

## บทที่ 4 ระบบประสาทสั่งการ และรีเฟล็กซ์ (Motor nervous system and reflexes)

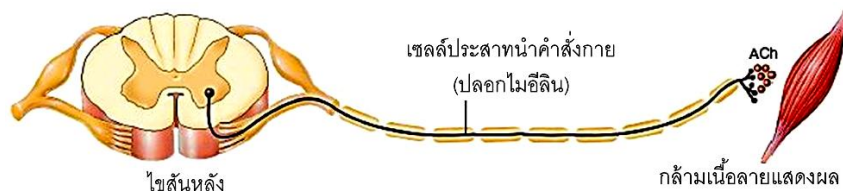


(ที่มา Veterian Key, 2016)

### ระบบประสาทภายในสัตว์มีกระดูกสันหลัง (vertebrate somatic nervous system)

กล้ามเนื้อลายถูกเลี้ยงโดยส่วนแอกซอนของเซลล์ประสาทสั่งการ (motor neuron) ที่จัดอยู่ในระบบประสาทกาย (somatic nervous system, SNS) ส่วนตัวเซลล์ของเซลล์ประสาทสั่งการอยู่ที่ส่วนปีกล่าง (ventral horn) ระบบประสาทกายของไขสันหลังมีความแตกต่างจากระบบเซลล์ประสาทเชื่อมต่อกัน 2 เซลล์ของระบบประสาทอิสระตรงที่ แอกซอนของเซลล์ประสาทสั่งการจะเชื่อมต่อกับจุดเริ่มต้นในไขสันหลัง แล้วยื่นยาวต่อไปจนถึงกล้ามเนื้อลายที่มันไปเลี้ยง ส่วนปลายแอกซอนของเส้นประสาทชนิดนี้จะหลั่งอะเซทิลโคลีนที่ทำให้เกิดการกระตุ้นเซลล์เป้าหมาย และการหดตัวของกล้ามเนื้อลายที่มันวิ่งไปเลี้ยง

เซลล์ประสาทสั่งการมีผลกระทบต่องานของอวัยวะแสดงผล ซึ่งแตกต่างจากเส้นใยประสาทในกลุ่มของระบบประสาทอิสระที่สามารถกระตุ้น และยับยั้งการทำงานของอวัยวะแสดงผล การทำงานของกล้ามเนื้อลายสามารถยับยั้งได้โดยคำสั่งจากระบบประสาทส่วนกลางผ่านทางจุดประสานประสาทนำเข้าชนิดยับยั้ง (inhibitory synaptic input) ที่ส่งมายังตัวเซลล์ และเดนไดรต์ของเส้นประสาทสั่งการที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อส่วนนั้น ๆ

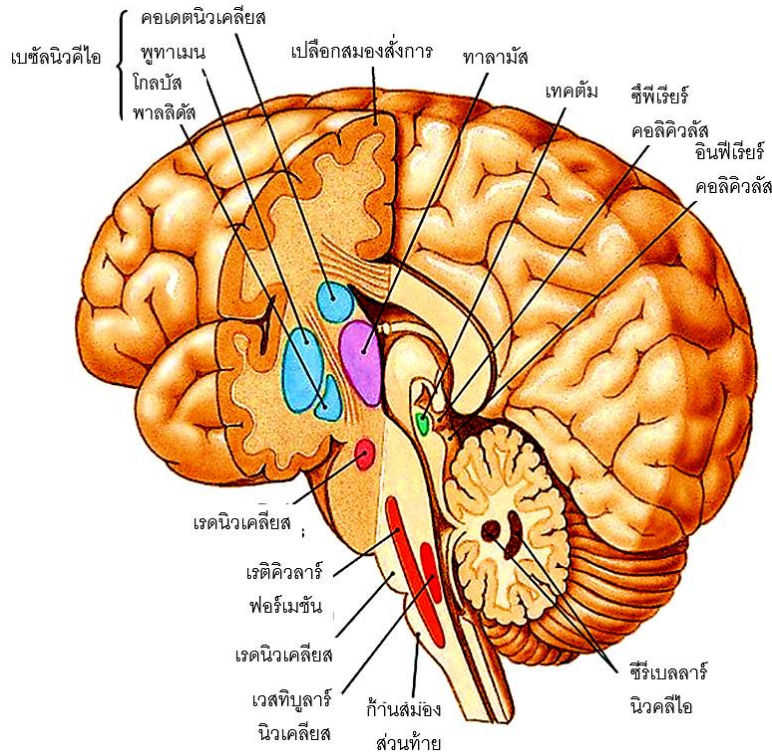


ภาพที่ 4.2 วิธีประสาทกายใต้อำนาจใจของระบบประสาทกาย (ที่มา Veterian Key, 2016)

เดนไดรต์ และตัวเซลล์ของเซลล์ประสาทสั่งการสามารถทำงานได้ โดยอิทธิพลจากสัญญาณนำเข้าก่อนจุดประสานประสาท (presynaptic input) ทั้งชนิดกระตุ้น และยับยั้งที่มารวมกันจากหลาย ๆ จุด บางส่วนของข้อมูลที่ได้รับเข้า (input) เป็นส่วนของวิถีรีเฟล็กซ์ไขสันหลัง (spinal reflex pathways) ที่เริ่มต้นมาจากตัวรับความรู้สึกจากประสาทส่วนปลาย (peripheral sensory receptors) ส่วนที่เหลือมาจากวิถีประสาทลงล่าง (descending pathways) ที่มาจากสมอง ส่วนของสมองที่รับผิดชอบการเคลื่อนที่ของกล้ามเนื้อ ได้แก่ ส่วนสั่งการของมอเตอร์คอร์เทกซ์ (motor region of motor cortex) ปมประสาทฐาน (basal nuclei) สมองน้อย (cerebellum) และก้านสมอง (brain stem)

เซลล์ประสาทสั่งการถูกจัดเป็นทางสามัญวิธีสุดท้าย (final common pathway) เนื่องจากเป็นเส้นทางเดียวที่ระบบประสาทส่วนต่าง ๆ ที่ต้องการสั่งการให้กล้ามเนื้อลายตอบสนองต่อคำสั่ง จำเป็นต้องส่งผ่านเข้ามาทางเซลล์ประสาทสั่งการทั้งสิ้น ระดับการตอบสนองของเซลล์ประสาทสั่งการ และผลที่เกิดจากการกระตุ้นเซลล์ประสาทชนิดนี้ที่จะส่งกระแสประสาทออกไปยังกล้ามเนื้อลาย ขึ้นอยู่กับความสมดุลของระดับไอพีเอสพี และไอพีเอสพีที่ถูกนำเข้ามาโดยสัญญาณนำเข้าก่อนจุดประสานประสาทซึ่งมีจุดกำเนิดจากสมอง

ระบบประสาทกายภายใต้การควบคุมของสมอง แต่กล้ามเนื้อลายที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการทรงตัว และการเคลื่อนที่ส่วนใหญ่จะถูกควบคุมด้วยชั้นที่ต่ำกว่าสมองใหญ่ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง สามารถกำหนด และ ตัดสินใจได้ว่า เมื่อไหร่จะเริ่มมีการเดิน แต่สมองใหญ่ไม่ได้มีผลต่อการควบคุมให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัว หรือคลาย ตัว เนื่องจากการเคลื่อนที่เหล่านี้มีส่วนที่ประสานช่วยเหลือจากศูนย์ควบคุมต่ำกว่าสมอง (lower brain center) ได้แก่ สมองน้อย ก้านสมอง หรือปม (spine) (นั่นทำให้มีเรื่องเล่าเกี่ยวกับโกที่ถูกทำร้ายที่หัวอย่างรุนแรงยังสามารถ วิ่งวนเวียนไปมาได้ เช่นเดียวกับที่ฉลามยังสามารถเคลื่อนไหวล่าตัวได้ แม้ว่าส่วนของสมองใหญ่จะถูกทำลายไปแล้ว)



ภาพที่ 4.3 ศูนย์กลางควบคุมการเคลื่อนไหว (ที่มา: ดัดแปลงจาก Veterian Key, 2016)

ตารางที่ 4.1 สรุปลักษณะของระบบประสาทสั่งการทั้ง 2 ส่วน

ลักษณะ	ระบบประสาทอิสระ	ระบบประสาทกาย
จุดเริ่มต้น	สมอง หรือปีกข้างของไขสันหลัง	ปีกข้างของไขสันหลังด้านหน้า ส่วนที่เลี้ยงกล้ามเนื้อ ศีรษะมาจากสมอง
เซลล์จากจุดเริ่มต้นที่ระบบประสาทส่วนกลาง จนถึงอวัยวะแสดงผล	ระบบเซลล์ประสาทเชื่อมต่อกัน 2 เซลล์ (ก่อนและหลังปมประสาท)	เซลล์ประสาทตัวเดียว (เซลล์ประสาทสั่งการ)
อวัยวะที่ไปเลี้ยง	กล้ามเนื้อหัวใจ กล้ามเนื้อเรียบ ต่อมมีท่อ และต่อมไร้ท่อบางต่อม	กล้ามเนื้อลาย
ชนิดของการไปเลี้ยง	อวัยวะเป้าหมายส่วนใหญ่จะถูกเลี้ยงจากทั้ง 2 ระบบ เพื่อทำหน้าที่ตรงกันข้ามกัน	อวัยวะเป้าหมายถูกเลี้ยงโดยเซลล์ประสาทสั่งการเพียงชนิดเดียว
สารส่งผ่านประสาท	อะเซทิลโคลีน (ส่วนปลายพาราซิมพาเทติก) หรือนอร์เอปิเนฟริน (ส่วนปลายซิมพาเทติก)	อะเซทิลโคลีน
ผลต่ออวัยวะเป้าหมาย	กระตุ้นหรือยับยั้ง (antagonistic actions)	กระตุ้นอย่างเดียว (การยับยั้งอาจมาจากส่วนกลางผ่านโอปิเอสทีนตัวเซลล์ประสาทสั่งการ)
ชนิดของการควบคุม	นอกอำนาจใจ การควบคุมได้อำนาจใจเกิดเมื่อเป็นการตอบสนองทางชีว และ การฝึกฝน	ภายใต้อำนาจใจ อยู่ในเวลาที่มึสติ
การควบคุมในชั้นที่สูงกว่า	ไขสันหลัง ก้านสมองส่วนท้าย ต่อมใต้สมองส่วนกลาง ส่วนประสานงานเปลือกสมองส่วนหน้า	ไขสันหลัง มอเตอร์คอร์เทกซ์ ปมประสาทฐาน สมองน้อย และก้านสมอง

## รีเฟล็กซ์ และวงรีเฟล็กซ์ (reflex and reflex arc)

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า เซลล์ประสาทเป็นส่วนย่อยที่สุดของโครงสร้างที่สามารถทำงานได้ (functional unit) ของระบบประสาท การมีหน้าที่ หรือเหตุการณ์ของระบบประสาทที่ซับซ้อนขึ้นเกิดจากการทำงานที่มีการประสานกันของเซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่ต่าง ๆ กันตั้งแต่ 2 เซลล์ขึ้นไปเรียกว่าเป็น วงจรประสาท (neural circuit) ซึ่งทำหน้าที่เปรียบได้กับวงจรไฟฟ้าในเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งการทำงานต่าง ๆ ต้องมีส่วนประกอบย่อยในวงจรที่เหมาะสมกับหน้าที่ วงจรประสาทชนิดรีเฟล็กซ์ จะมีเซลล์ประสาทที่มีคุณสมบัติพิเศษบางอย่างที่ทำให้เกิดรีเฟล็กซ์ชนิดต่าง ๆ

รีเฟล็กซ์ คือ การตอบสนองของอวัยวะแสดงผลของร่างกายต่อตัวกระตุ้น ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกายนอกอำนาจใจ เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นอย่างแทบฉับพลันทันที (instantaneous) เพื่อตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น โดยอาศัยการเชื่อมโยงกันของเซลล์ประสาทอย่างน้อย 2 เซลล์ขึ้นไปเรียกว่า วงรีเฟล็กซ์ (reflex arc) โดยจะประกอบไปด้วย เซลล์ประสาทรับความรู้สึกของไขสันหลัง หรือของเส้นประสาทสมอง ซึ่งอาจอยู่ในระดับไขสันหลัง และก้านสมอง และมีศูนย์กลางรีเฟล็กซ์ (reflex center) ได้แก่ ระบบประสาทส่วนกลาง มีเซลล์ประสาทนำคำสั่ง ซึ่งอาจเป็นประสาทที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของไขสันหลัง หรือก้านสมอง โดยสัญญาณประสาทไม่ต้องผ่านสมองชั้นสูงในส่วนของเปลือกสมองก่อน

### วงรีเฟล็กซ์ (reflex arc)

วงรีเฟล็กซ์ประกอบไปด้วย ส่วนประกอบหลัก ๆ ดังนี้

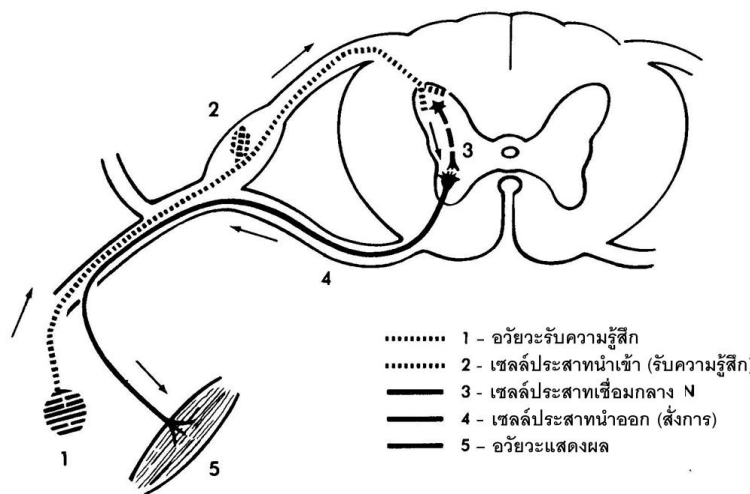
1. ตัวรับ (receptor) เป็นอวัยวะที่รับการกระตุ้น เช่นตัวรับในผิวหนังบริเวณนิ้วมือ ได้รับการกระตุ้นจากวัตถุที่มีความร้อน ซึ่งตัวรับนี้อาจอยู่ภายนอก หรือภายในร่างกายก็ได้

2. วิถีประสาทนำเข้า (afferent pathway) เป็นทางนำข้อมูล หรือคำสั่งจากตัวรับเข้าไปยังศูนย์กลางรีเฟล็กซ์ เช่นรีเฟล็กซ์ที่เกี่ยวกับการสัมผัสของร้อนบริเวณผิวหนังที่นิ้วมือ มีเส้นประสาทนำเข้าเป็นประสาทรับสัมผัสซึ่งเป็นแขนงของเส้นประสาทมีเดียน (median nerve)

3. ศูนย์กลางรีเฟล็กซ์ (reflex center) เป็นที่รวมข้อมูล หรือคำสั่งต่าง ๆ จากวิถีประสาทนำเข้า เพื่อส่งออกไปที่ศูนย์กลางรีเฟล็กซ์ ซึ่งอาจมีเซลล์ประสาทศูนย์กลาง (central neuron) ที่จะช่วยให้การทำงานละเอียดและกว้างขวางขึ้น

4. วิถีประสาทนำออก (efferent pathway) เป็นเส้นประสาทที่ทำหน้าที่นำข้อมูล หรือคำสั่งออกจากศูนย์กลางรีเฟล็กซ์ไปสู่อวัยวะแสดงผล เส้นประสาทนำออกของรีเฟล็กซ์ ได้แก่ เซลล์ประสาทสั่งการ (motor neuron) ซึ่งเป็นแขนงของเส้นประสาทหลายเส้นที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อของแขน

5. อวัยวะแสดงผล (effector organ) จากตัวอย่าง เมื่อผิวหนังที่นิ้วมือสัมผัสกับความร้อน อวัยวะแสดงผล ได้แก่ กล้ามเนื้อของมือ และแขนซึ่งจะทำกรการกระตุกมือกลับ



ภาพที่ 4.4 วงรีเฟล็กซ์อย่างง่ายซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์ประสาทรับความรู้สึก ศูนย์กลางรีเฟล็กซ์ และเซลล์ประสาทสั่งการ (ที่มา: ดัดแปลงจาก The Brookside Associates Medical Education Division, 2008)

## ชนิดของรีเฟล็กซ์

เราสามารถแบ่งรีเฟล็กซ์ออกได้เป็นชนิดต่าง ๆ หลายวิธี ดังนี้

### 1. การแบ่งรีเฟล็กซ์ตามระยะเวลาของการเกิด

1.1 รีเฟล็กซ์ที่มีมาแต่กำเนิด (inborn reflex) เช่นรีเฟล็กซ์ที่ดึงแขนหนีมาจากการที่นิ้วมือสัมผัสกับวัตถุที่ร้อน หรือรีเฟล็กซ์ที่ช่วยปรับความดันเลือดให้ปกติ การดูดนมอย่างต่อเนื่องของลูกอ่อน และการชักโยของแมงมุม ทั้งหมดนี้ทำงานได้ตั้งแต่เกิด ไม่ต้องฝึกหัด

1.2 รีเฟล็กซ์ที่เกิดจากการฝึก (acquired หรือ conditioned reflex) ตัวอย่างในเรื่องนี้ได้แก่ การเหยียบห้ามล้อเมื่อมีสิ่งกีดขวางอยู่ข้างหน้าสำหรับผู้ขับขี่รถเป็น และรีเฟล็กซ์อื่น ๆ ดังจะได้กล่าวต่อไป

### 2. การแบ่งรีเฟล็กซ์ตามจำนวนของเซลล์ประสาทในวงจร

2.1 รีเฟล็กซ์ที่มีจุดประสานประสาทจุดเดียว (monosynaptic reflex) รีเฟล็กซ์ชนิดนี้ประกอบด้วย เซลล์ประสาทเพียง 2 ตัวมาต่อกัน ได้แก่ รีเฟล็กซ์ที่ช่วยปรับการทรงตัวของร่างกายเมื่อกกล้ามเนื้อยืด (stretch reflex)

2.2 รีเฟล็กซ์ที่มีจุดประสานประสาท 2 จุด (disynaptic reflex) ได้แก่ รีเฟล็กซ์ที่เกิดจากเอ็นของกล้ามเนื้อยืด (golgi tendon reflex)

2.3 รีเฟล็กซ์ที่มีจุดประสานหลายจุด (polysynaptic reflex) ได้แก่ รีเฟล็กซ์ที่เกิดจากเอ็นของกล้ามเนื้อยืด-ยืด

### 3. การแบ่งรีเฟล็กซ์ตามชนิดของระบบประสาท

3.1 รีเฟล็กซ์กาย (somatic reflex) วงรีเฟล็กซ์ประกอบด้วย ระบบประสาทกาย เช่นรีเฟล็กซ์ดึงเท้าหนีออกมาจากสิ่งที่เป็นอันตราย

3.2 รีเฟล็กซ์อิสระ/อัติบาล/อโตโนมิก (autonomic reflex) วงรีเฟล็กซ์ใช้ระบบประสาทอิสระ โดยมากเกี่ยวข้องกับการทำงานภายในร่างกาย เช่นรีเฟล็กซ์ปรับความดันเลือดให้ปกติ

รีเฟล็กซ์ที่แบ่งตามชนิดของเส้นประสาทนี้ อาจแบ่งตามชนิดของระบบประสาทได้ คือ รีเฟล็กซ์ที่ใช้เส้นประสาทสมองเป็น รีเฟล็กซ์สมอง (cranial reflex) รีเฟล็กซ์ที่ใช้เส้นประสาทไขสันหลังเป็น รีเฟล็กซ์ไขสันหลัง (spinal reflex) เป็นต้น

### 4. การแบ่งรีเฟล็กซ์ตามตำแหน่งของตัวรับ การแบ่งแบบนี้นำไปใช้เป็นประโยชน์ในทางคลินิก ซึ่งแบ่งได้เป็น

4.1 รีเฟล็กซ์ตื้น (superficial reflex) คือ รีเฟล็กซ์ที่มีตัวรับอยู่ภายนอก เช่นผิวหนัง ตัวอย่างที่ดีของรีเฟล็กซ์ตื้น ได้แก่ รีเฟล็กซ์เมื่อเหยียบหนาม

4.2 รีเฟล็กซ์ลึก (deep reflex) รีเฟล็กซ์พวกนี้มีตัวรับความรู้สึกอยู่ลึกเข้าไปใต้ผิวหนัง เช่นรีเฟล็กซ์เมื่อกกล้ามเนื้อยืด จะมีตัวรับความรู้สึกอยู่ในกล้ามเนื้อ

4.3 รีเฟล็กซ์อวัยวะภายใน (visceral reflex) ตัวรับของรีเฟล็กซ์พวกนี้จะอยู่ในอวัยวะภายใน เช่นรีเฟล็กซ์ปรับความดันเลือด มีตัวรับอยู่ในผนังหลอดเลือดแดงคาโรติด

จะเห็นได้ว่า รีเฟล็กซ์ชนิดหนึ่งสามารถจัดอยู่ในพวกใดก็ได้ตามวิธีการแบ่ง รีเฟล็กซ์ในมนุษย์ส่วนใหญ่ต้องใช้เซลล์ประสาทหลายตัว จึงจัดอยู่ในพวกที่มีจุดประสานประสาทหลายจุด มีส่วนน้อยที่มี 1-2 จุด โดยรีเฟล็กซ์เหล่านี้มีมากมาย ต้องเกี่ยวข้องกับการทำงานในร่างกายทุกระบบ

### เวลารีเฟล็กซ์ (reflex time)

เป็นเวลาที่ใช้ในการเกิดรีเฟล็กซ์ ซึ่งกระแสประสาทใช้ไปในการเคลื่อนที่ตามเส้นใยประสาทรับความรู้สึก เซลล์ประสาทประสานงาน และควบคุมการเคลื่อนไหว ผ่านเซลล์ประสาทสั่งการ รวมทั้งเวลาอีกส่วนหนึ่งที่ใช้ไปในการส่งกระแสประสาทข้ามจุดประสานประสาทที่เรียกว่า การล่าช้าของการประสานประสาท (synaptic delay) ซึ่งกินเวลาประมาณ 0.5-1 มิลลิวินาทีต่อ 1 จุดประสานประสาท ดังนั้น ถ้ายังมีจุดประสานประสาทในวงรีเฟล็กซ์มาก จะยังมีเวลารีเฟล็กซ์ยาวขึ้น

### เวลาตอบโต้ (reaction time หรือ latency)

เวลาตอบโต้ คือ เวลาที่ใช้ในการตอบสนอง (อย่างตั้งใจ) เร็วที่สุดต่อสิ่งกระตุ้นที่กระทำต่ออวัยวะรับความรู้สึก เช่นตา หู จมูก และผิวหนังของร่างกาย ซึ่งมักกินเวลามากกว่าเวลารีเฟล็กซ์ เนื่องจากปฏิกิริยาตอบสนอง

บางส่วนต้องใช้เวลาในการเดินทางของกระแสประสาทเข้าสู่สมอง และจากสมองไปยังกล้ามเนื้อที่มีระยะไกลออกไป รวมทั้งยังต้องใช้เวลาในการส่งข้อมูลผ่านจุดประสานประสาท และการตัดสินใจมากกว่าส่วนของเวลาโต้ตอบของวงรีเฟล็กซ์สามารถวัดได้ โดยใช้ตัวจับเวลาโต้ตอบ (reaction timer) จับเวลาตั้งแต่ มีการกระตุ้นอวัยวะรับความรู้สึก จนถึงการตอบสนองที่อวัยวะสำแดงผลอย่างรวดเร็วที่สุดในวงจรประสาทที่มีอวัยวะรับความรู้สึกต่างกัน และอวัยวะตอบสนองที่ต่างกัน ซึ่งเป็นการวัดเวลาที่สัญญาณประสาทวิ่งไปในวงจรประสาทที่มีจุดเริ่มต้น เซลล์ประสาทเชื่อมโยง และจุดสิ้นสุดที่ต่างกัน ถ้ามีการเสียหายที่จุดใดในทางเดินประสาทที่กำลังถูกวัด จะทำให้ค่าเวลาตอบโต้ในวงจรมีค่ามากกว่าปกติ ทั้งนี้ นักกีฬาจะมีค่าเวลาตอบโต้ น้อยกว่ามนุษย์ปกติ เนื่องจากระบบประสาท และกล้ามเนื้อมีการปรับตัวจนมีความไวมากกว่ามนุษย์ธรรมดาจากการใช้งานของวงจรประสาทบ่อย

ช่วงเวลาที่ร่างกายเริ่มรับสัญญาณความรู้สึกจากสิ่งกระตุ้นจนร่างกายมีการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นนั้น ในสัตว์ เวลาของวงรีเฟล็กซ์ต่อสิ่งกระตุ้นที่สัตว์มองเห็นได้ มักอยู่ในช่วงเวลา ประมาณ 150 ถึง 300 มิลลิวินาที

### หน้าที่ของรีเฟล็กซ์

1. เป็นการตอบสนองของร่างกายขั้นต้น และขั้นกลางที่ถูกควบคุมโดยระบบประสาทนอกเหนือจากสมอง ช่วยแบ่งเบาภาระหน้าที่ของระบบประสาทซึ่งยุ่งยาก และซับซ้อนมาก โดยแยกการตอบสนองออกเป็น ส่วน ๆ อาจใช้วงจรง่าย ๆ จนถึงขั้นยุ่งยากมาก เช่น รีเฟล็กซ์ที่เกิดจากการฝึกร่างกายมีงานหลายอย่างที่ ต้องทำอยู่ตลอดเวลา การทำงานแบบรีเฟล็กซ์จึงช่วยรับภาระไปแต่ละอย่าง และรีเฟล็กซ์บางอย่างต้องเกิดอยู่ตลอดเวลา ไม่มีหยุด ถ้าต้องใช้ใช้การตัดสินใจจากสมองส่วนที่อยู่ใต้อำนาจใจจะทำได้ เพราะจะคิด หรือตัดสินใจได้เพียงเรื่องเดียวในขณะเดียว เช่นรีเฟล็กซ์ที่รักษาความดันเลือดให้ปกติอยู่เสมอ หรือรีเฟล็กซ์ที่ช่วยการทรงตัวของร่างกาย

2. ช่วยให้งานนั้น ๆ สำเร็จโดยเร็วทันเวลาที่ เช่นรีเฟล็กซ์เกี่ยวกับการเหยียบหนาม ถ้าตอบสนองช้าเพราะรอคำสั่งจากสมองก็อาจเกิดอันตรายมากขึ้นได้ หรือรีเฟล็กซ์ที่เกี่ยวกับการทรงตัวของกล้ามเนื้อที่ถูกยึด ถ้าเกิดเข้าไปอาจล้มไปเสียก่อน

### ทางเดินของประสาทสัมผัสที่ขึ้นไปถึงศูนย์ประสาทสัมผัสในสมองใหญ่

ไขสันหลังเป็นส่วนที่อยู่กึ่งกลางระหว่างสมอง กับเส้นใยประสาทนำเข้าและออกของระบบประสาทนอกส่วนกลาง ซึ่งทำให้เส้นประสาทไขสันหลังทำงาน 2 รูปแบบใหญ่ ๆ คือ

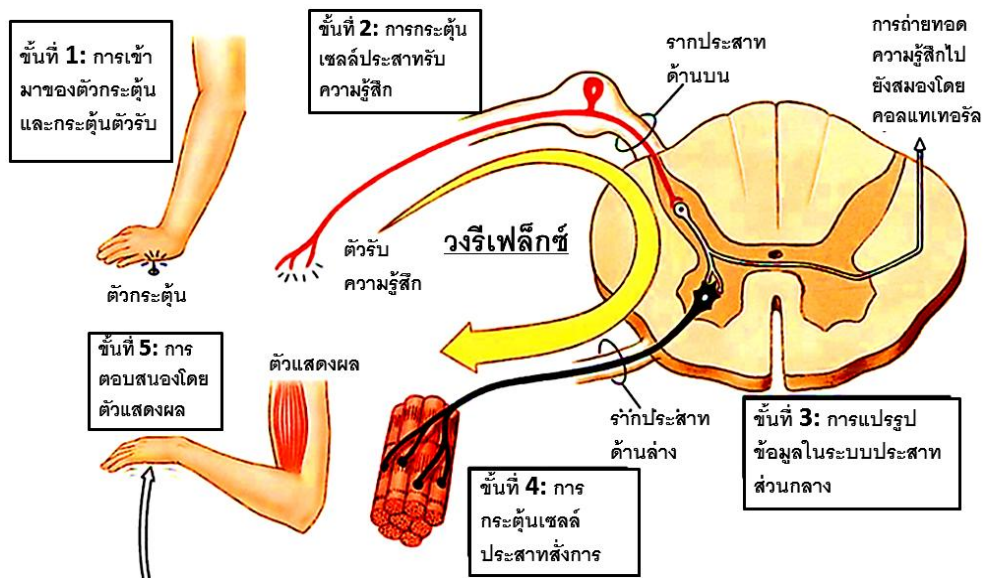
1. รับผิดชอบการเป็นตัวเชื่อมสัญญาณ และส่งข้อมูลข่าวสารระหว่างสมอง กับส่วนที่เหลือของร่างกาย
2. รับผิดชอบในการประมวลผลข้อมูลการตอบสนองของร่างกายต่อสิ่งกระตุ้นอย่างรวดเร็วผ่านปฏิกิริยา รีเฟล็กซ์โดยไม่ต้องส่งข้อมูลไปยังสมอง และไม่ต้องรอคำสั่งการจากสมอง รีเฟล็กซ์เหล่านี้ เรียกรวม ๆ ว่า รีเฟล็กซ์ไขสันหลัง (spinal reflex)

การตอบสนองของระบบประสาทในรูปแบบของการเคลื่อนไหวส่วนใหญ่จะมีจุดประสานประสาทอยู่ที่ส่วนของไขสันหลัง เช่นจังหวะการย่างก้าวพื้นฐาน (rudimentary walking pattern) ของไก่ สามารถเกิดได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มี การส่งสัญญาณนำความรู้สึกผ่านไปยังสมอง ส่วนในปลา ไขสันหลังทำหน้าที่ควบคุมการว่ายน้ำ และการทำงานของอวัยวะภายในให้เป็นปกติ แม้ว่าสมองจะมีหน้าที่ในการควบคุมพฤติกรรมที่เกิดจากการทำงานของไขสันหลังอีกต่อหนึ่ง แต่การเชื่อมต่อกันของวงจรประสาทที่ไขสันหลังบางรูปแบบ มีความซับซ้อนเพียงพอจะทำให้เกิดการตอบสนองในแง่ของพฤติกรรมที่ซับซ้อนโดยไม่ต้องพึ่งการควบคุมของสมอง

ดังที่กล่าวแล้วว่า รีเฟล็กซ์ เป็นการตอบสนองที่มีมาแต่กำเนิด สามารถเกิดขึ้นได้โดยไม่ต้องรอคำสั่งที่ต้องประมวลผลจากสมองชั้นสูง เช่นการที่สัตว์ต้องดิ้นขา หรือแขนออกจากวัตถุที่มีคม หรือรีเฟล็กซ์การเกา (scratch reflex) ที่พบในสุนัข

นักสรีรวิทยาบางคนเชื่อว่า รีเฟล็กซ์บางชนิดเกิดขึ้นมาภายหลัง เช่นทักษะการล่า หรือทักษะการบิน ซึ่งจัดว่าเป็นรีเฟล็กซ์แบบมีเงื่อนไข (conditioned reflexes) ซึ่งเกิดจากการเรียนรู้ และฝึกปฏิบัติร่วมจนกลายเป็นพฤติกรรมที่แสดงออกโดยอัตโนมัติ แต่ความเชื่อนี้ค่อนข้างจะทำให้เกิดการเข้าใจผิด เนื่องจากพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้มักมีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของสมองชั้นสูง ไม่ว่าจะ เป็นเปลือกสมองและสมองน้อย และอาจเกิดการไม่เลือกให้มีต่อไปในกระบวนการวิวัฒนาการของระบบประสาท ในบางกรณี เช่นรีเฟล็กซ์ที่เกิดจากการควบคุมของไขสันหลัง ก้านสมอง หรือต่อมใต้สมองส่วนล่างอย่างแท้จริง (true reflexes) อาจถูกพัฒนาผ่านการเพิ่มศักยภาพของการประสานประสาท (potentiated synapses) ทำให้ต่อมาถูกจัดว่าเป็นรีเฟล็กซ์ที่เกิดขึ้นมาภายหลังอย่างแท้จริง (true acquired reflexes)





ภาพที่ 4.5 วงรีเฟล็กซ์เพื่อหลีกเลี่ยงอันตราย (ที่มา: ดัดแปลงจาก tlohman2, 2015)



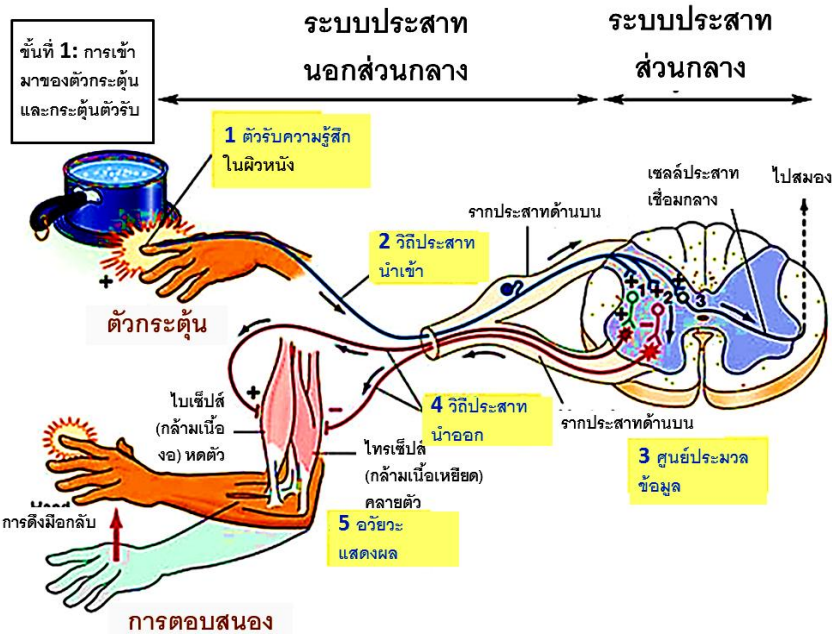
ภาพที่ 4.6 รีเฟล็กซ์การเกา (scratch reflex) เมื่อมีการเกาที่ท้องของสุนัข (ที่มา Howard, 2014)

จากที่กล่าวแล้วว่า วิธีประสาทที่ทำให้เกิดรีเฟล็กซ์ได้อย่างสมบูรณ์เกิดจากวงรีเฟล็กซ์ที่ไขสันหลัง และกำนสมองทำหน้าที่รับผิดชอบการแปลข้อมูล และประมวลผลรีเฟล็กซ์พื้นฐาน (basic reflexes) ที่การตอบสนองในรูปแบบของรีเฟล็กซ์สามารถพยากรณ์ได้เนื่องจาก วิธีประสาทระหว่างตัวรับ และตัวสั่งการมีความเหมือนกัน ซึ่งการตอบสนองนี้จะไม่เหมือนการตอบสนองที่มาจากควบคุมโดยสมองชั้นสูง เพราะการทำงานของสมองชั้นสูงจะมีการปรับปรุงกระบวนการตอบสนองเรียกว่า รีเฟล็กซ์ที่เกิดมาภายหลัง โดยภายในศูนย์ประมวลผลภายในสมองชั้นสูงจะทำการปรับข้อมูลจากตัวรับ และสัญญาณนำเข้าทั้งหมดที่เข้ามา แล้วเลือกรูปแบบการตอบสนองที่เหมาะสมที่สุด รีเฟล็กซ์ถอยส่วนของร่างกายหนีออกจากอันตราย (withdrawal reflex or flexor reflex)

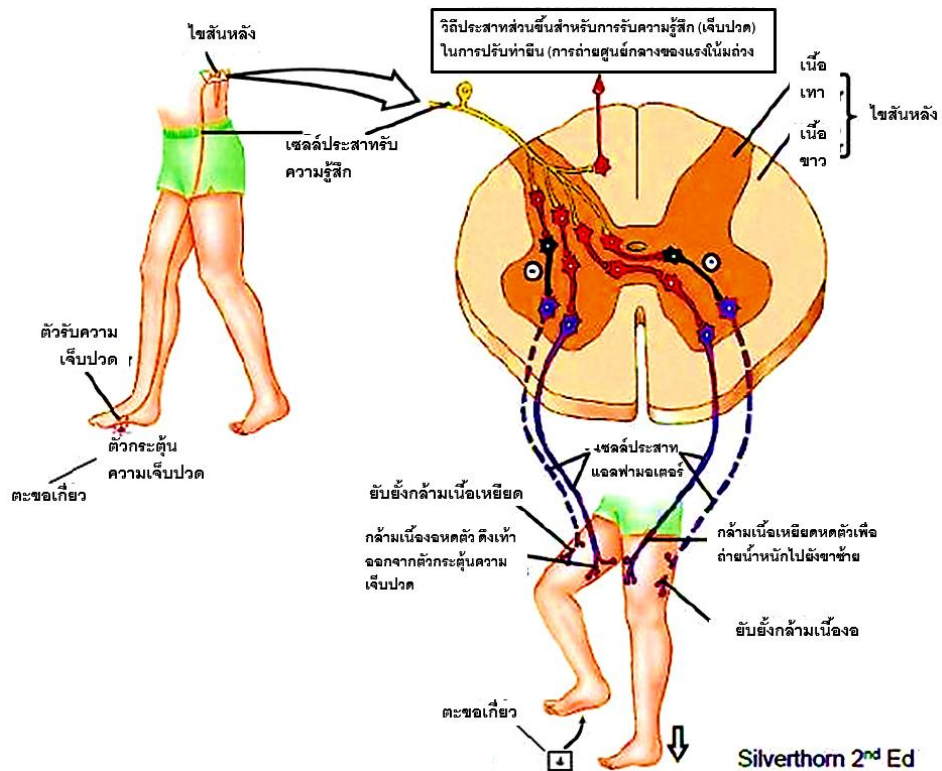
เมื่อสัตว์สัมผัสวัตถุที่มีความร้อน จะเริ่มมีการเกิดรีเฟล็กซ์ไขสันหลังเพื่อถอยส่วนของร่างกายหนีออกจากอันตราย (withdrawal spinal reflex) โดยการดึงมือ หรือขาให้ออกจากสิ่งที่ยร้อน (เพื่อลด หรือระงับความเจ็บปวดที่เกิดจากตัวกระตุ้นนั้น) เนื่องจากผิวหนังมีตัวรับความรู้สึกหลายชนิด ทั้งตัวรับความรู้สึกร้อนหนาว สัมผัสเบา-หนัก (แรงกด) และความเจ็บปวด แม้ว่าทุกข้อมูลของการรับความรู้สึกจะถูกส่งไปยังระบบประสาทส่วนกลางโดยผ่านศักย์เยื่อหุ้มเซลล์เหมือน ๆ กัน แต่ระบบประสาทส่วนกลางสามารถแยกความแตกต่างระหว่างตัวกระตุ้นที่ต่างกันนั้นได้ เนื่องจากการมีความจำเพาะของตัวรับความรู้สึก และการมีวิถีนำเข้าไปยังส่วนกลางที่เกิดจากตัวกระตุ้นที่จำเพาะ เมื่อตัวรับความรู้สึกได้รับการกระตุ้นจากตัวกระตุ้นอย่างเพียงพอ จนกระทั่งถึงระดับกั้น จะเกิดการส่งกระแสประสาทผ่านศักย์เยื่อหุ้มเซลล์ประสาทนำความรู้สึก ยิ่งตัวกระตุ้นมีความแรงเท่าใด ความถี่ของการเกิดศักย์เยื่อหุ้มเซลล์

จะเคลื่อนไปยังระบบประสาทส่วนกลางจะยิ่งสูงขึ้นเท่านั้น และเมื่อกระแสประสาทของเซลล์ประสาทนำความรู้สึกไปถึงไขสันหลัง จะเกิดการแยกสาขาเพื่อไปประสานประสาทกับเซลล์ประสาทเชื่อมกลางที่แตกต่างกันไป ดังต่อไปนี้

1. เมื่อเซลล์ประสาทนำความรู้สึกเข้าสู่กระตุ้น (excited afferent neuron) จะไปกระตุ้นเซลล์ประสาทเชื่อมกลางที่จะทำหน้าที่กระตุ้นเซลล์ประสาทสั่งการที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อเนื้องอ หรือเฟล็กซ์เซอร์ (flexor) ที่ขา ซึ่งทำหน้าที่หดข้อต่อที่หัวเข่า หรือศอก ผลของการหดตัวของกล้ามเนื้องอ ทำให้เกิดการดึงแขน หรือขากลับออกจากวัตถุที่มีความร้อนนั้น



ภาพที่ 4.7 รีเฟล็กซ์ถอยส่วนของร่างกายหนีออกจากอันตราย (ที่มา: ดัดแปลงจาก tlohman2, 2015)



ภาพที่ 4.8 รีเฟล็กซ์เฟล็กซ์เซอร์ และครอสเอ็กเท็นเซอร์ (ที่มา: ดัดแปลงจาก tlohman2, 2015)

2. เซลล์ประสาทรับรู้ความรู้สึกทำหน้าที่กระตุ้นเซลล์ประสาทเชื่อมกลางชนิดยับยั้ง (inhibitory interneurons) ที่จะส่งผลให้ยับยั้งการกระตุ้นเซลล์ประสาทสั่งการที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อไตรเซ็ปส์ (triceps) ไม่ให้เกิดการหดตัว ทั้งนี้ กล้ามเนื้อเหยียด หรือเอ็กเทนเซอร์ (extensor) มีหน้าที่ทำให้เกิดการเหยียดตัวของขา หรือแขน (ในที่นี้กล้ามเนื้อไตรเซ็ปส์มีผลต่อการเหยียดออกของหัวเข่า) ดังนั้น เมื่อมีการหดตัวของกล้ามเนื้อจะต้องเกิดการคลายตัวของกล้ามเนื้อเหยียด นั่นคือ การทำให้เกิดรีเฟล็กซ์ถอยส่วนของร่างกายหนีออกจากอันตราย ที่เกิดจากการทำงานที่เกิดตรงกันข้ามกันของกล้ามเนื้อ 2 กลุ่ม โดยมีการกระตุ้นการทำงานของเซลล์ประสาทเลี้ยงกล้ามเนื้อกลุ่มหนึ่ง และยับยั้งเซลล์ประสาทที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้ออีกกลุ่มหนึ่ง ซึ่งทำงานตรงกันข้ามกัน หรือกล้ามเนื้อต้านปฏิบัติการ (antagonistic muscle) ที่เรียกว่า การเลี้ยงของเส้นประสาทแบบพหุขง (reciprocal innervation)

3. เซลล์ประสาทนำความรู้สึกเข้าจะกระตุ้นเซลล์ประสาทเชื่อมกลางตัวอื่น ๆ ที่นำกระแสประสาทจากไขสันหลังไปจนถึงสมอง ผ่านทางวิถีประสาทส่วนขึ้น (ascending pathway) ซึ่งสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจะรับรู้ความเจ็บปวดได้นั้น จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อกระแสประสาทนำความรู้สึกได้เดินทางไปถึงส่วนของเปลือกสมองที่ตำแหน่งที่ถูกต้อง และมีตัวกระตุ้นที่เหมาะสมแล้วเท่านั้น เมื่อตัวกระตุ้นเดินทางไปยังส่วนสมองแล้ว ข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในรูปของความจำ และเกิดการตอบสนองในรูปแบบอื่น ๆ ซึ่งกิจกรรมที่เกิดจากการควบคุมของเปลือกสมองนี้จะเป็นการตอบสนองที่เหนือกว่า และปรับปรุงมาจากรีเฟล็กซ์พื้นฐาน

รีเฟล็กซ์ถอยส่วนของร่างกายหนีออกจากอันตราย ก็เหมือนกับรีเฟล็กซ์ไขสันหลังอื่น ๆ นั่นคือ สามารถปรับปรุงให้เกิดได้ขึ้นด้วยสมอง โดยกระแสประสาทจากสมองจะถูกส่งมาตามวิถีประสาทลงล่าง เข้าสู่เซลล์ประสาทสั่งการที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อส่วนที่ต้องการให้เกิดการแสดงผลแทน ที่ตัวรับที่นำความรู้สึกเข้า โดยทั่วไป คือการป้องกันไม่ให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ (biceps) เพื่อไม่ให้ได้รับความเจ็บปวด ตัวอย่างเช่นเมื่อลูกสัตว์ดูดนมแม่ ตัวรับความรู้สึกเจ็บปวดจะถูกกระตุ้น ทำให้เกิดรีเฟล็กซ์ถอยส่วนของร่างกายหนีออกจากอันตราย แต่เมื่อลูกสัตว์จำเป็นจะต้องถูกป้อนนม ดังนั้น ระบบไอพีเอสทีของแม่จะถูกส่งผ่านวิถีประสาทลงล่างไปยังเซลล์ประสาทสั่งการที่เลี้ยงกล้ามเนื้อส่วนขา ซึ่งกิจกรรมที่เกิดจากเซลล์ประสาทนำคำสั่งจากระบบประสาทส่วนกลางนี้จะขึ้นอยู่กับผลรวมของกระแสประสาทนำเข้าว่า มีความแรงมากน้อยเพียงไร เมื่อกล้ามเนื้อที่ถูกเลี้ยงโดยเซลล์ประสาทได้รับการกระตุ้นในรูปไอพีเอสทีจากสมอง (ภายใต้อำนาจใจ) มากกว่าไอพีเอสทีจากวิถีประสาทความเจ็บปวดขึ้นบน (รีเฟล็กซ์) ทำให้เซลล์ประสาทรับรู้ความรู้สึกยับยั้ง และถูกกระตุ้นไม่ถึงระดับกัน ทำให้กล้ามเนื้อไม่ถูกกระตุ้นให้หดตัว แม้สัตว์จึงยังคงยืนนิ่งได้ (maternal stationary) แสดงว่า รีเฟล็กซ์ถอยส่วนของร่างกายหนีออกจากอันตรายได้ถูกแทนที่อย่างสมบูรณ์



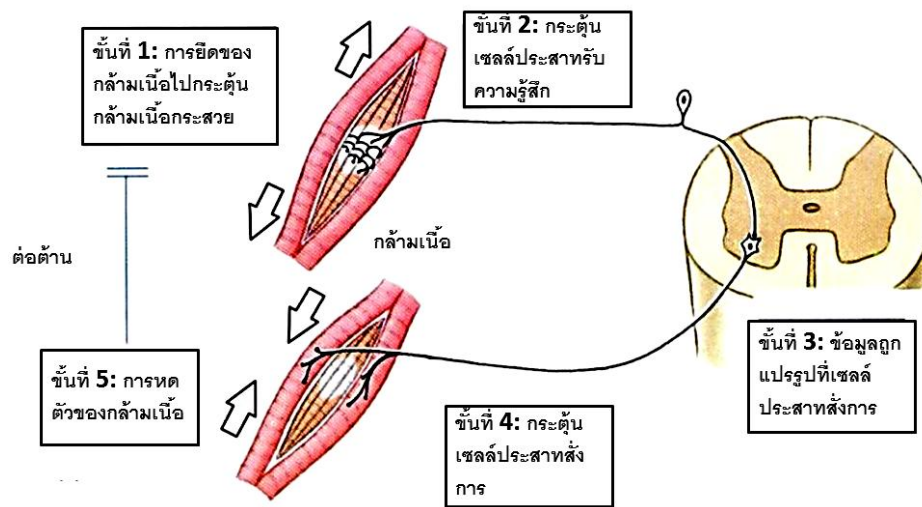
ภาพที่ 4.9 การยืนนิ่งของแม่เนื่องจากไม่มีรีเฟล็กซ์ถอยส่วนของร่างกายหนีออกจากอันตราย (ที่มา Blacktating, 2010)

### รีเฟล็กซ์ที่ช่วยปรับการทรงตัวของร่างกายเมื่อกกล้ามเนื้อถูกยืด (stretch reflex)

รีเฟล็กซ์ที่ช่วยปรับการทรงตัวของร่างกายเมื่อกกล้ามเนื้อถูกยืด จัดเป็นรีเฟล็กซ์เพียงชนิดเดียวที่มีความซับซ้อนน้อยกว่ารีเฟล็กซ์ถอยส่วนของร่างกายหนีออกจากอันตราย ซึ่งเซลล์ประสาทนำความรู้สึกเข้ามีจุดเริ่มต้นที่ตัวรับแรงยืดตัวของกล้ามเนื้อลาย มีจุดสิ้นสุดของเซลล์ประสาทสั่งการที่มีหน้าที่ควบคุมการหด และคลายตัวของกล้ามเนื้อ รีเฟล็กซ์นี้ เป็นรีเฟล็กซ์ที่มีจุดประสานประสาทเพียงจุดเดียว (monosynaptic reflex) ซึ่งมีชื่อเรียก



มาจากการที่ภายในวงจรรีเฟล็กซ์มีจุดประสานประสาทเพียงจุดเดียว คือ การประสานประสาทระหว่างเซลล์ประสาทนำความรู้สึกเข้า และเซลล์ประสาทสั่งการ ในขณะที่รีเฟล็กซ์อื่น รวมทั้งรีเฟล็กซ์ย่อยส่วนของร่างกายหนี้ออกจากอันตรายจะเป็นรีเฟล็กซ์ที่มีจุดประสานประสาทหลายจุด (**polysynaptic reflexes**) เนื่องจากมีเซลล์ประสาทเชื่อมกลางที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อในวงจรรีเฟล็กซ์หลายชั้น นั่นคือ จำนวนของจุดประสานประสาทมีจำนวนมาก



ภาพที่ 4.10 รีเฟล็กซ์ที่ช่วยปรับการทรงตัวของร่างกายเมื่อกกล้ามเนื้อถูกยึด (ที่มา: ดัดแปลงจาก tlohman2, 2015)

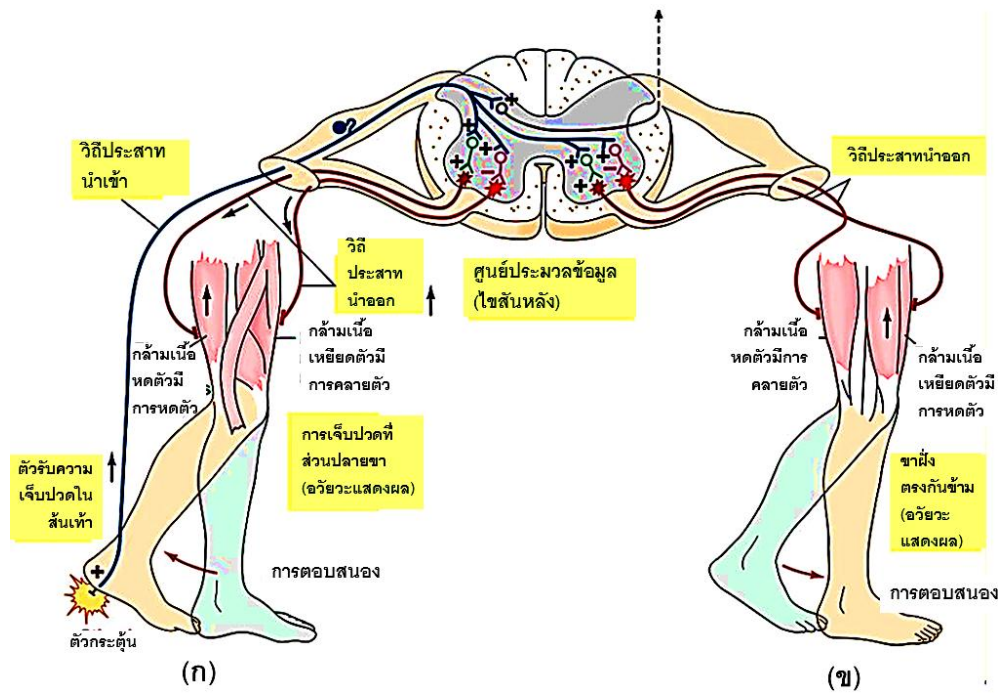
### รีเฟล็กซ์อื่น ๆ

การตอบสนองของรีเฟล็กซ์ไขสันหลังไม่จำเป็นจะต้องมีเพียงการตอบสนองของกล้ามเนื้อลาย (**motor responses**) บนข้างที่มีการกระตุ้นให้เกิดรีเฟล็กซ์เท่านั้น อย่างไรก็ตามของสัตว์ที่เดินเหยียบเศษหินที่แหลมคมนอกจากจะเกิดรีเฟล็กซ์ย่อยส่วนของร่างกายหนี้ออกจากอันตรายที่ขาข้างเดียวกับตัวกระตุ้น (ข้างที่เหยียบเศษหิน) แล้วยังมีผลต่อเซลล์ประสาทที่อยู่ตรงขาอีกข้างหนึ่ง ให้เกิดการเหยียดขา (**extension**) นั่นคือ วงรีเฟล็กซ์กระตุ้นให้เกิดการชักหรือหดขา (**withdrawal**) ที่ได้รับความเจ็บปวดจากตัวกระตุ้นความเจ็บปวด (**painful stimulus**) ในขณะที่ขาอีกข้างหนึ่งทำหน้าที่เตรียมตัวสำหรับการรับน้ำหนักที่เกินกว่าปกติ เนื่องจากสัตว์ไม่สามารถรักษาสมดุลการทรงกายได้

การโค้งงอของขาข้างที่ได้รับการบาดเจ็บเกิดจากการทำงานของวงจรรีเฟล็กซ์ที่เกิดจากตัวกระตุ้น ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวของหัวเข่า และยับยั้งกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ยืด (**extend**) หัวเข่า และในเวลาเดียวกัน หัวเข่าอีกข้างที่ไม่ได้รับการบาดเจ็บจะทำงานอย่างสมบูรณ์ด้วยการกระตุ้นวิถีประสาทไขสันหลังฝั่งที่ตรงกันข้ามกับส่วนที่ถูกกระตุ้นด้วยรีเฟล็กซ์ เกิดการกระตุ้นให้ขาเกิดการเหยียดตั้ง ยับยั้งการหดตัวเรียกว่า รีเฟล็กซ์ครอสเอ็กเทนเซอร์ (**crossed extensor reflex**) ที่ทำให้ขาข้างที่ยังปกติสามารถรับน้ำหนักร่างกายได้ ในขณะที่ขาข้างที่ได้รับบาดเจ็บ และเกิดรีเฟล็กซ์ย่อยส่วนของร่างกายหนี้ออกจากอันตรายยังมีภารกิจของหัวเข่าอยู่

นอกเหนือจากรีเฟล็กซ์ที่เกี่ยวข้องกับการปกป้องอันตรายให้กับร่างกาย เช่นรีเฟล็กซ์ย่อยส่วนของร่างกายหนี้ออกจากอันตราย และรีเฟล็กซ์ที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัวในทิศทางตรงกันข้ามอย่างรีเฟล็กซ์ครอสเอ็กเทนเซอร์แล้วรีเฟล็กซ์ไขสันหลังยังทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการขับสิ่งที่อยู่ภายในช่องเชิงกรานออกสู่ภายนอกร่างกาย เช่นการขับปัสสาวะ (**urination**) การขับอุจจาระ (**defecation**) และการหลั่งน้ำอสุจิ (**semen expulsion**)

จุดสุดท้ายที่ต้องพิจารณา คือ รีเฟล็กซ์ไม่ได้ขึ้นกับเซลล์ประสาทเท่านั้น แต่ยังสามารถเกิดจากอิทธิพลของฮอโมน และต่อมพาราไครน์ (**paracrine**) ได้เช่นเดียวกัน ดังจะได้อธิบายในขั้นต่อไป



ภาพที่ 4.11 รีเฟล็กซ์ครอสเอ็กเทนเซอร์ (ที่มา: ดัดแปลงจาก tlozman2, 2015)

### รีเฟล็กซ์ต่อเนื่อง (chain of reflex)

รีเฟล็กซ์ต่อเนื่องเดิมเรียกว่า สัญชาตญาณ (instinct) เป็นพฤติกรรมที่มีมาแต่กำเนิด มีการกำหนดเป้าหมายไว้แน่ชัดภายในตัวสัตว์ เป็นพฤติกรรมที่ประกอบด้วย พฤติกรรมรีเฟล็กซ์ย่อย ๆ หลายพฤติกรรม และพฤติกรรมหนึ่งจะไปกระตุ้นพฤติกรรมอื่น ๆ ได้ด้วย จึงเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า ปฏิกริยารีเฟล็กซ์ซับซ้อน (complex reflex action) ปฏิกริยาแบบนี้จะไม่แสดงออกในลักษณะการกระตุก การหด หรือการอเพราะกระแสประสาทรับความรู้สึกจะถูกส่งไปยังระบบประสาทส่วนกลางซึ่งทำหน้าที่เป็นศูนย์รวบรวมข้อมูล แล้วจึงสั่งการไปยังอวัยวะตอบสนองอย่างค่อยเป็นค่อยไปอย่างอัตโนมัติ และมีแบบแผนแน่นอนในสัตว์แต่ละชนิด เช่นการดูดนมของลูกอ่อนจะถูกกระตุ้นด้วยความหิว เมื่อปากได้สัมผัสกับหัวนมจะเกิดการดูดนม ซึ่งจะกระตุ้นให้กล้ามเนื้อที่ดูด และเป็นปฏิกริยารีเฟล็กซ์เมื่อยังไม่อิ่มก็จะมีผลให้เกิดการดูดนมอีก และดูดติดต่อกันไปจนกว่าจะอิ่ม จะเห็นได้ว่า การดูดนมนี้ ประกอบด้วยปฏิกริยารีเฟล็กซ์ย่อย ๆ หลายปฏิกริยา ตัวอย่างอื่นที่พบในสัตว์หลายชนิด คือ การชักโยของแมงมุม การแหะมะพร้าวของกระรอก การฟักไข่ การเลียลูกอ่อนของไก่ และการสร้างรังของนกเป็นต้น

การชักโยของแมงมุมก็เป็นพฤติกรรมที่มีมาแต่กำเนิด พบว่า แมงมุมเมื่อชักโยจะชักโยซึ่งเป็นแบบเฉพาะของสปีชีส์ โดยไม่ต้องเห็นวิธีการชักโย คือ เมื่อนำแมงมุมชนิดนี้ใส่ไว้ในหลอดแก้วแคบ ๆ ตั้งแต่เกิด เมื่ออายุเหมาะสม แล้วนำออกจากหลอดแก้วก็สามารถชักโยได้ และรูปแบบของโยก็เหมือนกับสมาชิกตัวอื่น ๆ ของสปีชีส์เพียงแต่ครั้งแรก ๆ สร้างโยได้ขนาดเล็ก เพราะต่อมสร้างโยยังไม่ได้ทำงาน แต่เมื่อต่อมสร้างโยมีประสิทธิภาพสูงขึ้นก็สร้างได้เป็นปกติ จึงเป็นพฤติกรรมชนิดกำหนดรูปแบบการแสดงออกที่ตายตัว (fixed action pattern: FAP) ซึ่งเกิดมาจากพันธุกรรม ได้มีการทดลองต่อ โดยให้สารที่มีผลต่อการทำงานของสมองจะทำให้แมงมุมชักโยแต่ไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้ยังมีการฉายรังสีเพื่อทำลายต่อมชักโยของแมงมุม แมงมุมก็ยังคงแสดงพฤติกรรมชักโยอยู่เพียงแต่ไม่สามารถผลิตโยได้เท่านั้น จะเห็นได้ว่า การเกิดพฤติกรรมที่มีมาแต่กำเนิดจะต้องมีตัวกระตุ้นที่เหมาะสม โดยตัวกระตุ้นที่เหมาะสมนี้จะแตกต่างกันไปในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด การทำงานของตัวกระตุ้น มีความสำคัญต่อการแสดงพฤติกรรมมาก เชื่อว่า มีการประสานการทำงานร่วมกันระหว่างตัวกระตุ้นกับระบบประสาท ภายในสมองมีจุดพิเศษ หรือตำแหน่งพิเศษ ทำหน้าที่ที่กลั่นกรอง และเลือกสารตัวกระตุ้นที่เหมาะสม เกิดพฤติกรรมตอบสนองออกมา จุดพิเศษ หรือตำแหน่งพิเศษในสมองเรียกว่า กลไกการปลดปล่อยพฤติกรรมแต่กำเนิด หรือไอเอ็มอาร์ (innate releasing mechanism, IRM) โดยเมื่อไออาร์เอ็มถูกกระตุ้นด้วยตัวกระตุ้นที่เหมาะสม ตัวปลดปล่อย (releaser) ก็

จะส่งงานไปยังหน่วยปฏิบัติงานตอบสนอง โดยแสดงออกในรูปของพฤติกรรมชนิดกำหนดรูปแบบการแสดงออกที่ตายตัวทางพันธุกรรม และการเกิดพฤติกรรม

### รีเฟล็กซ์กับการทำงานของสมองชั้นสูง

รีเฟล็กซ์ที่เกิดจากการควบคุมของไขสันหลังอาจถูกควบคุมด้วยสมองได้ชั่วคราว เช่นกระตุ้นให้เกิดรีเฟล็กซ์ก่อนที่ตัวรับรู้ (sensor) จะรับรู้ถึงการกระตุ้น หรือมีการครีเฟล็กซ์เมื่อมีการเรียนรู้ร่วมด้วย เช่นกรีเฟล็กซ์การขับปัสสาวะเมื่อไม่สามารถปัสสาวะในขณะนั้นได้ หรือในมนุษย์ ทำให้เกิดการกลั่นหายใจในขณะที่ว่ายน้ำ

### การตรวจสอบความผิดปกติของรีเฟล็กซ์ในสัตว์

#### หลักการ

ประสาทส่วนกลาง (สมอง และไขสันหลัง) ในมนุษย์ประกอบด้วยเส้นประสาททั้งหมด 43 คู่ โดยเป็นเส้นประสาทสมอง 12 คู่ และเป็นเส้นประสาทไขสันหลัง 31 คู่ เส้นประสาทสมองเป็นเส้นประสาทที่ออกมาจากสมองโดยตรง ทั้งจากส่วนฐานและก้านสมอง ซึ่งต่างจากเส้นประสาทไขสันหลังที่ออกมาจากแต่ละส่วนของไขสันหลัง เส้นประสาทสมองส่วนใหญ่จะเลี้ยงอวัยวะที่อยู่บริเวณศีรษะและลำคอ ยกเว้นประสาทเวกัส (vagus nerve) ที่เลี้ยงอวัยวะในช่องอกและช่องท้อง เส้นประสาทสมองส่วนใหญ่เป็นเส้นประสาทผสม (mixed nerve) นั่นคือประกอบด้วยเส้นใยประสาทรับความรู้สึก และเส้นใยประสาทสั่งการ ส่วนระบบประสาทนอกส่วนกลาง คือ ส่วนของระบบประสาทที่นอกเหนือจากระบบประสาทส่วนกลาง

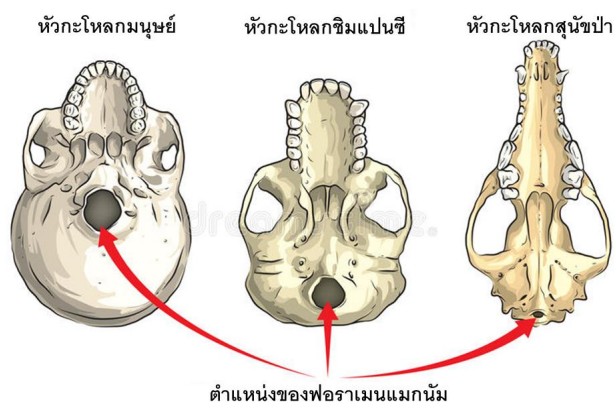
การเจ็บป่วยในระบบอื่น ๆ ของร่างกายซึ่งมีสาเหตุจากการอักเสบ การสร้าง และใช้สารเคมีต่าง ๆ การได้รับสารพิษ หรือการกระจายตัวของมะเร็ง สามารถส่งผลกระทบต่อระบบประสาทได้ การติดเชื้อที่ระบบประสาทส่วนกลางอาจไม่มีอาการแสดงให้เห็นนัก ที่พบได้บ่อย คือ ความเจ็บปวด และการได้รับสารพิษที่มีผลต่อระบบประสาท

การตรวจสอบระบบประสาทเป็นการประเมินสัตว์ตั้งแต่ 1) ช่วงศีรษะ 2) การทรงตัว 3) คอ และขาหน้า และ 4) ลำตัว ขาหลัง ก้น และหาง ซึ่งจะทำให้เราทราบความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับวิธีการของระบบร่างกาย เมื่อพบความผิดปกติที่ศีรษะ แล้วให้เชื่อมโยงความผิดปกติที่ส่งผลกระทบต่อส่วนอื่นของร่างกาย เช่น

- การพบความผิดปกติของส่วนขา อันเนื่องมาจากวิธีการของสมองที่อยู่เหนือฟอราเมนแมกนัม (foramen magnum)

- การประเมินพบความผิดปกติที่ศีรษะที่ส่งผลกระทบต่อความผิดปกติที่ส่วนของขาหน้า นั้นหมายถึง การมีวิธีการที่เส้นประสาทส่วนคอ (C1 - T2)

- การเป็นอัมพาต (paralysis) หรืออัมพฤกษ์ (paresis) ที่ขาทั้งสี่ มีผลให้เสียรีเฟล็กซ์ไขสันหลังทั้งหมด (ไม่ว่าจะมีความผิดปกติของเส้นประสาทสมองหรือไม่ก็ตาม) มักพบว่า เกิดจากโรคทางด้านเส้นประสาทส่วนปลาย (diffuse peripheral nerve) หรือโรคที่แผ่นเชื่อมประสาทสั่งการ และกล้ามเนื้อ (neuromuscular junction disease) เป็นต้น



ภาพที่ 4.12 ขนาดและตำแหน่งของฟอราเมนแมกนัมในสุนัขป่า ชิมแปนซี และมนุษย์ (ที่มา: ดัดแปลงจาก Peron, 2016)

ตารางที่ 4.2 การทำงานของเส้นประสาทสมอง 12 คู่ในมนุษย์

เส้นประสาทสมอง :	ส่วนประกอบ	หน้าที่หลัก
I ประสาทรับกลิ่น (Olfactory)	รับความรู้สึก	รับกลิ่น
II ประสาทตา (Optic)	รับความรู้สึก	มองเห็น
III ประสาทกล้ามเนื้อตา (Oculomotor)	สั่งการ	การเคลื่อนไหวเปลือกตา และลูกตา
IV ประสาททรอคเคลียร์ (Trochlear)	สั่งการ	กล้ามเนื้ออ็อกุพีเรียรี ออบลิค (superior oblique)
V ประสาทไตรเจมินัล (Trigeminal)	สั่งการ รับความรู้สึก	เคี้ยวอาหาร สัมผัส และความเจ็บปวดของใบหน้า และปาก
VI ประสาทแอบดูเซนส์ (Abducens)	สั่งการ	การหมุนตาไปทางด้านข้าง
VII ประสาทเฟเชียล (Facial)	สั่งการ	การแสดงสีหน้าส่วนใหญ่ การหลั่งน้ำตาและน้ำลาย
VIII ประสาทการได้ยิน (Vestibulocochlear)	รับความรู้สึก	รับเสียง และการทรงตัว
IX ประสาทลิ้นคอหอย (Glossopharyngeal)	รับความรู้สึก	รับรส รับรู้ความดันเลือดแคโรติด (carotid blood pressure)
X ประสาทเวกัส (Vagus)	สั่งการ รับความรู้สึก	รับรู้ความดันจากท่อเลือดแดง (aortic blood pressure) ลดอัตราหัวใจเต้น กระตุ้นระบบทางเดินอาหาร
XI ประสาทสไปนัล แอกเซสซอรี (Spinal accessory)	สั่งการ	ควบคุม กล้ามเนื้อทราปีเซียส และสเตอโนมาสตอยด์ ควบคุมการกลืน
XII ประสาทกล้ามเนื้อลิ้น (Hypoglossal)	สั่งการ	ควบคุมการเคลื่อนไหวของลิ้น

ความรู้เกี่ยวกับโรคเฉพาะสปีชีส์ อายุ พันธุ์ และเพศของสัตว์จะช่วยกำหนดขอบเขต หรือวางแผนในการวินิจฉัยโรคหรือความผิดปกตินั้นหลังจากได้รับประวัติ และการตรวจร่างกาย และประเมินผลทางระบบประสาทเสร็จสิ้นแล้ว พี่จะระลึกไว้ว่า ความผิดปกติที่เกิดจากสารพิษ ระบบเมแทบอลิซึม และทูปโภชนาการทำให้เกิดความผิดปกติของระบบประสาทแบบไม่สมมาตร (asymmetric neurologic deficits) ได้น้อย ส่วนสาเหตุอื่นก่อให้เกิดความผิดปกติได้ทั้งแบบสมมาตร และไม่สมมาตร

เส้นประสาทสมอง (cranial nerves) ประกอบด้วยเส้นประสาท 12 คู่ ตั้งอยู่ที่ส่วนของก้านสมอง สามารถตรวจตำแหน่งที่พบความผิดปกติได้ง่าย สามารถระบุตำแหน่งความผิดปกติได้อย่างจำเพาะ ความผิดปกติเกิดจากวิการที่ส่วนนอกของเส้นประสาทสมอง (peripheral cranial nerve) หรือส่วนนิวเคลียสของเส้นประสาทสมอง (cranial nerve nuclei) หรือหากมีความผิดปกติของก้านสมองจะเกิดผลต่อการเดิน (gait) ช่องอก และขาคู่หน้า ร่วมกับภาวะทางอารมณ์

วิการที่เส้นประสาทสมองทำให้เกิดความผิดปกติของอวัยวะด้านเดียวกับวิการ (ipsilateral deficits) ยกเว้น วิการที่ประสาททรอคเคลียร์ (trochlear nerve, CN IV) ซึ่งเป็นส่วนที่เกิดการไขว้กันของสมองส่วนกลาง (midbrain)

การทดสอบ

1. การตรวจประเมินส่วนศีรษะ (evaluation of the head)

การตรวจเชาวน์หรือจิต (mentation) ไม่ว่าจะเป็นการตั้งของศีรษะ การทรงตัว และการทำงานของเส้นประสาทสมองความผิดปกติในสมองส่วนกลางที่อยู่เหนือระดับของพอรามาเนกนัม ได้แก่ สมองใหญ่ (cerebrum) ก้านสมอง (brainstem) หรือสมองน้อย (cerebellum)

ทั้งนี้ ก้านสมองเองยังประกอบด้วย ไดเอนเซฟาโลน (diencephalon) สมองส่วนกลาง (midbrain) พอนส์ (pons) หรือก้านสมองส่วนท้าย (medulla oblongata)

- เมื่อสัตว์มีการที่สมองใหญ่ และไดเอนเซฟาโลน จะพบภาวะหลงลืม (dementia) การเดินย่ำไปมา ซ้ำ ๆ (compulsive pacing) หรืออาการทางประสาทอื่น ๆ ตลอดจนการชัก (seizures) ได้บ่อย

- ถ้าสัตว์มีการที่สมองใหญ่ ไดเอนเซฟาโลน หรือสมองส่วนกลางจะเกิดภาวะมึนงง เงิบ ไม่รู้สึกรู้ตัว (stupor) การเข้าสู่ภาวะตื้อ (obtundation) ภาวะกึ่งโคม่า (semicoma) หรือโคม่า (coma)

- วิจารณ์ที่สมองใหญ่ หรือไดเอนเซฟาโลน (cerebral หรือ diencephalic lesion) ทำให้สัตว์เอี้ยว ศีรษะ หรือเอี้ยวคอ (head turn) เดินหมุนเป็นวงกลม (compulsive circling) โดยไม่มีการผกศีรษะ (head tilt) ความผิดปกติจะแสดงออกจะตรงกับสมองข้างที่มีวิจารณ์

- หากสัตว์มีการเอียงของศีรษะ (head tilt) จะมีความผิดปกติเกี่ยวกับการกำหนดรู้การทรงตัว (vestibular system (CN VIII) ด้านหน้าก้านสมองส่วนท้าย (rostral medulla oblongata) หรือสมองน้อย)

- การควบคุมส่วนของศีรษะไม่ได้ (abnormal head coordination) การผกศีรษะ (bobbing) และการสั่นศีรษะ มีผลมาจากความผิดปกติที่สมองน้อย

I. **ประสาทรับกลิ่น (olfactory nerve)** เป็นเส้นประสาทที่เกี่ยวข้องกับการรับกลิ่น

**วิธีการทดสอบ** สังเกตสัตว์ว่า สามารถดมกลิ่นเพื่อหาอาหาร หรือมีปฏิกิริยาต่อกลิ่นต่าง ๆ เช่นกลิ่นของเบนซิน กานพลู หรือไซลีนหรือไม่ โดยสารเคมีที่ระคายเคืองต่อเยื่อบุทางเดินหายใจ และปลายประสาทประสาทโทรเจมินัล (trigeminal nerve) เช่นแอลกอฮอล์ หรือฟีนอลจะไม่ใช้ในการทดสอบ

**การสังเกตความผิดปกติ** สัตว์ไม่สามารถหาอาหาร หรือตอบสนองต่อสารเคมีที่ไม่ระคายเคืองต่อทางเดินหายใจที่นำมาใช้ทดสอบ พบในโรคเกี่ยวกับผิวกระดูกเข้าฟัน (cribriform plate) ศูนย์รับรู้ความรู้สึกเกี่ยวกับกลิ่น (olfactory bulbs) และส่วนรับกลิ่น (olfactory region)

II. **ประสาทการเห็น (optic nerve)**

ประสาทการเห็นมีความสำคัญในแง่การมองเห็น รวมถึงนำเส้นใยประสาทนำความรู้สึกที่ก่อให้เกิดการตอบสนองต่อแสง (pupillary light reflex) ไปยังส่วนของสมองส่วนกลาง

**การทดสอบการมองเห็น (visual tests)**

- ปล่อก่อนสำลีสให้สุนัขมองตามก้อนสำลิตกถึงพื้น

- การตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เป็นวัตถุ (menace response) เมื่อมีวัตถุใด ๆ เคลื่อนที่เข้าหาลูกสุนัขตา สัตว์อย่างรวดเร็ว จะส่งผลให้สัตว์กระพริบตา (blink) หากมีการมองเห็นเป็นปกติ เส้นประสาทที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุเข้าหาลูกตา (menacing motion) คือ เส้นประสาทสมองเส้นที่ 2 (CN II) ส่วนที่มีผลต่อการกระพริบตา คือ เส้นประสาทสมองเส้นที่ 7 (CN VII) ในลูกม้า และลูกโค รีเฟล็กซ์นี้จะเริ่มเมื่ออายุได้ 7-10 วัน ส่วนลูกสุนัขจะไม่พบจนกว่าจะอายุได้ 10-12 สัปดาห์แล้ว การทดสอบนี้จะต้องไม่รุนแรงจนเกิดลมไปเป่าใกล้ตา หรือขนตาของสัตว์ เนื่องจากจะมีการตอบสนองของการสัมผัสแล้วกระพริบตาจากเส้นประสาทสมองเส้นที่ 5 (CN V) มากกว่าการมองเห็นวัตถุ

- การทดสอบสิ่งกีดขวาง (obstacle testing) ใช้เพื่อตรวจสอบในกรณีที่สงสัยว่าสัตว์ตาบอด โดยทำการปิดตาข้างหนึ่งไว้ เพื่อทดสอบว่าตาข้างไหนที่บอด

**การทดสอบการตอบสนองต่อแสงของรูม่านตา (pupillary light reflex)**

เมื่อใช้ไฟฉายส่องตรงไปที่ลูกตาสัตว์ข้างหนึ่ง แสงจะไปกระทบที่กระจกตา ทำให้เกิดการหดตัวของรูม่านตาอย่างรวดเร็ว รูม่านตาอีกข้างที่ไม่ถูกแสงส่องก็จะเกิดการหดตัวพร้อมกัน (consensual หรือ indirect response) เนื่องจากผลของใยประสาทนำเข้าของเส้นประสาทสมองเส้นที่ 2 (CN II afferent) และใยประสาทนำคำสั่งของเส้นประสาทสมองเส้นที่ 3 (CN III efferent)

**การตรวจโดยใช้เครื่องตรวจลูกตา (ophthalmoscopic examination)**

ใช้ตรวจโรคของลูกตา เช่นการอักเสบของคอโรยด์และจอตา (chorioretinitis) หรือจ่านประสาทตาบวม (papilledema) ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับความผิดปกติของระบบประสาทส่วนกลาง หรือระบบประสาทนอกส่วนกลาง ส่วนใหญ่เมื่อเกิดความดันในกะโหลกศีรษะสูง (increased intracranial pressure) จะเกิดจ่านประสาทตาบวม



### การสังเกตความผิดปกติ

ความผิดปกติของเส้นประสาทตาทำให้ตาข้างนั้นมีการความสามารถในการมองเห็นที่ลดลง หรือมองไม่เห็น และพบการตอบสนองของรูม่านตาเมื่อถูกส่องไฟลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับข้างที่ปกติในการทดสอบการตอบสนองต่อแสงของรูม่านตา ส่วนรีเฟล็กซ์การหดตัวของรูม่านตาอีกข้างที่ไม่ถูกไฟส่องมีผลต่อการหดตัวของตาข้างที่ไม่ได้ถูกทดสอบด้วย ความผิดปกติของการตอบสนองต่อแสงของรูม่านตา แลทเทอร์อัลเจนิคูลูเลทนิวเคลียส (lateral geniculate nucleus) ส่วนแผ่ประสาทตา (optic radiation) ต่อมใต้สมอง (thalamus) หรือเปลือกสมองท้ายทอย (occipital cortex) ทำให้เกิดการมองเห็นด้านตรงข้ามผิดปกติ (contralateral visual deficit) แต่การตอบสนองต่อแสงของรูม่านตาปกติ



ภาพที่ 4.13 คอรอยด์และจอตาอักเสบที่เกิดจากการติดเชื้อ Toxoplasma spp. (ซ้าย) และจางานประสาทตาบวม (กลาง) โดยใช้กล้องส่องตรวจในตา (Ophthalmoscope) (ที่มา Roque, 2016)

### III. ประสาทกล้ามเนื้อตา (oculomotor nerve)

เส้นประสาทนี้ประกอบด้วย เส้นใยประสาทนำคำสั่งพาราซิมพาเทติก (efferent parasympathetic fibers) ที่มาจากศูนย์การตอบสนองต่อแสงของรูม่านตาของสมองส่วนกลางไปที่เส้นใยของปมประสาทซิลิแอรี (ciliary ganglion) ซึ่งเลี้ยงกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการหดตัวของรูม่านตา (constrictor muscle) นอกจากนี้ ยังส่งเส้นใยแสดงผลไปยังกล้ามเนื้อตา (levator palpebrae muscles) กล้ามเนื้อเร็กตัสด้านบน กลาง และล่าง (dorsal, medial and ventral rectus muscles) และกล้ามเนื้อออบลิคด้านล่าง (ventral oblique muscles) ของลูกตา

#### การทดสอบ

ทำการทดสอบการตอบสนองต่อแสงของรูม่านตาเช่นเดียวกับที่ทดสอบกับการทดสอบประสาทการเห็น โดยทดสอบการตอบสนองต่อแสงของรูม่านตา ซึ่งอาจจะพบความผิดปกติ เช่นเปลือกตาด้านบนตก (ptosis) หรือภาวะตาเหล่ลงล่างด้านข้าง (ventrolateral strabismus) ร่วมด้วยหรือไม่ก็ได้



ภาพที่ 4.14 ภาวะตาเหล่ชนิดเบนออกคนละทาง (divergent strabismus) เนื่องจากสุนัขมีภาวะภาวะหัวบาตรแต่กำเนิด (congenital hydrocephalus) (ซ้าย) ภาวะตาเหล่เข้าสู่หัวตาตั้งแต่กำเนิด (congenital bilateral medial strabismus) (กลาง) และภาวะตาเหล่ลงล่างข้างขวา (right ventrolateral strabismus) (ขวา) เนื่องจากความผิดปกติของเส้นประสาทกล้ามเนื้อตาผิดปกติ (oculomotor nerve dysfunction) (ที่มา Biel และคณะ, 2013)



ภาพที่ 4.15 ตาเหล่ (strabismus) แบบต่าง ๆ (ที่มา: ดัดแปลงจาก Fort Worth Eye Associates, 2015)

#### IV. ประสาททรอเคลียร์ (trochlear nerve)

เส้นประสาทสั่งการที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อออบลิคูด้านบน (dorsal oblique muscles) ของลูกตา

##### การทดสอบ

ลูกนัยน์ตาจะถูกตรวจสอบว่า เกิดการวางตัวในแนวตั้งผิดปกติ (vertical misalignment) หรือไม่ โดยสามารถตรวจสอบได้อย่างง่าย ๆ โดยการดูรูปร่างของรูม่านตาทั้งในแนวนอน และแนวตั้ง (horizontal- or vertical-shaped pupil)

##### การสังเกตความผิดปกติ

วิการของประสาททรอเคลียร์ หรือสมองส่วนกลางทำให้เกิดตาเขเข้าใน คือ ภาวะที่แนวของลูกตาไม่ตรงตามลักษณะของลูกตาที่เคลื่อนไหวในแนวราบ และแนวตั้งไม่สัมพันธ์กัน

#### V. ประสาทไตรเจมินัล (trigeminal nerve)

เส้นประสาทนี้มี 3 สาขา ได้แก่

1) สาขาเลี้ยงขากรรไกรล่าง (mandibular branch) เป็นเส้นประสาทสั่งการที่วิ่งไปเลี้ยงกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคี้ยวอาหาร และเส้นประสาทรับความรู้สึกที่วิ่งไปส่วนฐานของช่องปาก เวนทรอล เค้นท์อัลอาร์เขต (ventral dental arcade) และผิวหนังส่วนด้านท้องร่วมด้านข้างของศีรษะ

2) สาขาเลี้ยงลูกตา (ophthalmic branch) และ

3) สาขาเลี้ยงขากรรไกรบน (maxillary branch) ที่เป็นเส้นประสาทรับความรู้สึกไปเลี้ยงผิวหนังส่วนบนร่วมข้างของศีรษะ เยื่อบุของเพดานปาก ดอร์ซัลอัลอาร์เขต และช่องจมูก จนถึงลูกนัยน์ตาที่รวมส่วนของกระจกตา (ความเจ็บปวด) ด้วย

##### การสังเกตความผิดปกติ

- คุณลักษณะ และการเคลื่อนที่ของขากรรไกร และกล้ามเนื้อที่ช่วยในการบดเคี้ยว

- คลำดูส่วนของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ และกล้ามเนื้อบริเวณขมับเพื่อตรวจหาการฝ่อลีบเนื่องจากความผิดปกติของประสาทไตรเจมินัล

- ตรวจสอบการรับรู้โดยสัมผัสที่บริเวณหัวตา และหางตา (medial and lateral canthi) ของเปลือกตา ที่จะแสดงให้เห็นถึงการมีอยู่ หรือหายไปของรีเฟล็กซ์หนังตา (palpebral reflex) และการปิดของเปลือกตา (CN V afferent และ CN VII efferent)

- กระตุ้นกระจกตา เพื่อดูการหดกลับเข้าเข้าตา (globe retraction) (CN V afferent และ CN VII efferent) ในสัตว์ที่ไม่กล้าแสดงออก เนื่องจากกลัว หรือตื่นตกใจ (stoid animals) การทดสอบความรู้สึกโดยใช้ของแหลมเล็ก ๆ จิ้มเบา ๆ (pinprick) ที่เยื่อบุโพรงจมูก จะทำให้เกิดการตอบสนองหนีการกระทำนั้นโดยการสับตหัวหนี

การมีความผิดปกติที่ประสาทไตรเจมินัล หรือพอนส์จะทำให้เกิดการฝ่อลีบของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ และกล้ามเนื้อบริเวณขมับ และ/หรือมีการสูญเสียความรู้สึกของใบหน้า กระจกตา และเยื่อบุโพรงจมูก

การเกิดความผิดปกติของประสาทสังการไตรเจมินัลจะทำให้ขากรรไกรตก



ภาพที่ 4.16 การห้อยตกของขากรรไกร (dropped jaw) หลังจากการเกิดเส้นประสาทไตรเจมินัลอักเสบโดยไม่ทราบสาเหตุ (idiopathic trigeminal neuritis) (ที่มา NeuroPetVet, 2016)

## VI. ประสาทแอบดูเซนส์ (abducens nerve)

เป็นเส้นประสาทสังการที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อแลทเทอร์เร็กตัส (lateral rectus) และรีแทรกเตอร์บูลไบ (retractor bulbi muscles) ของลูกตา

### การทดสอบ

- ตรวจสอบลูกนัยน์ตาทะลวงตาเหล่ชนิดลูกตาเข้ามาตรงกึ่งกลาง (medial strabismus)
- ตูรีเฟล็กซ์กระจกตา (corneal reflex) โดยการยกเปลือกตาให้สังเกตได้ง่าย ๆ ดูการหดกลับเข้าเข้า

ของลูกตา และดูหนังตาที่สามว่ามีกรยื่นออกมาหรือไม่

### การสังเกตความผิดปกติ

การมีวิธีการที่ประสาทแอบดูเซนส์ หรือก้านสมองส่วนท้ายด้านหน้า (rostral medulla oblongata) ทำให้เกิดภาวะตาเหล่ชนิดลูกตาเข้ามาตรงกึ่งกลาง และการดึงลูกตากลับเข้าเข้าตาเกิดได้น้อยกว่าปกติ

## VII. ประสาทเฟเชียล (facial nerve)

เส้นประสาทสังการจำนวน 3 เส้นที่ส่งผลในการแสดงออกของสีหน้า (หุบเปลือกตา จมูก และปาก) ประสาทส่วนที่นำกระแสความรู้สึก คือ ประสาทสมองเส้นที่ 7 มีหน้าที่รับรสชาติ ตั้งอยู่ที่ส่วนปลายลิ้น เส้นประสาทพาราซิมพาเทติกของประสาทสมองเส้นที่ 7 จะมาเลี้ยงต่อมน้ำตา

### การทดสอบ

- ทั้งการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เป็นวัตถุ และรีเฟล็กซ์หนังตาใช้ในการตรวจสอบการทำงานของกล้ามเนื้อหนังตา (orbicularis oculi muscle)

- การทดสอบจมูก เพื่อดูความผิดปกติที่เกิดจากวิการเพียงด้านเดียว (unilateral lesions)

- การทดสอบการหดตัวกลับของริมฝีปาก โดยการหยิก หรือจิ้ม

- การทดสอบความปกติที่หู โดยการจิกจี้ ถ้าปกติจะมีการขยับหูไปมา

- การทดสอบต่อมรับรส สามารถใช้สารเคมิรสขมหยดลงที่ปลายลิ้น

- การทดสอบการทำงานของเส้นประสาทพาราซิมพาเทติกที่มาเลี้ยงต่อมน้ำตา ทำได้ด้วยกระดาษทดสอบน้ำตา (Schirmer tear test)



ภาพที่ 4.17 ชุดตรวจสอบการทำงานของต่อมน้ำตา (ซ้าย) การทดสอบความผิดปกติของต่อมน้ำตา (ขวา)  
(ที่มา NeuroPetVet, 2016)

#### การสังเกตความผิดปกติ

ความผิดปกติที่เกิดกับประสาทเฟเชียล ทำให้สัตว์ไม่สามารถกระพริบตา หรือเคลื่อนไหวริมฝีปาก หรือจมูกได้ ความผิดปกติแบบเฉียบพลันจะทำให้ใบหน้าห้อยย้อย มีการสะสมของอาหารที่กระพุ้งแก้ม การสร้างน้ำตา และน้ำลายอาจลดลงในช่วงที่เกิดความผิดปกติ ต่อมาจะพบการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ใบหน้า



ภาพที่ 4.18 การเป็นอัมพาตของประสาทเฟเชียลด้านซ้ายโดยไม่ทราบสาเหตุ (idiopathic facial paralysis)  
(ที่มา NeuroPetVet, 2016)

### VIII. ประสาทการได้ยิน (vestibulocochlear nerve)

เส้นประสาทมี 2 ส่วน

1) ประสาทโคเคลียร์ (cochlear nerve) ที่ขนส่งกระแสประสาทเมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยเสียง

2) ประสาทเวสทิบูลาร์ (vestibular nerve) ช่วยในเรื่องการทรงตัว การควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ และการรักษาสมดุลของระบบโครงร่าง

#### การทดสอบ

- ภาวะหูหนวก (deafness) สามารถตรวจสอบได้โดยการตอบสนองของสัตว์ต่อเสียงที่ดัง ทั้งในขณะที่สัตว์ตื่น หรือหลับ วิธีวินิจฉัยการหนวกของหูเพียงด้านเดียวนิยมใช้การวินิจฉัยด้วยไฟฟ้า (electrodiagnostics) เช่น การทดสอบคลื่นไฟฟ้าของเส้นประสาทการได้ยิน และก้านสมอง (brain-stem auditory evoked response, BAER test) ในลูกสุนัขจะทำได้เมื่อลูกสุนัขอายุเกิน 6 สัปดาห์แล้วเท่านั้น ถ้าตรวจก่อนจะให้ผลผิดพลาดได้





ภาพที่ 4.19 การทดสอบคลื่นไฟฟ้าของเส้นประสาทการได้ยิน และก้านสมอง (ที่มา Pritchard, n.d.)

- การเอียงศีรษะ (head tilt) การทรงตัวไม่อยู่ (disequilibrium) มีการเดินหมุนวน (tendency to circle) การล้ม หรือม้วนไปด้านใดด้านหนึ่ง เกิดจากความผิดปกติของเวสทิบูลาร์ข้างใดข้างหนึ่ง หรือทั้ง 2 ข้าง
- สัตว์ควรได้รับการตรวจ การเคลื่อนไหวของลูกตากลับไปกลับมา (to-and fro motion nystagmus) ซึ่งพบได้ทั้ง อาการตากระตุกเคลื่อนไหวไปมาชนิดเกิดขึ้นเอง (spontaneous nystagmus) พร้อม การตั้งของหัวทั้งแบบปกติ และผิดปกติ (เช่น positional nystagmus) และการวางตัวของลูกตาในตำแหน่งที่ผิดปกติ (เช่น ventral strabismus) ข้างเดียวกับที่เส้นประสาทถูกทำลายเมื่อมีการกระดกจมูก แต่ต้องแยกให้ออกจากอาการตากระตุกในสภาวะปกติ (physiologic nystagmus) ที่สามารถพบได้ในบางจังหวะ ที่มีการเคลื่อนที่ของศีรษะของสัตว์ไปทางด้านซ้าย แล้วลูกตาเกิดเอียงไปทางซ้าย และการที่สัตว์ลูกตาเหล่เอียงไปทางขวาเมื่อสัตว์มีการหันศีรษะเอียงไปทางขวา

**การสังเกตความผิดปกติ**

- วิจารณ์ที่ประสาทการได้ยินข้างเดียวทำให้สัตว์ทรงตัวได้ไม่ดี (disequilibrium) โดยสัตว์จะเอียงศีรษะไปทางด้านเดียวกับที่เกิดวิจารณ์ มักพบภาวะอาการตากระตุกผิดตำแหน่ง ตามแนวนอน หรือหมุน (spontaneous positional, horizontal or rotary nystagmus) ร่วมด้วย
- อาการตากระตุกผิดตำแหน่ง (บางครั้งเกิดในสภาวะปกติที่สัตว์มีการเคลื่อนไหวศีรษะอย่างรวดเร็ว) หรืออาการตากระตุกแนวตั้ง มักพบเมื่อเกิดวิจารณ์ที่เซนทรัลเวสทิบูลาร์
- วิจารณ์ของเวสทิบูลาร์ทั้ง 2 ข้างทำให้เกิดการทรงตัวไม่ดีทั้ง 2 ข้าง แต่มักไม่พบการเอียงศีรษะ การสูญเสียตากระตุกจากเวสทิบูลาร์ (vestibular nystagmus) และหูหนวก
- วิจารณ์ที่สมองน้อย หรือก้านสมองน้อย (cerebellar peduncle) ทำให้สุนัขสั่นศีรษะในทิศตรงกันข้ามกับวิจารณ์ (paradoxical head tilt) แต่ความบกพร่องของการรับรู้ความรู้สึก (conscious proprioceptive deficits) และการเกิดภาวะอัมพาตครึ่งซีก (hemiparesis) ที่แขนขาจะเกิดข้างเดียวกับวิจารณ์ที่สมอง (ipsilateral side)



ภาพที่ 4.20 สุนัขที่มีอาการของโรคเวสทิบูลาร์ (ที่มา NeuroPetVet, 2016)



## IX. ประสาทลิ้นคอหอย และ X. ประสาทเวกัส (glossopharyngeal and vagus nerve)

ประสาทลิ้นคอหอยมีเส้นประสาทรับความรู้สึก และเส้นประสาทสั่งการที่ควบคุมการทำงานของหลอดลม และคอหอย ส่วนประสาทเวกัสจะนำประสาทรับความรู้สึก และเส้นประสาทสั่งการไปควบคุมอวัยวะภายใน

### การทดสอบ

การกดที่กระดูกไฮออยด์ (hyoid bone) เพื่อทดสอบรีเฟล็กซ์ย่น (gag reflex) สังเกตการออกเสียงของสัตว์เพื่อดูการออกเสียง (phonation) และเสียงหายใจ (respiratory sounds) ว่าปกติหรือไม่

### การสังเกตความผิดปกติ

อาการของประสาทลิ้นคอหอย และประสาทเวกัส หรือด้านหลังของก้านสมองส่วนท้าย (caudal medulla oblongata) ทำให้กลืนอาหารไม่ได้ (dysphagia) มีการขยายตัวของหลอดอาหาร (megaesophagus) การเป็นอัมพาต หรืออัมพาตของหลอดลม (laryngeal paresis หรือ paralysis) การเปลี่ยนแปลงของเสียง สามารถพบได้เมื่อมีวิการที่ประสาทเวกัส และนิวเคลียส

## XI. เส้นประสาทสไปนัล แอกเซสซอรี (spinal accessory nerve)

เส้นประสาทไปเลี้ยงกล้ามเนื้อทราเปซียส (trapezius) สเตอโนเซฟาสิก (sternocephalic) และเบรคิเซฟาสิก (brachycephalic) ซึ่งอยู่ที่ส่วนคอ และท้ายทอย

### การทดสอบ

ทดสอบโดยการคลำ

### การสังเกตความผิดปกติ

อาการของไขสันหลังคอส่วนหน้า (cranial cervical spinal cord) หรือก้านสมองส่วนท้ายด้านหลัง (caudal medulla oblongata) จะทำให้กล้ามเนื้อฝ่อลีบ และอ่อนล้าเมื่อผู้ทดสอบผลักศีรษะไปด้านตรงข้ามกับอาการ

## XII. ประสาทกล้ามเนื้อลิ้น (hypoglossal nerve)

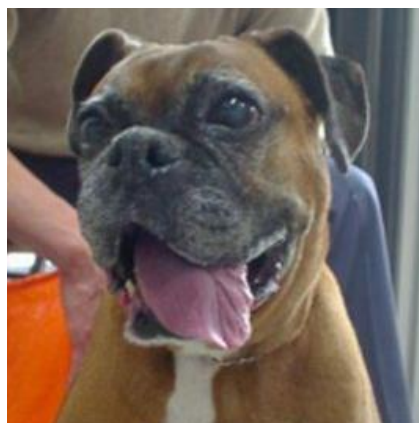
เป็นเส้นประสาทสั่งการที่วิ่งไปเลี้ยงลิ้น และกล้ามเนื้อเจนิโอไฮออยด์ (geniohyoid muscle)

### การทดสอบ

ตรวจดูการทำงานของกล้ามเนื้อที่ควบคุมการทำงานของลิ้น เช่นการเลีย หรือตัวน้ำเข้าปาก การม้วนของลิ้นในช่วงที่กินน้ำในสุนัขและแมว ส่วนในสัตว์ใหญ่ให้ทำการดึงลิ้นดูทั้ง 2 ด้าน

### การสังเกตความผิดปกติ

อาการที่เกิดขึ้นที่ประสาทกล้ามเนื้อลิ้น หรือก้านสมองส่วนท้ายด้านหลังทำให้เกิดการเบี่ยง หรือการฝ่อลีบของลิ้น การเกิดความผิดปกติของประสาทเฟเซียลจะเกิดกับลิ้นด้านตรงกันข้ามกับอาการ และมีผลต่อกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการหดตัวด้านเดียวกับที่เกิดอาการ



ภาพที่ 4.21 ความผิดปกติของประสาทกล้ามเนื้อลิ้นด้านซ้าย (ที่มา NeuroPetVet, 2016)

## การประเมินท่าทางการเดิน (evaluation of the gait)

ท่าทางการเดินประเมินจากการเดิน ก้าวย่าง วิ่งเหยาะ ๆ วิ่งควบ การเดินเลี้ยงสิ่งกีดขวาง และการเดินถอยหลัง ในสัตว์ใหญ่จะสังเกตจังหวะการลุกขึ้น และนอนลง (ambulation up and down a grade) การถูกควบคุมด้วยบังเหียน และการปลดบังเหียน การประเมินการทรงตัวโดยเฉพาะอย่างยิ่งการลุก และล้มตัวของสัตว์ใหญ่ (ambulatory large animals) การควบคุมด้วยบังเหียน ในขณะที่มีการปิดตาจะช่วยให้เราทราบถึงความผิดปกติของระบบประสาทได้

การประเมินความผิดปกติของท่าทางการเดิน และทรงตัวในสัตว์ใหญ่มักไม่ค่อยพบในช่วงแรก ๆ ที่สัตว์แสดงออก เนื่องจากขนาดที่ใหญ่ และไม่มีตรวจรีเฟล็กซ์จากกระดูกสันหลังในระยะแรก ๆ จะตรวจก็ต่อเมื่อเห็นสัตว์นอนตะแคงแล้ว ในสัตว์เล็กสามารถประเมินความผิดปกติได้จากการตรวจสอบการวางท่วงท่า (postural reaction testing) ของขา การยืนทรงตัวไม่มั่นคงเนื่องจากใช้น้ำหนักรับข้างเดียว (hemistanding) การเดินโดยใช้ร่างกายรับน้ำหนักข้างเดียว (hemiwalking) สัตว์ที่มีวิการที่เปลือกสมอง และก้อนสมองส่วนไดเอนเซพาลอนเรื้อรัง จะมีการเคลื่อนไหวร่างกายค่อนข้างผิดปกติ อาจมีการเดินวนบางครั้ง ส่วนพวกที่มีวิการที่สมองส่วนกลาง พอนส์ และก้านสมองส่วนท้ายจะแสดงอาการอัมพฤกษ์ หรืออัมพาต โดยข้างที่มีอาการมากจะตรงกับข้างที่มีวิการของสมอง

วิการที่สมองน้อย จะทำให้เกิดภาวะกล้ามเนื้อเสียสหการ (ataxia) ทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อไม่ประสานกัน และภาวะเสียการกำหนดระยะ (dysmetria) ทำให้การเดินเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายผิดพลาด

วิการที่เวสทิบูลาร์ ทำให้เกิด การล้ม กลิ้ง หรือหมุนวนข้างเดียวกับวิการ (ipsilateral falling, rolling, or circling) หากไม่พบความผิดปกติที่เกิดที่ศีรษะ อาจประเมินจากการเคลื่อนที่ที่ผิดปกติ วิการส่วนมากจะเหมือนกับการเกิดความผิดปกติที่เส้นประสาทไขสันหลัง เส้นประสาทส่วนปลาย หรือกล้ามเนื้อ

## การประเมินส่วนคอ และขาหน้า (evaluation of the neck and thoracic limbs)

การตรวจส่วนคอเพื่อหาความเจ็บปวด ในสัตว์ใหญ่ดูการฝ่อของกล้ามเนื้อ และการไวต่อการกระตุ้นเมื่อถูกจิ้มด้วยของแหลม สามารถบ่งชี้ว่ามีความผิดปกติของไขสันหลังส่วนคอ (cervical spinal cord) การทดสอบด้วยวิธีเดินลากขาหน้าโดยยกขาหลังของสัตว์ขึ้น (wheelbarrowing test) การสังเกตแรงบีบตัวของกล้ามเนื้อคอ และลูกตา การรับรู้ความรู้สึกเจ็บปวด การวางเท้า การกระโดดเหยาะ ๆ การวางเท้าที่ถูกตำแหน่ง สามารถช่วยในการกำหนดตำแหน่งของวิการได้

### รถเข็นล้อเดียว (wheelbarrow)

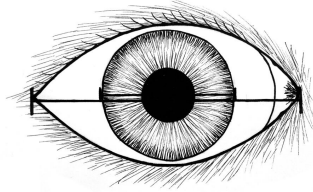
ทำการยกขาหลังของสัตว์ขึ้นเหนือพื้นเล็กน้อย โดยร่างกายส่วนอื่นยังอยู่ในลักษณะปกติที่สุดเท่าที่จะทำได้ การประเมินสัตว์ดูจากการเดินไปข้างหน้าโดยใช้เพียงขาหน้า การทดสอบใช้สำหรับตรวจความผิดปกติของขาหน้า ทั้งนี้หากขาหน้าปกติสัตว์จะไม่เดินสะดุด (stumble) หรือมีการงอเท้า (knuckle) ในช่วงที่กำลังเดิน



ภาพที่ 4.22 การทำรถเข็นล้อเดียวในสัตว์เพื่อตรวจหาความผิดปกติที่ขา (ที่มา Chrisman, 2006)

## ความตึงของคอ และลูกตา (tonic neck and eye)

จับสุนัข หรือแมวยืน ยกจมูกเชิดขึ้น ให้สุนัขสังเกตสิ่งต่าง ๆ รอบ ๆ พื้นที่ที่มองเห็น เพื่อการประเมินช่องระหว่างหนังตากรณีที่เวชวิทยุลาารมีความผิดปกติ ลูกตาจะเคลื่อนที่ลงด้านล่าง เหมือนตาเหล่ลงล่างหรือห้อย



ภาพที่ 4.23 ระยะของช่องระหว่างหนังตา (ที่มา Plummer, 2016)

## การรับรู้อวกาศปฏิกิริยา และท่าทาง (conscious proprioceptive positioning)

การวางเท้าจะต้องปกติ หลังเท้าอยู่ทางด้านบน หากงอข้อเท้า หรืองอขา สัตว์จะต้องกลับมายืนในท่าปกติได้ทันทีเมื่อเราหยุดบังคับ เมื่อมีความผิดปกติของระบบประสาท เรามักจะพบผลที่เกิดกับการรับรู้อวกาศปฏิกิริยาเป็นอย่างแรก



ภาพที่ 4.24 การเปลี่ยนสีของหลังเท้า (ซ้าย) และการยืนโดยใช้หลังเท้าสัมผัสพื้นเมื่อทดสอบโดยวิธีงอขา (ขวา) พบในสุนัขที่มีความผิดปกติของระบบประสาทไขสันหลังส่วนต้นคอ หรือขาหน้า (ที่มา Bush, 2014)

## การวางเท้า (placing)

สัตว์เล็กที่จะเข้ารับการทดสอบจะถูกนำไปวางบนโต๊ะ ถ้าสัตว์ปกติจะวางฝ่าเท้าลง ให้เห็นส่วนของหลังเท้า ถ้าสัตว์มีความผิดปกติจะวางฝ่าเท้าเมื่อขามีการสัมผัสกับขอบโต๊ะเท่านั้น การสูญเสียการตอบสนองในการวางเท้า (placing response) จะพบในสัตว์ที่มีความผิดปกติ แม้จะยังมีการเคลื่อนที่ที่ปกติอยู่



ภาพที่ 4.25 การทำการทดสอบรีเฟล็กซ์การก้าวเดิน (reflex step test) (ที่มา Bush, 2014)

### การกระโดด (hopping)

ในสัตว์เล็ก จะทรงตัวยืนได้ปกติหากมีขาวางอยู่ที่พื้นอย่างน้อย 3 ขา เมื่อถูกบังคับ หรือจำเป็นต้องขยับตัว โดยการผลักทางด้านข้าง หรือผลักทางกัน สัตว์จะพยายามเขย่งเท้าที่สี่ให้แตะพื้น ในสุนัขขนาดโต และสัตว์ที่มีขนาดใหญ่อื่น ๆ ขาหน้า หรือขาหลังข้างที่ตรงกันข้ามกับข้างที่มีอาการจะถูกยกขึ้นจากพื้น เมื่อถูกผลัก หรือดันไปด้านข้างสัตว์สัตว์จะไม่สามารถกระโดดได้ ทำให้สามารถวินิจฉัยได้ว่า อาจมีความผิดปกติของประสาทสั่งการ และการทรงตัว สมองน้อยประสานงานไม่ดี (cerebellar incoordination) และความผิดปกติของสมองน้อย และเปลือกสมอง (cerebrocortical deficiency)



ภาพที่ 4.26 การทดสอบการกระโดดในสัตว์เพื่อตรวจหาความผิดปกติที่ขา (ที่มา Chrisman, 2006)

### การกลับตัว (righting)

การทดสอบการทรงตัวเมื่อกลับตัวจากการนอนตะแคง โดยทั่วไปเมื่อจะลุกจากการนอนตะแคง สัตว์เล็กจะยังนอนทิ้งสะโพก แต่มีการยกศีรษะขึ้นก่อน แล้วเหยิดขาหน้าเพื่อพยุงร่างกาย หากสัตว์มีความผิดปกติของระบบประสาทจะไม่สามารถบิดตัวทรงกายเพื่อลุกขึ้นยืนได้ แต่จะเห็นการเอี้ยวศีรษะ หรือก้มหัวแทน (bilateral vestibular lesions)



ภาพที่ 4.27 การพลิกตัวกลับของแมว (right reflex) (ที่มา Chrisman, 2006)

### รีเฟล็กซ์ไขสันหลัง (spinal reflexes)

การตอบสนองของเส้นประสาทสันหลังอิสระในสัตว์เมื่อถูกจับนอนตะแคง และขาถูกปล่อยให้อยู่ในท่าผ่อนคลาย เมื่อตีหมัด หรือผิวหนังส่วนปลายเท้า สัตว์จะชักขากลับ แต่ขาอีกด้านมักไม่มีการดึงกลับ การทดสอบนี้ช่วยตรวจสอบดูความผิดปกติของเส้นประสาทไขสันหลังส่วนคอ ซี<sub>6</sub> (C<sub>6</sub>) ถึงไขสันหลังส่วนอก ที<sub>2</sub> (T<sub>2</sub>) และข่ายประสาทแขน หรือบราเคียล (brachial plexus) การมีความผิดปกติของส่วนเมดัลลาของไขสันหลัง (intramedullary spinal cord) ที่ซี<sub>6</sub> ถึงที<sub>2</sub> มักจะกด หรือทำให้รีเฟล็กซ์นี้หายไป แต่ถ้าอยู่นอกส่วนเมดัลลา (extramedullary) มีความผิดปกติปานกลางจะไม่พบความผิดปกติ



ภาพที่ 4.28 การบาดเจ็บที่ขยับประสาทแขนทำให้สุนัขไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ และรับรู้ความรู้สึกได้ตั้งแต่ส่วนของข้อศอกลงมา (ที่มา Bush, 2014)

ถ้ามีการอยู่หน้าซี6 จะทำให้เกิดการเหยียดของขาฝั่งตรงกันข้ามไปด้วย เมื่อตรวจสอบรีเฟล็กซ์ของขา การเกิดครอสเอ็กเทนเซอร์เป็นรีเฟล็กซ์ปกติ แต่อย่างไรก็ตามอาจมีการตอบสนองที่เกินจริงทำให้เกิดการวินิจฉัยผิดพลาดว่า เกิดความผิดปกติที่เซลล์ประสาทสั่งการส่วนบน (upper motor neuron, UMN) ถูกกระตุ้นมากกว่าปกติได้

การทดสอบรีเฟล็กซ์ของเท้า (Babinski reflex testing) โดยการลาก หรือกดฝ่าเท้าตั้งแต่ข้อเท้ามานิ้วเท้า หรือตั้งแต่นิ้วเท้าไปข้อเท้า หากให้ผลตอบสนองเป็นบวกถือว่า ผิดปกติ (abnormal) นั้น สัตว์จะกระดกนิ้วเท้าไปด้านหลัง (dorsiflexion) ที่บ่งชี้ว่า มีความผิดปกติของเซลล์ประสาทสั่งการส่วนบน

(ก) การตอบสนองของฝ่าเท้าปกติ



(ข) การเหยียดออกของฝ่าเท้า (อาการของบาบินสกี)



ภาพที่ 4.29 การทดสอบรีเฟล็กซ์ของเท้า (Babinski's reflex) (ที่มา Kharb, 2016 และ Chrisman, 2006)

การตรวจสอบเอ็น (ไบเซ็ปส์ และไตรเซ็ปส์) และกล้ามเนื้ออื่น ๆ (extensor carpi radialis) สามารถใช้ค้อน (percussion hammer) และดูการตอบสนองหน้าที่การทำงานของเส้นประสาทสันหลังคู่ที่ซี6 และซี7 ซึ่งเป็นประสาทมัสดูโลคิวเทเนียส (musculocutaneous nerve) เลี้ยงไบเซ็ปส์ และซี7 ถึงที2 ได้แก่ ประสาทเรเดียล (radial nerve) ซึ่งเลี้ยงไตรเซ็ปส์ และเอ็กเทนเซอร์คาไป โดยรีเฟล็กซ์เหล่านี้ ปฏิบัติได้ยากในสัตว์ปกติ ดังนั้น หากพบการตอบสนองที่ช้าลงให้ถือว่า เป็นสิ่งที่ควรใส่ใจพิจารณา ในการตรวจนั้น หากมีการอยู่เหนือซี6 อาจตรวจไม่พบความผิดปกติ หรือมีการตอบสนองมากผิดปกติก็ได้

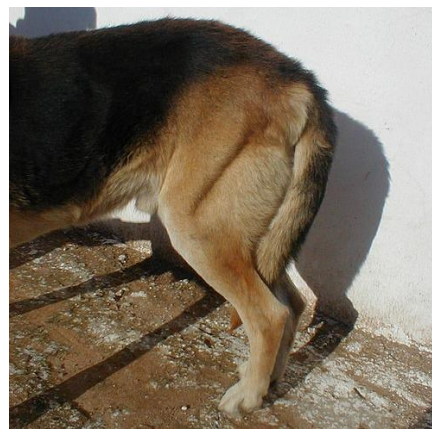




ภาพที่ 4.30 การตรวจรีเฟล็กซ์ไบเซ็ปส์ (ซ้าย) และไตรเซ็ปส์ของขาหน้า (ขวา)  
(ที่มา Chrisman, 2006)

### กล้ามเนื้อฝ่อ (muscle atrophy)

การฝ่อของกล้ามเนื้อเฉพาะที่ตรงส่วนของขา และลำคอ มักเกิดจากวิการเฉพาะที่ของตัวเซลล์ในไขสันหลัง บริเวณด้านล่างประสาทไขสันหลัง หรือแอกซอนเส้นใยประสาทส่วนนอกของเส้นประสาทที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อนั้น



ภาพที่ 4.31 การฝ่อลีบของกล้ามเนื้อใบหน้า (ซ้าย) และขาหลัง (ขวา) (ที่มา Bush, 2014)

### การรู้สึก (sensation)

ความรู้สึกตัวภายใต้สำนึก (conscious perception) ที่ผิวหนัง และลึกลงไปกว่านั้น (deep /osseous/ pain) สามารถทดสอบได้โดยการใช้ปากคีบ (forceps) กับผิวหนัง หรือกระดูก จากนั้นสังเกตการตอบสนองของสัตว์ เช่นการตอบสนองบ่งชี้ความผิดปกติเฉพาะส่วน เช่นประสาทรับความรู้สึกส่วนปลาย (peripheral sensory nerve) และไขสันหลัง หรือวิธีการนำกระแสประสาทที่ผ่านเข้าออกก้านสมองไปยังเปลือกสมองมีปัญหา

หากการตรวจศีรษะไม่พบความผิดปกติ ให้เริ่มทำการตรวจความผิดปกติของขาหน้า เพื่อประเมินความผิดปกติของระบบประสาทที่อยู่เหนือฟอรามาเนอแมกนัมขึ้นไป และถ้าไม่พบความผิดปกติ หรือวิการใด ๆ ที่จะอธิบายให้เกี่ยวข้องกับศีรษะได้ ให้พิจารณาโรคที่มีการแพร่กระจาย (multifocal or diffuse disease) เช่นการอักเสบ สารพิษ โภชนาการ กระบวนการเมแทบอลิซึม การบาดเจ็บ และการกระจายตัวของเนื้องอก

เมื่อไม่พบความผิดปกติหลังจากประเมินส่วนศีรษะ และขาหน้าแล้ว ให้ตรวจสอบส่วนของไขสันหลังส่วนคอ หรือขาคอประสาท หากมีความผิดปกติของไขสันหลังส่วนคอจะพบการเคลื่อนที่ และทรงตัวของขาหน้าผิดปกติ และขาหลังจะปกติ หรือกระตุ้นได้ง่ายกว่าปกติ (exaggerated)

หากไม่พบความผิดปกติเมื่อประเมินศีรษะ และขาหน้าแล้ว ให้เริ่มสงสัยว่า ความผิดปกติจะอยู่ตั้งแต่ปล้องไขสันหลังที่<sub>2</sub> (T<sub>2</sub> spinal cord segment) เป็นต้นไป

## การประเมินลำตัว ขาหลัง ทวารหนัก และหาง (evaluation of the trunk, pelvic limb, anus and tail)

การตรวจสอบความผิดปกติของลำตัวสัตว์คู่ได้จากการวางท่าทาง หรือการแสดงออกถึงความเจ็บปวดที่แนวกระดูกสันหลัง การไวต่อการกระตุ้น หรือไม่ตอบสนองต่อการกระตุ้นเมื่อทำการทิ่ม หรือจิ้มด้วยเข็มเบา ๆ และการมีกล้ามเนื้อฝ่อลีบ

### รีเฟล็กซ์กล้ามเนื้อเนื้อคิวทาเนียส ทรวงไซ และการกระตุ้นของชั้นเนื้อเยื่อใต้หนัง (cutaneous trunci and panniculus reflex)

การทิ่ม หรือจิ้มผิวหนังส่วนหน้าอก และท้องด้วยของแหลมจะทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อคิวทาเนียส ทรวงไซซึ่งรีเฟล็กซ์นี้จะรวมเอาประสาทรับความรู้สึกเข้าที่ผิวหนังที่เป็นสาขาของเส้นประสาทไขสันหลังส่วนเอว และส่วนอก ซึ่งเป็นเส้นประสาทที่วิ่งไปยังที่<sub>2</sub> และส่วนของเซลล์ประสาทสั่งการส่วนล่าง (lower motor neuron, LMN) ในเส้นประสาทไขสันหลังส่วนอกด้านข้าง (lateral thoracic nerve) ที่เลี้ยงกล้ามเนื้อคิวทาเนียส ทรวงไซ การตรวจรีเฟล็กซ์นี้จะทำให้เห็นการที่กระตุ้นกับเส้นประสาทไขสันหลัง ที่อยู่ระหว่างตำแหน่งที่ถูกกระตุ้นกับที่<sub>2</sub>



ภาพที่ 4.32 การทดสอบรีเฟล็กซ์กล้ามเนื้อเนื้อคิวทาเนียส ทรวงไซ และการกระตุ้นของชั้นเนื้อเยื่อใต้หนัง (ที่มา Long Beach Animal Hospital, 2011)

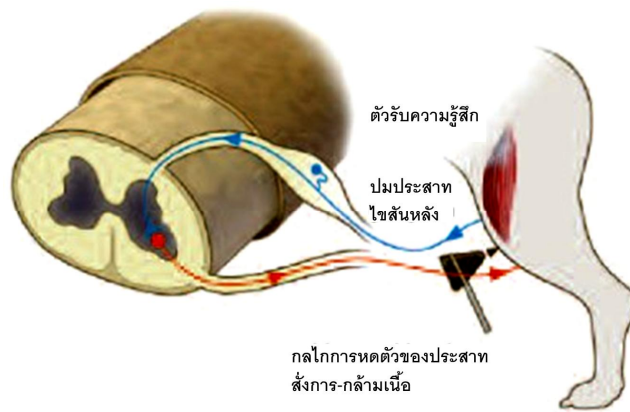
### การจัดวางท่าทาง (postural reactions)

การทดสอบรถเข็นล้อเดียว การรับรู้อากัปกิริยาและท่าทาง การวางเท้า และการกระโดดใช้สำหรับประเมินขาหลังของสัตว์ได้เช่นเดียวกับการตรวจสอบความผิดปกติที่ขาหน้า ซึ่งการทดสอบต้องการการตรวจสอบความผิดปกติของทั้งสอง ไขสันหลัง และระบบประสาทนอกส่วนกลาง เพื่อที่จะกำหนดตำแหน่งของวิการ และความผิดปกติที่เกิดขึ้นในส่วนต่าง ๆ ของระบบประสาท

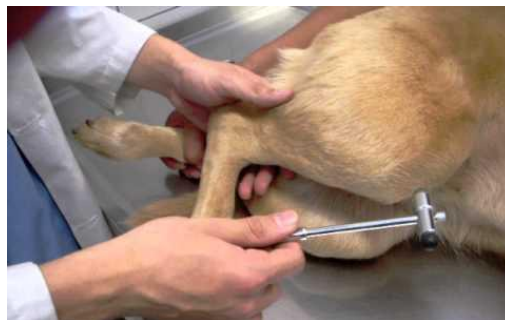
### รีเฟล็กซ์ไขสันหลัง (spinal reflexes)

รีเฟล็กซ์ไขสันหลังส่วนขาหลัง (pelvic limb spinal reflexes) จะบ่งชี้การรีเฟล็กซ์ของส่วนอก และเอว (thoracolumbar) ได้มากกว่ารีเฟล็กซ์ไขสันหลังส่วนขาหน้า (thoracic limb reflexes) ส่วนมากรีเฟล็กซ์ไขสันหลังจะปรกติ หรือมากกว่าปรกติหากมีวิการที่อยู่เหนือวงรีเฟล็กซ์ (เซลล์ประสาทสั่งการส่วนบน) และจะมีการแสดงออกน้อย หรือไม่พบหากมีวิการที่รีเฟล็กซ์ (เซลล์ประสาทสั่งการส่วนล่าง) การตรวจสอบเส้นประสาทโดยการเคาะที่เอ็นหัวเข่า (patellar tendon) จะส่งผลให้ขาหลังเหยียดออก หากไม่มีความผิดปกติของเส้นประสาทไขสันหลังคู่ที่แอล<sub>4</sub> (L<sub>4</sub>) ถึงแอล<sub>6</sub> (L<sub>6</sub>) และประสาทโคนขา (femoral nerve)

การเคาะที่กล้ามเนื้อน่อง (gastrocnemius) ทำให้ข้อขาหลังยึด และการเคาะที่กล้ามเนื้อแข้งส่วนหน้า (cranial tibial) จะทำให้ข้อขาหลังงอ ส่วนการทดสอบเส้นประสาทแข้ง (tibial nerve) และเส้นประสาทน่อง (peroneal nerve) ข่ายประสาทใต้กระเบนเหน็บรวมเอว (lumbosacral plexus) และเส้นประสาทไขสันหลังคู่ที่แอล<sub>6</sub> ถึงเอส<sub>2</sub> (S<sub>2</sub>) จะพบรีเฟล็กซ์ครอสเอ็กเทนเซอร์ ในกรณีที่มีการอยู่เหนือแอล<sub>6</sub> (UMN sign)



ภาพที่ 4.33 วงรีเฟล็กซ์อย่างง่าย ที่เส้นใยรับความรู้สึกถูกกระตุ้นโดยการเคาะค้อนลงไปทีเส้นเอ็น กระแสประสาทจะวิ่งไปตามเส้นประสาทรับความรู้สึกไปที่ส่วนปีกกลางของเนื้อเทา ส่งผลให้เกิดการประสานประสาทกับเซลล์ประสาทสั่งการส่วนล่างที่กระตุ้นให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเหยียดตัวของหัวเข่า (ที่มา: ดัดแปลงจาก Bush, 2014)



ภาพที่ 4.34 การทดสอบเอ็นหัวเข่า (ที่มา Bush, 2014)

ถ้าไขของแหลมที่มที่ทวารหนัก สัตว์จะหดทวารหนัก และหดหางให้ตกลง หากเส้นประสาทคู่ที่เอส<sub>1</sub> และเอส<sub>3</sub> (เลี้ยงทวารหนัก) และส่วนที่ไปเลี้ยงหาง (caudal (Cd) tail segments) และเส้นประสาทยังคงปกติ จะไม่มีวิการใด ๆ



ภาพที่ 4.35 การตรวจความผิดปกติของเส้นประสาทเอส<sub>1-3</sub> (ที่มา Chrisman, 2006)

การไม่มีจังหวะการบีบตัว (atonic) หรือการไม่มีรีเฟล็กซ์ (areflexic) ของกระเพาะปัสสาวะ ทวารหนัก และหางพบได้ในกรณีที่เอส<sub>1</sub> จนถึงซีดี<sub>5</sub> (Cd<sub>5</sub>) หรือส่วนของกลุ่มรากประสาทหางม้า (cauda equine) มีความผิดปกติ

จากการค้นพบโดยบังเอิญพบว่า รีเฟล็กซ์ประสาทโคนขาหลัง หรือเอ็นหัวเข่า (femoral (patellar tendon) reflex) มักหายไปเมื่อสุนัขแก่ตัวลง

#### กล้ามเนื้อฝ่อ

การฝ่อลีบของกล้ามเนื้อบางมัดที่อยู่ตามลำตัว หรือขาหลังบ่งชี้ถึงวิธีการของเส้นประสาทเฉพาะตำแหน่งที่วิ่งมาเลี้ยงกล้ามเนื้อส่วนนั้น ๆ

#### ความรู้สึก

หากเส้นประสาทไขสันหลังได้รับการบาดเจ็บในระดับปานกลางถึงรุนแรง จะทำให้ความรู้สึกบริเวณผิวหนังที่อยู่ส่วนหลังของวิการหายไป ยิ่งในรายที่เส้นประสาทเสียหายอย่างรุนแรงจะไม่พบความเจ็บปวดลึกในเข้าไปตั้งแต่ส่วนของเยื่อหุ้มกระดูก (periosteum) ของแต่ละนิ้ว และหาง

#### ปรากฏการณ์ Schiff-Sherrington phenomenon

ในสัตว์บางตัวที่มีการบาดเจ็บอย่างเฉียบพลัน มีสาเหตุมาจากการบาดเจ็บที่รุนแรงของเส้นประสาทระหว่างที่ 2 ถึงแอล 3 โดยอาการที่พบ คือ ขาหลังเป็นอัมพาตร่วมกับการเหยียดเกร็งออกของขาหน้าในช่วงที่สัตว์นอนตะแคง ทั้งนี้ เกิดจากการขัดขวางส่วนของท่อนไขสันหลังส่วนขึ้น (ascending spinal cord) จากการบวมของเส้นประสาทส่วนเอว (lumbar intumescence) ที่ทำหน้าที่ขัดขวางการเหยียดตัวของขาหน้า แม้ว่าอาการที่แสดงออกในส่วนนี้จะมีความรุนแรง แต่การพยากรณ์โรคค่อนข้างดี ถ้าสัตว์ยังมีความรู้สึกเจ็บปวดในส่วนลึกที่ขาหลัง



ภาพที่ 4.36 ปรากฏการณ์ Schiff-Sherrington (ที่มา The Homeless Parrot, 2011)

#### สรุป

กล้ามเนื้อลายถูกเลี้ยงโดยระบบประสาทสั่งการ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบประสาทกาย ตัวเซลล์ของเซลล์ประสาทสั่งการ อยู่ที่ส่วนปีกกลางของไขสันหลัง ระบบประสาทกายต่างจากระบบประสาทอิสระตรงที่แอกซอนของเซลล์ประสาทสั่งการจะเชื่อมต่อกับจุดเริ่มต้นในไขสันหลัง แล้วยื่นยาวต่อไปจนถึงกล้ามเนื้อลาย

ระบบประสาทกายอยู่ภายใต้การควบคุมของสมอง กล้ามเนื้อลายที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการทรงตัว และการเคลื่อนที่จะถูกควบคุมด้วยขั้นที่ต่ำกว่าสมองใหญ่ สามารถกำหนด และตัดสินใจได้ว่า เมื่อไหร่จะเริ่มมีการเดิน การเคลื่อนที่เหล่านี้มีส่วนที่ประสานช่วยเหลือจากศูนย์ควบคุมใต้สมอง ได้แก่ สมองน้อย และก้านสมอง

รีเฟล็กซ์ คือ การตอบสนองของอวัยวะแสดงผลของร่างกายต่อตัวกระตุ้น เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกาย นอกอำนาจใจ เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นอย่างแทบฉับพลัน เพื่อตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น โดยอาศัยการเชื่อมโยงกันของเซลล์ประสาทอย่างน้อย 2 เซลล์ เรียกว่ารีเฟล็กซ์ ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ประสาทรับความรู้สึกของไขสันหลัง หรือของเส้นประสาทสมองในระดับไขสันหลังและก้านสมอง และมีศูนย์กลางรีเฟล็กซ์ คือ ระบบประสาทส่วนกลาง และมีเซลล์ประสาทนำคำสั่งออกไปยังอวัยวะแสดงผล

ส่วนประกอบของวงรีเฟล็กซ์ คือ 1) ตัวรับที่อาจอยู่นอก หรือภายในร่างกาย 2) วิถีประสาทนำเข้าไปยังศูนย์รีเฟล็กซ์ 3) ศูนย์รีเฟล็กซ์ที่รวมข้อมูล หรือคำสั่งต่าง ๆ จากวิถีประสาทนำเข้า 4) วิถีประสาทนำออกจากศูนย์รีเฟล็กซ์ไปสู่อวัยวะแสดงผล และ 5) อวัยวะสำแดงผล

รีเฟล็กซ์สามารถแบ่งชนิดตามเกณฑ์ต่าง ๆ เช่น ตามระยะเวลาของการเกิด ตามจำนวนของเซลล์ประสาทในวงจร ตามชนิดของระบบประสาท และตามตำแหน่งของตัวรับ

การตรวจสอบความผิดปกติของรีเฟล็กซ์ในสัตว์เป็นการประเมินสัตว์ตั้งแต่ ช่วงศรัษะ การทรงตัว คอและ ขาหน้า และลำตัว ขาหลัง กัน และหาง ทำให้ทราบความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับวิธีการของระบบร่างกาย เมื่อพบ ความผิดปกติที่ศรัษะแล้วให้เชื่อมโยงความผิดปกติที่ส่งผลต่อส่วนอื่นของร่างกาย เพื่อการรักษาแก้ไขต่อไป

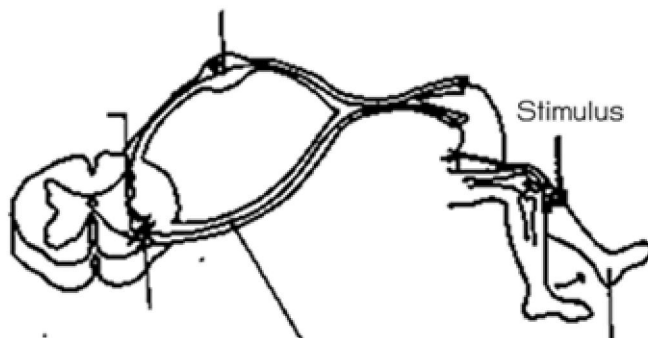
### คำถามทบทวน

จงระบุส่วนประกอบของรีเฟล็กซ์ และเขียนอธิบายวงจรของรีเฟล็กซ์ โดยใช้หัวลูกศรชี้ทิศทางของการเดินทางของ กระแสประสาท และการทำงาน

#### A. ส่วนประกอบของรีเฟล็กซ์

- 1 \_\_\_\_\_
- 2 \_\_\_\_\_
- 3 \_\_\_\_\_
- 4 \_\_\_\_\_
- 5 \_\_\_\_\_

#### B. วงจรรีเฟล็กซ์



#### ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

- \_\_\_\_\_ 1. วงรีเฟล็กซ์ หมายถึง การตอบสนองของอวัยวะแสดงผลต่อตัวกระตุ้น โดยอาศัยการต่อโยงกันของ เซลล์ประสาท 2 เซลล์ขึ้นไป
- \_\_\_\_\_ 2. วงจรรีเฟล็กซ์ เรียงตามลำดับเส้นทางได้ดังนี้ ตัวรับ --> เซลล์ประสาทสั่งการ --> ศูนย์กลาง รีเฟล็กซ์ --> เซลล์ประสาทนำสัญญาณออก --> อวัยวะแสดงผล
- \_\_\_\_\_ 3. Hyporeflexia คือ การไม่มีรีเฟล็กซ์เกิดขึ้นที่อวัยวะแสดงผล
- \_\_\_\_\_ 4. เมื่อแบ่งรีเฟล็กซ์ตามชนิดของตัวรับ จะแบ่งออกได้เป็น รีเฟล็กซ์ต้น- รีเฟล็กซ์ลึก- รีเฟล็กซ์อวัยวะ ภายใน
- \_\_\_\_\_ 5. รีเฟล็กซ์ถอยส่วนของร่างกายหนีออกจากอันตราย จะเกิดคู่กับ รีเฟล็กซ์ครอสเอ็กเทนเซอร์
- \_\_\_\_\_ 6. รีเฟล็กซ์ที่ช่วยปรับการทรงตัวของร่างกายเมื่อกำลังเนื้อถูกยึด จัดเป็น รีเฟล็กซ์ที่มีจุดประสาน ประสาทจุดเดียว
- \_\_\_\_\_ 7. แม่สัตว์คงยืนนิ่งเกิดจากไอพีเอสพี จากการดูดนมของลูกเอาขณะไอพีเอสพีของรีเฟล็กซ์ถอยส่วนของ ร่างกายหนีออกจากอันตรายของแม่
- \_\_\_\_\_ 8. การตรวจสอบความผิดปกติของรีเฟล็กซ์ในเส้นประสาทสมองทั้งหมดเป็นการทดสอบรีเฟล็กซ์ที่ ส่วนใบหน้า และลำคอของมนุษย์ และสัตว์

#### หนังสืออ้างอิง

- Biel M, Kramer M, Forterre F, et al. 2013. Outcome of ventriculoperitoneal shunt implantation for treatment of congenital internal hydrocephalus in dogs and cats: 36 cases (2001-2009). J. Am. Vet. Med. Assoc. 242:948-58.
- Blacktating. 2010. Animal nursing. เข้าถึงได้จาก <http://blacktating.blogspot.com/2010/06/>: September 20, 2015.
- Bloom, W., Fawcett, D.W: 1986. A textbook of histology. W.B. Saunders, Philadelphia. 1033 p.
- Boron, W.F. and Boulpaep, E.L: 2009. Medical physiology, 2<sup>nd</sup> ed. W.B. Saunders, Philadelphia. 1325 p.
- Bush, M. 2014. Spinal Injury. เข้าถึงได้จาก <https://vetboss.co.uk/show10MinuteTopUp.php?type=&Entity=10MinuteTopUps&ID=21>: September 20, 2015.



- Cameron, M.H. 1999. Physical agents in rehabilitation:from research to practice. W.B. Saunders, Philadelphia. 455 p.
- Chrisman, C.L. 2006. The Neurologic Examination. procedures pro, NAVC clinician's brief. เข้าถึงได้จาก <https://www.cliniciansbrief.com/sites/default/files/sites/cliniciansbrief.com/files/7.pdf>: September 20, 2015.
- Cunningham, J.G. and Klein, B.G. 2012. Cunningham's Textbook of Veterinary Physiology 5<sup>th</sup> Ed. Elsevier - Health Sciences Division, Melbourne. 624 p.
- de Lahunta, A., Glass, E.N., Kent, M. 2014. Veterinary Neuroanatomy and Clinical Neurology, 4<sup>th</sup> ed. Saunders, Philadelphia. 600 p.
- Dewey, C.W. and da Costa, R.C. 2015. Practical Guide to Canine and Feline Neurology 3<sup>rd</sup> Ed. Wiley-Blackwell, Oxford. 688 p.
- Fingerroth, J.M. and Thomas, W.B. 2015. Advances in Intervertebral Disc Disease in Dogs and Cats (AVS Advances in Veterinary Surgery). Wiley-Blackwell, Boston. 344 p.
- Fort Worth Eye Associates. 2015. Strabismus Surgery. เข้าถึงได้จาก <http://www.ranelle.com/strabismus-misaligned-eyes-crossed-eyes-wall-eyes/>: September 20, 2015.
- Guyton, A.C., Hall, J.E. 2006. Textbook of medical physiology, 11<sup>st</sup> ed. W.B. Saunders, Philadelphia. 1120 p.
- Howard, J. 2014. Here's Why Dogs Kick Their Legs When You Rub Their 'Sweet Spot'. เข้าถึงได้จาก [https://www.huffingtonpost.com/2014/11/20/why-dogs-kick-tummy-scratch\\_n\\_6186424.html](https://www.huffingtonpost.com/2014/11/20/why-dogs-kick-tummy-scratch_n_6186424.html): September 20, 2015.
- Kharb, P. 2016. Nervous System. เข้าถึงได้จาก <http://www.anatomyqa.com/uncategorized/nervous-system-important-questions/>: September 20, 2016.
- Long Beach Animal Hospital. 2011. VNA (Veterinary Neuronal Adjustment). เข้าถึงได้จาก <http://www.lbah.com/word/services/vna-veterinary-neuronal-adjustment/>: September 20, 2015.
- Martini, F.H., and Bartholomew, E.F. 1999. Structure and Function of the Human Body. Prentice Hall, New Jersey. 406 p.
- Moruzzi, G., Magoun, H.W. 1949. Brain stem reticular formation and activation of the EEG. Electroencephalography. Clinical Neurophysiology Nov;1(4):455-73.
- NeuroPetVet. 2016. Cranial nerve examination. เข้าถึงได้จาก <http://neuropetvet.com/exam/cranial-nerves/>: September 20, 2015.
- Peron, R. 2016. The Human Skull and Bipedalism. เข้าถึงได้จาก <https://rperon1017blog.wordpress.com/2016/04/03/the-human-skull-and-bipedalism/>: September 20, 2016.
- Platt, S. and Olby, N. 2013. BSAVA Manual of Canine and Feline Neurology. 4<sup>th</sup> Ed. BSAVA publish, UK. 552 p.
- Pritchard, W.R. n.d. Clinical Activities and Procedures. เข้าถึงได้จาก [http://www.vetmed.ucdavis.edu/vmth/small\\_animal/neurology/activities.cfm](http://www.vetmed.ucdavis.edu/vmth/small_animal/neurology/activities.cfm): September 20, 2015.
- Robinson, A.J. and Mackler, L.S. 1995. Clinical Electrophysiology: Electrotherapy and Electrophysiology testing. 2<sup>nd</sup> ed. Williams & wilkins; Maryland. 555 p.
- Roque, M.R. 2016. Chorioretinitis. เข้าถึงได้จาก <https://emedicine.medscape.com/article/962761-overview>: September 20, 2015.

- Scott, A.S., and Fong, E. 1998. *Body Structures and Functions*, 9<sup>th</sup> ed. Delmar Publishing, New York. 544 p.
- Sherwood, L., Klandorf, H., Yancey, P. 2012. *Animal Physiology: From Genes to Organisms*. Brooks Cole, Delaware. 896 p.
- The Brookside Associates Medical Education Division. 2008. REFLEX ARC. เข้าถึงได้จาก [http://nursing411.org/Courses/MD0919\\_Nursing\\_care\\_sensory\\_neurologic/2-9\\_Nursing\\_Care\\_sensory\\_neuro.html](http://nursing411.org/Courses/MD0919_Nursing_care_sensory_neurologic/2-9_Nursing_Care_sensory_neuro.html): September 20, 2015.
- The Homeless Parrot. 2011. Sometimes, there's nothing I can do. เข้าถึงได้จาก <http://returnofthederelict.blogspot.com/2011/02/sometimes-theres-nothing-i-can-do.html>: September 20, 2015.
- tlohman2. 2015. The Reflex Arc and Selected Reflexes. เข้าถึงได้จาก <http://aandponline.com/?p=140>: September 20, 2015.
- Thomson, C.E., and Hahn, C. 2012. *Veterinary Neuroanatomy: A Clinical Approach*. 1 ed. Saunders Ltd, Philadelphia. 178 p.
- Uemura, E.E. 2015. *Fundamentals of Canine Neuroanatomy and Neurophysiology*. Wiley-Blackwell, Boston. 428 p.
- Veterian Key. 2016. The Autonomic Nervous System. เข้าถึงได้จาก <https://veteriankey.com/the-autonomic-nervous-system/>: September 20, 2015.