มหาวิทยาลัยมหิดล
คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล

# Basic Clinical Neurology and Neurological Examination

## ประสาทวิทยาคลินิกพื้นฐานและการตรวจร่างกายทางระบบประสาท

## CHAPTER 15
## การเดินผิดปกติ

วีรวัฒน์ แสงภัทราชัย | ยุวดี พิทักษ์ปฐพี

จิราพร จิตประไพกุลศาล
นาราพร ประยูรวิวัฒน์
กนกวรรณ บุญญพิสิฏฐ์
บรรณาธิการ

# การเดินผิดปกติ
# Gait Disorders

15

# การเดินผิดปกติ
# Gait Disorders

วีรวัฒน์ แสงภัทราชัย / ยุวดี พิทักษ์ปฐพี

## บทนำ

การเดินเป็นวิวัฒนาการที่สำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์ ทำให้มนุษย์สามารถเคลื่อนที่โดยเท้าสองข้าง[1] ฐานการยืนแคบและตั้งลำตัวให้ตรงได้ต่างจากสัตว์ชนิดอื่น[2] การเดินอาศัยการทำงานร่วมกันของระบบประสาทมากมายและซับซ้อน การเดินที่ผิดปกติสามารถพบได้บ่อยในผู้สูงอายุ มีการสำรวจพบว่าหนึ่งในสามของผู้สูงอายุที่อายุมากกว่า 60 ปีจะมีปัญหาการเดินผิดปกติ[3]

แพทย์สามารถใช้การเดินเป็นการประเมินเบื้องต้นสำหรับผู้ป่วยที่มีปัญหาทางระบบประสาทได้ เนื่องจากสามารถบอกถึงความผิดปกติของระบบประสาทบางส่วนได้ เช่น กล้ามเนื้อต้นขาหรือปลายเท้าอ่อนแรง หรือความผิดปกติในการทรงตัว หรือความผิดปกติของสมองส่วนหน้า ซึ่งท่าทางการเดินนั้นจะแตกต่างกันออกไปตามแต่ละพยาธิสภาพ ดังนั้นการตรวจการเดินจึงถือเป็นการตรวจร่างกายที่แพทย์ควรตรวจผู้ป่วยที่มีปัญหาทางประสาทวิทยาทุกราย[2]

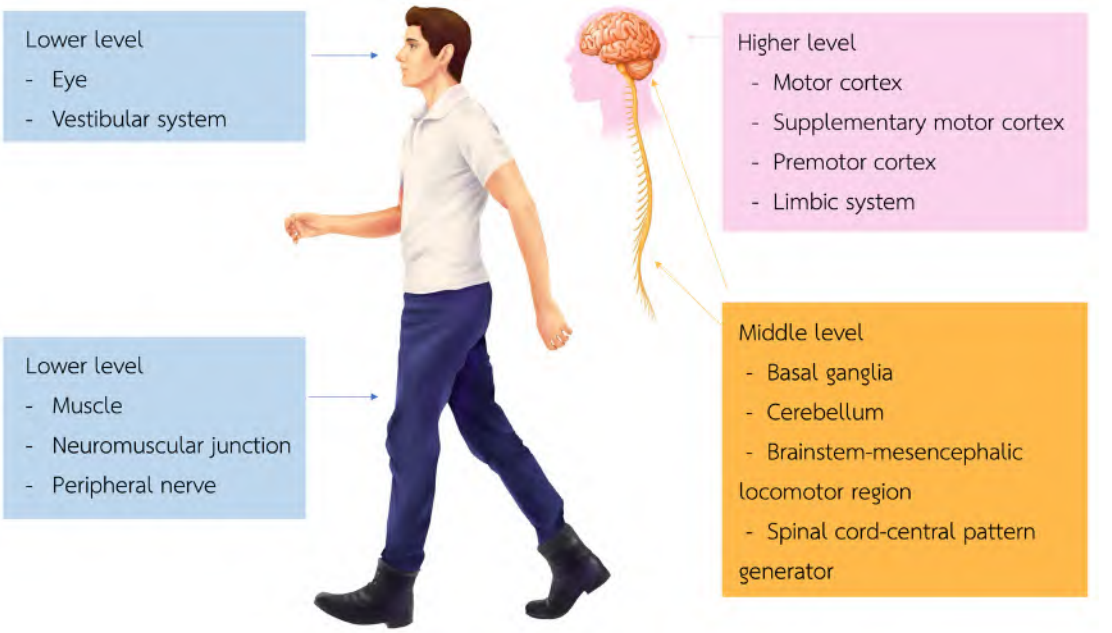
## กายวิภาคที่เกี่ยวข้องกับการเดิน

ระบบประสาทที่มีส่วนร่วมในการควบคุมการเดินสามารถแบ่งออกได้ 3 ระดับคือ ระดับล่าง (lower level gait control) ระดับกลาง (middle level gait control) และระดับสูง (higher level gait control)[1] **(ภาพที่ 15.1)**

**ระบบประสาทระดับล่าง (lower level)** คือ ระบบประสาทส่วนปลาย ได้แก่ กล้ามเนื้อ, neuromuscular junction และเส้นประสาทส่วนปลาย รวมไปถึงอวัยวะที่ใช้รับสัมผัสพิเศษ เช่น ตา และ vestibular system ระบบประสาทในส่วนนี้จะทำหน้าที่รับสัมผัสจากสิ่งแวดล้อม จากนั้นส่งข้อมูลไปในระบบประสาทระดับอื่นเพื่อใช้ประมวลผลในการปรับสมดุล ท่าทาง และการทรงตัวในการเดิน

**ระบบประสาทระดับกลาง (middle level)** คือ ระบบประสาทส่วนกลาง ได้แก่ spinal cord, brainstem, cerebellum และ basal ganglia รับข้อมูลจากทั้งระบบประสาทระดับล่างและระดับสูงเพื่อส่งต่อและประมวลข้อมูล เพื่อช่วยควบคุมการเดิน การปรับสมดุล ท่าทางและการทรงตัว ระบบประสาทในส่วนนี้มีส่วนสำคัญที่เรียกว่า central pattern generator ซึ่งอยู่ที่ spinal interneuron ใน spinal cord ทำให้เกิดการเดินโดยอัตโนมัติและ mesencephalic locomotor region ซึ่งอยู่ที่ brainstem ทำหน้าที่ควบคุม central pattern generator อีกต่อหนึ่ง

**ระบบประสาทระดับสูง (higher level)** คือ สมองส่วน cortex ได้แก่ motor cortex, supplementary motor cortex, premotor area เป็นต้น มีหน้าที่ในการสั่งการให้เดินตามที่ต้องการและประมวลผลกับประสาทสัมผัสอื่นเพื่อช่วยตัดสินใจหรือวางแผน เช่น เมื่อต้องผ่านสิ่งกีดขวางหรือการใช้สมาธิในขณะที่มีการเคลื่อนไหวหลายอย่างพร้อมกัน นอกจากนี้ยังมีสมองส่วนที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์ เช่น limbic system ที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่สัมพันธ์กับระบบประสาทอัตโนวัติหรืออารมณ์ เช่น การวิ่งหนีเมื่อพบสิ่งที่กลัว (fight-or-flight reaction) เป็นต้น



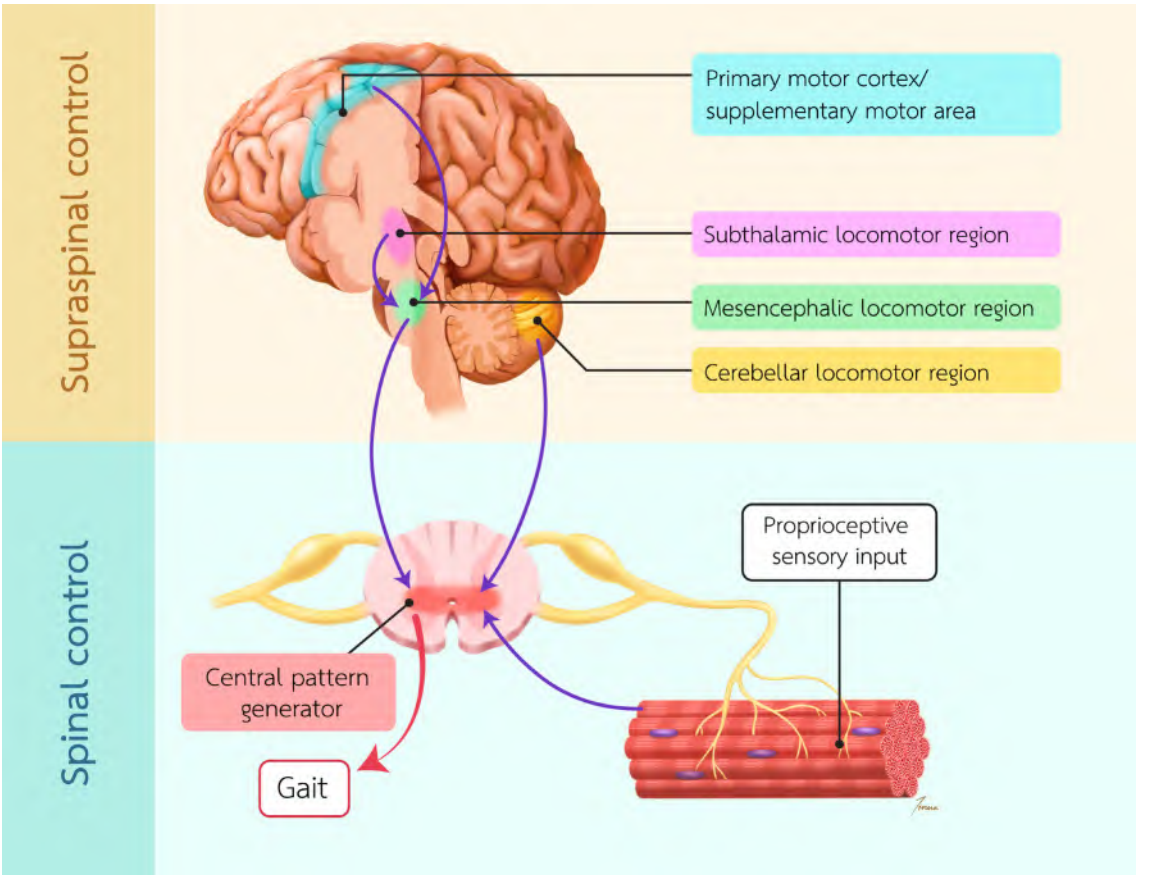

**ภาพที่ 15.1 ระบบประสาทที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเดิน**[1,4] แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระบบประสาทระดับสูง เช่น higher cortices ระดับกลาง เช่น basal ganglia, brainstem และ cerebellum และระดับล่าง เช่น ระบบประสาทส่วนปลาย รวมถึงตาและ vestibular system

## สรีรวิทยาของการเดิน[5,6]

การเดินหรือการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า (locomotion) คือ การเคลื่อนที่โดยขาสองข้างทำงานสลับกันอย่างเป็นจังหวะ ทำให้เคลื่อนไปข้างหน้าร่วมกับการคงสมดุลท่าทางและทรงตัวให้ตั้งตรง (upright posture maintenance) ไปด้วย มีการทำงานประสานกันอย่างซับซ้อนระหว่างการทำงานของระบบประสาทในระดับไขสันหลัง (spinal control) กับระดับที่อยู่เหนือไขสันหลัง (supraspinal control) **(ภาพที่ 15.2)**

### การทำงานในระดับไขสันหลัง (spinal control)[4,7]

ในส่วนของ spinal control สามารถทำให้เกิดการก้าวเดินอย่างเป็นจังหวะด้วย central pattern generator (CPG) ซึ่งเป็นวงจรการทำงาน spinal neuronal network ที่ประสานกันระหว่าง spinal interneuron ในไขสันหลังระดับเอว (lumbar region of spinal cord) สามารถส่งสัญญาณที่เป็นจังหวะ (rhythmic activity) จึงเรียกได้ว่าเป็น rhythm-generating system สามารถทำงานโดยไม่ผ่านการควบคุมจาก supraspinal control และ sensory feedback ที่ไปที่ spinal motor neurons การส่งสัญญาณควบคุมนี้ จะเป็นลักษณะการยับยั้งสลับไปมาระหว่าง flexor กับ extensor muscle groups ทำให้เกิดการก้าวเท้าสลับไปมา เรียกว่า half-centers ทำให้เกิดวงจรการเดิน (gait cycle) ทั้งนี้ central pattern generator สามารถถูกปรับให้เพิ่มหรือลดการทำงานจากการ feedback จากการกระตุ้นภายนอกและภายใน (external and internal stimuli) ผ่าน proprioceptive sensory input (afferent) จากกล้ามเนื้อ เอ็นและข้อ หรือสิ่งแวดล้อม เช่น เมื่อมีสิ่งกีดขวาง โดยรับสัญญาณจากผิวหนัง (skin receptor) รวมถึงถูกควบคุมโดย supraspinal control ได้ เช่น basal ganglia หรือ limbic system




**ภาพที่ 15.2 สรีรวิทยาการเดิน**[5,7] ระบบประสาทส่วนหลักที่มีผลต่อการเดินที่ปกติ ประกอบด้วยระบบประสาทที่ทำงานในระดับเหนือไขสันหลัง (supraspinal control) และระบบประสาทที่ทำงานในระดับไขสันหลัง (spinal control) ระบบประสาทที่ทำงานในระดับเหนือไขสันหลัง ประกอบด้วย higher cortices, subthalamic, mesencephalic และ cerebellar locomotor regions ส่วนระบบประสาทในระดับไขสันหลังประกอบด้วย central pattern generator และระบบประสาทที่รับการกระตุ้นจากภายนอก คือ proprioceptive sensory input

## การทำงานในระดับเหนือไขสันหลัง (supraspinal control)[5,6,7]

Supraspinal control สามารถแบ่งการทำงานได้เป็น 3 ชนิด คือ

**1. Volitional process** เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ตามความต้องการ สั่งการจาก motor cortex และ cortices ที่เกี่ยวข้องไปที่ brainstem และ/หรือ cerebellum และ spinal cord

**2. Emotional process** เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ โดยมีผลจากอารมณ์หรือระบบประสาทอัตโนวัติ สั่งการจาก limbic system เช่น amygdala หรือ hypothalamus ไปที่ brainstem และ spinal cord

**3. Automatic process** เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่เองโดยไม่ต้องสั่งการ มีการส่งสัญญาณจาก brainstem และ cerebellum ไปที่ spinal cord โดยตรง

ทั้งสามกระบวนการนี้มี sensory afferent หรือ sensory feedback จากทั้ง peripheral nervous system ที่ส่งสัญญาณผ่าน spinal cord ขึ้นมาและ special organs เช่น ตาหรือ vestibular organs มาประมวลผลเพื่อทำให้เกิดการประสานงานการเคลื่อนไหวได้อย่างราบรื่นด้วย

Supraspinal control มีการทำงานประสานกันในส่วนของ brainstem, cerebellum, basal ganglia และ higher cortices ดังนี้

**Locomotor regions** ที่สำคัญมี 3 regions ได้แก่

- **Mesencephalic locomotor region (MLR)** อยู่ใน midbrain ทำหน้าที่ควบคุม CPG ทั้งการกระตุ้นและยับยั้ง โดยการกระตุ้นจะผ่าน locus coeruleus และ raphe nuclei ทำให้หลั่ง norepinephrine และ serotonin ตามลำดับ จากนั้นสัญญาณจะส่งผ่านไปที่ ventromedial medullary reticular formation สิ้นสุดที่ spinal neuronal network จึงมีผลต่อ CPG ในทางกลับกันการยับยั้งจะกระทำผ่าน pedunculopontine nuclei ที่อยู่ที่ ventrolateral caudal mesencephalic reticular formation ซึ่งใกล้กับ MLR ทำให้หลั่ง acetylcholine ไปยับยั้ง spinal interneurons ผ่าน dorsolateral medullary reticular formation
- **Subthalamic locomotor region** เป็นส่วนหนึ่งของ lateral hypothalamus รับสัญญาณจาก limbic system มีผลต่อการเคลื่อนไหวที่สัมพันธ์กับอารมณ์ และระบบประสาทอัตโนวัติ โดยส่งสัญญาณไปที่ MLR และ CPG ต่อไป
- **Cerebellar locomotor region** อยู่ในส่วนกลางของ cerebellar white matter รับสัญญาณจาก fastigial nuclei ของ cerebellum ไปกระตุ้น ventrolateral medullary reticular formation ทำให้กระตุ้น rhythm generating system

**Higher cortices** ประกอบด้วย cortex หลายส่วนที่มีผลต่อ postural และ locomotor control ดังนี้

- **Posterior parietal cortex, temporo-parietal cortex, primary somatosensory cortex, visual cortex และ vestibular cortex** มีผลต่อ body schema คือ การทรงตัวของร่างกาย (internal postural model) ที่ต้องปรับไปตามการรับรู้จากสิ่งแวดล้อมภายนอกผ่านทางการสัมผัส การมองเห็นหรือการรับรู้พื้นที่ โดยสมองส่วนเหล่านี้จะทำงานประสานกันเพื่อให้การเคลื่อนไหวราบรื่นแม้มีสิ่งกีดขวางใหม่ ๆ เกิดขึ้นตลอด เช่น เดินผ่านในบริเวณที่มีผู้คนพร้อมกับต้องข้ามถนนไปด้วย
- **Premotor cortex และ supplementary motor cortex** เป็นส่วนที่สำคัญมากต่อการเคลื่อนไหว เนื่องจากทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวและการทรงตัว (postural control) ที่ส่วนลำตัวเป็นหลัก โดยจะส่งสัญญาณผ่าน corticoreticular fibers, pontomedullary reticular formation และ reticulospinal tract ตามลำดับ ไปมีผลต่อ spinal cord ร่วมกับมีการปรับปรุงแก้ไขการเคลื่อนไหวหรือการทรงตัวนั้น โดยอาศัย sensory input ทั้งจากภายในและภายนอกร่างกายที่ได้รับการประมวลผลจากสมองส่วนอื่นมาแล้วด้วย
- **Primary motor cortex** เป็นส่วนที่ควบคุมให้แขนและขาเคลื่อนไหวได้อย่างแม่นยำแม้ร่างกายกำลังเคลื่อนที่ โดยส่งสัญญาณผ่าน corticospinal tract ซึ่งมีการประสานงานกับ corticoreticular fiber และ reticulospinal tract จาก premotor และ supplementary motor cortex
- **Dorsolateral prefrontal cortex** เป็นสมองส่วนที่ทำหน้าที่บริหาร (executive function) เช่น การใช้สมาธิ (attention) ความจำสำหรับใช้งาน (working memory) และการวางแผน เป็นต้น ทำงานประสานกับ posterior parietal, temporoparietal, somatosensory และ visual cortex เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ต้องใช้ปริชาน (cognition) หรือการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน เช่น การทำงานสองอย่างไปพร้อมกัน เช่น การเดินพร้อมกับพูดคุยไปด้วย ซึ่งต้องอาศัยทั้งสมาธิ การคาดการณ์สถานการณ์และการปรับตัว

ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าปริชาน มีความสำคัญต่อ locomotion ด้วยเช่นกัน ผู้ป่วยที่มี cognitive dysfunction จะทำให้การควบคุมการเดินไม่แม่นยำ ไม่ราบรื่นโดยเฉพาะเมื่อไปในสถานที่ไม่คุ้นเคย ทำให้เดินช้าลง หกล้มได้ง่าย รวมถึงผู้ป่วยบางรายอาจมีเดินติด (freezing of gait) ร่วมด้วย

## วงจรการเดิน (Gait cycle)[1]

สามารถแบ่งระยะของการเดินเป็นระยะที่เท้าติดกับพื้น (stance) และระยะที่เท้าพ้นจากพื้น (swing) วงจรของการเดินเริ่มจากส้นเท้าหนึ่งข้างแตะพื้น โดยหนึ่งวงจรการเดินเท่ากับการที่เท้าข้างเดียวกันสัมผัสพื้นสองครั้งในก้าวที่ติดกัน กล่าวคือ มี stance 2 ครั้งต่อเนื่องกันโดยเท้าข้างเดียวกัน ในภาวะปกติความยาวของก้าว (step length) มักกว้าง