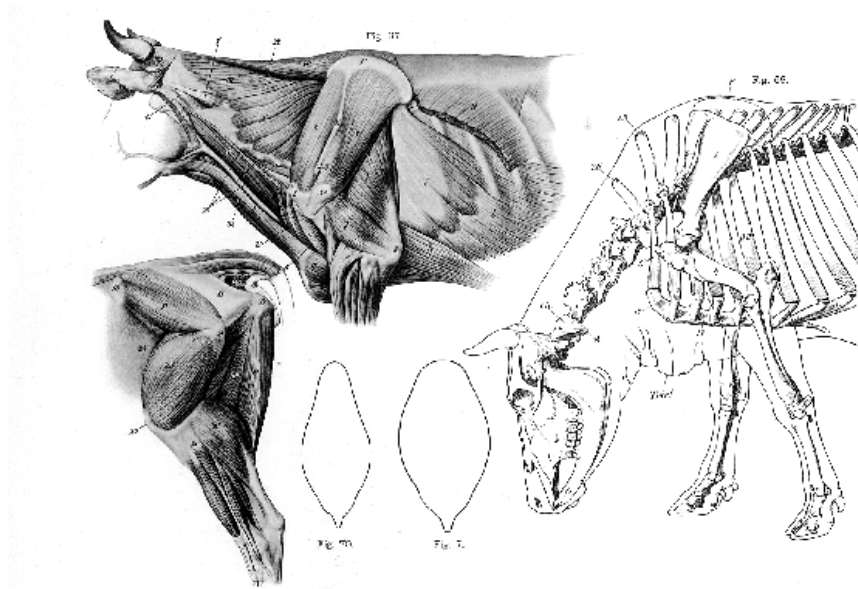




เอกสารคำสอน
กายวิภาคและสรีรวิทยาของสัตว์เลี้ยง
Anatomy and Physiology of Domestic Animal



ผศ.น.สพ.ดร.ชำนาญวิทย์ พรหมโคตร
สาขาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2557

คำนำ

เอกสารคำสอนฉบับนี้ เป็นเอกสารการเตรียมและวางแผนการสอนรายวิชา กายวิภาคและสรีรวิทยาของสัตว์เลี้ยง สำหรับสอนนักศึกษาหลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ วิทยาเขตสกลนคร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน โดยมีเนื้อหาสาระประกอบด้วยองค์ประกอบและโครงสร้างของร่างกายสัตว์ทั้งในระดับที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และระดับเนื้อเยื่อและเซลล์ โดยเนื้อหาได้แบ่งออกเป็น 10 บทเรียน ในบทเรียนที่ 1 และ 2 เป็นความรู้พื้นฐานด้านกายวิภาคและสรีรวิทยา มีเนื้อหาประกอบด้วยขอบเขตวิชา คำศัพท์เทคนิค องค์ประกอบร่างกาย ช่องว่างร่างกาย ในบทที่ 3 ถึง 10 เป็นความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบร่างกายทั้งหมด โดยแยกเป็นระบบต่าง ๆ ดังนี้ ระบบควบคุมร่างกาย ได้แก่ระบบประสาทและฮอร์โมน ระบบปกคลุมร่างกาย ระบบโครงร่าง ระบบกล้ามเนื้อ ระบบไหลเวียนเลือด และน้ำเหลือง ระบบหายใจ ระบบทางเดินอาหาร ระบบขับถ่าย ระบบสืบพันธุ์ และอวัยวะรับความรู้สึกพิเศษ

ผู้เขียนได้รวบรวมจัดทำเกี่ยวกับหลักสูตรรายวิชา ประกอบด้วย ลักษณะวิชา การแบ่งหน่วย บทเรียนและหัวข้อ จุดประสงค์การสอนและการประเมินผลรายวิชา พร้อมทั้งได้จัดทำกำหนดการสอน เนื้อหาการสอนทั้งภาคทฤษฎี ซึ่งประกอบด้วย จุดประสงค์การสอน เนื้อหาสาระที่สอน วิธีการสอน เอกสารและสื่อประกอบการสอน เป็นต้น ทั้งนี้ ผู้เขียนคาดหวังว่า เอกสารฉบับนี้จะเป็นเอกสารคำสอนสำหรับอาจารย์ที่ได้มีการเตรียม และวางแผนการสอนไว้อย่างรอบคอบ ซึ่งจะส่งผลให้การเรียนการสอนรายวิชานี้ มีประสิทธิภาพและมีคุณภาพยิ่งขึ้นต่อไป

ชำนาญวิทย์ พรหมโคตร
สิงหาคม 2557

สารบัญ

หน้า

คำนำ.....	i
สารบัญตาราง.....	iii
สารบัญภาพ.....	iv
ความมุ่งหมายหลักสูตร.....	ix
ลักษณะรายวิชา.....	x
การแบ่งหน่วย / บทเรียน / หัวข้อ.....	xi
วัตถุประสงค์การสอน.....	xiii
การประเมินผลรายวิชา.....	xix
ตารางกำหนดน้ำหนักคะแนน.....	xx
กำหนดการสอน.....	xxi
รายการเอกสารอ่านประกอบ.....	xxiii
บทที่ 1 ขอบเขตวิชา คำศัพท์เทคนิคบอกทิศทาง ผังร่างกายสัตว์ และช่องว่างร่างกาย.....	1
บทที่ 2 องค์ประกอบร่างกาย เซลล์และเนื้อเยื่อ	9
บทที่ 3 ระบบควบคุมร่างกาย: ประสาท และระบบต่อมไร้ท่อ.....	33
บทที่ 4 ระบบปกคลุมร่างกาย ระบบโครงร่าง และระบบกล้ามเนื้อ.....	65
บทที่ 5 ระบบไหลเวียนเลือด และน้ำเหลือง.....	97
บทที่ 6 ระบบหายใจ.....	121
บทที่ 7 ระบบทางเดินอาหาร.....	133
บทที่ 8 ระบบขับถ่าย.....	151
บทที่ 9 ระบบสืบพันธุ์.....	161
บทที่ 10 อวัยวะรับความรู้สึกพิเศษ.....	187

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างคำศัพท์เทคนิคที่ใช้ในสาขาวิชากายวิภาค.....	3
ตารางที่ 2.1 ค่าอุณหภูมิร่างกายสัตว์เลี้ยง ในสภาพปกติ ที่วัดจากอุณหภูมิ ของทวารหนัก (Rectal temperature).....	12
ตารางที่ 2.2 ปริมาณการขับปัสสาวะ และความถี่จำเพาะ ของปัสสาวะในสัตว์ปกติ.....	13
ตารางที่ 2.3 แสดงค่าpH ของเลือดในสัตว์ปกติ.....	13
ตารางที่ 2.4 ระบบและอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย.....	28
ตารางที่ 3.1 แบ่งสมองออกเป็นสมองส่วนหน้า กลาง และหลังตามการแบ่งแบบทั่วไป.....	41
ตารางที่ 3.2 แสดงชนิดและหน้าที่ของเส้นประสาทสมองทั้ง 12 คู่.....	45
ตารางที่ 3.3 แสดงการควบคุมของระบบประสาทอัตโนมัติทั้งสองระบบต่ออวัยวะต่าง ๆ ที่เป็นการควบคุมในลักษณะตรงข้ามกัน.....	49
ตารางที่ 4.1 แสดงชนิดข้อต่อของรอยต่อกระดูกในร่างกาย.....	81
ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างเส้นเลือดในร่างกายสัตว์.....	103
ตารางที่ 5.2 อัตราการเต้นหัวใจในสัตว์ ที่สุขภาพสมบูรณ์.....	107
ตารางที่ 7.1 แสดงสารคัดหลั่งและเอ็นไซม์ แหล่งผลิตสารคัดหลั่งและเอ็นไซม์ โภชนะที่ถูกย่อย และผลผลิตจากการย่อย ในระบบทางเดินอาหาร.....	143
ตารางที่ 8.1 เปรียบเทียบลักษณะของปัสสาวะสุนัข และแมว.....	156
ตารางที่ 9.1 การพัฒนาของลูกอ่อนในครรภ์สุนัข.....	179

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 คำศัพท์บอกทิศทางบนร่างกายสัตว์.....	2
ภาพที่ 1.2 แนวระนาบร่างกายสัตว์.....	4
ภาพที่ 1.3 ภาพวาดแสดงช่องว่าง (Cavity) ในร่างกายสัตว์.....	4
ภาพที่ 1.4 แสดงอวัยวะ เยื่อบุผิว ในช่องอก.....	6
ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างอะตอม.....	12
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมี (A) หุ่นจำลอง (B) และรูปวาด (C) ของ ฟอสโฟลิปิด ในเยื่อหุ้มเซลล์.....	15
ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ที่ประกอบด้วยโมเลกุลของฟอสโฟลิปิด (phospholipid) เรียงตัวกัน 2 ชั้น (Phospholipid bilayer) หันทางเข้าหากัน และมีโมเลกุลของโปรตีนกระจายอยู่ภายใน.....	16
ภาพที่ 2.4 แสดงโครงสร้างของเซลล์สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม.....	18
ภาพที่ 2.5 แสดงการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส มี 5 ระยะ คือ A= interphase, B=prophase, C=metaphase, D= anaphase, E=telephase และ F= เซลล์ลูกที่โตเต็มที่แล้วก็สามารถแบ่งเซลล์ได้.....	21
ภาพที่ 2.6 แสดงการแบ่งเซลล์ meiosis.....	23
ภาพที่ 2.7 แสดงชนิดของต่อมมีท่อ แบ่งตามลักษณะโครงสร้างทางจุลกายวิภาค.....	24
ภาพที่ 2.8 ต่อมในร่างกาย 2 ชนิด exocrine gland และ endocrine gland.....	26
ภาพที่ 2.9 โครงสร้างของกระดูกอ่อนชนิดต่างๆ (a) กระดูกอ่อนชนิด Hyaline (b) กระดูกอ่อนชนิด Elastic (c) กระดูกอ่อนชนิด Fibrocartilage.....	27
ภาพที่ 3.1 แสดงเซลล์ประสาท (neuron) ประกอบด้วย ตัวเซลล์ประสาท (cell body) เด็นไดรต์ (dendrite) และ เอ็กซอน (axon).....	35
ภาพที่ 3.2 ชนิดของเซลล์ประสาท A=เซลล์ประสาทสองขั้ว (bipolar neuron) B=เซลล์ประสาทขั้วเดียว (unipolar neuron) C และ D = เซลล์ประสาทหลายขั้ว (multipolar neuron).....	36
ภาพที่ 3.3 แสดงการจัดเรียง ตัวของใยประสาท (axon) ในเส้นประสาท(nerve).....	38
ภาพที่ 3.4 ภาพแสดงปลาย Axon ที่ถูกกระตุ้นด้วยกระแสประสาท และ Axon หลังสารสื่อประสาทเข้าสู่ช่องว่าง synapse เพื่อกระตุ้นเซลล์ประสาทหลัง synapse.....	39
ภาพที่ 3.5 แผนผังแสดงโครงสร้างของระบบประสาท.....	39

สารบัญภาพ (ต่อ...)

หน้า

ภาพที่ 3.6 สมองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ สมองส่วนหน้า (cerebrum) สมองส่วนหลัง (cerebellum) และก้านสมอง (brainstem) (a) คือภาพวาดสมอง (b) ภาพหน้าตัดตามยาวของสมอง.....	40
ภาพที่ 3.7 แบ่งสมองตามตำแหน่ง.....	41
ภาพที่ 3.8 แสดงภาพตัดขวางของไขสันหลัง (spinal cord).....	42
ภาพที่ 3.9 เยื่อหุ้มสมองและไขสันหลัง (Meninges) มี 3 ชั้น คือ dura mater, arachnoid mater และ pia mater (a) สมอง (b) ไขสันหลัง.....	43
ภาพที่ 3.10 แสดงช่องว่างในสมอง (ventricle) มี 4 ช่องต่อกัน.....	44
ภาพที่ 3.11 เส้นประสาทสมองที่ออกจากสมองทางก้านสมองด้านล่างของสมอง.....	46
ภาพที่ 3.12 แสดงเส้นประสาทไขสันหลังที่ออกจากไขสันหลังจะรวมกัน ระหว่างแขนงบน (dorsal root) กับแขนงล่าง (ventral root) และ แยกขึ้นด้านบน (dorsal ramus) เพื่อไปเลี้ยงส่วนบน (epaxial region) และ แยกลงด้านล่าง (ventral ramus) เพื่อไปเลี้ยงส่วนล่าง (hypaxial region).....	47
ภาพที่ 3.13 ระบบประสาทอัตโนมัติ ซิมพาธิก เป็นเส้นประสาทไขสันหลัง ส่วนอกและเอว (T1-L3) ออกจากไขสันหลังส่วนอกและเอว ส่วนเส้นประสาทของระบบประสาทพาราซิมพาธิก เป็นเส้นประสาทสมอง ที่ออกจากสมองส่วน midbrain pon และ medulla และเส้นประสาทไขสันหลังส่วนก้นกบ (S2-S4) ที่ออกจากไขสันหลังส่วนก้นกบ.....	48
ภาพที่ 3.14 แสดงวงจรรีเฟล็กซ์ (reflex arc).....	50
ภาพที่ 3.15 แสดงการควบคุมการหลั่งฮอร์โมนแบบย้อนกลับ.....	53
ภาพที่ 3.16 แสดงตำแหน่งของต่อมไร้ท่อในร่างกาย.....	53
ภาพที่ 3.17 ภาพแสดงฮอร์โมนที่หลั่งจากต่อมใต้สมอง และอวัยวะเป้าหมาย.....	55
ภาพที่ 3.18 ภาพต่อมหมวกไต (Adrenal gland) มี 2 ส่วนคือ cortex และ medulla.....	56
ภาพที่ 4.1 แสดงภาพวาดโครงสร้างในระดับเนื้อเยื่อของผิวหนัง.....	68
ภาพที่ 4.2 แสดงฝาเท้าสุนัข.....	69
ภาพที่ 4.3 ต่อมไขมันสุนัข.....	69
ภาพที่ 4.4 แสดงขบวนการเจริญเติบโตของขน ซึ่งมี 3 ระยะ คือ ระยะเจริญ (Anagen) ระยะหลุด ร่วง (catagen) และระยะพัก (telogen).....	71
ภาพที่ 4.5 แสดงระบบ harversian ของกระดูก.....	72
ภาพที่ 4.6 แสดงขั้นตอนการสร้างกระดูกยาวจากกระดูกอ่อน.....	73

สารบัญภาพ (ต่อ...)

	หน้า
ภาพที่ 4.7 โครงสร้างกระดูกยาว.....	74
ภาพที่ 4.8 ระบบโครงร่างของสุนัข.....	75
ภาพที่ 4.9 กระดูกเชิงกรานสุนัข.....	78
ภาพที่ 4.10 กระดูกส่วน (a) manus และ (b) กระดูกส่วน pes ในสุนัข.....	79
ภาพที่ 4.11 แสดงชนิดของข้อต่อ แบ่งตามโครงสร้าง.....	80
ภาพที่ 4.12 แสดงข้อต่อชนิด synovial joint.....	81
ภาพที่ 4.13 แสดงโครงสร้างของข้อต่อ stifle joint.....	82
ภาพที่ 4.14 แสดงโครงสร้างของข้อต่อ ข้อศอก (elbow joint).....	82
ภาพที่ 4.15 แสดงการหมุนของข้อต่อ.....	83
ภาพที่ 4.16 แสดงข้อแตกต่างของกล้ามเนื้อแต่ละชนิด.....	85
ภาพที่ 4.17 การคลายและหดตัวของ sarcomere actin และ myosin มีตำแหน่งเกาะกันและกัน เรียกว่า active site โดย บนactin และ myosin เรียก actin site และ myosin sit ตามลำดับ ในสภาวะที่กล้ามเนื้อคลายตัว.....	88
ภาพที่ 4.18 แสดงมัดกล้ามเนื้อที่อาจมีจุดเกาะจุดเดียว (Simple skeletal muscle) หรือ หลายจุด (Compound skeletal muscle).....	89
ภาพที่ 4.19 แสดงกล้ามเนื้อที่หัวของสุนัข.....	89
ภาพที่ 5.1 แสดงแผนผังชนิดของเซลล์เม็ดเลือดขาว.....	100
ภาพที่ 5.2 โครงสร้างของเส้นเลือดแดง (artery) เส้นเลือดดำ (veins) และเส้นเลือดฝอย (capillary).....	102
ภาพที่ 5.3 แสดงโครงสร้างทางกายวิภาคของหัวใจ.....	105
ภาพที่ 5.4 แสดงทิศทางการไหลเวียนเลือดผ่านหัวใจ และ ระบบไหลเวียนเลือดไปทั่วร่างกาย.....	106
ภาพที่ 5.5 เหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในหนึ่งวงจรการเต้นหัวใจ.....	109
ภาพที่ 5.6 แสดงโครงสร้างของต่อมน้ำเหลืองตัดตามขวาง.....	111
ภาพที่ 5.7 แสดงต่อมน้ำเหลืองในสุนัข.....	112
ภาพที่ 6.1 กล้องเสียงประกอบด้วยกระดูกอ่อน 5 ชิ้น.....	123
ภาพที่ 6.2 แสดงโครงสร้างของหลอดลม.....	124
ภาพที่ 6.3 การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างถุงลมปอดและหลอดเลือดฝอย (capillary).....	125
ภาพที่ 6.4 โครงสร้างปอด.....	126

สารบัญภาพ (ต่อ...)

หน้า

ภาพที่ 6.5 ช่องอกแบ่งออกเป็นช่องที่อยู่ของปอดเรียกว่า pleural cavity และช่องที่อยู่ของหัวใจ เส้นเลือด เส้นประสาท ท่อน้ำเหลือง เรียกว่า mediastinum.....	127
ภาพที่ 7.1 ต่อม้ำลายในสุนัข	134
ภาพที่ 7.2 แสดงโครงสร้างของฟัน.....	135
ภาพที่ 7.3 คอหอยสุนัข โครงสร้างที่สัมพันธ์กับคอหอย ได้แก่ ช่องจมูก (nasal cavity), ช่องปาก (oral cavity), ลิ้น (tongue), หลอดอาหาร (esophagus) กล่องเสียง (larynx), รูเปิดช่องหูชั้นกลาง (Auditory canal).....	136
ภาพที่ 7.4 กระเพาะอาหารสุนัข.....	138
ภาพที่ 7.5 แสดงโครงสร้างของวิลไล (Villi) ในลำไส้เล็ก.....	140
ภาพที่ 7.6 แสดงการตัดย่อยโภชนะ โปรตีน (Protein) คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) และ ไขมัน (Fat).....	142
ภาพที่ 8.1 แสดงโครงสร้างของไตสุนัข.....	152
ภาพที่ 8.2 แสดง หน่วยไต.....	153
ภาพที่ 8.3 แสดงไต ท่อไต กระเพาะปัสสาวะ และท่อปัสสาวะ.....	156
ภาพที่ 9.1 โครงสร้างของอวัยวะสืบพันธุ์.....	164
ภาพที่ 9.2 แสดงการสร้างอสุจิ และโครงสร้างของตัวอสุจิ.....	165
ภาพที่ 9.3 แสดงโครงสร้างของรังไข่ ในสุนัข.....	166
ภาพที่ 9.4 แสดงโครงสร้างระบบสืบพันธุ์เพศผู้ของสุนัข.....	167
ภาพที่ 9.5 รูปวาดแสดงลักษณะทางจุลกายวิภาคของรังไข่ในสัตว์.....	168
ภาพที่ 9.6 แดงเยื่อรังไข่.....	169
ภาพที่ 9.7 รูปวาดท่อนำไข่.....	169
ภาพที่ 9.8 รูปวาดแสดงชนิดของมดลูกแบ่งตามรูปร่าง.....	170
ภาพที่ 9.9 วงรอบการเป็นสัดในสุนัข.....	172
ภาพที่ 9.10 วงรอบการเป็นสัดในแมว.....	173
ภาพที่ 9.11 แสดงอวัยวะในระบบสืบพันธุ์เพศเมียในสุนัข.....	175
ภาพที่ 9.12 แผนภาพแสดงการพัฒนาของตัวอ่อนสุนัขตั้งแต่เริ่มปฏิสนธิ.....	177
ภาพที่ 10.1 โครงสร้างใบสุนัข.....	188
ภาพที่ 10.2 โครงสร้างหูชั้นกลางและชั้นในของสุนัข.....	190
ภาพที่ 10.3 รูปแสดงปั๊มพาฬิลเลบนลิ้น และปั๊มรับรส.....	192

สารบัญภาพ (ต่อ...)

หน้า

ภาพที่ 10.4 แสดงปุ่มและเซลล์รับรส (taste buds and gustatory cells).....	193
ภาพที่ 10.5 แสดงระบวนการมองเห็นของสัตว์ ที่มองเห็นด้วยตาทั้งสองข้าง (binocular) และมองเห็นข้างเดียว (monocular).....	194
ภาพที่ 10.6 โครงสร้างของลูกตาสัตว์.....	196

ความมุ่งหมายของหลักสูตร

หลักสูตรระดับ ปริญญาตรี

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

คณะ ทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

1. มีความสามารถในการนำเทคโนโลยีทางสัตวศาสตร์ ไปปฏิบัติทางวิชาการเกี่ยวกับการผลิตและการดำเนินงานในเชิงธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ปฏิบัติงานในหน้าที่ของนักวิชาการเกษตร ครูเกษตร หรือนักวิชาการเกษตรตามสาขาและลักษณะวิชาที่ได้เลือกศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. ปฏิบัติงานอย่างมีคุณภาพ ด้วยหลักวิชาที่ได้มีการวางแผนและมีระบบด้วยความรอบคอบ ประหยัด รวดเร็ว ตรงต่อเวลา และมีความรับผิดชอบต่อน้ำที่
4. มีคุณธรรม ระเบียบวินัย และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ปรับปรุงตนเองให้ก้าวหน้าอยู่เสมอ ขยันหมั่นเพียร ซื่อสัตย์สุจริต สำนึกในจรรยาของนักวิชาการเกษตรที่ดี และมีความรับผิดชอบต่อการพัฒนาสังคม และเสริมสร้างเอกลักษณ์ของไทย

ลักษณะรายวิชา

1. รหัสวิชาและชื่อวิชา 03-014-201 กายวิภาคและสรีรวิทยาสัตว์เลี้ยง (Anatomy and Physiology of Domestic Animals)
2. สภาพรายวิชา วิชาชีบบัณฑิต
3. ระดับวิชา ภาคการศึกษาที่ 1 ชั้นปีที่ 3
4. พื้นฐาน -
5. เวลาศึกษา 75 คาบเรียนตลอด 15 สัปดาห์
ทฤษฎี 2 คาบต่อสัปดาห์
ปฏิบัติ 3 คาบต่อสัปดาห์ และ
นักศึกษาจะต้องใช้เวลาศึกษาค้นคว้านอกเวลา 5 ชั่วโมงต่อสัปดาห์
6. จำนวนหน่วยกิต 3 หน่วยกิต
7. จุดมุ่งหมายของรายวิชา
 1. ทราบขอบข่ายวิชากายวิภาคและสรีรวิทยาสัตว์เลี้ยง
 2. รู้ความหมายของคำศัพท์เฉพาะทางกายวิภาค
 3. ทราบโครงสร้างของอวัยวะของร่างกายสัตว์เลี้ยง
 4. เข้าใจการทำงานที่เป็นปกติของระบบต่าง ๆ ในร่างกายของสัตว์เลี้ยง
8. คำอธิบายรายวิชา ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของร่างกายสัตว์ทั้งในระดับที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและระดับเนื้อเยื่อ ตลอดจนหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ในร่างกายสัตว์ ทั้งกายภาพและทางเคมี

การแบ่งหน่วย / บทเรียน / หัวข้อ

ภาคทฤษฎี บทที่	เนื้อหา	เวลา (คาบ)
1.	ขอบเขตวิชา คำศัพท์เทคนิคบอกทิศทาง ผังร่างกายสัตว์ และช่องว่างร่างกาย	1
2.	องค์ประกอบร่างกาย เซลล์และเนื้อเยื่อ	3
3.	ระบบควบคุมร่างกาย: ประสาท และระบบต่อมไร้ท่อ	4
4.	ระบบปกคลุมร่างกาย ระบบโครงร่าง และระบบกล้ามเนื้อ	6
5.	ระบบไหลเวียนเลือด และน้ำเหลือง	4
6.	ระบบหายใจ	2
7.	ระบบทางเดินอาหาร	2
8.	ระบบขับถ่าย	2
9	ระบบสืบพันธุ์	4
10	อวัยวะรับความรู้สึกพิเศษ	2

การแบ่งหน่วย / บทเรียน / หัวข้อ

ภาคปฏิบัติ บทที่	เนื้อหา	เวลา (คาบ)
1.	บทนำ (Introduction)	1.5
2.	องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition)	1.5
3.	เซลล์ (Cells)	1.5
4.	เนื้อเยื่อร่างกาย (Body tissues)	1.5
5.	ระบบประสาท (nervous system)	3
6.	ระบบต่อมไร้ท่อ (the endocrine system)	3
7.	ผิวหนังและขน (skin and Hair)	3
8.	ระบบโครงร่าง (skeletal system)	3
9.	ระบบกล้ามเนื้อ (muscular system)	3
10.	ระบบไหลเวียนเลือด (The blood vascular system)	1.5
11.	หัวใจ (heart)	1.5
12.	ระบบน้ำเหลือง (The Lymphatic System)	1.5
13.	ระบบภูมิคุ้มกัน The immune system	1.5
14.	ระบบหายใจ (respiratory system)	3
15.	ระบบย่อยอาหาร (digestive system)	3
16.	ระบบขับถ่ายThe Urinary System	3
17.	ระบบสืบพันธุ์เพศผู้ (male reproductive)	2
18.	ระบบสืบพันธุ์เพศเมีย (female reproductive)	2
19.	คัพภวิทยา (embryology)	1
20.	หู (Ear)	1
21.	ลิ้น (tongue) การรับรส (Taste) และกลิ่น (smell)	1.5
22.	ตา (Eye)	1.5

วัตถุประสงค์การสอน

ภาคทฤษฎี			
บทที่	รายการ	เวลา (คาบ)	
		ท	ป
1.	ขอบเขตวิชา คำศัพท์เทคนิคบอกทิศทาง ผังร่างกายสัตว์ และช่องว่างร่างกาย	1	
	1. อธิบายขอบข่ายวิชากายวิภาคและสรีรวิทยาของสัตว์เลี้ยงได้ 2. บอกความหมายของคำศัพท์เทคนิคบอกทิศทางและแนวระนาบร่างกายสัตว์ได้ 3. อธิบายผังร่างกายสัตว์ได้ 4. บอกจำนวนและชื่อช่องว่าง และอวัยวะในช่องว่างร่างกายสัตว์ได้ 5. บอกขอบเขต และเยื่อบุผนังช่องอกได้ 6. บอกขอบเขตและเยื่อบุผนังช่องท้องได้		
2	องค์ประกอบร่างกาย เซลล์และเนื้อเยื่อ	3	
	1. บอกส่วนประกอบของร่างกายได้ 2. บอกหน้าที่ของน้ำในร่างกายได้ 3. บอกข้อแตกต่างของ อะตอม ไอออน และอิเล็กโตรไลต์ได้ พร้อมทั้งยกตัวอย่างแร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบของร่างกายได้ 4. อธิบายความหมายและยกตัวอย่าง homeostasis ได้ 5. อธิบายความหมายของเมตาโบลิซึม พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้ 6. บอกข้อเท็จจริงที่สำคัญของเซลล์ได้ 7. บอกองค์ประกอบของเซลล์และหน้าที่ของ ออแกเนลล์ (organelles) ได้ 8. อธิบายขบวนการนำสารเข้าออก-ออกเซลล์แต่ละวิธีได้ 9. อธิบายขั้นตอนการแบ่งเซลล์แบบ mitosis และ meiosis และบอกข้อแตกต่างระหว่างการแบ่งเซลล์แบบ mitosis และ meiosis ได้ 10. บอกข้อแตกต่างระหว่างเซลล์และเนื้อเยื่อ และบอกชนิดของเนื้อเยื่อได้ 11. อธิบายลักษณะ ชนิด ตำแหน่งที่พบในร่างกาย และหน้าที่ของเนื้อเยื่อผิวหนังได้ 12. อธิบายลักษณะ ชนิด ตำแหน่งที่พบในร่างกาย และหน้าที่ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันได้ 13. บอกประเภทของอวัยวะได้ 14. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค พร้อมยกตัวอย่างอวัยวะที่เป็นท่อกลวง และอวัยวะที่เป็นเนื้อแน่น 15. บอกชื่ออวัยวะในแต่ละระบบได้		

วัตถุประสงค์การสอน (ต่อ)

บทที่	รายการ	เวลา (คาบ)	
		ท	ป
3.	ระบบควบคุมร่างกาย: ประสาท และระบบต่อมไร้ท่อ	4	
	1. บอกชนิดของระบบประสาทที่แบ่งตามที่อยู่ และอธิบายหน้าที่ของระบบประสาทได้ 2. บอกชนิดของเซลล์ประสาทในเนื้อเยื่อประสาทได้ 3. บอกข้อแตกต่างระหว่างเซลล์ประสาทและเซลล์คำจุนในเนื้อเยื่อประสาทได้ 4. บอกหน้าที่ของเซลล์คำจุนได้ 5. อธิบายลักษณะของเส้นประสาทได้ 6. บอกโครงสร้างหรือส่วนประกอบในไซแนปส์ได้ 7. บอกส่วนประกอบและหน้าที่ของระบบประสาทส่วนกลางได้ 8. อธิบายลักษณะ ส่วนประกอบของสมอง และหน้าที่แต่ละส่วนได้ 9. อธิบายลักษณะ ส่วนประกอบของไขสันหลัง และหน้าที่แต่ละส่วนได้ 10. บอกชั้น และหน้าที่ของเยื่อหุ้มสมองและไขสันหลังได้ 11. บอกจำนวนช่องว่างในสมองและตำแหน่ง ได้ 12. อธิบายลักษณะและหน้าที่ของของเหลวสมองและไขสันได้ 13. อธิบายลักษณะ และหน้าที่ของระบบประสาทส่วนปลายได้ 14. บอกชื่อและอวัยวะที่ไปเลี้ยงของเส้นประสาทสมองได้ 15. บอกชนิด และหน้าที่ของระบบประสาทอัตโนมัติได้ 16. อธิบายความหมาย และวงจร ของรีเฟลคส์ได้ 17. อธิบายกลไกการเกิดคลื่นประสาท ในเซลล์ประสาทได้ 18. บอกส่วนประกอบและหน้าที่ของระบบต่อมไร้ท่อได้ 19. บอกชนิดของฮอร์โมน และอธิบายการควบคุมการหลั่งฮอร์โมนได้ 20. บอกชื่อ ฮอร์โมน ต่อมที่ผลิต อวัยวะเป้าหมาย และผลที่เกิดขึ้นต่ออวัยวะเป้าหมายของฮอร์โมนแต่ละชนิดได้		
4.	ระบบปกคลุมร่างกาย ระบบโครงร่าง และระบบกล้ามเนื้อ	6	
	1. บอกลักษณะและหน้าที่ของผิวหนังได้ 2. อธิบายลักษณะโครงสร้างทางกายวิภาคของผิวหนังได้ 3. อธิบายโครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงของผิวหนังได้ 4. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค ของขน บอกชนิดของขน และอธิบายการเจริญเติบโตของขนได้ 5. บอกหน้าที่ของระบบโครงร่างได้		

วัตถุประสงค์การสอน (ต่อ)

บทที่	รายการ	เวลา (คาบ)	
		ท	ป
4.	ระบบปกคลุมร่างกาย ระบบโครงร่าง และระบบกล้ามเนื้อ (ต่อ)		
	6. อธิบายโครงสร้างทางกายวิภาคของเนื้อเยื่อกระดูก บอกชนิดเซลล์ในเนื้อเยื่อกระดูก และบอกชนิดของกระดูกแบ่งตามลักษณะการเรียงตัวของ ระบบ haversian 7. บอกชนิดการสร้างกระดูก และอธิบายการสร้างกระดูกแต่ละชนิดได้ 8. อธิบายลักษณะการสร้างกระดูกจากกระดูกอ่อนได้ 9. อธิบายลักษณะของกระดูกกะโหลก กระดูกสันหลัง กระดูกซี่โครง กระดูกสันอก กระดูกเชิงกราน และกระดูกยาวขา ได้		
5.	ระบบไหลเวียนเลือด และน้ำเหลือง	4	
	1. อธิบายลักษณะของเลือดและหน้าที่ของเลือดได้ 2. บอกส่วนประกอบ และข้อแตกต่างระหว่างพลาสมาและซีรัมได้ 3. บอกลักษณะทางกายภาพ หน้าที่ อวัยวะที่สร้าง และการพัฒนาของเม็ดเลือดแดงได้ 4. อธิบายลักษณะ ชนิด และหน้าที่ของเซลล์เม็ดเลือดขาวได้ 5. บอกหน้าที่ และอธิบายการทำหน้าที่ของเกล็ดเลือดได้ 6. บอกชนิดหรือระบบของเส้นเลือด และหน้าที่ของเส้นเลือดแต่ละชนิดได้ 7. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค และการไหลเวียนเลือดผ่านหัวใจได้ 8. อธิบายวงจรการเต้นของหัวใจได้ 9. บอกหน้าที่ และลักษณะของน้ำเหลืองได้ 10. บอกลักษณะของ ท่อน้ำเหลือง ต่อม้ำเหลือง และการไหลของน้ำเหลืองได้ 11. บอกตำแหน่งที่พบเนื้อเยื่อน้ำเหลืองในร่างกายได้		
6.	ระบบหายใจ	2	
	1. บอกหน้าที่ และอธิบายการทำหน้าที่ระบบป้องกันการโดยทำลายจากสิ่งแปลกปลอมของระบบทางเดินหายใจได้ 2. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค และหน้าที่ของช่องจมูกได้ 3. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค และหน้าที่ของคอหอย และกล่องเสียงได้ อธิบายลักษณะทางกายวิภาคของหลอดลมและท่อนลมฝอยได้ 4. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคของถุงลม และอธิบายการแลกเปลี่ยนก๊าซในถุงลมกับเส้นเลือดได้ 5. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคของปอด และโครงสร้างที่เกี่ยวข้องในช่องอกได้		

วัตถุประสงค์การสอน (ต่อ)

บทที่	รายการ	เวลา (คาบ)	
		ท	ป
7.	ระบบทางเดินอาหาร	2	
	1. บอกหน้าที่ และอวัยวะในระบบทางเดินอาหารของสัตว์กินพืชและสัตว์กินเนื้อได้ 2. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคของช่องปาก และโครงสร้างที่เกี่ยวข้องในช่องปากได้ 3. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคของบดและหน้าที่ของฟันได้ 4. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค และหน้าที่ของคอหอยได้ 5. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค บอกส่วนของหลอดอาหาร และอธิบายการบีบไล่อาหารในหลอดอาหารได้ 6. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค และหน้าที่ของกระเพาะอาหารในสัตว์กระเพาะเดียวได้ 7. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค และหน้าที่ของกระเพาะแต่ละส่วนของสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ 8. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค และหน้าที่ของลำไส้เล็กได้ 9. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค และหน้าที่ของลำไส้ใหญ่และทวารหนักได้ 10. บอกตำแหน่งในร่างกาย และหน้าที่ของตับอ่อนในระบบย่อยอาหารได้ 11. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค ตำแหน่งในร่างกาย และเส้นเลือดเข้าออกของตับได้ 12. บอกหน้าที่ของตับในด้านการเก็บสะสม การทำลาย การผลิต และเมตาโบลิซึมได้ และบอกหน้าที่ของน้ำดีได้ 13. บอกชื่อเอ็นไซม์ แหล่งผลิตเอ็นไซม์ และผลผลิตสุดท้ายของการย่อยคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมันได้ 14. บอกส่วนประกอบของอุจจาระได้		

วัตถุประสงค์การสอน (ต่อ)

บทที่	รายการ	เวลา (คาบ)	
		ท	ป
8.	ระบบขับถ่าย	2	
	1. บอกชื่ออวัยวะและหน้าที่ของระบบขับถ่ายได้ 2. อธิบายลักษณะทางมหากายวิภาคของไต พร้อมทั้งบอกเส้นเลือดที่เข้าและออกจากไตได้ 3. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคและหน้าที่ของหน่วยไตได้ 4. อธิบายการเลือกสารดูดกลับที่ท่อหน่วยไตได้ 5. บอกหน้าที่อื่น ๆ ของไตได้ 6. บอกลักษณะทางกายวิภาคและหน้าที่ของกระเพาะปัสสาวะและโครงสร้างที่เกี่ยวข้องได้ 7. อธิบายกลไกการขับปัสสาวะได้		
9	ระบบสืบพันธุ์	4	
	1. บอกอวัยวะในระบบสืบพันธุ์เพศผู้ และเพศเมีย ตลอดจนหน้าที่ของระบบสืบพันธุ์ได้ 2. อธิบายลักษณะ และหน้าที่ของของอัณฑะ ถุงหุ้มอัณฑะ และ ท่อเก็บอสุจิ 3. อธิบายการควบคุมอุณหภูมิของอัณฑะให้ต่ำกว่าอุณหภูมิร่างกายได้ 4. อธิบายการสร้างอสุจิได้ 5. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคของสเปิร์มาติก คอร์ต และ ท่อปัสสาวะได้ 6. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคของลิงค์และหนังหุ้มลิงค์ได้ 7. บอกชื่อต่อมน้ำเลี้ยงอสุจิ และหน้าที่ของต่อมน้ำเลี้ยงได้ 8. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคและหน้าที่ของรังไข่ได้ 9. อธิบายการเจริญของกระเปาะไข่ หรือ ฟอลลิเคิลในรังไข่ได้ 10. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคและหน้าที่ของท่อนำไข่ได้ 11. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคและหน้าที่ของมดลูกและปากมดลูกได้ 12. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคและหน้าที่ของช่องคลอดปากช่องคลอดและอวัยวะเพศภายนอกได้ 13. อธิบายวงจรรอบการเป็นสัดในสุนัข และปศุสัตว์ได้ โดยอธิบายการเปลี่ยนแปลงในรังไข่ มดลูก และพฤติกรรมของสัตว์ 14. อธิบายความหมายของวิชาเอมบริโอ หรือ ศัพะวิทยาได้ 15. อธิบายการเกิดปฏิสนธิในสัตว์ได้		

วัตถุประสงค์การสอน (ต่อ)

บทที่	รายการ	เวลา (คาบ)	
		ท	ป
9	ระบบสืบพันธุ์		
	1. อธิบายการพัฒนาของไซโกสได้ 2. บอกชื่ออวัยวะที่เจริญมาจากเนื้อเยื่อแต่ละชั้นของตัวอ่อนได้ 3. อธิบายการพัฒนาของตัวอ่อนจนถึงอวัยวะครบได้ 4. อธิบายการพัฒนาของเยื่อหุ้มตัวอ่อนพร้อมทั้งบอกชื่อเยื่อหุ้มตัวอ่อนได้ 5. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคและหน้าที่ของรกได้ 6. อธิบายระบบไหลเวียนเลือดในตัวอ่อนได้ 7. อธิบายการพัฒนาของตัวอ่อนลูกสุนัขในครรภ์แต่ละช่วงอายุได้		
10	อวัยวะรับรู้สัมผัสพิเศษ	2	
	1. บอกหน้าที่ และอธิบายโครงสร้างของหูชั้นนอก หูชั้นกลาง และหูชั้นในได้ 2. อธิบายการรับเสียงของหูได้ 3. อธิบายโครงสร้าง และหน้าที่ของลิ้นได้ 4. อธิบายโครงสร้างเซลล์รับกลิ่น และบอกโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการกลืนทางปากของสุนัขได้ 5. อธิบายหน้าที่และความสำคัญของตาได้ 6. อธิบายโครงสร้างทางกายวิภาคของลูกตาได้ 7. อธิบายโครงสร้าง และหน้าที่ของโครงสร้างรอบตาได้		

การประเมินผลรายวิชา

รายวิชานี้แบ่งเป็นภาคทฤษฎี 10 หน่วยเรียน และภาคปฏิบัติ 22 หน่วยเรียน แยกได้ 10 บทเรียน การวัดและประเมินผลรายวิชาจะดำเนินการ ดังนี้

1. วิธีการ

ดำเนินการรวบรวมข้อมูลเพื่อการประเมินผลแยกเป็น 2 ส่วน โดยแบ่งแยกคะแนนแต่ละส่วนจากคะแนนเต็ม ทั้งรายวิชา 100 คะแนน
ภาคทฤษฎี 65 คะแนน หรือ 65 % แบ่งออกเป็น
คะแนนภาควิชาการ (สอบ) 35 คะแนน หรือ 35 %
คะแนนผลงานจากงานมอบหมาย 20 คะแนน หรือ 20 %
คะแนนพิจารณาจิตพิสัย 10 คะแนน หรือ 10 %
ภาคปฏิบัติ 35 คะแนน หรือ 35 % แบ่งออกเป็น
คะแนนภาควิชาการ (สอบ) 10 คะแนน หรือ 10 %
คะแนนผลงานจากงานมอบหมาย 20 คะแนน หรือ 20 %
คะแนนพิจารณาจิตพิสัย 5 คะแนน หรือ 5 %

2. เกณฑ์ผ่านรายวิชา เวลาเรียน

โดยจัดแบ่งน้ำหนักคะแนนในแต่ละหน่วยเรียน ตามตารางหน้าถัดไป
ผู้ที่ผ่านรายวิชานี้จะต้องมีเวลาเข้าชั้นเรียนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของ
ได้คะแนนผลงานที่มอบหมาย ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80
ได้คะแนนจากการสอบทุกหน่วยไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50
ได้คะแนนรวมทั้งรายวิชาไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50

3. เกณฑ์ค่าระดับคะแนน

พิจารณาเกณฑ์ผ่านรายวิชาตามข้อ 2 ผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ข้อ 2 จะได้รับค่าระดับคะแนน F

ผู้ที่ผ่านเกณฑ์ข้อ 2 จะได้รับค่าระดับคะแนนตามเกณฑ์ ดังนี้

คะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป	ได้ A
คะแนนร้อยละ 75 - 79	ได้ B ⁺
คะแนนร้อยละ 70 - 74	ได้ B
คะแนนร้อยละ 65 - 69	ได้ C ⁺
คะแนนร้อยละ 60 - 64	ได้ C
คะแนนร้อยละ 55 - 59	ได้ D ⁺
คะแนนร้อยละ 50 - 54	ได้ D
คะแนนต่ำกว่าร้อยละ 50	ได้ F

ตารางกำหนดน้ำหนักคะแนน

เลขที่หน่วย	คะแนนรายหน่วยและน้ำหนักคะแนน ชื่อหน่วย	คะแนนรายหน่วย	น้ำหนักคะแนน				
			พุทธิพิสัย				ทักษะพิสัย
			ความรู้ - ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	สูงกว่า	
1	ขอบเขตวิชา คำศัพท์เทคนิคบอกทิศทาง ผังร่างกายสัตว์ และช่องว่างร่างกาย	4	2	2	-	-	-
2	องค์ประกอบร่างกาย เซลล์และเนื้อเยื่อ	10	6	4	-	-	-
3	ระบบควบคุมร่างกาย: ประสาท และระบบต่อมไร้ท่อ	13	5	5	3	-	-
4	ระบบปกคลุมร่างกาย ระบบโครงร่าง และระบบกล้ามเนื้อ	18	9	6	3	-	-
5	ระบบไหลเวียนเลือด และน้ำเหลือง	13	5	5	3	-	-
6	ระบบหายใจ	7	3	3	1	-	-
7	ระบบทางเดินอาหาร	7	3	3	1	-	-
8	ระบบขับถ่าย	7	3	3	1	-	-
9	ระบบสืบพันธุ์	14	5	5	4	-	-
10	อวัยวะรับความรู้สึกพิเศษ	7	3	3	1	-	-
	รวม	100	44	39	17	-	-
ก	คะแนนภาควิชาการ	45					
ข	คะแนนภาคผลงาน	45					
ค	คะแนนจิตพิสัย	10					
	รวมทั้งสิ้น						

กำหนดการสอน

ภาคทฤษฎี

สัปดาห์ที่	วัน / เดือน	คาบที่	รายการ	หมายเหตุ
1	20/8/2557	2	ขอบเขตวิชา คำศัพท์เทคนิคบอกทิศทาง ผังร่างกาย สัตว์ และช่องว่างร่างกาย องค์ประกอบร่างกาย	
2	27/8/2557	2	เซลล์และเนื้อเยื่อ	
3	3/9/2557	2	ระบบควบคุมร่างกาย: ประสาท	
4	10/9/2557	2	ระบบควบคุมร่างกาย: ระบบต่อมไร้ท่อ	
5	17/9/2557	2	ระบบปกคลุมร่างกาย	
6	24/9/2557	2	ระบบโครงร่าง	
7	1/10/2557	2	ระบบกล้ามเนื้อ	
8	8/10/2557	2	ระบบไหลเวียนเลือด: เส้นเลือด	
9	15/10/2557 สอบกลางภาค			
10	22/10/2557	2	ระบบไหลเวียนเลือด: หัวใจน้ำเหลือง และภูมิคุ้มกัน	
11	29/10/2557	2	ระบบหายใจ	
12	5/11/2557	2	ระบบทางเดินอาหาร	
13	12/11/2557	2	ระบบขับถ่าย	
14	19/11/2557	2	ระบบสืบพันธุ์เพศเมีย	
15	26/11/2557	2	ระบบสืบพันธุ์ผู้ คัพพะ	
16	3/12/2557	2	อวัยวะรับความรู้สึก	
17	10/12/2557		วันหยุด	
18	23-27กุมภาพันธ์ 2552		สอบปลายภาคเรียน	

กำหนดการสอน (ต่อ...)

ภาคปฏิบัติ

สัปดาห์ที่	วัน / เดือน	คาบที่	รายการ	หมายเหตุ
1	21/8/2557	3	บทนำ (Introduction) และองค์ประกอบของร่างกาย (Body composition)	
2	28/8/2557	3	เซลล์ (Cells) เนื้อเยื่อร่างกาย (Body tissues)	
3	4/9/2557	3	ระบบประสาท (nervous system)	
4	11/9/2557	3	ระบบต่อมไร้ท่อ (the endocrine system)	
5	18/9/2557	3	ผิวหนังและขน (skin and Hair)	
6	25/9/2557	3	ระบบโครงร่าง (skeletal system)	
7	2/10/2557	3	ระบบกล้ามเนื้อ (muscular system)	
8	9/10/2557	3	ระบบไหลเวียนเลือด (The blood vascular system) หัวใจ	
9	16/10/2557 สอบกลางภาค			
10	23/10/2557	3	วันหยุด	
11	30/10/2557	3	ระบบน้ำเหลือง (The Lymphatic System) ระบบภูมิคุ้มกัน (The immune system)	
12	6/11/2557	3	ระบบหายใจ (respiratory system)	
13	13/11/2557	3	ระบบย่อยอาหาร (digestive system)	
14	20/11/2557	3	ระบบขับถ่าย The Urinary System	
15	27/11/2557	3	ระบบสืบพันธุ์เพศผู้ (male reproductive) ระบบสืบพันธุ์เพศเมีย (female reproductive)	
16	4/12/2557	3	ระบบสืบพันธุ์เพศเมีย (female reproductive) คัพพะวิทยา (embryology) หู (Ear)	
17	11/12/2557	3	ลิ้น (tongue) การรับรส (Taste) และกลิ่น (smell) ตา (Eye)	
18	23-27 กุมภาพันธ์ 2552 สอบปลายภาคเรียน			

รายการเอกสารประกอบการสอน

1. สุวิทย์ จันละคร. 2553. กายวิภาคและสรีรวิทยาของสัตว์เลี้ยง. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร. 307 หน้า.
2. Bowden, S. J. 2003. Veterinary anatomy and physiology: A Workbook for Students. Butterworth Heinemann, Edinburgh.
3. Colville, T. and Bassert, J. M. 2002. Clinical anatomy and physiology for veterinary technicians. St. Louise, Mosby, Inc.
4. Cunningham, J. G. (edt) 2002. Textbook of Veterinary Physiology (3rd Ed). W.B. Saunders Company, Philadelphia.
5. Eurell, J. A. c. 2004. Veterinary Histology. Teton NewMedia, Wyoming.
6. Frandson R. D. W. L. Wilke and A. D. Fails. 2003. Anatomy and physiology of farm Animals (6th Ed). William Wilkins, Philadelphia.
7. Jeffery, A., Aspinall, V. and O. Reilly, M. 2004. Introduction to veterinary anatomy and physiology. London, Butterworth Heinemann.
8. Martini, H. Frederich. 2006. Fundamentals of anatomy and physiology. 7th ed. Pearson Education Inc. New York.
9. Pérez, B., M. Gómez, M. Mieres, J. S. Galecio, C. Yefi and P. Aburto. 2010. Computed tomographic anatomy of the larynx in mesaticephalic dogs. *Arch Med Vet* 42, 91-99.
10. Reece W. O. 2004. Kidney function in mammal. In Duckes' Physiology of Domestic animals (W. O. Reece, Ed). Pp 73-106.
11. Reece, W. O. 2005. Functional anatomy and physiology of domestic animals. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 513 p.
12. Romich, J. A. 2006. An illustarated guide to veterinary medical terminology. 2nd ed. Thomson Delmar learning. New York.
13. Susan E. A. (Ed). 2000. "The Merck Veterinary Manual" A Handbook of diagnosis and therapy for the veterinarian 8th edition Merck & Co., Inc. NJ. USA.
14. Tartaglia, L. and Waugh, A. 2002. Veterinary physiology and applied anatomy. Oxford, Butterworth-Heinemann.

บทที่ 1

ขอบข่ายวิชา และคำศัพท์บอกทิศทาง แนวระนาบร่างกาย ผังร่างกายสัตว์ และช่องว่างร่างกาย

วัตถุประสงค์

เมื่อนักศึกษาเรียนจบบทนี้แล้ว นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายขอบข่ายวิชากายวิภาคและสรีรวิทยาของสัตว์เลี้ยงได้
2. บอกความหมายของคำศัพท์เทคนิคบอกทิศทางและแนวระนาบร่างกายสัตว์ได้
3. อธิบายผังร่างกายสัตว์ได้
4. บอกจำนวนและชื่อช่องว่าง และอวัยวะในช่องว่างร่างกายสัตว์ได้
5. บอกขอบเขต และเยื่อผนังช่องอกได้
6. บอกขอบเขตและเยื่อผนังช่องท้องได้

เนื้อหา

1. ขอบข่ายวิชากายวิภาคและสรีรวิทยาของสัตว์เลี้ยง
2. คำศัพท์เทคนิคบอกทิศทางและแนวระนาบร่างกายสัตว์
3. ผังร่างกายสัตว์ (plan of animal body) และช่องว่างร่างกายสัตว์

1. ขอบข่ายวิชากายวิภาคและสรีรวิทยาของสัตว์เลี้ยง

กายวิภาคและสรีรวิทยาของสัตว์เลี้ยง ประกอบด้วย สาขาวิชา กายวิภาควิทยา (Anatomy) และ สรีรวิทยา (Physiology)

1.1 สาขาวิชากายวิภาควิทยา (Anatomy) เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับ ส่วนประกอบ โครงสร้างและหน้าที่ของร่างกาย ทั้งในระดับที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า วิชากายวิภาคศาสตร์ (anatomy) ต้องมีการตัดชิ้นส่วนของร่างกายเพื่อศึกษา คำว่า anatomy มีรากศัพท์มาจากภาษากรีก คือ ana แปลว่า แยกออก และ tomy หรือ tome แปลว่า ตัด

วิชากายวิภาควิทยาสามารถแยกออกเป็น 2 สาขาวิชาย่อย ตามการมองเห็นโครงสร้างร่างกาย ดังนี้

1.1.1 มหากายวิภาควิทยา (macroscopic anatomy หรือ gross anatomy) เป็นแขนงวิชาที่ศึกษาถึงโครงสร้างและหน้าที่ของร่างกายสัตว์ที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น ผิวหนัง กระดูก กล้ามเนื้อ หัว ตับ ปอด เส้นเลือด เส้นประสาท เป็นต้น

1.1.2 จุลกายวิภาควิทยา (microscopic anatomy หรือ histology) เป็นแขนงวิชาที่ศึกษาถึงโครงสร้างร่างกายที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ได้เนื้อเยื่อต่าง ๆ เช่น เนื้อเยื่อประสาท เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ

1.2. สาขาวิชาสรีรวิทยา (Physiology) เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับขบวนการและกลไกการทำงานของร่างกายทั้งทางกายภาพและเคมี

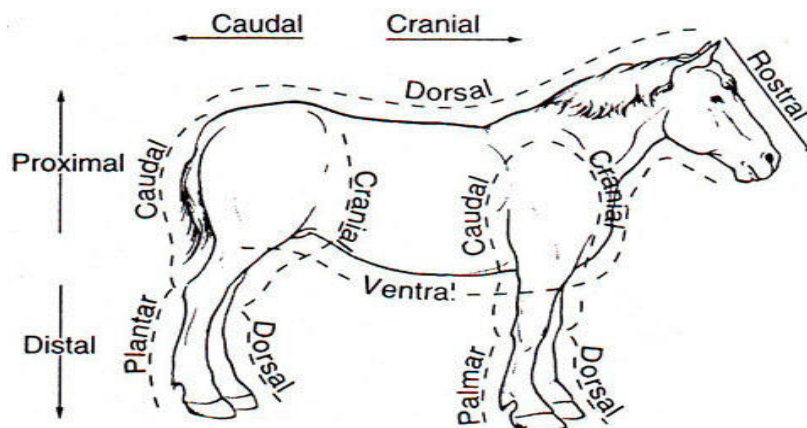
ดังนั้นขอบข่ายวิชากายวิภาคและสรีรวิทยาของสัตว์เลี้ยง จึงเป็นวิชาที่ศึกษาศึกษาเกี่ยวกับส่วนประกอบโครงสร้างและหน้าที่ของร่างกายที่มองเห็นได้และไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าตลอดจนกลไกการทำงานที่ของโครงสร้างร่างกาย ทั้งกลไกทางเคมี และกลไกทางกายภาพ

2. คำศัพท์เทคนิคบอกทิศทางและแนวระนาบร่างกายสัตว์

(Direction terms and planes in domestic animal anatomy)

2.1 คำศัพท์เทคนิคบอกทิศทาง

การบอกตำแหน่งโครงสร้างร่างกายสัตว์นั้น ต้องมีตำแหน่งอ้างอิงที่เป็นสากลและสามารถเข้าใจได้ คำศัพท์บอกตำแหน่งของโครงสร้างร่างกายจะใช้ส่วนต่างๆ ของร่างกายเป็นจุดอ้างอิง เช่น ด้านหน้า, ด้านหลัง, ด้านข้าง, ด้านบน ด้านใน ด้านนอก ด้านลึก ด้านผิว ด้านโคน, ด้านปลาย หลังเท้า และฝ่าเท้า เป็นต้น คำศัพท์เทคนิคที่บอกทิศทางในร่างกาย และความหมายดังแสดงในตารางที่ 1.1 และภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 คำศัพท์บอกทิศทางบนร่างกายสัตว์

ที่มา: Frandson et al (2003)

2.2 แนวระนาบร่างกายสัตว์

จุดอ้างอิงในการบอกทิศทางของร่างกายที่ต้องใช้อย่างหนึ่งคือแนวระนาบร่างกาย หรือแนวตัดของร่างกาย ซึ่งแนวตัดร่างกายมีดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 1.2)

2.2.1 แนวระนาบมีเดียลเพลน (medial plane) คือแนวตัดร่างกายหรือแนวระนาบในแนวตั้งแบ่งร่างกายออกเป็นสองข้างสมมาตรกัน แนวระนาบนี้มีระนาบเดียว

2.2.2 แนวระนาบแซกกิทัลเพลน (sagittal plane) คือแนวระนาบในแนวดิ่งขนานกับแนวระนาบมีเดียลเพลน แนวระนาบนี้แบ่งร่างกายออกเป็นซีกซ้ายและขวาไม่สมมาตร หรือไม่เท่ากัน ระนาบนี้มีหลายระนาบ

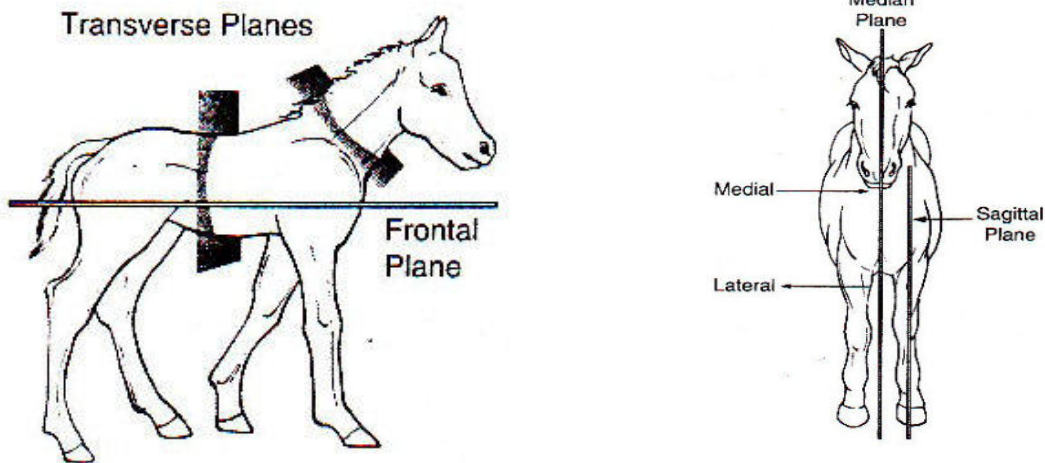
ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างคำศัพท์เทคนิคที่ใช้ในสาขาวิชากายวิภาค

คำศัพท์	ความหมาย
cranial	ส่วนหัวหรือด้านหน้าของสัตว์ หรือส่วนที่ค่อนข้างทางด้านหน้าของสัตว์
Rostral	ด้านเข้าใกล้จมูก
caudal	ส่วนท้ายหรือด้านหลังของสัตว์ หรือส่วนที่ค่อนข้างทางด้านหลังของสัตว์
ventral	ด้านล่างหรือด้านที่ค่อนข้างทางด้านท้องของสัตว์
dorsal	ด้านบนหรือหลังของร่างกายสัตว์
proximal	ด้านที่อยู่สูงกว่าหรือเหนือกว่าหรืออยู่ใกล้กับเส้นกลางตัวมากกว่าหรือใกล้แนวกระดูกสันหลังมากกว่า
distal	ด้านที่อยู่ต่ำกว่าหรือไกลกว่าแนวกระดูกสันหลัง
superior	ส่วนบนเหนือหัวหรือส่วนหัว
inferior	ส่วนล่างของร่างกาย
median	ส่วนที่อยู่ในแนวกลางตัวพอดี
medial	อยู่ใกล้กับแนวกลางตัว
lateral	ส่วนที่อยู่ห่างจากแนวกระดูกสันหลังหรือเส้นแนวกลางตัวออกไปทางด้านข้าง
intermediate	ส่วนที่อยู่ตรงกลางระหว่างสองสิ่ง
superficial	ส่วนที่อยู่ใกล้ผิวหรืออยู่ตื้น
deep	ส่วนที่อยู่ลึกลงไป
external	ส่วนที่อยู่ด้านนอกของผนัง(มักใช้กับอวัยวะที่มีโพรง)
internal	อยู่ข้างในของผนัง(มักใช้กับอวัยวะที่มีโพรง)
central	อยู่ใกล้ศูนย์กลางหรือใกล้อวัยวะมากกว่า
peripheral	อยู่ห่างจากศูนย์กลางหรือไกลอวัยวะมากกว่า
visceral	ชั้นที่แนบติดกับผิวอวัยวะภายใน
parietal	ชั้นที่บุผนังด้านในของช่องว่างในร่างกาย

2.2.3 แนวตัดร่างกายตามขวาง หรือทรานส์เวิร์สเพลน (Transverse plane) คือแนวระนาบแนวดิ่งที่ตั้งฉากกับแนวระนาบมีเดียลเพลน และแซกกิทัลเพลน ในสัตว์แนวดิ่งนี้แบ่งร่างกายออกเป็นสองส่วนคือส่วนหน้าและส่วนหลัง หรือแบ่งขาออกเป็นส่วนบน และส่วนล่าง ระนาบนี้มีหลายระนาบ

2.2.4 แนวระนาบฟรันทัลเพลน (Frontal plane) คือแนวระนาบในแนวนอนตั้งฉากกับแนวระนาบมีเดียลเพลน และแซกกิทัลเพลน แบ่งร่างกายสัตว์ออกเป็นส่วนบน และส่วนล่างไม่

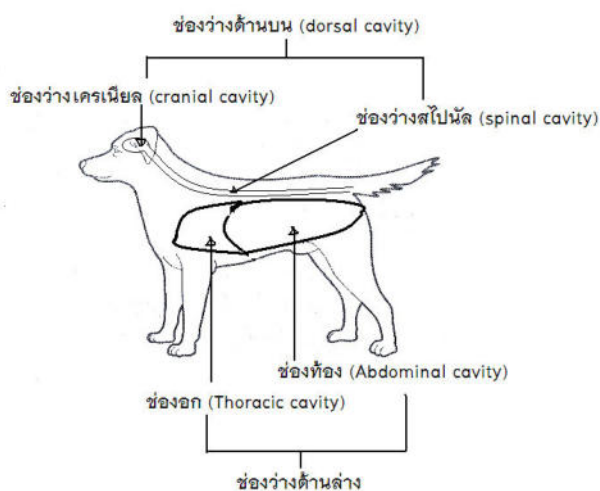
เท่ากัน ระนาบดังกล่าวนี้สามารถอธิบายได้ง่าย ๆ คือ ถ้าสัตว์ยืนอยู่ในน้ำ ผิวน้ำคือแนวระนาบ แบ่งร่างกายออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่อยู่เหนือน้ำและส่วนที่อยู่ใต้น้ำ



ภาพที่ 1.2 แนวระนาบบร่างกายสัตว์
ที่มา: Frandson et al (2003)

3. ผังร่างกายและช่องว่างร่างกายสัตว์

สัตว์เลี้ยงทุกชนิดเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลัง และโครงสร้างร่างกายเป็นลักษณะสมมาตร กล่าวคือ ด้านซ้ายและด้านขวาเป็นเงาในกระจกของกันและกัน อวัยวะและโครงสร้างร่างกายที่เป็นคู่ จะวางอยู่ในตำแหน่งซ้ายขวาของร่างกายในลักษณะสมมาตร ตัวอย่าง เช่น ตา กล้ามเนื้อ กระดูกซี่โครง เป็นต้น อวัยวะและโครงสร้างที่มีอันเดียว จะวางอยู่ในตำแหน่งแนวกลางลำตัว ตัวอย่าง เช่น จมูก หลอดลม หัวใจ และ แนวกระดูกสันหลัง เป็นต้น



ภาพที่ 1.3 ภาพวาดแสดงช่องว่าง (Cavity) ในร่างกายสัตว์
ที่มา: ผู้เขียนวาดจากภาพใน (Bowden, 2003)

ร่างกายสัตว์สามารถแบ่งช่องว่างภายในได้ 2 ช่องใหญ่ๆ โดยอาศัย ตัวของแนวกระดูกสันหลังเป็นตัวแบ่ง และ อวัยวะภายในช่องว่างร่างกาย จะยึดติดที่ผนังช่องว่างด้วย soft tissue ligaments และมีเยื่อผนังช่องว่างหลังของเหลวใส (serous fluid) หล่อลื่นลดการการเสียดสีของอวัยวะกับผนังช่องว่าง ช่องว่างร่างกายทั้ง 2 ได้แก่

3.1 ช่องว่างด้านบน (dorsal cavity) เป็นช่องทางด้านบนเหนือตัวของกระดูกสันหลัง (body of vertebrae) เป็นที่อยู่ของสมองและไขสันหลัง โดยช่องว่างที่อยู่ของสมองเรียกว่า ช่องว่าง cerebrum (cranial cavity) ช่องว่างที่อยู่ของไขสันหลังเรียกว่า ช่องว่างสไปนัล (spinal cavity) (ภาพที่ 1.3)

3.2 ช่องว่างด้านล่าง (Ventral cavity) ซึ่งสามารถแบ่งย่อยได้อีกโดยใช้กล้ามเนื้อกระบังลมเป็นตัวแบ่ง คือ

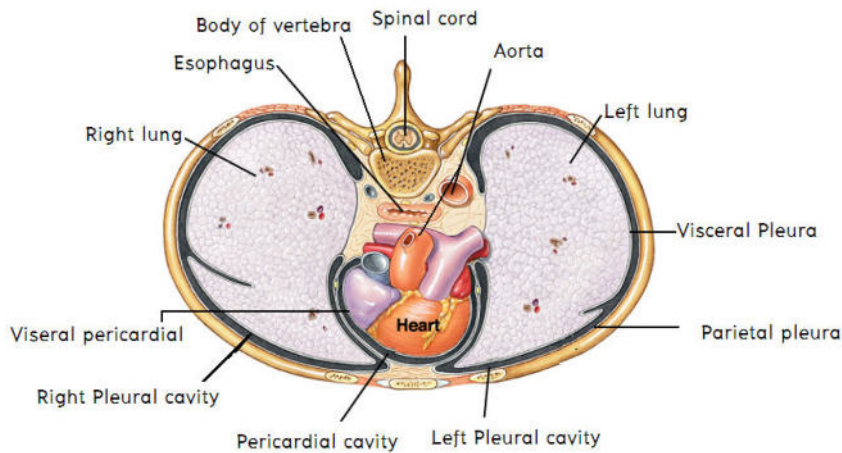
3.2.1 ช่องว่างด้านหน้ากระบังลม เรียก ช่องอก (thoracic cavity)

ขอบเขตของช่องอกคือทางด้านข้างสองข้างเป็นซี่โครงและกล้ามเนื้อระหว่างซี่โครง (Intercostal muscles) ทางด้านหน้าเป็นช่องทางเข้าช่องอก (thoracic inlet) เป็นช่องระหว่างกระดูกซี่โครงคู่แรก ส่วนทางด้านหลังเป็นกล้ามเนื้อกระบังลมขึ้นกั้นระหว่างช่องท้องกับช่องอก ทางด้านบนมีกล้ามเนื้อ hypaxial muscles และกระดูกสันหลังส่วนอก

ภาพตัดขวางเป็นลักษณะรูปไข่กล่าวคือ ด้านบนจะกว้างกว่าด้านล่าง ช่องอกอาจแบ่งออกเป็น 2 ช่องย่อย ได้ดังนี้

1) ช่องปอด (pleural cavity) มี 2 ข้าง (ซ้าย และ ขวา) เป็นที่อยู่ของปอดด้านซ้ายและด้านขวา ช่องปอดแต่ละข้างแยกจากกัน และมีเนื้อเยื่อผิวบางที่มีลักษณะเป็นแผ่นบาง สองชั้น เรียกว่า serous membrane หรือ plura ชั้นนอกติดกับผนังช่องอก เรียกว่า parietal pleura และชั้นในติดกับเนื้อปอด เรียกว่า visceral pleura

2) ช่องว่างระหว่างช่องปอดทั้งสองข้างเรียกว่า มีไดแอสตินัม (mediastinum) ซึ่งภายในช่องว่างมีหัวใจ ต่อมไทมัส หลอดลม หลอดอาหารเส้นเลือดแดงใหญ่ (Aorta) และเส้นเลือดดำใหญ่ (ภาพที่ 1.4) ภายในช่อง mediastinum มีช่องที่อยู่ของหัวใจเรียกว่า ช่องหัวใจ (pericardial cavity) ช่องหัวใจนี้มีเนื้อเยื่อบางเป็นถุง 2 ชั้นหุ้มหัวใจ เรียกว่า ถุงหุ้มหัวใจ หรือ pericardium ชั้นในที่ติดกับหัวใจเรียกว่า visceral pericardium ชั้นนอกเรียกว่า parietal pericardium



ภาพที่ 1.4 แสดงอวัยวะ เยื่อปอด ในช่องอก

3.2.2 ช่องทางด้านหลังกระบังลม เรียก ช่องท้องร่วมเชิงกราน (abdominopelvic cavity) หรือ อาจแยกเป็นช่องท้อง (abdominal cavity) และช่องเชิงกราน (pelvic cavity) ขอบเขตช่องท้อง ทางด้านข้างมีกล้ามเนื้อ abdominal oblique และ shaft ของกระดูกเชิงกรานส่วน ilium ทั้งสองข้าง ทางด้านหน้ามีกล้ามเนื้อกระบังลม (diaphragm) กั้นระหว่างช่องท้องกับช่องอก ทางด้านหลังเป็นช่องทางออกด้านหลังบริเวณเชิงกรานที่ปิดด้วยกล้ามเนื้อ coccygeal และ retractor ani ซึ่งเรียกว่า pelvic diaphragm ทางด้านบนมีกล้ามเนื้อ hypaxial และกระดูกสันหลังส่วนเอว (lumbar vertebrae) และทางด้านล่างมีกล้ามเนื้อ abdominal oblique และกระดูกเชิงกรานส่วน ischium และ pubis ทั้งสองข้าง ช่องท้องแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ช่องท้องทางด้านหน้า (cranial abdominal region) ช่องท้องตรงกลาง (middle abdominal region) และ ช่องท้องทางด้านหลัง (caudal abdominal region) ที่ผนังช่องท้องมีเยื่อ serous membrane ที่บุผนังช่องท้อง เรียกว่า เยื่อช่องท้อง (peritoneal membrane or peritoneum) เยื่อ peritoneum ที่มันโค้งลงทางด้านล่าง และโอบล้อมอวัยวะ ภายในช่องท้อง เรียกว่า mesentery, omentum หรือ soft tissue ligament ขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงสร้าง เยื่อนั้นๆ ดังนี้

1) Mesentery คือ ส่วนของ peritoneum ที่แผ่จากผนังช่องท้อง ลงไปยึดอวัยวะภายในให้แขวน หรือติดอยู่กับผนังช่องท้องทางด้านบน โดยภายในเยื่อนี้ มีเส้นเลือดเส้นประสาท และ ท่อน้ำเหลืองเพื่อผ่านไปเลี้ยงอวัยวะภายในช่องท้อง

2) Omentum คือส่วน peritoneum ที่โอบล้อมและยึดติด กระเพาะอาหาร กับอวัยวะอื่น และผนังช่องท้อง omentum ส่วนที่เรียกว่า greater omentum จะมีขนาดใหญ่ ติดทางด้านส่วนโค้งด้านนอกของกระเพาะอาหาร มีไขมัน บรรจุอยู่จำนวนมาก

3) Soft tissue ligament เป็นเนื้อเยื่อเล็กที่ติดต่อระหว่างอวัยวะ กับอวัยวะ หรือ อวัยวะกับผนังช่องท้อง โดยมีเส้นเลือด ท่อน้ำเหลืองเล็กน้อย หรืออาจไม่มีเลย

อวัยวะในช่องท้องถูกหุ้มด้วย peritoneum ยกเว้น ไต (kidney) ที่อยู่นอก peritoneum ติดอยู่ด้านบนไปทางด้านหลังของช่องท้อง อวัยวะในช่องท้องด้านหน้าสุดติดกับกระบังลม ได้แก่ ตับ (liver) และภายในระหว่างพู (lobe) ของตับมีถุงน้ำดี (gall bladder) หลอดอาหาร (esophagus) ทะผ่านกระบังลม และต่อกับกระเพาะอาหาร (stomach) ม้าม (spleen) ติดอยู่กับกระเพาะอาหาร ลำไส้เล็กต่อจากกระเพาะอาหาร และมีตับอ่อน (pancreas) อยู่ระหว่างลำไส้เล็กส่วนต้น ส่วนกระเพาะปัสสาวะอยู่ทางด้านหลังของช่องท้อง (caudal abdominal region)

แบบฝึกหัดท้ายบท

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. Serous fluid คือ ข้อใดต่อไปนี้
 - a. ของเหลวใสสีแดง
 - b. ของเหลวใสสีน้ำฟางขาว
 - c. ของเหลวขุ่นหนืดสีแดง
 - d. ของเหลวขุ่นหนืดสีน้ำฟางขาว
2. กล้ามเนื้อกระบังลมเป็นอวัยวะที่แยกส่วนของอะไรกับอะไร
 - a. ด้านนอกกับช่องอก
 - b. ช่องอกกับช่องท้อง
 - c. ช่องอกกับช่องเชิงกราน
 - d. ด้านนอกกับช่องท้อง
3. อวัยวะในช่องท้องใดต่อไปนี้ไม่ได้ถูกโอบล้อมด้วย peritoneum
 - a. Liver
 - b. spleen
 - c. stomach
 - d. kidney
4. อวัยวะใดต่อไปนี้อยู่บริเวณด้านหน้าสุดของช่องท้อง
 - a. stomach
 - b. liver
 - c. urinary bladder
 - d. duodenum
5. อวัยวะใดต่อไปนี้วางอยู่ติดกระเพาะอาหารตามแนวยาว
 - a. Pancrease
 - b. spleen
 - c. kidney
 - d. ovary
6. อวัยวะใดต่อไปนี้อยู่ระหว่างพูของตับ
 - a. Pancreas
 - b. ovary
 - c. kidney
 - d. gall bladder
7. อวัยวะในระบบย่อยอาหารที่ วิ่งทะลุผ่านกล้ามเนื้อกระบังลม
 - a. Pharynx
 - b. oesophagus
 - c. stomach
 - d. ileum
8. เมื่อกระเพาะปัสสาวะว่าง จะวางอยู่ที่ตำแหน่งใด
 - a. thoracic cavity
 - b. cranial abdominal region
 - c. middle abdominal region
 - d. caudal abdominal region

วิธีสอนและ กิจกรรม	บรรยาย. ประกอบภาพสไลด์. ใช้หุ่นจำลองสัตว์ เช่น สุกร โค. ประกอบ และ ซักถาม	
สื่อการสอน	หนังสืออ้างอิง	รายการเอกสารประกอบการสอนหมายเลข 1, 2, 6, 11, 12 และ 14
	เอกสารประกอบ	เอกสารคำสอน บทที่ 1
	วัสดุโสตทัศน	คอมพิวเตอร์ หุ่นจำลองสัตว์ สุกร โคนม
		เครื่องฉาย LCD
งานที่ มอบหมาย	ให้นักศึกษาอ่านทบทวนเอกสารคำสอน บทที่ 1 และทำแบบฝึกหัด ท้ายบท	
	ให้นักศึกษาตั้งคำถามแบบเลือกตอบคนละข้อแล้วนำมาส่งชั่วโมงหน้า	
การวัดผล	1. ตอบคำถามท้ายบท, ตอบคำถามจากหุ่นจำลองสัตว์	
	2. สังเกตพฤติกรรมในการเรียน	
	4. งานมอบหมาย	
	3. สอบกลางภาค	
หมายเหตุ :		

บทที่ 2

องค์ประกอบร่างกาย เซลล์ (Cells) เนื้อเยื่อ (Tissue) อวัยวะและระบบร่างกาย

วัตถุประสงค์

เมื่อนักศึกษาเรียนจบบทนี้แล้ว นักศึกษาสามารถ

1. บอกส่วนประกอบของร่างกายได้
2. บอกหน้าที่ของน้ำในร่างกายได้
3. บอกข้อแตกต่างของ อะตอม ไอออน และอิเล็กโทรไลต์ได้ พร้อมทั้งยกตัวอย่างแร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบของร่างกายได้
4. อธิบายความหมายและยกตัวอย่าง homeostasis ได้
5. อธิบายความหมายของเมตาโบลิซึม พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
6. บอกข้อเท็จจริงที่สำคัญของเซลล์ได้
7. บอกองค์ประกอบของเซลล์และหน้าที่ของ ออแกเนลล์ (organelles) ได้
8. อธิบายขบวนการนำสารเข้าออก-ออกเซลล์แต่ละวิธีได้
9. อธิบายขั้นตอนการแบ่งเซลล์แบบ mitosis และ meiosis และบอกข้อแตกต่างระหว่างการแบ่งเซลล์แบบ mitosis และ meiosis ได้
10. บอกข้อแตกต่างระหว่างเซลล์และเนื้อเยื่อ และบอกชนิดของเนื้อเยื่อได้
11. อธิบายลักษณะ ชนิด ตำแหน่งที่พบในร่างกาย และหน้าที่ของเนื้อเยื่อผิวหนังได้
12. อธิบายลักษณะ ชนิด ตำแหน่งที่พบในร่างกาย และหน้าที่ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันได้
13. บอกประเภทของอวัยวะได้
14. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค พร้อมยกตัวอย่างอวัยวะที่เป็นท่อกลวง และอวัยวะที่เป็นเนื้อแน่น
15. บอกชื่ออวัยวะในแต่ละระบบได้

เนื้อหา

1. ส่วนประกอบทางเคมีของร่างกาย
2. น้ำในร่างกาย
3. อะตอม ไอออน และอิเล็กโทรไลต์ (atoms, ions and electrolytes)
4. กลไกการควบคุมสมดุลของร่างกาย (Homeostatic mechanism)
5. ขบวนการเมตาโบลิซึม (metabolism) ของร่างกาย
6. ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับเซลล์
7. โครงสร้างและหน้าที่โดยทั่วไปของเซลล์
8. ขบวนการที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ (cellular processes)
9. การแบ่งเซลล์ (cell division)

10. เนื้อเยื่อร่างกาย (body tissue)
11. เนื้อเยื่อบุผิว (epithelial tissue)
12. เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue)
13. เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (Muscle tissue) (ศึกษาเพิ่มเติมในบทที่ 7 ระบบกล้ามเนื้อ)
14. เนื้อเยื่อประสาท (nerve tissue) (ศึกษาเพิ่มเติมในบทที่ 8 ระบบประสาท)
15. อวัยวะและระบบอวัยวะ

ร่างกายสัตว์ประกอบด้วยโครงสร้างในระดับที่เล็กสุดตั้งแต่อิเล็กตรอน (ประจุลบ) หรือ โปรตอน (ประจุบวก) อิเล็กตรอนและ โปรตอนรวมกันกลายเป็นอะตอม (atom) เช่น อะตอมของ ออกซิเจน (O) ไฮโดรเจน (H) อะตอมหลาย ๆ อะตอมรวมกันกลายเป็นโมเลกุล (molecule) เช่น อะตอมออกซิเจน 1 อะตอมรวมกับไฮโดรเจน 2 อะตอมกลายเป็นโมเลกุลของน้ำ (H_2O) หรือ อะตอม ออกซิเจน อะตอมไฮโดรเจน อะตอมคาร์บอน (C) และอะตอมไนโตรเจน (N) รวมกันได้เป็นโมเลกุล ของกรดอะมิโน (amino acid) เป็นต้น โมเลกุลหลาย ๆ โมเลกุลหลาย ๆ โมเลกุลรวมกันได้เป็นสาร โมเลกุลขนาดใหญ่ขึ้น (macro-molecule) เช่น โมเลกุลของกรดอะมิโนหลาย ๆ โมเลกุลรวมกันได้ เป็นโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้น คือโปรตีน หรือโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส รวมกันหลาย ๆ โมเลกุลกลายเป็น โมเลกุลแป้ง สารโมเลกุลขนาดใหญ่หลาย ๆ โมเลกุลรวมกันกลายเป็น ออร์แกเนลล์ (organelle) หรือ อวัยวะของเซลล์ (organ+cell = organelle) ได้แก่ เยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) นิวเคลียส (nucleus) ไมโทคอนเดรีย (mitochondria) เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม (endoplasmic reticulum) เป็นต้น ออร์แกเนลล์ หลาย ๆ ออร์แกเนลล์ รวมกันกลายเป็น เซลล์ (cells) เซลล์ หลายเซลล์รวมกันกลายเป็นเนื้อเยื่อ (tissue) เนื้อเยื่อหลาย ๆ เนื้อเยื่อรวมกันกลายเป็นอวัยวะ (organ) อวัยวะหลาย ๆ อวัยวะรวมกันทำงานเป็นระบบอวัยวะ เช่น ระบบทางเดินอาหาร ระบบ ขับถ่ายปัสสาวะ ระบบอวัยวะหลาย ๆ ระบบรวมกันกลายเป็นร่างกาย (organism) ในบทนี้นักศึกษา จะได้เรียนรู้ส่วนประกอบของร่างกายตั้งแต่ระดับอะตอม จนถึงระบบอวัยวะ

1. ส่วนประกอบทางเคมีของร่างกายสัตว์

ร่างกายสัตว์ประกอบด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ สารอนินทรีย์ที่เป็นส่วนประกอบใน ร่างกาย ได้แก่ น้ำ และ แร่ธาตุต่างๆ สารอินทรีย์ ที่เป็นส่วนประกอบในร่างกาย ได้แก่ เซลล์ และ เยื่อเยื่อ ซึ่งมีส่วนประกอบของสารไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) คือ ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) และ คาร์บอน (C) ส่วนสารอนินทรีย์คือได้แก่แร่ธาตุต่าง ๆ

2. น้ำในร่างกาย

น้ำคือส่วนประกอบที่สำคัญในร่างกายสัตว์และมีความจำเป็นต่อชีวิต ในสัตว์มีน้ำเป็น องค์ประกอบประมาณร้อยละ 60-70 ของน้ำหนักตัว โดยในร่างกายของสัตว์อายุน้อยจะมี ส่วนประกอบของน้ำที่มากขึ้น ในขณะที่ร่างกายของสัตว์อายุมาก หรือสัตว์ที่ร่างกายอ้วนมาก ๆ (obese) น้ำจะกระจายอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (body compartment) ดังนี้คือ น้ำในเซลล์ เรียกว่า intracellular fluid (ICF) และ น้ำนอกเซลล์เรียกว่า extracellular fluid (ECF) โดยน้ำ

หรือของเหลวในเซลล์คิดเป็น 2 ใน 3 ของน้ำทั้งหมดในร่างกาย น้ำนอกเซลล์ยังแบ่งออกเป็นน้ำระหว่างเซลล์เรียกว่า interstitial fluid และน้ำเลือด (plasma) หรือของเหลวในเส้นเลือด (intravascular fluid) ของเหลวนอกเซลล์บางส่วนซึ่งไม่มากยังพบได้ในช่องว่างร่างกาย หรือในท่อกระเพาะปัสสาวะ เป็นต้นซึ่งเรียกว่า transcellular fluid

น้ำในร่างกายสามารถไหลเข้า-ออกส่วนต่างของร่างกายได้ตามแรงดันน้ำ (osmosis) และสามารถขับออกจากร่างกายได้หลายทาง เช่น ทางลมหายใจ (respiration) ทางผิวหนัง (cutaneous) เช่นการขับเหงื่อ) สูญเสียทางระบบทางเดินอาหาร (gastrointestinal) หรือทางระบบขับถ่ายปัสสาวะ (urinary tract) การสูญเสียน้ำในปริมาณเล็กน้อยทางน้ำคัตหลังจากระบบสืบพันธุ์ (vaginal discharge) หรือน้ำตา (lacrimation) ปริมาณในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตเป็นอย่างมาก ดังนั้นเมื่อมีการสูญเสียน้ำในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย สัตว์จึงมีการทดแทนโดยการดื่มน้ำให้เพียงพอในแต่ละวัน โดยสุนัขและแมวต้องได้รับน้ำ (จากการดื่มน้ำและจากอาหาร) ประมาณ 20 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ต่อวัน (24 ชม)

ระบบที่ควบคุมการสูญเสียน้ำในร่างกายมี 2 ระบบ คือ ระบบขับถ่ายปัสสาวะ (urinary) และระบบทางเดินอาหาร (gastrointestinal)

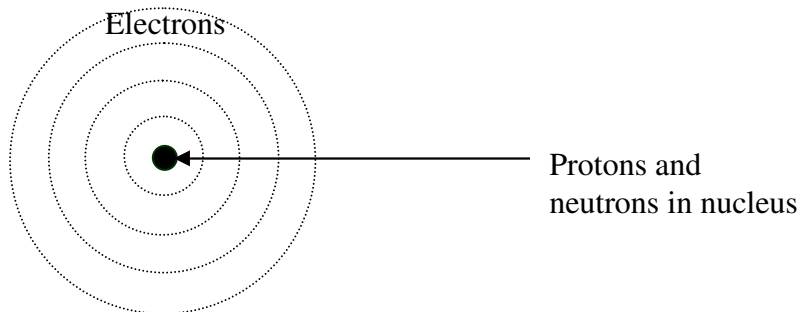
ส่วนน้ำที่สูญเสียทางผิวหนัง หรือการหายใจ ควบคุมไม่ได้ (insensible) โดยพบว่า สัตว์น้ำหนัก 1 กิโลกรัม ในหนึ่งวัน (24 ชั่วโมง) มีการสูญเสียน้ำ จากการหายใจ (breathing) 20 มิลลิลิตร ทางเหงื่อ (sweating) 20 มิลลิลิตร ทางมูล (feces) 10 มิลลิลิตร และทางปัสสาวะ (urine) 20 มิลลิลิตร รวมทั้งหมดประมาณ 50-60 มิลลิลิตร

น้ำในร่างกายสัตว์ทำหน้าที่หลายอย่าง ได้แก่

- 2.1 เป็นของเหลวที่ทำให้สารอื่นๆละลายหรือแขวนลอยอยู่ได้
- 2.2 มีความจำเป็นสำหรับการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีในร่างกาย
- 2.3 เป็นของเหลวที่นำพาสารอาหารต่างๆในร่างกาย
- 2.4 เป็นตัวที่อำนวยความสะดวกในการนำพาสารพิษหรือของเสียออกจากร่างกาย
- 2.5 เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในสารคัดหลั่งต่างๆ เช่น น้ำลาย เป็นต้น

3. อะตอม ไอออน และอิเล็กโทรไลต์ (atoms, ions and electrolytes)

อะตอมของแร่ธาตุต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบของร่างกายนั้น อยู่ในรูปของ ประจุ หรือ ไอออน (ions) ตัวอย่างแร่ธาตุที่พบในร่างกายเช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และโซเดียม (calcium, phosphorus, potassium and sodium) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ไอออน คือ อะตอมที่มีประจุตัวเองอะตอม ประกอบด้วย นิวเคลียส (nucleus) ภายในนิวเคลียสเป็น นิวตรอน (Neutrons) และประจุบวกที่เรียกว่า โปรตอน (Protons) และวงรอบนอกนิวเคลียส 1 วงหรือมากกว่า โดยวงรอบนอกเป็นวงจรประจุลบของ อิเล็กตรอน (electrons) (ภาพที่ 2.1) ถ้าอะตอมใด ๆ มีจำนวนอิเล็กตรอน มากกว่าจำนวนโปรตอน อะตอมนั้นจะมีประจุเป็นลบ เรียกว่า แอนไอออน (anion) แต่ถ้าอะตอมใด ๆ มีจำนวนโปรตอนมากกว่าจำนวนอิเล็กตรอน อะตอมนั้นมีประจุเป็นบวก เรียกว่า แคตไอออน (cation) สารใด ๆ ในร่างกายที่ละลายน้ำและแตกตัวให้ประจุ เรียกสารนั้นว่า อิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) อิเล็กโทรไลต์ที่สำคัญในร่างกาย คือ Na^+ , Cl^- , HCO_3^- , H^+ , K^+ , HPO_4^-



ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างอะตอม
ที่มา: Bowden (2003)

4. กลไกการควบคุมสมดุลของร่างกาย (Homeostatic mechanism)

Homeostasis คือ การควบคุมสภาวะต่างๆในร่างกายให้อยู่ในจุดที่เหมาะสมที่สุดในการทำงานของร่างกายให้ดีที่สุด กลไกการควบคุมสภาวะต่างๆของร่างกายให้เหมาะสมนั้นมีกลไกหลายอย่าง เช่น การควบคุมสมดุลของของเหลวในร่างกายใน ทุกๆส่วน เรียก homeostasis นี้ว่า osmoregulation

การควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้เหมาะสมและคงที่ เรียกว่า thermoregulation อุณหภูมิร่างกายสัตว์ปกติวัดที่ทวารหนัก อุณหภูมิของร่างกายของสัตว์ปกติแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าอุณหภูมิร่างกายสัตว์เลี้ยง ในสภาพปกติ ที่วัดจากอุณหภูมิของทวารหนัก (Rectal temperature)

ชนิดสัตว์	อุณหภูมิร่างกาย	
	องศาเซลเซียส ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$)	องศาฟาเรนไฮต์ ($\pm 1^{\circ}\text{F}$)
โคเนื้อ	38.3	101.0
โคนม	38.6	101.5
แพะแกะ	39.1	102.3
สุกร	39.2	102.5
ม้า	37.8	100.0
สุนัข	38.5	101.2

ที่มา: Susan (2000)

ในสุนัขและโคประมาณ 101-102 องศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$) องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 38-39 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$)

การขับของเสียออกจากร่างกายป้องกันการสะสมพิษในร่างกาย ร่างกายมีการขับของเสียออกในรูปของปัสสาวะ โดยปริมาณการขับปัสสาวะ และความถี่เฉพาะของปัสสาวะแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ปริมาณการขับปัสสาวะ และความถี่เฉพาะของปัสสาวะในสัตว์ปกติ

สัตว์	ปริมาณการขับปัสสาวะ (มล/น้ำหนัก 1 กก/วัน)	ค่าความถี่เฉพาะของปัสสาวะ
โค	17-45	1.032 (1.030-1.045)
แกะ	10-40	1.030 (1.015-1.045)
ม้า	3-18	1.040 (1.025-1.060)
สุนัข	20-100	1.025 (1.016-1.060)
แมว	10-20	1.030 (1.020-1.040)
มนุษย์	8.6-28.6	1.020 (1.002-1.040)

ที่มา: Reece (2004)

การควบคุมสมดุลกรด-ด่าง (pH) ในร่างกายให้คงที่ เรียกว่า buffer systems pH ของเลือดในสัตว์ปกติแสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงค่า pH ของเลือดในสัตว์ปกติ

สัตว์	ค่าเฉลี่ย ระดับ pH ในเลือด
โค	7.38
แกะ	7.44
ม้า	7.38
สุนัข	7.36
แมว	7.35
ไก่	7.54
มนุษย์	7.39

ที่มา: Reece (2004)

การควบคุมความดันเลือดให้คงที่ ความดันเลือดปกติ (ความดันเลือดในขณะที่หัวใจบีบตัว/ความดันเลือดขณะที่หัวใจคลายตัว) ในสุนัขและแมว คือ น้อยกว่า 165/95 และ น้อยกว่า 190/40 ตามลำดับ

การควบคุมขบวนการเมตาบอลิซึมต่างๆของร่างกายให้เกิดขึ้นอย่างเหมาะสมและถูกต้องตามความจำเป็นของร่างกาย

มีขบวนการควบคุมสมดุลของร่างกายดังกล่าวหลายอย่างที่ เป็นการทำหน้าที่ของ ไต (kidney) การควบคุมสมดุลของร่างกายดังกล่าวยังเกี่ยวข้องกับการควบคุมแบบย้อนกลับจากระบบร่างกายระบบหนึ่งไปยังอีกระบบหนึ่งเพื่อเป็นการส่งข้อมูลให้กัน โดยอาศัย ระบบฮอร์โมนหรือระบบต่อมไร้ท่อ (endocrine system) และระบบประสาท (nervous system)

5. เมตาบอลิซึม (Metabolism)

เมตาบอลิซึม คือ ขบวนการหรือปฏิกิริยาทางเคมีทั้งหมดที่เกิดขึ้นในร่างกาย ปฏิกิริยาทางเคมีในร่างกายประกอบด้วย:

5.1 ปฏิกิริยาแอนนาโบลิก(Anabolic reaction)) ได้แก่ ปฏิกิริยาการสร้างหรือสังเคราะห์สารจากที่มีความซับซ้อนน้อยให้ได้สารที่มีความซับซ้อนยิ่งขึ้น โดยใช้พลังงาน หรืออาจเรียกได้ว่าเป็นขบวนการสร้างหรือสังเคราะห์นั่นเอง

5.2 ปฏิกิริยาคาตาโบลิก (Catabolic reaction) เป็นปฏิกิริยาการสลายสารที่มีความซับซ้อนมากให้ได้สารที่มีความซับซ้อนน้อยลง โดยมีการปลดปล่อยพลังงาน

สารต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาทั้งสองดังกล่าวข้างต้น เรียกว่า เมตาโบไลต์ (metabolite) ซึ่งได้จากสารอาหารนั่นเอง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หรือ การเกิดขบวนการเมตาบอลิซึม ในขณะที่สัตว์อยู่ในสภาวะพักปกติ ไม่เจ็บป่วย ไม่เครียด อากาศไม่ร้อน และหนาวเกินไป เรียกว่า basal metabolic rate หรืออักษรย่อคือ BMR

6. ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับเซลล์ (Facts about cells)

เซลล์คือหน่วยที่ทำหน้าที่(functioning unit)ในร่างกายที่เล็กที่สุด มีขนาดเล็กและไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ในการดู ขนาดของเซลล์แต่ละชนิดแตกต่างกันไป แต่โดยเฉลี่ยแล้วมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.02 มิลลิเมตร เซลล์มีอายุการทำงานที่แน่นอน และมีการตายหรือถูกทำลาย และการสร้างขึ้นมาทดแทนอยู่ตลอดเวลา และตลอดอายุขัยของสัตว์ เซลล์หลายๆ เซลล์รวมกันกลายเป็นเนื้อเยื่อเพื่อทำหน้าที่ที่เฉพาะ และทำหน้าที่หลาย ๆ อย่าง เนื้อเยื่อหลายๆเนื้อเยื่อรวมกันกลายเป็นอวัยวะ เพื่อทำหน้าที่ที่เฉพาะ หรือหลายหน้าที่ที่ซับซ้อนขึ้น คำนำหน้าคำศัพท์เทคนิค ที่มีความหมายว่าเซลล์ คือ cyte-

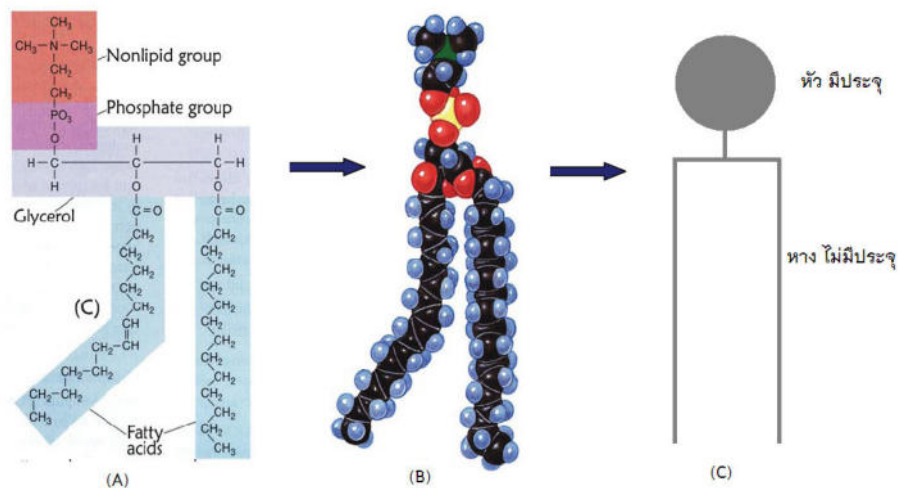
7. โครงสร้างและหน้าที่โดยทั่วไปของเซลล์

ร่างกายสัตว์ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิดและทำหน้าที่แตกต่างกันไปแต่อย่างไรก็ตามส่วนมากแล้วมีโครงสร้างพื้นฐานที่คล้ายกัน ส่วนหนึ่งของโครงสร้างภายในเซลล์ที่มีความสำคัญต่อการทำหน้าที่ของเซลล์เรียกว่า organelles หรืออาจกล่าวได้ว่า เป็นอวัยวะ (organs) ของเซลล์ นั่นเอง (organ + cell = organelles) โครงสร้างอื่น ๆ ที่อาจพบได้ภายในเซลล์นอกเหนือจาก organelles เรียกว่า inclusion bodies ซึ่งอาจเป็นโครงสร้างที่ปกติ เช่น เม็ดสี melanin ในเซลล์ melanocyte ของผิวหนัง หรืออาจเป็นเชื้อโรค เช่น Negri body (ไวรัส) ซึ่งพบในเซลล์สมองของสัตว์ที่เป็นโรคพิษสุนัขบ้า

7.1 โครงสร้างและหน้าที่ของเยื่อหุ้มเซลล์

เยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) โครงสร้างประกอบด้วยไขมัน (lipid) ต่อกับหมู่ฟอสเฟต (Phosphate) เรียกว่า ฟอสโฟลิปิด โครงสร้างฟอสโฟลิปิดมีด้านหมู่ฟอสเฟสเป็นด้านที่มีประจุคือแตกตัวเป็นประจุได้และละลายน้ำได้ ด้านนี้เรียกว่าด้านหัว ซึ่งชอบน้ำ หรือ hydrophilic =

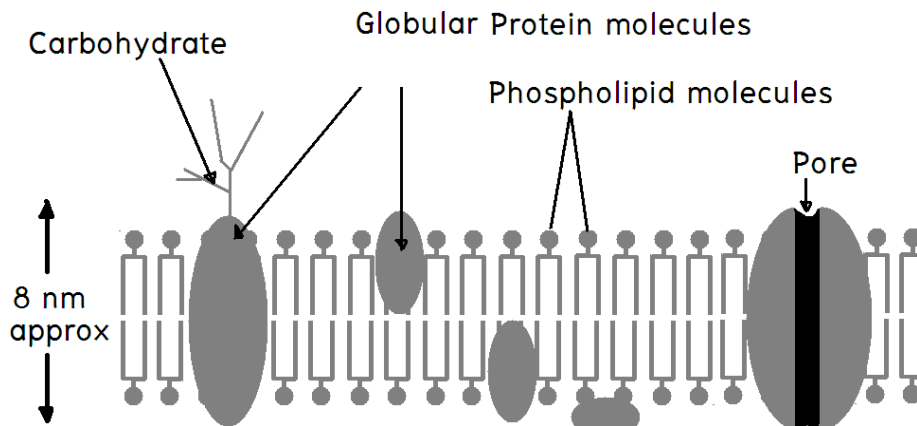
ชอบน้ำ และปลายด้านไขมันซึ่งไม่มีประจุและไม่ละลายน้ำ เรียกว่าด้านหาง หรือ hydrophobic = ไม่ชอบน้ำ ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมี (A) หุ่นจำลอง (B) และรูปวาด (C) ของ ฟอสโฟลิปิด ในเยื่อหุ้มเซลล์
ที่มา : ผู้เขียนวาดและดัดแปลงจาก Martini (2006)

ฟอสโฟลิปิดในเยื่อหุ้มเซลล์เรียงเป็นสองแถวหันทางเข้าหากันและหันหัวออกเรียกว่า phospholipids bilayer (ภาพที่ 2.3) เยื่อหุ้มเซลล์ยังประกอบด้วยโปรตีน ที่แขวนลอยอยู่ในชั้นของสารประกอบไขมัน เป็นประตูให้อะตอมและโมเลกุลของสารต่าง ๆ ผ่านเข้าออกเซลล์ได้ (ภาพที่ 2.23) โปรตีนที่เยื่อหุ้มเซลล์อาจต่อกับคาร์โบไฮเดรต เรียกว่า ไกลโคโปรตีน (glycoprotein) เยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยไขมัน ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์

หน้าที่ของเยื่อหุ้มเซลล์ คือ เป็นชั้นรอบนอกและหุ้มเซลล์ ทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่าน สารเข้าออกเซลล์ซึ่งสามารถเข้าออกเซลล์โดยผ่านขบวนการหลาย ๆ แบบ และเป็นบริเวณที่มีตัวรับ (receptor) สำหรับฮอร์โมน และสารสื่อสารประสาท ที่จำเพาะ เพื่อให้ส่งต่อสัญญาณทางเคมี เมื่อฮอร์โมน หรือสารสื่อสารประสาทมาจับกับตัวรับ



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ที่ประกอบด้วยโมเลกุลของฟอสโฟลิปิด (phospholipid) เรียงตัวกัน 2 ชั้น (Phospholipid bilayer) หันทางเข้าหากัน และมีโมเลกุลของโปรตีนกระจายอยู่ภายใน
ที่มา: ผู้เขียนวาดจาก Jeffery et al. (2004)

7.2 โครงสร้างและหน้าที่ของไมโทคอนเดรีย (mitochondria)

ไมโทคอนเดรียมีขนาดใหญ่ อยู่ในไซโทพลาสซึม (cytoplasm) มีเยื่อหุ้ม (โครงสร้างทางเคมีเหมือนเยื่อหุ้มเซลล์) 2 ชั้น เยื่อหุ้มชั้นในมีลักษณะพับไปมา เพื่อเพิ่มพื้นที่ในเกิดปฏิกิริยาเคมีภายใน ทำหน้าที่ปลดปล่อยพลังงานให้เซลล์ โดยภายในรอยพับของเยื่อหุ้มชั้นในมีเอ็นไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาสร้างพลังงานได้แก่ ปฏิกิริยา oxidation-reduction และปฏิกิริยา phosphorylation ปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญในการสร้างพลังงานให้แก่เซลล์ คือ วัฏจักรเครบ (krebs cycle) ซึ่งได้พลังงานและปลดปล่อยให้เซลล์ในรูป ATP (Adenosine triphosphate)

7.3 โครงสร้างและหน้าที่ของเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม (endoplasmic reticulum, ER)

เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม (endoplasmic reticulum) เป็นออร์แกเนล ที่เป็นเยื่อบางพับไปมา เรียกว่า ร่างแหเรติคูลัม ลักษณะเยื่อหุ้มมีโครงสร้างเหมือนเยื่อหุ้มเซลล์ เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม มีสองชนิด คือ 1. ชนิดที่มีไรโบโซมมาเกาะติดที่เยื่อหุ้ม เรียก เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม ชนิดหยาบ หรือ RER (rough endoplasmic reticulum) 2. ชนิดที่ไม่มี ไรโบโซมมาเกาะ เรียกว่า เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม ชนิดเรียบ หรือ SER (smooth endoplasmic reticulum)

เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม ชนิดหยาบ- เป็นตำแหน่งที่มีการสังเคราะห์โปรตีน ส่วนชนิดเรียบ- เชื่อมต่อเยื่อหุ้มนิวเคลียส และ กอลจิ คอมเพลกซ์ (golgi complex) เป็นตำแหน่งที่มีการสังเคราะห์ไขมัน ER ยังทำหน้าที่ขนส่งสารภายในเซลล์ และขนส่งสารออกนอกเซลล์ด้วย และยังทำหน้าที่สร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียสขณะที่แบ่งเซลล์

7.4 โครงสร้างและหน้าที่ของไลโซโซม (lysosome)

ไลโซโซม อยู่ในไซโทพลาสซึม มีลักษณะเป็นถุงกลม ๆ (เยื่อหุ้มไลโซโซมมีโครงสร้างเหมือนเยื่อหุ้มเซลล์) ภายในบรรจุเอนไซม์ย่อยสลายจำนวนมาก ทำหน้าที่โอบล้อมและย่อยสิ่งแปลกปลอมที่เป็นอันตรายภายในเซลล์และขับออกนอกเซลล์ หน้าที่หลักของไลโซโซมอีกอย่างคือ ย่อยสลายสารโมเลกุลภายในเซลล์ให้มีขนาดเล็กลงเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ และย่อยสลายส่วนประกอบของเซลล์ที่เสื่อมสภาพ ตลอดจนทำลายเซลล์ตัวเองเมื่อเซลล์เสื่อมสภาพหรือหมดอายุ

7.5 โครงสร้างและหน้าที่ของกอลจิคอมเพลก (Golgi complex) หรือ กอลจิบอดี (Golgi bodies)

กอลจิคอมเพลก มีลักษณะเป็นเยื่อ (โครงสร้างทางเคมีของเยื่อเหมือนเยื่อหุ้มเซลล์) เป็นท่อขดพับไปมามีลักษณะเหมือนพระจันทร์ครึ่งเสี้ยว ลักษณะคล้าย ER พบอยู่ใกล้นิวเคลียส ทำหน้าที่เก็บสารภายในเซลล์และนำสารในเซลล์ออกนอกเซลล์ และยังทำหน้าที่ปรับเปลี่ยนสารต่าง ๆ ที่อยู่ภายใน โดยกอลจิคอมเพลก จะเติมองค์ประกอบที่เป็นคาร์โบไฮเดรตให้กับโปรตีนที่ส่งผ่านมาจาก RER ทำให้ได้สารไกลโคโปรตีนภายในกอลจิคอมเพลก

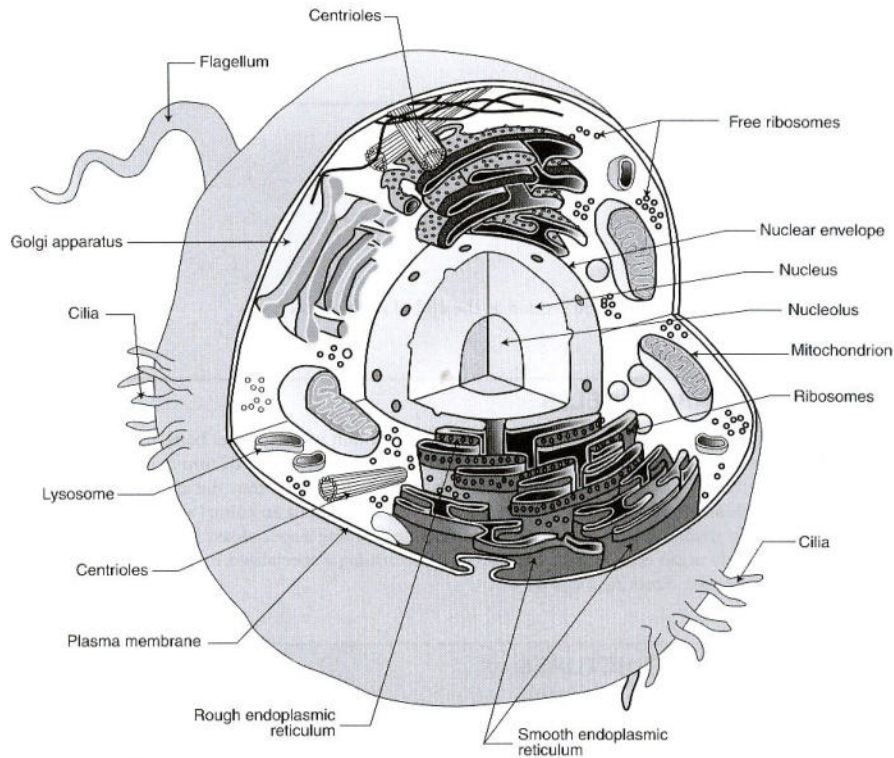
7.6 โครงสร้างและหน้าที่ของไรโบโซม (Ribosome)

ไลโบโซมเป็นออร์แกเนลล์ขนาดเล็ก เป็นตำแหน่งที่มีการสังเคราะห์โปรตีนภายในเซลล์ ไรโบโซมแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ 1. ไรโบโซมอิสระ (Free ribosome) กระจายตัวภายในเซลล์ไม่ยึดติดอยู่กับ ER โปรตีนที่สังเคราะห์ในไรโบโซม เช่น ฮีโมโกลบิน (Haemoglobin) ในเซลล์เม็ดเลือดแดง 2. ไรโบโซมยึดเกาะกับ ER (Attached ribosome) โปรตีนที่สังเคราะห์ที่ไรโบโซมชนิดนี้มักเป็นโปรตีนที่จะส่งออกนอกเซลล์

7.7 โครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส (Nucleolus)

นิวเคลียสเป็น ออร์แกเนลล์หนึ่งในเซลล์ที่ใหญ่ที่สุดในเซลล์ นิวเคลียสเป็นศูนย์กลางการควบคุมการทำงานของเซลล์ พบในเซลล์ทุกชนิด ยกเว้นเซลล์เม็ดเลือดแดงที่โตเต็มที่แล้ว ภายในนิวเคลียสบรรจุ โครโมโซม และมีเยื่อหุ้มที่มีรูเล็ก ๆ (nuclear pore) สำหรับเป็นทางให้สารผ่านเข้า-ออก นิวเคลียส หน้าที่หลักที่สำคัญของนิวเคลียสคือ เก็บรหัสข้อมูลพันธุกรรม และควบคุมขบวนการเมตาโบลิซึมและการสร้างโปรตีนภายในเซลล์

โครงสร้างและออร์แกเนลภายในเซลล์แสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงโครงสร้างของเซลล์สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม
ที่มา: Bowden (2003)

8. ขบวนการที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ (cellular processes)

มีหลายขบวนการของสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ ทั้งนี้ขบวนการที่เกิดขึ้นเป็นการทำหน้าที่ของเซลล์แต่ละเซลล์ และมีความจำเป็นต้องใช้พลังงาน มีการขับของเสีย การหายใจ และสืบพันธุ์ สภาวะปกติมีการนำสาร-เข้าออกเซลล์ตลอดเวลาทั้งนี้เพื่อให้เซลล์นั้นๆ คงสภาพที่เหมาะสมและทำหน้าที่ได้ตลอดเวลา และยาวนาน สำหรับการนำสารเข้า-ออกเซลล์นั้นมีหลายวิธีที่เกิดขึ้นได้ ได้แก่

8.1 การแพร่ผ่านโดยไม่ใช้พลังงาน เรียกว่า passive transport mechanism ได้แก่

8.1.1 การออสโมซิส (Osmosis) เป็นการแพร่ของน้ำจากสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำ (มีน้ำมาก) ผ่านเยื่อเลือกผ่าน (semi-permeable membrane) ไปยังสารละลายที่มีความเข้มข้นมาก (มีน้ำน้อย)

8.1.2 การแพร่ (Diffusion) เป็นการแพร่ของอนุภาคในสารละลายจากที่มีความเข้มข้นมากผ่านเยื่อเลือกผ่านไปยังสารละลายที่มีความเข้มข้นของอนุภาคในสารละลายนั้นน้อยกว่า

8.1.3 การแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของโมเลกุลโดยอาศัยตัวพา (carrier) เรียกการแพร่ผ่านนี้ว่า facilitated transport เป็นการแพร่ผ่านโดยอาศัยตัวช่วยนำเข้าและออกเซลล์ เป็นการแพร่เหมือนการแพร่ธรรมดา แต่อัตราการแพร่ขึ้นกับจำนวนตัวช่วย

8.2 การขนส่งสารเข้า-ออกเซลล์โดยใช้พลังงาน เรียกว่า active transport mechanism : เป็นการขนส่ง อนุภาคของสารละลายจากที่มีความเข้มข้นของอนุภาคนั้นต่ำผ่านเยื่อเลือกผ่านไปยังสารละลายที่มีความเข้มข้นของอนุภาคนั้นสูงโดยอาศัยพลังงานในการปั๊ม ตัวอย่างเช่น ในสภาวะปกติ ความเข้มข้นของ Na^+ นอกเซลล์จะสูงกว่าภายในเซลล์ เสมอ ในขณะที่ ความเข้มข้นของ K^+

ภายในเซลล์จะสูงกว่านอกเซลล์เสมอเช่นกัน ซึ่งเยื่อหุ้มต้องปั๊มเอา Na^+ ในเซลล์ออกนอกเซลล์ และ K^+ นอกเซลล์ เข้าในเซลล์ อยู่เสมอ เพื่อการรักษาลักษณะปกติอย่างนี้อยู่ได้

8.3 การนำสารเข้าเซลล์ที่เรียกว่า endocytosis เป็นการนำสารเข้าเซลล์โดยอาศัยการเข้าโอบล้อมของเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งเกิดขึ้นได้ในกรณีของการนำสารจำพวก ฮอร์โมน(hormones) สารภูมิคุ้มกัน (immunoglobulins) และ สิ่งแปลกปลอม (foreign body) เช่น ไวรัส

8.3.1 การนำสารที่เป็นของแข็งเข้าเซลล์จะยื่นเยื่อหุ้มเซลล์ออกมาโอบล้อมเรียกว่า phagocytosis หรือการใช้เท้าเทียม

8.3.2 การนำสารชนิดเหลวเข้าเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์จะเหว้าเข้า เพื่อโอบล้อม เรียกว่า pinocytosis

8.3.3 การนำสารออกจากเซลล์ ที่เรียกว่า exocytosis เป็นการนำสารออกจากเซลล์การหุ้มล้อมสารนั้นโดยเยื่อหุ้มเซลล์ก่อนปลดปล่อยออกนอกเซลล์ กรณีนี้เกิดขึ้นได้ในการนำสารสื่อประสาทและ ฮอร์โมนออกจากเซลล์ผลิต

เยื่อเลือกผ่าน หรือ semipermeable membrane จะยอมให้โมเลกุลของสารที่มีขนาดเล็กๆ ผ่านได้เท่านั้น (ให้นักศึกษานึกถึงกระดาษกรองที่ยอมให้อนุภาคของสารขนาดเล็ก ๆ เท่านั้นผ่านไปได้ เยื่อหุ้มเซลล์ (cell membranes) คุณสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่านด้วย ถ้ามีสารละลายอยู่ทั้งสองด้านของเยื่อเลือกผ่าน โดยด้านหนึ่งมีปริมาณของโมเลกุลของสารสูงกว่าอีกด้านตรงข้าม หรือ สารละลายที่มีความเข้มข้นของสาร (concentrate) มากกว่า ซึ่งตามกฎทางฟิสิกส์ที่ว่าสารละลาย 2 ส่วนที่มีความเข้มข้นต่างกันจะมีการปรับสมดุล (equalize) เพื่อให้ความเข้มข้นของทั้งสองข้างเท่ากัน ดังนั้น ถ้าโมเลกุลของสารมีขนาดเล็กพอ โมเลกุลสารนั้นก็เคลื่อนที่ผ่านเยื่อเลือกผ่านจากด้านที่มีปริมาณของสารมากกว่าไปยังด้านที่มีปริมาณสารน้อยกว่า จนกว่าความเข้มข้นของสารนั้นจะเท่ากันทั้งสองข้าง ลักษณะการเคลื่อนที่ผ่านของโมเลกุลของสารแบบนี้ว่าขบวนการแพร่ผ่าน (diffusion) การปรับให้สารละลายทั้งสองข้างมีความเข้มข้นของสารเท่ากันนอกจากขบวนการดังกล่าวข้างต้นแล้วยังสามารถเกิดการเคลื่อนที่ผ่านของโมเลกุลของน้ำ (water) จากด้านที่มีความเข้มข้นของสารน้อยกว่า (less concentrate) หรือด้านที่มีน้ำมาก ผ่านเยื่อเลือกผ่านไปทางด้านที่มีความเข้มข้นของสารมากกว่า (Higher concentrate) หรือด้านที่มีน้ำน้อยจนกระทั่งความเข้มข้นของสารละลายทั้งสองข้างเท่ากัน การเคลื่อนที่ผ่านเยื่อเลือกผ่านลักษณะนี้เรียกว่าการแพร่ผ่านของน้ำ (osmosis) แรงดันออสโมซิส หรือ osmosis pressure คือแรงดันที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงความเข้มข้นของสารละลาย สารละลายที่มีความเข้มข้นมากจะมีแรงดันออสโมซิสมากกว่า (more) สารละลายที่มีความเข้มข้นน้อย กล่าวคือ น้ำสามารถแพร่เข้าสู่สารละลายที่มีความเข้มข้นสูงได้ในปริมาณที่มากกว่าสารละลายที่มีความเข้มข้นของสารละลายน้อย ซึ่งต่างจากแรงดันที่เกิดจากความแตกต่างของความเข้มข้นของสารละลายสองชนิด เป็นแรงดันเนื่องจาก ความแตกต่างของความเข้มข้น (gradient) สารละลายสองชนิดที่มีแรงดันออสโมซิสเท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบกับกันเรียกว่า เป็นสารละลาย Isotonic ในขณะที่สารละลายที่มีแรงดันออสโมซิสสูงกว่า อีกสารละลายหนึ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับกัน เรียกสารละลายนั้นว่า สารละลาย hypertonic หรือสารละลายที่มีแรงดันออสโมซิสต่ำกว่าอีกสารละลายหนึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกัน เรียกสารละลายนี้ว่าสารละลาย hypotonic

9. การแบ่งเซลล์

9.1 การแบ่งเซลล์ แบบ Mitosis เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนและสร้างเซลล์ของร่างกายใหม่ขึ้นมา ยกเว้นเซลล์สืบพันธุ์ ผลที่ได้จากการแบ่งเซลล์คือ เซลล์ลูก 2 เซลล์ และแต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมในนิวเคลียสเท่ากับกับจำนวนโครโมโซมในนิวเคลียสของเซลล์แม่ เรียก จำนวนโครโมโซมลูกที่ได้เท่ากับของแม่ว่า diploid nuber

การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitosis) แบ่งออกเป็น 5 ระยะ (ภาพที่ 2.5) คือ

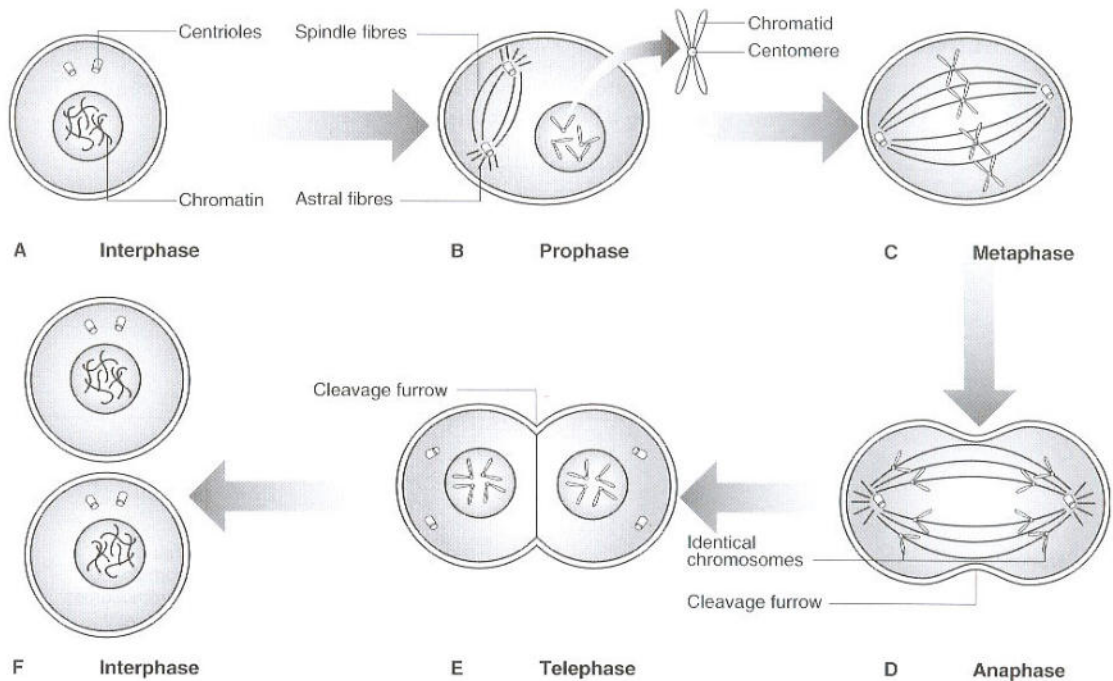
1) ระยะอินเตอร์เฟส (interphase) เป็นระยะที่เซลล์อยู่ในระหว่างเจริญเต็มที่หรือเรียกว่า ระยะพัก(resting state) เซลล์จะเริ่มมีการจัดตัวของเส้นโครมาติน (chromatin filament) เซนทริโอล แบ่งออกเป็น 2 เซนทริโอล

2) ระยะโพรเฟส (prophase) เป็นระยะที่เยื่อหุ้มนิวเคลียสเริ่มจาง เซนทริโอลแต่ละอันเริ่มเจริญเติบโตและทำหน้าที่ได้ (active) เซนทริโอลจะแยกออกจากกันเป็น 2 เซนทริโอลไปอยู่แต่ละด้านของเซลล์ เริ่มมีแอสเตอร์ (aster) ที่จะเปลี่ยนเป็นสปรินเดิลไฟเบอร์ (spindle fiber) ปรากฏให้เห็นเพื่อทำหน้าที่ในการยึดโยงเซนทริโอล โครมาตินที่เป็นเส้นจะหดตัวเล็กลง กลายเป็นโครโมโซมทำให้เห็นโครโมโซมชัดขึ้น โดยโครโมโซมจะจัดตัวกันเป็นคู่ จากนั้นจะแบ่งตัวตามยาวได้เป็น 2 โครมาติด (chromatid) ระยะนี้นิวคลีโอลัส (nucleolus) จะเริ่มจางหายไปจากเซลล์

3) ระยะเมตาเฟส (metaphase) โครโมโซมจะมาจัดตัวเรียงกันอยู่บริเวณแนวกึ่งกลางเซลล์ แต่ละโครมาติดจะมีรอยคอดแห่งหนึ่งและมีปมตรงกลางเรียกว่าเซนโตรโซม (centrosome หรือ kinetoshore) ปมที่เกิดขึ้นนี้คือจุดที่เส้นสปรินเดิลไฟเบอร์มายึดโยงโครมาติดแต่ละอันไว้ด้วยกัน และเซนทริโอลแต่ละอันจะอยู่ที่ขั้วเซลล์แต่ละข้าง จากนั้นสปรินเดิลไฟเบอร์จะหดตัวมีผลให้เซนโตรโซมของโครโมโซมที่เรียงตัวกันอยู่ตรงกลางเซลล์ แยกออกจากกันโดยโครมาติดแต่ละข้างเริ่มแยกออกจากกันได้เล็กน้อย

4) ระยะอะนาเฟส (anaphase) ระยะนี้โครมาติดเริ่มแยกตัวออกจากกัน โดยสปรินเดิลไฟเบอร์ที่ยึดโยงโครมาติดแต่ละข้างของโครโมโซมจะหดตัวสั้นลง ดึงให้โครมาติดแต่ละอันแยกออกไปเข้าใกล้ขั้วเซลล์ในแต่ละข้าง ผนังเยื่อหุ้มเซลล์เริ่มคอดตัวตรงแนวกลางเซลล์ ขณะนี้โครมาติดแต่ละกลุ่มมาเรียงกันอยู่ที่แต่ละข้างของขั้วเซลล์

5) ระยะเทโลเฟส (telophase) โครโมโซมลูกที่รวมกันอยู่ที่ขั้วเซลล์จะจับกันเป็นเส้น เยื่อหุ้มเซลล์คอดตัวในแนวกลางเซลล์มากขึ้น และเริ่มปรากฏเยื่อหุ้มนิวเคลียสใหม่ สปรินเดิลไฟเบอร์เริ่มหายไปจากเซลล์ โครโมโซมที่เป็นเส้นจะสลายตัวกลายเป็นเม็ด (chromatin granule) กระจายไปทั่วนิวเคลียส เริ่มปรากฏนิวคลีโอลัสของแต่ละเซลล์ที่นิวเคลียสของเซลล์ที่จะเจริญไปเป็นเซลล์ลูกแล้วเยื่อหุ้มเซลล์จะคอดตัวมากขึ้นจนกระทั่งแบ่งแยกให้เซลล์แต่ละเซลล์แยกออกจากกันเด็ดขาด



ภาพที่ 2.5 แสดงการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส มี 5 ระยะ คือ A= interphase, B=prophase, C=metaphase, D= anaphase, E=telephase และ F= เซลล์ลูกที่โตเต็มที่แล้วก็สามารถแบ่งเซลล์ได้

ที่มา: Colville and Bassert (2002)

9.2 การแบ่งเซลล์แบบ Meiosis เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ เกิดขึ้นในอวัยวะที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์เท่านั้น (อัณฑะและรังไข่) ผลที่ได้จากการแบ่งเซลล์คือ ได้เซลล์สืบพันธุ์ 4 เซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมในนิวเคลียส เป็นครึ่งหนึ่งของจำนวนโครโมโซมในนิวเคลียสเซลล์แม่ เรียก จำนวนโครโมโซมลักษณะนี้ว่า haploid number ซึ่งเมื่อเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียรวมกัน หรือ เกิดปฏิสนธิกัน จำนวนโครโมโซมก็จะกลับมาเท่ากับของเซลล์พ่อแม่

การแบ่งเซลล์แบบ mitosis เป็นลักษณะการแบ่งเซลล์รอบเดียว ในขณะที่ meiosis เป็นการแบ่งเซลล์ สองรอบ การแบ่งเซลล์แบบ meiosis มีการไขว่กันของโครโมโซมเพื่อแลกเปลี่ยนพันธุกรรม เรียกการไขว่กันนี้ว่า ‘crossing over’ การที่เซลล์ลูกหรือเซลล์สืบพันธุ์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบ meiosis มีจำนวนโครโมโซมลดลงเป็น haploid บางครั้งอาจเรียกการแบ่งเซลล์แบบ meiosis ได้อีกอย่างหนึ่งว่า การแบ่งเซลล์แบบ ‘reduction division’

เซลล์สืบพันธุ์ 4 เซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์ในสัตว์เพศเมีย มีเพียงเซลล์เดียวเท่านั้นที่เจริญและกลายเป็นไข่ เพื่อปฏิสนธิ ในขณะที่ อีก 3 เซลล์จะฝ่อไป กลายเป็น polar bodies

การแบ่งเซลล์สืบพันธุ์หรือการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis) นิวเคลียสจะถูกแบ่งออก 2 ครั้ง ครั้งแรกจะเป็นการแบ่งนิวเคลียสเพื่อลดจำนวนโครโมโซมลงให้เหลือครึ่งหนึ่งจากเดิม (haploid chromosome, n) การแบ่งเซลล์หรือการแบ่งนิวเคลียสครั้งที่สองจะเป็นการแบ่งเซลล์ที่คล้ายกับการ

แบ่งเซลล์ร่างกาย ผลการแบ่งเซลล์จะได้เซลล์ใหม่ทั้งหมด 4 เซลล์ การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสแบ่งได้เป็นการแบ่งเซลล์ครั้งที่ 1 และการแบ่งเซลล์ครั้งที่ 2

การแบ่งเซลล์ครั้งที่ 1 (meiosis I) มีระยะต่าง ๆ ดังนี้

1) ระยะโพรเฟส (prophase I) สามารถแบ่งแยกออกเป็น 5 ระยะย่อยๆ ด้วยกันคือ

ระยะเลพโตทีน (leptotene) โครโมโซมจะปรากฏให้เห็นเป็นเส้นยาวๆ ขดไปขดมาในนิวเคลียส

ระยะไซโกทีน (zygotene) เป็นระยะที่โครโมโซมที่มีรูปร่างเหมือนกันหรือเป็นคู่กันจะมาจับกันเป็นคู่

ระยะเพคคิทีน (pachytene) โครโมโซมที่เป็นคู่กันจะหดตัวหนาขึ้นเป็นเส้นสั้นๆ ได้เป็นโครมาติด

ระยะดิพโททีน (diplotene) โครโมโซมแต่ละอันจะแยกตัวออกเป็น 2 โครมาติด ในแต่ละคู่ที่มาจับคู่ กันจะมีโครมาติด 4 เส้น แต่ละโครมาติดที่แยกจากกันจะมีการไขว้กันของโครมาติดเรียกว่าเกิดการ ไคเอสมาต้า (chiasmata) และมีการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของโครมาติด (crossing over)

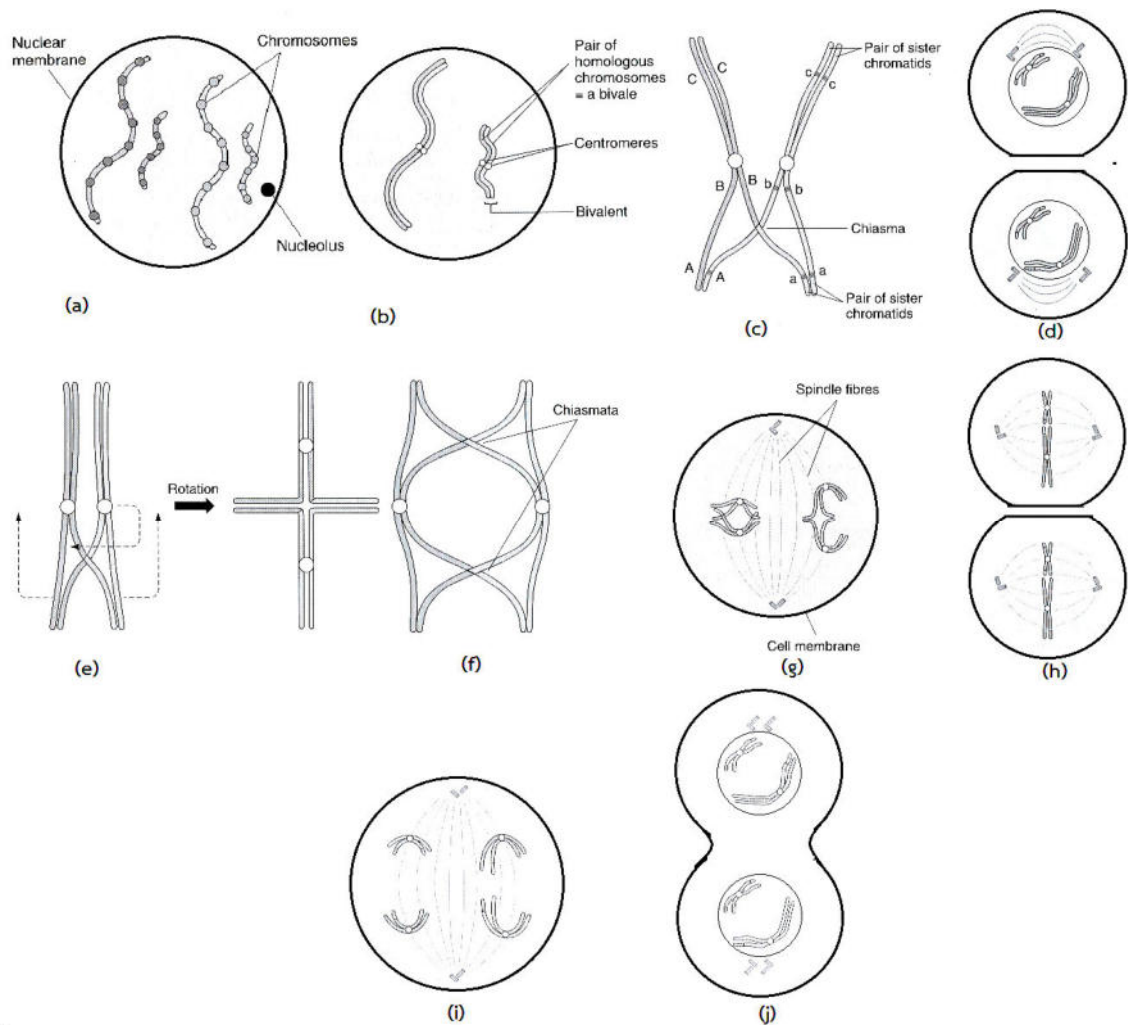
ระยะไดอะคิเนซิส (diakinesis) โครโมโซมจะหดตัวสั้นลงและนิวคลีโอลัสจะเริ่มจางหายไป

2) ระยะเมตาเฟส (metaphase I) โครโมโซมมาเรียงตัวกันที่แนวกึ่งกลางเซลล์ เซนทริโอลจะ แยกไปที่แต่ละข้างของขั้วเซลล์ และมีสปรินเดิลไฟเบอร์ยึดโยงระหว่างแต่ละโครมาติด

3) ระยะอะนาเฟส โครมาติดจะแยกตัวออกเป็น 2 คู่และแต่ละคู่จะแยกตัวออกไปที่แต่ละขั้ว ของเซลล์ ระยะเทโลเฟส เกิดเยื่อหุ้มนิวเคลียสล้อมโครโมโซมใหม่ที่อยู่ที่ขั้วเซลล์ ไซโทพลาสซึมจะคอดตัวเพื่อแบ่งเซลล์ออกเป็น 2 เซลล์ ระยะนี้โครโมโซมจะมีเพียงครึ่งหนึ่งเท่านั้น (haploid chromosome)

4) ระยะเทโลเฟส เกิดเยื่อหุ้มนิวเคลียสล้อมโครโมโซมใหม่ที่อยู่ที่ขั้วเซลล์ ไซโทพลาสซึมจะ คอดตัวเพื่อแบ่งเซลล์ออกเป็น 2 เซลล์ ระยะนี้โครโมโซมจะมีเพียงครึ่งหนึ่งเท่านั้น (haploid chromosome)

การแบ่งเซลล์ครั้งที่ 2 เป็นการแบ่งเซลล์แบบคล้ายกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์จาก 2 เป็น 4 เซลล์



ภาพที่ 2.6 แสดงการแบ่งเซลล์ meiosis

ที่มา: Tartaglia and Waugh (2002)

10 เนื้อเยื่อร่างกาย

เนื้อเยื่อร่างกายเป็นการรวมของเซลล์หลายเซลล์ เพื่อทำหน้าที่ที่ซับซ้อนและเฉพาะมากขึ้น เนื้อเยื่อหลายเนื้อเยื่อรวมกันทำหน้าที่ซับซ้อนยิ่งขึ้นและเฉพาะยิ่งขึ้นกลายเป็นอวัยวะ เนื้อเยื่อร่างกายของสัตว์มี 4 ชนิดคือ

- 10.1 เนื้อเยื่อบุผิว (epithelial tissue)
- 10.2 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue)
- 10.3 เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (muscle tissue)
- 10.4 เนื้อเยื่อประสาท (nerve tissue)

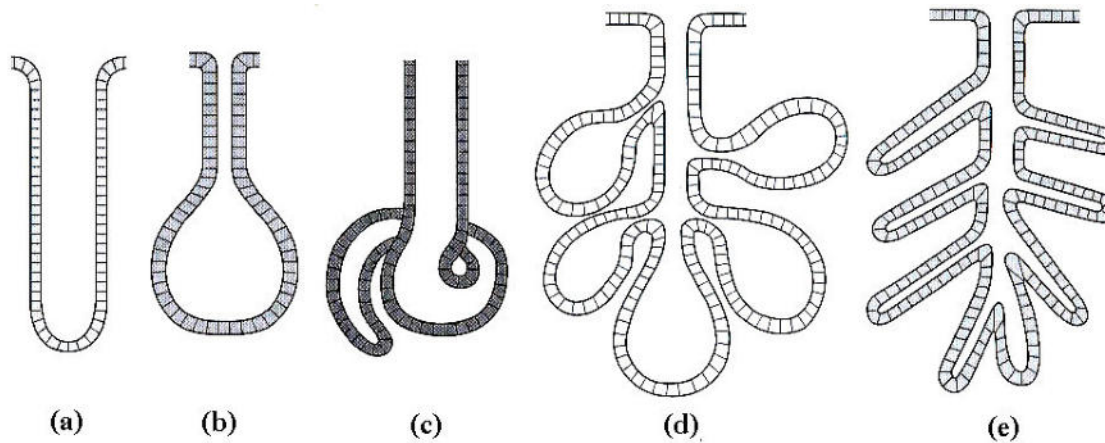
เนื้อเยื่อในร่างกายทั้งหมด จะถูกจัดอยู่ใน 1 ใน 4 กลุ่มนี้

10.1 เนื้อเยื่อบุผิว (epithelial tissue)

เนื้อเยื่อบุผิวจะบุหรือ คลุมอยู่ที่ผิวของอวัยวะ และช่องว่าง ประกอบด้วยสองชนิดคือ 1.

เนื้อเยื่อบุผิวแบบง่าย (simple) คือ ชนิดที่กลุ่มเซลล์เรียงกันชั้นเดียว บน basement membrane มี

โครงสร้างไม่ซับซ้อน เรียก simple epithelial 2. เนื้อเยื่อผิวหนังที่มีโครงสร้างซับซ้อน (compound) คือ ชนิดที่กลุ่มเซลล์วางซ้อนกันมากกว่า 1 ชั้น เรียก stratified epithelial ถ้าแบ่งชนิดของเนื้อเยื่อผิวหนังตามรูปร่างของเซลล์ที่อยู่ชั้นบนๆ แบ่งออกได้แก่ 3 ชนิด คือ เซลล์รูปร่างแบนบาง (squamous) เซลล์รูปร่างรูปเหลี่ยมลูกบาศก์ (cuboid) และเซลล์รูปแท่งทรงกระบอก (columnar)



ภาพที่ 2.7 แสดงชนิดของต่อมมีท่อ แบ่งตามลักษณะโครงสร้างทางจุลกายวิภาค ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆคือ ต่อมที่มีโครงสร้างแบบง่าย (simple) และมีโครงสร้างซับซ้อน (compound) จากรูป (a), (b) และ (c) เป็นชนิด simple ซึ่ง (a) เรียกว่า simple tubular gland พบได้ที่ ต่อมที่กระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก, (b) เรียกว่า simple alveolar (saccular gland) พบได้ที่ ต่อมไขมัน (sebaceous glands) ใต้ผิวหนัง ส่วน (c) เรียกว่า simple coiled gland พบได้ที่ ต่อมเหงื่อที่ขมุก และ ฝ่าเท้า ของสุนัข ในขณะที่ (d) และ (e) เป็นชนิด compound ซึ่ง (d) เรียกว่า compound alveolar glands พบได้ที่ ต่อมน้ำลาย และ (e) เรียกว่า compound tubular gland พบได้ในต่อมที่ลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenal glands)

ที่มา: Tartaglia and Waugh (2002)

ดังนั้นเนื้อเยื่อผิวหนังจึงแบ่งออกเป็นชนิดต่าง ๆ ดังนี้

1) Simple squamous epithelial เป็นเนื้อเยื่อผิวหนังที่บาง เซลล์ชั้นเดียวบน basement membrane มีลักษณะคล้ายรูปกระสวย บ่อยตามผิวของอวัยวะป้องกันไม่ให้เกิดการยึดติดกันของอวัยวะ ตลอดจนอวัยวะที่มีสารไหลผ่าน เช่น เนื้อเยื่อผิวหนังของเยื่อผนังช่องท้อง (peritoneum membrane) เยื่อผนังช่องอก (pleural membrane) และ เยื่อหุ้มอวัยวะภายใน (visceral membrane) หรือพบได้ที่ผนังเส้นเลือด และ ถุงลมปอด (alveoli)

2) Cuboidal (Cubic) หรือ cubical epithelial tissue เป็นเนื้อเยื่อผิวหนังชนิดพิเศษและพบได้ที่ ท่อนหน่วยไต และ เนื้อเยื่อในตับ (liver) โดยเซลล์มีรูปร่างคล้ายลูกบาศก์ เรียงกันชั้นเดียว basement membrane

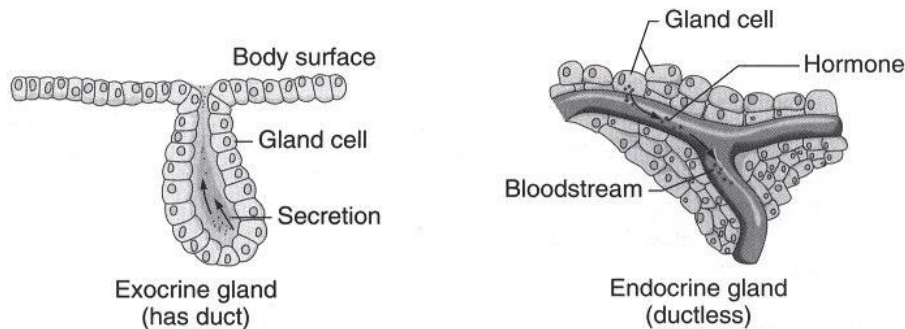
3) Simple columnar epithelial tissue เซลล์มีลักษณะเป็นทรงสูง เรียงกันชั้นเดียว basement membrane ส่วนมากที่ผิวเซลล์มีขนเล็ก ๆ (cilia) บางครั้งอาจเรียกว่า เรียกว่า ciliated columnar epithelial tissue ในเนื้อเยื่ออาจพบเป็นเซลล์ โกลเบลต (goblet) ซึ่งเป็นเซลล์เดี่ยวและทำหน้าที่เป็นต่อม (single-celled glands) ผลิตน้ำเมือกเหนียว (mucus) ปล่อยออกสู่ผิวนอกและถูกพัดโบกให้เคลื่อนที่กระจายทั่วผิวโดยซีเลีย (cilia) ลักษณะการมีน้ำเมือกและการพัดโบกของ ซีเลียเช่นนี้นับว่าเป็นประโยชน์ ตัวอย่างเช่น ที่เยื่อบุช่องจมูก มีซีเลีย และเยื่อเมือกคอยพัดและนำพาเอาสิ่งแปลกปลอมไม่ให้ลงสู่ระบบท่อทางหายใจส่วนล่าง ระบบการนำพาลักษณะนี้คล้ายกับระบบ สายพาน นอกจากนี้ยังพบเนื้อเยื่อบุผิวชนิดนี้ได้ที่ท่อนำไข่ (oviduct) ซึ่งคอยพัดโบกให้ไข่หรือเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียเคลื่อนที่ไปตามท่อได้ และพบได้ในระบบทางเดินอาหารด้วยเช่นกัน

4) stratified squamous และ transitional epithelial tissue โดย stratified squamous epithelial tissue มีเซลล์แถวชั้นบนสุดด้านผิวของเนื้อเยื่อมีลักษณะคล้ายกระสวย พบได้ที่ บริเวณที่จะเกิดการหลุดลอกของผิวจากการเสียดสีได้ เช่น ช่องปาก และอวัยวะในระบบสืบพันธุ์ (Genital) เนื้อเยื่อ stratified squamous epithelial ของผิวหนัง ที่ผิวของเนื้อเยื่อมีสารเคราติน (keratin) ซึ่งเป็นสารโปรตีนแข็งและเหนียวเคลือบอยู่ ผิวหนังแต่ละที่มีสารเคราตินในปริมาณที่ต่างกัน ซึ่งเป็นเหตุผลให้ผิวมีลักษณะปรากฏแตกต่างกัน บริเวณที่พบมีโปรตีนดังกล่าวในปริมาณที่มากได้แก่ ฝ่าเท้าสุนัข (foot pad) ส่วน transitional epithelial tissue รูปร่างของเซลล์ไม่แน่นอนขึ้นกับการยืดและหดของเนื้อเยื่อ พบได้ที่ท่อไต (ureter) กระเพาะปัสสาวะและท่อทางเดินปัสสาวะ ซึ่งเนื้อเยื่อนี้สามารถหดและขยายได้อย่างมาก ซึ่งเป็นประโยชน์ในการเก็บกักปัสสาวะ (urine) ในกระเพาะปัสสาวะได้มากเมื่อมีการกั้นปัสสาวะ เมื่อมีปัสสาวะในกระเพาะอย่างมากจำนวนชั้นของเซลล์ของเนื้อเยื่อก็จะลดลง

เยื่อเมือกเหนียว (mucous membrane) ในระบบท่อต่างๆของร่างกาย เช่น ระบบทางเดินอาหาร ระบบสืบพันธุ์ เป็นเนื้อเยื่อบุผิว ที่ทำหน้าที่สร้างเมือกเหนียวเพื่อเคลือบผิวป้องกันการเสียดสี เยื่อเมือกใสคล้ายซีรัม (สื่อน้ำฟางข้าว) (serous membrane) ในเยื่อบุผิวของช่องว่างในร่างกายทำหน้าที่สร้างน้ำเหลวใสคล้ายซีรัมมาหล่อลื่นอวัยวะภายในป้องกันการยึดติดกัน และลดแรงเสียดสี

เนื้อเยื่อบุผิวในร่างกายส่วนมากแล้ว เรียกว่า *epithelium* แต่ เนื้อเยื่อบุผิวที่บุผิวของหัวใจ หลอดเลือด และ ท่อน้ำเลือด เรียกเรียกว่า *endothelium*

ต่อมต่าง ๆ ในร่างกายมีโครงสร้างเป็นเนื้อเยื่อบุผิวชนิดหนึ่ง ที่โครงสร้างเนื้อเยื่อบุผิวทำหน้าที่ในการสังเคราะห์และหลั่งสารเหลว (ภาพที่ 2.7) โดยคำศัพท์เทคนิคที่ใช้นำหน้า (prefix) คำอื่นที่มีความหมายเกี่ยวกับต่อม คือ adeno- ซึ่งต่อมในร่างกายแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ ต่อมมีท่อ (exocrine gland) ขับหลั่งสารคัดหลั่ง (secretion) ออกนอกร่างกายโดยขับส่งไปตามท่อ และ ต่อมไร้ท่อ (endocrine gland) ขับหลั่งฮอร์โมน (Hormone) ออกจากต่อมเข้าสู่กระแสเลือด (ภาพที่ 2.8) และไปตามน้ำเลือดไปยังอวัยวะเป้าหมาย ไม่มีการขับออกนอกร่างกาย



ภาพที่ 2.8 ต่อมในร่างกาย 2 ชนิด exocrine gland และ endocrine gland
ที่มา: Romich (2006)

12. เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue)

12.1 ส่วนประกอบของเนื้อเยื่อ

เนื้อเยื่อเกี่ยวพันเป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ในการยึดเหนี่ยวเนื้อเยื่ออื่นๆให้ติดอยู่ด้วยกัน ตามชื่อของเนื้อเยื่อที่เรียกว่าเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เป็นเนื้อเยื่อที่มีโครงสร้างเหนียว ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ

1. เซลล์ ซึ่งส่วนใหญ่คือ เซลล์สร้างเส้นใยเรียกว่า fibroblast และอาจมีเซลล์อื่น เช่น เซลล์เม็ดเลือดขาว เซลล์ไขมัน (adipose cell) 2. เส้นใย (fiber) ได้แก่ เส้นใยคอลลาเจน (collagen fiber) และเส้นใย อีลาสติน (elastic fiber) 3. สารพื้นหรือเรียกว่าMatrix ซึ่งเป็นสารเหนียว โดยมีเซลล์และเส้นใยกระจายอยู่

12.1 ชนิดของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน แบ่งตามความหนาแน่นของโครงสร้างภายในได้ 5 ชนิดคือ

1) เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดโปร่งบาง (loose connective tissue) มีโครงสร้าง บางๆ ไม่หนาแน่นมาก เส้นใยสร้างจาก fibroblast เป็น collagen fiber มีไม่มาก ได้แก่พังผืดขาใต้ผิวหนัง (fascia) ที่เรียกว่า superficial fascia และพังผืดหุ้มอวัยวะต่างๆ

2) เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดแน่นทึบ (Dense connective tissue) มีส่วนประกอบของเส้นใย collagen fiber จำนวนมาก สร้างจาก fibroblast ทำให้เนื้อเยื่อแข็งแรงและเหนียวมาก พบได้ในเอ็นของกล้ามเนื้อยึดกระดูก (tendons) , เอ็นของกระดูกยึดกระดูก (ligaments) เยื่อพังผืดหนาที่หุ้มกล้ามเนื้อ เรียกว่า deep fascia

3) กระดูกอ่อน (cartilage) เนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มี matrix แข็งกว่า 2 ชนิดแรก เป็นเนื้อเยื่อที่สร้างจากมีเซลล์กระดูกอ่อนที่เรียกว่า chondrocyte โครงสร้างเนื้อเยื่อถูกล้อมรอบด้วยเยื่อหุ้มกระดูกอ่อน เรียกว่า perichondrium เส้นเลือดมาเลี้ยงเนื้อเยื่อสิ้นสุดที่ เยื่อหุ้มนี้ ภายในเนื้อเยื่อจึงได้รับอาหารจากการแพร่ผ่านจากเยื่อหุ้มเข้าสู่ภายใน แบ่งออกเป็น 3 ชนิด (ภาพที่ 2.9) คือ

3.1) Hyaline cartilage พบได้เป็นส่วนมาก เช่น กระดูกอ่อนตรงรอยต่อกระดูกซี่โครงกับกระดูกสันอก (Costal cartilage) โครงกระดูกของตัวอ่อนขณะอยู่ในครรภ์แม่ (early fetal skeleton) กระดูกอ่อนที่คลุมผิวหน้าข้อต่อของกระดูก (articular surfaces of joint)

3.2) Fibrous cartilage พบได้ในกระดูกอ่อนส่วนที่ต้องการความแข็งแรง เช่น หมอนรองกระดูก (intervertebral disc)

3.3) Elastic cartilage พบได้ในกระดูกอ่อนที่ต้องการความยืดหยุ่นสูง เช่น ฝาปิดกล่องเสียง (epiglottis) กระดูกอ่อนที่ใบหู (pinnae) กระดูกอ่อนที่จมูก (rhinarium)

4) เลือด (blood) (อ่านรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในบทที่ 5)

5) กระดูก (bone) (อ่านรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในบทที่ 4)

13 อวัยวะ (organs) และระบบอวัยวะ (organ system)

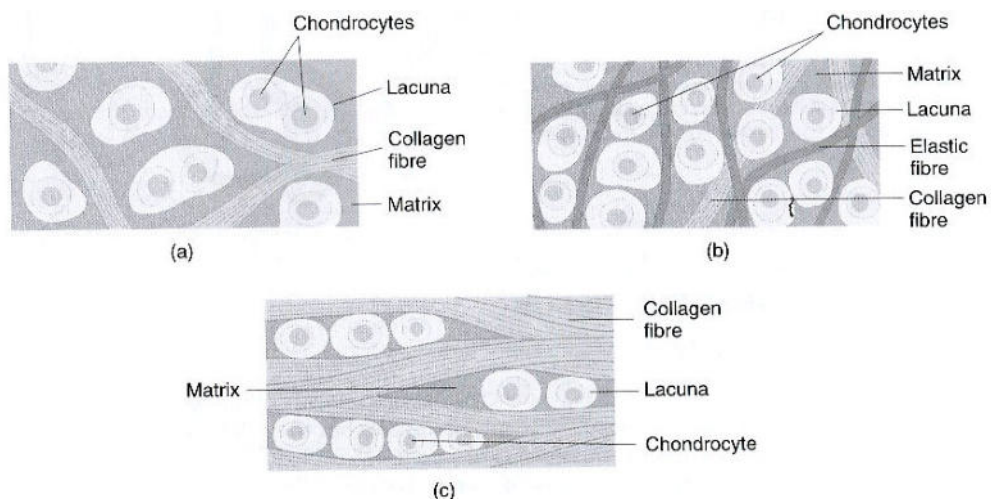
13.1 อวัยวะ (organ) อวัยวะประกอบด้วยเนื้อเยื่อหลายชนิดมารวมกัน เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ภายในร่างกาย อวัยวะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

13.1.1 อวัยวะที่มีลักษณะเป็นท่อกลาง มีลักษณะประกอบด้วย ผนังชั้นใน (Inner Layer) เป็นชั้นเนื้อบุผิว ผนังชั้นกลาง (Middle Layer) เป็นชั้นกล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle) และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ผนังชั้นนอก (Outer layer) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและเนื้อเยื่อบุผิว

ตัวอย่างอวัยวะที่เป็นลักษณะท่อกลาง ได้แก่ หัวใจ ปอด อวัยวะในระบบทางเดินอาหาร มดลูก กระเพาะปัสสาวะ เป็นต้น

13.1.2 อวัยวะที่เป็นเนื้อแน่น (Parenchymal organs) คือ อวัยวะที่มีลักษณะเป็นเนื้อแน่นไม่เป็นท่อ ล้อมรอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ของอวัยวะเรียกว่า พาเรนไคมา (Parenchyma) ซึ่งพาเรนไคมาอาจแบ่งออกเป็นเนื้อเยื่อส่วนนอก เรียกว่า คอร์เทค (cortex) และเนื้อเยื่อส่วนในเรียกว่า เมดัลลา (Medulla) ตัวอย่างอวัยวะในกลุ่มนี้ ได้แก่ ตับ รังไข่ ไต

13.2 ระบบอวัยวะ (organ system) อวัยวะหลาย ๆ อวัยวะรวมกันทำหน้าที่คล้ายกัน เรียกว่า ระบบอวัยวะ (organs system) ระบบอวัยวะในร่างกายสัตว์แบ่งออกได้เป็นดังตารางที่ 2.1



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างของกระดูกอ่อนชนิดต่างๆ (a) กระดูกอ่อนชนิด Hyaline (b)

กระดูกอ่อนชนิด Elastic (c) กระดูกอ่อนชนิด Fibrocartilage

ที่มา: Tartaglia and Waugh (2002)

ตารางที่ 2.4 ระบบและอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย

ระบบ (system)	อวัยวะที่สำคัญ (organs)
ระบบปกคลุมร่างกาย (integumentary system)	ผิวหนัง (skin) ต่อมต่าง ๆ ในผิวหนัง เช่น ต่อมเหงื่อ
ระบบกล้ามเนื้อ (muscular system)	กล้ามเนื้อลายที่ติดอยู่กับกระดูก กล้ามเนื้อเรียบที่อวัยวะภายในต่าง ๆ และกล้ามเนื้อหัวใจ
ระบบโครงร่าง (skeletal system)	กระดูก (bones)
ระบบประสาท (nervous system)	สมอง (brain) ไขสันหลัง (spinal cord) เส้นประสาท (nerve)
ระบบไหลเวียนเลือด (blood circulation)	หัวใจ (heart) เส้นเลือดแดง (arteries) เส้นเลือดดำ (vein)
ระบบน้ำเหลือง (lymphatic system)	ท่อน้ำเหลือง (lymph vessel) และต่อมน้ำเหลือง (lymph node)
ระบบหายใจ (respiratory system)	ช่องจมูก หลอดลม (trachea) ปอด (lung)
ระบบทางเดินอาหาร (gastrointestinal system)	ปาก (mouth) หลอดอาหาร (esophagus) กระเพาะอาหาร (stomach) ลำไส้ (intestine)
ระบบขับถ่ายปัสสาวะ (urinary system)	ไต (kidney) กระเพาะปัสสาวะ (urinary bladder)
ระบบต่อมไร้ท่อ (endocrine system)	ต่อมไร้ท่อต่าง ๆ เช่น ต่อมไทรอยด์ (thyroid)
ระบบสืบพันธุ์ (reproductive system)	เช่น รังไข่ (ovary) อัณฑะ (testis) มดลูก (uterus)
ระบบอวัยวะรับรู้ความรู้สึกพิเศษ (sensory system)	จมูก (nose) ลิ้น (tongue) ตา (eyes) หู (ear)

คำศัพท์ที่นักศึกษาควรทราบ

คำศัพท์เกี่ยวกับองค์ประกอบของร่างกาย

Acidosis = สภาวะที่ร่างกายเป็นกรด ซึ่ง pH ในร่างกายต่ำกว่าปกติ

Alkalosis = สภาวะที่ร่างกายเป็นด่าง ซึ่ง pH ในร่างกายสูงกว่าปกติ

Blood = เลือด ซึ่งมีของเหลวที่เรียกว่า Plasma หรือ น้ำเลือด

Cells = หน่วยที่ทำงาน (functional unit) ของร่างกายที่เล็กที่สุด

Extracellular = นอกเซลล์ เช่น Extracellular fluid = ของเหลวนอกเซลล์

Extracellular fluid = ของเหลวนอกเซลล์ ซึ่งมีประมาณ 20 (twenty) เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

Inorganic = สารอนินทรีย์ เช่น แร่ธาตุ

Ion = อะตอมที่มีประจุ

Intracellular fluid (ICF) = ของเหลวในเซลล์ ซึ่งมีประมาณ 40 (forty) เปอร์เซ็นต์ของ น้ำหนักตัว

Minerals = แร่ธาตุ เช่น Mg (Magnesium), K (Potassium), Na (Sodium), Ca (Calcium)

Organic = สารอินทรีย์ ได้แก่สารที่มี คาร์บอนเป็นองค์ประกอบ

Osmosis = ขบวนการเคลื่อนที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของน้ำ

pH = ย่อมาจาก per hydrogen ซึ่งเป็นหน่วยวัดความเป็นกรดและด่างของสาร

Transcellular fluid = ของเหลวที่อยู่ในช่องว่างของร่างกาย เช่น ช่องท้อง Abdominal

Urine = ปัสสาวะ ซึ่งเป็นการสูญเสียน้ำที่เกิดจากการขับออกจากไต

คำศัพท์เกี่ยวกับเนื้อเยื่อ

Bone= กระดูก ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดหนึ่งที่มีลักษณะแข็ง (rigid matrix)

Cuboidal epithelial tissue = เนื้อเยื่อบุผิวชนิด เซลล์ชั้นบนมีรูปร่างเป็นแบบลูกบาศก์ บางครั้งอาจเรียกว่า cubical epithelial tissue

chondro- = เป็นคำนำหน้า (prefix) คำศัพท์ ที่มีความหมายกระดูกอ่อน

Dense =เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดแน่น หรือ เรียกว่า dense connective tissue พบได้ใน เอ็น ligaments

Embryonic = ตัวอ่อน ซึ่งอยู่ในมดลูกของแม่ มีระบบโครงร่าง หรือกระดูกที่ยัง เป็นกระดูกอ่อนอยู่ ซึ่งเป็นกระดูกอ่อนชนิด hyaline

Endothelium = เนื้อเยื่อบุผิวที่บุโพรงหัวใจ เส้นเลือด และท่อน้ำเหลือง

Hormone = ฮอรโมน เป็นสารโปรตีน หรือสเตอรอยด์ที่หลั่งจากต่อมไร้ท่อ (edocrine)

Hyaline cartilage = กระดูกชนิดหนึ่งที่พบได้เป็นส่วนมากในร่างกาย

Keratin =สารโปรตีนแทรกที่ผิวหนัง

Ligament = เอ็นที่ยึดระหว่างกระดูกกับกระดูก

Loose connective tissue = เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดโปร่งบาง อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Areolar connective tissue

Myo-= เป็นคำนำหน้าคำศัพท์ที่มีความหมายเกี่ยวกับกล้ามเนื้อ

Mucous membrane = เนื้อเยื่อบุผิวที่สร้างน้ำเมือก (mucus)

Mesothelium = เนื้อเยื่อบุผิวที่บุผนังช่องว่างร่างกาย

Nerve = เส้นประสาท เป็นเนื้อเยื่อประสาทที่ทำหน้าที่ในการส่งคลื่นกระแสประสาท หรือ impulses

Scars=แผลเป็นซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดแน่น (dense connective tissue) ที่เกิดขึ้นหลังจากแผลหาย

Tendon = เอ็นที่ยึดระหว่างกล้ามเนื้อกับกระดูก

Transitional epithelial tissue = เนื้อเยื่อผิวหนังที่เซลล์เรียงกันหลายชั้น และขยายและหดลงได้ พบได้ใน ท่อไต (Ureter) ซึ่งถ้ามีปัสสาวะไหลเข้าท่อจะทำให้โพรงท่อขยาย และเนื้อเยื่อผิวหนังของท่อแบนลง แต่ในกรณีที่ไม่มีปัสสาวะไหลผ่าน ขนาดโพรงท่อเล็กลงแต่ เนื้อเยื่อผิวหนังหนาขึ้น

คำศัพท์เกี่ยวกับเนื้อเยื่อช่องว่างร่างกายและอวัยวะภายในช่องว่างร่างกาย

Mesothelium = เนื้อเยื่อผิวหนังที่เยื่อผนังช่องว่างร่างกาย (Parietal serous membrane) และเยื่อหุ้มอวัยวะ (Visceral serous membrane)

Parietal serous membrane = เยื่อบางที่บุผนังช่องว่างร่างกาย

Visceral serous membrane = เยื่อบางที่หุ้มอวัยวะภายในที่อยู่ในช่องว่างร่างกาย

parietal pleura = เยื่อผนังช่องอก

parietal peritonium = เยื่อผนังช่องท้อง

Visceral peritonium = เยื่อหุ้มอวัยวะภายในช่องท้อง

Visceral pleura = เยื่อหุ้มปอด

Pericardial sac = ถุงหุ้มหัวใจ

Pleural sacs = ถุงหุ้มปอด

Visceral pericardium = ส่วนของถุงหุ้มหัวใจชั้นในที่ติดกับหัวใจ

แบบฝึกหัดท้ายบท

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

- สารอินทรีย์คือสารที่
 - สารที่มีส่วนประกอบของ fertilizer
 - สารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ
 - อาจเผาไหม้ได้
 - อาจเป็นสารรวมของเน่าเสียทั้งหลาย
- ทางสูญเสียของเหลวในร่างกายที่ เรียกว่า insensible loss ได้แก่
 - ทางมูลและปัสสาวะ
 - ทางการหายใจและปัสสาวะ
 - ทางผิวหนังและการหายใจ
 - ทางปัสสาวะและผิวหนัง
- ปริมาณการสูญเสียของเหลวในรูปของปัสสาวะในสัตว์ต่อน้ำหนักตัว หนึ่งกิโลกรัม ในเวลา 24 ชั่วโมงเป็นเท่าใด
 - 2 มิลลิลิตร
 - 20 มิลลิลิตร
 - 200 มิลลิลิตร
 - 2000 มิลลิลิตร
- ของเหลวในร่างกายมีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เท่าใด
 - 1.4
 - 5.4
 - 7.4
 - 9.4

5. สารที่ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็นไอออนเรียกว่าอะไร
 - a. cation b. anion c. electrolyte d. metabolite
6. อวัยวะที่สำคัญหลักในการควบคุมสมดุลของร่างกาย มีหลายอวัยวะหนึ่งในนั้น ได้แก่
 - a. Heart b. spleen c. stomach d. kidney
7. สัญลักษณ์ย่อของแร่ธาตุโปรแตสเซียมคือ
 - a. Na b. K c. Ca d. P
8. เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีในร่างกายที่เรียกว่า catabolic reaction ข้อใดถูกต้อง
 - a. ปฏิกิริยาที่ปลดปล่อยพลังงาน b. เก็บพลังงาน
 - c. ใช้พลังงาน d. ทำลายพลังงาน
9. เยื่อเมือก หรือ mucous membrane คืออะไร
 - a. เนื้อเยื่อผิวที่สร้างน้ำเมือก (mucus) b. กระจกอ่อนที่สร้างน้ำเมือก
 - c. เนื้อเยื่อผิวที่สร้างน้ำใส (serum) d. เนื้อเยื่อกระจกอ่อนที่สร้าง น้ำใส
10. เนื้อเยื่อผิวหนังด้านในคอหอย (pharynx) เป็นชนิดใด
 - a. Simple squamous epithelial tissue b. Cuboidal epithelial tissue
 - c. Transitional epithelial tissue d. Stratified squamous epithelial tissue
11. ตับอ่อนจัดเป็นต่อมผสม ทั้งนี้เพราะว่าอะไร
 - a. สามารถผลิตและหลั่งสารได้สองชนิด
 - b. ประกอบด้วยทั้งส่วนที่ทำหน้าที่เป็นต่อมไร้ท่อและต่อมมีท่อ
 - c. มีการเชื่อมต่อของท่อกับอวัยวะอื่นๆ d. ประกอบทั้งเนื้อเยื่อผิวและเนื้อเยื่อไขมัน
12. คำว่า chondro- เป็นคำนำหน้า (prefix) คำศัพท์ ที่มีความหมายเกี่ยวกับอะไร
 - a. กระจก b. กระจกอ่อน c. กล้ามเนื้อ d. ขน
13. เอ็นยึดโครงสร้างร่างกายที่เรียกว่า ligament ยึดระหว่างข้อใดต่อไปนี้
 - a. กระจกกับเนื้อเยื่อผิว b. กล้ามเนื้อกับกระจก
 - c. กระจกกับกระจก d. เนื้อเยื่อผิวกับกล้ามเนื้อ

วิธีสอนและ กิจกรรม	บรรยาย ประกอบภาพสไลด์ หุ่นจำลองสัตว์ เช่น สุนัข โค ไข่ VCD การแบ่งเซลล์ และซีกไข่	
สื่อการสอน	หนังสืออ้างอิง	รายการเอกสารประกอบการสอนหมายเลข 1, 2, 3, 8, 7, 10, 12, 13 และ 14
	เอกสารประกอบ	เอกสารประกอบการสอน บทที่ 2
	วัสดุโสตทัศน	คอมพิวเตอร์, หุ่นจำลองสัตว์ เช่น โค สุนัข
		เครื่องฉาย LCD, VCD การแบ่งเซลล์ หน้าที่ของ organel
งานที่มอบหมาย	ให้นักศึกษาอ่านเอกสารประกอบการสอน บทที่ 2 ทบทวน และทำแบบฝึกหัดท้ายบท	
การวัดผล	1. ตอบคำถามท้ายบท, ตอบคำถามจากหุ่นจำลองสัตว์, ตอบคำถามจากการดู VCD	
	2. สังเกตพฤติกรรมในการเรียน	
	4. งานมอบหมาย	
	3. สอบกลางภาค	
หมายเหตุ :		

บทที่ 3

ระบบควบคุมร่างกาย ระบบประสาท (Nervous system) และระบบต่อมไร้ท่อ (Endocrine system)

วัตถุประสงค์

เมื่อนักศึกษาเรียนจบบทนี้แล้ว นักศึกษาสามารถ

1. บอกชนิดของระบบประสาทที่แบ่งตามที่อยู่ และอธิบายหน้าที่ของระบบประสาทได้
2. บอกชนิดของเซลล์ประสาทในเนื้อเยื่อประสาทได้
3. บอกข้อแตกต่างระหว่างเซลล์ประสาทและเซลล์กล้ามเนื้อเนื้อเยื่อประสาทได้
4. บอกหน้าที่ของเซลล์กล้ามเนื้อได้
5. อธิบายลักษณะของเส้นประสาทได้
6. บอกโครงสร้างหรือส่วนประกอบในไซแนปส์ได้
7. บอกส่วนประกอบและหน้าที่ของระบบประสาทส่วนกลางได้
8. อธิบายลักษณะ ส่วนประกอบของสมอง และหน้าที่แต่ละส่วนได้
9. อธิบายลักษณะ ส่วนประกอบของไขสันหลัง และหน้าที่แต่ละส่วนได้
10. บอกชั้น และหน้าที่ของเยื่อหุ้มสมองและไขสันหลังได้
11. บอกจำนวนช่องว่างในสมองและตำแหน่ง ได้
12. อธิบายลักษณะและหน้าที่ของของเหลวสมองและไขสันได้
13. อธิบายลักษณะ และหน้าที่ของระบบประสาทส่วนปลายได้
14. บอกชื่อและอวัยวะที่ไปเลี้ยงของเส้นประสาทสมองได้
15. บอกชนิด และหน้าที่ของระบบประสาทอัตโนมัติได้
16. อธิบายความหมาย และวงจร ของรีเฟล็กซ์ได้
17. อธิบายกลไกการเกิดคลื่นประสาท ในเซลล์ประสาทได้
18. บอกส่วนประกอบและหน้าที่ของระบบต่อมไร้ท่อได้
19. บอกชนิดของฮอร์โมน และอธิบายการควบคุมการหลั่งฮอร์โมนได้
20. บอกชื่อ ฮอร์โมน ต่อมที่ผลิต อวัยวะเป้าหมาย และผลที่เกิดขึ้นต่ออวัยวะเป้าหมายของฮอร์โมนแต่ละชนิดได้

เนื้อหา

1. ข้อเท็จจริงและหน้าที่ของระบบประสาท
2. เนื้อเยื่อประสาท (nerve tissue)
3. ระบบประสาทส่วนกลาง(central nervous system) และโครงสร้างที่เกี่ยวข้อง
4. ระบบประสาทส่วนปลาย (peripheral nervous system)
5. รีเฟล็กซ์ (reflexes)
6. กลไกการส่งกระแสประสาท
7. ข้อเท็จจริงและหน้าที่ของระบบต่อมไร้ท่อ
8. ต่อมใต้สมอง (pituitary gland)

9. ต่อมไทรอยด์ (thyroid gland)
10. ต่อมพาราไทรอยด์ (parathyroid glands)
11. ต่อมหมวกไต (adrenal glands)
12. ตับอ่อน (pancreas)
13. ต่อมในระบบสืบพันธุ์ (gonads)
14. ต่อมไร้ท่อในเนื้อเยื่ออื่นๆ

ระบบที่ควบคุมการทำงานของร่างกายประกอบด้วย 2 ระบบ คือ

ระบบประสาท (nervous system) และ ระบบต่อมไร้ท่อ (endocrine gland system)

ระบบประสาท

1. ข้อเท็จจริงและหน้าที่ของระบบประสาท

คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทจะขึ้นต้นด้วย neur-

1.1 หน้าที่หลักของระบบประสาทมี 4 ข้อดังนี้

- 1) รับข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมภายในร่างกาย เช่น จากระบบอื่นๆของร่างกาย
- 2) รับข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมภายนอกในร่างกายสัตว์
- 3) ประมวลผลข้อมูลที่ได้รับ
- 4) ตอบสนองอย่างเหมาะสมต่อข้อมูลที่ได้รับ

1.2 ระบบประสาทแบ่งออกเป็นสองส่วนตามบริเวณที่อยู่ในร่างกาย คือ

- 1) ระบบประสาทส่วนกลาง ได้แก่ สมอง(brain) และไขสันหลัง (spinal cord)
- 2) ระบบประสาทส่วนปลาย ได้แก่ เส้นประสาท (nerve) ที่ออกจากสมอง และ ไขสันหลัง ที่ไปเลี้ยงร่างกายส่วนต่าง ๆ

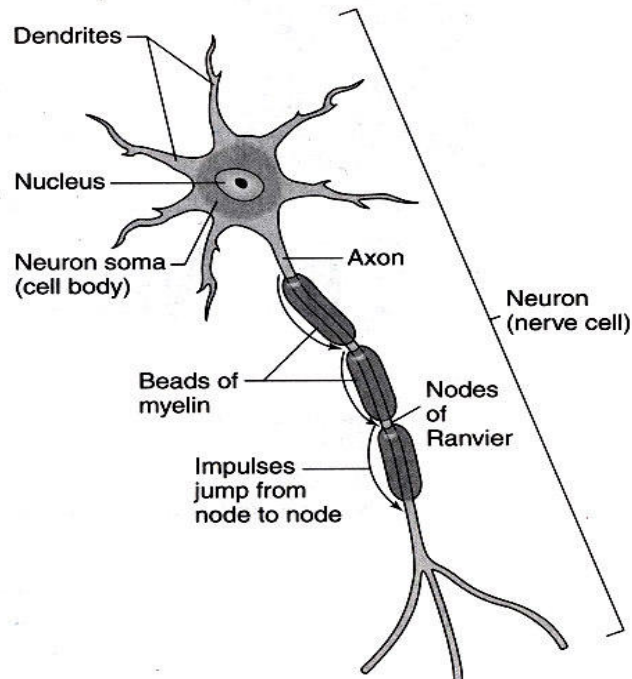
2. เนื้อเยื่อประสาท

เนื้อเยื่อประสาทเหมือนเนื้อเยื่ออื่นๆ คือประกอบด้วยเซลล์ประสาท เรียกว่า นิวรอน neurons อยู่เป็นเครือข่ายและมีการประสานการทำงานโดยอาศัย คลื่นประสาท หรือ อิมเพรา (impulses) คลื่นประสาทจะส่งข้อมูลจากเซลล์ประสาทเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์ประสาทเซลล์หนึ่ง เพื่อส่งข้อมูลไปที่ต่างๆ ของร่างกาย เส้นใยประสาท (nerve fibers) คือ สายแอกซอน (axon) ยื่นออกจากตัวเซลล์ประสาท

2.1 เซลล์ประสาท (neuron)

2.1.1 โครงสร้างของเซลล์ประสาท เซลล์ประสาท ประกอบด้วยตัวเซลล์ (cell body) และส่วนที่ยื่นออกจากตัวเซลล์ (cell process) ตัวเซลล์ประสาทประกอบด้วย นิวเคลียส ไซโตพลาสซึม (cytoplasm) หรือ นอยโรพลาสซึม (neuroplassm) มีออร์แกเนลล์ต่างๆ เช่น ไมโทคอนเดรีย เอ็นโดพลาสมิกเรติคูลัม กอลจิบอดี และ ขนาดที่แตกต่างกัน เช่นมีรูปวงรี รูปวงกลม หรือเป็นรูปดาว เป็นต้น

ส่วนที่ยื่นออกจากตัวเซลล์ (cell process) มี 2 ชนิด คือ เด็นไดรต์ (dendrite) และ เอ็กซอน (axon) (ภาพที่ 3.1)



ภาพที่ 3.1 แสดงเซลล์ประสาท (neuron) ประกอบด้วย ตัวเซลล์ประสาท (cell body) เด็นไดรต์ (dendrite) และ เอ็กซอน (axon)

ที่มา: Romich (2006)

1) เด็นไดรต์ เป็นส่วนของใยประสาทที่ยื่นออกมาจากตัวเซลล์ เซลล์ประสาทแต่ละเซลล์อาจมีส่วนของเดนไดรต์มากกว่า 1 แขนงก็ได้ เด็นไดรต์มักเป็นใยประสาทแขนงสั้นๆ ทำหน้าที่นำกระแสประสาทเข้าสู่ตัวเซลล์

2) เอ็กซอนเป็นส่วนของใยประสาทที่ยื่นออกมาจากตัวเซลล์ เช่นเดียวกับเดนไดรต์ แตกต่างกันว่าแต่ละเซลล์ประสาทจะมีเอ็กซอนเพียงอันเดียวเท่านั้น ทำหน้าที่นำกระแสประสาทออกจากตัวเซลล์ ลักษณะของเอ็กซอนจะเป็นท่อนหรือเป็นท่อยาวๆ อาจมีการแตกกิ่งแขนง เรียกว่า axon branch แอคซอนขนาดยาว ๆ มักถูกหุ้มด้วยเยื่อไขมัน เรียกว่าเยื่อไมอีลิน (myelin sheath) เกิดจาก Schwann cell ที่ยื่นส่วนของเซลล์ออกมาพันรอบเอ็กซอนของเซลล์ประสาท ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายให้แก่ใยประสาท เป็นอาหารให้แก่เซลล์ประสาทที่ยาวๆ และเป็นฉนวนไฟฟ้า ลักษณะของเยื่อไมอีลินชีสที่หุ้มเอ็กซอนจะหุ้มอยู่มีลักษณะเป็นปล้อง ๆ ทำให้เกิดรอยต่อของเยื่อไมอีลิน เรียกว่า Node of ranvier ซึ่งเป็นบริเวณที่ยินยอมให้สารอาหารและออกซิเจนผ่านเข้าเซลล์ประสาทได้ การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทบนเอ็กซอนที่มีเยื่อไมอีลินหุ้มจะมี

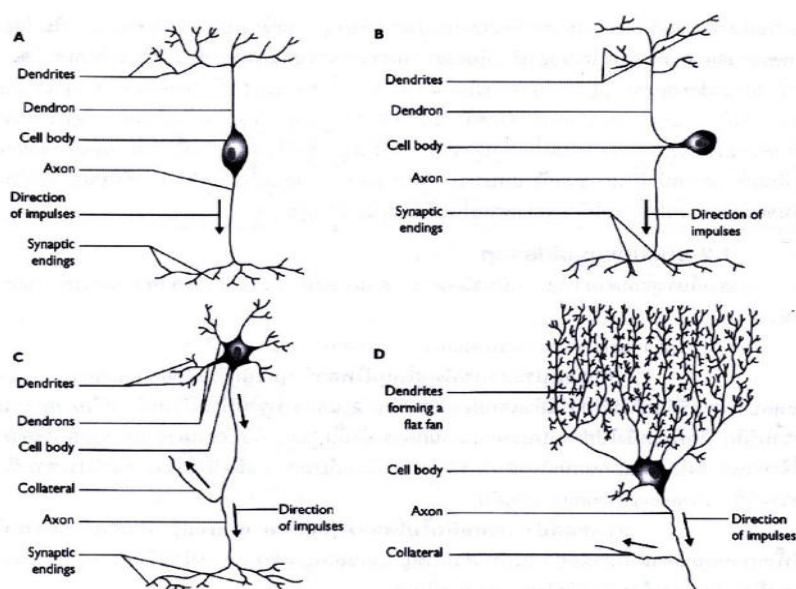
ลักษณะกระโดดเป็นช่วง ๆ ระหว่าง Node of ranvier ที่ต่อกันอยู่ ทำให้การนำกระแสไฟฟ้าบนแอกซอนที่มีเยื่อไมอีลินหุ้มเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่าแอกซอนที่ไม่มีเยื่อไมอีลิน

2.1.2 ชนิดของเซลล์ประสาท แบ่งเซลล์ประสาทออกตามจำนวนใยประสาทที่ยื่นออกจากตัวเซลล์ ได้เป็น 3 ประเภทได้แก่ เซลล์ประสาทขั้วเดียว เซลล์ประสาทสองขั้ว และเซลล์ประสาทหลายขั้ว (ดังแสดงในภาพที่ 3. 2)

1) เซลล์ประสาทขั้วเดียว (unipolar neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่มีใยประสาทยื่นออกจาก ตัวเซลล์เพียงด้านเดียว จากนั้นจะแยกออกเป็น 2 ใยประสาท คือส่วนของเดนไดรต์และแอกซอน ส่วนใหญ่เซลล์ประสาทชนิดนี้จะมีแอกซอนยาวกว่าเดนไดรต์ และปลายสุดของเดนไดรต์จะเปลี่ยนรูปร่างเป็นส่วนที่รับรู้ความรู้สึก (receptor) เพื่อทำหน้าที่รับรู้ความรู้สึกจากสิ่งเร้าต่างๆ เซลล์ประสาทชนิดนี้มักพบที่ปมประสาทรับรู้ความรู้สึกที่ไขสันหลัง (dorsal root ganglion) ซึ่งเป็นเซลล์ประสาทรับรู้ความรู้สึก

2) เซลล์ประสาทสองขั้ว (bipolar neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่มีใยประสาทยื่นออกมาจากตัวประสาท 2 อันและอยู่ตรงกันข้าม คือแอกซอน และเดนไดรต์ ทั้งสองส่วนจะมีความยาวที่ใกล้เคียงกัน เป็นเซลล์ประสาทที่พบที่ เรตินา(retina) ของตา เซลล์ประสาทของตุ่มรับรส (tasteBuds) ของลิ้น และเซลล์ประสาทที่เยื่อบุผิวของช่องจมูก (olfactory epithelium) เป็นต้น

3) เซลล์ประสาทหลายขั้ว (multipolar neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่มีใยประสาทยื่นออก จากตัวเซลล์จำนวนมากในหลายทิศทาง แต่มีแอกซอนเพียง 1 อันเท่านั้น จะเป็นกลุ่มเซลล์ประสาท ที่พบมากที่สุดในร่างกาย เช่นเซลล์ประสาทสั่งการในส่วนสมองและไขสันหลัง



ภาพที่ 3.2 ชนิดของเซลล์ประสาท A=เซลล์ประสาทสองขั้ว (bipolar neuron) B=เซลล์ประสาทขั้วเดียว (unipolar neuron) C และ D = เซลล์ประสาทหลายขั้ว (multipolar neuron)
ที่มา: Jeffery et al. (2004)

ชนิดของเซลล์ประสาทแบ่งประเภทของเซลล์ประสาทตามหน้าที่ของเซลล์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด

1) เซลล์ประสาทรับความรู้สึก (sensory neuron หรือ afferent neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่รับความรู้สึกตามส่วนต่างๆของร่างกายเช่น ส่วนผิวหนัง เซลล์ประสาทชนิดนี้จะทำหน้าที่รับความรู้สึกและนำกระแสประสาทรับความรู้สึกส่งไปยังระบบประสาทคือสมองหรือไขสันหลัง เซลล์ประสาทรับความรู้สึกมีส่วนปลายของเดนไดรต์เป็นตัวรับความรู้สึก (receptor) ตัวเซลล์ประสาทจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มนอกส่วนของสมองและไขสันหลังเรียกว่า sensory ganglion ปลายของแอกซอนจะอยู่ที่สมองหรือไขสันหลัง เซลล์ประสาทรับความรู้สึกส่วนใหญ่เป็นเซลล์ประสาทหลายขั้วเช่นเซลล์ประสาทรับความรู้สึกร้อนและเย็น สำหรับเซลล์ประสาทรับความรู้สึกแบบสองขั้วพบที่ตาและ จมูก เป็นต้น

2) เซลล์ประสาทนำคำสั่งหรือเซลล์ประสาทสั่งการ (motor neuron หรือ efferent neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่มีตัวเซลล์อยู่ในระบบประสาทส่วนกลาง เป็นเซลล์ประสาทมีแอกซอนยาว ทำหน้าที่นำกระแสประสาท หรือนำคำสั่งออกจากสมองหรือไขสันหลังไปสั่งการกล้ามเนื้อ และต่อมต่าง ๆ ในร่างกาย

3) เซลล์ประสาทประสานงาน (association neuron) ส่วนใหญ่เป็นเซลล์ประสาทหลายขั้ว ทำหน้าที่รับกระแสประสาทจากเซลล์ประสาทหนึ่งไปส่งให้เซลล์ประสาทอีกเซลล์หนึ่ง เป็นเซลล์ประสาทที่พบมากในสมองและไขสันหลังเท่านั้น

2.2 เซลล์ค้ำจุน (neuroglia)

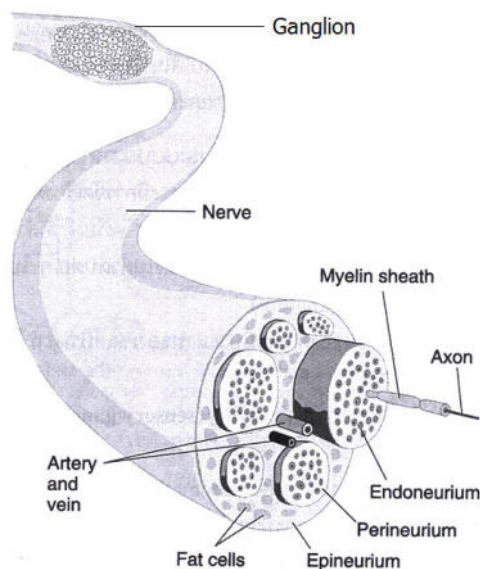
ภายในเนื้อเยื่อประสาทยังมีเซลล์เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เรียกว่าเซลล์ค้ำจุน (neuroglia) ทำหน้าที่ เป็นเซลล์ที่เลี้ยงไม่มีหน้าที่เกี่ยวกับการนำกระแสประสาท แต่เป็นโครงสร้างของระบบประสาท ช่วยค้ำจุนและให้อาหารแก่เซลล์ประสาท รวมทั้งเป็นทางผ่านของอาหาร และอิเล็กโตรไลต์ นอกจากนี้ยังเกี่ยวกับสร้างเนื้อประสาท ทดแทนส่วนที่ถูกทำลาย สามารถทำลายเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมเซลล์ เซลล์ค้ำจุนมีหลายชนิด เช่น oligodendrocyte (oligodendroglia) เป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่สร้างเยื่อไมอีลินห่อหุ้มแอกซอนของเซลล์ประสาทที่อยู่ในระบบประสาทส่วนกลาง microglia ทำหน้าที่กินสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาในเนื้อเยื่อประสาท โดยจะทำลายเชื้อจุลินทรีย์และเศษของเซลล์ที่ตายแล้ว Schwann cell เป็นเซลล์ที่หุ้มล้อมรอบส่วนแอกซอนทำหน้าที่สร้างเยื่อไมอีลิน

2.3 เส้นประสาท (nerves) คือ กลุ่ม หรือมัดของเส้นใยประสาท ที่รวมอยู่ด้วยกัน โดยมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน หุ้มรอบ (connective tissue sheet) (ภาพที่ 3.3)

เส้นใยประสาทรับความรู้สึก (sensory หรือ afferent nerve fiber) คือ เส้นใยประสาทที่รับความรู้สึก หรือข้อมูลจาก เส้นใยประสาทส่งความรู้สึก (efferent nerve fiber) คือ เส้นใยประสาทที่ส่งความรู้สึก หรือข้อมูลจากระบบประสาทส่วนกลางไปยังระบบประสาทส่วนปลาย

เส้นประสาท (nerves) แต่ละเส้น อาจรวมเอาเส้นใยประสาทส่งความรู้สึก เส้นใยประสาทรับความรู้สึก หรือทั้งสองอย่าง

Grey matter คือ บริเวณที่มีสีเทาในระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งเป็นบริเวณที่ตัวเซลล์ประสาทอยู่ จำนวนมาก white matter คือ บริเวณที่มีสีขาว ในระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งเป็นบริเวณที่ เส้นใยประสาท อยู่เป็นจำนวนมาก



ภาพที่ 3.3 แสดงการจัดเรียง

ตัวของใยประสาท (axon)

ในเส้นประสาท(nerve)

ที่มา: ดัดแปลงจากสุวิทย์ (2553)

2.4 ไซแนปส์ (synapse)

เซลล์ประสาทในข่ายประสาทมีการส่งข้อมูล หรือกระแสประสาทจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง ตลอดเวลา แต่เซลล์ประสาทแต่ละเซลล์ไม่มีการต่อเชื่อมติดกัน แต่บริเวณรอยต่อจะเป็นช่องว่าง เรียกว่า ไซแนปส์ (synapse) ซึ่งโครงสร้างของ ไซแนปส์ แสดงดังภาพที่ 3.4

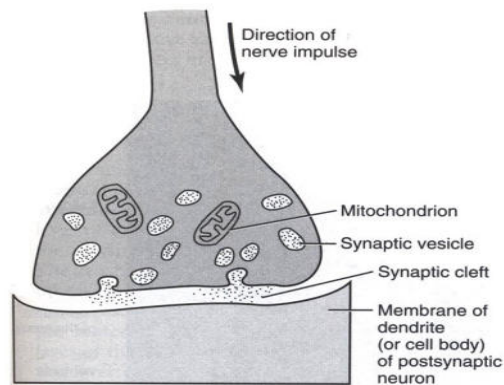
2.3.1 ปลายแอกซอน ของเซลล์ประสาทตัวที่ 1 (presynaptic neuron) มีลักษณะโป่งออก ภายในบรรจุสารสื่อประสาท (neurotransmitter) สารสื่อประสาทนี้จะถูกหลั่งออกเพื่อไปกระตุ้นเซลล์ประสาทตัวที่ 2

2.3.2 ช่องว่างระหว่างเซลล์ประสาท เรียกว่า ไซแนปส์เซลล์ฟท์ (synaptic cleft) คือ ช่องว่างระหว่างเซลล์ประสาทตัวที่ 1 และเซลล์ประสาทตัวที่ 2

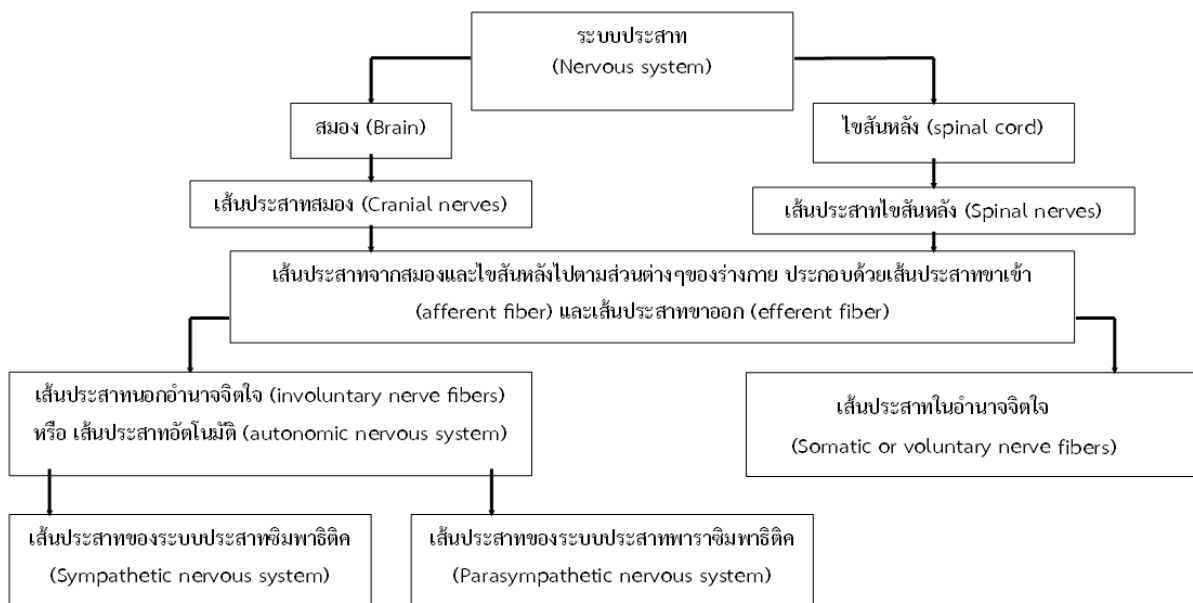
2.3.3 ปลายของเดนไดรต์ของเซลล์ประสาทตัวที่ 2 (postsynaptic neuron) มีตัวรับ (receptor) ทำหน้าที่รับข้อมูลจากสารสื่อประสาทที่หลังจากเซลล์ประสาทตัวที่ 1

3. ระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) และโครงสร้างที่เกี่ยวข้อง

คำย่อของระบบประสาทส่วนกลางคือ CNS (central nervous system) ประกอบด้วยสมอง (brain) และ ไขสันหลัง (spinal cord) เท่านั้น หน้าที่ระบบประสาทส่วนกลางคือ รวบรวม ประมวลผล และสั่งการให้เกิดการตอบสนองอย่างเหมาะสม ของกิจกรรมทางประสาททั้งหลาย



ภาพที่ 3.4 ภาพแสดงปลาย Axon ที่ถูกกระตุ้นด้วยกระแสประสาท และ Axon หลังสารสื่อประสาทเข้าสู่ช่องว่าง synapse เพื่อกระตุ้นเซลล์ประสาทหลัง synapse
ที่มา: Romich (2006)

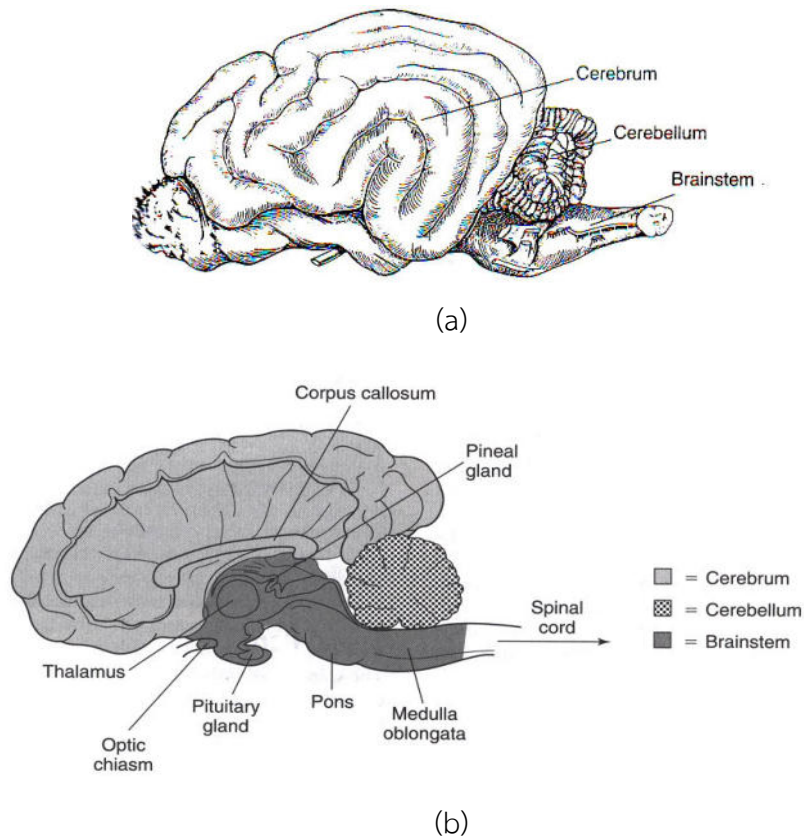


ภาพที่ 3.5 แผนผังแสดงโครงสร้างของระบบประสาท

3.1 สมอง (brain)

สมองเป็นศูนย์กลางควบคุมร่างกาย สมองอยู่ในช่องว่าง ด้านบน (dorsal cavity) ในกะโหลก เรียก cranial cavity ถูกล้อมรอบด้วย เยื่อหุ้มสามชั้น เรียกเยื่อหุ้มสมองว่า meninges ภายในสมอง มีช่องว่าง เรียกว่า ventricle มี 4 ventricle ภายในช่องว่างมีของเหลวที่เรียกว่า ของเหลวสมองและไขสันหลัง (cerebrospinal fluid)

สมองแบ่งออกเป็น สมองส่วนหน้า(cerebrum), สมองส่วนหลัง (cerebellum) และ ก้านสมอง (brain stem)



ภาพที่ 3.6 สมองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ สมองส่วนหน้า (cerebrum) สมองส่วนหลัง (cerebellum) และก้านสมอง (brainstem) (a) คือภาพวาดสมอง (b) ภาพหน้าตัดตามยาวของสมอง
ที่มา: Romich (2006)

3.1.1 สมองส่วนหน้า (Cerebrum)

สมองส่วนหน้าอาจแบ่งออกได้เป็นด้านซ้ายและด้านขวา โดยร่องลึกหรือร่องทางยาวเรียกว่า longitudinal fissure แต่ละข้างของสมองส่วนหน้าเรียกว่า cerebral hemisphere ทั้งสมองด้านซ้ายและขวามีลักษณะของร่องตื้นๆ (sulcus) ที่เหมือนกัน

3.1.2 สมองส่วนหลัง (Cerebellum) มีขนาดเล็กกว่าสมองส่วนหน้า วางตัวอยู่บริเวณท้ายทอย หน้าที่ของสมองส่วนหลังเกี่ยวกับการทรงตัว การเคลื่อนไหว การรักษาสมดุลของร่างกาย รวมและประสานงานกับกิจกรรมการทำงานของกล้ามเนื้อ

3.1.3 ก้านสมอง (brain stem)

ส่วนหน้าสุดของก้านสมอง คือ diencephalon (ภาพที่ 3.6) ซึ่งถูกปกคลุมโดยสมองส่วน Cerebrum โครงสร้างหลักของ diencephalon คือ Thalamus ซึ่งเป็นโครงสร้างที่อยู่ทางด้านในส่วนของ cerebral hemispheres ทำหน้าที่ในการเชื่อมโยงการนำเข้าข้อมูลสู่ cerebrum โครงสร้างที่ต่อจาก Thalamus ไปทางด้านล่าง คือ ไฮโปทาลามัส Hypothalamus ทำ

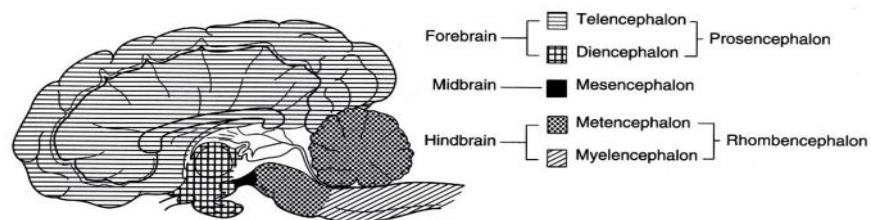
หน้าที่เกี่ยวกับสรีระวิทยาพื้นฐานของร่างกาย เช่น ควบคุมความหิว (Hunger) ระบบสืบพันธุ์ (sexual drive) อุณหภูมิของร่างกาย (temperature control) Hypothalamus จะเชื่อมโยงกับต่อมใต้สมอง (pituitary gland) ลงไปทางด้านล่าง และควบคุมการหลั่งฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองนี้ด้วย ถัดจาก diencephalon คือก้านสมองส่วน midbrain ทำหน้าที่เกี่ยวกับการประสานงานด้านการยืน การนั่ง การนอน การมองเห็น การได้ยินและการสัมผัส

ก้านสมองยังประกอบด้วย pons และ medulla oblongata โดย pons เป็นส่วนเนื้อสมองที่เชื่อมต่อระหว่าง cerebellar hemisphere ทั้งซีกซ้ายและขวา จึงทำให้เนื้อสมองส่วนหน้า สมองส่วนหลังและ medulla oblongata ติดกัน ตอนล่างของ pons มีกลุ่มเซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับศูนย์ควบคุมการหายใจ และการได้ยินเสียง medulla oblongata เป็นส่วนท้ายของสมองที่ต่อกับไขสันหลังที่บริเวณ foramen magnum เป็นที่อยู่ของกลุ่มเซลล์ประสาท (nerve center) ที่เกี่ยวกับระบบประสาทอัตโนมัติที่ควบคุมการทำงานของอวัยวะภายในต่างๆ (reflex center) เช่น ศูนย์ควบคุมการเต้นของหัวใจ (cardiac center) ศูนย์ควบคุมการไอ (coughing center) ศูนย์ควบคุมการอาเจียน (vomiting center) เป็นต้น

ข้อสังเกต : ในบางครั้งอาจแบ่งสมองออกเป็นสมองส่วนหน้า ส่วนกลาง และส่วนหลัง ซึ่งเป็นการแบ่งในทางกายวิภาค โดยทั่วไป ถ้าแบ่งเป็นสามส่วนดังกล่าวข้างต้นสมองส่วนต่างจะอยู่ในส่วนต่างๆ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แบ่งสมองออกเป็นสมองส่วนหน้า กลาง และหลังตามการแบ่งแบบทั่วไป

สมองส่วนหน้า (Forebrain)	สมองส่วนกลาง (Midbrain)	สมองส่วนหลัง (Hindbrain)
Cerebrum	ตำแหน่งที่อยู่ระหว่าง	Pons
Thalamus	โครงสร้างอื่นๆ และทำหน้าที่	Cerebellum
Hypothalamus	เชื่อมโยงข้อมูลเชื่อมต่อกับ	Medulla oblongata
	โครงสร้างอื่น	



ภาพที่ 3.7 แบ่งสมองตามตำแหน่ง

ที่มา: Romich (2006)

3.2 ไขสันหลัง (The spinal cord)

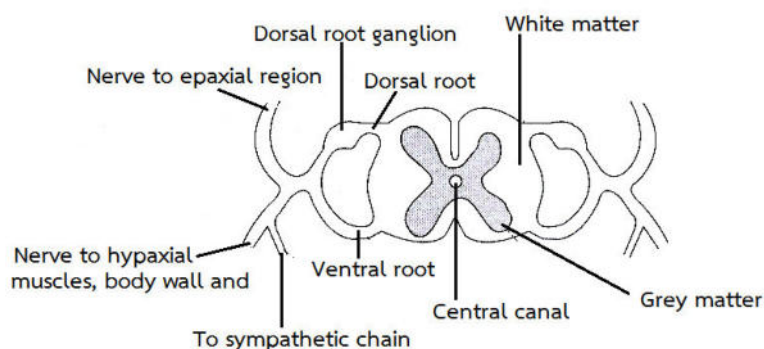
ไขสันหลังทำหน้าที่ประสาน และเชื่อมโยง ข้อมูลจากทุกพื้นที่ของระบบประสาทในร่างกาย ไขสันหลังอยู่ในส่วนของ แนวช่องกระดูกสันหลังที่เรียกว่า vertebral column ไขสันหลังเป็นส่วนที่ยื่นต่อจากก้านสมอง (brainstem) ออกจากกระโหลกศีรษะ ตรงช่อง foramen magnum และสิ้นสุด

ที่บริเวณกระดูกสันหลังช่วงเอว 2-3 ขึ้นสุดท้าย หลังจากนั้นจะแตกแยกย่อยออกเป็นเส้นประสาทเล็ก ๆ แล้วมีลักษณะคล้ายปลายพู่ของหางม้า จึงเรียกส่วนนี้ว่า caudal equine ไชสันหลังมีเยื่อหุ้ม สามชั้นเช่นเดียวกับสมอง เรียกว่า เยื่อหุ้มสมองและไชสันหลัง (meninges) เส้นประสาทไชสันหลัง (spinal nerve) จะแยกออกจากไชสันหลังด้านซ้ายและขวา เป็นคู่ ๆ บริเวณช่องว่างของรอยต่อกระดูกสันหลังแต่ละชั้น

3.2.1 ลักษณะเนื้อเยื่อประสาทที่ไชสันหลัง

ถ้าดูภาพตัดขวางไชสันหลัง จะพบว่าไชสันหลังจะแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนเนื้อสีเทา (Grey matter) เป็นส่วนที่อยู่ตรงกลางมีลักษณะเหมือนรูปตัว H และส่วนที่อยู่ด้านนอกเป็นเนื้อสีขาว (white matter) และมีรูตรงกลางไชสันหลัง เป็นที่อยู่ของของเหลวสมองและไชสันหลัง (ภาพที่ 3.7)

เส้นประสาทไชสันหลัง (spinal nerve) จะแยกออกจากไชสันหลังด้านซ้ายและขวา เป็นคู่ บริเวณช่องว่างของรอยต่อกระดูกสันหลังแต่ละชั้น เส้นประสาทไชสันหลังแต่ละเส้นมีแขนงบน (dorsal root) ซึ่งมีปมประสาท (dorsal root ganglion) เป็นส่วนของเส้นใยประสาทและตัวเซลล์รับความรู้สึก และแขนงล่าง (ventral root) ประกอบด้วยเส้นใยประสาทสั่งการ ซึ่งมีตัวเซลล์ประสาทอยู่ในเนื้อสีเทาส่วนล่างของรูปตัว H ของไชสันหลัง (ventral horn) ดังนั้นกระแสประสาทผ่านเข้าสู่ไชสันหลังทางด้านแขนงบน และส่งออกจากไชสันหลังทางด้านแขนงล่าง



ภาพที่ 3.8 แสดงภาพตัดขวางของไชสันหลัง (spinal cord)

ที่มา: Bowden (2003)

3.3 เยื่อหุ้มสมองและไชสันหลัง (Meninges)

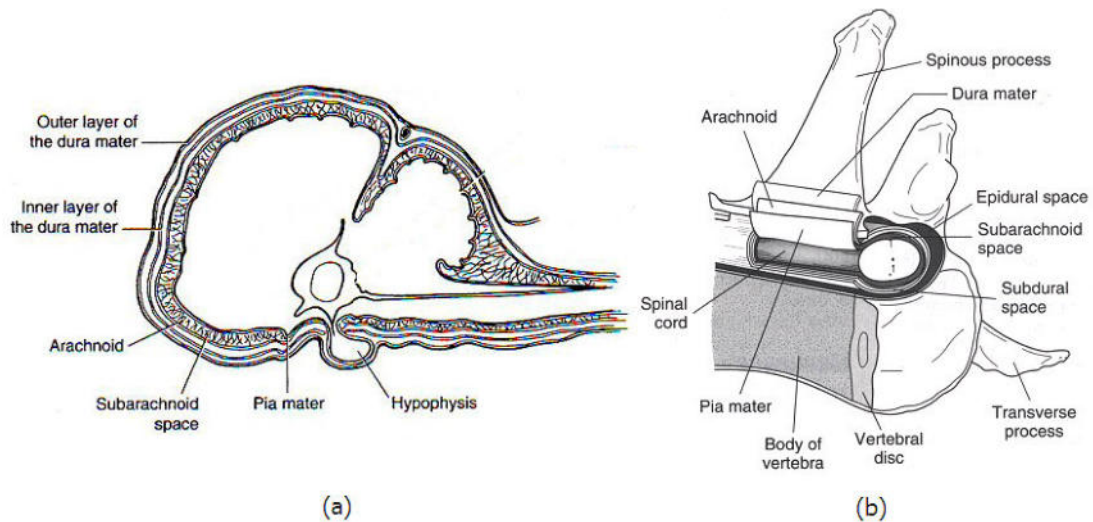
เยื่อหุ้มสมองและไชสันหลัง แบ่งออกเป็นสามชั้น ทำหน้าที่หุ้ม และป้องกันอันตรายจากการโดนทำลายของสมองและไชสันหลังเยื่อหุ้มสมองแบ่งออกเป็น 3 ชั้นคือ

dura mater, arachnoid mater และ pia mater ส่วนของ dura mater จะเป็นชั้นของเยื่อหุ้มที่อยู่ด้านนอกสุดมี 2 ชั้น ติดกับกะโหลกศีรษะ (ภาพที่ 3.8) เยื่อหุ้มชั้นนี้ที่ไชสันหลังไม่เชื่อมติดสนิทกับช่องแนวกระดูกสันหลัง แต่จะมีช่องว่าง เรียกว่า epidural space

arachnoid mater เป็นชั้นกลางมีลักษณะคล้ายใยแมงมุมด้านบนติดกับ dura mater ด้านล่างติด กับ pia mater ระหว่าง arachnoid mater และ pia mater จะมีช่องว่างเรียกว่า

subarachnoid space มีของเหลวสมองและไขสันหลัง (CSF) บรรจุอยู่ ของเหลวดังกล่าวถูกสร้างจากเซลล์เยื่อบุของช่องว่างในสมอง

pia mater เป็นชั้นที่อยู่ใกล้กับเนื้อสมองมากที่สุด แนบติดอยู่กับเนื้อสมอง และเส้นเลือดที่สมอง บางครั้งอาจเรียกเยื่อหุ้มสมองนี้ว่า vascular membrane



ภาพที่ 3.9 เยื่อหุ้มสมองและไขสันหลัง (Meninges) มี 3 ชั้น คือ dura mater, arachnoid mater และ pia mater (a) สมอง (b) ไขสันหลัง
ที่มา: Romich (2006)

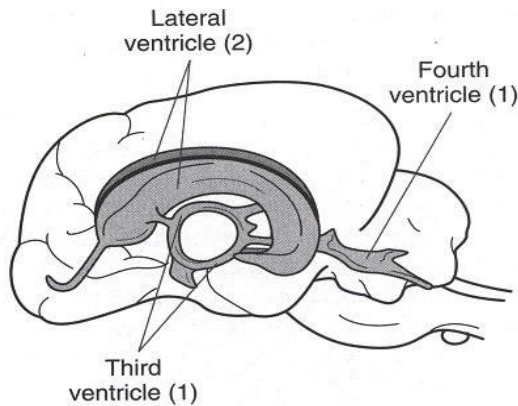
3.4 ช่องว่างในสมอง (ventricle) และของเหลวสมองและไขสันหลัง

Cerebrospinal fluid, CSF

ช่องว่างในสมองมีอยู่ 4 ช่อง เชื่อมต่อกัน คือ ช่องว่างที่อยู่ในแต่ละซีกของสมอง (cerebral hemisphere เรียกว่า lateral ventricles มี 2 ช่อง เรียกว่า ช่องที่ 1 (first ventricle) และ ช่องที่ 2 (second ventricle) ส่วน ช่องที่ 3 (third ventricles) เป็นช่องว่างอยู่ภายในส่วน diencephalon ซึ่งมีช่องทางติดต่อกับ lateral ventricles และช่องว่างที่ 4 (fourth ventricles) เป็นช่องว่างที่อยู่ในสมองส่วนหลัง (ภาพที่ 3.10) ด้านหน้าจะติดกับ third ventricles ทาง cerebral aqueduct มีช่องทางติดต่อกับ sub arachnoid space ที่อยู่ในสมองและไขสันหลัง

บริเวณช่องว่างนี้จะมีของเหลวหรือน้ำในสมอง (cerebrospinal fluid, CSF) เป็นของเหลวที่สามารถไหลผ่านถึงกันได้ในแต่ละช่องว่าง สามารถดูดซึมเข้า โพรงรับเลือดในสมอง (venous sinus) และเข้าสู่ระบบไหลเวียนของเลือดได้ สีและองค์ประกอบของของเหลวสมองและไขสันหลังมีลักษณะคล้ายกับ น้ำเลือด (blood plasma แต่มีส่วนประกอบของ โปรตีนต่ำกว่า ของเหลวสมองและไขสันหลังสังเคราะห์จากช่องว่างในสมอง (ventricle) พบของเหลวได้ทั้งในส่วน central canal ของไขสันหลัง และ subarachnoid space ของระบบประสาท CNS ของเหลวสมองและไขสันหลังทำหน้าที่ ป้องกันและเป็นคล้ายเบาะกันสะเทือน (cushions) สมองและไขสันหลัง การสุมเก็บตัวอย่างของเหลว

สมองและไขสันหลังในสัตว์สามารถเก็บได้จาก ต้นคอ Cisterna magna โดยปักเข็มตรงบริเวณรอยต่อกะโหลกกับกระดูกสันหลังส่วนคอชั้นที่ 1 (Atlanto-occipital) ของสัตว์



ภาพที่ 3.10 แสดงช่องว่างในสมอง (ventricle) มี 4 ช่องต่อกัน
ที่มา: Romich (2006)

4. ระบบประสาทส่วนปลาย (The Peripheral Nervous System, PNS)

ระบบประสาทส่วนปลายคือ ส่วนของเส้นประสาทและเซลล์ประสาททั้งหมดในร่างกายที่อยู่นอกสมองและไขสันหลัง หรืออาจกล่าวได้ว่า ส่วนของระบบประสาททั้งหมดที่ไม่ใช่สมองและไขสันหลัง ระบบประสาทส่วนปลายเป็นเครือข่ายของเส้นประสาท เส้นประสาทอาจแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ เส้นประสาทที่มีเส้นใยประสาทขาเข้า (นำกระแสประสาทเข้าสู่ CNS) เรียกว่า efferent nerve fiber หรือ เส้นประสาทรับความรู้สึก (sensory nerve fiber) เส้นประสาทที่มีเส้นใยประสาทขาออก (นำกระแสประสาทออกจาก CNS สู่อวัยวะแสดงผล ได้แก่ กล้ามเนื้อและต่อมต่างๆ) เรียกว่า afferent nerve fiber หรือ เส้นประสาทสั่งการ (motor nerve fiber) และเส้นประสาทที่มีทั้งเส้นใยประสาทขาเข้าและขาออก (mix nerve fiber) โดยเส้นประสาทต่าง ๆ จะเชื่อมกับสมองและไขสันหลัง โดยเส้นประสาทที่เชื่อมกับสมองเรียกว่าเส้นประสาทสมอง (cranial nerves) และเส้นประสาทที่เชื่อมกับไขสันหลังเรียกเส้นประสาทไขสันหลัง (spinal nerves)

เส้นประสาทสั่งการ (motor nerve fiber) หรือ เส้นประสาทขาออก ที่ทำหน้าที่นำกระแสประสาทภายใต้อำนาจจิตใจไปเลี้ยงอวัยวะที่ควบคุมภายใต้อำนาจจิตใจ เช่น กล้ามเนื้อลาย เรียกว่า เส้นประสาทภายใต้อำนาจจิตใจ (somatic nerves) ส่วนเส้นประสาทสั่งการที่ทำหน้าที่นำกระแสประสาทนอกอำนาจจิตใจไปเลี้ยงอวัยวะที่ถูกควบคุมนอกอำนาจจิตใจ เช่น กล้ามเนื้อเรียบ และต่อมต่าง ๆ เรียกว่า เส้นประสาทนอกอำนาจจิตใจ (visceral nerves) หรือ ระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic nervous system, ANS)

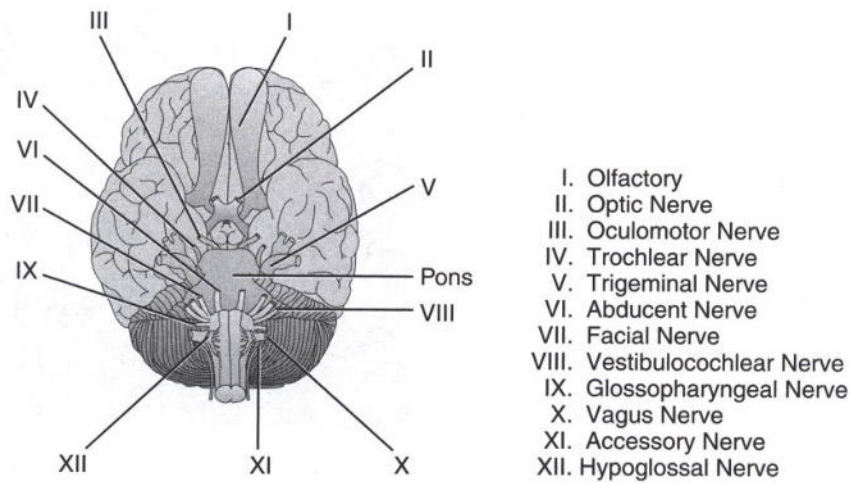
4.1 เส้นประสาทสมองและไขสันหลัง (The spinal and cranial nerves)

ระบบประสาทส่วนปลายเชื่อมต่อกับระบบประสาทส่วนกลางโดยผ่านทางเส้นประสาทสมองและไขสันหลัง

4.1.1 เส้นประสาทสมอง (cranial nerves) สัตว์มีเส้นประสาทสมองทั้งหมด 12 คู่ โดยเชื่อมกับสมองตรงก้านสมอง (brain stem) (ภาพที่ 3.11) เส้นประสาทสมอง และอวัยวะที่เส้นประสาทไปเลี้ยงแสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงชนิดและหน้าที่ของเส้นประสาทสมองทั้ง 12 คู่

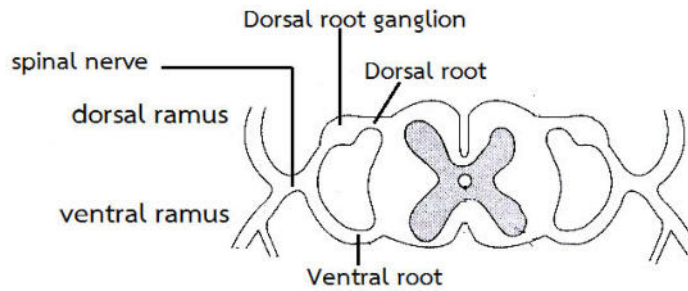
เส้นประสาทสมองคู่ที่ และชื่อ	ชนิดของเส้นประสาท	หน้าที่ของเส้นประสาทสมอง
I. Olfactory	sensory nerve	การได้กลิ่น
II. Optic	sensory nerve	การมองเห็น
III. Oculomotor	motor nerve	กล้ามเนื้อลูกตา
IV. Trochlear	motor nerve	กล้ามเนื้อลูกตา
V. Trigeminal	mixed nerve	กล้ามเนื้อขากรรไกร
VI. Abducens	motor nerve	กล้ามเนื้อลูกตา
VII. Facial	mixed nerve	การแสดงสีหน้า
VIII. Vestibulocochlear	sensory nerve	การได้ยินและการทรงตัว
IX. Glossopharyngeal	mixed nerve	ปากและคอหอย
X. Vagus	mixed nerve	คอหอย กล้องเสียง คอ อก และท้อง
XI. Accessory	motor nerve	คอ
XII. Hypoglossal	motor nerve	ลิ้น



ภาพที่ 3.11 เส้นประสาทสมองที่ออกจากสมองทางก้านสมองด้านล่างของสมอง
ที่มา: Romich (2006)

4.1.1 เส้นประสาทไขสันหลัง (spinal cord)

เส้นประสาทไขสันหลังออกจากไขสันหลังตรงข้อระหว่างกระดูกสันหลัง (intervertebral foramen) เส้นประสาทไขสันหลังมีอยู่เป็นคู่เช่นเดียวกับเส้นประสาทสมอง ในสัตว์เลี้ยงแต่ละชนิดจะมีจำนวนเส้นประสาทไขสันหลังไม่เท่ากัน เส้นประสาทไขสันหลังเป็นเส้นประสาทผสม คือภายในเส้นประสาทมีทั้งเส้นใยประสาทเส้นใยประสาทรับความรู้สึกและเส้นประสาทสั่งการ แยกไปเลี้ยงตามส่วนต่างๆของร่างกายเส้นประสาทไขสันหลังมีชื่อตามตำแหน่งที่ออกจากไขสันหลัง ได้แก่ เส้นประสาทไขสันหลังส่วนคอ (cervical spinal nerve), ส่วนอก (thoracic spinal nerve) , ส่วนเอว (lumbar spinal nerve), ส่วนสะโพก (sacral spinal nerve) และส่วนหาง (coccygeal spinal nerve) เส้นประสาทไขสันหลังส่วนคอ (cervical spinal nerve) คู่ที่ 1 จะออกจากช่องรอยต่อกระดูกสันหลังด้านหน้ากระดูกสันหลังส่วนคอ (cervical Vertebrae) ข้อที่ 1 (C1) และเส้นประสาทไขสันหลังส่วนคอ (cervical spinal nerve) คู่ที่ 2 จะออกจากช่องรอยต่อกระดูกสันหลังด้านหน้ากระดูกสันหลังส่วนคอ ข้อที่ 2 (C2) ลักษณะของเส้นประสาทไขสันหลังก่อนที่จะออกจาก ช่องกระดูกสันหลังนั้นส่วนของ dorsal root ซึ่งเป็นประสาทรับความรู้สึกจะรวมกับ ventral root ที่เป็นประสาทสั่งการก่อน (ภาพที่ 3.12) จึงเรียกว่าเส้นประสาทไขสันหลังเป็น mixed nerve เมื่อเส้นประสาทไขสันหลังออกจากรูช่องระหว่างกระดูกสันหลังจึงแยกออกเป็น 2 แขนงคือ dorsal ramus และ ventral ramus โดยส่วน dorsal ramus ควบคุมกล้ามเนื้อและผิวหนังด้านหลัง (epaxial region) และ ventral ramus จะควบคุมกล้ามเนื้อและผิวหนังที่อยู่ด้านล่าง (hypaxial region) ของ transverse processes ของกระดูกสันหลัง กล้ามเนื้อส่วนขาหลังและขาหน้า และผนังร่างกาย (body wall)



ภาพที่ 3.12 แสดงเส้นประสาทไขสันหลังที่ออกจากไขสันหลังจะรวมกันระหว่างแขนงบน (dorsal root) กับแขนงล่าง (ventral root) และแยกขึ้นด้านบน (dorsal ramus) เพื่อไปเลี้ยงส่วนบน (epaxial region) และแยกลงด้านล่าง (ventral ramus) เพื่อไปเลี้ยงส่วนล่าง (hypaxial region)
ที่มา: Bowden (2003)

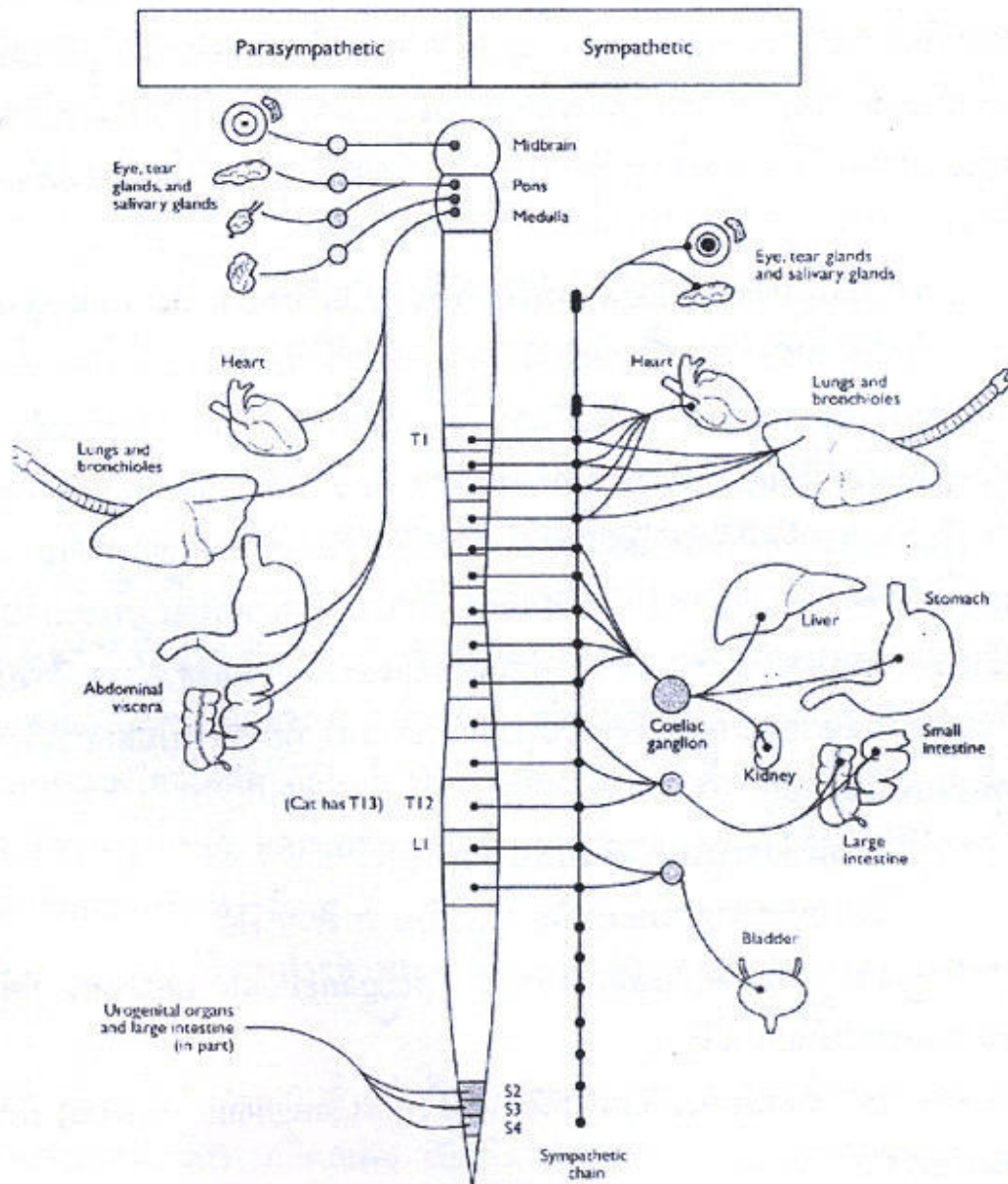
เส้นประสาทไขสันหลังบางส่วนจะมีขนาดใหญ่ เกิดจากการรวมตัวกันของเส้นประสาทไขสันหลังหลายๆแขนงรวมกัน นอกจากนี้ยังอาจมีการรวมกันแบบเป็นร่างแหของปมประสาทเช่น brachial plexus ที่ส่วนขาหน้าซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันระหว่าง cervical spinal nerve และ thoracic spinal nerve บางคู่ brachial plexus จะเป็นประสาทแขนงพิเศษที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อและผิวหนังส่วนขาหน้า ที่ส่วนท้ายของกระดูกสันหลังจะมีการรวมกันเป็นแขนงประสาทพิเศษที่ไปเลี้ยงขาหลังเรียกว่า lumbosacral plexus เกิดจากการ รวมกันของบางส่วนของเส้นประสาทไขสันหลังส่วน lumbar และ sacral

4.2 ระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic Nervous System)

ระบบประสาทอัตโนมัติเป็นชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งของระบบประสาทส่วนปลายที่ทำหน้าที่นอกอำนาจจิตใจ มีศูนย์ควบคุมการทำงานอยู่ที่สมองส่วน medulla oblongata สมองส่วน hypothalamus และไขสันหลัง มีทั้งเส้นประสาทสมอง และเส้นประสาทไขสันหลัง ที่สั่งการไปที่กล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อหัวใจ หรือต่อมต่าง ๆ ในอวัยวะที่ทำงานนอกอำนาจจิตใจ เช่น อวัยวะภายในต่าง ๆ ระบบประสาทอัตโนมัติ แบ่งออกเป็นสองระบบ คือ ระบบประสาทอัตโนมัติ ซิมพาธิติก (sympathetic) และ ระบบประสาทอัตโนมัติ พาราซิมพาธิติก (parasympathetic) ทั้งสองระบบจะมีเส้นประสาทไปเลี้ยงอวัยวะเดียวกัน แต่ทำหน้าที่ตรงข้ามกัน

4.2.1 ระบบประสาทซิมพาธิติก (sympathetic) ศูนย์ควบคุมอยู่ที่ไขสันหลัง ดังนั้นเส้นประสาทในระบบนี้จึงเป็นเส้นประสาทไขสันหลังส่วนอก (thoracic nerve) และเส้นประสาทไขสันหลังส่วนเอว (lumbar nerve) (ภาพที่ 3.13) ทำหน้าที่เมื่ออยู่สภาวะตื่นเต้น สภาวะต่อสู้ หลบหนี

4.2.2 ระบบประสาทพาราซิมพาธิติก (parasympathetic) มีศูนย์ควบคุมอยู่ที่สมอง และไขสันหลัง จึงมีทั้งเส้นประสาทสมอง และเส้นประสาทไขสันหลังส่วนก้นกบ (sacral nerve) ทำหน้าที่ในสภาวะพัก



ภาพที่ 3.13 ระบบประสาทอัตโนมัติ ซิมพาธิก เป็นเส้นประสาทไขสันหลังส่วนอกและเอว (T1-L3) ออกจากไขสันหลังส่วนอกและเอว ส่วนเส้นประสาทของระบบประสาทพาราซิมพาธิก เป็นเส้นประสาทสมอง ที่ออกจากสมองส่วน midbrain pon และ medulla และเส้นประสาทไขสันหลังส่วนก้นกบ (S2-S4) ที่ออกจากไขสันหลังส่วนก้นกบ ที่มา: สุวิทย์ จันละคร

ตารางที่ 3.3 แสดงการควบคุมของระบบประสาทอัตโนมัติทั้งสองระบบต่ออวัยวะต่าง ๆ ที่เป็นการควบคุมในลักษณะตรงข้ามกัน

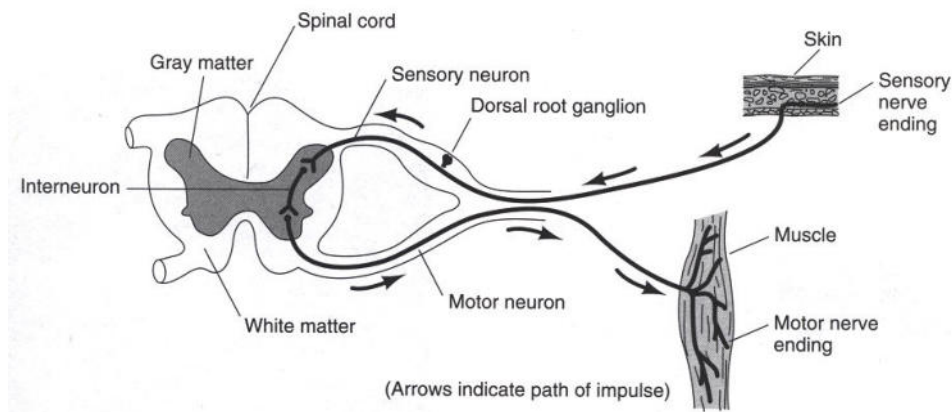
การทำงานของอวัยวะ	ระบบ sympathetic	ระบบ parasympathetic
รูม่านตา	กว้างออก	แคบลง
หัวใจ	หัดตัวเร็วเพิ่มอัตราการเต้น	หัดตัวช้าลดอัตราการเต้น
กล้ามเนื้อที่หลอดลม	กว้างออก	แคบลง
ต่อมเหงื่อ	กระตุ้นการหลั่ง	ไม่มีการควบคุม
ต่อมน้ำตา	ยับยั้งการหลั่ง	กระตุ้นการหลั่ง
ต่อมในกระเพาะและลำไส้	ยับยั้งการหลั่ง	กระตุ้นการหลั่ง
ต่อมหมวกไตส่วนใน	หลั่งฮอริโมน epinephrin	ไม่มีการควบคุม
ต่อมหมวกไตส่วนนอก	หลั่งฮอริโมน glucocorticoid	ไม่มีการควบคุม
เส้นเลือดของผิวหนัง	หัดตัว	ไม่มีการควบคุม
เส้นเลือดที่อวัยวะภายใน ยกเว้นหัวใจและปอด	หัดตัว	ไม่มีการควบคุม
ตับ	กระตุ้นการสลายไกลโคเจน และลดการหลั่งน้ำดี	กระตุ้นการสังเคราะห์ไกลโคเจน
ถุงน้ำดี	คลายตัว	หัดตัว
กล้ามเนื้อท่อทางเดินอาหาร	ลดการบีบตัว	เพิ่มการบีบตัว
กล้ามเนื้อกระเพาะปัสสาวะ	คลายตัว	หัดตัว
ไต	เส้นเลือดในไตหัดตัว ปัสสาวะลดลง	ไม่มีการควบคุม
ตับอ่อน	ตับอ่อนหลั่งเอนไซม์	ไม่มีการควบคุม
มดลูก	ยับยั้งการหัดตัว ถ้าสัตว์ตั้งท้อง	มีผลน้อย

5. รีเฟล็กซ์ (Reflexs)

รีเฟล็กซ์ คือ การตอบสนองต่อสิ่งเร้าอัตโนมัติ ที่อยู่นอกอำนาจจิตใจ รีเฟล็กซ์ที่ง่าย ที่สุดคือ รีเฟล็กซ์ไขสันหลัง (spinal reflexs) เป็น รีเฟล็กซ์ที่มีการสั่งการที่ไขสันหลัง โดยสมองไม่มีส่วนเกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตามรีเฟล็กซ์ที่ซับซ้อนมากอาจเกี่ยวข้องกับสมอง

รีเฟล็กซ์ในร่างกายมีหลายชนิด เช่น สุนัขน้ำลายไหลโดยอัตโนมัติเมื่อเห็นอาหาร ซึ่งเกิดขึ้นโดยอยู่นอกอำนาจจิตใจ เป็นต้น ตัวอย่างรีเฟล็กซ์ ที่สามารถอธิบายวงจรประสาทได้อย่างดี คือ รีเฟล็กซ์ในการดึงเท้ากลับเมื่อเหยียบวัสดุที่มีคม โดยวงจรประสาท (reflexs arc) (ภาพที่ 3.13) เริ่มจาก ตัวรับ (receptor) หรือปลายประสาทของเส้นใยประสาทของเซลล์ประสาทรับความรู้สึกที่ผิวหนังที่เท้าได้รับการกระตุ้นจากวัตถุมีคม ทำให้เกิดกระแสประสาทอย่างรวดเร็ว และกระแส

ประสาทส่งไปตามเส้นใยประสาทรับความรู้สึก (sensory neuron) เข้าสู่ไขสันหลัง เรียกว่า กระแสประสาทขาเข้า (afferent path way) ส่งข้อมูลต่อให้เซลล์ประสาทประสานงาน (interneuron) ในไขสันหลัง ซึ่งทำหน้าที่ส่งกระแสประสาทต่อให้กับเซลล์ประสาทสั่งการ หรือเซลล์ประสาทส่งความรู้สึก (motor neuron) และเซลล์ประสาทสั่งการส่งกระแสประสาทออกจากไขสันหลังไปตามเส้นใยประสาทส่งความรู้สึก เรียกว่า กระแสประสาทขาออก (efferent path way) ไปอวัยวะเป้าหมาย ซึ่งเรียกว่า อวัยวะตอบสนอง (effector) ได้แก่ กล้ามเนื้อที่ขา ทำให้กล้ามเนื้อที่ขาหดตัวโดยอัตโนมัติ เกิดการดึงเท้ากลับจากของมีคม



ภาพที่ 3.14 แสดงวงจรรีเฟล็กซ์ (reflex arc)

ที่มา: Romich (2006)

6. กลไกการส่งกระแสประสาท

ลักษณะการทำงานของเซลล์ประสาทแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด

1) การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทในเซลล์ประสาท เป็นการเคลื่อนที่โดยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี (electrochemical reaction)

2) การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทจากเซลล์หนึ่งไปอีกเซลล์หนึ่งเป็นการถ่ายทอดกระแสประสาทผ่านในรูปของสารเคมีหรือกระแสไฟฟ้า

6.1 การเกิดกระแสประสาท (nerve impulse) หรือ action potential หรือ การเปลี่ยนแปลงเซลล์ประสาทให้อยู่ในสถานะไม่มีขั้ว (depolarization)

เมื่อเซลล์ประสาทถูกกระตุ้นจาก ทางกล เช่น การกด การบีบ หรือการกระทบ หรือทางเคมี เช่น สารเคมีต่าง ๆ จะเกิดกระแสประสาท โดยมีกลไกดังนี้ เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาทเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติชั่วคราว คือ ทำให้ Na^+ สามารถแพร่เข้าไปในเซลล์ได้ หยุดการส่งกลับของ Na^+ ออกจากเซลล์ ทำให้ภายในเซลล์ประสาทบริเวณที่ถูกกระตุ้นมีประจุเป็น บวก และนอกเซลล์ประสาท ซึ่งเรียกว่าการเกิด depolarization หรือ action potential ซึ่งเป็นระยะที่มีกระแสประสาทเกิดขึ้น มีกลไกดังนี้ ผิวภายในเซลล์ประสาทตรงที่มี Na^+ ผ่านเข้าออกเซลล์เกิดการ

เปลี่ยนแปลงประจุไฟฟ้าเป็นประจุบวกผิวภายนอกที่สูงเสีย Na^+ ไปเปลี่ยนเป็นประจุลบ มีความต่างศักย์ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงจาก -60 มิลลิโวลต์ จนเป็นสภาวะไม่มีขั้วคือ 0 มิลลิโวลต์ และ Na^+ เข้าเซลล์เรื่อยๆ จนทำให้ภายในเซลล์เป็นประจุบวกและมีความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็น $+60$ มิลลิโวลต์ตามปริมาณของ Na^+ ที่แพร่เข้าไปในเซลล์

การเปลี่ยนแปลงประจุไฟฟ้าที่ผิวเซลล์นี้ใช้เวลาเพียงเศษเสี้ยววินาทีเท่านั้น เหตุการณ์ตั้งแต่ Na^+ หลุดเข้าไปในเซลล์เป็นจุดเริ่มต้นของการเกิด depolarization

6.3 การกลับสู่สภาวะปกติ หรือสภาวะมีขั้วกลับภายในเซลล์ (repolarization)

เมื่อเกิด depolarized ถึงขั้นสูงสุดแล้ว ก็จะกลับสู่สภาวะปกติคือภายในเซลล์มีขั้วกลับภายนอกเซลล์มีขั้วบวก เรียกว่า การกลับสู่สภาวะมีขั้วอีกครั้งว่า repolarization มีกลไกดังนี้คือ เยื่อหุ้มเซลล์จะไม่ยอมให้ Na^+ เข้าไปในเซลล์อีกต่อไป แต่ยอมให้ K^+ แพร่ออกจากเซลล์อย่างรวดเร็ว จนปริมาณ Na^+ ที่เข้ามาเท่ากับ K^+ ที่ออกไป หลังจากนั้นจะมีการนำ Na^+ ออกนอกเซลล์ และการนำ K^+ เข้าภายในเซลล์ โดยขบวนการ sodium-potassium pump ซึ่งขบวนการนี้ต้องใช้พลังงาน (active transport) โดยการใช้ ATP ร่วมด้วยในการขับ Na^+ ออกจากเซลล์และดึง K^+ เข้าเซลล์

6.4 การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทจากเซลล์หนึ่งไปอีกเซลล์หนึ่ง

การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทจากเซลล์หนึ่งไปอีกเซลล์หนึ่งสามารถส่งผ่านโดยกระแสไฟฟ้าการณืที่บริเวณช่องว่าง synapse แคบมาก ๆ กระแสไฟฟ้าสามารถกระโดดข้ามไปยังเซลล์หนึ่งได้ ซึ่งการส่งกระแสประสาทระหว่างเซลล์แบบนี้เกิดขึ้นได้น้อย ส่วนมากเป็นการส่งผ่านโดยอาศัยสารเคมี ซึ่งเป็นสารสื่อประสาท (Neurotransmitter)

ปลายแอกซอนของเซลล์ประสาทตัวที่ 1 (presynaptic neuron) ที่ทำหน้าที่ส่งกระแสประสาท จะพองออกเป็น synaptic knob ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่มาใกล้กับปลายเดนไดรน์ของเซลล์ประสาทตัวที่ 2 (postsynaptic neuron) ซึ่งจะรับกระแสประสาทจากตัวที่หนึ่ง

ภายใน synaptic knob มีถุง (synaptic vesicles) มีสารสื่อประสาท (neurotransmitter) เช่น acetylcholine , noradrenalin, serotonin, epinephrin และ dopamin

7. ข้อเท็จจริงและหน้าที่ของระบบต่อมไร้ท่อ

7.1 อวัยวะ หรือโครงสร้างในระบบต่อมไร้ท่อ ประกอบด้วย

- 1) ต่อมไร้ท่อ (endocrine glands) ซึ่งโครงสร้างของต่อมเป็นเนื้อเยื่อบุผิวทำหน้าที่ผลิตสารที่เรียกว่า ฮอร์โมน (hormones)
- 2) เนื้อเยื่ออื่นๆ ของร่างกายที่สามารถหลั่งสารฮอร์โมนได้
- 3) เลือด ซึ่งทำหน้าที่นำเอาฮอร์โมนจากต่อม ไปยังอวัยวะที่ฮอร์โมนนั้นๆ จะออกฤทธิ์ หรืออวัยวะเป้าหมาย (target organs)

7.2 ชนิดของสารฮอร์โมน แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

- 1) ฮอร์โมนที่เป็นสาร สเตอรอยด์ (steroid hormones)

มีคุณสมบัติละลายได้ดีในตัวทำละลายไขมัน มีขนาดโมเลกุลเล็ก เช่นฮอร์โมนที่ได้จากอวัยวะ หรือรังไข่ และฮอร์โมนจากต่อมหมวกไตส่วนนอก

2) ฮอร์โมนที่เป็นสารโปรตีน (protein hormones) มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีและมีขนาดโมเลกุลใหญ่ เช่น ฮอร์โมนที่ผลิตจากต่อมใต้สมอง และสมองส่วนไฮโปธาลามัส

1) ฮอร์โมนที่เป็นอนุพันธ์ของโปรตีนหรืออนุพันธ์ของกรดอะมิโน (protein derivative หรือ amino acid derivative) เช่น ฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์

7.3 หน้าที่ระบบต่อมไร้ท่อ คือ ควบคุมระบบต่าง ๆ ของร่างกาย โดยอาจแบ่งหน้าที่ของระบบต่อมไร้ท่อตามผลที่เกิดขึ้นได้ ดังนี้

- 1) ควบคุม และรักษาสสมดุลของขบวนการเมตาโบลิซึม หรือปฏิกิริยาเคมีในร่างกาย (metabolic function)
- 2) ควบคุมการไหล หรือเคลื่อนที่ต่างๆ ของสารภายในร่างกาย (kinetic function)
- 3) ควบคุมพฤติกรรมของสัตว์ (behavioural function)
- 4) การเปลี่ยนรูปร่างหรือโครงสร้างของเนื้อเยื่อในร่างกาย (morphogenetic function)

ฮอร์โมนหลายชนิด อาจทำหน้าที่ และก่อให้เกิดผลต่าง ๆ มากกว่า 1 ข้อ ดังที่กล่าวข้างต้น

7.4 กลไกการทำงานของฮอร์โมนที่อวัยวะเป้าหมาย

1) ฮอร์โมนมีผลให้เซลล์ของอวัยวะเป้าหมายมีการสังเคราะห์สารที่เป็นตัวส่งข่าวสารตัวที่สอง (secondary messenger) เพื่อเข้าไปทำงานแทนฮอร์โมนเช่น cAMP (cyclic adenosine monophosphate) ฮอร์โมนที่มีกลไกการเข้าทำงานในลักษณะนี้ได้แก่ฮอร์โมนที่เป็นโปรตีน และเปปไทด์ เป็นต้น

2) ฮอร์โมนที่ซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์และเข้าไปทำงานด้วยตัวของมันเองที่นิวเคลียสโดยตรงได้แก่ฮอร์โมนในกลุ่มของสเตอรอยด์

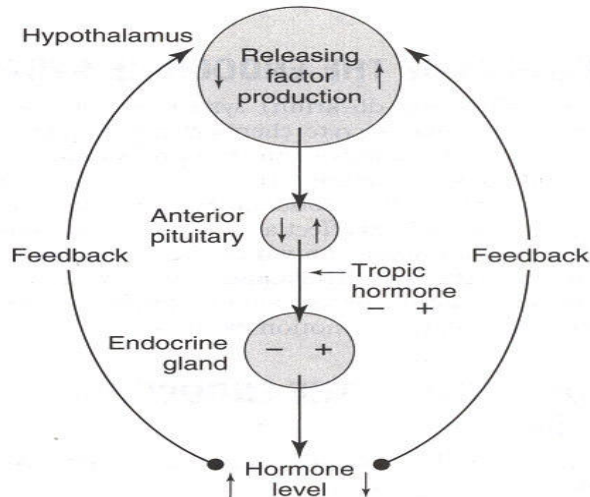
3) ฮอร์โมนที่ออกฤทธิ์ที่ผนังเซลล์ ทำให้ผนังเซลล์มีการเปลี่ยนแปลงการควบคุมการเข้า ออกของสารที่ผนังเซลล์ เช่นฮอร์โมนอินซูลิน

7.5 การควบคุมการหลั่งฮอร์โมน การกระตุ้นให้เกิดการหลั่งของฮอร์โมน เกิดได้จากการกระตุ้นของ

- 1) ระบบประสาท
- 2) ฮอร์โมนชนิดอื่นๆ
- 3) สภาวะแวดล้อมนอกเซลล์

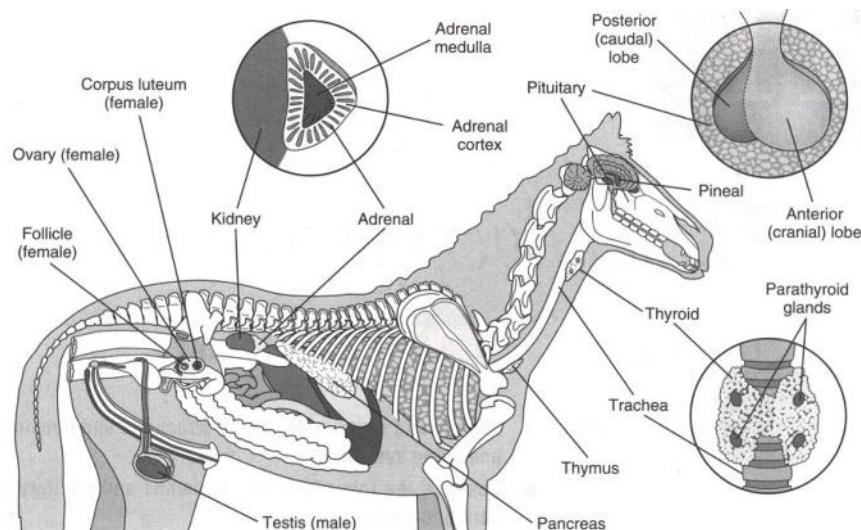
การควบคุมการหลั่งของฮอร์โมน เป็นไปในลักษณะที่เรียกว่า การควบคุมแบบ ย้อนกลับ (feedback control) กล่าวคือ ผลที่เกิดขึ้นจากการทำงานของฮอร์โมนจะย้อนกลับไปควบคุมระดับการหลั่งฮอร์โมนนั้นๆ การควบคุมย้อนกลับที่มีผลทำให้ฮอร์โมน หยุดหลั่ง หรือหลั่งน้อยลง เรียกว่า negative feedback (-) (ภาพที่ 3.15) ซึ่งการควบคุมแบบนี้พบได้มากในสัตว์ เป็นระบบที่ควบคุมการหลั่ง

ฮอร์โมนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ถ้าการควบคุมย้อนกลับที่มีผลทำให้ฮอร์โมน หลังมากขึ้น เรียกว่า positive feedback ซึ่งพบได้บ้างในร่างกายสัตว์ โดยเมื่อมีความจำเป็นในการเพิ่มระดับฮอร์โมนให้สูงถึงจุดที่จะผล เช่น การกระตุ้นให้เกิดการตกไข่ ในระบบสืบพันธุ์เพศเมีย



ภาพที่ 3.15 แสดงการควบคุมการ
หลังฮอร์โมนแบบ
ย้อนกลับ
ที่มา: Romich (2006)

ต่อมไร้ท่อในร่างกายมีดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 3.16) ต่อมใต้สมอง (pituitary gland) ต่อมไทรอย (Thyroid gland) ต่อมไทมัส (Thymus) ตับอ่อน (pancreas) ต่อมหมวกไต (adrenal gland) รังไข่ (ovary) และ อัณฑะ (Testis) ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดแต่ละต่อมตามลำดับต่อไป



ภาพที่ 3.16 แสดงตำแหน่งของต่อมไร้ท่อในร่างกายม้า
ที่มา: Romich (2006)

8. ต่อมใต้สมอง (pituitary gland)

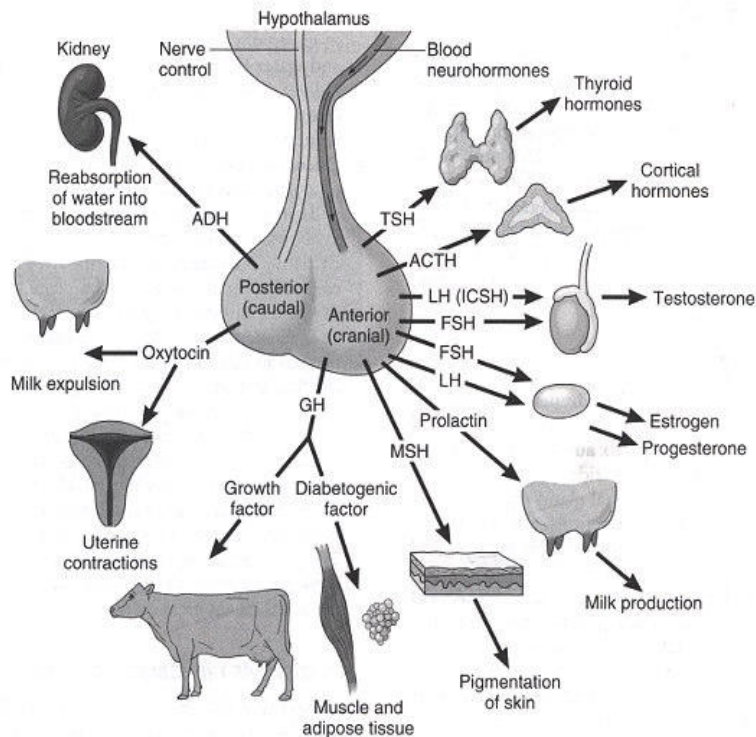
ต่อมใต้สมองอยู่ที่บริเวณฐาน ใต้สมอง โดยต่อกับไฮโปธาลามัส (hypothalamus) (ภาพที่ 3.16) บางครั้งอาจเรียกว่า master gland ต่อมใต้สมองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน (ภาพที่ 3.17)

8.1 ต่อมใต้สมองส่วนหน้า (anterior pituitary หรือ adenohypophysis) สร้างและหลั่งฮอร์โมน 6 ชนิดดังนี้

- 1) Follicle-stimulating hormone (FSH) ทำหน้าที่กระตุ้นการเจริญของกระเปาะไข่ (follicle) ในรังไข่ ของสัตว์เพศเมีย และกระตุ้นการเจริญเติบโตของอสุจิ (spermatogenesis) ในสัตว์เพศผู้
- 2) adrenocorticotrophic hormone (ACTH) ทำหน้าที่ กระตุ้นต่อมหมวกไต ส่วน cortex ให้สร้างและหลั่งฮอร์โมน
- 3) growth hormone หรือ somatotrophin ทำหน้าที่ กระตุ้นการเจริญเติบโต โดยมีผลที่เนื้อเยื่อกระดูก
- 4) thyroid-stimulating hormone หรือ thyrotrophin (TSH) ทำหน้าที่ กระตุ้นการหลั่งฮอร์โมน thyroid จากต่อมไทรอยด์
- 5) luteinizing hormone (LH) ทำหน้าที่ กระตุ้นให้ไข่ตก จากกระเปาะไข่ในรังไข่ของสัตว์เพศเมีย และในสัตว์เพศผู้ บางครั้งเรียกฮอร์โมนนี้ว่า interstitial cell-stimulating hormone (ICSH) ทำหน้าที่ กระตุ้นเนื้อเยื่อในอัณฑะให้สร้างและหลั่งฮอร์โมนเพศผู้ หรือ testosterone
- 6) prolactin ทำหน้าที่ กระตุ้นการเจริญของเนื้อเยื่อเต้านมและการสร้างน้ำนมในสัตว์อุ้มท้องระยะปลาย

8.2 ต่อมใต้สมองส่วนหลัง (posterior pituitary หรือ neurohypophysis) โดยต่อมนี้ ทำหน้าที่ เป็นที่เก็บของฮอร์โมนที่สร้างและหลั่งจากสมองส่วน hypothalamus ซึ่งมีฮอร์โมนดังต่อไปนี้

- 1) Antidiuretic hormone หรือ vasopressin (ADH) อวัยวะเป้าหมายคือ ท่อหน่วยไต (renal tubules) ทำหน้าที่ เพิ่มการดูดน้ำกลับ จากท่อหน่วยไตสู่เนื้อเยื่อท่อปัสสาวะ มีความเข้มข้นมากขึ้น (มีน้ำน้อย)
- 2) Oxytocin อวัยวะเป้าหมายคือ กล้ามเนื้อเรียบที่ เต้านม และมดลูก โดยมีผลกระตุ้น ให้กล้ามเนื้อเรียบบีบตัว ทำให้เกิดการหลั่งน้ำนมและการคลอด



ภาพที่ 3.17 ภาพแสดง
ฮอร์โมนที่หลั่งจากต่อมใต้
สมอง และอวัยวะเป้าหมาย
ที่มา: Romich (2006)

9. ต่อมไทรอยด์ (The thyroid gland)

ต่อมไทรอยด์ เป็นต่อมคู่ อยู่ทางด้านข้างทั้งสองข้าง ทางด้านบนสุดของหลอดลม ทำหน้าที่สร้างและหลั่งฮอร์โมน 3 ชนิด ได้แก่

- 1) Thyroxin หรือ T4
- 2) Tri-iodothyronine หรือ T3
- 3) Thyrocalcitonin หรือ calcitonin

T4 และ T3 ทำหน้าที่เหมือนกันคือ ควบคุม ขบวนการเมตาโบลิซึมในเซลล์ร่างกาย

Thyrocalcitonin อวัยวะเป้าหมายคือ กระดูก ทำหน้าที่ ลดการสลายกระดูกในการเพิ่ม แคลเซียมในกระแสเลือด ดังนั้นฮอร์โมนนี้ จะหลั่งเมื่อ ระดับของแคลเซียมในกระแสเลือดสูงเกินปกติ

สภาวะที่ร่างกายสัตว์ มีการสร้างฮอร์โมนจาก ต่อมไทรอยด์ มากกว่าปกติ เรียกว่า hyperthyroidism ซึ่งพบได้บ่อยในแมว สัตว์จะแสดงอาการ คือ ตื่นเต้น กระฉับกระเฉง อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจ เร็วขึ้น น้ำหนักตัวอาจลดลง

ส่วนกรณีที่ การสร้างฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ที่ต่ำกว่าปกติ เรียกว่า hypothyroidism สัตว์จะแสดงอาการตรงกันข้ามกับ hyper- กล่าวคือ เศร้าซึม น้ำหนักตัวอาจเพิ่มขึ้น

10. ต่อมพาราไทรอยด์ (The parathyroid glands)

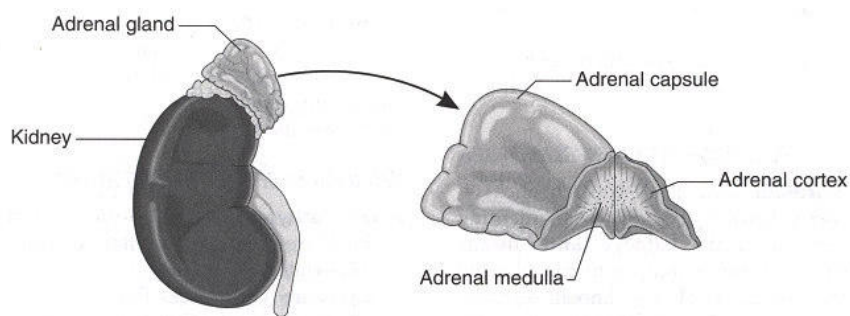
ต่อมพาราไทรอยด์ เป็นต่อมขนาดเล็ก 4 ต่อม อยู่บนต่อมไทรอยด์ทั้งสองข้าง ต่อมไทรอยด์แต่ละข้าง มีต่อมพาราไทรอยด์ 2 ต่อม โดยต่อมหนึ่งจะอยู่ที่ผิว อีกต่อมหนึ่งจะฝังลึกลงในต่อม

ไทรอยด์ ต่อมพาราไทรอยด์ทำหน้าที่สร้างและหลั่งฮอร์โมน parathyroid หรือ เรียกว่า parathormone (PTH)

PTH ทำหน้าที่กระตุ้นให้เกิดการสลายกระดูก เพื่อนำแคลเซียมจากกระดูกเข้าสู่กระแสเลือด เพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือด ซึ่งฮอร์โมน PTH จะทำงานตรงกันข้ามกับฮอร์โมน thyrocalcitonin

11. ต่อมหมวกไต (adrenal glands)

ต่อมหมวกไต มีสองต่อม อยู่ที่ไต (ภาพที่ 3.18) โดยวางอยู่บนผิวทางด้านหน้าของไตทั้งสองข้าง ในคนไตวางตัวในแนวตั้ง แต่ในสัตว์ ไตวางตัวในแนวนอน ต่อมหมวกไต ในคนก็เหมือน กับว่า ไต มีหมวกคลุมอยู่ข้างบน จึงเรียก adrenal glands ว่าต่อมหมวกไต โครงสร้างของต่อมหมวกไต ประกอบด้วย โครงสร้างด้านนอกเรียก cortex และโครงสร้างที่อยู่ด้านในใจกลางต่อม เรียก medulla โครงสร้างทั้งสองก็จะสร้างและหลั่งฮอร์โมนที่ต่างกัน



ภาพที่ 3.18 ภาพต่อมหมวกไต (Adrenal gland) มี 2 ส่วนคือ cortex และ medulla
ที่มา: Romich (2006)

11.1 ต่อมหมวกไตส่วน cortex สร้างและหลั่งฮอร์โมนดังต่อไปนี้

1) Glucocorticoid ได้แก่ cortisol และ corticosterone ทำหน้าที่ดังนี้

1.1) กระตุ้นให้เกิดขบวนการสังเคราะห์น้ำตาลกลูโคส (gluconeogenesis) เพื่อเพิ่มน้ำตาลในกระแสเลือด การสังเคราะห์ น้ำตาลกลูโคสสามารถสังเคราะห์ได้จาก กลีเซอรอลที่ได้จากการสลายไขมัน กรดอะมิโน หรือ ในสัตว์เคี้ยวเอื้องใช้กรดไขมันระเหยได้ชนิด propionate (C3)

1.2) กระตุ้นความอยากกินอาหาร กระตุ้นการสลายไขมันในร่างกาย ปริมาณฮอร์โมนมากๆ มีผลต้านขบวนการอักเสบ นอกจากนี้ ฮอร์โมน glucocorticoid จะหลั่งมากในสภาวะที่สัตว์เครียด

2) Mineralocorticoids มีหลายชนิด ที่สำคัญ คือ aldosterone ทำหน้าที่ควบคุมระดับแร่ธาตุต่างๆ ในร่างกาย ที่สำคัญคือ โซเดียม (Na) และ โพแทสเซียม (K)

11.2 ต่อมหมวกไตส่วน medulla

สร้างและหลั่งฮอร์โมน adrenalin หรือ epinephrine และ noradrenaline หรือ norepinephrine โดยฮอร์โมนทั้งสองชนิดนี้ทำหน้าที่เหมือนกัน คือ จะหลั่งออกมามากในสถานะฉุกเฉิน มีผลทำให้ ระดับของน้ำตาลในกระแสเลือดเพิ่มขึ้นอย่างมาก เพิ่มอัตราการหายใจและการเต้นของหัวใจ การขยายหลอดเลือดแดง นอกจากนี้ต่อมหมวกไตยังสามารถสร้างฮอร์โมนเพศได้ด้วย แต่ปริมาณเล็กน้อย

12. ตับอ่อน (pancreas)

ตับอ่อนเป็นอวัยวะที่มีรูปร่างเป็นรูปตัว V วางอยู่ตรงด้านข้างติดกับลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenum) และกระเพาะอาหาร ตับอ่อน ถือเป็น Mixed gland คือ เป็นต่อมที่เป็นทั้งต่อมไร้ท่อ (endocrine) และต่อมมีท่อ (exocrine) บริเวณที่ทำหน้าที่เป็นต่อมมีท่อ ในตับอ่อน จะสร้างน้ำย่อยที่เรียกว่า pancreatic juice ทำหน้าที่เกี่ยวกับการย่อยอาหารในระบบย่อยอาหาร ส่วนบริเวณที่ทำหน้าที่เป็นต่อมไร้ท่อ หรือ สร้างฮอร์โมนนั้นเรียกว่า Islets of Langerhans ซึ่งสร้างฮอร์โมนดังต่อไปนี้

1) Glucagon สร้างจาก แอลฟาเซลล์ (alpha cells) ใน Islets of Langerhans ทำหน้าที่ตอบสนองต่อระดับความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดต่ำ กล่าวคือ เมื่อระดับของกลูโคสในกระแสเลือดลดลง ฮอร์โมนนี้จะหลั่งเพื่อ เพิ่ม การสังเคราะห์กลูโคสจาก ไกลโคเจน (glycogen) ในตับ และปลดปล่อยออกสู่กระแสเลือดมากขึ้น

2) Insulin สร้างจาก เบตาเซลล์ (beta cells) ทำหน้าที่ ตอบสนองต่อระดับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในกระแสเลือดสูง กล่าวคือ เมื่อระดับกลูโคสในกระแสเลือดมากขึ้น ฮอร์โมน insulin จะหลั่งมีผลทำให้เซลล์ดูดซึม หรือนำเอาน้ำตาลกลูโคสเข้าเซลล์มากขึ้น และในขณะเดียวกัน มีผลลดการสลายไกลโคเจน เป็นน้ำตาลกลูโคส และลดขบวนการสังเคราะห์กลูโคสด้วย

3) Somatostatin สร้างจาก เดลตาเซลล์ (delta cells) ทำหน้าที่ควบคุม ยับยั้ง การหลั่งฮอร์โมน insulin และ glucagon เพื่อ ควบคุมไม่ให้เกิดการหลั่งมากเกินไป

สัตว์ที่เป็นโรคเบาหวานที่เกิดจากการขาดฮอร์โมนอินซูลิน จะทำให้ร่างกายสัตว์ขาดพลังงาน เนื่องจากเซลล์ไม่สามารถใช้น้ำตาลได้เพราะน้ำตาลเข้าเซลล์ไม่ได้ (ฮอร์โมนอินซูลิน ทำหน้าที่นำน้ำตาลเข้าเซลล์) สัตว์จึงอยากกินอาหารเนื่องจากขาดพลังงาน แต่ร่างกายก็ไม่อ้วนเนื่องจากไม่สามารถนำน้ำตาลเข้าเซลล์เพื่อเปลี่ยนเป็นไขมัน ทำให้มีน้ำตาลอยู่ในน้ำเลือดปริมาณมากกว่าปกติ ทำให้เลือดข้นมากมีผลทำให้สัตว์ปัสสาวะบ่อย และกระหายน้ำมาก เพื่อลดความเข้มข้นของเลือด ปัสสาวะมีน้ำตาล ปนออกมา

13. ต่อมในระบบสืบพันธุ์ (Gonads)

โครงสร้างของต่อมในระบบสืบพันธุ์ ซึ่งได้แก่ อัณฑะในสัตว์เพศผู้ และรังไข่ ในสัตว์เพศเมีย จะได้กล่าวในระบบสืบพันธุ์

13.1 รังไข่ในสัตว์เพศเมีย สร้างและหลั่งฮอร์โมนดังต่อไปนี้

1) Oestradiol ที่สำคัญคือ estrogen ซึ่งสร้างจากเซลล์ในกระเปาะไข่ (follicular cells) ทำให้สัตว์แสดงอาการเป็นสัด (estrus) และเตรียมความพร้อมของระบบสืบพันธุ์เพื่อการได้รับการผสมพันธุ์

2) Progesterone สร้างจากเซลล์ในเนื้อเยื่อเหลือง หรือ corpus luteum ซึ่งเป็นกระเปาะไข่ที่ไข่ตกแล้วออกจากกระเปาะแล้ว ซึ่งกระเปาะไข่ หรือ follicle ก็จะเปลี่ยนเป็นเนื้อเยื่อเหลือง หรือ corpus luteum ฮอร์โมนนี้ทำหน้าที่รักษาการอุ้มท้องให้อยู่ได้ตลอดจนกว่าจะคลอด

3) Relaxin สร้างจากเซลล์ในเนื้อเยื่อเหลืองเช่นกัน แต่ จะหลั่งออกมาในระยะปลายของการอุ้มท้อง ทำหน้าที่คลาย หรือผ่อนคลายความตึงของเอ็น เพื่อเตรียมความพร้อมในการคลอด

13.2 ฮอร์โมนในสัตว์เพศผู้ (testis) สร้างและหลั่งฮอร์โมนดังต่อไปนี้

1) Testosterone ที่สำคัญคือ androgen สร้างจากเซลล์ Leydig ทำหน้าที่กระตุ้นการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (spermatogenesis) และ การพัฒนาทางเพศ

2) Estrgen สร้างจากเซลล์ Sertoli ทำหน้าที่ถ่วง หรือ ปรับการทำงานของฮอร์โมน testosterone ให้สมดุล

14 ต่อมไร้ท่อในเนื้อเยื่ออื่นๆ

นอกจากต่อมไร้ท่อที่สำคัญๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ยังมีเนื้อเยื่อในอวัยวะต่างๆ ที่ทำหน้าที่เป็นต่อมไร้ท่ออีกด้วย ได้แก่

14.1 เนื้อเยื่อที่ผนังของกระเพาะอาหาร (stomach) สร้างและหลั่งฮอร์โมน gastrin ทำหน้าที่กระตุ้นให้เซลล์ที่ผนังกระเพาะอาหารหลั่ง กรด ไฮโดรคลอริก (HCl)

14.2 เนื้อเยื่อที่ผนังลำไส้เล็ก (small intestine) สร้างและหลั่งฮอร์โมน secretin ทำหน้าที่กระตุ้นให้เซลล์ที่ผนังลำไส้สร้างและหลั่งน้ำย่อยย่อยอาหาร

14.3 รก (placenta) สร้างและหลั่งฮอร์โมน chorionic gonadotrophin ทำหน้าที่รักษาเนื้อเยื่อเหลืองที่รังไข่ให้คงอยู่จนกว่าจะคลอด

แบบฝึกหัดท้ายบท

แบบฝึกหัดที่ 3.1 จงเลือกคำตอบที่ให้มาที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. ช่องว่างระหว่างเซลล์ประสาท สองเซลล์ เรียกว่า
 - a. Neurilemma
 - b. Synapse
 - c. Axon
 - d. Neuroglia
2. ช่องว่างระหว่างเซลล์ประสาทและเซลล์กล้ามเนื้อเรียกว่า
 - a. Node of Ranvier

- b. Myelin sheath
 - c. Neuromuscular junction
 - d. Epidural space
3. กลุ่มของตัวเซลล์ประสาทที่อยู่นอก ระบบประสาทส่วนกลางคือ
 - a. Ganglion
 - b. Dendrite
 - c. Nucleus
 - d. Neuron
 4. Acetylcholine และ noradrenaline เป็นสารเคมีที่ พบได้ที่ synapses ทำหน้าที่เป็น
 - a. Neurotransmission
 - b. The passage of oxygen
 - c. The removal of waste
 - d. The production of myelin
 5. คลื่นกระแสประสาทจาก ระบบประสาทส่วนปลายเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลาง ผ่านทางใด
 - a. Afferent nerves
 - b. Brain
 - c. Efferent nerves
 - d. Spinal cord
 6. เส้นประสาทสมองคู่ที่ 7 คือ ข้อใด
 - a. Optic
 - b. Hypoglossal
 - c. Abducens
 - d. Facial
 7. เส้นประสาทสมองที่ไปเลี้ยงส่วน นอก คือข้อใด
 - a. Olfactory
 - b. Vestibulocochlear
 - c. Vagus
 - d. Trigeminal
 8. คลื่นกระแสประสาทรับความรู้สึก ของรีเฟลคส์ไขสันหลัง เข้าสู่ไขสันหลังทางใด
 - a. Cranial nerves
 - b. Dorsal root
 - c. Intercalating neuron
 - d. Ventral root

แบบฝึกหัดที่ 3.2 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. การควบคุมการหลั่งฮอร์โมนแบบ negative feedback มีผลเช่นใด
 - a. เพิ่มการสร้างและหลั่งฮอร์โมน
 - b. เพิ่มการสร้างและหลั่งฮอร์โมนมากขึ้น
 - c. ลดการสร้างและหลั่งฮอร์โมน
 - d. ฮอร์โมนยังหลั่งปกติ
2. ฮอร์โมน ACTH ย่อมาจาก
 - a. Adrenocorticotrophic hormone
 - b. Adrenaline-counteracting thyroid hormone
 - c. Aminocorticothyroid hormone
 - d. Aminocorticotrophic hormone
3. ขบวนการ gluconeogenesis เกิดขึ้นจากผลของฮอร์โมนใด
 - a. Mineralocorticoid
 - b. Insulin
 - c. Glucocorticoid
 - d. PTH
4. TSH สร้างจากต่อมไร้ท่อใด
 - a. Thyroid gland
 - b. Anterior pituitary gland
 - c. Parathyroid gland
 - d. Posterior pituitary
5. Adrenaline มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าอะไร
 - a. Epinephrine
 - b. Neurohypophysis
 - c. Calcitonin
 - d. Oestradiol
6. aldosterone ที่สำคัญคือ
 - a. androgen
 - b. oestrogen
 - c. glucocorticoid
 - d. mineralocorticoid
7. ฮอร์โมนที่รักษาการตั้งครรภ์ให้คงอยู่ได้ คือ ข้อใด
 - a. Oestradiol
 - b. relaxin
 - c. progesterone
 - d. prolactin

8. เนื้อเยื่อเหลือง หรือ corpus luteum สร้างและหลั่งฮอร์โมนใด
 - a. Oestradiol
 - b. Relaxin
 - c. Prolactin
 - d. Testosterone
9. ตับอ่อน ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนชนิดใด
 - a. Glucocorticoid
 - b. Glucagon
 - c. ACTH
 - d. ADH
10. อวัยวะเป้าหมายของฮอร์โมน ADH คือข้อใด
 - a. Liver
 - b. Renal tubules
 - c. Ovary
 - d. Thyroid gland
11. ฮอร์โมน cortisol มีผลเช่นไร
 - a. เพิ่มระดับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส ในกระแสเลือด
 - b. เพิ่มการดูดน้ำกลับที่ท่อหน่วยไต
 - c. ลดระดับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส ในกระแสเลือด
 - d. ลดอัตราการเต้นของหัวใจ
12. อวัยวะเป้าหมายหลักของฮอร์โมน somatotrophin คือข้อใด
 - a. Heart
 - b. Kidney
 - c. Bone
 - d. Liver
13. ฮอร์โมนที่มีผลทำให้สัตว์แสดงความเป็นเพศผู้ คือข้อใด
 - a. FSH
 - b. Oestrogen
 - c. TSH
 - d. Testosterone
14. ฮอร์โมน PTH มีผลเช่นไร
 - a. เพิ่มระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือด
 - b. เพิ่มระดับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส ในกระแสเลือด
 - c. ลดระดับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส ในกระแสเลือด
 - d. ลดระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือด

15. ฮอรโมน insulin มีผลเช่นไร
- เพิ่มระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือด
 - เพิ่มระดับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส ในกระแสเลือด
 - ลดระดับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส ในกระแสเลือด
 - ลดระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือด
16. ฮอรโมน ICSH มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า อะไร
- ACTH
 - TSH
 - ADH
 - LH
17. ฮอรโมน Noradrenaline สร้างจากต่อมไร้ท่อในข้อใด
- Adrenal cortex
 - Adrenal medulla
 - Pancreas
 - Placenta
18. ฮอรโมน secretin สร้างจากต่อมไร้ท่อในข้อใดต่อไปนี้
- Stomach
 - Liver
 - Small intestine
 - Large intestine
19. ฮอรโมน Oxytocin มีผลเช่นใด
- กล้ามเนื้อเรียบที่มดลูกบีบตัว
 - เอ็นคลายตัว ก่อนจะคลอด
 - เซลล์เต้านมพัฒนา
 - รักษาการอุ้มท้อง
20. ฮอรโมน aldosterone มีผลเช่นใด
- รักษาการอุ้มท้อง
 - ควบคุมความสมดุลของแร่ธาตุ
 - ควบคุมการทำงานของ glucagons and insulin
 - กระตุ้นต่อมหมวกไตส่วน adrenal cortex

วิธีสอนและ กิจกรรม	บรรยาย ประกอบภาพสไลด์ หุ่นจำลองสุกร โค ฉาย VCD การส่งกระแสประสาท และซักถาม	
สื่อการสอน	หนังสืออ้างอิง	รายการเอกสารประกอบการสอนหมายเลข
		1, 2, 4, 6, 7, 8, 11 และ 12,
	เอกสารประกอบ	เอกสารประกอบการสอน บทที่ 3
	วัสดุโสตทัศน	คอมพิวเตอร์, หุ่นจำลองสัตว์ เช่น โค สุกร
เครื่องฉาย LCD, VCD การส่งกระแสประสาท		
งานที่ มอบหมาย	ให้นักศึกษาอ่านเอกสารประกอบการสอน บทที่ 3 ทบทวน และทำแบบฝึกหัด ท้ายบท	
การวัดผล	1. ตอบคำถามท้ายบท ตอบคำถามจากหุ่นจำลองสัตว์	
	2. สังเกตพฤติกรรมในการเรียน	
	4. งานมอบหมาย	
	3. สอบกลางภาค	
หมายเหตุ :		

บทที่ 4

ระบบปกคลุมร่างกาย (Integument system)

ระบบโครงร่าง (Skeleton system) และ

ระบบกล้ามเนื้อ (Muscular system)

วัตถุประสงค์

เมื่อนักศึกษาเรียนจบบทนี้แล้ว นักศึกษาสามารถ

1. บอกลักษณะและหน้าที่ของผิวหนังได้
2. อธิบายลักษณะโครงสร้างทางกายวิภาคของผิวหนังได้
3. อธิบายโครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงของผิวหนังได้
4. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค ของขน บอกชนิดของขน และอธิบายการเจริญเติบโตของขนได้
5. บอกหน้าที่ของระบบโครงร่างได้
6. อธิบายโครงสร้างทางกายวิภาคของเนื้อเยื่อกระดูก บอกชนิดเซลล์ในเนื้อเยื่อกระดูก และบอกชนิดของกระดูกแบ่งตามลักษณะการเรียงตัวของ ระบบ haversian
7. บอกชนิดการสร้างกระดูก และอธิบายการสร้างกระดูกแต่ละชนิดได้
8. อธิบายลักษณะการสร้างกระดูกจากกระดูกอ่อนได้
9. อธิบายลักษณะของกระดูกกะโหลก กระดูกสันหลัง กระดูกซี่โครง กระดูกสันอก กระดูกเชิงกราน และกระดูกยาวขา ได้

เนื้อหา

1. ข้อเท็จจริงและหน้าที่ของผิวหนังและขน
2. โครงสร้างของผิวหนัง
3. โครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงของผิวหนัง
4. ส่วนประกอบและโครงสร้างของขน
5. ข้อเท็จจริงและหน้าที่ของระบบโครงร่าง
6. เนื้อเยื่อและการสร้างกระดูก
7. การสร้างกระดูกยาวจากกระดูกอ่อน (endochondral ossification in the long bones)
8. โครงสร้างและชนิดของกระดูก
9. ข้อน่ารู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบโครงร่าง
10. กระดูกกะโหลก (skull)
11. กระดูกสันหลัง (vertebrae)
12. กระดูกซี่โครงและสันอก (rib and sternum)
13. กระดูกเชิงกราน (pelvis)

14. กระดูกยาวส่วนขา (limbs)
15. กระดูกส่วน manus และ pes
16. ข้อต่อ (joints)
17. ขอบเขตในร่างกายสัตว์ที่เกี่ยวข้องกับกายวิภาคของกระดูก
18. ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ
19. การหดตัวของกล้ามเนื้อลาย
20. กล้ามเนื้อลาย หรือกล้ามเนื้อโครงร่าง
21. กล้ามเนื้อกระบังลม
22. เอ็น (tendons)

1. ระบบปกคลุมร่างกาย integument

1.1 ข้อเท็จจริงและหน้าที่ของผิวหนังและขน

ผิวหนัง ขน เล็บ และเขา เป็นระบบปกคลุมร่างกาย (integument) และเชื่อมต่อกับส่วนเยื่อเมือกที่บุตามช่องเปิดของร่างกาย เช่น ช่องปาก ทวารหนัก จมูก ระบบสืบพันธุ์ ตา เป็นต้น ผิวหนังบางบริเวณมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง (modified) เพื่อทำหน้าที่เฉพาะ เช่น ฝ่าเท้าสุนัข ที่หนาตัวขึ้น เรียกว่า digital pads

ขนมีหลายชนิดกระจายอยู่ทั่วร่างกาย โดยมีบางบริเวณของร่างกายมีขนมาก และน้อยแตกต่างกันหน้าที่ของผิวหนังและขนสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ปกคลุมป้องกันอันตรายสู่ร่างกาย

ผิวหนังทำหน้าที่ป้องกันอันตรายให้แก่ร่างกาย ทั้งอันตรายทางกายภาพ และทางเคมี เช่น แสงอาทิตย์ ลม ป้องกันการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ ก่อโรค เช่น แบคทีเรีย (bacteria) การทำหน้าที่ป้องกันอันตรายต่อร่างกายของผิวหนังนั้น ผม และผิวหนังเปรียบเสมือนหลังคาป้องกันน้ำระเหยออก โดยเคลือบด้วยน้ำมัน (sebum) ในการต่อสู้สัตว์ใช้เล็บ ซึ่งเป็นส่วนที่เปลี่ยนแปลงมาจากชั้นเนื้อเยื่อผิวหนัง เป็นโปรตีน keratin ที่เหนียว ในสถานการณ์ที่สัตว์ต่อสู้กัน ขนที่ปกคลุมอาจช่วยพรางตา (camouflage) ศัตรู หรือ เป็นสัญญาณเตือนบอกสัตว์ ตัวอื่น ๆ ได้

2) รับความรู้สึก ที่ผิวหนังมีปลายประสาทรับความรู้สึกต่าง ๆ

ชั้นหนังแท้ (dermis) ของผิวหนังมีปลายประสาทรับความรู้สึกหลายชนิด เช่น รับแรงกด เจ็บปวด ความร้อน ความเย็น เป็นต้น เรียกปลายประสาทเหล่านี้ว่า ตัวรับความรู้สึก (receptor) ตัวรับความรู้สึกแต่ละชนิดตอบสนองการกระตุ้นที่เฉพาะเท่านั้น เช่น Pacinian ที่ผิวหนังหนังแท้เป็นตัวรับความรู้สึกที่รับแรงกด Meissner's corpuscle ทำหน้าที่รับสัมผัส Krause's receptors รับความรู้สึกเย็น และ Ruffini's corpuscle รับความรู้สึกร้อน ส่วน Whiskers หรือ vibrissae เป็นตัวรับความรู้สึกที่ปลายประสาททำหน้าที่ตรวจสอบการเคลื่อนไหว และทำหน้าที่หลักในการรับความรู้สึกโดยเฉพาะในแมว

3) ขับหลังสารต่าง ๆ ที่ผิวหนังมีต่อมไขมัน และต่อมเหงื่อ

ต่อมมีท่อสองชนิดที่พบที่ผิวหนังคือ คือ

3.1) ต่อมไขมัน (sebaceous glands) ทำหน้าที่ผลิตและขับไขมัน หรือ ซีบัม (sebum) เคลือบเส้นขนป้องกันน้ำ ซีบัมมีกลิ่นที่เฉพาะในสัตว์ซึ่งทำหน้าที่เป็นดั่งบ่งชี้สัตว์ตัวนั้น ๆ ได้ ในซีบัมมีสาร pheromones ที่ช่วยดึงดูดเพศตรงข้าม

3.2) ต่อมเหงื่อ (sweat gland หรือ sudoriferous) พบอยู่ในชั้นหนังแท้ มี 2 ชนิด คือ Eccrine gland และ Apocrine โดย eccrine gland พบเฉพาะที่ฝ่าเท้าหรือ digital pads ในสุนัขและแมว ซึ่งช่วยในการสร้างความชุ่มชื้นของฝ่าเท้าขณะวิ่ง ส่วน apocrine glands พบกระจายอยู่ทั่วร่างกาย โดยเหงื่อที่ขับออกมาปนกับ ซีบัม เคลือบขน ทำให้ขนเป็นมันสวยในสัตว์สุขภาพดี ต่อมเหงื่อทั้งสองชนิดในสุนัขและแมวไม่ได้ช่วยในการระบายความร้อน

4) เก็บสะสมวิตามิน ดี ที่ผิวหนังสามารถพบ สารตั้งต้นในการสังเคราะห์วิตามิน ดี คือ ergosterol และ สาร dehydrocholesterol ซึ่งเมื่อผิวหนังได้รับแสง UV เช่น แสงอาทิตย์ สารตั้งต้นดังกล่าวจะเปลี่ยนเป็นวิตามิน ดี โดย ergosterol ถูกเปลี่ยนเป็น ergocalciferol หรือ วิตามิน ดี 2 และ สาร dehydrocholesterol ถูกเปลี่ยนเป็น cholecalciferol หรือวิตามิน ดี 3

5) ควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย

ในสภาวะอากาศหนาว ไขมันใต้ผิวหนังช่วยป้องกันการสูญเสียความร้อน กล้ามเนื้อที่ขน (arrector pili) หดตัวทำให้ขนตั้ง และเกิดอุ้งอากาศอุ่นในผิวหนัง เส้นเลือดใต้ผิวหนัง หดตัว (vasoconstriction) เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน ในขณะที่อากาศร้อนเส้นเลือดที่ผิวหนัง ขยายตัว (vasodilation) เลือดจะมาที่ผิวหนังมากขึ้น และความร้อนจากเลือดก็จะระบายออกทาง ผิวหนัง และเหงื่อ การระเหยของเหงื่อช่วยระบายความร้อนได้บ้างแต่ไม่ใช่วิธีการหลักในสุนัขและแมว แต่การระเหยของน้ำออกทางปากและลิ้นโดยการหอบ ในสุนัขเรียกว่า panting เป็นวิธีระบายความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูงในสุนัขและแมว

1.2. โครงสร้างของผิวหนัง

ผิวหนังประกอบด้วย 3 ชั้น (ภาพที่ 4.1) คือ

1) ชั้นหนังกำพร้า (epidermis) ชั้นหนังกำพร้าเป็นชั้นที่ไม่มีเส้นเลือดมาเลี้ยง ประกอบด้วย เซลล์เรียงชิดติดกัน เป็นเนื้อเยื่อผิว มี 4 ชั้น ดังนี้

1.1) ชั้นลึกที่สุด เป็นชั้นที่เซลล์มีการแบ่งตัวเพิ่มจำนวน เรียกชั้นนี้ว่า สตาร์ตัม เจอมีเนติวัม (stratum germinativum)

1.2) ชั้นที่ตื้นขึ้นมามากเป็นชั้นที่เรียกว่า สตาร์ตัม แกรนูโลซัม (stratum granulosum)

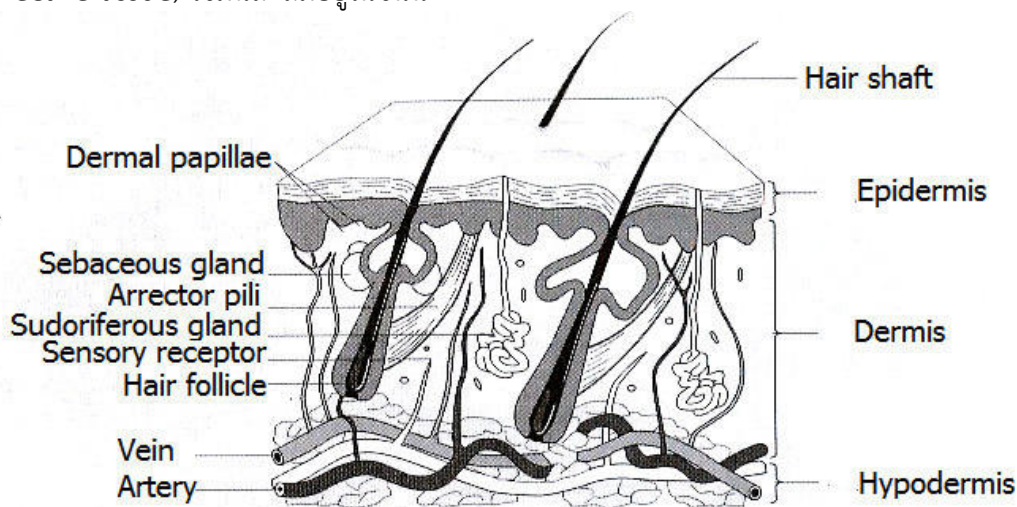
1.3) ชั้นที่ตื้นขึ้นมามาก เซลล์ในชั้นนี้นิวเคลียสเริ่มหายไป เรียกชั้นนี้ว่า สตาร์ตัม ลูซิเดียม (stratum lucidum)

1.4) ชั้นบนสุด เรียกว่า สตราตัม คอร์เนียม (stratum corneum) เซลล์ในชั้นนี้มีรูปร่างแบนไม่มีนิวเคลียส และจะลอกหลุดตลอดเวลา และเซลล์ในชั้น สตาร์ตัม ลูซิเดียม จะขึ้นมามาทดแทนตลอดเวลาเช่นกัน

เซลล์ในชั้นบนสุดจะมีโปรตีนแทรกเข้าไปในเซลล์ทำให้เกิดก้อนโปรตีน เรียก เคอราติน (Keratin) ที่ผิวช่วยป้องกันอันตรายให้แก่ผิวหนัง ที่ฝ่าเท้าสุนัข และแมว (footpads) มีสารเคอราตินจำนวนมาก และแข็ง

2) ชั้นหนังแท้ (dermis) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดแน่นทึบ (dense connective tissue) มีเส้นเลือด ปลายประสาทรับความรู้สึก ต่อม ๆ และกระเปาะรูขุมขน (hair follicle) รอยต่อของชั้นหนังแท้กับชั้นหนังกำพร้ามีลักษณะเหมือนนิ้วมือนูนเข้าไปในชั้นหนังกำพร้า เรียกว่า dermal papillae

3) ชั้นใต้ผิวหนัง (hypodermis) เป็นชั้น เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดหลวม (loose connective tissue) ไขมันสะสมอยู่ในชั้นนี้



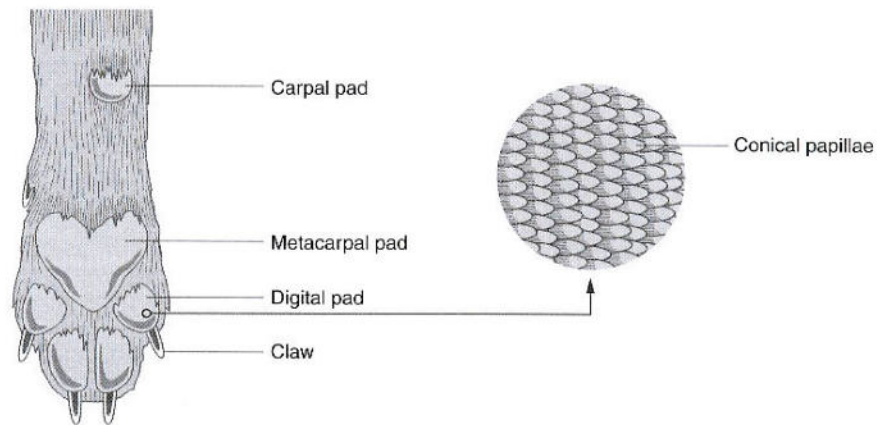
ภาพที่ 4.1 แสดงภาพวาดโครงสร้างในระดับเนื้อเยื่อของผิวหนัง
ที่มา: Bowden (2003)

1.3 โครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงของผิวหนัง

มีโครงสร้างหลาย ๆ ที่ในร่างกายที่ผิวหนังมีการเปลี่ยนแปลงไป ได้แก่

1) จมูก หรือ โรนาเรียม (rhinarium) ชั้นหนังกำพร้าไม่มีชั้น สตาร์ทัม แกรนูโลซัม และ สตาร์ทัม ลูซิซึม ถึงแม้ว่าชั้นหนังกำพร้าจะค่อนข้างหนาก็ตาม ไม่มีรูขุมขน เป็นพื้นที่ที่มีเม็ดสีมาก มีความชื้นจากต่อมในจมูก สุนัขแต่ละตัวมีจมูกที่เฉพาะ จึงเรียกว่า nose print เปรียบได้กับในคนคือลายนิ้วมือตัวเอง

2) ฝ่าเท้า (digital pads) ชั้นสตราตัม คอร์เนียม หนา มีโปรตีนเคอราตินหนามาก เพื่อทำหน้าที่เป็นเหมือนเบาะกันกระแทก ในแมวฝ่าเท้าค่อนข้างนุ่ม ในสุนัขจะหยาบกระด้าง เพราะมีโคนิคอล ปาปิลเล (Conical apillae) (ภาพที่ 4.2) ในชั้นใต้ผิวหนังมีไขมันมากทำหน้าที่เป็นเหมือนเบาะกันกระแทก



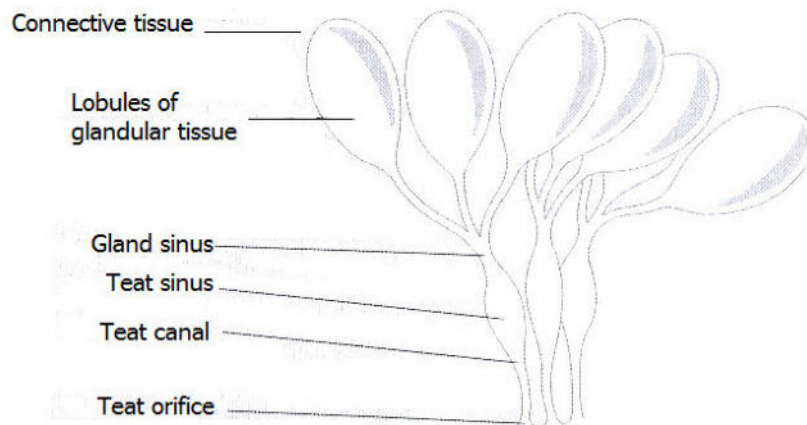
ภาพที่ 4.2 แสดงฝ่าเท้าสุนัข

ที่มา: Bowden (2003)

3) เล็บ (claws) เกิดขึ้นบริเวณรากเล็บโดยเซลล์ในชั้นคอร์เนียมผลิตเคอราตินที่มีความแข็งแรงมาก ดันเลื้อนออกมาเป็นเล็บ

4) ต่อมต่าง ๆ ที่ผิวหนังที่เปลี่ยนแปลง ในร่างกายหลายส่วน ได้แก่

4.1) ต่อมสร้างน้ำนม (mammary glands) พัฒนาเปลี่ยนแปลงมาจากต่อมเหงื่อ สุนัข มีต่อมสร้างน้ำนมประมาณ 4-6 คู่ (ภาพที่ 4.3)



ภาพที่ 4.3 ต่อมน้ำนมสุนัข

ที่มา: Bowden (2003)

4.2) ต่อมที่ช่องหู ต่อมไขมันและต่อมเหงื่อที่ช่องหูหลังไขมันและเหงื่อผสมกันกลายเป็นขี้หู (earwax)

4.3) ต่อมที่ทวารหนัก พัฒนามาจากต่อมไขมัน ทำหน้าที่ ทำให้มูลมีกลิ่นหอม

4.4) ต่อมไขมันที่หนังตา (meibomian glands) ทำหน้าที่หลั่งไขมันเพื่อรวมกับน้ำตาเป็นฟิล์มเคลือบตา ป้องกันตาแห้ง

1.4 ส่วนประกอบและโครงสร้างของขน

1) โครงสร้างของขนมีหลายส่วนถึงแม้ว่ารูปร่างภายนอกมีลักษณะเหมือนกันได้แก่

1.1) ผิวเคลือบขน เรียก คิวติเคิล (cuticle)
1.2) เนื้อขนส่วนนอก เรียก คอร์เท็กซ์ (cortex) เป็นส่วนที่มีเม็ดสี ทำให้ขนมีสีต่าง ๆ

1.3) เนื้อขนส่วนใน หรือใจกลางของขน เรียก เมดัลลา (medulla)
1.4) รากขน คือส่วนที่ขยายเป็นกระเปราะ หรือปุ่ม เป็นจุดกำเนิดของการสร้างขน

2) ในส่วนของกระเปราะหุ้มขนในชั้นหนังแท้ มีต่อมไขมัน (sebaceous gland) และกล้ามเนื้อขมขน เรียกว่า กล้ามเนื้อ อาเรคเตอร์ พิล (arrector pili muscle)

3) ขนมีการสร้าง เจริญ และหลุดร่วงตลอดเวลา การเจริญของขนมี 3 ระยะ (ภาพที่ 4.4) คือ

- 3.1) ระยะเจริญ เรียกว่า แอนาเจน (anagen)
- 3.2) ระยะหลุดร่วง เรียกว่า คาตาเจน (catagen)
- 3.3) ระยะพัก เรียกว่า เทโลเจน

4) การสร้างขนใหม่ขึ้นมาเริ่มจากการเจริญของชั้นหนังกำพร้าที่รากขนเจริญไปปกคลุมส่วนหนังแท้ใต้ปุ่มรากขน และสร้างเป็นกรวย เรียก กรวยผม (hair cone) และขนจะเริ่มพัฒนาและโตขึ้นจาก hair cone ผ่านเข้าสู่ปุ่มขมขน

5) ขน มี 3 ชนิด ดังนี้

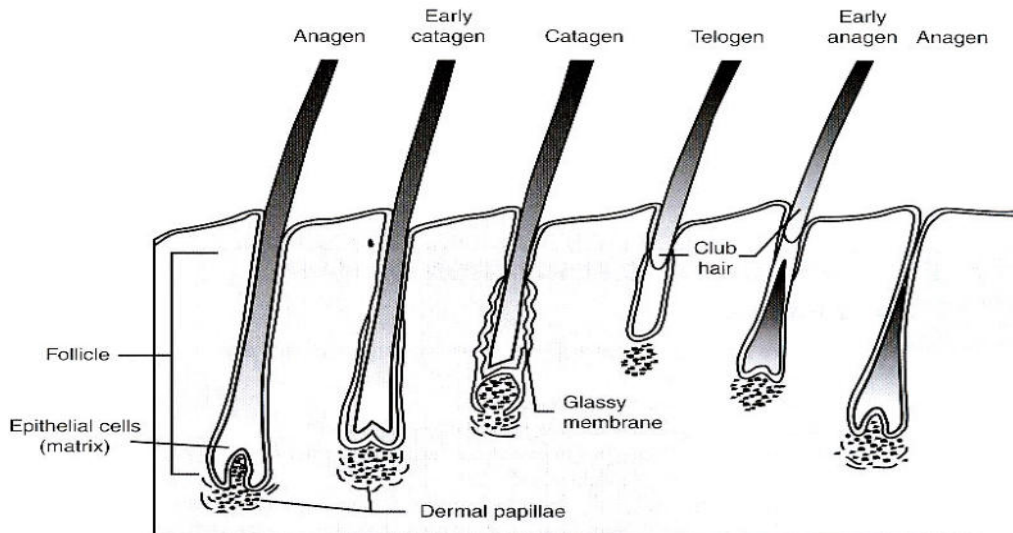
5.1) ขนปกคลุมร่างกาย หรือ การ์ด แฮร์ (guard hair) หรือ ท็อปโคท แฮร์ (topcoat hairs) เป็นขนที่เปรียบเสมือนหลังคาป้องกันน้ำ และปกคลุมร่างกาย

5.2) ขนอ่อน (wool) หรือ ไร เป็นขนอ่อนที่ทำหน้าที่เปรียบเสมือนฉนวนกันความร้อนของร่างกาย

5.3) ขนที่ทำหน้าที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้า หรือตอบสนองต่อการเคลื่อนไหว (Submental vibrissae) เป็นขนพิเศษที่ต่อกับปลายประสาท พบได้ในร่างกายบริเวณ ริมฝีปากบน ขนตา ขนคิ้ว แก้ม คาง ในแมวยังพบขนชนิดนี้ที่บริเวณข้อเท้า ขาหน้า (carpus) ด้วย

6) ปริมาณขนในร่างกายนั้นกระจายไม่เท่ากัน แผลงคอด้านบนจะมีขนหนากว่าปกติ ในขณะที่ท้องขนน้อย และที่อวัยวะ ไม่มีขนอ่อน เพราะ อวัยวะไม่ต้องการความร้อน แต่ต้องการให้อุณหภูมิต่ำ เพื่อการเจริญและพัฒนาของอสุจิ

- 7) ความยาวของขนสั้นขึ้นขึ้นอยู่กับพันธุกรรม และสิ่งแวดล้อมเช่น ฤดูกาล อุณหภูมิ
- 8) อัตราการเจริญของขน เปลี่ยนแปลงได้ อุณหภูมิหนาวจะโตเร็วกว่าฤดูร้อน แต่โดยเฉลี่ยแล้วอัตราการเติบโตของเส้นขน ประมาณ 0.04 มิลลิเมตร ต่อวัน
- 9) การผลัดขน เกิดขึ้นได้ ขึ้นกับอุณหภูมิ และความยาวของแสงในหนึ่งวัน



ภาพที่ 4 4 แสดงขบวนการเจริญเติบโตของขน ซึ่งมี 3 ระยะ คือ ระยะเจริญ (Anagen) ระยะหลุดร่วง (catagen) และระยะพัก (telogen) , ที่มา: Bowden (2003)

2. ระบบโครงร่าง (skeleton system)

2.1 หน้าที่ของระบบโครงร่าง ระบบโครงร่างทำหน้าที่

- 1) ค้ำจุนร่างกายให้มีรูปทรงอยู่ได้
 - 2) เป็นส่วนที่กล้ามเนื้อเกาะติดและทำหน้าที่เป็นคานเมื่อกล้ามเนื้อหดตัวและการเคลื่อนไหว
 - 3) กระดูกบางส่วนทำหน้าที่ป้องกันอวัยวะถูกทำลายหรือกระทบกระเทือน
 - 4) ทำหน้าที่เก็บสะสมแร่ธาตุ เช่น แคลเซียม
- คำศัพท์ที่มีความหมายเกี่ยวกับกระดูกจะขึ้นต้นด้วย ost-

2.2 เนื้อเยื่อและการสร้างกระดูก กระดูกมีส่วนประกอบต่างๆดังต่อไปนี้ น้ำ 25 เปอร์เซ็นต์ สารอินทรีย์ 45 เปอร์เซ็นต์ แร่ธาตุ 30 เปอร์เซ็นต์ (ส่วนมากเป็น Ca และ P)

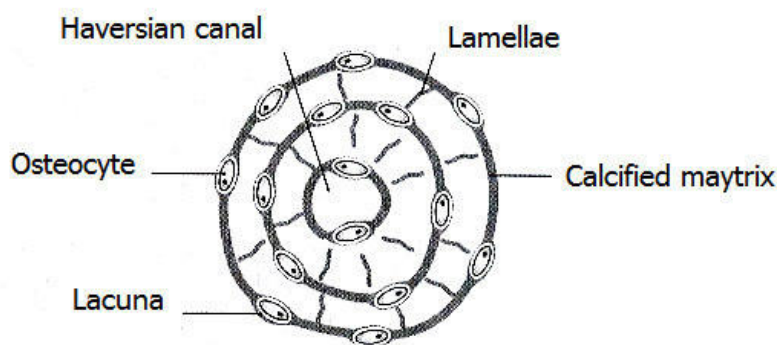
- 1) เซลล์ในเนื้อเยื่อกระดูกประกอบด้วยเซลล์ 4 ชนิด
 - 1.1) Osteoprogenitor cells คือเซลล์เริ่มต้นของ osteoblasts เซลล์นี้จะอยู่บริเวณผิวด้านในของเยื่อหุ้มกระดูก (periosteum)

1.2) Osteoblasts เป็นเซลล์ที่เมื่อเจริญเต็มวัยแล้วจะกลายเป็นเซลล์ osteocytes ในการเจริญนั้นจะมีการสร้างสารพื้น matrix และนำเอาแคลเซียมมายึดเกาะ และกลายเป็นกระดูกที่แข็งต่อไป

1.3) Osteocytes เป็นเซลล์กระดูกที่โตเต็มวัยและรักษาโครงสร้าง matrix ไว้

1.4) Osteoclasts เป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่ทำลายเซลล์กระดูก ทำให้เกิดช่องว่าง ตรงกลางของกระดูกยาว (medullary cavity)

เนื้อเยื่อกระดูกเมื่อโตเต็มที่แล้วประกอบด้วยเซลล์กระดูก osteocytes ที่วางเรียงกันเป็นวงหลายวงซ้อนกัน และล้อมรอบด้วย matrix ที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบเรียกการวางตัวของเซลล์กระดูกลักษณะนี้ว่า Haversian system กระดูกชนิดแน่น (compact bone) ระบบ haversian จะเรียงตัวเป็นระเบียบและขนานใกล้ชิดกัน กระดูกชนิดฟองน้ำ (cancellous or spongy bone) ระบบ haversian จะเรียงตัวกันไม่เป็นระเบียบ และไม่ขนานกัน (ภาพที่ 4.5)



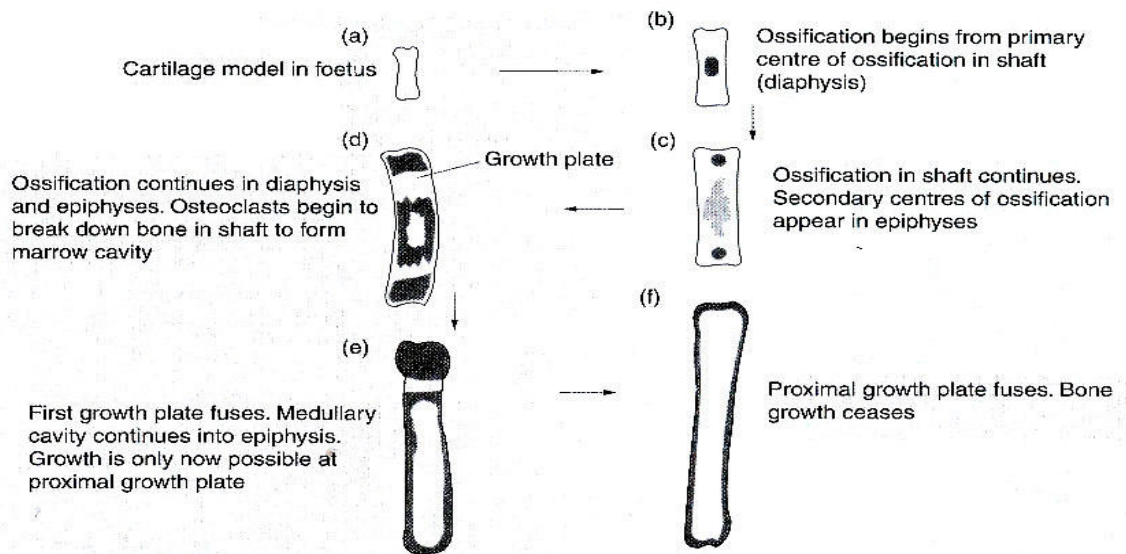
ภาพที่ 4.5 แสดงระบบ haversian ของกระดูก ที่มา: Bowden (2003)

2) การสร้างกระดูก (ossification) มี 3 แบบ คือ

2.1) Heteroplastic ได้แก่ กระดูกที่ถูกสร้างในเนื้อเยื่ออื่นที่ไม่ใช่ในตัวกระดูก ได้แก่ กระดูก os penis ซึ่งเป็นกระดูกที่พบได้ที่อวัยวะเพศของสุนัขเพศผู้มีรูปร่างเป็นรูปตัวยู (U-shaped bone)

2.2) Intramembranous ได้แก่ กระดูกที่ถูกสร้างขึ้นภายใน (Intra) เยื่อหุ้ม (membranous) ตัวอย่าง เช่น กระดูกแบนทั้งหลาย ที่พบที่กะโหลก

2.3) Endochondral ได้แก่ กระดูกที่มีการสร้างหรือเจริญจากภายในกระดูกอ่อน ที่ยืดยาวและมีแคลเซียมมาเกาะติด (calcified) เช่น กระดูกยาวของขา



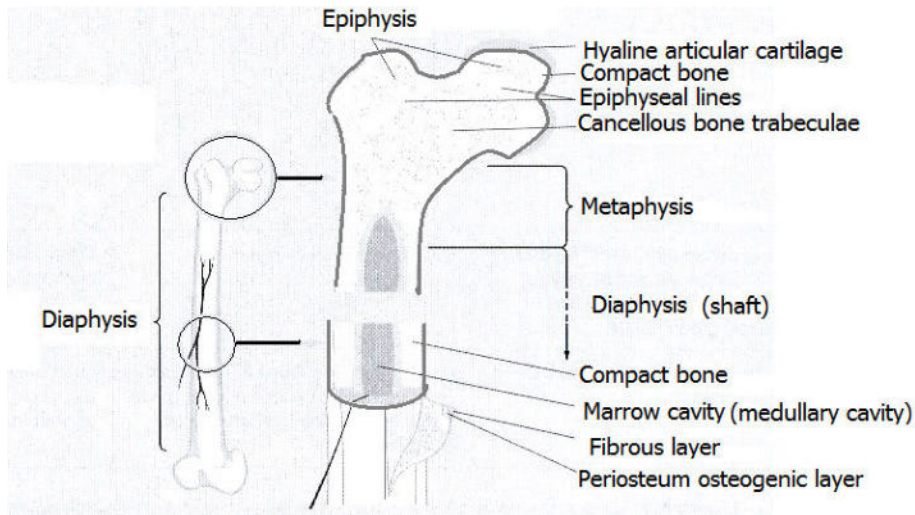
ภาพที่ 4.6 แสดงขั้นตอนการสร้างกระดูกยาวจากกระดูกอ่อน เริ่มจาก (a) กระดูกอ่อนของลูกอ่อน เป็นหุ่นจำลองหรือแม่แบบ (b) การสร้างกระดูก (การมีแคลเซียมมาเกาะ) เริ่มบริเวณตรงกลางกระดูก (shaft or diaphysis) (c) ขบวนการสร้างกระดูกบริเวณ shaft ยังเกิดขึ้นต่อเนื่อง และเกิดศูนย์กลางสร้างกระดูกจุดที่สองบริเวณปลายกระดูก (epiphyses) ทั้ง 2 ข้าง (d) การสร้างกระดูกยังเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งสองจุด เซลล์ osteoclasts เริ่มทำลายกระดูกตรงกลางเกิดเป็นช่องกระดูก (marrow cavity) ซึ่งจะเป็นตำแหน่งของไขกระดูก (bone marrow) (e) กระดูกยืดยาวออกไปจน การเจริญของกระดูกส่วน shaft แผ่ขยายไปยังปลายจนทำให้พื้นที่เจริญ (growth plate) ของกระดูกถูกปิด (ไม่มีพื้นที่เจริญต่อไป) ช่องกลางกระดูกก็ขยายวงกว้างไปทางปลายกระดูก (f) กระดูกเจริญเต็มที่ ที่มา: Bowden (2003)

2.3 การสร้างกระดูกยาวจากกระดูกอ่อน (endochondral ossification in the long bones) (ภาพที่ 4.6)

ส่วนใหญ่จะเสร็จสมบูรณ์ก่อนเกิด และมีการเจริญต่อหลังจากเกิด การเจริญจะเกิดที่บริเวณ แผ่นกระดูกอ่อน (cartilage plates หรือ growth plate) ทางด้านปลายด้านบนของกระดูก บริเวณที่อยู่ระหว่าง diaphysis และ epiphyses และการเจริญจะเสร็จสมบูรณ์ เมื่อสัตว์โตเต็มวัยแล้ว ซึ่งช่วงอายุที่โตเต็มวัยจะแปรเปลี่ยนแล้วแต่พันธุ์ บริเวณ proximal epiphyseal plate คือ บริเวณ ทางด้านปลายด้านบนของกระดูกเป็นบริเวณที่จะเกิดการสร้างกระดูกต่อ และจะปิดเมื่อกระดูกเจริญ เต็มที่แล้ว (ภาพที่ 4.6)

2.4 โครงสร้างและชนิดของกระดูก

โดยทั่วไปโครงสร้างของกระดูกเรียงจากด้านนอกเข้าด้านใน ประกอบด้วย เยื่อหุ้มกระดูกด้านนอก เรียก periosteum กระดูกแน่น (compact bone) และ กระดูกกลาง หรือฟองน้ำ (cancellous หรือ spongy bone) (ภาพที่ 4.7)



ภาพที่ 4.7 โครงสร้างกระดูกยาว
ที่มา: Bowden (2003)

ถ้าแบ่งกระดูกตามรูปร่างสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

- 1) กระดูกแบน(flat bone) ได้แก่ กระดูกกะโหลกทั้งหมด
- 2) กระดูกสั้น (short bone) ได้แก่ กระดูกที่บริเวณ ข้อเท้า เช่น carpal bone
- 3) กระดูกที่รูปร่างไม่แน่นอน (irregular bone) ได้แก่ กระดูกสันหลัง
- 4) กระดูก sesamoid bone ได้แก่ กระดูกที่หุ้มด้วยเอ็น หรือ ligament เช่น กระดูกสะบ้า ที่หัวเข่า (patella)
- 5) กระดูกยาว ได้แก่ กระดูกกระยางขาหน้า และหลัง ภายในช่องว่างตรงกลาง

กระดูก (medulla cavity) มีไขกระดูก (bone marrow) บรรจุอยู่ และบริเวณ epiphyses จะเป็น กระดูกอ่อนชนิด hyaline ที่จะมีการเจริญและยืดยาวของกระดูกต่อไป

2.5 ขอนำรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบโครงร่าง

- 1) ระบบโครงร่างมีหน้าที่ คือ ป้องกัน ค้ำจุน และการเคลื่อนไหวของร่างกาย
- 2) ไขกระดูก (bone marrow) ทำหน้าที่สร้างเซลล์เม็ดเลือด พบที่ช่องตรงกลางด้านใน (medulla cavity) ระหว่างกระดูกกลาง ของกระดูกยาว
- 3) กระดูกในระบบโครงร่างที่เป็นแกนหลัก หรือเรียกว่า axial skeleton ประกอบด้วย กระดูกกะโหลกศีรษะ (skull) กระดูกขากรรไกร (mandible) กระดูกไฮอยบริเวณคอหอย (hyoid bone) กระดูกสันหลัง (vertebrae) กระดูกซี่โครงและสันอก (ribs and sternbrae)

4) กระดูกในระบบโครงร่างที่เป็นระยาง หรือเรียกว่า appendicular skeleton ประกอบด้วย กระดูกขาหน้า (forelimb หรือ thoracic limb) กระดูกขาหลัง (hindlimb หรือ pelvic limb)

5) กระดูกโครงร่างที่เกี่ยวข้องกับอวัยวะอื่นๆ หรือ splanchnic skeleton ประกอบด้วย กระดูก os penis เป็นกระดูกที่อยู่ต่ออวัยวะเพศผู้ (penis) ในสุนัข

6) กระดูกแต่ละชิ้นจะมีโครงสร้างที่มองเห็นได้ เช่น ปุ่ม ร่อง สัน หรือรู ซึ่งมีชื่อเรียกที่เป็นคำศัพท์เทคนิค (technical term) ที่สำคัญดังต่อไปนี้

Tubercle = ปุ่มเล็กๆกลมมนขึ้นบนกระดูก

Crest = สันเล็กๆที่นูนขึ้นเป็นแนวยาวในกระดูก

Process = ส่วนที่ยื่นยาวออกจากกระดูก

Condyle = ปุ่มกลมมนทางด้านปลายกระดูกที่จะเป็นส่วนเชื่อมต่อกับกระดูกชิ้นอื่น

Suture = รอยต่อระหว่างกระดูกแบน

Notch = ร่องบนกระดูก

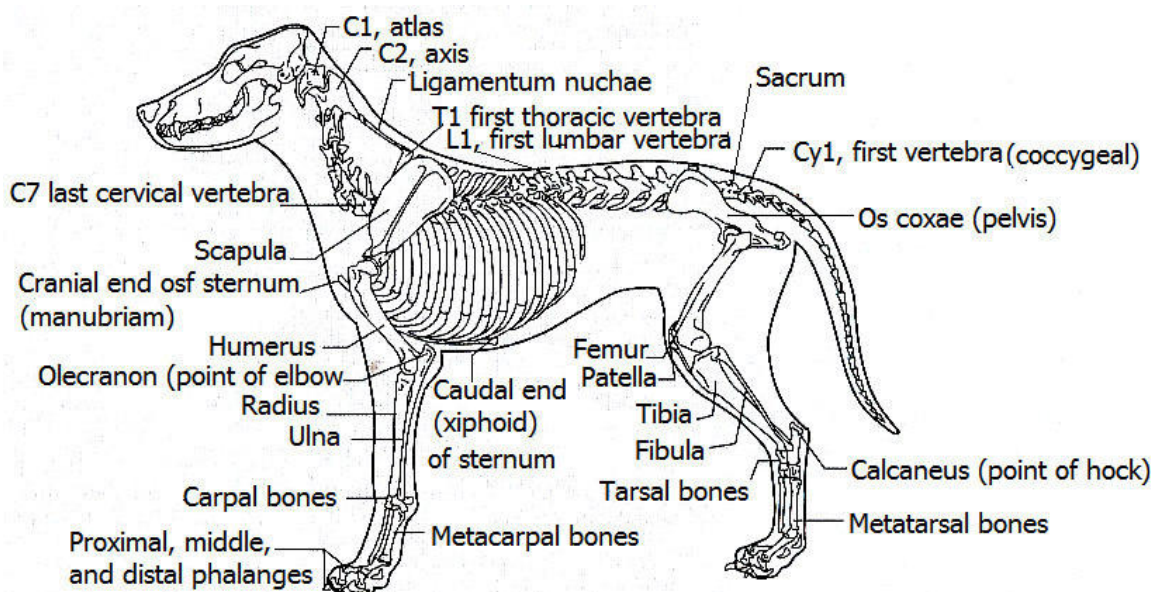
Fossa = บริเวณล่องตื้นๆเล็กบนกระดูกที่เป็นบริเวณที่มีกล้ามเนื้อมายึดเกาะ

Sulcus = บริเวณที่เป็นร่องลึก ที่จะเป็นส่วนเชื่อมต่อกับกระดูกชิ้นอื่น

Foramen = รูของกระดูกที่เป็นทางเข้าของเส้นเลือดเส้นประสาท

Sinus = ช่องภายในกระดูกที่มีอากาศอยู่ภายใน

7) กระดูกในร่างกาย มีชื่อเรียกที่เฉพาะ ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.8 ระบบโครงร่างของสุนัข

ที่มา: Bowden (2003)

2.6 กระดูกกะโหลก (skull)

- 1) กระดูกกะโหลกประกอบด้วยกระดูกแบนทั้งหมด
- 2) แบ่งออกเป็น 2 บริเวณย่อย ได้แก่ บริเวณสมอง (cranium) และ บริเวณขากรรไกร (jaws)
- 3) บริเวณ cranium ทำหน้าที่ป้องกันสมอง ตา และหู
- 4) บริเวณขากรรไกรเป็นที่เกาะของกล้ามเนื้อและฟัน
- 5) ที่กระดูกขากรรไกรบน (maxillary bone) และ กระดูกหน้าผาก (bone) มีโพรงกระดูก (sinus) เรียกว่า paranasal sinuses
- 6) ทางด้านหลังของกระดูกกะโหลกมีรูเปิด เรียกว่า foramen magnum ซึ่งเป็นช่องเปิดให้ไขสันหลัง (spinal cord) เข้าเชื่อมต่อกับสมองในกะโหลกศีรษะ
- 7) แอ่งกระดูกที่กระดูกกะโหลกเป็นที่อยู่ของลูกตา เรียกว่า orbit
- 8) Tympanic bullae คือ ส่วนที่พบได้ที่บริเวณทางด้านล่างของกะโหลก

2.7 กระดูกสันหลัง (vertebrae)

- 1) กระดูกสันหลังแบ่งออกเป็น 5 ส่วนตามตำแหน่งที่อยู่
- 2) กระดูกสันหลังแต่ละส่วนมีโครงสร้างที่คล้ายกันและเรียงต่อกันเป็นแถวยาวต่อจาก กระโหลก ไปทางหางเรียก vertebral column แต่จะต่างกันในเรื่องของขนาดและ รูปร่างทั้งนี้ ขึ้นกับตำแหน่งที่อยู่ และ หน้าที่ของกระดูกนั่นเอง
- 3) กระดูกสันหลังส่วนคอ (cervical vertebrae) ท่อนที่ 1 และ 2 เรียกว่า atlas (C1) และ axis (C2) ตามลำดับมีรูปร่างที่แตกต่างอย่างชัดเจนกับกระดูกสันหลังท่อนอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นกระดูกที่ต้องรับน้ำหนักหัวและในขณะเดียวกันเพื่อการเคลื่อนไหวด้วย
- 4) กระดูกสันหลังแต่ละชั้นจะมีหมอนรองกระดูก (intervertebral disc) ขึ้น เพื่อทำหน้าที่เป็นโช้คอัพ ลดการกระแทก และเสียดสีระหว่างกระดูกสันหลัง และเพิ่มการเคลื่อนที่ของข้อต่อกระดูกสันหลัง ได้มากขึ้น และโดย intervertebral disc เป็น กระดูกอ่อนชนิด fibrocartilage รอบนอกและภายในเป็น สารคล้ายเจล (gel-like) อาจเรียกกระดูกอ่อนรอบนอกว่า anulus fibrosus และ สารคล้ายเจลภายในว่า nucleus pulposus
- 5) ตรงกลางของ vertebral column เป็นรูทางยาวเรียก vertebral foramen ซึ่งเป็นที่อยู่ของ ไขสันหลัง หรือ spinal cord ที่ต่อออกจากสมองและยาวเรียวยาว เล็กลงถึงกระดูกสันหลัง ส่วนก้นกบ (sacral vertebrae)
- 6) การเรียกชื่อกระดูกสันหลังเรียกตามตำแหน่งที่อยู่ได้แก่ กระดูกสันหลังส่วนคอ (cervical vertebra) หรือ C มีเจ็ดชิ้น คือ C1- C7 (ไทมี่ 14 ชิ้น) กระดูกสันหลังส่วนอก (Thoracic vertebra) หรือ T มี 13 ชิ้น คือ T1-T13 (ไทมี่ 7 ชิ้น หมูมี 14-15 ชิ้น ม้ามี 18 ชิ้น) กระดูกสันหลังส่วนเอว (lumbar vertebra) หรือ L มี 6 ชิ้น คือ L1-L6 (แกะและแพะมี 6-7 ชิ้น) กระดูกสันหลังส่วนก้นกบ (sacral vertebra) มีลักษณะแต่ละชั้นมาเชื่อมติดกันเป็นชิ้นเดียว ในสุนัข

มี 3 ชั้น หมู แปะ แกะ มี 4 ชั้น ม้า โคมี 5 ชั้น ในไก่ กระดูก L และ S เชื่อมติดกัน (LS) ซึ่งมี 14 ชั้น และกระดูกสันหลังส่วนหาง (coccygeal vertebra) มีหลายชั้น 6-21 ชั้น

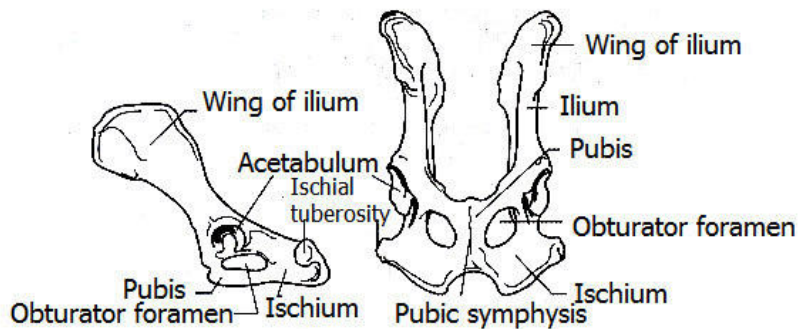
7) กระดูกสันหลังส่วน T มี spinal process ยาว กระสันหลัง L มี transvers process ยาว

2.8 กระดูกซี่โครงและสันอก (rib and sternum)

- 1) กระดูกซี่โครงและสันอกทำหน้าที่ป้องกันอวัยวะภายในช่องอก และทำหน้าที่ช่วยในการหายใจ
- 2) สัตว์เศรษฐกิจส่วนใหญ่มีกระดูกซี่โครง 13 คู่ โดยในแต่ละคู่จะสัมผัสติดกับกระดูกสันหลังส่วนอกท่อนที่ 1 ถึง 13 ตามลำดับ ระหว่างกระดูกซี่แต่ละซี่โครงมีกล้ามเนื้อระหว่างซี่โครง (Intercostal) ทำหน้าที่ยึดกระดูกซี่โครงให้ติดกัน
- 3) กระดูกซี่โครงแต่ละซี่มี 2 ส่วน คือ ส่วนบนด้านต่อกับกระดูกสันหลังเป็นกระดูก ส่วนด้านล่างทางสันอก เป็นกระดูกอ่อน โดยทั้งสองส่วนเชื่อมติดกันที่จุดเชื่อมเรียกว่า costochondral junction
- 4) ทางด้านล่างของกระดูกซี่โครง ซี่ที่ 1-9 เชื่อมต่อกับกระดูกสันอก (sternum) อาจเรียกระดูกซี่โครงคู่ที่ 1-9 ว่า Sternal or true ribs กระดูกซี่โครง คู่ที่ 10-13 ไม่เชื่อมกับ กระดูกสันอก บางครั้งอาจเรียกระดูกซี่โครง คู่ที่ 10-13 ว่า Asternal or false ribs
- 5) กระดูกซี่โครงคู่ที่ 1 เชื่อมต่อกับกระดูกสันอกชั้นที่ 1 (Manubrium)
- 6) กระดูกซี่โครงซี่ที่ 9 ยาวที่สุด
- 7) ทางด้านล่างของกระดูกซี่โครงซี่ที่ 10-12 จะสัมผัสทางด้านหน้าของกระดูกซี่โครงซี่ถัดไป
- 8) ปลายด้านล่างของกระดูกซี่โครงซี่คู่ที่ 13 เป็นอิสระไม่เชื่อมติดกับอะไร อาจเรียกระดูกซี่โครง คู่ที่ 13 ว่า Floating rib (กระดูกซี่โครงลอย)
- 9) กระดูกสันอกมีทั้งหมด 8 ชั้น กระดูกสันอกที่ 1 เรียกว่า Manubrium กระดูกสันอกชั้นที่ 8 เรียกว่า Xiphoid process or xiphisternum

2.9 กระดูกเชิงกราน (pelvis)

- 1) กระดูกเชิงกราน เป็นการรวมกัน 2 ข้าง ของ os coxae โดย เชื่อมต่อกันตรง pelvic symphysis
- 2) โดย os coxae แต่ละข้างเป็นชิ้นกระดูกใหญ่ที่มีการเชื่อมต่อกันของกระดูก 4 ชิ้น ดังนี้ ilium, ischium, pubis และ acetabular bone
- 3) Os coxae แต่ละข้างมีรูขนาดใหญ่ เรียก obturator foramen ซึ่ง เป็นช่องทางผ่านของ เส้นเลือด เส้นประสาท และกล้ามเนื้อ
- 4) บริเวณทางด้านล่างด้านข้างของ os coxae จะมีแอ่งที่เรียกว่า acetabulum ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ หัวกระดูกของกระดูกท่อนขา (femoral head) มาเชื่อมต่อ และเป็นข้อต่อสะโพกนั่นเอง



ภาพที่ 4.9 กระดูกเชิงกรานสุนัข

ที่มา: Bowden (2003)

2.10 กระดูกยาวส่วนขา (limbs)

ภายในช่องว่างกลางกระดูก (medullary cavity) และช่องว่างภายในกระดูกพรุน (cancellous bone) มีไขกระดูก ทำหน้าที่ สร้างเซลล์เม็ดเลือด กระดูกยาวส่วนขาถือเป็นกระดูกที่มีการสร้าง หรือมีเจริญเสร็จหลังสุด ขาหน้าแขวนติดกับร่างกายโดยไม่มีกระดูกส่วนไหนติดกับแนวกระดูกแนวกระดูกสันหลัง (Axial skeleton)

สุนัข โค และสุกร ไม่มีกระดูกไหปลาร้า (clavicle)

กระดูก tibial tarsal หรือ กระดูก talus คือ อันเดียวกัน

ลักษณะของกระดูกขาหน้าและขาหลัง

กระดูกขาหน้า

กระดูก humerus	กระดูกขาหน้า ชิ้นใหญ่ ตรงกลางกระดูก (diaphysis) บิดเล็กน้อย ทางด้านล่างกระดูกมี supracondylar foramen ซึ่งเป็นช่องให้ปุ่มกระดูกทางด้านหน้าของกระดูก ulna ใส่เชื่อมต่อ
กระดูก radius	กระดูก radius = กระดูกขาหน้า ปลายด้านบนเป็นส่วนของข้อศอก (elbow joint) ด้านล่าง มีปุ่มที่เรียกว่า styloid process ยื่นลงไปถึงข้อ carpal
กระดูก ulna	เป็นกระดูกที่ยาวที่สุดในร่างกาย วางอยู่ด้านหลังของขาหน้า และทางด้านล่างจะเยื้องออกด้านข้าง ผิวสัมผัสทางด้านบนต้องข้อต่อข้อศอกมีลักษณะเป็นแอ่งคล้ายพระจันทร์ครึ่งเสี้ยว เรียกว่า trochlear notch

กระดูกขาหลัง

กระดูก femur	กระดูกค่อนข้างตรงและใหญ่ ด้านบน มีสันนูนออกด้านข้างทั้งสองข้าง เรียกว่า greater trochanter ด้านล่าง มี condyles ใน-นอก ต่อกับข้อต่อ stifle joint
กระดูก tibia	กระดูกขาหลังเมื่อตัดด้านบนตามขวางจะมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยม และด้านบนยังมีสันกระดูกยื่นออกไปทางด้านหน้า ส่วนทางด้านล่างจะ

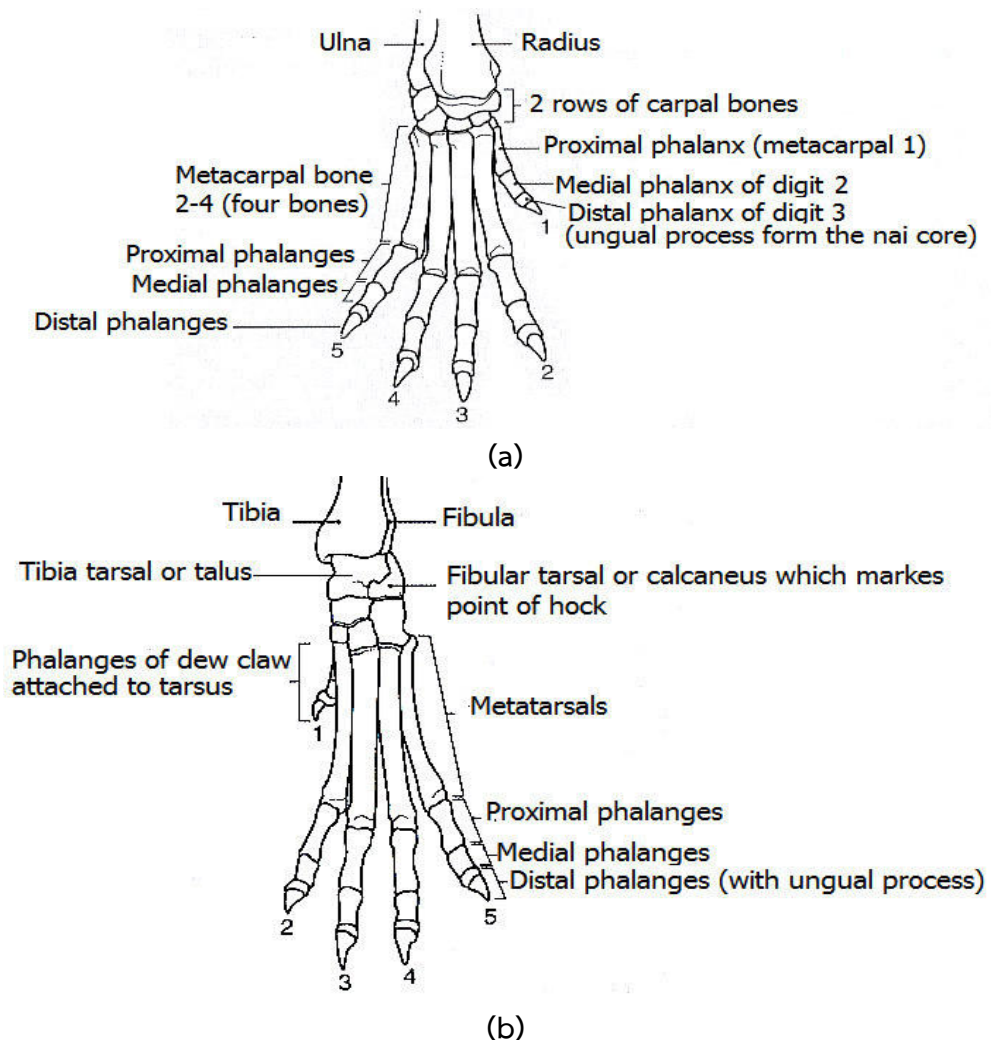
เชื่อมต่อกับข้อต่อ tarsus

กระดูก fibula

กระดูกขาหลังมีลักษณะค่อนข้างเรียวยาว ทางด้านบนวางอยู่ในตำแหน่งหลังกระดูก tibia ในขณะที่เมื่อลงมาทางด้านล่าง จะอยู่ทางด้านข้างของกระดูก tibia

2.10 กระดูกส่วน manus และ pes

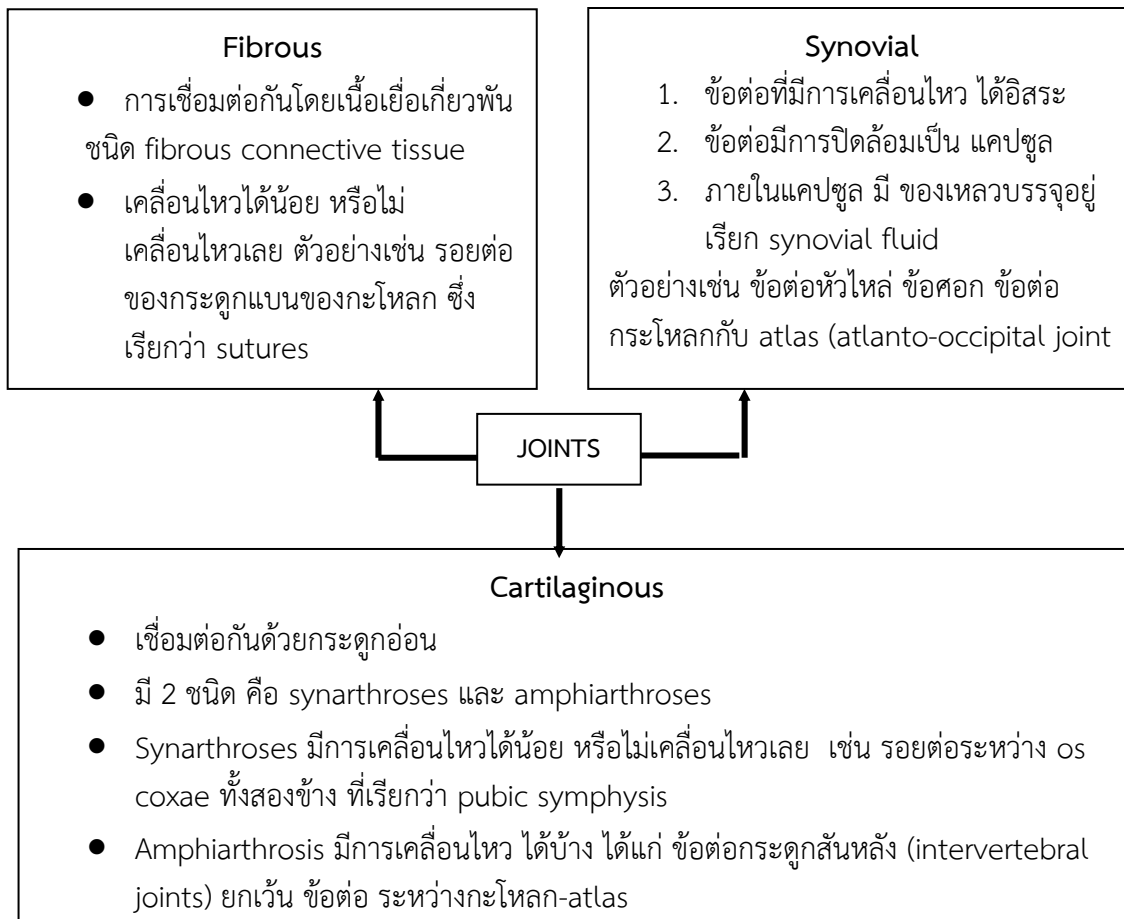
กระดูกส่วน manus หมายถึง กลุ่มกระดูกขนาดเล็กที่ขาหน้าบริเวณ carpus, metacarpus และ นิ้วของขาหน้า กระดูกส่วน pes หมายถึง กลุ่มกระดูกขนาดเล็กที่ขาหลังบริเวณ tarsus, metatarsus และ นิ้วของขาหลัง การนับลำดับที่ของนิ้วจะนับจากด้านในออกสู่ด้านนอกเสมอ นิ้วตึง (dew-claw) ทางด้านใน จะนับเป็นนิ้วที่ 1 เสมอ ถึงแม้จะไม่มีการติด



ภาพที่ 4.10 กระดูกส่วน (a) manus และ (b) กระดูกส่วน pes ในสุนัข
ที่มา: Bowden (2003)

2.11 ข้อต่อ (joint)

ข้อต่อหมายถึง บริเวณที่กระดูกสองชิ้น หรือมากกว่า มาพบกัน คำศัพท์เทคนิคที่มีความหมายเกี่ยวกับ ข้อต่อ จะขึ้นต้นด้วย arth- ชนิดของข้อต่อมักจะแบ่งตามโครงสร้างของข้อ หรือ บางครั้งอาจแบ่งตามลักษณะการเคลื่อนไหว ของข้อต่อนั้นๆ ดังภาพที่



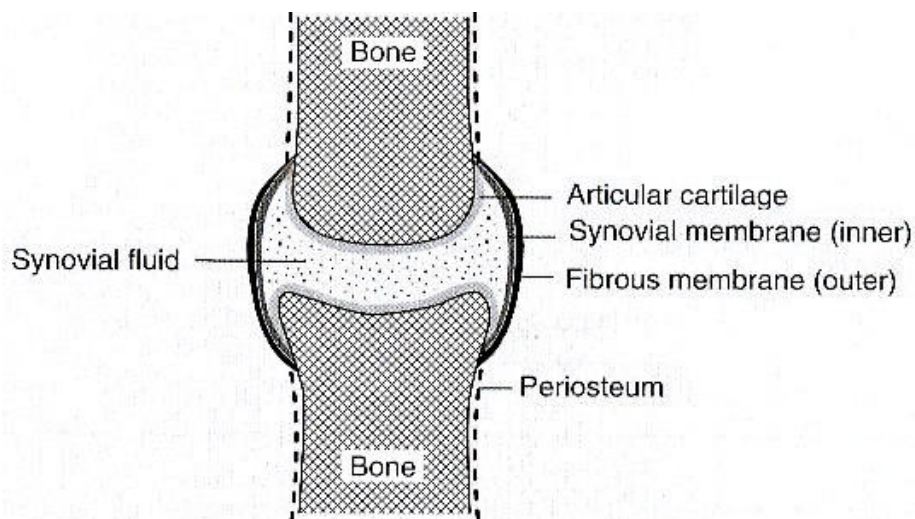
ภาพที่ 4.11 แสดงชนิดของข้อต่อ แบ่งตามโครงสร้าง

ข้อต่อและชนิดของข้อต่อในร่างกายแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงชนิดข้อต่อของรอยต่อกระดูกในร่างกาย

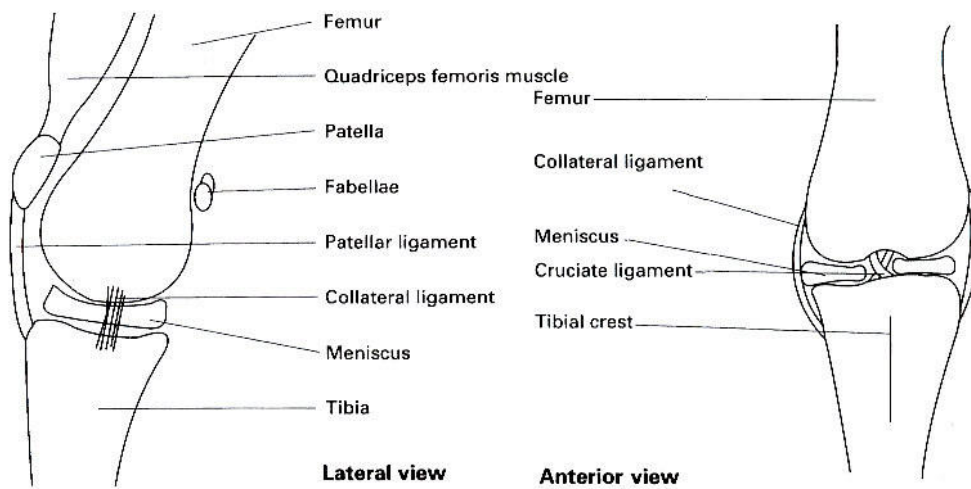
รอยต่อกระดูก	ชนิด
รอยต่อกระดูกแบนของกะโหลก (sutures)	Fibrous
รอยต่อกระดูกขากรรไกร กับกระดูกกะโหลก (Temporomandibular junction)	Synovial
รอยต่อกระดูกสันหลังส่วนคอชั้นที่ 1 กับกระดูกกะโหลก (Atlanto-occipital joint)	Synovial
รอยต่อของกระดูกสันหลัง L2 and L3	Cartilaginous (amphiarthrosis)
รอยต่อของกระดูกสันหลัง L5 and L6	Cartilaginous (amphiarthrosis)
ข้อต่อกระดูกที่ ข้อศอก (Elbow)	Synovial
ข้อต่อกระดูกที่ ข้อต่อสะโพก (Hip)	Synovial
ข้อต่อกระดูก Pelvic symphysis	Cartilaginous (synarthrosis)
ข้อต่อกระดูกที่ ข้อเข่า (Stifle)	Synovial
รอยต่อของกระดูกกรามล่าง (mandible) ทั้งสองข้าง ที่เรียกว่า mandibular symphysis	Cartilaginous (Synarthroses)

ตัวอย่างโครงสร้างของข้อต่อชนิด synovial joint พบได้ที่ข้อต่อที่ขา หน้า และขาหลัง (ภาพที่ 4.11, 4.12, 4.13)

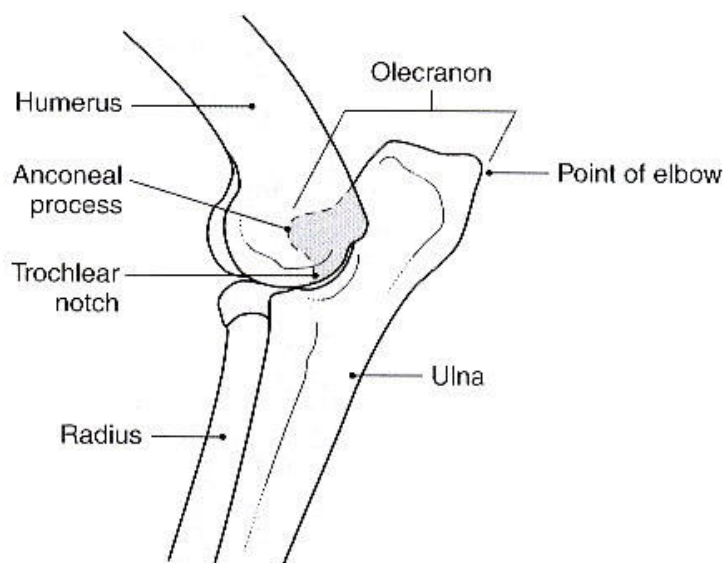


ภาพที่ 4.12 แสดงข้อต่อชนิด synovial joint

ที่มา: Bowden (2003)



ภาพที่ 4.13 แสดงโครงสร้างของข้อต่อ stifle joint
ที่มา: Bowden (2003)



ภาพที่ 4.14 แสดงโครงสร้างของข้อต่อ ข้อศอก (elbow joint)
ที่มา: Bowden (2003)

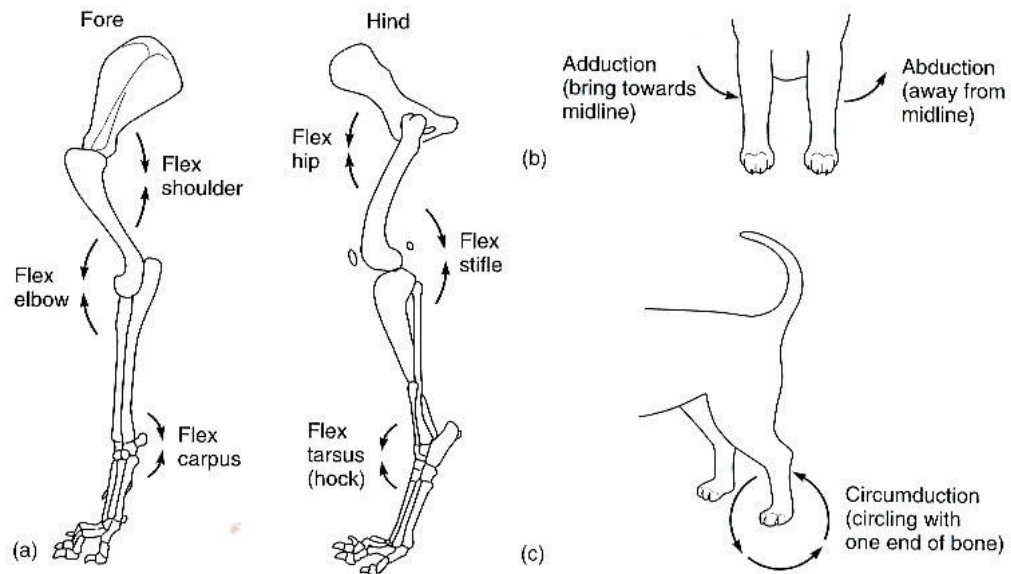
2.12 การเคลื่อนไหวของข้อต่อ (movement of joints)

การงอ (flexion) และการยืด (extension) ข้อต่อ หมายถึง การลด และเพิ่มขนาดของมุมของข้อต่อ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.15)

การกาง (abduction) และ การหุบ (adduction) ข้อมต่อ การดึงเอาส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายไกลออก และเข้าใกล้แนวกลางลำตัว ตามลำดับ (ภาพที่ 4.15)

การเหวี่ยงเป็นวงกลม (circumduction) ข้อมต่อ หมายถึง การเคลื่อนไหวปลายด้านหนึ่งของกระดูก เป็นวงกลม (ภาพที่ 4.15)

การหมุน (rotation) คือ การ twisting กระดูก (ภาพที่ 4.14)



ภาพที่ 4.15 แสดงการหมุนของข้อต่อ
ที่มา: Bowden (2003)

ขอบเขตในร่างกายสัตว์ที่เกี่ยวข้องกับกายวิภาคของกระดูก

การรู้ขอบเขตในร่างกายสัตว์ที่เกี่ยวข้องกับกายวิภาคของกระดูกนั้นเพื่อให้รู้ถึงตำแหน่งในการที่จะปฏิบัติการเกี่ยวกับตัวสัตว์ เช่น การประเมินค่าคะแนนร่างกายสัตว์ การเข้า ตรวจร่างกายสัตว์ เป็นต้น

คำศัพท์เทคนิคที่สำคัญเกี่ยวกับกระดูก

Abduction = การเคลื่อนของส่วนร่างกายออกจากแนวกลางลำตัว

Ribcage = ชื่อเรียกกระดูกซี่โครงและสันอก

Ossification = ขบวนการสร้างกระดูก

Ulna = คือ กระดูกที่ขาหน้า ในสุนัขกระดูกชิ้นยาวที่สุด

Dewclaw = นิ้วที่ 1 ของสุนัข

Femur = กระดูกขาหลังที่มีหัวกระดูกต่อตรงตำแหน่ง acetabulum ของ os coxae

True rib หรือ sternal rib = กระดูกซี่โครงที่ปลายด้านล่างต่อเชื่อมกับกระดูกสันอก มี 9 ชิ้น

Synovial fluid = น้ำไขข้อ มีสีกคล้ายสีน้ำฟางข้าว (straw)

Shoulder = ข้อต่อของกระดูก scapula และ humerus หรือข้อต่อหัวไหล่

Lumbar= กระดูกสันหลังส่วนเอวหรือส่วนท้อง

Incisive =กระดูกที่อยู่ด้านหน้าของกระดูกกลามบน

Ilium= เป็นกระดูกชิ้นหนึ่งของกระดูกเชิงกราน

Costal= คำศัพท์ที่มีความหมายเกี่ยวข้องกับซี่โครง

Arth- =คำขึ้นต้นคำศัพท์ที่มีความหมายเกี่ยวกับข้อต่อ

Haversian =การเรียงตัวของเซลล์กระดูกอย่างเป็นระบบ

Cranium = กะโหลกส่วนหุ้มสมอง (brain)

Meatus = คำศัพท์ที่มีความหมายว่า เป็นทางผ่าน หรือทางเปิด

Shaft หรือ diaphysis= บริเวณส่วนตัว หรือตรงกลางของกระดูกยาว

Scapula = กระสะบัก หรือกระดูกใบพาย เป็นกระดูกขาหน้าชิ้นบนสุด

Spongy bone หรือ Cancellous = กระดูกพรุน

3. ระบบกล้ามเนื้อ (muscular system)

3.1 ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ

1) คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อจะขึ้นต้นด้วย myo-

2) กล้ามเนื้อแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ

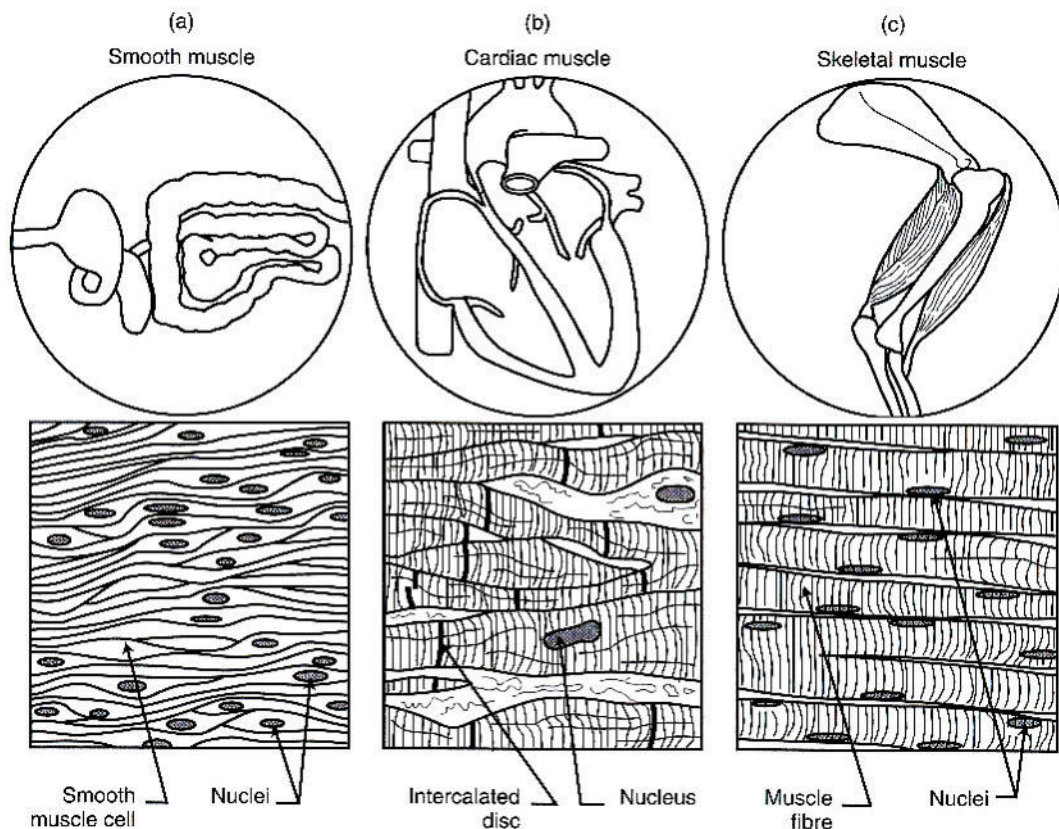
2.1) กล้ามเนื้อหัวใจ (cardiac muscle) เป็นเนื้อเยื่อชนิดพิเศษ และเป็นโครงสร้างของผนังหัวใจ อาจเรียกกล้ามเนื้อหัวใจว่า myocardium โดยการสั่งการการบีบตัวของหัวใจ เป็นการสั่งการโดยระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic nervous system (ANS) และมีการควบคุมการบีบตัวเป็นจังหวะ โดยเซลล์ประสาทที่อยู่ในกล้ามเนื้อหัวใจ ที่เรียกว่า pacemaker cells

2.2) กล้ามเนื้อเรียบ (smooth muscle) หรืออาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า กล้ามเนื้อนอกอำนาจจิตใจ (involuntary muscle) พบได้ในอวัยวะภายในทั้งหลาย (internal organs หรือ viscera) และผนังของเส้นเลือด การหดตัวของกล้ามเนื้อถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติ การหดตัวของตัวของกล้ามเนื้อเรียบบางครั้งจะหดตัวเป็นจังหวะคล้ายลูกคลื่น เพื่อบีบไล่สสารในท่อให้เคลื่อนที่ เช่น ในระบบทางเดินอาหาร การบีบตัวของกล้ามเนื้อ เรียบที่ผนังลำไส้เล็กเป็นลักษณะ ที่เรียกว่า peristalsis คือ การบีบไล่อาหารในลำไส้ เป็นจังหวะคลื่น

2.3) กล้ามเนื้อลาย (striated muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่ติดอยู่กับกระดูกบางครั้งอาจเรียกว่า กล้ามเนื้อโครงร่าง (skeletal muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่อยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ คือ สามารถสั่งการ ให้หดตัวได้ภายใต้อำนาจจิตใจ อาจเรียกกล้ามเนื้อภายใต้อำนาจจิตใจ (voluntary muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่พบที่โครงร่าง ของร่างกายทั้งหมด ทำหน้าที่ คำจุนร่างกาย การเคลื่อนไหว การสร้างความร้อนให้แก่ร่างกาย การควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย เช่น กรณีที่ร่างกายหนาว กล้ามเนื้อจะเกิดการสั่น ที่เรียกว่า shivering เพื่อสร้างความร้อนให้ร่างกาย

หลักการแยกชนิดของกล้ามเนื้อ

เพียงถามตัวเองว่าสามารถสั่งให้กล้ามเนื้อนั้น ๆ หดตัวได้หรือไม่ ถ้าได้เป็นกล้ามเนื้อลาย ถ้าไม่ได้เป็นกล้ามเนื้อเรียบ ส่วนกล้ามเนื้อหัวใจมีที่เดียวคือที่หัวใจตัวอย่าง เช่น การยกขา เป็นการสั่งการให้กล้ามเนื้อที่ขาหดตัว ถ้าเราสามารถสั่งให้ตัวเองยกขาได้ แสดงว่า กล้ามเนื้อที่ขาเป็นกล้ามเนื้อลาย หรือ เราไม่สามารถสั่งให้กระเพาะอาหารบีบตัว หรือหยุดบีบตัวได้นั้น แสดงว่ากล้ามเนื้อที่ กระเพาะอาหารเป็นกล้ามเนื้อเรียบ



ภาพที่ 4.16 แสดงข้อแตกต่างของกล้ามเนื้อแต่ละชนิด (a) กล้ามเนื้อเรียบ (b) กล้ามเนื้อหัวใจ (c) กล้ามเนื้อลาย

คำศัพท์เทคนิคเกี่ยวกับกล้ามเนื้อที่นักศึกษาควรทราบ

Sarcolemma = เยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ

Sarcomere = หน่วย หรือ unit ที่เกิดการหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อ

โดยเมื่อเซลล์กล้ามเนื้อหดตัว unit นี้จะมีขนาดเล็กลง

Motor unit = เส้นใยประสาทหนึ่งเส้นไปเชื่อมต่อกับเซลล์กล้ามเนื้อหลายเซลล์

Intrinsic = กล้ามเนื้อที่จำกัดอยู่เพียงส่วนเดียวหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายเท่านั้น

เมื่อกล้ามเนื้อนั้น ๆ หดตัวจะให้ส่วนของร่างกายส่วนนั้นเปลี่ยนขนาด แต่ไม่ได้เปลี่ยนตำแหน่ง เรียกกล้ามเนื้อนั้น

Extrinsic = กล้ามเนื้อที่ขยายเชื่อมกับหลายส่วนของร่างกาย และจะทำให้ส่วนนั้นๆ ของร่างกายเปลี่ยนตำแหน่ง เมื่อกำลังหดตัว

Epaxial = คำศัพท์เทคนิคที่ใช้เรียกกล้ามเนื้อที่อยู่เหนือแนวกระดูกสันหลัง

Hypaxial = ศัพท์เทคนิคที่ใช้กับกล้ามเนื้อที่อยู่ใต้แนวกระดูกสันหลัง

Isotonic = การหดตัวของกล้ามเนื้อในลักษณะทำให้ความกว้างของกล้ามเนื้อเปลี่ยน แต่ความตึง (tone) ของกล้ามเนื้อไม่เปลี่ยน

Isometric = การหดตัวของกล้ามเนื้อที่ทำให้ความตึงของกล้ามเนื้อเปลี่ยนไป แต่ขนาดของกล้ามเนื้อเท่าเดิม

ตัวอย่างเอ็นในร่างกายสัตว์

Prepubic tendon = เอ็นที่ทำหน้าที่ค้ำจุนส่วนช่องท้องและยังทำหน้าที่พยุงมดลูก ในสัตว์ที่อุ้มท้อง

Tendon of triceps brachii = เอ็นที่เกาะที่ปุ่มกระดูก ulna ตรง olecranon

Linea alba = แผ่นเอ็นบาง ๆ (aponeurosis) แนวกึ่งกลางท้อง

Achilles tendon = เอ็นที่เกิดจากการรวมกันของเอ็นกล้ามเนื้อ gastrocnemius, biceps femoris, semitendinosus และ digital flexors

3.2 การหดตัวของกล้ามเนื้อลาย (contraction of skeletal muscle)

1) การหดตัวของกล้ามเนื้อลายถูกกระตุ้นโดยกระแสประสาท (nerve impulse) เส้นประสาท 1 เส้น จะมีแขนงไปควบคุมหรือต่อกับกล้ามเนื้อหลายๆ มัด เรียก 1 motor unit (เส้นประสาท 1 เส้นและเซลล์กล้ามเนื้อทั้งหมดที่ปลายประสาทนั้นไปเชื่อมต่อหรือควบคุม)

2) ขนาดของ motor unit (จำนวนของเซลล์กล้ามเนื้อ ที่ปลายประสาท 1 เส้นไปเชื่อมต่อ) ขึ้นอยู่กับ ความซับซ้อนของการหดตัวของกล้ามเนื้อ บริเวณที่ต้องอาศัยการหดตัวของกล้ามเนื้อในปริมาณที่มาก หรือหลายๆ เซลล์ ขนาดของ motor unit ก็จะมา

3) การทำงานหรือสั่งการของ motor unit เป็นลักษณะ หดตัว และไม่หดตัวเท่านั้น หมายความว่า จะไม่การกระตุ้นให้เกิดการหดตัวลงเล็กน้อย หรือ มาก ถ้าเกิดการหดตัวก็หดตัวเลย ไม่เกิดก็ไม่เกิดเลย

4) ความแรงของการหดตัวของกล้ามเนื้อ ขึ้นกับ จำนวนของ motor unit

3.3 การหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นอย่างไร

1) sarcomere ประกอบด้วยส่วนเป็นแถบมืด (บริเวณที่เป็นโปรตีน myosin) และ แถบสว่าง (หรือ บริเวณที่เป็นโปรตีน actin) ในเซลล์กล้ามเนื้อลาย

2) ในสภาวะที่กล้ามเนื้อคลายตัว เป็นขบวนการทางเคมีป้องกันไม่ให้เกิด การเกาะตัวกันของ actin และ myosin

3) ขบวนการเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อจะเริ่มเกิดขึ้นเมื่อ คลื่นกระแสประสาท เดินทางมาถึง รอยต่อระหว่าง ปลายประสาทกับเซลล์กล้ามเนื้อ (neuromuscular junction)

และเป็นผลให้ แคลเซียมไอออนถูกปลดปล่อยออกจากปลายประสาท ขบวนการต่างๆ ก็จะเริ่มเกิดขึ้นเป็นห่วงโซ่

4) แคลเซียมไอออน มีผลต่อสภาวะแวดล้อมของ actin และ myosin โดยทำให้เกิดการเกาะกันและเกิดหดตัวของกล้ามเนื้อขึ้น ขนาดของ sarcomere เล็กลง

5) การหลุดออกจากการเกาะกันของ actin และ myosin อาศัยพลังงาน ในรูป adenosine triphosphate (ATP)

6) ในสัตว์ที่ตายพลังงานในรูป ATP จะค่อยลดลงและหมดในที่สุด เป็นสาเหตุ actin และ myosin ไม่หลุดออกจากกันทำให้ กล้ามเนื้อแข็งตัวตลอดเวลา เป็นการแข็งตัวหลังตายที่เรียกว่า rigor mortis

3.4 กล้ามเนื้อลาย

1) กล้ามเนื้อลายในร่างกายสัตว์ เป็นกล้ามเนื้อที่ถูกควบคุมการหดตัวภายใต้อำนาจจิตใจ

2) กล้ามเนื้อลายทุกมัดมีโครงสร้างทางกายภาพที่เหมือนกันคือ มีจุดกำเนิดที่ต่อกับกระดูก (origin) กล่าวคือ ปลายมัดกล้ามเนื้อจะเป็นเอ็น เรียกว่า tendon จะติดกับกระดูก เมื่อกล้ามเนื้อหดตัว กระดูกส่วนนั้นจะเคลื่อนที่เพียง เล็กน้อย ปกติปลายด้านจุดกำเนิด จะมีเพียง 1-2 เอ็นเท่านั้น

3) มีตัวมัดกล้ามเนื้อ เรียกว่า belly มัดกล้ามเนื้อแต่ละมัดอาจมีหลาย belly

4) มีจุดเกาะที่กระดูก (insertion) กล่าวคือ ปลายเอ็นของกล้ามเนื้ออีกด้านหนึ่ง ที่เมื่อกล้ามเนื้อหดตัวมีผลทำให้กระดูกที่กล้ามเนื้อ นั้นไปเกาะเกิดการเคลื่อนไหวได้มากกว่า จุดกำเนิด กล้ามเนื้อมัดหนึ่งอาจ มีจุดเกาะกระดูกหลายจุด

5) จุดกำเนิดและจุดเกาะของกล้ามเนื้อลายแต่ละมัดติดอยู่กับกระดูกเสมอ โดยอาจติดกับกระดูก ชิ้นเดียว หรือหลายชิ้น ก็ได้

3.5 กล้ามเนื้อกระบังลม (DIAPHRAGM)

กล้ามเนื้อกระบังลมแบ่งช่องอกและช่องท้อง มีลักษณะแบนและเป็นรูปโค้งคล้ายโดม รอบนอกเป็นกล้ามเนื้อ บริเวณตรงกลางเป็น เอ็น (tendon) เกาะติดอยู่กับกระดูกสันหลังส่วนเอว ทางด้านหน้า กระดูกซี่โครงและกระดูกสันอก มีโครงสร้างร่างกายหลายส่วนที่ผ่านทะลุ กล้ามเนื้อกระบังลม มีโครงสร้างสามส่วนที่ทะลุผ่านกระบังลม ได้แก่

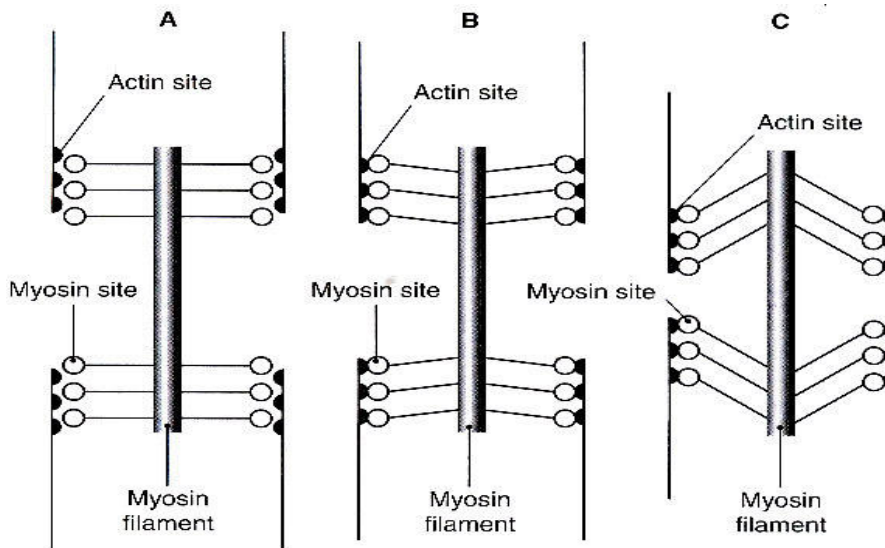
1) Aortic hiatus เป็นทางผ่านของเส้นเลือดแดง Aorta และเส้นเลือดดำ Azygos vein ท่อน้ำเหลือง Thoracic duct

2) Esophageal hiatus เป็นทางผ่านหลอดอาหาร (esophagus) เส้นประสาท Vagus nerve

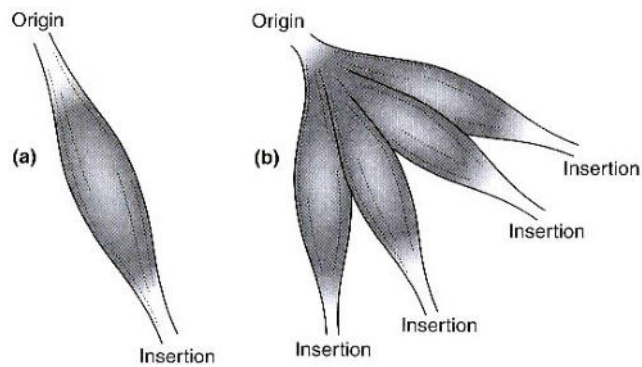
3) Caval foramen เป็นทางผ่านของเส้นเลือดดำใหญ่ Caudal vena cava

เอ็น (Tendons)

เอ็นเป็น เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดแน่นทึบ (dense connective tissue) ยึดกล้ามเนื้อติดกับกระดูก อย่าสับสนกับ เอ็นชนิด ที่เรียกว่า ligament ซึ่งยึดกระดูกกับกระดูก (ยกเว้น เนื้อเยื่อ ผังผืดบางที่ยึดกับอวัยวะ) Tendons มีรูปร่างไม่แน่นอนแล้วแต่ตำแหน่งที่พบและกล้ามเนื้อที่เอ็นนั้นๆ ยึดอยู่ กล้ามเนื้อที่มีรูปร่างบาง เอ็นยึดกล้ามเนื้อก็มีรูปร่างบางด้วยเช่นกัน เอ็นที่บาง ๆ บางที่เรียกว่า aponeuroses เมื่อเอ็นพาดผ่านข้อต่อจะทำให้เกิดเป็นถุง (sac หรือ bursa) ภายในถุงมีของเหลว เรียกว่า น้ำไขข้อ (synovial fluid) การเกิดถุงลักษณะเช่นนี้เพื่อเพิ่มการเคลื่อนที่ได้ของข้อต่อ

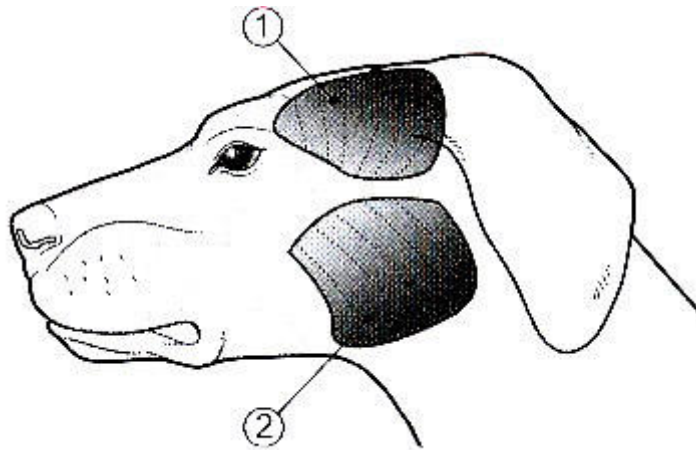


ภาพที่ 4.17 การคลายและหดตัวของ sarcomere actin และ myosin มีตำแหน่งเกาะกันและกัน เรียกว่า active site โดย บนactin และ myosin เรียก actin site และ myosin site ตามลำดับ ในสภาวะที่กล้ามเนื้อคลายตัว (A) active site จะไม่เกาะติดกัน เมื่อกล้ามเนื้อจะเริ่มมีการหดตัว active site จะเกาะกัน (B) กล้ามเนื้อหดตัวเมื่อมีการเคลื่อนที่ของ actin เข้าหากัด (เข้าหาตรงกลางของ sarcomere) (C) ที่มา: Bowden (2003)



ภาพที่ 4.18 แสดงมัดกล้ามเนื้อที่อาจมีจุดเกาะจุดเดียว (simple skeletal muscle) หรือ หลายจุด (compound skeletal muscle)

ที่มา: Bowden (2003)



ภาพที่ 4.19 แสดงกล้ามเนื้อที่หัวของสุนัข 1. Temporal muscle 2. Masseter muscle

ที่มา: Bowden (2003)

คำศัพท์เทคนิคเกี่ยวกับระบบกล้ามเนื้อ

Latissimus dorsi = กล้ามเนื้อที่มีลักษณะบาง ๆ ทางด้านข้างของลำตัวและมีจุดเกาะกระดูก humerus

Motor unit = เส้นใยประสาท 1 เส้น กับกลุ่มของเซลล์กล้ามเนื้อที่เส้นประสาทรุนไปเลี้ยง

Intrinsic muscle = กล้ามเนื้อที่มีลักษณะละเอียด และเมื่อเกิดการหดตัวทำให้รูปร่างนั้นเปลี่ยนรูปร่าง

Brachialis = กล้ามเนื้อข้อศอก พบทางด้านหน้าของขาหน้า

triceps brachii = กล้ามเนื้อขาหน้าทางด้านหลังของขามีจุดเกาะอยู่ที่ ข้อศอก ปุ่มกระดูก ulna หรือ Olecranon

Intercostal muscle = กล้ามเนื้อที่อยู่ระหว่างกระดูกซี่โครง ทำหน้าที่เกี่ยวกับการหายใจ

Infraspinatus = กล้ามเนื้อยึดไหล่ พบที่ supraspinous fossa ของกระดูก scapula

Extensor = ชื่อกล้ามเนื้อที่เมื่อหดตัวทำให้มุมระหว่างกระดูกเพิ่มขึ้น

Flexor = ชื่อกล้ามเนื้อที่เมื่อหดตัวทำให้มุมระหว่างกระดูกลดลง

Tendon = โครงสร้างที่ต่อเชื่อมระหว่างกล้ามเนื้อกับกระดูก

Aponeurosis = เอ็นที่มีลักษณะบางๆ

Gluteal = กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ยึดข้อสะโพก และกางขาหลัง

Biceps femoris = กล้ามเนื้อขนาดใหญ่ที่อยู่ทางด้านข้างของขาหลัง

Striated muscle = ชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งของกล้ามเนื้อ voluntary muscle

Original = จุดที่กล้ามเนื้อเกาะกับกระดูก ทำให้กระดูกเคลื่อนที่เพียงเล็กน้อยเมื่อมีการหดตัว

Quadriceps = กล้ามเนื้อที่มีเอ็นปกคลุมกระดูกสะบ้า หรือหัวเข่า

Cardiac muscle = กล้ามเนื้อหัวใจ สามารถเต้น หรือบีบตัวเป็นจังหวะได้เนื่องจากมี เซลล์ประสาทควบคุมจังหวะ หรือ pacemaker cells

Anterior Tibialis = ชื่อกล้ามเนื้อที่อยู่ทางด้านหน้าของกระดูก tibia

Trapezius = กล้ามเนื้อที่มีลักษณะบางปกคลุมบริเวณกระดูกสันส่วนคอและอกลงมาจนถึง scapula

Insertion = จุดเกาะของกล้ามเนื้อบนกระดูกที่ทำให้กระดูกเคลื่อนที่ได้มากเมื่อมีการหดตัว

Masseter = เป็นกล้ามเนื้อที่อยู่ทางด้านข้าง ramus ของกระดูกกรามล่าง และทำหน้าที่ในการหุบปาก

Temporalis = เป็นกล้ามเนื้อมัดที่ใหญ่ที่สุดที่หัว และอยู่บริเวณกระดูก parietal bone เกือบทั้งหมด

Rectus abdominis = เป็นกล้ามเนื้อที่มีลักษณะแบนๆ และ อยู่ทางด้านข้างทั้งสองข้างของแนวกลางท้อง (linea alba) เอ็นของกล้ามเนื้อวางตัวในแนวยาวขนานกับแนวเส้น linea alba

Biceps brachii = กล้ามเนื้อขาหน้า อยู่บนกระดูก scapular และแผ่ลงไปถึงข้อต่อหัวไหล่ และมีจุดเกาะที่ หัวกระดูก humerus

Biceps femoris = กล้ามเนื้อขาหลังที่มีลักษณะยาว มีจุดกำเนิดที่ ischial tuberosity และมีจุดเกาะที่ ตรงกลางทางด้านหลังของกระดูก tibia

แบบฝึกหัดท้ายบท

แบบฝึกหัดที่ 4.1 ระบบปกคลุมร่างกาย จงเลือกคำตอบที่ให้มาที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. ระบบ integument คือ
 - a. ผิวหนังส่วนที่มีขนน้อย
 - b. ระบบปกคลุมร่างกายได้แก่ ผิวหนัง รวมทั้ง เล็บ ขน และเขา
 - c. ผิวหนังส่วนที่มีขนมาก
 - d. ส่วนของผิวหนังที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น เล็บ เขา ฝ่าเท้าสุนัข
2. สารเคมีที่หลั่งจากต่อมไขมัน sebaceous เพื่อดึงดูดเพศตรงข้าม คือสารใด
 - a. Sebum
 - b. Pheromone
 - c. Sweat
 - d. Tear film
3. ตัวรับความรู้สึกสัมผัส ที่ผิวหนังเรียกว่าอะไร
 - a. Pacinian corpuscles
 - b. Meissner 's corpuscles
 - c. Krause's end-bulb receptors
 - d. Ruffini's corpuscles
4. Submental vibrissae คือขนที่ตอบสนองต่อการเคลื่อนไหว พบได้ที่ใด
 - a. คีว
 - b. ข้อขาน้ำ (carpus) ของแมว
 - c. แก้มและคาง
 - d. แก้ม
5. ต่อมเหงื่อชนิด Eccrine gland พบได้ที่ไหนของสุนัข
 - a. ฝ่าเท้า (footpads)
 - b. ขนตา
 - c. ผิวด้านบนของลิ้น
 - d. หาง
6. กล้ามเนื้อ arrector pili muscle ทำหน้าที่อะไร
 - a. เป็นตัวรับความรู้สึก
 - b. ผลิตวิตามิน D
 - c. การเคลื่อนไหวของร่างกาย
 - d. การควบคุมอุณหภูมิ

7. ชั้น hypodermis ประกอบด้วย ดครงสร้างใด
 - a. เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิด แน่นทึบ
 - b. เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ
 - c. เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดโปร่งบาง
 - d. ต่อมไขมัน
8. ชั้นฐาน (basement) ของหนังกำพร้าคือ ชั้นใด
 - a. Stratum corneum
 - b. Stratum granulosum
 - c. Stratum germinativum
 - d. Stratum lucidum

แบบฝึกหัดที่ 4.2 ระบบโครงร่าง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. เซลล์กระดูกที่ทำหน้าที่สลายกระดูก ทำให้เกิด medullary cavity เรียกว่า อะไร
 - a. Osteoprogenitor cells
 - b. Osteoblasts
 - c. Osteocytes
 - d. Osteoclasts
2. กระดูกแบนของกระดูกโหลมีการเจริญแบบใด
 - a. Heteroplastic ossification
 - b. Intramembranous ossification
 - c. Endochondral ossification
 - d. Pathologic ossification
3. ลูกตา บรรจุอยู่ในแอ่งกระดูกเรียกว่า
 - a. Orbit
 - b. Turbinate bones
 - c. Incisive bone
 - d. Occipit
4. Axis คือกระดูกสันหลังท่อนที่เท่าใด
 - a. C1
 - b. T1
 - c. C2
 - d. T2

5. กระดูกสันหลังส่วนใดที่ spinous processes สูง
 - a. Cervical
 - b. Thoracic
 - c. Lumbar
 - d. Coccygeal
6. กระดูกซี่โครงคู่ที่เท่าไรที่เชื่อมต่อกับ manubrium
 - a. 1
 - b. 5
 - c. 9
 - d. 13
7. Ungual process พบในกระดูกชิ้นใด
 - a. Accessory carpal
 - b. Metacarpal one
 - c. Metacarpal two
 - d. Distal phalanx
8. Acromion process พบในกระดูกชิ้นใด
 - a. Mandible
 - b. Pelvis
 - c. Femur
 - d. Scapula
9. รูขนาดใหญ่ที่พบในกระดูก os coxa คือ
 - a. Obturator foramen
 - b. Vertebral foramen
 - c. Foramen magnum
 - d. Foramen ovale
10. anticlinal vertebra คือ กระดูกสันหลังท่อนที่เท่าใด
 - a. C3
 - b. T7
 - c. T11
 - d. S3

แบบฝึกหัดที่ 4.3 ระบบกล้ามเนื้อ จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. ชื่ออีกชื่อหนึ่งของกล้ามเนื้อโครงร่าง (skeletal muscle) คือข้อใด
 - a. Cardiac muscle
 - b. Voluntary muscle
 - c. Unstriated muscle
 - d. Smooth muscle
2. กล้ามเนื้อที่มีการบีบตัวแบบ peristalsis คือข้อใด
 - a. Cardiac muscle
 - b. Voluntary muscle
 - c. Striated muscle
 - d. Smooth muscle card
3. เส้นใยโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของกล้ามเนื้อและทำหน้าที่เกี่ยวกับการหดตัวของกล้ามเนื้อด้วย นอกจาก myosin แล้วยังมีข้อใด
 - a. Haemoglobin
 - b. Pectin
 - c. Globulin
 - d. Actin
4. ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้องเกี่ยวกับ เอ็น (tendon)
 - a. Loos connective tissue และ เชื่อมต่อระหว่างกล้ามเนื้อกับกระดูก
 - b. Dense connective tissue และ เชื่อมระหว่างกระดูกกับกระดูก
 - c. Loose connective tissue และ เชื่อมระหว่างกระดูกกับกระดูก
 - d. Dense connective tissue และ เชื่อมต่อระหว่างกล้ามเนื้อกับกระดูก
5. แผ่นเอ็นที่โอบล้อมข้อต่อกลายเป็นถุง เรียกแผ่นเอ็นนั้นว่าอะไร
 - a. Synovial joint
 - b. Sarcolemma
 - c. Synovial sheath
 - d. Sarcomere

วิธีสอนและ กิจกรรม	บรรยาย ประกอบภาพสไลด์ หุ่นจำลอง สุนัข โคและซึกถาม		
สื่อการสอน	หนังสืออ้างอิง	รายการเอกสารประกอบการสอนหมายเลข	
		1, 2, 4, 6, 7, 8 และ 11	
	เอกสารประกอบ	เอกสารประกอบการสอน บทที่ 4	
	วัสดุโสตทัศน	คอมพิวเตอร์ หุ่นจำลองสัตว์ เช่น โค สุนัข	
		เครื่องฉาย LCD	
งานที่มอบหมาย	ให้นักศึกษาอ่านเอกสารประกอบการสอน บทที่ 4 ทบทวน และทำแบบฝึกหัดท้ายบท		
การวัดผล	1. ตอบคำถามท้ายบท ตอบคำถามจากหุ่นจำลองสัตว์		
	2. สังเกตพฤติกรรมในการเรียน		
	4. งานมอบหมาย		
	3. สอบกลางภาค		
หมายเหตุ :			

บทที่ 5

ระบบไหลเวียนเลือด (Cardiovascular system) น้ำเหลือง (lymphatic system) และภูมิคุ้มกัน (Immune)

วัตถุประสงค์

เมื่อนักศึกษาเรียนจบบทนี้แล้วนักศึกษสามารถ

1. อธิบายลักษณะของเลือดและหน้าที่ของเลือดได้
2. บอกส่วนประกอบ และข้อแตกต่างระหว่างพลาสมาและซีรัมได้
3. บอกลักษณะทางกายภาพ หน้าที่ อวัยวะที่สร้าง และการพัฒนาของเม็ดเลือดแดงได้
4. อธิบายลักษณะ ชนิด และหน้าที่ของเซลล์เม็ดเลือดขาวได้
5. บอกหน้าที่ และอธิบายการทำหน้าที่ของเกล็ดเลือดได้
6. บอกชนิดหรือระบบของเส้นเลือด และหน้าที่ของเส้นเลือดแต่ละชนิดได้
7. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค และการไหลเวียนเลือดผ่านหัวใจได้
8. อธิบายวงจรการเต้นของหัวใจได้
9. บอกหน้าที่ และลักษณะของน้ำเหลืองได้
10. บอกลักษณะของ ท่อน้ำเหลือง ต่อมน้ำเหลือง และการไหลของน้ำเหลืองได้
11. บอกตำแหน่งที่พบเนื้อเยื่อน้ำเหลืองในร่างกายได้

เนื้อหา

1. ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับเลือด
2. น้ำเลือด (blood plasma) และส่วนประกอบต่างๆในน้ำเลือด
3. เซลล์เม็ดเลือดแดง (red blood cells หรือ erythrocyte)
4. เซลล์เม็ดเลือดขาว (white blood cells หรือ leucocytes)
5. เกล็ดเลือด (blood platelets หรือ thrombocytes) และ กลไกเลือดแข็งตัว
6. โครงสร้างของระบบเส้นเลือด
7. การไหลเวียนเลือด
8. ข้อเท็จจริงและหน้าที่ของหัวใจ
9. กายวิภาคของหัวใจ
10. การไหลของเลือดผ่านหัวใจ
11. การเต้นของหัวใจ
12. วงจรการเต้นของหัวใจ (cardiac cycle) และความดันเลือด (blood pressure)
13. ข้อเท็จจริงและหน้าที่ของระบบน้ำเหลือง (facts and function of the lymphatic system)
14. น้ำเหลือง (lymph)
15. ท่อน้ำเหลือง (lymph vessels)
16. ต่อมน้ำเหลือง (lymph nodes)

17. เนื้อเยื่ออื่นๆในร่างกายที่มีเนื้อเยื่อน้ำเหลือง

1. ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับเลือด

เลือดจัดเป็นเนื้อเยื่อประสาน (connective tissue) เลือดมีสีแดงเนื่องจากมีเม็ดสี haemoglobin ในเซลล์เม็ดเลือดแดง ร่างกายสัตว์มีเลือดเป็นองค์ประกอบประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักตัว ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของเลือด ประมาณ 7.4 คำศัพท์เทคนิคที่มีความหมายเกี่ยวกับเลือด จะขึ้นต้นด้วย haem- หน้าแรกของเลือดมีดังนี้

- 1) การขนส่ง (transport) สารในร่างกาย ซึ่งประกอบด้วย
 - i. ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์
 - ii. สารอาหาร
 - iii. ของเสียต่างๆ
 - iv. ฮอร์โมน (Hormones) และเอ็นไซม์
 - v. นำความร้อน (heat) จากตับ และกล้ามเนื้อกระจายทั่วร่างกาย
- 2) ป้องกันร่างกาย ได้แก่
 - i. ระบบภูมิคุ้มกัน คือ antibody ซึ่งเป็นสารโปรตีนที่ทำหน้าที่จับกับเชื้อโรค (antigens) สังเคราะห์จาก เซลล์เม็ดเลือดขาว
 - ii. เซลล์เม็ดเลือดทำหน้าที่ป้องกัน (defense) ร่างกายจากเชื้อโรคโดยการเก็บกินสิ่งแปลกปลอมโดยวิธีการกลืนกิน (phagocytosis)
 - iii. การแข็งตัวของเลือด (clotting) ป้องกันการสูญเสียเลือดเมื่อเกิดบาดแผล ซึ่งการแข็งตัวของเลือดอาศัยการทำงานของเกล็ดเลือด และโปรตีนหลายชนิดในน้ำเลือด
- 3) รักษาสมดุลของของเหลวในร่างกายและ pH
 - i. ช่วยรักษาระดับของเหลวระหว่างเซลล์ (interstitial fluid) (น้ำเลือดเป็นของเหลวนอกเซลล์, extracellular fluid)
 - ii. โปรตีนในน้ำเลือด ได้แก่ โปรตีน albumin ช่วยรักษาแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) ในน้ำเลือด
 - iii. เกลือแร่ ต่าง ๆ ในน้ำเลือด ทำหน้าที่เป็น บัฟเฟอร์ (buffer) ช่วยรักษาสมดุลกรด-ด่าง (acid-base balance) ของของเหลวภายในร่างกาย

2. น้ำเลือด (blood plasma)

น้ำเลือด เรียกว่า พลาสมา (plasma) ซึ่งมีเซลล์เม็ดเลือด และเกล็ดเลือดแขวนลอยอยู่ พลาสมาประกอบด้วย น้ำ เกลือแร่ (โซเดียม โปรแตสเซียม และอื่นๆ) โปรตีน และสารอื่นๆ ปกติจะมีสีน้ำฟางข้าว ไส ซีรัม (serum) คือ พลาสมาที่ไม่มีโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด

3. เซลล์เม็ดเลือดแดง (erythrocytes)

Erythrocytes คือ เซลล์เม็ดเลือดแดงที่เจริญเต็มที่แล้ว erythrocytes ถือเป็นเซลล์ที่เล็กที่สุด ของบรรดาเซลล์ในกระแสเลือด เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 7 ไมครอน (μm) และมีปริมาณมากที่สุด คือ 7,000,000 เซลล์ ต่อ เลือด 1 ไมโครลิตร (μL) เซลล์เม็ดเลือดแดงมีรูปร่างลักษณะบวมตรงกลางทั้งสองด้าน และไม่มีนิวเคลียส ยกเว้นเม็ดเลือดแดงของสัตว์ปีก และสัตว์เลื้อยคลาน ก๊าซออกซิเจน จะรวมกับ haemoglobin ในเม็ดเลือด กลายเป็น oxyhaemoglobin นั้นหมายความว่า การนำออกซิเจนของเลือด เกิดขึ้นได้โดยการรวมกับ hemoglobin ดังกล่าวข้างต้น

4. การสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดง (Erythrocyte Production)

ขบวนการสร้างเม็ดเลือดแดงเรียกว่า erythropoiesis โดย ลูกสัตว์ขณะเป็น ฟีตัส จะสร้างเม็ดเลือดที่ ตับ (liver) ม้าม (spleen) และไขกระดูก (bone marrow) หลังจากเกิดแล้วจะสร้างที่ ไขกระดูก (myeloid tissue) อย่างเดียว การสร้างเม็ดเลือดแดงจะเกิดขึ้นเมื่อ เซลล์เม็ดเลือดแดงถูกทำลาย ทำให้ระดับของออกซิเจนในร่างกายสัตว์ลดลง จะกระตุ้นให้ไตหลั่ง erythropoietin factor เข้า กระแสเลือด และ erythropoietin factor ในกระแสเลือดกระตุ้นให้ โปรตีนในน้ำเลือดเปลี่ยนเป็น erythropoietin ซึ่งเป็นฮอร์โมนไปกระตุ้นการสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดงจากเนื้อเยื่อ myeloid tissue หรือ ไขกระดูก เซลล์เม็ดเลือดที่ถูกสร้างขึ้นก็จะขับออกสู่กระแสเลือดเพิ่มขึ้น และทำให้ hemoglobin เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน และสุดท้ายทำให้สภาวะการขาดออกซิเจนบรรเทาลง

5. การพัฒนาของเซลล์เม็ดเลือดแดง (erythrocyte Development)

- 1) เซลล์ erythroblasts พัฒนาเป็น normoblasts ซึ่งเป็นเซลล์ที่มี hemoglobin
- 2) Normoblast พัฒนาต่อเป็น reticulocytes ซึ่งเป็นเซลล์ที่นิวเคลียสเริ่มถูกทำลาย
- 3) reticulocytes พัฒนาเปลี่ยนเป็น erythrocytes ซึ่งเป็นเซลล์ที่นิวเคลียสหายไปอย่างสมบูรณ์ และ เซลล์ก็ถูกขับออกสู่กระแสเลือด กลายเป็นเซลล์เม็ดเลือดแดงที่เจริญเต็มที่แล้ว
- 4) ในสภาวะปกติอาจพบเซลล์ reticulocytes ในกระแสเลือดได้บ้างเล็กน้อย แต่ถ้าพบในปริมาณมาก แสดงว่ามีการสร้างเลือดขึ้นมาก จากสภาวะ โลหิตจาง ชนิด regenerative anemia
- 5) ม้ามเป็นอวัยวะที่เก็บสำรองเซลล์เม็ดเลือดแดง
- 6) เซลล์เม็ดเลือดแดง มีอายุขัยต่างกันในแต่ละชนิด ในสุนัขประมาณ 110 วัน เมื่อถึงอายุขัย เซลล์เม็ดเลือดแดงจะถูกทำลายที่ ม้าม องค์ประกอบบางส่วนของเซลล์เม็ดเลือดแดงจะถูกนำมาใช้ใหม่ เช่น เหล็ก แต่บางอย่างเช่น bilirubin ซึ่งเกิดจากการทำลาย hemoglobin จะถูกขับออกทางปัสสาวะ และมูล

6. เซลล์เม็ดเลือดขาว (Leucocytes)

Leucocyte คือ เซลล์เม็ดเลือดขาว เซลล์เม็ดเลือดขาวมีขนาดใหญ่ และปริมาณน้อยกว่า เซลล์เม็ดเลือดแดงแบ่งออกเป็น 5 ชนิด และทุกชนิดทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันร่างกายจากเชื้อโรค และสิ่งแปลกปลอม เซลล์เม็ดเลือดขาวทุกชนิดสร้างจาก เนื้อเยื่อ myeloid หรือไขกระดูก อย่างไรก็ตามเซลล์

เม็ดเลือดขาวชนิด lymphocytes เจริญ และเปลี่ยนแปลง ที่ ต่อม้ำเหลือง เซลล์เม็ดเลือดขาวแต่ละชนิด มีหน้าที่ดังต่อไปนี้

Neutrophil = เป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่เก็บกินสิ่งแปลกปลอม เช่น แบคทีเรียโดยใช้เท้าเทียม และพบปริมาณมากใน น้ำหนอง

Lymphocyte = เซลล์เม็ดเลือดขาวมีสองชนิด คือ T-cells และ B-cells โดย T-cells ทำหน้าที่ทำลายเซลล์เชื้อโรค ในขณะที่ B-cells ทำหน้าที่สร้างภูมิคุ้มกัน (antibodies)

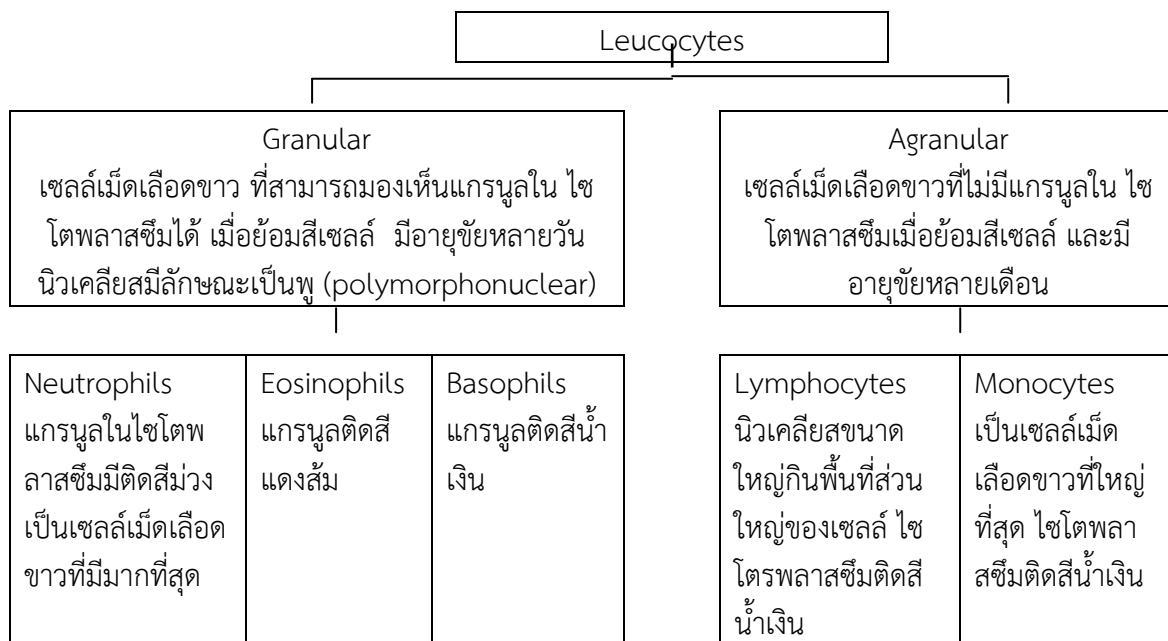
Monocyte = เป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวที่ทำหน้าที่เก็บกินสิ่งแปลกปลอมโดยใช้เท้าเทียม เรียกว่า phagocytic cell ซึ่งอาจพบเซลล์นี้ในเนื้อเยื่อร่างกายส่วนอื่น ๆ ได้ ซึ่งเรียกว่า macrophage

Eosinophil= เป็นเซลล์ที่กินสิ่งแปลกปลอมโดยใช้เท้าเทียม และพบปริมาณมากเมื่อติดพยาธิ หรือ เกิดการแพ้

Basophil = เซลล์ที่สามารถผลิตสาร histamine และปริมาณมากขึ้นเมื่อเกิดการแพ้ หรือ ร่างกายติดพยาธิ

ลักษณะของเซลล์เม็ดเลือดขาวแต่ละชนิด (Types of Leucocyte)

ชนิดของเม็ดเลือดขาวสามารถแบ่งออกได้เป็นตามแผนผังดังภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 แสดงแผนผังชนิดของเซลล์เม็ดเลือดขาว

7. เกล็ดเลือด (blood platelets หรือ thrombocytes) และ กลไกเลือดแข็งตัว

เกล็ดเลือด ศัพท์เทคนิคเรียกว่า thrombocytes ซึ่ง thrombocytes จริง ๆ แล้วไม่ใช่เซลล์ แต่เป็นเศษเซลล์ ของเซลล์ในไขกระดูก หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นเศษเซลล์ของเซลล์ต้นกำเนิดเซลล์เม็ดเลือดแดง ดังนั้นจึงเรียก thrombocytes ว่า เกล็ดเลือด เกล็ดเลือดทำหน้าที่สำคัญคือเป็นส่วนของ ขบวนการแข็งตัวของเลือด ซึ่งทำงานร่วมกับสารโปรตีนอื่นที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด เรียก สารโปรตีนเหล่านั้นว่า clotting factor โดยส่วนใหญ่สังเคราะห์จากเซลล์ตับ การทำงานของ clotting factor อาศัยวิตามิน K เลือดในเส้นเลือดไม่แข็งตัวเนื่องจาก มี สาร heparin ในกระแสเลือดทำหน้าที่ป้องกันเลือดแข็งตัว เมื่อร่างกายอยู่ในสภาวะปกติ

กลไกการแข็งตัวของเลือด เมื่อเส้นเลือดถูกทำลาย เนื่องจากเกิดบาดแผล เกล็ดเลือดจะเข้า ติดกับบริเวณบาดแผล และผลิตเอ็นไซม์ thromboplastin เพื่อไปรวมกับ แคลเซียม กระตุ้น โปรตีน prothrombin เปลี่ยนเป็น เอ็นไซม์ thrombin และเอ็นไซม์ Thrombin กระตุ้นให้ fibrinogen เปลี่ยนเป็น fibrin fibrin ที่เกิดขึ้นเข้ายึดติดกับเกล็ดเลือด และสร้างเป็นตาข่ายคลุมบาดแผล และ เลือดแข็งตัว ในสุนัขจะแข็งตัวภายใน 2.5 ถึง 5 นาที

8. โครงสร้างของระบบเส้นเลือด

โครงสร้างในระดับเนื้อเยื่อของเส้นเลือดนั้น มี 3 ชั้น คือ ชั้นนอกเรียกว่า ทุนิกาแอดเวนติเตีย (tunica adventitia) เป็นพังผืดสีขาวซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ทำให้เส้นเลือดเหนียวทนทานไม่ฉีกขาด ได้ง่าย โครงสร้างถัดจากชั้นนอกเข้าไปด้านใน เป็นชั้นกล้ามเนื้อเรียบ เรียกว่า ชั้นทุนิกามีเดีย (tunica media) ทำหน้าที่ควบคุมขนาดของเส้นเลือด กล่าวคือ เมื่อกล้ามเนื้อเรียบของเส้นเลือดคลายตัวท่อ เส้นเลือด ก็ขยายใหญ่ขึ้นเลือดไหลได้มากขึ้น แต่ถ้ากล้ามเนื้อเรียบบีบตัวท่อเส้นเลือดแคบลงเลือดก็ ไหลได้น้อยลง ผนังชั้นในสุดเป็นชั้นเนื้อเยื่อบุผิว เรียกว่า ทุนิกาอินทิมา (tunica intima) ดังภาพที่ 5.2

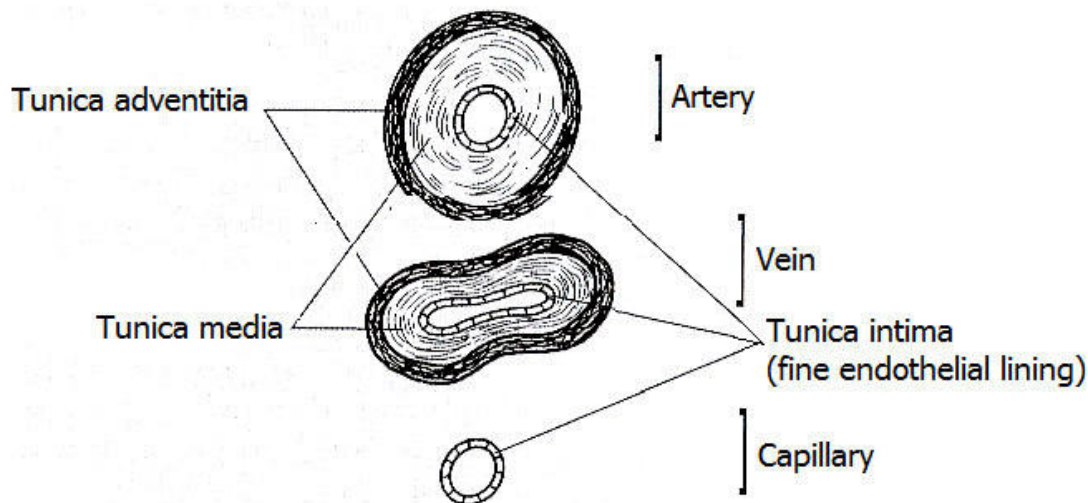
ระบบเส้นเลือดแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ

1) เส้นเลือดแดง (arteries) นำเลือดออกจากหัวใจ ผนังเส้นเลือดหนา (ภาพ ที่ 5.1) เพื่อทนต่อแรงดันเลือดที่เกิดจากการบีบตัวของหัวใจ เส้นเลือดแดงจะอยู่ในส่วนลึกของ ร่างกาย นำเลือดที่มีออกซิเจนสูง (oxygenated blood) ไปเลี้ยงร่างกาย ยกเว้นเส้นเลือดแดงที่ออกจากหัวใจไปที่ปอด เป็นเส้นเลือดแดงที่นำเลือดดำไปพอกที่ปอด

2) เส้นเลือดดำ (veins) นำเลือดเข้าสู่หัวใจ ผนังเส้นเลือดบางกว่าเส้นเลือดแดง นำเลือดที่มีออกซิเจนน้อย (deoxygenated blood) จากเนื้อเยื่อเข้าสู่หัวใจ ยกเว้นเส้นเลือดที่ ออกจากปอดเข้าสู่หัวใจเป็นเลือดดำ เส้นเลือดดำที่ขาซึ่งต้องนำเลือดไหลกลับหัวใจ ภายในเส้นเลือดมี ลิ้นเส้นเลือด (valve) เพื่อป้องกันไม่ให้เลือดไหลย้อนตามแรงโน้มถ่วง

3) เส้นเลือดฝอย (capillaries) เป็นเส้นเลือดบริเวณเนื้อเยื่อ และเป็นบริเวณที่ เกิดการแลกเปลี่ยน ออกซิเจน กับคาร์บอนไดออกไซด์ ระหว่างเลือดกับเนื้อเยื่อ

ระบบเส้นเลือดดังกล่าว มีการติดต่อเชื่อมโยงกัน กระจายไปทั่วร่างกาย



ภาพที่ 5.2 โครงสร้างของเส้นเลือดแดง (artery) เส้นเลือดดำ (veins) และเส้นเลือดฝอย (capillary)
ที่มา: Bowden (2003)

9. การไหลเวียนเลือด

มีแขนงของเส้นเลือดแดงบางเส้นที่ไปที่ สมอง หัว และไต เป็นแขนงเส้นเลือดแดงปลายปิด เรียกแขนงเส้นเลือดแดงนั้นว่า end artery

9.1 ชนิดของการไหลเวียนเลือด

1) การไหลเวียนเลือดผ่านปอด (the pulmonary circulation) คือ การไหลของเลือดเข้าสู่ปอดเพื่อขับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออก และนำเข้าก๊าซออกซิเจนสู่เลือด และไหลย้อนกลับสู่หัวใจ โดยมีวงจรการไหลดังนี้

เลือดจากหัวใจห้องล่างขวาถูกบีบไหลออกจากหัวใจไปที่ปอดเพื่อไปรับออกซิเจน โดยไหลออกจากหัวใจทางเส้นเลือด พันโมนารีอาร์เตอร์ (pulmonary artery) เข้าสู่ปอด เนื้อเยื่อปอดแทรกไปตามผนังของถุงลมปอด เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ผนังถุงลมปอดโดยคาร์บอนไดออกไซด์จากเลือดปล่อยออกสู่ถุงลมและออกซิเจนจากถุงลมเข้าสู่เลือด เลือดที่ได้รับออกซิเจนจากปอด แล้ว กลายเป็นเลือดที่มีออกซิเจนมาก มีสีแดงเข้ม ไหลวนกลับสู่หัวใจทางเส้นเลือด พันโมนารีเวน (Pulmonary vein) เข้าสู่หัวใจห้องบนซ้าย และไหลลงสู่ห้องล่างซ้าย และออกจากห้องล่างซ้ายไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ร่างกายต่อไป

2) ระบบไหลเวียนเลือด (the systemic circulation) คือ การไหลของเลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆของร่างกาย และไหลกลับสู่หัวใจ โดยมีการไหลเวียนเลือดดังนี้

เลือดออกจากหัวใจทางเส้นเลือดแดงใหญ่ เรียกว่า Aorta เป็นเส้นเลือดที่มีผนังหนา เลือดจาก Aorta ไหลเข้าสู่เส้นเลือดแดงใน แต่ละอวัยวะ เรียกว่า เส้นเลือดอาร์เตอร์ (Artery) เพื่อ ไปเลี้ยงอวัยวะนั้น เมื่อเข้าสู่เนื้อเยื่อของอวัยวะแล้ว เส้นเลือดแดง artery จะแตกแขนงออกเป็นเส้นเลือดแดงเล็ก เรียกว่า อาร์ทีโอเรีย (Arteriole) เส้นเลือดฝอย (capillary) จะเป็นเส้นเลือดขนาดเล็ก แยกออกจาก Arteriole แทรกไปตามเซลล์ของอวัยวะ และเป็นตำแหน่งที่เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซ ออกซิเจนจากเลือดปล่อยเข้าสู่เซลล์ และคาร์บอนไดออกไซด์จากเซลล์ปล่อยเข้าสู่

เส้นเลือด เส้นเลือดที่ต่อจากเส้นเลือดฝอยเป็นเส้นเลือดดำเล็ก เรียกว่า venule ซึ่งเป็นเส้นเลือดที่รับเลือดจากเส้นเลือดฝอยจากเนื้อเยื่อต่างของอวัยวะนั้น ๆ ซึ่งเป็นเลือดที่มี ออกซิเจนน้อย แต่มีคาร์บอนไดออกไซด์มากและสีเลือดไม่แดงเข้มเหมือนเลือดที่มีออกซิเจนมาก จึงเรียกว่า เลือดดำ เลือดดำจาก venule ไหลเข้าสู่เส้นเลือดดำเวน (vein) ซึ่งจะนำเลือดเข้าสู่หัวใจ มีผนังบางกว่าเส้นเลือดแดง (ภาพที่ 5.2) เลือดจากเส้นเลือดดำไหลเข้าสู่เส้นเลือดดำใหญ่ เรียกว่า วีนาคาวา (vena cava) และเลือดดำจาก vena cava เข้าสู่หัวใจห้องบนขวา เลือดจากหัวใจห้องบนขวาลงสู่หัวใจห้องล่างขวา และเลือดจากหัวใจห้องล่างขวาถูกบีบไหลออกจากหัวใจไหลเวียนผ่านปอด เพื่อไปปรับออกซิเจน

3) การไหลเวียนเลือดในฟิตัส (fetal circulation) คือ การไหลเวียนในลูกสัตว์ขณะอยู่ในครรภ์แม่ ซึ่งแตกต่างกันกับสัตว์ที่เกิดแล้ว (รายละเอียดในบทที่ 9) ในลูกสัตว์ในครรภ์มารดา ปอดยังไม่ทำงาน ดังนั้นเส้นเลือด pulmonary artery ที่นำเลือดออกจากหัวใจไปที่ปอดจึงเชื่อมต่อกับเส้นเลือดแดงใหญ่ aorta ด้วยเส้นเลือด เส้นเลือด pulmonary artery เชื่อมต่อกับเส้นเลือด aorta ด้วยเส้นเลือด ductus arteriosus

4) การไหลเวียนเลือดผ่านตับ (Portal circulation) คือ การไหลเวียนเลือดในเส้นเลือดดำผ่านเข้าตับ ได้แก่ เลือดดำจากระบบทางเดินอาหาร จะไหลรวมกันเข้าสู่ตับทางเส้นเลือด portal vein เมื่อเลือดเข้าสู่เนื้อเยื่อตับแล้ว จะถูกนำออกจากตับทางเส้นเลือด hepatic vein ไหลเข้าสู่เส้นเลือดดำใหญ่ (vena cava) เข้าสู่หัวใจต่อไป

ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างเส้นเลือดในร่างกายสัตว์

เส้นเลือด	ตำแหน่งที่พบ
Aorta	เส้นเลือดแดงที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในร่างกาย
Coronary arteries	เส้นเลือดแดงที่แยกออกจากเส้นเลือดแดง aorta นำเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ
Carotid artery	เส้นเลือดที่แยกออกจากเส้นเลือด brachiocephalic artery และวิ่งไปตามลำคอ ไปทางหัว
Brachial artery	เส้นเลือดที่ต่อมาจากเส้นเลือด axillary artery และต่อลงไปตามด้านในของขาหน้า
Coeliac artery	เส้นเลือดที่แยกออกจากเส้นเลือดแดงใหญ่ (aorta) ตรงบริเวณช่องท้อง เพื่อนำเลือดไปเลี้ยง ตับ(liver) ม้าม(spleen) และกระเพาะอาหาร(stomach)
Vena cava	เส้นเลือดดำที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในร่างกาย
Hepatic portal vein	เส้นเลือดที่ออกจากลำไส้เล็ก (small intestine) ไปที่ตับ (liver) เพื่อนำสารอาหารที่ดูดซึมโดยลำไส้เข้าตับ

ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างเส้นเลือดในร่างกายสัตว์ (ต่อ)

เส้นเลือด	ตำแหน่งที่พบ
Azygos vein	เส้นเลือดที่นำเลือดออกจากบริเวณเนื้อเยื่อระหว่างกระดูกซี่โครง โดยเส้นเลือดวางตัวอยู่ช่องอก และเชื่อมต่อกับเส้นเลือดดำใหญ่ (vena cava) และ ทางด้านมุมขวาของหัวใจห้องบนขวา
Femoral artery	เส้นเลือดขาหลังวางอยู่ในตำแหน่งด้านในของขา และเป็นเส้นเลือดที่ใช้วัดการเต้นของชีพจร
Cephalic vein	เส้นเลือดดำค่อนข้างใหญ่อยู่บริเวณผิวหนังด้านหน้าของขาหน้า เป็นเส้นเลือดดำที่ใช้ดูดเก็บเลือดในสัตว์เล็ก เช่น สุนัข และแมว
Jugular vein	เส้นเลือดดำที่คอ เป็นเส้นเลือดที่นิยมใช้เจาะดูดเก็บเลือดในสัตว์ใหญ่

คำศัพท์ที่นักศึกษาควรทราบ

Antibodies= สารภูมิคุ้มกัน

Aorta =เส้นเลือดแดงที่ขนาดใหญ่ที่สุดในร่างกาย

Azygos = เส้นเลือดดำที่มีเส้นเดียว ที่นำเลือดดำจากบริเวณอกเข้าสู่หัวใจห้องบนขวา และเส้นเลือด vana cava

Blood clot = การแข็งตัวของเลือด

Coronary artery = เส้นเลือดแดงที่นำเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ

Erythropoiesis = ศัพท์เทคนิคที่หมายถึง ขบวนการสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดง

Kidney = อวัยวะที่ผลิต rennin

Lymphocyte = เซลล์เม็ดเลือดขาวที่ไม่มีแกรนูล และมีนิวเคลียสขนาดใหญ่เกือบเต็มไซโตพลาสซึม

Venule = เส้นเลือดดำขนาดเล็กที่อยู่ภายในอวัยวะ ที่เส้นเลือดนั้นไปเลี้ยง

Right atrium =ห้องหัวใจที่รับเลือดมาจากเส้นเลือด vena cava

Serum = น้ำเลือดที่ไม่มีส่วนประกอบของโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับขบวนการเลือดแข็งตัว

Septum = ผนังที่กั้นระหว่างห้องหัวใจด้านซ้าย และขวา

Thrombocyte = เกล็ดเลือด

Urea = ของเสียที่เกิดจากขบวนการสลายโปรตีนในร่างกาย และถูกขับออกทางไตปนออกมากับปัสสาวะ

10. ข้อเท็จจริงและหน้าที่ของหัวใจ

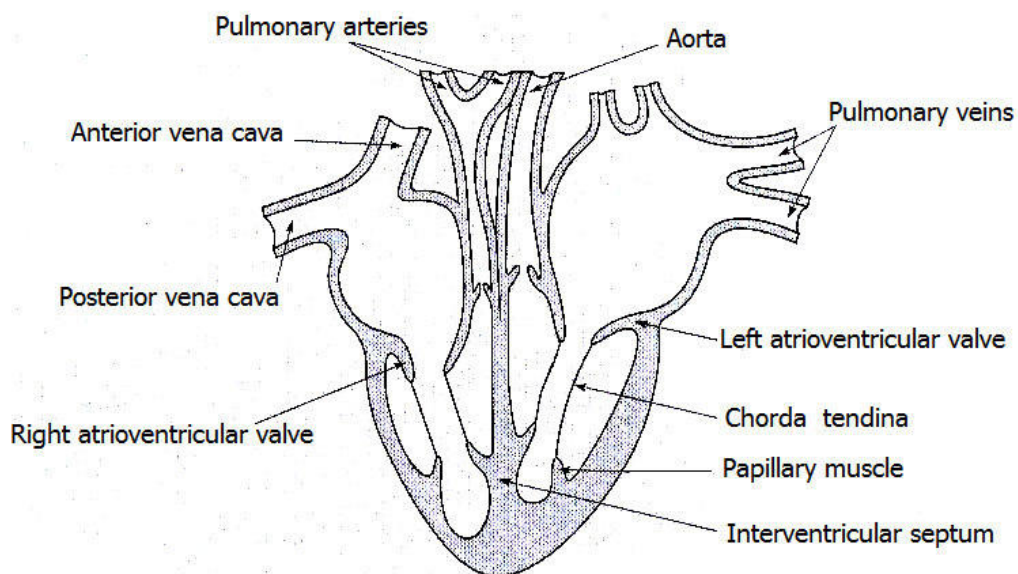
1) หน้าที่ของหัวใจคือการสูบฉีดเลือด ไปเลี้ยงส่วนต่างๆของร่างกาย (systemic circulation) และ ไปที่ปอดเพื่อรับออกซิเจน (pulmonary circulation)

2) หัวใจวางอยู่ทางด้านล่างในช่องอก บริเวณช่องว่างที่เรียกว่า mediastinum โดยวางเยื้องไปทางซ้ายของแนวกลางลำตัวเล็กน้อย และคู่ขนานกับกระดูกซี่โครงคู่ที่ 3-6

- 3) เส้นเลือดหลักที่เข้าและออกหัวใจจะอยู่ทางด้านบนบริเวณซีกของหัวใจ โดยปลายด้านล่างของหัวใจ (the apex) จะชี้ไปทางด้านหลังเล็กน้อย
- 4) ศัพท์เทคนิคที่แสดงความหมายเกี่ยวข้องกับหัวใจจะขึ้นต้นด้วย cardio-

11. กายวิภาคของหัวใจ

หัวใจมีรูปร่างคล้ายกรวย มีโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อหัวใจ (myocardium) ผนังหัวใจ pericardium จะหุ้มรอบหัวใจ และจะเชื่อมต่อกับกล้ามเนื้อหัวใจทางด้านซีกหัวใจ กลายเป็น epicardium ภายในหัวใจมีช่องว่าง 4 ห้อง ทางด้านซ้าย 2 และ ขวา 2 โดยมี cardiac septum เป็นตัวแบ่งซ้ายขวา ทางด้านบนมีสองห้อง (singular, atrium) คือ บนซ้าย (left atrium) และบนขวา (right atrium) ทางด้านล่างสองห้อง (ventricle) คือ ล่างซ้าย (left ventricle) และ ล่างขวา (right ventricle) ลิ้นหัวใจ เป็นแผ่นบาง กั้นระหว่าง หัวใจห้องบนและห้องล่างทั้งสองข้าง โดยมีส่วนที่เรียกว่า chorda tendina (ภาพที่ 5.3) ซึ่งเป็นเส้นเอ็นบางเชื่อมลิ้นหัวใจกับผนังด้านใน ตรงตำแหน่งที่เรียกว่า papillary muscles ของหัวใจห้องล่าง



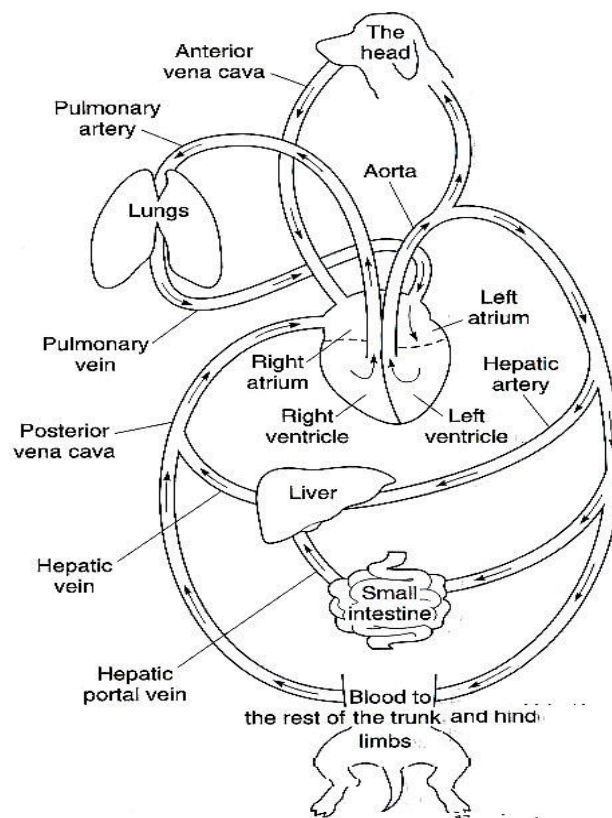
ภาพที่ 5.3 แสดงโครงสร้างทางกายวิภาคของหัวใจ

ที่มา: Bowden (2003)

12. การไหลของเลือดผ่านหัวใจ

การไหลของเลือดผ่านหัวใจเป็นการไหลทางเดียว (ภาพที่ 5.4) เลือดที่ไหลเข้าสู่ห้องหัวใจ ไม่ใช่เลือดไปเลี้ยงหัวใจ เลือดที่ไปเลี้ยงหัวใจจะผ่านทางเส้นเลือดแดงที่เรียกว่า โคโรนารี (coronary arteries) ลิ้นหัวใจทำหน้าที่ป้องกันการไหลย้อนกลับของเลือด ทำให้เลือดไหลไปทางเดียว เลือดในห้องหัวใจทั้งสองข้างไม่มีการปนกัน โดยเลือดในห้องขวา เป็นเลือดที่มี ออกซิเจนน้อย และเลือดในห้องซ้ายเป็นเลือดที่มีออกซิเจนมาก

การไหลของเลือดผ่านหัวใจสรุปได้ดังนี้ เลือดจากเส้นเลือด vena cava ไหลเข้าสู่หัวใจห้องบนขวา (right atrium) ผ่านลิ้นก้นห้องหัวใจ (right atrioventricular valve) หัวใจห้องล่างขวา (right ventricle) ออกจากห้องล่างขวา ผ่านลิ้นเส้นเลือดปอด (pulmonary semilunar valve) เข้าสู่เส้นเลือด pulmonary artery เข้าปอด (lung) เกิดการแลกเปลี่ยนอากาศ เลือดมีออกซิเจนมากขึ้น (oxygenated) ไหลกลับหัวใจทางเส้นเลือด pulmonary vein เข้าหัวใจห้องบนซ้าย (left atrium) ผ่านลิ้นหัวใจ (left atrioventricular valve) ลงสู่หัวใจห้องล่างซ้าย (left ventricle) แล้วผ่านลิ้นเส้นเลือด aortic semilunar valve เข้าสู่เส้นเลือดแดงใหญ่ aorta นำออกซิเจนไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ร่างกาย (around the body to distribute oxygen)



ภาพที่ 5.4 แสดงทิศทางการไหลเวียนเลือดผ่านหัวใจ และระบบไหลเวียนเลือดไปทั่วร่างกาย
ที่มา: Bowden (2003)

13. การเต้นของหัวใจ

การควบคุมการเต้นของหัวใจให้เป็นจังหวะนั้น ควบคุมโดย pacemaker ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเต้นหัวใจ คือ

- 1) การกระตุ้นของระบบประสาทอัตโนมัติ
- 2) การเปลี่ยนแปลงทางสรีระของสัตว์ และ สภาวะการเกิดโรค

3) การตอบสนองของตัวรับ (receptors) ที่หัวใจ ที่เรียกว่า stretch receptors ต่อการเปลี่ยนแปลงความดันเลือด

อัตราการเต้นหัวใจในสัตว์ ที่สุขภาพสมบูรณ์ เป็น ดังตารางที่ 5.2

กล้ามเนื้อหัวใจ (myocardium) มีบริเวณพิเศษ 3 อย่างภายในกล้ามเนื้อ และมีระบบประสาทเชื่อมโยงประสานงานของบริเวณทั้งสาม ทำให้เกิดเส้นใยประสาทภายในกล้ามเนื้อหัวใจ เรียกว่า purkinje fiber พื้นที่ลักษณะพิเศษภายในกล้ามเนื้อหัวใจ 3 อย่าง คือ

- 1) sinuatrial node, พบได้ที่บริเวณผนังด้านบนห้องขวา ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมจังหวะการเต้นหัวใจ (pacemaker)
- 2) atrioventricular node
- 3) atrioventricular bundle

โครงสร้างในข้อ 2 และ 3 พบได้ที่บริเวณรอยต่อระหว่างห้องบนกับห้องล่าง และกล้ามเนื้อหัวใจส่วนห้องล่างทั้งหมด กระแสประสาทจาก sinuatrial node ผ่านเข้ามาสู่ หัวใจห้องบน (atria) ทำให้หัวใจห้องบนบีบตัว หลังจากนั้นกระแสประสาทจะผ่านลงสู่ atrioventricular node และ atrioventricular bundle ทำให้หัวใจห้องล่างบีบตัว การบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ เรียกว่า systole และการคลายตัวของกล้ามเนื้อหัวใจเรียกว่า diastole ในสัตว์ที่มีหัวใจที่ปกติ การบีบและคลายตัวของกล้ามเนื้อหัวใจห้องบนและล่างจะเป็นลักษณะตรงข้ามกันกล่าวคือ เมื่อกล้ามเนื้อหัวใจห้องบนบีบตัว กล้ามเนื้อหัวใจห้องล่างจะคลาย ในทางกลับกัน ถ้ากล้ามเนื้อหัวใจห้องล่างบีบตัว กล้ามเนื้อหัวใจห้องบนจะคลายตัว อย่างไรก็ตามในบางกรณีที่สัตว์ป่วยเป็นโรคเกี่ยวกับหัวใจ อาจส่งผลให้ระบบการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อหัวใจไม่เป็นไปตามดังกล่าวข้างต้น ทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่าหัวใจสั่น (fibrillation)

ตารางที่ 5.2 อัตราการเต้นหัวใจในสัตว์ ที่สุขภาพสมบูรณ์

ชนิด สัตว์	อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate) (ครั้ง ต่อ นาที)
ม้า	32-44 (23-70)
โค	60-80
แกะ	60-80 (60-120)
สุกร	58-86
สุนัข (ขึ้นกับสายพันธุ์)	100-130 (60-180)
แมว	110-140 (110-180)
ไก่	200-400
คน	60-90 (58-104)

14. วงจรการเต้นของหัวใจ (cardiac cycle) และความดันเลือด (blood pressure)

หนึ่งวงจรการเต้นของหัวใจคือ การเต้นของหัวใจหนึ่งครั้ง ดังนั้น ขบวนการที่เกิดขึ้นในการเต้นของหัวใจหนึ่งครั้ง คือขบวนการที่เกิดขึ้นภายในวงจรการเต้นหัวใจ นั่นเอง การเต้นของหัวใจหนึ่งครั้ง จะเกิดเสียงสองเสียงคือ เสียง แรก เป็น 'lub' และ เสียงที่สองเป็น 'dub' ซึ่งเกิดจากการปิดของลิ้นหัวใจและลิ้นของเส้นเลือดไปที่ปอด โดยเสียงแรก 'lub' เกิดลิ้นหัวใจ atrioventricular valves ปิด ในจังหวะที่กล้ามเนื้อหัวใจห้องล่างบีบตัว (ventricular systole) และเสียงที่สอง 'dub' เป็นเสียงปิดของลิ้นเส้นเลือดจากหัวใจห้องล่างขวาไปที่ปอด ที่เรียก semilunar valves ในจังหวะที่กล้ามเนื้อหัวใจห้องล่างคลายตัว (ventricular diastole)

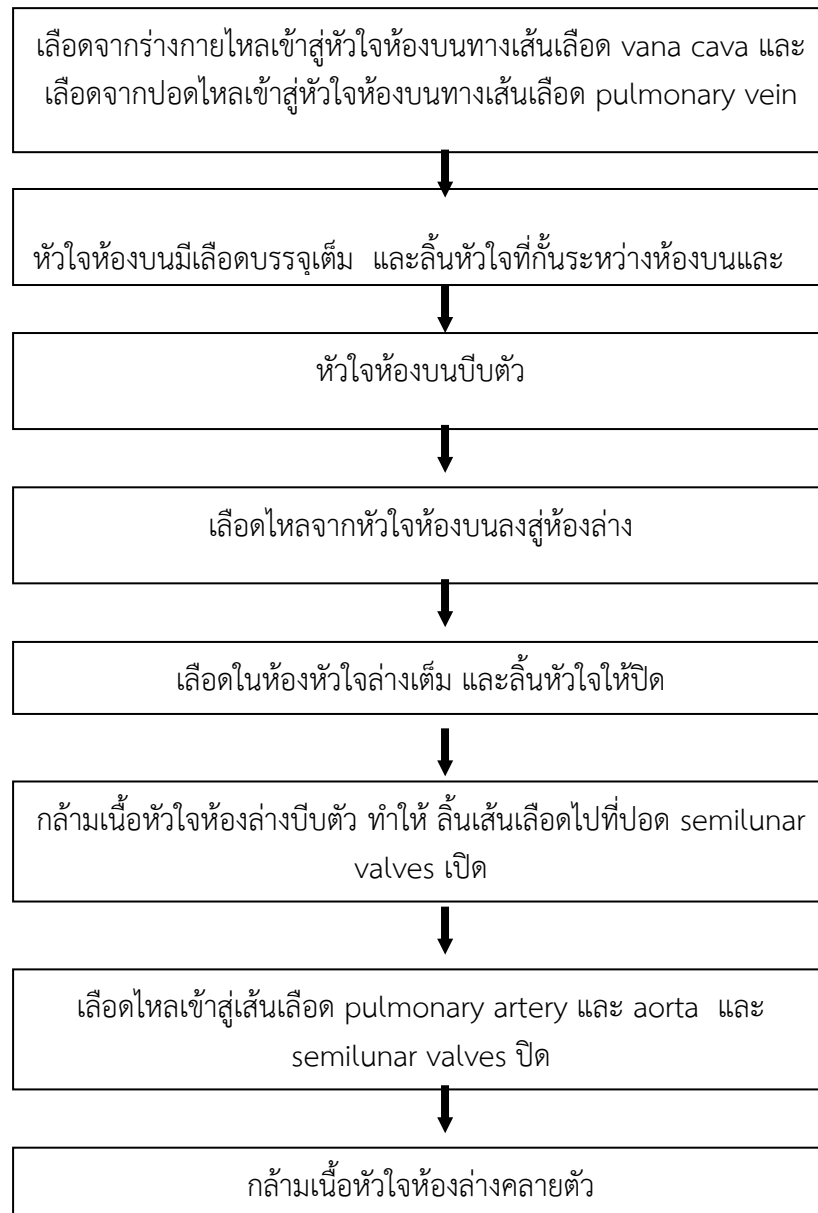
ความดันเลือด (blood pressure) เป็นความดันที่เกิดขึ้นภายในเส้นเลือด โดยทั่วไปจะเป็นเส้นเลือดแดง ความดันเลือดจะสูงสุดในจังหวะที่กล้ามเนื้อหัวใจห้องล่างบีบตัว เรียก systolic pressure และจะต่ำสุดในจังหวะที่กล้ามเนื้อหัวใจห้องล่างคลายตัว เรียก diastolic pressure โดยในการรายงานความดันเลือดจะรายงานเป็น หน่วย มิลลิเมตรปรอท (mmHg) และรายงานเป็น systolic pressure ต่อ diastolic pressure ในสุนัขและแมว มีค่าความดันเลือดใกล้เคียงกับความดันของมนุษย์ คือ 120/80

ความดันเลือดถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติ และระบบฮอร์โมน

15. สิ่งที่น่าสนใจเกี่ยวกับหัวใจ

- 1) ด้านปลายของหัวใจตรงข้ามกับข้อ หรือ ฐานของหัวใจเรียกว่าอะไร เรียกว่า apex
- 2) ลิ้นหัวใจที่มีโครงสร้างประกอบด้วยแผ่นเอ็นบางสองแผ่น อีกชื่อหนึ่งเรียกว่า ลิ้น mitral คือลิ้นหัวใจ Bicuspid or left atrioventricular valve
- 3) ชั้นนอกสุดของโครงสร้างทางจุลกายวิภาคของหัวใจ คือ epicardium
- 4) โครงสร้างที่ทำหน้าที่เป็น pacemaker หรือ ตัวควบคุมจังหวะการเต้นของหัวใจ คือ Sinuatrial node
- 5) โครงสร้างที่แยกห้องหัวใจออกเป็นด้านซ้ายและขวา โดยโครงสร้างนี้เมื่อยังเป็น fetus จะไม่สมบูรณ์ คือ Cardiac septum
- 6) เส้นเลือดที่นำเลือดเข้าสู่หัวใจห้องบนขวา คือ Vena cava
- 7) หัวใจห้องล่างซ้าย (Left ventricle) ส่งเลือดออกจากหัวใจเข้าสู่เส้นเลือด aorta
- 8) เส้นเลือดของลูกสัตว์ในครรภ์แม่ ที่นำเลือดไหลผ่านตรง โดยไม่ผ่านเข้าสู่ปอด คือ Ductus arteriosus
- 9) เส้นเลือดที่นำเลือดออกจากหัวใจไปสู่ปอด เพื่อปลดปล่อย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และนำเอาออกซิเจนเข้ามา คือเส้นเลือดPulmonary artery
- 10) คลื่นความดัน เป็นจังหวะในเส้นเลือดแดงที่เกิดจากการบีบตัวของหัวใจห้องล่างซ้าย เรียกว่า ชีพจร (Pulse)

ลำดับเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในหนึ่งวงจรการเต้นหัวใจ เป็นดังแผนภาพที่ 5.5 ข้างล่างนี้



ภาพที่ 5.5 เหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในหนึ่งวงจรการเต้นหัวใจ

16. ข้อเท็จจริงและหน้าที่ของระบบน้ำเหลือง (facts and function of the lymphatic system)

ศัพท์เทคนิคที่มีความหมายเกี่ยวกับระบบน้ำเหลือง จะขึ้นต้นด้วย *lymph-* ระบบน้ำเหลืองมีหน้าที่ดังนี้

- 1) นำเอาของเหลวที่ตกค้างในเนื้อเยื่อกลับเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือด
- 2) ขนส่งไขมันที่ดูดซึมจากระบบย่อยอาหาร ในรูปของ chylomicrons
- 3) กรองแบคทีเรีย และสารอันตรายต่างๆในของเหลวของเนื้อเยื่อ
- 4) สร้างเซลล์เม็ดเลือดขาว ชนิด lymphocytes

ของเหลว และ โปรตีน (proteins) ขนาดโมเลกุลเล็ก มีการไหลหรือเคลื่อนที่ออกจากเส้นเลือดฝอยเข้าสู่ช่องว่างเซลล์ (Interstitial) อยู่ตลอดเวลา และของเหลวระหว่างเซลล์ (Interstitial fluid) บางส่วนไหลกลับสู่ระบบไหลเวียนเลือดทางเส้นเลือดฝอย แต่ส่วนใหญ่ไหลกลับทางระบบท่อน้ำเหลือง โปรตีนก็กลับเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดทางท่อน้ำเหลืองเช่นกัน ซึ่งระบบการไหลกลับของของเหลวระหว่างเซลล์สู่ระบบไหลเวียนเลือด เช่นนี้ ทำให้ระดับของ ของเหลวระหว่างเซลล์ อยู่ในระดับที่เหมาะสม ถ้าระบบท่อน้ำเหลืองถูกทำลายไม่ว่าด้วยสาเหตุใดก็ตาม จะทำให้เกิดการบวมน้ำ (oedema) ในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้

สารอาหาร เช่น ไขมัน (fat) ที่ถูกย่อยสลายในลำไส้เล็กจะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบท่อน้ำเหลือง ในภายในลำไส้เล็ก โดยเรียกท่อน้ำเหลืองในลำไส้เล็กนี้ว่า lacteals

ระบบน้ำเหลืองยังทำหน้าที่ป้องกันร่างกายจากการโดนทำลายอีกด้วย โดยในท่อน้ำเหลืองมีเซลล์ที่ทำหน้าที่กินสิ่งแปลกปลอมที่ปนมากับน้ำเหลือง ตัวอย่างสิ่งแปลกปลอม เช่น เชื้อแบคทีเรีย (bacteria) โดยเรียกเซลล์ที่ทำหน้าที่กินสิ่งแปลกปลอมในท่อน้ำเหลืองนี้ว่า phagocytic cell เช่น เซลล์เม็ดเลือดขาว macrophages ท่อน้ำเหลืองยังทำหน้าที่ในการสร้างเซลล์เม็ดเลือดขาว lymphocytes โดยเซลล์เม็ดเลือดขาว lymphocytes นี้จะไหลออกสู่น้ำเหลืองหรือเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดทำหน้าที่สร้างสารภูมิคุ้มกันเพื่อมาต่อสู้กับเชื้อโรค หรือแอนติเจน (antigens)

17. น้ำเหลือง (lymph)

น้ำเหลืองคือของเหลวในระบบน้ำเหลือง หรือน้ำเลือดที่ไหลออกนอกเส้นเลือดที่เส้นเลือดฝอย นั่นเอง น้ำเหลืองมีส่วนประกอบที่คล้ายกับน้ำเลือด ต่างกันที่ น้ำเหลืองมีโปรตีนน้อยกว่าน้ำเลือด ทั้งนี้เพราะ โปรตีนโมเลกุลขนาดใหญ่ในน้ำเลือด ไม่สามารถ ไหลออกนอกเส้นเลือดฝอยได้ อย่างไรก็ตาม ในอวัยวะแต่ละส่วน องค์ประกอบของน้ำเหลืองอาจแตกต่างกันได้ เช่น

- a. ในลำไส้เล็ก
- b. ในตับ

โดยทั่วไปแล้ว น้ำเหลืองมีสีเหลืองอ่อน หรือสีน้ำตาลฟาง อย่างไรก็ตามน้ำเหลืองในส่วนของลำไส้เล็กมีสีขาวขุ่นทั้งนี้เพราะ มีปริมาณไขมัน ที่ดูดซึมจากท่อทางเดินอาหาร มาก บางครั้งเรียกน้ำเหลืองจากลำไส้เล็กว่า “chyle”

18. ท่อน้ำเหลือง (lymphatic vessels)

ระบบท่อน้ำเหลืองไม่เหมือนกับระบบเส้นเลือดซึ่งมีการไหลของเลือดสองทาง (เข้า-ออก หัวใจ) แต่เป็นระบบที่ไหลทางเดียว คือเข้าสู่หัวใจ โดยน้ำเหลืองจะเริ่มที่ระดับเนื้อเยื่อ ท่อน้ำเหลืองจะจุ่มที่เนื้อเยื่อ ท่อปลายตัน และเป็นท่อต่อไปจนถึงหัวใจ ระหว่างทางจะมีต่อมน้ำเหลือง ท่อน้ำเหลืองทั้งหมดจะไหลเข้าสู่ท่อน้ำเหลืองขนาดใหญ่ lymphatic duct ท่อใดท่อหนึ่ง ดังต่อไปนี้

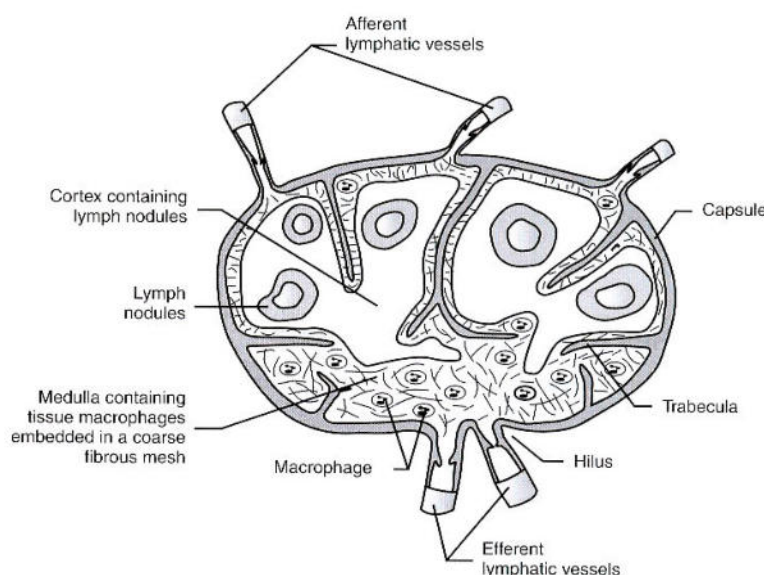
- a. cisterna chyli หรือ thoracic duct ซึ่งวิ่งผ่านช่องอก
- b. right lymphatic duct

โดยน้ำเหลืองออกจาก ศีรษะ คอ ขาหน้าขวา บริเวณอกด้านขวา จะไหลเข้าสู่ท่อน้ำเหลือง right lymphatic duct ส่วนน้ำเหลืองจากขาหน้าซ้าย บริเวณอกด้านซ้าย ช่องท้องและขาหลัง ด้านซ้ายและขวา จะไหลเข้าสู่ท่อน้ำเหลือง thoracic duct

ท่อน้ำเหลืองใหญ่จะไปเปิดต่อกับเส้นเลือดดำใหญ่ cranial vena cava บริเวณใกล้ทางเข้า หัวใจห้องขวาบน ลักษณะของผนังท่อน้ำเหลืองจะเหมือนกับเส้นเลือดดำ แต่จะมีลิ้นภายในท่อ มากกว่าเส้นเลือดดำ และไม่มีกล้ามเนื้อเรียบ ท่อน้ำเหลืองฝอยกระจายอยู่ทั่วเนื้อเยื่อ และมีมากกว่า กว่า เส้นเลือดฝอย

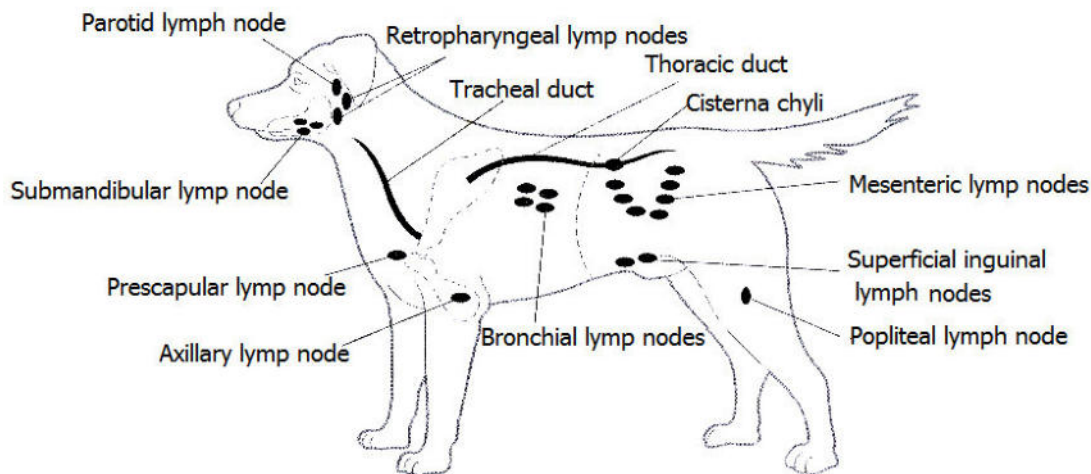
19. ต่อมน้ำเหลือง (lymph nodes)

ต่อมน้ำเหลืองมีลักษณะกลม เล็ก ภายในเป็นเนื้อเยื่อน้ำเหลือง lymphoid tissue และ พบ ได้กระจายทั่วไปในร่างกาย ระหว่างทางของท่อน้ำเหลืองจากเนื้อเยื่อสู่หัวใจ



ภาพที่ 5.6 แสดงโครงสร้างของต่อมน้ำเหลืองตัดตามขวาง
ที่มา: Bowden (2003)

น้ำเหลืองที่ไหลออกจากเนื้อเยื่อเข้าสู่ท่อน้ำเหลืองนั้นจะไหลผ่านต่อมน้ำเหลืองระหว่างทางก่อนเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือด เซลล์ macrophages ที่อยู่ในต่อมน้ำเหลืองจะทำหน้าที่ทำลายและเก็บกินสิ่งแปลกปลอมที่จะทำอันตรายต่อร่างกาย เช่น แบคทีเรีย โดยขบวนการ phagocytosis ก่อนที่น้ำเหลืองจะไหลเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือด เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิด lymphocyte ที่สร้างภายในต่อมน้ำเหลืองจากเซลล์ต้นกำเนิดที่ได้จาก myeloid จะไหลเข้าสู่ น้ำเหลืองและเข้าสู่กระแสเลือด เพื่อสร้างสารภูมิคุ้มกันต่อไป



ภาพที่ 5.7 แสดงต่อมน้ำเหลืองในสุนัข
ที่มา: Bowden (2003)

20. เนื้อเยื่ออื่นๆในร่างกายที่มีเนื้อเยื่อน้ำเหลือง

ในร่างกายสัตว์นอกจากระบบน้ำเหลืองที่กระจายทั่วร่างกายแล้ว ยังสามารถพบเนื้อเยื่อน้ำเหลืองได้ในอวัยวะต่างๆดังต่อไปนี้

1. Thymus ซึ่งอยู่ที่ mediastinum พบได้ในสัตว์อายุน้อย เมื่อโตเต็มที่แล้ว thymus จะหายไปและถูกแทนที่ด้วย ไขมัน
2. ต่อม tonsils ซึ่งอยู่ที่บริเวณด้านข้างของช่องคอหอย
3. ม้าม (spleen) อยู่ใกล้กับกระเพาะอาหาร ม้ามยังทำหน้าที่เก็บสำรองเม็ดเลือดแดง และเป็นจุดทำลายเม็ดเลือดแดงด้วย
4. เนื้อเยื่อน้ำเหลืองที่ ระบบทางเดินอาหาร (Gut-associated lymphoid tissue; GALT) พบที่ชั้น mucosa ของผนังลำไส้เล็ก บางครั้งเรียกเนื้อเยื่อน้ำเหลืองนี้ว่า Peyer's patches

21. ข้อเท็จจริง และหน้าที่เกี่ยวกับระบบภูมิคุ้มกัน

ระบบภูมิคุ้มกัน คือระบบป้องกันร่างกายไม่ให้ถูกทำลายโดยสิ่งแปลกปลอมต่างๆ เช่น จุลินทรีย์ก่อโรค ร่างกายมีระบบป้องกันร่างกายหลายวิธี เช่น การสร้างสารเมือกในระบบทางเดิน

หายใจ อย่างไรก็ตาม ถ้ากล่าวถึงระบบภูมิคุ้มกัน (immunity) ปกติจะหมายถึงระบบป้องกันร่างกาย โดย เม็ดเลือดขาว เซลล์เม็ดเลือดขาวทุกชนิด มีบทบาทที่สำคัญต่อระบบภูมิคุ้มกัน

22. ระบบภูมิคุ้มกันแบบใช้สารภูมิคุ้มกัน (Humoral immunity)

ระบบภูมิคุ้มกันแบบนี้พบได้ในของเหลวต่างๆในร่างกาย เช่น ในเลือด, ช่องว่างร่างกาย หรือ เยื่อเมือกต่างๆ ภูมิคุ้มกันชนิดนี้เกี่ยวกับการทำงานของสารภูมิคุ้มกัน ที่เรียกว่า immunoglobulins หรือ แอนติบอดี (antibody) สารภูมิคุ้มกัน แอนติบอดี สร้างจาก เซลล์เม็ดเลือดขาว lymphocyte ชนิดที่เรียกว่า B-cell (lymphocyte มี 2 ชนิด คือ B-cell และ T-cell) B-cell มีต้นกำเนิดจาก เซลล์ ในไขกระดูก และไหลเข้าสู่เนื้อเยื่อน้ำเหลือง และเจริญเต็มที่ในน้ำเลือด และถูกเรียกว่า พลาสมา เซลล์ (plasma cells) สารภูมิคุ้มกัน ถูกสร้างขึ้นเมื่อมีสารแปลกปลอมเข้ามาทำลายร่างกาย สารแปลกปลอมนั้นเรียกว่า แอนติเจน (antigen)

ระบบภูมิคุ้มกันแบบใช้สารภูมิคุ้มกัน เป็นระบบภูมิคุ้มกันที่เกี่ยวข้องกับสารภูมิคุ้มกัน (immunoglobulins) หรือ antibodies ซึ่งสร้างจากเซลล์เม็ดเลือดขาว lymphocyte ชนิด B-cell ซึ่ง เรียกว่า plasma cell เมื่อเซลล์เจริญเต็มที่แล้ว สารภูมิคุ้มกัน แอนติบอดีนี้ จะถูกสร้างขึ้นเมื่อมี สารแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกาย สารแปลกปลอมเช่น แบคทีเรีย หรือ ไวรัส (virus) ซึ่งเรียกว่า สารแปลกปลอมที่เข้ามาทำลายร่างกายนี้ว่า antigen ซึ่งสารภูมิคุ้มกัน แอนติบอดี จะเฉพาะต่อแอนติเจน กล่าวคือ แอนติบอดี ที่ต่อต้านเชื้อโรคปากเท้าเปื่อย จะไม่สามารถต่อต้านเชื้อโรคอื่นได้นอกจากโรคปากเท้าเปื่อยเท่านั้น การทำงานของแอนติบอดี เป็นไปได้หลายลักษณะ เช่น โดยแอนติบอดีจะ จับกับแอนติเจน เพื่อยับยั้งไม่ให้แอนติเจนเข้าทำลายเซลล์ร่างกาย หรือส่งเสริมให้เกิดขบวนการเก็บกินแอนติเจนโดยของเม็ดเลือดได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นจุดเริ่มต้นให้เกิดขบวนการอักเสบ เพื่อให้ เม็ดเลือดขาวต่างมาบริเวณที่มีแอนติเจนมากขึ้นด้วย

สารแอนติบอดีในร่างกายที่เกิดจากการกระตุ้นให้สร้าง ทำให้สัตว์มีภูมิคุ้มกัน เรียกภูมิคุ้มกันแบบนี้ว่า active immune ซึ่ง สารที่กระตุ้นให้เกิดภูมิคุ้มกัน เป็นแอนติเจน แต่ไม่ได้ก่อให้เกิดโรค เช่น วัคซีน (vaccine) ในกรณีที่สัตว์ได้รับสารภูมิคุ้มกัน แอนติบอดีโดยตรง เรียกภูมิคุ้มกันแบบนี้ว่า passive immune ตัวอย่างสารภูมิคุ้มกันที่สามารถให้สัตว์ได้โดยตรง เช่น antiserum เมื่อ ร่างกายมีการสร้าง สารแอนติบอดีที่เกิดจากการกระตุ้นให้ นอกจากนี้ ภูมิคุ้มกันที่มีอยู่ในน้ำนม (Colostrum) เมื่อลูกสัตว์กินก็จะได้ สารภูมิคุ้มกันโดยตรง ลักษณะเช่นนี้ก็เป็นภูมิคุ้มกันแบบ passive เช่นกัน

23. ภูมิคุ้มกันแบบใช้เซลล์ (cellular immunity)

ระบบภูมิคุ้มกันแบบใช้เซลล์ เกี่ยวข้องกับเซลล์เม็ดเลือดขาว lymphocyte ชนิด T-cell ซึ่งมี ต้นกำเนิดจากไขกระดูก แต่เจริญเติบโตใน thymus เรียก T-cell ว่า T-lymphocyte

T-lymphocyte จะเข้าจับกับ แอนติเจนและ ทำลายแอนติเจน 2 วิธี ดังนี้

1) ปลดปล่อยสารที่เรียกว่า lymphokines เพื่อกระตุ้น หรือดึงดูดเซลล์เม็ดเลือดขาว ที่ทำหน้าที่เก็บกินสิ่งแปลกปลอมเข้ามาทำลายแอนติเจน และเพื่อกระตุ้นให้เกิดขบวนการอักเสบอีกด้วย

2) T-lymphocyte ทำลายแอนติเจนโดยตรง

24. ขบวนการเก็บกินสิ่งแปลกปลอมแบบ phagocytocyte

phagocytocyte คือขบวนการกินสิ่งแปลกปลอมที่มีขนาดใหญ่ ของเซลล์เม็ดเลือดขาว โดยการยื่นเยื่อหุ้มเซลล์โอบล้อมและ กลืนกินสิ่งแปลกปลอม เซลล์เม็ดเลือดขาวที่เก็บกินสิ่งแปลกปลอมแบบ phagocytocyte เรียกว่า phagocytic cell ซึ่งมีสองชนิด ได้แก่ neutrophils และ macrophages ในสุนัข และแมว เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิด neutrophils มีมากที่สุด เซลล์เม็ดเลือดขาว macrophages อาจเรียกชื่อได้หลายชื่อ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่พบ

- a. ถ้าอยู่ในกระแสเลือด เรียก monocytes
- b. ถ้าอยู่ในเซลล์ตับเรียก kupffer cells
- c. ถ้าพบในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน์ เรียก histiocytes

เนื่องจากมีชื่อหลายชื่อ บางครั้งจึงเรียกเป็น ระบบของเซลล์ macrophages (macrophage system) ซึ่งเรียกระบบของ macrophages ได้หลายแบบ เช่น mononuclear phagocytic system หรือ reticuloendothelial system

แบบฝึกหัดท้ายบท

แบบฝึกหัดที่ 5.1 จงเลือกคำตอบที่ให้มาที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. pH ของเลือด คือ
 - a. 4.4
 - b. 4.7
 - c. 7.4
 - d. 7.7
2. โปรตีนในน้ำเลือดที่ทำหน้าที่สำคัญในการควบคุมแรงดัน osmotic ของเลือด
 - a. Albumin
 - b. Keratin
 - c. Fibrin
 - d. Myosin
3. เลือด 1 ไมโครลิตร มีเซลล์เม็ดเลือดโดยประมาณกี่ล้านเซลล์
 - a. 1
 - b. 3
 - c. 7
 - d. 9
4. เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดใดต่อไปนี้มี แกรนูล ในไซโตพลาสซึม
 - a. Lymphocyte
 - b. Basophil
 - c. Monocyte
 - d. Neutrophil

5. เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดใดที่พบมากที่สุด
 - a. Lymphocyte
 - b. Basophil
 - c. Monocyte
 - d. Neutrophil
6. ในฟัตัส เส้นเลือด pulmonary artery เชื่อมต่อกับเส้นเลือด aorta โดยเส้นเลือดใดต่อไปนี้
 - a. Foramen ovale
 - b. Ductus arteriosus
 - c. Falciform ligament
 - d. Umbilical vein
7. อวัยวะที่เส้นเลือดแดงสิ้นสุด
 - a. liver, kidney and spleen
 - b. brain, heart and spleen
 - c. liver, kidney and brain
 - d. brain, heart and kidney
8. เส้นเลือด hepatic portal vein เชื่อมระหว่างอวัยวะใด
 - a. Small intestine and liver
 - b. Heart and spleen
 - c. Small intestine and heart
 - d. Spleen and liver
9. การเจาะเก็บเลือดนิยมเก็บจากเส้นเลือดใดต่อไปนี้
 - a. Hepatic artery
 - b. Jugular vein
 - c. Carotid artery
 - d. Renal
10. การไหลเลือดในส่วนใดต่อไปนี้เป็นการนำเอาออกซิเจนเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดง
 - a. Systemic circulation
 - b. Fetal circulation
 - c. Pulmonary
 - d. Portal circulation

แบบฝึกหัดที่ 5.2 จงเลือกคำตอบที่ให้มาที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. หัวใจอยู่ในตำแหน่งใด
 - a. ภายในช่องอกทางด้านขวา และวางในแนวเอียงชี้ขึ้นด้านบนไปทางด้านหลัง
 - b. ภายในช่องอกทางด้านซ้าย และวางในแนวเอียงชี้ลงด้านล่างไปทางด้านหลัง
 - c. ภายในช่องอกทางด้านขวา และวางในแนวเอียงชี้ลงด้านล่างไปทางด้านหลัง
 - d. ภายในช่องอกทางด้านซ้าย และวางในแนวเอียงชี้ขึ้นด้านบนไปทางด้านหลัง
2. โครงสร้างทางจุลกายวิภาคของหัวใจ ด้านในเรียกว่า
 - a. Endocardium
 - b. Perkinje tissue
 - c. Epicardium
 - d. Pulmonary tissue
3. ลิ้นหัวใจที่กั้นระหว่างห้องหัวใจห้องบนกับล่างขวา เรียกว่า
 - a. Bicuspid valve
 - b. Aortic semilunar valve
 - c. Tricuspid valve
 - d. Pulmonary semilunar valve
4. เส้นแผ่นเอ็นบางๆที่ยึดเชื่อมต่อระหว่างปุ่มกล้ามเนื้อที่ยื่นออกจากผนังด้านในของห้องหัวใจ (papillary muscles) กับลิ้นหัวใจ เรียกว่า
 - a. Myofibrils
 - b. Chordae tendinae
 - c. Microfibrils
 - d. Chorda tympani
5. เลือดออกจากหัวใจห้องล่างขวาทางเส้นเลือดใด
 - a. Coronary artery
 - b. Pulmonary artery
 - c. Coronary vein
 - d. Pulmonary vein
6. เลือดไหลเข้าสู่หัวใจห้องบนขวาทางเส้นเลือดใด
 - a. Vena cava
 - b. Jugular vein
 - c. Aorta
 - d. Pulmonary circulation

7. ข้อใดต่อไปนี้เป็นหน้าที่ควบคุมความดันเลือด
 - a. ระบบประสาท และระบบฮอร์โมน
 - b. ระบบหายใจ และระบบประสาท
 - c. ระบบขับถ่ายปัสสาวะ และฮอร์โมน
 - d. ระบบฮอร์โมน และระบบหายใจ
8. การเกิด systole ส่งผลให้เกิดข้อใดต่อไปนี้
 - a. ห้องหัวใจว่าง
 - b. อากาศเข้าปอด
 - c. ห้องหัวใจมีเลือดเต็ม
 - d. อากาศออกจากปอด

แบบฝึกหัดที่ 5.3 จงเลือกคำตอบที่ให้มาที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. เมื่อเปรียบเทียบน้ำเหลืองกับน้ำเลือด พบว่า
 - a. มีโปรตีนเป็นส่วนประกอบน้อยกว่า
 - b. มีโปรตีนเป็นส่วนประกอบมากกว่าเล็กน้อย
 - c. มีโปรตีนเป็นส่วนประกอบปริมาณเท่ากัน
 - d. มีโปรตีนเป็นส่วนประกอบที่มากกว่ามาก
2. น้ำเหลืองที่พบที่ lacteals เรียกว่า
 - a. Chyle
 - b. Intestinal juice
 - c. Chyme
 - d. Gastric juice
3. เนื้อเยื่อน้ำเหลืองที่พบในลำไส้เล็ก
 - a. Tonsils
 - b. Peyer's patches
 - c. Thymus d. Lacteals
4. ต่อม้ำเหลืองที่อยู่ทางด้านหลังของขาหลัง ชื่อว่า
 - a. Inguinal
 - b. Parotid
 - c. Axillary
 - d. Popliteal
5. น้ำเหลืองในท่อน้ำเหลืองจะไหลเข้าสู่ท่อนใดต่อไปนี้
 - a. Lymphatic vessels
 - b. Cranial vena cava
 - c. Lymph nodes
 - d. Caudal vena cava

แบบฝึกหัดที่ 5.4 จงเลือกคำตอบที่ให้มาที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. B-cell ที่เจริญเต็มที่แล้ว เรียกว่า
 - a. Phagocyte
 - b. Macrophage
 - c. Plasma cell
 - d. Lymphokine
2. T-cell ที่เจริญเต็มที่ที่ อวัยวะใด
 - a. Myeloid tissue
 - b. Thymus
 - c. Lymph nodes
 - d. Blood stream
3. สารภูมิคุ้มกัน immonoglobulins เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า
 - a. Antigens
 - b. Antisera
 - c. Antibodies
 - d. Antitoxins
4. ข้อใดต่อไปนี้เป็น passive immunity
 - a. การฉีดวัคซีนเชื้อเป็น
 - b. การสร้างภูมิเมื่อสัตว์ติดเชื้โรค
 - c. ได้รับภูมิทางนมแม่
 - d. การฉีดวัคซีนเชื้อตาย
5. เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดใดต่อไปนี้ไม่ใช่ phagocytic cell

a. Monocyte	b. Neutrophil
c. Basophil	d. Histiocyte

วิธีสอนและ กิจกรรม	บรรยาย ประกอบภาพสไลด์ หุ่นจำลอง สุนัข โค ฉาย VCD การไหลเวียนเลือด ผ่านหัวใจ และซีกถาม	
สื่อการสอน	หนังสืออ้างอิง	รายการเอกสารประกอบการสอนหมายเลข
		1, 2, 4, 6, 7, 8 และ 11
	เอกสารประกอบ	เอกสารประกอบการสอน บทที่ 5
	วัสดุโสตทัศน	คอมพิวเตอร์, เครื่องฉาย LCD, หุ่นจำลองสัตว์ เช่น โค สุนัข
VCD การไหลเวียนเลือดผ่านหัวใจ องค์ประกอบของเม็ดเลือดแดง		
งานที่มอบหมาย	ให้นักศึกษาอ่านเอกสารประกอบการสอน บทที่ 5 ทบทวน และทำแบบฝึกหัดท้ายบท	
การวัดผล	1. ตอบคำถามท้ายบท, ตอบคำถามจากหุ่นจำลองสัตว์ และจากการดู VCD	
	2. สังเกตพฤติกรรมในการเรียน	
	4. งานมอบหมาย	
	3. สอบกลางภาค	
หมายเหตุ :		

บทที่ 6

ระบบหายใจ

(Respiratory system)

วัตถุประสงค์

เมื่อนักศึกษาเรียนบทนี้จบแล้วนักศึกษสามารถ

1. บอกหน้าที่ และอธิบายการทำงานที่ระบบป้องกันการโดยทำลายจากสิ่งแปลกปลอมของระบบทางเดินหายใจได้
2. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค และหน้าที่ของช่องจมูกได้
3. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค และหน้าที่ของคอหอย และกล่องเสียงได้
4. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคของหลอดลมและท่อลมฝอยได้
5. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคของถุงลม และอธิบายการแลกเปลี่ยนก๊าซในถุงลมกับเส้นเลือดได้
6. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคของปอด และโครงสร้างที่เกี่ยวข้องในช่องอกได้

เนื้อหา

1. ข้อเท็จจริงและหน้าที่ของระบบหายใจ
2. จมูก (nose) ช่องจมูก(nasal cavity) และโพรงกระดูกข้างช่องจมูก (paranasal sinus)
3. คอหอย (pharynx) และกล่องเสียง (larynx)
4. หลอดลมคอ (trachea) หลอดลมใหญ่ (bronchi) และท่อลมฝอย (bronchioles)
5. ถุงลมและการแลกเปลี่ยนก๊าซ
6. ปอด และโครงสร้างที่เกี่ยวข้อง
7. การหายใจเพื่อนำอากาศเข้าสู่ปอด (Breathing)

1. ข้อเท็จจริงและหน้าที่ของระบบหายใจ

สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมทุกชนิดมีระบบหายใจที่ทำหน้าที่เหมือนกันคือการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างก๊าซออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยอาศัยปอด หน้าที่อื่นๆของระบบหายใจ นอกเหนือจากการแลกเปลี่ยนก๊าซ คือ

- 1) การหอบเพื่อระบายร้อน (panting)
- 2) Phonation
- 3) Purring
- 4) ระบบหายใจมีระบบป้องกันการโดยทำลายจากสิ่งแปลกปลอมหลายแบบ ได้แก่
 - i. ที่เยื่อผิวของท่อทางเดินหายใจเป็น เซลล์บุผิวที่สร้างเมือก ทำหน้าที่ดักจับสิ่งแปลกปลอมต่างๆที่มากับอากาศ
 - ii. ช่องจมูกมีระบบกรองอากาศ
 - iii. การสำลัก หรือรีเฟรคการไอ

ศัพท์เทคนิคที่ เริ่มต้น pulmo- มีความหมายเกี่ยวข้องกับ ปอด

ศัพท์เทคนิคที่ เริ่มต้น pneumo- มีความหมายเกี่ยวข้องกับ อากาศ

ศัพท์เทคนิคที่ เริ่มต้น pnoea- มีความหมายเกี่ยวข้องกับ การหายใจ

การหายใจเป็นขบวนการที่จำเป็นเพื่อการมีชีวิตอยู่ได้ โดยเป็นขบวนการแลกเปลี่ยน gases (Gaseous exchange) ระหว่าง ออกซิเจน (oxygen) และ คาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide) การหายใจภายนอก (External respiration) คือการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างร่างกายสัตว์กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งเกิดขึ้นที่ ปอด การหายใจภายใน (Internal respiration) คือ การแลกเปลี่ยนก๊าซ ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นระหว่าง เนื้อเยื่อร่างกาย และ น้ำเลือด (bloodstream) ก๊าซออกซิเจนมีความจำเป็นต่อการหายใจระดับเซลล์เพื่อให้พลังงานในรูปของ adenosine triphosphate (ATP) และการหายใจระดับเซลล์นี้ผลิตที่ได้้นอกจากพลังงานแล้วยังเกิด คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งต้องมีการกำจัดออกจากเซลล์

2. จมูก (nose) ช่องจมูก(nasal cavity) และโพรงกระดูกข้างช่องจมูก (paranasal sinus)

จมูก (nose) ช่องจมูก (nasal cavity) หรือ Nares หรือ nostrils คือ รูเปิดช่องจมูก

และโพรงกระดูกข้างช่องจมูก (paranasal sinus) ทำหน้าที่ เตรียมอากาศก่อนนำลงสู่ทางเดินหายใจส่วนล่าง โดยทำหน้าที่กรองอากาศ ทำให้อากาศอุ่น และชื้นขึ้น โครงสร้างส่วนนี้มีการเพิ่มพื้นที่สัมผัสของอากาศโดยภายในช่องจมูกมีกระดูก เทอบินัต (turbinat bone) เป็นลักษณะฝอย ๆ มีเยื่อบุผิว คือ Ciliated columnar epithelium ทำหน้าที่สร้างเมือก ดักจับฝุ่นละออง และเพิ่มความชื้นให้อากาศ โพรงกระดูกข้างช่องจมูก (paranasal sinus) คือ โพรงในกระดูกกะโหลก Frontal

ลักษณะโครงสร้างของจมูก

- 1) Alar fold คือ โครงสร้างที่เป็นรอยพับของกระดูกอ่อนบริเวณทางเข้ารูเปิดช่องจมูก
- 2) กระดูกอ่อนที่ปลายจมูก คือ Elastic cartilage
- 3) ช่องจมูกมี 2 ช่องด้านซ้าย และช่องด้านขวา โดยมี Nasal septum เป็นตัวแบ่ง
- 4) Hard palate เป็นโครงสร้างที่แยกช่องจมูกและช่องปาก
- 5) กระดูก Ethmoid เป็นกระดูกที่แยกช่องจมูก กับช่องที่อยู่ของสมอง

3. คอหอย(pharynx) และกล่องเสียง (larynx)

คอหอยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

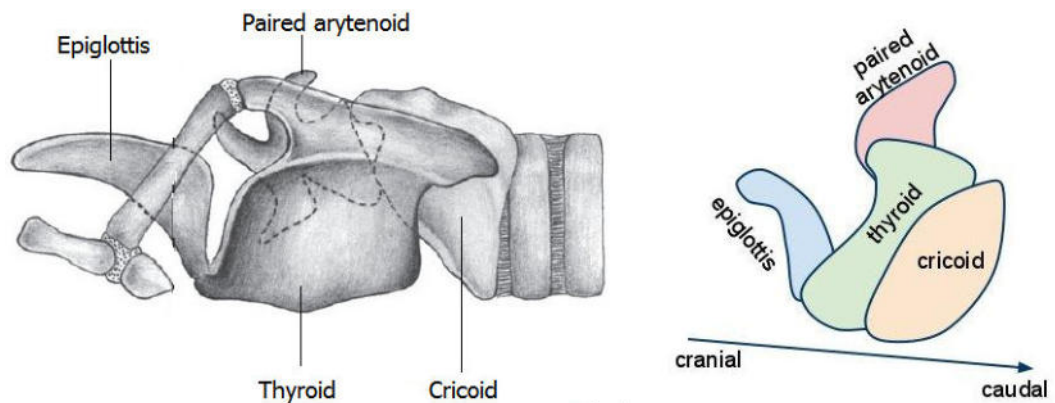
- a. คอหอยร่วมช่องจมูก (nasopharynx) คือคอหอยบริเวณต่อจากช่องจมูก
- b. คอหอยร่วมช่องปาก (oropharynx) คือคอหอยบริเวณต่อจากช่องปาก คอหอยเป็นส่วนร่วมกันของทางเดินอาหารและทางเดินหายใจ

กล่องเสียง อยู่ระหว่าง คอหอย และหลอดลม โดยกล่องเสียงถูกแขวนด้วยกระดูกไฮอยด์ (hyoid) จากฐานของกระดูกกะโหลก ทำให้กล่องเสียงสามารถเคลื่อนขึ้นลงได้ไม่ยึดติดกับคอ

โครงสร้างของกล่องเสียงประกอบด้วยกระดูกอ่อนชนิด ไฮยาลิน (hyaline cartilage) ที่ประกอบกันช่องเปิดที่เรียกว่า ก๊อตติส (glottis) กระดูกอ่อน ของกล่องเสียง มี 5 ชั้น ดังนี้

- 1) กระดูกอ่อนเอพิกลอตติส (epiglottis cartilage) ทำหน้าที่เป็นฝาปิดกล่องเสียง คอยปิดเปิดกล่องเสียงขณะกลืนอาหารและหายใจ มี 1 ชั้น
- 2) กระดูกอ่อนไทรอยด์ (thyroid cartilage) มีหนึ่งชิ้น เป็นที่ยึดเกาะของกล้ามเนื้อที่ช่วยในการกลืนอาหาร
- 3) กระดูกอ่อนแอริทีนอยด์ (arytenoid cartilage) มี 2 ชิ้น เป็น คู่กัน ทำหน้าที่ควบคุมระดับเสียงที่ร้อง
- 4) กระดูกอ่อนคริคอยด์ (cricoid cartilage) มีลักษณะเป็นวงแหวน ทำหน้าที่ ช่วยยึดกล่องเสียงให้มีรูปร่างคงอยู่ได้ เพื่อให้อากาศผ่านเข้าได้

ทางด้านข้างทั้งสองข้างภายในช่องกล่องเสียงจะมีเอ็น (ligament) ยื่นออกมาจากกระดูกอ่อน อารีทีนอยด์ (arytenoid cartilage) เรียกว่า vocal fold หรือ vocal cords โดย Vocal fold หรือ vocal cord ทำหน้าที่เป็น เส้นเสียง ทำให้เกิดเสียง



ภาพที่ 6.1 กล่องเสียงประกอบด้วยกระดูกอ่อน 5 ชั้น

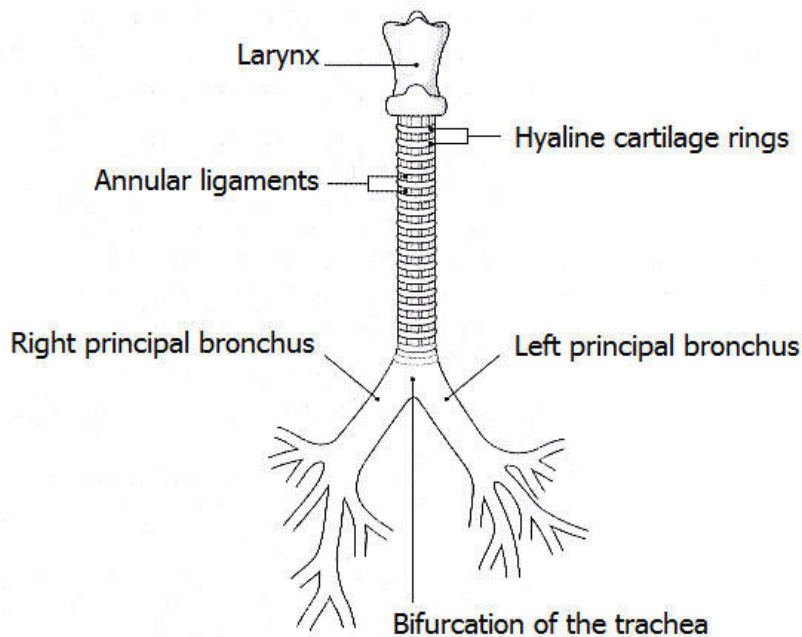
ที่มา : Pérez *et al.* (2010)

4. หลอดลม(trachea) ท่อลม (bronchi) และท่อลมฝอย (bronchioles)

หลอดลมประกอบด้วยวงของกระดูกอ่อน (hyaline cartilage ring) (ภาพที่6.2) ที่ไม่ได้เชื่อมเป็นวงที่สมบูรณ์ (trachea ring) วางเรียงกันตลอดแนวยาวของหลอดลม ทำให้หลอดลมรักษาโครงสร้างที่เป็นท่ออากาศอยู่ได้ ระหว่าง trachea ring จะมี เอ็นเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และกล้ามเนื้อชั้นอยู่ เรียกว่า annular ligament หลอดลมต่อจากกล่องเสียง และวางตัวยาวลงไปเข้าช่องอกและเมื่อเกือบถึงหัวใจ จะแบ่งออกเป็น 2 ข้าง เรียกว่า ท่อลมใหญ่ หรือ bronchus (เอกพจน์เรียก bronchus, พหูพจน์เรียก bronchi) ท่อลม หรือ บรอนคัส แต่ละข้างจะแตกแขนงออกเป็นท่อหลาย ๆ ท่อจนกลายเป็นท่อที่เล็กลงเรียกว่า ท่อลมฝอย หรือ bronchiole ท่อลมฝอยหรือ bronchiole ก็

จะแตกแขนงเล็กลงไปเรื่อยๆ เช่นกัน จนสิ้นสุดแขนงเรียกว่า ปลายท่อลมฝอยหรือ เทอมินอล บลอนชีโอน (terminal bronchioles)

หลอดลม ท่อลม และท่อลมฝอย ภายในท่อม้วนเยื่อเยื่อบุผิวที่สร้างเมือก และป้องกันสิ่งแปลกปลอมไม่ให้ลงสู่ทางเดินหายใจส่วนล่าง หรือการขับสิ่งแปลกปลอมที่ตกลงไปกลับสู่คอหอยได้ โดยการไอ



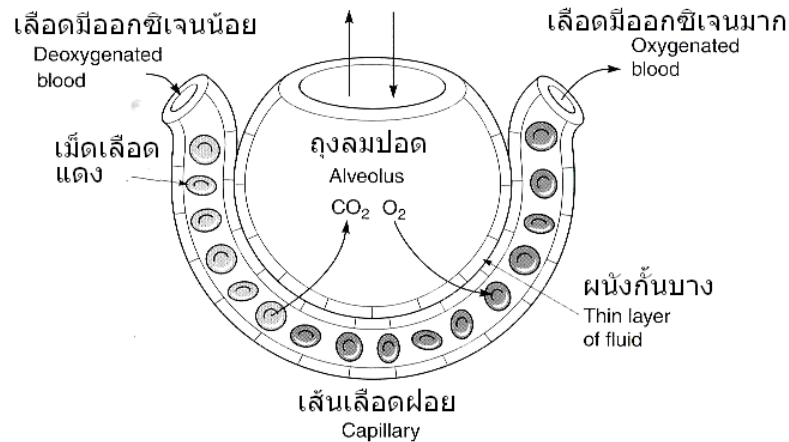
ภาพที่ 6.2 แสดงโครงสร้างของหลอดลม

ที่มา: Bowden (2003)

5. ถุงลมและการแลกเปลี่ยนก๊าซ

ปลายหลอดลมฝอย หรือ เทอมินอล บลอนชีโอน จะแคบลงจนกลายเป็นท่อของถุงลม หรือ แอลวีโอลาร์ ดัก (Alveolar duct) (ภาพที่ 6.4) แอลวีโอลาร์ ดัก แคบลงไปอีกกลายเป็น แอลวีโอลาร์ แซค (alveolar sac) และแตกแขนงต่อกลายเป็นถุงลมหลายถุง (alveoli) (ถุงลมเดี่ยว หรือเอกพจน์ เรียก alveolus) เนื้อเยื่อบุผิวถุงลมเป็นชนิดเซลล์เรียงกันชั้นเดียวรูปร่างเซลล์คล้ายกระสวย (simple squamous epithelial tissue) ทำให้ผนังถุงลมบางมาก และล้อมรอบด้วยเส้นเลือดฝอย

การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างสัตว์กับสิ่งแวดล้อมเกิดขึ้นที่ถุงลมนี้เอง (ภาพที่ 6.3) บริเวณท่อทางเดินหายใจที่ไม่เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซ เรียกว่า Anatomical dead space ได้แก่ หลอดลม ท่อลม ท่อลมฝอย



ภาพที่ 6.3 การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างถุงลมปอดและหลอดเลือดฝอย (capillary)

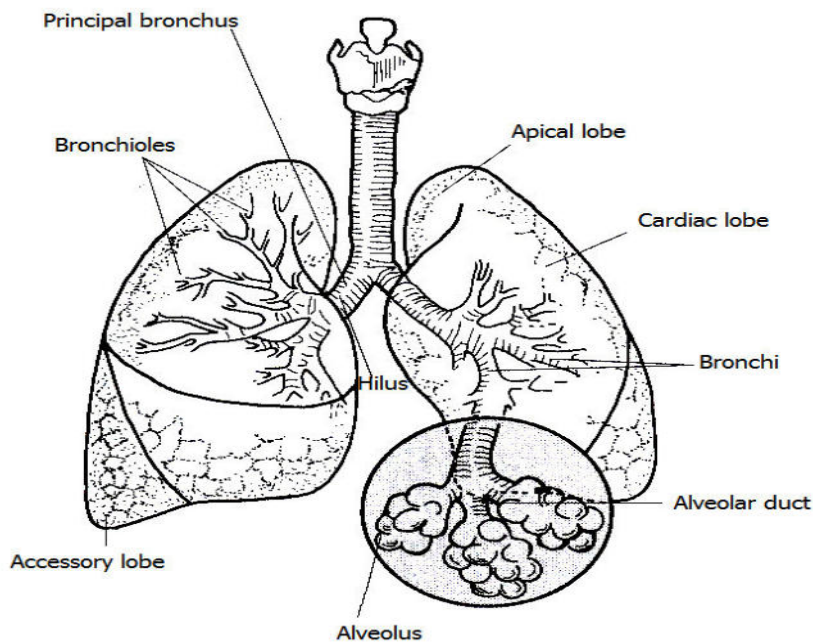
Deoxygenated blood คือ เลือดที่มีออกซิเจนในเม็ดเลือดแดง (Red blood cell) น้อย และคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดมาก ออกซิเจน (O_2) จากถุงลมปอด (alveolus) จะผ่านชั้นบาง (Thin layer) เข้าสู่เส้นเลือดฝอยในขณะที่คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จะออกจากเส้นเลือดฝอยเข้าสู่ถุงลมปอด ทำให้เลือดที่ได้รับออกซิเจนจากปอดมีออกซิเจนในเม็ดเลือดมาก เรียก ออกซิเจนที่เตต บลัด (Oxygenated blood)

ที่มา: Bowden (2003)

6. ปอด และโครงสร้างที่เกี่ยวข้อง

สัตว์มีปอดสองข้างซ้าย-ขวา ในช่องอก (Thoracic cavity) ปอดแต่ละข้างมีโครงสร้างระบบท่อนำอากาศที่แตกแขนงแยกย่อยเป็นท่อเล็กกระจายทั่วไปในปอดคล้ายกิ่งไม้ เรียกว่า บลอนเชียลทรี (Bronchial tree) (ภาพที่ 6.4) ได้แก่ บลอนไค (bronchi , เอกพจน์ เรียก bronchiole) บลอนคลีโอล (Bronchiole) และตำแหน่งแลกเปลี่ยนก๊าซ ได้แก่ ปลายหลอดลมฝอย และถุงลมปอด ปอดแต่ละข้างมีลักษณะเป็นพู (lobe) โดยแบ่งออกเป็น 3 พู ได้แก่

- 1) พูด้านหน้า เรียกว่า เครเนียล โลบ (Cranial lobe) หรือ เอพิคอลโlob (apical lobe)
- 2) พูตรงกลาง เรียกว่า มิดเดิล โลบ (Middle lobe) หรือ พูที่ติดกับหัวใจ เรียกว่า คาร์ดิแอค โลบ (Cardiac lobe)
- 3) พูทางด้านหลัง เรียกว่า คอดอล โลบ (caudal lobe) หรือพูที่ติดกับกระบังลม เรียกว่า ไดอะแฟมมาติก โลบ (Diaphragmatic lobe)

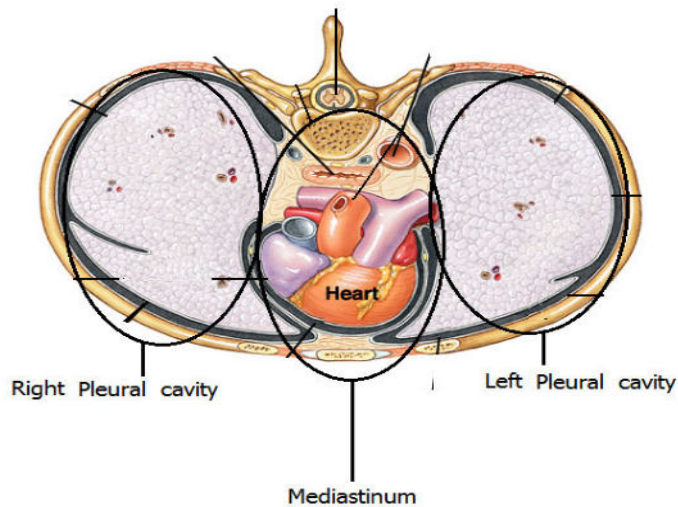


ภาพที่ 6.4 โครงสร้างปอด

ที่มา: Bowden (2003)

เส้นเลือดแดง พัลโมนารี (pulmonary artery) (นำเลือดจากหัวใจสู่ปอด) เส้นเลือดดำ พัลโมนารี (pulmonary vein) (นำเลือดจากปอดเข้าหัวใจ) เส้นประสาท และท่อน้ำเหลืองเข้าและออกจากปอดบริเวณแองกูลัม (hilus) ที่ซั้วปอด

ในช่องอกจะแยกออกเป็นสองส่วน คือ ช่องปอดซ้าย (pleural cavity) และช่องปอดขวา (pleural cavity) โดยอาศัยโครงสร้างที่เรียกว่า มีไดแอสตินัม (mediastinum) กั้นกลาง (ภาพที่ 6.5) โครงสร้างส่วน มีไดแอสตินัม เป็นทางผ่านของเส้นเลือดแดงใหญ่ (aorta) หลอดลมคอ และหลอดอาหาร



ภาพที่ 6.5 ช่องอกแบ่งออกเป็นช่องที่อยู่ของปอดเรียกว่า pleural cavity และช่องที่อยู่ของหัวใจ เส้นเลือด เส้นประสาท ท่อน้ำเหลือง เรียกว่า mediastinum

ผิวปอด ผนังช่องอก มีไดแอสตินัม และกระบังลม มีเนื้อเยื่อบางใส (serous membrane) อยู่ เพื่อป้องกันการโดยทำลาย เนื้อปอดเนื่องจากการเสียดสี

7. การหายใจเพื่อนำอากาศเข้าสู่ปอด (Breathing)

การหายใจเพื่อนำอากาศเข้าสู่ปอด (Breathing) หรือ บริทติง (breathing) คือการนำเอาอากาศเข้าปอดผ่านทางจมูก (หรือปาก) และนำเอาคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากปอดผ่านออกมาทางจมูก (หรือปาก) เช่นกัน การหายใจเพื่อนำอากาศเข้าสู่ปอดมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเอาอากาศหรือออกซิเจนเข้าสู่ถุงลมปอดซึ่งเป็นตำแหน่งเกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซกับเลือด

มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่ออัตราการหายใจ (Respiratory rate) ศูนย์ควบคุมการหายใจมีสามศูนย์อยู่ในก้านสมอง (Brain stem) ส่วนเมดัลลลา (Medulla) และพอน (Pons)

โครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการหายใจเพื่อนำอากาศเข้าสู่ปอด

การหายใจเข้า (Inhalation) : กระบังลม (diaphragm) และกล้ามเนื้อซี่โครง (Intercostal muscle) หดตัวพร้อมกัน ทำให้กระบังลมแบนเรียบ และกระดูกซี่โครงพลิกออก ทำให้ช่องอกมีปริมาตรมากขึ้น ปอดขยาย และความดันในปอดลดลงต่ำกว่าภายนอก ทำให้อากาศเข้าปอดเป็นการหายใจเข้า อากาศที่เข้าปอด มีส่วนประกอบของ ก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 79 ก๊าซออกซิเจนร้อยละ 21 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณเล็กน้อย ร้อยละ 0.04

การหายใจออก (Exhalation) : กล้ามเนื้อกระบังลม และกล้ามเนื้อซี่โครงคลายตัว ปริมาตรช่องอกลดลง และทำให้อากาศออกจากปอด อากาศที่ออกจากปอด มีส่วนประกอบของ ก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 79 ก๊าซออกซิเจนร้อยละ 16 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณร้อยละ

โดยปกติการหายใจเข้า และออกปกติของสัตว์และมนุษย์ นั้นอากาศในปอดไม่ได้ปล่อยออกมาหมด ยังคงมีอากาศหลงเหลืออยู่ในปอด ดังนั้นปริมาตรหรือปริมาณอากาศในระบบทางเดินหายใจจึงมีหลายค่า และมีชื่อเรียกที่เฉพาะดังนี้

- 1) อากาศที่หายใจเข้าและออกตามปกติ เรียกว่า Tidal air ส่วน ปริมาณอากาศที่หายใจเข้า ซึ่งปกติวัดในหน่วย มิลลิลิตร ต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม เรียกว่า Tidal volume
- 2) ปริมาณอากาศทั้งหมดที่อยู่ในปอด เรียกว่า Total lung capacity
- 3) ปริมาณอากาศที่สามารถนำออกจากปอดได้ เรียกว่า Vital capacity
- 4) ปริมาณอากาศที่หลงเหลือในปอดหลังจากหายใจออกเต็มที่ เรียกว่า Residual volume
- 5) อากาศที่ยังหลงเหลือในปอดหลังจากหายใจออกปกติ ซึ่งทำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เรียกว่า Functional residual
- 6) ปริมาตรของ Residual volume ในปอดมีค่าประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ของความจุปอด
- 7) ปริมาตรการหายใจเข้าและออกปกติ (tidal volume) ในสัตว์ปกติ มีค่าประมาณ 1-5 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

สิ่งที่นักศึกษาควรทราบ

- 1) Accessory = พู (lobe) ของปอดข้างขวา ที่ไม่มีในปอดช่องซ้าย
- 2) Ethmoid = กระดูกที่กั้นระหว่างช่องจมูก และช่องสมอง
- 3) Inhalation = การหายใจเอาอากาศเข้าปอด
- 4) Interarytenoid = กระดูกที่กล่องเสียงชั้นที่เล็กที่สุด
- 5) Nares = รูเปิดช่องจมูก
- 6) Oesophagus = อวัยวะหรือท่อที่วางอยู่ทางด้านบนของหลอดลม
- 7) Pulmonary = เส้นเลือดแดงที่นำเลือดดำ (เลือดที่มีออกซิเจนน้อย) เข้าสู่ปอด
- 8) Reflex = การตอบสนองทางระบบประสาทอัตโนมัติ เช่น การตอบสนองของการขยายตัวของปอด เมื่อปอดขยายจะกระตุ้นตัวรับความรู้สึกที่กล้ามเนื้อเรียบที่ปอด ตัวรับส่งกระแสประสาทไปที่สมองและสมองสั่งการให้มีการหายใจเข้าน้อยลง เรียกว่าการตอบสนอง Hering-Breuer
- 9) Residual volume = ปริมาตรอากาศที่เหลืออยู่ในปอดหลังจากหายใจออกเต็มที่
- 10) Serous = ชนิดของเยื่อบาง pleura ที่บุผนังช่องอก และหุ้มปอด
- 11) Turbinate = กระดูกที่อยู่ในช่องจมูก
- 12) Philtrum = ล่อง (groove) ที่อยู่ระหว่างรูเปิดช่องจมูก เรียกว่า
- 13) Maxilla = กระดูกที่มีโพรงจมูกหรือ sinus บริเวณหลังช่องจมูก
- 14) ciliated columnar epithelium คือเนื้อเยื่อบุผิวของกระดูกเทอร์บิเนตในช่องจมูก
- 15) Alveoli บุด้วยเยื่อเมือกบาง
- 16) Pleura = เยื่อบางชนิด serous ที่บุผนังช่องอก
- 17) Soft palate = โครงสร้างที่แยก คอหอยออกจากช่องจมูก คือ
- 18) Annular ligament = เป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วย เนื้อเยื่อเกี่ยวพันและกล้ามเนื้อเรียบ

- 19) Bronchi= แยกออกจากหลอดลม ซ้าย-ขวา ตรงบริเวณเหนือหัวใจ
- 20) ทางเดินหายใจส่วนบน ประกอบด้วย จมูก ช่องจมูก คอหอยและ กล่องเสียง
- 21) Epiglottis คือ กระดูกอ่อนของกล่องเสียง ที่ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ อาหารไหลเข้ากล่องเสียง และหลอดลม
- 22) กล้ามเนื้อที่เกี่ยวกับการหายใจปกติในสัตว์ คือ กล้ามเนื้อกระบังลม และกล้ามเนื้อระหว่างซี่โครง
- 23) Bradypnoea = อาการหายใจช้ากว่าปกติ
- 24) Pulmonary edema = การมีของเหลวสะสมในเนื้อเยื่อปอด
- 25) โครงสร้างของทางเดินหายใจที่อยู่ในช่องอก คือ หลอดลม ท่อลมbronchi และ แขนงของท่อลม

แบบฝึกหัดท้ายบท

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดคำตอบเดียว

1. กระดูกเทอร์บินต์ในช่องจมูกด้วยโครงสร้างใด
 - ก. กระดูกอ่อนชนิด elastic
 - ข. เนื้อเยื่อบุผิว ciliated columnar epithelium
 - ค. กระดูกอ่อนชนิด Hyaline
 - ง. เนื้อเยื่อบุผิวชนิด simple squamous epithelium
2. ล่อง (groove) ที่อยู่ระหว่างรูเปิดช่องจมูก เรียกว่าอะไร
 - ก. philtrum ข. Septum ค. Rhinarium ง. Epithelium
3. โครงสร้างใดที่แยก คอหอยออกจากช่องจมูก
 - ก. Hard palate ข. Nasal septum ค. Soft palate ง. Cribriform plate
4. โครงสร้างของ Annular ligament ประกอบด้วยอะไร
 - ก. กระดูกและกระดูกอ่อน fibrocartilage
 - ข. เนื้อเยื่อเกี่ยวพันและกล้ามเนื้อเรียบ
 - ค. กล้ามเนื้อลายและกระดูกอ่อน
 - ง. เนื้อเยื่อบุผิวชนิด Ciliated columnar epithelium
5. โพรงจมูกหรือ sinus บริเวณหลังช่องจมูก เป็นโพรงของกระดูกชิ้นใด
 - ก. Frontal ข. Maxilla ค. Mandible ง. Occipital
6. บริเวณที่หลอดลมแยกออกเป็น bronchi ซ้ายขวา คือข้อใด
 - ก. บริเวณกล่องเสียง
 - ข. เหนือหัวใจ
 - ค. ด้านล่างของหัวใจ ง. ขั้วปอด
7. โครงสร้างใดต่อไปนี้บุด้วยเยื่อเมือกบาง
 - ก. Pharynx ข. Thoracic cavity ค. Lung ง. Alveoli

8. ทางเดินหายใจส่วนบน ประกอบด้วยโครงสร้างใดบ้าง
 - ก. จมูก และช่องจมูก เท่านั้น
 - ข. จมูก ช่องจมูก และคอหอยเท่านั้น
 - ค. จมูก ช่องจมูก คอหอยและ กล่องเสียง เท่านั้น
 - ง. จมูก ช่องจมูก คอหอย กล่องเสียง และหลอดลม
9. Accessory lobe พบในโครงสร้างใดต่อไปนี้
 - ก. กล่องเสียง ข. ปอดด้านซ้าย ค. ท่อลม บลอนไค ด้านขวา ง. ปอดด้านขวา
10. กระดูกอ่อนของกล่องเสียงชั้นใด ที่ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ อาหารไหลเข้ากล่องเสียง และหลอดลม
 - ก. arytenoids ข. Epiglottis ค. Cricoid ง. Thyroid
11. กล้ามเนื้อใดต่อไปนี้เกี่ยวกับการหายใจปกติในสัตว์
 - ก. กล้ามเนื้อกระบังลม และกล้ามเนื้อระหว่างซี่โครง
 - ข. กล้ามเนื้อ abdominal oblique and pectoral muscle
 - ค. กล้ามเนื้อระหว่างซี่โครงและ pectoral muscle
 - ง. กล้ามเนื้อระหว่างซี่โครงและ abdominal oblique
12. ปริมาตรการหายใจเข้าและออกปกติ (tidal volume) ในสัตว์ปกติ มีค่าประมาณเท่าใด
 - ก. 1-5 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม
 - ข. 10-15 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม
 - ค. 100-150 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม
 - ง. 1-5 ลิตร ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม
13. อาการหายใจแบบ Bradypnoea คือ การหายใจอย่างไร
 - ก. การหายใจเร็วกว่าปกติ
 - ข. การหายใจลำบาก
 - ค. การหายใจช้ากว่าปกติ
 - ง. การหยุดหายใจ
14. อวัยวะใดต่อไปนี้ไม่อยู่ใน mediastinum
 - ก. ปอด ข. หัวใจ ค. หลอดอาหาร ง. ต่อมไทมัส (Thymus)
15. Pleura คืออะไร
 - ก. ปอดพูที่ 1
 - ข. กระดูกอ่อนในกล่องเสียงชั้นที่เล็กที่สุด
 - ค. เยื่อบางชนิด serous ที่บุผนังช่องอก
 - ง. เยื่อบางที่เป็นตำแหน่งแลกเปลี่ยนก๊าซ
16. สภาวะ pulmonary edema คืออะไร
 - ก. มีของเหลวสะสมในเนื้อเยื่อปอด
 - ข. มีอากาศสะสมในเนื้อเยื่อปอด
 - ค. สภาวะที่ปอดไม่มีอากาศ
 - ง. สภาวะที่ปอดไม่มีของเหลว

17. โครงสร้างใดของทางเดินหายใจที่อยู่ในช่องอก

ก. ช่องจมูกและคอหอย

ข. คอหอย กล่องเสียง และหลอดลม

ค. กล่องเสียง หลอดลม ท่อลมบรอนไค และ แขนงของท่อลม

18. ปริมาตรของ Residual volume ในปอดมีค่าประมาณเท่าใด

ก. 1 เปอร์เซ็นต์ ของความจุปอด

ข. 20 เปอร์เซ็นต์ ของความจุปอด

ค. 50 เปอร์เซ็นต์ ของความจุปอด

ง. 70 เปอร์เซ็นต์ ของความจุปอด

วิธีสอนและ กิจกรรม	บรรยาย ประกอบภาพสไลด์ หุ่นจำลอง สุนัข โค และ ฉาย VCD การแลกเปลี่ยนก๊าซ ซีกถาม	
สื่อการสอน		รายการเอกสารประกอบการสอนหมายเลข
	หนังสืออ้างอิง	1, 2, 4, 6, 7, 8, 9 และ 11
	เอกสารประกอบ	เอกสารประกอบการสอน บทที่ 6
	วัสดุโสตทัศน	คอมพิวเตอร์, เครื่องฉาย LCD, หุ่นจำลองสัตว์ เช่น โค สุนัข
VCD การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างถุงลมกับอากาศ ถุงลมกับเส้นเลือดฝอยในปอด เส้นเลือดฝอยในเนื้อเยื่อกับเซลล์		
งานที่มอบหมาย	ให้นักศึกษาอ่านเอกสารประกอบการสอน บทที่ 6 ทบทวน และทำแบบฝึกหัดท้ายบท	
การวัดผล	1. ตอบคำถามท้ายบท ตอบคำถามจากหุ่นจำลอง และจากการดู VCD	
	2. สังเกตพฤติกรรมในการเรียน	
	4. งานมอบหมาย	
	3. สอบกลางภาค	
หมายเหตุ :		

บทที่ 7

ระบบทางเดินอาหาร (Digestive system)

วัตถุประสงค์

เมื่อนักศึกษาเรียนบทนี้จบแล้วนักศึกษสามารถ

1. บอกหน้าที่ และอวัยวะในระบบทางเดินอาหารของสัตว์กินพืชและสัตว์กินเนื้อได้
2. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคของช่องปาก และโครงสร้างที่เกี่ยวข้องในช่องปากได้
3. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค บอกชนิดของฟัน และบอกหน้าที่ของฟันได้
4. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค และหน้าที่ของคอหอยได้
5. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค บอกส่วนของหลอดอาหาร และอธิบายการบีบไล่อาหารในหลอดอาหารได้
6. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค และหน้าที่ของกระเพาะอาหารในสัตว์กระเพาะเดี่ยวได้
7. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค และหน้าที่ของกระเพาะแต่ละส่วนของสัตว์เคี้ยวเอื้องได้
8. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค และหน้าที่ของลำไส้เล็กได้
9. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค และหน้าที่ของลำไส้ใหญ่และทวารหนักได้
10. บอกตำแหน่งในร่างกาย และหน้าที่ของตับอ่อนในระบบย่อยอาหารได้
11. อธิบายลักษณะทางกายวิภาค ตำแหน่งในร่างกาย และเส้นเลือดเข้าออกของตับได้
12. บอกหน้าที่ของตับในด้านการเก็บสะสม การทำลาย การผลิต และเมตาโบลิซึมได้ และบอกหน้าที่ของน้ำดีได้
13. บอกชื่อเอ็นไซม์ แหล่งผลิตเอ็นไซม์ และผลผลิตสุดท้ายของการย่อยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันได้
14. บอกส่วนประกอบของอุจจาระได้

เนื้อหา

1. ข้อเท็จจริงและหน้าที่ระบบย่อยอาหาร
2. ช่องปาก (oral cavity)
3. ฟัน (teeth)
4. คอหอย (pharynx)
5. หลอดอาหาร (esophagus)
6. กระเพาะอาหารในสัตว์กระเพาะเดี่ยว
7. กระเพาะอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง
8. ลำไส้เล็ก
9. ลำไส้ใหญ่
10. ตับอ่อน
11. ตับ และถุงน้ำดี
12. สรีระการย่อยอาหาร เอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร
13. อุจจาระและการถ่ายอุจจาระ

1. ข้อเท็จจริงและหน้าที่ระบบย่อยอาหาร

ระบบย่อยอาหาร คือระบบที่เกี่ยวกับการย่อย และดูดซึมอาหาร ซึ่งถ้าร่างกายไม่มีระบบนี้ จะไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ ระบบย่อยอาหารประกอบด้วย ท่อทางเดินอาหาร เรียกว่า แกสโตรอินเทสทีนัล แทรคต์ (Gastrointestinal tract) และประกอบด้วยอวัยวะอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ตับ ตับอ่อน อวัยวะท่อทางเดินอาหารในสัตว์แต่ละชนิดมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างให้เหมาะสมกับอาหารที่สัตว์กิน ทำให้สัตว์กินเนื้อ และสัตว์กินพืช มีท่อทางเดินอาหารที่จำเพาะแตกต่างกัน เช่น สัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งเป็นสัตว์กินพืช ท่อทางเดินอาหารจะมีกระเพาะหมักสำหรับย่อยผนังเซลล์พืช ในขณะที่สุนัข แมว สุนัข ไม่มี แต่ในม้าซึ่งเป็นสัตว์กินพืช แต่ไม่มีกระเพาะหมัก ลำไส้ใหญ่จึงมีขนาดใหญ่เป็นที่เกิดการย่อยเส้นใยพืช โดยจุลินทรีย์

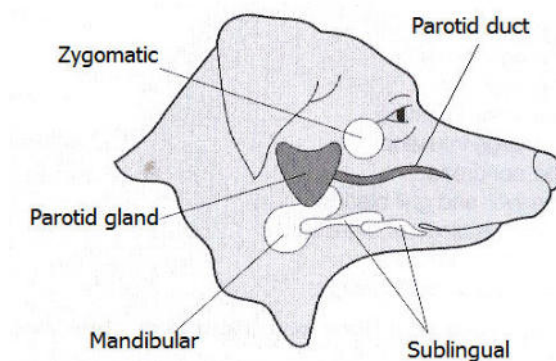
ทางเดินอาหารเป็นท่อเปิดหัว ท้าย เริ่มจากปาก จนถึงทวารหนัก

2. ช่องปาก (Oral cavity)

ช่องปาก เป็นช่องเปิดระบบท่อทางเดินอาหาร ที่มีเนื้อเยื่อบุผิว ชนิด Stratified squamous mucous epithelium ช่องปากประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

2.1. กระพุ้งปากหรือแก้ม (oral vestibule) คือบริเวณระหว่าง ริมฝีปาก กระพุ้งแก้ม กับฟัน

2.2. ช่องปากที่แท้จริง (true oral cavity) คือ บริเวณตั้งแต่ฟันจนถึงคอหอย ผนังด้านบนของช่องปากคือ เพดานแข็ง (Hard palate) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่แยกช่องจมูกกับช่องปากออกจากกัน เพดานแข็งประกอบด้วยกระดูก Palatine, maxilla และ incisive ช่องปากมีท่อน้ำลายมาเปิด โดย ต่อม้ำลายในสัตว์ประกอบด้วยต่อมจำนวน 4 คู่ และมีท่อต่อจากต่อมมาเปิดที่ช่องปาก ในสัตว์ส่วนมากน้ำลายมีเอนไซม์อะไมเลส (Amylase) หรือ Ptyalin แต่ไม่พบในสุนัขและแมว ลิ้นยึดติดกับผนังด้านล่างของช่องปากโดยอาศัยโครงสร้างเรียกว่า ลิ้นกอล ฟรินูลัม (lingual frenulum) ลิ้นมีหน้าที่ รวบจับอาหาร คลุกเคล้าอาหารให้เข้ากับน้ำลายในช่องปาก ในสุนัข ลิ้นทำหน้าที่ระบายความร้อน ลิ้นช่วยเลียขนให้เรียบดูสวยงามในแมว



ภาพที่ 7.1 ต่อม้ำลายในสุนัข

ที่มา: Bowden (2003)

3. ฟัน (The teeth)

ในสุนัข และแมว และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ในหนึ่งช่วงชีวิตประกอบด้วย ฟัน 2 ชุด คือ

3.1 ฟันน้ำนม เรียกว่า ดีซัดส์ ทิส (deciduos teeth) ซึ่ง ในสุนัขและแมว จะงอกเมื่ออายุได้ 1 เดือน หรือ 4 สัปดาห์

3.2 ฟันแท้ เรียกว่า เพอร์มาเนนท์ ทิส (permanent teeth) ซึ่งในสุนัข และแมวจะงอกมาแทนที่ฟันน้ำนม เมื่ออายุ ประมาณ 4 เดือน

ฟันแต่ละซี่ อยู่ในเบ้ากระดูกกราม ล่าง และบน เรียกว่า โพรงรากฟัน หรือ อัลวีโอลา คาวิตี (alveolar cavity) โดยถูกยึดด้วยเอ็น เรียกว่า ไฟบรัส เพอริโอดอนทอล ลิกกาเมนต์ (fibrous periodontal ligament) กระดูกที่มีโพรงรากฟันได้แก่ Mandible, maxillae และ incisive

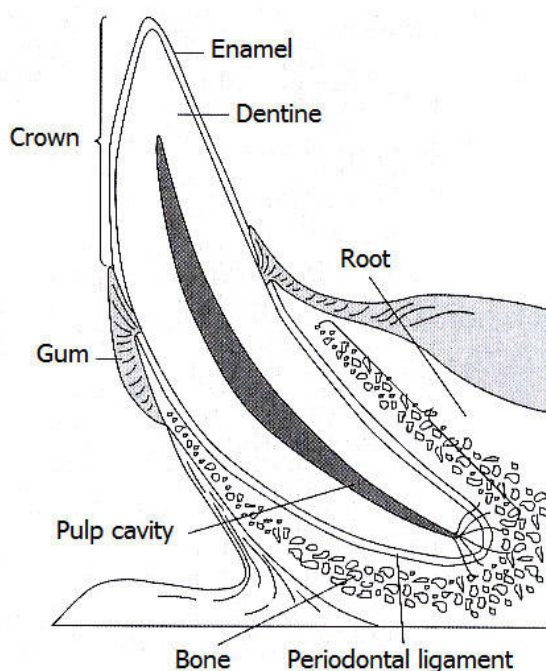
ฟันในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมสามารถแบ่งตามหน้าที่ ออกได้เป็น 4 ชนิด ได้แก่

- 1) ฟันตัด เรียก อินซิเซอร์ (incisor) ฟันขนาดเล็ก ด้านหน้า ทำหน้าที่จับเหยื่อ หรือ กัด
- 2) ฟันเขี้ยว เรียกว่า เคโนน (canine) ฟันลักษณะแหลมอยู่ถัดจากฟันตัด ฟันชนิดนี้ไม่มีในม้าและสัตว์เคี้ยวเอื้อง ทำหน้าที่ กัดทำลายเหยื่อ
- 3) ฟันกรามหน้า เรียกว่า พรีเมอลาร์ (premolar)
- 4) ฟันกรามหลัง เรียกว่า โมลาร์ (molar) อยู่ถัดจากฟันเขี้ยวเข้าไปด้านใน ทำหน้าที่บดเคี้ยวอาหาร ฟันกรามหลังไม่มีฟันน้ำนม

ฟันกรามหน้าด้านบนซี่สุดท้าย รากฟันเป็นลักษณะ 3 แฉกเรียก คาร์นาสเซียล (carnassial)

การรายงานจำนวนฟันในสัตว์ มีการรายงานที่เป็นมาตรฐาน เรียกว่า สูตรฟัน (dental formular)

ฟันในสัตว์เคี้ยวเอื้องมักมีการสึก ทำให้น้ำสัมผัสฟันหุ้ ไม่คม ในขณะที่ในสุนัขและแมว ฟันไม่ค่อยสึก เพราะ สุนัขและแมวไม่ค่อยได้เคี้ยวบดอาหาร



ภาพที่ 7.2 แสดงโครงสร้างของฟัน
ที่มา: Bowden (2003)

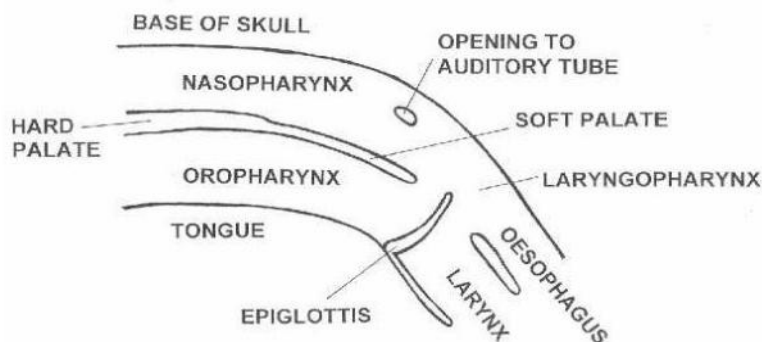
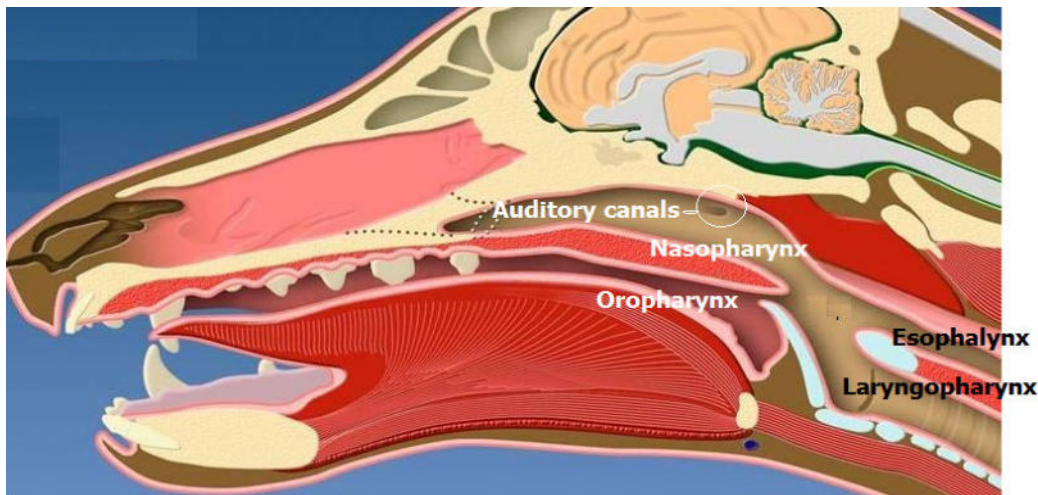
4. คอหอย (Pharynx)

คอหอยคือจุดพบกันระหว่างอาหาร และอากาศ คอหอยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนโดยอาศัย เพดานอ่อน (soft palate) เป็นตัวแบ่ง คือ

4.1 คอหอยร่วมช่องจมูก หรือ นาโซฟาริงซ์ (nasopharynx) คือ คอหอยส่วนที่ต่อกับช่องจมูก

4.2 คอหอยร่วมช่องปาก หรือ ออโรฟาริงซ์ (oropharynx) คือคอหอยส่วนที่ต่อกับช่องปาก

ที่ผนังด้านข้างทั้ง 2 ข้าง ของคอหอยเป็นแอ่งที่อยู่ของต่อมทอนซิล (Tonsil) เรียกบริเวณที่อยู่ของต่อมทอนซิลว่า ทอนซิล ฟอสซา (tonsillar fossa)



ภาพที่ 7.3 คอหอยสุนัข โครงสร้างที่สัมพันธ์กับคอหอย ได้แก่ ช่องจมูก (nasal cavity), ช่องปาก (oral cavity), ลิ้น (tongue), หลอดอาหาร (esophagus) กล่องเสียง (larynx), รูเปิดช่องหูชั้นกลาง (Auditory canal)

5. หลอดอาหาร (Esophagus)

หลอดอาหารเป็นอวัยวะที่ประกอบด้วยกล้ามเนื้อขนาดใหญ่ เป็นท่อต่อเชื่อมจากคอหอยถึงกระเพาะอาหาร (กรณีสัตว์เคี้ยวเอื้อง ถึงกระเพาะหมักร่วมรังผึ้ง (reticulo-rumen)) หลอดอาหารแบ่งออกเป็นส่วนต่าง ๆ ตามตำแหน่งที่อยู่ ได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่

5.1) หลอดอาหารส่วนคอ เรียกว่า เซอวิคอล อีโซฟาเกส (cervical esophagus) คือหลอดอาหารส่วนที่ต่อจากคอหอยจนถึงก่อนเข้าสู่ช่องอก

5.2) หลอดอาหารส่วนอก เรียกว่า โทราซิก อีโซฟาเกส (thoracic esophagus) คือหลอดอาหารส่วนที่อยู่ในช่องอก ต่อจากหลอดอาหารส่วนคอถึงกระบังลม

5.3) หลอดอาหารส่วนท้อง เรียก แอบโดมินอล อีโซฟาเกส (abdominal esophagus) คือ หลอดอาหารส่วนที่อยู่ในช่องท้องต่อจากส่วนช่องอกตรงกระบังลมจนถึงกระเพาะอาหาร

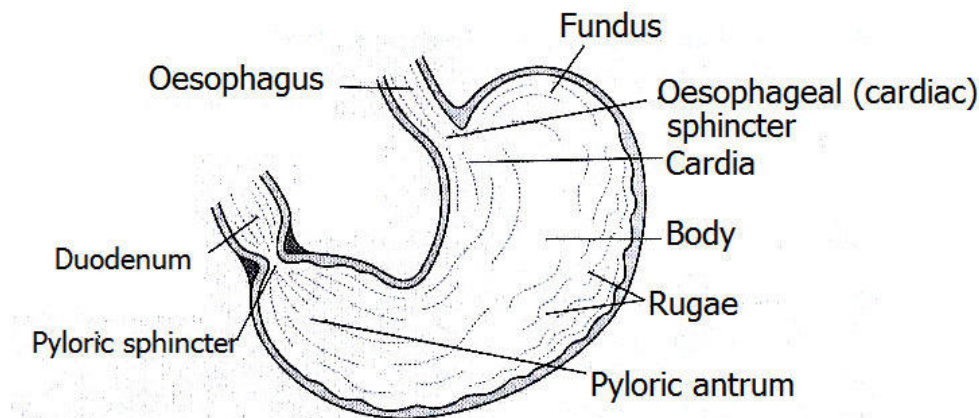
เยื่อบุผิวของผนังด้านในท่อทางเดินอาหาร เป็นชนิด สตราติไฟด์ สแควมัส อีพิทีเลียม (stratified squamous epithelium) ในขณะที่ไม่ม่อาหารในหลอดอาหารนั้น หลอดอาหารจะตีบลง แต่เมื่อมีอาหารเข้ามาหลอดอาหารก็จะขยายออก อาหารเคลื่อนที่ในหลอดอาหารอาศัยการบีบตัวของหลอดอาหารแบบ เพอริทอลซิส (peristalsis)

6. กระเพาะอาหาร (Stomach) กระเพาะอาหารในสัตว์กระเพาะเดี่ยว

กระเพาะอาหารเป็นอวัยวะอยู่ในช่องท้องทางด้านหน้าเยื้องไปทางด้านข้างซ้ายใกล้กับตับ กระเพาะอาหารเป็นถุงขนาดใหญ่ที่ผนังเป็นกล้ามเนื้อเรียบ ต่อเชื่อมระหว่างหลอดอาหารและลำไส้เล็ก เนื้อเยื่อบุผิวของผนังด้านในกระเพาะอาหารประกอบด้วยเซลล์สร้างสารเหนียว หรือเมือกเหนียว (mucus) และต่อมสร้างเอนไซม์ ผิวของผนังด้านในกระเพาะอาหารมีลักษณะเป็นรอยพับ ยกนูนขึ้น (fold) ทำให้กระเพาะอาหารสามารถขยายและมีความจุได้มากขึ้น กระเพาะอาหารมีหน้าที่หลัก 3 ประการคือ

- 1) การย่อยอาหารทั้งวิธีทางกล และทางเคมีโดยใช้เอนไซม์
- 2) เก็บบรรจุอาหาร
- 3) ควบคุมอัตราการปล่อยอาหารไหลลงสู่ลำไส้เล็ก

กล้ามเนื้อหูรูดบริเวณรอยต่อกับหลอดอาหาร เรียกว่า คาร์ดิแอก สฟิงเตอร์ (cardiac sphincter) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อาหารไหลย้อนกลับไปที่หลอดอาหาร กรณีที่สัตว์อาเจียน กล้ามเนื้อหูรูดนี้จะเปิด กล้ามเนื้อหูรูดบริเวณรอยต่อกับลำไส้เล็กเรียกว่า พัยโลริก สฟิงเตอร์ (pyloric sphincter) ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของอาหารลงสู่ลำไส้เล็ก ซึ่งใช้เวลา ประมาณ 2-3 ชั่วโมง กระเพาะอาหารสุนัขมีความจุประมาณ 0.5-8 ลิตร ขึ้นอยู่กับขนาดร่างกายสุนัข



ภาพที่ 7.4 กระเพาะอาหารสุนัข

ที่มา: Bowden (2003)

7. กระเพาะอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

สัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นสัตว์ที่มีกระเพาะขนาดใหญ่มีความจุกระเพาะมากเนื่องจากอาหารที่กินส่วนใหญ่เป็นพืชอาหารสัตว์หรืออาหารหยาบมีความฟามสูงไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์จากต่อทางเดินอาหาร แต่อาศัยจุลินทรีย์ (แบคทีเรีย โปรโตซัวและเชื้อรา) ในกระเพาะเพื่อช่วยในการย่อยอาหาร กระเพาะของสัตว์เคี้ยวเอื้องแบ่งออกเป็น 4 ส่วนแต่ละส่วนทำหน้าที่แตกต่างกัน ดังนี้

7.1 กระเพาะรูเมน หรือ กระเพาะผ้าขี้ริ้ว (rumen or pouch) เป็นกระเพาะที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ส่วนหน้าของกระเพาะรูเมนติดกับหลอดอาหารและส่วนท้ายต่อกับกระเพาะรังผึ้ง (reticulum) กระเพาะรูเมนวางตัวในช่องท้องโดยด้านหน้าของรูเมนจะติดกับกระบังลมด้านหลังจะมีส่วนต่อไปจนชิดช่องเชิงกราน กระเพาะรูเมนจะอยู่ในตำแหน่งช่องท้องค่อนข้างด้านซ้ายของตัวสัตว์ ในลูกโคเกิดใหม่ส่วนของกระเพาะรูเมนจะมีขนาดเล็กกว่ากระเพาะแท้ กระเพาะรูเมนมีหน้าที่

- 1) เป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตซัวและเชื้อรา
- 2) จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักทำหน้าที่หลั่งน้ำย่อยออกมาย่อยอาหารจำพวกเยื่อใย ที่น้ำย่อยจากตัวสัตว์ย่อยไม่ได้ ได้ผลิตเป็น กรดไขมันระเหยได้ง่าย (volatile fatty acid, VFA)
- 3) ดูดซึม VFA เพื่อให้ตัวสัตว์นำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างพลังงาน

7.2 กระเพาะรังผึ้ง (reticulum) เป็นกระเพาะที่มีขนาดเล็กที่สุดมีรูปร่างคล้ายกับขวดรูปชมพู่ ด้านหนึ่งติดกับกระเพาะรูเมนส่วนอีกด้านหนึ่งติดกับกระเพาะส่วน omasum ตรงช่อง rumino reticulum orifice ผนังด้านในเป็นชั้นเยื่อเมือกมีเซลล์เยื่อบุพวก stratified squamous epithelium มีลักษณะเป็นสันคล้ายรูปรังผึ้ง กระเพาะส่วนนี้มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการส่งอาหารไปเคี้ยวเอื้องและการส่งอาหารที่ย่อยแล้วไปยังส่วนกระเพาะสามสิบกลีบ

7.3 กระเพาะส่วนสามสิบกลีบ (omasum) เป็นส่วนที่ต่อจาก reticulum มีส่วนต่อกับกระเพาะแท้ ที่ช่อง omaso abomasal orifice มีรูปร่างกลมประกอบด้วยแผ่นกล้ามเนื้อเป็นกลีบ ๆ (laminae) ยื่นมาจากด้านบน เยื่อเมือกที่หุ้มแผ่นกล้ามเนื้อจะมี papillae สั้น ๆ เป็นส่วนประกอบ

ช่วยในการบดอาหาร อาหารที่ผ่าน reticulo omasal orifice เข้ามาใน แต่ละกลีบของ laminae ทำให้เกิดการบดอาหารให้เล็กลง ทำให้อาหารส่วนที่เป็นของเหลวเคลื่อนที่ต่อไปใน abomasum

7.4 กระเพาะแท้ (abomasum) เป็นส่วนของกระเพาะส่วนที่มีต่อมสร้างน้ำย่อยที่ขึ้นเยื่อเมือกเช่นเดียวกับกระเพาะของสัตว์กระเพาะเดี่ยว กระเพาะแท้จะมีขนาดเล็กลงเมื่อเทียบกับกระเพาะรูเมนเมื่อสัตว์เจริญเติบโตขึ้น

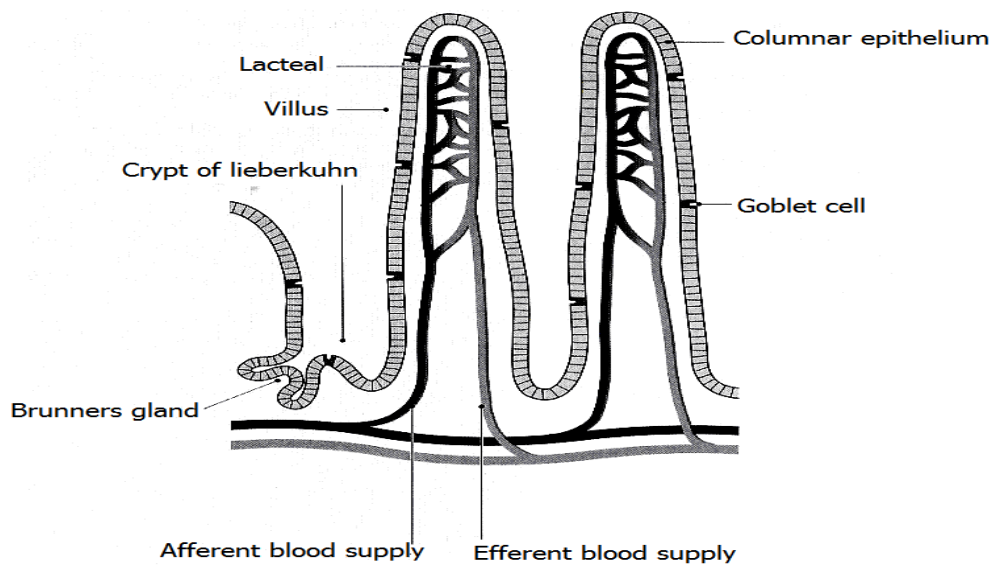
8. ลำไส้เล็ก (small intestine)

ลำไส้เล็กทำหน้าที่ย่อยอาหารทางเคมี และดูดซึมอาหารที่ย่อยแล้วเข้าสู่ร่างกาย ลำไส้เล็กแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

- 1) ลำไส้เล็กส่วนต้น หรือ ดูโอดินัม (Duodenum) คือส่วนที่ต่อจาก กระเพาะอาหาร
- 2) ลำไส้เล็กส่วนกลาง หรือ เจจูนัม (Jejunum) คือลำไส้เล็กส่วนที่ยาวที่สุด ต่อจาก ดูโอดินัม ถึง ไอลีียม (ileum)
- 3) ลำไส้เล็กส่วนปลาย คือ ส่วนที่ต่อกับลำไส้ใหญ่

ลำไส้เล็กมีกล้ามเนื้อเรียบเป็นองค์ประกอบ ทำหน้าที่บีบไล่อาหาร แบบ เพริทอลซิส (peristalsis) เนื้อเยื่อผิวหนังด้านในลำไส้เล็ก เป็นชนิด คอลัมน์เอพิทีเลียม (columnar epithelium) และมีเซลล์สร้างสารเหนียวหรือสารเมือก (mucus) และเอ็นไซม์ย่อยอาหาร ผนังด้านในของลำไส้เล็ก มีโครงสร้างที่เพิ่มพื้นที่ผิว คือ เป็นรอยพับขนตามยาว และมีโครงสร้างลักษณะเป็นขนเล็ก ๆ ยื่นออกมา เรียก วิลไล (villi) ซึ่งพบมากในลำไส้เล็กส่วน ileum ใน วิลไลแต่ละเส้น มีเส้นเลือด (blood vessel) และท่อน้ำเหลือง (lacteal) ทำหน้าที่ดูดซึมอาหารเข้าสู่ ร่างกาย (ไขมันดูดซึมเข้าสู่ ท่อน้ำเหลือง ส่วนน้ำตาล และกรดอะมิโน ดูดซึมเข้าเส้นเลือด) ที่ผนังด้านในของลำไส้เล็กส่วนต้น มีท่อน้ำดี และท่อน้ำจากตับอ่อนมาเปิด ซึ่งทำให้น้ำดีจากตับ และน้ำย่อยจากตับอ่อนไหลเข้าสู่ลำไส้เล็ก

ลำไส้เล็กส่วนกลาง หรือ เจจูนัม (jejunum) และลำไส้เล็กส่วนปลาย หรือ ไอลีียม (ileum) เป็นส่วนที่ยาว และเคลื่อนไหวในช่องท้องได้อิสระ และไม่สามารถแยกขอบเขตของลำไส้สองส่วนนี้ด้วยสายตาได้ ลำไส้เล็กถูกคลุมด้วยเยื่อบาง ที่เรียกว่า เกรสเทออร์โอเมนตัม (greater omentum)



ภาพที่ 7.5 แสดงโครงสร้างของวิลไล (Villi) ในลำไส้เล็ก

ที่มา: Bowden (2003)

9. ลำไส้ใหญ่ (Large intestine)

ลำไส้ใหญ่ทำหน้าที่ดูดซึม น้ำ เกลือแร่ และวิตามินที่ละลายในน้ำ ลำไส้ใหญ่แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

9.1 ไส้ตัน หรือ ซีกัม (ceacum) ส่วนที่ต่อจาก ไอลีียม มีลักษณะเป็นถุงยื่นออกไปในคน เรียกไส้ติ่ง ในสุกร ม้า มีขนาดใหญ่ มีจุลินทรีย์ช่วยย่อยใยจากพืช ในขณะที่ในคน สุนัข แมว ไม่มีหน้าที่พิเศษอะไร

9.2 ลำไส้ใหญ่ส่วน โคลอน (Colon) ซึ่งทำหน้าที่ดูดซึม น้ำ เกลือแร่ และวิตามินที่ละลายในน้ำ แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

- 1) โคลอนส่วน แอสเซนดิง (ascending colon) คือ ลำไส้ใหญ่ ส่วนที่ทอดยาวด้านขวา ย้อนกลับไปด้านหน้า
- 2) โคลอนส่วน ทรานสเวส (transverse colon) ลำไส้ใหญ่ ส่วนที่ต่อจาก แอสเซนดิง ทอดยาวตามขวางของช่องท้องจากด้านขวามาทางด้านซ้าย
- 3) โคลอนส่วน เดสเซนดิง (descending colon) คือ ลำไส้ใหญ่ ส่วนที่ต่อจาก ทรานสเวส ทางด้านซ้ายทอดยาวไปทางด้านหลัง

9.3 ลำไส้ใหญ่ส่วน ไส้ตรง หรือ เรคตัม (Rectum) คือลำไส้ใหญ่ส่วนปลายที่ต่อกับทวารหนักต่อจากไส้ตรงคือช่องทวารหนัก (anal canal) และทวารหนัก (Anus) ตามลำดับ

ในลำไส้ใหญ่มีจุลินทรีย์ เฉพาะถิ่น (gut flora) ทำหน้าที่ ย่อยกากอาหาร เศษอาหาร หรือ เยื่อใยที่ยังไม่ย่อยที่ผ่านลงสู่ลำไส้ใหญ่

ที่ทวารหนักมีกล้ามเนื้อหูรูด 2 ชนิด กล้ามเนื้อหูรูดด้านใน ที่ควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติ (Involuntary internal sphincter) และ กล้ามเนื้อหูรูดด้านปลายทวารหนักที่ควบคุมโดย

ระบบประสาทภายใต้อำนาจจิตใจ (Voluntary external sphincter) ที่ด้านข้างทวารหนักทั้งสองข้างมีต่อม และถุงข้างทวารหนักเรียกว่า circumanal gland และ anal sacs

10. ตับอ่อน (Pancreas)

ตับอ่อนเป็นอวัยวะที่มีลักษณะเป็น lobe มีสีเทา อมชมพู รูปร่างคล้ายตัววี วางอยู่ติดกับกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กส่วนต้น ตับอ่อนเป็นต่อมผสม คือ มีทั้งต่อมไร้ท่อ (endocrine gland) และต่อมมีท่อ (exocrine gland) ส่วนที่เป็นต่อมไร้ท่อ ทำหน้าที่ สร้างฮอร์โมนหลายชนิด (ศึกษาเพิ่มเติมใน บทที่ 13 ต่อมไร้ท่อ) ส่วนที่เป็นต่อมมีท่อ ทำหน้าที่ผลิตเอนไซม์ และสารต่าง ๆ คุณสมบัติเป็นต่าง แล้วขับออกไปตามท่อสู่ลำไส้เล็กส่วนต้น

11. ตับและถุงน้ำดี (The liver and gall bladder)

ตับเป็นอวัยวะที่เป็นต่อมขนาดใหญ่ที่สุดในช่องท้อง ตับอยู่ในช่องท้องทางด้านหน้าติดกับกระบังลม และกระเพาะอาหาร ตับมีสีน้ำตาลแดง มีลักษณะเป็น Lobe เนื้อเยื่อภายในเนื้อตับ เป็นเนื้อเยื่อบุผิว ชนิด cuboidal epithelium และมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันแทรกอยู่ ระหว่างเซลล์

ตับ ถูกยึดติดกับช่องท้อง และอวัยวะใกล้เคียงโดย เอ็น หรือลิกกาเมนต์ (ligament) หลายชนิด เช่น ฟาลซิฟอร์มลิกกาเมนต์ (falciform ligament) ยึดตับติดกับกระบังลมและผนังช่องท้อง ด้านล่างไปจนถึงสะดือ ซึ่งในสัตว์ที่ท้อง เส้นเลือดดำจากตับสู่ตัวอ่อน (fetus) จะวิ่งไปตามลิกกาเมนต์นี้

เลือดที่ไหลเข้าสู่ตับมีเส้นเลือด 2 เส้น คือ เส้นเลือดแดง เฮปาทิก (hepatic artery) และเส้นเลือดดำระบบ พอร์ทัล (portal system) เส้นเลือดดำพอร์ทัล เป็นเส้นเลือดที่นำสารอาหารมาจากลำไส้เล็ก เข้าสู่ตับ ส่วนเส้นเลือดแดงเฮปาทิก แยกออกจาก เส้นเลือดแดงใหญ่ นำออกซิเจนไปเลี้ยงตับ

ถุงน้ำ ดี เป็นถุงแทรกอยู่ระหว่างพูของตับทำหน้าที่เก็บน้ำดี และขับออกสู่ลำไส้เล็กส่วนต้นทางท่อน้ำดี คอมมอนไบเลตัก (common bile duct)

หน้าที่บางอย่างของตับ แบ่งออกเป็นสี่หน้าที่หลัก ๆ ดังนี้

หน้าที่เก็บสะสมได้แก่

1. เก็บสะสมน้ำตาลกลูโคส ในรูปของสารกัลไลโคเจน (glycogen)
2. เก็บสะสมไขมัน และวิตามินที่ละลายในไขมัน
3. เก็บสะสมแร่ธาตุเหล็ก

หน้าที่ในการผลิต ได้แก่

1. ผลิตความร้อน
2. ผลิตน้ำดี น้ำดีมีสีเขียว-เหลืองซึ่งเป็นรงควัตถุของน้ำดี (bile pigment) ผลิตจากการแตกของเม็ดเลือดแดง
3. ผลิตโปรตีนในน้ำเลือด

หน้าที่ กำจัดหรือทำลายสารพิษ ได้แก่

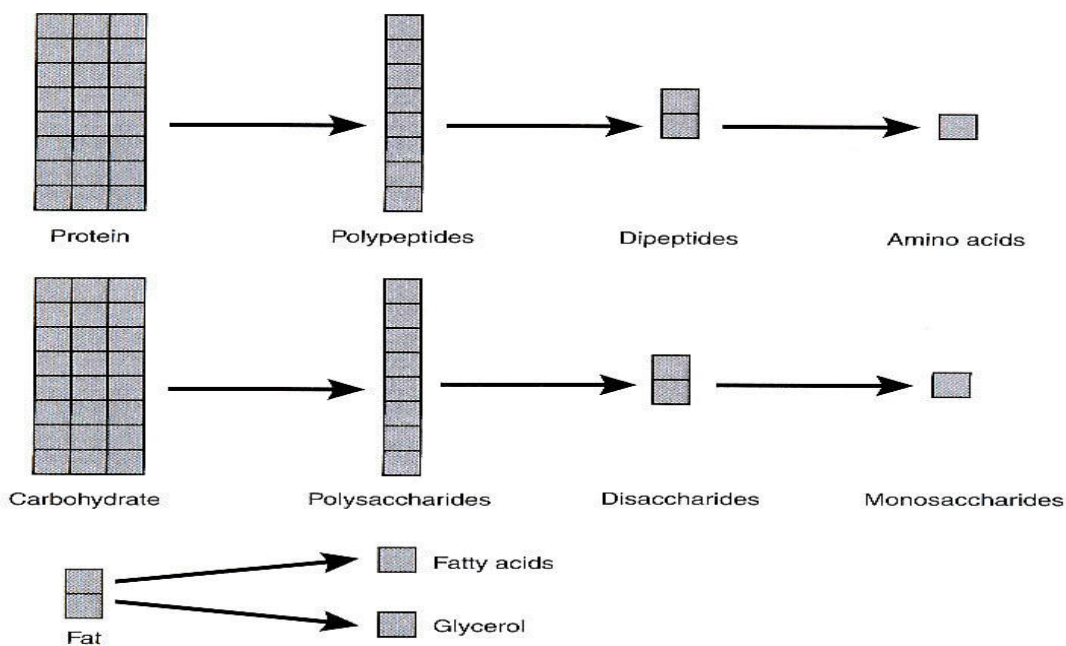
1. ทำลายสารแอมโมเนีย โดยเปลี่ยนเป็นยูเรีย ขับออกทางปัสสาวะ

2. กำสารพิษที่ถูกดูดซึมจากระบบย่อยอาหารเข้าสู่ตับ

3. กำจัดสารอื่น ๆ

หน้าที่ เมตาบอลิซึม (metabolism) ของโภชนะต่าง ๆ ได้แก่

1. เมตาบอลิซึมของโปรตีน
2. เมตาบอลิซึมของไขมัน
3. เมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต



ภาพที่ 7.6 แสดงการตัดย่อยโภชนะ โปรตีน (Protein) คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) และ ไขมัน (Fat) โดยโปรตีนจะถูกย่อยได้เป็น สายโพลีเปปไทด์ (polypeptides) ไดเปปไทด์ (Dipeptides) และกรดอะมิโน ตามลำดับ ส่วนคาร์โบไฮเดรต จะถูกย่อยเป็นน้ำตาลหลายโมเลกุล (Polysaccharides) น้ำตาลสองโมเลกุล (Disaccharides) และน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (Monosaccharides) ตามลำดับ ไขมันถูกย่อยได้ กรดไขมัน (fatty acids) และกลีเซอรอล (glycerol)
ที่มา: Bowden (2003)

12. สรีรวิทยาระบบย่อยอาหาร

การย่อยอาหารมี 3 วิธี คือ

- 1) การย่อยทางกล คือ การย่อยอาหารโดยอาศัยฟัน และกล้ามเนื้อเรียบบีบย่อยอาหาร

2) การย่อยทางเคมี คือ การย่อยอาหารโดยใช้เอนไซม์ ที่ผลิตจากอวัยวะในระบบย่อยอาหารและตับอ่อน

3) การหมัก คือการย่อยอาหารคาร์โบไฮเดรตชนิดเยื่อใยจากพืช โดยอาศัย เอนไซม์จากจุลินทรีย์

การย่อยทางกล เริ่มที่ช่องปาก การย่อยทางเคมี เริ่มที่ กระเพาะอาหาร ส่วนการหมักเกิดขึ้นที่กระเพาะหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง และในลำไส้ใหญ่ในสัตว์ทุกชนิด โดยเฉพาะม้า การตัดย่อยโภชนะ โปรตีน (Protein) คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) และ ไขมันแสดงดังภาพที่ 7.6

ตารางที่ 7.1 แสดงสารคัดหลั่งและเอนไซม์ แหล่งผลิตสารคัดหลั่งและเอนไซม์ โภชนะที่ถูกย่อย และผลผลิตจากการย่อย ในระบบทางเดินอาหาร

สารที่หลั่ง (secretion)	แหล่งที่ผลิตสาร	ตำแหน่งที่สารนั้นขับหลังไป	ชื่อสารหรือเอนไซม์ในสารนั้น	ชนิดของอาหารหรือโภชนะที่สารนั้นไปมีผล	ผลผลิต หรือสิ่งที่ได้	ส่วนประกอบอื่น ๆ ในสารที่หลั่งนั้น
น้ำลาย (Saliva)	ต่อมน้ำลาย (salivary glands)	ปาก (mouth)	ไม่มี (none)	อาหาร (Food)	ช่วยหล่อลื่นอาหารให้ไหลลงสู่หลอดอาหารอย่างสะดวก	น้ำ และสารเหนียว (mucus)
Gastric Juice	ผนังกระเพาะอาหาร	กระเพาะอาหาร (stomach)	เอนไซม์เปปซิน (pepsin) และเอนไซม์ ย่อยไขมัน (lipase 17	โปรตีน(Protein) และไขมัน (Fat)	โพลีเปปไทด์ (Polypeptides) และ ไขมันเริ่มถูกย่อย	กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid) ซึ่ง ทำให้สภาพแวดล้อมในกระเพาะเหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์เปปซิน
น้ำดี (bile)	ตับ (liver)	ลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenum)	เกลือน้ำดี (Bile salts)	ไขมัน (Fat)	หยดไขมัน ที่แตกตัว (Emulsified fat droplets)	รงควัตถุของน้ำดี (bile pigment) และไบคาร์บอเนต (bicarbonate)
Pancreatic Juice	ตับอ่อน (pancreas)	ลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenum)	เอนไซม์ ทริปซิน (Trypsin) เอนไซม์ ย่อยเปปไทด์ (peptidases) อะมัยเลส (amylase) และ เอนไซม์ย่อยไขมัน(lipase)	สายโพลีเปปไทด์ (Polypeptides) ไดเปปไทด์ (Dipeptides) คาร์โบไฮเดรต หยดไขมัน (Fat droplets)	ไดเปปไทด์ (Dipeptides) กรดอะมิโน (amino acids) โพลีเปปไทด์ (Polypeptides) กรดไขมัน (fatty acids) กลีเซอรอล (glycerol)29	ไบคาร์บอเนต (bicarbonate) ทำให้ สภาพแวดล้อมในลำไส้เล็กมีสภาพเป็นด่างอย่างอ่อน ๆ
Intestinal juice	ผนังลำไส้เล็ก (small intestine wall)	ลำไส้เล็ก (small intestine)	เอนไซม์ย่อยเปปไทด์ (peptidases) และเอนไซม์ ย่อยน้ำตาลโมเลกุลคู่ (Disaccharidases)	ไดเปปไทด์ (Dipeptides) และ น้ำตาลโมเลกุลคู่ (Disaccharides) เช่น แลคโตส พบในน้ำนม	กรดอะมิโน (amino acids) และน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharides)	สารเหนียว (mucus) และไบคาร์บอเนต (bicarbonate)

12.1 เอ็นไซม์ ในระบบย่อยอาหาร

เอ็นไซม์เป็นสารโปรตีนที่ทำหน้าที่ เร่งการเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมี ในทางเดินอาหารมีสารเหลว ขับหลังเข้าสู่ท่อระบบย่อยอาหารหลายชนิด (ตารางที่ 7.1) เรียกว่า digestive juices ซึ่งแต่ละชนิดมี เอ็นไซม์อยู่ด้วย Digestive juices บางชนิดขับออกจากผนังของอวัยวะท่อทางเดินอาหาร ในขณะที่ บ้างชนิดขับออกมาจากอวัยวะอื่นแล้วไหลมาตามท่อเปิดเข้าสู่ท่อทางเดินอาหาร เช่น สารเหลวจาก ตับอ่อนเรียก pancreatic juice และน้ำดีเป็นต้น

12.2 อุจจาระและการถ่ายอุจจาระ

การถ่ายอุจจาระ เป็น รีเฟล็กซ์ (reflex) ที่เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ และควบคุมโดยกล้ามเนื้อหูรูด ภายนอก (external sphincter) ซึ่งถูกควบคุมโดยระบบประสาทภายใต้อำนาจจิตใจ หมายความว่า การถ่ายอุจจาระจะเกิดขึ้นอัตโนมัติ แต่การยอมให้อุจจาระออกจากทวารหนักควบคุมโดยระบบ ประสาทภายใต้อำนาจจิตใจ

การถ่ายอุจจาระนั้น อุจจาระจะเคลื่อนจากไส้ตรง ช่องทวารหนัก และทวารหนัก ตามลำดับ ในสุนัขและแมว ปกติจะถ่ายอุจจาระวันละ 2-3 ครั้ง

1. ทุกครั้งที่อุจจาระผ่านทวารหนัก ต่อมที่ทวารหนัก (anal sac) จะบีบหลังสารลงอุจจาระเพื่อ ดับกลิ่น

13. องค์ประกอบของอุจจาระ (Constituents of Feces)

อุจจาระมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

1. น้ำ
2. กากอาหารหรือส่วนที่ไม่ย่อย
3. เยื่อใย ที่ย่อยไม่ได้
4. ของเสีย เช่น รังควัตถุของน้ำดี
5. จุลินทรีย์จากลำไส้ใหญ่
6. สารเหนียวจากผนังลำไส้
7. เซลล์เยื่อผิวของผนังลำไส้
8. สิ่งแปลกปลอมอื่นที่สัตว์กิน เข้าไป และย่อยไม่ได้ เช่น ขน กระดุก
9. กรณีสัตว์เป็นพยาธิ อาจมีพยาธิปนออกมาด้วย

14. กระบวนการตั้งอาหารเข้าปาก จนออกทางทวารหนักมีกระบวนการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

อาหารถูกนำเข้าสู่อำนาจปากโดยอาศัยฟันและกราม เรียกขบวนการ จับกิน อาหาร (prehension) อาหารถูกเคี้ยวและตัดให้มีขนาดพอเหมาะโดยอาศัยฟัน และลิ้น (สุนัขและแมวไม่มี การบเคี้ยวอาหารที่นานเหมือนสัตว์ กินพืช หรือมนุษย์) อาหารถูกคลุกเคล้ากับน้ำลายในปากให้เป็น ก้อนอาหาร (bolus) โดยอาศัยลิ้น อาหารถูกดันโดยลิ้นให้ลงสู่คอหอย แล้วเกิดการกลืน (swallowing) โดยอาศัยการสั่งการทั้งระบบประสาทภายใต้อำนาจจิตใจ และรีเฟล็กซ์ (reflex) อาหาร ที่ไหลลงสู่คอหอยจะไปดันให้ฝาปิดกล่องเสียงปิด และอาหารไหลต่อลงสู่หลอดอาหาร อาหารถูกบีบไล่ให้ไหลไปตามหลอดอาหารโดยอาศัย การบีบไล่อาหารแบบ peristalsis กล้ามเนื้อหูรูด คาร์ดีแอก

(cardiac sphincter) เปิดให้ อาหารเข้าสู่กระเพาะอาหาร ผนังกระเพาะอาหารมีการบีบและคลายตัว ต่อเพื่อบีบย่อยอาหารแบบกล อาหารผสมกับสารเหนียวและสารอื่นๆ ที่หลังจากต่อมในกระเพาะอาหาร นอกจากนี้ ต่อมที่ผนังกระเพาะอาหารยังหลั่งกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ทำให้สภาวะแวดล้อมในกระเพาะอาหารเป็นกรด อาหารผสมคลุกเคล้ากับของเหลวจากกระเพาะ และน้ำเมือก กลายเป็น chyme กล้ามเนื้อหูรูด pyloric sphincter เปิดให้อาหารไหลลงสู่ลำไส้เล็ก และอาหารเคลื่อนที่ไปได้ โดยการบีบตัวแบบ peristalsis เมื่อเข้าลำไส้เล็กส่วนต้น สภาพแวดล้อมถูกเปลี่ยนเป็นสภาวะเป็นด่าง โดยอาศัย สาร ไบคาร์บอเนต (bicarbonate) น้ำดีจากถุงน้ำดีไหลลงสู่ลำไส้เล็กส่วนต้นทาง ท่อ common bile duct น้ำย่อยและสารต่าง ๆ จากตับอ่อนถูกขับออกสู่ลำไส้เล็กส่วนต้นผ่านท่อของตับอ่อน 2 ท่อที่มาเปิดสู่ลำไส้ เมื่อขบวนการย่อยเสร็จสมบูรณ์อาหารที่ถูกย่อยแล้วจะถูกดูดซึมเข้าสู่ วิลไลและสุ่งกระแสน้ำเลือดและน้ำเหลืองต่อไป เศษอาหารหรือกากเยื่อใย ที่ไม่ถูกย่อยในลำไส้เล็กและของเหลวไหลเข้าสู่ลำไส้ใหญ่ น้ำ เกลือแร่ และวิตามินที่ละลายในน้ำ ถูกดูดซึมที่ผนังของลำไส้ใหญ่ส่วนโคลอน จุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ ย่อยกากอาหารหรือเยื่อใย สิ่งเศษเหลือจากการย่อยโดยจุลินทรีย์เรียก มูล (faeces) เศษอาหารที่ไม่ย่อยถูกสะสมไว้ที่ลำไส้ใหญ่ส่วนไส้ตรง จนกว่าสัตว์พร้อมที่จะขับออกทางทวารหนักโดยผ่านไปตามช่องทวารหนัก

โดยปกติในสุนัขหลังกินอาหาร 30 วินาที ถึง 1 นาที อาหารถึงกระเพาะอาหาร และถึงลำไส้เล็ก 2-4 ชั่วโมง และถึงลำไส้ใหญ่ 12-24 ชั่วโมง

15. คำศัพท์ที่นักศึกษาควรทราบ

Abdominal esophagus = ส่วนของหลอดอาหารในช่องท้องบริเวณต่อจากส่วน ช่องอก (thoracic part) เข้าสู่กระเพาะอาหาร

Ammonia = สารพิษที่เกิดขึ้นในร่างกาย ที่เกิดจากขบวนการดีท็อกซ์ เอมีนจากกรดอะมิโน

Bacteria = จุลินทรีย์ที่พบมากที่สุดที่ลำไส้ใหญ่

Bicarbonate = สารที่ทำให้สภาพแวดล้อมในลำไส้เล็กมีสภาพเป็นด่าง

Bolus = ก้อนอาหาร

Borborygmi = เสียงท้องร้องที่เกิดจากแก๊สในลำไส้

Caecum = ไส้ตัน หรือไส้ติ่ง

Cardiac sphincter = กล้ามเนื้อหู รูด บริเวณรอยต่อหลอดอาหารกับกระเพาะอาหาร

Carnassial = ส่วนบนของฟันกราม

Colic = สภาวะเสียดท้อง พบได้ในม้า คือ อาการปวดท้องอย่างแรง

Crypts of Lieberkuh = ต่อมของลำไส้เล็ก

Descending colon = ส่วนของลำไส้ใหญ่ส่วนโคลอน ที่ต่อจาก ascending colon

Detoxification = การกำจัดพิษ ซึ่งเป็นหน้าที่ของตับ

Disaccharides = น้ำตาลโมเลกุลคู่

Duodenum = ลำไส้เล็กส่วนต้น

Dysphagia = เปื่ออาหาร หรือกลืนอาหารได้ยาก

EFA = อักษรย่อที่หมายถึงกรดไขมันที่จำเป็น (Essential Fatty Acids)

Enter = คำนำหน้า (prefix) ศัพท์เทคนิค ที่หมายถึง ลำไส้

Fats = ไขมันเป็นโมเลกุลที่ก่อนจะถูกย่อยต้องอาศัยน้ำดีทำให้แตกตัว

Fatty acids = กรดไขมัน เป็นผลผลิตจากการย่อยไขมัน และ glycerol ก็เป็นผลผลิตจากการย่อยไขมันเช่นกัน

Fauces = ผิวด้านข้างของคอหอย

Fundus = ส่วนตัว (Body part) ของกระเพาะอาหาร เรียกว่า อะไร

Gastr- = คำ นำหน้า (prefix) ศัพท์เทคนิค ที่หมายถึง กระเพาะอาหาร

Grind = การบดเคี้ยวอาหารโดยฟันในปาก ซึ่งไม่เกิดขึ้นในสุนัขและแมว

Gut = คำศัพท์ที่หมายถึง ทางเดินอาหาร

Incisor = ฟันตัด มีรากฟันไม่เป็นแฉก ใช้สำหรับจับเยื่อ

Ileum = ลำไส้เล็กส่วนปลาย

Lipase = เอนไซม์ย่อยไขมัน

Pica = พฤติกรรมการกินอาหารแปลก ๆ เช่น เคี้ยวกระดูก หิน

Ptyalin = เอนไซม์ amylase ที่พบในน้ำลายสัตว์แต่ไม่พบในน้ำลายสุนัข และแมว

Pyloric = ส่วนของกระเพาะอาหารที่ติดกับลำไส้เล็กส่วนต้น

Pyloric sphincter = กล้ามเนื้อหูรูดที่ควบคุมการไหลของอาหารจากกระเพาะอาหารลงสู่ลำไส้เล็ก

Rises = การเพิ่มขึ้น

Smooth muscle = ชนิดของกล้ามเนื้อในผนังลำไส้

Sphincter = หูรูด

Sucrose = น้ำตาลโมเลกุลคู่ที่ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคส และฟรุคโตส พบมากในน้ำตาลทราย

Tonsil = ต่อม้ำเหลืองที่บริเวณ fossae ของคอหอย

Urea = สารที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแอมโมเนียในตับ

Vomiting = การอาเจียน

แบบฝึกหัดท้ายบท

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. เพดานแข็งของช่องปาก ประกอบด้วยกระดูกชิ้นใดบ้าง
 - a. Palatine, maxilla และ incisive
 - b. Maxilla, incisive และ lacrimal
 - c. Mandible, incisive และ palatine
 - d. Palatine, mandible และ lacrimal
2. กระดูกชิ้นใดต่อไปนี้มี โพรงรากฟัน หรือ อัลวีโอลา คาวิตี (alveolar cavity)
 - a. Maxillae, incisive และ lacrimal
 - b. Mandible และ temporal
 - c. Maxillae และ parietal
 - d. Mandible, maxillae และ incisive
3. ทำไมผิวสัมผัสของฟันสุนัข และแมวไม่มีลักษณะสึกจนแบน
 - a. ฟันบนและล่างไม่สบกัน
 - b. ฟันแข็งแรงมากเกินกว่าจะสึกได้
 - c. สุนัขและแมวไม่ค่อยได้เคี้ยวบดอาหาร
 - d. ฟันที่สึกหลุดออกแล้ว
4. Ptyalin คือ อะไร
 - a. สารเมือกในปาก
 - b. เอ็นไซม์อะไมเลส (Amylase) ที่พบในน้ำลายสัตว์บางชนิดแต่ไม่พบในสุนัขและแมว
 - c. ก้อนอาหารที่ออกจากอาหารลงสู่ลำไส้เล็ก
 - d. สารที่ทำให้จุลจากรมีสีน้ำตาล
5. กรดไฮโดรคลอริก (HCl) ในกระเพาะอาหาร ทำหน้าที่อะไร
 - a. ย่อยอาหาร
 - b. ทำให้สภาพแวดล้อมในกระเพาะเหมาะสมในการทำงานของเอ็นไซม์เปปซิน
 - c. ป้องกันอาหารไหลย้อน
 - d. ทำให้สภาพแวดล้อมในกระเพาะอาหารเหมาะสมในการทำงานของน้ำดี
6. กระเพาะอาหารในสุนัขมีขนาดความจุก็ มีลิลิตรหรือ ลิตร
 - a. 0.5 – 8 มิลลิลิตร ขึ้นอยู่กับขนาดร่างกายสุนัข
 - b. 50-80 มิลลิลิตร ขึ้นอยู่กับขนาดร่างกายสุนัข
 - c. 0.5-8 ลิตร ขึ้นอยู่กับขนาดร่างกายสุนัข
 - d. 50-80 ลิตร ขึ้นอยู่กับขนาดร่างกายสุนัข
7. สภาวะแวดล้อมในลำไส้เล็ก มีลักษณะเป็นอย่างไร
 - a. มีสภาวะเป็นกรดอย่างมาก
 - b. มีสภาวะเป็นกรดอย่างอ่อน ๆ
 - c. มีสภาวะเป็นด่างอย่างมาก
 - d. มีสภาวะเป็นด่างอย่างอ่อน ๆ

8. วิลไล (villi) พบมากในลำไส้เล็กส่วนใด
 - a. Duodenum
 - b. Jejunum
 - c. Ileum
 - d. Colon
9. Borborygmi คือ อะไร
 - a. สัตว์กินพืชที่ไม่เคี้ยวเอื้อง
 - b. เสียงท้องร้องที่เกิดจากแก๊สในลำไส้
 - c. การหดตัวของกล้ามเนื้อในลำไส้
 - d. สัตว์ที่กินพืช และสัตว์
10. น้ำดีผลิตจากอวัยวะใด
 - a. กระเพาะอาหาร
 - b. ตับ
 - c. ตับอ่อน
 - d. ถุงน้ำดี
11. รงควัตถุของน้ำดี (bile pigment) ผลิตจากอะไร
 - a. ยูเรีย
 - b. ขบวนการกำจัดสารพิษในตับ
 - c. แร่ธาตุเหล็ก
 - d. การแตกของเม็ดเลือดแดง
12. ตับเก็บสะสมน้ำตาลกลูโคส ในรูปของอะไร
 - a. กรดไขมัน
 - b. กลูคากอน
 - c. ไกลโคเจน
 - d. กรดอะมิโน
13. เอ็น falciform ligament ยึดติดกับอวัยวะใด
 - a. กระบังลม
 - b. กระเพาะอาหาร
 - c. ม้าม
 - d. ลำไส้เล็กส่วนต้น
14. ทริปซิน (trypsin) ทำหน้าที่อะไร
 - a. ย่อยโปรตีน
 - b. ย่อยไขมัน
 - c. ย่อยคาร์โบไฮเดรต
 - d. ย่อยแร่ธาตุ

15. น้ำตาลโมเลกุลคู่ชนิด แลคโตส (lactose) พบมากในอาหารประเภทใด
- เนื้อ
 - ธัญพืช
 - น้ำมัน
 - น้ำตาลจาก beet
16. โปรตีนเมื่อ ถูกย่อยในระบบย่อยอาหาร ได้ผลผลิตเป็นสารใด
- กรดไขมัน
 - น้ำตาลกลูโคส
 - กรดอะมิโน
 - กลีเซอรอล
17. อาหารชนิดใดต่อไปนี้เป็น คาร์โบไฮเดรต
- แป้ง น้ำตาล และเยื่อใย
 - น้ำมันพืช
 - วิตามินละลายในน้ำ
 - เกลือ
18. โดยปกติแล้วในสุนัข หลังกินอาหารกี่ชั่วโมงอาหารจึงจะขับถ่ายในรูปของอุจจาระ
- 1-2
 - 3-5
 - 12-24
 - 48-72

วิธีสอนและ กิจกรรม	บรรยาย ประกอบภาพสไลด์ ใช้หุ่นจำลองสัตว์ เช่น สุกร โค ฉาย VCD การย่อย โภชนะ และชักถาม		
สื่อการสอน	หนังสืออ้างอิง	รายการเอกสารประกอบการสอนหมายเลข 1, 2, 4, 6, 7, 8 และ 11	
	เอกสาร ประกอบ	เอกสารคำสอน บทที่ 7 ตำรา ระบบทางเดินอาหารในสัตว์เลี้ยง โดย ชำนาญวิทย์ พรหมโคตร ปี 2557	
		วัสดุโสตทัศน	คอมพิวเตอร์, เครื่องฉาย LCD, VCD การย่อยโภชนะในกระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก
	งานที่ มอบหมาย		ให้นักศึกษาอ่านเอกสารประกอบการสอน บทที่ 7 ทบทวน และทำแบบฝึกหัด ท้ายบท
การวัดผล	1. ตอบคำถามท้ายบท ตอบคำถามจากหุ่นจำลอง และจากการดู VCD		
	2. สังเกตพฤติกรรมในการเรียน		
	4. งานมอบหมาย		
	3. สอบกลางภาค		
หมายเหตุ :			

บทที่ 8

ระบบขับถ่าย (Urinary System)

วัตถุประสงค์

เมื่อนักศึกษาเรียนบทนี้จบแล้วนักศึกษสามารถ

1. บอกชื่ออวัยวะและหน้าที่ของระบบขับถ่ายได้
2. อธิบายลักษณะทางมหากายวิภาคของไต พร้อมทั้งบอกเส้นเลือดที่เข้าและออกจากไตได้
3. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคและหน้าที่ของหน่วยไตได้
4. อธิบายการเลือกสารดูดกลับที่ท่อหน่วยไตได้
5. บอกหน้าที่อื่น ๆ ของไตได้
6. บอกลักษณะทางกายวิภาคและหน้าที่ของกระเพาะปัสสาวะและโครงสร้างที่เกี่ยวข้องได้
7. อธิบายกลไกการขับปัสสาวะได้

เนื้อหา

1. ชื่อเท็จจริงและหน้าที่ของระบบขับถ่าย
2. มหากายวิภาคของไต (Gross anatomy of the kidney)
3. หน่วยทำงานหน่วยไต (nephron)
4. การเลือกสารดูดกลับที่ท่อหน่วยไต (selective absorption)
5. หน้าที่อื่นๆของไต
6. กระเพาะปัสสาวะและโครงสร้างที่เกี่ยวข้อง
7. การผลิตและการขับปัสสาวะ

1. ชื่อเท็จจริงและหน้าที่ของระบบขับถ่าย

ศัพท์เทคนิคที่เกี่ยวข้องกับระบบขับถ่ายเริ่มต้นด้วย urin- ศัพท์เทคนิคที่เกี่ยวข้องกับไต เริ่มต้นด้วย nephro- ส่วนคำศัพท์เทคนิคที่มีคำว่า renal หมายถึง สัมพันธ์กับไต อวัยวะหรือโครงสร้างของระบบขับถ่ายประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

- 1) ไต ทั้ง 2 ข้าง (Kidneys)
- 2) ท่อไตทั้งสองข้าง (ureters)
- 3) กระเพาะปัสสาวะ (urinary bladder)
- 4) ท่อปัสสาวะ (urethra)

หน้าที่ของระบบขับถ่ายคือ

- 1) ขับของเสียที่เกิดจากขบวนการเมตาโบลิซึมในร่างกาย (metabolic wastes) และควบคุมของเหลวออกเซลล์ โดยการขับปัสสาวะ (urin)
- 2) เปลี่ยนวิตามิน D ให้อยู่ในรูปที่ใช้ประโยชน์ได้
- 3) ผลิตเอนไซม์ เรนิน (renin)
- 4) ผลิตฮอร์โมน สร้างเม็ดเลือดแดง (erythropoietin hormone)
- 5) เก็บปัสสาวะในกระเพาะปัสสาวะ

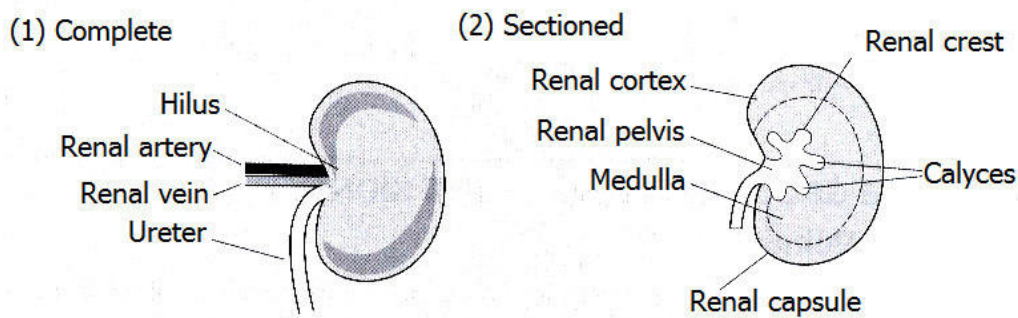
ไตทำหน้าที่ในข้อ 1-4 ส่วนข้อ 5 เป็นหน้าที่ของกระเพาะปัสสาวะ

2. มหากายวิภาคของไต (Gross anatomy of the kidney)

ไตมีรูปร่างคล้าย ถั่วในสุนัข แมว และสุกร มีรูปร่างคล้ายรูปหัวใจในม้า และคล้ายพวงองุ่นในโค กระบือ ไตมีสีน้ำตาลแดง มี 2 ข้าง ซ้ายและขวา วางอยู่ด้านบนติดกับกระดูกสันหลังส่วนเอวที่ 2-3 ไตด้านขวาอยู่ด้านหน้ากว่าไตด้านซ้ายเล็กน้อย ไตทั้ง 2 ข้าง แขนงอยู่ในช่องท้องทางด้านบน และหุ้มด้วยเยื่อบุผนังช่องท้อง (peritoneum) แต่ไตจะแยกจากอวัยวะที่อยู่ในช่องท้องอื่น ๆ จึงเรียกเยื่อบุผนังช่องท้องที่ห่อหุ้มไตว่า retroperitoneal และเรียกพังผืดที่หุ้มไตว่า renal capsule

เส้นเลือดแดงที่นำเลือดมาเลี้ยงไต คือ renal arteries ซึ่งแยกออกจากเส้นเลือดแดงใหญ่ aorta และเส้นเลือดดำที่นำเลือดออกจากไต คือ renal vein เข้าสู่เส้นเลือดดำใหญ่ caudal vena cava

ภายในไตมีหน่วยทำงาน (functional unit) จำนวนหลายพันอัน เรียกว่า หน่วยไต หรือ เนฟรอน (nephrons) ถูกยึดรวมกันโดยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน



ภาพที่ 8.1 แสดงโครงสร้างของไตสุนัข
ที่มา: Bowden (2003)

คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของ ไต (ภาพที่ 8.1)

Renal medulla = เนื้อไตส่วนใน เป็นบริเวณที่พบท่อหน่วยไต loops of Henle

Renal cortex = เนื้อไตส่วนนอก เป็นที่อยู่ของหน่วยไตส่วน คอร์ปัสเคิล (renal corpuscle)

Renal capsule = แผ่นพังผืดของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่หุ้มรอบไต เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับไต

Renal pelvis = ส่วนที่ทำหน้าที่รับน้ำปัสสาวะทั้งหมดจากท่อหน่วยไตเพื่อส่งต่อไปท่อไต (ureter)

Renal hilus = ขั้วไต บริเวณที่มีเส้นเลือด และท่อไต เข้าออกไต

Renal pyramid = โครงสร้างที่มีรูปร่างคล้ายโคน (cone shaped หลาย ๆ อัน ทำให้เกิดโครงสร้างเนื้อไตส่วนใน (renal cortex)

Renal crest = บริเวณรอยต่อของท่อหน่วยไตรวมกับ renal Calyces

Renal artery = เส้นเลือดแดงที่แยกออกจากเส้นเลือดแดงใหญ่ เพื่อนำเลือดไปเลี้ยงไต

Calyces = โครงสร้างในเนื้อไตที่รวมเอาน้ำปัสสาวะจากท่อหน่วยไตรวม (collecting tubule) ก่อนเข้าสู่กรวยไต (pelvis) และลงสู่ท่อไต (ureter) ต่อไป

Ureter = ท่อที่รับปัสสาวะจากกรวยไตและนำปัสสาวะสู่กระเพาะปัสสาวะ

3. หน่วยทำงานในไต หรือ หน่วยไต (nephron)

หน่วยที่ทำหน้าที่ในไต คือ หน่วยไต หรือ เนฟรอน (nephron) หน่วยไตในสุนัขมีประมาณ 400,000 อัน และ ในแมวมีประมาณ 200,000 อัน ในแต่ละหน่วยไต ประกอบด้วย renal capsule และ ท่อหน่วยไต ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

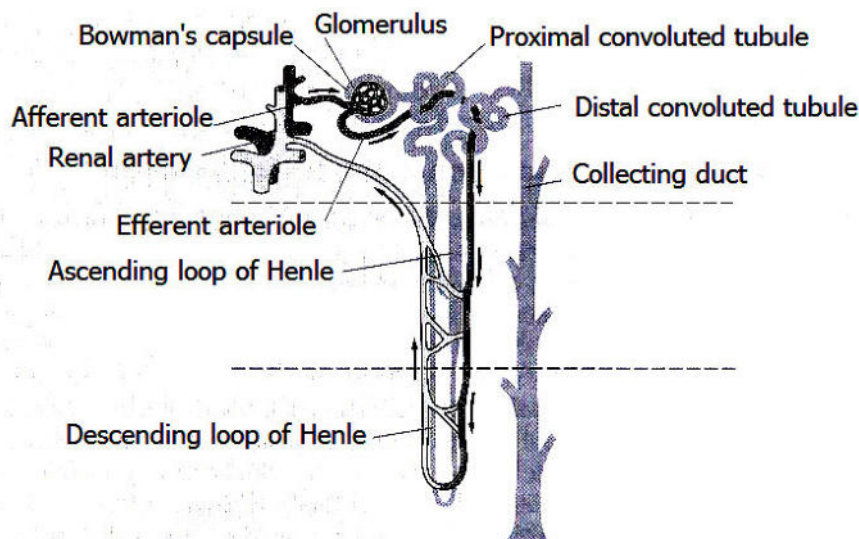
แต่ละหน่วยไต มีกระเปาะของเส้นเลือดแดง เรียกว่า โกลเมอรูลัส (Glomerulus) (ภาพที่ 8.2) ทำหน้าที่ กรองน้ำเลือด และมีส่วนที่หุ้มกระเปาะของเส้นเลือดฝอย เรียกว่า บราวแมน แคปซูล (Bowman's capsule) และ เรียก Glomerulus และ Bowman's capsule ว่า renal corpuscle ส่วนที่ต่อกับ บราวแมน แคปซูล เรียกว่า ท่อหน่วยไต (renal tubule ซึ่งมี 3 ส่วน คือ

- 1) ท่อหน่วยไตส่วนต้น (proximal convoluted tubule)
- 2) ท่อหน่วยไตส่วนโค้ง (loop of henle) ซึ่งแบ่งเป็น
 - 2.1) ส่วนโค้งขาลง (ascending loop of henle)
 - 2.2) ส่วนโค้ง ขาขึ้น (descending loop of henle)
- 3) ท่อหน่วยไตส่วนปลาย (distal convoluted tubule)

ของเหลวจากหน่วยไตแต่ละหน่วยจะไหลลงสู่ท่อหน่วยไตรวม (collecting duct)

ของเหลวที่กรองกรองผ่าน โกลเมอรูลัส เรียกว่า โกลเมอรูลาร์ ฟิลเตรต (glomerular filtrate) หรือ อัลตราฟิเตรตของน้ำเลือด (ultrafiltrate of plasma) ของเหลวนี้นี้จะไหลเข้าสู่ บราวแมน แคปซูล (Bowman's capsule) และเข้าสู่ท่อหน่วยไตจนในที่สุดออกมาเป็นปัสสาวะ โกลเมอรูลาร์ ฟิลเตรต เกือบทั้งหมดจะถูกดูดกลับเข้าสู่กระแสเลือด มีบางส่วนเท่านั้นที่จะกลายเป็นปัสสาวะ มีเพียง 0.5 –15 เปอร์เซ็นต์ของ โกลเมอรูลาร์ ฟิลเตรต เท่านั้นที่กลายเป็นปัสสาวะ

ถ้ามีหน่วยไตโดยทำลายลาย หน่วยไตที่ยังทำงานได้ปกติจะช่วยทำงานทดแทนส่วนที่ถูกทำลายได้ โดยพบว่าแม้มีหน่วยไตที่ทำงานได้ปกติ แค่ 25 เปอร์เซ็นต์ของหน่วยไตทั้งหมด ยังสามารถทำงานทดแทนหน่วยไตที่เสียแล้วได้ และสัตว์ไม่แสดงอาการผิดปกติเลย



ภาพที่ 8.2 แสดง หน่วยไต

ที่มา: Bowden (2003)

4. การเลือกสารดูดกลับที่ท่อหน่วยไต (selective reabsorption)

1) การดูดกลับน้ำจากท่อหน่วยไตเข้าสู่เส้นเลือด

การดูดกลับน้ำจากท่อหน่วยไต อาศัยขบวนการ ออสโมซิส (osmosis) คือการแพร่ผ่านของน้ำจากของเหลวที่มีแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) ต่ำ หรือมีความเข้มข้นต่ำ (น้ำมาก) ไปยังของเหลวที่มีแรงดันออสโมซิส สูง หรือมีความเข้มข้นสูง (น้ำน้อย) ซึ่งในน้ำเลือดมีความเข้มข้นมากกว่า ฟิเลตเรต น้ำจากฟิเลตเรตจึงซึมผ่านเข้าสู่เส้นเลือด ความแตกต่างของความดัน เรียกว่า pressure gradient

2) การดูดสารอื่นจากท่อหน่วยไตเข้าสู่เส้นเลือด

การดูดกลับสารต่าง ๆ จากท่อหน่วยไตเข้าสู่เส้นเลือด อาศัยขบวนการแพร่ผ่าน (diffusion) โดยการที่สารใด ๆ จะถูกดูดกลับหรือไม่ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของของเหลวนอกเซลล์ (Extracellular fluid; ECF) ณ ขณะนั้น โดยสารที่ถูกดูดกลับนั้นเพื่อปรับภาวะสมดุลของของเหลวนอกเซลล์ อย่างไรก็ตาม น้ำตาลกลูโคส และกรดอะมิโนในฟิเลตเรต จะถูกดูดกลับเข้าสู่เส้นเลือดจนหมด

3) การควบคุมการดูดกลับสาร

การควบคุมการดูดกลับสารจากท่อหน่วยไต อาศัยกลไกหลายอย่าง เช่น แรงดันเลือด (blood pressure) ซึ่งมีผลต่ออัตราการกรองผ่านสารที่โกลเมอรูลัส และสารที่บางอย่างที่ถูกควบคุม เช่น เอนไซม์เรนิน (rennin) และฮอร์โมน ADH

ขั้นตอนการกรองน้ำเลือดให้เป็นปัสสาวะ

ที่ glomerulus ของเหลวจากเลือดจะถูกกรองผ่านผนังเส้นเลือดฝอย ไหลลงสู่ Bowman's capsule. ของเหลวนี้เรียกว่า ultrafiltrate หรือ glomerular filtrate ของน้ำเลือดของเหลวนี้มีลักษณะคล้ายน้ำเลือด plasma) ต่างกับน้ำเลือดตรงที่ไม่มีเซลล์เม็ดเลือด และ โปรตีนโมเลกุลใหญ่ ของเหลวที่กรองผ่านแคปซูลออกมานี้จะไหลไปตามท่อหน่วยไต และสารที่อยู่ในของเหลวจะถูกเลือกให้ถูกดูดกลับจากท่อหน่วยไตเข้าสู่กระแสเลือด เรียกการเลือกดูดกลับสารในของเหลวนี้ว่า selective reabsorption สารต่าง ๆ ในของเหลวนี้ที่ถูกดูดกลับเป็นสารที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น น้ำตาลกลูโคส กรดอะมิโน และสารที่จำเป็นต่อการปรับสภาพสมดุลของของเหลวนอกเซลล์ (Extra Cellular Fluid , ECF) เช่น โซเดียม และน้ำ ของเสียที่เกิดขึ้นจากขบวนการเมตาโบลิซึมในร่างกาย เช่น ยูเรีย น้ำ และโซเดียม ยังคงอยู่ในของเหลวนี้ในท่อหน่วยไตจนถึงท่อหน่วยไตรวม (collecting) และไหลต่อเข้าสู่ท่อไต และกระเพาะปัสสาวะต่อไป

5. หน้าที่อื่นๆของไต

1) ไตทำหน้าที่เปลี่ยนวิตามิน ดี ที่ละลายในไขมันซึ่งอยู่ในรูปใช้ประโยชน์ไม่ได้ ให้ได้วิตามิน ดี ที่ละลายได้ในน้ำ ซึ่งใช้ประโยชน์ได้

2) ผลิตเอนไซม์ เรนิน (rennin) เพื่อเพิ่มความดันเลือด โดยเมื่อความดันเลือดลดลง ไตจะผลิตเอนไซม์ เรนิน เพื่อเร่งขบวนการผลิตสาร แองจิโอเทนซิน (angiotensin) ซึ่งช่วยในการเพิ่มความดันเลือด

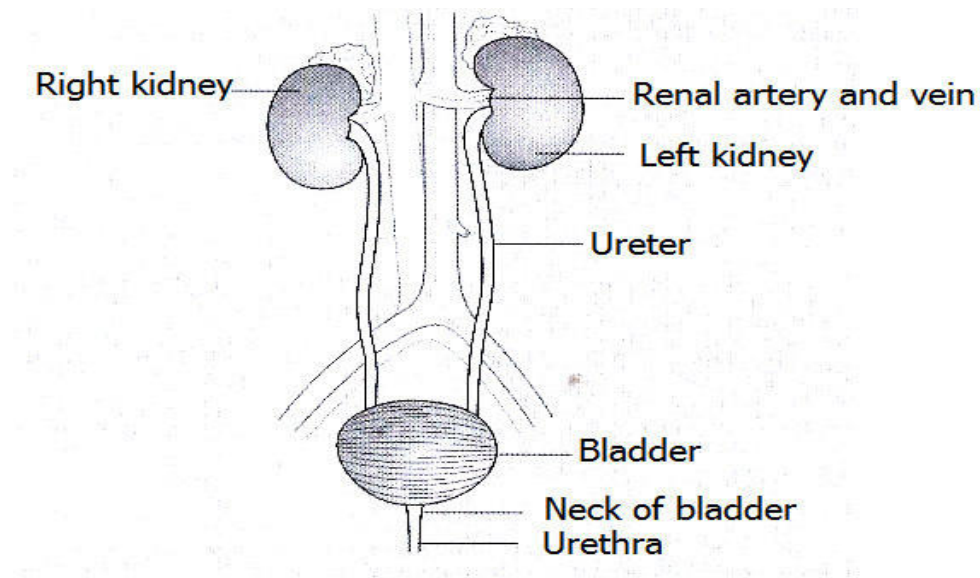
3) ผลิตอีริโทรพอยอีติน แฟกเตอร์ (erythropoietin factor) ซึ่งสารนี้จะไปเปลี่ยนโปรตีนในเลือดเป็น สารอีริโทรพอยอีติน ซึ่งจะช่วยให้ไขกระดูกสร้างเม็ดเลือดแดง ไตจะผลิตแฟกเตอร์นี้ เมื่อร่างกายต้องการเม็ดเลือดเพิ่มขึ้น หรือเมื่อร่างกายขาดออกซิเจน

6. กระเพาะปัสสาวะและโครงสร้างที่เกี่ยวข้อง

ท่อไต (ureter) กระเพาะปัสสาวะ (bladder) และท่อปัสสาวะ (urethra) ผนังบุด้วยเนื้อเยื่อบุผิวชนิด transitional epithelium และมีกล้ามเนื้อเรียบเป็นองค์ประกอบ ท่อไตแต่ละข้าง (ต่อออกจากไตด้านซ้ายและขวา) ไปต่อเชื่อมกับกระเพาะปัสสาวะด้านบนออกไปทางด้านข้าง บริเวณรอยต่อกับกระเพาะปัสสาวะมีลิ้นปิดเปิดป้องกันปัสสาวะไหลย้อนจากกระเพาะปัสสาวะกลับเข้าสู่ท่อไต เรียกลิ้นนี้ว่า ureterovascular valve ปัสสาวะไหลในท่อไตโดยอาศัยการบีบตัวของท่อไตแบบเพอริทาลซิส (peristalsis)

กระเพาะปัสสาวะอยู่ในช่องเชิงกรานทางด้านล่าง เมื่อมีปัสสาวะ กระเพาะปัสสาวะยื่นเข้าไปทางด้านหน้าเข้าสู่ช่องท้อง ความจุของกระเพาะปัสสาวะขึ้นกับน้ำหนักตัว สุนัขหนัก 12.5 กิโลกรัม มีขนาดความจุของกระเพาะปัสสาวะประมาณ 120 มิลลิลิตร กล้ามเนื้อเรียบที่ผนังกระเพาะปัสสาวะเรียกว่า detrusor muscle เมื่อลากเส้นบนกระเพาะปัสสาวะเชื่อมระหว่างจุดต่อกับท่อไตทั้งสองข้าง และจุดต่อกับท่อปัสสาวะ (neck of bladder) (ภาพที่ 8.3) ทำให้เกิดเป็นสามเหลี่ยม เรียกบริเวณสามเหลี่ยมนี้ว่า trigone รอยต่อกระเพาะปัสสาวะกับท่อปัสสาวะ มีกล้ามเนื้อหูรูด 2 อัน เพื่อควบคุมการปล่อยน้ำปัสสาวะจากกระเพาะปัสสาวะ คือ กล้ามเนื้อหูรูดด้านใน (internal involuntary sphincter) ทำงานนอกอำนาจจิตใจ และกล้ามเนื้อหูรูดด้านนอก (external voluntary sphincter) ทำงานภายใต้อำนาจจิตใจ

ท่อปัสสาวะในสัตว์ตัวเมีย กับตัวผู้ ต่างกันคือ ตัวผู้ท่อปัสสาวะเริ่มตั้งแต่ออกจากกระเพาะปัสสาวะจนถึงปลายลิ้ง (tip of penis) ในขณะที่ตัวเมียเริ่มตั้งแต่ ออกจากกระเพาะปัสสาวะไปจนถึงรูเปิดช่องคลอด (vagina) และ ปากช่องคลอด (vestibule) ท่อปัสสาวะในตัวผู้ยาวและโค้ง ในขณะที่ตัวเมียตรงและสั้น ในสุนัขตัวผู้ที่ลิ้งคียังมีกระดูกเรียกว่า os penis ซึ่งท่อปัสสาวะอยู่ในร่องกระดูก os penis ด้วยโครงสร้างทางกายวิภาคของท่อปัสสาวะทั้งสองอย่าง (โค้ง และมีกระดูก) ของสุนัขตัวผู้ ทำให้ง่ายต่อการอุดตันเมื่อเกิดนิ่วในท่อปัสสาวะ



ภาพที่ 8.3 แสดงไต ท่อไต กระเพาะปัสสาวะ และท่อปัสสาวะ
ที่มา: Bowden (2003)

7. การผลิตและการขับปัสสาวะ

ตัวรับแรงตึง (stretch receptor) ที่ผนังของกระเพาะปัสสาวะจะตอบสนองเมื่อกระเพาะปัสสาวะมีปัสสาวะเต็มแล้วเกิดแรงตึง

กล้ามเนื้อหูรูดด้านใน จะคลายตัวเพื่อขับปัสสาวะภายใต้การทำงานอัตโนมัติ หรือปฏิกิริยาสะท้อนของไขสันหลัง (spinal reflex) ในขณะที่กล้ามเนื้อหูรูดด้านนอกควบคุมโดยสมอง และอยู่ภายใต้จิตใจ นั่นคือตัวสัตว์เป็นผู้ควบคุม

มีหลายปัจจัยที่ควบคุมปริมาณการขับปัสสาวะ เช่น แรงดันเลือด การสูญเสียน้ำ ดังนั้น ปริมาณ และองค์ประกอบปัสสาวะในแต่ละวันจึงแปรเปลี่ยนได้

ตารางที่ 8.1 เปรียบเทียบลักษณะของปัสสาวะสุนัข และแมว

	ปัสสาวะของสุนัข	ปัสสาวะของแมว
สี	น้ำฟางขาว (เหลืองอ่อน ใส)	น้ำฟางขาว (เหลืองอ่อน ใส)
กลิ่น	ไม่มีกลิ่น หรือมีกลิ่นเล็กน้อย (ตัวผู้กลิ่นมากกว่า)	ไม่มีกลิ่น หรือมีกลิ่นเล็กน้อย (ตัวผู้กลิ่นมากกว่า)
ความคงตัว	เหลวใส	เหลวใส
ค่า pH	5.2-6.8	6-7
ค่าความถ่วงจำเพาะ	1.015-1.045	1.020-1.040
ปริมาณขับออกต่อชั่วโมง (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/ชั่วโมง)	1-2	1-2

แบบฝึกหัดท้ายบท

แบบฝึกหัดที่ 8.1 จงเลือกคำตอบที่ให้มาที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. renal corpuscle คือ อะไร
 - a. เส้นเลือดที่เข้าสู่ไตที่ขั้วไต
 - b. เนื้อไตส่วนใน และส่วนนอก
 - c. ประกอบด้วย glomerulus และ Bowman's capsule
 - d. ท่อหน่วยไตส่วน loop of Henle
2. เอ็นไซม์เรนิน (renin) ผลิตจากไต ซึ่งจะผลิตเมื่อ
 - a. ความดันเลือดสูง
 - b. ไบตามิน D ในเลือดต่ำ
 - c. ความดันเลือดต่ำ
 - d. ไบตามิน D ในเลือดสูง
3. ท่อไต (ureter) ด้านขวายาวกว่าด้านซ้ายเพราะว่าอะไร
 - a. เพราะท่อไตด้านขวาไปต่อกับกระเพาะปัสสาวะค่อนข้างไปทางด้านหลังมากกว่าท่อไตด้านซ้าย
 - b. เพราะท่อไตด้านขวามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่าด้านขวา
 - c. เพราะไตด้านขวาผลิตน้ำปัสสาวะมากกว่าด้านซ้าย
 - d. ไตด้านขวาอยู่ด้านหน้ากว่าไตข้างซ้าย
4. ข้อใดต่อไปนี้ไม่พบใน ของเหลวที่กรองผ่านโกลเมอรูลัส
 - a. ยูเรีย
 - b. น้ำ
 - c. เม็ดเลือดแดง
 - d. โซเดียม
5. เยื่อพังผืดหุ้มไต เรียกว่าอะไร
 - a. Cortex
 - b. Capsule
 - c. Calyx
 - d. Crest
6. ปัสสาวะสุนัขมีความถ่วงจำเพาะประมาณเท่าไร
 - a. 5.5-6.5
 - b. 1.015-1.045
 - c. 6.0-7.0
 - d. 1.020

7. กรณีใดต่อไปนี้อาจพบโปรตีนในปัสสาวะได้
 - a. ภาวะปกติ
 - b. ท่อทางเดินของน้ำปัสสาวะเกิดโดยทำลาย
 - c. Glomerulus โดนทำลาย
 - d. ข้อ b และ c ถูก
8. ท่อปัสสาวะในสัตว์ชนิดใดยาวที่สุด
 - a. แมวตัวผู้
 - b. แมวตัวเมีย
 - c. สุนัขตัวผู้
 - d. สุนัขตัวเมีย
9. ปัสสาวะสามารถเคลื่อนที่ตามท่อไตได้ด้วยวิธีใด
 - a. แรงโน้มถ่วงของโลก
 - b. การบีบตัวของท่อไตแบบ เพอริทาลซิส (peristalsis)
 - c. แรงดันน้ำ
 - d. แรงดันออสโมซิส
10. โครงสร้างใดต่อไปนี้นำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ปัสสาวะไหลย้อนจากกระเพาะปัสสาวะกลับสู่ท่อไต
 - a. กล้ามเนื้อหูรูดด้านใน และด้านนอก
 - b. Trigone
 - c. ureterovascular valve
 - d. กล้ามเนื้อ detrusor

แบบฝึกหัดที่ 8.2 จงหาคำศัพท์ที่ให้น่าในตารางและขีดล้อมคำ พร้อมทั้งอธิบายความหมายศัพท์

1. Crest
2. Glomerulus.....
3. Reabsorb.....
4. Renin.....
5. Urea.....
6. Selective.....
7. Ureter.....
8. Nephron.....
9. Nephritis.....
10. Micturition.....
11. tubule.....
12. Vitamin D.....

M	I	C	T	U	R	I	T	I	O	N
P	H	R	B	R	K	M	Z	R	S	E
U	S	E	L	E	C	T	I	V	E	P
L	F	S	N	T	E	B	D	I	L	H
Y	M	T	I	E	W	R	J	T	I	R
N	M	E	N	R	Q	O	E	A	V	I
E	B	Z	E	U	D	S	I	M	E	T
P	T	U	R	E	A	B	S	I	L	I
H	N	T	W	S	C	A	D	N	U	S
R	I	O	P	C	U	E	X	D	B	T
O	G	L	O	M	E	R	U	L	U	S
N	R	U	L	P	H	C	R	U	T	R

วิธีสอนและ กิจกรรม	บรรยาย ประกอบภาพสไลด์ หุ่นจำลอง สกูร โค และซักถาม	
สื่อการสอน	หนังสืออ้างอิง	รายการเอกสารประกอบการสอนหมายเลข 1, 2, 4, 6, 7, 8, 10 และ 11
	เอกสารประกอบ	เอกสารประกอบการสอน บทที่ 8
	วัสดุโสตทัศน	คอมพิวเตอร์, เครื่องฉาย LCD, หุ่นจำลองสัตว์ เช่น สกูร โค
งานที่มอบหมาย	ให้นักศึกษาอ่านเอกสารประกอบการสอน บทที่ 8 ทบทวน และทำแบบฝึกหัดท้ายบท	
การวัดผล	1. ตอบคำถามท้ายบท และตอบคำถามจากหุ่นจำลองสัตว์	
	2. สังเกตพฤติกรรมในการเรียน	
	4. งานมอบหมาย	
	3. สอบกลางภาค	
หมายเหตุ :		

บทที่ 9

ระบบสืบพันธุ์ (Reproductive system) และ คัพพะวิทยา (Embryology)

วัตถุประสงค์

เมื่อนักศึกษาเรียนบทนี้จบแล้วนักศึกษสามารถ

1. บอกอวัยวะในระบบสืบพันธุ์เพศผู้ และเพศเมีย ตลอดจนหน้าที่ของระบบสืบพันธุ์ได้
2. อธิบายลักษณะ และหน้าที่ของของอัณฑะ ถุงหุ้มอัณฑะ และ ท่อเก็บอสุจิ
3. อธิบายการควบคุมอุณหภูมิของอัณฑะให้ต่ำกว่าอุณหภูมิร่างกายได้
4. อธิบายการสร้างอสุจิได้
5. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคของสเปิร์มาติก คอร์ด และ ท่อปัสสาวะได้
6. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคของลิงค์และหนังหุ้มลิงค์ได้
7. บอกชื่อต่อมน้ำเลี้ยงอสุจิ และหน้าที่ของต่อมน้ำเลี้ยงได้
8. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคและหน้าที่ของรังไข่ได้
9. อธิบายการเจริญของกระเปาะไข่ หรือ ฟอลลิเคิลในรังไข่ได้
10. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคและหน้าที่ของท่อนำไข่ได้
11. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคและหน้าที่ของมดลูกและปากมดลูกได้
12. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคและหน้าที่ของช่องคลอดปากช่องคลอดและอวัยวะเพศภายนอกได้
13. อธิบายวงจรการเป็นสัดในสุนัข และปศุสัตว์ได้ โดยอธิบายการเปลี่ยนแปลงในรังไข่ มดลูก และพฤติกรรมของสัตว์
14. อธิบายความหมายของวิชาเอ็มบริโอ หรือ คัพพะวิทยาได้
15. อธิบายการเกิดปฏิสนธิในสัตว์ได้
16. อธิบายการพัฒนาของไซโกตได้
17. บอกชื่ออวัยวะที่เจริญมาจากเนื้อเยื่อแต่ละชั้นของตัวอ่อนได้
18. อธิบายการพัฒนาของตัวอ่อนสุนัขจนถึงอวัยวะครบได้
19. อธิบายการพัฒนาของเยื่อหุ้มตัวอ่อนพร้อมทั้งบอกชื่อเยื่อหุ้มตัวอ่อนได้
20. อธิบายลักษณะทางกายวิภาคและหน้าที่ของรกได้
21. อธิบายระบบไหลเวียนเลือดในตัวอ่อนได้
22. อธิบายการพัฒนาของตัวอ่อนลูกสุนัขในครรภ์แต่ละช่วงอายุได้

เนื้อหา

1. ข้อเท็จจริง และหน้าที่ของระบบสืบพันธุ์สืบพันธุ์เพศผู้
2. ถุงหุ้มอัณฑะ (scrotum) อัณฑะ (testicles) และท่อเก็บอสุจิ (epididymis)
3. สเปิร์มาติก คอร์ด (spermatatic cord) และ ท่อปัสสาวะ (urethra)
4. หนังหุ้มลิงค์ (prepuce) และ ลิงค์ (penis)
5. ต่อมน้ำเลี้ยงอสุจิ (accessory glands)

- a. ลูกหมาก (prostate gland)
- b. ต่อมคาวเปอร์ (cowper's gland) หรือ ต่อมบัลโบยูริทรัล (bulbo-urethral gland)
- c. ต่อมเซมินัลเวสิเคิล (seminal vesicle)
- 6. ข้อเท็จจริง และหน้าที่ของระบบสืบพันธุ์เพศเมีย
- 7. รังไข่ (ovary)
- 8. ท่อนำไข่ (oviduct)
- 9. มดลูกและปากมดลูก (uterus and cervix)
- 10. ช่องคลอด และปากช่องคลอด (vagina and vestibule)
- 11. อวัยวะเพศภายนอก (vulva) และ ครีตอริส (clitoris)
- 12. วงรอบการเป็นสัด (estrus cycle)
- 13. การตกไข่ (ovulation)
- 14. ข้อเท็จจริงและหน้าที่ของวิชาคัพวิทยา
- 15. การปฏิสนธิ (fertilization)
- 16. การพัฒนาของไซโกท (zygote) ซึ่งเป็นเซลล์ที่เกิดจากการปฏิสนธิแล้ว
- 17. เนื้อเยื่อสามชั้นและการฝังตัวของตัวอ่อน
- 18. เยื่อหุ้มด้านนอกของตัวอ่อน
- 19. รก (placenta)
- 20. ระบบไหลเวียนเลือดในตัวอ่อน
- 21. การพัฒนาของตัวอ่อน และขนาดตัวอ่อนช่วงอายุ ต่าง ๆ

1. ข้อเท็จจริง และหน้าที่ของระบบสืบพันธุ์สืบพันธุ์เพศผู้

- 1) อวัยวะและโครงสร้างในระบบสืบพันธุ์เพศผู้ประกอบด้วย
 - a. อัณฑะ (testicles) 1 คู่
 - b. ท่อเก็บอสุจิ (epididymis)
 - c. ถุงหุ้มอัณฑะ (scrotum) 1 คู่
 - d. สเปิร์มาติก คอร์ด (spermatic cord)
 - e. ท่อปัสสาวะ (urethra) (ใช้ร่วมกับระบบขับถ่าย)
 - f. ลึงค์ (penis)
 - g. หนังหุ้มลึงค์ (prepuce)
 - h. ต่อมสร้างน้ำเลี้ยงอสุจิ (accessory sex glands) ได้แก่
 - i. ต่อมลูกหมาก (prostate gland)
 - ii. ต่อมคาวเปอร์ (cowper's gland) หรือ ต่อมบัลโบยูริทรัล (bulbo-urethral gland)
 - iii. ต่อมเซมินัลเวสิเคิล (seminal vesicle) (มีในสัตว์ใหญ่ เช่น โค ม้า สุกร ส่วนสุนัขและแมวไม่มี)

- 2) หน้าที่ของระบบสืบพันธุ์เพศผู้ คือ
 - a. สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ คือ อสุจิ (spermatozoon) หรือ สเปิร์ม (sperm) ผลิตน้ำเลี้ยงอสุจิ
 - b. ช่วยในการผสมพันธุ์
- 3) กายวิภาคของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์ในสัตว์แต่ละชนิดค่อนข้างแตกต่างกัน
- 4) คำนำหน้าคำศัพท์เทคนิคเกี่ยวกับอวัยวะ คือ orchi-
- 5) คำนำหน้าคำศัพท์เทคนิคเกี่ยวกับอสุจิ หรือ สเปิร์ม (sperm) คือ spermat-

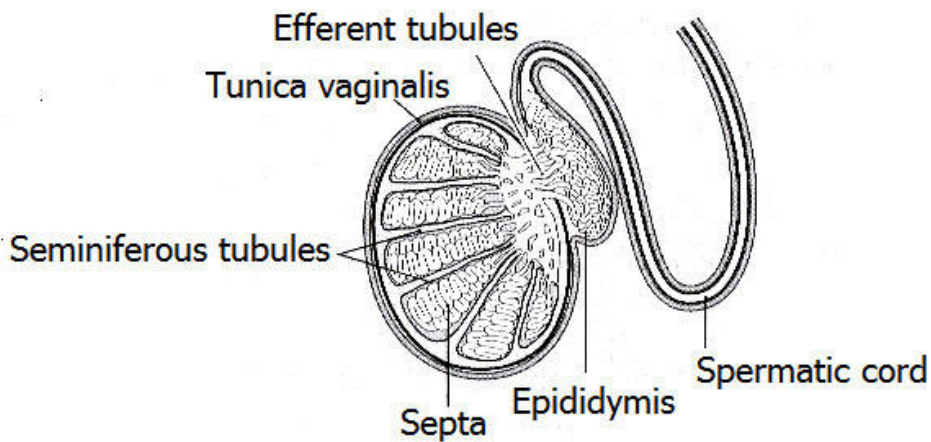
2. ถุงหุ้มอัณฑะ (scrotum) อัณฑะ (testicles) และท่อเก็บอสุจิ (epididymis)

ถุงหุ้มอัณฑะ เป็นผิวหนังที่ห่อหุ้มอัณฑะไว้ มีลักษณะบางและมีขนน้อย บริเวณถุงหุ้มอัณฑะมีต่อมเหงื่อจำนวนมาก ทั้งนี้เพื่อช่วยระบายความร้อนให้กับอัณฑะ ถุงหุ้มอัณฑะห่อหุ้มอัณฑะอยู่นอกช่องท้อง เพื่อให้อุณหภูมิของอัณฑะเหมาะสมในการสร้างอสุจิ (spermatogenesis) ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิของร่างกายเล็กน้อย อัณฑะในสัตว์มี 1 คู่ ตั้งอยู่ภายในถุงหุ้มอัณฑะ มีผนังกั้นระหว่างอัณฑะเรียกว่า เทสติคูลาร์ เซปตัม (testicular septum)

อัณฑะของสัตว์แต่ละชนิดมีรูปร่าง ขนาด และตำแหน่งแตกต่างกัน เช่น ในสุนัขอัณฑะห้อยอยู่ระหว่างขาหลัง ในขณะที่แมวติดกับท้อง อยู่ระหว่างทวารหนักและหนังหุ้มลิ้นค และอัณฑะของสุนัข ค่อยข้างเคลื่อนที่ได้ในถุงหุ้มอัณฑะได้มากกว่าอัณฑะของแมว อัณฑะด้านซ้ายของสุนัขค่อนข้างทางด้านหลังมากกว่าด้านขวา อัณฑะแต่ละข้างมี มีเส้นเลือดแดง ชื่อ เทสติคูลาร์ อาร์เตอรี (testicular artery) ที่แยกออกจากเส้นเลือดแดงใหญ่ เอออร์ตา (Aorta) โดยตรง เลือดที่ไหลเข้าอัณฑะ จะถูกทำให้เย็นลงโดยเลือดที่ไหลออกจากอัณฑะ ทั้งนี้เนื่อง จากเส้นเลือดดำที่ออกจากอัณฑะจะพันขดไปมาเป็นตาข่ายล้อมรอบเส้นเลือดแดง เทสติคูลาร์ อาร์เตอรี เรียกตาข่ายเส้นเลือดนี้ว่า พามพินิฟอร์ม เพลคซัส (pampiniform plexus) หน้าที่ของ อัณฑะ คือ

- 1) สร้างเซลล์สืบพันธุ์ จากเซลล์ สเปิร์มาโตโกเนีย (spermatogonia)
- 2) สร้างฮอร์โมนเอสโตรเจน (estrogen hormone) และสารอาหารเลี้ยงอสุจิ จากเซลล์ เซอร์โตไล (Sertoli cell)
- 3) สร้างฮอร์โมน เทสโตสเตอโรน (testosterone) จากเซลล์ เลย์ดิก (Leydig cells) หรือ interstitial cells

ท่อเก็บอสุจิ เป็นท่อที่อยู่ภายในถุงหุ้มอัณฑะรับอสุจิทางท่อเอฟเฟอเรนต (efferent duct) ที่ต่อมาจากอัณฑะ (ภาพที่ 9.1)



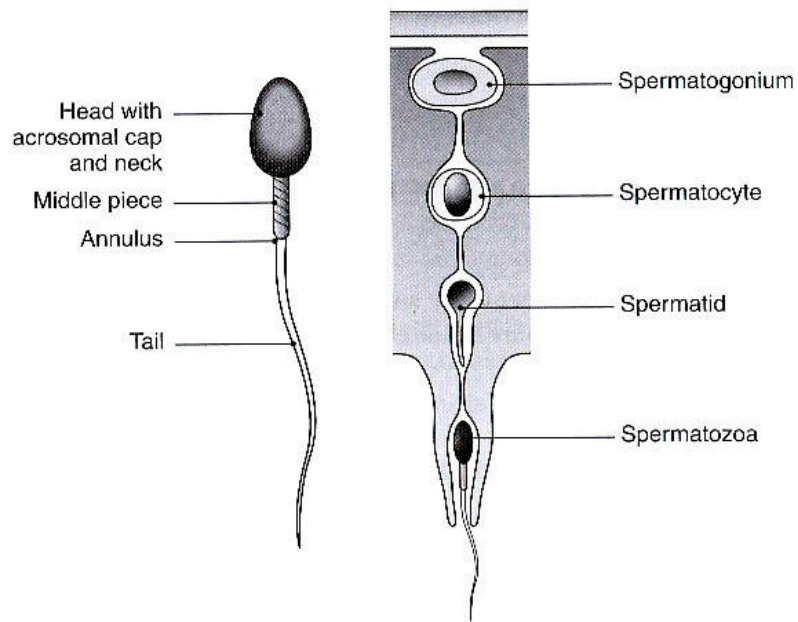
ภาพที่ 9.1 โครงสร้างของอัณฑะสุนัข
ที่มา: Bowden (2003)

Septa = เนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่กั้นแยกระหว่างอัณฑะทั้งสองข้าง
Spermatic cord = โครงสร้างที่ประกอบด้วย deferent duct
Seminiferous tubules = ตำแหน่งที่มีการสร้าง อสุจิ
Tunica vaginalis = เยื่อผนังช่องท้อง 2 ชั้น ที่บุอยู่ที่อัณฑะ
Epididymis = ตำแหน่งที่เก็บอสุจิ
Efferent tubules = ท่อนำอสุจิจากอัณฑะเข้าสู่ epididymis

โดยปกติขณะที่ลูกสัตว์เพศผู้เป็นตัวอ่อนในท้องแม่ อัณฑะมีการเจริญพัฒนาในช่องท้อง และจะออกจากช่องท้องลงสู่ถุงหุ้มอัณฑะโดยมีเอ็นหรือพังผืดยึด เรียก เอ็นกูเบอร์นาकुลัม (fibrous gubernaculum) ช่วงดึงอัณฑะลงสู่ถุงหุ้มอัณฑะ บางครั้งอาจพบว่าอัณฑะค้างอยู่ในช่องท้องไม่ลงสู่ถุงหุ้มอัณฑะ ซึ่งเรียกว่า คริปโตคิเด (cryptorchid) ถ้า อัณฑะทั้งสองข้างไม่ลงสู่ถุงหุ้มอัณฑะ เรียกว่า bilateral cryptorchid ในลูกสุนัขอายุ 30-40 วัน และแมวตั้งแต่แรกเกิด อัณฑะจึงลงสู่ถุงหุ้มอัณฑะ

3. การสร้างอสุจิและโครงสร้างของอสุจิ (Spermatogenesis and Sperm structure)

อสุจิถูกสร้างจากเซลล์สืบพันธุ์เริ่มต้นที่ สเปออร์มาโตโกเนียม (spermatogonium) หรือ เจอร์มเซลล์ (germ cell) ในบริเวณขอบของท่อสร้างอสุจิ (seminiferous tubules) แบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนโดยวิธีแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitosis) หลังจากนั้นจึงแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (Meiosis) ได้ อสุจิที่ยังไม่เจริญเต็มที่เรียก สเปออร์มาติด (spermatids) หลังจากนั้น สเปออร์มาติดเจริญเป็นอสุจิ (spermatozoa) ในกลางท่อสร้างอสุจิ การสร้างอสุจิ และโครงสร้างอสุจิเป็นได้ภาพที่ 9.2 ด้านล่างนี้



ภาพที่ 9.2 แสดงการสร้างอสุจิ และโครงสร้างของตัวอสุจิ
ที่มา: Bowden (2003)

4. สเปิร์มาติก คอร์ด (spermatric cord) และ ท่อปัสสาวะ (urethra)

สเปิร์มาติก คอร์ด เป็นโครงสร้างเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีลักษณะคล้ายท่อ ซึ่งภายในท่อมมี เส้นเลือด ท่อน้ำเหลือง เส้นประสาท และท่อนำอสุจิ ที่ออกมาจากช่องท้องลงสู่ถุงหุ้มอัณฑะ ดังนั้นใน สเปิร์มาติก คอร์ด จึงประกอบด้วย

- ท่อนำอสุจิ (vas deferens) ที่ต่อออกจากท่อพักอสุจิ
- เส้นเลือดแดงที่มาเลี้ยงอัณฑะ (testicular artery) และเส้นเลือดดำที่ออกจาก อัณฑะ (testicular vein)
- เส้นประสาทที่มาเลี้ยงอัณฑะ(nerve)
- ท่อน้ำเหลือง (lymphatic vessel)
- กล้ามเนื้อเรียบ ครีมาสเตอร์ (cremaster muscle) ยึดถุงหุ้มอัณฑะกับผนังท้อง ทำ หน้าหูด และคลายตัวเพื่อดึงถุงหุ้มอัณฑะขึ้นติดลำตัว หรือยึดถุงหุ้มอัณฑะไกลลำตัว เพื่อควบคุมอุณหภูมิอัณฑะ

ส่วนประกอบทั้งหมดของ สเปิร์มาติก คอร์ด นั้นอยู่ภายในถุง ทุนิกา วาไจนาลิส (tunica vaginalis) สเปิร์มาติก คอร์ด ต่อเข้าสู่ช่องท้องทางช่อง อินกัวนอล (inguinal)

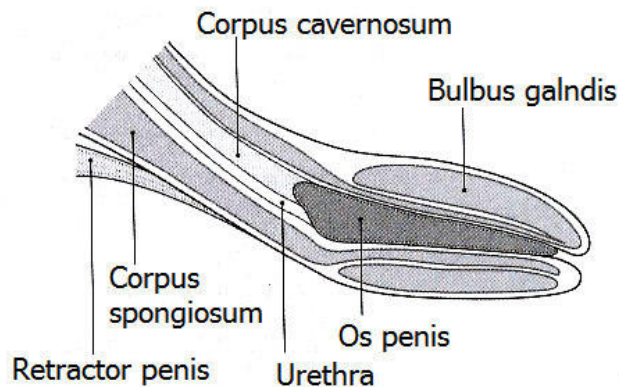
ท่อนำอสุจิ เปิดเข้าสู่ท่อนำปัสสาวะ ท่อปัสสาวะในสัตว์แต่ละชนิดมีรูปร่างและขนาดที่ต่างกัน คือ ม้า สุนัข มีลักษณะโค้ง และยาว แมวมีลักษณะตรงและสั้น ในขณะที่สุกร โค มีลักษณะโค้ง ยาว และมีลักษณะงอ เป็นรูปตัวเอส เรียก ซิกมอย เฟลกเซอร์ (sigmoid flexure)

5. ลึงค์ (Penis) และหนังหุ้มลึงค์ (prepuce)

ภายในลึงค์เนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่สานกันเป็นร่างแหคล้ายฟองน้ำ โดยมีแองเงอเล็ดแทรกอยู่ เนื้อเยื่อในลึงค์ประกอบด้วย คอร์ปัสคาร์เวอร์โนซั่ม (corpus cavernosum) (ภาพที่ 9.3) ขนาดใหญ่อยู่ทางด้านบนของท่อปัสสาวะ เนื้อเยื่อ คอร์ปัสสปองจิโอซั่ม (corpus spongiosum) มีเนื้อเยื่อรอบท่อปัสสาวะ ลึงค์สามารถแข็งตัวและคลายตัวได้ ในสภาวะที่ลึงค์ไม่แข็งตัว หรือสภาวะปกติ ปริมาณเลือดที่ไหลเข้าเท่ากับปริมาณเลือดที่ไหลออกจากแองเงอเล็ดเหล่านี้ ในสภาวะที่ลึงค์แข็งตัว ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงผสมพันธุ์ ปริมาณเลือดที่ไหลเข้าสู่แองเงอเล็ดในลึงค์จะมากกว่าปริมาณเลือดที่ไหลออก ทั้งนี้เนื่องจากการหดตัวของกล้ามเนื้อรอบลึงค์รัดเส้นเลือดดำไว้ เลือดที่เพิ่มขึ้นทำให้แองเงอเล็ดขยายตัว และทำให้ลึงค์ขยายและแข็งตัวตามมา เรียกการแข็งตัวของลึงค์ว่า Erection of the penis

หนังหุ้มลึงค์เป็นปลอกนอกของผิวหนังที่หุ้มปิดลึงค์ไว้เมื่อไม่มีการแข็งตัวและจะเปิดออกเมื่อลึงค์แข็งตัว ผนังด้านนอกของหนังหุ้มลึงค์มีลักษณะเหมือนผิวหนังปกติทั่วไป ขณะที่ผนังด้านในที่อยู่ติดกับส่วนของลึงค์เป็นเนื้อเยื่อที่มีลักษณะเรียบและเปียกชื้น หนังหุ้มลึงค์ของสุกรมีลักษณะเป็นถุงเล็ก ๆ (preputial pouch) ซึ่งเป็นที่สะสมน้ำปัสสาวะและเซลล์ที่ลอกหลุด ทำให้เกิดกลิ่นเฉพาะตัวในพ่อสุกร

สภาวะที่ลึงค์โผล่พ้นออกจากหนังหุ้มลึงค์ตลอดเวลา เรียกว่า Paraphimosis



ภาพที่ 9.3 แสดงโครงสร้างของลึงค์ ในสุนัข
ที่มา: Bowden (2003)

6. ต่อมสร้างน้ำเลี้ยงอสุจิ (Accessory glands)

ต่อมสร้างน้ำเลี้ยงอสุจิทำหน้าที่หลั่งของเหลวที่เรียกว่า ซีมินัล ฟลูอิด (seminal fluid) ซึ่งหลั่งออกมาพร้อมอสุจิ รวมเรียกว่า น้ำเชื้อ (semen) ของเหลวที่หลั่งออกมาพร้อมน้ำเชื้อ มีส่วนผสมของอาหาร เช่น น้ำตาลฟรุคโตส กรดแอสคอร์บิก และอิเล็กโทรไลต์ต่าง ๆ ช่วยให้อสุจิมีชีวิตรอดได้ ภายในอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย ต่อมสร้างน้ำเลี้ยงอสุจิประกอบด้วย

- 1) ต่อมเซมินัลเวสิเคิล (Seminal vesicle)

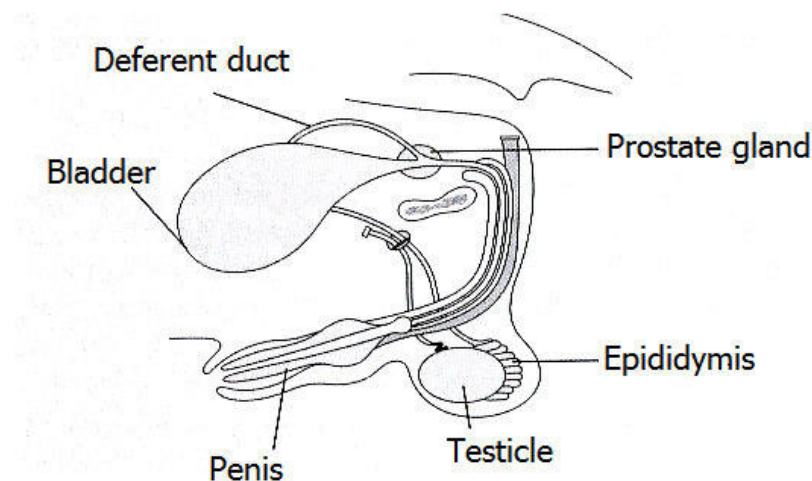
- 2) ต่อมลูกหมาก (Prostate gland)
- 3) ต่อมคารเปอร์ (Cowper's gland) หรือ ต่อมบัลโบยูริทรีล (bulbo-urethral gland)

ในสัตว์ส่วนมากมีทั้ง 3 ต่อม ยกเว้นในสุนัข และแมว ไม่มีต่อมต่อมเซมินัลเวสิเคิล และในสุนัขมีต่อมเดียวคือ ต่อมลูกหมาก (ภาพที่ 9.4)

6.1 ต่อมเซมินัลเวสิเคิล (Seminal vesicle) เป็นต่อมคู่อยู่บริเวณส่วนปลายของท่อนำสุจิ บริเวณคอของกระเพาะปัสสาวะ ท่อของต่อมเปิดบริเวณท่อปัสสาวะใกล้กับรอยต่อของท่อนำสุจิกับท่อปัสสาวะ พบในสัตว์เลี้ยงทุกชนิด แต่ไม่พบในสุนัข และแมว

6.2 ต่อมลูกหมาก (Prostate gland) เป็นต่อมเดี่ยวอยู่ถัดจากต่อมเซมินัลเวสิเคิล และอยู่ล้อมรอบท่อปัสสาวะที่อยู่ในช่องเชิงกราน ในสุนัขมีขนาดใหญ่และยาวหุ้มรอบท่อปัสสาวะ ตรงกลางต่อมเป็นร่อง

6.3 ต่อมคารเปอร์ (Cowper's gland) หรือ ต่อมบัลโบยูริทรีล (bulbo-urethral gland) เป็นต่อมคู่อยู่ในตำแหน่งท้าย ๆ มากกว่าต่อมอื่น ท่อของต่อมไปเปิดเข้าทางตอนท้ายของท่อปัสสาวะ ส่วนที่อยู่ในช่องเชิงกราน ไม่พบต่อมนี้นี้ในสุนัข ในสุกรมีขนาดใหญ่ทำหน้าที่ผลิตสารวุ้นที่มีลักษณะคล้ายเม็ดสาหร่าย โดยพบในช่วงท้ายของการหลั่งน้ำเชื้อ



ภาพที่ 9.4 แสดงโครงสร้างระบบสืบพันธุ์เพศผู้ของสุนัข
ที่มา: Bowden (2003)

7. ข้อเท็จจริง และหน้าที่ของระบบสืบพันธุ์เพศเมีย

หน้าที่ของระบบสืบพันธุ์เพศเมีย คือ

- 1) สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย คือ ไข่ (ovum)
- 2) ช่วยในการผสมพันธุ์
- 3) เป็นที่เหมาะสมสำหรับการปฏิสนธิ และการเจริญพัฒนาของตัวอ่อน

4) ทำให้เกิดการคลอดเมื่ออายุครรภ์ครบตามกำหนด

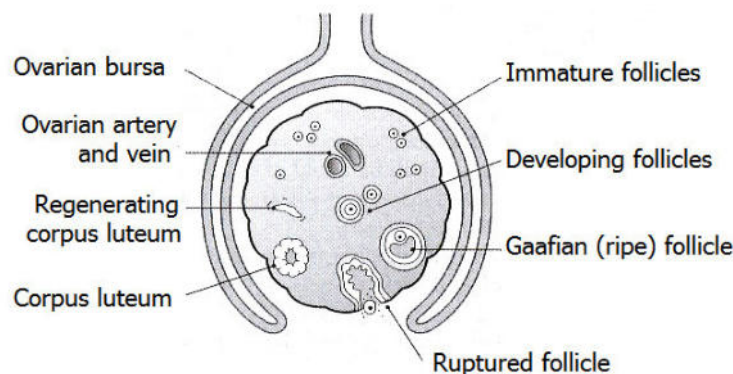
5) สร้างน้ำนมเพื่อเลี้ยงลูกอ่อน

คำนำหน้าคำศัพท์เทคนิค (prefixes) ที่มีความหมายเกี่ยวข้องกับ ไไข่ คือ ovi- หรือ oo-

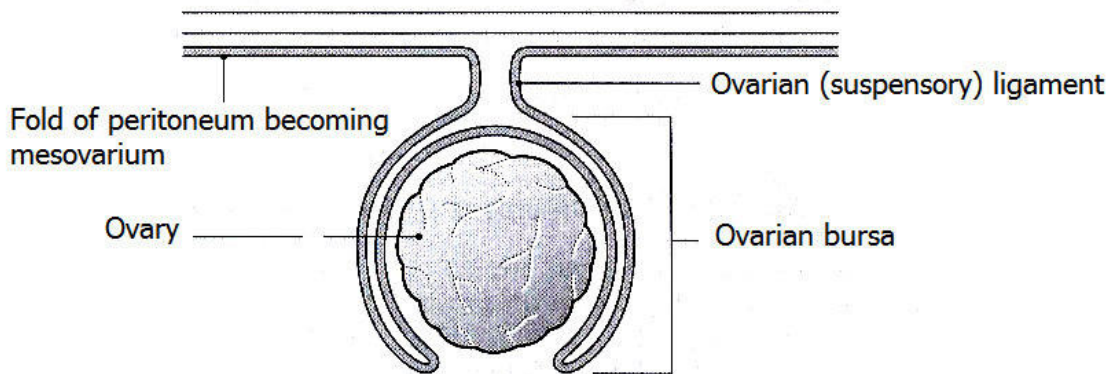
คำนำหน้าคำศัพท์เทคนิค (prefixes) ที่มีความหมายเกี่ยวข้องกับ มดลูก คือ metr-

8. รังไข่ (Ovary)

รังไข่ เป็นอวัยวะที่สำคัญของระบบสืบพันธุ์เพศเมีย ทำหน้าที่เซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย คือไข่ (ovum) รังไข่ของสัตว์แต่ละชนิด มี 1 คู่อยู่ในช่องท้องเหนือกระดูกเชิงกราน ตั้งเฉียง ๆ กับไตทางด้านหลัง ในสุนัข รังไข่อยู่ใกล้และทางด้านหลังไต รังไข่แต่ละข้างถูกยึดติดกับด้านหลังของผนังช่องท้อง ด้วยเยื่อยึดรังไข่ เรียก มีโซวาเรียม (mesovarium) ซึ่งเป็นเยื่อผนังช่องท้อง (peritoneum) ที่พับโอบล้อมรังไข่ ส่วนของ มีโซวาเรียม ส่วนที่แขวนรังไข่ เรียกว่า เรียกว่า ซัสเพนซอรี ลิกาเมนต์ (suspensory ligament) ส่วนของ มีโซวาเรียม ที่โอบล้อมรังไข่ ซึ่งไม่ล้อมรอบรังไข่ทั้งหมด แต่มีช่องเปิดอยู่ เรียก มีโซวาเรียม ส่วนนี้ว่า โอวาเรียนเบอร์ซา (ovarian bursa) รังไข่มีรูปร่างกลมถึงรีเล็กน้อย ในสัตว์แต่ละชนิด รูปร่างรังไข่ก็ต่างกัน ขนาดขึ้นกับอายุสัตว์ การตั้งครรภ์ และช่วงการเป็นสัด เส้นเลือดแดงที่มาเลี้ยงรังไข่แยกออกจากเส้นเลือดแดงใหญ่ (aorta) โดยตรง คือ ovarian artery รังไข่เป็นอวัยวะที่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และมีกระเปาะไข่ หรือ ฟอลลิเคิล (ovarian follicle) จำนวนมากมาย ฟอลลิเคิล เป็นถุงภายในมีไข่ที่ยังไม่เจริญเต็มที่ เรียกฟอลลิเคิลที่มีไข่ยังไม่เจริญเต็มที่ว่า immature follicle หรือ primary follicle (ภาพที่ 9.5) ไข่จะเจริญเต็มที่เมื่อได้รับอิทธิพลของฮอร์โมน คือช่วงระยะที่เป็นสัด เมื่อลูกสัตว์เกิดมาจะมีฟอลลิเคิล และไข่ที่ยังไม่เจริญเต็มที่ จำนวนมาก แต่มีเพียงจำนวนน้อยเท่านั้น ที่เจริญจนเต็มวัย ในช่วงการเป็นสัด เมื่อฟอลลิเคิลและไข่ที่เจริญเต็มที่แล้ว เรียก กราฟิอัน ฟอลลิเคิล (graafian follicle) ฟอลลิเคิลจะสร้างและหลั่งฮอร์โมนเอสโตรเจน (estrogen) และไข่จะตกออกจากฟอลลิเคิล ลงสู่ท่อหน้าไข่ ฟอลลิเคิลที่ไม่มีไข่ก็จะพัฒนาเปลี่ยนเป็น เนื้อเยื่อเหลือง หรือ คอร์ปัสลูเตียม (corpus luteum) สร้างและหลั่งฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (Progesterone)



ภาพที่ 9.5 รูปวาดแสดงลักษณะทางจุลกายวิภาคของรังไข่ในสัตว์
ที่มา: Bowden (2003)



ภาพที่ 9.6 แดงเยื่อยึดรังไข่

ที่มา: Bowden (2003)

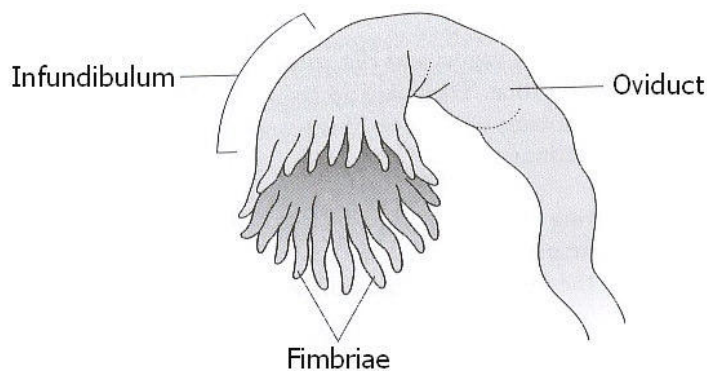
9. ท่อนำไข่ (Oviduct)

คำศัพท์ที่หมายถึงท่อนำไข่ คือ

- โอวิดัก (oviduct),
- ฟอลโลเปียน ทูบ (fallopian tube)
- ยูเทอริน ทูบ (uterine tube)

ท่อนำไข่ต่อจากรังไข่แต่ละข้างไปจนถึงมดลูก เยื่อที่แขวนท่อนำไข่ติดกับผนังช่องท้องเรียก มีโซซาลพินซ์ (mesosalpinx) ท่อนำไข่ ด้านที่ต่อกับรังไข่ไม่ได้เชื่อมติดกับรังไข่ แต่มีลักษณะปลายท่อบานออกคล้ายปากแตร เรียก อินฟันดิบิวลัม (infundibulum) โอบล้อมรังไข่ (ภาพที่ 9.7)

ขอบของปากแตรมีลักษณะคล้ายนิ้วมือ ยื่นออกมา เรียกว่า ฟิมเบรีย (fimbriae) คอยรองรับไข่ที่ตกออกจากรังไข่เพื่อให้ไข่เข้าไปในท่อนำไข่ ท่อนำไข่แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ปากแตร หรือ อินฟันดิบิวลัม แอมพูลลา (ampulla) และอิสทมัส (isthmus) เยื่อบุผิวในท่อนำไข่ มีลักษณะที่มีขนเล็ก ๆ เรียกว่า ซีเรีย ช่วยในการโบกพัดไข่ให้เคลื่อนไปในท่อรังไข่ได้ ท่อนำไข่เป็นจุดที่อสุจิและไข่ เกิดปฏิสนธิกัน

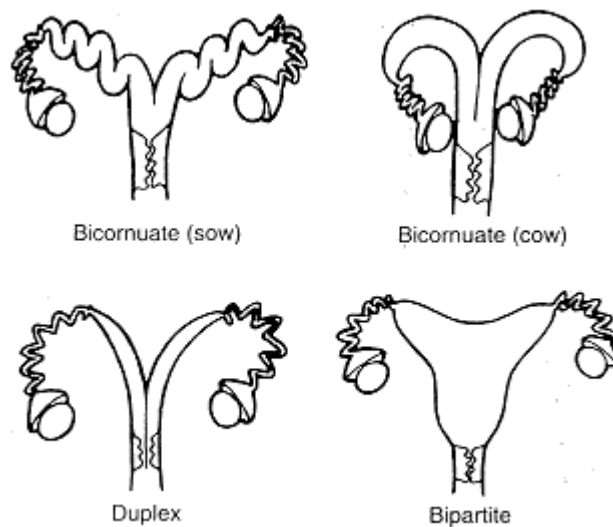


ภาพที่ 9.7 รูปร่างท่อนำไข่

ที่มา: Bowden (2003)

10. มดลูกและปากมดลูก (Uterus and cervix)

มดลูกทำหน้าที่เป็นที่ฝังตัวและพัฒนาของตัวอ่อนที่ปฏิสนธิแล้ว โดยมดลูกจะปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญของตัว สัตว์แต่ละชนิดมีรูปร่างมดลูกที่ต่างกัน สุกร โค มดลูกรูปร่างคล้ายเขาสัตว์หรือตัว Y คือมีปีกมดลูกยาว (ในสุกร ปีกมดลูกยาวขดไปมา) ตัวมดลูกสั้น เรียกมดลูกรูปร่างแบบนี้ว่า ไบคอร์นูเอต (Bicornuate) ในสุนัข และแมว มดลูกมีรูปร่างคล้ายตัว Y ที่มีปีกมดลูก (uterine horn) ยาว ไม่มีตัวมดลูก เรียก มดลูกรูปร่างแบบนี้ว่า ดูเพลก (Duplex) ในม้า ปีกมดลูกเล็ก และตัวมดลูกใหญ่ ทำให้มดลูก เรียกมดลูกรูปร่างแบบนี้ว่า ไบพาร์ไทต์ (bipartite) (ภาพที่ 9.8)



ภาพที่ 9.8 รูปร่างแสดงชนิดของมดลูกแบ่งตามรูปร่าง
ที่มา: Bearden and Fuquay (1997)

มดลูกต่อเชื่อมระหว่างท่อนำไข่ และช่องคลอด (vagina) ประกอบด้วย ปีกมดลูก (uterine horn) ตัวมดลูก (uterine body) และ ปากมดลูก (cervix) ในสภาวะปกติ มดลูกสั้นและแมวจะค่อนไปทางด้านบนของช่องท้อง และเมื่อท้องมดลูกจึงค่อนลงไปทางด้านล่างของช่องท้อง เยื่อเยื่อมดลูกที่ยึดมดลูกแขวนกับผนังด้านบนของช่องท้อง เรียกว่า มีโซเมเทรียม (mesometrium) เยื่อยึดรังไข่ ท่อนำไข่ และมดลูก รวมเรียกว่า บรอดลิกาเมนต์ (broad ligament) ส่วน round ligament ยึดมดลูกกับขาหนีบ ผนังของมดลูกมีส่วนประกอบของกล้ามเนื้อเรียบหลายชั้น กล้ามเนื้อเรียบที่ผนังมดลูกเรียกว่า มัยโอเมเทรียม (myometrium) ชั้นบุผิวด้านในของมดลูก เรียก เอ็นโดเมเทรียม (endometrium) ซึ่งมีต่อมจำนวนมาก ความหนา และองค์ประกอบภายในชั้น เอ็นโดเมเทรียม ขึ้นกับอายุตัวสัตว์ อายุครรภ์ และระยะของวงจรการเป็นสัด

ปากมดลูก ทำหน้าที่ป้องกันการเข้า-ออกของสารต่าง และอสุจิสู่มดลูก ลักษณะของปากมดลูก คือมีกล้ามเนื้อเรียบที่หนา เป็นกล้ามเนื้อหูรูด รูเปิดปากมดลูกแคบ และจะขยายใหญ่เพิ่มขึ้นเมื่อใกล้คลอด หรือเป็นสัด

11. ช่องคลอดและปากช่องคลอด (vagina and vestibule)

ช่องคลอดต่อระหว่างปากมดลูกกับ ปากช่องคลอด ทั้งช่องคลอดและปากช่องคลอด ต่อเชื่อมเป็นท่อนเดียวกัน โดยขอบเขตของช่องคลอดต่อจากปากมดลูกมาจนถึงรูเปิดของท่อ ปัสสาวะจากกระเพาะปัสสาวะ ส่วนปากช่องคลอดเริ่มจากบริเวณรูเปิดของท่อปัสสาวะออกมาสู่อวัยวะภายนอกซึ่งเรียกว่า วัลวา (vulva) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ปากช่องคลอดคือ ท่อปัสสาวะนั้นเอง พื้นผิวของช่องคลอดจะมีรอยพับตามยาว ในขณะที่ส่วนของปากช่องคลอดไม่มี ในสุนัข เนื้อเยื่อบุผิวของช่องคลอด มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงระยะเป็นสัด ทั้งช่องคลอดและปากช่องคลอดทำหน้าที่

- เป็นทาง ผ่านของอสุจิ
- เป็นทางผ่านของลูกอ่อนขณะคลอด
- เป็นทางผ่านของปัสสาวะ
- เป็นตำแหน่งที่อยู่ของลึงค์ขณะผสมพันธุ์

12. อวัยวะเพศภายนอก (vulva) และ ครีตอริส (clitoris)

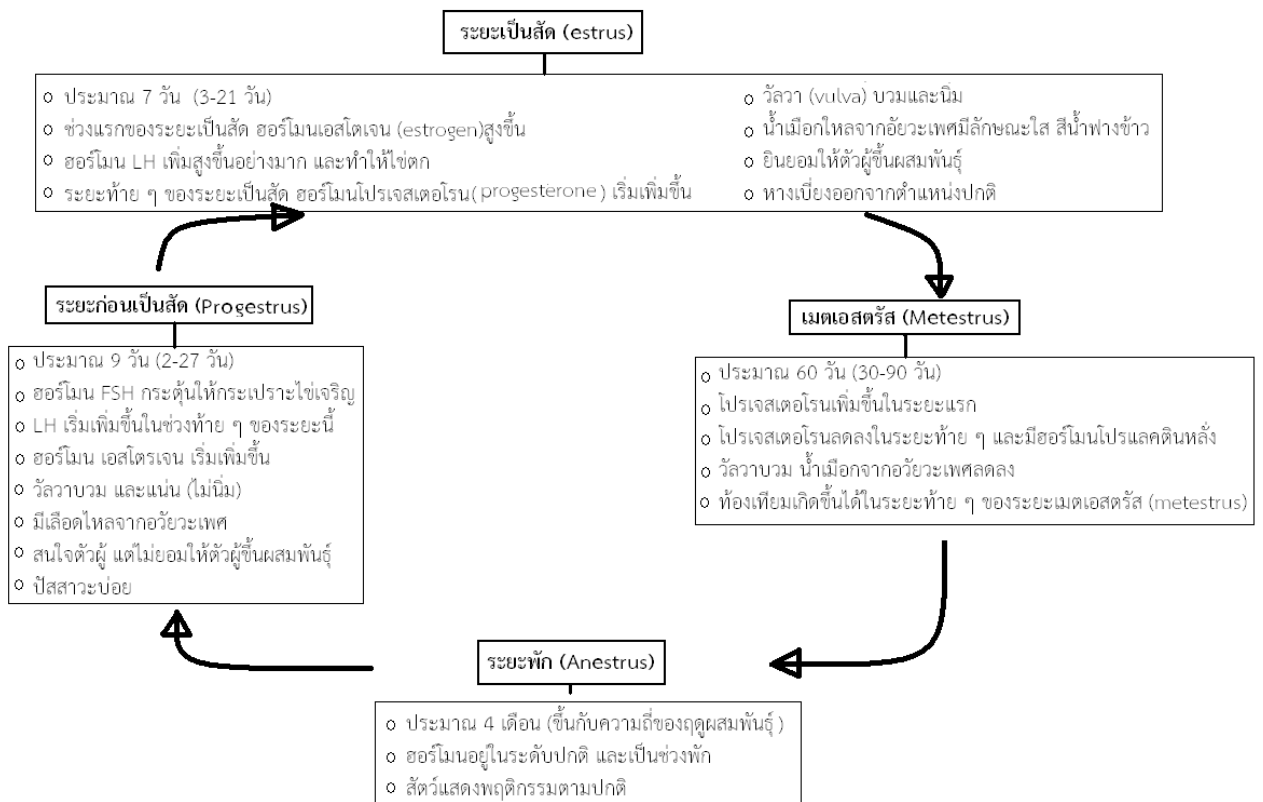
อวัยวะเพศภายนอก หรือ วัลวา คือส่วนปลายสุดของอวัยวะระบบสืบพันธุ์เพศเมีย วัลวา ประกอบด้วยแคมใหญ่ เรียก เลเบีย เมเจอร์รา (labia majora) และแคมเล็ก เรียก เลเบีย ไมเนอร์รา (labia minora) ในขณะเกิดการเป็นสัดอวัยวะเพศภายนอกจะมีการขยายใหญ่ มีการบวมและมีสีแดงเรื่อ ลักษณะดังกล่าวสังเกตได้ชัดในสุนักรที่เป็นสัด ด้านในของวัลวา มีตุ่มหรือติ่งเรียกว่า ครีตอริส (clitoris) ซึ่งมีปลายประสาทรับความรู้สึกจำนวนมาก ในสุนัขเพศเมียส่วนนี้อาจเป็นกระดูกชิ้นเล็ก ๆ เรียกว่า ออส ครีตอริดิส (os clitoridis) ซึ่งเทียบได้กับลึงค์ในสัตว์เพศผู้

13. วงรอบการเป็นสัด (estrus cycle)

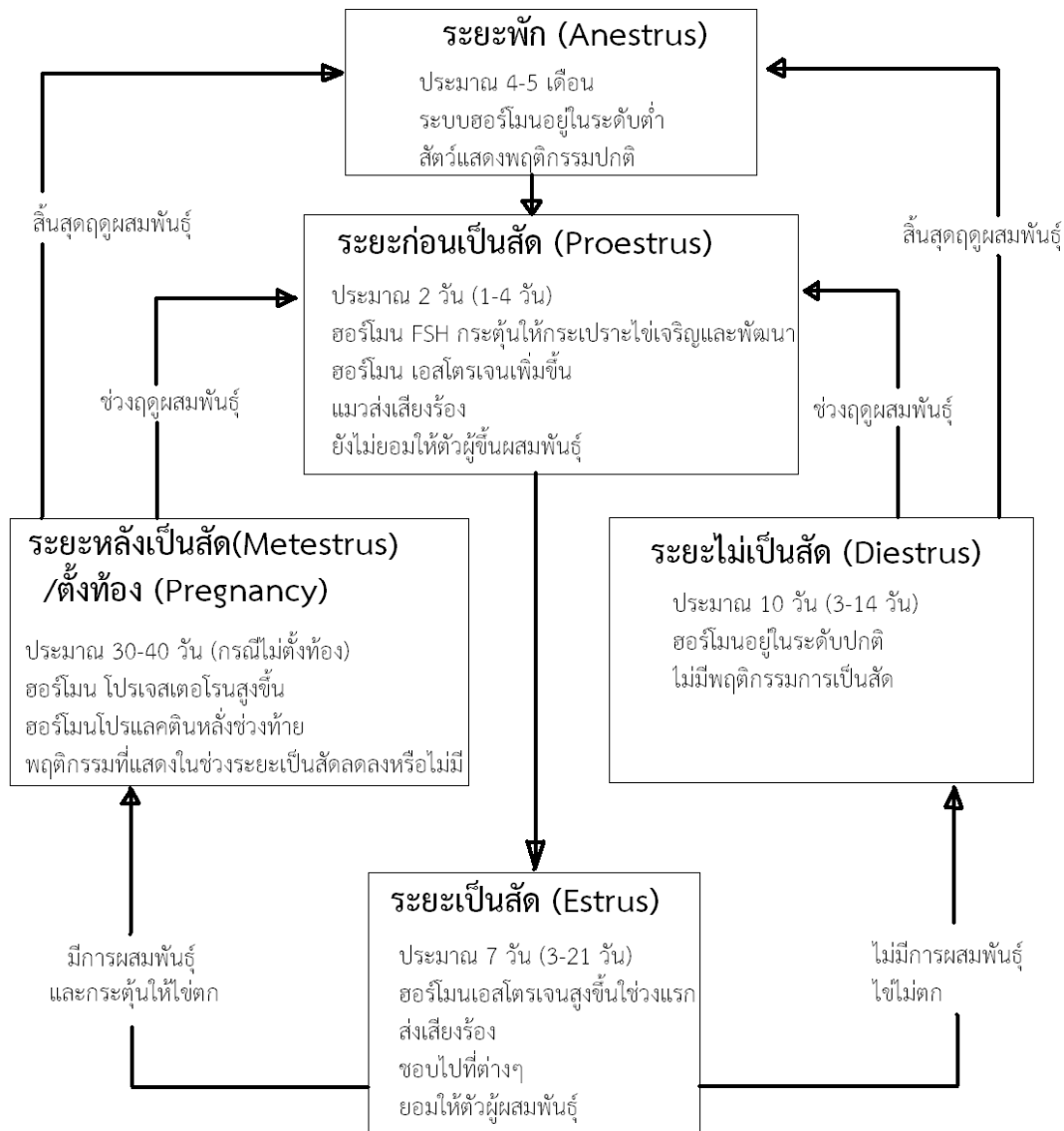
สุนัข เป็นสัตว์ที่มีวงรอบการเป็นสัดแบบเป็นสัดตามฤดูกาลและเป็นครั้งเดียว (seasonally monoestrus) (ภาพที่ 9.5) ส่วนใน ม้า แพะ และแกะ เป็นสัดตามฤดูกาลและเป็นสัดหลายครั้ง และโค สุนัข เป็นสัดหลายครั้งตลอดปี (nonseasonally polyestrus) ในรอบหนึ่งปี สุนัข มีฤดูผสมพันธุ์ ประมาณ 2 ครั้ง และแต่ละครั้งสุนัขเป็นสัดครั้งเดียว ฤดูผสมพันธุ์ขึ้นอยู่กับความยาวของช่วงแสงใน 1 วัน การได้รับการกระตุ้นจากแม่สุนัขด้วยกัน ในแมวมียวงรอบการเป็นสัดตามฤดูกาล และเป็นสัดหลายครั้ง (seasonally polyestrus) (ภาพที่ 9.9) แมวเป็นฤดูการเป็นสัดในแมวคือ ช่วงเดือน หนาวร้อน (ในต่างยุโรป เดือน กุมภาพันธ์ ถึงกันยายน) ซึ่งเป็นอิทธิพลของช่วงแสงในตอนกลางวัน วงรอบการเป็นสัดในสุนัข และแมว มี 4 ระยะ ดังนี้

- ระยะก่อนเป็นสัด เรียก โปรเอสตัส (proestrus) เป็นระยะที่ตัวเมียสนใจตัวผู้ แต่ยังไม่ยอมให้ตัวผู้เข้าผสมพันธุ์ ระยะนี้ วัลวา จะบวม และมีเลือดไหลออกจากอวัยวะเพศ
- ระยะเป็นสัด เรียกว่า เอสตัส (estrus) เป็นระยะที่ตัวเมียยินยอมให้ตัวผู้ผสมพันธุ์ได้ และเป็นช่วงที่ไข่ตก วุลวายังบวมอยู่และเริ่มอ่อนตัวลง และไม่มีเลือดไหลจากอวัยวะเพศ แต่จะมีน้ำเมือกมีลักษณะเหลืองเหมือนน้ำล้างฟางขาว ทั้งระยะ proestrus และระยะ estrus เป็นระยะที่ สุนัขมีพฤติกรรมติดสัด

- c. ระยะหลังเป็นสัด เรียก เมทเอสตัส (metestrus) สัตว์ไม่สนใจตัวผู้ และวัลวา ไม่บวมแล้วและไม่มีของเหลวหรือเมือกไหลจากอวัยวะเพศแล้ว เต้านมเริ่มพัฒนา และเป็นระยะที่ท้องเทียมในสุนัข
- d. ระยะพัก หรือระยะไม่เป็นสัด เรียก แอนเอสตัส (anestrus) คือระยะสัตว์ไม่แสดงอาการเป็นสัด และดำรงชีวิตตามปกติ



ภาพที่ 9.9 วงรอบการเป็นสัดในสุนัข
ที่มา: Bowden (2003)



ภาพที่ 9.10 วงรอบการเป็นสัดในแมว

ที่มา: Bowden (2003)

วงรอบการเป็นสัด (estrus cycle) ในปศุสัตว์ (โค สุกร) แบ่งออกเป็น 4 ระยะคือ

1. ระยะโปรเอสตรัส (proestrus) เป็นระยะก่อนการเป็นสัด ภายในรังไข่มีคอร์ปัสลูเตียมที่กำลังฝ่อตัว ระดับของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนจะลดลง และเริ่มมีการพัฒนาของกระเปาะไข่ (follicle) ใบใหม่ ฮอร์โมนเอสโตรเจนในเลือดเริ่มสูงขึ้น ส่วนต่าง ๆ ของระบบสืบพันธุ์เริ่มมีการตื่นตัว สัตว์เพศเมียเริ่มมองหาเพศผู้เพื่อการผสมพันธุ์
2. ระยะเอสตรัส (estrus) เป็นระยะที่ระบบสืบพันธุ์มีการตื่นตัวอย่างมาก เนื่องจากอิทธิพล

ของฮอร์โมนเอสโตรเจนที่เกิดขึ้นมากภายในกระเปาะไข่ สัตว์เพศเมียมีการแสดงพฤติกรรมการเป็นสัตว์เพศเมียเกิดขึ้น สัตว์เพศเมียจะยินยอมรับการผสมพันธุ์จากสัตว์เพศผู้ ระยะนี้ระดับของเอสโตรเจนในเลือดเพิ่มสูงขึ้นมาก

3. ระยะเมโทเอสตรัส (metestrus) เป็นระยะที่เอสโตรเจนในเลือดเริ่มลดลง เนื่องจากมีการตก

ไข่เกิดขึ้นและมีการสร้างคอร์ปัส ลูเตียม จากกระเปาะไข่ที่คงค้างอยู่บนรังไข่ ระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน เริ่มเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ ผนังเอ็นโดเมเทรียมเจริญพัฒนาเพื่อรองรับการฝังตัวของตัวอ่อน

4. ระยะไดเอสตรัส (diestrus) เป็นระยะที่คอร์ปัส ลูเตียมเจริญเติบโตมาก มีการหลั่งฮอร์โมน

โปรเจสเตอโรนเพิ่มมากขึ้น ต่อมาเมื่อเซลล์เยื่อในชั้นเยื่อเมือกของเอ็นโดเมเทรียมจะเจริญเพื่อมากขึ้น

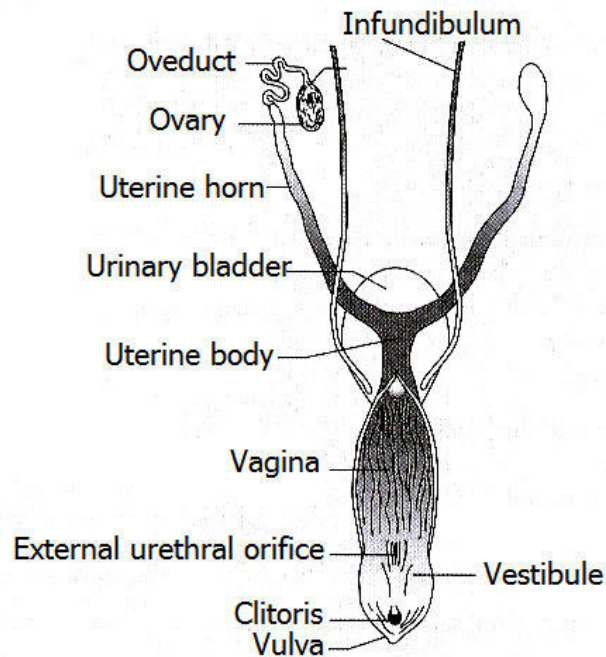
14. การตกไข่ (Ovulation)

การตกไข่ หมายถึง ขบวนการที่ไข่ในกระเปาะไข่ ที่เจริญเต็มที่ (graafian follicle) ถูกปลดปล่อยออกมาและลงสู่ท่อนำไข่ ในสุนัขและแมว ไข่เริ่มตกครั้งแรกในสัตว์อายุประมาณ 6 เดือน และหลังจากนั้นก็ตกไข่ตลอดอายุวัยเจริญพันธุ์ การตกไข่เกิดขึ้นในช่วงระยะเป็นสัด ซึ่งอาศัยฮอร์โมน LH (Luteinizing hormone) ที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก (surge) ในสุนัข การตกไข่จะเกิดขึ้นได้เองในระยะเป็นสัด แต่ในแมวจะต้องได้รับการกระตุ้นไข่จึงจะตก ปริมาณไข่ตกในแต่ละวงจรการเป็นสัดขึ้นกับชนิดสัตว์ ในสุนัขและแมว ไข่ตกประมาณ 5-12 ฟอง ซึ่งมาจากรังไข่ทั้งสองข้าง ในโค ม้า ไข่ตก 1 ฟอง ไข่ที่ตกจากรังไข่ สามารถมีชีวิตรอดในท่อระบบสืบพันธุ์ ได้ประมาณ 3-4 วัน ในสุนัข แต่ในโคประมาณ 1 วัน

วงจรการตกไข่ในสุนัข สามารถสรุปได้ดังนี้

1. กระเปาะไข่หรือฟอลลิเคิล (follicle) ที่ยังไม่เจริญเต็มที่ในรังไข่ เริ่มเจริญพัฒนาให้โตเต็มที่โดยอาศัยฮอร์โมน FSH (follicle stimulating hormone) และ LH (Luteinizing hormone)
2. ฟอลลิเคิลที่เจริญเต็มที่แล้ว ภายในมีของเหลว เคลื่อนที่ไปที่ขอบของรังไข่
3. ฟอลลิเคิลที่เจริญเต็มที่ไหลนูนออกจากขอบรังไข่ และฮอร์โมน LH ที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก กระตุ้นให้ฟอลลิเคิลแตกออก ทำให้ไข่ตกออกจากฟอลลิเคิล
4. ไข่ที่ตกออกจากฟอลลิเคิล ตกลงสู่ท่อนำไข่ ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เกิดปฏิสนธิระหว่างไข่กับอสุจิ ถ้ามีการผสมพันธุ์
5. ภายในฟอลลิเคิลมีเลือดออกเล็กน้อย และต่อมามีเซลล์เจริญแทรกเข้ามา ทำให้ฟอลลิเคิลแข็งขึ้น ซึ่งทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมน โปรเจสเตอโรน
6. ฟอลลิเคิลที่แข็งขึ้นนี้ เรียกว่า คอร์ปัสลูเตียม (corpus luteum) หรือเนื้อเยื่อเหลือง
7. คอร์ปัสลูเตียมยังคงอยู่ในรังไข่ ในสุนัข แมว ประมาณ 30 วัน เรียกช่วงระยะนี้ว่า ระยะ ลูเทียเฟส (luteal phase)

8. คอร์ปัสลูเทียมสลายทำให้ไม่สามารถผลิตฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนได้ ซึ่งเกิดขึ้นหลังไข่ตก ประมาณ 63-65 วัน
9. ในสุนัขตั้งท้องหรือไม่ก็ตาม จะเกิดวงจรเช่นนี้



ภาพที่ 9.11 แสดงอวัยวะในระบบสืบพันธุ์เพศเมียในสุนัข
ที่มา: Bowden (2003)

15. ข้อเท็จจริงและหน้าที่ของวิชาคัพพะวิทยา

วิชา คัพพะวิทยา หรือ เอ็มบริโอ (Embryology) เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาของไข่หลังปฏิสนธิจนกลายเป็นตัวอ่อนที่มีอวัยวะครบ (fetus) ในสุนัขระยะที่เป็น เอ็มบริโอ สิ้นสุดเมื่อไตรมาสแรกของการตั้งครรภ์ (20 วัน) การเจริญพัฒนาของเอ็มบริโอ เกิดขึ้นได้ในสภาพแวดล้อมที่จำเพาะมาก การเจริญขึ้นอยู่กับการที่ผ่านมาทางรก เท่านั้น การพัฒนาของตัวอ่อนมีหลายระยะ

16. การปฏิสนธิ (fertilization)

การปฏิสนธิในสุนัขเกิดขึ้นหลังจากไข่ตก 2-3 วัน อสุจิจะต้องผ่านทะลุชั้นที่หุ้มไข่ถึง 2 ชั้น (ชั้นโคโรนา เรดิเอตา(corona radiata) และ โซนา เพลลูซิดา (zona pellucida)) เมื่อเกิดการปฏิสนธิแล้ว จะปฏิกิริยาป้องกันไม่ให้อสุจิตัวอื่น ๆ เข้ามาปฏิสนธิกับไข่ได้อีก เรียกว่า fertilization reaction เมื่อเกิดปฏิสนธิ ไข่รวมกับอสุจิ เซลล์ที่ได้เรียกว่า ไซโกท (zygote) หรือ คอนเซปตัส (conceptus)

17. การพัฒนาของไซโกท (zygote) ซึ่งเป็นเซลล์ที่เกิดจากการปฏิสนธิแล้ว

ไซโกท เคลื่อนที่ลงสู่มดลูก โดยอาศัยการบีบตัวของนำไข่ แบบ เพอริสทอลซิส (peristalsis)

ไซโกท เกิดการแบ่งเซลล์ แบบไมโทซิส เพิ่มจำนวนแต่ไม่เพิ่มขนาด หมายความว่า ไซโกท ขนาดเท่าเดิมแต่ภายในมีเซลล์เพิ่มขึ้น เรียกไซโกท ว่า โมรูลา (morula) เซลล์ในไซโกทเพิ่มขึ้นถึง 64 เซลล์ เรียกไซโกท นั้นว่า โมรูลา (morula) ประมาณวันที่ 7 เซลล์ในไซโกท รวมตัวกันที่ขอบของไซโกทด้านใดด้านหนึ่ง ทำให้เกิดเป็นช่องว่างภายในไซโกท เรียกไซโกท ระยะนี้ว่า บลาสโตซิสต์ (blastocyst) เรียกกลุ่มเซลล์ ว่า inner cell mass เรียกเซลล์เรียงกันรอบขอบช่องว่างว่าโทรโฟบลาส (trophoblast)

18. เนื้อเยื่อสามชั้นและการฝังตัวของตัวอ่อน

เนื้อเยื่อสามชั้นเริ่มพัฒนาใน บลาสโตซิสต์ ซึ่งเนื้อเยื่อสามชั้นนี้จะพัฒนาเป็นอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย เนื้อเยื่อสามชั้นได้แก่

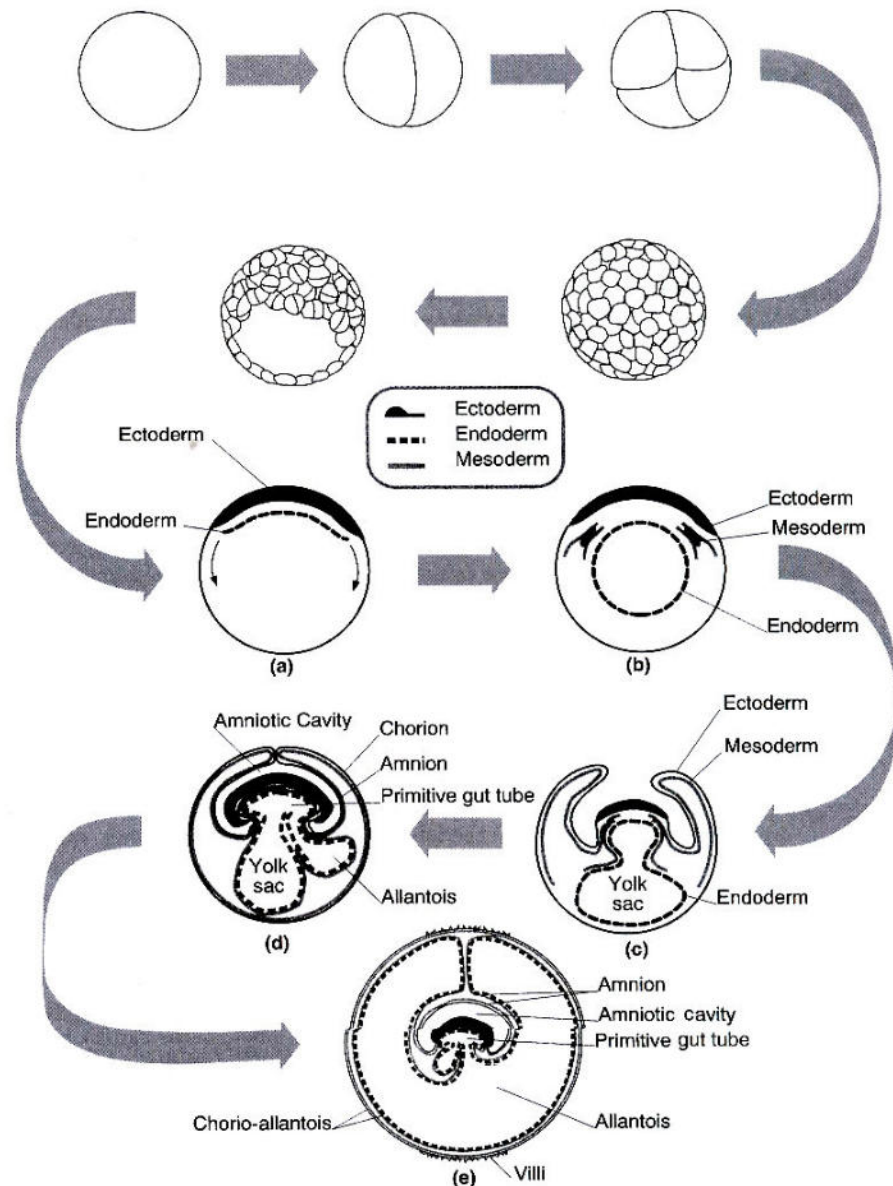
- เนื้อเยื่อชั้นนอก เรียกว่า เอกโตเดิร์ม (Ectoderm) ซึ่งจะพัฒนาเป็นผิวหนังและระบบประสาท
- เนื้อเยื่อชั้นกลาง เรียกว่า มีโซเดิร์ม (Mesoderm) ซึ่งจะพัฒนาเป็นกล้ามเนื้อ กระดูก และอวัยวะภายในบางอัน
- เนื้อเยื่อชั้นใน เรียกว่า เอ็นโดเดิร์ม (Endoderm) ซึ่งจะพัฒนาเป็นระบบย่อยอาหาร และอวัยวะภายในบางอัน

เนื้อเยื่อชั้นในมีการสร้างช่องว่างภายในเรียกว่า ถุงไข่แดง หรือ โยคแซค (Yolk sac) ในระยะนี้เมื่อถึงมดลูก บลาสโตซิสต์ยังมีขนาดเล็กมาก คือขนาดยาวประมาณ 0.5 ถึง 1 มิลลิเมตร ในสัปดาห์และแนว บลาสโตซิสต์จะกระจายไปตามปีกมดลูก และฝังตัว การฝังตัวเกิดขึ้นหลังจากปฏิสนธิ ในวันที่ 14-20 ในสัปดาห์ และ 11-16 ในแนว การพัฒนาตัวอ่อนในช่วงแรก เรียกตัวอ่อนว่า เอ็มบริโอ (Embryo) และเมื่อพัฒนาไปจนตัวอ่อนมีอวัยวะครบ (ประมาณ สัปดาห์ที่ 5 ในสัปดาห์) เรียกตัวอ่อนหลังจากนี้ไปว่า ฟีตัส (fetus)

18. เยื่อหุ้มตัวอ่อน

เยื่อหุ้มตัวอ่อนทำหน้าที่ปกป้องตัวอ่อน ประกอบด้วย เยื่อหุ้มดังนี้

- 1) ถุงไข่แดง (yolk sac)
- 2) แอมเนียน (amnion)
- 3) แอแลนโตอิส (allantois)
- 4) โคเรียน (chorion)



ภาพที่ 9.12 แผนภาพแสดงการพัฒนาของตัวอ่อนสุนัขตั้งแต่เริ่มปฏิสนธิ เซลล์แบ่งตัวเพิ่มจำนวนแต่ไม่เพิ่มขนาดทำให้มีลักษณะเหมือนเซลล์บรรจุอยู่ในลูกบอล (a) เริ่มเกิดขึ้นของ เซลล์เนื้อเยื่อตัวอ่อนชั้นใน (endoderm) ซึ่งจะแผ่ขยายเป็นเส้นไปตามขอบเซลล์ โทรโฟบลาสต์ (b) เนื้อเยื่อ ชั้นเอ็นโดเดอรัม (endoderm) เริ่มสร้างถุงไข่แดง (yolk sac) (c) กลุ่มของ inner cell mass เริ่มสร้างเป็นเนื้อเยื่อตัวอ่อนชั้นกลาง (mesoderm) (d) ถุงของ แอลแลนโตอิส (allantois) ถูกสร้างขึ้นจาก ท่อทางเดินอาหาร (primitive gut tube) และถุงไข่แดงเริ่มเล็กลง (e) เริ่มพัฒนาเป็นตัวอ่อน ผนังเนื้อเยื่อด้านนอก (chorio-allantois) เริ่มมีวิลโล (villi) เป็นแนวล้อมรอบถุงหุ้มตัวอ่อน ซึ่ง คือส่วนที่จะฝังตัว หรือเชื่อมกับมดลูก หรือรก (placenta) นั่นเอง

ที่มา: Bowden (2003)

ถุงที่พัฒนาข้างถุงไข่แดง เรียกว่า แอนแลนโตอิส (allantois) ทำหน้าที่เก็บปัสสาวะของตัวอ่อน ที่ส่งมาตามท่อ ยูราคัส (urachus) ในสายสะดือ

เซลล์ โทรโฟบลาส (trophoblast) พัฒนาเป็นเยื่อหุ้มสองชั้นล้อมรอบตัวอ่อน ถุงไข่แดง และถุงแอนแลนโตอิส

1) เยื่อหุ้มด้านในเรียกว่า แอมเนียน (amnion)

2) เยื่อหุ้มด้านนอกเรียกว่า โคเรียน (chorion)

เมื่อตัวอ่อนเจริญพัฒนาขึ้น ถุงไข่แดงจะหดเล็กลง ในขณะที่ถุงแอนแลนโตอิสจะขยายใหญ่ขึ้น ทำให้เยื่อหุ้มถุงขยายติดกับเยื่อหุ้ม แอมเนียนกับโคเรียน (ภาพที่ 9.8) เยื่อหุ้มถุงแอนแลนโตอิสกับแอมเนียน เชื่อมติดกัน เกิดเป็นเยื่อบาง เรียกว่า แอนแลนโตแอมเนียน (allanto-amnion) ซึ่งจะถูกแม่สุนัขทำให้ขาดหลังจากคลอด เยื่อหุ้มแอนแลนโตอิสกับโคเรียนเชื่อมติดกันเช่นกัน เรียกว่า โคริโอแอนแลนโตอิส (Chorio-allantois) ซึ่งเป็นถุงน้ำขนาดใหญ่ ซึ่งจะแตกขณะคลอด

19. รก (Placenta)

คือส่วนของเนื้อเยื่อด้านนอกของตัวอ่อนที่เชื่อมต่อกับผนังมดลูกของแม่ รกได้รับออกซิเจนและอาหารจากแม่ และลูกขับของเสียสู่รก ทางสายสะดือ หรือ อัมบิลิคอล คอร์ด (umbilical cord) ในสุนัข และแมว รกเป็นชนิดที่เรียกว่า โซนารี (Zonary) คือรกมีลักษณะเป็นแถบล้อมรอบถุงตัวอ่อน ที่รก มีวิลโล (villi) เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสในการเชื่อมต่อกับมดลูก บริเวณขอบของรก สุนัขและแมว จะมีเลือดออก เรียกว่า มาจินอล ฮีมาโตแมส (marginal hematoma) ซึ่งเป็นแหล่งของแร่ธาตุหลักสำหรับตัวอ่อน มาจินอล ฮีมาโตแมส นี้ทำให้ในช่วงคลอดของเหลวที่ขับออกทางช่องคลอดมีสีชมพูในสุนัข และมีสีน้ำตาลในแมว

20. ระบบไหลเวียนเลือดในตัวอ่อน

ตัวอ่อนในครรภ์ มีระบบไหลเวียนเลือดของตัวเอง แยกจากแม่ชัดเจน (ไม่ได้ใช้ร่วมกับแม่) ระบบไหลเวียนเลือดของตัวอ่อนขณะอยู่ในครรภ์ ต่างกับระบบไหลเวียนเลือดหลังเกิด เส้นเลือดดำในสายสะดือ อัมบิลิคอล เวน (umbilical vein) ทำหน้าที่นำเลือดจากรกสู่ลูก เส้นเลือดแดงในสายสะดือ อัมบิลิคอล อาร์เทอรี (umbilical artery) 2 เส้น ทำหน้าที่นำเลือด จากลูกสู่รก ในสัตว์ที่โตเต็มวัย เส้นเลือดดำ อัมบิลิคอล เวน ยังคงหลงเหลืออยู่ มีไขมันภายใน เป็นเอ็นยึดติดกับกระบังลม เรียกว่า ฟาลซิฟอร์ม ลิกกาเมนต์ (falciiform ligament) อาหารจะถูกเปลี่ยนแปลงโดยขบวนการเมตาโบลิซึม ที่ตับของแม่ และส่งให้ลูกทางเส้นเลือดดำอัมบิลิคอล เวน ปอดของลูกในครรภ์ยังไม่ทำงาน ลูกสัตว์ได้รับ ออกซิเจนจากแม่ ทางเส้นเลือด อัมบิลิคอล เวน เนื่องจากปอดลูกในครรภ์ยังไม่ทำงาน ระบบไหลเวียนเลือดในปอดลูกจึงยังไม่มี ผนังกันห้องหัวใจมีรูเปิดเชื่อมกัน เรียก ฟอราเมน โอวัลเล (foramen ovale) และเส้นเลือดแดงใหญ่ เอออร์ตา (aorta) และเส้นเลือดแดงเข้าปอด พัลโมนารี อาร์เทอรี เชื่อมติดกันโดยท่อที่เรียกว่า ดักตัส อาร์เทอรีโอซัส (ductus arteriosus) ซึ่งท่อนี้จะปิดทันทีหลังเกิด

พัฒนาของตัวอ่อน และขนาดตัวอ่อนช่วงอายุ ต่าง ๆ

1. โดยปกติแล้วน้ำหนักของแม่สุนัขอุ้มท้องจะเพิ่มขึ้นประมาณหนึ่งในสามของน้ำหนักเดิมตลอดการตั้งครรภ์ และน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นมากในช่วง ไตรมาสสุดท้ายของการตั้งท้อง (ประมาณ 20 วันสุดท้ายก่อนคลอด)
2. ลูกอ่อนในครรภ์ในครอกเดียวกัน น้ำหนักอาจแตกต่างกันได้
3. ลูกสุนัขที่มาจากขนาดครอกเล็ก (จำนวนลูกต่อครอกน้อย)จะมีน้ำหนักมาก ในขณะที่ลูกสุนัขที่มาจากขนาดครอกใหญ่ (จำนวนลูกต่อครอกมาก)จะมีน้ำหนักน้อย

การพัฒนาของลูกในครรภ์

ตารางที่ 9.1 การพัฒนาของลูกอ่อนในครรภ์สุนัข

อายุของลูกอ่อนในครรภ์	โครงสร้างหรืออวัยวะที่มองเห็นได้	ขนาดความยาวของลูก (crown-rump length)
3 สัปดาห์	รูปร่างเหมือนพระจันทร์ครึ่งเสี้ยว	5 มิลลิเมตร
4 สัปดาห์	หัว และขามีลักษณะเป็นตุ่มเล็ก ๆ เริ่มมีการสร้างกระดูกกะโหลก และขากรรไกร	17 มิลลิเมตร
5 สัปดาห์	หนังตา และใบหู	35 มิลลิเมตร
6 สัปดาห์	อวัยวะเพศภายนอก และเล็บ	60 มิลลิเมตร
7 สัปดาห์	มีขน และสีผิว กระดูกสันหลังสร้างเสร็จสมบูรณ์	100 มิลลิเมตร
8 สัปดาห์	พินน้ำนม และอุ้งเท้า	150 มิลลิเมตร

แบบฝึกหัดท้ายบท

แบบฝึกหัดที่ 9.1 จงเลือกคำตอบที่ให้มาที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. เอ็นหรือพังผืดที่ช่วยดึงอัณฑะที่อยู่ในช่องท้องช่วงเป็นตัวอ่อนลงสู่ถุงหุ้มอัณฑะ คือข้อใด
 - a. Cremaster muscle
 - b. Gubernaculum
 - c. Pampiniform plexus
 - d. Corpus cavernosum
2. ในสุนัข อัณฑะจากช่องท้องลงสู่ถุงหุ้มอัณฑะเมื่อสัตว์อายุเท่าใด
 - a. แรกเกิด
 - b. 5-10 วัน
 - c. 30-40 วัน
 - d. 6 เดือน

3. เซลล์ที่ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนเทสโตสเตโรน (testosterone) คือเซลล์ใด
 - a. Leydig cells หรือ interstitial cells
 - b. Germ cells
 - c. Sertoli cells
 - d. เซลล์ของต่อมลูกหมาก
4. โครงสร้างใดต่อไปนี้ไม่อยู่ในสเปิร์มาติก คอร์ด (spermatic cord)
 - a. Deferent duct
 - b. Testicular artery
 - c. Urethra
 - d. Lymphatic vessel
5. อสุจิที่สร้างจากท่อสร้างอสุจิถูกเก็บไว้ที่ใด
 - a. Seminiferous tubules
 - b. Epididymis
 - c. Deferent duct
 - d. Penis
6. ต่อมลูกหมากทำหน้าที่ผลิตสารใด
 - a. Seminal fluid
 - b. Sperm
 - c. Mucous
 - d. Muscle fiber
7. สภาวะที่อัณฑะทั้ง สองข้างของสัตว์อยู่ในช่องท้อง โดยไม่ลงสู่ถุงหุ้มอัณฑะ เรียกว่าอะไร
 - a. Bilaterally anorchid
 - b. Unilaterally monorchid
 - c. Bilaterally cryptochid
 - d. Unilaterally anorchid
8. สภาวะที่ลิ้งค์ไพล์พื้นหนังหุ้มลิ้งค์ตลอดเวลาโดยไม่กลับ เรียกว่า อะไร
 - a. Prostatitis
 - b. Dysuria
 - c. Tenesmus
 - d. Paraphimosis

แบบฝึกหัดที่ 9.2 จงเลือกคำตอบที่ให้มาที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. เยื่อยึดอวัยวะในระบบสืบพันธุ์ mesovarium mesosalpinx และ mesometrium
 - a. Broad ligament
 - b. Greater omentum
 - c. Round ligament
 - d. Lesser omentum
2. หน้าที่ของ fimbriae ของท่อนำไข่คือข้อใด
 - a. ทำให้ไข่ตก
 - b. เป็นตำแหน่งที่ สperm ปล่อยน้ำเชื้อ
 - c. จับกับไข่ที่ตกจากรังไข่เพื่อเข้าสู่ท่อนำไข่
 - d. ทำให้เป็นสัด
3. การปฏิสนธิระหว่างไข่ และอสุจิ เกิดขึ้นที่ใด
 - a. รังไข่
 - b. ท่อนำไข่
 - c. มดลูก
 - d. ช่องคลอด
4. round ligament ยึดส่วนใดกับส่วนใด
 - a. รังไข่ และท่อนำไข่
 - b. ท่อนำไข่ และมดลูก
 - c. มดลูกและวงแหวนขาหนีบ (inguinal ring)
 - d. ช่องคลอดและวงแหวนขาหนีบ (inguinal ring)
5. เนื้อเยื่อบุผิวของผนังมดลูกเรียกว่าอะไร
 - a. Mesometrium
 - b. Pyometrium
 - c. Myometrium
 - d. Endometrium
6. ปากมดลูกจะเปิดเมื่อไร
 - a. คลอดลูก
 - b. ผสมพันธุ์
 - c. เป็นสัด
 - d. ถูกทุกข้อ

7. โครรงใดในสัตว์เพศเมียเทียบได้กับลิงค์ของตัวผู้
 - a. ช่องคลอด
 - b. คลิตอริส
 - c. วัลวา
 - d. มดลูก
8. บริเวณใดที่เป็นส่วนที่อวัยวะสืบพันธุ์ผ่าน
 - a. รังไข่ ท่อนำไข่ มดลูก และปากมดลูก
 - b. มดลูก ปากมดลูก และปากช่องคลอด
 - c. ช่องคลอดและปากช่องคลอด
 - d. ปากช่องคลอด
9. ท่อปัสสาวะในเพศเมียเปิดที่บริเวณใด
 - a. รอยต่อระหว่างช่องคลอดและปากช่องคลอด
 - b. รอยต่อระหว่างปากมดลูกกับช่องคลอด
 - c. รอยต่อระหว่างปากช่องคลอดกับอวัยวะเพศภายนอก
 - d. รอยต่อระหว่างอวัยวะเพศภายนอกกับรูเปิดทวารหนัก
10. ระยะใดของวงจรการเป็นสัดในสุนัข ที่เรียกว่า “สุนัขติดสัด”
 - a. Proestrus และ Estrus
 - b. Estrus และ metestrus
 - c. Metestrus และ Anestrus
 - d. Anestrus และ Proestrus
11. น้ำเมือกที่ไหลจากช่องคลอดมีลักษณะสีน้ำตาลขาว เกิดขึ้นในช่วงใดของการเป็นสัดในสุนัข
 - a. Proestrus
 - b. Estrus
 - c. Metestrus
 - d. Anestrus
12. ท้องเทียมในสุนัข เกิดขึ้นช่วงใดของวงจรการเป็นสัด
 - a. Proestrus
 - b. Estrus
 - c. Metestrus
 - d. Anestrus

13. กระเปาะไข่ หรือ ฟอลลิเคิล (follicle) ที่โตเต็มที่แล้วเรียกว่าอะไร

- a. Oocyste
- b. Graafian follicle
- c. Oocyte
- d. Golgi follicle

14. การเหนี่ยวนำให้เกิดไข่ตกในแมวจะเกิดขึ้นเมื่อ

- a. เกิดขึ้นได้เอง
- b. เมื่อได้รับกาผสมพันธุ์เท่านั้น
- c. เมื่อใช้ยาเหนี่ยวนำเท่านั้น
- d. เกิดขึ้นได้น้อยในแมว

15. Seasonal polyestrus หมายความว่าอย่างไร

- a. ในฤดูการผสมพันธุ์สัตว์เป็นสัตว์หลายรอบ
- b. ในช่วงการเป็นสัตว์แต่ละครั้งไข่ตกหลายฟอง
- c. สัตว์ต้องได้รับการผสมพันธุ์ไข่จึงตก
- d. ในฤดูการผสมพันธุ์สัตว์แสดงอาการเปิดสัดที่ผิดปกติหลายครั้ง

แบบฝึกหัดที่ 9.3 จงเลือกคำตอบที่ให้มาที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. การปฏิสนธิเกิดขึ้นที่ตำแหน่งใด

- a. มดลูก
- b. ช่องคลอด
- c. ท่อนำไข่
- d. อวัยวะเพศภายนอก

2. การปฏิสนธิในสุนัขเกิดขึ้นเมื่อใด

- a. ทันทีหลังไข่ตก
- b. 2-3 วันหลังจากไข่ตก
- c. 7 วันหลังไข่ตก
- d. 14-16 วัน หลังไข่ตก

3. เมื่อมีการแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนในไซโกท (zygote) เรียก ไซโกทที่มีเซลล์จำนวนมาก ว่าอะไร

- a. Conceptus
- b. Morula
- c. Trophoblast
- d. Oocyte

4. ในแมว ตัวอ่อนจะเกิดการฝังตัวในมดลูกเมื่อใด
 - a. 11-16 วันหลังการปฏิสนธิ
 - b. 14-20 วันหลังการปฏิสนธิ
 - c. 11-16 วันหลังการปฏิสนธิ
 - d. 14-20 วันหลังการปฏิสนธิ
5. เมื่อมีการฝังตัวของตัวอ่อนแล้ว ตัวอ่อนเริ่มพัฒนา เรียกตัวอ่อนว่า อะไร
 - a. Blastocyst
 - b. Embryo
 - c. Fetus
 - d. Neonate
6. ระบบกล้ามเนื้อและโครงร่าง(กระดูก) (musculaskeletal) พัฒนามาจากเนื้อเยื่อส่วนใดของลูกอ่อนในครรภ์
 - a. Chorion
 - b. Endoderm
 - c. Mesoderm
 - d. Allantois
7. เยื่อบาง ซึ่งจะถูกแม่สุนัขทำให้ขาดหลังจากคลอดเรียกว่า อะไร
 - a. Marginal haematoma
 - b. Yolk sac
 - c. Chorion-allantois
 - d. Allanto-amnion
8. รก ในสุนัข และแมว เป็นแบบใด
 - a. Diffuse
 - b. Zonary
 - c. Cotyledonary
 - d. Discoid
9. กระดูกสันหลังสร้างเสร็จสมบูรณ์เมื่อลูกสุนัขในท้องอายุกี่วัน
 - a. 28
 - b. 35
 - c. 32
 - d. 49
10. สุนัขและแมวปกติจะคลอดเมื่ออุ้มท้องได้กี่วัน
 - a. 53
 - b. 63
 - c. 73
 - d. 83

วิธีสอนและ กิจกรรม	บรรยาย ประกอบภาพสไลด์ ใช้หุ่นจำลองสัตว์ เช่น สุกร โค และฉาย VCD แสดง อาการโคนมเป็นสัด และชักถาม	
สื่อการสอน	หนังสืออ้างอิง	รายการเอกสารประกอบการสอนหมายเลข 1, 2, 4, 6, 7, 8, และ 11
	เอกสาร ประกอบ	เอกสารประกอบการสอน บทที่ 9
	วัสดุโสตทัศน	คอมพิวเตอร์, เครื่องฉาย LCD,
		VCD แสดงอาการโคนมเป็นสัด
งานที่ มอบหมาย	ให้นักศึกษาอ่านเอกสารประกอบการสอน บทที่ 9 ทบทวน และทำแบบฝึกหัด ท้ายบท	
การวัดผล	1. ตอบคำถามท้ายบท ตอบคำถามจากหุ่นจำลองสัตว์ และจากการดู VCD	
	2. สังเกตพฤติกรรมในการเรียน	
	4. งานมอบหมาย	
	3. สอบกลางภาค	
หมายเหตุ :		

บทที่ 10

อวัยวะรับรู้ความรู้สึกพิเศษ

วัตถุประสงค์

เมื่อนักศึกษาเรียนบทนี้จบแล้วนักศึกษาสามารถ

1. บอกหน้าที่ และอธิบายโครงสร้างของหูชั้นนอก หูชั้นกลาง และหูชั้นในได้
2. อธิบายการรับเสียงของหูได้
3. อธิบายโครงสร้าง และหน้าที่ของลิ้นได้
4. อธิบายโครงสร้างเซลล์รับกลิ่น และบอกโครงสร้างที่เกี่ยวกับการมกลิ่นทางปากของสุนัขได้
5. อธิบายหน้าที่และความสำคัญของตาได้
6. อธิบายโครงสร้างทางกายวิภาคของลูกตาได้
7. อธิบายโครงสร้าง และหน้าที่ของโครงสร้างรอบตาได้

เนื้อหา

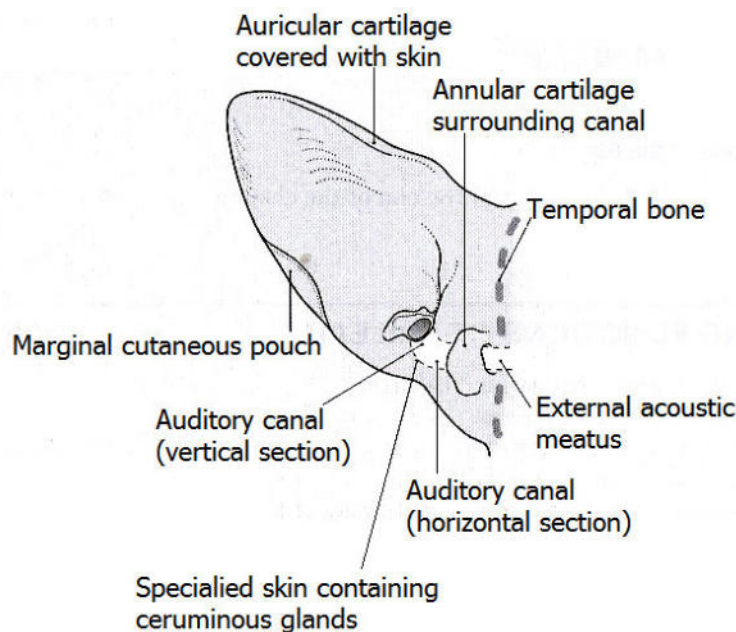
1. ข้อเท็จจริงและหน้าที่ของหู
2. หูชั้นนอก (external ear)
3. หูชั้นกลาง (middle ear)
4. หูชั้นใน (inner ear)
5. หน้าที่ของหู
6. ข้อเท็จจริงและหน้าที่ของลิ้น
7. เนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ยกนูนสูงจากลิ้น เรียกว่า พาพิลเล (papillae)
8. การรับรส
9. การรับกลิ่น
10. ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับตา
11. โครงสร้างและหน้าที่ของตา
12. โครงสร้างรอบตา

ข้อเท็จจริงและหน้าที่ของหู

- 1) หูคืออวัยวะที่ทำหน้าที่รับเสียง และการทรงตัว
- 2) คำศัพท์เทคนิค aural มีความหมายที่สัมพันธ์กับหู
- 3) คำศัพท์เทคนิคที่ ขึ้นต้น ot- มีความหมายเกี่ยวข้องกับ หู
- 4) ศัพท์เทคนิคที่ ขึ้นต้น audi- มีความหมายเกี่ยวข้องกับ การได้ยิน
- 5) สุนัขเริ่มได้ยินเสียงเมื่อ อายุประมาณ 14 วัน

1. หูชั้นนอก (external ear)

หูชั้นนอก (external ear) ประกอบด้วย ใบหู (pinna) ช่องหูชั้นนอก (auditory canal) ซึ่งประกอบด้วย ช่องหูแนวตั้ง (vertical) และช่องหูแนวนอน (horizontal) (ภาพที่ 10.1) ใบหูมีลักษณะแบน ประกอบด้วยกระดูกอ่อน (auricular cartilage) ปกคลุมด้วยผิวหนังทั้งสองด้าน รูปร่างใบหูในสุนัขแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกัน ในแมว ใบหูค่อนข้างมีลักษณะเหมือนกันคือรูปสามเหลี่ยมตั้งปลายชี้ไปทางด้านหน้า ผิวด้านนอกของใบหูของสุนัข ปกติจะปกคลุมด้วยขน แต่ผิวใบหูด้านในมีขนหรือไม่ขึ้นกับสายพันธุ์ ใบหูของสุนัขและแมวมีลักษณะเป็นแอ่งด้านข้างของขอบใบหูทางด้านหลัง เรียกว่า marginal cutaneous pouch มีกล้ามเนื้อหลายมัดที่ติดกับกระดูกอ่อนใบหู ทำให้ใบหูตั้งและกระดิก ได้ เพื่อจับสัญญาณเสียง และทิศทางเสียง สัญญาณเสียงเข้าสู่ช่องหู ซึ่งเป็นช่องที่มีกระดูกอ่อนลักษณะเป็นวงเรียกว่า annular cartilage ผิวหนังที่ปกคลุมช่องหู มีต่อมไขมันใต้ผิวหนัง เรียกว่า ceruminous glands ซึ่งทำหน้าที่สร้างไขมัน หรือขี้หู (earwax) ช่องหูแนวนอนต่อกับช่องหูแนวตั้ง ผ่านเข้าสู่กระดูกกะโหลก temporal bone จนไปสุดที่เยื่อแก้วหู (tempanic membrane)



ภาพที่ 10.1 โครงสร้างใบสุนัข

ที่มา: Bowden (2003)

2. หูชั้นกลาง (the middle ear)

หูชั้นกลางแยกจากช่องหูชั้นนอกด้วย เยื่อแก้วหู (tympanic membrane หรือ ear drum) ซึ่งเป็นเยื่อบางประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และเนื้อเยื่อบุผิวชนิด stratified squamous epithelium หูชั้นกลางก็คือ โพรงด้านนอกของกระดูกเทมพอร์ล ของกระดูกกะโหลก ภายในช่องหูชั้นกลางประกอบด้วยโครงสร้าง 2 คือ กระดูกออสซิเคิล (ossicles) และรูเปิดของท่อ ยูสเทเชียน (Eustachian tube) กระดูก ossicles มี 3 ชิ้นคือ

- a. กระดูกค้อน (malleus)
- b. กระดูกทั่ง (incus)
- c. กระดูกโกลน (stapes)

กระดูก malleus ต่อเชื่อมกับเยื่อแก้วหู ส่วน stapes ต่อเชื่อมอยู่กับหน้าต่างรูปไข่หรือ oval window ซึ่งเป็นเยื่อบาง ๆ ที่กั้นแยกหูชั้นกลางกับหูชั้นใน ส่วนกระดูก incus อยู่ตรงกลางระหว่างกระดูก malleus และ stapes กระดูกทั้ง สามชนิดนี้ทำหน้าที่ถ่ายทอดการสั่นสะเทือนของคลื่นเสียงจากเยื่อแก้วหูไปยังของเหลวที่อยู่ในหูชั้นใน

ท่อ ยูสเทเชียน (Eustachian tube) คือท่อที่ต่อเชื่อมระหว่างหูชั้นกลางกับจมูกร่วมคอหอย (nasopharynx) ท่อนี้ทำหน้าที่ปรับสมดุลของความดันอากาศในหูทั้งสองข้างให้เท่ากัน

เยื่อบางอีกอันหนึ่งที่อยู่ที่เยื่อบางหน้าต่างรูปไข่ เรียกเยื่อบางหน้าต่างกลม (round window)

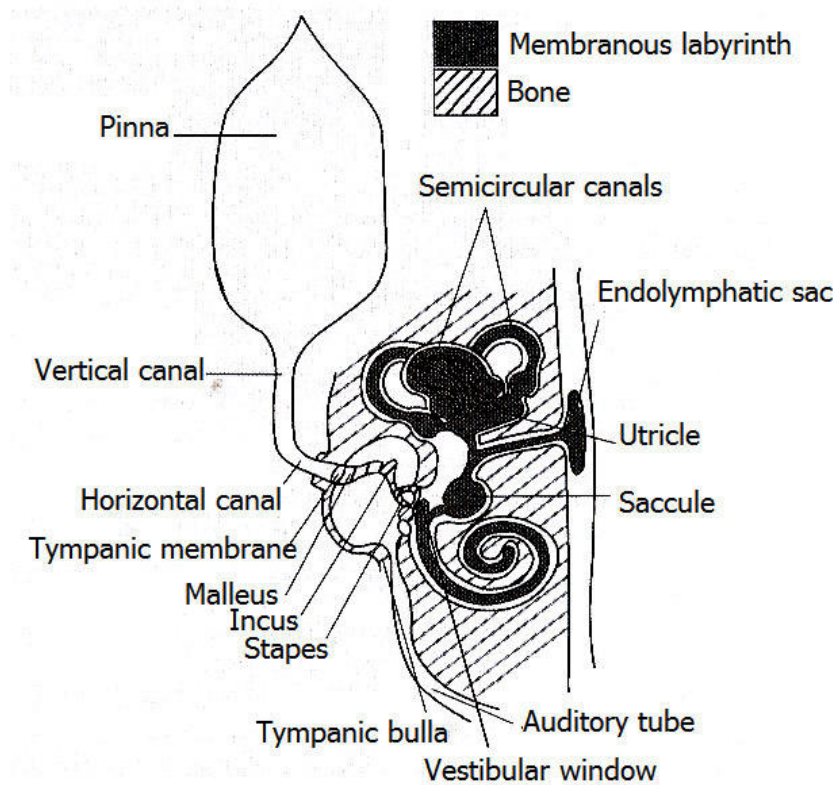
3. หูชั้นใน (Inner ear)

หูชั้นใน คือโพรงด้านในของกระดูกเทมพอร์ล เป็นโพรงกระดูกที่สลับซับซ้อน ภายในโพรงมีของเหลว และมีเยื่อบางมีลักษณะเป็นถุง หรือท่อ มีโครงสร้างที่ซับซ้อนอยู่ในโพรงกระดูกนั้น และภายในถุงก็มีของเหลวบรรจุอยู่ เรียกโพรงด้านในของกระดูกเทมพอร์ล ว่า bony labyrinth และเรียกของเหลวที่อยู่ในโพรงกระดูกว่า perilymp เรียกเยื่อบางที่เป็นท่อซับซ้อนใน bony labyrinth ว่า membranous labyrinth และเรียกของเหลวที่อยู่ใน membranous labyrinth ว่า endolymph ภายใน membranous labyrinth มีโครงสร้างที่ทำหน้าที่รับเสียงและการทรงตัว membranous labyrinth เป็นถุง หรือท่อเยื่อบางที่มีรูปร่างซับซ้อน และต่อเชื่อมถึงกันถุงหรือท่อแต่ละอันมีชื่อเรียก ได้แก่ ท่อ semicircular canals มี 3 ท่อ ทั้งสามท่อเปิดเชื่อมสู่ถุงที่เรียกว่า utricle และ ถุง utricle เชื่อมต่อกับถุง saccule (ท่อ utricle และ saccule รวมเรียกว่า vestibule) และ ถุง saccule ต่อกับท่อที่มีลักษณะโค้งวนคล้ายหอยโข่ง เรียกว่า ท่อ cochlea ที่ปลายท่อของ cochlea มีโครงสร้างที่ทำหน้าที่ รับเสียง คือ organ of Corti ซึ่งมีเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 มาต่อเชื่อมอยู่ ส่วนของท่อ semicircular canals ที่ป่องออก เรียกว่า ampulla ภายในมีเซลล์ขน เรียกว่า crista ทำหน้าที่เกี่ยวกับการทรงตัว ส่วนที่รับรู้ความรู้สึก ใน vestibule เรียกว่า maculae ของเหลวในท่อ membranous labyrinth ได้มาจากน้ำสมองและไขสันหลังจากช่องว่างชั้นใต้เยื่อหุ้มสมอง arachnoid โดยผ่านมาทางท่อน้ำเหลือง

4. หน้าที่ของหู

- 1) หูมีหน้าที่ 2 อย่างคือ การได้ยิน และการทรงตัว
- 2) โครงสร้างที่ทำหน้าที่รับรู้ความรู้สึก (เสียง) อยู่ในหูชั้นใน หูชั้นนอก และชั้นกลางทำหน้าที่รับเสียง และขยายคลื่นเสียงเพิ่มขึ้น ส่งต่อให้หูชั้นใน
- 3) เนื่องจากโครงสร้างที่ทำหน้าที่ได้ยินเสียง (cochlea) และโครงสร้างเกี่ยวกับการทรงตัว (semicircular canal) อยู่ใกล้กัน เมื่อส่วนใดส่วนหนึ่งติดเชื้อโรค มักมีผลต่ออีกส่วนหนึ่ง เช่น สุนัขหู

ชั้นในอักเสบจาก (otitis interna) มักทำให้สูญเสียการได้ยิน และการทรงตัวด้วยในเวลาเดียวกัน



ภาพที่ 10.2 โครงสร้างหูชั้นกลางและชั้นในของสุนัข
ที่มา: Bowden (2003)

คำศัพท์ โครงสร้างของหู

Ampulla = ส่วนที่ป่องออกของท่อ semicircular canal

Crista = เซลล์ขนที่ทำหน้าที่เพื่อการทรงตัว ที่ ampulla ของ semicircular canal

Endolymph = ของเหลวภายในท่อ membranous labyrinth

Maculae = ส่วนที่รับความรู้สึก ใน utricle และ saccule

Organ of Corti = โครงสร้างที่ทำหน้าที่รับเสียงใน cochlea

Perilymph = ของเหลวที่อยู่นอกท่อ และล้อมรอบท่อ membranous labyrinth

Saccule = ถุงที่ต่อเชื่อมระหว่าง utricle กับ cochlea

Utricle = ฐานของท่อ semicircular canal

5. การได้ยิน

คลื่นเสียงผ่านเข้าทางรูช่องหูโดยมี ใบหู (pinna) เป็นตัวรับซึ่งสามารถตั้งและปรับทิศทางของเสียงได้ เสียงจะผ่านช่องหูชั้นนอกไปกระทบกับ เยื่อแก้วหู (tympanic membrane) และผ่านเข้าสู่ช่องหูชั้นกลาง คลื่นเสียงเมื่อเข้าหูชั้นกลางแล้วจะผ่านเข้าสู่ชั้นในโดยอาศัยกระดูกในหูชั้นกลาง (ossicles) มี สามชิ้น เป็นสื่อ เมื่อคลื่นเสียงเข้าสู่หูชั้นในแล้ว คลื่นเสียงเดินทางผ่านเข้าสู่ท่อ และของเหลว endolymph เข้าไปยัง หอยโข่ง (cochlea) เพื่อไปกระทบกับโครงสร้างรับเสียง เรียกว่า Corti ซึ่งเซลล์รับเสียงจะส่งสัญญาณเสียงเข้าสู่สมองโดยผ่านทางเส้นประสาท vestibulocochlear

6. การทรงตัว

ในหูชั้นใน มีท่อ 3 ท่อ เรียกว่า semicircular canals เมื่อของเหลว endolymph ที่อยู่ในท่อเคลื่อนไหวกระทบเซลล์ขน ที่รับความรู้สึก เรียกว่า crista เซลล์รับความรู้สึกนี้ส่งข้อมูลเข้าสู่สมองทางเส้นประสาทสมองคู่ที่แปด ท่อทั้ง 3 ท่อต่อเชื่อมกัน โดยมีฐานเรียกว่า utricle และต่อเชื่อมกับ cochlea โดยท่อ saccule ทั้ง utricle และ saccule มีเซลล์รับความรู้สึกคือ maculae

7. ลิ้น และการรับรส

7.1 ข้อเท็จจริงและหน้าที่ของลิ้น

- 1) ลิ้นแบ่งออกเป็นสองส่วน คือตัวลิ้น (body) และโคนลิ้น (root)
- 2) ตัวลิ้นเชื่อมต่อกับผนังด้านล่างของช่องปากด้วยเอ็นที่เรียกว่า ลิงกูอล ฟรินูลัม (lingual frenulum) และโคนลิ้นอยู่ที่คอหอย
- 3) ลิ้นเป็นกล้ามเนื้อลายเป็นส่วนใหญ่ และมีเนื้อเยื่อผิวหนังชนิด สตราติฟาย แสควมัส (stratified squamous epithelium)
- 4) เส้นประสาทที่มาเลี้ยงลิ้นคือ เส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 7 9 และ 12
- 5) ผิวด้านบนของลิ้นจะมีร่องตรงกลางในแนวยาว เรียก มีเดียัน ซัลคัส (median sulcus) และมีผิวสัมผัสหยาบ เนื่องจากมีเคอราติน (Keratin) และ พาพิเลจำนวนมาก ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ยกนูนสูงจากลิ้น
- 6) ในพาพิลเล อาจมีส่วนประกอบของ ต่อมสร้างน้ำใส (serous gland) ต่อมสร้างน้ำเมือก (mucous gland) หรือปุ่มรับรส หรือ ประกอบด้วยโครงสร้างต่างๆดังกล่าวสองอย่าง หรือมากกว่า

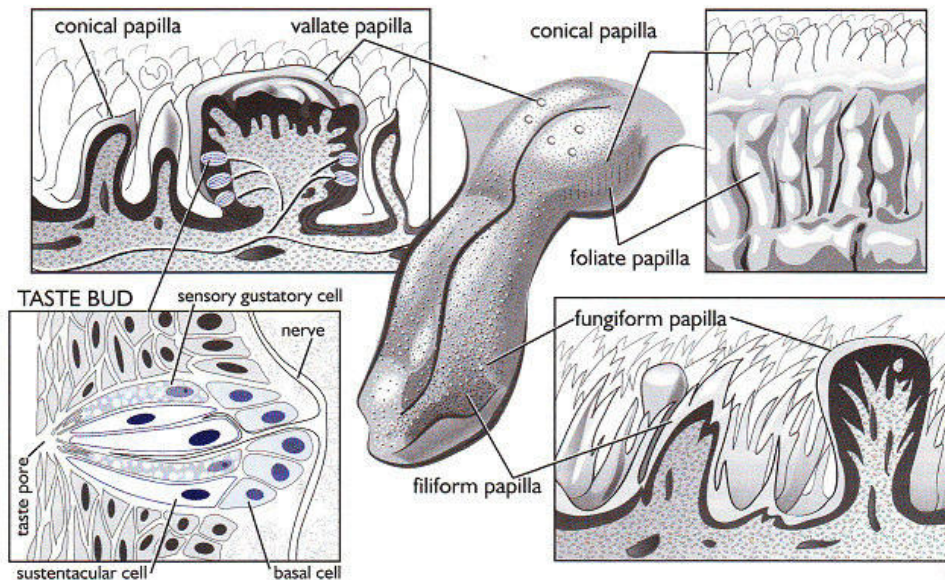
7) เส้นเลือดแดง (lingual artery) และเส้นเลือดดำ (lingual vein) ที่นำเลือดมาเลี้ยงลิ้น และนำเลือดออกจากลิ้น จะวิ่งคู่กันทางด้านล่างของลิ้น

7.2 เนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ยกนูนสูงจากลิ้น หรือ พาพิลเล (papillae)

พาพิลเล เป็นปุ่มเล็กๆรูปร่างคล้ายโดมที่ยื่นออกจากผิวบนลิ้น พาพิลเล มีหลายรูปแบบหรือหลายชนิด (ภาพที่ 10.3) ดังนี้

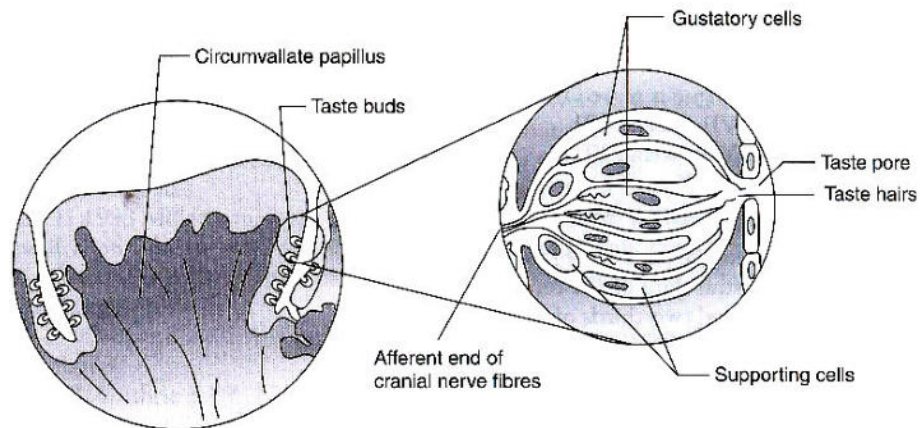
- 1) ฟิลิฟอร์ม (filiform papillae) เป็นปุ่มอยู่บนลิ้นที่มีขนาดเล็กที่สุดและมีจำนวนมากที่สุด มีรูปร่างเรียวคล้ายเส้นด้าย พบมากบริเวณ 2 ใน 3 ทางด้านปลายลิ้น ทำหน้าที่ในการสัมผัส ไม่เกี่ยวกับการรับรส ปุ่มชนิดนี้มีประโยชน์ในแมวสำหรับการเลียขน (grooming)

- 2) ฟังจิฟอร์ม (fungiform papillae) มีรูปร่างคล้ายเห็ด พบได้บริเวณ 2 ใน 3 ของลิ้นทางด้านปลาย ทำหน้าที่รับรส ซึ่งภายในมีเป็นปุ่มรับรส
- 3) ฟอลิเอต (foliate papillae) ทำหน้าที่เป็นปุ่มรับรส พบได้บริเวณ หลังสุด หรือโคนลิ้น
- 4) โคนิคอล (conical papillae) มีรูปร่างกลม พบได้ในส่วนโคนลิ้น ทำหน้าที่รับสัมผัส
- 5) วอลเลต (vallate papillae) หรือ เซอคัมวอลเลต (circumvallate papillae) ทำหน้าที่รับรส ซึ่งภายในมีเป็นปุ่มรับรส มีประมาณ 3-6 ปุ่ม เรียงเป็นรูปตัววีทางโคนลิ้น
- 6) มาร์จินอล (marginal papillae) เป็นปุ่มที่พบบริเวณขอบตรงปลายลิ้นในสัตว์แรกเกิด ช่วยในการดูดนม และจะหายไปเมื่อลูกสัตว์เริ่มกินอาหารแข็งได้



ภาพที่ 10.3 รูปแสดงปุ่มพาพิลเลนบนลิ้น และปุ่มรับรส

ภายในปุ่มรับรส มีเซลล์รับรส (taste cells or gustatory cells) อยู่ ซึ่งเป็นเซลล์รับสารเคมี (chemoreceptors receptor) (ภาพที่ 10.2) ที่ละลายน้ำได้ ในสุนัขรับรสได้ 4 รส คือ salt sour bitter and sweet ในแมวรับได้ 3 รส salt sour and bitter พื้นที่ในการรับรสในลิ้นจะรับรสที่แตกต่างกัน โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ของลิ้นรับรส sour และ bitter ได้ ในขณะที่บริเวณ 2 ใน 3 ทางด้านปลายลิ้นรับรส salt และ เฉพาะตรงปลายลิ้นเท่านั้นที่รับรสหวาน



ภาพที่ 10.4 แสดงปุ่มและเซลล์รับรส (taste buds and gustatory cells)
ที่มา: Bowden (2003)

8. การรับกลิ่น (olfaction)

ในสัตว์จะมีการพัฒนาด้านการรับรู้ความรู้สึกในการรับกลิ่นดีกว่าในมนุษย์ โดยเฉพาะการรับกลิ่นในสุนัขและแมว โครงสร้างที่ทำหน้าที่รับกลิ่น เรียกว่า Jacobson's organ หรือ vomeronasal organ พบได้ในเนื้อเยื่อเยื่อของช่องจมูกทางด้านบนหรือส่วนท้ายของจมูกทั้ง 2 ข้าง vomeronasal organ เป็นโครงสร้างพิเศษที่ประกอบด้วยเซลล์รับกลิ่น รับกลิ่นในรูปของสารเคมี ที่มากระทบกับเซลล์ ในการรับกลิ่นจะไม่เหมือนการรับรสที่รับรสได้จำกัด แต่การรับกลิ่นสามารถรับกลิ่นได้หลายร้อยกลิ่น ในสุนัขและแมว การทำงานร่วมกันระหว่างการรับกลิ่นและการรับรส ทำให้สัตว์ระวังตัวเองจากสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการเลือกกินอาหาร สุนัขและแมวนอกจากดมกลิ่นทางจมูกแล้วยังสามารถดมกลิ่นทางปากได้ เพราะมีท่อเล็ก ๆ เชื่อมระหว่างช่องปากบริเวณเพดานบน กับช่องจมูก เรียกว่า ท่อ incisive ducts

ท่อ incisive ducts จะช่วยดมกลิ่น pheromone ได้กรณีสุนัขเลียอวัยวะเพศตัวเมีย หรือ การดมกลิ่นสุนัขและแมวในลักษณะสุดดมพร้อมกับผ่นปาก ซึ่งเป็นปฏิกิริยาสะท้อน (reflex) ที่เรียกว่า olfactory reflex หรือ flehmen

10. ตา (Eye) ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับตา

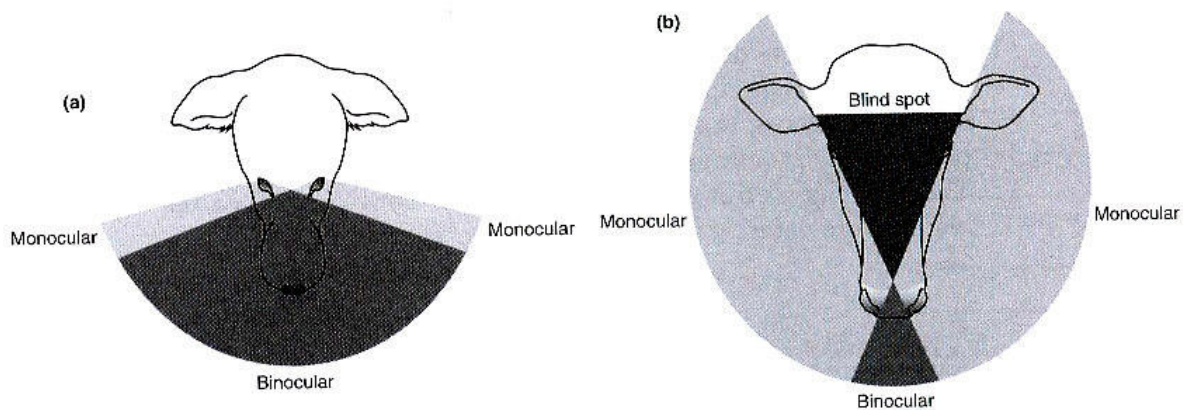
ตาเป็นอวัยวะที่สำคัญในการมองเห็น และถือเป็นอวัยวะรับรู้ความรู้สึกพิเศษที่มีความพิเศษอย่างมาก สามารถจับภาพโดยมีเซลล์รับแสง เรียกว่า photoreceptors

- 1) ตาเจริญพัฒนามาจากส่วนหน้าของสมองจากเนื้อเยื่อชั้นนอกของตัวอ่อนช่วงที่อยู่ในท้องแม่
- 2) สุนัขและแมว เมื่อเกิดมาหนังตายยังปิดอยู่ จะลืมตาเมื่ออายุได้ 10 - 14 วัน และจอร์รับภาพ (retina) จะพัฒนาเต็มที่เมื่ออายุได้ 6 สัปดาห์
- 3) สุนัข และแมวมีตาทางด้านหน้าทั้งสองข้าง ทำให้มองเห็นทางด้านหน้าชัดเจน เพราะใช้ทั้งสองตามอง แต่การมองด้านข้างมีข้อจำกัด ซึ่งเหมือนกับสัตว์ล่าเหยื่อชนิดอื่นๆ ต่างกับสัตว์กินพืช เช่นโค ตาอยู่ด้านข้าง การมองข้างหน้า มีข้อจำกัด และการมองด้านข้างใช้ตาข้างเดียวมอง (ภาพที่

10.3) การมองเห็นด้วยตาสองข้าง (binocular) จะเห็นภาพชัดลึก และไกลกว่า การมองเห็นด้วยตาเดียว (monocular)

4) โครงสร้างของตาปรับเปลี่ยนไปตามการดำรงชีวิตของสัตว์ เช่น แมว ที่หากินกลางคืน กระจกตา (cornea) ขนาดใหญ่กว่าสุนัขที่หากินกลางวัน ทั้งนี้กระจกตาที่ใหญ่จะสามารถรับแสงได้มากกว่า

5) คำศัพท์เทคนิค ที่มีความหมายเกี่ยวกับตาจะขึ้นต้นด้วย ophthalm-



ภาพที่ 10.5 แสดงรัศมีการมองเห็นของสัตว์ ที่มองเห็นด้วยตาทั้งสองข้าง (binocular) และมองเห็นข้างเดียว (monocular)
ที่มา: Bowden (2003)

11. โครงสร้างและหน้าที่ของตา

ลูกตา (eyeball or globe) ประกอบด้วยโครงสร้าง 3 ชั้น ได้แก่

- 1) ชั้นนอก เรียก สเคลรา (sclera)
- 2) ชั้นกลางเป็นนัยของเส้นเลือดเรียกว่า คลอรอย (choroids)
- 3) ชั้นในสุดเป็นชั้นเส้นประสาท เรียกว่า เรตินา (retina)

โครงสร้างลูกตาทั้งสามชั้นบริเวณด้านหน้ามีการปรับเปลี่ยนเพื่อเปิดให้แสงเข้า และลูกตามีลักษณะนูนออกมา ทางด้านหน้าลูกตา ชั้นนอกเป็นกระจกตา (cornea) ชั้นกลางเรียกว่า uvea ประกอบด้วย ม่านตา (iris) เลนส์ (lens) และ (ciliary body) ไม่มีชั้น retina ภายในลูกตา มีช่องว่าง 3 ช่อง ได้แก่ ช่องว่างทางด้านหน้า เรียกว่า anterior chamber เป็นช่องระหว่าง กระจกตา (cornea) และม่านตา (iris) ช่องด้านหลัง เรียกว่า posterior chamber เป็นช่องระหว่างม่านตา (iris) และ เลนส์ (lens) ช่องด้านหลังสุดเรียกว่า vitreous chamber คือช่องว่างขนาดใหญ่ที่สุดที่อยู่ด้านหลัง เลนส์

ภายในช่อง anterior chamber และ posterior chamber มีของเหลวคล้ายเจลลี่ (jelly-like fluid) บรรจุอยู่เรียกว่า aqueous humour ภายในช่อง vitreous chamber มีของเหลวคล้ายเจลลี่ บรรจุอยู่เรียกว่า vitreous humour หน้าที่ของของเหลวในลูกตา (humour) คือ

- 1) เป็นสารอาหารให้ลูกตา
- 2) กำจัดของเสียในลูกตา
- 3) รักษาความดันในลูกตา และรักษารูปร่างของลูกตาในการรับและการหักเหของแสง

ปริมาณแสงเข้าลูกตาถูกควบคุมโดยขนาดรูม่านตา (pupil) ซึ่งขนาดรูม่านตาควบคุมโดยกล้ามเนื้อม่านตา การหักเหของแสงและการจัดตำแหน่งของภาพ (focusing) ในจอรับภาพ เกิดขึ้นได้สามที่ คือ

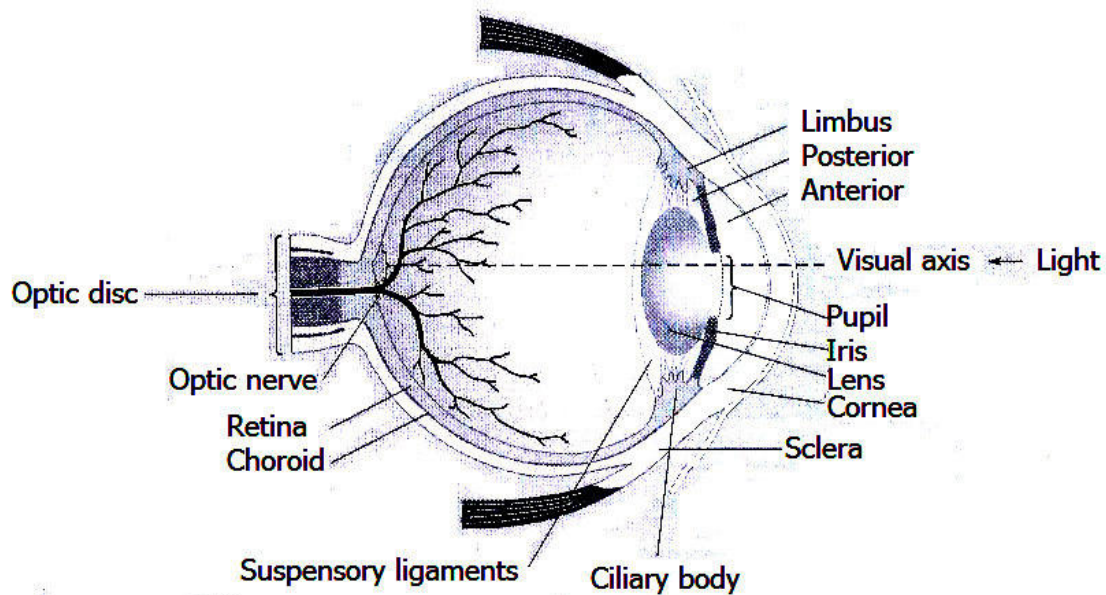
- 1) เมื่อแสงผ่านกระจกตา
 - 2) เมื่อแสงผ่านของเหลวในลูกตา
 - 3) เมื่อแสงผ่านเลนส์ เลนส์สามารถปรับรูปร่างได้ โดยการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อยัดเลนส์ (muscular ciliary body) ซึ่งยึดโดยใช้เอ็น Suspensory ligaments
- จะเห็นได้ว่า กล้ามเนื้อในลูกตา (intraocular muscle) มีสองส่วน กล้ามเนื้อม่านตา และกล้ามเนื้อยัดเลนส์ หน้าที่ควบคุมขนาดของรูม่านตา และปรับรูปร่างเลนส์ ตามลำดับ

แสงที่ตกกระทบจอตา หรือ retina เซลล์รับแสงรับแสงเปลี่ยนเป็นสัญญาณประสาท (impulse) ส่งต่อให้เซลล์ประสาท bipolar และส่งต่อเซลล์ประสาทในเส้นประสาท optic nerve ต่อไป ในสัตว์แสงสามารถสะท้อนกระเซลล์รับแสงได้อีกครั้งหนึ่งโดยโครงสร้างที่อยู่ใน choroid เรียกว่า tapetum ซึ่งเปรียบเสมือนแถบกระจกสะท้อน เซลล์รับแสงมีสองชนิด คือ

- 1) เซลล์รับแสงรูปแท่ง (rod) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการมองเห็นสีดํา และขาว (ทำงานตอนกลางคืน)
- 2) เซลล์รับแสงรูปโคน (cone) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการมองเห็นสีต่าง ๆ (ทำงานตอนกลางวัน)

ในสุนัข และแมว ที่ retina มีเซลล์รับแสงชนิด แท่งเป็นหลัก ส่วนชนิด โคนมีเพียงเล็กน้อย ทำให้สุนัขมองเห็นสีได้อย่างจำกัด หรืออาจกล่าวได้ว่าสุนัขตาบอดสีก็ได้ คือ มองเห็นสีได้สองสี (dichromatic vision) คือ ขวากับดํา แต่ในคน และสัตว์กลุ่มไพรเมต (primate) บางชนิดสามารถมองเห็นสีได้สามสี (trichromatic vision) คือแม่สี ทั้งสาม ได้แก่ แดง น้ำเงิน และเหลือง)

เส้นประสาทคู่ที่สอง optic nerve ที่ออกจากตาทั้งสองข้างจะไขว้ กัน (มาจากตาซ้ายไขว้ไปทางด้านขวา มาจากตาขวาไขว้ไปทางด้านซ้าย) บริเวณก้านสมองก่อนเข้าสู่สมองส่วน ซีรีบรัม (cerebrum)



ภาพที่ 10.6 โครงสร้างของลูกตาสัตว์
ที่มา: Bowden (2003)

คำศัพท์โครงสร้างของลูกตาที่ควรทราบ

Choroids = ชั้นของลูกตาที่เป็นที่อยู่ของเส้นเลือด

Cornea = โครงสร้างโปร่งใสด้านหน้าลูกตา แสงสามารถผ่านได้

Lens = เซลล์รับแสง (photoreceptor)

Optic disc = จุด บอด ที่อยู่บนจอตา

Pupil = รูที่ยอมให้แสงผ่านเข้าได้ สามารถเปิดกว้างและปิดแคบลงได้

Rods and cones = โครงสร้างลักษณะโค้ง ทำหน้าที่รวมแสงเพื่อให้ตกลงบนจุดโฟกัสที่จอตา

Tapetum = ส่วนที่อยู่ในชั้น Choroids สะท้อนแสงกลับไปกระทบเซลล์รับแสงอีกครั้ง ทำให้สัตว์

Uvea = โครงสร้างด้านหน้าที่ประกอบด้วย choroid, iris และ ciliary body มองเห็นในที่มืดดีกว่ามนุษย์

Sclera = ชั้นนอกของลูกตา ที่มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเป็นองค์ประกอบช่วยป้องกันลูกตา

ลำดับเหตุการณ์การเกิดเห็นภาพในตา

- 1) แสงผ่านเข้าตากระทบกระจกตา และกระจกตาปรับแสงให้ตกกระทบจอตา
- 2) แสงผ่านหักเหผ่านเข้าสู่ของเหลว aqueous humour
- 3) ปริมาณแสงเข้าสู่รูม่านตา ขึ้นกับขนาดของรูม่านตา ทั้งนี้ขนาดรูม่านตาถูกควบคุมโดยกล้ามเนื้อเรียบที่ม่านตา
- 4) เลนส์ปรับแสงให้ตกกระทบจุด focus ที่ม่านตา โดยอาศัยกล้ามเนื้อยืดเลนส์
- 5) แสงหักเหผ่านเข้าสู่ของเหลว vitreous humour
- 6) เซลล์รับภาพ (photoreceptor cells) ในจอตา จับภาพ
- 7) เซลล์ประสาท bipolar ที่ต่ออยู่กับเซลล์รับภาพ ส่งกระแสประสาทเข้าสู่สมองทางเส้นประสาทสมองคู่ที่ 2 (optic nerve)
- 8) แสงที่ไม่ตกเซลล์รับแสง จะถูกปรับหรือทำให้หักเหเข้ากระทบโดย tapetum

12. โครงสร้างที่เป็นส่วนประกอบของตา

12.1 โครงรอบตาโครงสร้างที่เป็นส่วนประกอบของตา หรือ adnexa ประกอบด้วย

- 1) เบ้าตา และกระโอบ ๆ เบ้าตา (orbit)
- 2) กล้ามเนื้อ (muscle)
- 3) เยื่อตาขาว (conjunctiva)
- 4) หนังตา (eyelids)
- 5) ขนตา (eyelashes)
- 6) ระบบผลิตน้ำตา (lacrimal apparatus)

12.2 เบ้าตาเป็นที่อยู่ของลูกตา ในเบ้าตามีไขมันและกล้ามเนื้อ ช่วยป้องกันอันตรายต่อลูกตา กระดูกที่ประกอบเป็นเบ้าตาประกอบด้วย

- 1) กระดูกกรามบน (maxilla)
- 2) กระดูกหน้าผาก (frontal)
- 3) ส่วนโค้งของกระดูกแก้มและขมับ (zygomatic arch)
- 4) กระดูก lacrimal
- 5) กระดูก sphenoid

12.3 กล้ามเนื้อ ทำหน้าที่กรอกลูกตา ประกอบด้วย

- 1) กล้ามเนื้อที่ยึดลูกตาด้านข้าง (ด้านนอก เรียกว่า lateral rectus muscle และด้านใน เรียกว่า medial rectus muscle ทำหน้าที่กรอกลูกตาไปด้านข้าง
- 2) กล้ามเนื้อที่ยึดลูกตาด้านบน เรียกว่า dorsal rectus muscle และด้านล่างเรียกว่า ventral rectus muscle ทำหน้าที่กรอกลูกตาขึ้นลง
- 3) กล้ามเนื้อ retractor muscle ทำหน้าที่ยึดลูกตาไว้ในเบ้าตา
- 4) กล้ามเนื้อยึดลูกตาในแนวเฉียงทางด้านบน เรียก dorsal oblique muscle และในแนวเฉียงทางด้านล่างเรียกว่า ventral oblique muscle ทำหน้าที่หมุนลูกตา

5) กล้ามเนื้อที่หนังตา เรียกว่า palpebral muscle

12.4 หนังตา (eyelid หรือ palpebrae ถ้าอันเดียวเรียกว่า palpebra) ประกอบด้วยชั้นพังผืด (fibrous) ที่ปกคลุมด้วยหนัง และ หนังตาด้านในติดกับลูกตา เรียกว่า เยื่อตาขาว (conjunctiva) ซึ่งเป็นเยื่อเมือก (mucus membrane) โพรงใต้หนังตาระหว่างหนังตาด้านในหรือ conjunctiva กับลูกตา เรียกว่า fornix หนังตาบนและล่างเชื่อมต่อกันด้านข้างทำให้เกิด มุมตาด้านนอก เรียก lateral canthus และมุมตาด้านใน เรียก medial canthus ที่หนังตามีต่อมไขมัน เรียก meibomian gland ทำหน้าที่ผลิตไขมันหล่อออกมาผสมกับน้ำตาประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อประกอบเป็นฟิล์มน้ำตา หนังตาที่สาม (third eyelid) เป็นหนังตาทางมุมตาด้านใน ปกคลุมด้วยชั้นเยื่อเมือกทั้งบนและล่าง ภายในมีกระดูกอ่อน ต่อมน้ำเหลือง และต่อมน้ำตาในสุนัขมีสัดส่วนในผลิตน้ำตาประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์

12.5 ขนตา (eyelashes) คือขนบริเวณขอบหนังตาด้านบนและล่างยื่นออกมาในสัตว์กินเนื้อ ไม่มีขนตาที่แท้จริง แต่เป็นขนที่ผิวหนังจนถึงขอบตาเท่านั้นเอง

12.6 ต่อมสร้างน้ำตาอยู่ที่ด้านบนทางด้านข้างของลูกตา เป็นต่อมหลักที่สร้างน้ำตาออกมาหล่อลื่นลูกตา และเพิ่มความใสให้กับกระจกตา น้ำตาที่หลังจากต่อมน้ำตาจะไหลลงตามร่องตาและไหลเข้าสู่ท่อน้ำตาที่มีรูเปิดบริเวณหนังตาด้านบนและล่างทางมุมตาด้านใน เรียกรูเปิดนี้ว่า lacrimal punctae ท่อน้ำตาจะส่งน้ำตาเข้าไปในช่องจมูกทางท่อน้ำตา nasolacrimal duct

คำศัพท์ที่ควรทราบ

Aqueous = ของเหลวในตาที่พบอยู่ด้านช่องด้านหน้าเลนส์และหลังเลนส์

Anterior = ช่องทางด้านหน้าของตา อยู่ระหว่างกระจกตา และม่านตา

Dilate = การขยายของรูม่านตาซึ่งจะเกิดขึ้นในสภาวะที่มีแสงน้อย

Dog = สุนัขซึ่งเป็นสัตว์ที่ไม่มีขนตาที่แท้จริง

Focal = จุดที่สัตว์มอง

Four = จำนวนรูเปิด (lacrimal punctae) ท่อน้ำตา

Iris = ม่านตาซึ่งเป็นส่วนกล้ามเนื้อที่ทำให้ตามีสี

Lacrimal = ต่อมที่ทำหน้าที่สร้างน้ำตา (tear)

Limbus = จุดเชื่อมต่อระหว่าง sclera กับ cornea

Medial = มุมตาด้านใน

Meibomian = ต่อมไขมันที่หนังตา ทำหน้าที่ผลิตไขมัน

Optic nerve = เส้นประสาทสมองคู่ที่ 2

Orbit = ช่องที่อยู่ของลูกตา

Pupil = ช่อง หรือ รูม่านตา

Retina = ชั้นของลูกตาที่เป็นตำแหน่งต่อกับเส้นประสาท

Rods = เซลล์รับแสง ที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น ขาว-ดำ

Suspensory ligament = เอ็น หรือ ligament ที่ยึดเลนส์ต่อกล้ามเนื้อยึดเลนส์

Sclera = ส่วนตาขาว

Tear = น้ำตา หรือของเหลวที่ไหลจากต่อมน้ำตาเพื่อสร้างความชุ่มชื้นให้ลูกตา

Tapetum = ส่วนที่อยู่ในชั้น Choroids ทำหน้าที่สะท้อนแสงทำให้สัตว์มองเห็นในที่มืด

แบบฝึกหัดท้ายบท

แบบฝึกหัดที่ 10.1 จงเลือกคำตอบที่ให้มาที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. กล้ามเนื้อภายในลูกตา (intraocular muscle) ทำหน้าที่อะไร
 - a. ปรับรูปร่างของจอภาพ
 - b. ควบคุมขนาดของรูม่านตา และปรับรูปร่างเลนส์
 - c. ผลิตของเหลวในตา
 - d. รับแสง
2. กล้ามเนื้อ dorsal และ ventral oblique ทำหน้าที่อะไร
 - a. ทำหน้าที่กรอกลูกตาขึ้นลง
 - b. ยึดลูกตาให้ติดอยู่กับเบ้าตา
 - c. ปิดหนังตา
 - d. หมุนลูกตา
3. ลูกตาประกอบด้วยชั้น 3 ชั้น และชั้นกลางเป็นชั้นเส้นเลือด ซึ่งทางด้านหน้าลูกตามีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างเพื่อให้แสงเข้า ทางด้านหน้าลูกตาจึงมีแค่สองชั้น คือ ชั้นนอกและชั้นกลาง ชั้นกลางนี้เรียกว่า อะไร
 - a. Fornix
 - b. Conjunctiva
 - c. Uvea
 - d. Chiasma
4. ตรงปลายสุดของเส้นประสาท optic nerve ที่รู้ในนามของ “จุดบอด” เรียกว่าอะไร
 - a. Optic disc
 - b. Pupil
 - c. Lens
 - d. Lacrimal puncta
5. โครงสร้างที่อยู่ใน choroid ของสัตว์ที่สามารถสะท้อนแสงกลับเซลล์รับแสงได้อีกครั้งหนึ่ง คือ อะไร
 - a. Iris
 - b. Tapetum
 - c. Cornea
 - d. Sclera

6. เลนส์ยึดอยู่กับ ciliary body โดยอาศัยโครงสร้างใด
 - a. Iris
 - b. Suspensory ligaments
 - c. Rectus muscles
 - d. Limbus
7. รูเปิดท่อน้ำตา หรือ lacrimal punctae พบบริเวณใด
 - a. หนึ่งตาบนทางมุมตาด้านนอก
 - b. หนึ่งตาล่างทางมุมตาด้านใน
 - c. หนึ่งตาบนและล่างทางมุมตาด้านนอก
 - d. หนึ่งตาบนและล่างทางมุมตาด้านใน
8. rods cell คืออะไร
 - a. เส้นใยประสาทของเส้นประสาท optic nerve
 - b. เซลล์ประสาท 2 ขั้ว (bipolar) ที่รับแสงต่อจากเซลล์รับแสง
 - c. เซลล์รับแสงที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นภาพสี
 - d. เซลล์รับแสงที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นภาพขาวดำ
9. cones cell คืออะไร
 - a. เส้นใยประสาทของเส้นประสาท optic nerve
 - b. เซลล์ประสาท 2 ขั้ว (bipolar) ที่รับแสงต่อจากเซลล์รับแสง
 - c. เซลล์รับแสงที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นภาพสี
 - d. เซลล์รับแสงที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นภาพขาวดำ
10. กระจกตา ต่อเชื่อมกับชั้นใดของลูกตา
 - a. Tapetum
 - b. Sclera
 - c. Choroids
 - d. Retina

วิธีสอนและ กิจกรรม	บรรยาย ประกอบภาพสไลด์ และซักถาม		
สื่อการสอน	หนังสืออ้างอิง	รายการเอกสารประกอบการสอนหมายเลข 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 11 และ 12	
	เอกสารประกอบ	เอกสารประกอบการสอน บทที่ 10	
	วัสดุโสตทัศน	คอมพิวเตอร์, เครื่องฉาย LCD,	
		VCD	
งานที่มอบหมาย	ให้นักศึกษาอ่านเอกสารประกอบการสอน บทที่ 10 ทบทวน และทำแบบฝึกหัดท้ายบท		
การวัดผล	1. ตอบคำถามท้ายบท		
	2. สังเกตพฤติกรรมในการเรียน		
	4. งานมอบหมาย		
	3. สอบกลางภาค		
หมายเหตุ :			