

### บทปฏิบัติการที่ 3

## ระบบหมุนเวียนเลือดในสัตว์มีกระดูกสันหลัง

เซลล์สัตว์ส่วนใหญ่ส่วนมากต้องการสารอาหารและออกซิเจนมาเลี้ยงโดยไม่ขาดสาย และต้องกำจัดผลผลิตที่เป็นของเสีย (waste product) ติดต่อกันตลอดไป สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่เป็นน้ำเช่น ในทะเล น้ำทะเลจะนำสารอาหารและออกซิเจนมาให้ และพาเอาคาร์บอนไดออกไซด์และของเสียอื่นๆ สัตว์ชั้นสูงที่ประกอบด้วยเซลล์จำนวนมาก เซลล์ทุกเซลล์ของมันก็ล้อมรอบด้วยของไหล ที่เรียกว่าของไหลนอกเซลล์ (ECF) ซึ่งคล้ายกับทะเลขนาดเล็กที่กักขังเซลล์อยู่ เซลล์ได้รับอาหารและออกซิเจนจากของไหลนี้ และปล่อยของเสียออกไปในของไหล ในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมาก สารเหล่านี้เคลื่อนที่เข้าไปถึงทุกเซลล์ได้โดยการแพร่ธรรมดา แต่ในสิ่งมีชีวิตชั้นสูง การแพร่ไม่สามารถส่งเสบียงวัตถุดิบไปยังเซลล์ทุกเซลล์ได้เพียงพอ จึงต้องการกลไกอื่นๆ เพื่อลำเลียงสารอาหารและออกซิเจนไปสู่ของไหลนอกเซลล์ และลำเลียงของเสียต่างๆ ออกไปจากของไหล โดยอาศัยโครงสร้างพิเศษ ในสัตว์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนทั้งสัตว์บกและสัตว์น้ำ โครงสร้างเหล่านี้จะประกอบกันเป็นระบบหมุนเวียนเลือด ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ เลือด กลไกการสูบเลือด ซึ่งโดยปกติคือ หัวใจ และระบบหลอดเลือด

**วัตถุประสงค์** เพื่อให้ผู้ศึกษา

ศึกษาระบบการหมุนเวียนเลือดในสัตว์มีกระดูกสันหลัง

### เนื้อหา

การลำเลียงในสัตว์เป็นการลำเลียงอาหาร ออกซิเจน ฮอร์โมน และสารชนิดอื่นๆ ไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย นอกจากนี้ยังรวมถึงการลำเลียงของเสียจากส่วนต่างๆ ของร่างกายไปยังอวัยวะขับถ่าย ในสัตว์ชั้นต่ำชนิดที่ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น โปรโตซัว อมีบา พารามีเซียม ฟองน้ำ ไฮดรา ปลาตาว ฯลฯ สารอาหาร ออกซิเจน แพร่เข้าเซลล์ คาร์บอนไดออกไซด์แพร่ออกจากเซลล์ โดยการไหลเวียนของไซโทพลาซึม สำหรับฟองน้ำ ไฮดรา และปลาตาว ต่างก็มีช่องว่างภายในตัว การลำเลียงจึงใช้น้ำเป็นตัวช่วยแทน สิ่งมีชีวิตข้างต้นจึงไม่มีหัวใจและเส้นเลือด

ในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง การลำเลียงเกิดขึ้นโดยระบบหมุนเวียนเลือดโดยผ่านระบบเลือด มีความสำคัญในการลำเลียงออกซิเจนและสารอาหารไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายและรับคาร์บอนไดออกไซด์และของเสียไปส่งที่อวัยวะที่กำจัด ระบบหมุนเวียนในสัตว์ประกอบด้วยหัวใจและระบบเลือด การไหลเวียนของเลือดเกิดขึ้นเป็นวงจรโดยมีหัวใจทำหน้าที่สูบฉีดส่งเลือดไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ แล้วกลับเข้าสู่หัวใจอีกครั้ง ระบบหมุนเวียนเลือดในสัตว์มี 2 แบบดังนี้

1. ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด (open circulatory system) เป็นระบบเลือดที่เลือดออกจากหัวใจไหลไปตามช่องว่างของลำตัว (haemocoel) แล้วไหลเวียนกลับเข้าสู่หัวใจใหม่ ระบบนี้ส่วนใหญ่จะพบในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น อาร์โทรพอด (arthropods) ทุกชนิด และมอลลัส (mollusks) ส่วนใหญ่
2. ระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด (close circulatory system) เป็นระบบเลือดที่เลือดออกจากหัวใจไหลไปตามเส้นเลือดที่แตกแขนงแทรกไประหว่างเนื้อเยื่อ แล้วไหลเวียนกลับเข้าสู่หัวใจใหม่ เลือดจะอยู่ในเส้นเลือดตลอดเวลา ระบบนี้ส่วนใหญ่ จะพบในสัตว์มีกระดูกสันหลังทั้งหมด และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิด เช่น ไส้เดือนดิน

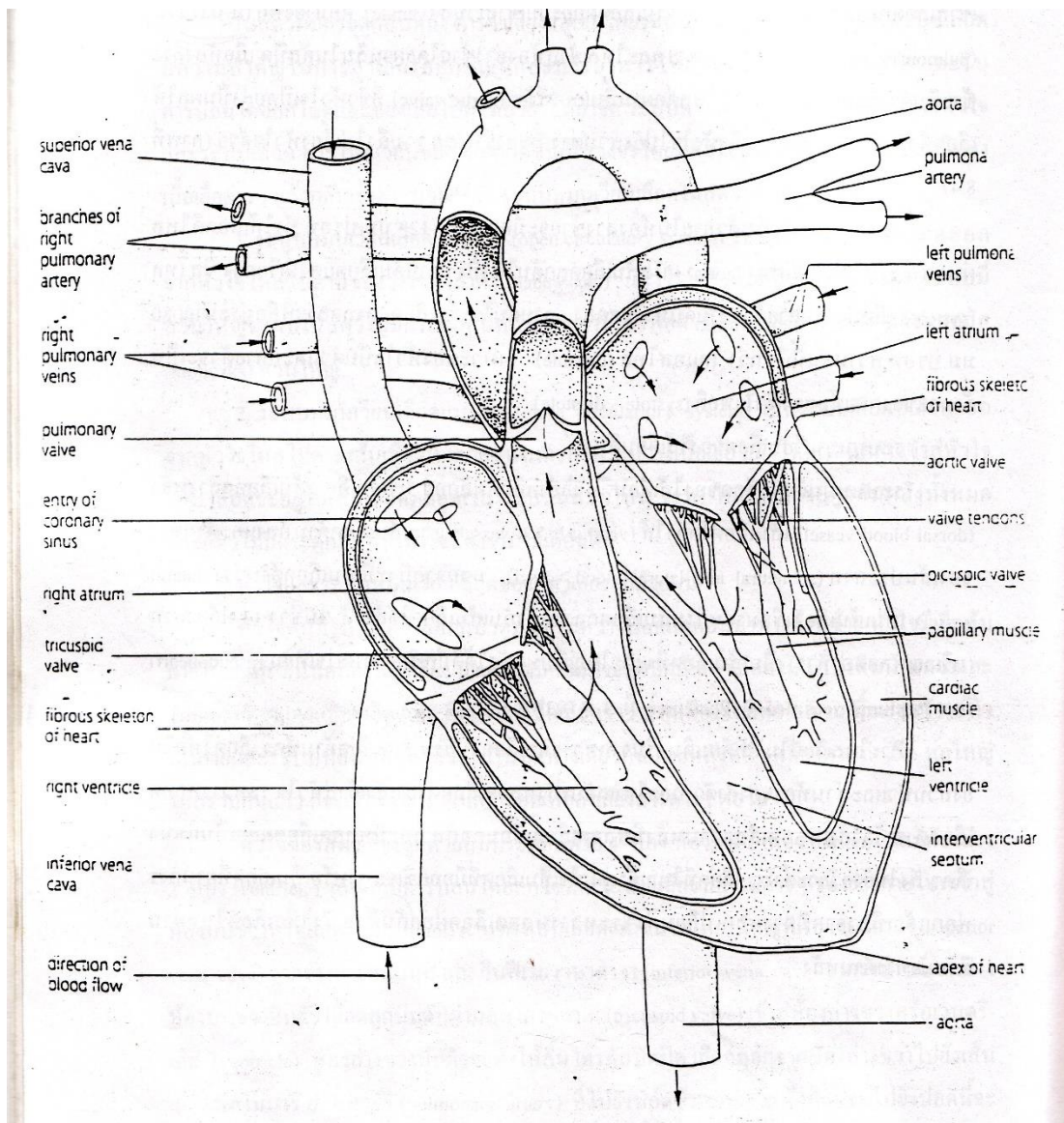
หัวใจและระบบหมุนเวียนเลือดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

หัวใจคนมีรูปร่างคล้ายดอกบัวตูม อยู่ระหว่างปอดแต่ค่อนข้างมาทางด้านซ้าย หัวใจมีเยื่อหุ้ม ภายในเยื่อหุ้มมีน้ำเหลืองหล่อเลี้ยง น้ำเหลืองมีส่วนประกอบคล้ายน้ำเลือด แต่มีโปรตีนน้อยกว่าและไม่มีเม็ดเลือดแดงและเกล็ดเลือด มีเฉพาะมีเม็ดเลือดขาว น้ำเหลืองจะมีท่อไปตามเนื้อเยื่ออวัยวะทั่วร่างกายและระบบท่อน้ำเหลืองนี้วิ่งไปในทิศทางเดียวกัน ภายหลังที่น้ำเหลืองตามท่อเล็ก ท่อใหญ่ ไหลรวมกันแล้ว ก็จะเข้าหัวใจไปกับเลือดเพื่อลำเลียงสารต่างๆ ต่อไป

หัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมประกอบด้วย 4 ห้อง ห้องบน 2 ห้อง (atrium) และห้องล่าง 2 ห้อง (ventricle) เลือดที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ หรือของเสียจากส่วนต่างๆ ของร่างกายไหลเข้าสู่ห้องบนขวาหรือเอเทรียม (atrium) ผ่านทางเส้นเลือดขนาดใหญ่ คือ ซุปรีเรีย เวนาคาวา (superior vena cava) จากร่างกายตอนบน และอินฟีเรีย เวนาคาวา (inferior vena cava) จากร่างกายตอนล่าง ห้องบนขวาบีบตัว เลือดถูกบีบดันผ่านลิ้นไทรคัสปิด (tricuspid valve) เข้าสู่ห้องล่างขวาหรือเวนทรี-เคิล (ventricle) ห้องล่างขวาบีบตัวจะทำให้ลิ้นไทรคัสปิดปิด เลือดออกจากห้องล่างขวาไปยังเส้นเลือดปัลโมนารี อาร์เทอร์รี่ (pulmonary artery) ที่ไปยังปอดซ้ายและขวา ซึ่งก่อนจะไปยังปอดนี้จะผ่านลิ้นเซมิลูนา (semiluna valve) เมื่อเลือดผ่านแล้ว ลิ้นนี้จะกั้นไม่ให้เลือดไหลกลับเข้าหัวใจได้อีก

เลือดจากปัลโมนารี อาร์เทอร์รี่ จะไหลผ่านไปยังเส้นเลือดย่อยอาร์เทอร์ริโอล (arteriole) และแยกเป็นเส้นเลือดฝอย (capillary) ซึ่งมีผนังบางและอยู่ในบริเวณถุงลมแอลวีโอล (alveoli) ถุงนี้เป็นถุงอากาศอยู่ภายในปอด เส้นเลือดฝอยคายคาร์บอนไดออกไซด์ให้กับถุงลม พร้อมกับรับออกซิเจนเข้าสู่เลือดกลายเป็นเลือดดี ไหลจากเส้นเลือดฝอยรวมเข้าสู่เวนูล (venule) ต่อมายังปัลโมนารี เวน (pulmonary vein) เข้าสู่ห้องบนซ้าย และไหลเข้าสู่ห้องล่างซ้ายโดยผ่านลิ้นไบคัสปิด เมื่อห้องล่างซ้ายบีบตัว ลิ้นนี้จะปิด เลือดจะไหลต่อผ่านลิ้นเอออร์ติก (aortic valve) ที่ขั้วหัวใจเปิดอยู่ เป็นผลให้เลือดดีจากห้องล่างซ้ายผ่านขั้วหัวใจไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย รวมถึงไปเลี้ยงหัวใจด้วย (ภาพที่ 8.1)

ระหว่างที่หัวใจบีบตัวภายในห้องล่างซ้ายจะมีความดัน 120 มม.ปรอท ทำให้เลือดดีไหลผ่านเส้นเลือดใหญ่เอออร์ตา (aorta) ผนังเส้นเลือดถูกดันให้โป่ง ความดันเลือดแดงนี้เรียกว่า ซิสทอล (systole) เมื่อหัวใจคลายตัว ความดันหัวใจลดลง ความดันในเส้นเลือดแดงลดลง เหลือประมาณ 80 มม.ปรอท ความดันนี้เรียกว่า ไดแอสทอล (diastole) จังหวะของหัวใจบีบตัวและคลายตัวจะเป็นจังหวะของการเต้นของหัวใจพอดี (systole – diastole)



ภาพที่ 8.1 แสดงการหมุนเวียนเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์

### กิจกรรมนักศึกษา

1. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน
2. แบ่งกลุ่มประมาณ 5-6 คน
3. ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด
4. สรุปรายงานการทดลองและนำเสนอ
5. ทำแบบฝึกหัด
6. ทำแบบทดสอบหลังเรียน

## อุปกรณ์/เครื่องมือ

1. ตัวอย่างสัตว์ ได้แก่ ปลาหางนกยูงที่ยังมีชีวิต
2. โมเดลระบบหมุนเวียนเลือดของคน
3. ขวดใส่น้ำแบบฉีดยา
4. กระดาษสไลด์
5. พู่กัน
6. สำลี
7. กล้องจุลทรรศน์
8. ปีกเกอร์ขนาด 100 มล. 1 อัน

## วิธีการทดลอง

**กิจกรรมที่ 1 การหมุนเวียนเลือดในเส้นเลือดอาร์เทอริโอล (arteriole) เส้นเลือดฝอย (capillary) และเส้นเลือดเวนูล (venule)**

ทำการตรวจดูการไหลเวียนของเลือดในส่วนของครีบทองปลา ด้วยวิธีการดังนี้

1. ทำสำลีให้เป็นแผ่นบาง ๆ ชุบน้ำวางบนแผ่นสไลด์หรือจานเพาะเชื้อ นำปลาหางนกยูงขนาดเล็กวางบนสำลีให้ส่วนครีบทองอยู่นอกสำลี
2. ใช้สำลีชุบน้ำอีกแผ่นหนึ่ง วางบนตัวปลาเพื่อให้ตัวปลาขึ้นอยู่เสมอ
3. จัดครีบทองให้แผ่ออก หยดน้ำลงบนครีบทองแล้วใช้พู่กันคลี่ครีบทองให้กางออก นำไปตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ ใช้เลนส์กำลังขยายต่ำ บันทึกผลเกี่ยวกับเม็ดเลือดแดง เส้นเลือดขนาดต่างๆ กัน และอัตราการไหลของเลือดภายในเส้นเลือด
4. นำปลาใส่ในอ่างน้ำทันที หลังเสร็จสิ้นการศึกษา ไม่ควรทิ้งปลาไว้บนสไลด์นานเกินควร ปลาอาจตายได้
5. วาดภาพแสดงการไหลเวียนของเลือดบริเวณหางปลา

**กิจกรรมที่ 2 กายวิภาคของหัวใจสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและการไหลเวียนของเลือดผ่านหัวใจ**

1. ศึกษากายวิภาคของหัวใจสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม จากโมเดล
2. ศึกษาการหมุนเวียนเลือดในคน
  - 2.1 ใช้มือจับชีพจรบริเวณใต้ฝ่ามือ นับการเต้นของชีพจรภายใน 1 นาที ก่อนวัดให้ผู้ทดลองนั่งพักในท่าสบาย ไม่เกร็ง (เปรียบเทียบระหว่างชายและหญิง)
  - 2.2 ใช้ผ้าเช็ดหน้าขยำเป็นรูปวงกลม หรือใช้ลูกบอลขนาดเล็ก วางบนข้อศอกซ้ายมือ มือขวาจับชีพจรที่ข้อมือซ้าย ค่อยๆ ข้อศอกซ้ายเข้าหาตัวเพื่อเพิ่มความดันเลือดมากขึ้น ชีพจรจะค่อยๆ หายไป คลายข้อพับมือ จนกระทั่งได้ยินชีพจรเต้นกลับคืนมาอีกครั้ง ทำเช่นนี้ 2-3 ครั้ง

2.3 ใช้มือขวาจับซี่พजरบริเวณต้นคอระหว่างกรามกับลำคอ เปรียบเทียบความแรงของการเต้นของซี่พजरระหว่างข้อมือและบริเวณต้นคอ

2.4 ใช้มือข้างหนึ่งวางบนศีรษะ อีกข้างหนึ่งทิ้งไว้ข้างตัว ทำเช่นนี้ประมาณ 15 วินาที รีดนำมือทั้งสองข้างมาเปรียบเทียบกับัน โดยเปรียบเทียบสีและขนาดเส้นเวน บริเวณหลังมือหรือปลายแขนด้านใน

### **การวัดผลและการประเมินผล**

1. สังเกตจากการปฏิบัติการทดลอง
2. การนำเสนอรายงานการทดลองและการทำแบบฝึกหัด
3. การตรงต่อเวลาและความรับผิดชอบ
4. การรักษาความสะอาดของห้องปฏิบัติการและการดูแลรักษาอุปกรณ์
5. การทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

## รายงานผลการทดลอง

### เรื่อง ระบบการหมุนเวียนเลือด

หมู่เรียน.....กลุ่มพื้นฐาน.....โปรแกรมวิชา.....กลุ่มปฏิบัติการที่.....

ชื่อผู้รายงาน 1.....รหัส.....

2.....รหัส.....

3.....รหัส.....

4.....รหัส.....

5.....รหัส.....

6.....รหัส.....

วันที่ทำการทดลอง.....

\*\*\*\*\*

จากการทดลองให้นักศึกษาค้นคว้าผลการทดลองดังต่อไปนี้

กิจกรรมที่ 1 การหมุนเวียนเลือดในเส้นเลือดอาร์เทอริโอล (arteriole) เส้นเลือดฝอย (capillary) และเส้นเลือดเวนูล (venule)

ให้วาดภาพแสดงการไหลเวียนของเลือดบริเวณหางปลา (พร้อมระบุว่าเส้นเลือดชนิดไหนเป็นอาร์เทอริโอล เส้นเลือดฝอย และเส้นเลือดเวนูล)

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

.....  
.....  
.....  
.....

## กิจกรรมที่ 2 กายวิภาคของหัวใจสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและการไหลเวียนของเลือดผ่านหัวใจ

จงแสดงไดอะแกรมทิศทางการไหลเวียนเลือดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม

### ศึกษาการหมุนเวียนเลือดในคน

- อัตราการเต้นของชีพจรเท่ากับกี่ครั้งใน 1 นาที.....
- อัตราการเต้นของชีพจรของชายและหญิงในชั้นเรียนต่างกันหรือไม่ ถ้าแตกต่างกัน เพศใดมีอัตราการเต้นชีพจรเร็วกว่ากัน.....
- ในการเปรียบเทียบชีพจรบริเวณต้นคอและที่ข้อมือพบว่าที่ไหนมีชีพจรเต้นแรงกว่า จงอธิบายความแตกต่างที่เกิดขึ้น.....
- จากการนำมือข้างหนึ่งวางไว้บนศีรษะ และอีกข้างหนึ่งไว้ข้างตัว ผลของการเปรียบเทียบสีของเส้นเลือดและขนาดของเส้นเวนที่หลังนิ้วมือหรือปลายแขนด้านในเป็นอย่างไร จงอธิบายเหตุผล.....  
.....  
.....

## แบบฝึกหัด

### จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ครีบทางปลามีความเหมาะสมในการศึกษาอย่างไร

.....

.....

2. สามารถทราบได้อย่างไรว่าเส้นเลือดใดเป็นเส้นเลือดอาร์เทอริโอล เส้นเลือดฝอย หรือเวนูล

.....

.....

3. อัตราการไหลของเลือดในเส้นเลือดทั้ง 3 ชนิด ต่างกันอย่างไร

.....

.....

4. เส้นเลือดชนิดใดมีขนาดเล็กที่สุด

.....

.....

5. การไหลของเลือดในเส้นเลือดฝอยมีลักษณะอย่างไร

.....

.....

6. หัวใจห้องใดมีผนังหนาที่สุด ความหนาของผนังมีความสัมพันธ์กับหน้าที่อย่างไร

.....

.....

7. เส้นเลือดใดมีขนาดใหญ่ที่สุดและหนามากที่สุด ขนาดและความหนามีความสัมพันธ์กับหน้าที่อย่างไร

.....

.....