

บทที่ 3 ภาษาและสมอง

เด็กเมื่อเกิดมาพูดไม่ได้ จะพูดได้ก็ต่อเมื่อเปลือกนอกของสมองเริ่มทำงาน

Joshua Whatmore: *Language: A Modern Synthesis*

บางท่านจะสงสัยว่าทำไมเราจึงเรียนเรื่องสมองและส่วนต่างๆ ของสมองด้วย ทั้งๆ ที่เรามีไซแพทย์ แต่เราจะต้องไม่ลืมว่าสมองมีส่วนสัมพันธ์กับภาษาและการเรียนรู้ ภาษาของมนุษย์อยู่มาก ความเข้าใจการทำงานของสมองก็จะช่วยให้เราเข้าใจกลไกที่เกิดขึ้นในสมองได้ดีขึ้น ปัจจุบันนี้ภาษาศาสตร์เชิงประสาท (Neurolinguistics) อันเป็นศาสตร์ที่ศึกษาพื้นฐานทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวกับภาษาและกลไกของสมองที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ภาษาและการใช้ภาษา ยังนับว่าอยู่ในระยะเริ่มต้น จะต้องมีการศึกษาค้นคว้าอีกมาก

การศึกษาเรื่องกลไกของสมองนี้เมื่อเริ่มกับคนธรรมดาไม่ค่อยก้าวหน้าไปนัก จนกระทั่งเมื่อเดือนกันยายน ค.ศ. 1848 มีชายคนหนึ่งชื่อ Phineas Gage เป็นหัวหน้าคนงานก่อสร้างถนนถูกท่อนเหล็กขนาดยาว 4 ฟุตกระเด็นมาถูกหัวจนสมองทะลุเป็นช่องเข้าไป เขาไม่เป็นอะไรนอกจากค่อนข้างเอาใจตัวเองและเจ้าอารมณ์ แต่เขาก็ยังมีอายุต่อไปได้อีก 12 ปี ทุกคนเห็นว่าเป็นเรื่องประหลาดจึงเริ่มศึกษาการทำงานของสมองของเขา เขาเองก็ได้เงินไม่น้อยในการออกแสดงร่วมกับคณะละครสัตว์ไปทั่วสหรัฐอเมริกา เพื่อสนองความต้องการของคนที่ยากเห็นตัวเขาและท่อนเหล็กที่กระเด็นถูกหัวเขา สิ่งที่ทุกคนสงสัยและอยากรู้ก็คือว่า ทั้งๆ ที่สมองของเขาเกิดอุบัติเหตุเช่นนี้แล้ว ทำไมสติปัญญา ความสามารถทางสมองของเขาไม่กระทบกระเทือนเลย

ส่วนประกอบของสมอง

สมองเป็นส่วนที่ซับซ้อนและสำคัญที่สุดของร่างกาย ทุกคนทราบดีว่า สมองอยู่ใต้กะโหลกศีรษะ มีเซลล์ประสาท (neuron) ประมาณ 10 พันล้านเซลล์ เซลล์ประสาทเหล่านี้รวมกันอยู่ที่เปลือกนอกของสมอง (cerebral cortex) สีของเซลล์ประสาทค่อนข้างคล้ำ ทำให้เนื้อเปลือกสมองมีสีคล้ำกว่าเนื้อสมองภายในหรือใต้เปลือกสมองเข้าไปและได้ชื่อเรียกว่า “เนื้อสีเทา” (gray matter) ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ประสาทเรียงกันอยู่เป็นชั้นๆ ไม่น้อยกว่า 6 ชั้น

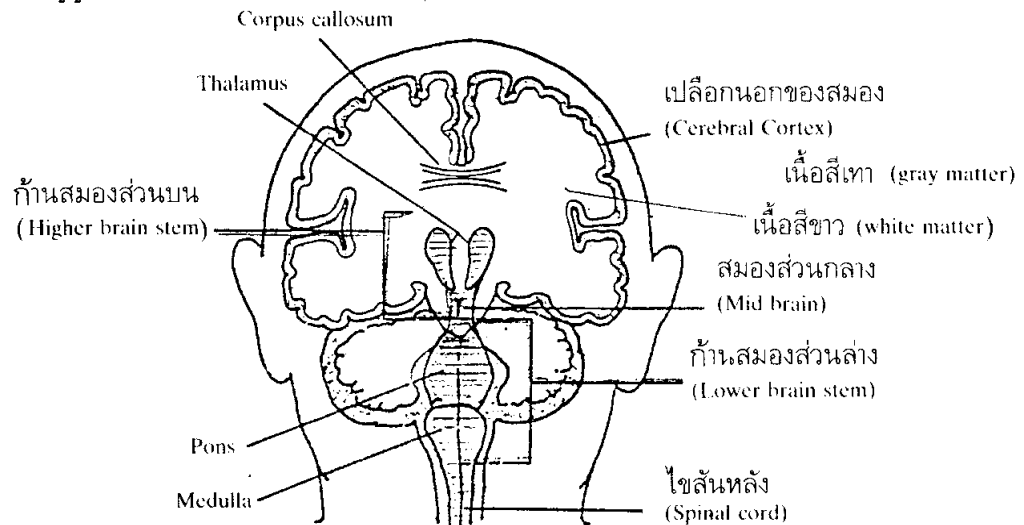
ใต้เปลือกสมองเข้าไป มีเนื้อสมองประกอบด้วยกิ่งยื่น (process) ของเซลล์ประสาท ซึ่งรวมกันเป็นใยประสาท (nerve fibers) ทั้งกิ่งของเซลล์ประสาทและใยประสาท มีสีขาวนวลอ่อน ๆ ทำให้เนื้อสมองส่วนที่อยู่ใต้หรือภายในของเปลือกสมองเข้าไปมีสีขาวกว่าเนื้อสมองและได้ชื่อเรียกว่า “เนื้อสีขาว” (white matter) ซึ่งประกอบด้วยใยประสาทต่อเนื่องกับเซลล์ประสาทและส่วนต่าง ๆ ของสมองและไขสันหลัง

ทั้งสมองและไขสันหลังรวมกันเป็นระบบประสาทส่วนกลาง (Central Nervous System or CNS) ซึ่งเป็นศูนย์กลางการทำงานติดต่อประสานกันทั้งในระหว่างสมองและไขสันหลังเอง กับเส้นประสาทต่าง ๆ ทั้งที่ออกจากสมองและไขสันหลังไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เพื่อควบคุมบังคับบัญชาระบบต่าง ๆ ทุกระบบของร่างกายให้ทำงานได้ดีและสัมพันธ์กัน

ระบบประสาทส่วนกลางควบคุมร่างกายโดยรับพลังประสาทรู้สึก (sensory nervous impulses) จากเส้นประสาทรู้สึก (sensory nerves) ส่วนนอก แล้วแยกแยะ ถ่ายทอด แปล และอาจได้ตอบกลับออกไปในลักษณะสั่งงานโดยส่งพลังประสาทสั่งงาน (motor nervous impulses) ไปตามเส้นประสาทสั่งงาน (motor nerves) ไปยังส่วนนอกของร่างกาย

เซลล์ประสาทประกอบด้วยตัวเซลล์และกิ่ง (process) ซึ่งยื่นออกจากตัวเซลล์และกิ่งมีอยู่ 2 ชนิดคือ กิ่งรับ (dendrite) ซึ่งทำหน้าที่รับพลัง (impulse) หรือพลังประสาทเข้ามาสู่ตัวเซลล์และกิ่งส่ง (axon) ซึ่งทำหน้าที่ส่งพลังประสาทออกไปจากตัวเซลล์

ในระบบประสาทส่วนกลางนี้โครงสร้างส่วนบนมีความสลับซับซ้อนกว่าโครงสร้างส่วนล่าง (ดูรูปที่ 3.1) โครงสร้างส่วนล่างสุดคือ ไขสันหลังเป็นชุมทางของประสาท ทำหน้าที่



รูปที่ 3.1

ระบบประสาทส่วนกลาง (CNS)

ภาพจาก Akmajian, Demers, and Harnish. Linguistics. (Cambridge, MA, 1979), p. 331.

เป็นตัวกลางสื่อสารระหว่างสมองและส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เนื้อไซสตันหลังขึ้นไปเป็นก้านสมอง (brain stem) ซึ่งมี ส่วนล่าง ส่วนกลาง และส่วนบนทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมหน้าที่ที่สำคัญแก่ชีวิตได้แก่ การหายใจ การเต้นของหัวใจ การทำงานยึดหดของเส้นเลือด การใช้จ่ายพลังงาน การใช้จ่ายน้ำ การควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย ความหิว ความกระหาย ความรู้สึกทางเพศและการสืบพันธุ์

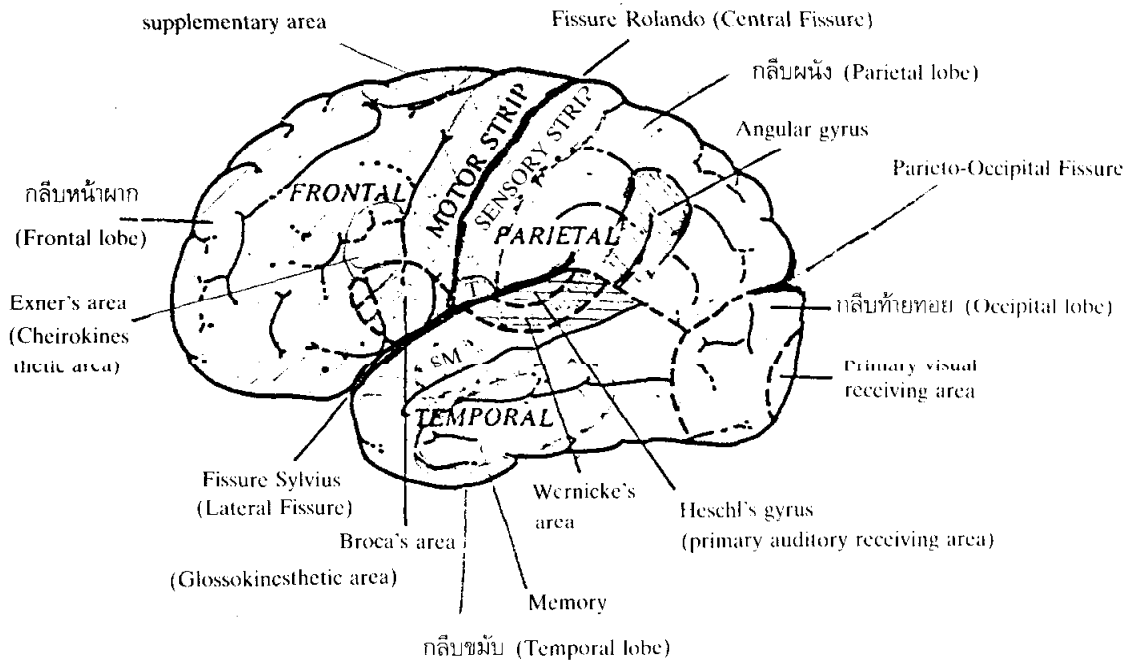
โครงสร้างของระบบประสาทส่วนบน และระบบประสาทส่วนบนสุดก็ได้แก่ซีกสมองทั้ง 2 ซีก ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบกิจกรรมต่าง ๆ ที่สมองสั่ง สมองทั้งสองซีกนี้ดูภายนอกแล้วคล้ายกันมาก ประกอบด้วยเนื้อสมองซึ่งเป็นรอยนูน สัน หรือ ลอน (gyrus or convolution) โดยทั่วไปข้าง ๆ รอยนูนมีรอยบุ๋มเป็นร่อง (sulcus) ร่องเหล่านี้บางร่องเป็นร่องลึกหรือรอยแยก (fissure) ดูรูปที่ 3.2

กลีบ (lobe) ของสมอง

ร่อง (sulcus) ร่องลึกหรือรอยแยก (fissure) และรอยนูนมีความสำคัญใช้แยกสมองแต่ละซีกออกเป็นอาณาเขตใหญ่ 4 กลีบ (lobes) คือ

1. กลีบหน้าผาก (frontal lobe)
2. กลีบขมับ (temporal lobe)
3. กลีบข้างหรือกลีบผนัง (parietal lobe)
4. กลีบท้ายทอย (occipital lobe)

ในรูปที่ 3.2 จะเห็นรอยแยก Sylvius แยกกลีบหน้าผากออกจากกลีบขมับและรอยแยก Rolando หรือรอยแยกกลาง (central fissure) แยกกลีบหน้าผากออกจากกลีบข้าง ส่วนร่อง parieto-occipital แบ่งแยกกลีบข้างออกจากกลีบท้ายทอยเฉพาะทางด้านบนเล็กน้อยเท่านั้น ไม่มีร่องใดแยกกลีบสมองสองกลีบนี้ออกจากกันโดยสมบูรณ์ สมองสองกลีบนี้จะแยกกันได้แน่นอนก็โดยอาศัยการส่องกล้องจุลทรรศน์ดูเท่านั้น นอกจากนี้ร่องและรอยนูนยังแบ่งสมองออกเป็นบริเวณ (area) ต่าง ๆ ดังจะได้กล่าวต่อไป



รูปที่ 3.2

ลักษณะด้านนอกของสมองซีกซ้าย

แสดงการแบ่งออกเป็นกลีบ (lobes) และบริเวณ (area) ที่สำคัญๆ

SM บริเวณรับกลิ่น (smell area) T บริเวณรับรส (taste area)

บริเวณ (areas) เปลือกนอกของสมอง

ภายในสมองแต่ละซีก คือ ที่เปลือกนอกของสมอง มีบริเวณต่างๆ ซึ่งทำหน้าที่เฉพาะอย่างที่สำคัญเต็มไปหมด แต่ที่เราควรรู้เกี่ยวกับภาษาหรือการพูดมีอยู่ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. บริเวณสั่งงานและบริเวณรู้สึกทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการพูดและมีอยู่แล้วก่อนคลอด
2. บริเวณสั่งงานและบริเวณรู้สึกควบคุมการพูดโดยตรง และเกิดขึ้นภายหลังคลอด

บริเวณสั่งงานและบริเวณรู้สึกทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการพูดและมีอยู่แล้วก่อนคลอด มีอยู่ 3 บริเวณคือ

1. **บริเวณสั่งงาน (motor strip or motor area)** เป็นบริเวณมีเนื้อที่ผืนยาวตั้งอยู่ที่รอยนูนในกลีบหน้าผาก (frontal lobe) อยู่ข้างหน้าและขนานกับรอยแยก Rolando หรือรอยแยกกลาง (central fissure) มีหน้าที่ควบคุมสั่งงานเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อได้อำนาจจิตทั่วร่างกายรวมทั้งกล้ามเนื้อต่างๆ ที่ออกเสียงหรือที่ขีดเขียนเครื่องหมายต่างๆ ทางภาษาแต่ไม่อาจ

ออกเสียงเป็นคำพูดหรือเขียนตัวอักษรหรือเครื่องหมายทางภาษาเขียนได้ จนกว่าจะได้รับคำสั่งจากบริเวณสั่งงานการพูดโดยตรง

2. **บริเวณรู้สึกทั่วไป (ordinary sensory strip or area)** (ดูรูปที่ 3.2) เป็นบริเวณผืนที่ยาวตั้งอยู่ที่รอยนูนของกลีบผนังข้างหลังรอยแยก Rolando มีหน้าที่รับความรู้สึกทั่วไปของร่างกาย ได้แก่ ความรู้สึก เจ็บ ปวด ร้อน หนาว สัมผัส และความรู้สึกการเคลื่อนไหว เป็นต้น ทำให้เกิดความจำและความรู้ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการพูดการเขียนต่อไป

บริเวณสั่งงานและบริเวณรู้สึกทั่วไป 2 บริเวณนี้ ควบคุมร่างกายในลักษณะกลับกันสองทาง คือ ส่วนบนของบริเวณสั่งงาน สั่งงานร่างกายส่วนล่าง ส่วนบนของบริเวณรู้สึกรับความรู้สึกจากร่างกายส่วนล่าง และส่วนล่างของบริเวณสั่งงาน สั่งงานร่างกายส่วนบน บริเวณรู้สึกส่วนล่าง รับความรู้สึกจากร่างกายส่วนบน เป็นการควบคุมร่างกายกลับส่วนบนส่วนล่างลักษณะหนึ่ง บริเวณสั่งงานและบริเวณรู้สึกของสมองซีกขวา ควบคุมร่างกายซีกซ้ายและบริเวณสั่งงานและบริเวณรู้สึกของสมองซีกซ้ายควบคุมร่างกายซีกขวาเป็นการควบคุมร่างกายกลับข้างกัน อีกลักษณะหนึ่ง

3. **บริเวณรู้สึกเฉพาะ (special sensory areas)** เป็นบริเวณซึ่งรับความรู้สึกพิเศษ (special senses) ได้แก่

- บริเวณรับกลิ่น (smell area) อยู่ที่กลีบขมับ (temporal lobe)
- บริเวณรับรส (taste area) อยู่ที่กลีบผนัง (parietal lobe) ใกล้ปลายสุดของบริเวณรู้สึกทั่วไป
- บริเวณรับเสียงหรือบริเวณได้ยินเสียง (auditory area) หรือบริเวณ Heschl อยู่ที่กลีบขมับ บริเวณนี้รับเสียงต่างๆ รวมทั้งคำพูด เฉพาะคำพูดบริเวณนี้เพียงแต่รับ แต่ไม่เข้าใจความหมาย
- บริเวณรับแสงหรือบริเวณการเห็น (visual area) อยู่ที่กลีบท้ายทอย (occipital lobe) ทำหน้าที่รับแสงหรือการเห็นแต่เฉพาะตัวหนังสือ ตัวเขียน หรือเครื่องหมายต่างๆ ในภาษาเขียน บริเวณนี้เพียงแต่รับเฉยๆ แต่ไม่เข้าใจความหมาย

บริเวณสั่งงานและบริเวณรู้สึกควบคุมการพูดโดยตรงและเกิดขึ้นภายหลังคลอด

การพูดหรือการสื่อสารทางภาษา มีกิจกรรม 2 ประเภทใหญ่และประกอบด้วยกิจกรรม 4 อย่างคือ

1. **กิจกรรมสั่งงาน (motor activity)** ได้แก่

- การพูด

- การเขียน

2. กิจกรรมรู้สึก (sensory activity) ได้แก่

- การฟัง
- การเห็น (การอ่าน)

กิจกรรมทั้ง 2 อย่างนี้ไม่ได้เกิดขึ้นเองในสมองตั้งแต่ก่อนคลอด แต่เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นและพัฒนาได้ด้วยการหัดและฝึกฝนอบรมภายหลังคลอด เมื่อเด็กค่อย ๆ มีความรู้ในสิ่งต่าง ๆ ที่เข้ามาสัมผัสกับชีวิตมากขึ้น สมองเริ่มสร้างและพัฒนาศูนย์การพูดและภาษาขึ้น ในบริเวณต่าง ๆ ที่เปลือกนอกของสมอง

ศูนย์การพูดโดยตรง (speech centers) ที่ร่างกายสร้างขึ้นใหม่นี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. ศูนย์สั่งงานการพูด (motor speech centers)
2. ศูนย์รู้สึกของการพูด (sensory speech centers)

บริเวณซึ่งเป็นที่อยู่ของการพูด เรียกว่า บริเวณการพูด (speech areas) และแบ่งออกเป็น

1. บริเวณสั่งงานการพูด (motor speech areas)
2. บริเวณรู้สึกของการพูด (sensory speech areas)
3. บริเวณความจำ (memory areas)

บริเวณสั่งงานการพูด (motor speech areas) มี 3 แห่งคือ

1. บริเวณ Broca (Broca's speech motor area)

บริเวณนี้เกิดขึ้นที่รอยนูนของกลีบหน้าผาก (frontal lobe) ข้างหน้าปลายของบริเวณสั่งงาน (motor strip) เป็นบริเวณการพูดที่มีชื่อเสียงที่สุด เพราะเป็นบริเวณแรกที่ค้นพบตั้งแต่ ค.ศ. 1865 และมีวิธีทดสอบได้แม่นยำ ไม่มีหน้าที่สั่งงานให้กล้ามเนื้อออกเสียงเป็นคำพูดโดยตรง แต่ควบคุมสั่งงานบริเวณสั่งงาน (motor strip) ให้สั่งกล้ามเนื้อซึ่งมีหน้าที่ออกเสียงให้ออกเป็นเสียงคำพูด กล้ามเนื้อเหล่านี้ได้แก่ กล้ามเนื้อของกล่องเสียง (larynx) เส้นเสียง (vocal cords) ของกล่องเสียง กล้ามเนื้อในคอหอย (pharynx) เพดานแข็ง (palate) ริมฝีปากและกล้ามเนื้อที่หน้า เป็นต้น

ถ้าบริเวณสั่งงานทั่วไปของร่างกาย (motor strip) ชำรุด เช่น ในคนไข้อัมพาต คนไข้ออกเสียงไม่ได้หรือออกเสียงได้ไม่ชัด

ในคนที่บริเวณสั่งงานดี แต่บริเวณ Broca ไม่ดีหรือยังไม่เกิดขึ้น เช่น ในเด็กเกิดใหม่ คนหรือเด็กอาจออกเสียงได้ดี แต่ไม่เป็นคำพูดที่มีความหมาย เปรียบได้เหมือนเป่าขลุ่ย โดยไม่ได้วางนิ้วให้ถูกช่อง จะเป่าให้มีเสียงก็ได้ แต่ไม่มีเสียงดนตรีตามต้องการ เมื่อใดเราควบคุมเสียงโดยจรดนิ้วปิดเปิดช่องต่างๆ ให้ถูกต้อง ซึ่งเปรียบได้กับอำนาจควบคุมทางบริเวณ Broca เสียงจะเกิดขึ้นถูกต้องและมีความหมายทางภาษาดนตรี

ในคนไข้ที่บริเวณ Broca เสียไป จะเป็นเพราะโรคหรือการบาดเจ็บก็ตาม คนไข้มีภาวะ เรียกว่า “ภาวะขาดอำนาจควบคุมการพูด หรือ motor aphasia” หรือ “ภาวะขาดความสามารถแสดงออกทางความคิดหรือ expressive aphasia”

เนื่องจากการควบคุมการพูดของบริเวณ Broca เป็นการควบคุมการออกเสียง ซึ่งมีเส้น เป็นอวัยวะสำคัญ ศูนย์ในบริเวณ Broca จึงมีชื่อทางเทคนิคว่า “glossokinesthetic center” (glosso = tongue + kinesthetic = concerning with movement + center (Best and Taylor 1950: 1031)

2. บริเวณ Exner (Exner's area) บริเวณนี้เป็นบริเวณสั่งงานการพูดอีกบริเวณหนึ่ง อยู่ที่ รอยนูนที่กึ่งหน้าผากเหนือบริเวณ Broca เล็กน้อย (ดูรูปที่ 3.2) มีหน้าที่ควบคุมสั่งงานให้ บริเวณสั่งงาน (motor strip) สั่งให้กล้ามเนื้อต่างๆ ของแขนและมือ(หรือขา) เคลื่อนไหวเขียน ตัวอักษร หรือคำ หรือภาพเครื่องหมายต่างๆ ในทางภาษาเขียน

บริเวณนี้ค้นพบภายหลังที่ค้นพบบริเวณ Broca แต่ในอดีตความสนใจในทางสรีรวิทยาเกี่ยวกับภาษามุ่งไปในทางการพูดมากกว่าการเขียน จึงทำให้บริเวณนี้ได้รับความสนใจ น้อย แม้จะถือว่าบริเวณนี้เป็นบริเวณสั่งงานการพูดอย่างหนึ่งก็ตาม แต่ในหน้าที่โดยตรง บริเวณนี้เป็นบริเวณสั่งงานการเขียน (motor writing center) หรือนิยมเรียกว่าบริเวณ Exner หรือบริเวณการเขียนของ Exner (Exner's writing area) (Nielsen 1946) และในปัจจุบันความ เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ ทำให้มีความเห็นว่า บริเวณนี้มีหน้าที่จัดกำหนดงานทางการเขียน (programming function for writing) ส่วนบริเวณ Broca จัดกำหนดงานทางการพูด (programming function for speech) (Lance and McLeod 1981: 343)

ในคนไข้ที่บริเวณนี้ (Exner's area) เสียไป กล้ามเนื้อนิ้วและแขน ยังสามารถเคลื่อนไหวขีดเขียนเป็นรูปหรือเครื่องหมายต่างๆ ได้ แต่ไม่มีความหมายในทางภาษาและภาวะที่ เกิดขึ้นเรียกว่า “ภาวะขาดอำนาจควบคุมการเขียน หรือ agraphia”

อนึ่ง เนื่องจากศูนย์ของบริเวณนี้ ควบคุมการเขียนซึ่งมีมือเป็นสำคัญ ศูนย์นี้ จึงมีชื่อทางเทคนิคว่า “cheirokinesthetic center (cheiro = hand + kinesthetic = concerning with movement + center) (Best and Taylor 1950: 1031)

3. **บริเวณสั่งงานเสริม (supplementary motor area)** (ดูรูปที่ 3.2) อยู่ที่รอยนูนตอนบนของเปลือกนอกของสมองกลีบหน้าผากข้างหน้าบริเวณสั่งงาน (motor strip) มีหน้าที่สั่งและควบคุมให้บริเวณสั่งงานบังคับให้กล้ามเนื้อกล่องเสียง และกล้ามเนื้อที่หน้าทำงานออกเสียงในการพูด ทั้งทำให้ตาและศีรษะเคลื่อนไหว บริเวณสั่งงานเสริมนี้ Penfield and Roberts (1959) กล่าวว่า ตัดทิ้งออกได้โดยไม่ทำให้การพูดเสียหาย แต่จะมีความสำคัญ ถ้าบริเวณสั่งงานการพูดแห่งอื่นชำรุดหรือได้รับอันตราย

บริเวณรู้สึกของการพูด (sensory speech areas) มีอยู่ 2 บริเวณ คือ

1. **บริเวณได้ยินเสียงของการพูด (auditory speech area)** หรือบริเวณ Wernicke (Wernicke's area) (ดูรูปที่ 3.2) เป็นบริเวณอยู่ที่รอยนูนของกลีบขมับ (temporal lobe) ติดกับบริเวณได้ยินเสียง (auditory area or Heschl's area) ซึ่งมีหน้าที่ต่างกัน ส่วนบริเวณได้ยินเสียงธรรมดาหรือบริเวณ Heschl ทำหน้าที่รับคำพูดหรือเสียงต่าง ๆ แต่ไม่เข้าใจความหมาย

ต่อเมื่อใดความรู้สึกหรือพลังประสาทรู้สึกจากบริเวณได้ยินเสียงถูกนำโดยใยประสาทเชื่อมสมอง (association fibers) ไปยังบริเวณได้ยินเสียงของการพูดหรือบริเวณ Wernicke เราจึงจะรู้ความหมายของคำพูด จึงกล่าวได้ว่า บริเวณ Wernicke เป็นที่เก็บข้อมูลหรือความทรงจำของคำพูด ถ้าเมื่อใดบริเวณนี้เป็นโรคหรือชำรุดเสียหายไป คนไข้ก็ยังได้ยินเสียงต่าง ๆ ทางภาษาหรือคำพูดทุกอย่างชัดเจนเช่นเดิม แต่ไม่รู้ความหมายเปรียบเหมือนเด็กยังไม่เคยหัดพูด หรือคนไม่เข้าใจภาษาใหม่

ภาวะที่เกิดขึ้นได้ดังกล่าวข้างบนนี้ เรียกว่า “word-deafness หรือภาวะหนวกคำพูด คือ ภาวะปราศจากความเข้าใจของคำพูดที่ได้ยิน หรือ auditory aphasia” ซึ่งเป็น sensory or receptive aphasia (ภาวะไม่เข้าใจความหมายของความรู้สึกที่ได้รับ) อย่างหนึ่ง

นอกนั้นบริเวณ Wernicke ยังมีหน้าที่เกี่ยวกับการเลือกความคิดที่จะแสดงออกทางคำพูด (choice of thought to be expressed) โดยบริเวณ Broca

2. **บริเวณการเห็นของการพูด (visual speech area)** เป็นบริเวณที่รอยนูนรูปมุม (angular gyrus) ของกลีบผืน (parietal lobe) ซึ่งอยู่ติดกับบริเวณ Wernicke ในกลีบขมับมีหน้าที่แปลความหมายของภาษาเขียนหรือตัวอักษรที่บริเวณการเห็น (visual area) ในกลีบท้ายทอย (occipital lobe) รับได้

บริเวณการเห็นของการพูด เป็นบริเวณเก็บข้อมูลหรือความทรงจำของคำหรือภาษาเขียน ถ้าเมื่อใดบริเวณนี้เป็นโรคหรือชำรุดเสียหายไป คนไข้จะยังมองเห็นภาพต่าง ๆ หรือเครื่องหมายหรือ อักษรภาษาเขียนได้ดังเช่นเดิม เพราะบริเวณการเห็นยังดีอยู่ แต่ไม่รู้ความหมายของภาพที่มองเห็นเหมือนเด็กที่ยังไม่เคยเขียนหนังสือ ภาวะที่เกิดขึ้นดังกล่าวนี้ เรียกว่า “word-blindness หรือภาวะบอดตัวหนังสือ” คือ “ภาวะปราศจากความเข้าใจของตัวหนังสือ หรือ visual aphasia” ซึ่งเป็น sensory or receptive aphasia อีกชนิดหนึ่ง นอกนั้นบริเวณการเห็นของการพูดยังมีหน้าที่เกี่ยวกับการเลือกคำที่จะใช้ในการแสดงความคิดออก (choice of words for thought to be expressed)

บริเวณสั่งงานการพูด (3 บริเวณ) และบริเวณรู้สึกของการพูด (2 บริเวณ) รวมเป็น 5 บริเวณ มีการทำงานเชื่อมโยงซึ่งกันและกันด้วยใยประสาทเชื่อมสมอง (association fibers) ของซีกสมองแต่ละซีก

บริเวณได้ยินของการพูด หรือบริเวณ Wernicke และบริเวณการเห็นของการพูด คือ เห็นและเข้าใจความหมายของตัวหนังสือ (visual auditory area) ภายหลังที่ Wernicke ได้ค้นพบบริเวณ Wernicke ใน ค.ศ. 1874 แล้วไม่นาน บรรดาผู้เชี่ยวชาญทางกายวิภาคศาสตร์ และสรีรวิทยาของสมองโดยเฉพาะเกี่ยวกับการพูดได้ถือว่า เป็นบริเวณเดียวกันและเรียกชื่อ บริเวณที่เกิดจากการรวมสองบริเวณนี้เสียใหม่ว่าย่าน Wernicke (Wernicke's zone)

aphasia ซึ่งเกิดจากการเสื่อมในการทำงานของบริเวณ Wernicke หรือบริเวณ visual auditory area หรือย่าน Wernicke ใช้ชื่อรวม ๆ ว่า “sensory or receptive aphasia” หรือ “ภาวะความไม่เข้าใจความหมายของความรู้สึกที่ได้รับ (คือคำพูดและตัวอักษร)”

3. บริเวณความจำหรือที่เก็บความจำ (memory areas)

บริเวณความจำเป็นบริเวณกว้าง ๆ เฉพาะที่เปลือกนอกของสมอง บริเวณความจำที่กลีบขมับ (temporal lobe) เป็นแหล่งใหญ่ในการเก็บความจำ ข้อมูลหรือสิ่งที่เก็บไว้เป็นความจำได้แก่ ความรู้สึกหรือข้อสนเทศทั้งหลาย (sensations or information) ที่สมองได้รับเข้าสู่บริเวณรู้สึกทั่วไป (sensory strip) ซึ่งอยู่ทางด้านหลังของรอยแยก Rolando และบริเวณรู้สึกพิเศษต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว (ดูรูปที่ 3.2) เปรียบประหนึ่งหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์

ในการเก็บความจำ สมองเก็บไว้ในลักษณะของกระสวน (patterns) มีบริเวณรู้สึกต่าง ๆ รับและแปลไว้ซึ่งอาจผิดไปจากความเป็นจริงบ้างก็ได้

บริเวณความจำนี้อยู่ในกลีบขมับของสมองทั้งสองซีก อย่างไรก็ตาม ความจำที่เกี่ยวกับตัวหนังสือหรือตัวเขียน (verbal memory) จะอยู่เฉพาะในสมองซีกซ้ายในคนถนัดขวา

บริเวณพูดทั้ง 2 แห่ง ดังที่กล่าวมาแล้วเกิดขึ้นและมีอำนาจควบคุมในลักษณะกลับข้าง คือเกิดขึ้นในสมองซีกซ้ายในคนถนัดขวา และเกิดขึ้นในสมองซีกขวาในคนถนัดซ้าย

บริเวณ Broca มีความสำคัญในการควบคุมบริเวณสั่งงาน (motor strip) ให้สั่งกล้ามเนื้อทำหน้าที่เกี่ยวข้องในการออกเสียง แต่บริเวณ Broca ทำงานไปตามข้อมูลที่มีอยู่ในบริเวณรู้สึกทั่วไป บริเวณรู้สึกเฉพาะ บริเวณรู้สึกของการพูดและบริเวณความจำ

หนึ่งเห็นเป็นการสมควรกล่าวไว้ในตอนนี้ว่า ในอดีตโดยเฉพาะเมื่อ Broca ได้ค้นพบบริเวณ motor speech area และซึ่งต่อมาได้ชื่อว่า เป็นบริเวณ Broca แล้ว ความสนใจเกี่ยวกับกิจกรรมของสมองต่อการพูดและภาษา อยู่ที่บริเวณ Broca เป็นส่วนใหญ่ แต่นับจากการค้นพบบริเวณ Wernicke และบริเวณ angular gyrus เป็นต้นมา ประกอบกับการศึกษาค้นคว้าเรื่องสมองทั้งในสัตว์ทดลองและในคนมากขึ้น ปรากฏชัดเจนว่า สิ่งที่กำหนดหรือควบคุมการทำงานของสมองในกิจกรรมทางภาษาหรือการพูดนั้น คือ ความรู้สึกหรือข้อสนเทศ (information) ที่สมองได้รับ แล้วเก็บรวบรวมไว้เป็นข้อมูลเพื่อใช้ในภายหลัง หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่า ภาษาหรือการพูดการเขียนอาศัยรูปหรือรูปแบบในความทรงจำ (memory pictures or memory patterns) เป็นรากฐาน

ความจริงข้อนี้จะเห็นได้ชัดเจนว่า ผู้ใดได้มีความรู้สึกหรือความรู้เป็นประสบการณ์มาก คือ ได้รู้ ได้ยิน ได้เห็น เคยได้กลิ่น ได้รสและความสัมผัสมาก โอกาสที่จะเป็นผู้ใช้ภาษาหรือการพูดได้ย่อมมีมาก

สำหรับในตอนต้นนี้ aphasia ที่สำคัญมี 5 อย่างคือ

1. motor aphasia or expressive aphasia 2 อย่าง

- Broca's motor aphasia
- Exner's motor aphasia (agraphia)

2. sensory or receptive aphasia 2 อย่าง

- auditory sensory aphasia (word-deafness)
- visual sensory aphasia (word-blindness)

3. amnemonic aphasia (amne = negative + monic = remembrance or record + aphasia) ภาวะภาษาบกพร่องเนื่องจากการลืม

ในส่วนที่เป็นสมองซีกซ้ายและขวา ซึ่งอยู่ได้เปลือกนอกของสมอง ประกอบด้วยใยประสาท 3 ชนิดซึ่งเป็นเครือข่ายการสื่อสารของประสาทที่ซับซ้อนอย่างยิ่ง ได้แก่

1. โยประสาทเชื่อมสมอง (association fibers) ทำหน้าที่เชื่อมส่วนต่างๆ ที่อยู่ในสมองซีกเดียวกัน

2. โยประสาทประสาน (commisural fibers) ทำหน้าที่ประสานส่วนต่างๆ ในซีกสมองทั้งสองซีกเข้าด้วยกัน

3. โยประสาทโยง (projection fibers) ทำหน้าที่เชื่อมโยงเปลือกนอกของสมองสมองส่วนกลางและไขสันหลัง

เฉพาะโยประสาทประสานซึ่งทำหน้าที่ประสานส่วนต่างๆ ในสมองทั้งสองซีกเข้าด้วยกันนี้ เมื่อรวมกันเข้าเป็นทางหนา เรียกว่า corpus callosum เป็นตัวการที่ทำให้สมองทั้งสองซีกสื่อสารกันได้ด้วยพลังประสาทซึ่งเป็นพลังไฟฟ้า Eccles (1972) ประมาณว่า corpus callosum มีโยประสาท ราว 200 ล้านใยและส่งพลังประสาท 20 ครั้งต่อวินาที ฉะนั้นใน 1 วินาทีจะรับพลังประสาทได้ 4 พันล้านครั้ง

สิ่งที่น่าสนใจสำหรับสมองสองซีกนี้ก็คือน่าสนใจสำหรับสมองสองซีกนี้ก็คือน่าสนใจว่า สมองซีกขวาควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายซีกซ้าย และสมองซีกซ้ายควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายซีกขวา เป็นต้นว่าเราจะใช้มือขวาเกาคิ้ว จะต้องใช้สมองซีกซ้ายเป็นผู้สั่ง และนอกนั้นยังควบคุมในทางกลับหัวอีก คือส่วนล่างของบริเวณสั่งงาน (motor cortex) ควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนบน และส่วนบนของบริเวณสั่งงานควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนล่าง

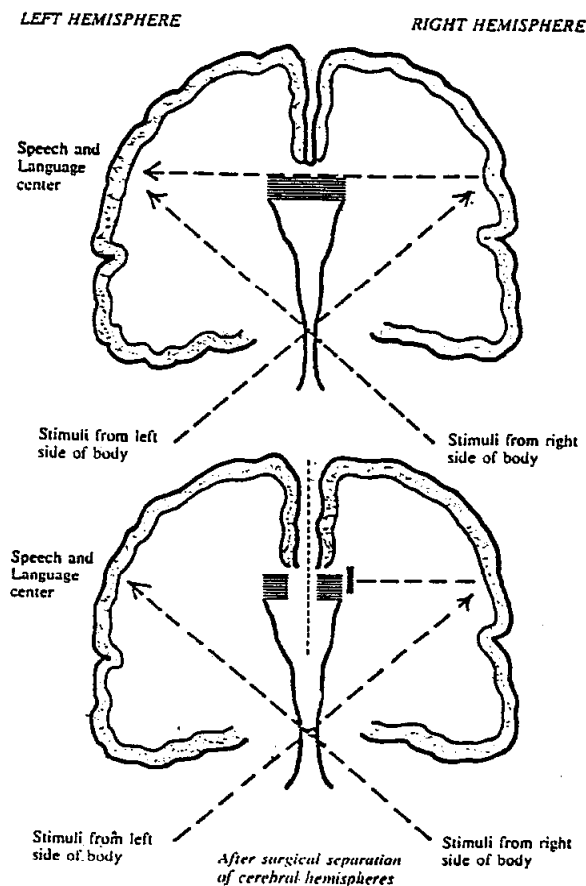
อีกสิ่งหนึ่งที่น่าสนใจคือตามปกติระบบประสาทของร่างกายอยู่ในลักษณะสมมาตรหมายความว่า สองข้างเหมือนกัน แต่สมองมนุษย์กลับไม่เป็นเช่นนั้น จะเห็นได้ว่าเมื่อเด็กค่อยๆ เจริญเติบโตขึ้น สมองก็จะค่อยๆ พัฒนาไปในลักษณะที่ทำหน้าที่เฉพาะอย่างขึ้น จนกระทั่งเด็กอายุประมาณ 5 ขวบ ลักษณะสมองพัฒนาด้านเดียวเพื่อทำหน้าที่เฉพาะอย่าง (lateralization) ก็จะมีสมบูรณ์ (Krashen and Harshman, 1972: 174) เมื่อก่อนเคยเชื่อกันว่า ลักษณะอสมมาตรนี้เกิดกับมนุษย์เท่านั้น แต่ปัจจุบันพบในสัตว์ เช่น นกคีรีบุร และนกคีรีบุรหลายเป็นต้น

เป็นที่ทราบกันมานานแล้วว่า คนอายุยิ่งมากยิ่งเรียนภาษาได้ช้า Lenneberg (1976) พบว่าลักษณะสมองพัฒนาด้านเดียวมีความสัมพันธ์ต่อการเรียนรู้ภาษา เขากล่าวว่าเมื่อเด็กเกิดใหม่ๆ สมองทั้งสองซีกก็ได้ทำหน้าที่เฉพาะอย่าง ถึงแม้ว่าโครงสร้างและส่วนประกอบของสมองทั้ง 2 ซีกจะต่างกัน แต่ถึงกระนั้นก็ตามยังไม่มีรายงานการค้นคว้าที่แน่นอนว่าเมื่อเด็กเรียนรู้ภาษาแล้ว จึงเกิดลักษณะสมองพัฒนาด้านเดียวขึ้น หรือเกิดลักษณะสมองพัฒนาด้านเดียวก่อนจึงเกิดการเรียนรู้ภาษา เรื่องนี้เป็นเรื่องที่น่าวิจัยจะต้องศึกษาต่อไป ยิ่ง

กว่านั้นเรายังไม่ทราบแน่ชัดว่า ความสามารถทางภาษานั้นแตกต่างไปจากความสามารถทาง
 ประชาน (cognition) หรือความสามารถเชิงพุทธิปัญญา (intellectual) ทั้งนี้ก็เพราะเด็กเรียน
 ภาษาได้ก่อนที่เด็กจะทำอะไรอย่างมีเหตุผล

เป็นที่ทราบกันทั่วไปว่า การขาดอำนาจควบคุมการพูด (aphasia) จะเกิดขึ้น ถ้า
 สมองซีกซ้ายชำรุด แต่ถ้าสมองซีกขวาชำรุด การใช้ภาษาจะไม่บกพร่อง ด้วยเหตุนี้เองศัลยแพทย์
 จึงพยายามหลีกเลี่ยงที่จะตัดสมองซีกซ้ายของคนไข้ นอกจากจะหลีกเลี่ยงไม่ได้เท่านั้น

ในกรณีของการผ่าตัดแยกสมอง (split brain) เป็นสิ่งช่วยให้การศึกษาทางด้านภาษา
 ศาสตร์เชิงประสาทก้าวหน้าไปมาก เพราะในวงการแพทย์พบว่า คนไข้ที่เป็นลมบ้าหมูอย่างแรง
 ถ้าตัดใยประสาทประสาน ออก จะมีผลต่อการดำรงชีวิตเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

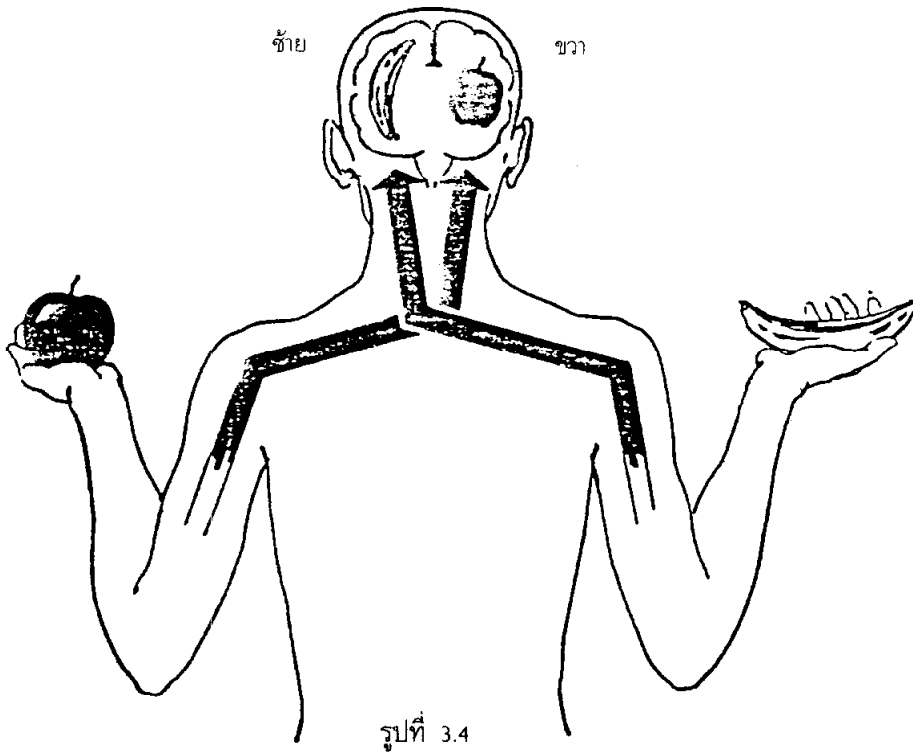


รูปที่ 3.3

ใยประสาทประสานเชื่อมระหว่างซีกสมอง

ภาพจาก Akmajian, Demers, and Harnish. Linguistics (Cambridge, MA, 1979), p. 316

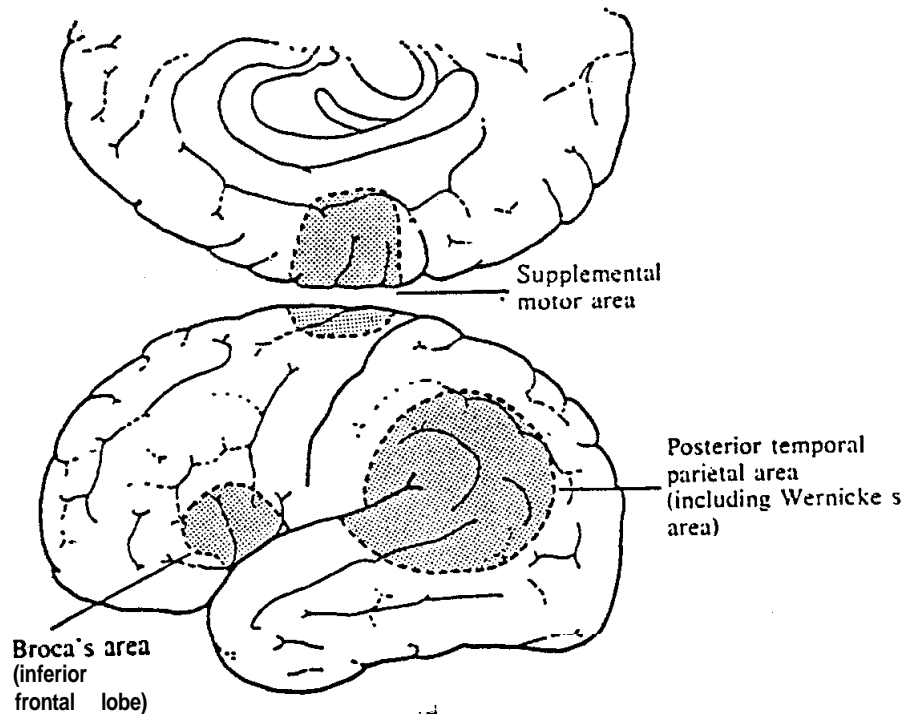
Gazzaniga (1970) นักจิตวิทยาชาวอเมริกันได้ทำการทดลองกับคนไข้ที่ตัดใยประสาทประสานระหว่างสมองสองซีกออก โดยเอาแอบเปิ้ลวางลงบนมือซ้ายของคนไข้โดยที่ไม่ให้เขาเห็นด้วยตาว่าเป็นแอบเปิ้ล เขาไม่สามารถบอกออกมาเป็นคำพูดว่า สิ่งที่อยู่ในมือซ้ายของเขาคืออะไร ทั้งนี้เพราะเมื่อสมองซีกขวารับความรู้สึกจากลูกแอบเปิ้ลนั้นสามารถบอกได้ว่ามันมีลักษณะแตกต่างไปจากวัตถุอื่น แต่ข้อสนเทศ (information) หรือความรู้สึกนั้นไม่สามารถถ่ายทอดไปยังซีกซ้ายของสมองเพื่อบรรยายออกมาเป็นคำพูดที่ถูกต้องได้ เขาได้ทำการทดลองซ้ำอีกโดยเอาแอบเปิ้ลใส่กลับไปมือซ้าย เขากลัวยหอมใส่ลงในมือขวาของคนไข้คนเดิมโดยไม่ให้เขาเห็นทั้งแอบเปิ้ลและกลัวยหอม ปรากฏว่าเขาก็ยังคงบอกไม่ได้ว่าในมือซ้ายคือแอบเปิ้ลแต่เขาบอกได้ว่า ในมือขวาคือกลัวยหอม เพราะสมองซีกซ้ายสามารถรับความรู้สึกและอธิบายลักษณะและคำพูดได้ Gazzaniga and Sperry (1967: 131-148) พบว่าถ้าเอาแอบเปิ้ลใส่มือซ้าย แล้วให้คนไข้เลือกคำต่าง ๆ เช่น pear, apple, plum, apricot แล้วเขาจะเลือกได้ถูก จากผลการวิจัยเราเชื่อมั่นว่า คนไข้ที่ถูกตัดใยประสาทประสานที่เชื่อมสมองสองซีกออก มีความลำบากในการทำตามคำสั่งด้วยวาจาและเข้าใจประโยคกรรมวาจกสั้น ๆ ที่ได้รับเข้ามาทางสมองซีกขวา



สมองซีกซ้ายควบคุมร่างกายซีกขวา สมองซีกขวาควบคุมร่างกายซีกซ้าย

ภาพจาก Fromkin and Rodman. *An Introduction to Language*. (New York, 1978), p. 33.

เมื่อปี ค.ศ. 1959 Penfield and Roberts (1959) ศัลยแพทย์ทางสมองแห่ง Neurological Institute ได้รายงานผลการค้นคว้าที่เขาศึกษาจากคนไข้โรคประสาทที่จะต้องได้รับการผ่าตัดทางสมอง เขาจะใช้กระแสไฟฟ้าจี้ไปตามจุดต่างๆ ของเปลือกนอกของสมอง เพื่อหาตำแหน่งว่าจุดใดควบคุมประสาทกลไกใดบ้าง เขาพบว่าเมื่อเอากระแสไฟฟ้าจี้จุดหนึ่ง นิ้ว(มือ)ก็อาจจะกระตุกอีกจุดหนึ่งเท้าจะเคลื่อนไหว บางจุดก็เกี่ยวข้องกับการเห็นและการได้ยิน ในที่สุด Penfield and Roberts (1959) สรุปว่า บริเวณในสมองซีกซ้ายที่สำคัญต่อการพูด มีอยู่ 3 บริเวณ คือ บริเวณ Broca ย่าน Wernicke (Wernicke's zone) บริเวณสั่งงานเสริม (supplemental motor area) (ดูรูปที่ 3.5) ต่อมามีบริเวณ Exner เพิ่มขึ้น (ดูรูปที่ 3.2)



รูปที่ 3.5

ส่วนของสมองที่เกี่ยวข้องกับภาษา

ภาพจาก Akmajian, Demers, and Harnish. *Linguistics*. (Cambridge, 1980), p. 309.

สมองซีกซ้ายสำคัญต่อภาษา

เมื่อปี ค.ศ. 1836 Dr. Mark Dax กล่าวว่า สมองซีกซ้ายมีความสำคัญต่อการรับรู้ภาษาแต่ไม่มีใครสนใจ จนกระทั่งเมื่อเดือนเมษายน ค.ศ. 1861 Dr. Paul Broca (เชื่อกันว่า

เขาไม่ทราบผลงานวิจัยของ Dax เลย) ศัลยแพทย์ชาวฝรั่งเศสแถลงต่อที่ประชุมสมาคมมานุษยวิทยาที่ปารีสอย่างแจ่มชัดว่า มนุษย์พูดด้วยการสั่งงานของสมองซีกซ้าย เขาพบว่าเมื่อผ่าตัดสมองคนไข้ขาดอำนาจควบคุมการพูด (aphasia) มาตลอดชีวิต ภายหลังที่สิ้นชีวิตลงแล้วพบว่า ส่วนหลังด้านล่างของกลีบหน้าผาก (frontal lobe) ในสมองซีกซ้ายชำรุดและสมองส่วนนี้จึงได้ชื่อว่าบริเวณ Broca ฉะนั้นนักการแพทย์จึงพากันเชื่อว่า Broca เป็นคนแรกที่ประกาศให้โลกรู้ว่า สมองซีกซ้ายเกี่ยวข้องกับความคิดปกติทางการพูด และในปี ค.ศ. 1865 Broca ได้รายงานเพิ่มเติมว่า ถ้าสมองซีกซ้ายของมนุษย์ชำรุด จะเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะขาดอำนาจควบคุมการพูด อันเป็นโรคขาดอำนาจควบคุมการพูด แต่การสั่งงานอย่างอื่น ความเฉลียวฉลาดไม่เปลี่ยนแปลง คนไข้ที่ขาดอำนาจควบคุมการพูด แต่ละคนก็มีลักษณะแตกต่างกันออกไป บางคนพูดได้ทีละคำ แต่บางคนก็พูดได้ต่อเนื่องยืดยาวดูคล้ายภาษา แต่เราจะไม่เข้าใจว่าเขาพูดอะไร บางคนก็นึกคำไม่ออกหรือเรียงคำเข้าประโยคไม่ได้ บางคนก็เอาคำประเภทเดียวกันมาแทนอีกคำหนึ่ง เช่น เมื่ออ่านคำว่า liberty ก็อ่านว่า democracy ให้อ่านคำว่า short ก็อ่านว่า small เป็นต้น

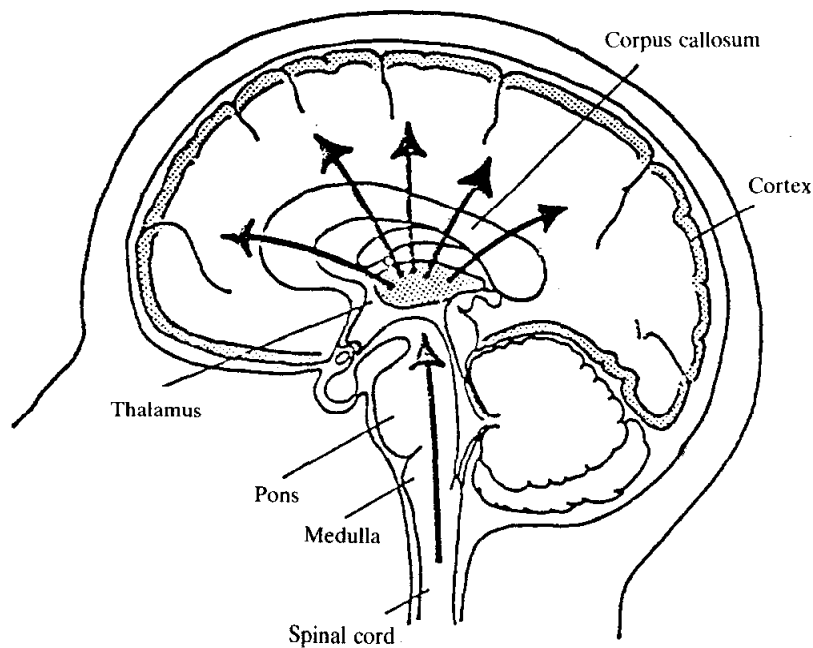
ในปี ค.ศ. 1874 Dr. Carl Wernicke แพทย์หนุ่มชาวเยอรมันได้พิมพ์รายงานทางการแพทย์ว่ามีคนไข้รายหนึ่งมีความลำบากในการเข้าใจภาษา เพราะสมองส่วนหลังของบริเวณ Broca ชำรุด และสมองส่วนนี้ ได้ชื่อว่าบริเวณของ Wernicke รายงานของ Wernicke นี้เป็นการยืนยันความเชื่อของ Broca ว่าสมองซีกซ้ายสำคัญต่อการพูดและการรู้รับภาษา¹

ปัจจุบันนี้วงการแพทย์เชื่อว่าสมองซีกซ้ายสำคัญต่อภาษา แต่ก็ยังถกเถียงกันอยู่ว่า ส่วนไหนที่สำคัญต่อการฟัง การพูด การออกเสียงโดยเฉพาะ

เมื่อปี ค.ศ. 1949 Wada (1949: 221-222) รายงานว่า เมื่อฉีด sodium amytal เข้าเส้นเลือดใหญ่ที่เข้าไปสู่มองซีกที่สำคัญต่อภาษาแล้ว จะเกิดภาวะขาดอำนาจควบคุมการพูดชั่วคราว และแพทย์ก็ใช้เทคนิคนี้ใช้ในการหาภาวะครอบงำทางสมองในคนไข้ที่จะต้องรับการผ่าตัดสมอง ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้คนไข้ต้องพิการด้วยการขาดอำนาจควบคุมการพูดตลอดชีวิต

จากการวิจัยพบว่า thalamus (ดูรูปที่ 3.6) มีส่วนสัมพันธ์กับคำพูดและภาษาอยู่มาก ปกติแล้ว thalamus ทำหน้าที่เป็นสถานีถ่ายทอดความรู้สึกโดยรับพลังจากใยประสาทที่ยื่นจากเปลือกนอกของสมองไปยังระบบประสาทส่วนกลางและมีใยยื่นจาก thalamus ไปสู่ส่วนต่างๆ ของเปลือกนอกของสมอง โดยเฉพาะแล้ว thalamus ด้านซ้ายเกี่ยวข้องกับคำพูดและภาษา ถ้า thalamus ส่วนนี้ชำรุด จะทำให้คนนั้นชอบพูดซ้ำๆ และทำให้คนนั้นจำชื่อ

วัตถุประสงค์ของไม่ได้ Ojemann and Ward (1971: 669-680) เชื่อว่า thalamus เป็นตัวประสานงานระหว่างภาษาและกลไกเกี่ยวกับความรู้สึก

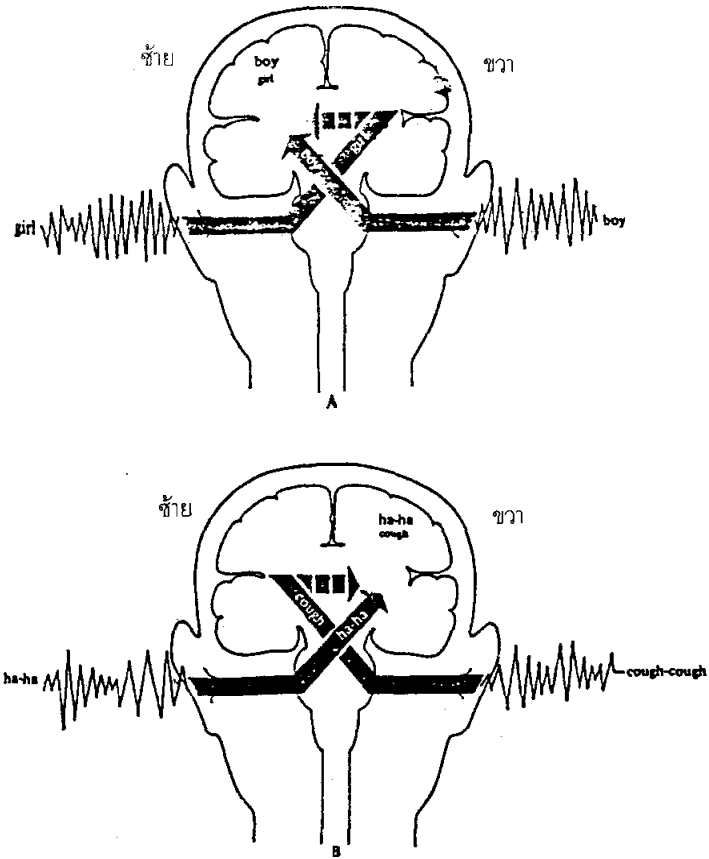


รูปที่ 3.6
ใยประสาทที่ยื่นจาก thalamus

ภาพจาก Akmajian, Demers, and Harnish. *Linguistics*. (Cambridge, MA. 1979), p. 315

นักภาษาศาสตร์เชิงประสาทเชื่อว่า ภาษานั้นมีผลมาจากส่วนเปลือกนอกของสมองและส่วนใต้เปลือกนอกของสมองทำงานร่วมกัน ความเข้าใจเรื่องกลไกของประสาทรับความรู้สึก ประสาทสั่งงาน และประสาทที่เชื่อมโยงสัมพันธ์กัน จะช่วยให้เข้าใจว่าสมองรับรหัสและถอดรหัสคำพูดได้อย่างไร

ตามที่กล่าวแล้วข้างต้นว่า สมองซีกซ้ายมีความสำคัญต่อภาษา ได้มีการทดลองโดยใช้กระบวนการที่เรียกว่า dichotic listening คือ การให้ฟังเสียงสองเสียงต่างกันในหูแต่ละข้างพร้อมกัน เป็นต้นว่า หูซ้ายได้ยินคำว่า "ผู้หญิง" หูขวาได้ยินคำว่า "ผู้ชาย" หรือหูซ้ายได้ยินเสียงหัวเราะ หูขวาได้ยินเสียงไอ แล้วให้ผู้ถูกทดลองตอบว่าเสียงอะไร จะพบว่าหูขวาซึ่งใช้สมองซีกซ้ายควบคุมตอบได้ถูกต้องสำหรับสิ่งเร้าที่เป็นเลขจำนวน คำพูด พยางค์ที่ไม่มีความหมาย หรือแม้แต่คำที่ได้มาจากการเล่นเทปถอยหลังก็ตาม² แต่หูซ้ายซึ่งใช้สมองซีกขวาควบคุมตอบได้ดีและถูกต้องกว่าสำหรับเสียงดนตรี และเสียงที่เกิดรอบ ๆ ตัวเรา



รูปที่ 3.7

การทดลองแบบ dichotic listening

ภาพจาก Fromkin and Rodman. *An Introduction to Language*. (New York. 1978), p. 34

จากรูปที่ 3.7 จะพบว่า ผู้ถูกทดลองจะตอบว่า ได้ยินคำว่า “ผู้ชาย” ซึ่งได้ยินมาจากทางหูขวาได้ ถูกต้องกว่าคำ “ผู้หญิง” ที่ได้ยินจากทางหูซ้าย เพราะคำว่า “ผู้หญิง” จะต้องเข้าทางสมองซีกขวาแล้วส่งต่อมาผ่านใยประสาทประสานที่เชื่อมสมองสองซีกเข้าซีกสมองด้านซ้ายอีกทีหนึ่ง แต่เสียงหัวเราะที่เข้ามาทางหูซ้ายกลับได้ยินดีกว่าและถูกต้องกว่าเสียงไอ เพราะสมองซีกขวามีความสามารถรับรู้เสียงที่มีไ้ค่าพุดและตัวเลขได้ดีกว่า ฉะนั้นเสียงไอเมื่อเข้าทางขวาไปสู่สมองซีกซ้ายแล้วส่งต่อไปยังสมองซีกขวาอีกต่อหนึ่ง ที่จริงแล้วกระบวนการที่เกิดขึ้นในสมองซับซ้อนกว่าที่อธิบายตามรูปนี้มาก ในรูปจะเห็นคำว่า “ผู้หญิง” ในสมองซีกซ้ายของรูปบนและเสียงไอในสมองซีกขวาของรูปล่าง เราพิมพ์ด้วยอักษรตัวเล็กกว่า เพื่อ

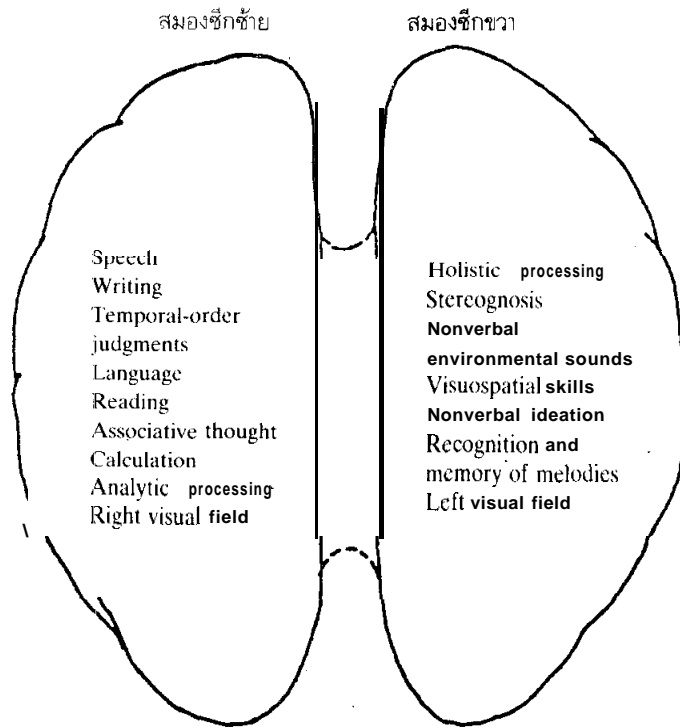
แสดงให้เห็นว่า พลังประสาทที่ไปถึงจุดสุดท้ายอ่อนลง ผู้ถูกทดลองอาจจะตอบผิดได้ง่ายกว่า ฉะนั้นจึงเห็นได้ชัดเจนกว่า ซีกสมองด้านซ้ายสำคัญต่อการรับรู้ภาษา

De Renzi, Picczuro and Vignolo (1966: 50-73) ยังพบต่อไปอีกว่า เมื่อสมองซีกซ้ายขาด จะมีส่วนกระทบไปถึงความผิดปกติในการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อ กล้องเสียง ลิ้น ริมฝีปาก และแก้ม ตามที่สมองสั่ง คนไข้เหล่านี้จะผิวปาก เป่าลม ชกเสมหะ และแลบลิ้นได้ด้วยความปลอดภัย

แต่อย่างไรก็ตามอย่าคิดว่าสมองซีกซ้ายสำคัญกว่าสมองซีกขวา ถึงแม้ว่าความเชื่อในเรื่องนี้จะมีมานานแล้วก็ตาม จากการวิจัยพบว่า สมองซีกขวามีความสามารถในทางอื่นที่เหนือสมองซีกซ้าย ได้แก่ ความสามารถในการจดจำรูปแบบต่างๆ ความสามารถในการเชิงปริภูมิ (space) (Smith and Burkland, 1966: 3) ที่รู้ว่าควรเอาชิ้นส่วนใดไว้ที่ใด และความสามารถในเชิงดนตรี ฉะนั้นการที่สมองซีกขวาทะลุหรือพิการจะมีผลต่อการวาดรูป การเล่นต่อรูป การจำหน้าคน จากการทดลองพบว่า เมื่อให้คนไข้ที่สมองซีกขวาพิการเขียนรูปหน้าปัทมหน้าพิกา เขาจะพยายามเขียนเลข 1 - 12 ลงบนซีกขวาของหน้าปัทมทั้งหมด

Kimura (1973: 70-78) ได้ทำการทดลองโดยใช้วิธี dichotic listening กับผู้ถูกทดลองเพื่อพิสูจน์ว่า สมองซีกขวามีความสามารถทางดนตรีดีกว่าซีกซ้าย เขาเล่นทำนองดนตรีเข้าทั้งหูซ้าย (สมองซีกขวา) และหูขวา (สมองซีกซ้าย) ปรากฏว่า ผู้ถูกทดสอบตอบทำนองดนตรีที่เข้าทางหูซ้ายได้ดีกว่าที่เข้าทางหูขวา ย่อมแสดงว่าสมองซีกขวามีความสามารถเชิงดนตรีสูงกว่า

เรื่องความสามารถของสมองซีกขวาเกี่ยวกับดนตรีนี้เป็นเรื่องที่นักภาษาศาสตร์ไทยสนใจมาก เพราะภาษาไทยเป็นภาษามิวรรณยุกต์ซึ่งก็มีลักษณะเดียวกับเสียงดนตรีเหมือนกัน แต่จากการทดลองของ (Monrad-Krohn 1947) พบว่า คนไข้ชาวออร์เวย์ที่มีภาวะขาดอำนาจควบคุมการพูด ไม่สามารถแยกคู่เทียบเสียงที่มีวรรณยุกต์ต่างกันได้หลังจากที่สมองซีกซ้ายพิการ แต่สามารถร้องเพลงโดยทำนองไม่ผิดเพี้ยนเลย ก็แสดงว่า สมองซีกขวายังคงทำหน้าที่ควบคุมเสียงดนตรีและจากการทดลองโดยวิธี dichotic listening ของ Smith and Burkland (1966) กับคนไทยพบว่า เสียงวรรณยุกต์ในภาษาไทยสัมพันธ์กับหูขวา (สมองซีกซ้าย) ฉะนั้นจึงพอสรุปได้ว่าเสียงวรรณยุกต์เป็นส่วนหนึ่งของภาษา การรับเสียงวรรณยุกต์ก็เหมือนกับการรับเสียงอื่น เสียงสระ เสียงพยัญชนะ มีส่วนสัมพันธ์กับสมองซีกซ้าย แม้ว่าเสียงวรรณยุกต์จะคล้ายเสียงดนตรีซึ่งเป็นหน้าที่ของสมองซีกขวา สมองซีกขวาก็จะรับรู้เฉพาะเสียงดนตรีที่ไม่เกี่ยวข้องกัภาษา ดูรูปที่ 3.8 ประกอบ



รูปที่ 3.8
หน้าที่ของสมองแต่ละซีก

ภาพจาก Akmajian, Demers, and Harnish. *Linguistics*. (Cambridge, MA, 1979), p. 320

นอกจากนี้ยังพบว่าเด็กบางคนเมื่อเกิดอุบัติเหตุจนสมองซีกซ้ายพิการ ต่อมาสมองซีกขวาจะพัฒนาขึ้นมาแทนสมองซีกซ้าย จะเห็นได้ว่าการขาดอำนาจควบคุมการพูดในเด็ก ๆ จะไม่ถาวร แต่ถ้าหากอุบัติเหตุเกิดขึ้นหลังจากดรุณภาพ (puberty) แล้ว การขาดอำนาจควบคุมการพูดจะถาวร

ส่วนของสมองที่เกี่ยวข้องกับ สรวิทยา อรรถศาสตร์ และวากยสัมพันธ์

เรายังไม่สามารถจะบอกได้แน่ชัดว่าส่วนใดของสมองเกี่ยวข้องกับ สรวิทยา อรรถศาสตร์ หรือวากยสัมพันธ์ เพราะถึงแม้ว่าจะมีการเสื่อมเพียงเล็กน้อยในสมองซีกซ้ายก็ไม่ทำให้ความสามารถทางภาษาเสื่อมลงไป แต่ถ้าหากบริเวณใดบริเวณหนึ่งในสมองซีกซ้ายเสื่อมจะทำให้เกิดการขาดอำนาจควบคุมการพูดอย่างเห็นได้ชัด เพื่อที่จะเข้าใจเรื่องนี้ได้ดีขึ้นควรดูลักษณะของการขาดอำนาจควบคุมการพูดชนิดต่าง ๆ ที่ทางการแพทย์ได้พบมา

การขาดอำนาจควบคุมการพูดแบบ Broca

เป็นอาการที่ได้ชื่อตาม Dr. Paul Broca ซึ่งมีลักษณะใช้ภาษาไม่ได้ สมองสั่งงานให้พูดออกมาด้วยความลำบาก คนไข้จะพูดไม่คล่อง พูดตะกุกตะกัก และเมื่อได้พูดซ้ำ ๆ แล้วการออกเสียงจะดีขึ้น บังคับบอกกาล พจน์ และการเปรียบเทียบ มักจะหายไป และลักษณะอาการเช่นนี้ปรากฏกับคนไข้ทั้งเมื่ออ่านและเขียนหนังสือ แต่ความสามารถในการเข้าใจอยู่ในเกณฑ์ดีมาก และคนไข้มักจะรู้ว่าพูดอะไรผิด ตัวอย่างจาก Scovel (1975: 338)

ผู้ถาม. (ยื่นไม้บรรทัดให้คนไข้ดู) นี่อะไร

คนไข้. เอ้อ เอ้อ ไม้บรรทัด

ผู้ถาม. (ยื่นกุญแจให้คนไข้ดู) นี่อะไร

คนไข้. เอ้อ เอ้อ เอ้อ จุญแจ

ฉะนั้นนักภาษาศาสตร์เชิงประสาทจึงเชื่อว่าคนไข้ที่บริเวณ Broca เสื่อมจะมีปัญหาเกี่ยวกับการออกเสียง แต่ก็ยังบอกไม่ได้ว่าระบบวากยสัมพันธ์จะบกพร่องไปด้วยหรือไม่ อย่างไร เป็นเรื่องที่จะต้องศึกษากันต่อไป

การขาดอำนาจควบคุมการพูดแบบ Wernicke

เป็นอาการอันเนื่องมาจากการรับรู้เสียงและการเข้าใจบทพร้อง เพราะเกิดการเสื่อมหรือชำรุดขึ้น ณ บริเวณ Wernicke คนไข้ไม่เข้าใจคำพูดและตัวหนังสือ คนไข้พวกนี้พูดคล่องและมักจะพูดเร็ว แต่พูดอะไรไปแล้วจำไม่ได้ ตัวอย่างจาก Akmajian, Demers and Harnish (1984: 323)

ผู้ถาม : Do you like it here in Kansas City?

คนไข้ : Yes, I am

ผู้ถาม : I'd like to have you tell me something about your problem.

คนไข้ : Yes, I ugh can't hill all of my way. I can't talk all of the things I do and part of the part I can do alright, but I can't tell from the other people. I usually most of my things. I know what can I talk and know what they are but I can't always come back even though I know what they should be in, and I know should something eely I should know what I'm doing.

คนไข้พวกนี้มักจะพูดเยิ่นเย้อ พูดอ้อมค้อม เป็นต้นว่า water ก็ว่า what you drink และมักจะใช้คำว่า thing หรือ one แทนวัตถุสิ่งของต่าง ๆ ที่นึกชื่อไม่ออก การใช้คำ

หนึ่งแทนอีกคำหนึ่งก็มักจะเกิดขึ้นเสมอ เช่น เข้ม กี่ว่า ดินสอ มีด กี่ว่า เข้ม เป็นต้น Scovel (1975: 399) เชื่อว่าทั้งมีด เข้ม และดินสอ มีปลายแหลมเหมือนกัน จึงทำให้เกิดการสับสนไขว้เขว สำหรับคนไข้ที่ขาดอำนาจควบคุมการพูด คนไข้เหล่านี้สูญเสีย Broca's aphasia ไม่ได้ในเรื่องความเข้าใจและการแก้คำผิดของตนเอง

นักภาษาศาสตร์เชิงประสาทจึงเชื่อว่าการชำรุดบริเวณ Wernicke มีผลต่อความหมายของคำหรืออรรถศาสตร์และวากยสัมพันธ์อย่างมาก จนบางคนคิดว่า ร่อง Sylvius มีส่วนสัมพันธ์ในการแยกสรีรวิทยาออกจากอรรถศาสตร์และวากยสัมพันธ์ในสมอง ในทางสรีรวิทยาแล้ว บริเวณ Broca และบริเวณ Wernicke นั้น เชื่อมโยงกันด้วยใยประสาทในระบบประสาทส่วนล่าง

การขาดอำนาจควบคุมการพูดแบบใยประสาทชำรุด

เป็นความบกพร่องทางภาษาที่เกิดขึ้นเนื่องจากใยประสาทที่เชื่อมส่วนสมองที่รับเสียงไปยังส่วนแปลเสียงเป็นความหมายกับส่วนที่ถ่ายทอดออกมาเป็นคำพูดชำรุด ฉะนั้นการใช้ภาษาทุกอย่างจึงแปรปรวนไปหมด คนไข้พวกนี้พูดคล่องแต่ใช้คำเยิ่นเย้อและไม่ถูกไวยากรณ์ อ่านออกเสียงก็ลำบาก อ่านซ้ำก็ไม่ได้ แต่สามารถเข้าใจความหมายภาษาพูด ภาษาเขียนใช้ได้ดี ตัวอย่างจาก Gandour, Buckingham, Jr., Dardarananda, Stawathamrong, and Petty (1982: 327-358)

- | | | |
|----------------------------------|-----|---------------------|
| ก. เพราะมันไม่มีบ้าน | คือ | เพราะผมไม่อยู่บ้าน |
| ข. เขาเป็นขี้เกียจ | คือ | เขาเป็นคนขี้เกียจ |
| ค. ต้องผู้หญิงจูงม้าไป | คือ | ผู้หญิงต้องจูงม้าไป |
| ง. เขาชอบแก่ง เขาพูดแก่ง | คือ | เขาพูดแก่ง |
| จ. หมอกก็เขียน เขียนปลา เขียนปลา | คือ | หมอกก็เขียนคำว่าปลา |
| ฉ. เขายาผมเยอะเยอะให้ผมนะ | คือ | เขาให้ยาผมเยอะเยอะ |

Anomia

คนไข้ anomia มีปัญหาเกี่ยวกับการเลือกคำ การใช้คำขณะพูด แต่ถ้าบอกวาสิ่งนั้นคืออะไรจะพูดได้ทันที แต่ถ้าให้เลือกชื่อที่ถูกต้องจากชื่อสิ่งของหลายๆ ชื่อ จะเลือกได้ถูกต้อง ความเข้าใจในภาษาและการว่าซ้ำไม่มีปัญหา คนไข้มักจะพูดคล่อง แต่ใช้คำเยิ่นเย้อ ตัวอย่างจาก ตัวอย่างจาก Akmajiaan, Demers and Harnish (1984: 325)

ผู้ถาม : Who is the president of the United States'?

คนไข้ : I can't say his name. I know the man, I can't come out and say...I'm very sorry, I just can't come out and say. I just can't write it to me now.

ผู้ถาม : Can you tell me a girl's name?

คนไข้ : Of a girl's name, by mean. by which weight. I mean how old or young ?

ผู้ถาม : On what do we sleep?

คนไข้ : Of the week, er, of the night, oh from about 10:00. about 11:00 o'clock at night until about uh 7:00 in the morning

เท่าที่ทราบจากการวิจัยว่าคนไข้ anomia นั้น angular gyrus มักจะชำรุดหรือเสื่อม ฉะนั้น จึงสรุปได้ว่าสมองมีความสำคัญต่อภาษาโดยเฉพาะสมองซีกซ้าย ดังที่ปรากฏกับคนไข้ที่ขาดอำนาจควบคุมการพูด นอกจากนั้นแล้วลักษณะสมองพัฒนาด้านเดียวจะสมบูรณ์เมื่อเด็กอายุ 5 ขวบอันเป็นระยะที่เขาสามารถรู้รับภาษาแรกได้เป็นอย่างดี

สรุป

เปลือกนอกของสมองเป็นเนื้อสีเทา มีประสาทเรียงกันไม่น้อยกว่า 6 ชั้น สมองเป็นเนื้อสีขาว มีใยประสาทต่อเนื่องกับเซลล์ประสาทและส่วนต่างๆ ของสมองและไขสันหลัง ซึ่งรวมเรียกว่า ระบบประสาทส่วนกลาง อันมี โครงสร้างส่วนล่างสุด คือไขสันหลัง ถัดขึ้นไปเป็นก้านสมอง โครงสร้างส่วนบน คือ สมองทั้งสองซีก แบ่งออกเป็น 4 กลีบ ได้แก่ กลีบหน้าผาก กลีบขมับ กลีบข้างหรือกลีบผง และ กลีบท้ายทอย

บริเวณเปลือกนอกของสมอง มี บริเวณสั่งงานและบริเวณรู้สึกทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการพูดและมีอยู่แล้วแล้วก่อนคลอด ได้แก่ บริเวณสั่งงาน บริเวณรู้สึกทั่วไป และ บริเวณรู้สึกเฉพาะ และ บริเวณสั่งงานและบริเวณรู้สึกควบคุมการพูดโดยตรงและเกิดขึ้นหลังคลอด ได้แก่ กิจกรรมสั่งงาน มี พูด และเขียน กิจกรรมรู้สึก มี ฟัง และเห็น (อ่าน)

บริเวณ Broca เป็นบริเวณการพูด บริเวณ Exner เป็นบริเวณการเขียน บริเวณ Heschl เป็นบริเวณได้ยิน บริเวณ Wernicke เป็นบริเวณรู้ความหมาย กลีบท้ายทอย เป็นบริเวณการเห็น (อ่าน) บริเวณกลีบขมับ เป็นบริเวณเก็บความจำ

ใยประสาทในสมองทั้งสองซีกมี ใยประสาทเชื่อมสมอง เชื่อมส่วนต่างๆ ที่อยู่ ในสมองซีกเดียวกัน ใยประสาทประสาน เชื่อมสมองสองซีกเข้าด้วยกัน ใยประสาทไขง เชื่อมเปลือกนอกของสมอง สมองส่วนกลางและไขสันหลัง

สมองซีกซ้ายมีความสำคัญต่อการรับรู้ภาษา ถ้าสมองซีกซ้ายชำรุด ก็อาจเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะขาดอำนาจควบคุมการพูด thalamus ก็มีส่วนสัมพันธ์กับการพูด ถ้าชำรุด คนนั้นจะพูดซ้ำๆ การทดลองแบบ dichotic listening คือ การเอาเสียงต่างกันสองเสียง เช่น เอาคำ "ผู้หญิง" เข้าทางหูซ้าย พร้อมๆ กับเอาคำ "ผู้ชาย" เข้าทางหูขวา จะพบว่า ผู้ถูกทดลองจะตอบเสียงที่เข้าทางหูขวาได้ถูกต้องกว่า เพราะสมองซีกซ้ายควบคุมร่างกายซีกขวา สมองซีกขวาควบคุมร่างกายซีกซ้าย ฉะนั้น สมองซีกซ้ายมีความสำคัญต่อภาษา จึงตอบเสียงที่เข้าทางหูขวาได้ถูกต้องกว่า

สมองอาจจะชำรุดได้หลายแบบและมีอาการต่างกัน ได้แก่ การขาดอำนาจควบคุมการพูดแบบ Broca การขาดอำนาจควบคุมการพูดแบบ Wernicke การขาดอำนาจควบคุมการพูดแบบใยประสาทชำรุดและ Anomia เป็นต้น

เชิงอรรถ

- ¹ สำหรับปราชญ์นักการแพทย์บางท่านเชื่อว่าหนึ่งในสามของคนถนัดซ้าย สมองซีกขวามีความสำคัญต่อการเรียนรู้ภาษา ภาวะครอบงำทางภาษาอยู่ที่สมองซีกขวาแทนที่จะเป็นสมองซีกซ้ายอย่างคนถนัดขวา หมายความว่า เกิดระบบรับภาวะครอบงำของซีกสมองด้านตรงข้ามขึ้นในคนถนัดซ้าย แต่ว่าลักษณะสมองพัฒนาด้านเดียวยังคงอยู่ ความอสมมาตรของสมองก็ยังคงอยู่
- ² Kimura (1961: 166-171) พบว่า เมื่อเอาเลขจำนวน 2 ตัว ป้อนเข้าไปในผู้ถูกทดลองทั้งสองข้าง ข้างละตัว ผู้ถูกทดลองจะตอบจำนวนเลขที่ผ่านเข้าหูขวา (สมองซีกซ้าย) ได้ถูกต้องกว่า

แบบฝึกหัด

1. จงบอกบริเวณที่สำคัญในการพูดมา 3 บริเวณ
2. สมมติว่านักศึกษาถือสมุดในมือซ้ายโดยไม่ได้เห็นด้วยตา จงอธิบายว่า กระบวนการรับความรู้สึกผ่านจากประสาทมือเข้าสมองอย่างไร
3. คนที่ไยประสาทประสานถูกตัดออก เมื่อได้ยินเสียงดนตรีจากหูทางซ้าย อยากทราบว่า การที่ตัดไยประสาทประสานออก มีผลต่อการฟังดนตรีอย่างไรบ้าง
4. ส่วนมากคนที่ถนัดซ้ายมักจะมีบริเวณสั่งงานการพูดอยู่ในสมองซีกขวา ถ้าในกรณีนี้สมองซีกซ้ายชำรุด จะมีผลต่อการใช้ภาษาหรือไม่ เพียงไร
5. จงอธิบายการควบคุมร่างกายในลักษณะที่กลับกันสองทางว่าหมายความว่าอย่างไร
6. Jack Gandour, Rochana Dardarnanda, Athasit Vejajiva. 1985. Case Study of a Thai Broca Aphasic with an Adaptation of the Boston Diagnostic Aphasia Examination. *Journal of the Medical Association of Thailand* 68. 552-563 พบว่า คนไข้ที่ขาดอำนาจควบคุมการพูดแบบ Broca กล่าวประโยคต่อไปนี้ นักศึกษาบอกได้ไหมว่าประโยคที่เขาต้องการพูดว่าอย่างไร พร้อมให้สรุปปัญหาการใช้ภาษาของคนไข้ดังกล่าวด้วย
 - ก. ถ้วย
 - ข. ตอมตวด
 - ค. เมาะ ม่วง
 - ฅ. ตะมุ ปาน
 - ง. แล่ ตู๋ ตีน
 - จ. แแต่น ต้าง นี้
 - ฉ. เปน ต้าว ต้อง เเดิน เตียน
7. สมมติว่า เราทำการทดลองด้วยวิธี dichotic listening โดยเอาเสียงร้องไห้เข้าหูขวาและเสียงเปิดประตูเข้าหูซ้าย นักศึกษาคิดว่าเสียงใดที่ผู้ถูกทดสอบจะตอบได้ถูกต้องมากกว่า
8. จงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างบริเวณ Wernicke และบริเวณ Heschl ถ้าหากบริเวณใดบริเวณหนึ่งชำรุดอะไรจะเกิดขึ้น

บรรณานุกรม

- Akmajian, **Adrian**, Richard **A.** Demers, and Robert **M.** Harnish. 1984. *Linguistics : An Introduction to Language and Communication*. Cambridge, **MA.** MIT Press.
- Best, Charles H. and Norman B.** Taylor. 1950. *The Physiological Basis of Medical Practice*. 5th edition. **Baltimore.** Williams and Wilkins.
- DeRenzi, **E., A.** Pieczuro, and **L.** Vignolo. 1966. **Oral apraxia and aphasia.** *Cortex* 2.50-73.
- Eccles, J.** 1972. *The Understanding of the Brain*. **New York,** McGraw-Hill.
- Gandour, Jack, Hugh Ruckingham Jr.,** Rochana Dardarananda, Preecha Stawathamrong, and Soranee I Holasuit Petty. 1982. **Case Study of a Thai Conduction Aphasic.** *Brain and Language* 17.327-358.
- Gandour, **Jack,** Rochana Dardarananda, and Athasit Vejajiva. 1985. Case study of a Thai aphasic with **an adaptation of the Boston diagnostic aphasia examination.** *Journal of the Medical Association of Thailand* 6X.552-563.
- Gazzaniga, **Michael S.** 1970. *The Bisectioned Brain*. **New York.** Appleton-Century-Crofts.
- _____, **A.** Bogen, and **R.** Sperry. 1963. **Laterality effects in somesthesia following commissurotomy in man.** *Neuropsychologia* 1.209-215.
- _____, and **R.** Sperry. 1967. **Language after section of the cerebral commissures.** *Brain* 90. 131-14X.
- Kimura, Doreen.** 1961. **Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli.** *Canadian Journal of Psychology* 15.166-171.
- _____. 1966. **Dual functional asymmetry of the brain in visual perception.** *Neuropsychologia* 4.275-285.
- _____. 1973. **The asymmetry of the human brain.** *Scientific American*, **March.** 70-7X.
- Krashcn, Stephen and Richard I** Harshman, 1972. **Laterlization and the critical period.** *Journal of the Acoustical Society of America* 52.
- Lance, James W. and James G.** McLeod. 1981 *A Physiological Approach to Clinical Neurology*. 3rd edition. **London.** Butterworths.
- Lenneburg, **Eric H.** 1967. *Biological Foundations of Language*. **New York,** Wiley.
- Monrad-Krohn, **G.** 1947. **Dysprosody or altered melody.** *Brain* 70
- Milner, **B.** 1972. **Disorder of learning and memory after temporal lobe lesions in man** *Clinical Neurosurgery* 19.421-466.
- Nielsen, **J.M.** 1946. *Agnosia, Apraxia, Aphasia: Their Value in Cerebral Localization*. **New York,** Hoeber.
- Ojemann, **G. and A.** Ward, Jr. 1971. **Speech representation in ventrolateral thalamus.** *Brain* 94.669-680
- Penfield, **W.** and **L.** Roberts. 1959. *Speech and Brain Mechanisms*. **Princeton, NJ,** Princeton University Press.
- Scovel, **Thomas.** 1975. **The role of aphasia research in Tai linguistics.** *Studies in Tai Linguistics in Honor of William J. Gedney.* ed. by **Jimmy Harris and James R. Chamberlain.** 329-341. **Bangkok.** Central Institute of English Language. Office of State Universities.
- Smith, A. and C.** Burkland. 1966. **Dominant hemispherectomy : preliminary report on neuropsychological sequelae.** *Science* 153.
- Wada, **J.** 1949. **A new method for the determination of the side of cerebral speech dominance: a preliminary report on the intracarotid injection of sodium amytal in man.** *Medical Biology (tokyo)* 14.221-222.