

ระบบการหมุนเวียนเลือดและการแลกเปลี่ยนก๊าซ
(Circulatory system and gas exchange)

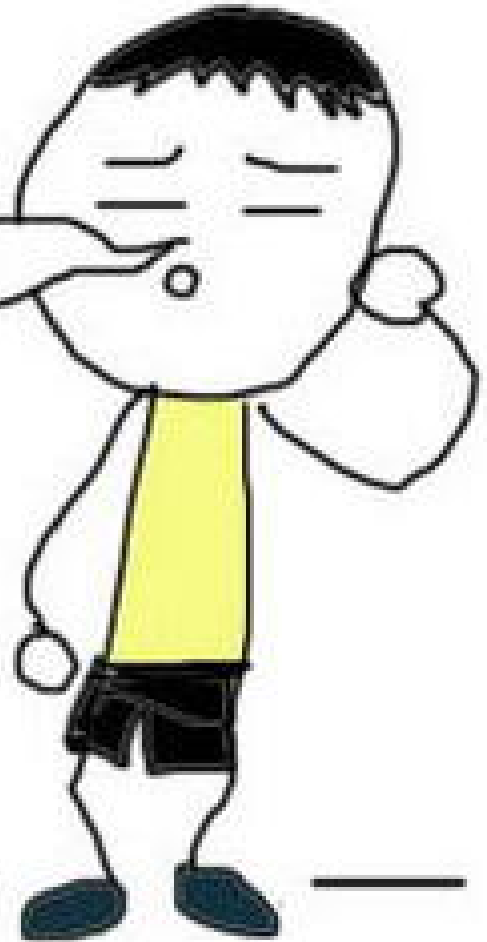
รศ.ดร.ชนวรรณ พาณิชพัฒน์

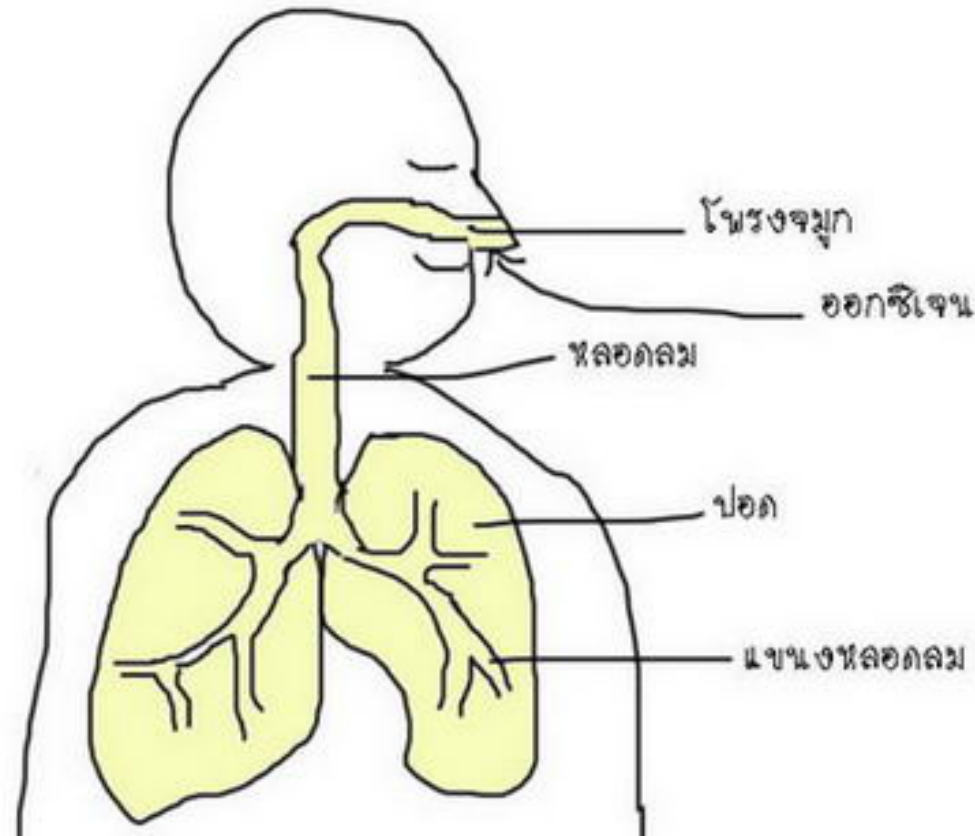
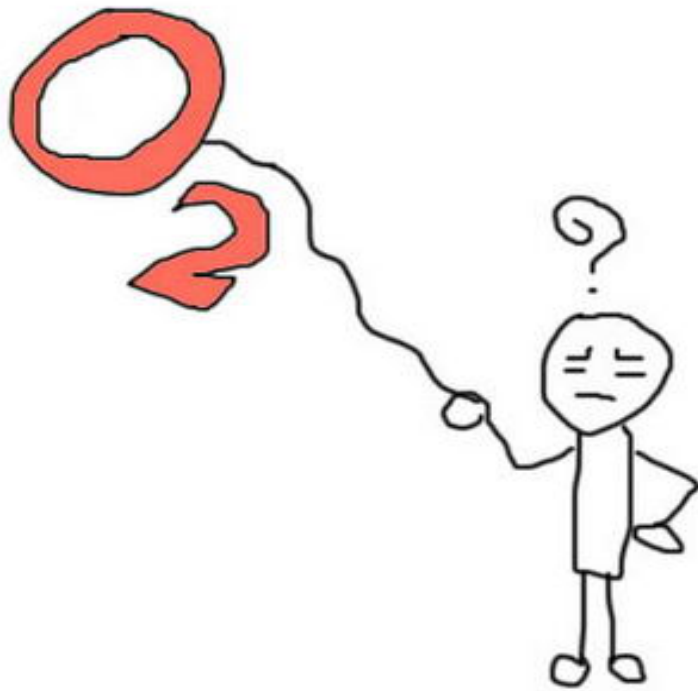
ระบบการหมุนเวียนเลือดและการแลกเปลี่ยนก๊าซ (Circulatory system and gas exchange)

เนื้อหา (Contents):

1. การแลกเปลี่ยนก๊าซและระบบหายใจ (Gas exchange and respiratory system)
2. ระบบหมุนเวียนเลือด (Circulatory system)
3. วิวัฒนาการของระบบหมุนเวียนเลือด (The evolution of circulatory system)
4. ระบบการหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ (Human circulation)
5. หัวใจของมนุษย์ (Human heart)
6. การแข็งตัวของเลือด (Blood clotting)

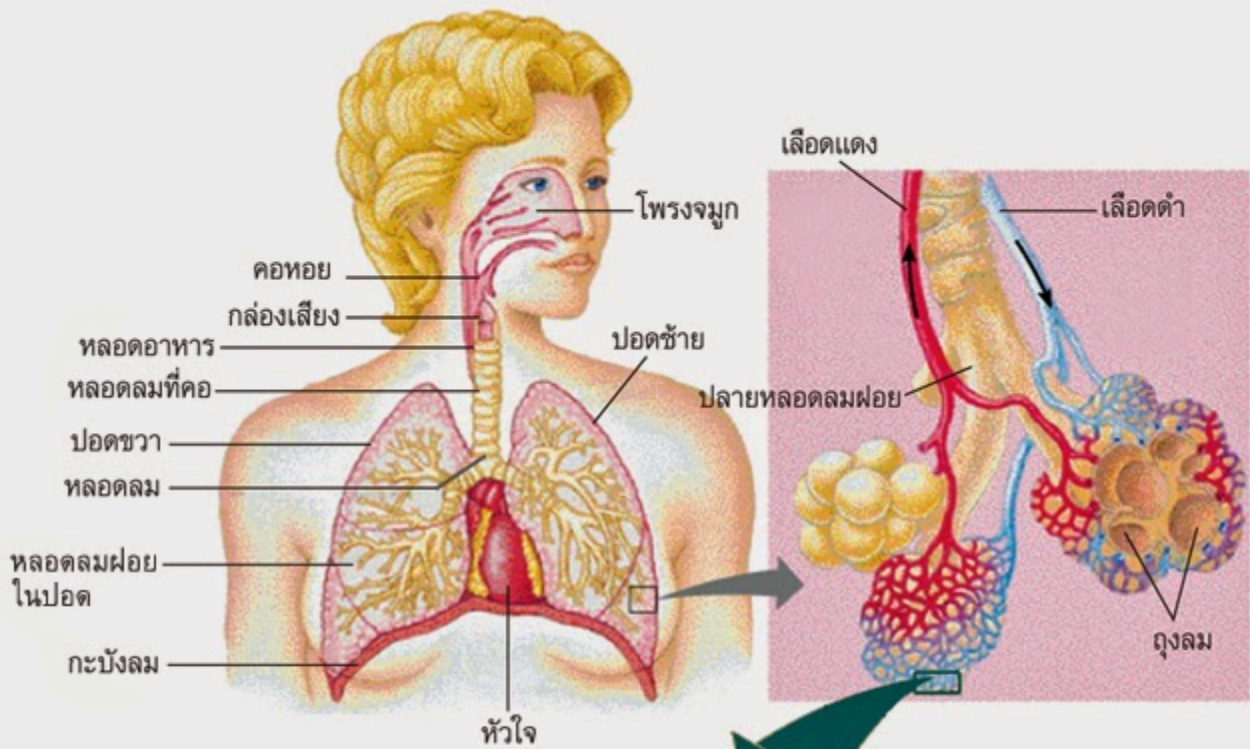
หายใจไปทำไม



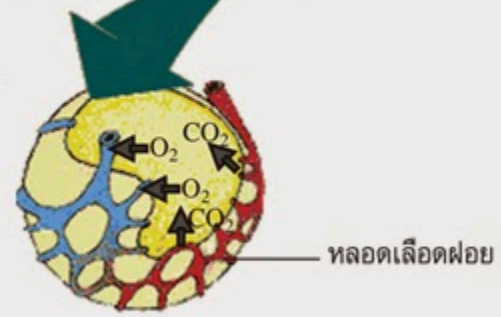


ความสำคัญของออกซิเจน

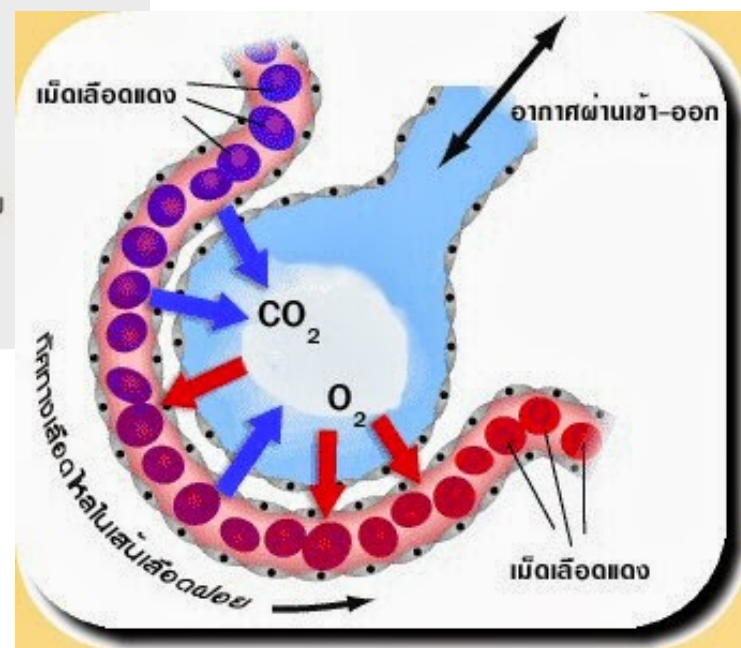
- เซลล์ทุกเซลล์ในร่างกายต้องอาศัยออกซิเจนในกระบวนการเผาผลาญสารอาหารให้เกิดเป็นพลังงานภายในเซลล์
- กระบวนการเผาผลาญสารอาหารเกิดขึ้นตลอดเวลา
- หากขาดออกซิเจนเซลล์ไม่สามารถสร้างพลังงานและจะตาย
- ร่างกายต้องการออกซิเจนตลอดชีวิตตั้งแต่ในครรภ์มารดาจนกระทั่งตาย
- ออกซิเจนจะถูกร่างกายนำไปใช้โดยเข้าสู่เส้นเลือด คาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดจะผ่านเข้าสู่ถุงลมปอด และออกมาพร้อมกับลมหายใจ



รูปแสดงปอดด้านซ้ายและด้านขวา



รูปแสดงการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงลมปอด

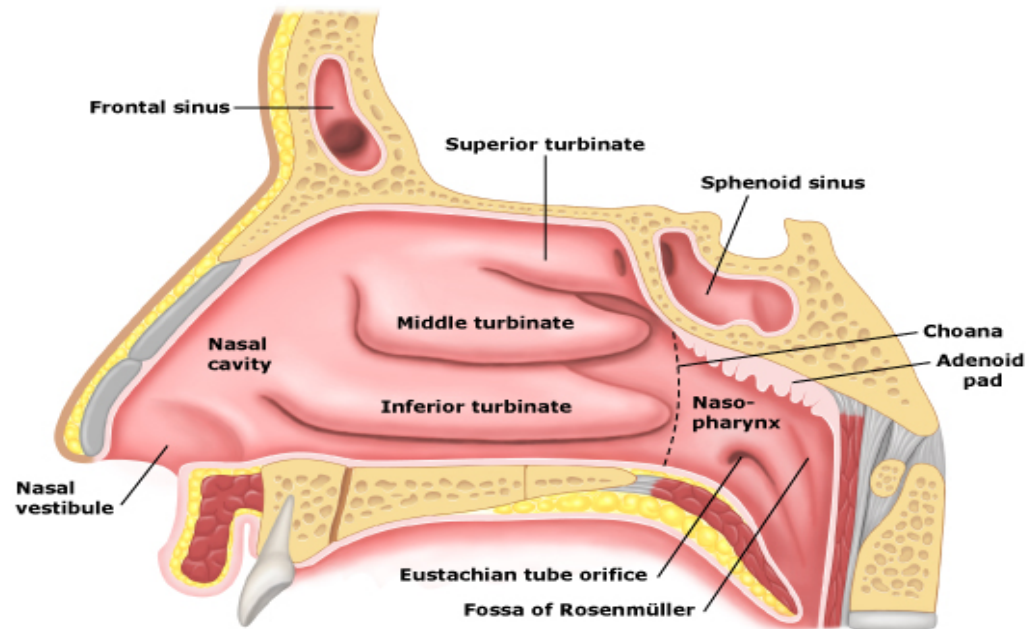


ระบบหายใจ (Respiratory system)

- เริ่มจากการหายใจเอาออกซิเจนที่มีในอากาศเข้าสู่ปอด และเข้าสู่ถุงลมขนาดเล็กที่มีประมาณ 300-500 ล้านถุง
- บริเวณถุงลมเหล่านี้จะเป็นที่ที่ออกซิเจนจากอากาศส่งผ่านเข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิตที่หัวใจส่งมาฟอกที่ปอด
- เลือดที่ฟอกแล้วผ่านเข้าหัวใจและส่งออกไปเลี้ยงทั่วร่างกาย เข้าสู่เซลล์ต่าง ๆ เกิดกระบวนการหายใจระดับเซลล์ขึ้น ทำให้ได้พลังงานในเซลล์
- เซลล์สมองจะไวต่อการขาดออกซิเจนมาก
- เมื่อขาดอากาศหายใจออกซิเจนจะต่ำลงภายใน 2-3 นาที จะหมดสติ หัวใจเต้นช้าลง ความดันตก หัวใจเต้นรวน และเสียชีวิตในที่สุด
- อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการหายใจของมนุษย์ประกอบด้วย จมูก คอหอย กล่องเสียง หลอดลม ขั้วปอด ปอด โครงกระดูกอก กระบังลม และกล้ามเนื้ออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ

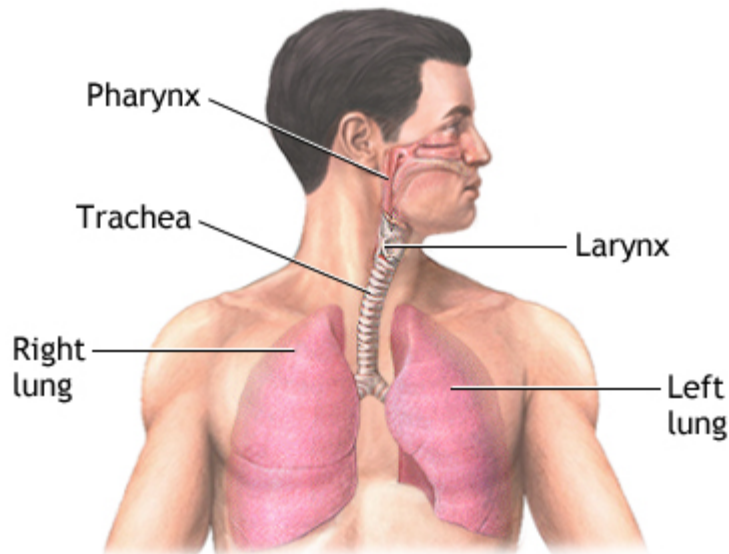
ระบบหายใจของมนุษย์ (Human respiratory system)

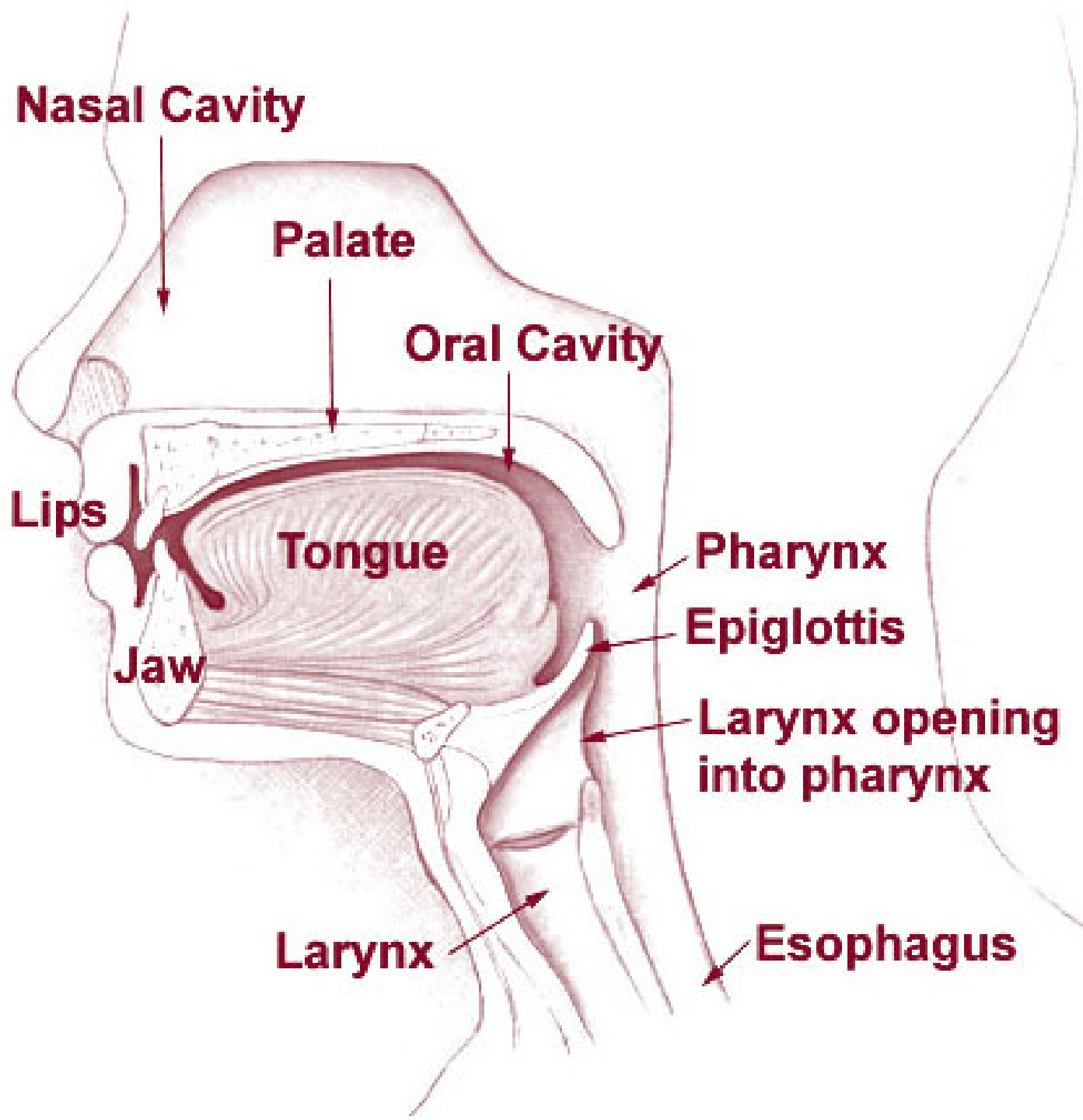
- **จมูก (Nose)** ระบบหายใจของมนุษย์เริ่มจากจมูก เป็นอวัยวะที่ใช้เป็นทางเดินของอากาศ และใช้ในการรับกลิ่น ช่วยกรองอากาศที่จะผ่านเข้าสู่ปอด ช่วยทำให้อากาศอบอุ่นชุ่มชื้นก่อนเข้าไปสู่ปอด เพราะมีหลอดเลือดมาเลี้ยงมาก และจมูกช่วยให้เสียงกังวานในขณะพูด ที่ก้นของจมูกแยกโพรงจมูกให้เป็นช่องเป็นที่ซึ่งอากาศจะหมุนเวียนอยู่ทั่วไป ขนจมูกช่วยดักจับฝุ่นละอองและทำให้อากาศบริสุทธิ์



คอหอย (Pharynx)

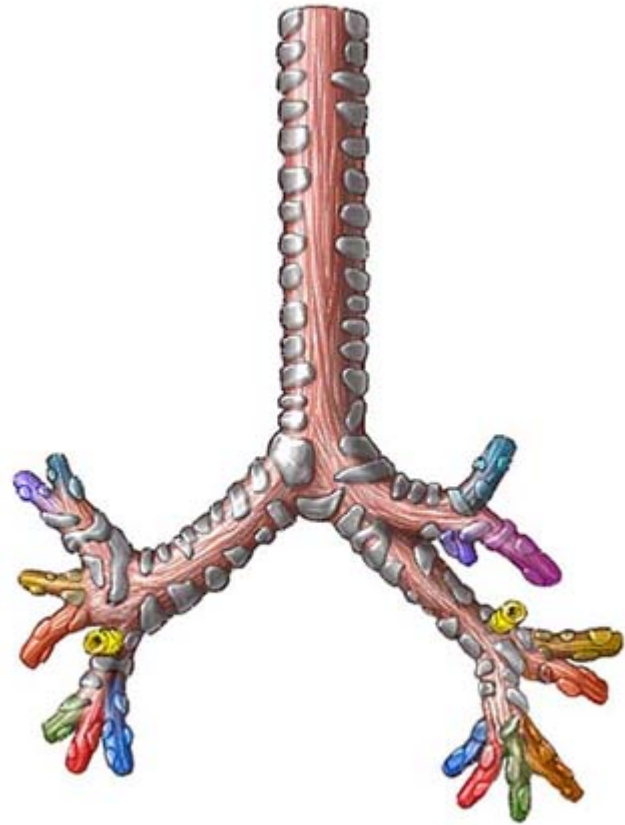
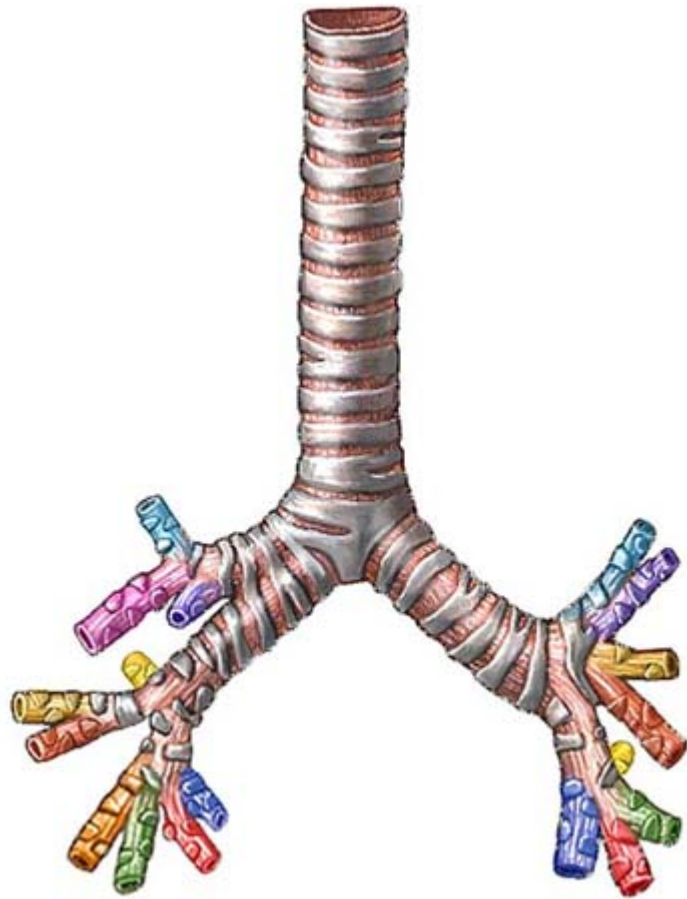
- เป็นกล้ามเนื้อที่มีเยื่อเมือก (Mucous membrane) มีรูปร่างเหมือนกรวย ปลายบนกว้างปลายล่างแคบเชื่อมติดต่อกับหลอดอาหาร (Esophagus) ด้านข้างและด้านหลังมีผนังล้อมรอบ ส่วนผนังด้านหน้ามีช่องติดต่อกับจมูก ปาก และกล่องเสียง





หลอดลม (Trachea)

- เริ่มจากระดับกระดูกสันหลังส่วนคอ ชั้นที่ **6** ถึง ระดับกระดูกสันหลังส่วนอก ชั้นที่ **5** โดยตั้งอยู่ด้านหน้าของหลอดอาหาร
- หลอดลมมีความแข็งแรง เพราะโครงสร้างประกอบด้วยกล้ามเนื้อเรียบอยู่ด้านหลัง กับกระดูกอ่อนรูปคล้ายตัวซี (C) จำนวน **16-20** ชั้น เรียงซ้อนกันเป็นวงแหวนอยู่ทางด้านหน้าหลอดลมมีความยาว **10-12** ซม.
- ผนังภายในบุด้วยเยื่อบุชนิด **Pseudostratified columnar epithelium** ซึ่งมี **Goblet cell** แทรกอยู่ และทำหน้าที่ในการหลั่งเยื่อเมือกออกมาดักจับฝุ่นละอองในทางเดินหายใจ

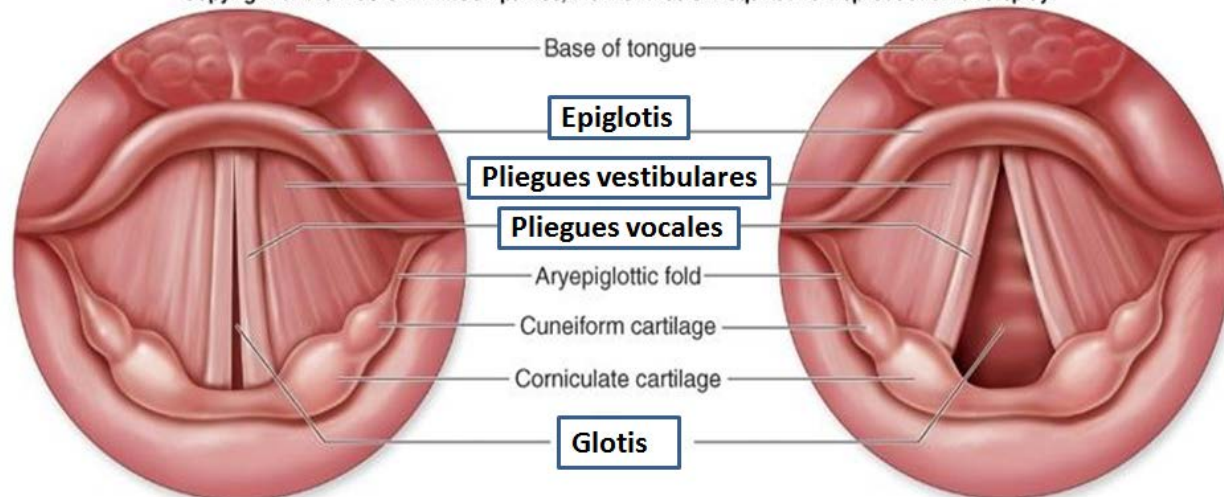


ช่องลม (Glottis)

- เป็นช่องเปิดของหลอดลมซึ่งอยู่ที่ฐานของคอหอยเป็นทางผ่านของอากาศเข้าสู่หลอดลม กระดูกอ่อนแผ่นบางยืดหยุ่นได้ดี รูปร่างคล้ายใบไม้ อยู่โคนลิ้นติดช่องลม เรียกว่า **ฝาปิดกล่องเสียง (Epiglottis)** ลักษณะพับไปมา เมื่อเวลากลิ่นอาหารลงไป ฝาปิดกล่องเสียงจะปิด เพื่อไม่ให้อาหารตกลงไป ช่วยป้องกันไม่ให้อาหารและน้ำเข้าไปใน

หลอดลม

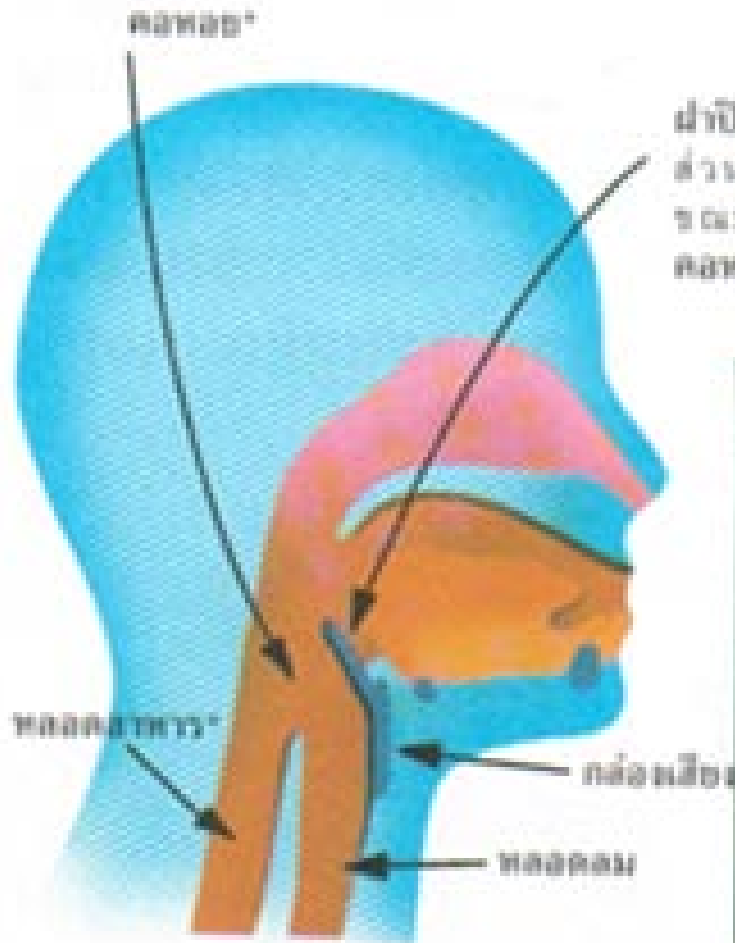
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



(b) Laryngoscope view

กล่องเสียง (Larynx or voice box)

- ทำหน้าที่เป็นทางเดินของอากาศในเวลาหายใจ ตั้งอยู่ด้านบนและด้านหน้าของคอ ระหว่างโคนลิ้นกับปลายบนของหลอดลม ข้างบนด้านหลังของกล่องเสียงติดต่อกับคอหอย ซึ่งจะเปิดเข้าไปในหลอดอาหาร
- กล่องเสียงด้านบนกว้างเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านข้างแบนมีขอบยื่นไปข้างหน้า ด้านล่างแคบและกลมมี **vocal cords** เมื่อหายใจออกจะสั่นสะเทือนและเกิดการสร้างเสียง

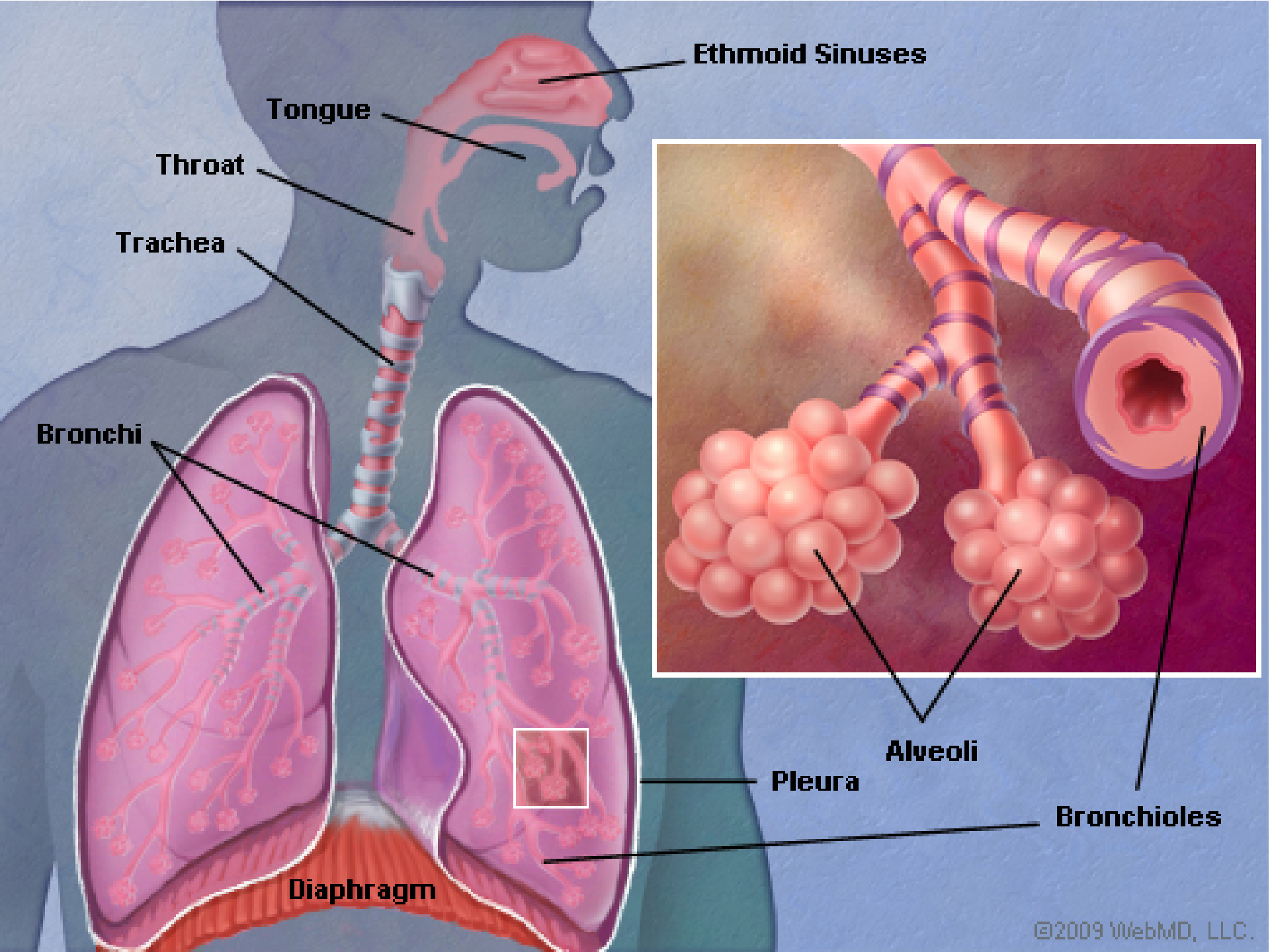


ฝาปิดก้นคอหอยเป็นส่วนที่ปิดหลอดลมขณะรับประทานอาหารผ่านคอหอย*



ปอด (Lungs)

- ปอดของมนุษย์ประกอบด้วยอัลวิโอล (alveoli) ประมาณ 300-500 ล้านอัน ลักษณะเป็นรูปถ้วยล้อมรอบด้วยเส้นเลือดฝอยสานเป็นตาข่าย
- เซลล์เม็ดเลือดแดงไหลผ่านเส้นเลือดฝอย และออกซิเจนจากแต่ละอัลวิโอลัส (alveolus) จะเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดงและเกาะกับฮีโมโกลบิน
- คาร์บอนไดออกไซด์มีอยู่ในน้ำเลือดในเซลล์เม็ดเลือดแดงจะออกจากเส้นเลือดฝอย และเข้าสู่อัลวิโอล เมื่อเกิดการหายใจคาร์บอนไดออกไซด์เคลื่อนมาถึงอัลวิโอลจะกลายเป็นไบคาร์บอเนตไอออน ประมาณ 25 % ของคาร์บอนไดออกไซด์จะเกาะอย่างหลวม ๆ กับฮีโมโกลบิน



Ethmoid Sinuses

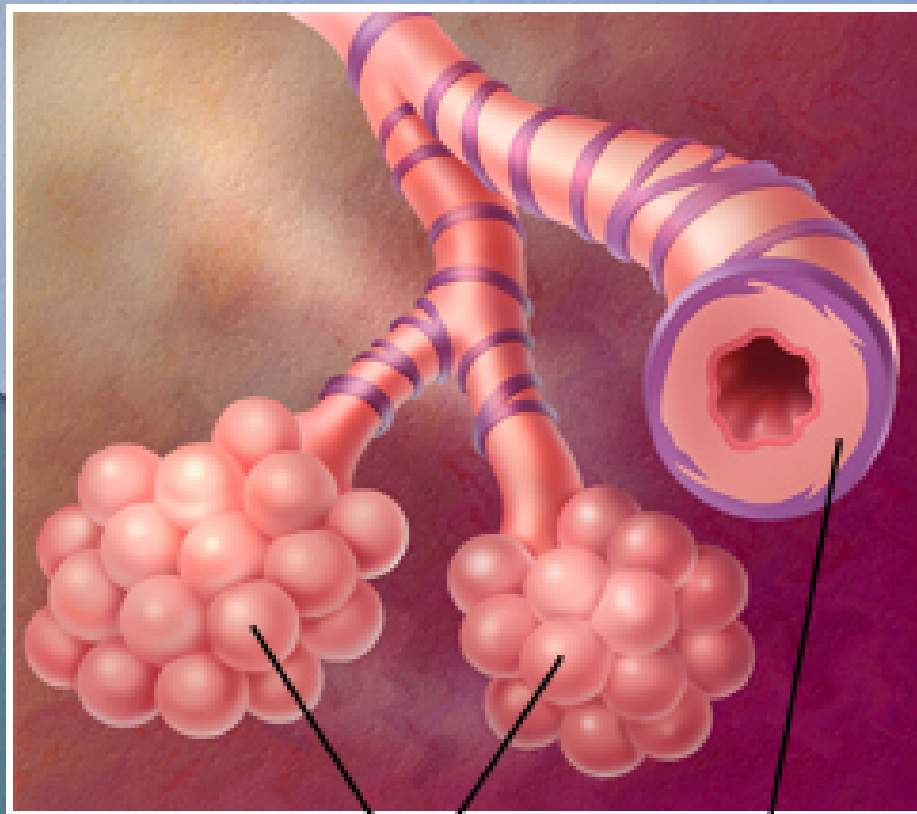
Tongue

Throat

Trachea

Bronchi

Diaphragm



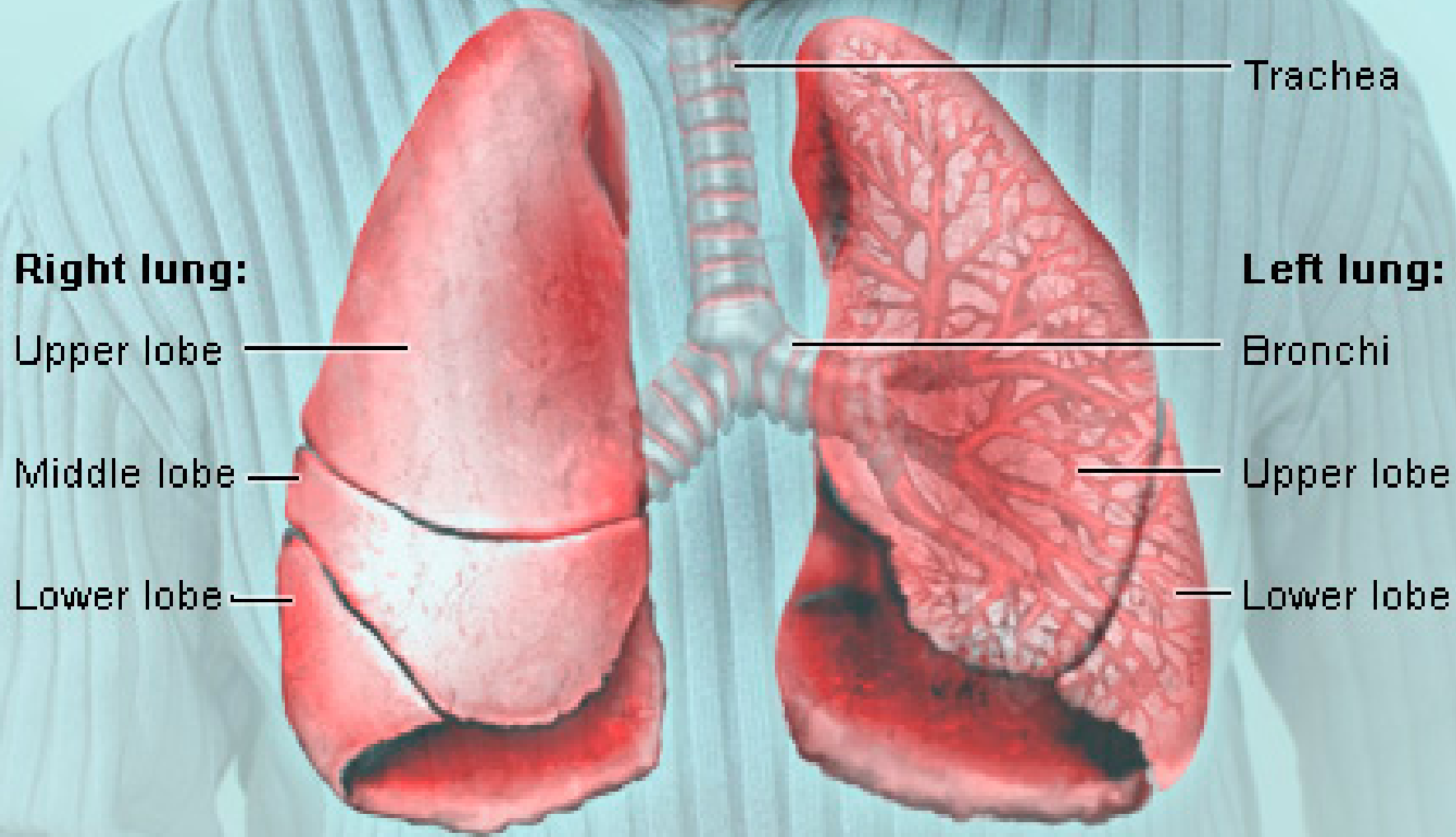
Alveoli

Pleura

Bronchioles

ปอด (Lungs)

- ปอดจะอยู่ในช่องอก มี 2 ข้างด้านซ้ายและด้านขวา **ปอดด้านขวาใหญ่กว่า หนักกว่า และกว้างกว่า**ปอดซ้าย โดยหัวใจตั้งเอียงไปทางซ้าย **ปอดขวาสั้นกว่า**ปอดซ้ายประมาณ หนึ่งนิ้ว เพราะกระบังลมหนุนสูงขึ้นเพราะตับหนุนอยู่ข้างใต้กระบังลมอีกทีหนึ่ง **ปอดขวามี 3 กลีบ (Lobes)** คือ กลีบบน กลาง ล่าง มีร่อง (**Fissure**) อยู่ระหว่างกลีบ 2 ร่อง **ปอดซ้ายเล็กกว่า แคบกว่า และยาวกว่า**ปอดขวา **ปอดซ้ายมี 2 กลีบ** คือ บนและล่างมีร่อง ๆ เดียว



Trachea

Right lung:

Upper lobe

Middle lobe

Lower lobe

Left lung:

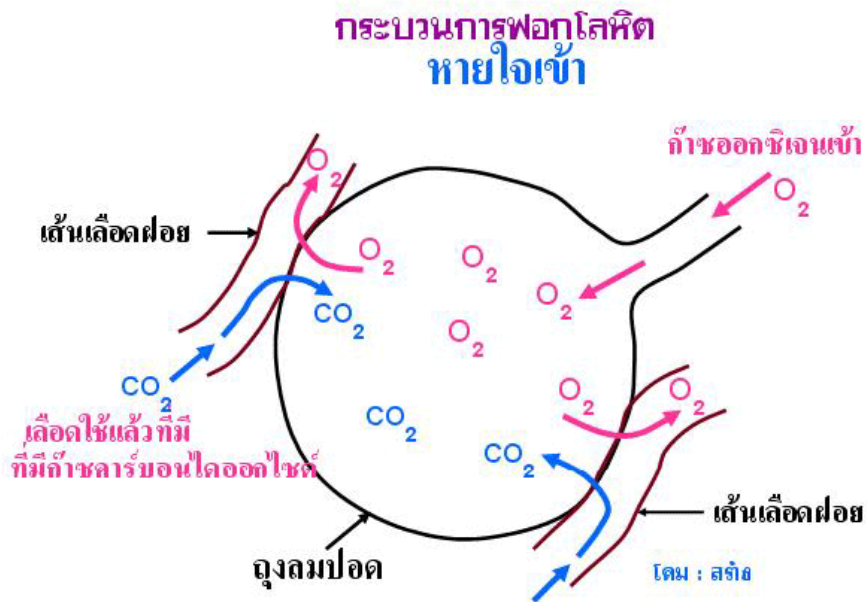
Bronchi

Upper lobe

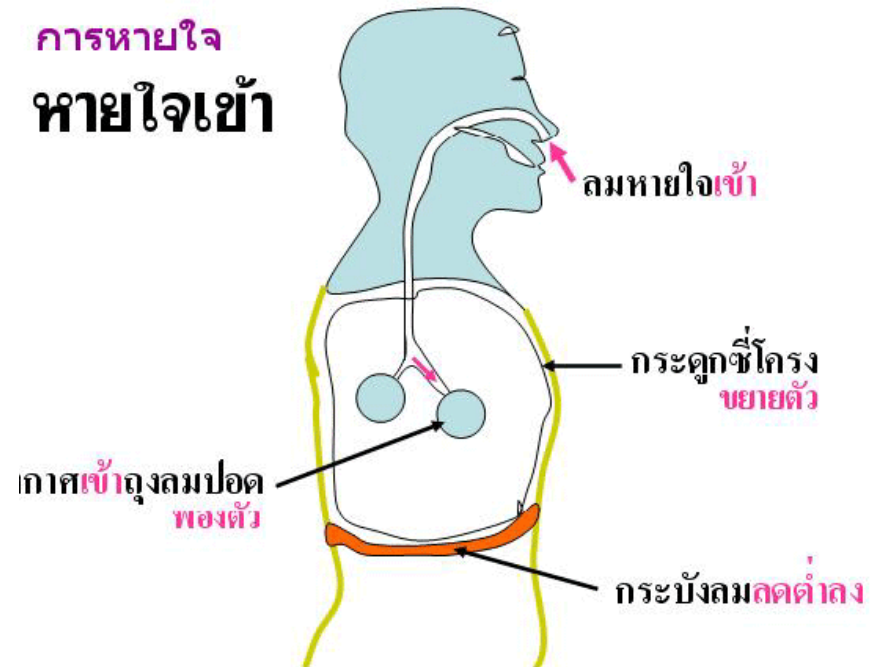
Lower lobe

การหายใจ

- **การหายใจเข้า** ช่องอกจะขยายใหญ่ขึ้นทั้งด้านหน้า ด้านหลัง และด้านข้างโดยรอบ เพราะกล้ามเนื้อหดตัวที่โครงซี่โครงขึ้น ทำให้ท้องยื่นออกมา เพราะความดันในช่องท้องมากขึ้น และความดันในช่องอกต่ำลง ทำให้ความดันในปอดต่ำลง ทำให้ปอดพองโตขึ้น

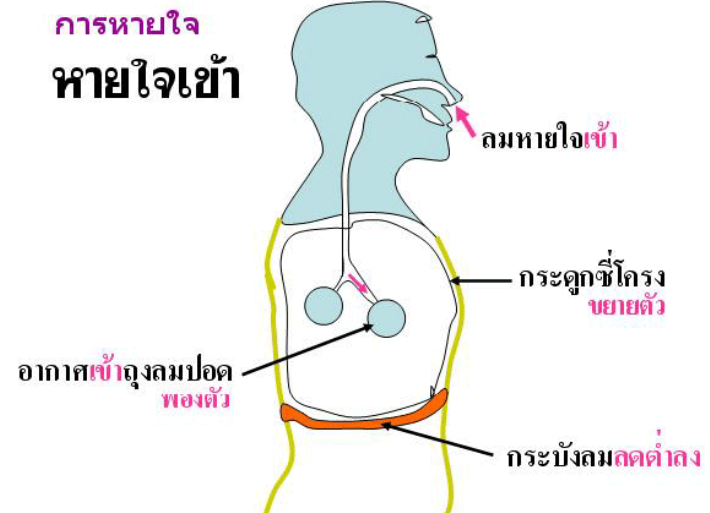
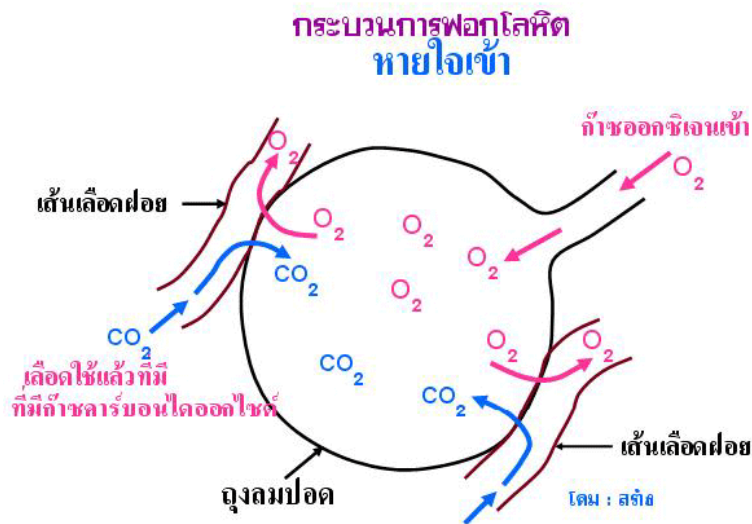


การหายใจ หายใจเข้า



การหายใจ

- **การหายใจออก** ช่องอกแคบลงโดยกล้ามเนื้อห่อหุ้มตัว ทำให้ซี่โครงกลับลงมาที่เดิม กระบังลมห่อหุ้มตัวดันขึ้นมาในช่องอกโดยกล้ามเนื้อหน้าท้องหดตัวดันอากาศให้ออกไปจากปอดผ่านหลอดลม เมื่อช่องอกเล็กลงทำให้เพิ่มความดันขึ้นในช่องอกและปอด อากาศจะถูกดันออกจากปอดจนกระทั่งความดันภายในมีระดับเสมอกับความดันบรรยากาศ



การหายใจ (Respiration) มีประโยชน์ คือ

- ช่วยนำออกซิเจนไปเลี้ยงเซลล์ทั่วร่างกาย
- ขจัดคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาผลาญให้ออกมาจากร่างกาย
- ทำให้ความร้อนในร่างกายอยู่ในระดับปกติ
- ระบายของเสีย (Waste product) ที่ได้รับจากการหายใจออกจากร่างกาย
- ถ่ายเทน้ำออกจากร่างกาย โดยอยู่ในรูปไอน้ำออกมาพร้อมกับอากาศที่หายใจออก

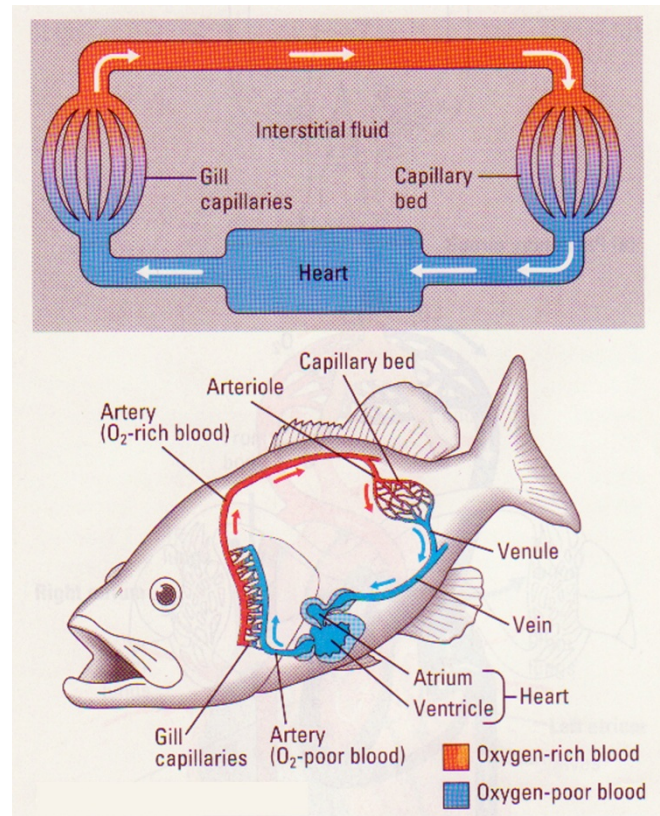
อัตราการหายใจ

- ผู้ใหญ่หายใจเฉลี่ย **16-18** ครั้ง/นาที
- เด็ก **1** ขวบ หายใจเฉลี่ย **44** ครั้ง/นาที
- เด็ก **5** ขวบ หายใจเฉลี่ย **26** ครั้ง/นาที
- การหายใจจะมากขึ้นเมื่อเกิดอาการ ไข้ หรือจากการออกกำลังกาย การ ตื่นเต้น ตกใจ ดีใจ เสียใจ หรือการทำให้การเต้นของหัวใจเปลี่ยนแปลงก็จะทำให้เกิดการหายใจเปลี่ยนแปลงไปด้วย

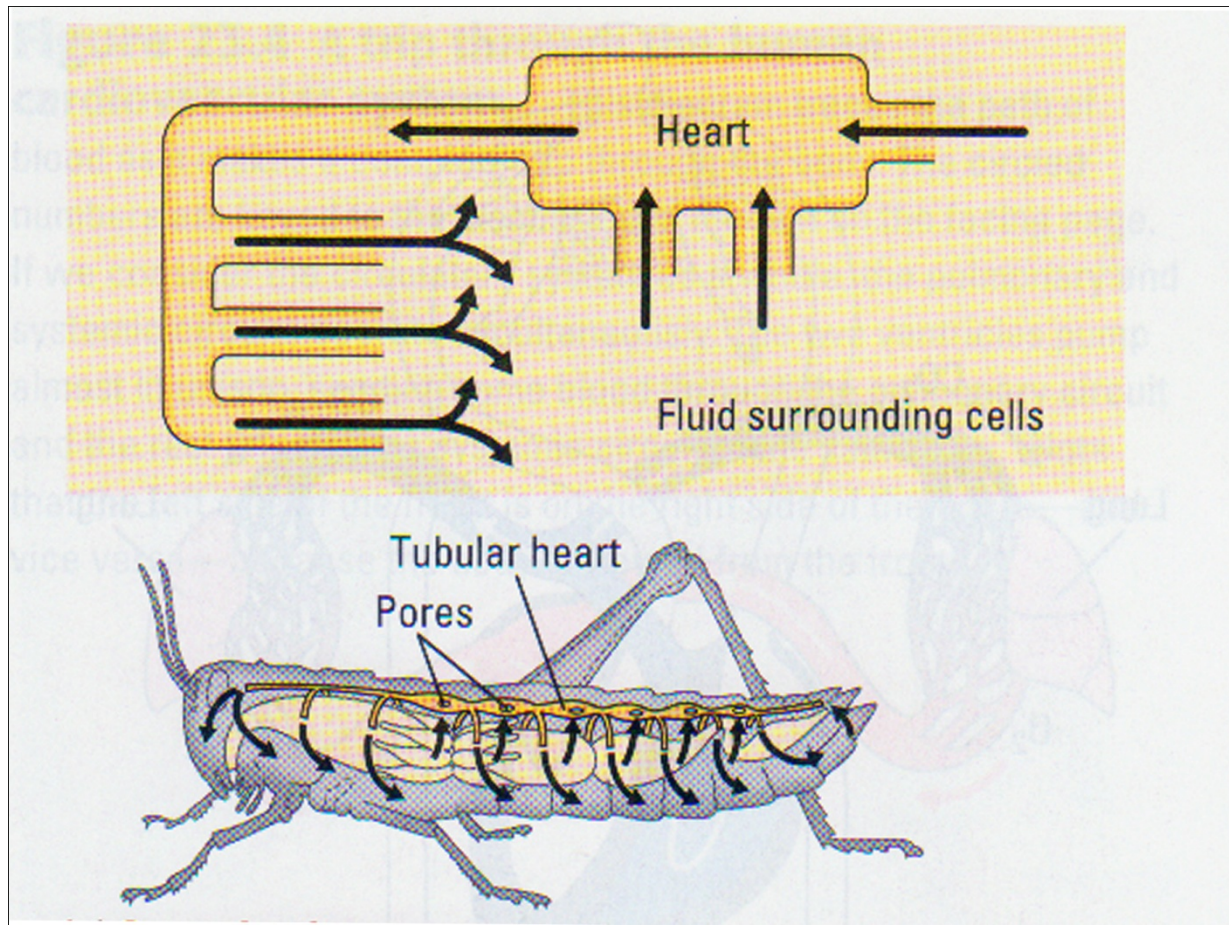


ระบบหมุนเวียนเลือด (Circulatory system)

- (1) ระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด (**Closed circulatory system**) คือเลือดจะไหลเวียนอยู่ภายในเส้นเลือด จะพบอยู่ในสัตว์มีกระดูกสันหลังทั้งหมดและสัตว์ใน **Phylum annelida**

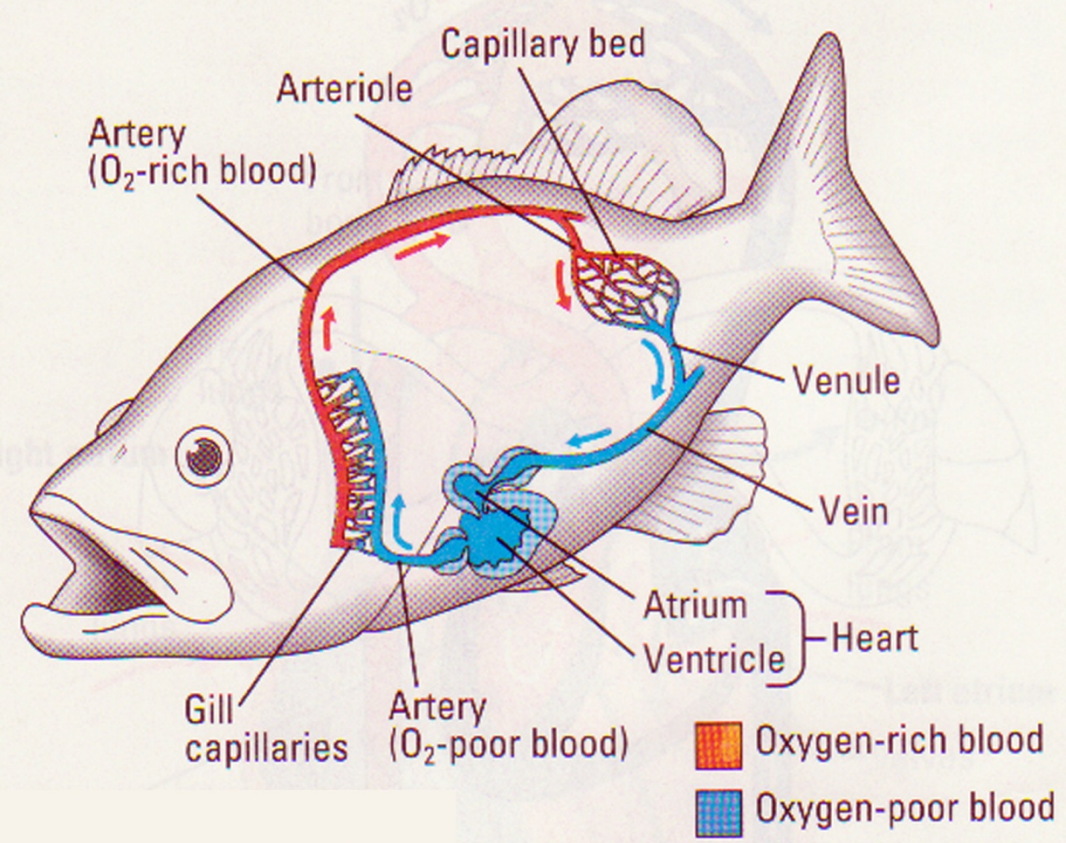
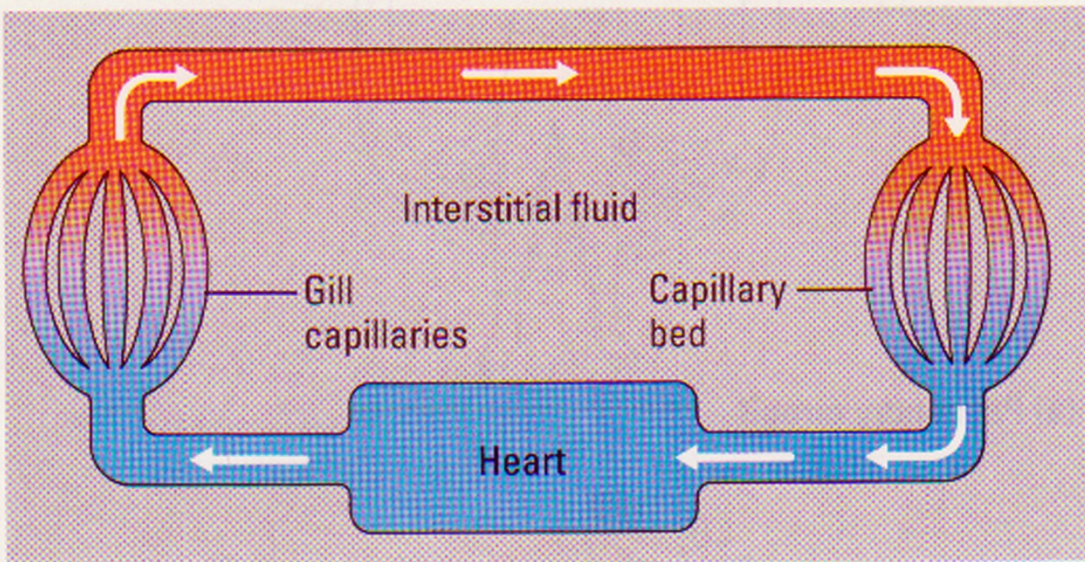


(2) ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด (**Opened circulatory system**) คือ เลือดจะไหลออกจากเส้นเลือดไปสัมผัสกับเซลล์โดยตรง พบในสัตว์ **Phylum mollusca** และ **Arthropoda**



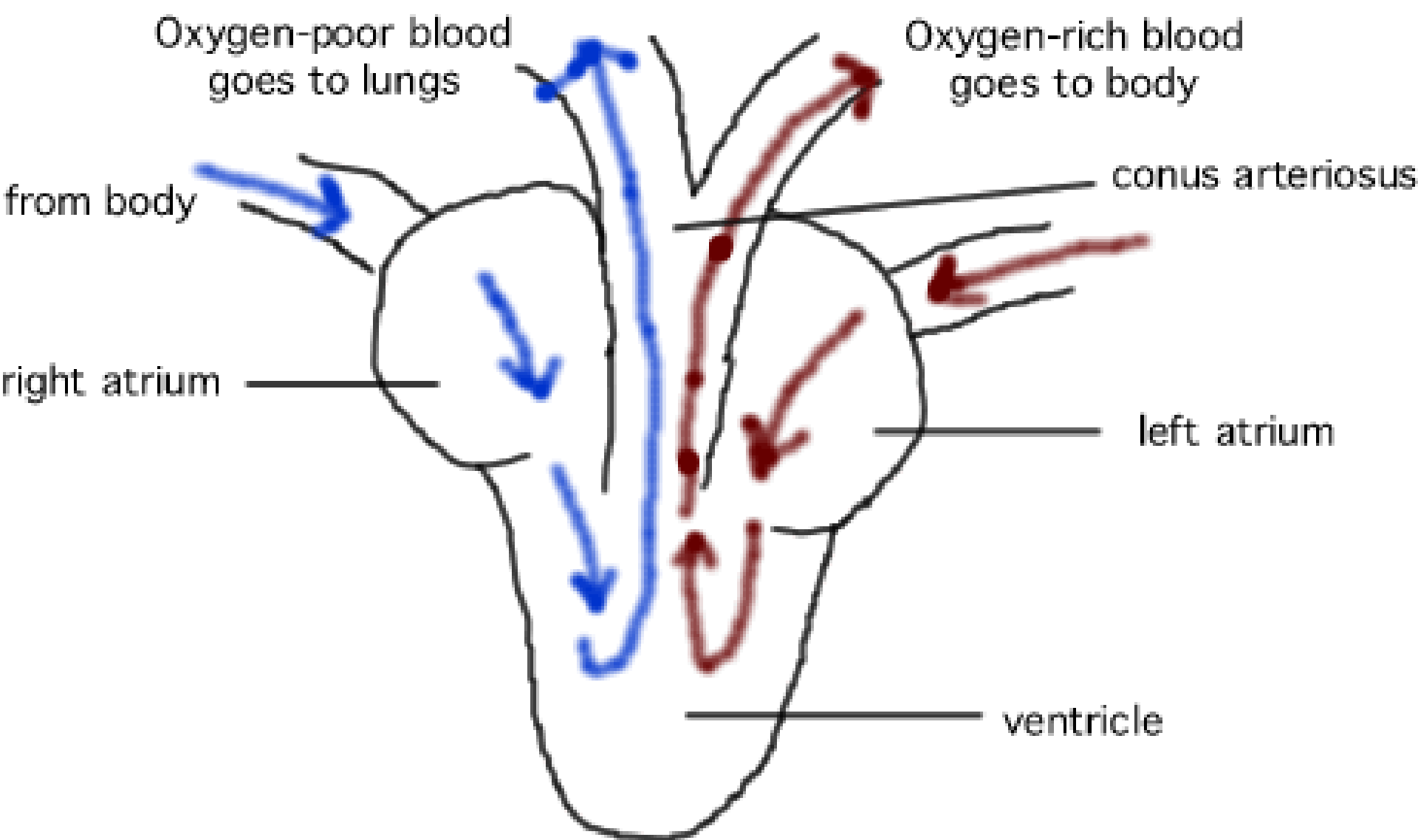
วิวัฒนาการของระบบหมุนเวียนเลือด

- ปลา มีหัวใจ 2 ห้อง โดยเลือดถูกปั๊มออกทาง **Ventricle** ไปยังเส้นเลือดฝอยบริเวณเหงือกเพื่อแลกเปลี่ยนก๊าซ เลือดที่ฟอกแล้ว จะออกไปตามระบบเส้นเลือดแดงไปยังเส้นเลือดฝอยเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ก่อนที่จะไหลกลับไปตามระบบเส้นเลือดดำเข้าสู่ **Atrium** พวกปลา มีการไหลเวียนเลือด 1 วงจร (**Single circulation**) ซึ่งต้องผ่านเส้นเลือดฝอย 2 ร่างแห คือ ที่เหงือกและที่อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย เลือดแดงที่ฟอกแล้วจึงไม่ผ่านหัวใจเพื่อการบีบฉีดเลือดไปเลี้ยงร่างกาย เลือดแดงจึงไหลช้า อาศัยเพียงการหดตัวของกล้ามเนื้อลำตัว



วิวัฒนาการของระบบหมุนเวียนเลือด

- สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ เช่น กบมีหัวใจ 3 ห้อง คือ **Atrium** 2 ห้อง ซ้ายและขวา และ **Ventricle** 1 ห้อง ทำหน้าที่ปั๊มเลือดแยกออกไปยังระบบเส้นเลือดแดง 2 วงจร คือวงจรมำเลือดไปฟอกที่ปอด เรียกว่า **Pulmonary circuit** และวงจรมำเลือดไปเลี้ยงร่างกายหรือ **Systemic circuit** วงจรแรกนำเลือดไปฟอกที่ร่างแหเส้นเลือดฝอยของปอดและผิวหนัง ได้เลือดแดงกลับเข้าสู่ **Atrium** ซ้าย แล้วเข้าสู่ **Ventricle** ซึ่งเลือดแดงและเลือดดำบางส่วนจะผสมกัน



วิวัฒนาการของระบบหมุนเวียนเลือด

- สัตว์เลื้อยคลาน มีหัวใจ 3 ห้อง แต่การผสมกันของเลือดจะมีน้อย เนื่องจาก **Ventricle** มีแนวโน้มน้ำที่จะแยกออกเป็น 2 ห้อง โดยเฉพาะในจระเข้ จะมีการแบ่ง **Ventricle** ได้อย่างสมบูรณ์
- สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม และพวกนก หัวใจมี 4 ห้อง เลือดแดงและเลือดดำจะแยกจากกันอย่างเด็ดขาด ระบบหมุนเวียนเลือดเป็นแบบวงจรคู่
- การมีวงจรคู่ (**Double circulation**) คือ เลือดที่ไปฟอกที่ปอดแล้วจะกลับเข้าสู่หัวใจ ก่อนที่จะปั๊มไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย ทำให้แรงดันเลือดสูงขึ้น การสูบน้ำเลือดก็มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ระบบการหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ (Human circulation)

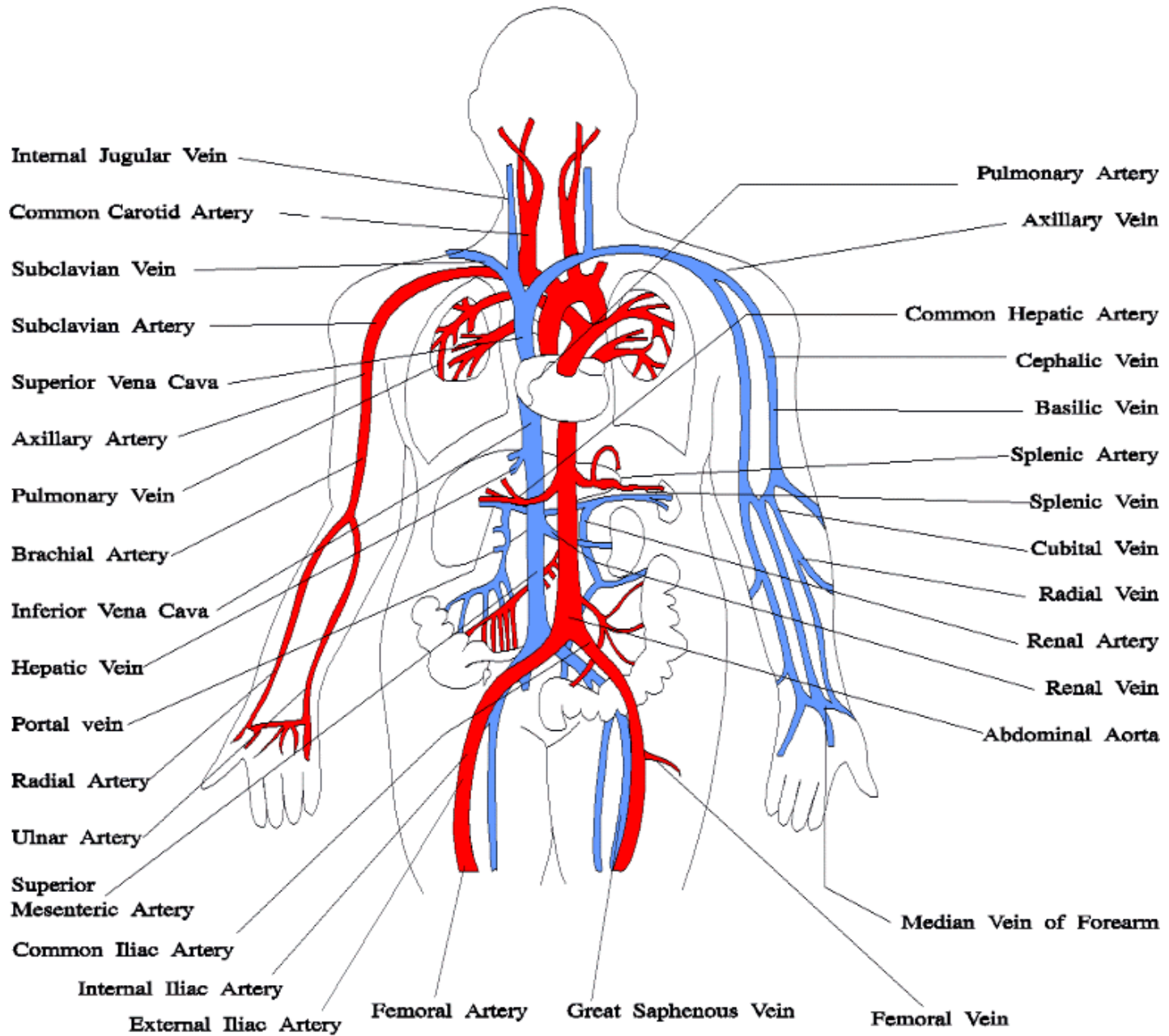
- (1) ขนส่งก๊าซ สารอาหาร และของเสียที่เกี่ยวข้องกับร่างกาย
- (2) ช่วยในการแข็งตัวของเลือด ป้องกันการสูญเสียเลือดจากบาดแผล
- (3) ต่อสู้กับสิ่งแปลกปลอมที่บุกรุกเข้ามาในร่างกาย

หลอดเลือดในร่างกาย

- 1.หลอดเลือดแดง ((Artery) มี 3 ขนาด เรียงจากขนาดใหญ่ไปขนาดเล็ก คือ เอออร์ตา (aorta) อาร์เทอร์รี่ (artery) และ อาร์เทอร์ริโอล (arteriole)
- 2.หลอดเลือดดำ (Vein) เรียงจากขนาดใหญ่ไปขนาดเล็ก คือ เวนาคาวา (vena cava) เวน (vein) และ เวนูล (venule)
- 3.หลอดเลือดฝอย (Capillary) คือ หลอดเลือดที่เชื่อมต่อระหว่างหลอดเลือดแดงขนาดเล็ก (arteriole) ไปยังหลอดเลือดดำขนาดเล็ก (venule) โดยจะแทรกอยู่ในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ผิวหนัง กล้ามเนื้อ สมอง และอวัยวะอื่น ๆ ยกเว้นเส้นผม และเล็บจะไม่มีหลอดเลือดฝอย

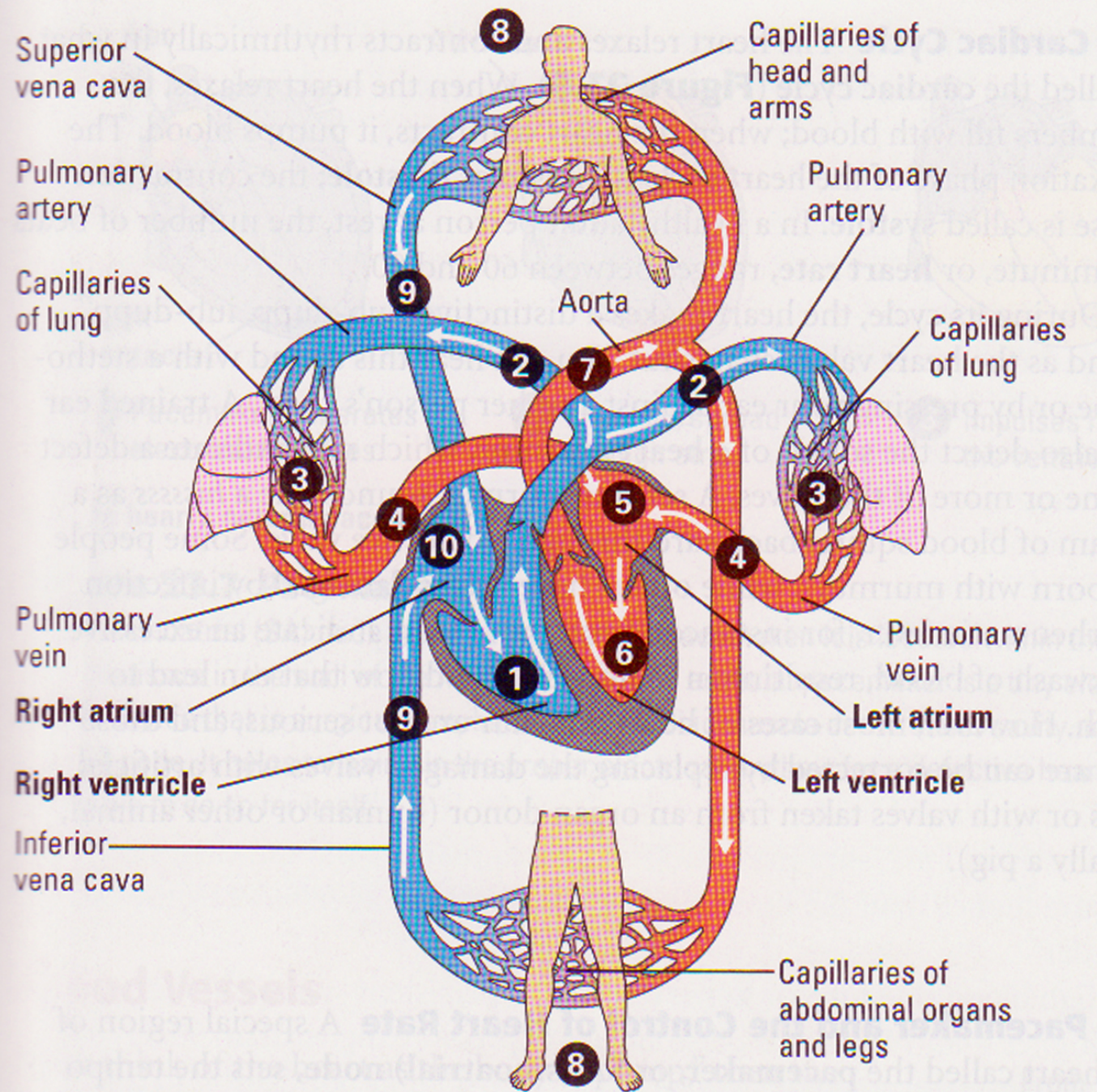
Blood Circulation

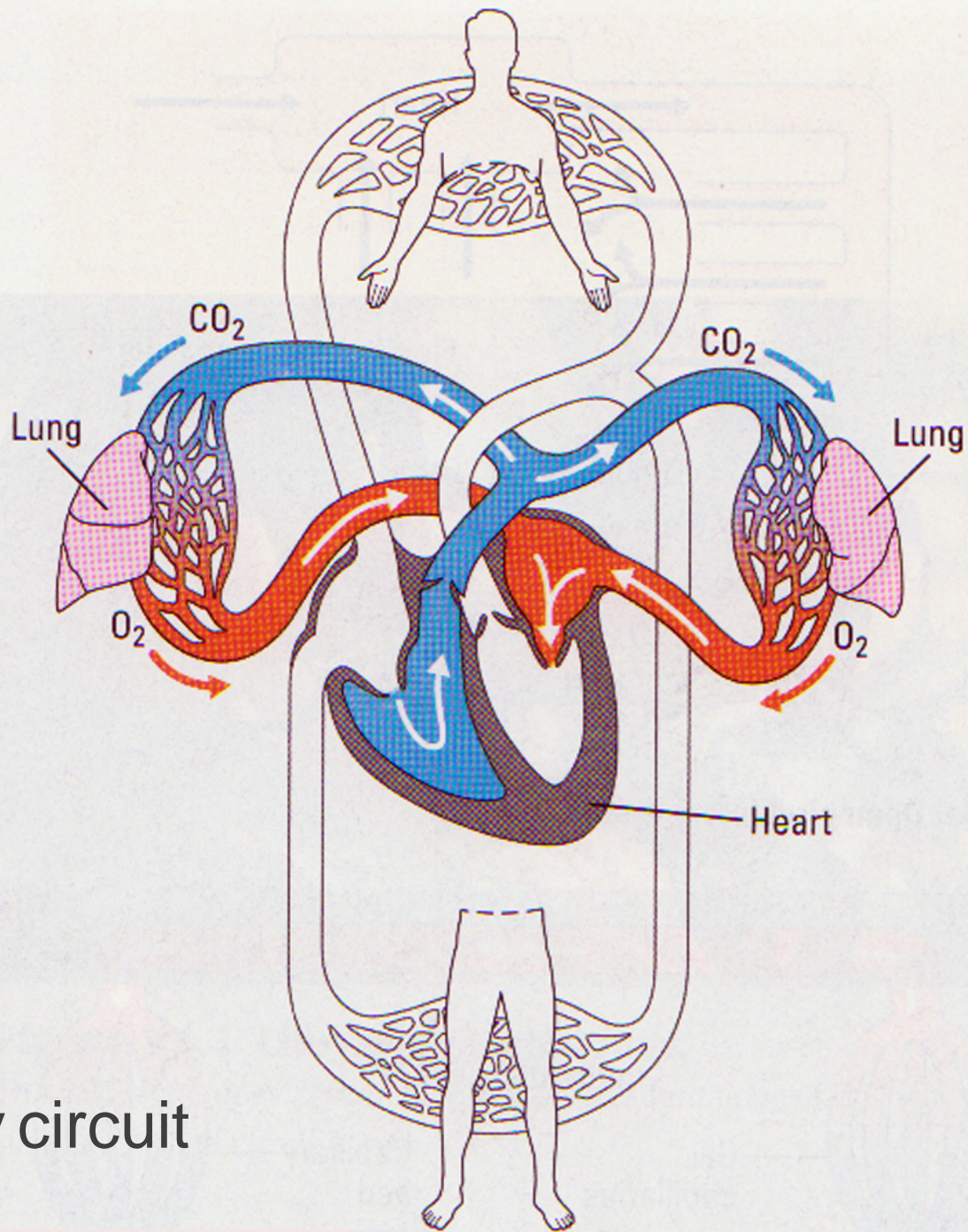
Principal Veins and Arteries



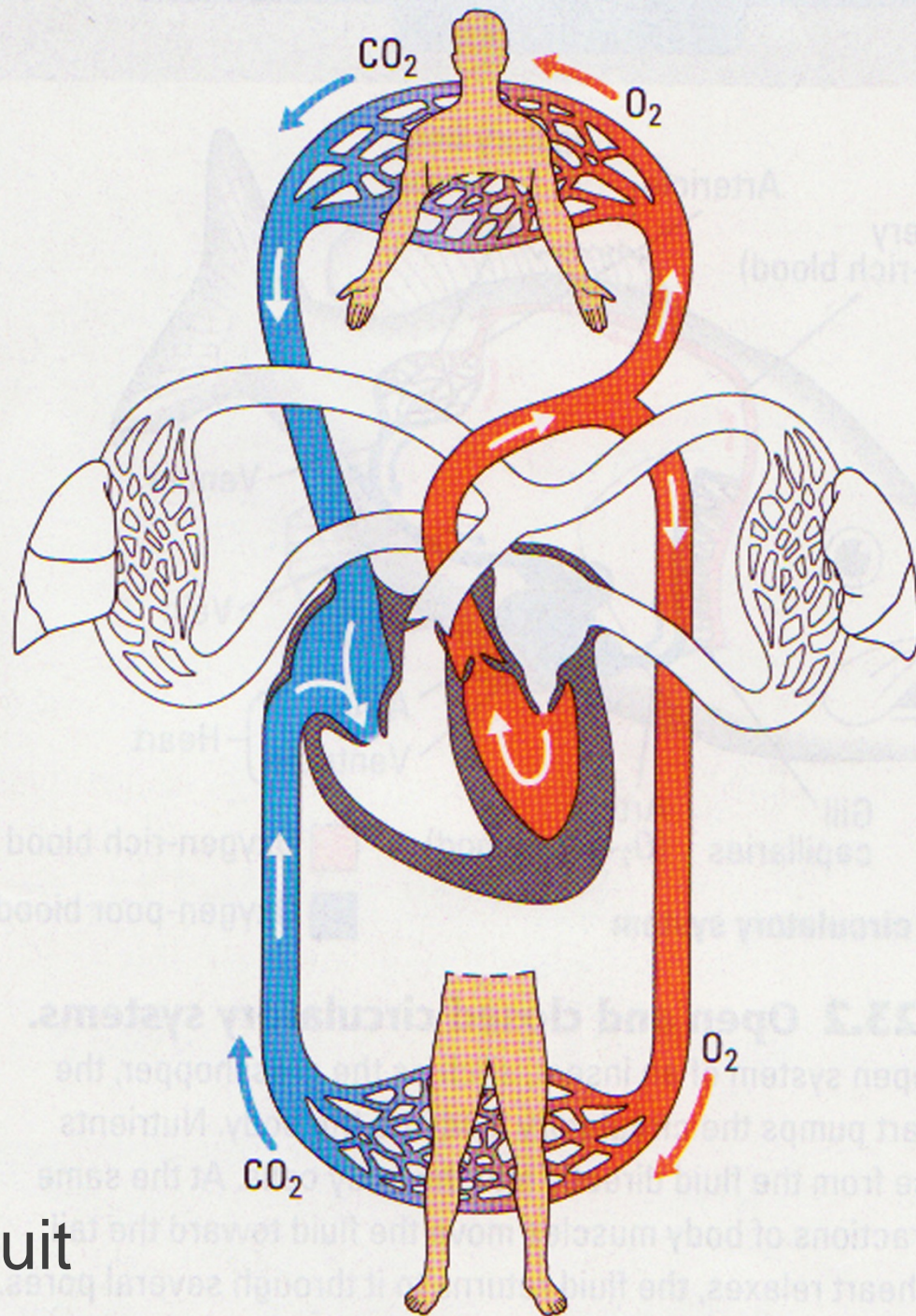
การไหลเวียนของเลือด (Blood circulation)

เลือดที่ไม่บริสุทธิ์ (Venous blood) จากส่วนบนของร่างกายไหลมารวมใน **Superior vena cava** เข้าสู่ **Right atrium** และเลือดที่ไม่บริสุทธิ์ จาก ส่วนล่างของร่างกาย ไหลมารวมใน **Inferior vena cava** เข้าสู่ **Right atrium** ผ่าน **Tricuspid valve** ลงไปใน **Right ventricle** แล้วผ่าน **Pulmonary valve** เข้าไปใน **Pulmonary artery** สู่ปอดขวาและซ้าย กลายเป็นเลือดที่บริสุทธิ์ (**Oxygenated blood**) แล้วออกจากปอดขวาและซ้ายมา ทาง **Pulmonary veins** 4 หลอด (มีข้างละ 2 หลอด) มาเทเข้าใน **Left atrium** ผ่าน **Bicuspid** หรือ **Mitral valve** ลงไปใน **Left ventricle** แล้วผ่าน **Aortic valve** เข้าสู่ **Aorta** แล้วแตกแขนงเป็น **Arterioles** และ **Capillaries** ไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย กลายเป็นเลือดที่ไม่บริสุทธิ์ (**Venous blood**) รวมกันกลับเข้า **Venules** , **Veins** , **Superior vena cava** และ **Inferior vena cava** เข้าสู่ **Right atrium** อีก





Pulmonary circuit



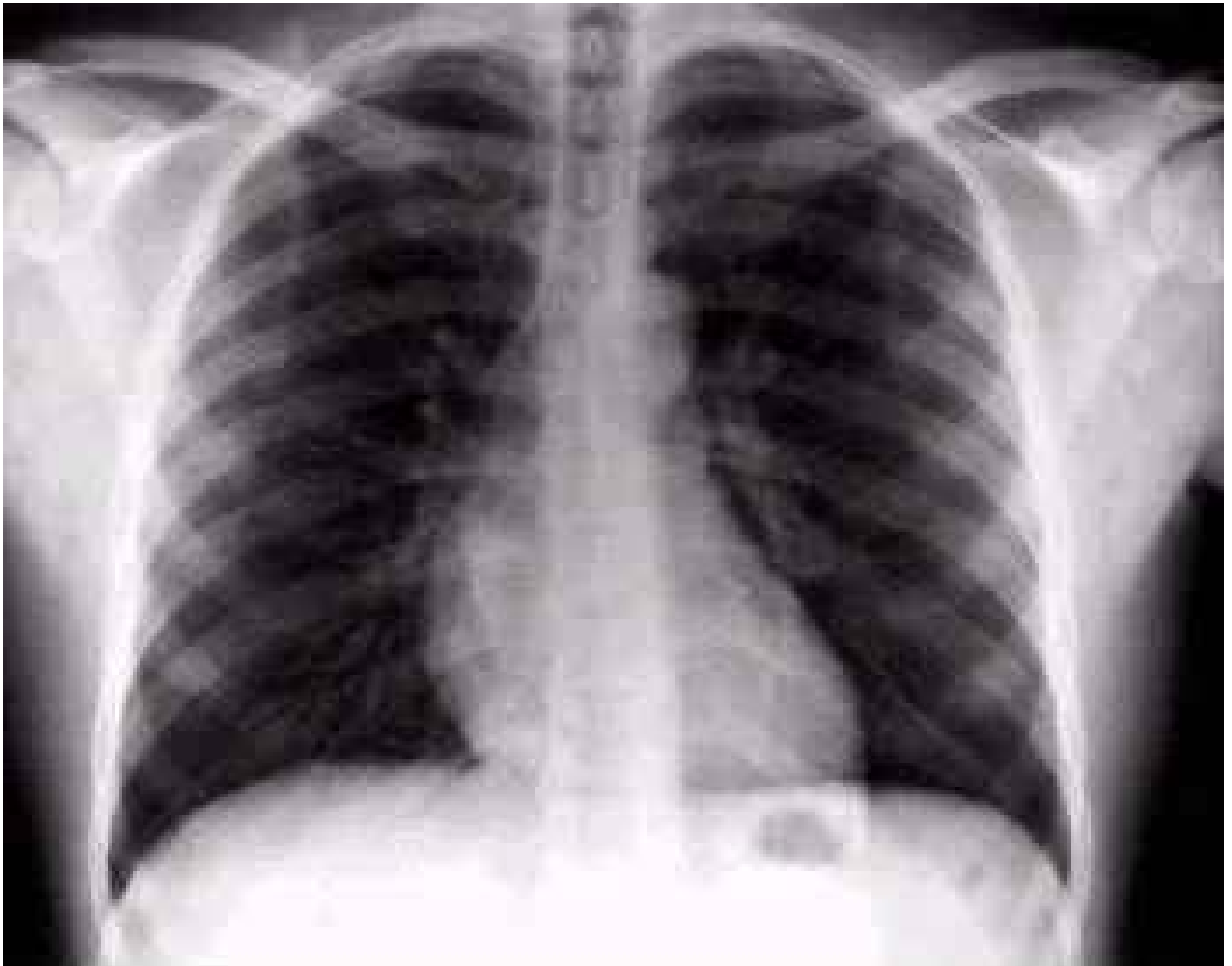
Systemic circuit

หัวใจของมนุษย์ (Human heart)

- โครงสร้างของหัวใจเป็นกล้ามเนื้อหัวใจ แบ่งเป็น4ห้อง ตอนบนมีผนังบางเรียกว่า **Atrium** หรือ **Auricle** แบ่งออกเป็น 2 ห้อง คือซีกขวาและซีกซ้าย ตอนล่างมีผนังหนา แข็งแรง เรียกว่า
- **Ventricle** แบ่งเป็น 2 ห้อง หัวใจมีขนาดเท่ากำปั้นของตัวเอง ตั้งอยู่ระหว่างปอดบริเวณข้างหลังกระดูกอก (**Sternum**) และเอียงไปทางด้านซ้าย หัวใจถูกห่อหุ้มด้วยถุง **Pericardium** ซึ่งภายในถุงจะมีของเหลวไว้ช่วยหล่อลื่นหัวใจ

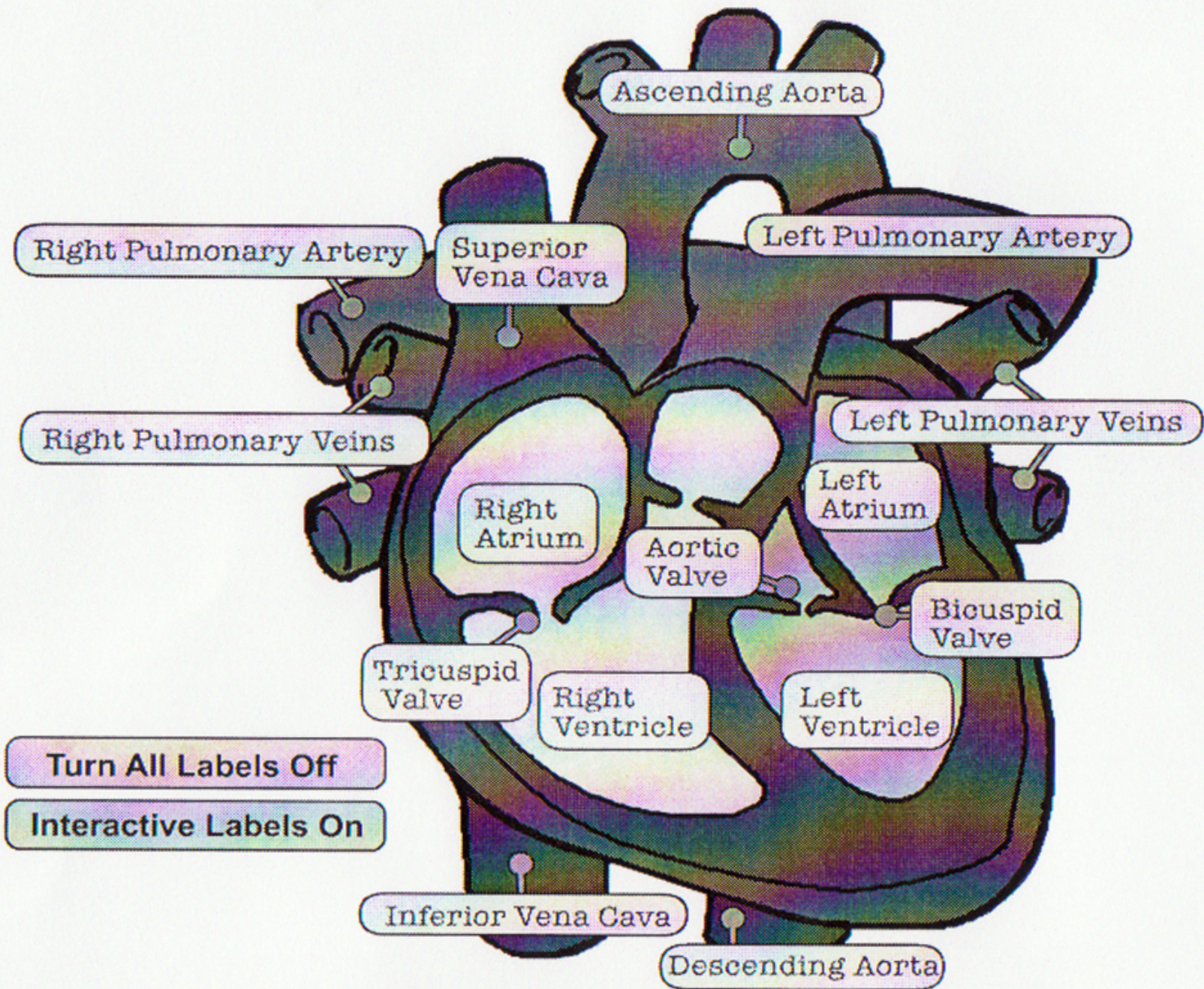
หัวใจของมนุษย์ (ต่อ)

- หัวใจจะมีลิ้น (Valve) กั้นระหว่าง Atrium และ Ventricle เรียกว่า **Atrioventricular valve (A.V)** ลิ้นมีความแข็งแรงเนื่องจากมีเส้นใยที่เรียกว่า **Chordae tendineae** เป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้ก็มี **Semilunar valve** ซึ่งมีลักษณะพระจันทร์ครึ่งซีกกั้นระหว่าง **Left ventricle** กับ หลอดเลือดใหญ่ **Aorta** และ **ventricle** ขวา กับ หลอดเลือดไปปอด (**pulmonary artery**) ส่วนใน Atrium ขวา เลือดถูกส่งไปยัง **Ventricle** ขวา โดยผ่าน **Tricuspid valve** และด้านซ้ายเลือดจาก **Left atrium** จะส่งไปยัง **Left ventricle** ก็ต้องผ่าน **Bicuspid valve** หรือ **Mitral valve**



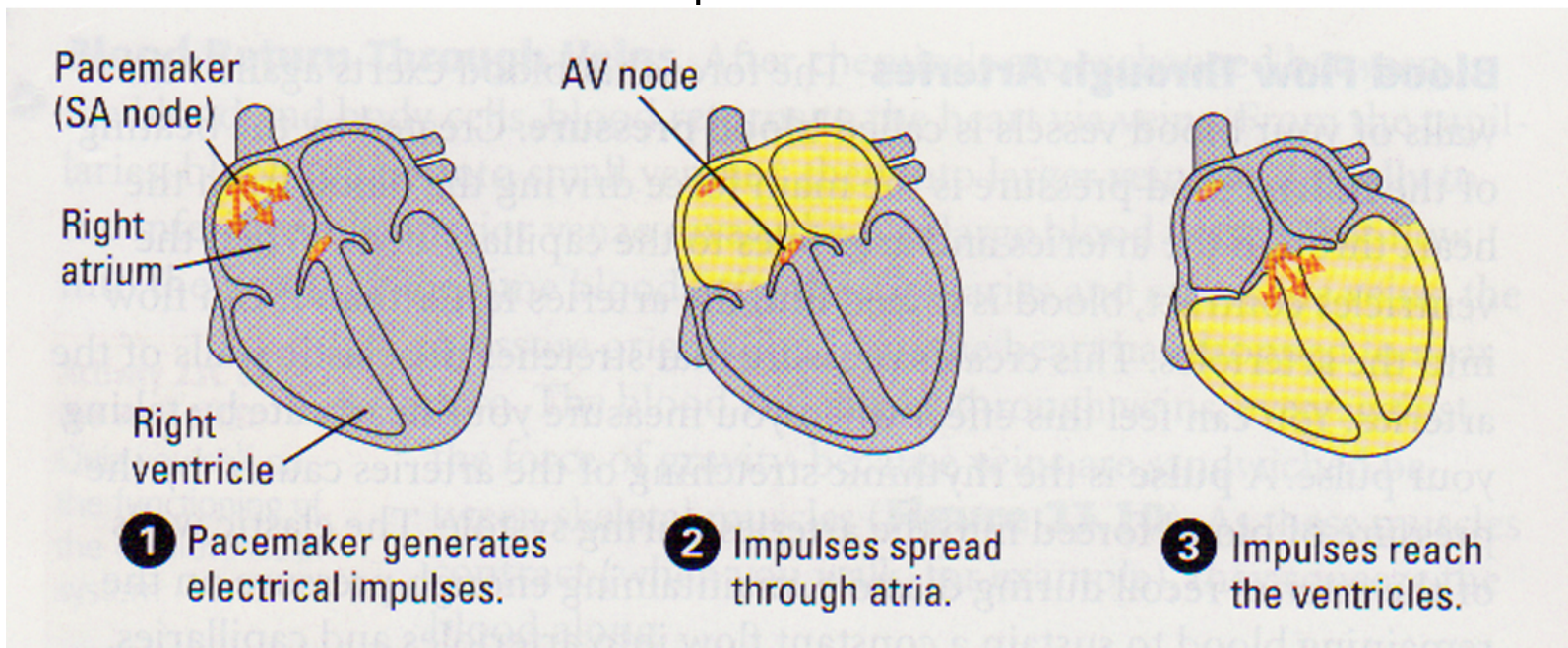
หัวใจของมนุษย์

- การปิดของลิ้น เนื่องจากแรงต้านของเลือดที่เกิดจากการหดตัวอย่างแรงของ **Ventricle** ทำให้เกิดเสียงเต้นของหัวใจฟังได้ด้วยหูฟัง (**Stethoscope**) เป็นเสียง 2 จังหวะ คือ ลูบ – ดูป (**lub-dup**) สลับกันโดยเสียงแรกเป็นเสียงต่ำและยาวและค่อยเกิดจากการหดตัวอย่างแรงของ **Ventricle** และ การปิดของ **Atrioventricular valve** ส่วนเสียงที่สองสั้นและดังเกิดจากการปิดของ **Semilunar valve** คือเลือดที่ถูกดันออกจาก **Ventricle** ผ่าน **Semilunar valve** ไปยังเส้นเลือดแดงใหญ่ที่มีผนังยืดหยุ่น เส้นเลือดจึงขยายออก โดยแรงดันของเลือดจากนั้นก็ จะหดกลับ ทำให้เกิดแรงดันให้ **Semilunar valve** ทั้งสองปิด เป็นการป้องกันเลือดไม่ให้ไหลย้อนกลับเข้าสู่ **Ventricle**



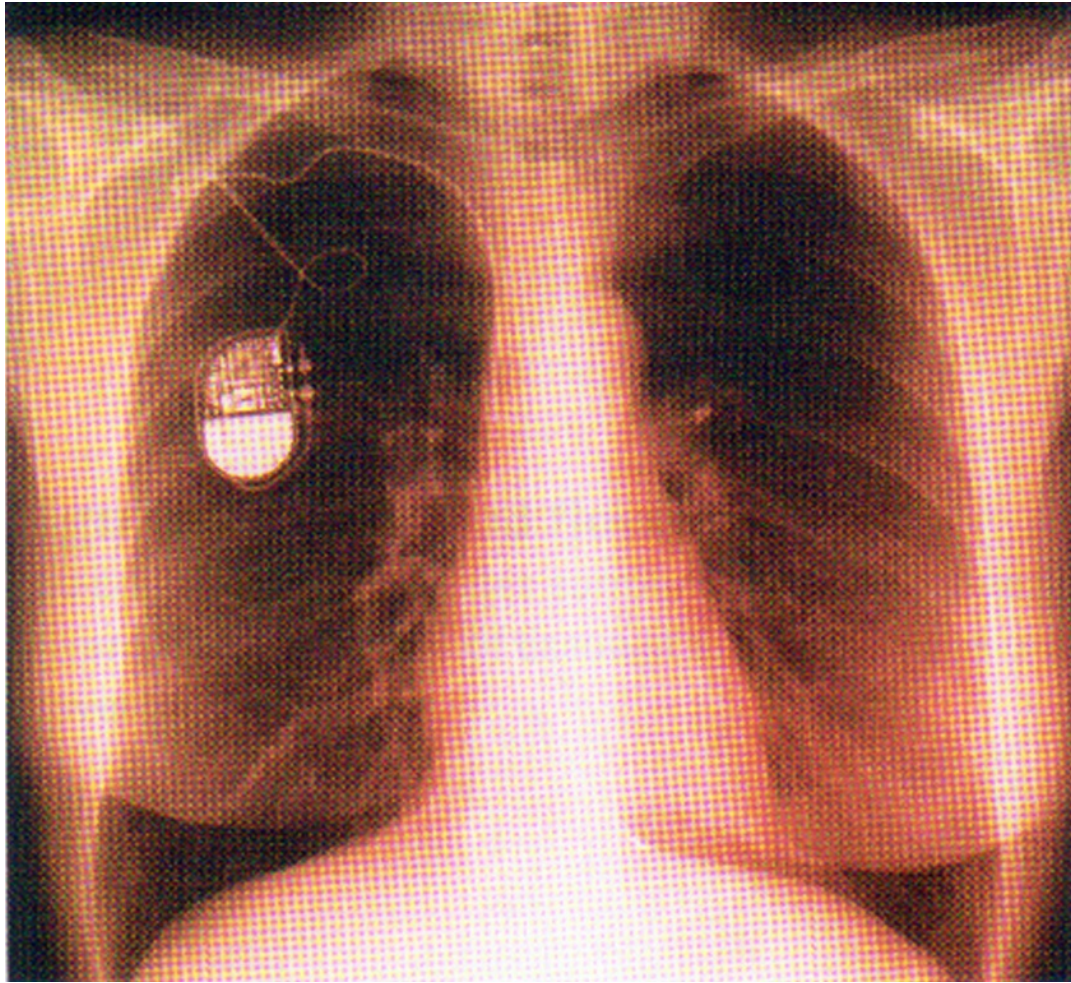
การเต้นของหัวใจ (Heart beat)

- หัวใจสามารถบีบตัวได้เอง เพราะ ภายในหัวใจมีบริเวณที่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมให้กล้ามเนื้อหัวใจหดตัว (**SA node**) เป็นผู้ทำจังหวะ (**pacemaker**) อยู่ที่ผนัง **atrium** ขวา
- **AV node** อยู่ที่ผนัง **atrium** ขวา กับ **ventricle** ขวา เป็นกล้ามเนื้อพิเศษที่จะทำให้กล้ามเนื้อหัวใจห้อง **ventricle** บีบตัวพร้อมกันทั้งห้องหัวใจ ทำให้เกิดแรงดันมากเพียงพอที่จะส่งเลือดไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้



เครื่องกระตุ้นหัวใจคืออะไร

- **Pacemaker** เป็นเครื่องมือขนาดเล็ก กว้างยาวประมาณ 4 - 5 เซนติเมตร หนาประมาณ 1/2 เซนติเมตร ภายในจะประกอบด้วย
 1. ส่วนรับรู้การเต้นของหัวใจ
 2. ส่วนส่งพลังงานไฟฟ้าไปกระตุ้นหัวใจ เมื่อพบว่าหัวใจเต้นช้ากว่าความต้องการของร่างกาย
 3. ส่วนแบตเตอรี่ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วมักให้พลังงานได้ 5 - 10 ปี แล้วแต่ปริมาณการใช้งาน

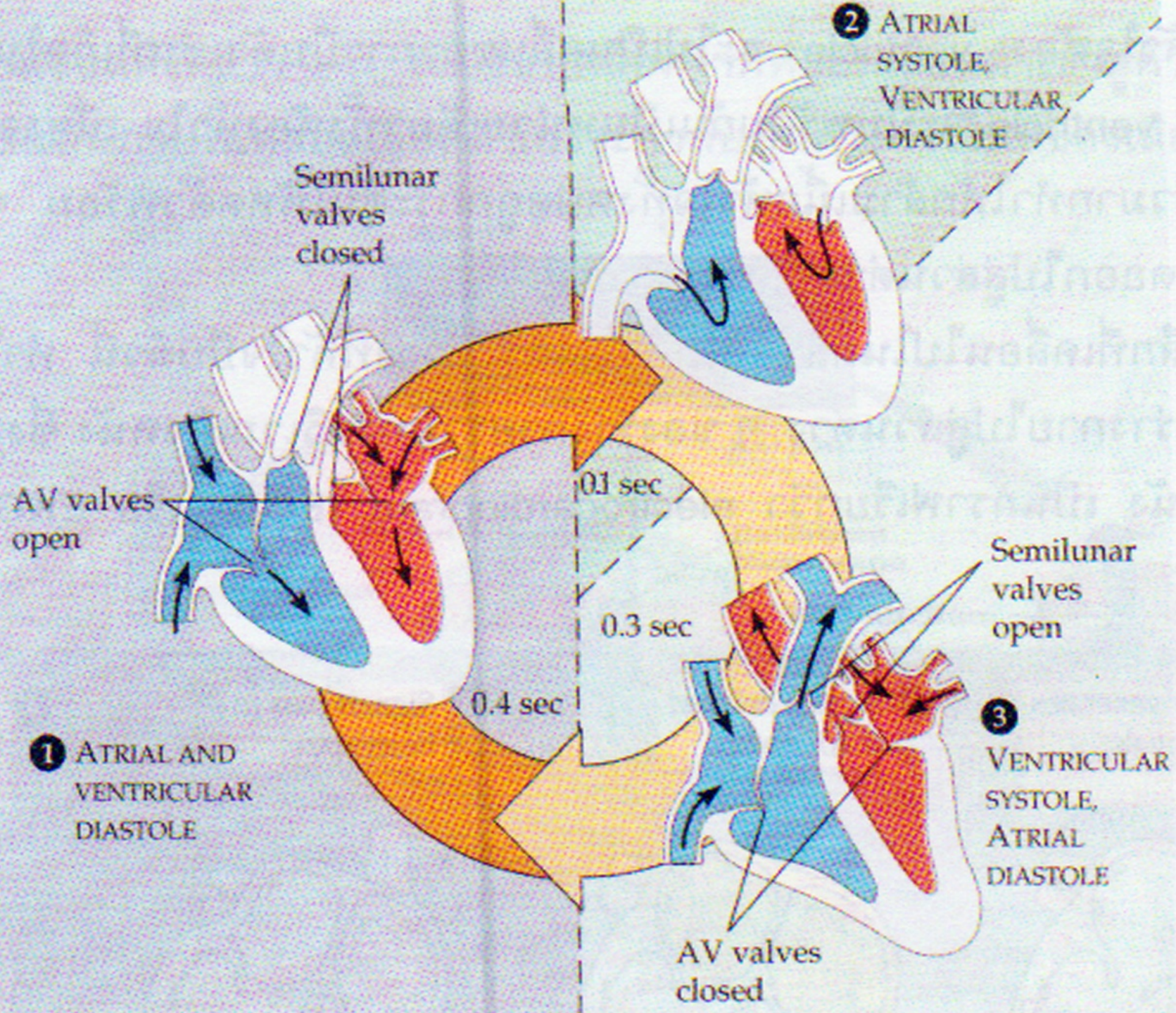


ภาพแสดงการฝังเครื่องกระตุ้นหัวใจชนิดถาวร ไว้ที่ผนังหน้าอก ส่วนปลายสายอยู่ใน ห่อง หัวใจ ปลายสายนี้ จะปล่อยกระแสไฟฟ้าออกมา กระตุ้นหัวใจ ตามที่หัวใจต้องการ หรือ ตามที่ได้ โปรแกรมไว้

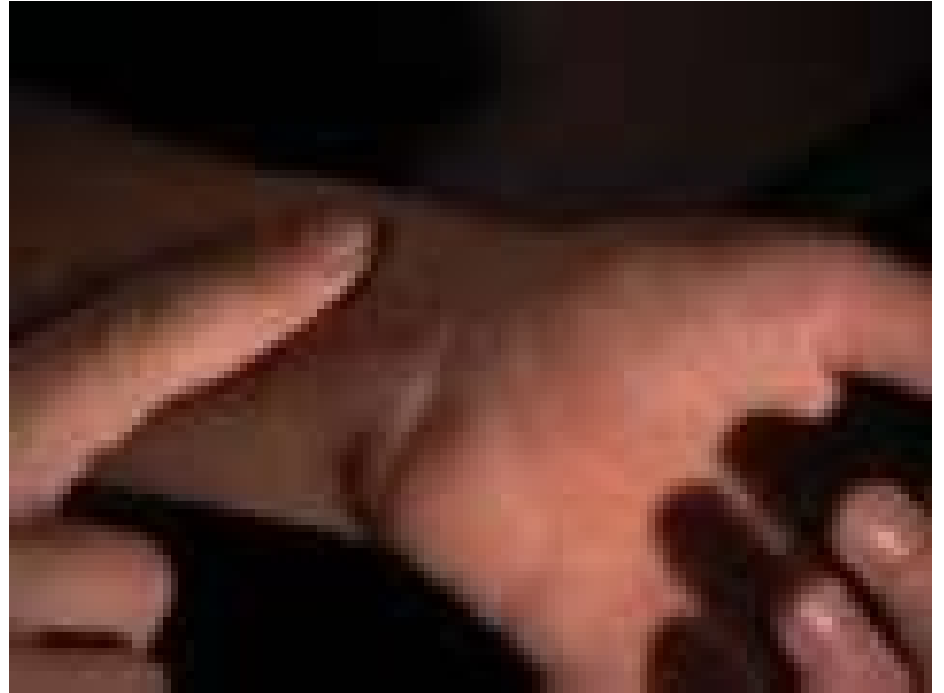
วัฏจักรหัวใจ (Cardiac cycle)

คือ การบีบตัวให้เลือดออกจากหัวใจและคลายตัวเพื่อให้เลือดเข้าหัวใจครบหนึ่งรอบใช้เวลาประมาณ 0.8 วินาที มี 3 ระยะ

1. ระยะคลายตัว (**relaxation phase**) หัวใจทั้ง **atrium** และ **ventricle** คลายตัว เลือดจากหลอดเลือด **vein** เข้าหัวใจ ใช้เวลา 0.4 วินาที
2. **Atrial phase** เป็นระยะที่ **atrium** บีบตัว **ventricle** คลายตัว ใช้เวลา 0.1 วินาที
3. หัวใจห้อง **ventricle** บีบตัว เพื่อให้เลือดไปยังหลอดเลือด ใช้เวลา 0.3 วินาที



หัวใจจะบีบตัวเฉลี่ยประมาณ 70 ครั้งต่อนาที



ความดันโลหิต

หมายถึง แรงดันของกระแสเลือดที่กระทบต่อผนังหลอดเลือด ซึ่งเกิดจากการสูบฉีดของหัวใจ (คล้ายแรง ลมที่ดันผนังยางรถเวลาสูบลมเข้า) ซึ่งสามารถวัดโดยใช้ เครื่องวัดความดัน **เครื่องวัดความดัน (Sphygmomano meter)** วัดที่ แขน และมีค่าที่วัดได้ 2 ค่าคือ

1. ความดันช่วงบน หรือความดันซิสโตลิก (**Systolic blood pressure**) หมายถึง แรงดันเลือดขณะที่หัวใจบีบตัว ซึ่งอาจจะสูงตามอายุ ความดันช่วงบนในคน ๆ เดียวกันอาจมีค่าแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ตามท่าของร่างกาย การเปลี่ยนแปลงของอารมณ์ และปริมาณของการ ออกกำลังกาย

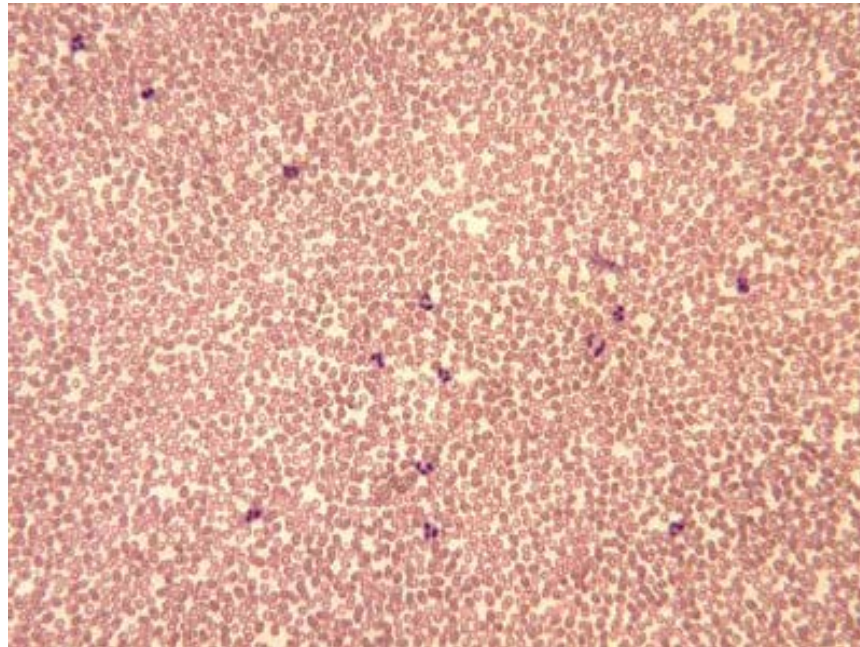
2. ความดันช่วงล่าง หรือความดันไดแอสโตลิก (**Diastolic blood pressure**) หมายถึง แรงดันเลือดขณะที่หัวใจคลายตัว ในปัจจุบัน ได้มีการกำหนดค่าความดันโลหิต และ ระดับความรุนแรงของโรคความดันโลหิตสูง สำหรับผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป (โดยการวัดใน ท่านั่ง วัดอย่างน้อย 2 ครั้งขึ้นไป แล้วคิดเป็นค่าเฉลี่ย)

ความดันโลหิตสูง

หมายถึง ความดันช่วงบนมีค่าตั้งแต่ 140 มม.ปรอทขึ้นไป หรือความดันช่วงล่างมีค่าตั้งแต่ 90 มม.ปรอทขึ้นไป โดยมากผู้ป่วยจะมีความดันช่วงล่างสูง (**Diastolic hypertension**) โดยความดันช่วงบนจะสูงหรือไม่ ก็ได้ บางคนอาจมีความดันช่วงบนสูงเพียงอย่างเดียว แต่ความดันช่วงล่างไม่สูง เรียกว่า ความดันช่วงบนสูงเดี่ยว (**Isolated systolic hypertension**) ซึ่งมักจะพบในผู้สูงอายุ โรคคอพอกเป็นพิษ ภาวะหลอดเลือดแดงเอออร์ตาตีบตัน

เลือดของมนุษย์ (Human blood)

- เลือดประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นของเหลว เรียกว่า **Plasma** และส่วนที่เป็นเซลล์เรียก **Corpuscle**
- น้ำเลือด (**Plasma**) ประกอบด้วยส่วนที่เป็นน้ำ 90% นอกนั้นเป็นโปรตีน และเกลืออนินทรีย์ ละลายอยู่ในรูปไอออน นอกจากนี้ก็มีสารอื่น ๆ เช่น สารอาหาร ของเสีย ก๊าซ และฮอร์โมน

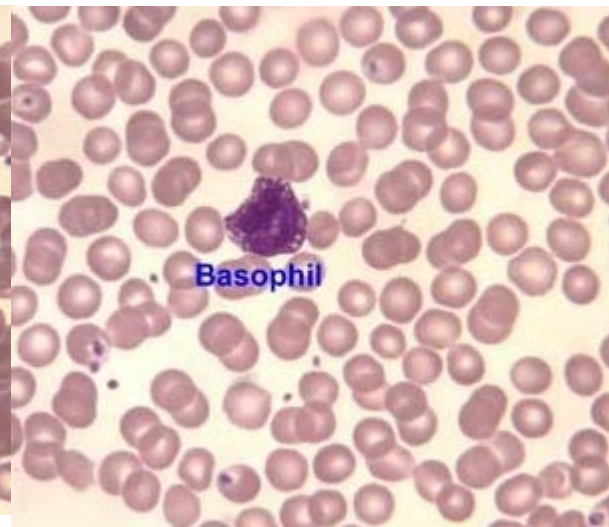
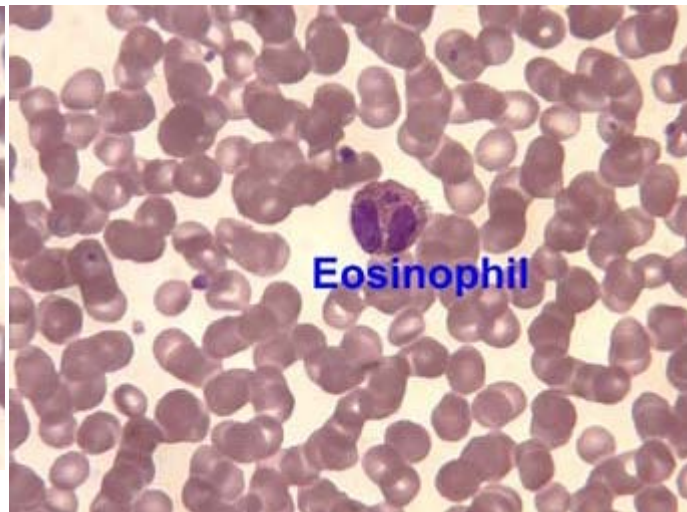
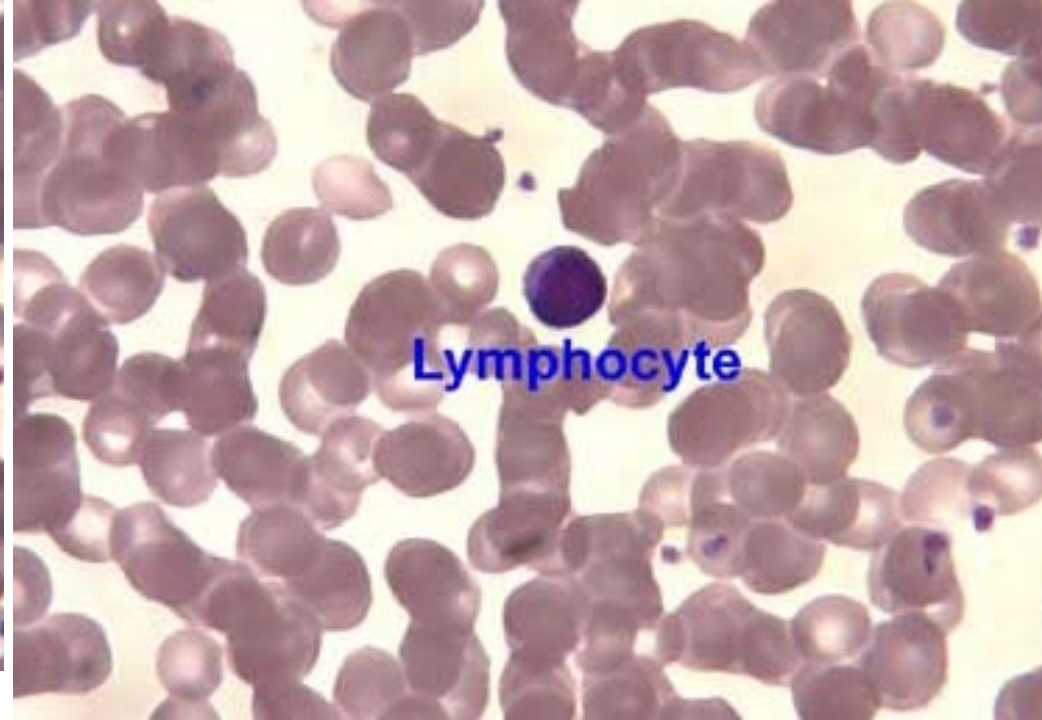


(1) เม็ดเลือดแดง (Erythrocyte)

- มีลักษณะแบบ **Biconcave** เนื่องจากไม่มีนิวเคลียส แต่มี **Hemoglobin** เป็นรงควัตถุ พบประมาณ 4-6 ล้านเม็ดเลือดต่อ หนึ่งลูกบาศก์มิลลิเมตร ของเลือดทั้งหมด **Hemoglobin** ประกอบด้วย 4 **Globin protein chain** ทุกโปรตีนจะใช้ร่วมกับ **Heme** มีเหล็กเป็นองค์ประกอบหลัก เหล็กจะเกาะกันอย่างหลวม ๆ กับ **O₂** และ **O₂** จะถูกขนส่งไปกับเลือด
- เม็ดเลือดแดงผลิตอย่างต่อเนื่องจากไขกระดูกของกะโหลก ซีโครงและกระดูกสันหลัง ก่อนปล่อยออกจากไขกระดูก เม็ดเลือดแดงจะเสียนิวเคลียส และ **Hemoglobin** ที่มี เม็ดเลือดแดงมีชีวิตอยู่ได้ประมาณ 120 วัน จะถูกทำลายที่ตับและม้าม

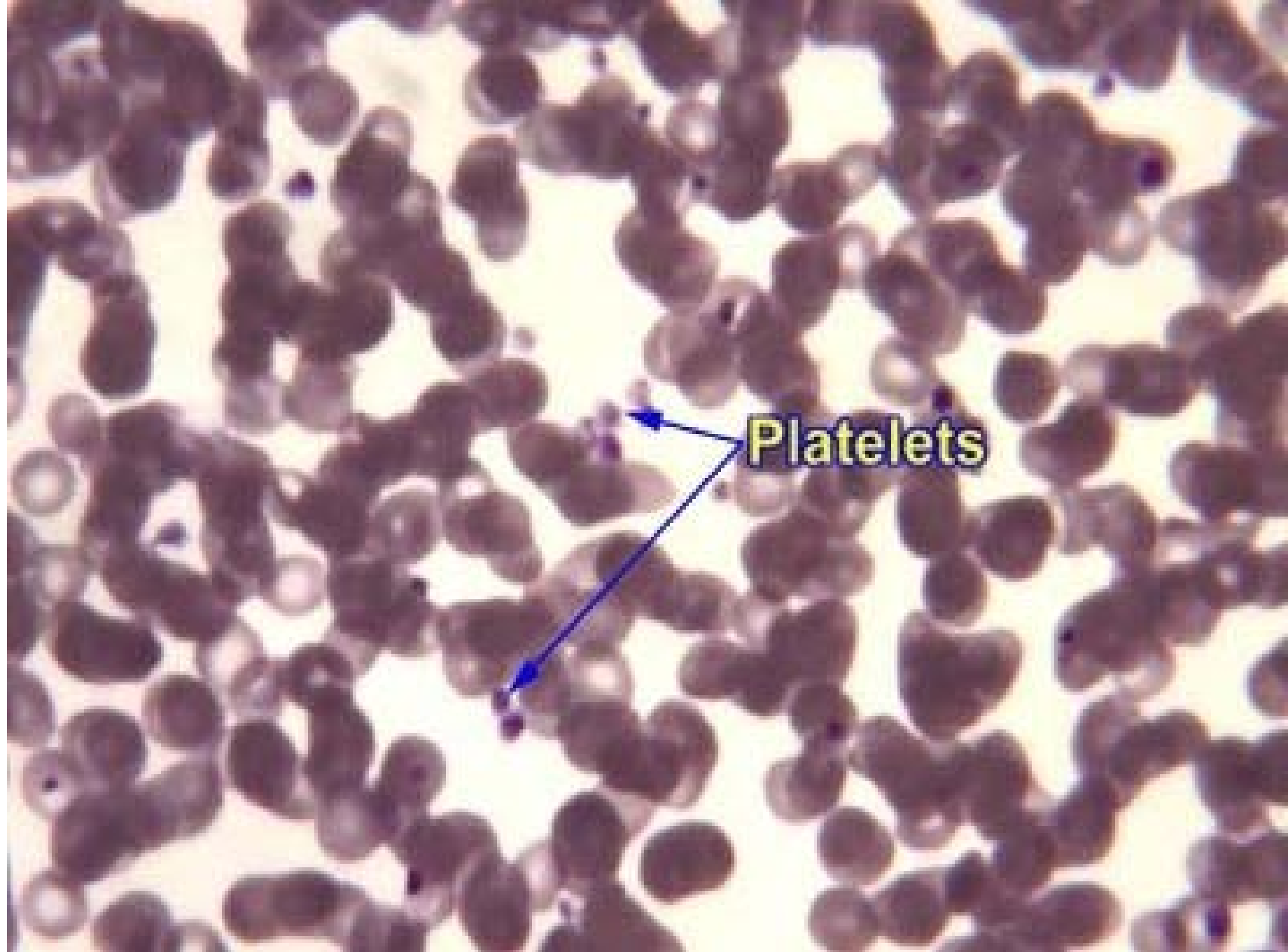
(2) เม็ดเลือดขาว (Leukocyte)

- มีขนาดใหญ่และมีนิวเคลียส แต่ขาด **Hemoglobin** ถ้าไม่ย้อมสี จะเห็นเป็นสีขาว แต่ถ้าย้อมตัวเซลล์จะติดสีน้ำเงิน เม็ดเลือดขาวชนิดนี้ **Granule** มีพู (**Lobes**) เป็นนิวเคลียส ถ้ามีหลายพูเรียกว่า **Neutrophil** ส่วนชนิดอื่นก็มี **Basophil** นิวเคลียสจะมีลักษณะเป็นตัวเอส ส่วน **Eosinophil** นิวเคลียสจะ 2 พู เชื่อมต่อกัน ส่วนเม็ดเลือดขาวที่ไม่มีเม็ด **Granule** จะมี นิวเคลียสกกลม เกือบเต็มเซลล์ คือ **Lymphocyte** ส่วน **Monocyte** จะมี นิวเคลียสรูปคล้ายไต อยู่ก่อนไปทางด้านใดด้านหนึ่งของเซลล์



(3) เกล็ดเลือด (**Thrombocyte**)

- เป็นผลจากการแตกหักของเซลล์ใหญ่ ๆ เรียกว่า **Megakaryocytes** ในไขกระดูก เกล็ดเลือดเกี่ยวพันกับกระบวนการแข็งตัวของเลือด ประกอบด้วย **Fibrinogen** และ **Prothrombin** ถ้าการแข็งตัวของเลือด เกิดขึ้นในหลอดทดลองของเหลวที่อยู่ด้านบน จะเรียกว่า **Serum** ซึ่งมีองค์ประกอบเหมือน **Plasma** แต่ขาด **Prothrombin** และ **Fibrinogen**



Platelets

ระบบหมู่เลือด ABO และ RH

- การที่มนุษย์เรามีหมู่เลือดต่างกันนั้น เกิดจากการมีโมเลกุลโปรตีนที่เรียกว่า แอนติเจน (Antigens) และแอนติบอดี (Antibodies) ที่แตกต่างกัน แอนติเจนนั้นจะอยู่ที่ผิวของเซลล์เม็ดเลือดแดง ส่วนแอนติบอดีนั้นจะอยู่ใน น้ำเหลือง โดยหมู่เลือดที่แต่ละคนมีนั้นจะได้รับการถ่ายทอดมาจากพ่อแม่ของแต่ละคน
- ปัจจุบันนี้มีหมู่เลือดอยู่ 32 แบบ แต่ระบบ ABO และ Rh เป็นระบบที่สำคัญที่สุดที่ใช้ในการถ่ายเลือด การผสมกันของหมู่เลือดที่ไม่เข้ากันจะทำให้เลือดจับตัวเป็นก้อน (Blood clumping หรือ agglutination) ซึ่งจะเป็นอันตรายมาก ผู้ที่ค้นพบหมู่เลือด ABO และ Rh ชื่อว่า Laureate Karl Landsteiner

ระบบหมู่เลือด ABO

หมู่เลือด	จีโนไทป์	ชนิดของ พอลิแซคคาไรด์	แอนติบอดีในพลาสมา	ปฏิกิริยากับแอนติบอดี	
				a	b
O	OO	-	a, b	-	-
A	AA, AO	A	b	+	-
B	BB, OB	B	a	-	+
AB	AB	AB	-	+	+

การถ่ายทอดหมู่โลหิตระบบ ABO ของพ่อ แม่ ลูก ที่เป็นไปได้

หมู่โลหิตของพ่อ	หมู่โลหิตของแม่	หมู่โลหิตของลูกที่เป็นไปได้
O	O	O
O	A	O หรือ A
O	B	O หรือ B
O	AB	A หรือ B
A	A	A หรือ O
A	B	O หรือ A หรือ B หรือ AB
A	AB	A หรือ B หรือ AB
B	B	B หรือ O
B	AB	A หรือ B หรือ AB
AB	AB	A หรือ B หรือ AB

จะเห็นได้ว่าหมู่โลหิตของลูกไม่จำเป็นต้องเหมือนหมู่โลหิตของพ่อ และแม่เสมอไปแต่เนื่องจากหมู่โลหิตมีการถ่ายทอดทางพันธุกรรม การตรวจสอบหมู่โลหิตจึง

มีประโยชน์ในการตรวจสอบความเป็นพ่อแม่ลูก

ระบบหมู่เลือด Rh

- คนส่วนใหญ่จะมี **Rh factor** อยู่ที่ผิวของเซลล์เม็ดเลือดแดงด้วย ซึ่งมันก็คือแอนติเจนชนิดหนึ่งนั่นเอง คนที่มี **Rh factor** อยู่ก็จะถูกเรียกว่า **Rh+** ส่วนคนที่ไม่มีก็จะถูกเรียกว่า **Rh-**
- คนที่มีหมู่เลือด **Rh-** โดยปกติแล้วคนๆ นั้นจะไม่มีแอนติบอดีชนิด **Rh** อยู่ แต่คนที่มีหมู่เลือด **Rh-** นั้นก็สามารถผลิตแอนติบอดีชนิด **Rh** ได้ถ้าเขาหรือเธอได้รับเลือดจากบุคคลอื่นที่มีหมู่เลือด **Rh+** ซึ่งแอนติเจนชนิด **Rh** จะสามารถทำให้เกิดการผลิตแอนติบอดีชนิด **Rh** ได้

สถิติหมู่โลหิตของคนไทย

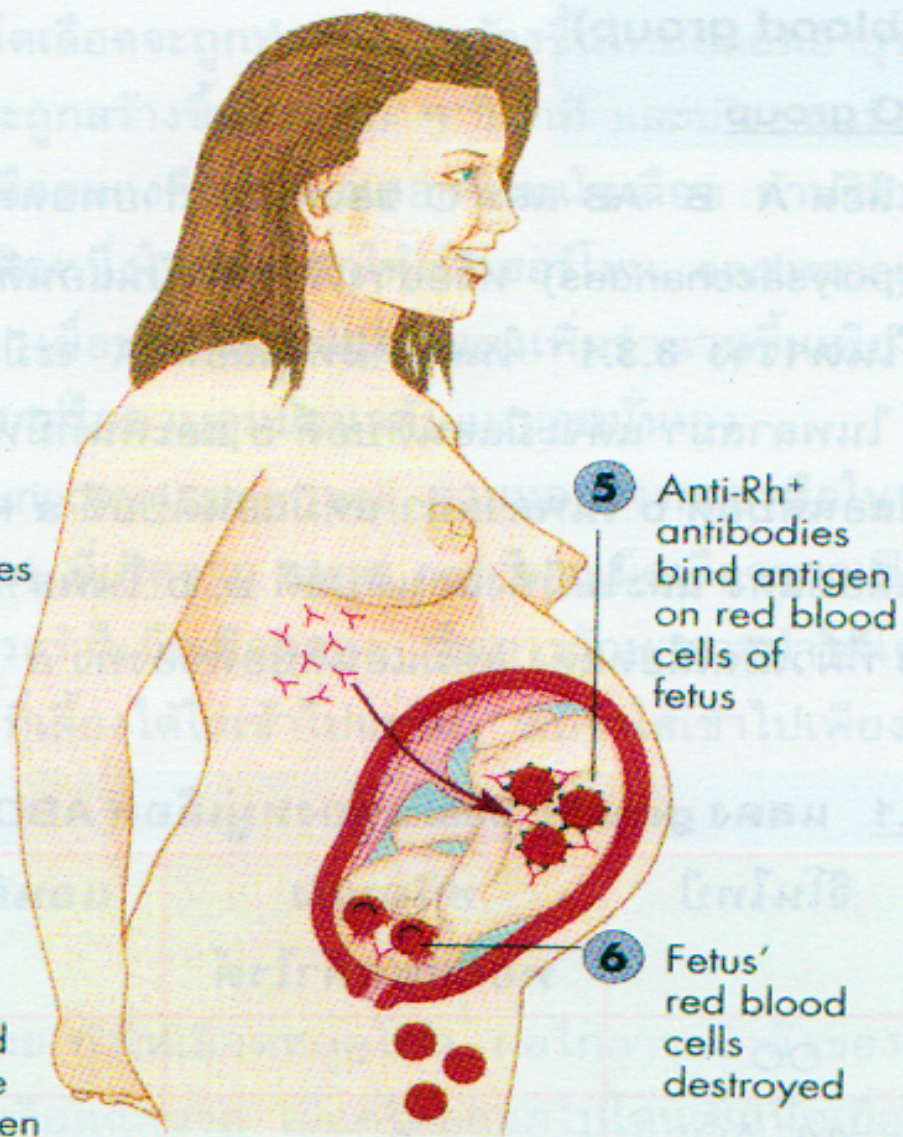
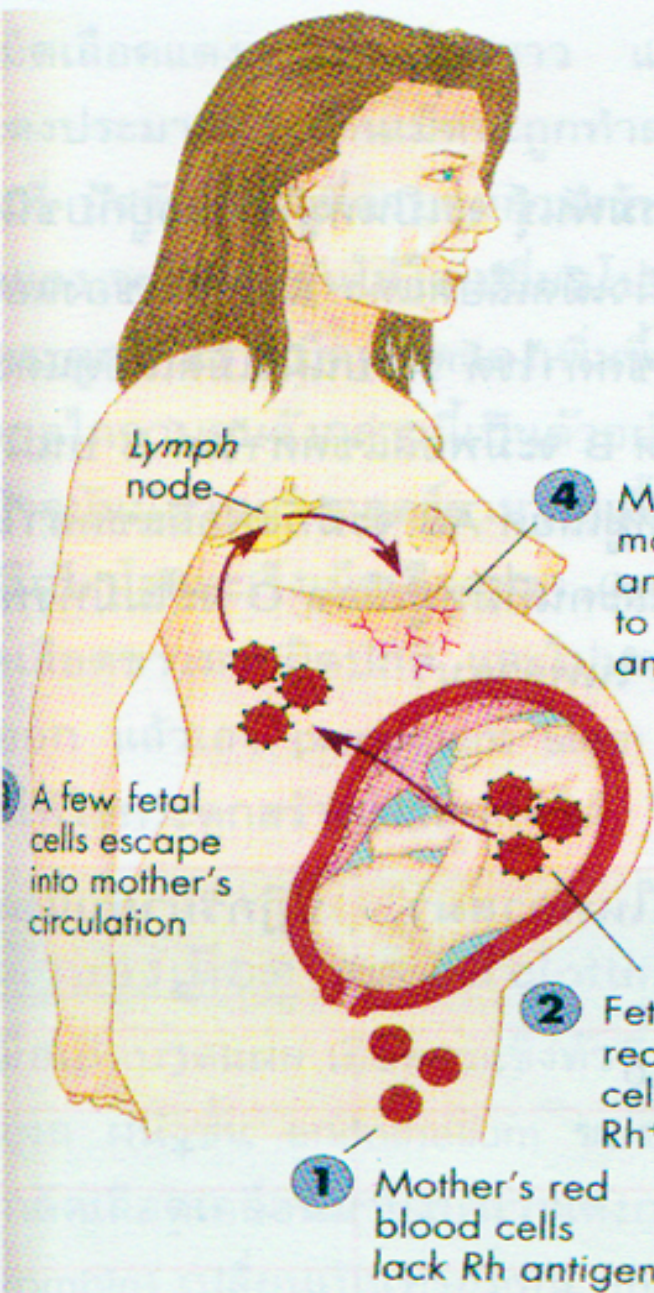
O 38 %

B 34 %

A 21 %

AB 7 %

Rh (D) (-) 0.03 %



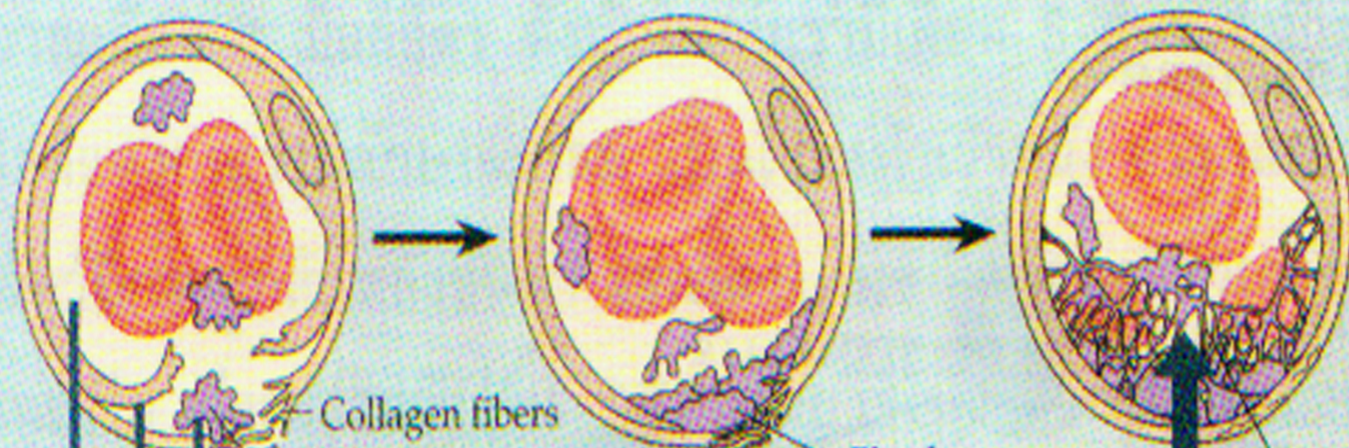
การแข็งตัวของเลือด (Blood clotting)

- กรณีเกิดบาดแผลและผนังเส้นเลือดฉีกขาด เนื้อเยื่อเกี่ยวพันของผนังเส้นเลือดก็จะสัมผัสกับเลือด เกล็ดเลือดจะจับกับ **Collagen fiber** แล้วหลั่งสารกระตุ้นให้เกล็ดเลือด มารวมตัวกันเป็นก้อนจุดบริเวณที่ฉีกขาด
- เพื่อป้องกันการเสียเลือด ขณะเดียวกันการแข็งตัวของเลือดที่เกิดขึ้นโดยการจับตัวกันของเส้นใย **Fibrin** จะช่วยเสริมการปิดปากแผล ซึ่งสารกระตุ้นการแข็งตัวของเลือดนั้น มาจากเกล็ดเลือด จากเซลล์ที่ถูกทำลายและจากน้ำเลือดจะกระตุ้นการเปลี่ยนโปรตีนในเลือด คือ **Prothrombin** ให้กลายเป็น **Thrombin** ซึ่งเป็นรูปที่ทำงานได้ โดย **Thrombin** จะทำหน้าที่เป็น เอนไซม์กระตุ้นปฏิกิริยาสุดท้ายของการแข็งตัวของเลือด คือ การเปลี่ยน **Fibrinogen** เป็น **Fibrin**

1 Injury to lining of blood vessel exposes connective tissue; platelets adhere

2 Platelet plug forms

3 Fibrin clot with trapped cells



Collagen fibers

Platelet releases chemicals that make nearby platelets sticky

Platelet plug

Fibrin

Clotting factors from:

Platelets

Damaged cells

Plasma (factors include calcium, vitamin K)

Prothrombin

Thrombin

Fibrinogen

Fibrin

Red blood cell

(a)

(b)

5 μ m

