การพัฒนาแบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติ (3D-MBTM) สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของวัยรุ่นตอนต้น
Development of a Three-Dimensional Multiple-Moving Block Tracking Model (3D-MBTM) for Enhancing Spatial Ability in Early Adolescence

Poliny Ung [1*], Suchada Kornpetpanee [1]

[1] *Centre of Excellence in Cognitive Science,*
College of Research Methodology and Cognitive Science, Burapha University, Thailand

บทคัดย่อ

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นองค์ประกอบหนึ่งของสติปัญญามนุษย์ ที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตประจำวันของแต่ละบุคคล และมีความแตกต่างกันระหว่างบุคคล อีกทั้งยังเป็นความสามารถที่อาจพัฒนาให้ทัดเทียมกันได้โดยการฝึกฝน โดยเฉพาะการฝึกด้วยกิจกรรมผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติ (3D-MBTM) สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของวัยรุ่นตอนต้น และศึกษาผลของการฝึกด้วยแบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติที่พัฒนาขึ้น ด้วยการเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนแสนสุข ปีการศึกษา 2559 จำนวน 60 คน อาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย จัดเข้ากลุ่มโดยวิธีการสุ่ม (กลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 30 คน) กลุ่มทดลองได้รับการฝึกด้วยแบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติ ผ่านหน้าจอทีวี จำนวน 12 วัน วันละ 30 นาที ส่วนกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึก เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบ Paper folding & form board test, Card rotations test และ Mental rotations test สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ Descriptive statistics และ MANOVA

ผลการวิจัยปรากฏว่า แบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การแสดง การบ่งชี้สิ่งเป้าหมาย การเคลื่อนที่ การตอบ และการแสดงผล นอกจากนี้ผลการนำแบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติที่พัฒนาขึ้นไปใช้ พบว่า หลังการทดลองกลุ่มทดลองมีคะแนนมิติสัมพันธ์สูงกว่า และใช้เวลาตอบน้อยกว่า เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง และเทียบกับกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$) สรุปได้ว่า การฝึกด้วยแบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติอย่างต่อเนื่อง สามารถช่วยเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของวัยรุ่นตอนต้นได้

คำสำคัญ: ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์, การติดตามหลายวัตถุ, วัยรุ่นตอนต้น

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

ABSTRACT

The spatial ability is a component of human intelligence and is an essential skill for everyday life. However, the spatial ability is learned equally by training, especially computer training, although there are individual differences in this skill. This study aimed to develop a Three-Dimensional Multiple-Moving Block Tracking Model (3D-MBTM) for enhancing the spatial ability in the early adolescence, and to investigate the effect of the developed 3D-MBTM by comparing with the control group. Sixty lower secondary school students in the academic year 2016 from Saensuk High School took part in the study. They were randomly assigned into two groups (30-experimental and 30-control groups). The experimental group underwent the 3D-MBTM training through 3D-LED TV in half an hour per day for 12 days, whereas the control one did not have this experience. The paper folding & form board test, the card rotations test, and the mental rotations test were used to collect the data. Data were analyzed by descriptive statistics and MANOVA.

The results showed that the 3D-MBTM was consisted of five steps, that is presentation, indexation, movement, identification, and feedback. After using the 3D-MBTM with the early adolescent, the results demonstrated that the response accuracy scores on spatial ability test of the experimental group were significantly ($p<.05$) increased after training and increased more than the control group. The response time on spatial ability test of the experimental group were significantly decreased after training and decreased more than the control group. In conclusion, the continuous practice with the 3D-MBTM can enhance the spatial ability in early adolescence.

Keywords: spatial ability, multiple block tracking, early adolescence

ความนำ

การประเมินนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (PISA) ที่มุ่งเน้นทักษะที่ต้องใช้ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ การรู้เรื่องการอ่าน การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ปรากฏว่า ตลอดเวลา 15 ปีที่ผ่านมานักเรียนไทยกลุ่มอายุ 15 ปี มีผลการประเมินต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาตรฐานทุกครั้ง (OECD, 2016) นอกจากนี้การรายงานผลของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11 พ.ศ. 2555-2559 รายงานว่า เด็กวัยเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าร้อยละ 50 และมาตรฐานความสามารถของผู้เรียนในเรื่องการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และคิดสร้างสรรค์ค่อนข้างต่ำ (Office of the National Economic and Social Development Board, 2011)

ดังนั้น การส่งเสริมการเรียนรู้แบบบูรณาการการจัดการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ ที่เรียกว่า “สะเต็มศึกษา” (STEM Education) หรือการค้นคว้าและสร้างเป็นนวัตกรรมเพื่อส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์ ความสามารถทางสมองของเด็ก ถือว่าเป็นเรื่องจำเป็นอย่างยิ่ง (Vasquez, Sneider, & Comer, 2013)

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial ability) เป็นองค์ประกอบหนึ่งของสติปัญญามนุษย์ (General intelligence) เป็นความสามารถในการจินตนาการหรือนึกภาพของวัตถุต่าง ๆ Gardner (2011) นักจิตวิทยาการศึกษาด้านพัฒนาการพหุปัญญาของมนุษย์ ได้ให้นิยามความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไว้ว่า เป็นกระบวนการทำงานของสมองที่รับรู้ผ่านกระบวนการการมองเห็นถึง

ความเชื่อมโยงระหว่างวัตถุกับพื้นที่ที่วัตถุนั้นครองอยู่ โดยสามารถวาดภาพของวัตถุหรือความเชื่อมโยงให้เกิดขึ้นในสมองได้ และสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของวัตถุนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้อง

ในปี ค.ศ. 2010 สภาวิทยาศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Science Board: NSB) ได้เสนอให้เพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นรายชื่อทักษะที่สำคัญสำหรับส่งเสริมประสิทธิภาพและประสิทธิผลในสะเต็มศึกษา (NSB, 2010) และจากผลการศึกษาที่ผ่านมา มีผลงานวิจัยจำนวนมากที่สนับสนุนว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นปัจจัยที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหลาย ๆ ด้าน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Ganley, Vasilyeva, & Dulaney, 2014) วิศวกรรมศาสตร์ (Samsudin, Rafi, & Hanif, 2011) คณิตศาสตร์ (Zhang et al., 2014) และความคิดสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ใหม่ (Kell, Lubinski, Benbow, & Steiger, 2013) ดังนั้น หากเด็กได้รับการส่งเสริมความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ก็จะเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยให้มีพัฒนาการด้านกระบวนการการเรียนรู้ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ ทักษะด้านวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ตลอดชีวิต

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถของสมองที่มีพัฒนาการตั้งแต่แรกเกิด และมีความแตกต่างกันระหว่างบุคคล แต่ความสามารถด้านนี้สามารถพัฒนาให้ทัดเทียมกันได้โดยการฝึกฝน และกิจกรรมที่ส่งเสริมความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่เหมาะสำหรับการฝึกในกลุ่มวัยรุ่นตอนต้น เป็นกิจกรรมการฝึกผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ (Uttal et al., 2013) มีกิจกรรมผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์มากมายได้พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นสื่อในการส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ทางสมอง แต่กิจกรรมเหล่านี้ยังมีข้อจำกัด คือ การแสดงวัตถุในรูปแบบสองมิติ ซึ่งยังไม่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจถึงรูปทรงแบบสามมิติของวัตถุได้อย่างสมบูรณ์ เหมือนกับการรับรู้วัตถุในรูปแบบสามมิติ (Christou et al., 2007) นอกจากปัจจัยการแสดงวัตถุในรูปแบบสามมิติแล้ว Wright, Thompson, Ganis, Newcombe, and Kosslyn (2008) ได้เสนอว่ากิจกรรมการฝึกความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ครอบคลุมทุกองค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ควรเป็นกิจกรรมที่ต้องอาศัยกระบวนการทำงานของสมองเป็นฐาน

ทฤษฎีกระบวนการกำหนดภาพที่มองเห็นของ Phlyshyn (1972 cited in Pylyshyn & Storm, 1988) กล่าวถึงกระบวนการการเรียนรู้ของสมองโดยอธิบายว่า เมื่อระบบการมองเห็นได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าภายนอก กลไกการจำแนกหรือคัดเลือกลักษณะจำเพาะของสิ่งเร้าจะเกิดขึ้นเป็นอันดับแรก เพื่อที่จะจำแนกลักษณะจำเพาะออกจากพื้นหลัง และต่อด้วยกลไกการติดตามและกลไกการรักษาการติดตามลักษณะจำเพาะนั้น ๆ แม้จะมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของสิ่งเร้าก็ตาม ในปี ค.ศ. 1988 Pylyshyn and Storm ได้พัฒนาแบบจำลองการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุขึ้น เพื่อใช้เป็นเทคนิคในการทดสอบทฤษฎีกระบวนการกำหนดภาพที่มองเห็น ลักษณะของแบบจำลองการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การแสดง การบ่งชี้สิ่งเป้าหมาย การเคลื่อนที่ การกำหนดสิ่งเป้าหมาย และการแสดงผล (Pylyshyn, 2001)

แบบจำลองการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุเป็นเทคนิคที่ส่งเสริมกระบวนการการเรียนรู้ของสมองที่มีการยอมรับกันอย่างแพร่หลายตั้งแต่ปลายทศวรรษ 1980 จนถึงปัจจุบัน และมีงานวิจัยจำนวนมากที่สนับสนุนว่า แบบจำลองการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุนี้มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานของสมองด้านความสนใจ ความจำขณะคิด กระบวนการรับรู้ด้านการมองเห็น และกระบวนการสร้างจินตภาพ (Rehman, Kihara, Matsumoto, & Ohtsuka, 2015) จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ด้วยกิจกรรมผ่านหน้าจอทีวีแบบสามมิติ ที่อิงตามแบบจำลองการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ และใช้ตัวกระตุ้นเป็นบล็อกทรงลูกบาศก์ในรูปแบบสามมิติ โดยกำหนดชื่อกิจกรรมผ่านหน้าจอทีวีแบบสามมิตินี้ว่า แบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติ (Three-Dimensional Multiple-Moving Block Tracking Model: 3D-MBTM)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติ สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของวัยรุ่นตอนต้น

2. เพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยแบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติ ที่พัฒนาขึ้น สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ในประเด็นดังนี้

2.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนตอบถูก ในการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มทดลอง

2.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาตอบ ในการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มทดลอง

2.3 เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนตอบถูก ในการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

2.4 เปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาตอบ ในการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

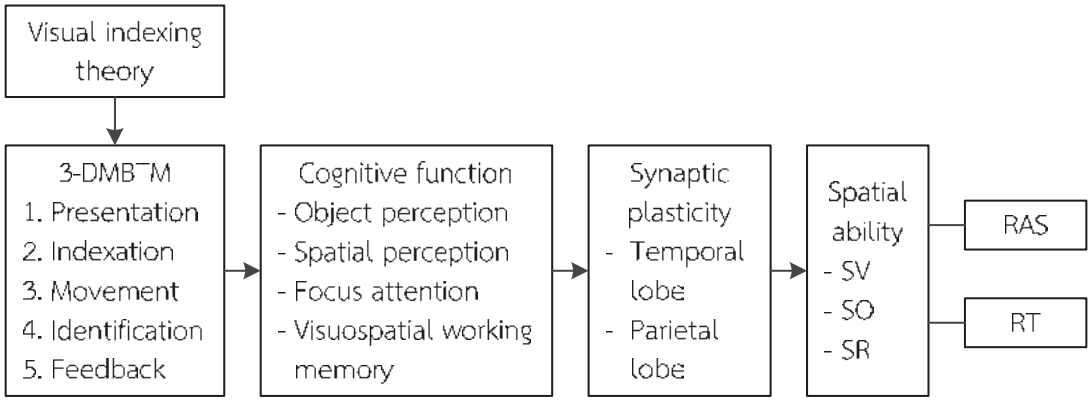
กรอบแนวคิดการวิจัย

ทฤษฎีกระบวนการกำหนดภาพที่มองเห็น (Visual indexing theory) (Pylyshyn & Storm, 1988) แสดงให้เห็นว่า เมื่อภาพของสิ่งเร้าหลายตัวปรากฏขึ้นในขอบเขตการมองเห็น ก็จะทำให้เกิดการกระตุ้นต่อระบบ การมองเห็น จากนั้นกระบวนการทำงานของสมองจะจำแนกลักษณะเหมือนและลักษณะต่างของสิ่งเร้า โดยยังคงติดตามและคงความสนใจจดจ่อกับลักษณะนั้น ๆ แม้สิ่งเร้าจะมีการปรับเปลี่ยนตำแหน่งหรือมีการเคลื่อนที่ในขอบเขตการมองเห็นก็ตาม และความสามารถในการติดตามสิ่งเร้านั้นขึ้นอยู่กับความสนใจเกี่ยวกับการมองเห็นมิติและความจำขณะคิด (Jahn, Wendt, Lotze, Papenmeier, & Huff, 2012) โดยอิงตามทฤษฎีกระบวนการกำหนดภาพที่มองเห็น แบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติ จึงพัฒนาขึ้นโดยมี 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การแสดง (Presentation) การบ่งชี้สิ่งเป้าหมาย (Indexation) การเคลื่อนที่ (Movement) การตอบ (Identification) และการแสดงผล (Feedback)

ทฤษฎีบูรณาการลักษณะของวัตถุ (Treisman, 2002) อธิบายว่า เมื่อมีการแสดงของสิ่งเร้าต่อระบบการมองเห็น กระบวนการเรียนรู้จากภาพจะแยกลักษณะของสิ่งเร้าเพื่ออธิบายลักษณะจำเพาะหรือความแตกต่างระหว่างสิ่งเร้า การรับรู้ลักษณะจำเพาะของวัตถุ (Object perception) ได้แก่ สี ขนาด รูปทรง จะกระตุ้นไปยังบริเวณของสมองส่วนขมับ (Temporal lobe) ส่วนการรับรู้เกี่ยวกับมิติสัมพันธ์ (Spatial perception) ได้แก่ ตำแหน่ง ทิศทาง ระยะ ความลึก และความสัมพันธ์ จะกระตุ้นไปยังบริเวณของสมองส่วนบน (Parietal lobe) (Schneck, 2010) เมื่อสิ่งเป้าหมายมีการเคลื่อนที่ในขอบเขตการมองเห็นพร้อมกับสิ่งอื่น ๆ ก็จะเกิดการกระตุ้นพร้อมกันต่อระบบการมองเห็น และกระบวนการสนใจจดจ่อ (Focus attention) กับสิ่งเป้าหมายก็จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง พร้อมกับกระบวนการยับยั้งที่จะสนใจจดจ่อกับสิ่งอื่น (Pylyshyn & Storm, 1988) เพื่อเชื่อมโยงกับระบบความจำ โดยเฉพาะความจำภาพขณะคิด (Visuospatial working memory) ซึ่งมีหน้าที่สร้างและจัดการกับมโนภาพของวัตถุ โดยการจัดเรียงลำดับความซับซ้อนของมโนภาพนั้น ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ (Cohen & Hegarty, 2014) การสนใจจดจ่อกับสิ่งเป้าหมายและความสามารถในการจัดเก็บรักษามโนภาพของสิ่งเร้าในระบบความจำเป็นส่วนประกอบที่ก่อให้เกิดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เนื่องจากความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถที่ต้องอาศัยกระบวนการทำงานของหน่วยความจำเกี่ยวกับตำแหน่งและรูปทรงของสิ่งเร้า (Kosslyn, Shephard, & Thompson, 2007) นอกจากนี้ ตามมุมมองของทฤษฎีความยืดหยุ่นของระบบประสาท หากสมองได้รับการฝึกด้วยแบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติ สมองจะมีการสร้างโครงข่ายประสาทให้มีการเชื่อมต่อกันมากขึ้นอย่างอัตโนมัติ โดยเฉพาะบริเวณสมองส่วนที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เช่น สมองส่วนบนและสมองส่วนขมับ เพื่อปรับตัวให้เข้ากับกิจกรรมที่เชื่อมกันของแบบจำลอง (Penphu & Kornpetpanee, 2017; Ptito, Kupers, Lomber, &

Pietrini, 2012)

การวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ได้จำแนกองค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองเห็น (Spatial Visualization: SV) มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial Orientation: SO) และมิติสัมพันธ์เชิงความสัมพันธ์ (Spatial Relation: SR) (Ung, Ngowtrakul, Chotpradit, & Thavornwong, 2016) แต่ละองค์ประกอบประเมินได้จากคะแนนตอบถูก (Response Accuracy Score: RAS) และเวลาตอบ (Response Time: RT) ในการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ สามารถกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. แบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติ เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบ 3D จำลอง (3D Simulation) ที่สามารถดำเนินการบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ โดยกิจกรรมในแบบจำลองประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การแสดง การบ่งชี้สิ่งเป้าหมาย การเคลื่อนที่ การตอบ และการแสดงผล และแบ่งเป็น 3 ระดับความยาก แต่ละระดับความยากประกอบด้วย 10 กิจกรรม รวมเป็น 30 กิจกรรม

2. ผลของการฝึกด้วยแบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติที่พัฒนาขึ้น สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เป็นดังนี้

2.1 กลุ่มทดลองมีคะแนนตอบถูก ในการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ หลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลอง

2.2 กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบในการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ หลังการทดลอง น้อยกว่าก่อนการทดลอง

2.3 กลุ่มทดลองมีคะแนนตอบถูก ในการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ หลังการทดลองมากกว่ากลุ่มควบคุม

2.4 กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบในการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ หลังการทดลอง น้อยกว่ากลุ่มควบคุม

วิธีดำเนินการวิจัย

ระยะที่ 1 แบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติ พัฒนาขึ้นบนโปรแกรมสำเร็จรูป Unity personal edition version 5.3.2 และอิงตามทฤษฎีกระบวนการกำหนดภาพที่มองเห็น โดยกำหนดตัวกระตุ้นที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมของแบบจำลองฯ มีลักษณะเป็นบล็อกทรงลูกบาศก์แบบสามมิติ การตรวจสอบคุณภาพของแบบจำลองฯ ได้ดำเนินการตรวจสอบความเหมาะสมด้านเนื้อหาและด้านลำดับขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองฯ โดยผู้ทรงคุณวุฒิและตรวจสอบความเสถียรของแบบจำลองฯ โดยการนำแบบจำลองฯ ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และสังเกตข้อ

ผิดพลาดต่าง ๆ ที่เกิดจาก Syntax Error, Run-Time Error หรือ Logical Error พร้อมกับการสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้งานแบบจำลองฯ

ระยะที่ 2 การศึกษาผลของการฝึกด้วยแบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติสำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของวัยรุ่นตอนต้น เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized pretest-posttest control-group design (Christensen, John, & Turner, 2015) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ประจำปีการศึกษา 2559 จำนวน 60 คน ซึ่งเป็นอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัยที่ได้รับการอนุญาตจากผู้ปกครอง จัดกลุ่มอาสาสมัครเข้ากลุ่มด้วยวิธีการสุ่ม ได้กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยแบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติ จำนวน 30 คน (เพศชาย 13 คน และเพศหญิง 17 คน) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึกด้วยแบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติ จำนวน 30 คน (เพศชาย 14 คน และเพศหญิง 16 คน)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) เครื่องมือที่ใช้คัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย ประกอบด้วย แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล แบบคัดกรองภาวะซึมเศร้า (CES-D) แบบประเมินความถนัดในการใช้มือ (Edinburgh handedness inventory) แผ่นวัดระดับการมองเห็นในระยะใกล้ (Near chart) แผ่นทดสอบตาบอดสี (Test of colour deficiency) และแบบทดสอบ Test of Nonverbal Intelligence, Fourty Edition (TONI-4) 2) เครื่องมือที่ใช้ทดลอง ประกอบด้วย แบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติที่พัฒนาขึ้นในระยะที่ 1 มีลักษณะเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แบบ 3D จำลอง ที่สามารถดำเนินการบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ โดยเชื่อมต่อกับจอทีวีแบบสามมิติขนาด 32 นิ้ว พร้อมกับแว่นตาสามมิติ และ 3) เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรตาม ประกอบด้วยแบบทดสอบ Paper Folding & Form Board Test (PFT & FBT) มีค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงแบบ KR-20 เท่ากับ .75 ใช้เพื่อทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เชิงการมองเห็น แบบทดสอบ Card Rotations Test (CRT) มีค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงแบบ KR-20 เท่ากับ .86 ใช้เพื่อทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง และแบบทดสอบ Mental Rotations Test (MRT) มีค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงแบบ KR-20 เท่ากับ .90 ใช้เพื่อทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เชิงความสัมพันธ์

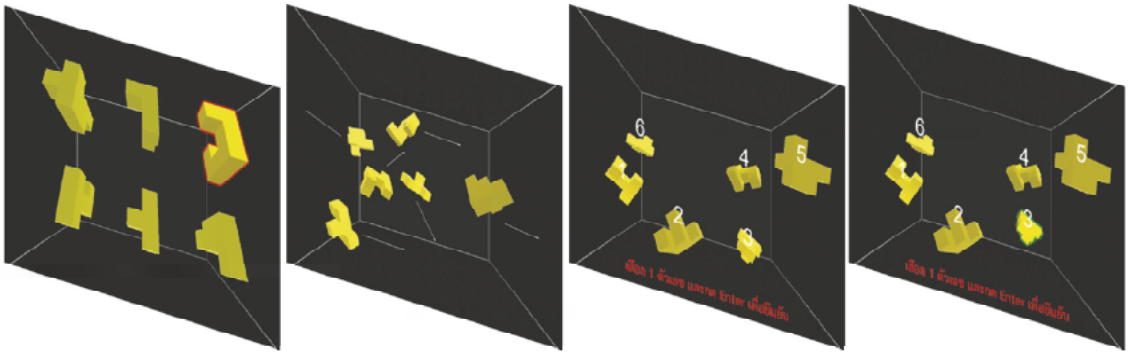
การเก็บรวบรวมข้อมูล

หลังจากได้การรับรองการพิจารณาจริยธรรมในการทำวิจัย จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนของวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา (หนังสือเลขที่ 007/2559) และได้รับอนุญาตจากผู้อำนวยการโรงเรียนแสนสุข ให้นำนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ดำเนินการรับนักเรียนอาสาสมัครและคัดกรองนักเรียนอาสาสมัครที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จากนั้นดำเนินการทดลองตามตารางนัดหมายกับนักเรียน

การวัดก่อนการทดลองดำเนินการวัดตัวแปรที่ศึกษากับกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม (กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม) ที่ห้องปฏิบัติการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา ที่วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา จากนั้นกลุ่มทดลองฝึกด้วยแบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติเป็นเวลา 12 วัน วันละ 30 นาที ที่โรงเรียนแสนสุข ในช่วงนอกเวลาเรียน ส่วนกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกด้วยแบบจำลอง ในการฝึกแต่ละครั้งกำหนดให้นักเรียนนั่งบนเก้าอี้ตรงหน้าจอ โดยกำหนดให้ดวงตาของนักเรียนอยู่ในระนาบเดียวกันกับจุดศูนย์กลางของจอทีวี และห่างจากจอ 120 เซนติเมตร และต้องฝึกให้ครบทั้ง 30 กิจกรรมในแบบจำลอง หลังจากกลุ่มทดลองได้รับการฝึกด้วยแบบจำลองครบตามจำนวนครั้งที่กำหนด ดำเนินการวัดผลของตัวแปรตามอีกครั้งกับกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม (วัดหลังการทดลอง) ที่ห้องปฏิบัติการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา และจัดเก็บรวบรวมคะแนนตอบถูกและเวลาปฏิกิริยา เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

ผลการวิจัย

1. แบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติ สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของวัยรุ่นตอนต้น ออกแบบเป็นกิจกรรมผ่านหน้าจอทีวีแบบสามมิติ ที่มีลักษณะเป็น 3D จำลอง ซึ่งโครงสร้างของแต่ละกิจกรรมในแบบจำลองฯ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การแสดง การบ่งชี้สิ่งเป้าหมาย การเคลื่อนที่ การตอบ และการแสดงผล (ภาพที่ 2) กิจกรรมในแบบจำลองฯ ประกอบด้วย 3 ระดับความยาก แต่ละระดับความยากมี 10 กิจกรรม รวมเป็น 30 กิจกรรม ความยากระดับ 1 มีบล็อกทรงลูกบาศก์แสดงจำนวน 6 ตัว กำหนดให้เป็นบล็อกเป้าหมาย จำนวน 1 ตัว และบล็อกไม่ใช่เป้าหมาย จำนวน 5 ตัว ความยากระดับ 2 มีบล็อกทรงลูกบาศก์แสดงจำนวน 6 ตัว กำหนดให้เป็นบล็อกเป้าหมาย จำนวน 2 ตัว และบล็อกไม่ใช่เป้าหมาย จำนวน 4 ตัว และความยากระดับ 3 มีบล็อกทรงลูกบาศก์แสดงจำนวน 6 ตัว กำหนดให้เป็นบล็อกเป้าหมาย จำนวน 3 ตัว และบล็อกไม่ใช่เป้าหมาย จำนวน 3 ตัว

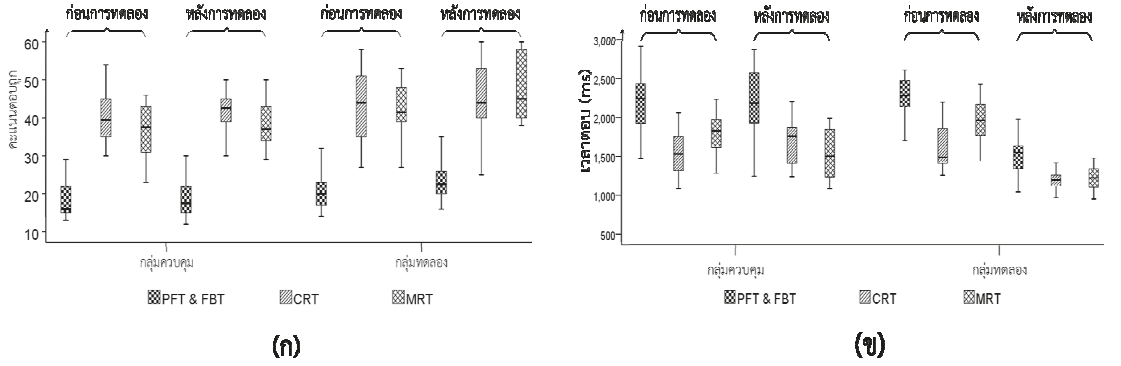


หมายเหตุ: t = time, s = second

ภาพที่ 2 ขั้นตอนในแต่ละกิจกรรมของแบบจำลองฯ

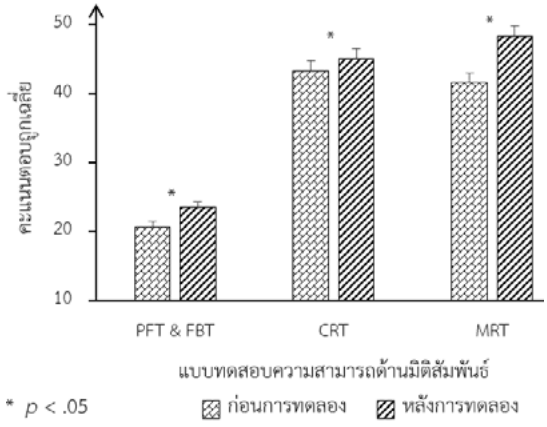
ผลการประเมินแบบจำลองฯ สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของวัยรุ่นตอนต้น โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในประเด็นความตรงเชิงเนื้อหา ได้ค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (CVI) เท่ากับ .87 และในประเด็นความเหมาะสมในการนำไปใช้ มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด (Mean = 4.51) ส่วนการประเมินด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีความพึงพอใจในระดับมาก (Mean = 4.11)

2. การกระจายของข้อมูลคะแนนตอบถูกและเวลาตอบ ในการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ทั้งสามประเภท ได้แก่ PFT & FBT, CRT และ MRT ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ปรากฏว่า หลังการทดลองกลุ่มทดลองมีคะแนนตอบถูกสูงขึ้น (ภาพที่ 3 ก) ส่วนเวลาตอบลดลง (ภาพที่ 3 ข) สามารถสรุปเป็นแผนภาพกล่องดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภาพกล่องแสดงการกระจายของข้อมูลคะแนนตอบถูกและเวลาตอบ ระหว่างก่อนกับหลังการทดลอง

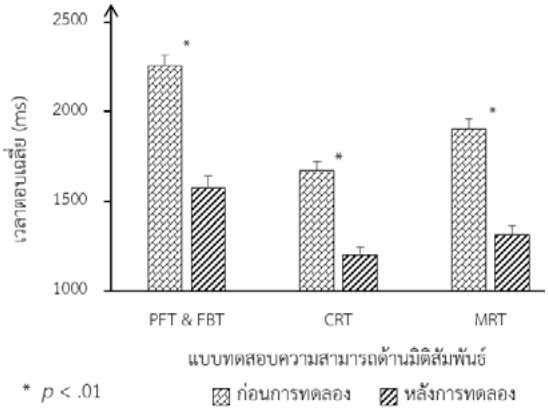
2.1 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนตอบถูก ในการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มทดลอง ด้วยสถิติ Wilks' Lambda ปรากฏว่า สถิติทดสอบ $F_{\text{Wilks' Lambda}}$ = 15.48 (p<.01) แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนตอบถูก ในการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีขนาดอิทธิพลของความแตกต่างในระดับปานกลาง (Eta square = .63) เมื่อพิจารณาโดยจำแนกตามแบบทดสอบได้แก่ แบบทดสอบ PFT & FBT, CRT และ MRT ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนตอบถูกจากแต่ละแบบทดสอบ ระหว่างก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มทดลอง ได้ค่าสถิติ F เท่ากับ 22.97 (p<.01), 5.69 (p<.05) และ 26.49 (p<.01) ตามลำดับ ชี้ให้เห็นว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนตอบถูกจากแต่ละแบบทดสอบ หลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2.1 ดังกราฟแท่งในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กราฟแท่งแสดงความแตกต่างของคะแนนตอบถูกเฉลี่ย ระหว่างก่อนกับหลังการทดลองในกลุ่มทดลอง

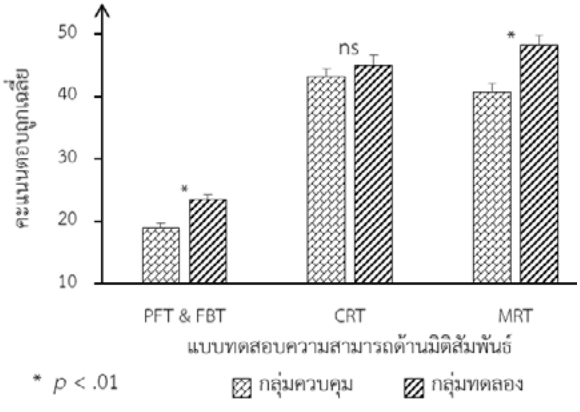
2.2 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาตอบในการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มทดลอง ด้วยสถิติ Wilks' Lambda ปรากฏว่า สถิติทดสอบ $F_{\text{Wilks' Lambda}}$ = 94.95 (p<.01) แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบขณะทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีขนาดอิทธิพลของความแตกต่างในระดับสูง (Eta square = .91) เมื่อพิจารณาโดยจำแนกตามแบบทดสอบ ได้แก่ แบบทดสอบ PFT & FBT, CRT และ MRT

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาตอบในแต่ละแบบทดสอบ ระหว่างก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มทดลอง ได้ค่าสถิติ *F* เท่ากับ 180.35 ($p<.01$), 62.80 ($p<.01$) และ 47.01 ($p<.01$) ตามลำดับ ชี้ให้เห็นว่า กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบในแต่ละแบบทดสอบ หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2.2 ดังกราฟแท่งในภาพที่ 5



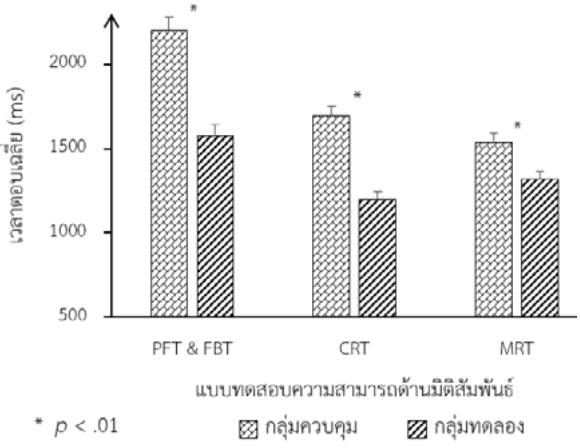
ภาพที่ 5 กราฟแท่งแสดงความแตกต่างของเวลาตอบเฉลี่ย ระหว่างก่อนกับหลังการทดลองในกลุ่มทดลอง

2.3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนตอบถูกในการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติ Wilks' Lambda ปรากฏว่า สถิติทดสอบ $F_{\text{Wilks' Lambda}} = 7.82$ ($p<.01$) แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนตอบถูก ในการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ หลังการทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีขนาดอิทธิพลของความแตกต่างในระดับปานกลาง (Eta square = .30) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2.3 เมื่อพิจารณาโดยจำแนกตามแบบทดสอบได้แก่ แบบทดสอบ PFT & FBT, CRT และ MRT ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนตอบถูกจากแต่ละแบบทดสอบหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ได้ค่าสถิติ *F* เท่ากับ 15.27 ($p<.01$), 0.75 ($p=.39$) และ 13.90 ($p<.01$) ตามลำดับ แสดงว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนตอบถูกจากแบบทดสอบ PFT & FBT และ MRT หลังการทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนคะแนนตอบถูกจากแบบทดสอบ CRT หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกัน ($p\geq.05$) ดังกราฟแท่งในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟแท่งแสดงความแตกต่างของคะแนนตอบถูกเฉลี่ยหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

2.4 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาตอบในการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติ Wilks' Lambda ปรากฏว่า สถิติทดสอบ $F_{\text{Wilks' Lambda}} = 27.67$ ($p<.01$) แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบในการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ หลังการทดลองน้อยกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีขนาดอิทธิพลของความแตกต่างในระดับปานกลาง (Eta square = .60) เมื่อพิจารณาโดยจำแนกตามแบบทดสอบ ได้แก่ แบบทดสอบ PFT & FBT, CRT และ MRT ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาตอบในแต่ละแบบทดสอบหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ได้ค่าสถิติ F เท่ากับ 38.06 ($p<.01$), 50.29 ($p<.01$) และ 8.78 ($p<.01$) ตามลำดับ แสดงว่า กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบในแต่ละแบบทดสอบหลังการทดลองน้อยกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2.4 ดังกราฟแท่งในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กราฟแท่งแสดงความแตกต่างของเวลาตอบเฉลี่ยหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

การอภิปรายผล

แบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติ สามารถนำไปใช้เป็นทางเลือกสำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้ เนื่องจากแบบจำลองฯ นี้ พัฒนาขึ้นตามทฤษฎีกระบวนการกำหนดภาพที่มองเห็น (Pylyshyn & Storm, 1988) โดยกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นในแบบจำลองฯ ประกอบด้วย 1) การแสดง เป็นขั้นตอนที่แสดงตัวกระตุ้นต่อระบบการมอง 2) การบ่งชี้สิ่งเป้าหมาย เป็นขั้นตอนที่ บ่งบอกว่าตัวกระตุ้นใดเป็นเป้าหมายที่ต้องติดตาม 3) การเคลื่อนที่ เป็นขั้นตอนที่สร้างการรบกวนต่อกระบวนการติดตาม โดยตัวกระตุ้นทุกตัวจะเคลื่อนที่ตามแนวเส้นตรง 4) การตอบ เป็นขั้นตอนที่ต้องระบุว่าตัวกระตุ้นใดเป็นตัวเป้าหมายหลังจากมีการรบกวนด้วยการเคลื่อนที่ และ 5) การแสดงผล เป็นขั้นตอนแสดงผลคำตอบถูกเพื่อให้สมองรับรู้ว่าการระบุตัวกระตุ้นเป้าหมายนั้น ระบุถูกหรือผิด ซึ่งเป็นไปตามแนวคิดการพัฒนากิจกรรมส่งเสริมความสามารถทางสมอง ที่ควรมีลักษณะเป็นกิจกรรมที่ต้องอาศัยทฤษฎีเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของสมอง (Wright et al., 2008) นอกจากการสังเคราะห์องค์ความรู้ แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการส่งเสริมความสามารถด้านมิติสัมพันธ์แล้ว การพัฒนาแบบจำลองฯ ได้ผ่านกระบวนการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมในการนำไปใช้จากผู้เชี่ยวชาญและการประเมินความพึงพอใจในการใช้แบบจำลองฯ จากผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นไปตามแนวคิดของ Joyce, Weil, and Calhoun (2009) ที่ให้ความเห็นว่า การพัฒนากิจกรรมใด ๆ เพื่อช่วยส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ของสมอง ต้องมีการวิจัยเพื่อทดสอบทฤษฎี ตรวจสอบความเหมาะสมและนำข้อค้นพบมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้อย่างแพร่หลาย

การเปลี่ยนแปลงของคะแนนตอบถูกและเวลาตอบของกลุ่มทดลอง ในการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในทางที่ดีขึ้น เป็นผลมาจากการฝึกด้วยแบบจำลองฯ อย่างต่อเนื่อง ซึ่งการฝึกด้วยแบบจำลองฯ เป็นการกระตุ้นให้ผู้ที่ได้รับการฝึก เกิดกระบวนการใส่ใจและจดจำรูปทรงแบบหลากหลายของตัวกระตุ้น เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกตัวเลือกคำตอบที่ถูกต้อง Kornkasem and Black (2015) กล่าวว่า การตั้งใจที่จะลงรหัสข้อมูลจากการรับรู้ภาพของสิ่งเร้าภายนอก ส่งผลต่อระบบความจำขณะคิด และเกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงและเปรียบเทียบมโนภาพนั้น ๆ กับมโนภาพที่มีอยู่ในระบบความจำเพื่อสร้างเป็นประสบการณ์ใหม่ นอกจากนี้ ตัวกระตุ้นที่ใช้ในแบบจำลองฯ ยังมีลักษณะเป็น 3D จำลอง ซึ่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้ผู้ที่ได้รับการฝึกด้วยแบบจำลองฯ เกิดความเข้าใจถึงรูปทรงของวัตถุที่มีลักษณะซับซ้อนได้ทุกด้านอย่างสมบูรณ์และดีกว่าการเห็นภาพแบบสองมิติ และส่งผลให้เกิดกระบวนการสร้างภาพในสมองได้อย่างดีก่อนที่จะนำภาพนั้น ๆ ไปจัดกระทำหรือแก้ปัญหาได้อย่างแม่นยำมากขึ้น (Neubauer, Bergner, & Schatz, 2010) นอกเหนือจากนี้ การแสดงตัวกระตุ้นในรูปแบบ 3D จำลอง เป็นกิจกรรมที่ทำให้เกิดการส่งผ่านข้อมูลไปยังความจำขณะคิดได้เป็นอย่างดี (Alloway, Bibile, & Lau, 2013) โดยก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการรับรู้โครงสร้างของสิ่งเร้า และการตั้งใจที่จะลงรหัสข้อมูลของสิ่งเร้าในระบบความจำขณะคิด ซึ่งมีหน้าที่สร้างและจัดการกับมโนภาพของวัตถุ โดยการจัดเรียงลำดับความซับซ้อนของมโนภาพนั้น ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ (Cohen & Hegarty, 2014)

แบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติ เป็นแบบจำลองที่ใช้สิ่งกระตุ้นเป็นวัตถุทรงเหลี่ยมที่มีรูปทรงแตกต่างกันในกิจกรรมกระตุ้น ซึ่งส่งผลต่อกระบวนทำงานของสมองในส่วนความใส่ใจและความจำให้เกิดการกระตุ้นมากกว่าการใช้วัตถุทรงเดียวกัน เนื่องจากการติดตามวัตถุทรงเดียวกัน กลุ่มตัวอย่าง จะไม่เกิดประสบการณ์การจดจำรูปทรงของวัตถุ โดยกลุ่มตัวอย่างใช้เพียงกระบวนการสนใจและติดตามวัตถุนั้น ๆ เมื่อวัตถุมีการเปลี่ยนตำแหน่งจากตำแหน่งเดิม จากการสังเกตและสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการฝึกด้วยแบบจำลองฯ พบว่าขณะฝึกด้วยแบบจำลองฯ กลุ่มตัวอย่างเกิดประสบการณ์ในการจดจำรูปทรงของวัตถุด้วยการสร้างจินตนาการการเปรียบเทียบรูปทรงของวัตถุนั้น กับรูปทรงของวัตถุหรือสิ่งของที่กลุ่มตัวอย่างแต่ละคนคุ้นเคย

อย่างไรก็ตาม กิจกรรมในแบบจำลองฯ ทั้ง 5 ขั้นตอน เป็นเพียงกิจกรรมที่ทำให้เกิดกระบวนการติดตามวัตถุและประสบการณ์การจดจ่อและจดจำสิ่งเป้าหมาย เมื่อมีการรบกวนด้วยการเคลื่อนที่ แต่ยังไม่ได้เพิ่มกระบวนการจดจ่อด้วยกิจกรรมการเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อมีการตอบถูก นอกจากนี้ผลของการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนตอบถูก ในการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยแบบทดสอบ CRT มีคะแนนตอบถูกไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มที่กลุ่มทดลองจะมีคะแนนตอบถูกสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งอาจเกิดมาจากระยะเวลาในการฝึกด้วยแบบจำลองฯ สำหรับกลุ่มทดลองยังไม่เพียงพอ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

1. การศึกษานี้เป็นการศึกษาเฉพาะในกลุ่มตัวอย่างวัยรุ่นตอนต้น และถนัดมือขวา ควรมีการศึกษาผลของแบบจำลองฯ ในประชากรกลุ่มอื่น ๆ หรือกลุ่มที่มีความบกพร่องทางสมอง เพื่อเป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองฯ

2. การวิจัยนี้ กลุ่มทดลองใช้เวลาในการฝึกรวมทั้งสิ้น 12 วัน วันละ 30 นาที และมีการวัดตัวแปรที่ศึกษา 1 ครั้ง หลังการทดลองเสร็จสิ้นเท่านั้น ดังนั้น การออกแบบการวิจัยครั้งต่อไป ควรเพิ่มระยะเวลาในการวัดตัวแปร ที่ศึกษาแบบวัดซ้ำ เพื่อดูความคงอยู่ของประสิทธิภาพการทำงานของสมองด้านมิติสัมพันธ์ เพื่อนำผลมาปรับใช้ในการปฏิบัติงานจริงได้อย่างเหมาะสม

3. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการบูรณาการกิจกรรมการเพิ่มความเร็วในแบบจำลองฯ เพื่อกระตุ้นต่อกระบวนการใส่ใจและจดจ่อให้มากยิ่งขึ้น

4. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองฯ กับโปรแกรมอื่น เช่น Neurotracker เป็นต้น (Tanudtanusilp, Kornpetpanee, & Ruangtip, 2017)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษา จากวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญามหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีงบประมาณ 2560

เอกสารอ้างอิง

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.

Christensen, L. B., John, R. B., & Turner, L. A. (2015). *Research method, design, and anlysis* (12th ed.). London: Pearson Education.

Christou, C., Jones, K., Pitta-Pantazi, D., Pittalis, M., Mousoulides, N., Matos, J. F., et al. (2007, February 22-26). Developing student spatial ability with 3D software applications. In *5th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*. Larnaca, Cyprus.

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.

Ganley, C. M., Vasilyeva, M., & Dulaney, A. (2014). Spatial ability mediates the gender difference in middle school students' science performance. *Child Development, 85*(4), 1419-1432.

Gardner, H. (2011). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences* (3rd ed.). New York: BasicBooks.

Jahn, G., Wendt, J., Lotze, M., Papenmeier, F., & Huff, M. (2012). Brain activation during spatial updating and attentive tracking of moving targets. *Brain and Cognition, 78*(2), 105-113.

Joyce, B., Weil, M., & Calhoun, E. (2009). *Models of teaching* (8th ed.). Boston: Pearson Education.

Kell, H. J., Lubinski, D., Benbow, C. P., & Steiger, J. H. (2013). Creativity and technical innovation: Spatial ability's unique role. *Psychological Science, 24*(9), 1831-1836.

Kornkasem, S., & Black, J. B. (2015). Formation of spatial thinking skills through different training methods. *Cognitive Processing, 16*(1), 281-285.

Kosslyn, S. M., Shephard, J. M., & Thompson, W. L. (2007). Spatial processing during mental imagery: A neurofunctional theory. In Mast, F. & Jancke, L. (Eds.), *Spatial processing in navigation, imagery and perception* (pp. 1-15). New York: Springer.

National Science Board [NSB]. (2010). *Preparing the next generation of stem innovators: Identifying and developing our nation's human capital*. Virginia: National Science Foundation.

Neubauer, A. C., Bergner, S., & Schatz, M. (2010). Two- vs. Three-dimensional presentation of mental rotation tasks: Sex differences and effects of training on performance and brain activation. *Intelligence, 38*(5), 529-539.

OECD. (2016). *Pisa 2015 results in focus*. Paris: OECD.

Office of the National Economic and Social Development Board. (2011). The eleventh national economic and social development plan (2012-2016). Bangkok, Thailand: National Economic and Social Development Board, Office of the Prime Minister.

Penphu, W., & Kornpetpanee, S. (2017). Enhancing the visual perception ability of motorcycle taxi riders using 3D motion object tracking training program. *Research Methodology & Cognitive Science, 15*(1), 54-64.

Ptito, M., Kupers, R., Lomber, S., & Pietrini, P. (2012). Sensory deprivation and brain plasticity. *Neural Plasticity, 2012.*

Pylyshyn, Z. W. (2001). Visual indexes, preconceptual objects, and situated vision. *Cognition, 80*(1-2), 127-158.

Pylyshyn, Z. W., & Storm, R. W. (1988). Tracking multiple independent targets: Evidence for a parallel tracking mechanism. *Spatial Vision, 3*(3), 179-197.

Rehman, U. A., Kihara, K., Matsumoto, A., & Ohtsuka, S. (2015). Attentive tracking of moving objects in real 3D space. *Vision Research, 109*, 1-10.

Samsudin, K., Rafi, A., & Hanif, A. S. (2011). Training in mental rotation and spatial visualization and its impact on orthographic drawing performance. *Educational Technology & Society, 14*(1), 179–186.

Schneck, C. M. (2010). A frame of reference for visual perception. In Kramer, P. & Hinojosa, J. (Eds.), *Frames of reference for pediatric occupational therapy* (3rd ed., pp. 349-389). Hong Kong, China: Lippincott Williams & Wilkins.

Tanudtanusilp, P., Kornpetpanee, S., & Ruangtip, P. (2017). Increasing spatial recognition ability using three dimensional multiple object tracking (3D-MOT) task for upper secondary school students: An electroencephalogram study. *Research Methodology & Cognitive Science, 15*(1), 73-92.

Treisman, A. (2002). Features and objects in visusal processing. In Levitin, D. J. (Ed.), *Foundations of cognitive psychology: Core readings* (pp. 399-413). Massachusetts: MIT.

Ung, P., Ngowtrakul, B, Chotpradit, R., & Thavornwong, N. (2016). Spatial ability test for upper-elementary school student: Confirmatory factor and normative data analysis. *Journal of the Association of Researchers, 21*(2), 48-57.

Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., et al. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin, 139*(2), 352-402.

Vasquez, J. A., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *Stem lesson essentials: Integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Portsmouth, New Hampshire: Heinemann.

Wright, R., Thompson, W. L., Ganis, G., Newcombe, N. S., & Kosslyn, S. M. (2008). Training generalized spatial skills. *Psychonomic Bulletin & Review, 15*(4), 763-771.

Zhang, X., Koponen, T., Rasanen, P., Aunola, K., Lerkkanen, M. K., & Nurmi, J. E. (2014). Linguistic and spatial skills predict early arithmetic development via counting sequence knowledge. *Child Development, 85*(3), 1091-1107.