การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุสำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
Visual Perception Training by Applying the Theory of Motion Objects Tracking for Increasing Cognitive Ability in Lower Secondary School Students

นันทา ลีนะเปสนันท์ [1*] สุชาดา กรเพชรปาณี [1] ปรัชญา แก้วแก่น [1]

Nunta Leenapeasanunt [1*], Suchada Kornpetpanee [1], Pratchaya Kaewkaen [1]

[1]Centre of Excellence in Cognitive Science,

College of Research Methodology and Cognitive Science, Burapha University, Thailand

บทคัดย่อ

ความสามารถทางปัญญาเป็นทักษะทางสมองที่สำคัญสำหรับนักเรียน มีความสัมพันธ์กับทักษะการเรียนรู้ สติปัญญา และกระบวนการคิดวิเคราะห์ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ และนำรูปแบบการฝึกไปใช้สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถด้านจำความหมาย ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชายระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 60 คน ที่กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2558 โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา จังหวัดชลบุรี จัดนักเรียนเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละเท่า ๆ กัน โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยเครื่องมือใช้ในการทดลอง ได้แก่ รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ประกอบด้วย เครื่องรับโทรทัศน์แบบสามมิติ ขนาด 65 นิ้ว และโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ (NeuroTracker) และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดตัวแปรตาม ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และแบบทดสอบความสามารถด้านจำความหมาย สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าสถิติพื้นฐาน และ MANOVA

ผลการวิจัยปรากฏว่า รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุผ่านหน้าจอทีวีแบบสามมิติ ประกอบด้วย การจำแนกสิ่งเร้า การบ่งชี้เป้าหมาย การเปลี่ยนตำแหน่ง การระบุเป้าหมาย และการตอบรับสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย นอกจากนี้ผลของการนำรูปแบบการฝึกรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ไปใช้ ปรากฏว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญาของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.01$) ในทางเดียวกันคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.01$) และคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านจำความหมายของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.01$) สรุปได้ว่าการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ สามารถเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้

คำสำคัญ: การรับรู้ทางการมองเห็น, ความสามารถทางปัญญา, มิติสัมพันธ์, การจำความหมาย, ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ

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

ABSTRACT

Cognitive abilities are the brain-based skills, important for the students related to their learning, intelligence, and thinking process. The objectives of this research were to define visual perception training model by applying the theory of motion objects tracking for increasing cognitive ability in lower secondary school students and compared the cognitive ability between the experimental and control groups after training. The participants were sixty male lower secondary school students studying in the academic year 2015 at Assumption College Sriracha, Chon Buri. They were randomly and equally assigned to experimental and control groups. The research instruments comprised 3D TV 65 inches, NeuroTracker, spatial ability test and semantic ability test. Basic statistics and MANOVA were used to analyze the data.

The results showed that the model of visual perception training program by applying the theory of motion objects tracking through 3D TV, including Presentation, Indexation, Movement, Identification, and Feedback. After training with the program, the experimental group had cognitive ability increase and higher than the control group (p<.01), the experimental group had spatial ability higher than the control group (p<.01), and the experimental group had semantic memory ability higher than the control group (p<.01).The results can be concluded that visual perception training program by applying the theory of motion objects tracking (NeuroTracker) was capable of increasing cognitive ability in lower secondary school students.

Keywords : visual perception, cognitive ability, spatial ability, semantic ability, theory of motion objects tracking (NeuroTracker)

ความนำ

ความสามารถทางปัญญาเป็นกระบวนการทำงานของสมอง มีที่มาจากศาสตร์การเรียนรู้ 2 สาขาวิชาที่เชื่อมโยงกัน ระหว่างความรู้ทางประสาทวิทยาศาสตร์ (Neuroscience) ที่อธิบายความคิดและจิตใจของมนุษย์กับทักษะการเรียนรู้ (Learning skills) ที่บ่งบอกความสามารถในการเรียนรู้ ความชำนาญ ความเข้าใจและความจำ ทำให้การจัดกระบวนการเรียนรู้ตั้งอยู่บนฐานปัจจัยที่ทำให้สมองมีการเปลี่ยนแปลง สมองเป็นอวัยวะสำคัญส่วนกลางของระบบประสาท ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหว (Motor control) การรับความรู้สึก (Sensation) ความจำ (Memory) อารมณ์ (Emotion) สมองของมนุษย์ประกอบด้วยเซลล์ประสาทจำนวน 10^{11} เซลล์ (Menzel & Giurfa, 2001) เซลล์ประสาทเป็นเซลล์ที่ไวต่อการกระตุ้นและสามารถปรับเปลี่ยนได้ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวย ทำให้การทำงานของเซลล์สมองในส่วนต่าง ๆ ของมนุษย์สามารถเรียนรู้ เก็บเกี่ยวความรู้รอบตัวและสร้างความรู้ขึ้นได้ เกิดการคิดขึ้นในสมอง ถ้ามีการใช้สมองเพื่อการเรียนรู้และการคิดเพิ่มขึ้น เซลล์สมองจะสร้างเครือข่ายเส้นใยสมองใหม่ ๆ เชื่อมต่อกันเป็นวงจรประสาท (Neural circuits) เซลล์เหล่านี้ต่อเชื่อมกันเป็นวงจรและจัดระเบียบได้ดีมากเท่าไหร่ คุณภาพสมองจะยิ่งดีขึ้น เครือข่ายสมองเมื่อถูกสร้างขึ้น จะทำให้สมองสามารถรับรู้และเรียนรู้ได้ทั้งในส่วนย่อยและส่วนรวม เกิดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด การปรับตัวเองและสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในสภาวะสมดุล เกิดการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล แล้วนำมาจัดระบบตามลำดับความสำคัญ และพัฒนาความคิดใหม่ ๆ

องค์ประกอบที่สำคัญของความสามารถทางปัญญาประกอบด้วย การให้เหตุผล การวางแผน การแก้ปัญหา การคิดเชิงนามธรรม การเข้าใจแนวคิดที่ซับซ้อน การเรียนรู้อย่างรวดเร็วและการเรียนรู้จากประสบการณ์ซึ่งไม่ใช่ความรู้จากสารานุกรม ความสามารถทางด้านวิชาการเฉพาะหรือความเชี่ยวชาญในการทำแบบทดสอบ แต่เป็นความสามารถที่สะท้อนถึงศักยภาพในการเข้าใจสิ่งแวดล้อม การทำความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ หรือการจินตนาการถึงสิ่งที่ควรทำได้ ความสามารถทางปัญญาจะมีทักษะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงข่ายประสาท (Neural network) ที่เฉพาะเจาะจงหรือโครงสร้างของสมอง (Brain structures) สำหรับทักษะความจำส่วนใหญ่จะอยู่ในส่วน Temporal lobe และสมอง Frontal lobe สมองของมนุษย์ประกอบด้วยโครงข่ายประสาทจำนวนมาก โครงข่ายประสาทที่สำคัญคือโครงข่ายประสาทของความจำ (Memory network) ที่มีความสำคัญต่อการทำกิจกรรมของสมองขั้นสูง (Higher order cognition) หลายด้านที่เกี่ยวเนื่องกับกระบวนการทางปัญญา (Cognitive process) ได้แก่ ความใส่ใจ (Attention) การรับรู้ (Perception) ความจำ (Memory) ทักษะการเคลื่อนไหว (Motor skills) การเข้าใจภาษา (Language) ความสามารถในการประมวลภาพและมิติสัมพันธ์ (Visual and spatial processing) การตัดสินใจ (Decision making) และการแก้ปัญหา (Problem solving) เป็นต้น ความสามารถทางปัญญาจะไม่คงที่ สามารถเปลี่ยนแปลงและพัฒนาได้ตลอดเวลา เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสมอง จะมีการเชื่อมโยงถึงการเปลี่ยนแปลงการทำงานทางปัญญาด้วย การมีแนวทางเพื่อพัฒนาศักยภาพทางปัญญาจึงมีความสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านความจำความหมาย

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial ability) และความสามารถด้านความจำความหมาย (Semantic ability) เป็นการทำงานของกระบวนการทางปัญญาซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของสติปัญญามนุษย์ (General Intelligence) (Barbey et al., 2012) ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถในการจินตนาการหรือการนึกภาพของวัตถุต่าง ๆ เป็นกระบวนการทางสมองประเภทหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ (Object) กับพื้นที่ว่าง (Space) เป็นการรับรู้ภาพทางสายตาที่ใช้จินตนาการทางประสาทสัมผัสสัมพันธ์กับวัตถุต่าง ๆ รอบตัว ทำให้เกิดการแยกแยะสี รูปทรง ลักษณะพื้นผิว มิติความลึก มิติความกว้าง ยาว หนาและสูง ความสามารถด้านนี้จะส่งผลให้มนุษย์เข้าใจถึงมิติต่าง ๆ และการมองเห็นรูปทรงต่าง ๆ ที่เคลื่อนไหว ซ้อนทับกัน การแยกภาพ การประกอบภาพ รวมถึงความสามารถในการจำแนกตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุ และระยะทางใกล้หรือไกลด้วย ทั้งนี้ความสามารถดังกล่าวจะต้องใช้ระบบประสาทส่วนกลาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรับรู้ทางการมองเห็น

การรับรู้ทางการมองเห็น (Visual perception) ของมนุษย์เป็นระบบประสาทรับความรู้สึกที่สำคัญในการประมวลผลข้อมูลเข้าสู่กระบวนการทางสมองขั้นสูง การรับรู้ทางการมองเห็นเป็นหนึ่งในห้าของระบบประสาทสัมผัสรับความรู้สึก (Sensory system) ที่เกี่ยวกับการรับรู้ของมนุษย์ การรับรู้ทางการมองเห็นเป็นผลมาจากการทำงานของดวงตาซึ่งเป็นอวัยวะที่มีความสำคัญต่อการรับรู้ทางการมองเห็นมากที่สุดในระบบประสาทสัมผัส คือ คิดเป็นร้อยละ 75 เมื่อเทียบกับการรับรู้ทางประสาทสัมผัสอื่น ๆ การมองเห็นของมนุษย์เกิดขึ้นจากความสัมพันธ์ระหว่างดวงตากับสมองและการแปลความหมายที่สมองเพื่อวิเคราะห์ภาพ การรับรู้ทางการมองเห็นช่วยให้บุคคลสามารถมองเห็นและรับรู้ภาพต่าง ๆ สามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมและดำรงชีวิตได้อย่างปกติ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความสามารถด้านการเรียนรู้ และความสามารถด้านการวางแผนการเคลื่อนไหว ในส่วนของความสามารถด้านการรับรู้ทางการมองเห็นไม่ได้มาจากความสามารถด้านการมองเห็นเพียงอย่างเดียว แต่มาจากการประมวลผลร่วมกันอย่างเป็นระบบกับการรับรู้ความรู้สึกด้านอื่น ๆ การรับรู้ทางการมองเห็นสามารถเกิดขึ้นได้ต้องใช้ทั้งกระบวนการรับรู้ (Perception process) และกระบวนการทางปัญญา (Cognitive process) เพื่อแปลความหมายของสิ่งที่มองเห็นร่วมกับประสบการณ์ที่เคยได้รับมาก่อน ดังนั้นการรับรู้ทางการมองเห็นจึงต้องใช้การพัฒนาความสามารถของสมองร่วมกับการเก็บประสบการณ์จากการเรียนรู้

การเพิ่มความสามารถทางปัญญามีหลากหลายวิธี ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า มนุษย์สามารถเพิ่มความสามารถทางปัญญาและเพิ่มประสิทธิภาพของสมองได้โดยเปลี่ยนวิถีชีวิตอย่างง่าย ๆ เช่น การฝึกความจำ การรับประทานอาหารสุขภาพ การออกกำลังกาย และการบริหารความเครียด ดังเช่น Small et al. (2006) ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในการรับรู้และความสามารถของสมองที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหน่วยความจำ โดยศึกษากับกลุ่มอาสาสมัครที่เข้าร่วมการทดลอง จำนวน 17 คน มีอายุระหว่าง 35 – 69 ปี (อายุเฉลี่ย 53 ปี) มีความจำปกติ แบ่งกลุ่มอาสาสมัครโดยการสุ่มอย่างง่ายเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 8 คน ดำเนินการฝึกตามโปรแกรมการรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพ การออกกำลังกายเพื่อผ่อนคลาย และการออกกำลังกายเพื่อฝึกจิต (เป็นเทคนิคการฝึกสมองและเทคนิคการฝึกความจำเกี่ยวกับภาษา) และกลุ่มควบคุม จำนวน 9 คน ที่ไม่ได้ฝึกและดำเนินชีวิตตามปกติ ระยะเวลาในการทดลอง 14 วัน ปรากฏว่ากลุ่มทดลองสามารถใช้คำได้คล่องแคล่วขึ้น (Word fluency) เทียบกับความสามารถที่ได้วัดมาก่อน และเทียบกับกลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการรับประทานอาหารสุขภาพ การออกกำลังกายทางกายและทางจิตในระยะสั้น รวมถึงการบริหารความเครียด มีความสัมพันธ์กับผลกระทบที่สำคัญต่อการทำงานของระบบประสาท ทำให้ประสิทธิภาพในการรับรู้ความสามารถของสมองที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหน่วยความจำดีขึ้น สามารถส่งผลต่อกระบวนการรับรู้ (Faubert, 2002)

นอกจากการเพิ่มประสิทธิภาพของสมองโดยการรับประทานอาหารสุขภาพ การออกกำลังกาย และการฝึกสมองแล้ว จากการศึกษางานวิจัยพบว่า การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสมองได้เช่นกัน ผลการวิจัยของ Legault, Allard, and Faubert (2013) ได้ศึกษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ กับกลุ่มผู้สูงอายุ ที่มีอายุระหว่าง 64 - 73 ปี (อายุเฉลี่ย 67 ปี) และกลุ่มหนุ่มสาว มีอายุระหว่าง 18 - 35 ปี (อายุเฉลี่ย 24 ปี) พบว่า ทั้งสองกลุ่มได้รับประโยชน์จากการฝึกและมีพัฒนาการการรับรู้คล้ายกัน แต่อัตราการเรียนรู้ของกลุ่มผู้สูงอายุช้ากว่ากลุ่มหนุ่มสาว นอกจากนี้ Legault and Faubert (2012) ยังได้ศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวร่างกายมนุษย์ (Biological Motion: BM) ฝึกการรับรู้ความรู้ความเข้าใจ (Perceptual cognition training) โดยการติดตามวัตถุหลายสิ่งที่เคลื่อนไหวอย่างอิสระแบบสามมิติ (3D-MOT) กับกลุ่มผู้สูงอายุ 3 กลุ่ม เป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึก จำนวน 14 คน มีอายุระหว่าง 64 - 73 ปี (อายุเฉลี่ย 67 ปี) กลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก จำนวน 14 คน มีอายุระหว่าง 64 - 72 ปี (อายุเฉลี่ย 66 ปี) และกลุ่มการรับรู้ภาพ ไม่ได้รับการฝึก จำนวน 13 คน มีอายุระหว่าง 64 - 73 ปี (อายุเฉลี่ย 66 ปี) กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดได้รับการพิจารณาว่า มีสุขภาพดีจากเครื่องมือคัดกรองความบกพร่องการรับรู้ทางปัญญา และภาวะสมองเสื่อม (Mini-mental state examination) ผลการศึกษาปรากฏว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกสามารถปรับปรุงการรับรู้การเคลื่อนไหวทางชีวภาพได้ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกทั้ง 2 กลุ่ม สรุปได้ว่า การฝึกการติดตามวัตถุหลายสิ่งที่เคลื่อนไหวอย่างอิสระแบบสามมิติ สามารถเพิ่มความสามารถในการประมวลผลของกลุ่มผู้สูงอายุที่ได้รับการฝึก

จากความสำคัญของการพัฒนาการรับรู้ทางการมองเห็นที่มีความเกี่ยวข้องกับการเพิ่มความสามารถทางปัญญา สามารถพัฒนาให้เกิดได้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำวิธีการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุมาใช้เพิ่มความสามารถทางปัญญาในด้านความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านการจำความหมาย สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ

2. เพื่อศึกษาผลของการนำรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ไปใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยพิจารณาจาก

2.1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถ

ทางปัญญา (ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านการจำความหมาย) ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก

2.2 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก

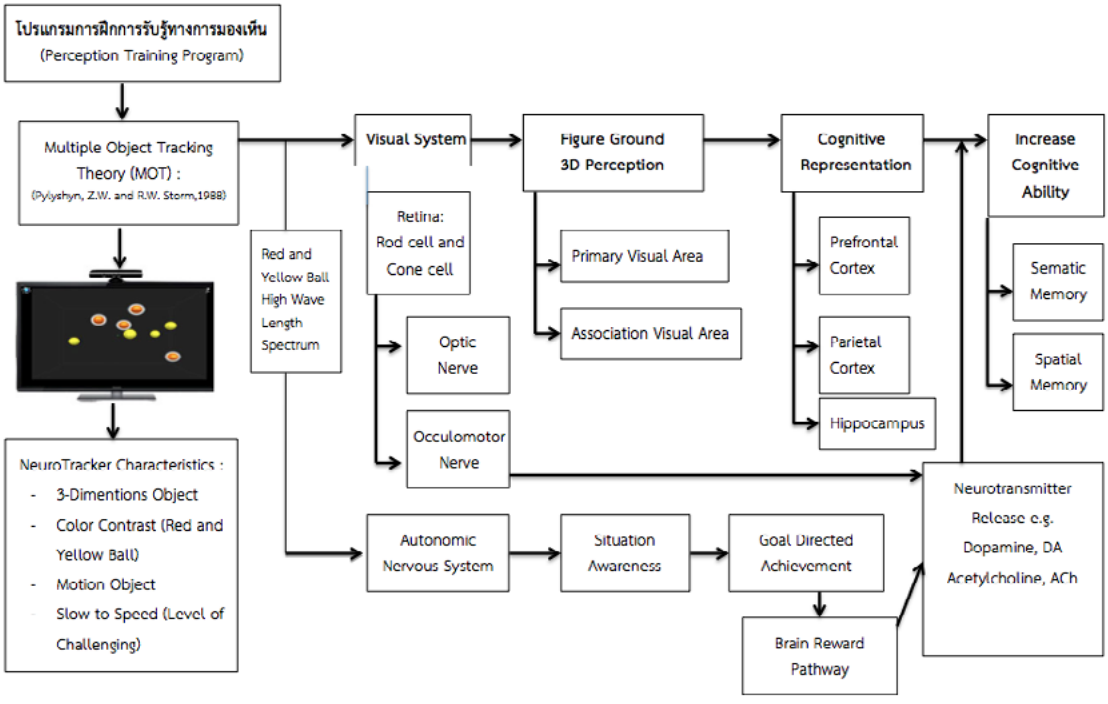
2.3 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านการจำความหมาย ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก

กรอบแนวคิดการวิจัย

ระบบการมองเห็น (Visual system) เกิดขึ้นเมื่อมีแสงจากวัตถุที่กำลังมองอยู่ตกกระทบกับตัวรับภาพในจอประสาทตา (Retina) และส่งข้อมูลไปในรูปสัญญาณประสาท สมองส่วนรับภาพจะจัดเรียง แปลผลข้อมูลและสร้างเป็นภาพให้รู้สึกมองเห็นได้ การรับภาพจากสิ่งเร้าจะไปแปลผลที่เปลือกสมองส่วนการมองเห็น (Visual cortex) บริเวณบรอดมันน์แอเรีย 17, 18 และ 19 (Brodmann area 17, 18, 19) ของสมองส่วน Occipital lobe ซึ่งเป็นบริเวณหนึ่งของเปลือกสมองส่วนหลัง บริเวณรับภาพของสมองนี้เป็นบริเวณกว้างมาก แสดงถึงความสำคัญของข้อมูลที่เกี่ยวกับภาพหรือการมองเห็นที่มีต่อการทำงานของสมองหรือการรับรู้และการเรียนรู้ การมองเห็นเป็นที่มาของข้อมูลเบื้องต้นรอบตัวภายนอกที่สำคัญมาก ที่จะไปประมวลผลแสดงไว้ในสมอง (Brain representation) ในส่วน Hippocampus

โปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ (NeuroTracker) เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นโดย Faubert (2002) ใช้แนวคิดของการติดตามวัตถุหลายสิ่งที่เคลื่อนไหวอย่างอิสระ (Multiple Object Tracking – MOT) ควบคู่กับเทคโนโลยีภาพสามมิติ (3-dimension) และเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual reality) เป็นการฝึกในเรื่องของการติดตามวัตถุหลายสิ่งที่เคลื่อนไหวอย่างอิสระ ช่วยให้สามารถมองภาพในมุมกว้างได้ดีขึ้น รวมไปถึงการฝึกให้ติดตามวัตถุได้เร็วขึ้นและการมองภาพระยะไกลได้ดีขึ้น เนื่องจากการเห็นภาพเป็นการสร้างการรับรู้ขึ้นใหม่อันเป็นผลมาจากสมอง สมองจะเกิดการ “รู้จำได้ (Recognition)” จากกระบวนการต่าง ๆ แบบวงจรของเซลล์ประสาทที่เกิดขึ้นจากสัญญาณถ้าสัญญาณที่เกิดขึ้นบ่อย ๆ เรื่อย ๆ วงจรนั้นจะเกิดความคงตัวหรือเป็นทางที่สัญญาณไหลผ่านได้ง่าย ซึ่งก็คือการพัฒนาความสามารถทางปัญญา ในด้านความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านการจำความหมาย

ผู้วิจัยจึงนำโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์มากำหนดรูปแบบการฝึกการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุเพื่อเพิ่มความสามารถการรับรู้ทางการมองเห็นและส่งผลให้เกิดการพัฒนาความสามารถทางปัญญาในด้านมิติสัมพันธ์และด้านการจำความหมาย การกำหนดรูปแบบของการฝึก ประกอบด้วย การกำหนดจำนวนวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ สีของวัตถุ ระดับความเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่ และระยะเวลาของการฝึกที่เหมาะสมกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยเรื่อง การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์

สมมติฐานการวิจัย

1. รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย การจำแนกสิ่งเร้า การบ่งชี้เป้าหมาย การเปลี่ยนตำแหน่ง การระบุเป้าหมาย และการตอบรับสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย

2. ผลของการนำรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ไปใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีดังนี้

2.1 คะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา (ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านความจำความหมาย) ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก

2.2 คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก

2.3 คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านการจำความหมายของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้วิธีวิจัยเชิงทดลอง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชายระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี จำนวน 60 คน ได้มาจากการอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย และมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด สุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกการรับรู้ทาง การมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ จำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึก จำนวน 30 คน แต่ละกลุ่มมีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จำนวนเท่า ๆ กัน ชั้นละ 10 คน

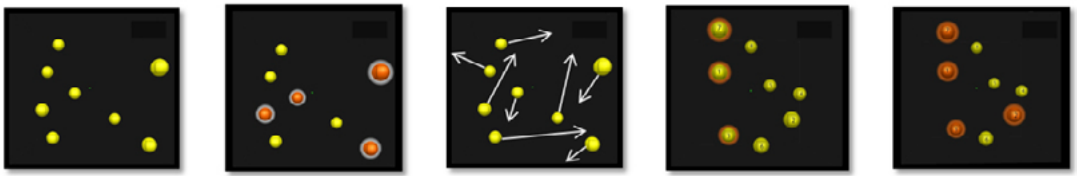
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้คัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรตาม ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้คัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย ได้แก่ 1) แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป 2) เครื่องมือตรวจคัดกรองตาบอดสี (Test of colour deficiency) และแบบวัด

ระดับสายตาระยะใกล้ด้วยเจอเกอร์ (Jaeger's chart)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ (NeuroTracker) เป็นรูปแบบการฝึกสมองด้วยกิจกรรมการติดตามวัตถุเคลื่อนที่แบบ 3 มิติ (3-Dimensional Multiple Object Tracking - 3D MOT Brain Training Task) ดำเนินการบนระบบปฏิบัติการ Windows โดยเชื่อมต่อกับจอทีวีแบบ 3D ขนาด 65 นิ้ว พร้อมกับแว่นตาสามมิติ ลักษณะของการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์เป็นการติดตามวัตถุทรงกลมที่เคลื่อนไหวอย่างอิสระ ฝึกทักษะเกี่ยวกับการรับรู้ทางปัญญา (Perception cognitive skill) พัฒนาสมองให้เกิดการจดจำ (Recognition) รูปแบบการฝึกอาศัยคุณสมบัติของวัตถุดึงดูดความสนใจของสมอง โดยสิ่งเร้าเป็นภาพวัตถุทรงกลมที่เคลื่อนไหวอย่างอิสระ มีไฟกระพริบ กระตุ้น ให้สมองเกิดความตื่นตัว ซึ่งเป็นกลไกการทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องกับความใส่ใจ และเป็นปัจจัยหนึ่งที่กระตุ้นให้เกิดการเลือกความใส่ใจ (Selective attention) โดยการใช้ความตั้งใจควบคุมความใส่ใจไปยังสิ่งเร้า ปัจจัยที่เป็นตัวกระตุ้น การเลือกความใส่ใจประกอบด้วยกลไกภายนอก (Exogenous) หรือ ล่างขึ้นบน เป็นความใส่ใจที่มีลักษณะเป็นไปโดยอัตโนมัติ และกลไกภายใน (Endogenous) หรือบนลงล่าง ซึ่งทั้งสองกลไกมีการทำงานร่วมกัน โดยสมองมีแนวโน้มที่จะใส่ใจต่อข้อมูลที่มีลักษณะความแปลกใหม่ นำมาซึ่งความตื่นเต้น (Excite) เร้าใจ (Arousal) ความเข้มข้น (Intensity) ของสิ่งเร้า เช่น สีตัดกัน (Color contrast) ความเคลื่อนไหว (Movement) การเคลื่อนที่ (Motion) และความเร็ว (Speed) เพื่อให้สมองเกิดการตื่นตัว ซึ่งระยะเวลาความใส่ใจของมนุษย์จะเป็นช่วงสั้น ๆ หากเป็นความใส่ใจแบบเพ่งความใส่ใจ (Focused attention) จะเป็นการตอบสนองต่อช่วงเวลาสั้น ๆ ประมาณ 8 วินาที ส่วนความใส่ใจต่อเนื่อง (Sustained attention) เป็นระดับความใส่ใจที่คงที่ต่อกิจกรรมเป็นเวลานานขึ้น และหากความใส่ใจดังกล่าวทำงานไปพร้อมกันตลอดเวลา จะทำให้สามารถเลือกสิ่งสำคัญและให้ความใส่ใจต่อสิ่งนั้นได้นานขึ้น ในทางทฤษฎีการมีทักษะความสนใจที่บกพร่อง จะนำไปสู่การบกพร่องเกี่ยวกับการรับรู้ได้ แสดงการฝึกดังภาพที่ 2



a) b) c) d) e)

ภาพที่ 2 การติดตามวัตถุเคลื่อนที่แบบ 3 มิติ (Faubert & Sidebottom, 2012)

จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นขั้นตอนของการฝึกด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ผ่านหน้าจอทีวีแบบ 3D ขนาด 65 นิ้ว ด้วยการสวมแว่นตา 3 มิติ เริ่มต้นโปรแกรมจากภาพ a) จะปรากฏวัตถุทรงกลมสีเหลือง จำนวน 8 ลูก ถูกวางในพื้นที่สามมิติ โดยแต่ละลูกมีหมายเลขกำกับไว้ คือ 1 ถึง 8 กระจายอยู่ที่หน้าจอภาพ ประมาณ 2 วินาที ต่อจากนั้นภาพ b) ลูกบอลสีเหลือง มีไฟกระพริบเป็นสีแดง ซึ่งเป็นเป้าหมายที่จะให้ผู้ฝึกติดตาม จำนวน 4 ลูก ประมาณ 2 วินาที ต่อจากนั้นในภาพ c) วัตถุทรงกลมที่เป็นเป้าหมายทั้ง 4 ลูก จะกลายเป็นสีเหลืองเหมือนเดิม รวมเป็น 8 ลูก ระหว่างนั้นมีการเคลื่อนที่เข้าไปปะปนรวมกันและเปลี่ยนทิศทางสลับไปมาระหว่างกัน ประมาณ 8 วินาที จากนั้นวัตถุทรงกลมสีเหลืองทั้ง 8 ลูก จะหยุดนิ่งลง ในภาพ d) ผู้รับการฝึกต้องตอบว่า วัตถุทรงกลมที่จำในตอนแรกจำนวน 4 ลูก คือหมายเลขใด (หมายเลข 1 ถึง 8) หลังจากตอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว มีการเฉลยคำตอบที่ถูกต้องออกมา ซึ่งความเร็วเริ่มต้นของผู้รับการฝึกแต่ละคนถูกกำหนดตามโปรแกรมโดยอัตโนมัติ หากผู้รับการ

ฝึกตอบถูกทั้ง 4 ตำแหน่ง การทดลองครั้งต่อไปจะเพิ่มความเร็วขึ้นโดยอัตโนมัติ และในทางตรงกันข้ามหากผู้รับการฝึกตอบถูก แต่ไม่ครบ 4 ตำแหน่ง การทดลองครั้งต่อไปความเร็วก็จะช้าลง ซึ่งผู้รับการฝึกจะต้องทำการทดสอบซ้ำ ๆ เช่นนี้ต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ จนครบ 20 รอบ จึงนับเป็น 1 ครั้ง (Session) โดย 1 ครั้งใช้เวลาประมาณ 5-6 นาที ไม่รวมระยะเวลาตอบและเวลาเฉลยคำตอบ ถ้ารวมเวลาทั้งหมดต่อครั้งใช้เวลาประมาณ 10 นาที

3. เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรตาม ได้แก่ 1) แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial ability test) เป็นแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนิวตัน และ 2) แบบทดสอบวัดความสามารถการความจำความหมาย (Test Of Semantic Skills–Intermediate: TOSS-I)

แบบแผนการทดลอง

ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการทดลองแบบมีกลุ่มควบคุม วัดก่อนและหลังการทดลอง (Pretest and posttest control group design) (Edmonds & Kennedy, 2013) โดยกลุ่มทดลองรับตัวแปรจัดกระทำ คือ การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ดังภาพที่ 3

การสุ่มเข้ากลุ่ม (Randomized)	กลุ่ม (Group)	วัดก่อนการทดลอง (Pretest)	สิ่งทดลอง (Treatment)	วัดหลังการทดลอง (Posttest)
R	E	O_1	X	O_2
	C	O_1	--	O_2

ภาพที่ 3 แบบแผนการทดลองแบบมีกลุ่มควบคุม วัดก่อนและหลังการทดลอง

จากภาพที่ 3 แสดงสัญลักษณ์ ดังนี้

R หมายถึง การสุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

E หมายถึง กลุ่มทดลอง

C หมายถึง กลุ่มควบคุม

X หมายถึง ตัวแปรจัดกระทำ คือ การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์

O_1 หมายถึง การวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถด้านการจำความหมายก่อนการฝึก

O_2 หมายถึง การวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถด้านการจำความหมายหลังการฝึก

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ระยะก่อนการทดลอง (Initial stage) คัดกรองกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด แบ่งเป็น 2 กลุ่มด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่ายเป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ จำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุมไม่ได้รับฝึก จำนวน 30 คน ซึ่งแต่ละกลุ่มมีนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 ที่เป็นอาสาสมัครชั้นละ 10 คน

2. ระยะการทดลอง (Working stage) ดำเนินการทดสอบก่อนการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย ต่อจากนั้นกลุ่มทดลองดำเนินการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ตามตารางวัน เวลา ที่นัดหมายไว้ โดยดำเนินการฝึกทั้งหมด 20 ครั้ง ๆ ละ 10 นาที ฝึกวันละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 7 วัน กลุ่มทดลอง 30 คน แบ่งเป็นกลุ่มย่อย กลุ่ม A และ กลุ่ม B สลับวันกันในการฝึก ฝึกวันเว้นวัน ส่วนกลุ่มควบคุมดำเนินการตามกิจวัตรประจำวันปกติ

3. ระยะหลังการฝึก (Final stage) ดำเนินการทดสอบกลุ่มตัวอย่างทั้ง 60 คน ภายหลังกลุ่มทดลองเสร็จสิ้นการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และแบบทดสอบวัดความ สามารถด้านการจำความหมายฉบับเดิม

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ การแจกแจง

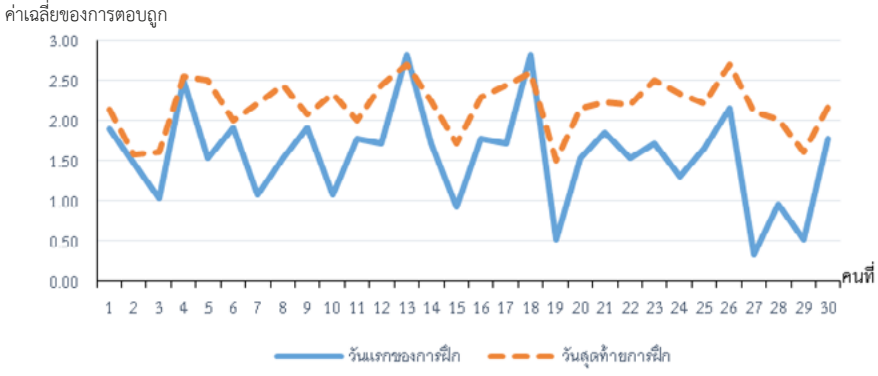
ความถี่ ร้อยละ คะแนนสูงสุด (Maximum) คะแนนต่ำสุด ค่ามัธยฐาน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และคะแนนความสามารถด้านการจำความหมาย

2. วิเคราะห์คะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และคะแนนความสามารถด้านการจำความหมายของแต่ละกลุ่มด้วยกราฟแบบ Box Plot

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถทางปัญญา (ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านการจำความหมาย) ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึก ด้วยสถิติทดสอบ One-way MANOVA

ผลการวิจัย

การศึกษาผลการกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผลปรากฏว่า กลุ่มที่ฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ตามรูปแบบที่กำหนด ดำเนินการฝึกทั้งหมด 20 ครั้ง ๆ ละ 10 นาที ฝึกวันละ 3 ครั้ง ฝึกวันเว้นวัน รวมเวลาในการฝึกทั้งหมด 7 วัน ผลการฝึก คือค่าเฉลี่ยของการตอบถูก (การติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ) ตั้งแต่วันแรกของการฝึก เปรียบเทียบกับวันสุดท้ายของการฝึก (Current baseline) ดังภาพที่ 4



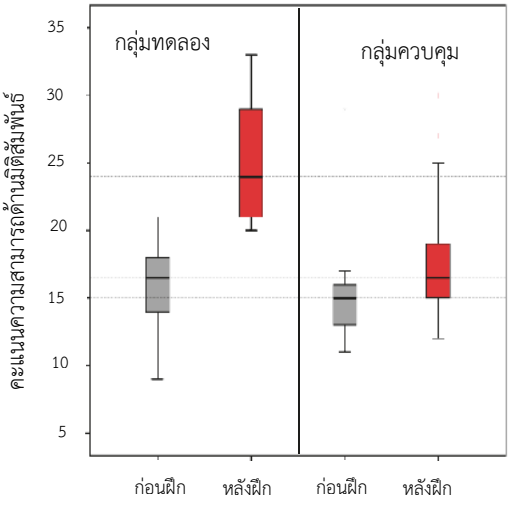
ภาพที่ 4 ผลการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ ช่วยพัฒนาสมองให้เกิดการจดจำ ส่งผลให้สมองเกิดการรับรู้ได้มากขึ้น

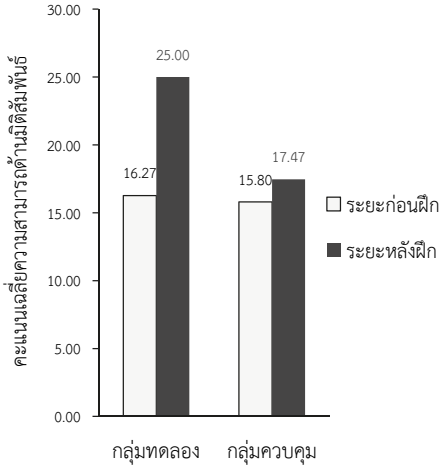
2. ผลการนำรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ไปใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

2.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะก่อนและหลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ แสดงดังภาพที่ 5 และภาพที่ 6

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์



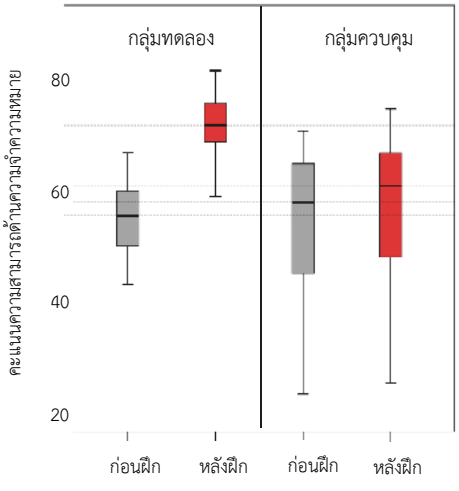
ภาพที่ 5 คะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะก่อนและหลังฝึก



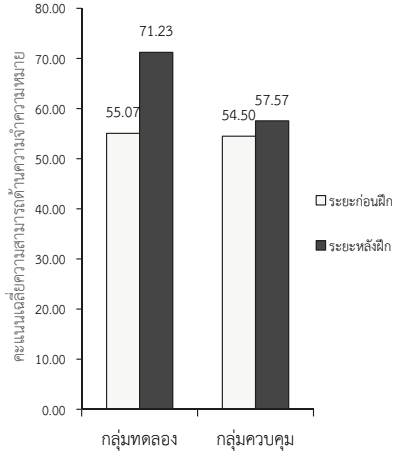
ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะก่อนและหลังฝึก

2.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถด้านการจำความหมายระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะก่อนและหลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ แสดงดังภาพที่ 7 และ ภาพที่ 8

ความสามารถด้านความจำความหมาย



ภาพที่ 7 คะแนนความสามารถด้านการจำ ความหมายของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะก่อนและหลังฝึก



ภาพที่ 8 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านการจำความหมายระหว่างกลุ่มทดลองกับ

2.3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญาระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ปรากฏว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา (คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านการจำความหมาย) ในกลุ่มทดลองหลังการฝึกสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญาระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึก

Statistical Test	Value	$F_{Wilks'Lambda}$	*p*
Wilks' Lambda	0.46	33.39*	< .01

จากตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา ได้แก่คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านการจำความหมาย ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก ด้วยสถิติ Wilks' Lambda ปรากฏว่า สถิติทดสอบ Wilks' Lambda มีค่าเท่ากับ 0.46 และค่าสถิติทดสอบ $F_{Wilks' Lambda}$ เท่ากับ 33.39 มีค่าความน่าจะเป็นทางสถิติ ($p< .01$) แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญาระยะหลังการฝึกสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ชี้ให้เห็นว่า รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ส่งผลทำให้กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา (ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านการจำความหมาย) สูงกว่ากลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2.1

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถด้านการจำความหมาย ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึก

	คะแนนเฉลี่ย		*F*	*p*	Cohen's *d*
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม			
ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์	25.00	17.47	48.53*	< .01	1.79
ความสามารถด้านการจำความหมาย	71.23	57.57	33.42*	< .01	1.49

จากตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระยะหลังการฝึก ได้ค่าสถิติ *F* เท่ากับ 48.53 ($p< .01$) แสดงว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่า Cohen's *d* เท่ากับ 1.79 ชี้ให้เห็นว่า การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ส่งผลทำให้กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงกว่ากลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น เป็นจำนวน 20 ครั้ง และคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านการจำความหมาย ระยะหลังการฝึก ได้ค่าสถิติ *F* เท่ากับ 33.42 ($p< .01$) แสดงว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านการจำความหมายสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีค่า Cohen's *d* เท่ากับ 1.49 ชี้ให้เห็นว่า การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์

ส่งผลทำให้กลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านการจำความหมายสูงกว่ากลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น เป็นจำนวน 20 ครั้ง ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2.3

การอภิปรายผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ระยะหลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ในกลุ่มทดลองมีความสามารถทางปัญญาเพิ่มขึ้นทั้งความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถด้านความจำความหมาย ซึ่งอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สามารถเพิ่มความสามารถทางปัญญาทั้งความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถการความจำความหมาย ของนักเรียนชายระดับมัธยม ศึกษาตอนต้นได้ ลักษณะของโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ (NeuroTracker) กำหนดสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น มีลักษณะเป็นวัตถุทรงกลมสีเหลือง จำนวน 8 ลูก จากทฤษฎีความจำขณะทำงานของระบบจัดเก็บความจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ สามารถทำการเก็บข้อมูลได้สูงสุด 8 หน่วย รวมถึงสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้นมีสีเหลือง เป็นสีที่ดึงดูดความสนใจที่ช่วยพัฒนาสมองให้เกิดการจดจำ (Recognition) การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นใช้คุณสมบัติของสิ่งเร้าดึงดูดความใส่ใจของสมอง โดยสิ่งเร้าเป็นวัตถุทรงกลมที่เคลื่อนที่อย่างอิสระ มีไฟกระพริบ กระตุ้นให้สมองเกิดความตื่นตัว ซึ่งเป็นกลไกการทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องกับความใส่ใจ ที่มีบทบาทสำคัญต่อการเรียนรู้ของมนุษย์ การให้ความ ใส่ใจต่อสิ่งเร้าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจวัด การคัดแยกและการจัดการต่อสิ่งเร้า จำนวนวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายในการฝึกนี้ เป็นการติดตามเป้าหมายจำนวน 4 ลูก (Pylyshyn, 2001) สิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายมีลักษณะเป็นรูปทรงกลมสีแดงและมีสีขาวล้อมรอบอีกชั้นหนึ่ง เป้าหมายสีแดงเป็นสีที่สามารถมองเห็นได้รวดเร็วที่สุด และการที่สิ่งเร้ามีสีถึงสองสี จะดึงดูดความน่าสนใจได้มากกว่าการมีสีเดียว การให้ความใส่ใจต่อสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายนั้น จะทำให้เกิดการหลั่งของสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) กลุ่มแอซิติลโคลีน (Acetylcholine) จากชั้นของเปลือกสมองใหญ่ หรือ Cerebral cortex นอกจากนี้ระบบประสาทจะทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับแรงจูงใจ (Motivation system) การให้ความใส่ใจต่อสิ่งเร้า โดยเฉพาะการเลือกให้ความใส่ใจต่อสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย (Selective attention) นั้น จะเป็นการทำงานของสมองส่วน Prefrontal cortex และ Cingulate gyrus แต่การให้ความใส่ใจที่เกี่ยวข้องกับทิศทางนั้น จะเกี่ยวข้องกับสมองส่วน Parietal lobe, Thalamus และบางส่วนของสมองส่วนกลาง

การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์นี้ เป็นกระบวนการหนึ่งในขั้นตอนที่สำคัญของการรับรู้หรือการรู้คิดของกระบวนการทางสมองขั้นสูง ช่วยพัฒนากระบวนการคิดให้มีความสามารถในการเชื่อมโยงข้อมูลจากการพิจารณาความสัมพันธ์ในบริบทต่าง ๆ มีการตัดสินใจ การแก้ปัญหาและปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในกลุ่มทดลองระยะหลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงกว่ากลุ่มควบคุม เพราะว่ากลุ่มทดลองได้ฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นเป็นการมองติดตามวัตถุทรงกลมทั้ง 8 ลูก เริ่มเคลื่อนที่ไปในทิศทางแบบสุ่ม ที่ความเร็วที่กำหนดโดยโปรแกรม ระหว่างนั้นมีการเคลื่อนที่เข้าไปปะปน รวมกัน และเปลี่ยนทิศทางสลับไปมาระหว่างกัน ทำให้เกิดกระบวนการทางสมองในการรับรู้ตำแหน่งของสิ่งต่าง ๆ การใช้จินตนาการจากประสาทสัมผัส ทำให้เกิดความคิดรวบยอด ในการแยกแยะ สี รูปทรงสัณฐาน ลักษณะพื้นผิว มิติความลึก มิติความกว้าง ยาว หนา สูง ความสามารถด้านนี้จะส่งผลให้มนุษย์เข้าใจถึงมิติต่าง ๆ และยังคลุมไปถึงการมองภาพทรงต่าง ๆ ที่เคลื่อนไหว การหมุน ซ้อนทับกัน หรือซ่อนอยู่ภายใน ตลอดจนถึงการแยกภาพประกอบภาพ รวมถึงความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของมนุษย์ในลักษณะต่าง ๆ กัน ซึ่งเป็นความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีผลต่อการรับรู้ความจำ (Rauscher &

Zupan, 2000; Tanudtanusilp, Kornpetpanee, & Ruangtip, 2017) ดังเช่น David (2012) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการฝึก ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์โดยใช้เกมคอมพิวเตอร์ 3 ประเภทที่ต่างกัน ประเภทที่ 1 เป็นเกมที่ใช้ในการทดลอง เป็นเกมคอมพิวเตอร์ที่สร้างจากประสบการณ์เกี่ยวกับมิติสัมพันธ์เชิงการมองเห็น ประเภทที่ 2 เป็นเกมคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวกับมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ และประเภทที่ 3 เป็นเกมคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวกับมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 4 กลุ่ม กลุ่ม 1–3 เป็น กลุ่มทดลอง กลุ่ม 4 เป็นกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยปรากฏว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกเกมคอมพิวเตอร์ที่สร้างประสบการณ์เกี่ยวกับมิติสัมพันธ์เชิงการมองเห็น มีคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงที่สุด รองลงมาเป็นกลุ่ม ที่ได้รับการฝึกเกมคอมพิวเตอร์ที่สร้างประสบการณ์เกี่ยวกับมิติสัมพันธ์ เชิงสัมพันธ์ และมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง และทั้งสามกลุ่มมีคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถทางสมองที่ซับซ้อนและมีความเกี่ยวข้องกับความจำขณะทำงานและความใส่ใจด้านภาพ สอดคล้องกับ Khooshabeh and Hegarty (2010) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ กับความสามารถในการจินตนาการ พบว่า ผู้ที่มีความสามารถ ด้านมิติสัมพันธ์สูงย่อมมีโครงสร้างความสามารถในการจินตนาการสูง แต่ผู้ที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำย่อมมีโครงสร้างความสามารถในการจินตนาการต่ำ เนื่องจากไม่สามารถเชื่อมโยงรูปภาพ รูปทรง ที่มีลักษณะที่ซับซ้อนมากเกินไปได้ ดังนั้นตัวชี้นำด้วยภาพที่จะปรากฏในบทเรียนมัลติมีเดียแบบเกมที่ทำหน้าที่ชี้แนะให้คำแนะนำต่าง ๆ จะมีส่วนช่วยให้ผู้ที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ เกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อเป็นการพัฒนาให้ผู้ที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ ได้รับการฝึกฝนให้มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงขึ้น

3. ความสามารถด้านการจำความหมายในกลุ่มทดลองระยะหลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความสามารถด้านการจำความหมายสูงกว่ากลุ่มควบคุม เพราะว่ากลุ่มทดลองได้ฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น เป็นการติดตามวัตถุทรงกลมที่เคลื่อนที่อย่างอิสระ มีการเปลี่ยนทิศทางสลับไปมาระหว่างกัน เป็นการฝึกที่ช่วยพัฒนาสมองให้เกิดการจดจำ กระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสมองในส่วนพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น (Penphu & Kornpetpanee, 2017) รูปแบบการฝึกอาศัยคุณสมบัติของวัตถุดึงดูดความสนใจของสมอง โดยสิ่งเร้าเป็นภาพวัตถุทรงกลมที่เคลื่อนไหวอย่างอิสระ มีไฟกระพริบ กระตุ้นให้สมองเกิดความตื่นตัว ซึ่งเป็นกลไกการทำงานของสมองเป็นกระบวนการเกี่ยวข้องกับการเก็บรักษา การดึงและการใช้ข้อมูล โดยถูกกระตุ้นจากสิ่งเร้า การเห็นภาพ เหตุการณ์ หรือทักษะ แล้วเก็บรักษาข้อมูลเดิมให้คงอยู่ต่อไป และความสามารถดึงทักษะหรือข้อมูลที่ได้มาก่อนนี้ โดยการสร้างความหมายให้กับข้อมูลที่รับรู้ การทวนซ้ำ โดยการทบทวนข้อมูลนั้น ๆ เพื่อให้คงอยู่ ข้อมูลต่าง ๆ จะถูกเก็บในระยะเวลาสั้นมากแล้วผ่านเลยไป หรือจะถูกส่งผ่านไปยังหน่วยความจำถัดไป โดยการส่งต่อการทำงานผ่าน ทาลามัส (Thalamus) ที่มีหน้าที่คัดกรองและส่งสัญญาณไปยังสมองส่วนต่าง ๆ หากเป็นข้อมูลที่ใส่ใจ (Attention) จะเกิดการบันทึก (Encoding) ไว้ แล้วส่งต่อไปยังฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) ทำหน้าที่ย้ายข้อมูลไปจัดเก็บไว้ในความจำระยะยาว (Long-term memory) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Olsen et al. (2016) ที่ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างการเคลื่อนไหวของลูกตากับประสบการณ์การรับรู้ที่สะสมไว้ ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่มีความบกพร่องในความจำ โดยการดูภาพที่มีการเคลื่อนไหวของลูกตาช้า ๆ ไปมา ผลปรากฏว่า ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเคลื่อนไหวของลูกตาช้า ๆ ทำให้พัฒนาหน่วยความจำใน Hippocampus และพัฒนาความจำเสื่อมชั่วคราว ซึ่งการเคลื่อนไหวของลูกตาในระหว่างการเข้ารหัสมีความสัมพันธ์กับหน่วยความจำ ทำให้มีความจำดีขึ้น การวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การเคลื่อนไหวของลูกตาในการเก็บรวบรวมข้อมูลใน Hippocampus สามารถเรียกคืนความจำระยะยาวได้ และการเคลื่อนไหวลูกตา ยังมีอิทธิพลต่อความจำ Explicit และ Implicit

การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยการเคลื่อนไหวของลูกตา ช่วยพัฒนาการทำงานของสมองส่วนรับรู้ภาพ ทำให้พัฒนาความจำระยะสั้น (Short-term memory) ความจำขณะทำงาน (Working memory) และสามารถสะสมไปจนถึงการเรียกคืนความจำระยะยาว (Long-term memory) เช่นเดียวกับ Kuperman and Van Dyke (2011) ที่ศึกษาทักษะการอ่านของแต่ละบุคคลกับพฤติกรรมการเคลื่อนไหวของลูกตาในการอ่านประโยค กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษา มีจำนวน 71 คน มีอายุระหว่าง 16-24 ปี ทำการฝึกด้วยแบบฝึกทางภาษา 18 ชุด และประเมินทักษะทางปัญญา และอ่านชุดของประโยคโดยการเคลื่อนไหวของลูกตา ผลปรากฏว่า กลุ่มตัวอย่างที่ฝึกการ อ่านชุดของประโยคโดยการเคลื่อนไหวของลูกตา มีความสามารถในการอ่านดีขึ้น รวดเร็วขึ้น และ Van Zoest and Hunt (2011) ศึกษาการเคลื่อนไหวของลูกตากับความสามารถในการตัดสินใจ การรับรู้โดยใช้การฝึกแบบไม่ต่อเนื่อง ฝึกโดยการแบ่งฝึกเป็นช่วงเวลา กลุ่มทดลองแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 12 คน กลุ่มทดลองที่ 1 มีอายุระหว่าง 19-28 ปี (อายุเฉลี่ย 21.2) กลุ่มทดลองที่ 2 เป็นอาสาสมัคร 12 คน ทดลองโดยการฝึกการเคลื่อนไหวของลูกตากับการดูภาพ ทิศทาง และการเคลื่อนไหว ผลที่ได้จากการศึกษามีความคล้ายคลึงกับผลที่นำเสนอโดย Glover (2004) และ Glover and Dixon (2002) ว่า ผลของภาพลวงตาโดยการเคลื่อนไหวของลูกตา ส่งผลกระทบต่อการตัดสินการรับรู้มากกว่าการกระทำ และ Klingberg (2006) ได้ทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ฝึกหัดความจำเรียกว่า โรโบเมมโม (RoboMemo) กับเด็กที่เป็นโรคสมาธิสั้น (Attention-Deficit/ Hyperactivity Disorder: ADHD) ที่ไม่ได้รับการรักษาด้วยยา อายุระหว่าง 7-12 ปี จำนวน 53 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม จำนวน 26 คน และกลุ่มทดลอง จำนวน 27 คน ที่ได้รับการฝึกด้วยโปรแกรมโรโบเมมโม ซึ่งมีกิจกรรมที่ให้ฝึกหัด จำนวน 90 กิจกรรมต่อวัน ใช้เวลาประมาณ 40 นาที เป็นเวลา 5-6 สัปดาห์ เด็กทั้งสองกลุ่มได้รับการประเมินด้วยเครื่องมือที่ใช้วัดความจำ (Span-Board Task; Digit Span) เครื่องมือที่ใช้วัดการยับยั้ง (Stroop interference task) เครื่องมือใช้วัดความสามารถในการให้เหตุผล (Raven's Colored Progressive Matrices) และให้ผู้ปกครองทำแบบประเมินตนเองเกี่ยวกับอาการของโรคสมาธิสั้น (Conners Rating Scale for Parents and Teachers) จำนวน 3 ครั้ง คือ ก่อนการใช้โปรแกรม หลังการใช้โปรแกรม และ 3 เดือนหลังการใช้โปรแกรม ปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนความจำขณะทำงาน คะแนนการยับยั้ง และคะแนนความ สามารถในการให้เหตุผล หลังจากใช้โปรแกรมสูงกว่า กลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รวมทั้งมีคะแนนการประเมินตนเองเกี่ยวกับอาการของโรคสมาธิสั้นของผู้ปกครองหลังจากใช้โปรแกรมต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่า การรับรู้ทางการมองเห็นด้วยภาพโดยผ่านเกมช่วยให้มีพัฒนาการที่ดีขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นนั้น สรุปได้ว่าการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สามารถเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์กับความสามารถด้านการจำความหมาย ซึ่งส่งผลต่อความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชายระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นเพราะการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรม นิวโรแทรคเกอร์นี้ ทำให้สมองมีการเชื่อมโยงเซลล์ประสาทของสมองทุกส่วน ทำให้สมองทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นกระบวนการหนึ่งในขั้นตอนที่สำคัญของการรับรู้หรือการรู้คิดของกระบวนการทางสมองขั้นสูง ส่งผลต่อการฟื้นฟูความจำ การสร้างเครือข่ายประสาท (Nerve plexus) โดยจะเชื่อมโยงระหว่างเส้นใยประสาทกับสมองส่วน Hippocampus และทำให้มีการหลั่งสารสื่อประสาทที่สำคัญ เช่น สารเซโรโทนิน (Serotonin) และ เอนโดฟิน (Endorphine) ส่งผลต่อความจำที่ดีขึ้น ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ดีขึ้น มีกระบวนการคิด มีความสามารถในการเชื่อมโยงข้อมูลจากการพิจารณาความสัมพันธ์ในบริบทต่าง ๆ มีการตัดสินใจ การแก้ปัญหาและปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพ มีทักษะการเรียนรู้ที่บ่งบอกถึงความสามารถในการเรียนรู้ ความชำนาญ ความเข้าใจและความจำ ทำให้การจัดกระบวนการเรียนรู้เกิดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด การปรับตัวเองและสิ่งแวดล้อม

ให้อยู่ในสภาวะสมดุล การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล แล้วนำมาจัดระบบตามลำดับความสำคัญและพัฒนาความคิดใหม่ ๆ

การศึกษานี้ศึกษาเฉพาะนักเรียนชายระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จึงควรมีการศึกษาการกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาในนักเรียนหญิงชั้นอื่น ๆ หรือพัฒนาความสามารถทางปัญญาในด้านอื่น ๆ เช่น การตัดสินใจ การใส่ใจ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2559

เอกสารอ้างอิง

Barbey, A. K., Colom, R., Solomon, J., Krueger, F., Forbes, C., & Grafman, J. (2012). An integrative architecture for general intelligence and executive function revealed by lesion mapping. *Brain, 135*(4), 1154-1164.

David, L. T. (2012). Training of spatial abilities through computer games–results on the relation between game›s task and psychological measures that are used. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *33*, 323-327.

Faubert, J. (2002). Visual perception and aging. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, *56*(3), 164-176.

Faubert, J., & Sidebottom, L. (2012). Perceptual-cognitive training of athletes. *Journal of Clinical Sport Psychology*, *6*(1), 85-102.

Glover, S. (2004). Planning and control in action. *Behavioral and Brain Sciences*, *27*(01), 57-69.

Glover, S., & Dixon, P. (2002). Dynamic effects of the Ebbinghaus illusion in grasping: Support for a planning/control model of action. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *64*(2), 266-278.

Khooshabeh, P., & Hegarty, M. (2010, March). Representations of Shape during Mental Rotation. In *AAAI Spring Symposium: Cognitive Shape Processing*.

Klingberg, T. Z2006X. Training working memory. *The ADHD Repor*, *14*(1), 6-8.

Kuperman, V., & Van Dyke, J. A. (2011). Effects of individual differences in verbal skills on eye-movement patterns during sentence reading. *Journal of Memory and Language*, *65*(1), 42-73.

Legault, I., Allard, R., & Faubert, J. (2013). Healthy older observers show equivalent perceptual-cognitive training benefits to young adults for multiple object tracking. *Frontiers in Psychology*, *4*(323), 1-7.

Legault, I. & Faubert, J. (2012). Perceptual-cognitive training improves biological motion perception: evidence for transferability of training in healthy aging. *Neuroreport, 23*(8), 469-473.

Menzel, R. & Giurfa, M. (2001). Cognitive architecture of a mini-brain: the honeybee. *Trends in Cognitive Sciences*, *5*(2), 62-71.

Olsen, R. K., Sebanayagam, V., Lee, Y., Moscovitch, M., Grady, C. L., Rosenbaum, R. S., & Ryan, J. D. (2016). The relationship between eye movements and subsequent recognition: Evidence from individual differences and amnesia. *Cortex, 85*, 182-193.

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

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

Rauscher, F. & Zupan, M. (2000). Classroom keyboard instruction improves kindergarten children's spatial-temporal performance: a field experiment. *Early Childhood Research Quarterly*, *15*(2), 215-228.

Small, G. W., Silverman, D. H., Siddarth, P., Ercoli, L. M., Miller, K. J., Lavretsky, H., ... & Phelps, M. E. (2006). Effects of a 14-day healthy longevity lifestyle program on cognition and brain function. *The American journal of geriatric psychiatry, 14*(6), 538-545.

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.

Van Zoest, W., & Hunt, A. R. (2011). Saccadic eye movements and perceptual judgments reveal a shared visual representation that is increasingly accurate over time. *Vision research, 51*(1), 111-119.