แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 2

หัวข้อเนื้อหาประจำบท

1. ระบบประสาท
2. ระบบต่อมไร้ท่อ
3. ฟีโรโมน
4. ความเครียด
5. สรุป

คำถามท้ายบท

เอกสารอ้างอิง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายระบบประสาทของสัตว์ได้
2. อธิบายระบบต่อมไร้ท่อของสัตว์ได้
3. อธิบายความหมายของฟีโรโมน และ บอกอวัยวะที่ทำหน้าที่ผลิตฟีโรโมนของสัตว์ได้
4. อธิบายความหมายความเครียดของสัตว์ได้

วิธีการสอนและการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนประจำบท

1. ศึกษาเอกสารประกอบการสอน เรื่อง สรีรวิทยาของพฤติกรรม
2. ถาม-ตอบ เรื่อง สรีรวิทยาของพฤติกรรม
3. ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเพิ่มเติมเรื่อง ฟีโรโมนของสัตว์
4. ศึกษาวิดีโอ Pheromones
5. การตอบคำถามท้ายบท

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอน เรื่อง สรีรวิทยาของพฤติกรรม
2. สไลด์ Microsoft Power Point เรื่อง สรีรวิทยาของพฤติกรรม
3. วิดีโอการศึกษา เรื่อง Pheromones
4. เว็บไซต์ที่เกี่ยวกับ สรีรวิทยาของพฤติกรรม

https://www.youtube.com/watch?v=zMQxGaZrGZw เรื่อง Pheromones
https://www.youtube.com/watch?v=cUoYfD21ofg เรื่อง Physiological Bases of Behavior Project: Autism

การวัดผลและการประเมินผล

1. สังเกตจากความสนใจ ความตั้งใจเรียน การซักถามเพิ่มเติม
2. ตรวจคำตอบจากการค้นคว้าเพิ่มเติม เรื่องฟีโรโมนของสัตว์
3. ตรวจการตอบคำถามท้ายบท
4. รับฟังผลความคิดเห็นจากการดูวิดีโอ

บทที่ 2
สรีรวิทยาของพฤติกรรม

สัตว์จะแสดงพฤติกรรมออกมาได้ก็ต่อเมื่อได้รับการกระตุ้นจากสภาพภายใน เช่น ฮอร์โมน หรือ สารเคมีบางอย่าง เป็นต้น ขณะที่สิ่งเร้าจากสิ่งแวดล้อมภายนอกร่างกาย เช่น อุณหภูมิ ฤดูกาล อาหาร ความดัน โรคต่าง ๆ จะไปกระตุ้นให้สัตว์แสดงพฤติกรรมออกมา การแสดงออกของพฤติกรรมของสัตว์เกิดขึ้นเพราะมีความต้องการที่จะปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันทั้งภายในและภายนอกร่างกายอันเกิดมาจากมียีนควบคุมไม่เหมือนกัน เรียกว่า สรีรวิทยาของพฤติกรรม (physiology of behavior) ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบประสาท และระบบต่อมไร้ท่อ ขณะที่ถ้าสัตว์อยู่ในสภาวะเครียดจะแสดงพฤติกรรมได้ไม่เต็มที่ ขณะเดียวกันบางครั้งการแสดงพฤติกรรมหรือการตอบสนองของสัตว์เป็นผลมาจากฟีโรโมน

ระบบประสาท

ระบบประสาทเป็นระบบหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบต่าง ๆ ของร่างกายให้มีระดับการทำงานที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต การทำงานของระบบประสาทจะมีตัวรับความรู้สึก (receptor) ของเซลล์ประสาท เป็นตัวนำความรู้สึกจากสิ่งเร้าต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมทั้งภายนอกและภายในของร่างกาย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า ในรูปกระแสประสาทโดยตัวรับความรู้สึกแล้วถูกถ่ายทอดโดยเซลล์ประสาทรับความรู้สึก (receptor neuron) ที่เรียงต่อกันคล้ายลูกโซ่เพื่อไปยังระบบประสาทส่วนกลาง คือ สมองและไขสันหลัง แล้วแปรผลให้เป็นสัญญาณประสาทนำคำสั่งออกมาจากสมองและไขสันหลังโดยผ่านเซลล์ประสาทนำคำสั่ง (moter neuron) เพื่อส่งออกไปยังอวัยวะเป้าหมาย เช่น กล้ามเนื้อ ต่อม และอวัยวะต่าง ๆ ทำให้เกิดการทำงานต่อไป (สุวิทย์ จันละคร, 2556 หน้า 249) ซึ่งการแสดงออกของพฤติกรรม มีความเกี่ยวข้องกับระบบประสาทและระบบต่อมไร้ท่อ (ฮอร์โมน) ระบบประสาทเป็นตัวเชื่อมโยงให้สัตว์เกิดพฤติกรรม โดยการส่งผ่านสิ่งกระตุ้นในรูปกระแสความรู้สึกไปรายงานศูนย์ที่สมองและไขสันหลัง ให้ออกคำสั่งกลับมายังอวัยวะเพื่อตอบโต้ออกมาเป็นพฤติกรรม การทำงานของระบบประสาทพบได้ตั้งแต่ในสัตว์เซลล์เดียวขึ้นไป แต่สัตว์หลายเซลล์จะมีระบบประสาทที่ซับซ้อนกว่า ในสัตว์ชั้นสูงจะเรียกเซลล์ประสาทว่า neuron เซลล์ประสาทมีหลายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 2-3 ไมครอน (10^{-6} เมตร) ไปจนถึง 100 ไมครอน เซลล์ประสาทจะทำหน้าที่แตกต่างกัน เริ่มตั้งแต่หน่วยรับข้อมูลจากสิ่งเร้า นำส่งข้อมูลหรือสัญญาณผ่านไปยังศูนย์กลางตัดสินใจและตอบสนองสิ่งเร้า เซลล์

ปฏิบัติการก็จะกระตุ้นให้กล้ามเนื้อทำงาน จึงแสดงออกมาให้เห็นเป็นพฤติกรรม การส่งข้อมูลจะส่งในรูปของสัญญาณประสาทที่เรียกว่า อิมพัลส์ (impulse) ซึ่งเซลล์ประสาทมีขนาดใหญ่ที่สุดสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

1. การจำแนกระบบประสาทและโครงสร้างของระบบประสาท

การจำแนกระบบประสาทและโครงสร้างของระบบประสาท แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.1 ระบบประสาท

1.1.1 ระบบประสาทส่วนกลาง (center nervous system: CNS) ได้แก่ สมอง ไขสันหลัง

1.1.2 ระบบประสาทส่วนปลาย (peripheral nervous system: PNS) ได้แก่ เส้นประสาทสมอง (cranial nerve) มี 12 คู่ (ตารางที่ 2.1) เส้นประสาทไขสันหลัง (spinal nerve) มี 31 คู่ และระบบประสาทอัตโนมัติ แบ่งเป็น sympathetic nervous system ทำหน้าที่ขณะตื่นตกใจ กลัว หรือเกิดการต่อสู้ และ parasympathetic nervous system ทำหน้าที่ตรงกันข้ามกับระบบประสาทซิมพาเทติก ซึ่งระบบประสาทอัตโนมัติเป็นเส้นประสาทที่ทำงานได้เองโดยอยู่นอกอำนาจจิตใจ

1.2 โครงสร้างของเซลล์ประสาท

โครงสร้างของเซลล์ประสาท (nerve cells หรือ neuron) ประกอบด้วย

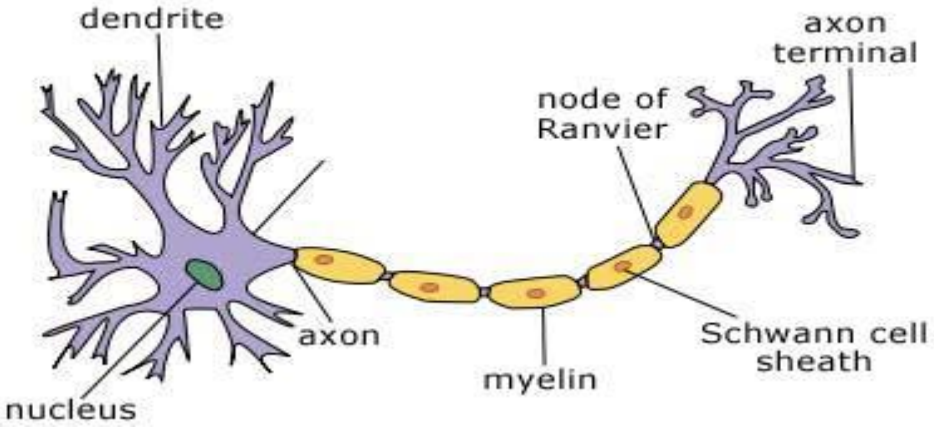
1.2.1 ตัวเซลล์ (cell body) เป็นจุดศูนย์กลางของเซลล์ประสาท อาจเป็นรูปไข่ กลมหรือเหลี่ยม ประกอบด้วย นิวเคลียส อยู่ตรงกลางเซลล์ ล้อมรอบด้วยของเหลวไซโตพลาส มีผนังเซลล์ ทำหน้าที่เป็นผนังห่อหุ้มเซลล์ที่ตัวเซลล์จะมีปลาย axon ของเซลล์อื่น ๆ มาสิ้นสุดมากมาย มีทั้งประเภทกระตุ้นและยับยั้ง เซลล์ประสาทจะไม่มีการแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนและการเจริญพันธุ์ ฉะนั้นเมื่อเซลล์ประสาทตายก็จะไม่มีเซลล์ใหม่มาแทนที่

1.2.2 เส้นใยประสาท (nerve fiber) คือส่วนของ protoplasm ที่ยื่นเป็นแขนงออกไปจาก cell body แบ่ง ออกเป็น 2 ชนิดคือ

1.) เดนไดร์ต (dendrite) เป็นแขนงที่ยื่นออกจากตัวเซลล์ มีหน้าที่รับความรู้สึกเข้าสู่ตัวเซลล์ โดยปกติในเซลล์ประสาทหนึ่ง ๆ จะมี dendrite หลายชั้นมีลักษณะคล้ายรากแขนงของต้นไม้

2.) แอกซอน (axon) เป็นเส้นใยเดี่ยว ๆ ที่ยื่นออกจากตัวเซลล์ เป็นประสาทที่นำกระแสประสาทจากตัวเซลล์ไปสู่ปลายทางซึ่งได้แก่ กล้ามเนื้อ หรือต่อมต่าง ๆ เป็นต้น ในเซลล์ประสาทหนึ่ง ๆ จะมี axon เพียงเส้นเดียวเท่านั้น axon มีเปลือกหุ้มเรียกว่า ไมอิลินชีท (myelin sheath) การทำงานของ axon จะเกิดขึ้น เมื่อตัวเซลล์ได้รับกระแสประสาทความรู้สึกจาก dendrite

จากนั้นจะส่งกระแสความรู้สึกนั้นไปยัง axon แล้ว axon จะส่งกระแสประสาทความรู้สึกนั้น ต่อไปยังเซลล์ประสาทตัวอื่น ๆ หรือส่งไปยังอวัยวะต่าง ๆ ที่ต้องการให้เกิดความรู้สึก หรือแสดงปฏิกิริยาตอบสนอง ในระบบประสาทส่วนปลายจะสร้างโดย Schwann's cell ซึ่ง ทำให้การนำกระแสประสาทเร็วยิ่งขึ้น (ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของเซลล์ประสาท
ที่มา : (Wheeling jesuit university, 2015)

ตารางที่ 2.1 ชนิดและหน้าที่ของเส้นประสาทสมองทั้ง 12 เส้น

เส้นประสาทสมอง (cranial nerve)	ชื่อ (name)	ชนิด (type)	หน้าที่หลัก (key function)
คู่ที่ 1	olfactory	รับความรู้สึก	การดมกลิ่น
คู่ที่ 2	optic	รับความรู้สึก	การมองเห็น
คู่ที่ 3	oculomotor	สั่งการ	การเคลื่อนไหวตา
คู่ที่ 4	trochlea	สั่งการ	การเคลื่อนไหวตา ขนาดรูม่านตา การรวบรวมแสงของเลนส์
คู่ที่ 5	trigeminal	รับความรู้สึก/สั่งการ	การรับความรู้สึกจากศีรษะและฟัน การเคี้ยว
คู่ที่ 6	abducens	สั่งการ	การเคลื่อนไหวตา
คู่ที่ 7	facial nerve	รับความรู้สึก/สั่งการ	การเคลื่อนไหวของหน้า และหนังศีรษะ การหลั่งน้ำลาย การไหลของน้ำตาและการรับรส
คู่ที่ 8	auditory	รับความรู้สึก	การทรงตัวและการได้ยิน
คู่ที่ 9	glossopharyngeal	รับความรู้สึก/สั่งการ	การเคลื่อนไหวของลิ้น การกลืน การหลั่งน้ำลาย และการรับรส
คู่ที่ 10	vagus	รับความรู้สึก/สั่งการ	รับความรู้สึกจากทางเดินอาหาร และทางเดินหายใจ สั่งการไปยังกล่องเสียง คอหอย เส้นใยประสาทพาราซิมพาเทติกเพื่อสั่งการไปยังอวัยวะภายในช่องท้องและช่องอก
คู่ที่ 11	accessory	สั่งการ	การเคลื่อนไหวของศีรษะ
คู่ที่ 12	hypoglossal	สั่งการ	การเคลื่อนไหวของลิ้น

ที่มา : (สุวิทย์ จันละคร, 2556 หน้า 256)

2. ชนิดของเซลล์ประสาท

ชนิดของเซลล์ประสาทสามารถแบ่งเป็นชนิดต่าง ๆ ตามจำนวนของแขนงประสาท และการทำหน้าที่ ดังนี้

2.1 แบ่งตามจำนวนของแขนงประสาท

แบ่งตามจำนวนของแขนงประสาท ซึ่งประกอบด้วย

2.1.1 unipolar neuron ลักษณะของเซลล์ที่มี process อันเดียว ยื่นออกจากตัวเซลล์แล้วจึงแตกออกเป็น axon 2 แขนง แขนงหนึ่งทำหน้าที่เป็น dendrite และอีกแขนงหนึ่งทำหน้าที่เป็น axon โดย dendrite ทำหน้าที่รับความรู้สึกมาจากด้านนอกของเซลล์ ส่วน axon ก็จะนำความรู้สึกออกจากตัวเซลล์ เซลล์ประสาทชนิดนี้พบได้ที่ dorsal root ganglion ของ ไขสันหลัง

2.1.2 bipolar neuron เซลล์ประสาทที่มีทั้ง axon และ dendrite อย่างละอัน ส่วนใหญ่เป็นเซลล์ประสาทที่รับความรู้สึก ได้แก่ เซลล์รับกลิ่นของเยื่อบุผิวภายในช่องจมูก และพบที่ชั้นจอรับภาพของตา (retina)

2.1.3 multipolar neuron เซลล์มีแขนงหลายอัน มี dendrite มากกว่า 2 อันขึ้นไป แต่มี axon เพียงอันเดียว ได้แก่ motor nerve cell ในสมอง และที่ anterior gray horn ในไขสันหลัง

2.2 แบ่งตามหน้าที่

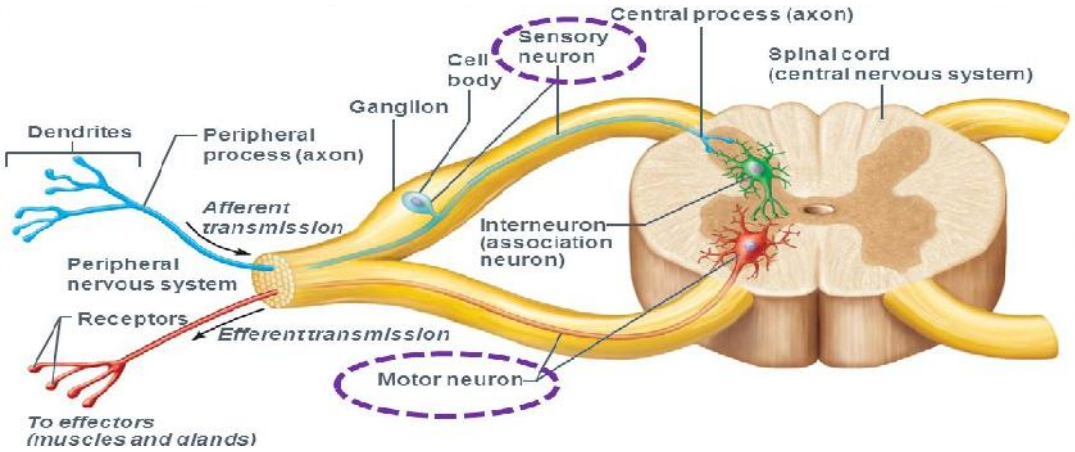
สามารถจำแนกได้ 3 กลุ่ม ได้แก่

2.2.1 ประสาทรับความรู้สึก (sensory) หรือ afferent neuron คือ เซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่นำกระแสประสาท (impulse) จากอวัยวะรับความรู้สึก ไปยังระบบประสาทส่วนกลาง (CNS) ขณะที่ในระบบประสาทส่วนปลาย เซลล์ประสาทชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เซลล์ประสาทรับความรู้สึกจากอวัยวะภายนอก (somatic sensory neuron) ทำหน้าที่ นำข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมภายนอกไปยังระบบประสาทส่วนกลาง และเซลล์ประสาทรับความรู้สึกจากอวัยวะภายใน (visceral sensory neuron) ทำหน้าที่นำข้อมูลจากอวัยวะและระบบอื่น ๆ ภายในตัวสัตว์ เซลล์ประสาทรับความรู้สึกจะสิ้นสุดที่ตัวรับความรู้สึก ซึ่งมีตำแหน่งอยู่บนเซลล์ประสาทพิเศษหรือขบวนการของเซลล์ประสาทของมันเอง (สุวิทย์ จันละคร, 2556 หน้า 251) ในสัตว์มีกระดูกสันหลัง ได้แก่ สมอง (brain) และไขสันหลัง (spinal cord) ส่วนในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ได้แก่ สมอง และ nerve cord (วิราช นิมิตสันติวงศ์, 2554 หน้า 69)

2.2.2 ประสาทสั่งงาน หรือ motor หรือ efferent neuron คือ เซลล์ประสาทที่นำสัญญาณ ประสาทจากระบบประสาทส่วนกลางไปยังระบบอวัยวะ กล้ามเนื้อ (muscle) ต่อมต่าง ๆ และเนื้อเยื่อรอบนอก ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือเซลล์ประสาทสั่งการไปยังอวัยวะภายนอก (somatic motor neuron) ทำหน้าที่นำกระแสประสาทไปยังกล้ามเนื้อของร่างกายภายใต้การ

ควบคุมของอำนาจจิตใจ เช่น กล้ามเนื้อลายของสัตว์ และเซลล์ประสาทสั่งการไปยังอวัยวะภายใน (visceral motor neuron) ทำหน้าที่นำกระแสประสาทไปยังกล้ามเนื้อในร่างกายที่ไม่ได้อยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ เช่น กล้ามเนื้อเรียบของลำไส้เล็กและกล้ามเนื้อหัวใจของหัวใจ (สุวิทย์ จันละคร, 2556 หน้า 252)

2.2.3 เซลล์ประสาทเชื่อมโยง (interneuron) เป็นเซลล์ประสาทที่พบในระบบประสาทส่วนกลาง ทำหน้าที่เชื่อมเซลล์ประสาทตัวหนึ่งไปยังอีกเซลล์ประสาทหนึ่ง และกระจายข้อมูลรับความรู้สึกประสานการตอบสนองที่นำคำสั่ง เช่น เซลล์ประสาทในแมลงสาบ (ภาพที่ 2.2)



ภาพที่ 2.2 ชนิดของเซลล์ประสาทรับความรู้สึก (sensory neuron) ประสาทสั่งงาน (motor neuron) และ เซลล์ประสาทเชื่อมโยง (interneuron)

ที่มา : (Advertisement, 2015 p. 1)

3. การส่งสัญญาณประสานประสาท

การส่งสัญญาณประสานประสาท (synaptic transmission) ประกอบด้วย

3.1 จุดประสานประสาท

จุดประสานประสาท (synapse) คือ รอยต่อระหว่างเซลล์ประสาท ซึ่งเป็นอวัยวะพิเศษที่ช่วยให้การทำงานของประสาทเป็นไปโดยเรียบร้อยและมีขอบเขตการทำงานกว้างขวาง มิใช่เป็นเพียงสะพานเชื่อมโยงเพื่อให้ผ่านไปได้อย่างเดียว การติดต่ออาจเป็นระหว่าง dendrite กับ axon หรือปลาย axon กับเซลล์ประสาทเอง ตำแหน่งจุดประสานนี้อยู่ในระบบประสาทกลาง คือ สมอง และไขสันหลังเท่านั้น

เซลล์ประสาทมีการสื่อสารด้วยคลื่นของศักย์ไฟฟ้า ขณะทำงานภายในเซลล์ประสาทเคลื่อนไปตาม axon เพื่อส่งข้อมูลไปยังเซลล์ประสาทอีกเซลล์หนึ่งที่อยู่ติดกันโดยผ่านจุดประสานประสาท ซึ่งจุดประสานประสาทจะเป็นจุดตัดสินใจ (decision) และรวบรวมคลื่นสัญญานของระบบประสาทกระบวนการต่าง ๆ ในระดับเซลล์ที่เกิดขึ้นที่จุดประสานประสาทจะเป็นตัวที่กำหนดว่าคลื่นสัญญาณประสาทหรือข้อความทางประสาทที่สื่อสารกัน ทำให้สัตว์แสดงพฤติกรรมออกมา การเปลี่ยนแปลงการทำงานของจุดประสานประสาทหรือจำนวนของจุดประสานประสาทจึงมักจะทำให้พฤติกรรมมีการเปลี่ยนแปลงเป็นผลจากประสบการณ์ และการเรียนรู้ จุดประสานประสาทสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ (วิราช นิมิตสันติวงศ์, 2554 หน้า 74-75)

3.1.1 electrical synapse ช่องว่างระหว่างปลายประสาทจะมีขนาดเล็กประมาณ 2 นาโนเมตร (10^9 เมตร) และเชื่อมต่อกันด้วยท่อขนาดเล็ก (tubes) ทำให้ไอออนไหลจากเซลล์ประสาทหนึ่งไปอีกเซลล์หนึ่ง สัญญาณประสาทสามารถผ่าน electrical synapse ได้เร็วประมาณ 0.1 มิลลิวินาที มักจะพบได้ในวงจรการสื่อสารของเซลล์ประสาทที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมที่ต้องอาศัยความรวดเร็ว เช่น การตอบสนองด้วยการหลบหนี กรณีที่ต้องเผชิญกับศัตรูหรือการล่า

3.1.2 chemical synapse จุดประสานประสาทแบบนี้พบได้มากกว่าแบบแรก ช่องว่างระหว่างปลายประสาทจะมีขนาดใหญ่กว่า คือ มีขนาด 20-30 นาโนเมตร ข้อมูลของการสื่อสารผ่านจุดประสานประสาทแบบนี้ คือ สารสื่อประสาท (neurotransmitter) กระบวนการส่งข้อมูลมีความซับซ้อนกว่า อัตราเร็วของการส่งสัญญาณประสาทจะช้ากว่า electrical synapses มักจะทำให้สัตว์มีการเคลื่อนไหว (วิราช นิมิตสันติวงศ์, 2554 หน้า 75)

3.2 การเปลี่ยนแปลงที่จุดประสานประสาท

การเรียนรู้แบบที่ง่ายที่สุดคือ การเรียนรู้แบบความเคยชิน การเรียนรู้แบบนี้เกิดขึ้นจากการที่สัตว์เรียนรู้ที่จะไม่ตอบสนองกระตุ้นเร้าที่ซ้ำ ๆ ที่ไม่เป็นอันตราย การเรียนแบบนี้เป็นการปรับตัว สาเหตุที่สัตว์ตอบสนอง ต่อการกระตุ้นเร้าที่ซ้ำ ๆ ลดลง เนื่องจากเซลล์ประสาทรับความรู้สึกมีการหลั่งสารสื่อประสาทลดลงเพราะการกระตุ้นซ้ำ ๆ ในช่วงที่เกิดการเรียนรู้แบบความเคยชิน

ดังนั้นการเรียนรู้หรือประสบการณ์ทำให้มีการกระตุ้นการทำงานของยีนมีการสังเคราะห์โปรตีน เป็นสาเหตุให้โครงสร้างและการทำงานของเซลล์ประสาทมีการเปลี่ยนแปลง มีการสร้างจุดประสานประสาทขึ้นมาใหม่จากการเรียนรู้ประสบการณ์ และพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไป

3.3 สารสื่อประสาท

สารสื่อประสาทอยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์ประสาทที่เรียกว่า ตัวรับ (receptor) ซึ่งตัวรับจะตอบสนองต่อสัญญาณประสาท ทำให้เซลล์ประสาทเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ดังนี้

3.3.1 เมื่อตัวรับมีการตอบสนองต่อสารเคมีบางชนิดแล้ว ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ประสาทยอมให้ไอออนบางชนิด สามารถผ่านได้เช่น Na^{+}, Cl^{-}, K^{+} และ Ca^{2+} เป็นต้น

3.3.2 เกิดมีการนำคลื่นสัญญาณทางไฟฟ้าไปตามเยื่อหุ้มเซลล์

3.3.3 ทำให้เซลล์ประสาทเกิดการติดต่อสื่อสารกับเซลล์ประสาทอื่น โดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่า synaptic transmission

ปรากฏการณ์ทั้งสามของเซลล์ประสาท เป็นการตอบสนองที่จำเพาะเพราะตัวรับต่อสารเคมีนี้เรียกว่า สารสื่อประสาท เซลล์ประสาทต่างชนิดกันจะมีตัวรับที่ต่างกัน ทำให้มีความหลากหลายในการตอบสนอง โดยทั่วไปสารสื่อประสาทที่ปลดปล่อยออกมาจากปลายประสาท axon มีกระบวนการทางชีวเคมีเกิดขึ้นสามารถแบ่งได้ 4 ขั้นตอน คือ

1. การสังเคราะห์สารสื่อประสาท
2. การเก็บและการปลดปล่อยสารสื่อประสาท
3. ปฏิสัมพันธ์ของสารสื่อประสาทกับตัวรับที่ postsynaptic membrane
4. การย่อยสลาย หรือการกำจัดสารสื่อประสาทใน synaptic cleft

4. ประสาทสรีรวิทยาที่เกี่ยวกับความรู้สึก

ระบบรับความรู้สึก (sensory system) เป็นระบบเกิดจากระบบประสาทส่วนกลางมีการตอบสนองต่อการกระตุ้นต่าง ๆ เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น แสง เสียง ความร้อน และเคมี ขณะที่สิ่งแวดล้อมภายในร่างกาย ร่างกายมีระบบต่าง ๆ ที่เฝ้าดูและติดตามการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาอยู่แล้ว และถือเป็นส่วนหนึ่งของระบบควบคุมสมดุลของร่างกาย ระบบรับความรู้เฉพาะที่สามารถรับรู้พลังงานชนิดต่าง ๆ แต่ร่างกายมีการจัดให้เข้ากันเป็นระบบเดียวกันกับความสามารถของระบบประสาทที่จะรับรู้ได้ สามารถแบ่งได้ ดังต่อไปนี้

4.1 ตัวรับความรู้สึก

อวัยวะรับความรู้สึก (sensory receptors) ประกอบด้วย ตัวรับความรู้สึก ซึ่งจะเป็นส่วนปลายของเส้นประสาทรับความรู้สึกที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างไป เพื่อทำหน้าที่พิเศษ หลังจากที่ได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าจากนั้นจะส่งกระแสประสาทไปที่สมอง เพื่อให้สมองแปลความและส่งกระแสประสาทผ่านเส้นประสาทสั่งการมาที่อวัยวะ เพื่อให้เกิดการตอบสนองต่อสิ่งเร้า ตัวรับความรู้สึกจะทำหน้าที่แต่เพียงรับรู้การกระตุ้นเร้าเท่านั้นเพราะตัวรับความรู้สึกจะไม่มีการตีความ หรือการรับรู้ จากตัวรับความรู้สึกจะเกิดขึ้นที่ระบบประสาทส่วนกลาง ตัวรับความรู้สึกจะบอกให้สัตว์รับรู้การกระตุ้นเร้าจากภายนอกได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่กระตุ้นเร้าสัตว์ หรือมากระทบต่อสัตว์ให้เป็นสัญญาณทางเคมีไฟฟ้า หรือ nerve impulse

โดยปกติสัตว์จะต้องรับรู้การเปลี่ยนแปลงหรือข้อมูลต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในสิ่งแวดล้อมที่มันอาศัยอยู่ ข้อมูลที่สัตว์จะต้องรับรู้อาจเกี่ยวข้องโดยตรงกับการดำรงชีวิตของสัตว์ ข้อมูลดังกล่าวมาจากแหล่งพลังงานต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตัวของสัตว์ ในวันหนึ่งสัตว์จะต้องรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงของพลังงานต่าง ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (ร้อนหรือหนาว) ที่สำคัญได้แก่ แสงที่ตาสามารถมองเห็นได้ แต่ก่อนที่สัตว์จะได้ประโยชน์จากข้อมูลการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้นั้น อันดับแรกสัตว์จะต้องสามารถรับรู้ ถึงพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ เสียก่อน สัตว์จะใช้อวัยวะพิเศษในการรับรู้การเปลี่ยนแปลงพลังงาน คือ อวัยวะรับความรู้สึก อวัยวะรับความรู้สึกประกอบด้วยเซลล์ตัวรับความรู้สึกที่จำเพาะ ที่จะคอยติดตาม หรือ เฝ้าดูพลังงานรูปแบบต่าง ๆ ในหลาย ๆ กรณีเซลล์รับความรู้สึกก็คือเซลล์ประสาทรับความรู้สึก ดังนั้น ข้อมูลจากภายนอกจึงถูกถ่ายทอดจากเซลล์รับความรู้สึกไปตาม axon ไปยังระบบประสาทส่วนกลางเพื่อตีความและสั่งงาน (วิราช นิมิตสันติวงศ์, 2554 หน้า 90) ตัวรับความรู้สึกในร่างกายที่ใช้เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างร่างกายกับภายนอก สามารถแบ่งออกได้ 2 แบบ ดังนี้

4.1.1 ตัวรับความรู้สึกตามตำแหน่งในร่างกาย มีความสำคัญมาก ดังตัวรับความรู้สึกต่อไปนี้

1) ตัวรับความรู้สึกที่ตอบสนองต่อการกระตุ้นจากภายนอกของร่างกาย เช่น ตัวรับความรู้สึกสัมผัส ตัวรับความรู้สึกการเจ็บปวด ตัวรับความรู้สึกจากอุณหภูมิ เป็นต้น

2) ตัวรับความรู้สึกที่ไวต่อแรงกด ตัวรับความรู้สึกจากการเจ็บปวด และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในร่างกาย

3) ตัวรับความรู้สึกที่รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าที่มาจากระยะไกล เช่น ตัวรับแสงและเสียง เป็นต้น

4) ตัวรับความรู้สึกที่เกี่ยวกับตำแหน่งของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

4.1.2 ตัวรับความรู้สึกตามสิ่งที่มากระตุ้น ได้แก่

1) ตัวรับความรู้สึกที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เป็นตัวรับความรู้สึกที่พบได้ตามผิวหนัง กล้ามเนื้อ หรือที่ผนังอวัยวะภายใน

2) ตัวรับความรู้สึกที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เป็นตัวรับความรู้สึกรับกลิ่นที่พบในโพรงจมูก

3) ตัวรับความรู้สึกเกี่ยวกับแสง พบในเรตินาของลูกตา ใช้รับแสงและเปลี่ยนเป็นกระแสประสาทส่งไปสมองเพื่อให้ตอบสนอง

4) ตัวรับความรู้สึกที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

5) ตัวรับความรู้สึกที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงความดัน พบได้ที่ผนังของหลอดเลือดแดง

6) ตัวรับความรู้สึกที่ตอบสนองต่อการถูกทำลายของเนื้อเยื่อ

4.2. ระบบการรับความรู้สึกในร่างกาย

ระบบการรับความรู้สึกในร่างกาย (sensory system) มี 2 ระบบใหญ่ ๆ คือ

4.2.1 ระบบรับความรู้สึกทั่ว ๆ ไป

ระบบรับความรู้สึกทั่ว ๆ ไป คือ การรับความรู้สึกทั่ว ๆ ไปของร่างกายทั้งภายในและภายนอก เมื่อได้รับความรู้สึกจากสิ่งกระตุ้น ตัวรับความรู้สึกจะส่งข้อมูลผ่านกระแสประสาทของเส้นประสาทอัตโนมัติ และเส้นประสาทในระบบประสาทส่วนปลาย เพื่อส่งต่อไปยังระบบประสาทส่วนกลางให้สั่งการต่อไป โดยความรู้สึกที่ร่างกายรับรู้ได้ในลักษณะนี้ เรียกว่าความรู้สึกทั่ว ๆ ไปได้แก่ (สุวิทย์ จันละคร, 2556 หน้า 285-287)

1) การรับความรู้สึกโดยการสัมผัส (touch) การสัมผัสที่ผิวของร่างกายเช่น การกด การบีบ การนวด การสั่นสะเทือน เป็นต้น ตัวรับจำเพาะแต่ละตัวจะส่งผลการรับความรู้สึกสัมผัสไปที่สมองและไขสันหลัง เพื่อให้ประมวลผลว่าในขณะนั้นเกิดอะไรขึ้นกับผิวหนัง และร่างกายจะมีการตอบสนองอย่างไร หรือจะตอบสนองที่ตำแหน่งใดของร่างกาย

2) การรับความรู้สึกเกี่ยวกับความเจ็บปวด (pain) ในร่างกายของสัตว์เลี้ยงสามารถพบตัวรับความรู้สึกเกี่ยวกับความเจ็บป่วย (pain receptor) ได้ทั่วไปทั้งภายในและที่บริเวณผิวหนัง ตัวรับความรู้สึกเจ็บป่วยประกอบด้วยปลายประสาทอิสระที่ตอบสนองต่อการกระตุ้นที่รุนแรงเพื่อการป้องกันอันตรายให้แก่ร่างกาย โดยการตอบสนองด้วยระบบประสาท

3) การรับความรู้สึกเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (temperature receptor) โดยตัวรับอุณหภูมิที่อยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย จะรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและส่งกระแสประสาทไปที่สมองส่วนไฮโปธาลามัส เพื่อให้มีกลไกในการแก้ไขปัญหาอุณหภูมิของร่างกายที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้งภาวะที่ร่างกายมีอุณหภูมิต่ำเกินไป หรือมีอุณหภูมิสูงเกินไป

4) การรับความรู้สึกจากกล้ามเนื้อและข้อต่อ (proprioceptor) เป็นการรับความรู้สึกของการเคลื่อนไหวและตำแหน่งของร่างกายที่มีความสำคัญเกี่ยวกับการทรงตัวของสัตว์ ตัวรับความรู้สึกของกล้ามเนื้อและข้อต่อ เช่น ตัวรับแรงดึงจากการยืด ต่าง ๆ ตัวรับความรู้สึกจะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของขา ตำแหน่งของข้อต่อ การหดตัวของกล้ามเนื้อ แล้วส่งข้อมูลไปที่ระบบประสาทส่วนกลาง ให้สั่งการผ่านเส้นประสาทสั่งการในการตอบสนองด้วยการเคลื่อนไหวของร่างกาย

5) การรับความรู้สึกของอวัยวะภายใน (visceral sensation) ประกอบด้วยการรับรู้ความรู้สึกหิว และการรับความรู้สึกกระหายน้ำ

4.2.2 ระบบรับความรู้สึกพิเศษ

ระบบรับความรู้สึกพิเศษ (special sensory system) ได้แก่ การมองเห็นภาพ การได้รับกลิ่น การได้รับรสชาติอาหาร การได้ยินเสียง และการรับรู้สมดุลของร่างกาย ส่วนใหญ่อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการรับความรู้สึกพิเศษของร่างกายจะพบได้ที่บริเวณส่วนหัวของสัตว์ จะเกี่ยวข้องกับอาการเจ็บป่วยและความเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นในร่างกาย ความรู้สึกที่ร่างกายรับรู้ได้ในลักษณะนี้ เรียกว่า ความรู้สึกพิเศษ โดยทั่วไปอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับระบบความรู้สึกชนิดพิเศษจะพบอยู่ที่ส่วนหัวของสัตว์ เช่น ตา จมูก หู และลิ้นเป็นต้น

4.3 การเกิดความรู้สึก

การเกิดความรู้สึก (sensation) หมายถึง กระบวนการของการเปลี่ยนแปลงการกระตุ้นเร้า เช่น แสง เสียง ความร้อน แรงทางกลศาสตร์และโมเลกุลให้เป็นคลื่นศักย์ไฟฟ้า ขณะทำงานการกระตุ้นเร้าอาจจะอยู่ภายใน หรือภายนอกตัวสัตว์ก็ได้ ตัวรับความรู้สึกภายในกล้ามเนื้อ หรืออวัยวะจะรับรู้ข้อมูลทางแรงตึงของกล้ามเนื้อ ตำแหน่งของร่างกาย ตัวรับความรู้สึกตามชนิดของการกระตุ้นเร้าแล้วทำให้เกิดการตอบสนองของร่างกาย ออกเป็น 5 ชนิด คือ (วิราช นิมิตสันติวงศ์, 2554 หน้า 93-94)

4.3.1 ตัวรับความรู้สึกทางเคมี

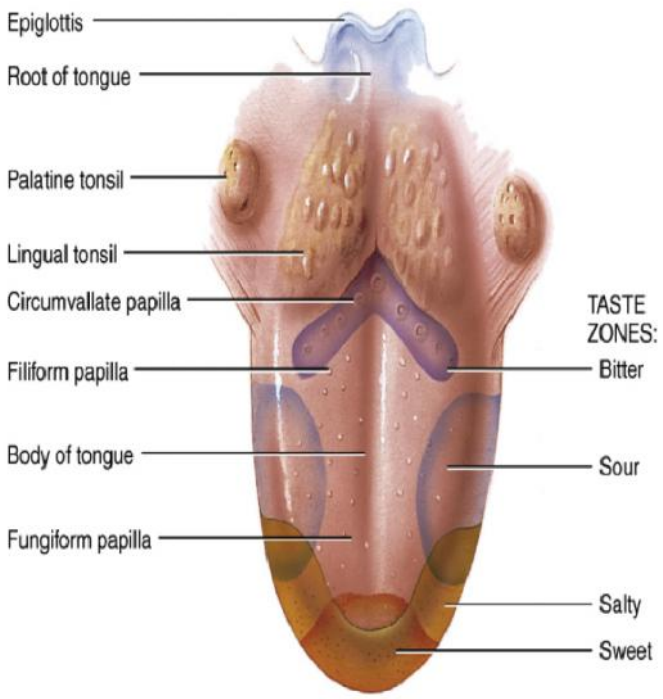
ตัวรับความรู้สึกทางเคมี (chemoreceptor) โดยทั่วไปมี 2 ชนิด คือ รับความรู้สึกเกี่ยวกับรสชาติ (gustatory receptor) และ รับความรู้สึกทางกลิ่น (olfactory receptor) ตัวรับความรู้สึกเหล่านี้ทำให้สัตว์แยกได้ว่า อาหารชนิดที่กินได้ หรือกินไม่ได้ นักล่า และเหยื่อ คู่อริที่เป็นศัตรูตามธรรมชาติ สามารถจำกันได้ด้วยกลิ่น ตัวรับความรู้สึกทางกลิ่น ทำให้สัตว์สามารถจำญาติพี่น้องและเพศผู้เพศเมียของพวกเดียวกับมัน และ เพศผู้สามารถตรวจรับโมเลกุลฟีโรโมนเพศเมียได้

1) ตัวรับรู้รส

ตัวรับรู้รส (gustatory receptors) พบมากบนลิ้นและเพดานอ่อน (soft palate) จะมีเซลล์รับรู้รสเป็นเซลล์ที่วางตัวอยู่ในโครงสร้างพิเศษที่เรียกว่าตุ่มรับรส (taste bud) ซึ่ง

ตุ่มรับรสส่วนใหญ่ที่อยู่บนลิ้นเรียงตัวอยู่ในโครงสร้างที่เรียกว่า papillae มีส่วนที่โผล่ยื่นออกมาจากพื้นผิวของลิ้นเล็กน้อย มองเห็นเหมือนกำมะหยี่

การรับรู้รส คือ การประเมินปริมาณสารที่สัตว์กินเข้าไปโดยผ่านช่องปากและเป็นการป้องกันการกินสารที่เป็นพิษต่อร่างกายด้วย รสหวานทำให้ร่างกายรับรู้ถึงสารอาหารที่มีพลังงานสูง ส่วนรสอร่อย (umami/ savory) ทำให้ร่างกายรับรู้เกี่ยวกับกรดอะมิโน รสเค็มทำให้ร่างกายเกิดมีสมดุลทางอิเล็กโทรไลต์จากอาหาร ส่วนรสเปรี้ยวและรสขมเป็นสัญญาณบอกเตือนเกี่ยวกับการกินสารว่าอาจเป็นสารที่มีอันตรายหรือมีพิษ การรับรู้รสเกิดขึ้นจากการมีตัวรับรู้รสพื้นฐานเพียง 5 ชนิด (วิราช นิมิตสันติวงศ์, 2554 หน้า 97) โดยมีตำแหน่งการรับรสเค็ม (salt) อยู่บริเวณปลายลิ้นและด้านข้างของลิ้น รสเปรี้ยว (sour) อยู่บริเวณด้านข้าง 2 ข้างของลิ้น รสหวาน (sweet) อยู่บริเวณปลายลิ้น และรสขม (bitter) อยู่บริเวณโคนลิ้น ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ตำแหน่งการรับรสของลิ้น

ที่มา : (Biologymad, 2015 p. 1)

2) ตัวรับรู้กลิ่น

ตัวรับรู้กลิ่น (olfactory receptors) ของสัตว์ พบว่า สัตว์จะมีความสารถในการรับรู้กลิ่นได้มากกว่ามนุษย์ เช่น สุนัขและหนูมีความสามารถในการรับรู้กลิ่นเหนือกว่ามนุษย์หลายเท่า จมูกของสุนัขและหนูมีการปรับตัวให้สามารถรับรู้กลิ่นได้ดีกว่าจมูกของมนุษย์ สุนัขมีลักษณะในการดมรวดเร็วกว่ามนุษย์ ทำให้ความสามารถในการติดตามรอยกลิ่นได้เหนือกว่ามนุษย์มาก

การหายใจเข้าทุกครั้งมีการดึงเอาโมเลกุลของสารให้กลิ่นเข้าไปในโพรงจมูก เยื่อเมือกที่บุอยู่ภายในโพรงจมูกมีเซลล์รับกลิ่นที่เรียกว่า olfactory cell ซึ่งมีขนเล็ก ๆ อยู่ เซลล์รับกลิ่นนี้ดูดซึมเอาอนุภาคขนาดเล็กในอากาศที่หายใจเข้ามานี้ และทำให้เกิดสัญญาณการรับกลิ่น และส่งสัญญาณนี้ไปตามเส้นประสาทรับกลิ่นไปสิ้นสุดในสมอง จากนั้นข้อมูลเกี่ยวกับกลิ่นจะถูกส่งไปยังศูนย์กลางการรับกลิ่นเชื่อมต่อกับ สมองที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์ความรู้สึก สัญญาณกลิ่นจึงถูกจำแนกแยกแยะชนิดของกลิ่นออกมาให้ร่างกายรู้สึกได้ (วิราช นิมิตสันติวงศ์, 2554 หน้า 101-102)

โดยทั่วไปกลิ่นมีข้อได้เปรียบในการสื่อสารของสัตว์ (พิพัฒน์ สมภาร, 2552 หน้า 116)

1 กลิ่นสามารถใช้ในสถานการณ์ที่สัญญาณการมองเห็น หรือการส่งเสียงไม่สามารถทำได้ เช่น เวลากลางคืน หรือในหลุมที่มืดและใกล้บริเวณที่มีเสียงดัง หรือในกรณีลูกอ่อนที่ยังมองไม่เห็นอาจใช้กลิ่นระบุตำแหน่งหัวนมหรือรัง

2 กลิ่นสามารถแพร่กระจายได้ง่าย โดยไม่ต้องคำนึงถึงระยะทางและเวลา ดังนั้นจึงใช้เป็นสิ่งบ่งชี้อาณาเขตหรือระยะเวลาล่าสุดที่เคยใช้บริเวณดังกล่าว

3 สามารถคงอยู่ในสภาพแวดล้อมเป็นระยะเวลานาน

4 ผู้ส่งสารและรับสารไม่จำเป็นต้องอยู่ใกล้กัน ลดโอกาสในการเกิดการบาดเจ็บหรือการแสดงตัวต่อศัตรู หรือลดการใช้พลังงาน

สัตว์หลายชนิดใช้สัญญาณทางเคมีในการสื่อสาร เช่น บ่งบอกเส้นแบ่งเขตของอาณาเขตปกครองหรือสถานะทางการสืบพันธุ์ สัตว์มักจะทิ้งกลิ่นไว้เมื่อจากไป กลิ่นใช้เป็นเครื่องหมายบ่งบอกอาณาเขตถึงแม้ว่าผู้ส่งสัญญาณกลิ่นจะจากไปนานแล้วก็ตาม การส่งข่าวสารโดยปราศจากผู้ส่งเพราะส่งสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงต้องปรากฏผู้ส่งให้เห็น แต่กลิ่นยังคงอยู่เพียงชั่วขณะหรือนานหลายวันแม้ว่าผู้ส่งจะจากไปแล้ว สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมบางชนิดมีอวัยวะที่เรียกว่า vomero-nasal เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่รับกลิ่นเฉพาะของสัตว์ ใช้ในการตรวจจับสัญญาณทางเคมี เช่น เมื่อสัตว์แสดงอาการ “fleshmen” หรือม้วนริมฝีปาก (lip curing) ยกตัวอย่างเช่น เมื่อโคเพศผู้ตรวจพบการเป็นสัดของโคเพศเมีย (พิพัฒน์ สมภาร, 2552 หน้า 117)

4.3.2 ตัวรับความรู้สึกทางกล

ตัวรับความรู้สึกทางกล (mechanoreceptor) เป็นตัวรับความรู้สึกเกี่ยวกับการสัมผัส (ผิวหนัง) แรงดัน การเคลื่อนไหวและเสียง (หู) ในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง หูเป็นตัวรับความรู้สึกที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงความดัน หูแบ่งออกเป็น 3 ส่วน หูชั้นนอก ซึ่งติดต่อกับหูชั้นกลาง ซึ่งมีเยื่อแก้วหู การสั่นสะเทือนของเยื่อแก้วหู (จากเสียง) จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของกระดูกชิ้นเล็ก ๆ ที่อยู่ภายในซึ่งติดต่อกับหูชั้นใน หูชั้นในทำหน้าที่ลำเลียงข้อมูลเสียงและเปลี่ยนแปลงให้เป็นคลื่นสัญญาณประสาทส่งไปยังสมอง เพื่อตีความต่อไป (วิราช นิมิตสันติวงศ์, 2554 หน้า 109) สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมสามารถได้ยินเสียงที่มีความถี่มากกว่า 10 KHz และสัตว์บางชนิดมีขีดบนของความถี่ที่แตกต่างกัน เช่น ค้างคาวและปลาโลมา อาจจะขยายไปถึง 100 KHz ในสุนัขและแมวมีขีดจำกัดในการได้ยินเท่ากับ 60-65 KHz สัตว์กีบที่เลี้ยงลูกด้วยนม (hoof mammal) อยู่ในช่วง 33.5 KHz ในม้า 42 KHz ในโค 23 Hz และแกะ 125 Hz ซึ่งสัตว์เหล่านี้จะสามารถได้ยินเสียงที่มีความถี่ต่ำได้ค่อนข้างดี (พิพัฒน์ สมภาร, 2552 หน้า 115)

4.3.3 ตัวรับความรู้สึกทางไฟฟ้า และตัวรับรู้เกี่ยวกับสนามแม่เหล็ก

ตัวรับความรู้สึกทางไฟฟ้า และตัวรับรู้เกี่ยวกับสนามแม่เหล็กพบได้ในสัตว์บางชนิดที่สามารถรับตัวรับความรู้สึกทางไฟฟ้า และตัวรับรู้เกี่ยวกับสนามแม่เหล็ก เช่น

1) ตัวรับความรู้สึกทางไฟฟ้า พบได้ในสัตว์บางชนิด เช่น ปลาฉลาม ชนิดจะมี hair cell ทำหน้าที่เกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อของเหยื่อ และปลาบางชนิดสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้ารอบตัวของมัน

2) ตัวรับรู้เกี่ยวกับสนามแม่เหล็ก การรับรู้เกี่ยวกับสนามแม่เหล็กพบได้มากที่สุดในนก ซึ่งมีความสำคัญต่อการนำทางของนกในฤดูที่มีการอพยพย้ายถิ่น สัตว์ชนิดอื่น ๆ ที่มีอวัยวะในการรับรู้เกี่ยวกับสนามแม่เหล็กมีหลายชนิดได้แก่ แมลงผลไม้ ผึ้ง เต่า แบคทีเรีย เชื้อรา กุ้งมังกร ปลาฉลาม ปลากระเบน ซึ่งสัตว์จะมี magnetoception เป็นอวัยวะที่รับรู้เกี่ยวกับสนามแม่เหล็กทำให้สัตว์รู้ทิศทาง ความสูงจากระดับน้ำทะเลหรือตำแหน่งบนโลก ความสามารถในการรับรู้เกี่ยวกับสนามแม่เหล็ก ทำให้สัตว์หลายชนิดมีความสามารถนำทาง (navigational abilities) (วิราช นิมิตสันติวงศ์, 2554 หน้า 132)

4.3.4 ตัวรับความรู้สึกทางอุณหภูมิ

ตัวรับความรู้สึกทางอุณหภูมิของสัตว์จะมีปลายแขนงประสาทของเซลล์ประสาทบางชนิด มีความสามารถพิเศษในการรับความรู้สึกต่ออุณหภูมิ ทั้งบนผิวหนังและภายในร่างกาย เช่น งูกะปะ งูหางกระดิ่ง โดยจะมีตัวรับรังสีอินฟราเรดที่บริเวณรอยบุ๋มที่หน้าของมัน ตัวรับความรู้สึกเหล่านี้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรอบ ๆ ตัว ทำให้สามารถหาเหยื่อได้ รวมทั้งหาตำแหน่งของเหยื่อได้ด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ตัวรับความรู้สึกเกี่ยวกับอุณหภูมิที่อยู่ภายในร่างกาย โดยรักษาให้

อุณหภูมิของร่างกายคงที่ ซึ่งมีผลต่อขบวนการเมทาบอลิซึมของร่างกายและการแสดงออกทางพฤติกรรมอย่างเหมาะสม

4.3.5 ตัวรับความรู้สึกทางแสง

การรับรู้เกี่ยวกับการมองเห็นประกอบด้วยการรับรู้เกี่ยวกับแสง สี รูปร่าง ระยะห่าง และการเคลื่อนไหว สัตว์จะรับรู้ความรู้สึกทางแสงด้วยตา โดยการถ่ายทอดสัญญาณจากตาโดย เรตินา (retina) คือ บริเวณที่เกิดการเปลี่ยนแปลงสัญญาณแสงให้เป็นคลื่นสัญญาณประสาท บริเวณตรงกลางของเรตินาถูกล้อมรอบด้วย Macula แสงที่ตกกระทบบนส่วนนี้ทำให้เกิดการมองเห็นที่ชัดเจนที่สุด แต่การรับรู้แสงของสัตว์มีกระดูกสันหลังแต่ละชนิดแตกต่างกันออกไป สามารถแบ่งออกได้ 3 กลุ่มกว้าง ๆ ได้แก่ สัตว์ที่หากินในเวลากลางวัน สัตว์ที่หากินในเวลากลางคืน และสัตว์ที่ปรับตัวเข้าได้ทั้งกลางวันและกลางคืน ความแตกต่างทางกายวิภาคในการรับแสงขึ้นอยู่กับการควบคุมจอตาและระบบการมอง

การเห็น เป็นการรับข่าวสารที่มีความสำคัญโดยเฉพาะมนุษย์ ถึงแม้จะติดต่อสื่อสารกันโดยการพูด มนุษย์ยังใช้สายตาอีกด้วย ขณะที่ในสัตว์ เช่น ยีราฟสามารถมองเห็นสีอื่น ๆ ได้แต่มีความสับสนสำหรับ สีเขียว สีส้ม สีเหลือง และในลิงสามารถมองเห็นเป็นสามมิติ และสามารถมองระยะทางใกล้ไกลได้ นัยน์ตาสัตว์ทั่วไปที่เรตินา จะมีเซลล์ที่ทำหน้าที่รับรู้แสง 2 ชนิด คือ cone ใช้สำหรับดูสี และ rod ซึ่งรับแสงที่มีความเข้มต่ำ (วิราช นิมิตสันติวงศ์, 2554 หน้า 116-121) สัญญาณการมองเห็นอาจเกิดขึ้นได้โดยท่าทางของร่างกาย และอาจเกี่ยวข้องกับส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายเพียงอย่างเดียว โดยทั่วไป คือ ศีรษะ แต่ทั้งหมดจะเกี่ยวข้องกับการปฏิเสธและการยอมรับ และถูกใช้เพื่อดำรงไว้ซึ่งสถานะทางสังคม

ระบบต่อมไร้ท่อ

ระบบต่อมไร้ท่อ (endocrine system) เป็นระบบที่สำคัญอย่างยิ่งในการควบคุมการทำงานของร่างกายซึ่งจะทำงานร่วมกับระบบประสาท ต่อมไร้ท่อจะหลั่งสารเคมีที่เรียกว่าฮอร์โมน (hormones) ซึ่งเป็นสารเคมีที่หลั่งออกมาจากส่วนหนึ่งของร่างกายแล้วถูกลำเลียงไปตามกระแสเลือดกระจายไปทั่วร่างกาย และไปมีผลออกฤทธิ์ที่ส่วนอื่น ๆ ของร่างกาย โดยมีความสำคัญดังต่อไปนี้

1. ฮอร์โมน

ฮอร์โมน (hormones) เป็นสารชีวเคมีที่ผลิตจากเซลล์ของต่อมไร้ท่อและถูกปลดปล่อยไปตามกระแสเลือดสู่เซลล์เป้าหมาย (target cell) โดยฮอร์โมนไปเปลี่ยนแปลงการทำหน้าที่และคุณสมบัติบางอย่างของเซลล์เป้าหมายให้เกิดผลการเปลี่ยนแปลงในเซลล์นั้น ๆ

การแสดงพฤติกรรมสัตว์ส่วนใหญ่เป็นผลของฮอร์โมนซึ่งเป็นสิ่งกระตุ้นภายใน เช่น การแสดงออกของพฤติกรรมการสืบพันธุ์พร้อมจะแสดงเสมอถ้ามีฮอร์โมนเพศ การหลั่งฮอร์โมนเพศ ทำให้เกิดการแสดงพฤติกรรมการสืบพันธุ์ขึ้น เช่น การประกาศอาณาเขต การร้องเพลง การเกิดพฤติกรรมการก้าวร้าวทำให้เพศผู้พร้อมที่จะแยกตัวออกจากฝูงเพื่อไปสร้างรัง พฤติกรรมการเกี้ยวของตัวผู้จะไปกระตุ้นให้เพศเมียเกิดความพร้อมทางเพศ พร้อมที่จะผสมพันธุ์

1.1 ประเภทของฮอร์โมน

ฮอร์โมนสามารถแบ่งออกตามโครงสร้างทางเคมีได้ 3 ชนิดคือ (สุวิทย์ จันละคร, 2556 หน้า 232)

1.1.1 amine hormones ฮอร์โมนเหล่านี้ได้มาจากกรดอะมิโน เช่น อะดรีนาลิน (adrenalin), ไทรอยด์ฮอร์โมน (thyroid hormones) และเมลานิน (melanin)

1.1.2 peptide hormones เกิดจาก peptide หรือสายที่ยาวของกรดอะมิโน เช่น ฮอร์โมน ADH (anitidiuretic hormone: ADH) ออกซีโตซิน (oxytocin) ฮอร์โมน GH (growth hormone: GH) และโพรแล็กทิน (prolactin)

1.1.3 steroid hormones ฮอร์โมนชนิดนี้ได้มาจากไขมันที่อยู่ในรูปสเตรอยด์ ซึ่งประกอบด้วย ฮอร์โมนของระบบสืบพันธุ์ ได้แก่ เอสโทรเจน (estrogen) และเทสโทสเตอโรน (testosterone)

1.2 การควบคุมการหลั่งของฮอร์โมน

การหลั่งของฮอร์โมนถูกควบคุมโดยระบบการสื่อกลับ (negative feedback system) ซึ่งเป็นระบบที่ช่วยป้องกันการหลั่งของฮอร์โมนที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป การหลั่งของฮอร์โมนเมื่อผลของฮอร์โมนนั้น ๆ เกิดขึ้นเสร็จสมบูรณ์แล้ว เช่น การลดลงของระดับกลูโคสในเลือดโดยฮอร์โมนอินซูลินจากตับอ่อน ขณะที่ระดับกลูโคสในเลือดเพิ่มขึ้นที่เกิดขึ้นตามมาจากการกินอาหาร อินซูลินจะถูกกระตุ้นให้สร้างขึ้น และระดับกลูโคสในเลือดเริ่มที่จะลดลง การลดลงของกลูโคสในเลือด มีผลทำให้การหลั่งของอินซูลินจากตับอ่อนลดลงตามด้วย

2. ต่อมไร้ท่อ

ต่อมไร้ท่อ (endocrine gland) เป็นระบบที่ยุ่งยากซับซ้อนและมีความสัมพันธ์กับระบบต่าง ๆ ของร่างกายแทบทุกระบบ โดยเฉพาะระบบประสาทและระบบไหลเวียนเลือด โดยทั่ว ๆ ไปแล้วต่อมไร้ท่อจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมทาบอลิซึมต่าง ๆ ของร่างกาย รักษาสภาพแวดล้อมภายใน ได้แก่ น้ำและเกลือแร่ ควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ โครงสร้างส่วนใหญ่ของต่อมไร้ท่อเป็นพวกเนื้อเยื่อบุผิวที่สำคัญประกอบด้วย

2.1 ไฮโปทาลามัส

ไฮโปทาลามัส (hypothalamus) เป็นส่วนของสมองอยู่ระหว่างสมองส่วนบนและต่อมใต้สมอง ทำหน้าที่กระตุ้นต่อมใต้สมองให้หลั่งฮอร์โมนออกมา ฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมนี้คือตัวกระตุ้นและยับยั้ง (releasing and inhibiting hormone) ได้แก่ FSH-SH (follicle stimulating releasing hormone และ LH-RH (luteinizing releasing hormone) ฮอร์โมนทั้งสองชนิดนี้รวมกันเรียกว่า gonadotrophin releasing hormone (GnRH) ฮอร์โมนนี้จะถูกนำไปยังต่อมใต้สมอง

2.2 ต่อมใต้สมอง

ต่อมใต้สมอง (pituitary gland) เป็นต่อมที่มีความสำคัญมากที่สุดในร่างกาย ต่อมนี้จะสร้างฮอร์โมนที่มีผลโดยตรงต่อต่อมไร้ท่อชนิดอื่น ๆ แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ต่อมใต้สมองส่วนหน้า (anterior lobe) และต่อมใต้สมองส่วนหลัง (posterior lobe) ซึ่งแต่ละส่วนมีหน้าที่แตกต่างกันชัดเจน ดังนี้

2.2.1 ต่อมใต้สมองส่วนหน้า จะผลิตฮอร์โมนเมื่อถูกกระตุ้นจากสมองส่วน hypothalamus และส่งกลับมายังอวัยวะเป้าหมายโดยต่อมใต้สมองส่วนหน้าจะสร้างและหลั่งฮอร์โมนที่สำคัญ คือ

1) ฮอร์โมน ACTH (adrenocorticotropic hormone) ทำหน้าที่กระตุ้นการเจริญและพัฒนาของต่อมหมวกไต ให้ผลิตและหลั่งฮอร์โมนกูลโคคอร์ติคอยด์ (glucocorticoid) ทำหน้าที่ในการควบคุมการใช้กลูโคสเป็นแหล่งพลังงาน

2) ฮอร์โมน GH หรือ STH (growth or somatotropic hormone) ทำหน้าที่กระตุ้นการเจริญเติบโตของร่างกายสัตว์ โดยเฉพาะการเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนของเซลล์ในส่วนต่างๆของร่างกาย (somatic cell) โดยเฉพาะเซลล์กระดูกและกล้ามเนื้อ

3) ฮอร์โมน FSH (follicle stimulating hormone) ทำหน้าที่กระตุ้นการพัฒนารังไข่ในเพศเมีย มีผลต่อการแสดงออกของลักษณะเพศเมียและการแสดงอาการเป็นสัด (heat) ส่วนในเพศผู้จะมีผลให้เยื่อบุผนังของท่อสร้างเซลล์อสุจิมีการพัฒนาและเปลี่ยนเป็นเซลล์อสุจิ ในการพัฒนาเพื่อเป็นเซลล์อสุจิที่สมบูรณ์หรือเซลล์อสุจิที่เจริญเติบโตเต็มวัย

4) ฮอร์โมน LH (luteinizing hormone) ทำหน้าที่กระตุ้นการตกไข่ในเพศเมีย เพื่อให้เซลล์ไข่เดินทางไปสู่ท่อนำไข่เพื่อรอการปฏิสนธิจากเซลล์อสุจิ และกระตุ้นการพัฒนาของตัวอ่อนในมดลูกให้เจริญเติบโตและมีชีวิตอยู่รอดจนกระทั่งคลอด ส่วนในเพศผู้ที่เป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการแสดงออกของลักษณะเพศผู้ และการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ในท่อสร้างเซลล์อสุจิ เช่นเดียวกับ FSH

5) ฮอร์โมน LTH (lactogenic hormone, luteotropin, luteotropic hormone) เป็นฮอร์โมนที่มีผลต่อการพัฒนาของเต้านมของสัตว์เพศเมียที่ตั้งท้อง ฮอร์โมนจะมีการผลิตและหลั่งออกมามากเมื่อสัตว์มีการตั้งท้องและระยะหลังคลอดทำให้มีการสร้างน้ำนมสำหรับใช้เลี้ยงลูกอ่อน

6) ฮอร์โมน TSH (thyroid stimulating hormone) เป็นฮอร์โมนที่ทำหน้าที่กระตุ้นให้ต่อมไทรอยด์ขยายใหญ่และมีการเพิ่มจำนวนเซลล์มากขึ้น ทำให้มีการสังเคราะห์และหลั่งฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ คือฮอร์โมน thyroxin และ thyroglobulin

7) ฮอร์โมน MSH (melanocyte หรือ melanophore-stimulating hormone) ทำหน้าที่ควบคุมเม็ดสีที่ผิวหนัง

2.2.2) ต่อมใต้สมองส่วนหลัง ไม่ได้ผลิตฮอร์โมน แต่เป็นส่วนที่เก็บและหลั่งฮอร์โมนที่สร้างเซลล์ประสาทในสมองส่วน hypothalamus ฮอร์โมนที่สำคัญ คือ

1) ฮอร์โมน oxytocin ทำหน้าที่ช่วยให้เกิดการหลั่งน้ำนมและการบีบตัวของมดลูก ขณะคลอดและผสมพันธุ์

2) ฮอร์โมน ADH (antidiuretic hormone) ทำหน้าที่ดูดซึมน้ำกลับที่หลอดไตลดอัตราการขับถ่ายน้ำปัสสาวะออกจากร่างกาย เกี่ยวข้องกับการเพิ่มการดูดซึมกลับของยูเรียที่หลอดไตรวม

2.3 ต่อมหมวกไต

ต่อมหมวกไต (adrenal glands) มีอยู่ 1 คู่มีตำแหน่งอยู่ที่ด้านหน้าของไตแต่ละข้าง รูปร่าง ขนาด และตำแหน่งของต่อมหมวกไตแตกต่างกันไปตามชนิดของสัตว์ ต่อมหมวกไตประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น ชั้นนอกเรียกว่า adrenal cortex ชั้นในเรียกว่า adrenal medulla ต่อมหมวกไตแต่ละส่วนจะผลิตและหลั่งฮอร์โมนที่สำคัญได้แก่

2.3.1 adrenal cortex อยู่ชั้นนอกผลิตฮอร์โมน ดังนี้

1) mineralocorticoids ทำหน้าที่ควบคุมน้ำและเกลือแร่ โดยการดูดโซเดียมไอออนกลับ และขับโพแทสเซียมไอออน ออกทิ้งฮอร์โมนที่สำคัญที่สุดคือ aldosterone

2) glucocorticoid มีผลในการควบคุมการสลายกลูโคส โปรตีนและไขมัน ฮอร์โมนสำคัญที่สุด คือ cortisol มีผลตรงข้ามกับฮอร์โมนอินซูลิน และยังรักษาสมดุลน้ำและเกลือแร่ด้วย

3) sex hormone ได้แก่ ในเพศผู้คือ androgen ซึ่งผลิตจากอัณฑะและในเพศเมียคือ estrogen ผลิตจากรังไข่

2.3.2 adrenal medulla อยู่ชั้นในผลิตฮอร์โมน ดังนี้

1) adrenalin หรือ epinephrine ทำหน้าที่ให้หลอดเลือดขยายตัว โดยตับและกล้ามเนื้อจะสลายไกลโคเจนให้เป็นกลูโคส ทำให้มีกำลังยกของหนัก ๆ ได้

2) noradrenalin หรือ norepinephrine) มีผลทำให้หลอดเลือดหดตัว ทำให้ความดันเลือดสูง

2.4 ต่อมไทรอยด์

ต่อมไทรอยด์ (thyroid gland) เป็นต่อมไร้ท่อที่มีขนาดใหญ่ที่สุด แบ่งออกเป็น 2 พู เชื่อมกันตรงกลางที่เรียกว่า isthmus ต่อมไทรอยด์สร้างฮอร์โมนจะประกอบด้วยถุงหุ้มที่เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเรียกว่า thyroid follicle ซึ่งจะสร้างฮอร์โมน 2 ชนิด คือ thyroid hormone และ calcitonin

thyroid hormone มี 2 ชนิด คือ triiodothyronine (T3) และ tetraiodothyronin (T4) ฮอร์โมนทั้งสองชนิดจะมีธาตุไอโอดีนเป็นส่วนประกอบหลัก ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิของร่างกายมีผลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาร่างกายในสัตว์ และมีผลต่อเมทาบอลิซึมของโภชนะ เช่น คาร์โบไฮเดรทโดยจะมีผลเพิ่มการดูดซึมของกลูโคสที่ผนังลำไส้ และเพิ่มการเปลี่ยนสารอื่นให้เป็นกลูโคสโดยผ่านขบวนการ gluconeogenesis

calcitonin มีความสำคัญคือ รักษาสมดุลแคลเซียมในเลือด โดยป้องกันการเกิดภาวะแคลเซียมในกระแสเลือดสูงเกินไป (hyper calcemia)

2.5 ต่อมพาราไทรอยด์

ต่อมพาราไทรอยด์ (parathyroid gland) เป็นต่อมที่อยู่ใกล้กับต่อมไทรอยด์ จำนวนและตำแหน่งของต่อมจะแตกต่างกันไปตามชนิดของสัตว์ สัตว์บางชนิดต่อมพาราไทรอยด์อยู่ติดกับเนื้อเยื่อของต่อมไทรอยด์ เช่น ม้า แต่ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง และสุกร ต่อมพาราไทรอยด์จะมีตำแหน่งอยู่ด้านหน้าของต่อมไทรอยด์ ต่อมพาราไทรอยด์จะทำหน้าที่ผลิตและหลั่ง parathyroid hormone (PTH) เป็นฮอร์โมนที่ช่วยรักษาสมดุลแคลเซียมในเลือด ซึ่งจะทำงานตรงข้ามกับ calcitonin คือ ป้องกันการเกิดภาวะแคลเซียมในกระแสเลือดต่ำเกินไป (hypo calcemia)

2.6 ตับอ่อน

ตับอ่อน (pancreas) เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่ในการผลิตฮอร์โมนและน้ำย่อยที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร รูปร่างยาวและแบน เซลล์ของตับอ่อนมี 3 ชนิด คือ alpha cells ผลิตและหลั่งฮอร์โมน glucagon ส่วน betacells ผลิตและหลั่งฮอร์โมน Insulin และ delta cells ผลิตฮอร์โมน somatostatin (สุวิทย์ จันละคร, 2556 หน้า 244-245)

ฮอร์โมน Insulin จะทำหน้าที่ควบคุมไม่ให้ระดับกลูโคสในเลือดสูงเกินกว่าปกติ โดยนำกลูโคสไปสร้างเป็นไกลโคเจนที่ตับและกล้ามเนื้อ การขาดอินซูลินมีผลให้เกิดโรคเบาหวาน (diabetes mellitus) ถ้ามีอินซูลินมากเกินไป ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดต่ำกว่าปกติ (hyperglycemia) สัตว์เกิดการชักได้ง่าย

ฮอร์โมน glucagon ทำหน้าที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด โดยการกระตุ้นให้มีการสลายตัวของไกลโคเจนที่ตับ การเพิ่มขบวนการสร้างกลูโคสจากสารอื่น (gluconeogenesis) ที่เนื้อเยื่อของตับ การขาด glucagon จะทำให้ร่างกายขาดกลูโคส

2.7 ต่อมสร้างเซลล์สืบพันธุ์

ต่อมสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (gonard) ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิด คือ อัณฑะ (testis) และรังไข่ (ovary) โดยทั้งสองชนิดทำหน้าที่ในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์และฮอร์โมนที่สำคัญของสัตว์เพศผู้และเพศเมีย ดังนี้

2.7.1 อัณฑะ (testis) ทำหน้าที่สร้างตัวอสุจิและฮอร์โมน testosterone หรือ androgen ซึ่งทำให้สัตว์แสดงลักษณะเพศผู้ เช่น ขน เสียง เขา ความกำหนัด และสร้างน้ำกาม

2.7.2 รังไข่ (ovary) ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมน 2 ชนิดคือ

1) estrogen ผลิตจากถุงไข่แก่ (follicle) ทำหน้าที่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของระบบสืบพันธุ์ของตัวเมีย การแสดงอาการเป็นสัด กระตุ้นผนังด้านในของมดลูกให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตามวงจรการเป็นสัด

2) progesterone ผลิตจาก corpus luteum ทำหน้าที่รักษาสภาพการตั้งท้องของสัตว์ให้เป็นไปตามปกติและยับยั้งการผลิต FSH ทำให้ถุงไข่หยุดเจริญ

ฮอร์โมน estrogen, progesterone และ testosterone รวมเรียกว่า ฮอร์โมนเพศ (sex hormone) ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะ เอกลักษณ์ประจำเพศ และความต้องการทางเพศ นอกจากนี้ progesterone ยังมีผลต่อเยื่อบุผนังมดลูกเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับให้ไข่ที่ถูกผสมแล้วมาฝังตัวและพัฒนาเป็น blastocyst และ progesterone ยับยั้งการหดตัวของกล้ามเนื้อมดลูก ซึ่งทำให้มีการตั้งครรภ์ตลอดจนกระทั่งถึงเวลาคลอด ขณะที่การตกไข่ (ovulation) สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม การตกไข่และพฤติกรรมของการเป็นสัด (estrus) เกิดขึ้นพร้อมกัน ตัวเมียยอมให้ตัวผู้ผสมพันธุ์ เนื่องจากฮอร์โมน estrogen ไปกระตุ้นที่ hypothalamus ในเวลาเดียวกันกับที่ไข่ตก เนื่องจากฮอร์โมน LH หลั่งออกมาจากต่อมใต้สมอง ในแมวและกระต่ายจะตกไข่ต่อเมื่อได้รับการผสมพันธุ์เสียก่อน โดยระบบประสาทกระตุ้นสมองส่วน hypothalamus ซึ่งจะไปกระตุ้นให้มีการหลั่งของฮอร์โมน LH ออกมาจากต่อมใต้สมอง เรียกสัตว์พวกนี้ว่าเป็น induced ovulation ในแมวตกไข่หลังผสมพันธุ์ 2-3 ชั่วโมง ฮอร์โมนมีผลต่อพฤติกรรมของสัตว์ได้หลายวิธี โดยฮอร์โมนมีผลทำให้สัตว์แสดงพฤติกรรมหรือมีผลในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของสัตว์ได้ดังต่อไปนี้ (วิราช นิมิตสันติวงศ์, 2554 หน้า 483)

ฮอร์โมนมีผลต่อกลไกการรับรู้ หรือรับความรู้สึกของสัตว์ (sensory or perception mechanisms)

ฮอร์โมนมีผลต่อการพัฒนา หรือการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system activities)

ฮอร์โมนมีผลต่ออวัยวะเป้าหมาย (effectors mechanisms) ที่ทำให้สัตว์แสดงพฤติกรรมออกมา

2.8 ไต (kidney)

ไตทำหน้าที่ในการกรองเลือด และสร้างฮอร์โมน erythropoietin เป็นฮอร์โมนที่กระตุ้นไขกระดูกสีแดงเพื่อเพิ่มการสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดงที่เป็นตัวขนส่งก๊าซออกซิเจน

2.9 pineal body

pineal body เป็นส่วนของสมอง ซึ่งหน้าที่ของ pineal body ยังไม่เป็นที่ชัดเจนนัก

2.8 ต่อม thymus gland

ต่อม thymus เป็นอวัยวะที่ช่วยระบบภูมิคุ้มกันตอนแรกในช่วงชีวิตของสัตว์ โดยมันจะหดสั้นลงและเกือบหายไปเมื่อสัตว์เจริญเต็มที่

ฟีโรโมน

ฟีโรโมน (pheromones) คือ สารเคมีหรือโมเลกุลของสารเคมีที่สัตว์ใช้สำหรับการสื่อสารระหว่างกัน ฟีโรโมนจึงเป็นสารเคมีที่ใช้สำหรับการสื่อสารในสัตว์ชนิดเดียวกัน เช่น ฟีโรโมนเกี่ยวกับเพศ (sex pheromone) ผลที่สำคัญของฟีโรโมนคือ การกระตุ้นศูนย์การรับกลิ่นในสมอง ขึ้นอยู่กับประสาทสัมผัสที่ไวต่อกลิ่น ความเข้มข้นของฟีโรโมนสามารถสะท้อนถึงระดับของฮอร์โมนเพศได้ ในสัตว์เพศผู้ใช้ฟีโรโมนในการติดตามการเป็นสัดของเพศเมีย ปัสสาวะจะเป็นเครื่องหมายการบอกอาณาเขต ในสัตว์บางชนิด เช่น สุนัข แมว มักใช้ทั้ง อุจจาระและปัสสาวะเป็นสารให้กลิ่นเพื่อเป็นสัญลักษณ์แทนตัวเอง

ฟีโรโมนอาจแบ่งกลุ่มตามลักษณะการตอบสนองของผู้รับได้เป็น 2 ชนิด คือ releaser pheromone ฟีโรโมนกลุ่มนี้มีผลทำให้ผู้รับสารถูกกระตุ้นเร้าให้แสดงพฤติกรรมออกมาทันที ฟีโรโมนอีกกลุ่มหนึ่ง คือ primer pheromone ฟีโรโมนในกลุ่มนี้ทำให้ผู้รับสารมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางอย่างในร่างกาย เช่น ฟีโรโมนมีผลไปกระตุ้นเร้าที่เซลล์ประสาทส่วนกลางทำให้ร่างกายได้รับกลิ่น และส่งสัญญาณประสาทไปยังสมอง หรือระบบประสาทส่วนกลางทำให้ร่างกายตอบสนองด้วยการหลั่งฮอร์โมนออกมา หรือทำให้ร่างกายมีเมทาบอลิซึมที่เปลี่ยนไป (ภาพที่ 2.4) ดังนั้นการตอบสนองทางพฤติกรรมต่อ primer pheromone จึงต้องอาศัยระยะเวลาที่นานกว่า สัตว์จำนวนมากมีการสื่อสารโดยการใช้กลิ่น ซึ่งมักปะปนออกมากับสารคัดหลั่งของสัตว์ การสื่อสารด้วยการใช้กลิ่นมีหลักพื้นฐาน ซึ่งประกอบด้วย แหล่งของกลิ่น ความจำเพาะและเป็นสัญญาณ ลักษณะเฉพาะของกลิ่น เยื่อเมือกในการรับกลิ่น สมองส่วนรับกลิ่น ศูนย์กลางการกระตุ้นของสมอง ศูนย์การรับรู้

เกี่ยวกับกลิ่น และเกิดการตอบสนองด้วยการทำให้เกิดพฤติกรรมออกมา (วิราช นิมิตสันติวงศ์, 2554 หน้า 155; Tristram, 2003 p. 18)

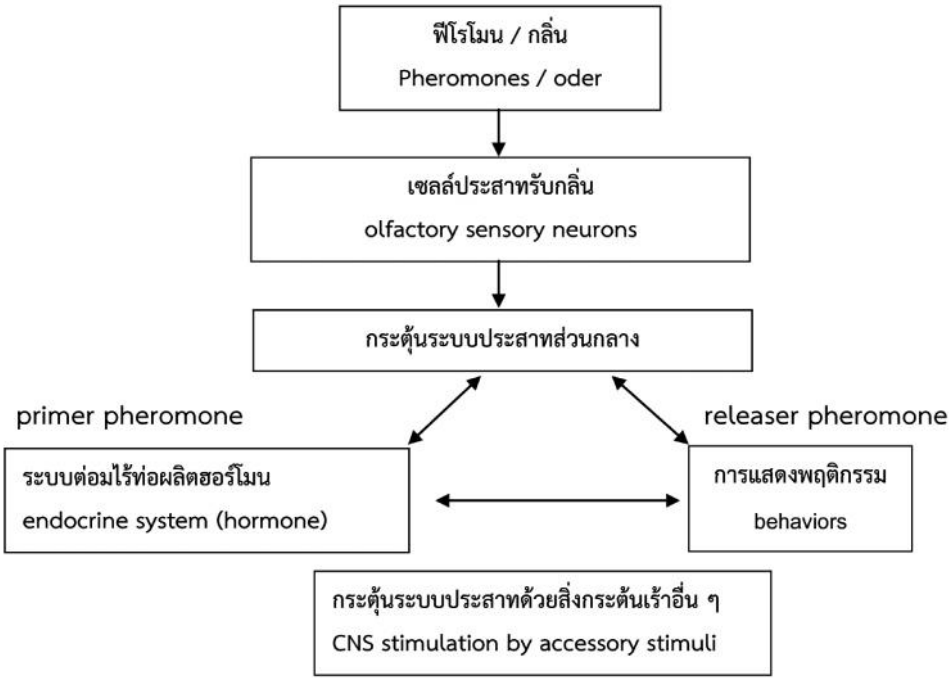
ผลที่สำคัญของฟีโรโมน คือการกระตุ้นศูนย์การรับกลิ่นในสมอง ดังนั้นการรับรู้ฟีโรโมนขึ้นอยู่กับประสาทสัมผัสที่ไวต่อกลิ่น เชื่อว่าฟีโรโมนเป็นสารที่ถือเป็นข้อมูลที่สัตว์ใช้เป็นสัญลักษณ์ เพื่อทิ้งข้อความไว้ให้กับสัตว์ตัวอื่น ๆ ที่สามารถรับสารนั้น ๆ ได้ สัตว์แต่ละชนิดมีแหล่งที่ผลิตฟีโรโมนที่แตกต่างกันไป สัตว์บางชนิดมีต่อมที่สามารถสร้างสารที่มีกลิ่นในสารคัดหลั่ง สารคัดหลั่งบางชนิดอาจถูกเก็บไว้ระยะหนึ่งแล้วจะถูกทำให้เกิดกลิ่นได้ด้วยการย่อยสลายของแบคทีเรีย สารที่แตกต่างกันหลายชนิดอาจจะพบได้ในสารคัดหลั่งที่มีกลิ่นของสัตว์ แหล่งของฟีโรโมนอื่นในร่างกาย เช่น ปัสสาวะ อุจจาระและน้ำลาย เป็นต้น ผลของฟีโรโมนอาจจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น ฟีโรโมนเตือนภัย (alarm pheromones) ซึ่งอวัยวะที่ทำหน้าที่ผลิตฟีโรโมนในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมนั้นเป็นการพัฒนาของต่อมและชนิดของฟีโรโมนมากที่สุด ต่อมต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่ผลิตฟีโรโมนมักพบอยู่ในผิวหนังและในเยื่อเมือก ที่สำคัญ 6 แห่งดังนี้

1. บริเวณหน้า

บริเวณหน้า (the facial area) มีต่อมที่อยู่บริเวณรอบ ๆ แก้ม และปากมีโครงสร้างที่สามารถผลิตสารให้กลิ่นจำเพาะ หรือฟีโรโมนกระจายอยู่ทั่วไปตั้งแต่บริเวณคาง ริมฝีปาก ขนแข็งในรูจมูก และแก้ม ต่อมต่าง ๆ เหล่านี้พบได้ในแมวและสุนัข

2. สารเชิงซ้อนจากบริเวณอวัยวะเพศ

สารเชิงซ้อนจากบริเวณอวัยวะเพศ (the genital complex) เป็นบริเวณที่รวมถึงต่อมขับไขมันของหนังหุ้มอวัยวะเพศผู้ หรือของปากช่องคลอด (vulva) และท่อปัสสาวะ (urethra) หรือต่อมที่เยื่อเมือกของทางเดินสืบพันธุ์ เป็นสารที่ดึงดูดที่สำคัญและมีส่วนทำให้เกิดความตื่นตัวทางเพศของสัตว์



ภาพที่ 2.4 ศูนย์การรับกลิ่นในสมอง
ที่มา : ดัดแปลงจาก (Tristram, 2003 p. 18)

3. สารเชิงซ้อนจากบริเวณเท้า

สารเชิงซ้อนจากบริเวณเท้า (the pedal complex) ซึ่งบริเวณเท้าของสุนัขเป็นบริเวณที่ประกอบด้วยต่อมเท้าทั้ง 4 ขา ต่อมนี้กระจายอยู่ทั่วไปทั้งที่ฝ่าเท้า และบริเวณผิวหนังระหว่างนิ้วเท้า ต่อมนี้พบในแมว สารเชิงซ้อน จากต่อมที่เท้าเกี่ยวข้องกับการทำเครื่องหมายบอกเขตแดน และคัดหลั่งฟีโรโมนเตือนภัย ในระหว่างที่แมวมีการทำเครื่องหมายบอกเขตแดน พฤติกรรมการเกาข่วนในสุนัขมักพบบนพื้นดินและมักถูกทำเครื่องหมายย้ำด้วยการถ่ายปัสสาวะรดในสุนัขเพศผู้

4. สารเชิงซ้อนจากบริเวณทวาร

สารเชิงซ้อนจากบริเวณทวาร (the perianal complex) ประกอบด้วยต่อมที่ผลิตไขมันที่มีความเข้มข้นสูง ตั้งอยู่ด้านบนของโคนหาง ในบางครั้งมีการแผ่ขยายไปทางด้านข้างของหาง เป็นต่อมที่แสดงเอกลักษณ์ หรือใช้แสดงตัวของแมวเพศผู้ต่อแมวเพศเมียที่เป็นสัด แมวเพศผู้ที่ทำหมันพบว่า ต่อมนี้มีขนาดเล็กลง

5. สารเชิงซ้อนจากบริเวณเต้านม

สารเชิงซ้อนจากบริเวณเต้านม (the mammary complex) เป็นสารเชิงซ้อนที่มีปฏิสัมพันธ์ทางกลิ่น ระหว่างแม่และลูกในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ฟีโรโมนเหล่านี้จะไม่ถูกคัดหลั่งออกมาทันทีหลังคลอดลูก การคัดหลั่งจะเกิดขึ้นหลังการคลอด 3-4 วัน และยังคงคัดหลั่งต่อไปอีก 2-5 วันหลังหย่านม

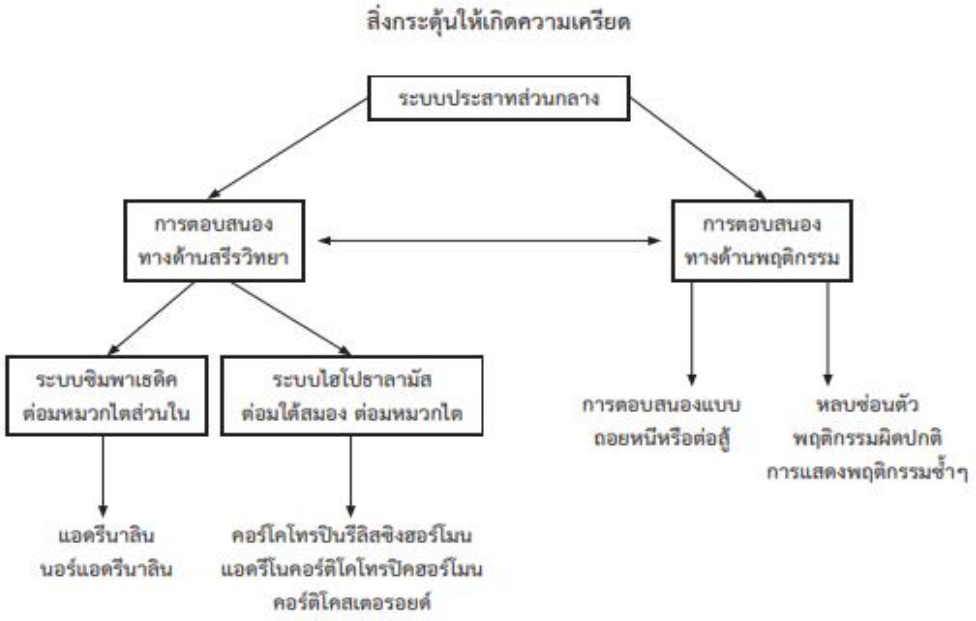
6. ปัสสาวะและอุจจาระ

ปัสสาวะและอุจจาระ (urine and feces) ถือได้ว่าเป็นแหล่งที่สำคัญของสารเชิงซ้อนที่เป็นฟีโรโมน ทั้งในปัสสาวะและอุจจาระมีองค์ประกอบหลายชนิดของฟีโรโมน ที่ผลิตมาจากต่อมที่คัดหลั่งเข้าสู่ท่อทางเดินปัสสาวะ หรือท่อของถุงที่ทวารหนัก รวมถึงแบคทีเรียที่ย่อยสิ่งเน่าเปื่อย ซึ่งจะเปลี่ยนองค์ประกอบที่อยู่ในปัสสาวะ หรืออุจจาระ ทำให้เกิดกลิ่นที่มีความจำเพาะ ทำให้ฟีโรโมนเหล่านี้มีบทบาททางการสื่อสารและการใช้ชีวิตในสังคมของสัตว์ สุกร สัตว์เคี้ยวเอื้อง และม้าจะมีต่อมชนิดพิเศษที่ผิวหนัง ของกระต่ายต่อมใต้คาง (chingland) ของกระต่ายใช้เป็นต่อมสร้างสารบอกอาณาเขต เตือนภัยให้กับตัวอื่นและทำให้ตัวอื่นจำได้

ความเครียด

ความเครียด (stress) คือ สภาวะที่ร่างกายถูกกดดัน หรือถูกคุกคามโดยปัจจัยหรือสิ่งกระตุ้นทั้งทางด้านกายภาพ ทางด้านจิตใจ หรือการรบกวนสภาวะปกติของร่างกาย ทำให้ร่างกายจำเป็นต้องมีการปรับตัวเพื่อรักษาการทรงสภาพปกติในร่างกาย (homeostasis) เมื่อเกิดความเครียดร่างกายจะตอบสนองโดยการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยา และการเปลี่ยนแปลงทางด้านพฤติกรรม (Von Borell, 2001 p. 261) ส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกัน การเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ ในสภาพแวดล้อมที่ก่อให้เกิดความเครียดน้อยจะทำให้สัตว์มีความเป็นอยู่ดีส่งผลให้สัตว์มีประสิทธิภาพการให้ผลผลิตที่ดี ส่งผลที่ดีต่อผู้บริโภค และจะเชื่อมโยงกับสวัสดิภาพสัตว์

การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของสัตว์ไปจากปกติ เป็นเครื่องบ่งบอกถึงการเกิดความเครียดในสัตว์ เมื่อสัตว์ไม่สามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ก็จะแสดงพฤติกรรมผิดปกติออกมา ดังนั้นการเลี้ยงสัตว์แบบสมัยใหม่ต้องเปิดโอกาสให้สัตว์ได้ปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์จัดให้ โดยทั่วไปสภาพแวดล้อมที่ทำให้สัตว์เกิดความเครียดได้ เช่น สภาพภูมิอากาศ การจัดการที่ไม่ถูกต้อง ทุพโภชนาการ สัตว์ถูกขังแน่นเกินไป หรือฝูงสัตว์มีขนาดใหญ่เกินไป เป็นต้น การตอบสนองต่อความเครียด ระบบประสาทส่วนกลางของสัตว์จะมีการตอบสนองทางสรีรวิทยาและทางพฤติกรรม (ภาพที่ 2.5) ซึ่งการตอบสนองทางด้านสรีรวิทยาเป็นการทำงานของส่วนไฮโปธาลามัส ต่อมใต้สมอง และต่อมหมวกไต (Squires, 2003 p. 597) เพื่อการปรับตัวเมื่อเกิดความเครียด



ภาพที่ 2.5 การตอบสนองของระบบต่าง ๆ ในร่างกายต่อสาเหตุความเครียด
ที่มา: ดัดแปลงจาก (Squires, 2003 p. 597)

สาเหตุของความเครียดที่มีผลต่อสัตว์ ได้แก่ สิ่งกระตุ้นที่รบกวนต่อการทรงสภาพปกติของร่างกาย ซึ่งสามารถแบ่งปัจจัยสาเหตุที่ก่อความเครียดเป็น 2 ประเภท คือ (Squires, 2003 p. 597)

ปัจจัยสาเหตุที่ก่อความเครียดจากภายนอกร่างกาย ได้แก่ ปัจจัยกดดันทางสังคม เช่น ปฏิกิริยาระหว่างสัตว์ต่อสัตว์ในกลุ่มเดียวกัน หรือต่างฝูงหรือสภาพความเป็นอยู่อย่างโดดเดี่ยวของสัตว์ ปัจจัยกดดันทางสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ อากาศ ความชื้น และสภาพที่อยู่อาศัย เป็นต้น ปัจจัยกดดันจากคน เช่น การกระทำของคนต่อสัตว์อย่างไม่เหมาะสม การจัดการระบบการเลี้ยงที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการตามธรรมชาติของสัตว์ และการเคลื่อนย้ายขนส่งสัตว์ เป็นต้น

ปัจจัยสาเหตุที่ก่อความเครียดจากภายในร่างกาย ได้แก่ ปัจจัยกดดันทางด้านชีวภาพ เช่น การบาดเจ็บ การเป็นโรค หรือการติดเชื้อ และ ปัจจัยทางโภชนาการ เช่น การขาดอาหาร หรือการขาดน้ำ การขาดสมดุลอาหาร

1. การประเมินความเครียดของสัตว์

การตอบสนองต่อความเครียดของสัตว์ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาและการเปลี่ยนแปลงทางด้านพฤติกรรม (Von Borell, 2001 p. 262) ดังนั้นการประเมินความเครียดของสัตว์ฟาร์มสามารถทำได้โดยการวัดการเปลี่ยนแปลงนั้น ๆ ซึ่งมีหลายวิธีการ เช่น การวัดอัตราการหายใจ การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ การวัดระดับของฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับความเครียด ซึ่ง

ฮอร์โมนที่สำคัญ ได้แก่ ฮอร์โมนคอร์ติซอล (cortisol) นอกจากนี้ยังสามารถใช้การสังเกตพฤติกรรมในการประเมินความเครียดของสัตว์ได้ (Squires, 2003 p. 597)

ฮอร์โมนคอร์ติซอลเป็นสเตอรอยด์ฮอร์โมน (steroid hormone) ที่สังเคราะห์มาจากโคเลสเตอรอล (cholesterol) สเตอรอยด์ฮอร์โมนไม่มีการเก็บสะสม แต่จะหลั่งเมื่อมีการสังเคราะห์ไหลเวียนในกระแสเลือดโดยจับกับโปรตีนจำเพาะประเภทโกลบูลลิน (globulin) เมทาบอลิซึมของฮอร์โมนคอร์ติซอลเกิดขึ้นที่ตับและขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะ เมื่อสัตว์ได้รับการกระตุ้นจากความเครียด สมองส่วนไฮโปธาลามัสจะหลั่งคอร์ติโคโทรปินรีลิสซิงฮอร์โมน (corticotropin releasing hormone) ไปในระบบไหลเวียนภายในเวลาไม่ถึงวินาทีที่ร่างกายได้รับการกระตุ้นหลังจากนั้นประมาณ 10 วินาที ต่อมใต้สมองส่วนหน้าเพิ่มการหลั่ง ACTH และฮอร์โมนกลุ่มกลูโคคอร์ติคอยด์ (glucocorticoid) จะถูกกระตุ้นให้หลั่งเพิ่มขึ้นในเวลา 5 นาที โดยใช้เวลาในการออกฤทธิ์ที่เนื้อเยื่อเป้าหมายประมาณ 30 นาที เนื่องจากฮอร์โมนกลุ่มกลูโคคอร์ติคอยด์เป็นสเตอรอยด์ฮอร์โมนซึ่งออกฤทธิ์ในระดับยีน จึงมีระยะเวลาในการออกฤทธิ์นานประมาณ 1 ชั่วโมงหลังจากเริ่มได้รับความเครียด (ชลลดา ปวะบุตร, 2551 หน้า 13)

การวัดระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลเมื่อสัตว์อยู่ในสภาวะเครียด การวัดระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในเลือดเป็นวิธีการที่ใช้ได้ดีในการประเมินความเครียดของสัตว์ มีการศึกษากันอย่างแพร่หลายในแกะ แพะ โคนม และสุกร ในโคพบว่าระดับพื้นฐานของฮอร์โมนคอร์ติซอลในพลาสมาอยู่ในช่วงประมาณ 5-10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร แต่เมื่อโคอยู่ในสภาวะเครียดทำให้ระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลในพลาสมาสูงขึ้น (Negrão *et al.*, 2004 p. 1713-1715) เช่น ความเครียดเนื่องจากการรีดนม การชั่งน้ำหนัก การแต่งกีบ การขนส่ง การตอน การผูกล่ามโคหลังจากปล่อยแทะเล็มเป็นเวลานาน และความเครียดเนื่องจากอุณหภูมิสภาพแวดล้อมสูง ความเครียดเนื่องจากการหย่านมที่เร็วเกินไป เป็นต้น การตอบสนองต่อความเครียดในการหลั่งฮอร์โมนคอร์ติซอลมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด ความรุนแรง ความถี่ และระยะเวลาที่สัตว์ได้รับ สาเหตุที่ก่อให้เกิดความเครียด เช่น โคที่ใช้เวลาแต่งกีบนานจะมีระดับฮอร์โมนคอร์ติซอล (cortisol peak) สูงกว่าและยาวนานกว่าโคที่ใช้เวลาแต่งกีบน้อย และนอกจากนี้การตอบสนองของต่อมหมวกไตต่อความเครียดจะมีความผันแปรอย่างมากระหว่างโคแต่ละตัว (Bertoni *et al*., 2005 p. 201)

2. ปัจจัยลดความรุนแรงของความเครียด

การจะลดความรุนแรงของความเครียดที่เกิดขึ้นกับสัตว์นั้น ผู้เลี้ยงสัตว์สามารถทำได้โดยมีปัจจัย ดังต่อไปนี้

2.1 การเกิดความเคยชิน

การเกิดความเคยชินจะเป็นการลดความรุนแรงในการตอบสนองต่อการกระตุ้นลงจากการรับรู้ต่อการถูกกระตุ้นซ้ำซาก หรือการเรียนรู้จากประสบการณ์ เช่น โคที่ถูกขนย้ายบ่อย ๆ ลด

การหลั่งฮอร์โมนคอร์ติซอล เนื่องจากเกิดความเคยชินทางด้านจิตใจ และโคที่เคยชินกับการถูกบังคับให้เดินบนทางเดินลาดเอียงจะไม่มีผลต่อระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลและพฤติกรรม

2.2 การปรับตัว

การปรับตัว (adaptation) เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ช่วยลดความรุนแรงในการตอบสนองต่อความกดดันจากสภาพแวดล้อม แบ่งเป็น

2.2.1 การปรับตัวทางด้านพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงในระดับยีนจากการปรับปรุงพันธุ์ หรือวิวัฒนาการทางพันธุกรรมของสัตว์ที่อยู่รอดได้ในสภาพแวดล้อมนั้น ๆ เป็นการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่ถ่ายทอดไปสู่รุ่นต่อไป

2.2.2 การปรับตัวทางด้านรูปร่างลักษณะ การเปลี่ยนแปลงทางด้านรูปร่างและลักษณะของร่างกาย ทำให้เกิดความเครียดขึ้นจากส่วนใดส่วนหนึ่งที่มาจากสภาพแวดล้อมหนึ่ง ๆ และเกิดขึ้นภายในช่วงชีวิตของสัตว์เท่านั้น

3. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับความเครียดในสัตว์

ระดับความเครียดในสัตว์จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดสัตว์ พันธุ์สัตว์ อายุ สภาพทางสรีระของสัตว์ เช่น สัตว์อยู่ในช่วงการเจริญเติบโต สืบพันธุ์ ตั้งท้อง ให้นม ซึ่งในช่วงนี้สัตว์ต้องการใช้พลังงานในการให้ผลผลิตส่งผลให้สัตว์เกิดสภาวะเครียด เนื่องจากความไม่สมดุลของความแตกต่างระหว่างสัตว์แต่ละตัว และประสบการณ์ และการเรียนรู้ของสัตว์แต่ละตัวต่อความเครียดนั้น ๆ (ชลลดา ปวะบุตร, 2551 หน้า 18)

บทสรุป

สัตว์จะแสดงพฤติกรรมเมื่อได้รับการกระตุ้นจากสรีรวิทยา คือ ระบบประสาท และฮอร์โมน ซึ่งระบบประสาทเป็นตัวเชื่อมโยงให้สัตว์เกิดพฤติกรรม โดยการส่งผ่านสิ่งกระตุ้นในรูปกระแสความรู้สึกไปรายงานที่สมองและไขสันหลัง ให้ออกคำสั่งกลับมายังอวัยวะเพื่อตอบโต้ออกมาเป็นพฤติกรรม ขณะที่ต่อมไร้ท่อจะสร้างฮอร์โมนทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณคอยติดต่อประสานงานภายในตัวสัตว์กับสิ่งกระตุ้นที่เกิดขึ้นภายนอกร่างกาย นอกจากนี้สัตว์ยังใช้สารเคมีที่เรียกว่าฟีโรโมนสำหรับการสื่อสารในสัตว์ชนิดเดียวกันเพื่อให้สัตว์ดำเนินชีวิตที่เป็นปกติ หากสัตว์ไม่สามารถแสดงพฤติกรรมได้ตามปกติได้สัตว์จะแสดงอาการเครียดออกมา ซึ่งการเกิดความเครียดของร่างกายสัตว์จะตอบสนองโดยการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยา และการเปลี่ยนแปลงทางด้านพฤติกรรม ส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกัน การเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ลดลง

คำถามท้ายบท

1. จงอธิบายระบบประสาทของสัตว์มาพอเข้าใจ
2. จงอธิบายโครงสร้างของเซลล์ประสาทประกอบด้วยอะไรบ้าง
3. จงบอกชนิดและหน้าที่ของเส้นประสาทสมองทั้ง 12 เส้นมีอะไรบ้าง
4. จงอธิบายการเกิดความรู้สึกมาพอเข้าใจ
5. ตัวรับความรู้สึกที่ทำให้เกิดการตอบสนองของร่างกายมีกี่ชนิด อะไรบ้าง
6. อธิบายความสำคัญของระบบต่อมไร้ท่อของสัตว์
7. ฮอร์โมนที่ผลิตจากต่อมใต้สมองมีอะไรบ้าง
8. จงอธิบายความหมายฟีโรโมน
9. จงบอกอวัยวะที่ทำหน้าที่ผลิตฟีโรโมนของสัตว์
10. จงอธิบายความหมายของความเครียดของสัตว์

เอกสารอ้างอิง

ชลลดา ปวะบุตร. (2551). รูปแบบการหลั่งและการตอบสนองของคอร์ติซอลต่อการกระตุ้นด้วยแอดรีโนคอร์ติโคโทรปิคฮอร์โมนในโคนมที่เลี้ยงแบบปล่อยในคอกพื้นคอนกรีตและพื้นปูแผ่นยาง. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

พิพัฒน์ สมภาร. (2552). **พฤติกรรมของสัตว์เลี้ยง: หลักทางชีววิทยา**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, ปทุมธานี.

วิราช นิมิตสันติวงศ์. (2554). **พฤติกรรมสัตว์เลี้ยง.** พิมพ์ครั้งที่ 2 ภาควิชาสรีรวิทยา คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน. กรุงเทพฯ.

สุวิทย์ จันละคร. (2556). **กายวิภาคและสรีรวิทยาของสัตว์เลี้ยง.** สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

Advertisement. (2015). **Peripheral Nerves and Arteries. CNS = Central Nervous System (Brain and spinal cord) PNS = Peripheral Nervous System (nerves to appendages) Neurons are.** Retrieved February 16, 2015, from http://slideplayer.com/slide/7627517/

Bertoni, G., E. Trevisi, R. Lombardelli and M. Bionaz. (2005). **Plasma cortisol variations in dairy cows after some usual or unusual manipulation.** Ital. J. Anim. Sci. 4 (Suppl. 2): 200-202.

Biologymad. (2015). The sense of TASTE. Retrieved February 19, 2015, from http://humanphysiology.academy/Taste/Taste.html.

Negrão, J.A., M.A. Porcionato, A.M. de Passillé and J. Rushen. (2004). **Cortisol in saliva and plasma of cattle after ACTH administration and milking.** J. Dairy Sci. 87: 1713-1718.

Squires, E.J. (2003). **Applied Animal Endocrinology.** Department of Animal and Poultry Science, University of Guelph, Guelph, Canada. CABI Publishing, UK.

Tristram, D. W. (2003). **Pheromones and animal behaviour communication by smell and taste.** Cambridage university press.

Von Borell, E. H. (2001). **The biology of stress and its application to livestock housing and transportation assessment.** J. Anim. Sci. 79 (E. Suppl.): 260-267.

Wheeling Jesuit University. (2015). The Nervous System. Retrieved June 16, 2015, from **http://www.e-missions.net/cybersurgeons/?/nerv_teacher/.**