วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา ปีที่ 10 ฉบับที่ 2, ตุลาคม 2555 – มีนาคม 2556
Research Methodology & Cognitive Science, Vol. 10, No. 2, October 2012– March 2013

39 ปีของแบบจำลองความจำขณะปฏิบัติการ : งานวิจัยและการประยุกต์

พีร วงศ์อุปราช
นักศึกษาปริญญาเอก สถาบันจิตเวชศาสตร์ จิตวิทยาและประสาทวิทยา
คิงส์คอลเลจ ลอนดอน
อาจารย์ประจำ วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
รังสิรัศม์ วงศ์อุปราช

บทคัดย่อ

เป็นเวลากว่าสามทศวรรษที่ทฤษฎีพหุองค์ประกอบความจำขณะปฏิบัติการได้ถูกนำเสนอ และตามมาด้วยการศึกษาวิจัยเพื่อทดสอบความถูกต้องของทฤษฎีอย่างเข้มข้นจนถึงปัจจุบัน ความจำขณะปฏิบัติการถูกนิยามและอธิบายว่าคือความสามารถในการเก็บจำข้อมูลในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการคำนวน หรือสำหรับดำเนินการกิจกรรมทางปัญญา เดิมทีทฤษฎีความจำขณะปฏิบัติการถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเติมเต็มช่องว่างที่เป็นข้อจำกัดของแนวคิดความจำระยะสั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อจำกัดในประเด็นการลงรหัสข้อมูลและความเชื่อมโยงกับความจำระยะยาว รวมทั้งข้อจำกัดในการเชื่อมโยงกับกระบวนการคิดขั้นสูง ในบทความนี้ ผู้เขียนได้ทบทวนความก้าวหน้าและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความจำขณะปฏิบัติการโดยนำเสนอและอธิบายถึงประเด็นเรื่องความเป็นมา ความคิดรวบยอด และข้อมูลสนับสนุนของตัวทฤษฎี ข้อสรุปหนึ่งซึ่งได้จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา คือ ทฤษฎีความจำขณะปฏิบัติการมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมีความน่าสนใจ และมีการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวางในวงการวิชาการระดับนานาชาติ ขณะเดียวกันตัวโครงสร้างของทฤษฎีมีการเพิ่มเติมขยายขอบเขตและลงลึกถึงรายละเอียดไปพร้อมๆ กัน

***คำสำคัญ*:** ความจำขณะปฏิบัติการ, หน่วยบริหารกลาง, ระบบเก็บจำทางภาษา, ระบบเก็บจำทางภาพและมิติสัมพันธ์, หน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะ

39 Years of Working Memory Model: Research and Its Applications

Peera Wongupparaj
Ph.D. (Candidate), Institute of Psychiatry, Psychology, Neurosciences
King's College London
College of Research Methodology and Cognitive Science
Burapha University, Thailand
Rangsirat Wongupparaj

Abstract

More than three decades has passed since the multi-component model of working memory was first proposed to be followed by extensive investigations. Working memory was defined and described as the ability to hold small amounts of information for very short periods, perhaps for computation or cognitive processing. Historically, the concept of working memory has been continuously developed in order to fulfil the theoretical gap of earlier concepts relating to short-term memory, particularly in explaining the limitations of short-term memory encoding and long-term memory as well as relating working memory with complex cognition. In this paper, the authors reviewed the progress and evidence that has been made towards this effort by illustrating and explaining how this theory was conceptualised and supported. One conclusion that emerged from this review was that working memory has been very active and promising in international academic circles. The boundary of theoretical framework has been simultaneously expanded in vertical and horizontal integration.

Keywords: working Memory, central Executive, phonological loop, visuo-spatial sketchpad, episodic buffer

ความนำ

ขณะที่เรากำลังนั่งรับฟังข่าวสารจากโทรทัศน์ พร้อมคุยโทรศัพท์และจดรายละเอียดรายการสินค้าที่ลูกค้าโทรมาสั่งซื้อสินค้า กิจกรรมทางสมองเหล่านี้เกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน เกิดกระบวนการการแบ่งความสนใจ การจดจำรายละเอียด เช่น ชื่อสินค้า สี ขนาด รูปร่าง ฯลฯ การหวนระลึกถึงใบหน้าของลูกค้าคนนี้ อะไรทำให้เราทำกิจกรรมเหล่านี้ได้พร้อมเพียงกันอย่างราบรื่น ต่อเนื่อง อะไรทำให้เราโยกย้ายความสนใจจากหน้าจอโทรทัศน์มาที่โทรศัพท์ และเปลี่ยนไปมุ่งความสนใจที่มือขวาซึ่งกำลังจดรายละเอียดข้อมูลจากผู้ส่งสารสลับไปสลับมา คำตอบคือความจำขณะปฏิบัติการ (Working memory) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่อยู่เบื้องหลังความสามารถอันซับซ้อนนี้ของมนุษย์

หากลองสมมติสถานการณ์ที่ความจำขณะปฏิบัติการเกิดความบกพร่อง เช่น การดูละครทางโทรทัศน์ เราจะไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลจากฉากที่ผ่านสายตาเราเมื่อไม่กี่นาที หรือวินาทีที่ผ่านมา หรือในสถานการณ์ที่เราคิดเลขในใจ หากปราศจากความจำขณะปฏิบัติการแล้วเราคงไม่สามารถบวกเลขจำนวนหนึ่งกับอีกจำนวนหนึ่ง แล้วเก็บไว้ในใจก่อนที่จะนำผลลัพธ์นั้นมาคำนวนต่อได้ กระบวนการเก็บจำชั่วคราวที่ต่อเนื่องเหล่านี้ถูกอธิบาย และทดสอบโดยกลุ่มนักจิตวิทยาการรู้คิด (Cognitive psychologists) และในบรรดาเหล่านักทฤษฎีที่นำเสนอแบบจำลองทฤษฎีความจำขณะปฏิบัติการ -ทฤษฎีพหุองค์ประกอบความจำขณะปฏิบัติการ (The multi-component of working memory) ของ Baddeley and Hitch (1974) ถือว่าได้รับความนิยมมากที่สุด ทั้งในด้านความต่อเนื่องในการพัฒนาทฤษฎี คำอธิบายและโครงสร้างทฤษฎีที่ค่อนข้างชัดเจนและเข้าใจง่าย รวมถึงความแพร่หลายในการประยุกต์ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องและการถูกนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ

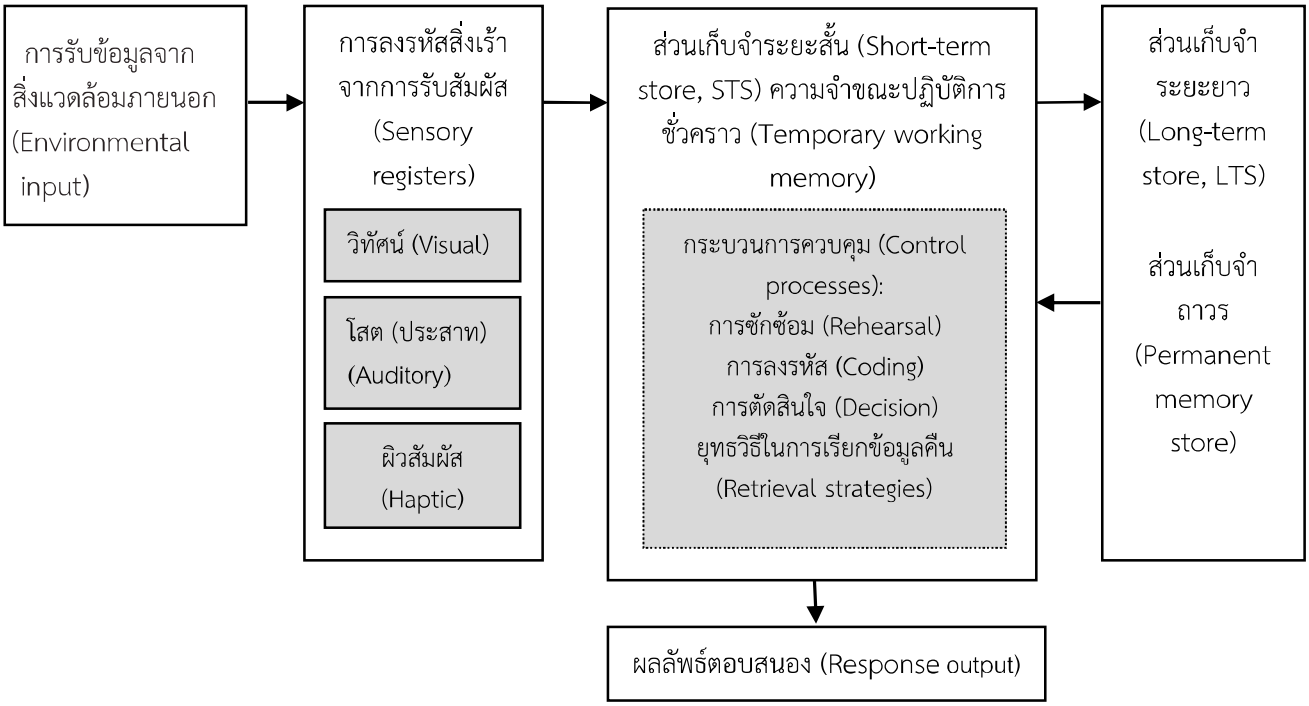
ความเป็นมาของทฤษฎีความจำขณะปฏิบัติการและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

Alan Baddeley ได้กล่าวถึงพัฒนาการของความจำขณะปฏิบัติการที่เขาและ Graham Hitch ร่วมพัฒนาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1974 เอาไว้ว่า เป็นแนวคิดที่พัฒนาต่อยอดมาจากแนวคิดเรื่องความจำระยะสั้น (Short-term memory) โดยคำว่าความจำขณะปฏิบัติการเป็นคำที่ยืมมาจาก Miller, Galanter and Pribram (1960) ซึ่งใช้คำนี้ด้วยหมายความถึง ความจำชั่วขณะที่ถูกใช้ในการวางแผน และทำพฤติกรรมตามนั้น เช่น การคิดเลข บวก ลบ คูณ หาร ในใจ หลาย ๆ ขั้นตอน การทำกับข้าวโดยไม่ใส่เครื่องปรุงเดิมซ้ำสองครั้ง เป็นต้น เขาเลือกใช้คำนี้เพื่อใช้แยกให้ชัดเจน เน้นให้เห็นความแตกต่างระหว่างคำว่า ความจำขณะปฏิบัติการ ซึ่งตามโครงสร้างทฤษฎีแล้วสามารถแบ่งออกได้เป็นพหุองค์ประกอบ (Multi-component model) กับความจำระยะสั้น ที่แต่เดิมมีโครงสร้างทฤษฎีเป็นองค์ประกอบเดี่ยว (Unitary model) เมื่อพิจารณาถึงแนวคิดของความจำขณะปฏิบัติการและความจำระยะสั้น ทั้งสองคำมีความเชื่อมโยงกันในประเด็นต่าง ๆ โดยเฉพาะรากฐานทางทฤษฎี

แต่เดิมแนวคิดการแบ่งความจำออกเป็นสองระบบ ความจำระยะสั้น และความจำระยะยาว (Long-term memory) ได้รับความนิยม โดยมีที่มาจาก Donald Hebb (1949) เสนอว่า ความจำของมนุษย์น่าจะแบ่งได้เป็นสององค์ประกอบจากข้อสังเกตในเชิงสรีรวิทยาที่ว่า ความจำระยะสั้นอิงกับกระแสไฟฟ้าชั่วคราวในสมอง และความจำระยะยาวสะท้อนได้จากการเปลี่ยนแปลงอย่างยั่งยืนของสารเคมีในสมอง แนวคิดนี้ได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีทั้งข้อมูลจากงานวิจัยเชิงจิตวิทยาการทดลอง และจิตวิทยาประสาทวิทยาที่มุ่งศึกษาในคนไข้ เช่น คนไข้ความจำเสื่อมประเภท Amnesic ซึ่งโดยทั่วไปแล้วสมองกลีบขมับ (Temporal lobe) และฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) จะได้รับความเสียหาย คนไข้กลุ่มนี้จะมีปัญหาในเรื่องความจำระยะยาว แต่กลับทำคะแนนได้ดีในการทดสอบความจำระยะสั้นด้วยแบบทดสอบช่วงความจำตัวเลข (Digit span) (Baddeley & Warrington, 1970) ขณะเดียวกัน Shallice and Warrington (1970) นำเสนออีกกรณีศึกษาคนไข้ที่พบผลตรงกันข้าม กล่าวคือ คนไข้กลุ่มนี้มีความจำระยะยาวที่ปกติ

แต่กลับสามารถจดจำตัวเลขได้เพียงหนึ่งหรือสองหลัก จากการทดสอบช่วงความจำตัวเลข และทำคะแนนได้ต่ำในแบบวัดความจำของ Peterson (Peterson performance) ด้วยข้อสนับสนุนอิงจากข้อค้นพบดังกล่าวจึงอาจกล่าวได้ว่า ทั้งความจำระยะสั้นและความจำระยะยาวต่างมีลักษณะเป็นเอกลักษณ์หรือเป็นองค์ประกอบทวิลักษณ์ (Dual component) โดยรวม

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ข้อค้นพบเรื่องความจำระยะสั้นและความจำระยะยาวจะเป็นประโยชน์ในการตีความปรากฏการณ์ทางจิตวิทยา แต่ก็พบข้อจำกัดบางประการโดยเฉพาะในประเด็นเรื่องความเชื่อมโยงกันระหว่างความจำระยะสั้นกับความจำระยะยาว ทั้งสององค์ประกอบเกี่ยวเนื่องกันอย่างไร และมีกระบวนการทำงานร่วมกันอย่างไร เป็นโจทย์ที่ในปลายปี ค.ศ. 1960 ทั้ง Atkinson and Shiffrin (1968) อาสาเป็นผู้ตอบและเสนอแบบจำลองเพื่อตีความ (Modal model) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แบบจำลองการประมวลผลข้อมูลของความจำ เสนอโดย Atkinson and Shiffrin (1968)

จากสมมติฐานตามแบบจำลองนี้ข้อมูลจะไหลผ่านพร้อม ๆ กันผ่านทางระบบความจำรับสัมผัส (Sensory memory system) ที่แบ่งแยกเป็น วิทัศน์ โสต และผิวสัมผัส ต่อมาข้อมูลต่าง ๆ หลั่งไหลเข้าสู่ส่วนเก็บจำชั่วคราวที่มีพิสัย (Capacity) จำกัด โดยส่วนนี้รับหน้าที่ในการเก็บข้อมูลเพียงชั่วขณะและจัดกระทำ รวมถึงรับผิดชอบทั้งการเข้ารหัสข้อมูล (Encoding) ให้เป็นความจำระยะยาว แล้วเรียกข้อมูลกลับมาใช้ในภายหลัง

แม้ว่าแบบจำลองการประมวลผลข้อมูลของความจำดูเหมือนจะมีประโยชน์ในการตอบคำถามในประเด็นความเชื่อมโยงระหว่างระบบความจำ และโดยเฉพาะการบรรยายถึงองค์ประกอบของความจำระยะสั้นที่ประกอบไปด้วยส่วนกระบวนการควบคุมหรือจัดกระทำ และส่วนเก็บจำ อย่างไรก็ตามพบว่ามีข้อสงสัยอยู่ 3 ประการ ที่จำกัดอรรถประโยชน์ของแบบจำลองนี้ ประเด็นแรก ตามสมมติฐานของ Atkinson and Shiffrin เมื่อกล่าวถึงเรื่องการเรียนรู้แล้ว ถ้าข้อมูลถูกเก็บจำในส่วนเก็บจำชั่วคราวอย่างเพียงพอ และยิ่งข้อมูลถูกเก็บเอาไว้นานขึ้นเท่าใด หมายความว่าโอกาสในการโอนถ่ายข้อมูลนี้ไปยังส่วนเก็บจำระยะยาวก็ยิ่งเพิ่มขึ้น และส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมาก

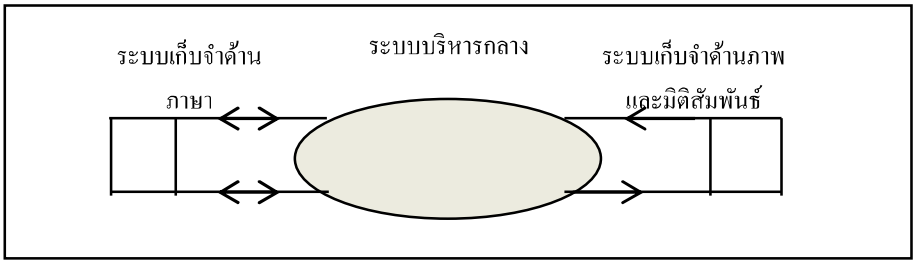
ขึ้นตามไปด้วย แต่ข้อมูลเชิงประจักษ์จากงานวิจัยกลับไม่สนับสนุนสมมติฐานดังกล่าว ประเด็นที่สองเกี่ยวพันกับหลักฐานทางจิตวิทยาประสาทวิทยาที่ว่า หากเทียบเคียงกับแบบจำลองนี้ ผู้ป่วยที่มีความบกพร่องในความจำระยะสั้นย่อมส่งผลให้ความบกพร่องนี้กระทบต่อความจำระยะยาว แต่หลักฐานก็ค้านกับแบบจำลองนี้เช่นกัน เพราะคนไข้บางคนที่มีความผิดปกติในความจำระยะสั้น แต่กลับพบไม่มีปัญหาในความจำระยะยาวดังกล่าวแล้วข้างต้น ประเด็นสุดท้ายแบบจำลองนี้ให้ข้อสันนิษฐานว่า ส่วนเก็บจำระยะสั้นมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการคิด เมื่อเป็นดังนั้นคนไข้ที่มีข้อบกพร่องในลักษณะดังกล่าวย่อมกระทบต่อสติปัญญา การคิดและการตัดสินใจในหลายด้าน แต่ข้อมูลจากกรณีศึกษากลับแสดงให้เห็นว่า คนไข้บางคนสามารถใช้ชีวิตประจำวัน ประกอบอาชีพ รับผิดชอบดูแลครอบครัวได้อย่างเป็นปกติ

ต่อมาจากข้อจำกัดดังกล่าวทั้ง Baddeley and Hitch จึงมุ่งความสนใจและศึกษาวิจัยแบบจำลองความจำระยะสั้นด้วยกระบวนทัศน์ทางจิตวิทยาการทดลองในกลุ่มนักศึกษาอาสาสมัคร การทดลองเริ่มจากให้ผู้เข้าร่วมการทดลองทำกิจกรรมทดลองพร้อมกันสองกิจกรรม (Concurrent task) จุดประสงค์เพื่อจำกัดพิสัยของระบบความจำระยะสั้นของผู้เข้าร่วมการทดลองในหลาย ๆ ระดับนั่นเอง ตัวอย่างเช่น ในกิจกรรมทดลองแรกให้ผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนจดจำชุดตัวเลขหลังจากได้ยินหรือดู แล้วให้พูดทวนตัวเลขนั้นอย่างถูกต้องตามลำดับก่อนหลัง ในขณะเดียวกันผู้เข้าร่วมการทดลองต้องทำแบบทดสอบการใช้เหตุผลเชิงไวยกรณ์ไปพร้อมกันด้วย โดยผู้ทำการทดลองจะเพิ่มจำนวนชุดตัวเลขของกิจกรรมแรกมากขึ้นเป็นลำดับ เพื่อทดสอบความจำกัดของพิสัยของระบบความจำระยะสั้นนั่นเอง ผลการวิจัยครั้งนี้ปรากฏข้อค้นพบที่น่าสนใจคือ ผู้เข้าร่วมการทดลองใช้เวลามากขึ้นตามเงื่อนไขของกิจกรรมที่ซับซ้อนขึ้น แต่ความคลาดเคลื่อนจากการตอบผิดกลับคงตัวที่ระดับร้อยละ 5

ข้อค้นพบที่น่าสนใจนี้เป็นตัวบ่งชี้ว่า การตอบกิจกรรมทดลองของกลุ่มนักศึกษาช้าลงอย่างเป็นระบบเมื่อกิจกรรมมีความซับซ้อนขึ้น แต่ร้อยละการตอบผิดพลาดกลับไม่มากขึ้น เช่นเดียวกันเมื่อนักวิจัยทั้งสองได้ทดสอบกับตัวแปรความจำระยะยาว และความเข้าใจภาษาก็พบผลที่คล้ายคลึงกัน ดังนั้นจึงได้ข้อสรุปที่สำคัญว่า ส่วนเก็บจำระยะสั้นไม่ได้มีลักษณะเป็นองค์ประกอบเดี่ยว ดังที่เสนอโดยแบบจำลองของ Atkinson and Shiffrin แต่น่าจะประกอบไปด้วยพหุองค์ประกอบที่รับผิดชอบในการจัดกระทำข้อมูล เก็บจำข้อมูลชั่วคราวสำหรับลักษณะข้อมูลประเภท ก และเก็บจำข้อมูลชั่วคราวสำหรับลักษณะข้อมูลประเภท ข โดยหากมีส่วนเก็บจำเพียงองค์ประกอบเดียวดังคาดไว้แต่เดิม ผู้ร่วมการทดลองน่าจะตอบคำถามจากกิจกรรมทดสอบพร้อม ๆ กันสองกิจกรรมที่มีเป้าหมายวัดคนละภาวะสันนิษฐาน (Construct) ผิดพลาดในร้อยละที่สูงขึ้น เนื่องด้วยเกิดการรบกวนซึ่งกันและกันของหน่วยเก็บจำ

องค์ประกอบของทฤษฎีความจำขณะปฏิบัติการ

สืบเนื่องจากข้อจำกัดของความจำระยะสั้นแต่เดิม Baddeley and Hitch จึงได้เสนอแบบจำลองพหุองค์ประกอบความจำขณะปฏิบัติการ (The multicomponent working memory model) ขึ้นในปี ค.ศ. 1974 โดยบรรจุความจำระยะสั้นเป็นหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญ ณ ช่วงเวลานั้น ตัวแบบจำลองสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ ส่วนบริหารกลาง (Central executive) ร่วมกับระบบเก็บจำเสริมสองระบบ (หรือความจำระยะสั้นแต่เดิมที่ถูกแบ่งเป็นสองระบบ) ได้แก่ ระบบเก็บจำด้านภาษา (Phonological loop) และระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ (Visuospatial sketchpad) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แบบจำลองความจำขณะปฏิบัติการสามองค์ประกอบ นำเสนอโดย Baddeley and Hitch (1974)

โดยธรรมชาติแล้วทั้งสามระบบมีพิสัยที่จำกัดในการจัดกระทำและเก็บจำข้อมูลได้เพียงระยะเวลาสั้น ๆ หรือเพียงชั่วคราวเท่านั้น อย่างไรก็ตามถือว่าทั้งสามเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพส่งอิทธิพลสำคัญต่อการแก้ปัญหา การตัดสินใจ สติปัญญา และการใช้เหตุผล เป็นต้น ในส่วนของระบบเก็บจำด้านภาษาคาดว่าทำหน้าที่ในการเก็บจำข้อมูลด้านภาษา คำพูด ข้อมูลเกี่ยวกับเสียง พิสัยในการเก็บจำ หรือความสามารถในการจดจำ ขึ้นอยู่กับการซักซ้อม ทวนซ้ำข้อมูลนั้น ไม่ว่าโดยการพูดออกเสียงหรือการพูดในใจก็ตาม หากขาดการทบทวน ข้อมูลเหล่านี้จะค่อย ๆ ลืมเลือนภายในไม่กี่วินาที เช่นเดียวกับระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์รับหน้าที่ในการเก็บจำข้อมูลด้านภาพ มิติ การเคลื่อนไหว ตำแหน่งของวัตถุ ส่วนกระบวนการทบทวนข้อมูลคาดว่าใช้หลักการการเคลื่อนไหวดวงตาเป็นเบื้องต้น และส่วนควบคุมส่วนกลาง (The central controller) หรือ ส่วนบริหารกลาง ถือเป็นระบบที่สำคัญที่สุดในการควบคุมบริหารจัดการ แต่ได้รับความสนใจและศึกษาวิจัยน้อยที่สุดจากเจ้าของทฤษฎีเมื่อเทียบกับระบบเก็บจำทั้งสองหน่วย

ระบบเก็บจำด้านภาษา

Baddeley (2007) อธิบายรายละเอียดขององค์ประกอบนี้ว่าน่าจะประกอบด้วย หน่วยเก็บข้อมูลภาษา (Phonological store) และกลไกทวนซ้ำการออกเสียง (Articulatory rehearsal mechanism) การศึกษาเพื่อให้เข้าใจธรรมชาติขององค์ประกอบดังกล่าว นักจิตวิทยาอนุมานจากการศึกษาปรากฏการณ์หลักดังต่อไปนี้

1) ผลของความคล้ายคลึงกันของการออกเสียง (The phonological similarity effect) ปรากฏการณ์นี้เกี่ยวข้องโดยตรงกับพิสัยของหน่วยเก็บข้อมูลภาษา กล่าวคือ หากให้จดจำชุดตัวอักษรหรือคำผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ ตัวอักษรหรือคำที่มีการออกเสียงคล้ายคลึงกันจะทำให้ความสามารถในการเก็บจำลดลง เช่น ในภาษาอังกฤษ อักษร “B, D, T, G, C, P” หากให้จำและพูดทวนอย่างเป็นลำดับจะพบว่าจำได้ยากกว่าคำที่ออกเสียงต่างกัน เช่น “F, K, Y, W, R, Q” เช่นเดียวกับคำเหล่านี้ “man, cat, cap, map, can” คำเหมือนกันเหล่านี้ทำให้ผู้เข้าร่วมการทดลองจดจำได้ถูกต้องเพียงร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับกลุ่มคำที่ออกเสียงต่างกัน “pit, day, cow, pen, sup” ที่จดจำได้ง่ายกว่าและพูดทวนถูกต้องถึงร้อยละ 80 ปรากฏการณ์นี้สะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเก็บจำที่ต้องอาศัยการเปลี่ยนแปลงจากสิ่งเร้าตัวอักษร เป็นรหัสเสียงด้วยการทวนเสียงในใจ (Subvocalization) เช่นเดียวกันหากในกรณีที่เราไม่สามารถพูดทวนเสียงหรือไม่สามารถอ่านคำนั้นได้ กระบวนการเก็บจำจะหายไปอย่างรวดเร็ว

2) ผลจากความยาวของคำ (The word length effect) เป็นตัวแปรสำคัญในการขัดขวางกระบวนการทวนซ้ำคำ หากต้องจดจำคำพูด หลาย ๆ คำแล้วไม่สามารถทวนซ้ำคำในใจได้ ย่อมส่งผลให้ลืมคำเหล่านั้นอย่างรวดเร็ว ตัวอย่างเช่น หากผู้เข้าร่วมการทดลองต้องจดจำคำชุดนี้ “wit, sum, pad, beg, top” เทียบกับคำชุดที่สอง “university, refrigerator, hippopotamus, tuberculosis, auditorium” พบว่าร้อยละ 90 สามารถพูดทวนคำชุดแรกได้อย่างถูกต้องเมื่อเทียบกับร้อยละ 50 ของคำชุดที่สอง

3) ผลของการยับยั้ง (Suppression effect หรือ Articulatory suppression) การยับยั้งในที่นี้หมายถึง การรบกวนกระบวนการเก็บจำโดยเฉพาะขณะทวนเสียงในใจ ทำให้การแปลงสิ่งเร้าจากตัวอักษรเป็นเสียงแล้วลงรหัสในหน่วยเก็บข้อมูลทางภาษาทำไม่ได้ เช่น ผู้เข้าร่วมการทดลองถูกขอร้องให้พูดคำที่ไม่เกี่ยวข้องกับตัวอักษรหรือประโยคที่ต้องจำ เช่น ขอร้องให้พูดคำว่า “the, the, the .....” แทรกทุกคำขณะทำการทดลองจดจำชุดอักษร เป็นต้น

ทั้งหน่วยเก็บข้อมูลภาษาและกลไกทวนซ้ำการออกเสียงต่างได้รับการสนับสนุนจากข้อมูลงานวิจัยด้านจิตวิทยาสรีรวิทยาในคนไข้พยาธิสภาพสมอง ซึ่งส่งผลต่อหน่วยเก็บข้อมูลภาษาหรือกระทบต่อกลไกทวนซ้ำการออกเสียงอย่างใดอย่างหนึ่ง (Vallar & Papagno, 2002) เช่นเดียวกับหลักฐานจากภาพถ่ายระบบประสาท (Neuroimaging) ที่ชี้ชัดถึงส่วนเก็บจำข้อมูลในสมองส่วนกลีบขมับ-กลีบข้าง (Temporo-parietal region) ซีกซ้าย (Paulesu et al., 1993; Jonides, 1998) ขณะที่ส่วนทวนซ้ำข้อมูลอยู่ที่ตำแหน่งด้านหน้าของสมองส่วนโบรคา (Broca’s area) (Wager & Smith, 2003)

ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์

อาจกล่าวได้ว่าระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์มีหน้าที่หลักในการคงข้อมูลชั่วขณะและจัดกระทำข้อมูลที่เกี่ยวกับภาพ ตำแหน่ง การเคลื่อนไหว รูปแบบวัตถุ ข้อมูลจากงานวิจัยในอดีตต่างสนับสนุนการมีอยู่ของระบบเก็บจำภาพและมิติสัมพันธ์ แยกออกจากระบบเก็บจำด้านภาษา โดยงานวิจัยบางเรื่องระบุว่าคนไข้บางกลุ่มมีปัญหาเมื่อถูกทดสอบพิสัยความจำตัวเลขหรือตัวอักษร แต่กลับสามารถจดจำและทำคะแนนในแบบวัดความจำภาพและมิติสัมพันธ์ได้ในเกณฑ์ปกติ (DeRenzi & Nichelli, 1975; Hanley et al., 1991; Della Sala & Logie, 2002; Vallar & Pagagno, 2002) เมื่อเทียบกับระบบเก็บจำด้านภาษาแล้ว ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ถือว่าได้รับการศึกษาวิจัยน้อยกว่ามาก แบบจำลองแนวคิดของระบบนี้ยังไม่ชัดเจนนัก Baddeley กล่าวไว้ในปี ค.ศ. 1986 เพียงแนวคิดกว้าง ๆ โดยให้รายละเอียดโครงสร้างของระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ว่า อาจประกอบไปด้วยองค์ประกอบด้านภาพ ตำแหน่งของภาพ และองค์ประกอบของคำต่าง ๆ (Lexical) ส่วนกลไกในการลงรหัสเก็บจำข้อมูลอาจใช้รูปแบบการซักซ้อมประเภทใดประเภทหนึ่ง ทั้งหมดนี้ต่างเป็นกลไกพื้นฐานเพื่อคงข้อมูลเอาไว้ชั่วขณะเพื่อนำไปใช้ในการคิด การตัดสินใจ และการวางแผนในสถานการณ์ต่าง ๆ

ต่อมา Logie (1995, 2011) ได้นำเสนอรายละเอียดเพิ่มเติมถึงองค์ประกอบย่อยในระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ว่า ประกอบไปด้วย หน่วยเก็บจำภาพ (Visual cache) โดยธรรมชาติมีลักษณะกักข้อมูลภาพเพียงอย่างเดียว (Passive component) และหน่วยคัดลอกภายใน (Inner scribe) ซึ่งรับหน้าที่ในการซักซ้อมหรือทวนซ้ำข้อมูลภาพ ทำงานในลักษณะจัดกระทำข้อมูลต่าง ๆ (Active component) ในระบบเก็บจำภาพและมิติสัมพันธ์ ทั้งสองหน่วยเทียบได้กับหน่วยเก็บข้อมูลภาษา และกลไกทวนซ้ำการออกเสียงของระบบเก็บจำด้านภาษา นอกจากนี้แต่เดิมคาดว่าหน่วยคัดลอกภายในจะเป็นส่วนที่รับผิดชอบทั้งในการทวนซ้ำเพื่อช่วยในการเก็บจำและจัดกระทำข้อมูลทั้งภาพและมิติสัมพันธ์ แต่ข้อมูลจากการศึกษาของ Mohr and Linden (2005) ชี้ชัดว่า ทั้งข้อมูลภาพและมิติสัมพันธ์ต่างมีกระบวนการจัดกระทำที่แยกจากกัน แต่ข้อมูลยืนยันข้อสมมติฐานนี้ยังถือว่าไม่เพียงพอ

งานวิจัยในช่วงหลังหลายเรื่องสนับสนุนแนวคิดการแบ่งแยกองค์ประกอบด้านภาพ และมิติสัมพันธ์ออกจากกัน โดยข้อสนับสนุนมาจากหลักฐานการศึกษาวิจัยในผู้ป่วยกลุ่มอาการ Williams syndrome (Baddeley, 2002) ซึ่งมีปัญหาการในการรับรู้ เข้าใจตำแหน่ง มิติของตัวอักษร รวมถึงข้อสนับสนุนจากงานวิจัยทางจิตวิทยาสรีรวิทยาและภาพถ่ายระบบประสาทแสดงให้เห็นว่า ระบบเก็บจำภาพและมิติสัมพันธ์มีลักษณะพหุองค์ประกอบโดยธรรมชาติ โดยคาดว่ากิจกรรมที่เกิดขึ้นในสมองกลีบท้ายทอย (Occipital lobe) เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบด้านโครงสร้างของภาพ (Visual pattern component) สมองกลีบข้างสัมพันธ์กับด้านมิติ ตำแหน่ง และสมองส่วนหน้าคาดว่ามีหน้าที่

รับผิดชอบเรื่องการประสานงาน และการควบคุม (Smith & Jonides, 1996) อย่างไรก็ตาม การศึกษาเพื่อแยกย่อยองค์ประกอบภายในของหน่วยเก็บจำภาพ และหน่วยคัดลอกภายใน โดยอิงจากข้อมูลทางสรีวิทยาสมองยังมีความซับซ้อนอยู่มากเมื่อเทียบกับการแยกย่อยระบบเก็บจำด้านภาษา (Della Sala & Logie, 2002)

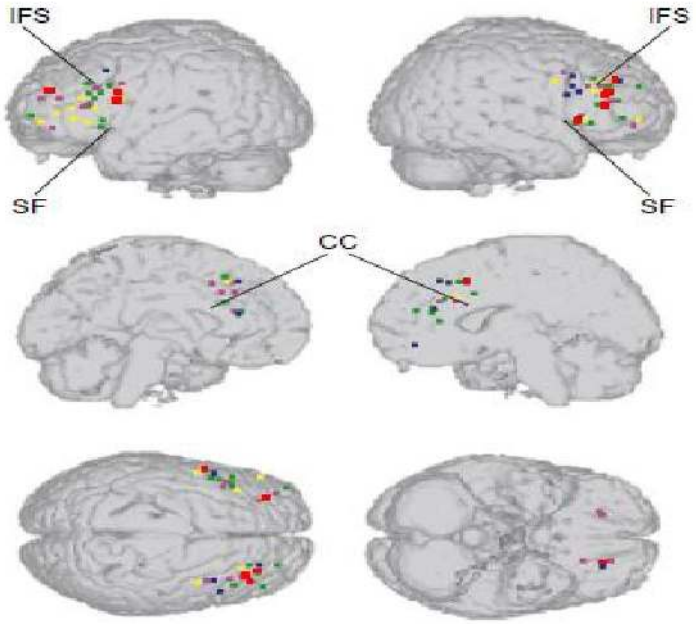
ส่วนบริหารกลาง

องค์ประกอบที่สามของความจำขณะปฏิบัติถือได้ว่าเป็นส่วนที่ซับซ้อนที่สุด มีลักษณะพหุองค์ประกอบ เดิมองค์ประกอบนี้ถูกคิดขึ้นเพื่อเป็นหน่วยที่รับผิดชอบในการกำหนดว่า เมื่อใดระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์หรือระบบเก็บจำด้านภาษาจะถูกนำมาใช้ แล้วจะมีการรวมทั้งสองระบบเพื่อการนำมาใช้ประโยชน์ในเวลาจำกัดอย่างไร สรุปได้ว่าส่วนนี้คือ หน่วยสำคัญในการตัดสินใจนั่นเอง (Baddeley, 2012) เมื่อครั้ง Baddeley and Hitch (1974) นำเสนอแบบจำลองความจำขณะปฏิบัติการซึ่งยังไม่สมบูรณ์นัก โดยเฉพาะองค์ประกอบส่วนบริหารกลาง ทั้งสองท่านจึงยืมแนวคิดแบบจำลอง Supervisory Attention Model (SAS) จาก Norman and Shallice (1986) มาอธิบายกระบวนการและหน้าที่ของส่วนบริหารกลางว่า องค์ประกอบนี้จะมีลักษณะการทำงานอย่างเป็นระบบในการจัดการกับสถานการณ์ที่แปลกใหม่ การวางแผนเมื่อเจอกับสถานการณ์ที่ยุ่งยากซับซ้อน โดยลักษณะส่วนบริหารกลางจะมีกระบวนการทำงานที่เริ่มต้นจากกระบวนการสนใจเป็นตัวนำไปสู่การแสดงเป็นพฤติกรรม ต่อจากนั้นวิธีดำเนินการต่างๆ จะถูกควบคุมด้วยกลไกการกระตุ้นและการยับยั้ง (Activation and inhibition mechanism) เป็นหลัก

Baddeley (1996) เสนอแนะว่า ส่วนบริหารกลางน่าจะมีหน้าที่สำคัญ 4 ประการ ดังต่อไปนี้ 1) ความสามารถในการมุ่งความสนใจไปที่สิ่งเร้าหรือกิจกรรม ณ ขณะนั้น 2) ความสามารถในการแบ่งความสนใจไปยังกิจกรรมต่าง ๆ เมื่อต้องทำพร้อม ๆ กัน 3) ความสามารถในการเปลี่ยนหรือโยกความสนใจจากกิจกรรมหนึ่งไปยังอีกกิจกรรมหนึ่ง และ 4) ความสามารถในการเชื่อมโยง บูรณาการระหว่างความจำขณะปฏิบัติการกับความจำระยะยาว อย่างไรก็ตาม เนื่องจากองค์ประกอบนี้ยังมีการศึกษาวิจัยค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับองค์ประกอบอื่น ๆ ดังนั้นคำนิยามที่ชัดเจนขององค์ประกอบนี้จึงต้องอาศัยข้อมูลจากงานวิจัยมาสนับสนุนอีกมาก นอกจากนี้นักวิจัยหลาย ๆ ท่านได้นำเสนอแบบจำลองแนวคิดเพื่ออธิบายส่วนบริหารกลางหรือที่เรียกว่า “ส่วนบริหารจัดการ (Executive function)” และได้รับการทดสอบรวมถึงพบข้อสนับสนุนจากงานวิจัยเชิงประจักษ์ ส่วนหนึ่งเนื่องจากแบบจำลองแนวคิดเหล่านี้มีคำนิยามเชิงปฏิบัติการที่ชัดเจน จึงมีความเป็นไปได้ว่าสามารถนำแบบจำลองแนวคิดเหล่านี้มาใช้แทนส่วนบริหารกลางตามแนวคิดของ Baddeley ได้ (Coolidge, Wynn, & Overmann, 2013)

หนึ่งในแบบจำลองแนวคิดที่ได้รับความนิยมคือ แบบจำลองแนวคิดส่วนบริหารจัดการของ Miyake et al. (2000) กล่าวคือ ส่วนบริหารจัดการจะรับหน้าที่สำคัญที่สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการยับยั้ง (Inhibition) สิ่งเร้าที่ไม่เกี่ยวข้องเข้ามารบกวน 2) ด้านการโยกย้าย (Shifting) ความสนใจที่สะท้อนถึงความสามารถในการยืดหยุ่นของการคิด และ 3) ด้านการปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน (Updating) สะท้อนถึงความสามารถในการติดตามและลงรหัสข้อมูลอย่างสม่ำเสมอ และคอยปรับปรุงข้อมูลอย่างเหมาะสม โดยการแทนที่ข้อมูลเก่าด้วยข้อมูลใหม่ที่มีความเกี่ยวเนื่องมากกว่า แบบจำลองแนวคิดนี้ได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากข้อมูลเชิงจิตวิทยาสรีรวิทยา (Collette, Hogge, Salmon, & Van der Linden, 2006; Miyake et al., 2000; Sylvester et al., 2003) รวมถึงความสามารถในการทำนายกระบวนการคิดขั้นสูง เช่น สติปัญญาสูงในกลุ่มคนที่มีความสามารถด้านการปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันสูง (Friedman et al., 2006) ความจำขณะปฏิบัติการทางภาพและมิติสัมพันธ์สูงในกลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถด้านการปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันสูง (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006) และผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์สูงในกลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถในการยับยั้งสูง (Latzman, Elkovitch, Young, & Clark, 2009) เป็นต้น

เมื่อพิจารณาถึงข้อมูลสนับสนุนเชิงสรีรวิทยาของหน่วยบริหารกลาง Duncan and Owen ได้รวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยภาพถ่ายระบบประสาทและตีพิมพ์งานวิจัยในปี ค.ศ. 2000 โดยให้คำนิยามและจัดกลุ่มแล้วแบ่งกระบวนการภายในของหน่วยบริหารกลางออกเป็นกลุ่ม ได้แก่ การรับรู้ การเลือกตอบสนอง การควบคุมส่วนบริหารจัดการ (Executive control) ความจำขณะปฏิบัติการ ความจำชั่วขณะ (Episodic memory) และการแก้ปัญหา ผลการวิเคราะห์พบว่ากระบวนการเหล่านี้สะท้อนการทำงานของหน่วยบริหารกลางที่พบว่า ถูกกระตุ้นอย่างชัดเจนที่บริเวณสมองส่วนหน้า (Frontal lobe) เป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะบริเวณ Mid-dorsolateral, Mid-ventrolateral และ Dorsal anterior cingulate cortex ตามลำดับ (Duncan & Owen, 2000) ดังภาพที่ 3 อย่างไรก็ตาม ด้วยภาวะสันนิษฐานและคำนิยามของหน่วยบริหารกลางยังไม่ชัดเจนนัก มีความคาบเกี่ยวกันระหว่างตัวแปรอื่น ๆ ที่นิยามใกล้เคียงกัน รวมถึงแบบทดสอบหรือกิจกรรมทดสอบที่ใช้วัดตัวแปรเดียวกันแต่มีหลากหลายรูปแบบ รวมทั้งขาดความเฉพาะเจาะจงทำให้ข้อมูลจากงานวิจัยหลาย ๆ เรื่องได้ผลไม่สอดคล้องกัน (Alvarez & Emory, 2006)

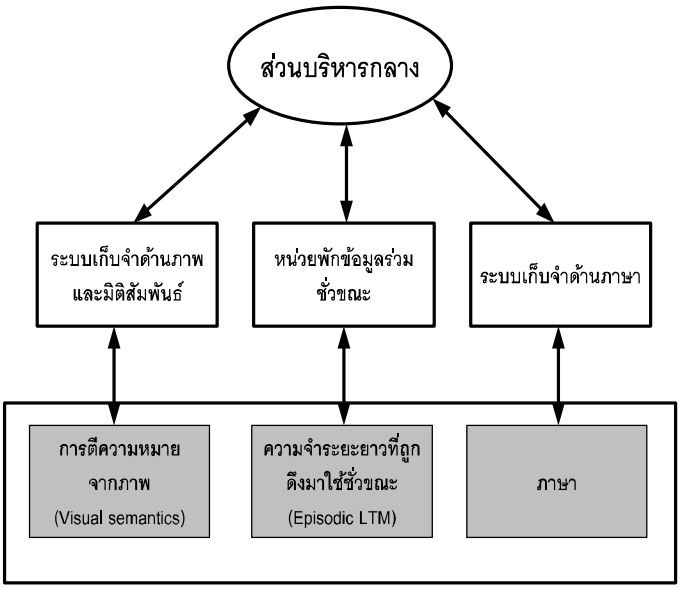


ภาพที่ 3 เปรียบเทียบบริเวณสมองที่ถูกกระตุ้นจากการวัดกระบวนการภายในของหน่วยบริหารกลาง ซึ่งปรากฏอยู่บริเวณสมองส่วนหน้า (Duncan & Owen, 2000)
หมายเหตุ คำย่อ
CC คือ Corpus Callosum
IFS คือ Inferior Frontal Sulcus
SF คือ Sylvian Fissure.

หน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะ (Episodic buffer)

หน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะ ถือเป็นองค์ประกอบที่สี่ ที่ Baddeley เพิ่งจะเพิ่มเข้ามาในแบบจำลองความจำขณะปฏิบัติการของเขาในปี ค.ศ. 2000 (Baddeley, 2002) มีโครงสร้างเป็นองค์ประกอบเดี่ยว ลักษณะสำคัญขององค์ประกอบนี้ ได้แก่ ความสามารถในการบูรณาการข้อมูลเพื่อใช้ชั่วขณะ และมีพิสัยในการเก็บกักข้อมูลได้อย่างจำกัดและในช่วงเวลาสั้น ๆ เท่านั้น โดยข้อมูลที่รับเข้ามามีความหลากหลายทั้งในรูปของภาษา ตัวอักษร ภาพวัตถุ สี รูปร่าง การเคลื่อนไหว ฯลฯ ฉะนั้นจึงมีลักษณะเป็นหน่วยเก็บข้อมูลระดับสูง ลักษณะการทำงานอาศัยการจัดกลุ่มข้อมูล (Chunking) เป็นหลัก หากข้อมูลไหนที่มีความใกล้เคียงกันมากข้อมูลนั้นจะถูกจัดเข้ากลุ่มเดียวกัน คาดว่าสามารถเก็บกักข้อมูลได้ประมาณ 4 กลุ่มเท่านั้น (Cowan, 2005) ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า ลักษณะเด่นของหน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะ คือการผูกโยงข้อมูลจากหลาย ๆ แหล่งที่ผ่านประสาทรับสัมผัสเพื่อมาจัดเป็นกลุ่มข้อมูลต่อไป กล่าวโดยสรุปเมื่อโยงเข้ากับองค์ประกอบต่าง ๆ ของความจำขณะปฏิบัติการ หน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะอาจมีลักษณะเป็นระบบ

เก็บกักข้อมูลชั่วคราวซึ่งสามารถรวมข้อมูลจากทั้งระบบเก็บจำด้านภาษา ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ ความจำระยะยาว และข้อมูลผ่านอวัยวะรับสัมผัส ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แบบจำลองความจำขณะปฏิบัติการที่ประกอบด้วยหน่วยพักข้อมูลชั่วขณะซึ่งทำหน้าที่เชื่อมโยงข้อมูลกับระบบอื่น ๆ ภายในแบบจำลอง (Baddeley, 2007)

Baddeley (2007) ยอมรับว่าองค์ประกอบนี้ถือว่าอยู่ในระดับแนวคิดที่ต้องอาศัยงานวิจัยในอนาคตมาสนับสนุนเพื่อเข้าใจถึงการประสานงานระหว่างองค์ประกอบนี้กับองค์ประกอบอื่น ๆ ในแบบจำลอง สำหรับความสำคัญขององค์ประกอบนี้อาจกล่าวได้ว่า เกี่ยวข้องโดยตรงกับกิจกรรมที่ต้องอาศัยกระบวนการคิดขั้นสูงในลักษณะเชื่อมโยงข้อมูลจากความจำระยะยาวในสถานการณ์ เช่น การทำความเข้าใจภาษา การแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับภาพและมิติสัมพันธ์ เช่น แผนที่ เป็นต้น เมื่อลักษณะหน้าที่โดยทั่วไปคือการประสานงานและการบูรณาการข้อมูลจากส่วนต่าง ๆ จึงมีความเป็นไปได้ว่าต้องอาศัยการทำงานของสมองในหลาย ๆ ส่วนร่วมกัน โดยเฉพาะสมองส่วนหน้าซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับกระบวนการคิดขั้นสูง การประสานงานระหว่างการรับรู้และความทรงจำ (Stuss & Knight, 2002) รวมถึงสมองส่วนฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) ที่คาดว่าจะมีบทบาทสำคัญในการผูกโยงข้อมูลใหม่ภายในส่วนเก็บกักข้อมูลและข้อมูลที่เก็บไว้ในส่วนของความจำระยะยาว (Rudner et al., 2007)

การประยุกต์แนวคิดความจำขณะปฏิบัติการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีพหุองค์ประกอบความจำขณะปฏิบัติการถูกประยุกต์ในการวิจัยอย่างแพร่หลาย เนื่องจากตัวทฤษฎีมีองค์ประกอบที่ชัดเจน มีความครอบคลุมและเฉพาะเจาะจง จึงเห็นได้ว่าตัวทฤษฎีประสบความสำเร็จในการนำไปใช้ทั้งการประเมิน อธิบายปรากฏการณ์ด้านการศึกษา ด้านภาษาศาสตร์ ด้านจิตวิทยา และด้านการแพทย์ เป็นต้น ตัวอย่างที่ชัดเจนด้านการประยุกต์ในวงการการศึกษา ได้แก่ การสร้างแบบวัดความจำขณะปฏิบัติการ และนำไปใช้ประเมินนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ ผลการวิจัยแสดงว่าแบบวัดมีประสิทธิภาพสูง สามารถระบุถึงความบกพร่องในหลาย ๆ มิติของความจำขณะปฏิบัติในกลุ่มเด็กนักเรียนที่ประสบปัญหา ถือเป็นประโยชน์อย่างมากในการให้ความช่วยเหลือ หาแนวทางการส่งเสริมและแก้ไขจุดบกพร่องนั้น (Gathercole & Alloway, 2008) ในการศึกษาเล่าเรียนความจำขณะปฏิบัติการถือเป็นกลจักรสำคัญของการเรียนรู้ เด็กทุกคนจำเป็นต้องจดจำข้อมูลในสมองเพื่อทำกิจกรรมต่าง ๆ ให้ลุล่วง เมื่อเด็กได้รับคำสั่งจากครูให้แต่งประโยค เด็กต้องสามารถจำคำสั่ง จดจำรูปประโยค ขณะเดียวกันก็

ต้องเขียนและสะกดแต่ละตัวอักษรในเวลาเดียวกัน เด็กที่มีพิสัยความจำขณะปฏิบัติการต่ำไม่ว่าในองค์ประกอบใดย่อมส่งผลต่อการเรียนรู้ ความเข้าใจ ซึ่งจะกระทบต่อการประสบความสำเร็จทางการเรียนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นในปัจจุบันการวัดพิสัยความจำขณะปฏิบัติการจึงเป็นตัวแปรที่สำคัญ และเริ่มเป็นที่นิยมมากกว่าแบบวัดระดับสติปัญญาในการทำนายผลการเรียนของนักเรียน (Alloway & Alloway, 2013) รวมถึงการนำแบบวัดความจำขณะปฏิบัติการไปใช้จำแนกและช่วยเหลือกลุ่มเด็กที่มีความบกพร่องในการเรียนรู้ (Learning disability) (McLean & Hitch, 1999; Alloway, 2009) กลุ่มเด็กสมาธิสั้น (ADHD) (Martinussen et al., 2005; Holmes et al., 2010) กลุ่มเด็กออทิสติก (Autistic spectrum disorder) (Williams, Goldstein, & Minshew, 2006; Alloway, Rajendran, & Archibald, 2009) กลุ่มเด็กปัญญาเลิศ (Baum & Olenchak, 2002) กลุ่มผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ (Baddeley et al., 1991; Morris, 1994; Logie et al., 2004; Huntley & Howard, 2010) หรือแม้แต่ในผู้ป่วยโรคจิตเภท (McGurk et al., 2007; Wongupparaj, Kumari, & Morris, submitted)

นอกจากนี้ยังมีการวิจัยอีกหลายเรื่องที่มุ่งศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความจำขณะปฏิบัติการ เช่น Kanoski (2013) พบว่า ความอ้วนจากการบริโภคอาหารที่มีไขมันสูงส่งผลต่อการทำงานของสมอง และทำให้ความจำขณะปฏิบัติการเสื่อมสมรรถภาพลงด้วย ส่วน Whitney and Rosen (2013) พบว่า การนอนไม่พอส่งผลต่อความจำขณะปฏิบัติการทั้งต่อองค์ประกอบส่วนบริหารกลางและองค์ประกอบโดยรวมและกระทบต่อการกระบวนการคิดและตัดสินใจ รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การประเมินผลของการพักผ่อนไม่เพียงพอต่อความจำระยะสั้นและความจำขณะปฏิบัติการ (ปรับปรุงจาก Whitney & Rosen, 2013)

ภาวะสันนิษฐาน (แบบวัด)	งานวิจัยบางส่วน	ผลการวิจัย	จำนวนชั่วโมงที่ไม่ได้นอนพัก
ความจำระยะสั้น[1]	Glenville et al. (1978)	ไม่ส่งผล	30
(แบบวัด Digit Span)	Quigley et al. (2000)	ไม่ส่งผล	24
ความจำขณะปฏิบัติการ	Smith et al. (2002)	ส่งผลปานกลาง	21
(แบบวัด N-back task)	Choo et al. (2005)	ส่งผลปานกลาง	24
	Volkow et al. (2008)	ไม่ส่งผล	24
ส่วนบริหารกลาง	Sagaspe et al. (2003)	ไม่ส่งผล	36
(แบบวัด Random	Heuer et al. (2005)	ส่งผลปานกลาง	24
Generation)	McMorris et al. (2007)	ไม่ส่งผล	36
ความจำขณะปฏิบัติการ	Habeck et al. (2004)	ส่งผลปานกลางถึงมาก	48
(WM scanning)	Mu et al. (2005)	ส่งผลปานกลางถึงมาก	30
	Tucker et al. (2010)	ไม่ส่งผล	51

หมายเหตุ : [1]ความจำระยะสั้นตามแนวคิดของ Baddeley เทียบได้กับระบบเก็บจำชั่วคราว (Temporary short-term storage)

สุดท้ายด้วยข้อสนับสนุนจากงานวิจัยจำนวนมากถึงความสำคัญและความจำเป็นของความจำขณะปฏิบัติการต่อการคิดขั้นสูง และการคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ รวมถึงเป็นตัวทำนาย ความสามารถทางสติปัญญา ความสามารถใน

การวางแผน การตัดสินใจ การแก้ปัญหา การบูรณาการข้อมูลและการเรียนรู้ทักษะใหม่ ๆ ด้วยผลจากข้อมูลเชิงบวกเหล่านี้นักจิตวิทยาจึงมุ่งศึกษาและพัฒนาการฝึกอบรม สร้างโปรแกรมที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มพูน แก้ไขปัญหาความจำขณะปฏิบัติการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเด็นเรื่องการถ่ายโยง (Transfer) ไปยังทักษะอื่น ๆ เมื่อความจำขณะปฏิบัติการดีขึ้นย่อมส่งผลให้ทักษะการคิดด้านอื่น ๆ พัฒนาขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างกันที่พบได้ทั้งในกลุ่มคนทั่วไปและผู้ป่วย อย่างไรก็ตามจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่า ผลการฝึกทักษะความจำขณะปฏิบัติการยังไม่ได้ข้อสรุปที่ชัดเจน เนื่องจากพบทั้งผลสำเร็จและไม่ประสบความสำเร็จ (Jaeggi & Buschkuehl, 2013) ล่าสุดผลการวิจัยเชิงอภิวิเคราะห์ พบว่าโปรแกรมพัฒนาความจำขณะปฏิบัติการถือว่าประสบความสำเร็จส่วนหนึ่งในการเพิ่มขีดจำกัดของความจำขณะปฏิบัติการในกลุ่มทดลอง แต่เมื่อทำการติดตามผลในในระยะยาวกลับไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมในงานวิจัยหลาย ๆ เรื่อง นอกจากนี้ยังไม่พบว่าเมื่อความจำขณะปฏิบัติการเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ทักษะการคิดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องพัฒนาขึ้นตาม (Melby-Lervåg & Hulme, 2013)

ประเด็นที่น่าสนใจคือ ผลการวิจัยจากโปรแกรมพัฒนาความจำขณะปฏิบัติการแสดงให้เห็นถึงธรรมชาติของระบบนี้ว่า มีทั้งคงที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงขีดจำกัดได้ และพบว่าสามารถพัฒนาหรือเพิ่มขีดความสามารถได้ แต่เมื่อพิจารณาในรายละเอียดของแต่ละงานวิจัยกลับพบว่า โปรแกรมมีประสิทธิภาพดีในกลุ่มผู้มีความบกพร่อง หรือกลุ่มที่มีความต้องการพิเศษ เช่น กลุ่มเด็กซนสมาธิสั้น กลุ่มเด็กที่มีความบกพร่องในการเรียนรู้ และกลุ่มผู้ป่วยจิตเภท เป็นต้น เมื่อเทียบระหว่างกลุ่มวัยรุ่นกับกลุ่มผู้สูงอายุ พบว่ากลุ่มวัยรุ่นมีประสิทธิภาพมากกว่า ซึ่งอาจเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านศักยภาพที่เสื่อมถอยลงของกลุ่มผู้สูงอายุ อย่างไรก็ตาม สิ่งที่นักวิจัยควรคำนึงก่อนสรุปผลลัพธ์โปรแกรมพัฒนาความจำขณะปฏิบัติการ ได้แก่ ความเป็นมาตรฐานของกิจกรรมที่ใช้ แบบทดสอบที่ใช้วัด ระเบียบวิธีวิจัย (กลุ่มเปรียบเทียบ การควบคุมปัจจัยแทรกซ้อน) สาเหตุสำคัญที่ทำให้คะแนนเพิ่มขึ้นหลังอบรมอาจมาจากหลาย ๆ สาเหตุ เช่น ศักยภาพของความจำขณะปฏิบัติการเพิ่มสูงขึ้น การประมวลผลของกระบวนการคิดรวดเร็วขึ้น แรงจูงใจ คุ้นเคยกับรูปแบบการทดลองหรือมีประสบการณ์ผ่านการอบรมบ่อยครั้ง ความคุ้นเคยกับแบบทดสอบหรือแบบประเมินที่ใช้วัด สภาวะอารมณ์ ณ ขณะนั้น เป็นต้น กล่าวโดยสรุป แม้ผลการวิจัยในประเด็นการอบรมพัฒนาทักษะยังจำกัดในด้านประสิทธิภาพ แต่หลาย ๆ งานวิจัยได้ข้อสรุปที่ตรงกันถึงความน่าสนใจ และความท้าทาย ตัวทฤษฎียังต้องการงานวิจัยมาสนับสนุนอีกมาก รวมถึงการประยุกต์ในบริบทที่กว้างขึ้นนอกเหนือจากการวิจัยในห้องทดลองซึ่งถือเป็นสิ่งจำเป็นเช่นเดียวกัน

สรุป

ตลอดระยะเวลา 39 ปีที่ทฤษฎีความจำขณะปฏิบัติการของ Baddeley and Hitch (1974) ได้รับการเผยแพร่ ทฤษฎีนี้ได้กระตุ้นให้เกิดการศึกษาวิจัยและมีการประยุกต์อย่างแพร่หลาย ตัวทฤษฎีก็ได้รับการปรับปรุงอยู่ตลอดเวลาและขอบเขตของทฤษฎีเริ่มกว้างขึ้น เมื่องานวิจัยหลายเรื่องตีพิมพ์ข้อค้นพบความจำขณะปฏิบัติการสำหรับกลิ่นหรือระบบเก็บจำทางกลิ่น (Olfactory working memory) (Dade et al., 2001; Jönsson, Møller, & Olsson, 2011) และระบบเก็บจำทางรสชาติ (Baddeley, 2012) รวมถึงการขยายขอบเขตในเชิงลึกถึงรายละเอียดโดยอาศัยความก้าวหน้าของเครื่องมือทางการแพทย์และสถิติขั้นสูง ทำให้ความเข้าใจกระบวนการภายในของความจำขณะปฏิบัติการมีความชัดเจนมากขึ้น เช่น การอธิบายด้วยโครงร่างระบบประสาท (Neural network) (D'Esposito, 2007) ของความจำขณะปฏิบัติการ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงบูรณาการระหว่างสมองส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องขณะผู้เข้าร่วมการทดลองทำกิจกรรมทดสอบ (Lusting & Reuter-Lorenz, 2013) ประโยชน์ในเชิงการวัดประสิทธิภาพของโปรแกรมพัฒนาความจำขณะปฏิบัติการ การพยากรณ์โรคและการทำความเข้าใจพยาธิสภาพของโรคที่เกี่ยวข้อง

ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า ทฤษฎีพหุองค์ประกอบความจำขณะปฏิบัติการ เป็นทฤษฎีที่ยังมีบทบาทสำคัญในวงการวิชาการระดับนานาชาติ สำหรับในวงการวิชาการของไทยทฤษฎีนี้ยังได้รับความสนใจน้อยมาก รวมถึงยังมีความสับสนระหว่างแนวคิดที่มีความใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม เริ่มมีกลุ่มนักวิจัยในประเทศไทยได้ให้ความสนใจ (วิทยาลัยวิทยาการทางการวิจัย และวิทยาการทางปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา) ซึ่งถือเป็นการจุดประกายที่อาจได้ข้อค้นพบที่สำคัญในการประยุกต์ทฤษฎีดังกล่าวมาใช้ป้องกันและแก้ปัญหาในบริบทของสังคมไทยในอนาคตอันใกล้

เอกสารอ้างอิง

Alloway, T. P. & Alloway, R. G. (2013). Working memory in development. In T. P. Alloway & R. G. Alloway (Eds.), *Working memory the connected intelligence*. East Sussex, England: Psychology Press.

Alloway, T. P., Rajendran, G., & Archibald, L. M. (2009). Working memory profiles of children with developmental disorders. *Journal of Learning Difficulties*, 42, 372-382.

Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (K. W. Spence (ed.)), vol. 2, pp.89-195. New York: Academic Press.

Baddeley, A. D. & Warrington, E. K. (1970). Amnesia and the distinction between long-term and short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 9*, 176-89.

Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. New York: Oxford University Press.

Baddeley, A. D. (1996). Exploring the Central Executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 49A* (1): 5-28.

Baddeley, A. D. (2007). *Working memory*, thought and action. Oxford: Oxford University Press.

Baddeley, A. D. (2012). Working memory: theories, models, and controversies. *Annu Rev Psychol,* 63, 1-29. doi: 10.1146/annurev-psych-120710-100422

Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* Vol. 8 (pp. 47–89). New York: Academic Press.

Baddeley, A.D., Bressi, S., Della Sala, S., Logie, R., & Spinnler, H. (1991). *The decline of working memory in Alzheimer's Disease: A longitudinal study. Brain*, 114, 2521–2542.

Baum, S. M. & Olenchak, F. R. (2002). The alphabet children: GT, ADD/ADHD, and more. *Exceptionality, 10*, 77-91.

Collette, F., Hogge, M., Salmon, E., & Van der Linden, M. (2006). Exploration of the neural substrates of executive functioning by functional neuroimaging. *Neuroscience,* 139(1), 209-221. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroscience.2005.05.035.

Coolidge, F. L., Wynn, T., & Overmann, K. A. (2013). In T. P. Alloway & R. G. Alloway (Eds.), *Working memory the connected intelligence*. East Sussex, England: Psychology Press.

Cowan, N. (2005). *Working memory capacity*. Hove, East Sussex, UK: Psychology Press.

Dade, L. A., Zatorre, R. J., Evans, A. C., & Jones-Gotman, M. (2001). Working Memory in Another Dimension: Functional Imaging of Human Olfactory Working Memory. *NeuroImage, 14*(3), 650-660. doi: http://dx.doi.org/10.1006/nimg.2001.0868

Della Sala, S., & Logie, R. H. (2002). Neuropsychological impairments of visuo-spatial STM. In A.D. Baddeley, M. Kopelman, & B. Wilson (Eds.), *Handbook of memory disorders* (2nd ed.).Chichester, England: Wiley.

DeRenzi, E. , Nichelli, P. (1975). Verbal and non-verbal short-term memory impairment following hemispheric damage. *Cortex 11*, 341–353.

D'Esposito, M. (2007). From cognitive to neural models of working memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 362*(1481), 761-772. doi: 10.1098/rstb.2007.2086

Friedman, N. P., Miyake, A., Corley, R. P., Young, S. E., Defries, J. C., & Hewitt, J. K. (2006). Not all executive functions are related to intelligence. *Psychological science,* 17(2), 172-179.

Gathercole, S. E. & Alloway, T. P. (2008). *Working memory and learning: A practical guide*. London: Sage.

Gathercole, S. E., Pickering, Su. J., Knight, C., & Stegmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment: evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology,* 18(1), 1-16. doi: 10.1002/acp.934

Hanley, J. R., Young, A. W., & Pearson, N. A. (1991). Impairment of the visuospatial sketch pad. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 43*(A), 101-125.

Hebb, D. O. (1949). Organization of behaviour. New York: Wiley.

Holmes, J., Gathercole, S. E., Place, M., Alloway, T. P., & Elliott, J. (2010). An assessment of the diagnostic utility of executive function between assessments in the identification of ADHD in children. *Child and Adolescent Mental Health, 15*, 37-43

Huntley, J. D., & Howard, R. J. (2010). Working memory in early Alzheimer's disease: A neuropsychological review. International Journal of Geriatric Psychiatry, 25, 121-132.

Jaeggi, S. M. & Buschkuehl, M. (2013). Training working memory. In T. P. Alloway & R. G. Alloway (Eds.), Working memory the connected intelligence. East Sussex, England: Psychology Press.

Jonides, J., Schumacher, E. H., Smith, E. E., Koeppe, R. A., Awh, E., Reuter-Lorenz, P. A., Marshuetz, C., & Willis, C. R. (1998). The role of parietal cortex in verbal working memory. *Journal of Neuroscience, 18*, 5026–5034.

Jönsson, F. U., Møller, P., & Olsson, M. J. (2011). Olfactory working memory: effects of verbalization on the 2-back task. *Memory & Cognition, 39*(6), 1023-1032. doi: 10.3758/s13421-011-0080-

Kanoski, S. E. (2013). Working memory and diet. In T. P. Alloway & R. G. Alloway (Eds.), Working memory the connected intelligence. East Sussex, England: Psychology Press.

Latzman, R. D., Elkovitch, N., Young, J., & Clark, L. A.. (2009). The contribution of executive functioning to academic achievement among male adolescents. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology,* 32(5), 455-462. doi: 10.1080/13803390903164363

Logie, R. H. (1995). *Visuo-spatial working memory.* Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Logie, R. H. (2011). The functional organisation and the capacity limits of working memory. *Current Directions in Psychological Science, 20*, 240–245.

Logie, R. H., Cocchini, G., Della Sala, S., & Baddeley, A. (2004). Is there a specific capacity for dual task co-ordination? Evidence from Alzheimer's disease. *Neuropsychology* 18, 504–13.

Lusting, C. & Reuter-Lorenz, P. A. (2013). Training working memory: Insights from Neuroimaging. In T. P. Alloway & R. G. Alloway (Eds.), Working memory the connected intelligence. East Sussex, England: Psychology Press.

Martinussen, R., Hayden, J., Hogg-Johnson, S., & Tannock, R. (2005). A Meta-Analysis of Working Memory Impairments in Children With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 44*(4), 377-384. doi: http://dx.doi.org/10.1097/0 1.chi.0000153228.72591.73

McGurk, S. R., Twamley, E. W., Sitzer, D. I., McHugo, G. J., & Mueser, K. T. (2007). A meta-analysis of cognitive remediation in schizophrenia. *American Journal of Psychiatry, 164*, 1791-1802.

McLean, J. F. & Hitch, G. J. (1999). Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology, 74*, 240-260.

Melby-Lervåg, M., & Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology, 49*(2), 270-291. doi: 10.1037/a0028228

Miller, G. A., Galanter, E. & Pribram, K. H. (1960). *Plans and the Structure of Behavior.* New York: Holt, Rinehart and Winston.

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex "Frontal Lobe" Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology,* 41(1), 49-100. doi: http://dx.doi.org/10.1006/cogp .1999.0734

Mohr H.M., & Linden, D.E.J. (2005). Separation of the systems for color and spatial manipulation in working memory revealed by a dual task procedure. *Journal of Cognitive Neuroscience, 17*, 355-66.

Morris, R. G. (1994) Working memory is Alzheimer's-type dementia, *Neuropsychology, 8* (4), 544-554.

Paulesu, E., Frith, C. D. & Frackowiak, R. S. J. (1993). The neural correlated of the verbal component of working memory. *Nature, 362*, 342-5.

Rudner, M., Fransson, P., Ingvar, M., Nyberg, L., & Ronnberg, J. (2007). Neural representation of binding lexical signs and words in the episodic buffer of working memory. *Neuropsychologia, 45*(10), 2258–2276.

Shallice, T. & Warrington, E. K. (1970). Independent functioning of verbal memory stores: A neuropsychological study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 22*, 261-73.

Smith, E. E., & Jonides, J. (1996).Working memory in humans: Neuropsychological evidence. In M. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences* (pp. 1009–1020). Cambridge, MA: MIT Press.

St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology,* 59(4), 745-759. doi: 10.1080/17470210500162854

Stuss, D. T. & Knight, R. T. (2002). *Principles of frontal lobe function*. Oxford University Press, Oxford.

Sylvester, Ching-Yune C., Wager, Tor D., Lacey, Steven C., Hernandez, Luis, Nichols, Thomas E., Smith, Edward E., & Jonides, John. (2003). Switching attention and resolving interference: fMRI measures of executive functions. *Neuropsychologia,* 41(3), 357-370. doi: http://dx.doi.org/10.1016/S0028-3932(02)00167-7

Vallar, G. & Papagno, C. (2002). Neuropsychological impairments of verbal short-term memory. In A.D. Baddeley, M.D. Kopelman & B.A. Wilson (eds), The Handbook of Memory Disorders, 2nd edition (pp. 249–270). Chichester: Wiley.

Wager, T. D., & Smith, E. E. (2003). Neuroimaging studies of working memory: A meta-analysis. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience,* 3(4), 255-274.

Whitney, P. & Rosen, J. P. (2013). Sleep deprivation and performance: The role of working memory. In T. P. Alloway & R. G. Alloway (Eds.), Working memory the connected intelligence. East Sussex, England: Psychology Press.

Williams, D. L., Goldstein, G., & Minshew, N. J. (2006). The profile of memory function in children with autism. *Neuropsychology, 20*(1), 21-29. doi: 10.1037/0894-4105.20.1.21

Wongupparaj, P., Kumari, V., & Morris, R. *Executive function processes mediate the impact of working memory impairment on intelligence in schizophrenia*. Submitted.