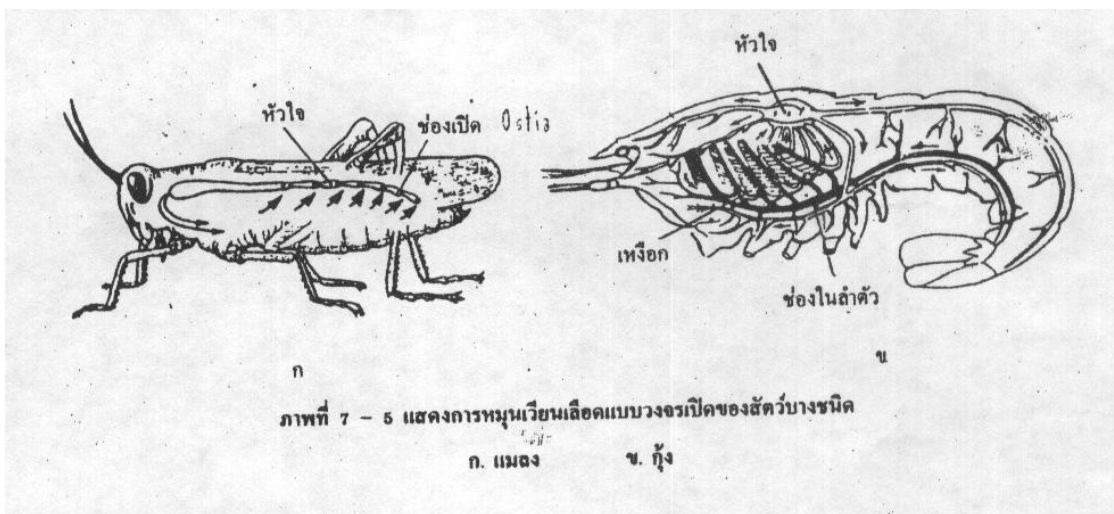
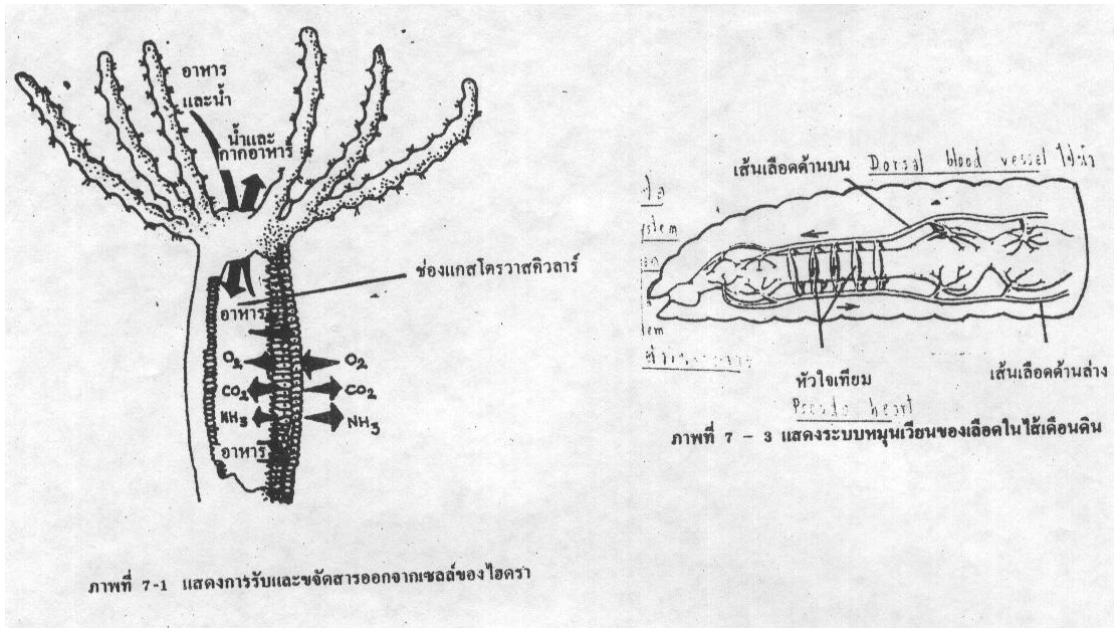
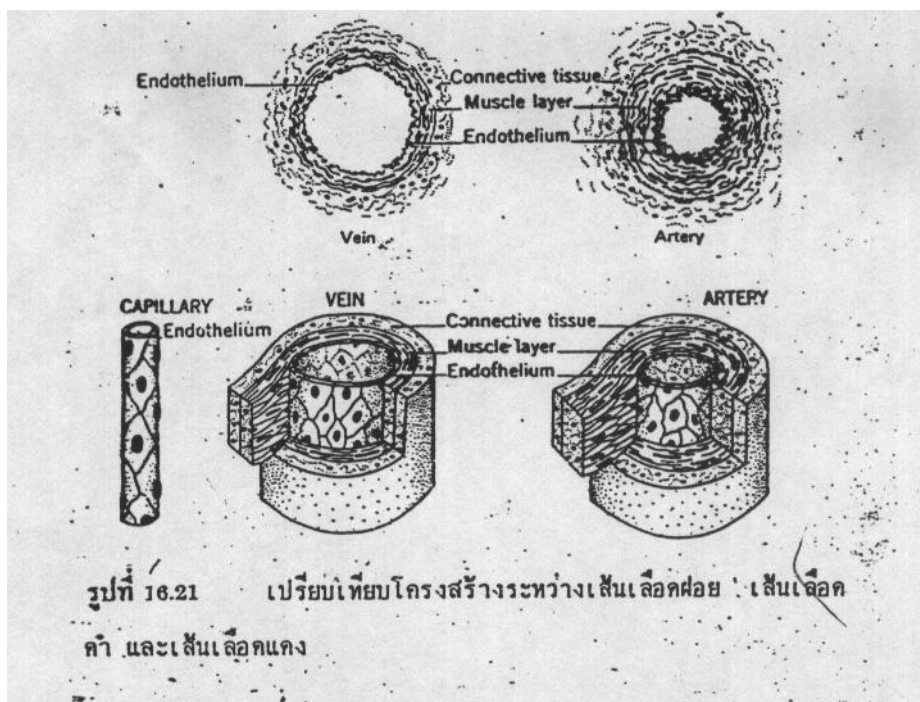
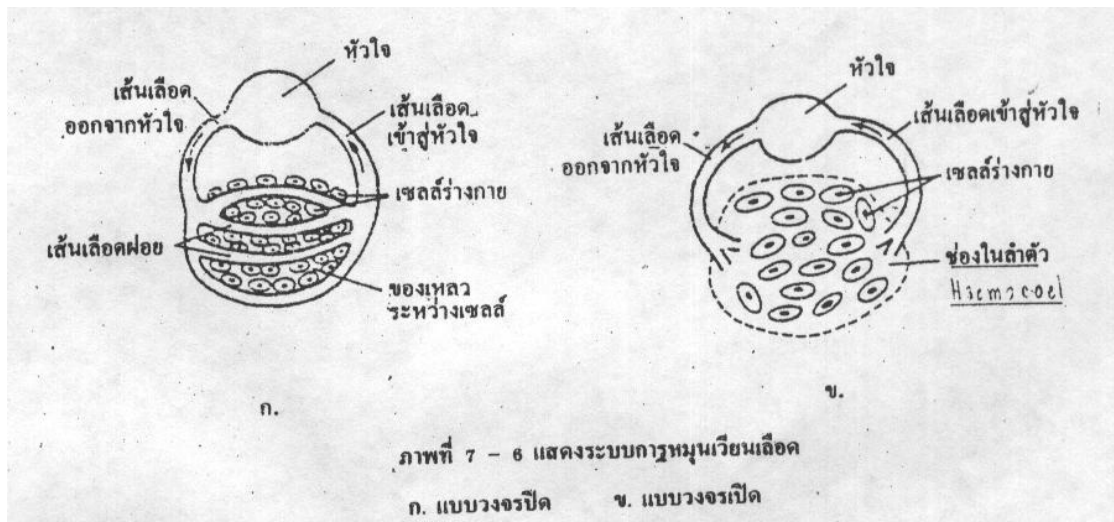
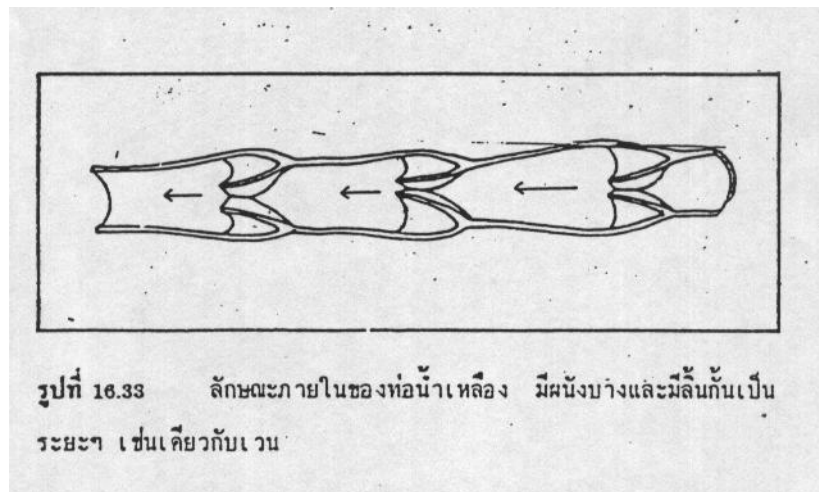
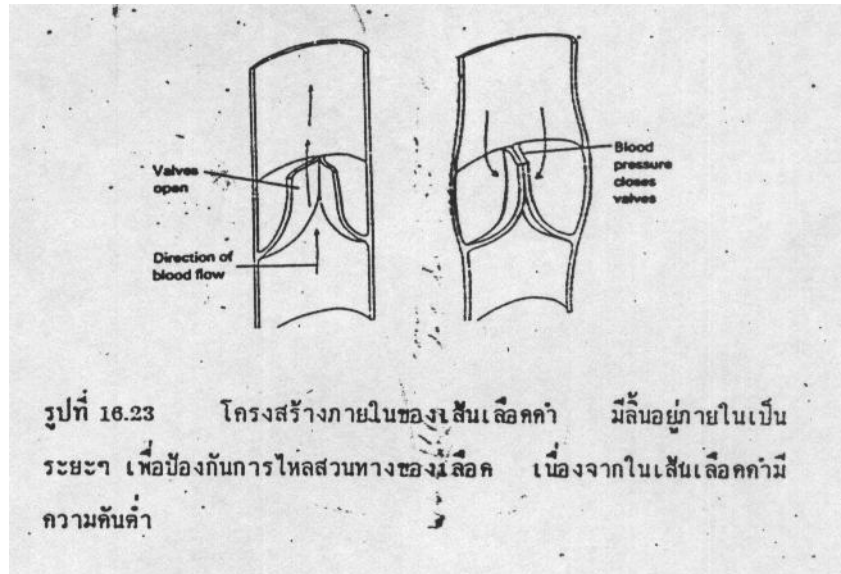
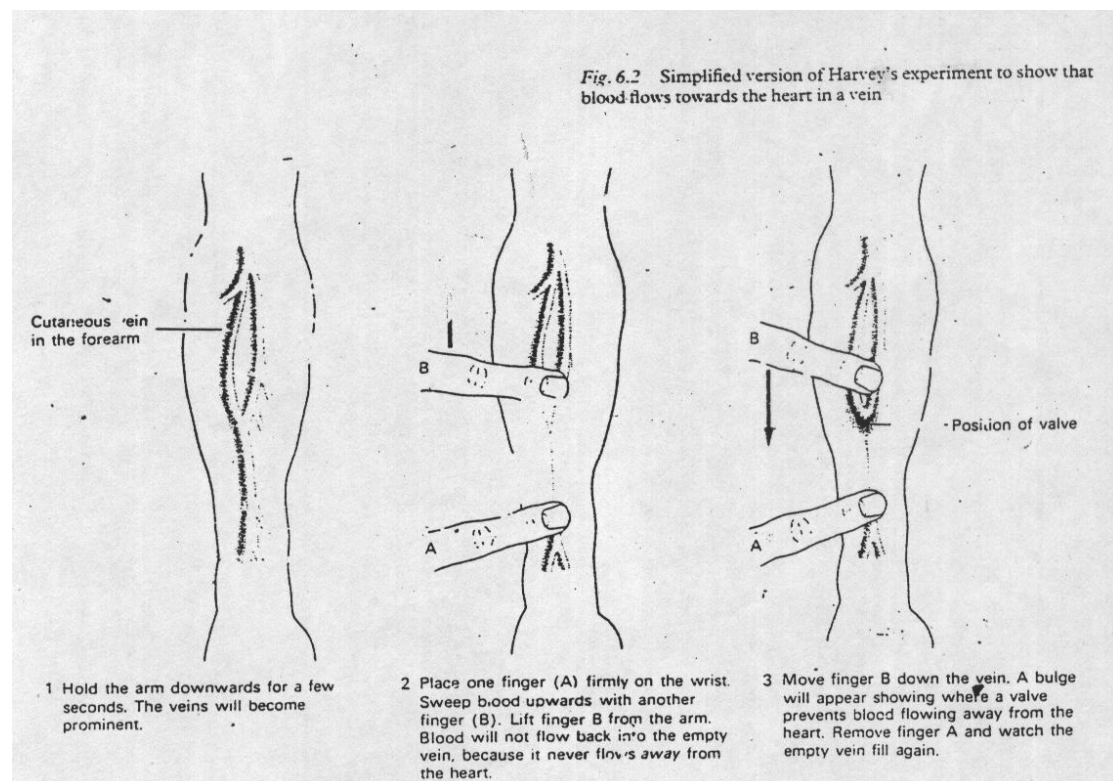
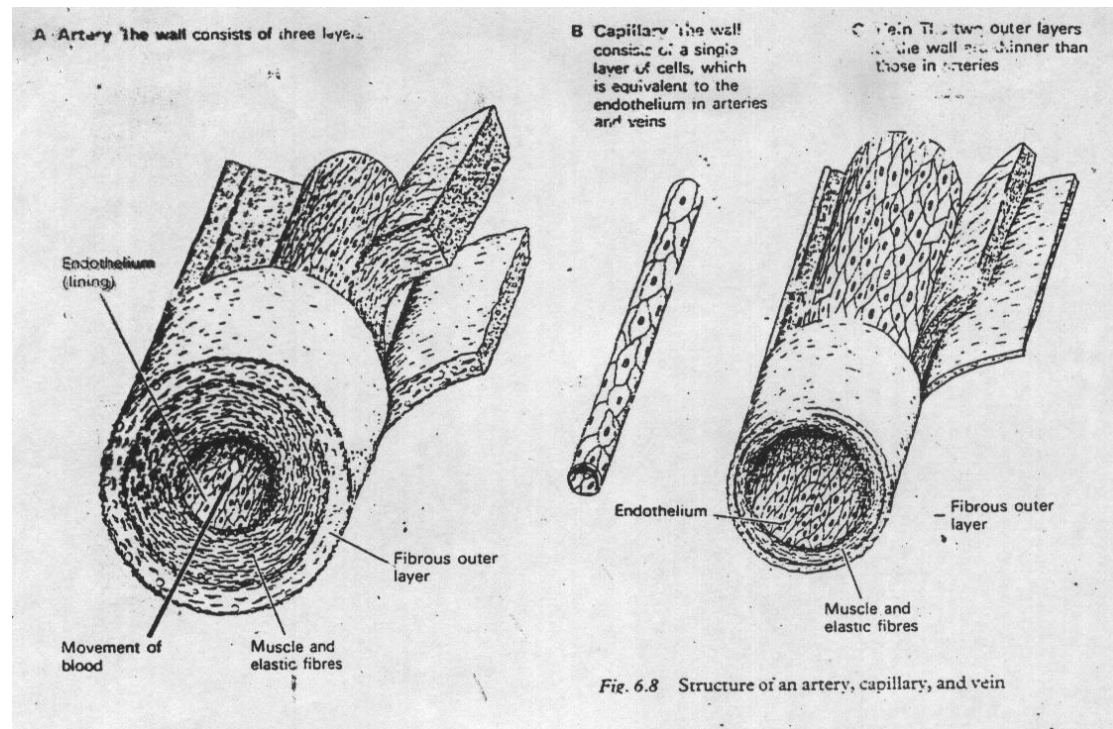
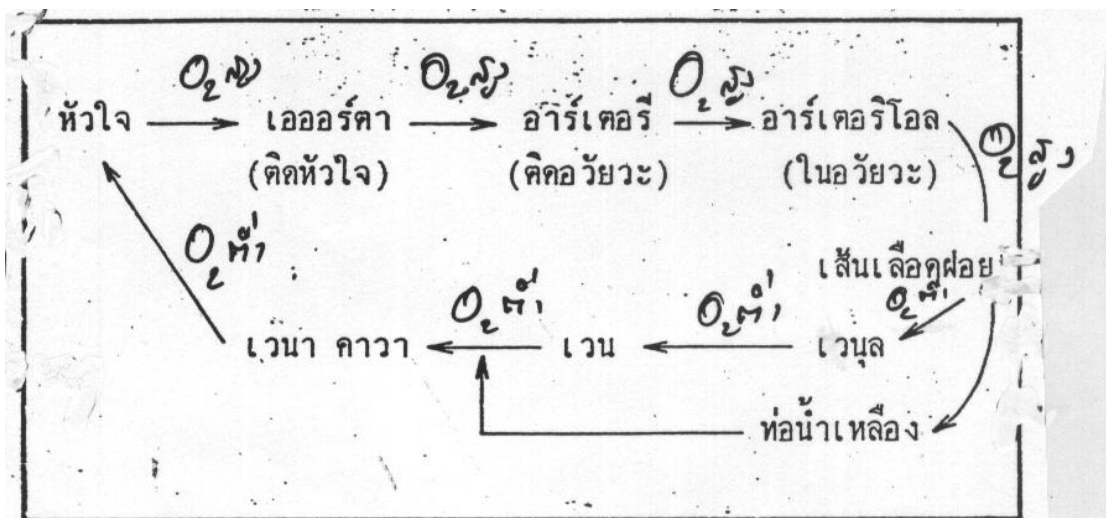
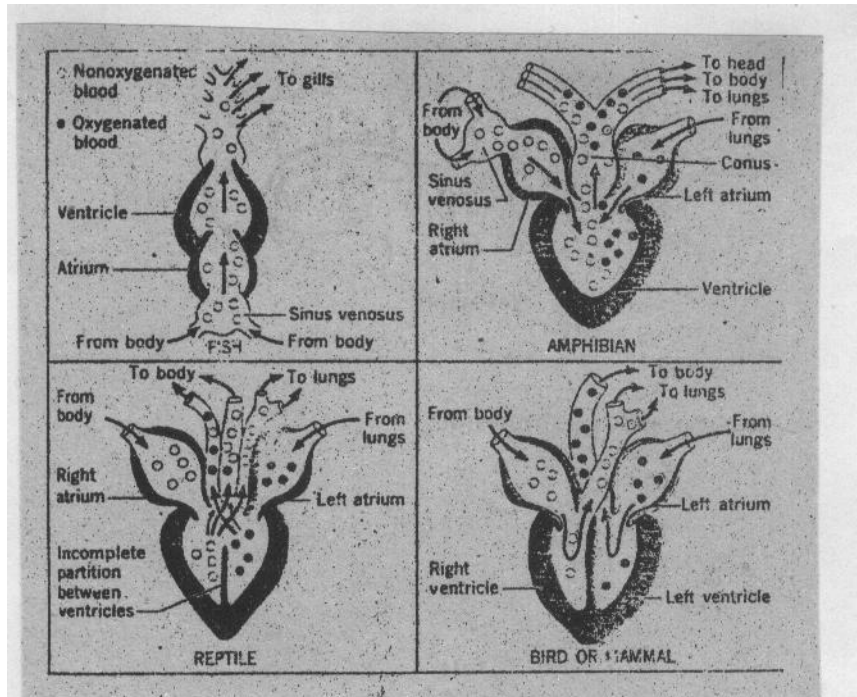


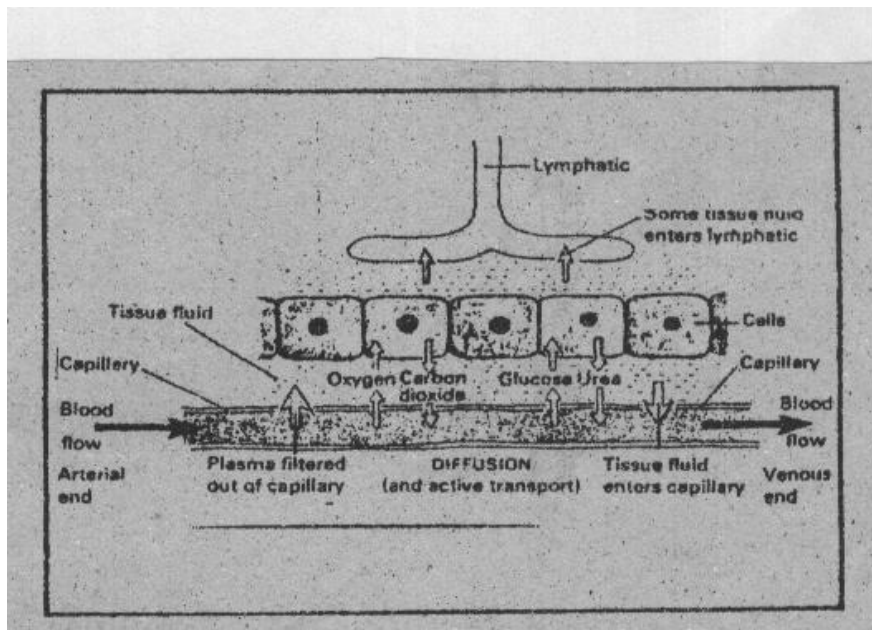












รูปการแลกเปลี่ยนสารชนิดต่าง ๆ ระหว่างเส้นเลือดฝอยกับเนื้อเยื่อที่อยู่ใกล้เคียง สังเกตการผ่าน  
ของสารบางอย่าง กลับเข้าสู่ท่อน้ำเหลือง

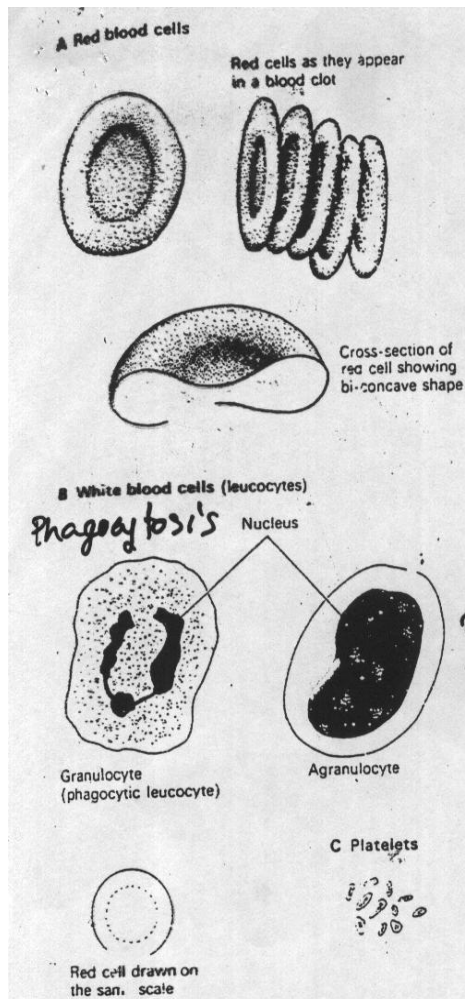


Fig. 6.1 Blood cells

Red and white cells of human blood. p is a typical phagocyte; l is a typical lymphocyte; and m is a lymphocyte belonging to a type called monocytes.

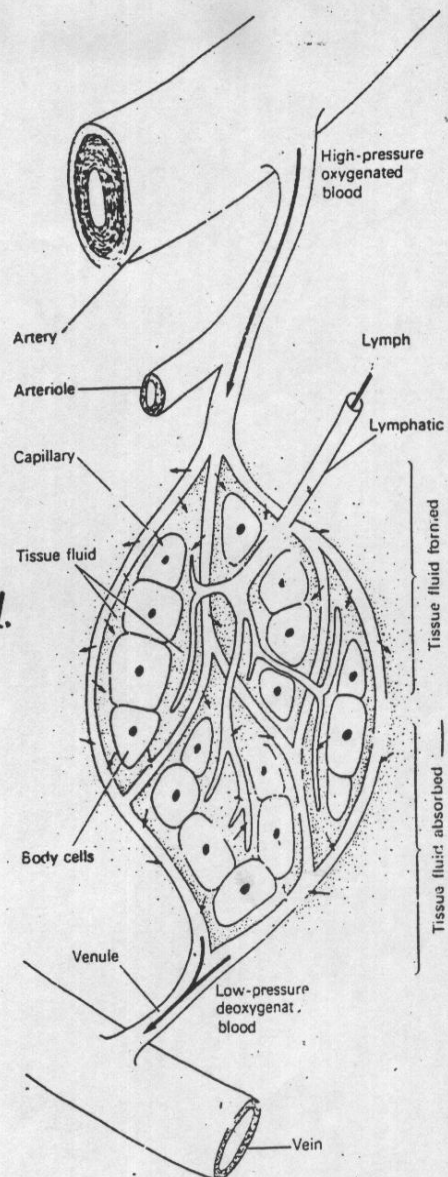
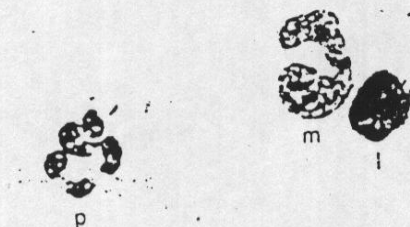


Fig. 6.9 A capillary bed

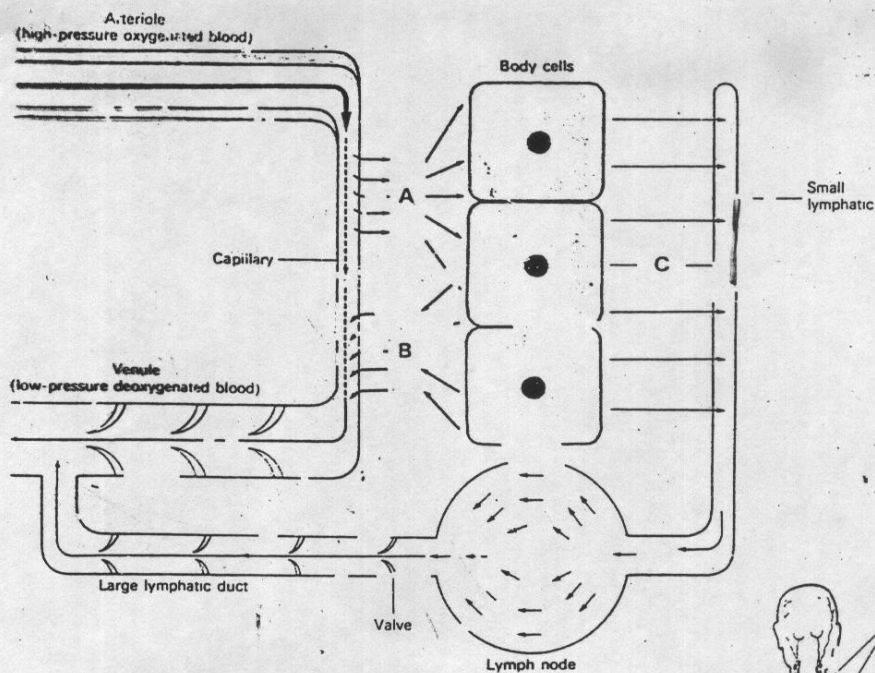


Fig. 6.10 Diagram showing the formation and absorption of tissue fluid

A is tissue fluid containing dissolved food and oxygen which has been forced out of the artery end of a capillary by high blood pressure. B is tissue fluid moving, partly by osmosis, into the vein end of a capillary. C is tissue fluid moving into the lymphatic system

Fig. 6.11 Diagram of the human lymphatic system (greatly simplified)

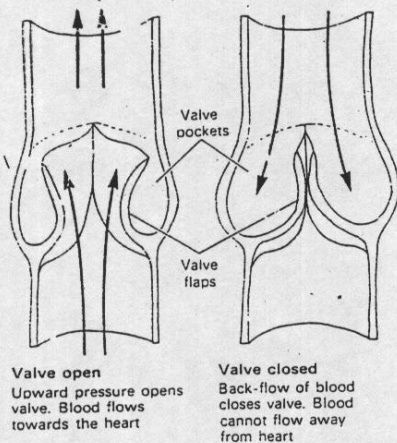
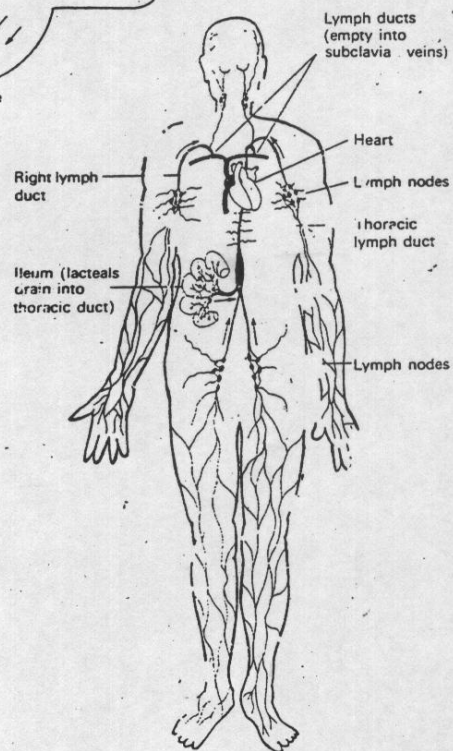


Fig. 6.3 Diagram of how vein valves prevent blood flowing away from the heart

## การลำเลียง

### วิธีรับและจัดสารในสิ่งมีชีวิตโครงสร้างไม่ซับซ้อน

1. อมيبาและพารามีเซียม - เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว การแลกเปลี่ยนสารใช้วิธีการแพร่ระหว่างเซลล์กับสิ่งมีชีวิต
2. ฟองน้ำและไฮดรา - หลายเซลล์  
- แลกเปลี่ยนสารโดยการแพร่ระหว่างเซลล์ต่อเซลล์ และเซลล์กับสิ่งแวดล้อม
3. หนอนตัวแบน เช่น พลานาเรีย เนื้อเยื่อสามชั้น ดังนั้นจึงแก้ปัญหาโดยเนื้อเยื่อชั้นกลางเกาะกันหลวม เพื่อสารจะแพร่ผ่านได้เร็ว

### ระบบลำเลียงสารในสัตว์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน

เพื่อให้การลำเลียงสารมีประสิทธิภาพสูงสุด จึงมีระบบหมุนเวียนเลือด (Circulatory system) ซึ่งประกอบด้วย

1. เลือด
2. เส้นเลือด
3. หัวใจ

### ระบบหมุนเวียนเลือด แบ่งเป็น 2 ระบบ

1. ระบบหมุนเวียนเลือดแบบวงจรเปิด (Opened circulatory system)

หัวใจ → เส้นเลือด → ช่องว่างภายในลำตัว (Haemocoel) →  
เส้นเลือดหัวใจพบในพวก Mollusk, Arthropod

2. ระบบหมุนเวียนเลือดแบบวงจรปิด (Closed circulatory system) หัวใจ →

เส้นเลือด → หัวใจ พบในพวก Annelida เป็นพวกแรก และในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังทุกชนิด

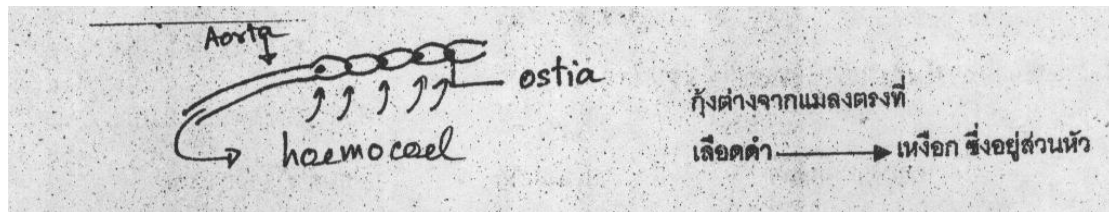
### 1. ระบบหมุนเวียนเลือดในไส้เดือนดิน วงจรปิด ประกอบด้วย

- เลือด - เม็ดเลือดไม่มีสี เพราะฮีโมโกลบินละลายในน้ำเลือด  
- น้ำเลือด จึงทำหน้าที่ลำเลียง  $O_2$  อาหารไปให้เซลล์ต่าง ๆ ทั่วร่างกาย

- เส้นเลือด (2 เส้น) - ด้านท้อง (Ventral blood vessel)  
- ด้านหลัง (Dorsal blood vessel)

หัวใจเทียม (Pseudoheart) เป็นท่วงเส้นเลือด 5 คู่

### 2. ระบบหมุนเวียนเลือดในแมลง วงจรเปิด



- เส้นเลือดแดง (Aorta) บีบตัวทำให้เลือดไหล → หัวใจเทียม
- เลือดของแมลงไม่มีเม็ดเลือดแดงมีแต่เม็ดเลือดขาว
- haemolymph ประกอบด้วย น้ำเลือด + เม็ดเลือดขาว + น้ำเหลือง
- แมลงไม่มีเส้นเลือดฝอย
- haemolymph จะทำหน้าที่ลำเลียงสารอาหาร และของเสีย
- เลือดของแมลงมีสีน้ำเงิน เพราะว่ามีโปรตีน haemolymph

### 3. ระบบหมุนเวียนเลือดในปลา (Fish)

- |              |      |             |   |                                     |
|--------------|------|-------------|---|-------------------------------------|
| <u>หัวใจ</u> | ห้อง | - Atrium    | } | เลือดที่ผ่านหัวใจเป็นเลือดดำทั้งหมด |
|              |      | - Ventricle |   |                                     |

### 4. ระบบหมุนเวียนเลือดในสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ (Amphibian)

- |              |      |                  |
|--------------|------|------------------|
| <u>หัวใจ</u> | ห้อง | - Atrium 2 ห้อง  |
|              |      | - Ventricle ห้อง |
- เลือดดีเลือดเสียปะปนกัน

## 5. สัตว์เลื้อยคลาน (Reptile)

- หัวใจ 4 ห้อง
- Atrium 2 ห้อง
  - Ventricle 2 ห้อง

Ventricle เชื่อมกันยังแบ่งได้สมบูรณ์ ทำให้เลือดดีกับเลือดเสียปะปนกัน  
ยกเว้น จระเข้ 4 ห้อง เพราะมีรูตรงกลาง

## 6. นก + สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Bird + Mammal)

- หัวใจ 4 ห้อง
- Atrium 2 ห้อง
  - Ventricle 2 ห้อง

### ระบบการลำเลียงสารของคนประกอบด้วย

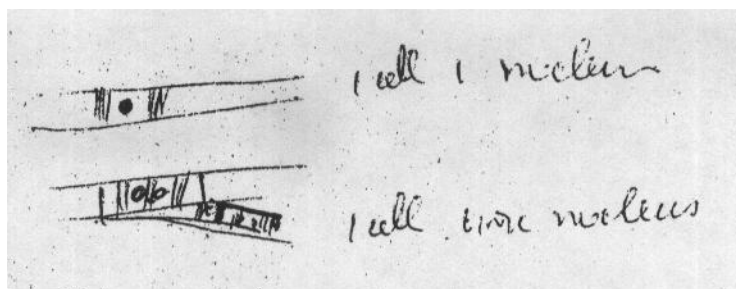
- ระบบการลำเลียงเลือด
- ระบบการลำเลียงน้ำเหลือง

### ระบบการลำเลียงเลือดของคนประกอบด้วย

- 1 หัวใจ (Heart)
2. เส้นเลือด (Blood vessel)
3. เลือด (Blood)

### หัวใจ (Heart)

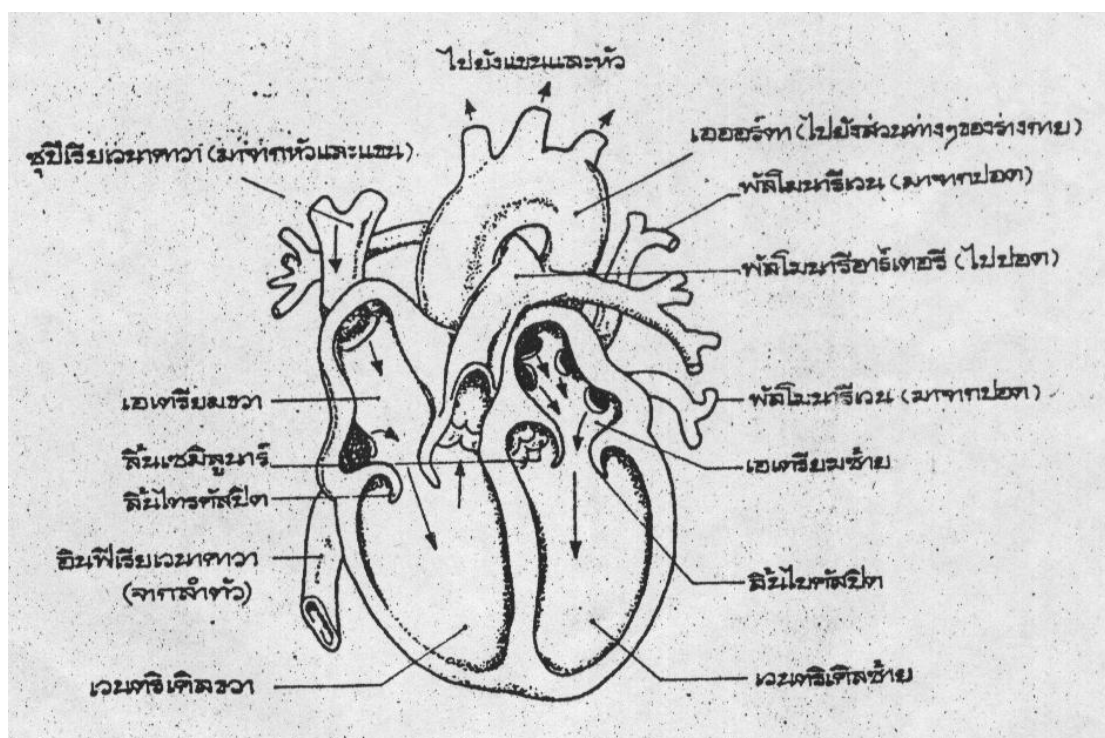
- ตั้งอยู่ในทรวงอกก่อนมาทางซ้าย อยู่ภายในเยื่อหุ้มหัวใจ เรียกว่า "Pericardium"



### หัวใจประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น

1. Epicardium ชั้นนี้จะพบเส้นเลือดแดงมาหล่อเลี้ยงหัวใจเรียก "Coronary aretery"
2. Myocardium ประกอบด้วยกล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac muscle) โดยเฉพาะเป็นชั้นที่หนาสุด
3. endocardium ประกอบด้วยเนื้อเยื่อบุผิว, กล้ามเนื้อเรียบ เนื้อเยื่อเกี่ยวพันมากมาย
  - หัวใจ 4 ห้อง คือ
    - Atrium 2 ห้อง
    - Ventricle 2 ห้อง
  - ห้องบนจะเล็กกว่าห้องล่าง
  - ห้องล่างซ้ายผนังจะหนาที่สุด

## การหมุนเวียนของเลือดผ่านหัวใจ



ขณะกล้ามเนื้อหดตัวและคลายตัว จะทำให้เกิดความต่างศักย์ของไฟฟ้าได้ ซึ่งสามารถบันทึกได้ด้วย "เครื่องตรวจคลื่นไฟฟ้าของหัวใจ" (electrocardiograph) ผลบันทึกเรียก "คลื่นไฟฟ้าของหัวใจ" (electrocardiograph) ใช้คำย่อว่า "E C G" หรือ "EKG"

## หน้าที่ของหัวใจ

- รับเลือดดำ (เลือดที่มีปริมาณ  $O_2$  ต่ำ deoxygenated blood) จากส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย แล้วส่งไปปอดที่ปอด
- รับเลือดดี (เลือดที่มีปริมาณ  $O_2$  สูง oxygenated blood) จากปอดไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

## เส้นเลือด (Blood vessel) แบ่งได้ 3 พวก

### 1. เส้นเลือดแดง (Artery)

- เป็นเส้นเลือดที่นำเลือดออกจากหัวใจ
- เลือดที่ไหลภายในเป็นเลือดแดง (เลือดที่มีปริมาณ  $O_2$  สูง)
- ยกเว้น Pulmonary artery
- ไม่มีลิ้นกั้น
- ผนังหนา
- เรียงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ใหญ่  $\longrightarrow$  น้อย คือ  
Aorta  $\longrightarrow$  Artery  $\longrightarrow$  Arteriole

### 2. เส้นเลือดดำ (Vein)

- เป็นเส้นเลือดที่นำเลือดเข้าสู่หัวใจ
- เลือดที่ไหลภายในเป็นเลือดดำ (เลือดที่มีปริมาณ  $O_2$  ต่ำ)
- ยกเว้น Pulmonary Vein
- มีลิ้นกั้น
- ผนังบาง
- เรียงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ใหญ่  $\longrightarrow$  น้อย คือ  
Vane Cava  $\longrightarrow$  Vein  $\longrightarrow$  Venule

### 3. เส้นเลือดฝอย (Capillary)

- เส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 7 ไมโครเมตร
- ผนังบางมาก เชื่อมต่อระหว่าง arteriole และ venule
- ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนสารอาหาร, ก๊าซ, สารต่าง ๆ และของเสียระหว่างเลือดกับเซลล์

**โรคหัวใจล้มเหลว (Heart failure)** หัวใจทำงานเกินไป การบีบตัวของหัวใจจะอ่อนแรงลง

#### สาเหตุของโรคหัวใจ

- |             |                             |
|-------------|-----------------------------|
| - สูบบุหรี่ | - เครียด                    |
| - สุรา      | - ออกกำลังกายไม่ถูก         |
| - ยาเสพติด  | - เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ |

#### **ความดันเลือด (blood pressure)**

คือแรงดันที่ทำให้เลือดไหลไปตามเส้นเลือด ซึ่งเกิดเนื่องจากการบีบตัวของหัวใจ ความดันที่เกิดขึ้นจะเป็นคลื่นสูงต่ำตามจังหวะของการบีบตัวของหัวใจ ดังนั้นความดันเลือดจึงวัดเป็น 2 ค่า คือ

1. ความดันซิสโตลิก (systolic pressure) คือ ค่าความสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว
2. ความดันไดแอสโตลิก (diastolic pressure) คือค่าความดันต่ำสุด ขณะหัวใจคลายตัวค่าปริมาณ 120/80 mmHg (หมายถึง ความดันซิสโตลิก 120 mmHg และความดันไดแอสโตลิก 80 mmHg )

- ความดันเลือดวัดที่บริเวณต้นแขน และวัดจากเส้น "Artery"
- เครื่องมือที่ใช้วัด เรียก "สฟีกโมมาโนมิเตอร์" (Sphygmomanometer)

#### **ปัจจัยที่ทำให้ความดันเปลี่ยนแปลง**

1. อายุ เพศชายสูงกว่าหญิง อายุสูงขึ้นทำให้ความดันเพิ่มขึ้น เพราะความยืดหยุ่นของผนังหลอดเลือดลดลง
2. รูปร่าง คนอ้วนมีความดันเลือดสูงกว่าคนผอม
3. อริยาบทขณะวัด
  - ในขณะนอน ความดันเลือดบริเวณเท้า, หน้าอก, ศรีษะ, จะมีค่าเท่า ๆ กัน
  - ในขณะยืน ความดันเลือดที่ขาสูงสุด และที่ศรีษะจะต่ำสุด
4. อารมณ์
5. อาหารที่รับประทาน

#### **ชีพจร (pulse) 72 ครั้ง/นาที**

คือ การขยายตัวและหดตัวของหลอดเลือด ในจังหวะเดียวกันกับการขยายตัวและหดตัวของหัวใจ

- ชีพจร สามารถจับได้จากเส้นเลือดแดงที่อยู่ตื้น ๆ เช่น ที่บริเวณข้อมือข้างนิ้วหัวแม่มือที่ข้อพับของศอก, ที่คอคอ, ที่โคนขา เป็นต้น

อัตราชีพจร ในผู้ชายประมาณ 70 ครั้ง/นาที หญิงประมาณ 75 ครั้ง/นาที

## เลือด (blood)

- ปริมาณเลือดภายในร่างกายประมาณ 7-9 % ของน้ำหนักตัว

### เลือดประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

1. ส่วนที่เป็นของเหลว เรียกว่า น้ำเลือด หรือพลาสมา (Plasma) ประมาณ 55% น้ำเลือด หรือ พลาสมา ประกอบด้วย โปรตีน เช่น อัลบูมิน (albumin) โกลบูลิน (globulin) และไฟบริโนเจน (Fibrinogen) คาร์โบไฮเดรต เช่น กลูโคส ของเสีย เช่น ยูเรีย  $\text{CO}_2$  เกลือแร่ อีออนต่างๆ เอนไซม์และฮอร์โมน

### หน้าที่ของพลาสมา

- ลำเลียงสารอาหารอื่นๆ ให้กับเซลล์ และรับของเสียจากเซลล์ไปกำจัดออกภายนอกร่างกาย
- 2. ส่วนที่เป็นเม็ดเลือด (blood cell) ประมาณ 45% ประกอบด้วย

#### 2.1 เม็ดเลือดแดง (erythrocyte หรือ red blood cell)

- |         |                                                                                                     |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ลักษณะ  | - เป็นเซลล์ที่ไม่มีนิวเคลียส รูปร่างกลมแบน ตรงกลางเว้า                                              |
| จำนวน   | - เพศชาย 5 ล้านเซลล์/เลือด 1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร<br>- เพศหญิง 4.5 ล้านเซลล์/เลือด 1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร |
| หน้าที่ | - ขนส่ง $\text{O}_2$<br>- โดย Hemoglobin จะรวมตัวกับ $\text{O}_2$ เป็น Oxyhaemoglobin               |

#### การเกิดและอายุ

- ในผู้ใหญ่ สร้างจากไขกระดูก
- เด็ก สร้างจากตับ, ม้าม และไขกระดูก
- เมื่อสร้างเสร็จใหม่ๆ จะมี nucleus เมื่อโตเต็มที่ nucleus จะสลายไป
- มีอายุประมาณ 120 วัน
- ถูกทำลาย ตับ, ม้าม และไขกระดูก
- อัตราการทำลาย = อัตราการเกิด

#### 2.2 เม็ดเลือดขาว (Leucocyte หรือ white blood cell)

- |        |                        |
|--------|------------------------|
| ลักษณะ | คล้ายอัมบา มีนิวเคลียส |
|--------|------------------------|

## เม็ดเลือดขาว แบ่งได้ 2 ชนิด

1. ชนิดที่มีกรานูล (Granule) หรือจุดของไลโซโซมจำนวนมากใน Cytoplasm ถูกสร้างที่ ม้าม และไขกระดูก มีอายุ 2 - 3 วัน

2. ชนิดที่ไม่มีกรานูล (Agranule) - ไม่มีจุดของไลโซโซมใน Cytoplasm นิวเคลียสค่อนข้างกลม ถูกสร้างจากอวัยวะน้ำเหลือง ได้แก่ ต่อมไทมัส ต่อมน้ำเหลือง และม้าม

จำนวน 5,000 - 10,000 เซลล์/เลือด 1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร

หน้าที่ กำจัด หรือทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาภายในในร่างกาย

วิธีที่ทำลายเชื้อโรค มี 2 วิธี

1. โดยการบืนแบบ "phagocytosis"
2. โดยการสร้างสรร "antibody" ขึ้นมา ซึ่งเรียกว่า "สร้างภูมิคุ้มกันโรค" (immunity) สิ่งี่แปลกปลอมเรียกว่า "antigen"

## ภูมิคุ้มกันแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1. ภูมิคุ้มกันตัวเอง (active immunity) เกิดช้า แต่คุ้มกันโรคได้นาน

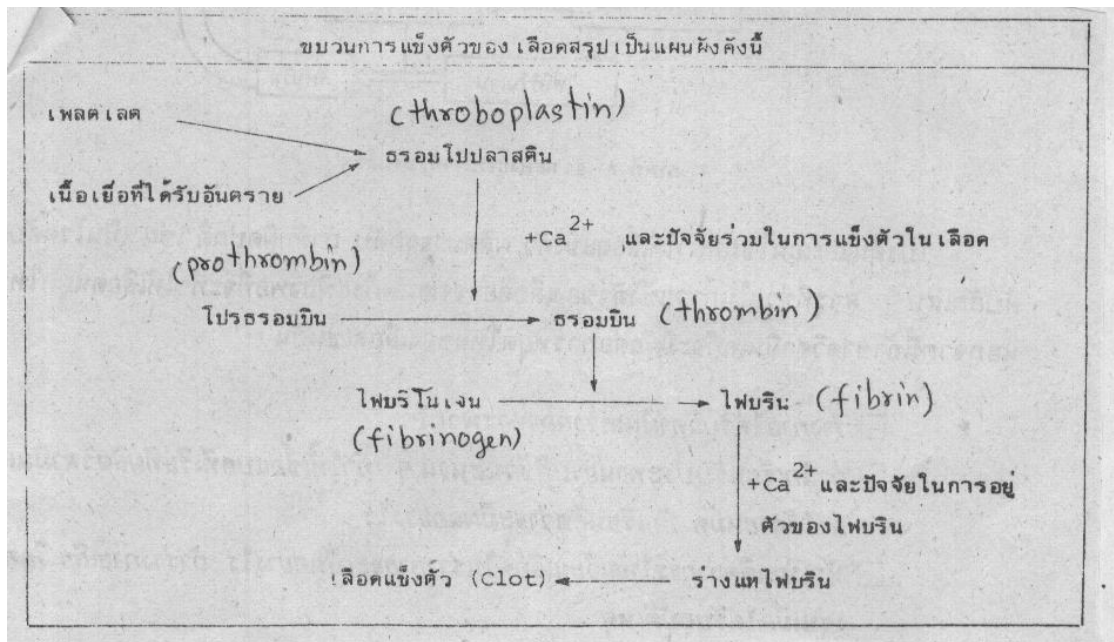
- หมายถึง ภูมิคุ้มกันที่เกิดขึ้น เมื่อร่างกายถูกกระตุ้นโดยตรงจาก antigen หรือสิ่งแปลกปลอม antigen หรือสิ่งแปลกปลอม ได้แก่

- วัคซีน (vaccine) เป็นเชื้อโรคที่ทำให้อ่อนฤทธิ์ หรือตายลงจนไม่สามารถทำให้เกิดโรคได้ เช่น วัคซีนป้องกัน อหิวาตกโรค, ฝีดาษ, ไอกรน, โปลิโอ, โรคพิษสุนัขบ้า และวัณโรค

- ทอกซอยด์ (toxoid) เป็นสารพิษของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคบางชนิด แต่ทำให้หมดฤทธิ์เสียก่อน และยังมีความสามารถกระตุ้นให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันได้ เช่น เชื้อโรคบาดทะยัก เชื้อโรคคอตีบ เป็นต้น

2. ภูมิคุ้มกันรับมา (passive immunity) เกิดเร็ว อยู่ได้ไม่นาน เช่น เซรุ่มแก้พิษงู

3. เพลตเลต มีขนาดเล็ก คือเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 - 5 ไมโครเมตร ไม่มีนิวเคลียสรูปร่างกลมรี และแบน มีอายุประมาณ 3 - 4 วัน มีจำนวน 250,000 - 500,000 หน่วยต่อเลือด 1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร หน้าที่ช่วยในการแข็งตัวของเลือด



## หมู่เลือดและการให้เลือด

### ระบบ ABO

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมู่เลือด แอนติเจนบนเยื่อหุ้มเซลล์ และแอนติบอดีในพลาสมาในระบบ ABO

| หมู่เลือด | แอนติเจนบนเยื่อหุ้มเซลล์<br>เม็ดเลือดขาว | แอนติบอดีในพลาสมา           |
|-----------|------------------------------------------|-----------------------------|
| A         | A                                        | b (Anti - B)                |
| B         | B                                        | a (Anti - A)                |
| AB        | A,B                                      | -                           |
| O         | -                                        | a (Anti - A) , b (Anti - B) |

## หลักการให้และรับเลือด

1. ผู้ให้และผู้รับควรมีหมู่เลือดเดียวกัน หรือ
2. เลือดของผู้ให้ต้องไม่มี Antigen ที่ในเลือดของผู้รับมี Antibody จะจับกับ Antigen นั้นอยู่

ตารางการให้และรับเลือด

| ผู้รับ \ ให้ | A | B | AB | O |
|--------------|---|---|----|---|
| A            |   |   |    |   |
| B            |   |   |    |   |
| AB           |   |   |    |   |
| O            |   |   |    |   |

✓ ให้และรับเลือดกันได้

X ให้และรับเลือดกันไม่ได้

RH factor

| หมู่เลือด       | Antigen ที่เยื่อหุ้มเซลล์<br>เม็ดเลือดแดง | Antibody ในน้ำเลือด |
|-----------------|-------------------------------------------|---------------------|
| RH <sup>+</sup> | RH                                        | -                   |
| RH <sup>-</sup> | -                                         | -                   |