

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

ชีววิทยา
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ศึกษาเกี่ยวกับการรับรู้และการตอบสนอง เซลล์ประสาท ศูนย์ควบคุมระบบประสาท การทำงานของระบบประสาทสั่งการ อวัยวะรับความรู้สึก การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว การเคลื่อนที่ของสัตว์ การเคลื่อนที่ของคน การสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต การสืบพันธุ์ของคน การเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ต่อมไร้ท่อ ฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและอวัยวะที่สำคัญ พิโรโมน กลไกการเกิดพฤติกรรม การสื่อสารระหว่างสัตว์

โดยจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันควบคู่ไปกับคุณธรรมและจริยธรรม และมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ได้แก่ การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหา มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ พร้อมทั้งตระหนักว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทของไฮดราสืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบ โครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทของไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน กุ้ง หอย แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง
2. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท
3. อธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาท และกลไกการถ่ายทอดกระแสประสาท
4. อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก
5. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ในสมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง สมองส่วนหลัง และไขสันหลัง
6. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างการทำงานของระบบประสาท โสมาคิก และระบบประสาทอัตโนมัติ
7. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนังของมนุษย์ ยกตัวอย่างโรคต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และบอกแนวทางในการดูแลป้องกัน และรักษา
8. สังเกต และอธิบายการหาตำแหน่งของจุดอดไฟเวีย และความไวในการสัมผัสของผิวหนัง
9. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของแมลงกะปุน หมึก ดาวทะเล ไส้เดือนดิน แมลง ปลา และนก
10. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์
11. สังเกต และอธิบายการทำงานของข้อต่อชนิดต่าง ๆ และการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว และการเคลื่อนที่ของมนุษย์
12. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศในสัตว์
13. การสืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์เพศชายและระบบสืบพันธุ์หญิง
14. อธิบายกระบวนการสร้างสเปิร์ม กระบวนการสร้างเซลล์ไข่ และการปฏิสนธิในมนุษย์
15. อธิบายการเจริญเติบโตระยะเอ็มบริโอ และระยะหลังเอ็มบริโอของกบ ไก่ และมนุษย์
16. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนผังสรุปหน้าที่ของฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและเนื้อเยื่อที่สร้างฮอร์โมน
17. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างพฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิด และพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ของสัตว์
18. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมกับวิวัฒนาการของระบบประสาท
19. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างการสื่อสารระหว่างสัตว์ที่ทำให้สัตว์แสดงพฤติกรรม

รวมทั้งหมด 19 ผลการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชีววิทยา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 1

ตามผลการเรียนรู้
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง	อนิรุธ พรหมเจริญ
ผู้ตรวจ	ผศ. ดร.พรรัตน์ พุทธกาล รศ. ดร.ประนอม แก้วระคน เจียมจิต กุลมาลา
บรรณาธิการ	รศ. ดร.วิชัย เชิดชูศาสน์

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชีววิทยา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 1

ตามผลการเรียนรู้
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง
ผู้ตรวจ
บรรณาธิการ

อนิรุท พรหมเจริญ
ผศ. ดร. นพรัตน์ พุทธกาล
รศ. ดร. ประนอม แก้วระคน
เจียมจิต กุลมาลา
รศ. ดร. วิชัย เชิดชูศาสตร์

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

อนิรุท พรหมเจริญ.

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 1.--กรุงเทพฯ : แม็คเอ็ดดูเคชั่น,
2563.

168 หน้า.

1. ชีววิทยา--การศึกษาและการสอน (มัธยมศึกษา).

I. ชื่อเรื่อง.

570.76

ISBN 978-616-345-181-1

พิมพ์ครั้งที่ 1

จำนวน 10,000 เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ : มกราคม 2563

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใด
ของหนังสือเล่มนี้ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

จัดทำโดย

MAC EDUCATION

ส่งขนาดไฟล์ส่งจ่าย ไปรษณีย์ลาดพร้าว

ในนาม บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด

9/99 อาคารแม็ค ซอยลาดพร้าว 38 ถนนลาดพร้าว

แขวงจันทระเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทร. 0-2512-0661, 0-2938-2022-7 แฟกซ์ 0-2938-2028

www.MACeducation.com

พิมพ์ที่ : บริษัท สุภชนิษฐ์ พรันตัง กรู๊ป จำกัด

คำชี้แจง

ตามที่กระทรวงศึกษาธิการโดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้ดำเนินการทบทวนหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยในระยะแรกให้ปรับปรุงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม สำหรับใช้ในปีการศึกษา 2561 ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 4 ปีการศึกษา 2562 ให้ใช้ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1, 2, 4 และ 5 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2, 4 และ 5 และตั้งแต่ปีการศึกษา 2563 เป็นต้นไปให้ใช้ในทุกชั้นเรียน ซึ่งการปรับหลักสูตรครั้งนี้มีเป้าหมายสำคัญเพื่อให้โรงเรียนสามารถจัดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการปรับหลักสูตรครั้งนี้มีเป้าหมายสำคัญเพื่อให้โรงเรียนสามารถจัดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการปรับหลักสูตรครั้งนี้มีเป้าหมายสำคัญเพื่อให้โรงเรียนสามารถจัดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการปรับหลักสูตรครั้งนี้มีเป้าหมายสำคัญเพื่อให้โรงเรียนสามารถจัดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้วยตระหนักถึงความสำคัญของการปรับเปลี่ยนหลักสูตรข้างต้น บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด จึงได้มอบหมายให้ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร ด้านการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล ได้ปรับปรุงพัฒนาหนังสือเรียนให้สอดคล้องมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ของหลักสูตรในกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่มีการเปลี่ยนแปลง และให้สอดคล้องกับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่กำหนดไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 และยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี

โดยหนังสือเรียนแต่ละหน่วยการเรียนรู้จะให้ผู้เรียนได้ทราบเป้าหมายการเรียนรู้ในตอนต้นหน่วยการเรียนรู้ จากสาระการเรียนรู้และตัวชี้วัดชั้นปี และทุกหัวข้อย่อยจะนำเสนอแนวคิดสำคัญเพื่อให้ทราบถึงสิ่งที่เป็ความรู้ ความคิดที่เป็นแกนสำคัญที่ต้องเรียนรู้ให้ลึกซึ้ง และการเรียนรู้ที่ดีผู้เรียนควรได้ตรวจสอบความรู้ความเข้าใจเป็นระยะ ๆ ก่อนเรียนเรื่องใหม่ ดังนั้น ในหนังสือเรียนจะมีการสอดแทรกกิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับเรื่องที่ได้เรียนผ่านมา เพื่อให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบ

ตนเอง หรือบางหัวข้ออาจเป็นการฝึกทักษะให้ชำนาญก่อน สิ่งที่เพิ่มเติมในหนังสือเรียนเล่มนี้ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา นำไปสู่การสร้างผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรม ซึ่งผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์หรือดัดแปลงให้เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนและผู้เรียน การศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมโดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสารและสารสนเทศ (ICT) เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติม ดังนั้นในหนังสือเรียนเล่มนี้จึงได้มีการเสริมเนื้อหาเพิ่มเติมที่ได้ผ่านการคัดกรองมาแล้วว่าเหมาะสมกับการเรียนรู้ แทรกไว้ในเนื้อหาบางหน่วย โดยใช้สัญลักษณ์   ผู้เรียนสามารถใช้สมาร์ทโฟนสแกน QR Code หรือเปิดในเว็บไซด์ MACeducation.com เพื่อเข้าเมนู การศึกษาขั้นพื้นฐาน >>> MAC Link และเลือกเปิดดูส่วนเสริมของบทเรียนในหนังสือเรียนแต่ละเล่มได้ ท้ายหน่วยการเรียนรู้ทุกหน่วยจะมีการสรุปบทเรียนสำหรับผู้เรียนได้ใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการตรวจสอบองค์ความรู้ที่ควรได้รับการพัฒนาหลังจากเสร็จสิ้นการเรียนรู้ หรือเป็นสาระสำคัญที่ควรจดจำและความเข้าใจให้ถ่องแท้ ซึ่งนับว่าเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งในการปรับปรุงหนังสือเรียนครั้งนี้ที่ได้พัฒนาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนเล่มนี้จะมีคุณค่า มีประโยชน์ และช่วยส่งเสริมการเรียนรู้การศึกษา เพื่อเป็นรากฐานสำคัญที่จะช่วยทำให้ประเทศไทยก้าวสู่ประเทศที่มีการพัฒนาอย่างยั่งยืนด้วยการมีพลเมืองที่มีคุณภาพ มีความคิดสร้างสรรค์ ตามเจตนารมณ์ของการปรับปรุงหลักสูตรครั้งนี้ และนโยบายประเทศไทย 4.0

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด

คำนำ

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 1 ได้พัฒนาและปรับทั้งเนื้อหา กิจกรรมการทดลอง ภาพประกอบ กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และคำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้ให้ตรงตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียงได้ศึกษาผลการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ และแนวทางในการวัดและประเมินผล นำมาจัดทำโครงสร้างสำหรับหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยเลือกเนื้อหา กระบวนการเรียนการสอน การทำกิจกรรม ทักษะการคิด การวัดผลและประเมินผล ผ่านการนำเสนอด้วยการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Active Learning) ที่เหมาะสมกับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ เข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการสำรวจตรวจสอบข้อมูล การคิดแก้ปัญหา ตลอดจนการเสริมสร้างจิตวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาให้เกิดทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่สำคัญ ด้วยกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ที่ช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน นำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นคำตอบของการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

หนังสือเรียนเล่มนี้ประกอบด้วย 5 หน่วยการเรียนรู้ แต่ละหน่วยการเรียนรู้ได้สรุปสาระการเรียนรู้ ระบุผลการเรียนรู้ มีภาพและคำถามเข้าสู่บทเรียน แนวคิดสำคัญของแต่ละเรื่อง กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เนื้อหา และคำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้เพื่อเป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนตามแนวปฏิรูปการศึกษา และมีคุณภาพตรงตามผลการเรียนรู้ หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้เรียบเรียงขอน้อมรับคำแนะนำด้วยความขอบคุณยิ่ง

อณิรุช พรหมเจริญ

สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ระบบประสาท	1
1. การรับรู้และการตอบสนอง	3
2. เซลล์ประสาท	8
2.1 โครงสร้างของเซลล์ประสาท	8
2.2 ชนิดของเซลล์ประสาท	9
2.3 การทำงานของเซลล์ประสาท	11
3. ศูนย์ควบคุมระบบประสาท	16
3.1 ระบบประสาทส่วนกลาง	16
3.2 ระบบประสาทส่วนนอก	20
4. การทำงานของระบบประสาทสั่งการ	24
4.1 ระบบประสาทไขสันหลัง	24
4.2 ระบบประสาทอัตโนมัติ	26
5. อวัยวะรับความรู้สึก	29
5.1 ตากับการมองเห็น	29
5.2 หูกับการได้ยิน	33
5.3 จมูกกับการดมกลิ่น	34
5.4 ลิ้นกับการรับรส	35
5.5 ผิวหนังกับการรับความรู้สึก	36
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	43

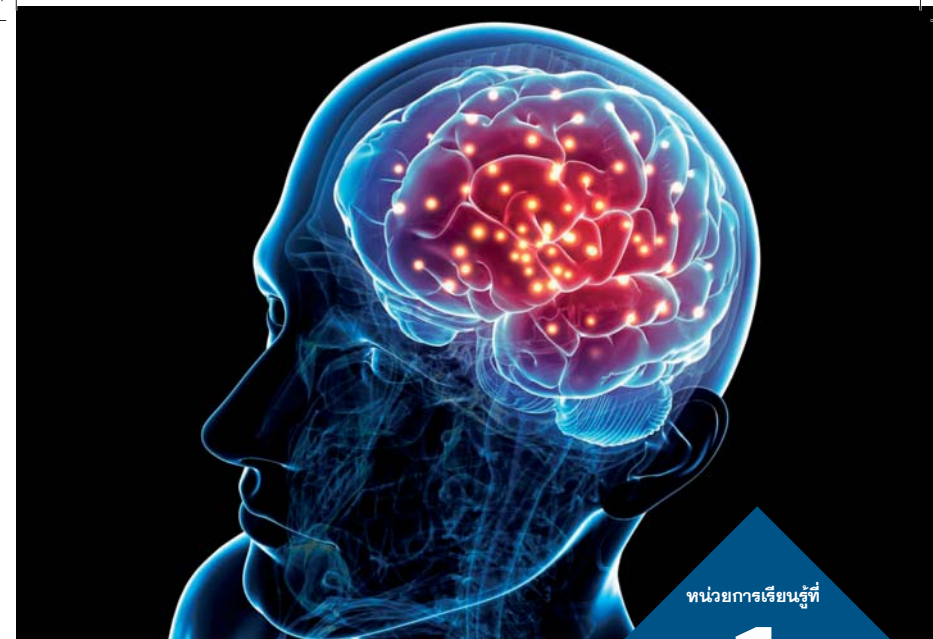
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต	46
1. การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว	48
2. การเคลื่อนที่ของสัตว์	50
2.1 การเคลื่อนที่ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	50
2.2 การเคลื่อนที่ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง	54
3. การเคลื่อนที่ของมนุษย์	57
โครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของมนุษย์	57
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	70

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ระบบสืบพันธุ์	71
1. การสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต	73
2. การสืบพันธุ์ของมนุษย์	77
2.1 ระบบสืบพันธุ์เพศชาย	77
2.2 ระบบสืบพันธุ์เพศหญิง	80
2.3 การปฏิสนธิและการตั้งครรภ์	83
3. การเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต	86
3.1 การเจริญเติบโตของกบ	88
3.2 การเจริญเติบโตของไก่	90
3.3 การเจริญเติบโตของมนุษย์	92
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	99

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 ระบบต่อมไร้ท่อ	102
1. ต่อมไร้ท่อ	104
ลักษณะการทำงานของต่อมไร้ท่อ	105
2. ฮอรโมนจากต่อมไร้ท่อและอวัยวะที่สำคัญ	107
3. พิโรโมน	120
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	128

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 พฤติกรรมของสัตว์	129
1. กลไกการเกิดพฤติกรรม	131
ประเภทของพฤติกรรม	132
2. การสื่อสารระหว่างสัตว์	142
คำถามท้ายหน่วยการเรียนรู้	151

บรรณานุกรม	152
อภิธานศัพท์	153



หน่วยการเรียนรู้ที่

1



ระบบประสาท

สาระการเรียนรู้

- 1 การรับรู้และการตอบสนอง
- 2 เซลล์ประสาท
- 3 ศูนย์ควบคุมระบบประสาท
- 4 การทำงานของระบบประสาทสั่งการ
- 5 อวัยวะรับความรู้สึก

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทของไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน กุ้ง หอย แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง
2. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท
3. อธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาท และกลไกการถ่ายทอดกระแสประสาท
4. อธิบายและสรุปเกี่ยวกับการสร้างของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก
5. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ในสมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง สมองส่วนหลัง และไขสันหลัง
6. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างการทำงานของระบบประสาทไขมาติกและระบบประสาทอัตโนมัติ
7. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนังของมนุษย์ ยกตัวอย่างโรคต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทและการดูแลป้องกันและรักษา
8. สังเกตและอธิบายการหาตำแหน่งของจุดบอด โฟเวีย และความไวในการรับสัมผัสของผิวหนัง

คนเรารู้สึกเจ็บปวดได้อย่างไร

1. การรับรู้และการตอบสนอง



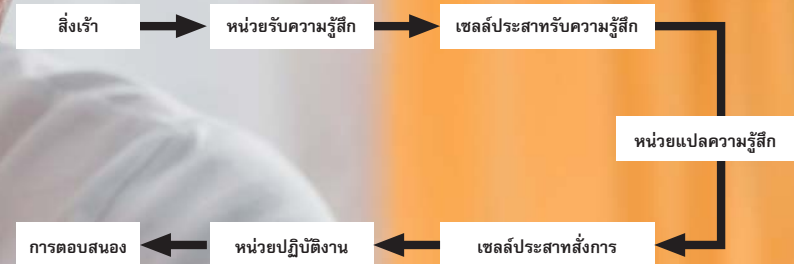
แนวคิดสำคัญ

การรับรู้และการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสัตว์ชั้นสูง เกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างระบบประสาทและระบบต่อมไร้ท่อ ทั้ง 2 ระบบทำงานแตกต่างกันแต่จะควบคุมและติดต่อกับระบบงานของร่างกายเข้าด้วยกัน เรียกการทำงานของทั้ง 2 ระบบนี้ว่า ระบบประสานงาน โดยระบบประสาทจะควบคุมการตอบสนองที่เกิดขึ้นและสิ้นสุดลงอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ระบบต่อมไร้ท่อจะควบคุมการตอบสนองที่เกิดขึ้นช้าแต่มีผลต่อเนื่องในระยะเวลายาวนาน

”

ในการดำรงชีวิตในแต่ละวัน นักเรียนรับรู้สิ่งแวดล้อมต่าง ๆ จากประสาทสัมผัส เช่น ตารับรู้แสงและภาพ จมูกรับรู้กลิ่น ลิ้นรับรู้รส หูได้ยินเสียง และผิวหนังรับรู้สัมผัส หลังจากการรับรู้สิ่งเร้าเหล่านี้ นักเรียนจะมีการตอบสนองแตกต่างกันออกไป ซึ่งสามารถแสดงการทำงานเป็นวงจรอย่างง่ายดังแผนภาพที่ 1.1

“

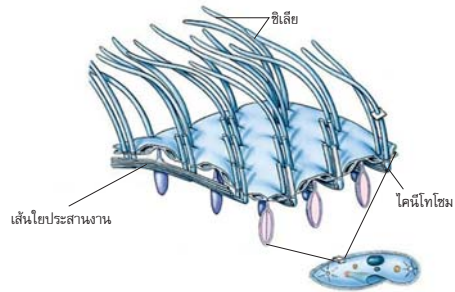


แผนภาพที่ 1.1 วงจรการทำงานการรับรู้และการตอบสนอง

การรับรู้และการตอบสนองอาจมีความซับซ้อนมากขึ้นโดยอาศัยการทำงานของระบบประสาทเป็นหลัก เมื่อสถานการณ์เปลี่ยนการรับรู้และการตอบสนองก็จะเปลี่ยนไปด้วย นอกจากนี้สิ่งเร้าบางประการส่งผลเกี่ยวข้องกับต่อน้องกับระบบอื่นอีกด้วย เช่น ระบบกล้ามเนื้อและกระดูกและระบบต่อมไร้ท่อ ซึ่งระบบเหล่านี้ช่วยให้ร่างกายทำงานเป็นปกติหรือตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้อย่างเหมาะสม

การรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เช่น โพรทิสต์ยังไม่มีเซลล์ประสาท แต่สามารถรับรู้ได้เพราะมีโครงสร้างบางส่วนของเซลล์ที่ทำหน้าที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าต่าง ๆ ได้แก่ แสงสว่าง อุณหภูมิ สารเคมี และวัตถุที่มาสัมผัส โดยการเคลื่อนที่เข้าหาหรือเคลื่อนที่หนี ตัวอย่างเช่น พารามีเซียมจะตอบสนองต่อแสงสว่าง อุณหภูมิ สารเคมี โดยการเคลื่อนที่หนีหรือเคลื่อนที่เข้าหา จากการศึกษาพบว่าได้อะพุ่มเซลล์มีเส้นใยเชื่อมโยงระหว่างโคนซีเลีย เรียกว่า **เส้นใยประสานงาน (coordinating fiber)** ทำหน้าที่รับและส่งสัญญาณการรับรู้และควบคุมการเคลื่อนไหวของซีเลียให้ประสานกันอย่างมีระเบียบระหว่างการเคลื่อนที่และความคุมให้ซีเลียพัดโบกไปได้



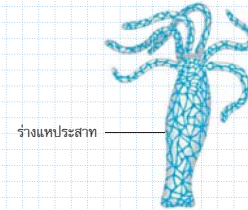
รูปที่ 1.1 เส้นใยประสานงานในเซลล์พารามีเซียม



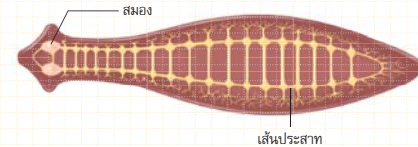
พารามีเซียม

การรับรู้และการตอบสนองของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

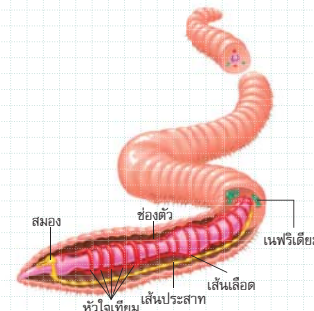
สัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังมีกลไกการรับรู้และตอบสนองต่อสิ่งเร้าแตกต่างไปตามความซับซ้อนของระบบประสาท



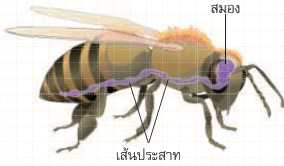
ไฮดรา มีเส้นประสาทเชื่อมโยงคล้ายร่างแห เรียกว่า **ร่างแหประสาท (nerve net)** สามารถเชื่อมโยงได้ทุกทิศทาง กล่าวคือเมื่อร่างกายส่วนใดส่วนหนึ่งถูกกระตุ้น เช่น ใช้เข็มแทงตรงปลายแทนดาเคิลของไฮดราจะพบว่าที่แทนดาเคิลและส่วนอื่น ๆ ของร่างกายหดสั้นลง



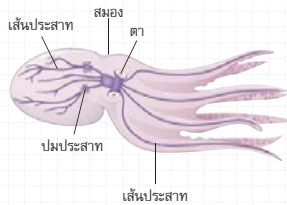
พลานาเรีย เริ่มมีการรวมตัวของเซลล์ประสาทเป็นกลุ่มที่ส่วนหัว เรียกว่า **ปมประสาท (nerve ganglion)** ซึ่งเป็นศูนย์รวมประสาทและมีเส้นประสาทแยกออกไปสองข้าง ข้างละเส้นทอดยาวตลอดตัวทางด้านท้อง (ventral nerve cord) โดยมีเส้นประสาทเชื่อมโยงถึงกันเป็นระยะ ๆ เป็นรูปขั้นบันไดจึงเรียกว่า ระบบประสาทแบบขั้นบันได และมีแขนงเล็ก ๆ แยกออกไปด้านข้างเพื่อไปเลี้ยงกล้ามเนื้อบริเวณข้างลำตัว



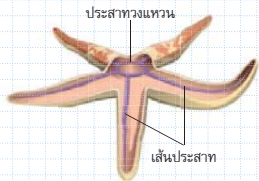
ไส้เดือนดิน มีจำนวนปมประสาทที่บริเวณหัวเพิ่มมากขึ้นและเรียงต่อกันเป็นวงแหวน (สมอง) ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของระบบประสาท และมีเส้นประสาทยาวตลอดตัวทางด้านท้อง (ventral nerve cord) เส้นประสาทอันนี้แท้จริงแล้วเป็น 2 เส้นคู่กันแต่เชื่อมกันจนดูคล้ายกับว่าเป็นเส้นเดียว ตรงกลางปล้องแต่ละปล้องเส้นประสาทนี้จะพองออกเป็นปมประสาทและมีแขนงประสาทแยกออกไปยังผนังลำตัวและอวัยวะที่อยู่ใกล้เคียง



แมลง มีปมประสาทอยู่ที่ส่วนหัว (สมอง) และลำตัว ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของระบบประสาท และเป็นศูนย์กลางอยู่เป็นระยะตามแนวกลางลำตัว มีเส้นประสาททอดยาวตลอดลำตัว (ventral nerve cord) ของแต่ละปล้องก็จะมีปมประสาทและใยประสาทยื่นออกมา



หอย หมึก ตามปกติประกอบด้วย ปมประสาท 3 คู่ เชื่อมกันโดยเส้นประสาทตามยาวและตามขวาง นอกจากนั้นยังมีอวัยวะสำหรับการสัมผัส ตมกลิ่น หรือลิ้มรส และอวัยวะรับความรู้สึกในการทรงตัว

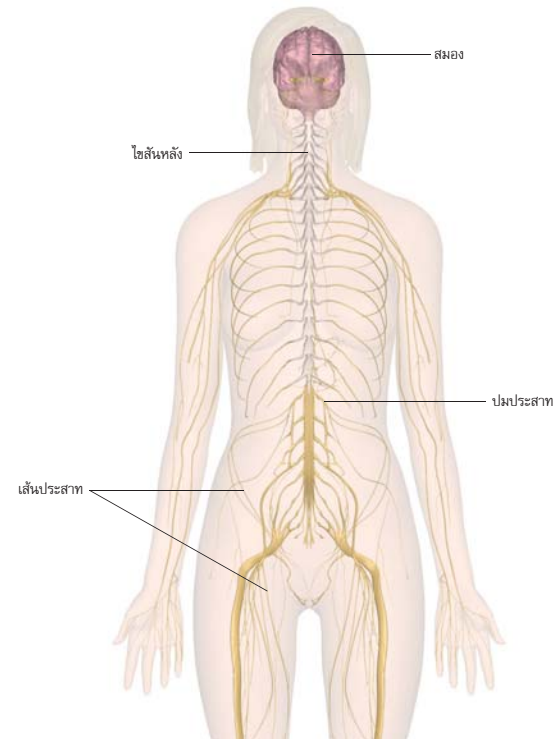


เม่นทะเล ดาวทะเล มีระบบประสาทแบบวงแหวน (nerve ring) อยู่รอบปาก แล้วมีแขนงแยกออกไปตามส่วนต่าง ๆ ตามแนวรัศมี

จากตัวอย่างดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ระบบประสาทของสัตว์มีวิวัฒนาการโดยเริ่มจากระบบประสาทที่มีเซลล์กระจายอยู่ทั่วร่าง มาเป็นระบบประสาทที่มีการรวมตัวของเซลล์ประสาทเป็นอวัยวะ และพัฒนาศูนย์ควบคุมของระบบประสาทให้อยู่ที่ส่วนหัว

การรับรู้และการตอบสนองของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

สัตว์ที่มีวิวัฒนาการสูงขึ้นจะมีจำนวนเซลล์ประสาทภายในร่างกายเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ และมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งจากระบบประสาทที่อยู่ทางด้านท้อง (ventral) มาอยู่ทางด้านหลัง (dorsal) สำหรับคนและสัตว์มีกระดูกสันหลังจะมีระบบประสาทที่พัฒนามาก จะมีศูนย์กลางควบคุมการทำงานอยู่ที่ระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งประกอบด้วย สมอง (brain) และไขสันหลัง (spinal cord) อวัยวะเหล่านี้ประกอบด้วยเซลล์ประสาทจำนวนมาก เซลล์ประสาทแต่ละเซลล์นั้นจะประกอบด้วยตัวเซลล์และใยประสาทที่แยกออกจากตัวเซลล์มีปมประสาท และเส้นประสาทแยกออกจากสมองและไขสันหลัง



รูปที่ 1.2 สมอง ไขสันหลัง และเส้นประสาทของมนุษย์



กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.1

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. การมีระบบประสาทแบบร่างแหของไฮดรา มีข้อดีและข้อเสียอย่างไร
2. สัตว์ที่พัฒนาสมองเป็นศูนย์กลางของระบบประสาท มีลักษณะการตอบสนองทางร่างกายต่อสิ่งเร้าอย่างไร

2. เซลล์ประสาท



แนวคิดสำคัญ

เซลล์ประสาทเป็นหน่วยทำงานที่เล็กที่สุดของระบบประสาทที่เจริญเปลี่ยนแปลงมาจากเนื้อเยื่อชั้นนอกโพเดียม เซลล์ประสาทประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ตัวเซลล์และใยประสาท เซลล์ประสาทแบ่งตามรูปร่างและจำนวนใยประสาทออกเป็น 3 ชนิด คือ เซลล์ประสาทขั้วเดียว เซลล์ประสาทสองขั้ว และเซลล์ประสาทหลายขั้ว นอกจากนี้เซลล์ประสาทยังสามารถแบ่งตามหน้าที่ออกเป็น 3 ชนิด คือ เซลล์ประสาทรับความรู้สึก เซลล์ประสาทสั่งการ และเซลล์ประสาทงาน

2.1 โครงสร้างของเซลล์ประสาท

เซลล์ประสาท (nerve cell) หรือนิวรอน (neuron) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับรู้และการตอบสนอง แต่ละเซลล์อาจมีการเชื่อมโยงเกี่ยวกับเซลล์ประสาทอื่นเป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถทำงานเกี่ยวกับการรับส่งสัญญาณระหว่างสิ่งเร้าภายนอกกับภายในได้อย่างเป็นระบบ โครงสร้างของเซลล์ประสาทประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

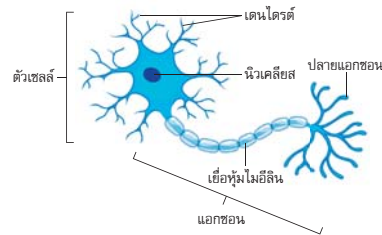
1. **ตัวเซลล์ (cell body)** เป็นเซลล์ที่ประกอบด้วยนิวเคลียส ไซโทพลาซึม และออร์แกเนลล์ต่าง ๆ ตัวเซลล์ของเซลล์ประสาทมีรูปร่างแตกต่างกัน แต่โดยทั่วไปมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4–25 ไมโครเมตร นอกจากนี้ยังพบว่าบางส่วนของไซโทพลาซึมในตัวเซลล์ประสาทมักกลุ่มของไรโบโซม เรียกว่า **missl body** ซึ่งทำหน้าที่สร้างโปรตีนบางชนิดสำหรับใช้ในการทำงานของเซลล์ประสาท

2. **ใยประสาท (nerve fiber)** เป็นส่วนของเซลล์ประสาทที่ยื่นออกจากตัวเซลล์ มีลักษณะเป็นแขนงเป็นเส้นเล็ก ๆ ใยประสาทแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.1 **เดนไดรต์ (dendrite)** เป็นใยประสาทที่นำกระแสประสาทเข้าสู่ตัวเซลล์ ซึ่งเป็นส่วนของไซโทพลาซึมที่ยื่นออกจากตัวเซลล์ มีความยาวไม่มาก มีการแตกแขนงเล็ก ๆ จำนวนมาก พื้นผิวมีลักษณะขรุขระ ทำให้มีพื้นที่ผิวมากขึ้นด้วย บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์มีโปรตีนที่เป็นตัวรับสารสื่อประสาทฝังอยู่

2.2 **แอกซอน (axon)** เป็นใยประสาทที่นำกระแสประสาทออกจากตัวเซลล์ ซึ่งเป็นส่วนที่ยื่นจากตัวเซลล์ตรงจุดที่เรียกว่า axon hillock เพียงเส้นเดียวนั้น แอกซอนมีความยาวมากกว่า 2 เมตร การที่มีความยาวมาก จึงอาจเรียกว่า **เส้นประสาท (nerve fiber)**

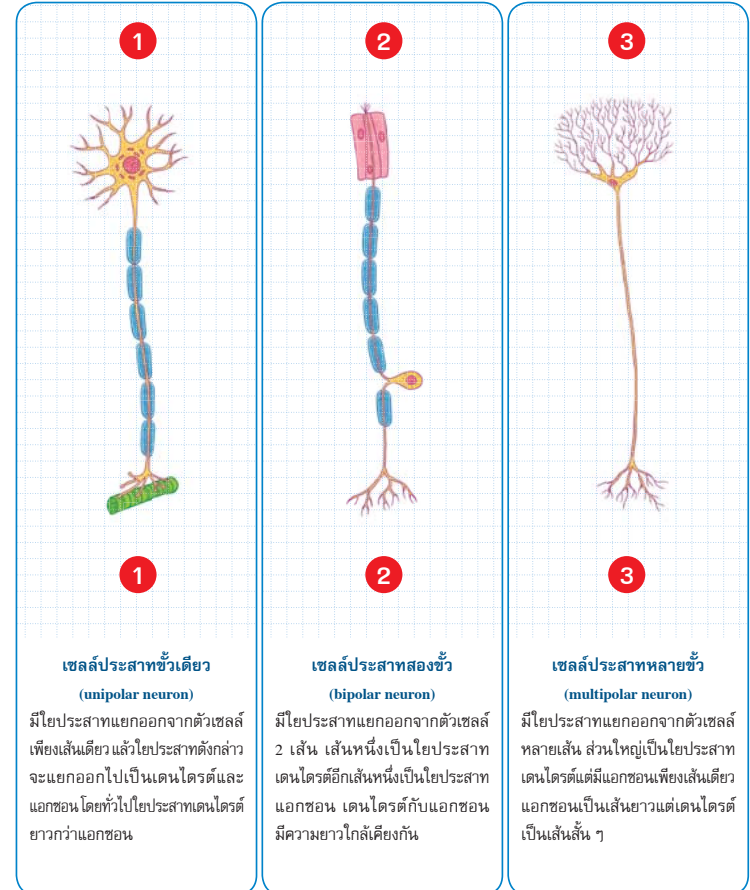
กรณีที่ใยประสาทยาวมักเป็นใยประสาทของแอกซอนจะมี **เยื่อหุ้มไมอีลิน (myelin sheath)** มาหุ้มใยประสาท เยื่อหุ้มไมอีลินจะมีสารจำพวกลิพิดเป็นองค์ประกอบ เมื่อตรวจสอบภาคตัดขวางของเยื่อหุ้มไมอีลินด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนจะพบเยื่อหุ้มไมอีลินกับเซลล์ชวานน์ (Schwann cell) ซึ่งเยื่อหุ้มไมอีลินจะถูกสร้างขึ้นจากเซลล์ชวานน์ส่วนของแอกซอนตรงบริเวณรอยต่อระหว่างเซลล์ชวานน์แต่ละเซลล์เป็นบริเวณที่ไม่มีเยื่อหุ้มไมอีลิน เรียกว่า **โนดออฟแรนเวียร์ (node of Ranvier)**



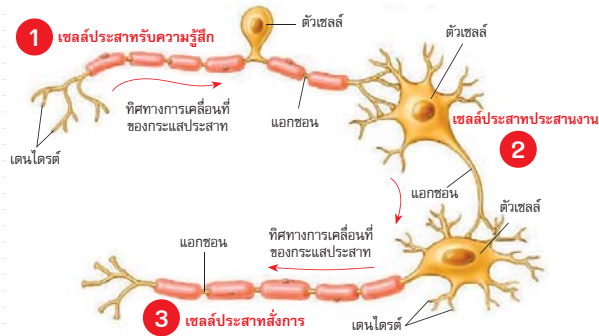
รูปที่ 1.3 โครงสร้างของเซลล์ประสาท

2.2 ชนิดของเซลล์ประสาท

การจำแนกชนิดของเซลล์ประสาทโดยใช้จำนวนใยประสาทต่อหนึ่งเซลล์เป็นเกณฑ์



การจำแนกชนิดของเซลล์ประสาทโดยทำหน้าที่เป็นเกณฑ์



1

เซลล์ประสาทรับความรู้สึก (sensory neuron)

เซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่รับกระแสความรู้สึกจากหน่วยรับความรู้สึก เดนไดรต์ของเซลล์ประสาทชนิดนี้จะเชื่อมต่อกับหน่วยรับความรู้สึกหรืออวัยวะรับความรู้สึก ขณะที่แอกซอนจะต่ออยู่กับเซลล์ประสาทอื่น ๆ ดังนั้นกระแสประสาทจึงถูกถ่ายทอดไปยังเซลล์ประสาทสั่งการ โดยที่กระแสประสาทอาจถูกส่งผ่านเซลล์ประสาทประสานงานหรือไม่ผ่านก็ได้

2

เซลล์ประสาทประสานงาน (association neuron)

เซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่ส่งต่อกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาทรับความรู้สึกกับเซลล์ประสาทสั่งการ โดยเดนไดรต์ของเซลล์ประสาทประสานงานจะต่ออยู่กับแอกซอนของเซลล์ประสาทรับความรู้สึก

3

เซลล์ประสาทสั่งการ (motor neuron)

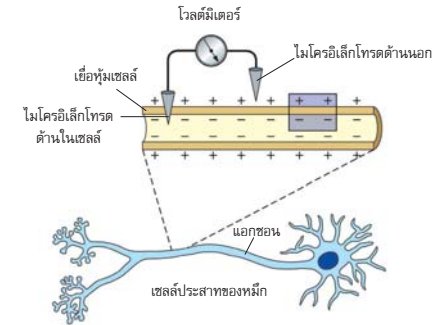
เซลล์ประสาทนี้เป็นเซลล์ประสาทหลายตัวที่มีใยประสาทแอกซอนยาวกว่าเดนไดรต์ ความยาวของแอกซอนอาจยาวถึง 1 เมตร เนื่องจากมีตัวเซลล์อยู่ในไขสันหลัง จึงต้องส่งกระแสประสาทจากไขสันหลังไปยังหน่วยปฏิบัติงานที่อยู่ไกลออกไป เซลล์ประสาทสั่งการมีใยประสาทเดนไดรต์ต่ออยู่กับเซลล์ประสาทอื่น ๆ ขณะที่แอกซอนต่ออยู่กับหน่วยปฏิบัติงาน

2.3 การทำงานของเซลล์ประสาท

เซลล์ประสาททำหน้าที่ส่งกระแสประสาทที่เกิดขึ้นทั้งภายในเซลล์ซึ่งเป็นการส่งกระแสประสาทจากบริเวณหนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่งของเซลล์หรือการส่งกระแสประสาทระหว่างเซลล์โดยกระแสประสาทจะอยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของไอออนผ่านเยื่อเซลล์ การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทอาศัยพลังงานจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของเซลล์ประสาทโดยตรง

การเกิดกระแสประสาท

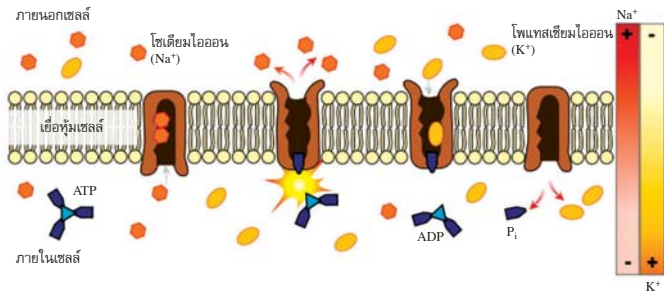
การศึกษาที่ช่วยให้เข้าใจเรื่องการนำกระแสประสาทได้ดีขึ้นเป็นผลจากการทดลองของนักสรีรวิทยา 2 ท่าน คือ ฮอดจกิน (A.L. Hodgkin) และฮักซเลย์ (A.F. Huxley) ผู้ได้รับโนเบลใน พ.ศ. 2506 ทั้งสองได้ทำการทดลองการเกิดกระแสประสาทโดยใช้ไมโครอิเล็กโทรด (microelectrode) ที่ต่อเข้ากับมาตรวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (cathode ray oscilloscope) จากนั้นเปลี่ยนปลายด้านหนึ่งของไมโครอิเล็กโทรดสอดเข้าไปในแอกซอนขนาดใหญ่ของหมีก ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งและที่ผิวหนังนอกของแอกซอนของหมีกดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 การวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายนอกและภายในเซลล์ประสาทของหมีก

ผลจากการศึกษาพบว่า เยื่อหุ้มเซลล์ประสาทจะมีคุณสมบัติในการกั้นประจุไฟฟ้าได้ ดังนั้นในภาวะปกติที่เซลล์ประสาทยังไม่ถูกกระตุ้นหรือไม่มีการส่งประสาทเคลื่อนที่ผ่านซึ่งเรียกว่า **ระยะโพลาไรเซชันหรือระยะพัก (polarization หรือ resting stage)** ในระยะนี้จะพบว่าสารละลายภายนอกและภายในเซลล์ประสาทมีประจุไฟฟ้าต่างกัน โดยมีความต่างศักย์ประมาณ -70 ถึง -90 มิลลิโวลต์ เนื่องจากสารละลายภายนอกเซลล์มีโซเดียมไอออน (Na^+) มากกว่าภายในเซลล์และมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก ในขณะที่ภายในเซลล์จะมีโพแทสเซียมไอออน (K^+) สูงกว่านอกเซลล์และมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ ความแตกต่างระหว่างประจุไฟฟ้าภายในกับภายนอกเยื่อหุ้มเซลล์เช่นนี้ ทำให้เกิดศักย์เยื่อเซลล์มีค่า -70 มิลลิโวลต์

เนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์มีสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่านที่ยอมให้ K^+ ผ่านออกนอกเซลล์ได้มากกว่าที่จะยอมให้ Na^+ ผ่านเข้าไปในเซลล์ เพื่อรักษาความเข้มข้นของไอออนให้มี K^+ อยู่ภายในเซลล์มากกว่าและ Na^+ อยู่ภายนอกเซลล์มากกว่า จึงเกิด **กระบวนการโซเดียม-โพแทสเซียมปั๊ม (sodium-potassium pump, Na^+-K^+ pump)** โดยอาศัยพลังงานจาก ATP ขับ Na^+ ออกจากเซลล์ทางช่องโซเดียม และดึง K^+ เข้าสู่เซลล์ทางช่องโพแทสเซียมตลอดเวลา โดยมีอัตราส่วน $3Na^+ : 2K^+$



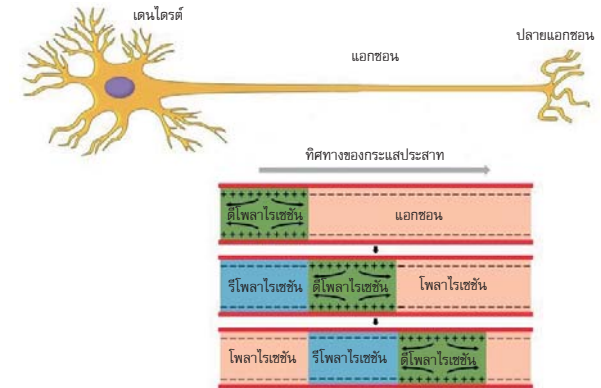
รูปที่ 1.5 การกระบวนการโซเดียม-โพแทสเซียมปั๊ม

จากการทำงานดังกล่าวทำให้มีโซเดียมภายนอกเซลล์มากกว่าภายในถึง 10 เท่า มีโพแทสเซียมภายในมากกว่าภายนอก 30 เท่า สารประกอบภายนอกเซลล์ส่วนใหญ่เป็นพวกโซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ (Cl^-) ส่วนภายในเซลล์ประสาทจะประกอบด้วยโพแทสเซียมไอออน (K^+) และสารอินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่ เช่น โปรตีน กรดนิวคลีอิกซึ่งมีประจุเป็นลบ และไม่สามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าและออกทุกสภาวะ จึงทำให้ผลรวมของประจุภายนอกเซลล์ประสาทมีสภาพเป็นบวกเมื่อเทียบกับภายในซึ่งมีสภาพเป็นลบ

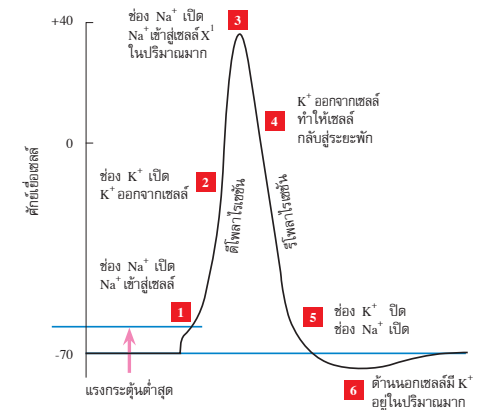
เมื่อมีสิ่งเร้ากระตุ้นเซลล์ประสาทในระดับที่เซลล์สามารถตอบสนองได้ (threshold) จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อเซลล์ เป็นผลให้ช่องโซเดียมเปิด Na^+ จึงแพร่เข้าไปในเซลล์มากขึ้นในเวลาประมาณ $\frac{1}{100}$ วินาที ทำให้ผิวหนังด้านในของเซลล์ประสาทมีการเปลี่ยนแปลงประจุไฟฟ้าเป็นประจุบวก ขณะที่ผิวหนังนอกของเยื่อหุ้มเซลล์ซึ่งสูญเสีย Na^+ จะเปลี่ยนเป็นประจุลบ การเปลี่ยนแปลงประจุไฟฟ้าบริเวณที่มีการกระตุ้นดังกล่าวนี้เรียกว่า **ดีโพลาไรเซชัน (depolarization)** เมื่อวัดความต่างศักย์ที่เยื่อเซลล์พบว่า ค่าความต่างศักย์ที่เยื่อเซลล์เปลี่ยนจาก -70 มิลลิโวลต์ เป็น $+50$ มิลลิโวลต์ ซึ่งเรียกขานกันว่า **ระยะดีโพลาไรเซชันหรือแอกชันโพเทนเชียล (depolarization หรือ action potential)**

หลังจาก Na^+ ผ่านเข้าไปในเซลล์สักครู่หนึ่ง ช่องโซเดียมที่เยื่อหุ้มเซลล์จะปิดทำให้ Na^+ ไม่สามารถผ่านเข้าไปในเซลล์ได้ แต่ช่องโพแทสเซียมจะเปิดทำให้ K^+ แพร่ออกนอกเซลล์ได้ ขณะเดียวกันจะเกิดกระบวนการโซเดียม-โพแทสเซียมปั๊มเพื่อดึง K^+ เข้าสู่เซลล์และขับ Na^+ ออกนอกเซลล์ ทำให้ภายนอกเซลล์มีสภาพเป็นประจุบวกแต่ภายในเซลล์เป็นประจุลบ ความต่างศักย์ที่เยื่อหุ้มเซลล์จะเปลี่ยนจาก $+50$ มิลลิโวลต์ กลับมาเป็น -70 มิลลิโวลต์ เช่นเดิม เรียกขานกันว่า **ระยะรีโพลาไรเซชัน (repolarization)**

การเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ดังกล่าวเรียกว่า **แอกชันโพเทนเชียล (action potential)** หรือ **กระแสประสาท (nerve impulse)** การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตรงบริเวณที่เกิดกระตุ้นจะชักนำให้เกิดแอกชันโพเทนเชียลในบริเวณถัดไป ขณะที่บริเวณที่เกิดแอกชันโพเทนเชียลแล้วจะกลับสู่สภาพศักย์ไฟฟ้าระยะพักอีกครั้งหนึ่ง กระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้นเรื่อย ๆ ไป ทำให้กระแสประสาทเคลื่อนที่ไปตามความยาวของใยประสาทแบบจุดต่อจุดต่อเนื่องกันของแอกซอนที่ไม่มีเยื่อหุ้มไมอีลินไปจนถึงปลายแอกซอน

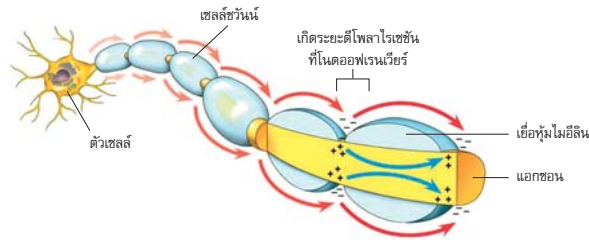


รูปที่ 1.6 การเกิดกระแสประสาทในเซลล์ประสาทระยะโพลาไรเซชัน ระยะดีโพลาไรเซชัน และระยะรีโพลาไรเซชัน



กราฟที่ 1.1 การเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าขณะที่ยังกระตุ้น

บริเวณใยประสาทที่มีเยื่อหุ้มไมอีลินจะไม่มีการแยกแยะเซลล์เกิดขึ้นตรงบริเวณนั้น เนื่องจากเยื่อหุ้มไมอีลินจะทำหน้าที่เป็นฉนวนกันกระแสไฟฟ้า ดังนั้นกระแสประสาทจะเคลื่อนที่จากบริเวณโนดออฟแรนเยียร์หนึ่งไปยังโนดออฟแรนเยียร์ถัดไปตลอดความยาวของใยประสาท ซึ่งเป็นบริเวณของแอกซอนที่ไม่มีเยื่อหุ้มไมอีลินหุ้มการเคลื่อนที่ของกระแสประสาทดังกล่าวจึงมีลักษณะเสมือนกระโดดจากโนดออฟแรนเยียร์หนึ่งไปยังโนดออฟแรนเยียร์ถัดไปเรื่อย ๆ ซึ่งใช้เวลาในการเคลื่อนที่ที่น้อยกว่าการเคลื่อนที่ของกระแสประสาทในใยประสาทที่ไม่มีเยื่อหุ้มไมอีลินหุ้ม โดยจะเคลื่อนที่ได้ถึง 120 เมตรต่อวินาที ขณะที่กระแสประสาทจะเคลื่อนที่ในใยประสาทที่ไม่มีเยื่อหุ้มไมอีลินด้วยความเร็วเพียง 12 เมตรต่อวินาที



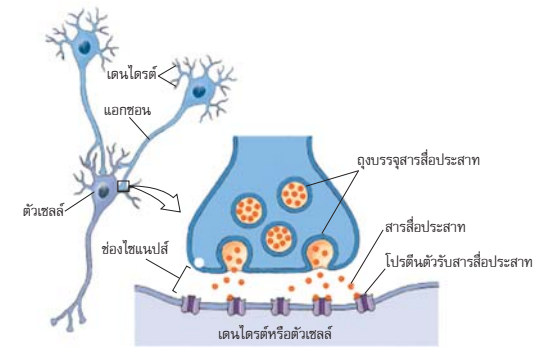
รูปที่ 1.7 การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทในใยประสาทที่มีเยื่อหุ้มไมอีลิน

การถ่ายทอดกระแสประสาทระหว่างเซลล์

เซลล์ประสาทแต่ละเซลล์จะมีการสานต่อกัน โดยส่วนปลายแอกซอนของเซลล์ประสาทหนึ่งจะอยู่ติดกับเดนไดรต์ของอีกเซลล์ประสาทหนึ่ง บริเวณที่อยู่ติดกันเป็นช่องแคบ ๆ เรียกว่า **ไซแนปส์ (synapse)** ซึ่งเป็นจุดประสานประสาท

การนำกระแสประสาทจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งของร่างกายจะมีการส่งกระแสประสาทผ่านเซลล์ประสาทมากกว่าหนึ่งเซลล์ โดยการถ่ายทอดกระแสประสาทผ่านทางไซแนปส์ที่มีขนาดของช่องประมาณ 0.02 ไมโครเมตร โดยอาศัยสารสื่อประสาทที่หลั่งออกมาจากปลายประสาทส่วนแอกซอน แล้วมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ของเยื่อหุ้มหลังจุดประสาน กล่าวคือ บริเวณปลายแอกซอนของเซลล์ประสาทจะพองออกเป็นกระเปาะ ภายในกระเปาะมีถุงขนาดเล็กและไมโทคอนเดรียสะสมอยู่เป็นจำนวนมาก ภายในถุงเหล่านี้จะบรรจุสารสื่อประสาท เมื่อกระแสประสาทเคลื่อนที่จากจุดกระตุ้นมาถึงปลายแอกซอน ถุงเล็ก ๆ ที่บรรจุสารสื่อประสาทจะเคลื่อนไปรวมตัวกับเยื่อหุ้มเซลล์ตรงบริเวณไซแนปส์ แล้วหลังสารสื่อประสาทออกไปกระตุ้นให้เกิดกระแสประสาทที่เยื่อหุ้มเซลล์ถัดไป โดยสารสื่อประสาทที่ถูกหลั่งออกมาจะเข้าสู่ช่องว่างระหว่างเซลล์ สารสื่อประสาทจะไปจับกับโปรตีนตัวรับที่เยื่อหุ้มเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ ทำให้มีกระแสประสาทเกิดขึ้นที่เดนไดรต์ของเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์แล้วถ่ายทอดไปยังตัวเซลล์ การถ่ายทอดของกระแสประสาทจะเกิดขึ้นต่อเนื่องจนลงปลายทาง และเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน คือ เคลื่อนที่ออกจากแอกซอนของเซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์ไปยังเดนไดรต์ แล้วเข้าสู่ตัวเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ต่อเนื่องกันไป

หลังจากนั้นสารสื่อประสาทที่เหลืออยู่ในช่องไซแนปส์จะถูกสลายโดยเอนไซม์ที่เฉพาะกับชนิดของสารสื่อประสาทนั้น ๆ สารที่ได้จากการสลายบางส่วนจะถูกนำกลับไปสร้างเป็นสารสื่อประสาทใหม่ บางส่วนก็เข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดเพื่อกำจัดออก ดังนั้นเดนไดรต์จึงถูกกระตุ้นเฉพาะเวลาที่แอกซอนปล่อยสารสื่อประสาทออกมาเท่านั้น



รูปที่ 1.8 การเกิดไซแนปส์ที่เกิดขึ้นระหว่างเซลล์ประสาท

นอกจากนี้ในปัจจุบันพบว่า ยาและสารเคมีหลายชนิดที่มีผลต่อการถ่ายทอดกระแสประสาทบริเวณไซแนปส์ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 สารเคมีที่มีผลต่อการถ่ายทอดกระแสประสาท

สารเคมี	ผลต่อการถ่ายทอดกระแสประสาท
สารพิษจากแบคทีเรีย เช่น คลอสทริเดียม โบทูลินัม	ยับยั้งการปล่อยสารสื่อประสาทโดยออกฤทธิ์ต่อโปรตีนที่ถุงบรรจุสารสื่อประสาท ซึ่งทำให้เกิดอาการอัมพาต (กล้ามเนื้อไม่หดตัว) ได้
พิษงูเห่า	แย่งสารสื่อประสาทจับกับตัวรับแอซิติลโคลีน (acetylcholine receptor) เป็นผลให้ไม่เกิดดีโพลาไรเซชันที่เซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ ซึ่งทำให้เกิดอาการอัมพาตได้
สารนิโคติน กาเฟอีน แอมเฟตามีน	กระตุ้นให้ปล่อยสารสื่อประสาทออกมามาก เนื่องจากสารสื่อประสาท เช่น แอซิติลโคลีน ไม่หลุดจากบริเวณไซแนปส์จึงกระตุ้นประสาทตลอดเวลา ทำให้เกิดการตื่นตัว หัวใจเต้นเร็ว
ยาฆ่าแมลง เช่น ออการิโนฟอสเฟต และคาร์บาเมท	ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่จะสลายสารสื่อประสาท ได้แก่ เอนไซม์แอซิติลโคลีน เอสเทอเรสเป็นผลให้มีการค้างของแอซิติลโคลีน ที่ตัวรับต่าง ๆ ทำให้เกิดการอัมพาต ถ้าไม่ได้รับการแก้ไขที่ถูกต้องภายใน 24 ชั่วโมง สารนี้จะสร้างพันธะที่คงทน (stable bond) ทำให้เสียชีวิตอย่างถาวร



กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.2

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. โครงสร้างของเซลล์ประกอบด้วยส่วนใดบ้าง และแต่ละส่วนทำหน้าที่อะไรบ้าง
2. โนดออฟเรนเวียร์มีบทบาทอย่างไรในการถ่ายทอดกระแสประสาทภายในเซลล์ประสาท
3. เซลล์ประสาทหลายตัวพบที่อวัยวะใดมากที่สุด เพราะเหตุใด
4. การเกิด $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ pump มีจุดประสงค์เพื่อสิ่งใด และมีวิธีการนำสารผ่านเข้าออกเซลล์ด้วยวิธีการใด
5. หากไม่มีสารสื่อประสาทระหว่างเซลล์จะเกิดผลต่อการรับรู้และการตอบสนองของร่างกายอย่างไร

3. ศูนย์ควบคุมระบบประสาท



แนวคิดสำคัญ

ระบบประสาทแบ่งตามตำแหน่งและโครงสร้างออกเป็น 2 ระบบ คือ ระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทส่วนนอก

ระบบประสาทส่วนกลางประกอบด้วยสมองและไขสันหลัง ทำหน้าที่เป็นศูนย์ควบคุมระบบประสาท

ระบบประสาทส่วนนอกประกอบด้วยเส้นประสาทสมองและเส้นประสาทไขสันหลัง ทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างหน่วยรับความรู้สึก ระบบประสาทส่วนกลางและหน่วยปฏิบัติงาน โดยการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อลายที่ยึดติดกับกระดูกให้เคลื่อนไหวหรือทรงตัวได้ตามต้องการ

ระบบประสาทแบ่งตามตำแหน่งและโครงสร้างออกเป็น

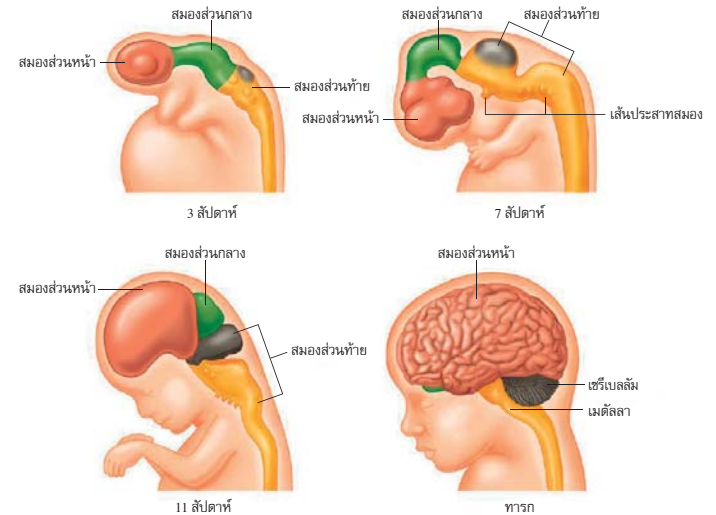
2 ระบบ คือ

1. ระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system : CNS) ประกอบด้วยสมองและไขสันหลัง

2. ระบบประสาทส่วนนอก (peripheral nervous system : PNS) ประกอบด้วยเส้นประสาทสมองและเส้นประสาทไขสันหลัง

3.1 ระบบประสาทส่วนกลาง

ระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system : CNS) ประกอบด้วยสมองและไขสันหลัง ทำหน้าที่เป็นศูนย์ควบคุมระบบประสาทของมนุษย์ ซึ่งเป็นโครงสร้างที่พัฒนามาจากโครงสร้างที่เรียกว่า **นิวรอลทิวบ์ (neural tube)**



รูปที่ 1.9 การพัฒนาการของสมองของมนุษย์

จากรูปที่ 1.9 ส่วนหน้าของนิวรัลทิวบ์จะพองออกและพัฒนาเป็นสมอง 3 ส่วน คือ สมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง และสมองส่วนท้าย และต่อด้วยไขสันหลังที่ทอดยาวไปตลอดลำตัว

สมองและไขสันหลังถูกห่อหุ้มด้วยเยื่อหุ้ม (meninges) ร่วมกันเรียกว่า **เยื่อหุ้มสมองและไขสันหลัง** มี 3 ชั้น คือ

1. **ชั้นนอก (dura mater)** มีลักษณะเป็นเยื่อหนาเหนียวและแข็งแรง ทำหน้าที่ป้องกันการกระทบกระเทือนให้กับส่วนที่เป็นเนื้อสมองและไขสันหลัง

2. **ชั้นกลาง (arachnoid mater)** มีลักษณะเป็นเยื่อบาง ๆ อยู่ติดกับเยื่อหุ้มสมองชั้นนอกสุด

3. **ชั้นใน (pia mater)** มีลักษณะเป็นเยื่อบาง ๆ อยู่ติดกับสมองและไขสันหลัง โดยแนบสนิทไปกับรอยโค้งเว้าของสมองและไขสันหลัง มีหลอดเลือดมาเลี้ยงมากที่สุด เพื่อนำสารอาหารและออกซิเจนมาเลี้ยงสมองและไขสันหลัง

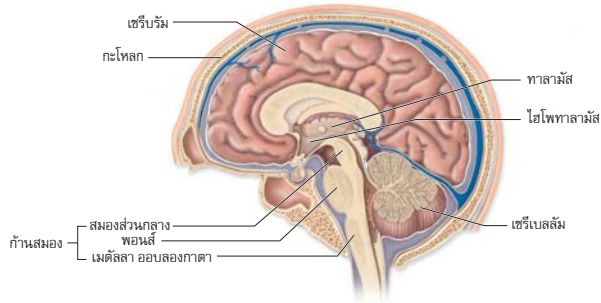
ระหว่างเยื่อหุ้มสมองชั้นกลางกับชั้นในเป็นช่องติดต่อกับช่องภายในไขสันหลังและช่องว่างในสมอง เรียกว่า **โพรงสมอง (ventricle)** ภายในช่องดังกล่าวนี้บรรจุของเหลวที่เรียกว่า **น้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลัง (cerebrospinal fluid)** ทำหน้าที่นำสารอาหาร แก๊สออกซิเจน ฮอโมน และเซลล์เม็ดเลือดขาวจากเลือดส่งไปยังสมองและไขสันหลัง รวมทั้งนำของเสียออกจากสมองและไขสันหลัง นอกจากนี้ น้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังยังป้องกันการกระทบกระเทือนให้กับสมองด้วย



ถ้าสมองขาดออกซิเจนเพียง 3-5 นาที เซลล์ประสาทในสมองอาจตายได้

สมอง

สมอง (brain) เป็นอวัยวะที่เกี่ยวกับความคิด ความจำ ความฉลาด ควบคุมการรับรู้ การตอบสนอง และการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ โดยเป็นศูนย์กลางของระบบประสาท สมองของคนมีน้ำหนักประมาณ 1.4 กิโลกรัม หรือประมาณร้อยละ 2 ของน้ำหนักตัว เนื้อสมองประกอบด้วยส่วนที่เป็นสีเทาอยู่ชั้นนอกประกอบด้วยเซลล์ประสาทเดนไดรต์ และแอกซอนที่ไม่มีเยื่อหุ้มไมอีลิน ชั้นในเป็นเนื้อสีขาวประกอบด้วยแอกซอนที่มีเยื่อหุ้มไมอีลิน สารประกอบจำพวกลิพิดในเยื่อหุ้มไมอีลินทำให้เนื้อเยื่อบริเวณนี้มองเห็นเป็นสีขาว สมองประกอบด้วยเซลล์ประสาทมากกว่าร้อยละ 90 ของเซลล์ประสาททั้งหมดในร่างกายส่วนใหญ่เป็นเซลล์ประสาทประสาทรานส์มิสซัน สมองบรรจุอยู่ในกะโหลกศีรษะที่แข็งแรง ช่วยป้องกันการกระทบกระเทือนหรืออันตรายต่าง ๆ ให้กับสมอง



รูปที่ 1.10 โครงสร้างสมองส่วนต่าง ๆ ของมนุษย์

สมองของคนแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

1. สมองส่วนหน้า (forebrain) ได้แก่

1.1 ออลแฟกทอรีบัลบ (olfactory bulb) อยู่ด้านหน้าสุด ทำหน้าที่รับกลิ่น แต่ในคนไม่มีมีการเจริญพัฒนาเหมือนสัตว์อื่น ๆ เช่น สุนัข ปลา

1.2 ซีรีบรัม (cerebrum) มีขนาดใหญ่ที่สุดและมีรอยหยักมาก ทำหน้าที่เกี่ยวกับความคิด ความจำสติปัญญา เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานด้านต่าง ๆ เช่น การรับสัมผัส การพูด การรับรู้ภาษา การมองเห็น การรับรส การได้ยินเสียง การดมกลิ่น การทำงานของกล้ามเนื้อ

1.3 ทาลามัส (thalamus) ทำหน้าที่เป็นศูนย์รวมกระแสประสาทที่ผ่านเข้าออก และแยกกระแสประสาทส่งไปยังสมองที่เกี่ยวข้องกับประสาทนั้น

1.4 ไฮโปทาลามัส (hypothalamus) ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนประสาทควบคุมการหลั่งฮอร์โมนของต่อมใต้สมองส่วนหน้า และเป็นศูนย์ควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย การเต้นของหัวใจ ความดันเลือด ความต้องการพื้นฐานของร่างกาย เช่น น้ำ อาหาร การพักผ่อน และความต้องการทางเพศ

2. สมองส่วนกลาง (midbrain) เป็นสมองที่อยู่ตรงกลางสมองส่วนหน้า มีหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของนิยน์ตา ทำให้ลูกนิยน์ตาถลอกออกไปและควบคุมการเปิดปิดของรูม่านตาในเวลาที่มีแสงมากหรือน้อย

3. สมองส่วนหลัง (hindbrain) ได้แก่

3.1 ซีรีบรัม (cerebellum) มีหน้าที่ประสานการเคลื่อนไหวของร่างกายให้ราบรื่น สละสลวย และเที่ยงตรงทำให้สามารถทำงานที่ละเอียดอ่อนได้ และควบคุมการทรงตัวของร่างกาย

3.2 เมดัลลา ออบลองกาตา (medulla oblongata) ทำหน้าที่เป็นศูนย์ควบคุมการเต้นของหัวใจ การหายใจ ความดันเลือด การกลืน การจาม การสะอึก การอาเจียน

3.3 พอนส์ (pons) ทำหน้าที่เป็นศูนย์ควบคุมการเคี้ยว การกลืนน้ำลาย การเคลื่อนไหวของใบหน้า และยังเป็นทางผ่านของกระแสประสาทระหว่างซีรีบรัมกับซีรีบรัม และระหว่างซีรีบรัมกับไขสันหลัง

สมองส่วนกลาง เมดัลลา ออบลองกาตา และพอนส์รวมกันเรียกว่า **ก้านสมอง (brain stem)**

ไขสันหลัง

ไขสันหลัง (spinal cord) บรรจุอยู่ในกระดูกสันหลังตั้งแต่กระดูกสันหลังตรงคอข้อแรกถึงกระดูกสันหลังตรงเอวข้อที่ 2 ส่วนปลายมีลักษณะแหลม โดยบริเวณที่อยู่ใกล้สมองมีขนาดใหญ่แล้วค่อย ๆ เรียวเล็กลงจนมีส่วนปลายแหลม ไขสันหลังทำหน้าที่เป็นทางผ่านของกระแสประสาทระหว่างหน่วยรับรู้ความรู้สึก สมอง และหน่วยปฏิบัติงาน รวมทั้งเป็นศูนย์สั่งการเพื่อให้หน่วยปฏิบัติงานทำงานได้

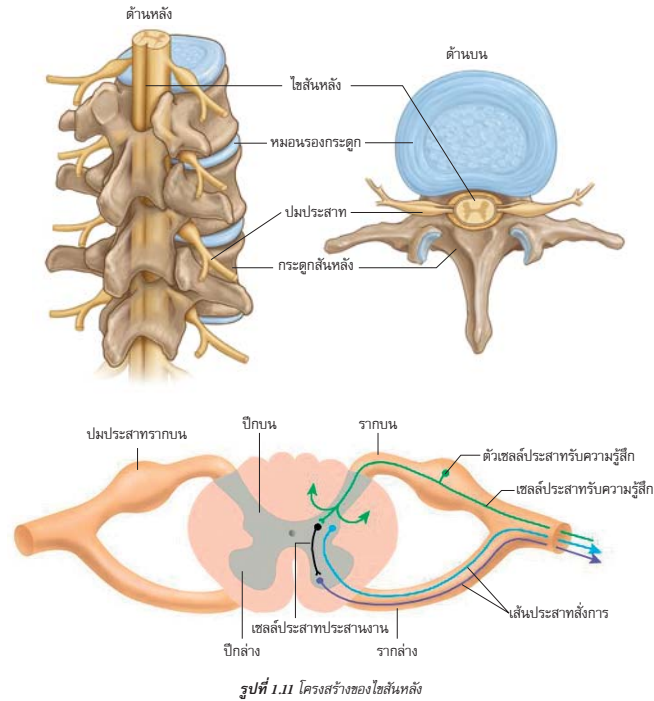
ไขสันหลังแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. เนื้อสีเทา (gray matter) มีตัวเซลล์ประสาทอยู่อย่างหนาแน่นรวมทั้งเซลล์ประสาทประสาทรานส์มิสซันที่ไม่มีเยื่อหุ้มไมอีลิน และมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ตรงกลางของเนื้อสีเทาเป็นช่องกลาง (central canal) มีน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังบรรจุอยู่ จากโครงสร้างภาคตัดขวางของไขสันหลังพบว่า เนื้อสีเทามีรูปร่างลักษณะคล้ายตัวอักษรตัวเอช (H) หรือปีกผีเสื้อ ซึ่งแบ่งย่อยออกเป็น 2 ส่วน คือ

1.1 ปีกบน 2 ปีก เรียกว่า **คอร์ซิลฮอร์น (dorsal horn)** เป็นบริเวณที่มีเซลล์ประสาทประสาทรานส์มิสซันจำนวนมาก ทำหน้าที่รับรู้ความรู้สึกส่งไปยังสมอง

1.2 ปีกล่าง 2 ปีก เรียกว่า **เวนทรัลฮอร์น (ventral horn)** ประกอบด้วยเซลล์ประสาทสั่งการ ทำหน้าที่ส่งกระแสประสาทไปควบคุมการทำงานของหน่วยปฏิบัติงาน

2. เนื้อสีขาว (white matter) เป็นเนื้อไขสันหลังที่อยู่ด้านนอกล้อมรอบเนื้อสีเทา เป็นบริเวณที่มีใยประสาทที่มีเยื่อหุ้มไมอีลิน มีทั้งใยประสาทที่มีตัวเซลล์อยู่ในไขสันหลัง ซึ่งนำกระแสประสาทส่งไปยังสมองและใยประสาทที่มีตัวเซลล์ประสาทอยู่ในสมอง ที่นำกระแสประสาทจากสมองสั่งการมายังไขสันหลัง ดังนั้นหน้าที่ของเนื้อไขสันหลังสีขาวจึงเป็นทางผ่านเข้าออกของกระแสประสาทระหว่างไขสันหลังกับสมอง



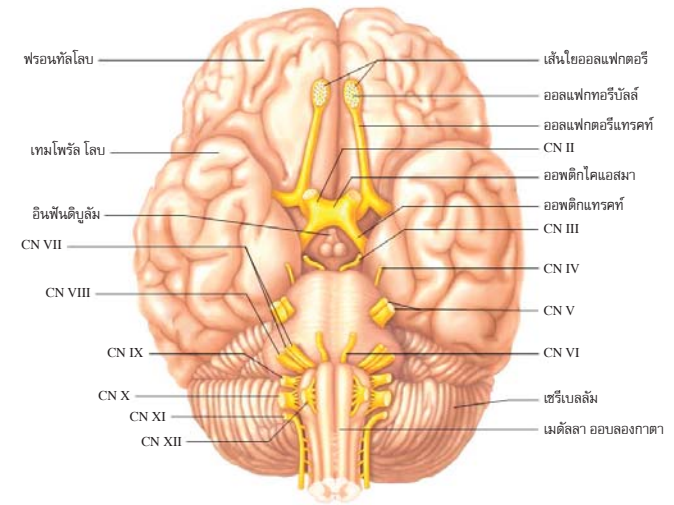
รูปที่ 1.11 โครงสร้างของไขสันหลัง

3.2 ระบบประสาทรอบนอก

ระบบประสาทรอบนอก (peripheral nervous system : PNS) ประกอบด้วยเส้นประสาทสมองและเส้นประสาทไขสันหลัง ทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างหน่วยรับความรู้สึก ระบบประสาทส่วนกลาง และหน่วยปฏิบัติงาน โดยการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อที่ยึดติดกับกระดูกให้เคลื่อนไหวหรือทรงตัวได้ตามต้องการ

เส้นประสาทสมอง

เส้นประสาทสมอง (cranial nerve : CN) เป็นเส้นประสาทที่ออกจากสมอง สมองทุกส่วนจะมีเส้นประสาทสมองแยกออกมาเป็นคู่ ๆ โดยมาจากสมองซีกซ้าย 1 เส้น และสมองซีกขวา 1 เส้น เส้นประสาทสมองทำหน้าที่รับสัญญาณความรู้สึกจากอวัยวะรับความรู้สึก และนำคำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของหน่วยปฏิบัติงานต่าง ๆ



รูปที่ 1.12 เส้นประสาทสมองของมนุษย์

ตารางที่ 1.2 ชื่อ หน้าที่ และอวัยวะติดต่อของเส้นประสาทสมองของคน

เส้นประสาทสมอง	หน้าที่	อวัยวะที่ติดต่อ
เส้นประสาท ออลแฟกทอรี (olfactory nerve)	เป็นเส้นประสาทสมองคู่ที่ 1 ทำหน้าที่รับความรู้สึกเกี่ยวกับการดมกลิ่น	รับความรู้สึกจากเยื่อจมูกไปยังสมองส่วนเซรีเบลลัม
เส้นประสาทออปติก (optic nerve)	เป็นเส้นประสาทสมองคู่ที่ 2 ทำหน้าที่รับความรู้สึกเกี่ยวกับการมองเห็น การรับแสง และการเห็นภาพ	รับความรู้สึกจากเรตินาของลูกตาไปยังสมองส่วนเซรีเบลลัม
เส้นประสาท ออกคูโลมอเตอร์ (oculomotor nerve)	เป็นเส้นประสาทสมองคู่ที่ 3 ทำหน้าที่นำคำสั่งเกี่ยวกับการควบคุมการเคลื่อนไหวของลูกตาและการทำงานของกล้ามเนื้อภายในลูกตา เพื่อปรับเลนส์ตา การหรี่ตา การลืมตา	นำคำสั่งจากสมองส่วนกลางไปยังกล้ามเนื้อของลูกตา

■ เส้นประสาทรับความรู้สึก

■ เส้นประสาทสั่งการ

■ เส้นประสาทผสม

ตารางที่ 1.2 ชื่อ หน้าที่ และอวัยวะติดต่อของเส้นประสาทสมองของคน (ต่อ)

เส้นประสาทสมอง	หน้าที่	อวัยวะที่ติดต่อ
เส้นประสาท โทรเคลียร์ (trochlear nerve)	เป็นเส้นประสาทสมองคู่ที่ 4 ทำหน้าที่นำคำสั่งเกี่ยวกับการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อของลูกตาทำให้ตาสามารถเคลื่อนไหวกลอกไปมาได้	นำคำสั่งจากสมองส่วนกลางด้านหลังไปยังกล้ามเนื้อของลูกตาบริเวณเบ้าตา
เส้นประสาท ไตรเจมินัล (trigeminal nerve)	เป็นเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 เป็นเส้นประสาทผสมโดยทำหน้าที่รับความรู้สึกรอบเบ้าตา ใบหน้า และฟัน นอกจากนี้ยังทำหน้าที่นำคำสั่งเกี่ยวกับการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อบริเวณแก้ม การเคลื่อนไหวของขากรรไกร การเคลื่อนไหวของหนังตาบนและล่าง	- รับความรู้สึกจากใบหน้าและฟันไปยังสมองส่วนซีรีเบลลัม - นำคำสั่งจากสมองไปยังใบหน้าและฟัน
เส้นประสาท แอบดูเซนส์ (abducens nerve)	เป็นเส้นประสาทสมองคู่ที่ 6 ทำหน้าที่นำคำสั่งเกี่ยวกับการควบคุมการเคลื่อนไหวของลูกตา เช่น การขยับตา การปรับโฟกัสในการมองเห็น	นำคำสั่งจากสมองส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างพอนส์กับเมดัลลา ออบลองกาตาไปยังกล้ามเนื้อของลูกตา
เส้นประสาท เฟเชียล (facial nerve)	เป็นเส้นประสาทสมองคู่ที่ 7 ทำหน้าที่รับความรู้สึกเกี่ยวกับการรับรส นอกจากนี้ยังทำหน้าที่นำคำสั่งเกี่ยวกับการควบคุมการหลั่งน้ำลายของต่อมน้ำลายใต้ลิ้นและต่อมน้ำลายใต้ขากรรไกร และควบคุมการแสดงออกของใบหน้า	- รับความรู้สึกจากตุ่มรับรสที่ปลายลิ้นไปยังสมองส่วนเมดัลลา ออบลองกาตา - นำคำสั่งจากสมองไปยังต่อมน้ำลาย
เส้นประสาท เวสติบูลโคเคลียร์ (vestibulocochlear nerve)	เป็นเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 ทำหน้าที่รับความรู้สึกเกี่ยวกับการได้ยิน	รับความรู้สึกจากหูส่วนในไปยังสมองส่วนเมดัลลา ออบลองกาตา
เส้นประสาท กลอสโซฟาริงเจียล (glossopharyngeal nerve)	เป็นเส้นประสาทสมองคู่ที่ 9 ทำหน้าที่รับความรู้สึกจากคอหอยและตุ่มรับรส นอกจากนี้ยังทำหน้าที่นำคำสั่งเกี่ยวกับการควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อบริเวณคอหอย เช่น การกลืน และควบคุมการหลั่งน้ำลาย	- รับความรู้สึกจากคอหอยและตุ่มรับรสบริเวณโคนลิ้นไปยังสมองส่วนเมดัลลา ออบลองกาตา - นำคำสั่งจากสมองไปยังคอหอยและต่อมน้ำลาย
เส้นประสาท เวกัส (vagus nerve)	เป็นเส้นประสาทสมองคู่ที่ 10 ทำหน้าที่รับความรู้สึกเกี่ยวกับอวัยวะในช่องอกและช่องท้อง นอกจากนี้ยังทำหน้าที่นำคำสั่งเกี่ยวกับการควบคุมการทำงานของปอด การเต้นของหัวใจ อวัยวะและต่อมต่าง ๆ ในระบบย่อยอาหาร	รับความรู้สึกและตอบสนองระหว่างสมองส่วนเมดัลลา ออบลองกาตากับอวัยวะในช่องอกและช่องท้อง

เส้นประสาทรับความรู้สึก เส้นประสาทสั่งการ เส้นประสาทผสม

ตารางที่ 1.2 ชื่อ หน้าที่ และอวัยวะติดต่อของเส้นประสาทสมองของคน (ต่อ)

เส้นประสาทสมอง	หน้าที่	อวัยวะที่ติดต่อ
เส้นประสาท ไพนัล แอกซซอรี (spinal accessory nerve)	เป็นเส้นประสาทสมองคู่ที่ 11 ทำหน้าที่นำคำสั่งเกี่ยวกับการควบคุมการยกไหล่ การเอียงคอ การหันศีรษะ และการออกเสียง	นำคำสั่งจากสมองส่วนเมดัลลา ออบลองกาตาไปยังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการยกไหล่และกล้ามเนื้อภายในลำคอ
เส้นประสาท ไฮโปกลอสซัล (hypoglossal nerve)	เป็นเส้นประสาทสมองคู่ที่ 12 ทำหน้าที่นำคำสั่งเกี่ยวกับการควบคุมการเคลื่อนไหวของลิ้น เช่น การคลุกเคล้าอาหาร การกลืนอาหาร	นำคำสั่งจากสมองส่วนเมดัลลา ออบลองกาตาไปยังลิ้น

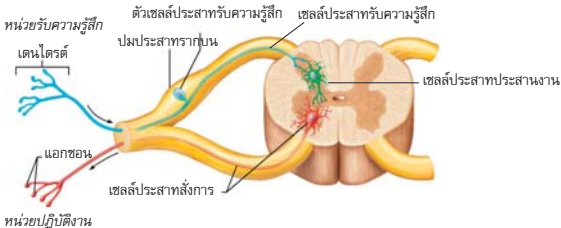
เส้นประสาทรับความรู้สึก เส้นประสาทสั่งการ เส้นประสาทผสม

เส้นประสาทไขสันหลัง

เส้นประสาทไขสันหลัง (spinal nerve : SN) เป็นเส้นประสาทที่แยกออกมาจากไขสันหลังเป็นคู่ ๆ ส่วนเส้นประสาทไขสันหลังที่อยู่ใกล้กับไขสันหลังจะแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ รากบน (dorsal root) และรากล่าง (ventral root)

1. รากบนของเส้นประสาทไขสันหลัง เป็นส่วนที่อยู่ติดกับกิบบนหรือดอร์ซัลฮอร์นของไขสันหลัง รากบนมีส่วนที่พองออกเรียกว่า **ปมประสาทรากบน (dorsal-root ganglion)** ภายในปมประสาทประกอบด้วยตัวเซลล์ประสาทรับความรู้สึกที่มีเดนไดรต์อยู่ในเส้นประสาทไขสันหลัง ส่วนของแอกซอนอยู่ในรากบนของเส้นประสาทไขสันหลังที่ยื่นเข้าไปในไขสันหลัง ดังนั้นรากบนจึงทำหน้าที่รับกระแสประสาทจากหน่วยรับความรู้สึก

2. รากล่างของเส้นประสาทไขสันหลัง เป็นส่วนที่อยู่ติดกับปีกล่างหรือเวนทรัลฮอร์นของไขสันหลัง รากล่างไม่มีปมประสาท แต่ประกอบด้วยแอกซอนของเซลล์ประสาทสั่งการที่มีตัวเซลล์อยู่ภายในเนื้อสีเทาของเวนทรัลฮอร์นของไขสันหลัง ดังนั้นรากล่างจึงทำหน้าที่นำกระแสประสาทไปยังหน่วยปฏิบัติงาน



รูปที่ 1.13 การถ่ายทอดกระแสประสาทในไขสันหลัง



กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.3

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ระบบประสาทส่วนกลางประกอบด้วยอวัยวะใดบ้าง และมีบทบาทสำคัญอย่างไรต่อระบบประสาท
2. สมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง และสมองส่วนท้าย ประกอบด้วยสมองส่วนที่มีชื่อว่าอะไรบ้าง และแต่ละส่วนทำหน้าที่อะไร ระบุมาพอเข้าใจ
3. การทำงานของระบบประสาทไขสันหลัง และการทำงานของระบบประสาทสมองมีลักษณะการทำงานที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

4. การทำงานของระบบประสาทสั่งการ



แนวคิดสำคัญ

ระบบประสาทของสัตว์มีกระดูกสันหลังมี 2 ส่วน คือ ระบบประสาทส่วนกลางที่ประกอบด้วยสมองและไขสันหลัง อีกส่วนคือ ระบบประสาทรอบนอกที่แบ่งตามการทำงานของเส้นประสาทมี 2 ส่วน คือ ส่วนที่รับความรู้สึกและสั่งการ ระบบประสาทรอบนอกส่วนที่สั่งการจำแนกออกเป็น 2 ส่วน คือ

ระบบประสาทโซมาติก เป็นการสั่งการโดยการทำงานโดยการสั่งการเกิดขึ้นกับหน่วยปฏิบัติงานที่บังคับได้

ระบบประสาทอัตโนมัติเป็นการสั่งการที่เกิดขึ้นกับหน่วยปฏิบัติงานที่บังคับไม่ได้ จำแนกออกเป็น 2 ระบบย่อย คือ ระบบซิมพาเทติกและระบบพาราซิมพาเทติก

ระบบประสาทของสัตว์มีกระดูกสันหลังมี 2 ส่วน คือ ระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งประกอบด้วยสมองและไขสันหลัง อีกส่วนคือ ระบบประสาทรอบนอกซึ่งจำแนกออกตามการทำงานของเส้นประสาทมี 2 ส่วน คือ ส่วนที่รับความรู้สึก (sensory division) ทำหน้าที่รับความรู้สึกจากภายนอกและภายในร่างกาย และส่วนที่สั่งการ (motor division) ระบบประสาทรอบนอกส่วนที่สั่งการจำแนกออกเป็น 2 ส่วน คือ ระบบประสาทโซมาติกและระบบประสาทอัตโนมัติ

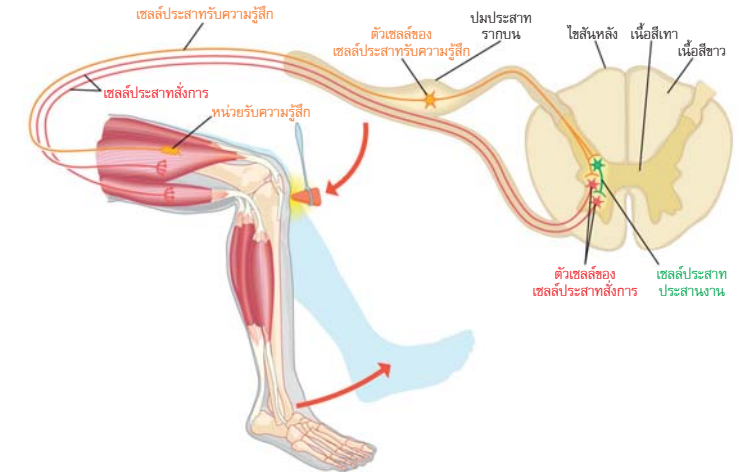
4.1 ระบบประสาทโซมาติก

ระบบประสาทโซมาติก (somatic nervous system : SNS) เป็นระบบประสาทที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ ยึดกระดูกและกล้ามเนื้อลาย เมื่อหน่วยรับความรู้สึกได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้า หน่วยรับความรู้สึกจะส่งกระแสประสาทเข้าสู่เส้นประสาทไขสันหลังและเส้นประสาทสมองแล้วส่งไปยังไขสันหลังหรือสมอง จากนั้นสมองจะส่งกระแสประสาทคำสั่งผ่านเส้นประสาทสมองหรือเส้นประสาทไขสันหลังไปยังกล้ามเนื้อ

ยึดกระดูกหรือกล้ามเนื้อลายซึ่งเป็นหน่วยปฏิบัติงาน การทำงานของระบบประสาทในลักษณะเช่นนี้เป็นการสั่งการที่สามารถบังคับหน่วยปฏิบัติงานได้ จึงจัดเป็นระบบประสาทที่ทำงานอยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ (voluntary nervous system) โดยมีสมองส่วนซีรีบรัมเป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงาน ตัวอย่างการตอบสนองของร่างกายที่เกิดจากการทำงานของระบบประสาทโซมาติก เช่น การเคลื่อนไหวของร่างกาย การเดิน การทรงตัว

นอกจากนี้ยังมีการทำงานของระบบประสาทโซมาติกที่มีการตอบสนองอย่างอัตโนมัติของหน่วยปฏิบัติงานที่มีต่อสิ่งเร้าโดยที่ไม่ได้อาศัยคำสั่งจากสมองแต่เป็นการสั่งการของไขสันหลัง จึงทำให้เกิดการตอบสนองของหน่วยปฏิบัติงานอย่างรวดเร็วโดยไม่ได้มีการคิดล่วงหน้าไว้ก่อน เรียกว่า **รีเฟล็กซ์ (reflex)** ส่วนกิริยาอาการที่แสดงออกเมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นซึ่งเกิดในระยะเวลาอันสั้น เรียกว่า **รีเฟล็กซ์แอกชัน (reflex action)** ตัวอย่างของรีเฟล็กซ์แอกชัน เช่น การกระตุกขาเมื่อถูกเคาะที่หัวเข่าเบา ๆ การชักมือออกจากสิ่งของที่ร้อน การชักเท้าออกเมื่อเหยียบกับปูหรือการกะพริบตา การไอ หรือการจาม

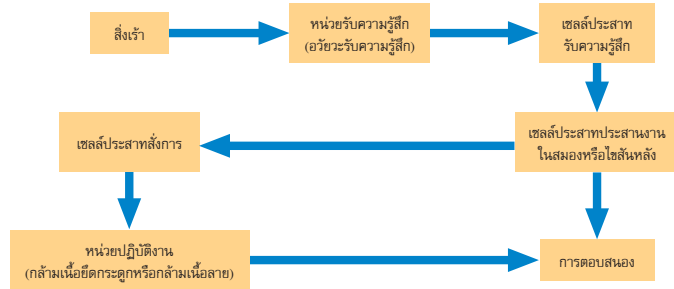
รีเฟล็กซ์แอกชันของการกระตุกขาเมื่อเคาะหัวเข่าเบา ๆ นั้นเกิดขึ้นโดยกระแสประสาทจากหน่วยรับความรู้สึกบริเวณหัวเข่าถูกส่งผ่านเซลล์ประสาทรับความรู้สึกไขสันหลัง จากนั้นเซลล์ประสาทสั่งการจะนำกระแสประสาทจากไขสันหลังไปยังหน่วยปฏิบัติงาน ทำให้เกิดการกระตุกขาทันทีโดยไม่ได้อาศัยคำสั่งจากสมองแต่อย่างใด ดังรูปที่ 1.14



รูปที่ 1.14 รีเฟล็กซ์แอกชันจากการเคาะหัวเข่า

สำหรับรีเฟล็กซ์แอกชันเมื่อเดินไปเหยียบกับปูหรือหน่วยรับความรู้สึกที่เท้าจะส่งกระแสประสาทเข้าสู่เซลล์ประสาทรับความรู้สึกและส่งเข้าสู่ไขสันหลังผ่านไปเซลล์ประสาทประสานงานในไขสันหลัง และส่งออกมายังเซลล์ประสาทนำคำสั่ง ทำให้การกระตุกขาขึ้น ขณะเดียวกันก็ส่งกระแสประสาทไปยังสมองทำให้รู้สึกร้อน สมองจะส่งกระแสประสาทนำคำสั่งไปยังกล้ามเนื้อให้ยกมือคลำเท้าที่รู้สึกร้อน กิริยาที่เกิดขึ้นภายหลังนี้ไม่เป็นที่รีเฟล็กซ์แอกชัน

วงจรการทำงานของระบบประสาทประกอบด้วยหน่วยรับความรู้สึก คือ อวัยวะรับสัมผัสต่าง ๆ ได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าแล้วเปลี่ยนเป็นกระแสประสาทเพื่อส่งไปยังเซลล์ประสาทรับความรู้สึกที่มีตัวเซลล์อยู่ในปมประสาทรากบนผ่านเซลล์ประสาทประสานงานในไขสันหลังหรือสมอง สำหรับศูนย์กลางของรีเฟล็กซ์นั้นอยู่ที่เนื้อสีเทาบริเวณที่แอกซอนของเซลล์ประสาทรับความรู้สึกไขสันหลังกับเดนไดรต์ของเซลล์ประสาทสั่งการ จากนั้นเซลล์ประสาทสั่งการจะนำคำสั่งออกจากไขสันหลังทางรากล่างไปยังหน่วยปฏิบัติงานเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้า วงจรการทำงานนี้ เรียกว่า **รีเฟล็กซ์อาร์ค (reflex arc)**



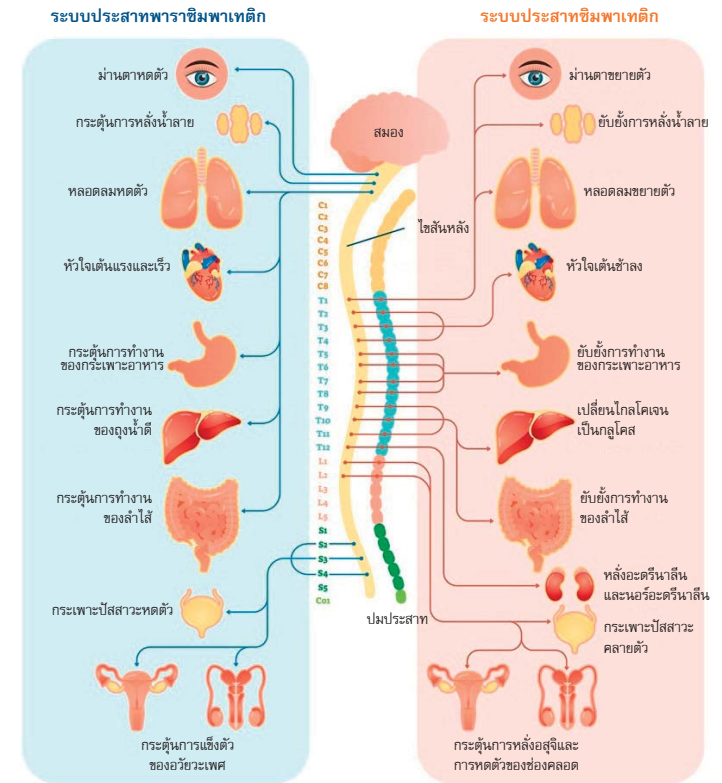
แผนภาพที่ 1.2 วงจรการทำงานของรีเฟล็กซ์อาร์ค

4.2 ระบบประสาทอัตโนมัติ

ระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic nervous system : ANS) เป็นระบบประสาทที่ควบคุมการทำงานของอวัยวะที่อยู่นอกอำนาจจิตใจ (involuntary nervous system) จำแนกออกเป็น 2 ระบบ ดังนี้

1. ระบบประสาทซิมพาเทติก (sympathetic nervous system) เป็นระบบประสาทอัตโนมัติที่มีเส้นประสาทออกจากไขสันหลังบริเวณอกและเอว โดยเส้นประสาทที่ออกจากไขสันหลังจะรวมอยู่กับรากล่าง แล้วแยกออกมาเป็นปมประสาทและเส้นประสาท เซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์มีตัวเซลล์อยู่ในไขสันหลัง ส่วนเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์จะมีตัวเซลล์อยู่ที่ปมประสาท ระบบนี้จะทำงานในกรณีที่บุคคลตกอยู่ในสภาวะฉุกเฉิน ร่างกายจะเกิดการตื่นตัว ปฏิกริยาของร่างกายที่เกิดขึ้นเมื่อระบบประสาทซิมพาเทติกทำงาน เช่น ชนลุก ซึพจรเต้นเร็วกว่าปกติ เหงื่อออกมาก ความดันโลหิตเพิ่มขึ้น หัวใจเต้นเร็วและถี่ ต่อมอะดรีนัล (adrenal gland) หรือต่อมหมวกไตจะหลั่งฮอร์โมนอะดรีนาลีน (adrenalin) เพื่อเพิ่มพลังงานให้กับร่างกาย

2. ระบบประสาทพาราซิมพาเทติก (parasympathetic nervous system) มีเส้นประสาทมาจาก 2 ส่วน คือ ส่วนที่มาจากสมองส่วนกลางและเมดัลลา ออบลองกาตา ดังนั้นตัวเซลล์ก่อนไซแนปส์จึงอยู่ในสมอง และอีกเส้นประสาทมาจากไขสันหลังบริเวณสะโพก โดยตัวเซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์จะอยู่ในไขสันหลัง ส่วนตัวเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์จะอยู่ใกล้อวัยวะหรืออยู่ในอวัยวะที่ถูกควบคุม ระบบพาราซิมพาเทติกจะทำงานเมื่อระบบซิมพาเทติกทำงานสิ้นสุดลง ร่างกายพ้นจากสภาวะฉุกเฉินไปแล้ว ระบบพาราซิมพาเทติกจะช่วยทำให้ร่างกายกลับคืนสู่สภาวะปกติ เช่น เส้นขนจะราบลง ซึพจรหัวใจและความดันโลหิตจะกลับคืนสู่สภาวะเดิม กระตุ้นให้ต่อมอะดรีนัลหลั่งฮอร์โมนอะดรีนาลีน (noradrenalin) เพื่อช่วยให้ร่างกายกลับสู่สภาวะปกติ



รูปที่ 1.15 การทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติกกับระบบประสาทซิมพาเทติก

การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติเกิดขึ้นโดยเซลล์ประสาทรับความรู้สึกรับกระแสประสาทจากหน่วยรับความรู้สึกส่งไปยังรากบนของเซลล์ประสาทไขสันหลัง จากนั้นไขสันหลังจะส่งกระแสประสาทสั่งการผ่านเซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์และเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ไปยังกล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อหัวใจ และต่อมต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งเป็นหน่วยปฏิบัติงาน

ระบบประสาทซิมพาเทติกมีสารแอซิติลโคลีนเป็นสารสื่อประสาทระหว่างเซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์และเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ ส่วนสารสื่อประสาทที่หลั่งออกมาเพื่อส่งกระแสประสาทไปควบคุมหน่วยปฏิบัติงาน คือ นอร์เอพิเนฟริน สำหรับระบบประสาทพาราซิมพาเทติกมีสารแอซิติลโคลีนเป็นสารสื่อประสาทที่ใช้ระหว่างเซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์และเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ รวมทั้งใช้ในการควบคุมการทำงานของหน่วยปฏิบัติงานด้วย

ตารางที่ 1.3 เปรียบเทียบลักษณะของระบบประสาทซิมพาเทติกและระบบประสาทพาราซิมพาเทติก

ลักษณะ	ระบบประสาทซิมพาเทติก	ระบบประสาทพาราซิมพาเทติก
ศูนย์กลางการสั่งงาน	ไขสันหลังบริเวณอกและเอว	สมองส่วนเมดัลลา ออบลองกาตา และไขสันหลังบริเวณกระเบนเหน็บ
เซลล์ประสาทรุ่นคำสั่ง	2 เซลล์	2 เซลล์
เซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์	สั้น	ยาว
เซลล์ประสาทหลังไซแนปส์	ยาว	สั้น
บริเวณไซแนปส์ของเซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์และเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์	ที่ปมประสาทอัตโนมัติ	ที่ปมอวัยวะภายใน
สารสื่อประสาทบริเวณอวัยวะหรือหน่วยปฏิบัติงาน	นอร์เอพิเนฟริน	แอซิติลโคลีน
การทำการกรม	กิจกรรมต่อสู้หรือหลบหนี	กิจกรรมตามปกติ

การทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกและระบบประสาทพาราซิมพาเทติกนั้นนอกจากจะอยู่กันอย่างใกล้ชิดแล้วยังบังคับอวัยวะต่าง ๆ ให้ทำงานเป็นปกติและต่อเนื่องตลอดเวลาจนอาจเรียกได้ว่าเป็นระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic nervous system)

อวัยวะบางอย่างจะถูกควบคุมการทำงานโดยระบบประสาทซิมพาเทติกเพียงอย่างเดียว ได้แก่ ตับและต่อมหมวกไต สำหรับอวัยวะบางอย่างถูกควบคุมด้วยระบบประสาทพาราซิมพาเทติกเพียงอย่างเดียว ได้แก่ กลืนน้ำดี



กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.4

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ระบบประสาทซิมพาเทติกมีความแตกต่างจากระบบประสาทอัตโนมัติอย่างไร
2. รีเฟล็กซ์แอดซันมีผลต่อการดำรงชีวิตประจำวันอย่างไร
3. ระบบประสาทซิมพาเทติกและระบบประสาทพาราซิมพาเทติกมีลักษณะการทำงานที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

5. อวัยวะรับความรู้สึก



แนวคิดสำคัญ

อวัยวะรับความรู้สึก ได้แก่ ตา จมูก หู ลิ้น และผิวหนัง ทำหน้าที่รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แสง กลิ่น เสียง การสัมผัส สารเคมี อวัยวะรับสัมผัสจะมีผลผลิตส่งเข้าในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แสง กลิ่น เสียง การสัมผัส สารเคมี อวัยวะรับสัมผัสจะมีผลผลิตส่งเข้าในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แสง กลิ่น เสียง การสัมผัส สารเคมี อวัยวะรับสัมผัสจะมีผลผลิตส่งเข้าในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แสง กลิ่น เสียง การสัมผัส สารเคมี

”

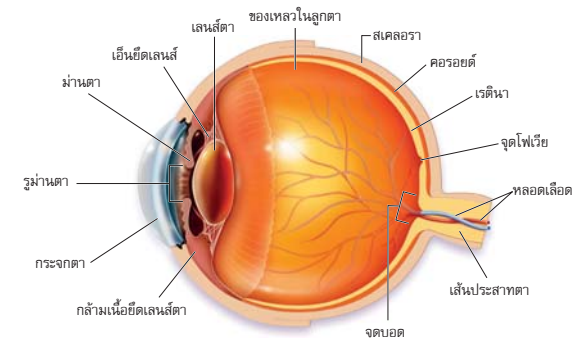
อวัยวะรับความรู้สึก ได้แก่ ตา จมูก หู ลิ้น และผิวหนัง ทำหน้าที่รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แสง กลิ่น เสียง การสัมผัส สารเคมี อวัยวะรับสัมผัสจะมีผลผลิตส่งเข้าในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แสง กลิ่น เสียง การสัมผัส สารเคมี อวัยวะรับสัมผัสจะมีผลผลิตส่งเข้าในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แสง กลิ่น เสียง การสัมผัส สารเคมี

เมื่อหน่วยรับความรู้สึกได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้า หน่วยรับความรู้สึกจะทำหน้าที่เปลี่ยนการกระตุ้นจากสิ่งเร้าเป็นกระแสประสาทส่งไปยังเซลล์ประสาทรับความรู้สึก และส่งต่อไปยังสมองหรือไขสันหลัง จากนั้นสมองจะวิเคราะห์ข้อมูลจากการรับความรู้สึก (sensation) เป็นการรับรู้ (perception) เช่น การมองเห็น การได้กลิ่น การรู้รส แล้วสั่งการไปยังหน่วยปฏิบัติงานซึ่งเป็นกล้ามเนื้อ

“

5.1 ตากับการมองเห็น

ตา (eyes) เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่รับภาพ ทำให้สามารถมองเห็นสิ่งต่าง ๆ ตามีรูปร่างลักษณะค่อนข้างกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.5 เซนติเมตร อยู่ภายในเบ้าตา มีโครงสร้างภายนอกที่ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายให้กับลูกตาประกอบด้วยคิ้วและขนตาช่วยป้องกันฝุ่นละออง มีเปลือกตาบนและล่างช่วยป้องกันอันตรายให้กับลูกตา รวมทั้งมีต่อมน้ำตาและท่อน้ำตาทำหน้าที่หลั่งน้ำตาออกมาหล่อเลี้ยงลูกตาช่วยให้สายตาดีมีความชุ่มชื้น เอนไซม์ในน้ำตาช่วยทำลายเชื้อโรคบางชนิดที่เข้าสู่ตาได้ นอกจากนี้น้ำตายังทำหน้าที่ทำความสะอาดและขับฝุ่นละอองออกจากตาด้วยตาของคนประกอบด้วยผนังลูกตาและเลนส์ตา



รูปที่ 1.16 โครงสร้างของตา

1. ผนังลูกตา ประกอบด้วยเนื้อเยื่อหลายชั้นที่มีความเหนียวและแข็งแรง โดยเรียงลำดับจากด้านนอกเข้าไปด้านในมี 3 ชั้น คือ

1.1 สเคลอร่า (sclera) อยู่ด้านนอกสุดประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีลักษณะเป็นเส้นใยเรียงตัวกันอย่างหนาแน่น มีลักษณะเป็นเยื่อเหนียวที่ไม่มีความยืดหยุ่นโดยทั่วไปเรียกว่า **ตาขาว** ส่วนที่อยู่ด้านหน้าสุดของเยื่อจะนูนออกมาและมีลักษณะโปร่งใสเรียกว่า **กระจกตา (cornea)** ซึ่งประกอบด้วยเส้นใยคอลลาเจนที่เรียงตัวต่อกันอย่างเป็นระเบียบครอบคลุมส่วนของตาขาว ผิวด้านหน้าถูกล้อมด้วยเยื่อบุตาซึ่งเป็นเยื่อบางใส ภายในเยื่อบุตามีหลอดเลือดขนาดเล็กที่นำเลือดมาหล่อเลี้ยงบริเวณดังกล่าว กระจกตาทำหน้าที่เป็นทางผ่านของแสงเข้าไปภายในลูกตา และช่วยในการหักเหแสงเพื่อให้เห็นภาพตกลงบนเรตินา ความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นกับกระจกตา เช่น การเกิดฝ้าที่บ ทำให้ความสามารถในการมองเห็นลดลง

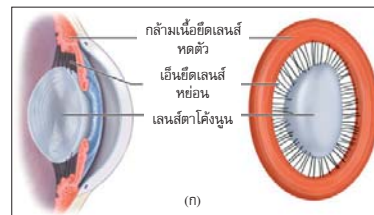
1.2 ไครอยด์ (choroid) เป็นผนังชั้นกลางของลูกตาที่มีหลอดเลือดมาหล่อเลี้ยง มีสารสีกระจายจำนวนมาก ทำให้สีตาของคนแต่ละคนแตกต่างกัน เช่น ชาวเอเชียมีสีดำหรือสีน้ำตาล ชาวอเมริกันหรือชาวยุโรปมีสีฟ้าหรือสีน้ำตาลอ่อน สารสีดังกล่าวทำหน้าที่ช่วยป้องกันไม่ให้แสงสว่างทะลุผ่านชั้นเรตินาไปยังด้านหลังของตาโดยตรง และป้องกันไม่ให้เกิดการสะท้อนกลับของแสงภายในลูกตา ในชั้นไครอยด์บริเวณด้านหน้าของเลนส์ตามีโครงสร้างที่เรียกว่า **ม่านตา (iris)** ลักษณะเป็นแผ่นกล้ามเนื้อที่ยื่นออกจากผนังไครอยด์ที่งอกจากด้านบนและด้านล่าง เสมือนเป็นผนังกั้นบางส่วนให้กับเลนส์ตา ช่องตรงกลางมีลักษณะกลมเรียกว่า **รูม่านตา (pupil)** คือ ส่วนที่มองเห็นเป็นสีดำหรือสีน้ำตาล รูม่านตาอาจเปิดกว้างหรือหรี่ลงได้โดยเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อม่านตา 2 ชนิด คือ กล้ามเนื้อวงและกล้ามเนื้อที่เรียงตัวตามแนวรัศมีซึ่งเป็นกล้ามเนื้อเรียบที่อยู่ภายใต้การควบคุมของระบบประสาทอัตโนมัติ ม่านตาจึงเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณแสงที่ผ่านเข้าสู่ตา รูม่านตาจะเปิดกว้างเมื่อปริมาณแสงน้อยและหรี่ลงเมื่อปริมาณแสงมา

1.3 เรตินา (retina) เป็นผนังชั้นในสุดทำหน้าที่เช่นเดียวกับฟิล์มบันทึกภาพของกล้องถ่ายรูป ทำหน้าที่รับภาพและทำให้เกิดภาพที่มองเห็นได้ โดยเลนส์จะทำหน้าที่รวบรวมแสงให้ลงบนตัวรับภาพหรือตัวรับความรู้สึก ได้แก่ เซลล์รูปแท่ง (rod cells) ซึ่งไวต่อการรับแสง และเซลล์รูปกรวย (cone cells) เป็นเซลล์ที่สามารถแยกความแตกต่างของสีได้ เซลล์ประสาททั้ง 2 ชนิด จะรับแสงที่เป็นสีแสงและสีไปยังเส้นประสาทตาซึ่งเป็นเส้นประสาทสมองคู่ที่ 2 แล้วส่งต่อไปยังสมองส่วนซีกสมองเพื่อแปลภาพตามที่ได้รับ ภาพที่ตกลงบนกระจกตาแล้วทำให้เกิดภาพชัดที่สุดเรียกว่า **จุดโฟเวีย (fovea)** และยังมีบริเวณที่เรียกว่า **จุดบอด (blind spot)** เป็นจุดที่ไม่มีเซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวยอยู่ แสงที่ตกกระทบบริเวณนี้จะไม่มีการเกิดขึ้น

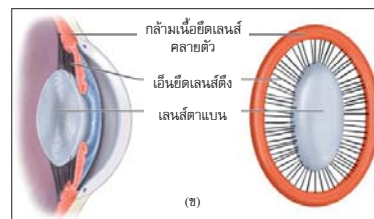
2. เลนส์ตา (lens) หรือเรียกว่า **แก้วตา** ทำหน้าที่รวมแสงเข้าสู่ตาและทำให้เกิดการหักเหของแสงเพื่อให้ภาพตกลงบนเรตินา เลนส์ตาอยู่ต่อหน้ามาทางด้านหน้าของตา โดยอยู่ถัดจากกระจกตาเข้าไปเล็กน้อยลักษณะเป็นเลนส์นูนใส มีความยืดหยุ่นทำให้ผิวเลนส์ปรับเปลี่ยนการโค้งนูนได้ เลนส์ตาจะกั้นหน้าตาเป็น 2 ส่วน คือ ช่องหน้าเลนส์และช่องหลังเลนส์ ภายในช่องทั้งสองนี้จะมีของเหลวบรรจุอยู่ ของเหลวนี้อาจช่วยให้ลูกตาคงสภาพได้และช่วยหักเหแสงที่ผ่านเข้ามา

เลนส์ตาทำให้เกิดภาพได้โดยทำหน้าที่รวมแสง ดังนั้นการหักเหของแสงจึงขึ้นอยู่กับความโค้งของกระจกตาและเลนส์ตา สำหรับกระจกตามีความโค้งคงที่แต่ความโค้งของเลนส์ตาสามารถเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากเลนส์ตาถูกยึดด้วยเอ็นยึดเลนส์ (suspensory ligament) ที่อยู่ติดกับกล้ามเนื้อเยื่อเลนส์ (ciliary muscle) การหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อเยื่อเลนส์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความโค้งของเลนส์ตาและสามารถมองเห็นภาพได้แตกต่างกันดังนี้

– ผิวของเลนส์ที่มีความโค้งนูนมาก เกิดจากกล้ามเนื้อเยื่อเลนส์หดตัว เอ็นยึดเลนส์หย่อนตัวลงทำให้เลนส์โป่งออก การที่ผิวเลนส์มีความโค้งนูนมากขึ้นเช่นนี้ทำให้จุดโฟกัสอยู่ใกล้เลนส์มากขึ้น เกิดขึ้นในกรณีที่มีวัตถุระยะใกล้



– ผิวของเลนส์ที่มีความโค้งนูนลดลง เกิดจากกล้ามเนื้อเยื่อเลนส์คลายตัว เอ็นยึดเลนส์ตึงตัวทำให้เลนส์ตาแบน นั่นคือผิวเลนส์มีความโค้งนูนลดลง จุดโฟกัสอยู่ไกลจากเลนส์ตา เกิดขึ้นในกรณีที่มีวัตถุระยะไกล



รูปที่ 1.17 การเปลี่ยนแปลงของเลนส์ตาขณะมองภาพวัตถุที่อยู่ใกล้ (ก) และภาพวัตถุที่อยู่ไกล (ข)

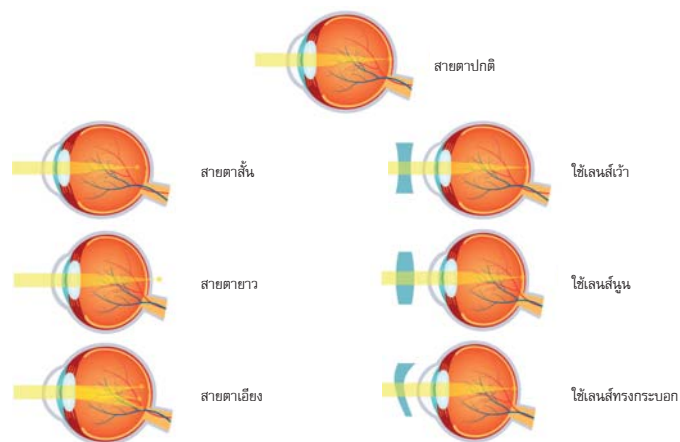
ความผิดปกติของสายตา

บางคนมองเห็นภาพที่อยู่ใกล้หรือไกลได้ไม่ชัดเจน เนื่องจากเลนส์ไม่สามารถปรับรูปร่างได้เป็นปกติ ทำให้เกิดสายตาสั้นหรือสายตายาว ซึ่งในปัจจุบันสามารถแก้ไขได้โดยการใส่แว่นตาที่ประกอบด้วยเลนส์ที่เหมาะสมกับสภาพปัญหาของสายตาดังนี้

1. สายตาสั้น ผู้ที่มีสายตาสั้นจะมองวัตถุที่อยู่ไกลไม่ชัดเจนแต่มองวัตถุที่อยู่ใกล้ได้ชัดเจน เกิดขึ้นเนื่องจากเลนส์ตาสั้นมีผิวโค้งนูนมากเกินไป หรือกระจกตายาวเกินไป ทำให้จุดโฟกัสของภาพตกก่อนถึงเรตินา แก้ไขได้โดยการใช้แว่นตาที่ทำด้วยเลนส์เว้าเพื่อช่วยให้จุดโฟกัสของภาพตกที่เรตินา

2. สายตายาว ผู้ที่มีสายตายาวจะมองวัตถุที่อยู่ไกลไม่ชัดเจนแต่มองวัตถุที่อยู่ใกล้ได้ชัดเจน เกิดขึ้นเนื่องจากเลนส์ตาสั้นมีผิวโค้งแบนมากเกินไป หรือกระจกตาสั้นเกินไป ทำให้จุดโฟกัสของภาพตกเลยด้านหลังเรตินา แก้ไขได้โดยการใช้แว่นตาที่ทำด้วยเลนส์นูนเพื่อช่วยให้จุดโฟกัสของภาพตกที่เรตินา

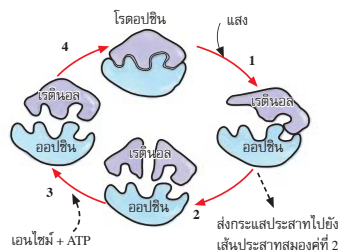
3. สายตาสเอียง ผู้ที่มีสายตาสเอียงจะมองเห็นเส้นในแนวใดแนวหนึ่งไม่ชัดเจน เกิดขึ้นเนื่องจากความโค้งของกระจกตาในแนวต่าง ๆ ไม่เท่ากัน จุดโฟกัสเกิดขึ้นหลายจุด ภาพที่มองเห็นจึงไม่ชัดเจน แก้ไขได้โดยการใช้เลนส์ทรงกระบอก (cylindrical lens) เป็นเลนส์ที่มีด้านหน้าเว้า ด้านหลังนูน



รูปที่ 1.18 การเปลี่ยนแปลงของเลนส์ตา

กลไกการมองเห็น

เมื่อแสงสะท้อนจากวัตถุเข้าสู่สายใยตาจะเกิดการหักเหที่กระจกตา แล้วไปหักเหอีกครั้งที่เลนส์ตา ซึ่งการหักเหของแสงที่เลนส์ตานี้ปรับเปลี่ยนตามการทำงานของเยื่อหดเลนส์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการมองวัตถุที่อยู่ในระยะใกล้หรือไกล จากนั้นแสงจะตกที่เรตินาซึ่งเป็นบริเวณที่มีเซลล์รับแสง คือ เซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวย บริเวณดังกล่าวนี้ จะมีการเปลี่ยนแปลงทางสารเคมี ในเซลล์รูปแท่งจะมีสารสีม่วงแดงที่เรียกว่า **โรดอปซิน (rhodopsin)** พังอยู่ที่เยื่อหุ้มเซลล์ โรดอปซินเป็นรงควัตถุไวต่อแสงประกอบด้วยโปรตีนออปซิน (opsin) กับเรตินอล (retinal) เมื่อมีแสงมากระตุ้นโรดอปซินจะเปลี่ยนไป ทำการประกอบกับโฟสเฟต โดยไม่ถูกแสงกระตุ้นจนเปลี่ยนเป็นไอออนไปจนไม่สามารถเกาะกับโฟสเฟต ไม่ถูกแสงของออปซินได้ ทำให้เกิดการกระแสประสาทถ่ายทอดไปยังเส้นประสาทตา 2 นาทีส่งสมองส่วนซีกบริเวณแปลให้เป็นภาพในสมองที่ไม่ได้แสงออปซินและเรตินอลจะรวมตัวกันเป็นสารโรดอปซินซ้ำเติม



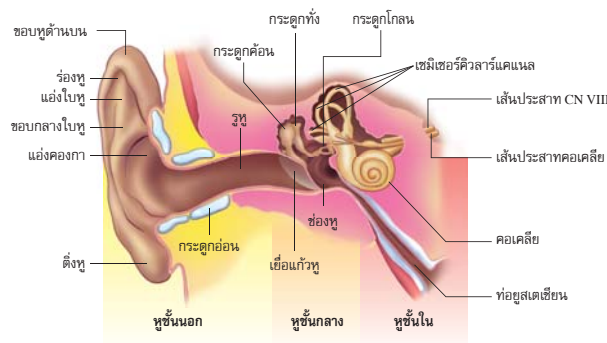
รูปที่ 1.19 การเปลี่ยนแปลงโรคอ้วนในเซลล์รูปแท่ง

องค์ประกอบที่สามารถทำให้รับภาพได้ดีประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนของลูกตาที่เป็นทางผ่านหรือทางเดินของแสงต้องให้เพื่อให้อาภาพสามารถผ่านเข้าไปไปถึงจอประสาทตาในลูกตาส่วนหลังได้อย่างสมบูรณ์ ภาพที่ผ่านเข้ามาในลูกตาคงต้องได้รับการปรับระยะและความคมชัด ให้ภาพที่ไปตกที่จอประสาทตาในลูกตาส่วนหลัง มีความคมชัดที่สุด จอประสาทตาต้องเปลี่ยนภาพเป็นสัญญาณประสาท และส่งผ่านไปถึงสมองส่วนที่เกี่ยวข้องกับ การมองเห็นได้ ต่อมาสมองประมวลสัญญาณประสาทกลายเป็นรูปภาพได้อย่างถูกต้อง

ถ้ามีองค์ประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายองค์ประกอบที่ทำงานที่ไม่สมบูรณ์จะส่งผลให้การรับรู้ภาพผิดปกติไป ทำให้การมองเห็นที่ผิดปกติอาจมีอาการเพียงเล็กน้อยจนถึงขั้นมองไม่เห็น ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะของความผิดปกติและความรุนแรงของโรคที่เป็น เช่น ภาวะสายตาสั้นผิดปกติเกิดจากความผิดปกติในการปรับความคมชัดของภาพที่ไปตกจอประสาทตา สามารถแก้ไขให้เห็นได้ปกติด้วยแว่นสายตา คอนแทคเลนส์ หรือการผ่าตัดแก้ไขสายตา

5.2 กับการได้ยิน

หู (ear) เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่รับสัมผัสในการได้ยินเสียงและการทรงตัว หูของคนประกอบด้วย 3 ส่วน คือ หูชั้นนอก หูชั้นกลาง และหูชั้นใน



รูปที่ 1.20 โครงสร้างของห

1. **หูชั้นนอก (external ear)** ประกอบด้วยใบหู (pinna) เป็นแผ่นกระดูกอ่อนที่หุ้มด้วยผิวหนังบาง ๆ ทำหน้าที่รับคลื่นเสียงจากภายนอกเข้าสู่รูหู (ear canal) ซึ่งเป็นท่อ ภายในหุ้มมีต่อมสร้างไขมาเคลือบไว้ทำให้ผิวหนังไม่แห้ง และป้องกันอันตรายไม่ให้มีแมลงและฝุ่นละอองเข้าภายใน ตำแหน่งติดเยื่อแก้วหูและเยื่อราได้ตรงรอยต่อระหว่างหูชั้นนอกกับหูชั้นกลาง มีเยื่อบาง ๆ กันอยู่เรียกว่า **เยื่อแก้วหู (ear drum หรือ tympanic membrane)** ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้เมื่อได้รับคลื่นเสียง เช่นเดียวกับหนังหน้ากลองเมื่อถูกตีหูชั้นนอกจึงทำหน้าที่รับคลื่นเสียงและส่งข้อมูลให้หูชั้นกลาง

2. **หูชั้นกลาง (middle ear)** มีลักษณะเป็นโพรง ติดต่อกับโพรงจมูกและมีท่อติดต่อกับคอหอย ท่อนี้เรียกว่า **ท่อยูสเตเชียน (eustachian tube)** ปกติท่อนี้จะปิด แต่ในขณะเคี้ยวหรือกลืนอาหารท่อนี้จะขยับเปิดเพื่อปรับความดัน 2 ด้านของเยื่อแก้วหูให้เท่ากัน นอกจากนี้เมื่อความดันอากาศภายนอกสูงกว่าความดันในหูชั้นกลางอย่างรวดเร็ว ความแตกต่างระหว่างความดันอากาศภายนอกและภายในหูชั้นกลางอาจทำให้เยื่อแก้วหูถูกดันให้โป่งออกไปหรือถูกดันเข้า ทำให้การสั่นและการนำเสียงของเยื่อแก้วหูลดลง เราจะรู้สึกว่ามีอื้อหรือปวดหู จึงมีการปรับความดันในช่องหูชั้นกลางโดยผ่านแรงดันอากาศบางส่วนไปทางท่อยูสเตเชียน นอกจากนี้ภายในหูชั้นกลางประกอบด้วยกระดูก 3 ชิ้น ได้แก่ **กระดูกค้อน (malleus) กระดูกทั่ง (incus) และกระดูกโกลน (stapes)** ยึดกันอยู่เมื่อมีการสั่นสะเทือนเกิดขึ้นที่เยื่อแก้วหูจะถ่ายทอดมายังกระดูกค้อนและกระดูกทั่ง ทำให้กระดูกหู 2 ชิ้นนี้เคลื่อนและเพิ่มแรงสั่นสะเทือนและแรงสั่นสะเทือนนี้ต่อไปยังกระดูกโกลนเพื่อเข้าสู่หูชั้นในต่อไป คลื่นเสียงที่ผ่านเข้ามาถึงหูชั้นในจะขยายแอมพลิจูดของคลื่นเสียงเพิ่มจากหูชั้นนอกประมาณ 22 เท่า

3. **หูชั้นใน** อยู่ถัดจากกระดูกโกลนเข้าไปข้างใน มีโครงสร้างที่ทำหน้าที่แตกต่างกัน 2 ชุด คือ

3.1 **ชุดที่ใช้ฟังเสียง** อยู่ด้านหน้าเป็นท่อนเล็ก ๆ ชุดเป็นวงซ้อนกันประมาณ 2 รอบครึ่งคล้ายกันหอยเรียกว่า **คอเคลีย (cochlea)** ภายในมีช่องเหลว เมื่อมีคลื่นเสียงผ่านเข้ามาจะทำให้ช่องเหลวลั่นเปลี่ยนสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณประสาท ส่งไปยังเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 เพื่อไปยังสมองส่วนซีรีบรัมเพื่อแปลความหมาย

3.2 **ชุดที่ใช้ในการทรงตัว** อยู่ด้านหลังเป็นหลอดครึ่งวงกลม 3 หลอด วางตั้งฉากกัน เรียกว่า **เซมิเซอร์คิวลาร์แคนเนล (semicircular canal)** ภายในบรรจุของเหลว และที่โคนหลอดจะโป่งออก เรียกว่า **แอมพูลลา (ampulla)** ภายในมีเซลล์รับความรู้สึกที่มีขน ซึ่งไวต่อการไหลของของเหลวภายในหลอด ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเอียงและการหมุนศีรษะ และการทรงตัวของร่างกาย โดยขณะที่ร่างกายเคลื่อนไหวจะกระตุ้นเซลล์ที่ทำหน้าที่รับรู้เกี่ยวกับการทรงตัวให้ส่งกระแสประสาทไปตามเส้นประสาทต่อไปยังสมองส่วนซีรีบรัมเพื่อควบคุมการทรงตัวต่อไป

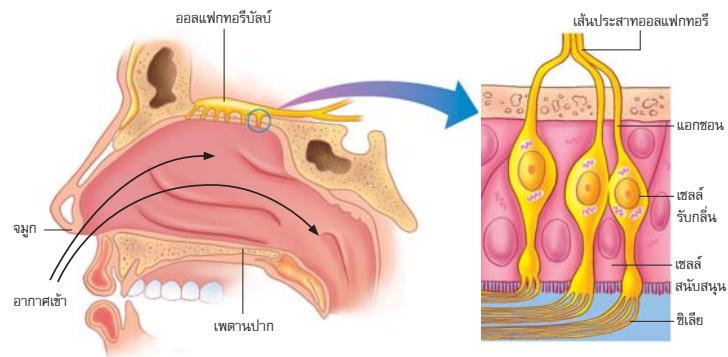
กลไกการได้ยิน

เมื่อคลื่นเสียงเข้ามาทางใบหู รูหู และกระทบเยื่อแก้วหูทำให้เกิดการสั่นสะเทือนเกิดขึ้นที่เยื่อแก้วหู ซึ่งแรงสั่นสะเทือนนี้จะถ่ายทอดไปยังกระดูกค้อนและกระดูกทั่ง กระดูกทั่ง 2 ชิ้นนี้จะเพิ่มแรงสั่นสะเทือนแล้วส่งแรงสั่นสะเทือนไปยังกระดูกโกลนเพื่อส่งคลื่นเสียงไปยังหูชั้นใน เนื่องจากการเรียงตัวของกระดูกทั้ง 3 ชิ้น มีลักษณะของระบบคานางัด คานิดัด ทำให้ความแรงของการสั่นสะเทือนของคลื่นเสียงที่มาจากเยื่อแก้วหูเพิ่มขึ้น ดังนั้นคลื่นเสียงที่ผ่านเข้ามาในหูชั้นในจึงมีแอมพลิจูดขยายเพิ่มจากคลื่นเสียงของหูชั้นนอกถึง 22 เท่า เมื่อคลื่นเสียงผ่านจากกระดูก 3 ชิ้นในหูชั้นกลาง แรงสั่นสะเทือนของคลื่นเสียงจะเข้าสู่คอเคลียทำให้ของเหลวในคอเคลียสั่นสะเทือนไปด้วย สัญญาณเสียงจะถูกเปลี่ยนเป็นกระแสประสาทกระตุ้นให้เซลล์ประสาทรับเสียงส่งกระแสประสาทไปเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 ซึ่งเป็นเส้นประสาทรับเสียง (auditory nerve) เพื่อนำกระแสประสาทเข้าสู่สมองส่วนซีรีบรัม ซึ่งเป็นศูนย์กลางการได้ยิน จากนั้นสมองส่วนซีรีบรัมจะแปลผลการได้ยินในลำดับต่อไป

5.3 จมูกกับการดมกลิ่น

จมูก (nose) เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของลมหายใจเข้าออกและดมกลิ่น ซึ่งจัดเป็นการรับรู้ความรู้สึกประเภทสัมผัส ภายในโพรงจมูกประกอบด้วยขนจมูก เยื่อบุที่ประกอบด้วยเซลล์ที่มีซิเลีย ต่อมสร้างเมือก (mucus gland) ทำหน้าที่ดักจับเชื้อโรคและฝุ่นละอองไม่ให้เข้าไปกับลมหายใจเข้า สำหรับโครงสร้างที่ทำหน้าที่ในการดมกลิ่นอยู่ที่บริเวณรับกลิ่น (olfactory region) ซึ่งอยู่ภายในช่องจมูกตอนในสุดทั้งด้านซ้ายและด้านขวา บริเวณดังกล่าวประกอบด้วย

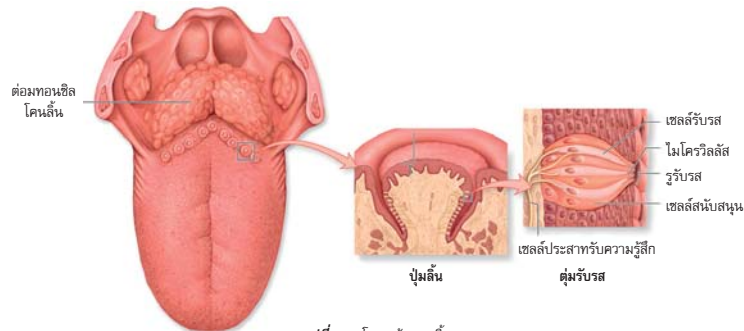
เยื่อจมูก (olfactory membrane) ที่มีเซลล์ประสาทรับกลิ่น (olfactory neuron) ทำหน้าที่เปลี่ยนสารที่ให้เกิดกลิ่นเป็นกระแสประสาทเพื่อส่งไปยังเส้นประสาทสมองคู่ที่ 1 ซึ่งเป็นเส้นประสาทรับกลิ่น (olfactory nerve) จากนั้นกระแสประสาทจะถูกส่งผ่านออลแฟกทอรีบัลบ์ไปยังสมองส่วนซีรีบรัมเพื่อแปลผลของกลิ่นที่ได้รับ



รูปที่ 1.21 โครงสร้างของจมูก

5.4 ลิ้นกับการรับรส

ลิ้น (tongue) เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับรสจัดเป็นการรับรู้ความรู้สึกประเภทสัมผัสเช่นเดียวกับการรับกลิ่น โดยบริเวณด้านบนของลิ้นมีปุ่มลิ้น (papilla) เป็นปุ่มเล็ก ๆ มีจำนวนมาก ที่ปุ่มลิ้นเป็นที่อยู่ของตุ่มรับรส (taste bud) ในตุ่มรับรสมีเซลล์รับรส (gustatory cell) ซึ่งแปรสภาพมาจากเซลล์บุผิว เซลล์รับรสจะติดต่อกับปลายประสาท ตุ่มรับรสจะกระจายอยู่ทั่วลิ้น ในขณะที่บริเวณส่วนบนของต่อมทอนซิล เพดานปาก และคอจะพบตุ่มรับรสเป็นส่วนน้อย โดยทั่วไปการรับรสบนลิ้นจะรับรสได้ 5 ชนิด คือ รสเปรี้ยว รสหวาน รสเค็ม รสขม และรสอูมามิ



รูปที่ 1.22 โครงสร้างของลิ้น

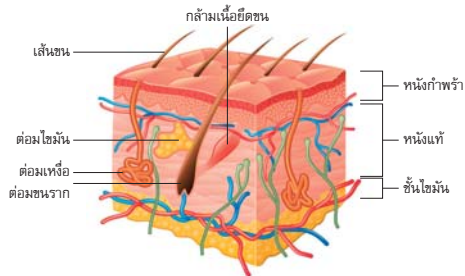
ตอนบนของตุ่มรับรสมีช่องเปิด (taste pore) ทำให้ขนเซลล์ของเซลล์รับรสของอาหารได้ เมื่อตุ่มรับรสได้รับการกระตุ้นจากรสอาหารจะทำให้เกิดกระแสประสาทจากเซลล์รับรสส่งไปยังเส้นประสาทสมอง โดยกระแสประสาทจากการรับรสบริเวณปลายลิ้นและด้านข้างลิ้นจะถูกลำเลียงเข้าสู่เส้นประสาทสมองคู่ที่ 7 ส่วนการรับรสบริเวณโคนลิ้นกระแสประสาทที่เกิดขึ้นจะถูกลำเลียงเข้าสู่เส้นประสาทสมองคู่ที่ 9 เพื่อนำกระแสประสาทเข้าสู่ศูนย์รับรสในสมองส่วนเซรีบรัม สำหรับความรู้สึกผืนลิ้นไม่จัดเป็นรส แต่เป็นการรับความรู้สึกที่เกิดขึ้นเนื่องจากความระคายเคืองที่เกิดขึ้นกับเซลล์

5.5 ผิวหนังกับการรับความรู้สึก

ผิวหนัง (skin) เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่หลายประการ ได้แก่ ห่อหุ้มร่างกาย รักษาอุณหภูมิของร่างกาย เช่น การรักษาอุณหภูมิในร่างกาย และการขับของเสียออกจากร่างกายในรูปของเหงื่อออกมาทางต่อมเหงื่อ ผิวหนังประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ชั้นหนังกำพร้าและชั้นหนังแท้

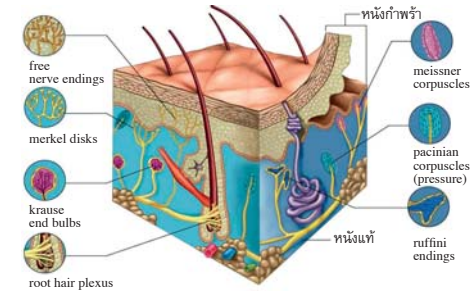
1. หนังกำพร้า (epidermis) คลุมอยู่บนหนังแท้ ความหนาของหนังกำพร้าแตกต่างกันตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย หนาตั้งแต่ 0.3 ถึง 1 มิลลิเมตร หนังกำพร้าที่ฝ่ามือและฝ่าเท้าหนาที่สุด และบางที่สุดที่หนังตาชั้นนี้ไม่มีหลอดเลือดและประกอบด้วยเซลล์รูปร่างต่าง ๆ กันหลายชั้น ชั้นที่ลึกที่สุดที่ผิวเป็นเซลล์แบน ๆ และตายแล้วจะลอกหลุดออกไปเป็นขี้ไคล

2. หนังแท้ (dermis) ประกอบด้วยเส้นใยพืดเป็นส่วนใหญ่ประสานไขว้กันไปมา ส่วนตื้นของชั้นนี้ยังเป็นปุ่มนูนขึ้นมาสวมกับขอบทางด้านลึกของหนังกำพร้า ในปุ่มนูนนี้มีหลอดเลือดและปลายประสาทรับความรู้สึก ส่วนลึกของหนังแท้จะมีแต่เส้นใยพืดประสานกันค่อนข้างแน่น



รูปที่ 1.23 โครงสร้างของผิวหนัง

จากรูปที่ 1.23 จะเห็นได้ว่า หน่วยรับความรู้สึกและปลายประสาทของหน่วยรับความรู้สึกอยู่ในตำแหน่งที่แตกต่างกันในชั้นผิวหนัง รวมทั้งรูปร่างที่แตกต่างกัน โดยหน่วยรับความรู้สึกแต่ละชนิดจะไวต่อการกระตุ้นเฉพาะอย่างดังนี้



รูปที่ 1.24 หน่วยรับความรู้สึกชนิดต่าง ๆ ที่อยู่บริเวณผิวหนัง

- free nerve endings ทำหน้าที่รับความรู้สึกจากการสัมผัส อุณหภูมิ และความรู้สึกเจ็บปวด
- merkel disks ทำหน้าที่รับความรู้สึกจากการสัมผัสที่ละเอียดอ่อน เช่น การอ่านอักษรเบรลล์
- krause end bulbs ทำหน้าที่รับความรู้สึกเป็นหน่วยรับสัมผัสความเย็น เช่น ที่ริมฝีปาก ที่ลิ้น
- root hair plexus ทำหน้าที่รับความรู้สึกจากการสัมผัสที่ขน
- meissner corpuscles ทำหน้าที่รับความรู้สึกและตอบสนองต่อสัมผัสแบบเบา ๆ และแรงดัน โดยที่มือจะทำให้รู้สึกสัมผัสในเบื้องต้นเมื่อถูกวัตถุหรือเมื่อวัตถุสั่นมือ รู้ลายผิววัตถุเมื่อลูบ และเมื่อจับวัตถุอยู่ ช่วยให้รู้ว่าควรใช้แรงแค่ไหน
- pacinian corpuscles ทำหน้าที่รับความรู้สึกถึงความเปลี่ยนแปลงของแรงดันและความสั่นสะเทือนที่ผิวหนังที่มีความถี่สูง เช่น แรงสั่นจากเครื่องมือทำให้สามารถรู้สึกเหมือนกับจับวัตถุที่จริง ๆ อยู่ติดแนบกับเครื่องมือ การรู้สึกถึงลักษณะของกระดูกที่จรดกับปากกาที่อยู่ในมือ จึงทำให้สามารถเขียนแม่ในที่มีดได้
- ruffini endings ทำหน้าที่รับความรู้สึกเกี่ยวกับอาการบิดเบี้ยวและการควบคุมการเคลื่อนไหวและตำแหน่งของนิ้วมือ และรับรู้สัมผัสที่เป็นความร้อน



กิจกรรมการทดลอง

กิจกรรมที่ 1.2 ความไวสัมผัสของผิวหนัง

จุดประสงค์

ทดลองและอธิบายความไวต่อการสัมผัสของผิวหนัง

อุปกรณ์

1. ฝ่าปิดตา
2. ปากคืบ
3. กระดาษ
4. ปากกาสี 2 แท่ง (สีต่างกัน)

วิธีปฏิบัติ

1. วาดรูปเพื่อนที่แสดงถึงส่วนของผิวหนังทั่วร่างกายลงบนกระดาษ
2. ผูกผ้าปิดตาเพื่อน แล้วนำเอาปากคีบมากดเบา ๆ ลงบนเนื้อตัวของเพื่อนในบริเวณต่าง ๆ บางครั้งใช้ปากคีบขาเดียว บางคราวก็กดลงพร้อมกันทั้งสองขา
3. ขอให้เพื่อนระบุว่า บริเวณได้รับสัมผัสจุดเดียวหรือสองจุด ชีตเครื่องหมายถูกถ้าคำตอบถูกต้อง และชีตเครื่องหมายผิดถ้าเพื่อนตอบไม่ถูก
4. สำรวจผลสว่าบริเวณใดของร่างกายที่มีเครื่องหมายถูกมากที่สุด

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ในการทดลองบริเวณใดของร่างกายที่ถูกทดสอบบ่อยที่สุดและน้อยที่สุดตามลำดับ
2. จากข้อ 1 เหตุใดบริเวณนั้นที่ถูกทดสอบจึงสามารถระบุผลการทดลองได้ถูกต้องแม่นยำกว่าบริเวณอื่น
3. บริเวณของร่างกายที่มีเซลล์ประสาทหนาแน่นมากกว่ามีลักษณะแตกต่างจากบริเวณร่างกายที่มีเซลล์ประสาทหนาแน่นน้อยกว่าอย่างไร

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ผู้ถูกทดสอบรับรู้สัมผัสในบริเวณต่าง ๆ ของผิวหนังบนร่างกายได้ไม่เท่ากัน เนื่องจากบริเวณต่าง ๆ ของผิวหนังในร่างกายจะมีปลายประสาทอยู่ไม่เท่ากัน บริเวณที่มีความละเอียดอ่อนน้อยก็จะมีปลายประสาทอยู่น้อย ส่วนบริเวณที่มีความละเอียดอ่อนมากจะมีปลายประสาทอยู่มาก

ผลจากการทำงานของหน่วยรับความรู้สึกที่ปลายประสาท ยังทำให้เรารับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และการรับรู้สัมผัสยังช่วยให้เราสามารถบอกได้ถึงความแตกต่างของวัตถุแต่ละชนิดอีกด้วย



กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.5

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. โครงสร้างหลักของตาที่ช่วยในการมองเห็นคือส่วนใดบ้าง และมีการทำงานอย่างไร
2. ระบุการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างตาที่ใช้ในการมองเห็นวัตถุต่อไปนี้

โครงสร้าง	การเปลี่ยนแปลง	
	มองวัตถุระยะใกล้	มองวัตถุระยะไกล
ผิวของเลนส์ตา	ให้นักเรียนบันทึกผลลงในสมุดประจำตัวนักเรียน	
กล้ามเนื้อยึดเลนส์ตา		
เยื่อใยเลนส์ตา		

3. โครงสร้างใดในหน้าที่ทำหน้าที่แปลงแสงสีของคลื่นแสงให้กลายเป็นกระแสประสาทเพื่อไปแปลผลที่สมอง
4. ท่อยูสเตเชียนในหูชั้นในทำหน้าที่อะไร
5. ผิวหนังทำหน้าที่อะไรบ้าง และผิวหนังทำหน้าที่รับรู้ความรู้สึกต่าง ๆ ได้อย่างไร



กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์

“อวัยวะรับความรู้สึก”

จุดประสงค์

ออกแบบอุปกรณ์ การละเล่น หรือกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อฝึกฝนการทำงานของระบบประสาท

คำชี้แจง

1. นักเรียนจัดกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน พร้อมตั้งชื่อกลุ่ม
2. ทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้
3. นักเรียนต้องระดมสมองในการสืบค้นความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และความรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น ๆ โดยนำมาบูรณาการสร้างผลงาน อภิปรายเพื่อแสดงความคิดเห็นโดยใช้เหตุผลในการโต้แย้งจากประจักษ์พยานที่พบตลอดการทำกิจกรรม เพื่อให้ได้ผลงานที่มีคุณภาพ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ โดยคำนึงถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำกิจกรรม
4. เตรียมพร้อมที่จะนำเสนอผลงานเพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

สถานการณ์

ระบบประสาทเป็นระบบที่มีความสำคัญในการควบคุมการทำงานของระบบอื่น ๆ ในร่างกายด้วยเหตุนี้ระบบประสาทจึงมีการทำงานทั้งการรับรู้และการสั่งการที่รวดเร็วเพื่อให้ร่างกายสามารถตอบสนองได้ทันทั่วทั้งที่ รวมถึงการทำงานของร่างกายให้เป็นไปอย่างปกติ ซึ่งปัจจุบันมีวิธีการต่าง ๆ มากมายที่ทำให้มนุษย์ได้ฝึกฝนระบบประสาทให้ทำงานได้ดีขึ้น โดยผ่านอวัยวะรับความรู้สึกหรือหน่วยปฏิบัติการ (effector) ของร่างกาย ดังนั้นกิจกรรมสร้างสรรค์ จึงให้นักเรียนรวมกลุ่มกันเพื่อออกแบบอุปกรณ์ การละเล่น หรือกิจกรรมต่าง ๆ ที่ใช้ฝึกฝนการทำงานของระบบประสาท โดยให้แต่ละกลุ่มออกแบบอุปกรณ์ การละเล่น หรือกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อใช้กับอวัยวะรับความรู้สึกเพียงอย่างเดียว เช่น หู ตา จมูก ผิวหนัง ลิ้น หรือเกี่ยวกับความคิด ทั้งนี้สิ่งที่นักเรียนออกแบบหรือสร้างขึ้นมานั้นจะต้องสามารถบันทึกผลและแปลผลได้

สรุปเรื่อง ระบบประสาท

Knowledge

การรับรู้และการตอบสนอง

- การรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว
สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เช่น โพรทิสต์ยังไม่มีเซลล์ประสาท จะมีเส้นใยเชื่อมโยงระหว่างโคนซีเลีย เรียกว่า เส้นใยประสานงาน ทำหน้าที่รับและส่งสัญญาณการรับรู้และควบคุมการเคลื่อนไหวของซีเลีย
- การรับรู้และการตอบสนองของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง
 - ไฮดราไม่มีเส้นประสาทเชื่อมโยงคล้ายร่างแห เรียกว่า ร่างแหประสาท
 - พลาเนเรียมีการรวมตัวของเซลล์ประสาทเป็นกลุ่มที่ส่วนหัว เรียกว่า ปมประสาท ซึ่งเป็นศูนย์รวมประสาท และมีเส้นประสาทแยกออกไปสองข้าง
 - ไส้เดือนดินมีจำนวนปมประสาทที่บริเวณหัวเพิ่มมากขึ้นและเรียงต่อกันเป็นวงแหวน (สมอง) ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของระบบประสาท
 - แมลงมีปมประสาทอยู่ที่ส่วนหัว (สมอง) และลำตัว ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของระบบประสาทและเป็นศูนย์รวมอยู่เป็นระยะตามแนวกลางลำตัว
 - หอย หมึก ตามปกติประกอบด้วย ปมประสาท 3 คู่ เชื่อมกันโดยเส้นประสาทตามยาวและตามขวาง
 - แมงทะเล ดาวทะเล มีระบบประสาทแบบวงแหวนอยู่รอบปาก แล้วมีแขนงแยกออกไปตามส่วนต่าง ๆ ตามแนวรัศมี

- การรับรู้และการตอบสนองของสัตว์มีกระดูกสันหลัง
คนและสัตว์มีกระดูกสันหลังมีศูนย์กลางการทำงานอยู่ที่ระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งประกอบด้วย สมอง และไขสันหลัง อวัยวะเหล่านี้ประกอบด้วยเซลล์ประสาทจำนวนมาก เซลล์ประสาทแต่ละเซลล์นั้นจะประกอบด้วยตัวเซลล์ และใยประสาทที่แยกออกจากตัวเซลล์มีปมประสาทและเส้นประสาทแยกออกจากสมองและไขสันหลัง

เซลล์ประสาท

- โครงสร้างของเซลล์ประสาท
เซลล์ประสาทประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ
1. ตัวเซลล์เป็นเซลล์ที่ประกอบด้วยนิวเคลียส ไซโทพลาซึม และออร์แกเนลล์ต่าง ๆ
2. ใยประสาทเป็นส่วนของเซลล์ประสาทที่ยื่นออกจากตัวเซลล์ มีลักษณะเป็นแขนงเป็นเส้นเล็ก ๆ ใยประสาทแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เดนไดรต์และแอกซอน
- ชนิดของเซลล์ประสาท
1. การจำแนกชนิดของเซลล์ประสาทโดยใช้จำนวนใยประสาทต่อหนึ่งเซลล์เป็นเกณฑ์ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ เซลล์ประสาทชิวเดียว เซลล์ประสาทชอว์ และเซลล์ประสาทหลายชิว
2. การจำแนกชนิดของเซลล์ประสาทโดยใช้หน้าที่เป็นเกณฑ์ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ เซลล์ประสาทรับความรู้สึก เซลล์ประสาทประสานงาน และเซลล์ประสาทสั่งการ
- การทำงานของเซลล์ประสาท
เซลล์ประสาททำหน้าที่ส่งกระแสประสาทที่เกิดขึ้นทั้งภายในเซลล์ซึ่งเป็นการส่งกระแสประสาทจากบริเวณหนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่งของเซลล์ หรือการส่งกระแสประสาทระหว่างเซลล์โดยกระแสประสาทจะอยู่ในรูปของ

สัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของไอออนผ่านเยื่อเซลล์ การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทอาศัยพลังงานจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของเซลล์ประสาทโดยตรง

ศูนย์ควบคุมระบบประสาท

ระบบประสาทแบ่งตามตำแหน่งและโครงสร้างออกเป็น 2 ระบบ คือ ระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก

- ระบบประสาทส่วนกลาง
 1. สมองเป็นอวัยวะที่เกี่ยวกับความคิด ความจำ ความฉลาด ควบคุมการรับรู้ การตอบสนอง และการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ โดยเป็นศูนย์กลางของระบบประสาท สมองของคนแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ สมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง และสมองส่วนหลัง
 2. ไขสันหลังบรรจุอยู่ในกระดูกสันหลังทำหน้าที่เป็นทางผ่านของกระแสประสาทระหว่างหน่วยรับความรู้สึก สมอง และหน่วยปฏิบัติงาน
- ระบบประสาทรอบนอก
ระบบประสาทรอบนอกประกอบด้วยเส้นประสาทสมองและเส้นประสาทไขสันหลัง ทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างหน่วยรับความรู้สึก ระบบประสาทส่วนกลาง และหน่วยปฏิบัติงาน โดยการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อลายที่ยึดติดกับกระดูกให้เคลื่อนไหวหรือทรงตัวได้ตามต้องการ

การทำงานของระบบประสาทสั่งการ

ระบบประสาทรอบนอกส่วนที่สั่งการจำแนกออกเป็น 2 ส่วน คือ ระบบประสาทโซมาติกและระบบประสาทอัตโนมัติ

- ระบบประสาทโซมาติก
ระบบประสาทโซมาติกมีการทำงานอยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ โดยการสั่งการจะเกิดขึ้นกับหน่วยปฏิบัติการที่สามารถบังคับได้
- ระบบประสาทอัตโนมัติ
ระบบประสาทอัตโนมัติเป็นการทำงานที่อยู่เหนืออำนาจจิตใจ โดยการสั่งการเกิดขึ้นกับหน่วยปฏิบัติงานที่บังคับไม่ได้ จำแนกออกเป็น 2 ระบบย่อย คือ ระบบซิมพาติกและระบบพาราซิมพาติก

อวัยวะรับความรู้สึก

อวัยวะรับความรู้สึกหรืออวัยวะรับสัมผัสจะมีหน่วยรับความรู้สึก เมื่อได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าจะทำให้เกิดการกระตุ้นของสิ่งเร้าเป็นกระแสประสาทส่งไปยังเซลล์ประสาทรับความรู้สึกและส่งต่อไปยังสมองหรือไขสันหลัง จากนั้นสมองจะวิเคราะห์ข้อมูลจากการรับความรู้สึกเป็นการรับรู้ แล้วสั่งการไปยังหน่วยปฏิบัติงาน อวัยวะรับความรู้สึกมีดังนี้

- ตา เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่รับภาพ ทำให้สามารถมองเห็นสิ่งต่าง ๆ
- หู เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่รับสัมผัสในการได้ยินเสียงและการทรงตัว
- จมูก เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของลมหายใจเข้าออกและดมกลิ่น
- ลิ้น เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับรส
- ผิวหนัง เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่หลายประการ ได้แก่ ห่อหุ้มร่างกาย รักษาอุณหภูมิของร่างกาย เช่น การรักษาอุณหภูมิในร่างกาย และการขับของเสียออกนอกร่างกายในรูปของเหงื่อออกมาตามต่อมเหงื่อ

Process

1. สืบค้นข้อมูลและเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทของไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน กุ้ง หอย แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง
2. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท
3. อธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาท และกลไกการถ่ายทอดกระแสประสาท
4. อธิบายและสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก
5. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ในสมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง สมองส่วนหลัง และไขสันหลัง
6. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เปรียบเทียบ และยกตัวอย่างการทำงานของระบบประสาทไขมาติกและระบบประสาทอัตโนมัติ
7. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนังของมนุษย์ ยกตัวอย่างโรคต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และบอกแนวทางในการดูแลป้องกันและรักษา
8. สังเกตและอธิบายการทำตำแหน่งของจุดบอด โฟเวีย และความไวในการรับสัมผัสของผิวหนัง

Attribute

1. มีวินัย
2. ใฝ่เรียนรู้
3. มุ่งมั่นในการทำงาน

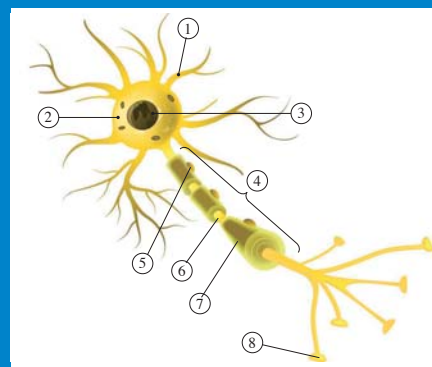


คำถามท้าทายหน่วยการเรียนรู้

1. ให้นักเรียนระบุว่าสิ่งมีชีวิตต่อไปนี้ใช้โครงสร้างหรือระบบประสาทแบบใดในการรับรู้และตอบสนอง

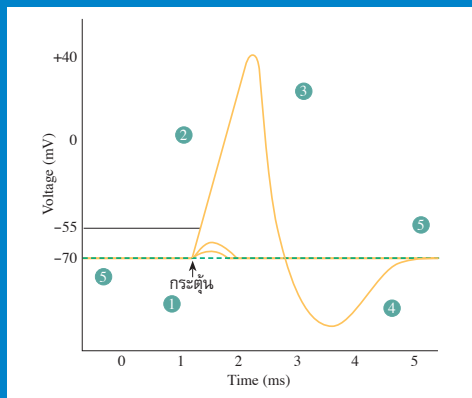
สิ่งมีชีวิต	โครงสร้าง/ระบบประสาท
พารามีเซียม	ให้นักเรียนบันทึกผลลงในสมุดประจำตัวนักเรียน
ไฮดรา	
พลาเนเรีย	
ไส้เดือนดิน	
แมลง	
หมึกยักษ์	
ดาวทะเล	
มนุษย์	

2. ให้นักเรียนระบุโครงสร้างของเซลล์ประสาทต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

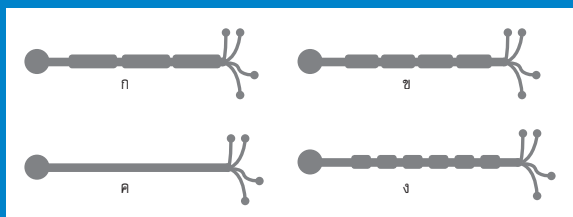


- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____
- 6 _____
- 7 _____
- 8 _____

3. จากภาพให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

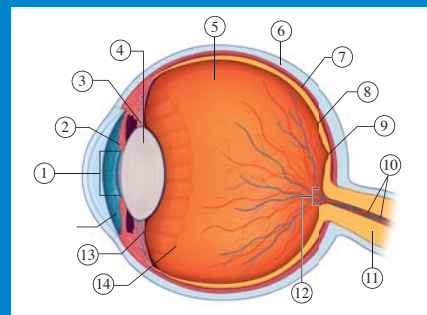


- 3.1 จากภาพเป็นกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ใด
- 3.2 หมายเลขใดเกิดกระบวนการ $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ pump
- 3.3 หมายเลข ② ตรงกับระยะใดของแอกชั่นโพเทนเชียล
- 3.4 ในระยะที่เซลล์ประสาทสูญเสีย K^+ ออกนอกเซลล์นั้นตรงกับระยะใด
- 3.5 เหตุใดหมายเลข ④ จึงมีประจุรวมเป็นลบมาก
4. ให้นักเรียนเรียงลำดับเซลล์ประสาทที่นำกระแสประสาทด้วยอัตราเร็วต่ำไปสูงสุด



5. กระบวนการไซแนปส์ของเซลล์ประสาทมีกระบวนการอย่างไร
6. เราสามารถนำความรู้เรื่องการยับยั้งการทำงานของสารสื่อประสาทมาใช้ในการรักษาทางการแพทย์ได้อย่างไร

7. ให้นักเรียนสร้างแผนผังความคิดแสดงส่วนต่าง ๆ ของสมอง และระบุหน้าที่ของสมองส่วนนั้น ๆ
8. การที่สัตว์ต่าง ๆ มีสมองแต่ละส่วนพัฒนาด้วยอัตราส่วนที่ไม่เท่ากันนั้น มีความสอดคล้องกับการรับรู้ตอบสนองและการดำรงชีวิตของสัตว์อย่างไร
9. ให้นักเรียนระบุโครงสร้างของตาให้ถูกต้อง



- | | |
|---------|---------|
| ① _____ | ② _____ |
| ③ _____ | ④ _____ |
| ⑤ _____ | ⑥ _____ |
| ⑦ _____ | ⑧ _____ |
| ⑨ _____ | ⑩ _____ |
| ⑪ _____ | ⑫ _____ |
| ⑬ _____ | ⑭ _____ |

10. จงเรียงลำดับการเดินทางของคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงจนถึงการแปลผลในสมอง
11. ให้นักเรียนค้นหาข้อมูลโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทมาอย่างน้อย 3 โรค