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต	69
	19.1 การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว	72
	19.2 การเคลื่อนที่ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	75
	19.3 การเคลื่อนที่ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง	82
	19.4 การเคลื่อนที่ของมนุษย์	85
	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	97
การเคลื่อนที่ของ สิ่งมีชีวิต	แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 19	98

20

ระบบต่อมไร้ท่อ

20 ระบบต่อมไร้ท่อ	101
20.1 การทำงานร่วมกันของระบบต่อมไร้ท่อและระบบประสาท	104
20.2 ต่อมไร้ท่อ	106
20.3 ฮอรโมนและการทำงานของฮอรโมน	108
20.4 การรักษาสมดุลของฮอรโมน	132
สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	136
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 20	137

21

ระบบสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต

21 ระบบสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต	143
21.1 การสืบพันธุ์ของสัตว์	146
21.2 การสืบพันธุ์ของมนุษย์	152
21.3 การเจริญเติบโตของสัตว์	165
สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	179
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 21	181

สารบัญ	บทที่ 18 - 22	
บทที่	เนื้อหา	หน้า
22	22 พฤติกรรมของสัตว์	191
	22.1 การศึกษาพฤติกรรมของสัตว์	194
	22.2 กลไกการเกิดพฤติกรรม	195
	22.3 ประเภทพฤติกรรมของสัตว์	198
	22.4 ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมและวิวัฒนาการ ของระบบประสาท	213
	22.5 การสื่อสารระหว่างสัตว์	215
	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	223
พฤติกรรมของสัตว์	แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 22	224
ภาคผนวก	ภาคผนวก	231
	คำศัพท์	232
	บรรณานุกรม	247
	ที่มาของรูป	251
	คณะกรรมการจัดทำหนังสือเรียน	253

บทที่

18

| ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก

ipst.me/10774

การเล่นดนตรี เช่น การเล่นเปียโน ต้องใช้ประสาทสัมผัสและการทำงานของระบบต่างๆ ของร่างกายโดยมีระบบประสาทควบคุม ออกคำสั่งไปยังกล้ามเนื้อโครงร่างบริเวณแขนและนิ้วมือให้กดคีย์บอร์ดเปียโน แต่การที่เล่นเปียโนได้นั้น ผู้เล่นต้องอ่านโน้ตเพลงซึ่งเป็นสิ่งเร้าที่ให้ข้อมูลเข้าสู่สมองที่มีหน้าที่ประมวลผลว่าเป็นตัวโน้ตใดที่ผู้เล่นได้มีประสบการณ์หรือมีการเรียนรู้มาก่อนเพื่อตัดสินใจที่จะกดคีย์บอร์ดเปียโนตามตัวโน้ตนั้น แล้วสมองจะสั่งการไปที่กล้ามเนื้อโครงร่างที่นิ้วมือเพื่อกดคีย์บอร์ดให้ถูกต้อง กลไกการรับรู้และตอบสนองดังกล่าวเกิดขึ้นได้อย่างไร และมีโครงสร้างหรืออวัยวะใดเกี่ยวข้องบ้าง



คำถามสำคัญ

1. สัตว์รับรู้และตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้อย่างไร
2. ระบบประสาทของมนุษย์มีโครงสร้างและการทำงานอย่างไร
3. อวัยวะรับรู้ของมนุษย์มีโครงสร้างและการทำงานอย่างไร



จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทของไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน กุ้ง หอย แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง
2. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท
3. ระบุชนิดของเซลล์ประสาทที่จำแนกตามจำนวนเส้นใยประสาทและหน้าที่
4. อธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาท
5. อธิบายเกี่ยวกับกลไกการเกิดกระแสประสาทและการถ่ายทอดกระแสประสาท
6. อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก
7. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนต่างๆ ของสมอง และไขสันหลัง
8. สืบค้นข้อมูล อธิบายการทำงานของระบบประสาทโซมาติกและระบบประสาทอัตโนมัติ
9. เปรียบเทียบและยกตัวอย่างการทำงานของระบบประสาทโซมาติกและระบบประสาทอัตโนมัติ
10. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของตา
11. สังเกตและอธิบายการหาตำแหน่งของจุดบอดและโฟเวีย
12. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของหู
13. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของจมูก
14. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของลิ้น
15. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของผิวหนัง
16. สังเกตและอธิบายความไวในการสัมผัสของผิวหนังในแต่ละบริเวณ
17. สืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างโรคที่เกี่ยวข้องกับตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง และนำความรู้มาใช้ในการดูแลรักษาและป้องกันอันตรายของอวัยวะรับรู้ต่างๆ



ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

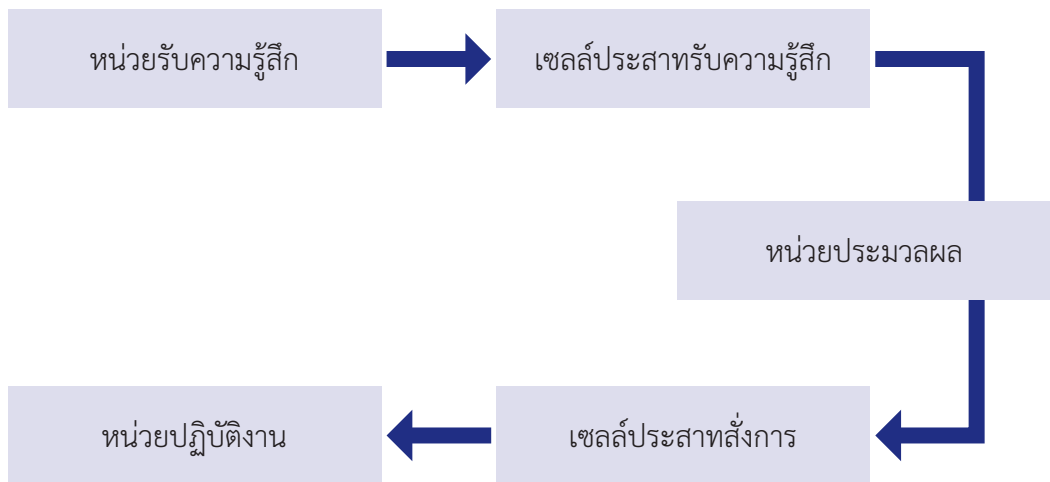
ให้นักเรียนใส่เครื่องหมายถูก (✓) หรือผิด (×) หน้าข้อความตามความเข้าใจของนักเรียน

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

ขณะที่อ่านโน้ตเพลงเพื่อเล่นเปียโน สมองได้รับข้อมูลจากการมองเห็นตัวโน้ตเพลงด้วยตาซึ่งจัดเป็นอวัยวะรับความรู้สึกที่เป็นหน่วยรับความรู้สึกอย่างหนึ่ง จากนั้นสมองจะเกิดการประมวลผลข้อมูลจากสิ่งที่ตาเห็น ซึ่งการประมวลผลของสมองจะมีการส่งสัญญาณให้ผู้เล่นเปียโนตอบสนองโดยการใช้นิ้วมือกดคีย์บอร์ดเปียโนจนเกิดเป็นเสียงเพลงขึ้น การตอบสนองดังกล่าวเกิดขึ้นได้อย่างไร

18.1 การรับรู้และการตอบสนองของสัตว์

ในการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตจะเป็นการตอบสนองต่อสิ่งเร้า (stimulus) ทั้งสิ่งเร้าภายในร่างกายและสิ่งเร้าภายนอกร่างกาย สิ่งเร้าดังกล่าวทำให้สิ่งมีชีวิตมีการรับรู้และตอบสนองในรูปแบบที่แตกต่างกัน การรับรู้เพื่อตอบสนองของสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไปจะประกอบด้วยองค์ประกอบดังรูป 18.1



รูป 18.1 องค์ประกอบในการรับรู้เพื่อตอบสนองของสิ่งมีชีวิต

ในบางกรณีการตอบสนองของสัตว์จะเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างระบบประสาท (nervous system) และระบบต่อมไร้ท่อ (endocrine system) โดยระบบประสาทจะควบคุมการตอบสนองที่เกิดขึ้นและสิ้นสุดเร็ว เช่น การวิ่งหนีสัตว์ดุร้าย ระบบประสาทจะสั่งให้กล้ามเนื้อหดตัว ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็ว ส่วนระบบต่อมไร้ท่อจะควบคุมการตอบสนองที่เกิดขึ้นช้ากว่า แต่เมื่อเกิดขึ้นแล้วจะมีผลต่อเนื่องเป็นเวลานาน เช่น การเต้นของหัวใจที่ยังถี่ เร็ว และแรง ถึงแม้จะหนีพ้นจากสัตว์ดุร้ายแล้วก็ตาม

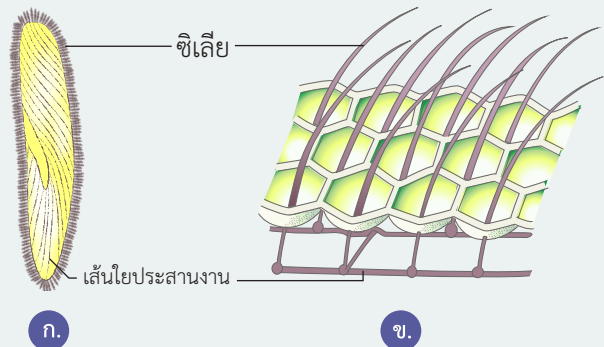


ความรู้เพิ่มเติม

สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวบางชนิด เช่น พารามีเซียม ไม่มีเซลล์ประสาทแต่ยังสามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้ เช่น มีการเคลื่อนที่เข้าหาหรือหนีแสงสว่าง อุณหภูมิ หรือสารเคมี จากการศึกษาพบว่าพารามีเซียมมีเส้นใยเชื่อมโยงระหว่างโคนของซิเลีย เรียกว่า เส้นใยประสานงาน (coordinating fiber) ดังรูป ซึ่งควบคุมการพัดโบกของซิเลียเพื่อให้เคลื่อนที่ไปยังทิศทางที่ต้องการได้

โครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองของพารามีเซียม

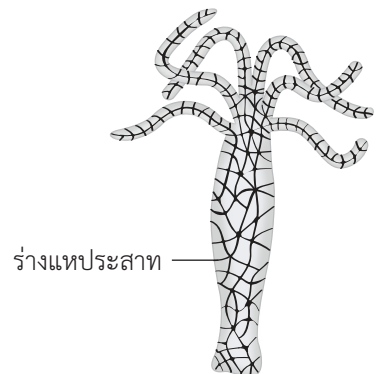
- ก. ซิเลียรอบ ๆ พารามีเซียม
- ข. เส้นใยประสานงาน



18.1.1 การตอบสนองของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

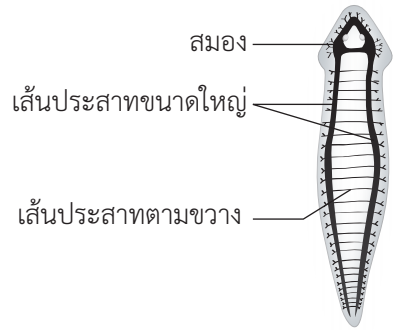
สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีการพัฒนาของระบบประสาทซับซ้อนแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวิวัฒนาการของสัตว์กลุ่มนั้น ทำให้มีการรับรู้และการตอบสนองที่แตกต่างกัน เช่น

- ฟองน้ำ เซลล์แต่ละเซลล์สามารถรับรู้และตอบสนองได้ แต่ไม่มีเซลล์ที่ทำหน้าที่ประสานงานระหว่างเซลล์ต่าง ๆ โดยเฉพาะ
- ไฮดรา มีร่างแหประสาท (nerve net) ประกอบด้วยเซลล์ประสาทเชื่อมโยงกัน ดังรูป 18.2 เมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นจะเกิดกระแสประสาท (nerve impulse) เคลื่อนไปตามเซลล์ประสาทที่สานกันเป็นร่างแหจากจุดที่ถูกกระตุ้นและกระจายไปทั่วทั้งตัว ทำให้ไฮดราสามารถรับรู้และตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้



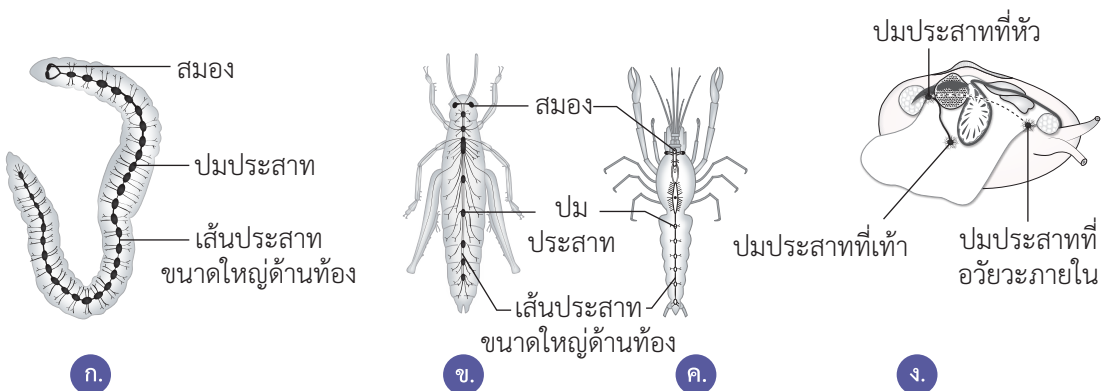
รูป 18.2 ร่างแหประสาทของไฮดรา

- พลาณาเรีย มีเซลล์ประสาทรวมกันเป็นกลุ่ม โดยเฉพาะบริเวณส่วนหัวเรียกว่า **ปมประสาท** (nerve ganglion) หรืออาจเรียกว่าสมอง ด้านล่างของปมประสาทยังมีเส้นประสาทที่แยกออกทั้งสองข้างของลำตัวเรียกว่า **เส้นประสาทขนาดใหญ่** (nerve cord) ยาวขนานไปตามลำตัวจากหัวจรดท้าย และระหว่างเส้นประสาทนี้มีเส้นประสาทเชื่อมเป็นระยะ ๆ เรียกว่า **เส้นประสาทตามขวาง** (transverse nerve) ทำให้มีลักษณะเป็นแบบ **ขั้นบันได** (ladder type) ดังรูป 18.3



รูป 18.3 ระบบประสาทของพลาณาเรีย

- ไส้เดือนดิน แมลง และกิ้ง มีปมประสาทที่ใหญ่ขึ้นทำหน้าที่เป็นสมองอยู่ด้านหัว มี **เส้นประสาทขนาดใหญ่ด้านท้อง** (ventral nerve cord) ที่มีปมประสาทอยู่เป็นระยะ ๆ ตามความยาวลำตัว ดังรูป 18.4 ก. ข. และ ค. ส่วนสัตว์ในกลุ่มหอยและหมีก็มีปมประสาทอยู่ที่หัว อวัยวะภายใน และบริเวณที่เป็นเท้า (foot) ดังรูป 18.4 ง.



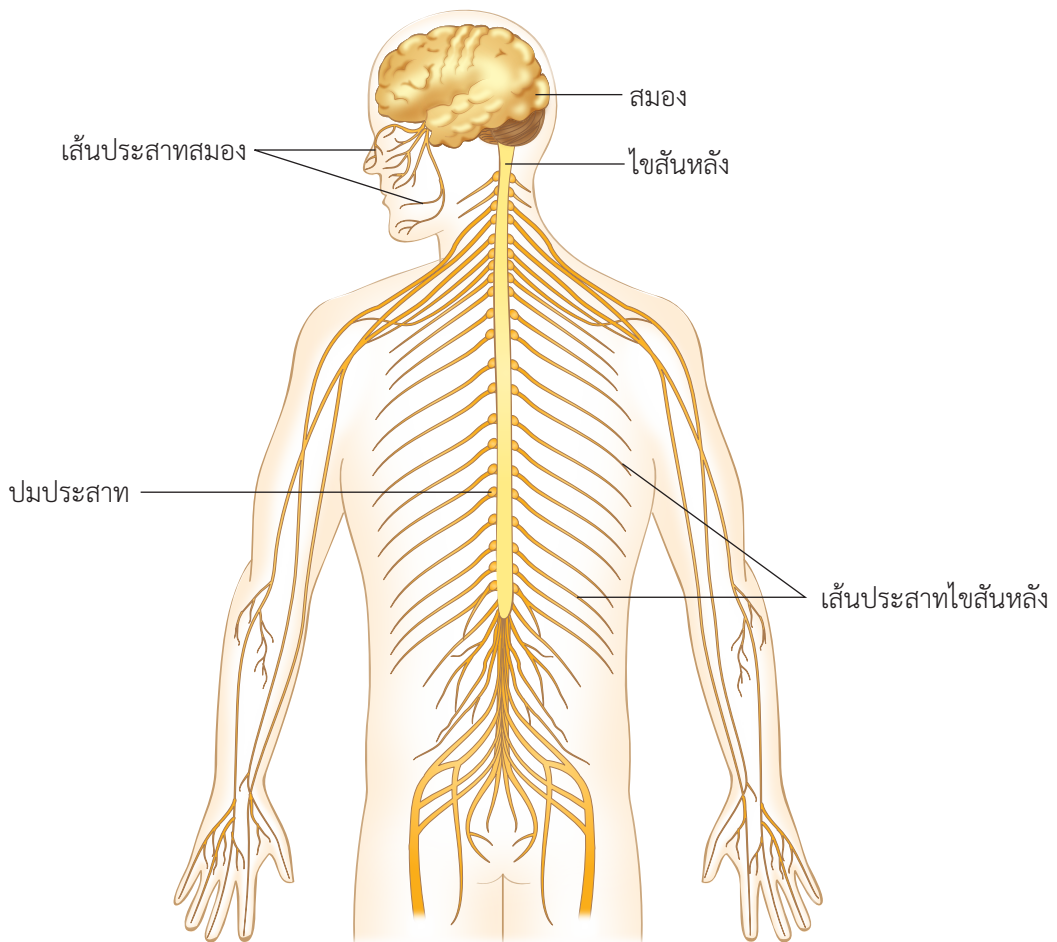
รูป 18.4 ระบบประสาทของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิด

ก. ไส้เดือนดิน ข. แมลง ค. กิ้ง ง. หอย

- ? ไฮดรพลาณาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง กิ้ง และหอยมีโครงสร้างของระบบประสาทแตกต่างกันอย่างไร
- ? การที่พลาณาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง กิ้ง และหอย มีปมประสาทอยู่บริเวณหัวมีผลต่อการรับรู้ และการตอบสนองอย่างไร
- ? สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังชนิดอื่นมีระบบประสาทที่มีโครงสร้างแบบอื่นอีกหรือไม่ อย่างไร

18.1.2 การตอบสนองของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

มนุษย์และสัตว์มีกระดูกสันหลังมีระบบประสาทที่พัฒนามาก เซลล์ประสาทส่วนใหญ่รวมกันอยู่ที่ส่วนหัวเรียกว่า **สมอง** (brain) ซึ่งมีขนาดใหญ่และเจริญมาก และมีส่วนที่ทอดยาวตามลำตัวทางด้านหลังเรียกว่า **ไขสันหลัง** (spinal cord) สมองและไขสันหลังทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของระบบประสาท รักษาคุณภาพของร่างกาย โดยมี **ปมประสาท** (nerve ganglion) และ **เส้นประสาท** (nerve) แยกออกมาจากสมองและไขสันหลัง ดังรูป 18.5



รูป 18.5 สมอง ไขสันหลัง เส้นประสาท และปมประสาท

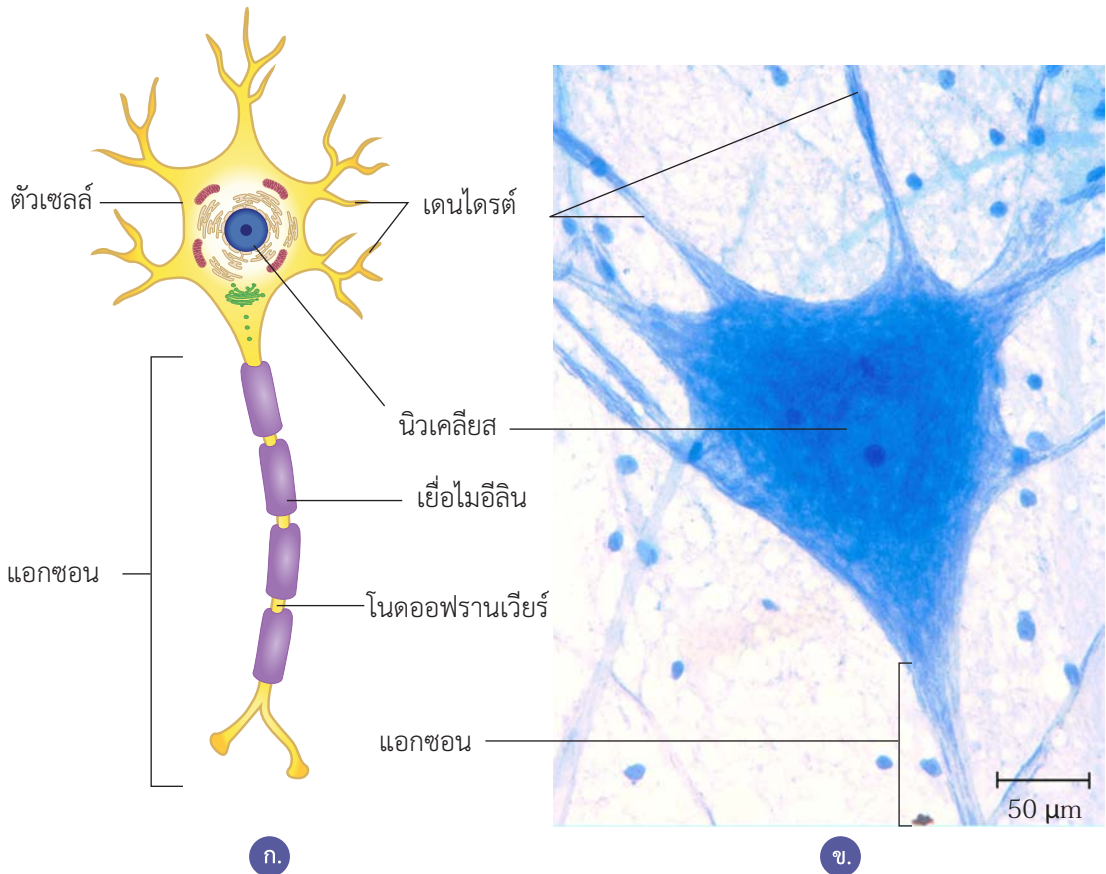
18.2 โครงสร้างและการทำงานของเซลล์ประสาท

มนุษย์สามารถรับรู้และตอบสนองต่อสิ่งเร้าในรูปแบบต่างๆ ได้ เป็นผลจากการทำงานร่วมกันของระบบประสาทซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ระบบ คือ **ระบบประสาทส่วนกลาง** (central nervous system; CNS) ที่ประกอบไปด้วย สมองและไขสันหลัง และ**ระบบประสาทรอบนอก** (peripheral nervous system; PNS) ที่ประกอบด้วย**เส้นประสาทสมอง** (cranial nerve) **เส้นประสาทไขสันหลัง** (spinal nerve) และปมประสาท **โครงสร้างของระบบประสาทมีอะไรบ้างและสามารถทำงานได้อย่างไร**

18.2.1 เนื้อเยื่อประสาท

ระบบประสาทของมนุษย์ประกอบด้วยเนื้อเยื่อประสาทที่กระจายอยู่ทั่วไปในร่างกายเป็นเครือข่ายที่เชื่อมถึงกัน โดยประกอบด้วยหน่วยทำงานที่เล็กที่สุดคือ **เซลล์ประสาท** (nerve cell) หรือ **นิวรอน** (neuron) จำนวนมาก ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับรู้ และส่งข้อมูลในลักษณะสัญญาณประสาท ในรูปของ**สัญญาณเคมีไฟฟ้า** (electrochemical signal) หรือกระแสประสาท เซลล์ประสาทแต่ละเซลล์อาจมีการเชื่อมโยงกับเซลล์ประสาทอื่นๆ จำนวนมาก และมี**เซลล์เกลีย** (glia cell) ทำหน้าที่สนับสนุนและบำรุงเซลล์ประสาท รายละเอียดของเนื้อเยื่อประสาทมีดังนี้

- **เซลล์ประสาท** ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ **ตัวเซลล์** (cell body) และ**เส้นใยประสาท** (nerve fiber) ดังรูป 18.6 ภายในตัวเซลล์ประกอบด้วย นิวเคลียส ไซโทพลาซึม และออร์แกเนลล์ต่างๆ เช่น ไมโทคอนเดรีย เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม และกอลจิคอมเพล็กซ์จำนวนมาก บริเวณรอบตัวเซลล์มีเส้นใยประสาทซึ่งเป็นส่วนของเซลล์ที่ยื่นออกไป มีลักษณะเป็นแขนงเล็กๆ เส้นใยประสาทแบ่งได้ดังนี้
 - **เดนไดรต์** (dendrite) คือ เส้นใยประสาทที่รับกระแสประสาท โดยเซลล์ประสาทแต่ละเซลล์จะมีเดนไดรต์แยกออกจากตัวเซลล์ 1 เส้นใยหรือหลายเส้นใย
 - **แอกซอน** (axon) คือ เส้นใยประสาทที่ส่งกระแสประสาท โดยทั่วไปแอกซอนจะมีเพียง 1 เส้นใยเท่านั้น แอกซอนอาจสั้นหรือยาวได้ถึงกว่า 1 เมตร บริเวณตอนปลายของแอกซอนมีการแตกแขนง และที่ปลายสุดของแขนงที่แตกนั้นมีลักษณะโป่งออกคล้ายกระเปาะ



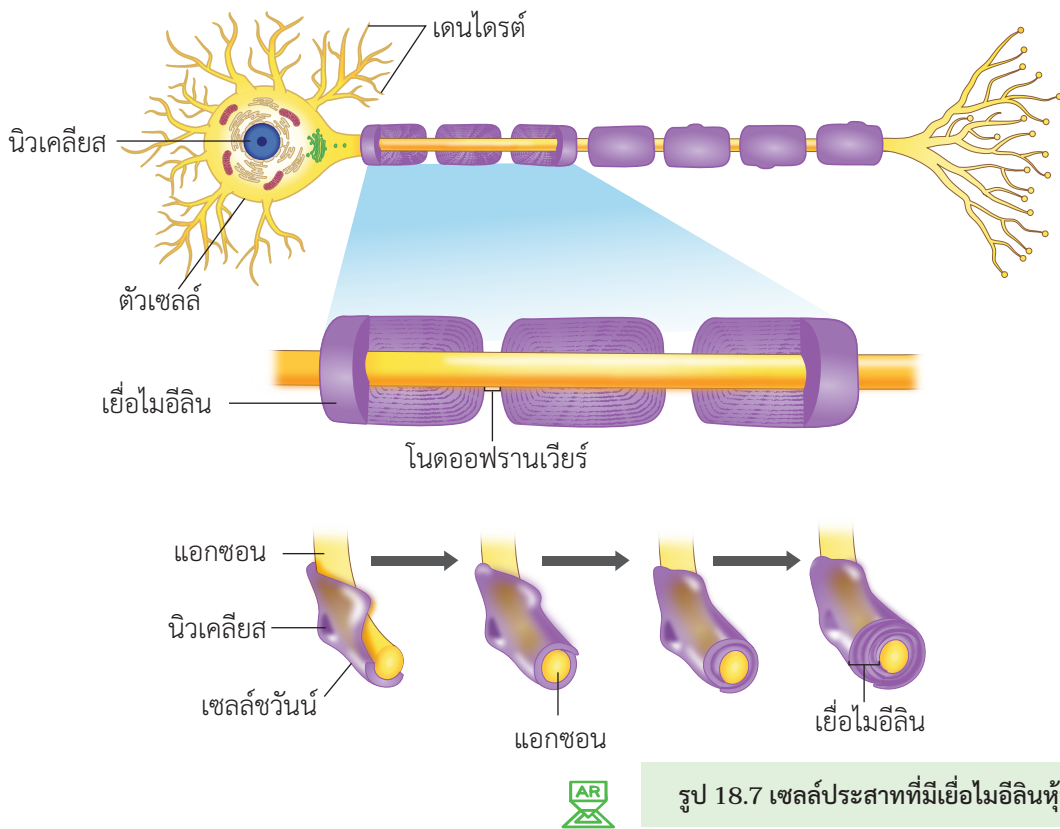
รูป 18.6 โครงสร้างเซลล์ประสาท

ก. รูปร่างเซลล์ประสาท

ข. เซลล์ประสาทภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง

- ? เซลล์ประสาทมีโครงสร้างเหมือนหรือแตกต่างจากเซลล์อื่นๆ ของร่างกายหรือไม่ อย่างไร
- ? ลักษณะของเซลล์ประสาทมีความสัมพันธ์กับการทำงานหรือไม่ อย่างไร

กรณีแอกซอนบางเส้นที่มีความยาวมากๆ มักจะพบเยื่อไมอีลิน (myelin sheath) มาหุ้มตลอดความยาวของแอกซอน เยื่อไมอีลินมีสารกลุ่มลิพิดเป็นองค์ประกอบ เมื่อศึกษาภาคตัดขวางของเยื่อไมอีลินพบว่าเยื่อไมอีลินเกิดจากเซลล์ชวันน์ (Schwann cell) ซึ่งเป็นเซลล์เกลียชนิดหนึ่งพันรอบแอกซอนหลายรอบทำให้เกิดเป็นชั้นจำนวนมาก ส่วนของแอกซอนตรงบริเวณรอยต่อระหว่างเซลล์ชวันน์แต่ละเซลล์เป็นบริเวณที่ไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้มเรียกว่า โหนดออฟรานเวียร์ (node of Ranvier) ดังรูป 18.7 การที่แอกซอนมีเยื่อไมอีลินหุ้มจะช่วยให้นำกระแสประสาทได้เร็วกว่าแอกซอนที่ไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม



รูป 18.7 เซลล์ประสาทที่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม

- **เซลล์เกลีย** เป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่ค้ำจุน ลำเลียงของเสียออกจากเซลล์ประสาท รักษาคุณภาพของสารต่าง ๆ ของเซลล์ประสาท เซลล์เกลียมีจำนวนมากกว่าเซลล์ประสาทถึง 50 เท่า และมีหลายชนิดพบได้ทั้งในระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก เซลล์เกลียแต่ละชนิดมีหน้าที่แตกต่างกัน เช่น เซลล์ชวันน์ที่ระบบประสาทรอบนอกมีหน้าที่สร้างเยื่อไมอีลินซึ่งเป็นฉนวนไฟฟ้าล้อมรอบแอกซอน ส่วน**เซลล์โอลิโกเดนโดรไซต์** (oligodendrocyte) ที่ระบบประสาทส่วนกลางมีหน้าที่เช่นเดียวกับเซลล์ชวันน์