

การพัฒนาเกมกระดานเพื่อวัดความสามารถของความจำปฏิบัติการ ด้านภาษาและการได้ยิน การมองเห็นและมิติสัมพันธ์ในเด็ก และวัยรุ่น

นัฐพร โอภาสานนท์¹

บทคัดย่อ

ความจำปฏิบัติการคือทักษะทางการคิดที่เกี่ยวข้องกับการจำและประมวลผลข้อมูล ความบกพร่องในทักษะดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกับปัญหาหลายด้านรวมถึงอาการทางจิตประสาท การศึกษานี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาเกมกระดานเพื่อวัดความจำปฏิบัติการด้านภาษาและการได้ยิน การมองเห็นและมิติสัมพันธ์ในเด็กและวัยรุ่นที่มีความแม่นยำและเหมาะสมต่อกลุ่มประชากรไทย โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างเกมกระดานและแบบทดสอบมาตรฐาน 2 แบบทดสอบได้แก่แบบทดสอบ Digit span และแบบทดสอบ Corsi block tapping task นักเรียนระดับชั้นประถมและมัธยมศึกษาของโรงเรียนในจังหวัดพิษณุโลกจำนวน 178 คน อายุระหว่าง 7–19 ปี ทำการประเมินความสามารถทางการจำจากเกมกระดานและแบบทดสอบมาตรฐานทั้ง 2 แบบเป็นรายบุคคล ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าเกมกระดานที่พัฒนาขึ้นนี้มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับแบบทดสอบมาตรฐานทั้งสองแบบทดสอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกมาตรวัด ($p < .001$) ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเกมกระดานดังกล่าวมีความสามารถในการวัดความจำปฏิบัติการทั้ง 2 องค์ประกอบได้ ในอนาคตควรทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องมือต่อเพื่อให้สามารถใช้งานในการตรวจประเมินทางคลินิกได้อย่างดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ภาษาและการได้ยิน การมองเห็นและมิติสัมพันธ์ ความจำปฏิบัติการเด็กและวัยรุ่น เกมกระดาน

¹ อาจารย์ประจำภาควิชาจิตวิทยา คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
<Email: nattaporno@nu.ac.th>

The Development of Phonological Loop and Visuospatial Sketchpad Working Memory Board Game in Child and Adolescence

Nattaporn Opasanon²

ABSTRACT

Working memory is a cognitive function that involves memorizing and manipulating information. The deficit in this skill relates to several problems, including neuropsychological symptoms, developmental problems, and psychiatric disorders. This study therefore aims to develop a board game that accurately and appropriately measures the domains of language and auditory (phonological loop) and visual and spatial (visuospatial sketchpad) in Thai children and adolescents. To achieve this, the researchers examined the relationships between the board game developed in this study and the two standardized assessments, namely Digit span and Corsi block tapping. 178 children and adolescents aged between seven and nineteen years old from primary and secondary schools in the province of Phitsanulok, Thailand. After evaluating the participants' working memories by using the board game and the two standardized tests, results revealed positive relationships between all sub-measurements of the board game and the standardized assessments ($p < .001$). Thus, this study suggests that the board game developed measures both components of the cognitive functions. Further studies to continue and improve this tool will make this board game applicable in clinical settings.

Keywords: Phonological Loop, Visuospatial Sketchpad, Working Memory Child and Adolescent, Boardgame

² Lecturer, Department of Psychology, Faculty of Social Sciences, Naresuan University <Email: nattaporno@nu.ac.th>

บทนำ

ความจำปฏิบัติการ (working memory) คือทักษะความจำที่เก็บข้อมูลที่ได้จากการเห็นหรือการได้ยินในระยะเวลาสั้น ๆ เพื่อนำมาแปลผลและปฏิบัติการต่อใช้ในการประมวลผลกิจกรรมที่ต้องใช้ทักษะซับซ้อน (Baddeley, 2000; Joaquín, 2008) ความสามารถดังกล่าวมีความสำคัญต่อความสามารถในการคิดที่ซับซ้อน (Miyake et al., 2000; Welsh, Pennington, & Groisser, 1991) ทักษะการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การเข้าใจภาษา การวางแผน การดำเนินการเกี่ยวกับมิติสัมพันธ์ รวมไปถึงความสามารถในการคำนวณ (Banich, 2009; McNab et al., 2009) หลักฐานทางประสาทวิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นว่าความสามารถดังกล่าวจะถูกพัฒนาขึ้นในช่วงวัยเด็กต่อเนื่องไปจนถึงวัยรุ่นและพัฒนาการนี้จะสมบูรณ์ที่สุดในช่วงวัยรุ่นตอนปลายคาบเกี่ยวสู่ช่วงวัยผู้ใหญ่ตอนต้น (Bunge & Zelazo, 2006; Conklin et al., 2007) โดยเป็นผลสืบเนื่องจากการเจริญเติบโตของพรีฟรอนทอลคอร์เท็กซ์หรือ Prefrontal cortex (Halperin & Schulz, 2006; Zelazo, Craik, & Booth, 2004) ความบกพร่องด้านความจำระยะสั้นประเภทนี้สามารถพบเห็นได้เด่นชัดในผู้ป่วยที่มีปัญหาพัฒนาการบกพร่อง เช่น ผู้ป่วยชน โรคสมาธิสั้นและผู้ป่วยในกลุ่มโรคออทิสติกสเปกตรัม ผู้ป่วยโรคซึมเศร้า ผู้ป่วยจิตเภทและผู้ป่วยสมองเสื่อม (Holmes et al., 2010; Klingberg et al., 2005)

เพื่อตรวจประเมินความบกพร่องทางประสาทจิตวิทยาดังกล่าว นักจิตวิทยาคลินิกในฐานะผู้รับผิดชอบในการตรวจประเมินพยาธิสภาพทางสมองและความบกพร่องทางจิตใจจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่มีความน่าเชื่อถือ แม่นยำ มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับกลุ่มประชากรไทย ในปัจจุบันเครื่องมือที่สามารถตรวจประเมินความจำระยะสั้นได้ถูกพัฒนาขึ้นมาอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตามเครื่องมือเหล่านั้นมาใช้พบปัญหาสำคัญบางประการ ประการแรกคือความแตกต่างทางบริบทของภาษา เช่น ในแบบทดสอบที่เกี่ยวข้องกับการบอกคำศัพท์หรือการเรียงลำดับตัวอักษรเป็นไปด้วยความยากลำบาก เนื่องจากต้องเลือกใช้คำที่เหมาะสมกับบริบทของสังคมไทยแต่ไม่ทำให้บริบทของภาษาต้นฉบับเปลี่ยน มากไปกว่านั้นลักษณะของเครื่องมือที่นำมาใช้มักเป็นการให้ผู้รับการทดสอบจดจำตัวอักษร ตัวเลขหรือคำศัพท์ที่ไม่ได้ถูกจัดเรียงให้อยู่ในรูปของประโยค ซึ่งอาจไม่สะท้อนความสามารถทางการจำในชีวิตประจำวันได้ตื้นัก ทั้งนี้งานวิจัยที่ผ่านมาพบความจำด้านภาษามีความเกี่ยวข้องกันกับทักษะในการอ่านและความจำระยะยาว (Demoulin & Kolinsky, 2015)

โดยการทำงานประสานกันระหว่างความจำปฏิบัติการและความจำระยะยาวจะช่วยให้บุคคลสลับความสนใจจากสิ่งเร้าหนึ่งไปยังสิ่งเร้าหนึ่งได้อย่างง่ายดายดายกว่า (Dehn, Kaufman, & Kaufman, 2015) เครื่องมือที่มีความเกี่ยวข้องกับทักษะการอ่านหรือการคำนึงถึงบริบทแวดล้อมของประโยคดังเช่นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ซึ่งมีการสร้างเรื่องราวและใช้วิธีการเติมคำลงในประโยคอาจทำให้การประเมินความจำปฏิบัติการนี้มีประสิทธิภาพและสะท้อนความสามารถทางการคิดของบุคคลในชีวิตประจำวันได้มากขึ้นก็เป็นได้

สืบเนื่องจากปัญหาด้านข้อจำกัดทางบริบทของภาษาและรูปแบบของเครื่องมือที่อาจไม่สะท้อนความสามารถทางการคิดในชีวิตประจำวันของบุคคลได้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาเครื่องมือการตรวจวัดความจำปฏิบัติการโดยเฉพาะจงไปที่องค์ประกอบด้านภาษาและการได้ยิน (phonological loop) และองค์ประกอบด้านการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ (visuospatial sketchpad) หลักฐานงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าทั้งสององค์ประกอบต่างมีความเกี่ยวข้องกับทักษะทางการเรียน เช่น การอ่าน (Wang et al., 2021; Masoura, Gogou, & Gathercole, 2020) การคำนวณ (Ikhlas, 2018; Allen, Higgins, & Adams, 2019) รวมถึงสามารถพบได้ในโรคที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบประสาทและสมองรวมถึงโรคที่เกี่ยวกับการพัฒนาการบกพร่องโดยเครื่องมือที่ถูกพัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้มีลักษณะแบบเกมกระดาน ซึ่งเป็นการเล่นโดยอาศัยอุปกรณ์หลักคือกระดานเกมที่ผู้เล่นจะเคลื่อนย้ายชิ้นส่วนต่าง ๆ ของอุปกรณ์การเล่น เช่น ตัวหมากหรือลูกเต๋าไปมา (Kim et al., 2017) โดยองค์ประกอบของเกมกระดานเช่นตัวหมาก กระดานหรือลูกเต๋ามีลักษณะที่จับต้องได้จึงสามารถกระตุ้นความสนใจและทักษะทางการคิดของบุคคลผ่านการคิดและการเคลื่อนไหว (Chen et al., 2003) งานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าการใช้เกมกระดานมีส่วนช่วยในการชะลอการเสื่อมการระบบประสาทในผู้สูงอายุ (Ching-Teng, 2019) หรือเด็กที่มีภาวะสมาธิสั้นได้ (Se et al., 2014) นอกจากนี้การนำองค์ประกอบของเกม เช่น การมีเรื่องเล่าหรือเหตุการณ์เพื่อเป็นโครงสร้างของเกม การมีกฎและวิธีการเล่นรวมถึงการให้รางวัลและการลงโทษ การมีเครื่องมือหรือกลไกในการเล่น สุดท้ายคือการมีรูปลักษณะที่จะจูงใจให้บุคคลสนใจในตัวเกม (Schell, 2014) มาบูรณาการเพื่อการเรียนรู้หรือ gamification ได้ถูกนำมาใช้มากขึ้นในบริบทต่าง ๆ มากมาย ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาความเที่ยงตรงตามสภาพหรือ concurrent validity โดยอาศัยองค์ประกอบของเกมดังที่กล่าวมาพัฒนาเป็นเกมกระดานชื่อ The zoo เพื่อวัดความจำปฏิบัติการด้านภาษาและการได้ยิน การมองเห็น

และมิตีสัมพันธ์ งานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าเกมกระดานสามารถพัฒนาทักษะทางการคิดของบุคคลได้ ซึ่งรูปแบบของเครื่องมือในลักษณะนี้จะดึงดูดความสนใจของกลุ่มเป้าหมายของเครื่องมือ ได้แก่ เด็กและวัยรุ่นได้โดยเกมกระดานนี้เป็น การพัฒนาต่อยอดจากเกม the zoo เดิมที่ถูกสร้างขึ้นโดยผู้วิจัยและคณะในครั้งนี้ เครื่องมือดังกล่าวได้ถูกปรับปรุงโดยแบ่งองค์ประกอบของการวัดเป็น 2 องค์ประกอบ ตามแบบจำลองพหุองค์ประกอบ ของ Alan Baddeley และ Graham Hitch (Baddeley, 2007) ได้แก่ 1) องค์ประกอบด้านภาษาและการได้ยินและ 2) องค์ประกอบด้านการมองเห็นและมิตีสัมพันธ์เพื่อให้เครื่องมือมีความละเอียดในการตรวจประเมินมากขึ้น

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาเกมกระดานสำหรับวัดความจำปฏิบัติการประเภทการมองเห็นและมิตีสัมพันธ์ในเด็กและวัยรุ่น โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเกมกระดานที่ถูกพัฒนาขึ้นมาและแบบทดสอบทางจิตประสาทวิทยาที่ได้มาตรฐาน ได้แก่ แบบทดสอบ Digit span ซึ่งเป็นมาตรวัดย่อยของแบบทดสอบ Wechsler intelligence scale for children ฉบับปรับปรุงครั้งที่สาม และแบบทดสอบ Corsi block tapping task

กรอบแนวคิดในการวิจัย

เกมกระดานที่สร้างขึ้นนี้พัฒนาขึ้นจากแบบจำลอง multi-component model ของ Alan Baddeley และ Graham Hitch (Baddeley, 2007) โดยความจำปฏิบัติการในแบบจำลองนี้ประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ phonological loop, visuospatial sketchpad และ central executive โดย phonological Loop มีหน้าที่ในการรับและประมวลผลข้อมูลที่ได้รับมาจากการได้ยินและข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องกับเรื่องของภาษา ขณะที่ visuo-spatial sketchpad เป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นข้อมูลด้านมิตีสัมพันธ์ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการใช้ภาษา (Repovs & Baddeley, 2006) ข้อมูลจากทั้งสองส่วนนี้จะถูกส่งไปยัง central executive ซึ่งมีหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูลจากทั้งการมองเห็นและการได้ยิน ต่อมาในปี 2000 Alan Baddeley ได้ปรับปรุงแบบจำลองขึ้นใหม่โดยเพิ่มองค์ประกอบที่ชื่อ episodic buffer เข้าไปอีกหนึ่งองค์ประกอบ โดยทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างความจำปฏิบัติการ กับความจำระยะยาวผ่านการทวนซ้ำและนำมาใช้หลาย ๆ ครั้ง (Baddeley, 2000) ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาเครื่องมือเพื่อวัดความจำปฏิบัติการ 2 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) phonological loop และ 2) visuospatial sketchpad ในกลุ่มเด็กและวัยรุ่น

หน่วยเก็บข้อมูลด้านภาษาและการได้ยิน (phonological loop)

หน่วยเก็บจำข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเสียงและภาษา หรือ phonological loop (Abrahamse, van Dijck, & Fias, 2017) เป็นการตีความสิ่งที่อ่านหรือเสียงพูดที่ได้ยิน ต่างก็เป็นความจำระยะสั้นที่เกี่ยวข้องกับภาษาทั้งสิ้น โดยลักษณะของสิ่งเร้าที่ถูกประมวลในองค์ประกอบนี้จะมีความเกี่ยวข้องกับภาษาไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่ได้ยินหรือตัวอักษรข้อความที่เห็น (Otsuka & Osaka, 2015; Emch, von Bastian, & Koch, 2019) ทั้งนี้ phonological loop สามารถแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) การเก็บจำ (a phonological store) ซึ่งมีหน้าที่ในการคงค้างข้อมูลชั่วคราวก่อนข้อมูลจะเลื่อนหายไปหากไม่มีการทวนซ้ำของข้อมูล (Baddeley, 1992) การเก็บจำข้อมูลนี้จำเป็นต้องทำงานร่วมกับความตั้งใจสนใจและสมาธิในการเลือกที่จะเก็บจำข้อมูล (Camos, 2015) เนื่องจากความสามารถในการเก็บจำข้อมูลของมนุษย์มีความจำกัดจึงจำเป็นต้องคัดกรองสิ่งเร้าที่ไม่เกี่ยวข้องต่อการจำออกไป 2) กระบวนการทวนซ้ำของข้อมูล (an articulatory rehearsal) เป็นการกระตุ้นข้อมูลที่ถูกเก็บจำผ่านกระบวนการทบทวนซ้ำไปซ้ำมาของบุคคล (Baddeley, 1992) หากการทบทวนนั้นถูกขัดขวางโดยงานในลักษณะอื่น เช่น การพูดคำที่ไม่เกี่ยวข้อง กับสิ่งที่ต้องจำขณะจดจำข้อมูลอยู่หรือการถูกแทรกแซงด้วยกระบวนการอื่นทางการคิด เช่น การเก็บจำมาขัดขวาง ก็อาจจะส่งผลต่อความล้มเหลวในการทบทวนข้อมูล (Barrouillet, Portrat, & Camos, 2015; Nairne, 2002; White, 2012) นอกจากนี้ ความยาวของคำ หรือความเร็วในการทบทวนข้อมูลในใจหรือ articulation speed (Cowan, Gathercole, & Baddeley, 1995) ต่างก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถในการทวนซ้ำของข้อมูลอีกด้วย

เครื่องมือที่ใช้วัดความจำปฏิบัติการด้านภาษามักให้ผู้เข้ารับการทดสอบพูดทวนสิ่งเร้าที่ได้ยินตามลำดับที่ถูกต้อง โดยการเรียงลำดับนี้อาจเป็นลักษณะการตอบจากสิ่งเร้าที่ถูกนำเสนอที่หลังไล่มาสู่สิ่งเร้าที่ถูกนำเสนอเป็นอันดับแรกหรือการตอบคำตอบจากตำแหน่งของสิ่งเร้าที่เฉพาะเจาะจง เช่น แบบทดสอบ Digit span backward ที่มักใช้แบบทดสอบวัดความสามารถทางเชาวน์ปัญญา เช่น แบบทดสอบ Wechsler intelligence scale for children หรือ แบบทดสอบ Wechsler adult intelligence scale รวมถึงแบบทดสอบวัดความจำ เช่น แบบทดสอบ Wechsler memory scale ที่ผู้ทดสอบจะอ่านชุดของตัวเลขให้ผู้รับการทดสอบฟังจากนั้นผู้รับการทดสอบจะพูดทวนตัวเลขที่ได้ยินโดยเรียงลำดับจากหลังมาหน้า (Wechsler, 2014) ขณะที่แบบทดสอบ letter-number sequencing ซึ่งเป็นหนึ่งในข้อทดสอบย่อยของแบบทดสอบ Wechsler adult intelligence scale ให้ผู้รับการทดสอบเรียงตัวเลขและ

ตัวอักษรที่ได้ยินตามลำดับจากตัวเลขน้อยไปหามากและเพิ่มชุดของข้อมูลอีกประการเข้ามาคือการเรียงตัวอักษรตัวแรกไปหาตัวสุดท้าย (Wechsler, 2014) ซึ่งจัดว่ามีความซับซ้อนมากกว่าการเรียงลำดับค่าของตัวเลขเพียงอย่างเดียว ขณะที่ Sternberg task เป็นการทดสอบที่กลุ่มของตัวอักษรจะถูกปรากฏขึ้นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ผู้รับการทดสอบมีหน้าที่จดจำตัวอักษรเหล่านั้นและกดแป้นพิมพ์ที่กำหนดให้รวดเร็วและแม่นยำ หากชุดตัวอักษรที่ปรากฏขึ้นภายหลังมีตัวอักษรที่เคยปรากฏในช่วงการจำขึ้นมา (Sternberg, 1966 as cited in Tomlinson et al., 2013)

หน่วยเก็บข้อมูลด้านการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ (visuospatial sketchpad)

ความจำปฏิบัติการประเภทการมองเห็นและมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถในการรับรู้ สิ่งคราห์ ประมวลผลและเก็บจำข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับรูปภาพและทิศทาง (Baddeley, 1992) ต่อมา (Logie et al., 2001) ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมพบว่า องค์ประกอบดังกล่าวสามารถแบ่งออกมาได้เป็น visual cache และ inner scribe ซึ่งมีหน้าที่ในการประมวลผลสิ่งเร้าที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ตามลำดับ โดยทั้ง 2 องค์ประกอบนี้จะมีการทำงานที่เกี่ยวข้องกัน เช่น ในการจดจำวัตถุที่เห็นก็มักมีความเกี่ยวข้องกับการจดจำตำแหน่งของวัตถุนั้นไปพร้อม ๆ กัน (Beigneux, Plaie, & Isingrini, 2007) ทั้งนี้ visual cache จะเกี่ยวข้องกับการประมวลผลข้อมูลที่ไม่มีการเคลื่อนไหว สีหรือขนาดของวัตถุขณะที่ inner scribe จะทำหน้าที่ประมวลผลภาพเคลื่อนไหว ข้อมูลที่ปรากฏบนจอประสาทตาแบบเป็นลำดับ (เช่น จุดที่ปรากฏขึ้นทีละจุดบนหน้าจอคอมพิวเตอร์) การเคลื่อนไหวของสิ่งเร้าและข้อมูลด้านมิติสัมพันธ์ (Pickering et al., 2001) มากไปกว่านั้นการวางแผนเรื่องการเคลื่อนไหวก็พบว่ามีเกี่ยวข้องกันกับองค์ประกอบดังกล่าวเช่นเดียวกัน (Beigneux, Plaie, & Isingrini, 2007)

จากการศึกษาพบว่า เครื่องมือมาตรฐานที่ใช้วัดความจำด้านการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ (visuo-spatial sketchpad) มีอยู่หลายเครื่องมือ อาทิ N-back task ซึ่งให้ผู้รับการตรวจประเมินจดจำตำแหน่งของสิ่งเร้าที่ปรากฏขึ้นก่อนหน้านี้ และชี้ตำแหน่งดังกล่าวให้ถูกต้อง โดยคำสั่งอาจให้ชี้ตำแหน่งของสิ่งเร้าย้อนหลังไป 2 หรือ 3 ตำแหน่ง จากสิ่งเร้าที่ปรากฏขึ้นในตอนนั้น (Myatchin et al., 2012; Cromheeke & Muller, 2016) ขณะที่แบบทดสอบ Corsi block-tapping task เป็นการแตะหรือกดบล็อกไม้ที่วางอยู่ตรงหน้าตามลำดับ (หรือกดเป็นลำดับย้อนหลัง) ตามที่ได้เห็นและผู้ประเมินกดให้ถูกต้อง (Vandierendonck et al., 2004)

Feigenbaum, Polkey, & Morris (1996) ที่ได้พัฒนาเครื่องมือชื่อ The executive golf task ขึ้นมาในรูปแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการทดสอบนี้ผู้รับการทดสอบจะต้องตีลูกกอล์ฟลงหลุมให้ถูกหลุม โดยผู้รับการทดสอบต้องเลือกหลุมกอล์ฟแต่ละหลุมด้วยตัวเองโดยพยายามหาหลุมกอล์ฟที่ถูกโดยจดจำหลุมผิดที่ตนเองกดเลือกและไม่กดหลุมเดิมซ้ำ ความยากง่ายของงานจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนของหลุมกอล์ฟ (สิ่งเร้าที่ต้องจดจำ) ที่ปรากฏขึ้นบนหน้าจอ ในภายหลังเครื่องมือดังกล่าวได้ถูกนำมาพัฒนา เช่น ในงานของ the spatial working memory ของแบบวัด CANTAB (Cambridge Cognition Ltd, 2014) ซึ่งผู้รับการทดสอบต้องหาเหรียญที่ซ่อนอยู่ในกล่องต่าง ๆ ที่ปรากฏบนหน้าจอให้ถูกต้อง รวมถึงแบบทดสอบ the box task ซึ่งให้ผู้รับการทดสอบเปิดหาของที่อยู่ในกล่องโดยของที่ค้นหาจะปรากฏอยู่ด้านล่างของหน้าจอ งานวิจัยที่นำเครื่องมือดังกล่าวไปใช้พบว่ามีความสามารถแยกแยะผู้ป่วยโรคจิตประสาทต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี (Kessels & Postma, 2017)

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ช่วง ได้แก่ 1) ช่วงพัฒนาเครื่องมือซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องมือและนำเครื่องมือดังกล่าวไปตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหากับผู้เชี่ยวชาญด้านประสาทจิตวิทยาในเด็กและวัยรุ่นจำนวน 7 คน จากนั้นผู้วิจัยจะนำเครื่องมือดังกล่าวไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างในช่วงที่ 2) ช่วงนำเครื่องมือไปทดลองใช้โดยในช่วงนี้ผลการเล่นเกมกระดานที่พัฒนาขึ้นมาจะถูกนำไปหาความสัมพันธ์ของการเล่นเกมกระดานกับแบบทดสอบที่เป็นมาตรฐานได้แก่ แบบทดสอบ Digit span จากแบบทดสอบ Wechsler intelligence scale for children ฉบับปรับปรุงครั้งที่สามและแบบทดสอบ Corsi block-tapping task

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ผู้รับการทดสอบมี อายุ 7-19 ปีที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 และมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ของโรงเรียนในจังหวัดพิษณุโลก ขนาดกลุ่มตัวอย่างคำนวณด้วยโปรแกรม G*Power ซึ่งกำหนดขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.5 ทำการทดสอบด้วยสถิติ exact โดยใช้สถิติทดสอบ Correlation: Bivariate normal model, ค่า α err prob = 0.05 และค่า power $(1 - \beta \text{ err prob}) = 0.95$ คำนวณได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดอย่างน้อย 170 คน โดยในงานวิจัยนี้มีผู้ร่วมงานวิจัยจำนวนทั้งหมด 178 คน การประเมินความจำผ่านการเล่น

เกมกระดานและการใช้แบบทดสอบมาตรฐานเป็นรายบุคคลโดยผู้ช่วยวิจัยซึ่งเป็น
นิสิตปริญญาตรีของภาควิชาจิตวิทยา คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้รับ
การฝึกอบรมการใช้แบบทดสอบจากผู้วิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. แบบทดสอบย่อย Digit span test ซึ่งเป็นหนึ่งในมาตรวัดของแบบทดสอบ
Wechsler intelligence scale for children ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3 โดยในแบบทดสอบ
ย่อย Digit span ประกอบด้วย 2 แบบทดสอบย่อยอีก 2 ชุด คือ 1) Digit span forward
โดยผู้ประเมินอ่านชุดของตัวเลขให้ผู้รับการทดสอบฟัง จากนั้นให้พูดตามชุดตัวเลข
ที่ตนเองได้ยิน และ 2) Digit span backward จำนวน 16 ข้อ เช่นเดียวกับแบบทดสอบ
Digit span forward ผู้ประเมินจะพูดชุดของตัวเลขให้ผู้รับการทดสอบฟัง แต่ในการ
ทดสอบนี้ผู้รับการทดสอบต้องพูดตัวเลขย้อนกลับจากข้างหลังมาข้างหน้า โดยคะแนน
จะนับตามจำนวนข้อที่ตอบถูกของทั้ง Digit span forward และ Digit span backward
(Wechsler, 1991) การทดสอบนี้มีทั้งหมด 8 ข้อย่อยสำหรับ Digit span forward
และ 7 ข้อย่อยสำหรับ Digit span backward ในแต่ละข้อจะมีการทดสอบ 2 ครั้ง
และจำนวนข้อที่เพิ่มขึ้นหมายถึงจำนวนตัวเลขที่ต้องจำที่เพิ่มมากขึ้น การทดสอบ
จะหยุดเมื่อผู้รับการทดสอบตอบผิดทั้ง 2 ครั้งในข้อทดสอบย่อยนั้น การทดสอบ
ใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 10-15 นาที

2. แบบทดสอบ Corsi block tapping task เป็นแบบทดสอบผ่านโปรแกรม
คอมพิวเตอร์แบบทดสอบดังกล่าว จัดอยู่ในแบบทดสอบมาตรฐานเพื่อใช้ในการ
ประเมินความจำปฏิบัติการด้านการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ ในการทดสอบนี้ผู้รับ
การทดสอบจะเห็นกล่องสีชมพูจำนวน 9 กล่อง แต่ละกล่องจะเปลี่ยนสีเป็นสีเขียว
ในเวลาที่แตกต่างกัน เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบแต่ละข้อผู้รับการทดสอบต้องนำเมาส์ชี้ลง
บนกล่องที่เพิ่งเห็นตามลำดับที่ถูกต้อง การทดสอบนี้มีทั้งหมด 8 ข้อ ใช้เวลาทดสอบ
ประมาณ 10 นาทีโดยขณะทดสอบผู้ช่วยวิจัยจะร่วมสังเกตการณ์อยู่ด้วยเพื่อช่วยเหลือ
ในกรณีที่ผู้รับการทดสอบไม่เข้าใจคำสั่งหรือเกิดการขัดข้องของระบบคอมพิวเตอร์

3. เครื่องมือเกมกระดาน the zoo ที่ใช้วัดความจำปฏิบัติการด้านการได้ยิน
การมองเห็นและมิติสัมพันธ์ในเด็กและวัยรุ่น ซึ่งเป็นเกมกระดานที่คณะผู้วิจัย
ได้พัฒนาขึ้น โดยการสร้างเครื่องมือขึ้นจากแบบจำลองพหุองค์ประกอบ โดยเกม
กระดานแบ่งออกเป็น 2 เกมย่อย ได้แก่ 1) เกมวัดความจำปฏิบัติการด้านการได้ยิน
และภาษา 2) เกมวัดความจำปฏิบัติการด้านการมองเห็นและมิติสัมพันธ์

ทั้งนี้ เกมกระดานทั้ง 2 เกม มีโครงเรื่องเกี่ยวกับสัตว์และสวนสัตว์เนื่องจากหลักฐานงานวิจัยพบว่าเป็นสิ่งที่กลุ่มตัวอย่างคุ้นเคยและสามารถจินตนาการตามได้ไม่ยากเพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะของสิ่งเร้าที่ถูกเก็บจำในความจำปฏิบัติการที่มักเป็นการเก็บจำในรูปแบบของความหมายมากกว่าเสียงหรือสิ่งที่เข้าใจได้มากกว่าเสียงหรือรูปลักษณะของสิ่งเร้า (Emch, von Bastian, & Koch, 2019)

ในเกมวัดความจำปฏิบัติการด้านภาษาและการได้ยินอุปกรณ์ประกอบด้วยแบบบันทึกคะแนน ดังแสดงในภาพ 1 โดยผู้วิจัยจะอ่านรายชื่อสัตว์ให้ผู้รับการทดสอบฟังและจดจำ จากนั้นผู้วิจัยจะอ่านประโยคให้ฟังเมื่อหยุดผู้รับการทดสอบต้องพูดชื่อสัตว์จากรายชื่อที่ได้ยินไปโดยไม่จำเป็นต้องเรียงลำดับให้ถูกต้อง ในการทดสอบนี้มีทั้งหมด 15 ข้อ ในแต่ละข้อจะมีจำนวนสัตว์ที่ต้องจำเริ่มจากรายชื่อสัตว์ 3 ชื่อที่ได้ยินและเพิ่มขึ้นข้อละ 1 ตัว จนมีทั้งหมด 15 ชื่อสัตว์ที่ต้องจำจาก 15 ข้อทดสอบ นอกจากนี้ การทดสอบแต่ละข้อผู้รับการทดสอบต้องทำการทดสอบข้อละ 2 ครั้ง โดยทั้ง 2 ครั้งจำนวนสัตว์ที่ต้องจำจะมีจำนวนเท่ากัน แต่เรื่องและชื่อสัตว์จะมีความแตกต่างกัน การทดสอบจะยุติเมื่อผู้รับการทดสอบแต่ละคนตอบผิดทั้ง 2 ครั้ง ในข้อทดสอบดังกล่าว

ในส่วนของเกมวัดความจำปฏิบัติการด้านการมองเห็นและมีติสัมพันธ์ อุปกรณ์การเล่นประกอบด้วยบัตรคำรายชื่อสัตว์จำนวน 30 ใบ และกระดานเกมขนาด 40 x 40 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพ 2 ในการทดสอบแต่ละครั้งผู้วิจัยจะยื่นบัตรคำรายชื่อสัตว์ให้ผู้รับการทดสอบครั้งละ 1 ใบ และจับเวลา 10 วินาที เพื่อให้ผู้รับการทดสอบจดจำรายชื่อสัตว์และเก็บกลับเมื่อหมดเวลา จากนั้นผู้รับการทดสอบจะไปที่กรงต่าง ๆ ที่อยู่บนกระดานพร้อมพูดชื่อสัตว์ที่จำได้จนครบ โดยตำแหน่งของกรงหรือชื่อสัตว์ที่เลือกใช้จะเป็นตำแหน่งใดก็ได้และชื่อสัตว์ใดก็ได้ตามที่ปรากฏอยู่บนบัตรคำรายชื่อสัตว์ ทั้งนี้ห้ามพูดชื่อสัตว์ซ้ำหรือไปที่ตำแหน่งซ้ำกับที่เคยใช้ในการเล่นก่อนหน้า การทดสอบเริ่มจากรายชื่อสัตว์ 3 ตัวจนถึง 14 ตัว เช่นเดียวกับการทดสอบด้านภาษาและการได้ยินผู้เข้ารับการทดสอบจะต้องทำการทดสอบข้อละ 2 ครั้ง โดยมีชุดของสัตว์ที่ต้องเลือกใส่กรงในแต่ละครั้งไม่ซ้ำกัน

ภาพ 1 ตัวอย่างแบบบันทึกคะแนนเกมวัดความจำปฏิบัติการด้านภาษาและการได้ยิน

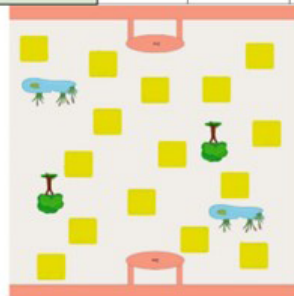
Trail	แบบทดสอบ	ชื่อสัตว์	คะแนน
1 (3)	ไก่ แมว ลิง	ไก่ แมว ลิง	
	1.คุณป้ามีนาชอบ _____ และคุณลุงเมฆชอบ _____ ส่วนน้องเตือนยีชอบ _____		
	ปู กุ้ง ปลา	ปู กุ้ง ปลา	
	2.ฟ้าใสใสเสื้อลาย _____ มีหมวกลาย _____ และมีกระเป๋าลาย _____		

ที่มา: ผู้เขียน

โดยผู้วิจัยจะอ่านชื่อสัตว์ให้ผู้รับการทดสอบจดจำ จากนั้นจะอ่านประโยคให้ฟัง เมื่อผู้วิจัยหยุดอ่านให้กลุ่มตัวอย่างพูดชื่อสัตว์ที่ได้ยินเพื่อเติมประโยคให้สมบูรณ์ ทั้งนี้ชื่อสัตว์ที่ต้องจำจะมีพยางค์เดียวเพื่อควบคุมปริมาณของข้อมูลที่ต้องจดจำและประโยคที่ผู้วิจัยพูดก่อนหยุดจะถูกจำกัดอยู่ที่ประโยคละ 2-3 พยางค์ เพื่อควบคุมเวลาในการคงค้างของข้อมูลให้เท่ากัน

ภาพ 2 ตัวอย่างกระดานเกม the zoo และแบบบันทึกคะแนนสำหรับการมองเห็นและมิติสัมพันธ์

Trail	ชื่อสัตว์	ถูกต้องหมด	ตำแหน่งถูก	ชื่อถูก
1 (3)	1.			
	งู เต่า ปลา			
	2.			
	กา นก มด			



ที่มา: ผู้เขียน

โดยกระดานเกมมีขนาด 12x18 นิ้ว และมีกรงมีขนาด 1x1.5 นิ้ว จำนวน 15 กรง บนกระดานมีรูปวาดต้นไม้ สระน้ำและประตูกรงเพื่อเป็นตัวช่วย (cue) ในการจดจำ ในส่วนของบัตรคำรายชื่อสัตว์ประกอบด้วยชื่อสัตว์จำนวนเริ่มตั้งแต่ 2-14 ชื่อ ตามจำนวนกรงที่ต้องเลือกในแต่ละข้อ

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือเกมกระดาน the zoo

เกมกระดาน the zoo ได้ทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาผ่าน ผู้ทรงคุณวุฒิด้านประสาทจิตวิทยาและการตรวจประเมินทางจิตวิทยาในเด็กจำนวน 7 ท่าน โดยความเห็นหลักของผู้ทรงคุณวุฒิ คือเครื่องมือมีความสอดคล้องกับทฤษฎี ที่เลือกใช้แต่อาจมีความยากต่อการทำความเข้าใจในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเด็ก จากนั้น นำไปทดลองใช้ในกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะทางประชากร ได้แก่ อายุและระดับ การศึกษาใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะใช้ในการเก็บข้อมูลจริงจำนวน 10 คน ปัญหา ที่พบจากการใช้เครื่องมือและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ เช่น คำสั่งที่ทำความเข้าใจ ได้ยาก วิธีการเล่นที่ซับซ้อนหรือขนาดของเครื่องมือที่ใหญ่เกินไปไม่เหมาะต่อการ ใช้ งานจริง ได้ถูกนำมาตรวจสอบและปรับแก้ก่อนดำเนินการเก็บข้อมูลจริง

การรวบรวมข้อมูล (ช่วงนำข้อมูลเครื่องมือไปทดลองใช้)

1. ผู้วิจัยทำการยื่นโครงการวิจัยกับคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร (หมายเลขโครงการวิจัย P10140/63) ภายหลังได้รับการรับรอง แล้วผู้วิจัยจึงติดต่อโรงเรียนประถมและมัธยมศึกษาในจังหวัดพิษณุโลกจำนวน 6 โรงเรียน

2. เมื่อได้รับอนุญาตให้เก็บข้อมูล เอกสารชี้แจงการวิจัยและหนังสือแสดงความยินยอมในการเข้าร่วมการวิจัยได้ถูกส่งไปยังครูประจำชั้นเพื่อแจกจ่ายให้ ผู้ปกครองของนักเรียนที่คุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้าและคัดออกดังนี้

2.1 เกณฑ์คัดเข้า

- 1) มีอายุระหว่าง 7-19 ปี
- 2) มีความสามารถในการอ่านเขียนภาษาไทยได้เป็นอย่างดี
- 3) ไม่มีประวัติการเจ็บป่วยด้วยโรคทางพัฒนาการหรือโรคทางจิตเวชจากการ สอบถามกลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครอง

4) ไม่มีปัญหาเรื่องการมองเห็น การได้ยิน และการเคลื่อนไหวอันจะส่งผลต่อการทดสอบ

5) มีความสนใจในการเข้าร่วมโครงการวิจัย

2.2 เกณฑ์การคัดออกของงานวิจัย มีดังนี้

1) ผู้เข้าร่วมไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัย

2) ผู้เข้าร่วมเกิดความเครียด ความวิตกกังวล กลัวอย่างรุนแรง ในระหว่างการทดสอบ ส่งผลให้ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถทำการทดสอบต่อไปได้

3) ได้รับความที่มีผลต่อการรับรู้ เช่น ยารักษาภาวะสมาธิสั้น ยาต้านการซึมเศร้า ยากันชัก ยาลดไข้ หรือยาแก้ปวดส่งผลให้เกิดการวังซิมไม่สามารถทำการทดสอบได้อย่างเต็มที่

3. ผู้สนใจเข้าร่วมโครงการวิจัยที่มีคุณสมบัติตรงตามข้อกำหนดของงานวิจัย และผู้ปกครองจะเซ็นเอกสารให้ความยินยอมในการเข้าร่วมวิจัยที่กับครูประจำชั้น และจะได้รับการนัดหมายโดยผู้วิจัยผ่านครูประจำชั้นเพื่อหาวันเวลาที่เหมาะสมที่โรงเรียนของตนในการดำเนินการวิจัยต่อไป

4. ในวันทดสอบกลุ่มตัวอย่างจะทำการประเมินความจำโดยใช้เกมกระดาน ใช้เวลาในการเล่นประมาณ 30 นาที โดยเริ่มจากเกมกระดานวัดความจำด้านการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ จากนั้นทำการทดสอบด้วยเกมกระดานวัดความจำด้านภาษาและการได้ยิน จากนั้นกลุ่มตัวอย่างจะได้รับการประเมินด้วยแบบทดสอบ Digit span และ Corsi block tapping task เป็นรายบุคคลในวันเดียวกัน ขณะเข้าร่วมการวิจัยกลุ่มตัวอย่างสามารถหยุดพักการทดสอบและสามารถขอยกเลิกการเข้าร่วมได้ตลอดเวลา

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างด้วย ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. สถิติเชิงอนุมาน (inferential Statistics) ใช้สถิติการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson correlation) ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรวมจากเกมกระดานกับ Digit span test และ Corsi block tapping task โดยใช้โปรแกรม SPSS Statistics Package for Social Sciences) รุ่นที่ 17

ผลการวิจัย

การศึกษาเรื่อง การพัฒนาเกมกระดานเพื่อวัดความสามารถของความจำ ปฏิบัติการด้านภาษาและการได้ยิน การมองเห็นและมิติสัมพันธ์ในเด็กและวัยรุ่น ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 178 คน แบ่งเป็นชาย 100 คน และหญิง 78 คน กำลังศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษาจำนวน 44 คน และมัธยมศึกษาจำนวน 135 คน ของโรงเรียนในจังหวัดพิษณุโลก (อายุเฉลี่ย 15.42 ปี) ขณะที่ตาราง 1 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนาของคะแนนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละมาตรวัดของแบบทดสอบที่ใช้ในการวิจัย ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดในมาตรวัดด้านมิติสัมพันธ์ และคะแนนน้อยที่สุดในมาตรวัดด้านภาษาและการได้ยิน

ตาราง 1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คะแนนสูงสุดและต่ำสุดของเกมกระดาน The zoo แบบทดสอบ Digit span test และแบบทดสอบ Corsi block tapping task

	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	X	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
คะแนนรวมจากเกมกระดาน	2	38	17.48	7.36
ความจำด้านภาษาและการได้ยิน	0	15	4.53	2.32
ความจำด้านการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ (ชื่อสัตว์)	0	22	8.31	3.70
ความจำด้านการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ (ตำแหน่ง)	1	25	9.30	3.97
Digit span test				
Digit forward	5	16	11.79	2.33
Digit backward	0	14	6.90	3.11
Corsi block tapping tsak	0	9	5.44	1.71

ที่มา: ผู้เขียน

ตาราง 2 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเกมกระดาน The zoo และแบบทดสอบมาตรฐาน 2 แบบ ได้แก่ แบบทดสอบ Digit span และแบบทดสอบ Corsi block tapping task ด้วยสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน พบว่า เกมกระดาน The zoo มีความสัมพันธ์กับแบบทดสอบมาตรฐานทั้ง 2 แบบทางบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < .001$ จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พบว่า เกมกระดาน the zoo มีความสัมพันธ์กับแบบทดสอบมาตรฐานทั้ง 2 แบบทดสอบ ในระดับต่ำถึงปานกลาง (Zady, 2000) โดยแบบทดสอบ Digit span forward มีความสัมพันธ์ระดับปานกลางกับแบบทดสอบ the zoo ในทุกมาตรวัด (ระดับความสัมพันธ์อยู่ระหว่าง .503–.546) ขณะที่แบบทดสอบ Digit span backward และ Corsi block tapping task มีความสัมพันธ์ระดับต่ำถึงปานกลางกับทุกมาตรวัด ของเกมกระดาน The zoo (ระดับความสัมพันธ์อยู่ระหว่าง .328–.504)

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเกมกระดาน the zoo และแบบทดสอบ Digit span ทั้ง Forward และ Backward และแบบทดสอบ Corsi block tapping task โดยสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

	Digit span Forward	Digit span Backward	Corsi block tapping task
คะแนนความจำด้านภาษา และการได้ยิน	.546*	.374*	.471*
ความจำด้านการมองเห็น และมิติสัมพันธ์ (ชื่อสัตว์)	.520*	.328*	.460*
คะแนนความจำด้าน การมองเห็นและมิติ สัมพันธ์ (ตำแหน่ง)	.503*	.360*	.504*
คะแนนรวมจาก เกมกระดาน	.524*	.350*	.491*

* พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับสถิติ $p < .001$

ที่มา: ผู้เขียน

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาเกมกระดานสำหรับวัดความจำปฏิบัติการประเภทการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ในเด็กและวัยรุ่น โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเกมกระดานที่ถูกพัฒนาขึ้นมาและแบบทดสอบทางจิตประสาทวิทยาที่ได้มาตรฐาน ได้แก่ แบบทดสอบ Digit span และ Corsi block-tapping task ผลการวิจัยพบว่า คะแนนจากเกมกระดานในทุกมาตรวัดมีความสัมพันธ์กับคะแนนจากแบบทดสอบมาตรฐาน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เกมกระดานนี้สามารถวัดความจำปฏิบัติการทั้งองค์ประกอบด้านภาษาและการได้ยินรวมถึงองค์ประกอบด้านการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ได้สอดคล้องกับแบบทดสอบมาตรฐานทั้งสองแบบทดสอบโดยพบขนาดความสัมพันธ์ระดับต่ำถึงปานกลาง

ประเด็นแรก ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเกมกระดาน the zoo ด้านภาษาและการได้ยินกับแบบทดสอบ Digit span แสดงให้เห็นว่าเกมกระดานนี้มีความสัมพันธ์กับคะแนนจากแบบทดสอบ Digit span ทั้ง 2 ด้าน ได้แก่ Digit span forward และ Digit span backward โดยในมาตรวัด Digit span forward มีความสัมพันธ์กับมาตรวัดด้านภาษาและการได้ยินในระดับปานกลาง ขณะที่มาตรวัด Digit span backward มีความสัมพันธ์กับมาตรวัดด้านภาษาและการได้ยินในระดับต่ำ แบบทดสอบ Digit span เป็นเครื่องมือที่มักใช้เพื่อวัดความจำที่เกี่ยวข้องกับภาษาและการได้ยิน (Ramsay & Reynolds, 1995; Kessels et al., 2008) ผลการศึกษานี้จึงแสดงให้เห็นว่าเกมกระดาน the zoo ในมาตรวัดของภาษาและการได้ยินสามารถวัดความสามารถดังกล่าวได้ ขนาดของความสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบ Digit span forward ที่ใหญ่กว่า Digit span backward อาจอธิบายได้จากรูปแบบการวัดของแบบทดสอบ Digit span forward ที่ผู้รับการทดสอบต้องพูดทวนตัวเลขที่ได้ยินโดยไม่ต้องมีการประมวลผลหรือจัดการข้อมูลเป็นการจดจำ ขณะที่การวัดของ Digit span backward ผู้รับการทดสอบต้องจดจำชุดของตัวเลขและพูดทวนออกมาในลักษณะกลับหลังมาหน้าโดยเป็นการ ใช้รูปแบบการคิดที่เพิ่มเติมขึ้นมาจาก Digit span forward (Alloway, Gathercole, & Pickering, 2006) ในการทำการทดสอบเกมกระดาน the zoo ผู้รับการทดสอบต้องจดจำชื่อสัตว์ไว้ในใจและพูดออกมาเมื่อผู้ทดสอบหยุดให้พูดการกระทำดังกล่าวดูเหมือนจะมีความคล้ายคลึงกับแบบทดสอบ Digit span forward เนื่องจากบุคคลไม่จำเป็นต้องใช้การจินตนาการ (visual imagery) เพื่อกลับตัวเลขได้อย่างถูกต้อง (Gerton et al., 2004) ดังที่แบบทดสอบย่อย Digit backward ใช้การจัดการข้อมูลหรือ manipulation เป็นหนึ่งในกระบวนการสำคัญของความจำ

ปฏิบัติการ (Baddeley, 2000) อันที่จริงในช่วงการนำเกมกระดานไปทดลองใช้ผู้วิจัยได้ขอให้กลุ่มตัวอย่างเดิมซื้อสัตว์ลงในประโยคแบบกลับหลังมาหน้าคล้ายคลึงกับแบบทดสอบ Digit span backward อย่างไรก็ดี พบว่าคำสั่งดังกล่าวส่งผลให้คะแนนจากมาตรวัดนี้มีค่าเฉลี่ยที่ต่ำและกลุ่มตัวอย่างให้ความเห็นว่าการจดจำและเรียงลำดับข้อสัตว์ใหม่เป็นสิ่งที่ยากเกินไป ผู้วิจัยจึงปรับคำสั่งของการทดสอบใหม่โดยตัดประเด็นเรื่องการกลับข้อมูลออกไป การศึกษาในครั้งต่อไปจึงจำเป็นต้องมีการปรับเครื่องมือเพื่อให้บุคคลได้ใช้ทักษะในการจัดการข้อมูลซึ่งจะตรงกับแนวคิดของความจำปฏิบัติการมากขึ้น

ประการต่อมา คือพบความสัมพันธ์ระดับต่ำระหว่างเกมกระดาน the zoo ด้านภาษาและการได้ยินกับแบบทดสอบ Corsi block tapping task เช่นเดียวกับแบบทดสอบ Digit span เกมกระดานในมาตรวัดนี้มีการวัดที่สอดคล้องกับแบบทดสอบมาตรฐานดังกล่าว ซึ่งเป็นแบบทดสอบมาตรฐานที่ใช้วัดความจำปฏิบัติการด้านการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ (Morais et al., 2018) เมื่อพิจารณาระดับความสัมพันธ์ระหว่างมาตรวัดด้านภาษาและการได้ยินกับแบบทดสอบ Corsi block tapping task ผลการวิเคราะห์พบความสัมพันธ์ระดับต่ำระหว่างแบบทดสอบดังกล่าวและเกมกระดาน ระดับความสัมพันธ์ที่ต่ำนี้อาจเกี่ยวข้องกับช่องทางของการรับข้อมูลที่มีความแตกต่างกันโดยแบบทดสอบ Corsi block tapping task ผู้รับการทดสอบอาศัยการมองเห็นขณะที่มาตรวัดภาษาและการได้ยินเกี่ยวข้องกับการฟัง งานวิจัยทางประสาทวิทยาแสดงให้เห็นว่า ข้อมูลที่ทำการรับและประมวลผลจากการมองเห็นและมิติสัมพันธ์กับข้อมูลจากการมองเห็นและการได้ยินมีทำงานของระบบประสาทที่แตกต่างกัน โดยความจำที่เกี่ยวข้องกับภาษาและการได้ยินจะกระตุ้นการทำงานของสมองส่วน temporal lobe ขณะที่ความจำที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นและมิติสัมพันธ์กระตุ้นการทำงานของสมองบริเวณ premotor cortex และ parietal cortex (Baddeley, 2003) ความเป็นไปได้ประการต่อมาคือขณะที่กลุ่มตัวอย่างจดจำรายชื่อสัตว์ก่อนพูดออกมานั้นอาจเกิดกระบวนการของการเรียงลำดับข้อสัตว์ที่ได้ยินพร้อมไปกับการทวนข้อมูลซ้ำไปมา การจัดเรียงหรือจัดตำแหน่งของข้อมูลอาจมีความเกี่ยวข้องกับทักษะในการจดจำและจัดเรียงตำแหน่งของแบบทดสอบ Corsi block tapping task สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่แสดงให้เห็นว่าความจำปฏิบัติการด้านการมองเห็นและมิติสัมพันธ์จากแบบทดสอบ Corsi block tapping task เป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลต่อทักษะทางคณิตศาสตร์ (Vieira et al., 2021) โดยเฉพาะการคิดเลขในใจซึ่งอาศัยการจดจำก่อนจัดการข้อมูลโดยการทำการคำนวณตัวเลขในใจ ซึ่งการจัดเรียงข้อสัตว์รวมถึงการถูก

แทรกแซงจากประโยคที่ผู้วิจัยอ่านให้ฟังก็อาจมีลักษณะใกล้เคียงกับกระบวนการคิดเลขในใจนี้ก็เป็นไปได้การพบความสัมพันธ์ดังกล่าวจึงเกิดขึ้น อย่างไรก็ตามก็ติดงที่กล่าวไปแล้วในงานวิจัยนี้การจัดเรียงข้อมูลยังเป็นประเด็นของการพัฒนาเครื่องมือที่จำเป็นต้องปรับเพื่อให้สามารถตรวจสอบกระบวนการดังกล่าวได้อย่างชัดเจนขึ้นต่อไป

ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างมาตรวัดด้านการมองเห็นและมิติสัมพันธ์ของเกมกระดาน the zoo และแบบทดสอบ Digit span ผลการศึกษาพบความสัมพันธ์ในระดับปานกลางระหว่างมาตรวัดด้านการมองเห็นและมิติสัมพันธ์กับแบบทดสอบ Digit span forward และพบความสัมพันธ์ระดับต่ำกับแบบทดสอบ Digit span backward เมื่อพิจารณาถึงรูปแบบของมาตรวัดนี้ซึ่งใช้สัตว์เป็นสิ่งเร้าที่ต้องจำยอมมีความเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบด้านภาษาซึ่งเป็นสิ่งที่แบบทดสอบ Digit span วัดได้ความสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบทั้งสองจึงมีความสอดคล้องกัน นอกจากนี้เมื่อพิจารณานิยามของความจำปฏิบัติการด้านภาษาและการได้ยินลักษณะของสิ่งเร้าที่ถูกประมวลในองค์ประกอบนี้จะมีความเกี่ยวข้องกับภาษาไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่ได้ยินหรือตัวอักษรข้อความที่เห็น (Otsuka & Osaka, 2015; Emch, von Bastian, & Koch, 2019) การตีความสิ่งที่อ่านหรือเสียงพูดที่ได้นั้นต่างก็เป็นความจำปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับภาษาทั้งสิ้น มาตรวัดการมองเห็นและมิติสัมพันธ์จึงอาจไม่ได้วัดเพียงแค่องค์ประกอบนี้เพียงอย่างเดียวแต่เกี่ยวข้องกับภาษาและการได้ยินด้วยนั่นเอง

ประการสุดท้าย คือการพบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างมาตรวัดด้านการมองเห็นและมิติสัมพันธ์กับแบบทดสอบ Corsi block tapping task โดยพบความสัมพันธ์ระดับปานกลางระหว่างมาตรวัดย่อยด้านการจดจำตำแหน่งและความสัมพันธ์ระดับต่ำระหว่างมาตรวัดย่อยด้านการจดจำชื่อสัตว์กับแบบทดสอบ Corsi block tapping task ผลการศึกษานี้ประการแรกแสดงให้เห็นว่า มาตรวัดดังกล่าวมีความสามารถในการวัดทักษะทางการคิดที่สอดคล้องกับแบบทดสอบมาตรฐานประการต่อมาการแบ่งการให้คะแนนของมาตรวัดด้านการมองเห็นและมิติสัมพันธ์เป็น 2 ส่วน คือความจำด้านการมองเห็นผ่านการวัดความถูกต้องในการทวนชื่อสัตว์และความจำด้านมิติสัมพันธ์ผ่านความถูกต้องของตำแหน่งของกรงเป็นความคาดหวังของผู้วิจัยที่ต้องการให้เครื่องมือดังกล่าวมีความสามารถในการตรวจประเมินความจำทั้ง 2 องค์ประกอบ ผลการศึกษาของงานวิจัยนี้อาจแสดงให้เห็นความสามารถของเกมกระดานในการแยกแยะทั้งสององค์ประกอบของความจำดังกล่าว เนื่องจากแบบทดสอบ Corsi block tapping task มักถูกนำมาใช้เพื่อวัดความจำด้านมิติสัมพันธ์ (Beigneux, Plaie, & Isingrini, 2007; Ootou, 2014)

การพบความสัมพันธ์ที่มีระดับมากกว่าระหว่างการจดจำตำแหน่งเมื่อเปรียบเทียบกับ การจดจำชื่อสัตว์กับแบบทดสอบ Corsi block tapping task นี้ จึงแสดงให้เห็นว่า ผู้เข้ารับการทดสอบอาจจะใช้กระบวนการของการจดจำตำแหน่งของกรงในลักษณะเดียวกับการจดจำตำแหน่งของสิ่งเร้าจากแบบทดสอบ Corsi block tapping task ดังกล่าว การศึกษาต่อไปจึงควรเพิ่มเครื่องมือมาตรฐานที่วัดความจำด้านการมองเห็นเพื่อให้สามารถอธิบายได้ว่าเกมกระดานสามารถวัดทักษะด้านนี้ได้หรือไม่ และด้วยกระบวนการอย่างไร เช่นแบบทดสอบ visual span test ที่ให้กลุ่มตัวอย่างจดจำตำแหน่งของวงกลมสีดำที่ปรากฏอยู่บนตารางให้ถูกต้อง มักถูกใช้เพื่อวัดความจำที่เกิดจากการมองเห็นหรือ visual cache (Ang & Lee, 2010) ทั้งนี้กระบวนการจำปกติความจำด้านมิติสัมพันธ์มักจะถูกใช้เพื่อทวนซ้ำข้อมูลจากการมองเห็น (Lehnert & Zimmer, 2006) อยู่ความทับซ้อนระหว่างองค์ประกอบด้านการมองเห็นและมิติสัมพันธ์นี้อาจทำให้เกิดความยากลำบากในการแยกแยะองค์ประกอบทั้งสองนี้ และจำเป็นต้องทำการศึกษาอย่างละเอียดเพื่อให้ได้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการพัฒนาเกมกระดานเพื่อวัดความจำปฏิบัติการด้านภาษาและการได้ยิน การมองเห็นและมิติสัมพันธ์ในเด็กและวัยรุ่น โดยการนำเกมกระดานที่พัฒนาขึ้นมาและผ่านการให้ความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญด้านประสาทจิตวิทยาไปใช้ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเด็กและวัยรุ่นของโรงเรียนในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 178 คน จากนั้นนำผลการทดสอบไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับแบบทดสอบมาตรฐานสองแบบทดสอบ ได้แก่ แบบทดสอบ Digit span และแบบทดสอบ Corsi block tapping task ผลการวิเคราะห์พบว่า เกมกระดานที่พัฒนาขึ้นนี้ในทุกมาตรวัดมีความสัมพันธ์ระดับต่ำถึงปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแบบทดสอบมาตรฐานทั้งสองแบบ ความแตกต่างระหว่างแบบทดสอบมาตรฐานและมาตรวัดต่าง ๆ ของเกมกระดาน

ข้อเสนอแนะ

ข้อจำกัดของงานวิจัย

เกมกระดานที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้ถูกพัฒนาเพื่อใช้ในเด็กและวัยรุ่นอายุระหว่าง 7-19 ปี โดยสร้างขึ้นมาเพื่อวัดองค์ประกอบของความจำปฏิบัติการตามแบบจำลองพหุองค์ประกอบด้านภาษาและการได้ยินและการมองเห็นและมีสัมผัสผู้วิจัยมีความเห็นว่าการนำเครื่องมือนี้ไปใช้ในงานวิจัยหรือการตรวจประเมินต่าง ๆ ยังไม่สามารถทำได้ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

1. เกมกระดานที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมือในการตรวจวัดความจำปฏิบัติการสำหรับเด็กและวัยรุ่น อย่างไรก็ตามเนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา-19 ซึ่งเป็นช่วงเวลาเก็บข้อมูลของโครงการวิจัยนี้โรงเรียนหลายแห่งโดยเฉพาะโรงเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาต้องจัดการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ที่ผู้วิจัยสามารถขอความยินยอมในการเข้าร่วมการวิจัยได้จึงอยู่ในช่วงมัธยมศึกษา ผลจากการวิจัยนี้จึงอาจยังไม่สะท้อนความสามารถทางการจำผ่านการเล่นเกมกระดานในกลุ่มตัวอย่างที่อายุน้อยได้อย่างชัดเจนนัก

2. องค์ประกอบเรื่องการจัดการข้อมูล (manipulation) ได้แก่ การพูดซ้ำตัวกลับหลังมาหน้าซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการแบ่งแยกระหว่างความจำระยะสั้นและความจำปฏิบัติการ (Vecchi, Richardson, & Cavallini, 2005) ยังขาดความชัดเจนในเกมกระดานที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ โดยอาจเป็นผลจากรูปแบบหลักที่ให้ผู้เข้ารับการทดสอบเป็นผู้ค้นหาสิ่งที่ต้องจดจำด้วยตนเอง ซึ่งแตกต่างจากเครื่องมือวัดความจำปฏิบัติการโดยมากที่ผู้เข้ารับการทดสอบเป็นเพียงผู้จดจำสิ่งที่ถูกนำเสนอเท่านั้น การเพิ่มองค์ประกอบด้านการจัดการข้อมูลในเกมกระดานนี้จึงอาจเป็นสิ่งที่ยากเกินไปสำหรับผู้เข้ารับการทดสอบ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการเพิ่มกลุ่มตัวอย่างที่อายุระหว่าง 7-11 ปี ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างในวัยเด็กให้มากขึ้นเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องมือในการนำมาใช้กับกลุ่มตัวอย่างช่วงวัยดังกล่าว นอกจากนี้ควรเพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่างให้มีขนาดที่มากและมีความหลากหลายมากขึ้น โดยพิจารณาองค์ประกอบส่วนบุคคลอื่น ๆ เช่น เพศ ระดับการศึกษา ความสามารถทางเชาวน์ปัญญา เพื่อให้เห็นผลกระทบจากตัวแปรแทรกซ้อนเหล่านี้ที่มีต่อเกมกระดาน

2. รูปแบบของการเล่นและเครื่องมือควรมีการปรับปรุงเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งานต่อไป เช่น รูปแบบของการเล่นหรือคำสั่งของเครื่องมือที่ควรมีการปรับให้เหมาะสมกับช่วงวัยเด็กและวัยรุ่น นอกจากนี้ข้อสัถว์ควรมีการทำการการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้แน่ใจว่าข้อสัถว์ดังกล่าวที่เลือกใช้เป็นสิ่งที่ผู้เข้ารับการทดสอบในช่วงวัยนี้มีความคุ้นเคย เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างยังคงความสนใจต่อเกมได้จนจบการประเมิน ประการสุดท้ายของการปรับเครื่องมือซึ่งเป็นประเด็นสำคัญคือการปรับเครื่องมือให้มืองค์ประกอบของการจัดการข้อมูลที่ชัดเจนเพื่อให้แน่ใจได้ว่าเครื่องมือดังกล่าวสามารถวัดความจำปฏิบัติการได้

3. เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้วิธีการประเมินความจำปฏิบัติการโดยการใช้ผู้เข้ารับการทดสอบค้นหาสิ่งที่จะต้องจดจำ (มาตรวัดการมองเห็นและมิติสัมพันธ์) และเลือกที่จะให้คำตอบกับสิ่งที่จดจำด้วยตนเอง (มาตรวัดด้านการได้ยินและภาษา) ซึ่งเป็นรูปแบบที่ไม่ถูกนำมาใช้มากนักในการประเมินความสามารถทางการจำ โดยทั่วไปเครื่องมือที่พัฒนาเพื่อวัดทักษะดังกล่าวมักให้ผู้เข้ารับการทดสอบจดจำสิ่งเร้าต่าง ๆ ที่ผ่านระบบรับสัมผัส เป็นไปได้หรือไม่ว่ากระบวนการที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อความสามารถทางการจำที่แตกต่างกันไปด้วย การศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบของเครื่องมือทั้งสองแบบจึงเป็นสิ่งที่ควรทำเพื่อให้แน่ใจว่าเกมกระดานนี้มีรูปแบบที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการใช้งาน

References

- Abrahamse, E. L., van Dijck, J. P., & Fias, W. (2017). Grounding verbal working memory: The case of serial order. *Current Directions in Psychological Science*, 26(5), 429–433. doi: org/10.1177/0963721417704404
- Allen, K., Higgins, S., & Adams, J. (2019). The relationship between visuospatial working memory and mathematical performance in school-aged children: A systematic review. *Educational Psychology Review*, 31(3), 509–531. doi: org/10.1007/s10648-019-09470-8
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2006). Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: Are they separable? *Child Development*, 77(6), 1698–1716. doi: org/10.1111/j.1467-8624.2006.00968.x

- Ang, S. Y., & Lee, K. (2010). Exploring developmental differences in visual short-term memory and working memory. *Developmental Psychology*, 46(1), 279–285. doi: org/10.1037/a0017554
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556–559. doi: org/10.1126/science.1736359
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423. doi: sorg/10.1016/s1364–6613(00)01538–2
- Baddeley, A. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10), 829–839.
- Baddeley, A. (2007). *Working memory, thought, and action*. Oxford; New York: Oxford University Press.
- Banich, M. T. (2009). Executive function. *Current Directions in Psychological Science*, 18(2), 89–94. doi: org/10.1111/j.1467–8721.2009.01615.x
- Barrouillet, P., Portrat, S., & Camos, V. (2015). On the law relating processing to storage in working memory. *Psychological Review*, 118(2), 175–192. doi: org/10.1037/a0022324
- Beigneux, K., Plaie, T., & Isingrini, M. (2007). Aging effect on visual and spatial components of working memory. *The International Journal of Aging and Human Development*, 65(4), 301–314. doi: org/10.2190/ag.65.4.b
- Bunge, S. A., & Zelazo, P. D. (2006). A brain-based account of the development of rule use in childhood. *Current Directions in Psychological Science*, 15(3), 118–121
- Cambridge Cognition Ltd. (2014). *Cantab computerized cognitive tests*. Retrieved August, 1, 2022, from <http://www.cambridgecognition.com/technology>
- Camos, V. (2015). Storing verbal information in working memory. *Current Directions in Psychological Science*, 24(6), 440–445. doi: org/10.1177/0963721415606630

- Chen, X., Zhang, D., Zhang, X., Li, Z., Meng, X., He, S., & Hu, X. (2003). A functional MRI study of high-level cognition: II. The game of GO. *Cognitive Brain Research*, 16(1), 32–37.
- Ching-Teng, Y. (2019). Effect of board game activities on cognitive function improvement among older adults in adult day care centers. *Social Work in Health Care*, 58(9), 825–838. doi: org/10.1080/00981389.2019.1656143
- Conklin, H. M., Luciana, M., Hooper, C. J., & Yarger, R. S. (2007). Working memory performance in typically developing children and adolescents: Behavioral evidence of protracted frontal lobe development. *Developmental Neuropsychology*, 31(1), 103–128. doi: org/10.1207/s15326942dn3101_6
- Cowan, N., Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (1995). Verbal working memory: A view with a room. *The American Journal of Psychology*, 108(1), 123. doi: org/10.2307/1423105
- Cromheeke, S., & Mueller, S. C. (2015). The power of a smile: Stronger working memory effects for happy faces in adolescents compared to adults. *Cognition and Emotion*, 30(2), 288–301. doi: org/10.1080/02699931.2014.997196
- Dehn, M. J., Kaufman, A. S., & Kaufman, N. L. (2015). Working memory model. In M. J. Dehn (Ed), *Essentials of working memory assessment and intervention* (pp. 1–16). New Jersey: Wiley.
- Demoulin, C., & Kolinsky, R. (2015). Does learning to read shape verbal working memory? *Psychonomic Bulletin & Review*, 23(3), 703–722. doi: org/10.3758/s13423-015-0956-7
- Emch, M., von Bastian, C. C., & Koch, K. (2019). Neural correlates of verbal working memory: An fMRI meta-analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 180 doi: org/10.3389/fnhum.2019.00180
- Feigenbaum, J. D., Polkey, C. E., & Morris, R. G. (1996). Deficits in spatial working memory after unilateral temporal lobectomy in man. *Neuropsychologia*, 34(3), 163–176. doi: org/10.1016/0028-3932(95)00107-7

- Gerton, B. K., Brown, T. T., Meyer-Lindenberg, A., Kohn, P., Holt, J. L., Olsen, R. K., & Berman, K. F. (2004). Shared and distinct neurophysiological components of the Digits forward and backward tasks as revealed by functional neuroimaging. *Neuropsychologia*, 42(13), 1781–1787. doi: org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.04.023
- Halperin, J. M., & Schulz, K. P. (2006). Revisiting the role of the prefrontal cortex in the pathophysiology of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Psychological Bulletin*, 132(4), 560–581. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.132.4.560>
- Holmes, J., Gathercole, S. E., Place, M., Alloway, T. P., Elliott, J. G., & Hilton, K. A. (2010). The diagnostic utility of executive function assessments in the identification of ADHD in children. *Child and Adolescent Mental Health*, 15(1), 37–43.
- Ikhlas, A. (2018). *Visuospatial cognition, movement, and the mathematic achievement of students* (Doctoral dissertation). CA: University of California, Riverside.
- Joaquín, M. F. (2008). *The prefrontal cortex* (4th ed.). San Diego: Academic Press.
- Kessels, R. P. C., & Postma, A. (2017). The box task: A tool to design experiments for assessing visuospatial working memory. *Behavior Research Methods*, 50(5), 1981–1987. doi: org/10.3758/s13428-017-0966-7
- Kessels, R. P. C., van den Berg, E., Ruis, C., & Brands, A. M. A. (2008). The Backward span of the corsi block-tapping task and its association with the WAIS-III digit span. *Assessment*, 15(4), 426–434. <https://doi.org/10.1177/1073191108315611>
- Kim, S., Song, K., Lockee, B., & Burton, J. (2017) *Gamification in learning and education: Enjoy learning like gaming*. Cham: Springer.
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K., ... Westerberg, H. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD—A randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 44(2), 177–186. doi:10.1097/00004583-200502000-00010

- Lehnert, G., & Zimmer, H. D. (2006). Auditory and visual spatial working memory. *Memory & Cognition*, 34(5), 1080–1090. doi: org/10.3758/bf03193254
- Logie, R. H., Engelkamp, J., Dehn, D., Rudkin, S., & Denis, M. (2001). Actions, mental actions, and working memory. In M. Denis, R. H. Logie, C. Cornoldo, M. D. Vega, & J. EngelKamp (Eds). *Imagery, language and vsuo-spatial thinking* (pp. 161–183). Hove, East Sussex [England]: Psychology Press.
- Masoura, E., Gogou, A., & Gathercole, S. E. (2020). Working memory profiles of children with reading difficulties who are learning to read in Greek. *Dyslexia*, 27(3), 312–324. doi: org/10.1002/dys.1671
- McNab, F., Varrone, A., Farde, L., Jucaite, A., Bystritsky, P., Forssberg, H., & Klingberg, T. (2009). Changes in cortical dopamine D1 receptor binding associated with cognitive training. *Science’s STKE*, 323(5915), 800–802.
- 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.
- Morais, R. M., Pera, M. V., Ladera, V., Oliveira, J., & García, R. (2018). Individual differences in working memory abilities in healthy adults. *Journal of Adult Development*, 25(3), 222–228. doi: org/10.1007/s10804-018-9287-z
- Myatchin, I., Lemiere, J., Danckaerts, M., & Lagae, L. (2012). Within-subject variability during spatial working memory in children with ADHD: An event-related potentials study. *European Child and Adolescent Psychiatry*, 21(4), 199–210.
- Nairne, J. S. (2002). Remembering over the short-term: The case against the standard model. *Annual Review of Psychology*, 53(1), 53–81. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135131>

- Ootou, H. (2014). *Relationship between visuo-spatial working memory and cognitive distance on map learning*. Retrieved September 8, 2019, from https://www.jstage.jst.go.jp/article/pacjpa/78/0/78_3AM-1-082/_article/-char/ja/
- Otsuka, Y., & Osaka, N. (2015). High-performers use the phonological loop less to process mental arithmetic during working memory tasks. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 68(5), 878–886. <https://doi.org/10.1080/17470218.2014.966728>
- Pickering, S. J., Gathercole, S. E., Hall, M., & Lloyd, S. A. (2001). Development of memory for pattern and path: Further evidence for the fractionation of visuo-spatial memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54(2), 397–420. <https://doi.org/10.1080/713755973>
- Ramsay, M. C., & Reynolds, C. R. (1995). Separate digits tests: A brief history, a literature review, and a reexamination of the factor structure of the test of memory and learning (TOMAL). *Neuropsychology Review*, 5(3), 151–171. <https://doi.org/10.1007/bf02214760>
- Repovs, G., & Baddeley, A. (2006). The multi-component model of working memory: Explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience*, 139(1), 5–21. doi: 10.1016/j.neuroscience.2005.12.061
- Schell, J. (2014). *The art of game design: A deck of lenses* (2nd ed.). Pittsburgh, Pa.: Schell Games.
- Se, H. K., Doug, H. H., Young, S. L., Bung-Nyun, K., Jae, H. C., & Sang, H. H. (2014). Baduk (the game of Go) improved cognitive function and brain activity in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Psychiatry Investigation*, 11(2), 143.
- Tomlinson, S. P., Davis, N. J., Morgan, H. M., & Bracewell, R. M. (2013). Cerebellar Contributions to verbal working memory. *The Cerebellum*, 13(3), 354–361. doi: [org/10.1007/s12311-013-0542-3](https://doi.org/10.1007/s12311-013-0542-3)

- Vandierendonck, A., Kemps, E., Fastame, M. C., & Szmalec, A. (2004). Working memory components of the Corsi blocks task. *British Journal of Psychology*, 95(1), 57–79.
- Vecchi, T., Richardson, J., & Cavallini, E. (2005). Passive storage versus active processing in working memory: Evidence from age-related variations in performance. *European Journal of Cognitive Psychology*, 17(4), 521–539. doi: org/10.1080/09541440440000140
- Vieira, F. D., Ribeiro, D. O., Farias, H. B., & Freitas, P. M. (2021). The Working Memory as Predictor of Performance in Arithmetic of Brazilian Students. *Paidéia (Ribeirão Preto)*, 31. <https://doi.org/10.1590/1982-4327e3119>
- Wang, W., Fan, L., Wang, Z., Liu, X., & Zhang, S. (2021). Effects of phonological loop on inferential processing during Chinese text reading: Evidence from a dual-task paradigm. *PsyCh Journal*, 10(4), 521–533. <https://doi.org/10.1002/pchj.451>
- Wechsler, D. (1991) Wechsler intelligence scale for children–third edition (wisc-iii). In W. I. Dorfman & M. HersenUnderstanding (Eds.), *Psychological Assessment* (pp. 219–234). New York: Kluwer Academic.
- Wechsler, D. (2014). *Wechsler Intelligence scale for children* (5th ed). Bloomington, MN: Pearson.
- Welsh, M. C., Pennington, B. F., & Groisser, D. B. (1991). A normative–developmental study of executive function: A window on prefrontal function in children. *Developmental Neuropsychology*, 7(2), 131–149.
- White, K. G. (2012). Dissociation of short-term forgetting from the passage of time. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 38(1), 255–259. doi: org/10.1037/a0025197
- Zady, M. F. (2000). *Correlation and simple least squares regression*. *Clinical laboratory science program*. Louisville, Kentucky: University of Louisville.
- Zelazo, P. D., Craik, F. I., & Booth, L. (2004). Executive function across the life span. *Acta Psychologica*, 115(2), 167–183.