

ระบบประสาท

ระบบประสาท

ระบบประสาทของสัตว์ชั้นสูงแบ่งตามโครงสร้างได้ 2 ระบบ

1. ระบบประสาทกลาง (Central Nervous System : C.N.S.) ประกอบด้วยสมองและไขสันหลัง

2. ระบบประสาทรอบนอก (Peripheral Nervous System : P.N.S) ประกอบด้วยเส้นประสาทสมอง และเส้นประสาทไขสันหลัง

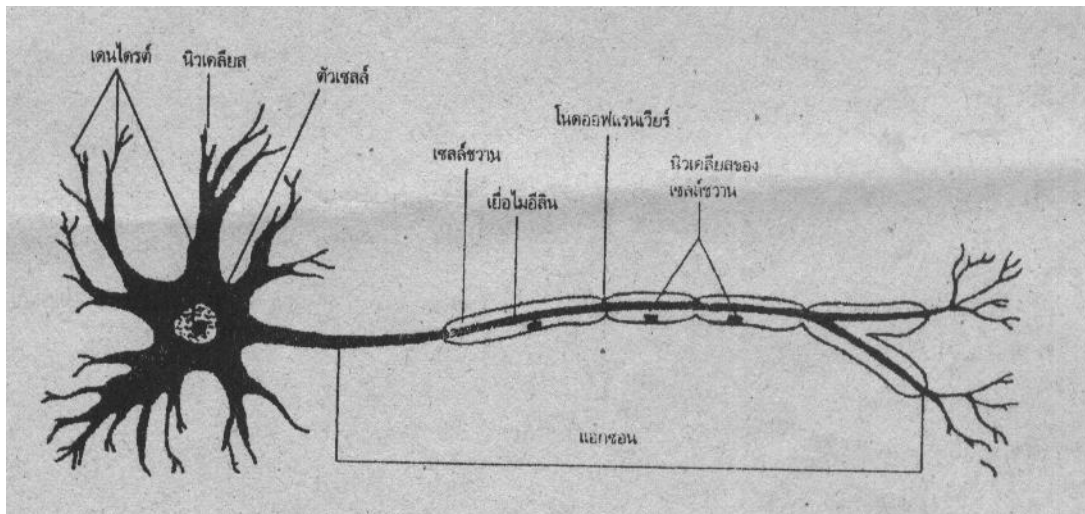
ระบบประสาทของสัตว์ชั้นสูงแบ่งตามการทำงานได้ 2 ระบบ

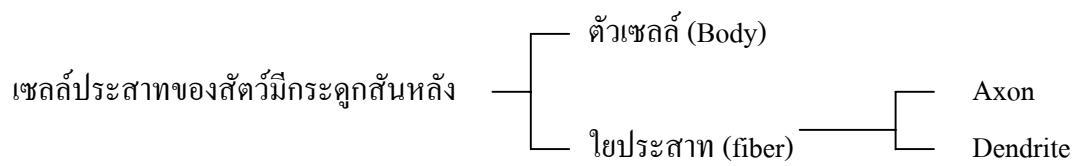
1. Somatic Nervous System : SNS ได้แก่ กล้ามเนื้อลาย

2. Autonomic Nervous System : ANS ได้แก่ กล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อหัวใจ และต่อมต่าง ๆ

ระบบประสาททำหน้าที่

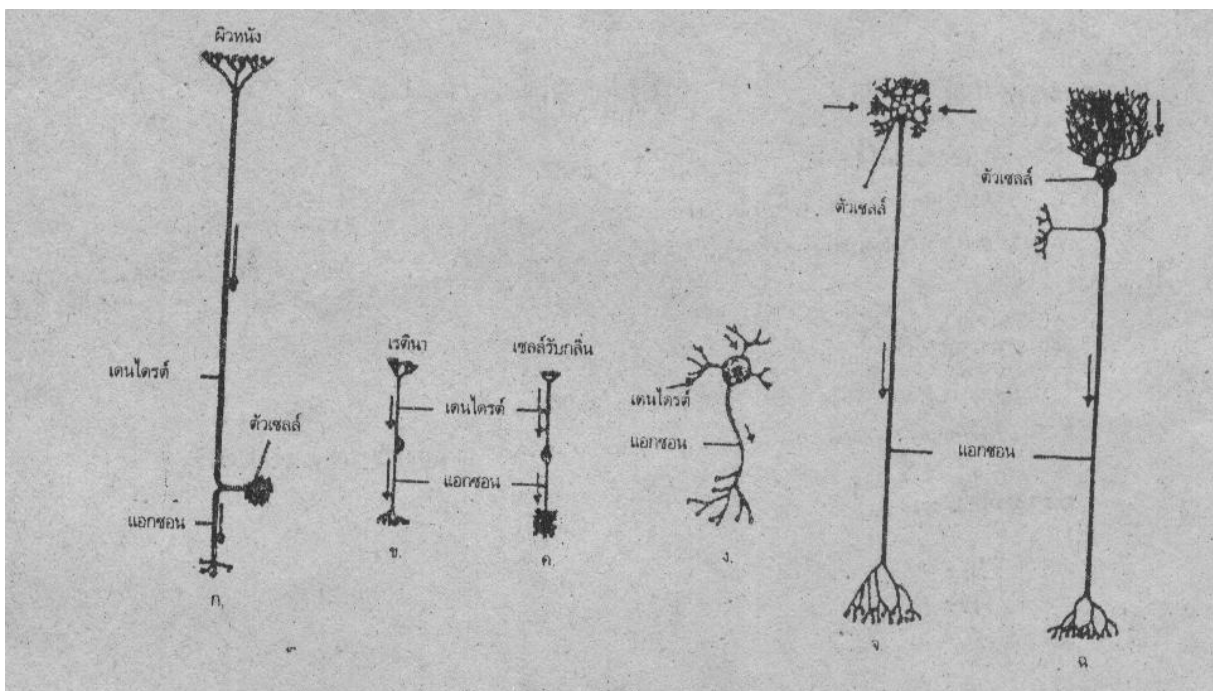
1. ตอบสนองสิ่งเร้าที่มากระตุ้น
2. ควบคุมการทำงาน
3. ควบคุมการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ





ประเภทของเซลล์ประสาท

1. แบ่งโดยใช้ขั้วเป็นเกณฑ์ได้ 3 แบบ คือ เซลล์ประสาทขั้วเดียว เซลล์ประสาทสองขั้ว และ เซลล์ประสาทหลายขั้ว
2. แบ่งโดยใช้หน้าที่เป็นเกณฑ์ แบ่งได้ 3 แบบ คือ sensory neuron, motor neuron และ inter neuron



ภาพเซลล์ประสาทชนิดต่างๆ

การทำงานของเซลล์ประสาท

กระแสประสาทเคลื่อนที่ไปในใยประสาทได้ด้วยปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมี (electrochemical reaction) A.L. Hodgkin และ A.F. Huxley ได้ทดลองวัดความต่างศักย์ของเยื่อหุ้มเซลล์ประสาทของปลาหมึก โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า microelectrode

จากการทดลองพบว่าความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ประสาทมีค่า - 60 มิลลิโวลต์ ในสภาวะพัก ซึ่งเรียกว่า resting potential หรือ polarisation

ถ้ามีการกระตุ้นที่จุดหนึ่งบน axon ค่าความต่างศักย์จะสูงขึ้นตามลำดับจนเป็น + 60 มิลลิโวลต์ เรียกว่าเกิด depolarization และเรียกความต่างศักย์ที่เปลี่ยนไปว่า action potential ต่อมาความต่างศักย์ไฟฟ้าเริ่มลดลงเรียกว่าเกิด repolarization สุดท้ายกลับลงมาเป็น -60 มิลลิโวลต์ตามเดิมเรียก resting potential

เซลล์ประสาทในภาวะปกติ

Na^+ อยู่ภายนอกมากกว่าภายใน

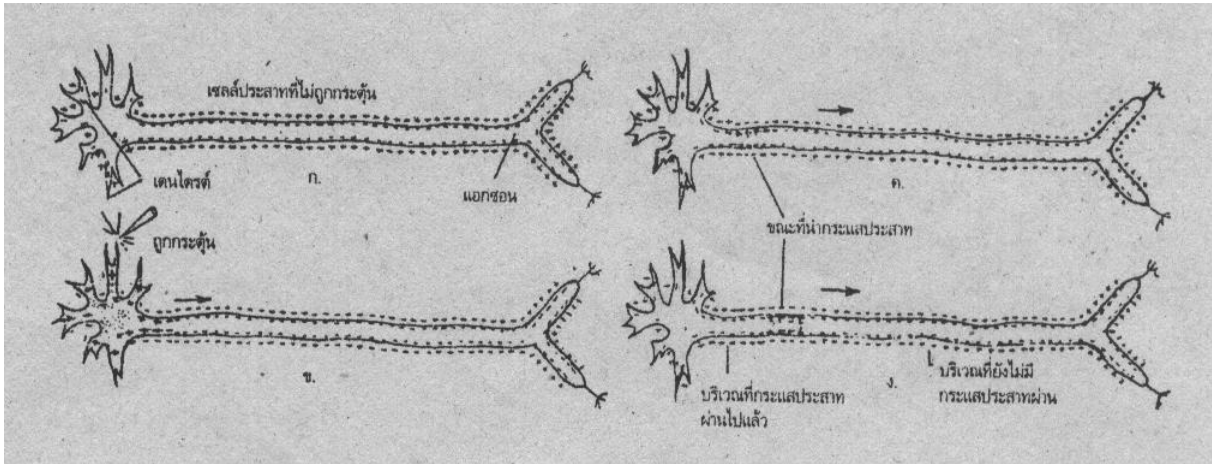
K^+ อยู่ภายในมากกว่าภายนอก

Cl^- เข้าออกได้อิสระ

Protein, Nucleic acid มีขนาดโมเลกุลใหญ่อยู่ภายใน cell

ใยประสาทได้รับการกระตุ้น

ผนังเซลล์ประสาทเสียคุณสมบัติชั่วคราว คือ ยอมให้ Na^+ เข้าภายในเซลล์ ผลที่ตามมาคือ K^+ ออกนอกเซลล์ ทำให้มีการเคลื่อนที่ของกระแสประสาทส่งต่อไปยังสมองเพื่อให้เซลล์ประสาทกลับคืนสภาพเดิม จึงต้องมี Sodium potassium (-K pump) ซึ่งใช้พลังงานจากการสลายโมเลกุลของ ATP ภายในผิวของเซลล์ประสาท ดังรูป



ภาพแสดงการส่งกระแสประสาท

การถ่ายทอดกระแสประสาท

ในการส่งกระแสประสาทจาก Axon ของเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งต้องผ่าน Synapse โดยปลาย axon จะหลั่งสารเคมีพวก Neurohormone (สารสื่อประสาท) เพื่อพากระแสประสาทให้ข้ามไปได้ Neurohormone เช่น acetylcholine ปล่อยตัวเร็วมาก เพื่อไม่ให้ซึมเข้าเซลล์หรือสลายโดย Enzyme ชื่อ acetylcholinesterase

การเคลื่อนที่ของกระแสประสาท

กระแสประสาทจะไม่เกิดขึ้นถ้ากระตุ้นด้วยความแรงน้อยเกินกว่าระดับหนึ่ง ถ้ากระตุ้นด้วยความแรงมากก็ไม่ทำให้กระแสประสาทเคลื่อนที่เร็วขึ้น กระแสประสาทเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าเดิม เพราะว่าการเคลื่อนที่ของกระแสประสาทใช้พลังงานภายในเซลล์

ความเร็วของกระแสประสาทในใยประสาทขึ้นอยู่กับ

1. เยื่อไมอีลิน ถ้ามีจะเคลื่อนที่เร็วกว่าเซลล์ประสาทที่ไม่มีเยื่อไมอีลิน
2. Node of Ranvier ถ้าห่างมากกระแสประสาทจะเคลื่อนที่เร็ว
3. เส้นผ่านศูนย์กลาง ถ้ามีขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่เร็ว

ศูนย์กลางของระบบประสาท

Neural tube เป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นหลอดยาวไปตามแนวสันหลังในระยะ embryo ส่วนหน้าเจริญไปเป็นสมอง ส่วนหลังเจริญไปเป็นไขสันหลัง ทั้งสมองและไขสันหลังมีเยื่อหุ้ม 3 ชั้น คือ

ชั้นนอก เป็นเยื่อหนา เหนียว และแข็งแรง

ชั้นกลาง เป็นเยื่อบาง ๆ

ชั้นใน เป็นชั้นที่มีเส้นเลือดมาหล่อเลี้ยง เพื่อนำอาหารและออกซิเจนมาให้สมองและไขสันหลัง ระหว่างเยื่อหุ้มสมองชั้นกลางและชั้นในมีช่องคั่นข้างใหญ่เป็นที่อยู่ของน้ำไขสันหลังซึ่งมีหน้าที่

ดังนี้

1. หล่อเลี้ยงสมอง และไขสันหลังให้ชุ่มอยู่เสมอ
2. นำออกซิเจนและอาหารมาเลี้ยงเซลล์ประสาท
3. นำของเสียออกจากเซลล์

สมอง (brain) เป็นอวัยวะที่สำคัญและซับซ้อนที่สุดของระบบประสาท และมีขนาดใหญ่กว่าส่วนอื่น ๆ มีคลื่นหรือรอยหยัก (convolution) มาก เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการคิดและการจำ สมองแบ่งเป็น 2 ชั้น คือ

ชั้นนอก มีเนื้อสีเทา เป็นที่รวมของตัวเซลล์ประสาทและ axon ชนิด non-myelin sheath

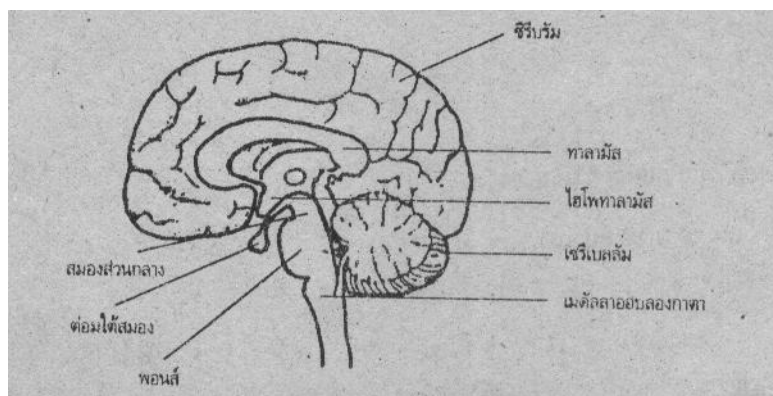
ชั้นใน มีสีขาวเป็นสารพวกไขมัน ตัวเซลล์ประสาทมี myelin sheath หุ้ม

สมองของคนแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

สมองส่วนหน้า (forebrain)

สมองส่วนกลาง (midbrain)

สมองส่วนท้าย (hindbrain) ดังรูป



ภาพแสดงสมองส่วนต่าง ๆ

สมองส่วนหน้า (forebrain) ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. **ซีรีบรัม (cerebrum)** เป็นสมองส่วนหน้าสุด ใหญ่ที่สุด และเจริญมากที่สุด มีหน้าที่เก็บข้อมูลสิ่งต่าง ๆ มีความจำ ความคิด เป็นศูนย์รับความรู้สึก มองเห็น ได้ยิน กลิ่น รส สัมผัส เจ็บ-ปวด ร้อน-เย็น และควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ

2. **ทาลามัส (thalamus)** ทำหน้าที่เป็นศูนย์รวมกระแสประสาทที่ผ่านเข้ามา แล้วแยกกระแสประสาทส่งไปยังสมองที่เกี่ยวข้องกับกระแสประสาทนั้น ๆ เป็นสถานีถ่ายทอดกระแสประสาทจากหู ตา ไปยังซีรีบรัม และรับข้อมูลจากซีรีบรัมส่งไปยังซีรีเบลลัมและเมดัลลาออบลองกาตา

3. **ไฮโปทาลามัส (hypothalamus)** เป็นส่วนล่างสุด เป็นรูปกรวยยื่นไปข้างล่าง ปลายสุดเป็นต่อมใต้สมอง เซลล์ประสาทสมองบริเวณนี้สร้างฮอร์โมนประสาทหลายชนิดไปควบคุมการสร้างฮอร์โมนของต่อมใต้สมอง มีหน้าที่ควบคุมกระบวนการพฤติกรรมของร่างกาย เช่น อุณหภูมิ ความดันเลือด อารมณ์ ความรู้สึกทางเพศ ความสมดุลของน้ำในร่างกาย ความกลัว ควบคุม metabolism การเต้นของหัวใจ ความโศกเศร้า ดีใจ ไฮโปทาลามัส เป็นส่วนที่เชื่อมระหว่างระบบประสาทกับระบบต่อมไร้ท่อ

สมองส่วนกลาง (midbrain) มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการเคลื่อนไหวของนัยน์ตา ทำให้ลูกตากลอกไปมาได้ ควบคุมการปิดเปิดของม่านตาในเวลาที่มีแสงสว่างเข้ามามากหรือน้อย

สมองส่วนท้าย (hindbrain) อยู่ถัดจากสมองส่วนกลางและติดต่อกับไขสันหลัง แบ่งเป็นสองส่วน

1. **ซีรีเบลลัม (cerebellum)** เป็นสมองส่วนที่ควบคุมการทรงตัวและควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อลายสัตว์ที่เคลื่อนที่ 3 มิติ มีสมองส่วนนี้เจริญดี

2. **เมดัลลาออบลองกาตา (medulla oblongata)** เป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างสมองกับไขสันหลัง มีรูปร่างคล้ายไขสันหลัง เป็นทางผ่านของกระแสประสาทระหว่างสมองกับไขสันหลัง มีหน้าที่ควบคุมอวัยวะภายในและควบคุมระบบประสาทอัตโนมัติ สัตว์ชนิดใดมีอัตราส่วนน้ำหนัสมองต่อน้ำหนักตัวมากจะฉลาดเรียนรู้ได้ดี

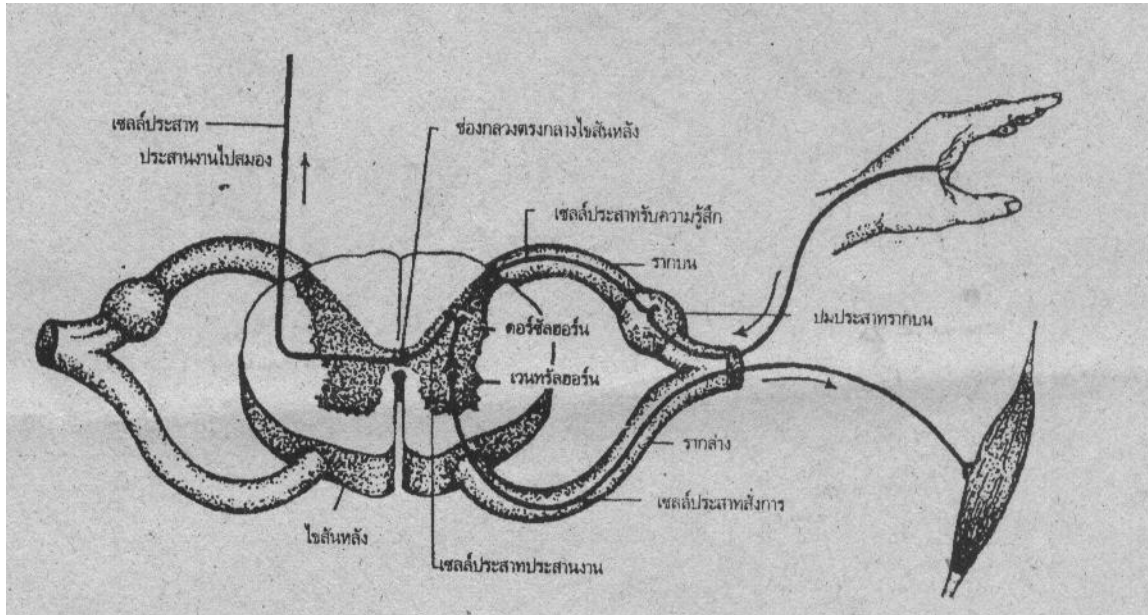
ก้านสมอง (brain stem) ประกอบด้วย

1. Midbrain

2. Pons ในคนอยู่ด้านหน้าของซีรีเบลลัมติดต่อกับสมองส่วนกลาง ส่วนทางด้านท้องของซีรีเบลลัมมีหน้าที่ควบคุมเกี่ยวกับการเคี้ยวอาหาร การหลั่งน้ำลาย การเคลื่อนไหวบริเวณใบหน้า และควบคุมการหายใจ

3. Medulla oblongata

ไขสันหลัง (spinal cord) เป็นเนื้อเยื่อประสาทที่มี synapse มากที่สุด



ภาพแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสประสาทเข้าและออกจากไขสันหลัง

หน้าที่ของไขสันหลัง

- ศูนย์เชื่อมระหว่าง receptor (หน่วยรับความรู้สึก) และ effector (หน่วยปฏิบัติงาน)
- ทางผ่านระหว่าง nerve impulse ระหว่างไขสันหลังกับสมอง
- ศูนย์กลางการเคลื่อนไหว (simple reflex) ที่ตอบสนองการสัมผัสทางผิวหนัง

เส้นประสาทสมอง

สัตว์ต่างชนิดกันมีเส้นประสาทสมองไม่เท่ากัน เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม นก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

มี 12 คู่ ปลาและสัตว์ครึ่งน้ำครึ่งบกมี 10 คู่

คนเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมชนิดหนึ่งมีเส้นประสาทสมอง 12 คู่ ดังนี้

เส้นประสาทสมองของคน

คู่ที่

0	Terminal n.	เยื่อจมูก	—————▶	ด้านท้องของ cerebrum
1	Olfactory n.	จมูก	—————▶	สมอง
2	Optic n.	ตา	—————▶	สมอง
3	Oculomotor n.	สมอง	—————▶	ตา
4	Trochlear n.	สมอง	—————▶	ตา
5	Trigeminal n.	สมอง	◀—————▶	หน้าและฟัน
6	Abducent n.	สมอง	—————▶	ตา
7	Facial n.	สมอง	◀—————▶	กล้ามเนื้อใบหน้า
8	Auditory n.	หู	—————▶	สมอง
9	Glossopharyngeal n.	คอหอย	◀—————▶	สมอง
10	Vagus n.	ช่องอก, ท้อง, หัว, ลำคอ	◀—————▶	สมอง
11	Accessory n.	สมอง	—————▶	กล่องเสียง
12	Hypoglossal n.	สมอง	—————▶	กล้ามเนื้อลิ้น

เส้นประสาทไขสันหลัง มี 2 ราก — [รากบน dorsal root ทำหน้าที่รับความรู้สึก
รากล่าง ventral root ทำหน้าที่ส่งความรู้สึก

เส้นประสาทไขสันหลังของกบมี 9 คู่ ของคนมี 31 คู่ ดังนี้

- บริเวณคอ 8 คู่
- บริเวณอก 12 คู่
- บริเวณเอว 5 คู่
- กระเบนเหน็บ 5 คู่
- ก้นกบ 1 คู่

เส้นประสาทไขสันหลังบริเวณเอว ตั้งแต่คู่ที่ 2 ลงไปไม่มีไขสันหลัง เป็นบริเวณที่แพทย์สามารถฉีดยาเข้าไขสันหลังหรือเจาะน้ำไขสันหลังได้

ระบบประสาทโซมาติก เป็นระบบประสาทที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อลาย โดยเซลล์ประสาทรับความรู้สึกจะรับกระแสประสาทจากหน่วยรับความรู้สึกผ่านเส้นประสาทไขสันหลังหรือเส้นประสาทสมองเข้าสู่ไขสันหลังหรือสมอง และกระแสประสาทนำคำสั่งจากสมองจะถูกส่งผ่านเส้นประสาทสมองหรือเส้นประสาทไขสันหลังไปยังหน่วยปฏิบัติงานซึ่งเป็นกล้ามเนื้อลายซึ่งบางครั้งอาจทำงานได้โดยรับคำสั่งจากไขสันหลังเท่านั้น เช่น การกระตุกขาเมื่อถูกเคาะที่หัวเข่า

Reflex action หมายถึง การทำงานของหน่วยปฏิบัติงานของระบบประสาทส่วนกลางที่เกิดขึ้นที่โดยมิได้มีการเตรียมล่วงหน้า

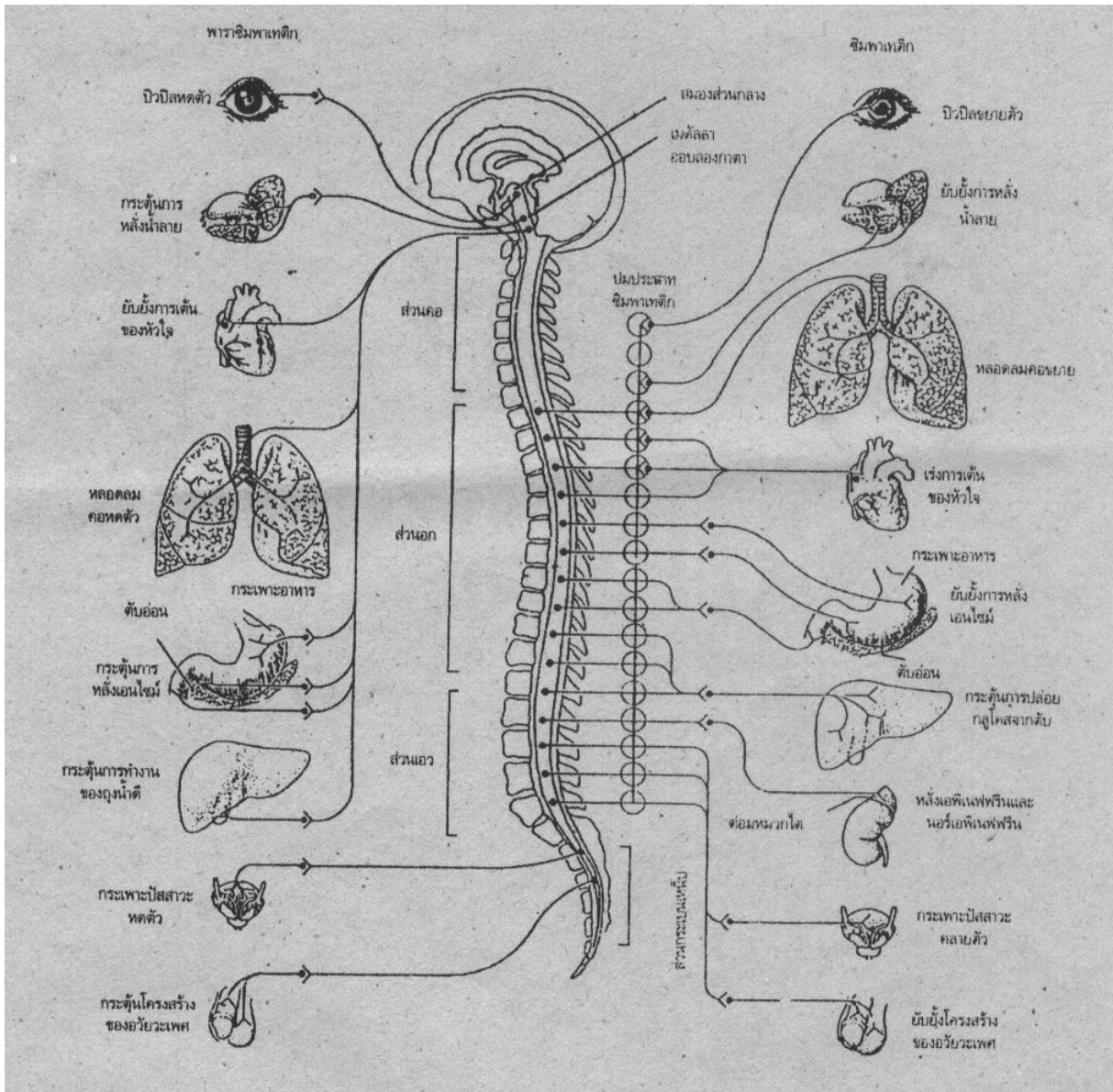
Reflex arc เป็นวงจรการทำงานของระบบประสาท ซึ่งจะทำหน้าที่อย่างสมบูรณ์ได้ต้องประกอบด้วยประสาท 5 ส่วน คือ Receptor → Sensory nerve → association nerve → motor nerve → effector หรืออย่างน้อยที่สุดต้องประกอบด้วยประสาท 2 ส่วน คือ sensory nerve กับ motor nerve

Voluntary nervous system เป็นระบบประสาทที่ทำงานภายใต้อำนาจของจิตใจ

Involuntary nervous system เป็นระบบประสาทที่ทำงานนอกอำนาจจิตใจ

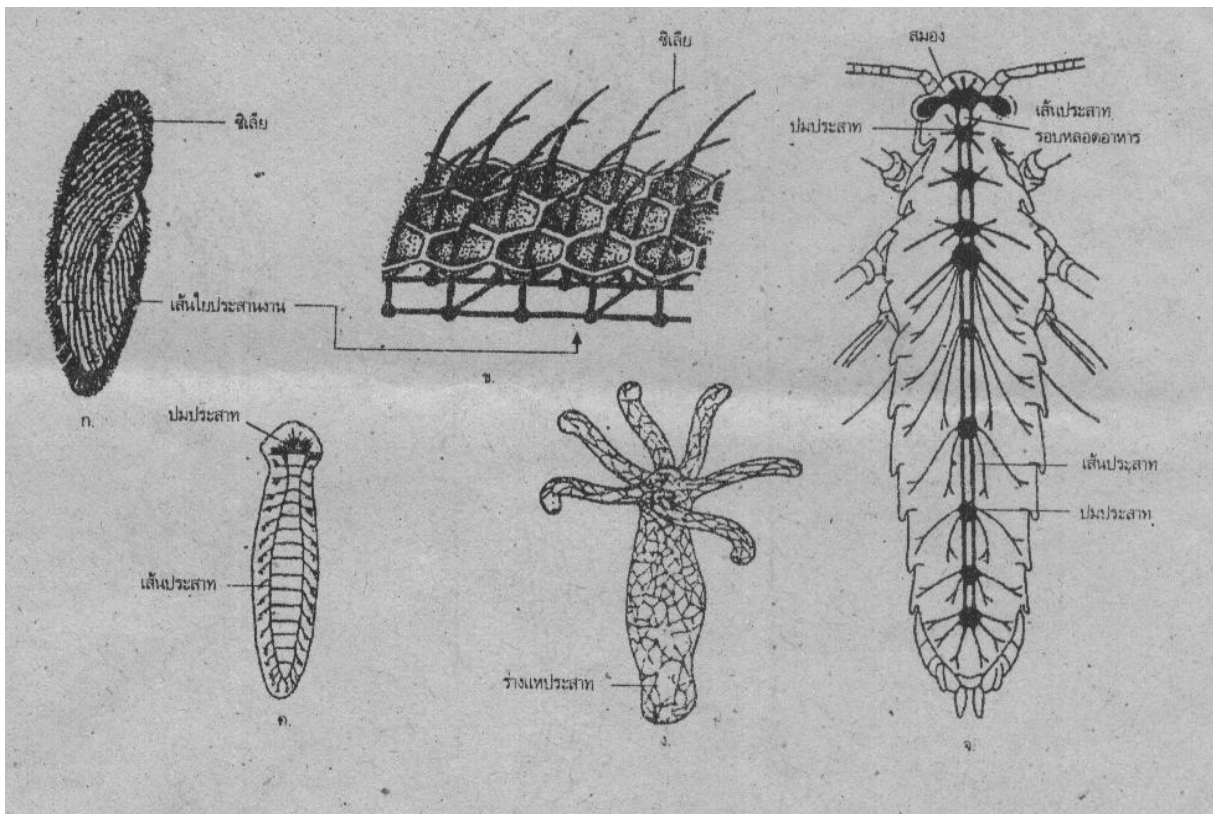
ระบบประสาทอัตโนมัติ เป็นระบบประสาทที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อหัวใจ และต่อมต่าง ๆ เพื่อปรับร่างกายให้เข้ากับสภาพแวดล้อมภายใน ประกอบด้วย

1. Sympathetic nervous system เป็นประสาทที่อยู่บริเวณไขสันหลัง จนถึงกระเบนเหน็บ
2. Parasympathetic nervous system เป็นประสาทที่อยู่เหนือไขสันหลังและต่ำกว่ากระเบนเหน็บ



ภาพแสดงการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกและพาราซิมพาเทติก

ระบบประสาทของพวก invertebrate	- ระบบประสาทไม่ยุ่งยาก เปลี่ยนแปลงจาก ectoderm
Paramecium	- ไม่มีเซลล์ประสาท แต่สามารถรับรู้ได้ ตอบสนอง สิ่งเร้าได้
Hydra	- มี Co-ordinating fiber (เส้นใยประสานงาน) ที่โคน ของ cilia
Planaria	- มีเซลล์ประสาทเชื่อมโยงคล้ายร่างแห (nerve net)
	- มีปมประสาท 2 ปมบริเวณหัว มีเส้นประสาทใหญ่ สองเส้นยาวตลอดลำตัว
Earth worm	- มีปมประสาทเป็นวงแหวน ระหว่างปล้องที่ 2, 3 มี เส้นประสาทยาวตลอดลำตัวทางด้านท้อง 2 เส้น
Insect	- มีปมประสาทที่หัวระหว่างตาทั้งสอง และมีแขนง ประสาทไปยังส่วนต่าง ๆ
Mollusk	- มีปมประสาทหัว 1 คู่ ลำตัว 1 คู่ ขาเดิน 1 คู่
Echinoderm	- มี nerve ring อ้อมรอบปาก

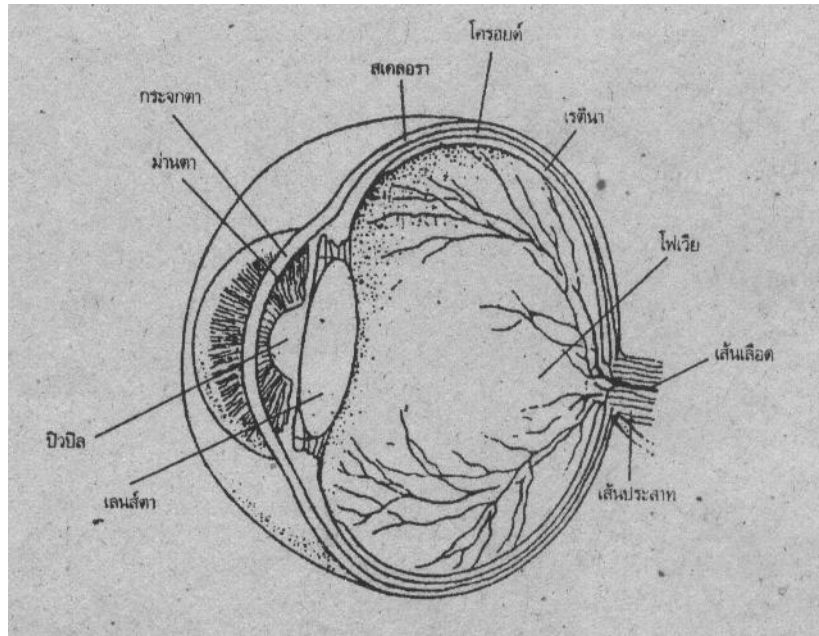


ภาพแสดงระบบประสาทของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังชนิดต่างๆ

ก-ข พารามีเซียม ค พลานาเรีย ง ไฮดรา จ แมลง

อวัยวะรับสัมผัสของสัตว์ชั้นสูง

ตาคน ลักษณะกลมอยู่ในเบ้าตา มีเยื่อบาง ๆ ยึดลูกตาไว้หลวม ๆ

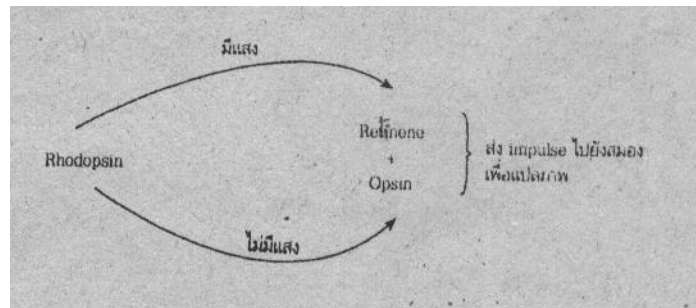


ผนังลูกตาประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น คือ

1. **ชั้นนอก (sclera หรือ Sclerotic coat)** เป็น Fibrous tissue ไม่ยืดหยุ่น ผนังหนา ทำให้ลูกตากงรูปได้ มีสีขาวมัว ๆ และมีส่วนใส ๆ สีดำนูนออกมา เรียก กระจกตา (cornea) ส่วนนี้ชุ่มชื้นเสมอ เพราะมี secretion จาก oil gland มาหล่อลื่น
2. **ชั้นกลาง (choroid coat)** มีเส้นเลือดมาเลี้ยงและมีรงควัตถุแผ่กระจายในชั้นนี้มากเพื่อมิให้แสงสว่างทะลุผ่านชั้นเรตินาไปยังด้านหลังโดยตรง นอกจากนี้มีม่านตา (Iris) และรู pupil (pupil) เป็นทางให้แสงผ่านเข้าไปภายในตา

3. **ชั้นใน (retina)** เป็นบริเวณที่มีเซลล์รับแสงซึ่งมีรูปร่างต่าง ๆ กัน คือ

3.1 **เซลล์รูปแท่ง (rod cell)** รูปร่างยาวเป็นแท่ง ทำหน้าที่เป็นเซลล์รับแสงสว่างที่ไวมาก จะบอกความมืดและความสว่าง



ภาพแสดงการทำงานของ rod cell

3.2 **เซลล์รูปกรวย (cone cell)** รูปร่างเป็นรูปกรวย ทำหน้าที่เป็นเซลล์ที่บอกความแตกต่างของสีแต่ต้องการแสงสว่างมาก เซลล์รูปกรวยแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ เซลล์รูปกรวยที่รับแสงสีแดง เซลล์รูปกรวยที่รับแสงสีเขียว และเซลล์รูปกรวยที่รับแสงสีน้ำเงิน เมื่อเซลล์รูปกรวยได้รับการกระตุ้นพร้อม ๆ กันด้วยความเข้มของแสงต่าง ๆ กัน จึงเกิดการผสมเป็นสีต่าง ๆ ขึ้น

นอกจากนี้บริเวณเรตินายังมี fovea และ blindspot fovea อยู่ตรงกลางของ retina บริเวณนี้มีเซลล์รูปกรวยหนาแน่นกว่าบริเวณอื่น ภาพที่ตกบริเวณนี้จะชัดเจน ส่วน blindspot เป็นบริเวณที่ใยประสาทออกจากนัยน์ตาเพื่อเข้าสู่เส้นประสาทตา บริเวณนี้ไม่มี cell รับแสงสว่างเลย ภาพที่ตกบริเวณนี้จึงมองไม่เห็น

ส่วนประกอบอื่น ๆ ของตา

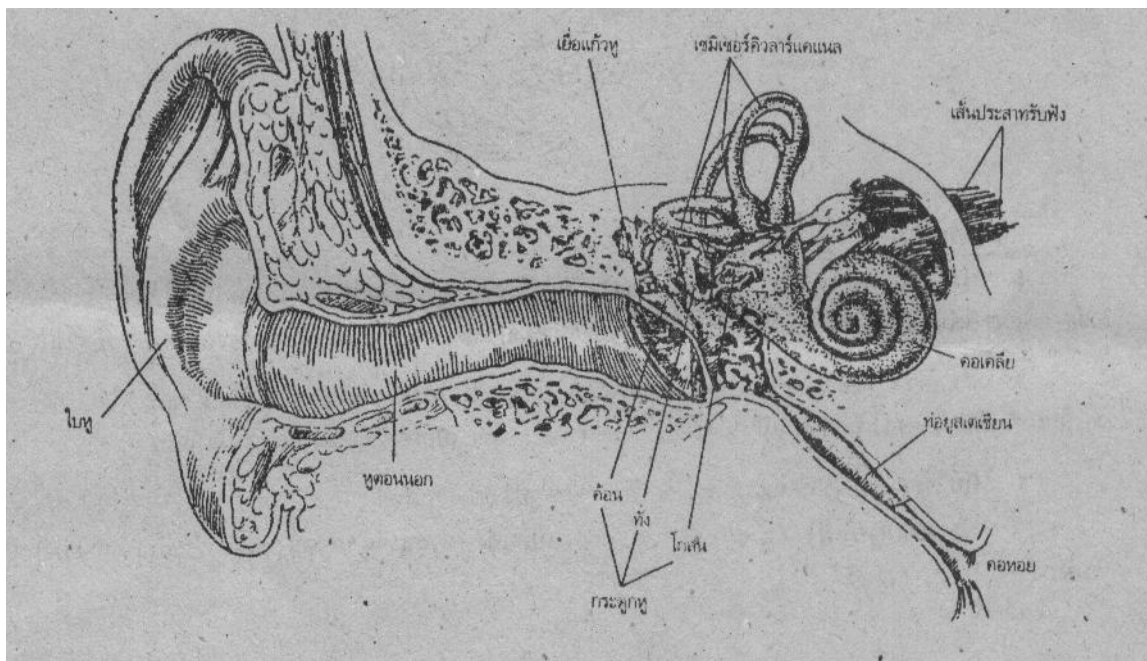
1. **แก้วตา (lens)** หดตัว พองตัว และยืดหยุ่นได้ ด้านในโค้งมากกว่าด้านนอก มีหน้าที่โฟกัสภาพให้ชัดบนเรตินา

2. **ช่องภายในลูกตา (vitreous chamber)** มีของเหลวเป็นเมือกใสเหนียว มีค่าดัชนีหักเหของแสงสูงมาก เรียก **vitreous humor**

หูและการรับฟัง

หน้าที่

1. รับความถี่ของคลื่นเสียง
2. การทรงตัว



ภาพแสดงส่วนประกอบของหูคน

หูคนแบ่งเป็น 3 ส่วน หูส่วนนอก หูส่วนกลาง และหูส่วนใน

หูส่วนนอก ประกอบด้วย

1. ใบหู ทำหน้าที่รับคลื่นเสียงจากภายนอก
2. รูหู มีหน้าที่รวมเสียงไปสู่แก้วหู ภายในมีขนและต่อมขี้หู
3. เยื่อแก้วหู เป็นเยื่อบาง ๆ กั้นระหว่างหูส่วนนอกกับหูส่วนกลาง

หูส่วนกลาง ประกอบด้วย

1. กระดูกเล็ก ๆ 3 ชิ้น คือ กระดูกค้อน กระดูกทั่ง และกระดูกโกลน ซึ่งทำหน้าที่ส่งต่อแรงสั่นสะเทือน
2. หลอดยูสเทเชียน เป็นโพรงต่อระหว่างหูส่วนกลางกับคอหอย มีหน้าที่รับความดันระหว่าง

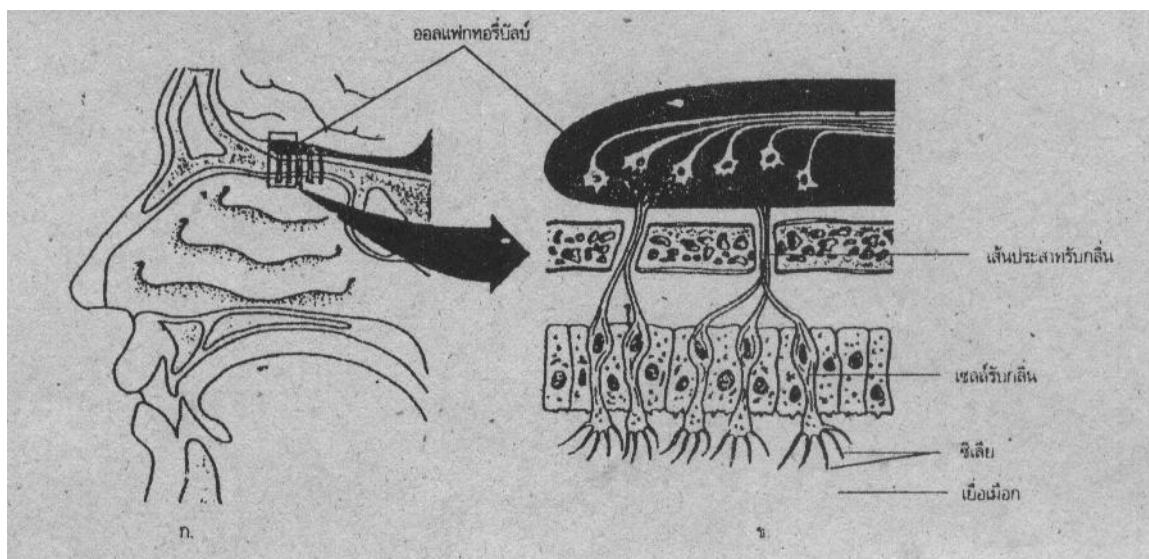
ภายในกับภายนอก

หูส่วนใน ประกอบด้วย

1. คอเคลีย เป็นท่อขดคล้ายกังหันหอย มีปลายประสาทรับพลังงานเสียงแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าส่งไปยังศูนย์รับเสียงในสมอง
2. หลอดครึ่งวงกลม ทำหน้าที่ทรงตัว

จมูกและการดมกลิ่น

ภายในเยื่อจมูกมีเซลล์รับกลิ่น คือ olfactory cell ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับกลิ่นโดยเฉพาะ



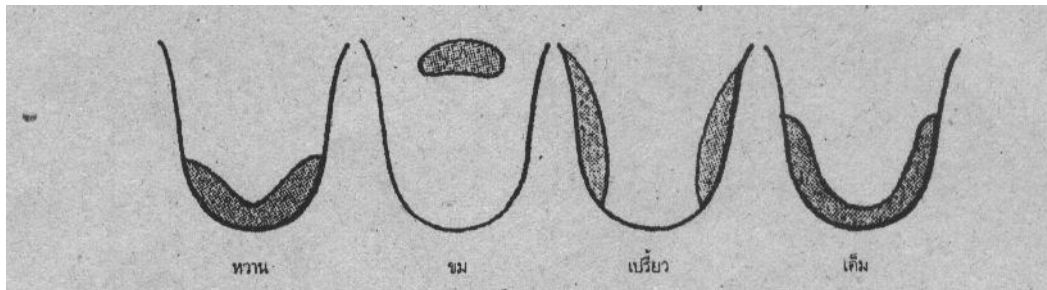
แสดงโครงสร้างภายในของจมูก

ก. โพรงจมูก

ข. เซลล์รับกลิ่น

ลิ้นและการชิมรส

ด้านบนของลิ้นจะมีปุ่มเล็กๆ จำนวนมากเรียก **พาพิลลา (papilla)** ภายใน papilla ประกอบด้วย **ตุ่มรับรส (taste bud)** ที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับรส ซึ่งมี 4 ชนิด คือ ตุ่มรับรสเค็ม ตุ่มรับรสหวาน ตุ่มรับรสเปรี้ยว และตุ่มรับรสขม ดังภาพ



ภาพแสดงบริเวณของลิ้นที่มีตุ่มรับรสต่างๆ กระจายอยู่

ผิวหนังและการสัมผัส

ผิวหนังเป็น nerve organ ที่มีพื้นที่มากที่สุด มีปลายประสาทมาก ปลายประสาทแต่ละเส้นรับความรู้สึกจากสิ่งเร้าต่างชนิดกัน