บทที่ 2
วรรณกรรมและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องความจำขณะทำงาน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ผู้วิจัยได้นำเสนอหัวข้อในการศึกษาค้นคว้า ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากวรรณกรรมต่างๆ เป็น หัวข้อ ตามลำดับดังต่อไปนี้

1. ประสาทวิทยาศาสตร์ (neuroscience)
2. สมอง (brain)
    2.1 โครงสร้างของสมอง (brain structure)
    2.2 การเรียนรู้ของสมอง
3. ความจำขณะทำงาน
    3.1 ทฤษฎีความจำขณะทำงาน
    3.2 ความจำขณะทำงานและการเรียนรู้
    3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาความจำขณะทำงาน
        3.3.1 เครื่องมือวัดความจำขณะทำงาน
        3.3.2 เครื่องมือวัดอารมณ์ (mood)
4. การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (project-based learning)

1. ประสาทวิทยาศาสตร์ (neuroscience)

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี (2552) กล่าวว่า ประสาทวิทยาศาสตร์ (neuroscience) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ การเจริญเติบโต พันธุศาสตร์ ชีวเคมี สรีรวิทยา เภสัชวิทยา และพยาธิวิทยาของระบบประสาท นอกจากนี้การศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมและการเรียนรู้ยังถือว่าเป็นสาขาของประสาทวิทยาศาสตร์อีกด้วย การศึกษาทางชีววิทยาของสมองของมนุษย์มีเนื้อหาเกี่ยวโยงกันของสาขาวิชาต่าง ๆ ในหลายระดับ มีตั้งแต่ระดับโมเลกุลไปจนถึงระดับเซลล์ ซึ่งมีทั้งระดับการทำงานของกลุ่มของเซลล์ประสาท (neuron) จำนวนน้อย เช่น ในคอลัมน์ของสมองส่วนคอร์เท็กซ์ (cortical columns) ไปจนถึงระดับการทำงานของระบบต่าง ๆ ในสมองที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับระบบประสาทการมองเห็น และไปจนถึงระดับการทำงานของระบบขนาดใหญ่ เช่น การทำงานของสมองส่วนซีรีบรัลคอร์เท็กซ์ (cerebral cortex) หรือซีรีเบลลัม (cerebellum) และการทำงานของสมองทั้งหมด

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี (2552) กล่าวว่าระดับสูงสุดของการศึกษาวิชาประสาทวิทยา คือ การนำวิธีการศึกษาทางประสาทวิทยาไปรวมกับการศึกษาทางปริชานประสาทวิทยาศาสตร์ หรือ ประสาทวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการคิด (cognitive neuroscience) อันเป็นสาขาวิชาที่พัฒนามาจากวิชา จิตวิทยาการคิด (cognitive psychology) แต่ปัจจุบันได้แยกออกมาเป็นสาขาวิชาหนึ่ง ปริชาน ประสาทวิทยาศาสตร์เป็นสาขาวิชาที่ทำให้เราเข้าใจการทำงานของจิตใจ (mind) และการมีสติ (consciousness) จากเหตุมายังผล ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาทางวิชาจิตวิทยาอันเป็นการศึกษาจากผล มายังเหตุ นักวิทยาศาสตร์บางท่านเชื่อว่าปริชานประสาทวิทยาศาสตร์สามารถอธิบายสิ่งต่าง ๆ เพิ่มเติมจากการศึกษาทางจิตวิทยา และบางทีอาจจะดีกว่าจนกระทั่งมาแทนที่ความรู้ทางจิตวิทยาที่ เชื่อกันมาได้ หัวข้อการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับวิชาประสาทวิทยาศาสตร์ อาทิเช่น

1. การทำงานของสารสื่อประสาท (neurotransmitter) ที่เกิดขึ้นบริเวณไซแนปส์ (synapse)

2. กลไกทางชีววิทยาที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วยการเรียนรู้แบบดีแคลเรทีฟ (declarative learning) และการเรียนรู้การเคลื่อนไหว (motor learning)

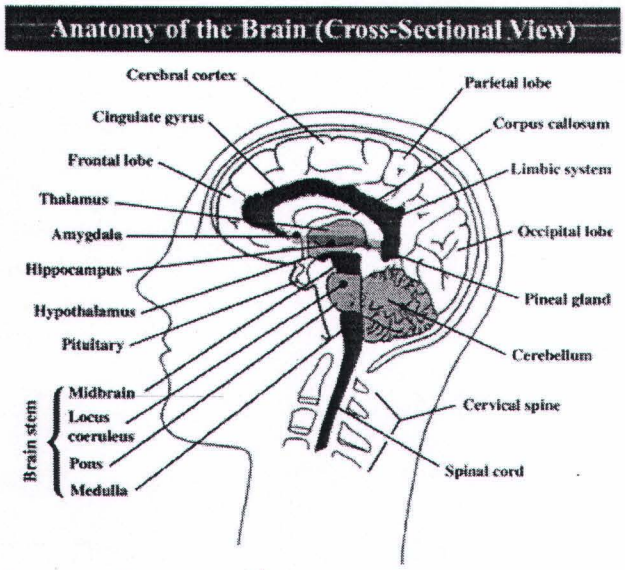
3. ผลของยีน (gene) ต่อการเจริญเติบโตของระบบประสาท ตั้งแต่ระยะเอ็มบริโอ (embryo) ไปจนระยะผู้ใหญ่ (adult)

4. การทำงานของโครงสร้างระบบประสาทแบบง่าย ๆ ในสิ่งมีชีวิตที่ไม่ซับซ้อน เช่น ในทากทะเล

5. โครงสร้างและการทำงานของระบบวงจรประสาทแบบซับซ้อนที่ใช้ในการรับประสาท สัมผัส ความจำ และการพูด

2. สมอง (brain)

นักวิชาการหลายท่าน (กนกธร ปิยธำรงรัตน์, 2545; กนกวรรณ ติลกสกุลชัย และ ชัยเลิศ พิชิตพรชัย, 2548; ประพิณ วัฒนกิจ, 2528; มุกดา สุขสมาน, 2528; ราตรี สุดทรวง และ วีระชัย สิงหนิยม, 2550; ศันสนีย์ ฉัตรคุปต์, ม.ป.ป.; สถาบันส่งเสริมอัจฉริยภาพและนวัตกรรมการเรียนรู้, ม.ป.ป.) ได้กล่าวถึงสมอง สรุปได้ว่า สมอง (brain) ตามลักษณะทางกายวิภาคจัดว่าเป็นส่วนกลาง ของระบบประสาท ส่วนใหญ่จะเรียกระบบประสาทบริเวณหัวของสัตว์มีกระดูกสันหลัง คำนี้บางทีก็ ใช้เรียกอวัยวะในระบบประสาทบริเวณหัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอีกด้วย มีหน้าที่ควบคุมและ สั่งการการเคลื่อนไหว พฤติกรรม และรักษาสมดุลภายในร่างกาย (homeostasis) เช่น การเต้นของ หัวใจ ความดันโลหิต สมดุลของเหลวในร่างกาย และอุณหภูมิ เป็นต้น หน้าที่ของสมองยังมี เกี่ยวข้องกับการรู้ (cognition) อารมณ์ ความจำ การเรียนรู้การเคลื่อนไหว และความสามารถอื่น ๆ ที่ เกี่ยวกับการเรียนรู้

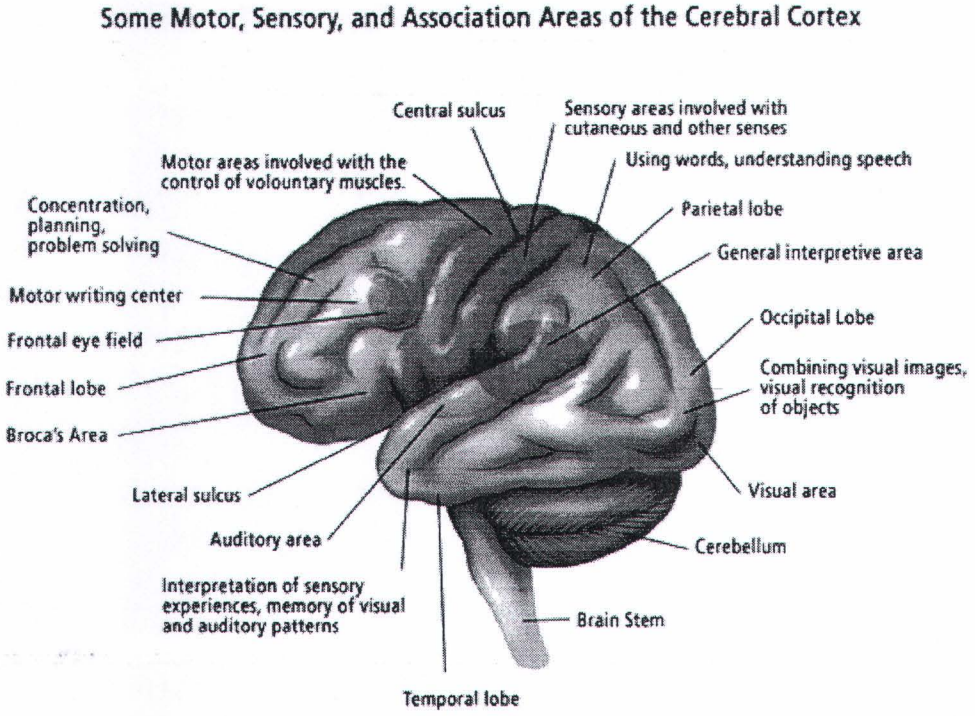


ภาพที่ 1 ตำแหน่งตามกายวิภาคศาสตร์ของสมอง (Anatomy of the Brain, n.d.)

นักวิชาการ (บังอร ฉางทรัพย์, 2548; ประพิณ วัฒนกิจ, 2528) กล่าวว่า สมองเจริญมาจากเอคโทเดิร์ม (ectoderm) ตั้งแต่เป็นตัวอ่อนในครรภ์มารดา ในเด็กเกิดใหม่จะหนักประมาณ 350 กรัม อายุ 1 ปี จะหนักประมาณ 750 กรัม สมองผู้ใหญ่จะหนักโดยเฉลี่ย 1200-1300 กรัม คนสูงอายุสมองจะเหี่ยวลง การเจริญของสมองย่อมต้องการอาหารที่ดี และสิ่งกระตุ้นที่ดีที่เป็นสิ่งแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกโครงสร้างของสมอง แบ่งตามส่วนประกอบของสมอง ได้เป็น 3 ตอนใหญ่ๆ คือ

2.1 สมองส่วนหน้า (forebrain) ประกอบด้วย

2.1.1 ซีรีบรัม (cerebrum) เป็นส่วนใหญ่ที่สุดของสมอง มีอยู่ประมาณ 70 % ของสมองทั้งหมด อยู่ด้านหน้า แบ่งเป็น 2 ซีกซ้ายและขวา เชื่อมต่อกันด้วยเส้นใยประสาทที่เรียกว่าคอร์ปัสคัลโลซัม (corpus callosum) ส่วนของสมองที่อยู่เหนือคอร์ปัสคัลโลซัมทั้งซ้ายและขวา เรียกว่าซิงกูเลทคอร์เท็กซ์ (cingulate cortex) ซีรีบรัมนี้ประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ ซีรีบรัลคอร์เท็กซ์, บาซัลนิวคลีอาย (basal nuclei) และ ไรเอนเซฟาลอน (rhiencephalon) หรือ ส่วนออลแฟคทอรี่ (olfactory portion) (บังอร ฉางทรัพย์, 2548; ประพิณ วัฒนกิจ, 2528)



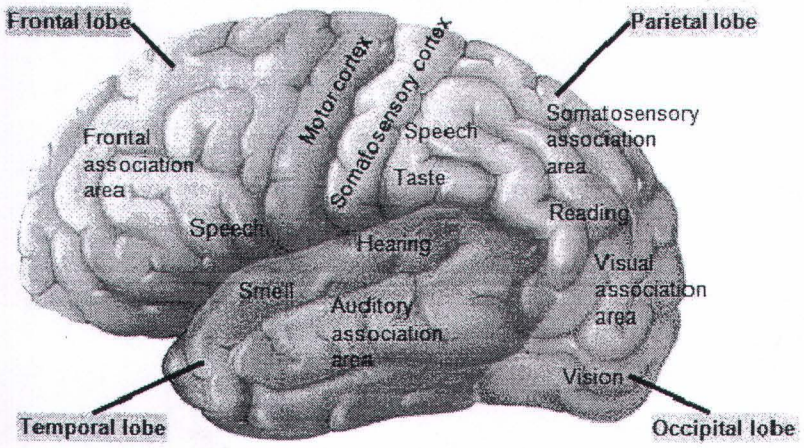
ภาพที่ 2 ส่วนต่างๆ ของสมองส่วนซีรีบรัม (Princeton Brain & Spine Care, 2009)

2.1.1.1 ลักษณะที่สำคัญของซีรีบรัม (กนกธร ปิยธำรงรัตน์, 2545; กนกวรรณ ติลกสกุลชัย และ ชัยเลิศ พิชิตพรชัย, 2548; บังอร ฉางทรัพย์ (2548); ประพิณ วัฒนกิจ, 2528; มุกดา สุขสมาน, 2528; ราตรี สุดทรวง และ วีระชัย สิงหนิยม, 2550; ศันสนีย์ ฉัตรคุปต์, ม.ป.ป.; สถาบันส่งเสริมอัจฉริยภาพและนวัตกรรมการเรียนรู้, ม.ป.ป.) มีดังนี้ คือ

1) ชั้นนอกหนาประมาณ 3 มิลลิเมตร เรียกว่าซีรีบรัมคอร์เท็กซ์ (cerebrum cortex) มีรอยพับเป็นร่องหรือรอยหยักจำนวนมาก และมีเนื้อสมองสีเทา ที่ประกอบด้วยตัวเซลล์ประสาทจำนวนมากและใยประสาทที่ไม่มีไมอีลินชีท (myelin sheath) หุ้มเป็นส่วนใหญ่

2) ภายใต้ซีรีบรัมคอร์เทกซ์ เป็นชั้นหนาของเนื้อสีขาวประกอบด้วยแอกซอน (axon) ที่มีไมอีลินชีทหุ้มเป็นส่วนใหญ่ ทำให้มีลักษณะเป็นสีขาวเนื่องจากเยื่อไขมันไมอีลิน

3) ซีรีบรัม แบ่งออกเป็น 2 ซีกด้วยร่องลึกตรงกลาง มีมัดเส้นใยแอกซอนหลายมัดติดต่อระหว่าง 2 ซีก มัดใหญ่ที่สุดเรียกว่าคอร์ปัสคัลโลซัม สมองแต่ละซีกทำหน้าที่ควบคุมกล้ามเนื้อซีกตรงข้ามของร่างกาย



ภาพที่ 3 กลีบของสมอง (Brain Anatomy, n.d.)

4) ร่องหรือรอยหยักแบ่งซีรีบรัมคอร์เท็กซ์ ออกเป็นส่วนๆชัดเจน 4 โลบ (lobe) ได้แก่

(1) ฟรอนทัลโลบ (frontal lobe) ทำหน้าที่เสมือนผู้บริหาร ด้านการเรียนรู้ ความจำ การคิดขั้นสูง ความฉลาด การวางแผน ความคิดอย่างมีเหตุผล การตัดสินใจ การพูด อารมณ์ พฤติกรรม สติปัญญา และการกำหนดทางเลือกต่าง ๆ ควบคุมการเคลื่อนไหวที่ต้องอาศัยทักษะต่างๆ ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ แขนขาและใบหน้า

(2) พาไรทัลโลบ (parietal lobe) ทำหน้าที่ในการวิเคราะห์และเชื่อมโยงข้อมูลที่รับมาจากหน่วยรับความรู้สึกในการแปลผลความรู้สึกต่างๆ ที่ได้รับ เกี่ยวกับประสาทสัมผัสการรับรู้มิติ การเข้าใจในภาษาพูด เขียน และอ่าน และการแก้ปัญหาบางอย่าง สมองส่วนที่เรียกว่าเซนซอรีมอเตอร์คอร์เท็กซ์ (sensorimotor cortex) คือ พาไรทัลโลบ ฟรอนทัลโลบ รวมกันกับสมองส่วนทาลามัส (thalamus) ซึ่งเป็นสมองส่วนที่อยู่ตรงใจกลาง และสมองส่วนที่เรียกว่าบาซัลแกงเกลีย (basal ganglia) จะมีการสร้างเส้นใยประสาทค่อนข้างครบถ้วนเมื่อแรกคลอด และมีหน้าที่ควบคุมการทำงานพื้นฐานของเด็กแรกคลอด เช่น การขยับมือไปมา การขยับปากที่ช่วยในการดูดนม

(3) ออคซิพิทัลโลบ (occipital lobe) ทำหน้าที่ในการรับภาพ แปลผลภาพที่เห็น จดจำสิ่งของ/คน รับรู้ทำความเข้าใจความหมายของข้อมูลใหม่ ๆ และทำความเข้าใจจากสิ่งที่มองเห็น

(4) เทมโพรัลโลบ (temporal lobe) อยู่ด้านข้างเหนือใบหู ทำหน้าที่เกี่ยวกับการได้ยิน แปลผลเสียงหรือคำพูดที่ได้ยิน ความจำบางส่วน การพูดบางประเภท

พฤติกรรม และภาษา ทำงานร่วมกับ ฟรอนทัลโลบเกี่ยวกับการได้กลิ่น สมองส่วนที่เรียกว่า ฮิปโปแคมปัส (hippocampus) จะอยู่ข้าง ๆ ด้านในของเทมโพรัลโลบทั้งซ้ายและขวา มีหน้าที่เกี่ยวกับความจำ การเรียนรู้ และอารมณ์

2.1.1.2 หน้าที่ของซีรีบรัม (ประพิณ วัฒนกิจ, 2528)

1) ซีรีบรัม เป็นสมองส่วนที่พัฒนามากที่สุดในคน ทำหน้าที่ควบคุมระดับสูง ส่วนใหญ่เกี่ยวกับความรู้ ความจำ เชาวน์ปัญญา และเป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ การรับ สัมผัสต่างๆ

2) ได้รับกระแสประสาทความรู้สึกจากหน่วยรับความรู้สึกทุกหน่วย และส่งกระแสประสาทสั่งการไปสู่สมองส่วนอื่นและร่างกายทุกส่วนเพื่อควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อและต่อมต่างๆ

3) แต่ละบริเวณของซีรีบรัมคอร์เท็กซ์ เป็นศูนย์ควบคุมการทำงานที่ต่างกัน

2.1.1.3 หน้าที่ของซีรีบรัลคอร์เท็กซ์ ดังที่ ประพิณ วัฒนกิจ (2528) กล่าวว่า ด้านนอกของสมองส่วนซีรีบรัม คือส่วนซีรีบรัลคอร์เท็กซ์ (cerebral cortex) เป็นส่วนที่ประกอบด้วยส่วนเนื้อสีเทา (gray matter) ทั้งหมด ที่เป็นเซลล์ประสาททำหน้าที่เกี่ยวกับกระบวนการต่างๆ ทางด้านความคิดเห็น เช่น ความคิด ความตั้งใจ ความจำ อารมณ์ ความรู้สึก (sensation) และการเคลื่อนไหวของร่างกาย (voluntary movement) ดังนี้คือ

1) ความรู้สึก จะเกิดขึ้นโดยกระแสประสาทเข้าสู่คอร์เท็กซ์ ตรงบริเวณด้านหลังของเซนทรัลซัลคัส (central sulcus) และด้านหน้าของพาไรทัลโลบ ซึ่งเรียกว่าโซแมนติกเซนซอรีแอเรีย (somantic sensory area) ซึ่งจะรับความรู้สึกจากกระแสประสาทที่นำมาจากกลุ่มประสาทรับความรู้สึก (receptor) ต่างๆ โดยเซนซอรีพาธเวย์ (sensory pathways) เข้าสู่บริเวณนี้ ฉะนั้นบริเวณนี้จึงทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกทั่วไปของร่างกาย นอกจากนี้ยังมีเส้นประสาทและสมองส่วนอื่นๆ ทำงานประสานกันเพื่อเป็นที่รับกระแสประสาท (sensory impulse) เข้าสู่สมองส่วนซีรีบรัลคอร์เท็กซ์ ซึ่งได้แก่ กระแสประสาทจากไขสันหลัง กระแสประสาทจากก้านสมองและทาลามัส

2) บริเวณรับความรู้สึก (sensory area) ของซีรีบรัมส่วนนอก ประกอบด้วย

(1) วิชวลแอเรีย (visual area) เป็นบริเวณที่รับความรู้สึกเกี่ยวกับการมองเห็นอยู่ทางด้านหลังส่วนนอกของซีรีบรัม (occipital cortex) ด้านขวาของบริเวณนี้จะรับกระแสประสาทจากเรตินา (retina) ทางด้านขวาของตาทั้งสองข้าง ส่วนด้านซ้ายของบริเวณนี้จะรับกระแสประสาทจากเรตินาทางด้านซ้ายของตาทั้งสองข้าง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 21 ส.ค. 2555
เลขทะเบียน 248265
เลขเรียกหนังสือ

(2) ออดิทอรีแอเรีย (auditory area) เป็นบริเวณที่รับความรู้สึกเกี่ยวกับการได้ยินซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณเทมโพรัลโลบซึ่งจะรับกระแสประสาทจากหูทั้งสองข้าง

(3) ออลแฟคทอรีแอเรีย (olfactory area) เป็นบริเวณที่รับความรู้สึกเกี่ยวกับกลิ่นตั้งอยู่ด้านหน้าของเทมโพรัลโลบจะรับกระแสจากประสาทรับความรู้สึกที่อยู่ในช่องจมูก

(4) กัสเทเทอร์แอเรีย (gustator area) เป็นบริเวณของการรับรส ยังไม่พบที่ตั้งที่แน่นอน อาจจะอยู่บริเวณด้านหลังของเซนทรัลซัลคัส หรือใกล้ๆกับออลแฟคทอรีแอเรีย ทำหน้าที่รับกระแสประสาทรับความรู้สึกของปุ่มรับรสซึ่งอยู่ที่ลิ้น

3) ควบคุมการเคลื่อนไหว (voluntary movement) ในสมองส่วน คอร์เท็กซ์ช่วยในการเคลื่อนไหวของร่างกาย โดยช่วยควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ (skeletal mustle) ที่มอเตอร์แอเรีย (motor area) อยู่ด้านหน้าของเซนทรัลซัลคัส ทำหน้าที่กระตุ้นเซลล์ประสาทของไขสันหลัง (anterior horn) ให้นำกระแสประสาทไปสู่กล้ามเนื้อ ทำให้มีการหดตัวและเคลื่อนไหว ถ้ามีโรคบางอย่างที่ทำอันตรายต่อทางเดินของกระแสประสาทจากมอเตอร์แอเรีย ในสมองส่วนคอร์เท็กซ์กล้ามเนื้อก็จะไม่สามารถหดตัวและไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ ซึ่งเรียกว่าอัมพาต (paralysis)

4) หน้าที่อื่นๆ ของซีรีบรัมคอร์เท็กซ์จะทำหน้าที่เกี่ยวกับการเรียน การจำ การพูด อารมณ์ เชาวน์ปัญญา บุคลิกภาพและความรู้สึกผิดชอบ ซึ่งจะอยู่บริเวณส่วน ฟรอนทัลโลบของซีรีบรัม

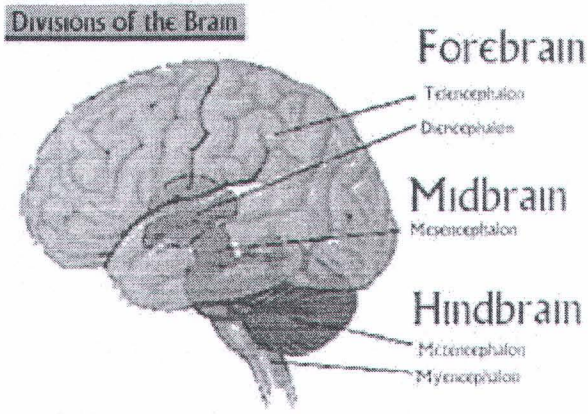
2.1.2 ส่วนที่ต่อจากซีรีบรัมที่เรียกว่าไดเอนเซฟาลอน (diencephalon) เป็นส่วนหนึ่งของสมองส่วนหน้า เชื่อมต่อระหว่างซีกสมองทั้งสอง (cerebral hemisphere) และสมองส่วนกลาง (midbrain) แบ่งเป็นส่วนหลังและส่วนหน้า (ประพิณ วัฒนกิจ, 2528) ดังนี้คือ

2.1.2.1 ส่วนด้านหลัง (dorsal portion) คือส่วนที่เป็นทาลามัส มีลักษณะกลมรี ประกอบไปด้วยส่วนเนื้อสีเทา ยาวประมาณ ¼ นิ้ว และกว้าง ½ นิ้ว ยื่นลงไปในบริเวณของเธิร์ดเวนทริเคิล (third ventricle) ประกอบไปด้วยเซลล์ประสาทชนิดที่ทำหน้าที่เป็นสถานีสำหรับส่งความรู้สึกที่รับเข้ามาจากประสาทที่ไปสู่บริเวณรับความรู้สึกของส่วนคอร์เท็กซ์ ฉะนั้นจึงสรุปได้ว่ากระแสที่นำไปสู่อวัยวะในร่างกายทั้งหมด (afferent impulse) ก่อนที่จะเข้าสู่คอร์เท็กซ์จะต้องผ่านทาลามัส (กนกธร ปิยธำรงรัตน์, 2545; ประพิณ วัฒนกิจ, 2528; บังอร ฉางทรัพย์, 2548)

1) ทาลามัส เป็นส่วนหนึ่งของสมองส่วนหน้า มีลักษณะคล้ายรูปไข่ 2 ก้อนอยู่ระหว่างซีรีบรัมกับเมดัลลาออบลองกาตา (medulla oblongata) ซึ่งอยู่ลึกเข้าไปข้างในสมองทั้งสองซีก ทำหน้าที่ถ่ายทอดข้อมูลจากประสาทสัมผัสต่างๆ ไปยังซีรีบรัลคอร์เท็กซ์ของสมองชั้นนอกซึ่งเป็นที่รวมของระบบประสาท หน้าที่ของทาลามัส คือ

(1) เป็นจุดรวมกระแสประสาทรับความรู้สึกทุกชนิดที่เข้าสู่ซีรีบรัลคอร์เท็กซ์ แล้วแยกประสาทส่งไปยังสมองส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระแสประสาทนั้นๆ (relay center)

(2) เกี่ยวข้องกับการตอบสนองของระบบประสาทอัตโนวัติเบื้องต้น เมื่อรับความรู้สึกเจ็บปวดเกี่ยวข้องกับอาการช็อกเมื่อบาดเจ็บรุนแรง



ภาพที่ 4 การแบ่งส่วนของสมอง (Divisions of the brain, n.d.)

2.1.2.2 ส่วนด้านหน้า (ventricle portion)

ประกอบด้วยส่วนที่เรียกว่าไฮโปทาลามัส (hypothalamus) และบับทาลามัส (bubthalamus) คือส่วนที่เป็นไฮโปทาลามัส เป็นส่วนผนังข้างและด้านล่างของเธิร์ดเวนทริเคิล ประกอบด้วย 3 ส่วน ส่วนหน้าเป็นส่วนเนื้อสีเทาซึ่งอยู่ล้อมรอบออปติคเชียสมา (optic chiasma) ส่วนกลางมีขั้วต่อมและด้านหลังของต่อมพิทูอิทารี (pituitary) ส่วนหลังของทาลามัส ประกอบด้วยแมมมิลารีบอดี (mammillary bodies) (กนกธร ปิยธำรงรัตน์, 2545; ประพิณ วัฒนกิจ, 2528; บังอร ฉางทรัพย์, 2548)

ประพิณ วัฒนกิจ (2528) กล่าวว่า ช่องทางของไฮโปทาลามัส (tract of hypothalamus) จะติดต่อกับส่วนต่างๆ ของระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system: C.N.S.) มีกระแสประสาทที่รับความรู้สึกจาก ฟรอนทัลโลบของซีรีบรัมไปยังไฮโปทาลามัส ซึ่งถ้ามีอันตรายเกิดขึ้นกับด้านหลังของไฮโปทาลามัสจะทำให้เกิดอาการง่วง (sleeping sickness) เนื่องจากในส่วนหลังของไฮโปทาลามัส มีศูนย์กลางของการตื่น (waking centre) เพื่อช่วยให้ส่วนคอร์เท็กซ์มีภาวะตื่นตัว (excitability) และมีช่องทางส่งกระแสประสาท (efferent tract) จากไฮโปทาลามัสไปสู่ก้านสมอง (brain stem) ไขสันหลัง (spinal cord) ไปยังศูนย์กลางพาราซิมพาเธติก (parasympathetic) และซิมพาเธติก (sympathetic centre)

1) ไฮโปทาลามัส (hypothalamus) เป็นสมองส่วนที่เป็นทางติดต่อกับซีรีบรัมกับก้านสมอง โดยไฮโปทาลามัสอยู่ใต้ทาลามัส และค่อนไปทางด้านหน้าติดกับต่อมใต้สมองส่วนหน้า (pituitary gland) หน้าที่ของไฮโปทาลามัส (ประพิณ วัฒนกิจ, 2528) คือ

(1) ควบคุมการเผาผลาญอาหารไขมันและแป้ง

(2) ควบคุมการทำงานของอวัยวะภายในร่างกาย โดยติดต่อกับระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic centre) ซึ่งจะควบคุมการทำงานของประสาทอัตโนมัติด้วย โดยที่มีกระแสประสาทติดต่อกับซีรีบรัลคอร์เท็กซ์ จึงทำหน้าที่เกี่ยวกับอารมณ์ด้วย ซึ่งเมื่ออารมณ์เปลี่ยนแปลงก็จะทำให้มีการหลั่งฮอร์โมนของต่อมใต้สมองส่วนหน้า ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเต้นของหัวใจ (cardiovascular regulation) ความดันโลหิตสูงหรือต่ำ หลอดโลหิตขยายหรือหดตัว

(3) ควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย (body temperature regulation)

(4) ควบคุมความรู้สึกอยากรับประทานอาหาร

(5) ควบคุมการตื่นและการหลับ

(6) ควบคุมจำนวนน้ำและอิเล็กโทรไลท์ให้สมดุลในร่างกาย (regulation of water and electrolyte balance)

2.2 สมองส่วนกลาง (midbrain)

เป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างสมองส่วนหน้าและส่วนหลัง ซึ่งเป็นส่วนที่ล้อมรอบซีรีบรัลแอควิดัคท์ (cerebral aqueduct) อยู่ระหว่างเธิร์ดเวนทริเคิล และฟอธเวนทริเคิล (fourth ventricle) หรือทางด้านล่างสุดของซีรีบรัมเหนือพอนส์ (pons) ประกอบด้วยส่วนเนื้อสีขาว (white matter) และส่วนเนื้อสีเทา ส่วนที่เป็นส่วนเนื้อสีเทาอยู่รอบๆ ซีรีบรัลแอควิดัคท์ ติดต่อระหว่างสมองส่วนหน้าและสมองส่วนหลัง ส่วนที่เป็นซีรีบรัลพีดันเคิล (cerebral peduncle) จะประกอบเป็นด้านหน้าของสมองส่วนกลาง และส่วนที่เป็นโคโพราควอดไดรเจมินา (copora quadrigemina) ประกอบเป็นด้านหลัง (กนกธร ปียธำรงรัตน์, 2545; ประพิณ วัฒนกิจ, 2528; บังอร ฉางทรัพย์, 2548)

ประพิณ วัฒนกิจ (2528) กล่าวว่า ส่วนที่เป็นเรดนิวเคลียส (red nucleus) ในสมองส่วนกลางประกอบด้วย ส่วนเนื้อสีเทาซึ่งมีใยประสาท (fibers) จากฟรอนทัลโลบของซีรีบรัลคอร์เท็กซ์ และจากสมองน้อยมาสุดตรงบริเวณนี้ ประสาทสมองคู่ที่ 3, 4, 5 เริ่มต้นที่สมองส่วนกลางนี้ แบ่งออกเป็น

2.2.1 ด้านหลังหรือตอนบน (dorsal portion) เป็นส่วนที่เรียกว่าโคโพราควอดไดรเจมินา

2.2.2 ด้านหน้าหรือตอนล่าง (ventral portion) ประกอบด้วยซีรีบรัลพีดันเคิลซึ่งเป็นกลุ่มใยประสาทมัดใหญ่ ทอดจากริมรอบขอบนอกของสมองส่วนพอนส์เข้าไปยังสมองส่วนหน้าบริเวณออพติคแทรค (optic tract)

หน้าที่ของสมองส่วนกลาง จะรับความรู้สึกจากไขสันหลังและส่วนต่างๆของสมอง มีศูนย์ควบคุมการทำงานของม่านตา (pupillary centre) อยู่ในสมองส่วนกลางนี้ด้วย และที่โคโพราควอดไดรเจมินา เป็นตำแหน่งของออดิทอรีรีเฟล็กซ์ (auditory reflex) ควบคุมการได้ยินเสียง นอกจากนี้ยังมี วิชวลเซนเตอร์ (visual centre) เป็นศูนย์กลางการรับภาพในสมองส่วนนี้ (ประพิณ วัฒนกิจ, 2528)

2.3 สมองส่วนหลัง (hindbrain or rhombencephalon)

สมองส่วนหลังมีตำแหน่งอยู่ระหว่างสมองส่วนกลางและไขสันหลัง ภายในช่องว่างได้แก่ ฟอธเวนทริเคิล สมองส่วนนี้แบ่งออกเป็นเมเทนเซฟาลอน (metencephalon) ได้แก่สมองส่วนซีรีเบลลัมและพอนส์ และไมอีเลนเซฟาลอน (myelencephalon) หรือส่วนเมดัลลาออบลองกาตา (บังอร ฉางทรัพย์, 2548; ประพิณ วัฒนกิจ, 2528)

2.3.1 ซีรีเบลลัมเป็นสมองส่วนที่ใหญ่เป็นที่สองรองจากซีรีบรัมตั้งอยู่ด้านหลังของซีรีบรัม แยกออกจากซีรีบรัมด้วยทรานเวอร์สฟิสเซอร์ (transvers fissure) ด้านนอกประกอบด้วยส่วนเนื้อสีเทา ด้านในประกอบด้วยส่วนเนื้อสีขาว พื้นผิวด้านนอกของสมองส่วนนี้เป็นรอยนูนเรียกว่าซัลคัส (sulcus) ซึ่งจะมีรอยย่นน้อยกว่าซีรีบรัม ส่วนตรงกลางที่อยู่ระหว่างซีรีเบลลัมทั้งสองส่วน มีรูปร่างคล้ายตัวหนอนเรียกว่าเวอร์มิส (vermis) (ประพิณ วัฒนกิจ, 2528)

ซีรีเบลลัมจะติดต่อเชื่อมโยงกับซีรีบรัมด้วยซูพีเรียร์พีดันเคิล (superior peduncle) ติดต่อกับสมองส่วนพอนส์ด้วยมิดเดิลพีดันเคิล (middle peduncle) และติดต่อกับเมดัลลาออบลองกาตา ด้วยอินฟีเรียพีดันเคิล (inferior peduncle) พีดันเคิล (peduncles) ประกอบด้วยส่วนเนื้อสีขาวที่รวมกันเป็นเส้นประสาทใหญ่ (treets) กระแสประสาทจากซีรีบรัมจากกล้ามเนื้อต่างๆ และเซมิเซอร์คิวลาร์แคแนล (semicircular canal) ในหูจะเข้าสู่สมองได้โดยผ่านทางพีดันเคิล (ประพิณ วัฒนกิจ, 2528)

2.3.1.1 หน้าที่ของซีรีเบลลัม (กนกธร ปิยธำรงรัตน์, 2545; บังอร ฉางทรัพย์, 2548; ประพิณ วัฒนกิจ, 2528) ได้แก่

1) ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ (synergic control of muscle action) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของร่างกายร่วมกับซีรีบรัม โดยทำหน้าที่ควบคุมและประสานการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ ให้มีการใช้กำลังกล้ามเนื้อที่ถูกต้องเหมาะเจาะ

2) ควบคุมท่าทาง (posture reflex)

3) ควบคุมการทรงตัว (equilibrium) โดยกระแสประสาทจากลาไบรินธ์ (labyrinth) ของหูจะเข้าสู่ซีรีเบลลัม

4) ควบคุมกระบวนการคิด รวมถึงช่วยในการเรียนรู้เรื่องที่สลับซับซ้อน เช่น คณิตศาสตร์ ดนตรี และทักษะทางสังคมที่ซับซ้อน

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

2.3.2 สมองส่วนพอนส์ เป็นอีกส่วนหนึ่งของสมองส่วนหลัง ตั้งอยู่ด้านบนของสมองส่วน medulla และด้านหลังของสมองส่วนกลางประกอบด้วยเส้นใยประสาทและนิวเคลียส เป็นที่ตั้งต้นของประสาทสมองคู่ที่ 5, 6, 7, 8 เซลล์ประสาทของพอนส์จะทำหน้าที่ถ่ายทอดความรู้สึกจากซีรีบรัลคอร์เท็กซ์ไปยังสมองน้อย (ประพิณ วัฒนกิจ, 2528)

2.3.2.1 หน้าที่ของพอนส์ (ประพิณ วัฒนกิจ, 2528) ได้แก่

1) เป็นสะพานเชื่อมระหว่างไขสันหลังและสมอง
2) เป็นที่ตั้งของประสาทสมองคู่ที่ 5, 6, 7 และ 8
3) เป็นสะพานเชื่อมระหว่างสมองน้อยทั้งสองข้าง

2.3.3 สมองส่วนเมดัลลาออบลองกาตา เป็นส่วนสุดท้ายของสมองส่วนหลัง ตั้งอยู่เหนือฟอราเมนแมกนัม (foramen magnum) และยื่นยาวลงไปติดต่อกับไขสันหลัง ประกอบด้วยเส้นใยประสาท (projection tract) กับนิวคลีอายของส่วนเนื้อสีเทา เป็นที่ตั้งต้นของประสาทสมองคู่ที่ 9-12 เป็นที่ตั้งของศูนย์กลางควบคุมอวัยวะสำคัญของชีวิต (vital centre) จึงเห็นได้ว่าสมองส่วนนี้เป็นส่วนที่สำคัญที่สุด ฉะนั้นถ้ามีอันตรายเกิดขึ้นอาจทำให้ถึงแก่ความตายได้อย่างรวดเร็ว (กนกธร ปิยธำรงรัตน์, 2545; บังอร ฉางทรัพย์, 2548; ประพิณ วัฒนกิจ, 2528)

2.3.3.1 หน้าที่ของเมดัลลาออบลองกาตา (ประพิณ วัฒนกิจ, 2528) ได้แก่

1) เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของอวัยวะสำคัญต่อชีวิต ได้แก่

(1) ศูนย์กลางควบคุมการทำงานของหัวใจ (cardioaccelerator and inhibitor centre)

(2) ควบคุมการบีบและขยายตัวของเส้นโลหิต (vasoconstictor and dilator centre)

(3) ศูนย์ควบคุมการหายใจ (respiratory centre)

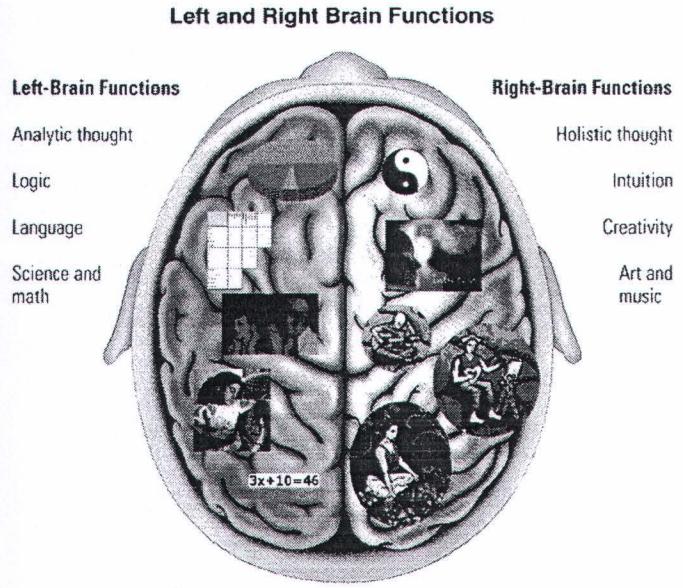
2) ทำหน้าที่รับกระแสประสาทจากไขสันหลังไปสู่ซีรีบรัมและรับกระแสประสาทจากสมองข้างหนึ่งไปยังอีกข้างหนึ่ง

2.4 สมองซีกซ้าย (left hemisphere) – สมองซีกขวา (right hemisphere)

สมองส่วนซีรีบรัมจะแบ่งออกเป็นสมองซีกซ้ายและสมองซีกขวา ซึ่งสมองซีกซ้ายจะควบคุมการทำงานของร่างกายซีกขวาและสมองซีกขวาจะควบคุมการทำงานของร่างกายซีกซ้าย การเชื่อมการทำงานของสมองทั้งซีกซ้ายและซีกขวานั้น จะมาจากกลุ่มเส้นใยประสาท สมองทั้งสองซีกนี้จะมีหน้าที่ต่างกันและขนาดก็ต่างกันด้วย (กมลพรรณ ชีวพันธุศรี, 2548)

กนกวรรณ ติลกสกุลชัย และ ชัยเลิศ พิชิตพรชัย (2548) กล่าวว่า สมองแต่ละซีกทำหน้าที่พื้นฐานเหมือนกันในการรับรู้ความเป็นไปของสิ่งแวดล้อมและการควบคุมการเคลื่อนไหว

ของร่างกายซีกตรงข้าม แต่ในการทำหน้าที่ขั้นสูงพบว่า ซีกหนึ่งจะทำหน้าที่ได้ดีกว่าอีกซีกหนึ่งซึ่งเรียกว่า ซีรีบรัลโดมิแนนซ์ (cerebral dominance)



ภาพที่ 5 หน้าที่สมองซีกซ้าย-ขวา (Left and Right Brain Function, n.d.)

2.4.1 สมองซีกขวาทำหน้าที่ได้ดีในด้านต่อไปนี้ (กนกวรรณ ติลกสกุลชัย และ ชัยเลิศ พิชิตพรชัย, 2548) ด้านการวิเคราะห์เหตุการณ์ที่เกิดเป็นลำดับและถนัดเกี่ยวกับการใช้ภาษาทั้งการจำตัวหนังสือ ความเข้าใจ การเขียนและการพูด และถนัดในการคิดคำนวณ การคิดเหตุผล ความสามารถในการประมวลข้อมูลต่างๆ ออกมาเป็นคำพูด การกระทำ ความคิด และการมีมโนธรรม

2.4.2 สมองซีกซ้ายทำหน้าที่ได้ดีในด้านต่อไปนี้ (กนกวรรณ ติลกสกุลชัย และ ชัยเลิศ พิชิตพรชัย, 2548) มีความเข้าใจภาษาค่อนข้างจำกัด ถนัดในการแสดงออกทางอารมณ์ กำหนดอารมณ์ในน้ำเสียงของคำพูด การจำรูปภาพที่ไม่ใช่รูปทรงเรขาคณิต เช่น การจำหน้าคน จำรูปร่าง จำถนน หนทางบอกทิศทาง ถนัดในการฟัง คือจำเสียงของคนที่คุ้นเคยได้ดี ความสามารถทางศิลปะและดนตรี แยกแยะเสียงดนตรี วาดภาพ ถนัดในการบอกข้อมูลที่ได้จากการใช้มือคลำ ซึ่งความสามารถเหล่านี้เป็นการประมวลข้อมูลที่รวมลักษณะสำคัญต่างๆ เข้าด้วยกัน

ศันสนีย์ ฉัตรคุปต์ (ม.ป.ป.) กล่าวว่า การทำงานของสมองทั้งสองส่วนจะทำงานร่วมกัน ด้านใดถูกใช้มากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับลักษณะของกิจกรรม แต่สมองทั้งสองส่วนอาจทำหน้าที่เสริมต่อกันเหมือนเป็นหุ้นส่วนที่ช่วยทำให้กิจกรรมนั้นของมนุษย์สำเร็จสมบูรณ์ได้ เช่น นักกวี หรือนักประพันธ์บทเพลง ต้องใช้สมองซีกขวาในการสร้างบรรยากาศทางอารมณ์เกิดภาพจินตนาการที่งดงามของเรื่องที่ต้องเขียน จากนั้นสมองซีกซ้ายจะคัดเลือกถ้อยคำมารองรับให้สอดคล้องกับอารมณ์นั้น สถาปนิกใช้สมองซีกขวาในการสร้างความผสมกลมกลืนของรูปแบบ กับความงดงาม

เชิงสุนทรีย์เข้าด้วยกัน จากนั้นสมองซีกซ้ายจะรับงานต่อโดยการคิดคำนวณการรับน้ำหนักของโครงสร้าง ตลอดจนรายละเอียดปลีกย่อยของสิ่งก่อสร้างนั้น เป็นต้น

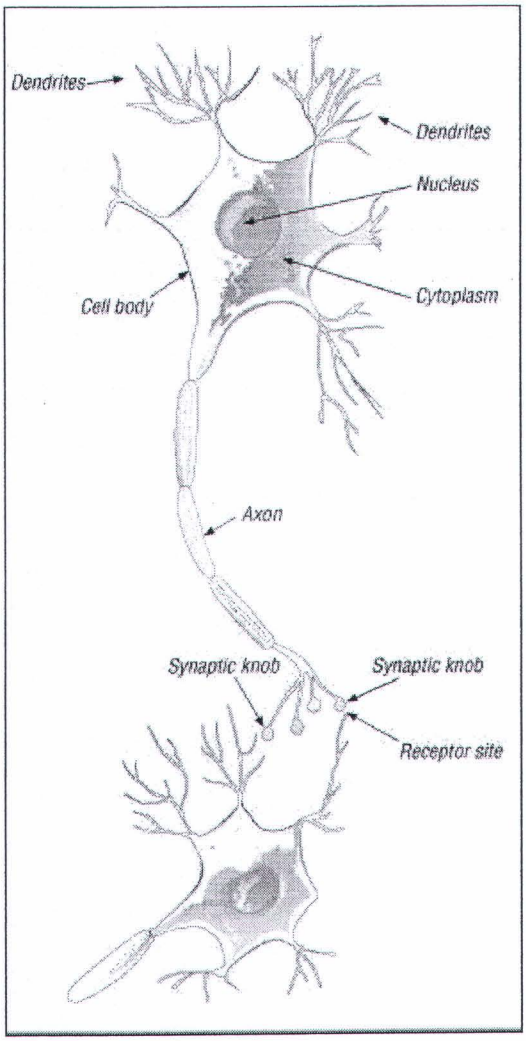
จากบทความเรื่อง "ทำความรู้จัก Brain gym" (2551) กล่าวว่า มนุษย์เราควรใช้สมองสองซีกเท่าๆ กัน แต่คนทั่วไปมักจะใช้สมองเพียงด้านเดียว การใช้สมองทั้งด้านซ้ายและสมองด้านขวาทำงานประสานกันได้ดีนั้นที่สำคัญคือ บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ คือคนที่ใช้ข้อมูลจากสมองทั้งสองด้านได้ดี แต่ถ้าเราใช้สมองด้านใดด้านหนึ่งมากกว่าอีกด้านหนึ่ง อาจจะทำให้เกิดผลเสียได้ ดังนั้นเราทุกคนควรใช้สมองทั้งสองซีก เมื่อเจอปัญหา การหาทางแก้ปัญหาเราใช้สมองซีกขวาใช้จินตนาการ ในการหาหนทางแก้ปัญหา โดยคิดถึงผลที่ได้โดยรวมซึ่งคิดได้หลายวิธี แต่ในขณะเดียวกันเราก็ใช้สมองซีกซ้ายเพราะว่าเราจำเป็นต้องรู้ว่าอะไรคือความจริงเพื่อใช้ความสามารถในการวิเคราะห์และการจัดการเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีความสุข (การคิดและการตัดสินใจ, 2552)

2.5 การเรียนรู้ของสมอง

เจเวลล์ (2549) กล่าวว่าเรื่องของการคิดเป็นประเด็นที่สามารถนำมาถกกันได้ไม่รู้จบนานหลายศตวรรษมาแล้วที่บรรดานักคิดผู้ยิ่งใหญ่ต่างใช้สติปัญญาค้นหาว่า มีอะไรเกิดขึ้นในสมองเวลาที่คนเราใช้ความคิดอยู่ เจเวลล์ (2549) กล่าวว่าทุกสิ่งทุกอย่างที่เราทำล้วนเกี่ยวข้องกับความจำทั้งสิ้น เราไม่สามารถคิดอะไรได้ถ้าไม่เข้าถึงความจำทุกสิ่งทุกอย่างที่เราทำไปทั้งโดยรู้ตัวและไม่รู้ตัว ต่างก็ต้องพึ่งพาความจำจากที่เราเคยทำครั้งล่าสุดว่าเป็นอย่างไร ความจำของเรามีความสามารถตามธรรมชาติอยู่สองประการคือ นำบางสิ่งบางอย่างเก็บไว้ในความจำ และเรียกสิ่งเหล่านั้นคืนกลับมายามที่เราต้องการมันอีกครั้ง จัดเป็นกระบวนการซับซ้อนที่เกี่ยวข้องกับสมองส่วนต่างๆ มากมายที่ทำงานเกือบจะพร้อมกัน เวลาที่เรารับรู้อะไรบางอย่าง วิถีเคมีไฟฟ้าจะทอดตัวไปตามเซลล์ประสาทจากจุดที่รับรู้ไปยังสมองผ่านจุดไซแนปส์ ซึ่งคือช่องว่างเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาทสองหน่วย ประมาณว่ามีการเชื่อมต่อที่เป็นไปได้นับล้านจุด วิถีแต่ละเส้นเป็นความจำที่ใช้งานได้หนึ่งหน่วย ยิ่งวิถีนี้ทำงานมากขึ้นเท่าใด หน่วยความจำก็จะถูกสร้างมากขึ้นเท่านั้น

สถาบันส่งเสริมอัจฉริยภาพและนวัตกรรมการเรียนรู้ (ม.ป.ป.) กล่าวว่า สมองมนุษย์ประกอบด้วยเซลล์ประมาณหนึ่งแสนล้านเซลล์เมื่อแรกเกิด ทั้งหมดนั้นเชื่อมโยงกันด้วยแขนงที่ยื่นออกมาจากเซลล์ เป็นเครือข่ายร่างแหของวงจรขนาดมหึมา การเชื่อมโยงของเซลล์สมองเหล่านี้เองที่เป็นกระบวนการสำคัญของการเรียนรู้ บนผิวสมองของเราอัดแน่นไปด้วย เซลล์สมองหรือเซลล์ประสาทซึ่งเป็นเซลล์ขนาดเล็กมาก ประกอบด้วยตัวเซลล์ที่มีแขนงเดนไดรท์ (dendrite) ยื่นออกมาโดยรอบ และมีแขนงยาวยื่นออกไปจากตัวเซลล์สมองที่เรียกว่าแอกซอน (axon) ทำหน้าที่ในการส่งกระแสประสาท (ข้อมูลหรือสิ่งที่เรียนรู้) จากเซลล์ประสาทหนึ่งไปยังอีกเซลล์ประสาท ซึ่งจุดที่

แขนงของเซลล์ประสาทหนึ่งมาเจอกันกับอีกเซลล์ประสาทหนึ่งเรียกว่าไซแนปส์ ซึ่งตรงจุดนี้ปลายแขนงแอกซอนจะไม่ได้สัมผัสกับแขนงเดนไดรท์โดยตรง แต่มีช่องว่างเล็กมากคั่นอยู่ ในการเชื่อมต่อวงจรในเซลล์สมองทั้งหลายนั้นทำได้โดยการส่งผ่านสัญญาณไฟฟ้าระหว่างกันโดยมีสารสื่อประสาททำหน้าที่เป็นตัวส่งผ่านสัญญาณประสาท เกิดเป็นเครือข่ายสัญญาณ เชื่อมโยงกันทั้งระบบประสาท นี่เป็นกระบวนการของการติดต่อกันของเซลล์สมอง ซึ่งกระบวนการนี้จะมีศักยภาพมากน้อยเพียงไรก็ขึ้นอยู่กับว่าได้มีการใช้มากน้อยเพียงใด ซึ่งโดยธรรมชาติแล้วหาก ว่าเซลล์สมองส่วนใดที่ไม่ได้รับการใช้หรือพัฒนามากพอไซแนปส์และเครือข่ายโยงใยเส้นประสาท รวมทั้งเซลล์สมองส่วนนั้นก็จะถูกกำจัดทิ้งไปโดยกระบวนการพรุนนิ่ง (pruning) และอะพ็อพโทซิส (apoptosis)



ภาพที่ 6 เซลล์ประสาท (Neuron, n.d.)

2.6 อารมณ์และการเรียนรู้

กนกวรรณ ติลกสกุลชัย และ ชัยเลิศ พิชิตพรชัย (2548) กล่าวว่า อารมณ์ของมนุษย์มีทั้งความสุขใจ ชอบใจ เป็นทุกข์ โกรธ รัก เป็นความรู้สึกเฉพาะภายในของแต่ละบุคคล เกิดขึ้นได้โดยมีตัวกระตุ้นจากภายนอกหรือไม่ก็ได้ อารมณ์ทำหน้าที่ปกป้อง ส่งเสริมการมีชีวิตอยู่รอด การต่อสู้หรือหนี เมื่อมีอารมณ์จะมีการแสดงออกภายนอกที่สังเกตได้จาก สีหน้า ท่าทาง สุ้มเสียง การทรงตัว การเคลื่อนไหว และอาจร่วมกับอาการที่เกิดจากระบบประสาทอัตโนวัติทำงานเพิ่มขึ้น เช่น หัวใจเต้นเร็วขึ้น เหงื่อออก หน้าแดง ขนลุก เป็นต้น การแสดงออกของอารมณ์หลายครั้งเกือบเป็นรีเฟล็กซ์ เช่น เมื่อชมภาพยนตร์เศร้ามากๆ อาจร้องไห้แบบคุมไม่อยู่ หรือถ้าเป็นหนังตลก อาจหัวเราะออกมาแบบกลั้นไม่อยู่ ถ้าเป็นหนังฆาตกรรม อาจรู้สึกตื่นเต้นจนหัวใจเต้นแรง หายใจแรง นอกจากนี้ เกลลาทลีย์ (2551) กล่าวว่า การเคลื่อนไหวที่เกิดจากอารมณ์อาจแสดงออกเป็นการกระทำ เช่น การโจมตี หรือหนี สิ่งที่กล่าวมานี้ถูกควบคุมโดยระบบลิมบิกซึ่งมีบทบาทหลักในการเรียนรู้และแสดงอารมณ์

กนกวรรณ ติลกสกุลชัย และ ชัยเลิศ พิชิตพรชัย (2548) กล่าวว่า ระบบลิมบิกทำหน้าที่ประมวลการรับรู้ทางปัญญา เข้ากับความหมายของวัตถุและความจำ การผสมผสานของการทำงานเหล่านี้ให้เกิดประสบการณ์ทางอารมณ์ เช่น วัตถุหรือเหตุการณ์นั้นทำให้ชอบหรือกลัว ประสบการณ์ทางอารมณ์จึงมีอิทธิพลต่อการวางแผนของพฤติกรรมที่จะเกิดตามมาและมีส่วนร่วมในพฤติกรรมที่ซับซ้อน เช่น ความจำ การเรียนรู้และการแสดงออกในสังคม การทำงานที่ผิดปกติของระบบนี้จึงเป็นกลไกของการเกิดโรคทางจิตเวชหลายอย่าง เช่น ไม่สามารถเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ ความจำเสื่อม (amnesia) แสดงพฤติกรรมไม่เหมาะสมในสังคม มีอารมณ์แปรปรวน

กนกวรรณ ติลกสกุลชัย และ ชัยเลิศ พิชิตพรชัย (2548) กล่าวว่า การเกิดอารมณ์ของแต่ละบุคคลขึ้นกับกระบวนการเรียนรู้ การประเมินและการตีความของระบบรับรู้ร่วมกับความจำในสิ่งที่ประสบในอดีต อารมณ์และการแสดงออกของแต่ละคนในเหตุการณ์เดียวกันจึงไม่เหมือนกัน

สรุปได้ว่า จากแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้เรื่องการทำงานของสมอง พบว่าสมองส่วนที่มีผลโดยตรงต่อการเรียนรู้คือสมองส่วนซีรีบรัล พรีฟรอนทัลคอร์เท็กซ์ ฮิปโปแคมปัส สมองส่วนดังกล่าวมีความสำคัญในการสร้างความทรงจำหรือการเรียนรู้ โดยการเรียนรู้นี้สามารถอธิบายได้ในความรู้เรื่องความจำขณะทำงาน ซึ่งประกอบด้วยความจำระยะสั้น และความจำระยะยาว ณ เวลาหนึ่งของความจำที่ถูกใช้งานอยู่ ผ่านการรับข้อมูลใหม่และนำข้อมูลเก่ากลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานของสมอง โดยการทำงานเชื่อมโยงกันของเซลล์ประสาทภายในสมองเป็นเครือข่ายขนาดใหญ่ ซึ่งให้เกิดกระบวนการสำคัญของการเรียนรู้ได้ ซึ่งสามารถวัดความจำขณะทำงานได้จากเครื่องมือซีดีอาร์คอมพิวเตอร์ไรซ์แอสเซสเมนต์แบตเตอรีเทสท์ (The CDR computerized assessment battery test)

3. ความจำขณะทำงาน

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ม.ป.ป.) กล่าวถึงการประชุมนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งมี ดร.โจเซฟ คอยล์ ศาสตราจารย์ทางด้านจิตวิทยา ที่มหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด ให้ความหมายของความจำขณะทำงาน ว่าเป็นความจำระยะสั้น ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลต่างๆ ในสมอง ไม่ว่าจะเป็นภาพ เสียง กลิ่น หากไม่ถูกใช้ก็จะถูกลบทิ้งไป หรือหากต้องการเก็บไว้เป็นความจำระยะยาวก็จะส่งต่อไปยังสมองส่วนลึกลงไปคือฮิปโปแคมปัสที่ทำหน้าที่เก็บความจำระยะยาว

ความจำขณะทำงานเป็นทฤษฎีที่สร้างขึ้นภายในความรู้เกี่ยวกับจิตวิทยาการคิด เป็นการแสดงโครงสร้างและกระบวนการใช้หน่วยความจำชั่วคราวจัดกระทำข้อมูล พบว่ามีหลายทฤษฎีที่เกี่ยวกับโครงสร้างของความจำขณะทำงานและส่วนเฉพาะของสมองที่ตอบสนองต่อความจำขณะทำงาน นักวิจัยพบว่าสมองส่วนฟรอนทัลคอร์เท็กซ์ (frontal cortex) พาไรทัลคอร์เท็กซ์ (parietal cortex) แอนทีเรียร์ซิงกูเลท (anterior cingulated) และส่วนของบาซัลแกงเกลียมีส่วนสำคัญมากในกระบวนการทำงาน

ความจำขณะทำงานถูกใช้ครั้งแรกใน ค.ศ. 1960 เป็นทฤษฎีเปรียบเทียบความจำมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ โดย Atkinson และ Shiffrin (1968) นำมาใช้ในชื่อ “ความจำขณะทำงาน” เพื่อใช้อธิบายความหมายของคำว่า “short-term store” สิ่งใดก็ตามที่เราเรียกว่า ความจำขณะทำงานมักจะพาดพิงถึง short-term store หรือ short-term memory, primary memory, immediate memory, operant memory หรือ provisional memory โดยความจำระยะสั้น (short-term memory) มีความสามารถในการจดจำข้อมูลในช่วงเวลาสั้นๆหรือในหน่วยวินาที ปัจจุบันนี้แนวคิดหลักของความจำขณะทำงาน เพื่อใช้แทนส่วนของแนวคิดความจำระยะสั้นจึงได้มีการชี้จุดแข็งของกระบวนการคิดของข้อมูลในรูปการการจัดการข้อมูลในทางการปรับปรุงให้ดีขึ้น

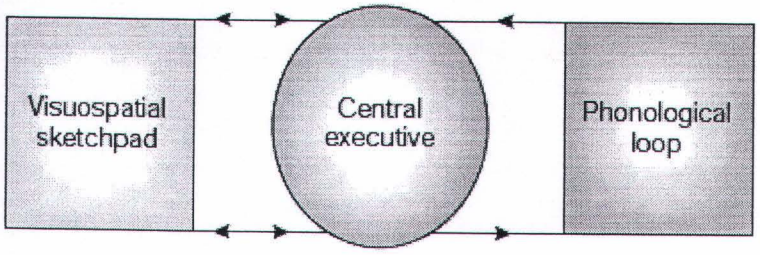
3.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับความจำขณะทำงาน

มีโมเดลกล่าวถึงการทำงานของความจำขณะทำงาน ว่าทำงานอย่างไรทั้งในด้านกายวิภาคศาสตร์ (anatomically) และการคิด (cognitively) เช่น ทฤษฎีของ Cowan (1995, 2005) ทฤษฎีของ Kintsch and Ericsson (1999) และ Baddeley and Hitch (1974) ในที่นี้ขอนำเสนอแนวคิดที่ได้รับการยอมรับโดยกว้างคือโมเดลของ Baddeley and Hitch (1974)

3.1.1 โมเดลของแบดเดลีและฮิทซ์ (the Baddeley and Hitch model)

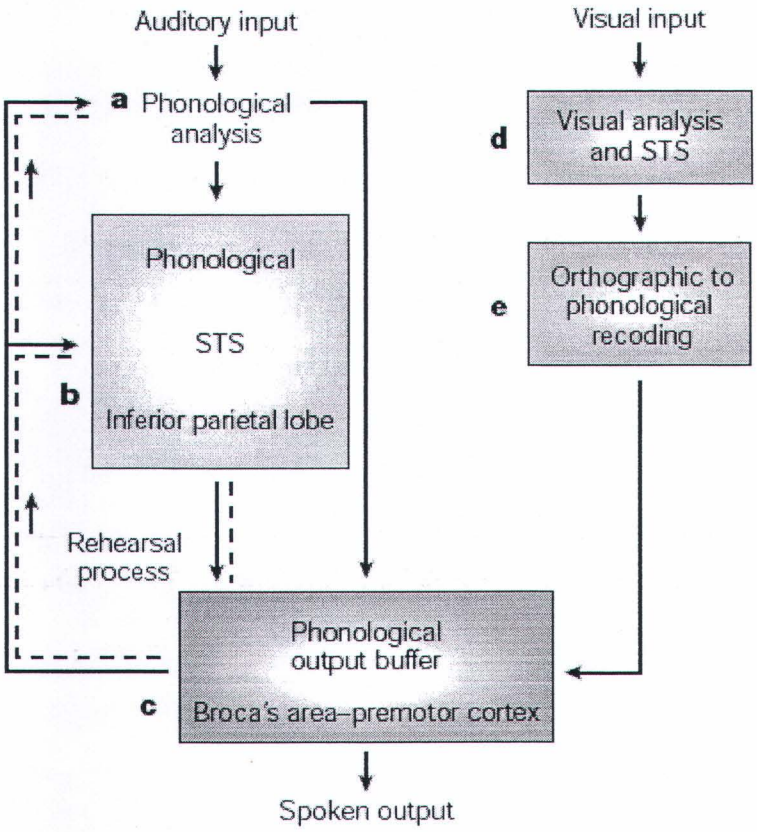
Baddeley and Hitch (1974) เป็นผู้นำเสนอและได้รับความนิยมด้านโมเดลมัลติคอมโพเนนท์ (multicomponent model) ของความจำขณะทำงาน ทฤษฎีนี้เสนอว่าระบบสเลฟ (slave system) ทั้งสองระบบจะตอบสนองข้อมูลในช่วงระยะสั้น และหน่วยบริหารข้อมูลส่วนกลาง (central executive) จะตอบสนองต่อการรวมข้อมูลแบบซูเปอร์วิชัน (supervision) และตอบสนองต่อ

การประสานของระบบสเลฟ ระบบสเลฟที่หนึ่งคือโฟโนโลจิคอลลูพ (phonological loop) เป็นตัวเก็บข้อมูลชนิดโฟโนโลจิคอล (phonological) เช่น เสียงของภาษา และทำหน้าที่ปกป้องการทำลายตนเองด้วยการพูดซัดเจนอย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุนี้ข้อมูลจึงใหม่ในการฝึกฝนซ้ำ เช่น กำหนดตัวเลขของหมายเลข โทรศัพท์ 7 จำนวน ดังนั้นต้องมีการทวนซ้ำตัวเลขอาจจะหลายครั้งเพื่อให้จำได้ ระบบสเลฟที่สองคือวิชัวร์สเปเชียลสเก็ตแพ็ด (visuo-spatial sketch pad) ทำหน้าที่เก็บภาพและข้อมูลนามธรรม ตัวอย่างเช่น การสร้างและการจัดกระทำเกี่ยวกับภาพ และการนำเสนอแผนภาพความคิดสเก็ตแพ็ด (sketch pad) สามารถย่อยเป็นภาพของส่วนในระบบได้ เช่น การแจกแจงอันประกอบด้วย ตัวอย่าง รูปร่าง สี และตัวอักษร เป็นต้น สำหรับระบบย่อยของนามธรรม เช่น การแจกแจงเกี่ยวกับตำแหน่งหน่วยบริหารข้อมูลส่วนกลางอยู่ระหว่างสองระบบดังกล่าว จะตอบสนองต่อทิศทางความสนใจข้อมูลโดยตรง เพิกเฉยต่อข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องและการกระทำที่ไม่เหมาะสม และมีกระบวนการประสานเกี่ยวกับการคิดเมื่อมีจำนวนงานมากกว่าหนึ่งงานกระทำ ณ เวลาเดียวกัน ซึ่งโมเดลนี้ได้รับการออกแบบโดย Baddeley (2000) เป็นการรวมองค์ประกอบทั้งสี่ได้แก่ อิพิโซดคิดบัฟเฟอร์ (episodic buffer) วิชวล (visual) สเปเชียล (spatial) และข้อมูลอื่นๆ โดยระบบสเลฟ เช่น ข้อมูลแบบซีแมนติค (semantic information) ข้อมูลแบบมิวสิค (musical information)



ภาพที่ 7 โมเดลของความจำขณะทำงาน (Baddeley และ Hitch, 1974)

จากภาพที่ 7 โมเดลของความจำขณะทำงานประกอบด้วยระบบควบคุม คือ หน่วยบริหารข้อมูลส่วนกลางและอีก 2 ระบบที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลคือ โฟโนโลจิคอลลูพและวิชัวร์สเปเชียลสเก็ตแพ็ด



ภาพที่ 8 โมเดลการทำงานของโฟโนโลจิคอลลูพ (Baddeley, 2003)

a. การวิเคราะห์โฟโนโลจิคอล

b. หน่วยเก็บความจำระยะสั้น (short-term storage)

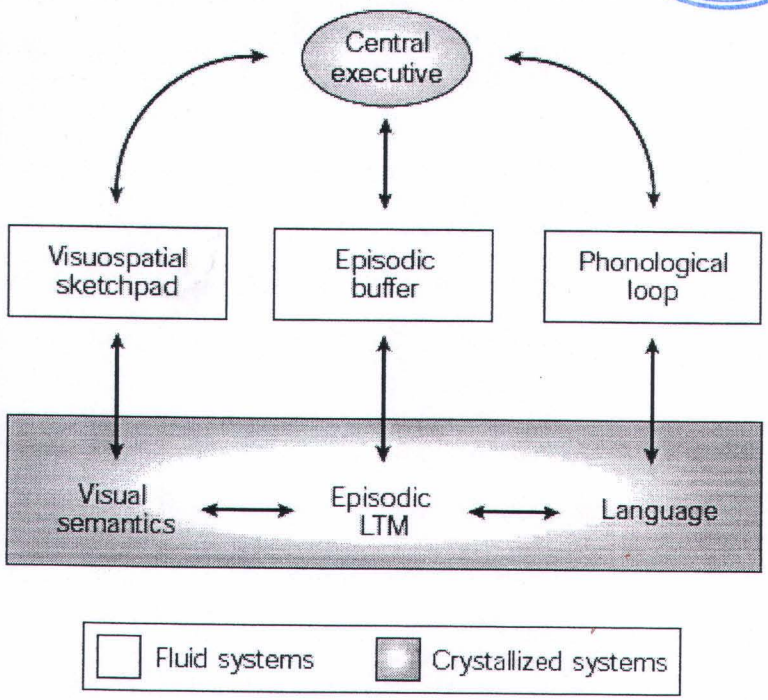
c. โปรแกรมการนำออกข้อมูลเสียง

d. การลงรหัสภาพ (visual encoding)

e. การแปลงภาพเป็นเสียงสำหรับข้อมูลเสียง

จากภาพที่ 8 โมเดลการทำงานของโฟโนโลจิคอลลูพข้อมูลที่รับมาจะถูกเก็บอยู่ที่โฟโนโลจิคอล หลังจากข้อมูลผ่านออกไปยังตัวสำรองเรียกซ้ำหรือกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ผ่านการฝึกซ้อมหรือทำซ้ำ สำหรับวัตถุที่เป็นภาพจะถูกบันทึกทีละคำและส่งเข้าไปยังหน่วยเก็บโฟโนโลจิคอลผ่านการฝึกซ้อมหรือทำซ้ำ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



ภาพที่ 9 องค์ประกอบของความจำขณะทำงาน (Baddeley, 2000)

จากภาพที่ 9 พื้นที่สีเข้มแทนความจำระยะยาว (long term memory) หรือการตกผลึกความรู้ (crystallized knowledge) ส่วนอิพิโซดิคบัฟเฟอร์อยู่ระหว่างระบบย่อยของความจำขณะทำงานและความจำระยะยาว

3.1.2 ความจุของความจำขณะทำงาน (working memory capacity)

ความจำขณะทำงานโดยทั่วไปจะพิจารณาด้านขอบเขตของความจุ (capacity) โดย Miller (1956) ได้ให้ข้อสังเกตว่าช่วงกว้างของความจำ (memory span) ของคนวัยหนุ่มสาวมีจำนวนประมาณ 7 ส่วน รวมเรียกว่าชังค์ (chunks) โดยไม่คำนึงว่าแต่ละส่วนจะประกอบด้วย ตัวเลข ตัวอักษร คำ หรืออื่นๆ งานวิจัยต่อมาได้ทั้งสิ้น 6 ตัว และจุคำได้ 5 คำ เป็นต้น ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับลักษณะของชังค์ ในการจัดเรียงภายใน หมายความว่าการจดจำคำจะเป็นแบบช่วงกว้างระดับต่ำ (low span) โดยทั่วไปช่วงกว้างของความจำ สำหรับการพูดยังประกอบด้วยทั้ง ตัวเลข ตัวอักษร คำ เป็นต้น ต่างขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการออกเสียง และขึ้นอยู่กับคำศัพท์ของเนื้อหา มีความเป็นไปได้ทั้งคำที่รู้จักหรือไม่ก็ได้ Hulme, Roodenrys, Brown, and Mercer (1995) กล่าวว่ายังคงมีอีกหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อช่วงกว้าง (span) สำหรับแต่ละบุคคล นับเป็นเรื่องยากสำหรับการวัดความจุของความจำระยะสั้นหรือความจำขณะทำงานในลักษณะบอกปริมาณชังค์ได้ Cowan (2001) เสนอว่าความจำขณะทำงานมีค่าความจุถึง 4 ชังค์ ในคนหนุ่มสาว และอาจน้อยกว่านี้เล็กน้อยในเด็กหรือผู้ใหญ่

3.2 ความจำขณะทำงานและการเรียนรู้

มีหลักฐานจำนวนมากยืนยันว่าความจำขณะทำงานคือกุญแจสู่การเรียนรู้ทั้งด้านเกี่ยวกับภาษาและจำนวน Cowan and Alloway (2008) ได้มีการกำหนดสเกลขนาดใหญ่เพื่อทำการศึกษา พบว่าเด็กจำนวน 1 ใน 10 คน แสดงอาการบกพร่องทางความจำขณะทำงาน ส่งผลให้เด็กมีผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาต่ำ แสดงว่า ความจำขณะทำงาน เป็นอิสระจากระดับไอคิว Alloway, Gathercole, Kirkwood and Elliott (2009) กล่าวว่าหากไม่มีกรณีแทรกซ้อนใดๆ เด็กกลุ่มนี้จะตามหลังเพื่อนในรุ่นเดียวกัน งานวิจัยปัจจุบันได้ยืนยันว่าความจุของความจำขณะทำงานนั้นไม่ใช่ความหมายเดียวกับระดับไอคิว ทำนายได้จากผลที่ปรากฏในสองปีถัดมา Alloway (2009) กล่าวว่าการถดถอยของ ความจำขณะทำงาน สัมพันธ์กับผลการเรียนรู้และเป็นปัจจัยเสี่ยงสูงสำหรับการศึกษาที่อยู่ภายใต้การวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน สำหรับนักเรียนที่บกพร่องทางความสามารถในการเรียนรู้ เช่น โรคไดเล็กเซีย (dyslexia) โรคเอดีเอชดี (attention deficit hyperactivity disorder: ADHD) และการพัฒนาเพื่อประสานความไม่เป็นระเบียบ โดยหลักฐานมีรูปแบบที่คล้ายกัน Alloway and Gathercole (2006, Eds) กล่าวว่าในห้องเรียนทั่วไปลักษณะของการถดถอยของความจำขณะทำงาน ประกอบด้วยความล้มเหลวในการจดจำการสอนและความไม่สามารถเรียนรู้กิจกรรมได้อย่างสมบูรณ์ หากปราศจากซึ่งการพิจารณาการถดถอยของความจำขณะทำงาน แล้ว ผลกระทบในทางลบจะเกิดขึ้นกับประสิทธิภาพของนักเรียนซึ่งจะเป็นสิ่งบ่งชี้การจัดการเรียนการสอน

ทฤษฎีเกี่ยวกับอาการที่แสดงความสนใจน้อย ซุกซน ไม่หยุดนิ่ง เรียกว่าเอดีเอชดี ซึ่งเป็นต้นเหตุให้ขาดความจำขณะทำงาน (Barkley, 2006) เป็นการสนับสนุนว่าความจำขณะทำงานสามารถพัฒนาให้ดีขึ้นได้ด้วยการฝึกฝนในผู้ป่วยเอดีเอชดีผ่านโปรแกรมคอกม์คอมพิวเตอร์ไรซ์ (cogmed computerized program) ถูกพัฒนาโดย Torkel Klingberg และเพื่อนร่วมงานแห่งสถาบันคาโรลินสกา (Karolinska Institute) ประเทศสวีเดน Klingberg, Forssberg and Westerberg (2002) พบว่าช่วงเวลาของการฝึกฝน ความจำขณะทำงานจะเพิ่มระดับของความสามารถทางการรู้คิดและเพิ่มคะแนนการทดสอบระดับสติปัญญา (IQ) ด้วย ดังนั้นการศึกษาชิ้นนี้จึงสนับสนุนข้อค้นพบผ่านมาที่กล่าวว่าความจำขณะทำงานเป็นส่วนย่อยของสติปัญญา (intelligence) สำหรับงานศึกษาชิ้นอื่นก็ได้แสดงว่าหลังจากผู้ป่วยได้รับการฝึกฝน การวัดกิจกรรมทางสมองเกี่ยวกับความจำขณะทำงานมีค่าเพิ่มขึ้นในสมองส่วนพรีฟรอนทัลคอร์เท็กซ์ และบริเวณอื่นที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของความจำขณะทำงาน งานศึกษาชิ้นต่อมาได้แสดงว่าการฝึกฝนด้วยความจำขณะทำงาน (the dual n-back task) เป็นการพัฒนาประสิทธิภาพของสติปัญญา

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาความจำขณะทำงาน

3.3.1 เดอะซีดีอาร์คอมพิวเตอร์ไรซ์แอสเซสเมนต์แบตเตอรีเทสท์ (The CDR computerized assessment battery test)

เดอะซีดีอาร์คอมพิวเตอร์ไรซ์แอสเซสเมนต์แบตเตอรีเทสท์เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดการคิดออกแบบโดยศาสตราจารย์เคธ เวสเนส เมื่อปี ค.ศ.1970 ณ มหาวิทยาลัยแห่งการอ่าน (University of Reading) ในกรุงเบอร์กไชร์ ประเทศอังกฤษ นำมาใช้ในกลุ่มผู้รับการทดสอบใช้ยาชาวยุโรปและชาวอเมริกันจำนวน 100 คน และความไวในการพัฒนาด้านการคิดให้ดีขึ้น จากการถดถอยของการคิดที่เกิดจากหลายสาเหตุ (Moss et al.,1998; Wesnes, 2001; Wattanathorn, J et al. (2008)) การนำเสนอใช้อุปกรณ์คือโน้ตบุคจอสี ที่มีค่ารีโวลูชั่นสูง (high-resolution) และยกเว้นสำหรับการทดสอบการเขียนคำซ้ำ ทุกๆ การตอบสนองจะบันทึกโดยการกดปุ่ม 2 ปุ่ม คือปุ่ม “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” การทดสอบจะใช้เวลาประมาณ 20 นาที

พื้นฐานของเครื่องมือเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพด้านการคิดที่มีในมนุษย์มีลักษณะใช้งานง่าย ตอบสนองไวและเฉพาะเจาะจงในการยอมรับให้ใช้ได้ทั้งทางด้านสุขภาพและโรคในผู้ป่วย เป็นซอฟแวร์ที่โหลดใช้ในคอมพิวเตอร์ได้ การโต้ตอบควบคุมโดยคีย์บอร์ด เครื่องมือซีดีอาร์คอมพิวเตอร์ไรซ์แอสเซสเมนต์แบตเตอรีเทสท์เป็นส่วนหนึ่งของการทดสอบทางจิตประสาทวิทยาศาสตร์ (neuropsychological tests) ใช้สำหรับประเมินลักษณะของคอกนิชันฟังก์ชัน (cognitive function) การทดสอบบางอย่างสามารถเพิ่มหรือลดรายการสำหรับการวัดได้ในส่วนของเอ็กคูทีฟฟังก์ชัน (executive function) สภาวะทางอารมณ์ (mood states) โซเชียลคอกนิชัน (social cognition) มอเตอร์ฟังก์ชัน (motor function) และพอสทูรอลสแตบิลิตี (postural stability)ใช้พิสูจน์ความถูกต้องในการวัดคอกนิชันฟังก์ชันที่หลากหลาย เช่น ความสนใจ (attention) ความจำขณะทำงาน อิพิโซดคิดเซคันดารีเมมโมรี (episodic secondary memory) เอ็กคูทีฟฟังก์ชันและทักษะการเคลื่อนไหว (motor skill) การทดสอบจะดำเนินการตามรายการ ดังนี้

3.3.1.1 การนำเสนอคำ (word presentation) เป็นการจับคู่คำจำนวน 15 คำ ตามความถี่ของคำที่ปรากฏ โดยการปรากฏบนจอคอมพิวเตอร์ตามลำดับให้ผู้รับการทดสอบจำ ระยะเวลากระตุ้นคือ 1 วินาที

ดีเลย์เวิร์ดรีคอกนิชัน (delayed word recognition) คือการกำหนดคำเดิมและเพิ่มคำล่ออีก 15 คำ ปรากฏในเวลาหนึ่งโดยการสุ่ม แต่ละคำที่ปรากฏผู้รับการทดสอบสามารถชี้ชัดได้ว่าใช่หรือไม่ที่จำได้ โดยการกดปุ่ม “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” อย่างรวดเร็ว เวลาตอบสนองเฉลี่ยวัดในหน่วยมิลลิวินาทีและความแม่นยำของการตอบสนองทั้งการกระตุ้นเดิมและใหม่ (ตัวล่อ) จะบันทึกเป็นร้อยละที่ได้จากคะแนนของการปฏิบัติ (percentage greater than chance performance)

3.3.1.2 การนำเสนอภาพ (picture presentation) คือ การนำเสนอลำดับภาพถ่าย จำนวน 20 ภาพ โดยภาพปรากฏบนจอคอมพิวเตอร์ ในอัตรา 1 ภาพต่อ 3 วินาที ระยะเวลากระตุ้นคือ 1 วินาที ให้ผู้รับการทดสอบจำ

ดีเลย์พิคเชอร์รีคอกนิชัน (delayed picture recognition) คือ การกำหนดภาพเดิมและเพิ่มภาพล่ออีก 20 ภาพ ปรากฏในเวลาหนึ่งโดยการสุ่ม แต่ละภาพที่ปรากฏผู้รับการทดสอบสามารถชี้ชัดได้ว่าใช่หรือไม่ที่จำได้ โดยการกดปุ่ม "ใช่" หรือ "ไม่ใช่" อย่างรวดเร็ว เวลาตอบสนองเฉลี่ยวัดในหน่วยมิลลิวินาทีและความแม่นยำของการตอบสนองทั้งการกระตุ้นเดิมและใหม่ (ตัวล่อ) จะบันทึกเป็นร้อยละที่ได้จากคะแนนของการปฏิบัติ

3.3.1.3 เวลาการตอบสนอง (simple reaction time) คือ ผู้รับการทดสอบจะต้องกดปุ่ม "ใช่" อย่างรวดเร็วทุกๆครั้งที่ปรากฏคำว่า "ใช่" บนจอคอมพิวเตอร์ โดยจะกระตุ้นทั้งหมด 50 ครั้ง ด้วยการกระตุ้นจะใช้ช่วงการสุ่มที่หลากหลายระหว่าง 1 และ 3.5 วินาที เวลาการตอบสนองจะบันทึกในหน่วยมิลลิวินาที

3.3.1.4 ดิจิทวิจิแลนซ์ทาสค์ (digit vigilance task) คือ ตัวเลขที่ผู้รับการทดสอบเลือกจะถูกสุ่มขึ้นมา และจะปรากฏนิ่งทางด้านขวาของจอคอมพิวเตอร์ ลำดับของตัวเลขจะปรากฏตรงกลางจอคอมพิวเตอร์ ด้วยอัตราเร็ว 80 ครั้งในหนึ่งนาที และผู้รับการทดสอบจะต้องกดปุ่ม "ใช่" อย่างรวดเร็วทุกๆครั้งที่ตัวเลขในลำดับเข้าคู่กับตัวเลขเป้าหมาย (target digit) โดยใช้เวลาทั้งสิ้น 1 นาที และจะมีการกระตุ้น 15 ครั้งในการจับคู่เป้าหมาย ใช้การวัดความแม่นยำ เป็นร้อยละ เวลาการโต้ตอบในหน่วยมิลลิวินาที และจำนวนของครั้งที่ผิด

3.3.1.5 เวลาการตอบสนองตัวเลือก 1 (choice reaction time 1) คำว่า "ใช่" หรือ "ไม่ใช่" จะปรากฏขึ้นบนจอคอมพิวเตอร์ และผู้รับการทดสอบจะต้องกดปุ่ม "ใช่" หรือ "ไม่ใช่" ให้ตรงกับคำที่ปรากฏอย่างรวดเร็ว โดยจะทดสอบ 50 ครั้ง โดยการสุ่มคำอย่างละเท่าๆกัน การสุ่มจะอยู่ในช่วงระหว่าง 1 และ 3.5 วินาที บันทึกเวลาการโต้ตอบในหน่วยมิลลิวินาที และความแม่นยำเป็นร้อยละ

3.3.1.6 เวลาการตอบสนองตัวเลือก 2 (choice reaction time 2) รูป "สี่เหลี่ยม" หรือ "สามเหลี่ยม" จะปรากฏขึ้นบนจอคอมพิวเตอร์ และผู้รับการทดสอบจะต้องกดปุ่ม "สีแดง" เมื่อเห็นรูปสี่เหลี่ยม หรือกดปุ่ม "สีดำ" เมื่อเห็นรูปสามเหลี่ยม ให้ตรงกับภาพที่ปรากฏอย่างรวดเร็ว โดยจะทดสอบ 50 ครั้ง โดยการสุ่มภาพจะอยู่ในช่วงระหว่าง 1 และ 3.5 วินาที บันทึกเวลาการโต้ตอบในหน่วยมิลลิวินาที และความแม่นยำเป็นร้อยละ

3.3.1.7 สเปเชียลเวิร์คกิ้งเมมโมรี (spatial working memory) คือ การนำเสนอภาพของบ้านบนจอคอมพิวเตอร์ 4 แบบ แต่ละแบบจะมีหน้าต่างแสง 9 บาน ผู้รับการทดสอบจะต้องจำตำแหน่งของแสงจากหน้าต่างแต่ละบาน นำเสนอภาพทั้ง 36 ภาพ และหน้าต่างที่มีแสงหนึ่งภาพ

ผู้รับการทดสอบต้องตัดสินใจว่าภาพที่ปรากฏเข้าคู่กันหรือไม่กับภาพเดิม โดยจะต้องกดปุ่ม "ใช่" หรือ "ไม่ใช่" อย่างรวดเร็ว เวลาการโต้ตอบเฉลี่ยจะวัดในหน่วยมิลลิวินาทีและความแม่นยำของการตอบสนองทั้งภาพเดิมและภาพใหม่(ภาพล่อ) จะบันทึกเป็นร้อยละที่ได้จากคะแนนของการปฏิบัติ

3.3.1.8 ความจำขณะทำงานตัวเลขแบบไม่จำกัดเวลา (numeric working memory ไม่จำกัดเวลา) เป็นการแสดงตัวเลข 5 ตัวตามลำดับ เพื่อให้ผู้รับการทดสอบจำ จากนั้นจะปรากฏตัวเลขในชุดอีกจำนวน 30 ตัว ผู้รับการทดสอบจะต้องตัดสินใจว่าใช่หรือไม่ กับตัวเลขในชุดเดิม และกดปุ่ม "ใช่" หรือ "ไม่ใช่" เวลาตอบสนองเฉลี่ยวัดในหน่วยมิลลิวินาทีและความแม่นยำของการตอบสนองทั้งการกระตุ้นเดิมและใหม่ (ตัวล่อ) จะบันทึกเป็นร้อยละที่ได้จากคะแนนของการปฏิบัติ

3.3.1.9 ความจำขณะทำงานตัวเลขแบบจำกัดเวลา (numeric working memory จำกัดเวลา) เป็นการแสดงตัวเลข 5 ตัวตามลำดับ เพื่อให้ผู้รับการทดสอบจำ จากนั้นจะปรากฏตัวเลขในชุดอีกจำนวน 30 ตัว ผู้รับการทดสอบจะต้องตัดสินใจว่าใช่หรือไม่ กับตัวเลขในชุดเดิม และกดปุ่ม "ใช่" หรือ "ไม่ใช่" อย่างรวดเร็ว เวลาตอบสนองเฉลี่ยวัดในหน่วยมิลลิวินาทีและความแม่นยำของการตอบสนองทั้งการกระตุ้นเดิมและใหม่ (ตัวล่อ) จะบันทึกเป็นร้อยละที่ได้จากคะแนนของการปฏิบัติ

Wattanathorn et al. (2008) และ Mardini et al. (2008) ได้ศึกษาความจำขณะทำงานด้านระดับความสามารถในการให้ความสนใจต่อสิ่งเร้า (power of attention), ความสามารถที่จะยังดำรงความสนใจต่อสิ่งเร้าอย่างต่อเนื่อง(continuity of attention), คุณภาพของความจำ (quality of memory) และความเร็วของความจำ (speed of memory) ซึ่งผลจากการทดสอบโดยเครื่องมือซีดีอาร์คอมพิวเตอร์ไรซ์แอสเซสเมนต์แบตเตอรีเทสท์ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบของความจำขณะทำงาน และรายการทดสอบของเครื่องมือซีดีอาร์คอมพิวเตอร์ไรซ์แอสเซสเมนต์แบตเตอรีเทสท์

องค์ประกอบของความจำขณะทำงาน	รายการทดสอบ
power of attention	จากการบันทึกเวลาตอบสนอง (reaction time) หน่วยมิลลิวินาที - simple reaction time - digit vigilance task - choice reaction time

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบของความจำขณะทำงาน และรายการทดสอบของเครื่องมือซีดีอาร์คอมพิวเตอร์ไรซ์แอสเซสเมนต์แบตเตอรีเทสท์ (ต่อ)

องค์ประกอบของความจำขณะทำงาน	รายการทดสอบ
continuity of attention	จากการบันทึกร้อยละความแม่นยำ (% accuracy) - choice reaction time - digit vigilance task - minus false alarm (จำนวนครั้ง)
quality of memory	จากการบันทึกร้อยละความแม่นยำ - spatial working memory - numeric working memory - delayed word recognition - delayed picture recognition
speed of memory	จากการบันทึกเวลาตอบสนอง หน่วยมิลลิวินาที - spatial working memory - numeric working memory - delayed word recognition - delayed picture recognition

3.3.2 เครื่องมือวัดอารมณ์ (mood) คือ บอนด์แลดเดอร์วิชวลแอนาลอกสเกล (Bond–Lader visual analogue scales) ดังแสดงในภาคผนวก ง โดยมีรายการวัดทั้งสิ้น 22 รายการ แต่ละรายการจะมีสเกลสำหรับประเมินตนเอง 10 ระดับ เริ่มจากระดับต่ำสุด (negative) อยู่ที่สเกล 0 และระดับสูงสุด (positive) อยู่ที่สเกล 10 ผลจากการวัดอารมณ์ วิเคราะห์ผล 3 องค์ประกอบได้แก่ ด้านความระมัดระวัง (alertness) ด้านความสงบ (calmness) และด้านสิ่งที่เป็นอยู่ (contentedness)

4. การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning)

การจัดการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย ได้เน้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสปฏิบัติ ได้คิด สังเกต ค้นคว้า ทดลอง และแก้ปัญหาด้วยตนเอง (ประจวบจิตร คำจัตุรัส, 2537 อ้างถึงใน เรืองศักดิ์ ไตรฟื้น, 2549) นอกจากนี้ยังมุ่งให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการ ทฤษฎี ลักษณะ ขอบเขตและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นพื้นฐานของการเรียนในระดับสูงต่อไป

จากวิกฤตการณ์ด้านคุณภาพการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพื่อให้มีการพัฒนาความคิดและศักยภาพของบุคคล พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2546) การพัฒนาตนเองของบุคคลนั้น เป็นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาในการดับทุกข์ในการบรรลุถึงอิสรภาพ การที่จะทำได้ก็คือ เมื่อมีความเชื่อในศักยภาพของตนเป็นพื้นฐานแล้ว ก็มาปฏิบัติตามวิธีแก้ปัญหา เพราะการพัฒนาตนก็คือการพัฒนาปัญญาให้มีความรู้ที่เข้าใจในเหตุปัจจัยของกระบวนการแห่งเหตุผลที่มีในธรรมชาติ แล้วเอาความรู้นั้นมาใช้ประโยชน์ (พระเทพเวที, 2531 อ้างถึงใน วัฒนา มัคคสมัน, 2550)

การที่จะพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถพัฒนากระบวนการคิดของตนได้ สามารถลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ด้วยตนเองได้ สามารถแก้ปัญหาได้เองอย่างเป็นกระบวนการ และเห็นคุณค่าในตนเอง โดยผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยเฉพาะในชั้นเรียนเด็กต้องได้ปฏิบัติกิจกรรมที่สอดคล้องกับความสนใจความต้องการของตน มีโอกาสที่จะทำงานทั้งตามลำพัง และทำงานร่วมกับผู้อื่น เพื่อที่จะได้พบกับทั้งความสำเร็จและล้มเหลวในการค้นหาคำตอบ สร้างองค์ความรู้ขึ้นมาด้วยตนเองอย่างเป็นกระบวนการ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของผู้เรียนในการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดองค์ความรู้จากเนื้อหาที่ศึกษา มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยวิธีการศึกษาค้นคว้าที่เป็นระบบ มีขั้นตอนและกระบวนการชัดเจน รวมถึงผู้เรียนได้ลงมือแก้ปัญหา ปฏิบัติและค้นคว้า นำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ดังที่ธีระชัย ปูรณโชติ (2531) กล่าวว่า กิจกรรมโครงงานเป็นกิจกรรมที่จะช่วยพัฒนานักเรียนให้รู้จักการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง เน้นกระบวนการในการแสวงหาความรู้ ได้ฝึกการคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น ภายใต้การแนะนำปรึกษาและดูแลของครูหรือผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้น

กิจกรรมโครงงานสามารถนำมาจัดเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนได้ นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ตะหนักถึงสภาพปัญหา ฝึกคิด วิเคราะห์ หาแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง นั่นคือนักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการในการแสวงหาความรู้ได้ฝึกใช้ทักษะต่างๆ และสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ (ธีระชัย ปูรณโชติ, 2531)

สุรศักดิ์ ปาเฮ (2549) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบโครงงาน มีชื่ออื่นที่มีความหมายเดียวกันหลายชื่อ ซึ่งมาจากศัพท์ที่สำคัญคือ “project” แต่มีความหมายเดียวกัน ได้แก่ project-based learning, project-based education, project-based curriculum, project-based curricula, project-based instructional, project-based teaching, project-based, projects and learning, projects and education,

projects and curriculum, projects and curricula, projects and instructional, projects and teaching, project method learning, project method teaching, project method education, project approach learning, project approach teaching, project approach education ในเรื่องความหมายได้มีผู้กล่าวถึงไว้หลายแนวคิดดังนี้

Lenschow (1996 อ้างถึงใน วราภรณ์ ตระกูลสฤษดิ์, 2551) อธิบายว่า การเรียนแบบโครงงานมีความหมายเช่นเดียวกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ (project centered learning) หมายถึงการกระทำกิจกรรมร่วมกัน ช่วยเหลือกันในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นภายในกลุ่มด้วยวิธีการปฏิบัติจริง เพื่อเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหา อันนำไปสู่ความสามารถในการคิดวิเคราะห์แสวงหาข้อมูลและแนวทางในการแก้ปัญหาเหล่านั้น

Jaques; Robbins (1984; 1997 อ้างถึงใน วราภรณ์ ตระกูลสฤษดิ์, 2551) ให้ความหมายของวิธีการเรียนรู้แบบโครงงาน (group project) ว่าหมายถึง การรวมกลุ่มกันของบุคคลมากกว่า 2 คน ขึ้นไปมีปฏิสัมพันธ์กัน ร่วมกันกระทำกิจกรรมอันนำไปสู่จุดมุ่งหมายบางประการ

Buck Institute for Education (1999 อ้างถึงใน ไพบูลย์ วิริยะวัฒนะ, 2547) ได้ให้ความหมายของการทำโครงงานไว้ว่า เป็นโมเดลของการเรียนการสอนแบบใหม่ที่มุ่งเน้นไปที่มโนทัศน์ที่สำคัญและเป็นหลักของความรู้นั้น ๆ และนำนักเรียนไปสู่กระบวนการสืบสอบหาความรู้โดยการแก้ปัญหาเป็นการทำกิจกรรมอย่างมีความหมาย นักเรียนมีอิสระในการทำงานเพื่อสร้างความรู้ขึ้นด้วยตนเองและในที่สุดก็จะได้ผลผลิตที่สอดคล้องกับสภาพชีวิตจริงของนักเรียน

Challenge 2000 Multimedia Project (1998 อ้างถึงใน ไพบูลย์ วิริยะวัฒนะ, 2547) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยทำโครงงานเป็นยุทธศาสตร์ของการสอนแบบหนึ่งซึ่งมุ่งหมายให้นักเรียนได้สัมพันธ์กับสภาพจริง ใช้กิจกรรมที่เป็นจริงช่วยเสริมการเรียนรู้ นักเรียนจะได้รับโครงการหรือปัญหาซึ่งสามารถใช้วิธีการในการแก้ปัญหาหรือแสวงหาคำตอบได้หลายทาง นอกจากนี้การทำโครงงานยังยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ โดยที่ครูทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยอำนวยความสะดวกหรือให้คำแนะนำ นักเรียนได้เรียนรู้จากการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการกระตุ้นให้ใช้แหล่งข้อมูลจากหลายแหล่งและการประเมินผลจะเน้นการประเมินผลตามสภาพจริงและการประเมินผลจากการปฏิบัติ

ธีระชัย ปูรณโชติ (2531; วัฒนา มัคคสมัน, 2550; วราภรณ์ ตระกูลสฤษดิ์; 2551) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของผู้เรียนในการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดองค์ความรู้จากเนื้อหาที่ศึกษา มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยวิธีการศึกษาค้นคว้าที่เป็นระบบ มีขั้นตอนและกระบวนการชัดเจน รวมถึงผู้เรียนได้ลงมือแก้ปัญหา ปฏิบัติและค้นคว้านำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นกระบวนการแสวงหาความรู้

หรือการค้นคว้าหาคำตอบในสิ่งที่ผู้เรียนอยากรู้หรือสงสัยด้วยวิธีการต่างๆ เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้เลือกศึกษาตามความสนใจของตนเองหรือของกลุ่ม เป็นการตัดสินใจร่วมกัน จนได้ชิ้นงานที่สามารถนำผลการศึกษาไปใช้ได้ในชีวิตจริง เป็นการเรียนรู้ที่ใช้เทคนิคหลากหลายรูปแบบนำมาผสมผสานกัน ได้แก่ กระบวนการกลุ่ม การฝึกคิด การแก้ปัญหา การเน้นกระบวนการ การสอนแบบปริศนาความคิด และการสอนแบบร่วมกันคิด ทั้งนี้มุ่งหวังให้ผู้เรียนเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งจากความสนใจอยากรู้อยากเรียนของผู้เรียนเอง โดยใช้กระบวนการและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนจะเป็นผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ เพื่อค้นหาคำตอบด้วยตนเอง เป็นการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรงกับแหล่งความรู้เบื้องต้น ผู้เรียนสามารถสรุปความรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งความรู้ที่ผู้เรียนได้มาไม่จำเป็นต้องตรงกับตำรา แต่ผู้สอนจะสนับสนุนให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งการเรียนรู้และปรับปรุงความรู้ที่ได้ให้สมบูรณ์

การเรียนรู้แบบโครงงาน เป็นการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงหลักการพัฒนาการคิดของบลูม (Bloom) ทั้ง 6 ขั้น กล่าวคือ ความรู้ความจำ (Knowledge) ความเข้าใจ (Comprehension) การนำไปใช้ (Application) การวิเคราะห์ (Analysis) การสังเคราะห์ (Synthesis) การประเมินค่า (Evaluation) และยังเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญในทุกขั้นตอนของการเรียนรู้ ตั้งแต่การวางแผนการเรียนรู้ การออกแบบการเรียนรู้ การสร้างสรรค์ประยุกต์ใช้ผลผลิต และการประเมินผลงานโดยผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้จัดการเรียนรู้ (Pananon, 2552)

Chard (2000 อ้างถึงใน วัฒนา มัคคสมัน, 2550) ได้เปรียบเทียบวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ (systematic instruction) กับการสอนแบบโครงงาน (project work) ดังตารางที่ 2

วัฒนา มัคคสมัน (2550) ได้ให้แนวคิดและความเชื่อในเรื่องการจัดการเรียนรู้และการจัดการเรียนการสอน ดังนี้คือ

1) เด็กเล็กวัยเริ่มเรียน เรียนรู้จากการอยู่ร่วมกับผู้อื่นและจากธรรมชาติรอบๆตัว โดยการเชื่อมโยงประสบการณ์จากประสาทสัมผัสทั้ง 5 กับสิ่งต่างๆ ที่เป็นรูปธรรม ผ่านการได้สัมผัส ได้ยิน ได้เห็น ได้รับรส และได้กลิ่น จะมีความสามารถจำกัดในด้านการคิดเหตุผล และสิ่งที่เป็นนามธรรม

2) เด็กเรียนรู้โดยการสร้างองค์ความรู้ และค่านิยมของตนเองขึ้นมาจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งต่างๆ ทั้งทางกายภาพและการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น

3) การจัดการเรียนการสอน ต้องเป็นเรื่องของการจัดเตรียมสภาพแวดล้อมเพื่อให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ โดยครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกและคอยช่วยเหลือผู้เรียนให้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมตามความต้องการของผู้เรียนภายใต้บรรยากาศที่เป็นมิตร มีอิสรเสรี ให้เกียรติให้ความสำคัญแก่นักเรียนทุกคน

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ (systematic instruction) กับการสอนแบบโครงงาน (project work)

การสอนแบบปกติ	การสอนแบบโครงงาน
1. เป็นการแสวงหาเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้และทักษะ	1. เป็นการประยุกต์ใช้ทักษะในการเรียนรู้ที่เด็กมี
2. กิจกรรมเป็นไปตามลำดับการเรียนการสอน	2. กิจกรรมอยู่ในระดับที่เด็กสามารถเรียนรู้ได้
3. ครูเป็นผู้กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ของเด็ก	3. ครูเป็นเพียงผู้คอยอำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำแก่เด็ก
4. เด็กเป็นเพียงผู้ปฏิบัติตามกิจกรรมการเรียนการสอนที่ครูกำหนดให้	4. เด็กเป็นผู้เลือกที่จะทำกิจกรรมต่างๆ ที่หลากหลายด้วยตนเอง
5. แรงจูงใจภายนอกเป็นสิ่งสำคัญในการเรียนรู้ของเด็ก	5. แรงจูงใจภายในเป็นสิ่งสำคัญในการทำงานของเด็ก
6. ครูเป็นผู้บ่งชี้ถึงสิ่งที่เด็กยังบกพร่องอยู่	6. ครูสร้างเด็กบนศักยภาพของเด็กเอง

(Chard, 2000 อ้างถึงใน วัฒนา มัคคสมัน, 2550)

4) การประเมินผลการเรียนการสอน เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนการสอน เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นตลอดเวลา ในการจัดกิจกรรมตามกระบวนการเรียนการสอนเป็นประเมินผลจากสภาพจริงที่เกิดขึ้น เป็นกระบวนการ สังเกต บันทึก และรวบรวมข้อมูลจากการปฏิบัติจริงของผู้เรียน จากวิธีการทำงานและผลงานที่นักเรียนทำ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนแต่ละคนประสบผลสำเร็จในการเรียนตามศักยภาพของตน

วัฒนา มัคคสมัน (2550) ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน ดังนี้

1) เด็กศึกษาในเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างลุ่มลึกลงไปในรายละเอียดของเรื่องนั้น ๆ จนพบคำตอบที่ต้องการ

2) เรื่องที่เด็กศึกษาเป็นเรื่องที่เด็กเป็นผู้เลือกเองตามความสนใจ ประเด็นที่ศึกษาก็เป็นประเด็นที่เด็กตั้งคำถามขึ้นเอง

3) จัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มุ่งให้เด็กได้มีประสบการณ์ตรงกับเรื่องที่ศึกษานั้น โดยการเปิดโอกาสให้เด็กได้สังเกตอย่างใกล้ชิด จากแหล่งความรู้เบื้องต้น

4) ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน จะใช้ระยะที่ยาวนานอย่างเพียงพอตามความสนใจของเด็ก เพื่อที่จะให้เด็กได้ค้นพบคำตอบ และคลี่คลายความสงสัยใคร่รู้

5) จัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้เด็กได้ประสบกับทั้งความสำเร็จและความล้มเหลวในวิธีการแสวงหาความรู้ตามวิธีการของเด็กเอง

6) เมื่อเด็กได้ค้นพบคำตอบแล้วเด็กจะนำความรู้ใหม่ได้นั้นมาเสนอในรูปแบบต่างๆ ตามความต้องการของเด็กเอง อาจจะเป็นงานเขียน งานวาดภาพระบายสี การสร้างแบบจำลองการเล่นสมมติ ละคร การทำหนังสือ หรือรูปแบบอื่นๆ

7) เด็กได้นำเสนอความรู้ต่อเพื่อนๆ และคนอื่นๆ อันจะแสดงให้เห็นถึงความสำเร็จของกระบวนการศึกษาของตน และเกิดความภาคภูมิใจในความสำเร็จนั้น

วัฒนา มัคคสมัน (2550) ได้เสนอหลักการของการเรียนรู้แบบโครงงานว่าเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนภายใต้บรรยากาศที่เป็นมิตร มีอิสรเสรี ให้เกียรติ ให้ความสำคัญแก่เด็กในฐานะคนๆ หนึ่ง ที่มีสิทธิเท่าเทียมกันทุกคน สร้างความรู้สึกที่มั่นคง กล้าคิด กล้าแสดง กล้าลงมือทำ ครูเป็นผู้คอยให้การสนับสนุน คอยช่วยเหลือเมื่อเด็กต้องการ ครูจะไม่เป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ แต่จะเป็นผู้จัดสภาพแวดล้อมของห้องเรียนและเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่เอื้อให้เด็กได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมในเรื่องราวที่เป็นความสนใจและท้าทายความสามารถของเด็ก ให้โอกาสเด็กได้ค้นพบและเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงกับสิ่งของเรื่องราว สถานที่ บุคคลและเหตุการณ์ต่างๆ ภายในชุมชนของเด็ก ตามวิธีการของแต่ละบุคคล เปิดโอกาสให้เด็กได้ประเมินผลการทำงานของตนเอง ได้เห็นพัฒนาการความสำเร็จและล้มเหลวของตน ครูเป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับในทางบวก และคอยแนะนำช่วยเหลือให้เด็กได้ประสบผลสำเร็จในการทำกิจกรรม โดยมีหลักการสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานดังนี้

1) เด็กศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างลุ่มลึกลงไปในรายละเอียดของเรื่องนั้น ด้วยกระบวนการคิด และแก้ปัญหาของเด็กเอง จนพบคำตอบที่ต้องการ

2) เรื่องที่ศึกษากำหนดโดยเด็กเอง

3) ประเด็นที่ศึกษา เกิดจากข้อสงสัยหรือปัญหาของเด็กเอง

4) เด็กได้มีประสบการณ์ตรงกับเรื่องที่ศึกษาโดยการสังเกตอย่างใกล้ชิด จากแหล่งความรู้เบื้องต้น

5) ระยะเวลาการสอนยาวนานอย่างเพียงพอตามความสนใจของเด็ก

6) เด็กได้ประสบทั้งความล้มเหลวและความสำเร็จในการศึกษา ตามกระบวนการแก้ปัญหาของเด็ก

7) ความรู้ใหม่ที่ได้จากกระบวนการศึกษาและการแก้ปัญหาของเด็กเป็นสิ่งที่เด็กใช้กำหนดประเด็นศึกษาขึ้นใหม่ หรือใช้ปฏิบัติกิจกรรมที่เด็กต้องการ

8) เด็กได้นำเสนอกระบวนการศึกษาและผลงานต่อคนอื่น

9) ครูไม่ใช่ผู้ถ่ายทอดความรู้ หรือกำหนดกิจกรรมให้เด็กทำ แต่เป็นผู้กระตุ้นให้เด็กใช้

ภาษาหรือสัญลักษณ์อื่นๆ เพื่อจัดระบบความคิดและสนับสนุนให้เด็กใช้ความรู้ ทักษะที่มีอยู่คิดแก้ปัญหาด้วยตนเอง

วัฒนา มัคคสมัน (2550) ได้เสนอวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเพื่อให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะดังนี้

1) สามารถพัฒนากระบวนการคิดของตนเอง

2) สามารถลงมือปฏิบัติกิจกรรมได้ด้วยตนเอง

3) สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างเป็นกระบวนการ

4) เห็นคุณค่าในตนเอง

4.1 สาระสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

สาระสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน แบ่งได้เป็น สาระหลัก และสาระที่เป็นเนื้อหาตามหัวข้อโครงงาน

4.1.1 สาระหลักของรูปแบบ คือ กระบวนการแก้ปัญหา จะเป็นสาระหลักที่ครูใช้กระตุ้นให้เด็กใช้ตลอดกระบวนการจัดการเรียนการสอน โดยกระบวนการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ต้องการให้เด็กคิดหาวิธีการแก้ปัญหา โดยครูมีหน้าที่กระตุ้นให้เด็กเกิดความคิดในการที่จะหาวิธีการแก้ปัญหา ตามวิธีการของเด็ก มีขั้นตอนดังนี้

4.1.1.1 กำหนดประเด็นปัญหาจากการที่เด็กสังเกต ศึกษาข้อมูล รับรู้และทำความเข้าใจปัญหา จนสามารถสรุปและกำหนดประเด็นปัญหาขึ้นได้

4.1.1.2 เด็กวิเคราะห์โดยการอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นเพื่อแยกแยะประเด็นปัญหา สภาพ สาเหตุ และลำดับความสำคัญของปัญหา

4.1.1.3 เด็กสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหาด้วยการตั้งสมมติฐาน

4.1.1.4 เด็กตรวจสอบสมมติฐานด้วยการลงมือปฏิบัติ

4.1.1.5 สรุปผล สังเคราะห์ความรู้ด้วยตนเอง

4.1.2 สาระที่เป็นเนื้อหาตามหัวข้อโครงงาน เป็นเนื้อหาที่เกิดจากความสนใจ ความต้องการของเด็ก แล้วถูกกำหนดเป็นหัวข้อโครงงานที่จะทำการศึกษา

4.2 กระบวนการของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

วัฒนา มัคคสมัน (2550) การจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานประกอบด้วยระยะของโครงการ 3 ระยะ ใหญ่ๆ คือ

4.2.1 ระยะที่ 1 ขั้นเริ่มต้นโครงงาน เป็นระยะที่ผู้สอนต้องสังเกต/สร้างความสนใจให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน จากนั้นตกลงร่วมกัน เลือกเรื่องที่ต้องการศึกษาอย่างละเอียด ผู้สอนสร้างความสนใจให้เกิดกับผู้เรียนซึ่งมีหลายวิธี โดยอาจศึกษาเรื่องจากการบอกเล่าของผู้ใหญ่หรือผู้รู้ จาก

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ประสบการณ์ของผู้เรียน/ผู้สอน จากเอกสารสิ่งพิมพ์ หรือสื่อต่างๆ จากการเล่นของผู้เรียน จากความคิดที่เกิดขึ้น จากวัตถุสิ่งของที่ผู้สอนนำมาในห้องเรียน หรือจากตัวอย่างโครงงานที่ผู้อื่นทำไว้แล้ว เป็นต้น เมื่อเกิดความสนใจแล้วก็จะถึงการกำหนดหัวข้อโครงงาน โดยนำเรื่องที่ผู้เรียนสนใจมาอภิปรายร่วมกัน แล้วกำหนดเรื่องนั้นเป็นหัวข้อโครงงาน ทั้งนี้จะต้องคำนึงว่าการกำหนดหัวข้อโครงงานนั้นจะกระทำหลังจากการตรวจสอบสมมติฐานเสร็จสิ้นแล้ว รายละเอียดวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นดังนี้

4.2.2 ระยะที่ 2 ขั้นพัฒนาโครงงาน เป็นขั้นที่ผู้เรียนกำหนดหัวข้อคำถาม หรือประเด็นปัญหา ที่ผู้เรียนสนใจอยากรู้ แล้วตั้งสมมติฐานมาตอบคำถามเหล่านั้น ทดสอบสมมติฐานด้วยการลงมือปฏิบัติ จนค้นพบคำตอบด้วยตนเอง ตามขั้นตอนดังนี้

4.2.2.1 ผู้เรียนกำหนดปัญหาที่จะศึกษา

4.2.2.2 ผู้เรียนตั้งสมมติฐานเบื้องต้น

4.2.2.3 ผู้เรียนตรวจสอบสมมติฐานเบื้องต้น

4.2.2.4 สรุปข้อความรู้จากผลการตรวจสอบสมมติฐาน

ในกรณีที่ผลการตรวจสอบไม่เป็นไปตามสมมติฐาน ผู้สอนควรให้กำลังใจผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนไปแสวงหาความรู้เพิ่มเติม สิ่งที่ไม่ควรกระทำคือการตำหนิหรือกล่าวโทษ ผู้สอนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนมีกำลังใจจนสามารถตั้งสมมติฐานใหม่ได้ ในกรณีที่ผลการตรวจสอบเป็นไปตามสมมติฐาน ให้ผู้เรียนสรุปองค์ความรู้จากการค้นพบด้วยการลงมือปฏิบัติของผู้เรียนเองเมื่อได้องค์ความรู้ใหม่แล้ว ผู้เรียนจะนำองค์ความรู้นั้นไปใช้ในการทำกิจกรรมตามความสนใจต่อไปได้ ผู้เรียนอาจใช้ความรู้ที่ค้นพบเป็นพื้นฐานของการกำหนดประเด็นปัญหาขึ้นมาใหม่เพื่อกำหนด เป็นโครงงานย่อย ศึกษารายละเอียดในเรื่องนั้นต่อไปอีก

4.2.3 ระยะที่ 3 ขั้นสรุป เป็นระยะสุดท้ายของโครงงานที่ผู้เรียนค้นพบคำตอบของปัญหาแล้ว และได้แสดงให้ผู้สอนเห็นว่าได้สิ้นสุดความสนใจในหัวข้อโครงงานเดิม และเริ่มหันเหความสนใจไปสู่เรื่องใหม่ ระยะนี้เป็นระยะที่ผู้สอนและผู้เรียนจะได้แบ่งปันประสบการณ์การทำงานและแสดงให้เห็นถึงความสำเร็จของการทำงานตลอดโครงงานแก่คนอื่นๆ มีกิจกรรมที่ผู้สอนให้ผู้เรียนดำเนินการในขั้นตอนนี้ ดังนี้

4.2.3.1 ผู้เรียนเขียนรายงานเป็นรูปแบบงานวิจัยเล็กๆ

4.2.3.2 ผู้เรียนนำเสนอผลงาน (แสดงเป็นแผงโครงงาน) ให้ผู้สนใจรับรู้ สรุปและนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4.3 การประเมินผลการเรียนการสอนด้วยโครงงาน

วัฒนา มัคคสมัน (2550) ได้ทำการประเมินผลการเรียนการสอนโครงงานดังนี้

4.3.1 การประเมินพัฒนาการของผู้เรียน ด้วยการเรียนการสอนตามรูปแบบนี้เป็นส่วนหนึ่งของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามปกติตามแนวของหลักสูตร ซึ่งมีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์และคุณลักษณะตามวัยดังกำหนดไว้ในหลักสูตร นอกจากนั้นรูปแบบการสอนนี้ยังมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนากระบวนการคิด สามารถลงมือปฏิบัติกิจกรรมตามความสนใจของตน สามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นกระบวนการ และเพื่อเสริมสร้างการเห็นคุณค่าในตนเองของเด็กแต่ละคน ดังนั้นการประเมินผลการเรียนการสอนตามรูปแบบนี้จึงเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินพัฒนาการของผู้เรียนตามหลักสูตร กระบวนการประเมินผลจึงเป็นกระบวนการสังเกตพฤติกรรมที่เกิดขึ้นตลอดเวลา ในการจัดกิจกรรมตามกระบวนการเรียนการสอนใช้การบันทึกคำพูด และเก็บรวบรวมผลงานเด็กๆ มุ่งเน้นที่ความต้องการการช่วยเหลือและการประสบผลสำเร็จของผู้เรียนแต่ละคน ไม่ใช่การประเมินผลที่มุ่งให้คะแนนจากผลการทำงาน และจัดลำดับที่เปรียบเทียบในกลุ่ม

4.3.2 การประเมินโครงงาน โดยใช้หลัก 9 ประการของรูปแบบการเรียนการสอนเป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงกิจกรรมในการทำโครงงานในครั้งต่อไป คำถามที่ใช้ประเมินเมื่อทำโครงงานแล้วเสร็จคือ

4.3.2.1 เด็กศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างลุ่มลึกลงไปในรายละเอียดของเรื่องนั้นด้วยกระบวนการคิดและแก้ปัญหาของเด็กเอง จนพบคำตอบที่ต้องการหรือไม่

4.3.2.2 เรื่องที่ศึกษากำหนดโดยเด็กเองหรือไม่

4.3.2.3 ประเด็นที่ศึกษาหรือปัญหา เกิดจากข้อสงสัยหรือปัญหาของเด็กเองหรือไม่

4.3.2.4 เด็กมีโอกาสได้มีประสบการณ์ตรงกับเรื่องที่ศึกษา โดยการสังเกตอย่างใกล้ชิดจากแหล่งความรู้เบื้องต้นหรือไม่

4.3.2.5 ระยะเวลาการสอนยาวนานอย่างเพียงพอตามความสนใจของเด็กหรือไม่

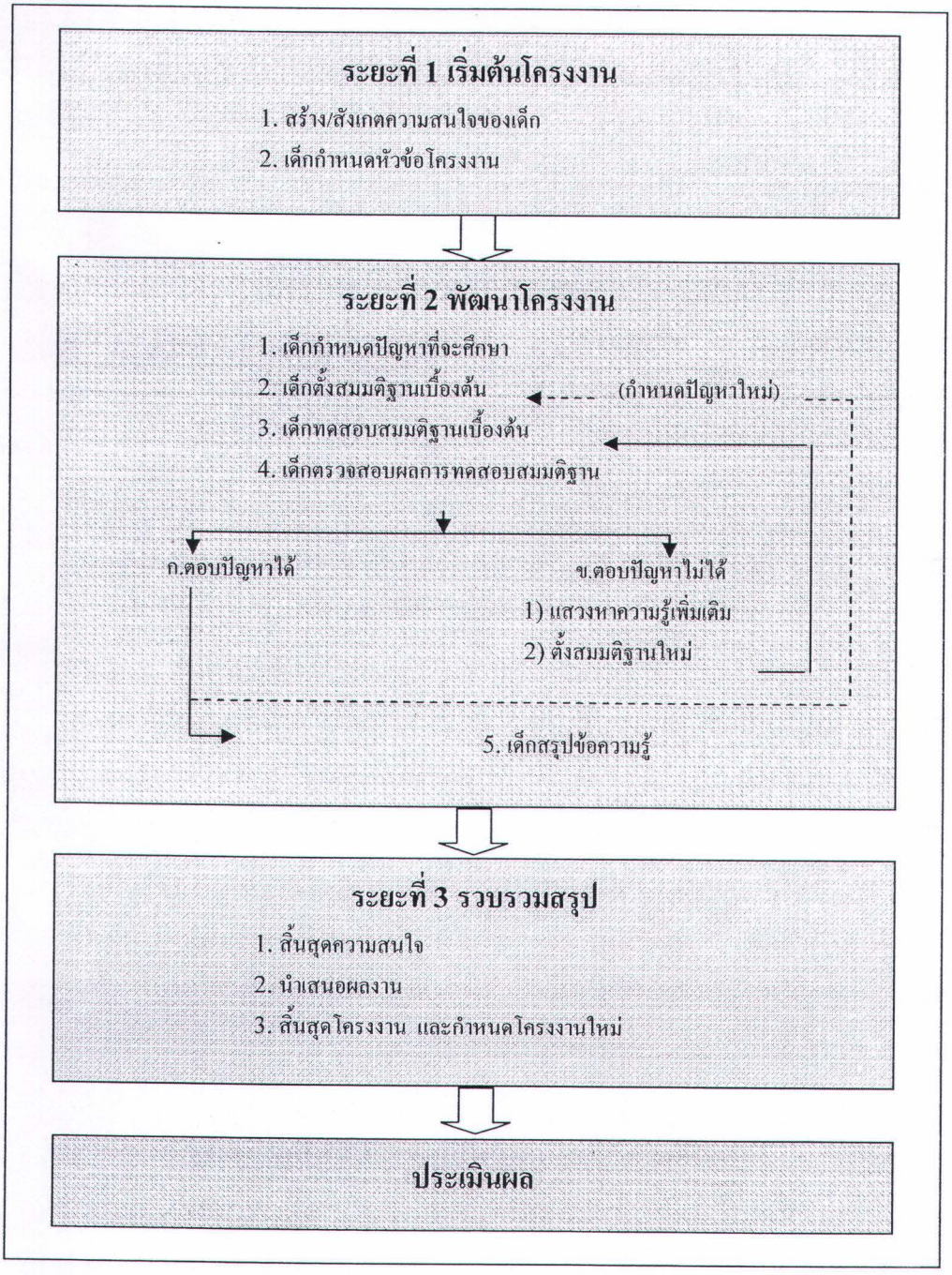
4.3.2.6 เด็กได้ประสบทั้งความล้มเหลวและความสำเร็จในการศึกษาตามกระบวนการแก้ปัญหาของเด็กเองหรือไม่

4.3.2.7 ความรู้ใหม่ที่ได้จากกระบวนการศึกษาและการแก้ปัญหาของเด็ก เป็นสิ่งที่เด็กใช้กำหนดประเด็นศึกษาขึ้นใหม่ หรือใช้ปฏิบัติกิจกรรมที่เด็กต้องการหรือไม่

4.3.2.8 เด็กได้นำเสนอกระบวนการศึกษา และผลงานต่อคนอื่นหรือไม่

4.3.2.9 ครูไม่ใช่ผู้ถ่ายทอดความรู้ หรือกำหนดกิจกรรมให้เด็กทำ แต่เป็นผู้กระตุ้นให้เด็กใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์อื่นๆ เพื่อจัดระบบความคิด และสนับสนุนให้เด็กใช้ความรู้ทักษะที่มีอยู่คิดแก้ปัญหาด้วยตนเองใช่หรือไม่

4.3.3 การวัดการเห็นคุณค่าในตนเอง วัตถุประสงค์หลักของรูปแบบการเรียนการสอน คือการเสริมสร้างการเห็นคุณค่าในตนเอง สังเกตได้จากพฤติกรรมของเด็กภายใต้สถานการณ์การจัดการเรียนการสอน



ภาพที่ 10 สรุปขั้นตอนการสอน ตามรูปแบบการสอนแบบโครงงาน (วัฒนา มัคคสมัน, 2550)

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับความจำขณะทำงาน

Abu-Rabia and Siegel (2002) ศึกษาการอ่าน ภาษา และทักษะการจำ ของเด็กที่ใช้สองภาษา (Arab-Canadian) อายุ 9-14 ปี โดยใช้ภาษาอังกฤษเป็นภาษาหลักและภาษาอารบิคเป็นภาษาพูดทั่วไปที่บ้าน นักเรียนต้องอ่านคำ ภาษา และทดสอบความจำขณะทำงาน ทั้งภาษาอังกฤษและภาษาอารบิค พบว่าพบประสิทธิภาพที่เกิดเพียงเล็กน้อยทั้งสองภาษา มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างการอ่านคำ ความจำขณะทำงาน และทักษะการสร้างประโยคในทั้งสองภาษา ผู้อ่านที่บกพร่องในภาษาอารบิคมีคะแนนเกี่ยวกับงานทางภาษาต่ำ ยกเว้นงานเกี่ยวกับการมองภาพ ไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญระหว่างเด็กสองภาษา และเด็กที่พูดภาษาอังกฤษเพียงภาษาเดียวในด้านการอ่าน ภาษาและงานเกี่ยวกับความจำ จากกรณีดังกล่าวไม่พบว่ามีผลลบต่อการพัฒนาทักษะการอ่านภาษาทั้งภาษาอารบิคและภาษาอังกฤษ

Colom, Flores-Mendoza and Irene Rebollo (2003) ศึกษาความสัมพันธ์ของความจำขณะทำงานต่อไซโคเมทริคอินเทลลิเจนซ์ (psychometric intelligence หลักฐานที่พบคือความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างทุกไซโคเมทริคคอกนิทีฟอะบิลิตี (psychometric cognitive abilities) สำหรับการสร้างความจำขณะทำงานได้จากการกระทำต่อเนื้อหา ได้แก่ คำ ตัวเลข และตำแหน่ง และกระบวนการ ได้แก่ การเก็บและการดำเนินการ บางงานวิจัยพบว่ามีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงระหว่างความหลากหลายของงานเกี่ยวกับความจำขณะทำงาน ซึ่งช่วยสนับสนุนการสร้างความถูกต้องของความจำขณะทำงานในความรู้ทั่วไป การวิจัยนี้เปิดเผยโครงสร้างของความจำขณะทำงานในการวิจัยทางด้านโครงสร้างทางปัญญา เมื่อความจำขณะทำงานมีความเกี่ยวข้องกับสติปัญญา จากการศึกษาผู้รับการทดสอบจำนวน 187 คน ความจำขณะทำงานประเมินโดยใช้ชิ้นงานคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์จำนวน 8 ชิ้น ระดับสติปัญญาประเมินโดยใช้เดอะราเวนเมทริคซ์ (the Raven Matrices) พบว่า ความจำขณะทำงานเป็นหนึ่งในการคิดและมีความเกี่ยวข้องกับสติปัญญา (r=+0.7) แสดงว่ามีบางสิ่งเป็นรากฐานของความจำขณะทำงาน และสติปัญญา

Seigneuric and Ehrlich (2005) ศึกษาตรวจสอบว่า ความจุของความจำขณะทำงาน มีผลต่อพัฒนาการด้านการเข้าใจการอ่านของเด็ก โดยศึกษาเด็กนักเรียนอายุ 7-9 ขวบ ระดับเกรด 1-3 โดยใช้คำถามสองคำถามเกี่ยวกับความจำขณะทำงาน ที่มีต่อการทำความเข้าใจการอ่าน พบว่า ความจุของความจำขณะทำงาน ปรากฏในนักเรียนเกรด 3 ผลการวิจัยสนับสนุนความคิดที่ว่า การจำคำเป็นสิ่งที่เกิดโดยอัตโนมัติผ่านระดับช่วงชั้น ความจำขณะทำงานมีความสำคัญต่อการทำความเข้าใจการอ่าน เป็นหลักฐานได้ว่า ความจุของความจำขณะทำงาน มีอิทธิพลโดยตรงต่อการพัฒนาทักษะการ

ทำความเข้าใจการอ่าน และกลุ่มคำศัพท์ที่มีในนักเรียนเกรด 1 และความจำขณะทำงานที่มีในนักเรียนเกรด 2 มีผลสืบต่อมายังนักเรียนเกรด 3 เกี่ยวกับการทำความเข้าใจการอ่าน

Savage, Lavers and Pillay (2007) ทดสอบความจำขณะทำงาน ในการพัฒนาการอ่าน โดยพิจารณา 1) การดำเนินงานของความจำขณะทำงาน 2) ลักษณะเฉพาะของความจำขณะทำงานที่สนับสนุนการอ่าน 3) ขอบเขตการอธิบายภาวะบกพร่องความเข้าใจด้านการอ่าน 4) การสร้างความจุของความจำขณะทำงาน ต่อความแตกต่างระหว่างภาวะบกพร่องทางการอ่านและภาวะเอดีเอชดี สรุปได้ว่า 1) กระบวนการวัดความจำขณะทำงาน ยังคงเป็นปัญหาสำคัญ 2) หลักฐานเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของ เกี่ยวกับพัฒนาการของความจำขณะทำงาน บุคคลด้านการอ่านยังคงไม่ชัดเจน 3) หลักฐานที่เกี่ยวข้องกับปัญหาขอบเขตเฉพาะของความจำขณะทำงาน เป็นเรื่องยากต่อการอธิบายปัญหาการพิสูจน์และกลุ่มตัวอย่างผู้อ่าน และการดำเนินการสร้างความจำขณะทำงาน 4) งานที่ได้จากธรรมชาติปัญหาเกี่ยวกับความจำขณะทำงาน ในผู้บกพร่องทางการอ่านมีความชัดเจนจากปัญหาที่เกิดร่วมกันในกลุ่มภาวะเอดีเอชดี

5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

แววยูง สุขสถิตย์ (2543) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจกิจกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดนนทบุรี จากการสุ่มจำนวน 33 โรงเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามความสนใจในกิจกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิเคราะห์ความแปรปรวน (anova) และความแปรปรวนร่วม (ancova) พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจกิจกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนที่เรียนด้วยการทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสูงกว่านักเรียนที่เรียนตามแบบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

ฐิตินันท์ โจณะสิทธิ์ (2549) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ ใช้การวิจัยแบบยังไม่เข้าขั้นการทดลอง (pre-experimental designs) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเมืองเหนือวิทยาคม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบสอบถามกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหา สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าร้อยละ ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ70 ของนักเรียนทั้งหมด ทักษะ

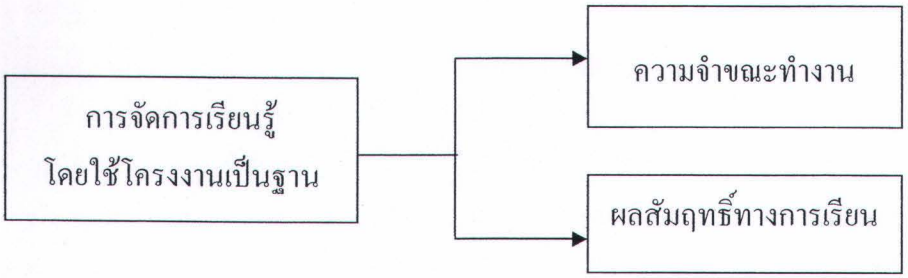
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ70 ของนักเรียนทั้งหมด ความสามารถในการแก้ปัญหาผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ความคิดเห็นเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาของตนเองในการทำกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ ดี-ดีมาก

กิติภูมิ เลิศกิตติกุลโยธิน (2550) ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้แบบฝึกโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนซางตาครู้สคอนแวนท์ ใช้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ แบบทวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบ one group pretest-posttest design และวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการทางสถิติทดสอบที พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Tuncay and Ekizoglu (2010) ศึกษาผลของการสอนแบบโครงงานอิสระ (free project based learning: FPBL) จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนเครือข่ายในนักเรียนฟอร์ม 11 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักเรียนที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้แบบโครงงานอิสระและนักเรียนที่เรียนแบบปกติ พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้แบบโครงงานอิสระมีคะแนนผลสัมฤทธิ์สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ

Tuncer (2009) สำรวจนักเรียนจำนวน 85 คน ที่เรียนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน โดยเกณฑ์ในการเลือกกลุ่มตัวอย่างต้องมีผลสัมฤทธิ์ผ่านเกณฑ์ ใช้อินเตอร์เน็ทเป็นและสม่ำเสมอ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนตระหนักถึงการตอบสนองต่อการเรียนรู้และมีความพยายามในการเรียนรู้สำหรับการศึกษาที่ต้องอาศัยความร่วมมือและการแบ่งปันความรู้ระหว่างกัน พบว่านักเรียนมีความตื่นตัวต่อสถานการณ์ใหม่ อินเตอร์เน็ตเป็นแหล่งเรียนรู้อันดับแรกในการได้มาซึ่งข้อมูล มีการแบ่งภาระงานและความร่วมมือระหว่างกันสูง และนักเรียนมีแนวโน้มออกจากการเรียนรู้เดิมที่ครูเป็นศูนย์กลาง

ผลการทบทวนวรรณกรรมทั้งหมดสามารถสรุปแนวคิดการวิจัยได้ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แนวคิดในการวิจัย