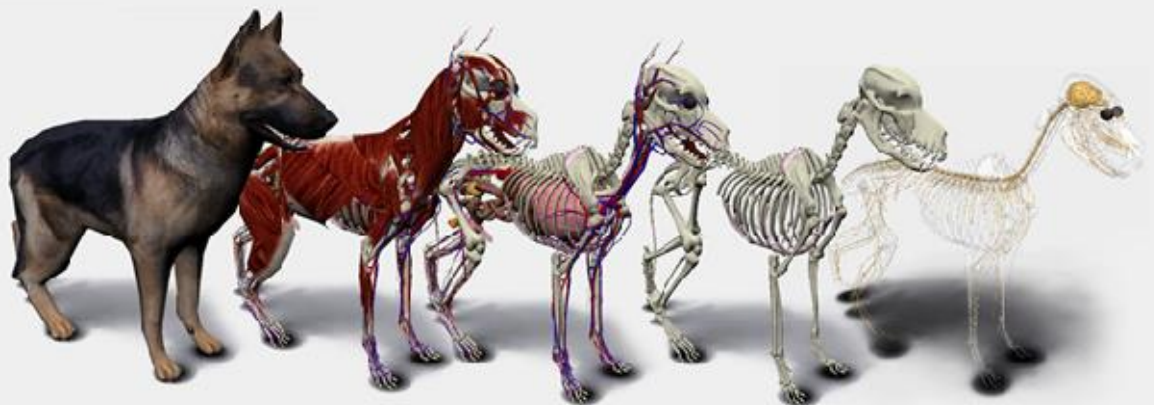


# สรีรวิทยาทางสัตวแพทย์ 1

## Veterinary Physiology I



สพ.ญ.สินีนาฏ เข้มบุบผา (D.V.M, M.Sc.)

# สรีรวิทยาทางสัตวแพทย์ 1 (Veterinary Physiology I)

สินีนานู เข็มบุบผา

พ.ศ. 2559

## คำนำ

ตำราวิชาสรีรวิทยาทางสัตวแพทย์ 1 นี้ได้เรียบเรียงขึ้นอย่างเป็นระบบ ครอบคลุมเนื้อหาสาระรายวิชาตั้งแต่ระบบมหภาค ไปจนถึงระดับเซลล์ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำคัญของผู้สอนในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม สำหรับอาจารย์เพื่อใช้ประกอบการสอน โดยมุ่งเน้นให้ผู้อ่านมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา สาระ และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานอย่างปกติของระบบร่างกายสัตว์

ตำราเล่มนี้ได้แบ่งเนื้อหาในการเรียนการสอนไว้ 15 บท โดยเริ่มตั้งแต่ การศึกษาและปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับคุณสมบัติพื้นฐาน กลไกการควบคุมทางสรีรวิทยา สรีรวิทยาของเซลล์ กลไกควบคุมเกี่ยวกับเซลล์ ระบบประสาทส่วนปลาย ระบบประสาทอัตโนมัติ การรับรู้ความรู้สึก ระบบประสาทสั่งการ หน้าที่ขั้นสูงของระบบประสาท ระบบกล้ามเนื้อลาย ระบบกล้ามเนื้อหัวใจ ระบบกล้ามเนื้อเรียบ ระบบหัวใจหลอดเลือด สรีรวิทยาของระบบทางเดินอาหาร และการควบคุมอุณหภูมิกายและเมแทบอลิซึม ซึ่งผู้อ่านจะได้รับความรู้ความเข้าใจในแต่ละเรื่องมากกว่าการศึกษาในชั้นเรียน และจากจากเอกสารในห้องเรียน นอกจากนี้ หากผู้อ่านได้ศึกษาหาความรู้จาก หนังสือ ตำรา หรือสื่ออื่น ๆ เพิ่มเติมอีกจะเป็นการเพิ่มพูนความรู้อย่างยิ่ง ผู้เขียนหวังว่าตำรานี้คงอำนวยประโยชน์ต่อผู้อ่านพอสมควร หากท่านที่อ่าน และนำไปใช้มีข้อเสนอแนะ ผู้เขียนยินดีรับฟังข้อคิดเห็นต่าง ๆ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

สินีนานู เข็มบุบผา  
29 กันยายน 2558



# สารบัญ

	หน้า
คำนำ	(1)
สารบัญ	(2)
สารบัญภาพ	(9)
สารบัญตาราง	(32)
<b>บทที่ 1 บทนำเข้าสู่วิชาสัตววิทยาทางสัตวแพทย์</b>	
ประวัติ และความหมายของวิชาสัตววิทยาทางสัตวแพทย์	1
วิธีการศึกษา และปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับคุณสมบัติพื้นฐานทางสัตววิทยา	1
กลไกการควบคุมระบบร่างกายให้ปรกติ	10
ภาคผนวก	31
สรุป	34
<b>บทที่ 2 สัตววิทยาของระบบประสาท</b>	
บทนำและหลักสำคัญ	37
โครงสร้างของระบบประสาท	37
คำศัพท์ และกระบวนการศึกษาทางประสาทสัตววิทยา	41
เยื่อหุ้มเซลล์ประสาท	42
การเกิดศักยะงาน	46
บทบาท และหน้าที่ของสารส่งผ่านประสาทต่อเซลล์ประสาทหลังจุดประสานประสาท	53
สรุป	60
<b>บทที่ 3 ระบบประสาทนอกส่วนกลาง และระบบประสาทอิสระ</b>	
วิวัฒนาการของระบบประสาท	63
ระบบประสาทนอกส่วนกลาง	64
ชนิดของเซลล์ประสาท	66
การทำงานของระบบประสาทนอกส่วนกลางสาขาสั่งการของสัตว์มีกระดูกสันหลัง	67
ระบบประสาทอิสระของสัตว์มีกระดูกสันหลัง	68
ชนิดของตัวรับสำหรับสารส่งผ่านประสาทในระบบประสาทอิสระ	76
การควบคุมการทำงานของระบบประสาทอิสระโดยระบบประสาทส่วนกลาง	79
สรุป	79

#### บทที่ 4 ระบบประสาทสั่งการ และรีเฟล็กซ์

ระบบประสาทภายในสัตว์มีกระดูกสันหลัง	83
รีเฟล็กซ์ และวงรีเฟล็กซ์	85
ชนิดของรีเฟล็กซ์	86
รีเฟล็กซ์ต่อเนื่อง	92
การตรวจสอบความผิดปกติของรีเฟล็กซ์ในสัตว์	93
สรุป	109

#### บทที่ 5 การรับความรู้สึก

บทนำ และหลักสำคัญ	113
ชนิดของการรับความรู้สึก	115
สรีรวิทยาของตัวรับความรู้สึก	118
ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความรุนแรงของการรับความรู้สึก	126
ตัวรับภาพ: ตา และการมองเห็น	129
ตัวรับความรู้สึกเชิงกล	162
การรับรู้อากัปภิกิริยา: ตัวรับความรู้สึกทางกลของการเคลื่อนไหว และท่วงท่า	163
หู การได้ยิน และการรับรู้คลื่นเสียงของตัวรับรู้ทางกล	172
การรับความรู้สึกทางเคมี	183
ตัวรับกลิ่น	189
การรับรู้อุณหภูมิ	196
การรับรู้กระแสไฟฟ้า และแม่เหล็ก	204
สรุป	210

#### บทที่ 6 หน้าที่ขั้นสูงของระบบประสาท

ระบบประสาทส่วนกลางของสัตว์มีกระดูกสันหลัง	2218
การทำงานของงานประหว้างเลือด-สมอง	223
ความสำคัญของออกซิเจน และกลูโคสต่อสมอง	224
โรคที่เกี่ยวข้องกับความเสื่อมของเนื้อเยื่อประสาท	225
พัฒนาการของสมองในสัตว์มีกระดูกสันหลัง	226
เปลือกสมองของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	230
เปลือกสมองสั่งการปฐมภูมิ	236

หน้าที่ของชั้นใต้เปลือกสมอง และสมองชั้นสูง	239
ระบบลิมบิก	243
สมองน้อย สมอง และไขสันหลัง	246
ภาพคลื่นไฟฟ้าสมอง	250
ไขสันหลัง	254
ความจำ และการเรียนรู้	262
สรุป	276
<b>บทที่ 7 ระบบกล้ามเนื้อลาย</b>	
กล้ามเนื้อลาย	281
โครงสร้างพื้นฐานของกล้ามเนื้อลาย	282
การจัดลำดับโครงสร้างของกล้ามเนื้อลาย	283
ส่วนประกอบของฟิลาเมนต์	286
สมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์กล้ามเนื้อลาย	288
กระบวนการคู่ควบของการกระตุ้น และการหดตัว	290
คุณสมบัติทางกลของกล้ามเนื้อลาย	295
พลังงานศาสตร์การหดตัวของกล้ามเนื้อ	303
การบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ	308
สรุป	310
<b>บทที่ 8 ระบบกล้ามเนื้อหัวใจ และระบบกล้ามเนื้อเรียบ</b>	
กล้ามเนื้อหัวใจ	317
ศักยภาพงานในเซลล์ตัวคุมจังหวะการหดตัวได้เอง	320
ศักยภาพงานในเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ	320
การหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ	323
กล้ามเนื้อเรียบ	325
โครงสร้างของกล้ามเนื้อเรียบ	326
คุณสมบัติทางไฟฟ้าของกล้ามเนื้อเรียบ	330
กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ	331
คุณสมบัติทางกลศาสตร์ของกล้ามเนื้อเรียบ	333
สรุป	335
<b>บทที่ 9 ระบบหัวใจหลอดเลือด 1</b>	

ความสำคัญของระบบหัวใจหลอดเลือด	339
การทำงานที่ผิดปกติของระบบหัวใจหลอดเลือด	340
หน้าที่ของระบบหัวใจหลอดเลือด	342
รูปแบบของการขนส่งโดยใช้ระบบหัวใจหลอดเลือด: การไหลเนื่องจากความดัน และการแพร่	343
การแพร่	344
ระบบไหลเวียนเลือดในร่างกายรูปแบบเส้นขนาน	346
ปริมาตรเลือดส่งออกจากหัวใจต่อนาที	349
ความดันกำซาบ	350
ชนิดของหลอดเลือด	351
เลือดและพลาสมา	353
เซลล์ในน้ำเลือด	355
การขนส่งออกซิเจนโดยเลือด	358
กิจกรรมไฟฟ้าของหัวใจ	360
การหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ	361
ระยะเวลาของศักยะงานที่หัวใจ	365
ประตูไอออนชนิดพิเศษในเซลล์ตัวคุมจังหวะ	370
ความผิดปกติเนื่องจากการนำกระแสไฟฟ้าส่งผลให้เกิดภาวะหัวใจเสียจังหวะ	377
ยาต้านภาวะหัวใจเสียจังหวะ	386
สรุป	387
<b>บทที่ 10 ระบบหัวใจหลอดเลือด 2</b>	
ภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจ	393
การเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่หัวใจห้องต่าง ๆ ทำให้เกิดการสร้างลักษณะเฉพาะเมื่อ	
ตรวจภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจ	396
การแสดงระยะเวลาของปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าภายในหัวใจของการวัดภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจ	399
ลีตมาตรฐานสำหรับการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ใช้ในทางการแพทย์	400
ความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้า	402
การไม่ทำงานของโครงสร้างสำหรับสร้างกระแสไฟฟ้าหัวใจ	404
การทำงานของหัวใจ จังหวะการเต้นของหัวใจ	407
การเพิ่มการบีบตัวของหัวใจห้องล่างทำให้เกิดการลดลงของปริมาตรสุดท้ายช่วงการบีบ	
ตัวของหัวใจห้องล่าง	414



เสียงฟู	418
ความผิดปกติของหัวใจที่ทำให้หัวใจทำงานหนักจนเกิดภาวะหัวใจขยายตัวเกิน	421
พยาธิสภาพที่เกิดตามมาหลังหัวใจบกพร่อง	424
การไหลเวียนเลี้ยงกาย และการไหลเวียนเลือดผ่านปอด: ความดันเลือด	427
ปัจจัยที่มีผลต่อความดันชีพจร	438
สรุป	441
<b>บทที่ 11 ระบบหัวใจและหลอดเลือด 3</b>	
การควบคุมการไหลของเลือดเฉพาะที่	445
สัญญาณทางเคมีเฉพาะที่ (พาราไครน์) ที่มีผลต่อการควบคุมแรงต้านในหลอดเลือด	450
การบีบอัดหลอดเลือดแดงจึงกลสามารถลดการไหลของเลือดไปยังเนื้อเยื่อ	451
กลไกควบคุมความดันโลหิตและปริมาตรเลือด โดยระบบประสาทและฮอร์โมนทำให้มั่นใจได้ว่าเลือดไหลไปเลี้ยงอวัยวะได้เพียงพอ	453
ระบบประสาทอิสระมีผลต่อระบบหัวใจหลอดเลือด	455
รีเฟล็กซ์ รีเฟล็กซ์ปลายประสาทรับแรงดันเลือดแดงควบคุมความดันหลอดเลือดแดง	458
รีเฟล็กซ์ตัวรับรู้ปริมาตรเลือดที่หัวใจห้องบนควบคุมปริมาตรเลือด และช่วยรักษาระดับความดันเลือด	461
ระดับการรู้สึกตัวส่งผลต่อการทำงานของรีเฟล็กซ์หัวใจหลอดเลือด	463
สรุป	465
<b>บทที่ 12 สรีรวิทยาของระบบทางเดินอาหาร 1</b>	
บทนำ	469
กระบวนการในการแปรรูปอาหาร	474
การเคลื่อนไหวเองเพื่อไล่อาหาร	474
การหลั่งสิ่งคัดหลั่ง	475
การย่อยอาหาร	475
การดูดซึม	478
การทำงานของอิสระของกล้ามเนื้อเรียบ	483
ข่ายประสาทภายใน	485
เส้นประสาทภายนอก	487
อวัยวะในระบบทางเดินอาหาร	487
ปาก	487

คอหอย หลอดอาหาร และกระเพาะพัก	494
สรุป	498
<b>บทที่ 13 สรีรวิทยาของระบบทางเดินอาหาร 2</b>	
กระเพาะ หรือทางเดินอาหารส่วนกลาง	503
ปัจจัยภายในลำไส้เล็กส่วนต้นที่มีผลต่อการขับอาหารออกจากกระเพาะ	508
การอาเจียน	511
เซลล์ต่อมมีท่อในกระเพาะ	513
การควบคุมการหลั่งสารเคมีในกระเพาะ	518
ตับอ่อน ตับ และไขมันสะสม	524
สรุป	536
<b>บทที่ 14 สรีรวิทยาของระบบทางเดินอาหาร 3</b>	
โครงสร้างของผนังท่อทางเดินอาหาร	539
โครงสร้างของวิลลัส	542
การดูดซึมโซเดียม	547
การดูดซึมคาร์โบไฮเดรต	548
การดูดซึมโปรตีน	549
การดูดซึมไขมัน	550
การดูดซึมวิตามิน	551
การรักษาความสมดุลระหว่างกระเพาะ ลำไส้เล็ก และตับ	553
ลำไส้ใหญ่	554
การย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง	561
การสร้างไขมันระเหย	568
เมแทบอลิซึมของโปรตีน	569
ฮอร์โมนในระบบทางเดินอาหาร	570
สรุป	573
<b>บทที่ 15 การควบคุมอุณหภูมิกาย และเมแทบอลิซึม</b>	
บทนำ	577
สมดุลของพลังงาน	579
อาหาร: แหล่งสร้างพลังงานความร้อนในร่างกายสัตว์	588
พลังงานนำเข้าต้องเท่ากับพลังงานนำออกเพื่อความสมดุล	589

การควบคุมการกินได้ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	591
การปรับตัวตามกระบวนการวิวัฒนาการ	595
สรีรวิทยาอุณหภูมิกาย	596
การแลกเปลี่ยนความร้อนของร่างกาย	598
สรุป	608
บรรณานุกรม	609
ดัชนีภาษาอังกฤษ	629
ภาคผนวก	635



## สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	ความเกี่ยวเนื่องกันของวิชาสรีรวิทยา และวิชาอื่น ๆ	1
1.2	ขั้นตอนในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์	2
1.3	เทคนิคการวัดกระแสประสาทจากในเซลล์	4
1.4	การศึกษาสมบัติของเยื่อให้สารบางอย่างผ่านโดยใช้วิธีอิเล็กโทรดไวต่อไอออน	5
1.5	การใช้อิเล็กโทรดขนาดเล็กวัดการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในสมอง	5
1.6	หลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนซ์ร่วมโฟกัส	6
1.7	เปรียบเทียบโครงสร้างที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนซ์ (ก, ข, ค) และกล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนซ์ร่วมโฟกัส (ง, จ, ฉ)	6
1.8	อาหารเลี้ยงเซลล์ และเซลล์เพาะเลี้ยงที่ใช้ในการศึกษาทางสรีรวิทยา	7
1.9	การศึกษาหัวใจ ฌ ที่เดิม	7
1.10	อุปกรณ์สำหรับการทำอ่างอาบอวัยวะ	7
1.11	การจัดเรียงโครงสร้างของส่วนประกอบในสิ่งมีชีวิต	9
1.12	กระเพาะอาหาร ประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อพื้นฐานทั้ง 4 ชนิด	10
1.13	ส่วนประกอบของสารน้ำในร่างกาย	11
1.14	โคลด แบร์นาร์ ผู้แสดงให้เห็นถึงการดำรงสภาพอารมณ์ของร่างกาย (ชาย) และวอลเตอร์ แบรดฟอร์ด แคนนอน นักประสาทสรีรวิทยาผู้นำเทคนิคเอ็กซเรย์มาใช้ในการศึกษาทางสรีรวิทยา (ขวา)	11
1.15	กลไกการควบคุมสมดุลในร่างกาย เมื่อได้รับสิ่งกระตุ้นที่ทำให้สภาวะภายในร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลง	13
1.16	การควบคุมย้อนกลับแบบลบชนิดไม่มีตำแหน่งอ้างอิง เป็นการตอบสนองของชั้นบรรยากาศ เมื่อความร้อนของโลกสูงขึ้นหลังจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกิน จะมีการสร้างเมฆเพิ่มขึ้นเพื่อช่วยลดการส่องของแสงอาทิตย์ที่เข้ามาสู่ผิวโลก และช่วยทำให้พื้นผิวของโลกมีอุณหภูมิต่ำลง	14
1.17	การควบคุมย้อนกลับแบบลบชนิดมีตำแหน่งอ้างอิง	15
1.18	การควบคุมย้อนกลับแบบบวกที่มีผลให้หัวใจล้มเหลวเร็วขึ้น	17
1.19	การควบคุมย้อนกลับแบบบวก กรณีการคลอดลูกซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาณของออกซิโทซิน	17
1.20	ระบบต่าง ๆ ในร่างกายสัตว์มีกระดูกสันหลัง และบทบาทหน้าที่	21
1.21	โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์	22
1.22	โครงสร้าง และส่วนประกอบของอาร์เอ็นเอ และดีเอ็นเอ	24
1.23	การเปลี่ยนโครงสร้างของเอนไซม์จากภาวะปรกติ และภาวะที่จับกับสารตั้งต้นขณะเร่งปฏิกิริยา	24

1.24	โครงสร้าง และองค์ประกอบของเซลล์สัตว์	26
1.25	กระบวนการที่ทีเอ็นเอในนิวเคลียสส่งถ่ายข้อมูลเพื่อสร้างเป็นโปรตีนผ่านอาร์เอ็นเอ	28
1.26	โครงสร้างของร่างแหเอนโดพลาซิมทั้ง 2 ชนิด	29
1.27	ขั้นตอนการสร้าง เปลี่ยนรูป และบรรจุโปรตีนเพื่อส่งไปยังส่วนต่าง ๆ	30
1.28	เซลล์ที่ตรวจด้วยการใช้สารเรืองแสงติดกับสารภูมิต้านทาน	32
1.29	หนูที่ถูกกระบังการแสดงออกของจีน เมื่อเปรียบเทียบกับหนูปกติ	32
1.30	สุนัขที่มีขนรุงรังมีอุบัติการณ์ของภาวะตาบอดชนิดมีมาแต่กำเนิดเลเบอร์ (Leber congenital amaurosis, LCA) สูง จัดเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยในการศึกษาการรักษาทางจีนได้อย่างมาก	33
1.31	การผลิตลูกแกะดอลลี	34
2.1	ส่วนประกอบทั้ง 4 ของระบบประสาทในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	38
2.2	แผนผังการจำแนกโครงสร้างของระบบประสาทตามหน้าที่	38
2.3	โครงสร้างของเซลล์ประสาท	39
2.4	ส่วนของจุดประสานประสาท แผ่นเชื่อมประสาท และกล้ามเนื้อ	40
2.5	การเปลี่ยนแปลงศักย์เยื่อหุ้มเซลล์ และการเคลื่อนที่ของไอออนผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ในช่วงพัก การลดความต่างศักย์ และการเพิ่มความต่างศักย์	41
2.6	ไมโครอิลีกโทรดโลหะรูปแบบต่าง ๆ	42
2.7	การเคลื่อนที่ของไอออนในช่วงที่มีการเคลื่อนที่ของศักยะงาน	43
2.8	ความเข้มข้นของไอออนบวก และไอออนลบที่เหมือนกันทั้งภายใน และภายนอกเซลล์ แต่พบว่าไอออนบวกส่วนใหญ่จะอยู่ชิดเยื่อหุ้มเซลล์ด้านนอก และไอออนลบจะเข้ามาชิดด้านในของเยื่อหุ้มเซลล์ทันที	43
2.9	ความสัมพันธ์ของการเข้าออกของไอออนในช่วงศักยะงาน	44
2.10	การกระตุ้นที่ทำให้เกิดอีพีเอสพี และไอพีเอสพี	46
2.11	ผลรวมอีพีเอสพี และไอพีเอสพีที่เกิดบนเยื่อหุ้มเซลล์หลังจุดประสานประสาท	47
2.12	การเปลี่ยนแปลงของศักย์เยื่อหุ้มเซลล์ในช่วงของศักยะงาน	48
2.13	ความสัมพันธ์ของการเข้า-ออกของไอออนในช่วงศักยะงาน	48
2.14	การเคลื่อนที่ของไอออนเมื่อเกิดการเคลื่อนที่ของศักยะงาน	50
2.15	การนำกระแสประสาทแบบกระโดดของศักยะงานบนปลอกไมอีลิน	50
2.16	กลไกการส่งกระแสประสาท ผ่านการประสานประสาทเคมี	53
2.17	การกำจัดอะเซทิลโคลีนที่จุดประสานประสาท	54
2.18	วงจรประสาท 2 รูปแบบ	55
2.19	ผลรวมสุทธิของการเปลี่ยนแปลงศักย์เยื่อหุ้มเซลล์	56
2.20	การยับยั้งที่เซลล์ประสาทก่อน (ก) และหลังจุดประสานประสาท (ข)	57
2.21	แผ่นเชื่อมประสาทและกล้ามเนื้อ ซึ่งประกอบด้วยปลายประสาทสั่งการมาประสานประสาทกับจุดสิ้นสุดเส้นประสาทสั่งการของเส้นใยกล้ามเนื้อลาย	58

2.22	จุดประสานประสาทของกล้ามเนื้อเรียบ	58
2.23	ยาและสารที่ส่งผลกระทบต่อและยับยั้งการสื่อประสาท	59
3.1	ระบบประสาทส่วนปลาย และระบบประสาทอัตโนมัติ	63
3.2	การเปรียบเทียบระบบประสาทของแมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง	63
3.3	การแบ่งส่วนประกอบของระบบประสาทในสัตว์มีกระดูกสันหลัง	64
3.4	ระบบประสาทสั่งการทั้ง 2 สาขา	66
3.5	เซลล์ประสาทเชื่อมกลาง (ก) เซลล์ประสาทสั่งการ (ข) และเซลล์ประสาทนำความรู้สึกเข้า (ค)	67
3.6	ตำแหน่งที่ระบบประสาทซิมพาเทติก และระบบประสาทพาราซิมพาเทติกควบคุม	69
3.7	วิถีประสาทอิสระที่มีเซลล์ประสาทเชื่อมต่อกัน 2 เซลล์	72
3.8	เปรียบเทียบจุดเริ่มต้น และกิจกรรมของระบบประสาทอิสระทั้ง 2 ส่วน	73
3.9	ตำแหน่งของเส้นประสาทรีแมคในสัตว์ปีก	74
3.10	ระบบประสาทสั่งการ และอวัยวะแสดงผลชนิดโคลิเนอร์จิก และอะดรีเนอร์จิก	74
3.11	เปรียบเทียบการหลังสารส่งผ่านประสาทของเส้นใยประสาทอิสระ และต่อมหมวกไต	75
3.12	ส่วนประกอบ และหน้าที่ของสารส่งผ่านประสาทที่ออกฤทธิ์ในระบบประสาทอิสระ	76
3.13	การจำแนกชนิดของตัวรับตัวรับโคลิเนอร์จิก	77
3.14	ตำแหน่งที่ตั้ง และผลที่เกิดเมื่อกระตุ้นตัวรับอะดรีเนอร์จิกชนิดต่าง ๆ	78
4.1	ระบบประสาทสั่งการ	83
4.2	วิถีประสาทภายใต้อำนาจใจของระบบประสาทกาย	83
4.3	ศูนย์กลางควบคุมการเคลื่อนไหว	84
4.4	วงรีเฟล็กซ์อย่างง่ายซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์ประสาทรับความรู้สึก ศูนย์กลางรีเฟล็กซ์ และเซลล์ประสาทสั่งการ	85
4.5	วงรีเฟล็กซ์เพื่อหลีกเลี่ยงอันตราย	88
4.6	รีเฟล็กซ์การเกา (scratch reflex) เมื่อมีการเกาที่ท้องของสุนัข	88
4.7	รีเฟล็กซ์ถอยส่วนของร่างกายหนีออกจากอันตราย	89
4.8	รีเฟล็กซ์เฟล็กเซอร์ และครอสเอ็กเทนเซอร์	89
4.9	การยั้งของแม่เนื่องจากไม่มีรีเฟล็กซ์ถอยส่วนของร่างกายหนีออกจากอันตราย	90
4.10	รีเฟล็กซ์ที่ช่วยปรับการทรงตัวของร่างกายเมื่อกกล้ามเนื้อถูกยึด	91
4.11	รีเฟล็กซ์ครอสเอ็กเทนเซอร์	92
4.12	ขนาดและตำแหน่งของฟอราเมนแมกนัมในสุนัขป่า ชิมแปนซี และมนุษย์	93
4.13	คอร์รอยด์และจอตตาอักเสบที่เกิดจากการติดเชื้อ <i>Toxoplasma spp.</i> (ซ้าย)	

	และจักษุประสาทตาบวม (กลาง) โดยใช้กล้องส่องตรวจในตา (Ophthalmoscope)	96
4.14	ภาวะตาเหล่ชนิดเบนออกคนละทาง (divergent strabismus) เนื่องจาก สุนัขมีภาวะภาวะหัวบาตรแต่กำเนิด (congenital hydrocephalus) (ซ้าย) ภาวะตาเหล่เข้าสู่หัวตาตั้งแต่กำเนิด (congenital bilateral medial strabismus) (กลาง) และภาวะตาเหล่ล่างข้างขวา (right ventrolateral strabismus) (ขวา) เนื่องจากความผิดปกติของเส้นประสาทกล้ามเนื้อตาผิดปกติ	96
4.15	ตาเหล่ (strabismus) แบบต่าง ๆ	97
4.16	การห้อยตกของขากรรไกร (dropped jaw) หลังจากการเกิดเส้นประสาท ไตรเจมินัลอักเสบโดยไม่ทราบสาเหตุ (idiopathic trigeminal neuritis)	98
4.17	ชุดตรวจสอบการทำงานของต่อมน้ำตา (ซ้าย) การทดสอบความผิดปกติ ของต่อมน้ำตา (ขวา)	99
4.18	การเป็นอัมพาตของประสาทเฟเชียลด้านซ้ายโดยไม่ทราบสาเหตุ (idiopathic facial paralysis)	99
4.19	การทดสอบคลื่นไฟฟ้าของเส้นประสาทการได้ยิน และก้านสมอง	100
4.20	สุนัขที่มีอาการของโรคเวสทิบูลาร์	100
4.21	ความผิดปกติของประสาทกล้ามเนื้อด้านซ้าย	101
4.22	การทำกรีดเส้นเลือดเดียวในสัตว์เพื่อตรวจหาความผิดปกติที่ขา	102
4.23	ระยะของช่องระหว่างหนังตา	103
4.24	การเปลี่ยนสีของหลังเท้า (ซ้าย) และการย่นโดยใช้หลังเท้าสัมผัสพื้น เมื่อทดสอบ โดยวิธีชิงฮา (ขวา) พบในสุนัขที่มีความผิดปกติของระบบประสาท ไขสันหลังส่วนต้นคอ หรือขาหน้า	103
4.25	การทำการทดสอบรีเฟล็กซ์การก้าวเดิน (reflex step test)	103
4.26	การทดสอบการกระโดดในสัตว์เพื่อตรวจหาความผิดปกติที่ขา	104
4.27	การพลิกตัวกลับของแมว (right reflex)	104
4.28	การบาดเจ็บที่ข่าประสาทบราเคียลทำให้สุนัขไม่สามารถควบคุมการ เคลื่อนที่ และรับความรู้สึกได้ตั้งแต่ส่วนของข้อศอกลงมา	105
4.29	การทดสอบรีเฟล็กซ์ของเท้า (Babinski's reflex)	105
4.30	การตรวจรีเฟล็กซ์ของขาหน้า	106
4.31	การฝ่อลีบของกล้ามเนื้อใบหน้า (ซ้าย) และขาหลัง (ขวา)	106
4.32	การทดสอบรีเฟล็กซ์กล้ามเนื้อคิวกาเนียส ทริงไซ และการกระตุกของผิวหนัง ชั้นผิวหนัง ๆ	107
4.33	วงรีเฟล็กซ์อย่างง่าย ที่เส้นใยรับความรู้สึกถูกกระตุ้นโดยการเคาะค้อนลงไป ที่เส้นเอ็น กระแสประสาทจะวิ่งไปตามเส้นประสาทรับความรู้สึกไปที่ส่วนปีก ล่างของเนื้อเทา ส่งผลให้เกิดการประสานประสาท กับเซลล์ประสาทสั่งการ ส่วนล่างที่กระตุ้นให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเหยียดตัว	



	ของหัวเข่า	108
4.34	การทดสอบเอ็นหัวเข่า	108
4.35	การตรวจความผิดปกติของเส้นประสาท S <sub>1</sub> -S <sub>3</sub>	108
4.36	ปรากฏการณ์สชีพ-เซอร์ริงตัน	109
5.1	ประตูไอออนชนิดศักย์ไฟฟ้ากระตุ้น ชนิดลิแกนด์กระตุ้น และชนิดแรงตึงยึดกระตุ้น	114
5.2	ตัวรับชนิดที่ถูกกระตุ้นด้วยสารเคมี	115
5.3	ตัวรับที่อยู่ภายใน และภายนอกร่างกาย	115
5.4	เส้นทางการนำความรู้สึกของปลายประสาทรับรู้อากัปภิกิริยา	116
5.5	ตัวรับความรู้สึกทางกาย	116
5.6	การรับความรู้สึกพิเศษทั้ง 5	117
5.7	เส้นทางเพื่อให้เกิดการรับรู้	118
5.8	เปรียบเทียบการเกิดศักย์ตัวรับ และศักย์เงินเนอเรเตอร์	121
5.9	เปรียบเทียบจุดเริ่มต้นของการเกิดศักย์งานของเซลล์ประสาท 3 ชนิด	122
5.10	เปรียบเทียบการตอบสนองต่อตัวกระตุ้นของโทนิกรีเซปเตอร์ และเฟลสิกรีเซปเตอร์	123
5.11	ผลเมื่อกระตุ้นโทนิกรีเซปเตอร์ และเฟลสิกรีเซปเตอร์	123
5.12	โครงสร้างของแพกซีเนียน คอร์พัสเซล	124
5.13	ปลาทะเลที่มีจะงอยปาก (Billfish)	124
5.14	การปรับตัวของตัวรับแรงกด และการสัมผัสเมื่อได้รับการกระตุ้นอย่างต่อเนื่อง	125
5.15	วิถีประสาทความรู้สึกกาย	127
5.16	ลานรับสัญญาณ และการยั้งยั้งด้านข้าง	127
5.17	การยับยั้งสัญญาณที่อ่อนของข้อมูลด้วยการยับยั้งทางด้านข้าง	128
5.18	โครงสร้างที่ใช้ในการมองเห็นชนิดต่าง ๆ ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังกลุ่มหอย และหมีก	129
5.19	วิวัฒนาการของตาในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง	129
5.20	ระบบการมองเห็นของแมงกะพรุนกล่อง (ก) <i>Chiropsella bronzie</i> ที่แต่ละตัว ประกอบด้วยถ้วยรับความรู้สึกเรียกว่า โรพาลี (rhopalia) 4 อัน (ข) แต่ละอันประกอบด้วย 6 ตา; 2 หลุมตา (pit eyes) (pe), 2 ร่องตา (slit eyes) (se), 1 แก้วตาบน (ule) และ 1 แก้วตาล่าง (lle) (ค) ส่วนจอตาของลูกตา ประกอบด้วยชั้น 3 ชั้น คือ ชั้นซิลิอารี (cl) ชั้นเม็ดสี (pl) และประสาทแต่ละตัวรับแสงจะมีลักษณะเป็นซิลิอารี ซึ่งในรูปจะเห็นเป็นรากซิลิเลีย (ciliary rootlet) (cr) และขนเซลล์อยู่ในไมโครวิลไล (m) ซึ่งไม่ได้จำกัดในกลุ่มของแมงกะพรุนเท่านั้น (Scale bars, (a) 1 ซม. (b) 100 ไมโครเมตร และ (c) 1 ไมโครเมตร)	130

5.21	โครงสร้างลูกตาของมนุษย์ (ซ้าย) และหมึก (ขวา)	131
5.22	ตัวอย่างตาที่เป็นแอ่ง และตาประกอบพร้อมทั้งทิศทางการตกกระทบของแสง	131
5.23	โครงสร้างภายนอกที่ปกป้องลูกตา	132
5.24	ส่วนประกอบของลูกตา	132
5.25	ส่วนต่าง ๆ ของลูกตามนุษย์	133
5.26	เปรียบเทียบรูปร่าง และขนาดของเพคเห็นในสัตว์ปีก 3 ชนิด	133
5.27	จลกายวิภาคของเพคเห็นในสัตว์ปีก	134
5.28	ส่วนของโคนัส พาพิลลาริสของงู (ซ้าย) และตุ๊กแก (ขวา)	134
5.29	การควบคุมขนาดของรูม่านตา	135
5.30	คลื่นแสง (บน) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และแนวสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (ล่าง)	135
5.31	ระดับความยาวช่วงคลื่นชนิดต่าง ๆ	136
5.32	การเคลื่อนที่ของแสงที่เกิดการหักเหก่อนเข้าสู่จุดโฟกัส	137
5.33	การหักเหของแสงเมื่อวิ่งผ่านตัวกลางที่แตกต่างไป (ซ้าย) และภาพที่ตามองเห็น (ขวา)	137
5.34	การหักเหของแสงเมื่อเปลี่ยนตัวกลาง และภาพที่ตามองเห็น	137
5.35	การรวมแสงโดยเลนส์โค้ง ทำให้แสงจากวัตถุที่อยู่ไกลเข้ามารวมกันที่จุดโฟกัสของเลนส์	138
5.36	เปรียบเทียบการโฟกัสวัตถุที่อยู่ไกลของสายตาปกติ สายตาสั้น และสายตาวาย	138
5.37	การปรับตัวของเลนส์เพื่อการมองเห็นชัดเจนทั้งระยะใกล้ และระยะไกล	139
5.38	แก้วตาตอบสนองต่อการเพ่งเพื่อปรับการรับภาพจากวัตถุใกล้-ไกลด้วยการเปลี่ยนแปลงขนาดรูปร่าง	139
5.39	การปรับสายตาเมื่อมองวัตถุที่อยู่ใกล้ตา	140
5.40	ชั้นของจอตา	141
5.41	ชั้นต่าง ๆ ของจอตา	141
5.42	วิธีการหาจุดบอดในลูกตาของมนุษย์	142
5.43	ตำแหน่งของจุดบอด และรอยบุ๋มจอตา	142
5.44	เปรียบเทียบการมองเห็นของมนุษย์ และสุนัข	143
5.45	ความสามารถในการมองเห็นของสัตว์บางชนิด	143
5.46	เส้นทางที่แสงวิ่งจากด้านหน้าของลูกตาไปยังส่วนท้ายลูกตา	144
5.47	โครงสร้างของเซลล์รูปแท่ง และรูปกรวย	144
5.48	ตัวรับแสงของเซลล์รูปแท่ง และรูปกรวยที่จอตา	145
5.49	กระบวนการถ่ายโอนแสงระหว่างที่มีด และที่สว่าง	146
5.50	ลำดับของกระบวนการถ่ายโอนแสงในตัวรับแสงรูปแท่ง (ก) โมเลกุลของโรดอปซินที่เป็นสารสีในเซลล์รูปแท่ง โรดอปซินเป็นสารที่จับคู่โปรตีนจี	

	ประกอบด้วยออปซิน (โปรตีนที่เยื่อหุ้มเซลล์โครงสร้าง 7 โดเมน) และ 11-ซิส-เรตินอล (ที่จับกับโครโมฟอร์ด้วยพันธะโควาเลนต์) (ข) กระบวนการถ่ายทอดสารสื่อสัญญาณที่ 2 ของการถ่ายโอนแสงประกอบด้วย 1. แสงกระตุ้นโรดอปซินในผ้ตัวรับ (receptor disks) ทำให้โปรตีนจี (ทรานส์ดูซิน) ทำงาน 2. จีทีพี-บาวนด์ แอลฟาซับยูนิตของทรานส์ดูซินจะไปกระตุ้นฟอสโฟไดเอสเทอเรส (PDE) 3. พีดีอีที่ถูกกระตุ้นจะไปแยกซีจีเอ็มพีให้เป็นจีเอ็มพี เป็นการลดความเข้มข้นของส่วนนอก นำไปสู่การปิดประตูไอออนโซเดียมในส่วนนอกของตัวรับแสง	147
5.51	เปรียบเทียบการทำงานของวิธีการรับภาพในช่วงมืด และมีแสง	147
5.52	ความไวต่อแสงในเซลล์รูปกรวย 3 ชนิด และเซลล์รูปแท่งของจอตาในไพรเมท	151
5.53	การมองเห็นสีต่าง ๆ ของมนุษย์ และกึ่ง	151
5.54	ภาพที่เกิดขึ้นที่จอตา	152
5.55	กระบวนการที่ทำให้เกิดการสร้างความคมชัดของวัตถุที่มองเห็นโดยจอตา	153
5.56	เปรียบเทียบการรับแสงที่เซลล์จอตา (ซ้าย) และภาพที่ปรากฏที่เปลือกสมอง (ขวา)	153
5.57	วิธีการมองเห็นที่เดินทางจากจอตาของลูกตาไปยังเปลือกสมองส่วนการเห็น	154
5.58	ลานสายตา และความผิดปกติที่ระดับต่าง ๆ ของวิธีการมองเห็น	155
5.59	ตาประกอบของแมงดาทะเล	157
5.60	ตาประกอบของแมลงปอ	158
5.61	ภาพที่แมลงมองเห็น	158
5.62	ตาประกอบชนิดอ้อมมาทีเดียมเริ่มจากด้านนอกแผ่ขยายเข้ามาทางด้านใน (apposition) และชนิดที่อ้อมมาทีเดียมเริ่มจากด้านในแผ่ขยายออกไปด้านนอก (superposition)	159
5.63	ตัวรับรู้ตรงส่วนรอยต่อของขนส่วนขาในแมลงหวี่	161
5.64	ตัวรับรู้ความรู้สึกทางกายภาพ และความรู้สึกอื่น ๆ เช่นความร้อนและความเจ็บปวด	161
5.65	ถุงทรงตัวในหอยแครง (ซ้าย) และกึ่งมังกร (ขวา)	162
5.66	ถุงทรงตัวของกึ่งมังกร และหมึกยักษ์	162
5.67	โครงสร้างนิวโรมาสต์ของปลา	163
5.68	เส้นข้างลำตัวของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก	163
5.69	ตำแหน่งของระบบเวสทิบูลาร์ (vestibular system)	164
5.70	โครงสร้างของเวสทิบูลาร์ แอปพาราตัส	165
5.71	โครงสร้างของเซลล์เส้นขน การเคลื่อนที่ของร่างกาย และการเคลื่อนที่ของเอนโดลิมพ์	165
5.72	โครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการหมุน ก้ม เงยศีรษะ	166

5.73	การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างหลอดกึ่งวงกลมเมื่อมีการหมุนศีรษะ	167
5.74	การส่งศักยะงานเมื่อมีการหมุนไปมาของศีรษะ	167
5.75	ที่ตั้งของโอโทลิทออร์แกน (ซ้าย) ทิศทางการเคลื่อนที่ของเส้นขนบนกระเปาะ และถุงเล็กเมื่อแหงนหน้า (ขวา)	167
5.76	โครงสร้างของเซลล์เส้นขนของเส้นขนบนกระเปาะ และถุงเล็ก	168
5.77	การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างหลอดกึ่งวงกลม เมื่อมีการก้มศีรษะ	168
5.78	ทิศทางการเคลื่อนที่ของสเตอริโอซีเลีย และคินอซีเลีย โดยในสภาวะการลดความต่างศักย์จะมีการเคลื่อนที่ของสเตอริโอซีเลียเข้าหาคินอซีเลีย ในขณะที่สภาวะการเพิ่มความต่างศักย์ จะมีการเคลื่อนที่ของสเตอริโอซีเลียออกจากคินอซีเลีย	168
5.79	การเคลื่อนที่ของศีรษะในสองทิศทาง	169
5.80	ปลาลิ้นหมาตัวเต็มวัยที่ว่ายน้ำตะแคงข้างเดียว	169
5.81	การนำข้อมูลเข้า และออกจากเวสทิบูลาร์นิวเคลียส	170
5.82	เวเบอร์เรียน แอปพาราตัสที่ปลาใช้ในการฟังเสียง	171
5.83	เวเบอร์เรียน แอปพาราตัสของปลาคาร์พ	171
5.84	โครงสร้างของหู และส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการได้ยิน	171
5.85	รูเปิดของช่องหูนอกแฉก	172
5.86	การทำงานของส้อมเสียง	172
5.87	การเคลื่อนตัวของคลื่นเสียง	173
5.88	การเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของอากาศเมื่อมีการสั่นส้อมเสียง	174
5.89	การเปรียบเทียบลักษณะของคลื่นเสียงแบบต่าง ๆ	174
5.90	การตรวจจับตำแหน่งจากเสียงสะท้อนโดยเมลอนในโลมา	174
5.91	การแบ่งชั้นภายในช่องหู และทิศทางการเคลื่อนที่ของสัญญาณเสียง	179
5.92	ส่วนประกอบของอวัยวะรูปหอยโข่งในช่องหูชั้นใน	181
5.93	กระบวนการรับรู้เสียงของหูชั้นใน	182
5.94	ลำดับขั้นตอนในการได้ยินเสียง	183
5.95	ระดับการได้ยินเสียงภายในช่องหู	183
5.96	โครงสร้างของตุ่มรับรส	186
5.97	เซนซิลาของแมลง	186
5.98	ตำแหน่งของตุ่มรับรสชนิดต่าง ๆ	187
5.99	กลไกการรับรสเค็ม และเปรี้ยว	188
5.100	กลไกการรับรสหวาน และขม	189
5.101	ตัวรับรสต่าง ๆ บนตุ่มรับรส และวิธีการรับรส	190
5.102	ส่วนที่ทำหน้าที่รับกลิ่น และทำหน้าที่หายใจ	191
5.103	โครงสร้างตัวรับกลิ่น	191
5.104	ตำแหน่งเซลล์ตัวรับกลิ่นในสุนัข	192

5.105	เส้นทางของโมเลกุลกลืนในโพรงจมูกของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	193
5.106	ลำดับการเรียงตัวของเซลล์ต่าง ๆ ในระบบรับกลิ่น	194
5.107	เส้นทางการส่งกระแสประสาทรับกลิ่นไปสู่สมอง	194
5.108	ไวเมอโรนาซัล ออร์แกนในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	190
5.109	ไวเมอโรนาซัล ออร์แกนในหนู	196
5.110	พฤติกรรมเผยแพร่ริมฝีปากด้านบนขึ้นเพื่อตอบสนองต่อการพร้อมผสมพันธุ์ ในสัตว์ต่าง ๆ	196
5.111	ตัวรับรู้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ผิวหนัง	198
5.112	ประตูไอออนรับความร้อนของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	198
5.113	ตัวรับรู้อุณหภูมิในกลุ่มงูพิษ	199
5.114	วิธีการรับความรู้สึกเจ็บปวด	199
5.115	วิธีการนำความรู้สึกเจ็บปวด	200
5.116	สรุปวิธีการรับความรู้สึกเจ็บปวด	201
5.117	กลไกการกระตุ้นเปลือกสมอง และความรู้สึกเจ็บปวดเรื้อรัง	202
5.118	สารเคมีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการอักเสบ และการเจ็บปวด	202
5.119	วิถีความเจ็บปวด และวิธีการระงับความเจ็บปวด	203
5.120	กลไกของการกดจุด และการกระตุ้นไฟฟ้าที่ช่วยลดความเจ็บปวด	204
5.121	ตำแหน่งของอิเล็กโทรรีเซปเตอร์	206
5.122	แอมพูลลารี อิเล็กโทรรีเซปเตอร์ในปลาบางชนิด	206
5.123	การรับรู้กระแสไฟฟ้าชนิดอัมมอนด์ของตุ่นปากเปิด	207
5.124	ตำแหน่งที่สร้างกระแสไฟฟ้า (บน) ตำแหน่งรับกระแสไฟฟ้า (ล่าง) ของปลาสร้างกระแสไฟฟ้า	207
5.125	การส่งไอออนกลับ จากส่วนศีรษะไปยังส่วนปลายหางจนเปลี่ยนเป็นขั้วลบ	208
5.126	การไหลของกระแสไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าเมื่อไปสัมผัสกับสิ่งที่เหนี่ยวนำ ไฟฟ้า (ซ้าย) และวัตถุที่มีความทึบและไม่มีกรเหนี่ยวนำไฟฟ้า (ขวา)	208
5.127	การตรวจจับตำแหน่ง (ซ้าย) หรือการสื่อสารระหว่างกันของปลาไฟฟ้า (ขวา)	209
5.128	โครงสร้างของอวัยวะสร้างกระแสไฟฟ้าของปลากระเบน	209
5.129	การเปลี่ยนประจุบวก และลบในช่วงปล่อยกระแสไฟฟ้าของปลาสร้างกระแส ไฟฟ้าในปลาไหล	210
5.130	อวัยวะสร้างกระแสไฟฟ้าของปลาไหลไฟฟ้า	210
6.1	สมองของสัตว์มีกระดูกสันหลัง	217
6.2	เซลล์เกลียของระบบประสาททั้ง 5 ชนิด	218
6.3	โพรงสมองทั้งสี่	220
6.4	ส่วนประกอบของระบบป้องกันสมอง	220
6.5	ชั้นต่าง ๆ ที่ห่อหุ้มส่วนของสมอง	221
6.6	เซลล์อีเพนโดมาลที่ส่วนคอรอยด์ เพลลิกซ์ซึ่งทำหน้าที่สร้างน้ำหล่อสมอง	

	ไซสัน	222
6.7	ตำแหน่งที่สร้าง และเส้นทางที่น้ำหล่อสมองไซสันหลังไหลเวียน	222
6.8	เปรียบเทียบหลอดเลือดฝอยที่พบทั่วไป (ชาย) และในสมอง (ขวา)	223
6.9	ทำงานระหว่างเลือด-สมองที่มีไทด์ จึงชั้นซึ่งป้องกันการเข้าออกของสารสู่ระบบประสาทส่วนกลาง	224
6.10	วิวัฒนาการของสมองสัตว์มีกระดูกสันหลัง	227
6.11	การเปลี่ยนแปลงของท่อประสาทเป็นส่วนต่าง ๆ ของสมอง	227
6.12	เปรียบเทียบสมองทั้ง 3 ส่วนในสัตว์มีกระดูกสันหลังบางชนิด	238
6.13	ส่วนประกอบทั้ง 5 ส่วนของสมองมนุษย์	238
6.14	สรุปหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ในระบบประสาทส่วนกลาง	239
6.15	เปรียบเทียบรอยหยัก และขนาดของเปลือกสมองในสัตว์เลี้ยงลูก	230
6.16	ส่วนต่าง ๆ ของสมอง และหน้าที่	231
6.17	ภาพตัดขวาง และผ่ากลางของสมองทำให้เห็นส่วนของเนื้อเทา และเนื้อขาว	231
6.18	โครงสร้างเปลือกสมอง 6 ชั้น และชนิดของเซลล์ประสาท	232
6.19	ชั้นต่าง ๆ ของเปลือกสมอง แสดงเส้นใย (ชาย) และชนิดของเซลล์ (ขวา)	232
6.20	กลีบสมองทั้ง 4	233
6.21	ส่วนของเปลือกสมองที่ทำหน้าที่รับผิดชอบการรับรู้ต่าง ๆ	234
6.22	ตำแหน่งในสมองที่มีกิจกรรมทางด้านภาษาเมื่อตรวจสอบโดยใช้โพซิตรอนอีมิสชันโทโมกราฟี	234
6.23	ระดับการรับรู้รู้สึกของอวัยวะต่าง ๆ ที่แตกต่างกันในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 4 ชนิด	235
6.24	ตำแหน่งที่จำเพาะของเปลือกสมองบนโฮมโนคูโลสรับรู้ความรู้สึกกาย	235
6.25	โฮมโนคูโลสสั่งการ (ชาย) และโฮมโนคูโลสรับรู้ความรู้สึก (ขวา)	237
6.26	ส่วนของพื้นที่สั่งการชั้นสูงกว่า	238
6.27	สมองตัดตามขวางแสดงตำแหน่งสำคัญต่าง ๆ ของชั้นใต้เปลือกสมอง	239
6.28	ส่วนของเบซัลนิวคลีไอ (เบซัลแกงเกลีย)	240
6.29	วงจรป้อนกลับระหว่างสมองน้อย เบซัลแกงเกลีย ทาลามัส และเปลือกสมองสั่งการ	241
6.30	ตำแหน่งที่ตั้ง และความสัมพันธ์ของทาลามัส กับสมองส่วนอื่น ๆ	241
6.31	ตำแหน่งที่ตั้งของต่อมใต้สมองส่วนล่าง	242
6.32	ส่วนประกอบของระบบลิมบิก	243
6.33	พาลีโอสไตรเอตัมในสัตว์ปีก	244
6.34	ส่วนประกอบของสมองน้อย	246
6.35	เส้นประสาทสมองทั้ง 12 คู่ และหน้าที่	249
6.36	ก้านสมอง และระบบต้นตัวเรติคิวลาร์	250
6.37	การนอนหลับแบบมีการกลอกตาเร็ว	251

6.38	รูปแบบของคลื่นสมองในแต่ละช่วงของการนอนหลับ	252
6.39	แผนภูมิแท่งแสดงวงจรการนอนหลับในแต่ละคืน	253
6.40	ตำแหน่งของเส้นประสาทไขสันหลัง	254
6.41	ส่วนประกอบของไขสันหลัง	255
6.42	ตำแหน่งของไขสันหลังของมนุษย์	255
6.43	กลุ่มรากประสาทคล้ายหางม้า	256
6.44	โครงสร้างของไขสันหลังตัดตามขวาง	256
6.45	ลำเส้นใยประสาทส่วนขึ้น (ซ้าย) และส่วนล่าง (ขวา) ในไขสันหลังเมื่อตัดตามขวาง	257
6.46	ส่วนต่าง ๆ ของเนื้อเทาในไขสันหลัง	258
6.47	ลำเส้นใยประสาทไขสันหลังเชื่อมสมองน้อย (การส่งข้อมูลประสาทส่วนขึ้น)	258
6.48	ลำเส้นใยประสาทเปลือกสมองเชื่อมไขสันหลัง (การส่งข้อมูลประสาทส่วนลง)	259
6.49	เส้นทางการนำกระแสประสาทเข้า และออกภายในไขสันหลัง	259
6.50	โครงสร้างของเส้นประสาทไขสันหลังเมื่อตัดตามขวาง	260
6.51	การนำส่งข้อมูลความรู้สึกเข้าสู่เส้นประสาทไขสันหลัง	261
6.52	ส่วนหลังที่ตรงฐานของคอในสัตว์มีกระดูกสันหลังสี่ขา	262
6.53	ชนิดของความจำในมนุษย์	263
6.54	ระยะเวลาที่มนุษย์สามารถจำได้ ในชั้นความจำที่ระดับต่าง ๆ	264
6.55	กระบวนการเกิดความจำ	265
6.56	ตำแหน่งต่าง ๆ ที่เก็บความจำต่างชนิดกัน	265
6.57	วิธีของข้อมูลที่จะเกิดเป็นการจำได้ และการลืม	266
6.58	โครงสร้างของอะนินดาไมด์ และเททระไฮโดรแคนนาบินอล	266
6.59	กลไกการออกฤทธิ์ของสารส่งผ่านประสาทในสมอง	267
6.60	โครงสร้างที่ใช้ในการหายใจของกระต่ายทะเล	269
6.61	การเรียนรู้เกี่ยวกับความเคยชินของกระต่ายทะเล	269
6.62	วงจรความเคยชิน และการไวต่อตัวกระตุ้น	271
6.63	วิธีการเกิดศักยภาพระยะยาว ตามแนวคิดที่ 1	273
6.64	วิธีการเกิดศักยภาพระยะยาว ตามแนวคิดที่ 2	274
7.1	กล้ามเนื้อลายชนิดต่าง ๆ	281
7.2	การเคลื่อนที่ของร่างกายซึ่งเป็นผลมาจากการหดตัว (สั้นเข้า) ของกล้ามเนื้อลายที่ยึดเกาะข้ามข้อต่อที่เคลื่อนที่ได้ การหดตัวของกล้ามเนื้อจะไปลดมุมการงอที่ข้อต่อ ก (stifle joint) และไปเพิ่มมุมของส่วนที่เหยียดออก ที่ข้อต่อ ข (tarsal joint) ซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนที่ต่อเนื่องกันตรงข้อต่อตามทิศทางที่ลูกศรแสดง	282

7.3	ส่วนประกอบของมัดกล้ามเนื้อ	283
7.4	การจัดเรียงตัวของโครงสร้างในมัดกล้ามเนื้อลายซึ่งมีอยู่หลายระดับ โดยส่วน เอช และซีเป็นสัญลักษณ์ที่แสดงให้เห็นเป็นลายเมื่อมองด้วยกล้องจุลทรรศน์	284
7.5	ที่มาของลายกล้ามเนื้อ	284
7.6	โครงสร้างกล้ามเนื้อภายใต้กล้องจุลทรรศน์	285
7.7	ซาร์โคเมอร์ซึ่งประกอบด้วยแอกตินฟิลาเมนต์ และไมโอซินฟิลาเมนต์สอด ประสานกัน (บน) และภาคตัดขวางของซาร์โคเมอร์ (ล่าง)	285
7.8	ส่วนประกอบ และโครงสร้างของฟิลาเมนต์ชนิดบาง	286
7.9	โครงสร้างของไมโอซินฟิลาเมนต์ (บน) และฟิลาเมนต์ชนิดหนา (ล่าง)	287
7.10	ตำแหน่งของแอกติน และไมโอซินในช่วงพัก และช่วงที่เกิดการหดตัวของ เส้นใยกล้ามเนื้อ	287
7.11	การทำงานร่วมกันของไมโอซิน และแอกตินเพื่อให้เกิดการหดตัวของเส้นใย กล้ามเนื้อ	287
7.12	โครงสร้างของกล้ามเนื้อลายที่ประกอบด้วย เส้นใยฝอยกล้ามเนื้อ หลอดฝอย ตามขวาง และร่างแหซาร์โคพลาซิม	288
7.13	ความสัมพันธ์ระหว่างหลอดฝอยรูปตัวที และร่างแหซาร์โคพลาซิม ระหว่าง ที่กล้ามเนื้อถูกกระตุ้นจนเกิดการหดตัว...	289
7.14	ระยะดื้อ และการหดตัวคลายตัวของกล้ามเนื้อลาย	289
7.15	แผ่นเชื่อมประสาทและกล้ามเนื้อ	290
7.16	เหตุการณ์เมื่อเกิดศักยะงานภายในโครงสร้างของกล้ามเนื้อลาย	291
7.17	บริเวณตรีลักษณ์ (triad) บนกล้ามเนื้อลาย	292
7.18	ตัวรับไดไฮโดรไพริดีนบนหลอดฝอยรูปตัวที และตัวรับไรยาโนดีนบนร่างแห ซาร์โคพลาซิม	292
7.19	การคลายตัว และหดตัวของกล้ามเนื้อเมื่อโทรโปนินจับกับแคลเซียม	293
7.20	วงจรการหดตัว และคลายตัวของกล้ามเนื้อลายช่วงจังหวะกำลัง	294
7.21	สมบัติของไททิน (สีเหลือง) และทฤษฎีการเลื่อนตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ	295
7.22	การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบแรงตึงคงที่ แต่กล้ามเนื้อหดสั้นลง	296
7.23	การหดตัวของกล้ามเนื้อชนิดที่ความยาวกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น	296
7.24	เครื่องมือสร้างการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยที่ความเร็วการหดตัวคงที่	297
7.25	ระยะแฝง ระยะหดตัว และระยะคลายตัวของกล้ามเนื้อ	298
7.26	การกระตุกของกล้ามเนื้อ (twitch) 1 จังหวะ (บน) และต่อเนื่องด้วย ความถี่คงที่ (ล่าง)	298
7.27	การรวมหน่วยมอเตอร์	299
7.28	การหดตัวของกล้ามเนื้อลายที่เกิดจากการเพิ่มจำนวนของตัวกระตุ้น	300
7.29	ความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวของกล้ามเนื้อลายจากการเพิ่มจำนวน ของตัวกระตุ้น และศักยะงาน	300



7.30	การกระตุ้นกล้ามเนื้อเพียงครั้งเดียว (ก) และกระตุ้นต่อเนื่องกันหลายครั้ง (ข)	301
7.31	การเตรียมกล้ามเนื้อเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัว และความยาวของกล้ามเนื้อ (ก) การหดตัวของกล้ามเนื้อ และความยาวของกล้ามเนื้อเมื่อถูกกระตุ้นในเวลานั้น ๆ (ข) ความสัมพันธ์ของแรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ และความยาวของซาร์โคเมอร์ (ค)	301
7.32	ความสัมพันธ์ของแรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ และความยาวของซาร์โคเมอร์	302
7.33	ความสัมพันธ์ระหว่างแรง และความเร็วการหดตัวของกล้ามเนื้อ	302
7.34	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความยาว และแรงดึงระหว่างกล้ามเนื้อลาย และกล้ามเนื้อหัวใจ	303
7.35	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรง และความเร็วต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อ ในสัตว์บางชนิด	303
7.36	กราฟเปรียบเทียบการหดตัวแบบแรงดึงคงที่ของกล้ามเนื้อ	304
7.37	ชนิดของกล้ามเนื้อแบ่งตามความเข้มข้นของสี	305
7.38	เปรียบเทียบการใช้งานของกล้ามเนื้อลายชนิดต่าง ๆ	305
7.39	นักกีฬาที่ฝึกกล้ามเนื้อเพื่อปรับโครงสร้าง	307
7.40	สุนัขป่วยด้วยโรคโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรงชนิดร้าย	308
8.1	โครงสร้างของกล้ามเนื้อหัวใจ	317
8.2	โครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อหัวใจ	318
8.3	เซลล์ตัวคุมจังหวะ และเซลล์ยึดหดได้ในหัวใจ	319
8.4	เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ	319
8.5	ตำแหน่งของพुरคินเย ไฟเบอร์	319
8.6	การเคลื่อนที่ของไอออนที่พुरคินเย ไฟเบอร์ และปมเอสเอ	320
8.7	การเคลื่อนที่เข้าออกของไอออนต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดศักยะงานหัวใจ (กระบวนการคู่ควบฮีซี)	321
8.8	การเข้าออกของไอออนในช่วงคลื่นต่าง ๆ ของกล้ามเนื้อหัวใจห้องล่าง ที่ทำให้เกิดศักยะงาน	321
8.9	การเกิดศักยะงานที่ปมเอสเอ	322
8.10	การเกิดศักยะงานที่หัวใจห้องล่าง	322
8.11	ศักยะงานที่ยาวนาน การหดตัว และระยะถือของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจห้องล่าง	323
8.12	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึง (ความดัน) และความยาวของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ (ปริมาตร) ที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ	324
8.13	ผลของระบบประสาทอิสระต่อการทำงานของปมเอวี (ERP แทนระยะถือเห็นผล (effective refractory period))	324
8.14	ผลของระบบประสาทอิสระต่อการทำงานของพुरคินเย ไฟเบอร์	325

8.15	ผลของระดับไอออนโพแทสเซียมต่อการทำงานของพวกริโนเอนไฟเบอร์ และปมเอสเอ	325
8.16	กล้ามเนื้อเรียบในระบบทางเดินอาหาร	326
8.17	กล้ามเนื้อเรียบชนิดหน่วยเดียว และกล้ามเนื้อเรียบหลายหน่วย	326
8.18	เส้นใยแอคติน-ไมโอซินของกล้ามเนื้อเรียบเมื่อคลายตัว (ก) และหดตัว (ข)	327
8.19	โครงสร้างโปรตีนที่ห่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อเรียบในขณะที่มีการคลายตัว	328
8.20	โครงสร้างโปรตีนที่ห่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อเรียบในขณะที่มีการหดตัว	328
8.21	รอยต่อของแควรีโคซิติบนกล้ามเนื้อเรียบ	329
8.22	การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเซลล์แอคติน	329
8.23	ศักยะงาน (ซ้าย) และคลื่นช้ารูปไซน์ (ขวา) ของกล้ามเนื้อเรียบ	330
8.24	เปรียบเทียบศักยะงาน และการหดตัวของกล้ามเนื้อทั้ง 3 ชนิด	331
8.25	กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบ	332
8.26	กลไกการหดตัว และการคลายตัวของกล้ามเนื้อเรียบ	332
8.27	กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบชนิดหน่วยเดียว และหลายหน่วย	332
8.28	การหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบเป็นช่วง และเป็นจังหวะต่อเนื่อง	333
8.29	การเพิ่มจำนวนของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ	334
9.1	วิลเลียม ฮาร์วีย์ (1 เมษายน 1578 – 3 มิถุนายน 1657) บิดาแห่งสรีรวิทยา หัวใจและหลอดเลือด	340
9.2	การไหลของเลือดในระบบหัวใจหลอดเลือด	342
9.3	ความสัมพันธ์ของความดันกำซาบ และผลต่างของความดันภายใน และภายนอกหลอดเลือด	343
9.4	การเดินทางจนถึงตำแหน่งแลกเปลี่ยนออกซิเจนในถุงลมฝอยโดยการแพร่	345
9.5	การไหลเวียนเลือดผ่านปอด และการไหลเวียนเลี้ยงกาย	346
9.6	การไหลเวียนเลี้ยงกาย	347
9.7	วงจรไหลเวียนเลือด และระบบพอร์ทัล (portal system)	348
9.8	การไหลเวียนเลือดในระบบทางเดินอาหาร	348
9.9	เปรียบเทียบวงจรไหลเวียนเลือดในสัตว์มีกระดูกสันหลัง	349
9.10	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่เลือดไปเลี้ยงอวัยวะต่าง ๆ ขณะพัก และออกกำลังกายในมนุษย์	350
9.11	ค่าเฉลี่ยความดันเลือดที่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายมนุษย์	351
9.12	ขนาด และสาขาของหลอดเลือดแดง	352
9.13	พื้นที่หน้าตัดโดยรวม และอัตราการไหลของเลือดในหลอดเลือดแต่ละชนิด	353
9.14	ส่วนประกอบของเลือด	354
9.15	การเปลี่ยนจากเซลล์บรรพบุรุษ หรือเซลล์ต้นกำเนิดหลายสรรพคุณเป็นเซลล์เม็ดเลือดชนิดต่าง ๆ	355
9.16	กระบวนการเปลี่ยนไฟบริโนเจนเป็นไฟบริน (fibrinolytic)	356

9.17	กลไกการจับเป็นลิ่ม	356
9.18	การห้ามเลือดของเกล็ดเลือด และไฟบริน	357
9.19	ขนาดเปรียบเทียบ และรูปร่างขององค์ประกอบในน้ำเลือด	357
9.20	โครงสร้างกล้ามเนื้อหัวใจ	361
9.21	เส้นทางการส่งศักยะงานจากเซลล์ตัวคุมจังหวะไปยังส่วนต่าง ๆ ของหัวใจ	363
9.22	ช่วงเวลาที่เกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ในหัวใจแต่ละส่วน	364
9.23	สรุปการนำกระแสประสาทในหัวใจ (1) ปมเอสเอ และส่วนอื่น ๆ ของระบบนำกระแสไฟฟ้าพิเศษของหัวใจอยู่ในระยะพัก (2) ปมเอสเอเริ่มเกิดศักยะงานและวิ่งผ่านผนังหัวใจห้องบน (3) เมื่อกระแสไฟฟ้ามาถึงปมเอวี จะมีการล่าช้าของกระแสไฟฟ้าประมาณ 100 มิลลิวินาที เพื่อให้หัวใจห้องบนฉีดเลือดออกอย่างสมบูรณ์ ก่อนที่จะมีการส่งกระแสไฟฟ้าต่อไปยังทอลำเลียงเอวี (4) หลังจากนั้น กระแสไฟฟ้าจะวิ่งผ่านทอลำเลียงเอวี และสาขาทอลำเลียง ไปยังพุงคินนยไฟเบอร์ จนกระทั่งถึงกล้ามเนื้อหัวใจด้านขวา ผ่านแถบตัวกั้นสัญญาณ (moderator band) (5) กระแสไฟฟ้าแพร่ผ่านไปยังเส้นใยยึดหดได้ของหัวใจห้องล่าง (6) เริ่มเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจห้องล่าง	365
9.24	เปรียบเทียบระยะเวลาการเกิดศักยะงานในหัวใจ (บน ) กล้ามเนื้อลาย (กลาง) และเซลล์ประสาท (ล่าง)	366
9.25	การเปลี่ยนแปลงของไอออนขณะเกิดศักยะงาน	367
9.26	ความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดศักยะงาน และการหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ	368
9.27	ระดับของไอออนในช่วงศักยะงาน	370
9.28	ผลของการหายไปของสารส่งผ่านประสาทต่อการลดความต่างศักย์ของเซลล์ตัวคุมจังหวะที่ปมเอสเอ จนเข้าสู่ระดับกั้น และเริ่มเข้าสู่ศักยะงาน ซึ่งแสดงด้วยเส้นสีดำ เป็นกระบวนการที่อัตราหัวใจเต้นถูกควบคุมโดยหัวใจเอง และเกิดขึ้นได้เอง การมีอะเซทิลโคลีนจะส่งผลให้อัตราการเกิดศักยะงานลดลง ทำให้ช่วงของศักยะงานทิ้งห่างกัน (อัตราหัวใจเต้นลดลง) เมื่อมีการกระตุ้นจากนอร์เอปิเนฟริน จะทำให้อัตราการเกิดศักยะงานเพิ่มขึ้น และระยะระหว่างการเกิดศักยะงานแต่ละครั้งสั้นลง	371
9.29	อัตราหัวใจเต้นภายใต้การควบคุมจากระบบประสาท และการทำงานของหัวใจเองในช่วงต่าง ๆ	372
9.30	ผลของระบบประสาทอิสระต่อการทำงานของปมเอสเอ	372
9.31	ศักยะงานที่ปมเอสเอ และเอวี	373
9.32	ผลของระบบประสาทอิสระต่ออัตราหัวใจเต้น	376
9.33	จังหวะการเต้นของหัวใจปกติ	377
9.34	ภาวะหัวใจเสียจังหวะเหตุปมไซนัส	377
9.35	การหยุดของสัญญาณที่ไซนัส	378
9.36	การสะกดปมเอวีทั้ง 3 ระดับ	380

9.37	อัตราหัวใจเต้นปรกติ (บน) เต้นช้าเหตุปมไซนัส (กลาง) และเต้นเร็วธรรมดา เหตุปมไซนัส (ล่าง)	381
9.38	อัตราหัวใจห้องบนเต้นเร็ว	381
9.39	อัตราหัวใจเต้นเร็วเหตุรอยต่อ	382
9.40	อัตราหัวใจห้องล่างเต้นเร็ว	383
9.41	ศักยะงานที่เกิดจากตัวคุมจังหวะนอกตำแหน่งภายในหัวใจห้องล่างที่ย้อน กลับไปยังปมเอวี	383
9.42	หัวใจห้องบนเต้นระรัว	383
9.43	หัวใจห้องบนเต้นแฉ่วระรัว (บน) และหัวใจห้องล่างเต้นแฉ่วระรัว (ล่าง)	384
9.44	ภาพตัดขวางห้องหัวใจ (ห้องบน หรือล่าง) ที่มีตำแหน่งแยกออก 6 ส่วน เพื่อให้เห็นถึงการเกิดหัวใจเต้นเสียจังหวะชนิดกลับมาเกิดซ้ำ ส่วนที่มีความ ผิดปกติ (พื้นที่ลายขวาง) จะนำสัญญาณไฟฟ้าได้ช้ากว่า และสัญญาณเดิน ทางได้ทิศทางเดียว (ในตัวอย่างนี้ คือ ตามเข็มนาฬิกา) 1 ศักยะงานปรกติเพิ่ง ผ่านเข้ามาสู่เนื้อเยื่อวงแหวน มีเฉพาะพื้นที่ส่วนสีเทาที่เกิดการลดความต่าง ศักย์ 2. ศักยะงานเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว 2 ทิศทาง ไปยังส่วนของเนื้อเยื่อที่ปรกติ แต่จะถูกบล็อกเมื่อผ่านเข้าไปในกล้ามเนื้อหัวใจที่ผิดปกติทางด้านทวนเข็ มนาฬิกา 3. ศักยะงานทางด้านตามเข็มนาฬิกา กำลังจะผ่านเข้าไปในเนื้อเยื่อส่วน ที่ผิดปกติ 4. ขณะที่ศักยะงานในทิศตามเข็มนาฬิกาเคลื่อนตัวได้อย่างช้า ๆ ใน เนื้อเยื่อที่ผิดปกติ เนื้อเยื่อที่ปรกติอยู่ในช่วงกลับคืนความต่างศักย์ เพื่อจะเข้าสู่ ระยะพัก 5. ในเนื้อเยื่อผิดปกติเริ่มเกิดศักยะงาน และกำลังเคลื่อนศักยะงานต่อ ไปยังส่วนของเนื้อเยื่อหัวใจที่ปรกติ เพื่อให้เกิดศักยะงานครั้งที่ 2 ในเนื้อเยื่อส่วน ที่ปรกติ โดยที่ขณะนั้น เนื้อเยื่อที่ผิดปกติเริ่มมีการกลับคืนความต่างศักย์ เพื่อ เข้าสู่ระยะพัก 6. ศักยะงานเริ่มเคลื่อนที่อย่างช้า ๆ ผ่านส่วนที่ผิดปกติ เพื่อให้ เกิดศักยะงานครั้งที่ 2 โดยระยะที่ 4-6 จะมีการเกิดซ้ำ ๆ เอง ทำให้ส่วนที่ผิด ปรกติทำหน้าที่เหมือนเป็นตัวคุมจังหวะนอกตำแหน่ง	385
10.1	ลำดับการส่งสัญญาณไฟฟ้าในหัวใจ	393
10.2	ขั้วคู่ของแบตเตอรี่ในสารละลาย	393
10.3	ขั้วคู่ของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ	394
10.4	การพัฒนาของการวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ 1 จังหวะ	395
10.5	ตำแหน่งของหัวใจในช่องอกสุนัข เส้นทางของศักยะงาน และกราฟที่ ได้จากภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจ	396
10.6	ลีดสำหรับวัดภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG Leads)	398
10.7	รูปคลื่นจากภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจ 1 จังหวะ	398
10.8	วงรอบ และช่วงเวลาที่ตรวจพบได้ในการทำอีซีจี	399
10.9	ลีดมาตรฐานของอีซีจีจากสุนัขปรกติ คลื่นพี คิว อาร์ และทีสามารถมองเห็น ได้ในทั้ง 6 ลีด จะถูกบันทึกในลีด 2 ไม่มีความแตกต่างของคลื่นเอสในการ	

	บันทึก ส่วนคลื่นที่จะแสดงค่าเป็นลบในลีด 1, 2, เอวีแอล และ เอวีเอฟ ซึ่งไม่ จัดว่าผิดปกติ ข, สามเหลี่ยมไอนต์โฮเพิน แสดงตำแหน่งที่สะดวกในการติด อิเล็กโทรดกับขา 3 ข้าง เพื่อให้ได้อีซีจีลีด 1, 2, และ 3	400
10.10	ลีดมาตรฐานทั้ง 3 ที่ใช้ในการตรวจวัดคลื่นหัวใจในมนุษย์	401
10.11	การบันทึกคลื่นไฟฟ้าหัวใจโดยกระดาษเคลื่อนด้วยอัตรา 25 มม./วินาที (1 ซม. = 1 มิลลิโวลต์) (ชาย) กระดาษเคลื่อนด้วยอัตรา 50 มม./วินาที (1 ซม. = 1 มิลลิโวลต์) (ขวา)	401
10.12	อีซีจีในสุนัขที่มีปัญหาหัวใจห้องล่างขวามีขนาดโต	402
10.13	การบันทึกความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างส่วนเอสทีที่เกิดขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับ ค่าพื้นฐาน (ส่วนทีพี) ที่วัดจากอีซีจีลีด 2 จากสุนัขที่มีภาวะกล้ามเนื้อหัวใจ ห้องล่างส่วนหลังตาย รูปแสดงให้เห็นถึงส่วนที่เกิดเนื้อตายของหัวใจห้องล่าง ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าชั่วครู่ในช่วงที่หัวใจห้องล่างพัก (ส่วนทีพี) แต่ไม่มีในช่วง ที่เกิดการลดความต่างศักย์ของหัวใจห้องล่าง (ส่วนเอสที)	403
10.14	อีซีจีลีด 2 ของสุนัขที่จังหวะการเต้นของหัวใจที่ปกติในช่วง 5 จังหวะแรก ตามด้วยการเต้นของหัวใจห้องล่างก่อน คลื่นพีตัวที่ 6 ที่เกิดขึ้นมีขนาด ความต่างศักย์ไฟฟ้าขนาดใหญ่กว่าปกติ เนื่องจากมีการรวมกับการเต้น ของหัวใจห้องล่างก่อน นอกจากนี้ ระยะนี้จะเกี่ยวข้องกับช่วงคลื่นที่เกิด ก่อนกำหนดนั้นไปขัดขวางจังหวะการเต้นของหัวใจห้องล่างที่ปกติจาก การแสดงออกในอีซีจี ระยะหยุดที่นานขึ้น (compensatory pause) ที่เกิด ระหว่างการเต้นของหัวใจก่อน และจังหวะที่ปกติในครั้งต่อไป (กราฟอีซีจี ในตัวอย่าง และส่วนที่เหลือที่ใช้อัตราเร็ว 50 มม./วินาที (10 ช่องหลัก / 1 วินาที))	404
10.15	ภาวะอัตราหัวใจเต้นเร็วธรรมดาเหตุปุ้มไซน์ัส (ก) และภาวะหัวใจเต้นช้า เหตุปุ้มไซน์ัส (ข) ที่แสดงด้วยอีซีจีในสุนัขกำลังพัก 2 ตัว	405
10.16	รูปแบบที่ตรวจได้จากอีซีจีของการสะกดปมเอวีระดับที่ 1 (ก) การสะกด ปมเอวีระดับที่ 2 (ข) และ การสะกดปมเอวีระดับที่ 3 (ค)	406
10.17	รูปแบบที่ตรวจได้จากอีซีจีของภาวะอัตราหัวใจห้องล่างเต้นเร็ว (ก) อัตรา หัวใจห้องล่างเต้นเร็ว (ข)	407
10.18	การไหลเวียนเลือดภายในหัวใจ	407
10.19	อีซีจีแสดงระยะบีบ คลายตัวของหัวใจ	408
10.20	เหตุการณ์ต่าง ๆ ในหัวใจ	408
10.21	สรุปปัจจัยที่ควบคุมการไหลของเลือดออกจากหัวใจ	411
10.22	ปัจจัยที่มีผลต่อค่าปริมาตรเลือดส่งออกจากหัวใจต่อนาที	411
10.23	ความสัมพันธ์ระหว่างภาระก่อนหัวใจบีบตัว การผ่อนตามของหัวใจห้อง ล่าง และการเติมเลือดช่วงหัวใจห้องล่างคลายตัว	412
10.24	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร และความดันของปริมาตรสุดท้ายช่วงการ	

	คลายตัวของหัวใจ	413
10.25	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบีบตัวของหัวใจห้องล่าง และปริมาตรเลือดหัวใจบีบต่อครั้ง	415
10.26	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรเลือดส่งออกจากหัวใจต่อนาที และอัตราหัวใจเต้น	416
10.27	ความสัมพันธ์ระหว่างการบีบตัวของหัวใจ และเวลาการเติมเลือดลงหัวใจห้องล่างช่วงคลายตัว	417
10.28	ความผิดปกติของหัวใจที่ทำให้เกิดเสียงฟู่ช่วงหัวใจบีบตัว ตัวเลขในวงเล็บคือ ค่าความดัน (มม.ปรอท) สูงสุดที่พบเป็นปกติระหว่างที่มีการบีบตัวของหัวใจห้องล่าง ลูกศรบิดหมุนแสดงตำแหน่งที่เกิดการไหลปั่นป่วนของเลือดซึ่งทำให้เกิดเสียงดังขึ้น	419
10.29	ความผิดปกติของหัวใจที่ทำให้เกิดเสียงฟู่ช่วงหัวใจคลายตัว ตัวเลขในวงเล็บคือ ค่าความดันสูงสุดที่พบเป็นปกติ ระหว่างที่มีการคลายตัวของหัวใจห้องล่าง ลูกศรบิดหมุนแสดงตำแหน่งที่เกิดการไหลปั่นป่วนของกระแสเลือดซึ่งทำให้เกิดเสียงดังขึ้น	420
10.30	ผลที่เกิดจากการทำงานซ้ำ ๆ ของกล้ามเนื้อลาย	422
10.31	เปรียบเทียบหัวใจที่ปกติ (ซ้าย) และหัวใจขยายตัวเกิน (ขวา)	423
10.32	ผลที่เกิดต่อจากความบกพร่องของหัวใจ	425
10.33	ค่าความดันเลือดไหลเวียนเลี้ยงกาย	427
10.34	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร และความดัน	428
10.35	สัมพันธ์ระหว่างความยืดหยุ่นของหลอดเลือด กับปริมาตร และความดัน	429
10.36	ผลต่างของความดันกำซาบระหว่างท่อขนาดใหญ่ และเล็ก	429
10.37	เปรียบเทียบขนาด จำนวน แรงเสียดทาน และผลแรงเสียดทาน ระหว่างหลอดเลือดแดงจืด และหลอดเลือดฝอย	430
10.38	การเปลี่ยนแปลงของรัศมีหลอดเลือดแดงจืดในสมอง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงต้าน และการไหลของเลือด	431
10.39	เปรียบเทียบปริมาณเลือดในหลอดเลือดของสุนัขในระยะพัก และระยะที่มีการออกกำลังกาย	433
10.40	เปรียบเทียบความดันในปอดที่ตำแหน่งต่าง ๆ	435
10.41	ค่าความดันช่วงหัวใจบีบ และคลาย	436
10.42	ปัจจัยที่มีผลต่อความดันซีพจร	439
10.43	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาตร- ความดันที่แสดงให้เห็นถึงหลอดเลือดแดงทั่วร่างกายในภาวะปกติ กลายเป็นหลอดเลือดที่แข็งตัว...	440
11.1	หลอดเลือดในสุนัข	445
11.2	การควบคุมการไหลของเลือดโดยเมแทบอลิซึม	447
11.3	เปรียบเทียบการมีเลือดมากเฉพาะที่ชนิดกัมมันต์ และปฏิกิริยาเลือดมาก	

	เฉพาะที่	448
11.4	การสร้างกราฟที่ได้จากการทดลองการไหลของเลือดในสมองโดยการควบคุมที่เกิดขึ้นภายใน โดยความดันกำซาบที่สร้างขึ้นที่ระดับต่าง ๆ	449
11.5	กลไกทางเมแทบอลิซึมที่ส่งผลต่อการมีเลือดมากเฉพาะที่	450
11.6	ผลของการบีบอัดหลอดเลือดโคโรนารี	451
11.7	ความดันหลอดเลือดในปอดเมื่อวิ่งผ่านเข้าและออกระหว่างถุงลม 2 ถุง	453
11.8	ปลายประสาทรับความดันหลอดเลือดแดง	458
11.9	ความสัมพันธ์ของการส่งกระแสประสาท และความดันหลอดเลือดแดง	459
11.10	สรุปเหตุการณ์ที่เกิดต่อเนื้อจากรีเฟล็กซ์เมื่อความดันเลือดลดลง	460
11.11	ผลของรีเฟล็กซ์ปลายประสาทรับแรงดันเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความดันเลือด	461
11.12	ผลของรีเฟล็กซ์ต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของตัวรับรู้ปริมาตรของหัวใจห้องบน	462
11.13	ปฏิกิริยาเตือนภัยที่มีผลต่ออารมณ์สัตว์ในช่วงเวลาที่สัตว์มีกิจกรรมต่าง ๆ	464
11.14	การหมดสติไปเนื่องจากประสาทเวกส์กับกิจกรรมซิมพาเทติก และพาราซิมพาเทติก	464
12.1	ระบบทางเดินอาหารชนิดอาหารเข้าทางเดียว (one-way passage)	470
12.2	ระบบทางเดินอาหารทั้ง 3 ส่วน	470
12.3	ทางเดินอาหารของสัตว์กินพืชที่มีกระเพาะหมัก (rumen)	471
12.4	ทางเดินอาหารของสัตว์กินพืชที่มีการหมักที่ทางเดินอาหารส่วนท้าย	471
12.5	นกสตาร์ลิงซึ่งกินได้ทั้งพืช และสัตว์	471
12.6	ความสัมพันธ์ระหว่างปะการัง และสาหร่ายเซลล์เดียว	473
12.7	การดำรงชีวิตของหนอนท่อในบ่อที่มีการรื้อของแก๊สธรรมชาติ	473
12.8	กระบวนการหลักในการแปรรูปอาหารในระบบทางเดินอาหาร	474
12.9	โครงสร้างของเซลล์โลส	476
12.10	โครงสร้างของแอมิโลส และแอมิโลเพคทิน	477
12.11	โครงสร้างของพอลิเพปไทด์	477
12.12	ไขมันอิ่มตัว และไม่อิ่มตัว	478
12.13	ไทโพลโซลของไส้เดือนดิน	478
12.14	ระบบทางเดินอาหารของหอยฝาเดียว	479
12.15	ระบบทางเดินอาหารของหอยสองฝา	479
12.16	ระบบทางเดินอาหารของหมึกกล้วย	479
12.17	ระบบทางเดินอาหาร 3 ส่วนของแมลง	480
12.18	ระบบทางเดินอาหารของแมลง	480
12.19	ระบบทางเดินอาหารของปลาบางชนิด	481
12.20	วิวัฒนาการของระบบทางเดินอาหารในสัตว์มีกระดูกสันหลังบางชนิด	482

12.21	ระบบทางเดินอาหารของสัตว์ปีก	482
12.22	เปรียบเทียบระบบทางเดินอาหารของสัตว์ปีก	482
12.23	ระบบทางเดินอาหารของสุนัข	483
12.24	เปรียบเทียบระบบทางเดินอาหารของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	483
12.25	การบีบตัวเพื่อไล่อาหารในลำไส้	484
12.26	ข่ายประสาทภายใน (Intrinsic nerve plexus)	485
12.27	ระบบประสาทลำไส้ (enteric nervous system)	486
12.28	ส่วนประกอบของปากและช่องปากในสุนัข	488
12.29	ต่อมน้ำลายในสุนัข	490
12.30	กระบวนการสร้างน้ำลาย	491
12.31	กระบวนการหลั่งน้ำลาย	492
12.32	การควบคุมการหลั่งน้ำลายโดยอาศัยรีเฟล็กซ์การหลั่งน้ำลาย	493
12.33	ต้นแบบกระบวนการกลืนในระยะต่าง ๆ	494
12.34	หูดทั้ง 2 ตำแหน่งของหลอดอาหาร	495
12.35	กระบวนการกลืนในระยะที่ผ่านหลอดอาหาร	496
12.36	การบีบไล่อาหารในช่วงที่ผ่านหลอดอาหารโดยการบีบรัดเป็นคลื่น	497
13.1	เปรียบเทียบส่วนต่าง ๆ ของกระเพาะสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	503
13.2	เยื่อเพอริโทรฟิกในแมลง	504
13.3	โครงสร้างของกระเพาะอาหารสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	504
13.4	จุลกายวิภาคกระเพาะอาหารสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	505
13.5	การทำให้กระเพาะว่าง การผสมอาหารในกระเพาะ และการบีบรัดเป็นคลื่นที่กระเพาะส่วนปลาย	507
13.6	ฮอร์โมนกระเพาะ และลำไส้ที่มีความสำคัญในกระบวนการรับประทานอาหารจากกระเพาะ	509
13.7	ความเข้มข้นของสารอาหาร และระยะคงค้างภายในกระเพาะ	510
13.8	การขยายตัวของกระเพาะในระยะงดอาหาร กินอาหาร และบีบรับประทานอาหาร	511
13.9	ส่วนที่ทำหน้าที่หลั่งสาร และฮอร์โมนชนิดต่าง ๆ ในกระเพาะ	513
13.10	ต่อมของกระเพาะอาหาร และโครงสร้างของแองของกระเพาะ	513
13.11	เซลล์ที่รับผิดชอบต่อการหลั่งสารในกระเพาะ	514
13.12	การหลังกรดเกลือในสัตว์มีกระดูกสันหลัง	515
13.13	กระบวนการเปลี่ยนเพปซิโนเจนให้เป็นเพปซิน	516
13.14	ชั้นเยื่อเมือกที่รับผิดชอบต่อการปกป้องกระเพาะ	517
13.15	การเพิ่มปริมาณของปั๊มไอออนไฮโดรเจน-โพแทสเซียม เอทีพีเอสโดยการกระตุ้นจากสารสื่อเคมี	517
13.16	การเปลี่ยนเพปซิโนเจนให้เป็นเพปซินในกระเพาะสัตว์มีกระดูกสันหลัง โดยอิทธิพลของสารจากเซลล์ต่าง ๆ	518



13.17	การหลังสารจากกระเพาะทั้ง 3 เฟส และการควบคุม	518
13.18	การหลังสารที่กระเพาะในเฟสไปทางหัว	519
13.19	การทำให้เกิดกระเปาะไฮเดรนฮาน โดยการเจาะท่อเปิดออกสู่ภายนอก เพื่อวัดปริมาณกรดในกระเพาะ	520
13.20	การหลังสารที่กระเพาะในเฟสกระเพาะ	520
13.21	การหลังสารที่กระเพาะในเฟสลำไส้	521
13.22	เซลล์ที่สร้างสารขับออก และฮอร์โมนในตับอ่อน	524
13.23	ปัจจัยที่มีผลต่อการหลั่งน้ำย่อยจากตับอ่อน	526
13.24	อิทธิพลของกรด และอาหารที่มีผลต่อการหลั่งสารต่าง ๆ จากตับอ่อน	527
13.25	ระบบไหลเวียนเลือดในตับ	528
13.26	โครงสร้างของตับ กลีบย่อยตับ และหลอดเลือดดำกลาง	529
13.27	โครงสร้างของกลีบย่อยตับ และเส้นทางการไหลของเลือด	529
13.28	โครงสร้างในตับที่ทำหน้าที่สร้าง และหลั่งน้ำดี	530
13.29	หน่วยย่อยของกลีบย่อยตับ	531
13.30	ระบบไหลเวียนของน้ำดี	532
13.31	ปริมาณการไหลเวียน และการขับออกของน้ำดีในแต่ละวัน	532
13.32	การสร้างหยดไขมันเล็ก ๆ จากก้อนไขมันขนาดใหญ่ โดยเกลื่อน้ำดี	533
13.33	การสร้างหยดไขมันเล็ก ๆ โดยเกลื่อน้ำดีที่มีประจุ 2 ขั้ว	533
13.34	การสร้างไมเซลล์	534
13.35	การนำไขมันเข้าสู่เซลล์ในรูปของไมเซลล์	534
13.36	ตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มไขมันสะสม	535
14.1	ส่วนต่าง ๆ ของลำไส้เล็กในสัตว์กระเพาะเดี่ยว	539
14.2	พัฒนาการของถุงยื่นของเมคเกลในสัตว์ปีก	539
14.3	ชั้นต่าง ๆ ของผนังลำไส้เล็ก	540
14.4	โครงสร้างทั้ง 4 ชั้นของลำไส้เล็ก	541
14.5	โครงสร้างของส่วนทบรอบวงในโพรงลำไส้เล็ก วิลไล และไมโครวิลไล	542
14.6	ส่วนของไกลโคคาลิกซ์ที่ไมโครวิลไล	542
14.7	เปรียบเทียบการเคลื่อนไหวของลำไส้เล็กแบบบีบรัด (ก) และการบีบเป็นปล้อง (ข)	543
14.8	การเคลื่อนที่ของอาหารเมื่อลำไส้เล็กบีบเป็นปล้อง	544
14.9	เซลล์ต่าง ๆ ของคริปต์ออฟลีแบร์คิน และวิลลัส	547
14.10	การดูดซึมไอออนโซเดียมที่เยื่อบุลำไส้	548
14.11	การย่อย และดูดซึมคาร์โบไฮเดรต	548
14.12	การย่อย และดูดซึมโปรตีน	549
14.13	การย่อย และการดูดซึมไขมัน	551
14.14	สมดุลไอออนของกระเพาะ ตับอ่อน และลำไส้	553

14.15	เปรียบเทียบขนาดไส้ตั้งในสัตว์บางชนิด	554
14.16	ลักษณะทางกายวิภาคลำไส้ใหญ่ของวานร และมนุษย์	555
14.17	เปรียบเทียบความยาวส่วนต่าง ๆ ของลำไส้ใหญ่	555
14.18	เบอร์ซา ออฟฟาบริเชียส	556
14.19	เปรียบเทียบความยาวของทางเดินอาหารในปลากินพืช และปลากินสัตว์	556
14.20	โครงสร้าง และส่วนประกอบของไส้ใหญ่	557
14.21	การหดตัวของฮอสตราในลำไส้ใหญ่	557
14.22	ลักษณะทางกายวิภาคของไส้ใหญ่ และกระพุ้งไส้ใหญ่ของสัตว์ปีก	559
14.23	โครงสร้างของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับรีเฟล็กซ์การถ่ายอุจจาระ	560
14.24	กระเพาะโค (ก) และแพะ (ข)	562
14.25	กระเพาะของอูฐซึ่งเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องเทียม ที่มีการหายไปของโอม่าซัม	562
14.26	เส้นทางการเคลื่อนที่ของอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	563
14.27	การพัฒนาของกระเพาะอาหารในลูกโคแรกคลอดจนกระทั่งโตเต็มที่	564
14.28	ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการทำงานของจุลชีพในกระเพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง	567
14.29	วิธิเมแทบอลิซึมของโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	569
14.30	ฮอริโมนที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบทางเดินอาหาร	571
15.1	การเปลี่ยนรูปของพลังงาน	578
15.2	วัฏจักรของสสาร และพลังงานในจักรวาล	579
15.3	การเปลี่ยนรูปจากอาหารไปเป็นพลังงานในสัตว์	580
15.4	อุณหภูมิกายของสัตว์เลือดอุ่น และสัตว์เลือดเย็นที่อุณหภูมิแวดล้อม ระดับต่าง ๆ	582
15.5	ระบบที่ใช้ในการวัดปริมาณแคลอรีทางตรง	583
15.6	ระบบที่ใช้ในการวัดปริมาณแคลอรีทางอ้อม	583
15.7	การทดสอบหาปริมาณการใช้ออกซิเจนในสัตว์ด้วยการวัดปริมาณแคลอรี ทางอ้อม	584
15.8	การวัดค่าปริมาณการใช้ออกซิเจน (oxygen consumption) ในสัตว์ชนิด ต่าง ๆ	584
15.9	อัตราเมแทบอลิซึมพื้นฐาน มีหน่วยเป็นค่าต่อน้ำหนักตัว	585
15.10	อัตราเมแทบอลิซึมในสัตว์คำนวณได้จากสูตร $M = a W^b$	586
15.11	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าลอการิทึมอัตราเมแทบอลิซึม และค่าลอการิทึม มวลกายในสัตว์บางชนิด	586
15.12	ค่าการใช้จ่ายสำหรับการเคลื่อนที่ของสัตว์บก เมื่อพิจารณาหน้าที่การทำ งานจากมวลกาย ค่าใช้จ่ายสำหรับการเคลื่อนที่แสดงออกในรูปของพลังงาน ทั้งหมดที่ใช้ต่อระยะทางที่เคลื่อนที่ไป เช่น จูล/เมตร หรือ ออกซิเจน (มล./วัน)	587
15.13	พลังงานที่ใช้ในการบินของนกบางชนิด	588
15.14	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเมแทบอลิซึม และความเร็วของจิตใจเมื่อใช้ห้า	

	ฝ่าเท้า (ขาหน้า ขาหลัง และหาง) การเคลื่อนที่จะช้า และจะใช้เพียงสองขา เมื่อต้องการวิ่งเร็ว ๆ	588
15.15	ตำแหน่งของเนื้อเยื่อไขมันสีน้ำตาล (ซ้าย) ปริมาณของไมโทคอนเดรียใน ไขมันสีขาวเปรียบเทียบกับในไขมันสีน้ำตาล	590
15.16	ศูนย์ควบคุมความหิว และความอึด และความผิดปกติที่พบ	591
15.17	การสร้าง และหลั่งเลปตินเพื่อควบคุมน้ำหนักตัว	591
15.18	สรุปสารเคมี และฮอร์โมนที่มีผลต่อการควบคุมสมดุลพลังงานและมวลกาย	595
15.19	ผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์	597
15.20	การทำงานของเอนไซม์ในสัตว์ประเภทต่าง ๆ	597
15.21	ความสมดุลของพลังงาน	598
15.22	การส่งถ่ายความร้อนระหว่างสัตว์กับสิ่งแวดล้อมโดยกระบวนการต่างๆ	599
15.23	การปรับอุณหภูมิกายของหอยตามสิ่งแวดล้อม	602
15.24	กิ้งก่ากิลามอนสเตอร์	603
15.25	ปลาฉลามหนู	603
15.26	การเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ในกล้ามเนื้อของจระเข้ในช่วงระดับอุณหภูมิต่างๆ	604

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ส่วนประกอบ และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของร่างกายสัตว์	18
1.2	เปรียบเทียบความแตกต่างของโพแทสเซียมไอออน และยูเรียไอออน	25
1.3	โครงสร้างและหน้าที่ที่สำคัญของส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์ของสัตว์	29
2.1	การกำจัดสารสื่อประสาทบางชนิด	59
3.1	เปรียบเทียบระบบประสาทของแมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง	63
3.2	ผลที่เกิดจากการนำออกข้อมูลส่งการต่อกล้ามเนื้อลาย และต่อมต่าง ๆ ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	68
3.3	เปรียบเทียบส่วนประกอบของระบบประสาทซิมพาเทติก และระบบประสาทพาราซิมพาเทติก	70
3.4	ผลหลักที่เกิดจากระบบประสาทอิสระในอวัยวะชนิดต่าง ๆ	70
4.1	สรุปลักษณะของระบบประสาทสั่งการทั้ง 2 ส่วน	84
4.2	การทำงานของเส้นประสาทสมอง 12 คู่ในมนุษย์	94
5.1	ระบบรับรู้ความรู้สึกแบบต่าง ๆ	119
5.2	การรับรู้ชนิดของข้อมูล ตำแหน่ง และความแรงของตัวกระตุ้นที่ส่งเข้ามายังสมอง	126
6.1	สรุปหน้าที่ของเซลล์เกลียชนิดต่าง ๆ	219
7.1	คุณสมบัติของเซลล์กล้ามเนื้อลายทั้ง 3 ชนิด	306
9.1	ขนาดของหลอดเลือดที่ใช้ในการไหลเวียนเลี้ยงกายของสุนัขน้ำหนัก 30 กิโลกรัม ขณะพัก	352
9.2	ค่าเลือด และซีรัมในสุนัขและแมว	358
9.3	เปรียบเทียบการหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ และกล้ามเนื้อหัวใจ	362
9.4	สมบัติทางไฟฟ้าของปมเอวี (electrical characteristics of the AV node)	375
9.5	ผลการรักษากลุ่มอาการไซนัสป่วยโดยการยับยั้งผลที่เกิดจากพาราซิมพาเทติก ต่อการเต้นของหัวใจด้วยยาปฏิชีวนะคาร์ดิโกลิก โคลิเนอรัจิก	378
10.1	ชีวทางไฟฟ้าที่เกิด ณ จุดเอ เปรียบเทียบกับจุดบี (วี <sub>เอ-บี</sub> )	395
10.2	การเปลี่ยนแปลงของหัวใจสุนัขในระหว่างออกกำลังกายอย่างหนัก	418
10.3	ความผิดปกติของลิ้นหัวใจ และการเกิดเสียงฟู่	418
11.1	สัญญาณทางเคมีที่มีความสำคัญต่อการควบคุมเฉพาะที่ของหลอดเลือด	

	แดงจิวเลี้ยงกาย	445
11.2	ตัวรับที่มีความเกี่ยวข้องกับประสาทอิสระที่ใช้ในการควบคุมระบบหัวใจ หลอดเลือด	456
12.1	เปรียบเทียบลักษณะของสัตว์กินพืช สัตว์กินเนื้อ และสัตว์กินทั้งพืชและเนื้อ	472
12.2	กระบวนการย่อยอาหาร (process of digestion)	476
13.1	ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของอาหาร และการหลั่งอาหารเข้าสู่ลำไส้เล็ก ส่วนต้นในสัตว์มีกระดูกสันหลัง	508
13.2	ชนิดของเซลล์เยื่อบุ และต่อมในกระเพาะ	512
13.3	การกระตุ้นการหลั่งสารจากกระเพาะ	522
13.4	การยับยั้งการหลั่งสารจากกระเพาะ	522
14.1	กระบวนการย่อยสารอาหารที่สำคัญทั้ง 3 ชนิดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และ แมลง	545
14.2	การดูดกลับสารที่ลำไส้เล็ก และลำไส้ใหญ่ในมนุษย์แต่ละวัน	552
14.3	ฮอร์โมนกระเพาะลำไส้ที่มีผลต่ออาหารที่กินเข้าไป	573
15.1	การใช้พลังงานในมนุษย์น้ำหนัก 70 กก. ระหว่างวัน	581

## แผนบริหารการสอนประจำรายวิชา (ตาม มคอ.3)

รายวิชา (ชื่อวิชาภาษาไทย) สรีรวิทยาทางสัตวแพทย์ 1 รหัสวิชา 12-113-206

(ชื่อวิชาภาษาอังกฤษ) Veterinary Physiology I

จำนวนหน่วยกิต 3 (2-3-5)

เวลาเรียน คิด 15 สัปดาห์

บรรยาย (2 x 15) = 30 ชม./ภาคเรียน

ปฏิบัติการ (3 x 15) = 45 ชม./ภาคเรียน

ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง = 5 x 15 = 75 ชม./ภาคเรียน

### คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับคุณสมบัติพื้นฐาน กลไกการควบคุม และปัจจัยที่มีผลต่อการทำหน้าที่ของเยื่อหุ้มเซลล์ ของเหลวในร่างกาย ระบบเลือด กล้ามเนื้อ และต่อมไร้ท่อในสัตว์ กลไกการควบคุม และปัจจัยที่มีผลต่อการทำหน้าที่ของระบบหายใจ ระบบหัวใจและหลอดเลือด และระบบขับถ่ายปัสสาวะในสัตว์

Study and laboratory practice on basic principle, control mechanism and factors affecting function of cell membrane, body fluid, hematology, muscular system and endocrine system in animal control mechanism and factors affecting function of respiratory system, cardiovascular and urinary system in animal and practice

### จุดมุ่งหมายรายวิชา

1. เพื่อให้ให้นักศึกษาได้เข้าใจโครงสร้างของระบบต่าง ๆ ของร่างกายสัตว์
2. เพื่อให้ให้นักศึกษาได้เข้าใจการทำงานของระบบต่าง ๆ ของร่างกายสัตว์
3. เพื่อให้ให้นักศึกษาได้เข้าใจและมีทักษะในการเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของร่างกายสัตว์แต่ละชนิด
4. เพื่อให้ให้นักศึกษาเห็นความสำคัญของโครงสร้างและการทำงานของระบบต่าง ๆ ของร่างกายสัตว์

### เนื้อหา

#### บรรยาย

แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 1 บทนำเข้าสู่วิชาสรีรวิทยาทางสัตวแพทย์

หัวข้อหลัก บทนำเข้าสู่วิชาสรีรวิทยา

2

หัวข้อรอง ประวัติ และความหมายของวิชาสรีรวิทยาทางสัตว  
แพทย์

วิธีการศึกษาและปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับ  
คุณสมบัติพื้นฐานทางสรีรวิทยา

กลไกการควบคุมทางสรีรวิทยา

1.2 วิธีการศึกษาและปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับคุณสมบัติพื้นฐานทางสรีรวิทยา

1.3 กลไกการควบคุมทางสรีรวิทยา

แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 2 สรีรวิทยาของระบบประสาท 2

หัวข้อหลัก ระบบประสาทและการสร้างศักยะงาน

แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 3 ระบบประสาทส่วนปลายและระบบประสาทอัตโนมัติ  
2

หัวข้อหลัก ระบบประสาทส่วนปลาย

ระบบประสาทอัตโนมัติ

แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 4 ระบบประสาทสั่งการ 2

หัวข้อหลัก ระบบประสาทสั่งการ

รีเฟล็กซ์

แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 5 การรับรู้ความรู้สึก 2

หัวข้อหลัก การรับรู้ความรู้สึก

แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 6 หน้าที่ขั้นสูงของระบบประสาท 2

หัวข้อหลัก หน้าที่ขั้นสูงของระบบประสาท

แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 7 ระบบกล้ามเนื้อลาย 2

หัวข้อหลัก ระบบกล้ามเนื้อลาย

แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 8 ระบบกล้ามเนื้อหัวใจ และระบบกล้ามเนื้อเรียบ 2

หัวข้อหลัก ระบบกล้ามเนื้อหัวใจ

ระบบกล้ามเนื้อเรียบ

แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 9 ระบบหัวใจและหลอดเลือด 1 2

หัวข้อหลัก ระบบหัวใจและหลอดเลือด 1

แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 10 ระบบหัวใจและหลอดเลือด 2 2

หัวข้อหลัก ระบบหัวใจและหลอดเลือด 2

แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 11 ระบบหัวใจและหลอดเลือด 3 2

หัวข้อหลัก ระบบหัวใจและหลอดเลือด 3

แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 12 สรีรวิทยาของระบบทางเดินอาหาร 1 2

หัวข้อหลัก สรีรวิทยาของระบบทางเดินอาหาร 1

แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 13 สรีรวิทยาของระบบทางเดินอาหาร 2 2

หัวข้อหลัก สรีรวิทยาของระบบทางเดินอาหาร 2

แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 14 สรีรวิทยาของระบบทางเดินอาหาร 3 2

หัวข้อหลัก	สรีรวิทยาของระบบทางเดินอาหาร	3
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 15	การควบคุมอุณหภูมิกายและเมแทบอลิซึม	2
หัวข้อหลัก	การควบคุมอุณหภูมิกาย	
	เมแทบอลิซึม	

## ปฏิบัติการ

แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 1	ข้อปฏิบัติในห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาทางสัตวแพทย์		3
หัวข้อหลัก	บทนำเข้าสู่วิชาสรีรวิทยา		
หัวข้อรอง	การศึกษาและปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับคุณสมบัติพื้นฐาน		
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 2	ปฏิบัติการสรีรวิทยาของโมเลกุลและเซลล์	3	
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 3	ปฏิบัติการสรีรวิทยาของเลือดและพลาสมา	3	
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 4	ปฏิบัติการ Nerve action potential		3
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 5	ปฏิบัติการ การรับความรู้สึก		3
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 6	ปฏิบัติการรีเฟล็กซ์	3	
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 7	ปฏิบัติการคลื่นไฟฟ้าสมอง	3	
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 8	ปฏิบัติการคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อลาย 1		3
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 9	ปฏิบัติการคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อลาย 2		3
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 10	ปฏิบัติการสรีรวิทยาของระบบหัวใจและหลอดเลือด		
	1	3	
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 11	ปฏิบัติการสรีรวิทยาของระบบหัวใจและหลอดเลือด	2	
		3	
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 12	ปฏิบัติการสรีรวิทยาของระบบหัวใจและหลอดเลือด	2	
		3	
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 13	ปฏิบัติการสรีรวิทยาของระบบทางเดินอาหาร	1	3
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 14	ปฏิบัติการสรีรวิทยาของระบบทางเดินอาหาร	2	3
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 15	ปฏิบัติการ การควบคุมอุณหภูมิกายและเมแทบอลิซึม		
		3	

## วิธีสอนและกิจกรรม (ตาม มคอ.3)

### วิธีสอน

1. บรรยาย อภิปราย การทำงานกลุ่ม การนำเสนอรายงาน การวิเคราะห์กรณีศึกษา
2. ฝึกปฏิบัติ
3. มอบหมายให้ค้นคว้าหาบทความ ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง โดยนำมาสรุปและนำเสนอ

### กิจกรรม



ในแต่ละบท จะมีแบบฝึกหัดและกิจกรรมซึ่งผู้สอนสามารถนำมาใช้ในการทดสอบความรู้ทั้งก่อนและหลังเรียน เช่น คำถามประเด็นตัวเลือก คำถามแบบอธิบาย ผู้สอนสามารถเลือกคำถามเหล่านั้นมาใช้ในการประเมินผลก่อนเรียนและหลังเรียน โดยปรับเปลี่ยนตัวเลือก หรือข้อความเล็กน้อย เพื่อให้มั่นใจว่าผู้เรียนไม่ได้ตอบโดยการจำคำตอบ แต่ตอบได้เพราะความเข้าใจ นอกจากนี้ยังอาจคัดเลือกหรือดัดแปลงคำถามเพื่อไปใช้ในการสอบกลางภาคและปลายภาคตามกำหนดการสอน หรือตามดุลยพินิจของผู้สอนและอาจเพิ่มเติมคำถามอื่น ๆ ได้ตามความจำเป็น โดยมีสัดส่วนของข้อสอบแบบปรนัยและอัตนัยซึ่งอิงจุดประสงค์การเรียนรู้เป็นหลัก

### สื่อการเรียนการสอน (ตาม มคอ.3)

1. บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ อภิปรายกลุ่มจากกรณีศึกษา
2. บรรยาย สาธิต การทดลองและฝึกปฏิบัติ
3. โปรแกรมสำเร็จรูปมัลติมีเดีย

### การวัดและประเมินผล (ตาม มคอ.3)

การให้ค่าคะแนนสำหรับนักศึกษา ประมวลจากคะแนนสอบกลางภาค คะแนนสอบปลายภาค คะแนนแบบฝึกหัด กิจกรรม และงานที่มอบหมาย รวมทั้งคะแนนจิตพิสัย ดังรายละเอียดในเรื่องการวัดและประเมินผลการเรียนและตารางกำหนดน้ำหนักคะแนน

รายวิชานี้แบ่งเป็น 15 หน่วยการเรียนรู้ ซึ่งการวัดและประเมินผลรายวิชาดำเนินการ ดังนี้ การวัดผล (คือการกำหนดตัวเลขหรือคะแนนดิบ)

ดำเนินการรวบรวมข้อมูลเพื่อการประเมินจากข้อมูล 3 ส่วน โดยแบ่งแยกเป็นคะแนนแต่ละส่วนจากคะแนนเต็ม 100 คะแนน

1. พิจารณาจากการทดสอบแต่ละหน่วยเรียน (พุทธิพิสัย) 60 คะแนน หรือ (60%)
  2. พิจารณาจากปฏิบัติการ งานที่ได้รับมอบหมาย เช่น การอภิปราย การรายงาน และการทำแบบฝึกหัด 30 คะแนน หรือ (30%)
  3. พิจารณาจากกิจนิสัย ทักษะคิด ความตั้งใจ และการเข้าร่วมกิจกรรม (จิตพิสัย) 10 คะแนน (10%)
2. การประเมินผล (คือ การพิจารณาตัดสินคุณภาพการเรียนการสอนโดยเอาการวัดผลมาเป็นเครื่องมือ)

#### แบบอิงเกณฑ์

ระดับคะแนน	ค่าร้อยละ	ค่าระดับคะแนน
A	90-100	4.00
B+	85-89	3.50
B	75-84	3.00
C+	70-74	2.50
C	60-69	2.00

D+	55-59	1.50
D	50-54	1.00
E	0-49	0.00

แบบอิงกลุ่มต้องใช้คะแนน T-Score ผู้แต่งจัดทำเอกสารประกอบการสอน/เอกสาร  
คำสอน สามารถเลือกใช้แบบใดแบบหนึ่งได้ ตามที่กำหนดไว้ในรายละเอียดรายวิชา (ตาม มคอ.3)