

ระบบประสาทและอวัยวะรับสัมผัส
(Nervous System and Sense Organ)

รศ.ดร.ธนวรรณ พาณิชพัฒน์

ระบบประสาทและอวัยวะรับสัมผัส (Nervous System and Sense Organ)

Outline

- วิวัฒนาการของระบบประสาท (**Evolution of nervous system**)
- ส่วนประกอบของระบบประสาท (**Components of nervous system**)
- ชนิดของเซลล์ประสาท (**Types of neurons**)
- ระบบประสาทของสัตว์มีกระดูกสันหลัง (**Divisions of the vertebrate nervous system**)
- การทำงานของระบบประสาท (**Mechanisms of nervous system**)
- กระแสประสาท (**Nerve impulse**)
- การส่งกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาท (**Synapsis**)

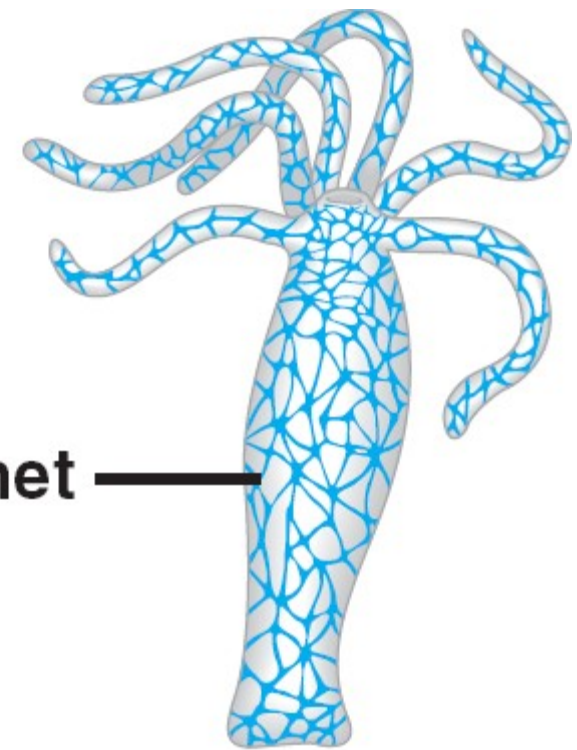
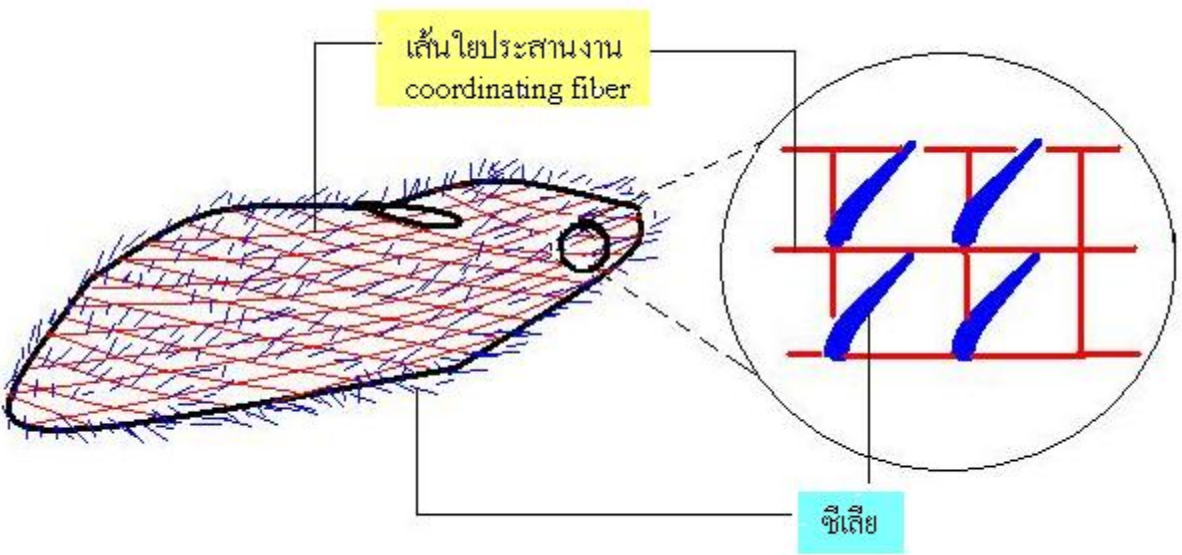
ระบบประสาทและอวัยวะรับสัมผัส (Nervous System and Sense Organ)

Outline (ต่อ)

- สารสื่อประสาท(**Neurotransmitter**)
- ระบบประสาทส่วนกลาง (**Central nervous system or CNS**)
- โครงสร้างสมองและหน้าที่ (**Structure and function of brain**)
- อวัยวะรับสัมผัส (**Sense organ**)
- ผิวหนัง (**Skin**)
- อวัยวะสัมผัสรับการกระตุ้นทางเคมี (**Chemoreceptor**)
- หู (**ears**)
- ตา (**eyes**)

วิวัฒนาการของระบบประสาท(Evolution of nervous system)

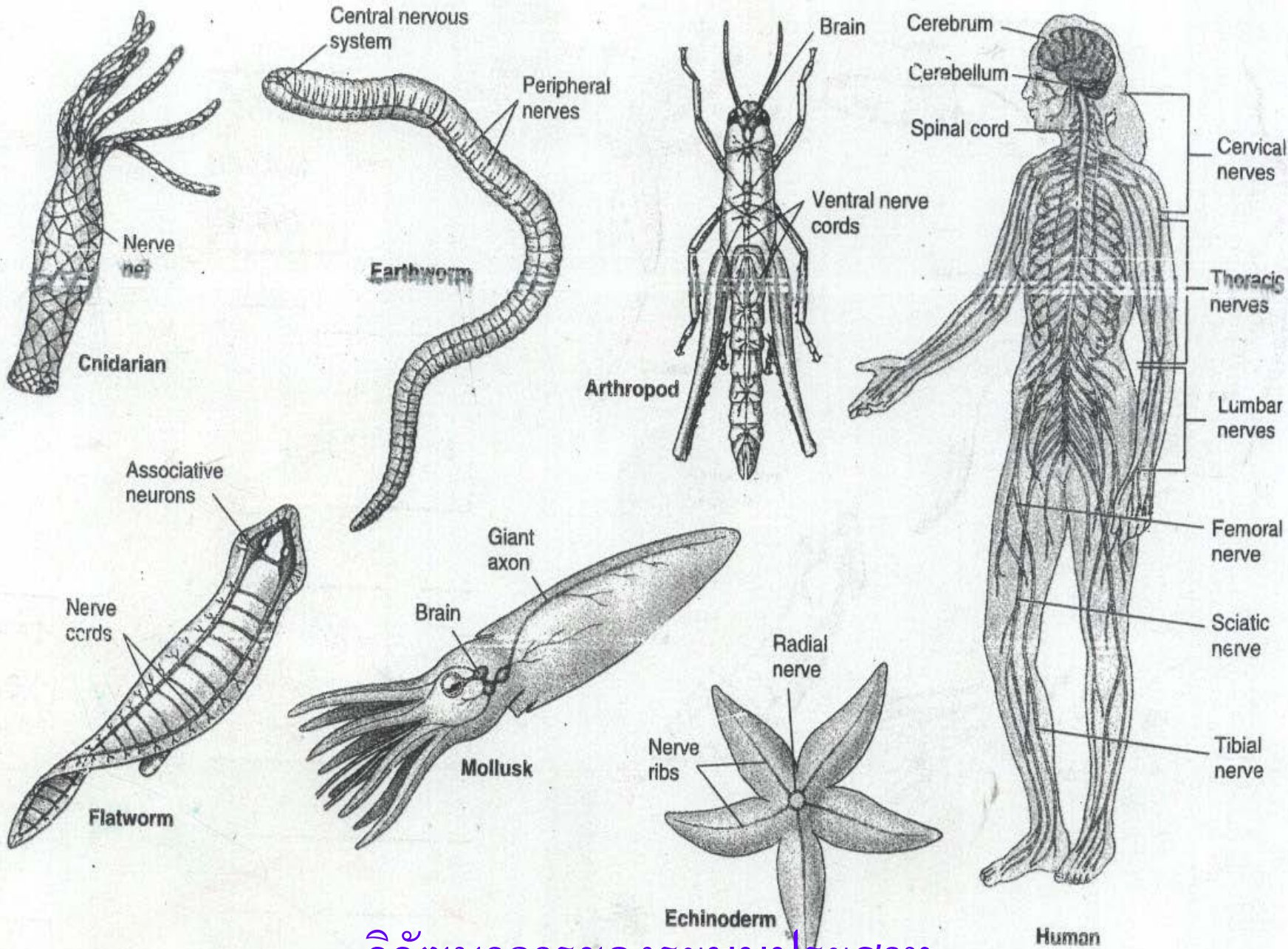
1. กลุ่มโปรโตซัว (**Protozoa**) อยู่ในอาณาจักร **Protista** เช่น อะมีบา (**ameba**) พารามีเซียม (**paramecium**) ยูกลีนา (**euglena**)พวกนี้จะไม่มีการสื่อสารโดยตรง แต่จะมีเส้นใยประสานงาน ควบคุมการโบกพัดของซีเลีย
2. กลุ่มซีเลนเทอเรต (**Coelenterate**)อยู่ในไฟลัมไนดาเรียหรือซีเลนเทอราตา เช่น ไฮดรา(**hydra**) แมงกะพรุน (**jelly fish**) ปะการัง(**coral**) กลุ่มนี้จะมีเซลล์ประสาทแทรกอยู่ระหว่างเนื้อเยื่อทั่วตัว โดยสานกันเป็นร่างแห (**nerve net**)
3. กลุ่มหนอนตัวแบน (**Platyhelminth**) อยู่ในไฟลัม **Platyhelminthes** เช่น พยาธิตัวแบน (**flat worm**) พลาเนเรีย มีเส้นประสาท 2 ข้างลำตัว เริ่มมีการรวมกลุ่มของเซลล์ประสาทเป็นปมประสาท 2 ปมบริเวณหัว



Nerve net

(a) Hydra (cnidarian)

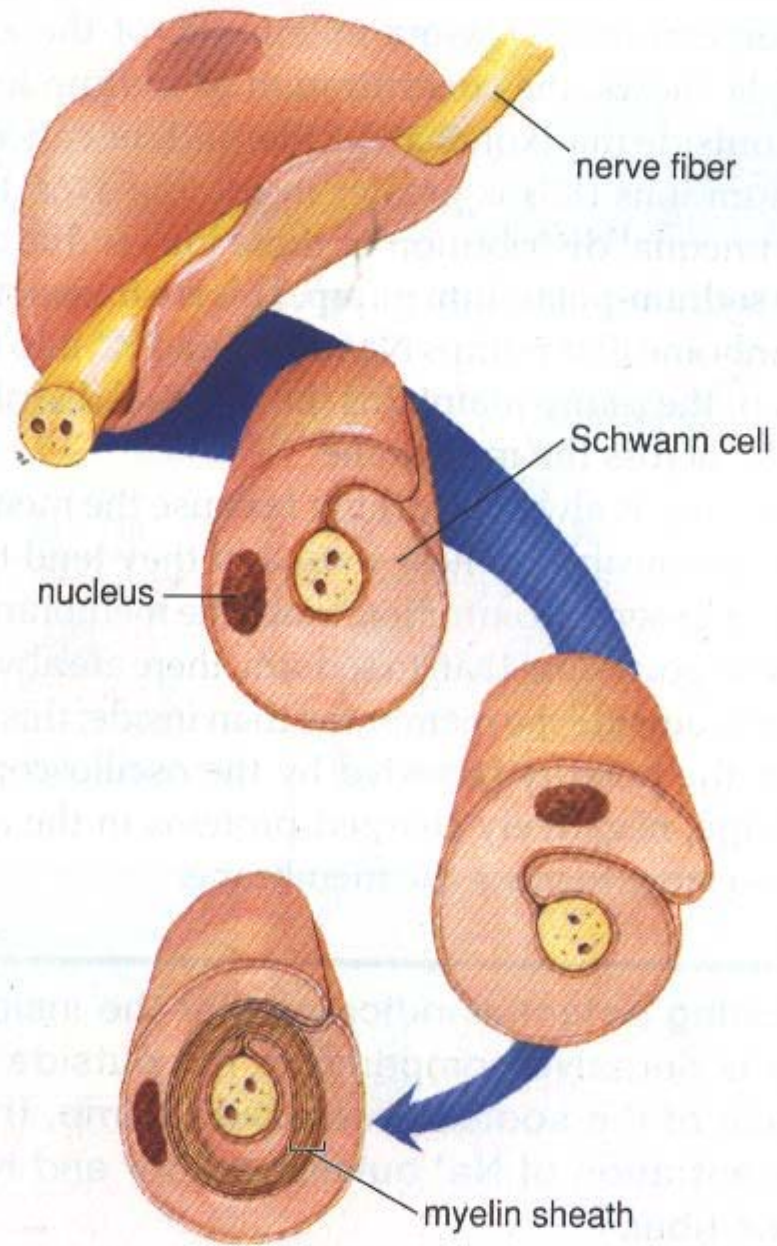
4. กลุ่มหนอนปล้อง(**Annelid**) อยู่ในไฟลัมแอนเนลิดา (**Annelida**) เช่น ไส้เดือนดิน (**earth worm**) จะมีปมประสาทเป็นวงแหวน มีเส้นประสาทขนาดใหญ่ 2 เส้นยาวตลอดลำตัว (**Ventral nerve cord**)
5. กลุ่มอาร์โทรพอด(**Arthropod**) อยู่ในไฟลัมอาร์โทรโปดา (**Arthropoda**) เช่น แมลง(**insect**) กุ้ง กั้ง(**crustacea**) มีปมประสาทขนาดใหญ่อยู่บริเวณหัว และปมอื่นเรียงต่อเนื่องกันลงมา ทำหน้าที่คล้ายสมอง
6. กลุ่มสัตว์มีกระดูกสันหลัง(**Vertebrate**) อยู่ในไฟลัมคอร์ดาตา (**Chordata**) เช่น มนุษย์(**human**) มีระบบประสาทเป็นท่อกลวงอยู่ด้านบนของลำตัว ส่วนหน้าสุดเป็นสมอง และส่วนที่เหลือเป็นไขสันหลัง (**brain and spinal cord**)



วิวัฒนาการของระบบประสาท

โครงสร้างส่วนประกอบของระบบประสาท (Component of nervous system) ประกอบด้วย

- 1. เซลล์ประสาท(nerve cell or neuron)** เป็นเซลล์ปฏิบัติงานที่มีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปเพื่อทำหน้าที่รับและส่งข้อมูล โดยอาศัยกระแสไฟฟ้า ที่เรียกว่า กระแสประสาท เซลล์ประสาทประกอบด้วย
 - 1.1 **ตัวเซลล์(cell body)** มีลักษณะค่อนข้างกลม เป็นส่วนของไซโตพลาสซึมที่มีนิวเคลียสกลมใหญ่ และมีออร์แกเนลอื่นๆ ทำหน้าที่สังเคราะห์สารสื่อประสาท
 - 1.2 **เดนไดรต์ (dendrite)** เป็นแขนงใยประสาทสั้นๆ จำนวนมากกว่าหนึ่ง ทำหน้าที่ส่งกระแสประสาทไปยังตัวเซลล์
 - 1.3 **แอกซอน (axon)** เป็นแขนงประสาทยาวยื่นจากตัวเซลล์ ทำหน้าที่นำกระแสประสาทออกนอกตัวเซลล์ และส่งไปยังเซลล์ประสาทตัวอื่นๆ
- 2. เซลล์เกี่ยวพันประสาท(Neuroglia)** มีหน้าที่ช่วยป้องกันตัวเซลล์ประสาท และขนย้ายของเสียออกจากเนื้อเยื่อประสาท พยายามบีบหนึบให้เซลล์ประสาทอยู่คงที่ จะบุอยู่ตามช่องภายในสมองและไขสันหลัง มีเซลล์ชวานน์หุ้ม ภายในมีสารสีขาวเป็นไขมัน เรียกว่า เยื่อไมอีลิน ห่อหุ้มส่วนของ **axon** ซึ่งใช้เป็นฉนวน ช่วยให้กระแสประสาทเคลื่อนที่เร็วขึ้น



เยื่อไมอีลิน

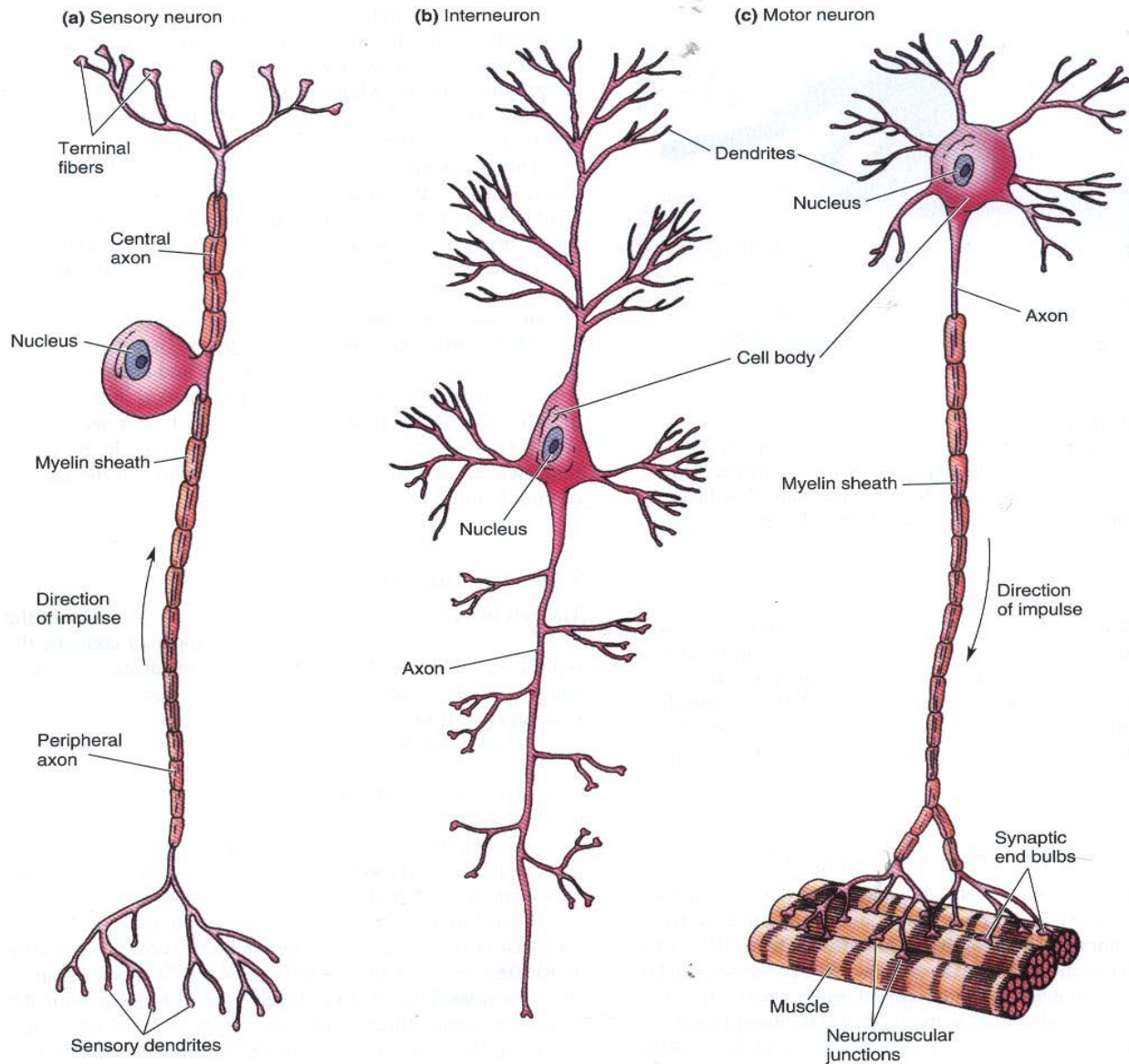
ชนิดของเซลล์ประสาท (Types of neurons)

ถ้าแยกจากแขนงประสาทที่ยื่นจากตัวเซลล์ แบ่งเป็น 3 ประเภท

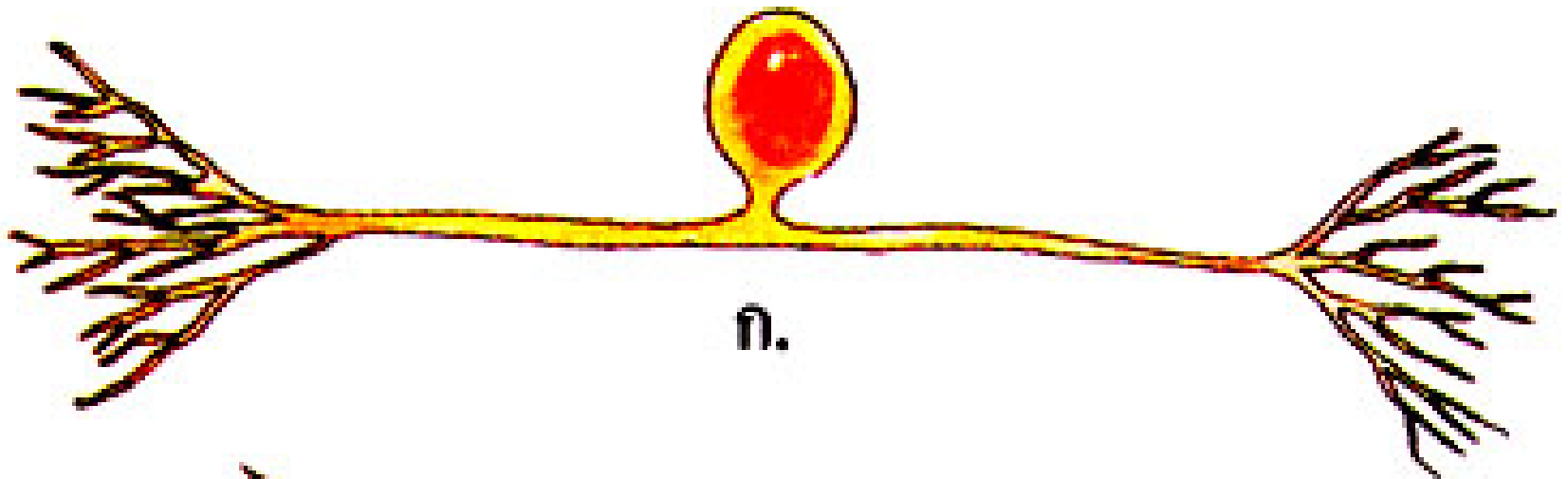
1. เซลล์ประสาทขั้วเดียว (**unipolar neuron**) พบที่ปมรากของไขสันหลัง จัดเป็นเซลล์ประสาทรับความรู้สึกที่มีเดนไดรต์ยาวกว่าแอกซอน กระแสไฟฟ้าไม่เคลื่อนที่ผ่านตัวเซลล์
2. เซลล์ประสาทแบบสองขั้ว (**bipolar neuron**) ตัวเซลล์มีแขนง 2 แขนง ยื่นออกไป มีเดนไดรต์ยาวพอกๆ กับแอกซอน พบที่ชั้นเรตินาของลูกตา เซลล์รับกลิ่นที่จมูก ตุ่มรับรสที่ลิ้น เป็นเซลล์ประสาทที่มีขนาดเล็ก ทำหน้าที่รับความรู้สึก
3. เซลล์ประสาทแบบหลายขั้ว (**multipolar neuron**) ตัวเซลล์มีหลายแขนงยื่นออกไป มีแอกซอนแขนงเดียว ที่เหลือเป็นเดนไดรต์ พบที่สมองและไขสันหลัง ทำหน้าที่นำคำสั่งและประสานงาน

ถ้าแบ่งตามหน้าที่ที่สามารถแบ่งเซลล์ประสาทออกเป็น 3 ประเภท

1. เซลล์ประสาทรับความรู้สึก (**sensory or afferent neuron**) ทำหน้าที่นำกระแสประสาทจากหน่วยรับความรู้สึกไปยังระบบประสาทส่วนกลาง
2. เซลล์ประสาทประสานงาน (**association or intermediate neuron**) มีหน้าที่นำกระแสประสาทจากเซลล์ประสาทรับความรู้สึกส่งผ่านไปยังเซลล์ประสาทนำคำสั่งและติดต่อรหว่างส่วนต่างๆของระบบประสาทส่วนกลาง
3. เซลล์ประสาทนำคำสั่ง (**moter or efferent neuron**) ทำหน้าที่นำกระแสประสาทจากระบบประสาทส่วนกลาง ไปยังหน่วยปฏิบัติงาน เช่น กล้ามเนื้อและต่อมต่างๆ



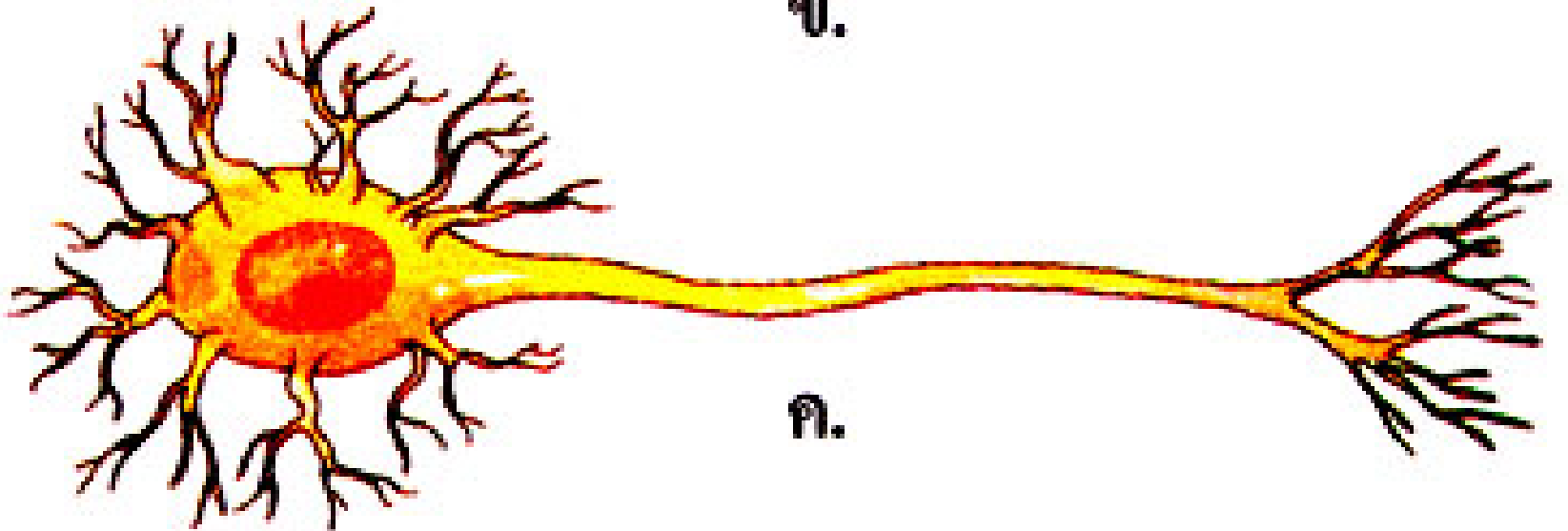
ชนิดของเซลล์ประสาท (a) เซลล์ประสาทรับความรู้สึก
 (b) เซลล์ประสาทประสานงาน (c) เซลล์ประสาทนำคำสั่ง



ก.



ข.

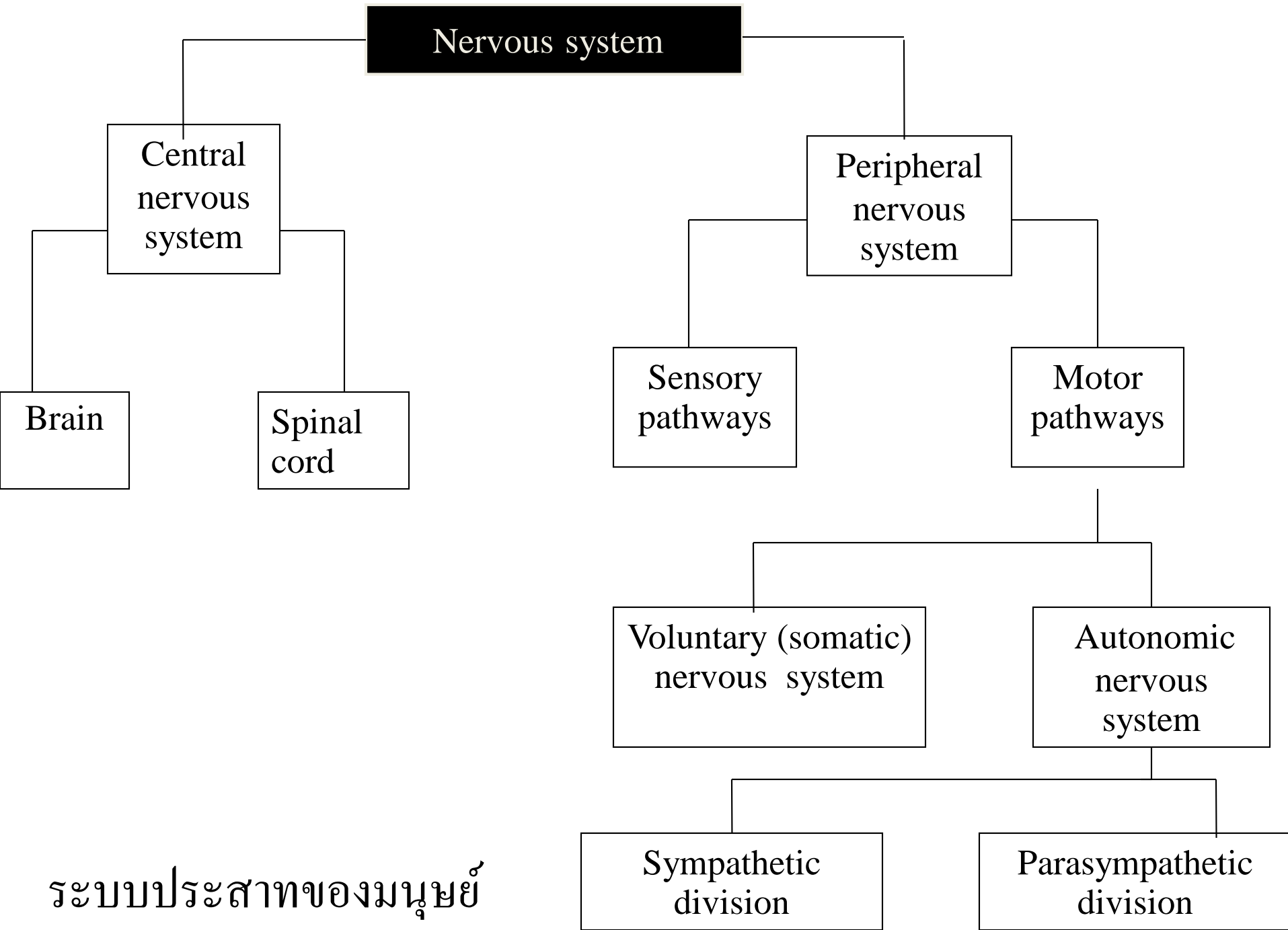


ค.

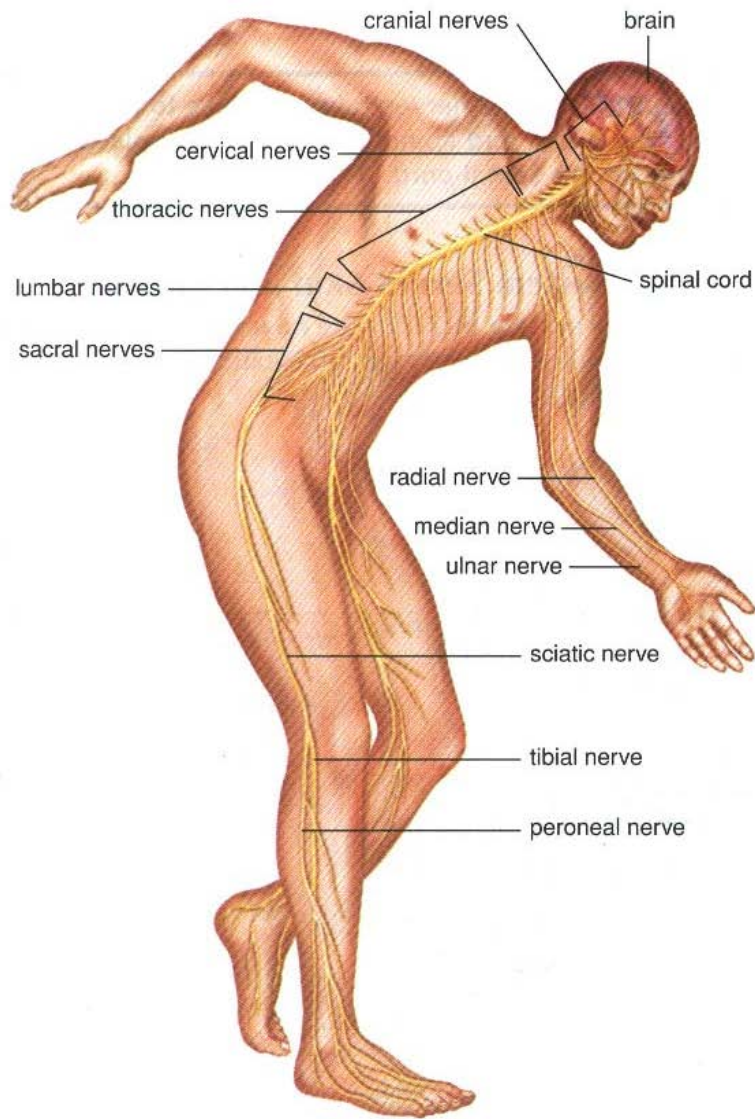
ระบบประสาทของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

(Divisions of the vertebrate nervous system)

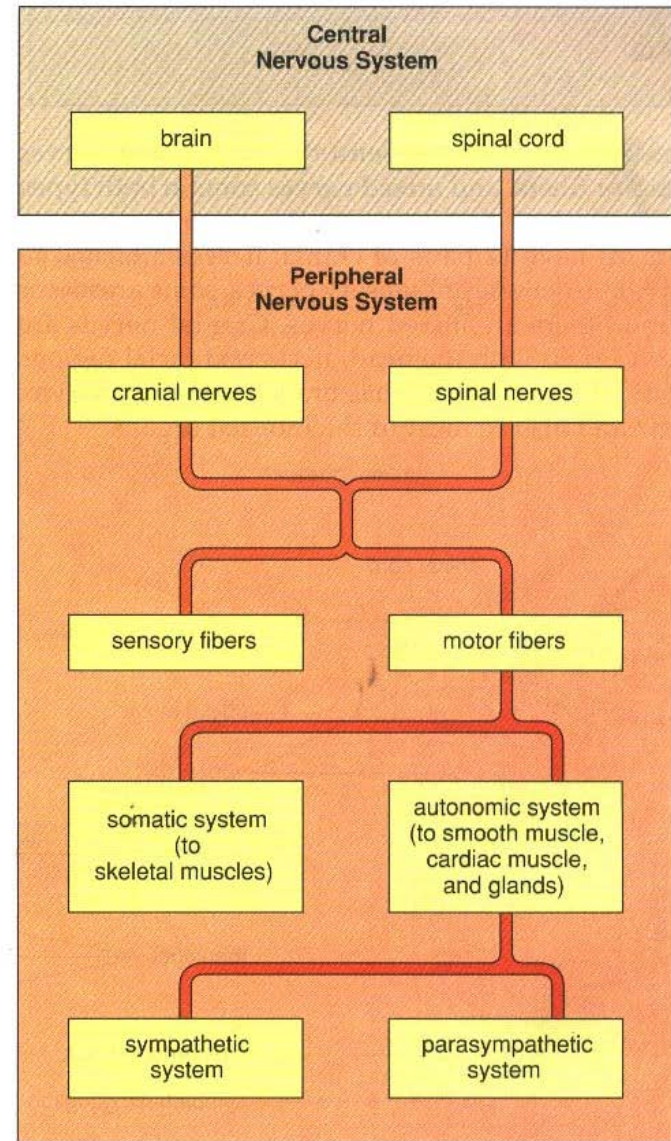
- **ระบบประสาท (Nervous system)** เป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับการสั่งงาน การรับคำสั่ง การติดต่อประสานงาน โดยการกระตุ้นจะผ่านหน่วยรับความรู้สึก (**receptor**) แล้วส่งผ่านเซลล์ประสาทรับความรู้สึกเข้าสู่ศูนย์ประสาทในสมอง และไขสันหลัง ที่เรียกว่าระบบประสาทส่วนกลาง (**central nervous system or CNS**) ซึ่งระบบประสาทส่วนกลางจะช่วยรวบรวมข้อมูลที่ สลับซับซ้อน รวมทั้งเรื่องการเรียนรู้และความทรงจำ แล้วส่งสัญญาณผ่านเซลล์ประสาทส่งคำสั่ง (**motor of efferent neuron**) ไปสู่นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ ตอบสนองหรือหน่วยปฏิบัติการ เช่น กล้ามเนื้อและต่อมต่างๆ ทั้งเซลล์ประสาทรับ ความรู้สึกและเซลล์ประสาทนำคำสั่ง (**sensory or motor neurons**) จะ ประกอบกันเป็นระบบประสาทรอบนอก (**peripheral nervous system or PNS**) มีเส้นประสาทเชื่อมต่อกับสมองและไขสันหลัง ไปยังส่วนอื่นๆ ของ ร่างกาย



ระบบประสาทของมนุษย์



a.



b.

ระบบประสาทรอบนอกเปรียบเทียบกับระบบประสาทส่วนกลาง
(a)เส้นประสาทในร่างกายมนุษย์ **(b)** โครงสร้างของระบบประสาทของมนุษย์

การทำงานของระบบประสาท แยกได้ 2 ระบบ

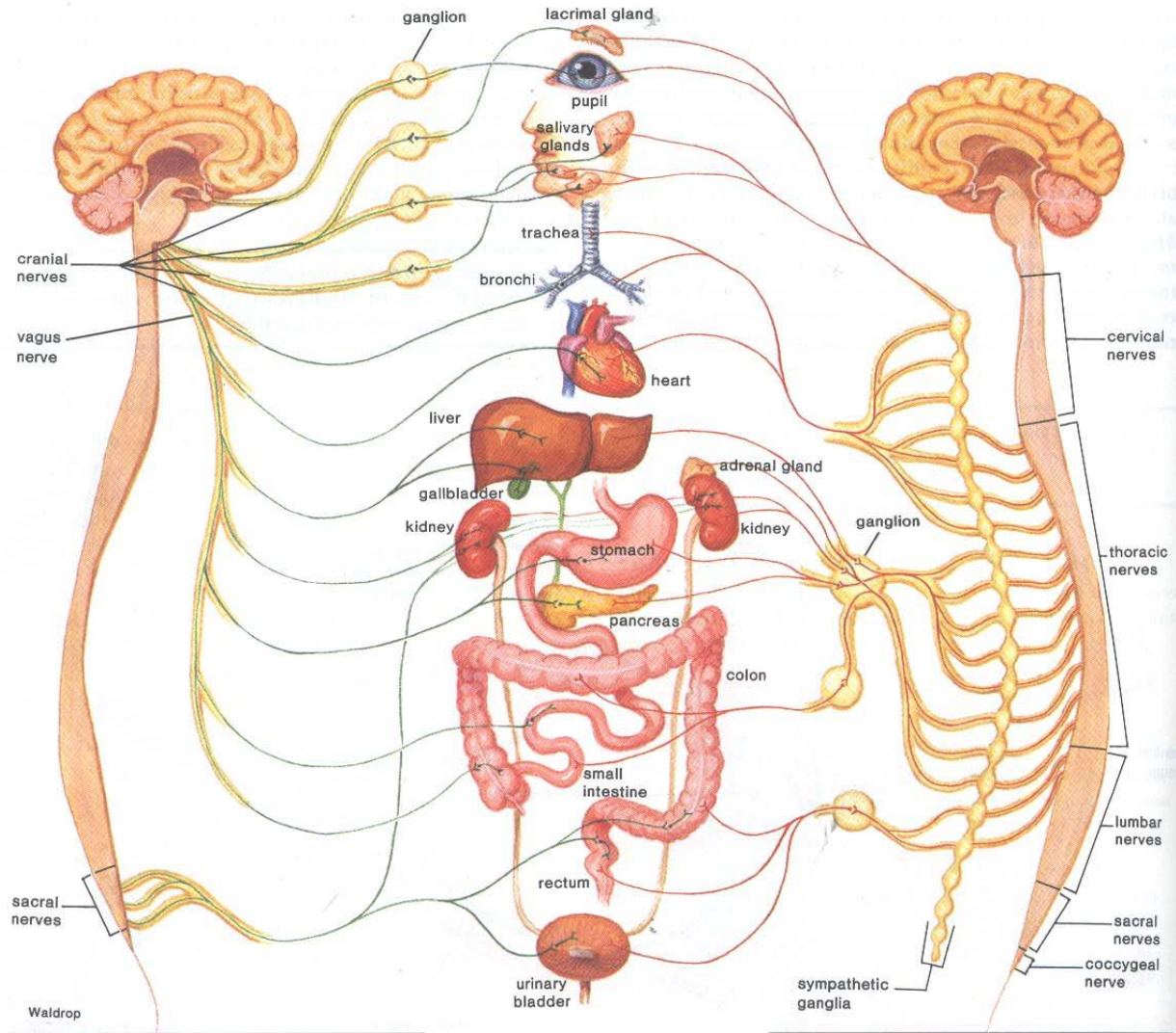
1. ระบบประสาทที่ทำงานภายใต้อำนาจจิตใจ (**voluntary or somatic nervous system**) หรือระบบประสาทกาย (**voluntary or somatic nervous system**) เซลล์ประสาทรับความรู้สึกจะรับกระแสประสาทจากหน่วยรับความรู้สึก (**receptor**) ผ่านเข้าระบบประสาทส่วนกลาง(**CNS**) แล้วส่งไปยังเซลล์ประสาทนำคำสั่ง ไปยังหน่วยปฏิบัติงาน (**effector**) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อลาย ระบบนี้ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อลาย เพื่อให้เคลื่อนไหวหรือทรงตัวได้ตามที่ต้องการ ให้กระทำหรือหยุดกระทำได้ ทำงานอยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ

การทำงานของระบบประสาท (ต่อ)

2. ระบบประสาทที่ทำงานนอกอำนาจจิตใจ หรือระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic Nervous System:ANS) เป็นระบบประสาทที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อหัวใจและอวัยวะภายในร่างกาย ประกอบด้วยเส้นใยประสาทนำคำสั่ง(**motor nervous fiber**) 2 เส้น แบ่งเป็น 2 ประเภท ตามตำแหน่งที่มีเส้นประสาทมาควบคุมการทำงานจะทำงานตรงข้ามกัน เพราะมีการสร้างสารสื่อประสาทที่ต่างกัน

1. ระบบประสาทซิมพาเทติก (**sympathetic system**) มาจากบริเวณไขสันหลังบริเวณอกและบั้นเอว เมื่อถูกกระตุ้นมักทำให้ อวัยวะภายในส่วนใหญ่ทำงานเร็วขึ้น ร่างกายตื่นตัว เตรียมพร้อมทั้งต่อสู้และถอยหนี

2. ระบบประสาทพาราซิมพาเทติก(**parasympathetic system**) มาจากบริเวณคอและบริเวณกระเบนเหน็บ เมื่อถูกกระตุ้นมักทำให้อวัยวะภายในส่วนใหญ่ ทำงานช้าลง โดยการทำงานทำให้ร่างกายสงบ เชื่องช้าลง เกิดอาการง่วงและซึมเศร้า



Parasympathetic System

- Relaxed state
- Acetylcholine is neurotransmitter
- Preganglionic fiber is longer than postganglionic fiber
- Preganglionic fiber arises from brain and lower portion of cord

Sympathetic System

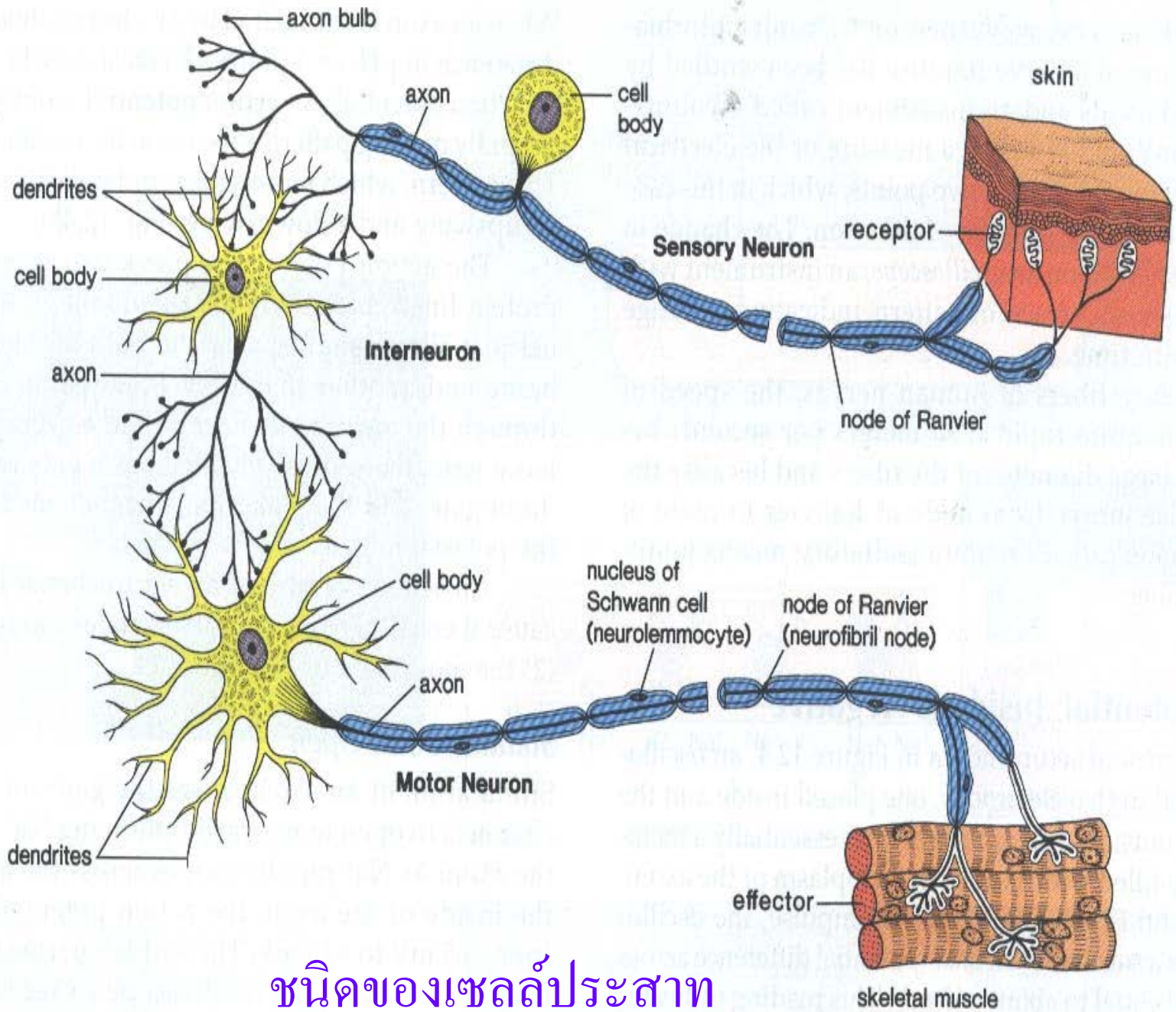
- Fight or flight
- Norepinephrine is neurotransmitter
- Postganglionic fiber is longer than preganglionic fiber
- Preganglionic fiber arises from middle portion of cord

โครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทอัตโนมัติ

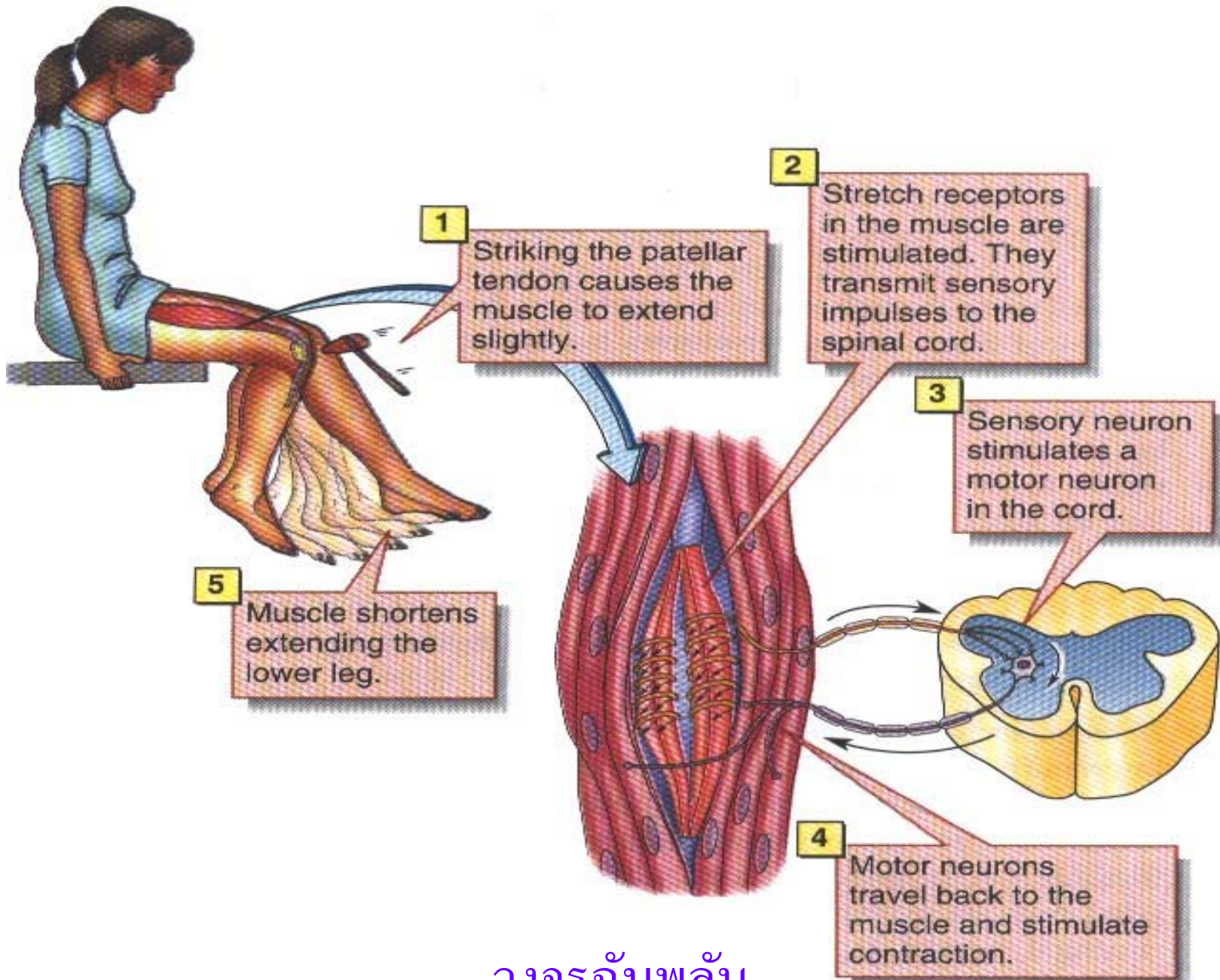
วงจรตอบสนองฉับพลัน(Reflex arc)

เป็นการทำงานของระบบประสาทที่เป็นวงจรประกอบด้วย 5 หน่วย

1. หน่วยรับความรู้สึก(**receptor**) ได้แก่ อวัยวะรับสัมผัสต่างๆ
2. เซลล์ประสาทรับความรู้สึก(**sensory neuron**) จะรับกระแสประสาทแล้วส่งกระแสประสาทเข้าสู่ไขสันหลัง
3. เซลล์ประสาทประสานงาน(**association neuron or interneuron**) เป็นเซลล์ประสาทประสานงานของสมองและไขสันหลัง บริเวณนี้ **axon** ของเซลล์ประสาทรับความรู้สึก(**sensory neuron**) จะมาไซแนปส์ (**synapse**) กับเดนไดรต์(**dendrite**) ของเซลล์ประสาทนำคำสั่ง(**motor neuron**)
4. เซลล์ประสาทนำคำสั่ง(**motor neuron**) ส่งคำสั่งจากไขสันหลังไปทางแอกซอน (**axon**) เข้าสู่หน่วยปฏิบัติการ(**effector**)
5. หน่วยปฏิบัติการ(**effector**) ได้แก่ กล้ามเนื้อลาย เรียบ และต่อมต่างๆ

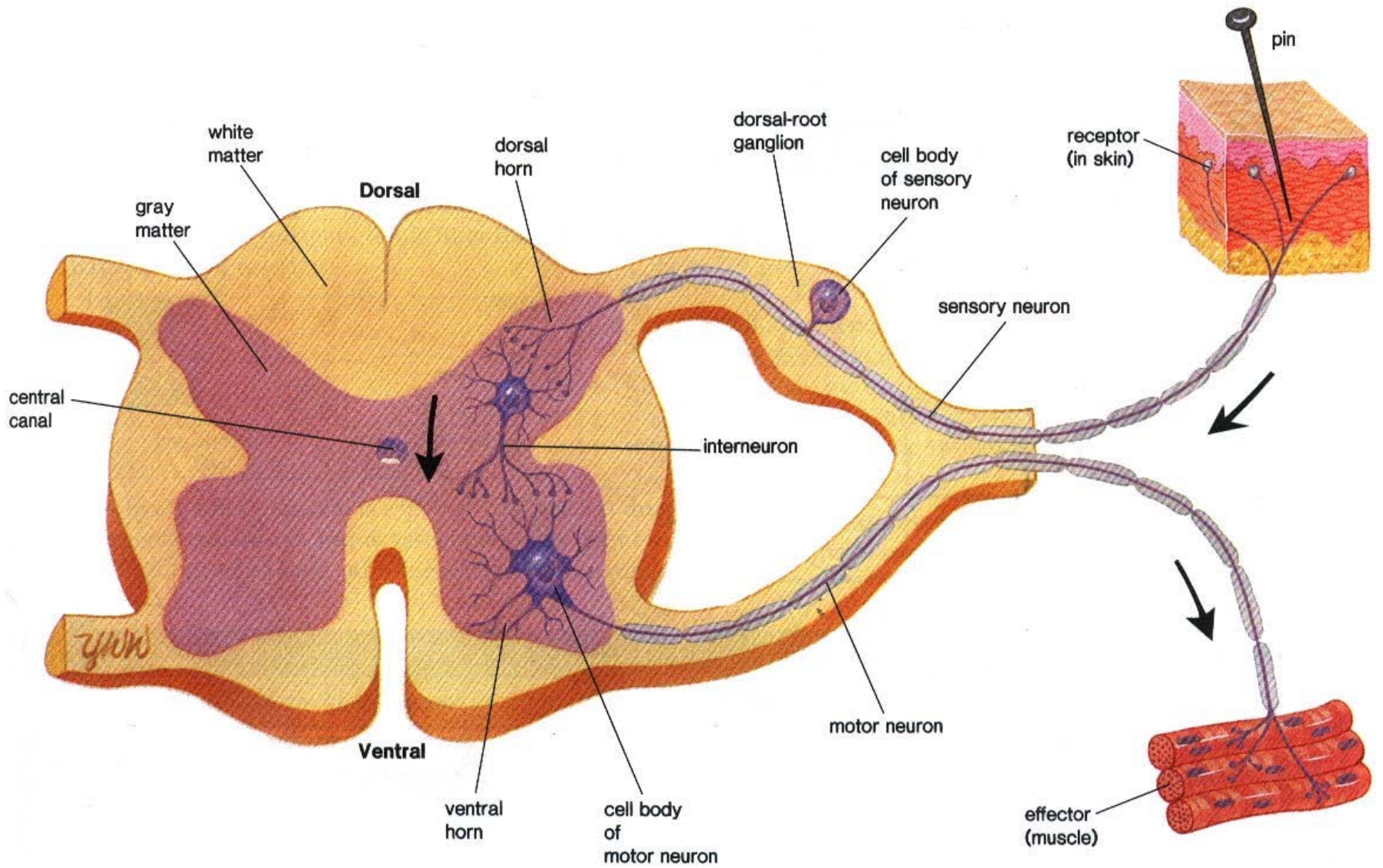


ชนิดของเซลล์ประสาท



วงจรจับปล้น

การทำงานของระบบประสาทในการตอบสนองอย่าง
ฉับพลัน(reflex action) เป็นปฏิกิริยาของหน่วยปฏิบัติการ
(effector) ที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่มากระตุ้น โดยไม่ผ่าน
สมอง แต่ผ่านไขสันหลังโดยตรง เกิดในเวลาสั้นๆ ทำให้
กล้ามเนื้อหรือต่อมปฏิบัติการได้ทันที เช่น ไอ จาม กระพริบตา
การหลั่งน้ำนมเมื่อเด็กดูดนมแม่ การกระตุกมือหนีเมื่อโดนเปลว
ไฟ การชักเท้ากลับเมื่อเหยียบตะปู



การทำงานของวงจรจับปล้น

การทำงานของกระแสประสาท (Nerve impulse)

การนำกระแสประสาทเป็นกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางไฟฟ้าและเคมี (electrochemical reaction) ในการเคลื่อนที่ของกระแสประสาทภายในเซลล์ แต่ละเซลล์แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน

1. เซลล์ประสาทอยู่ในสภาพพักตัว (resting membrane potential) ผนังชั้นในของเยื่อหุ้มเซลล์ (membrane) มีสภาพเป็นขั้วลบ (negative charge) อีออนที่มีประจุลบภายในเซลล์มีค่ามากกว่าอีออนที่มีประจุบวกภายในเซลล์ โซเดียมอีออนซึ่งมีประจุบวกถูกปั๊มออกนอกเซลล์ และโพแทสเซียมอีออนที่มีประจุบวก ถูกปั๊มเข้าไปในเซลล์ โดยผ่านทาง **sodium-potassium pump** โพแทสเซียมอีออนมีปริมาณน้อยกว่าประจุลบต่างๆ ของอีออนที่ปรากฏอยู่ในเซลล์ ขณะนี้เยื่อหุ้มเซลล์ (membrane) อยู่ในสภาพ **polarization** หรือสภาพ “มีขั้ว” เนื่องจากความต่างศักย์ ของประจุที่เกิดขึ้น สามารถวัดค่าความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น เป็น **millivolt** มีค่าความต่างศักย์ **-70 mv.**

(ATP 1 โมเลกุล ปั๊มโซเดียม 3 อีออนออกนอกเซลล์ ปั๊มโพแทสเซียม 2 อีออนเข้าสู่เซลล์)

กระแสประสาท (ต่อ)

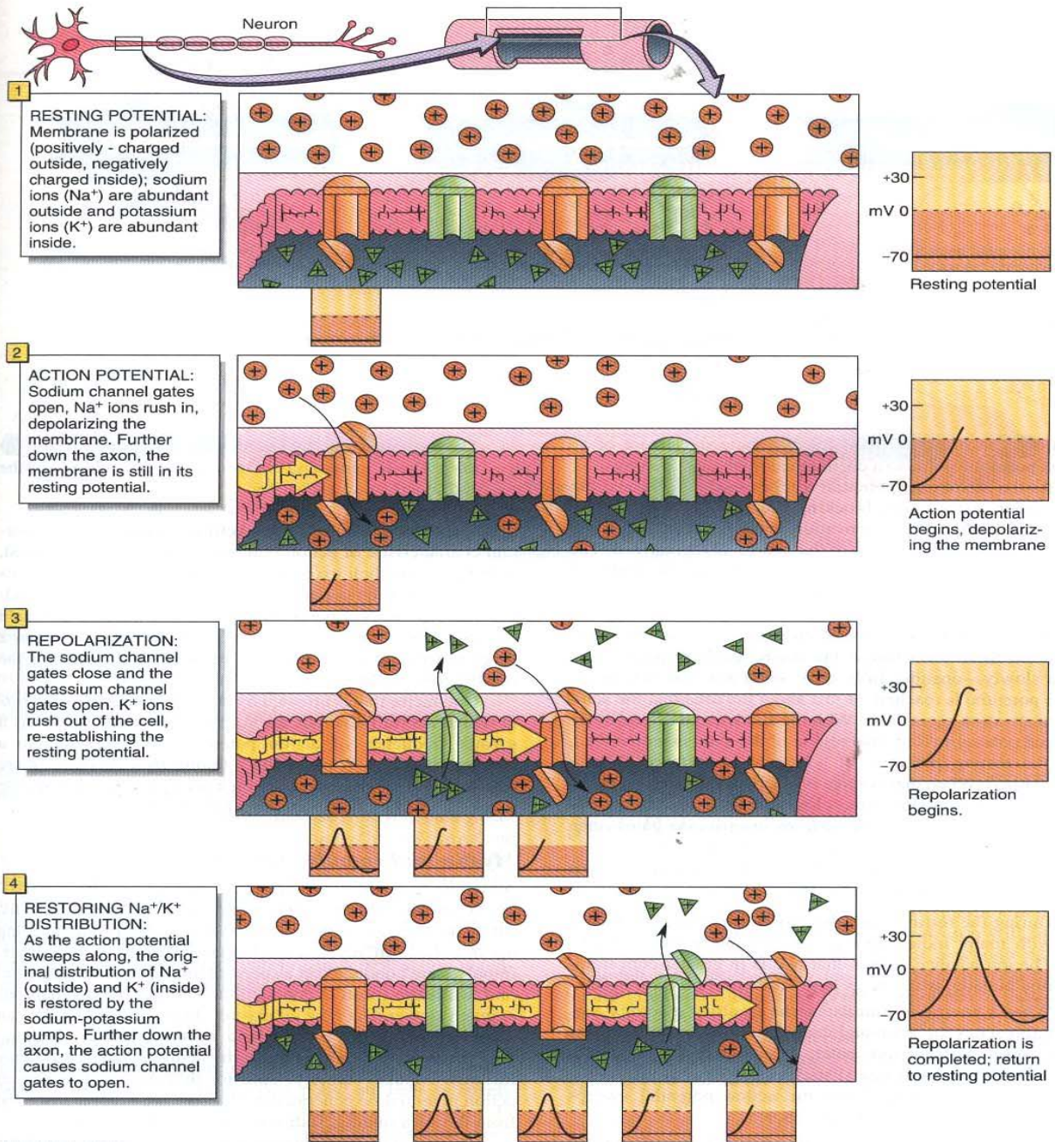
2. เซลล์ประสาทได้รับการกระตุ้น (action potential) เยื่อหุ้มเซลล์ (plasma membrane) มีช่องสำหรับการเข้า-ออกของโซเดียมและโพแทสเซียม (sodium gates and potassium gates) เมื่อกระแสประสาทถูกกระตุ้นที่มากพอ แรงกระตุ้นทำให้ประตูโซเดียมเปิด (sodium gates) และโซเดียมไอออนไหลเข้าไปข้างในจำนวนมากอย่างรวดเร็ว ทำให้ค่าความต่างศักย์ระหว่างเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) มีค่าความเป็นลบลดน้อยลง เป็นบวกมากขึ้นถึงได้ความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็น $+35 \text{ mv}$. เรียกกระบวนการนี้ว่า การเปลี่ยนขั้ว (depolarization) เกิดการเคลื่อนย้ายกระแสประสาทหรือค่าความต่างศักย์กระทำ (action potential) แรงกระตุ้นที่มากพอ (threshold) จะทำให้การทำงานของโซเดียมโพแทสเซียมปั๊มทำงานไม่ทัน

กระแสประสาท (ต่อ)

3. **สภาพลดลงของกระแสประสาท** เมื่อความต่างศักย์มีค่าสูงสุด เยื่อหุ้มเซลล์ (membrane) จะปล่อยโพแทสเซียมไอออนออกนอกเซลล์ ทางประตูโพแทสเซียม (potassium gates) ทำให้สภาพภายในมีประจุเป็นลบเหมือนเดิม เรียกกระบวนการนี้ว่า การคืนสู่สภาวะปกติ (repolarization)

กระบวนการที่นำเอาโซเดียมออกข้างนอก โพแทสเซียมเข้าข้างใน เรียกว่า **sodium-potassium pump** โดยวิธี **active transport** อาศัยพลังงานจาก **ATP**

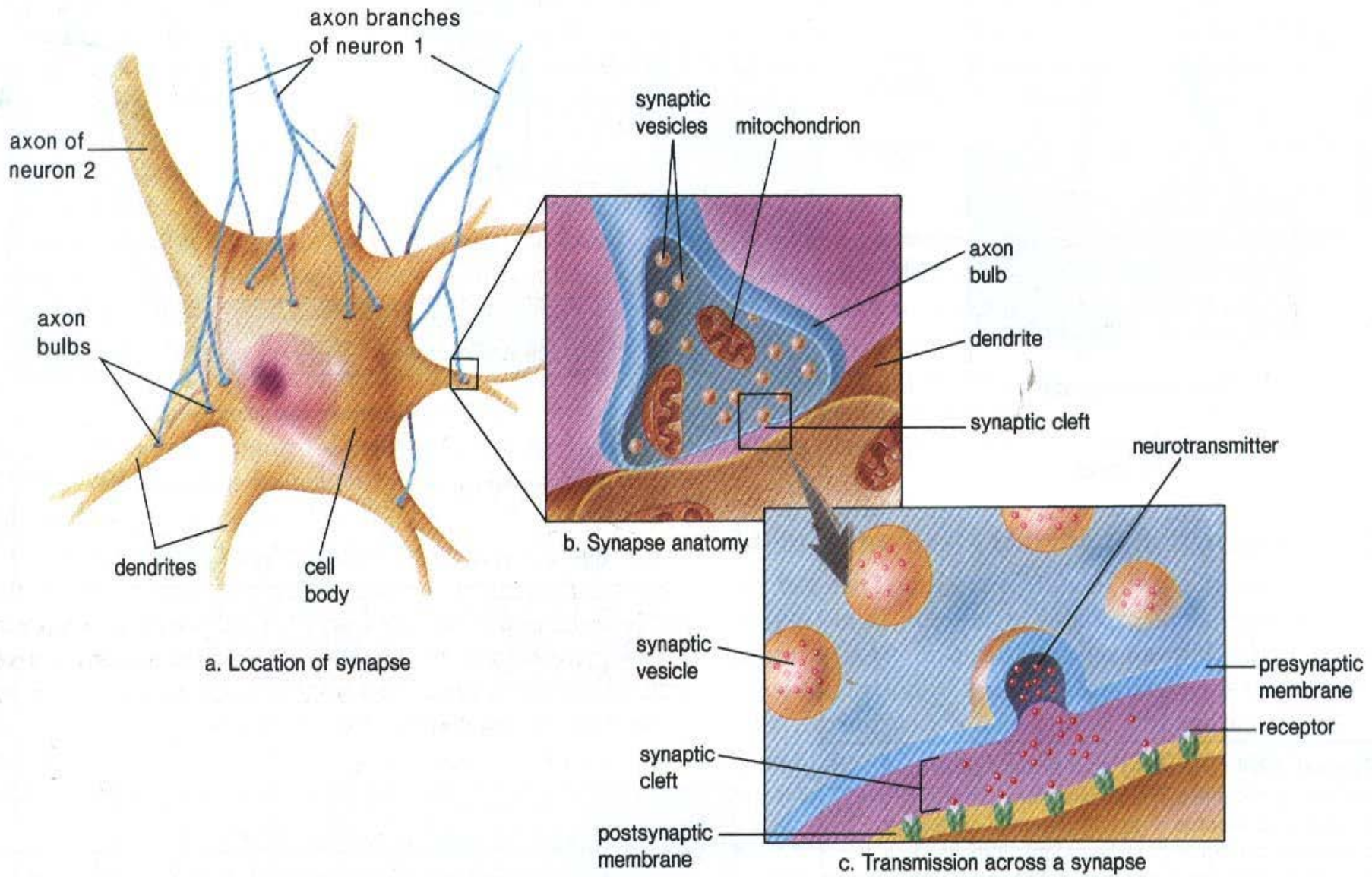
* เซลล์ประสาททำงานตามกฎที่เรียกว่า **all-or-none law** คือไม่มีความผันแปรของความต่างศักย์ที่เกิดขึ้น เกิดแล้วเกิดตลอดในอัตราสม่ำเสมอ ไม่สูญหายระหว่างทาง และเมื่อกระตุ้นให้แรงพอ (**threshold**) จึงเกิดการนำกระแสประสาท (**action potential**) โดยตลอด



การทำงานของกระแสประสาท

การส่งกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาท(synapsis)แบบ เคมี

การไซแนปส์(synapse) คือการถ่ายทอดกระแสประสาทจากเซลล์ประสาทหนึ่งไปยังเซลล์ประสาทอีกเซลล์หนึ่ง โดยที่บริเวณปลายสุดของแอกซอน(axon)เรียกว่าเซลล์ส่ง (presynaptic) พบกับเดนไดรต์ (dendrite or target cells) ของเซลล์ประสาทอีกตัวหนึ่งที่เรียกว่าเซลล์รับ(postsynaptic)จะเป็นบริเวณที่มีการควบคุม ให้มีการส่ง ยับยั้ง หรือเปลี่ยนแปลงลักษณะของกระแสประสาทต่อไป ช่องระหว่างเซลล์ส่งและเซลล์รับเรียกว่าไซแนปส์ติคเคลฟ (synaptic cleft) กว้างประมาณ 20 นาโนเมตร



การไซแนปส์แบบเคมี

การส่งกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาท (ต่อ)

- โครงสร้างบริเวณที่มีการ **synapse**

บริเวณปลายสุดของแอกซอน(**axon**) ของเซลล์จะขยายใหญ่ขึ้น เรียกว่า **synaptic knob** ภายในมีถุงเล็กๆ ห่อหุ้มด้วยเยื่อหุ้มเซลล์จำนวนมาก เรียกถุงนี้ว่า **synaptic vesicle** ภายในถุงมีสารเคมี เรียกว่า สารสื่อประสาท (**neurotransmitter**) สารนี้เมื่อหลั่งออกมาทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์รับมีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลง

การส่งกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาท (ต่อ)

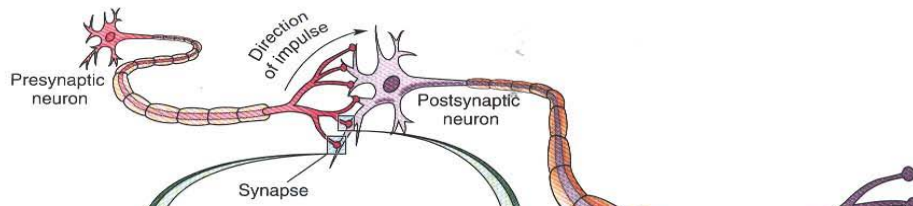
- การเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ **synapse**

เมื่อมีกระแสประสาทส่งมาที่ **synaptic knob** และประตูแคลเซียม (**calcium gates**) เปิดให้ แคลเซียมไอออน จากภายนอกเคลื่อนเข้ามา ภายใน **synaptic knob** ทำให้ **synaptic vesicle** เชื่อมกับ **presynaptic** แล้วแตกออก จึงปล่อย **neurotransmitters** ออกมาใน **synaptic cleft** สารเคมีเหล่านี้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ที่ **postsynaptic** ได้ 2 แบบ

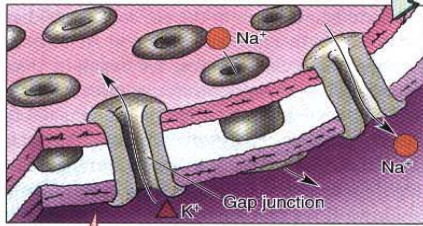
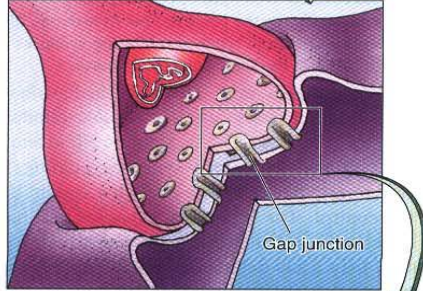
1. ศักย์ไฟฟ้าที่เร้าเซลล์รับ (Excitatory postsynaptic potential or EPSP) โดยประตูโซเดียม (**sodium gates**) เปิดและโซเดียมไอออนไหลเข้าในเซลล์ เป็นการนำประจุบวกเข้าไป ทำให้ความต่างศักย์ระหว่างผนังเซลล์ จากเดิม **-70 mv.** เพิ่มขึ้น **-59 mv.**

การส่งกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาท (ต่อ)

2. ศักย์ไฟฟ้าที่ยับยั้งเซลล์รับ (Inhibitory postsynaptic potential or IPSP) ประตูคลอไรด์ (chloride gates) เปิด คลอไรด์ไอออนไหลเข้า เกิดสภาพ **hyperpolarization** เนื่องจากภายในมีประจุลบมาก ทำให้ประตูโพแทสเซียม (potassium gates) เปิด โพแทสเซียมไอออนไหลออก ทำให้ไม่เกิดการเปลี่ยนขั้ว (**depolarization**) ความต่างศักย์ภายในมีค่า **-75 mv.**

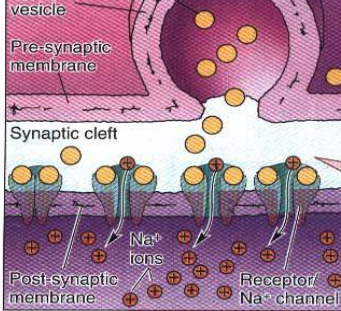
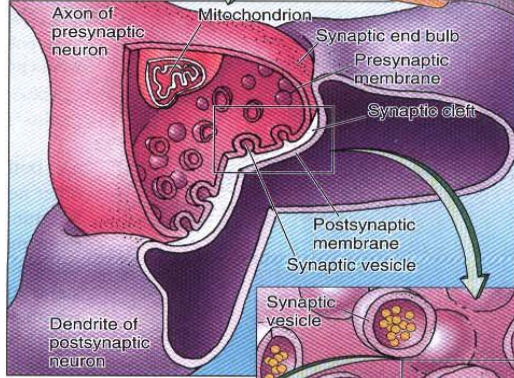


(a) Electrical Synapse



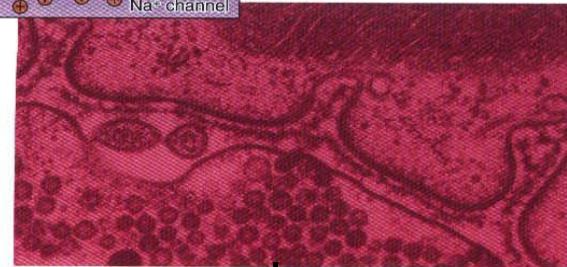
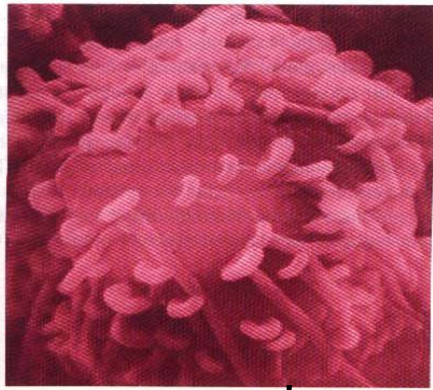
Gap junctions are pores between the two neurons that allow ions to cross from one neuron to the next. This allows the wave of depolarization to pass uninterrupted from neuron to neuron.

(b) Chemical Synapse



Neurotransmitters released by the presynaptic neuron cross the synaptic cleft, where they activate specialized receptors on the postsynaptic neuron for a one-way impulse transmission.

Neurotransmitters activate receptors that open Na⁺ channels. Na⁺ ions rush into the postsynaptic neuron, which starts an action potential and propagates the impulse.



การเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ที่เซลล์รับ

สารสื่อประสาท (neurotransmitter)

ปัจจุบันพบมากกว่า 60 ชนิด แต่ที่ศึกษากันแพร่หลายมีดังนี้

- **อะซีทิล โคลีน(acetyl choline)** สร้างจาก **nerve muscle junction** และ เซลล์ประสาทสมองบางส่วน จะถูกยับยั้งโดยเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส(cholinesterase)
- **นอร์แอดรีนาลินและแอดรีนอลิน(noradrenalin and adrenalin)** สร้างจาก **autonomic system** และ บางส่วนของสมองและไขสันหลัง จะถูกยับยั้งอย่างช้าๆโดยเอนไซม์โมโนเอมีนออกซิเดส (monoamine oxidase)

ระบบประสาทส่วนกลาง

1. ประกอบด้วยสมองและไขสันหลัง
2. มีเยื่อหุ้มสมอง 3 ชั้น เรียกว่ามีนิงจิส (**meninges**)
3. มีของเหลวที่เรียกว่าน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลัง (**cerebrospinal fluid**) อยู่ระหว่างช่องว่างในสมองและไขสันหลัง
4. เมื่อทำภาพตัดขวางสมองพบเนื้อเยื่อ 2 ชั้น ชั้นนอก**สีเทา**เป็นที่รวมของตัวเซลล์ประสาท จึงเห็นสีเทาของเยื่อหุ้ม (**protoplasm**) ชั้นใน**สีขาว** ประกอบด้วยเส้นประสาท ที่ถูกหุ้มด้วยเยื่อไมอีลิน จึงเห็นเป็นสีขาว
5. ไขสันหลังมีเนื้อสีขาวที่ด้านนอก เนื้อสีเทาด้านใน เมื่อมองจากภาพตัดขวางจะมีลักษณะคล้ายผีเสื้อ

สมอง (Brain)

- อยู่ภายในกะโหลกห่อหุ้มอย่างดี
- ประกอบด้วยเซลล์ประสาทและเซลล์ฟิเลีย่งที่เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน
- ในสัตว์ชั้นสูงมีเซลล์ประสาทรวมกัน เป็นศูนย์ความจำ ความคิด ความฉลาด
- แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ สมองส่วนหน้า กลาง หลัง
- สมองซีกซ้ายควบคุมการทำงานของอวัยวะทางขวา สมองซีกขวาควบคุมการทำงานของอวัยวะทางซ้าย
- รอยหยักที่เรียกว่า “คลื่นสมอง” จะแสดงถึงความฉลาดของคน และสัตว์



A USER'S
GUIDE
TO THE
BRAIN

HOW THE Brain Rewires ITSELF

By SHARON BEGLEY

Not only can the brain learn new tricks, but it can also change its structure and function—even in old age

IT WAS A FAIRLY MODEST EXPERIMENT, AS THESE things go, with volunteers trooping into the lab at Harvard Medical School to learn and practice a little five-finger piano exercise. Neuroscientist Alvaro Pascual-Leone instructed the members of one group to play as fluidly as they could, trying to keep to the metronome's 60 beats per minute. Every day for five days, the volunteers practiced for two hours. Then they took a test.

At the end of each day's practice session, they sat beneath a coil of wire that sent a brief magnetic pulse into the motor cortex of their brain, located in a strip running from the crown of the head toward each ear. The so-called transcranial-magnetic-stimulation (TMS) test allows scientists to infer the function of neurons just beneath the coil. In the piano players, the TMS mapped how much of the motor cortex controlled the finger movements needed for the piano exercise. What the scientists found was that after a week of practice, the stretch of motor cortex devoted to these finger movements took over surrounding areas like dandelions on a suburban lawn.

The finding was in line with a growing number of discoveries at the time showing that greater use of a particular muscle causes the brain to devote more cortical real estate to it. But Pascual-Leone did not stop there. He extended the experiment by having another group of volunteers merely think about practicing the piano exercise. They played the simple piece of music in their head, holding their hands still while imagining how they

NEUROPLASTICITY

THE BRAIN'S ABILITY TO REORGANIZE ITSELF BY FORMING NEW

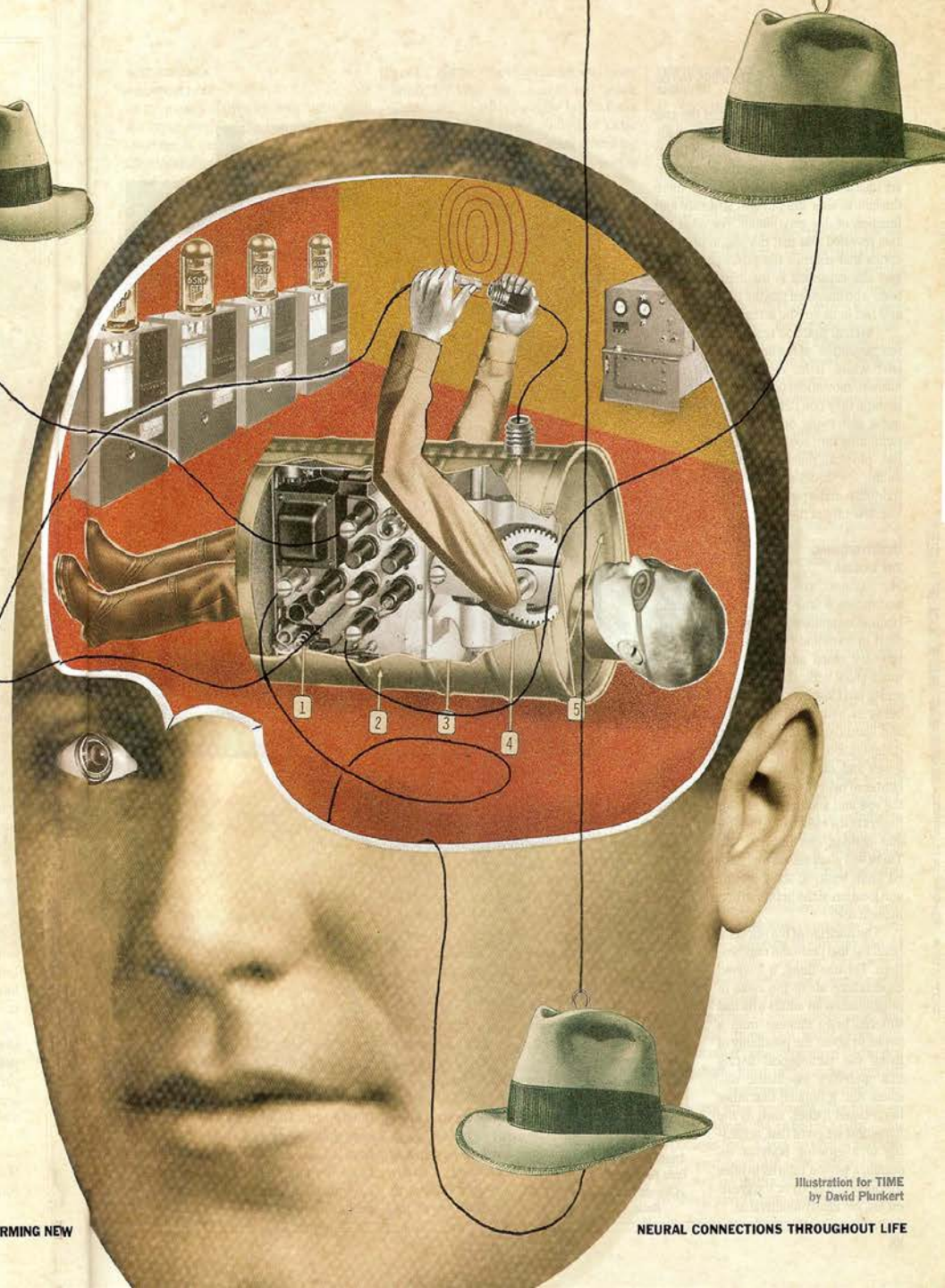


Illustration for TIME
by David Plunkert

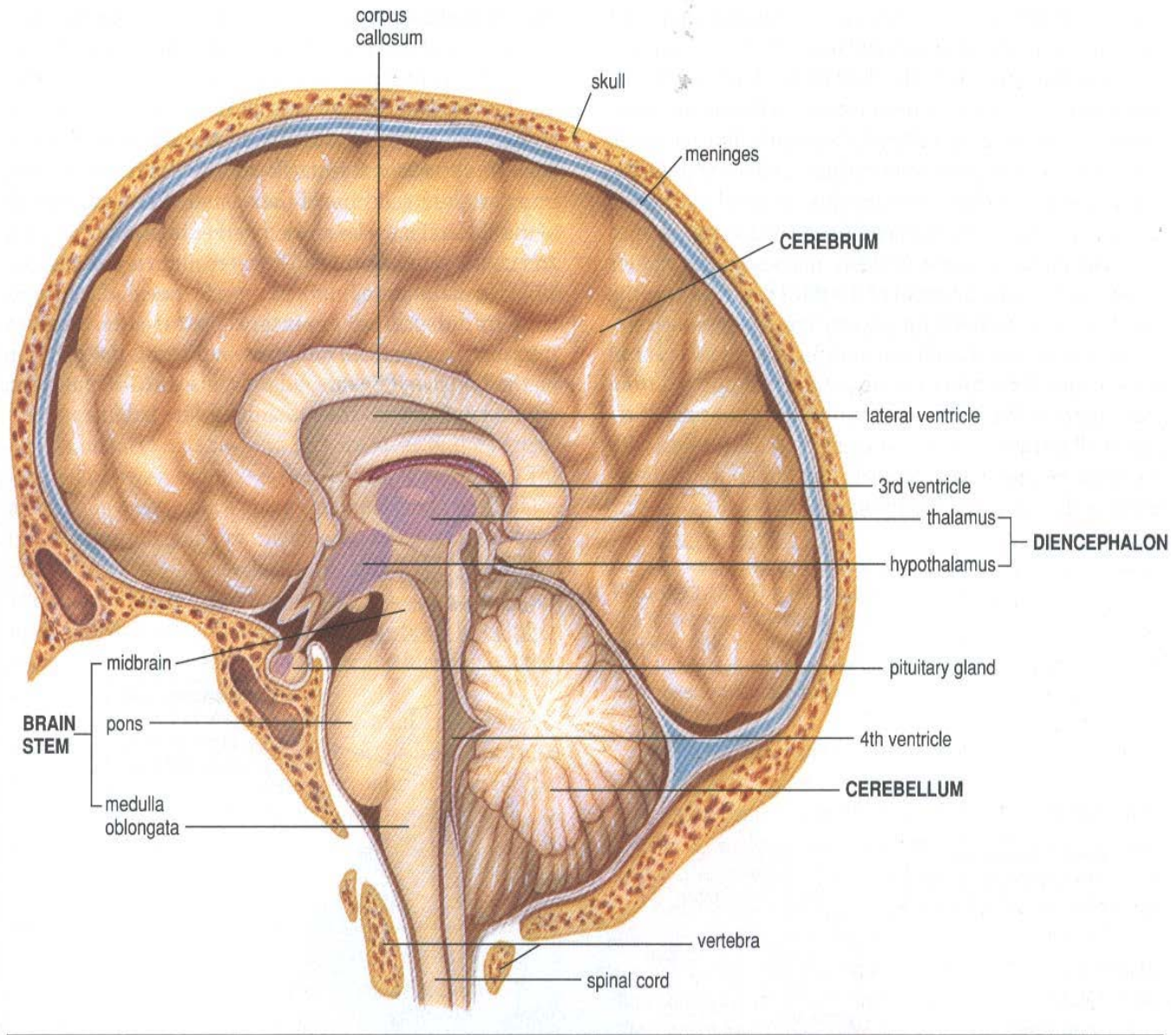
NEURAL CONNECTIONS THROUGHOUT LIFE

ไขสันหลัง (Spinal cord)

- อยู่ในโพรงของกระดูกสันหลัง
- มีเนื้อเยื่อ 2 ชั้น (ชั้นนอกสีขาว ชั้นในสีเทา) ภายนอกเนื้อสีขาวมีแอกซอน หรือเดนไดรต์ (**axon or dendrite**) อยู่เป็นมัดๆ เป็นทางส่งความรู้สึก และปฏิกิริยาฉับพลัน (**reflex action**) ต่างๆ
- ชั้นด้านในมีสีเทาลักษณะรูปคล้ายผีเสื้อ (**butterfly shape**) ประกอบไปด้วยตัวเซลล์ (**cell body**) และเดนไดรต์ (**dendrite**) จำนวนมาก

เส้นประสาท

- เส้นประสาทสมอง (**cranial nerve**) แยกจากสมองออกมาเป็นคู่ๆ มีทั้งเซลล์ประสาทรับความรู้สึก (**sensory nerve**) เซลล์ประสาทนำคำสั่ง (**motor nerve**) หรือทั้งสองแบบ (**sensory nerve, motor nerve, mixed nerve**) ในคนมีทั้งหมด 12 คู่
- เส้นประสาทไขสันหลัง (**spinal nerve**) แยกออกจากไขสันหลังเป็นคู่ๆ ในคนมี 31 คู่ ทุกคู่เป็นเส้นประสาทผสม (**mixed nerve**)



ส่วนประกอบของสมองมนุษย์

โครงสร้างสมองและหน้าที่

- ในมนุษย์สมองแบ่งเป็น 3 ส่วน

สมองส่วนหน้า (forebrain or prosencephalon) จะเจริญดีที่สุด
แบ่งเป็น

1. **ไดเอนเซفالอน(Diencephalon)** เป็นส่วนที่มีโครงสร้างซับซ้อนที่สุด

- **ทาลามัส(Thalamus)** เป็นศูนย์กลางหลักในการรับ-ส่ง ความรู้สึก ข้อมูลระหว่างสมองและไขสันหลัง

- **ไฮโปทาลามัส(Hypothalamus)** เป็นศูนย์ควบคุมสูงสุดของระบบประสาทอัตโนมัติ **ควบคุมการหลั่งฮอร์โมนของต่อมใต้สมอง** ควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต อุณหภูมิร่างกาย ความหิว และพฤติกรรมทางเพศ

โครงสร้างสมองและหน้าที่ (ต่อ)

2. **ทีเลนเซฟาลอน (Telencephalon or cerebrum)** อยู่หน้าสุด

ควบคุมความคิด ความทรงจำ ความฉลาด การพูด

- ซีรีบรัล คอรัเทกซ์ (**Cerebral cortex or gray matter**)

แบ่งเป็น 4 พู

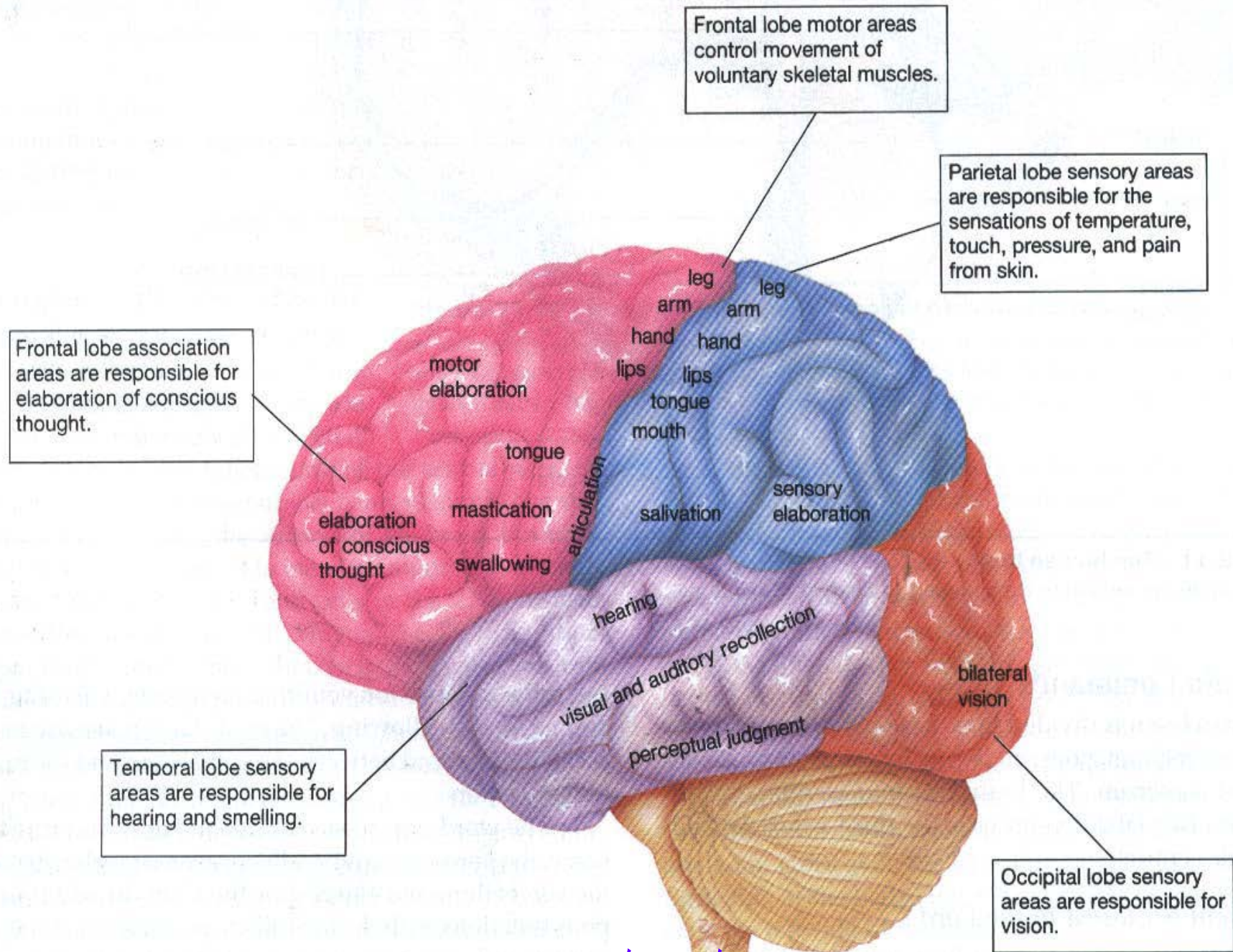
ก. ฟรอนทัล(**Frontal lobe**) ควบคุมการเคลื่อนไหวที่ การใช้ภาษา การพูด

ข. ออกซิพิทัล (**Occipital lobe**) รับและอ่านข้อมูล การมองเห็น

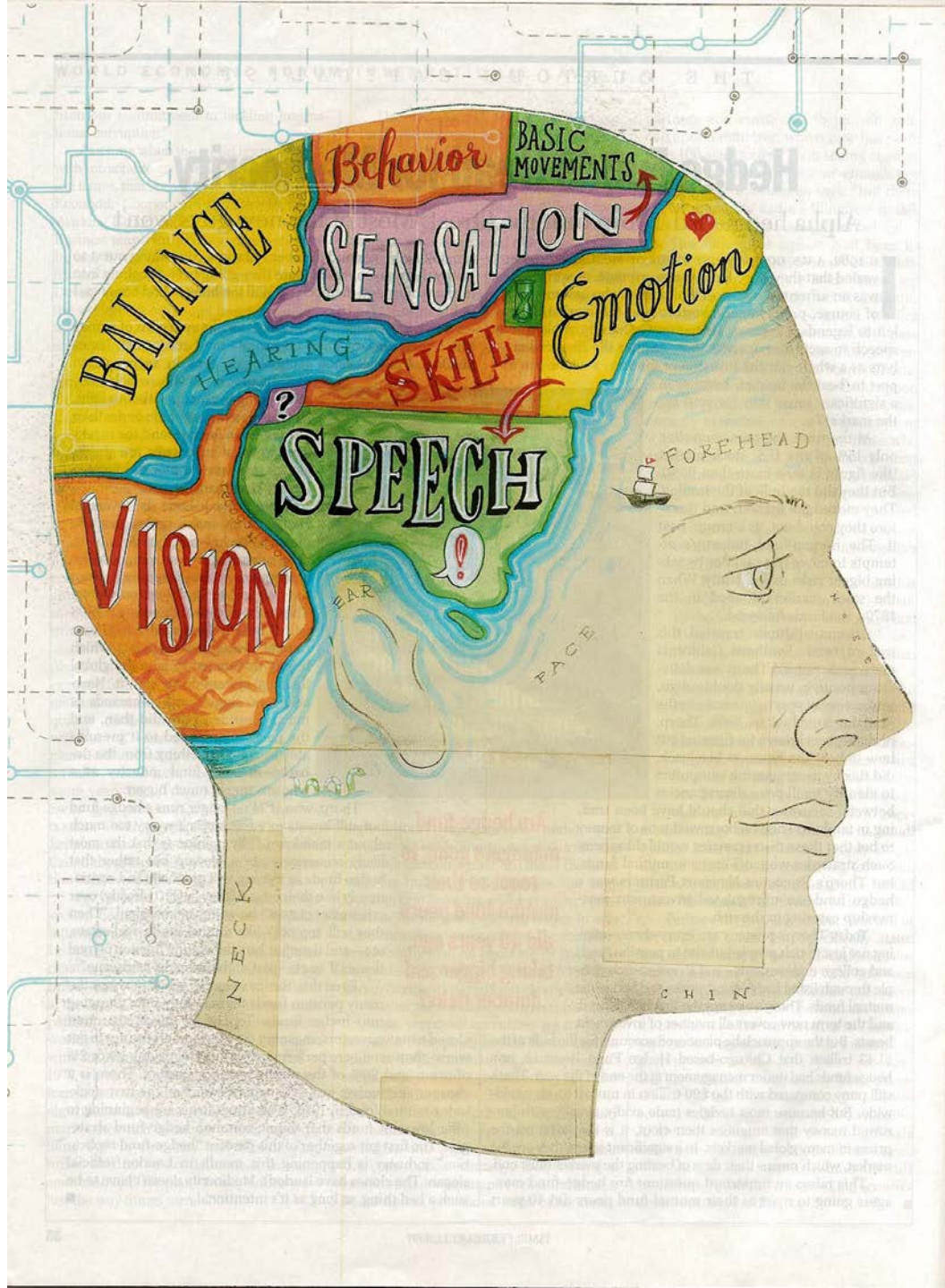
ค. พารัลทัล (**Parietal lobe**) รับความรู้สึกร สัมผัส การรับรส

ง. เทมเพอรัล (**Temporal lobe**) ได้ยิน ดมกลิ่น เคลื่อนไหวหู

ตา



ศิริบรต์ คอร์เทกซ์



ส่วนที่เหลือประกอบด้วย

- อินเนอร์ซีรีบรัม (Inner cerebrum or white matter) ติดต่อแต่ละส่วนของคอร์เทกซ์ (cortex)
- ฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) ควบคุมอารมณ์ ความจำ
- คาร์ปัสคาร์โรซัล (Corpus callosum) ประสาน ระหว่างสมอง 2 ซีก คือด้านซ้ายและด้านขวา
- เบซิลแกงเกลีย (Basal ganglia) ควบคุมการเคลื่อนไหว

โครงสร้างสมองและหน้าที่ (ต่อ)

สมองส่วนกลาง (Midbrain or Mesencephalon)

ปฏิบัติการับพลังรับรู้สีกดวงตาและสมองส่วนหน้า

สมองส่วนท้าย (Hindbrain or Rhombencephalon)

ประกอบด้วย

- เมดดูลาออบลองกาตา (**Medulla oblongata**) เชื่อมสมองและไขสันหลัง ควบคุมการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ เช่น การหายใจ การเต้นของหัวใจ การกลืน การอาเจียน ไอ จาม

- พอนส์ (**Pons**) ทำหน้าที่เชื่อมซีรีเบลลัม (**cerebellum**) กับส่วนซีรีบรัล คอร์เทกซ์ (**cerebral cortex**)

- ซีรีเบลลัม (**Cerebellum**) ควบคุมการทรงตัว การทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อลายในการเคลื่อนไหว

อวัยวะรับสัมผัส (**Sense organ**) หมายถึง อวัยวะสำหรับรับความรู้สึกต่างๆ ที่ ถูกกระตุ้นจากสิ่งเร้า ประกอบด้วย เซลล์ประสาทรับความรู้สึกหนึ่งอันหรือมากกว่า เช่น ผิวหนัง ตา จมูก และลิ้น

หน่วยรับความรู้สึก (**receptor**) เป็นตัวสร้างกระแสประสาท

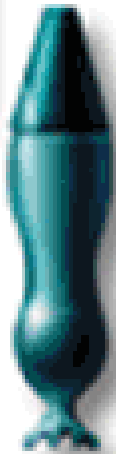
(**nerve impulse**) แบ่งเป็น 6 ชนิด

1. เคมี (**chemoreceptor**) ตอบสนองต่อสารที่มีองค์ประกอบทางเคมี
2. กลไก (**mechanoreceptor**) ตอบสนองต่อความกดดัน ความสูง การ เคลื่อนไหว
3. การเคลื่อนไหว (**proprioceptor**) ตอบสนองต่อตำแหน่งและการ เคลื่อนไหวส่วนต่างๆของร่างกาย
4. อุณหภูมิ (**thermoreceptor**) ตอบสนองต่อความร้อนและความเย็น
5. ความเจ็บปวด (**pain receptor**) ตอบสนองต่อความเจ็บปวด
6. แสง (**photoreceptor**) ตอบสนองต่อพลังงานแสง

VISION



Rod

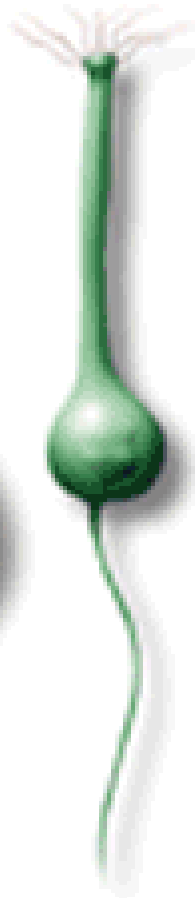


Cone

HEARING



SMELL



TASTE



TOUCH



Free Nerve
Ending



Meissner
Corpuscle

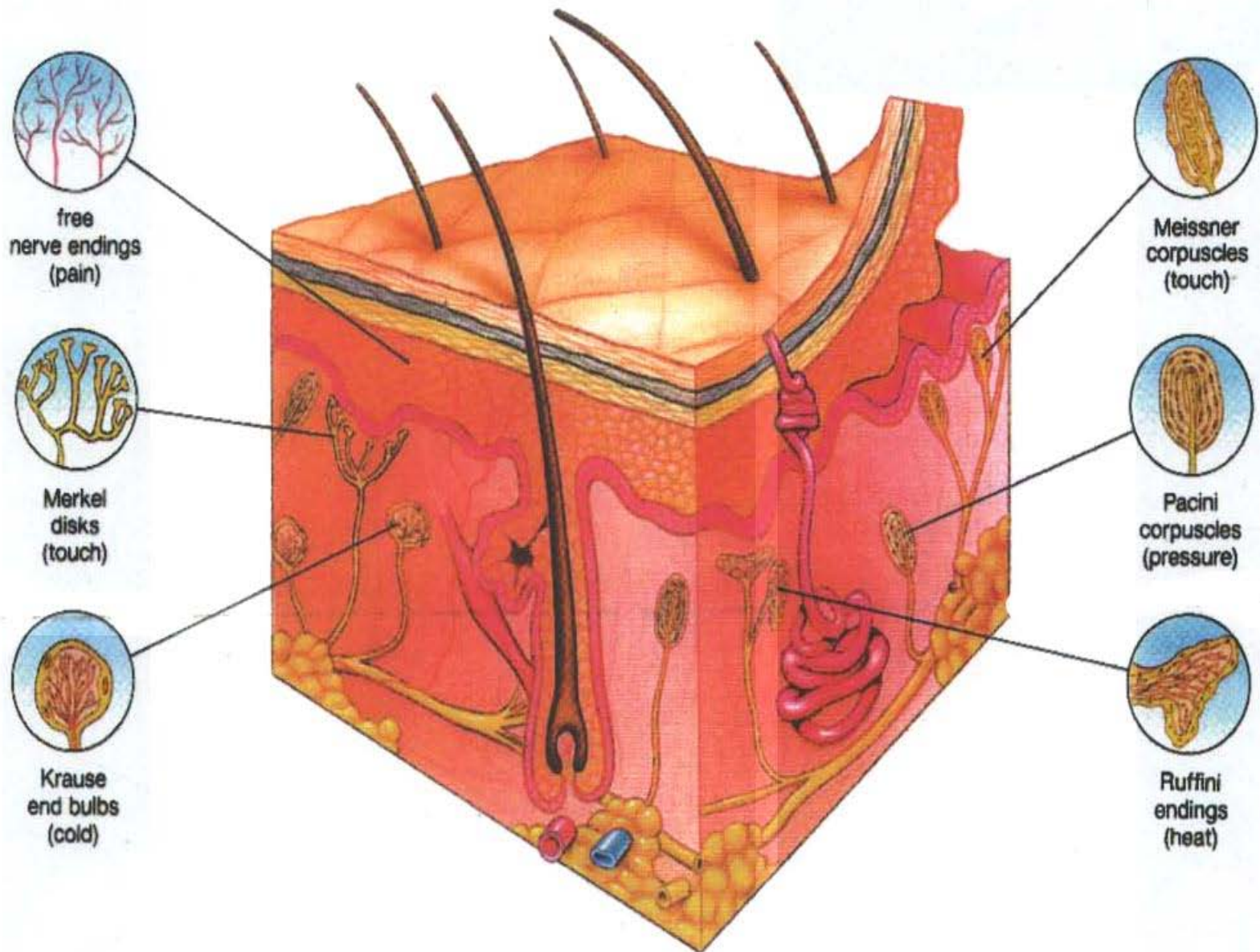
อวัยวะรับความรู้สึก(sense organ) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม

1. รับความรู้สึกแบบง่าย(somatic senses) รับความรู้สึกทั่วไป
เช่น ผิวหนัง
2. รับความรู้สึกเฉพาะ(special senses) รับความรู้สึกสำหรับ
กลิ่น รส รับภาพ การได้ยิน

ผิวหนัง (Skin)

มีเซลล์รับความรู้สึก สำหรับการสัมผัส ความกดดัน ความเจ็บปวด และอุณหภูมิ

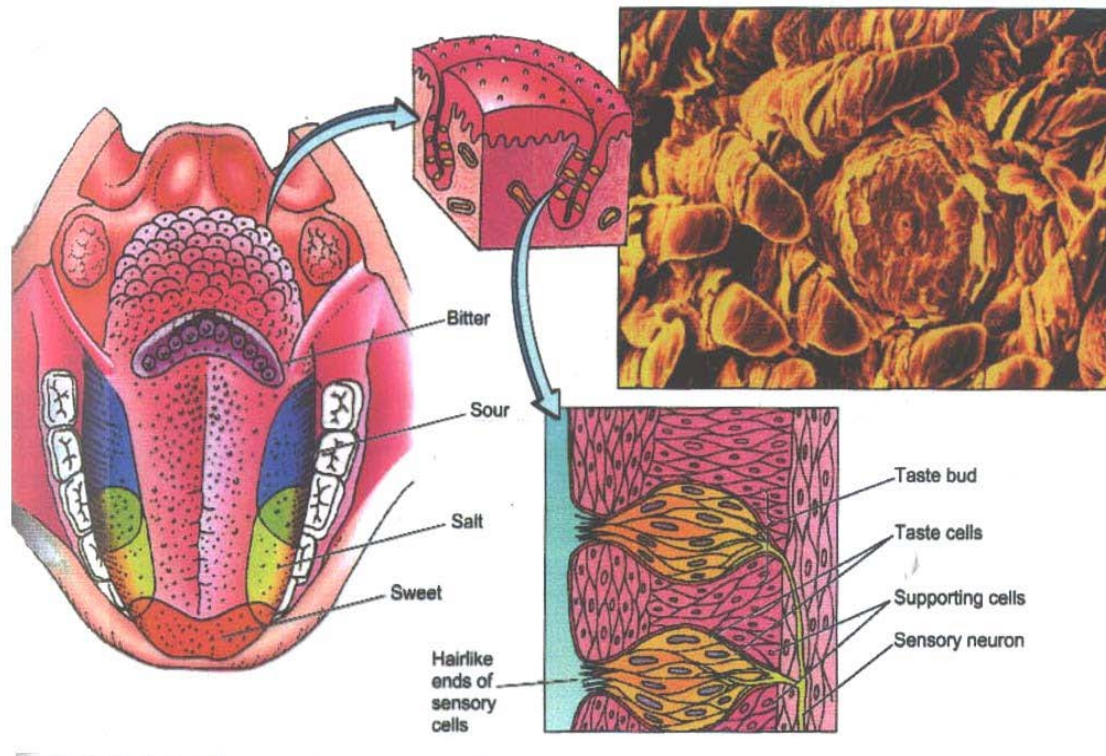
- แพกซีเนียน คอร์พัสเซลล์ (pacinian corpuscles) รับความรู้สึกเมื่อได้รับแรงกด (pressure receptors)
- ไมสส์เนอร์ คอร์พัสเซลล์ (meissner corpuscles and merkel disks) รับความรู้สึกสัมผัส (touch receptors)
- รัฟฟินี เอนออร์แกน (ruffini end organ) รับความรู้สึกเมื่อสัมผัสความร้อน (heat receptors)
- เคราส์ เอนบัลฟ์ (krause end bulbs) รับความรู้สึกเมื่อสัมผัสความเย็น (cold receptors)
- ปลายประสาทอิสระ (free nerve endings) รับความรู้สึกเจ็บปวด (pain receptors)



เซลล์รับความรู้สึกที่ผิวหนัง

กลุ่มเซลล์รับความรู้สึกลทางเคมี(chemoreceptor)

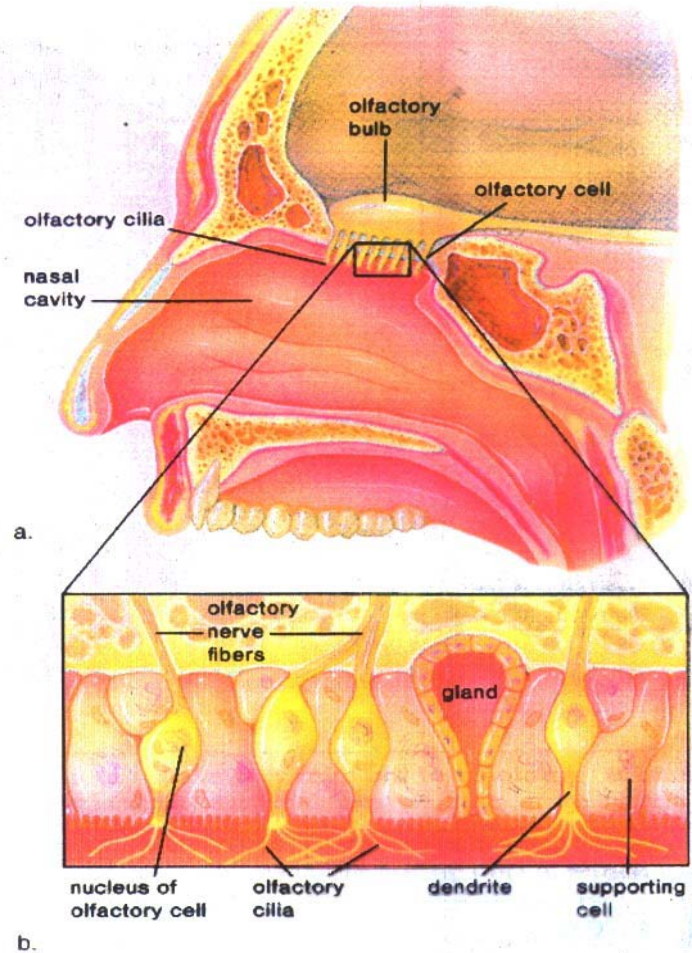
- การรับรส (sense of taste) มี receptor กระจายบนแผ่นลิ้น (taste buds) รับรสต่างๆ เช่น เปรี้ยว หวาน ขม เค็ม



กลุ่มเซลล์รับความรู้สึกลทางเคมีของลิ้น

กลุ่มเซลล์รับความรู้สึกทางเคมี(chemoreceptor)

- การรับกลิ่น (sense of smell) มีหน่วยรับความรู้สึก (receptor) อยู่ภายในเยื่อโพรงจมูกตอนบนเรียกว่า ออลแฟกทอรี เซลล์ (olfactory cells)



กลุ่มเซลล์รับความรู้สึกทางเคมีของจมูก

หู (Ear) แบ่งเป็น 3 ส่วน

1. หูตอนนอก (**outer ear**) ประกอบด้วย

- ใบหู (**pinna**) เป็นแผ่นกระดูกอ่อนที่ถูกคลุมด้วยผิวหนังทำหน้าที่ดักคลื่นเสียง
- ช่องหู (**auditory canal**) เป็นท่อขดรูปตัวเอส

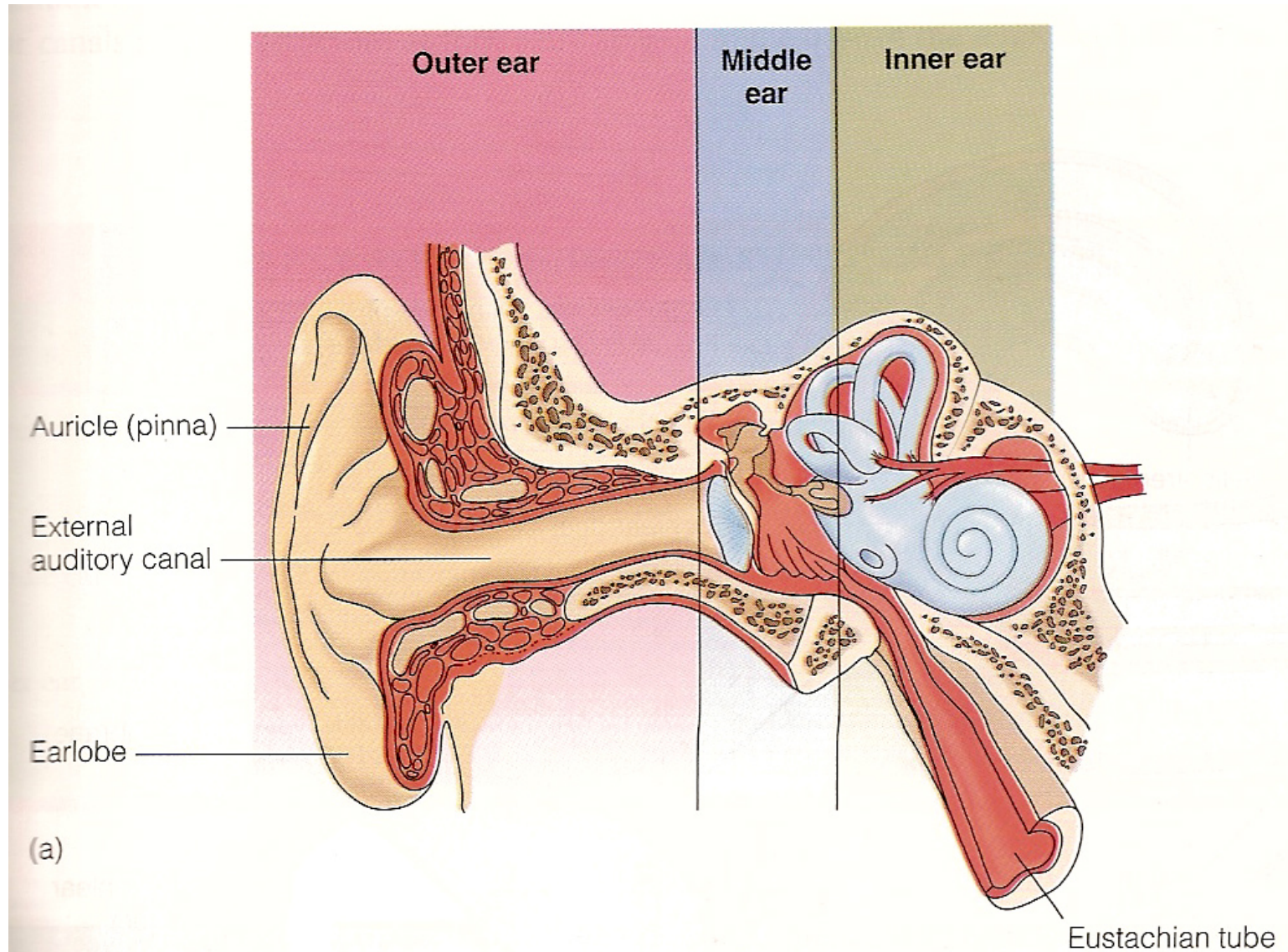
2. หูตอนกลาง (**middle ear**) เป็นช่องกลวงอยู่บริเวณฐานของกระดูกศีรษะ

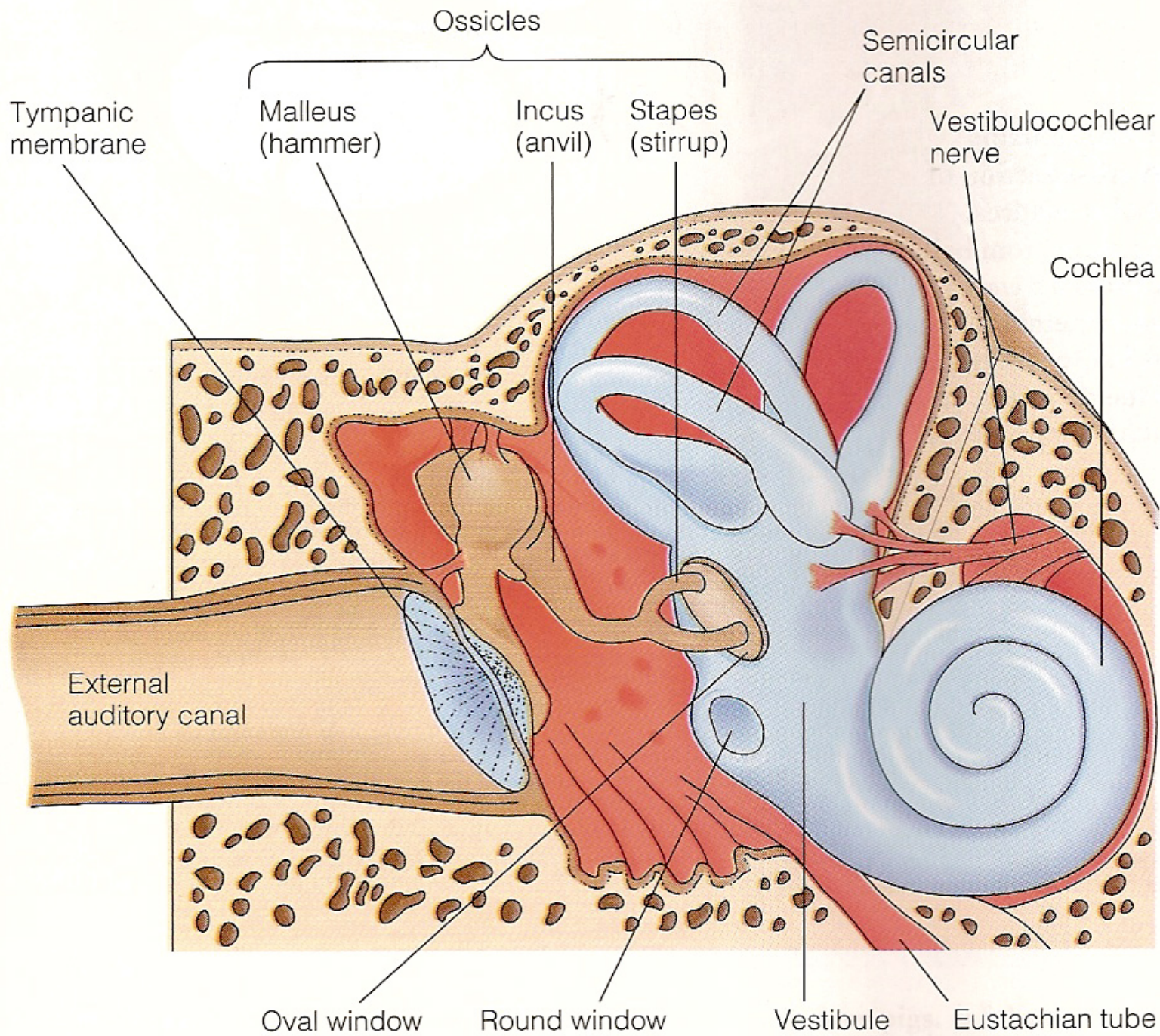
- เยื่อแก้วหู (**tympanic membrane or ear drum**) ทำให้เกิดการสั่นสะเทือน
- ท่อยูสเตเชียน (**Eustachian tube**) ปรับความดันระหว่างหูตอนนอก กับหูตอนกลาง
- กระดูก 3 ชิ้น (**ossicles**) - ค้อน (**malleus**) ทัง (**incus**) โกลน (**stapes**)

3. หูตอนใน (**inner ear**) มีลักษณะเป็นท่อกลวงเชื่อมติดต่อกัน เรียกว่า ลาบรินธ์

- กระดูกก้นหอย มีลักษณะเป็นท่อกลมม้วนเกี่ยวข้องกับการได้ยิน
- เซมิเซอร์คิวลาร์คาแนล เกี่ยวข้องการทรงตัว และสมดุลของร่างกาย
- เวสทิบูล มีถุง **utricle** และ **saccule** ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับรู้การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของศีรษะในทิศทางต่าง ๆ

ส่วนประกอบของหู





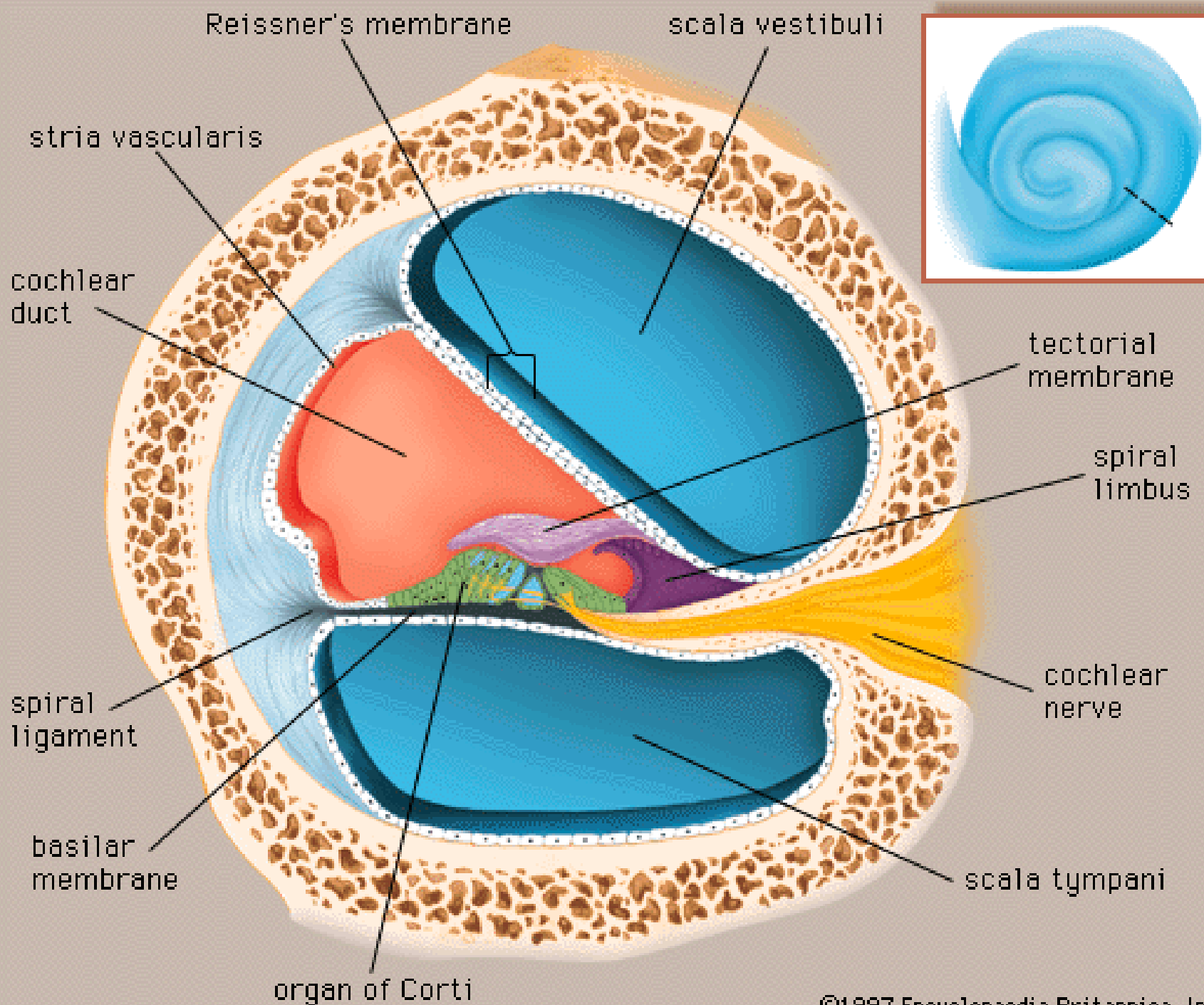
(b)

Oval window

Round window

Vestibule

Eustachian tube



โรคหูหนวก (Deafness) มี 2 แบบ

1. หูหนวกแต่กำเนิด (**congenital defect or conduction deafness**) การติดเชื้อมัทำให้กระดูก 3 ชิ้น (**ossicle**) ละลาย
2. เกิดจากโรค (**Nerve deafness**) เกิดจากการเสื่อมของเซลล์ขน (**cilia**) บริเวณหน่วยรับความรู้สึก (**sense receptors**) ภายในคอเคลีย (**cochlea**) เกิดกับผู้สูงอายุ และเกิดจากมลพิษทางเสียง

อันตรายต่อการได้ยิน (ต่อ)

เซลล์ขนภายในหูชั้นในที่เสียหาย



ตา (Eyes)

- มีสองข้างทำให้เห็นภาพเป็น 3 มิติ บรรจุในโพรงกระดูกตา (**orbit**) มีกล้ามเนื้อตา 6 มัด ทำให้ลูกตากรอกไปมา มีต่อมน้ำตา (**tear gland**) มีหนังตาบน มีต่อมมาเปิดที่ตา น้ำตามีหน้าที่ทำความสะอาดและป้องกันไม่ให้ผิวหนังด้านหน้าของตาแห้งจากการสัมผัสกับอากาศ แบ่งเป็น 3 ชั้น

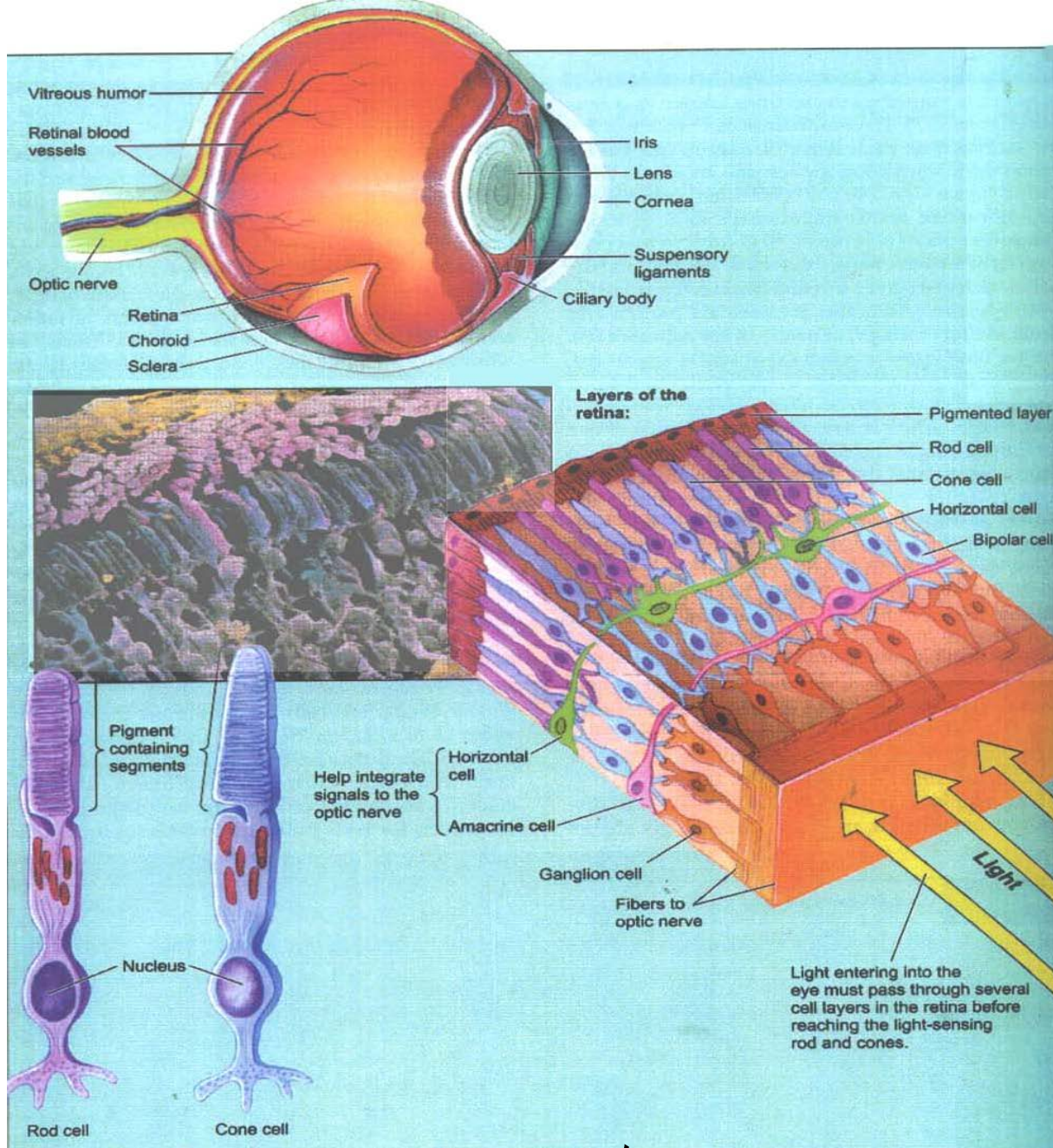
ตา(Eyes)

- 1. ชั้นนอกสุด(sclera)** เป็นเนื้อเยื่อหนาที่มีสีขาวขุ่น
 - ตาขาว มีโครงสร้างเป็นเส้นใยคอลลาเจน ให้ความเหนียวและคงทนต่อลูกตา ทำให้ลูกตาคงรูป
 - กระจกตา(**cornea**)เป็นชั้นโปร่งใสอยู่ด้านหน้าของลูกตา และคลุมตาดำ ทำหน้าที่ให้แสงผ่านทะลุเข้าไปในลูกตา
- 2. ชั้นกลาง (choroid)** มีรงควัตถุที่บดแสงเป็นจำนวนมากทำให้ช่องภายในลูกตามีมืด และยังช่วยดูดซับแสงส่วนเกินที่ผ่านเข้ามาในลูกตา เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการรบกวนการเกิดภาพในชั้นเรตินา
 - ม่านตา(**iris**)อยู่ด้านหน้าสุด มีกล้ามเนื้อเรียบเรียงตัวช่วยควบคุมรูม่านตา และปรับแสงให้ผ่านเข้าสู่ตาอย่างเหมาะสม
 - รูม่านตา(**pupil**)เป็นช่องให้แสงผ่าน

ตา(Eyes)

3. **ชั้นในสุด (retina)** มีเส้นเลือดมาหล่อเลี้ยง บริเวณศูนย์กลางของเรตินามีแอ่ง เรียกว่า โฟเวีย(**fovea**) เป็นบริเวณที่มีเซลล์โคนหนาแน่นที่สุด จึงเป็นตำแหน่งที่เห็นภาพได้ชัดที่สุด ถ้ามองด้วยตาเปล่าจะมองเป็นเป็นจุดสีเหลือง เรียกว่า **yellow spot** ห่างจาก **yellow spot 3 มม.** จะไม่มีเซลล์รับแสง เรียกว่า จุดบอด (**blind spot**) ไม่สามารถเห็นภาพ

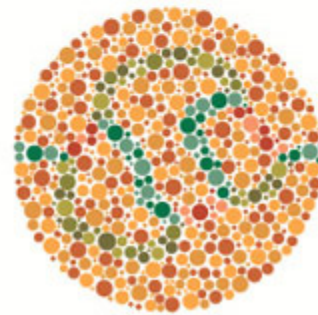
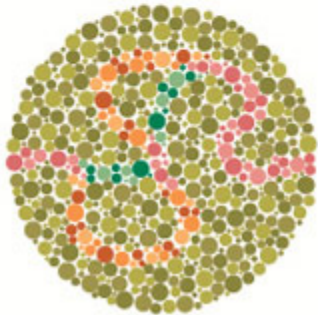
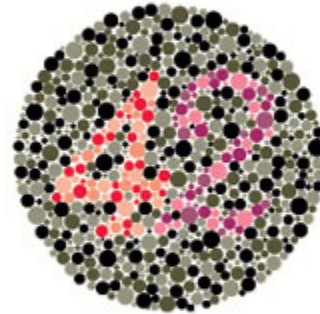
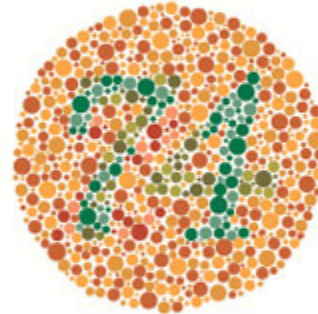
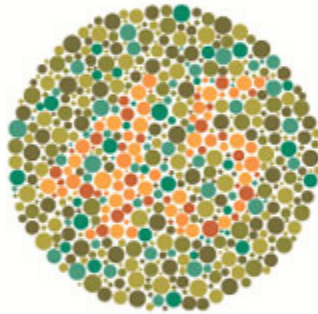
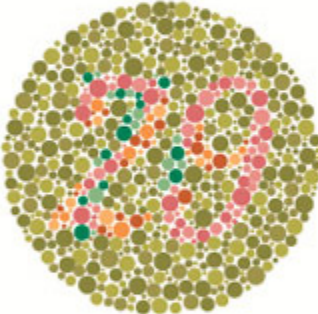
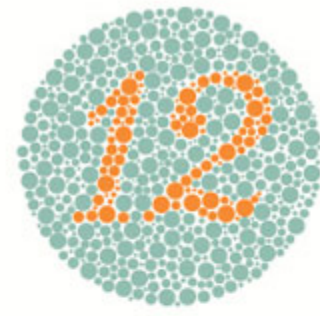
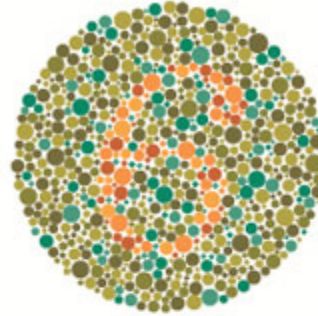
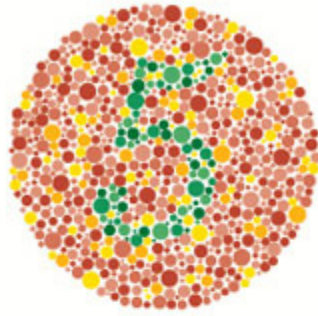
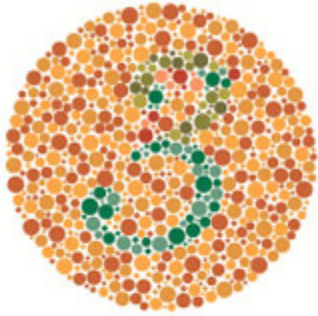
- เซลล์รอด(**rod cells**) มีจำนวนมาก รับภาพขาวดำ ไวต่อการกระตุ้นของแสง ทำหน้าที่รับภาพบริเวณที่มีแสงสลัว หรือในเวลากลางคืน มีรงควัตถุโรดอปซิน (**rhodopsin**)
- เซลล์โคน (**cone cells**) รับภาพที่มีแสงจ้าในเวลากลางวัน และรับภาพสี จะพบอยู่หนาแน่นมากที่โฟเวีย มีรงควัตถุไอโอดอปซิน(**iodopsin**) มีคุณสมบัติเหมือนโรดอปซิน ประกอบด้วยเรตินา และโปรตีนโฟดอปซิน(**photopsin**) ในคนมีความไวต่อภาพสีสูงเพราะมีเซลล์โคนเป็นจำนวนมาก



ตาของมนุษย์

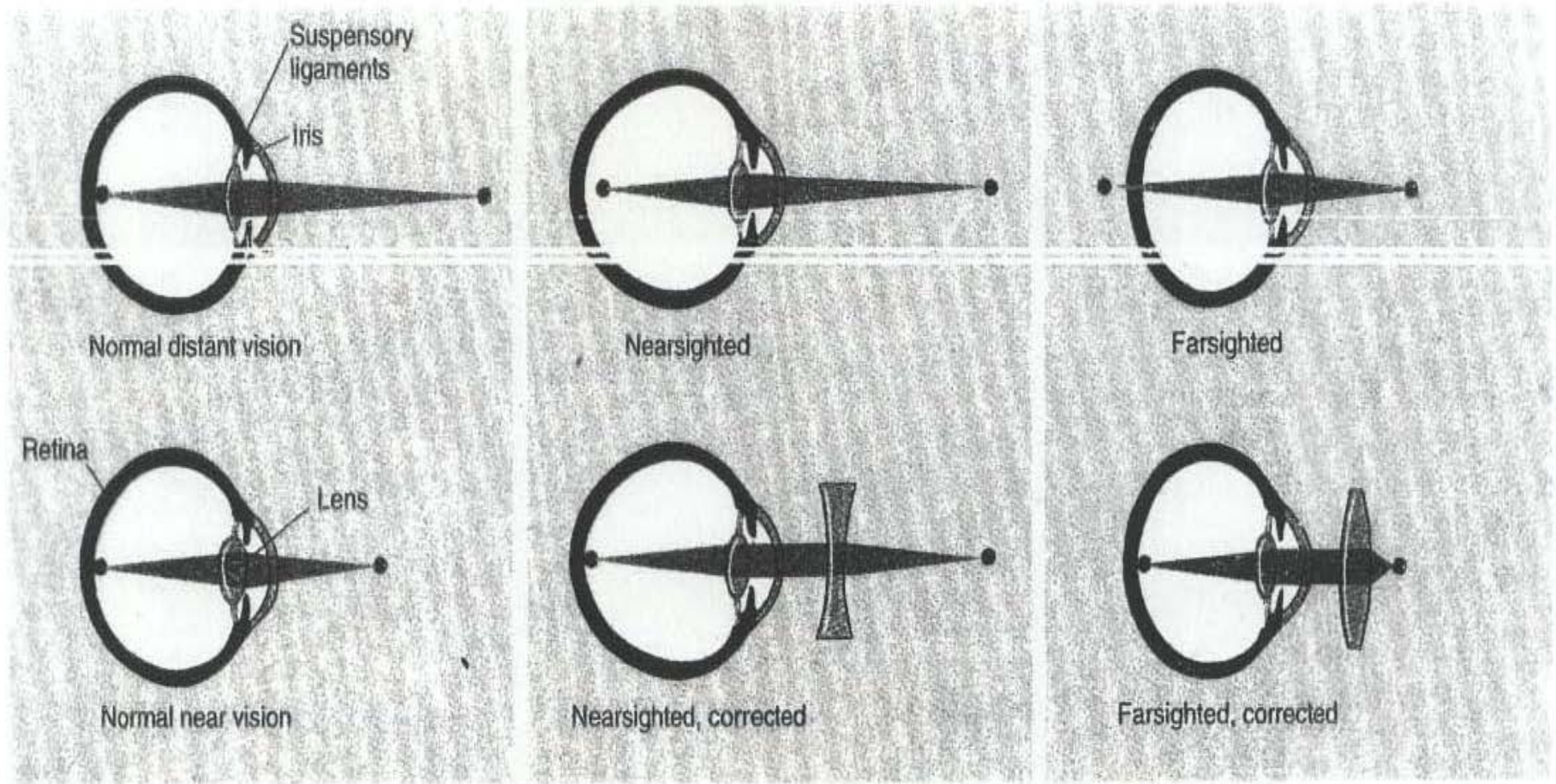
- **โรคตาบอดสี (color blindness)** เป็นโรคทางพันธุกรรม พบในผู้ชายมากกว่าผู้หญิง เกิดจากเซลล์โคน (cone cell) ประเภทใดประเภทหนึ่งน้อยกว่าปกติ หรือไม่มีเลย ทำให้แยกความแตกต่างของสีบางสีไม่ออก





สายตาสอดัดปกติในคน

- 1. สายตาสั้น (nearsighted eyes or myopia)** คือภาวะที่วัตถุอยู่ไกล เลนส์จะโฟกัสให้เกิดภาพของวัตถุก่อนถึงเรตินา (retina) ทำให้มองวัตถุอยู่ไกลไม่ชัด แต่เห็นวัตถุอยู่ใกล้ได้ชัด เกิดจากการที่กระจกตายาวเกินไป แก้โดยใช้แว่นเลนส์เว้า (concave lens)
- 2. สายตายาว (farsighted eyes or hypermetropia)** เลนส์จะโฟกัสให้ภาพของวัตถุเลยเรตินา (retina) ออกไป เกิดจากกระจกตาสั้นเกินไป แก้โดยใช้แว่นเลนส์นูน (convex lens)
- 3. สายตาเอียง (astigmatic eyes)** สาเหตุจากรูปปร่างกระจกตาหรือเลนส์ผิดปกติ ทำให้การโฟกัสแสงผ่านเข้าสู่ตามีหลายจุด ภาพที่เกิดขึ้นไม่ชัดเจน แก้โดยใช้เลนส์รูปกระบอก (cylindrical lens)



(a)

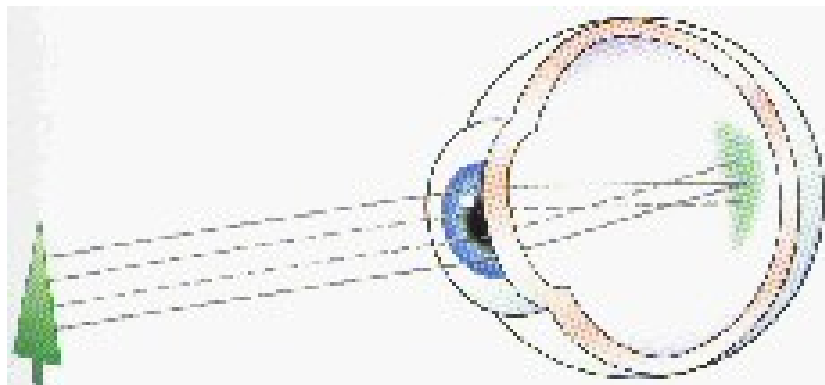
(c)

สายตาที่ผิดปกติของมนุษย์

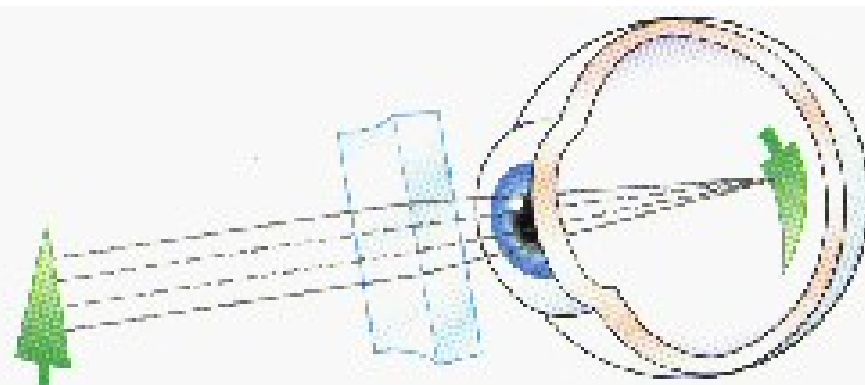
(a) สายตาปกติ

(b) สายตาสั้น

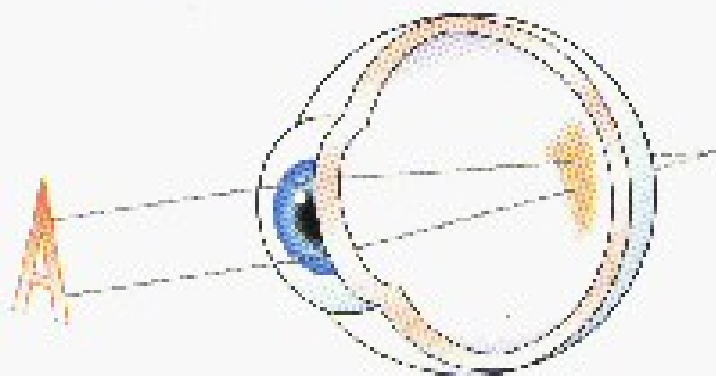
(c) สายตายาว



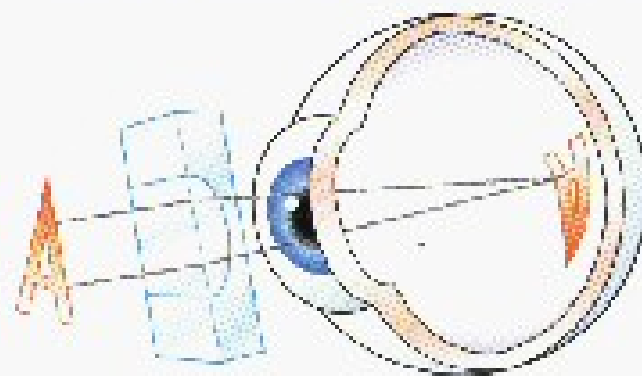
สายตาเฉียงภาพบิดเบี้ยวจากรูปทรงที่แท้จริง



แก้ไขโดยใช้เลนส์รูปทรงกระบอก



สายตาเฉียงภาพไม่ชัดจน



แก้ไขโดยใช้เลนส์รูปทาบกล้วย