การเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย โดยการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์

Enhancing Spatial Ability of Primary School Students by Using Applied Maak Gep

จรัญญา สีพาแลว [1] ปริญญา เรืองทิพย์ [2] ปรัชญา แก้วแก่น [2]
Jaranya Sripalaew [1] Parinya Ruangtip [2] Pratchaya Kaewkaen [2]
[1] *Centre of Excellence in Cognitive Science, College of Research Methodology and Cognitive Science, Burapha University, Thailand*
[2] *Cognitive Science and Innovation Research Unit: CSIRU, College of Research Methodology and Cognitive Science, Burapha University, Thailand*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย โดยเปรียบเทียบผลการเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มรับการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์กับกลุ่มที่ไม่ได้รับการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ด้วยวิธีการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบและเวลาปฏิกิริยา ความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย เพศชายและเพศหญิง อายุ 10-12 ปี จำนวน 60 คน สุ่มเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย หมากเก็บแบบประยุกต์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial ability task) ที่ประกอบด้วย ภาพสัตว์ จำนวน 16 ข้อ และรูปทรงเรขาคณิต จำนวน 16 ข้อ รวม 32 ข้อ และเครื่องตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติ *t*-test แบบอิสระต่อกัน

ผลการวิจัยปรากฏว่า

1. ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบและเวลาปฏิกิริยา ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ กลุ่มทดลอง มีคะแนนความถูกต้องมากกว่ากลุ่มควบคุมและเวลาปฏิกิริยา น้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า การเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ สามารถเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลองได้

2. ผลการเปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองมีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 มากกว่ากลุ่มควบคุม ที่ตำแหน่งอิเล็กโทรด ดังนี้ F3 C6 P6 P1 และ POZ และความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 น้อยกว่ากลุ่มควบคุม ที่ตำแหน่งอิเล็กโทรด CP5 สรุปได้ว่า การเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์สามารถเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาได้

คำสำคัญ: ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์, การเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์, คลื่นไฟฟ้าสมอง

**Corresponding author. E-mail: jsripaa@gmail.com*

ABSTRACT

This research aimed to develop a pattern/ model of playing Applied Maak Gep for increasing spatial ability among primary school students. A comparison of spatial abilities between student sample groups with and without playing Applied Maak Gep was determined by comparing the response accuracy, reaction time, amplitude, and latency of a P300 brainwave. The randomly-selected sample of sixty primary school students included males and females aged between ten to twelve years old; they were randomly assigned to experimental and control groups. The experimental plan comprised a pre-test and post-test with the control group. The experimental group was subjected to play Applied Maak Gep forty minutes a day for fifteen consecutive days. The main tool used in the research consisted of Applied Maak Gep as created by the researcher. A mental rotation task test was also used, consisting of sixteen animal images and sixteen geometric shapes; EEG was recorded while performing the task test. Data were analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation, and *t*-test for independent.

The results were as follows:

1. In the experimental group, response accuracy and reaction times while conducting the test were compared on a pre-post basis. It was found that the experimental group, after playing Applied Maak Gep, had a lower reaction time and higher response accuracy scores than before playing, with a statistical significance. In addition, the experimental group had a lower reaction time and higher response accuracy scores than the control group. Therefore, it can be concluded that playing Applied Maak Gep improved the spatial ability of the experimental group.

2. The results of amplitude and latency of the P300 brainwave of the experimental group while performing the spatial ability test were compared with that of the control group. The experimental group had higher P300 amplitude than the control group, at the sites of F3, C6, P6, P1 and POZ, as well as, lower P300 latency than the control group, at the sites of CP5.

It can be concluded that the Applied Maak Gep was able to enhance the spatial ability of the primary school students.

Keywords: spatial ability, applied maak gep, electroencepphalogram

ความนำ

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial ability) คือ หนึ่งในองค์ประกอบของความจำขณะคิด (Working memory) ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานทางสมองขั้นสูง (Higher order cognitive) ซึ่งทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลชั่วคราว (Temporary storage) ประมวลผลข้อมูล (Processing of information) และจัดการข้อมูล (Manipulation of information) พร้อมกับการจัดกระทำข้อมูลอย่างต่อเนื่องในขณะที่สมองดำเนินกิจกรรมตามชีวิตประจำวัน ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นการประมวลผลเกี่ยวกับภาพวัตถุ (Visuo-spatial sketchpad) (Alloway, Bibile, & Lau, 2013) โดยเกิดขึ้นที่บริเวณของเปลือกสมองส่วนหลังที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น (Visual cortex) และบริเวณสมองส่วนท้ายทอย (Occipital lobe)

กิจกรรมเคลื่อนไหวร่างกาย (Physical activity) ส่งผลเชิงบวกต่อการทำงานในพื้นที่สมองทั้งทางด้านโครงสร้างและหน้าที่ (Executive Function: EF) ในวัยรุ่นใช้กิจกรรมเคลื่อนไหวร่างกายเพื่อเสริมสร้างและเตรียมความพร้อมด้านร่างกายและการศึกษาในอนาคต (Sibley & Etnier, 2003) การเคลื่อนไหวร่างกายส่วนหนึ่งส่วนใด หรือทำให้เกิดพลังงาน การเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อมัดเล็กและมัดใหญ่ (Fine and gross motor body) ส่งผลต่อพื้นที่สมองส่วนหน้าและส่วนกลาง (Frontal and parietal cortical area) (Seilder, 2010) และ Davis et al. (2011) ได้ศึกษาเด็กนักเรียนที่มีน้ำหนักเกิน อายุระหว่าง 7-11 ปี เข้าฝึกการออกกำลังกาย โดยสุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม แบบมีกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มทดลองออกกำลังกาย 40 นาทีต่อวัน กับ 20 นาทีต่อวัน ส่วนกลุ่มควบคุมไม่ใช้กิจกรรมใด ๆ เป็นเวลา 13 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม มีความสามารถในการคิดวางแผนดีกว่ากลุ่มควบคุม Scholz, Klien, Behrens, and Johansen-Berg (2009) ได้ศึกษาการโยนลูกบอลบนอากาศ 3 ลูก (Juggling balls) ติดต่อกัน พบว่าสามารถเพิ่มความเข้มของสารสื่อประสาทสีเทา (Gray matter) ในพื้นที่สมองส่วนหน้า (Frontal lobe) สมองส่วนข้าง (Temporal lobe) และสมองส่วนลึก (Hippocampus) ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial processing) ความจำขณะคิด (Working memory) การจำภาพเหตุการณ์ (Episodic memory) รวมถึงการสร้างรูปแบบการคิดด้วยการจินตนาการ (Construction of mental images) (Bird & Burgess, 2008) จะเห็นได้ว่า การเล่นและการออกกำลังกายที่ถูกวิธีให้เหมาะสมกับวัยจะช่วยในการพัฒนาทางด้านร่างกายและจิตใจ รวมทั้งโครงสร้างทางด้านสมองที่จะได้พัฒนาตามลักษณะและประเภทการเล่น การเคลื่อนไหวร่างกาย (Physical activity) เป็นอีกหนึ่งวิธีที่ผู้วิจัยสนใจ และเชื่อว่ากิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ในการใช้สายตากับการเคลื่อนไหวของมือทั้งสองข้าง (Eye-hand coordination) เช่น การเล่นหมากเก็บ ที่เป็นการละเล่นของไทยมีมาตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยา การเล่นหมากเก็บในสมัยนั้นจะใช้ก้อนหินมากะเทาะให้ค่อนข้างกลม ลบเหลี่ยม เล่นได้ 3-5 คน ซึ่งมีวิธีเล่นหลายอย่าง แต่ละอย่างก็จะมีชื่อเรียกต่างกันไป เช่น หมากพวง หมากจุ๊บ อีกาเข้ารัง (มรดกภูมิปัญญาของวัฒนธรรม, 2556) ผู้วิจัยจึงได้นำมาประยุกต์และพัฒนารูปแบบการเล่นเป็นหมากเก็บแบบประยุกต์ที่ผู้เล่นสามารถเล่นได้ทั้งเด็กผู้หญิงและผู้ชาย ผู้เล่นต้องใช้ความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของวัตถุที่กำลังเคลื่อนไหวและความสามารถในการควบคุมร่างกาย ความแม่นยำพร้อมกับการฟังเสียงให้สอดประสานไปกับการเล่น จากการศึกษาค้นคว้ากิจกรรมการเคลื่อนไหวดังกล่าว พบว่า ส่งผลดีในหลายด้านโดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในด้านทักษะที่เกี่ยวกับมิติสัมพันธ์

จากแนวคิดที่กล่าวมาในข้างต้น หากมีการพัฒนาวิธีการเล่นหมากเก็บให้มีรูปแบบและวิธีการเล่นที่ถูกหลักการตามแนวคิดทฤษฎีและให้เป็นมาตรฐานที่ชัดเจนจะนำมาซึ่งการพัฒนาวิธีการเล่นหมากเก็บของไทยให้เป็นไปในทิศทางที่เป็นสากลพร้อมกับการเพิ่มทักษะด้านมิติสัมพันธ์ของผู้เล่นไปในขณะเดียวกัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ สำหรับการเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย โดยเปรียบเทียบ

2.1 ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบ ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

2.2 ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยา ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

3. เพื่อเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมองของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย โดยเปรียบเทียบ

3.1 ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

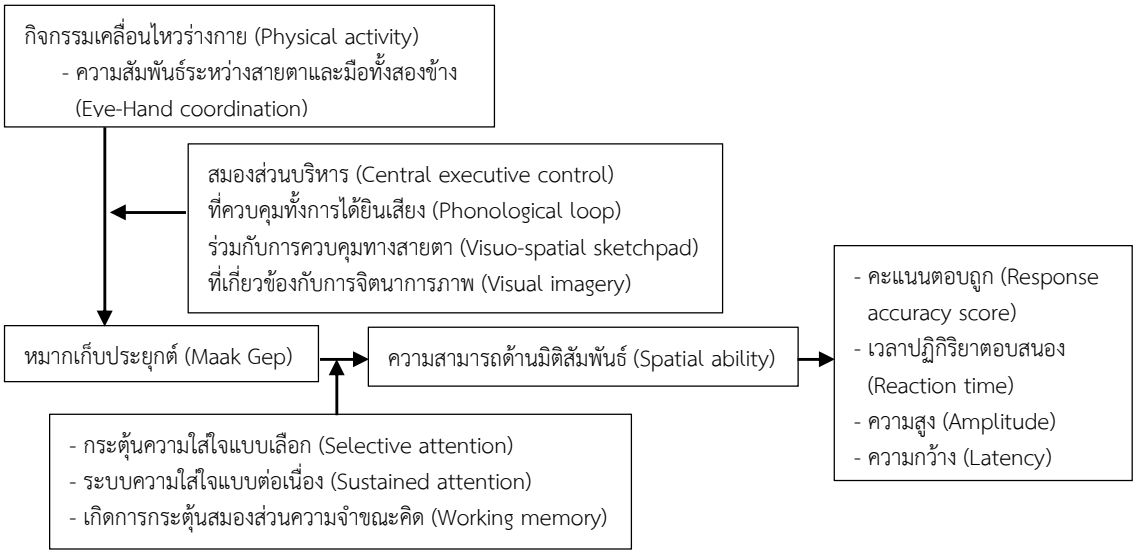
3.2 ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์เป็นการนำเอาแนวคิด กิจกรรมเคลื่อนไหวร่างกาย (Physical activity) ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างสายตาและมือทั้งสองข้าง (Eye-Hand coordination) มาเป็นแนวทางในการออกแบบการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ ซึ่งการนำเข้าข้อมูลจะถูกส่งผ่านเข้ามายังกระบวนการทำงานของสมองส่วนบริหาร (Central executive control) ที่ควบคุมทั้งการได้ยินเสียง (Phonological loop) ร่วมกับการควบคุมทางสายตา (Visuo-spatial sketchpad) ที่เกี่ยวข้องกับการจิตนาการภาพ (Visual imagery) เมื่อทั้งการมองเห็นและการได้ยินเกิดขึ้นพร้อมกัน สมองส่วนบริหารจัดการส่วนกลาง (Central executive control) จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางนำไปสู่การปรับระยะทิศทางสำหรับการกระตุ้นความใส่ใจแบบเลือก (Selective attention) ในการโยนและรับลูกในขณะเดียวกัน ระบบความใส่ใจแบบต่อเนื่อง (Sustained attention) ให้การเล่นดำเนินไปอย่างต่อเนื่องประกอบกับการฟังเสียงจากเครื่องให้จังหวะ (Metronome) ในขณะที่การสร้างภาพทางสายตาหรือการจินตนาการในสิ่งที่รับรู้เกิดการกระตุ้นสมองส่วนความจำขณะคิด (Working memory) ให้เกิดการคำนวณระยะทิศทาง เป็นผลให้เกิดทักษะความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial ability) และเป็นหนึ่งในองค์ประกอบของความจำขณะคิด (Working memory) ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานทางสมองขั้นสูง (Higher order cognitive) การประมวลผลเกี่ยวกับภาพและมิติสัมพันธ์ (Visuo-spatial sketchpad) (Alloway et al., 2013) นอกจากความซับซ้อนของระบบการผสมผสานการทำงานของเซลล์ประสาทที่เกิดขึ้นพร้อมกัน เช่น ระบบการเคลื่อนไหว (Motor process) ระบบรับความรู้สึก (Somatosensory system) ที่สมองส่วนหน้า (Frontal lobe) สมองส่วนกลาง (Parietal lobe) และสมองส่วนสั่งการเคลื่อนไหว (Premotor) การสั่งการเคลื่อนไหวของมือ (Hand movement) รวมไปถึงการใช้สายตาและการเคลื่อนไหว (Visual-and-motor dominant) ในพื้นที่ส่วนหน้าของกลีบสมองส่วนกลาง (Anterior intraparietal area) เมื่อมีการแสดงสิ่งเร้า (Targets presentation) ต่อระบบการมองเห็น กระบวนการเรียนรู้จากภาพ (Visual cognitive function) จะเป็นตัวแยกลักษณะของสิ่งเร้า การรับรู้ลักษณะเฉพาะหรือความแตกต่างของสิ่งเร้า การรับรู้ลักษณะเฉพาะของวัตถุ (Object perception) ได้แก่ สี (Color) ขนาด (Size) รูปทรง (Shape) และ

ระดับความต่างของสี (Shading) (Wheeler & Treisman, 2002) จะกระตุ้นไปยังสมองส่วนขมับ (Temporal lobe) ส่วนการรับรู้เกี่ยวกับมิติสัมพันธ์ (Spatial perception) ได้แก่ ตำแหน่ง (Position) ทิศทาง (Orientation) ระยะ (Distance) มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial relations) จะกระตุ้นไปยังบริเวณเปลือกสมองส่วนบน (Parietal lobe) (Schneck, 2010) เมื่อสิ่งเป้าหมาย (Targets) มีการเคลื่อนไหวจะเกิดการกระตุ้นต่อระบบการมองเห็นและกระบวนการจดจ่อต่อสิ่งเป้าหมายและจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อเชื่อมโยงกับระบบความจำโดยเฉพาะความจำขณะคิด (Working memory) ซึ่งมีหน้าที่สร้างและจัดการกับมโนภาพของวัตถุ โดยการจัดเรียงลำดับความซับซ้อนของการมโนภาพนั้น ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ (Baddeley, 2012; Cohen & Hegarty, 2014) ความใส่ใจแบบต่อเนื่อง (Sustained attention) กับเป้าหมายและความสามารถในการเก็บรักษามโนภาพของสิ่งเร้าในระบบความจำเป็นองค์ประกอบที่ก่อให้เกิดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Kosslyn, Shephard, & Thompson, 2007)

การวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สามารถวัดได้จาก 2 รูปแบบ ได้แก่ การวัดด้านพฤติกรรมและการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยการวัดด้านพฤติกรรม ประเมินจากคะแนนตอบถูก (Response accuracy score) และเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง (Reaction time) ส่วนการวัดด้านคลื่นไฟฟ้าสมองเป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ P300 (Event-Related Potential: ERP) ซึ่งประกอบด้วยความสูง (Amplitude) และความกว้าง (Latency) ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมกระตุ้นสมองด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งนำมาเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานของการวิจัย

1. คะแนนความถูกต้องของการตอบ ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ กลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม

2. เวลาปฏิกิริยา ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ กลุ่มทดลองน้อยกว่ากลุ่มควบคุม

3. ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย กลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม

4. ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย กลุ่มทดลองน้อยกว่ากลุ่มควบคุม

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวอนนภาศัพท์ ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี สังกัดเขตพื้นที่การประถมศึกษา เขต 1 ภาคเรียนที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2561 เพศชายและหญิง อายุ 10-12 ปี จำนวน 60 คน จากการอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัยและมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดโดยวิธีการสุ่มเข้ากลุ่มอย่างง่ายเข้ากลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 30 คน

แบบแผนการทดลอง

เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) แบบ Pretest and posttest control group design (Edmonds & Kennedy, 2017, pp. 38-39) ที่มีการสุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่ม แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง 1 กลุ่ม และกลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม มีการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองหลังการทดลองทั้งสองกลุ่ม โดยกลุ่มทดลองจะได้รับตัวแปรที่จัดกระทำ คือ การฝึกเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แบบแผนการทดลอง แบบ Pretest and posttest control group design (Edmonds & Kennedy, 2017, pp. 38-39)

การสุ่มเข้ากลุ่ม (Randomized)	กลุ่ม (Group)	วัดก่อนการทดลอง (Pretest)	สิ่งทดลอง (Treatment)	วัดหลังการทดลอง (Posttest)
R	E	O_1	X	O_2
	C	O_1	—	O_2
		←	Time	→

คำอธิบาย

R หมายถึง การสุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (Randomized)

E หมายถึง กลุ่มทดลอง (Experimental group)

C หมายถึง กลุ่มควบคุม (Control group)

X หมายถึง ตัวแปรที่จัดกระทำ คือ รูปแบบการฝึกเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ที่พัฒนาขึ้น

O_1 หมายถึง การวัดตัวแปรตาม ก่อนการทดลอง

O_2 หมายถึง การวัดตัวแปรตาม หลังการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง 2) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และ 3) เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรตาม มีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องมือคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย

1.1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ประวัติการเจ็บป่วยเกี่ยวกับระบบประสาท การได้ยิน และความสามารถในการใช้คอมพิวเตอร์

1.2 แบบวัดความคมชัดของสายตา โดยใช้ Snellen chart ซึ่งวัดการมองเห็นในแถวที่ 6 (20/40) ในตาข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้งสองข้างเห็นแตกต่างกัน แสดงว่า สายตาผิดปกติ

1.3 แบบสำรวจความถนัดในการใช้มือของเอดินเบิร์ก (Edinburgh handedness inventory - short from)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง เป็นรูปแบบการฝึกเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย วิธีการและระยะเวลาการฝึกเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ ทำการฝึกอย่างต่อเนื่อง 15 วัน จันทร์-ศุกร์ วันละ 1 ครั้ง 40 นาที รวม 600 นาที

3. เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรตาม เป็นกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial ability) แบ่งเป็น 2 กิจกรรม ดังนี้

3.1 Animal rotation test เป็นกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งได้ปรับปรุงจาก Vandenberg and Kuse (1978) โดยใช้ภาพหมุนรูปสัตว์แบบสองมิติที่เป็นภาพสี (Snodgrass & Vanderwart, 1980) ผู้วิจัยเลือกมา 16 ภาพ

3.2 Cube rotation test เป็นกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ที่เป็นรูปเรขาคณิตแบบสามมิติ 3D Shepard and Metzler (Shephard & Metzler, 1971) ผู้วิจัยเลือกมา 16 ภาพ แต่ละภาพรูปทรงหมุนด้วยมุมที่แตกต่างกันที่ 45 องศา 90 องศา 135 องศา 225 องศา 270 องศา และ 315 องศา (Neuburger, Jansen, Heil, & Quaiser-Pohl, 2011) กิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ทั้ง 2 ฉบับ ฉบับละ 16 ข้อ รวมทั้งสิ้น 32 ข้อ โดยทั้ง 2 กิจกรรม แบ่งการวัดตัวแปรตามเป็น 2 ชนิด ได้แก่ 1) เครื่องมือวัดด้านพฤติกรรม และ 2) เครื่องมือวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยเครื่องมือวัดด้านพฤติกรรม ได้แก่ 1) คะแนนการตอบถูก ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Accurate) และ 2) เวลาปฏิกิริยา ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Reaction time)

เครื่องมือวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ได้แก่ 1) ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Amplitude) มีหน่วยเป็น ไมโครโวลต์ (μV) และ 2) ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Latency) มีหน่วยเป็น มิลลิวินาที (ms)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเข้ารับการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

2. กลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ ตามวันเวลาที่กำหนด ส่วนกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึกเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ ดำเนินชีวิตตามปกติ

3. หลังจากกลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์สิ้นสุด ผู้ร่วมการทดลองทั้ง 2 กลุ่ม ได้รับการวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการทดลองอีกครั้งหนึ่ง

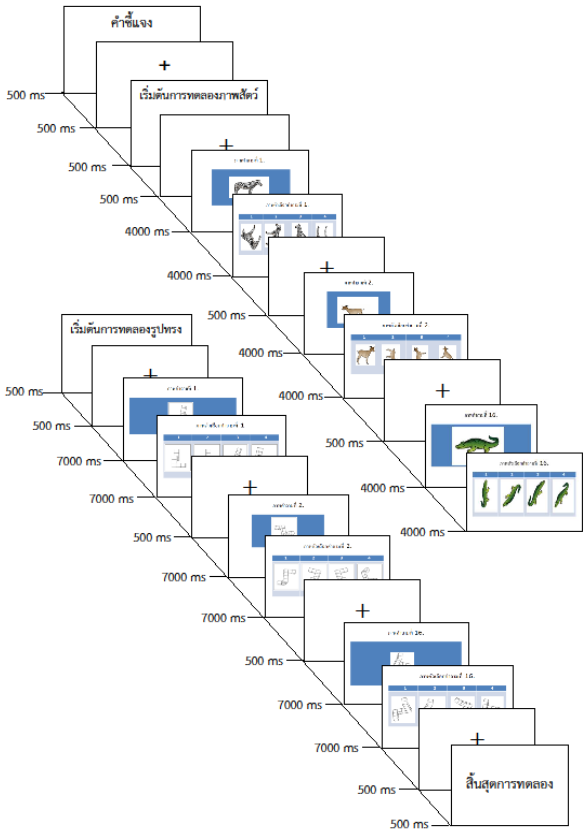
4. นำผลจากการทำแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์มาวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หน้าจอคอมพิวเตอร์

1. ออกแบบลำดับขั้นตอนในการทดสอบแต่ละข้อเพื่อบรรจุข้อสอบแบบกระดาษเป็นแบบทดสอบหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม STIM^2 สำหรับทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ดังภาพที่ 2

2. นำผู้ทดลองวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ก่อนและหลังได้รับการฝึกเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์

3. ประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7.0



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างใช้ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องในการตอบ เปรียบเทียบเวลาปฏิกิริยา ขณะทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบทีแบบเป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test)

3. เปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบทีแบบเป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test)

ผลการวิจัย

ผลการวิจัย แบ่งการนำเสนอ ดังนี้

1. ผลการพัฒนารูปแบบการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์

อุปกรณ์

ประกอบด้วย แผ่นรองรับการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ จำนวน 1 แผ่น ลูกหมากเก็บแบบประยุกต์ 5 สี จำนวน 17 ลูก เครื่องเคาะจังหวะจำนวน 1 เครื่อง และระดับความยากกิจกรรมการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ ประกอบไปด้วยความยาก 3 ระดับ ความยากการเล่นระดับพื้นฐาน ความยากการเล่นระดับปานกลางและความยากการเล่นระดับสูง ใช้เวลาในการเล่น 1-2 นาทีต่อหนึ่งรอบ เป็นเวลา 40 นาทีต่อวัน ระยะเวลาฝึก 15 วันต่อเนื่องกัน รวมเวลาฝึก 600 นาที (10 ชั่วโมง)

วิธีการเล่น

ความยากระดับพื้นฐานที่ 1 โยนลูกนำสีขาวให้เกิดความชำนาญเพื่อควบคุม ทิศทางและความสูง การโยนเก็บลูกตามลำดับสี คือ ดำ แดง น้ำเงิน เหลือง โดยเก็บทีละ 1 ลูก ในลักษณะทวนเข็มนาฬิกา ตามตำแหน่งและทิศทางการเก็บลูกหมากเก็บตามพื้นฐานความยากระดับพื้นฐานที่ 1 โดยใช้เวลา 4 วินาที/รอบ ใช้เวลาในการเล่น 5 นาที

ความยากระดับพื้นฐานที่ 2 การโยนเก็บลูกตามลำดับสี คือ เหลือง น้ำเงิน แดง ดำ โดยเก็บทีละ 2 ลูก ในลักษณะทวนเข็มนาฬิกา ตามตำแหน่งและทิศทางการเก็บลูกหมากเก็บตามพื้นฐานความยากระดับพื้นฐานที่ 2 โดยใช้เวลา 2 วินาที/รอบ ใช้เวลาในการเล่น 5 นาที

ความยากระดับปานกลางที่ 1 การเล่นประกอบกับเครื่องเคาะจังหวะของลูกโยนนำสีขาว โดยเสียงติ๊ก-โยน เสียงต๊อก-รับ ความเร็วของเครื่องจังหวะ 65 BPM (จำนวนครั้งที่เคาะหนึ่งนาที) ตามลำดับสี ดำ แดง น้ำเงิน เหลือง ในลักษณะทวนเข็มนาฬิกา ตามตำแหน่งและทิศทางการเก็บลูกหมากเก็บตามพื้นฐานความยากระดับปานกลางที่ 1 โดยใช้เวลา 4 วินาที/รอบ ใช้เวลาในการเล่น 5 นาที

ความยากระดับปานกลางที่ 2 การเล่นประกอบกับเครื่องเคาะจังหวะของลูกโยนนำสีขาว โดยเสียงติ๊ก-โยน เสียงต๊อก-รับ ความเร็วของเครื่องจังหวะ 65 BPM (จำนวนครั้งที่เคาะหนึ่งนาที) ตามลำดับสี เหลือง น้ำเงิน แดง ดำ ในลักษณะทวนเข็มนาฬิกา ตามตำแหน่งและทิศทางการเก็บลูกหมากเก็บตามพื้นฐานความยากระดับปานกลางที่ 2 โดยใช้เวลา 2 วินาที/รอบ ใช้เวลาในการเล่น 5 นาที

ความยากระดับสูง การเล่นประกอบกับเครื่องเคาะจังหวะแบบต่อเนื่องของลูกโยนสีขาว โดยเสียงติ๊ก-โยน เสียงต๊อก-รับ 65 ครั้งเคาะต่อหนึ่งนาที ตามลำดับสี ดำ แดง น้ำเงิน เหลือง ในลักษณะทิศทางการเก็บลูกแบบตรง จากขวาไปซ้ายตามตำแหน่งและทิศทางการเก็บลูกหมากเก็บตามพื้นฐานความยากระดับสูง ใช้เวลาในการเล่น 5 นาที

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์สำหรับการเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลายโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

รายการ	*Mean*	*SD*	ระดับความเหมาะสม
1. อุปกรณ์การเล่น	4.67	0.48	มากที่สุด
2. วิธีการเล่น	4.47	0.77	มาก
3. กติกาการเล่น	4.60	0.51	มากที่สุด
4. วิธีการนำไปใช้	4.08	0.51	มาก
5. รูปแบบการใช้งาน	4.58	0.51	มากที่สุด
รวมทั้งหมด	4.52	0.62	มากที่สุด

ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ ภาพรวมทั้งหมดมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด (*Mean* =4.52, *SD*=.62) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านที่มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ได้แก่ อุปกรณ์การเล่น (*Mean* =4.67, *SD*=.48) กติกาการเล่น (*Mean* =4.60, *SD*=.51) และรูปแบบการใช้งาน *(Mean* =4.58, *SD*=.51) ส่วนวิธีการเล่น และวิธีการนำไปใช้ มีความเหมาะสมในระดับมาก (*Mean* =4.47, *SD*=.77) (*Mean* =4.08, *SD*=.51) ตามลำดับ สรุปได้ว่า รูปแบบการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีความเหมาะสม สำหรับการเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย อยู่ในระดับมากที่สุด

2. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของเด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนการตอบถูก ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	คะแนนการตอบถูก					
	n	*Mean*	*SD*	*df*	*t*	*p*
กลุ่มทดลอง	30	11.00	3.63	58	4.00**	< .01
กลุ่มควบคุม	30	7.53	3.05			

จากตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยคะแนนการตอบถูก ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนการตอบถูก มากกว่ากลุ่มควบคุม ($p < .01$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 กล่าวคือ คะแนนการตอบถูก ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลองที่เล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ที่พัฒนาขึ้น สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เล่นหมากเก็บแบบประยุกต์

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาปฏิกิริยา ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	เวลาปฏิกิริยา (มิลลิวินาที)					
	n	*Mean*	*SD*	*df*	*t*	*p*
กลุ่มทดลอง	30	3119.92	445.60	58	2.30*	< .05
กลุ่มควบคุม	30	3344.39	296.32			

จากตารางที่ 4 เวลาปฏิกิริยา ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีเวลาปฏิกิริยา น้อยกว่ากลุ่มควบคุม ($p < .05$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 กล่าวคือ เวลาปฏิกิริยา ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลองที่เล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ที่พัฒนาขึ้น น้อยกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เล่นหมากเก็บแบบประยุกต์

3. ผลการเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมองของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ($n = 30$)

ตำแหน่งอิเล็กโทรด	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		Mean Difference	*df*	*t*	*p*
	M	*SD*	*Mean*	*SD*				
F3	4.99	2.29	3.44	2.68	1.55	29	2.40*	< .05
C6	5.32	3.06	3.65	2.10	1.66	29	2.46*	< .05
P6	7.13	3.35	5.46	2.69	1.67	29	2.13*	< .05
P1	6.94	2.96	4.85	2.53	2.09	29	2.95**	< .05
POZ	5.53	1.85	4.29	2.73	1.24	29	2.06*	< .05

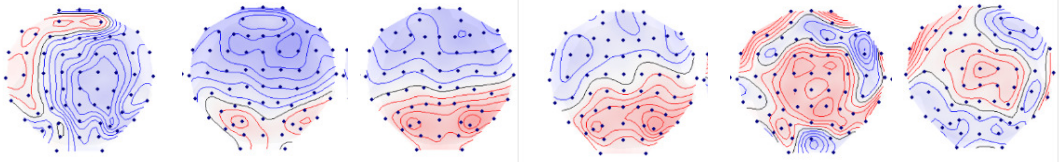
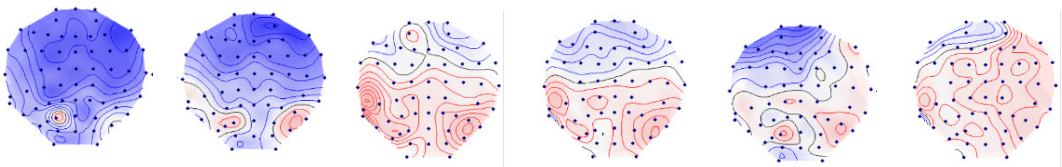
จากตารางที่ 5 ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามตำแหน่งอิเลคโทรด ได้แก่ บริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal lobe) ที่ตำแหน่ง F3 บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central lobe) ที่ตำแหน่ง C6 บริเวณเปลือกสมองส่วนขมับ (Temporal lobe) ที่ตำแหน่ง P6 บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal lobe) ที่ตำแหน่ง P1 บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital lobe) ที่ตำแหน่ง POZ

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (n = 30)

ตำแหน่งอิเล็กโทรด	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		Mean Difference	*df*	*t*	*p*
	M	*SD*	*Mean*	*SD*				
CP5	396.53	85.06	344.17	74.12	52.37	58	2.54*	< .05

จากตารางที่ 6 ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลองน้อยกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามตำแหน่งอิเลคโทรด บริเวณเปลือกสมองส่วนขมับ (Temporal lobe) ที่ตำแหน่ง CP5

ตารางที่ 7 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ทั้งหมดของบริเวณสมองแต่ละตำแหน่งอิเล็กโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 มิลลิวินาที ถึง 500 มิลลิวินาที ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

	เวลา (มิลลิวินาที/ms)					
	250 ms	300 ms	350 ms	400 ms	450 ms	500 ms
กลุ่มทดลอง						
กลุ่มควบคุม						

จากตารางที่ 7 ความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้าสมองบริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเล็กโทรด ขณะทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ทั้งหมดของบริเวณสมองแต่ละตำแหน่งอิเล็กโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 มิลลิวินาที ถึง 500 มิลลิวินาที โดยปรากฏเป็นสีแดงจางลง แสดงถึงสมองมีการใช้พลังงานน้อยลง และความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันบวกของกลุ่มทดลองมีสีจางกว่ากลุ่มควบคุม แสดงถึงกลุ่มทดลองใช้พลังงานน้อยกว่ากลุ่มควบคุม

อภิปรายผลการวิจัย

1. รูปแบบการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์สามารถนำไปใช้สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้ เนื่องจากใช้แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของกระบวนการเคลื่อนไหวร่างกาย (Physical activity) ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างสายตาและมือทั้งสองข้าง (Eye-Hand coordination) ความสัมพันธ์ระหว่างเปลือกสมองส่วนกลางกับเปลือกสมองส่วนสั่งการการเคลื่อนไหว (Rizzolatti & Luppino, 2001) ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะส่งผ่านกระบวนการทำงานของสมองส่วนบริหารจัดการส่วนกลาง (Central executive control) ที่ควบคุมทั้งการได้ยินเสียง (Phonological lobe) ร่วมกับการควบคุมทางสายตา (Visuospatial sketchpad) เมื่อทั้งการมองเห็นและการได้ยินเกิดขึ้นพร้อมกัน สมองส่วนบริหารจัดการส่วนกลาง (Central executive control) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางไปสู่การปรับระยะทิศทางการเคลื่อนไหวของตำแหน่งของสิ่งเร้า (Baddeley, 2010) กระบวนการเหล่านี้จำเป็นต้องประกอบด้วย ความใส่ใจ (Attention) การใส่ใจต่อสิ่งเร้า (Selective attention) การมุ่งใส่ใจจดจ่อ (Sustained attention) เป็นการใช้ความตั้งใจควบคุมความใส่ใจไปยังสิ่งเร้า เพื่อแสดงพฤติกรรมออกมาในทิศทางที่มุ่งหวังและการเคลื่อนไหวหรือเสียงที่ดังขึ้น สามารถดึงดูดความสนใจ ตามแนวคิด Top-Down หรือ Executive attention (Neokleous & Schizas, 2011) ทำให้เกิดการกระตุ้นสมองส่วนความจำขณะคิด (Working Memory) ให้เกิดการคำนวณระยะทาง เป็นผลทำให้เกิดทักษะความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เป็นไปตามแนวคิดการพัฒนารูปแบบการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ที่มีการเล่นที่ต้องใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมือกับสายตา (Eye-Hand coordination) การใช้ทักษะการควบคุม ความแม่นยำในการกะระยะความสูง การโยน การรับลูก ความคล่องตัวในการหยิบจับประสานกันอย่างเป็นระบบ (Jansen, Titze, & Heil, 2009) ช่วยเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไปด้วยในขณะเดียวกัน

นอกจากนี้ เครื่องมือหรือโปรแกรมเมื่อได้รับการฝึกฝน การพัฒนาอย่างต่อเนื่องจะทำให้เครื่องมือนั้นมีคุณภาพสามารถนำมาใช้ได้จริง ดังงานวิจัยของ Gerber et al. (2014) ได้กล่าวไว้ว่า จั๊กกริ่งบอล (Juggling balls) เป็นเครื่องมือที่ดีมากเมื่อได้รับการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง การทดลองกับนักจั๊กกริ่งบอลมืออาชีพ พบว่า ความหนาแน่นของสสารเพิ่มขึ้นในบริเวณสมองที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ การเคลื่อนไหว และการประสานสายตากับมือ เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารสีเทาในบริเวณสมองเพิ่มขึ้นและพบว่า มีความแตกต่างระหว่างสมองของผู้เล่นมืออาชีพกับผู้ฝึกเล่นแบบพื้นฐานอย่างชัดเจน Jansen et al. (2009) ยังให้ข้อเสนอแนะว่า จั๊กกริ่งบอล (Juggling balls) ควรได้รับการบรรจุในกระบวนการเรียนของเด็กช่วยเพิ่มจินตนาการด้านมิติสัมพันธ์รวมถึงช่วยเพิ่มทักษะการแก้ไขปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ได้ สอดคล้องกันงานวิจัยของ Pietsch, Bottcher, and Jansen (2017) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการฝึกฝนด้วยโปรแกรมไลฟ์ คีเนติก (Life Kinetik) ซึ่งเป็นการฝึกความสัมพันธ์ระหว่างมือ เท้า ร่างกาย และสายตา เป็นโปรแกรมฝึกสมองที่ช่วยพัฒนาทักษะ ความเข้าใจ และการประสานการทำงานของระบบการเคลื่อนไหวร่างกาย

จนถูกนำมาใช้ฝึกกับนักกีฬาหลายชนิด เช่น นักฟุตบอลมืออาชีพ บาสเก็ตบอล ยิมนาสติก แฮนด์บอล ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า เครื่องมือหรือโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาจนเป็นรูปแบบที่เหมาะสมช่วยเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้

2. ผลการนำรูปแบบการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงกว่ากลุ่มควบคุม เห็นได้จาก กลุ่มทดลองมีคะแนนการตอบถูกมากกว่าและเวลาปฏิกิริยาน้อยกว่า เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Akarsu, Caliskan, and Dane (2009) ได้ศึกษาและเปรียบเทียบเวลาปฏิกิริยาและความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ โดยการทำแบบทดสอบ Cattel's culture fair intelligence test และบันทึกเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง พบว่า กลุ่มทดลองมีเวลาปฏิกิริยาตอบสนองน้อยกว่าและมีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยของ Ung and Kornpetpanee (2017) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาแบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติ (3D-MBTM) พบว่า หลังการทดลองกลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงกว่าและใช้เวลาตอบน้อยกว่า ตรงบริเวณสมองส่วนหน้า (Frontal lobe) ส่วนบน (Parietal lobe) และส่วนขมับ (Temporal lobe)

3. ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความสูง (Amplitude) และความกว้าง (Latency) ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ หลังได้รับการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ ผลปรากฏว่า ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ กลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม บริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal lobe) เปลือกสมองส่วนกลาง (Central lobe) เปลือกสมองส่วนขมับ (Temporal lobe) เปลือกสมองด้านข้าง (Parietal lobe) เปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital lobe) ซึ่งหมายความว่า กลุ่มทดลองมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของสมองด้านการเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เพิ่มขึ้นหลังจากได้เล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ คลื่นไฟฟ้าสมอง P300 เป็นดัชนีแสดงถึงการประมวล ผลความตั้งใจ (Attention) ความจำขณะคิด (Working memory) (Wintink, Segalowitz, & Cudmore, 2001) ความสูง (Amplitude) ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ที่ปรากฏในช่วง 300-550 มิลลิวินาที หรือเรียกว่า P3b ซึ่งแสดงถึง การทำงานของสมองในด้านการรู้คิด (Cognitive processes) ความจำขณะคิด (Working memory) การตัดสินใจ การประเมิน และการแก้ปัญหา นอกจากนี้ ยังพบว่า ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 มีแนวโน้มจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อภาระงานเพิ่มขึ้น คลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ในตำแหน่งของสมอง Occipital และ Temporal- Parietal มีการตอบสนองไปทางบวกที่ช่วงเวลา 300-600 มิลลิวินาที (Farber & Sinisyn, 2009) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Agam and Sekuler (2007) ที่ได้ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะคิดและการรับรู้ทางภาพ (Visual perception) โดยใช้การศึกษา ERP/EEG ซึ่งพบว่า แอมพลิจูดของ ERPs ในระหว่างการนำเสนอสิ่งเร้ามีความสัมพันธ์กับความสามารถทางพฤติกรรม กล่าวคือ ยิ่งความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมองสูงมาก การทำตามแบบยิ่งถูกต้องมากขึ้น

ในส่วนการเปรียบเทียบความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ผลการวิจัยปรากฏว่า ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ในขณะทำกิจกรรมทดสอบความด้านมิติสัมพันธ์ กลุ่มทดลองน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ตรงบริเวณเปลือกสมองส่วนขมับ (Temporal lobe) ซึ่งหมายความว่า กลุ่มทดลองมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของสมองด้านมิติสัมพันธ์ในทางที่ดีขึ้น หลังจากได้รับการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ โดยความกว้าง (Latency) ของสมอง P300 ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ประมาณ 300-500 มิลลิวินาที ถือเป็นดัชนีความเร็วสมอง เนื่องจากเป็นเวลาที่แสดงถึงการตรวจพบและการประมวลผลต่อสิ่งเร้า จึงเป็นการเชื่อมระหว่างการรับรู้สิ่งเร้าและการตอบสนองต่อสิ่ง

เร้า (Conroy & Polich, 2007) สอดคล้องกับงานวิจัยของ เดชา วรรณพาหุล (2559) และ Polich and Kok (1995) ที่ได้กล่าวว่า ความกว้างของคลื่นสมองน้อยลง แสดงว่า มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเซลล์สมองเป็นตัวบ่งชี้ระยะเวลาในการประมวลผลข้อมูลการเรียนรู้ของสมองซึ่งใช้เวลาน้อยลง บุคคลผู้มีความกว้าง (Latency) น้อย มักแสดงถึงประสิทธิภาพพุทธิปัญญาระดับสูงและแสดงถึงระดับความตั้งใจ (Attention) ซึ่งความกว้าง P300 สัมพันธ์กับความเร็วของการคิดในใจของบุคคล

4. การเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นถือเป็นรูปแบบการเล่นที่ประยุกต์ทฤษฎีกระบวนการเรียนรู้ของสมองที่สามารถเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้ รูปการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์เป็นการเล่นที่ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมือกับสายตา (Eye-Hand coordination) และยังมีความสัมพันธ์กับอีกหลายส่วน เช่น ระบบการรับรู้ทางกาย (Sensorimotor systems) ระบบการมองเห็นทางสายตา (Visual systems) ระบบกล้ามเนื้อ (Vestibular systems) การรับรู้ (Perception) แขน (Arms) รวมไปถึงระบบความตั้งใจ (Attention) และความจำ (Memory) ดังนั้น การศึกษากิจกรรมการเคลื่อนไหวระหว่างการใช้สายตากับมือ การเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์เป็นขั้นตอนที่ประกอบไปด้วย การจดจำชุดลูกสีของหมากเก็บ ทิศทางการเคลื่อนไหว การกะระยะ จังหวะที่ควบคุมด้วยเสียงเคาะจังหวะ (Metronome) ที่ความเร็ว 65 BPM เป็นการประสานการทำงานร่วมกันทั้งระบบ การกระตุ้นสมองในขณะคิด (Working memory) การเรียกคืนความจำ เพื่อการวนซ้ำหรือสลับไปมาของลูกสีต่าง ๆ ของลูกหมากเก็บ บริเวณที่เกิดการกระตุ้นเกี่ยวกับลักษณะจำเพาะของวัตถุ ได้แก่ สีสัน ขนาดรูปร่าง ทิศทาง ระยะ เกิดขึ้นที่สมองส่วนบน (Parietal lobe) และส่วนขมับ (Temporal lobe) (Schneck, 2010)

การรับรู้โดยการเห็นภาพการเคลื่อนไหว ทำให้เกิดภาพในสมองสมบูรณ์แบบกว่าการเห็นวัตถุในแบบนิ่งและก่อให้เกิดการจัดทำมโนภาพของวัตถุอย่างแม่นยำมากกว่าการรับรู้ทางโครงสร้างของวัตถุเพียงด้านเดียวหรือเพียงสองมิติ ความสามารถในการจินตนาการการเคลื่อนไหวที่ดำเนินไป มโนภาพที่เกิดจากสิ่งเร้าเป็นส่วนประกอบสำคัญทำให้เกิดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Kosslyn et al., 2007; Christou et al., 2007) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jansen et al. (2009) ได้ศึกษาผลของการจั๊กกริ่งบอล (Juggling balls) ต่อความสามารถในการคิดหมุนภาพในใจ พบว่า กลุ่มทดลองผู้ฝึกเล่นกิจกรรมเป็นเวลา 3 เดือน สามารถสนองตอบกับเวลาได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม สรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวร่างกายมีผลต่อการเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และยังสอดคล้องกับ Bluchel, Lehmann, Kellner, and Jansen (2013) ได้ศึกษาผลของการฝึกกิจกรรมเคลื่อนไหวร่างกายของเด็กอายุระหว่าง 8-10 ปี จำนวน 46 คน กลุ่มทดลองได้ฝึกกิจกรรมเคลื่อนไหวร่างกาย วันละ 20 นาที และได้ทำการทดสอบการหมุนภาพในใจด้วยภาพเรขาคณิตสามมิติ ทั้งก่อนและหลังการฝึกกิจกรรม พบว่า เด็กที่ได้รับการฝึกกิจกรรมมีความสามารถในการหมุนภาพในใจ ครั้งหลังดีกว่า เช่นเดียวกับ Lutz (2014) ได้ทดลองกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายใช้โปรแกรมไลฟ์ คีเนติก (Life Kinetik) กับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทั้งสองกลุ่มได้ทดสอบการหมุนภาพในใจ ก่อนและหลังการเล่น พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการหมุนภาพในใจได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่า การฝึกการเคลื่อนไหวร่างกาย มีผลทำให้ความสามารถในการหมุนภาพในใจสูงขึ้น นอกจากนี้ งานวิจัยของ ปริญญา เรืองทิพย์ และเดชา วรรณพาหุล (2557) ที่ได้ศึกษาผลของการฝึกสมองด้วยเกมซูโดะกุต่อการเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโดยการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง พบว่า การฝึกสมองด้วยเกมซูโดะกุสามารถพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้ ซึ่งการฝึกแบบต่อเนื่องจะส่งผลให้เลือดไปเลี้ยงสมองในกลีบสมองส่วนท้ายทอย (Occipital lobe) ทำให้ความจำขณะคิด (Working memory) ดีขึ้น

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นผลมาจากปริมาณของข้อมูลที่เกิดขึ้นพร้อม ๆ กันกับหน่วยความจำ อาศัยกระบวนการทำงานของหน่วยความจำที่เกี่ยวกับตำแหน่งของวัตถุต่าง ๆ ซึ่งผลการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มตัวอย่างเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ จึงสามารถสรุปได้ว่า การเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์สามารถเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของเด็กประถมศึกษาตอนปลายได้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ครูผู้สอนหรือผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำรูปแบบการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาต่อไป

2. โรงเรียน สถานศึกษา หน่วยงานหรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนระดับประถมศึกษา สามารถนำรูปแบบการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ไปใช้เพื่อเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้

3. ผู้ปกครองหรือผู้สนใจสามารถนำรูปแบบการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์ไปฝึกเล่น ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ให้กับบุตรหลานในวัยประถมศึกษาตอนปลายได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

1. การวิจัยนี้ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย อายุระหว่าง 10-12 ปี ควรมีการศึกษาในประชากรกลุ่มอื่นที่มีอายุใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง เช่น นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ที่มีอายุระหว่าง 13-15 ปี หรือนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนต้น อายุระหว่าง 7-9 ปี เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของรูปแบบการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์

2. การวิจัยนี้ ใช้เวลาในการฝึก 15 วัน วันละ 40 นาที รวมเวลาที่ใช้ในการฝึก 600 นาที (10 ชั่วโมง) และวัดผลตัวแปรหลังการทดลอง เพียง 1 ครั้ง ดังนั้น ควรมีการออกแบบการวิจัยเพื่อวัดผลตัวแปรซ้ำ เพื่อทดสอบความคงทนของรูปแบบการเล่นหมากเก็บแบบประยุกต์

เอกสารอ้างอิง

เดชา วรรณพาหุล. (2559). การพัฒนาโปรแกรมฝึกบริหารสมองสำหรับเพิ่มความจำระยะสั้นในผู้สูงอายุ: การศึกษาศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์. *วารสารราชนครินทร์, 13*(30), 51-61.

ปริญญา เรืองทิพย์ และเดชา วรรณพาหุล. (2557). การพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการเล่นเกมซุโดกุ. *วารสารราชนครินทร์, 11*(25), 35-41.

มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม. (2561). *หมากเก็บ.* วันที่สืบค้นข้อมูล 7 มกราคม 2561. เข้าถึงได้จาก http://ich.culture.go.th/index.php/th/ich/folk-sports-games-and-martial-arts/261

Agam, Y., & Sekuler, R. (2007). Interactions between working memory and visual perception: An ERP/EEG study. *Neuroimage, 36*(3), 933-942.

Akarsu, S., Çaliskan, E., & Dane, Ş. (2009). Athletes have faster eye-hand visual reaction times and higher scores on visuospatial intelligence than non-athletes. *Turkish Journal of Medical Sciences, 39*(6), 871-874.

Alloway, T. P., Bibile, V., & Lau, G. (2013). Computerized working memory training: Can it lead to gains in cognitive skills in students? *Computers in Human Behavior, 29*(3), 632-638.

Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current Biology, 20*(4), 136-140.

Baddeley, A. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, *63*, 1-29.

Bird. C. M., & Burgess, N. (2008). The hippocampus and memory: Insights from spatial processing. *Nature Reviews Neuroscience, 9*, 182-194.

Blüchel, M., Lehmann, J., Kellner, J., & Jansen, P. (2013). The improvement in mental rotation performance in primary school-aged children after a two-week motor-training. *Educational Psychology, 33*(1), 75-86.

Christou, C., Pittalis, M., Mousoulides, N., Pitta, D., Jones, K., Sendova, E. & Boytchev, P. (2007). Developing an Active Learning Environment for the Learning of Stereometry. In *proceeding of the 8th International Conference on Technology in Mathematics Teaching (ICTMT8)*, Hradec Králové: University of Hradec Králové.

Cohen, C. A., & Hegarty, M. (2014). Visualizing cross sections: Training spatial thinking using interactive animations and virtual objects. *Learning and Individual Differences*, *33*, 63-71.

Conroy, M. A., & Polich, J. (2007). Affective valence and P300 when stimulus arousal level is controlled. *Cognition and Emotion*, *21*(4), 891-901.

Davis, C. L., Tomporowski, P. D., Mcdowell, J. E., Austin, B. P., Miller, P. H., Yanasak, N. E., Allison, J. D., Naglieri, J. A. (2011). Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: A randomized, controlled trial. Health Psychology: Official Journal of the Division of Health Psychology. *American Psychological Association, 30*, 91-98.

Edmonds, W, A., & Kennedy, T, D. (2017). *An Applied Reference Guide to Research Design: Quantitative, Quanlitative and Mixed Methods*. California: SAGE Publications.

Farber, D. A., & Sinitsyn, S. V. (2009). Functional organization of working memory in seven- to eight-year-old children. *Human Physiology*, *35*(2), 131-141.

Gerber, P., Schlaffke, L., Heba, S., Greenlee, M. W., Schultz, T., & Schmidt-Wilcke, T. (2014). Juggling revisited-A voxel–based morphometry study with expert jugglers. *Neuroimage, 95*, 320-325.

Jansen, P., Titze, C., & Heil, M. (2009). The influence of juggling on mental rotation performance. *International Journal of Sport Psychology, 40*, 351-359.

Kosslyn, S. M., Shephard, J. M., & Tomson, W. L. (2007). Spatial processing during mental image: A neurofunctional theory. In Mast, F. & Jancke, L. (Eds.), *Spatial Processing in Navigation, Imagery and Perception* (pp. 1-15). New York, USA: Springer.

Lutz, H. (2014). *Life Kinetik. Gehirntraining durch Bewegung*. München, Germany: BLV.

Neokleous, K. C., & Schizas, C. N. (2011). Computational modeling of visual selective attention. *Procedia Computer Science*, *7*, 244-245.

Neuburger, S., Jansen, P., Heil, M., & Quaiser-Pohl, C. (2011). Gender differences in pre-adolescents' mental-rotation performance: Do they depend on grade and stimulus type?. *Personality and Individual Differences*, *50*(8), 1238-1242.

Pietsch, S., Böttcher, C., & Jansen, P. (2017). Cognitive Motor Coordination Training Improves Mental Rotation Performance in Primary School-Aged Children. *Mind, Brain & Education, 11*(4), 176–180.

Polich, J., & Kok, A. (1995). Cognitive and biological determinants of P300: An integrative review. *Biological Psychology, 41*(2), 103-146.

Schneck, C. M. (2010). A frame of reference for visual perception. In Kramer, P. & Hipnojosa, J. (Eds.), *Frame of reference for pediatric occupational theory* (3rd ed., pp. 349-389). USA: Lippincott Williams & Wilkin.

Scholz, L., Klien, M. C., Behrens, T. E., Johansen-Berg, H. (2009). Training induces changes in white-matter architecture. *Nature Neuroscience, 12*, 1370-1371.

Seidler, R. D. (2010). Neural correlates of motor learning, transfer to learning, and learning to learn. *Exercise and Sport Science Reviews, 38*, 3-9.

Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science, 171*(3972), 701-703.

Sibley, B. A., Etnier, J. L. (2003). The relationship between physical activity and cognition in children: A meta-analysis. *Pediatric Exercise Science, 15*, 243-256.

Snodgrass, J. G., & Vanderwart, M. (1980). A standardized set of 260 pictures: Norms for name agreement, image agreement, familiarity, and visual complexity. *Journal of experimental psychology: Human Learning and Memory*, *6*(2), 174-215.

Rizzolatti, G., & Luppino, G. (2001). The cortical motor system. *Neuron*, *31*(6), 889-901.

Ung, P., & Kornpetpanee. S. (2560). Development of a Three-Dimensional Multiple-Moving Block Tracking Model (3D-MBTM) for Enhancing Spatial Ability in Early Adolescence. *Research Methodology and Cognitive Science, 15*(2), 12-24.

Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, *47*(2), 599-604.

Wheeler, M. E., & Treisman, A. M. (2002). Binding in short-term visual memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, *131*(1), 48-64.

Wintink, A. J., Segalowitz, S. J., & Cudmore, L. J. (2001). Task complexity and habituation effects on frontal P300 topography. *Brain and Cognition*, *46*(1-2), 307-311.