

คู่มือเรียนรายวิชา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
เพิ่มเติม ตามหลักสูตรแกนกลาง พ.ศ. 2551
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)



BIOLOGY ชีววิทยา ม.6 เล่ม 5

พศ.ประสงค์ หล้าสะอาด

ก.บ. (ชีววิทยา) (เทียบเคียงระดับ 1)
ว.บ. (ชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
Cert. in Teaching & Learning in Hi-Ed.
and Research Supervision (University of Sydney, Australia)
อาจารย์สอนวิชาชีววิทยา CHEM. HOUSE

พศ.ดร.จิตเกษม หล้าสะอาด

ว.บ. (ชีววิทยา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ว.บ. (ชีววิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์))



สรุปเนื้อหาสำคัญ

- ระบบประสาทและอวัยวะรับรู้ความรู้สึก
- การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต
- ระบบต่อมไร้ท่อ
- ระบบสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต
- พฤติกรรมของสัตว์

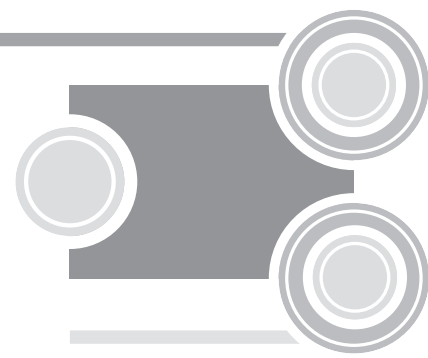
แบบทดสอบท้ายบท

ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัยครบทุกระบบ

พร้อมเฉลยครบถ้วน



คู่มือรายวิชา เพิ่มเติม
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)



เพิ่มเติม ชีววิทยา ม.6 เล่ม 5

- ระบบประสาทและอวัยวะรับรู้ความรู้สึก
- การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต
- ระบบต่อมไร้ท่อ
- การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต
- พฤติกรรมของสัตว์

เหมาะสำหรับ

- ☑ เน้นสำหรับนักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์
- ☑ ใช้สอบ Entrance เข้ามหาวิทยาลัยระบบ Admissions PAT 2 และ O-NET
- ☑ ใช้สอบตรงเพื่อเข้ามหาวิทยาลัยประเภทโควตา
- ☑ สอบประจำภาคเรียน
- ☑ สามารถใช้ศึกษาด้วยตนเอง

พศ.ประสงค์ หล้าสะอาด

กศ.บ. ชีววิทยา (เกียรติคุณอันดับ 1), วท.ม. (สัตววิทยา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
Cert. in Teaching & Learning in Hi-Ed. and Research Supervision
(University of Sydney, Australia)

พศ.ดร.จิตเกษม หล้าสะอาด

วท.ม. (ชีววิทยา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย), วท.ด. (ภูมิวิทยา, ม.เกษตรศาสตร์)



● **สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ (ฉบับเพิ่มเติม) พ.ศ. 2558**

เพิ่มเติม จิตวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ชีววิทยา

ม.6 เล่ม 5

ผู้เรียบเรียง

ผศ.ประสงค์ เหล่าสะอาด

ผศ.ดร.จิตเกษม เหล่าสะอาด

กองบรรณาธิการ : อรศรี ไรจน์พจนรัตน์, ณัฐธินันท์ ลูกเสื่อติรา, อมรศักดิ์ บุญเรือง, พิรุณนิชา ไบสุวรรณ
สถาพร พุศิริถิรพร, มนชญา กมลวานนท์, ยุภาภรณ์ แดงมณี

จัดพิมพ์ : บริษัท สำนักพิมพ์ พ.ศ. พัฒนา จำกัด

12 หม่อมแฝ้ว แยก 3 ถ.พระราม 6 (ซ. 41) แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400

โทร 02-279-6222 (อัตโนมัติ 15 คู่สาย) โทรสาร 02-279-6203-4

พิมพ์ที่ : บริษัท เรืองแสงการพิมพ์ (2002) จำกัด

48/1722 หมู่ 7 ซอยหมู่บ้าน ดี.เค. ถนนกาญจนาภิเษก แขวงบางบอน เขตบางบอน กรุงเทพฯ 10150

ผู้พิมพ์ - ผู้โฆษณา

นายมานิตย์ พิภพวิทยุ



หนังสือเล่มนี้พิมพ์ด้วย กระดาษรีไซเคิล เอ
กระดาษจากไม้ปลูก ไม่รบกวนไม้ธรรมชาติ



คำนำ

คู่มือเรียนรายวิชา **เพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ม.6 เล่ม 5** นี้ ได้เรียบเรียงขึ้นตามโครงสร้างใหม่ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตรงตามหลักสูตรสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมใหม่ล่าสุดตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของสสวท. ทบทวนได้เพิ่มเติมเนื้อหาที่เห็นว่านักเรียนระดับนี้ควรจะได้รู้ได้เข้าใจเอาไว้ด้วย เพื่อให้นักเรียนได้มีความรอบรู้อย่างกว้างขวาง เพื่อเป็นประโยชน์ในการสอบประจำภาค และสอบเข้าศึกษาต่อในระดับสูงต่อไป

เนื้อหาของหนังสือเล่มนี้สรุปไว้เป็นบทๆ ตามลำดับ พร้อมด้วยภาพประกอบจำนวนมาก เพื่อให้ง่ายแก่การเข้าใจ ทำแบบทดสอบมีตัวอย่างข้อสอบ วัดความรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้เป็นจำนวนมาก เพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาในทุกแง่มุมให้นักเรียนได้ลองฝึกทำ นอกจากนี้ผู้เรียบเรียงยังได้เฉลยข้อสอบอย่างละเอียด โดยให้เหตุผลประกอบด้วยทุกข้อ เพื่อความสะดวกของนักเรียนที่ใช้หนังสือเล่มนี้ ผู้เรียบเรียงขอแนะนำ วิธีการใช้หนังสือเล่มนี้ อย่างถูกต้องคือ อ่านและทำความเข้าใจเนื้อหา ก่อน ต่อจากนั้นจึงลองทำตัวอย่างข้อสอบหากสงสัยหรือไม่เข้าใจ หรือทำไม่ได้จึงค่อยเปิดแบบเฉลยดู และควรดูที่เหตุผลที่ให้ไว้ด้วยว่าทำไมจึงเลือกข้อนั้น หากท่านปฏิบัติได้ดังนี้ ผู้เรียบเรียงเชื่อว่าหนังสือเล่มนี้ จะเป็นหนังสือ คู่มือเรียน **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ม.6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)** ของท่านอย่างแท้จริง

ในการจัดทำหนังสือเล่มนี้อาจมีข้อบกพร่องหรือผิดพลาดเกิดขึ้นได้ ผู้เรียบเรียงยินดีรับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ทุกท่าน เพื่อจะได้แก้ไขปรับปรุงสำหรับการพิมพ์ครั้งต่อไป

ผู้เรียบเรียงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือ คู่มือเรียน **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ม.6 เล่ม 5 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)** นี้ คงอำนวยประโยชน์ให้แก่ นักเรียนมากพอสมควร

ด้วยความปรารถนาดีอย่างจริงใจ



(ผศ.ประสงค์ หล้าสะอาด)

ในนามผู้เรียบเรียง

สารบัญ

บทที่ 18 ระบบประสาทและอวัยวะรับรู้

18.1 การรับรู้และการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของโพธิวและสัตว์	1
• ระบบประสาทของพารามีเทียม	1
• ระบบประสาทของซีเลนเทอเรต	2
• ระบบประสาทของหนอนตัวแบน	2
• ระบบประสาทของหนอนตัวกลม	3
• ระบบประสาทของมอลลัสก์	3
• ระบบประสาทของแอนเนลิด	4
• ระบบประสาทของอาร์โทรพอด	5
• ระบบประสาทของเอไคโนเดิร์ม	6
18.2 โครงสร้างและการทำงานของเซลล์ประสาท	6
▪ เซลล์ประสาท	7
▪ นิวโรเกลีย	10
▪ เส้นประสาท	10
▪ การทำงานของเซลล์ประสาท	13
▪ การถ่ายทอดกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาทหรือเซลล์อื่นๆ	15
▪ หน้าที่ของไซแนปส์	16
18.3 ศูนย์ควบคุมระบบประสาทมนุษย์	18
♦ โครงสร้างและหน้าที่ของสมอง	18
♦ เส้นประสาทสมอง	24
♦ โครงสร้างและหน้าที่ของไขสันหลัง	26
18.4 การทำงานของระบบประสาท	30
▫ ระบบประสาทโซมาติก	30
▫ ระบบประสาทอัตโนมัติ	32
18.5 อวัยวะรับรู้	36
○ ตากับการมองเห็น	36
○ โรตาบอดดี	39
○ หูกับการได้ยิน	43
○ จมูกกับการดมกลิ่น	45
○ ลิ้นกับการรับรส	46
○ ผิวหนังกับการรับรู้สัมผัส	47

๖ แบบทดสอบวัดความรู้ บทที่ 18 ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก	49
♣ <u>เฉลยแบบทดสอบวัดความรู้</u> บทที่ 18 ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก	57
๑ ตัวอย่างข้อสอบ สอบเข้ามหาวิทยาลัย บทที่ 18 ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก	62
♣ <u>เฉลยตัวอย่างข้อสอบ สอบเข้ามหาวิทยาลัย</u> บทที่ 18 ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก	74

บทที่ 19 การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

19.1 การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว	81
* การเคลื่อนไหวโดยอาศัยการไหลของไซโทพลาซึม	81
* การเคลื่อนไหวโดยการใช้แฟลเจลลัมและซิเลีย	82
19.2 การเคลื่อนที่ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	84
๑ การเคลื่อนที่ของไส้เดือน	84
๑ การเคลื่อนที่ของหนอนตัวกลม	84
๑ การเคลื่อนที่ของปลานาเรีย	85
๑ การเคลื่อนที่ของแมงกะพรุน	85
๑ การเคลื่อนที่ของหมีก	86
๑ การเคลื่อนที่ของดาวทะเล	86
๑ การเคลื่อนที่ของแมลง	87
19.3 การเคลื่อนที่ของสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง	88
๑ การเคลื่อนที่ของปลา	89
๑ การเคลื่อนที่ของโลมาและวาฬ	91
๑ การเคลื่อนที่ของเต่าทะเล แมวน้ำ และสิงโตทะเล	92
๑ การเคลื่อนที่ของกบและเป็ดในน้ำ	92
๑ การเคลื่อนที่ของนก	92
๑ การเคลื่อนที่ของสัตว์สี่เท้าบนพื้นดิน	95
19.4 โครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของคน	96
๑ โครงสร้างของกระดูก และข้อต่อ	99
๑ การทำงานของกล้ามเนื้อและข้อต่อ	111
๑ กล้ามเนื้อเรียบ	112
๑ กล้ามเนื้อหัวใจ	113

สารบัญ

๖๖ แบบทดสอบวัดความรู้ บทที่ 19 การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต	114
๖๗ เฉลยแบบทดสอบวัดความรู้ บทที่ 19 การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต	121
๖๘ ตัวอย่างข้อสอบ สอบเข้ามหาวิทยาลัย บทที่ 19 การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต	125
๖๙ เฉลยตัวอย่างข้อสอบ สอบเข้ามหาวิทยาลัย บทที่ 19 การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต	128

บทที่ 20 ระบบต่อมไร้ท่อ

20.1 การทำงานร่วมกันของระบบต่อมไร้ท่อและระบบประสาท	130
20.2 ต่อมไร้ท่อ	130
▪ ฮอรโมนจากต่อมไร้ท่อที่สำคัญในร่างกาย	132
20.3 ฮอรโมนและการทำงานของฮอรโมน	133
▣ ต่อมไพเนียล	133
▣ ฮอรโมนจากต่อมใต้สมอง	134
▣ ต่อมใต้สมองส่วนหน้า	134
▣ ฮอรโมนที่สร้างจากต่อมใต้สมองส่วนกลาง	139
▣ ฮอรโมนที่สร้างจากต่อมใต้สมองส่วนหลัง	141
▣ ต่อมไทรอยด์ และต่อมพาราไทรอยด์	142
▣ ตับอ่อน	146
▣ ฮอรโมนจากต่อมหมวกไต	149
▣ อวัยวะสืบพันธุ์	152
▣ ต่อมไทมัส	154
▣ รก	154
▣ ฮอรโมนจากเนื้อเยื่อของกระเพาะอาหารและลำไส้	157
20.4 การรักษาสสมดุลของฮอรโมน	158
▣ การหลั่งฮอรโมนของต่อมไร้ท่อ	160
▣ การทำงานของฮอรโมนต่ออวัยวะเป้าหมาย	162
20.5 ฮอรโมนของแมลง	162
๖๖๖ แบบทดสอบวัดความรู้ บทที่ 20 ระบบต่อมไร้ท่อ	166
๖๖๗ เฉลยแบบทดสอบวัดความรู้ บทที่ 20 ระบบต่อมไร้ท่อ	172
๖๖๘ ตัวอย่างข้อสอบ สอบเข้ามหาวิทยาลัย บทที่ 20 ระบบต่อมไร้ท่อ	176
๖๖๙ เฉลยตัวอย่างข้อสอบ สอบเข้ามหาวิทยาลัย บทที่ 20 ระบบต่อมไร้ท่อ	187

บทที่ 21 การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต

21.1 การสืบพันธุ์ของสัตว์	195
# การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ	195
# การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ	197
# การสืบพันธุ์ของไฮดรา	200
# การสืบพันธุ์ของไส้เดือนดิน	200
# การสืบพันธุ์ของกิ้งก่ามรกต	201
# การสืบพันธุ์ของกบ	201
# การสืบพันธุ์ของแมงกะพรุน	202
21.2 การสืบพันธุ์ของมนุษย์	203
■ อวัยวะสืบพันธุ์	203
■ อวัยวะสืบพันธุ์เพศชาย และอวัยวะสืบพันธุ์เพศหญิง	203
■ กระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์	209
■ การปฏิสนธิและการตั้งครรภ์	213
■ ประชากรกับการคุมกำเนิด	214
■ เทคโนโลยีการเจริญพันธุ์	216
21.3 การเจริญเติบโตของสัตว์	223
◆ การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์	223
◆ การเจริญเติบโตในระยะเอ็มบริโอของสัตว์	225
◆ การเจริญระยะเอ็มบริโอของแอมฟิออกซัส	229
◆ การเจริญระยะเอ็มบริโอของกบ และการเจริญระยะเอ็มบริโอของไก่	232
◆ การเจริญเติบโตระยะหลังเอ็มบริโอของสัตว์	238
◆ เมแทบอลิซึมของแมลง	238
◆ เมแทบอลิซึมของกบ	240
◆ การเจริญระยะเอ็มบริโอของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม	240
◆ การเจริญเติบโตของมนุษย์	241
◆ การเจริญเติบโตของคนในระยะที่อยู่ในครรภ์	241
◆ การเจริญเติบโตของคนระยะหลังคลอด	251
◆ สภาวะบางประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์	252
◆ ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอและลูกอ่อน	254

สารบัญ

๖๖ แบบทดสอบวัดความรู้ บทที่ 21 การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต	256
๖๗ เฉลยแบบทดสอบวัดความรู้ บทที่ 21 การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต	266
๖๘ ตัวอย่างข้อสอบ สอบเข้ามหาวิทยาลัย บทที่ 21 การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต	272
๖๙ เฉลยตัวอย่างข้อสอบ สอบเข้ามหาวิทยาลัย บทที่ 21 การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต	286

บทที่ 22 พฤติกรรมของสัตว์

22.1 การศึกษาพฤติกรรมของสัตว์	295
22.2 กลไกการเกิดพฤติกรรม	297
22.3 ประเภทพฤติกรรมของสัตว์	299
• พฤติกรรมที่เป็นมาแต่กำเนิด	299
• โอิเรียนเทชั่น	300
• รีเฟล็กซ์	301
• พฤติกรรมแบบรีเฟล็กซ์ต่อเนื่อง	302
• พันธุกรรมและการเกิดพฤติกรรม	304
• พฤติกรรมที่เป็นแบบแผนตามช่วงเวลา	307
• พฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้	309
• การเรียนรู้แบบแฮบิซูเอชัน	310
• การเรียนรู้แบบการฟังใจ	311
• การเรียนรู้แบบมีเงื่อนไข	312
• การเรียนรู้แบบลองผิดลองถูก	315
• การเรียนรู้แบบใช้เหตุผล	315
22.4 ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมและวิวัฒนาการของระบบประสาท	317
22.5 การสื่อสารระหว่างสัตว์	318
○ การสื่อสารด้วยเสียง	318
○ การสื่อสารด้วยท่าทาง และการสื่อสารด้วยการสัมผัส	319
○ การสื่อสารด้วยสารเคมี	324
○ การสื่อสารโดยใช้รหัสแสง	326
๖๖ แบบทดสอบวัดความรู้ บทที่ 22 พฤติกรรมของสัตว์	327
๖๗ เฉลยแบบทดสอบวัดความรู้ บทที่ 22 พฤติกรรมของสัตว์	332
๖๘ ตัวอย่างข้อสอบ สอบเข้ามหาวิทยาลัย บทที่ 22 พฤติกรรมของสัตว์	336
๖๙ เฉลยตัวอย่างข้อสอบ สอบเข้ามหาวิทยาลัย บทที่ 22 พฤติกรรมของสัตว์	342

บทที่

18

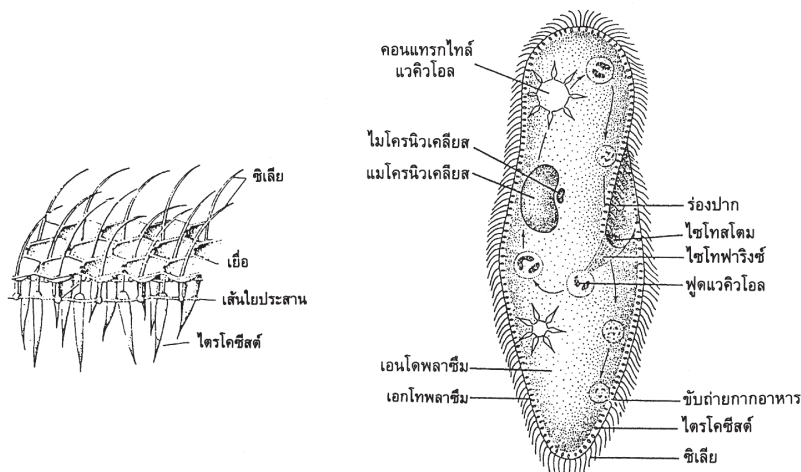
ระบบประสาทและอวัยวะรับรู้ความรู้สึก



สิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะเป็นสัตว์ชั้นสูง หรือชั้นต่ำ หรือแม้แต่พวกโพรทิสต์ ก็สามารถที่จะตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้โดยมีระบบเชื่อมโยงประสานกันเป็นตัวควบคุมการรับรู้ความรู้สึก หรือการรับรู้สิ่งต่างๆ เกิดจากการทำงานของระบบประสาท (nervous system) ซึ่งประกอบด้วยโครงสร้างเฉพาะและทำหน้าที่ในการตอบสนองต่อสิ่งที่มากระตุ้นได้ ระบบประสาทหรือโครงสร้างที่ทำหน้าที่ในการรับรู้ความรู้สึกหรือตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสัตว์แต่ละชนิดมีความซับซ้อนและโครงสร้างที่แตกต่างกันออกไป โครงสร้างที่สำคัญของระบบประสาทก็คือ เซลล์ประสาท และอวัยวะรับสัมผัสและอีกระบบหนึ่งคือ ระบบต่อมไร้ท่อ (endocrine system) ซึ่งสร้างสารเคมีที่เรียกว่า ฮอรโมน (hormone) ทำหน้าที่กระตุ้นและควบคุมการทำงานของร่างกายให้เป็นไปอย่างปกติสุข ทั้งระบบประสาทและระบบต่อมไร้ท่อทำหน้าที่ประสานงานกันช่วยให้ร่างกายอยู่ในสภาวะสมดุลอยู่ได้

18.1 การรับรู้และการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของโพรทิสต์และสัตว์

18.1.1 ระบบประสาทของพารามีเซียม

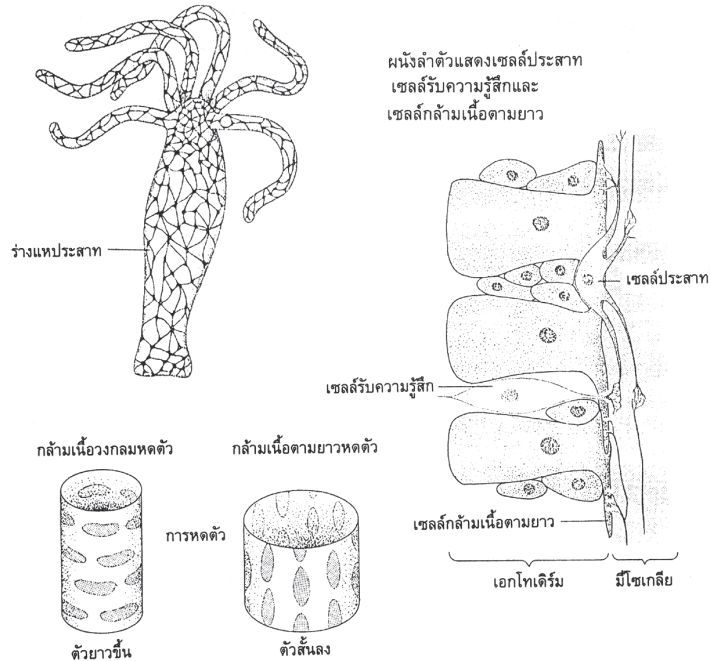


รูปที่ 18 - 1 ระบบประสาทซึ่งประกอบด้วยเส้นใยประสานงานของพารามีเซียม

ระบบประสาทของพารามีเซียม ประกอบด้วยเส้นใยประสานงาน (co-ordinating fibre) ซึ่งอยู่ใต้ผิวเซลล์เชื่อมโยงระหว่างโคนซีเลียแต่ละเส้น ทำให้เกิดการประสานงาน การโบกพัดของซีเลียที่อยู่รอบๆ ตัว ถ้าหากตัดเส้นใยนี้พบว่า พารามีเซียมไม่สามารถควบคุมการโบกพัดของซีเลียได้

18.1.2 การตอบสนองของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

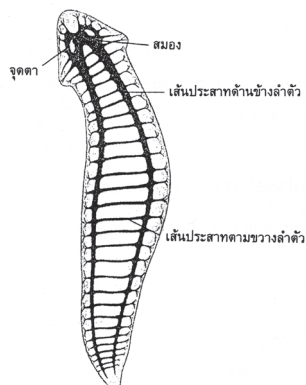
(1) ระบบประสาทของซีเลนเทอเรต



รูปที่ 18 - 2 ระบบประสาทแบบร่างแหประสาทของไฮดรา

ระบบประสาทของซีเลนเทอเรต เช่น ไฮดรา ไฮดรายังไม่มีปมประสาท แต่จะมีเส้นใยประสาทที่เรียกว่า ร่างแหประสาท (nerve net) มีลักษณะการเชื่อมโยงกันเป็นร่างแห กระจายอยู่รอบตัว เมื่อกระตุ้นจะทำให้ทุกส่วนของร่างกายหดตัว แต่การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทช้ากว่าสัตว์ชั้นสูงมาก และการเคลื่อนที่ของกระแสประสาทนั้นไม่มีทิศทางที่แน่นอนคือกระจายไปได้หลายทางบริเวณปากและเทหนะเคลจะมีเส้นใยประสาทอยู่มาก จึงทำให้รับความรู้สึกและตอบสนองได้ดีกว่าบริเวณอื่น ร่างแหประสาทพบที่ผนังลำไส้ของสัตว์ชั้นสูงด้วย ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวแบบเพอริทิลทิสของผนังลำไส้

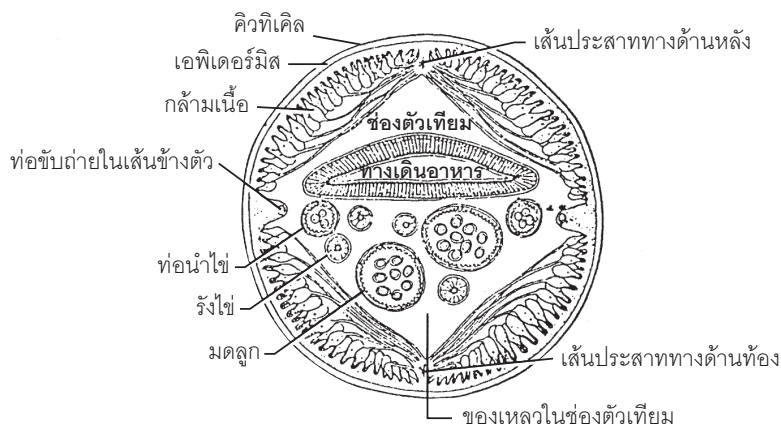
(2) ระบบประสาทของหนอนตัวแบน



รูปที่ 18 - 3 ระบบประสาทของพลาเนเรีย

ระบบประสาทของหนอนตัวแบน เช่น พลาเนเรีย พลาเนเรียมีปมประสาท 2 ปม อยู่ที่ส่วนหัว เรียกว่า **ปมประสาทสมอง** (cerebral ganglion) ทำหน้าที่เป็นสมอง ทางด้านหน้าของสมองจะมีเส้นประสาทแยกไปยัง **อายสปอต** (eye spot) ซึ่งเปรียบเสมือนตาของพลาเนเรีย ทางด้านล่างของสมอง จะมีเส้นประสาทแยกออกทั้งสองข้างลำตัวข้างละเส้น เรียกว่า **เส้นประสาทด้านข้าง** (lateral nerve cords) จากเส้นประสาทคู่นี้ จะมีเส้นประสาทพาดขวางเป็นระยะๆ เรียกว่า **เส้นประสาทตามขวาง** (transverse nerve cords) และมีแขนงประสาทแยกออกมาเลี้ยงอวัยวะต่างๆ เป็นระยะๆ ด้วย

(3) ระบบประสาทของหนอนตัวกลม

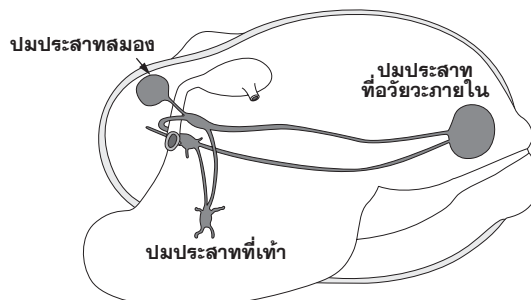


รูปที่ 18 - 4 ระบบประสาทของหนอนตัวกลมประกอบด้วย เส้นประสาททางด้านหลัง (dorsal nerve cord) และเส้นประสาททางด้านท้อง (ventral nerve cord)

ระบบประสาทของหนอนตัวกลม เช่น พยาธิไส้เดือนตัวกลมประกอบด้วยสมอง ซึ่งมีลักษณะเป็นปมประสาทรูปวงแหวน (nerve ring) อยู่รอบคอหอย (circumpharyngeal brain) จากปมประสาทรูปวงแหวนจะมีเส้นประสาทแยกออกไปทางด้านบนไปทางด้านหลัง (dorsal nerve cord) ตลอดความยาวของลำตัว และแยกออกไปทางด้านล่าง (ventral nerve cord) ไปตลอดความยาวของลำตัว เช่นกัน ที่สมองหรือปมประสาทรูปวงแหวนจะมีแขนงประสาทแยกไปยังอวัยวะรับความรู้สึกต่างๆ ทางส่วนหัวและบริเวณรอบๆ ปาก ช่วยในการรับสัมผัส

(4) ระบบประสาทของพวกมอลลัสก์

ระบบประสาทของมอลลัสก์ เช่น หอยกาบคู่ (bivalve mollusk) หอยกาบคู่มีปมประสาท 3 ปม คือ



รูปที่ 18 - 5 ระบบประสาทของหอยกาบคู่

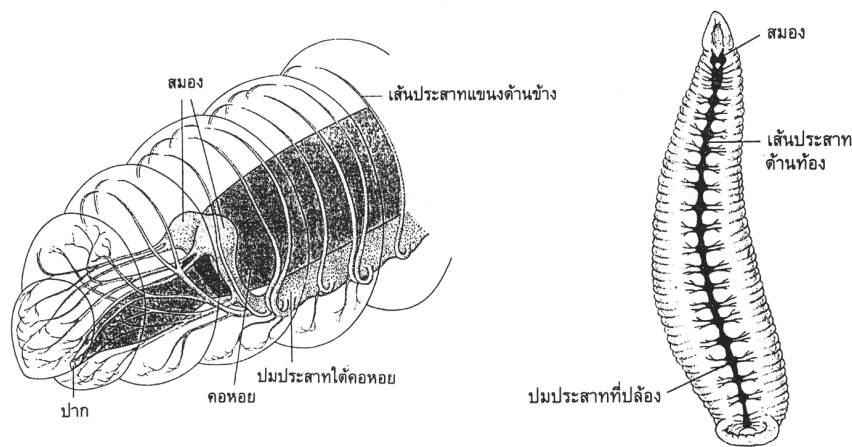
(1) ปมประสาทสมอง (cerebral ganglion) อยู่ทางตอนบนข้างๆ ปาก และหลอดอาหารทำหน้าที่ควบคุมอวัยวะตอนบน บริเวณปาก เยื่อเมือก และมัดกล้ามเนื้อเปิดเปลือก

(2) ปมประสาทที่อวัยวะภายใน (visceral ganglion) เป็นปมประสาทที่อยู่ทางด้านท้ายทำหน้าที่ควบคุมอวัยวะภายใน (visceral mass) เช่น ระบบย่อยอาหาร ตับ หัวใจ

(3) ปมประสาทที่เท้า (pedal ganglion) เป็นประสาทที่เท้า (foot) ทำหน้าที่ควบคุมการยึดและหลุดของกล้ามเนื้อที่เท้า ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ จากปมประสาททั้ง 3 นี้ จะมีเส้นประสาทเชื่อมโยงจากปมประสาทสมองไปยังปมประสาทที่อวัยวะภายในและปมประสาทที่เท้าเพื่อประสานการทำงานของปมประสาททั้ง 3

(5) ระบบประสาทของแอนเนลิด

ระบบประสาทของแอนเนลิด เช่น ไส้เดือน (earth worm) ไส้เดือนมีระบบประสาทซึ่งประกอบด้วย



รูปที่ 18 - 6 ระบบประสาทของไส้เดือนแสดงปมประสาทที่หัวและระบบประสาททั้งตัวของปลิงน้ำจืด

1. สมอง (brain) ประกอบด้วยปมประสาท 2 ปม เชื่อมเข้าด้วยกันจึงมีลักษณะเป็นพู 2 พู มักเรียกว่า **ปมประสาทซีรีบรัล** (cerebral ganglion) ที่สมองนี้จะมีเส้นประสาทแยกออกไปเลี้ยงอวัยวะต่างๆ รอบๆ ปาก และปล้องทางส่วนหน้า

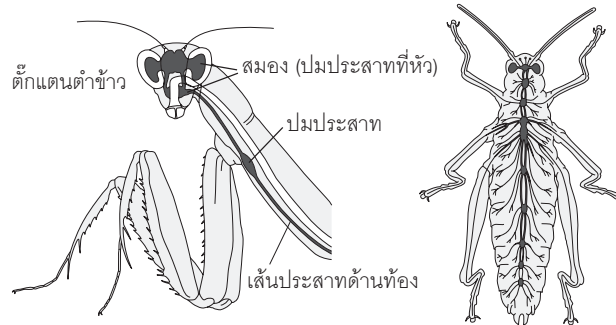
2. **ปมประสาทใต้คอหอย** (subpharyngeal ganglion) เกิดจากแขนงประสาทที่แยกออกจากสมองแล้ว อ้อมรอบคอหอย (circumpharyngeal commissure) มาบรรจบกัน และมีแขนงประสาทเล็กๆ แยกออกไปทางด้านหัวด้วย

3. **เส้นประสาทด้านท้อง** (ventral nerve cord) เป็นเส้นประสาทหลักแยกออกจากปมประสาทใต้คอหอย ไปตลอดความยาวของลำตัว ปกติเป็นเส้นประสาท 2 เส้นแต่มักรวมกันเป็นเส้นประสาทเส้นเดียว ที่เส้นประสาทเส้นนี้จะมีปมประสาทในแต่ละปล้องและมีแขนงประสาท 3 - 5 คู่ แยกออกไปเลี้ยงอวัยวะต่างๆ ที่อยู่ในปล้องด้วย

ไส้เดือนมีเซลล์ซึ่งทำหน้าที่รับสัมผัสแสงเรียกว่า **โฟโตรีเซปเตอร์เซลล์** (photoreceptor cell) และเซลล์ซึ่งทำหน้าที่รับความรู้สึก (sensory cell) ต่างๆ และดมกลิ่นด้วย เมื่อไส้เดือนสัมผัสกับแสงมันจึงถอยหนีไป นอกจากนี้ไส้เดือนยังมีปฏิกิริยาารีเฟล็กซ์แบบง่ายๆ ด้วย โดยเมื่อมีอะไรมาถูกตัวมันกล้ามเนื้อจะหดตัวได้อย่างรวดเร็ว

(6) ระบบประสาทของอาร์โทรพอด

ระบบประสาทของอาร์โทรพอด เช่น แมลง (insect) แมลงมีระบบประสาทที่พัฒนาไปมากโดยประกอบด้วย



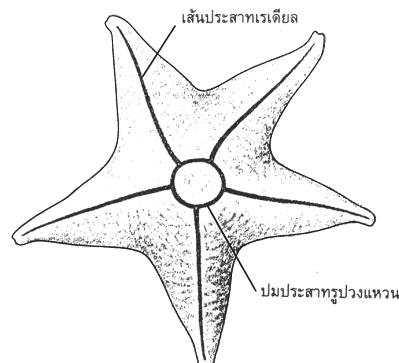
รูปที่ 18 - 7 ระบบประสาทของแมลงแสดงปมประสาทที่ส่วนหัวและระบบประสาทตลอดลำตัว

1. สมอง (brain, cerebral ganglion, supraesophageal ganglion) เกิดจากปมประสาท 2 ปม รวมกัน มีเส้นประสาทแยกไปเลี้ยงตา (optic nerve) 1 คู่และไปเลี้ยงหนวด (antennary nerve) 1 คู่

2. ปมประสาทใต้หลอดอาหาร (sub-esophageal ganglion) เกิดจากการบรรจบกันของเส้นประสาทที่แยกออกจากสมองแล้วอ้อมรอบหลอดอาหาร (circum-esophageal commissure) จากปมประสาทปมนี้มีแขนงประสาทแยกไปเลี้ยงอวัยวะส่วนปาก เช่น ริมฝีปาก เขี้ยว ฟัน เป็นต้น

3. เส้นประสาททางด้านท้อง (ventral nerve cord) เป็นเส้นประสาทที่แยกออกจากปมประสาทใต้หลอดอาหารแล้วพาดผ่านทางด้านท้องตลอดความยาวของลำตัวที่ปล้องส่วนอกมีปมประสาทอก (thoracic ganglion) 3 ปม มีเส้นประสาทแยกแขนงไปเลี้ยงขา ปีก กล้ามเนื้ออกและอวัยวะอื่นๆ บริเวณอกด้วย ที่ปล้องส่วนท้องมีปมประสาทท้อง (abdominal ganglion) 6 ปม แต่ละปมจะมีเส้นประสาทแยกออกไปเลี้ยงอวัยวะต่างๆ ในปล้องนั้นๆ

แมลงมีอวัยวะรับสัมผัสที่พัฒนาไปมากและมีประสิทธิภาพดี เช่น มีตาประกอบ (compound eye) รับภาพและแสงได้ดี อวัยวะรับเสียง (sound receptors) เช่น อวัยวะทิมพานัม (tympanum organ) มีลักษณะเป็นเยื่อรับการสั่นสะเทือนได้ อวัยวะรับรู้สารเคมี (chemoreceptors) เช่น หนวด ปาก ขาเดิน เมื่อแตะกับวัตถุหรือสัมผัสกับสารเคมี ก็จะรับรู้ได้ว่าเป็นสารชนิดใดควรเข้าหาหรือหนี เป็นต้น



รูปที่ 18 - 8 ระบบประสาทของดาวทะเล ประกอบด้วยวงแหวนประสาทและแขนงประสาทแยกไปตามแขน

(7) ระบบประสาทของเอไคโนเดิร์ม

ระบบประสาทของเอไคโนเดิร์ม เช่น ดาวทะเล (sea star) ดาวทะเลมีระบบประสาทที่ประกอบด้วยวงแหวนประสาท (nerve ring) อยู่รอบปาก จากวงแหวนประสาทมีแขนงประสาท (radial nerve) แยกออกไปเลี้ยงแขน (arm) ต่าง ๆ โดยแยกออกไปทางด้านล่างของลำตัวที่มีเซลล์ประสาทเชื่อมโยงกันเป็นร่างแห ทำหน้าที่รับสัมผัสและประสาทเชื่อมต่อกัน อวัยวะรับสัมผัสแสงเรียกว่า **จุดตา** (eye spot) อยู่ที่บริเวณปลายสุดของแขนทุกแขน มีเท็นเทคิล (tentacle) ทำหน้าที่รับสัมผัสสารเคมี นอกจากนี้เท้าท่อ (tube feet) และเหงือกที่ผิวหนัง (dermal branchia) ก็สามารถรับรู้ความรู้สึกได้ด้วย

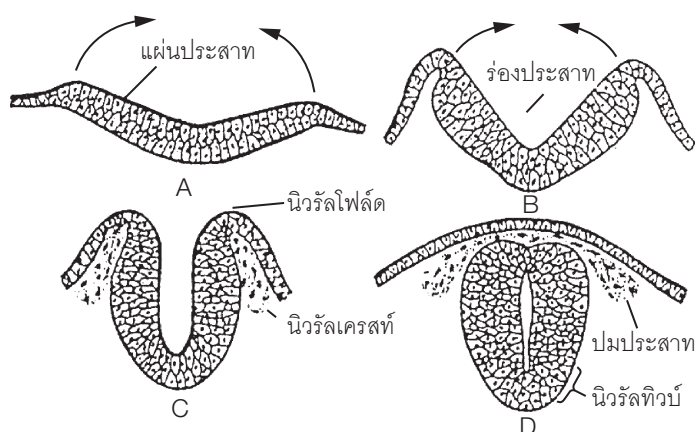
18.1.3 การตอบสนองของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

มนุษย์และสัตว์มีกระดูกสันหลัง ระบบประสาทจะพัฒนาไปมาก เซลล์ประสาทมีจำนวนมากและรวมตัวกันอยู่ที่ส่วนหัวเรียกว่า **สมอง** (brain) ซึ่งจะมีขนาดใหญ่และเจริญมาก จากสมองจะมีส่วนที่ทอดยาวตามลำตัวทางด้านหลัง เรียกว่า **ไขสันหลัง** (spinal cord) ส่วนของสมองและไขสันหลังทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของระบบประสาท ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานและรักษาสสมดุลของร่างกาย จากสมองและไขสันหลังจะมีเส้นประสาท (nerve) และปมประสาท (nerve ganglion) แยกออกมาเพื่อทำงานควบคุมการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย

18.2 โครงสร้างและการทำงานของเซลล์ประสาท

18.2.1 เนื้อเยื่อประสาท

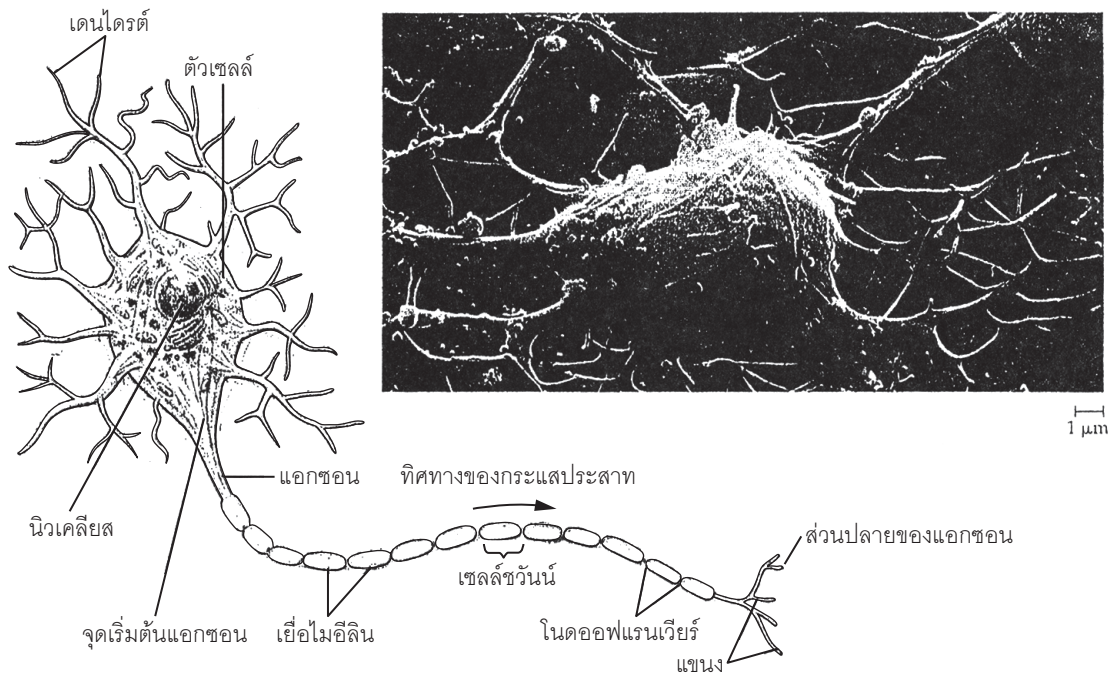
เซลล์ประสาทเป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อประสาท (nervous tissue) โดยเนื้อเยื่อประสาทพัฒนามาจากเนื้อเยื่อชั้นนอกทางด้านหลังของตัวอ่อน โดยพัฒนาหรือเปลี่ยนสภาพเป็นหลอดประสาทหรือนิวรัลทิวบ์ (neural tube) โดยเนื้อเยื่อที่จะพัฒนาเป็นหลอดประสาทจะค่อย ๆ บวมลงเป็นร่องขอบสูงขึ้นตลอดลำตัวของตัวอ่อนขอบที่สูงขึ้นจะเคลื่อนมาบรรจบกันทางด้านบนทำให้เกิดเป็นหลอดขึ้น ภายในหลอดมีของเหลวบรรจุอยู่ ส่วนของหลอดประสาททางด้านหัวขยายขนาดใหญ่ขึ้นมากพัฒนาไปเป็นสมองส่วนที่เหลือพัฒนาไปเป็นไขสันหลัง เซลล์ของประสาทมี 2 ประเภท คือ



รูปที่ 18 - 9 ภาพตัดตามขวางแสดงการเกิดท่อประสาท (A-D)

1. เซลล์ประสาท (neuron หรือ nerve cell)

มีผู้ประมาณว่าคนเรามีเซลล์ประสาทประมาณแสนล้านเซลล์ บางตำรากล่าวว่ามีถึง 3 แสนล้านเซลล์ เซลล์ประสาทแต่ละเซลล์ก็จะเชื่อมโยงกับเซลล์ประสาทอื่นๆ บางเซลล์อาจเชื่อมโยงกับเซลล์ประสาทอื่นๆ มากกว่าแสนเซลล์ เซลล์ประสาทประกอบด้วยตัวเซลล์และใยประสาท



รูปที่ 18 - 10 เซลล์ประสาทแสดงตัวเซลล์ ใยประสาท และภาพถ่ายเซลล์ประสาทด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

1.1 ตัวเซลล์ประสาท (cell body)

ตัวเซลล์ประสาทมักจะมีรูปร่างเป็นแบบรูปไข่ รูปกลมหรือเหลี่ยมขนาดไม่แน่นอน มีตั้งแต่ขนาดใหญ่ เส้นผ่านศูนย์กลาง 150 ไมครอน จนถึงขนาดเล็ก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 - 5 ไมครอน ภายในตัวเซลล์ประสาทประกอบด้วย นิวเคลียสขนาดใหญ่ ซึ่งมักจะเป็นรูปทรงกระบอก หรือกลม ภายในไซโทพลาซึมมี เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดหยาบ (rough endoplasmic reticulum) รวมกันเป็นกลุ่มทำให้มองเห็นเป็นเม็ดเล็กๆ เรียกว่า **นิสส์ลบอดี้ (nissl body)** กระจายอยู่ทั่วไป นอกจากนี้ยังพบไรโบโซม ไลโซโซม และไมโทคอนเดรียด้วย ตัวเซลล์ประสาทมีหน้าที่ในการสังเคราะห์สารหลายอย่างที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของเซลล์ประสาท และตัวเซลล์ประสาทยังมีระบบในการขนส่งสารด้วย โดยขนส่งสารที่สร้างได้จากตัวเซลล์ไปยังแขนงหรือใยประสาท ระบบขนส่งมี 2 ระบบ คือ **ระบบแอกโซพลาสมิคฟลว์ (axoplasmic flow)** ขนส่งช้าๆ ประมาณวันละ 1 มิลลิเมตร สารที่ขนส่งจะไปทำหน้าที่ซ่อมแซมใยประสาทที่ถูกตัดหรือถูกทำลาย อีกระบบหนึ่งเรียกว่า **แอกซอนัล ทรานสปอร์ต (axonal transport)** ขนส่งด้วยความเร็วประมาณวันละ 300 มิลลิเมตร โดยขนส่งสารต่างๆ ที่ทำหน้าที่ที่ปลายแอกซอน เช่น ออร์แกเนลล์ ซินแนปติกเวสิเคิล (synaptic vesicle) การสร้างและขนส่งสารเหล่านี้ต้องใช้พลังงานด้วย

1.2 ไยประสาท (cell process หรือ nerve fiber)

ใยประสาทเป็นแขนงที่แยกออกมาจากตัวเซลล์ประกอบด้วยใยประสาท 2 ชนิด คือ

1.2.1 เดนไดรต์ (dendrite) เดนไดรต์เป็นส่วนหนึ่งของตัวเซลล์ที่ยื่นออกมาทำหน้าที่รับกระแสประสาทจากภายนอกเข้าสู่ตัวเซลล์ประสาท ที่เดนไดรต์ มักมีส่วนแอกซอนของเซลล์ประสาทอื่น ยื่นมาติดต่อกับใยประสาทของเดนไดรต์จะมีตั้งแต่ 1 ถึงหลายแขนง และมักมีขนาดสั้น ภายในเดนไดรต์ มีนิวเคลียส (nissl body) และไมโทคอนเดรียด้วย

1.2.2 แอกซอน (axon) แอกซอนเป็นส่วนหนึ่งของตัวเซลล์ประสาทที่ยื่นออกมาเช่นเดียวกับเดนไดรต์ ตัวเซลล์ 1 เซลล์จะมีแอกซอนเพียง 1 แขนงเท่านั้น และมักจะมีขนาดยาวทำหน้าที่ส่งกระแสประสาทจากตัวเซลล์ออกไปยังอวัยวะตอบสนอง หรือเดนไดรต์ของเซลล์ประสาทอื่น แอกซอนยาวๆ มักจะถูกหุ้มด้วยเยื่อไขมันซึ่งเรียกว่า **เยื่อไมอีลิน (myelin sheath)** ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเซลล์ชวานน์ (schwann cell) เยื่อนี้เป็นเยื่อสีขาวพันรอบ 100 - 200 ชั้น เยื่อไมอีลินนี้จะหุ้มเป็นปลาสงๆ (ข้อๆ) บริเวณรอยต่อของเยื่อไมอีลินเป็นส่วนที่คอดเข้า เรียกว่า **โนดออฟแรนเวียร์ (node of ranvier)** ระยะห่างระหว่างโนดออฟแรนเวียร์หนึ่งจะอยู่ห่างกันประมาณ 200 - 2,000 ไมโครเมตร อนุวนไฟฟ้าทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายนอกและภายในแอกซอนขึ้น ซึ่งมีประโยชน์ในการนำกระแสประสาทมา การเคลื่อนของกระแสประสาทไปบนแอกซอนที่มีเยื่อไมอีลิน เป็นการกระโดดเป็นช่วงๆ (saltatory conduction) ระหว่างโนดออฟแรนเวียร์ที่อยู่ต่อกัน ทำให้นำกระแสประสาทได้เร็วมากประมาณ 120 เมตรต่อวินาที แต่ถ้าเป็นแอกซอนที่ไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม จะนำกระแสประสาทได้เพียง 12 เมตรต่อวินาทีเท่านั้น

เซลล์ประสาทแบ่งตามจำนวนแขนงที่แยกออกจากตัวเซลล์ แบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. เซลล์ประสาทขั้วเดียว (unipolar neuron) เซลล์ประสาทประเภทนี้ส่วนของแอกซอน และเดนไดรต์ที่ใกล้ๆ ตัวเซลล์จะรวมเป็นเส้นเดียวกัน ทำให้มีแขนงแยกออกจากตัวเซลล์เพียงแขนงเดียว เดนไดรต์มักจะยาวกว่าแอกซอนมาก พบได้ที่ปมประสาทรากบน (dorsal root ganglion) ของไขสันหลัง

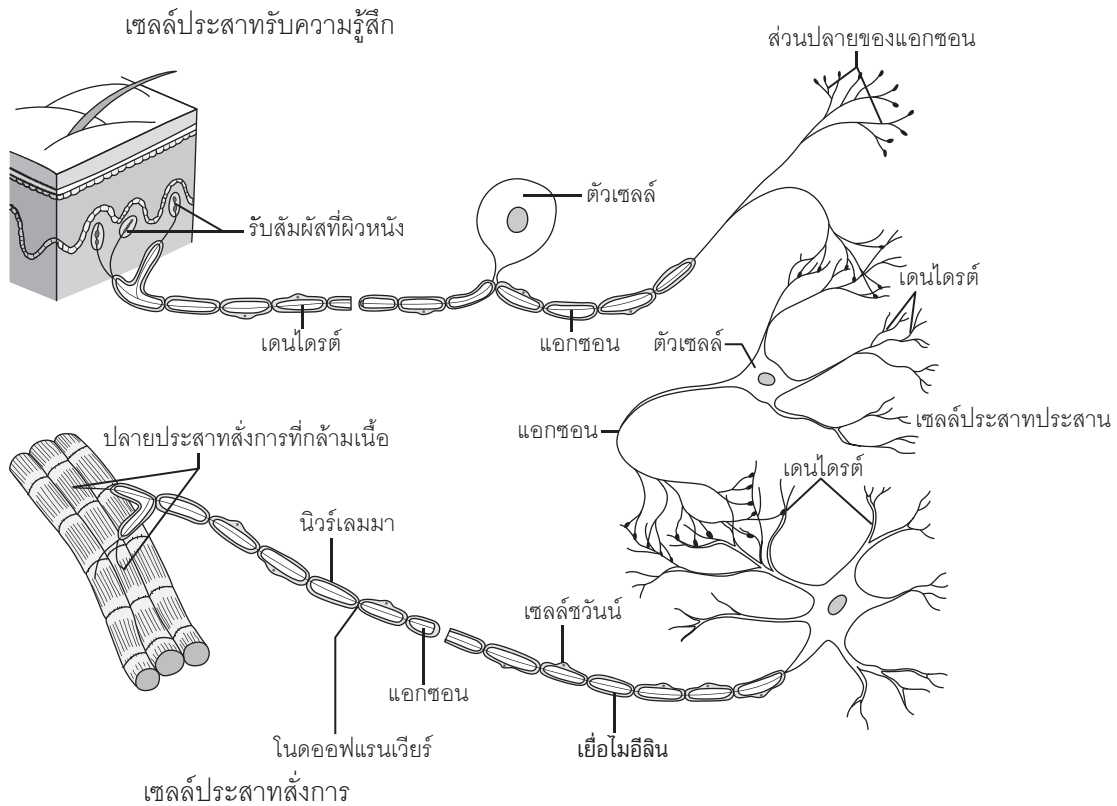
2. เซลล์ประสาทสองขั้ว (bipolar neuron) เซลล์ประสาทประเภทนี้จะมีแขนงแยกออกมาเป็น 2 แขนง โดยแขนงหนึ่งเป็นแอกซอน และอีกแขนงหนึ่งเป็นเดนไดรต์ ความยาวของแขนงทั้งสองนี้ใกล้เคียงกันพบได้ที่เรตินาของลูกตา คอเคลียของหูและเยื่อสมองที่จมูก เซลล์ประสาทขั้วเดียวและเซลล์ประสาทสองขั้วมักจะทำหน้าที่เป็นเซลล์ประสาทรับความรู้สึก

3. เซลล์ประสาทหลายขั้ว (multipolar neuron) เซลล์ประสาทชนิดนี้จะมีหลายแขนงโดยเป็นแอกซอน 1 แขนง และเป็นเดนไดรต์ 2 หรือมากกว่า เซลล์ประสาทส่วนใหญ่ของร่างกายเป็นเซลล์ประสาทหลายขั้วพบได้ในสมอง และไขสันหลัง มีแอกซอนยาว และเดนไดรต์สั้นทำหน้าที่นำคำสั่งไปยังอวัยวะตอบสนอง

เซลล์ประสาทแบ่งตามหน้าที่การทำงาน แบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

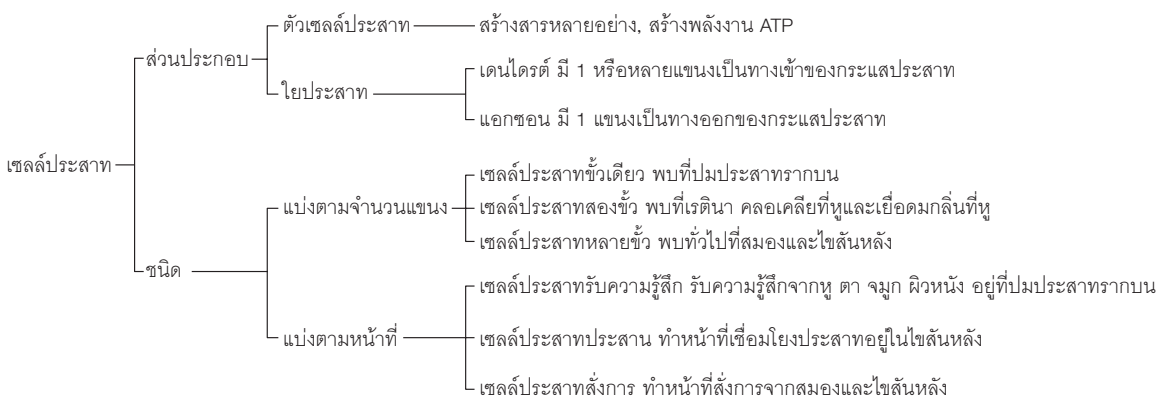
1. เซลล์ประสาทรับความรู้สึก (sensory neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่มีเดนไดรต์ติดอยู่กับอวัยวะรับสัมผัส เช่น หู ตา จมูก ผิวหนังและมีแอกซอนติดอยู่กับเซลล์ประสาทอื่น และนำความรู้สึกเข้าสู่สมองหรือไขสันหลัง

2. เซลล์ประสาทประสาน (association neuron หรือ interneuron) เป็นเซลล์ที่มีเดนไดรต์ติดกับแอกซอนของเซลล์ประสาทรับความรู้สึกและมีแอกซอนติดกับเดนไดรต์ของเซลล์ประสาทสั่งการทำหน้าที่ เชื่อมโยงวงจรประสาทพบได้ที่ไขสันหลัง



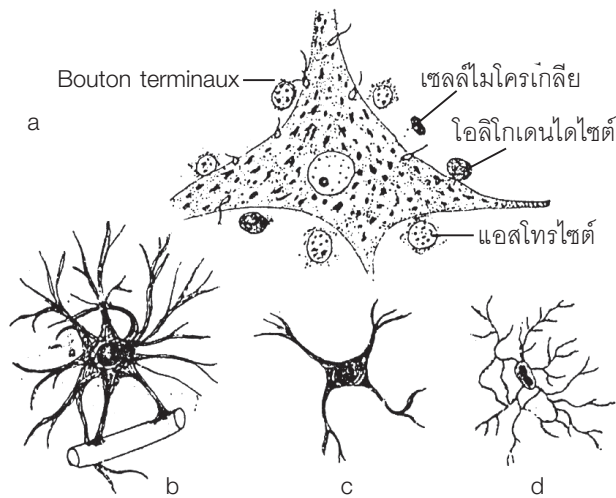
รูปที่ 18 - 11 แสดงเซลล์ประสาททั้ง 3 ชนิด คือ
เซลล์ประสาทรับความรู้สึก เซลล์ประสาทประสาน และเซลล์ประสาทสั่งการ

3. เซลล์ประสาทสั่งการ (motor neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่มีเดนไดรต์ต่ออยู่กับเซลล์ประสาทอื่น และมีแอกซอนต่อกับกล้ามเนื้อต่าง ๆ ต่อมามีท่อหรือต่อมไร้ท่อ เซลล์ประสาทสั่งการเป็นเซลล์ประสาทหลายขั้ว พบได้ในสมองและไขสันหลัง



รูปที่ 18 - 12 แผนภาพแสดงส่วนประกอบและชนิดของเซลล์ประสาท

2. นิวโรเกลีย หรือเกลียเซลล์ (neuroglia หรือ glia cell)



รูปที่ 18 - 13 นิวโรเกลียแสดง (a) เซลล์ประสาทในสมอง (b) แอสโทรไซต์ (c) โอลิโกเดนโดไซต์ (d) ไมโครเกลีย

นิวโรเกลียเป็นเซลล์ที่แทรกอยู่ระหว่างเซลล์ประสาทไม่ให้มีช่องว่างเกิดขึ้น ทำหน้าที่ลำเลียงอาหารและสนับสนุนให้เซลล์ประสาททำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด นิวโรเกลียยังคล้ายกับเนื้อเยื่อเกี่ยวพันโดยทำหน้าที่ประสานเนื้อเยื่อต่างๆ เข้าด้วยกัน นิวโรเกลียประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด ได้แก่

2.1 แอสโทรไซต์ (astrocyte) เป็นเกลียเซลล์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดมีแขนงมากอยู่ใกล้ๆ หรือ ติดกับตัวเซลล์ประสาท หรือเส้นเลือดที่มาเลี้ยงสมอง ทำหน้าที่รับส่งสารต่างๆ ให้แก่เซลล์ประสาท

2.2 โอลิโกเดนโดไซต์ (oligodendrocyte) มีขนาดเล็กกว่าชนิดแรกและมีแขนงต่างๆ น้อยพบอยู่ใกล้ๆ กับแอกซอนของเซลล์ประสาทที่สมอง ทำหน้าที่สร้างเยื่อไมอีลินหุ้มแอกซอนของเซลล์ประสาท ในสมอง

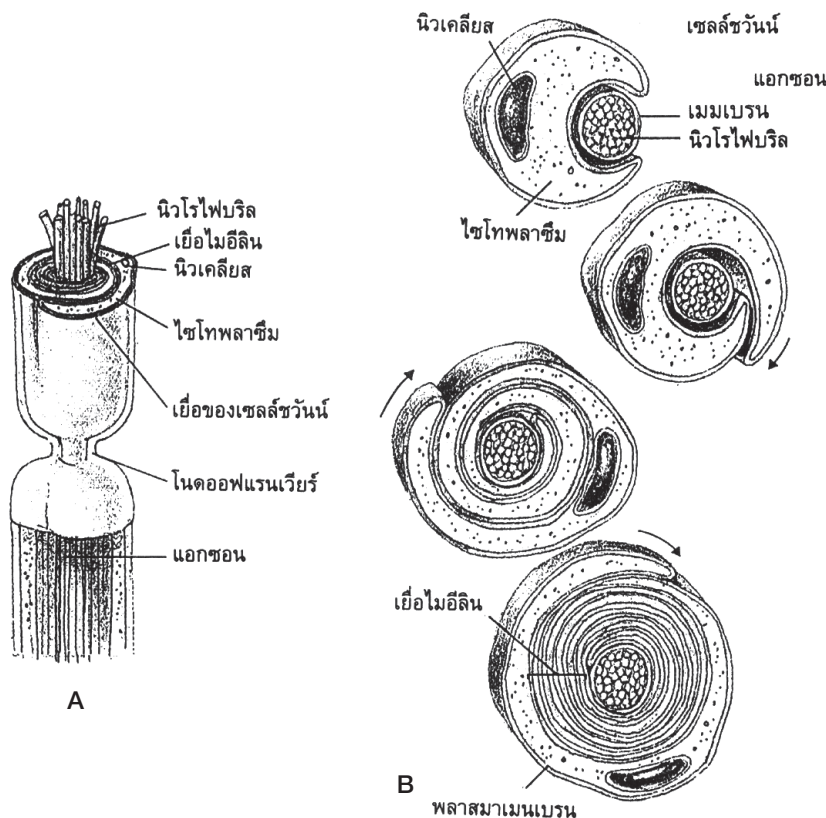
2.3 ไมโครเกลีย (microglia) เป็นเซลล์ขนาดเล็กที่สุดมีลักษณะเหมือนรากไม้อยู่รอบๆ เซลล์ประสาท

2.4 เซลล์เอนโดมอล (ependymal cell) เป็นเกลียเซลล์ชั้นๆ บูอยู่รอบๆ ช่องในสมองและช่องในไขสันหลัง

2.5 เซลล์ชวานน์ (schwann cell) เป็นเกลียเซลล์ที่ทำหน้าที่สร้างเยื่อไมอีลินหุ้มแอกซอนของเซลล์ประสาท เป็นเปลาะๆ แต่ละเปลาะ คือ เซลล์ชวานน์ 1 เซลล์

เส้นประสาท

เส้นประสาท (nerve หรือ nerve trunk) แต่ละเส้นจะมีลักษณะเป็นมัดเหมือนมัดกล้วยเนื้อโดยมีเยื่อเกี่ยวพันหุ้มด้านนอกเรียกว่า **เอพินิวเรียม (epineurium)** ภายในเอพินิวเรียมมีมัดเส้นใยประสาทหลายๆ มัดบรรจุอยู่ภายใน และมัดเส้นใยประสาทนี้จะถูกหุ้มด้วยเยื่อเกี่ยวพันเรียกว่า **เพอรินิวเรียม (perineurium)** ภายในเยื่อเพอรินิวเรียมจะมีมัดเส้นใยประสาทฝอยซึ่งมีเยื่อเอนโดนิวเรียม (endoneurium) หุ้มอยู่ ภายในเยื่อเอนโดนิวเรียมนี้เองจะมีเส้นใยประสาทจำนวนมากมายบรรจุอยู่ เส้นประสาทแต่ละเส้นมีทั้งที่เป็นใยประสาทเดนไดรต์อย่างเดียว (ทำหน้าที่รับความรู้สึก) ใยประสาทแอกซอนอย่างเดียว (ทำหน้าที่สั่งการ) หรือมีทั้งสองอย่างผสมกัน (ทำหน้าที่ทั้งรับความรู้สึกและสั่งการ)



รูปที่ 18 - 14 แอซอนที่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม (A)
เซลล์ชวันน์แสดงการเกิดเยื่อไมอีลินหุ้มแอซอนหลายๆ ชั้น (B)

การลำเลียงกระแสประสาทในเส้นใยประสาทนักวิทยาศาสตร์คำนวณไว้ดังนี้

1. ใยประสาทที่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม

เส้นใหญ่ ความเร็วในการนำกระแสประสาท (เมตร/วินาที) = เส้นผ่านศูนย์กลาง (ไมครอน) $\times$ 5

เส้นเล็ก ความเร็วในการนำกระแสประสาท (เมตร/วินาที) = เส้นผ่านศูนย์กลาง (ไมครอน) $\times$ 4

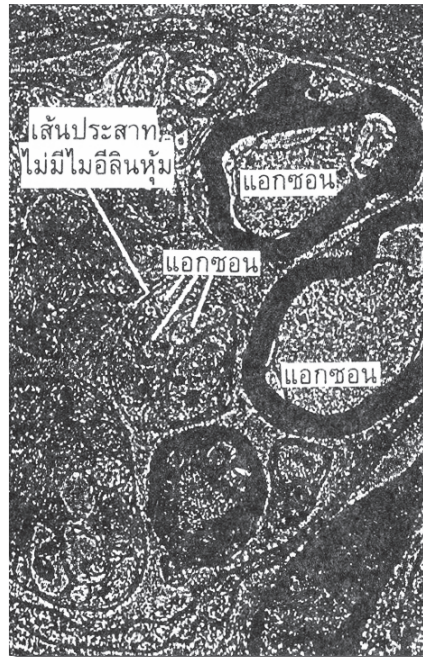
2. ใยประสาทที่ไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม

ความเร็วในการนำกระแสประสาท (เมตร/วินาที) = เส้นผ่านศูนย์กลาง (ไมครอน) $\times$ 1.73

เออร์แลงเกอร์ (Erlanger) และแกสเซอร์ (Gasser) ได้แบ่งเส้นใยประสาทตามขนาดและความเร็วในการนำกระแสประสาทออกเป็น 3 ชนิด คือ

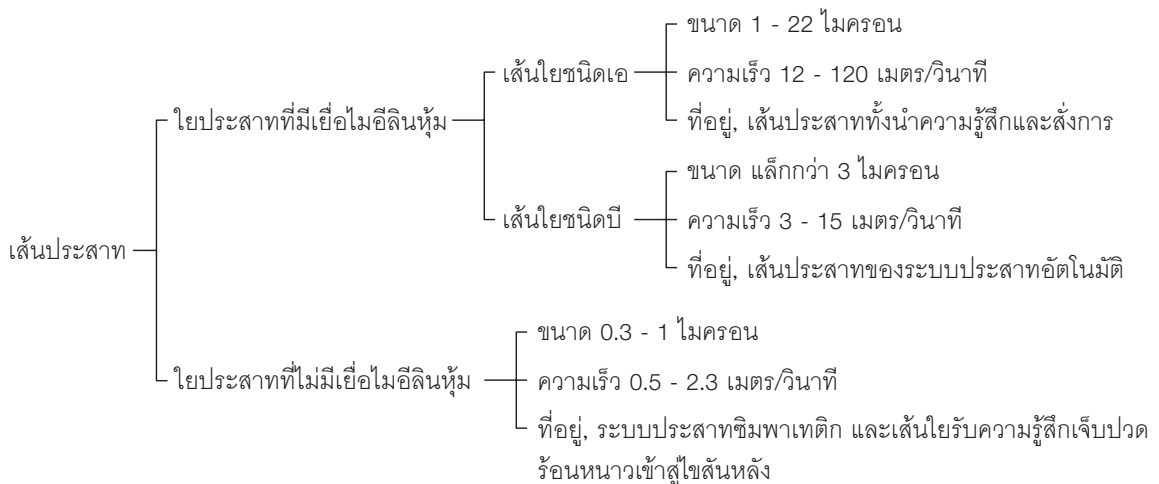
1. เส้นใยชนิดเอ (type A) เส้นใยชนิดนี้มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1-22 ไมครอน ความเร็วในการนำกระแสประสาทได้ตั้งแต่ 12-120 เมตร/วินาที เป็นเส้นใยที่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม เส้นใยชนิดนี้ไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายทั้งรับความรู้สึก และสั่งการ

2. เส้นใยชนิดบี (type B) เป็นเส้นใยที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 3 ไมครอนความเร็วในการนำกระแสประสาทได้ตั้งแต่ 3 - 15 เมตร/วินาที เส้นใยที่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม เส้นใยชนิดนี้ไปเลี้ยงอวัยวะที่ทำงาน นอกอำนาจจิตใจและใยประสาทที่ไปสู่มประสาทอัตโนมัติ



รูปที่ 18 - 15 ภาพตัดตามขวางของเส้นประสาทแสดงแอกลซอนที่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม (วงสีดำเข้ม) และแอกลซอนที่ไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม (วงสีขาว)

3. เส้นใยชนิดซี (type C) เป็นเส้นใยที่มีขนาดเล็กมากไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้มเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 - 1.3 ไมครอนความเร็วในการนำกระแสประสาทได้ตั้งแต่ 0.5 - 2.3 เมตร/วินาที พบได้ที่เส้นใยประสาทของเซลล์ประสาทตัวที่ 2 ของระบบประสาทซิมพาเทติก (postganglionic sympathetic fibre) และเส้นใยประสาทรากบน (dorsal root) ของร่างกายซึ่งนำความรู้สึกเจ็บปวดและร้อนหนาวเข้าสู่ไขสันหลัง

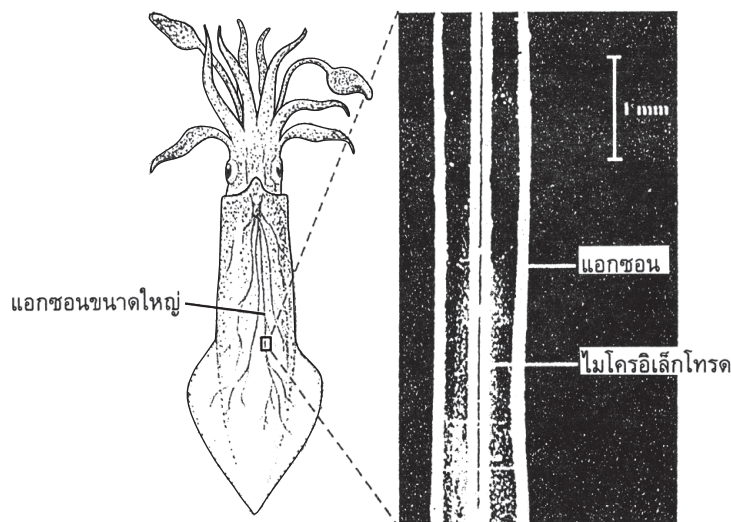


รูปที่ 18 - 16 แผนภาพแสดงส่วนประกอบของเส้นใยประสาทชนิดต่างๆ

18.2.2 การทำงานของเซลล์ประสาท

การเกิดกระแสประสาท

ฮอดจ์กิน (A.L. Hodgkin) และฮักซ์ลีย์ (A.F. Huxley) ได้ทดลองวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าในแอกซอนของเซลล์ประสาทหมึก โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า ไมโครอิเล็กโทรด (microelectrode) ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์สามารถวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายในและภายนอกของเซลล์ประสาทได้โดยในภาวะปกติ (resting potential) ได้ค่าเป็น -65 มิลลิโวลต์ แต่ในสภาวะที่มีการกระตุ้น (action potential) ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายในกับภายนอกจะกลับเป็นบวก และมีค่าประมาณ 40 มิลลิโวลต์ แล้วค่าจะเปลี่ยนกลับมาเป็น -65 มิลลิโวลต์ตามเดิม ความต่างศักย์ระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ทั่วๆ ไปมักอยู่ในช่วง -50 ถึง -100 มิลลิโวลต์

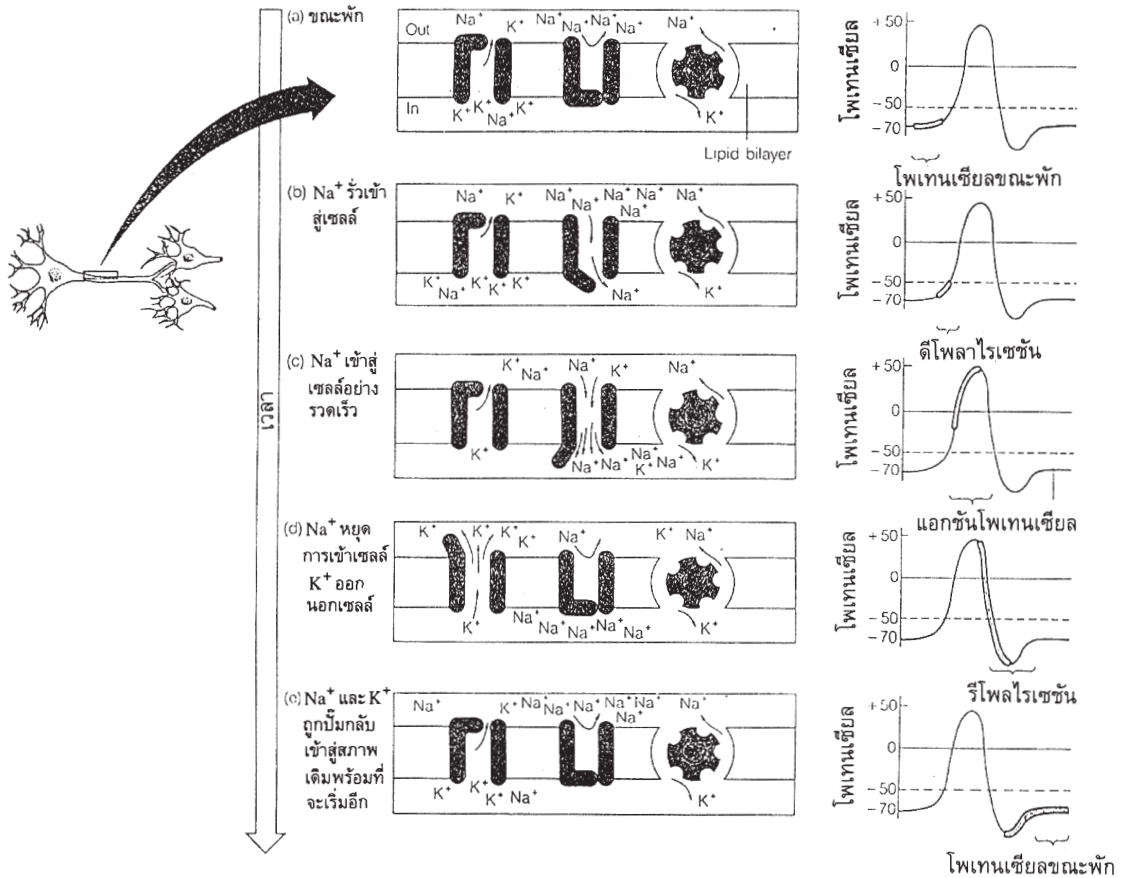


รูปที่ 18 - 17 การใช้ไมโครอิเล็กโทรดวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าในแอกซอนของเซลล์ประสาทหมึก

จากการศึกษาเยื่อเซลล์ประสาทเป็นฟอสโฟลิพิดไบเลเยอร์ (phospholipid bilayer) มีคุณสมบัติในการกั้นประจุไฟฟ้าได้โดยเยื่อหุ้มเซลล์ประสาท โปรตีนแทรกอยู่ทั่วไปทำให้เกิดช่องขึ้น โดยช่องนี้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4-5 อังสตรอม ภายในและภายนอกเยื่อเซลล์ประสาทมีไอออนของสาร เช่น K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- อยู่ K^+ เมื่อรวมตัวกับโมเลกุลของน้ำ (hydrated ion) มีขนาด 4.5 อังสตรอม ส่วน Na^+ เมื่อรวมตัวกับโมเลกุลของน้ำ (hydrated ion) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 อังสตรอม

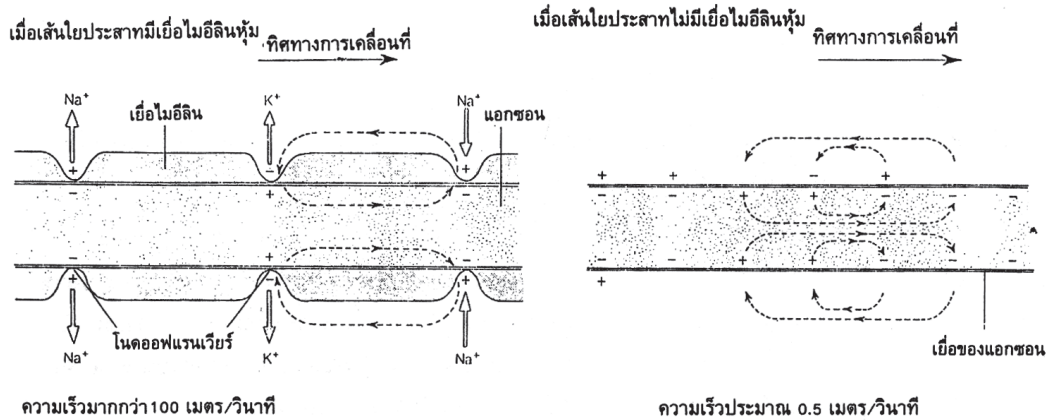
ในขณะที่เซลล์ประสาทพักหรือภาวะปกติ ภายนอกเซลล์มี Na^+ และ Cl^- อยู่มาก แต่มี K^+ น้อยส่วนภายในเซลล์มี K^+ มาก แต่มี Na^+ และ Cl^- น้อย เยื่อเซลล์ประสาทมีสมบัติเฉพาะตัวที่ยอมให้ K^+ ซึมผ่านได้ดีกว่า Na^+ ประมาณ 30 - 50 เท่า เพราะ K^+ ที่รวมกับโมเลกุลของน้ำมีขนาดเล็กกว่า Na^+ ที่รวมกับโมเลกุลของน้ำ นอกจากนี้ภายในเซลล์ยังมีสารโปรตีนและกรดนิวคลีอิก ซึ่งมีประจุลบ เมื่อรวมประจุทั้งหมดแล้ว ภายนอกเซลล์จึงมีประจุบวกมากกว่าภายในเซลล์ ทำให้ค่าออกมาเป็นลบ คือ ประมาณ -70 มิลลิโวลต์ เมื่อเกิดการกระตุ้นเซลล์ประสาทและแรงของการกระตุ้นเพียงพอ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ขึ้นชั่วคราวโดย Na^+ ที่อยู่ภายนอกเซลล์ไหลเข้าเซลล์ตามสภาพความเข้มข้นของไอออนนี้ทำให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายนอกกับภายในเปลี่ยนแปลงโดยภายนอกเปลี่ยนเป็นลบ ภายในเปลี่ยนเป็นบวก เรียกว่า **เกิดดีโพลาไรเซชัน (depolarization)** เมื่อเกิดดีโพลาไรเซชัน ถึงขั้นสูงสุดแล้วโดยใช้เวลาประมาณ 1 วินาที

เยื่อเซลล์จะไม่ยอมให้ Na^+ ผ่านเข้าไปในเซลล์อีก แต่เยื่อเซลล์จะยอมให้ K^+ จากภายในเซลล์ ผ่านออกไปนอกเซลล์ได้เรียกว่าเกิดรีโพลาริเซชัน (repolarization) โดยใช้เวลาประมาณ 2 วินาที ต่อจากนั้นก็เกิดกระบวนการโซเดียมโพแทสเซียมปั๊ม (sodium potassium pump) ซึ่งเป็นกระบวนการแอคทีฟทรานสปอร์ต (active transport) ที่ต้องใช้พลังงานจากการสลายโมเลกุลของ ATP ที่อยู่ภายในผิวของเซลล์ประสาท นำเอา Na^+ ออกจากเซลล์



รูปที่ 18 - 18 แอกชันโพเทนเชียลของกระแสประสาท (a) ภาวะปกติ (b และ c) Na^+ ไหลเข้าภายในเซลล์ประสาท (d) K^+ ไหลออกนอกเซลล์ประสาท (e) Na^+ K^+ ปั๊มเข้าสู่ภาวะปกติ

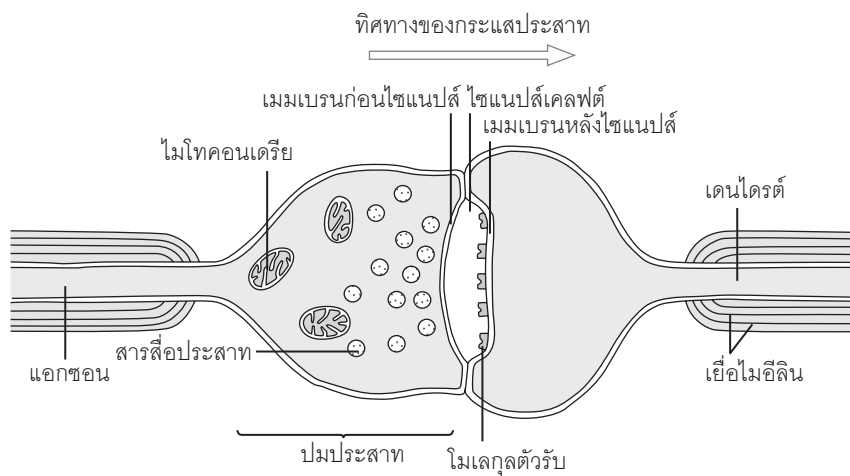
และนำ K^+ เข้าสู่เซลล์ในอัตรา 3 Na^+ ต่อ 2 K^+ เสมอ วงจรการเปลี่ยนแปลงที่เยื่อเซลล์ประสาทนี้เรียกว่า **กระแสประสาทหรือคลื่นประสาท (impulse)** ซึ่งจะเคลื่อนจากเดนไดรต์ผ่านตัวเซลล์ไปยังแอกซอน ส่วนการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้เรียกว่า **แอกชันโพเทนเชียล (action potential)** การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทในใยประสาทเป็นปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมี (electrochemical reaction) การคืนเข้าสู่ภาวะปกติของเซลล์ประสาทต้องอาศัยระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งโดยทั่วไปกินเวลาเพียงเสี้ยววินาที ดังนั้นถ้าหากกระตุ้นเซลล์ประสาทเร็วเกินกว่าช่วงเวลาดังกล่าวก็จะมีกระแสประสาทเกิดขึ้น แต่เซลล์ประสาททั่วไปจะใช้เวลาน้อยมากในการกลับคืนสู่สภาวะปกติ และพร้อมที่จะรับการกระตุ้นต่อไป นักวิทยาศาสตร์พบว่าถ้าไม่มีการนำโซเดียมไอออนและโพแทสเซียมไอออน กลับเข้าสู่ที่เดิมจะทำให้ใยประสาทไม่สามารถนำกระแสประสาทได้อีก



รูปที่ 18 - 19 แสดงการนำกระแสประสาทของเซลล์ประสาทที่มีเยื่อไมอีลินหุ้มและไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม

เซลล์ประสาทที่ไม่มีเยื่อไมอีลิน กระแสประสาทจะเกิดต่อเนื่องกันไปตั้งแต่เดนไดรต์จนถึงแอกซอนแต่ในพวกที่มีเยื่อไมอีลินหุ้มจะมีการกระโดดเป็นช่วง ๆ (saltatory conduction) ตามระยะของโนดออฟแรนเวียร์ ดังนั้นถ้าหากเซลล์ประสาทมีขนาดใหญ่และมีโนดออฟแรนเวียร์อยู่ห่างกันทำให้นำกระแสประสาทได้เร็วมากด้วย

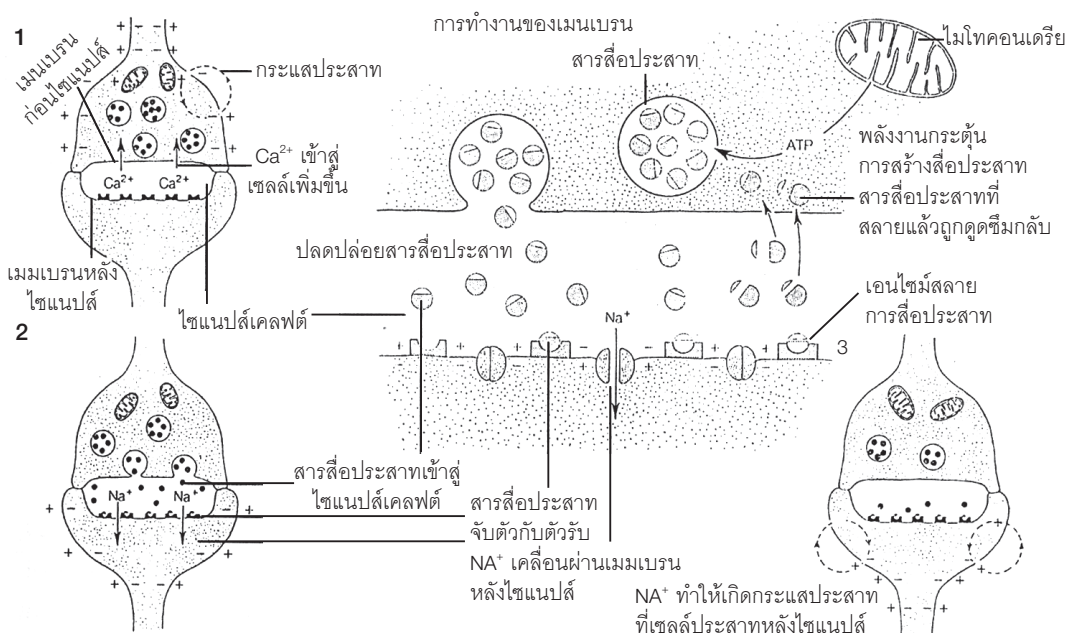
การถ่ายทอดกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาทหรือเซลล์อื่น ๆ



รูปที่ 18 - 20 ไซแนปส์ระหว่างแอกซอนและเดนไดรต์

บริเวณที่ปลายแอกซอนของเซลล์ประสาทหนึ่งมาอยู่ชิดกับเดนไดรต์ของอีกเซลล์ประสาทหนึ่งเรียกว่า **ไซแนปส์** (synapse) ที่ปลายแอกซอนของเซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์มีลักษณะเป็นกระเปาะรูปไข่เรียกว่า **ปมประสาท** (synaptic knob) ภายในปมประสาทมีถุงเล็กๆ เรียกว่า **เวสิเคิล** (vesicle) จำนวนมาก ภายในถุงนี้มีสารสื่อประสาท (neurotransmitter) บรรจุอยู่ระหว่างปมประสาทที่ปลายแอกซอนของเซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์กับเดนไดรต์ของเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์จะมีช่องขนาดเล็กมากประมาณ 200 อังสตรอม เรียกช่องซึ่งเป็นระยะห่างนี้ว่า **ไซแนปส์เซลล์** (synaptic cleft) ซึ่งเป็นช่องผ่านของสารสื่อประสาทจากเซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์เข้าสู่เซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ ในขณะที่กระแสประสาทเคลื่อน มาถึงปลายแอกซอน

ของเซลล์ประสาทตัวก่อนไซแนปส์ปลายแอกซอนนี้จะปล่อยสารสื่อประสาท (neurotransmitter) เข้าสู่บริเวณที่ไซแนปส์เคลฟต์ ทำให้กระแสประสาทผ่านไซแนปส์เคลฟต์เดนไดรต์ของเซลล์ประสาทตัวหลังไซแนปส์ให้เกิดกระแสประสาทลำเลียงต่อไปได้ สารสื่อประสาทโดยทั่วไปมักจะเป็นอะเซทิลโคลีน (acetylcholine) พบมากในระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก เมื่อกระแสประสาทผ่านบริเวณไซแนปส์ไปแล้ว อะเซทิลโคลีนจะถูกย่อยสลายไปโดยเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเทอเรส (acetylcholinesterase) อย่างรวดเร็ว เพื่อให้เซลล์ประสาททำงานได้อีก อะเซทิลโคลีนจะถูกปล่อยโดยแอกซอนเท่านั้น เดนไดรต์ปล่อยสารนี้ออกมาไม่ได้ จึงทำให้กระแสประสาทเคลื่อนไปในทิศทางเดียว คือ แอกซอน $\rightarrow$ ไซแนปส์เคลฟต์ $\rightarrow$ เดนไดรต์ $\rightarrow$ ตัวเซลล์ประสาท $\rightarrow$ แอกซอน $\rightarrow$ ไซแนปส์เคลฟต์ ตามลำดับไม่มีการย้อนทิศทาง เซลล์ประสาทที่ปล่อยสารอะเซทิลโคลีนออกมาที่ปลายแอกซอน เรียกว่า **คอลิเนอร์จิกนิวรอน** (cholinergic neuron) นอกจากอะเซทิลโคลีนแล้วสารสื่อประสาทอาจเป็นสารชนิดอื่น ๆ ได้ เช่น เอพิเนฟริน (epinephrine) นอร์เอพิเนฟริน (norepinephrine) เซโรโทนิน (serotonin) เอนดอร์ฟิน (endorphine) โดพามีน (dopamine) ฮิสตามีน (histamine) แกมมา-อะมิโนบิวไทริก แอซิด (gamma-aminobutyric acid, GABA) สารสื่อประสาทที่ทำหน้าที่กระตุ้นให้เกิดการทำงานของระบบประสาทคือ อะเซทิลโคลีน เอพิเนฟริน นอร์เอพิเนฟริน โดพามีน เซโรโทนิน แอล-กลูตาเมต แอล-แอสพาเตต ส่วนสารสื่อประสาทที่รั้งหรือยับยั้งการทำงานของระบบประสาท คือ GABA ไกลซีน และอะลานีน



รูปที่ 18 - 21 การหลั่งสารสื่อประสาทบริเวณไซแนปส์ ทำให้กระแสประสาทเคลื่อนผ่านไปได้ (1 - 3)

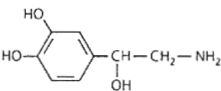
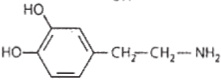
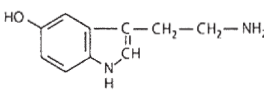
หน้าที่ของไซแนปส์

ไซแนปส์หรือจุดประสานมีหน้าที่ดังนี้

1. ทำให้คำสั่งหรือกระแสประสาทเดินทางถ่ายทอดเป็นทางเดียวเท่านั้น ช่วยให้ระบบประสาทแผ่กระแสประสาทไปยังส่วนรับคำสั่งได้อย่างเรียบร้อยไม่ยุ่งเหยิงสับสน

2. ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ (amplifying action) โดยมีการรวมกัน (summation) หรือกระจายกระแสประสาทออก ทำให้คำสั่งนั้นแผ่กระจายกว้างขวางมากขึ้น

3. ทำหน้าที่เป็นศูนย์ประสานงาน (integrative action) ของคำสั่งต่าง ๆ มีทั้งการเร่งการทำงานให้มากขึ้น หรือร้งการทำงานให้ช้าลงทำให้อวัยวะตอบสนองทำงานได้อย่างแน่นอน และเป็นไปด้วยความเรียบร้อย

สารสื่อประสาท	โครงสร้าง	หน้าที่	ตำแหน่งที่หลั่งสาร
Acetylcholine	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$	Excitatory to vertebrate skeletal muscles; excitatory or inhibitory at other sites	CNS; PNS; vertebrate neuromuscular junction
Biogenic Amines Norepinephrine		Excitatory or inhibitory	CNS; PNS
Dopamine		Generally excitatory; may be inhibitory at some sites	CNS; PNS
Serotonin		Generally inhibitory	CNS
Amino Acids GABA (gamma aminobutyric acid)	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$	Inhibitory	CNS; invertebrate neuromuscular junction
Glycine	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	Inhibitory	CNS
Glutamate	$\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{COOH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$	Excitatory	CNS; invertebrate neuromuscular junction
Aspartate	$\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{COOH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	Excitatory	CNS
Neuropeptides Substance P		Excitatory	CNS; PNS
Met-enkephalin (an endorphin)		Generally inhibitory	CNS

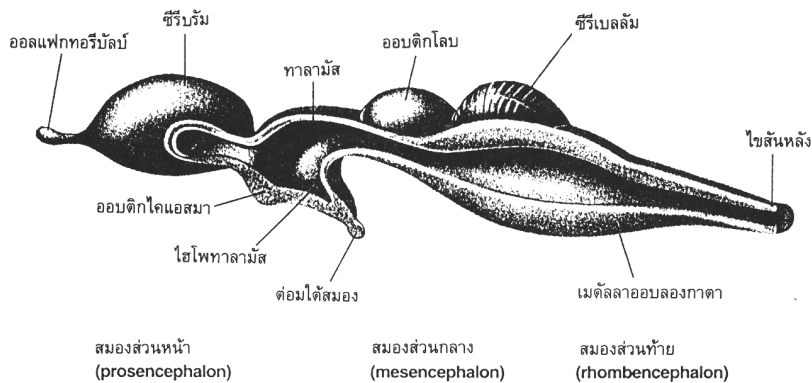
รูปที่ 18 - 22 สารสื่อประสาทชนิดต่างๆ แสดงโครงสร้าง การทำงานและตำแหน่งที่ปลดปล่อย

สารเคมีและยาหลายชนิดมีผลต่อการทำงานของระบบประสาทโดยไปมีผลต่อการถ่ายทอดกระแสประสาทที่ไซแนปส์ เช่น สารพิษจากแบคทีเรียบางชนิดไปยับยั้งการปล่อยสารสื่อประสาทจากแอกซอนทำให้กระแสประสาทถ่ายทอดไม่ได้ จึงเกิดอาการอัมพาตขึ้น ยาระงับประสาทก็มีผลทำให้ปลายแอกซอนปล่อยสารสื่อประสาทออกมาน้อยลง การนำกระแสประสาทจึงน้อยลงทำให้สมองถูกกระตุ้นน้อยลงด้วยจึงเกิดอาการสงบและไม่วิตกกังวล แอมเฟตามีน นิโคติน คาเฟอีน มีผลในการกระตุ้นให้ปลายแอกซอนปล่อยสารสื่อประสาทออกมามากขึ้นจึงทำให้รู้สึกตื่นตัว หัวใจเต้นเร็วขึ้น ความดันโลหิตสูงขึ้นด้วยจึงไม่หลับหรือเกิดอาการกระวนกระวาย ยาฆ่าแมลงบางชนิดไปทำลายเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการสลายสารสื่อประสาท ทำให้สารสื่อประสาทยังคงอยู่การนำกระแสประสาทจึงเกิดขึ้นใหม่ไม่ได้การทำงานของระบบประสาทจึงผิดปกติและเป็นอันตรายมากด้วย

18.3 ศูนย์ควบคุมระบบประสาทของมนุษย์

18.3.1 โครงสร้างและหน้าที่ของสมอง

ศูนย์กลางของระบบประสาทอยู่ที่สมองและไขสันหลัง ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงมาจากนิวรัลทิวบ์ (neural tube) ในระยะเอ็มบริโอ ซึ่งมีลักษณะเป็นหลอดยาวพาดไปตามแนวลึ้นหลังส่วนหน้า มีการเจริญและพัฒนาไปมาก มีการพองออกเจริญเป็นสมอง ส่วนท้ายมีการพัฒนาไม่ได้มากนักและเจริญไปเป็นไขสันหลัง ทั้งสมองและไขสันหลังมีเยื่อหุ้มอันเดียวกัน เยื่อหุ้มนี้เรียกว่า **เยื่อหุ้มสมอง (meninges)** มี 3 ชั้น คือ



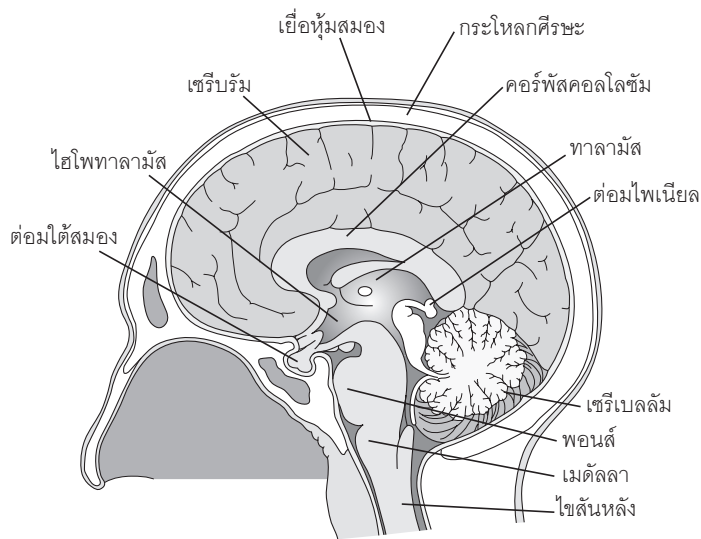
รูปที่ 18 - 23 แสดงส่วนต่างๆ ของสมองสัตว์มีกระดูกสันหลัง ซึ่งจะมีการเจริญพัฒนาไปตามชนิดของสัตว์

1. **ชั้นนอก (dura matter)** มีลักษณะหนาเหนียวและแข็งแรง ช่วยป้องกันอันตรายและการกระทบกระเทือนให้แก่สมองและไขสันหลัง

2. **ชั้นกลาง (arachnoid matter)** เป็นเยื่อบาง ๆ ซึ่งอยู่ระหว่างชั้นนอกและชั้นใน

3. **ชั้นใน (pia matter)** เป็นชั้นที่อยู่ติดกับเนื้อสมอง และมีการโค้งเว้าไปตามรอยหยักของสมองด้วย ชั้นนี้มีเส้นเลือดมาหล่อเลี้ยงมาก ทำหน้าที่นำอาหารและแก๊สออกซิเจนมาให้แก่สมองและไขสันหลังอีกทีหนึ่ง

ระหว่างกระดูกกะโหลกศีรษะกับเยื่อหุ้มสมองชั้นนอกมีช่องหรือโพรงเรียกว่าช่องเหนือชั้นดิวรา (epidural space) ช่องนี้เป็นที่อยู่ของเส้นเลือดอาร์เทอรีเส้นใหญ่เข้าสู่สมองด้วย ระหว่างเยื่อหุ้มสมองชั้นนอกและเยื่อหุ้มสมองชั้นกลาง มีช่องที่เรียกว่าช่องใต้ชั้นดิวรา (subdural space) ในช่องนี้มีเส้นเลือดเวนอยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นที่ทอดตามร่องระหว่างสมองส่วนซีรีบรัมซีกซ้ายและขวาระหว่างเยื่อชั้นกลางและเยื่อชั้นในไม่ได้อยู่ติดกันทีเดียวแต่จะมีช่องซึ่งเรียกว่าช่องใต้ชั้นอะแรชนอยด์ (subarachnoid space) บรรจุน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลัง (cerebro-spinal fluid, CSF) อยู่ ช่องนี้จะติดต่อกับช่องตามยาวภายในไขสันหลัง (central canal) และโพรงในสมอง (ventricle) ทำให้น้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังไหลเวียนติดต่อกันได้ตลอดน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังสร้างมาจากเส้นเลือดฝอยบริเวณโพรงสมองและไหลติดต่อกับระบบหมุนเวียนเลือดด้วย โดยทำหน้าที่ในการหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลังให้ชุ่มชื้นอยู่เสมอและให้อาหารแก๊สออกซิเจนแก่เซลล์ประสาทในขณะเดียวกันก็ถ่ายเทของเสียออกจากเซลล์ประสาทด้วย ถ้าหากช่องที่ติดต่อกับโพรงสมองกับไขสันหลังอุดตันจะทำให้เกิดการคั่งของน้ำในโพรงสมอง ถ้าเป็นในเด็กจะทำให้สมองไม่เจริญเติบโต เนื่องจากถูกน้ำกดสมองไว้และดันให้กะโหลกศีรษะขยายขึ้นทำให้หัวโตมากเรียกว่าเป็นโรคน้ำคั่งในสมอง (hydrocephalus) ถ้าไม่รีบเจาะน้ำออกเด็กจะตายในเวลาไม่นานนัก ถ้าหากเป็นในผู้ใหญ่จะทำให้เกิดอาการปวดศีรษะอย่างมาก



รูปที่ 18 - 24 สมองผ่าให้เห็นส่วนประกอบด้านนอกและด้านใน

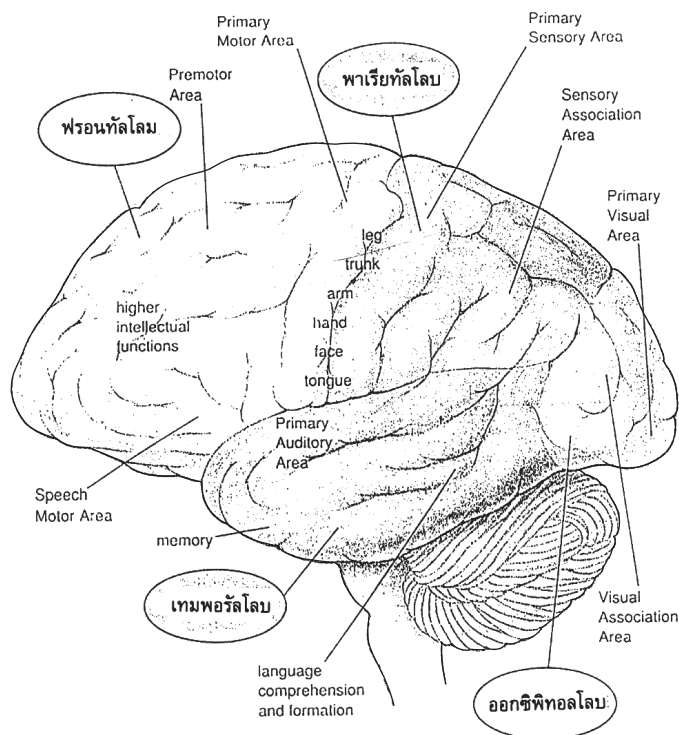
โพรงในสมองและไขสันหลัง

ขณะที่สมองและไขสันหลังขยายขนาดและโตขึ้นจะเกิดโพรงขึ้นภายในโพรงในสมองเรียกว่า **เวนทริเคิล** (ventricle) และโพรงหรือช่องในไขสันหลังเรียกว่า **เซนทรัลแคนแนล** (central canal) โพรงในสมองมี 4 โพรงคือ

1. **โพรงด้านข้าง** (lateral ventricle) เป็นโพรงที่อยู่ในสมองส่วนซีรีบรัม (cerebrum) ทั้งซีกซ้ายและซีกขวา เป็นโพรงสมองโพรงที่ 1 และโพรงที่ 2 โพรงทั้งสองนี้มีช่องติดต่อกันและติดต่อยังโพรงที่ 3 ด้วย
2. **โพรงที่ 3** (third ventricle) ของสมอง เป็นโพรงที่อยู่ด้านหลังของโพรงที่ 1 และ 2 โดยอยู่ระหว่างสมองส่วนทาลามัสทั้งสองข้างในแนวกลางสมอง และโพรงนี้ติดต่อกับโพรงที่ 4 ด้วย
3. **โพรงที่ 4** (fourth ventricle) เป็นโพรงที่อยู่ในสมองส่วนหลังหรือก้านสมอง (brain stem) โพรงนี้เชื่อมต่อกับโพรงหรือช่องเล็กๆ ในไขสันหลังด้วย ภายในโพรงสมองและช่องเล็กๆ ในไขสันหลังมีของเหลวเรียกว่า **น้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลัง** (cerebro-spinal fluid, CSF) บรรจุอยู่ของเหลวนี้เป็นของเหลวที่กรองมาจากเลือดจึงมีลักษณะต่าง ๆ คล้ายน้ำเลือดหรือน้ำเหลือง โดยมีส่วนประกอบต่าง ๆ คือ น้ำ เกลือแร่ต่าง ๆ น้ำตาลกลูโคส วิตามิน ฮอร์โมน แก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งของเสียต่าง ๆ ด้วย น้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังไม่มีเม็ดเลือด และโปรตีนโมเลกุลใหญ่ ทำหน้าที่นำสารอาหารแก๊สออกซิเจนไปเลี้ยงเซลล์ประสาทและนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และของเสียต่าง ๆ ออกจากเซลล์ประสาทกลับเข้าสู่ระบบเลือดเพื่อนำไปกำจัดต่อไป

สมอง

สมอง (brain) เป็นส่วนของระบบประสาทที่มีความซับซ้อนมากที่สุด สมองของสัตว์มีกระดูกสันหลังอยู่ในกะโหลกศีรษะ ชั้นนอกมีสีเทา (gray matter) เป็นที่อยู่ของตัวเซลล์ซึ่งไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม ส่วนชั้นในเป็นสีขาว (white matter) เป็นที่อยู่ของเส้นประสาทที่แยกออกจากเซลล์ประสาท และมีเยื่อไมอีลินหุ้มอยู่ด้วย สมองของสัตว์มีกระดูกสันหลังแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือสมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง และสมองส่วนท้าย สมองส่วนหน้าของสัตว์ที่มีวิวัฒนาการสูงจะมีความเจริญมากและมีขนาดใหญ่มากด้วย แต่สมองส่วนกลางของสัตว์ที่มีวิวัฒนาการสูงจะมีขนาดเล็กลง ปลาจึงเป็นสัตว์ที่มีสมองส่วนกลางขนาดใหญ่ แต่คนมีสมองส่วนกลางเล็กมากเมื่อเปรียบเทียบกับสมองส่วนอื่น ๆ



รูปที่ 18 - 25 แสดงส่วนต่างๆ ของสมอง

1. สมองส่วนหน้า (fore brain หรือ prosencephalon) ประกอบด้วย ซีรีบรัม ทาลามัสและไฮโปทาลามัส และออลแฟกทอรีบัลบ์ (olfactory bulb) ในคนส่วนนี้ไม่เจริญมากนัก จึงรับกลิ่นได้ไม่ดี แต่ในปลาส่วนนี้เจริญมาก

1.1 ซีรีบรัม (cerebrum) เป็นส่วนของสมองที่อยู่หน้าสุด และมีขนาดใหญ่ที่สุด ผิวด้านนอกมีรอยหยักเป็นร่อง เรียกว่า **คลื่นสมอง** (convolution) ส่วนที่บุ๋มลงเป็นร่องเรียกว่า **ซัลคัส** (sulcus) และส่วนที่นูนขึ้นมาเรียกว่า **ไจรัส** (gyrus) รอยหยักช่วยให้สมองส่วนนี้มีพื้นที่มากขึ้น การที่มีพื้นที่มากนี้จะทำให้มีเซลล์ประสาท (เป็นสารสีเทาที่เห็นที่สมอง) เพิ่มมากขึ้นด้วย ความฉลาดของสัตว์ต่างๆ ขึ้นอยู่กับสาเหตุหลายประการคือ

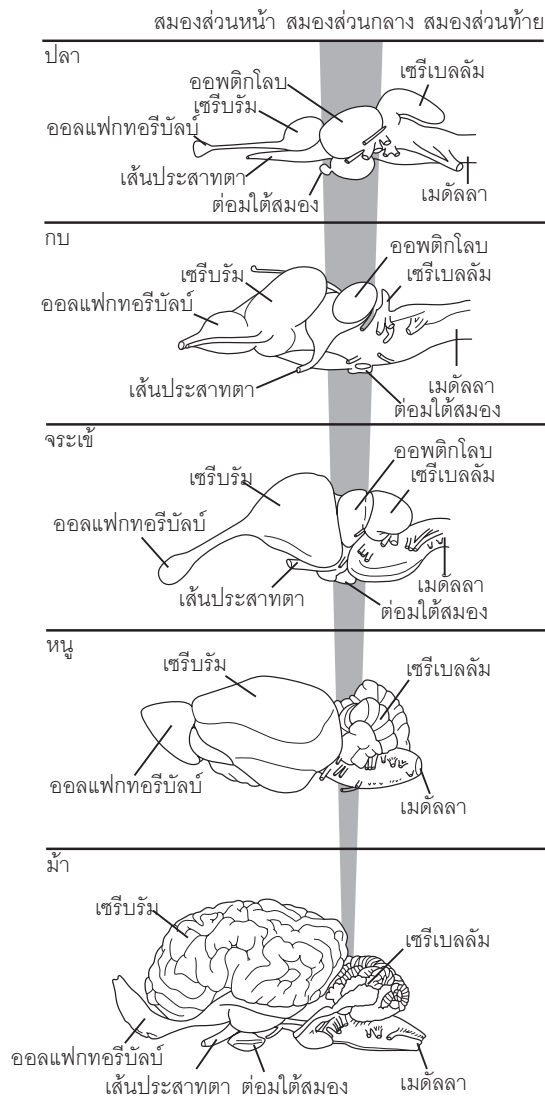
(1) อัตราส่วนของน้ำหนักสมองต่อน้ำหนักตัว เช่นคนมีอัตราส่วน $\frac{1}{50}$ แต่ช้างมีอัตราส่วน $\frac{1}{1,000}$ ดังนั้น คนจึงฉลาดกว่าช้าง

(2) การมีรอยหยักบนพื้นสมอง สัตว์ที่มีพื้นสมองหยักมากย่อมมีพื้นที่มาก และมีเซลล์ประสาทมากด้วย จึงฉลาดมากกว่าสัตว์ที่มีรอยหยักบนสมองน้อย

(3) การเรียนรู้และประสบการณ์ที่ได้รับ สัตว์ที่มีการเรียนรู้และได้รับการฝึกฝนมากจะฉลาดกว่าสัตว์ที่ไม่ได้รับการเรียนรู้หรือฝึกฝน

(4) ปริมาณของสารอาหาร และแก๊สออกซิเจนที่มาเลี้ยงสมอง ดังนั้นสัตว์ที่มีเส้นเลือดและเลือดมาเลี้ยงสมองมากจึงฉลาดมากด้วย

คนเรามีลักษณะทั้ง 4 ประการนี้อยู่พร้อมดังนั้นคนเราจึงมีความฉลาดกว่าสัตว์ชนิดอื่นๆ เป็นอย่างมากซีรีบรัม แบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ 4 ส่วน คือ

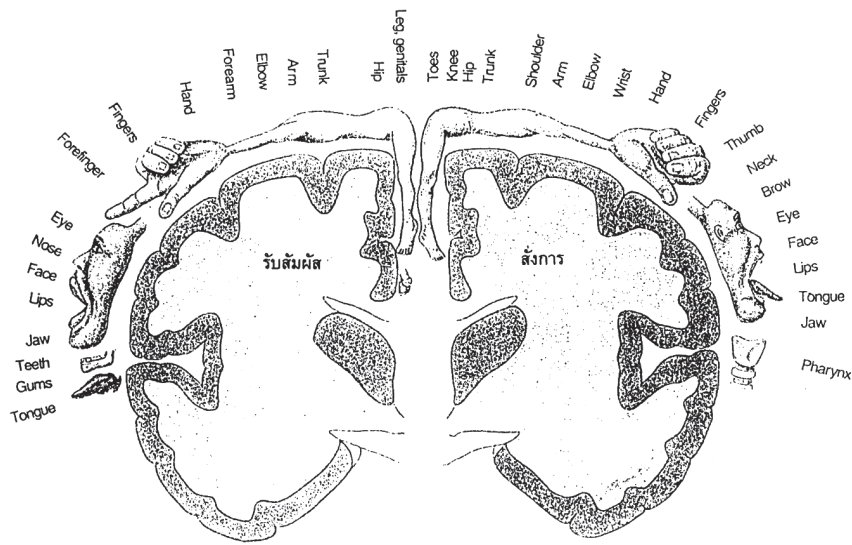


รูปที่ 18 - 26 เปรียบเทียบสมองส่วนต่างๆ ของสัตว์

ส่วนที่ 1 เป็นส่วนที่อยู่หน้าสุดบริเวณหน้าผากเรียกว่า ฟรอนทัลโลบ (frontal lobe) อยู่ใต้กระดูกหน้าผาก (frontal bone) ทำหน้าที่เกี่ยวกับความจำ ความคิด และทำให้เกิดความฉลาดของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดด้วยที่สมองส่วนนี้ยังทำหน้าที่ในการสั่งงานไปยังกล้ามเนื้อต่างๆ ด้วย เรียกบริเวณสั่งงานนี้ว่า ศูนย์ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ (motor area)

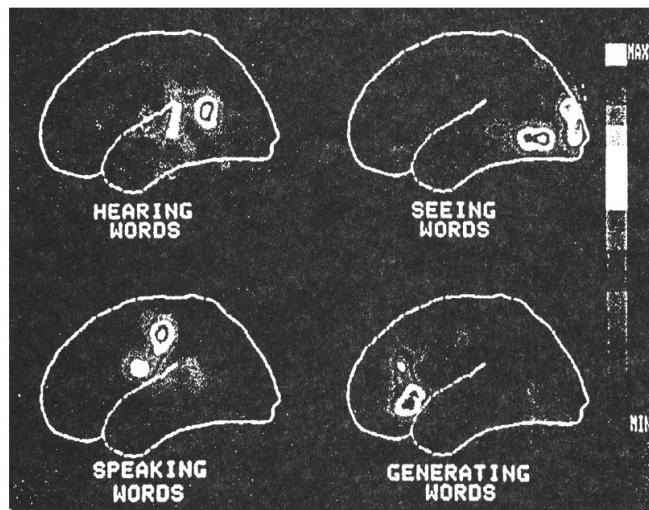
ส่วนที่ 2 อยู่ทางด้านข้างของศีรษะ เรียกว่า เทมพอร์ลโลบ (temporal lobe) อยู่ใต้กระดูกขมับ (temporal bone) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการดมกลิ่น การได้ยิน การพูด การเข้าใจคำพูด และความเข้าใจเกี่ยวกับการอ่าน

ส่วนที่ 3 อยู่ทางด้านหลังตอนบนของศีรษะ เรียกส่วนนี้ว่า พาเรียลโลบ (parietal lobe) อยู่ใต้กระดูกข้างศีรษะ (parietal bone) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรู้สึกตัว การเขียน ที่ส่วนนี้มีบริเวณที่ทำหน้าที่รู้สึกจากส่วนต่างๆ ของร่างกายอยู่ด้วย เรียกว่า ศูนย์ควบคุมการรับรู้ประสาทสัมผัส (sensory area)



รูปที่ 18 - 27 แสดงศูนย์ควบคุมการรับรู้ประสาทสัมผัส (sensory area) และศูนย์ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ (motor area)

ส่วนที่ 4 อยู่ทางส่วนท้ายของศีรษะ เรียกว่า ออกซิพิทัลโลบ (occipital lobe) อยู่ติดกับกระดูกท้ายทอย (occipital bone) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการมองเห็น



รูปที่ 18 - 28 แสดงตำแหน่งที่สมองส่วนซีรีบรัมทำหน้าที่การได้ยิน การพูด การมองเห็น และการเข้าใจความหมายของคำต่างๆ

1.2 ทาลามัส (thalamus) อยู่ทางส่วนใต้ของซีรีบรัม ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการถ่ายทอดความรู้สึกต่างๆ โดยการรวมกระแสประสาทที่ผ่านเข้ามาแล้วแยกกระแสประสาทเหล่านั้นส่งไปยังสมองส่วน ที่ทำหน้าที่ตามกระแสประสาทชนิดนั้นๆ ต่อไป

1.3 ไฮโปทาลามัส (hypothalamus) เป็นส่วนของสมองส่วนหน้าที่อยู่ใต้ทาลามัส แต่ค่อนข้างห่างจากหน้าเล็กน้อยเป็นศูนย์ควบคุมการเต้นของหัวใจ ความดันเลือด การนอนหลับ การควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย การกินและอารมณ์ต่างๆ เช่น ดีใจ เสียใจ ความรู้สึกทางเพศ ไฮโปทาลามัสมีเซลล์ประสาทที่สร้างฮอร์โมนได้ และฮอร์โมนที่สร้างได้นี้ เรียกว่า **รีลีสซิงฮอร์โมน (releasing hormone)** จะไปทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของต่อมใต้สมองอีกทีหนึ่ง

2. สมองส่วนกลาง (mid brain หรือ mesencephalon) ที่สมองส่วนกลางจะมีออปติกลอบ (optic lobe) อยู่โดยมีเส้นประสาทแยกไปยังลูกตาทั้งสอง สมองส่วนกลางของสัตว์ที่มีวิวัฒนาการต่ำ เช่น ปลาจะมีขนาดใหญ่มาก ส่วนสัตว์ที่มีวิวัฒนาการสูง เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจะมีขนาดเล็กลงตามลำดับวิวัฒนาการ

3. สมองส่วนท้าย (hind brain หรือ rhombencephalon) ประกอบด้วย

3.1 เซรีเบลลัม (cerebellum) ซีรีเบลลัมอยู่บริเวณท้ายทอย ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของอวัยวะต่างๆ ทำให้เกิดการประสานการทำงานกัน ทำให้การเคลื่อนไหวเป็นไปอย่างราบรื่น สละสลวย และเที่ยงตรง ควบคุมการทรงตัว และเชื่อว่าทำหน้าที่ควบคุมและปรับปรุงพฤติกรรมที่แสดงออกด้วย

ส่วนของสมอง	หน้าที่
1. สมองส่วนหน้า	
1.1 ออลแฟกทอรีรีบ์	■ เกี่ยวกับการดมกลิ่น ในปลาสมองส่วนนี้มีขนาดใหญ่ ส่วนคนสมองส่วนนี้ไม่ค่อยเจริญ
1.2 เซรีบริรัม	■ เกี่ยวกับความคิด ความจำ เซาว์ปัญญาและทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานด้านต่างๆ ได้แก่ การรับการสัมผัส การพูด การรับรู้ภาษา การมองเห็น การรับรส การได้ยิน การดมกลิ่น การทำงานของกล้ามเนื้อ
1.3 ทาลามัส	■ เป็นศูนย์รวบรวมกระแสประสาทที่ผ่านเข้าออก แล้วแยกกระแสประสาทส่งไปยังสมองที่เกี่ยวข้องกับกระแสประสาทนั้น
1.4 ไฮโปทาลามัส	■ ควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย ควบคุมการเต้นของหัวใจ และความดันเลือด ควบคุมความต้องการพื้นฐานของร่างกาย เช่น น้ำ อาหาร การพักผ่อน และความต้องการทางเพศ สร้างฮอร์โมนประสาทหลายชนิดมาควบคุมการหลั่งฮอร์โมนของต่อมใต้สมองส่วนหน้า
2. สมองส่วนกลาง	
ออปติกลอบ	■ ควบคุมการเคลื่อนไหวของนัยน์ตา ทำให้นัยน์ตาดกโลกไปมาและควบคุมการปิดเปิดของรูม่านตาในเวลาที่มีแสงสว่างเข้ามาและน้อย ในปลาจะมีขนาดใหญ่ ส่วนในคนมีขนาดเล็ก
3. สมองส่วนท้าย	
3.1 เซรีเบลลัม	■ ประสานการเคลื่อนไหวของร่างกายให้ราบรื่น สละสลวยและเที่ยงตรง ทำให้สามารถทำงานที่ละเอียดอ่อนและทำหน้าที่ควบคุมการทรงตัวของร่างกายให้เป็นปกติอยู่ได้
3.2 พอนส์	■ ควบคุมการเคี้ยว การหลั่งน้ำลายและการเคลื่อนไหวของใบหน้า ควบคุมการหายใจเป็นทางผ่านของกระแสประสาทระหว่างเซรีบริรัมกับเซรีเบลลัม และระหว่างเซรีเบลลัมกับไขสันหลัง
3.3 เมดัลลาออบลองกาตา	■ ควบคุมเกี่ยวกับการทำงานแบบอัตโนมัติ ได้แก่ ควบคุมการเต้นของหัวใจ ควบคุมการหายใจ ควบคุมความดันเลือด ควบคุมการกลืน การจาม การสะอึก การอาเจียน

ตารางที่ 18 - 1 ส่วนของสมองและหน้าที่การทำงานของสมองส่วนต่างๆ

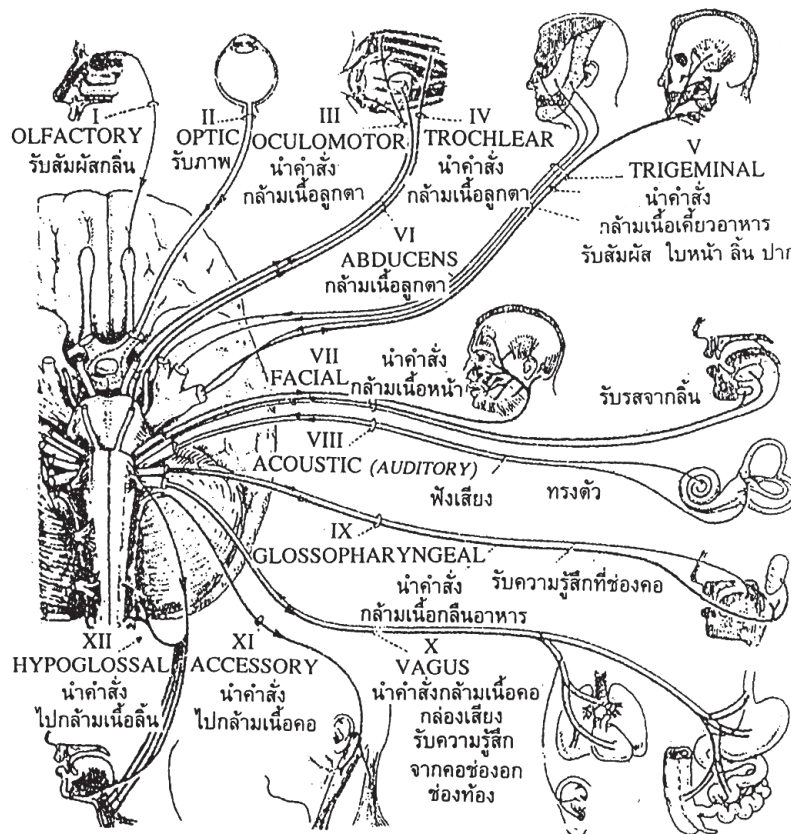
3.2 พอนส์ (pons) พอนส์อยู่ทางด้านหน้าของซีรีเบลลัมเป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างสมอง ส่วนกลางกับ เมดัลลาออบลองกาตาทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวที่เกี่ยวกับ การเคี้ยว การกลืนน้ำลาย การเคลื่อนไหว บริเวณใบหน้า และควบคุมการส่งผ่านของกระแสประสาทระหว่างซีรีเบลลัมกับ ซีรีเบลลัมกับ ไขสันหลัง

3.3 เมดัลลาออบลองกาตา (medulla oblongata) เป็นสมองส่วนที่อยู่ท้ายสุดโดยติดต่อกับพอนส์ ทางด้านบนและไขสันหลังทางด้านล่าง เมดัลลาออบลองกาตา เป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของระบบประสาท อัตโนวัติต่างๆ เช่น ควบคุมการหายใจ การไอ การจาม การกะพริบตา เป็นศูนย์ควบคุมการเต้นของหัวใจ และการหมุนเวียนของระบบโลหิตด้วย

เส้นประสาทที่แยกออกจากสมองเรียกว่า **เส้นประสาทสมอง (cranial nerve)** ในปลาและสัตว์ครึ่งน้ำ ครึ่งบกมีจำนวน 10 คู่ ส่วนในพวกสัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ปีก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม มีจำนวน 12 คู่ สำหรับ คนเรามี 12 คู่ ดังนี้

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 1 เส้นประสาทฮอลแฟกทอรี (olfactory nerve) รับความรู้สึกเกี่ยวกับกลิ่นจาก เยื่อจมูก เข้าสู่ ฮอลแฟกทอรีบัลล์ (olfactory bulb) แล้วเข้าสู่ฮอลแฟกทอรีโลบ (olfactory lobe) ของสมองส่วน ซีรีเบลลัมอีกทีหนึ่ง

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 2 เส้นประสาทออปติก (optic nerve) รับความรู้สึกเกี่ยวกับการมองเห็นจากเรตินา ของลูกตาเข้าสู่ออปติกโลบ (optic lobe) แล้วส่งไปยังออกซิพิทัลโลบ (occipital lobe) ของซีรีเบลลัมอีกทีหนึ่ง



รูปที่ 18 - 29 เส้นประสาทสมองทั้ง 12 คู่

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 3 เส้นประสาทออคิวโลมอเตอร์ (oculomotor nerve) เป็นเส้นประสาทสั่งการจากสมองส่วนกลางไปยังกล้ามเนื้อลูกตา 4 มัด ทำให้ลูกตาเคลื่อนไหวกลอกตาไปมาได้ และยังไปเลี้ยง กล้ามเนื้อที่ทำให้ลิ้นตา ทำให้มีน้ำตาหรื หรือขยายและไปยังกล้ามเนื้อปรับเลนส์ตาอีกด้วย

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 4 เส้นประสาททรอคเลีย (trochlea nerve) เป็นเส้นประสาทสั่งการไปยังกล้ามเนื้อลูกตาทำให้ลูกตามองลงและมองไปทางหางตา

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 เส้นประสาทไตรเจมินัล (trigeminal nerve) แบ่งออกเป็น 3 แขนง ทำหน้าที่รับความรู้สึกจากใบหน้า ลิ้น ฟัน ปาก เหงือก กลับเข้าสู่สมอง ส่วนพาเรียทัลโลบ และทำหน้าที่สั่งการไปควบคุมกล้ามเนื้อเกี่ยวกับการเคี้ยวอาหาร

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 6 เส้นประสาทแอบดิวเซนส์ (abducens nerve) เป็นเส้นประสาทสั่งการออกจากพอนส์ไปยังกล้ามเนื้อลูกตาทำให้เกิดการชำเลียง

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 7 เส้นประสาทเฟเชียล (facial nerve) เป็นเส้นประสาทที่สั่งการไปยังกล้ามเนื้อหน้าทำให้เกิดสีหน้าต่าง ๆ กัน และยังเป็นเส้นประสาทรับความรู้สึกรับรสจากปลายลิ้น เข้าสู่เซรีบรัม ส่วนพาเรียทัลโลบด้วย

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 เส้นประสาทอดิทอรี (auditory nerve) เส้นประสาทรับความรู้สึกแยกออกเป็น 2 แขนง แขนงหนึ่งจากคอเคลียของหูทำหน้าที่เกี่ยวกับการได้ยินเข้าสู่เซรีบรัมส่วนเทมพอร์โลบ อีกแขนงหนึ่งนำความรู้สึกเกี่ยวกับการทรงตัวจากเซมิเซอร์คิวลาร์แคนแนล เข้าสู่เซรีบรัม

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 9 เส้นประสาทกลอสโซฟารินเจียล (glossopharyngeal nerve) เป็นประสาทรับความรู้สึกจากช่องคอ เช่น ร้อน เย็น และรับรสจากโคนลิ้นเข้าสู่เซรีบรัม ส่วนพาเรียทัลโลบ และนำกระแสประสาทสั่งการจากสมองไปยังกล้ามเนื้อบริเวณคอหอยที่เกี่ยวกับการกลืน และต่อมน้ำลายใต้หูให้หลั่งน้ำลาย

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 10 เส้นประสาทเวกัส (vagus nerve) เป็นเส้นประสาทรับความรู้สึกจากลำคอ กล่องเสียง ช่องอก ช่องท้อง ส่วนเส้นประสาทสั่งการจะออกจาก เมดัลลาออบลองกาตา ไปยังกล้ามเนื้อลำคอ กล่องเสียง อวัยวะภายในช่องปาก และช่องท้อง

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 11 เส้นประสาทแอกเซสซอรี (accessory nerve) เป็นเส้นประสาทสั่งการจากเมดัลลาออบลองกาตา และไขสันหลัง ไปยังกล้ามเนื้อคอ ช่วยในการเอียงคอและยกไหล่

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 12 เส้นประสาทไฮโปกลอสซัล (hypoglossal nerve) เป็นเส้นประสาทสั่งการไปยังกล้ามเนื้อลิ้นทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของลิ้น

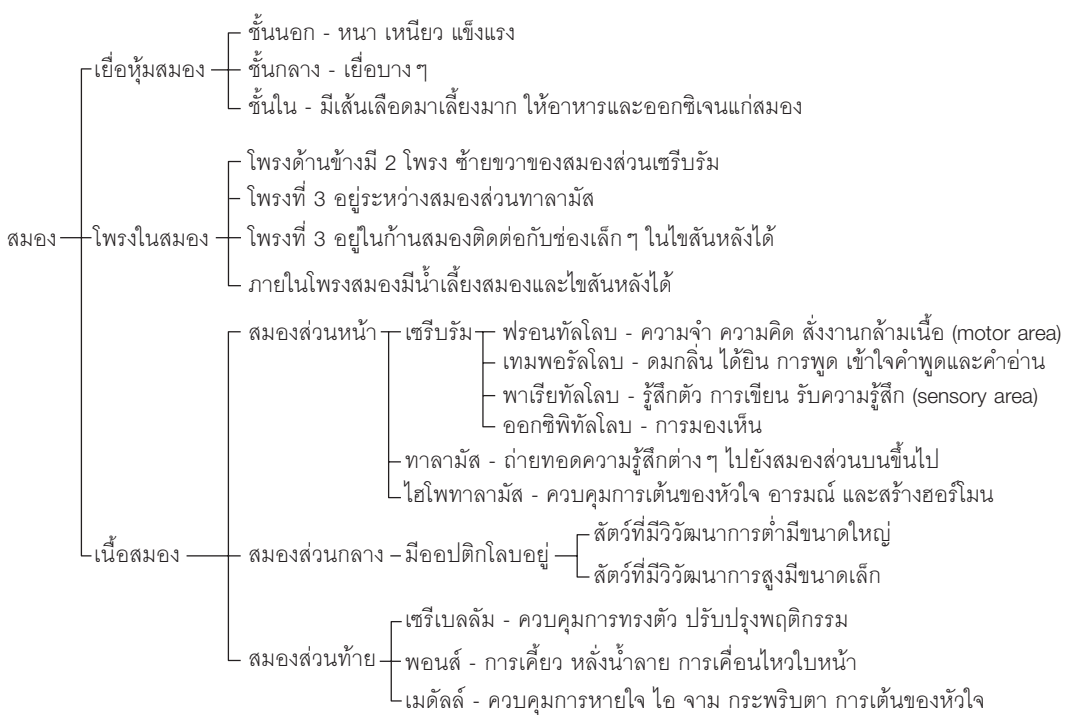
เส้นประสาทสมองทั้ง 12 คู่แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ

1. กลุ่มเส้นประสาทรับความรู้สึกอย่างเดียว เรียกว่า **เส้นประสาทรับความรู้สึก** (sensory nerve) ประสาทกลุ่มนี้มีตัวเซลล์ประสาทอยู่ในปมประสาทในสมองได้แก่ เส้นประสาทสมองคู่ที่ 1 คู่ที่ 2 และคู่ที่ 8

2. กลุ่มเส้นประสาทสั่งการอย่างเดียว โดยสั่งการจากสมองไปยังอวัยวะตอบสนอง เรียกว่า **เส้นประสาทสั่งการหรือนำคำสั่ง** (motor nerve) ประสาทกลุ่มนี้มีตัวเซลล์ประสาทอยู่ที่เปลือกสมองหรือเซรีบัลคอร์เทกซ์ (cerebral cortex) ได้แก่เส้นประสาทสมองคู่ที่ 3 คู่ที่ 4 คู่ที่ 6 คู่ที่ 11 และคู่ที่ 12

3. กลุ่มเส้นประสาทที่ทำหน้าที่ทั้งรับความรู้สึกและสั่งการ เรียกว่า **เส้นประสาทประสม** (mixed nerve) ได้แก่เส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 คู่ที่ 7 คู่ที่ 9 และคู่ที่ 10

สมองเป็นอวัยวะที่สำคัญทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอวัยวะต่างๆ ในร่างกาย สารเคมีเช่น แอลกอฮอล์มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้หงวนนอนหรือควบคุมอารมณ์ไม่ได้ การดื่มสุราในปริมาณมาก ๆ ทุกวันทำให้ทำลายเซลล์ประสาทในสมอง ทำให้เซลล์ประสาทลดลง เป็นโรคสมองฝ่อหรืออัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease) ได้ โรคอัลไซเมอร์ เป็นโรคที่ความจำเสื่อม เซลล์ประสาทในสมองเสื่อมลงหรือถูกทำลายทำให้เนื้อสมอง ฝ่อเล็กลง รอยหยักของสมองน้อยลง น้ำเลี้ยงสมองเพิ่มมากขึ้นอาจเกิดมาจากสาเหตุทางพันธุกรรม ของยีนเด่นเนื่องจากขาดยีนควบคุมการสร้างเอนไซม์ไนโครโมโซม หรือบางรายอาจเกิดจากการสะสมของสารอะลูมิเนียมในสมองมากกว่าปกติ หรือดื่มสุราจัด ก็เป็นสาเหตุให้เกิดโรคอัลไซเมอร์ได้ ความพิการของสมองในเด็กอาจเกิดจากสาเหตุต่างๆ หลายประการ เช่น ได้รับสารตะกั่วจากสิ่งแวดล้อมมากเกินไป คือ ได้รับจากอากาศ อาหาร น้ำดื่ม ทำให้เซลล์สมองถูกทำลาย การขาดธาตุไอโอดีนในขณะเป็นเด็กก็จะทำให้สมองไม่พัฒนา เป็นโรคเอื้อ (endemic goiter) สติปัญญาต่ำหรือเป็นปัญญาอ่อนได้ ความผิดปกติของโครโมโซมทั้งออโตโซมและโครโมโซมเพศก็ทำให้เกิดโรคปัญญาอ่อนได้



รูปที่ 18 - 30 แผนภาพแสดงส่วนประกอบของสมอง

18.3.2 โครงสร้างและหน้าที่ของไขสันหลัง

ไขสันหลัง (spinal cord) เป็นส่วนของระบบประสาทกลางที่ต่อออกมาจากเมดัลลาออบลองกาตา อยู่ในกระดูกสันหลัง ตั้งแต่กระดูกสันหลังข้อแรกจนถึงกระดูกสันหลังบริเวณบั้นเอวข้อที่สอง และมีเยื่อหุ้มเช่นเดียวกับสมอง ไขสันหลังบริเวณอกและเอวขยายกว้างกว่าส่วนอื่นๆ เมื่อเลยกระเบนเหน็บลงไปแล้วจะเรียวเล็กลงจนมีลักษณะเป็นเส้นและไม่มีเยื่อหุ้ม ดังนั้นการฉีดยาเข้าไขสันหลังและเจาะนำไขสันหลังจึงทำกันต่ำกว่ากระดูกสันหลังตอนเอวข้อที่สองลงมา เส้นประสาทที่แยกออกจากไขสันหลัง (spinal nerve) มีทั้งหมด 31 คู่ เป็นเส้นประสาทประสม (mixed nerve) ทั้งหมดแบ่งออกเป็น