

การพัฒนาโปรแกรมจีโอแอสแจมสำหรับเพิ่มความสามารถ
ด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของวัยเด็กตอนต้น*
DEVELOPMENT GEONS JAM PROGRAM FOR INCREASING SPATIAL
AND MATHEMATICAL ABILITIES AMONG EARLY CHILDHOOD

สุมาลี สมนึก

Sumalee Somnuk

ปริญญา เรืองทิพย์

Parinya Ruangtip

ปรัชญา แก้วแก่น

Pratchaya Kaewkaen

มหาวิทยาลัยบูรพา

Burapha University, Thailand

E-mail: sumalee_somnuk@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาโปรแกรมจีโอแอสแจมสำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของวัยเด็กตอนต้น 2) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 3) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางคณิตศาสตร์กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น กับกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยเกมนัมเบอร์เรส และกลุ่มควบคุม ที่ไม่ได้ฝึก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประถมศึกษา อายุระหว่าง 6-8 ปี จำนวน 90 คน แบ่งเป็น กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโอแอสแจม จำนวน 30 คน กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยเกมนัมเบอร์เรส จำนวน 30 คน และ กลุ่มควบคุม จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย โปรแกรมจีโอแอสแจม เกมนัมเบอร์เรส แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ได้ค่าความเที่ยง (Cronbach's alpha coefficient) เท่ากับ .83 แบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ ได้ค่าความเที่ยง (Cronbach's alpha coefficient) เท่ากับ .80 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา สถิติทดสอบที (t-test) ด้วยวิธีการทดสอบ Paired-Sample t Test และสถิติทดสอบเอฟ (F-test) ด้วยวิธีการทดสอบ One way MANNOVA

* Received 7 June 2019; Revised 17 October 2019; Accepted 22 October 2019



ผลการวิจัยพบว่า

โปรแกรมจีโออนส์แจมมีความเหมาะสมในการนำไปใช้สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโออนส์แจม หลังการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หลังการทดลองปรากฏว่า กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโออนส์แจม มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงกว่ากลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยเกมนับเบอร์เรส และกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางคณิตศาสตร์เรื่องเส้นจำนวนภายในจิตแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: โปรแกรมจีโออนส์แจม, เกมนับเบอร์เรส, ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์, ความสามารถทางคณิตศาสตร์, เส้นจำนวนภายในจิต

Abstract

The objectives of this research are to: 1) develop the Geons Jam program for increasing Spatial and Mathematical Abilities of early childhood 2) compare the average score of Spatial and Mathematical Abilities of the experimental group trained with the program developed during before and after the experiment 3) compare of the average score of Spatial and Mathematical Abilities of the experimental group trained with the developed program and the experimental group trained with the Number Race Game and the control group that did not practice from the program. The sample group consisted of 90 elementary school students aged between 6-8 years. There were 30 students in the experimental group trained with the Geons Jam program. The 30 people experimental group trained with the Number Race Game, and the control group of 30 people. The tools used in the experiment consisted of Geons Jam program, Number Race Game, relative Spatial Abilities test reliability (Cronbach's alpha coefficient) is .83 and Mathematical Abilities test reliability (Cronbach's alpha coefficient) is .80. Data were analyzed by using descriptive statistics, t-test with test method paired-sample t Test and F-test with One way MANNOVA test.

The results of the research show that:

The Geons Jam program is suitable for the use in increasing the Spatial and Mathematical Abilities. After the experiment in the experimental group



practiced Geons Jam program, the mean scores of Spatial and Mathematical Abilities were higher than before the experiment with statistical significance at the level of .05. After the experiment, it appeared that experimental group practiced Geons Jam program, the mean scores of Spatial Abilities were higher than experimental group trained with the Number Race Game and control groups at a significant level of .05 and the average score of Mathematical Abilities in Mental Number Line was different at a significant level of .05.

Keywords: Geons Jam Program, Number Race Game, Spatial Abilities, Mathematical Abilities, Mental Number Line

บทนำ

ความสามารถทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Abilities) เป็นความสามารถในการนำความรู้ทางตัวเลข ไปจัดกระทำเพื่อนำไปใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ทำให้เกิดความสามารถในการแก้ไขปัญหา โดยความสามารถดังกล่าวเป็นความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์ต่าง ๆ รวมถึงการแสดงผล การใช้ความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสารและการนำเสนอ ทั้งนี้องค์การความร่วมมือและพัฒนาเศรษฐกิจ (Organization for Economic Co-operation and Development : OECD) ได้ระบุว่าความสามารถทางคณิตศาสตร์นั้นเป็นสิ่งที่พลเมืองในโลกปัจจุบันจำเป็นต้องรู้ และดำเนินการจัดทำโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment: PISA) เพื่อประเมินความสามารถ ในการขยายความรู้ จากสิ่งที่ได้เรียนและสามารถใช้ความรู้ นั้น ๆ ในสถานการณ์ใหม่ ๆ โดยกำหนดให้เป็นตัวชี้วัดของการประเมินผลทางการศึกษา นอกจากนี้ยังเป็นตัวชี้วัดในการประเมินระบบการศึกษาของแต่ละประเทศ จากผลการประเมินในปี ค.ศ. 2012 พบว่า จาก 64 ประเทศ ผลการประเมินความรู้เรื่องคณิตศาสตร์มีจำนวนทั้งสิ้น 14 ประเทศที่มีคะแนนเฉลี่ยลดลง และมีข้อสังเกตว่า ฟินแลนด์ ฮังการี นิวซีแลนด์ อูรุกวัย มีค่าคะแนนเฉลี่ยลดลงในอัตราเร่ง ออสเตรเลีย เบลเยียม แคนาดา สาธารณรัฐเชก เดนมาร์ก ไชล์แลนด์ เนเธอร์แลนด์ สาธารณรัฐสโลวัก สวีเดน มีค่าคะแนนเฉลี่ยลดลงเชิงเส้นตรง ส่วนฝรั่งเศสมีค่าคะแนนเฉลี่ยลดลงอย่างช้า ๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) ทั้งนี้ในการประเมินของประเทศไทย มีค่าคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาเศรษฐกิจ จากรายงานดังกล่าวแสดงว่า นักเรียนไทยมีความอ่อนด้อยเมื่อเทียบกับนานาชาติ โดยเฉพาะในส่วนของความสามารถเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหา การแสดงผล การเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาทางด้านคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ต่าง ๆ รวมถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์



ปัญหาเหล่านี้ทำให้นักเรียนไทยไม่สามารถที่จะนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ ในปี ค.ศ. 2015 การประเมินการรู้เรื่องทางด้านคณิตศาสตร์โดย องค์การความร่วมมือและพัฒนาเศรษฐกิจ พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านคณิตศาสตร์มีค่าคะแนน มาตรฐานอยู่ที่ 490 ส่วนค่าคะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์ของประเทศไทย คือ 415 คะแนน ซึ่งต่ำ กว่าค่าเฉลี่ยมากกว่าหนึ่งระดับ โดยมีคะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์อยู่ในกลุ่มเดียวกับประเทศชิลี ตุรกี โมลโดวา อุรุกวัย มอนเตเนโกร ตรินิแดดและโตเบโก และแอลเบเนีย ทั้งนี้ประเทศใน เอเชียที่ร่วมการประเมินและมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าประเทศไทยมีเพียงประเทศอินโดนีเซีย เท่านั้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559)

จากสถานการณ์ดังกล่าว นักวิจัยและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกภาคส่วนพยายามคิดค้นวิธี เพื่อเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ ทั้งการคิดค้นวิธีในการพัฒนาครูผู้สอน การพัฒนา รูปแบบการเรียนการสอน รวมไปถึงการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียน การสอน ซึ่งถือเป็นการลงทุนที่มีค่าใช้จ่ายสูงและไม่ได้แก้ปัญหา ที่ต้นเหตุ นั่นคือ ตัวผู้เรียน หรือนักเรียนโดยตรง และจากการประชุมของ European Association Research Learning and Instruction ได้จัดสัมมนาในหัวข้อ Colloquium on Cognitive Neuroscience Meets Mathematics Education โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ในการศึกษาและ พัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ ผลการสัมมนาสรุปว่าการเพิ่มความสามารถทาง คณิตศาสตร์สามารถทำได้ด้วยการศึกษาการทำงานของสมองในมนุษย์ (Carew, T. J., & Magsamen, S. H., 2010)

ในอดีตเป็นที่ทราบกันว่าการทำงานของสมองส่งผลต่อความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยสมองซีกซ้าย มีความเกี่ยวข้องกับเรื่องของเหตุผลและการคิดคำนวณ สมองซีกขวามีความ เกี่ยวข้องกับเรื่องของอารมณ์และความสามารถทางด้านภาษา ปัจจุบันได้มีการศึกษาเรื่องสมอง ที่มีผลต่อความสามารถทางคณิตศาสตร์มากขึ้น วิธีการศึกษาหนึ่งที่เรียกว่า การศึกษาภาพถ่าย ของสมอง (Brain Imaging) ทำให้สามารถศึกษาได้ว่าสมองส่วนใด ที่ทำงานทางด้าน คณิตศาสตร์ ในงานวิจัยของ (Ashkenazi, S., et al., 2013) ได้ทำการศึกษาภาพถ่ายสมองด้วย คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Functional Magnetic Resonance Imaging หรือ fMRI) ทำให้ทราบว่า พื้นที่สมอง ส่วน Bilateral Middle Frontal Gyrus หรือ MFG พื้นที่สมองส่วน Left Inferior Frontal Gyrus หรือ IFG พื้นที่สมองส่วน Right Anterior Insula หรือ AIC พื้นที่สมองส่วน Anterior Middle Insular พื้นที่สมองส่วน Posterior Cingulate Cortex และ Precuneus พื้นที่สมองส่วน Bilateral Intraparietal Sulcus หรือ IPS พื้นที่สมองส่วน Right Fusiform Gyrus พื้นที่สมองส่วน Left Temporal Pole และพื้นที่สมองส่วน Cerebellum จะทำงาน เมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ อีกทั้งกระบวนการทำงานของสมอง อาทิ เช่น ความจำขณะคิด (Working Memory) การทำงานของสมองด้านการจัดการ (Executive



Functions) และความจำระยะยาวชนิดจำความหมาย (Semantic Long Term Memory) ล้วนมีความสัมพันธ์กับความสามารถทางคณิตศาสตร์ทั้งสิ้น (Traff, U., 2013)

นอกจากนี้ อีกหนึ่งความสามารถที่มีความเกี่ยวข้องกับความสามารถทางคณิตศาสตร์ นั่นคือ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Abilities) โดยมีงานวิจัยชี้ให้เห็นว่า ผู้ที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ดีย่อมมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ดีเช่นกัน (Wai, J., Lubinski, D., Benbow, C. P., & Steiger, J. H., 2010) ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่ามีความเกี่ยวข้องทักษะในการเรียก การเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลภาพในบริบทเชิงพื้นที่ และกล่าวได้ว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เปรียบเสมือนรากฐานในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ (Hawes, Z., Moss, J., Caswell, B. & Poliszczuk, D., 2015) ได้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า ประการแรก ความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์หลายด้านเป็นเรื่องของพื้นที่ เช่น เรขาคณิต เส้นตรง การวัดพื้นที่ และพีชคณิต ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และการแทนค่า นอกจากนี้โจทย์ทางด้านคณิตศาสตร์จะต้องใช้ความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์เข้ามาช่วยดำเนินการในการแก้ไขปัญหา เช่น ในการเปรียบเทียบพื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยม 2 รูป ซึ่งต้องใช้ทั้งความสามารถในการดำเนินการจัดวางองค์ประกอบหรือการแยกองค์ประกอบ ความสามารถในการหมุนและการมองภาพภายในจิต (Mental Rotation) ประการที่สอง ในช่วงกว่าทศวรรษที่ผ่านมางานวิจัยด้านวิทยาการปัญญา (Cognitive Science) และด้านประสาทวิทยาศาสตร์ (Neuroscience) ที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถของมนุษย์ ในการเชื่อมโยงตัวเลขโดยอัตโนมัติ เช่น ตัวเลข 1, 2, 3 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า ตัวเลข 7, 8, 9 โดยค่าตัวเลขที่น้อยกว่าจะมีตำแหน่งอยู่ทางซ้ายมือของของค่าตัวเลขที่มากกว่า ทั้งนี้ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เช่น การหมุนภาพภายในจิต 2 มิติ มีความเชื่อมโยงกับความสามารถในการสร้างภาพพื้นที่ของตัวเลข โดยผู้ที่มีทักษะเชิงพื้นที่ที่เหนือกว่าจะสามารถเข้าใจเรื่องของเส้นจำนวนได้มากเช่นเดียวกัน งานวิจัยในช่วงเวลานี้ยังพบว่าความสามารถทางคณิตศาสตร์และความสามารถด้านมิติสัมพันธ์นั้น มีการทำงานบนพื้นที่ของสมองส่วนเดียวกัน นั่นคือ ในบริเวณ Intraparietal Sulcus หรือ IPS ประการสุดท้าย ทั้งความสามารถทางคณิตศาสตร์และความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต้องอาศัยกระบวนการทำงานของสมองส่วนของระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ในความจำขณะคิด ซึ่งจะทำหน้าที่สร้างกระดานดำทางจิต (Mental Blackboard) เอาไว้ใช้ในการจัดการและแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกับเรื่องของภาพและมิติสัมพันธ์ แต่ยังคงมีข้อขัดแย้งในการนำวิธีการฝึกความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มาใช้เพื่อเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์

จากการทบทวนวรรณกรรม กิจกรรมในการฝึกความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่นำมาเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ในวัยเด็กอายุระหว่าง 6-8 ปี นั้น ตัวอย่างเช่น เกมกระดาน



เกมหมากรุก เกมปริศนาอักษรไขว้ รวมถึงการนำเกมตัวต่อมาใช้ในการฝึกเพื่อเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้เกมตัวต่อ หรือเกมเลโก้ มีอิทธิพลต่อความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ โดยมีหลักฐานชี้ให้เห็นว่าเด็กที่ฝึกหรือเล่นเกมเลโก้จะมีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง (Wolfgang, C.H., Stannard, L.L., and Jones, I., 2003) อีกทั้งงานวิจัยที่ทำการศึกษาศักยภาพสัมพันธ์ระหว่างเกมตัวต่อ หรือ เกมเลโก้ กับความสามารถด้านคณิตศาสตร์ โดย (Nath, S., & Szűcs, D., 2014) พบว่า คะแนนความสามารถในการเล่นเลโก้มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการดำเนินงานทางคณิตศาสตร์ โดยมีระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ (Visuo Spatial Working Memory) ในส่วนของความจำขณะคิด (Working Memory) เป็นตัวแปรส่งผ่าน นอกจากนี้ (Cheng, Y. L. & Mix, K. S., 2014) ได้นำแนวคิดวิธีการฝึกความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ด้วยการหมุนภาพภายในจิต (Mental Rotation) โดยใช้สิ่งเร้าในลักษณะ 2 มิติตามแนวคิดของ Ehrlirc, Levine, and Goldin-Meadow มาใช้ในการทดลองด้วยการแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยการหมุนภาพภายในจิต และกลุ่มควบคุมได้รับการฝึกด้วยเกมปริศนาอักษรไขว้ ผลจากการทดลอง ปรากฏว่ากลุ่มทดลองที่ฝึกการหมุนภาพภายในจิต หลังการทดลองมีคะแนนความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนการทดลอง ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยเกมปริศนาอักษรไขว้คะแนนความสามารถทางคณิตศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยมุ่งที่จะสังเคราะห์แนวคิดและทฤษฎีเพื่อนำมาสร้างสิ่งเร้าสำหรับการกระตุ้นการทำงานของสมองส่วนระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ ด้วยการนำทฤษฎีการรับรู้โดยองค์ประกอบของวัตถุ (Recognition by Component) ทฤษฎีดังกล่าวอธิบายถึงการรับรู้วัตถุที่เกิดขึ้นผ่านกระบวนการของการแบ่งกลุ่มภาพที่เป็นส่วนประกอบอย่างง่ายทางเรขาคณิต และระบุความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบเหล่านั้น เป็นทฤษฎีที่อธิบายว่าวัตถุประกอบด้วยชิ้นส่วนเล็ก ๆ โดย (Biederman, I., 1985) เป็นผู้เสนอคำว่า จีออนส์ (Geons) ซึ่งเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของทฤษฎีการรับรู้โดยองค์ประกอบของวัตถุ ในการรับรู้ของมนุษย์โดยที่วัตถุเป็นศูนย์กลาง จีออนส์จะทำหน้าที่ในการสร้างภาพอย่างหายาบบของวัตถุ นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดการหมุนภาพภายในจิต (Mental Rotation) และแนวคิดการแสดงผลและประมวลผลขนาดของตัวเลข (Representation and Processing Numerical) โดยไม่ใช้สัญลักษณ์ในรูปแบบของ Numerosity มาใช้ในการพัฒนาโปรแกรม จีออนส์แจ่มสำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของวัยเด็กตอนต้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมจีออนส์แจ่มสำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของวัยเด็กตอนต้น



2. เพื่อนำโปรแกรมจีโออนส์แอมไปใช้สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของวัยเด็กตอนต้น โดยพิจารณาจาก

2.1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโออนส์แอมที่พัฒนาขึ้นระหว่างก่อนและหลังการฝึก

2.2 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโออนส์แอมกับกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยเกมนมเบอร์เรสและกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร

ประชากรเป็นนักเรียนในวัยเด็กตอนต้นที่มีอายุระหว่าง 6-8 ปี กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนชุมชนบ้านคลองพลู อำเภอนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี จำนวนทั้งสิ้น 122 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในวัยเด็กตอนต้นที่มีอายุระหว่าง 6-8 ปี กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนชุมชนบ้านคลองพลู อำเภอนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี โดยการรับสมัครอาสาสมัครทั้งหญิงและชาย จำนวน 90 คน คุณสมบัติและการดำเนินการคัดเลือกมีดังนี้

เกณฑ์การคัดเลือก (Inclusion Criteria) ได้แก่

- 1) สัญชาติไทย
- 2) อายุระหว่าง 6 – 8 ปี
- 3) สุขภาพแข็งแรง ไม่มีโรคประจำตัว การมองเห็นปกติ ไม่สวมแว่นสายตา
- 4) ไม่เคยเข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการฝึกความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

และความสามารถทางคณิตศาสตร์

- 5) ยินยอมเข้าร่วมการทดลองด้วยความสมัครใจ

เกณฑ์การคัดออก (Exclusions Criteria) ได้แก่

- 1) สุขภาพไม่แข็งแรง มีโรคประจำตัว มีปัญหาการมองเห็นและการได้ยิน
- 2) เคยเข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการฝึกความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

และความสามารถทางคณิตศาสตร์

เกณฑ์การยุติการร่วมทดลอง (Withdraw Criteria) ได้แก่

- 1) เข้าร่วมการทดลองไม่ครบตามกำหนด



2) ขอลอนตัว ไม่เข้าร่วมการทดลอง

3) เจ็บป่วยขณะเข้าร่วมการทดลอง

โดยการจับกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการจับคู่ (Matching) ตามลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ และระดับชั้นการศึกษา จำนวน 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มได้รับการฝึกด้วยโปรแกรมจีโอออนส์แจม จำนวน 30 คน กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มได้รับการฝึกด้วยเกมนัมเบอร์เรส จำนวน 30 คน และกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มควบคุม จำนวน 30 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. โปรแกรมจีโอออนส์แจม (Geons Jam Program) ประกอบด้วย 5 กิจกรรมหลัก ดังนี้ กิจกรรมที่ 1 การรับรู้รูปร่างพื้นฐาน (Geons หรือ Geometrical Icons) ทั้งหมด 30 รูปแบบ กิจกรรมที่ 2 การรับรู้รูปร่างพื้นฐาน (Geons หรือ Geometrical Icons) ทั้งหมด 30 รูปแบบ โดยให้ผู้ฝึกมีปฏิสัมพันธ์กับรูปร่างพื้นฐานมีลักษณะ 3 มิติ ด้วยการหมุนองศาเพิ่มขึ้นทีละ 45 องศา และการรับรู้รูปร่างพื้นฐานหน้าตัดด้านบนและหน้าตัดด้านล่างด้วยตนเอง ผ่านแป้นพิมพ์ด้วยคำสั่งลูกศรซ้าย ขวา บน และล่าง กิจกรรมที่ 3 การประกอบวัตถุทั้งชิ้น 50 ชิ้น จากรูปร่างพื้นฐาน (Geons หรือ Geometrical Icons) โดยประยุกต์ใช้แนวความคิดการแสดงและประมวลผลขนาดของตัวเลขด้วยรูปแบบที่ไม่ใช้สัญลักษณ์ (Non-Symbolic) ตามเงื่อนไขขนาดของตัวเลขที่มีจำนวนมากกว่า กิจกรรมที่ 4 การประกอบวัตถุทั้งชิ้น 50 ชิ้น จากรูปร่างพื้นฐาน (Geons หรือ Geometrical Icons) โดยประยุกต์ใช้แนวความคิดการแสดงและประมวลผลขนาดของตัวเลขด้วยรูปแบบที่ไม่ใช้สัญลักษณ์ (Non-Symbolic) ตามเงื่อนไขขนาดของตัวเลขที่มีจำนวนน้อยกว่า และกิจกรรมที่ 5 การประกอบวัตถุจากรูปร่างพื้นฐาน (Geons หรือ Geometrical Icons) ในสถานการณ์ต่าง ๆ จำนวน 12 สถานการณ์ ในการตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรมจีโอออนส์แจม ได้ดำเนินการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาในการพัฒนาโปรแกรมจากผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและการประเมินผลการศึกษา จำนวน 3 ท่าน ปรากฏว่า ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาทั้งฉบับ (S-CVI) เท่ากับ 0.91 หมายความว่า ผลการกำหนดโครงสร้างในการพัฒนาโปรแกรมจีโอออนส์แจมมีความตรงเชิงเนื้อหาทั้งฉบับจัดอยู่ในระดับดี นอกจากนี้ได้ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและการประเมินผลการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และแอนิเมชัน จำนวน 5 ท่าน ทำการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ปรากฏว่า ภาพรวมโปรแกรมมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($M=4.53$, $SD=.58$) โดยก่อนการทดลองได้นำโปรแกรมจีโอออนส์แจมไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้นที่มีอายุระหว่าง 6-8 ปี โรงเรียนบ้านซากนา ตำบลเขาคอก อำเภอนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี จำนวน 10 คน ปรากฏว่า ผู้ใช้งานมีความสนใจและตื่นตัวในการฝึกและมี



ความเห็นว่ ภาพรวมโปรแกรมจ๊ออนส์แจมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.38$, $SD=.66$)

2. เกมนัมเบอร์เรส หมายถึง เกมคอมพิวเตอร์ที่ได้รับการศึกษาแล้ว พบว่า สามารถนำมาใช้ฝึกความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการคำนวณและการมองภาพเชิงพื้นที่ของตัวเลข แนวคิดพื้นฐานของตัวเลขและคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย รูปแบบตัวเลข การนับ การบวกและการลบ เหมาะสำหรับเด็กอายุระหว่าง 4 ถึง 8 ปี ก่อนการทดลองได้นำเกมนัมเบอร์เรสไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้นที่มีอายุระหว่าง 6-8 ปี โรงเรียนบ้านชากนา ตำบลเขาชก อำเภอนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี จำนวน 10 คน ปรากฏว่า ผู้ใช้งานมีความสนใจและตื่นเต้นในการฝึกและมีความเห็นว่ ภาพรวมเกมนัมเบอร์เรสมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.36$, $SD=.74$)

3. แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability Test) ในที่นี้ใช้แบบทดสอบ Test of Primary Mental Abilities (TPMA) ในส่วนของ Spatial Relations Subtest จำนวน 27 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบแบบ 4 ตัวเลือก ได้หาค่าความเที่ยงทั้งฉบับ (Cronbach's alpha coefficient) เท่ากับ .83

4. แบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Ability Test) ในที่นี้ใช้แบบทดสอบ Test of Early Mathematical Ability-3 (TEMA-3) หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้เป็นเครื่องมือในการวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับแนวคิดและทักษะในเรื่องของจำนวน การเปรียบเทียบจำนวนและขนาดของตัวเลข ความรู้เกี่ยวกับตัวเลขทักษะด้านการคำนวณและความเข้าใจในแนวคิดของเด็กอายุระหว่าง 3 ปี ถึง 8 ปี 11 เดือน ได้หาค่าความเที่ยงทั้งฉบับ (Cronbach's alpha coefficient) เท่ากับ .80

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยลงพื้นที่เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 15 มีนาคม ถึง 29 มีนาคม 2562 โดยทดสอบกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนการทดลองด้วยแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และแบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ จากนั้นดำเนินการทดลองโดยแบ่งเป็น กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจ๊ออนส์แจม กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยเกม นัมเบอร์เรส และกลุ่มควบคุม เป็นเวลาทั้งสิ้น 14 ครั้ง ครั้งละ 30 นาที รวมระยะเวลาทั้งหมด 420 นาที หลังการทดลอง ทดสอบด้วยแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และแบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้อง ครบถ้วนของข้อมูลก่อนนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ



การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการทางสถิติ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ใช้การแจกแจงความถี่ ร้อยละ คะแนนสูงสุด คะแนนต่ำสุด ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์
2. เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโออนส์แฉมพัฒนาขึ้น ระหว่างก่อนกับหลังฝึก ใช้สถิติ t -test ด้วยวิธีการทดสอบแบบ Paired sample t -test
3. เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโออนส์แฉม กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยเกมนัมเบอร์เรสและกลุ่มควบคุม ใช้สถิติ F -test ด้วยวิธีการทดสอบแบบ One-way MANOVA

การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้ผู้วิจัยได้รับการตรวจสอบจากคณะกรรมการจริยธรรมของวิทยาลัยการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนสมัครใจและได้รับอนุญาตจากผู้ปกครองให้เข้าร่วมการวิจัย โดยผู้วิจัยได้จัดการประชุมแนะนำตัวเพื่อทำการชี้แจงวัตถุประสงค์การวิจัย รายละเอียดขั้นตอนการทดลอง ประโยชน์ที่ผู้เข้าร่วมการทดลองจะได้รับ ผลกระทบที่อาจเกิดจากการวิจัยอย่างละเอียด ณ โรงเรียนชุมชนบ้านคลองพลู อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี เพื่อให้ผู้เข้าร่วมการทดลองเข้าใจ รวมถึงผู้ปกครองได้ลงนามความยินยอมในหนังสือสัญญาความสมัครใจและลงนามยินยอมให้เข้าร่วมการทดลอง โดยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้เข้าร่วมการทดลองจะถูกเก็บไว้เป็นความลับและจะเปิดเผยเฉพาะผลสรุปในภาพรวมเพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาทางวิชาการเท่านั้น

กรอบแนวความคิด

การพัฒนาโปรแกรมสำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของวัยเด็กตอนต้น ประกอบด้วยแนวคิดหลัก 3 ประการ ได้แก่ ประการที่หนึ่ง ทฤษฎีการรับรู้โดยองค์ประกอบของวัตถุ (Recognition by Component Theory หรือ RBC Theory) ด้วยการใช้รูปร่างพื้นฐาน Geometrical Icons หรือ Geons เป็นสิ่งเร้าที่กระตุ้นการทำงานสมอง ประการที่สอง แนวคิดการหมุนภาพในจิต (Mental Rotation) และประการสุดท้ายการเรียนรู้จำนวนด้วยรูปแบบที่ไม่ใช้สัญลักษณ์ (Non-Symbolic) โดยโปรแกรมจีโออนส์แฉมจะเป็นสิ่งเร้าที่กระตุ้นโครงข่ายประสาทของความจำ (Memory Network) ซึ่งมีความจำขณะคิด (Working Memory) เป็นหนึ่งในองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อการทำกิจกรรมของสมองชั้นสูง (Baddeley, A, 2002) มีหน้าที่จัดเก็บข้อมูลชั่วคราว (Temporary Storage) ประมวลผลข้อมูล (Processing of Information) และจัดกระทำข้อมูล (Manipulation of



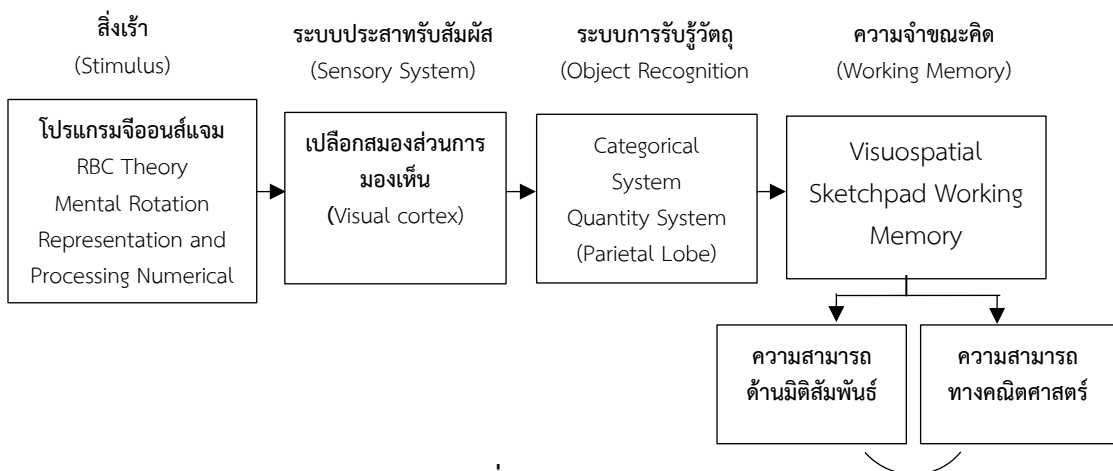
Information) ของกิจกรรมในชีวิตประจำวันพร้อมกับดำเนินการจัดกระทำข้อมูลอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่สมองทำกิจกรรม ความจำขณะคิดมีความเกี่ยวข้องกับทั้งความสามารถด้าน มิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ซึ่งจะทำหน้าที่สร้างกระดานดำทางจิต (Mental Blackboard) เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องของภาพและมิติสัมพันธ์ นอกจากนี้ความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์หลายด้านยังเป็นเรื่องของพื้นที่ เช่น เรขาคณิต เส้นตรง การวัดพื้นที่ และพีชคณิต ล้วนมีความเกี่ยวข้องกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และการแทนค่า รวมถึงโจทย์ทางด้านคณิตศาสตร์จะต้องใช้ความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์ในการแก้ไขปัญหา เช่น การเปรียบเทียบพื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยม 2 รูป ต้องอาศัยทั้งความสามารถในการจัดวางองค์ประกอบ หรือการแยกองค์ประกอบรวมไปถึงความสามารถในการหมุนและการมองภาพภายในจิต (Hawes, Z., Moss, J., Caswell, B. & Poliszczuk, D., 2015) ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์นั้นมีความเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุกับพื้นที่ว่าง เป็นการรับรู้ภาพทางสายตาที่ใช้จินตภาพทางประสาทสัมผัสสัมพันธ์กับวัตถุต่าง ๆ รอบตัว ทำให้เกิดการแยกแยะสี รูปทรง ลักษณะพื้นผิว มิติความลึก มิติความกว้าง ยาว และสูง ซึ่งความสามารถด้านนี้จะส่งผลให้มนุษย์เข้าใจถึงมิติต่าง ๆ และการมองเห็นรูปทรงต่าง ๆ ที่เคลื่อนไหวซ้อนทับกัน หรือ การซ่อนอยู่ภายในการแยกภาพ การประกอบภาพ รวมถึงความสามารถในการจำแนกตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุ และระยะทางใกล้หรือไกล

การฝึกสมองโดยใช้โปรแกรมจีโออนส์แฉมเพื่อเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์นั้น โปรแกรมดังกล่าวจะส่งผลให้สมองมีการทำงานในส่วนของความจำขณะคิดโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในส่วนระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์เพิ่มมากขึ้นจากการใช้รูปร่างพื้นฐาน หรือ จีโออนส์ (Geons หรือ Geometrical Icons) เป็นสิ่งเร้า (Stimulus) มีลักษณะเป็นภาพ 3 มิติที่มีการเคลื่อนไหวและมีการหมุนผ่านเข้าสู่ระบบประสาทสัมผัส (Sensory Systems) ที่มีการประมวลผลบริเวณเปลือกสมองส่วนการมองเห็น (Visual Cortex) ซึ่งเป็นกระบวนการรับสิ่งเร้า และส่งสัญญาณต่อไปยังกระบวนการแปลข้อมูลที่ได้จากการรับรู้ทางสายตาเข้าสู่การทำงานของสมองในส่วนของระบบการรับรู้วัตถุ (Object Recognition Systems) ซึ่งสมองจะมีระบบการจัดหมวดหมู่วัตถุ (Categorical Systems) โดยเป็นการทำงานของสมอง ในส่วน Parietal Lobe (Harvey, B. M., 2016) และเป็นพื้นที่ของสมองส่วนเดียวกันกับความสามารถทางคณิตศาสตร์ (Butterworth, B., 1999) นอกจากนี้โปรแกรมจีโออนส์แฉมจะกระตุ้นสมองด้วยการเก็บข้อมูลภาพลักษณะ 3 มิติ ที่มีการหมุน บิด ในช่วงเวลาที่จำกัด และทำการทวนซ้ำข้อมูล (Visuospatial Rehearsal) ด้วยการให้นารูปร่างพื้นฐาน หรือ จีโออนส์ มาประกอบเป็นวัตถุต่าง ๆ ซึ่งได้มีการประยุกต์แนวความคิดการใช้ตัวแทนสัญลักษณ์ของขนาดตัวเลขตัวเลขผ่านการนับหรือการประมาณค่าขนาดของตัวเลขในกลุ่มของ



รายการที่ไม่ใช่สัญลักษณ์ โดยให้ผู้ฝึกทำการแยกแยะหรือแสดงจำนวนสิ่งเร้าด้วยการเปรียบเทียบขนาดของตัวเลขที่แสดงในลักษณะของรูปร่างพื้นฐาน หรือ จีออนส์ ทั้งนี้ความสามารถในการแสดงและประมวลผลขนาดของตัวเลขดังกล่าวถือเป็นพื้นฐานของความสามารถในการคำนวณพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ (+, -, x, ÷)

ดังนั้น การฝึกสมองด้วยโปรแกรมจีออนส์แฉงจะช่วยกระตุ้นหน้าที่การทำงานของสมอง (Brain Function) ให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งสมองสามารถเปลี่ยนแปลงได้ด้วยการเรียนรู้ (Learning) จากสิ่งเร้าในโปรแกรมจีออนส์แฉงด้วยกระบวนการทำงานบนเครือข่ายสัญญาณเชื่อมโยงระบบประสาทในสมอง โดยเฉพาะในส่วนของความจำขณะคิดด้านภาพและมิติสัมพันธ์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้ที่ได้รับการฝึกจากโปรแกรมดังกล่าวดีขึ้น โดยการทำงานที่ดีขึ้นสามารถวัดได้จาก ความถูกต้องของแบบทดสอบที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีการวิจัยสนับสนุนว่าการทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์นั้น มีการทำงานบนพื้นที่ของสมองส่วนเดียวกัน นั่นคือ ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ในความจำขณะคิด ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3 ที่มีอายุระหว่าง 6-8 ปี จำนวน 90 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีออนส์แฉง กลุ่มที่ฝึกด้วยเกมนมเบอร์เรส และกลุ่มควบคุม จำนวนกลุ่มละ 30 คน ดังตารางที่ 1



ตารางที่ 1 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศ

เพศ	กลุ่มที่ฝึกด้วยโปรแกรมจ็อนส์แจน		กลุ่มที่ฝึกด้วยเกมนัมเบอร์เรส		กลุ่มควบคุม	
	(n=30)		(n=30)		(n=30)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	14	46.67	14	46.67	15	50.00
หญิง	16	53.33	16	53.33	15	50.00

จากตารางที่ 1 ปรากฏว่า กลุ่มทดลองที่ 1 เป็นเพศหญิงร้อยละ 53.33 และเพศชายร้อยละ 46.67 กลุ่มทดลองที่ 2 เป็นเพศหญิงร้อยละ 53.33 และเพศชายร้อยละ 46.67 ส่วนกลุ่มควบคุม เป็นเพศหญิงร้อยละ 50.00 และเพศชายร้อยละ 50.00 เมื่อพิจารณากลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีเพศหญิงมากกว่าเพศชาย ส่วนกลุ่มควบคุมเพศหญิงและเพศชายเท่ากัน

ตารางที่ 2 คะแนนสูงสุด คะแนนต่ำสุด ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จำแนกตามเงื่อนไข การทดลอง

เงื่อนไขการทดลอง	กลุ่มทดลองที่ 1				กลุ่มทดลองที่ 2				กลุ่มควบคุม			
	n=30				n=30				n=30			
	Max	Min	M	SD	Max	Min	M	SD	Max	Min	M	SD
ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์												
ก่อนทดลอง	115	81	92.27	10.73	117	67	94.20	12.57	113	69	95.07	11.61
หลังการทดลอง	125	92	107.87	9.64	121	75	100.93	10.75	117	64	95.77	12.03
ความสามารถทางคณิตศาสตร์												
ก่อนทดลอง	114	86	97.40	7.56	111	80	96.23	8.75	120	81	98.87	8.75
หลังทดลอง	122	95	103.63	8.36	117	87	103.93	8.29	120	82	99.43	8.57

จากตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ปรากฏว่า กลุ่มทดลองที่ 1 มีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ก่อนการทดลอง เท่ากับ 92.27 ($SD = 10.73$) หลังการทดลองเท่ากับ 107.84 ($SD = 9.64$) และค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถทางคณิตศาสตร์ ก่อนการทดลองเท่ากับ 97.40 ($SD = 7.56$) หลังการทดลองเท่ากับ 103.63 ($SD = 8.36$) กลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถ

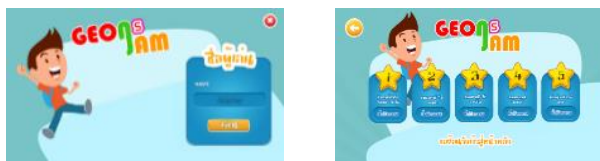


ด้านมิติสัมพันธ์ ก่อนการทดลองเท่ากับ 94.20 ($SD = 12.57$) หลังการทดลองเท่ากับ 100.93 ($SD = 10.75$) และค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถทางคณิตศาสตร์ ก่อนการทดลอง เท่ากับ 96.23 ($SD = 8.75$) หลังการทดลองเท่ากับ 103.93 ($SD = 8.29$) และกลุ่มทดลองที่ 3 ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ก่อนการทดลองเท่ากับ 95.07 ($SD = 11.61$) หลังการทดลองเท่ากับ 95.77 ($SD = 12.03$) และค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถทางคณิตศาสตร์ก่อนการทดลองเท่ากับ 98.87 ($SD = 8.75$) หลังการทดลองเท่ากับ 99.43 ($SD = 8.57$)

2. ผลการพัฒนาโปรแกรมจีโอแอสแจมด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Unity ซึ่งเป็นเครื่องมือในการสร้างแอปพลิเคชันในรูปแบบเกม 3 มิติ แบ่งออกเป็น 5 กิจกรรม มีรูปแบบโปรแกรกดังนี้

2.1 หน้าจอต้อนรับและหน้าจอหลักของโปรแกรมจีโอแอสแจมที่พัฒนาขึ้น ดัง

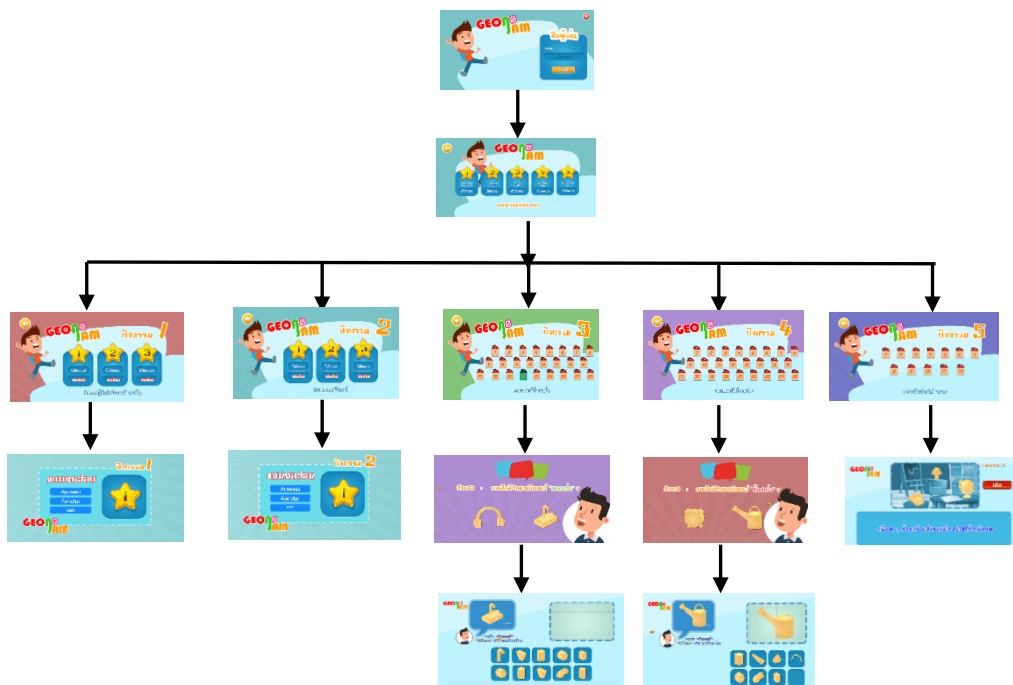
ภาพที่ 2



ภาพที่ 2 หน้าจอต้อนรับและหน้าจอหลักของโปรแกรมจีโอแอสแจมที่พัฒนาขึ้น



2.2 รายละเอียดของโปรแกรมจีโออนส์แฉมที่พัฒนาขึ้นแสดงหน้าจอของกิจกรรมในโปรแกรมจีโออนส์แฉม ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงหน้าจอของกิจกรรมในโปรแกรมจีโออนส์แฉม

3. ผลของการนำโปรแกรมจีโออนส์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้สำหรับฝึกในวัยเด็กตอนต้น

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรม จีโออนส์แฉมที่พัฒนาระหว่างก่อนและหลังการฝึก

การทดสอบ	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
ก่อนการทดลอง	30	92.27	10.73	9.29*	.00
หลังการทดลอง	30	107.87	9.64		

* $p < .05$

จากตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโออนส์แฉมที่พัฒนาระหว่างก่อนและหลังการฝึกด้วยวิธีการทดสอบ Paired-Sample *t* Test ได้ค่า *t* เท่ากับ 9.29 ค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ .00 แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลอง ที่รับการฝึกด้วยโปรแกรมจีโออนส์



แจ่มหลังรับการฝึกสูงกว่าก่อนรับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2.1

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโอออสแจ่มที่พัฒนาระหว่างก่อนและหลังการฝึก

การทดสอบ	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
ก่อนการทดลอง	30	97.40	7.56	5.94*	.00
หลังการทดลอง	30	103.63	8.36		

* $p < .05$

จากตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโอออสแจ่มที่พัฒนาระหว่างก่อนและหลังการฝึก ด้วยวิธีการทดสอบ Paired-Sample *t* Test ได้ค่า *t* เท่ากับ 5.94 ค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ .00 แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง ที่รับการฝึกด้วยโปรแกรมจีโอออสแจ่มหลังรับการฝึกสูงกว่าก่อนรับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2.1

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโอออสแจ่ม กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยเกมนัมเบอร์เรส และกลุ่มควบคุม

ตัวแปรตาม	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>ES</i>
ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์	1105.878	9.389*	2	.000	.178
ความสามารถทางคณิตศาสตร์	189.900	2.686	2	.074	.058

* $p < .05$

จากตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโอออสแจ่ม กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยเกมนัมเบอร์เรส และกลุ่มควบคุม ใช้สถิติ *F*-test ด้วยวิธีการทดสอบแบบ One-way MANOVA ปรากฏว่า หลังการทดลองกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโอออสแจ่ม กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยเกมนัมเบอร์เรส และกลุ่มควบคุม มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 (Wilks's $\lambda = .799$, $F = 9.389$, $p = .000$) ส่วนคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน (Wilks's $\lambda = .799$, $F = 2.686$, $p = .074$)



อภิปรายผล

โปรแกรมจีโอฮันส์แอมที่พัฒนาขึ้นตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญโดยภาพรวมมีความเหมาะสมระดับมากที่สุด ($M = 4.53$) เนื่องจากการกำหนดเป้าหมายวัตถุประสงค์ ความยากง่ายของกิจกรรมที่มีลำดับการเรียงจากง่ายไปยาก ในส่วนของการออกแบบโปรแกรมมีการใช้สี ขนาด และชนิดของตัวอักษรที่มีความสวยงาม และสามารถดึงดูดให้ผู้ฝึกมีความสนใจ นอกจากนี้ มีขั้นตอนวิธีการใช้งานการฝึกซึ่งส่งผลให้โปรแกรมจีโอฮันส์แอมที่พัฒนาขึ้น มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการฝึกสำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์

คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโอฮันส์แอมหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับการทดลองของ (Cheng, Y. L. & Mix, K. S., 2014) ที่ได้นำการฝึกด้านมิติสัมพันธ์มาช่วยเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ ในเด็กอายุระหว่าง 6- 8 ปี โดยการฝึกการหมุนภาพภายในจิตด้วยสิ่งเร้าเป็นภาพ 2 มิติกับกลุ่มทดลอง และการฝึกปริศนาอักษรไขว้กับกลุ่มควบคุม ใช้เวลาในการฝึกทั้งสิ้น 40 นาที และทำการทดสอบเพื่อวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ในทันที ผลการทดลอง ปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถทางคณิตศาสตร์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง ในขณะที่กลุ่มควบคุมความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นไปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่เกิดจากการฝึกหมุนภาพภายในจิตนั้น มาจากกลไกที่เกิดจากการเพิ่มส่วนระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ในการทำงานของความจำขณะคิด โดยมีการศึกษาก่อนหน้ายืนยันให้เห็นได้ว่าเด็กที่มีระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ที่ดีขึ้น ประสิทธิภาพการทำงานทางคณิตศาสตร์จะเพิ่มขึ้นด้วย (Alloway, T. P., & Passolunghi, M. C., 2011) อาจกล่าวได้ว่า การฝึกการหมุนภาพภายในจิต ถือเป็นการพัฒนาระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ของเด็ก ซึ่งสนับสนุนให้เด็กประสิทธิภาพด้านการคำนวณที่ดีขึ้นด้วย

คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโอฮันส์แอมกับกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยเกมนัมเบอร์เรส และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก ปรากฏว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโอฮันส์แอม ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงสุด ($M = 107.87$) รองลงมา กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยเกมนัมเบอร์เรส ($M = 100.93$) และท้ายสุด กลุ่มควบคุม ($M = 95.77$) สอดคล้องกับ (Hawes, Z., Moss, J., Caswell, B. & Poliszczuk, D., 2015) ทำการศึกษาผลของการหมุนภาพในจิตต่อ



ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง เทียบกับกลุ่มควบคุมที่ฝึกอบรบความรู้ ผลการทดลอง ปรากฏว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกด้วยการหมุนภาพในจิต มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ระหว่างก่อนฝึกและหลังฝึกแตกต่างกัน นอกจากนี้พบว่า กลุ่มควบคุมที่ฝึกอบรบความรู้มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ในส่วนการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโออนส์แฉมกับกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยเกมสนิมเบอร์เรส และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึก ปรากฏว่า ไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากความสามารถด้านคณิตศาสตร์นั้น เป็นการรวมกันของความสามารถหลายอย่างมากกว่าความสามารถเพียง อย่างเดียว (Krutetskii, V. A., 1976) ดังนั้น ในการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ อาจต้องบูรณาการแนวคิดทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย ซึ่งเมื่อผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางคณิตศาสตร์ ในเรื่องของเส้นจำนวนภายในจิต (Mental Number Line) โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) ปรากฏว่า กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโออนส์แฉม กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยเกมสนิมเบอร์เรส และกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ได้ค่า MS เท่ากับ 14.878 ค่า F เท่ากับ 39.065 ค่า df เท่ากับ 2 และค่า p เท่ากับ .000 ซึ่งเมื่อวิเคราะห์รายคู่ ปรากฏว่า กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโออนส์แฉม ($M=2.56$) และกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยเกมสนิมเบอร์เรส ($M=2.46$) มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางคณิตศาสตร์ในเรื่องของเส้นจำนวนภายในจิตไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโออนส์แฉมมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางคณิตศาสตร์ในเรื่องของเส้นจำนวนภายในจิตสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($M=1.30$) และกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยเกมสนิมเบอร์เรสมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางคณิตศาสตร์ในเรื่องของเส้นจำนวนภายในจิตสูงกว่ากลุ่มควบคุมเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางคณิตศาสตร์ในเรื่องการดำเนินงานด้านการบวกและการลบ (Calculation) โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) ปรากฏว่า กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโออนส์แฉม กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยเกมสนิมเบอร์เรส และกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ได้ค่า MS เท่ากับ 2.011 ค่า F เท่ากับ 3.563 ค่า df เท่ากับ 2 และค่า p เท่ากับ .033 เมื่อวิเคราะห์รายคู่ พบว่า กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยเกมสนิมเบอร์เรสมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางคณิตศาสตร์ในเรื่องการดำเนินงานด้านการบวกและการลบ ($M=4.43$) แตกต่างจากกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโออนส์แฉม และกลุ่มควบคุม ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโออนส์แฉม ($M=4.06$) และกลุ่มควบคุม ($M=3.39$) มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางคณิตศาสตร์ในเรื่องการดำเนินงานด้านการบวกและการลบไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามโปรแกรมจีโออนส์แฉมมีความเหมาะสมในการฝึกความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และมีความเชื่อมโยงในการเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ในเรื่องของเส้นจำนวนภายในจิต



สอดคล้องกับแนวคิด (Hawes, Z., Moss, J., Caswell, B. & Poliszczuk, D., 2015) กล่าวว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เช่น การหมุนภาพในจิต มีความเชื่อมโยงกับความสามารถในการสร้างภาพพื้นที่ของตัวเลข อาจกล่าวได้ว่า สิ่งเร้าจากโปรแกรมจีโออนส์แฉมที่มีการหมุน การประกอบและการแยกภาพจีโออนส์จากวัตถุ ช่วยกระตุ้นสมองให้เกิดการเรียนรู้และเสริมสร้างความสามารถในการสร้างภาพพื้นที่ของตัวเลขหรือเส้นจำนวนภายในจิต (Mental Number Line) นั้นเอง

สรุป

1. ผลการพัฒนาโปรแกรมจีโออนส์แฉมสำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของวัยเด็กตอนต้น ปรากฏว่า ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าโปรแกรมจีโออนส์แฉมที่พัฒนาขึ้น โดยรวมมีความเหมาะสมระดับมากที่สุด ($M = 4.53$)

2. ผลของการนำโปรแกรมจีโออนส์แฉมที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับนักเรียนในวัยเด็กตอนต้นมีสรุปได้ดังนี้

2.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโออนส์แฉมระหว่างก่อนและหลังการฝึก พบว่า กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรม จีโออนส์แฉมมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ สูงกว่าก่อนรับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโออนส์แฉม มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางคณิตศาสตร์ หลังรับการฝึกสูงกว่าก่อนรับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า นักเรียนในวัยเด็กตอนต้น มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น หลังได้รับฝึกด้วยโปรแกรม ที่พัฒนาขึ้น

2.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโออนส์แฉม กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยเกมนัมเบอร์เรส และกลุ่มควบคุม ใช้สถิติ F-test ด้วยวิธีทดสอบแบบ One-way MANOVA ปรากฏว่า หลังการทดลอง กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมจีโออนส์แฉม กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยเกมนัมเบอร์เรส และกลุ่มควบคุม มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางคณิตศาสตร์เรื่องเส้นจำนวนภายในจิตแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

ข้อเสนอแนะ

1. ครูและบุคลากรทางการศึกษา อาจนำโปรแกรมจีโออนส์แฉมไปใช้เป็นทางเลือกในการจัดกิจกรรม “ลดเวลาเรียน เพิ่มเวลารู้” ส่วนผู้ปกครองสามารถนำโปรแกรมจีโออนส์แฉมไป



ฝึกให้กับบุตรหลาน ที่บ้านสำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ซึ่งเป็นพื้นฐานของความสามารถทางคณิตศาสตร์

2. ในการนำโปรแกรมจีโออนส์ไปใช้สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์นั้น ควรให้ความระมัดระวังในเรื่องของเวลาที่ใช้ในการฝึกแต่ละครั้ง ไม่ควรเกินครั้งละ 30 นาที เนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อความล้าทางสายตาของผู้ฝึก

เอกสารอ้างอิง

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). ผลประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัดอรุณการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *สรุปผลการวิจัย PISA 2015*. เรียกใช้เมื่อ 8 ธันวาคม 2559 จาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa2015summaryreport/>
- Alloway, T. P., & Passolunghi, M. C. (2011). The relationship between working memory, IQ, and mathematical skills in children. *Learning and Individual Differences*, 21(1), 133-137.
- Ashkenazi, S., et al. (2013). Visuo Spatial working memory is an important source of domain- general vulnerability in the development of arithmetic cognition. *Neuropsychologia*, 51(11), 2305-2317.
- Baddeley, A. (2002). IS Working Memory Still Working? *European Psychologist*, 7(8), 5-97.
- Biederman, I. (1985). Human image understanding: Recent research and theory. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 31(3), 400-401.
- Butterworth, B. (1999). *The mathematical brain*. London: Macmillan.
- Carew, T. J., & Magsamen, S. H. (2010). Neuroscience and education: AN ideal partnership for producing evidence-based solutions Guide 21st century Learning. *Neuro*, 67(5), 685-688.
- Cheng, Y. L. & Mix, K. S. (2014). Spatial Training Improves Children's Mathematics Abilities. *Journal of Cognition and Development*, 15(1), 2-11.
- Harvey, B. M. (2016). Quantity Cognition: Numbers, Numerosity, Zero and Mathematics. *Current Biology*, 26(10), R419 - R421. doi:10.1016/j.cub.2016.03.059



- Hawes, Z., Moss, J., Caswell, B. & Poliszczuk, D. (2015). Effects of mental rotation training on children's spatial and mathematics performance: A randomized controlled study. *Trends in Neuroscience and Education*, 4(3), 60-68.
- Krutetskii, V. A. (1976). *The psychology of mathematical abilities in school children*. Chicago: University of Chicago Press.
- Nath, S., & Szűcs, D. (2014). Construction play and cognitive skills associated with the development of mathematical abilities in 7 - year- old children. *Learning and Instruction*, 32(1), 73-80.
- Traff, U. (2013). The contribution of general cognitive abilities and number abilities to different aspects of mathematics in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 116(2), 139-156.
- Wai, J., Lubinski, D., Benbow, C. P., & Steiger, J. H. (2010). Accomplishment in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) and its relation to STEM educational dose: A 25-year longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 102(4), 860-871.
- Wolfgang, C.H., Stannard, L.L., and Jones, I. (2003). Advanced constructional play with LEGOs among preschoolers as a predictor of later school achievement in mathematics. *Early Child Dev Care*, 173(5), 467-475.