การเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาด้วยโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง

Enhancing Spatial Intelligence among Primary School Students Using Virtual Reality Cognitive Training Program: An EEG Study

สดใส ดุลยา [1*] สุมาลี สมนึก [2] ปริญญา เรืองทิพย์ [3] ปิยะทิพย์ ประดุจพรม [3]
Sodsai Dulya[1*] Sumalee Somnuk[2] Parinya Ruangtip[3] Piyathip Pradujprom[3]
[1] *The Secondary Educational Service Area Office 17*
[2] *Rajamangala University of Technology Tawan-OK: Chakrabongse Bhuvanarth Campus*
[3] *Cognitive Science and Innovation Research Unit: CSIRU, College of Research Methodology and Cognitive Science, Burapha University, Thailand*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง (VR-CTP) สำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา และผลของการใช้โปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง ด้วยการเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมองระหว่างก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มทดลอง และจำแนกตามเพศและระดับเชาวน์ปัญญาทั่วไปหลังการทดลอง นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนอนุบาลจันทบุรี ปีการศึกษา 2561 จำนวน 68 คน เป็นอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัย จัดกลุ่มอาสาสมัครเข้ากลุ่มด้วยเกณฑ์การคัดกรองจำนวน 4 กลุ่ม (กลุ่มละ 17 คน) ซึ่งได้รับการฝึก จำนวน 12 ครั้ง ครั้งละ 10 นาที เก็บรวมรวมข้อมูลจากค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Theta, Alpha, Low Beta และ High Beta บริเวณสมองส่วนฟรอนทอล ส่วนพาไรทัล และส่วนเทมโพรัล ขณะทำกิจกรรมการทดสอบผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์จากแบบทดสอบ Paper Folding Test, Card Rotation Test และ Mental Rotation Test ที่สร้างขึ้น สถิติที่ใช้ได้แก่ Repeated ANOVA และ 2-way MANOVA

ผลการวิจัยปรากฏว่า โปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ประกอบด้วย 2 กิจกรรม ได้แก่ Maze Walker และ Construction Worker มี 6 ระดับการฝึกหลังการทดลอง ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองทุกช่วงความถี่สูงขึ้น บริเวณสมองส่วนฟรอนทอล ส่วนพาไรทัล และส่วนเทมโพรัลในทุกแบบทดสอบ โดยเฉพาะช่วงความถี่ Alpha เพศชายต่ำกว่าเพศหญิง ในทุกบริเวณสมอง ขณะที่นักเรียนระดับเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูงต่ำกว่า และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับระดับเชาวน์ปัญญาทั่วไปในบริเวณสมองส่วนฟรอนทอล แสดงให้เห็นว่า การฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริงอย่างต่อเนื่องสามารถช่วยเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ได้

คำสำคัญ: เชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์, โปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง, นักเรียนระดับประถมศึกษา, คลื่นไฟฟ้าสมอง

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

ABSTRACT

This study aimed to develop a Virtual Reality cognitive training program (VR-CTP) for enhancing the spatial intelligence in the primary school students, and to investigate the effect of the developed VR-CTP by comparing the accuracy score, response time, and absolute power before and after training program, between gender and general intelligence level after training. Sixty-eight students attending at Grade 5 of Anuban Chanthaburi School in academic year 2018 took part in the study. They were screened into 4 groups (17 experimental per groups). The experimental group underwent the VR-CTP training for 12 times (10 minutes each time). The Paper Folding Test, Card Rotation Test and Mental Rotation Test were used to collect absolute power of the band theta, alpha, low beta and high beta at the frontal, parietal, and temporal brain area. Data were analyzed by using the Repeated ANOVA and 2-way MANOVA.

The results showed that VR-CTP consists of 2 training activities (Maze Walker and Construction Worker in 6 levels. After training with the VR-CTP, the EEG absolute power for alpha of the experiment group was increased in all spatial intelligence tests at the frontal, parietal, and temporal lobes, especially in the female group. Meanwhile, the students with a high level of general intelligence had a lower level of alpha at the frontal lobe, and an interaction effect between gender and general intelligence level was also found, revealing the benefits of continuous practice with the VR-CTP.

Keyword: spatial intelligence, virtual reality cognitive training program, primary school students, electroencephalography

ความนำ

การประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment: PISA) เลือกประเมินนักเรียนอายุ 15 ปี ซึ่งเป็นวัยที่จบการศึกษาภาคบังคับ เพื่อประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาในการเตรียมความพร้อมให้ประชาชนมีศักยภาพหรือความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยผลการประเมิน PISA 2000 ถึง PISA 2015 นักเรียนไทยมีผลการประเมินต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติทุกครั้ง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2559) เด็กไทยเกินครึ่งมีทักษะต่ำกว่าระดับพื้นฐาน ผลการศึกษาของธนาคารโลกเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนน PISA กับอัตราการเจริญเติบโต

ทางเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งระบุว่าค่าคะแนน PISA ของเด็กที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศให้สูงขึ้น (OECD, 2016) ในขณะที่ประเทศไทยต้องการแรงงานที่มีทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ และเพื่อเตรียมความพร้อมให้กับเด็กไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้เสนอแนวทางแก้ปัญหาด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ ด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยบูรณาการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่เรียกว่า “สะเต็มศึกษา” (Science Technology Engineering and Mathematics Education: STEM Education) เพื่อช่วยผลักดันให้นักเรียนคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาได้และมีทักษะชีวิต พร้อมรับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและการประกอบอาชีพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2559) โดยเฉพาะนักเรียนระดับประถมศึกษา ซึ่งเป็นวัยก่อนจบการศึกษาภาคบังคับ นับเป็นประโยชน์ในการพัฒนาต้นทุนของคนไทย ส่งผลให้ประเทศไทยมีแรงงานที่มีทักษะสูงและมีศักยภาพเพิ่มมากขึ้นในอนาคตต่อไป

เชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial intelligence) เป็นหนึ่งในพัฒนาการทางพหุปัญญาของมนุษย์ (Anderson, 2014) เป็นความสามารถทางสมอง และเป็นองค์ประกอบหนึ่งของสติปัญญามนุษย์ (General Intelligence) (Hunt, 2011) ที่มีพัฒนาการตั้งแต่แรกเกิด และมีความแตกต่างกันระหว่างบุคคล (Jausovec & Jausovec, 2012) ซึ่ง Gardner (2011) นักจิตวิทยาการศึกษาด้านพัฒนาการทางพหุปัญญาของมนุษย์ ให้นิยามเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ไว้ว่า เป็นความสามารถในการรับรู้ การมองเห็น จินตนาการ หรือการนึกภาพของวัตถุต่าง ๆ เป็นกระบวนการทำงานของสมองที่รับรู้ผ่านกระบวนการมองเห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างวัตถุกับพื้นที่ที่วัตถุนั้นครองอยู่ โดยสามารถวาดภาพของวัตถุหรือความเชื่อมโยงให้เกิดขึ้นในสมองได้ และสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของวัตถุนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้อง

ทฤษฎีการเรียนรู้ในปัจจุบันและโมเดลส่วนใหญ่จึงคำนึงถึงมุมมองด้านการใช้เทคโนโลยีช่วยจัดการเรียนรู้หรือมุ่งเน้นเรื่องการสอนมากขึ้น โดยเฉพาะการใช้เทคโนโลยีเสมือนจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน (Virtual Technology in the Classroom) แบบเสมือนจริง (Virtual Reality: VR) ในการกระตุ้นให้เด็กเกิดความสนใจ ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพการเรียนรู้ของเด็ก ช่วยขยายขอบเขตของการเรียนรู้ให้เพิ่มยิ่งขึ้น (Huang, Liaw, & Lai, 2016) และยังช่วยส่งเสริมการเรียนรู้แบบ Active Learning (Freeman et al., 2014) โดย VR มีลักษณะเป็นแบบจำลองที่ถูกต้องและสมจริง ผู้เล่นสามารถโต้ตอบกับผู้อื่นในขณะดำเนินการชุดของงาน (Task) ในสถานการณ์เสมือนจริงแบบวิดีโอ 360 องศา นำเสนอประสบการณ์สำหรับสถานการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริงเพื่อการเรียนรู้ (Virtual-reality Learning Environment: VLE) (Shin, 2017)

จากรายงานวิจัยความแตกต่างระหว่างเพศในทุกช่วงวัยชี้ให้เห็นว่า เพศชายจะมีประสิทธิภาพในงานเชิงมิติสัมพันธ์ดีกว่าเพศหญิง ซึ่งเป็นความสามารถของสมองที่มีพัฒนาการมาตั้งแต่แรกเกิด (Jausovec & Jausovec, 2012; Reilly, Neumann, & Andrews, 2017) ในขณะที่เชาวน์ปัญญาทั่วไป (General intelligence) ซึ่งมีองค์ประกอบทั่วไป (General Factor: G-Factor) ได้แก่ ความสามารถของบุคคลโดยรวมทั่ว ๆ ไป เช่น ความสามารถในการฟัง การอ่าน และการวางแผนในการทำงาน เป็นความสามารถในการจัดการการเรียนรู้ และเข้าใจเชิงวิชาการอย่างเชี่ยวชาญ โดยผู้ที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูงจะทำได้ลึกกว่า (Neisser, 1996) และความสามารถทางสติปัญญานี้ มีความสัมพันธ์สูงกับสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญเกี่ยวกับสมาธิและความจำ (Sattler, 2001)

การเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาด้วยโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเป็นตัวกระตุ้นสมองที่มีลักษณะเสมือนจริง อาศัยหลักการทำงานของสมองที่จะแสดงผลผ่านการรับรู้จากการมองเห็นด้วยแว่นตาเสมือนจริง และอุปกรณ์มือจับเพื่อการฝึกโต้ตอบต่อเนื่อง (Verhaegh, Fontjin, & Jacobs, 2008; Huang et al., 2016) โดยการทดสอบเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ใน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองเห็น มิติสัมพันธ์เชิงการรับรู้ และมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง สามารถวัดได้จาก 2 รูปแบบ คือ การวัดด้านพฤติกรรม และการวัดด้านคลื่นไฟฟ้าฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมการทดสอบเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์จากแบบทดสอบ Paper Folding Test (PFT), Cart Rotation Test (CRT) และ Mental Rotation Test (MRT)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริงสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา

2. เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริงสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา ในประเด็นต่อไปนี้

2.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ระหว่างก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มทดลอง

2.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์หลังการทดลอง จำแนกตามเพศและระดับเชาวน์ปัญญาทั่วไป

กรอบแนวคิดการวิจัย

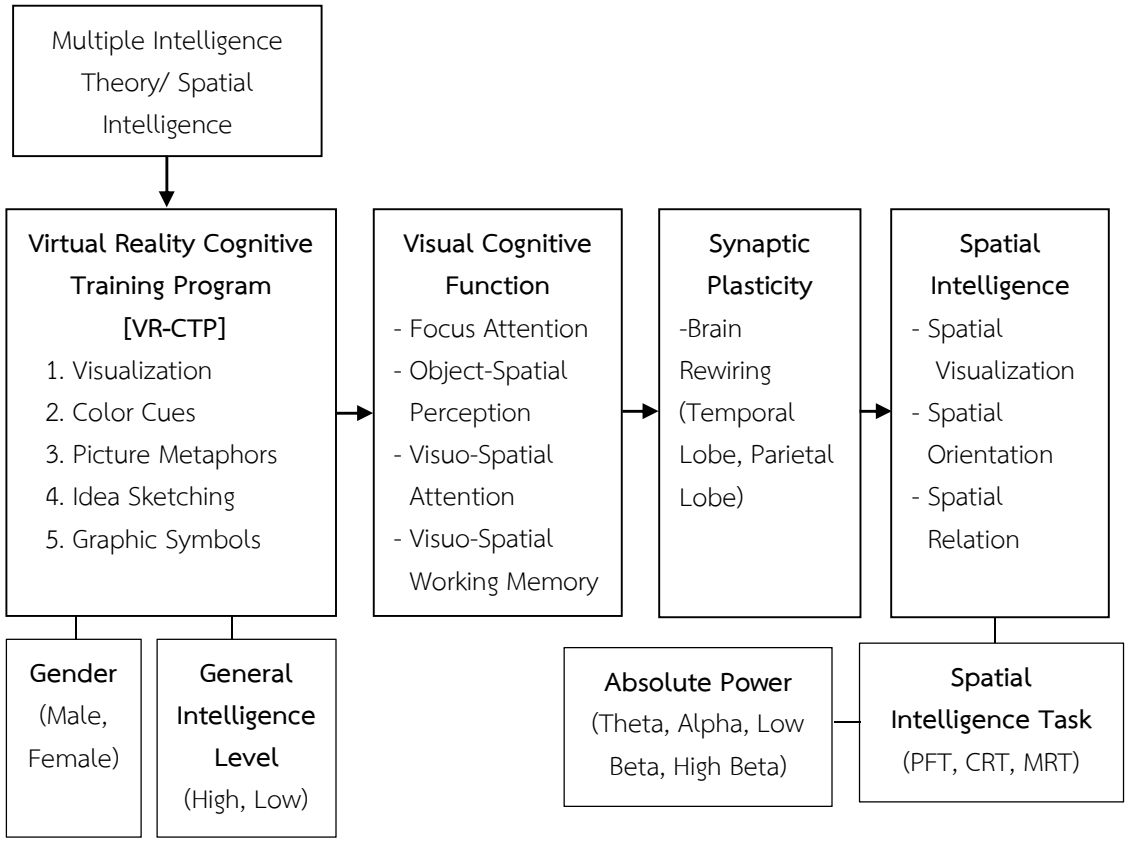
เชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial intelligence) เป็นความสามารถทางปัญญาด้านหนึ่งซึ่งเป็นความสามารถเฉพาะบุคคล (Hoffler, 2010) เป็นเชาวน์ปัญญาส่วนบุคคลครอบคลุมความสามารถทางปัญญา เช่น การประมวลผลความเร็ว ความจำ และความสามารถเชิงการรับรู้ภาพและมิติสัมพันธ์ การมองเห็นพื้นที่ รูปทรง ระยะทาง และตำแหน่งอย่างสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน แล้วถ่ายทอด แสดงออกอย่างกลมกลืน มีความไวต่อการรับรู้ในเรื่องทิศทาง มีลักษณะความคิดเป็นภาพ สามารถคงความทรงจำในสาระข้อมูลของภาพนั้นไว้ (Gardner, 2011) ความสัมพันธ์ระหว่างระบบประสาทในการมองวัตถุเทียบกับความสามารถในการแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ในสมอง ซึ่ง Motes, Malach, and Kozhevnikov (2008) ชี้ให้เห็นว่า ความสามารถในการมองเห็นเชิงพื้นที่ มีความสัมพันธ์กับรูปแบบของกิจกรรมในระบบประสาทในรูปแบบต่าง ๆ ในระหว่างการประมวลผลข้อมูลภาพ โดยระบุว่า ภาพที่มีประสิทธิภาพต่อการมองเห็นมากจะส่งผลให้กิจกรรมประสาทน้อยลงในกระบวนการประมวลผลวัตถุ ซึ่งระบบประสาทจะประมวลผลขณะทำกิจกรรมผ่านการรับรู้ทางการมองเห็น การรับรู้ (Perception) และกระบวนการทางการรู้คิด (Cognition process) ในการแปลความหมายสิ่งที่มองเห็นร่วมกับประสบการณ์ที่เคยได้รับมาก่อน ส่งผลให้มีทักษะเชิงมิติเพิ่มขึ้น รวมทั้งยังสัมพันธ์กับความแตกต่างระหว่างเพศ (Reilly et al., 2017) และระดับเชาวน์ปัญญาทั่วไปของบุคคลร่วมด้วย

Armstrong (2009) เสนอวิธีการสอนเพื่อพัฒนาเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ไว้ ได้แก่ 1) การให้เห็นภาพ โดยให้ผู้ฝึกแปลข้อความหรือเนื้อหาที่เรียนให้เป็นภาพเพื่อส่งเสริมการคิดในใจ ซึ่งอาจเป็นทั้งภาพ กลิ่น กายสัมผัส หรือเสียง เช่น การเรียนรู้จากภาพยนตร์ หรือวีดีโอ 2) การใช้สี เป็นการใช้สีบอกความแตกต่างเพื่อแทนสัญลักษณ์เรื่องใดเรื่องหนึ่ง หรือใช้สีในการแก้ปัญหา เช่น เมื่อพบเรื่องที่แก้ไขไม่ได้ให้ใช้สีที่ชอบที่สุด 3) การใช้รูปภาพ

เปรียบเทียบ เป็นการคิดเปรียบเทียบความคิดของตนออกมาเป็นรูปภาพ เพื่อเกิดความเข้าใจ และจดจำได้ง่าย 4) การวาดภาพความคิด เป็นการให้ความสำคัญของการคิดจากภาพ โดยให้ผู้ฝึกวาดภาพแนวคิดสำคัญของเรื่องที่เรียน และ 5) การใช้สัญลักษณ์กราฟิก เป็นการใช้สัญลักษณ์หรือลวดลายเส้น ประกอบการใช้งาน

การฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง จะช่วยกระตุ้นให้เกิดการสนใจจดจ่อ (Focus attention) กับวัตถุหรือสิ่งเร้า โดยการประมวลผลเชิงมิติสัมพันธ์ เริ่มจากการรับรู้ด้วยการมองเห็นเมื่อมีการแสดงของสิ่งเร้า กระบวนการเรียนรู้จากภาพ (Visual cognitive function) จะแยกลักษณะของสิ่งเร้าเพื่ออธิบายลักษณะจำเพาะหรือความแตกต่างระหว่างสิ่งเร้า การรับรู้ลักษณะจำเพาะของวัตถุ (Object perception) ได้แก่ สี (Color) ขนาด (Size) รูปทรง (Shape) และระดับต่างของสี (Shading) จะกระตุ้นไปยังบริเวณของสมองส่วนขมับ (Temporal lobe) ส่วนการรับรู้เกี่ยวกับมิติสัมพันธ์ (Spatial perception) ได้แก่ ตำแหน่ง (Position) ทิศทาง (Orientation) ระยะ (Distance) ความลึก (Depth) มิติสัมพันธ์ (Spatial relations) จะกระตุ้นไปยังบริเวณของสมองส่วนด้านข้าง (Parietal lobe) ระบบการมองเห็นซึ่งได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าจะมีกลไกการจำแนกหรือคัดเลือกลักษณะจำเพาะของสิ่งเร้า และเมื่อภาพของสิ่งเร้าหลายตัวปรากฏขึ้นในการขอบเขตการมองเห็น กระบวนการทำงานของสมองจะจำแนกลักษณะของสิ่งเร้าอย่างสนใจจดจ่อ (Focus attention) ในขณะที่สิ่งเร้าเปลี่ยนตำแหน่งหรือมีการเคลื่อนที่ในขอบเขตการมองเห็น ซึ่งเกี่ยวกับการมองเห็นเชิงมิติ (Visuo-spatial attention) (Scholl, 2009, p. 53) และเกิดเป็นความจำขณะสมองทำการคิดจากภาพที่มองเห็น (Visuo-spatial working memory) (Tomasi, Ernst, Caparelli, & Chang, 2004; Jahn, Wendt, Lotze, Papenmeier, & Huff, 2012) ความสามารถในการจัดเก็บรักษามโนภาพของสิ่งเร้าในระบบความจำ เป็นส่วนประกอบที่ก่อให้เกิดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Miyake, Friedman, Rettinger, Shah, & Hegarty, 2001; Kosslyn, Shephard, & Thompson, 2007) ตามทฤษฎีความยืดหยุ่นของระบบประสาท (Neuroplasticity) ซึ่งระบุว่า สมองบริเวณที่ได้รับการกระตุ้นจะมีการสร้างโครงข่ายประสาทให้มีการเชื่อมต่อกันมากขึ้น (Brain rewiring) อย่างอัตโนมัติเพื่อปรับตัวให้เข้ากับกิจกรรมที่เชื่อมกันของโปรแกรมการฝึกที่เป็นผลจากการกระตุ้นหรือการฝึกอย่างสม่ำเสมอ (Malenka, 2002)

การฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริงสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ ของนักเรียนระดับประถมศึกษา ที่มีความแตกต่างระหว่างเพศและระดับเชาวน์ปัญญาทั่วไป โดยสมองบริเวณที่เกี่ยวข้องกับเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์สร้างเครือข่ายเซลล์ประสาทให้เชื่อมต่อกันมากขึ้น ในบริเวณสมองส่วนด้านข้างและสมองส่วนขมับ ส่งผลต่อเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ใน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองเห็น (Spatial visualization) มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial orientation) และมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial relation) วัดผลตัวแปรที่ศึกษาขณะทำกิจกรรมการทดสอบเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ จากแบบทดสอบ Paper Folding Test (PFT), Card Rotation Test (CRT) และ Mental Rotation Test (MRT) โดยการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองจากค่าพลังงานสัมบูรณ์ (Absolute power) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Theta, Alpha, Low beta และ High beta ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่มีบทบาทสำคัญต่อการเชื่อมโยงระบบประสาทในการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมองบริเวณที่เกี่ยวข้อง ดังกรอบแนวคิดการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. โปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง ซึ่งสามารถนำไปใช้ฝึกเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาได้ ควรเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถออกแบบภาพลักษณะเสมือนจริง ดำเนินการได้บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์

2. การศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริงที่พัฒนาขึ้น สำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ มีดังนี้

2.1 นักเรียนที่ฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง มีค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Theta, Alpha, Low beta และ High beta ขณะทำกิจกรรมการทดสอบเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์สูงกว่าก่อนการฝึก

2.2 หลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง นักเรียนเพศชาย มีค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Theta, Alpha, Low beta และ High beta ขณะทำกิจกรรมการทดสอบเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ต่ำกว่านักเรียนเพศหญิง

2.3 หลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง นักเรียนระดับเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูง มีค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Theta, Alpha, Low Beta และ High Beta ขณะทำกิจกรรมการทดสอบเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ต่ำกว่านักเรียนระดับเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำ

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) แบบการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi- Experimental Research) เปรียบเทียบระหว่างก่อนกับหลังการทดลอง มีแบบแผนแบบ 2x2 Factorial Pretest and Posttest Design (Between Subjects)

กลุ่มตัวอย่าง

เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนอนุบาลจันทบุรี อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี ปีการศึกษา 2561 จำนวน 68 คน ซึ่งเป็นอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัยที่ได้รับอนุญาตจากผู้ปกครอง ได้กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญา เพศชาย 34 คน (เชาวน์ปัญญาทั่วไปสูง 17 คน เชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำ 17 คน) และเพศหญิง 34 คน (เชาวน์ปัญญาทั่วไปสูง 17 คน เชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำ 17 คน) และกลุ่มทดลองทุกคนลงนามยินยอมการเข้าร่วมการวัจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1) เครื่องมือที่ใช้ในการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย ประกอบด้วย แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล แบบประเมินความถนัดในการใช้มือ (Edinburgh Handedness Inventory) แผ่นวัดระดับการมองเห็นระยะใกล้ (Near Chart) แผ่นทดสอบตาบอดสี (Test of Color Deficiency) และแบบทดสอบสติปัญญา Standard Progressive Matric Test (SPM)

2) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ โปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริงที่พัฒนาขึ้น มีลักษณะเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบเสมือนจริง (Virtual Reality: VR) โดยเชื่อมต่อกับแว่นตาเสมือนจริง (VR Glasses) และอุปกรณ์ควบคุมมือจับ (VR Controller)

3) เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรตาม ประกอบด้วย กิจกรรมการทดสอบเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ จากแบบทดสอบ Paper Folding Test (PFT), Card Rotation Test (CRT) และ Mental Rotation Test (MRT) มีค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง (Cronbach's alpha) เท่ากับ .88, .74 และ .72 ตามลำดับ ซึ่งใช้เพื่อทดสอบเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ใน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองเห็น มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง และมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ ตามลำดับ

ขั้นตอนการวิจัย แบ่งเป็น 2 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 1 โปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง พัฒนาขึ้นโดยอิงตามทฤษฎีพหุปัญญาด้านเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ ของ Gardner โดยกำหนดกิจกรรมฝึกในรูปแบบเสมือนจริง ได้แก่ Maze Walker และ Construction Worker การตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรมฯ โดยดำเนินการตรวจสอบความเหมาะสมด้าน

เนื้อหาและลำดับขั้นตอนของการทำงานโปรแกรมฯ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับประถมศึกษา พร้อมกับสอบถามความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมฯ

ระยะที่ 2 การศึกษาผลของการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริงสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Theta, Alpha, Low beta และ High beta หลังจากดำเนินการรับสมัครและคัดกรองนักเรียนที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด และได้รับการรับรองการพิจารณาจริยธรรมในการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา และได้รับการอนุญาตจากผู้ปกครอง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

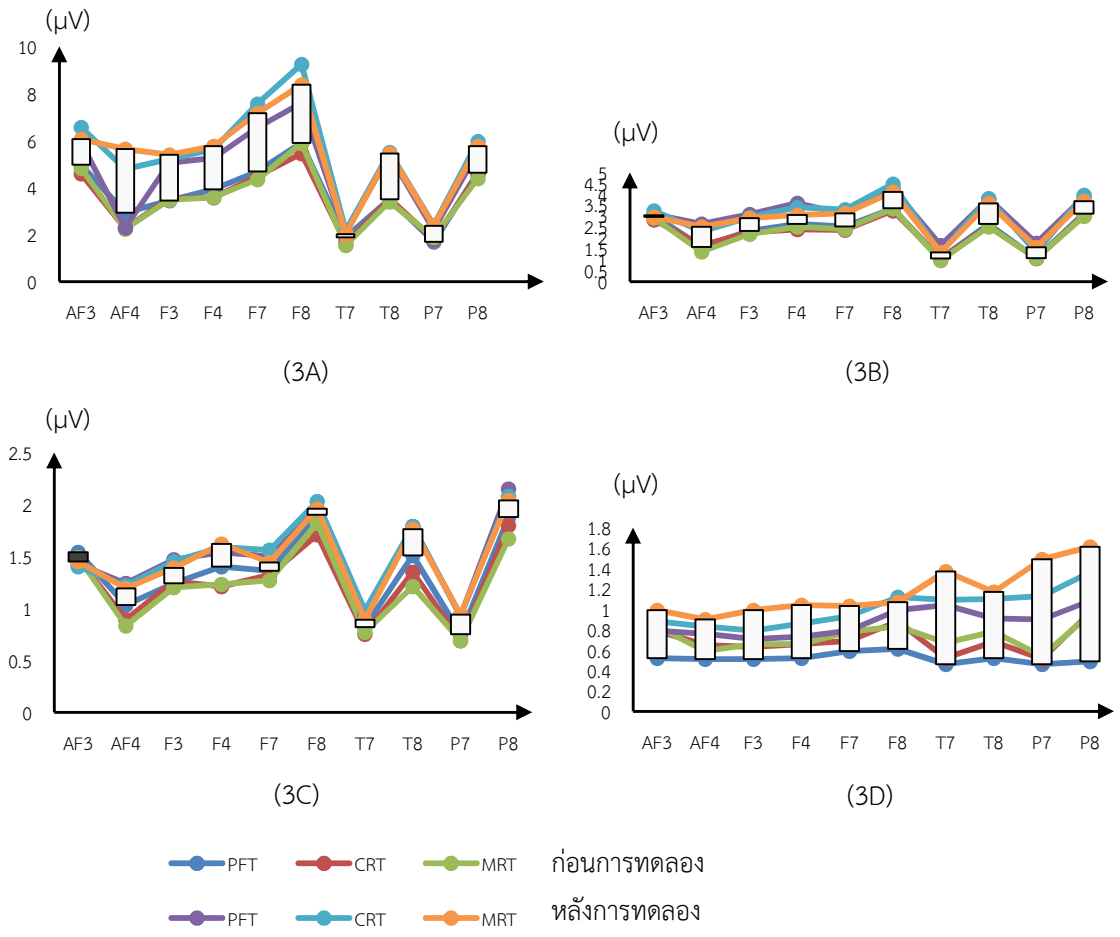
บันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองก่อนการทดลอง ด้วยเครื่อง EMOTIV รุ่น EPOC+ จำนวน 14 ขั้วอิเล็กโทรด ณ โรงเรียนอนุบาลจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี ขณะทำกิจกรรมการทดสอบเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งใช้เป็นสิ่งเร้ากระตุ้นสมอง หลังจากการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองก่อนการทดลองในกลุ่มตัวอย่างเสร็จสิ้น กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริงสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ เป็นเวลา 12 ครั้ง ๆ ละ 10 นาที หลังการฝึกครบตามจำนวนครั้งที่กำหนด ดำเนินการวัดผลของตัวแปรตามหลังการทดลองขณะทำกิจกรรมการทดสอบเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ อีกครั้ง (วัดหลังการทดลอง) และจัดเก็บคลื่นไฟฟ้าสมอง เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Repeated ANOVA และ 2-way MANOVA ต่อไป

ผลการวิจัย

1. โปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริงสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา สามารถออกแบบบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีลักษณะเสมือนจริง มีไอคอนนำสู่หน้าจอของโปรแกรมการฝึกฯ ประกอบด้วย 2 กิจกรรมหลัก ได้แก่ กิจกรรม Maze Walker และกิจกรรม Construction Worker แต่ละกิจกรรมแบ่งเป็น 6 ระดับการเล่น แสดงดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 หน้าจอกิจกรรมการฝึกของโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง

2. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Theta (3A), Alpha (3B), Low beta (3C) และ High beta (3D) ขณะทำกิจกรรมการทดสอบเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ PFT, CRT และ MRT ระหว่างก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มทดลอง พบว่า กลุ่มทดลองมีค่าพลังงานสัมบูรณ์ของทุกช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองได้แก่ ย่าน Theta, Alpha, Low beta และ High beta ขณะทำกิจกรรมการทดสอบเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ สูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งในบริเวณบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal lobe) ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF3, AF4, F3, F4, F7 และ F8 บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal lobe) ตำแหน่งอิเล็กโทรด P7 และ P8 และบริเวณเปลือกสมองส่วนขมับ (Temporal lobe) ตำแหน่งอิเล็กโทรด T7 และ T8



ภาพที่ 3 กราฟแสดงความแตกต่างของค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Theta (3A), Alpha (3B), Low beta (3C) และ High beta (3D) ระหว่างก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มทดลอง

3. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Theta, Alpha, Low beta และ High beta ขณะทำกิจกรรมการทดสอบเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ หลังการทดลอง ในกลุ่มทดลอง ระหว่างเพศ พบว่า ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าของนักเรียนชายต่ำกว่านักเรียนเพศหญิง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนี้

3.1 ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Theta ในบริเวณสมองส่วนหน้าที่ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF3 และ AF4

3.2 ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Alpha ในบริเวณสมองส่วนหน้าที่ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF3, AF4 และ F3 บริเวณเปลือกสมองส่วนขมับที่อิเล็กโทรดตำแหน่ง T8 และบริเวณเปลือกสมองด้านข้างที่ตำแหน่ง P8

3.3 ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Low beta ในบริเวณสมองส่วนหน้า ที่ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF3, F3 และ F8 และบริเวณเปลือกสมองส่วนขมับที่อิเล็กโทรดตำแหน่ง T8

3.4 ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองย่าน High beta ในบริเวณสมองส่วนหน้า ที่ตำแหน่งอิเล็กโทรด F3 และ F4 บริเวณเปลือกสมองส่วนขมับที่อิเล็กโทรดตำแหน่ง T7 และ T8 และ บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง ที่ตำแหน่ง P7 และ P8

4. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Theta, Alpha, Low beta และ High beta ขณะทำกิจกรรมการทดสอบเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ หลังการทดลอง ในกลุ่มทดลอง ระหว่างระดับเชาวน์ปัญญาทั่วไป พบว่า ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้านักเรียนระดับเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูงต่ำกว่านักเรียนระดับเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในบริเวณสมองส่วนหน้า ที่ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF4 ในทุกย่านคลื่นไฟฟ้าสมอง

การอภิปรายผล

โปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง สามารถนำไปใช้สำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาได้ เนื่องจากโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริงพัฒนาขึ้นตามทฤษฎีพหุปัญญาของ Gardner (Multiple Intelligence Theory) (Gardner, 2011) ร่วมกับการใช้กลยุทธ์การพัฒนาเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ตามทฤษฎีพหุปัญญาของ Gardner (Armstrong, 2018) ประกอบ ด้วยกิจกรรมหลัก 2 กิจกรรม ใน 6 ระดับการฝึก ได้แก่ 1) กิจกรรม Maze Walker เป็นขั้นตอนการฝึกการคิดเป็นภาพ โดยจินตนาการภาพจากแผนที่ตัวช่วยที่กำหนดเทียบกับสิ่งแวดล้อมเสมือนจริง เพื่อกำหนดทิศทางให้สามารถเคลื่อนที่ไปยังจุดประกอบซึ่งเป็นเป้าหมายที่กำหนดไว้ภายในกำหนดเวลา 2) กิจกรรม Construction Worker เป็นขั้นตอนการฝึกประกอบสิ่งของตามรูปแบบที่กำหนด โดยผู้ฝึกจะต้องจินตนาการการเลือกใช้วัสดุเพื่อการประกอบ ให้สอดคล้องสัมพันธ์กับลักษณะรูปทรง ขนาดและสี เพื่อการวางให้ถูกตำแหน่ง ในลักษณะการรับรู้ และการทำความเข้าใจในรูปแบบภาพและสิ่งแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Reality) เป็นตัวกระตุ้นให้เด็กเกิดความสนใจ ช่วยส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนรู้ ช่วยขยายขอบเขตของการเรียนรู้ให้ยิ่งขึ้น (Huang et al., 2016) และช่วยกระตุ้นโครงสร้างการทำงานของสมองของเด็ก (Connell, 1998) ตามแนวคิดการพัฒนากิจกรรมหรือโปรแกรมการพัฒนาความสามารถทางสมอง ที่ต้องอิงอาศัยกระบวนการหรือทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนรู้ของสมอง

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Theta, Alpha, Low Beta และ High Beta ขณะทำกิจกรรมการทดสอบเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ ได้แก่ แบบทดสอบ PFT, CRT และ MRT ก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง ผลปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Theta, Alpha, Low beta และ High beta หลังการฝึกสูงกว่าก่อนการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หมายความว่า กลุ่มทดลองมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของสมองด้านการมองเห็นเชิงมิติสัมพันธ์ และกระบวนการคิดเชิงมิติสัมพันธ์ในทางที่ดีขึ้น หลังได้รับการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง เนื่องจากพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Theta, Alpha, Low beta และ High beta จะสัมพันธ์กับบริเวณสมองในด้านกระบวนการรู้คิด (Cognitive process) และเกี่ยวข้องกับความแตกต่างระหว่างเพศ (Arce, Romos, Guevara, & Corsi-Cabera, 1995; Neubauer, Bergner, & Schatz, 2010) โดยเฉพาะปรากฏค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Theta และ Alpha ที่สูงขึ้นในทุกตำแหน่งอิเล็กโทรดหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Reis (2016) ชี้ให้เห็นว่า หลังการฝึกที่มีการกระตุ้นสมองในบริเวณสมองส่วนหน้า จะมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Theta และ Alpha ในทุกบริเวณของสมอง

การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเพศของค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Theta, Alpha, Low beta และ High beta ทั้งก่อนและหลังการฝึก ซึ่งมีค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Theta ของเพศชายสูงขึ้นในตำแหน่งอิเล็กโทรดบริเวณสมองส่วนหน้า ในตำแหน่งอิเล็กโทรด AF4, F7 และ AF3 ซึ่งในภาวะปกติในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Theta ของเพศชายจะมีค่าพลังงานสัมบูรณ์ในสมองซีกขวาสูงกว่าเพศหญิง แต่หากได้รับการกระตุ้นและการฝึก เพศชายจะมีค่าพลังงานสัมบูรณ์สูงขึ้นทั้งในสมองซีกซ้ายและซีกขวาในบริเวณสมองส่วนหน้า (Ramos & Sanchez, 2011; Polana, Nitsche, Korman, Batsikadze, & Paulus, 2012) ทำให้เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเพศของค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Theta หลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง เพศชายจึงมีค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Theta ที่บริเวณสมองส่วนหน้า ได้แก่อิเล็กโทรด ตำแหน่ง F3 และ F7 สูงกว่าเพศหญิง สอดคล้องกับรายงานวิจัยความแตกต่างระหว่างเพศได้ชี้ให้เห็นว่า เพศชายจะมีประสิทธิภาพการทำงานเชิงมิติสัมพันธ์ดีกว่าเพศหญิง ซึ่งเป็นความสามารถของสมองตั้งแต่แรกเกิด (Jausovec & Jausovec, 2012; Reilly, 2017) โดยมีพื้นฐานบนความแตกต่างระหว่างความสามารถในการมองเห็นวัตถุกับความสามารถในการจินตนาการเพื่อแสดงข้อมูลเชิงมิติสัมพันธ์ในสมอง ทำให้เกิดการส่งผ่านข้อมูล (Tranfer effect) ไปยังความจำขณะคิด (Working memory) เพศชายจึงมีประสิทธิภาพในงานเชิงมิติสัมพันธ์ดีกว่าเพศหญิง (Kimura, 2000; Ramos and Sanches, 2011)

ผลการเปรียบเทียบเทียบความแตกต่างระหว่างเชาวน์ปัญญาทั่วไป ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของทุกช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง ของกลุ่มทดลองซึ่งได้แก่ นักเรียนที่มีระดับเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูงและนักเรียนที่มีระดับเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำ ที่ได้รับการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง เป็นจำนวน 12 ครั้ง ครั้งละ 10 นาที เมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานสัมบูรณ์ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Theta, Alpha, Low beta และ High beta กับก่อนฝึกด้วยโปรแกรมฯ พบว่า นักเรียนระดับเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูงมีค่าพลังงานสัมบูรณ์ต่ำกว่านักเรียนระดับเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำ ในบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า หลังการฝึก โดยเฉพาะที่อิเล็กโทรด ตำแหน่ง AF4

สอดคล้องกับ Anderson (2001) ที่ระบุว่า เชาวน์ปัญญาเป็นความสามารถที่ช่วยให้บุคคลดำเนินการประมวลผลได้มากขึ้นหรือได้ข้อมูลที่เร็วขึ้น โดยรายงานวิจัยพบความสัมพันธ์ของการเกิดขึ้นของความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Theta ในบริเวณสมองส่วนหน้าหลังการถูกกระตุ้น (Polana et al., 2012)

ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่า โปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง ถือเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ เนื่องจากกิจกรรมของโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริงใช้กิจกรรมการฝึกแบบเสมือนจริง จำลองสถานการณ์ที่ถูกต้องและสมจริง ผู้ฝึกสามารถเคลื่อนไหวโต้ตอบในขณะดำเนินกิจกรรมการฝึกแบบวิดีโอ 360 องศา แสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ขณะที่ผู้ฝึกสามารถมองเห็นผ่านแว่นตาเสมือนจริง ทำให้เมื่อมีการแสดงของสิ่งเร้าต่อระบบการมองเห็นซึ่งจะช่วยกระตุ้นความสนใจ ของเด็ก ช่วยส่งเสริมการรับรู้ และขยายขอบเขตของการเรียนรู้ฝึกฝน (Verhaegh et al., 2008; Huang et al., 2016) ซึ่งพัฒนาโดยประยุกต์ทฤษฎีพหุปัญญา เกี่ยวกับการรับรู้ภาพ การมองเห็นพื้นที่ รูปทรง ระยะทาง และตำแหน่งอย่างสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน ให้มีลักษณะการคิดเป็นภาพ (Gardner, 2011) และกระบวนการเรียนรู้ของสมอง ดังที่ให้ความเห็นว่า กิจกรรมการฝึกความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีลักษณะยั่งยืนถาวร (Durable) ควรครอบคลุม (Generalizable) ทุกองค์ประกอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และมีลักษณะกิจกรรมที่ต้องอาศัยกระบวนการทำงานของสมองเป็นฐาน (Cognitive Process-Based Task) โดยอาศัยกระบวนการทำงานของสมองด้านความสนใจ (Attention) การรับรู้ (Visual Perception) (Scholl & Pylyshyn, 1998) ความจำขณะทำงาน (Working memory) (Sears & Pylyshyn, 2000; Xu & Chun, 2009) และกระบวนการสร้างจินตภาพ (Imagery) มีความไวต่อการรับรู้ในเรื่องทิศทาง สามารถคงความทรงจำในสาระข้อมูลของภาพนั้นไว้ มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์ระหว่างระบบประสาทในการมองวัตถุเทียบกับความสามารถในการแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ในสมอง สอดคล้องกับ Chirstou (2007) ที่ให้ความเห็นว่า การรับรู้หรือเห็นวัตถุในรูปแบบเคลื่อนไหว จะทำให้เกิดภาพในสมองสมบูรณ์แบบกว่าการรับรู้หรือเห็นวัตถุในรูปแบบนิ่ง เพราะก่อให้เกิดการจัดกระทำกับมโนภาพของวัตถุนั้นแม่นยำและถูกต้องกว่าการรับรู้โครงสร้างของวัตถุในรูปแบบสองหรือสามมิติ ที่ไม่สามารถรับรู้มิติบางส่วนของวัตถุ หรือปฏิสัมพันธ์ระหว่างมิติแต่ละด้านได้อย่างเพียงพอ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง ในประชากรกลุ่มอื่น ๆ เช่น ระดับชั้นการเรียนหรืออายุที่แตกต่าง หรือกลุ่มที่มีความบกพร่องทางสมอง เพื่อเป็นตรวจสอบศักยภาพของโปรแกรมการฝึกกระบวนการทางปัญญาเสมือนจริง

2. การออกแบบการฝึกด้วยโปรแกรมฯ อาจเพิ่มความถี่ในการฝึกต่อสัปดาห์และเพิ่มระยะเวลาในการวัดตัวแปรที่ศึกษาซ้ำ เพื่อตรวจสอบศักยภาพของโปรแกรมการฝึกและความคงอยู่ของประสิทธิภาพการทำงานของสมองด้านมิติสัมพันธ์

3. ใช้แบบแผนการวิจัยศึกษาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เพื่ออธิบายประสิทธิภาพและประสิทธิผลของโปรแกรมการฝึกได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยภายใต้แผนงานเสริมสร้างศักยภาพและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ตามทิศทางยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม ประเภทบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2562

เอกสารอ้างอิง

สสวท. (2559). สรุปผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2015, *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. กรุงเทพฯ: สสวท.

Anderson, L. (2014). Visual-Spatial Ability: Important in STEM, Ignored in Gifted Education. *Roeper Review*, *36*(2), 114-121.

Arce, C., Ramos, J., Guevara, M., & Corsi-Cabrera, M. (1995). Effect of spatial ability and sex on eeg power in high school students. *International Journal of Psychophysiology, 20*, 11-20.

Armstrong, T. (2009). *Multiple intelligences in the classroom* (3rd ed.). Virginia: Alexandria.

Armstrong, D. M. (2018). *Universals: An opinionated introduction*. Abingdon: Routledge.

Christou, E. A., Rudroff, T., Enoka, J. A., Meyer, F., & Enoka, R. M. (2007). Discharge rate during low-force isometric contractions influences motor unit coherence below 15 Hz but not motor unit synchronization. *Exp Brain Res*, *178*(1), 285–295.

Connell, M. L. (1998). Technology in constructivist mathematics classrooms. In McNeil, S., Price, J., Boger-Mehall. S., Robin, B., & Willis, J. (Eds.), *Proceedings of society for information technology & teacher education international conference 1988* (pp. 601-604).

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics, *Proc. Natl. Acad. Sci., 111*(23), 8410–8415.

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

Hoffler, T. N. (2010). Spatial ability: Its influence on learning with visualization a meta-analytic review. *Education Psychology Review, 22*(3), 245-269.

Huang, H., Liaw, S., & Lai, C. (2016). Exploring learner acceptance of the use of virtual reality in medical education. *Interact Learn Environ, 24*(1), 3–19.

Hunt, E. (2011). *Where are we? Where are we going? Reflections on the Current and Future State of Research on Intelligence*. In R.J. Sternberg & S.B. Kaufman (Eds.) Handbook of Intelligence. New York: Cambridge U. Press.

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.

Jausovec, N., & Jausovec, K. (2012). Working memory training: Improving intelligence-changing brain activity. *Brain and Cognition*, *79*(2), 96–106.

Kimura, D. (2000). *Sex and cognition*. Cambridge, MA: MIT Press

Malenka, R. C. (2002). Synaptic plasticity. In Davis, K. L., Charney, D., Coyle, J. T., & Nemeroff, C. (Eds.), *Neuropsychopharmacology: The fifth generation of progress* (pp. 147-158). Brentwood, Tennessee: American Colledge of Neuropsychopharmacology.

McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2014). *Research in education: Evidence-based inquiry* (7th, Pearson new international ed.). Harlow: Pearson Education.

Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P., & Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General, 130*(4), 621-640.

Motes, M. A., Malach, R., & Kozhevnikov, M. (2008). Object-processing neural efficiency differentiates object from spatial visualizers. *NeuroReport*, *19*, 1727-1731.

Neisser, U. (1996). Remembering as doing. *Behavioral and Brain Sciences*, *19*, 203-204.

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

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

Polanía, R., Nitsche, M. A., Korman, C., Batsikadze, G., & Paulus, W. (2012). The importance of timing in segregated theta phase-coupling for cognitive performance. *Current Biology*, *22*(14), 1314-1318.

Ramos, J., & Sanchez, L. M. (2011). Gender difference in EEG coherent activity before and after training navigation skills I virtual environments. *Mexico*, *37*(6), 68-75.

Reilly, D., Neuman, D. L., & Andrews, G. (2017). Gender Differences in Spatial Ability: Implications for STEM Education and Approaches to Reducing the Gender Gap for Parents and Educators. *Visual-spatial Ability in STEM Education*, 195-224.

Reis, J. (2016). Gross agricultural output: A quantitative, unified perspective, 1500-1850. In: An Agrarian History of Portugal, 1000-2000. Economic development on the European frontier, eds, Dulce Freire and Pedro Lains. Leiden: Brill, 166-196.

Sattler, J. M. (2001). *Assessment of children: Cognitive applications*. La Mesa, California: Jerome M. Sattler.

Scholl, B. J., & Pylyshyn, Z. W. (1998). Tracking multiple items through occlusion: Clues to visual objecthood. *Cognitive Psychology*, *38*(1), 259-290.

Sears, C. R., & Pylyshyn, Z. W. (2000). Multiple object tracking and attentional processing. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, *54*(1), 1-14.

Shin, D. H. (2017). The role of affordance in the experience of virtual reality learning: Technological and affective affordances in virtual reality. *Telematics and Informatics, 34*(8), 1826-1836.

Sorby, S. A. (1999). Developing 3-d spatial visualization skills. *Engineering Design Graphics Journal*, *63*(2), 21-32.

Tomasi. D., Ernst, T., Caparelli, E. C., & Chang, L. (2004). Practice-induced changes of brain function during visual attention: A parameric fmri study at 4 tesla. *Neuroimage*, *23*(4), 1414-1421.

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

Verhaegh, J., Fontijn, W., & Jacobs, A. (2008). *On the benefits of tangible interfaces for educational games*. Canada: Banff.

Xu, Y., & Chun, M. M. (2009). Selecting and perceiving multiple visual objects. *Trends in Cognitive Sciences*, *13*(4), 167-174.