

เอกสารประกอบการสอน

วิชา **303 316** สรีรวิทยาและกายวิภาคของสัตว์ **1**



อ.น. สพ. ดร.ภคณีจ คุปพิทยานันท์

# คำนำ

เอกสารประกอบการสอนฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชา 303 316 สรีรวิทยาและกายวิภาคของสัตว์ 1 ให้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีชั้นปีที่ 3 ซึ่งเนื้อหาในเอกสารประกอบการสอนฉบับนี้ประกอบไปด้วย

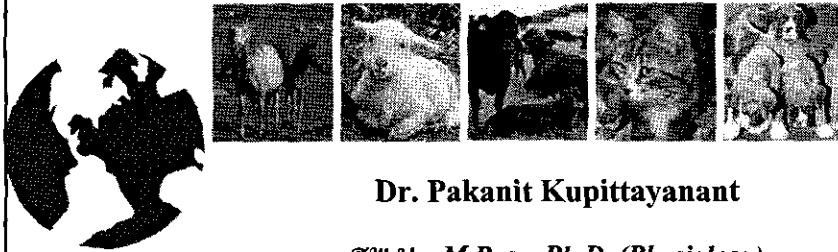
**Introductory to Animal Physiology & Anatomy I, Nervous System and Special Sense, Respiratory System และ Cardiovascular System**

อ.น. สพ. ดร.ภคนิจ กุปพิทยานันท์

2547



Introductory to Animal Physiology & Anatomy I

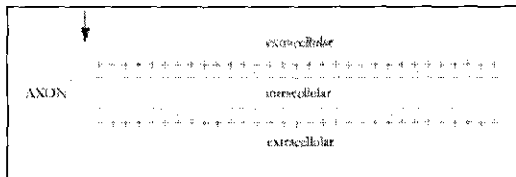


Dr. Pakanit Kupittayanant

ศพ.ป. , M.Res. , Ph.D. (Physiology)

สรีรวิทยา ( Physiology )

- หมายถึง ศาสตร์หรือวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาเกี่ยวกับหน้าที่ของอวัยวะต่างๆของร่างกายว่ามีหน้าที่อะไร และทำหน้าที่นั้นๆ ได้อย่างไร



⋮

## กายวิภาคศาสตร์ (Anatomy)

- หมายถึง ศาสตร์หรือวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาถึง **ส่วนประกอบต่าง ๆ ของร่างกาย**ว่าประกอบไปด้วยอวัยวะอะไรบ้าง มีลักษณะรูปร่าง ตำแหน่งและโครงสร้าง หรือส่วนประกอบอย่างไร

⋮

⋮

## ศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับกายวิภาคศาสตร์

- **Surface Anatomy** การศึกษาถึงลักษณะพื้นผิวของร่างกาย
- **Gross (Macroscopic) Anatomy** การศึกษาลักษณะรูปร่างอวัยวะต่างๆของร่างกายโดยไม่ใช้กล้องจุลทรรศน์
- **Systemic (Systematic) Anatomy** การศึกษาระบบของอวัยวะในร่างกายอย่างละเอียดเช่น nervous system, respiratory system
- **Regional Anatomy** การศึกษาในตำแหน่งจำเพาะของร่างกาย เช่น หัว , ช่องอก

⋮

•  
•  
•

- **Radiographic Anatomy** การศึกษาส่วนประกอบของร่างกายโดยใช้วิธี x-rays
- **Developmental Anatomy** การศึกษาถึงพัฒนาการของสัตว์ตั้งแต่ fertilized egg จนถึง adult form
- **Embryology** การศึกษาถึงพัฒนาการของสัตว์ตั้งแต่ fertilized egg ถึง eighth week ในมดลูก
- **Histology** การศึกษาถึงส่วนประกอบของเซลล์หรือ tissue โดยใช้กล้องจุลทรรศน์

•  
•  
•

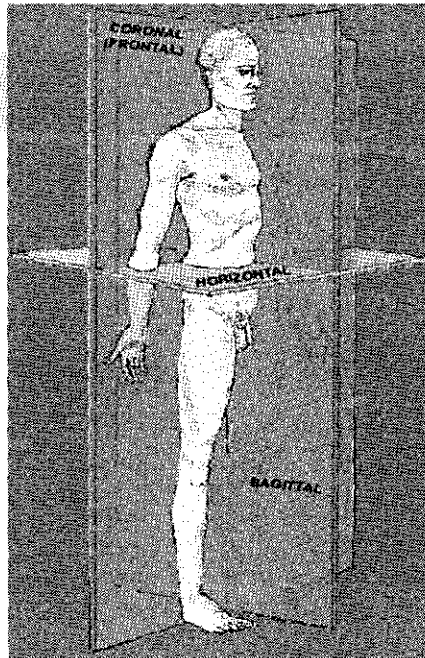
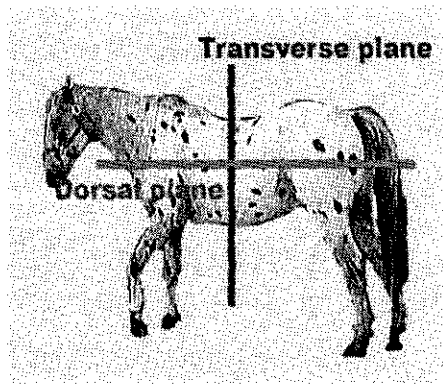
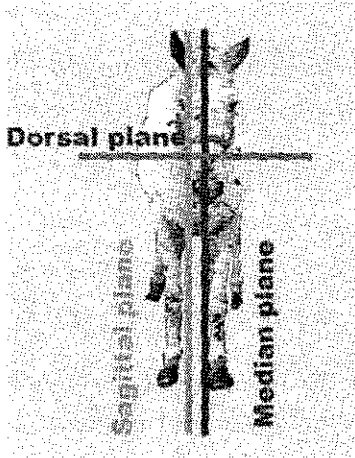
- **Pathological Anatomy** ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงทางกายวิภาคของร่างกายเมื่อเกิดโรค

•  
•  
•

## ระนาบอ้างอิงทางกายวิภาคศาสตร์ (Anatomical Planes of Reference)

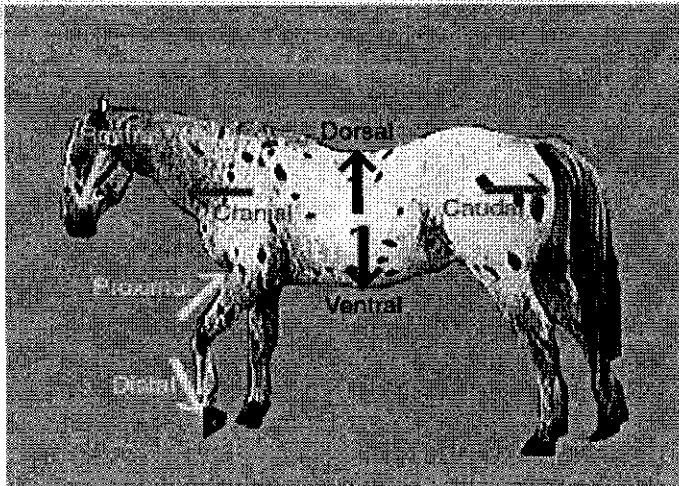
- **Median plane (mid-sagittal plane, vertical plane)** เป็นระนาบในแนวตั้งที่แบ่งร่างกายของสัตว์ออกเป็น 2 ซีกซ้ายขวาเท่ากัน
  - **Sagittal plane** เป็นระนาบในแนวตั้งที่แบ่งร่างกายของสัตว์ออกเป็น 2 ซีกซ้ายขวาแต่ไม่เท่ากัน ระนาบนี้จะขนานกับ median plane
  - **Transverse plane** เป็นระนาบที่แบ่งร่างกายของสัตว์ออกเป็นครึ่งหน้าและครึ่งหลัง โดยระนาบนี้จะทำมุมตั้งฉาก (90) กับทั้ง median และ sagittal plane
- • • • • • • •

- •  
•
- **Frontal plane (Horizontal plane , Dorsal plane)** เป็นระนาบที่ตั้งฉากกับทั้ง median และ transverse plane ซึ่งจะแบ่งร่างกายออกเป็นส่วนบนและส่วนล่าง
- • • • • • • •



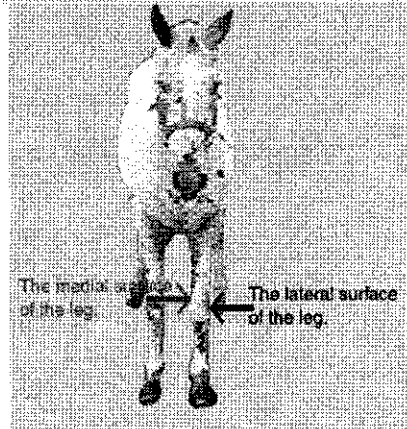
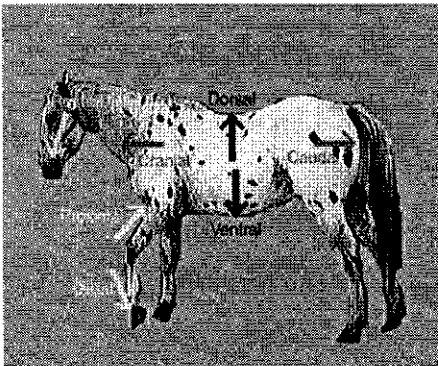
## ศัพท์ที่ใช้อ้างอิงถึงตำแหน่งหรือทิศทางในทางกายวิภาคศาสตร์ของสัตว์

- **Dorsal (Superior)** เป็นคำที่ใช้เรียกส่วนบน หรือตำแหน่งทางด้านหลังของร่างกายหรืออวัยวะต่างๆ ในร่างกายสัตว์
- **Ventral (Inferior)** เป็นคำที่ใช้เรียกส่วนท้อง หรือตำแหน่งทางด้านล่างของร่างกายหรืออวัยวะต่างๆ ในร่างกายสัตว์
- **Cranial (Anterior)** เป็นคำที่ใช้เรียกส่วนหรือตำแหน่งทางด้านหน้าของร่างกายหรืออวัยวะต่างๆ ในร่างกายสัตว์
- **Caudal (Posterior)** เป็นคำที่ใช้เรียกส่วนหรือตำแหน่งทางด้านหลังของร่างกายหรืออวัยวะต่างๆ ในร่างกายสัตว์





- **Rostral** เป็นคำที่ใช้เรียกส่วน cranial ซึ่งอยู่บริเวณ muzzle หรือ rostrum ของหัว
- **Medial** เป็นคำที่ใช้เรียกส่วนหรือตำแหน่งของร่างกายหรืออวัยวะที่มีทิศทางล่อนไปหรืออยู่ใกล้ส่วนกลาง หรือ medial plane ของร่างกาย
- **Lateral** เป็นคำที่ใช้เรียกส่วนหรือตำแหน่งของร่างกายหรืออวัยวะที่มีทิศทางห่างออกไปหรืออยู่ไกลออกไปจากส่วนกลาง หรือ medial plane ของร่างกาย
- **Proximal** เป็นคำที่ใช้เรียกตำแหน่งส่วนต้นหรือส่วนที่อยู่ใกล้กับจุดยึดเกาะของอวัยวะนั้นๆ



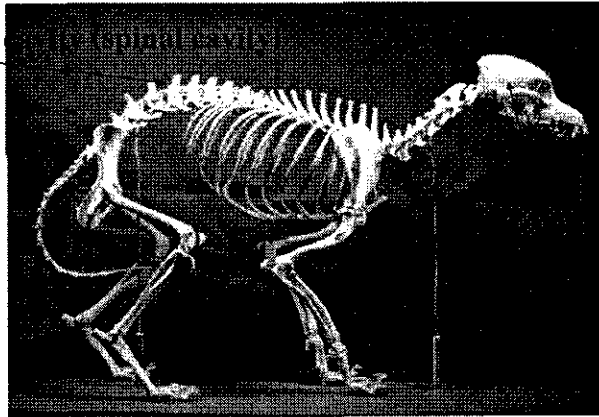
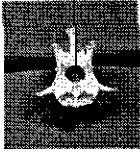
- **Distal** เป็นคำที่ใช้เรียกตำแหน่งส่วนปลายของอวัยวะหรือส่วนที่อยู่ไกลออกไปจากจุดยึดเกาะของอวัยวะนั้นๆ
- **Deep** เป็นคำที่ใช้เรียกตำแหน่งที่อยู่ลึกเข้าไปในส่วนของอวัยวะหรือร่างกาย
- **Superficial** เป็นคำที่ใช้เรียกตำแหน่งที่อยู่ผิวหรือใกล้กับส่วนผิวของร่างกาย

## ช่องของร่างกาย (Body Cavities)

- **Dorsal body cavities**
  - **Cranial cavity** ช่องภายในกระโหลกศีรษะ(skull)เป็นที่อยู่ของสมอง(brain)
  - **Vertebral cavity (spinal cavity)** ช่องภายในกระดูกสันหลังเป็นที่อยู่ของไขสันหลัง(spinal cord)และ ส่วนเริ่มต้นของเส้นประสาทไขสันหลัง (spinal nerve)

ภาพแสดง Dorsal body cavities

Vertebral



al cavity

• Ventral body cavities

— Thoracic cavities

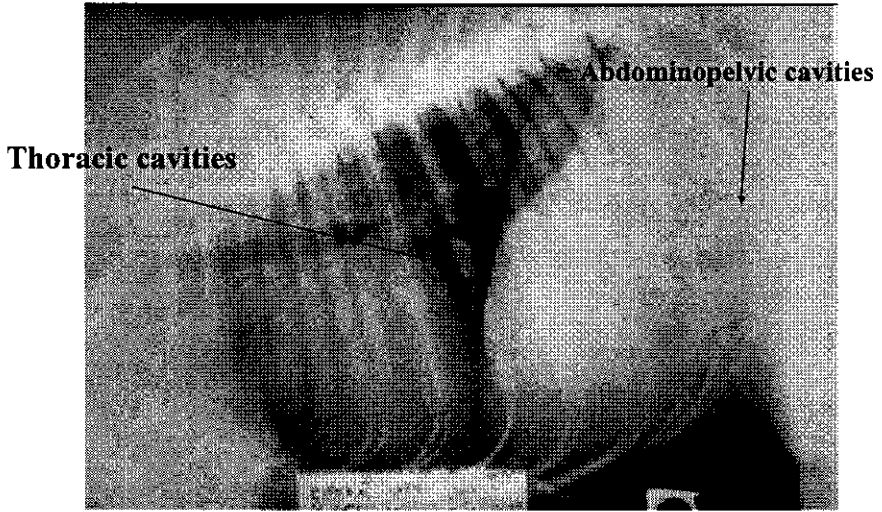
- *Plural cavity* เป็นที่อยู่ของปอด
- *Pericardial cavity* เป็นที่อยู่ของหัวใจ
- *Mediastinum cavity* พื้นที่ที่อยู่ข้างๆปอดจากกระดูกหน้าอก จนถึงกระดูกสันหลังเป็นที่อยู่ของหัวใจ ต่อมไทมัส หลอดอาหาร หลอดลมใหญ่ เส้นเลือด และเส้นนำเหลืองขนาด ใหญ่

— Abdominopelvic cavities

- *Abdominal cavity* เป็นที่อยู่ของ กระเพาะ ลำไส้ ตับ ม้าม ไต
- *Pelvic cavity* เป็นที่อยู่ของกระเพาะปัสสาวะ อวัยวะระบบสืบพันธุ์

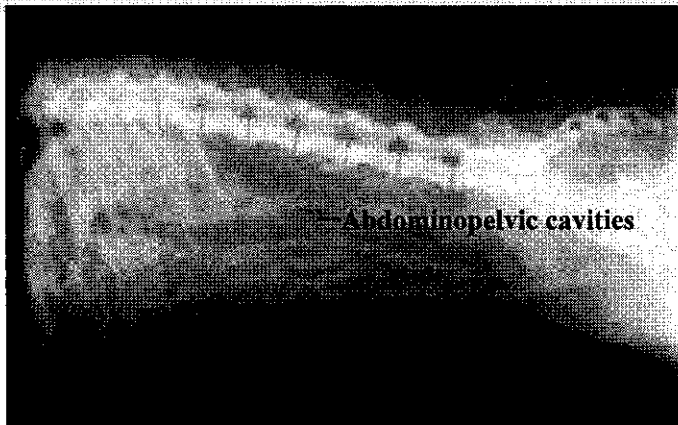
•  
•  
•

**ภาพแสดง Ventral body cavities**



• • • • • • • •

•  
•  
•



• • • • • • • •

•  
•  
•

## Levels of Organization

### CELLS

- Cells are the basic functional units of animal life. The specialized cells in an animal's body collect together into functional groups called tissues, organs and systems

• • • • • • • •

•  
•  
•

### TISSUES

- Tissues are groups of specialized cells. The entire animal body is made up of just 4 basic tissues  
1 Epithelial tissue  
2 Connective tissue  
3 Muscle tissue  
4 Nervous tissue

• • • • • • • •

•  
•  
•

## ORGANS

- Organs are made up of groups of tissues that work together for common purposes.

For example, the kidney is an organ made up of various tissues that, together, function to eliminate wastes from the body.

• • • • • • • •

•  
•  
•

## SYSTEMS

- Systems are groups of organs that are involved in a common set of activities.

• • • • • • • •

•  
•  
•

## ระบบที่ศึกษา

- *Cells & Tissues*
  - *Nervous System & Special Sense Organs*
  - *Integumentary System*
  - *Skeletomuscular System*
  - *Cardiovascular System*
  - *Respiratory System*
  - *Immune System*
  - *Body Fluid & Dehydration*
  - *Digestive system*
  - *Urinary System*
  - *Endocrine System*
  - *Reproductive system*
- •  
•  
•  
•  
•  
•  
•

## ระบบประสาทและอวัยวะสัมผัสพิเศษ

(Nervous System and Special Sense Organs)

### วัตถุประสงค์

เพื่อให้ศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและชนิดของระบบประสาท สรีรวิทยาของระบบประสาท ตลอดจนระบบรับรู้สัมผัสพิเศษ เช่น การมองเห็น การได้ยิน การทรงตัว การรับรู้และกลิ่น

### นักศึกษาสามารถ

- อธิบายลักษณะโครงสร้างของเซลล์ประสาทได้ถูกต้อง
- บอกถึงส่วนประกอบต่างๆ ของสมองและไขสันหลัง รวมทั้งตำแหน่งรูปร่างและหน้าที่ของส่วนประกอบต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง
- อธิบายถึงลักษณะและหน้าที่ของเส้นประสาทสมองและเส้นประสาทสันหลังได้ถูกต้อง
- สามารถให้นิยามของระบบประสาทอัตโนมัติ และอธิบายถึงชนิดและหน้าที่ต่างๆ ของระบบประสาทอัตโนมัติได้ถูกต้อง
- อธิบายถึงสรีรวิทยาการเกิดและการนำกระแสประสาทได้ถูกต้อง
- บอกถึงหน่วยประกอบต่างๆ ของนัยตาคา และอธิบายบทบาท หน้าที่ของส่วนประกอบต่างๆ ได้ถูกต้อง



## นักศึกษาสามารถ

- อธิบายถึงสรีรวิทยาของการมองเห็นภาพได้อย่างถูกต้อง
- ยกตัวอย่างความผิดปกติต่างๆ ที่อาจเกิดกับลูกตาและบอกถึงสาเหตุและการแก้ไขความผิดปกติเหล่านั้นได้อย่างถูกต้อง
- บอกถึงโครงสร้าง ตำแหน่ง ชนิด รูปร่าง และหน้าที่ของตมรับรสได้ถูกต้อง
- อธิบายกลไกของการรับรสได้ถูกต้อง
- บอกถึงโครงสร้างและตำแหน่งของอวัยวะรับกลิ่นได้ถูกต้อง
- อธิบายกลไกของการรับกลิ่นได้ถูกต้อง
- บอกถึงสรีรวิทยาของการรับรู้เสียงและการรักษาสมดุลของการทรงตัวของร่างกายได้อย่างถูกต้อง

## ระบบประสาท

### (Nervous System)

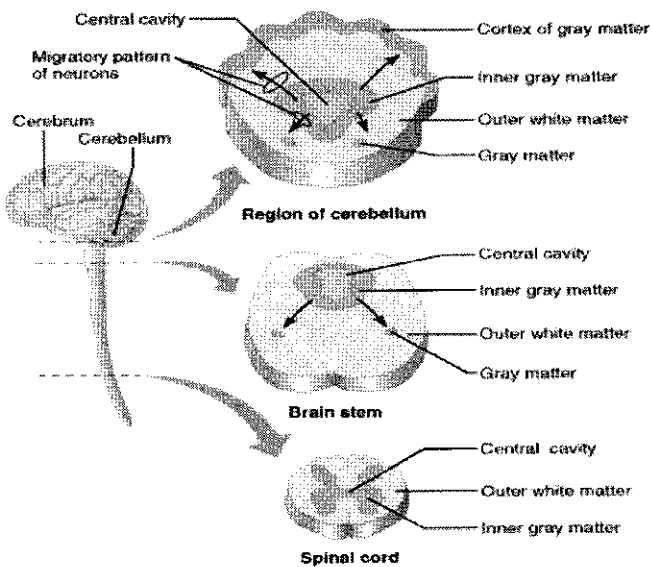
- เป็นระบบที่มีความสำคัญมากที่สุดระบบหนึ่งเนื่องจากเป็นระบบที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของทุกๆ ระบบในร่างกาย
- ระบบประสาทมีหน้าที่หลักอยู่ 3 อย่างคือ
  1. รับรู้ความรู้สึก
  2. วิเคราะห์ข้อมูล
  3. สั่งงานตอบสนอง และควบคุมการทำงานของอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย

- ระบบประสาทประกอบไปด้วย

1. ระบบประสาทส่วนกลาง (Central Nervous System, CNS)

- สมอง (Brain)
- ไขสันหลัง (Spinal Cord)

### ระบบเป็นส่วนของระบบประสาทส่วนกลาง



## 2. ระบบประสาทส่วนนอก (Peripheral Nervous System, PNS)

- Cranial Nerve

- Spinal Nerve

- Autonomic Nervous System, ANS



Sympathetic Nervous System

*(Thoraco - Lumbar Portion)*



Parasympathetic Nervous System

*(Cranio - sacral Portion)*

## • เซลล์ต่างๆ ในระบบประสาท

1. เซลล์ประสาท (Nerve Cell or Neuron)

2. เซลล์ค้ำจุน (Supporting Cell or Accessory Cell)

## Nerve Cell ประกอบด้วย

- ตัวเซลล์ (Cell Body)

- แขนงหรือส่วนยื่น (Process)

→ Dendrites

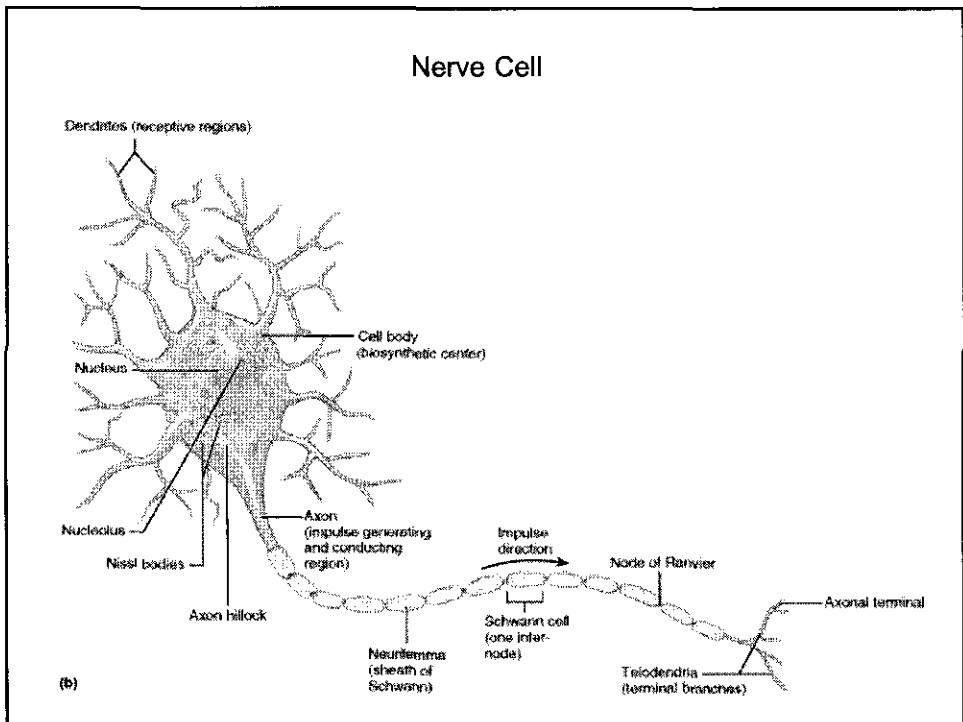
→ Axon

\* จุดเชื่อมต่อของเซลล์ประสาทเรียกว่า Synapse

Axodendrite Synapse    ➡    Axon กับ Dendrite

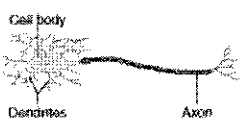

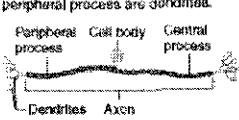
Axosomatic Synapse    ➡    Axon กับ Cell Body

Axoaxonic Synapse    ➡    Axon กับ Axon



## Structural Classes of Neurons

**TABLE 11.1** Comparison of Structural Classes of Neurons

| Neuron Type   |  |   |
|---|--|---|
| Multipolar  | Bipolar  | Unipolar (pseudounipolar)   |
| <p><b>Structural Class: Neuron Type According to the Number of Processes Extending from the Cell Body</b></p> <p>Many processes extend from the cell body; all dendrites except for a single axon.</p> <p>Two processes extend from the cell; one is a fused dendrite; the other is an axon.</p> <p>One process extends from the cell body and forms central and peripheral processes, which together comprise the axon. Only the distal end of the peripheral process are dendrites.</p> |  |   |
|  <p>Cell body<br/>Dendrites<br/>Axon</p>   |  <p>Cell body<br/>Dendrite<br/>Axon</p> |  <p>Peripheral process<br/>Cell body<br/>Central process<br/>Dendrites<br/>Axon</p> |

**Relationship of Anatomy to the Three Functional Regions**

= Receptive region (receives stimulus). Plasma membrane exhibits chemically gated ion channels.

= Conducting region (generates/transmits action potential). Plasma membrane exhibits voltage-gated Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> channels.

= Secretory region (releases neurotransmitters). Plasma membrane exhibits voltage-gated Ca<sup>2+</sup> channels.



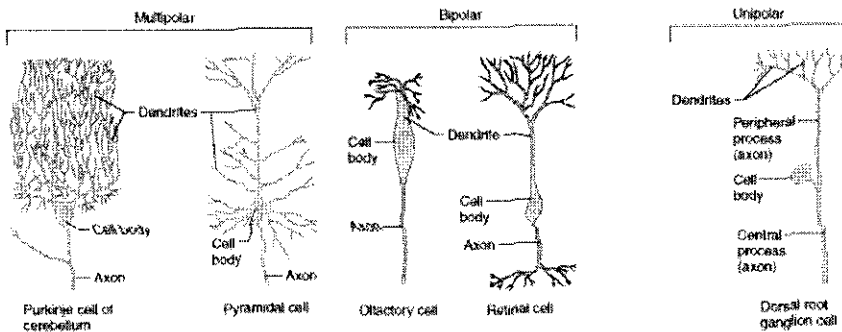
(Many bipolar neurons do not generate action potentials and, in those that do, the location of the trigger zone is not universal.)

## Structural Classes of Neurons

**TABLE 11.1** Comparison of Structural Classes of Neurons

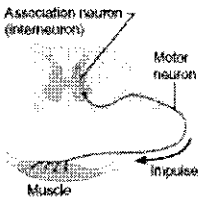
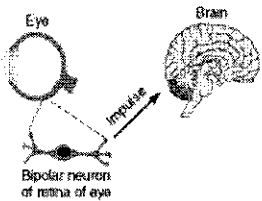
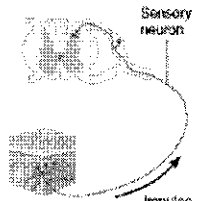
| Neuron Type   |         |                           |
|---|---------|---------------------------|
| Multipolar  | Bipolar | Unipolar (pseudounipolar) |
| <p><b>Relative Abundance and Location in Human Body</b></p> <p>Most abundant in body. Major neuron type in the CNS.</p> <p>Rare. Are found in some special sensory organs (olfactory mucosa, eye).</p> <p>Found mainly in the PNS. Common only in dorsal root ganglia of the spinal cord and sensory ganglia of cranial nerves.</p> |         |                           |

**Structural Variations**

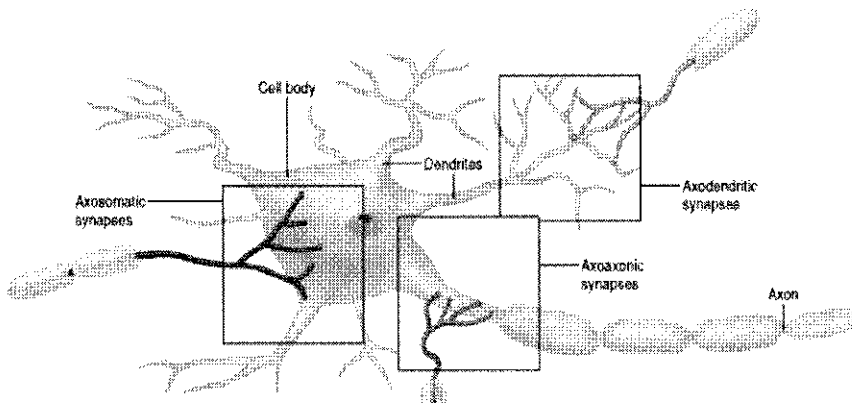


## Structural Classes of Neurons

**TABLE 11.1** Comparison of Structural Classes of Neurons

| <i>Neuron Type</i>   |   |  |
|--|---|--|
| <i>Multipolar</i>  | <i>Bipolar</i>  | <i>Unipolar (pseudounipolar)</i>   |
| <b>Functional Class: Neuron Type According to Direction of Impulse Conduction</b>  |   |  |
| <p>1. Some multipolar neurons are <b>motor neurons</b> that conduct impulses along the efferent pathways from the CNS to an effector (muscle/gland).</p> <p>2. Some multipolar neurons are higher level sensory neurons that convey sensory input from the first-order sensory neurons to higher CNS levels.</p> | <p>3. Most multipolar neurons are <b>interneurons (association neurons)</b> that conduct impulses within the CNS; may be one of a chain of CNS neurons, or single neuron connecting sensory and motor neurons.</p> <p>Essentially all bipolar neurons are <b>sensory neurons</b> that are located in some special sense organs. For example, bipolar cells of</p> | <p>the retina are involved with the transmission of visual inputs from eye to the brain (via an intermediate chain of neurons).</p> <p>Most unipolar neurons are <b>sensory neurons</b> that conduct impulses along afferent pathways to the CNS for interpretation. (These sensory neurons are primary or first-order sensory neurons.)</p> |
|   |    |    |

## Synapse



(a)

## \* กลุ่มของเซลล์ประสาท

### 1. กลุ่มของตัวเซลล์ (Cell Body)

- ในสมองหรือไขสันหลัง เรียกว่า Nuclei
- นอกสมองและไขสันหลัง เรียกว่า ปมประสาท (Ganglia)

### 2. กลุ่มของแขนงหรือส่วนอื่น ๆ (Process)

- ในสมองหรือไขสันหลัง เรียกว่า Fasciculi
- นอกสมองและไขสันหลัง เรียกว่า เส้นประสาท (Nerve)

Supporting Cell เป็นเซลล์ที่แทรกอยู่ระหว่าง เซลล์ประสาท มีหน้าที่เทียบได้กับเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน มีหน้าที่หลักคือ

- เป็นโครงสร้างหรือเป็นตัวพยุงเซลล์ประสาท
- เป็นทางผ่านของสารอาหารและของเสียต่างๆ ระหว่างเซลล์ประสาท และเส้นเลือด
- หน้าที่พิเศษอื่นๆ

\* Supporting Cell ใน CNS เรียกรวมกันว่า Neuroglia หรือ Glia Cells ประกอบด้วย

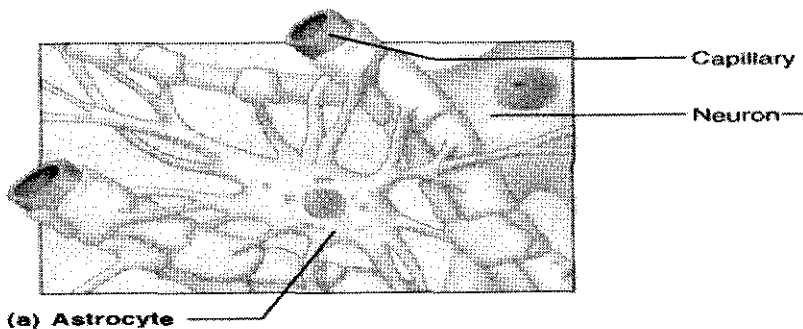
1. Astrocyte รูปร่างคล้ายดาว อยู่ล้อมรอบเส้นเลือดทำให้เกิดลักษณะของ Blood Brain Barrier

2. Ependymal Cell ทำหน้าที่สร้าง Cerebrospinal Fluid (CSF)

3. Microglia ทำหน้าที่ phagocytosis

4. Oligodendroglia หรือ Oligodendrocytes สร้าง Myelin Sheath

### ภาพแสดง Supporting Cell ใน CNS

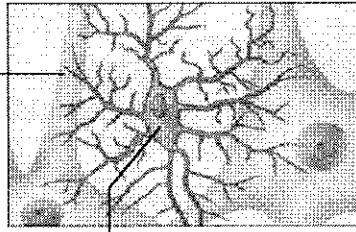




ภาพแสดง Supporting Cells ใน CNS

Capillary

Neuron

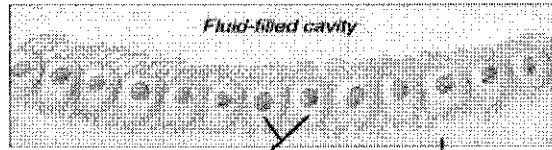


(b) Microglial cell

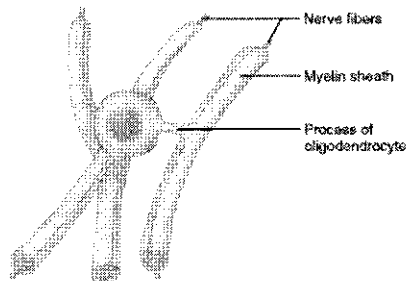
Fluid-filled cavity

(c) Ependymal cells

Brain or spinal cord tissue



ภาพแสดง Supporting Cells ใน CNS



(d) Oligodendrocyte

\* Supporting Cell ใน PNS ที่สำคัญคือ Schwann Cells

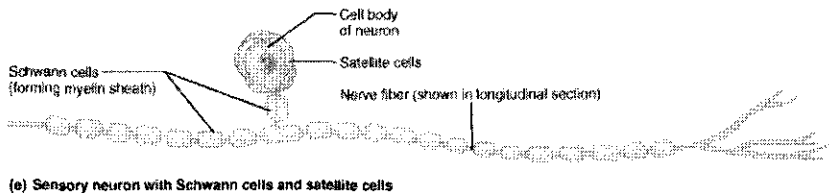
Schwann Cells หุ้มอยู่รอบ axon มีหน้าที่สำคัญคือสร้าง Myelin Sheath และ Nurilemma Sheath ของเส้นประสาท Axon ในส่วน PNS

\* Nerve Fiber หรือ Nerve Fasciculi tract

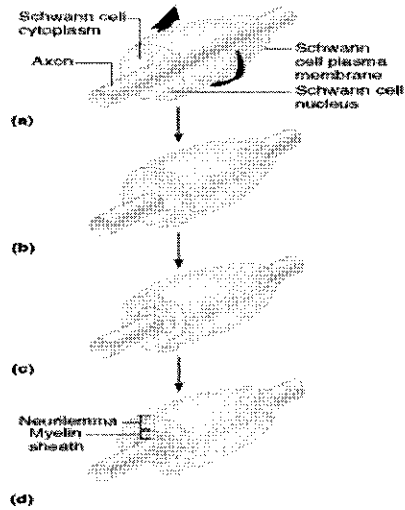
- Non - Myelinated Nerved Fiber

- Myelinated Nerved Fiber

### ภาพแสดง Schwann Cells



## ภาพแสดง Schwann Cells



## ระบบประสาทส่วนกลาง

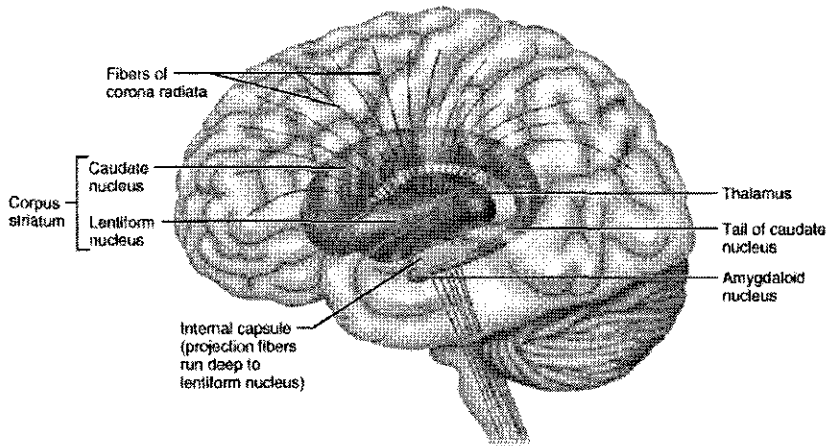
(Central Nervous System, CNS)

สมอง (Brain)

เมื่อดูจากภายนอกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน

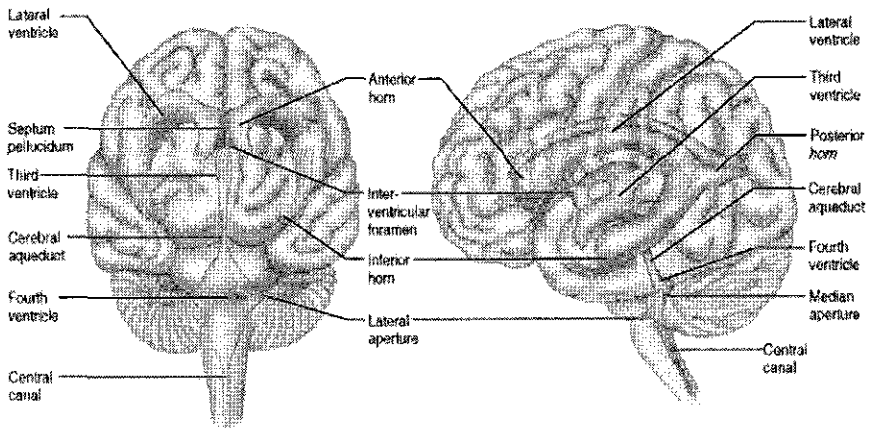
- Cerebrum
- Cerebellum
- Brain Stem

## ภาพแสดงส่วนประกอบของสมอง



(a)

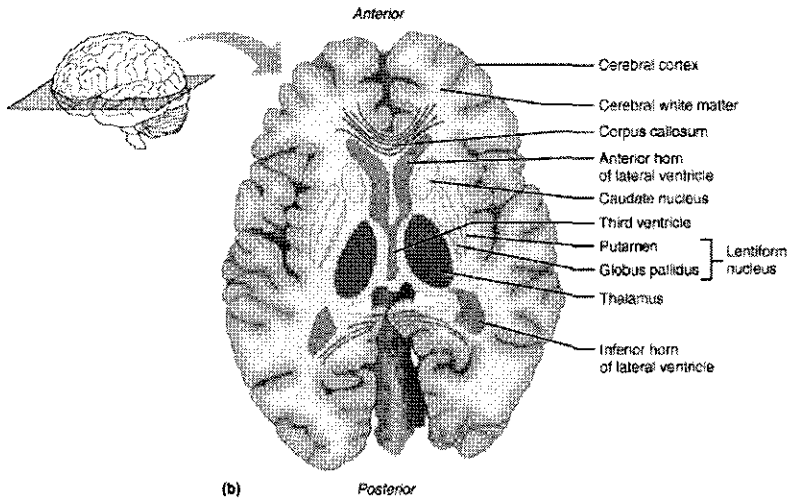
## ภาพแสดงส่วนประกอบของสมอง



(a) Anterior view

(b) Left lateral view

## ภาพแสดงส่วนประกอบของสมอง



## สมองส่วนหน้า (Prosencephalon, forebrain)

- Telencephalon

*Cerebral Cortex (Cerebrum)*

ส่วนนูน (สัน) → Gyrus

ร่อง → Fissures or Sulcus

หน้าที่ → ควบคุม Skeleton Muscle

→ แปลความหมาย การรับรู้ เหตุผล

\* Longitudinal Fissure แบ่งตามยาวเป็น

Left Hemisphere

Right Hemisphere

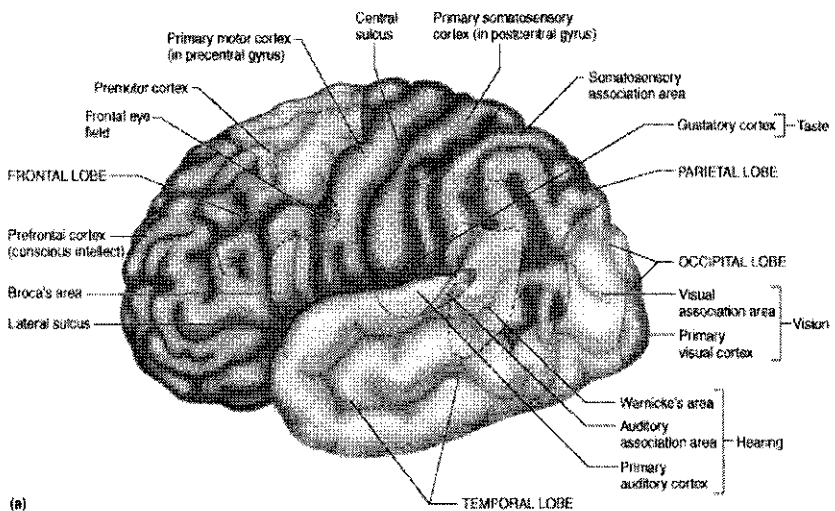
*Corpus Striatum*

White Matter → Fiber เชื่อมต่อกับส่วนต่างๆ

→ ของระบบประสาท

Gray Matter

## ภาพแสดงส่วนประกอบของสมอง



(a)

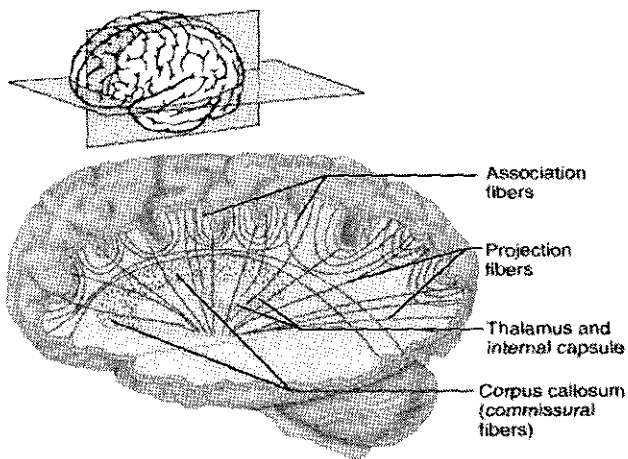
- Diencephalon

*Thalamus*      ⇒      เป็นทางผ่านเชื่อมของเส้นประสาทที่  
เกี่ยวข้องกับอาการมองเห็น (Optic Nerve) การได้ยิน (Acoustic Nerve)

*Hypothalamus*      ⇒      สร้าง Hormones, Releasing Factors

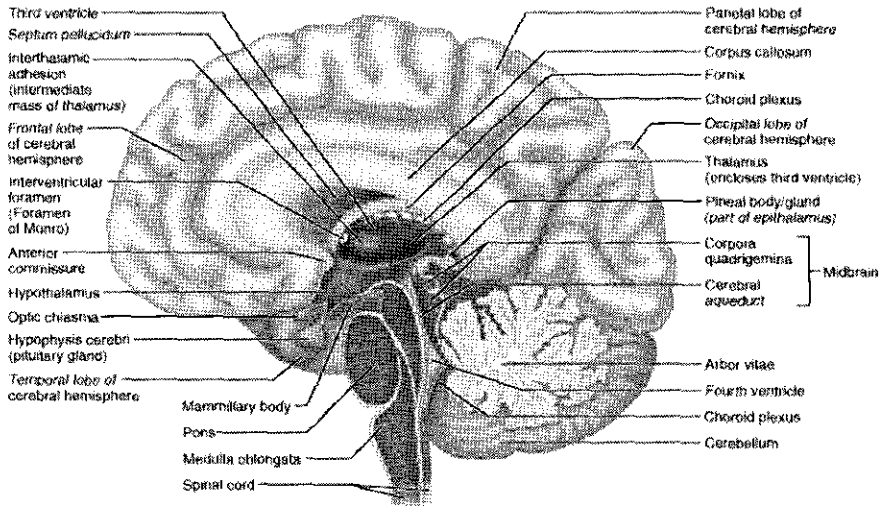
*Epithalamus*      ⇒      เกี่ยวข้องกับการรับกลิ่น

### ภาพแสดงส่วนประกอบของสมอง



(a)

## ภาพแสดงส่วนประกอบของสมอง



## สมองส่วนกลาง (Mesencephalon, midbrain)

- Cerebral Peduncles → ประกอบด้วย Fiber และ Nuclei
- Quadrigeminal Bodies → ประกอบด้วย Nuclei ของเส้นประสาท Trochlea (vision) และ Oculomotor (hearing)



## สมองส่วนท้าย (Rhombencephalon, hindbrain)

- Metencephalon

Cerebellum ➡ ด้านนอก Gray ด้านใน White Matter หน้าที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัวของกล้ามเนื้อ / ท่าทาง / สมดุลการทรงตัว

Pons ➡ เป็นส่วนของ Brain Stem ซึ่งอยู่ระหว่าง Medulla กับ Cerebral Peduncle

➡ เป็นจุดกำเนิดของเส้นประสาทสมองคือ Trochlea, Trigeminal, Abducens, Facial

➡ เกี่ยวข้องกับ Reflex ของท่าทาง, การทรงตัว (Postural Reflexes)

- Myelencephalon

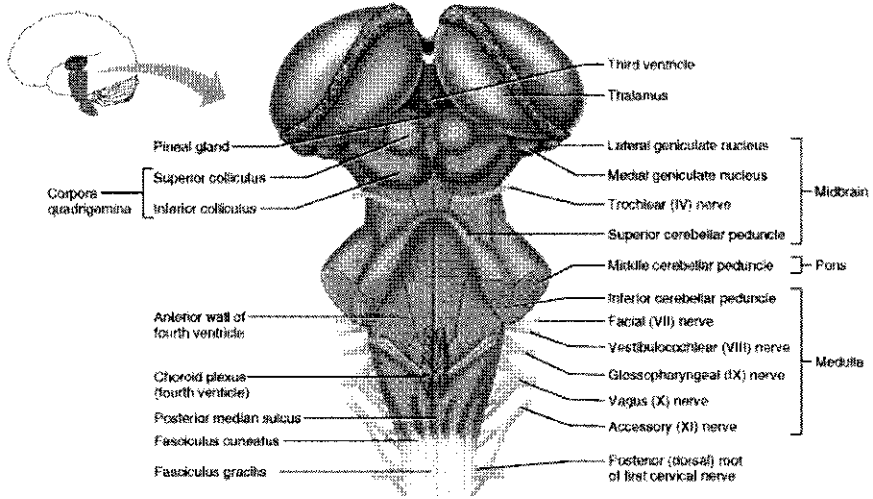
Medullar Oblongata (Medulla)

➡ เป็นส่วนหนึ่งของ Brain Stem

➡ ตำแหน่งจาก Foramen Magnum ➡ Pons

➡ หน้าที่ ควบคุมการทำงานของหัวใจ ระบบหายใจ ความสมดุลย์ การรับรู้สัมผัส

## ภาพแสดงส่วนประกอบของสมองส่วนกลางและส่วนท้าย

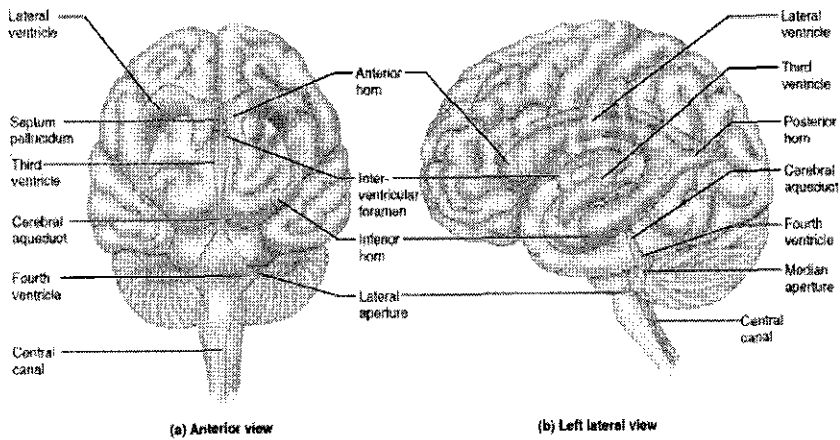


### \* Ventricle

Ventricle : ส่วนที่ประกอบกัน เป็นช่องว่างตรงกลางสมอง (central cavity)

Fourth ventricle : ตั้งอยู่ระหว่าง Cerebellum กับ Pons ในแต่ละ ส่วนของ Ventricle มีกลุ่มของหลอดเลือดฝอยสานกันเป็นร่างแห ยื่นเข้าไปใน ช่องของ Ventricle เรียกว่า Choroid Plexuses

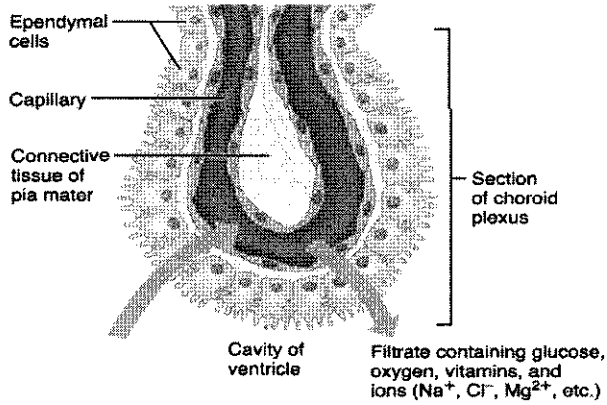
## ภาพแสดงช่องว่างในสมอง (Ventricle)



### \* Cerebrospinal Fluid

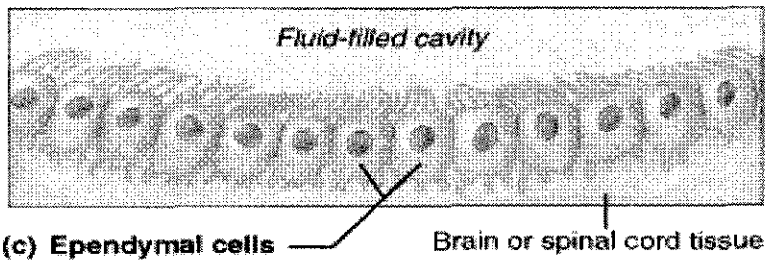
เป็นของเหลวที่พบในสมองและไขสันหลัง โดยพบที่ส่วน  
Ventricles และ Subarachnoid Space สร้างมาจาก Choroid  
Plexuses ร่วมกับสารที่หลั่งมาจาก Ependyma (ependymal cell)

## ภาพแสดง Choroid Plexuses



(a)

## ภาพแสดง Ependymal cells



(c) Ependymal cells

Brain or spinal cord tissue

## \* Meninges

เยื่อหุ้มสมองและไขสันหลัง ประกอบด้วย 3 ชั้น คือ

### ชั้นนอก (Dura Matter)

จับติดกับ Cranial Bone ของ Skull ที่ไขสันหลัง ไม่จับติดกับกระดูก แยกจาก Periosteum ของกระดูกสันหลังทำให้เกิดช่องว่างเรียกว่า Epidural Space บรรจุด้วยไขมัน

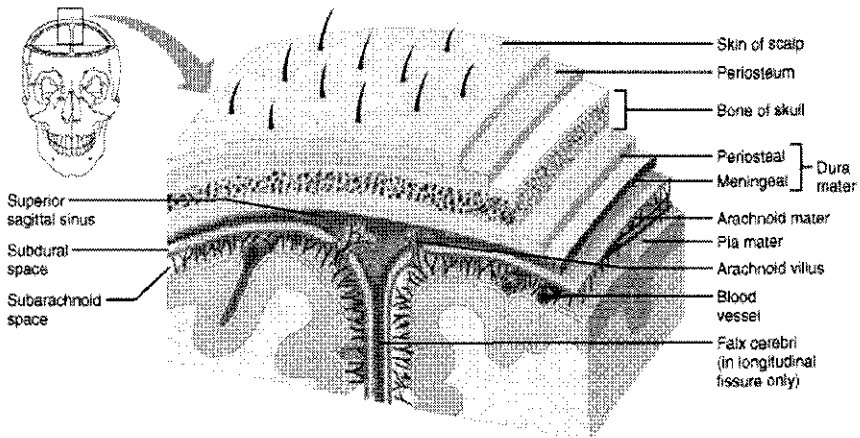
### ชั้นกลาง (Arachnoid)

ใต้ชั้นกลางมีช่องว่างเรียกว่า Subarachnoid Space ซึ่งเป็นที่อยู่ของ CSF

### ชั้นใน (Pia Matter)

ชั้นบางๆ ติดกับสมองและไขสันหลัง

## ภาพแสดง เยื่อหุ้มสมองและไขสันหลัง

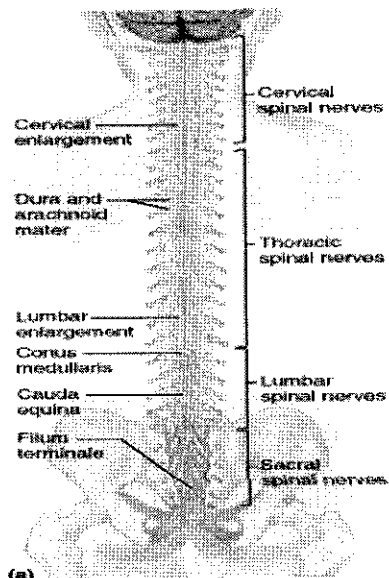


(a)

## ไขสันหลัง (Spinal Cord)

- อยู่ต่อมาจากสมองส่วน Medulla Oblongata เข้าไปใน Vertebral Canal
- White Matter ข้างนอก Gray Matter ข้างใน
- ภายในมีช่องว่างตลอดความยาวเรียกว่า Central canal ภายในมี Cerebrospinal Fluid
- มี Spinal Nerve ออกมาจาก Intervertebral Foramen ระหว่างรอยต่อของกระดูกสันหลังสองชิ้น

### ภาพแสดงไขสันหลัง



## ระบบประสาทส่วนนอก (Peripheral Nervous System)

- เส้นประสาทไขสันหลัง (Spinal Nerve)

คู่ ซ้าย - ขวา ใฝ่ลอดออกมาจากกระดูกสันหลัง 2 ชั้น  
(Intervertebral Foramen)

จำนวนคู่เท่ากับจำนวนกระดูกสันหลังในแต่ละส่วน เรียกตามชื่อของกระดูกสันหลังแต่ละส่วน ยกเว้นที่ Cervical vertebra

ที่ Atlas มี Foramen ให้ Spinal Nerve คู่แรกออกมาเพราะฉะนั้น Cervical Spinal Nerve จะมีมากกว่าจำนวนกระดูก 1 คู่

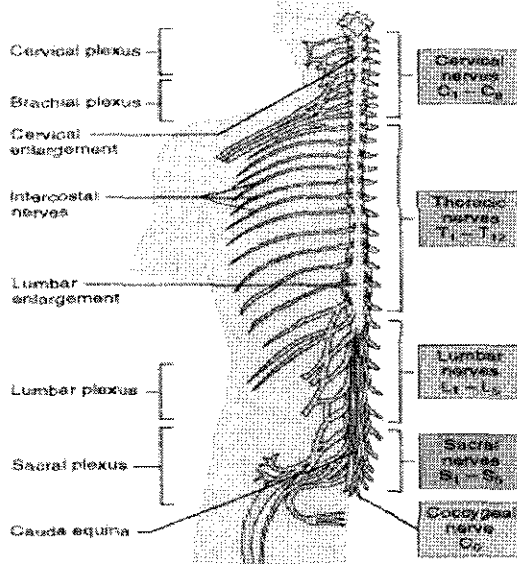
ที่ Coccygeal Vertebrae จำนวน Spinal น้อยกว่าจำนวนของ  
ชั้นกระดูก

Spinal Nerve จัดตัวเป็นเกลียว เรียกว่า Plexuses

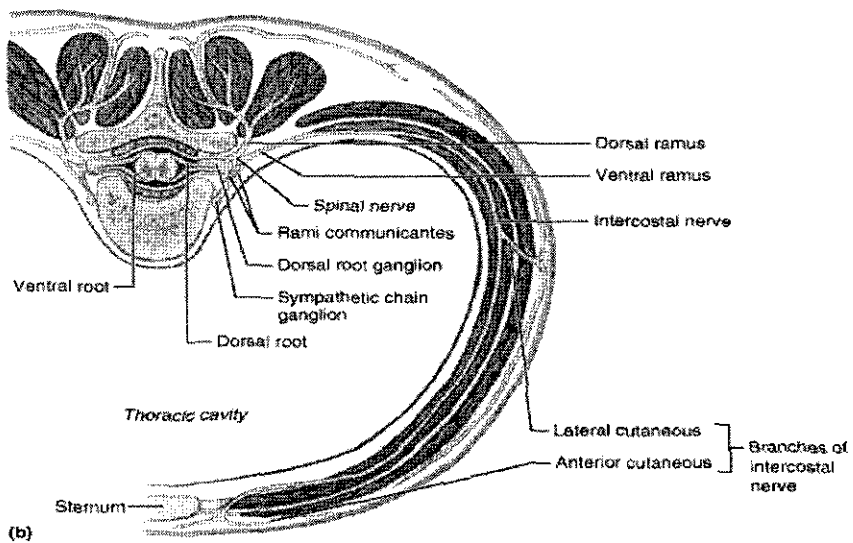
Brachial Plexuses หมายถึงร่างแหของเส้นประสาท  
ที่ออกมาจาก 3 หรือ 4 คู่สุดท้ายของกระดูกสันหลังส่วน Cervical กับ  
คู่แรก คู่ที่ 2 ของ Thoracic Nerves ไปเลี้ยงขาหน้า

Lumbo - Sacral Plexus ประกอบด้วย Ventral  
Branch ของ Lumbar Nerve ส่วนท้ายกับหนึ่งหรือ 2 คู่แรก Sacral  
Nerve

## ภาพแสดงSpinal Nerve และ Plexuses

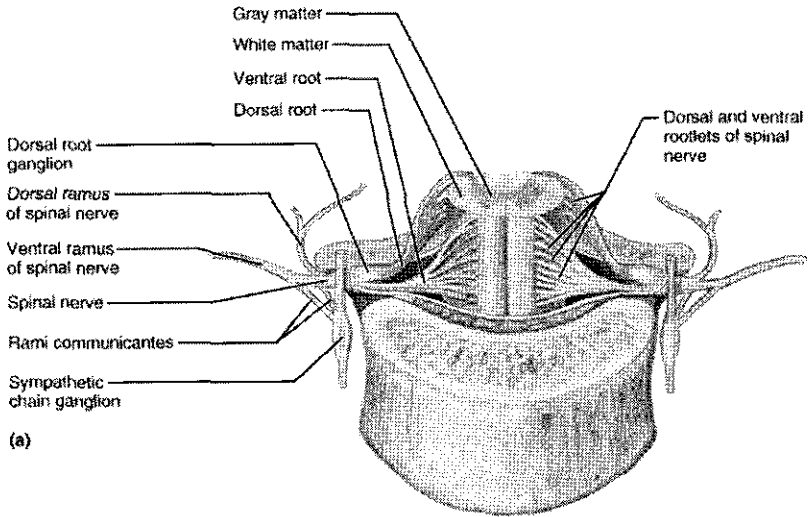


## ภาพแสดงลักษณะของSpinal Nerve

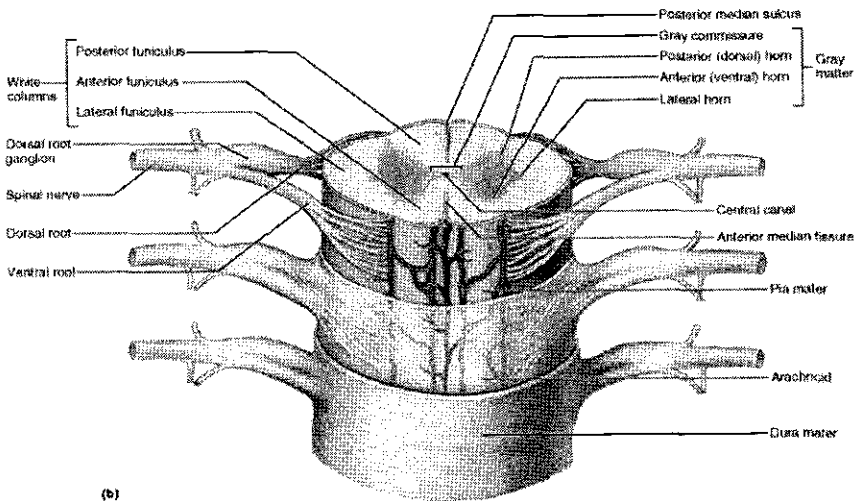




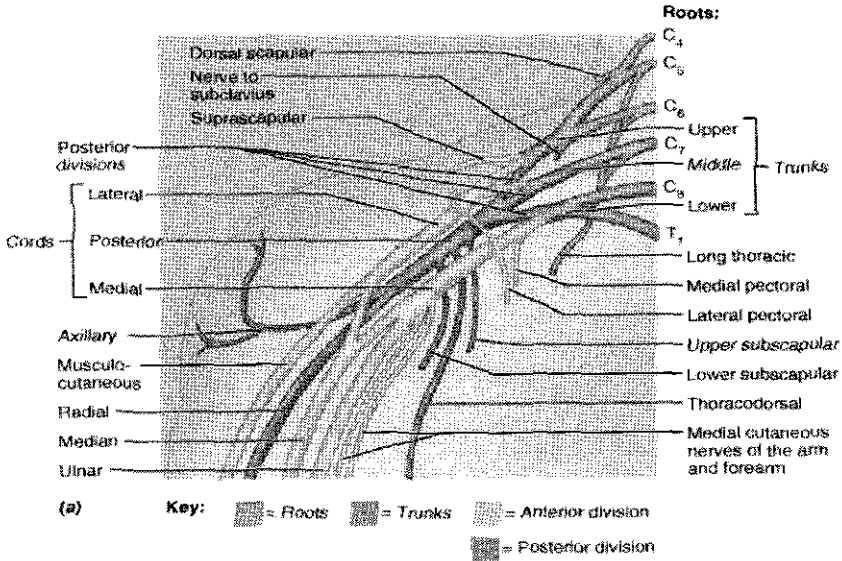
## ภาพแสดงลักษณะของ Spinal Nerve



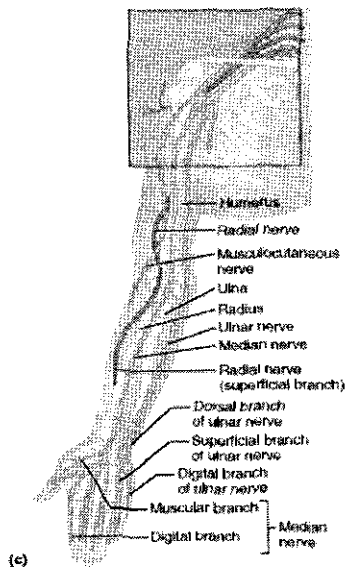
## ภาพแสดงลักษณะของ Spinal Cord และ Spinal Nerve



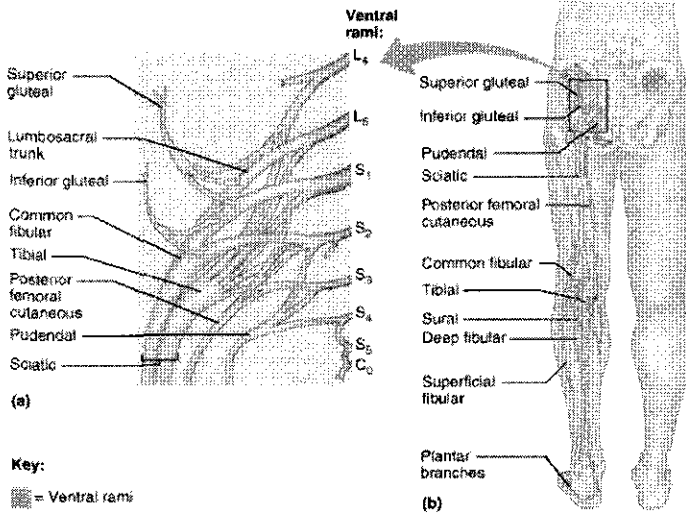
## ภาพแสดง Brachial Plexuses



## ภาพแสดงระบบประสาทส่วนนอก



## ภาพแสดง Lumbo - Sacral Plexus



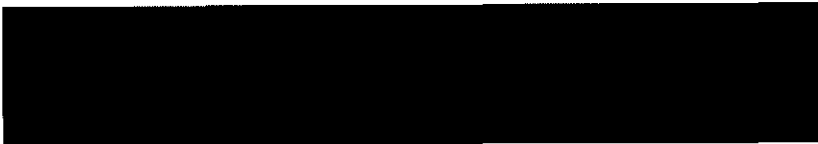
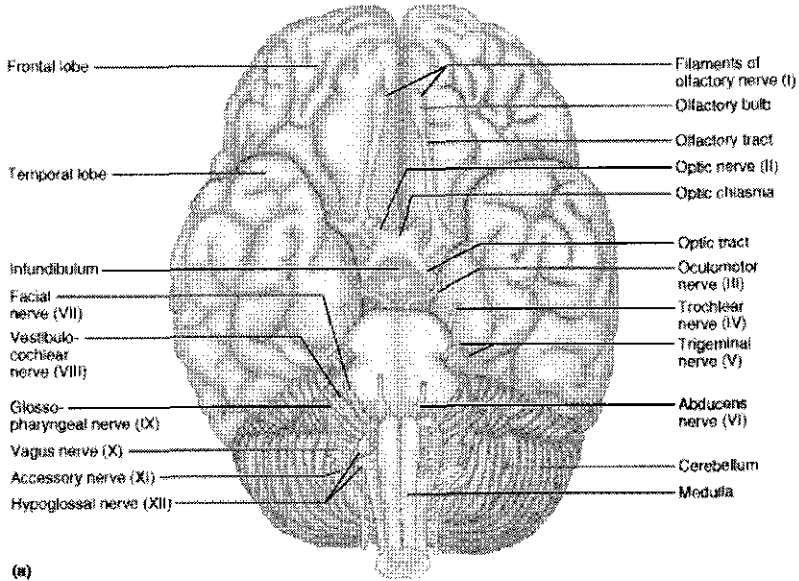
- เส้นประสาทสมอง (Cranial Nerve) มี 12 คู่ ออกจาก Foramen ของ Skull

| คู่ที่ | ชื่อ       | ชนิด    | ไปเลี้ยง   |
|--------|------------|---------|--|
| I      | Olfactory  | Sensory | Mucous Membrane ในจมูกกับรูกกิลีน                                  |
| II     | Optic      | Sensory | Retina ของตา (การมองเห็น)  |
| III    | Oculomotor | Motor   | ส่วนใหญ่ของกล้ามเนื้อตา  |
| IV     | Trochlea   | Motor   | กล้ามเนื้อ Dorsal Oblique ของตา                                    |
| V      | Trigeminal | Mixed   | Sensory เลี้ยงที่ตาและใบหน้า<br>Motor กล้ามเนื้อเกี่ยวกับการเคี้ยว |

| คู่ที่ | ชื่อ              | ชนิด    | ไปเลี้ยง   |
|--------|-------------------|---------|--|
| VI     | Abducens          | Motor   | กล้ามเนื้อ Retractor และ Lateral Rectus ของลูกตา   |
| VII    | Facial            | Mixed   | Sensory ส่วนของหู และ 2/3 ของส่วน tongue, Motor กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับ Facial expression |
| VIII   | Vestibulocochlear | Sensory | Cochlea (การได้ยิน) และ Semicircular Canals (ความสมดุล)                                      |

| คู่ที่ | ชื่อ             | ชนิด  | ไปเลี้ยง  |
|--------|------------------|-------|---|
| IX     | Glossopharyngeal | Mixed | Sensory เลี้ยง Pharynx และ 1/3 ของส่วนท้ายลิ้น<br>Motor เลี้ยงกล้ามเนื้อของ Pharynx |
| X      | Vagus            | Mixed | Sensory เลี้ยง Pharynx และ Larynx<br>Motor เลี้ยงกล้ามเนื้อของ Larynx               |
| XI     | Spinal Accessory | Motor | เลี้ยงกล้ามเนื้อไหล่และคอ   |
| XII    | Hypoglossal      | Motor | เลี้ยงกล้ามเนื้อของลิ้น   |

## ภาพแสดง Cranial Nerves



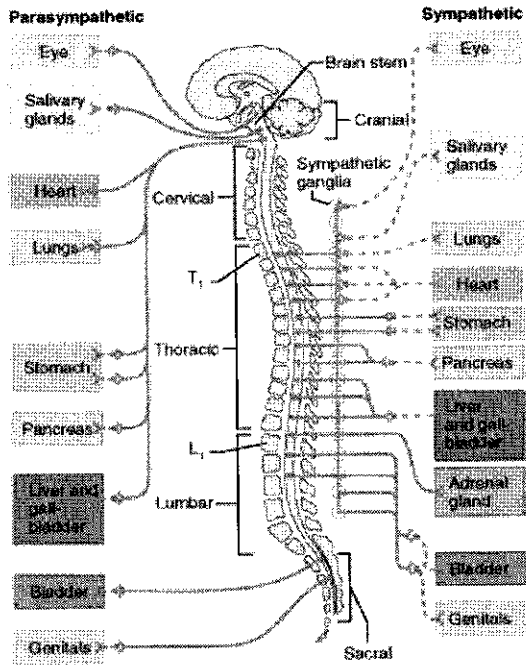
- Sympathetic Nervous System (Thoraco - Lumbar Nervous System)

อยู่ใน Spinal Nerve ที่ออกมาจากส่วนของ Thoracic และ Lumbar

- Parasympathetic Nervous System

เกิดจาก Cranial Nerve 4 คู่ คือ Oculomotor, Facial, Glossopharyngeal, Vagus (เป็น Nerve ที่ยาวที่สุดในร่างกาย) and Spinal Nerve (Sacral Nerve)

ภาพแสดง ANS



| อวัยวะ               | ผลของ Sym                     | ผลของ Parasymp       |
|----------------------|-------------------------------|----------------------|
| ต่อมเหงื่อ           | ขับเหงื่อ                     | ไม่มีผล              |
| ต่อมน้ำลาย           | สร้างน้ำลายเป็นเมือกเหนียวข้น | สร้างน้ำลายใสและเหลว |
| ต่อมของระบบย่อยอาหาร | ยับยั้งการหลั่ง               | หลั่งสิ่งขับออก      |
| กล้ามเนื้อที่วากชน   | หดตัว                         | ไม่มีผล              |

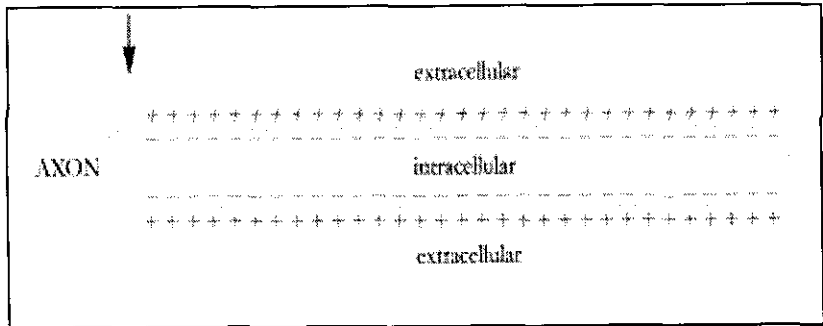
| อวัยวะ                     | ผลของ Sym                                    | ผลของ Parasymp                               |
|----------------------------|--|--|
| กล้ามเนื้อของทางเดินอาหาร  | ยับยั้ง Peristalsis<br>กล้ามเนื้อหูรูดรัดตัว | มี Peristalsis กล้ามเนื้อหูรูดคลายตัว        |
| กล้ามเนื้อของหลอดเลือดเล็ก | คลายตัว (หลอดเลือดขยายตัว)                   | หดตัว (หลอดเลือดหดตัว)                       |
| กล้ามเนื้ออวัยวะสืบพันธุ์  | กล้ามเนื้อหูรูดรัดตัว (ผนังคลายตัว)          | กล้ามเนื้อหูรูดคลายตัว (ผนังหดตัวขับปัสสาวะ) |
| กล้ามเนื้อมดลูก            | หดตัว  | ยับยั้งการหดตัว                              |

| อวัยวะ                      | ผลของ Sym   | ผลของ Parasymp                           |
|-----------------------------|---|--|
| กล้ามเนื้อของหลอดเลือด      | หดตัว ยกเว้นในกล้ามเนื้อคลายและหลอดเลือด Coronary จะขยายตัว | หลอดเลือดขยายตัว                         |
| กล้ามเนื้อของม่านตา         | Radial Muscle หดตัว (รูม่านตาขยาย)                          | Circular Muscle หดตัว (รูม่านตาหดเล็กลง) |
| กล้ามเนื้อ Ciliary ของลูกตา | คลายตัว (เหมาะกับการมองเห็นระยะไกล)                         | หดตัว (เหมาะกับการมองเห็นระยะใกล้)       |



- เกิดจากสิ่งกระตุ้น เช่น สารเคมี ความร้อน แรงกระทบกระแทก ไฟฟ้า
- การนำเริ่มจาก สิ่งกระตุ้น → Nerve
- เกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้คือ เมื่อสิ่งกระตุ้นมากกระตุ้น แรงถึงระดับ Threshold Stimuli (All or Non Law) จะเกิดการเปลี่ยนแปลง Permeability ของเยื่อหุ้มเซลล์ประสาทสร้าง Action Potential และ ส่งคลื่น (กระแส) ประสาท (Nerve Impulse)

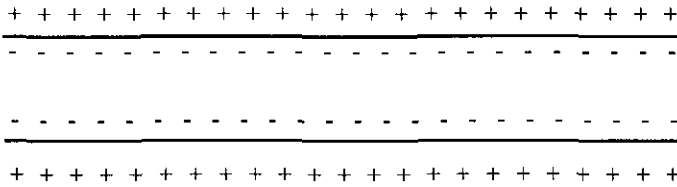
### ภาพแสดงการนำกระแสประสาท



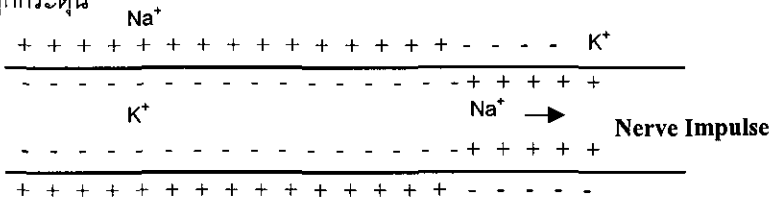


ในสภาวะปกติ (Resting Condition, polarized)

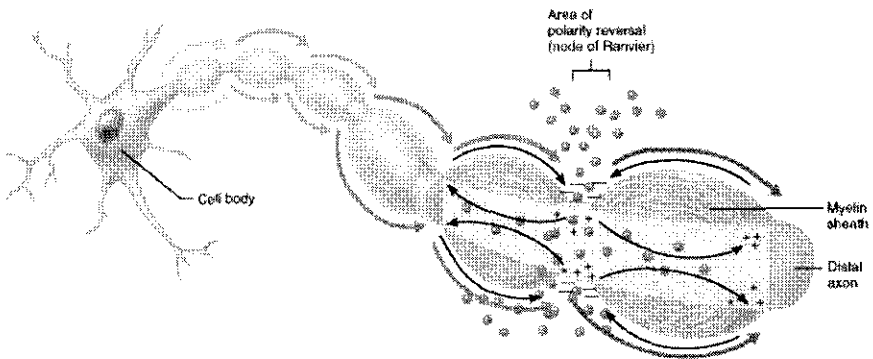
ยอมให้  $K^+$  ผ่าน แต่ไม่ยอมให้  $Na^+$  ผ่าน ภายนอกมีศักย์ไฟฟ้าเป็น +



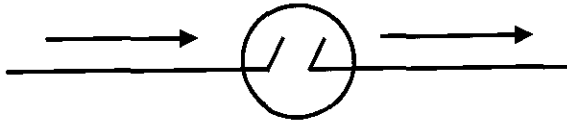
เมื่อถูกกระตุ้น



### ภาพแสดงการนำกระแสประสาท



เรียกขั้นตอนที่  $Na$  เข้าสู่เซลล์ และ  $K$  ออกจากเซลล์ว่า  
“depolarization” จากนั้นจะเกิด Sodium Pump ขั้นตอนนี้เรียกว่า  
“repolarization”



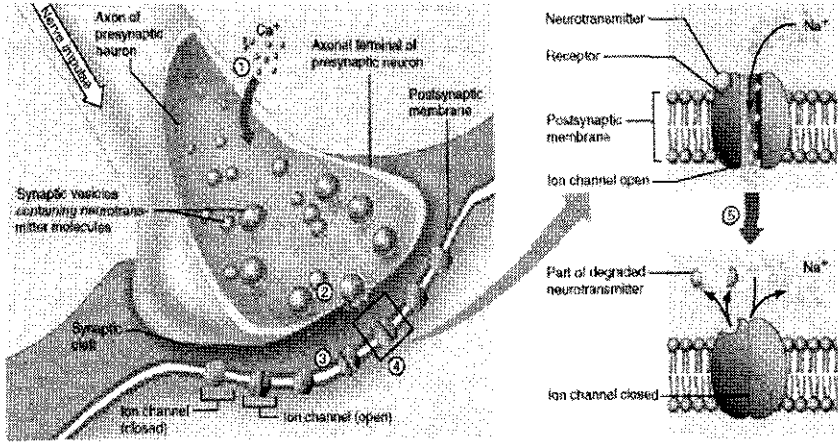
Synapse

Ach (Acetylcholine) = สารสื่อประสาท

Ach + Receptor ที่เยื่อหุ้มเซลล์ฝั่งตรงข้ามทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง Permeability ของเยื่อหุ้มเซลล์

Ach เมื่อออกฤทธิ์แล้วจะสลายตัวไปโดยเอนไซม์ Cholinesterase

Strychnine  $\nearrow$  INHIBITION



- อวัยวะเกี่ยวกับการมองเห็น
- อวัยวะเกี่ยวกับการรับรู้รส
- อวัยวะเกี่ยวกับการรับกลิ่น
- อวัยวะเกี่ยวกับการได้ยินและการทรงตัว
- Reflex

## ตา

- โครงสร้างของลูกตา
- การมองเห็นภาพ
- ความผิดปกติของลูกตา

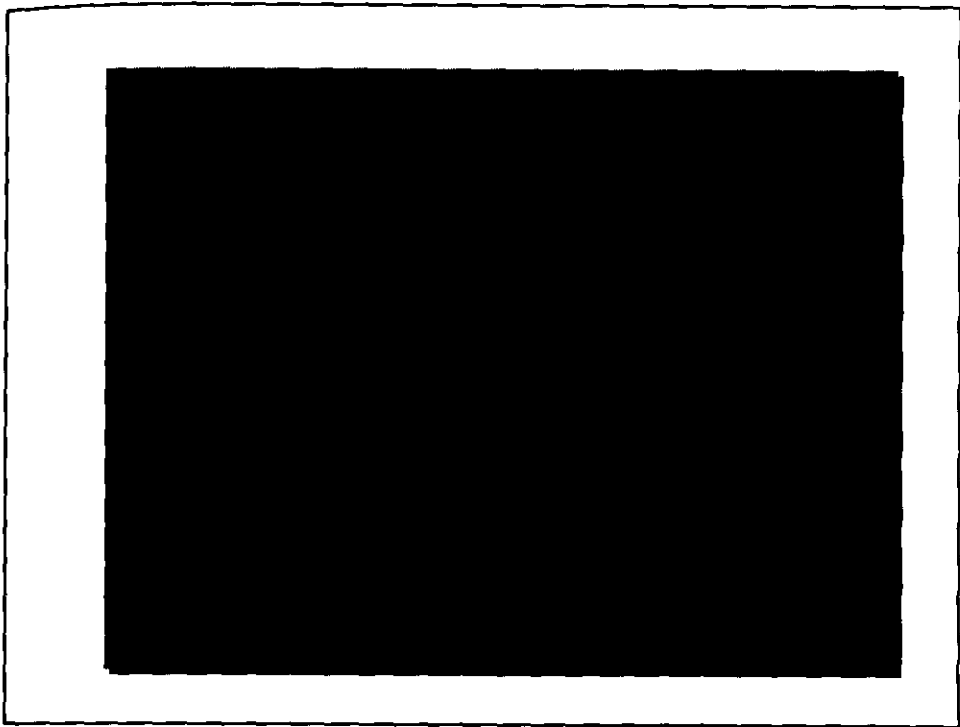
### ลูกตาแบ่งออกเป็นสามส่วนคือ

#### 1. Fibrous Tunic

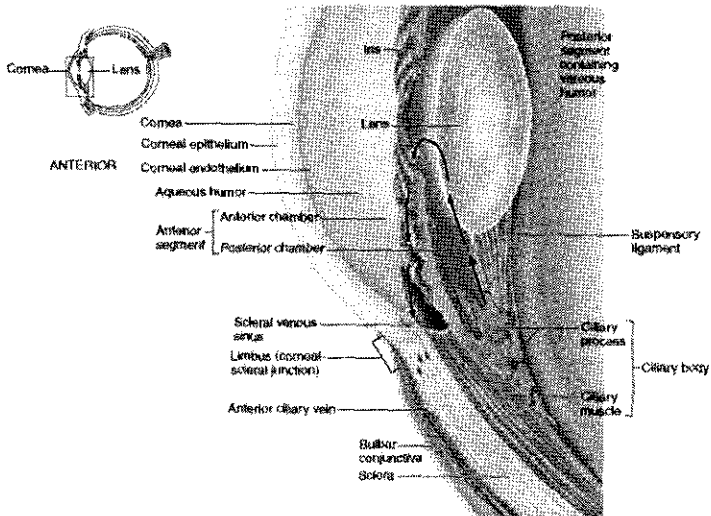
เป็นเยื่อหุ้มลูกตาชั้นนอกสุด ประกอบด้วย

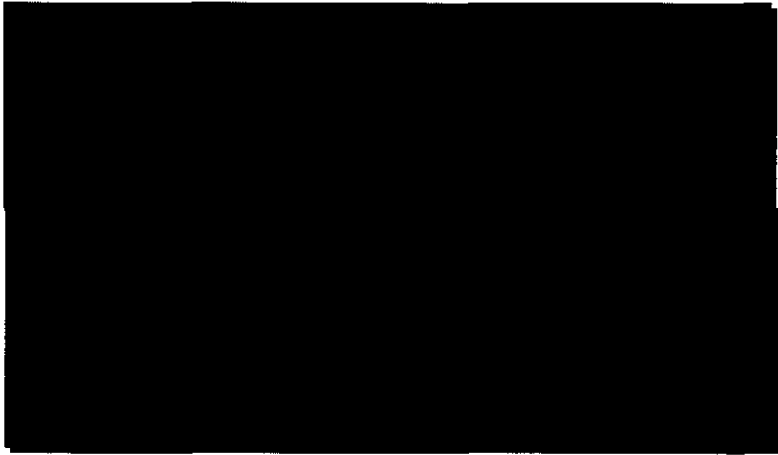
**Sclera (ตาขาว)** เป็นส่วนที่ขมับแสง อยู่ทางด้านหลังมีขนาด 80% ของ Fibrous Tunic เป็น Dense Fibrous Membrane

**Cornea (กระจกตา)** เป็นส่วนที่ใสไม่มีเส้นเลือดมาเลี้ยง อยู่ทางด้านหน้า มีขนาด 20% ของ Fibrous Tunic เป็นส่วนหนึ่งซึ่งช่วยในการหักมุมแสงที่ผ่านเข้ามาให้เข้าจุดโฟกัส



## โครงสร้างของลูกตา





### 1) Circular Muscle

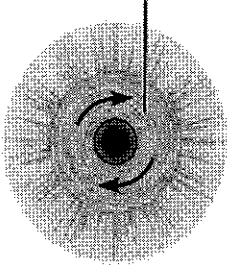
- ลักษณะเรียงตัวเป็นวงรอบ
- ถูกควบคุมโดย Parasympsthetic Nerve ของ Oculomotor Nerve
- ถ้ากล้ามเนื้อหดตัวจะทำให้รูม่านตาเล็กลง (Miosis)

### 2) Radial Muscle

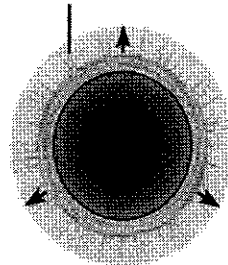
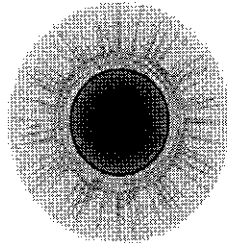
- ลักษณะเรียงตัวเป็นแนวรัศมีโดยรอบ
- ถูกควบคุมโดย Sympathetic Nerve จาก Cranial Cervical Ganglia จาก Cervical Sympathetic Trunk
- ถ้ากล้ามเนื้อนี้หดตัวจะทำให้ม่านตาขยายกว้างออก (Mydriasis)

# Iris

Parasympathetic stimulation causes circular muscles to contract



Sympathetic stimulation causes radial muscles to contract



## 4. Nervous Tunic หรือ Retina แบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ

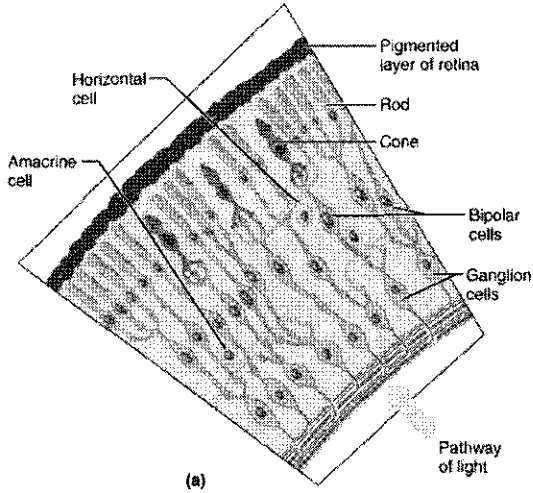
1. ชั้นนอกจะมีรงควัตถุมากมายทำหน้าที่ให้แสงสะท้อนออกจากตาได้
2. ชั้นในเป็นชั้นของประสาทรับความรู้สึก ประกอบด้วยเซลล์ 2 ชนิดคือ

- Rod Cells เป็น Photoreceptor ลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก มีความไวแสงมากรับความรู้สึกเฉพาะในที่แสงสลัวเท่านั้น

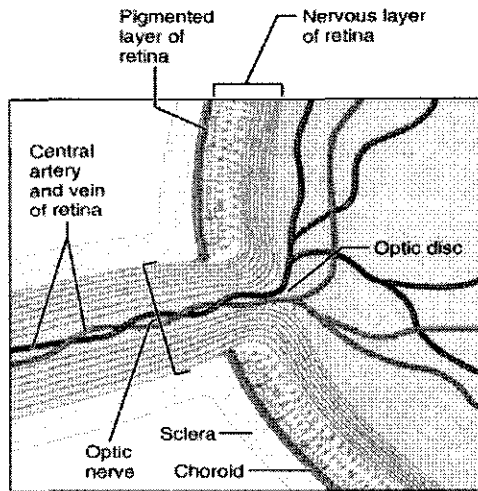
- Cone Cells เป็น Photoreceptor ลักษณะเป็นรูปกรวยมีความไวแสงต่ำรับความรู้สึกเฉพาะในที่ที่มีแสงสว่างจ้าเท่านั้น ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเห็นภาพสี

- ในชั้น Retina บริเวณทางเข้าของ Optic Nerve (Optic Disc) จะไม่มีทั้ง Rod และ Cone Cells อยู่เลย ทำให้มองไม่เห็นภาพ เรียกบริเวณนี้ว่า “จุดบอด”

## Nervous Tunic หรือ Retina



## Nervous Tunic หรือ Retina



(b)



## 5. ส่วนประกอบอื่นๆ ของลูกตา

### เลนส์ (Lens) หรือแก้วตา

เป็นเซลล์ใสเรียงกันอยู่ในเยื่อบางๆ ลักษณะเป็นเลนส์นูน  
หน้าที่โฟกัสภาพให้ชัด ยึดติดด้วย Ciliary Body โดยมี Suspensory Ligament  
ยึดติดอยู่กับ Lens

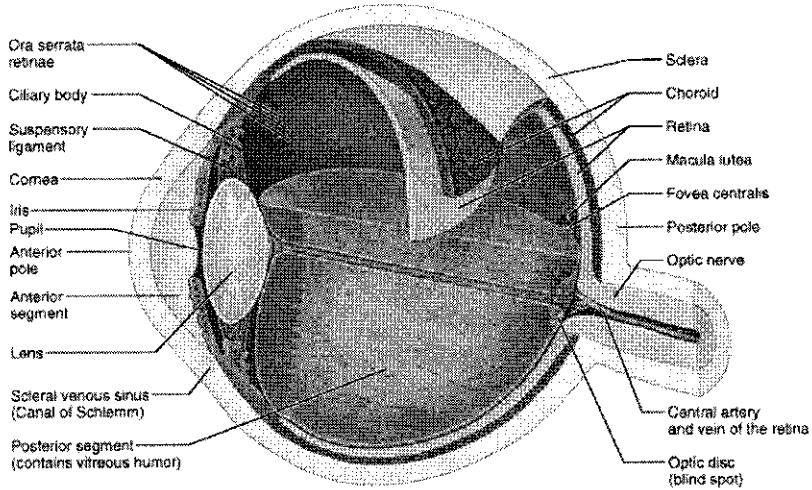
### ช่องว่างในลูกตา (Chamber of Eye)

มี 2 ช่องคือ

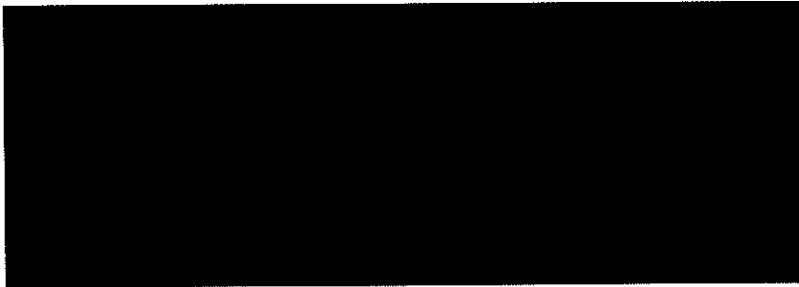
1. ช่องที่อยู่หน้าเลนส์ (Anterior Chamber) มีขอบเขตด้านหน้าติดกับ Cornea ด้านหลังติดกับ Iris และเลนส์ภายในมีของเหลวบรรจุอยู่เรียกว่า Aqueous Humor ลักษณะเป็นน้ำใส (Perfect Transparent) ช่วยในการหักเหของแสง

2. ช่องที่อยู่หลังเลนส์ (Posterior Chamber) มีขอบเขตด้านหน้า ติดกับ Lens ด้านหลังติดกับ Retina ภายในมีของเหลวบรรจุอยู่เรียกว่า Vitreous Humor ลักษณะเป็น Semi - fluid (Jelly - Like) โปร่งแสง มีความเข้มข้นมากกว่า Aqueous Humor ช่วยในการหักเหของแสง

## ช่องว่างในลูกตา (Chamber of Eye)



(a)



น้ำตา ➡ ไหลลงที่มุมตาด้านใน (Medial Canthus)



ถุงเก็บน้ำตา (Lacrimal Sac)



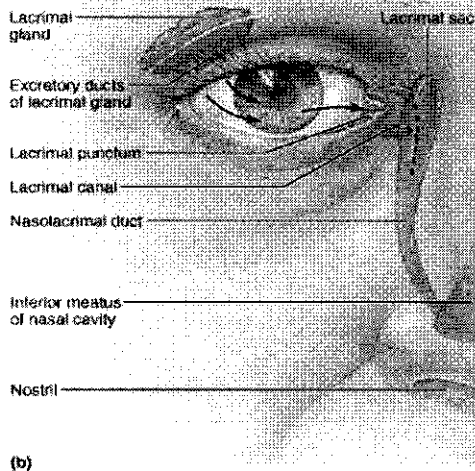
Naso - Lacrimal Duct



Nasal Cavity



Pharynx



## Sebaceous Glands

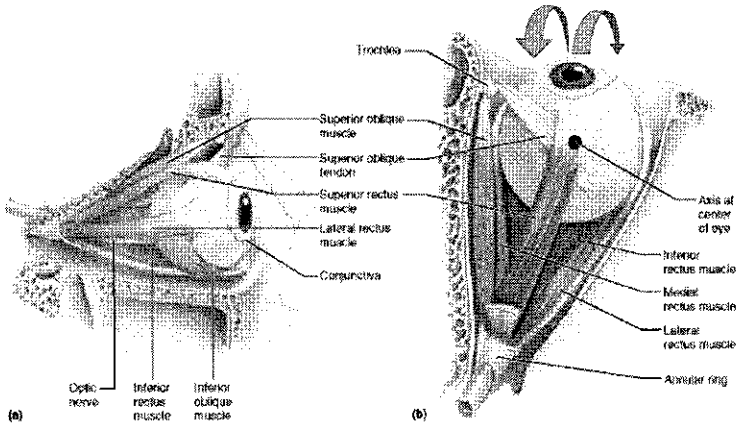
ที่ Hair Follicle ของขนตาเรียกว่า Gland of Zeis การติดเชื้อของต่อมนี้เรียกว่า กุ้งยิง (Sty)

## กล้ามเนื้อตา

ลูกตามีกกล้ามเนื้อ 6 ชิ้นช่วยในการเคลื่อนไหว

1. Dorsal (Superior) Rectus หน้าที่ เหลือบลูกตาขึ้นข้างบนและเบนเข้าข้างใน
2. Ventral (Inferior) Rectus หน้าที่ เหลือบลูกตาลงด้านล่างและเบนเข้าด้านใน
3. Medial Rectus หน้าที่ กรอกตาเข้าทางด้านใน
4. Lateral Rectus หน้าที่ กรอกตาออกทางด้านนอก
5. Dorsal Oblique หน้าที่ เหลือบลูกตาลงด้านล่างและเบนออกทางด้านนอก
6. Ventral Oblique หน้าที่ เหลือบลูกตาขึ้นข้างบน และเบนออกทางด้านนอก

# กล้ามเนื้อตา



แสงสะท้อนจากวัตถุ



Cornea



Iris / Pupil



Lens



Retina

Retina



Optic Nerve



Optic Chiasma



Optic Tract



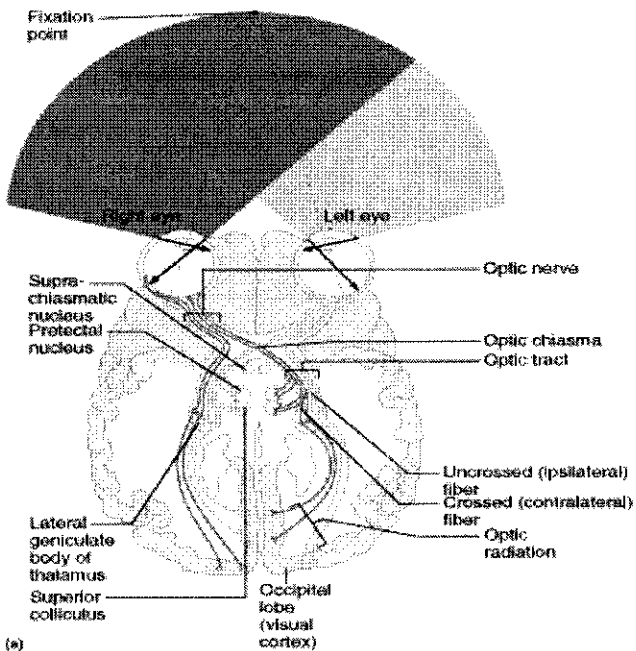
Metathalamus



Occipital Lobe of Cerebral Cortex



สมองจะแปลความรู้สึกรออกมาเป็นภาพ

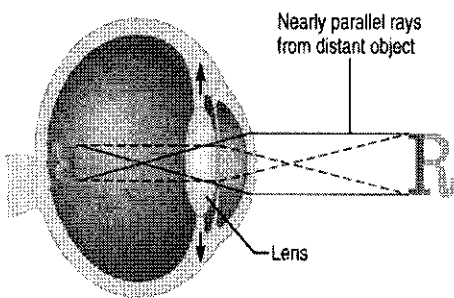


1. ตาปกติเรียกว่า Emetropia

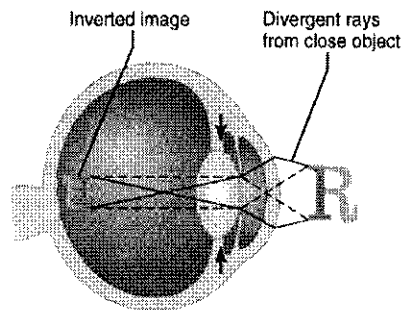
2. สายตายาว (Hypermetropia, Hyperopia, Far - Sightedness, Long - Sight) เกิดจาก ลูกตาสั้นกว่าปกติทำให้จุดโฟกัส (Focal Point) ตกเลย Retina ไปทางด้านหลัง แก้ไขด้วยการใส่แว่นเลนส์นูน

3. สายตาสั้น (Myopia, Near Far - Sightedness, Short - Sight) เกิดจาก ลูกตาวาวผิดปกติทำให้จุดโฟกัส (Focal Point) ตกที่หน้าหรือก่อนถึง Retina


4. สายตาเอียง (Astigmatism) เกิดจาก ความโค้งของกระจกตาไม่สม่ำเสมอ แก้ไขด้วยการใช้เลนส์แบบแท่ง



(a) Lens is flattened for distant vision




(b) Lens bulges for close vision



การรับรู้รสเป็นหน้าที่ของตุ่มรับรส (Taste Bud) ตุ่มรับรสจะพบที่ลิ้น  
เพดานอ่อน, ลำคอ

- โครงสร้างของตุ่มรับรส
- การรับรู้รส



ตุ่มรับรสประกอบด้วย :

1. Supporting Cell
2. Gustatory Cell

จะถูกกระตุ้นโดยอาหาร

ตุ่มรับรสบนลิ้นจะมีส่วนนูนยื่นออกมาบนลิ้นเรียก Papillae



ชนิดของ Papillae ที่ลิ้นประกอบด้วย :

1. Filiform Papillae ลักษณะเป็นปุ่มแหลม แข็งคล้ายเส้นด้าย พบอยู่บริเวณปลายๆ และขอบลิ้น มีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ เมื่ออยู่ลึกเข้าไปในปาก

2. Fungiform Papillae ลักษณะคล้ายดอกเห็ดพบอยู่บริเวณปลายและด้านข้างของลิ้น

3. Valate (Circumvallate Papillae) รูปร่างกลมขนาดใหญ่ที่สุดตรงกลางปุ่ม เรียงตัวเป็น V - Shape อยู่ที่ส่วนท้ายของลิ้น

4. Foliate Papillae เป็นปุ่มรูปใบไม้ อยู่บริเวณโคนลิ้น

ระบบประสาทที่มาเลี้ยงลิ้น :

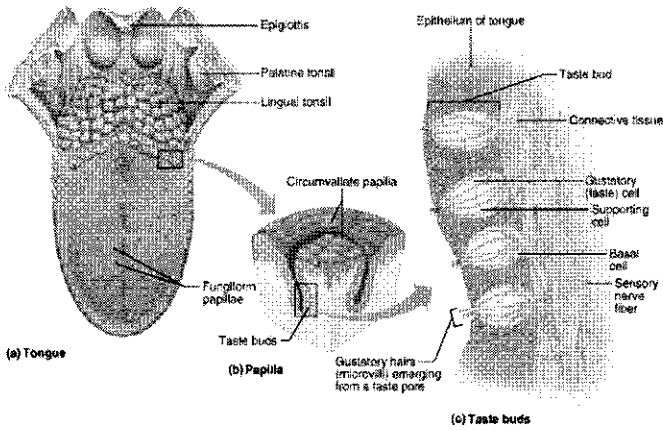
2/3 ส่วนแรกเลี้ยงโดยเส้นประสาท

- Lingual Branch of Trigeminal Nerve

- Chorda Tympani Branch of Facial Nerve

1/3 ส่วนท้ายเลี้ยงโดย Lingual Branch of Glossopharyngeal Nerve

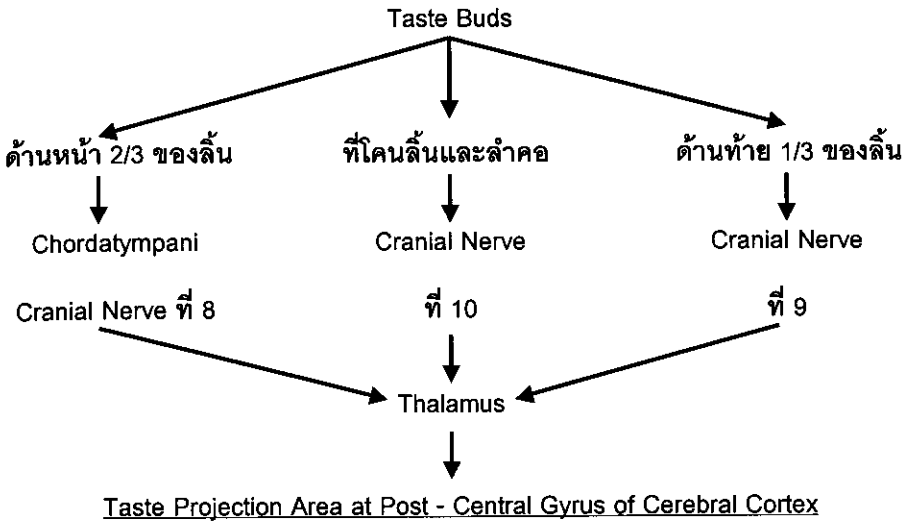
## โครงสร้างของตุ่มรับรส



ลิ้นรับรสได้ 4 รส คือ

- |                 |   |                            |
|-----------------|---|----------------------------|
| 1. หวาน (Sweet) | → | ปลายลิ้น                   |
| 2. เค็ม         | → | ปลายลิ้นและข้างลิ้นทั้งสอง |
| 3. ขม           | → | บริเวณโคนลิ้น              |
| 4. เปรี้ยว      | → | บริเวณข้างลิ้นทั้งสอง      |

## Taste Pathway



- โครงสร้าง
- การรับกลิ่น

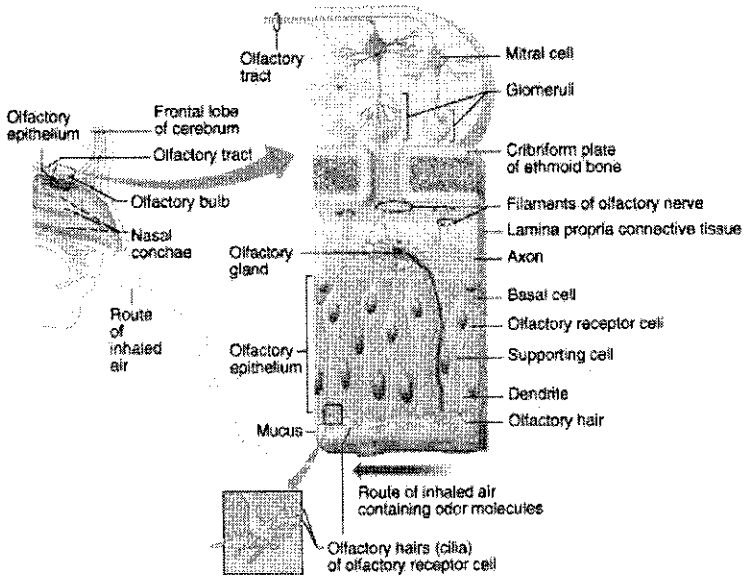
Epithelial ของช่องจมูกประกอบไปด้วยเซลล์ 2 ชนิด คือ

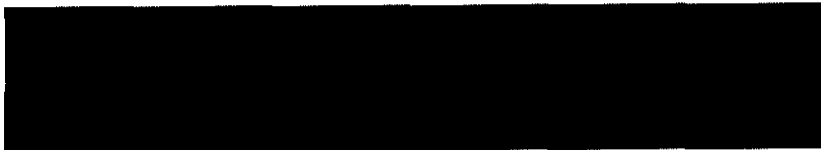
### 1. Supporting Cells

- เป็น Columnar Epithelial Cells
- หน้าที่ สร้างและหลั่งน้ำเมือกชนิดข้น (Mucous) ออกมาทำให้ เยื่อจมูกชุ่มชื้น

### 2. Olfactory Cells

- มี Process ยื่นออกมาเรียกว่า Olfactory Hair

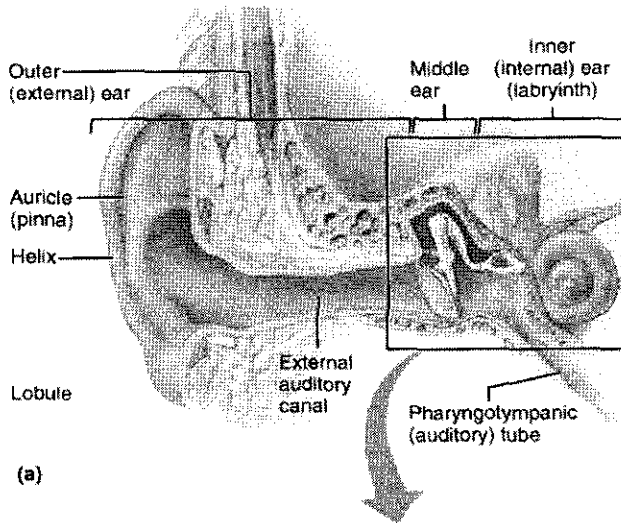




- โครงสร้างของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการได้ยีน
- การได้ยีน
- การทรงตัว

หู ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. หูส่วนนอก (*External Ear*)
2. หูส่วนกลาง (*Middle Ear*)
3. หูส่วนใน (*Internal or Inner Ear*)



## หูส่วนนอก (External Ear)

ประกอบด้วย

### 1. ใบหู (Auricular หรือ Pinna)

- ลักษณะเป็นรูปปากแตร (Funnel Shaped)
- โครงสร้างของใบหูเป็น Elastic Cartilage
- หน้าที่ ช่วยดักคลื่นเสียง ทำให้คลื่นเสียงเข้าสู่หูได้ดียิ่งขึ้น

### 2. รูหู (External Acoustic Meatus)

- ลักษณะเป็นท่อยาวลึกลงไปในกระดูกกะโหลกศีรษะอยู่ระหว่างใบหูและเยื่อแก้วหู

- ในท่อนี้จะมีขนและต่อมไขมัน (Sebaceous Gland) เพื่อป้องกันสิ่งแปลกปลอมเข้าหู เช่น แมลง

- หน้าที่ เป็นทางเดิน ของเสียงจากใบหูไปเยื่อแก้วหู

### 3. เยื่อแก้วหู (Ear Drum or Tympanic Membrane)

- เป็นแผ่นเยื่อบางๆ กั้นช่องหูชั้นนอกและหูส่วนกลาง
- หน้าที่ สั่นสะเทือนตามคลื่นเสียงที่มากระทบ (Vibratory Structure)

## หูชั้นกลาง (Middle Ear)

ประกอบด้วย

### 1. Eustachian Tube

- เชื่อมระหว่างหูชั้นกลางและ Pharynx (คอหอย)
- หน้าที่ เป็นทางเดินของอากาศให้เข้าหรือออก จากหูชั้นกลาง ช่วยให้ความกดอากาศ (Air Pressure) ระหว่างหูชั้นกลางและภายนอกเท่ากัน

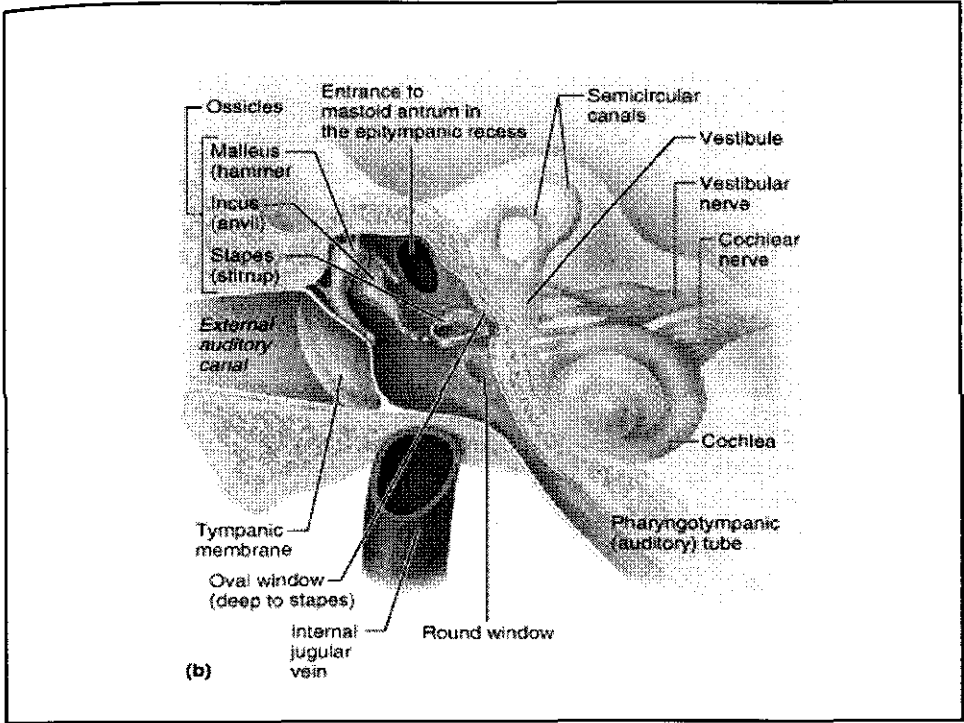
### 2. กระดูกหู (Ear Ossicle or Ear Bone)

หน้าที่ รับแรงสั่นสะเทือนจากเยื่อแก้วหูมาขยายความสั่นสะเทือนของคลื่นเสียงให้มากกว่าเดิมประมาณ 15-20 เท่า

ประกอบด้วยกระดูก 3 ชิ้น เชื่อมติดกันเรียงจากนอกเข้าไปใน คือ

- Malleus หรือ กระดูกฆ้อน (Hammer) มีส่วนด้ามที่ติดอยู่กับเยื่อแก้วหู
- Incus หรือกระดูกทั่ง (Anvil) อยู่ชั้นกลาง
- Stapes หรือกระดูกโกลน มีส่วนที่อยู่ติดกับด้านนอกของผนังท่อเปิดของ Fenestra Ovalis



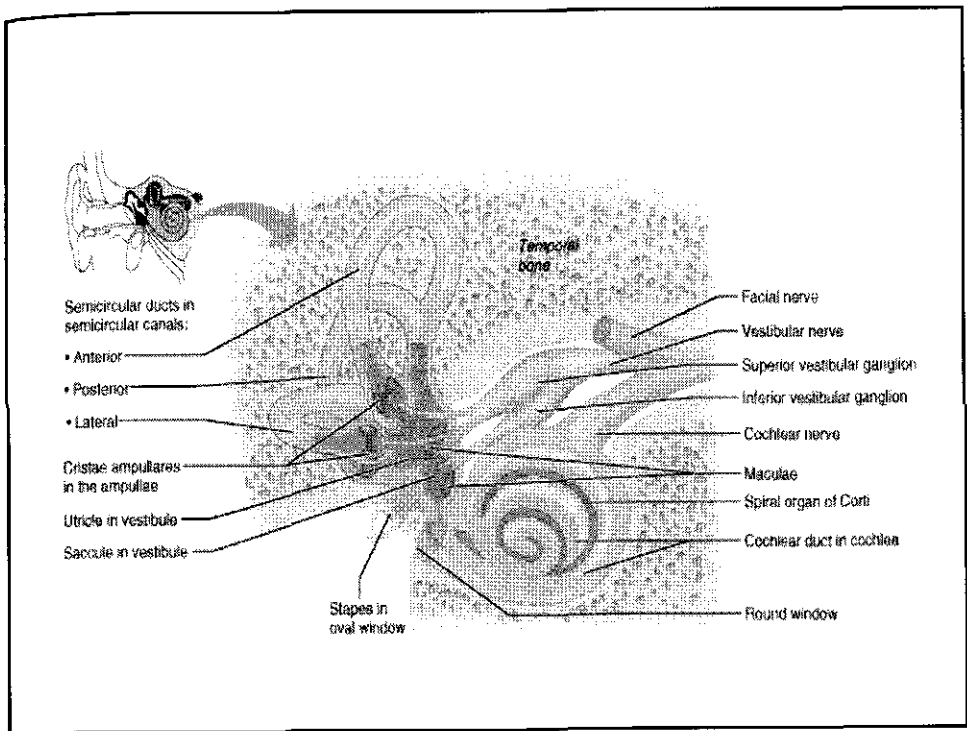


## หูชั้นใน (Inner Ear)

ประกอบด้วย

### 1. Cochlea

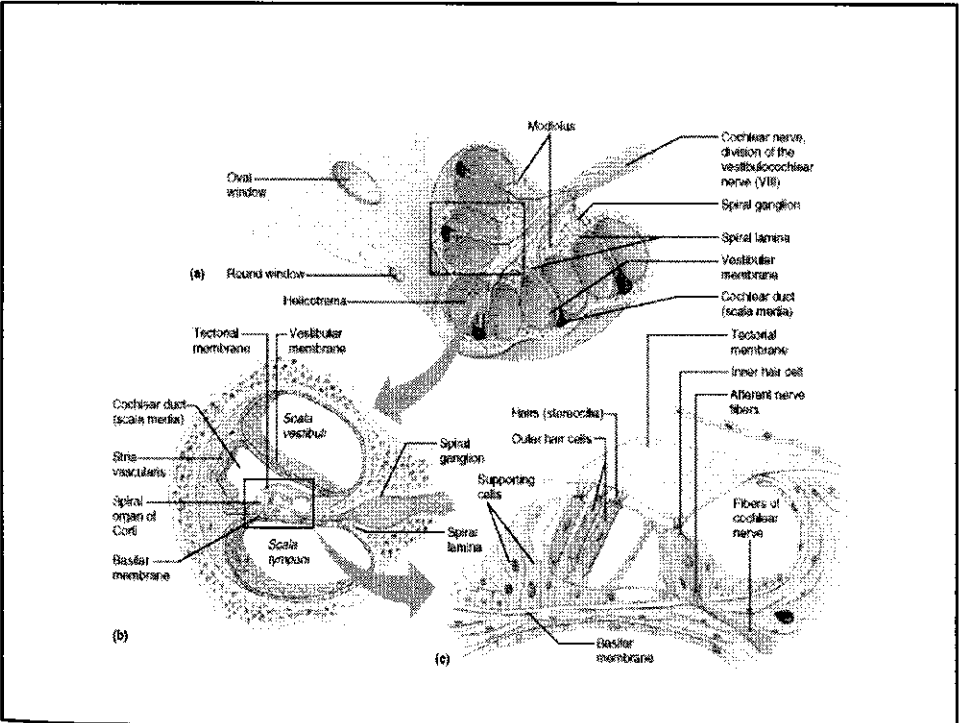
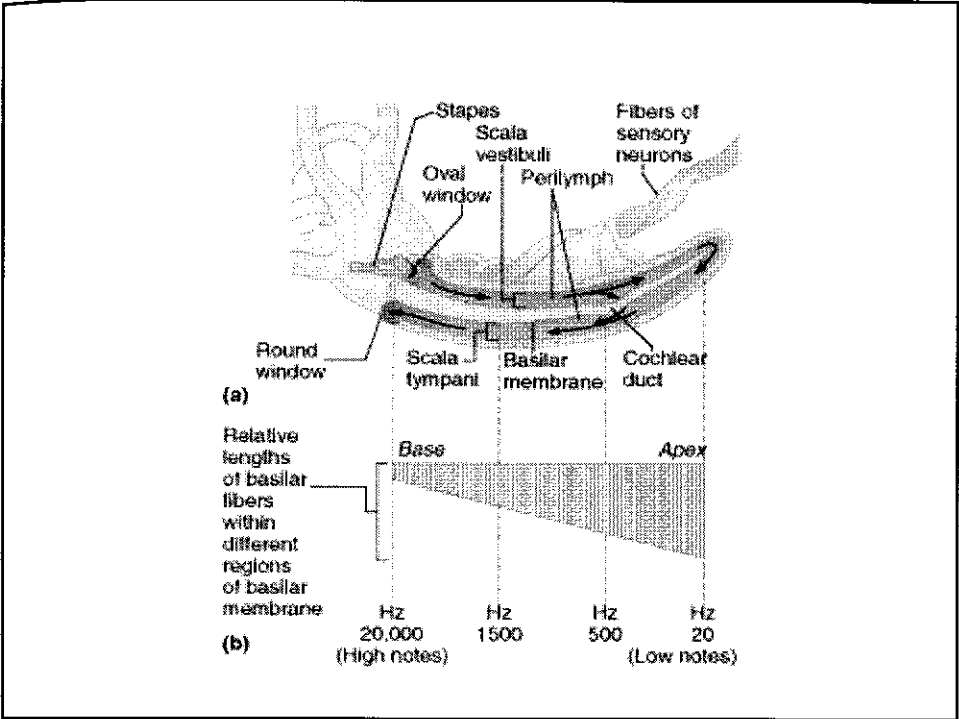
- รูปร่างคล้ายกังหันหอย มีวนตัว  $2\frac{1}{2}$  รอบ
- เปลี่ยนคลื่นเสียง  $\longrightarrow$  Nerver Impulse
- แบ่งเป็น 3 ส่วน ตามยาว คือ
  1. ห้องบนคือ Scala Vestibuli
  2. ห้องกลางคือ Scala Media
  3. ห้องล่างคือ Scala Tympani

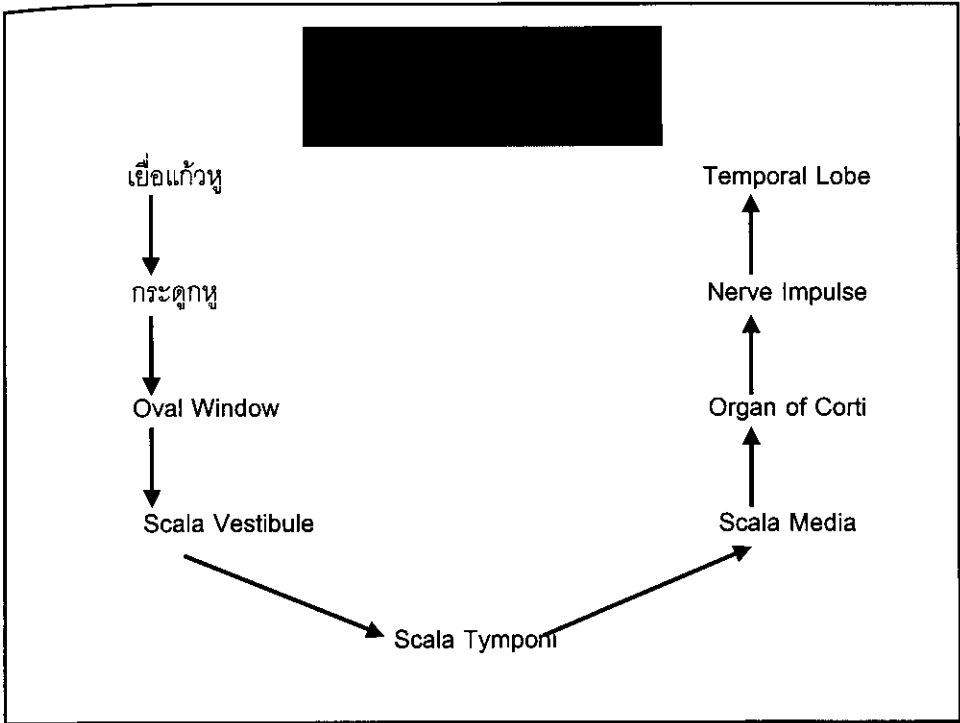


# ในห้องบนและล่าง มีของเหลวอยู่เรียกว่า Perilymp ซึ่งทั้ง 2 ห้องนี้มีรูติดต่อกันได้ที่บริเวณยอดของ Cochlea เรียกกันว่า Helicotrema

# ในห้องกลางมีของเหลวอยู่เรียกว่า Endolymph ภายในห้องกลางของ Cochlea มีส่วนที่เรียกว่า Organ of Corti เป็นอวัยวะสำหรับรับเสียงวางตัวตลอดความยาว

# Organ of Corti → Hair Cell โดย Hair Cell เป็น Receptor เปลี่ยนแรงสั่นสะเทือนของคลื่นเสียง เป็นสัญญาณประสาท (Nerve Impulse) โดยจะมี Cochlea Nerve จาก CN 8 มาเลี้ยง





## 2. Semicircular Canal และ Maculae

### Semicircular Canal

- ประกอบด้วยท่อโค้ง 3 ท่อ ตั้งฉากซึ่งกันและกัน
- ภายในมีของเหลวเรียก Endolymph
- แต่ละท่มีส่วนโป่งออกเรียกว่า Ampullar ภายในมี Hair Cell ซึ่งด้านบนของ Hair Cell มีสารคล้ายวุ้นคลุมอยู่ (Gelatinous Mass)

การเคลื่อนที่ของร่างกาย



Endolymph เคลื่อนที่



Hair Cell เคลื่อนไหว

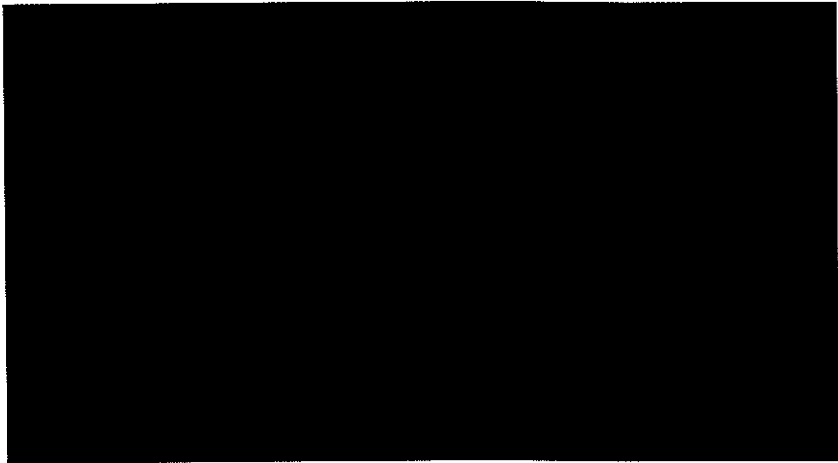


เกิดการกระตุ้นส่งกระแสประสาท



CN8

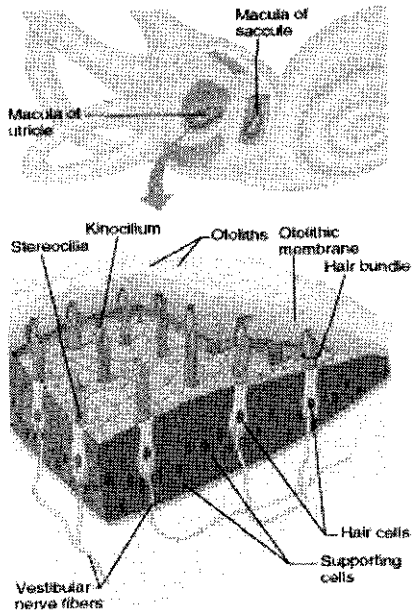
Cerebellum



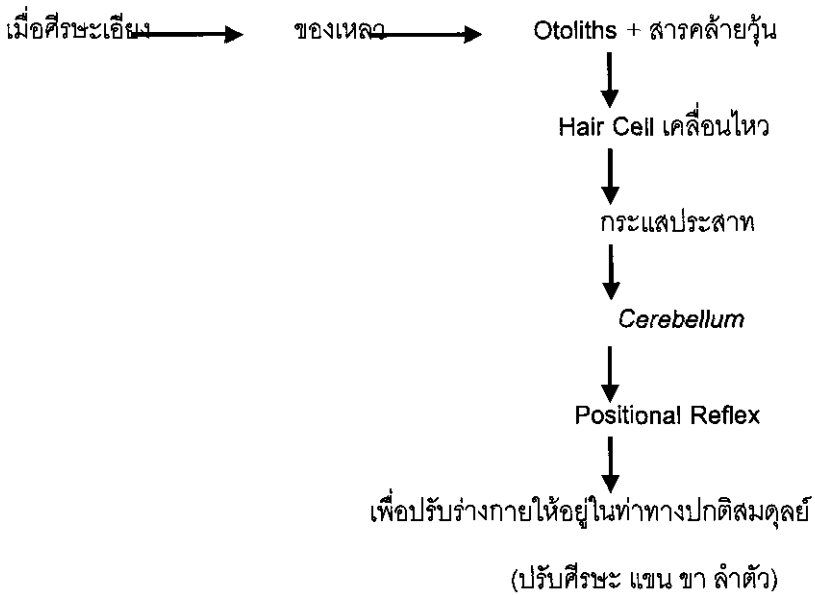
## Maculae

- เป็น Receptor อยู่ในหู เรียกว่า Sacculus และ Utriculus

- ลักษณะของ Receptor เป็น Hair Cell ข้างบนของ Hair Cell มีสารคล้ายวุ้นปกคลุมอยู่ ข้างบนของสารคล้ายวุ้นมีก้อนของแคลเซียมคาร์บอเนตคลุมอยู่เรียกว่า Otoliths ช่วยในการรับรู้ท่าทาง



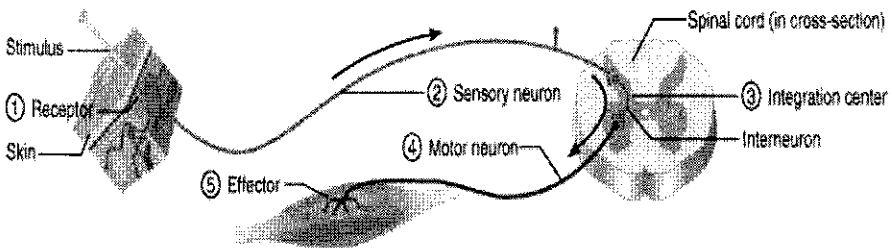
## การทรงตัว



หมายถึง การตอบสนองของร่างกายอย่างรวดเร็วโดยอัตโนมัติ จากสิ่งกระตุ้น  
ซึ่งอาจเป็นจากภายนอกหรือภายในร่างกาย โดยการตอบสนองในช่วงแรกๆ  
นั้นเป็นปฏิกิริยาที่ไม่ต้องผ่านสมอง แต่ผ่านเฉพาะไขสันหลัง โดย Motor Neuron  
ในไขสันหลังส่งกระแสประสาทมาควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อต่างๆ

## ส่วนประกอบ

1. Receptor ที่อวัยวะภายในหรือภายนอก (ผิวหนัง)
2. เซลล์ประสาทรับความรู้สึก (Sensory Neuron)
3. ศูนย์กลาง (Center)
4. เซลล์ประสาทยนต์ (Motor Neuron)
5. อวัยวะเป้าหมายที่แสดงผล (Effector Organ) เช่น กล้ามเนื้อ

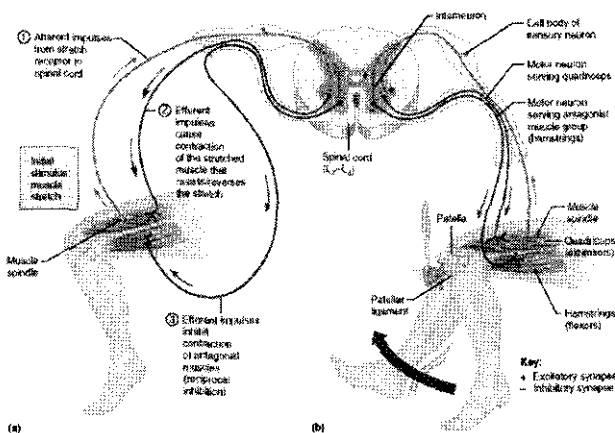




## ตัวอย่าง

- Stretch Reflex
- Tendon Reflex
- Knee Jerk Reflex
- Achilles Reflex
- Corneal Reflex
- Abdominal Reflex
- Anal Reflex
- Plantar Reflex

## Stretch Reflex



## ระบบหายใจ

### ( Respiratory System )

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของระบบหายใจตลอดจนกลไกการหายใจ รวมทั้งการไหลเวียนของเลือดและอากาศที่ปอด การแลกเปลี่ยนและการขนส่งแก๊ส

### นักศึกษาสามารถ

- บอกถึงหน้าที่ของระบบหายใจได้อย่างถูกต้อง
- อธิบายถึงกายวิภาคของระบบทางเดินหายใจของ โค สุกุร และไก่ ได้ อย่างถูกต้อง
- อธิบายถึงกลไกการควบคุมการหายใจเข้าและหายใจออกได้ถูกต้อง
- อธิบายถึงการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างอากาศในปอดและกระแสเลือด ตลอดจนการขนส่งแก๊สในกระแสเลือดได้อย่างถูกต้อง
- บอกถึงทิศทางการไหลเวียนของเลือดระหว่างปอดสู่หัวใจได้อย่างถูกต้อง
- บอกถึงความผิดปกติของระบบหายใจที่พบได้เสมอ

## ระบบหายใจ (Respiratory System)

ระบบหายใจประกอบไปด้วยโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างเลือดและอากาศที่หายใจเข้าไป

### หน้าที่ของระบบหายใจ

1. แลกเปลี่ยนแก๊ส ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์
2. ควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย เช่น ระบายความร้อนออกมากับไอน้ำที่ออกมากับลมหายใจ
3. ควบคุมความเป็นกรดเป็นด่างของร่างกายให้คงที่
4. ทำให้อากาศที่เข้าสู่ปอดมีความอบอุ่นและชุ่มชื้น
5. กรองสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาที่ลมหายใจก่อนเข้าปอดและเก็บกินเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาในปอดโดยเม็ดเลือดขาว (alveolar macrophages)
6. ทำให้เกิดเสียง (phonation)

## การหายใจ มีความหมายและขอบเขตกว้างขวาง

1. การระบายอากาศ (Pulmonary ventilation) เป็นการเคลื่อนที่ของอากาศเข้าและออกจากปอด
2. การหายใจที่ปอด หรือการหายใจภายนอก (Pulmonary respiration หรือ External respiration) เป็นการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างปอดกับเลือด
3. การหายใจภายใน (Internal respiration) เป็นการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างเลือดกับเนื้อเยื่อหรือเซลล์
4. การหายใจภายในเซลล์ (Cellular respiration) เป็นการนำออกซิเจนมาใช้ในขบวนการเมตาบอลิซึม ได้พลังงานในรูป ATP น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์

อวัยวะในระบบหายใจ ระบบหายใจมีอวัยวะที่เกี่ยวข้อง แบ่งออกได้เป็นดังนี้

### 1. ส่วนที่เป็นทางผ่านของอากาศ (Conducting portion หรือ Air passage)

- เป็นส่วนที่มีลักษณะเป็นท่อขนาดต่างๆกัน ตั้งแต่จมูกเรื่อยไปจนถึง terminal bronchioles (จมูก, ลำคอ, กล่องเสียง, หลอดลม (trachea), bronchioles, terminal bronchioles )

- ส่วนนี้ไม่มีการแลกเปลี่ยนแก๊ส แต่จะหน้าที่ปรับอุณหภูมิของอากาศภายนอกให้เท่ากับอากาศภายในร่างกาย ปรับความชื้น และดักจับฝุ่นละออง

## 2. ส่วนที่มีการแลกเปลี่ยนแก๊ส (Respiratory portion หรือ Respiratory unit)

- ส่วนนี้ได้แก่ส่วนที่ต่อมาจาก Conducting portion หรือ ส่วนปลายสุดของ terminal bronchioles ซึ่งประกอบด้วย Respiratory bronchioles, alveolar ducts, alveolar sacs และ alveoli

- alveoli มีรูปร่างเป็นกระเปาะอากาศเล็กๆ ผนังบางมากมีจำนวนเป็นล้านกระเปาะ ยื่นเป็นตุ่มออกมาจาก Respiratory bronchioles รอบๆผนัง alveoli จะมีเส้นเลือดแดงมาประสานกันเป็นตาข่ายแนบชิดอยู่ล้อมรอบ (Respiratory bronchioles และ alveoli) จะมีการแลกเปลี่ยนแก๊สเกิดขึ้น โดยอากาศที่หายใจเข้าจะซึมผ่านเข้าสู่เลือด และ  $\text{CO}_2$  จากเลือดจะซึมผ่านออกสู่นองลม

## 3. Ventilation portion

- ประกอบไปด้วย Lung-thorax pump

- ควบคุมด้วยกล้ามเนื้อที่ช่วยในการหายใจ กล่าวคือถ้ากล้ามเนื้อที่ช่วยในการหายใจหดตัว ก็จะทำให้ทรวงอกขยายออกในระหว่างการหายใจเข้า และทรวงอกจะหดลงเนื่องจากคุณสมบัติที่ยืดหยุ่นได้ของปอด (passive recoil) ในระหว่างหายใจออก

## กายวิภาคศาสตร์ของระบบทางเดินหายใจ



### รูจมูก (nostrils or nares)

- เป็นรูเปิดภายนอกของทางเดินอากาศหายใจ มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันออกไปตามชนิดของสัตว์
- ในม้าจะมีลักษณะอ่อนนิ่มและเปิดขยายได้
- ในสุกรจะมีลักษณะแข็ง
- ผิวหนังรอบๆรูจมูกจะมีส่วนที่ต่อไปถึงส่วน muzzle
- ส่วน muzzle นี้มักปกคลุมไปด้วยขน ต่อมไขมัน (sebaceous gland) และต่อมเหงื่อ (sweat gland)
- ส่วน muzzle ของโค แกะและสุกร ไม่มีขนขึ้น และไม่มีต่อมไขมัน เรียกว่า planum nasale แต่จะมีต่อมเหงื่อ



### ช่องจมูก (Nasal cavity)

- แยกออกจากช่องปากโดย hard และ soft palates
- แยกออกเป็นซ้าย-ขวาด้วย median cartilaginous septum
- ช่องจมูกแต่ละข้างติดต่อกับรูจมูกทางด้านหน้า กับลำคอทางด้านท้าย
- ผนังด้านข้างและด้านบนประกอบด้วยกระดูก

- ช่องจมูกบุด้วยเยื่อเมือก (mucous membrane) ซึ่งปกคลุมไปตามส่วน turbinate bone (conchae) ซึ่งขดอยู่คล้ายเปลือกหอยและติดอยู่ทางผนังด้านข้างของช่องจมูก conchae มี 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1) dorsal concha และ ventral concha

2) กลุ่มของ ethmoturbinate bones ขนาดเล็กๆ

เส้นเลือดฝอยที่ปกคลุมที่ส่วน conchae เหล่านี้จะช่วยให้อากาศที่หายใจเข้าไปอุ่นขึ้น

- เยื่อเมือกในส่วนท้ายของช่องจมูกจะเป็นที่อยู่ของปลายประสาทสัมผัส (sensory nerve ending ของ olfactory nerve (cranial I) ซึ่งทำหน้าที่รับความรู้สึกในการได้กลิ่น (smell)

### โพรงอากาศ (Sinuses)

- โพรงอากาศในกระดูกกะโหลกศีรษะมีทางเปิดทะลุติดต่อกับช่องจมูกได้
- โพรงอากาศมีหลายแห่ง เช่น maxillary sinus, frontal sinus, sphenoidal sinus และ palatine sinus
- ในม้า sphenoid และ palatine sinus จะเชื่อมเป็นโพรงอากาศเดียว เรียกว่า sphenopalatine sinus
- ในวัวและแกะยังมี lacrimal sinus อยู่ที่กระดูก lacrimal มี 2 ซ้ำง
- การติดเชื้อของ sinus เรียก sinusitis เช่น maxillary sinusitis ที่พบในม้าเกิดจากการติดเชื้อที่รากฟันกรามแล้วลามเข้าไปที่ maxillary sinus ในโคการติดเชื้อจากการตัดเขาอาจทำให้เกิด frontal sinusitis)

## ✦ ลำคอ (pharynx)

- เป็นทางเดินร่วมกันของอาหารและอากาศที่หายใจเข้าออก
- แบ่งได้เป็น 3 ส่วนคือ nasopharynx, oropharynx และ laryngopharynx
- ในบริเวณลำคอจะมี epiglottis มาทำหน้าที่ในการคอยเปิดปิดเพื่อป้องกันไม่ให้อาหารเข้าไปในหลอดลม มันจะปิด เมื่อสัตว์กลืนอาหาร

- ช่องเปิดต่างๆที่เปิดเข้าสู่ลำคอ ได้แก่

- 1) ช่องเปิดจากช่องจมูก (*posterior nare*)
- 2) จากช่องหูชั้นกลาง (*eustachian tubes*)
- 3) จากช่องปาก
- 4) จากกล่องเสียง
- 5) จากหลอดอาหาร

- ส่วนปลายล่างของ *eustachian tube* แต่ละข้างของม้า จะขยายไปงอกออกเป็นส่วนที่เรียกว่า *guttural pouch* ซึ่งพบอยู่ทางด้านข้างของลำคอ



## ↓ กล่องเสียง (Larynx or voice box)

- ช่วยควบคุมการหายใจเข้าและหายใจออก
- ป้องกันการหายใจเอาวัตถุแปลกปลอมเข้าไป
- ช่วยควบคุมเสียงร้องต่างๆ
- ประกอบไปด้วยกระดูกอ่อนชิ้นใหญ่ 5 ชิ้น คือ

1) epiglottis cartilage

2) thyroid cartilage

3) arytenoid cartilage มี 2 ชิ้น

4) cricoid cartilage

1) epiglottis cartilage ทำหน้าที่ปิดเปิดหลอดลมในขณะกลืนอาหารหรือเวลาหายใจ หรือส่งเสียงร้อง

2) thyroid cartilage ประกอบด้วยส่วน body และส่วนปีกส่วน 2 ข้าง ส่วน body เป็นส่วนที่ยื่นแหลมๆ ที่โผล่ออกมาทางด้านล่างของคอ ในมนุษย์เรียกว่า ลูกกระเดือก (Adams apple) ส่วนปีกเป็นที่ยึดเกาะของกล้ามเนื้อซึ่งทำหน้าที่ช่วยในการกลืนและการออกเสียง

3) arytenoid cartilage มี 2 ชิ้น ทำหน้าที่ปิดเปิด glottis และทำหน้าที่เหมือนคานให้กับสายเสียงทำให้สามารถควบคุมความตึงหย่อน จึงช่วยควบคุมระดับเสียงได้

4) cricoid cartilage มีรูปร่างเป็นวงแหวนยึดติดกับกระดูกอ่อนของหลอดลมอันแรก ช่วยในการรักษารูปร่างของกล่องเสียงเพื่อให้อากาศผ่านเข้าไปได้

## ✦ หลอดลม (Trachea)

- แยกแขนงออกเป็นซ้ายขวา คือ **left** และ **right primary bronchi** โดยแต่ละแขนงจะเข้าสู่ขั้วปอดข้างนั้น
- **primary bronchi** แต่ละข้างหลังเข้าปอดจะแตกแขนงย่อยเป็น **secondary bronchi** ซึ่งจะเข้าสู่ปอดแต่ละกลีบ
- **secondary bronchi** เมื่อเข้าปอดแต่ละกลีบแล้วจะแตกแขนงย่อยอีกเป็น **tertiary bronchi** ก็จะแตกแขนงอีกหลายครั้งในที่สุดก็จะให้เป็น **bronchiole** และแตกแขนงย่อยออกไปอีกเป็น **terminal bronchiole**
- **terminal bronchiole** แต่ละอันจะแยกแขนงให้เป็น **respiratory bronchiole** อีกหลายแขนง **respiratory bronchiole** แต่ละแขนงจะมีกลุ่มของถุงลมเล็กๆ มาเปิดเข้าถุงลมนี้เรียกว่า **alveoli**

## ✦ Alveolar duct

- เป็นแขนงเล็กๆ ของ **respiratory bronchioles** มี **alveoli** หลายๆ ถุงเรียงอยู่ชิดกันและตรงปากของ **alveoli** และตรงปากของ **alveoli** มีกล้ามเนื้อเรียบอยู่ด้วย

## ✦ Alveolar sac

- เป็นช่องว่างหลายอันที่ **alveoli** หลายถุงมาเปิดเข้า

## Alveoli

- จำนวนถุงลมในลูกสัตว์จะน้อยกว่าสัตว์โตเต็มที่ประมาณ 10 เท่า ดังนั้นเนื้อที่ในการแลกเปลี่ยนแก๊สจึงน้อยกว่า
- แต่ละถุงลมเรียงติดกันจะมีผนังเรียกว่า **interalveolar septum** ซึ่งมีหลอดเลือดแทรกอยู่ ถ้า **septum** ขาดพื้นที่ของผนังถุงลมจะลดลง

## Blood-air barrier

- หมายถึงสิ่งที่กั้นอยู่ระหว่างเลือดในหลอดเลือดแดงฝอยในปอด กับอากาศที่ขังอยู่ใน **alveoli** ดังนี้

1. **Alveolar epithelial cells** มี cell 2 ชนิดคือ

1) **type I cell** ที่มีรูปร่างแบนราบ ทำหน้าที่หลักเป็นผนังถุงลม

2) **type II cell** หรือ **granular myocytes** หนากว่าเซลล์ชนิดแรกมีหน้าที่สร้างและหลั่งสาร **surfactant** นอกจากนี้สามารถพบ **epithelial cell** อื่นๆ เช่น

- **alveolar macrophage** หรือ **dust cell** ทำหน้าที่ทำลายสิ่งแปลกปลอม
- **mast cell** ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับอาการแพ้

2. Basement membrane ของ alveolar epithelium

3. เนื้อเยื่อเกี่ยวพันระหว่าง Basement membrane ของ alveolar epithelium และ basement membrane ของ endothelial lining

4. Basement membrane ของ endothelial lining

5. Endothelial cells ในหลอดเลือดแดงฝอย

### ทรวงอก (Thoracic)

- อวัยวะที่ประกอบเป็นผนังของทรวงอกประกอบด้วย กระดูกซี่โครง (ribs), กล้ามเนื้อลายที่อยู่ระหว่างซี่โครง (intercostals muscles), sternum, กล้ามเนื้อลายของส่วนหลัง, spinal column และกล้ามเนื้อกระบังลม (diaphragm) โดยการติดกันทำให้เกิดเป็นช่องว่างอยู่ในทรวงอก (thoracic cavity) ซึ่งเป็นช่องปิดและไม่มีทางติดต่อกับภายนอก

- ผิวด้านในของผนังทรวงอกบุด้วย parietal pleura ซึ่งเป็นเยื่อบุผิวชนิด mesothelium

## เยื่อหุ้มปอด (Visceral pleura)

- เป็น serous membrane ประกอบด้วยเซลล์เยื่อบุผิวชั้นเดียวที่เรียกว่า mesothelial cells
- มีหน้าที่ทำให้ผิวปอดเรียบและลื่น การเคลื่อนไหวของปอดเป็นไปได้อย่างสะดวก

## ปอด (Lungs)

- มี 2 ข้าง ซ้ายและขวา
- อยู่ในช่องอก
- ระหว่างปอดสองข้างมี ช่องว่าง เรียกว่า mediastinum ซึ่งเป็นที่อยู่ของอวัยวะที่สำคัญ ได้แก่ หัวใจ, aorta, vena cava, pulmonary vessels, หลอดอาหาร, บางส่วนของหลอดลมและต่อม thymus
- ลูกสัตว์ที่อยู่ในครรภ์แม่ ปอดยังไม่มีอากาศจึงทำให้มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ ดังนั้นปอดจะจมน้ำ แต่ถ้าลูกสัตว์หายใจสูดอากาศเข้าไปอย่างน้อย 1 ครั้ง ปอดจะลอยน้ำวิธีนี้สามารถใช้เป็นการทดสอบว่าลูกสัตว์ตายก่อนคลอดหรือหลังคลอด
- ปอดของสัตว์เลี้ยงจะแบ่งออกเป็นกลีบแต่ไม่สมบูรณ์

**ในสัตว์แต่ละชนิดมีจำนวนกลีบปอดต่างกัน**

| ขวา    | ซ้าย   |
|--------|--|
| โค 4   | 3  |
| แกะ 4  | 3  |
| สุกร 4 | 3  |
| ม้า    | ไม่แบ่งเป็นกลีบแต่มี <b>intermediate lobe</b> เพิ่มมาที่ปอดข้างขวา |

**กลไกของการหายใจ**

- การหายใจ (นอกเซลล์) มี 2 ช่วง คือ หายใจเข้า (Inspiration) เป็นการนำอากาศเข้าสู่ปอด กับหายใจออก (Expiration) เป็นการนำอากาศออกจากปอด
- อากาศจะเคลื่อนจากที่ที่มีความกดดันอากาศสูงกว่าไปยังที่ที่มีความกดดันอากาศต่ำกว่า ในภาวะปกติในบรรยากาศมีความกดดัน 760 mmHg อากาศเข้าสู่ปอด (หายใจเข้า) ได้เพราะความกดดันในปอดต่ำกว่าความกดดันในบรรยากาศ และอากาศจากปอดออกสู่ภายนอก (หายใจออก) เพราะความกดดันในปอดต่ำกว่าความกดดันในบรรยากาศ
- การหายใจแต่ละครั้งปริมาณอากาศที่เข้าและออกจากปอดมีปริมาณเท่าๆกัน

- การหายใจเข้าและหายใจออก เรียกรวมกันว่าการหายใจ 1 ครั้ง หรือเรียกรวมกันว่าการหายใจตามปกติ อัตราการหายใจวัดเป็นครั้ง ต่อนาที

ม้า 8-16 ครั้ง/นาที

โค 10-50 ครั้ง/นาที

โคนม 18-26 ครั้ง/นาที

สุกร 8-18 ครั้ง/นาที

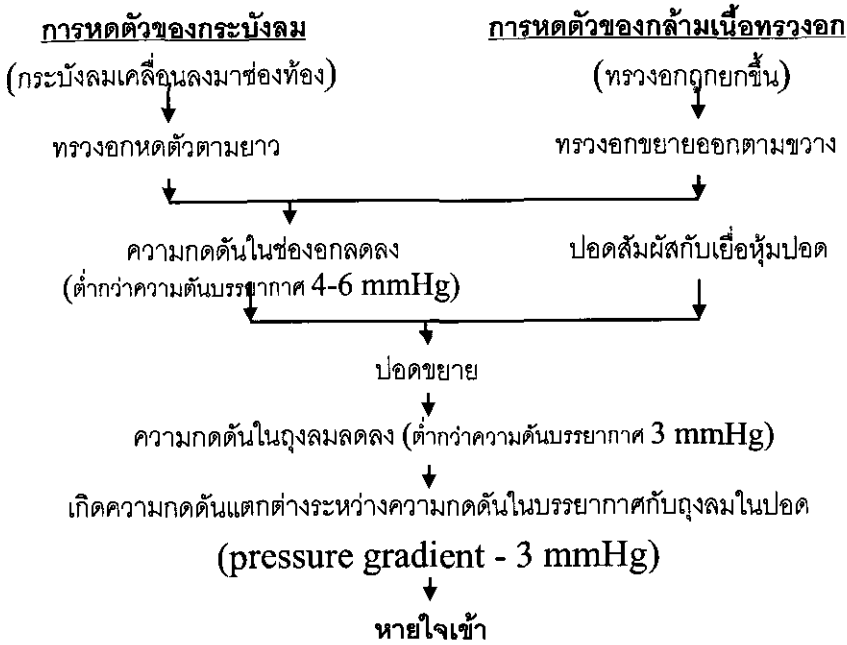
สุนัข 10-30 ครั้ง/นาที

มนุษย์ 17-30 ครั้ง/นาที

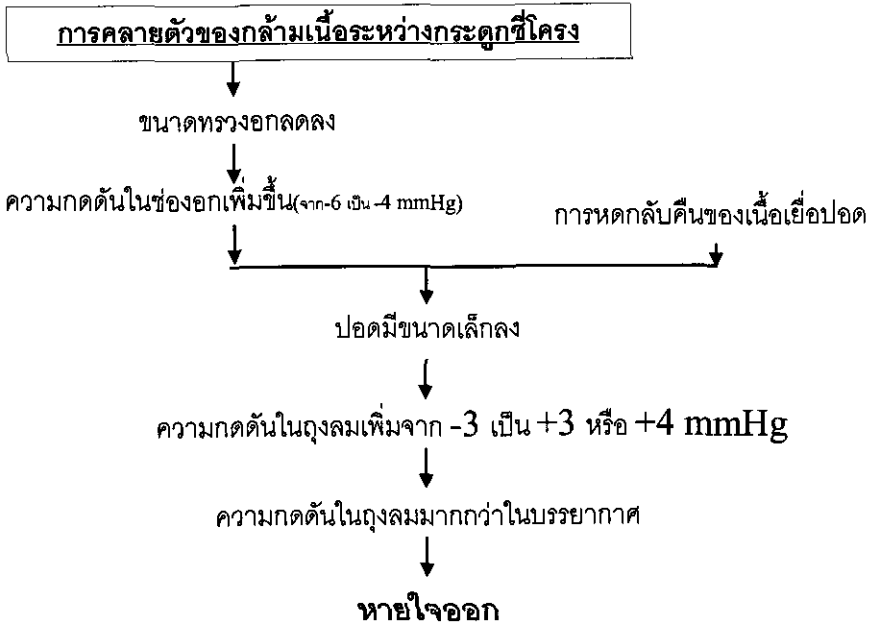
- อัตราการหายใจเปลี่ยนแปลงไป ตามอายุ เพศ การยืน นอน และอารมณ์ของสัตว์ (ตกใจตื่น)

- กล้ามเนื้อที่ช่วยในการหายใจเข้าและหายใจออกได้แก่กล้ามเนื้อ กระบังลม (Diaphragm) และกล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครง (Intercostal cartilage)

## 1. กลไกการหายใจเข้า



## 2. กลไกการหายใจออก





\*\*\*ในกรณีที่ทรวงอกถูกแทง อากาศจะเข้ามาอยู่ในช่องอก (pneumothorax) ความกดดันในช่องอกจะเพิ่มขึ้นจากสภาพที่มีความกดดันต่ำกว่าบรรยากาศจนเท่ากับความดันบรรยากาศ จะเป็นผลให้ปอดทะลุได้

### คำต่างๆที่อธิบายลักษณะการหายใจ

**Apnea:** ไม่มีการหายใจหรือหยุดหายใจ

**Abdominal (diaphragmatic) breathing:** การหายใจโดยการช่วยเหลือหรือหดตัวของกระบังลม ทำให้เห็นการเคลื่อนไหวของท้องเกิดขึ้นในระหว่างการหายใจธรรมดา

**Costal (thoracic) breathing:** การหายใจโดยการช่วยเหลือหรือหดตัวของซี่โครง ทำให้เห็นการเคลื่อนไหวของซี่โครงเพื่อให้ได้รับอากาศมากขึ้น

**Dyspnea:** การหายใจลำบาก การหายใจติดขัด

**Eupnea:** การหายใจปกติ ซึ่งจะเทียบทั้งหายใจเข้าและออก

**Hyperpnea:** การเพิ่มขึ้นทั้งความรู้สึกและอัตราการหายใจ เช่น การหายใจขณะออกกำลังกาย

**Plypnea:** การหายใจเร็วและตื้น

## ปริมาตรและความจุของปอด (Lung volumes and lung capacities)

**Spirometer:** เป็นเครื่องวัดปริมาตรและความจุของปอด

ปริมาตรของปอด มีหลายชนิด

1. **Tidal volume (TV)** คือปริมาตรหรือจำนวนอากาศที่สัตว์หายใจเข้าและออกในแต่ละครั้งในขณะที่มีการหายใจปกติ (ปริมาตรนี้เพิ่มขึ้นได้เมื่อสัตว์ตื่นตกใจ)

ม้า 6,000 C.C.

วัวนม 3,450 C.C.

แพะ 310 C.C.

แกะ 208 C.C.

สุนัข 170 C.C.

มนุษย์ 500 C.C.

\*ในมนุษย์ 150 C.C. ติดค้างอยู่ในท่อทางเดินอากาศหายใจตลอดเวลา อีก 300 C.C. เป็นส่วนที่เรียกว่า **alveolar air** ซึ่งแลกเปลี่ยนกับอากาศภายนอก

2. **Inspiratory reserve volume (IRV)** คือปริมาตรของอากาศที่มากที่สุดที่สัตว์สามารถหายใจเข้าหลังจากสิ้นสุดการหายใจเข้าปกติ

ม้า 1,200 C.C.

มนุษย์ 2,000-3,000 C.C.

3. **Expiratory reserve volume (ERV)** คือปริมาตรของอากาศที่มากที่สุดที่สัตว์สามารถหายใจออกหลังจากสิ้นสุดการหายใจออกปกติ

ม้า 12,000 C.C.

มนุษย์ 750-1,000 C.C.

แกะ 180 C.C.

4. **Residual volume (RV)** คือปริมาตรของอากาศที่เหลือค้างอยู่ในปอดหลังจากการหายใจออกหลังจากสิ้นสุดการหายใจแรงที่สุด

ม้า 12,000 C.C.

มนุษย์ 1,200 C.C.

\*RV มีความสำคัญในระยะพักของการหายใจ อากาศจำนวนนี้โดยเฉพาะส่วนที่อยู่ในถุงลมจะช่วยให้มีการแลกเปลี่ยนแก๊สเกิดขึ้นตลอดเวลา

### ความจุของปอด มีหลายชนิด

1. **Vital capacity (VC)** คือจำนวนอากาศที่มากที่สุด ซึ่งสามารถขับออกมาจากปอดได้หลังจากที่ทำการหายใจเข้าเต็มที่

มนุษย์ชาย 4,800 C.C.

มนุษย์หญิง 3,200 C.C.

ม้า 30,000 C.C.

แกะ 1,100 C.C.

2. **Tidal lung capacity (TLC)** คือจำนวนอากาศที่อยู่ในปอดหลังจากทำการหายใจเข้าให้แรงที่สุด ค่า  $TLC = VC + RV$

3. **Inspiratory capacity (IC)** คือจำนวนอากาศที่มากที่สุดซึ่งสามารถหายใจเข้าได้จากระดับของการหายใจออกปกติ

4. **Functional residual capacity (FRC)** คือจำนวนของอากาศที่เหลือค้างอยู่ในปอดหลังจากสิ้นสุดการหายใจออกปกติ ค่า  $FRC = ERV + RV$   
ค่านี้จะเพิ่มขึ้นกรณี โรคถุงลมพอง (emphysema) หรือโรคหืด (asthma)

### Respiratory dead space

**dead space** คือจำนวนอากาศในทางเดินหายใจ ที่ไม่มีการแลกเปลี่ยนแก๊สกับเลือด อากาศจำนวนนี้คืออากาศที่บรรจุอยู่ใน **conducting part** ในสัตว์ปกติจะมีจำนวนคงที่แต่จะสูงขึ้นในพยาธิสภาพโรคปอด แบ่งเป็น 2 ชนิด

1. **Anatomical dead space** คือจำนวนอากาศที่บรรจุอยู่ใน **conducting part** หรือสัตว์ปกติ (จากจมูกและปากจนถึง **alveoli**)

2. **Physiological dead space** คือจำนวนอากาศทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบหายใจ ที่ไม่มีการแลกเปลี่ยนแก๊สกับเลือด ในคนและสัตว์ปกติ ค่านี้เท่ากับ **Anatomical dead space** + จำนวนอากาศที่มีอยู่ในถุงลมที่ไม่มีการแลกเปลี่ยนแก๊สกับเลือด

### คุณสมบัติของอากาศที่หายใจ

- ประกอบด้วย  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$  น้ำและแก๊สอื่นๆ เช่น argon, krypton, helium
- อากาศที่หายใจออกมีส่วนประกอบเหมือนอากาศที่หายใจเข้า
- ในสัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีแก๊สมีเทน ( $CH_4$ ) ซึ่งเป็นผลจากการหมักในกระเพาะ rumen

### การนำพาออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์

#### แก๊สออกซิเจน

ถูกนำพาเข้าร่างกาย 2 รูป

1. ในรูปของสารละลายในพลาสมา มีจำนวนน้อยมาก ประมาณ 3% 2. ในรูปที่จับกับ hemoglobin เป็น oxyhemoglobin โดย

#### - เลือดแดง (arterial blood)

เลือดแดง 100 ซี.ซี. มี  $O_2$  ประมาณ 70 ซี.ซี.

เลือดแดง 100 ซี.ซี. มี hemoglobin ประมาณ 15 กรัม

hemoglobin 1 กรัม จะสามารถรวมกับ  $O_2$  ได้ 1.34 ซี.ซี.

#### - เลือดดำ (Venous blood)

เลือดดำ 100 ซี.ซี. มี  $O_2$  ประมาณ 10 ซี.ซี.

## แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

- ในเลือดแดงมี  $\text{CO}_2$  ประมาณ 44-52% โดยปริมาตร หรือ
- เลือดแดง 100 ซีซี มี  $\text{CO}_2$  ประมาณ 49 ซีซี
- ในเลือดดำมี  $\text{CO}_2$  ประมาณ 50-80% โดยปริมาตร หรือ
- 5% ของ  $\text{CO}_2$  อยู่ในรูปของสารละลายในพลาสมา อีก 95% รวมอยู่กับสารละลายอื่นๆ เช่น อยู่ในรูป carboxyhemoglobin, carbonate, bicarbonate และ กรด carbonic
- ถ้า  $\text{CO}_2$  ในเลือดเพิ่มขึ้น ก็จะมี bicarbonate เพิ่มขึ้นจึงทำให้ blood pH ไม่เปลี่ยนแปลง

## การควบคุมการหายใจ

1. การควบคุมโดยระบบประสาท มี 2 ระบบ คือ

**1. Voluntary control or voluntary system**

**2. Automatic control**

**1. Voluntary control or voluntary system**

- เป็นการควบคุมการหายใจให้เป็นไปตามต้องการ เช่น บังคับให้หายใจที่เราสามารถบังคับให้เป็นตามต้องการ เช่น บังคับให้หายใจเร็ว แรง ถี่ ตื้น ลึก
- ระบบนี้อยู่สมองส่วน cerebral cortex และส่ง fiber มายัง respiratory motor neurons ทาง corticospinal tract
- ระบบนี้พบในมนุษย์เท่านั้นไม่พบในสัตว์

## 2. Automatic control

- พบอยู่ในสมองส่วน **pons** และ **medulla** จากสมองทั้งสองส่วนนี้จะมี **nerve fiber** ลงมายัง **respiratory motor neurons** โดยทอดลงมาในไขสันหลังส่วน **lateral** และ **ventral portions**
- ศูนย์ควบคุมการหายใจที่อยู่ในสมองส่วน **medulla** มี 2 พวก คือ
  - 1) ศูนย์ควบคุมการหายใจเข้า
  - 2) ศูนย์ควบคุมการหายใจออก
- ศูนย์ควบคุมการหายใจที่อยู่ในสมองส่วน **pons** มี 2 พวกคือ
  - 1) **Apneustic center** ถ้ากระตุ้นศูนย์นี้ด้วยไฟฟ้า การหายใจจะอยู่ในท่าหายใจเข้าตลอดเวลาภาวะนี้เรียกว่า **apneusis**
  - 2) **Neumotoxic center** หน้าที่หลักของศูนย์นี้คือยับยั้งการหายใจ ทำให้การหายใจหยุดก่อนที่จะมีปริมาณของอากาศในปอดมากเกินไป

## 2. การควบคุมโดยทางเคมี

การควบคุมการหายใจแบบนี้จะมี **respiratory chemoreceptor** เป็น **receptors** ที่ทำหน้าที่คอยรับการเปลี่ยนแปลงไปจากปกติในเลือดแดงของ  $O_2$ ,  $CO_2$  และ  $H^+$  แบ่งออกเป็น

1. Peripheral chemoreceptors
2. Central chemoreceptors

## 1. Peripheral chemoreceptors

- อยู่ในระบบประสาทส่วนกลาง
- ทำหน้าที่รับหรือกระตุ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงไปจากระดับปกติของความเข้มข้น  $O_2$ ,  $CO_2$  และ  $H^+$  ในเลือดแดง
- เมื่อถูกกระตุ้นจะส่งไฟฟ้าไปยังศูนย์ควบคุมการหายใจในสมองเพื่อปรับการทำงานของหัวใจโดยเพิ่มความลึกและอัตราการหายใจ
- พบอยู่ใน carotid และ aortic bodies

## 2. Central chemoreceptors

- พบอยู่ที่สมองส่วน medulla
- ทำหน้าที่รับหรือกระตุ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงไปจากระดับปกติของความเข้มข้น  $CO_2$  และ  $H^+$  ในเลือดแดง แต่ไม่ไวต่อ การเปลี่ยนแปลงไปจากระดับปกติของความเข้มข้น  $O_2$  ในเลือดแดง
- เมื่อถูกกระตุ้นจะส่งไฟฟ้าไปยังศูนย์ควบคุมการหายใจในสมองเพื่อปรับการทำงานของหัวใจโดยเพิ่มความเร็วและแรง

**1. Epistaxis (nose bleed)** การที่มีเลือดไหลออกมาจาก  
ช่องจมูกเนื่องจากการมีความดันเลือดสูงมาเกี่ยวข้อง

**2. Atrophic rhinitis (necrotic rhinitis)** เป็นโรคติดต่อในสุกรที่ทำให้จมูกสุกรเกิดการอักเสบและเยื่อเมือกภายในช่องจมูกถูกทำลายเสียหาย

**3. Pharyngitis (Sore throat)** เป็นการอักเสบของลำคอที่อาจกระทบกระเทือนถึงระบบหายใจและระบบย่อยอาหารและอาจทำให้เกิดต่อมทอลซิลอักเสบ

**4. Bronchitis** เป็นการอักเสบของหลอดลมเล็กซึ่งอาจเกิดจากหลอดลมคออักเสบ (Tracheitis) โรคนี้อาจทำให้เกิดปอดบวมและเยื่อหุ้มปอดอักเสบ

**5. Pleuritis (pleurisy)** เป็นการอักเสบเยื่อหุ้มปอด

**6. Pneumonia** เป็นการอักเสบของปอด

**7. Tuberculosis** เป็นวัณโรคปอด



8. Calf diptheria เป็นโรคกล่องเสียงอักเสบติดต่อ พบมากในลูกโค

9. Asthma เป็นอาการหอบหืด

10. Pulmonary emphysema เป็นอาการของโรคที่เกิดจากการพองตัวของ alveoli

11. Pneumothorax หมายถึงภาวะที่อากาศเข้าไปอยู่ในช่องอก

12. Atelectasis หมายถึงภาวะที่ปอดแฟบลง เกิดได้จากการอุดตันของหลอดลม หรือการขาดสาร surfactant

#### กายวิภาคศาสตร์ของระบบหายใจ

- ระบบหายใจเริ่มต้นที่รูจมูก ซึ่งเปิดติดต่อกับโพรงจมูก
- โพรงจมูกมีแผ่นกั้น แฉกบางตัวไม่มีแผ่นกั้น เช่น แฉก
- โพรงจมูกติดต่อกับปากโดยช่องเล็ก ๆ
- ปลายหลอดลมแยกออกเป็นซี่ปอดที่ 1 ตรงทางแยกนี้เรียกว่า syring เป็นอวัยวะที่ทำให้เกิดเสียง
- ซี่ปอดที่ 1 แยกสาขาเป็นซี่ปอดที่ 2 และ 3 ในปอด
- ซี่ปอดที่ 1 ยังผ่านปอดไปทะลุลงลมที่ช่องท้องอีกด้วย
- ปอดติดต่อกับถุงลมทางซี่ปอดที่ 2 หรือซี่ปอดที่ 3

- ปอดมีขนาดเล็กยึดติดกับกระดูกอกทำให้ขยายออกไม่ได้มาก
- มีถุงลมขนาดใหญ่หลายถุง ถุงลมเหล่านี้มีเส้นเลือดไม่มาก
- กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการหายใจจะหดตัวขณะหายใจเข้าและออก
- อากาศไหลไปในทิศทางเดียวกันผ่านซี่ปอดที่ 1, 2 และ 3
- การแลกเปลี่ยนแก๊สผ่านผนังเส้นเลือดฝอยเกิดขึ้นที่ซี่ปอดที่ 4

### กระดูกซี่โครงซี่ที่ 1

- ถุงลมอยู่นอกปอด ทำหน้าที่เป็นทางลม
- ไม่มีการแลกเปลี่ยนแก๊สเกิดขึ้นเนื่องจากมีเส้นเลือดน้อย
- ไก่เปิด นกพิราบ และไก่วง มีถุงลม 9 ถุง
- 5 ถุง อยู่ด้านหน้าระหว่างกระดูกไหปลาร้า 1 ถุง ที่คอ 1 คู่ และช่องอกเฉียงไปข้างหน้า 1 คู่ ถุงลมอีก 4 ถุง อยู่ถัดจากยอดด้านหลัง
- ถุงลมที่อยู่ระหว่างกระดูกไหปลาร้ายังติดต่อกับกระดูก **humerus** ทำให้อากาศในปอดไหลเวียนไปถึงกระดูกต้นแขน และถ้ากระดูกนี้หักจะสามารถดึงเอาอากาศผ่านกระดูกแตกไปปอดได้

[REDACTED]

- การแลกเปลี่ยนแก๊สในปอดของนกอยู่ที่เส้นเลือดฝอยที่ซั้วปอดที่ 3
- อัตราการหายใจและปริมาตรอากาศในปอดของสัตว์ปีก

|             | น้ำหนัก<br>(กรัม) | อัตราการหายใจ<br>(ครั้ง/นาที) | ปริมาตรอากาศ<br>เข้า-ออก(มล.) |
|-------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| นกกระจอกเทศ | 100,000           | 5                             | 1,350                         |
| ไก่         | 5,200             | 13                            | 25.3                          |
| นกพิราบ     | 317               | 26                            | 4.6                           |

[REDACTED]

- สัตว์ปีกไม่มีโครงสร้างกระบังลม แต่มีแผ่นสองแผ่นที่มืกล้ำม เนื้อปนกอยู่ข้าง เรียกว่า **pulmonary aponeurosis** และ **oblique septum**
- ทำหน้าที่ช่วยในการหายใจ
- เนื่องจากไม่มีกระบังลมกั้นช่องท้องและช่องอก ความดันที่เกิดจากการหายใจเข้าออกจึงเรียก **thoracoabdominal pressure**

## การไหลเวียนของเลือดในปอด

- ขณะหายใจเข้าพื้นที่ของทรวงอกจะขยายออกและยุบคืนเมื่อหายใจออกโดยการหดตัวของกล้ามเนื้อ **pulmonary aponeurosis**
- ในสัตว์ปีกปอดจะขยายขณะหายใจออก ซึ่งต่างจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมปอดจะขยายขณะหายใจเข้า
- ระหว่างหายใจเข้าถุงลมจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นทำให้ความดันในถุงลมลดลง และความดันจะเพิ่มขึ้นขณะหายใจออก ส่วนปอดจะแฟบขณะหายใจเข้า และพองขณะหายใจออก
- การไหลเวียนมีหลักการคือ เมื่อหายใจเข้าถุงลมจะมีอากาศส่วนปอดไม่มีอากาศ อากาศในถุงลมส่วนหลังเป็นอากาศที่หายใจเข้าไปใหม่ๆ อากาศในถุงลมส่วนหน้าเป็นอากาศที่ตกค้างอยู่จากการหายใจครั้งก่อน เมื่อหายใจออกถุงลมทั้งหมดจะไม่มีอากาศ อากาศในถุงลมส่วนหลังเกือบทั้งหมดจะไปที่ปอด และอากาศในถุงลมส่วนหน้าถูกระบายออกทางหลอดลม

## ค่าของแก๊สในเลือด

- เลือดแดงอิ่มตัวกับ  $O_2$  88-90%
- เลือดดำอิ่มตัว 40%
- $PO_2$  90-96 mmHg
- $PCO_2$  28-34 mmHg ต่ำกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (pH สูงกว่า) ทำให้มีการระบายอากาศได้ดี

## การควบคุมการหายใจ

### 1. โดยระบบประสาท

- ศูนย์การหายใจอยู่ที่ medulla - ไวต่อการเปลี่ยนแปลง pH และอุณหภูมิ

### 2. โดยเคมี (chemoreptors)

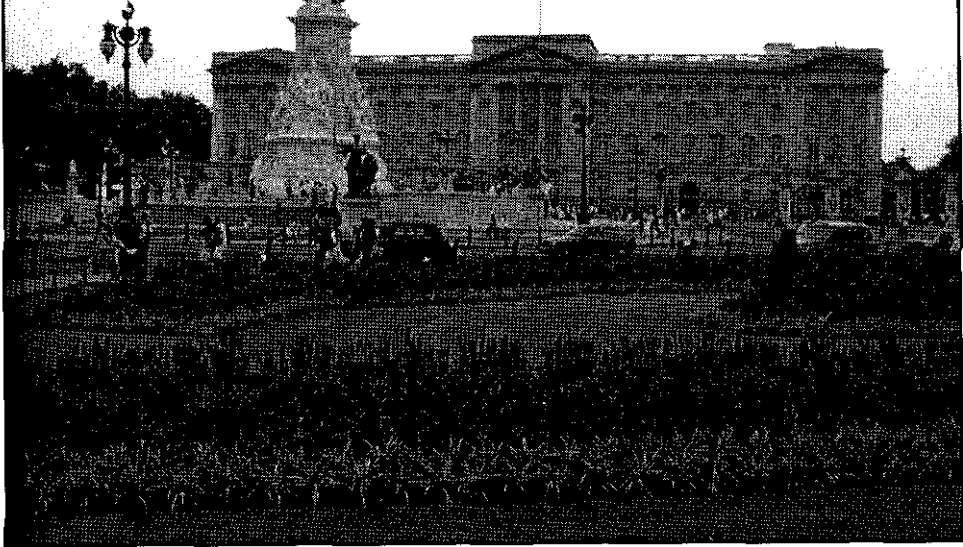
- มีสองแห่ง
- ตำแหน่งแรกอยู่ที่ปอด เรียก pulmonary chemoreceptor ไวต่อ  $\text{CO}_2$  ในปอด
- ตำแหน่งที่สองอยู่ที่หลอดเลือดแดงเรียก arterial chemoreceptor ไวต่อ  $\text{CO}_2$  ในเลือดแดง

### 3. Mechanoreceptors

- ไวต่อการยืดตัวของปอดเรียก stretch receptor
- พบในทางเดินหายใจ เช่นที่หลอดลมและปอด
- เมื่อถูกกระตุ้นจะยับยั้งการหายใจเข้าโดยส่งผ่าน Vagal afferent
- $\text{CO}_2$  ในปอดสามารถลดการทำงานของ receptor นี้ได้

# The Cardiovascular System

ระบบหลอดเลือดและหัวใจ



## วัตถุประสงค์

เพื่อให้ศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของระบบหลอดเลือดและหัวใจ เม็ดเลือด ระบบน้ำเหลือง ตลอดจนกลไกการควบคุมการเต้นของหัวใจ รวมทั้งกลศาสตร์ของการไหลเวียนของเลือด

## หัวข้อ (Outline)

- เลือด
  - องค์ประกอบและหน้าที่
  - การควบคุมการสร้างและทำลายเม็ดเลือด
  - การแข็งตัวของเลือด
  - หมู่เลือด
- หัวใจ
  - หัวใจและโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการหมุนเวียนเลือด
  - คุณสมบัติทางไฟฟ้าของหัวใจ
  - วงจรการทำงานของหัวใจ
  - เสียงและคลื่นไฟฟ้าของหัวใจ
  - ปริมาณเลือดที่ถูกขับออกจากหัวใจ
  - การควบคุมการทำงานของหัวใจ
  - ความผิดปกติที่พบได้เกี่ยวกับการทำงานของหัวใจ
- การไหลเวียน
  - การไหลเวียนเลือดในร่างกาย
  - เส้นเลือด
  - จุดสลับของ การไหลเวียน
  - การควบคุมการทำงานของระบบไหลเวียนเลือด
  - ความดันเลือด และชีพจร
  - การควบคุมการทำงานของระบบไหลเวียน
  - การไหลเวียนเลือดล้มเหลว
  - ระบบนำเหลือง

## เลือด (Blood)

- องค์ประกอบและหน้าที่
- การควบคุมการสร้างและทำลายเม็ดเลือด
- การแข็งตัวของเลือด
- ความผิดปกติที่พบได้เกี่ยวกับเลือด
- หมู่เลือด

## เลือด (Blood)

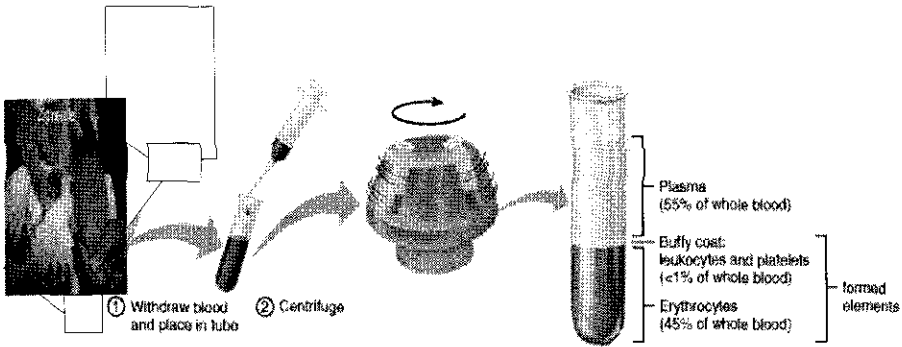
- เป็นของเหลวในร่างกายที่อยู่นอกเซลล์
- มีอยู่ประมาณ 7-9% ของน้ำหนักตัว หรือ 75 ลบ.ซม. ต่อน้ำหนักตัว 1 กก.
- เป็นด่างอ่อน  $pH = 7.3-7.4$

## เลือด(ต่อ)

- มีองค์ประกอบสองส่วน
  - เซลล์เม็ดเลือด (Blood Corpuscle) 45% ของเลือดทั้งหมด
    - เม็ดเลือดแดง (Red Blood Cell or Erythrocyte)
    - เม็ดเลือดขาว (White Blood Cell or Leucocyte)
    - เกล็ดเลือด (Platelet or Thrombocyte)
  - น้ำเลือด (Plasma) 55% ของเลือดทั้งหมด
    - ซีรัม (Serum)
    - โปรตีน (Protein) คือ Fibrinogen, Albumin, Globulin



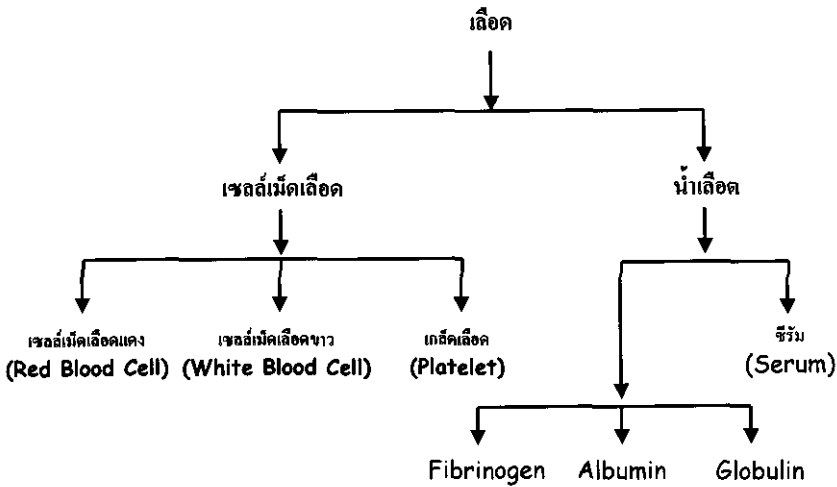
## ภาพแสดงองค์ประกอบของเลือด



## เลือด(ต่อ)

- ทำหน้าที่ในการลำเลียง
  - **Red Blood Cell** ลำเลียงก๊าซทั้ง  $O_2$  &  $CO_2$
  - ทำหน้าที่ลำเลียงก๊าซ  $CO_2$  สารอาหาร ฮอร์โมน เอนไซม์และของเสียที่เกิดจากกระบวนการ **metabolism**

## สรูปส่วนประกอบของเลือด



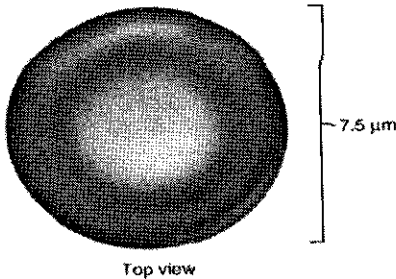
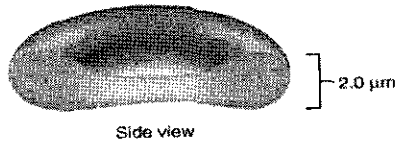
## สรูปหน้าที่ส่วนประกอบของเลือด

|  |   |
|--|---|
| <p>Blood corpuscle (45% ของปริมาณเลือด)</p> <p>Erythrocyte</p> <p>Leucocyte</p> <p>Platelet<br/>(4-5 เซลล์ / ลบ.มม.)</p> | <p>ลำเลียงก๊าซ <math>O_2</math> &amp; <math>CO_2</math></p> <p>จับกินเชื้อโรคสิ่งแปลกปลอม โดยขบวนการ<br/>phagocytosis</p> <p>ปล่อยสาร thromboplastin ช่วยในการแข็งตัวของเลือด</p> |
| <p>Plasma (55% ของปริมาณเลือด)<br/>น้ำ (90-93%)</p>  | <p>เป็นตัวทำละลายก๊าซ สารอาหาร ของเสีย ช่วยให้เกิดความดันในเลือด ช่วยลดความหนืดของเลือด</p>   |

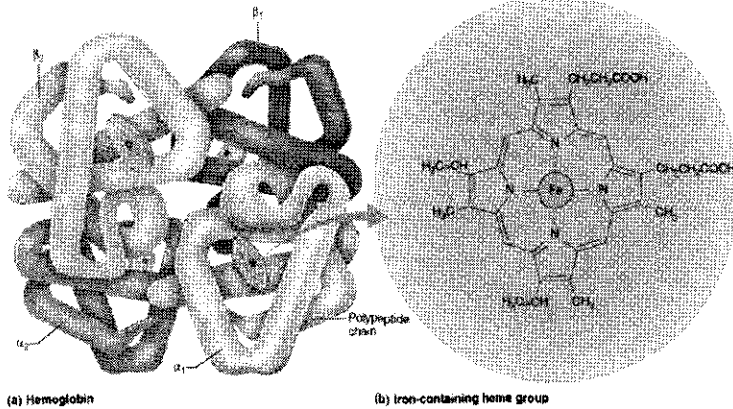
## เลือด(ต่อ)

- เซลล์เม็ดเลือดแดง (Erythrocyte/Red Blood Cell/  
Red blood corpuscle)
  - ใน mammal มีลักษณะกลมแบน ตรงกลางเว้าเข้าหากัน (biconcave)
  - diameter = 7-8 micron
  - มีอายุ 100-200 วัน
  - มีรงควัตถุสีแดงที่เกี่ยวกับการหายใจ respiratory pigment เรียก hemoglobin

## ภาพแสดงเซลล์เม็ดเลือดแดง (Red Blood Cell)



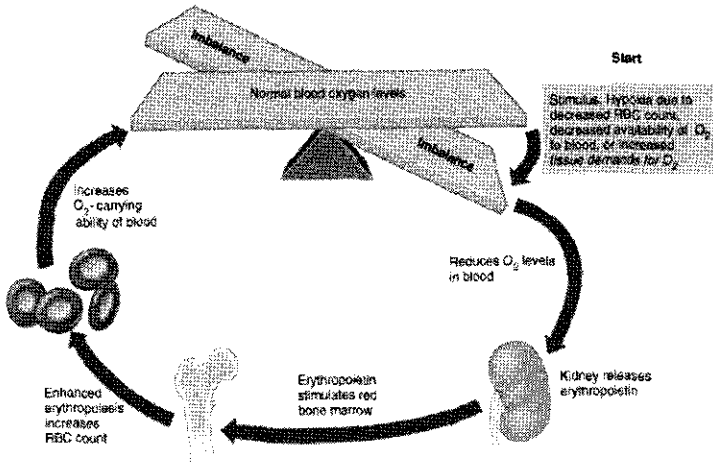
## ภาพแสดงฮีโมโกลบิน (Hemoglobin)



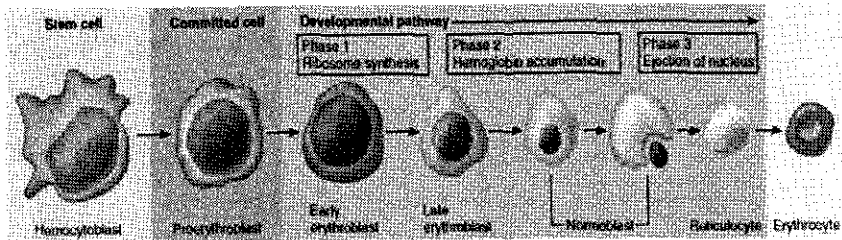
## เลือด(ต่อ)

- hemoglobin 1 โมเลกุลประกอบด้วย
  - Globin 1 โมเลกุล + Heme 4 โมเลกุล
- แหล่งสร้างเม็ดเลือดแดง
  - อายุน้อย → อยู่ในมดลูก Yolk, Liver, Spleen, Lymph node, Bone marrow
  - อายุมาก → ไขกระดูก กระดูกแผ่นแบน (อก ซี่โครง ไหล่ ปลายขา เท้า ทะโพก)
- สารที่จำเป็นต่อการสร้างเม็ดเลือดแดง
  - Fat, Protein, Fe, Amino acid (ใช้สังเคราะห์ hemoglobin และฮอร์โมนจากไต erythropoietin ส่งเข้ามาช่วยกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดง)
  - การสร้างเม็ดเลือดแดง = Erythropoiesis

# การสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดงถูกควบคุมโดยฮอร์โมน



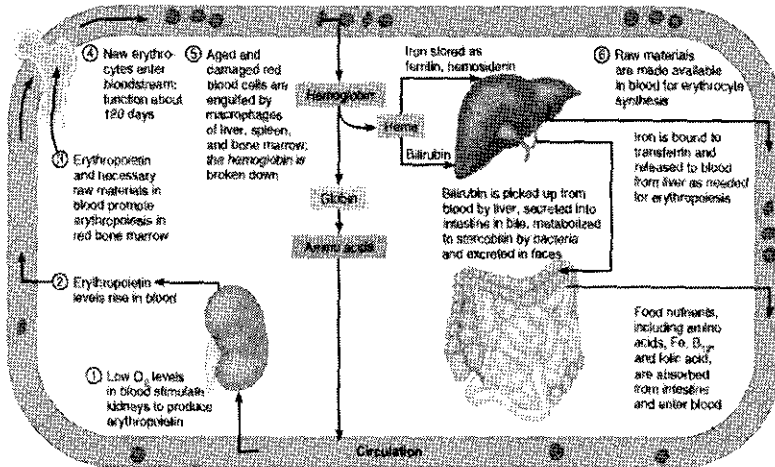
# ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของเซลล์เม็ดเลือดแดง



# เลือด(ต่อ)

- แหล่งทำลายเม็ดเลือดแดง
  - **Macrophage** ของ ตับ ม้าม และ ไชกระดูก
  - **Fe** และ **Globin** จะถูกนำไปสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดงใหม่
  - สารเม็ดสีในเลือด **biriverdin** จะถูกเซลล์ตับเปลี่ยนเป็น **bilirubin** ซึ่งจะออกมาเป็นสีของอุจจาระ
- **Hematocrit** อัตราส่วนของปริมาตรของเซลล์เม็ดเลือดแดง/ปริมาตรของเลือดทั้งหมด ซึ่งก็ออกมาเป็น %
  - **Male > Female**

## ภาพแสดงการสร้างและทำลายเซลล์เม็ดเลือดแดง



## ความผิดปกติของเม็ดเลือดแดง

- Anemia
- Polycythemia

## โลหิตจาง

### **Anemia**

- Anemia – blood has abnormally low oxygen-carrying capacity
  - It is a symptom rather than a disease itself
  - Blood oxygen levels cannot support normal metabolism
  - Signs/symptoms include fatigue, paleness, shortness of breath, and chills

## Anemia (ต่อ): Insufficient Erythrocytes

- Hemorrhagic anemia – result of acute or chronic loss of blood
- Hemolytic anemia – prematurely ruptured erythrocytes
- Aplastic anemia – destruction or inhibition of red bone marrow

## Anemia (ต่อ): Decreased Hemoglobin Content

- Iron-deficiency anemia results from:
  - A secondary result of hemorrhagic anemia
  - Inadequate intake of iron-containing foods
  - Impaired iron absorption
- Pernicious anemia results from:
  - Deficiency of vitamin B<sub>12</sub>
  - Often caused by lack of intrinsic factor needed for absorption of B<sub>12</sub>



## Anemia (शुक्र): Abnormal Hemoglobin

- **Thalassemias** – absent or faulty globin chain in hemoglobin
  - Erythrocytes are thin, delicate, and deficient in hemoglobin
- **Sickle-cell anemia** – results from a defective gene coding for an abnormal hemoglobin called *hemoglobin S* (HbS)
  - HbS has a single amino acid substitution in the beta chain
  - This defect causes RBCs to become sickle-shaped in low-oxygen situations

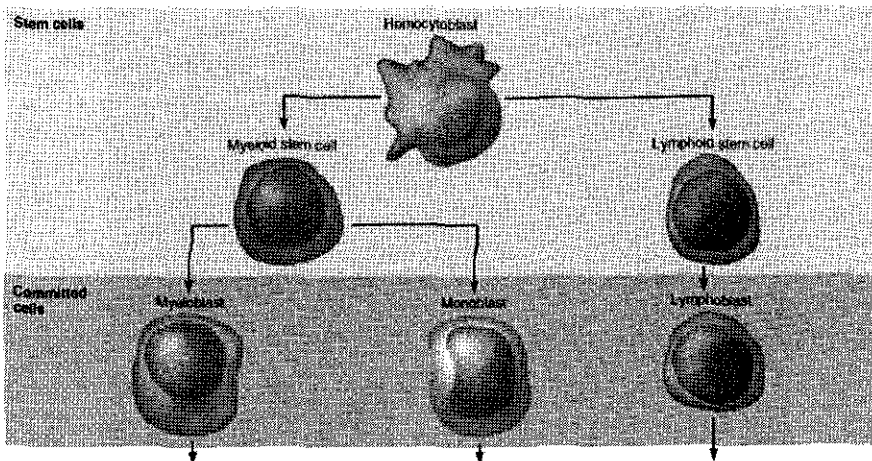
## Polycythemia

- **Polycythemia** – excess RBCs that increase blood viscosity
- **Three main polycythemias are:**
  - Polycythemia vera
  - Secondary polycythemia
  - Blood doping

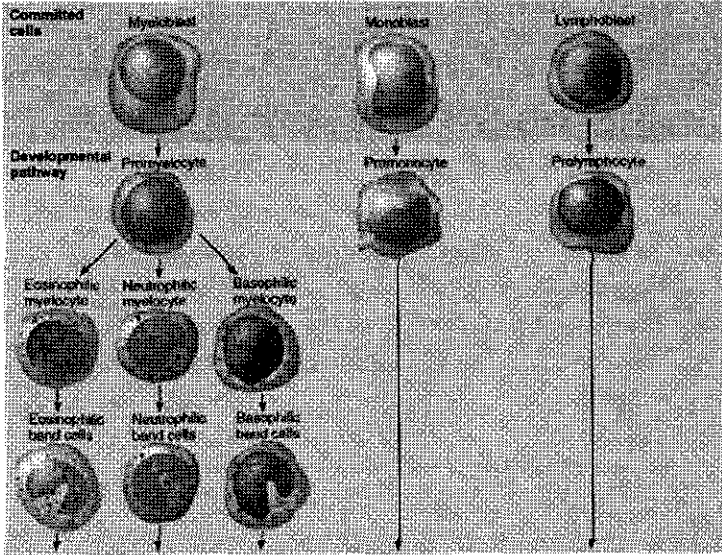
## เลือด(ต่อ)

- เซลล์เม็ดเลือดขาว (Leucocyte/White Blood Cell/ White blood corpuscle)
  - มีรูปร่าง & ขนาดแตกต่างกัน
  - Diameter = 6-15 micron
  - ขนาดใหญ่กว่าเม็ดเลือดแดง
  - ไม่มี hemoglobin
  - มี nucleus
  - 5,000-10,000 เซลล์ / ลบ.มม.

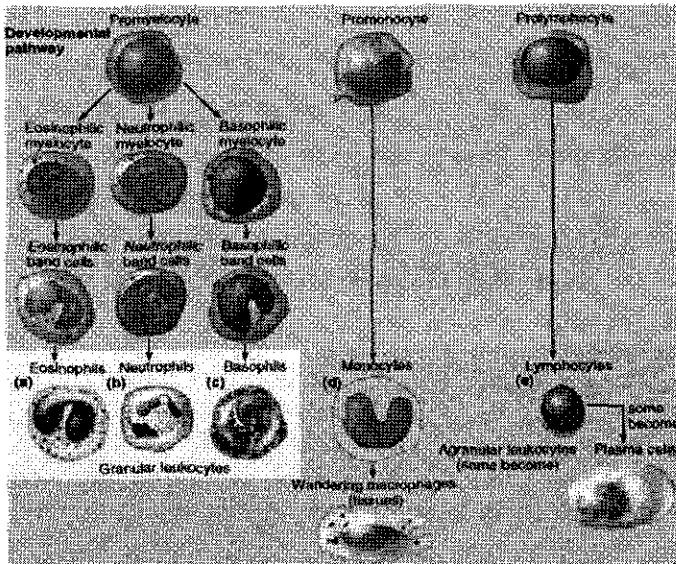
## ภาพแสดงการสร้างเม็ดเลือดขาว



## ภาพแสดงการสร้างเม็ดเลือดขาว



## ภาพแสดงการสร้างเม็ดเลือดขาว



## เลือด(ต่อ)

- แหล่งสร้าง
  - Red bone marrow, Lymph node, Spleen
  - การสร้างขึ้นกับ steroid ที่หลั่งจาก Adrenal cortex
- แหล่งทำลาย
  - Macrophage ใน Liver & Spleen
- อายุ
  - 2-14 วัน บางชนิด 200-300 วัน
- หน้าที่
  - จับกินเชื้อโรคแบบ phagocytosis สร้าง antibody

## เลือด(ต่อ)

- ชนิด แบ่งเป็น 2 ชนิดตามลักษณะของอนุภาค granule ที่อยู่ใน cytoplasm และการย้อมติดสี
  - Granulocyte เช่น neutrophil, basophil, eosinophil  
สร้างมาจากไขกระดูก มีอายุ 2-14 วัน
  - Agranulocyte เช่น monocyte, lymphocyte สร้างมาจาก spleen & lymph node มีอายุ 100-300 วัน

ความผิดปกติของเม็ดเลือดขาว

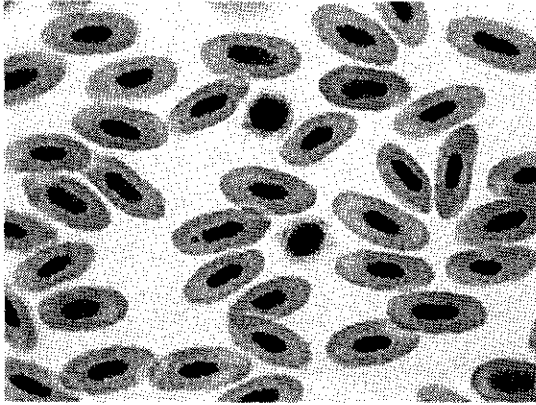
## Leukocyte Disorder: Leukemias

- Leukemia refer to cancerous conditions involving white blood cells
- Leukemias are named according to the abnormal white blood cells involved
  - Myelocytic leukemia – involves myeloblasts
  - Lymphocytic leukemia – involves lymphocytes
- Acute leukemia involves blast-type cells and primarily affects children
- Chronic leukemia is more prevalent in older people

เลือดของสัตว์ปีก

- RBC มี nucleus
- WBC ประกอบด้วย
  - Heterophil
  - Basophil
  - Eosinophil
  - Lymphocyte
  - Monocyte

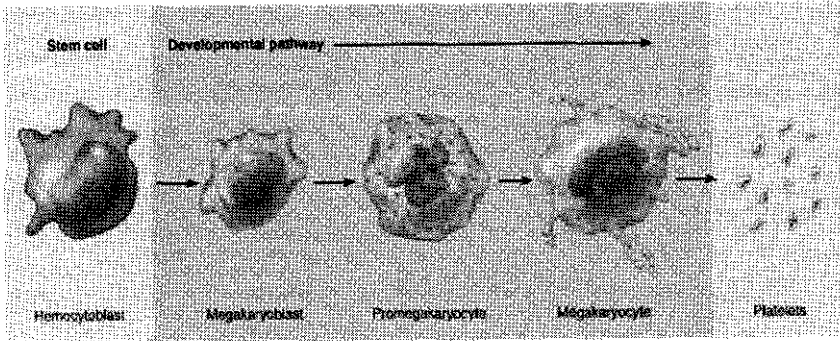
## Avian RBC



## เลือด(ต่อ)

- เกล็ดเลือด (Platelet/Thrombocyte)
  - เป็นชิ้นส่วนของ cytoplasm ของเซลล์ที่มีขนาดใหญ่ Megakaryocyte ใน bone marrow ที่แตกออกจากกันและหลุดเข้าสู่เส้นเลือด
  - ไม่มี nucleus
  - มีรูปร่างไม่แน่นอน
  - Diameter = 2 micron เล็กกว่าเม็ดเลือดแดง 4 เท่า
  - อายุ 10 วัน
  - หน้าที่ ช่วยให้เกิด blood clotting โดยการสร้าง thromboplastin ออกมา

## ภาพแสดงการสร้างเกล็ดเลือด






## ภาพแสดงรูปร่างประกอบของเซลล์เม็ดเลือด

| Cell type                                      | Illustration | Description*   | Number of cells/mm <sup>3</sup> ( $\mu$ l) of blood | Duration of development (D) and life span (LS) | Function   |
|--|--------------|--|---|--|--|
| <b>Erythrocytes</b><br>(red blood cells, RBCs) |              | Biconcave, anucleate disc; salmon-colored; diameter 7-8 $\mu$ m                | 4-6 million   | D: 5-7 days<br>LS: 100-120 days                | Transport oxygen and carbon dioxide  |
| <b>Leukocytes</b><br>(white blood cells, WBCs) |              | Spherical, nucleated cells   | 4,800-10,800  |  |  |
| Granulocytes                                   |              | Nucleus multilobed; inconspicuous cytoplasmic granules; diameter 10-14 $\mu$ m | 3000-7000   | D: 6-9 days<br>LS: 6 hours to a few days       | Phagocytize bacteria   |
| • Neutrophil                                   |              |  |   |  |  |
| • Eosinophil                                   |              | Nucleus bilobed; red cytoplasmic granules; diameter 10-14 $\mu$ m              | 100-400   | D: 0-9 days<br>LS: 8-12 days                   | Kill parasites; worms; destroy antigen-antibody complexes; inactivate some inflammatory chemicals of allergy |

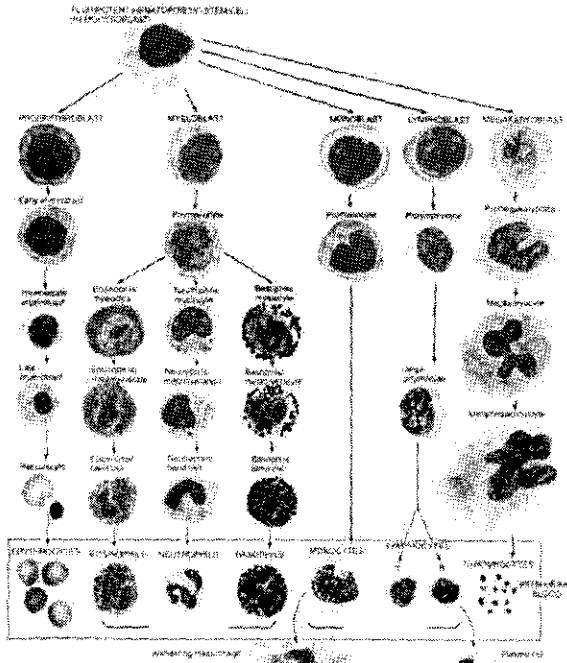
\*Appearance when stained with Wright's stain.

# ภาพแสดงสัรปส่วนประกอบของเซลล์เม็ดเลือด

| Cell type  | Illustration  | Description*   | Number of cells/mm <sup>3</sup> ( $\mu$ l) of blood | Duration of development (D) and life span (LS)   | Function   |
|--|---|--|---|--|--|
| <b>Leukocytes</b><br>(white blood cells, WBCs)                                 |   | Spherical, nucleated cells   | 4,800 - 10,000                                      |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Basophil</li> </ul>                     |  | Nucleus lobed; large blue-purple cytoplasmic granules; diameter 10-12 $\mu$ m              | 20 - 50   | D: 3-7 days<br>LS: ? (a few hours to a few days) | Release histamine and other mediators of inflammation; contain heparin, an anticoagulant |
| Agranulocytes  |   | Nucleus spherical or indented; pale blue cytoplasm; diameter 5-17 $\mu$ m                  | 1500-3000   | D: days to weeks<br>LS: hours to years           | Mount immune response by direct cell attack or via antibodies                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Lymphocyte</li> <li>Monocyte</li> </ul> |  | Nucleus U or kidney shaped; gray-blue cytoplasm; diameter 14-24 $\mu$ m                    | 100-700   | D: 2-3 days<br>LS: months                        | Phagocytosis; develop into macrophages in  |
| <b>Platelets</b>   |  | Dyscoid cytoplasmic fragments containing granules; stain deep purple; diameter 2-4 $\mu$ m | 250,000-500,000                                     | D: 4-5 days<br>LS: 5-10 days                     | Seal small tears in blood vessels; instrumental in blood clotting                        |

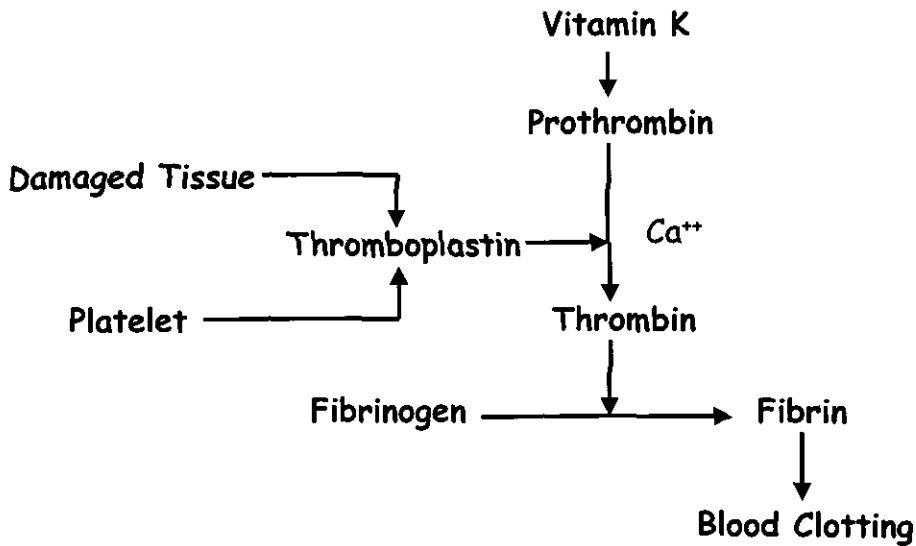
\*Appearance when stained with Wright's stain

## ภาพสัรป การสร้างเซลล์เม็ดเลือด





## การแข็งตัวของเลือด (Blood Clotting)



## Hemostasis Disorders: Thromboembolytic Disorders

- Thrombus – a clot that develops and persist in an unbroken blood vessel
  - Thrombi can block circulation, resulting in tissue death
  - Coronary thrombosis – thrombus in blood vessel of the heart
- Embolus – a thrombus freely floating in the blood stream
  - Pulmonary emboli can impair the ability of the body to obtain oxygen
  - Cerebral emboli can cause strokes

## Prevention of Undesirable Clots

- Substances used to prevent undesirable clots include:
  - Aspirin – an antiprostaglandin that inhibits thromboxane  $A_2$
  - Heparin – an anticoagulant used clinically for pre- and postoperative cardiac care
  - Warfarin – used for those prone to atrial fibrillation
  - Flavonoids – substances found in tea, red wine, and grape juice that have natural anticoagulant activity

## Hemostasis Disorders: Bleeding Disorders

- Thrombocytopenia – condition where the number of circulating platelets is deficient
  - Patients show petechiae (small purple blotches on the skin) due to spontaneous, widespread hemorrhage
  - Caused by suppression or destruction of bone marrow (e.g., malignancy, radiation)
  - Platelet counts less than  $50,000/\text{mm}^3$  is diagnostic for this condition
  - Treated with whole blood transfusions

## Hemostasis Disorders: Bleeding Disorders

- Inability to synthesize procoagulants by the liver results in severe bleeding disorders
- Causes can range from vitamin K deficiency to hepatitis and cirrhosis
- Inability to absorb fat can lead to vitamin K deficiencies as it is a fat-soluble substance and is absorbed along with fat
- Liver disease can also prevent the liver from producing bile, which is required for fat and vitamin K absorption

## Hemostasis Disorders: Bleeding Disorders

- Hemophilias – hereditary bleeding disorders caused by lack of clotting factors
  - Hemophilia A – most common type (83% of all cases) due to a deficiency of factor VIII
  - Hemophilia B – results from a deficiency of factor IX
  - Hemophilia C – mild type, caused by a deficiency of factor XI
- Symptoms include prolonged bleeding and painful and disabled joints
- Treatment is with blood transfusions and the injection of missing factors

## เลือด(ต่อ)

- น้ำเลือด (Plasma)

- ส่วนที่เป็นของเหลวของเลือดทั้งหมด
- 55% ของเลือด
- องค์ประกอบ
  - น้ำ 90%
  - Albumin, globulin, fibrinogen
  - Glucose (60-100 mg/100 cm<sup>3</sup>)
  - Fatty acid, cholesterol, triglyceride
  - Vitamin A, D, C, F, B complex
  - Gas O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>
  - Enzymes
  - Hormones
  - Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, H<sup>+</sup>
  - Urea, uric acid

## เลือด(ต่อ)

- หน้าที่ของน้ำเลือด

- ลำเลียงสารอาหาร ที่ย่อยแล้ว ส่งไปให้เซลล์ต่างๆของร่างกาย
- ลำเลียงเกลือแร่ ฮอร์โมน เอนไซม์ ก๊าซ แอนติบอดี
- รักษาสภาวะเป็นกรด-ด่าง pH ของร่างกาย
- รักษาระดับอุณหภูมิในร่างกายให้คงที่ในสัตว์เลือดอุ่น
- รักษาสมดุลของน้ำ โดยการแลกเปลี่ยนกับเนื้อเยื่อ

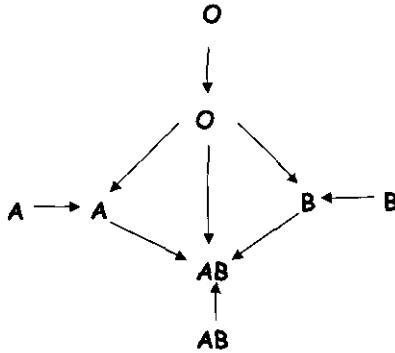
## หมู่เลือดในคน (Blood Group)

- คนมีหมู่เลือด 4 หมู่
  - A มี antigen A ที่ผิวเม็ดเลือดแดง และมี antibody B ในน้ำเลือด
  - B มี antigen B ที่ผิวเม็ดเลือดแดง และมี antibody A ในน้ำเลือด
  - AB มี antigen A & B ที่ผิวเม็ดเลือดแดง แต่ไม่มี antibody ในน้ำเลือด
  - O ไม่มี antigen ที่ผิวเม็ดเลือดแดง แต่มี antibody ในน้ำเลือด

## การให้เลือด (Blood Transfusion)

- การถ่ายเลือด (Blood transfusion)
  - Antigen ของผู้ให้ (donor) จะต้องไม่ตรงกับ antibody ของผู้รับ (recipient) ถ้าตรงกันจะเกิด agglutination
  - Donor หมู่ O จัดเป็น universal donor เนื่องจากสามารถให้กับ recipient หมู่อื่นได้ทั้งหมด
  - Recipient หมู่ AB จัดเป็น universal recipient เนื่องจากสามารถรับจาก donor หมู่อื่นได้ทั้งหมด

## แผนภาพแสดงการถ่ายเลือดที่ไม่เป็นอันตราย



## หมู่เลือด

### (Blood Groups)

- **Cattle:** มี 11 กลุ่ม
  - A, B, C, F, J, L, M, R, S, T and Z
  - The B group has over 60 different antigens, making it difficult to closely match donor and recipient
- **Sheep:** มี 7 กลุ่ม
  - A, B, C, D, M, R and X

## หัวใจ (Heart)

- หัวใจและโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการหมุนเวียนเลือด
- คุณสมบัติทางไฟฟ้าของหัวใจ
- วงจรการทำงานของหัวใจ
- เสียงและคลื่นไฟฟ้าของหัวใจ
- ปริมาณเลือดที่ถูกบีบออกจากหัวใจ
- การควบคุมการทำงานของหัวใจ

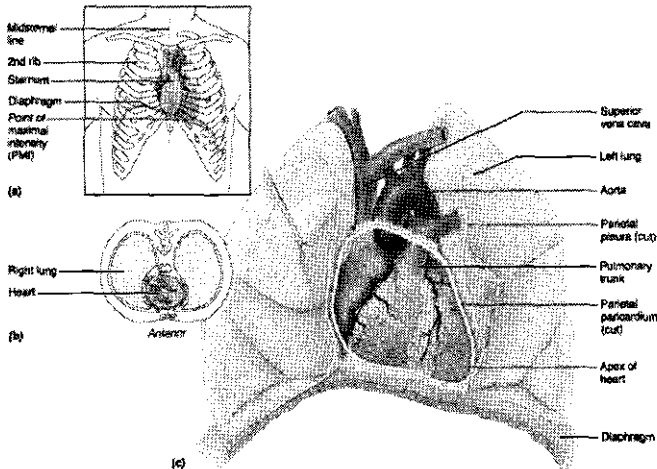
## หัวใจและโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการหมุนเวียนเลือด

- หัวใจ (heart)
- เส้นเลือดของหัวใจ
- ลิ้นหัวใจ
- การหมุนเวียนของเลือดผ่านหัวใจ

# หัวใจ (Heart)

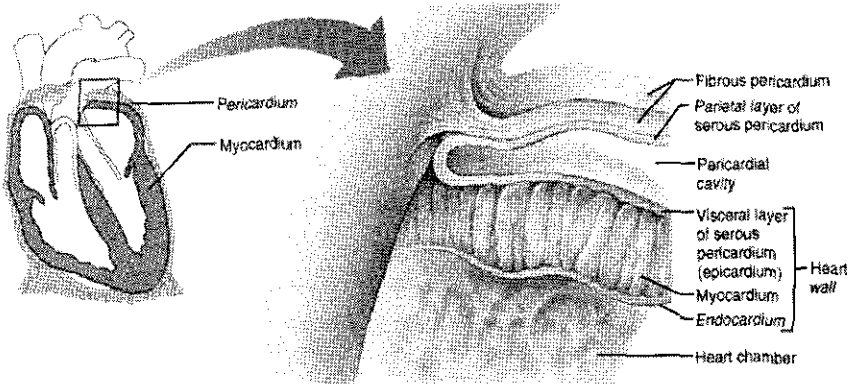
- มีเยื่อหุ้มเรียก pericardium
- หัวใจมี 3 ชั้น
  - ชั้นนอก epicardium มีเส้นเลือด coronary
  - ชั้นกลาง myocardium
  - ชั้นใน endocardium

## ภาพแสดงหัวใจ





## ภาพแสดงชั้นต่างๆของหัวใจ



## หัวใจ (ต่อ)

- หัวใจมี 4 ห้อง

- ห้องบนขวา (Right Atrium)

- รับเลือดใช้แล้วจากร่างกายโดยเส้นเลือด cranial (superior) vena cava ลำเลียงเลือดจากศีรษะและแขนขา และเส้นเลือด caudal (inferior) vena cava ลำเลียงเลือดจากอวัยวะภายในและขา

- ห้องล่างขวา (Right Ventricle)

- รับเลือดจากห้องบนขวาแล้วสูบฉีดไปฟอกที่ปอด โดยส่งไปกับเส้นเลือด pulmonary artery ซึ่งเส้นเลือดนี้มี  $CO_2$  มากที่สุด

## หัวใจ (ต่อ)

- หัวใจมี 4 ห้อง (ต่อ)

- ห้องบนซ้าย (Left Atrium)

- รับเลือดเลือดฟอกแล้วจากปอด โดยลำเลียงมากับเส้นเลือด pulmonary vein ซึ่งเส้นเลือดนี้มี  $O_2$  มากที่สุด

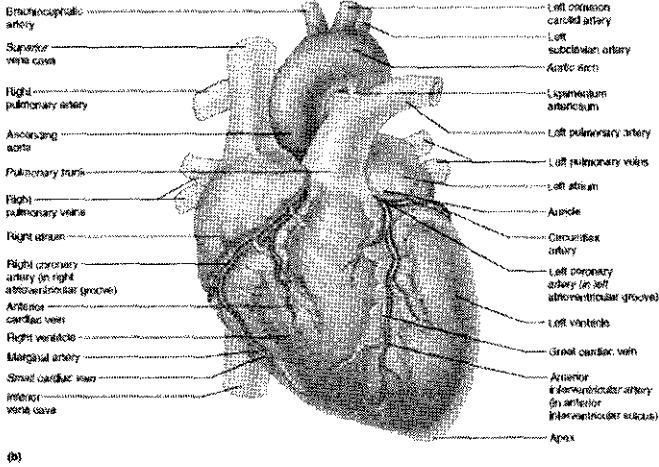
- ห้องล่างซ้าย (Left Ventricle)

- บีบส่งเลือดไปเลี้ยงทั่วร่างกาย จึงมีผนังกล้ามเนื้อหนามากที่สุด โดยส่งไปกับเส้นเลือด Aorta

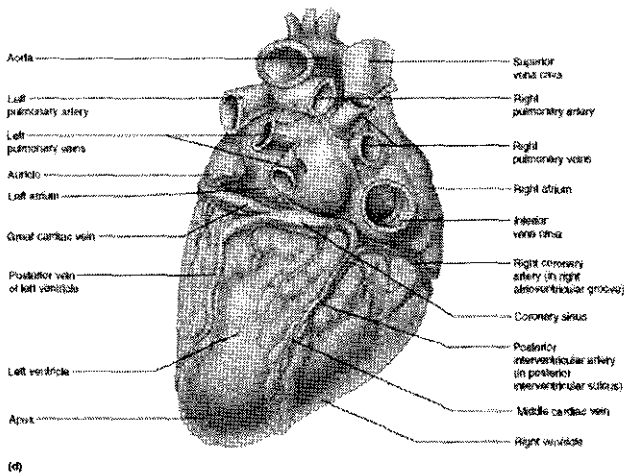
## เส้นเลือดของหัวใจ

- Aorta คือ เส้นเลือดแดงใหญ่ มี 1 เส้น มีหน้าที่นำเลือดแดงออกจากหัวใจห้องล่างซ้ายไปเลี้ยงส่วนต่างๆของร่างกาย
- Pulmonary artery คือ เส้นเลือดแดงที่นำเลือดดำออกจากหัวใจไปฟอกที่ปอดซ้าย-ขวา มี 2 เส้น
- Pulmonary vein คือ เส้นเลือดดำที่นำเลือดแดงออกจากปอดกลับมาเข้าหัวใจห้องบนซ้าย มี 4 เส้น
- Cranial (Superior) vena cava คือ เส้นเลือดดำที่นำเลือดดำจากส่วนบน (ศีรษะ แขน และลำตัวด้านบน) มาเข้าหัวใจห้องบนขวา มี 1 เส้น
- Caudal (Inferior) vena cava คือ เส้นเลือดดำที่นำเลือดดำจากส่วนล่าง (ขา และลำตัวด้านล่าง) มาเข้าหัวใจห้องบนขวา มี 1 เส้น

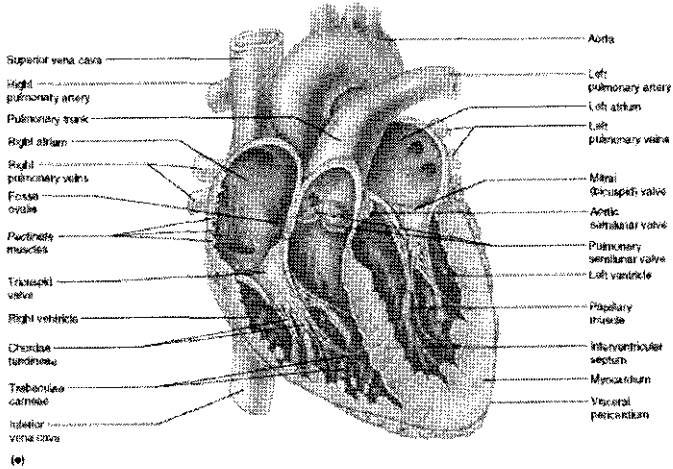
# ภาพแสดงโครงสร้างภายในของหัวใจและเส้นเลือดที่เกี่ยวข้อง



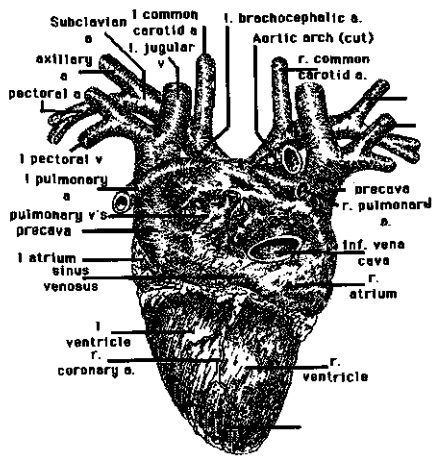
# ภาพแสดงโครงสร้างภายในของหัวใจและเส้นเลือดที่เกี่ยวข้อง



# ภาพแสดงโครงสร้างภายในของหัวใจและเส้นเลือดที่เกี่ยวข้อง



# Avian Heart



## ลิ้นหัวใจ (Heart Valves)

- ลิ้นหัวใจ มีหน้าที่ป้องกันเลือดไหลย้อนกลับ
- มี 4 ลิ้น
  - Tricuspid valve
  - Bicuspid valve
  - Pulmonary valve
  - Aortic valve

## ลิ้นหัวใจ (ต่อ)

- **Tricuspid valve** หรือ **A-V valves**
  - ลิ้นที่กั้นระหว่าง **Right Atrium & Right Ventricle**
  - ประกอบด้วย 3 แผ่นบรรจบกัน
  - ป้องกันไม่ให้เลือดไหลย้อนกลับขึ้น **Right Atrium**
- **Bicuspid valve** หรือ **Mitral valve**
  - ลิ้นที่ระหว่าง **Left Atrium & Left Ventricle**
  - ประกอบด้วย 2 แผ่นบรรจบกัน
  - ป้องกันไม่ให้เลือดไหลย้อนกลับขึ้น **Left Atrium**

## ลิ้นหัวใจ (ต่อ)

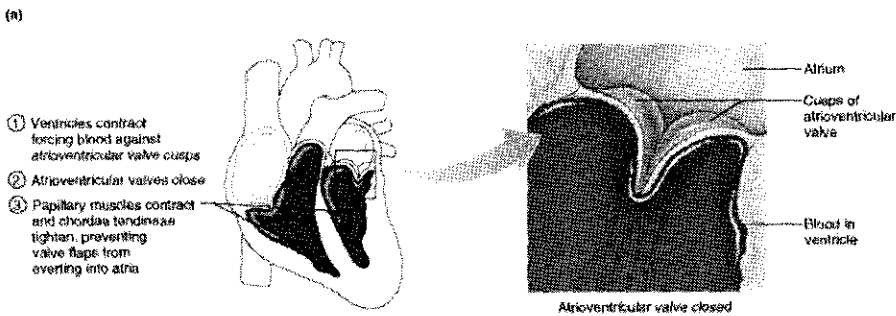
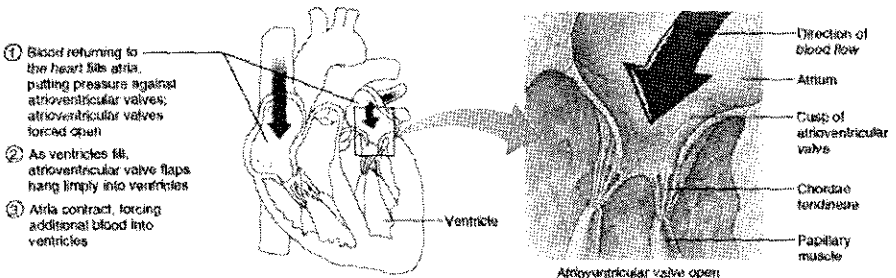
- **Pulmonary valve or Semilunar valve**

- อยู่โคนเส้น pulmonary artery
- เป็นตุ้มรูปพระจันทร์ครึ่งเสี้ยว 3 ตุงบรรจบกัน
- ป้องกันไม่ให้เลือดไหลย้อนลงสู่ Right Ventricle

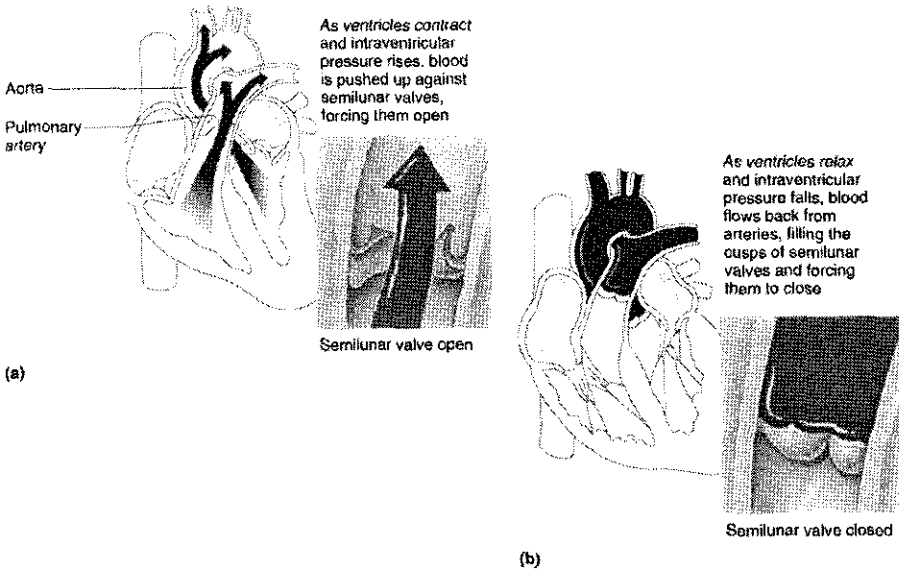
- **Aortic valve or Semilunar valve**

- อยู่โคนเส้น aorta
- เป็นตุ้มรูปพระจันทร์ครึ่งเสี้ยว 3 ตุงบรรจบกัน
- ป้องกันไม่ให้เลือดไหลย้อนลงสู่ Left Ventricle

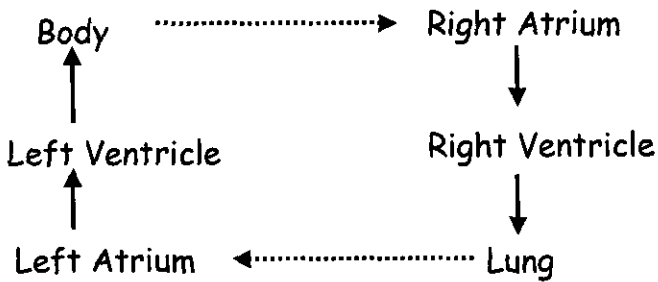
## ภาพแสดงลิ้นหัวใจ



## ภาพแสดงลิ้นหัวใจ



## การหมุนเวียนของเลือดผ่านหัวใจ



## การหมุนเวียนของเลือดผ่านหัวใจ

- Right atrium → tricuspid valve → right ventricle
- Right ventricle → pulmonary semilunar valve → pulmonary arteries → lungs
- Lungs → pulmonary veins → left atrium
- Left atrium → bicuspid valve → left ventricle
- Left ventricle → aortic semilunar valve → aorta
- Aorta → systemic circulation

## คุณสมบัติทางไฟฟ้าของหัวใจ

- กล้ามเนื้อหัวใจ
- ส่วนประกอบของกล้ามเนื้อหัวใจที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหัวใจ
  - เซลล์กล้ามเนื้อ
  - กลุ่มเซลล์พิเศษ
  - **Bundle of His**
- The Heart Nodes
- สรีรวิทยาของกล้ามเนื้อหัวใจ

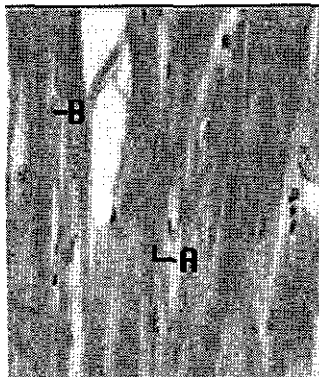


## กล้ามเนื้อหัวใจ

- กล้ามเนื้อหัวใจประกอบเป็นเนื้อเยื่อหัวใจเกือบทั้งหมด
- การทำงานอยู่นอกอำนาจจิตใจ ควบคุมโดยระบบอัตโนมัติ (A.N.S.)
- เซลล์กล้ามเนื้อมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกกลมมีลายตามขวาง
- เซลล์จะแตกแขนงเป็นสองแฉก เชื่อมกับเซลล์อื่นๆตรงบริเวณที่เรียกว่า **intercalated disc**
- แต่ละเซลล์มีนิวเคลียสรูปไข่อยู่กลางเซลล์
- เซลล์แต่ละเซลล์จะมีส่วนที่เชื่อมติดกัน ทำให้มีลักษณะที่เรียกว่า **syncytial** เป็นลักษณะพิเศษที่พบได้ในหัวใจ ลักษณะแบบนี้จะทำให้หัวใจ เปรียบเสมือนประกอบด้วยเซลล์เพียง 1 เซลล์เท่านั้น เวลาหดตัวมันจะหดตัวพร้อมกันทุกเซลล์ และเวลาคลายตัวก็จะคลายตัวพร้อมกันหมดทุกเซลล์
- ไม่มี **origin** และ **insertion**

## Cardiac Muscle

A = intercalated disc  
B = nucleus



## ส่วนประกอบของกล้ามเนื้อหัวใจที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหัวใจ

- เซลล์กล้ามเนื้อ
- กลุ่มเซลล์พิเศษ (Pacemaker)
- Bundle of His

## เซลล์กล้ามเนื้อ

- คือส่วนที่ทำหน้าที่หดคลายตัว
- ภายในเซลล์ประกอบด้วย **thick** และ **thin filament** เรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ จึงทำให้เห็นกล้ามเนื้อหัวใจมีลาย

## กลุ่มเซลล์พิเศษ

- ทำหน้าที่ให้ **action potentials** ออกมาเป็นช่วงๆ (ระยะ) เพื่อกระตุ้นให้หัวใจเต้นอย่างเป็นจังหวะ
- เซลล์มี 2 กลุ่ม
  - Sino-Atrial Node (SA-Node)
  - Atrio-Ventricular Node (AV-Node)

## กลุ่มเซลล์พิเศษ (ต่อ)

- SA-Node
  - อยู่ตรงรอยต่อของ **cranial venacava** กับหัวใจห้องบนขวา (right atrium)
  - ทำหน้าที่เป็นตัวเริ่มต้นการเต้นของหัวใจ โดย **action potential** จาก **S-A node** จะแผ่กระจายผ่านผนังหัวใจห้องบนทำให้หัวใจห้องบนหดตัว

## กลุ่มเซลล์พิเศษ (ต่อ)

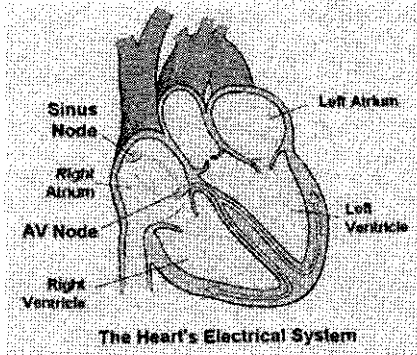
### • AV-Node

- อยู่ที่ผนังกั้นแบ่งหัวใจห้องบน (interatrial septum) ข้างซ้าย และขวาตรงบริเวณรอยต่อของหัวใจห้องบน (atrium) กับห้องล่าง (ventricle)
- ไม่ได้ทำหน้าที่ผลิต action potentials ออกมาเป็นจังหวะเหมือน SA-node แต่ทำหน้าที่รับ action potentials ที่มาจาก SA-node ไปยังหัวใจห้องล่าง

## Bundle of His

- อยู่ต่อจาก AV-node
- มีหน้าที่เป็นทางผ่านของ action potentials จาก AV-node ไปยังกล้ามเนื้อหัวใจห้องล่างซ้าย

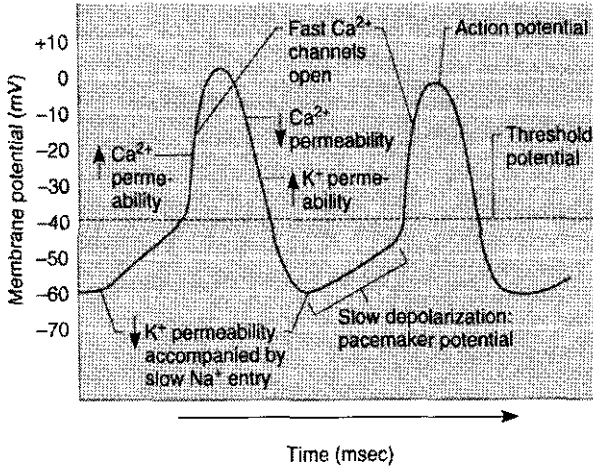
## ภาพแสดง SA-node และ AV-node



## สรีรวิทยาของกล้ามเนื้อหัวใจ

- กล้ามเนื้อหัวใจหดตัวได้เร็ว หดตัวเป็นจังหวะ และหดติดต่อกันมาหยุดพัก หดตัวได้ 72 ครั้งต่อนาที
- กล้ามเนื้อคลายตัวเมื่อถูกเร้าโดยคลื่นประสาท แต่กล้ามเนื้อหัวใจหดตัวได้เอง โดยมีตัวควบคุมจังหวะ (pace maker) อยู่ที่ SA-node และมีเนื้อเยื่อพิเศษในการนำ electrical impulse ไปทั่วหัวใจ ผลของระบบประสาทต่อหัวใจอาจทำให้เพิ่มหรือลดอัตราการปล่อย electrical impulse ของ pace maker
- กล้ามเนื้อหัวใจมี refractory period ที่ยาว เราไม่สามารถกระตุ้นหัวใจให้หดตัวได้ถ้ามันไม่คลายตัวโดยสมบูรณ์เสียก่อน ดังนั้นแม้หัวใจจะเต้นเร็วเพียงใดก็ไม่เกิด complete หรือ incomplete tetanus

# Heart Physiology: Intrinsic Conduction System



## วงจรการทำงานของหัวใจ

- หัวใจเต้น **1 ครั้ง (1 cardiac cycle)**
  - ประกอบด้วยหัวใจบีบตัว เรียก **systole** และคลายตัว เรียก **diastole**
  - กินเวลา **0.8 sec**
- **Pulse pressure**
  - ผลต่างระหว่างความดัน **systole** และ **diastole**
  - มีค่าเท่ากับ **120-80=40** มม. ของปรอท
  - เป็นค่าบอกระดับความยืดหยุ่นของเส้นเลือด

## Heart Rate in Adults, Resting Animals

| Animal       | Heart Rate<br>(beats/minute) |
|--------------|------------------------------|
| Horse        | 32-44                        |
| Diary cow    | 60-70                        |
| Sheep & Goat | 70-80                        |
| Pig          | 60-80                        |
| Chicken      | 200-400                      |
| Human        | 60-90                        |

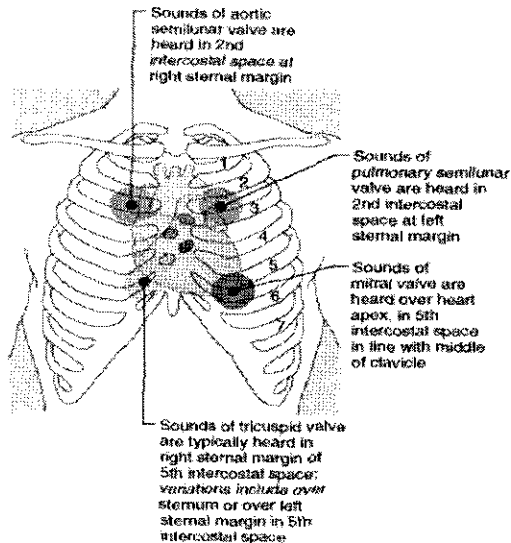
## Blood Pressure in Adults, Resting Animals

| Animal       | Systolic/Diastolic<br>(mm Hg) |
|--------------|-------------------------------|
| Horse        | 130/95                        |
| Diary cow    | 140/95                        |
| Sheep & Goat | 140/80                        |
| Pig          | 140/90                        |
| Chicken      | 175/145                       |
| Human        | 120/70                        |

## เสียงของหัวใจ

- เสียงหัวใจเด่นมี 4 เสียง ได้ยินเมื่อใช้เครื่องฟังหัวใจ **stethoscope**
  - 2 เสียงแรกเป็นเสียงลักษณะ (normal heart sounds)
    - เสียงที่ 1 = Lub เสียงปิดของลิ้น tricuspid & bicuspid ซึ่งปิดพร้อมกัน
    - เสียงที่ 2 = Dup เป็นเสียงปิดของลิ้นที่โคนเส้นเลือด aorta & pulmonary artery (aortic & pulmonic semilunar valves)
  - เสียงที่ 3 & 4 (abnormal heart sounds)
    - เสียงหัวใจผิดปกติ หรือเสียงหัวใจคราง murmur
    - S3 เป็นเสียงเนื่องมาจาก (left) ventricular filling (volume overload).....congestive heart failure
    - S4 เป็นเสียงเนื่องมาจาก resistance to atrial filling following atrial contraction
    - Left-sided S4.....hypertensive heart disease, cardiomyopathy
    - Right-sided S4.....pulmonary hypertension, pulmonary disease

## Heart Sounds



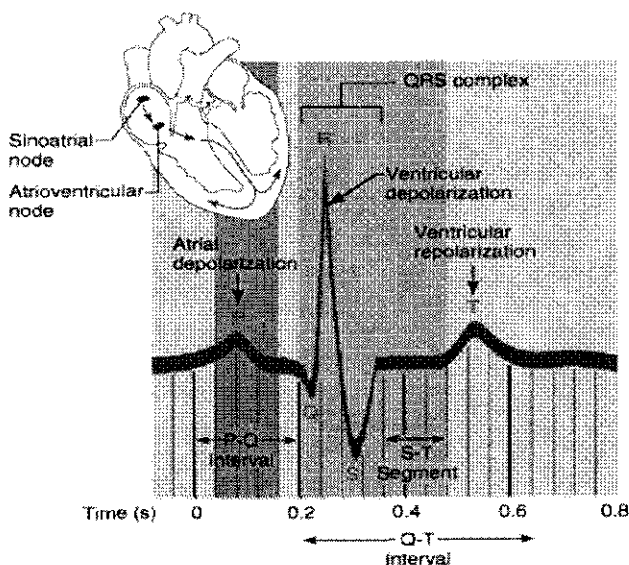


## คลื่นไฟฟ้าหัวใจ

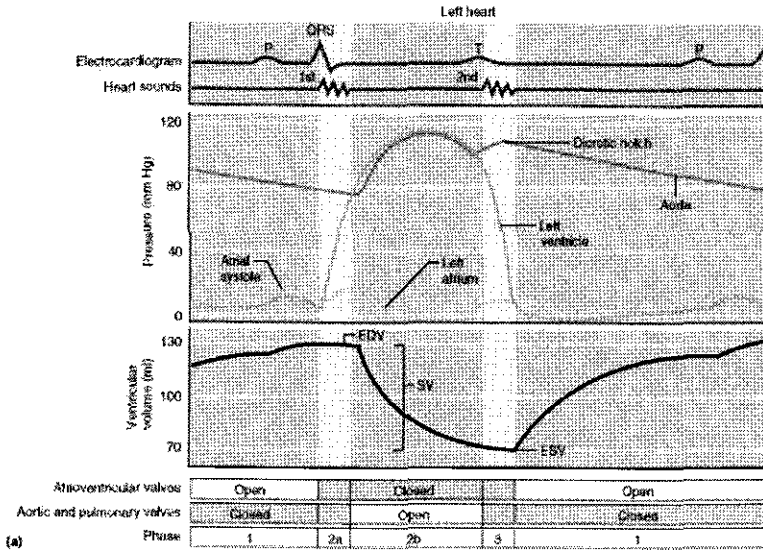
### (Electrocardiogram = ECG or EKG)

- คลื่น P เกิดจาก depolarization ของ atrium ทั้งสองของหัวใจ (เกิดก่อนการบีบตัวของหัวใจห้องบน ซ้าย-ขวา)
- คลื่น QRS เกิดจาก depolarization ของ ventricle ทั้งสองของหัวใจ (เกิดก่อนการบีบตัวของหัวใจห้องล่าง ซ้าย-ขวา)
- คลื่น T เกิดจาก repolarization ของ ventricle ทั้งสองของหัวใจ (เกิดก่อนการขยายตัวของหัวใจห้องล่าง ซ้าย-ขวา)

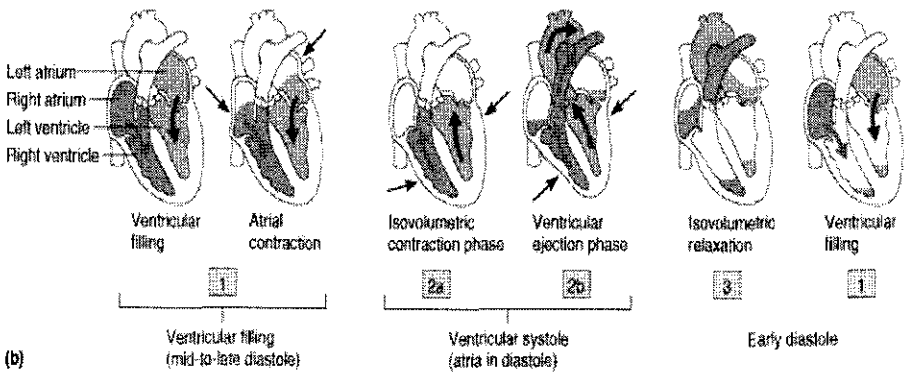
## ภาพแสดงคลื่นไฟฟ้าหัวใจ



# Phases of Cardiac Cycle



# Phases of Cardiac Cycle



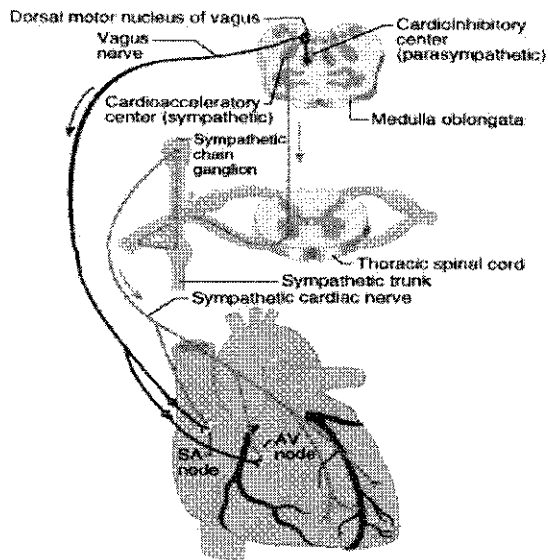
## การควบคุมการเต้นของหัวใจ

- การควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติ
- การควบคุมด้วยฮอร์โมน
- การควบคุมโดยหัวใจเอง

## การควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติ

- ควบคุมทั้งพาราซิมพาเทติกและซิมพาเทติก
- เส้นประสาทพาราซิมพาเทติกจะวิ่งจากบริเวณ **medulla** ของก้านสมองไปยัง **SA** และ **AV node** สารเคมีที่ปล่อยออกมาจากปลายประสาทเป็น **acetylcholine** มีผลทำให้อัตราเต้นของหัวใจช้าลง
- เส้นประสาทซิมพาเทติกจะวิ่งจากบริเวณไขสันหลังส่วนอกไปยัง **SA** และ **AV node** สารเคมีที่ปล่อยออกมาจากปลายประสาทเป็น **norepinephrine** มีผลทำให้อัตราเต้นของหัวใจเร็วขึ้น

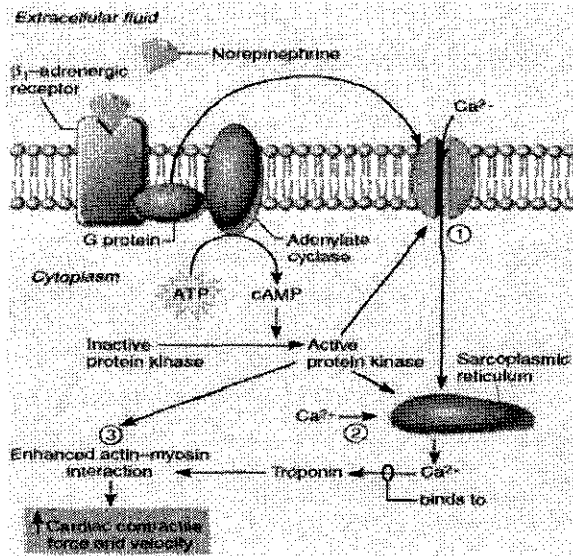
## ภาพแสดงการควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติ



## การควบคุมด้วยฮอร์โมน

- ฮอร์โมนที่เพิ่มอัตรา **metabolism** มีผลเพิ่มการทำงานของหัวใจ
- **Epinephrine** และ **norepinephrine** จากต่อมหมวกไต  
**thyroxin** จากต่อมไทรอยด์มีผลเพิ่มอัตราการเต้นและแรงบีบตัวของหัวใจ

## ภาพแสดงการควบคุมด้วย norepinephrine



## การควบคุมโดยหัวใจเอง

- เกิดจากคุณสมบัติของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ มีผลให้กล้ามเนื้อหัวใจสามารถปรับตัวตอบสนองต่อสภาวะต่างๆ โดยไม่ต้องอาศัยกลไกควบคุมจากภายนอก กล่าวคือหัวใจมีคุณสมบัติสามารถควบคุมการทำงานโดยตัวมันเอง

### (autoregulation)

- **Heterometric autoregulation** เป็นการควบคุมที่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงความยาวของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจก่อนหัวใจบีบตัว หากปริมาตรเลือดใน **ventricle** ก่อนการบีบตัวมีปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีผลให้หัวใจเต้นได้แรงขึ้น
- **Homeometric autoregulation** เป็นการควบคุมที่ไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงความยาวของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ เช่น หากทำให้ความดันเลือดใน **aorta** สูงขึ้น หัวใจจะบีบตัวแรงขึ้นเพื่อดันเลือดออกจากหัวใจโดยไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงความยาวของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ

## ปริมาณเลือดที่ถูกบีบออกจากหัวใจ

- หน้าที่ของหัวใจคือ บีบตัวดันเลือดออกจากหัวใจไปปอดและไปเลี้ยงส่วนต่างๆของร่างกาย
- อัตราไหลของเลือดที่ออกจากหัวใจ (**cardiac output**) มากหรือน้อยขึ้นกับอัตราเต้นของหัวใจ (**heart rate**) และปริมาณเลือดที่ถูกบีบออกจากหัวใจต่อการบีบตัวแต่ละครั้ง (**stroke volume**)
  - $CO$  หาได้จากอัตราการเต้นของหัวใจ (**heart rate**) x ปริมาตรเลือดที่หัวใจบีบออกไปต่อครั้ง (**stroke volume**)
  - $CO = HR \times SV$

## ปริมาณเลือดที่ถูกบีบออกจากหัวใจ

- $CO$  จะบอกถึงอัตราการขนส่งสารทั้งหลายในเลือดไปสู่หรือนำออกเนื้อเยื่อต่างๆทั่วร่างกาย
- $CO$  ปริมาณเลือดที่ **ventricle** ซ้ายของหัวใจบีบออกสู่หลอดเลือด **aorta** ในแต่ละนาที
- ปกติขณะพักมี  $CO = 5-6 \text{ l/min}$  หรือ  $90 \text{ ml/min/kg body weight}$
- $CO$  ของ **Male** >  $CO$  ของ **Female**
- การออกกำลังกายเพิ่ม  $CO$

## ปริมาณเลือดที่ถูกบีบออกจากหัวใจ

### ปัจจัยที่มีผลต่อ CO

1. ความสามารถบีบตัวของหัวใจ เกี่ยวข้องกับการทำหน้าที่เป็นปั๊มของหัวใจเอง (ปัจจัยที่เพิ่ม-ลดความแรงการบีบตัวของหัวใจ)
2. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการไหลกลับของเลือดสู่หัวใจ เกี่ยวข้องกับส่วนอื่นๆของระบบไหลเวียน
3. การเปลี่ยนแปลง **metabolism** ของร่างกาย (**Food & O<sub>2</sub>**)
4. อิริยาบถ อารมณ์

## Homeostatic Imbalances

- Hypocalcemia – reduced ionic calcium depresses the heart
- Hypercalcemia – dramatically increases heart irritability and leads to spastic contractions
- Hypernatremia (Na) – blocks heart contraction by inhibiting ionic calcium transport
- Hyperkalemia (K) – leads to heart block and cardiac arrest

## Homeostatic Imbalances

- Tachycardia – heart rate over 100 or max. beats/min
- Bradycardia – heart rate less than 60 or min. beats/min

## Congestive Heart Failure (CHF)

- Congestive heart failure (CHF), caused by:
  - Coronary atherosclerosis
  - Increased blood pressure in aorta
  - Successive myocardial infarcts
  - Dilated cardiomyopathy (DCM)



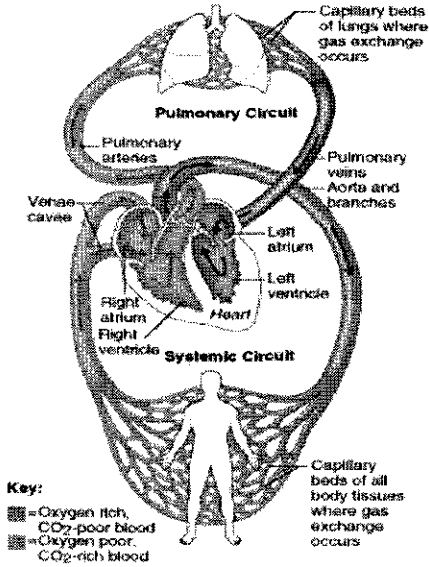
## การไหลเวียน

- การไหลเวียนเลือดในร่างกาย
- เส้นเลือด
- จลศาสตร์ของการไหลเวียน
- การควบคุมการทำงานของระบบไหลเวียนเลือด
- ความดันเลือด และชีพจร
- การควบคุมการทำงานของระบบไหลเวียน
- การไหลเวียนเลือดล้มเหลว
- ระบบน้ำเหลือง

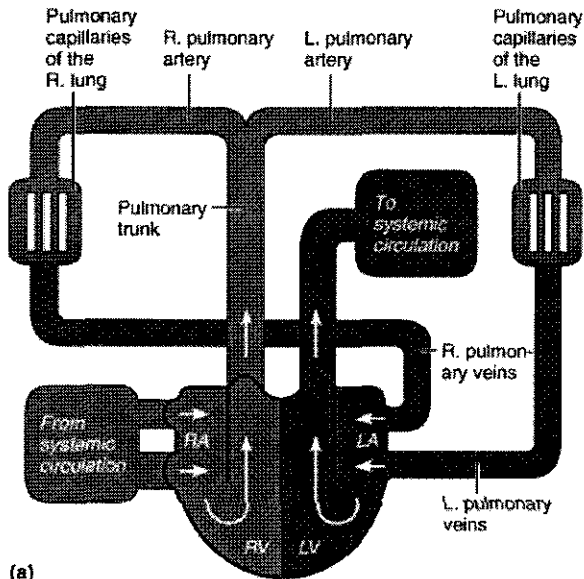
## การไหลเวียนเลือดในร่างกาย (Blood circulation)

- **Systemic circulation**-เป็นการไหลเวียนของเลือดแดง จาก **ventricle** ซ้ายของหัวใจเพื่อนำอาหารและ  $O_2$  สูงไปสู่เนื้อเยื่อต่างๆทั่วร่างกาย เลือดที่ออกจากเนื้อเยื่อนี้จะมี  $O_2$  ต่ำ  $CO_2$  สูง และไหลกลับเข้าหัวใจทาง **auricle** ขวา
- **Pulmonary circulation**-เป็นการไหลเวียนของเลือดที่ปริมาณ  $O_2$  ต่ำ  $CO_2$  สูง จาก **auricle** ขวาของหัวใจไปยังปอดเพื่อแลกเปลี่ยนแก๊ส เลือดที่ออกจากปอดจะมี  $O_2$  สูงและจะไหลเข้าหัวใจทาง **auricle** ซ้าย

# ภาพแสดงการหมุนเวียนเลือดในร่างกาย

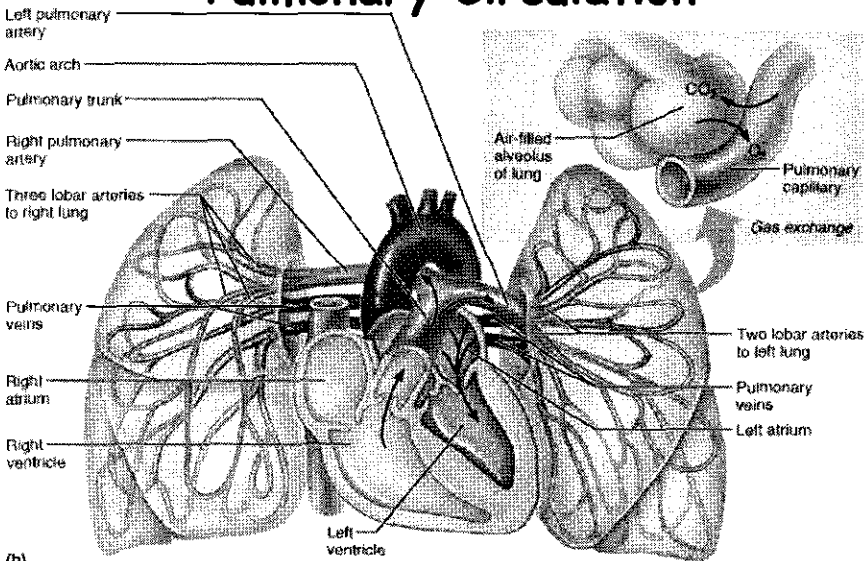


## Pulmonary Circulation

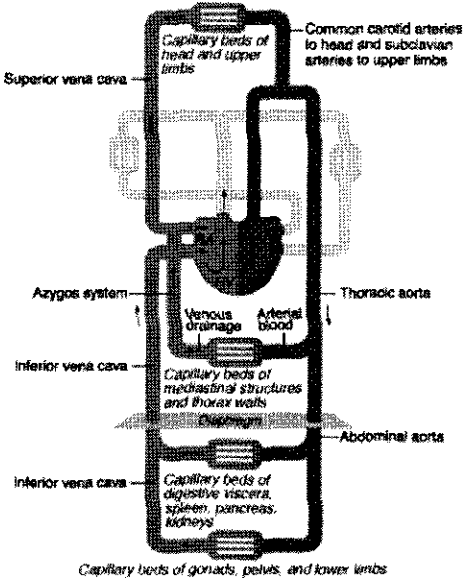


(a)

# Pulmonary Circulation



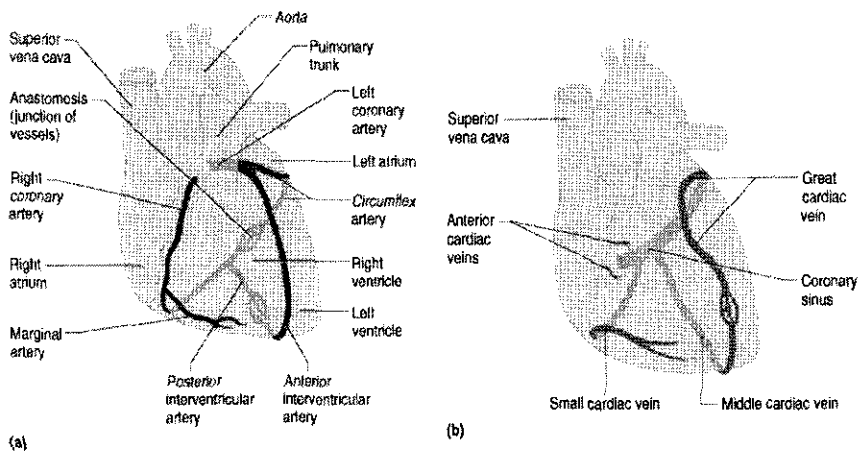
# Systemic Circulation



# Coronary Circulation

- Coronary circulation is the functional blood supply to the heart
- Collateral routes insure blood delivery to heart even if major vessels are occluded

## ภาพแสดง coronary circulation ของหัวใจ



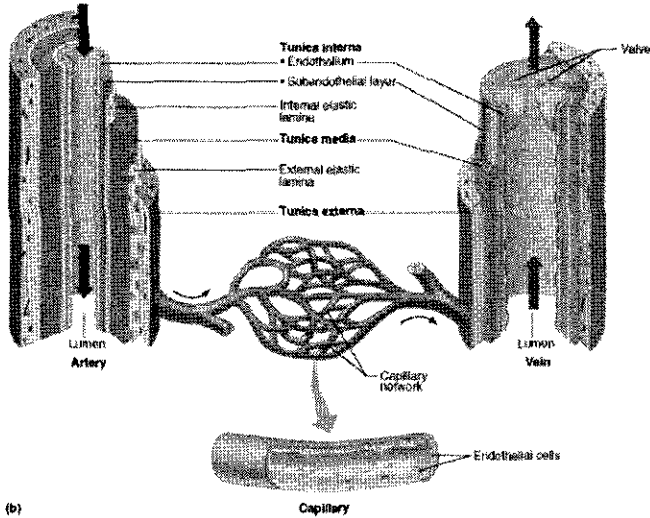
## เส้นเลือด (Blood vessels)

- แบ่งเป็น 2 ระบบ
  - **Artery**
    - Aorta, Arteries, Capillaries
    - ผนังกล้ามเนื้อหนากว่า vein เส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นเลือดก็จะเล็กกว่า
  - **Vein**
    - Vena ca, Capillaries
    - ผนังกล้ามเนื้อบางกว่า artery เส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นเลือดใหญ่กว่า
    - Vein ขนาดใหญ่มีถิ่นที่อยู่ภายใน ยกเว้น pulmonary vein

## เส้นเลือด (ต่อ)

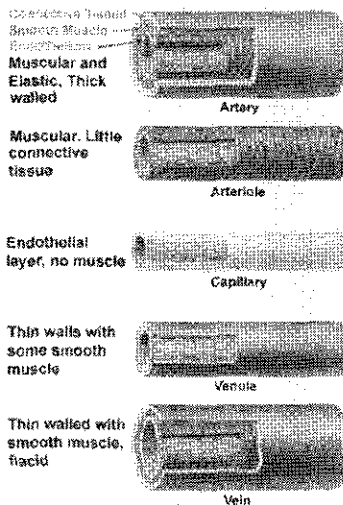
- **Capillary**
  - มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 7 micron
  - ผนังบาง
  - Endothelial cell เรียงตัวกันชั้นเดียว
  - ไม่มีกล้ามเนื้อ
  - เป็นบริเวณที่เกิดการแลกเปลี่ยนสารระหว่างเลือดกับเซลล์
  - เลือดจะไหลผ่านช้ามากที่สุดเนื่องจาก no muscle

# ภาพแสดงโครงสร้างของเส้นเลือด **Artery, Vein & Capillary**

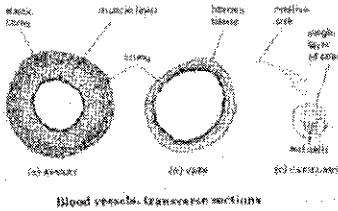


# ภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของ **Artery, Vein & Capillary**

## Vessel Characteristics



# ภาพแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของ **Artery, Vein & Capillary**



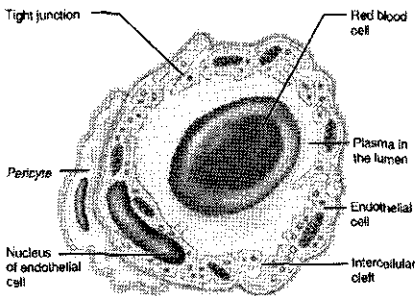
Blood vessels (transverse sections)

## เปรียบเทียบภาคตัดขวางของ **Artery, Vein & Capillary**

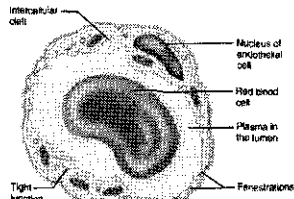
| Artery  | Vein   | Capillary               |
|---|--|-------------------------|
| Thick wall  | Thinner wall   | Single cell endothelium |
| Elastic wall, resists high pressure & assists blood flow. | Few elastic fibres                                       | N/A                     |
| Muscular wall, can control flow of blood to tissues.      | Little muscle  | N/A                     |
| High pressure, pulsatile blood.                           | Low pressure, no pulse.                                  | Low pressure.           |
| No valves.  | Valves present to stop backflow.                         | N/A                     |
| Oxygenated blood, except pulmonary artery.                | Deoxygenated blood, except pulmonary vein.               | Variable.               |
| Blood transported by heart pressure.                      | Blood transported by action of skeletal muscle & valves. |                         |

## ตารางเปรียบเทียบโครงสร้างของเส้นเลือด **Artery, Vein & Capillary**

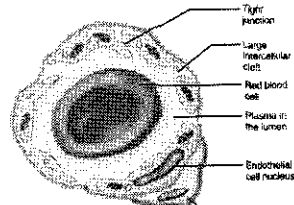
# ภาพโครงสร้างของ **Capillary**



(a) Continuous Capillary Structure

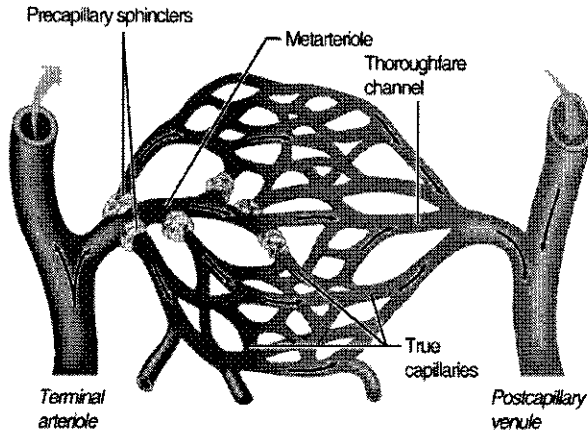


(b) Fenestrated Capillary Structure



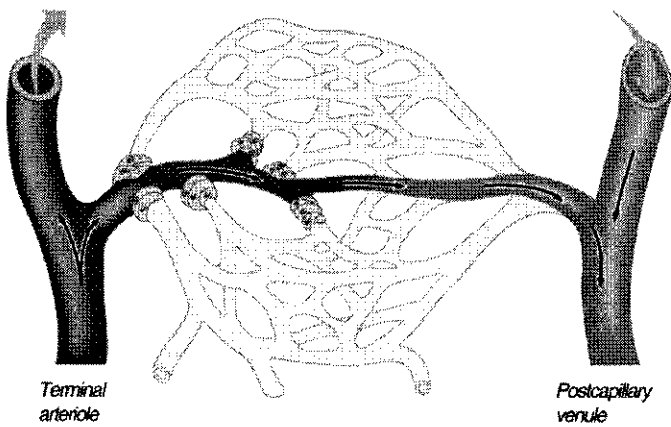
(c) Discontinuous Sinusoidal Capillary Structure

# Capillary Beds



(a) Sphincters open

# Capillary Beds



(b) Sphincters closed



## จลศาสตร์ของการไหลเวียน

- คุณสมบัติของผนังเส้นเลือด

**1. Compliance** ของหลอดเลือด อวัยวะที่มีลักษณะกลวงภายในหรือมีลักษณะเป็นท่อจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความดันภายในอวัยวะนั้น

- เกิดผลต่างความดันระหว่างภายในและภายนอกของอวัยวะนั้น (**transmural pressure**)
- คุณสมบัตินี้เรียก **distensibility** หรือความสามารถในการยืดขยาย
- เรามักพิจารณาความสามารถในการยืดขยายในเทอมของ **compliance** ส่วนกลับของ **compliance** คือความแข็ง **stiffness**
- $C = \Delta V / \Delta P$

## จลศาสตร์ของการไหลเวียน (ต่อ)

**2. แรงดึงของผนังหลอดเลือด**

- สมการของ **Laplace** กล่าวว่าแรงดึง (**Tension**) ที่เกิดขึ้นในผนังหลอดเลือดเพื่อรักษาขนาดของหลอดเลือดให้รัศมี (**radius**) เท่ากับ **r** มีค่าเป็นสัดส่วนกับผลคูณระหว่าง **transmural pressure (P)** และรัศมี (**r**) นั้น
- $T = P \times r$
- ผนังของหลอดเลือดที่มีขนาดใหญ่ แรงดึงในผนังที่พยายามต้านทานไม่ให้ผนังขยายออกด้วยความดันใดๆย่อมมีค่ามากกว่าแรงดึงของผนังหลอดเลือดที่มีขนาดเล็ก

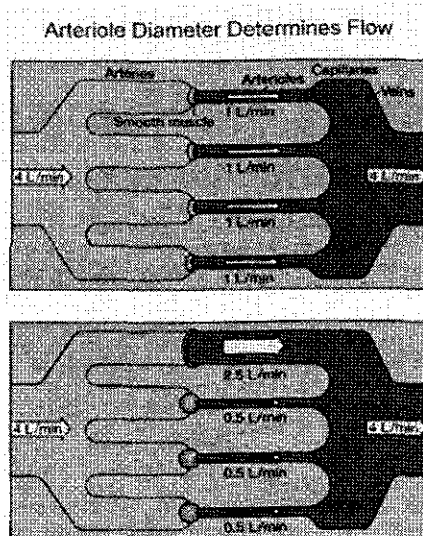
## จลศาสตร์ของการไหลเวียน (ต่อ)

- การเคลื่อนที่ของเลือด

1. ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ความต้านทาน และอัตราการไหลของเลือด

- อัตราการไหลของเลือดในหลอดเลือดเกิดจากความดัน เป็นผลมาจากการบีบตัวของหัวใจ
- ความดันมีค่าสูงสุดใน **ventricle** และ **aorta** ทำให้เลือดไหลไปตามหลอดเลือดแดง ผ่านหลอดเลือดฝอยของเนื้อเยื่อวัชวะต่างๆ กลับเข้าหัวใจทางหลอดเลือดดำเข้าสู่ **auricle** ของหัวใจซึ่งมีความดันเลือดต่ำสุด
- อัตราการไหลของเลือดนอกจากขึ้นกับความดันยังขึ้นกับความต้านทานที่เกิดจากหลอดเลือดและคุณสมบัติของหลอดเลือดเอง  $Q = \Delta P/R$
- $Q$  = อัตราการไหลของเลือด ลิตร/นาที,  $\Delta P$  = ผลต่างความดันที่ปลายทั้งสองของหลอดเลือด มม.ปรอท,  $R$  = ความต้านทานการไหล มม.ปรอท/ลิตร/นาที

## ภาพแสดงอัตราการไหลของเลือด



## จลศาสตร์ของการไหลเวียน (ต่อ)

### 2. ความต้านทานการไหล

- สมการของ **Poiseuille** อัตราการไหลเป็นส่วนกลับกันกับความหนืด

### 3. ความเร็วของเลือดในหลอดเลือดต่างๆ

- $V_1 \times A_1 = V_2 \times A_2$
- $V_1$  และ  $V_2$  เป็นความเร็วของไหลที่ตำแหน่งที่ 1 และที่ 2
- $A_1$  และ  $A_2$  เป็นพื้นที่ภาคตัดขวางของท่อที่ตำแหน่งที่ 1 และที่ 2
- ถ้าพื้นที่ภาคตัดขวางของหลอดเลือดเพิ่มขึ้นการไหลย่อมช้าลง ตัวอย่าง หลอดเลือดฝอย

### 4. การไหลอย่างมีระเบียบและการไหลอย่างอลวน

- การเคลื่อนที่ของเลือดในหลอดเลือดปกติจะไหลอย่างมีระเบียบ (**laminar flow**)
- ในบางสภาวะการไหลของเลือดจะเป็นแบบอลวน (**turbulent flow**) พบในกรณีออกกำลังกาย โลหิตจาง การลดขนาดของรูหรือท่อบางแห่ง เช่น ลิ้นหัวใจแข็ง หรือการงอพับของหลอดเลือด
- การไหลของเลือดแบบมีระเบียบมีประสิทธิภาพมากกว่าการไหลแบบอลวน

## จลศาสตร์ของการไหลเวียน (ต่อ)

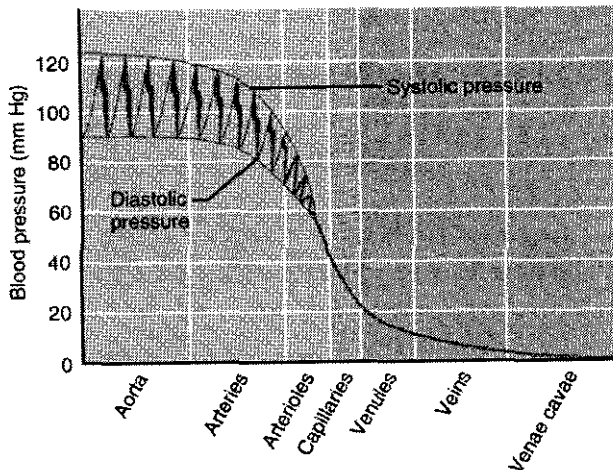
### • ความดันเลือด

- ความดันเลือดแดง (**Arterial blood pressure**)
- ความดันเลือด (**Venous blood pressure**)
- อัตราการไหลของเลือดกลับเข้าสู่หัวใจ (**venous return**)
- อัตราไหลของเลือดผ่านอวัยวะต่างๆ
- การแลกเปลี่ยนสารผ่านผนังหลอดเลือดฝอย

## ความดันเลือดแดง (Arterial blood pressure)

- systolic pressure = ความดันสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว
- diastolic pressure = ความดันสูงสุดขณะหัวใจคลายตัว
- Sphygmomanometer = เครื่องวัดความดันโลหิต
  - บอกค่าความดัน 2 ค่า
  - ค่าแรก Systolic pressure ค่าที่สอง Diastolic pressure
- ความดันเลือดแดงขึ้นกับ
  - Age; old > young
  - Sex; young: female < male, old: male > female
  - Body size; fat > thin
  - Disease; heart disease, diabetes mellitus
  - Hypotension/hypertension (>140/90)

## Systemic Blood Pressure



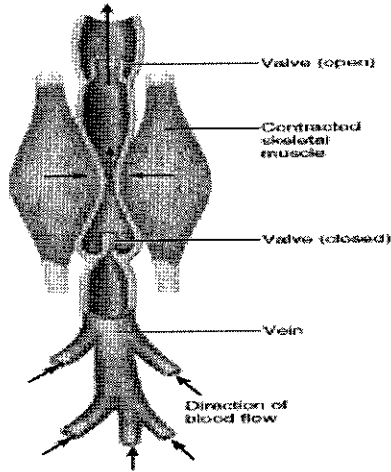
## ความดันเลือดดำ (Venous blood pressure)

- มีค่าต่ำกว่าความดันเลือดแดงและหลอดเลือดฝอยเนื่องจากมี **compliance** สูงกว่า
- ความดันเลือดในแต่ละส่วนของร่างกายและแต่ละอวัยวะมีค่าไม่เท่ากัน
  - นอนราบ **pressure** ที่ **feet, head, chest** มีค่าใกล้เคียงกัน
  - ยืน **pressure** ที่ ขาจะมีค่าสูงที่สุด และที่ **head** มีค่าน้อยที่สุด

## อัตราการไหลของเลือดกลับเข้าสู่หัวใจ (venous return)

- ขึ้นกับ
  - ผลต่างความดันระหว่างความดันในหลอดเลือดดำต่างๆกับความดันใน **atrium** ขวา
  - ความต้านทานที่เกิดจากระบบหลอดเลือดดำเอง
- กลไกที่ช่วยรักษาระดับ **venous return**
  - **Thoraco-abdominal pump** ขณะหายใจออก **atrium** ขยาย
  - **Skeletal muscle pump** & ลื่นในหลอดเลือดดำ
  - **Venous tone**

## ภาพแสดงกลไกที่ช่วยรักษาระดับ **venous return**



## อัตราไหลของเลือดผ่านอวัยวะต่างๆ

- อัตราการไหลของเลือดผ่านอวัยวะใดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ
  - อัตรา **metabolism** หรืออัตราการใช้ออกซิเจนของอวัยวะนั้น (ผลต่างระหว่างปริมาณออกซิเจนในเลือดแดงและเลือดดำ)
  - หน้าที่ของอวัยวะนั้นๆ ไต ผิวหนัง

## การแลกเปลี่ยนสารผ่านผนังหลอดเลือดฝอย

- การแพร่ (diffusion) เกิดขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารระหว่างผนังหลอดเลือดมีค่าต่างกัน
- การกรองและการดูดกลับ (filtration and absorption) อัตราการเคลื่อนที่ของของเหลวผ่านผนังเส้นเลือดฝอย อาจมีทิศเข้าหรือออกจากผนังเส้นเลือดฝอย ขึ้นกับ
  - Capillary hydrostatic pressure
  - Tissue hydrostatic pressure
  - Colloid osmotic pressure
  - Ex. ความดันในหลอดเลือดฝอยสูงกว่าปกติ หรือความเข้มข้นของโปรตีนในพลาสมาต่ำกว่าปกติทำให้อัตราการกรองของเหลวผ่านหลอดเลือดฝอยสูงกว่าอัตราการดูดกลับ เกิด edema

## การควบคุมการทำงานของระบบไหลเวียนเลือด

- ศูนย์ควบคุมของระบบไหลเวียนเลือด
  - Medulla\*
  - Hypothalamus
  - Cerebral cortex
  - Spinal cord
- ตัวรับรู้การเปลี่ยนแปลงในระบบไหลเวียนเลือด
- การควบคุมการทำงานของหัวใจและหลอดเลือด
- การควบคุมความดันเลือดแดงในร่างกาย

## ศูนย์ควบคุมของระบบไหลเวียนเลือด

- ศูนย์ควบคุมใน **medulla** เรียก **vasomotor center**
  - **Pressor area** ความดันเลือดแดงในร่างกายจะสูงขึ้นถ้าบริเวณนี้ถูกกระตุ้น
    - ศูนย์ที่ทำให้เส้นเลือดหดตัว
    - ศูนย์เร่งการทำงานของหัวใจ
  - **Depressor area** ความดันเลือดแดงในร่างกายจะลดลงถ้าบริเวณนี้ถูกกระตุ้น
    - ศูนย์ที่ทำให้เส้นเลือดคลายตัว
    - ศูนย์ลดการทำงานของหัวใจ

## ตัวรับรู้การเปลี่ยนแปลงในระบบไหลเวียนเลือด

- **Arterial baroreceptor**
  - เป็นปลายเส้นประสาทที่ตอบสนองต่อการยืดขยายของผนังหลอดเลือด
  - พบที่ **carotid sinuses, arch of aorta** และผนังของหลอดเลือดแดง **common carotid arteries** ทั้งสองข้าง
  - หากผนังของหลอดเลือดบริเวณนี้ขยายออกเนื่องจากความดันเลือดที่สูงขึ้นจะมีผลกระตุ้นศูนย์ควบคุมใน **medulla (depressor area)** มีผลทำให้ความดันเลือดแดงในร่างกายจะลดลง



## การควบคุมการทำงานของหัวใจและหลอดเลือด

- การควบคุมขนาดรัศมีของหลอดเลือด
  - **Central control**-เกิดขึ้นกับหลอดเลือดทั่วไปในร่างกาย ไม่จำเพาะเจาะจง กลไกการควบคุมผ่านทางกระแสประสาทและสารเคมี
  - **Local control**-เกิดขึ้นกับหลอดเลือดเฉพาะอวัยวะ เป็นผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่บริเวณเนื้อเยื่อนั้นๆ

(ต่อ)

### Central control

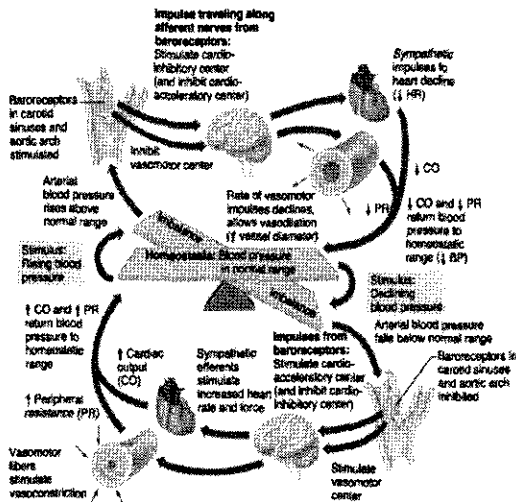
- การควบคุมผ่านทางกระแสประสาท
  - Sympathetic vasoconstrictor fibers
  - Sympathetic vasodilator fibers
  - Parasympathetic vasodilator action
- การควบคุมผ่านสารเคมี
  - Epinephrine & norepinephrine ทำให้หลอดเลือดหดตัว
  - Receptor ของ Epinephrine & norepinephrine คือ adrenergic receptors ( $\alpha$  ผนังหลอดเลือดหดตัว,  $\beta$  ผนังหลอดเลือดคลายตัว)

(ต่อ)

## Local control

- **Passive**-ขนาดรัศมีของหลอดเลือดเปลี่ยนแปลงไปเมื่อความดันที่คร่อมผนังหลอดเลือดเปลี่ยนแปลง
- **Active**-เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการทำงานของกล้ามเนื้อเรียบในผนังหลอดเลือด

## การควบคุมความดันเลือดแดงในร่างกาย



## การไหลเวียนเลือดล้มเหลว (Circulatory Failure)

- เกิดจาก **systemic venous return** ลดลง
  - ปัจจัยที่มีใช้ความผิดปกติของหัวใจ
    - เสียเลือด และช็อก
    - หลอดเลือดอวัยวะต่างๆสูญเสียการควบคุม
  - ปัจจัยที่เกิดจากความผิดปกติของหัวใจ
    - เยื่อหุ้มหัวใจผิดปกติ
    - ลิ้น **tricuspid** ของหัวใจแข็ง

### (ต่อ)

- เกิดจากความผิดปกติของหัวใจในการบีบตัวดันเลือดและรับเลือดเข้าหัวใจ เนื่องจากหัวใจมีโครงสร้างผิดปกติ
  - ลิ้น **semilunar** ของหัวใจแข็ง
  - ลิ้น **mitral** ของหัวใจปิดไม่สนิท
  - ลิ้น **tricuspid** ของหัวใจปิดไม่สนิท

## (ต่อ)

- เกิดจากโรคของกล้ามเนื้อหัวใจ
  - มีการตีบหรืออุดตันของหลอดเลือดหัวใจ ทำให้กล้ามเนื้อบางส่วนตายเนื่องจากขาดเลือดไปเลี้ยง
- เกิดจาก **cardiac output** ของ **ventricle** ข้างใดข้างหนึ่ง หรือสองข้างมีปริมาณสูงผิดปกติเป็นเวลานาน
  - โรคโลหิตจาง
  - โรคเหน็บชา เนื่องจากขาด **B1**

## Circulatory shock

- สภาวะผิดปกติของร่างกาย เนื่องจากเลือดไหลไปเลี้ยงส่วนต่างๆของร่างกายไม่พอเพียงจนทำให้เนื้อเยื่อเสื่อมได้ หากการขาดเลือดดำเนินไปจนกระทั่งระบบไหลเวียนเริ่มเสียหายย่อมเป็นอันตราย ทำให้ช็อกทุกชนิดลดลงเรื่อยๆ หากถึงระยะที่แก้ไขไม่ได้ สัตว์ป่วยย่อมเสียชีวิตในที่สุด
- ช็อกแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอน
  - **Primary shock** สัตว์ป่วยมีความดันต่ำ เกิดเพียงชั่วคราว เพราะกลไกปรับตัวในร่างกายจะช่วยให้สัตว์ป่วยกลับคืนเป็นปกติได้เอง
  - **Secondary shock** อาการช็อกรุนแรงทำให้เซลล์ต่างๆของร่างกายเสื่อม ดำเนินถึงขั้น **irreversible** ทำให้ตายในที่สุด

## (ต่อ)

- ปัจจัยทางสรีรวิทยาที่ทำให้เกิดช็อก
  - ปัจจัยที่ลดความสามารถของหัวใจในการดันเลือดออกจากหัวใจ
  - ปัจจัยที่ลด **venous return**
- ช็อกจากการเสียเลือด
  - **10%** ไม่ทำให้ความดันเลือดแดงและ **CO** ต่ำ
  - **30-45%** ทำให้ ความดันเลือดแดงและ **CO** เท่ากับ 0

## (ต่อ)

- รีเฟล็กซ์ที่ควบคุมการไหลเวียนเลือด **sympathetic reflex**
  - กระตุ้นให้เกิด **sympathetic vasoconstriction** ทั่วร่างกาย
    - หลอดเลือดแดงของร่างกายหดตัว ความดันเพิ่ม
    - หลอดเลือดดำหดตัวเพิ่ม **venous return**
  - เพิ่มการทำงานของหัวใจ โดยเพิ่มทั้งอัตราเต้นและแรงบีบตัวเพื่อเพิ่ม **CO**

## (ต่อ)

- ระยะของการช็อก
  - Initial stage
  - Progressive stage ระยะที่  $CO$  ลดลงเนื่องจาก
    - การทำงานของหัวใจค่อยลง
    - ศูนย์ควบคุมขนาดหลอดเลือดเสื่อม หลอดเลือดขยาย
    - เลือดแข็งตัวจับเป็นก้อน
    - การซึมผ่านของเลือดผ่านหลอดเลือดฝอยมากขึ้น
    - เนื้อเยื่อขาดเลือด
  - Irreversible stage

## (ต่อ)

- ผลของช็อกต่อร่างกาย
  - ลดอัตรา metabolism
  - กล้ามเนื้ออ่อนกำลัง
  - ลดอุณหภูมิกาย
  - สมอมีนัง ศูนย์ควบคุมระบบหัวใจและไหลเวียนล้มเหลว
  - ลดการทำงานของไต เลือดผ่านไตน้อย ปัสสาวะน้อย ไตขาดเลือดทำให้ยูริกสูง

## ระบบน้ำเหลือง (Lymphatic system)

- เป็นระบบลำเลียงแบบเปิด
- เป็นแหล่งสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย
- ลำเลียงสารต่างๆ ให้กลับเข้าสู่เส้นเลือด สารอาหารพวกกรดไขมันที่ดูดซึมจากลำไส้เล็ก
- ประกอบด้วย
  - น้ำเหลือง (Lymph)
  - ท่อน้ำเหลือง (Lymphatic duct)
  - อวัยวะน้ำเหลือง (Lymphoid tissues)

## น้ำเหลือง (Lymph)

- คือของเหลวในระบบหมุนเวียนเลือด ซึมผ่านผนังเส้นเลือดฝอยออกมา อยู่โดยรอบเซลล์
- ในน้ำเหลืองจะไม่มีโปรตีนขนาดใหญ่ ไม่มีเม็ดเลือด แผ่นเลือด
- แต่มี WBC, albumin, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, glucose, enzyme, hormone, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, urea, uric acid, fatty acid
- ต่อสู้เชื้อโรค หล่อเลี้ยงเซลล์ ตัวกลางแลกเปลี่ยนสารระหว่างเนื้อเยื่อกับเส้นเลือดฝอย

## ท่อน้ำเหลือง (Lymphatic duct)

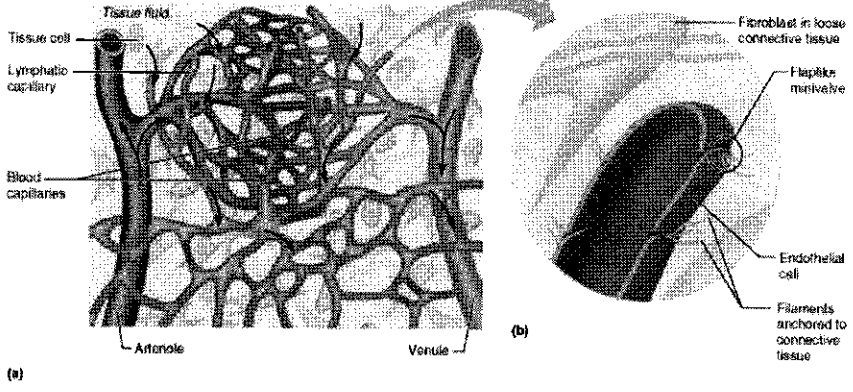
- มีลักษณะคล้ายเส้นเลือดดำ
- มีลิ้นกั้นการไหลย้อนกลับของน้ำเหลือง
- ท่อมีขนาดเล็กปลายข้างหนึ่งตัน
- แทรกอยู่ตามเนื้อเยื่อต่างๆ
- ระบบไหลเวียนของน้ำเหลืองมีทิศทางเข้าสู่หัวใจเท่านั้น
- การไหลเวียนอาศัยการบีบตัวของกล้ามเนื้อผนังท่อและกล้ามเนื้อลายรอบท่อ

## ท่อน้ำเหลือง (ต่อ)

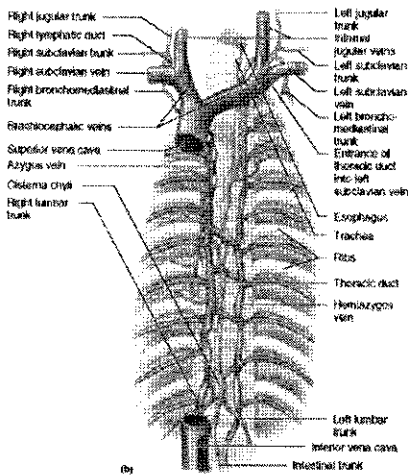
- ไม่ติดต่อกับหัวใจโดยตรง
- ท่อเปิดเข้าสู่ **subclavian vein** ไปยังหัวใจโดยผ่าน **superior vena cava**
- ท่อน้ำเหลืองไม่ได้ติดต่อกันเป็นวงจร
- ท่อหลักมี 2 ท่อ คือ
  - **Thoracic duct** รับน้ำเหลืองจากส่วนต่างๆของร่างกาย แล้วเข้าสู่ **subclavian vein**
  - **Right lymphatic duct** รับน้ำเหลืองจาก ออกขวา แขนขวา ซีกขวาของหัวและคอ เข้า **right subclavian & innominate vein** เข้าสู่ **superior vena cava**



## ภาพแสดงระบบนำเหลือง



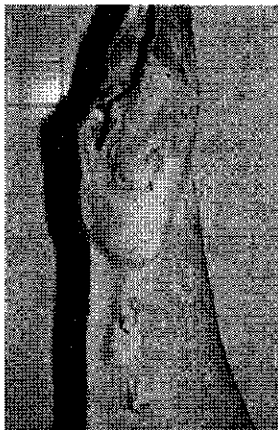
## ภาพแสดงท่อนำเหลือง



อวัยวะน้ำเหลือง  
(Lymphoid tissues)

- ต่อมน้ำเหลือง lymph node
- Tonsil
- Spleen
- Thymus gland
- Bursa of Fabricius (ในสัตว์ปีกเท่านั้น)

ภาพแสดงต่อมน้ำเหลืองในสัตว์



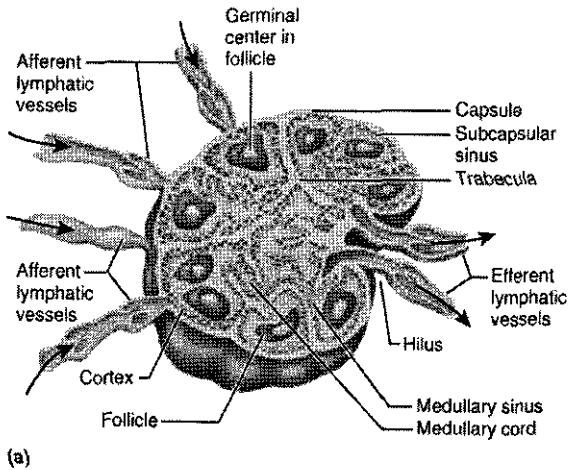
## ภาพแสดง Bursa of Fabricius



## อวัยวะน้ำเหลือง (ต่อ)

- ต่อมน้ำเหลือง lymph node
  - Oval shape
  - อยู่ระหว่างทางเดินของท่อน้ำเหลืองในร่างกาย
  - ที่ขาหนีบจะมีขนาดใหญ่เรียก ไช้คั้น
  - ภายในมี lymphoid

## ภาพแสดงโครงสร้างของ Lymph node



## อวัยวะนำเหลือง (ต่อ)

### • Tonsil

– มี lymphoid

– มี 3 คู่

- Paratonsil อยู่ข้างคอหอย
- Lingual tonsil อยู่โคนลิ้น กคจึงเห็น
- Nasopharyngeal tonsil อยู่ระหว่างโพรงจมูกกับโพรงปาก

## อวัยวะน้ำเหลือง (ต่อ)

- Spleen

- เป็นอวัยวะน้ำเหลืองที่ใหญ่ที่สุด
- อยู่ใต้กระบังลมด้านซ้าย ติดกับด้านหลังของกระเพาะอาหาร
- ในระยะ **embryo** ผลิตเม็ดเลือดแดง
- ป้องกันสิ่งแปลกปลอมและเชื้อโรค
- ทำลายเม็ดเลือดแดงและ **platelet** ที่หมดอายุ

## อวัยวะน้ำเหลือง (ต่อ)

- Thymus gland

- อยู่ตรงทรวงอก รอบๆเส้นเลือดใหญ่ของหัวใจ
- บางส่วนสร้าง **T-lymphocyte** ส่งไปในกระแสเลือด
- สร้าง **thymocin** ไปกระตุ้นการเจริญเติบโตของเม็ดเลือดขาว