การเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนจ่านาวิกโยธินโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ: การศึกษาศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์

Enhancing the Attention of Marine Non Commissioned Officer Students Using a Saccadic Eye Movement Computer Training Program: An Event-Related Potential Study

ดุสิต โพธิ์พันธุ์ [1*] **เสรี ชัดแช้ม** [1]

Dusit Pophan [1*], Seree Chadcham [1]

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

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ เปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองและเวลาปฏิกิริยาและเปรียบเทียบความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจ่านาวิกโยธิน ปีการศึกษา 2557 อายุระหว่าง 17-22 ปี จำนวน 44 คน สุ่มเข้ากลุ่มทดลองใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุและกลุ่มควบคุมที่ไม่ใช้โปรแกรม ด้วยจำนวนผู้ทดลองที่เท่ากัน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ และแบบทดสอบความใส่ใจ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีหาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที ผลการวิจัยปรากฏว่า

1. กลุ่มทดลองมีคะแนนความใส่ใจหลังใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ มีความถูกต้องของการตอบสนองมากกว่าและมีเวลาปฏิกิริยาน้อยกว่าก่อนใช้โปรแกรมและกลุ่มควบคุมที่ไม่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความใส่ใจของกลุ่มทดลองหลังใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุมีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 น้อยกว่าก่อนใช้โปรแกรม ที่ตำแหน่ง FP1 FP2 AF3 AF4 F7 F5 F2 T7 T8 CP1 P1 O1 และมีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 มากกว่าก่อนใช้โปรแกรม ที่ตำแหน่ง F3 F4 T7 CP3 P3 POz อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุมีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 น้อยกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ใช้โปรแกรม ที่ตำแหน่ง FP1 FP2 AF3 F7 F5 C3 C1 CP5 CP1 P1 O1 และมีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ใช้โปรแกรม ที่ตำแหน่ง F3 F4 CP5 CP3 POz อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ สามารถเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนจ่านาวิกโยธินได้

คำสำคัญ: ความใส่ใจ, โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ

**Corresponding author. E-mail: dusit.pophan@gmail.com*

ABSTRACT

The purposes of this research were to develop a computer training program for saccadic eye movements; to compare the average response accuracy rate and reaction time; and to compare the latency and amplitude of Event-Related Potential (ERP) P100. The participants were forty-four Marine Non-Commissioned Officer Students in the academic year 2014, aged between 17 and 22 years. They were randomly assigned to experimental and control groups with the same number of participants in each group. The research instruments were a saccadic eye movement computer training program and an attention network test. The *t*-test and descriptive statistics including average, and standard deviation, were used to analyze the data.

The results showed that:

1. The attention of the experimental group after training with the program had a higher response accuracy rate, and had less reaction time when compared with before training with the program, and with the control group (p <.05).

2. Regarding the attention of the experimental group after training with the program: the latency of ERP P100 was lower than before training at positions FP1 FP2 AF3 AF4 F7 F5 F2 T7 T8 CP1 P1 O1, and the amplitude of P100 was higher than before training at positions F3 F4 T7 CP3 P3 POz (p <.05). The latency of P100 in the experimental group was lower than the control group at positions FP1 FP2 AF3 F7 F5 C3 C1 CP5 CP1 P1 O1, and the amplitude of P100 in the experimental group was higher than the control group at positions F3 F4 CP5 CP3 POz (p <.05).

The results indicate that it may be concluded that the saccadic eye movement computer training program was capable of enhancing the attention of Marine Non-Commissioned Officer Students.

Keywords: Attention, Saccadic eye movement computer training program

ความนำ

ความใส่ใจ (Attention) เป็นการทำงานที่สำคัญของสมองด้านวิทยาการปัญญา (Cognitive science) เนื่องจากส่งผลกระทบที่เด่นชัดต่อกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มหรือลดการทำงานของสมองที่เชื่อมโยงระหว่างสมองกับพฤติกรรมของมนุษย์ ความใส่ใจต่อสิ่งเร้า (Stimulus) เป็นกระบวนการที่สำคัญต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้ของมนุษย์ ซึ่งเป็นหน้าที่ขั้นสูงของสมองในกระบวนการทางปัญญา (Cognitive processing) และเป็นกลไกของกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการประมวลผลสิ่งเร้าที่เกี่ยวข้อง (Beteleva & Petrenko, 2006) โดยความใส่ใจจะเกี่ยวข้องในทุกแง่มุมของชีวิตมนุษย์ตั้งแต่ทักษะการรับรู้ขั้นพื้นฐาน จนถึงความสามารถในการพัฒนาด้านสติปัญญาที่ซับซ้อน ดังนั้น ความใส่ใจจึงเป็นคุณลักษณะหลักของการรับรู้และกระบวนการความรู้ความเข้าใจต่าง ๆ ของมนุษย์ (Chun, Golomb & Turk-Browne, 2011)

การมองเห็นอยู่ในระบบประสาทรับความรู้สึกพิเศษ (Special senses) ที่ทำให้มนุษย์และสัตว์สามารถรับรู้การเปลี่ยนแปลงต่างๆ จากการกระตุ้นผ่านทางระบบตา ถ้าเปรียบเทียบระหว่างระบบประสาทรับความรู้สึกทั้งหมด การมองเห็นนับว่าสำคัญที่สุดสำหรับการดำรงชีวิต (ราตรี สุดทรวง และวีระชัย สิงหนิยม, 2550) ซึ่งมนุษย์มีการรับรู้ประมาณ 70% ผ่านการรับรู้ทางการมองเห็น (Visual

perception) ที่ช่วยให้บุคคลรู้ว่า ควรจะทำอย่างไรกับสภาพแวดล้อมรอบตัวที่ส่งผลต่อความสามารถด้านการเรียนรู้ เพื่อแปลความหมายจากสิ่งที่มองเห็น ดังนั้น การรับรู้ทางการมองเห็นจึงต้องใช้การพัฒนาความสามารถของสมองร่วมกับประสบการณ์จากการเรียนรู้ (นนทิชา ถาวรไพบูลย์บุตร, 2555) ซึ่งวัยรุ่นตอนปลายและผู้ใหญ่มีแนวโน้มของการรับรู้ร่วมกันระหว่างจิตกับร่างกาย (Psychophysiology) จากทางตาได้ดีกว่าจากการได้ยิน และการตัดสินใจตอบสนองต่อเสียงกระตุ้นจะใช้เวลานานกว่าการใช้ภาพกระตุ้น (Droit-Volet, Tourret, & Wearden, 2004)

การเพิ่มความใส่ใจผ่านการรับรู้ทางการมองเห็น จึงเป็นเรื่องที่สำคัญในการศึกษาที่มีหลายระบบทำหน้าที่ร่วมกัน เพื่อสนับสนุนการเพิ่มขึ้นของความใส่ใจ ปัจจุบันมีหลักฐานที่เชื่อได้ว่าการให้ความใส่ใจต่อสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายอย่างจดจ่อ (Concentrate) จะทำให้เกิดการหลั่งของสารสื่อประสาท (Neurotransmitters) อะเซทิลโคลีน (Acetylcholine) และโดปามีน (Dopamine) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทที่มีบทบาทสำคัญต่อการเรียนรู้ ความใส่ใจและการมีสติสัมปชัญญะที่ดีขึ้น (Kaewkaen, 2012) เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับแรงจูงใจ (Motivation system) และยังมีส่วนช่วยในการดำรงความใส่ใจต่อสิ่งเร้า (Sustain attention) (Sarter, Gehring, & Kozak, 2009)

การฝึกโดยให้สายตาจดจ่อตามการเคลื่อนไหวของสิ่งเร้าหรือการมีสติอยู่กับการเคลื่อนไหว ที่เรียกว่า สมาธิบนฐานการเคลื่อนไหว (Dynamic meditation) ร่วมกับการฝึกการหายใจที่ถูกต้องสามารถช่วยเพิ่มระดับของสมาธิและการลดความเครียด (ศุภวรรณ พิพัฒพรรณวงศ์ กรีน, 2550) งานวิจัยที่ศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองเกี่ยวกับการปฏิบัติสมาธิของผู้ที่มีประสบการณ์ ปรากฏว่า การปฏิบัติสมาธิแบบเคลื่อนไหวที่ไม่ซับซ้อน (Less complex dynamics) จะให้ผลที่ดีกว่า อีกทั้งการฝึกให้สายตาจดจ่อตามการเคลื่อนไหวของสิ่งเร้า จะช่วยปรับสมดุลให้ระบบประสาทส่วนกลาง (Central nerves system) ระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic nerves system) และระบบประสาทส่วนปลายหรือระบบประสาทรอบนอก (Peripheral nervous system) มีการเปลี่ยนแปลงของการส่งผ่านกระแสประสาท (Nerve impulse) ที่ส่งผลต่อระบบประสาทพาราซิมพาเธติก (Parasympathetic system) ให้มีการทำงานเพิ่มขึ้นและมีการรับรู้ที่ดีขึ้น (Aftanas & Golocheikine, 2012)

การศึกษาการเคลื่อนไหวของตา มีหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่าการเคลื่อนไหวของตา โดยการวางแผนควบคุมการเคลื่อนไหวของตา (Eye movement control) ด้วยการใส่ใจในการรับรู้เกี่ยวกับตำแหน่งต่าง ๆ ของวัตถุ มีความสัมพันธ์กับการทำงานของสมองและมีความเชื่อมโยงกับการเพิ่มขึ้นของความใส่ใจ (Moore & Fallah, 2001) การทดลองในห้องปฏิบัติการด้วยการเคลื่อนไหวของตาทั้งสองข้างตามการเคลื่อนที่ของแสงไฟที่กระพริบ (Flashing dot) กับการมองแสงไฟที่กระพริบ แต่ไม่เคลื่อนที่ (Stationary dot) เป็นเวลา 30 วินาที เรียกการค้นพบนี้ว่า Saccade-induced retrieval enhancement (SIRE) (Lyle, Logan, & Roediger, 2008) ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาการเคลื่อนไหวของตาแบบเร็ว (Saccadic) ที่มีผลต่อการเพิ่มความถูกต้องและลดความผิดพลาดของความจำขณะปฏิบัติงาน (Christman & Propper, 2010) การเพิ่มความใส่ใจ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ พัฒนาจากแนวคิดของสมองที่จะรับรู้ต่อสิ่งเร้า สมองต้องมีการเลือกสิ่งเร้า โดยบุคคลสามารถเลือกหรือคัดกรองที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง (Selective attention) ที่เข้ามาเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะเป็นการวิเคราะห์ลักษณะของสิ่งเร้าทางกายภาพ เช่น รูปร่าง สี เสียงเบาหรือดัง การระบุเอกลักษณ์หรือตำแหน่งของสิ่งเร้า ตามทฤษฎี Feature-integration theory of attention (Treisman & Gelade,1980) และทฤษฎี Biased competition theory of selective attention (Desimone & Duncan, 1995) ซึ่งแบบจำลองการประมวลผลข้อมูลของมนุษย์ (Model of human information processing) สามารถอธิบายและเชื่อมโยงให้เห็นว่า ความใส่ใจเป็นขั้นแรกในกระบวนการทางปัญญาและทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของกระบวนการนี้ (Wickens & Carswell, 2006)

ปัจจุบันมีวิธีการวัดความถูกต้องและระยะเวลาในการตอบสนอง เช่น การศึกษาศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (Event-Related Potentials: ERPs) ซึ่งเป็นการศึกษาค่าเฉลี่ยของศักย์ไฟฟ้าสมองที่เปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายหลังจากการปรากฏของสิ่งเร้า (Sensory stimuli) ที่สะท้อนให้เห็นถึงขั้นตอนของการประมวลผลการรับรู้หลังจากการเริ่มกระตุ้นของสิ่งเร้าที่สอดคล้องกับลำดับและระดับของความใส่ใจ (Saavedra, 2012) คลื่น ERPs สามารถแบ่งเป็นองค์ประกอบย่อย ๆ เพื่อให้ง่ายในการวิเคราะห์ โดยแบ่งตามลักษณะของรูปคลื่น เช่น P1 หรือ P100 คือ ยอดคลื่นของลำดับแรกมีค่าบวก เริ่มเกิดขึ้นในช่วงเวลาประมาณ 60-90 มิลลิวินาที หลังจากมีสิ่งเร้าและมีระดับความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุดในช่วงประมาณ 100-130 มิลลิวินาที ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการประมวลของสิ่งเร้าที่เป็นภาพ โดย P100 จะเชื่อมโยงกับสมองส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น และจะเกิดขึ้นเมื่อมีความใส่ใจ (Attention) (Panthong, Chadcham, & Pitukvattananon, 2011) ERPs เป็นเทคนิคที่ได้รับการพิสูจน์ว่ามีคุณค่าอย่างยิ่งสำหรับการทดสอบทฤษฎีการรับรู้และความใส่ใจ (Woodman, 2010) ตลอดจนสามารถนำมาใช้ในการวัดความใส่ใจ โดยการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองในขณะทำกิจกรรมที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง การตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าสมองจึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถใช้ในการประเมินระดับของความใส่ใจในมนุษย์ได้อย่างละเอียด เพราะเป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจริงในสมอง

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยดังกล่าวมาพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ เพื่อกระตุ้นการบริหารสมองทั้งสองซีกเพื่อเพิ่มความใส่ใจที่สามารถนำไปใช้ฝึกได้ด้วยตนเองและปรับใช้ได้ตามความเหมาะสมกับสถานการณ์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุที่พัฒนาขึ้น ดังนี้

1. เปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองและเวลาปฏิกิริยาขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจระหว่างก่อนกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ

2. เปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองและเวลาปฏิกิริยาขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้กับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ

3. เปรียบเทียบความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ ระหว่างก่อนกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ

4. เปรียบเทียบความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้กับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ

กรอบแนวคิดการวิจัย

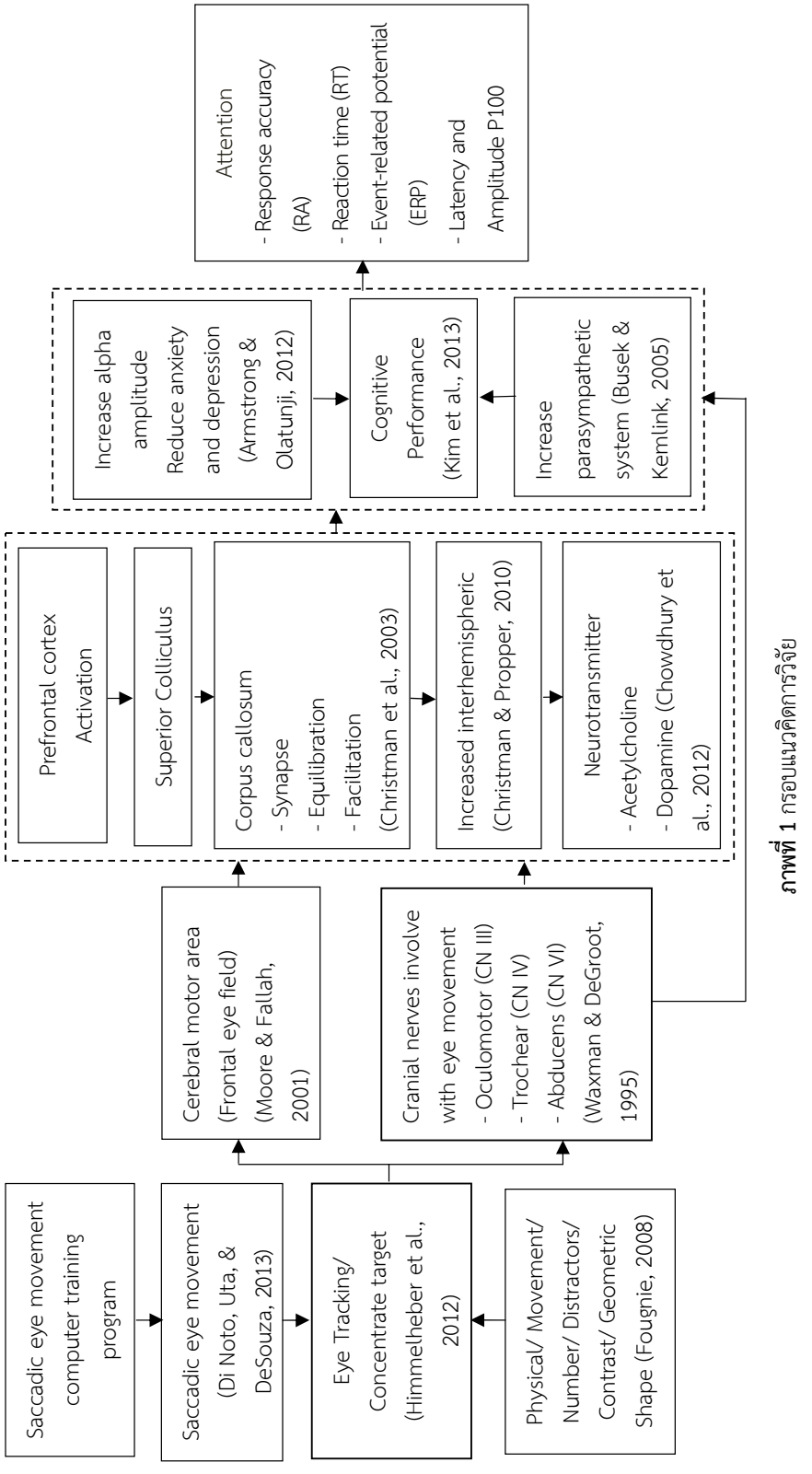
จากแนวคิดการทำงานของระบบประสาทสมองที่เกี่ยวกับการรับรู้ทางสายตาและการเคลื่อนไหวของตาภายใต้อำนาจจิตใจแบบไปมาซ้ำ ๆ ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวของตาซ้ายและตาขวาไปทางเดียวกัน (Conjugate eye movement) ในลักษณะการเคลื่อนไหวของตาแบบเร็ว (Rapid eye movement) ในลักษณะการกวาดตามอง (Scanning) จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของ คอปัสคอโลซัม (Corpus callosum) ซึ่งเชื่อมต่อระหว่างสมองสองซีก (Christman & Propper, 2010) ที่ช่วยลดความไม่สมดุลและช่วยเพิ่มการตอบสนองทางระบบประสาทระหว่างสมองสองซีก (Interhemispheric) ในเซลล์ประสาท (Neuron) ทำให้เกิดการคัดหลั่งของสารสื่อประสาท (Neurotransmitters) ได้แก่ อะเซทิลโคลีน (Acetylcholine) และโดปามีน (Dopamine) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทที่มีบทบาทสำคัญต่อความใส่ใจและกระบวนการเรียนรู้ (Poe, Walsh, & Bjorness, 2010) และยังทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับแรงจูงใจ (Motivation system) ซึ่งมีส่วนช่วยในการดำรงความใส่ใจ (Sustain attention) (Himmelheber, Sarter, & Bruno, 2000; Sarter, Gehring, & Kozak, 2009)

การเพิ่มความใส่ใจโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ พัฒนาจากแนวคิดการเคลื่อนไหวของตาที่เป็นการเคลื่อนไหวแบบจดจ่อและมีเป้าหมายภายใต้อำนาจจิตใจ (Goal directed voluntary movement) ซึ่งมีการสั่งการและควบคุมโดยศูนย์สั่งการในส่วนของเปลือกสมอง (Cerebral cortex) ประกอบด้วย เปลือกสมองส่วนพรีฟรอนทัล (Prefrontal cortex) ลิมบิก (Limbic) เบซัลแกงเกลีย (Basal ganglia) สมองน้อย (Cerebellum) เปลือกสมองส่วนสั่งการการเคลื่อนไหว (Motor area) และเปลือกสมองส่วนที่เกี่ยวกับการรับรู้ทางการมองเห็น (Occipital lobe) อีกทั้งการเคลื่อนไหวของตาทั้งสองข้าง จะส่งผลที่บริเวณฟรอนทอลอายฟิลด์ (Frontal eye field) ซึ่งมีหน้าที่ประสานการเคลื่อนไหวของตา ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวด้วยสิ่งเร้า เมื่อวัตถุนั้นอยู่ในตำแหน่งพื้นที่กระตุ้นการมองเห็นของสมอง (Moore & Fallah, 2001) อีกทั้ง วิธีการบริหารตาด้วยการมองตามการเคลื่อนที่วัตถุสามารถช่วยเพิ่มสมาธิ (ความใส่ใจ) และลดอาการหุนหันพลันแล่น (Impulsivity) ช่วยลดความเครียดและภาวะซึมเศร้า (Anxiety and depression) ของกลุ่มทดลองได้ ในขณะที่การเคลื่อนไหวของตาด้วยการติดตามวัตถุแบบ Saccadic eye movement มีอิทธิพลต่อความใส่ใจมากกว่าการเคลื่อนไหวของตาแบบ Pursuit eye movement และสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองได้มากกว่า (Choi, Min, Park, Lee, & Chae, 2011)

คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 เป็นผลที่ก่อให้เกิดเป็นภาพสะท้อนต้นทุนของความใส่ใจ (Cost of attention) ในฐานะของคลื่นไฟฟ้าสมองที่ปรากฏขึ้นก่อน ซึ่งเมื่อใดก็ตามที่ได้ให้ความสนใจไปยังเป้าหมายนั้น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป้าหมายที่มีการกระตุ้นจากภายนอกจะทำให้มีการลดลงในความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ซึ่งเป็นช่วงของการตอบสนองและการแยกแยะ ซึ่งการวัดความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 เป็นการวัดระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการทำงานของสมอง ขณะทำกิจกรรมตั้งแต่ช่วงเวลาที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้า จนถึงเวลาที่ระดับความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด (Peak) (Handy, 2005; Luck, 2014) การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ได้ช่วยนำไปสู่การอธิบายแบบจำลองการเลือกในทฤษฎีการกรองขั้นต้นของบรอดเบนท์ (Broadbent early filter theory) ที่อธิบายถึงกระบวนการรับข้อมูลความใส่ใจ โดยที่บุคคลสามารถเลือกหรือคัดกรองที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้ (Selective attention) จากนั้นจึงเข้าสู่ความจำระยะสั้น (Short term memory) (Mcleod, 2008)

การเปลี่ยนแปลงความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขึ้นอยู่กับความใส่ใจ ในการทำกิจกรรม เช่น กิจกรรมการทดสอบมีความยาก จะทำให้กลุ่มตัวอย่างใช้ความพยายามมากขึ้น มีผลให้ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 สูงขึ้นด้วย นอกจากขึ้นอยู่กับความยากง่ายในกิจกรรมการทดสอบ ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง ยังแสดงถึงความใส่ใจของกลุ่มตัวอย่างอีกด้วย (Woodman, 2010; Luck, 2014) นอกจากนั้นคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ซึ่งเป็นยอดคลื่นไฟฟ้าค่าบวกที่เกิดขึ้นที่เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองในช่วงแรก (Early component) จะเริ่มเกิดขึ้นในช่วงเวลาประมาณ 50 มิลลิวินาที ขึ้นไป โดยลักษณะความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 จะปรากฏได้ทั้งสองด้านของเปลือกสมองบริเวณท้ายทอย (Contra and Ipsilateral occipital scalp) บริเวณสมองส่วนหน้า (Frontal) กลีบสมองด้านข้างตอนบน (Parietal) และบริเวณสมองกลีบท้ายทอย (Occipital) ของบริเวณเปลือกสมอง (Herrmann & Knight, 2010)

การเคลื่อนไหวของตาจะต้องใช้สิ่งเร้าในการกระตุ้นและจำเป็นต้องกำหนดเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับความใส่ใจก่อน ซึ่งจะทำให้มีระยะเวลาการตอบสนองต่อการกระตุ้นสั้นลง ในขณะที่สิ่งเร้าที่อยู่ในลานสายตา (Visual field) จะส่งผลต่อการตอบสนองของความใส่ใจจากการมองเห็น (Visual attention) และการรับรู้จากการมองเห็น (Visual perception) ขึ้นอยู่กับลักษณะของสิ่งเร้าที่มากระตุ้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ เพื่อเพิ่มความใส่ใจ ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. กลุ่มทดลองหลังใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ มีความถูกต้องของการตอบสนองมากกว่าและเวลาปฏิกิริยาน้อยกว่า ก่อนใช้โปรแกรม

2. กลุ่มทดลองหลังใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ มีความถูกต้องของการตอบสนองมากกว่าและเวลาปฏิกิริยาน้อยกว่า กลุ่มควบคุมที่ไม่ใช้โปรแกรม

3. กลุ่มทดลองหลังใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจน้อยกว่าและมีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจมากกว่า ก่อนใช้โปรแกรม

4. กลุ่มทดลองหลังใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจน้อยกว่าและมีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจมากกว่า กลุ่มควบคุมที่ไม่ใช้โปรแกรม

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจ่านาวิกโยธิน ศูนย์การฝึกหน่วยบัญชาการนาวิกโยธิน กองทัพเรือ ที่มีสุขภาพดี อายุระหว่าง 17-22 ปี ปีการศึกษา 2557 จำนวน 44 คน คำนวณกลุ่มตัวอย่างจากขนาดของอิทธิพลของตัวแปร (Effect Size: ES) ใช้วิธีเทียบกับขนาดของการแจกแจงของประชากร โดยใช้เกณฑ์ของ Cohen (1988: 355) ดังนี้ ES=0.2 หมายถึง ผลการทดลองขนาดเล็ก ES=0.5 หมายถึง ผลการทดลองขนาดกลาง ES=0.8 หมายถึง ผลการทดลองขนาดใหญ่ ซึ่งในงานทดลองนี้จะใช้เทคนิคการทดสอบสมมติฐานและมุ่งทดสอบความมีนัยสำคัญของขนาดของอิทธิพลของตัวแปรที่ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานไว้ว่าเป็นผลการทดลองขนาดกลาง มีความสำคัญในระดับปฏิบัติการที่ยอมรับได้ โดยเป็นการแจกแจงแบบปกติ

การศึกษานี้ใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 44 คน สุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มไม่ใช้โปรแกรม 22 คน และกลุ่มใช้โปรแกรม 22 คน โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย ด้วยวิธีการจับฉลากแบบไม่คืนที่

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลตัวแปรตาม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

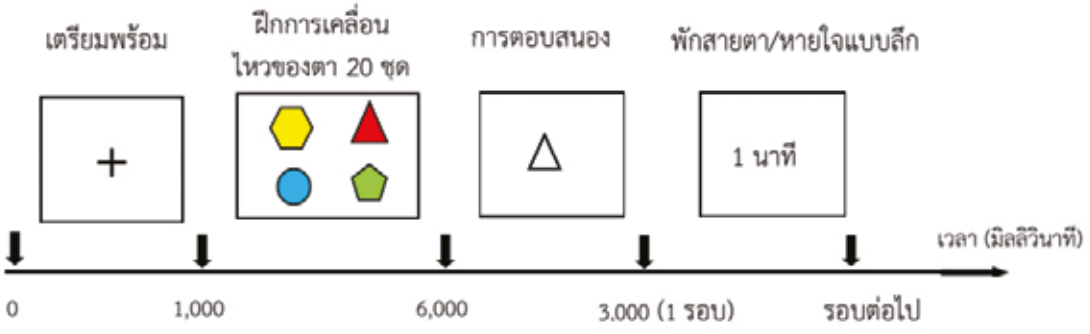
1. เครื่องมือคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ 1) แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล และ 2) แบบคัดกรองภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น (Center for epidemiologic studies-depression scale: CES-D) ฉบับภาษาไทย ของกรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข 3) แบบประเมินการมองเห็นจากการวัดระดับสายตาระยะใกล้ (Near vision) เจเกอร์ชาร์ต (Jaeger's chart) และ 4) แบบประเมินความถนัดในการใช้มือ (Edinburgh handedness inventory)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

2.1 กิจกรรมฝึกจินตภาพเพื่อการผ่อนคลาย (Imagery relaxation training) ประกอบด้วย กิจกรรมย่อย 2 กิจกรรม คือ 1) การหายใจแบบลึก (Deep breathing) และ 2) การจินตภาพ (Imagery) เริ่มจากการให้ผู้ร่วมทดลองนั่งบนเก้าอี้แบบมีพนักพิงหน้าจอคอมพิวเตอร์ในท่านั่งที่สบายไม่เกร็งกล้ามเนื้อ ให้ร่างกายรู้สึกสบาย หายใจเข้าผ่านทางจมูกแบบช้า ๆ ประมาณ 4 วินาที ค้างไว้ประมาณ 2 วินาที จากนั้นค่อย ๆ ผ่อนลมหายใจออกทางจมูกอย่างช้า ๆ ประมาณ 6 วินาที ซึ่งการหายใจออกจะใช้เวลานานกว่าหายใจเข้า โดยปฏิบัติกิจกรรมนี้เป็นระยะเวลา 3 นาที จากนั้นฝึกการจินตภาพ โดยมีภาพสีแสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ให้ดูเป็นตัวอย่าง เป็นเวลา 15 วินาที หลังจากนั้นให้ผู้ร่วมการทดลองหลับตาจินตนาการ (Imagination) ถึงรายละเอียดต่าง ๆ จากภาพนั้น เช่น เสียงของน้ำตก สีเขียวของใบไม้ สีน้ำเงินของทะเล โดยพยายามทำให้ภาพที่เกิดขึ้นมีความชัดเจนเป็นเวลา 2 นาที ในระหว่างนี้ยังคงปฏิบัติการหายใจแบบลึกร่วมด้วย รวมเป็นระยะเวลาของกิจกรรมฝึกจินตภาพเพื่อการผ่อนคลาย ทั้งสิ้น 5 นาที

2.2 โปรแกรมฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุพัฒนาขึ้น จากแนวคิดการกระตุ้นระบบประสาทสัมผัสด้านการรับรู้ทางสายตา เพื่อการปรับสมดุลของระบบประสาท เพิ่มการส่งผ่านของกระแสประสาท (Nerve impulse) ที่ส่งผลต่อระบบประสาทพาราซิมพาเธติก (Parasympathetic system) ให้มีการทำงานเพิ่มขึ้น และมีการรับรู้ที่ดีขึ้น กระตุ้นการหลั่งของสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) อะซีติลโคลีน (Acetylcholine) และโดปามีน (Dopamine) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทที่มีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มความใส่ใจและกระบวนการเรียนรู้

ลักษณะของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุที่พัฒนาขึ้น มี 2 กิจกรรมหลัก คือ กิจกรรมฝึกจินตภาพเพื่อการผ่อนคลายและกิจกรรมฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ มีลักษณะเป็นไฟล์ข้อมูลสร้างด้วยโปรแกรม Python สำหรับการใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ได้รับการติดตั้งโปรแกรม Python ประกอบด้วยภาพรูปร่างเรขาคณิต จำนวน 10 ภาพ ที่มีสีแตกต่างกัน จำนวน 10 สี แสดงแบบสองมิติและมีการเคลื่อนที่อย่างอิสระ โดยภาพที่ปรากฏแต่ละชุดในโปรแกรมฝึกได้จากการสุ่ม ที่มีสีและภาพรูปร่างเรขาคณิตไม่ซ้ำกัน จำนวน 4 ภาพต่อหนึ่งชุด มีการเคลื่อนที่อย่างอิสระเป็นเวลา 6,000 มิลลิวินาที จากนั้นภาพชุดดังกล่าวจะหายไป และมีภาพรูปร่างเรขาคณิตที่ตรงหรือไม่ตรงกับโปรแกรมฝึกชุดที่ผ่านมา แสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 ภาพ เพื่อให้ผู้ร่วมทดลองเลือกตอบให้เร็วที่สุด โดยกดคำตอบที่แป้นพิมพ์ ภายในเวลาที่กำหนด (3,000 มิลลิวินาที) ว่าภาพที่แสดงเป็นภาพที่เคยปรากฏในโปรแกรมฝึกชุดที่ผ่านมาหรือไม่ แสดงดังภาพที่ 2 ภาพชุดต่อไปจะแสดงแบบต่อเนื่อง 20 ชุด รวมเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นผู้ร่วมการทดลองจะได้รับการพักสายตาโดยการหลับตาประกอบการหายใจแบบลึก 1 นาที ทำสลับกันเช่นนี้จนครบ 9 รอบ ระยะเวลาที่ใช้ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ เป็นเวลา 18 นาที ตามการศึกษาของ Di Noto et al. (2012)



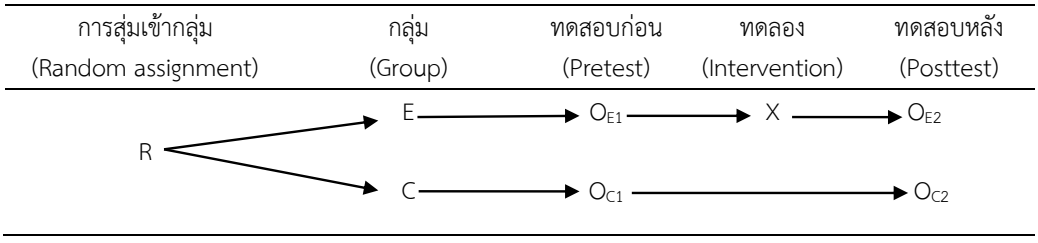
ภาพที่ 2 ตัวอย่างกิจกรรมฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลตัวแปรตาม ได้แก่ แบบทดสอบความใส่ใจ ที่เรียกว่า Attention network test ซึ่งพัฒนาโดย Fan, McCandliss, Fossella, Flombaum, & Posner. (2005) เป็นการออกแบบด้วยโปรแกรม Javascript สามารถทำแบบทดสอบได้ด้วยคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบความใส่ใจดังกล่าวมาพัฒนาด้วยโปรแกรม STIM2 เริ่มต้นจากเครื่องหมาย Fix (+) ที่แสดงตรงกลางหน้าจอคอมพิวเตอร์เป็นเวลา 400 มิลลิวินาที และภาพชี้นำ (Cue) จำนวน 1 ภาพ จะแสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ เป็นเวลา 200 มิลลิวินาที โดยภาพเครื่องหมาย Fix (+) จะแสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์อีกครั้งเป็นเวลา 400 มิลลิวินาที จากนั้นจะเป็นภาพเป้าหมาย (Target) จะแสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ เป็นเวลา 1600 มิลลิวินาที เพื่อให้ผู้ร่วมการทดลองเลือกตอบสนองจากสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย โดยมุ่งความใส่ใจไปยังเครื่องหมายลูกศรที่แสดงทิศทางตรงกลางของหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งอาจอยู่ด้านบนหรือด้านล่าง ที่ตรงกับเครื่องหมาย Fix (+) ผู้ร่วมการทดลองเลือกคำตอบ โดยการกดคำตอบบน

แป้นพิมพ์ที่คำว่า “ซ้าย” เมื่อลูกศรที่แสดงชี้ไปทางด้านซ้ายและกดตอบบนแป้นพิมพ์ที่คำว่า “ขวา” เมื่อลูกศรที่แสดงชี้ไปทางด้านขวา จากนั้นนำผลความถูกต้องของการตอบสนองและเวลาปฏิกิริยามาใช้วิเคราะห์ข้อมูล แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ จึงเชื่อมต่อโปรแกรม STIM2 เข้ากับเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง Neuroscan และหมวกอิเล็กโทรดที่มีขั้วไฟฟ้า (Electrode) ชนิด 64 ช่องสัญญาณ เพื่อบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ ซึ่งลักษณะของข้อมูลที่ได้จะแสดงค่าความกว้าง (Latency) และความสูง (Amplitude) ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรม (ERPs) ตามตำแหน่งอิเล็กโทรดของสมองที่ต้องการ (52 Electrode) ในช่วงเวลาที่กำหนดระหว่าง 20-170 มิลลิวินาที จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยโปรแกรม Curry Neuroimaging Suit 7.0 ข้อมูลจะถูกบันทึกไว้ในรูปของ Text file เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

แบบแผนการทดลอง

เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research design) ใช้แบบแผนการทดลองก่อนและหลังการทดลองแบบมีกลุ่มควบคุม (Pretest and posttest control group design) (Edmonds & Kennedy, 2013) โดยมีแบบแผนการทดลอง ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แบบแผนการทดลองแบบ Pretest and posttest control group design

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลการวิจัยดำเนินการดังนี้

1. ในกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมร่วมการทดลองจะได้รับการฝึกตามโปรแกรมฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ ตามวันและเวลาที่กำหนด ส่วนในควบคุมที่ไม่ใช้โปรแกรม จะดำเนินชีวิตตามปกติและไม่ได้รับการฝึกโปรแกรมฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ โดยทั้งสองกลุ่มได้รับการวัดจากแบบทดสอบความใส่ใจก่อนการทดลอง

2. หลังจากกลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกตามโปรแกรมฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ เสร็จสิ้น ผู้ร่วมการทดลองทั้งในกลุ่มที่ใช้และไม่ใช้โปรแกรม จะได้รับการวัดจากแบบทดสอบความใส่ใจ หลังการทดลองอีกครั้ง

3. นำผลจากการทำแบบทดสอบความใส่ใจ มาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการทดสอบค่าสถิติต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ใช้ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. การเปรียบเทียบความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ ในกลุ่มใช้โปรแกรมด้วยสถิติทดสอบทีแบบสองกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน

3. การเปรียบเทียบความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจหลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้กับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุด้วยสถิติทดสอบทีแบบสองกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลของโปรแกรมฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ ที่พัฒนาขึ้นกับนักเรียนจ่านาวิกโยธินที่มีสุขภาพดี จำนวน 44 คน ส่วนใหญ่อายุ 19 ปี (ร้อยละ 43.18) และทั้งหมด ไม่มีประวัติการบาดเจ็บที่ศีรษะหรือประวัติการได้รับอุบัติเหตุอย่างรุนแรง ไม่มีประวัติการเจ็บป่วยทางจิต มีการมองเห็นปกติ ไม่มีภาวะซึมเศร้า และถนัดในการใช้มือขวา ได้ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองและเวลาปฏิกิริยา ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ ระหว่างก่อนกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ ปรากฏว่า คะแนนความใส่ใจหลังการใช้โปรแกรม ของกลุ่มใช้โปรแกรม มีความถูกต้องของการตอบสนองมากกว่าก่อนใช้โปรแกรม และมีเวลาปฏิกิริยา น้อยกว่าก่อนใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงดังตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ ระหว่างก่อนกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ

กลุ่ม	ความถูกต้องของการตอบสนอง					
	n	*df*	*Mean*	*SD*	*t*	*p*
ก่อนใช้โปรแกรม	22	21	241.83	14.77	-5.57*	.00
หลังใช้โปรแกรม	22		260.37	10.57		

*$p < .05$

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบเวลาปฏิกิริยาขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ ระหว่างก่อนกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ

กลุ่ม	เวลาปฏิกิริยา					
	n	*df*	*Mean*	*SD*	*t*	*p*
ก่อนใช้โปรแกรม	22	21	869.31	33.26	-2.56*	.00
หลังใช้โปรแกรม	22		849.77	11.47		

*$p < .05$

2. ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองและเวลาปฏิกิริยาขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจหลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้กับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ ปรากฏว่า คะแนนความใส่ใจหลังการทดลองกลุ่มใช้โปรแกรม มีความถูกต้องของการตอบสนองมากกว่ากลุ่มไม่ใช้โปรแกรม และมีเวลาปฏิกิริยาน้อยกว่ากลุ่มไม่ใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size: ES) เท่ากับ 0.68 และ 0.58 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบสนองขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้กับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ

กลุ่ม	ความถูกต้องของการตอบสนอง						
	n	*df*	*Mean*	*SD*	*t*	*p*	*ES*
กลุ่มใช้โปรแกรม	22	42	260.37	10.57	5.98*	.00	0.68
กลุ่มไม่ใช้โปรแกรม	22		240.46	11.47			

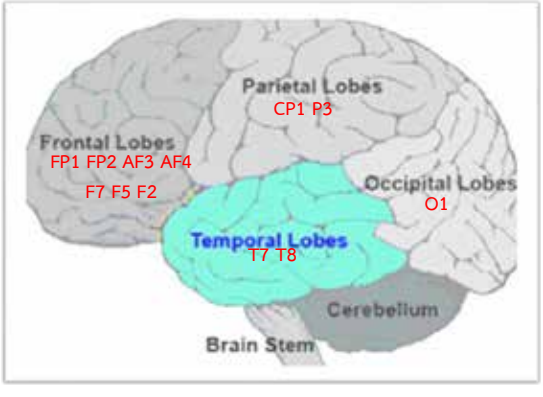
*$p < .05$

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบเวลาปฏิกิริยาขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้กับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ

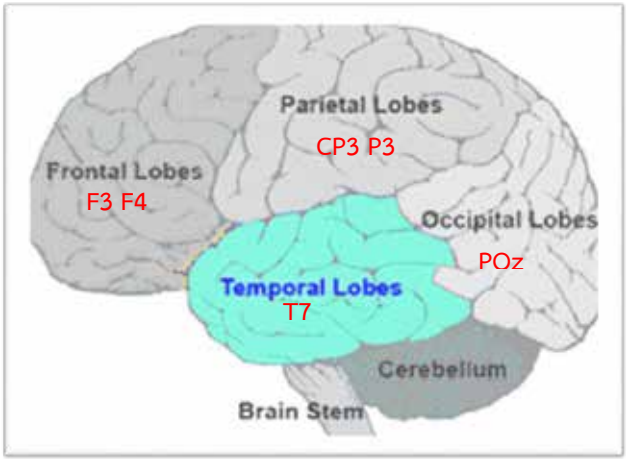
กลุ่ม	เวลาปฏิกิริยา						
	n	*df*	*Mean*	*SD*	*t*	*p*	*ES*
กลุ่มใช้โปรแกรม	22	42	849.77	33.42	-4.60*	.00	0.58
กลุ่มไม่ใช้โปรแกรม	22		884.50	11.42			

*$p < .05$

3. ผลการเปรียบเทียบความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจระหว่างก่อนกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ ปรากฏว่า ความใส่ใจหลังการทดลองกลุ่มใช้โปรแกรมมีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 น้อยกว่าก่อนใช้โปรแกรม และมีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 มากกว่าก่อนใช้โปรแกรม ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงดังภาพที่ 4-5

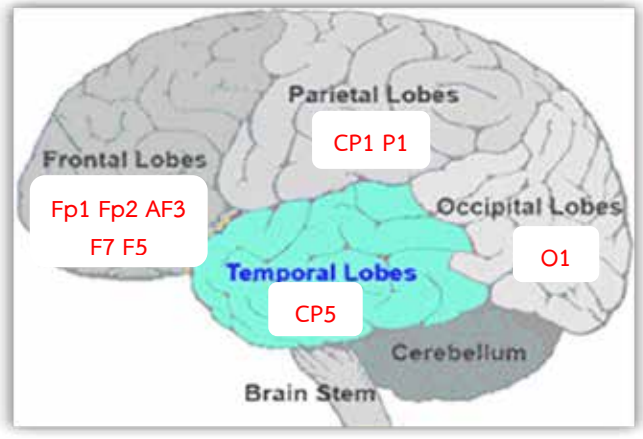


ภาพที่ 4 ตำแหน่งอิเลคโทรด FP1 FP2 AF3 AF4 F7 F5 F2 CP1 P3 T7 T8 และ O1 ในกลุ่มทดลองหลังใช้โปรแกรมที่มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 น้อยกว่าก่อนใช้โปรแกรม

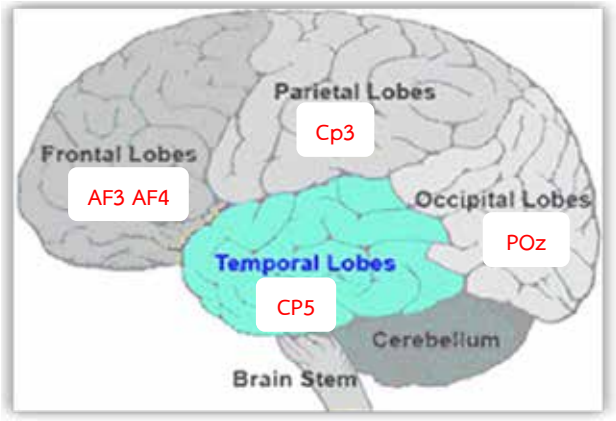


ภาพที่ 5 ตำแหน่งอิเลคโทรด F3 F4 CP3 P3 T7 และ POz ในกลุ่มทดลองหลังใช้โปรแกรมที่มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 มากกว่าก่อนใช้โปรแกรม

4. ผลการเปรียบเทียบความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้กับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ ปรากฏว่า ความใส่ใจหลังการทดลองกลุ่มใช้โปรแกรม มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 น้อยกว่า และมีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 มากกว่า กลุ่มไม่ใช้โปรแกรม ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงดังภาพที่ 6-7



ภาพที่ 6 ตำแหน่งอิเลคโทรด FP1 FP2 AF3 F7 F5 CP1 P1 CP5 และ O1 ในกลุ่มใช้โปรแกรม ที่มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ น้อยกว่ากลุ่มไม่ใช้โปรแกรม

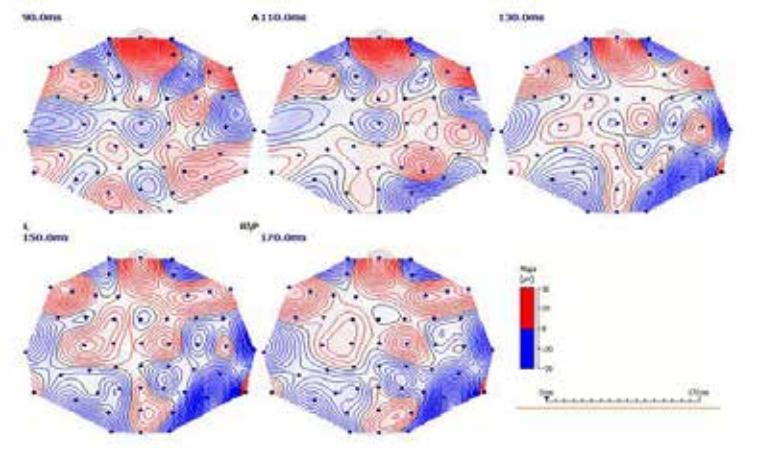


ภาพที่ 7 ตำแหน่งอิเลคโทรด AF3 AF4 CP3 CP5 และ POz ในกลุ่มใช้โปรแกรมที่มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 น้อยกว่ากลุ่มไม่ใช้โปรแกรม

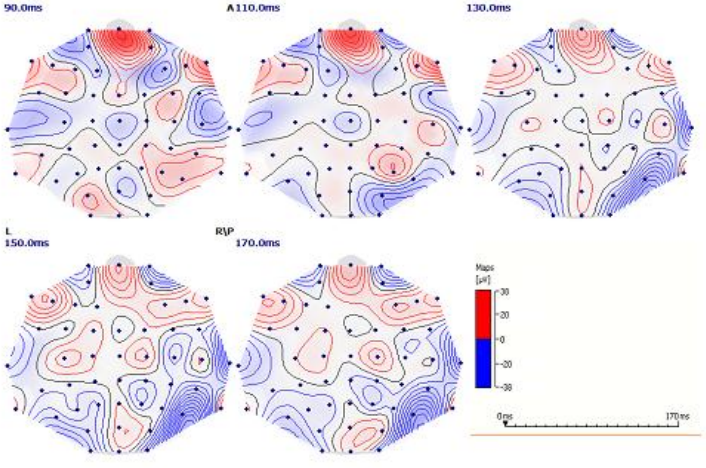
จากภาพที่ 4-7 แสดงให้เห็นว่า หลังจากการฝึกตามโปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ เป็นเวลา 14 วัน ทำให้มีผลต่อกระบวนการทำงานของสมองในการวิเคราะห์ การแยกแยะ การตอบสนอง การตีความและการตัดสินใจให้ทำงานได้เร็วขึ้น ส่งผลให้มีค่าความกว้าง (Latency) ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ลดลง โดยเฉพาะบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal) ที่ตำแหน่ง BA 8, 9, 10, 46, 47 ซึ่งเป็นส่วนของ Frontal eye fields (FEF) ในบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Prefrontal cortex) ที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุมความใส่ใจ จากการมองเห็นและการเคลื่อนไหวของตา สมองบริเวณ Anterior prefrontal cortex (ACC) เป็นสมองส่วนที่เกี่ยวกับกระบวนการของความคิดและเหตุผล สมองส่วน Inferior frontal gyrus (VLPFC) ซึ่งเป็นส่วนของสมองที่มีหน้าที่สำคัญเกี่ยวกับความจำร่วมกับสมองส่วน Temporal lobes การเปลี่ยนแปลงบริเวณเปลือกสมองที่ที่บริเวณ BA 21 ซึ่งเป็นส่วนของสมองที่เกี่ยวกับขั้นตอนในการรับรู้ การจัดเรียง (Orient) และการให้ข้อมูลที่เกี่ยวกับประเภทของวัตถุ เช่น สี รูปร่างและขนาด ส่วนการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 บริเวณเปลือกสมองที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น (Occipital) เกิดขึ้นจากการกระตุ้นจากสิ่งเร้าจากภายนอก (Handy, 2005)

ขณะที่ค่าความสูงของ (Amplitude) ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ในกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรม มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจหลังการทดลองมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ใช้โปรแกรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่บริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal) บริเวณตำแหน่ง BA 8 ส่วนของ Frontal eye field (FEF) บริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Prefrontal cortex) บริเวณเปลือกสมองส่วนขมับ (Temporal) ที่บริเวณ BA 40 ที่มีบทบาทในการรับรู้และการประมวลผลที่เกี่ยวข้องกับความจำ บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal) ที่บริเวณ BA 2 เป็นบริเวณรับความรู้สึกปฐมภูมิ (Primary somatosensory cortex) ที่เกี่ยวข้องกับขนาดและรูปร่าง และบริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital) ที่บริเวณ BA 17 ซึ่งเป็นสมองส่วนที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น แสดงว่า กลุ่มใช้โปรแกรม ขณะทำแบบทดสอบวัดความใส่ใจ ใช้ความใส่ใจในการทำกิจกรรมมากกว่ากลุ่มไม่ใช้โปรแกรม

เมื่อนำภาพของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ หลังการทดลองในกลุ่มใช้กับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ มาแสดงความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด โดยเส้นสีแดง แสดงถึงความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีแรงดันเป็นบวก (Positive voltage) แสดงถึงมีการใช้พลังงานมาก และเส้นสีน้ำเงิน แสดงถึงความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีแรงดันเป็นลบ (Negative voltage) ที่แสดงถึงมีการใช้พลังงานน้อย แสดงดังภาพที่ 8-9



ภาพที่ 8 คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจในกลุ่มไม่ใช้โปรแกรม



ภาพที่ 9 คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจในกลุ่มใช้โปรแกรม

อภิปรายผลการวิจัย

แนวคิดการทำงานของระบบประสาทสมองที่เกี่ยวกับการรับรู้ทางสายตาและการเคลื่อนไหวของตาภายใต้อำนาจจิตใจแบบไปมาซ้ำ ๆ ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวของตาซ้ายและตาขวาไปทางเดียวกัน (Conjugate eye movement) ในลักษณะการเคลื่อนไหวของตาแบบเร็ว (Rapid eye movement) ในลักษณะการกวาดตามอง (Scanning) จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของคอปัสคอโลซัม (Corpus callosum) ซึ่งเชื่อมต่อระหว่างสมองสองซีก (Christman & Propper, 2010) ที่ช่วยลดความไม่สมดุลการทำงานของสมองและช่วยเพิ่มการตอบสนองทางระบบประสาทระหว่างสมองสองซีก (Interhemispheric) ในเซลล์ประสาท (Neuron) ทำให้เกิดการหลั่งของสารสื่อประสาท (Neurotransmitters) ได้แก่ อะเซทิลโคลีน (Acetylcholine) และโดปามีน (Dopamine) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทที่มีบทบาทสำคัญต่อความใส่ใจและกระบวนการเรียนรู้ (Fernandez-Duque & Posner, 2001; Blokland, 2005; Hobson, 2009;

Poe, Walsh, & Bjorness, 2010) และยังทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับแรงจูงใจ (Motivation system) ซึ่งมีส่วนช่วยในการดำรงความใส่ใจ (Sustain attention) (Sarter, Gehring, & Kozak, 2006)

1. คะแนนความใส่ใจ หลังการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุของกลุ่มใช้โปรแกรม มีความถูกต้องของการตอบสนองขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจมากกว่าก่อนใช้โปรแกรม และ มีเวลาปฏิกิริยาขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ น้อยกว่าก่อนใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. คะแนนความใส่ใจหลังการทดลองกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ มีความถูกต้องของการตอบสนองขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ มากกว่ากลุ่มไม่ใช้โปรแกรม และมีเวลาปฏิกิริยาขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจน้อยกว่ากลุ่มไม่ใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยสอดคล้องกับการเปรียบเทียบผลการเคลื่อนไหวของตา 5 แบบ ได้แก่ 1) การเคลื่อนไหวของตาแบบเร็ว (Saccadic) ในแนวนอน 2) การเคลื่อนไหวของตาแบบเร็วในแนวตั้ง 3) การเคลื่อนไหวของตาแบบช้า (Pursuit) ในแนวตั้ง 4) การเคลื่อนไหวของตาแบบช้าในแนวนอน และ 5) การไม่เคลื่อนไหวของตา ปรากฏว่า กลุ่มตัวอย่างที่ฝึกการเคลื่อนไหวตาสองข้างแบบเร็วสามารถตอบได้ถูกต้องมากกว่ากลุ่มอื่น (Christman, & Propper, 2003) นอกจากนี้ผลการศึกษายังสอดคล้องกับหลายการศึกษาที่ผ่านมา เช่น งานวิจัยเกี่ยวกับวิธีการเพิ่มความใส่ใจของใช้แบบทดสอบความใส่ใจด้วยคอมพิวเตอร์ ปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีอัตราการตอบได้เร็วและถูกต้องมากกว่ากลุ่มควบคุม (Tang et al., 2007) งานวิจัยของ Organ (2010) ใช้วิธีการออกกำลังกายร่วมกับการเคลื่อนไหวของตา ปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีผลการทดสอบในชั้นเรียนที่ดีขึ้น ผลที่ได้ยังสอดคล้องกับการศึกษาที่ใช้วิธี Rapid Serial Visual Presentation (RSVP) ซึ่งกลุ่มทดลองมีการตอบสนองต่อเป้าหมายที่มีสิ่งรบกวนได้เร็วและถูกต้องมากกว่ากลุ่มควบคุม (Di Noto et al., 2013)

3. ผลการวิเคราะห์ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ ปรากฏว่า มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 น้อยกว่าก่อนการฝึกโปรแกรม และหลังการทดลองกลุ่มใช้โปรแกรม มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 น้อยกว่ากลุ่มไม่ใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทั้งนี้ Luck (2014) ได้เสนอว่า ผลสะท้อนของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ที่ก่อให้เกิดเป็นภาพสะท้อนต้นทุนของความใส่ใจ (Cost of attention) ในฐานะของคลื่นไฟฟ้าสมองที่ปรากฏขึ้นก่อน ซึ่งเมื่อใดก็ตามที่ได้ให้ความสนใจไปยังเป้าหมายนั้น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป้าหมายที่มีการกระตุ้นจากภายนอกจะทำให้มีการลดลงในความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ซึ่งเป็นช่วงของการตอบสนอง การแยกแยะ และการวัดความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 เป็นการวัดระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการทำงานของสมอง ขณะทำกิจกรรมตั้งแต่ช่วงเวลาที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้า จนถึงเวลาที่ระดับความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด (Peak) (Handy, 2005) การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ได้ช่วยนำไปสู่การอธิบายเมื่อเทียบกับแบบจำลองการเลือกในทฤษฎีการกรองขั้นต้นของบรอดเบนท์ (Broadbent's early filter theory) ที่อธิบายถึงกระบวนการรับข้อมูลความใส่ใจ โดยที่บุคคลสามารถเลือกหรือคัดกรองที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้ (Selective attention) การที่ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ลดลง แสดงถึงสมองมีการทำงานที่เร็วขึ้น (McConnell & Shore, 2011) ซึ่งสอดคล้องกับผลของการวัดด้านพฤติกรรม ภายหลังการทดลองของกลุ่มทดลองที่มีเวลาปฏิกิริยาลดลง

4. ผลการวิเคราะห์ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ หลังการทดลองของกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 มากกว่าก่อนใช้โปรแกรม และกลุ่มใช้โปรแกรม มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 มากกว่ากลุ่มไม่ใช้โปรแกรม อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hillyard and Anllo-Vento (2008) ที่ศึกษาการเลือกใส่ใจ (Selective attention) ด้วยวิธีศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ ปรากฏว่า กลุ่มทดลองที่กำหนดกิจกรรมให้ใส่ใจในการเลือกเป้าหมาย (Attention task) จะมีค่าความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 มากกว่ากลุ่มควบคุม (Hillyard & Anllo-Vento, 2008) และ กลุ่มตัวอย่างที่ทำกิจกรรมความใส่ใจ ด้วยการกระตุ้นด้วยเสียงและภาพ จากนั้นทำกิจกรรมที่เรียกว่า ออดบอล (Auditory, visual tasks and oddball) ปรากฏว่า กลุ่มทดลองที่กำหนดให้ทำกิจกรรมต่าง ๆ เหล่านี้มีขนาดความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมองมากกว่ากลุ่มควบคุม ที่ตำแหน่งคลื่นแรก คือ P100 และคลื่นหลังที่ P300 (P1 and late P3) (Herrmann & Knight, 2010)

ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขึ้นอยู่กับความใส่ใจของกลุ่มตัวอย่าง ในการทำกิจกรรมและหากกิจกรรมการทดสอบมีความยาก จะทำให้กลุ่มตัวอย่างใช้ความพยายามมากขึ้น มีผลให้ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 มีความสูงขึ้นด้วย (Luck, Woodman, & Vogel, 2000; Woodman, 2010) และการเปลี่ยนแปลงความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง นอกจากขึ้นอยู่กับความใส่ใจแล้วยังเป็นผลมาจากความน่าจะเป็นหรือความยากง่ายในกิจกรรมการทดสอบ ในขณะเดียวกันความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ที่ลดลง แสดงถึงความใส่ใจของกลุ่มตัวอย่างน้อยลงหรืออาจเนื่องมาจากการใช้ความพยายามของกลุ่มตัวอย่างในการทำกิจกรรมการทดสอบน้อยลง (Woodman, 2010; Luck, 2014) นอกจากนั้นคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ซึ่งเป็นยอดคลื่นไฟฟ้าค่าบวกที่เกิดขึ้นที่เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองในช่วงแรก (Early component) จะเริ่มเกิดขึ้นในช่วงเวลาประมาณ 50 มิลลิวินาที ขึ้นไป โดยลักษณะความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Amplitude) P100 ปรากฏได้ทั้งสองด้านของเปลือกสมองบริเวณท้ายทอย (Contra and ipsilateral occipital scalp) บริเวณสมองส่วนหน้า (Frontal) กลีบสมองด้านข้างตอนบน (Parietal) และบริเวณสมองกลีบท้ายทอย (Occipital) ของบริเวณเปลือกสมอง (Hillyard & Anllo-Vento, 2008; Herrmann & Knight, 2010)

ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นอีกว่า ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ ในกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 หลังการทดลองมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ใช้โปรแกรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า ขณะที่กลุ่มทดลองทำแบบทดสอบวัดความใส่ใจ ใช้ความใส่ใจในการทำกิจกรรมมากกว่า ส่งผลให้ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ใช้โปรแกรม เนื่องจากแบบทดสอบความใส่ใจ เป็นกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อวัดความใส่ใจ จึงเป็นแบบวัดที่มีความง่ายต่อการปฏิบัติ ดังนั้น ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ของกลุ่มทดลอง ที่มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ใช้โปรแกรม จึงเป็นผลมาจากความใส่ใจขณะทำกิจกรรมแบบทดสอบความใส่ใจ สอดคล้องกับผลคะแนนการวัดด้านพฤติกรรมของกลุ่มทดลองที่มีความถูกต้องของการตอบสนองมากกว่ากลุ่มควบคุม

จากผลการวิจัยที่แสดงให้เห็นว่า โปรแกรมฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ เกิดการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมองในการเพิ่มศักยภาพของสมอง ซึ่งจะช่วยให้วัยรุ่นตอนปลายมีทางเลือกในการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุนี้มาใช้ฝึกบริหารสมองเพื่อเพิ่มความแข็งแรงยืดหยุ่นของเซลล์ประสาทสมอง เพื่อเพิ่มความใส่ใจได้อย่างสะดวกประหยัด เหมาะสมกับบริบทของตนเองได้มากขึ้น และผู้ที่สนใจ สามารถนำโปรแกรมฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ ไปประยุกต์เป็นทางเลือกในการกระตุ้นสมอง เพื่อพัฒนาความสามารถทางปัญญาแบบอื่น เช่น การเรียนรู้และการตัดสินใจ

การศึกษานี้ศึกษาเฉพาะในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นวัยรุ่นตอนปลาย เพศชาย ถนัดมือขวา จึงควรมีการศึกษาผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกการเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ ในเพศหญิงหรือผู้ที่ถนัดมือซ้ายและในช่วงวัยอื่น ๆ ต่อไปด้วย

References

นนทิชา ถาวรไพบูลย์บุตร. (2555). *กรอบอ้างอิงการรับรู้ทางสายตา*. บทความฟื้นวิชา. *17*(3), 25-29.

ราตรี สุดทรวง และวีระชัย สิงหนิยม. (2550). *ประสาทสรีรวิทยา*. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศุภวรรณ พิพัฒพรรณวงศ์ กรีน. (2550). *พาตัวใจกลับบ้าน ตอนเริ่มแก้ปัญหาที่ลมหายใจ*. กรุงเทพฯ: คิว พริ้นท์ แมเนจเม้นท์

Aftanas, L. I., & Golocheikine, S. A. (2002). Non-linear dynamic complexity of the human EEG during meditation. *Neurosci Lett, 330*(2), 143-146.

Anderson, N. D., Iidaka, T., Cabeza, R., Kapur, S., McIntosh, A. R., & Craik, F. I. (2000). The effects of divided attention on encoding-and retrieval-related brain activity: A PET study of younger and older adults. *J Cogn Neurosci, 12*(5), 775-792.

Armstrong, T., & Olatunji, B. O. (2012). Eye tracking of attention in the affective disorders: a meta-analytic review and synthesis. *Clin Psychol Rev, 32*(8), 704-723.

Beteleva, T. G., & Petrenko, N. E. (2006). Mechanisms of selective attention in adults and children as reflected by evoked potentials to warning stimuli. *Human Physiology, 32*(5), 509-516.

Blokland, A. (2005). Acetylcholine: A neurotransmitter for learning and memory? *Brain Res Brain Res Rev, 21*(3), 285-300.

Busek, P., & Kemlink, D. (2005). The influence of the respiratory cycle on the EEG. *Physiol Res, 54*(3), 327-333.

Choi, K. M., Min, J. A., Park, P. H., Lee, S H., & Chae, J. H. (2011). The effects of horizontal eye movement on mental health indices and psychophysiological activities in healthy subjects. *Korean J Biol Psychiatry, 18*(9), 148-158.

Chowdhury, R., Guitart-Masip, M., Bunzeck, N., Dolan, R. J., & Duzel, E. (2012). Dopamine modulates episodic memory persistence in old age. *J Neurosci, 32*(41), 14193-14204.

Christman, S. D., Garvey, K. J., Propper, R. E., & Phaneuf, K. A. (2003). Bilateral eye movements enhance the retrieval of episodic memories. *Neuropsychology, 17*(2), 221-229.

Christman, S. D., & Propper, R. E. (2010). Dreaming, handedness, and sleep architecture: interhemispheric mechanisms. *Int Rev Neurobiol, 9*(2), 215-232.

Chun, M. M., Golomb, J. D., & Turk-Browne, N. B. (2011). A taxonomy of external and internal attention. *Annu Rev Psychol, 62*(2), 73-101.

Chun, M. M., & Turk-Browne, N. B. (2007). Interactions between attention and memory. *Curr Opin Neurobiol, 17*(2), 177-184.

Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Reviews Neurosci, 18*, 193-222.

Di Noto, P., Uta, S., & DeSouza, J. F. (2013). Eye exercises enhance accuracy and letter recognition, but not reaction time, in a modified rapid serial visual presentation task. *PLoS One, 8*(3), 1-9.

Droit-Volet, S., Tourret, S., & Wearden, J. (2004). Perception of the duration of auditory and visual stimuli in children and adults. *Q J Exp Psychol A, 57*(5), 797-818.

Edmonds, W. A., & Kennedy, T. D. (2013). *An applied reference guide to research designs: Quantitative, qualitative, and mixed methods*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Fan, J., McCandliss, B. D., Fossella, J., Flombaum, J. I., & Posner, M. I. (2005). The activation of attentional networks. *Neuroimage, 26*(2), 471-479.

Fernandez-Duque, D., & Posner, M. I. (2001). Brain imaging of attentional networks in normal and pathological states. *J Clin Exp Neuropsychol, 23*(1), 74-93.

Fougnie, D. (2008). The Relationship between Attention and Working Memory. *New Research on Short-Term Memory,* 1-45.

Handy, C. T., (2005). *Event-Related Potentials: A Methods Handbook*, MIT Press, Cambridge, Mass, USA.

Herrmann, C. S., & Knight, R. T. (2010). Mechanisms of human attention: Event-related potentials and oscillations. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 25*(6), 465-476.

Hillyard, S. A., & Anllo-Vento, L. (2008). Event-related brain potentials in the study of visual selective attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 95*(3), 781-787.

Himmelheber, A. M., Sarter, M., & Bruno, J. P. (2000). Increases in cortical acetylcholine release during sustained attention performance in rats. *Cognitive BrainResearch, 9*(3), 313-325.

Hobson, J. A. (2009). REM sleep and dreaming: Towards a theory of protoconsciousness. *Nat Rev Neurosci, 10*(11), 803-813.

Kaewkaen, P. (2012). Attention process and the modified knowledge for cognitive science research. *Research Methodology & Cognitive Science, 10*(1), 1-10.

Kim, H. J., Park, H. K., Lim, D. W., Choi, M. H., Kim, H. J., Lee, I. H., Hyung, S. K., Choi, j. s., Chung, S.C. (2013). Effects of oxygen concentration and flow rate on cognitive ability and physiological responses in the elderly. *Neural Regeneration Research, 8*(3), 264-269.

Luck, S. J., Woodman, G. F. & Vogel. E. K. (2000). Event-related potential studies of attention. *Trends in Cognitive Sciences, 4*(11), 432-440.

Luck, S. J. (2014). *An introduction to the event-related potential technique*. MIT Press.

Lyle, K. B., Logan, J. M., & Roediger, H. L. (2008). Eye movements enhance memory for individuals who are strongly right-handed and harm it for individuals who are not. *Psychon Bull Rev, 15*(3), 515-520.

McConnell, M. M., & Shore, D. I. (2011). Mixing measures: testing an assumption of the Attention Network Test. *Attention, Perception, & Psychophysics, 73*(4), 1096-1107.

McLeod, S. (2008). Simply psychology; Information Processing. Retrieved March 6, 2014 Form http://www.simplypsychology.org/psychosexual.html.

Moore, T., & Fallah, M. (2001). Control of eye movements and spatial attention. *Proc Natl Acad Sci U S A, 98*(3), 1273-1276.

Neokleous, K. C., & Schizas, C. N. (2011). Computational modeling of visual selective attention. *Procedia Computer Science, 7*(0), 244-245.

Organ, P.A. (2010). Exercise in schools can help children pay attention in the classroom. *Journal Developmental Medicine and Child Neurology, 19*(8), 220-245.

Panthong, K., Chadcham, S., & Pitukvattananon, K. (2011). Effects of Item Difficulty and Students' Ability on EEG: An Event-Related Potentials Study During Arithmetic Testing. *Research Methodology & Cognitive Science, 9*(1), 62-77.

Poe, G. R., Walsh, C. M., & Bjorness, T. E. (2010). Cognitive neuroscience of sleep. *Prog Brain Res, 185*(8), 1-19.

Sarter, M., Gehring, W. J., & Kozak, R. (2009). More attention must be paid: the neurobiology of attentional effort. *Brain Res Rev, 51*(2), 145-160.

Souto, D., & Kerzel, D. (2011). Attentional constraints on target selection for smooth pursuit eye movements. *Vision Res, 51*(1), 13-20.

Tang, Y.-Y., Ma, Y., Wang, J., Fan, Y., Feng, S., Lu, Q., Yu, Q, Rothbart, M. K, Fan, M., & Posner, M. I. (2007). Short-term meditation training improves attention and self-regulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 104*(43), 17152-17156.

Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive psychology, 12*(1), 97-136.

Unsworth, N., & Spillers, G. J. (2010). Working memory capacity: Attention control, secondary memory, or both? A direct test of the dual-component model. *Journal of Memory and Language, 62*(4), 392-406.

Waxman, S. G., & DeGroot, J. (1995). *Correlative Neuroanatomy* (22nd ed.). Norwalk, CT: Appleton & Lange.

Wickens, C. D., & Carswell, C. M. (2006). Information Processing *Handbook of Human Factors and Ergonomics*: John Wiley & Sons, Inc.

Woodman, G. F. (2010). A brief introduction to the use of event-related potentials in studies of perception and attention. *Attention, Perception, & Psychophysics, 72*(8), 2031-2046.