การเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์

รัชกร โชติประดิษฐ์

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
เมษายน 2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์และคณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ ได้พิจารณาดุษฎีนิพนธ์ของ รัชกร โชติประดิษฐ์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.เสรี ชัดแช้ม)

ปรัชญา แก้วแก่น .....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.ปรัชญา แก้วแก่น)

คณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์

.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.เอื้อน ปิ่นเงิน)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เสรี ชัดแช้ม)

ปรัชญา แก้วแก่น .....กรรมการ
(ดร.ปรัชญา แก้วแก่น)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูลพงศ์ สุขสว่าง)

.....กรรมการ
(ดร.พีร วงศ์อุปราช)

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญาอนุมัติให้รับดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี) และวิทยาการปัญญา
วันที่ 19 เดือน เมษายน พ.ศ. 2561

ดุษฎีนิพนธ์นี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา
จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปี 2560

ประกาศคุณูปการ

ดุษฎีนิพนธ์ เรื่อง การเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.เสรี ชัดแช้ม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และอาจารย์ ดร.ปรัชญา แก้วแก่น อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา ที่ให้ความเมตตา กรุณา ให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางที่ถูกต้องในการพัฒนาตนเองในทุก ๆ ด้าน ตลอดจนได้ให้ความเมตตาในการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่เป็นอย่างดีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ดร. พีร วงศ์อุปราช ดร.ยรรยงค์ พันธ์สวัสดิ์ และ ดร.ศราวิน เทพสถิตย์ภรณ์ ที่ให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมอง ตลอดจนรุ่นพี่ เพื่อนนิสิต รุ่นน้อง วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญาทุกท่าน ที่เป็นแรงบันดาลใจ เป็นกำลังใจซึ่งกันและกันด้วยดีมาโดยตลอด

กราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่สละเวลาอันมีค่า ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความตรงของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย รวมทั้งข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้

กราบขอบพระคุณผู้อำนวยการและคณะครู โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ผู้อำนวยการและคณะครู โรงเรียนวัดตาล้อม อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี และกลุ่มอาสาสมัครทุกท่านที่สละเวลาอันมีค่าให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2560 และได้รับทุนการศึกษาต่อ ระดับปริญญาเอก ภายในประเทศ ปีงบประมาณ 2556-2558 จากคณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และขอบคุณบิดา มารดา น้อง ๆ ในครอบครัวและญาติมิตรที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจตลอดมา ประโยชน์ของดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นความกตัญญูกตเวทิตาแด่ บุพการี บูรพาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จ

รัชกร โชติประดิษฐ์

55810016: สาขาวิชา: การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา;
ปร.ด. (การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา)
คำสำคัญ: ความจำขณะทำงานด้านภาพ/ โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน/
คลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์

รัชกร โชติประดิษฐ์: การเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียนระดับประถมศึกษาโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (ENHANCING VISUAL WORKING MEMORY IN PRIMARY SCHOOL STUDENTS USING A COMPUTER-BASED ACTION GAME: AN EVENT-RELATED POTENTIAL STUDY) คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์: เสรี ชัดแช้ม, ค.ด., ปรัชญา แก้วแก่น, ปร.ด., 392 หน้า. ปี พ.ศ. 2561.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญาสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา และศึกษาผลของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นต่อแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพด้วยกิจกรรม Picture Span และ N-Back และการเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงาน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประถมศึกษา จำนวน 49 คน สุ่มเข้ากลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน จำนวน 25 คน และกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game จำนวน 24 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน Non-action Game (Tetris Game) แบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ และเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองระบบ Neuroscan วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที

ผลการวิจัยปรากฏว่า

1. ระยะหลังการทดลอง กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันมีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองมากกว่าก่อนการทดลอง และมีค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงาน น้อยกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ระยะหลังการทดลอง กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน และกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game มีค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 น้อยกว่าก่อนการทดลอง บริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) ที่ตำแหน่ง FPz และ Fz บริเวณเปลือกสมองส่วนบน (Parietal Lobe) ที่ตำแหน่ง Pz, POz, FCz, Cz และ CPz และบริเวณเปลือกสมองส่วนท้าย (Occipital Lobe) ที่ตำแหน่ง Oz อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ระยะหลังการทดลอง กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน มีค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 น้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game บริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) ที่ตำแหน่ง FPz และ Fz บริเวณเปลือกสมองส่วนบน (Parietal Lobe) ที่ตำแหน่ง Pz และ POz และบริเวณเปลือกสมองส่วนท้าย (Occipital Lobe) ที่ตำแหน่ง Oz อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันโดยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญาฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพอย่างต่อเนื่อง สามารถเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียนระดับประถมศึกษาได้

55810016: MAJOR: RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE;
Ph.D. (RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE)
KEYWORDS: VISUAL WORKING MEMORY/ ACTION GAME COMPUTER SOFTWARE/
EVENT-RELATED POTENTIAL

RATCHAKORN CHOTPRADIT: ENHANCING VISUAL WORKING MEMORY IN PRIMARY SCHOOL STUDENTS USING A COMPUTER-BASED ACTION GAME: AN EVENT-RELATED POTENTIAL STUDY. ADVISORY COMMITTEE. SEREE CHADCHAM, Ph.D., PRATCHAYA KAEWKAEN, Ph.D., 392 P. 2018.

This research aimed to develop a computer-based action game by applying the cognitive theory of multimedia learning with primary school students and then to investigate its effects on working memory by Picture span and N-back task, and on the changes in brain wave patterns, as they responded to a working memory test. The participants were 49 primary school students. They were randomly assigned to one of two groups: the first group, with 25 participants, trained with a computer-based action game, while the second group, with 24 participants, trained with a non-action game. Research instruments were the computer-based action game and non-action game (Tetris game), visual working memory test, and the EEG Neuroscan systems. Data were analyzed using mean, standard deviation, and *t*-test.

The results demonstrated that:

1. After the experiment, the action game group possessed a higher mean score of accuracy than before experiment ($p < .01$). The mean reaction time after the experiment was lower than before the experiment ($p < .01$).

2. After the experiment, the action game and the non-action game groups had lower means for P300 latency, and also for the mean of P300 amplitude than before the experiment at the frontal lobe (FPz and Fz), at the parietal lobe (Pz, POz, FCz, Cz and CPz), and at the occipital lobe (Oz) ($p < .01$).

3. After the experiment, the mean P300 latency and the mean P300 amplitude of the action game group were lower than the non-action game group at the frontal lobe (FPz and Fz), at the parietal lobe (Pz and POz), and at the occipital lobe (Oz) ($p < .05$).

In conclusion, the possibility of enhancing the efficient visual working memory of primary school students was achieved by continuous practice with the computer-based action game developed by the application of the cognitive theory of multimedia learning.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... จ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ณ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6

กรอบแนวคิดการวิจัย 7

สมมติฐานของการวิจัย 10

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 10

ขอบเขตของการวิจัย 11

นิยามศัพท์เฉพาะ 12

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 16

ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับความจำขณะทำงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

1.1 ความหมายของความจำขณะทำงานและองค์ประกอบของความจำขณะทำงาน 17

1.2 ความจำขณะทำงานด้านภาพ 22

1.3 ประโยชน์ของความจำขณะทำงานและวิธีพัฒนาความจำขณะทำงาน 24

1.4 สมองและกลไกของสมองที่เกี่ยวข้องกับความจำขณะทำงาน 29

1.5 เครื่องมือวัดความจำขณะทำงานและความจำขณะทำงานด้านภาพ... 30

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความจำขณะทำงานและความจำขณะทำงานด้านภาพ 36

ตอนที่ 2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 38

2.1 ความหมายของวิดีโอเกม ข้อดีข้อเสียและการจำแนกประเภทของวิดีโอเกม 38

2.2 การเล่นวิดีโอเกมกับการส่งเสริมความสามารถทางปัญญาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 47

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
2	2.3 เกมคอมพิวเตอร์กับเด็กและเกมแอคชัน	50
	2.4 การออกแบบสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน	56
	2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเล่นวิดีโอเกมกับสมอง	58
	ตอนที่ 3 ทฤษฎี แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	72
	3.1 ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	72
	3.2 ทฤษฎีสื่อผสมทางอารมณ์	75
	3.3 การเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ	78
	3.4 การเรียนรู้แบบสื่อผสม การแก้ปัญหาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	79
	ตอนที่ 4 การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	81
	4.1 แนวคิดเกี่ยวกับการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง	81
	4.2 หลักการและวิธีการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง	83
	4.3 คลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	84
	4.4 ความจำขณะทำงานด้านภาพและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์	90
3	วิธีดำเนินการวิจัย	94
	ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา	96
	ระยะที่ 2 การเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้านพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมอง	133
	2.1 กลุ่มตัวอย่าง	137
	2.2 แบบแผนการวิจัย	139
	2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	140
	2.4 วิธีดำเนินการทดลอง	142
	2.5 กิจกรรมการฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพ	161
	2.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล	163
	2.7 การวิเคราะห์ข้อมูล	171

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย	173
ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา	174
ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้านพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมอง	188
5 สรุปและอภิปรายผล	277
สรุปผลการวิจัย	277
การอภิปรายผล	279
ข้อเสนอแนะ	284
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้	284
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป	284
บรรณานุกรม	285
ภาคผนวก	301
ภาคผนวก ก การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย	302
ก-1 รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	303
ก-2 หนังสือขอความอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อการวิจัย	306
ก-3 หนังสือขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย	309
ก-4 หนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย	311
ก-5 หนังสือขออนุญาตผู้ปกครองนำนักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมพัฒนาการเรียนรู้และความจำ	313
ภาคผนวก ข แบบคัดกรองกลุ่มตัวอย่างและคู่มือการใช้โปรแกรม	316
ข-1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล	317
ข-2 แบบสำรวจความถนัดในการใช้มือของเอดินเบอร์ก	320
ข-3 แผ่นวัดระดับการมองเห็นที่ระยะใกล้ (Near Vision)	322
ข-4 คู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน	325

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก ค แบบประเมินและผลการประเมินคุณภาพของเครื่องมือ	338
ค-1 แบบประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน	339
ค-2 ผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน	344
ภาคผนวก ง ผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย	354
ง-1 ผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์	355
ง-2 ตัวอย่างใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย	357
ง-3 คำแนะนำการปฏิบัติตัวก่อนเข้าตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง	359
ภาคผนวก จ ข้อมูลการทดลอง	361
ภาคผนวก ฉ ภาพกิจกรรมการทดลอง	384
ประวัติย่อของผู้วิจัย	390

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	หลักการนำเสนอมัลติมีเดียของเมเยอร์	74
3-1	สรุปขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยประยุกต์หลักการของทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา	102
3-2	บทบรรยายเนื้อเรื่องในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน	109
3-3	การออกแบบตัวละครในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน	113
3-4	ระดับการเล่นเกมและลักษณะกิจกรรมเกม	115
3-5	ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยประยุกต์หลักการของทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา	121
3-6	กิจกรรมทำความเข้าใจกับกลุ่มตัวอย่างในการฝึกกิจกรรมความจำขณะทำงานด้านภาพ	154
3-7	กำหนดการตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง	157
3-8	กำหนดการทำกิจกรรมฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพ	161
3-9	ตารางกิจกรรมการฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพด้วยโปรแกรม Action Game และโปรแกรม Non-action Game	162
3-10	กำหนด วัน เวลา ก่อนการทดลองในห้องปฏิบัติการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา	166
3-11	กำหนด วัน เวลา หลังการทดลองในห้องปฏิบัติการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา	168
4-1	ผลการทดสอบปุ่มกดเมนูหลักต่าง ๆ บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล	182
4-2	สรุปผลการทดสอบปุ่มกดควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวละครหลักบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล	183
4-3	ผลการทดสอบการเก็บรูปเรขาคณิต คะแนน พลังชีวิต และจำนวนชีวิตในเกมบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล	184
4-4	ผลการทดสอบปุ่มกดเมนูหลักต่าง ๆ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	185

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-5 ผลการทดสอบปุ่มกดควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวละครหลักบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 186

4-6 ผลการทดสอบการเก็บรูปเรขาคณิต คะแนน พลังชีวิต และจำนวนชีวิตในเกมบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 187

4-7 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง 188

4-8 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จากแบบทดสอบของ WISC-V Part Picture Span 190

4-9 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก N-Back Task 192

4-10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยา ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองจาก N-Back Task 195

4-11 การปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จากแบบทดสอบ ของ WISC-V Part Picture Span 197

4-12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก N-Back Task 198

4-13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยา ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองของกลุ่มใช้ Non-action Game จาก N-Back Task 199

4-14 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้อง ของการตอบสนองหลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จากแบบทดสอบของ WISC- V Part Picture Span 201

4-15 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้อง ของการตอบสนองหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก N-Back Task 202

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-16 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยา ของความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก N-Back Task 204

4-17 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Target 206

4-18 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Target 208

4-19 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target 211

4-20 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target 213

4-21 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Target 217

4-22 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Target 219

4-23 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target 222

4-24 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target 224

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-25 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลองจาก 1 Back Task Target 229

4-26 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ระหว่าง ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Target 231

4-27 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target 233

4-28 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target 235

4-29 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Target 237

4-30 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Target 239

4-31 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target 241

4-32 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target 243

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-33 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Target 246

4-34 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Target 249

4-35 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Non-target 254

4-36 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Non-target 257

4-37 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Target 261

4-38 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Target 264

4-39 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Non-target 269

4-40 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 2 Back Task Non-target 272

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	กรอบแนวคิดการวิจัย	9
2-1	Change Detection Task	32
2-2	ตัวอย่างหน้าจอตาราง 9 ช่องในกิจกรรม N-Back Task	34
2-3	ตัวอย่างเกม Tetris ที่ใช้เป็นเกม Non-action Game	46
2-4	แบบจำลอง Water Fall (With Iteration)	56
2-5	วงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ	57
2-6	โครงสร้างภาพรวมของการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์	63
2-7	ขั้นตอนก่อนการวิเคราะห์เกมของโมเดล FIDGE model	64
2-8	ขั้นตอนการวิเคราะห์เกม	65
2-9	ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาเกม FIDGE model	68
2-10	ขั้นตอนการประเมินผล FIDGE model	71
2-11	Cognitive Theory of Multimedia Learning	72
2-12	The Auditory/ Verbal Channel (Top Frame) and the Visual / Pictural Channel (Bottom Frame) in a Cognitive Theory of Multimedia Learning	72
2-13	Cognitive Affective Theory of Learning with Media	76
3-1	ขั้นตอนของวิธีดำเนินการวิจัย	95
3-2	ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน	96
3-3	ผังงานการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันเพื่อเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพ	98
3-4	โครงสร้างการอธิบายขั้นตอนการออกแบบเกม	106
3-5	การออกแบบหน้าจอการเริ่มเข้าสู่เนื้อเรื่องเกริ่นนำการเล่นเกม	107
3-6	การออกแบบหน้าจอจุดเริ่มต้นของการเล่นเกมหลังจากเกริ่นนำการเล่นเกม	107
3-7	ด่านที่ 1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน	118
3-8	ด่านที่ 2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน	118
3-9	ด่านที่ 3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน	119
3-10	ด่านที่ 4 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน	119
3-11	ด่านที่ 5 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน	120
3-12	ด่านที่ 6 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน	120

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3-13	การดำเนินการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน	123
3-14	หน้าจอแรกของโปรแกรม Unity 3D	124
3-15	ตัวอย่างหน้าจอเมนูหลัก	125
3-16	หน้าจอเมนูเลือกด่าน	125
3-17	การพัฒนาแอนิเมชันในหน้าจอบรรยายเนื้อเรื่อง	126
3-18	หน้าจอการจัดองค์ประกอบในเกม	126
3-19	หน้าจอการทำแอนิเมชันของตัวละครหลักอิริยาบทท่ายืน	127
3-20	การตั้ง Animator Panel	127
3-21	การสร้าง Game Manage สำหรับใช้พัฒนาระบบควบคุมหลักของเกม	128
3-22	รูปเรขาคณิตสำหรับพัฒนาเป็นรายการในเกมแต่ละด่าน	128
3-23	หน้าจอการทำรายการรูปเรขาคณิต	129
3-24	การออกแบบท่าทางตัวละครที่รบกวนการเล่นเกมในแต่ละด่านเกม	129
3-25	หน้าจอแสดงหนองน้ำและหลุมกับดัก ระหว่างการเล่นเกมของตัวละครหลัก	130
3-26	แผนผังหน้าจอโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ชื่อ เกมเรขาคณิตผจญภัย	132
3-27	ลำดับขั้นตอนการเปรียบเทียบ ผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ด้านพฤติกรรม	133
3-28	ลำดับขั้นตอนการเปรียบเทียบ ผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ด้านคลื่นไฟฟ้าสมอง	135
3-29	ผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน	137
3-30	แบบแผนการทดลองแบบ Randomized Pretest and Posttest Comparison Group Design	139
3-31	Protocal 1-Back Target	144
3-32	Protocal 1-Back Non-target	144
3-33	Protocal 2-Back Target	145
3-34	Protocal 2-Back Non-target	145
3-35	หน้าจอโปรแกรม $STIM^2$ หน้าจอแรก	146

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3-36	หน้าจอโปรแกรม STIM ^{2} การเริ่มสร้าง Task และกำหนด Path เก็บตำแหน่ง Task	146
3-37	หน้าจอโปรแกรม STIM ^{2} สัญลักษณ์แสดงให้ผู้ร่วมการทดลองเริ่มเตรียมทำแบบทดสอบ	147
3-38	หน้าจอโปรแกรม STIM ^{2} สัญลักษณ์แสดงให้เริ่มเตรียมตัว ตั้งใจทำแบบทดสอบ 1-Back	147
3-39	หน้าจอโปรแกรม STIM ^{2} เริ่มแบบทดสอบเปรียบเทียบตำแหน่ง 1-Back	148
3-40	การเปรียบเทียบตำแหน่งของ 1-Back กับภาพย้อนหลังไป 1 ภาพ	148
3-41	การเปรียบเทียบตำแหน่งของ 1-Back ที่ตำแหน่งเดียวกับภาพที่ย้อนหลังไป 1 ภาพ ตรงกันกับเงื่อนไข 1-Back Target	149
3-42	สัญลักษณ์แจ้งให้ผู้เข้าร่วมการทดลองเตรียมพร้อมเข้าสู่แบบทดสอบ 2-Back	149
3-43	สัญลักษณ์เริ่มเข้าสู่แบบทดสอบ 2-Back	150
3-44	ตำแหน่งภาพแบบทดสอบ 2-Back เพื่อเปรียบเทียบกับภาพถัดไป	150
3-45	ตำแหน่งของภาพเพื่อเปรียบเทียบตำแหน่งเดียวกับภาพที่ย้อนหลังไป 1 ภาพ	151
3-46	ตำแหน่งของภาพเพื่อเปรียบเทียบกับภาพที่ย้อนหลังไป 2 ภาพ ตรงกับเงื่อนไข 2 Back Target	151
3-47	ภาพการประยุกต์อุปกรณ์ STIM System Switch Response Pad ในการทดลอง	152
3-48	ตัวอย่างหลักการแบบทดสอบ 1-Back Task	153
3-49	ตัวอย่างหลักการแบบทดสอบ 2-Back Task	153
3-50	สรุปขั้นตอนการดำเนินการทดลอง	165
3-51	หน้าต่างโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7.0 ขั้นตอนการคำนวณหาค่าความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ในทุกจุดตำแหน่งอิเลคโทรดของสมอง	170
3-52	หน้าต่างโปรแกรม Excel แสดงค่าความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ในทุกจุดตำแหน่งอิเลคโทรด จากการนำเข้าข้อมูล Text File	171
4-1	หน้าจอหลักโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ชื่อ เกมเรขาคณิตผจญภัย	174
4-2	หน้าจอเลือกด่านที่ต้องการเล่นเกม	175
4-3	หน้าจอตัวอย่างการเล่นเกมด่านที่ 1	175
4-4	หน้าจอตัวอย่างสัญลักษณ์ธงสีเหลือง ผ่านด่านที่ 1	175
4-5	หน้าจอตัวอย่างรูปเรขาคณิตที่ต้องเก็บในด่านที่ 6	176
4-6	ตัวอย่างคำถามรูปเรขาคณิตในด่านที่ 6 รูปทรงกรวย	176
4-7	หน้าจอแสดงความยินดีเมื่อเล่นเกมผ่านด่านสุดท้าย	176

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4-8	หน้าจอ Icon การเล่นเกมโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	177
4-9	ตัวอย่างหน้าจอหลักการเล่นเกมชื่อ Adventure in Geometry World	177
4-10	ตัวอย่างหน้าจอวิธีการเล่นเกมบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	177
4-11	ตัวอย่างกติกาการเล่นเกมบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	178
4-12	หน้าจอตัวละครหลักกระโดดข้ามหลุมที่มีน้ำอยู่ใต้ดิน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	178
4-13	กราฟแท่งแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง ในกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จากแบบทดสอบ ของ WISC-V Part Picture Span	191
4-14	กราฟแท่งแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังทดลองการจาก N-Back Task	194
4-15	กราฟแท่งแสดงค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยา ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก N-Back Task	196
4-16	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง หลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จากแบบทดสอบของ WISC- V Part Picture Span	201
4-17	กราฟแท่งแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก N-Back Task	203
4-18	กราฟแท่งแสดงค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาของความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก N-Back Task	205
4-19	ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลองจาก 1 Back Task Target	207
4-20	ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Target	209

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-21 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองบริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด จาก 1 Back Task Target 210

4-22 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลองบริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด จาก 1 Back Task Target 210

4-23 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target 213

4-24 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target 215

4-25 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลอง บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด จาก 1 Back Task Non-target 215

4-26 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลองบริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด จาก 1 Back Task Non-target 216

4-27 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Target 218

4-28 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Target 220

4-29 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลอง บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด จาก 2 Back Task Target 221

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-30 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลอง บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด จาก 2 Back Task Target 221

4-31 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงาน ด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target 224

4-32 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงาน ด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target 226

4-33 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลอง บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด จาก 2 Back Task Non-target 226

4-34 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลองบริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด จาก 2 Back Task Non-target 227

4-35 ตำแหน่งอิเลคโทรด และBrodmann Area ของกลุ่มใช้ Action Game ระหว่าง ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก N-Back Task 228

4-36 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงาน ด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Target 230

4-37 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงาน ด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Target 232

4-38 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงาน ด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target 234

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-39 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงาน ด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target 236

4-40 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงาน ด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Target 238

4-41 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงาน ด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Target 240

4-42 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงาน ด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target 242

4-43 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงาน ด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target 244

4-44 ตำแหน่งอิเลคโทรดและ Brodmann Area กลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยความกว้าง และค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 น้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก N-Back Task 245

4-45 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงาน ด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Target 248

4-46 ตำแหน่งอิเลคโทรดและBrodmann Area ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Target 249

4-47 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงาน ด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Target 251

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-48 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง หลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที จาก 1 Back Task Target 252

4-49 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง หลังการทดลองกลุ่มใช้ Non-action Game บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ในช่วงเวลา ตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที จาก 1 Back Task Target 252

4-50 ตำแหน่งอิเลคโทรด และBrodmann Area ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Target 254

4-51 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 กลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game บริเวณภาพรวมเปลือกสมอง จาก 1 Back Task Non-target 256

4-52 ตำแหน่งอิเลคโทรด และBrodmann Area ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Non-target 257

4-53 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองของกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Non-target 259

4-54 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง หลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที จาก 1 Back Task Non-target 259

4-55 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง หลังการทดลองกลุ่มใช้ Non-action Game บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที จาก 1 Back Task Non-target 260

4-56 ตำแหน่งอิเลคโทรด และBrodmann Area ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Non-target 261

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-57 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงาน ด้านภาพ หลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Target 263

4-58 ตำแหน่งอิเลคโทรด และBrodmann Area ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Target 264

4-59 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงาน ด้านภาพ หลังการทดลอง กลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Target 266

4-60 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง หลังการทดลอง กลุ่มใช้ Action Game ขณะทำ แบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที จาก 2 Back Task Target 266

4-61 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง หลังการทดลองกลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่ง อิเลคโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาทีจาก 2 Back Task Target 267

4-62 ตำแหน่งอิเลคโทรด และ Brodmann Area ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Target 268

4-63 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงาน ด้านภาพ หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Non-target 270

4-64 ตำแหน่งอิเลคโทรด และ Brodmann Area ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 การหลังทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Non-target 271

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-65 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 2 Back Task Non-target 273

4-66 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง หลังการทดลอง กลุ่มใช้ Action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรดจาก 2 Back Task Non-target 274

4-67 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง หลังการทดลอง กลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรดจาก 2 Back Task Non-target 274

4-68 ตำแหน่งอิเลคโทรด และ Brodmann Area ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Non-target 276

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความจำขณะทำงาน (Working Memory) เป็นความสามารถในการเก็บรักษาและจัดการข้อมูลในสมองที่เกิดพร้อมกัน ซึ่งเป็นความจุของความจำชั่วคราวของมนุษย์ (Baddeley, 2000, p. 417) นักวิจัยได้ศึกษาพบว่า ความจุของความจำขณะทำงานเพิ่มขึ้น ตั้งแต่นักเรียนระดับอนุบาลถึงระดับประถมศึกษา นักเรียนระดับอนุบาลมีความสามารถในการจดจำข้อมูลขณะทำงานได้ 3 ถึง 4 รายการ เช่น นักเรียนอนุบาลสามารถจำตัวเลขได้ 3 ถึง 4 ตัว เมื่อให้ทำกิจกรรมตอบคำถาม ในขณะที่นักเรียนชั้นประถมศึกษา มีความสามารถในการจำได้ 5 ถึง 6 รายการ ความจำขณะทำงานในวัยเด็กสามารถเพิ่มขึ้นได้ (Klingberg et al., 2005)

จากการวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของการฝึกหน้าที่การบริหารจัดการของสมองปรากฏว่า หากได้รับการฝึกฝนความจำขณะทำงาน จะเกิดประโยชน์มากที่สุดในวัยเด็กช่วงอายุระหว่าง 4-12 ปี (Diamond & Lee, 2011) เด็กในวัยประถมศึกษาที่มีช่วงอายุ 10 ปี ขึ้นไป สมองของเด็กมีพัฒนาการสมบูรณ์เกือบร้อยละ 80 แล้ว ส่วนที่ยังเจริญเติมโตไม่เต็มที่คือ บริเวณส่วนหน้าสุดของสมองส่วนหน้า (Prefrontal Lobe) ซึ่งเป็นสมองส่วนที่เกี่ยวข้องกับการคิด การตัดสินใจ การให้เหตุผล และส่วนคอร์ปัสแคลโลซัม (Corpus Callosum) ซึ่งร่างกายต้องมีการพัฒนาต่อไปเพื่อจะทำหน้าที่เชื่อมโยงสมอง 2 ซีก คือ สมองซีกซ้ายและสมองซีกขวาให้ทำงานมีประสิทธิภาพ สิ่งที่ปรากฏชัดเจนในสมอง คือ ปริมาณของเนื้อเยื่อขาว (White Matter) ซึ่งเป็นแขนงประสาทหุ้มด้วยไมอิลินที่เพิ่มขึ้นในช่วงวัยนี้ ขณะที่บริเวณของเนื้อเยื่อสีเทา (Gray Matter) ที่แสดงถึงจำนวนเซลล์และจุดประสานประสาท (Synapse) ที่อยู่บนผิวสมองจะลดลงหลังจากอายุ 12 ปี

ผลจากการสร้างไมอิลิน คือ การสื่อสารติดต่อระหว่างสมองส่วนต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ประหนึ่งว่าในทารกนั้น สมองมีทางเชื่อมต่อสายเล็ก ๆ ในสมองเป็นไฮเวย์ (Highway) หรือจนถึงขนาดซุปเปอร์ไฮเวย์ (Super Highway) ที่รองรับปริมาณรถยนต์ได้จำนวนมหาศาลและทำให้การจราจรคล่องตัวรวดเร็วยิ่งขึ้น ความเร็วของกระแสประสาทในสมองเพิ่มขึ้น 4-5 เท่า ตั้งแต่อายุ 10 ปี ขึ้นไป ซึ่งเด็กอายุ 10-13 ปี มีคลื่นความถี่เหมือนกับที่ปรากฏในผู้ใหญ่ คือ มีค่ามากกว่า 14 Hz (Alpha Rhythm) ซึ่งหมายความว่า กระบวนการทำงานของสมองเด็กเริ่มมีความใกล้เคียงกับสมองผู้ใหญ่แล้ว (พรพิไล เลิศวิชา และอัครภูมิ จารุภากร, 2550, หน้า 43-44)

ความจำขณะทำงานมีความจำเป็นต่อการรู้คิดทางปัญญาที่มีความซ้ำซ้อนหลายอย่าง เช่น ความเข้าใจในการอ่าน การแก้ปัญหา และการควบคุมความใส่ใจ ความสามารถทางเชาว์ปัญญาเชิงลื่นไหล (Sub et al., 2002) ความจำขณะทำงาน มีหน้าที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ หน้าที่บริหารจัดการของสมอง (Executive Function) ซึ่งจะส่งผลให้คนสามารถจดจำและจัดการข้อมูล ในระหว่างช่วงเวลาเด็กที่มีความจุของความจำขณะทำงานน้อย จะต้องใช้ความพยายามในการทำกิจกรรมมาก เพราะเด็กกลุ่มนี้ไม่สามารถที่จะเก็บข้อมูลไว้ในสมอง ได้อย่างเพียงพอ เกิดความล้มเหลวในการทำกิจกรรมหลายอย่างให้สำเร็จ ไม่สามารถทำงานที่ครูมอบหมายให้สำเร็จได้ทันเวลาตามที่กำหนด ซึ่งประโยชน์ของการพัฒนาความจำขณะทำงาน จะช่วยส่งเสริมการทำงานของเชาว์ปัญญาเชิงลื่นไหล ความสามารถในการจำระยะสั้น ความสามารถในการแก้ปัญหา (Ability to Solve Problem) ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ ความสามารถในการอ่านเพื่อความเข้าใจ ความสามารถด้านการควบคุมความใส่ใจ (Control Attention) และความสามารถทางปัญญา (Intellectual Ability) ดังนั้นความจำขณะทำงานมีความสัมพันธ์กับความสำเร็จทางการศึกษา การฝึกฝนการเพิ่มความจำขณะทำงานมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญในหมู่เด็กก่อนวัยเรียน (Thorell et al., 2009)

นักวิจัยค้นพบว่า สามารถเพิ่มความจำขณะทำงานได้ โดยการฝึกด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เด็กที่ฝึกความจำขณะทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ จะมีความจำขณะทำงานเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งทดสอบจากงานที่วัดจากมิติสัมพันธ์และความจำขณะทำงานจากคำพูด เสียง ซึ่งส่งผลต่อการเกิดความใส่ใจ (Thorell et al., 2009) ความจำขณะทำงานมีความสำคัญต่อการเรียนในห้องเรียนและกิจกรรมการเรียนหลาย ๆ อย่าง จะช่วยส่งเสริมให้เด็กในห้องเรียนมีความสามารถทางด้านการอ่าน คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์หรือวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งความสามารถดังกล่าวมีความสัมพันธ์กัน เด็กที่มีความจำขณะทำงานน้อยต้องใช้ความพยายามและเวลาในการทำกิจกรรมมากกว่าที่กำหนด ซึ่งจะส่งผลให้เกิดโอกาสความล้มเหลวในการเรียน ทำให้เกิดผลเสียต่อระบบและกระบวนการในการเรียนเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ ในเรื่องทักษะและความรู้ตลอดระยะเวลาที่อยู่ในโรงเรียนหลายปี ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความไม่ก้าวหน้าทางการเรียนการสอน

วิธีการพัฒนาความจำขณะทำงาน มีหลายวิธีที่ส่งผลต่อความจำขณะทำงาน ได้แก่ การฝึกสติ การฝึกสมาธิ (Van Vugt & Jha, 2011; Zeidan, Johnson, Diamond, David, & Goolkasian, 2010; Tang & Posner, 2009) การป้อนกลับทางระบบประสาท (Neurofeedback) (Cannon et al., 2006; Vernon et al., 2003) การออกกำลังกาย (Lachman, Neupert, Bertrand, & Jette, 2006) การฝึกเล่นเครื่องเล่นดนตรีในระยะยาว (George & Coch, 2011) และการเรียนรู้ทักษะต่าง ๆ (Lee, Lu, & Ko, 2007) และการใช้คอมพิวเตอร์ในการฝึกการเพิ่มความจำขณะทำงาน งานวิจัยหลาย ๆ เรื่อง (Mindsparke, 2011; Morrison & Chein, 2011; Sternberg, 2008) ได้เสนอวิธีการเพิ่มความจำขณะทำงาน ได้แก่ การออกกำลังกาย การเต้นแอโรบิก การบริหารชี่กง การบริหารร่างกายด้วยโยคะ การเต้น 6 จังหวะ (Six Rhythm) การเล่นดนตรี ได้แก่ ดนตรีโมสาร์ท ดนตรีไทย การนวดบำบัด การเคี้ยวหมากฝรั่ง การเล่นเกม ได้แก่ เกมซูโดกุ เกมปริศนาอักษรไขว้

ปัญหาเชาว์ เกมบิงโก ครอสเวิร์ด (Crossword) เกมไพ่ เกมการต่อจิ๊กซอ การเล่มหมากรุก หมากล้อม งานฝึกงานฝีมือ ถักโคเชร์ งานประดิษฐ์ และเกมแอคชัน (Action Game)

วิธีการฝึกความจำโดยใช้คอมพิวเตอร์ เป็นวิธีการหนึ่งของกลยุทธ์การฝึกความจำ ได้แก่ เทคนิคการใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐานและกลยุทธ์การฝึกความจำ เช่น การส่งเสริมความจำด้วยเกม (Leedale, Singleton, & Thomas, 2004) เกมที่สนุกสนาน มีการผจญภัยสำหรับเด็กและกระตุ้นส่งเสริม การดึงข้อมูลจากความจำ การจินตนาการจากการมองเห็น การสร้างเรื่องราวและการจัดกลุ่มที่เชื่อมโยงข้อมูลในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง การรวมสิ่งมีชีวิตเข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน โปรแกรมการฝึกความจำนี้ใช้ได้กับเด็กที่มีอายุตั้งแต่ 4 ปีขึ้นไป และเหมาะกับเด็กพิเศษที่มีปัญหาด้านความจำและการเรียนรู้

วิธีการเพิ่มความจำขณะทำงานโดยใช้เกมคอมพิวเตอร์ การเล่นเกมคอมพิวเตอร์ซ้ำหลาย ๆ ครั้ง จะช่วยส่งเสริมความจำขณะทำงานของเด็กนักเรียนระดับอนุบาล (Thorell, Lindqvist, Nutley, Bohlin, & Klingberg, 2009) เพิ่มความสามารถในการหมุนภาพจากการคิดจินตนาการในใจได้ถูกต้อง (Mental Rotation Accuracy) (DeLisi & Wolford, 2002) และส่งเสริมความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในด้านการมองเห็นภาพที่หมุนในมุมต่าง ๆ มีทักษะที่โดดเด่นและมีความสามารถในการใส่ใจภาพ (Subrahmanyam, Greenfield, Kraut, & Gross, 2001)

เกมคอมพิวเตอร์เพื่อเพิ่มความจำขณะทำงานเป็นกลุ่มประเภทเกมแอคชัน ได้แก่ เกมต่อสู้ เกมแข่งรถ เกมชกมวย ระหว่างการเล่นผู้เล่นจะเล่นเกมด้วยความสนุก ตื่นเต้น ใช้ความเร็วในการคิดจดจำวางแผน ตัดสินใจเพื่อให้สามารถบรรลุถึงจุดมุ่งหมายในการเล่นเกมได้คือ การได้รางวัล คะแนนที่เพิ่มสูงขึ้น เกิดความท้าทายในการเล่นเกม แต่หากใช้เวลาในการเล่นเกมประเภทแอคชันนานเกินไปอาจส่งผลให้มีพฤติกรรมก้าวหน้า อารมณ์รุนแรง ขาดสมาธิในการเรียนและการทำงานได้ นอกจากนี้ลักษณะของเกมปริศนา (Puzzle Game) เป็นเกมที่มีลักษณะการแสดงภาพที่มีจุดประสงค์เพื่อให้สมองจดจำในครั้งแรกหลังจากนั้นจัดเรียงภาพใหม่ให้ได้ภาพดังตอนแรก

Green and Bavelier (2012) ได้วิจัยพบว่า เกมแอคชันแบบมุมมองที่ 1 (First Person Point of View Action Video Games) ส่งผลกระทบทางบวกต่อพฤติกรรมความใส่ใจและการรับรู้ เกมแข่งรถยนต์ ชื่อ Burnout เป็นตัวอย่างเกมแอคชันวิดีโอเกม (Action Video Game) ที่มีจุดประสงค์เพื่อ ฝึกความจำขณะทำงาน โดยเฉพาะนักเรียนที่มีปัญหาด้านความจำขณะทำงานบกพร่อง สามารถเลือกระดับความยากง่ายของการเล่นเกมแข่งขันของการขับรถได้ ซึ่งควรเลือกระดับความยากง่ายในการเล่นเกม ในระดับที่เหมาะสมกับผู้แข่งขัน เพื่อเป็นการฝึกความจำขณะทำงาน การวิจัยเกี่ยวกับการเล่นวิดีโอเกมมีความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างความแตกต่างระหว่างบุคคลใน Action Game และมีความสัมพันธ์ระหว่างตากับมือ (Griffith et al., 1983) ความเร็วของการค้นหา (Castel et al., 2005) และการจำลองการเลียนแบบการต่อสู้ (Lintern & Kennedy, 1984)

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับ การสาธิตการเล่นเกมแบบไม่ใช่เกมประเภท Action Game (Dye et al., 2009; Green & Bavelier, 2003) และติดตามการเปลี่ยนแปลงของการมองแบบมิติสัมพันธ์หลังจากฝึกเล่นเกมทั้งประเภท Action Game และ Non-action Game หลังจาก

ฝึกเล่นเกมไปแล้ว 5 เดือน (Feng et al., 2007) ประสบการณ์ในการเล่น Action Video Game มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถในการประมวลผลภาพมิติสัมพันธ์ (Castel et al., 2005)

Green and Bavelier (2003) ได้รายงานถึงประสบการณ์ในการเล่น Action Video Game ว่ามีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความใส่ใจ การวิจัยในปัจจุบันได้รับการออกแบบให้ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทที่ส่งผลกระทบต่อประสบการณ์การเล่น Action Game ในเรื่องการรับรู้ด้านภาพมิติสัมพันธ์และการประมวลผลทางอารมณ์จากผู้มีประสบการณ์ในการเล่นเกมคนเดียวกัน ตามระดับความยากง่ายของการเล่นเกม ผลการวิจัยปรากฏว่า การฝึก Action Game ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการเกิดเพิ่มขึ้นของความสามารถด้านภาพมิติสัมพันธ์ (Green & Bavelier, 2006, 2007) หลังจากการเล่นเกมหลายชั่วโมง ในขณะที่การรับรู้ทางสังคมและพฤติกรรมมักจะเกิดขึ้นจากการเล่นเกม 15-20 นาทีแรกของการเล่นเกมแต่ละครั้ง การตัดสินใจอย่างรวดเร็วขึ้นอยู่กับความสามารถในการจัดการความจำขณะทำงานของผู้เล่นเกม เช่น ผู้เล่นในเกม FPS (First Player Shooter) ต้องประเมินจำนวนของภัยคุกคามระหว่างการเล่นเกมที่เกิดขึ้นพร้อมกัน ๆ จากหลายเหตุการณ์ได้อย่างรวดเร็ว เพื่อตัดสินใจเลือกต่อสู้กับศัตรูที่จะเข้าร่วมการเล่นเกมเป็นครั้งแรกและพิจารณาเลือกใช้อาวุธให้มีความเหมาะสม กระบวนการปัญญาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความใส่ใจและความจำขณะทำงานมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกัน ส่งผลต่อความสามารถในการเล่นเกม FPS ซึ่งการเล่นเกมดังกล่าวส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความจำขณะทำงาน

การเล่นวิดีโอเกม FPS แสดงให้เห็นว่า เกิดการพัฒนาทักษะเชิงพื้นที่ (Feng et al., 2007) เป็นการฝึกการเคลื่อนไหวของตาจากสภาพแวดล้อมที่สามารถเข้าถึงได้ของเกมกับผู้เล่น นอกจากนี้เป็นการฝึกดูมุมมอง 360 องศา รอบทิศทางขณะการเล่นเกม ส่งผลให้สมองผู้เล่นเกมได้เรียนรู้และเกิดการจดจำสภาพแวดล้อมที่หลากหลายที่ผู้เล่นเกมยังไม่คุ้นเคยในระยะแรกของการเล่นเกม และเรียนรู้จากประสบการณ์การเล่นเกม เป็นการฝึกทักษะการปรับตัวของสมองเชิงพื้นที่ เพราะในการเล่นเกมจะมีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมไปตามฉาก ตัวละคร เรื่องราว การดำเนินเรื่องที่แตกต่างกันไปตามสถานการณ์ที่หลากหลาย เช่น ในสถานการณ์ที่ผู้เล่นต้องเดินทางไปยังเรือที่จมเพื่อช่วยคนที่ได้รับบาดเจ็บออกมาได้และหาวิธีช่วยผู้บาดเจ็บออกมา แล้วจึงเล่นเกมต่อออกไปยังด่านใหม่ คือ ดาดฟ้า และผู้เล่นจะต้องเล่นเกมโดยการเคลื่อนไหวไปมารอบ ๆ เกาะ เมื่อผู้เล่นเกมอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่คุ้นเคย ทำให้สมองต้องทำงานจดจำสถานที่ผ่านมาและเส้นทางด่านต่าง ๆ ของการเล่นเกมโดยอัตโนมัติ ทำให้เกิดการฝึกทักษะเชิงพื้นที่ของสมองเพิ่มขึ้นจากสภาพแวดล้อมที่มีความหลากหลายแตกต่างกัน

ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา (Cognitive Theory Of Multimedia Learning) พัฒนาโดย Mayer (2009) ได้อธิบายเกี่ยวกับการเรียนรู้ด้วยมัลติมิเดียว่า เป็นการเพิ่มความจำขณะทำงานจากการเชื่อมโยงของความจำระยะยาว โดยอาศัยมัลติมีเดียในการทำหน้าที่ในการกระตุ้นกิจกรรมทางปัญญาให้ผู้เรียน เมื่อมีการเรียนรู้จากสื่อมัลติมีเดียจากภาพและเสียง จากประสาทสัมผัส

ตาและหูตามลำดับ ซึ่งเกมคอมพิวเตอร์เป็นส่วนหนึ่งของมัลติมีเดียที่มีองค์ประกอบของภาพและเสียงที่สามารถกระตุ้นการทำงานของสมองได้เป็นอย่างดี

การนำทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา มาพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาความจำขณะทำงานด้านภาพ สามารถทำได้โดยการออกแบบเกมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน โดยคำนึงถึงหลักในการออกแบบ การนำเสนอมัลติมีเดียที่สำคัญของ Mayer (2009) ได้แก่ 1) การนำเสนอด้วยข้อความและกราฟิก ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีกว่าการเรียนด้วยข้อความเพียงอย่างเดียว (Multimedia Principle) 2) การนำเสนอด้วยข้อความและกราฟิกที่สอดคล้องกัน ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีกว่าเมื่อนำมาไว้ใกล้กัน (Spatial Contiguity Principle) 3) การนำเสนอด้วยข้อความและกราฟิกที่สอดคล้องกันในเวลาเดียวกัน ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีกว่าการนำเสนอตามลำดับต่อเนื่องกัน (Temporal Contiguity Principle) 4) การนำเสนอด้วยข้อความ กราฟิกหรือเสียงทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีกว่า เมื่อใช้เฉพาะที่เกี่ยวข้องที่ไม่มากเกินความจำเป็น (Coherence Principle) 5) การนำเสนอด้วยภาพเคลื่อนไหวและเสียงบรรยาย ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีกว่าการนำเสนอด้วยภาพเคลื่อนไหวและข้อความในหน้าจอ (Modality Principle) และ 6) การนำเสนอด้วยภาพเคลื่อนไหวและเสียงบรรยาย ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีกว่า การนำเสนอด้วยภาพเคลื่อนไหว เสียงบรรยาย และข้อความในหน้าจอ (Redundancy Principle) จากหลักการดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำหลักการ 2 ข้อ ได้แก่ หลักการนำเสนอด้วยข้อความและกราฟิกที่สอดคล้องกัน ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีกว่าเมื่อนำเสนอไว้ใกล้กันและหลักการนำเสนอด้วยข้อความ กราฟิกหรือเสียงก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีกว่าเมื่อใช้เฉพาะที่เกี่ยวข้อง ไม่มากเกินความจำเป็น มาใช้พัฒนา Action Game ส่วนเกม Non-action Game (Tetris Game) เป็นเกมที่นักวิจัยทางด้านการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบเทียบกับเกมคอมพิวเตอร์ ที่พัฒนาขึ้นเป็นเกมที่มีหลักการคือ เน้นการหมุนของภาพเพื่อให้วัตถุที่เป็นบล๊อกหล่นลงมาตกลงในตำแหน่งรูปทรงที่ลงตัว ไม่เกิดช่องว่างระหว่างบล๊อก จึงจะได้คะแนน เป็นการฝึกทักษะทางด้านการมองและมิติสัมพันธ์เป็นอย่างดี

งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับวิดีโอเกมและการรู้คิดมีจำนวนมาก แต่รูปแบบการศึกษายังไม่ชัดเจน จากการวิจัยพบว่า การเล่นวิดีโอเกมส่งผลดีต่อการรู้คิด ทำให้เพิ่มความสามารถด้านการมองเห็น (Blacker & Curby, 2013) ลดการเกิดปัญหาการมองที่ภาพที่ส่งผลกระทบต่อสายตา (Vallett, Lamb, & Annetta, 2013) นอกจากนี้ ผลจากการศึกษาที่ผ่านมา การเล่นวิดีโอมากเกินไปทำให้เกิดปัญหาความใส่ใจในเด็ก (Swing, Gentile, Anderson, & Walsh, 2010) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การเล่นวิดีโอเกมส่งผลต่อความใส่ใจและหน้าที่การบริหารจัดการของสมองทำงานดีขึ้น ระยะเวลาในการตอบสนองต่อสิ่งเร้ามีความรวดเร็วมากขึ้น เกมคอมพิวเตอร์ส่งเสริมความสามารถด้านการรู้คิดแก่ผู้เล่น ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ ส่งเสริมอารมณ์ให้เด็กมีอารมณ์ดี มีสุขภาพจิตที่ดี และส่งเสริมพัฒนาการเรียนรู้

การเล่นวิดีโอเกมส่งผลดีและผลเสียต่อพัฒนาการด้านความใส่ใจของวัยเด็กและกลุ่มวัยรุ่นที่กำลังจะพัฒนาเป็นวัยผู้ใหญ่ และส่งผลกระทบทางบวกและทางลบต่อความสามารถทางการรู้คิดทางปัญญาที่แตกต่างกัน (Colzato, Vanden Wildenberg, Zmigrod, & Hommel, 2013)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเกมคอมพิวเตอร์ เกมส่วนใหญ่ที่มีผู้พัฒนามักจะพัฒนาโดยมุ่งเน้นความสนุกสนานหรือให้ความรู้ แต่เกมที่พัฒนาขึ้นมาใหม่เป็นตัวกระตุ้นที่ดีทำให้ผู้เล่นเกิดการเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพได้ โดยอ้างอิงทฤษฎีในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาสมองในการเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพ ซึ่งยังไม่พบในประเทศไทยและต่างประเทศ ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเภทเกมแอคชันสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาเพื่อส่งเสริมพัฒนาการเรียนรู้ ความจำ เป็นเกมที่ไม่เกิดผลกระทบต่อการเกิดความรุนแรงก้าวร้าวต่อเด็ก ซึ่งต่างกับเกมทั่วไปที่เมื่อเด็กเล่นเกมแล้ว อาจส่งผลกระทบต่อการเกิดความรุนแรงก้าวร้าวในวัยเด็กและพัฒนาเกมโดยใช้ทฤษฎีเป็นฐานในการอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างการเล่นเกมกับการเพิ่มขึ้นของความสามารถการรู้คิดทางปัญญา

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้สร้างนวัตกรรมเกมแอคชันใหม่สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา (Cognitive Theory of Multimedia Learning) เป็นฐานในการพัฒนาเกมและนำเกมแอคชันดังกล่าวไปฝึกเพื่อเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพ ทดสอบผลของเกม จากการวัดทางพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ โดยได้ประยุกต์แนวทางการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์จากวงจรการพัฒนาระบบ System Development Life Cycle (SDLC) และทฤษฎีหลักการพัฒนาเกมของ Evidential Game Theory Framework เป็นแนวทางในการพัฒนาเกมแอคชัน ตามขั้นตอนการพัฒนาเกมของ FIDGE Model (Akilli & Cagiltay, 2006) เป็นองค์ความรู้ใหม่ รวมถึงศึกษาผลการเปรียบเทียบ ความจำขณะทำงานด้านภาพระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้เกมแอคชัน เปรียบเทียบความจำขณะทำงานด้านภาพระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้ Non-action Game เปรียบเทียบความจำขณะทำงานด้านภาพหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game (Tetris Game) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ก่อนการทดลองกับหลังการทดลองทั้ง 2 กลุ่ม และเปรียบค่าเฉลี่ยของความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game (Tetris Game) เพื่อนำผลการศึกษาด้านพฤติกรรมและด้านคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ไปใช้พัฒนาความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญาสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา

2. เพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ด้านพฤติกรรม ดังนี้

2.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองและค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game

2.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองและค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยา ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game

2.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองและค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยา ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game กับกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game

3. เพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ด้านคลื่นไฟฟ้าสมอง ดังนี้

3.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game

3.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game

3.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game กับกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game

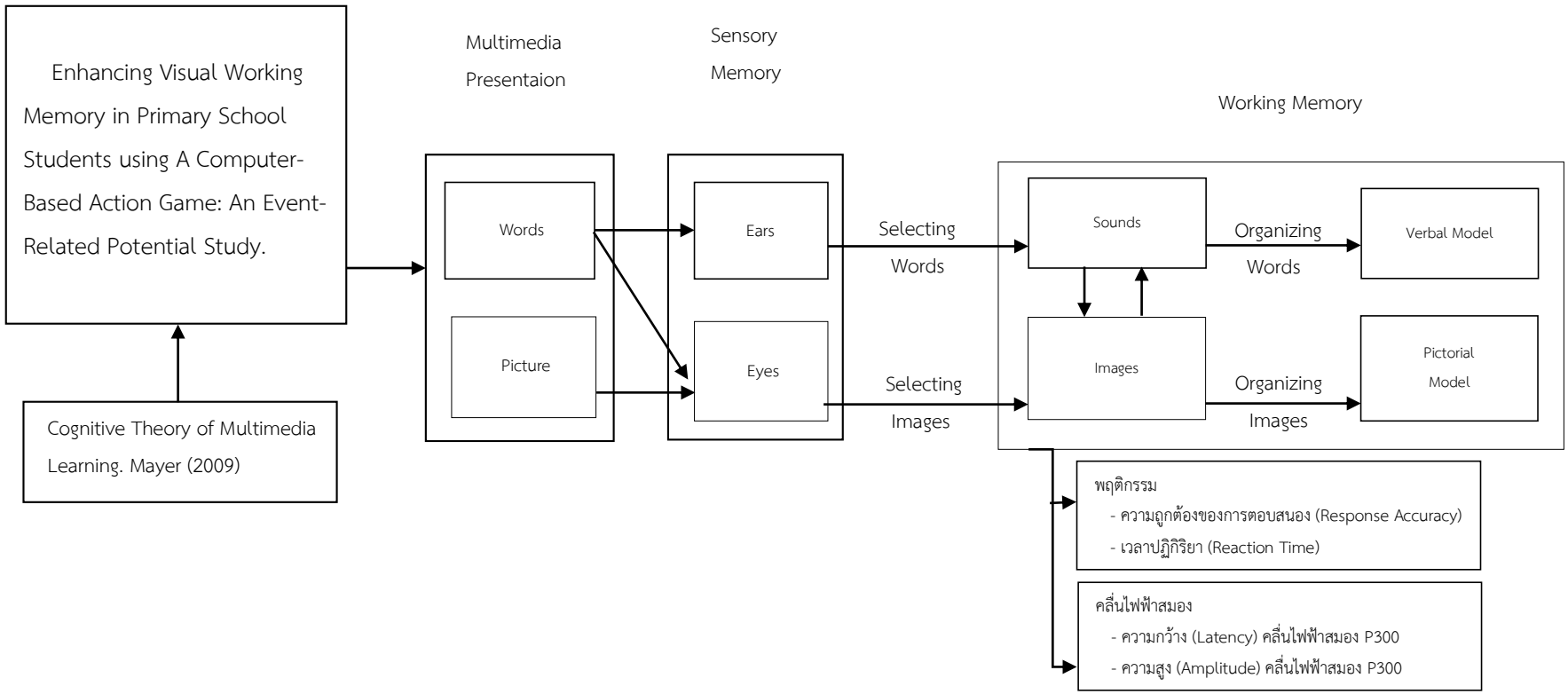
กรอบแนวคิดการวิจัย

ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา อธิบายว่า ระบบที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการการเรียนรู้ของมนุษย์มีอยู่ 3 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบรับความจำโดยประสาทรับความรู้สึก (Sensory Memory) 2) ระบบความจำขณะทำงาน (Working Memory) และ 3) ระบบความจำระยะยาว (Long Term Memory) เมื่อผู้เรียนรับข้อมูลเข้าไปในรูปของเสียงหรือภาพ ข้อมูลนั้น ๆ จะถูกจำไว้ในช่วงสั้น ๆ ที่ Sensory Memory จากนั้นภาพและเสียงบางส่วน จะถูกจดจำไว้ในความจำขณะทำงาน แล้วจะมีการจัดแจงภาพและเสียงย่อย ๆ เหล่านี้ให้เป็นกลุ่มเป็นก้อน ทำให้เกิดความรู้ในรูปของภาพและเสียง ประมวลความรู้เหล่านี้เข้าไปรวมกับความรู้เดิมในส่วนของความจำในระยะยาวหรือไปรวมกับกลุ่มความรู้อื่น ดังนั้นการนำเสนอผ่านทั้งทางจักษุประสาทในรูปของตัวหนังสือ (Text) กับภาพ (Image) และทางโสตประสาทในรูปของเสียง (Sound) จะช่วยให้เกิดการเรียนรู้คำศัพท์ได้ดีกว่าการนำเสนอเพียงวิธีเดียว อย่างไรก็ตามการใช้ข้อความประกอบภาพ ยังต้องระวังในเรื่องของการใช้งานของสมองที่มากเกินไป หากมีการใช้พร้อมกันจะทำให้เกิดการรับข้อมูลมากเกินไปในครั้งเดียว (Overload)

ได้ วิธีการแก้ไขปัญหาคือ ควรเพิ่มช่องทางเสียงเพื่อแบ่งเบาภาระของสมองในด้าน Visual Processing (Mayer, 2009)

นอกจากนี้ยังประยุกต์หลักการพัฒนาสื่อผสมมัลติมีเดีย ได้แก่ 1) หลักการลดการประมวลผลภายนอก (Principles of Reducing Extraneous Processing) 2) หลักการจัดการประมวลผลที่จำเป็น (Principles for Managing Essential Processing) และ 3) หลักการสนับสนุนการประมวลผล (Principles for Fostering Generative Processing) มาใช้กับโปรแกรมด้วย

กลไกของการรับสิ่งเร้าที่ส่งผลต่อสมอง อธิบายได้ คือ เมื่อตามองเห็นภาพเกิดการรับภาพเกิดขึ้น อธิบายได้ดังนี้ เมื่อตามองเห็นจะส่งสัญญาณการรับภาพไปยังเรตินา (Retina) แล้วส่งไปยังเส้นประสาทสมองเส้นที่ 2 เส้นประสาทออพติก (Optic Nerves) ซึ่งเป็นเส้นประสาทที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการมองเห็น โดยรับข้อมูลภาพที่ได้จากเรตินาแล้วส่งไปยังสมองส่วนทาลามัสก่อนที่จะไปสิ้นสุดยังผิวสมองส่วนหลัง (Visual Cortex) โดยมีต้นกำเนิดอยู่ที่บริเวณลาเทอรอล เจนิคูเลท นิวเคลียส (Lateral Geniculate Nucleus) สมองส่วนทาลามัส (Thalamus) อยู่ทางด้านบนเหนือก้านสมองขึ้นไปและถูกปกคลุมด้วยเซอรีบอล คอร์เทก (Cerebral Cortex) อีกชั้นหนึ่งทำงานเกี่ยวข้องกับสมองหลายระบบ เป็นสถานีชุมสายของสัญญาณผ่านต่าง ๆ ที่เป็นข้อมูลเกี่ยวกับประสาทสัมผัสการรับรู้ (Sensory Input) ทั้งหมด ยกเว้นการดมกลิ่น ทาลามัสเป็นตำแหน่งในการรับข้อมูลเพื่อส่งไปยังสมองส่วนต่าง ๆ ของสมองโดยข้อมูลที่รับเข้ามาจะถูกส่งไปยังผิวสมอง ข้อมูลสื่อสัมผัสได้แก่ รูป รส เสียง จากอวัยะผิวกาย ตา หู โดยข้อมูลจะถ่ายโอนมาชุมทางนี้ก่อนส่งไปกระตุ้นสมองส่วนหลังเหนือท้ายทอย (Occipital Lobe) ซึ่งทำงานเกี่ยวกับการรับรู้ภาพ ตำแหน่งสมองที่ (Brain Area) ที่ 17, 18 และ 19 ส่งไปยังสมองส่วนหลังของกระหม่อม (Parietal Lobe) ซึ่งทำหน้าที่นำการรับรู้ในส่วนนี้ประสานกับการรับรู้ภาพและเสียง ส่งไปยังอินเฟอเรอพาไรเอทอลโลบ (Inferior Parietal Lobe) ตำแหน่งสมอง (Brain Area) ที่ 39 และ 40 แล้วส่งไปยังฮิบโปแคมปัส (Hippocampus) ซึ่งเป็นสมองส่วนสำคัญที่ทำให้จำได้ เพื่อไปกระตุ้นให้ความจำขณะทำงานเพิ่มมากขึ้น แสดงดังภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดการวิจัยเรื่อง การเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์

สมมติฐานของการวิจัย

1. กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง มากกว่าก่อนการทดลอง และค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาหลังการทดลอง น้อยกว่าก่อนการทดลอง

2. กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองมากกว่าก่อนการทดลองและค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาหลังการทดลอง น้อยกว่าก่อนการทดลอง

3. ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง หลังการทดลองของกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game มากกว่ากลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game และค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยา หลังการทดลองของกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game น้อยกว่ากลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game

4. กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game หลังการทดลอง มีค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพน้อยกว่าก่อนการทดลอง

5. กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game หลังการทดลอง มีค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพน้อยกว่าก่อนการทดลอง

6. กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game หลังการทดลอง มีค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพน้อยกว่ากลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา เพื่อพัฒนาความจำขณะทำงานด้านภาพในนักเรียนระดับประถมศึกษา

2. ทำให้ทราบถึงผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ดังนี้

2.1 ทำให้ทราบผลการเปรียบเทียบความจำขณะทำงานด้านภาพ ก่อนการทดลองกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game

2.2 ทำให้ทราบผลการเปรียบเทียบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game กับกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game

3. ได้วิธีการกระตุ้นสมองด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน เพื่อเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียนระดับประถมศึกษา

4. ได้รูปแบบคลื่นไฟฟ้าสมองจากการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันและใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game สามารถนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลเชิงประจักษ์ในการอ้างอิงวิจัยได้

5. สามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันเป็นทางเลือกในการกระตุ้นสมองเพื่อพัฒนาความสามารถทางปัญญาแบบอื่น เช่น ความใส่ใจ การแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ การให้เหตุผล และการตัดสินใจของมนุษย์ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร เป็นนักเรียนระดับประถมศึกษา โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา ตำบลเหมือง อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชลบุรี เขต 1 ที่มีสุขภาพดี เป็นนักเรียนประถมศึกษาที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ทั้งเพศชายและเพศหญิงที่มีอายุตั้งแต่ 10-11 ปี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเภทเกมแอคชันเพื่อเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียนระดับประถมศึกษา ชื่อเกม เรขาคณิตหรือ Adventure in Geomery world ใช้เวลาในการฝึกช่วงกลางวัน อย่างต่อเนื่อง เวลา 11.40 น. ถึง เวลา 12.30 น. วันละ 50 นาที สัปดาห์ละ 5 วัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ สถานที่ฝึกห้องคอมพิวเตอร์โรงเรียน

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเภทเกมแอคชันพัฒนาจากทฤษฎี Cognitive Theory of Multimedia Learning โดยประยุกต์ 5 หลักการ จากหลักการ 12 ข้อในการพัฒนา Multimedia (12 Kinds of Methods) ปรับจาก Mayer (2009, p. 52) ดังนี้

หลักการที่ 1 Multimedia Principle คือ นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีจากคำ (Word) และภาพ (Pictures) หรือ Multimedia Method ได้ดีกว่า คำ เพียงอย่างเดียว (Single Medium Method)

หลักการที่ 2 Coherence Principle นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีเมื่อเนื้อหาการเรียนมีความสั้น กระชับ ได้ใจความ (Signaled Method) มากกว่าการเรียนรู้เนื้อหาที่ละเอียด เนื้อหามีความยาว จับประเด็นได้ยาก (Elaborated Method)

หลักการที่ 3 Modality Printciple นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีจากกราฟิกและคำอธิบายภาพกราฟิก (Narration Method) มากกว่าการเรียนรู้จากภาพกราฟิกและข้อความ Printed Text (Text Method)

หลักการที่ 4 Redundancy Principle นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีจากภาพเคลื่อนไหว (Animation) และคำอธิบาย มากกว่าภาพเคลื่อนไหว คำบรรยาย และข้อความบนจอภาพ (On-screen Text)

หลักการที่ 5 Spatial Contiguity Principle นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีกว่าเมื่อเรียนรู้จากภาพกราฟิกและข้อความ (Printed Text) ที่อยู่ใกล้กัน (Integrated Method) มากกว่าการเรียนรู้จากภาพกราฟิกและข้อความที่อยู่ห่างกันต่างกัน (Separated Method)

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรต้น คือ วิธีการเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพ ของนักเรียนระดับประถมศึกษา 2 แบบ ได้แก่

3.1.1 แบบใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน (Action Game) ที่พัฒนาขึ้น

3.1.2 แบบใช้โปรแกรม Non-action Game (Tetris Game) เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้เปรียบเทียบการทำงานของสมองเกี่ยวกับการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ในงานวิจัยต่างประเทศ

3.2 ตัวแปรตาม คือ ความจำขณะทำงานด้านภาพ ของนักเรียนระดับประถมศึกษา พิจารณาจาก ด้านพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมอง จำแนกเป็นดังนี้

3.2.1 ด้านพฤติกรรม ประกอบด้วย

1) ความถูกต้องของการตอบสนอง (Response Accuracy) ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ (หน่วยวัดเป็นคะแนน)

2) เวลาปฏิกิริยา (Reaction Time) ของการตอบสนองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ (หน่วยวัดเป็นมิลลิวินาที)

3.2.2 ด้านคลื่นไฟฟ้าสมอง ประกอบด้วย

1) ความกว้าง (Latency) ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ (หน่วยวัดเป็นมิลลิวินาที)

2) ความสูง (Amplitude) ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ (หน่วยวัดเป็นไมโครโวลท์)

นิยามศัพท์เฉพาะ

ความจำขณะทำงานด้านภาพ (Visual Working Memory) เป็นโครงสร้างส่วนหนึ่งของความจำขณะทำงานในส่วน Visuo-Spatial Working Memory ที่ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลและประมวลผลข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับภาพ (Visual Cache) ได้แก่ สีและรูปร่าง และ Inner Scribe ทำงานเกี่ยวกับลำดับการเคลื่อนไหว ตำแหน่งของภาพ และทำงานสัมพันธ์กับกลไกข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

กับภาพให้สามารถทวนซ้ำได้ในระบบความจำขณะทำงาน โดยความจำขณะทำงานด้านภาพเป็นความสามารถในการจดจำภาพของวัตถุไว้ในใจได้ชั่วคราวและมีจำนวนจำกัด 3-4 วัตถุ ภายในเวลาไม่กี่วินาที ในวัยเด็กถึงวัยผู้ใหญ่ มีความสำคัญมากต่อพัฒนาการของการทำกิจกรรมการรู้คิดทางปัญญาขั้นสูงต่อไป

วิดีโอเกม (Video Game) หมายถึง เกมอิเลคทรอนิกส์ที่สร้างภาพสองมิติหรือสามมิติขึ้นมา ตัวอย่างเช่น คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และเครื่องเล่นวิดีโอเกม

เกมแอคชัน (Action Game) หมายถึง ประเภทเกมที่ใช้การบังคับทิศทางและการเคลื่อนไหวของตัวละครในเกมเพื่อผ่านด่านต่าง ๆ เป็นลักษณะเกมแอคชันที่มีการผสานการไขปริศนา เน้นความท้าทายทางด้านร่างกาย จิตใจ รวมทั้งเน้นการประสานการทำงานระหว่างมือตา โดยมีการตอบโต้กลับไปกลับมาระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์อย่างรวดเร็วในทันทีทันใด มีการรวบรวมวัตถุ การต่อสู้กับศัตรู มีแพ้ ชนะ หลังจากการเล่นเกม

เกมแบบไม่ใช่เกมแอคชัน (Non-action Game) หมายถึง เกมคอมพิวเตอร์ที่ไม่มุ่งเน้นกระตุ้นส่งเสริมให้ผู้เล่นเกมมีการตอบโต้เคลื่อนไหวทางสายตาที่รวดเร็วแบบทันทีทันใดเหมือนเกมประเภทเกมแอคชัน เน้นการเคลื่อนไหวของสายตา มือ อย่างช้า ๆ มีการบังคับทิศทางน้อย มีด่านในการเล่นน้อย มีสี แสง เสียง และภาพกราฟิก 3 มิติ น้อยกว่าเกมแอคชัน

เกมเตตริส (Tetris Game) หมายถึง เกมที่เน้นการจัดการในการเรียงตัวบล็อกที่หล่นลงมา ผู้เล่นเกมต้องจัดเรียง หมุนบล๊อก ให้มีความเหมาะสมเพื่อให้บล๊อกสามารถประกอบกันเป็นบล๊อกเดียวกันได้พอดี จึงจะได้รางวัลคือ คะแนนในการเล่นเกม เกมเตตริสเป็นเกมที่นิยมมากที่สุดเกมหนึ่ง เป็นเกมพื้นฐานที่เป็นมาตรฐานใช้ในการเปรียบเทียบการทดลองกับเกมประเภทอื่น

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเภทเกมแอคชัน (Program Computer Action Game) หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบ เป็นลักษณะกระตุ้นการทำงานของสมอง ส่งเสริมการเพิ่มขึ้นของความจำภาพขณะทำงาน ในนักเรียนระดับประถมศึกษา

ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา (Cognitive Theory of Multimedia Learning) หมายถึง ทฤษฎีการเรียนรู้มัลติมีเดียอย่างเป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการการเรียนรู้ของมนุษย์ มีอยู่ 3 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบรับความจำโดยประสาทรับความรู้สึก (Sensory Memory) 2) ระบบความจำขณะทำงานด้านภาพ (Working Memory) และ 3) ระบบความจำในระยะยาว (Long Term Memory) เมื่อผู้เรียนรับข้อมูลเข้าไปในรูปของเสียงหรือภาพ ข้อมูลนั้น ๆ จะถูกจำไว้ในช่วงสั้น ๆ ที่ Sensory Memory จากนั้น ภาพและเสียงบางส่วนจะถูกจดจำไว้ในความจำขณะทำงานด้านภาพ แล้วจะมีการจัดแจงภาพและเสียงย่อย ๆ เหล่านี้ให้เป็นกลุ่มเป็นก้อน ทำให้เกิดความรู้ในรูปของภาพและเสียง ความรู้เหล่านี้อาจจะเข้าไปรวมกับความรู้เดิมในส่วนของความจำในระยะยาวหรือไปรวมกับกลุ่มความรู้อื่น (ถ้ามี)

ดังนั้น การนำเสนอผ่านทั้งทางจักษุประสาททางตาในรูปของตัวหนังสือ (Text) กับภาพ (Image) และทางโสตประสาทในรูปของเสียง (Sound) จะช่วยให้เกิดการจดจำคำศัพท์ได้ดีกว่าการนำเสนอเพียงวิธีเดียว

ความถูกต้องของการตอบสนอง (Response Accuracy) หมายถึง การกดปุ่มที่กำหนดบนแป้นกดตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย จากแบบทดสอบความจำภาพขณะทำงานที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์อย่างถูกต้องภายในเวลาที่กำหนด แล้วนำมาคำนวณ โดยนำจำนวนเป้าหมายที่กลุ่มตัวอย่างตอบถูกมาเปรียบเทียบกับจำนวนเป้าหมายทั้งหมด

เวลาปฏิกิริยา (Reaction Time) หมายถึง เวลาตั้งแต่ที่สิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายปรากฏจนกระทั่งกลุ่มตัวอย่างกดปุ่มตอบสนอง โดยนำเฉพาะเวลาที่ได้จากการตอบถูกเท่านั้นมารวมกัน แล้วหารด้วยจำนวนข้อที่ตอบถูกต้อง ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยรายบุคคล มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที สิ่งเร้าที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ แบบทดสอบ N-Back โดยศึกษาเฉพาะ 1-Back Target, 1 Back Non-target, 2 Back Target และ 2 Back Non-target

คลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (Event-Related Potentials: ERPs) หมายถึง ลักษณะการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าสมองของกลุ่มตัวอย่าง ขณะทำกิจกรรมแบบทดสอบความจำภาพขณะทำงานด้านภาพ จากแบบทดสอบ N-Back ผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยวัดองค์ประกอบของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ด้านความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Latency) และด้านความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Amplitude)

คลื่นไฟฟ้าสมอง P3 หรือ P300 หมายถึง ยอดคลื่นค่าบวกที่เกิดขึ้นที่บริเวณสมอง Frontal และ Centro Parietal เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองในช่วงปลาย (Late Component) จะเริ่มเกิดขึ้นในช่วงเวลาประมาณ 250 มิลลิวินาทีขึ้นไป หลังนำเสนอสิ่งเร้าและมีระดับความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลาประมาณ 250–500 มิลลิวินาที ซึ่งเป็นระยะของกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process) การวิเคราะห์ การแยกแยะ การตอบสนอง และการตัดสินใจ (Luck & Kappenman, 2009)

ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Latency) หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการทำงานของสมองของกลุ่มตัวอย่าง ตั้งแต่ช่วงเวลาเริ่มต้นให้สิ่งกระตุ้น (0 มิลลิวินาที) ที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์ไฟฟ้า ไปจนถึงเวลาที่มีระดับความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด (Peak) ในช่วงเวลา 250-400 มิลลิวินาที (P300) ขณะทำกิจกรรมแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ มีหน่วยเป็น มิลลิวินาที (ms) (Handy, 2005, p. 12)

ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Amplitude) หมายถึง ระดับความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด (Peak) ของคลื่นไฟฟ้าสมองของกลุ่มตัวอย่าง เมื่อเทียบกับระยะพัก (Baseline) ขณะทำแบบทดสอบ

ความจำขณะทำงานด้านภาพที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ในช่วงเวลา 250-400 มิลลิวินาที (P300) มีหน่วยเป็นไมโครโวลต์ (μV)

นักเรียนระดับประถมศึกษา (Primary School Students) หมายถึง นักเรียนที่มีช่วงอายุ 10-11 ปี เมื่อนับตามปีปฏิทินที่เรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านการคัดกรองกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์การคัดเข้าแล้ว

ความสามารถทางเชาว์ปัญญาเชิงลื่นไหล (Fluid Intelligence) หมายถึง การมีเป้าหมายในการตัดสินใจให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เผชิญอยู่ เพื่อให้สามารถควบคุมตนเองไปสู่เป้าหมาย ซึ่งการจะบรรลุเป้าหมายนั้นต้องอาศัยกระบวนการทางสมองที่เรียกว่า หน้าที่บริหารจัดการสมอง (Executive Function: EF) เป็นความสามารถในการยืดหยุ่นการทำงานของสมองในการแยกสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง ให้ความสำคัญเฉพาะที่เป็นเป้าหมายและแสดงพฤติกรรมให้มุ่งไปในทิศทางที่เป็นเป้าหมาย

นิวโรฟีดแบค (Neurofeedback) เป็นกระบวนการฝึกการทำงานของสมองเพื่อให้สามารถควบคุมตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการกระตุ้นให้สมองทำงานอย่างเหมาะสม ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ วัดออกมาเป็นค่าความถี่กระแสไฟฟ้า ทำให้ทราบการทำงานของคลื่นสมองตนเองโดยการใช้ผลสะท้อนกลับจากภาพและเสียง ทำให้สามารถทราบค่าการทำงานของสมอง ผ่านการให้แรงจูงใจ เมื่อทำตามจุดมุ่งหมายได้และให้แรงเสริมด้านลบเมื่อทำได้ไม่ตรงเป้าประสงค์ สามารถเรียนรู้ที่จะควบคุมตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้การดำรงชีวิตมีคุณภาพที่ดีขึ้นต่อไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง การเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียนระดับประถมศึกษาโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญาสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา เปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ด้านพฤติกรรมและเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้านคลื่นไฟฟ้าสมอง ผู้วิจัยได้ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับความจำขณะทำงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.1 ความหมายของความจำขณะทำงานและองค์ประกอบของความจำขณะทำงาน

1.2 ความจำขณะทำงานด้านภาพ

1.3 ประโยชน์ของความจำขณะทำงานและวิธีการพัฒนาความจำขณะทำงาน

1.4 สมองและกลไกของสมองที่เกี่ยวข้องกับกับความจำขณะทำงาน

1.5 เครื่องมือวัดความจำขณะทำงานและความจำขณะทำงานด้านภาพ

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความจำขณะทำงานและความจำขณะทำงานด้านภาพ

ตอนที่ 2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของวิดีโอเกม ข้อดีข้อเสียและการจำแนกประเภทของวิดีโอเกม

2.2 การเล่นวิดีโอเกมกับการส่งเสริมความสามารถทางปัญญาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3 เกมคอมพิวเตอร์กับเด็กและเกมแอคชัน

2.4 การออกแบบสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเล่นวิดีโอเกมกับสมอง

ตอนที่ 3 ทฤษฎี แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2 ทฤษฎีสื่อผสมทางอารมณ์

3.3 การเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ

3.4 การเรียนรู้แบบสื่อผสม การแก้ปัญหาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 4 การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 แนวคิดเกี่ยวกับการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง

4.2 หลักการและวิธีการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง

4.3 คลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.4 ความจำขณะทำงานด้านภาพและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์

ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับความจำขณะทำงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.1 ความหมายของความจำขณะทำงานและองค์ประกอบของความจำขณะทำงาน

1.1.1 ความหมายของความจำขณะทำงาน

ความจำขณะทำงาน (Working Memory) หมายถึง ความสามารถในการเก็บรักษาข้อมูลในใจที่เกิดพร้อมกันได้ (Baddeley, 2000, p. 417) นักวิจัยพบว่า ความจุของความจำขณะทำงานเพิ่มขึ้นตั้งแต่กลุ่มนักเรียนระดับอนุบาลถึงนักเรียนในโรงเรียนระดับประถมศึกษา นักเรียนระดับอนุบาลมีความสามารถในการจำข้อมูลขณะทำงานได้ 3 ถึง 4 รายการ เช่น นักเรียนอนุบาลสามารถจำตัวเลขได้ 3 ถึง 4 ตัว เมื่อให้ทำกิจกรรมตอบคำถามในขณะที่นักเรียนระดับเกรด 4 มีความสามารถในการจำได้ 5 ถึง 6 รายการ ความจำขณะทำงานในวัยเด็กสามารถเพิ่มขึ้นได้ (Klingberg et al., 2005) จากการวิจัยในปัจจุบันที่ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของการฝึกหน้าที่การบริหารจัดการสมอง ความจำขณะทำงาน หากได้รับการฝึกจะได้รับประโยชน์มากที่สุดในเด็กช่วงอายุ 4-12 ปี (Diamond & Lee, 2011)

ความจำขณะทำงานเป็นความสามารถในการเก็บข้อมูลที่มีระยะเวลาในการจดจำได้ที่สั้น ซึ่งสามารถวัดได้จาก การทดสอบการจำตัวเลขจากการได้ยินแล้วพูดซ้ำออกมา ซึ่งเรียกว่าความจำขณะทำงานจากคำพูดที่พูดออกมา (Verbal Working Memory) การมองตำแหน่งของวัตถุแล้วสามารถจำได้ว่าวัตถุนั้นอยู่ตำแหน่งใดหลังจากมองเห็นเพียงครั้งเดียว ในแต่ละวันมนุษย์ใช้ความจำขณะทำงานตลอดทั้งวัน ตัวอย่างเช่น การจำแผนงานหรือคำสั่งต่าง ๆ ที่จะต้องทำต่อไป ซึ่งเป็นความสามารถทางการรู้คิดพื้นฐานของมนุษย์ที่มีความสำคัญต่อการรู้คิดขั้นสูงต่อไป ความจำขณะทำงานด้านคำพูด มีความจำเป็นต่อการทำความเข้าใจประโยคที่ยาว ๆ และความจุของความจำขณะทำงานด้านคำพูด เป็นความสามารถของบุคคลที่แตกต่างกันที่จะสามารถพยากรณ์ถึงความสามารถในการอ่านเพื่อทำความเข้าใจ

ระบบของสมองทำหน้าที่จัดการข้อมูลที่จัดเก็บไว้ชั่วคราว เตรียมไว้สำหรับกระบวนการทางปัญญาที่มีความซับซ้อนต่อไป ความจำขณะทำงานเป็นความสามารถที่มีอยู่อย่างจำกัดและมีความเกี่ยวข้องกับการควบคุมความใส่ใจที่จะส่งผลต่อประสิทธิภาพของความจำขณะทำงาน ซึ่งเป็นความสามารถในการเก็บและจัดการข้อมูลในช่วงเวลาสั้น ๆ (Baddeley & Hitch, 1974; Just & Carpenter, 1992) ความจำขณะทำงานเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการคิดทางปัญญา

และเป็นสิ่งที่พยากรณ์ความสำเร็จในวัยเด็ก (Alloway & Alloway, 2010; Bull & Scerif, 2001; De Jong, 1998; Fry & Hale, 2000; Pickering & Gathercole, 2004)

จากการศึกษาปรากฏว่า การมีความจำขณะทำงานน้อยไม่มีความสัมพันธ์ปัจจัยพื้นฐานในวัยเด็ก เช่น ประสบการณ์ในการศึกษาของเด็กอนุบาล คุณภาพชีวิตของคนในสังคม และตัวกระตุ้นทางสติปัญญาจากสภาพแวดล้อมภายในบ้าน การทำงานของสมองส่วนหน้าทำหน้าที่เกี่ยวกับความจำขณะทำงาน เด็กมักจะเก็บข้อมูลไว้ในสมองในขณะที่ต้องใช้ความพยายามในการทำกิจกรรมให้สำเร็จตามที่ครูมอบหมาย ตัวอย่าง เด็กจะต้องใช้ความพยายามในการสะกดคำแต่ละคำ ซึ่งเป็นรายการของคำสั่งที่ครูกำหนดมาให้เพื่อให้นักเรียนสามารถทำกิจกรรมตามคำสั่งได้เป็นขั้นเป็นตอน

ปัจจัยที่น่าพิจารณาในเรื่อง ความจำขณะทำงาน เช่น กิจกรรมที่ต้องการส่งเสริมให้เด็กเก็บข้อมูลรายละเอียดไว้ในสมอง โดยการเขียนประโยคในขณะที่ทำกิจกรรมอย่างอื่น ตัวอย่างเช่น การสะกดคำในประโยคของแต่ละบุคคล จากการทำกิจกรรมหลายประเภทในโรงเรียน เด็กที่มีความจำขณะทำงานน้อยจะไม่สามารถทำกิจกรรมที่ครบถ้วนสมบูรณ์ได้พร้อมกับเพื่อนที่มีความจำขณะทำงานที่บรรจุข้อมูลได้มากกว่า ซึ่งจะส่งผลให้เด็กอาจจะไม่ได้รับประโยชน์จากการเรียนได้เต็มที่สมบูรณ์ และจะมีการพัฒนาการเรียนที่ช้ากว่าปกติ เด็กที่มีความจำขณะทำงานน้อยจะมีปัญหาในการทำงานตามคำสั่งที่มีความยาวที่เมื่อมีการสั่งให้ทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งแล้วให้ทำสิ่งหนึ่งตามมา เพราะว่าเด็กจะลืมคำสั่งก่อนที่จะสามารถทำตามคำสั่งอื่นตามมาให้ครบกำหนดได้ ซึ่งมักพบว่าเด็กจะขาดความใส่ใจเมื่อลืมว่าจะต้องทำกิจกรรมอะไรต่อไป เด็กที่มีปัญหาความจำขณะทำงานน้อย จะมีปัญหาในการทำตามคำสั่งที่ยาว ซับซ้อนในการทำกิจกรรม เพราะว่าเด็กจะลืมคำสั่งที่ให้ทำเป็นลำดับ บ่อยครั้งที่เด็กไม่มีความใส่ใจในการทำงานและเกิดการลืมเกิดขึ้น

ความจำขณะทำงานมีความจำเป็นต่อการช่วยในการจำกิจกรรม ที่เกี่ยวข้องกับสมองที่มีความซ้ำซ้อนได้ เมื่อพิจารณาเด็กที่มีความจุของความจำขณะทำงานน้อย ต้องใช้ความพยายามในการทำตามคำสั่งของครูเพื่อเขียนประโยคที่ครูพูด เด็กที่มีความจุของความจำขณะทำงานน้อยต้องใช้ความพยายามอย่างมาก และต้องทบทวนคำและตัวอักษรในการทำกิจกรรมอยู่บ่อย ๆ ที่ครูให้ทำตามคำสั่ง เด็กที่มีความจำขณะทำงานน้อยจะมีปัญหาเกี่ยวกับการปรับตัวในสังคม ไม่ค่อยร่วมกิจกรรมในห้องเรียน ไม่มีความสนใจในการตอบคำถามในห้องเรียนของครู มีพฤติกรรมที่ขาดความสนใจ ตัวอย่าง การลืมทำตามคำสั่งของครูหรือทำงานที่ครูมอบหมายไม่สมบูรณ์ ทำงานที่ซับซ้อนไม่เสร็จตามที่ครูกำหนดเวลาให้ ซึ่งเด็กอาจลืมเนื้อหาของข้อความและคำสั่ง สมาธิในการเรียนค่อนข้างสั้น ส่งผลทำให้การเรียนไม่ก้าวหน้าระหว่างที่เรียนในโรงเรียน โดยเฉพาะวิชาการอ่านและวิชาเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ (Baddeley, 1986; Baddeley & Hitch, 1974, pp. 47-89)

ที่มีความจำเป็นและความซับซ้อนในการพูด การเขียนและความเข้าใจภาษา ความสามารถทางการคิดเลขคณิตในใจและความสามารถในการแก้ปัญหา

ความเชื่อมโยงระหว่างความจำขณะทำงานกับการประสบความสำเร็จในการศึกษาเกิดขึ้นเพราะความจำขณะทำงานถูกทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูล การประมวลผลข้อมูลและการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างกิจกรรมที่มีความซ้ำซ้อน (Just & Carpenter, 1992, pp. 122-149) ตัวอย่างกิจกรรมที่เกิดขึ้นทุกวันในห้องเรียนในโรงเรียน ตัวอย่าง การคูณตัวเลขสองตัว นักเรียนจะจดจำตัวเลขด้วยความจำระยะสั้นและจินตนาการคิดคำนวณตัวเลขเพื่อให้ได้คำตอบ ซึ่งคล้ายคลึงในระหว่างการอ่านเพื่อความเข้าใจจากหนังสือเรียน

ลัดดา เหลืองรัตนมาศ และเสรี ชัดแช้ม (2555) ได้สรุปว่า ในแต่ละวันมนุษย์ต้องเผชิญกับสถานการณ์ที่ต้องเลือกการตัดสินใจ ทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งหลาย ๆ อย่าง และมักมีสิ่งเร้ามารบกวนการตัดสินใจที่จะเลือก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีเป้าหมายในการตัดสินใจให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เผชิญอยู่ ความสามารถที่ต้องควบคุมการกระทำให้ไปสู่เป้าหมายนั้นต้องอาศัยกระบวนการทางสมองที่เรียกว่า หน้าที่การบริหารจัดการสมอง (Excutive Function: EF) เป็นความยืดหยุ่นของสมองและความสามารถในการแยกสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกัน ให้ความสนใจเฉพาะสิ่งที่เป็นเป้าหมายและแสดงพฤติกรรมที่มุ่งไปในทิศทางที่มีเป้าหมาย หน้าที่การบริหารจัดการของสมอง ประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้ การยับยั้งการตอบสนองในสิ่งที่ไม่มีความเกี่ยวข้องกัน (Inhibit of Prepotent Responses) การปรับเปลี่ยนความใส่ใจตามสถานการณ์หรือสิ่งกระตุ้นที่เปลี่ยนไป (Shifting Attention) การติดตามและควบคุมการปฏิบัติ (Montitoring and Regulating Performance) ความจำขณะทำงาน (Working Memory) และการวางแผน (Planing) องค์ประกอบด้านการปรับเปลี่ยนความใส่ใจตามสถานการณ์หรือสิ่งกระตุ้นที่เปลี่ยนไปมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อหน้าที่การบริหารจัดการของสมอง (Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, & Howerter, 2000)

1.1.2 องค์ประกอบของความจำขณะทำงาน

พีร วงศ์อุปราช และรังสิรัศม์ วงศ์อุปราช (2558) กล่าวว่า ขณะที่เรากำลังนั่งรับฟังข่าวสารจากโทรทัศน์ ในขณะเดียวกันได้คุยโทรศัพท์ นอกจากนี้ยังได้จดรายละเอียดสินค้าที่ลูกค้าโทรมาสั่งสินค้า จะสังเกตเห็นได้ว่ากิจกรรมทางสมองนี้เกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน เกิดกระบวนการแบ่งความสนใจ การจดจำรายละเอียด ชื่อ สินค้า สี ขนาด รูปร่าง ฯลฯ การหวนระลึกถึงใบหน้าของลูกค้าคนที่ติดต่อด้วย อะไรทำให้เราทำพฤติกรรมนี้ได้พร้อมเพรียงกันอย่างราบรื่น ต่อเนื่อง อะไรทำให้เราโยกย้ายความสนใจจากหน้าจอโทรทัศน์มาที่หน้าจอโทรศัพท์ และเปลี่ยนไปมุ่งความสนใจที่มือขวาซึ่งกำลังจดรายละเอียดข้อมูลผู้ส่งสารสลับไปสลับมาในระยะเวลาเดียวกัน คำตอบคือ ความจำขณะปฏิบัติการ (Working Memory) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่อยู่เบื้องหลังความสามารถอันซับซ้อนของมนุษย์ทำหน้าที่บริหารจัดการกิจกรรมดังกล่าว หรือในสถานการณ์ที่คิดเลขในใจ หากปราศจากความจำ

ขณะปฏิบัติการจะไม่สามารถบวกเลขจำนวนหนึ่งกับเลขอีกจำนวนหนึ่ง แล้วเก็บไว้ในใจก่อนที่จะนำผลลัพธ์นั้นมาคำนวณต่อได้ กระบวนการเก็บความจำชั่วคราวที่ต่อเนื่องเหล่านี้ถูกอธิบายและทดสอบโดยกลุ่มนักจิตวิทยาการรู้คิด (Cognitive Psychologists) และในบรรดาเหล่านักทฤษฎีที่นำเสนอแบบจำลองทฤษฎีความจำขณะปฏิบัติการ ทฤษฎีพหุองค์ประกอบความจำขณะปฏิบัติการ (The Multi-Component of Working Memory) (Baddeley & Hitch, 1974, pp. 47-89) ถือได้ว่าได้รับความนิยมมากที่สุด ทั้งในด้านความต่อเนื่องในการพัฒนาทฤษฎี คำอธิบายและโครงสร้างทฤษฎีที่ค่อนข้างชัดเจนและเข้าใจง่าย

Baddeley and Hitch (1974) ได้เสนอแบบจำลองพหุองค์ประกอบของความจำขณะปฏิบัติการ (The Multicomponent Working Memory Model) ขึ้นในปี ค.ศ. 1974 มี 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ระบบเก็บจำด้านภาษา

พีร วงศ์อุปราช และรังสิรัศม์ วงศ์อุปราช (2558) กล่าวว่า Baddeley (2007) ได้อธิบายรายละเอียดขององค์ประกอบนี้ว่าประกอบด้วย หน่วยเก็บข้อมูลภาษา (Phonological Store) และกลไกทวนซ้ำการออกเสียง (Articulatory Rehearsal Mechainism) การศึกษาเพื่อให้เข้าใจธรรมชาติขององค์ประกอบดังกล่าว นักจิตวิทยาอนุมานการศึกษาปรากฏการณ์หลักดังต่อไปนี้

1) ผลของความคล้ายคลึงกันของการออกเสียง (The Phonological Similarity Effect) ปรากฏการณ์เกี่ยวข้องโดยตรงกับพิสัยของหน่วยเก็บข้อมูล กล่าวคือ หากให้จดจำชุดอักษรหรือคำผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ ตัวอักษรหรือคำที่มีเสียงคล้ายคลึงกันจะทำให้ความสามารถในการเก็บจำลดลง เช่นในภาษาอังกฤษ อักษร “B, D, T, G และ P” หากให้จำและพูดทวนอย่างเป็นลำดับจะพบว่าจำได้ยากกว่า คำที่ออกเสียงต่างกัน เช่น “F, K, Y, W, R และ Q” เช่นเดียวกับคำเหล่านี้ “man, cat, cap, map และ can” คำเหมือนกันเหล่านี้ทำให้ผู้ร่วมการทดลองจดจำได้ถูกต้องเพียงร้อยละ 10 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มคำที่ออกเสียงต่างกัน “pit, day, cow, pen และ sup” ที่จดจำได้ง่ายกว่าและพูดทวนถูกต้องถึงร้อยละ 80 ปรากฏการณ์นี้สะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเก็บจำที่ต้องอาศัยการเปลี่ยนแปลงจากสิ่งเร้าตัวอักษร เป็นรหัสเสียงด้วยการทวนเสียงในใจ (Subvovalization) เช่นเดียวกันหากในกรณีที่เราไม่สามารถพูดทวนเสียงหรือไม่สามารถอ่านคำนั้นได้ กระบวนการเก็บจะหายไปอย่างรวดเร็ว

2) ผลของความยาวของคำ (The world Length Effect) เป็นตัวแปรสำคัญในการขัดขวางกระบวนการทวนซ้ำคำ หากต้องจดจำคำพูด หลาย ๆ คำ แล้วไม่สามารถทวนคำซ้ำในใจได้ ย่อมส่งผลให้ลืมคำเหล่านั้นอย่างรวดเร็ว

ตัวอย่าง หากผู้เข้าร่วมทดลองต้องจดจำคำชุดนี้ “wit, sum, pad, beg และ top”เทียบกับคำชุดที่สอง “University, Refrigerator, Hippopotamus, Tuberculosis และ Auditorium” พบว่า ร้อยละ 90 สามารถพูดทวนคำชุดแรกได้อย่างถูกต้องเมื่อเทียบกับร้อยละ 50 ของคำชุดที่ 2

3) ผลของการยังยั้ง (Suppression Effect หรือ Articulatory Suppression) การยับยั้งในที่นี้ หมายถึง การรบกวนกระบวนการเก็บจำโดยเฉพาะขณะทวนเสียงในใจ ทำให้การแปลงสิ่งเร้าจากตัวอักษรเป็นเสียงแล้วลงรหัสในหน่วยเก็บข้อมูลทางภาษาทำไม่ได้ เช่น ผู้เข้าร่วมการทดลองให้พูดคำที่ไม่เกี่ยวข้องกับตัวอักษรหรือประโยคที่ต้องจำ เช่น ขอร้องให้พูดคำว่า “the, the, the ....” แทรกทุกคำขณะทำการทดลองจดจำชุดอักษร เป็นต้น

2. ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์

มีหน้าที่หลักในการคงข้อมูลชั่วขณะและจัดการข้อมูลที่เกี่ยวกับภาพ ตำแหน่งการเคลื่อนไหว และรูปแบบวัตถุ ได้นำเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบย่อยในการเก็บจำภาพและมิติสัมพันธ์ว่า ประกอบไปด้วย หน่วยเก็บจำภาพ (Visual Cache)

3. ส่วนบริหารกลาง เป็นส่วนที่มีความซับซ้อนมากที่สุดในเรื่องความจำขณะปฏิบัติการ ซึ่งมีหน้าที่หลักในการตัดสินใจ (Baddeley, 2012) ทั้งนี้ Baddeley (1996) เสนอแนะว่า ส่วนบริหารกลางมีหน้าที่สำคัญ 4 ประการ ดังต่อไปนี้ 1) ความสามารถในการมุ่งความสนใจไปที่สิ่งเร้าหรือกิจกรรม ณ ขณะนั้น 2) ความสามารถในการแบ่งความสนใจไปยังกิจกรรมต่าง ๆ เมื่อต้องทำพร้อม ๆ กัน 3) ความสามารถในการเปลี่ยนหรือโยกความสนใจจากกิจกรรมหนึ่งไปยังกิจกรรมหนึ่ง และ 4) ความสามารถในการเชื่อมโยง บูรณาการระหว่างความจำขณะปฏิบัติการกับความจำระยะยาว

4. หน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะ (Episodic Buffer) เป็นองค์ประกอบที่ Baddeley เพิ่มเข้ามาในแบบจำลองความจำขณะปฏิบัติการในปี ค.ศ. 2000 ลักษณะสำคัญขององค์ประกอบนี้ ได้แก่ ความสามารถในการบูรณาการใช้ข้อมูลชั่วขณะ และเก็บกักข้อมูลได้อย่างจำกัดในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เท่านั้น โดยข้อมูลที่รับเข้ามามีความหลากหลายทั้งในรูปแบบของภาษา ตัวอักษร ภาพวัตถุ สี รูปร่าง และการเคลื่อนไหว ลักษณะการทำงานอาศัยการจัดกลุ่มข้อมูล (Chucking) เป็นหลัก หากข้อมูลใดใกล้เคียงกันข้อมูลนั้นจะถูกจัดเข้ากลุ่มเดียวกัน จึงกล่าวได้ว่า ลักษณะเด่นของหน่วยพักข้อมูลร่วมชั่วขณะ คือการผูกโยงข้อมูลจากหลาย ๆ แหล่งที่ผ่านประสาทสัมผัสรับสัมผัสเพื่อมาจัดเป็นกลุ่มข้อมูลต่อไป โดยสรุปเมื่อโยงเข้ากับองค์ประกอบต่าง ๆ ของความจำขณะปฏิบัติการ หน่วยพักข้อมูลชั่วคราวมีลักษณะเป็นระบบเก็บกักข้อมูลชั่วคราว ซึ่งสามารถรวมข้อมูลจากทั้งระบบเก็บจำด้านภาษา ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ ความจำระยะยาว และข้อมูลผ่านอวัยวะรับสัมผัส

1.2 ความจำขณะทำงานด้านภาพ (Visual Working Memory) มีความสำคัญต่อหน้าที่การรู้คิดทางปัญญา (Cognitive Function) ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เป็นข้อมูลที่มีลักษณะเป็นภาพขนาดเล็กมีจำนวนไม่มาก (Small Amount of Visual Information) ที่มนุษย์สามารถเก็บรักษา (Retain) ไว้ได้ในช่วงระยะเวลาสั้น (A short Period Time) มีความจุสูงสุดประมาณ 3-4 ภาพ (Items) ในแต่ละครั้ง (Cowan, 2001) โดยความจุของความจำภาพขณะทำงานขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างบุคคล (Vogel & Machizawa, 2004) ความจำภาพขณะทำงานเป็นกุญแจสำคัญหลักต่อความสามารถทางการรู้คิดของมนุษย์ สามารถพัฒนาได้โดยการฝึกฝน (Klingberg, 2010; Morrison & Chein, 2011) เป็นโครงสร้างส่วนหนึ่งของความจำขณะทำงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการจดจำ การเก็บข้อมูล การจัดการข้อมูลทุกประเภทที่เป็นภาพที่ตามองเห็นภาพต่าง ๆ แล้วภาพนั้นได้หายไปในระยะเวลาอันสั้นไม่กี่วินาที ซึ่งทำงานเชื่อมโยงกับการประมวลผลขั้นสูงของข้อมูลประสาทสัมผัสด้านมิติสัมพันธ์ (Visuo-Spatial Sensory Information) มีความสำคัญต่อความสามารถในการประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ของนักเรียนและกระบวนการทางปัญญาขั้นสูงต่อไป

ความจำขณะทำงานด้านภาพจะทำงานเชื่อมโยงกับกระบวนการรู้คิดขั้นสูงของมนุษย์ควบคุมการเคลื่อนไหวของตาในการประมวลผลตามสถานการณ์ที่มีความสำคัญต่อกิจกรรมการรู้คิดในชีวิตประจำวันของมนุษย์เช่น การเดินข้ามถนนต้องใช้สายตามองด้านซ้าย ด้านขวา เพื่อดูรถและวัตถุต่างๆ เคลื่อนไหวไปมาก่อนการตัดสินใจเดินข้ามถนน หรือการเล่นกีฬาเป็นทีมเพื่อตระหนักถึงตำแหน่งเพื่อนร่วมทีม และตำแหน่งของทีมฝ่ายตรงข้าม หรือแม้กระทั่งการติดต่อสื่อสารทางสังคมที่ต้องเลือกบทสนทนาที่มีความเหมาะสมกับบุคคล (Jiang, Lmakovski, & Shim 2008)

ความจำขณะทำงานด้านภาพ เป็นหนึ่งในหลายโดเมนของความจำขณะทำงาน ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการคัดกรองข้อมูลที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องในการประมวลผลข้อมูล Filtering efficiency (FE) (Vogel et al., 2005) พบความแตกต่างของความสามารถการประมวลผลคัดกรองข้อมูลของสมองจากแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ (Visual working Memry Task) ซึ่ง (Vogel et al., 2005) ได้พัฒนาแบบทดสอบที่มีความน่าเชื่อถือที่สามารถแบ่งแยกความแตกต่างได้ระหว่างความจุของความจำขณะทำงานด้านภาพมากและน้อย คือ Change Detection Task นักวิจัยค้นพบความสัมพันธ์ทางประสาทของความจำขณะทำงานด้านภาพซึ่งมีความแตกต่างกันในระหว่างบุคคล

ความจำขณะทำงานด้านภาพ เป็นความสามารถในการบำรุงรักษา (Maintain) และจัดการ (Manipulate) ข้อมูลความจำภาพเก็บไว้ในใจภายในเวลาไม่กี่วินาที ซึ่งมีอิทธิพลต่อความสามารถในการเลือกความใส่ใจ ความจำ และการจัดการข้อมูลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับความจำขณะทำงานด้านภาพเป็นประเด็นที่น่าสนใจมากในปัจจุบัน เพราะความจำขณะทำงานด้านภาพมีความสัมพันธ์มาก

กับความสามารถทางการรู้คิดทั้งหมดของมนุษย์และทำให้เข้าใจถึงลำดับกระบวนการทำงานของวงจรประสาทในสมองของมนุษย์ การมีความจำขณะทำงานด้านภาพที่ดีจะช่วยส่งเสริมการกระตุ้นการทำงานของรูม่านตาและความสามารถด้านการรู้คิด ด้านพฤติกรรมมุ่งเป้าหมายในการดำรงชีวิต (Luck & Vogel, 2013)

ความจำขณะทำงานด้านภาพ เป็นกลไกที่เก็บและจัดการตัวกระตุ้นที่มีลักษณะเป็นภาพที่มีความเกี่ยวข้องกันที่เก็บข้อมูลได้จำกัด 3-4 รายการ โดยทดสอบจาก Change Detection Task จากการทดลองความจำขณะทำงานด้านภาพกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษระดับปริญญาตรี จำนวน 170 คน ตัวกระตุ้นเป็นสี กลุ่มตัวอย่างจำได้ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 2.88 ภาพ เนื่องจากตัวกระตุ้นที่เป็นสีมีความซับซ้อน จึงทำให้กลุ่มตัวอย่างจำได้ลดลง (Alvarez and Cavanagh, 2004) ความจำขณะทำงานด้านภาพเก็บข้อมูลที่เป็นภาพได้จำกัด ซึ่งทำงานเชื่อมโยงกับหน้าที่การทำงานของการรู้คิดขั้นสูงของมนุษย์ เป็นปัจจัยสำคัญที่เชื่อมโยงการทำงานกับการควบคุมความใส่ใจและเชาว์ปัญญาเชิงลื่นไหล (cowan et al., 2005) มีความสำคัญต่อการคาดเดาพฤติกรรมชี้นำผู้ที่คาดว่าอาจจะเป็นโรคความจำเสื่อม (Alzheimer’s Disease) และโรคจิตเภท (Schizophrenia) ได้ต่อไป (Parra et al., 2011) มีความสำคัญต่อความสามารถติดตามตำแหน่งที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาของวัตถุเคลื่อนที่หลายชนิด (Drew & Vogel, 2008)

ความจำขณะทำงานด้านภาพเป็นความสามารถในการจำข้อมูลที่เป็นภาพในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ได้อย่างทันทีทันใด ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาทักษะการรู้คิดที่สำคัญหลายด้าน ได้แก่ การให้เหตุผลที่มีความซับซ้อน (Complex Reasoning) การตัดสินใจ (Decision Making) การมีพฤติกรรมที่มุ่งเป้าหมาย (Goal Directed Action) เชาว์ปัญญาเชิงลื่นไหล (Fluid intelligence) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic Achievement) (Unsworth, Fukuda, Awh, & Vogel, 2014) ความจำขณะทำงานด้านภาพสามารถพัฒนาเพิ่มขึ้นได้ในระหว่างวัยเด็ก (Heyes, Zokaei, Van der Staaij, Bays, & Husain, 2012) จากการทดลองกับนักเรียนญี่ปุ่นระดับประถมศึกษา อายุระหว่าง 5-10 ปี จำนวน 121 คน ปรากฏว่า ความจุของความจำขณะทำงานด้านภาพพัฒนาเพิ่มมากขึ้นจากการใช้ A Color Change Detection Task เป็นพื้นฐานที่สำคัญที่ทำให้เข้าใจความหมายของการมองภาพจากการที่มนุษย์ใช้สายตามองสิ่งต่าง ๆ จากสิ่งแวดล้อมเป็นสะพานเชื่อมระหว่างความสามารถในการรับรู้จากการมองภาพที่ถูกนำเสนอภายในไม่กี่วินาที ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้มนุษย์เกิดความประทับใจในวัตถุ ผู้คน และสถานที่ต่าง ๆ ได้ ภายในไม่กี่วินาที จากการวิจัยที่ผ่านมา 1 ทศวรรษปรากฏว่า ผู้ใหญ่มีความจำขณะทำงานด้านภาพที่มีความจุได้ถึง 3-5 รายการ (Cowan, 2010)

แบบจำลองระบบความจำขณะทำงานของแบรดเดอเลย์ (Baddeley's Working Memory Model) (Baddeley and Hitch, 1974) ประกอบด้วยส่วนที่ควบคุมระบบทั้งหมด เรียกว่า หน้าที่การบริหารจัดการของสมอง (Central Executive) วงจรเสียง (Phonological Loop) และมิติสัมพันธ์ด้านภาพ (Visuo-Spatial Sketchpad) Logie (1995) ได้แยกแยะองค์ประกอบภาพ ออกเป็น 2 องค์ประกอบคือ 1) แคชภาพ (The Visual Cache) ทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำแบบพาสซีฟที่สามารถเก็บข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบภาพนิ่งชั่วคราวและองค์ประกอบเชิงพื้นที่ เก็บข้อมูลภาพนิ่ง (Static Visual Pattern) ประเภทรูปแบบ ขนาด รูปร่างและสีของวัตถุ 2) The Inner Scribe ทำหน้าที่เป็นกลไกข้อมูลแบบไดนามิกเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวและลำดับของการเคลื่อนไหว รวมทั้งการบำรุงรักษาข้อมูลในแคชภาพ เก็บข้อมูลเกี่ยวกับมิติสัมพันธ์ ข้อมูลการเคลื่อนไหว และเรียกคืนข้อมูลที่เป็นภาพเพื่อส่งต่อข้อมูลไปยังหน้าที่บริหารจัดการของสมอง

การแยกแยะระหว่างความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความจำขณะทำงานด้านภาพ สามารถใช้ Corsi Blocks Task ทดสอบความจำขณะทำงานด้านมิติสัมพันธ์ เพื่อทดสอบความสามารถเชิงพื้นที่ เรียกคืนลำดับการเคลื่อนที่ ซึ่งต้องใช้การเข้ารหัสและการดึงข้อมูลให้ปรากฏขึ้นมา และ Matrix Patterns task ใช้ในการทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ (Della Sala, Gray, Baddeley, Allamano, & Wilson, 1999)

1.3 ประโยชน์ของความจำขณะทำงานและวิธีการพัฒนาความจำขณะทำงาน

1.3.1 ประโยชน์ของความจำขณะทำงาน

ความจำขณะทำงาน (Working Memory: WM) มีความสำคัญต่อการทำหน้าที่ของสมองหลาย ๆ ด้าน ได้แก่ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การเข้าใจภาษา การวางแผน การดำเนินการเกี่ยวกับมิติสัมพันธ์ รวมทั้งการทำกิจวัตรประจำวัน เช่น การจดจำเบอร์โทรศัพท์ ชื่อของบุคคลที่ไม่คุ้นเคย เส้นทางที่ใช้เดินทาง ส่วนผสมของอาหาร การอ่านหนังสือ เพราะความจำขณะทำงานเป็นระบบที่ใช้เก็บข้อมูลในสมอง แม้ว่าสิ่งเหล่านั้นจะสูญหายไปจากความสนใจ พร้อม ๆ กับการดำเนินการเกี่ยวกับข้อมูลที่รับเข้ามาอย่างต่อเนื่องขณะทำกิจกรรมที่ใช้สมอง (Goldstein, 2008) ความสามารถในการเก็บข้อมูลในสมองให้ได้มากที่สุด (WM Capacity) จะมีเพิ่มขึ้นในช่วงวัยเด็ก แต่จะลดลงในผู้สูงอายุ เนื่องจากเมื่ออายุมากขึ้น จำนวนของเดนไดรท์ (Dendrites) และเดนไดรท์ สไปน์ (Dendritic Spines) อาจจะลดลง ทำให้ไซแนปส์ (Synapses) ในการส่งต่อสัญญาณประสาทในเซลประสาทตัวอื่น ๆ เกิดการล้มเหลว นอกจากนี้ปริมาณของโดปามีน (Dopamine) เซโรโทนิน (Serotonin) และกลูตาเมท (Glutamate) ในสมองยังลดลง ดังนั้นจึงทำให้ความสามารถในการคิด การให้เหตุผล การแก้ปัญหาการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ลดลง ต้องใช้ระยะเวลาในการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น (Reaction Time) เพิ่มขึ้น

ความจำขณะทำงานจะแตกต่างกันไปในแต่บุคคล มีการศึกษาพบว่า ความสามารถด้านนี้จะมีการพัฒนาจากวัยเด็กจนถึงวัยผู้ใหญ่ และจะสูงสุดประมาณ 25–30 ปี หลังจากนั้นจะลดลงได้ แต่ความจำขณะทำงานนี้ เป็นการทำกิจกรรมที่ต้องใช้สมองขั้นสูงอื่น ๆ ตามมา นักวิจัยส่วนใหญ่ให้คำจำกัดความของความจำขณะทำงานว่าเป็นความสามารถที่จำกัดในการจดจำข้อมูลไว้ในสมอง (Storage) ในขณะเดียวกันก็บริหารจัดการกับข้อมูลที่รับเข้าไปตลอดในช่วงการทำกิจกรรมที่ใช้ปัญญา (Executive Control) โมเดลความจำขณะทำงานที่มีอยู่แพร่หลายคือ โมเดลหลายองค์ประกอบของแบดเดเลย์ (Baddeley's Multi-component Model) ซึ่งนำเสนอตั้งแต่ปี ค.ศ. 1986

1.3.2 วิธีการพัฒนาความจำขณะทำงาน

การฝึกความจำขณะทำงานอย่างเป็นระบบ จะสามารถเพิ่มความจุของความจำขณะทำงาน ทั้งในกลุ่มเด็กและวัยผู้ใหญ่ การศึกษาภาพถ่ายทางสมองแสดงให้เห็นถึง การฝึกความจำขณะทำงานช่วยในการเพิ่มกิจกรรมทางสมองส่วนหน้า (Prefrontal and Parietal Cortext) เมื่อความจำขณะทำงานได้รับการพัฒนาให้เกิดการเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลดีต่อประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา การอ่านเพื่อความเข้าใจและช่วยเพิ่มความใส่ใจในทุก ๆ วันของมนุษย์ ในปัจจุบันเป็นที่ชัดเจนว่า มีความเชื่อมโยงที่มีความสัมพันธ์กันสูงระหว่างความจุของความจำขณะทำงานและความสามารถในการตัดทิ้งข้อมูลที่รบกวนการทำกิจกรรมส่วนที่ไม่มีความเกี่ยวข้องกันออกไปของมนุษย์ เช่น งานวิจัยเกี่ยวกับ "Cocktail Party Effect" ซึ่งเป็นความสามารถในการมุ่งความใส่ใจไปที่เสียงเพียงหนึ่งเสียงถึงแม้ว่าในระหว่างการทดลองจะมีเสียงหลายเสียงดังขึ้นพร้อมกัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถของความจำขณะทำงานในแต่ละบุคคล

นักจิตวิทยาได้วิจัยพบว่า จากการศึกษาภาพถ่ายทางระบบประสาทแสดงให้เห็นถึงกลุ่มตัวอย่างที่มีความจุของความจำขณะทำงานสูง สมองจะเก็บข้อมูลที่ไม่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันน้อย (Vogel et al., 2005) สมองส่วนหน้า (Prefrontal Cortex) มีความสำคัญต่อการคัดกรองข้อมูลส่วนที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน และกลุ่มตัวอย่างที่มีความจำขณะทำงานสูงจะมีกิจกรรมทางสมองส่วนหน้าที่บริหารจัดการสมองสูง (Higher Prefrontal Activity) และสมองของกลุ่มตัวอย่างที่มีความจำขณะทำงานสูง จะมีความสามารถในการคัดกรองข้อมูลที่ไม่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกัน จากตัวรบกวนได้มากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีความจุของความจำขณะทำงานน้อย (McNab & Klingberg, 2008) เมื่อเกิดความบกพร่องของความจำขณะทำงานจะส่งผลต่อการเกิดปัญหาความไม่ใส่ใจในการทำกิจกรรมที่ต่อเนื่องได้นาน ๆ ตัวอย่างเช่น ปัญหาการมีสมาธิในการอ่านหนังสือ ทำให้มีสมาธิในการอ่านหนังสือได้ไม่นาน หรือมีปัญหาเรื่องความจำ ตัวอย่างเช่น การลืมที่จะทำกิจกรรมอะไรเพียงไม่กี่วินาทีจากการเดินห้องหนึ่งไปยังอีกห้องหนึ่งก็อาจลืมแล้วว่าจะไปทำกิจกรรมอะไรเมื่อมีสิ่งรบกวนเกิดขึ้นระหว่างทาง ในเด็กที่มีปัญหาในเรื่องความจำมักจะลืมว่าจะต้องทำอะไรต่อไปซึ่งส่งผลต่อเด็กที่ไม่สามารถทำกิจกรรมต่าง ๆ ตามแผนได้

การเต้นแอโรบิกนี้นอกจากจะเป็นการเคลื่อนไหวร่างกายทุกส่วนแล้ว ยังต้องใช้สมองในการจดจำท่วงท่าการเต้นโดยการสังเกตผู้นำเต้น ต้องคอยฟังจังหวะเพลงเพื่อให้การเคลื่อนไหว

สอดคล้องไปด้วยกัน รวมทั้งยังต้องพยายามทำให้พร้อมเพรียงกับผู้ร่วมออกกำลังกายคนอื่น ๆ อีกด้วย แนะนำให้ปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้เห็นผล อย่างน้อย 3 เดือนขึ้นไป วันละประมาณ 45-60 นาที อย่างน้อยสัปดาห์ละ 3 วัน ก็สามารถเพิ่มจำนวนเซลล์ประสาททำให้ความจำดีขึ้นได้

การออกกำลังกายด้วยการเดิน การเดินเป็นการออกกำลังกายที่ช่วยกระตุ้นระบบหมุนเวียนโลหิตในร่างกายทำให้ปริมาณออกซิเจนในระบบหมุนเวียนโลหิตมากขึ้น และเป็นพลังงานสู่สมองได้เป็นอย่างดี การเดินนั้นไม่เหมือนกับการออกกำลังกายอื่น เพราะไม่ต้องออกท่าทางมากนัก ดังนั้นกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจึงไม่ต้องใช้ปริมาณออกซิเจนและพลังงานมากนัก เพื่อเคลื่อนไหว ทำให้เลือดสูบฉีดไปเลี้ยงสมองได้มากขึ้น บางครั้งเวลาที่คิดอะไรไม่ออก การออกเดินในที่อากาศถ่ายเท ทำให้สมองแจ่มใสจนสามารถคิดอะไร ๆ ได้ดีกว่าการนั่งอยู่เฉย ๆ และที่สำคัญหากฝึกเดินให้ได้วันละ 20 นาที เป็นประจำทุกวันจะช่วยลดความเสี่ยงที่จะเป็นโรคความจำเสื่อมลงได้ จากผลการวิจัยของการออกกำลังกายที่มีผลต่อการเพิ่มความจำขณะทำงาน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ลงทะเบียนเรียนวิชาจิตวิทยาและวิทยาศาสตร์การกีฬา (Kinesiology) ที่มหาวิทยาลัยมิดเวสเทอนร์ (Midwestern University) จำนวน 48 คน โดยให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายบนสายพานเป็นเวลา 30 นาที นาน 1 สัปดาห์ ซึ่งเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกายเป็นเวลาเดียวกันทุกวัน และให้มีความหนักของการออกกำลังกายเท่ากับร้อยละ 60-80 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด วัดความจำขณะทำงานทั้งก่อนและหลังการออกกำลังกายด้วยเครื่องมือคนละชุด โดยใช้กิจกรรมขณะอ่าน (Reading Span Task) หรือกิจกรรมขณะคำนวณ (Operation Span Task) ผลการวิจัยปรากฏว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีความจำขณะทำงานต่ำสุดมีคะแนนความจำขณะทำงานหลังการออกกำลังกายสูงกว่าก่อนออกกำลังกาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่ในกลุ่มตัวอย่างที่มีความจำขณะทำงานในระดับปานกลางค่อนข้างต่ำ ระดับปานกลางค่อนข้างสูงและระดับสูง มีคะแนนความจำขณะทำงานหลังออกกำลังกายไม่แตกต่างจากการออกกำลังกาย นอกจากนี้การเคี้ยวหมากฝรั่งสามารถพัฒนาความจำได้ เพราะการเคี้ยวหมากฝรั่งช่วยเพิ่มการไหลเวียนของเลือดไปยังสมองได้ นักวิจัย พบว่าคนที่เคี้ยวหมากฝรั่งจะมีสมาธิจดจ่อและสามารถจดจำข้อมูลได้ดีกว่า

โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพิ่มความจำขณะทำงาน ได้แก่ CogMed โปรแกรมนี้อยู่ภายใต้พื้นฐานของแบบฝึกหัด 8 แบบฝึกหัดที่แตกต่างกัน ประกอบด้วย การฝึกกิจกรรม (Task) มิติสัมพันธ์ที่เป็นภาพ (Visuospatial Task) และการฝึกกิจกรรม (Task) ความจำขณะทำงานที่เป็นภาษา (Working Memory Tasks) ระหว่างฝึกความจำขณะทำงานโปรแกรมจะเพิ่มระดับความยากเพิ่มขึ้นตามลำดับ โปรแกรมคอมพิวเตอร์การฝึกความจำขณะทำงานที่ได้รับความนิยม ได้แก่ Cogmed RoboMemo; Pearson Education, Upper Saddle River, NJ พัฒนา โดย Cogmed Cognitive Medical Systems AB (Stockholm, Sweden) เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ถูกออกแบบออกมาเพื่อฝึกความจำขณะทำงาน ในปัจจุบันซอฟต์แวร์นี้ เป็นซอฟต์แวร์ ที่ได้รับความน่าเชื่อถือมากที่สุด

ผ่านการทดลองจากงานวิจัยหลายเรื่องที่มีประสิทธิภาพในเรื่องการฝึกความจำขณะทำงาน (Klingberg, 2010, p. 317)

นอกจากนี้มีข้อมูลเชิงประจักษ์จากงานวิจัยหลายเรื่องที่ให้คำแนะนำว่า การฝึกความจำขณะทำงานจะส่งผลกระทบผ่านไปยังกระบวนการรู้คิดทางปัญญาอื่น ๆ (Other Cognitive Domain) ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเครือข่ายระบบประสาทเพิ่มมากขึ้นมีพื้นฐานมาจากการพัฒนาระดับของความจุของความจำขณะทำงาน (Klingberg et al., 2005; Olesen, Westerberg, & Klingberg, 2004; Westerberg et al., 2007) การพัฒนาวิธีการเพิ่มความจำขณะทำงาน เรียกว่า โรโบเมมโบ (RoboMemo) (Klingberg, 2006) โดยนำไปทดลองใช้กับผู้ที่มีความบกพร่องเกี่ยวกับความจำขณะทำงาน (WM Deficit) ได้แก่ เด็กที่เป็นโรคสมาธิสั้น (Attention-defict/ Hyperactivity disorder: ADHD) ที่ไม่ได้รับการรักษาด้วยยา อายุระหว่าง 7-12 ปี จำนวน 53 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม จำนวน 26 คน กลุ่มทดลองจำนวน 27 คน ที่ได้รับการฝึกหัดเกี่ยวกับความจำขณะทำงานประกอบกันด้วยกิจกรรม จำนวน 90 กิจกรรมต่อวัน ใช้เวลาประมาณ 40 นาที เป็นเวลา 5-6 สัปดาห์ เด็กทั้งสองกลุ่มจะได้รับการประเมินด้วยเครื่องมือที่ใช้วัดความจำขณะทำงาน (Span Board Task, Digit Span) เครื่องมือที่ใช้วัดการยับยั้ง (Stroop Interference Task) เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการให้เหตุผล (Raven’s Colored Progressive Matrices) และแบบประเมินตนเองเกี่ยวกับอาการของโรคสมาธิสั้น (Conners Rating Scale for Parents and Teachers) จำนวน 3 ครั้ง คือ ก่อนการใช้โปรแกรม หลังการใช้โปรแกรมและ 3 เดือนหลังการใช้โปรแกรม ปรากฏว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนความจำขณะทำงาน คะแนนการยับยั้ง และคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลหลังจากใช้โปรแกรมสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รวมทั้งมีคะแนนการประเมินตนเองเกี่ยวกับอาการของโรคสมาธิสั้นของผู้ปกครอง หลังจากใช้โปรแกรมต่ำกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Klingberg et al., 2005)

โปรแกรมการฝึกความจำขณะทำงานประกอบด้วยส่วนที่เกี่ยวข้องกับ Task การฝึกความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ด้านการมองภาพ (Visual Spatial Task) และ Task การฝึกฟังเสียงภาษา (Auditory-Verbal WM Tasks) ซึ่งระบุจำนวนครั้งของการฝึก (Fixed Number of Trials) ความยากของแต่ละ Task ที่พัฒนาขึ้นอยู่กับความสามารถเฉพาะบุคคลเป็นพื้นฐาน ดังนั้นความยากการฝึกในแต่ละ Task ถูกพัฒนาตามศักยภาพความจุของความจำขณะทำงานของแต่ละบุคคลที่มีความแตกต่างกันเป็นขั้นเป็นตอน (A Traial by Trial) แผนการฝึกความจำขณะทำงานได้ถูกพัฒนาเฉพาะบุคคลและปรับเปลี่ยนตามศักยภาพด้านความจำขณะทำงานของแต่ละบุคคล ทั้งนี้แผนการฝึกความจำขณะทำงานโดยพื้นฐานทั่วไปประกอบด้วยแบบฝึกหัดการฝึกความจำขณะทำงาน 12 กิจกรรม ระยะเวลาในการฝึกแต่ละวันใช้เวลาประมาณ 45 นาที โดยซอฟต์แวร์

Cogmed RoboMemo จะแนะนำผู้ฝึกในแต่ละ Task และมีการโต้ตอบกลับอย่างทันทีทันใดระหว่างผู้ฝึกโปรแกรมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ Cogmed RoboMemo แสดงผลคะแนนจากการฝึกความจำขณะทำงาน ผู้ที่ทำหน้าที่เป็นผู้ฝึกซอฟต์แวร์จะทำหน้าที่ในการตรวจดูข้อมูลพัฒนาการของการฝึกความจำขณะทำงานของกลุ่มตัวอย่าง บนระบบแม่ข่าย (Klingberg, Forssberg, & Westerberg, 2002; Olesen et al., 2004) ค๊อกเม็ดเว็บไซต์ (CogMed Website) การฝึกความจำขณะทำงานจาก (CogMed Working Memory Training) เป็นวิธีการเฉพาะบุคคลเพราะแต่ละบุคคลจะมีความจุของความจำขณะทำงานแตกต่างกัน

เมื่อความจำขณะทำงานเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลต่อเชาว์ปัญญาเชิงลื่นไหลทำงานดีขึ้น ไอคิวดีขึ้น ความใส่ใจดีขึ้น มีสมาธิดีขึ้น มีความสามารถในการจัดการตัวเองดีขึ้นและเรียนได้ดีขึ้น (Melby-Lervag & Hulme, 2013) นอกจากนี้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ฝึกความจำขณะทำงานที่ได้รับความนิยม ได้แก่ Jungle Memory วิธีการในการฝึกความจำขณะทำงานโดยการใช้คอมพิวเตอร์จังเกิ้ลเมมโมรีเว็บไซต์ เหมาะสำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางภาษา (Dyspraxia) และการเชื่อมโยงประสาทสัมผัสมีความสลับซับซ้อน และกลุ่มคนที่มีความผิดปกติทางออทิสติก (Autism Spectrum Disorders) รวมถึงเด็กที่มีผลการเรียนค่อนข้างน้อย โปรแกรมจังเกิลเมมโมรีเป็นโปรแกรมที่ได้รับความนิยมและได้รับการยอมรับในเรื่องการฝึกสมองเมื่อฝึกแล้วจะเพิ่มความสามารถไอคิว (IQ) ความจำขณะทำงาน (Working Mememory) เพิ่มมากขึ้น

ผู้ที่สมองขาดเลือด (Stroke) ที่มีพยาธิสภาพเป็นเวลา 12-36 เดือน โดยวินิจฉัยจากการใช้เทคนิควิเคราะห์การสร้างภาพสมอง (Brain Imaging: PET, MR, CT) อายุระหว่าง 30- 65 ปี จำนวน 18 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 9 คน คือ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ซึ่งใช้โปรแกรมโรโบเมมโมนาน 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 5 วัน ปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนความจำขณะทำงาน (Span-Board Task, Digit Span) หลังจากการใช้โปรแกรมสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคะแนนการประเมินตนเองเกี่ยวกับอาการของความบกพร่องในการทำหน้าที่ของสมองหลังจากกการใช้โปรแกรมต่ำกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Westerberg et al., 2007) จากผลการวิจัยดังกล่าว จึงได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองหลังจากการใช้โปรแกรมฝึกความจำขณะทำงานด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การสร้างภาพสมองด้วยภาพรังสีสมองด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI) ปรากฏว่า การใช้โปรแกรมฝึกหัดความจำขณะทำงานจะกระตุ้นการทำงานของสมองให้เพิ่มขึ้นบริเวณอินฟีเรีย ฟรอนทัล ไจรัสข้างขวา (Right Inferiorfrontal Gyrus) มิดเดิ้ล ฟรอนทัล ไจรัส (Middle Frontal Gyrus) อินตราและอินฟีเรีย พาไรลเอทัล คอร์เทกทั้งสองข้าง (Intra-and Inferior Parietal Cortex Bilatelarlly) จะกระตุ้นการทำงานของสมองที่แอนทีเรีย ชินกลูเลต มอเตอร์ แอเรีย (Anterior Cingulated Motor Area: Pre-SMA) เนื่องจากการฝึกหัดจะทำให้เซลประสาท

ที่บรอดแมนแอเรีย ตำแหน่ง 46 ทนต่อการเสื่อมได้มาก นอกจากนี้จะทำให้การเชื่อมต่อสัญญาณเดนไดรท์และเซลอื่น ๆ มีการปรับตัว (Plasticity) เป็นเวลานาน (Westerberg & Klingberg, 2007)

1.4 สมองและกลไกของสมองที่เกี่ยวข้องกับความจำขณะทำงาน

Wager and Smith (2003) ได้สรุปผลการวิจัยในเรื่องเกี่ยวกับ การใช้วิธีการสร้างภาพสมองขณะทำกิจกรรมกระตุ้นให้เกิดความจำขณะทำงาน (WM Task) จำนวน 60 เรื่อง มาศึกษาด้วยวิธีการวิเคราะห์อภิมาน (Meta Analysis) ปรากฏว่า กิจกรรมที่ส่งเสริมการกระตุ้นจากวัตถุที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจง กระบวนการเก็บรักษาข้อมูลในสมองเพียงอย่างเดียว (Object Storage) จะกระตุ้นบริเวณเปลืองสมองส่วนหลัง (Posterior Cortex) ที่บรอดแมน แอเรีย (Broadmann Area: BA) ตำแหน่ง 37 และบรอดแมน แอเรีย ตำแหน่งที่ 9 ที่สมองซีกขวา กิจกรรมที่กระตุ้นด้วยมิติสัมพันธ์ มีเฉพาะกระบวนการเก็บรักษาข้อมูลในสมองเพียงอย่างเดียว (Spatial Storage) จะกระตุ้นบริเวณเปลือกสมองส่วนหลัง (Posterior Cortex) ที่บรอดแมน แอเรีย ตำแหน่ง 7 และบรอดแมน แอเรีย ตำแหน่ง 17 ที่ตำแหน่งไพมารี วิชัวร์ คอร์เท็คซ์ (Primary Visual Cortex) กิจกรรมที่กระตุ้นด้วยการพูดและการได้ยิน มีเฉพาะกระบวนการเก็บข้อมูลในสมองเพียงอย่างเดียว (Verbal Storage) จะกระตุ้นเลทเทอรอล ฟรอนทรัล คอร์เท็กด้านซ้าย (Left Lateral Frontal Cortex) ที่บรอดแมน แอเรีย ตำแหน่งที่ 6, 44, 45 และ 46

Green and Bavelier (2003) ได้วิจัยเกี่ยวกับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของความซับซ้อนที่หลากหลายของภาพวิดีโอเกม ต้องใช้ความสามารถด้านความใส่ใจ (Cavanagh & Alvarez, 2005) ที่มีการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วและต้องอาศัยการจดจำอย่างรวดเร็ว FPS (First Person Shooter) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้เล่นเกมต้องมีความสามารถในการจัดการความหลากหลายของความท้าทายแต่ละสถานการณ์ในเวลาเล่นเกมอันรวดเร็วได้ ต้องใช้ความใส่ใจเป็นอย่างมากระหว่างการเล่นเกม เช่น ในกรณีของการโจมตีอย่างรวดเร็ว ฉับพลัน ผู้เล่นต้องมีความสามารถในการจัดการกับภัยคุกคามที่เกิดขึ้นจากการต่อสู้อย่างรวดเร็ว มักเป็นเรื่องยากสำหรับผู้เล่นเกมมือใหม่ หลังจากฝึกเล่นเกมจะพัฒนาความใส่ใจให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในโลกแห่งความเป็นจริง เกมกลยุทธ์ เช่น คราฟต์ จะต้องมีผู้เล่นที่จะเข้าร่วมกันเล่นเกมหลายสถานที่บนแผนที่ เกมกลยุทธ์ยังได้รับประโยชน์ในการฝึกความสามารถในการสลับและแบ่งความใส่ใจของสมองมนุษย์

ทิศทางงานวิจัยในปัจจุบันมีแนวโน้มศึกษาเกี่ยวกับ ผลกระทบด้านอารมณ์ การรู้คิดทางปัญญา พัฒนาการเรียนรู้ในเด็กเมื่อเด็กเล่นเกมคอมพิวเตอร์ (Lieberman, Fisk, & Biely 2009; Rebetez & Betrancourt, 2007) ได้ศึกษาเชิงประจักษ์ เพื่อจำแนกประเภทของเกมคอมพิวตอร์ตามประเภทของวัตถุประสงค์ การศึกษาเกี่ยวกับกระบวนทัศน์วิจัยแบบครบวงจรและวิธีการวิจัยที่เชื่อถือได้จากวิดีโอเกม นอกจากนี้ (Boyle, Connolly, & Hainey, 2011) ได้แนะนำว่า การวิจัยเพื่อพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ควรประกอบด้วยทีมพัฒนาบุคลากรได้แก่ นักจิตวิทยาที่สามารถตรวจสอบยืนยัน ลักษณะของเกมที่พัฒนาให้เป็นเกมที่พัฒนาเพื่อความบันเทิงและสามารถส่งเสริมศักยภาพทางด้านการเรียนรู้ของเด็กได้ดี รวมทั้งควรมีนักการศึกษา นักวิทยาศาสตร์ด้านคอมพิวเตอร์

ทำงานเป็นทีมร่วมกันในการพิจารณาความเหมาะสมของเกม ในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เพื่อส่งเสริมความสามารถทางด้านการรู้คิดของผู้เล่นเกม

เกมที่ส่งผลต่อความสามารถด้านปัญญา (Cognitive Abilities) ได้แก่ ความสามารถทางด้านการได้ยิน การมองเห็น ความเข้าใจกรอบแนวคิดรวบยอด ความเร็ว และการบริหารจัดการของสมอง ความสามารถในการรับรู้ภาพ ความสามารถในการใส่ใจภาพ ความจำ การแสดงออกทางอารมณ์ ความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสังคม ส่งผลกระทบต่อความสามารถด้านการอ่าน การเขียน การคำนวณด้านคณิตและการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Crouse (2010) ชี้ให้เห็นว่า เด็กที่ขาดความสามารถด้านการประมวลผลการเห็นภาพ จะส่งผลต่อทักษะ ความสามารถด้านการคำนวณด้านคณิตศาสตร์ การให้เหตุผล และทักษะการเขียนต่าง ๆ ซึ่งสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้โดยการให้เด็กเล่นเกมให้มากขึ้นในส่วนของเกมที่เกี่ยวกับการส่งเสริมความสามารถการรู้คิดทางปัญญาที่เด็กมีความบกพร่องทางการเรียนรู้ โดยพ่อแม่ ครู หรือนักจิตวิทยาควรส่งเสริมให้เด็กเล่นเกมที่ช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวเฉพาะด้านที่จำเป็น แต่ทั้งนี้ควรอยู่ในความดูแลของผู้ปกครอง

1.5 เครื่องมือวัดความจำขณะทำงานและความจำขณะทำงานด้านภาพ

1.5.1 เครื่องมือวัดความจำขณะทำงาน

1) Automatic Working Memory Assessment

เครื่องมือวัดความจำขณะทำงานมาตรฐานที่ได้รับความนิยมและได้รับการยอมรับ Automatic Working Memory Assessment (AWMA; Alloway, 2012) Test Trial ทั้งหมด (All test Trial) เริ่มจาก 2 หัวข้อ (Item) และเพิ่มขึ้นจำนวน 1 ข้อในแต่ละ Block ในแต่ละ Block ประกอบด้วย 4 Trial จำนวนของ (Trial) ที่ถูกต้องจะเป็นคะแนนของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยแต่ละคน ผู้ทำการทดลอง ทำความเข้าใจกับเด็กเพื่อให้มีความมั่นใจว่าเด็กมีความเข้าใจกิจกรรมทดสอบ Task ที่ใช้ในการฝึกความจำขณะทำงานในโปรแกรม เด็กจะดูตัวอย่างการสาธิตการใช้งานโปรแกรมฝึกความจำขณะทำงานจากคอมพิวเตอร์และฝึกการใช้งานโปรแกรม จากตัวอย่างโปรแกรมก่อนการเริ่มทดสอบ Trial จริง The Automated Working Memory Assesment-II ประกอบด้วย Test 2 Test ของ Verbal Working Memory ใน Backwards และ Digit Recall Tests

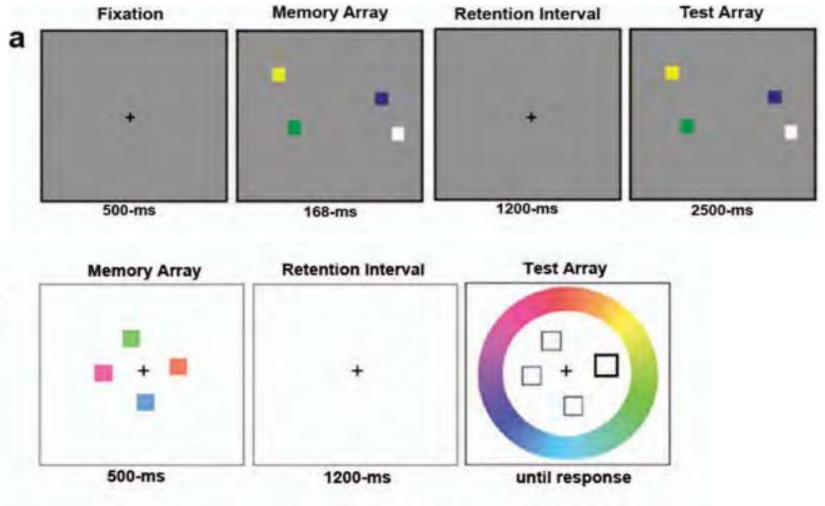
ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยแต่ละคนจะต้องพูดทวนซ้ำลำดับตัวเลข ในการประมวลผลการเรียกซ้ำตัวเลขและตัวหนังสือ ดูตัวอักษรสีแดงและพูดในหน้าจอคอมพิวเตอร์เป็นเวลา 1 วินาที ตัวอักษรอื่นจะเป็นสีดำทันทีทันใดบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ตรวจสอบตัวอักษรสีดำว่าเหมือนกับตัวอักษรสีแดงที่เคยเห็นมาก่อนหน้านี้หรือไม่ โดยคลิกที่ Block Marked แล้วผู้ตอบ Yes หรือ No บนจอคอมพิวเตอร์ ผู้มีส่วนร่วมวิจัยจะคลิกตัวอักษรสีแดงเมื่อเห็นว่าเป็นลำดับที่ถูกต้อง ความจำขณะทำงานเป็นภาพทดสอบได้จากแบบทดสอบรูปร่าง (A Shape Recall Test) ดูสีจากรูปร่างตารางที่ขนาด 4 × 4 จากนั้นภาพตารางจะหายไปและรูปร่างใหม่จะปรากฏขึ้นมาตรงกลางของจอภาพ

คอมพิวเตอร์ ตรวจสอบรูปร่าง 2 รูปร่างว่าเป็นสีหรือรูปร่างเดียวกันหรือไม่ โดยคลิกที่ Box Marked ตอบ Yes หรือ No บนจอภาพคอมพิวเตอร์ แล้วจำตำแหน่งแรกของรูปร่างของตารางที่ขนาด 4 × 4 ให้เป็นลำดับที่ถูกต้องจากรูปร่างตัวอย่าง ตัวกระตุ้นในแบบทดสอบความจำขณะทำงานทั้งหมดจะถูกสุ่ม (Randomized)

ดังนั้นจะทำให้ไม่เกิดการเรียงลำดับซ้ำกันของตัวกระตุ้นเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบจากการฝึกโปรแกรมความจำขณะทำงานที่อาจเกิดขึ้นได้ คะแนนที่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนการตอบกลับที่ถูกต้อง (Correct Responses) คะแนนแนวนอนที่ได้จากโปรแกรมจะได้รับการแปรผลไปเป็นคะแนนมาตรฐาน (Standard Scores) ขึ้นอยู่กับกฎเกณฑ์ตัวอย่าง (Allway, 2007) ในขณะที่ 100 คือ ค่าเฉลี่ย 85 คือ Standard Deviation การทดสอบ Test-Retest Reliability ของ AWMA ถูกสร้างในการเลือกแบบสุ่มของกฎเกณฑ์ตัวอย่าง (Random Selection of the Normative) เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ค่าของ Reliability Coefficient ของ Verbal Working Memory Test คือ 0.86 และค่า Reliability Coefficient ของ Visuo Spatial Working Memory test คือ 0.84 (Alloway, 2007)

2) เครื่องมือวัดความจำภาพขณะทำงานที่เป็นมาตรฐาน ได้แก่ เชนดีเทคชัน (Change Detection Task) มีลักษณะคือ มีตัวกระตุ้น (Stimuli) ตัวกระตุ้นประกอบด้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่เป็นสี (1.0 × 1.0) พื้นหลังเป็นสีเทา สีที่ปรากฏในสี่เหลี่ยมจตุรัสแต่ละภาพจะถูกเลือกโดยการสุ่ม โดยตำแหน่งการวางในจอภาพไม่ซ้ำกัน จำนวน 7 ภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส 7 สี ได้แก่ สีแดง สีเขียว สีเหลือง สีฟ้า สีดำ สีขาวและสีม่วง สี่เหลี่ยมจัตุรัสแต่ละภาพจะถูกจัดวางตำแหน่งให้มองเห็นได้ในตารางขนาด 4 × 4 ขนาดมุม (Visual Angle) ขนาด 8.5 × 8.5 การวัดความจุของความจำขณะทำงานเป็นภาพ (VWM) โดยการใช้ Change Detection Paradigm

จากการศึกษาของ Luck and Vogel (1997) ผลการวิจัยปรากฏว่า หลังจากเวลาผ่านไป 500 ms ของ Fixation ในแต่ละ Trial ประกอบไปด้วย Memory Array จำนวน 4-6 สี่เหลี่ยมจัตุรัสที่เป็นสีต่าง ๆ ใช้เวลาในการแสดงผล 168 ms ตามด้วย Retention Interval 3,000 ms Test Array ดังภาพ สีต่าง ๆ ที่ปรากฏในสี่เหลี่ยมจัตุรัสแตกต่างกัน ในระหว่างการเปลี่ยน Trial จะปรากฏสีใหม่ที่ถูกสุ่มแบบ Random ที่แสดงใน Memory Array ผู้มีส่วนร่วมการวิจัยต้องเข้าร่วมการทดลองเป็นจำนวน 32 Trials ของแต่ละ Set Size ความแตกต่างของ Set Sizes ได้รับการสุ่มและถูกแสดงเป็น 4 Blocks ของ 24 Trials รวมทั้งหมด 96 Trials



ภาพที่ 2-1 Change detection Task (Blacker, Curby, Klobusicky, & Chein, 2014)

3) ซอฟต์แวร์วัดสมรรถนะสมองด้านพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทย ด้านความจำขณะทำงาน (คู่มือการใช้งานซอฟต์แวร์ชุดแบบทดสอบความจำขณะทำงาน, 2558) ซอฟต์แวร์ชุดแบบทดสอบความจำขณะทำงาน งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาซอฟต์แวร์วัดสมรรถนะสมองด้านพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทย ด้านความจำขณะทำงาน ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2555 ดำเนินการวิจัยโดยกลุ่มคณาจารย์จาก สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิชาประสาทวิทยาศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ และสาขาวิชากายวิภาคศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นร่วมกับคณาจารย์จากสาขาวิชา การวัดและประเมินผลการศึกษา และสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางและอาจารย์จากโรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

4) เครื่องมืออื่น ๆ ในการวัดความสามารถของความจำขณะทำงานด้านภาพ

สำหรับแบบทดสอบที่วัดความสามารถของความจำขณะทำงานมีทั้งแบบดั้งเดิมแบบใช้กระดาษและดินสอ (แบบเขียนตอบ) และการทดสอบทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ แต่ละกิจกรรมที่ผู้ได้รับการทดสอบต้องทำกิจกรรมนั้นจะเกี่ยวข้องกับความจำและการฟื้นความจำ นักวิจัยจะใช้กิจกรรมที่แตกต่างกันไปตามแนวคิดหรือโมเดลที่นำมาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาตามแนวคิดของ Baddeley ความจำขณะทำงานประกอบด้วย การจัดเก็บข้อมูลและการเชื่อมโยงบริหารจัดการกับข้อมูล นิยมใช้กิจกรรมที่วัดความจำที่ซับซ้อน (Complex Span Task) วัดความสามารถในการจำกิจกรรมที่ทดสอบนั้นจะเป็นสิ่งกระตุ้นที่ต่อเนื่องเป็นอนุกรม ส่วนใหญ่เป็นตัวอักษร (Letter Span Task) คำ (Word Span Task) ตัวเลข (Digit Span Task) หรือรูปทรงเรขาคณิต

(Visuospatial Span Task) โดยได้รับการทดสอบความจำและฟื้นฟูความจำ จากสิ่งกระตุ้นที่ได้รับในรูปแบบที่เหมือนหรือต่างจากสิ่งกระตุ้น กิจกรรมการวัดความจำนี้ยังแบ่งได้เป็นการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับภาษา และการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับภาพ นักวิจัยส่วนใหญ่ใช้กิจกรรมการวัดในการประเมินหน้าที่ของความจำขณะทำงาน ในส่วนของการเก็บข้อมูลและการฟื้นความจำ ไม่รวมถึงการประเมินในส่วนของการเชื่อมโยงและการบริหารจัดการกับข้อมูล

5) ชุดแบบทดสอบความจำขณะทำงานในเด็ก (Working Memory Test Battery for Children ของ Buros Center for Testing) เป็นแบบทดสอบความจำขณะทำงานมาตรฐาน (Standard Test) เหมาะสมสำหรับวัดความจำขณะทำงาน ในระดับประถมศึกษา เพื่อนำมาประยุกต์ในการวัดความจำขณะทำงาน ของนักเรียนระดับประถมศึกษา

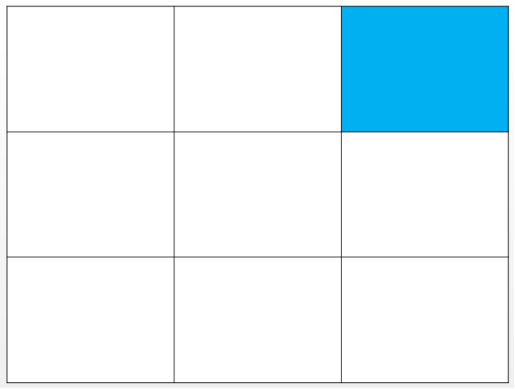
6) WISC-V (Wechsler Intelligence Scale for Children - Fifth Edition) เป็นแบบทดสอบเชาวน์ปัญญาสำหรับเด็กอายุ 5-16 ปี โดยมี Frame Work for the WISC-V ในส่วนของ Full Scale ประกอบด้วย Subtest คือ Digit Span, Picture Span และ Letter Number Sequencing

7) N-Back Task ใช้ทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ในส่วนของการวัดความจำขณะทำงานด้านภาพ (Visual Working Memory) ที่เป็นแบบทดสอบมาตรฐานที่ใช้ในการวัดความจำขณะทำงานด้านภาพที่ได้รับการยอมรับ กลุ่มตัวอย่างอายุระหว่าง 10-11 ปี ศึกษาในชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้พิจารณาความเหมาะสมเลือกจากแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพด้วย N-Back Task โดยแบ่งเป็นกิจกรรม 1-Back และ 2-Back

N-Back Task ทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ แยกย่อย ดังนี้

1) Task 1 Back Target หมายถึง Task ที่ใช้ทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ มีลักษณะเป็นตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส 9 ช่อง ที่เรียงลำดับต่อเนื่องกันหลายตาราง โดยในแต่ละตารางมีระยะห่างของเวลา 500 มิลลิวินาที แล้วปรากฏตาราง 9 ช่องลำดับถัดไปเป็นจำนวน 101 Trial โดยในตาราง 9 ช่องแต่ละตารางจะแสดงบนจอคอมพิวเตอร์นาน 2,000 มิลลิวินาที เพื่อให้กลุ่มตัวอย่าง ตัดสินใจกดปุ่ม ตอบรับทันที เงื่อนไข 1 Back Target มีลักษณะดังนี้ ตำแหน่งของสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีฟ้าในตาราง 9 ช่อง ในแต่ละ Trial ที่ปรากฏติดกันย้อนกลับไปหนึ่งตารางเป็นภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีฟ้าตำแหน่งเดียวกัน ให้กลุ่มตัวอย่างกดปุ่มตอบรับ “เหมือน” ซึ่งอยู่ด้านขวาของแป้นตอบสนอง ด้วยนิ้วหัวแม่มือขวา โดยในตาราง 9 ช่องแต่ละภาพจะมีสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีฟ้า 1 ภาพ ซึ่งจะกระจายอยู่ตำแหน่ง แตกต่างกัน 9 ตำแหน่ง ดังนี้ ตำแหน่งที่ 1 ภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีฟ้า แถวบนสุดซ้าย ตำแหน่งที่ 2 ภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีฟ้า แถวบนสุดตรงกลาง ตำแหน่งที่ 3 ภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีฟ้า แถวบนสุดขวา ตำแหน่งที่ 4 ภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีฟ้า แถวกลางซ้ายสุด ตำแหน่งที่ 5 ภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีฟ้าแถวกลาง ตรงกลาง ตำแหน่งที่ 6 ภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีฟ้า แถวกลางขวา

ตำแหน่งที่ 7 ภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีฟ้าแถวล่างสุดซ้าย ตำแหน่งที่ 8 ภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีฟ้าแถวล่างสุดตรงกลาง และตำแหน่งที่ 9 ภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสแถวล่างสุดขวา



ภาพที่ 2-2 ตัวอย่างหน้าจอตาราง 9 ช่องในกิจกรรม N-Back Task

2) Task 1 Back Non-target หมายถึง Task ที่ใช้ทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ มีลักษณะเป็นตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส 9 ช่อง ที่เรียงลำดับต่อเนื่องกันหลายตาราง โดยในแต่ละตารางมีระยะห่างของเวลา 500 มิลลิวินาที แล้วหน้าจอคอมพิวเตอร์จะปรากฏตาราง 9 ช่องลำดับถัดไป โดยในตาราง 9 ช่องแต่ละตาราง จะปรากฏบนจอคอมพิวเตอร์นาน 2,000 มิลลิวินาที เพื่อให้กลุ่มตัวอย่าง ตัดสินใจและกดปุ่มตอบรับทันที เงื่อนไข 1 Back Non-target มีลักษณะดังนี้ ตำแหน่งของสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีฟ้าในตาราง 9 ช่อง ในแต่ละ Trial ที่ปรากฏติดกันย้อนกลับไปหนึ่งตาราง เป็นภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีฟ้าตำแหน่งต่างกัน ให้กลุ่มตัวอย่างกดปุ่มตอบรับ “ต่าง” ซึ่งอยู่ด้านซ้ายสุดของแป้นตอบสนอง ด้วยนิ้วหัวแม่มือซ้าย

3) Task 2 Back Target ที่ใช้ทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ มีลักษณะเป็นตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส 9 ช่อง ที่เรียงลำดับต่อเนื่องกันหลายตาราง โดยในแต่ละตาราง มีระยะห่างของเวลา 500 มิลลิวินาที แล้วปรากฏตาราง 9 ช่องลำดับถัดไปจำนวน 102 Trial โดยในตาราง 9 ช่องแต่ละตารางจะปรากฏบนจอคอมพิวเตอร์นาน 2,000 มิลลิวินาที เพื่อให้กลุ่มตัวอย่าง ใส่ใจ จดจำ และตัดสินใจและกดปุ่มตอบรับทันที เงื่อนไข 2 Back Target มีลักษณะดังนี้ ตำแหน่งของสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีฟ้าในตาราง 9 ช่อง ในแต่ละ Trial ที่ปรากฏติดกันย้อนกลับไปสองตารางเป็นภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีฟ้าตำแหน่งเดียวกัน ให้กลุ่มตัวอย่างกดปุ่มตอบรับ “เหมือน” ซึ่งอยู่ด้านขวาของแป้นตอบสนอง ด้วยนิ้วหัวแม่มือขวา

4) Task 2 Back Non-target หมายถึง Task ที่ใช้ทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ มีลักษณะเป็นตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส 9 ช่อง ที่เรียงลำดับต่อเนื่องกันหลายตาราง ในแต่ละตารางมีระยะห่างของเวลา 500 มิลลิวินาที แล้วปรากฏตาราง 9 ช่องลำดับถัดไป โดยในตาราง 9 ช่อง แต่ละตารางจะปรากฏบนจอคอมพิวเตอร์นาน 2,000 มิลลิวินาที เพื่อให้กลุ่มตัวอย่าง ตัดสินใจและกดปุ่มตอบรับทันที เงื่อนไข 2 Back Non-target มีลักษณะดังนี้ ตำแหน่งของสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีฟ้าในตาราง 9 ช่อง ในแต่ละ Trial ที่ปรากฏติดกันย้อนกลับไปสองตารางเป็นภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีฟ้าตำแหน่งต่างกัน ให้กลุ่มตัวอย่างกดปุ่มตอบรับ “ต่าง” ซึ่งอยู่ด้านซ้ายสุดของแป้นตอบสนองด้วยนิ้วหัวแม่มือซ้าย

จากการศึกษาโดยใช้เทคนิคการสร้างภาพแสดงให้เห็นว่า ขณะที่ทำกิจกรรมที่ต้องอาศัยความจำขณะทำงาน เกิดการทำงานของสมองบริเวณพรีฟรอนทัลและพาไลเอทัลเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองปรากฏว่า องค์ประกอบของคลื่น ERP เปลี่ยนแปลงไปตามความยากง่าย (Working Memory Load) ได้วิจัยตำแหน่งของสมองขณะที่ทำกิจกรรมที่ใช้ทดสอบความจำขณะทำงานแบบจดจำตัวอักษรและตำแหน่ง (Spatial Task) ที่ปรากฏตัวบนพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า ผู้ถูกทดสอบต้องจดจำว่าตัวอักษรปรากฏที่มุมใดของสี่เหลี่ยมตรงที่ผ่านไปหรือไม่ ถ้าตรงกันก็กดปุ่มเข้ากันได้ (Match) กิจกรรมนี้จะมีทั้งระดับง่ายและระดับยาก โดยขณะที่ผู้ถูกทดสอบทำกิจกรรมทางหน้าจอก็จะมีการวัด EEG ร่วมกับ MRI ผลการศึกษาปรากฏว่า ความสูงของคลื่นธีตาที่ปรากฏบริเวณตรงกลางของสมองส่วนหน้า (Middle or Frontal Lobe) จะสูงขึ้นในข้อที่ยาก

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมจากแบบทดสอบความจำภาพขณะทำงาน ซึ่งมีหลายชนิดและหลากหลายแบบวัด ผู้วิจัยจึงได้พิจาณาตัดสินใจเลือกแบบวัดมาตรฐาน WISC-V (Wechsler Intelligence Scale for Children - Fifth Edition) ซึ่งเป็นแบบทดสอบเชาวน์ปัญญามาตรฐาน (Standard Test) สำหรับเด็กอายุ 5-16 ปี โดยมี Frame Work for the WISC-V ที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยและสมมติฐานการวิจัยของผู้วิจัย โดยเลือกใช้ Subtest ของแบบทดสอบ Picture Span ในการทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ เชิงพฤติกรรม และผู้วิจัยได้ตัดสินใจเลือก N-Back โดยแบ่งเป็นกิจกรรม 1-Back และ 2-Back ในการทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ (Visual Working Memory) เพื่อทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ในเชิงพฤติกรรม ได้แก่ ค่าเฉลี่ยความถูกต้องของความจำขณะทำงานด้านภาพ ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาของความจำขณะทำงานด้านภาพ และวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ในส่วนของศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง และค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง จากการทดลองในกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุระหว่าง 10-11 ปี เพศชายและหญิง

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความจำขณะทำงานและความจำขณะทำงานด้านภาพ

Simmering (2012) ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาความจำขณะทำงานด้านภาพในช่วงวัยเด็ก จาก Change Detection Task มักถูกใช้ในการทำการวิจัยเกี่ยวกับการวัดความจำขณะทำงานด้านภาพเป็นจำนวนมาก ซึ่งทดสอบกับเด็กอายุตั้งแต่ 5 ปี ถึงวัยผู้ใหญ่ ปัจจุบันได้มีการวิจัยเพื่อนำมาทดลองใช้กับเด็กอายุน้อยกว่า 5 ปี ในการทดสอบความเป็นมาตรฐานของแบบทดสอบว่ายากเกินไปหรืออาจประเมินเด็กต่ำเกินไป ผลการวิจัยปรากฏว่า เด็กวัย 3 ขวบ และ 4 ขวบมีพัฒนาการในการจดจำหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองเป็นเชิงเส้นจาก 2 หรือ 3 รายการเพิ่มขึ้นเป็น 3 หรือ 4 รายการในระหว่างอายุ 5 ถึง 7 ปี งานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถของเด็กด้านความจำขณะทำงานด้านภาพค่อนข้างน้อย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวิจัยต่อไปเพื่อให้เข้าใจถึงประสิทธิภาพความจำขณะทำงานด้านภาพของเด็กและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสมบูรณ์มากขึ้น

Balaban and Luria (2015) ได้วิจัยเกี่ยวกับการกำหนดจำนวนออบเจ็กต์และความจุของหน่วยความจำขณะทำงานด้านภาพ เพื่อการจัดสรร รายการที่มีความซับซ้อนของการวิจัย คือ เพื่อตรวจสอบว่ามีการจัดสรรหน่วยความจำขณะทำงาน (WM) และมีลักษณะอย่างไร จากการกำหนดความซับซ้อนของวัตถุในการนำเสนอแต่ละครั้ง โดยมีจำนวนวัตถุที่ซ้ำซ้อนเพิ่มมากขึ้นในแต่ละครั้งของการทดลอง ผู้เข้าร่วมทำการทดลอง สามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง โดยใช้รูปหลายเหลี่ยมแบบสุ่มเพื่อเป็นตัวกระตุ้นขณะที่ได้รับการตรวจสอบทางคลื่นไฟฟ้าสมองซึ่งมีความกว้างเพิ่มขึ้น จากการวิจัยความจำขณะทำงานเพิ่มมากขึ้นในการทดลองที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบความจำขณะทำงานด้านภาพของรูปหลายเหลี่ยมทั้งหมดหนึ่งรูปแล้วเปลี่ยนแปลงเป็นครึ่งหนึ่งของรูปหลายเหลี่ยม วัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบรูปหลายเหลี่ยมซึ่งส่งผลต่อการเกิดความซับซ้อนของการรับรู้ ผลการวิจัยปรากฏว่า จำนวนวัตถุที่กำหนดเหมือนกันเมื่อเปรียบเทียบรูปหลายเหลี่ยมครึ่งหนึ่งและรูปหลายเหลี่ยมที่มีเงื่อนไขแตกต่างกัน การทดลองที่ 2 เป็นการเปรียบเทียบรูปครึ่งเหลี่ยมสองส่วนที่แยกจากกัน การวิจัยปรากฏว่า จำนวนวัตถุส่งผลต่อการจดจำเมื่อทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ

Heyes, Zokaei, and Husain (2016) ได้วิจัย เรื่องการพัฒนาความสามารถของความจำขณะทำงานด้านภาพในระยะยาว ในวัยเด็กและวัยรุ่นตอนต้น ความจำขณะทำงานด้านภาพเป็นความสามารถในการจดจำข้อมูลภาพ สำหรับช่วงเวลาสั้น ๆ การศึกษาในปัจจุบันได้มีการพัฒนาความแม่นยำของความจำขณะทำงานด้านภาพ ในระยะยาว กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน อายุระหว่าง 7-11 ปี เป็นระยะเวลา 2 ปี ผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึง พัฒนาการที่เกี่ยวข้องกับอายุในการเรียกคืนข้อมูลก่อนแบบจดจำ 1 รายการและแบบจดจำ 3 รายการ แสดงให้เห็นถึงพัฒนาการในช่วงวัยเด็ก

และวัยรุ่นตอนต้นในการแก้ปัญหาทั้งรายการเดียวและหลายรายการ เป็นผลจากความจำขณะทำงานด้านภาพในแต่ละบุคคล จากผลการวิจัยการสร้างแบบจำลองกระจายการตอบสนองต่อวัตถุโดยปรับปรุงอย่างต่อเนื่องและเน้นความถูกต้องโดยละเอียด จุดเด่นของงานวิจัยเพื่อพัฒนากลไกในการเพิ่มขึ้นของความจำขณะทำงานด้านภาพในระยะยาวของวัยเด็กและวัยรุ่นตอนต้น จากการทดสอบความแม่นยำของความจำขณะทำงานด้านภาพ มีตัวชี้วัดที่เป็นตัวบ่งชี้ในการวัดการเปลี่ยนแปลงการพัฒนาในระยะยาว ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของความจำขณะทำงานด้านภาพได้ชัดเจนเพิ่มมากขึ้น

Yu and Shim (2017) ได้วิจัย เกี่ยวกับการทำงานของสมองส่วนท้ายทอย ขม่อม และสมองส่วนหน้า เป็นบริเวณของสมองที่มีการเปลี่ยนแปลงและมีความสัมพันธ์กับวัตถุที่มีหลายคุณสมบัติของความจำขณะทำงานด้านภาพ จากการศึกษาก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่เก็บไว้ในความจำขณะทำงานด้านภาพจะเก็บอยู่ในบริเวณ ขม่อมและ Cortices หน้าผาก อย่างไรก็ตาม ยังมีการศึกษางานวิจัยในด้านนี้ค่อนข้างน้อยเกี่ยวกับ การจดจำวัตถุที่มีคุณลักษณะหลากหลาย ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องระลึกถึงสีที่เคยเห็นมาก่อน การทดสอบโดยใช้ fMRI และรูปแบบการเข้ารหัสแบบตรงกันข้ามกัน โดยได้สร้างการตอบสนองที่มีคุณลักษณะเฉพาะใหม่ ในบริเวณสมองส่วนท้ายทอย ขม่อมและหน้าผาก ผลการวิจัยปรากฏว่า ไม่เพียงแต่สรุปได้ว่าสมองมีการทำงานโดยการจัดระบบวางแนวข้อมูล แต่ยังมีข้อมูลสีที่เมื่อกำหนดสัญลักษณ์ให้จำได้ ผลลัพธ์เหล่านี้แสดงให้เห็นถึงกลไกการทำงานของหน่วยความจำที่มีลักษณะเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับงานเท่านั้น

Tsubomi and Watanabe (2017) ได้วิจัยเรื่อง ความจำขณะทำงานด้านภาพ ผลการวิจัยปรากฏว่า ความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลของความจำขณะทำงานด้านภาพมีข้อจำกัดอย่างมาก มักมีเพียง 3 รายการ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ควรจำกัดข้อมูลจากตัวรบกวน วัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อเก็บรักษาความจำขณะทำงานด้านภาพ จากสิ่งรบกวนและความวิตกกังวลในช่วงวัยเด็ก ซึ่งมักเกิดขึ้นในห้องเรียนสำหรับเด็กนักเรียนระดับประถมศึกษา อายุระหว่าง 7-12 ปีและผู้ใหญ่จำนวน 140 คน เป็นการพัฒนาความสามารถที่เกี่ยวข้องกับการอ่านและเขียน คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของความจำขณะทำงานด้านภาพ สำหรับเด็กเล็กอายุระหว่าง 7-9 ปี และเด็กโตอายุระหว่าง 10-12 ปี เพื่อทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพจากการทดลอง กำหนดให้มีคำพูดรบกวนเกิดขึ้นระหว่างการดูภาพระหว่างการทดลอง ผลการวิจัยปรากฏว่า ประสิทธิภาพของความจำขณะทำงานด้านภาพการจากการมีสิ่งรบกวนและไม่มีสิ่งรบกวนแตกต่างกัน ผลการวิจัยปรากฏว่า ความจำขณะทำงานด้านภาพเพิ่มมากขึ้นหลังการทดลองจากการไม่มีตัวรบกวนจากเสียงพูดเมื่อดูภาพ

สรุปทิศทางแนวโน้มเกี่ยวกับการพัฒนาความจำขณะทำงานด้านภาพ ช่วงวัยเด็กในปัจจุบันได้มีการวิจัยกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเด็กมากขึ้นในช่วงอายุน้อยกว่า 5 ปี เพื่อให้เข้าใจถึงประสิทธิภาพ

ของความจำของเด็กมากขึ้น และค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับจำนวนรายการจดจำของวัตถุที่มีผลต่อระยะเวลาในการจดจำได้นานมากที่สุดที่ส่งผลต่อความจำขณะทำงานด้านภาพและการพัฒนาความจำขณะทำงานให้คงทนในระยะยาว ทำให้ทราบถึงทิศทางและกลไกการเพิ่มขึ้นของความจำขณะทำงานและแนวทางวิจัยเกี่ยวกับการลดตัวรบกวนระหว่างการฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพในช่วงวัยเด็กและวัยรุ่นตอนต้น เพื่อพัฒนาให้ความจำขณะทำงานด้านภาพในเด็กและวัยรุ่นตอนต้นเพิ่มมากขึ้นในการพัฒนาความสามารถทางการรู้คิดทางปัญญาที่สูงขึ้น ได้แก่ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การตัดสินใจและความคิดสร้างสรรค์ต่อไป

ตอนที่ 2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของวิดีโอเกม ข้อดีข้อเสียและการจำแนกประเภทของวิดีโอเกม

2.1.1 ความหมายของวิดีโอเกม

ราชบัณฑิตยสถาน (2554) ให้ความหมายของเกม (Game) คือ การแข่งขันที่มีกติกากำหนด เช่น เกมกีฬา การเล่นเพื่อความสนุก เช่น เกมคอมพิวเตอร์ การแสดงเพื่อสาธิตกิจกรรม เช่น เกมการบริหาร เพื่อหักล้างกัน การแข่งขันหรือการเล่นที่จบลงด้วยการแพ้ชนะกันครั้งหนึ่ง ๆ เช่น เล่นแบดมินตัน 3 เกม

2.1.2 ข้อดี ข้อเสียวิดีโอเกม

ข้อดีของวิดีโอเกม ช่วยกระตุ้นส่งเสริมให้ผู้เล่นมีแรงจูงใจในการเรียนรู้เกม ทำให้เกิดความสนุกสนานในการเรียนรู้ กระตุ้นความท้าทาย ฝึกทักษะการเคลื่อนไหวของสายตา มือ และสมอง ฝึกให้มีการโต้ตอบที่รวดเร็ว ส่งเสริมความสามารถทางปัญญาตั้งแต่การรับรู้ การใส่ใจ ความจำ การคิด การแก้ปัญา ความคิดสร้างสรรค์ และการตัดสินใจของมนุษย์

ประภาพร ดอกไม้, สุชาดา กรเพชรปาณี และสมสิทธิ์ จิตรสถาพร (2556) ได้สรุปถึงปัจจุบันเกมคอมพิวเตอร์พัฒนาขึ้นมาก ส่งผลกระทบต่อการเรียน สุขภาพร่างกาย จิตใจและผลกระทบอื่น ๆ ตามมามากมาย ข่าวจากหนังสือพิมพ์ โทรทัศน์ และสื่ออื่น ๆ รายงานเกี่ยวกับอันตรายที่เกิดขึ้นจากการเล่นเกมออนไลน์ของเด็กและวัยุร่น ก่อให้เกิดปัญหาอาชญากรรม หรือบางครั้งการเล่นเกมทำลายสุขภาพจิต สุขภาพกายของผู้เล่น เด็กบางคนไม่เคยเล่นเกมแต่เมื่อทดลองเล่นแล้วมีอาการติดเกม การที่ผู้เล่นเกม เล่นเกมฆ่าศัตรูอาจจะเป็นพื้นฐานของพฤติกรรมและเจตคติที่ก้าวร้าวต่อไป (Anderson & Dill, 2000) ซึ่งพฤติกรรมก้าวร้าวอาจจะยังไม่ได้แสดงออกในทันที ในการแก้ปัญหาเด็กติดเกม พ่อแม่ ผู้ปกครองเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการสอดส่องดูแลและจัดสรรเวลาทำกิจกรรมต่าง ๆ ส่งเสริมให้บุตรได้มีกิจกรรมอื่น ๆ ในทางที่เกิดประโยชน์ เช่น การเล่นกีฬา เล่นดนตรี หรือกิจกรรมอื่น ๆ ที่เด็กมีความสนใจ พ่อ แม่ ผู้ปกครองต้องเป็นส่วนหนึ่งในการสร้างกฎเกณฑ์และกติกาเพื่อควบคุมพฤติกรรมและการใช้เวลาในการเล่นเกม เพื่อฝึกนิสัย พฤติกรรมและความรับผิดชอบ

ของเด็กให้สามารถแบ่งเวลาในการเรียน การทำกิจกรรมอื่น ๆ ในชีวิตประจำวัน และใช้เวลาในการเล่นเกมให้เหมาะสมและไม่ให้เกิดอันตรายกับผู้เล่น

ข้อเสียของวิดีโอเกม หากเล่นเกมนานเกินไปอาจทำให้เกิดปัญหาทางอารมณ์ ความก้าวร้าว ขาดสมาธิในการเรียน ทักษะการปรับตัวร่วมกับสังคมลดลง เกิดปัญหาสุขภาพเนื่องจากร่างกายเคลื่อนไหวน้อย ใช้เวลากับการทำกิจกรรมบนหน้าจอคอมพิวเตอร์นานเกินไป

2.1.3 การแบ่งประเภทของวิดีโอเกม

วิดีโอเกม (อังกฤษ: Video Game) (https://th.wikipedia.org/wiki/วิดีโอเกม) คือ เกมอิเลคทรอนิกที่มนุษย์ใช้ส่วนติดต่อประสานกับผู้ใช้ (user interface) สร้างผลป้อนกลับไปยังอุปกรณ์วิดีโอ คำว่า วิดีโอในวิดีโอเกม แต่เดิมหมายถึงอุปกรณ์แสดงภาพแบบแรสเตอร์ แต่ปัจจุบันสามารถใช้เรียกอุปกรณ์แสดงภาพใด ๆ ก็ได้ที่สร้างภาพสองมิติหรือสามมิติขึ้นมา ตัวอย่างเช่น คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และเครื่องเล่นวิดีโอเกม อุปกรณ์เหล่านี้เป็นไปได้ตั้งแต่เมนเฟรมคอมพิวเตอร์ ไปจนถึงอุปกรณ์มือถือขนาดเล็ก วิดีโอเกมแบบเฉพาะอย่างเช่น เกมตู้เคยมีแพร่หลายในอดีต แต่ปัจจุบันน้อยลง วิดีโอเกมในปัจจุบันได้พัฒนาไปจนกลายเป็นอุตสาหกรรมและงานศิลปะ

ประเภทของวีดีโอเกม (https://th.wikipedia.org/wiki/วิดีโอเกม) แบ่งลักษณะตามการเล่นเกมออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ 13 ประเภท ดังนี้

1. เกมแอคชั่น (Action Game) เป็นประเภทเกมที่ใช้ในการบังคับทิศทางและการกระทำของตัวละครในเกมเพื่อผ่านด่านต่าง ๆ ให้ได้ มีตั้งแต่เกมที่มีรูปแบบง่าย ๆ เหมาะกับคนทุกเพศทุกวัย เช่น เกมมาริโอ เกมร็อคแมน ไปจนถึงเกมแอกชันที่มีเนื้อหารุนแรงไม่เหมาะกับเด็ก บางเกมมีการใส่ลูกเล่นต่าง ๆ เข้ามาเพิ่มความสนุกสนานของเกมจนกลายเป็นเกมแนวใหม่ ได้แก่

1.1 เกมยิงมุมมองบุคคลที่หนึ่ง (First Person Shooter) เป็นเกมแอคชันที่ให้ผู้เล่นสวมบทบาทผ่านมุมมองจากสายตาตัวละครตัวหนึ่ง เพื่อต่อสู้ผ่านด่านต่าง ๆ จุดเด่นของเกมประเภทนี้คือเหตุการณ์ทุก ๆ อย่างจะผ่านสายตาของผู้เล่นทั้งหมด ผู้เล่นจะไม่เห็นตัวเอง เน้นเกมแอคชันที่มีการเล่นเกมต่อหน้าผู้เล่นเกม และเน้นที่อารมณ์ของตัวผู้เล่นและความรู้สึกสมจริง ทำให้เกมประเภทนี้มักจะเป็นเกมที่มีความรุนแรงสูง เกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยม ได้แก่ Half-Life, Doom, Crysis, Battlefield, Brother in Arms และ Call of Duty เป็นต้น

1.2 เกมยิงมุมมองบุคคลที่สาม (Third Person Shooter) เป็นเกมแอคชันลักษณะคล้าย ๆ กับ First Person Shooter แต่จะแตกต่างกันตรงที่เกมประเภทนี้ผู้เล่นจะได้มุมมองจากด้านหลังของตัวละครแทน เกมประเภทนี้เน้นการเคลื่อนไหวของตัวละครเป็นสำคัญ เพราะผู้เล่นมองเห็นตัวละครที่ควบคุม เกมประเภทนี้มักจะมีปริศนาในเกมเป็นระยะ ๆ เกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยม ได้แก่ Grand Theft Auto, Tomb Rider, Hitman, Splinter Cell และ Saint Row

1.3 เกมแพลตฟอร์ม (Platformer) เป็นเกมแอคชันพื้นฐาน ที่วางฉากไว้บนพื้นที่ขนาดหนึ่งเพื่อให้ผู้เล่นผ่านเกมไปให้ได้ทีละด่าน ๆ โดยส่วนมากมักจะเน้นให้ผู้เล่นกระโดดข้ามฝั่งจากฝั่งหนึ่งไปอีกฝั่งหนึ่งเป็นเกมแบบ 2 มิติและมีการควบคุมการเดินไปทางซ้ายกับไปทางขวา เกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยม ได้แก่ Kirby, Contar และ Metal Slug

1.4 Stealth-based Game คือเกมแอคชันที่ไม่เน้นการบุกตะลุย แต่ใช้การหลอกล่อฝ่ายศัตรูเพื่อผ่านอุปสรรคไปให้ได้ เกมประเภทนี้โดยส่วนมากผู้เล่นต้องมีความอดทนสูง และต้องสามารถอ่านการเคลื่อนไหวของศัตรูได้ เกมประเภทนี้ตัวละครหลักมักจะไม่แข็งแกร่งเหมือนเกมแบบ First Person Shooter และไม่มีอาวุธยุทโธปกรณ์มากพอใช้ต่อสู้ได้ แต่อย่างไรก็ตาม เกมหลาย ๆ ชนิดได้นำคุณลักษณะของ Stealth-Based Game ไปเพิ่มเติมในเกม เกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยมได้แก่ Tenchu, Metal Gear Solid และ Splinter Cell

1.5 Action Adventure Game เป็นเกมที่มีการนำปริศนาและการรวบรวมสิ่งของคล้ายคลึงเกมผจญภัย บางเกมยังผสมลักษณะของเกมอาร์พีจีลงไปด้วย เกมประเภทนี้ยังแตกแขนงเป็น Survival/ Horror โดยการสมมติสถานการณ์ที่ตื่นเต้นขึ้นมาเพื่อให้ผู้เล่นเอาชีวิตรอดไปให้ได้ หรือไม่ก็ตาย เกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยม ได้แก่ เกมเรซิเดนต์อีวิล เกมแซโดว์ออฟ เกมเดอะโคลอสซัส และเกมมายคราป

2. เกมเล่นตามบทบาท

เกมเล่นตามบทบาท (Role Playing Game) หรือ อาร์พีจี (RPG) หรือที่นิยมเรียกกันว่า เกมภาษา เป็นเกมที่พัฒนาจากเกมสวมบทบาทแบบตั้งโต๊ะ เนื่องจากในช่วงแรกเกมอาร์พีจีเป็นภาษาอังกฤษหรือญี่ปุ่นซึ่งต้องใช้ความรู้ด้านภาษานั้น ๆ ในการเล่นเกมประเภทนี้จะกำหนดตัวผู้เล่นอยู่ในโลกที่สมมติขึ้น และให้ผู้เล่นสวมบทบาทเป็นตัวละครหนึ่งในโลกนั้น ๆ ผจญภัยไปตามเนื้อเรื่องที่กำหนด โดยมีจุดเด่นทางด้านการพัฒนาระดับของตัวละคร เมื่อผจญภัยมากขึ้นและเอาชนะศัตรูตัวร้ายที่สุดในเกม ตัวเกมไม่เน้นการบังคับหรือหวา แต่จะให้ผู้เล่นสัมผัสกับเรื่องราวแทนเกม RPG จะแบ่งออกเป็นสองลักษณะใหญ่ ๆ คือ

2.1 Computer RPG เป็นเกมอาร์พีจีบนเครื่องคอมพิวเตอร์ จุดเด่นของเกมประเภทนี้ไม่เน้นเรื่องราว แต่เน้นที่การให้ผู้เล่นสร้างตัวละครอย่างเสรีแล้วออกไปผจญภัยในโลกของเกม เกมอาร์พีจีบนคอมพิวเตอร์มักจะเป็นอาร์พีจีของประเทศในแถบตะวันตก เกมประเภทนี้จะมีคุณค่าในการเล่นซ้ำที่สูงมาก เพราะผู้เล่นสามารถกลับมาเล่นและเปลี่ยนลักษณะของตัวละครได้ตามใจชอบ เกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยม ได้แก่ Diablo, The Elder Scrolls และ Titan Quest

2.2 Console RPG เป็นเกมอาร์พีจีบนเครื่องคอนโซล จุดเด่นของเกมประเภทนี้อยู่ที่เรื่องราวหลากหลาย เกมประเภทนี้มักจะมีตัวละครที่สร้างไว้อยู่แล้วและให้ผู้เล่นเข้าไปควบคุมตัวละครตัวนั้น เกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยมได้แก่ เกมไฟนอลแฟนตาซีและเกมดรากอนเควสต์

2.3 Action RPG คือเกมอาร์พีจีที่เพิ่มส่วนของการบังคับ ส่วนมากเกมประเภทนี้จะเป็นเกมอาร์พีจีที่มีส่วนผสมของการต่อสู้ เพราะส่วนมากเกมประเภทนี้ผู้เล่นต้องเก็บค่าประสบการณ์ ระดับการเล่น อาวุธและชุดเกราะ เกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยม ได้แก่ เกมไซเคน และเกมเดนเสทสึ

2.4 Simulation RPG คือเกมอาร์พีจีที่มีการเล่นในแบบของการวางแผนการรบ โดยส่วนมากมักจะเป็นเกมวางแผนปกติแต่จะเน้นในส่วนของการเก็บค่าประสบการณ์ ระดับการเล่น และบางเกมยังมีการซื้อขายของแบบเกม RPG โดยส่วนมากเกมประเภทนี้มักจะเป็นเกมผลัดกันเดิน แต่จะต่างจากเกม Turn-Based Strategy ตรงที่เกมประเภทนี้จะมีปริมาณยูนิตในสนามรบน้อยกว่า Turn-Based Strategy และตัวละครสามารถติดตั้งอาวุธแบบเกมอาร์พีจีทั่ว ๆ ไปได้ เกมประเภทนี้มีอีกชื่อหนึ่งว่า Tactical Role-Playing Game เกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยม ได้แก่ เกมซูเปอร์โรโบ็อตไทเซ็น เกมซากุระไทเซ็น และเกมไฟนอลแฟนตาซี

3. เกมผจญภัย (Adventure Game) เป็นเกมที่ผู้เล่นสวมบทบาทเป็นตัวละครตัวหนึ่ง และต้องกระทำเป้าหมายในเกมให้สำเร็จลุล่วงไปได้ เกมผจญภัยนั้นถูกสร้างครั้งแรกในรูปแบบของ Text Based Adventure จนกลายมาเป็นแบบ Graphic Adventure เกมผจญภัยจะเน้นหนักให้ผู้เล่นหาทางออกหรือไขปริศนาในเกม โดยส่วนมากปริศนาในเกมจะเน้นใช้ตรรกะแก้ปัญหาและใช้สิ่งของที่ผู้เล่นเก็บมาระหว่างผจญภัย นอกจากนั้นผู้เล่นยังคงต้องพูดคุยกับตัวละครตัวอื่น ๆ เกมประเภทนี้ผู้เล่นต้องชำนาญด้านภาษาเป็นอย่างมาก เกมผจญภัยส่วนมากมักจะไม่มีการเสียชีวิตเพื่อให้ผู้เล่นได้มีเวลาวิเคราะห์ปัญหาข้างหน้าได้ หรือถ้ามีการตายในเกมผจญภัยมักจะถูกวางไว้แล้วว่าผู้เล่นจะเสียชีวิตตรงไหนได้บ้าง เกมผจญภัยมีรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

3.1 Text Based Adventure เป็นเกมผจญภัยที่ใช้พื้นฐานของการพิมพ์เป็นสำคัญ โดยเมื่อผู้เล่นต้องการทำอะไรต้องพิมพ์คำสั่งเพื่อให้ตัวละครในเกมกระทำตาม (เช่นพิมพ์ Talk เมื่อต้องการคุย พิมพ์ Look เมื่อต้องการมอง) แต่หลังจากที่คอมพิวเตอร์ก้าวสู่ยุคของเมาส์ เกมผจญภัยประเภทพิมพ์ก็หมดความนิยมลง เกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยม ได้แก่ เกม Zork

3.2 Graphical Adventure เป็นเกมผจญภัยที่ใช้รูปภาพหรือตัวคนจริง ๆ มาแสดงในหน้าจอให้ผู้เล่นได้ใช้สายตาในการมองหาวัตถุรอบข้าง เกมประเภทผู้เล่นจะต้องเลื่อนเมาส์ไปทั่วหน้าจอ เพื่อหาจุดผิดปกติหรือสิ่งของภายในเกม (Pixel Hunting)

3.3 Puzzle Adventure เป็นเกมผจญภัยที่เน้นการไขปริศนาในเกม โดยจะตัดทอนรายละเอียด เช่น การเก็บของหรือการคุยกับบุคคลอื่นลงไป เกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยม ได้แก่ เกม Myst

4. เกมปริศนา (Puzzle Game) เป็นเกมแนวที่เล่นได้ทุกวัย ตัวเกมมักจะเน้นการแก้ปริศนา ปัญหาต่าง ๆ มีตั้งแต่ระดับง่ายไปจนถึงซับซ้อน ในอดีตตัวเกมมักนำมาจากเกมปริศนาตามนิตยสาร เช่น เกมตัวเลข เกมอักษรไขว้ ไปจนถึงเกมพัซเซิลใหม่ ๆ ตัวอย่าง เช่น เกม Polarium และ เกม Puzzle Bubble เกมปริศนาเป็นเกมที่ไม่เน้นเรื่องราวแต่จะเน้นไปที่ความท้าทายให้ผู้เล่นกลับมาเล่นซ้ำ ๆ ในระดับที่ยากขึ้น

5. เกมการจำลอง (Simulation Game) เป็นเกมประเภทที่จำลองสถานการณ์ต่าง ๆ มาให้ผู้เล่นได้สวมบทบาทเป็นผู้อยู่ในสถานการณ์นั้น ๆ และตัดสินใจจากเหตุการณ์ต่าง ๆ อาจจะนำมาจากสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์สมมติก็ได้ เกมแนวนี้แยกเป็นประเภทย่อยได้อีก ได้แก่

5.1 Virtual Simulation จะจำลองการควบคุมเสมือนจริงของสิ่งต่าง ๆ เช่น การขับรถยนต์ การขับเครื่องบิน การขับรถไฟ การควบคุมรถยกของ เป็นต้น โดยส่วนมากเกมประเภทนี้มักจะจำลองรายละเอียดต่าง ๆ ให้สมจริงที่สุดเท่าที่จะจำลองได้ เกมประเภทนี้นอกจากใช้เล่นเพื่อความบันเทิงแล้ว ยังสามารถใช้เป็นแหล่งเรียนรู้การควบคุมต่าง ๆ ได้ เกมประเภทนี้ที่มีชื่อเสียง เช่น แกรนทัวริสโม เป็นต้น นอกจากนั้นเกมประเภทนี้ไม่จำเป็นต้องเป็นยานพาหนะ อาจจะเป็นการจำลองสถานการณ์ เช่น ไฟไหม้

5.2 Business Simulation เป็นเกมจำลองการบริหารธุรกิจ ผู้เล่นได้บริหารธุรกิจอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งมีทั้งแบบผิวเผิน (วางตำแหน่งสิ่งของ จ้างพนักงาน) จนไปถึงระดับลึก (ควบคุมการทำงานของพนักงาน การซื้อ/ การขายหุ้น) เกมประเภทนี้มักจะมีคำว่า Tycoon ต่อท้ายชื่อเกม เกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยม ได้แก่ เกม Theme Hospital เกม Theme Park และเกม Railroad Tycoon

5.3 Situation Simulation จำลองเหตุการณ์ต่าง ๆ ในช่วงเวลาหนึ่งมาให้ผู้เล่นได้เล่นเป็นตัวเองในสถานการณ์นั้น เช่น เกม Derby Stalion

5.4 Life Simulation คือเกมจำลองชีวิต โดยผู้เล่นมักจะได้ควบคุมตัวละครตัวหนึ่งหรือครอบครัวหนึ่ง แล้วใช้ชีวิตปฏิบัติกิจวัตรประจำวัน เช่น ทานข้าว อาบน้ำ ทำงานหาเงิน ฯลฯ เกมประเภทนี้ผู้เล่นสามารถควบคุมตัวละครทั้งที่เป็นมนุษย์และไม่ใช่มนุษย์ได้ เกมประเภทนี้ที่มีชื่อเสียง เช่น เดอะซิมส์ และ Animal Crossing

5.5 Pet Simulation เกมแนวนี้จะให้ผู้เล่นได้เลี้ยงสัตว์ต่าง ๆ ในเกม สำหรับผู้เล่นบางคนที่อยากจะเลี้ยงสัตว์แต่สถานภาพไม่อำนวย ก็สามารถมาลองเลี้ยงสัตว์ในเกมได้ มีตั้งแต่สัตว์จริง ๆ เช่น เลี้ยงปลา เลี้ยงสุนัข และแมว ไปจนถึงสัตว์ในจินตนาการ เช่น เกม Slime Shiyo และเกมตระกูลทามาก็อตจิ

5.6 Sport Simulation เป็นเกมวางแผนจัดการระบบของทีมกีฬา ลักษณะเกมมักจะให้ผู้เล่นได้ควบคุมเป็นผู้จัดการทีมหรือสโมสร และจัดหาสิ่งต่าง ๆ ให้กับทีม เช่น สปอนเซอร์

ตารางที่ฝึกฝน หรือจัดตำแหน่งการเล่นให้กับตัวผู้เล่นในทีม เป็นต้น ผู้เล่นควรมีความรู้เกี่ยวกับกีฬาชนิดนั้น ๆ พอสมควร และรู้จักชื่อนักกีฬาและชื่อทีมมาบ้าง จะทำให้เล่นเกมประเภทนี้ได้สนุกยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม เกมประเภทนี้บางเกมจะนำนักกีฬา หรือ ทีมที่มีชื่อเสียงมาเป็นจุดขาย เช่น เกม Championship Manager และ เกม Football Manager

5.7 Renai เป็นเกมจำลองเสริมสร้างความสัมพันธ์ระหว่างหญิงและชายให้รู้จักกัน โดยลักษณะตัวเกมผู้เล่นจะต้องรับบทเป็นชายหรือหญิง โดยมีเป้าหมายสร้างความสัมพันธ์กับหญิงสาว (หรือชายหนุ่ม) ให้กลายเป็นคนรักกัน โดยตัวเกมส่วนมากจะแบ่งเป็นวัน ในแต่ละวันผู้เล่นสามารถเลือกทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อสร้างค่าสถานะ (แบบเกมเล่นตามบทบาท) และเกิดเหตุการณ์ระหว่างผู้เล่นกับตัวละครอื่น ๆ เกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยมได้แก่ เกมโทคิเมคิเมโมเรียล

6. เกมวางแผนการรบ (Strategy Game) เป็นเกมที่แยกจากประเภทเกมการจำลอง คือ เกมที่เน้นการควบคุมกองทัพซึ่งประกอบไปด้วยหน่วยทหารย่อย ๆ เข้าทำการสู้รบกัน พบมากในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เนื่องจากคีย์บอร์ดและเมาส์นั้นมีความเหมาะสมต่อการควบคุมเกม และมักจะสามารถเล่นร่วมกันได้หลายคนผ่านทางอินเทอร์เน็ตหรือผ่านระบบแลน (LAN) อีกด้วย เนื้อเรื่องในเกมมีได้หลากหลายรูปแบบ แล้วแต่เกมนั้น ๆ จะกำหนด เวทมนตร์คาถา พ่อมด กองทหารยุคกลาง ไปจนถึงสงครามระหว่างดวงดาว รูปแบบการเล่นหลัก ๆ ของเกมประเภทนี้ มักจะเป็นการควบคุมกองทัพ เก็บเกี่ยวทรัพยากร และสร้างกองทัพ เกมวางแผนการรบ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามการเล่น ดังนี้

6.1 ประเภทตอบสนองแบบทันทีทันใด (Real Time Strategy) ผู้เล่นทุกฝ่ายต้องแข่งกับเวลา เนื่องจากไม่มีการหยุดพักระหว่างรบ เกมจะดำเนินเวลาไปตลอด เกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยม ได้แก่ เกมคอมมานด์แอนด์คองเคอร์ เกมสตาร์คราฟต์ และเกมวอร์คราฟต์

6.2 ประเภทีละรอบ (Turn Based Strategy) ประเภทนี้ผู้เล่นมีโอกาสคิดมากกว่าเพราะจะใช้วิธีผลัดกันสั่งการทหารของตัวเองเป็นรอบ ๆ เนื้อเรื่องส่วนใหญ่จะอิงประวัติศาสตร์จริง อาจจบลงได้หลากหลายรูปแบบ

7. เกมกีฬา (Sport Game) เป็นเกมจำลองการเล่นกีฬาแต่ละชนิด โดยส่วนมากเกมกีฬามักจะมีความถูกต้องและเที่ยงตรงในกฎกติกาค่อนข้างมาก เหมาะสำหรับผู้เล่นที่เข้าใจกฎกติกาและการเล่นของกีฬานั้น ๆ โดยส่วนมากจุดขายของเกมกีฬามักเป็นชื่อและหน้าตาของผู้เล่นที่ถูกต้องลักษณะสนามและยานพาหนะ ตัวอย่างเกมกีฬา ได้แก่ เกม FIFA (ฟุตบอล) เกมวินนิ่งอีเลฟเว่น (ฟุตบอล) เกม Madden NFL (อเมริกันฟุตบอล) และ เกม NBA LIVE (บาสเกตบอล)

8. เกมอาเขต (Arcade Game) คือเกมที่ถูกสร้างมาให้กับเครื่องเกมตู้ โดยส่วนมากเกมประเภทนี้มักจะใช้เวลาจบไม่นาน (ไม่เกิน 30 นาที หรือ ไม่เกิน 1 ชั่วโมง) เน้นความเรียบง่ายของตัวเกม มักมีเวลาจำกัดในการเล่นและไม่มีการบันทึกความก้าวหน้าในการเล่น เกมจะบันทึก

เพียงคะแนนสูงสุดเท่านั้น เกมประเภทนี้มักมุ่งเน้นความท้าทายของระดับความยากง่าย ดึงดูดใจให้ผู้เล่นกลับมาเล่นซ้ำและใช้หลักจิตวิทยาในการบอก "คะแนนสูงสุด" ที่ผู้เล่นคนก่อน ๆ เคยทำไว้ให้ผู้เล่นใหม่ ๆ หาทางทำลายสถิติ

8.1 เกมอาเขตแบบที่เน้นการเดินตามทางไปเรื่อย ๆ เพื่อเข้าปะทะกับคู่ต่อสู้ที่อยู่ตามทางในระยะประชิด มุมมองในเกมเป็นลักษณะการมองจากด้านข้างและเยื้องไปข้างบนเล็กน้อย ทำให้ผู้เล่นมองเห็นอาวุธและรายการอื่น ๆ ที่อยู่บนพื้นได้อย่างชัดเจน และผู้เล่นสามารถเดินขึ้นลงได้ 8 ทิศทาง มีทั้งแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ เกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยม ได้แก่ เกม Double Dragon เกม Golden Axe และ เกม Final Fight

8.2 เกมอาเขตที่เน้นการควบคุมตัวละครเพื่อยิงทำลายคู่ต่อสู้จากระยะที่ไกลออกไป มีทั้งแบบมุมมองจากด้านบนและจากด้านข้าง เกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยม ได้แก่ เกม Space เกม Invaders เกม Gradius และ เกม Contra เป็นต้น

8.3 Rail Shooters คือ เกมอาเขตที่มักจะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า "ปืนแสง" ซึ่งเป็นอุปกรณ์ควบคุมเกมที่มีรูปร่างเป็นปืน เกมคล้ายคลึงกับ First Person Shooter แต่ตัวเกมจะบังคับทิศทางได้มากกว่า โดยผู้เล่นจะต้องยิงทำลายเป้าหมายที่ปรากฏบนหน้าจอ โดยใช้ปืนแสงเป็นตัวเล็งและยิง บางเกมเล่นได้ 1 ผู้เล่น บางเกมเล่นได้ 2 ผู้เล่น หรืออาจมากกว่านั้น เกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยมได้แก่ เกม The House of the Dead เกม Time Crisis และ เกม Virtua Cop เป็นต้น

8.4 Touch Arcade คือ เกมอาเขตที่ใช้การสัมผัสหน้าจอในการเล่น ชนิดหน้าจอแบบ LCD หรืออินฟราเรด

9. เกมต่อสู้ (Fighting Game) คือ เกมที่เป็นลักษณะตัวละครสองตัวขึ้นไปต่อสู้กัน ลักษณะเกมประเภทนี้เน้นให้ผู้เล่นใช้จังหวะและความแม่นยำโจมตี จุดสำคัญที่สุดในเกมต่อสู้คือการต่อสู้ต้องแบ่งออกเป็นยก ๆ และจะมีเพียงผู้เล่นเพียงสองฝ่ายเท่านั้นและตัวละครที่ใช้จะต้องมีความสามารถที่ต่างกันออกไป เกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยม ได้แก่ เกมเทคเคน เกมสตรีทไฟท์เตอร์ และเกมเดอะคิงออฟไฟท์เตอร์ส

10. ปาร์ตี้เกม (Party Game) คือเกมที่มีการรวมเกมย่อย ๆ ไว้รวมกัน โดยในแต่ละเกมย่อยจะมีกฎและกติกาที่ต่างกันออกไป โดยผู้เล่นจะต้องเข้าไปเล่นในเกมย่อยนั้น ๆ และหาทางแข่งขันกับผู้เล่นอื่น ๆ ให้ชนะ จุดเด่นของปาร์ตี้เกมคือ การเล่นเป็นหมู่คณะ ซึ่งจะสร้างความบันเทิงได้มากกว่าการเล่นคนเดียว เกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยม ได้แก่ เกม Mario Party

11. เกมดนตรี (Music Game) คือ เกมที่ผู้เล่นต้องใช้เสียงเพลงในการเล่นด่านต่าง ๆ ให้ชนะ ซึ่งผู้เล่นจะต้องกดปุ่มให้ถูกต้อง ตรงจังหวะหรือตรงตำแหน่ง โดยใช้เสียงเพลงเป็นสัญลักษณ์ส่งสัญญาณบอกเวลาที่จะต้องกดปุ่ม แต่ในขณะเดียวกันบางเพลงผู้เล่นจะต้องใช้อุปกรณ์เสริมซึ่งบางชิ้นก็เลียนแบบมาจากของจริง

12. เกมเพื่อการศึกษา (Game for Education) ส่งเสริมด้านการศึกษา เนื้อหาตามบทเรียนนำมาประยุกต์เป็นเกม หรืออาจนำเนื้อหาสาระต่าง ๆ ที่นอกเหนือจากตำราเรียนนำมาประยุกต์ ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดแรงกระตุ้นในการเรียนรู้ ส่งผลต่อผู้เรียนเกิดการพัฒนาหลาย ๆ ด้าน

13. เกมออนไลน์ (Online Game) คือ เกมที่เป็นลักษณะที่มีผู้เล่นรวมกันหลายคนผ่านระบบอินเทอร์เน็ต โดยที่จะมีตัวละครเล่นแทนตัวเรา มีการพูดคุยกันในเกม สร้างสังคมช่วยกันต่อสู้ เก็บประสบการณ์ เกมออนไลน์ ผู้เล่นแต่ละคนจะสวมบทบาทเป็นตัวละคร สร้างสังคมออนไลน์ในเกม สามารถสร้างห้องขึ้นมาเพื่อพูดคุยแลกเปลี่ยน มีการส่งข้อความถึงกันได้ในเกม เกมออนไลน์

ภาพรวมโดยสรุป เกมแอคชันเป็นเกมที่มีลักษณะที่เน้นการเคลื่อนไหวมุมมองของสายตาระหว่างการเล่นของผู้เล่นเกมที่รวดเร็ว เน้นการออกแบบเกมที่มีปฏิกิริยาการตอบสนองที่รวดเร็วในการตอบสนองกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในเกม (Green & Bayelier, 2012) เน้นการเล่นเกมที่ติดตามวัตถุที่เคลื่อนไหวหลากหลายอย่างพร้อมกัน โดยผู้เล่นจะได้ฝึกฝนทักษะการมองวัตถุที่เคลื่อนที่ไปมาอย่างรวดเร็วและฝึกในเรื่องการแบ่งเลือกความสนใจ (Divided and Selective Attention) การเล่นเกมประเภทเกมแอคชันมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มความสามารถของหน้าที่การบริหารจัดการขั้นสูงของสมอง ซึ่งมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการทำงานของสมองส่วนหน้า

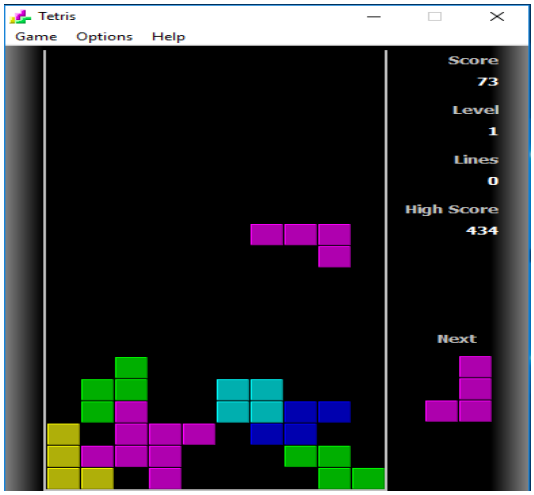
การฝึกเล่นเกมด้วยเกมประเภทเกมแอคชัน สามารถเพิ่มความสามารถของความจำขณะทำงานด้านภาพ (Visual Working Memory) เพราะผู้เล่นได้รับการพัฒนาทักษะการมองวัตถุที่หลากหลายในระยะเวลาสั้น ๆ อย่างรวดเร็ว หลากหลายวัตถุ ส่งผลต่อการเกิดพัฒนาการทางสมองและสายตา ในปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยภาคตัดขวาง (Cross Sectional Study) การศึกษาวิจัยระยะยาว (Longitutionnal) ถึงความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาความจำขณะทำงานด้านภาพและการเล่นแอคชันวิดีโอเกม โดยการใช้ N-Back Tasks ซึ่งเห็นผลความแตกต่างของการเพิ่มขึ้นของความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการเล่นวิดีโอเกมแอคชัน โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยการตอบถูก (Accuracy) และค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการตอบกลับ (Response Time)

Wilms, Petersen, and Vangkilde (2013) ได้สรุปว่า เกมแอคชันเป็นลักษณะของเกมที่ต้องการการโต้ตอบกลับที่รวดเร็วต่อตัวกระตุ้นที่เป็นภาพที่หลากหลายแบบทันทีทันใดในเวลาที่เป็นจริงในปัจจุบันตามสภาพแวดล้อมของเกมที่ออกแบบ ลักษณะการรออกแบบหน้าจอเกมคอมพิวเตอร์มีลักษณะการออกแบบตัวละคร ฉาก สภาพแวดล้อมที่เป็นการเคลื่อนไหวที่เป็นธรรมชาติ มีชีวิตชีวามีการเคลื่อนไหวผ่านฉากต่าง ๆ ไปมาหลากหลายมิติ มุมมอง โดยผู้เล่นเกมจะตัดสินใจเลือกใช้อาวุธในการเล่นเกม ผู้เล่นเป็นผู้ควบคุมการเล่นเกม ตัวอย่างของเกมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ได้แก่ เกม Counterstrike, Call of Duty, Modern Warfare II, Left 4 Dead II, Bad Company II,

Bad Company II, Meda of Honor, Gears of War, Crysis, Halo Reach และ Red Dead Redemption-expert Level เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเล่นเกม ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) และ Consoles ตัวอย่างเช่น Microsoft XBOX/ 360 และเครื่องเล่น Playstation3 ได้แก่ Sony Playstation 3

ตัวอย่างเกมประเภทเกมแอคชัน ได้แก่ เกม First Person Shooter (FPS) Game เป็นเกมที่ได้รับความนิยมจากผู้เล่นเกมมาก ได้แก่ เกม Call of Duty เกมขับรถแข่ง เป็นเกมที่มีความรุนแรงส่งเสริมให้เกิดพฤติกรรมก้าวร้าว หรือเป็นพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงต่อผู้เล่นเกม มีความไม่เหมาะสมกับเด็กในการเล่นเกม (Anderson & Dill, 2000)

เกมที่ไม่ใช่เกมแอคชันเกม (Non-action Video Game) ตัวอย่างเช่น เกม Tetris เป็นเกมที่ฝึกทักษะการหมุนรูปทรงของภาพในใจเพื่อให้สมองประมวลผลภาพ (Mental Rotation Skills) (Boot et al., 2008) และ Oei and Patterson (2013) ได้ศึกษาถึงการเล่นเกม Tetris และเกมการค้นหาวัตถุ (Hidden-Object Game) และเกมฝึกความจำขณะทำงาน (Working Memory Training Game) สามารถเพิ่มทักษะการฝึกการค้นหาวัตถุ (Visual Search) และความจำขณะทำงานด้านภาพ (Visual Working Memory) ได้



ภาพที่ 2-3 ตัวอย่างเกม Tetris ที่ใช้เป็นเกม Non-action Game (Alexey Pajitnov, 1978)

หลังจากการศึกษา วิเคราะห์ ประเภทของเกมต่าง ๆ ที่มีความเหมาะสมกับกลุ่มนักเรียนระดับประถมศึกษา อายุระหว่าง 10-11 ปี ผู้วิจัยได้เลือกเกมคอมพิวเตอร์ ประเภทเกมแอคชันในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เนื่องจากลักษณะของเกมแอคชันเป็นเกมที่เหมาะกับวัยของนักเรียนระดับประถมศึกษาซึ่งเป็นวัยที่ชอบความสนุกสนาน ตื่นเต้นท้าท้าย มีการโต้ตอบระหว่าง

ผู้เล่นเกมกับคอมพิวเตอร์อย่างทันทีทันใด ฝึกการเคลื่อนไหวประสานความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของสมอง สายตา และมือ ที่รวดเร็วตามวัยของนักเรียนระดับประถมศึกษา การเล่นเกมส่งเสริมให้นักเรียนระดับประถมศึกษามีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพและเป็นสิ่งเร้า ตัวกระตุ้นที่เสริมสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ฝึกทักษะการจดจำจากการมองเห็น สมองเรียนรู้และพัฒนาได้ดีเพื่อพัฒนาทักษะความจำขณะทำงานด้านภาพ (Visual Working Memory) ต่อนักเรียนในวัยนี้ได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นวัยที่นักเรียนชอบเรียนรู้สิ่งใหม่จากเกมคอมพิวเตอร์ โดยการเพิ่มเนื้อหาที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนคณิตศาสตร์เกี่ยวกับพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับเรขาคณิต

2.2 การเล่นวิดีโอเกมกับการส่งเสริมความสามารถทางปัญญาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่า ผู้ที่เล่นวิดีโอเกม สมองจะมีความสามารถในการพัฒนาความสามารถทางปัญญาที่หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถทางด้านความใส่ใจในการมองเห็นวัตถุต่าง ๆ ดีกว่าผู้ที่ไม่ได้เล่นวิดีโอเกม ทำให้มีสมาธิจดจ่อได้ดีกว่าผู้ที่ไม่ได้เล่นวิดีโอเกม (Durlach, Kring, & Bowens, 2009; Green & Bavelier, 2006) ในมุมมองของการควบคุมทางปัญญา (Colzato, van, Glass, Maddox, & Love, 2013; Strobach, Frensch, & Shubert, 2012) พัฒนาความจำระยะสั้นจากการมองเห็น (Blacker & Curby, 2013; McDermott, Bavelier, & Green, 2014; Wilms, Peterson, & Vangkilde, 2013) และความสามารถทางด้านการประมวลผลที่รวดเร็วของสมอง (Dye, Green, & Bavelier, 2009)

การเปรียบเทียบความสามารถทางด้านปัญญาในเกมบุคคลยิงปืน (First-Person Shooter (FPS) และเกมประเภทการวางแผนกลยุทธ์ออนไลน์ Real-Time Strategy (RTS) Players ในขณะที่เล่นเกมผ่านสภาพแวดล้อมสามมิติ ผู้เล่นต้องเล่นโดยใช้สมองประมวลผลอย่างรวดเร็วเพื่อปรับการประมวลผลของสมองให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงในด่านอาวุธยานพาหนะต่าง ๆ และพบกับศัตรูแต่ละเหล่าตัวละครอุปสรรคที่มีลักษณะแตกต่างกันในแต่ละด้าน เป็นการฝึกการวางกลยุทธ์ให้เหมาะสมกับเกมในแต่ละด่าน

เกมลักษณะประเภทการวางแผนกลยุทธ์แบบทันทีทันใด มีลักษณะการเล่นเกมจากบนลงล่างของฉากการเล่นเกม (Allocentric) ที่หลากหลาย มุมมองผู้เล่นที่จัดการโฮสต์ อาคาร สถานที่อยู่ภายในสภาพแวดล้อมที่สามารถขยายอาณาเขตได้ เกมประเภทนี้มักจะประกอบด้วยงาน 3 งาน โดยจะต้องได้รับการจัดการพร้อมกัน ในการรวบรวมทรัพยากรในเกม โดยการกำหนดสถานที่ อาคาร ใช้ทรัพยากรสร้างโครงสร้างของสิ่งปลูกสร้างในเกมแตกต่างกัน กำหนดค่าใช้จ่ายในการสร้างและความสามารถของผู้เล่นเกม ผู้กำกับการต่อสู้ และหน่วยในการต่อสู้กับศัตรู

ผู้ที่มีประสบการณ์ในการเล่นวิดีโอเกมจะมีความคล่องตัวในการเคลื่อนไหวร่างกายได้เร็วกว่าผู้ที่ไม่ได้เล่นวิดีโอเกมและไม่ได้เล่นเกมแอคชัน ในด้านกระบวนการทางด้านปัญญาที่หลากหลาย เช่น ความสามารถในการรับรู้การมองเห็นภาพที่ดีโดยวัดจาก Task ที่หลากหลายและมีความเป็นมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับ (Green & Bavelier, 2003; Li, Polat, Makous, & Bavelier, 2009; Li, Polat, Scalzo, & Bavelier, 2010)

เกมแอคชันมีลักษณะเด่นที่สำคัญคือ เป็นเกมลักษณะที่ต้องใช้ความสามารถของผู้เล่นในการมองภาพเคลื่อนไหวจากหลายมิติของเกม สมองจะทำหน้าที่ในการตัดสินใจโต้ตอบกับสิ่งกระตุ้นที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์จำลองต่าง ๆ ในเกมอย่างรวดเร็วต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุที่หลากหลายในด่านต่าง ๆ ของเกม ที่มีการเคลื่อนที่ไปยังมุมต่าง ๆ ของจอภาพในเกมคอมพิวเตอร์ ได้แก่ บริเวณตรงกลาง ด้านข้าง ด้านบน ด้านล่าง จอภาพในเกมคอมพิวเตอร์ ซึ่งผู้เล่นเกมต้องใช้ความสามารถทางปัญญาในเรื่อง การรับรู้และตีความภาพ (Peripheral Vision) การแบ่งความใส่ใจภาพและการเลือกความใส่ใจของภาพ Divided and Selective Attention (Green & Bavelier, 2012) นอกจากนี้ผลการวิจัยปรากฏว่า วิดีโอเกมแอคชันเพิ่มความสามารถทางด้านการรับรู้และความใส่ใจต่อวัตถุต่าง ๆ การเล่นวิดีโอเกมแอคชันมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของกระบวนการทำงานด้านการบริหารจัดการของสมอง

Blacker et al. (2014) ได้วิจัยเรื่อง ผลของการเล่นวิดีโอเกมต่อความใส่ใจ ความจำและการควบคุมหน้าที่การบริหารจัดการของสมอง การวางแผนและตัดสินใจของสมองมนุษย์ พบว่าผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในการเล่นวิดีโอเกมจะมีความสามารถทางปัญญา ด้านความใส่ใจ ดีกว่าผู้ที่ไม่ได้เล่นวิดีโอเกม งานวิจัยในปัจจุบันที่หลากหลายได้สรุปถึงความสัมพันธ์ระหว่างการเล่นวิดีโอเกมกับการเพิ่มขึ้นของความสามารถทางด้านการมองเห็นและทักษะความใส่ใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง (Green & Bavelier, 2003) วีดีโอเกมแอคชันสามารถเพิ่มความสามารถในการเลือกความใส่ใจภาพ (Visual Selective Attention) งานวิจัยในปัจจุบันได้มุ่งเน้นการวิจัยเกี่ยวกับผลของการเล่นวิดีโอเกมต่อความสามารถทางปัญญา ได้แก่ ความใส่ใจ ความจำ และการควบคุมหน้าที่การบริหารจัดการของสมอง การวางแผนและตัดสินใจของมนุษย์ และการจำภาพจากความจำระยะสั้น (Visual Short-Term Memory) มากกว่าผู้ที่ไม่ได้เป็นนักเล่นเกมประเภทเกมแอคชัน เกมปริศนา (Puzzle Game) หรือเกมการวางแผนแบบทันทีทันใด (Real Time Strategies Game) 20 ชั่วโมงขึ้นไป จากการวิจัยพบความแตกต่างในเรื่อง พื้นฐานทางด้านทักษะความสามารถทางปัญญา (Cognitive Skills) ความสามารถทางด้านการเคลื่อนไหว จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งที่รวดเร็ว และความสามารถในการหมุนของวัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Oei and Patterson (2014) ได้วิจัยเรื่อง การเล่นเกมปริศนาวิดีโอเกมกับการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของความสามารถในการบริหารจัดการของสมอง ผลการวิจัยปรากฏว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง

การเล่นเกม ประเภทวีดีโอเกมแอคชัน การเพิ่มความใส่ใจและทักษะการรับรู้ทางการมองเห็น นอกจากนี้ เกมแอคชันยังช่วยส่งเสริมสมองส่วนที่เกี่ยวข้องกับหน้าที่บริหารจัดการของสมอง (Executive Function) ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น จากการศึกษาเกมประเภทเกมแอคชันและเกมอื่น ๆ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมอง ส่วนที่ทำหน้าที่สั่งการ (Executive Function)

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 55 คน เป็นผู้ที่มีประสบการณ์จากการเล่นวิดีโอเกม หลากหลายประเภท ได้แก่ เกมประเภทเกมแอคชัน ตัวอย่างเช่น เกมการต่อสู้ที่ทันสมัย (Modern Combat) เกมประเภท เกมปริศนาที่ใช้ความรู้ด้านฟิสิกข์เป็นฐาน (A Physics-Based Puzzle Game) เช่น เกม (Cut the Rope) เกมประเภทการต่อสู้ในช่วงเวลาที่สั้นมากที่เกิดขึ้นขณะระบบคอมพิวเตอร์กำลังรับและจัดการข้อมูล (A Real Time Strategies Game) ได้แก่ เกม Starfront Collision และเกมประเภท A fast Paced Arcade Game ได้แก่เกม Fruit Ninja เป็นเวลา 20 ชั่วโมง โดยใช้แบบทดสอบก่อนและหลังทดสอบจำนวน 3 แบบทดสอบ ได้แก่ แบบทดสอบแบบ Random Task Switching แบบทดสอบแบบ A Flanker Task และแบบทดสอบแบบ A Response Inhibition Task (Go/ No-Go) พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่เล่นเกมประเภท Physics-Based Puzzle Game มีการปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของหน้าที่บริหารจัดการของสมอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังทำแบบทดสอบทั้ง 3 แบบ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การเล่นเกมปริศนาที่มีความซับซ้อนและการฝึกการใช้กลยุทธ์การวางแผนจะช่วยเพิ่มความสามารถในการบริหารจัดการของสมอง

Toril, Reales and Ballesteros (2014) ได้สังเคราะห์งานวิจัย (Meta-analysis) ที่เกี่ยวข้องกับการฝึกเพิ่มกระบวนการรู้คิดทางปัญญาในวัยผู้ใหญ่ตอนปลาย ด้วยวิดีโอเกม ผลการวิเคราะห์งานวิจัยที่ตีพิมพ์ระหว่างปี ค.ศ.1986-2013 ชี้ให้เห็นไปในทิศทางเดียวกันว่าการฝึกสมองด้วยวิดีโอเกมส่งผลด้านบวกต่อการรู้คิดทางปัญญาหลายด้าน (Serveral Cognitive Function) ได้แก่ ความใส่ใจ (Attention) ความจำ (Memory) รวมทั้งเวลาปฏิกิริยา (Reaction Time) ลดลง และการประมวลผลการทำงานของสมองทำงานเร็วขึ้นหลังการทดลอง

Dobrowolski et al. (2015) ได้วิจัยเกี่ยวกับการฝึกเล่นเกมด้วยวิดีโอเกม ผลการวิจัยปรากฏว่า ทำให้เพิ่มความสามารถทางปัญญา ได้แก่ ความสามารถด้านความใส่ใจในการมองเห็น การควบคุมทางปัญญา ความสามารถในการจำระยะสั้นจากการมองเห็น ความเร็วในการประมวลผลของสมองมนุษย์ ความสามารถทางปัญญาจะเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับประเภทของเกมที่ฝึกหัด ได้แก่ เกมประเภทมุมมองที่ 1 การใช้ปืนยิงคู่ต่อสู้ (First-Person Shooter) และเกมประเภทการฝึกการใช้กลยุทธ์ในการวางแผนออนไลน์ (Real-Time Strategy) โดยวัดจากเครื่องมือวัดที่เป็นมาตรฐาน Task Switching และมัลติเพิล ออบเจค แทรกกิง

(Multiple Object Tracking) ผลการทดลองจากงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นชัดเจนว่า การเล่นเกมประเภทเกมแอคชันส่งผลต่อการเพิ่มความสามารถทางปัญญาด้านความใส่ใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Nussbaumer, Grabner, and Stern (2015) ได้วิจัยเรื่อง ผลกระทบของ Task Demand ที่มีต่อประสิทธิภาพการทำงานของสมองใน Working Memory Tasks ผลการวิจัยปรากฏว่า เชาว์ปัญญาเชิงลื่นไหลในบริบทของความจำขณะทำงาน (Working Memory) เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในเรื่องประสิทธิภาพการทำงานของสมอง (Neural Efficiency) สมองใช้เวลาในการประมวลผลลดลง ในบริเวณตำแหน่งสมองส่วนหน้า (Frontal Brain Regions) จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 54 คน ทั้งเพศหญิงและเพศชาย เป็นนักเรียน อายุระหว่าง 20-25 ปี อายุเฉลี่ย 23 ปี โดยใช้เวลาในการฝึก (Train) 5 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 3 วัน วันละ 1 ชั่วโมง 30 นาที

สรุปทิศทางงานวิจัยเกมคอมพิวเตอร์กับการส่งเสริมความสามารถทางปัญญา การเล่นเกมกับการเพิ่มขึ้นของความสามารถการรู้คิดทางปัญญา ได้แก่ ความจำ ความสามารถด้านการมองเห็น ความใส่ใจ หน้าที่การบริหารจัดการของสมอง การตัดสินใจ มีความสัมพันธ์กันมากกว่าผู้ที่ไม่ได้เล่นเกมคอมพิวเตอร์ ซึ่งส่งผลต่อการทำงานของสมองมีประสิทธิภาพการทำงานมากขึ้น และงานวิจัยระหว่างปี ค.ศ.1986 ถึงปัจจุบันชี้ให้เห็นไปในทิศทางเดียวกันว่า การฝึกสมองด้วยเกมคอมพิวเตอร์ส่งผลด้านบวกต่อการรู้คิดทางปัญญาหลายด้าน ได้แก่ ความใส่ใจ ความจำ ความเร็วในการประมวลผลของสมอง ความสามารถทางการมองเห็น เชาว์ปัญญาเชิงลื่นไหลของสมองในเกมประเภทเกมแอคชันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.3 เกมคอมพิวเตอร์กับเด็กและเกมแอคชัน

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเล่นเกมได้รายงานผลวิจัยว่า การเล่นเกมคอมพิวเตอร์ช่วยส่งเสริมผู้เล่นเกมในเรื่องทักษะด้านความสามารถในการส่งผ่านการทำงานของสมองได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Transferable Skills) ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตและเพิ่มความสามารถทางด้านการมีเหตุผล (Bottino, Ferlino, Ott, & Tavella, 2007) และทักษะทางด้านดิจิตอล (Digital) (Beavis & O'Mara, 2010; Owston, Wideman, & Brown, 2009)

ในปัจจุบันพบปัญหาการเล่นเกมในเด็กหลายล้านคนได้รับการจูงใจให้เล่นเกมคอมพิวเตอร์บ่อยมากขึ้น ส่งผลให้พ่อแม่ ผู้ปกครองเกิดความวิตกกังวลและความกลัวต่อพัฒนาการทางด้านสังคมและความสามารถทางด้านการพัฒนาการรู้คิดทางปัญญา (Cognitive Development) ผู้ปกครองบางคนตั้งใจหลีกเลี่ยงที่ไม่ให้บุตรใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่บ้าน ในขณะที่ผู้ปกครองหลายคนจำกัดเวลาในการเล่นเกมของบุตร การเข้าถึงการเล่นเกมสำหรับเด็กเพื่อลดความวิตกกังวลและความกลัวของบุตรในการใช้คอมพิวเตอร์เล่นเกมมากกว่าเพื่อการศึกษา

Statistics Canada (2010) รายงานการเพิ่มขึ้นของจำนวนชั่วโมงการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ในชีวิตประจำวันของบุตรชาวแคนาดาใช้เวลาการเล่นวิดีโอเกมจาก 1 ชั่วโมง 48 นาที ปี ค.ศ. 1998

เป็น 2 ชั่วโมง 20 นาทีในปี ค.ศ. 2010 ในประเทศสหรัฐอเมริกาเด็กอายุ 8 ถึง 10 ปี จากรายงานทางสังคม (Martinovic, Freiman, & Karadag, 2011) ได้นำเสนอแง่มุมหนึ่งของการทบทวนวรรณกรรมของเกมคอมพิวเตอร์จากกลุ่มพฤติกรรมภูมิปัญญาคอนสตรัคติ กลุ่มการศึกษา และมุมมองด้านระบบประสาท (Yusoff, Crowder, Gilbert, & Wills, 2009) ได้ระบุลักษณะของเกมเหล่านี้มีส่วนในการสนับสนุนการเรียนรู้และส่งเสริมการมีส่วนร่วม ในการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น การเรียงลำดับของการทำกิจกรรมก่อนหลัง การตอบกลับ การได้รางวัลและการควบคุมตัวเอง

นอกจากนี้การเล่นคอมพิวเตอร์และวิดีโอเกม ส่งผลกระทบต่อความสามารถของผู้เล่นที่จะควบคุมตัวเอง ฝึกการตัดสินใจที่เหมาะสมและการแก้ปัญหา (Bogost, 2007) ในขณะเดียวกันการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ สามารถทำให้ผู้เล่นติดเกมได้และอาจเกินความจุของความจำขณะทำงานในเด็ก ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเรียนของเด็กลดลง (Chan & Rabinowitz, 2006) เด็กในวัยนี้ในปัจจุบันจะมีช่วงความใส่ใจระยะสั้น และหากต้องการรู้คำตอบสิ่งใดจะมีความต้องการคำตอบทันที มีความอดทนในการรอคอยค่อนข้างน้อย (Pedro, 2006) ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากการที่เล่นวิดีโอแกมแพร่หลาย เนื่องจากคุณสมบัติหลักของวิดีโอเกมเป็นการเล่นโต้ตอบระหว่างคอมพิวเตอร์และมนุษย์อย่างรวดเร็วและมีการตอบรับทันที (Castel, Pratt, & Drummond, 2005; Gentile, 2011)

การเล่นเกมโดยการใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐาน จะช่วยเพิ่มความสามารถในการทำงานประสานกันระหว่างมือและตา ส่งเสริมความสามารถในการมองภาพรวมได้อย่างรวดเร็ว ความสามารถในการแยกเสียงและทักษะทางด้านการมองภาพมิติสัมพันธ์ (DeLisi & Wolford, 2002) นอกจากนี้ปรากฏว่า การประมวลผลข้อมูลภาพจะเกิดการเชื่อมโยงอย่างมีนัยสำคัญเพิ่มมากขึ้น จากแบบทดสอบทางจิตวิทยาหลายงานวิจัย (Subrahmanyam et al., 2000) จากการศึกษาเปรียบเทียบเด็กที่เล่นเกมคอมพิวเตอร์อายุระหว่าง 10-11 ปี ที่เล่นเกมคอมพิวเตอร์ประเภทที่แตกต่างกัน กลุ่มแรกเล่นเกมที่มีเนื้อหาที่เกี่ยวกับการมองภาพ และอีกกลุ่มหนึ่งเล่นเกมที่เน้นเนื้อหาเป็นตัวหนังสือ จากผลการวิจัยปรากฏกว่า กลุ่มที่เล่นเกมกลุ่มแรกที่เน้นการมองภาพจะมีความสามารถทางด้านประสิทธิภาพทางด้านมิติสัมพันธ์เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่กลุ่มที่สองที่เน้นการมองตัวอักษรพบว่าความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์ไม่เพิ่มขึ้น

นักเรียนที่ได้รับคำสั่งให้เขียนโปรแกรมที่ได้รับงานมอบหมายให้ทำงานตามคำสั่งในทุก ๆ วัน จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น หลังการทดลองซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในเรื่องการฝึกทักษะการแก้ปัญหา โดยได้แบ่งประเภทของการแก้ปัญหา เป็น 3 ประเภท ได้แก่ การวิเคราะห์และออกแบบระบบ การตัดสินใจ การแก้ไขปัญหา การแบ่งประเภทของปัญหานี้ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางที่หลากหลาย การวิเคราะห์และออกแบบ จะทำให้เกิดความเข้าใจในการเชื่อมโยงระหว่างส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบและความสามารถในการสร้างระบบที่มีความซับซ้อน ในชีวิตประจำวันจะพบสถานการณ์ที่จะกระตุ้นให้เราได้ฝึกการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ตัวอย่างเช่น เมื่อผู้คนไป

เที่ยวต่างประเทศหรือเมืองที่ยังไม่เคยไปมาก่อน ตัวอย่างของการวิเคราะห์ระบบอย่างง่ายและการออกแบบ Task เพื่อให้เข้าใจระบบการขนส่งที่ดีที่สุด ปลอดภัยที่สุดและเป็นเส้นทางในการเดินทางไปถึงที่หมายด้วยราคาถูกที่สุด หรือการเรียนรู้ภาษาใหม่ การวิเคราะห์เป้าหมายของภาษาโดยการจัดกลุ่มการศึกษาให้เป็นระบบ เช่น หลักของไวยากรณ์ เพื่อนำไปสู่การสร้างประโยคใหม่ในการออกแบบ เพราะประโยคสามารถที่จะถูกสร้างขึ้นมาได้หลายวิธีการ

ผู้คนที่มีทักษะในการการวิเคราะห์และออกแบบระบบ เป็นการฝึกฝนทักษะในทางวิทยาศาสตร์ที่ดี ตัวอย่าง ในเรื่องที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมหรือปัญหาทางด้านการแพทย์ นักวิทยาศาสตร์ได้วิเคราะห์ข้อมูลและสังเกตพฤติกรรม เพื่อทำความเข้าในเรื่องของระบบซึ่งทำให้เข้าใจที่ไปที่มาของปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหา ดังนั้นการออกแบบที่ดีจึงเป็นเรื่องที่สำคัญและมีความจำเป็น ตัวอย่างเช่น Steve Jobs ต่อสู้กับโรคมะเร็งในตับอ่อน ทีมนักวิทยาศาสตร์ได้ออกแบบและพัฒนายาขึ้นมาเป็นพิเศษโดยมีเป้าหมายเพื่อการชลอการเติบโตของเซลล์มะเร็งในร่างกายด้วยวิธีการวิเคราะห์โครงสร้าง DNA ของคนไข้

ในสภาวการณ์ที่มีความเสี่ยงสูงในการรักษาโรคดังกล่าวให้หายได้การตัดสินใจแก้ปัญหาที่มีความเสี่ยงสูงเป็นงานที่มีความซับซ้อน เกิดความใส่ใจเกี่ยวกับความสำคัญของการประมวลข้อผลข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่มีประสิทธิภาพ และการคาดการณ์ผลกระทบต่ออนาคตของการตัดสินใจซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญต่อการพัฒนาเด็กต่อไปยิ่งขึ้น

ความต้องการในการแก้ไขปัญหา ต้องระบุและกำหนดองค์ประกอบที่ปฏิบัติไม่ได้ของระบบการทำงานให้ชัดเจน การแก้ไขปัญหาต้องใช้ความเข้าใจระบบ การแก้ไขปัญหามุ่งเน้นที่การระบุองค์ประกอบ เช่น เมื่อรถทำงานไม่ปกติ ผู้คนจะหาวิธีการแก้ปัญหาโดยเริ่มต้นกระบวนการของการแก้ไขปัญหา ตั้งแต่ระบุแหล่งที่มาของปัญหา เช่น เริ่มตรวจสอบแบตเตอรี ตรวจสอบระดับก๊าซ ฯลฯ ต้องมีการตรวจสอบความผิดปกติของรถ ความสำเร็จในการประกอบอาชีพในอนาคตเกิดจากความสามารถในการแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น ทักษะที่สำคัญในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้องมีความสามารถในการแก้จุดบกพร่องหรือหาข้อผิดพลาดจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้และทำการแก้ไขให้โปรแกรมสามารถทำงานได้ตามปกติ ดังนั้นการเขียนโปรแกรมในอนาคต ควรให้ความสำคัญกับการทำความเข้าใจและทักษะในกระบวนการของการแก้ไขปัญหา

ทักษะการแก้ปัญหาจากกระบวนการแก้ปัญหา ได้แก่ การวิเคราะห์และออกแบบระบบการตัดสินใจ การแก้ปัญหา ทั้ง 3 องค์ประกอบอาจมีความซับซ้อนในบางกรณี หากเด็กนักเรียนได้ฝึกปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอและเป็นระบบ จะช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ดีขึ้น ส่งผลให้เกิดข้อดีต่อการทำความเข้าใจระบบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวนักเรียนในชีวิตประจำวัน การฝึกการออกแบบระบบใหม่ ส่งผลดีต่อการฝึกทักษะการแก้ไขปัญหาและฝึกการตัดสินใจ

ที่มีประสิทธิภาพโดยอาศัยข้อมูลเป็นฐานในการตัดสินใจ จะเป็นการฝึกทักษะสำคัญพื้นฐานสำหรับนักเรียนเพื่อประสบความสำเร็จในอาชีพและด้านอื่น ๆ ในชีวิตในอนาคตของนักเรียนต่อไป

นักวิจัยในสาขาที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีทางการศึกษา ได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีโดยเฉพาะอย่างยิ่ง โปรแกรมภาษา LOGO เป็นโปรแกรมที่ฝึกทักษะการคิดในเด็ก โปรแกรมนี้ได้รับความนิยมในเรื่อง การเรียนรู้ภาษาในการเขียนโปรแกรม เป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพดีในการเรียนรู้ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน ภาษา LOGO เป็นภาษายุคแรก ๆ

Akcaoglu and Koehler (2014) ได้วิจัยเกี่ยวกับ การออกแบบเกมและการเรียนรู้ Game Design Learning (GDL) ได้ริเริ่มเน้นการมีส่วนร่วมกับนักเรียนในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา การใช้เกม เพื่อการเรียนการสอนเกมในโรงเรียนหลายโรงเรียนหลังโรงเรียนเลิก เป้าหมายของการริเริ่มในเรื่องการออกแบบเกมและการเรียนรู้ คือการออกแบบและการมุ่งความสนใจในเรื่องของทักษะการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลเชิงวิเคราะห์ การวิจัยได้ตรวจสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมการออกแบบและการเรียนรู้หลังโรงเรียนเลิก โดยการออกแบบการวิจัยเป็นแบบการวิจัยกึ่งทดลอง นักเรียนได้ลงทะเบียนการออกแบบเกมและการเรียนรู้ Game Design Learning (GDL) และได้รับการแนะนำในกระบวนการออกแบบเกมโดยมีจุดมุ่งหมายในการแก้ปัญหา ศึกษาเปรียบเทียบกับนักเรียนในกลุ่มควบคุมผู้ซึ่งไม่ได้สนใจโปรแกรม (n = 24) กับนักเรียนที่ได้ให้ความสนใจในการออกแบบเกมและการเรียนรู้ Game Design Learning (GDL) (n =20) จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของทักษะการแก้ปัญหาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยของกลุ่ม GDL Program แสดงให้เห็นถึงข้อมูลเชิงประจักษ์สนับสนุนสมมติฐานการวิจัยในกลุ่มผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยใน GDL Program ทักษะการแก้ปัญหาในเด็กมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับ ผลกระทบของการเขียนโปรแกรมในประเด็นของทักษะการคิดยังคงถกเถียงกันถึง ผลการวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบการเรียนรู้จะนำไปสู่การพัฒนาของทักษะการคิดซึ่งนักวิจัยหลายคนได้สนับสนุนแนวคิดนี้ เพื่อสำรวจเกี่ยวกับกิจกรรมการออกแบบเกมที่มีประสิทธิภาพในการสอนเรื่องทักษะการคิดคำนวณ การรวบรวมข้อมูลจากหลายแหล่งข้อมูลจากแหล่งตอบข้อมูลสั้น ๆ จากแบบสอบถาม จากการจดบันทึกและจากบทความวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบเกม สำหรับกลุ่มนักเรียนหรือการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบกึ่งโครงสร้าง

Maillot et al. (2012) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง การออกแบบกิจกรรมเกมและทักษะการคิดของนักเรียนที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ภาษาอังกฤษ และคณิตศาสตร์ (STEM Knowledge) นอกจากนี้ยังได้มีผู้วิจัยเรื่อง ผลของการฝึกวิดีโอเกมแบบโต้ตอบทันทีทันใดทางด้านร่างกาย ที่สงผลต่อกระบวนการรู้คิดทางปัญญาในวัยผู้ใหญ่ตอนปลาย ผลการวิจัยปรากฏว่า หลังการทดลองให้ผู้ใหญ่ตอนปลายได้ฝึกเล่นเกม Non-action Game (Brain Age 2)

ความเร็วในการประมวลผลเพิ่มขึ้น (Speed Processing) เวลาปฏิกิริยา (Reaction Time) ลดลงมากกว่าก่อนการทดลอง

นอกจากนี้ ยังได้มีผู้วิจัยเรื่อง ผลของการฝึกวิดีโอเกมแบบโต้ตอบทันทีทันใด ทางด้านร่างกายที่สงผลต่อกระบวนการรู้คิดทางปัญญาในวัยผู้ใหญ่ตอนปลาย ผลการวิจัยปรากฏว่า หลังการทดลองให้ผู้ใหญ่ตอนปลายได้ฝึกเล่นเกม Non-action Game (Brain Age 2) ความเร็วในการประมวลผลเพิ่มขึ้น (Speed Processing) เวลาปฏิกิริยา (Reaction Time) ลดลงมากกว่าก่อนการทดลอง (Maillot, Perrot, & Hartley, 2012)

จากการศึกษาของนักเรียนปัจจุบันในงานวิจัยที่ผ่านมา เพื่อศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ โดยใช้การเรียนในลักษณะการออกแบบเกมเพื่อสอนทักษะการแก้ปัญหา และผลกระทบทางบวกต่อการออกแบบเกมในกลุ่มเด็กที่เขียนโปรแกรมเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ หรือทักษะการคิดคำนวณ งานการออกแบบเกมได้รับการสนับสนุนในเรื่องของการส่งผลทางบวกต่อแรงจูงใจเด็กนักเรียนในการแก้ปัญหา (Sung & Hwang, 2013)

การเล่นเกมซุปเปอร์มาริโอ (Super Mario) ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสมองมีความยืดหยุ่นในส่วนสมองสีเทา (Gray Matter) ทำให้โครงสร้างของสมองเกิดการเปลี่ยนแปลง (Neural Changes) เป็นผลมาจากการฝึกสมองด้วยวิดีโอเกม (Video Game Training Intervention) ที่มีลักษณะเป็นเกม 3 มิติ (Tree-Dimensional Platform Games) ตัวอย่างเช่น เกม Super Mario 64 เป็นระยะเวลา 2 เดือนใช้เวลา 30 นาทีต่อวัน ผลการวิจัยปรากฏว่า การฝึกสมองด้วยวิดีโอเกมช่วยส่งเสริมการพัฒนาหน้าที่การรู้คิดทางปัญญา (Cognitive Function) รวมทั้งความจำขณะทำงาน (Working Memory) การใส่ใจ (Attention) การวางแผนในอนาคต (Future) เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสมองมีความยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น (Structural Plasticity) สมองทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นบริเวณพื้นที่ของสมองส่วนหน้า (Prefrontal Cortex) และ Right Dorsolateral Prefrontal Cortex (DLPFC) เป็นบริเวณพื้นที่ของสมองส่วนที่มีความสำคัญ หลักในการเชื่อมโยง (Integration) ข้อมูลที่ถูกนำเข้าทางประสาทสัมผัส (Sensory Information) มายังสมองที่เกี่ยวข้องกับการแสดงออกทางพฤติกรรมของมนุษย์ (Behavioral Intentions) จากที่ได้รับการกระทบทางการรับรู้จากประสาทสัมผัสต่าง ๆ จากกฎกติกา (Rules) การทำงานของสมองส่วนที่เกี่ยวกับการส่งเสริมแรงจูงใจ การให้รางวัล (Reward) การเล่นเกมผ่านด่านต่าง ๆ แล้วได้รับรางวัลจากในรูปแบบต่าง ๆ (Kuhn, Gleich, Lorenz, Lindenberge, & Gallinat, 2014)

การวิจัยเรื่อง หน้าที่การทำงานของความยืดหยุ่นของความใส่ใจ (Plasticity of Attentional Functions) ของกลุ่มตัวอย่างวัยผู้สูงอายุตอนปลาย จากการฝึกสมองด้วยการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ Non-action Game: กรณีศึกษาการทดลองแบบสุ่ม (Randomized Controlled Trial) เป้าหมายหลักของการวิจัย เพื่อศึกษาความยืดหยุ่นการรู้คิดทางปัญญา (Cognitive Plasticity) ในวัยผู้ใหญ่

ตอนปลาย มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อศึกษาผลของการฝึกสมองของวัยผู้ใหญ่ตอนปลายด้วยวิดีโอเกม จาก A Cross-Modal Oddball Task ที่ได้รับการออกแบบมา เพื่อเป็นตัวกระตุ้นการรบกวน และกระตุ้นการตื่นตัว จากกลุ่มตัวอย่างวัยผู้ใหญ่ตอนปลายที่มีสุขภาพดี จำนวนรวม 27 คน (กลุ่มทดลอง 15 คน กลุ่มควบคุม 12 คน) กลุ่มทดลองใช้เวลาในการฝึกสมองด้วยวิดีโอเกมจำนวน 20 ชั่วโมง จากโปรแกรมสำเร็จรูปฝึกทักษะการแก้ปัญหา การคิดเลขในใจ ความจำขณะทำงาน และ Attention Task จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางการค้าในการฝึกสมอง (Lumosity) ส่วนกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกสมองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางการค้าในการฝึกสมอง (Lumosity) แต่ทำกิจกรรมนัดพบกัน (Meeting) ผลการวิจัยปรากฏว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มทดลองในวัยผู้ใหญ่ตอนปลาย มีความใส่ใจตัวรบกวนน้อยลง จากการเล่นวิดีโอเกม มีความตื่นตัว กระฉับกระเฉง มีความกระตือรือร้นในชีวิตประจำวันมากขึ้นจากการเล่นวิดิโอเกม ในขณะที่กลุ่มควบคุมไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ผู้วิจัยได้มีข้อเสนอแนะว่า การพัฒนาการเกิดขึ้นของ Neurocognitive Plasticity ของสมองในวัยผู้ใหญ่ตอนปลาย ทำได้โดยการเพิ่มประสิทธิภาพการรู้คิดทางปัญญาของสมองส่วนที่ทำหน้าที่ในการควบคุมความใส่ใจ (Cognitive Performance on Attentional Functions) (Mayas, Parmentier, Andrés, & Ballesteros, 2014)

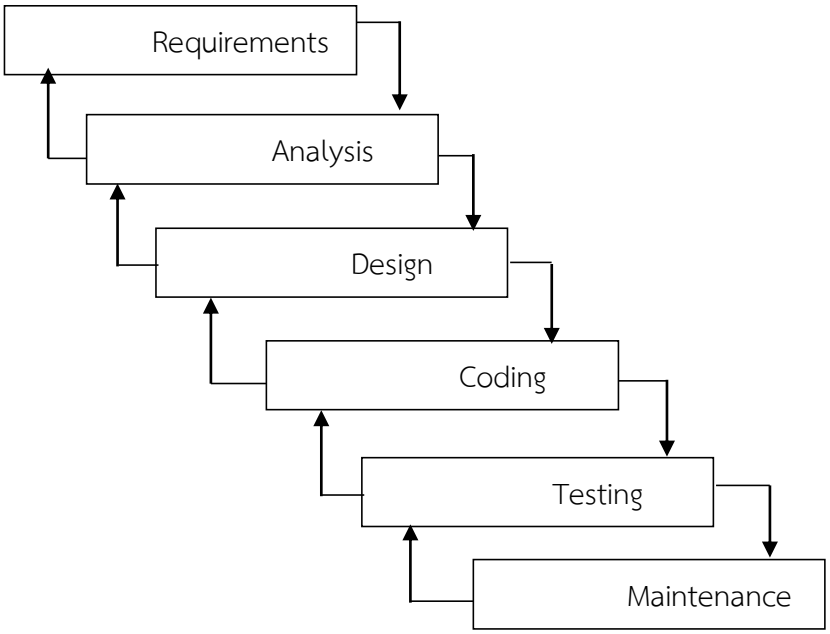
ในปัจจุบันการออกแบบเกม เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง ได้รับความสนใจจากนักวิจัยหลายคนมากขึ้น ข้อมูลเชิงประจักษ์สนับสนุนประโยชน์ทางด้านการรู้คิดทางปัญญา กระบวนการแก้ปัญหามีความสำคัญต่อการการกระตุ้นทักษะการรู้คิดทางปัญญาของมนุษย์ จากมุมมองทางด้านการรู้คิด การพัฒนาทักษะด้านการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่เน้นในเรื่องของการวางแผนการดำเนินการต่าง ๆ ในการทำงาน และการประเมินผล การวางแผนเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา การดำเนินการนำแผนไปสู่การปฏิบัติ การประเมินผลเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการตรวจสอบการดำเนินการของแผนงานที่จะช่วยให้การวางแผนบรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้

สรุปทิศทางการวิจัยเกมคอมพิวเตอร์กับเด็ก เกมเป็นสิ่งกระตุ้นส่งเสริมทักษะทางด้านดิจิตอล การตอบสนองรวดเร็วมากขึ้น ฝึกทักษะการมีเหตุผล หากเล่นเกมในระยะเวลาที่เหมาะสมตามช่วงอายุ เป็นการฝึกการตัดสินใจ การแก้ปัญหา เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานระหว่างประสานระหว่างมือและตา เพิ่มความสามารถในการประมวลผลภาพรวมของสมอง การให้เหตุผลเชิงวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการออกแบบเกม เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมสำหรับเด็กช่วยส่งผลต่อทัศนคติแรงจูงใจด้านบวกต่อการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษาอังกฤษ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสมอง สมองมีความยืดหยุ่นมากขึ้น พื้นที่สมองส่วนสีเทา (Gray Matter) มีพื้นที่เพิ่มมากขึ้นบริเวณสมองส่วนหน้า (Prefrontal Cortex) และ Right Persolateral Prefrontal Cortex

2.4 การออกแบบสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

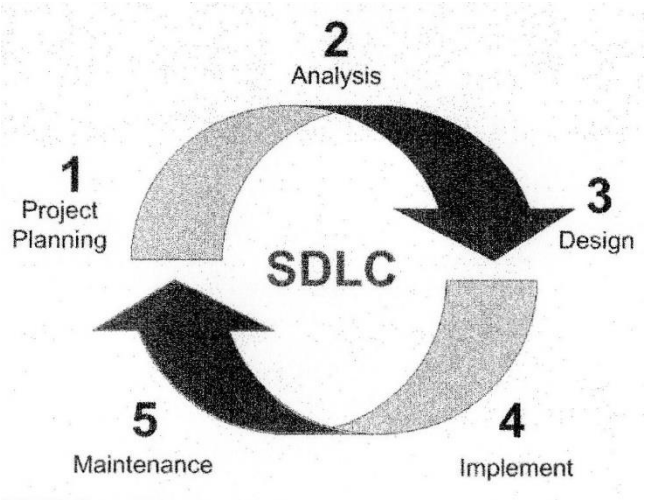
แบบจำลองกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบเป็นระบบ ได้แก่ แบบจำลองน้ำตก (Waterfal Model) เป็นแบบจำลองพื้นฐานและเป็นวัฏจักรชีวิตตามแบบแผน (Classic Life Cycle) ลักษณะการทำงานของแบบจำลองน้ำตกคือ การแบ่งกระบวนการหลักออกเป็นกระบวนการย่อย พัฒนาทีละกระบวนการเรียงตามลำดับ เมื่อทำกระบวนการใดแล้วจะไม่สามารถย้อนกลับไปแก้ไขกระบวนการที่ผ่านมาได้ ผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละกระบวนการจะใช้เป็นข้อมูลนำเข้า สำหรับกระบวนการถัดไป ในเวลาต่อมามีการปรับเปลี่ยนลักษณะการทำงานของแบบจำลองน้ำตก คือ นักพัฒนาซอฟต์แวร์สามารถย้อนกลับไปมาหรือข้ามขั้นตอน โดยไม่จำเป็นต้องเป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องกัน เพื่อแก้ไขข้อมูลของขั้นตอนก่อนหน้าได้ เรียกว่า แบบจำลองน้ำที่ย้อนกลับได้ (Adapted Waterfall Model) (น้ำฝน อัศวเมฆิน, 2558, หน้า 49-52)

การออกแบบสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ภายใต้หลักการพัฒนา โมเดลน้ำตก Water Fall Model (With Iteration) เป็นโมเดลพัฒนาระบบงาน โดยมีขั้นตอนดังนี้ เริ่มต้นจาก การรวบรวมความต้องการ (Requirements) การวิเคราะห์ (Analysis) การออกแบบ (Design) การเขียนโปรแกรม (Coding) การทดสอบ (Coding) และการบำรุงรักษา (Maintenance) เป็นโมเดลการพัฒนาที่มีการปรับปรุงใหม่ กรณีที่มีความจำเป็นต้องกลับไปแก้ไขในขั้นตอนก่อนหน้าด้วยการผนวกคุณสมบัติแบบทวนซ้ำ (Iteration) (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2555, หน้า 74-75)



ภาพที่ 2-4 แบบจำลอง Water Fall Model (With Iteration) (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2555, หน้า 74-75)

ผู้วิจัยได้ออกแบบการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน จากแนวคิดการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบพื้นฐานที่เรียกว่า วงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ (Systems Development Life Cycle) หรือ SDLC แสดงไว้ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 วงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ

ลักษณะของวงจรการพัฒนาระบบ ประกอบด้วยระยะต่าง ๆ (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2555, หน้า 50-57) ดังนี้

ระยะที่ 1 การวางแผนโครงการ (Project Planning) เป็นระยะเวลาในการออกแบบ กิจกรรมประกอบด้วย กิจกรรมการกำหนดปัญหาในการพัฒนาระบบ กำหนดเวลาโครงการ การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการและยืนยันความเป็นไปได้ของโครงการ จัดตั้งทีมงานในการพัฒนาระบบ และวางแผนการดำเนินโครงการอย่างเป็นระบบ

ระยะที่ 2 การวิเคราะห์ (Analysis) ระยะการวิเคราะห์ระบบ จะเป็นการตอบคำถามเกี่ยวกับใคร (Who) เป็นผู้ใช้ระบบ มีงานกิจกรรมใดบ้างที่ต้องทำ (What) และทำที่ไหน (Where) ทำเมื่อไร (When) โดยในระยะนี้ทีมงานจะศึกษาระบบงานปัจจุบัน พร้อมทั้งระบุแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการที่ดีขึ้น เพื่อพัฒนาเป็นแนวคิดสำหรับระบบใหม่ขึ้นมา ทั้งนี้ในการรวบรวมความต้องการในการพัฒนาระบบ (Requirements Gathering) นักวิเคราะห์ระบบสามารถรวบรวมความต้องการต่าง ๆ ได้จากการสังเกตการทำงานของผู้ใช้ระบบ การสัมภาษณ์ การจัดทำแบบสอบถาม ตลอดระยะเวลาในการรวบรวมความต้องการระหว่างวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ ทำให้ทราบถึงกระบวนการทำงานและการพัฒนาระบบงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่แนะนำโดยผู้ใช้ระบบ ดังนั้นการรวบรวมความต้องการจึงเป็นกิจกรรมสำคัญเพื่อค้นหาความจริงและต้องทำความเข้าใจร่วมกันกับทีมงานเพื่อสรุปออกมาเป็นข้อกำหนด

(Requirements Specification) ที่ชัดเจน โดยข้อกำหนดเหล่านี้ เมื่อผู้ที่เกี่ยวข้องได้อ่านแล้วจะต้องสามารถตีความหมายและสามารถเข้าใจได้ตรงกัน ภายหลังจากการนำความต้องการต่าง ๆ มาสรุปเป็นข้อกำหนดที่ชัดเจน ขั้นต่อไปคือ การนำแนวคิดเกี่ยวกับระบบและแบบจำลองมารวมเข้าด้วยกันเป็นเอกสารที่เรียกว่า ข้อเสนอระบบ (System Proposal) เพื่อนำเสนอแก่ผู้สนับสนุนโครงการหรือผู้มีอำนาจในการตัดสินใจของโครงการ และสร้างแบบจำลองข้อมูลเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีอยู่ในระบบ

ระยะที่ 3 การออกแบบ (Design) ระยะการออกแบบเป็นระยะที่ตัดสินใจว่าระบบจะดำเนินการไปได้อย่างไร (How) ในด้านของการจัดหาอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ การปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้กับระบบ การสร้างต้นแบบ และการออกแบบโปรแกรม

ระยะที่ 4 การนำไปใช้ (Implementation) กิจกรรมต่าง ๆ ในระยะการนำไปใช้จะเกี่ยวข้องกับการสร้างระบบ การทดสอบและการติดตั้งระบบ เพื่อให้ระบบมีความน่าเชื่อถือตอบสนองฟังก์ชันการทำงานที่ออกแบบระบบ เมื่อระบบที่พัฒนาได้รับการใช้งานมาระยะหนึ่งต้องทำการประเมินระบบภายหลังการติดตั้ง เพื่อประเมินการทำงานของระบบใหม่ว่าเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจมากน้อยเพียงใดและมีส่วนใดจำเป็นต้องได้รับการปรับแต่งเพิ่มเติม การจัดทำเอกสารของระบบ ฝึกอบรมและสนับสนุนผู้ใช้ รวมทั้งทบทวนและประเมินผลของระบบภายหลังการติดตั้งใช้งาน

ระยะที่ 5 การบำรุงรักษา (Maintenance) ในระยะการบำรุงรักษาใหม่ ๆ เป็นระยะการเพิ่มเติมคุณสมบัติอื่น ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้กับระบบ อาจมาจากความต้องการของผู้ใช้ระบบ เช่น ผู้ใช้งานค้นพบข้อผิดพลาดจากระบบ ซึ่งจะต้องได้รับการแก้ไขให้ถูกต้อง

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเล่นวิดีโอเกมกับสมอง

การเล่นวิดีโอเกมส่งผลดีต่อประสิทธิภาพหน้าที่การบริหารจัดการของสมอง (Kirsh, Olczak, & Mounts, 2005) จากการศึกษาภาพถ่ายทางสมอง Neuroim Aging Studies ของกลุ่มตัวอย่างที่เล่นวิดีโอเกมระยะเวลา 2 เดือน และ 4 เดือน ปรากฏว่า กลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่นักเล่นเกมสมองมีการเปลี่ยนแปลงคือ มีการเพิ่มขึ้นของ Gray Matter ในสมองส่วนหน้า Prefrontal Cortex (DLPFC) เป็นพื้นที่สมองที่มีความสัมพันธ์กับการคิดเชิงนามธรรมอย่างมีเหตุผลและการแก้ปัญหา (Lezaket al., 2004) และการตัดสินใจ (Fellows & Farah, 2005; Manes et al., 2002)

The Wisconsin Card Sorting Task (WCST) สร้างขึ้นเพื่อประเมินหน้าที่การบริหารจัดการของสมอง (Executive Function) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแก้ไขปัญหา (Problem Solving) การคิดเชิงนามธรรม (Abstract Thinking) และการพัฒนารู้คิด (Cognitive Set Shifting) (Heaton, Chelune, Talley, Kay, & Curtiss, 2005) ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะได้รับการถามเพื่อให้จับคู่กลุ่มของบัตรหนึ่งในสี่ของบัตรทั้งหมด โดยเลือกบัตรที่เป็นกุญแจสำคัญตามเงื่อนไขที่กำหนด

การฝึกการจัดกลุ่มคำดังกล่าว ก่อให้เกิดประโยชน์ในการฝึกการย้อนกลับและการฝึกการเรียงลำดับตามเงื่อนไขที่กำหนด หากฝึกแล้วมีความก้าวหน้าก็จะนำไปสู่การฝึกเรียงของบัตรเพื่อพัฒนาการตอบสนองของการเรียงบัตรให้มีความถูกต้องมากขึ้นในการทำกิจกรรมการเรียงที่สูมบูรณ์ โดยผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะต้องฝึกเรียงลำดับให้ครบทั้ง 6 ประเภท ตามความสัมพันธ์ระหว่าง WCST และหลักเกณฑ์การวัดอื่น ๆ ของหน้าที่การบริหารจัดการของสมอง รวมทั้งฝึกการตัดสินใจ (Brand, Grabenhorst, Starcke, Vandekerckhove, & Markowitsch, 2007; Brand et al., 2007)

จากการศึกษาในปัจจุบันเน้นการวิจัยขอบเขตเกี่ยวกับวิดีโอเกมและการรู้คิด วิดีโอเกมอาจส่งผลที่เสียต่อประสิทธิภาพการรู้คิด แต่อีกมุมหนึ่งวิดีโอเกมเกิดผลดีต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการรู้คิดทางปัญญา การเล่นวิดีโอเกมเป็นเวลา 30 นาที ผลการวิจัยปรากฏว่า ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยมีการเปลี่ยนแปลงในด้าน การเพิ่มประสิทธิภาพการตัดสินใจและการแก้ปัญหาจากเครื่องมือวัดที่เป็นมาตรฐานประเมินการตัดสินใจได้แก่ The Iowa Gambling Task (IGT) เป็นแบบประเมินที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อประเมินการตัดสินใจ (Bechara, 2008) ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า การเล่นวีดีโอเกมทำให้ความสามารถด้านหน้าที่การบริหารจัดการของสมองเพิ่มมากขึ้นจากเครื่องมือวัดที่เป็นมาตรฐาน (Basak et al., 2008; Boot et al., 2008; Maillot et al., 2012; Stern et al., 2011)

งานวิจัยส่วนมากในยุคแรก ๆ ได้มุ่งเน้นศึกษาไปที่ผลกระทบเชิงลบของวิดีโอเกมที่มีความรุนแรง เช่น เกมที่เล่นแล้วส่งผลให้เกิดพฤติกรรมก้าวร้าวเพิ่มขึ้น ส่งผลกระทบในเชิงลบต่อการรู้คิด อย่างไรก็ตามการวิจัยอื่น ๆ ในยุคปัจจุบัน ได้เน้นไปที่การศึกษาประโยชน์ของการเล่นเกมวิดีโอกับพฤติกรรมเอื้อต่อสังคม (Ewoldsen et al., 2012; Velez, Mahood, Ewoldsen, & Moyer-Guse, 2014) และศึกษาถึงว่า การเล่นวิดีโอเกมที่มีลักษณะเกมที่มีความรุนแรงส่งผลกระทบต่อการรู้คิด (Cognition) ปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่ศึกษาถึงการเล่นวิดีโอเกมส่งผลต่อประสิทธิภาพทางคลินิค (Performance on Clinical) โดยวัดจากหน้าที่การบริหารจัดการของสมอง (Executive Function)

หน้าที่การบริหารจัดการของสมองเป็นความสามารถทางการรู้คิด ซึ่งทำงานอยู่ในสมองส่วนหน้าของมนุษย์ ทำหน้าที่ในการวางแผน การจัดการ การแก้ปัญหา (Problem Solving) และความจำขณะทำงาน (Working Memory) และการตัดสินใจ (Decision Making) (Lezak, Howieson, & Loring, 2004) องค์ประกอบ 4 ระบบย่อยที่รวมกันเป็นระบบหน้าที่บริหารจัดการของสมอง ได้แก่ 1) ความยืดหยุ่นการรู้คิด (Cognitive Flexibility) จะรวมทั้งความจำขณะทำงานและการแบ่งความใส่ใจ 2) การตั้งเป้าหมาย (Gold Setting) รวมทั้งการวางแผนและความคิดริเริ่ม 3) การประมวลผลข้อมูล (Information Processing) รวมทั้งความความถี่และการประมวลผล

ความเร็ว และ 4) การควบคุมความใส่ใจ (Attentional Control) รวมทั้งการควบคุมตนเอง และการตรวจสอบตนเอง (Self-Regulation and Self-Monitoring) Anderson (2002) และ Diamond (2011) ได้เสนอว่า โมเดลของหน้าที่การบริหารจัดการของสมอง (Executive Function) ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย 3 ปัจจัยคือ 1) การยับยั้ง (Inhibition) 2) ความจำขณะทำงาน (Working Memory) และ 3) การยืดหยุ่นการรู้คิด (Cognitive Flexibility) ทำงานร่วมกันของหน้าที่การบริหารจัดการสมองของสมอง ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการให้เหตุผล (Reasoning) การวางแผน (Planning) และการแก้ปัญหา (Problem Solving)

จากการศึกษาถึงผลกระทบของการเล่นวิดีโอเกมต่อหน้าที่การบริหารจัดการของสมอง (Executive Function) และการศึกษาทางด้านการรู้คิดโดยทั่วไปกับกลุ่มตัวอย่างเพศชาย เพศหญิง ผลการศึกษาปรากฏว่า การเล่นวีดีโอเกมส่งผลต่อการรู้คิดทางปัญญา (Blacker & Curby, 2013; Collins & Freeman, 2014; Colzato et al., 2013; Wilms et al., 2013) เพศหญิงมีการโต้ตอบจากการเล่นวิดีโอเกม ด้านการรู้คิดทางปัญญาแตกต่างจากเพศชายด้านหน้าที่การบริหารจัดการของสมอง (Executive Function) (Collins & Freeman, 2014; McDermott et al., 2014; Vallett et al., 2013) นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับการศึกษาทางด้านประสาทวิทยาที่แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของสมองส่วนสีเทา ในสมองส่วน The Dorsolateral Prefrontal Cortex ซึ่งเป็นพื้นที่มีความสัมพันธ์กับการแก้ปัญหา (Colom et al., 2012; Kuhn et al., 2014)

Bailey and West (2013) ได้วิจัยการเล่นเกมแอคชันมีผลประโยชน์ต่อพัฒนาการมองภาพมิติสัมพันธ์และการศึกษาผลทางลบต่อสังคม การศึกษาปัจจุบันได้ศึกษาโดยใช้ Event-Related Potentials (ERPs) เพื่อตรวจสอบผลของการเล่นเกม เกี่ยวกับการประมวลผลอารมณ์ในการแสดงออกทางสีหน้าของมนุษย์ จากการวิจัยปรากฏว่า หลังการเล่นเกมแอคชัน เป็นเวลา 10 ชั่วโมง เทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เล่นเกมแอคชัน การเล่นเกมแอคชันส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความกว้างของ ERPs ในบริเวณด้านขวาของหน้าผากและหลังหน้าผาก ซึ่งคล้ายกับใบหน้าโกรธ มีความสุขและเป็นกลาง ซึ่งสะท้อนถึงใบหน้าที่มีความสุข ในทางตรงกันข้ามการเล่นเกมที่ไม่ใช่เกมแอคชันทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมคลื่นช้า ๆ ในแนวกึ่งกลางและด้านข้างบริเวณด้านหน้า (เช่นใบหน้าที่โกรธและมีความสุข) มากกว่าใบหน้าที่เป็นกลาง ข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าผลกระทบจากการกระทำที่แตกต่างกันของเกมแต่ละประเภท เกี่ยวกับการประมวลผลแบบมิติสัมพันธ์ด้านภาพ ผลการวิจัยนี้นำไปสู่ข้อเสนอแนะ ควรระมัดระวังในการใช้เกมเพื่อปรับเปลี่ยนภาพที่ส่งผลต่อการประมวลผลทางด้านอารมณ์ต่อไป

Gong et al. (2015) ได้วิจัยเรื่อง การเพิ่มการเชื่อมต่อและการเพิ่มพื้นที่ของสมองสีเทา บริเวณ Insula ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเล่นเกมแอคชัน ผลการวิจัยปรากฏว่า สมองบริเวณ Sub Regions มีความเกี่ยวข้องกับเครือข่ายประสาทโดยเฉพาะ เช่น Attentional และ Sensorimotor Networks จากหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่าการเล่นเกมแอคชัน (AVGs) ส่งผลต่อการทำงานของ Attentional และ Sensorimotor เพิ่มมากขึ้นหลังการทดลอง การวิจัยนี้ได้ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่าง การเล่นเกมแอคชัน และเครือข่ายการทำงานที่เกี่ยวข้องกับ Attentional และ Sensorimotor เมื่อเปรียบเทียบผู้เชี่ยวชาญการเล่นเกมแอคชันและมือสมัครเล่น การวิจัยปรากฏว่า ผู้เชี่ยวชาญการเล่นเกมแอคชันเกิดการเพิ่มความสามารถในการเชื่อมต่อของสมองและเกิดพื้นที่สมองส่วนสีเทาเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการเล่นเกมแอคชันช่วยส่งเสริมการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสมองส่วน Insular และบริเวณเครือข่ายสมองที่เกี่ยวข้อง

อิทธิพลของเกมที่มีต่อหน้าที่การบริหารจัดการสมอง Buelow et al. (2015) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเล่นวีดีโอเกมส่งผลกระทบด้านลบ ต่อการแสดงออกทางพฤติกรรมของมนุษย์และส่งผลต่อการรู้คิดทางปัญญาหลายอย่าง การวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นถึง ผลกระทบด้านบวกและด้านลบของการเล่นวิดีโอเกมส่งผลให้เกิดการพัฒนาความใส่ใจ (Attention) ความจำ (Memory) และความสามารถทางปัญญา (Cognitive Ability) อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่ศึกษาถึงผลกระทบของหน้าที่บริหารจัดการของสมอง การวิจัยในปัจจุบันได้ศึกษาตรวจสอบถึงผลการเล่นวิดีโอเกมต่อการตัดสินใจ (Decision Making) การแก้ปัญหา (Problem Solving) และภาวะความเสี่ยง (Risk taking) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี เพศหญิง จำนวน 114 คน เล่นวิดีโอเกมที่แตกต่างกัน Task ที่ใช้ฝึกได้แก่ Lowa Gaming Task (IGT), Balloon Analogue Risk Task (BART) และ Wisconsin card sorting task (WCST) นำมาเปรียบเทียบกัน

ผลการทดลองปรากฏว่า ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้รับประโยชน์จากการฝึกการตัดสินใจได้ดีจาก Task IGT และมีความผิดพลาดเพียงเล็กน้อยและสมบูรณ์มากกว่า Task WCST เพศไม่ส่งผลต่อตัวแปรตาม จากผลการวิจัยปรากฏว่า การเล่นแอคทีพวิดีโอเกม (Active Video Game) ส่งผลกระทบทางบวกต่อหน้าที่การบริหารจัดการของสมอง สามารถนำไปประยุกต์ในงานวิจัยด้านพฤติกรรมที่หลากหลาย ซึ่งเป็นงานวิจัยที่ที่อยู่ในความสนใจของนักวิจัยในอนาคต

Moisala et al. (2017) ได้วิจัยเรื่อง ผลการเล่นเกมเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการทำงานของหน่วยความจำที่เพิ่มขึ้นและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับช่องระหว่างรอยหยักของสมอง กลุ่มตัวอย่างเป็นวัยรุ่น อายุ 13-24 ปี จำนวน 167 คน ที่มีประสบการณ์ในการเล่นเกมที่แตกต่างกัน ทำโดยทดสอบความจำขณะทำงานด้วยเครื่องมือทดสอบ N-back และทดสอบจากการถ่ายภาพด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเชิงหน้าที่ (Functional Magnetic Resonance Imaging - fMRI) ผลการวิจัยปรากฏว่ากิจกรรมการเล่นเกมทุกวันมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มประสิทธิภาพและความรวดเร็วในการทำงาน

ของหน่วยความจำในระดับที่มากที่สุดใน 2-Back ประสิทธิภาพการทำงานของหน่วยความจำในการทำงานที่ดีขึ้นนี้มาพร้อมเครือข่ายของสมอง บริเวณสมองเปลือกนอกส่วนหน้า บริเวณสมองส่วนหลังโดยเฉพาะบริเวณนอกเปลือกนอก Dorsolateral ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ประสบการณ์การเล่นเกมในแต่ละวัน มีความสัมพันธ์กับการทำงานของหน่วยความจำได้ดีมากขึ้นและพัฒนาการทำงานของสมองให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในเรื่องของความจำและความรวดเร็วในการตอบสนอง

Chang, Liang, Chou, and Lin (2017) ได้วิจัยเปรียบเทียบการเรียนรู้จากเกมกับการเรียนรู้ที่ไม่ใช่เกม มุมมองจากการเรียนผ่านสื่อมัลติมีเดียและสื่อที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ วัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อตรวจสอบความแตกต่างด้านประสบการณ์ภายในและภายนอกของผู้เรียนระหว่างการเรียนรู้ด้วยเกมและการเรียนรู้ที่ไม่ใช่เกม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาในมหาวิทยาลัยหลักสูตรการศึกษาทั่วไป รายวิชาชีวิตและเทคโนโลยี เนื้อหาการเรียนรู้เกี่ยวกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซน์และสิ่งแวดล้อม มีผู้เข้าร่วมทดลองทั้งสิ้น 103 คน อายุระหว่าง 19-20 ปี กลุ่มทดลองเป็นนักเรียน 50 คนในห้องเรียน ชาย 24 คน หญิง 26 คน ใช้สื่อการเรียนรู้ด้วยเกม กลุ่มควบคุมเป็นนักเรียน 53 คนในชั้นเรียนอื่น ชาย 25 คน หญิง 28 คน ใช้สื่อการเรียนรู้ที่ไม่ใช่เกม (เนื้อหาการเรียนรู้บนเว็บเพจ) ผลการวิจัยปรากฏว่า กลุ่มการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นกลุ่มสร้างประสบการณ์การเรียนรู้มากขึ้นกว่าที่ไม่ใช่เกมเบสบอล ($p < .01$) กลุ่มการเรียนรู้เกมเป็นกลุ่มที่มีความสนใจในการเรียนเพิ่มมากขึ้นและสามารถควบคุมการเรียนรู้อย่างเป็นระบบได้มากกว่ากลุ่มการเรียนรู้ที่ไม่ใช่เกม ($p < .05$) กลุ่มการเรียนรู้เกี่ยวกับเกมมีความสามารถในการรับรู้ความเข้าใจภายนอกอย่างมีนัยสำคัญ ($p < .05$) และสูงกว่า ($p < .05$) มีความสามารถในการรับรู้ความเข้าใจด้านเนื้อหาสูงกว่ากลุ่มที่เรียนตามเกมที่ไม่ใช่เกม เมื่อเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจระหว่างทั้งสองกลุ่ม

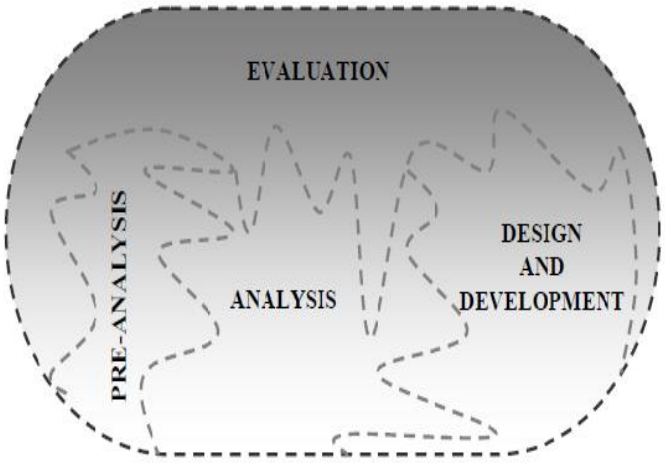
Moisala et al. (2017) ได้วิจัยเรื่อง การเล่นเกมมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความจำขณะทำงาน และTask มีความสัมพันธ์กับประสบการณ์ในการเล่นเกมเพื่อนำไปสู่การพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของความจำขณะทำงาน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 167 คน เป็นกลุ่มวัยรุ่นเยาวชนวัยหนุ่มสาว อายุ 13-24 ปี โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) อายุระหว่าง 13-14 ปี 2) อายุระหว่าง 16-17 ปี และ 3) อายุระหว่าง 20-24 ปี ที่มีประสบการณ์ในการเล่นเกมแตกต่างกัน เกมที่ใช้ในการฝึกได้แก่ 1) เกมด้านการศึกษา (Serious Games) 2) เกมสนุกสนาน (Fun Games) และ 3) เกมกีฬา (Sports Games) วัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมการเล่นเกมในชีวิตประจำวัน จากการทดสอบความจำขณะทำงานด้วย N-Back Task และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการทำงานของสมองจากการถ่ายภาพด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (fMRI) ผลการวิจัยปรากฏว่า กิจกรรมการเล่นเกมทุกวันมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพและความเร็วในการประมวลผลของความจำขณะทำงานด้วยการทดสอบจาก 1 Back Task และ 2 Back Task

ผลการวิจัยปรากฏว่า ประสิทธิภาพของความจำขณะทำงานเพิ่มมากขึ้นในบริเวณสมองด้านหน้า สมองบริเวณขม่อม และบริเวณสมองส่วนหน้า (Prefrontal Cortex Dorsolateral) หลังการเล่นเกม การตอบกลับของกลุ่มตัวอย่างซึ่งทดลองจาก 1 Back Task และ 2 Back Task รวดเร็วมากขึ้น และคะแนนความถูกต้องหลังการเล่นเกมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเล่นเกม

สรุปทิศทางงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเล่นวิดีโอเกมกับสมอง การเล่นวิดีโอเกมส่งผลด้านบวก ต่อหน้าที่บริหารจัดการของสมอง ความจำขณะทำงาน การแก้ปัญหาการตัดสินใจจากการศึกษาภาพถ่ายทางสมอง การเล่นวิดีโอเกมเพิ่มความสามารถในการเชื่อมต่อการทำงานของสมองส่วน Insular สามารถนำไปประยุกต์กับงานวิจัยทางด้านพฤติกรรมที่หลากหลายได้ เป็นแนวโน้มงานวิจัยที่อยู่ในความสนใจของนักวิจัยในอนาคต

การเล่นเกมคอมพิวเตอร์มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการดึงข้อมูล จากหน่วยความจำ นอกจากนี้ เกมยังช่วยเพิ่มประสบการณ์ในการเรียนรู้ นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียน และเกิดความเข้าใจในเนื้อหาการเรียนเพิ่มมากขึ้น

Akilli and Cagiltay (2006, pp. 93 -112) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ ขั้นตอนการออกแบบพัฒนาเกมดังกล่าว จาก Fuzzified Instructional Design Development of Game-Like Environment (FIDGE Model) โดยมีขั้นตอนการพัฒนาเกม 4 ระยะ ดังภาพที่ 2-6 ดังนี้

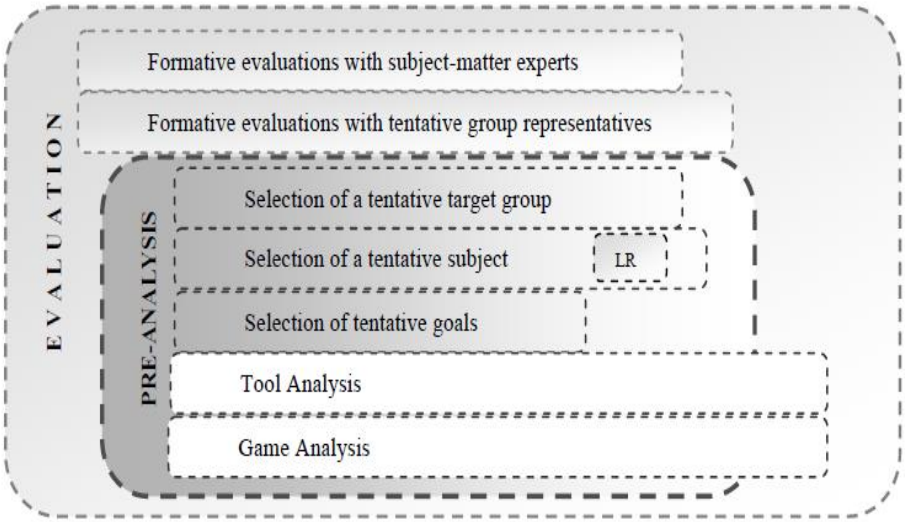


ภาพที่ 2-6 โครงสร้างภาพรวมของการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ (Fuzzified Instructional Design Development of Game-like Environment (FIDGE model) Akilli and Cagiltay (2006, pp. 93 -112))

รายละเอียดขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ผู้วิจัยประยุกต์จาก (FIDGE model) เพื่อพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ มีความละเอียดและชัดเจนในแต่ละขั้นตอนมากขึ้น ประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอนหลัก ดังภาพที่ 2-7 ถึง ภาพที่ 2-10 ดังนี้

1. ก่อนการวิเคราะห์เกม (Pre-Analysis Phase)
2. การวิเคราะห์เกม (Analysis Phase)
3. การออกแบบและพัฒนาเกม (Design and Development Phase)
4. การประเมินผลเกม (Evaluate Phase)

1. ก่อนการวิเคราะห์เกม (Pre-Analysis Phase)



ภาพที่ 2-7 ขั้นตอนก่อนการวิเคราะห์เกมของโมเดล FIDGE model ของ Akilli and Cagiltay (2006, p. 101)

1.1 ระบุกลุ่มเป้าหมายในการเล่นเกม

1.2 เลือกเรื่องที่เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายโดยพิจารณาจากประสบการณ์

1.3 ทบทวนวรรณกรรมเพื่อออกแบบสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเล่นเกมแต่ละฉาก

1.4 ระบุเป้าหมายเบื้องต้นของการออกแบบเกมของกลุ่มผู้เล่นเกม

1.5 นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านและตัวแทนของกลุ่มเป้าหมายมาเป็นแนวทางในการออกแบบเกมที่เหมาะสมกับเด็ก

1.6 เริ่มสำรวจ วิเคราะห์เครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software)

1.7 การเริ่มต้นในการวิเคราะห์เกมที่มีลักษณะแตกต่างกัน

1.7.1 การออกแบบประเภทของเกม ตัวอย่างประเภทของเกม ได้แก่ เกมแนวการฝึกกลยุทธ์ (Strategy) เกมผจญภัย (Adventure) เกมกีฬา (Sport) หรือเกมประเภทอื่น ๆ โดยพิจารณาถึงความเหมาะสมของกลุ่มผู้เล่นเกม

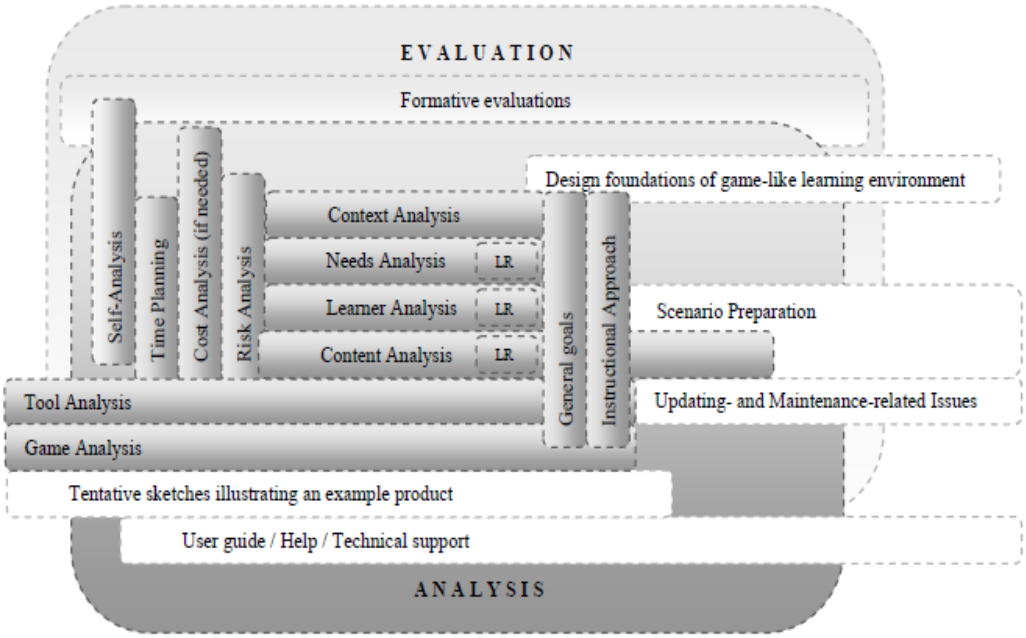
1.7.2 การศึกษาค้นคว้าลักษณะของเกมที่พัฒนา จะเป็นเกมลักษณะใด เช่น เกมเล่นคนเดียว เกมเล่นร่วมกันหลายคน (Multiplayer) เกมการเล่นแบบร่วมมือกัน (Collaboration) เกมเล่นร่วมกันในสังคม (Community)

1.7.3 การเลือกประเภทของเกมที่เหมาะสมกับกลุ่มผู้เล่น ตัวอย่างเช่น เกมกลยุทธ์ (Strategy)

1.7.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบของเกมเป็นรูปแบบใด เช่น แนวจินตนาการ (Magic) แนวประวัติศาสตร์ (History)

1.7.5 การศึกษาวิธีการที่เหมาะสมที่มีความสัมพันธ์กับประเภทของเกม (Game Genre) ความสามารถของเกม (Game Utilities) และองค์ประกอบของเกม (Game Elements)

2. การวิเคราะห์เกม (Anaysis Phase)



ภาพที่ 2-8 ขั้นตอนการวิเคราะห์เกม (Akilli & Cagiltay, 2006, p. 102)

2.1 การวิเคราะห์ความต้องการ (Requirement Analysis)

2.1.1 การวิเคราะห์ผู้ได้รับประโยชน์จากเกมที่พัฒนาขึ้นเป็นกลุ่มบุคคลใด (Potential Stakeholders) เช่น กลุ่มนักเรียน ครู โดยศึกษาทัศนคติ ความสนใจของกลุ่มที่มีต่อการใช้คอมพิวเตอร์

2.1.2 การวิเคราะห์ความคิดเห็นที่มีต่อการใช้คอมพิวเตอร์ของกลุ่มผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเล่นเกม เช่น กลุ่มนักเรียนและครู

2.1.3 การวิเคราะห์ความคาดหวังของกลุ่มผู้ได้รับประโชน์จากเกมที่พัฒนาขึ้น

2.1.4 การวิเคราะห์เหตุผล ความจำเป็นของกลุ่มเป้าหมายในการพัฒนาเกมในแต่ละสถานการณ์

2.1.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบอื่น ๆ ที่เป็นปัญหาอุปสรรคหรือสิ่งที่ยังไม่ได้เตรียมดำเนินการในการพัฒนาเกมและวิเคราะห์เนื้อหาที่ต้องนำเสนอในเกมระหว่างการเล่นเกม (Content Analysis)

2.1.6 การวิเคราะห์ความต้องการในการพัฒนาเกม โดยต้องมีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สนับสนุนแนวทางการพัฒนา

2.1.7 การสร้างภาพคร่าว ๆ ที่สมบูรณ์ของเกมที่สร้างขึ้นและสถานการณ์จำลองมีลักษณะภาพรวม เปลี่ยนจากภาพนามธรรมเป็นภาพรูปธรรมให้ชัดเจน เพื่อเตรียมพัฒนาเกมจริง

2.2 การกำหนดเป้าหมายโครงการในการพัฒนาเกม

2.3 การวิเคราะห์ผู้เรียนรู้จากการเล่นเกม (Learner Analysis) จากการใช้แบบสำรวจแบบสอบถามและสัมภาษณ์

2.4 การวิเคราะห์บริบท (Content Analysis)

2.4.1 การวิเคราะห์คุณลักษณะของเกม สภาพแวดล้อม เนื้อหา ที่กลุ่มเป้าหมายในการเล่นเกมชอบ เพื่อออกแบบเนื้อหาการเล่นเกม

2.4.2 การวิเคราะห์บทบาทของครูผู้สอนหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง ที่มีต่อผู้เล่นเกมต้องทำอะไรบ้าง ระหว่างที่กลุ่มเป้าหมายเล่นเกม

2.4.3 การชี้แจงอธิบาย วิธีการเล่นเกมและการควบคุมกลุ่มเป้าหมายในการเล่มเกม

2.4.4 การตรวจสอบโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องคอมพิวเตอร์ ความต้องการขั้นต่ำของระบบในการเล่นเกมที่พัฒนาขึ้น เพื่อเตรียมเครื่องคอมพิวเตอร์ให้พร้อมต่อการเล่นเกมหลังจากพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เสร็จ

2.4.5 การวิเคราะห์กำหนดสถานะทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้เรียนในการเล่มเกม ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการอ่าน การเขียนทางคอมพิวเตอร์ (In Relation with their Computer Literacy) เพื่อออกแบบเกมที่พัฒนา ให้มีความเหมาะสมกับกลุ่มผู้เล่นเกมด้วยความสนใจ

2.4.6 การเริ่มออกแบบเกมคอมพิวเตอร์

2.5 การวิเคราะห์เนื้อหาในการเล่นเกม (Content Analysis)

2.5.1 การประเมินความเหมาะสมของเนื้อหา ข้อจำกัดด้านเวลา

2.5.2 การประสานงานกับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา กลุ่มเป้าหมายในการเล่นเกม ตรวจสอบการออกแบบเกม

2.5.3 การปรับเปลี่ยนหัวข้อ รวมทั้งเนื้อหาโดยมีข้อมูลทบทวนวรรณกรรม งานวิจัยสนับสนุน

2.5.4 การรับฟังความคิดเห็น ข้อเสนอแนะของนักเรียน ผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีประสบการณ์ในการพัฒนาเกม จากเกมที่พัฒนาขึ้นก่อนนำไปใช้งานจริง

2.5.5 การศึกษาข้อจำกัด ขอบเขต โครงสร้างของเนื้อหา ความสามารถของเครื่องมือและลักษณะของเครื่องมือในการพัฒนาเกม

2.5.6 การสร้างแนวคิด องค์ประกอบหลักของเนื้อหาในเกม

2.6 การวิเคราะห์เครื่องมือ (Tool Analysis) เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนก่อนการวิเคราะห์จนถึงขั้นตอนการวิเคราะห์

2.6.1 การวิเคราะห์โครงสร้างและคุณลักษณะของเครื่องมือ

2.6.2 การใช้เครื่องมืออะไรในการพัฒนาเกม วิธีการพัฒนาและวิธีการใช้งาน

2.6.3 การวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสียของเครื่องมือ

2.6.4 การศึกษามุมมองและปฏิสัมพันธ์ของเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาเกมของผู้เล่นเกม

2.6.5 การเลือกเครื่องมือ และเทคโนโลยีในการพัฒนาเกม

2.6.6 การวิเคราะห์และคำนึงถึงคำแนะนำปรับปรุงแก้ไข และบำรุงรักษาระบบในการพัฒนาเกม

2.6.7 การคำนึงถึงประเด็นที่เกี่ยวข้องกับคำแนะนำ เพื่อช่วยสนับสนุนผู้ใช้ทางเทคนิค ตัวอย่างเช่น การสร้างระบบการช่วยเหลือ (Help) หรือพัฒนาระบบสนับสนุนผู้ใช้โดยมีคำแนะนำจากฝ่ายเทคนิค (Technical Support)

2.7 การวิเคราะห์เกม (Game Analysis)

2.7.1 การคำนึงถึงการเรียนด้วยเกมร่วมกัน ประโยชน์ของการเล่นเกมร่วมกัน เช่น แนวทางการเล่นเกมผู้เล่นร่วมกันหลายคน (Multiplayer) การเล่นเกมแบบสังคมเสมือนจริงออนไลน์ (Online Virtual Communities)

2.7.2 การวิเคราะห์ เพื่อเลือกประเภทของเกมที่เหมาะสมจากการพัฒนาและการออกแบบเกม

2.7.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบ ปัจจัยต่าง ๆ การออกแบบและพัฒนาเกม ภาพรวมของระบบ

2.8 การวิเคราะห์มุมมองสอนการใช้งานเกม (Teaching Game Analysis)

2.8.1 การออกแบบวิธีการสอนการเล่นเกม ปรับปรุง ประเมินวิธีการสอนการเล่นเกม

2.9 การวิเคราะห์ทีมงาน (Team Analysis)

วิเคราะห์ความต้องการของทีมงาน ที่มีคุณสมบัติของทักษะและประสบการณ์ในการออกแบบที่ถูกต้อง ตามหลักวิชาการออกแบบเกมคอมพิวเตอร์ เพื่อพัฒนาเกมให้มีความสมบูรณ์ มีคุณภาพ ตรงตามแบบการพัฒนาเกมและกำหนดกลยุทธ์ในการพัฒนาเกม เพื่อให้งานเสร็จตามกำหนดตามแผนการดำเนินการในการพัฒนาเกม

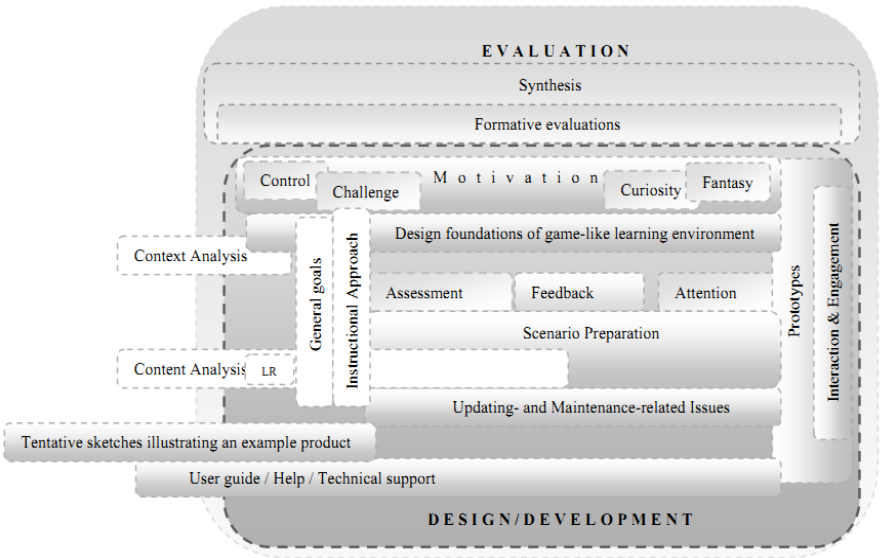
2.10 การวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis)

วิเคราะห์ปัญหา ความเสี่ยงในการพัฒนาเกมด้านต่าง ๆ

2.11 การบริหารจัดการเวลา (Time Management) ประชุมกลุ่มร่วมกับทีมงาน ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน และกลุ่มเป้าหมายในการพัฒนาเกม เพื่อวางแผนงานร่วมกัน

2.12 การออกแบบเกม (Design Game)

กำหนดการวางโครงร่างพื้นฐานในการออกแบบสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในเกม ดังภาพที่ 2-9



ภาพที่ 2-9 ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาเกม FIDGE model (Akilli & Cagiltay, 2006, p. 104)

3. การออกแบบและพัฒนาเกม (Design and Development Phase)

3.1 การเตรียมการสำหรับการออกแบบเกมมีขั้นตอนดังนี้

3.1.1 การออกแบบภาพรวมของการพัฒนาเกม

3.1.2 การเขียนโครงร่างของเกมในภาพรวม

3.1.3 การสร้างตัวละครหลัก และร่างภาพวาดตัวละคร

3.1.4 การสร้างสถานการณ์ในเกมที่มีความหลากหลาย สมมติสถานการณ์ทางเลือกในการตัดสินใจ จัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เล่นเกมในแต่ละช่วงวัย

3.1.5 การวิเคราะห์เนื้อหา แนวทางการพัฒนาเกมให้สอดคล้องกับเนื้อหาและเครื่องมือในการพัฒนาเกม

3.1.6 การวิเคราะห์ประสบการณ์ผู้เล่นเกม

3.2 การเตรียมองค์ประกอบของสถานการณ์ในเกม

3.2.1 การพัฒนาต้นแบบสถานการณ์ในเกม

3.2.2 การเขียนโครงร่างสถานการณ์จำลองในเกม

3.2.3 การเขียนแผนผังเหตุการณ์ในเกม

3.2.4 การวิเคราะห์เนื้อหาโดยละเอียด กำหนดเนื้อหาให้ชัดเจน ทีละขั้นตอน การวนลูปของเกม หากตรวจสอบแล้วมีความจำเป็นในการปรับเปลี่ยน สามารถปรับเปลี่ยนการพัฒนาเกมได้ทันที

3.3 การออกแบบองค์ประกอบในการจัดสภาพแวดล้อมของเกม

3.3.1 การออกแบบองค์ประกอบสภาพแวดล้อมของเกมให้เผชิญกับเหตุการณ์ที่ท้าท้าย ส่งเสริมการสร้างจินตนาการของเด็ก การตัดสินใจและเลือกการควบคุมการเล่นเกมได้ด้วยตนเอง

3.3.2 การออกแบบเกมที่ส่งเสริมการสร้างแรงจูงใจในการเล่นเกม แก่กลุ่มเป้าหมายในการเล่นเกม

3.3.3 การออกแบบกิจกรรมระหว่างการเล่นเกม ของกลุ่มเป้าหมายให้ชัดเจนเป็นขั้นตอน

3.3.4 การออกแบบเกมให้กลุ่มเป้าหมาย ผู้เล่นเกมสามารถเรียนรู้วิธีการเล่นเกมได้ร่วมกัน และส่งเสริมการออกแบบเกมที่สร้างชุมชนการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน

3.3.5 การออกแบบระบบความช่วยเหลือ หากกลุ่มเป้าหมายผู้เล่นเกมต้องการสอบถามหรือขอคำแนะนำในระหว่างการเล่นเกม

3.3.6 การสร้างต้นแบบการพัฒนาเกมให้เป็นรูปธรรม เป็นขั้นเป็นตอน

3.4 การออกแบบคุณสมบัติของเกมที่สร้างแรงจูงใจ โดยให้ความสำคัญกับข้อเสนอแนะและผลประเมินการพัฒนาเกมจากผู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาเกม และพัฒนาองค์ประกอบสำหรับการสร้างสภาพแวดล้อมในเกม

3.4.1 การออกแบบส่วนประกอบที่สำคัญของเกม โดยเน้นให้กลุ่มเป้าหมายผู้เล่นเกม มีความอยากรู้อยากเห็นระหว่างการเล่นเกม ส่งเสริมความท้าทายในการเล่นเกม ออกแบบเกมส่งเสริมให้ผู้เล่นเกม เกิดจินตนาการในการเรียนรู้และตัดสินใจระหว่างการเล่นเกม

3.4.2 การออกแบบเกมให้ทันสมัย

3.4.3 การให้ความใส่ใจกับความสัมพันธ์ขององค์ประกอบแรงจูงใจในการเล่นเกม

3.4.4 การหาแนวทางในการส่งเสริมให้ผู้เล่นเกมมีอิสระในการแสดงความคิดเห็น

3.4.5 การให้ความใส่ใจกับองค์ประกอบปฏิสัมพันธ์ ระหว่างผู้เล่นเกมกับเกมที่ออกแบบ สร้างกิจกรรมให้แก่ผู้เล่นเกมที่หลากหลาย สร้างสังคมปฏิสัมพันธ์ผ่านทางโปรแกรมที่ออกแบบเพื่อช่วยให้กลุ่มเป้าหมายผู้เล่นเกม สามารถสร้างชุมชนเสมือนจริงหรือให้ความรู้สึกร่วมของการเล่นเกมร่วมกันได้

3.5 การเตรียมวิธีการสอนการเล่นเกม คำแนะนำการเล่นเกม ควรดำเนินการ ควบคู่ไปกับการวิเคราะห์เครื่องมือ ได้แก่ การช่วยให้คำแนะนำสำหรับผู้ใช้ระบบเกม

3.6 การเตรียมต้นแบบในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ โดยการร่างรูปภาพ ฉาก เหตุการณ์ ตัวละคร วัตถุต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในสถานการณ์การเล่นเกมในกระดาษ (Paper-Based Prototypes Preparation) การเตรียมต้นแบบ ตัวละครหลัก ตัวละครอุปสรรค ฉาก โดยสร้างในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer-Based Prototype Preparation) ต่อมาต้นแบบการพัฒนาเกมควรนำไปให้กลุ่มตัวอย่าง ผู้เชี่ยวชาญ และทีมงานในการพัฒนา รับฟังและแสดงความคิดเห็นสะท้อนกลับ (Feedback) เกี่ยวกับการออกแบบหน้าจอโปรแกรมการเล่นเกม (User Interface Design) และภาพรวมการออกแบบทั้งหมด ให้มีความใส่ใจ (Attention) เกิดแรงจูงใจ (Motivation) ในการใส่ใจเล่นเกมที่ออกแบบ

3.7 การเตรียมประเมินรายการตรวจสอบและแบบสัมภาษณ์ เพื่อสร้างรูปแบบการประเมินผลในเรื่องความสอดคล้องของเนื้อหา ประเมินการออกแบบหน้าจอโปรแกรมเกมคอมพิวเตอร์

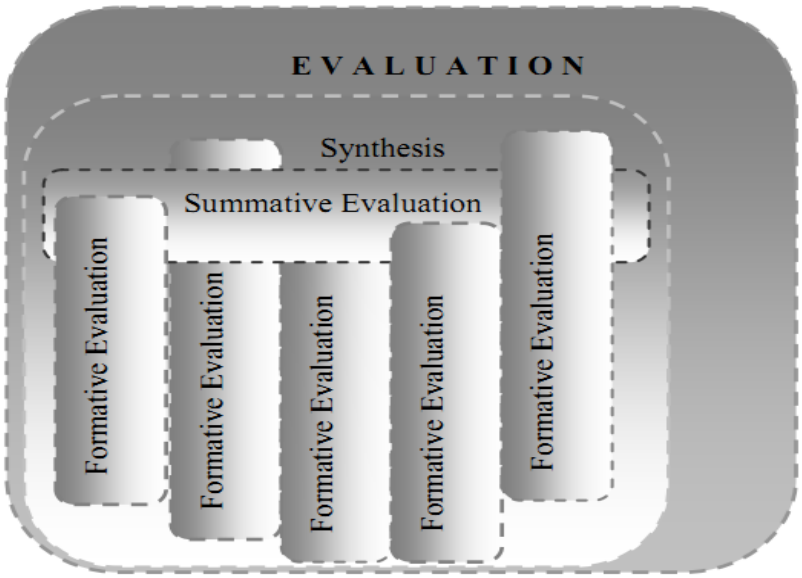
3.8 การออกแบบสอนการใช้งานระบบเกมและภาพรวมของเกม แก่กลุ่มผู้ใช้เกม รวมทั้งความรู้พื้นฐานทักษะทางด้านคอมพิวเตอร์กับกลุ่มเป้าหมายในการเล่นเกมหรือผู้ที่เกี่ยวข้องในการเล่นเกม

4. การประเมินผลเกม (Evaluation Phase)

การประเมินผลเกมประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ การประเมินผลความก้าวหน้า (Formative Evaluation) การประเมินผลสรุป (Summative Evaluation) และการสังเคราะห์ (Synthesis)

การประเมินผลความก้าวหน้า (Formative Evaluation) นักออกแบบเกมเชิงโครงสร้างควรให้ความใส่ใจการประเมินผลเกมและปฏิกิริยาตอบกลับ (Feeback) ของผู้ใช้งานเกมเป็นระยะ ๆ โดยใช้ระยะเวลาสั้น ๆ ผู้ใช้เกมคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบร่วมกับทีม ในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์และผู้เชี่ยวชาญในด้านการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ ก่อนที่จะประเมินผลควรสรุปประเด็นที่ประเมินให้ชัดเจนว่าจะประเมินอะไรบ้าง การประเมินผล สามารถทำได้โดยใช้เกณฑ์ในการให้คะแนน (Rating Scales) การทำรายการตรวจสอบตามเกณฑ์การประเมินเกม (Check Lists) และการสัมภาษณ์ผู้ใช้เกมถึงความยากง่ายในการเล่นเกม ความเข้าใจในการเล่นเกมของผู้เล่นเกม การรับฟังข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น ในการปรับแก้ไขเกมให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้เกมมากขึ้น ทั้งนี้อยู่ภายใต้พื้นฐานหลักการและทฤษฎีการพัฒนาเกมสากล (Interview) ส่วนการประเมินผลสรุป (Summative Evaluation) เป็นการประเมินผลระบบเกมเชิงโครงสร้าง

นอกจากนี้การสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นขั้นตอนการแปลความหมายจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากการสอบถาม สัมภาษณ์ผู้ประเมินเกมคอมพิวเตอร์ และความสัมพันธ์กับการทบทวนวรรณกรรมในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 2-10

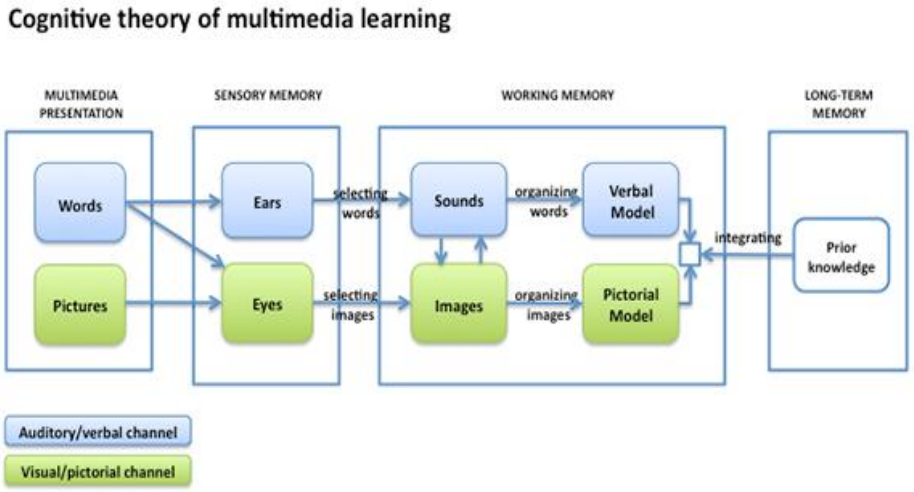


ภาพที่ 2-10 ขั้นตอนการประเมินผล FIDGE model (Akilli & Cagiltay, 2006, p. 106)

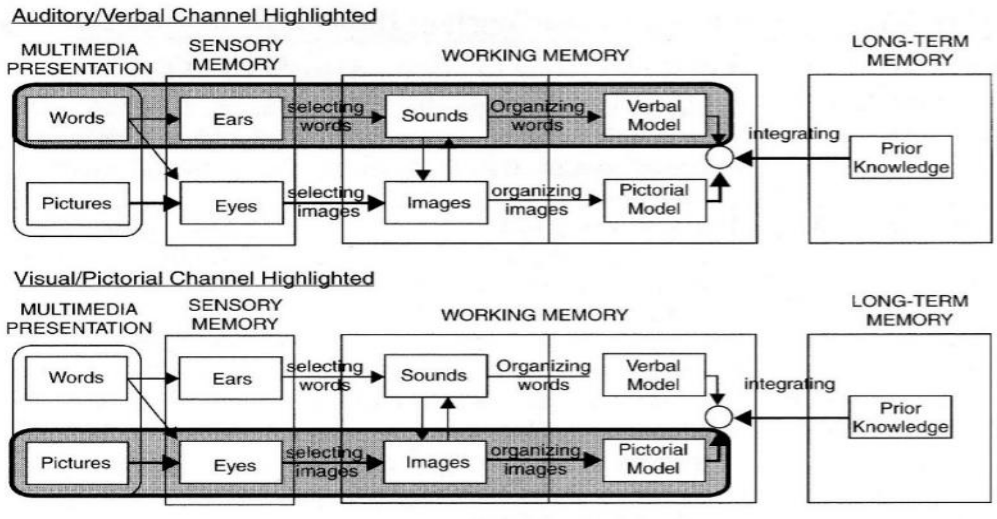
ตอนที่ 3 ทฤษฎี แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้รวบรวมทฤษฎี แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

3.1 ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง



ภาพที่ 2-11 Cognitive Theory of Multimedia Learning ปรับจาก Mayer (2009, p. 61)



ภาพที่ 2-12 The Auditory/ Verbal Channel (Top Frame) and the Visual / Pictural Channel (Bottom Frame) in a Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2009, p.64)

ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา (The Cognitive Theory of Multimedia Learning) ของ Mayer (2009) พัฒนามาจากทฤษฎี Dual Coding ของ Pavio (1990) ทฤษฎีการเรียนรู้โดยมัลติมีเดียอธิบายถึงระบบที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการการเรียนรู้ของมนุษย์ ประกอบด้วย 3 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบรับความจำโดยประสาทสัมผัสรับความรู้สึก (Sensory Memory) 2) ระบบความจำขณะทำงาน (Working Memory) และ 3) ระบบความจำในระยะยาว (Long-term Memory) เมื่อผู้เรียนรับข้อมูลเข้าไปในรูปของเสียงหรือภาพ ข้อมูลนั้น ๆ จะถูกจำไว้ในช่วงสั้น ๆ ที่ความจำความรู้สึก (Sensory Memory) จากนั้นภาพและเสียงบางส่วนจะถูกจดจำไว้ในความจำขณะทำงาน (Working Memory) แล้วจะมีการเรียบเรียงจัดการภาพและเสียงแยกย่อยเหล่านี้ให้เป็นกลุ่มเป็นก้อน ทำให้เกิดการนำความรู้ในรูปของภาพและเสียง การประมวลความรู้เหล่านี้เข้าไปรวมกับพื้นฐานความรู้เดิมในส่วนของความจำระยะยาวหรือไปรวมกับกลุ่มความรู้อื่น

ดังนั้น การนำเสนอสิ่งเร้าผ่านทั้งทางจักษุประสาทในรูปของตัวหนังสือ (Text) กับภาพ (Image) และทางโสตประสาทในรูปของเสียง (Sound) จะช่วยให้เกิดการเรียนรู้คำศัพท์ได้ดีกว่าการนำเสนอเพียงวิธีเดียว คือ การดูภาพอย่างเดียวหรือฟังเสียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามการใช้ข้อความประกอบภาพ ยังต้องระวังในเรื่องของการใช้งานของสมองที่มากเกินไป หากมีการใช้งานพร้อม ๆ กัน จะส่งผลทำให้เกิดการนำเข้าของข้อมูลในครั้งเดียวกันมากเกินไป (Overload) ได้วิธีการเพิ่มช่องทางเสียง เพื่อแบ่งเบาภาระของสมองในด้านการประมวลผลเกี่ยวกับภาพ (Visual Processing) และสิ่งที่ควรระมัดระวังที่สุดคือการใส่องค์ประกอบของภาพ ตัวอักษร และเสียงเข้ามาพร้อม ๆ กันในครั้งเดียว ทำให้เกิดผลเสียอย่างมากต่อการรับรู้ เราเรียกหลักการนี้ว่า Redundancy Principle

นอกจากนี้หลักการซ้ำซ้อน (Redundancy Principle) อีกหลักการหนึ่งคือ หลักการความสอดคล้อง (Coherence) จากทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา (Cognitive Theory of Multimedia Learning) เน้นการพิจารณาภาพ เสียง ตัวอักษร ที่ไม่เกี่ยวเนื่องกันกับเนื้อหา จากการวิจัยปรากฏว่า ถ้าหากใส่องค์ประกอบภาพ เสียง ตัวอักษร ที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่จะสอน จะทำให้ประสิทธิผลการเรียนรู้ของผู้เรียนลดลง Mayer (2009) ดังนั้น หน้าจอใดที่ไม่มีภาพควรมีภาพประกอบด้วย ส่วนภาพที่ไม่สื่อความหมายของข้อความจะไม่เพิ่มการเรียนรู้ใด ๆ ต่อผู้เรียน สำหรับหน้าจอที่มีภาพควรจะเป็นภาพที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์ที่นำเสนอ ภาพใดที่ไม่สอดคล้องกับเนื้อหาให้นำออก ภาพสามารถช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจและจำได้ง่าย โดยการใช้ภาพสำหรับเน้นใจความสำคัญ บางครั้งภาพสามารถใช้แทนข้อความหรือการนำเสนอแบบไม่ใช้ภาษา แต่หากผู้เรียนอาจมีความเข้าใจผิดพลาดเนื่องจากได้รับภาพประกอบที่ซับซ้อนเกินไป ดังนั้นจึงควรพยายามหลีกเลี่ยงภาพที่มีความซับซ้อน ให้ใช้ภาพง่าย ๆ

การนำทฤษฎีหลักการเกี่ยวกับการใช้ภาพและการใช้ข้อความในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ควรเป็นการนำภาพและข้อความมาใช้อย่างมีความหมาย เหมาะสมกับผู้เรียนตามวัยต่าง ๆ และคำนึงถึงผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานและประสบการณ์ที่แตกต่างกัน เลือกใช้องค์ประกอบในสื่ออย่างเหมาะสม นักออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์จึงต้องพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดตามหลักการ แนวคิด ทฤษฎีต่าง ๆ เพื่อประโยชน์สูงสุดของผู้เรียนเป็นสำคัญ

หลักการนำเสนอมัลติมีเดียของเมเยอร์ Mayer (2009) ซึ่งได้ทดลองเพื่อศึกษาลักษณะและผลกระทบต่าง ๆ ของมัลติมีเดียที่มีต่อการเรียนรู้ของมนุษย์ โดยสิ่งที่เมเยอร์ค้นพบสามารถสรุปออกมาเป็นหลักฐานที่นำมาใช้ในการออกแบบการนำเสนอส่วนประกอบของมัลติมีเดียในหน้าจอตามตารางที่ 2-1 ดังนี้

ตารางที่ 2-1 หลักการนำเสนอมัลติมีเดียของเมเยอร์ ปรับจาก Mayer (2009)

หลักการ	แนวทางการประยุกต์หลักการในเกม
1. หลักการมัลติมีเดีย (Multimedia Principle) การนำเสนอด้วยข้อความและกราฟิก ก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีกว่าการเรียนด้วยข้อความเพียงอย่างเดียว	1. ในการนำเสนอภาพเคลื่อนไหว สไลด์โชว์และการนำเสนอเรื่อง ควรจะนำส่วนที่เป็นข้อความหรือเสียงพูดกับส่วนที่เป็นภาพนิ่งหรือภาพเคลื่อนไหวมาใช้ร่วมกัน การใช้เพียงกรอบข้อความแบบง่าย ๆ หรือมีเสียงให้ฟังให้ผลที่มีประสิทธิภาพน้อยกว่าการใช้ข้อความหรือเสียงบรรยายควบคู่กับภาพที่สัมพันธ์กัน
2. หลักการต่อเนื่องเชิงระยะ (Spatial Contiguity Principle) การนำเสนอด้วยข้อความและกราฟิกที่สอดคล้องกันก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีกว่าเมื่อนำมาไว้ใกล้กัน	2. เมื่อนำเสนอข้อความและภาพควบคู่กัน ข้อความควรอยู่ใกล้กันหรืออาจฝังอยู่ในภาพนั้นเลย การวางตำแหน่งตัวอักษรไว้ใต้ภาพอาจจะเพียงพอ แต่การวางตำแหน่งตัวอักษรนั้นไว้ในภาพ ก่อให้เกิดผลที่ดีกว่า
3. หลักความต่อเนื่องชั่วคราว (Temporal Contiguity Principle) การนำเสนอด้วยข้อความและกราฟิกที่สอดคล้องกันในเวลาเดียวกันก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีกว่าการนำเสนอตามลำดับต่อเนื่องกัน	3. เมื่อนำเสนอข้อความและภาพควบคู่กัน ข้อความและภาพนั้นควรนำเสนอพร้อม ๆ กัน เมื่อภาพเคลื่อนไหวและเสียงบรรยายใช้ร่วมกัน ภาพเคลื่อนไหวและเสียงบรรยายนั้น จะก่อให้เกิดความหมายที่เข้าใจมากขึ้น

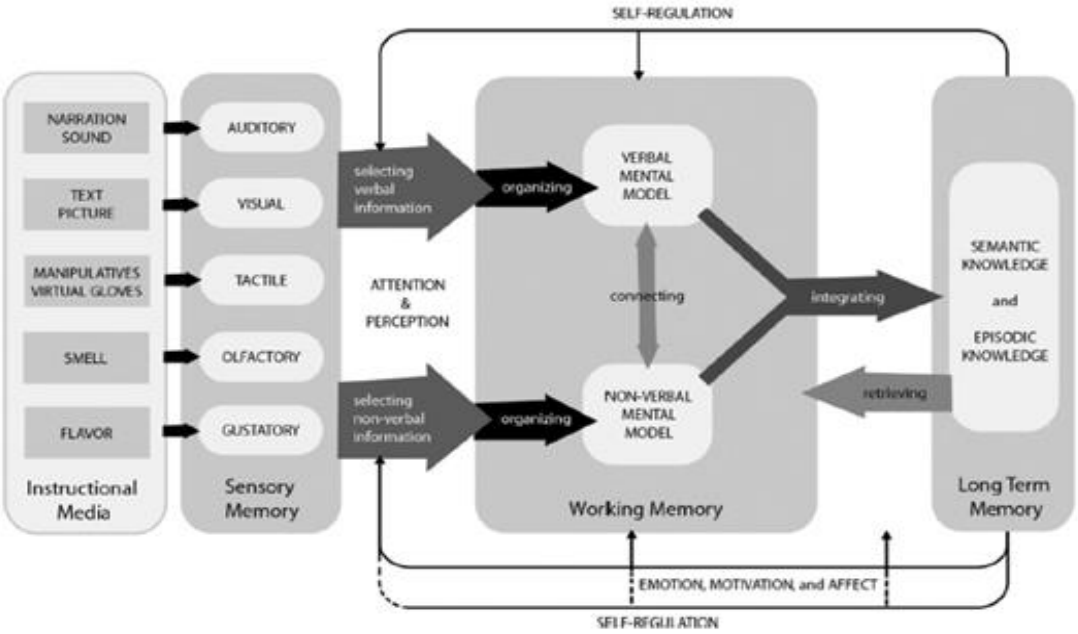
ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

หลักการ	แนวทางการประยุกต์หลักการในเกม
4. หลักการความสอดคล้อง (Coherence Principle) การนำเสนอด้วยข้อความ กราฟิก หรือเสียงก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีกว่าเมื่อใช้เฉพาะที่เกี่ยวข้อง	4. การนำเสนอด้วยมัลติมีเดียควรใช้การนำเสนอที่สั้น กระชับและชัดเจน เฉพาะที่เกี่ยวข้อง เช่น เสียงประกอบต่าง ๆ (เสียงกริ่ง เสียงระฆัง เสียงผิวปาก) เพื่อให้เกิดความน่าสนใจแต่อาจกลายเป็นสิ่งกีดขวางการเรียนรู้ของนักเรียน
5. หลักการจัดการหมวดหมู่ (Modality Principle) การนำเสนอด้วยภาพเคลื่อนไหวและเสียงบรรยายพร้อมกันก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีกว่าการนำเสนอด้วยภาพเคลื่อนไหวและข้อความในหน้าจอ	5. การนำเสนอด้วยมัลติมีเดียที่ใช้ทั้งข้อความและภาพควรจะนำเสนอด้วยการใช้เสียงหรือคำพูดมากกว่าการเขียนข้อความอย่างเดียว ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้มากกว่า
6. หลักการซ้ำซ้อน (Redundancy Principle) การนำเสนอด้วยภาพเคลื่อนไหวและเสียงบรรยาย และข้อความในหน้าจอ	6. การนำเสนอด้วยภาพเคลื่อนไหวพร้อมเสียงบรรยายที่ตรงกับความหมายในภาพ ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้มากกว่า การนำเสนอด้วยภาพ เสียง รวมทั้งข้อความบรรยายภาพที่มีความยาวแต่ไม่สรุปประเด็น

3.2 ทฤษฎีสื่อผสมทางอารมณ์

ทฤษฎีสื่อผสมทางอารมณ์ (Moreno, 2006, pp. 125-127) เป็นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการรับสัมผัส 5 ด้าน ได้แก่ การรับประสาทสัมผัสผ่านจากคำสั่งที่ได้รับจากสื่อ (Instructional Meida) ได้แก่เสียงบรรยายจากสื่อ (Narration Sound) ผ่านประสาทสัมผัสทางหู (Auditory) ผ่านประสาทสัมผัสทางตา ภาพจาก Text (Text Picture) ผ่านทางตา (Visual) การใช้ประสาทสัมผัสทางมือ (Manipulatives Virtual Gloves) ผ่านทางการสัมผัส (Tactile) การใช้ประสาทสัมผัสทางจมูก คือการดมกลิ่น (Smell) ผ่านทางประสาทสัมผัสทางจมูก (Olfactory) และการใช้ประสาทสัมผัสทางลิ้น (Flavor) ผ่านทางการลิ้มรส (Gustatory) ซึ่งการการรับข้อมูลผ่านทางตัวอักษรและรูปภาพมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความสามารถทางปัญญาในด้านการใส่ใจ (Attention) การรับรู้ (Perception)

การควบคุมตนเอง (Self Regulation) การควบคุมอารมณ์ แรงจูงใจ (Emotion, Motivation and Affect) ของแต่ละบุคคลโดยข้อมูลจะถูกจัดเก็บชั่วคราวส่งไปยังความจำขณะทำงาน (Working Memory) และส่งข้อมูลความจำระยะยาว (Long Term Memory) ไปยังแหล่งเก็บข้อมูลความจำระยะยาว อันเกิดจากการสั่งสมประสบการณ์องค์ความรู้จากการจำความหมาย (Semantic Knowledge) และองค์ความรู้จากการจำเหตุการณ์ (Episodic Knowledge) และความสามารถในการดึงข้อมูลจากความจำระยะยาวออกมาใช้งาน



ภาพที่ 2-13 Cognitive Afftective Theory of Learning with Media

ความรู้เกี่ยวกับการเลือกความใส่ใจและการรับรู้

ความใส่ใจมีความสำคัญต่อการรับรู้ เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้เกิดการรับรู้ข้อมูลที่สำคัญท่ามกลางข้อมูลที่หลากหลาย ความใส่ใจนี้ครอบคลุมทั้งในส่วนที่มีสติ (Awareness) และไม่มีสติ (Unawareness) ความใส่ใจเป็นโครงสร้างที่มีความเกี่ยวพันกับการทำงานร่วมกันของความจำขณะทำงาน

การเลือกความใส่ใจ หมายถึง กระบวนการรวมความใส่ใจต่อลักษณะเฉพาะของสิ่งแวดล้อมภายใน หรือภายนอก แม้มีสิ่งอื่นมารบกวนความใส่ใจ เช่น การใส่ใจเฉพาะต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งการสนทนาในงานเลี้ยง โดยที่ไม่ใส่ใจต่อสิ่งอื่น เช่น เสียงเพลงจากนักร้องที่ร้องเพลงในงานเลี้ยง เป็นต้น นักจิตวิทยาจึงสนใจว่าอะไรทำให้เราใส่ใจสิ่งหนึ่งมากกว่าสิ่งหนึ่ง (การเลือกความใส่ใจ) ทำไมเราจึงเปลี่ยนไปสนใจบางสิ่งซึ่งเราไม่เคยสนใจมาก่อน และมีสิ่งต่าง ๆ หลายสิ่งที่เราใส่ใจได้ในเวลาเดียวกัน ซึ่งโมเดลที่เกี่ยวกับการเลือกความสนใจ รายละเอียดดังนี้

โมเดลการประมวลข้อมูล (Model of Information Processing) ประกอบด้วยลำดับขั้นตอนหรือกระบวนการที่แสดงการไหลเวียนของข้อมูลจากขั้นตอนหนึ่งไปยังขั้นตอนต่อไป ขั้นตอนการนำเข้า (Input Process) เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลสิ่งกระตุ้นต่าง ๆ ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล (Storage Process) จากสิ่งกระตุ้นต่าง ๆ ภายในสมองและการเรียบเรียงจัดการสิ่งกระตุ้นเหล่านี้ ขั้นตอนของผลลัพธ์ที่ได้ (Output Process) ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้หลังจากการประมวลผลการทำงานของสมอง

โมเดลการประมวลผลข้อมูลของมนุษย์ เริ่มจากการนำเข้าข้อมูลตัวกระตุ้นต่าง ๆ ผ่านเข้ามาทางอวัยวะรับความรู้สึก เช่น ทางตาคือภาพ ทางหูคือเสียง ทางจมูกคือกลิ่น ทางลิ้นคือ รส และ การสัมผัสทางประสาทสัมผัส เป็นต้น แล้วดำเนินการตอบสนองด้วย 2 กระบวนการ คือ กระบวนการบนลงล่าง (Top-down Processing) เป็นการรวบรวมข้อมูล ที่ได้รับจากภายนอกไว้ที่อวัยวะรับความรู้สึก คือ ตา หู จมูก ลิ้นและผิวหนัง เป็นระยะเวลาสั้น ๆ เมื่อสมองเกิดความใส่ใจข้อมูลจะถูกส่งไปยังกระบวนการรับรู้ (Perceptual Process) เพื่อทำงานต่อและบันทึก (Encode) ข้อมูลที่ได้มาจากสัมผัสต่าง ๆ มาใช้ในกระบวนการประมวลผลกลาง (Central Processing) คือ การคิด การตัดสินใจ และการแก้ปัญหา ตลอดจนความจำขณะทำงานมีการนำข้อมูลจากความจำระยะยาว ซึ่งเก็บข้อมูลความรู้ (Knowledge) ต่าง ๆ ที่สะสมไว้มาใช้พัฒนาการรับรู้และกำหนดการตอบสนอง (Responding)

ส่วนกระบวนการล่างขึ้นบน (Bottom-up Processing) เกิดเมื่อสมองเกิดความใส่ใจต่อข้อมูลที่ได้รับจากอวัยวะรับความรู้สึก ข้อมูลจะถูกส่งไปยังกระบวนการรับรู้และการเลือกตอบสนอง (Response Selective) ซึ่งเป็นการจับคู่ ข้อมูลที่เข้ามาทำให้เราสามารถรับรู้ได้อย่างรวดเร็วว่ามีอะไรเกิดขึ้น สิ่งที่เกิดขึ้นเป็นอะไรและการตอบสนองอย่างไร กระบวนการล่างขึ้นบนเกิดขึ้นมากในกระบวนการรับรู้

กระบวนการบนลงล่างพบมากในกระบวนการประมวลผลกลางและกระบวนการเคลื่อนไหว (Motor process) ทั้งสองกระบวนการมีความใส่ใจเป็นศูนย์กลางที่ทำหน้าที่สำคัญ 2 ประการ คือ เป็นตัวเลือกจำกัดข้อมูลที่จะรับรู้ และตัวจัดการกิจกรรมว่าต้องทำอะไร นอกจากนี้ โมเดลได้แสดงการป้อนกลับข้อมูลตอบสนองที่ได้จากการตอบสนองที่ล้มเหลว หรือประสบความสำเร็จ ตลอดจนการปรับเปลี่ยนการตอบสนองไปยังระบบประสาทสัมผัส

การเลือกใส่ใจเป็นขั้นแรกในการจัดลำดับความคิดของการทำหน้าที่กระบวนการทางปัญญา โดยทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของกระบวนการทางปัญญาหลายด้าน เช่น การรับรู้ ความจำ และการแก้ไขปัญหา

1. การรับรู้ (Perception) การใส่ใจมีความสำคัญต่อการจดจำลักษณะของวัตถุ เช่น สี รูปร่าง ตำแหน่ง และการกำหนดทิศทางของกระบวนการรับรู้

2. ความจำ (Memory) กระบวนการเลือกใส่ใจช่วยเพิ่มความสามารถในการเก็บข้อมูลให้คงอยู่เป็นระยะเวลานานขึ้น

3. การแก้ไขปัญหา (Problem Solving) ความสำเร็จในการแก้ไขปัญหาขึ้นอยู่กับความใส่ใจที่มีต่อปัญหานั้น (Goldstein, 2008)

กลไกการทำงานของความใส่ใจและการรับรู้

ปัจจัยกระตุ้นการเลือกความใส่ใจ ประกอบด้วย กลไกภายนอก หรือล่างขึ้นบน (Exogenous, Bottom-up) หมายถึง การเคลื่อนย้ายความใส่ใจที่มีลักษณะเป็นไปโดยอัตโนมัติตามสิ่งกระตุ้นที่มีลักษณะเด่น หรือเป็นที่ใส่ใจ เช่น สิ่งกระตุ้นที่มีการเคลื่อนไหว หรือมีลักษณะแตกต่างอย่างชัดเจน เช่น ดอกไม้สีแดงท่ามกลางทุ่งหญ้าสีเขียว และกลไกภายในหรือบนลงล่าง (Endogenous, Top-down) เป็นการใช้ความใส่ใจในการควบคุมความใส่ใจไปยังสิ่งกระตุ้นเพื่อให้แสดงพฤติกรรมออกมาให้เป็นไปในทิศทางที่มุ่งหวัง ซึ่งกลไกจากล่างขึ้นบนและกลไกบนลงล่าง มีการทำงานร่วมกัน ดังนั้น ความสมดุลของการกระตุ้นความใส่ใจจากภายนอกและภายในจึงมีความสำคัญต่อชีวิต หากเกิดความไม่สมดุลขึ้นอาจนำไปสู่จิตพยาธิวิทยา เช่น โรคสมาธิสั้น (Neokleous et al., 2011)

กลไกการนำสัญญาณประสาทเกี่ยวกับการมองเห็นและการได้ยินเข้าสู่สมอง

กระแสประสาทจากเซลล์รับความรู้สึก (Receptor Cells) จะถูกส่งผ่านใยประสาท (Nerve Fiber) ของเซลล์ปมประสาท (Ganglion Cells) มารวมเป็นเส้นประสาทสมองคู่ที่ 2 (Optic Nerve) แต่ละใยประสาทจะมีการเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบตามตำแหน่งที่มาจากเซลล์รับความรู้สึก (Receptor Cells) ในเรตินา เมื่อมาถึงบริเวณออฟติกไคแอสมา (Optic Chiasma) ใยประสาทที่มาจากเรตินาด้านข้างจมูก จะข้ามไปอยู่ในออฟติกแทรค (Optic Tract) ด้านตรงข้าม และออฟติกแทรคจะนำกระแสประสาทไปสู่แลทเทอราลเจนนิคูเลทบอดี้ (Lateral Geniculate Body) ในส่วนของทาลามัสเพื่อไซแนปส์กับเซลล์ประสาทตัวใหม่จากนั้นกระแสประสาทจะถูกส่งผ่านไปสู่สมองส่วนท้ายซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการมองเห็น

3.3 การเคลื่อนไหวของตาแบบติดตามวัตถุ (Motion Object Tracking)

ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ (Theory of Multiple Object Tracking) เน้นการศึกษาเกี่ยวกับระบบการมองเห็นเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในการเคลื่อนไหวตำแหน่ง ทิศทางความเร็วและลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุที่แตกต่างกัน การติดตามวัตถุแบบหลายวัตถุเป็นหนึ่งในพื้นที่งานวิจัย (Research Area) ที่มีความสำคัญและน่าสนใจในการวิจัยด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ ด้านมุมมอง ได้มีการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูป แอพพลิเคชัน (Application) ระดับสูง เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานด้านชีวภาพทางการแพทย์ การเฝ้าระวังทางสายตา ได้แก่ การผ่าตัด การตรวจสอบย้อนหลังของเหตุการณ์ต่าง ๆ จากกล้องวิดีโอ และการขับขี่แบบอิสระ

นักวิจัยในปัจจุบัน ได้มุ่งเน้นการศึกษาไปที่การมุ่งความสนใจไปที่วัตถุ Tracking by Detection มากขึ้น

3.4 การเรียนรู้แบบสื่อผสม การแก้ปัญหาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Multimedia Learning and Problem Solving)

Ivan and Norbert (1999) ได้วิจัยเรื่อง ความแตกต่างของสื่อผสมที่มีผลต่อกระบวนการรู้คิดทางปัญญาโดยการวัดจากคลื่นไฟฟ้าสมอง การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจเกี่ยวกับกระบวนการรู้คิดทางปัญญาที่นำเสนอผ่านทางสื่อผสมและรูปแบบของข้อความ โดยการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน 38 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือกลุ่มที่มีระดับสติปัญญาระดับปกติ จำนวน 19 คน และกลุ่มที่มีระดับสติปัญญาเฉลียวฉลาด จำนวน 19 คน โดยเรียนรู้สื่อจากข้อความเสียง ภาพนิ่ง และข้อความ ภาพเคลื่อนไหว ระหว่างการเรียนรู้จากสื่อดังกล่าว วัดคลื่นไฟฟ้าสมองไปด้วย โดยพิจารณาจากคลื่นอัลฟา ในสมองส่วน Occipital Lobe (O1 และ O2) Temporal Lobe (T3,T4,T5 และT6) และ Frontal Lobe (F3, F4, F7, F8 และ F_Z)

ผลการวิจัยปรากฏว่า สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยว่า การนำเสนอทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวจะทำให้ลดกลยุทธ์การมองเห็น ไม่ต้องเพ่งสายตามาก ในขณะที่การนำเสนอข้อความโดยทั่วไปจะประมวลผลมีความสัมพันธ์กับการประมวลผลเกี่ยวกับคำ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากลุ่มนักเรียนที่มีความเฉลียวฉลาดจะมีกิจกรรมทางสมองน้อยกว่ากลุ่มที่มีสติปัญญาระดับปกติ จาก 3 รูปแบบของการนำเสนอ และจากการศึกษาปรากฏว่า เพศไม่มีความแตกต่างในเรื่องรูปแบบของคลื่นไฟฟ้าสมองที่แสดงออกมา แต่มีความสัมพันธ์กับรูปแบบการนำเสนอที่ถูกสังเกตจากการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง

Um et al. (2007) ได้ศึกษา เรื่องผลกระทบทางอารมณ์ด้านบวก ในการเรียนทางสื่อมัลติมีเดีย ผลการวิจัยปรากฏว่า อารมณ์ทางบวกของการเรียนรู้มัลติมีเดียนำไปสู่การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นและผู้เรียนเกิดความพึงพอใจ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าอารมณ์ในเชิงบวกสามารถสร้างได้โดยการกระตุ้นจากสิ่งเร้า โดยการออกแบบสิ่งเร้าการเรียนการสอนที่กระตุ้นอารมณ์ทางบวกให้ผู้เรียน มีความสุขในการเรียน มีอารมณ์ขัน สนุกสนานกับการเรียนจากเนื้อหาบทเรียน

Lin (2003) ได้วิจัยเรื่อง การยกระดับทักษะการรู้คิดทางปัญญาของผู้เรียนโดยการเรียนรู้การออกแบบสื่อผสม โดยศึกษาสิ่งแวดล้อมการออกแบบสื่อผสมเชิงปฏิสัมพันธ์ เพื่อสนับสนุนการพัฒนาทักษะการรู้คิดทางปัญญาขั้นสูงมีความจำเป็นต่อการพัฒนาในมนุษย์ โดยมุ่งเน้นไปที่แนวทางการส่งเสริมการออกแบบสื่อผสมโดยการใช้การเรียนรู้เป็นฐาน (Project Base) งานวิจัยนี้ได้อธิบายถึงการออกแบบสิ่งแวดล้อมสื่อการเรียนแบบสื่อผสมและสังเคราะห์งานวิจัยเป็นเวลาหลายปี จากการวิจัยปรากฏว่าผลของการเรียนรู้สิ่งแวดล้อมทางด้านทักษะการรู้คิดจะช่วยพัฒนานักเรียนในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาและนักเรียนโรงเรียนระดับประถมศึกษา

Kassim (2013) ได้วิจัยเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการเรียนกับสมรรถนะของการคิดเชิงสร้างสรรค์และสื่อการเรียนรู้วัสดุแบบสื่อผสม การวิจัยให้ความสำคัญกับอิทธิพลของรูปแบบการเรียนของผู้เรียน โดยการใช้เครื่องมือการเรียนรู้แบบสื่อผสมที่มีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ โดยการใช้เทคโนโลยีทางการศึกษา ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เครื่องมือสื่อผสมได้รับการพัฒนาจากนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ ในรายวิชา วิศวเครื่องกล วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษารูปแบบการเรียนของนักเรียนกับความคิดสร้างสรรค์หลังจากการใช้เครื่องมือสื่อผสม เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความคิดสร้างสรรรค์ คือ The Torrance Test of Creative Thinking (TTCT) โดยการวัดก่อนและหลังการเรียนรู้จากเครื่องมือสื่อผสมตัวชี้วัดรูปแบบการเรียน เพื่อกำหนดลักษณะของผู้เรียนแต่ละคน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ Independent Sample *t*-test and One Way Anova เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งถูกใช้เปรียบเทียบกับคะแนน TTCT กับรูปแบบการเรียนแต่ละมิติ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่ารูปแบบการเรียนของนักเรียนมีความกระตือรือร้น รูปแบบการเรียนรู้แบบสะท้อนกลับ รูปแบบการเรียนรู้ที่หยั่งรู้ขึ้นเอง และรูปแบบการเรียนแบบการมองการณ์ไกลจะมีประโยชน์ต่อการคิดเชิงสร้างสรรค์หลังจากที่ใช้เครื่องมือสื่อผสมการเรียน

Kassim and Nicholas (2014) ได้วิจัยเรื่อง การใช้เครื่องมือการเรียนแบบสื่อผสมเพื่อเพิ่มสมรรถนะของความคิดสร้างสรรค์ วัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อศึกษาผลกระทบของการใช้คอมพิวเตอร์สื่อผสมเป็นฐานในการเรียนต่อการเพิ่มสมรรถนะของความคิดสร้างสรรค์ เครื่องมือสื่อผสมการเรียนได้รับการพัฒนาจากวิชา วิศวเครื่องกลสำหรับวิศวกร การพิจารณาคำนึงถึงความเหมาะสมในระบบการรู้คิดทางปัญญาเป็นอย่างมาก จากมุมมองการออกแบบของทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา การเพิ่มความคิดสร้างสรรค์วัดโดยเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ที่ได้รับการยอมรับเรียกว่า Torrance Tests of Creative Thinking (TTCT) และ Creative Product Semantic Scale (CPSS) ผลจากพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์พิจารณาได้จากสื่อผสมซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับนักเรียนที่สร้างขึ้น เพื่อทำให้เกิดความคิดที่ยืดหยุ่นและมีความคิดเป็นแบบฉบับของตนเอง แต่ไม่ใช่แนวคิดที่คล่องแคล่ว เป็นผลมาจากผลิตภัณฑ์ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน แสดงให้เห็นถึงคุณภาพของงานที่มีความสวยแปลกใหม่แต่ขาดการปฏิบัติจริง การรับรู้ของนักเรียน มีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาการประยุกต์ใช้ภาพเคลื่อนไหว ในการสร้างสื่อผสมการเรียน จากการวิจัยควรศึกษาและพัฒนาต่อไป คือ ศึกษาความเป็นไปได้ของสื่อการเรียนที่มีความยืดหยุ่นที่มีต่อสมรรถะของความคิดสร้างสรรค์

Plass et al. (2014) ได้วิจัยเรื่อง การออกแบบสื่อการเรียนที่กระตุ้นส่งเสริมอารมณ์การเรียนรู้ทางบวก: กรณีศึกษาผลของรูปร่างและสีที่มีผลต่อการเรียน ผลการวิจัยปรากฏว่าการออกแบบการเรียนรู้มัลติมีเดียด้วยวัสดุที่กระตุ้นอารมณ์ในเชิงบวก เช่น สี รูปร่างของวัตถุ

โดยวัสดุที่ออกแบบมาอย่างดี ส่งผลต่อการเกิดอารมณ์ในเชิงบวก และรูปทรง ใบหน้าร่วมกับสีที่อบอุ่น ทำเกิดให้ความอบอุ่นทางบวกเพียงอย่างเดียว แต่ไม่ได้ส่งผลกระทบต่ออารมณ์ผู้เรียน

Antal et al. (2017) ได้วิจัยเรื่อง การออกแบบมัลติมีเดีย วิดีโอและเว็บไซต์ในการวิจัยสำหรับเด็ก โดยได้รับความยินยอมจากผู้ปกครองและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย พัฒนากลยุทธ์ใหม่ที่มีวิธีการคิดแบบองค์รวมและทดสอบจากการทดลองที่มีการควบคุมเป็นอย่างดี วัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อพัฒนามัลติมีเดียวิดีโอที่ได้รับความยินยอมจากผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ พ่อแม่ และวัยรุ่นและพัฒนาเว็บไซต์ที่รวมเอากลยุทธ์ด้านความรู้ความเข้าใจเพื่อเพิ่มความเข้าใจเนื้อหา ผู้พัฒนาระบบ ได้แก่ ทีมสหสาขาวิชาชีพได้รวมตัวกันเพื่อพัฒนาวิดีโอและเว็บไซต์ที่รวมผู้เชี่ยวชาญด้านมนุษยศาสตร์ นักจิตวิทยานักวิจัย สถาบัน นักพัฒนาทางสารสนเทศ บิดา มารดา วัยรุ่นที่มีส่วนได้ส่วนเสีย ที่รวมแนวคิดตามหลักการจัดหมวดหมู่ของสื่อสัมผัส (Sensory Modality) หลักการความสอดคล้อง (Coherence) หลักการให้แนวทางและกำหนดสัญลักษณ์ (Signaling) หลักการความซับซ้อน (Redundancy) และหลักการส่วนบุคคล (Personalization) ถูกรวมไว้ในเนื้อหาวิดีโอและเว็บไซต์ 15 นาที ที่อธิบายการทดลองวิจัยทางคลินิก ผลการวิจัยปรากฏว่า ทีมงานที่หลากหลายได้ร่วมมือกันมากกว่า 15 เดือนในการออกแบบและสร้างแพลตฟอร์มมัลติมีเดีย โดยได้รับความยินยอมและได้รับอนุญาตจากผู้ปกครองและได้รับความยินยอมจากผู้เข้าร่วมการวิจัย

สรุปทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพ (Visual Working Memory) ของนักเรียนระดับประถมศึกษา ที่ผู้วิจัยเลือกเป็นหลักในการพัฒนา คือ ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา (Cognitive Theory of Multimedia Learning) เนื่องจากเป็นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับภาพและเสียงและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความจำขณะทำงาน และความจำขณะทำงานด้านภาพได้โดยตรง

ตอนที่ 4 การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 แนวคิดเกี่ยวกับการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง

การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram: EEG) มาใช้ในการวัดความจำขณะทำงาน เป็นเทคนิคที่สะท้อนให้เห็นถึงตำแหน่งของสมองที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่ใช้กระตุ้น (Goldstein, 2008) แต่ความถี่ของคลื่นไฟฟ้าสมองที่แตกต่างกันยังบ่งบอกได้ถึงการทำหน้าที่ของสมอง รวมทั้งเป็นเทคนิคที่สามารถทดสอบการตอบสนองทางเวลาของคลื่นไฟฟ้าสมองไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย (Luck, 2005) เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์เพิ่มเติมจากการทดสอบทางพฤติกรรม

โดยปกติสิ่งที่มีชีวิตทั้งหลายต้องอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าเพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างเซลล์ในอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น เซลล์ของระบบกล้ามเนื้อ ระบบหัวใจและระบบ

ประสาทจะมีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาในขณะทำงาน ทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างบริเวณที่ทำงาน ในขณะที่มีชีวิตอยู่สมองจะต้องทำงานอยู่ตลอดเวลา โดยที่อาจจะรู้ตัวหรือไม่รู้ตัว ดังนั้น มนุษย์ที่มีชีวิตอยู่จึงมีกระแสไฟฟ้าจากสมองจำนวนน้อย ๆ ที่วัดได้ตลอดเวลา การวัดกระแสไฟฟ้าในสมองของมนุษย์จะวัดได้จากการวางขั้วไฟฟ้าไปบนหนังศีรษะ เรียกว่า EEG (Electroencephalograph)

ถ้าใช้ขั้วไฟฟ้าเสียบไปที่ผิวโดยตรงเรียกว่า อีซีโอจี (Electrocorticgraph: ECOG) ทั้งอีอีจี (EEG) และอีซีโอจี (ECOG) จะมีความถี่เหมือนกัน แต่ความแรงของอีอีจีจะน้อยกว่าอีซีโอจี เนื่องจากกระแสลดน้อยลงเมื่อผ่านกะโหลกศีรษะและหนังศีรษะ การเกิดกระแสไฟฟ้าในเซลล์ประสาทเริ่มต้นจากการเคลื่อนที่ของอิออนผ่านผนังเซลล์ เมื่อเซลล์ถูกกระตุ้นโซเดียม (Sodium) จะเข้าสู่เซลล์ประสาทและโพแทสเซียม (Potassium) จะถูกขับออกนอกเซลล์ ทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ที่สามารถวัดได้ ต่อมาจะกลับคืนสู่ภาวะปกติดังเดิม การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้ต้องอาศัยพลังงานจากสารเคมีกลุ่มที่มีฟอสเฟตพลังงานสูงเรียกว่า อะดีโนไซน์ไตรฟอสเฟต (Adenosine Triphosphate: ATP) ช่วยในการทำงานของสารสื่อประสาท เมื่อเซลล์ประสาทส่วนหนึ่งได้รับการกระตุ้นจะปลดปล่อยอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าให้เดินไปตามใยประสาท (Nerve Fiber) ที่เชื่อมระหว่างเซลล์ประสาทกระแสไฟฟ้าปริมาณน้อย ๆ ที่เกิดขึ้นจะไปกระตุ้นเซลล์ประสาทต่อไป เพื่อให้ปล่อยประจุหรืออาจตรวจพบเป็นคลื่นไฟฟ้าผิดปกติ พบได้ในบริเวณที่มีไฟฟ้าต่อไปเป็นทอด ๆ สัญญาณไฟฟ้านี้เรียกว่า คลื่นไฟฟ้าสมอง มีลักษณะเคลื่อนไหวขึ้นและลงเหมือนคลื่นทั่วไป ใช้หน่วยการวัดผลรวมเป็นรอบต่อวินาที ความถี่และความแรงของคลื่นไฟฟ้าของระบบประสาทที่วัดได้จะขึ้นอยู่กับของเซลล์ประสาทแต่ละเซลล์ นอกจากการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสรีรวิทยาของคลื่นไฟฟ้าสมองจะมีความแตกต่างในแต่ละบุคคล มีความสามารถในการประมวลผลต่างกัน แล้วยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ เช่น อายุ การนอน ประเภทของคลื่นไฟฟ้าสมองจำแนกตามความถี่ของคลื่น ดังนี้ มณฑิรา วิทยากิตติพงษ์ (2549)

1. คลื่นเดลต้า (Delta) คลื่นชนิดความถี่น้อยกว่า 4 เฮิร์ทซ์ (Hz) ไม่พบในคนปกติที่ตื่นอยู่ แต่พบในคนนอนหลับปกติ

2. คลื่นเธต้า (Theta) เป็นคลื่นชนิดความถี่ 4 -7.9 เฮิร์ทซ์ (Hz) พบได้ปกติในเด็กและทุกช่วงอายุขณะนอนหลับใหม่ ๆ ระหว่างมีสมาธิ สะท้อนให้เห็นสภาพการตื่นตัวและการง่วงนอน พบได้ที่สมองซีกซ้ายมากกว่าซีกขวาส่วนขมับ ส่วนกลาง และส่วนพาไรเอทัล

3. คลื่นอัลฟา (Alpha) เป็นคลื่นชนิดความถี่ 8-13 เฮิร์ทซ์ (Hz) ตำแหน่งที่พบคลื่นอัลฟาได้เด่นชัด คือ สมองส่วนหลัง ส่วนพาไรเอทัลและส่วนขมับด้านหลัง (Posterior Temporal) ใช้ตรวจได้ในผู้ที่ปล่อยตัวตามสบาย พบมากเมื่อหลับตาโดยไม่ได้คิดอะไรในบริเวณหลังของสมอง (สมองส่วนหน้า) คลื่นอัลฟ่าจะหายไปเมื่อลืมตาหรือใช้สมาธิ

4. คลื่นเบต้า (Beta) เป็นคลื่นชนิดความถี่ 14-30 เฮิร์ทซ์ (Hz) มีความแรงต่ำมาก จนบางครั้งไม่สามารถวัดได้ คลื่นเบต้าจะเพิ่มให้เห็นเด่นชัดขึ้นในขณะลืมตา ฟังเสียง ตัดสินใจ และการประมวลผลข้อมูล จะปรากฏที่สมองส่วนหน้าและส่วนกลาง

5. คลื่นแกมม่า (Gamma) ช่วงความถี่ตั้งแต่ 30 เฮิร์ทซ์ (Hz) ขึ้นไปอาจถึง 45 เฮิร์ทซ์ (Hz) เป็นประโยชน์ในการยืนยันผู้ที่มีโรคเกี่ยวกับสมอง

4.2 หลักการและวิธีการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง

คลื่นสมองเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้มาจากการส่งสัญญาณเคมีทางชีวภาพในร่างกายมนุษย์ การวัดพลังงานไฟฟ้าบริเวณสมองด้วยเครื่องมืออิเลคโทรเอนฟาโลแกรม (Electroencephalogram: EEG) ทำให้นักวิจัยทางประสาทวิทยาและนักวิทยาศาสตร์ ในปัจจุบันมีการทดลองและตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ปรากฏว่า มนุษย์สามารถควบคุมคลื่นสมองและสารที่หลั่งจากสมองได้ หากมีการฝึกฝนสมาธิให้ควบคุมสภาวะอารมณ์และจิตใจได้ ทำให้พบความจริงว่า การเลือกตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกมีผลโดยตรงต่อสภาวะภายในที่เป็นคลื่นไฟฟ้าสมอง หลักการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองและตำแหน่งต่าง ๆ ในสมอง ดังต่อไปนี้

การบันทึกด้วยกระแสไฟฟ้า (Electrical Recording)

ขั้นตอนการจัดเก็บสัญญาณอีอีจี (EEG) ขั้นตอนแรก คือ การใชอุปกรณที่เรียกวาขั้ววัดสัญญาณ (Electrode) ตรวจจับสัญญาณไฟฟาจากบริเวณหนังศีรษะของผูใชทดลองขั้ววัดดังกลาวมีหลายแบบทั้งแบบที่เปนแผนแปะ (Plate) และแบบหมวกครอบศีรษะ (Cap) ซึ่งมีขั้ววัดหลาย ๆ ขั้วอยูภายในหมวกทำให้การวัดสัญญาณไดพรอมกันหลายจุดสัญญาณไฟฟาที่ไดจากขั้ววัดจะมีขนาดแรงดันต่ำมากในระดับมิลลิโวลท์ (mV) จึงตองขยายสัญญาณกอนดวยเครื่องขยายเฉพาะที่เรียกวาไบโอแอมพลิฟายเออร์ (Bio Amplifier) ซึ่งจะมีคุณสมบัติในการปองกันและกำจัดสัญญาณรบกวนที่ดีและขยายสัญญาณในย่านความถี่ต่าง ๆ เช่น คลื่นสมองได้ดี จากนั้นจะแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลด้วยเครื่องดิจิไทเซอร์ (Digitizer) และสัญญาณดิจิตอลจะถูกบันทึกไว้โดยคอมพิวเตอรเพื่อนำไปใช้งานตอไป การส่งสัญญาณดิจิตอลระหว่างดิจิไทเซอร์และคอมพิวเตอรนั้นต้องทำให้มีวงจรไฟฟ้าแยกจากกัน เพื่อป้องกันกระแสไฟฟาจากคอมพิวเตอรไหลยอนกลับมายังขั้ววัด ซึ่งอาจะเปนอันตรายตอผูใชงานได ซึ่งการแยกวงจรไฟฟาออกจากกันอาจทำไดโดยใชสื่อนำแสงแทนสื่อนำไฟฟาโดยทำการแปลงสัญญาณไฟฟาเปนแสงกอนสงและแสงจะถูกแปลงกลับเปนสัญญาณไฟฟาทางด่านตัวรับสัญญาณ

The Electroencephalogram (EEG) คือ การวัดความเคลื่อนไหวทางไฟฟ้าของสมอง ผู้คิดค้นคนแรกคือ Hans Berger ในปี ค.ศ.1920 และในปี ค.ศ. 1924 โดยใช้ขั้วโลหะไฟฟ้า 2 ขั้ว ตรงบริเวณศีรษะของลูกชายของเขาและประสบความสำเร็จในการบันทึกที่ได้รูปแบบของคลื่น Berger ได้แถลงรายงานในหัวข้อเรื่องที่เกี่ยวข้องกับประสบการณ์ขณะมีสติ (Conscious Experience) EEG ในยุคปัจจุบันมีรูปแบบที่ต่างไปจาก EEG ของ Berger อย่างมาก แต่วิธีการทำงาน

ยังคงเหมือนเดิม เพียงแต่ในปัจจุบันได้นำขั้วไฟฟ้ามาล้อมรอบติดเฉพาะจุดของบริเวณหนังศีรษะ เพื่อทำการบันทึกการเคลื่อนไหวทางไฟฟ้าของส่วนต่าง ๆ ของสมองได้พร้อม ๆ กัน ขณะที่ขั้วไฟฟ้าของ EEG ได้รับข้อมูลการเคลื่อนไหวทางไฟฟ้าจากประสาทสัญญาณไฟฟ้าจะถูกแปลโดย EEG และทำการบันทึกข้อมูลลงบนตารางที่เป็นแผ่นขนาดยาวและเล็ก หรือบันทึกลงบนแผ่น Computer Disk

ลักษณะข้อมูลจะเป็นเส้นที่เคลื่อนไหวแบบขึ้น ๆ ลง ๆ ลักษณะแบบนี้เรียกว่า คลื่นสมอง (Brain Wave) ลักษณะของคลื่นสมองมีความเกี่ยวข้องกับสภาวะการมีสติ เริ่มตั้งแต่ขณะตกใจสูงสุดไปจนถึงขณะหลับลึก นักจิตบำบัดและนักวิจัยสามารถอ่านข้อมูลการจดบันทึกของ EEG ได้ เพื่อนำมาสรุปว่าการเคลื่อนไหวทางไฟฟ้านั้นแสดงข้อมูลระดับใดในสมอง และใช้ในการวินิจฉัยโรคและความผิดปกติอื่น ๆ

4.3 คลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (Event-Related Potential: ERP) หรือเรียกโดยย่อ ว่า ERP เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองที่ได้จากเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalography) (EEG) หรือ เครื่องวัดจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสมอง Magnetoencephalography (MEG) ใช้ศึกษาทางประสาทวิทยาศาสตร์ (Neuroscience) ประสาทวิทยาศาสตร์ทางปัญญา (Cognitive Neuroscience) ทางสรีรวิทยา (Physiological) ทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory) การรับรู้ (Perception) ทางปัญญา (Cognition) และข้อมูลด้านการประมวลผลของสมอง (Brain Processing Information)

Event-Related Potential เป็นการวัดกิจกรรมทางไฟฟ้าของสมอง โดยวางขั้วไฟฟ้าไว้บนหนังศีรษะ คลื่นไฟฟ้าสมองเกิดจากการส่งสัญญาณประสาทของสมอง พร้อมกันหลายหมื่นหรือแสนเซลล์ที่ทำงานพร้อมกันขณะมีกิจกรรมมากระตุ้นการทำงานของสมอง (Event) ตัวกระตุ้นอาจเป็นภาพหรือเสียง ซึ่ง ERP มีลักษณะเป็นรูปคลื่นประกอบด้วยชุดของการโค้งตัวทางบวกและทางลบของแรงดันทางไฟฟ้า การศึกษาทางวิทยาการปัญญา ส่วนใหญ่นิยมใช้ ERP เพราะเป็นการบันทึกการทำงานของสมองที่เวลาจริง และมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าการศึกษาการทำงานของสมองด้วยเทคนิค f-MRI, MRI, PET และ MEG ชุดรูปแบบของคลื่น (Waveform) มีหลายรูปแบบที่นิยมใช้ในการศึกษาการทำงานของสมอง ได้แก่ P100, N100, N170, P200, N200, P300, N400 และ P600 (Luck & Kappenman, 2011, pp. 3-12)

1) คลื่น P100 หรือ P1

คลื่น P100 หรือ P1 เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (Event-Related Potential: ERP) ซึ่งได้จากเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง Electroencephalography (EEG) เป็นคลื่นเชิงบวก (Positive) ความสูงของคลื่นปรากฏที่เวลา 65-100 ms เกี่ยวข้องกับการประมวลผล

ทางการรับรู้ด้านการมองเห็น (Visual) เกิดจากการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าชนิดที่เกี่ยวข้องกับแสง ที่เป็นไฟกระพริบของแสงสีขาว (Flashed) ปรากฏชัดเจนมากที่สมองบริเวณส่วนหลัง (Occipital Lobe) แสดงให้เห็นถึง กระบวนการทำงานครั้งแรกของสมองในการให้ความใส่ใจ (Pay Attention) ไปยังสิ่งเร้าที่มากระตุ้น (Stimulus) นอกจากนี้ยังชี้ให้เห็นถึงสมองมีการรับรู้โดยอัตโนมัติจากสิ่งเร้าที่เป็นแสงได้เร็วสุดที่เวลา 65 ms ที่บริเวณสมองส่วนหลัง (Occipital Lobe) หรือที่ Brodmann Area (BA) ตำแหน่ง 17, 18 และ 19

2) คลื่น N100 หรือ N1

N100 มีลักษณะเป็นคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ในเชิงลบ (Negative) ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 80-120 ms เกิดจากการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าที่เกี่ยวข้องกับเสียง เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองที่เกิดจาการรับรู้เสียง ปรากฏชัดเจนที่สมองบริเวณขมับ (Temporal Lobe) สมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) และสมองส่วนกลาง (Parietal Lobe) ปรากฏในสมองด้านขวามากกว่าด้านซ้าย การใช้งานในทางคลินิคของ N100 นิยมใช้ทดสอบความผิดปกติในการได้ยิน หากกระตุ้นด้วยเสียงแล้วไม่ปรากฏคลื่นนี้ แสดงว่าบุคคลนั้นความบกพร่องด้านการอ่าน (Dyslexia) ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการเรียนรู้ด้านภาษาและใช้ในการทดสอบอาการโคม่าของสมอง (Coma) นอกจากนี้ N100 ยังใช้ในการทดสอบการได้ยินในประเภท Mismatch Negativity นำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาการปรากฏของคลื่น N100 ขณะสลับโดยการให้สิ่งเร้า หรือโดยการไม่ให้สิ่งเร้า (Go-No Go Task) ที่เป็นสัญญาณชนิดเสียง (Daltrozzo et al., 2007)

3) คลื่น N100 หรือ N1

N100 มีลักษณะเป็นคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ ในเชิงลบ (Negative) ที่เกิดขึ้น เวลา 150-200 ms เกิดจากการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าทางตา ที่เป็นไฟกระพริบที่เวลา 150-170 ms แต่หากเป็นภาพจะปรากฏคลื่นที่ 170-200 ms เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองที่เกิดจาการรับรู้ของประสาทสัมผัสการมองเห็นทางตา ผลปรากฏชัดเจนที่สมองบริเวณส่วนหลัง (Occipital Lobe) รองลงมาคือ บริเวณสมองส่วนกลาง (Parietal Lobe) บริเวณสมองส่วนขมับ (Temporal Lobe) ปรากฏในสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) การใช้งานในทางคลินิกของคลื่น N100 ภาพ ที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลา 150-170 ms นิยมใช้ในการทดสอบความผิดปกติทางการมองเห็น แต่หากไม่ปรากฏคลื่นนี้ขณะกระตุ้นด้วยภาพแสดงว่ามีปัญหาทางสายตาและการมองเห็น (Daltrozzo et al., 2007)

4) คลื่น N170

N170 เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (Event-Related Potential: ERP) ในเชิงลบ (Negative) แสดงความสูงของคลื่นปรากฏที่ช่วงความกว้างของคลื่นที่เวลาเกิดขึ้น ในช่วงเวลา 150-200 ms เกี่ยวข้องด้านการรับรู้ภาพใบหน้าของบุคคล (Face Perception) ปรากฏชัดเจนเมื่อเทียบกับการให้สิ่งเร้าอื่นที่ไม่ใช่ใบหน้าของบุคคล เช่น ภาพดอกไม้สดใส ภาพบ้าน ภาพทิวทัศน์

สวยงาม ภาพธรรมชาติและภาพวัตถุต่าง ๆ หากนำเสนอสิ่งเร้าที่เป็นภาพใบหน้าบุคคล ปรากฏคลื่น N170 แสดงการทำงานชัดเจนที่สมองบริเวณส่วนด้านข้าง (Occipital Lobe) รองลงมาคือบริเวณส่วนหลังกลาง (Occipital-Parietal) สมองบริเวณหลังขมับ (Occipital Temporal) และนอกจากนี้ยังปรากฏในสมองส่วนหน้าบางส่วน (Frontal Lobe) และพบในสมองทางด้านขวามากกว่าด้านซ้ายด้วยเช่นกัน (Freeman, Ambady, & Holcomb, 2010; Luck & Kappenman, 2011, pp. 115-118)

5) คลื่น P200 หรือ P2

P200 เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (Event-Related Potential: ERP) ในเชิงบวก (Positive) ความสูงของคลื่นเกิดขึ้นในช่วงเวลา 160-275 ms เกี่ยวข้องกับการประมวลผลทางปัญญาหลายด้าน (Cognitive) เช่น ด้านการรับรู้ (Perception) ความใส่ใจ (Attention) ด้านความจำ (Memory) และทางด้านที่เกี่ยวข้องกับภาษา ทั้งในด้านที่เกี่ยวข้องกับภาพและด้านที่เกี่ยวข้องกับเสียง นิยมใช้ในการทดลองโดยให้กลุ่มตัวอย่างตรวจสอบสิ่งเร้า ที่เป็นเป้าหมายและไม่ใช่เป้าหมาย (Target/ Non-target) ให้กลุ่มตัวอย่างทำนายคำตอบ โดยนำเสนอสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายและสิ่งเร้าที่ไม่ใช่เป้าหมายในกระบวนทัศน์ Oddball (Oddball Paradigms) นำไปประยุกต์ในการทดสอบความใส่ใจ (Attention) ทดสอบความจำ (Memory) และทดสอบการเลือกตอบสนอง (Response Selection) โดยนำเสนอสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายที่ต้องการและสิ่งเร้าที่ไม่ใช่เป้าหมายที่ต้องการ มีลักษณะเป็นตัวรบกวนความใส่ใจ (Distracter) ขณะทำกิจกรรมทดสอบเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างเลือกตอบสนองให้ถูกต้อง ภายในเวลาที่จำกัดตามที่ได้ออกแบบการทดลอง

นอกจากนี้มีกระบวนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับภาพรองพื้น (Visual Priming Paradigm) เป็นกระบวนทัศน์ที่ให้ข้อมูลพื้นฐานก่อนหน้าตามลำดับและให้ข้อมูลเพิ่มขึ้นอย่างมีทิศทางในเวลาต่อมา กลุ่มตัวอย่างทำนายคำตอบในอนาคต กลุ่มตัวอย่างเลือกตัดสินใจตอบสนองให้ถูกต้อง สิ่งเร้าอาจเป็นได้ทั้งภาพที่เป็นภาพ 2 มิติ ภาพ 3 มิติ หรือสิ่งเร้าที่เป็นคำ ขณะเลือกตอบปรากฏผลคือ การทำงานของสมองชัดเจนมากในบริเวณสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) บริเวณสมองส่วนท้าย (Occipital Lobe) บริเวณสมองส่วนกลาง (Parietal Lobe) และบริเวณสมองส่วนข้าง (Temporal Lobe) เล็กน้อย

กระบวนทัศน์ที่มีลักษณะเป็นเสียงรองพื้น (Auditory Priming Paradigm) เป็นกระบวนทัศน์ที่มีความเกี่ยวข้องกับการกำหนดให้ข้อมูลเสียงพื้นก่อน ซึ่งเป็นเสียงที่ไม่ใช่เป้าหมาย (Non-target) แล้วจึงนำเสนอหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างเลือกตอบสนองต่อเสียงที่เป็นเป้าหมายที่ต้องการ (Target) โดยเมื่อพบเป้าหมายจะปรากฏ Amplitude หรือมีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมองสูงขึ้นมากกว่าสิ่งเร้าที่ไม่ใช่เป้าหมาย ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อ ความกว้างของคลื่น (Latency) ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นถึงการทำงานของหน้าที่บริหารจัดการของสมอง

(Executive Function) และความจำขณะทำงาน (Working Memory) ของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน และปรากฏการทำงานของสมองชัดเจน บริเวณสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) รองลงมาคือบริเวณสมองส่วนกลาง (Parietal Lobe) และบริเวณสมองส่วนข้าง (Temporal Lobe) ตามลำดับ

การประยุกต์ใช้คลื่น P200 ในทางคลินิก นิยมใช้ในการวินิจฉัยที่เกี่ยวข้องกับโรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's Disease) รวมถึงโรคที่เกี่ยวข้องกับอาการสมองเสื่อม (Dementia) โดยการให้ผู้ป่วย ได้รับสิ่งเร้าที่เป็นแสงไฟกระพริบอย่างเป็นขั้นตอน หากเกิดคลื่น P100 และ P200 มีช่วงความกว้างของคลื่น (Latency) ที่ห่างกันมากแสดงให้เห็นถึงเกิดความบกพร่องในการส่งสัญญาณประสาทบริเวณภายในสมอง (Lee et al., 2010; Qiu et al., 2008)

6) คลื่น N200 หรือ N2

N200 เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (Event-Related Potential: ERP) ในเชิงลบ (Negative) ที่เกิดขึ้นในเวลา 200-350 ms เป็นช่วงคลื่นเกี่ยวข้องกับการประมวลผลที่หลากหลายทางปัญญาหลายด้าน เช่น หน้าที่บริหารจัดการของสมอง (Executive Function) ความจำขณะทำงาน (Working Memory) ด้านการรับรู้ (Perception) ความใส่ใจ (Attention) ความจำ (Memory) และความสามารถทางภาษา ทั้งในด้านที่เกี่ยวข้องกับภาพและเสียง โดยนิยมใช้ในการตรวจสอบสิ่งเร้าที่มีลักษณะแตกต่างกัน Mismatch Negativity (MMN) ที่เป็นเป้าหมายที่ต้องการและที่ไม่ใช่เป้าหมายที่ต้องการ (Target/ Non-target) นอกจากนี้ การนำ Go/ No-Go Task นำเสนอสลับกันอย่างรวดเร็วในกระบวนทัศน์ Oddball (Oddball Paradigms) มีวัตถุประสงค์ทางด้าน ความใส่ใจ ความจำ และการเลือกตอบสนอง (Response Selection) โดยการนำเสนอสิ่งเร้าต่อเป้าหมายที่ต้องการ (Target) หรือเป็นสิ่งเร้าใหม่ที่ยังไม่เคยเห็นมาก่อน (Novelty) กับสิ่งเร้าที่ไม่ใช่เป้าหมายที่ต้องการ ซึ่งมีลักษณะเด่นคือ มีลักษณะเป็นตัวรบกวน (Distracter) เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างเลือกตอบสนองให้ถูกต้อง กรณีที่สิ่งเร้าที่เกี่ยวข้องมีลักษณะเป็นข้อมูลเกี่ยวกับภาพ เช่น หากปรากฏภาพ A ให้กลุ่มตัวอย่างตอบสนองโดยการกดแป้นด้านขวา หากปรากฏภาพ B ให้กดแป้นด้านซ้าย เพื่อให้เห็นการตัดสินใจเลือกที่ชัดเจน ซึ่งภาพที่ปรากฏจะมีลักษณะเป็นการเรียงแบบสุ่ม เช่น AAABAAAABBA เป็นต้น โดยขณะทำกิจกรรม มีคลื่น N200 ปรากฏชัดเจนขึ้นที่บริเวณสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) รองลงมาคือ บริเวณสมองส่วนกลาง (Parietal Lobe) และบริเวณสมองส่วนด้านข้าง (Temporal Lobe) (Petit et al., 2012) ตามลำดับ

7) คลื่น P300 หรือ P3

P300 เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (Event-Related Potential: ERP) ในเชิงบวก (Positive) ปรากฏความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมองอย่างชัดเจน เกิดขึ้นที่เวลา 250-550 ms ที่เกี่ยวข้องการรับการประมวลผลการรู้คิดทางปัญญาหลายด้าน (Cognitive Function) ได้แก่ การคิด (Thinking) การตัดสินใจ (Decision Making) การประเมินผล (Evaluation) การแก้ปัญหา

(Problem Solving) และการจัดหมวดหมู่ (Categorization) คลื่น P3 ประกอบด้วยคลื่น P3a เป็นคลื่นแรกของ P300 และ P3b เป็นคลื่นที่สองของ P300

P300 ขึ้นอยู่กับการใช้ความพยายามของกลุ่มตัวอย่างในการทำกิจกรรมการทดสอบ (Task) และความยากของกิจกรรมทดสอบ หากกิจกรรมการทดสอบมีความยาก จะทำให้กลุ่มตัวอย่างต้องใช้ความพยายายาม ทำให้สมองต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้น ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 มีความสูงขึ้นด้วย (Luck, 2005, p. 44) และขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นหรือ ช่วงห่างระหว่างสิ่งกระตุ้น (Inter Stimulus) ในกิจกรรมการทดสอบ (Hassaan, 2010, p. 84) ในขณะเดียวกันความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ที่ลดลง แสดงถึงสมองมีการใช้พลังงานลดลง อาจเนื่องมาจากกิจกรรมการทดสอบมีความง่ายกว่าหรือจำได้มากขึ้น การใช้ความพยายามของกลุ่มตัวอย่าง ในการทำกิจกรรมการทดสอบ (Task) น้อยลง (Luck, 2005, p. 44)

P3a เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ ปรากฏที่ช่วงเวลา 250-350 ms ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของสมองในด้านกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process) ร่วมกับความจำขณะทำงาน (Working Memory) ร่วมถึงการประมวลผลด้านการตัดสินใจ (Decision Making) การประเมินผล (Evaluation) การจัดหมวดหมู่ (Categorization) ความใส่ใจ (Attention) และการพิจารณาว่าเป็นสิ่งใหม่หรือเก่า (Novelty) นอกจากนี้ คลื่น P3a แสดงให้เห็นถึงการทำงานที่ชัดเจน บริเวณสมองส่วนหน้ามากที่สุด (Frontal Lobe) โดยเฉพาะ Prefrontal นอกจากนี้ ปรากฏเล็กน้อยที่บริเวณสมองส่วนกลาง (Parietal Lobe) และบริเวณสมองส่วนด้านข้าง (Temporal Lobe)

P3b เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ ปรากฏเป็นยอดคลื่นที่สองของ คลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ที่ช่วงเวลา 250-550 ms เกี่ยวข้องกับการทำงานของสมองในด้านกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process) ร่วมกับความจำขณะทำงาน (Working Memory) และการดึงข้อมูลจากความจำระยะยาว (Long Term Memory) ในด้านการตัดสินใจ (Decision Making) เกี่ยวกับการประเมินผล (Evaluation) การจัดหมวดหมู่ (Categorization) การแก้ปัญหา (Problem Solving) คลื่น P3a ปรากฏการทำงานที่ชัดเจนบริเวณสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) ร่วมกับสมองส่วนกลาง (Parietal Lobe) และสมองส่วนข้าง (Temporal Lobe) แสดงให้เห็นการทำงานร่วมกัน ระหว่างกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process) กับกระบวนการด้านความจำ (Memory Process) ที่ทำงานประสานกัน (Lee et al., 2010; Luck & Kappenman, 2011, pp. 159-163)

8) คลื่น N400

N400 เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (Event-Related Potential: ERP) ในเชิงลบ (Negative) ปรากฏความสูงของคลื่นในทิศทางลบ ที่เกิดขึ้น ในช่วงเวลา 280-500 ms

โดยมีความเกี่ยวข้องกับการประมวลผลที่หลากหลายทางภาษา (Language) ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของสมองและระบบประสาททางด้านภาษา (Neurolinguistic) และสิ่งเร้าที่มีลักษณะเป็นคำพูดภาพและเสียง (Visual and Auditory Words) แสดงให้เห็นถึงการตอบสนองของสมองต่อคำที่ปรากฏที่เป็นคำใหม่ (Novelty Words) หรือคำที่ไม่เคยเห็นมาก่อน (Unexpected Words) ของสิ่งเร้าที่เป็นประโยคคำพูดในการทดลอง ทั้งนี้สามารถประยุกต์สิ่งเร้าให้มีลักษณะเป็นภาพหรือเสียง ตัวอย่างประโยคที่เรียงรูปประโยคถูกต้องตามไวยากรณ์ภาษาไทย (ประโยคปกติ) หรือประโยคที่เรียงรูปประโยคไม่ถูกต้องตามไวยากรณ์ภาษาไทย (ประโยคที่เรียงรูปประโยคไม่ถูกต้องตามหลักไวยากรณ์) เช่น “ผมชงกาแฟโดยใช้ครีมเทียมและน้ำตาล”(เป็นประโยคปกติ) ในขณะที่ประโยค “ผมชงกาแฟโดยใช้ครีมเทียมและกระเทียม” (ประโยคที่เรียงรูปประโยคไม่ถูกต้องตามหลักไวยากรณ์) มักไม่พบเห็นในการใช้ภาษาทั่วไป เมื่อรับรู้สิ่งเร้าคำพูดที่ผิดปกติ จะปรากฏคลื่น N400 ทำให้เห็นความแตกต่างและแสดงการทำงานที่ชัดเจนบริเวณสมองส่วนข้าง (Temporal Lobe) และปรากฏเล็กน้อยที่บริเวณสมองส่วนกลาง (Parietal Lobe) และบริเวณสมองส่วนหลัง (Occipital Lobe) คลื่น N400 นิยมใช้ในการวิจัยทางด้าน Neuro Linguistic แสดงให้เห็นถึงการทำงานที่ชัดเจนของสมองกับความสามารถทางภาษาที่บริเวณสมองส่วนข้าง (Temporal Lobe) (Kutas & Federmeier, 2011)

9) คลื่น P600

P600 เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (Event-Related Potential: ERP) ในเชิงบวก (Positive) ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา เวลา 500-650 ms ที่มีความเกี่ยวข้องกับการประมวลผลทางภาษา (Language) เกิดจากการการทำงานของสมองและระบบประสาททางด้านภาษา (Neurolinguistic) ของสิ่งเร้าที่เกี่ยวข้องกับคำพูดกับสิ่งเร้าที่มีลักษณะเป็นกับภาพและเสียง (Visual and Auditory Words) แสดงให้เห็นถึงการตอบสนองของสมองต่อสิ่งเร้าประเภทที่เกี่ยวข้องกับหลักไวยากรณ์ (Grammatical) หรือประโยค (Syntactic) นอกจากนี้คลื่น P600 เกี่ยวข้องกับการทำงานของสมองด้านการประมวลผลประโยค (Sentence Processing) และทำงานเกี่ยวข้องกับวลี (Phrase Processing) การตอบสนองของสมองต่อประโยคใหม่ ๆ ที่ปรากฏ (Novelty Sentence) ประโยคที่ไม่คาดคิดมาก่อน (Unexpected Sentence) หรือลักษณะประโยคมีความหมายขัดแย้งกัน (Disagreement) ของวลี และการตีความ (Interpretation) ของสิ่งเร้าที่เป็นประโยคหรือวลี คำพูด ที่มีความขัดแย้งกัน สามารถนำเสนอได้ ทั้งสิ่งเร้าชนิดที่เป็นภาพปรากฏที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ หรือสิ่งเร้าที่เป็นเสียงโดยฟังจากทางหูฟัง ในงานวิจัยที่ศึกษาทางด้านภาษาแสดงตัวอย่างของประโยคที่ปกติ และประโยคที่เรียงรูปประโยคไม่ถูกต้องตามไวยากรณ์ภาษาไทย เช่น ประโยค “อาหารที่อร่อย ได้รับประทานเด็ก” (ประโยคที่เรียงรูปประโยคไม่ถูกต้องตามหลักไวยากรณ์) กับประโยค “อาหารที่อร่อยได้รับประทานโดยเด็ก” (ประโยคปกติ) ซึ่งเป็นประโยค

ที่เรียงรูปประโยคถูกต้องตามหลักไวยากรณ์ภาษาไทย เมื่อกลุ่มตัวอย่างได้รับสิ่งเร้าไวยากรณ์หรือประโยคที่เรียงรูปประโยคไม่ถูกต้องตามหลักไวยากรณ์ จะปรากฏคลื่น P600 แสดงการทำงานชัดเจนที่สมองบริเวณสมองส่วนด้านข้าง (Temporal Lobe) บริเวณ Wernicke's Area ตำแหน่ง Broca's Area แสดงการทำงานเล็กน้อยที่สมองส่วนกลาง (Parietal Lobe) และส่วนท้ายทอย (Occipital lobe) (Luck & Kappenman, 2011, pp. 27-30) ตามลำดับ

4.4 ความจำขณะทำงานด้านภาพและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์

Owen, McMillan, Laird, and Bullmore (2005) ได้วิจัยเรื่อง การวิเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับกระบวนทัศน์ของความจำขณะทำงานโดยใช้ N-Back ทดสอบความจำขณะทำงาน ซึ่งหนึ่งในกระบวนทัศน์การทดลองที่ได้รับความนิยมมากที่สุดเกี่ยวกับการศึกษาการทำงาน Neuroimagin ของความจำขณะทำงานคือ เครื่องมือ N-Back เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบสิ่งเร้าด้วยวาจาหรืออวัจนภาษาเพื่อบ่งชี้ว่าสิ่งที่กระตุ้นอยู่ในปัจจุบัน จากการวิเคราะห์เมตาดาต้า จำนวน 668 เรื่อง ในรายงานในผลการวิจัยเบื้องต้น 24 เรื่อง N-back ใช้ทดลองความจำขณะทำงาน ผลวิจัยปรากฏว่า บริเวณสมองบริเวณ Premotor Cortex และ Cingulate มีกระบวนการที่เกิดการเปลี่ยนแปลงชัดเจน สรุปได้ว่าการวิเคราะห์เมตาดาต้า เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการรวบรวมผลการศึกษาขั้นปฐมวัยหลายเรื่อง เป็นหลักฐานที่แสดงถึงความจำขณะทำงานเกิดขึ้นบริเวณสมองส่วนหน้าและบริเวณกระหม่อมโดยใช้กระบวนทัศน์การทำงานของ N-back ในรูปแบบต่าง ๆ

Drew, McCollough, and Vogel (2006) ได้วิจัยเกี่ยวกับคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์กับการวัดความจำขณะทำงานด้านภาพ จากการวิจัยปรากฏว่า หน่วยความจำขณะทำงานด้านภาพ มีระบบความจุที่จำกัด ซึ่งจะเก็บรักษาข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุในสภาพแวดล้อมที่มองเห็นได้ชั่วคราว การทดลองแสดงให้เห็นว่าคนส่วนใหญ่สามารถเก็บรักษา 3 หรือ 4 รายการในหน่วยความจำขณะทำงานด้านภาพได้ตลอดเวลา เพื่อให้เข้าใจถึงกระบวนการทำงานและเหตุผลที่ความจุความจำของมนุษย์มีจำกัด ดังนั้นจึงมีการใช้วิธีการต่าง ๆ ทางสรีรวิทยา เพื่อศึกษาข้อมูลภาพถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำในการทำงานของระบบประสาท สะท้อนถึงข้อมูลที่มีอยู่ในหน่วยความจำขณะทำงานด้านภาพของมนุษย์

Myatchin and Lagae (2013) ได้วิจัย เรื่องการพัฒนาการเปลี่ยนแปลงความจำขณะทำงานด้านภาพและมิติสัมพันธ์ในเด็กที่มีพัฒนาการปกติ: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ วัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อประเมินการทำงานของเครือข่ายความจำขณะทำงานด้านภาพโดยมีงานวิจัยจำนวนมากสนับสนุนการประเมินผล เครื่องมือในการวัดและประเมินผลคือ Electrophysiological Level ในกลุ่มเด็กที่มีพัฒนาการปกติ การวัด ERP

วัดการมองภาพแบบมิติสัมพันธ์ (Visuo-Spatial Backmatching Task) กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็ก จำนวน 69 คน อายุระหว่าง 6-16 ปี โดยใช้เครื่องมือ One-Back Matching (BM1) และ Two-Back Matching (BM2) ผลการวิจัยปรากฏว่า อายุกับพฤติกรรมมีความสัมพันธ์กัน โดยวัดพฤติกรรมจากตัวแปรตาม คือ เวลาปฏิกิริยา(Reaction Time) และวัด ERP Parameters จากตัวแปร คือ แอมปริจูดสูงสุด (Peak Amplitude) และความกว้างสูงสุด (Peak Latency) โดยวิเคราะห์ผลการวิจัยจากการทดสอบทาง Electrophysiological Level จากกลุ่มตัวอย่างในเด็กที่มีช่วงอายุต่างกัน ผลการวิจัยปรากฏว่า เวลาปฏิกิริยา (Reaction time) ในวัยเด็กตอนต้นและวัยเด็กตอนปลายหลังการทดลองลดลงและอายุมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงต่อ Peak Latency ที่ชัดเจนในบริเวณสมองด้านขวาของวัยเด็กตอนปลายและมีการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนมากของ Peak Amplitude ที่ลดลงหลังการทดลอง

Van Der Ven, Van Der Maas, Straatemeier, and Jansen (2013) ได้วิจัยเรื่อง ความจำขณะทำงานด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาในช่วงอายุที่ต่างกัน คือ อายุระหว่าง 6-7 ปี และ 11-12 ปี วัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อตรวจสอบและปรับปรุงเครื่องมือวัดความจำขณะทำงานด้านภาพด้านมิติสัมพันธ์ในเกมคอมพิวเตอร์ออนไลน์ในเกมสวนการเรียนรู้คณิตศาสตร์เกี่ยวกับการบวก ลบ คูณ หาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษา ซึ่งโดยพัฒนาเป็น Computer Adaptive Technology เพื่อศึกษาการกระจายความแตกต่างของวัตถุที่มีความซับซ้อนที่ส่งผลต่อความจำขณะทำงานด้านภาพด้านมิติสัมพันธ์ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะทำงานด้านภาพมิติสัมพันธ์ในโดเมนทางด้านคณิตศาสตร์ในช่วงอายุที่ต่างกัน ผลการวิจัยปรากฏว่า การบวก การลบ นักเรียนทำคะแนนได้ดีในช่วงอายุของเด็ก 6-7 ปี และในช่วงอายุ 10-12 ปี นักเรียนทำคะแนนได้ดีในเรื่อง การคูณและหารได้มากขึ้น จากการวิเคราะห์ Regression แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะอื่น ๆ เช่น Task ที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ Task Forward หรือ Backword นำมาใช้ในการอธิบายความแปรปรวนจำนวนรายการ (Item) ที่แตกต่างกัน และการวิเคราะห์ Regression แสดงให้เห็นว่าความจำขณะทำงานด้านมิติสัมพันธ์และคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Bailey and West (2013) ได้วิจัยเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์การเล่นเกม กับความสัมพันธ์ระหว่างประสาทของการประมวลผล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาในระดับมหาวิทยาลัย ไอโอวาสเตด ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นเพศชายตามเกณฑ์คัดเข้า จำนวน 98 คน จากการวิจัยปรากฏว่า คลื่นไฟฟ้าสมองที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ (ERPs) ข้อมูลพฤติกรรมปรากฏว่าความถี่ของ ผลลัพธ์ต่าง ๆ ไม่เกี่ยวข้องกับประสบการณ์การเล่นเกมแอคชัน ความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์ในการเล่นเกมและความสัมพันธ์ของ ERP ผลการวิจัยปรากฏว่า การเล่นเกมแอคชันหลังการทดลองความกว้างของ ERPs ลดลง ข้อมูล ERP แสดงให้เห็นถึง การเปลี่ยนแปลง

และการทำงานของระบบประสาทของสมองส่วนหน้า (Frontal) บริเวณสมองด้านข้าง (Lateral Frontal) บริเวณสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Region) ได้แก่ คลื่น P2, P3a คลื่นมีความสูงลดลงบริเวณสมองส่วนกระหม่อม (Parietal) ได้แก่ คลื่น P3b และการเล่นเกมมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจในภาวะวิกฤติจากการเล่นเกมแบบเสมือนจริง

Kuo, Zhang, Rissman, and Chiu (2014) ได้วิจัยเรื่อง การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง (ERP) กับการวิเคราะห์ทางพฤติกรรมการเพิ่มขึ้นของความจำขณะทำงานด้านภาพจากการฝึกฝน และทำการทดลอง 3 การทดลอง ระยะเวลาในการทดลองรวม 12 สัปดาห์ ด้วยการฝึกการเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพและความใส่ใจได้จาก Near Transfer Tasks กลุ่มตัวอย่างอายุระหว่าง 18-31 ปี จำนวน 15 คน หญิง 5 คน ชาย 10 คน เป็นผู้ที่มีสุขภาพดี จากการวิจัยทางพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมองหลักฐานล่าสุด ปรากฏว่า การฝึกเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพและความใส่ใจจากการทดสอบทางพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมอง แสดงให้เห็นว่าความสามารถของความจำขณะทำงานมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความแตกต่างของรูปคลื่นที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์ (ERP) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดสอบ ความจำ 4 รายการของกลุ่มตัวอย่าง และความจุเฉลี่ยที่กลุ่มตัวอย่างจำได้อยู่ที่ 3.25 รายการ นอกจากนี้ผลการวิจัยปรากฏว่า สามารถพัฒนาความจุของความจำขณะทำงานด้านภาพจากการฝึก หลังการฝึกผู้เข้าร่วมกลุ่มในสัปดาห์ที่ 12 เวลาปฏิกิริยาลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนฝึก ดังนั้นเราจึงสรุปได้ว่าผู้เข้าอบรมได้ประโยชน์จากการฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพเพิ่มขึ้นในเวลานานมากขึ้นจากการทดลอง

Pelegrina et al. (2015) ได้วิจัยในกลุ่มเด็กและวัยรุ่น จาก N-back Task โดย N-back ได้รับความนิยมในการทดลองในบริบทการวิจัยการทดสอบความจำและประสาทวิทยา เป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย ช่วงทศวรรษที่ผ่านมา การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ วิจัยเกี่ยวกับข้อมูลเชิงบรรทัดฐานสำหรับงานที่โดยใช้ N-back ทดสอบ กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กและวัยรุ่น เป็นนักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนที่อายุระหว่าง 7-13 ปีจำนวน 3,722 คน การทดลองทดสอบความจำขณะทำงานจากระดับความยาก 3 ระดับจากน้อยไปมาก ได้แก่ 1 Back, 2 Back และ 3 Back ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง ผลการศึกษาปรากฏว่า เด็กผู้หญิงมีคะแนนการตอบถูกมากกว่ากว่าเด็กชายและใช้เวลามากกว่าเพศชายในการตอบสนอง

Colom et al. (2016) ได้วิจัยเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสมองปริมาตรสีเทาผลจากโปรแกรมฝึกการรู้คิดทางปัญญาจาก Dual N-back Task กลุ่มตัวอย่างเป็นหญิงที่มีสุขภาพแข็งแรง จำนวน 28 คน เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี 169 มหาวิทยาลัยในประเทศสเปนและประเทศสหรัฐอเมริกา ได้รับการฝึกอบรมความรู้ความเข้าใจ Dual N-Back Task จำนวน 24 ครั้ง ครบ 24 ครั้งตลอด 12 สัปดาห์ ก่อนและหลังการฝึกอบรม ผลการวิจัยปรากฏว่าภาพถ่าย FMRI ของสมองกลุ่มฝึกตามกิจกรรมที่กำหนดเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

ผลการวิจัยปรากฏว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม ปริมาตรสมองสีเทาเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่ฝึกด้วย Dual N-back Task ในบริเวณสมองที่อยู่ด้านหลังซ้าย Cingulate และ Cerebellum ด้านขวา และกลีบขมับขวา

Gao, Tang, Shui, and Shen (2016) ได้วิจัยเรื่อง หลักการจัดการองค์ประกอบของความจำขณะทำงานด้านภาพและเหตุการณ์จากการแสดงตัวกระตุ้นแบบเรียงลำดับ วัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อตรวจสอบความจำขณะทำงานด้านภาพกับการเชื่อมโยงอย่างเป็นลำดับจากการนำเสนอตัวกระตุ้น โดยใช้หลักการของเกสเตา (Gestalt Principles) เป็นหลักการที่มีความสำคัญในกระบวนการเชื่อมโยงการรับรู้ คณะผู้วิจัยได้จัดลำดับของตัวชี้นำของหลักการเกสเตาในลักษณะ 3-4 ลำดับ เพื่อนำเสนอวัตถุในการจดจำในการทดลอง จากหลักการของเกสตอลไม่สามารถทำได้จนกว่าวัตถุทั้งหมดจะปรากฏตัวขึ้นพร้อมกัน ใช้หลักของตัวชี้วัดเพื่อช่วยส่งเสริมการกระตุ้นการเชื่อมโยงของสมองให้เกิดความจำขณะทำงานด้านภาพเพิ่มมากขึ้น จากตัวนำทางที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ผลการวิจัยปรากฏว่า หากใช้ตัวนำทางชี้นำการจดจำ กระตุ้นการเรียนรู้ ระหว่างการทดลองจะช่วยส่งเสริมความจำขณะทำงานด้านภาพเพิ่มมากขึ้น

สรุปทิศทางการวิจัยเกี่ยวกับความจำขณะทำงานด้านภาพ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ เครื่องมือที่ได้รับคำนิยมในการศึกษาเกี่ยวกับความจำขณะทำงาน คือ N-Back (1 Back, 2 Back และ 3 Back) โดยใช้กระบวนการทำงานของ N-Back เด็กอายุระหว่าง 6-16 ปี เพศชายและเพศหญิง ส่วนใหญ่สามารถจำวัตถุได้ 3-4 รายการเมื่อทดสอบความจำขณะทำงานระหว่างการทดลองการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ งานวิจัยส่วนใหญ่ปรากฏการเปลี่ยนแปลงหลังการทดลองบริเวณสมองด้านหน้า (Frontal Lobe) บริเวณ Premotor Cortex บริเวณสมองส่วนกระหม่อม บริเวณสมองด้านข้าง (Lateral Frontal) หลังการทดลองเวลาปฏิกิริยลดลงก่อนการทดลอง คะแนนความถูกต้องเพิ่มมากขึ้นหลังการทดลอง และแอมปริจูดลดลงหลังการทดลองในคลื่น P2, P3a และ P3b

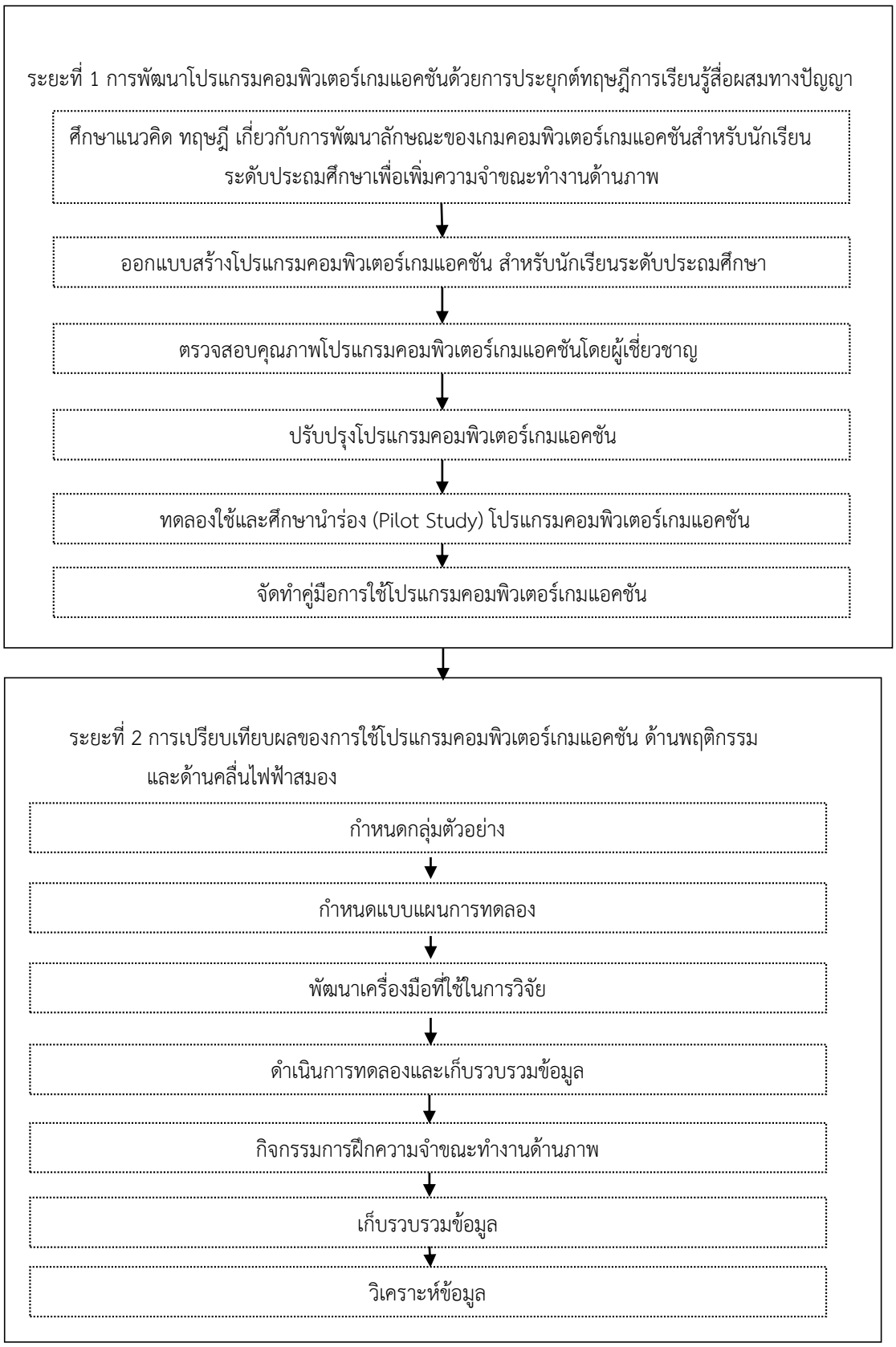
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญาสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้านพฤติกรรม และเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้านคลื่นไฟฟ้าสมอง การทำวิจัยประกอบด้วย 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา

ระยะที่ 2 การเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้านพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมอง

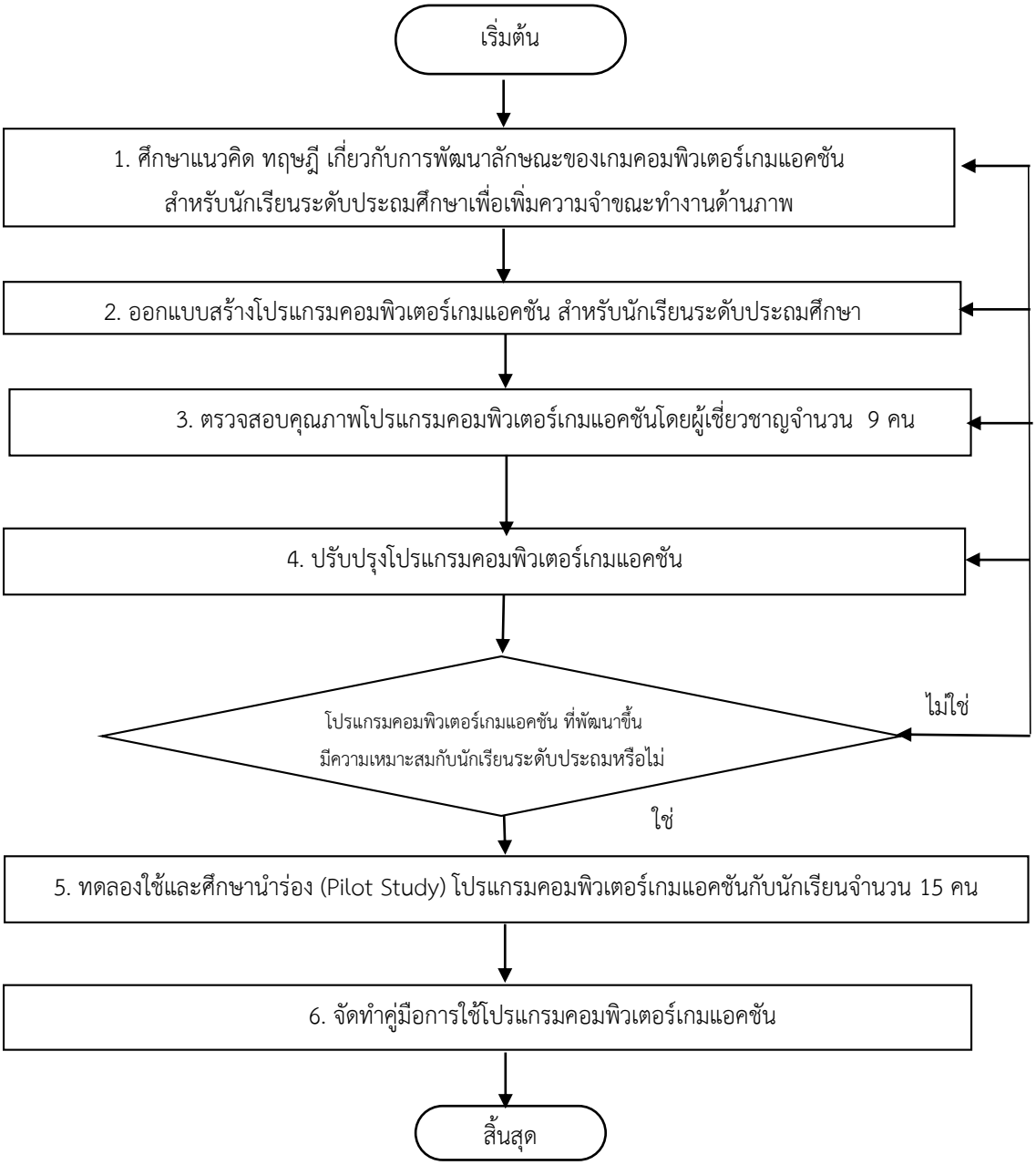
วิธีดำเนินการวิจัยแสดงรายละเอียดได้ ดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนของวิธีดำเนินการวิจัย

ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา ของนักเรียนระดับประถมศึกษา ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

ขั้นที่ 1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการพัฒนาลักษณะของเกมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาเพื่อเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพ

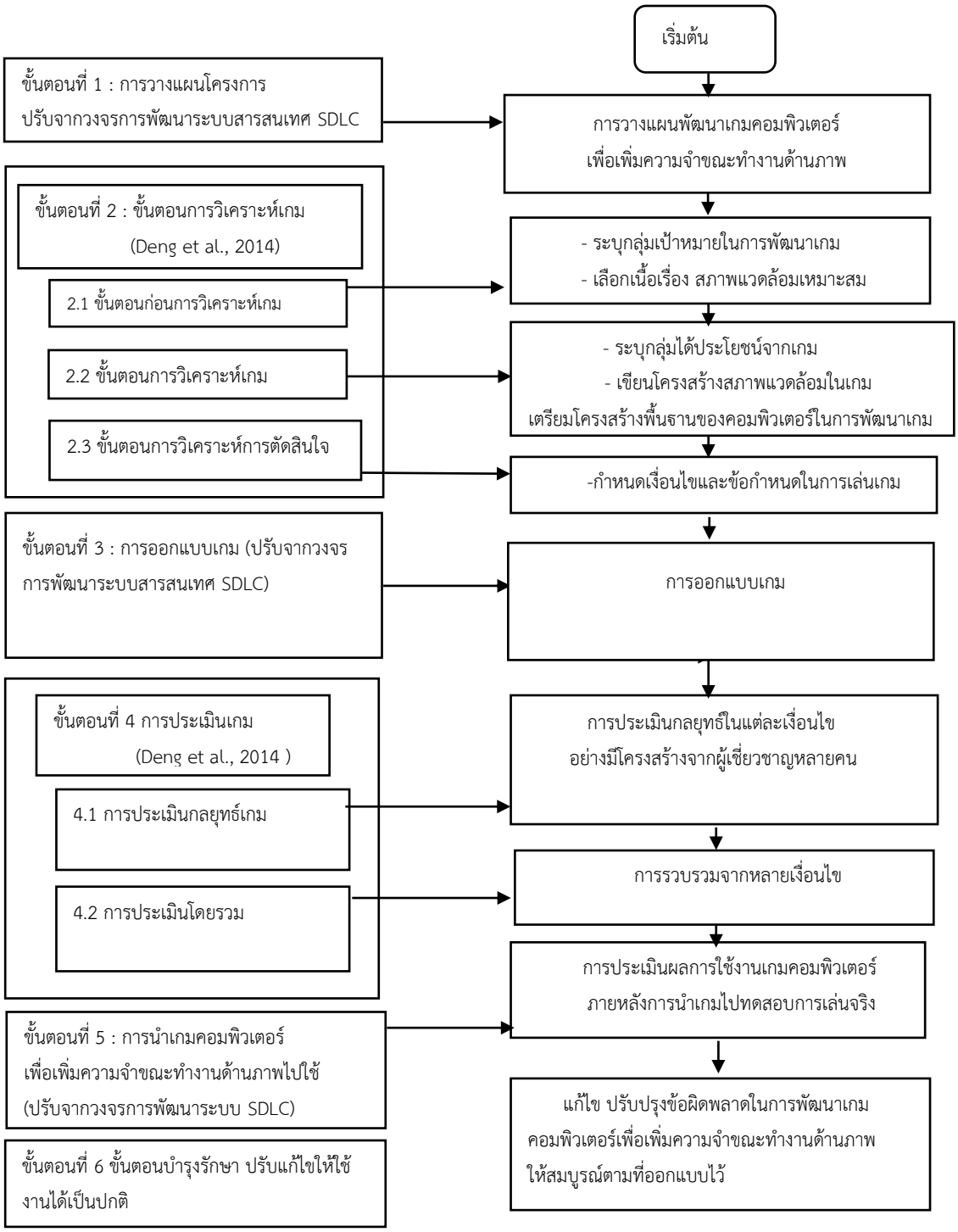
1. ศึกษาแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญาและทฤษฎีที่ใช้ในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา

2. ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับความจำขณะทำงานด้านภาพและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาให้สอดคล้องกับกลไกการทำงานของความจำขณะทำงานด้านภาพ เพื่อกระตุ้นให้ความจำขณะทำงานด้านภาพเพิ่มมากขึ้น

3. ศึกษาหลักการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันโดยเลือกแนวคิดวงจรในการพัฒนาระบบสารสนเทศ คือวงจรการพัฒนาระบบ SDLC (System Development Life Cycle) และขั้นตอนการออกแบบพัฒนาเกมจาก Fuzzified Instructional Design Development of Game like Environment (FIDGE model) ปรับจาก Akilli and Cagiltay 2006, pp. 93 -112)

จากการวิเคราะห์สังเคราะห์ถึงลักษณะการออกแบบเกมคอมพิวเตอร์แอคชันเกมสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพในเด็กประถมศึกษา ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาผังงานการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันขึ้นมาใหม่ โดยปรับจากวงจรการพัฒนาระบบ System Development Life Cycle (SDLC) และแนวทางการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ (Fuzzified Instructional Design Development of Game-like Environment (FIDGE model) (Akilli & Cagiltay, 2006, pp. 93-112) และ (Deng et al., 2014) ดังภาพที่ 3-3

ผังงานการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันเพื่อเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียน ระดับประถมศึกษา ปรับจากวงจรการพัฒนาระบบ System Development Life Cycle (SDLC) และ Evidential Game Theory Framework (Deng et al., 2014)



ภาพที่ 3-3 ผังงานการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันเพื่อเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพ

จากผังงานการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันภาพที่ 3-3 ที่ได้พัฒนาขึ้น โดยปรับจากวงจรการพัฒนาระบบ System Development Life Cycle (SDLC) และ Evidential Game Theory Framework (Deng et al., 2014) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการวางแผนโครงการ (Project Planning) ปรับจากวงจรการพัฒนาระบบ System Development Life Cycle (SDLC) ในระยะแรกของการพัฒนาระบบสารสนเทศ เพื่อเริ่มต้นการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันที่มีความเหมาะสมกับเด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 อายุระหว่าง 10-11 ปี เพศชายและเพศหญิง ศึกษาความเป็นไปได้การในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันในประเด็นของขอบข่ายการพัฒนาเกม ฉาก ตัวละคร สี แสง เงา องค์ประกอบสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาเกม วิเคราะห์เนื้อหาความรู้ (Content Analysis) ที่เป็นประโยชน์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาเพื่อพัฒนาความจำขณะทำงานด้านภาพ ศึกษาถึงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้พัฒนาเกมและความเป็นไปได้ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันในระยะเวลา 6 เดือน เพื่อใช้งานเสร็จตามแผนงานและความสามารถของผู้วิจัยในระยะเวลาระหว่างการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ และจัดเตรียมงบประมาณ ข้อตกลงในการพัฒนาเกมเพื่อทำสัญญาร่วมกับโปรแกรมเมอร์ในการพัฒนาเกม การศึกษาความซับซ้อนของเกม ยืนยันความเป็นไปได้ของการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ รวมทั้งการวิเคราะห์ปัญหาในการพัฒนาระบบและเตรียมแผนสำรองในการแก้ไขปัญหา จัดตั้งทีมงานในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์และวางแผนการการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์อย่างเป็นระบบ

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการวิเคราะห์เกม การวิเคราะห์เกม ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขั้นตอนก่อนการวิเคราะห์เกม (Pre-Analysis Phase)

2.1.1 ระบุกลุ่มเป้าหมายในการเล่นเกม ผู้วิจัยได้คัดเลือกและตัดสินใจเลือกกลุ่มเป้าหมายในการทำวิจัยเล่นเกมคอมพิวเตอร์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันเป็นนักเรียนระดับประถมศึกษา อายุระหว่าง 10-11 ปี เพศชายและเพศหญิง

2.1.2 เลือกเรื่องที่เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย โดยเลือกเนื้อหา (Content) ที่มีประโยชน์ทางการศึกษาแก่นักเรียนเกี่ยวกับเรขาคณิตเบื้องต้นสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

2.1.3 ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่มีลักษณะเป็นธรรมชาติ มีฉากการเล่นเกมที่หลากหลาย ตอนกลางวัน ตอนกลางคืน มีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันระหว่างการเล่นเกมในแต่ละฉาก และมีความเหมาะสมกับนักเรียนระดับประถมศึกษาเพื่อช่วยส่งเสริมพัฒนาสมองและความจำของเด็ก

2.1.4 ระบุเป้าหมายเบื้องต้นของการออกแบบเกมของกลุ่มผู้เล่นเกม เพื่อให้ผู้เล่นเกมเข้าใจหลักการและวิธีการเล่นเกมได้อย่างถูกต้อง สามารถเล่นเกมผ่านด่านที่ 1 และด่านอื่น ๆ ได้ตามความสามารถและทักษะในการเล่นของผู้เล่นเกมได้แต่ละบุคคล

2.1.5 ขอคำแนะนำ ความคิดเห็น จากผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาเกมเฉพาะด้านตัวแทนของกลุ่มเป้าหมาย เพื่อนำข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะมาวิเคราะห์ช่วยในการออกแบบเกม

2.1.6 สำรวจ วิเคราะห์เครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่เหมาะกับเด็ก โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ผู้วิจัยได้เลือกโปรแกรม Untiy 3D เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่มีความเหมาะสมในการพัฒนาเกม 2 มิติ และ 3 มิติ เป็น Freeware มีฟังก์ชันที่เหมาะสมในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์

2.1.7 ศึกษาค้นคว้าออกแบบประเภทของเกม (Game Genre) ลักษณะของเกม องค์ประกอบของเกม (Game Elements) ความสามารถของเกม (Game Utilities) วิธีการเล่นที่เหมาะสม องค์ประกอบของเกมที่ส่งผลต่อการเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพ สำหรับเด็กประถมศึกษา ได้แก่ เกมแนวการผจญภัย เกมแอคชันเล่นง่าย ๆ ไม่ซับซ้อนสำหรับเด็กประถมศึกษา

ขั้นตอนการวิเคราะห์เกมและการตัดสินใจ (Deng et al., 2014) สอดคล้องกับการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน โดยการประยุกต์หลักการเรียนรู้ที่สั้น กระชับ (Coherence Principle) ของ Mayer (2009) จากทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา

2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์เกม (Game Analysis) เป็นขั้นตอนเกี่ยวกับการวิเคราะห์สถานการณ์ในเกม การเรียงลำดับสถานการณ์ต่าง ๆ ในเกม เงื่อนไขต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการเล่นเกม เมื่อผู้เล่นมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับการเล่นเกมในคอมพิวเตอร์ เช่น เมื่อผู้เล่นเกมเจอศัตรูจะเลือกใช้รายการ (Item) ใดในการต่อสู้กับศัตรู รวมทั้งการระบุและกำหนดผู้เล่นเกม การกำหนดกลยุทธ์การเล่นเกมโดยการกำหนดกติการการเล่นเกม ให้ผู้เล่นอ่านทำความเข้าใจก่อนการเล่นเกม

2.2.1 วิเคราะห์กลุ่มผู้ที่ได้รับประโยชน์จากเกมที่พัฒนาขึ้นคือ นักเรียนระดับประถมศึกษา ครู กลุ่มผู้ที่สนใจในการเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพด้วยเกมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

2.2.2 ร่างโครงร่างสภาพแวดล้อม ภาพรวมทั้งระบบเกมและร่างโครงร่างสถานการณ์จำลอง เปลี่ยนจากองค์ความรู้สู่จินตนาการให้เป็นรูปธรรม

2.2.3 ตรวจสอบโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องคอมพิวเตอร์ในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันเกม ความต้องการขั้นต่ำของระบบในการเล่นเกมที่พัฒนาขึ้น เพื่อเตรียมความพร้อมและประสานงานกับผู้บริหารโรงเรียน ครูที่ได้รับมอบหมายในการดูแลห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ และผู้ที่เกี่ยวข้องในโรงเรียน เพื่อให้มีความพร้อมเพรียง มีความเหมาะสมต่อการเล่นเกมหลังจากการพัฒนาเกมเสร็จ

2.2.4 วิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ในการเล่นเกมและข้อกำจัดด้านเวลาระหว่างเนื้อหาและการเล่นเกมในสถานการณ์จริง ผู้วิจัยได้คัดเลือกเนื้อหาที่เป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมความสามารถนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยได้ประสานงานกับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

2.2.5 วิเคราะห์เครื่องมือ (Tool Analysis) ที่มีความเหมาะสมในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน วิเคราะห์ข้อดี ข้อเสียของเครื่องมือ รวมทั้งศึกษามุมมองและปฏิสัมพันธ์ของเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาเกมของผู้เล่นเกม

2.2.6 จัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน เพื่อเป็นแนวทางอธิบายวิธีการเล่นเกม กติกาในการเล่นเกม เงื่อนไขในการเล่นเกมผ่านฉากแต่ละฉาก และกำหนดเกณฑ์การได้รับคะแนนระหว่างการเล่นเกมแต่ละฉาก

2.2.7 วิเคราะห์ทีมงาน ที่มีคุณลักษณะ มีทักษะในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันตามที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและกำหนดคุณสมบัติ เงื่อนไขของการเล่นเกม เพื่อให้งานเสร็จตามกำหนด ตามแผนการดำเนินการในการพัฒนาเกม รวมทั้งการบริหารจัดการเวลา การควบคุมการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันให้เสร็จตามแผนงานเป็นระยะ และปรับแก้ไขโปรแกรมให้มีความสมบูรณ์

ขั้นตอนการวิเคราะห์เกมและการตัดสินใจ (Deng et al., 2014) สอดคล้องกับการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน โดยการประยุกต์หลักการกำหนดเป้าหมายของเกมที่ชัดเจน (Signaling Principle) ของ Mayer (2009) จากทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา (Cognitive Theory of Multimedia Learning)

2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์การตัดสินใจ (Decision making Analysis) เป็นขั้นตอนเกี่ยวกับการกำหนดเงื่อนไขในการเล่นเกมในแต่ละฉาก การกำหนดหน้าที่ (Function) ของปุ่มต่าง ๆ จากการกดปุ่มเพื่อตัดสินใจเล่นเกมของผู้เล่นแต่ละสถานการณ์

ขั้นตอนที่ 3 เป็นขั้นตอนการออกแบบเกม ปรับจาก วงจรการพัฒนาระบบ System Development Life Cycle (SDLC) ดังนี้

ขั้นตอนการออกแบบเกมมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การเขียนบท (Scripting)

ขั้นตอนการพัฒนา (Story Board) เขียนโครงร่างพลอตเรื่องสถานการณ์ในเกม เขียนร่างลักษณะของเกมภาพรวม บทพูดบรรยายเนื้อเรื่อง (Cut Scene) รวมทั้งการออกแบบฉาก การออกแบบตัวละครหลัก ตัวละครที่เกี่ยวข้อง วัตถุต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบเกม การวาดวางโครงร่างเกมเพื่อพัฒนาต้นแบบสถานการณ์ในการเล่นเกม

ออกแบบสถานการณ์ทางเลือกในการตัดสินใจ สภาพแวดล้อมระหว่างการเล่นเกม ที่หลากหลายและพัฒนาเกมให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่ผู้วิจัยวิเคราะห์เกี่ยวกับเรขาคณิตพื้นฐาน เบื้องต้นสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ออกแบบคุณลักษณะของเกมที่สร้างแรงจูงใจ สำหรับเด็กให้เกิดความอยากรู้อยากเห็น เกิดความท้าทายระหว่างการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ เพื่อเตรียมต้นแบบในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ โดยร่างรูปภาพ ฉาก เหตุการณ์ ตัวละคร และวัตถุต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในสถานการณ์การเล่นเกมจริง

ขั้นตอนที่ 4 เป็นขั้นตอนการประเมินเกมคอมพิวเตอร์เพื่อเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 2 ขั้นตอน ปรับจาก Deng et al. (2014) ได้แก่

4.1 ขั้นตอนการประเมินกลยุทธ์ในแต่ละเงื่อนไข อย่างมีโครงสร้างจากผู้เชี่ยวชาญ

4.2 ขั้นตอนการประเมินโดยรวม เป็นขั้นตอนการการรวบรวมจากหลายเงื่อนไข

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ และทฤษฎีที่ประยุกต์เป็นฐานในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ ศึกษาขั้นตอนการพัฒนาเกมของ (FIDGE model) (Akilli & Cagiltay , 2006 , pp. 93-110) และหลักการทางทฤษฎี 12 ข้อของทฤษฎี Cognitive Theory of Multimedia Learning ในการพัฒนามัลติมีเดีย ปรับจาก Mayer (2009) pp. 52-53) ได้ประยุกต์แนวคิดดังกล่าวเป็นองค์ความรู้ใหม่ในการพัฒนาโปรแกรมเกมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

สรุปขั้นการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์โดยประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา เป็นฐานในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 สรุปขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยประยุกต์หลักการของทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา

ขั้นตอนการพัฒนาเกมแอคชัน	หลักการทางทฤษฎีในการพัฒนาเกม
1. ขั้นตอนก่อนการวิเคราะห์เกม (Pre Analysis Phase) นำเสนอกติกา การเล่นเกมที่กระชับเข้าใจง่าย อธิบายเป็นขั้นเป็นตอน ระบุกลุ่มเป้าหมายในการเล่นเกม ระบุเนื้อหา เลือกประเภทของเกมให้เหมาะกับกลุ่มผู้เล่นเกม	หลักการที่ 1 หลักการความสอดคล้อง (Coherence Principle) นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีเมื่อเนื้อหาการเรียน มีความสั้น กระชับ ได้ใจความ (Signaled Method) มากกว่าการรเรียนรู้เนื้อหาที่ละเอียด เนื้อหามีความยาว จับประเด็นได้ยาก

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ขั้นตอนการพัฒนาเกมแอคชัน	หลักการทางทฤษฎีในการพัฒนาเกม
2. ขั้นตอนการวิเคราะห์เกม (Analysis Phase) กำหนดเป้าหมายของการพัฒนาเกมให้ชัดเจน วิเคราะห์กลุ่มผู้เล่น ตรวจสอบโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเล่นเกม	หลักการที่ 2 หลักการเน้นความสำคัญ (Signaling Principle) กำหนดเป้าหมายให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีจากสื่อที่เน้นให้ความสำคัญ (Signaled Method) มากกว่าสื่อที่ไม่ได้เน้นให้ความสำคัญ
3. ขั้นตอนการออกแบบเกม (Design Game) ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 4 ขั้น ดังนี้ 3.1 ออกแบบภาพรวมของเกมให้มีกราฟิกและข้อความที่อยู่ใกล้กันทำให้เข้าใจเรื่องราวการเล่นเกมได้ง่ายและเร็ว โดยการสร้างตัวละคร ฉาก สี แสง เงา ให้มีความเหมาะสมเป็นธรรมชาติ	หลักการที่ 4 หลักการต่อเนื่องเชิงระยะ (Spatial Contiguity Principle) ออกแบบให้นักเรียนให้สามารถเรียนรู้ได้ดีกว่าเมื่อเรียนรู้จากภาพกราฟิก และข้อความ (Printed Text) ที่อยู่ใกล้กัน (Integrated Method) มากกว่าการเรียนรู้จากภาพกราฟิกและข้อความ (Printed Text) ที่อยู่ห่างจอภาพ
3.2 พัฒนาต้นแบบเกมให้มีความสอดคล้องกันตลอดทั้งเนื้อเรื่องในการเล่นเกม เขียนโครงร่างเกมทั้งระบบวิเคราะห์เนื้อหาโดยละเอียด กำหนดให้ชัดเจนเป็นขั้นเป็นตอน	หลักการที่ 5 หลักการต่อเนื่องชั่วคราว (Temporal Contiguity Principle) ออกแบบเกมให้มีความสอดคล้องกัน โดยเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ได้ดีกว่าเมื่อภาพกราฟิก และข้อความถูกนำเสนอสอดคล้องกันในเวลาเดียวกัน มากกว่าการนำเสนอภาพกราฟิกและข้อความต่อเนื่องติดกันในเวลาต่างกัน
3.3 ออกแบบองค์ประกอบสภาพแวดล้อมของเกมแต่ละฉากให้มีความสัมพันธ์กัน สอดคล้องกัน โดยผู้เล่นเกมสามารถเลือกเล่นเกมตามฉากที่สนใจ หรือเล่นไปตามระดับการเล่นเกมได้	หลักการที่ 6 หลักการแยกส่วน (Segmenting Principle) ออกแบบองค์ประกอบสภาพแวดล้อมของเกมแต่ละฉากให้มีความสัมพันธ์กัน นักเรียนสามารถเรียนได้ดีกว่าเมื่อนำเสนอบทเรียนสื่อผสมแยกส่วน (Segmented Method) มากกว่าการนำเสนอบทเรียนอย่างต่อเนื่องเพียงครั้งเดียว (Continuous Method)

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ขั้นตอนการพัฒนาเกมแอคชัน	หลักการทางทฤษฎีในการพัฒนาเกม
3.4 เพื่อให้ผู้เล่นก่อนการเล่นเกมได้เตรียมความพร้อม และฝึกทักษะวิธีการเล่นเกมควรได้มีการฝึกการเล่นเกมก่อนการเล่นเกมจริง	หลักการที่ 7 หลักการฝึกการเล่นเกม (Pre training Principle) นักเรียนสามารถเรียนได้ดีกว่าเมื่อได้รับการฝึกฝนก่อนการเรียนรู้ ในเรื่องของหลักการและสาระสำคัญของเนื้อหาบทเรียนจากบทเรียนจริง (Pre Training Method)
4. ขั้นตอนการพัฒนา (Development Phase) ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 2 ขั้นตอน ดังนี้ 4.1 สร้างเกมโดยนำเสนอด้วยภาพที่น่าสนใจสอดคล้องกับเนื้อเรื่อง โดยเน้นการนำเสนอเป็นภาพมากกว่าข้อความเพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายในการเล่นเกม	หลักการที่ 9 หลักการมัลติมีเดีย (Multimedia Principle) เน้นการนำเสนอเป็นภาพมากกว่าข้อความ นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีจากคำ (Word) และภาพ (Pictures) หรือ Multimedia Method ได้ดีกว่าการเรียนรู้จาก คำ (Word) เพียงอย่างเดียว (Single Medium Method)
4.2 อธิบายวิธีการเล่นเกมด้วยภาษาที่เข้าใจง่ายไม่เป็นทางการมาก	หลักการที่ 10 Persoanlization Principle ใช้ภาษาสื่อสารในการเล่นเกมที่เข้าใจง่าย นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีจากบทเรียนสื่อผสมเมื่อข้อความหรือบทสนทนา มีลักษณะไม่เป็นทางการมีความเป็นส่วนตัว (Personalized Method) มากกว่ารูปแบบสื่อผสมที่มีความเป็นทางการ (Non-personalized Method)
5. ขั้นตอนการประเมินผล (Evaluation Phase) ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 2 ขั้นตอน 5.1 ถามตอบโดยใช้เสียงมนุษย์ในการโต้ตอบระหว่างการเล่นเกมเพื่อให้เกิดความเป็นธรรมชาติ เกิดความสนุกสนานในการเล่นเกม มีการโต้ตอบด้วยภาษามนุษย์แบบทันทีทันใด	หลักการที่ 11 หลักการของเสียง (Voice Principle) ในการโต้ตอบระหว่างการเล่นเกม นักเรียนเรียนรู้ได้ดี เมื่อคำพูดหรือสื่อผสมออกเสียงโดยเสียงของมนุษย์ (Human Voice Method) มากกว่าการเรียนรู้ที่จากคำพูดหรือสื่อผสมจากเครื่องจักรกล

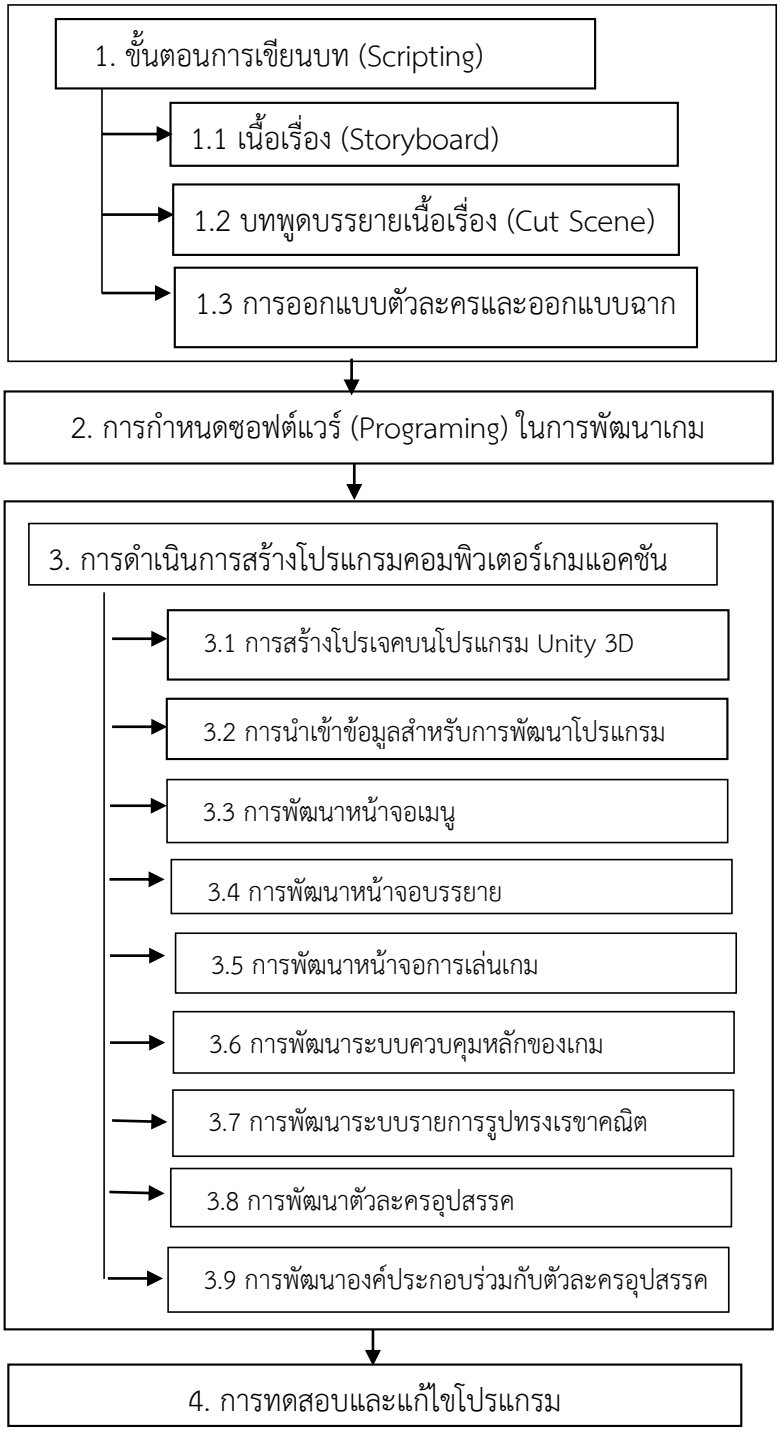
ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ขั้นตอนการพัฒนาเกมแอคชัน	หลักการทางทฤษฎีในการพัฒนาเกม
5.2 ประเมินผลโปรแกรมจากการนำเสนอด้วยภาพแล้วสามารถสื่อสารให้ผู้เล่นเกมสามารถเข้าใจกระบวนการเล่นเกมและขั้นตอนการเล่นเกมได้	หลักการที่ 12 หลักการของภาพ (Image Principle) โปรแกรมจากการนำเสนอด้วยภาพผู้คนเรียนรู้ได้ดีจากบทเรียนสื่อผสม เมื่อภาพปรากฏบนจอภาพ (Image Present Method) ได้ดีมากกว่าบทเรียนที่ไม่มีภาพปรากฏบนจอภาพ (No Image Method)

ขั้นตอนที่ 5 เป็นขั้นตอนการนำไปปฏิบัติ (Implementation) เป็นขั้นตอนการนำเกมคอมพิวเตอร์ เพื่อเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียนระดับประถมศึกษา เมื่อทดลองเล่นเกมมาระยะหนึ่งแล้ว เพื่อประเมินระบบภายหลังการติดตั้งเกมใช้งานจริง

ขั้นตอนที่ 6 เป็นขั้นตอนการบำรุงรักษา (Maintenance) เมื่อค้นพบข้อผิดพลาดของเกมคอมพิวเตอร์ ดำเนินการปรับแก้ไขให้ระบบทำงานได้ปกติ ถูกต้อง ปรับระบบให้รองรับการทำงานปรับแก้ไขใหม่ให้ตรงกับความต้องการของการออกแบบเกม หากยังไม่แล้วเสร็จให้ดำเนินกลับไปยังขั้นตอนการพัฒนาที่ 1-5 เพื่อปรับแก้ไขเกมคอมพิวเตอร์ให้มีความสมบูรณ์

ขั้นที่ 2 ออกแบบสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา ตามโครงสร้างการอธิบายขั้นตอนการออกแบบเกม



ภาพที่ 3-4 โครงสร้างการอธิบายขั้นตอนการออกแบบเกม

1. ขั้นตอนการเขียนบท (Scripting)

1.1 เนื้อเรื่อง (Storyboard)

การออกแบบเนื้อหาของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันในเนื้อเรื่องดังนี้

ภาพที่ 3-5 การออกแบบหน้าจอการเริ่มเข้าสู่เนื้อเรื่องเกริ่นนำการเล่นเกม

เริ่มเรื่องจะกล่าวถึงแจ็ค ซึ่งเป็นตัวละครหลักของเรื่องได้เดินทางมาเก็บแจกันดินเผา โดยที่ไม่รู้ว่านั่นคือแจกันดินเผาวิเศษ ซึ่งภายในแจกันนั้น มีเทพเจ้าแห่งเรขาคณิตชื่อซูลูอยู่ในนั้น

ภาพที่ 3-6 การออกแบบหน้าจอจุดเริ่มต้นของการเล่นเกมหลังจากเกริ่นนำการเล่นเกม

เมื่อแจ็คหยิบแจกันดินเผาวิเศษ ก็ปรากฏเทพเจ้าแห่งเรขาคณิต ชื่อซูลูขึ้นเมื่อเทพเจ้าแห่งเรขาคณิตซูลูได้ปรากฏตัวออกมาจากแจกันดินเผาวิเศษ แจ็คก็ได้ถูกคำสาปให้เข้ามาอยู่ในแจกันดินเผาวิเศษที่ปลุกขึ้นมา โดยแจ็คมีทางเลือกอยู่ทางที่เดียวที่จะพ้นคำสาปนี้ได้คือ ต้องเก็บรายการรูปเรขาคณิตตามที่เทพเจ้าแห่งเรขาคณิตมอบหมายไว้ จึงเป็นเนื้อเรื่องของจุดเริ่มต้นของการเล่นเกม

โครงร่างเนื้อเรื่องที่สอดแทรกเนื้อหาการเล่นเกมในด่านการเล่นเกม 6 ด่าน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เกี่ยวกับเรื่องเรขาคณิต ผู้วิจัยได้กำหนดโครงสร้างเนื้อหา (Content) ที่เกี่ยวข้องกับเรขาคณิตลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันที่พัฒนาขึ้นระหว่างการเล่นเกมทุกด่าน รวม 6 ด่านดังนี้

ด่านที่ 1 เนื้อหาการเล่นเกมเกี่ยวกับลักษณะของรูปเรขาคณิตดังนี้

1) รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า 2) รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว และ 3) รูปสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า

ด่านที่ 2 เนื้อหาการเล่นเกมเกี่ยวกับลักษณะของรูปเรขาคณิตดังนี้

1) รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก 2) รูปสามเหลี่ยมมุมป้าน และ 3) รูปสามเหลี่ยมมุมแหลม

ด่านที่ 3 เนื้อหาการเล่นเกมเกี่ยวกับลักษณะของรูปเรขาคณิตดังนี้

1) รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส 2) รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และ 3) รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

ด่านที่ 4 เนื้อหาการเล่นเกมเกี่ยวกับลักษณะของรูปเรขาคณิตดังนี้

1) รูปสี่เหลี่ยมคางหมู 2) รูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว และ 3) รูปสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า

ด่านที่ 5 เนื้อหาการเล่นเกมเกี่ยวกับลักษณะของรูปเรขาคณิตดังนี้

1) รูปเรขาคณิตที่มีห้าเหลี่ยม 2) รูปเรขาคณิตที่มีหกเหลี่ยม 3) รูปเรขาคณิตที่มีแปดเหลี่ยม 4) รูปวงกลม 5) รูปวงรี 6) รูปเรขาคณิตที่มีแกนสมมาตรเท่ากับ 1 แกน 7) รูปเรขาคณิตที่มีแกนสมมาตร 2 แกน และ 8) รูปเรขาคณิตที่มีแกนสมมาตร 3 แกน

ด่านที่ 6 เนื้อหาการเล่นเกมเกี่ยวกับลักษณะของรูปเรขาคณิตดังนี้

1) รูปทรงกลม 2) รูปทรงกระบอก 3) รูปทรงกรวย 4) รูปทรงปริซึม และ 5) รูปพีระมิด

1.2 บทบรรยายเนื้อเรื่อง (Cut Scene)

บทพูดบรรยายเนื้อเรื่องของเกม ดังนี้

ตารางที่ 3-2 บทบรรยายเนื้อเรื่องในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

ด่านที่	ตัวละคร	บทสนทนาและเสียงบรรยายก่อนเล่นเกมแต่ละด่าน
1	เทพเจ้า (ชูลู)	ฮ่า ฮ่า ข้าคือชูลูเทพเจ้าแห่งเรขาคณิต เจ้าปลุกข้าขึ้นมาเจ้าได้โดนคำสาปของข้าแล้ว ข้าจะสาปเจ้าเข้ามาอยู่ในแจกันดินเผาวิเศษนี้
	แจ็ค	ผมไม่ได้ตั้งใจต้องขออภัยด้วยนะครับ ให้ผมทำอะไรก็ยอม
	เทพเจ้า (ชูลู)	ได้ เจ้าต้องเดินทางไปเก็บรายการ (Item) รูปเรขาคณิตมาให้ข้า ตามคำถามที่แสดงไว้ให้ถูก สิ่งที่เจ้าต้องไปหาก็มีดังนี้ 1. รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า มีลักษณะดังนี้ รูปสามเหลี่ยมที่มีด้านทุกด้านยาวเท่ากันและมุมเท่ากันคือ 60 องศา 2. รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว มีลักษณะดังนี้ รูปสามเหลี่ยมที่มีด้านสองด้านเท่ากัน มีมุมสองมุมเท่ากัน 3. รูปสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า มีลักษณะดังนี้ รูปสามเหลี่ยมที่มีด้านทุกด้านมีความยาวแตกต่างกันและมุมภายในมีขนาดแตกต่างกัน เจ้าจงไปหามาให้ข้าแล้วกัน จากการเล่นเกมในด่านนี้
	แจ็ค	ได้ครับ
2	เทพเจ้า (ชูลู)	ด่านนี้เจ้าต้องไปหารายการเรขาคณิตมาให้ข้า 3 อย่าง ดังนี้ 1. รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก มีลักษณะดังนี้ รูปสามเหลี่ยมที่มีมุมภายในมุมหนึ่งมีขนาด 90 องศา ด้านที่อยู่ตรงข้ามกับมุมฉากคือ ด้านตรงข้ามมุมฉาก ซึ่งเป็นด้านที่ยาวที่สุดในรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก อีก 2 ด้านคือ ด้านประกอบมุมฉาก 2. รูปสามเหลี่ยมมุมป้าน มีลักษณะดังนี้ รูปสามเหลี่ยมที่มีมุมภายในมุมหนึ่งมีขนาดใหญ่กว่า 90 องศา 3. รูปสามเหลี่ยมมุมแหลม มีลักษณะดังนี้ รูปสามเหลี่ยมที่มีมุมภายในทุกมุมมีขนาดเล็กกว่า 90 องศา เจ้าจงไปหามาให้ข้าแล้วกัน จากการเล่นเกมในด่านต่อไป
	แจ็ค	ได้ครับ

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ด่านที่	ตัวละคร	บทสนทนาและเสียงบรรยายก่อนเล่นเกมแต่ละด่าน
3	เทพเจ้า (ชูลู)	ด่านนี้เจ้าต้องไปหารายการเรขาคณิตมาให้ข้า 3 อย่าง ดังนี้ 1. รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีลักษณะดังนี้ รูปสี่เหลี่ยมที่มีมุมทุกมุมเป็นมุมฉากและมีด้านทั้ง 4 ด้านยาวเท่ากัน 2. รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีลักษณะดังนี้ รูปสี่เหลี่ยมที่มีมุมทุกมุมเป็นมุมฉากและมีด้านตรงข้ามยาวเท่ากัน แต่ด้านที่อยู่ติดกันยาวไม่เท่ากัน 3. รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน มีลักษณะดังนี้ รูปสี่เหลี่ยมที่มีมุมไม่เป็นมุมฉาก มีด้านตรงข้ามยาวเท่ากันและขนานกันทั้งสองคู่
	เทพเจ้า (ชูลู) แจ็ค	เจ้าจงไปหามาให้ข้าแล้วกัน จากการเล่นเกมในด่านต่อไป ได้ครับ
4	เทพเจ้า (ชูลู)	ด่านนี้เจ้าต้องไปหารายการเรขาคณิตมาให้ข้า 4 อย่าง ดังนี้ 1. รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน มีลักษณะดังนี้ รูปสี่เหลี่ยมที่มีด้านสี่ด้านยาวเท่ากัน แต่มุมทุกมุมไม่เป็นมุมฉาก 2. รูปสี่เหลี่ยมคางหมู มีลักษณะดังนี้ รูปสี่เหลี่ยมที่มีด้านตรงข้ามขนานกันเพียง 1 คู่ 3. รูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว มีลักษณะดังนี้ รูปสี่เหลี่ยมที่มีด้านประชิดยาวเท่ากันเพียงสองคู่เท่านั้น 4. รูปสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า มีลักษณะดังนี้ รูปสี่เหลี่ยมที่มีด้านทุกด้านไม่เท่ากันและมุมทุกมุมไม่เท่ากัน เจ้าจงไปหามาให้ข้าแล้วกัน จากการเล่นเกมในด่านนี้จะยากมากขึ้น เจ้าจงใช้สมาธิและความเพียรให้มากขึ้น ในด่านนี้
	แจ็ค	ได้ครับ

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ด่านที่	ตัวละคร	บทสนทนาและเสียงบรรยายก่อนเล่นเกมแต่ละด่าน
5	เทพเจ้า (ชูลู)	ด่านนี้เจ้าต้องไปหารายการเรขาคณิตมาให้ข้า 8 อย่าง โดย แบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้ ส่วนที่ 1 รูปเรขาคณิตหลายเหลี่ยม ได้แก่ รูปห้าเหลี่ยม รูปหกเหลี่ยม และรูปแปดเหลี่ยม ตัวอย่างเช่น 1.1 รูปเรขาคณิตที่มีห้าเหลี่ยม คือ รูปเหลี่ยมที่มีด้านห้าด้าน มีมุมห้ามุม 1.2 รูปเรขาคณิตที่มีหกเหลี่ยม คือ รูปเหลี่ยมที่ด้านหกด้านและมีมุมหกมุม 1.3 รูปเรขาคณิตที่มีแปดเหลี่ยม คือ รูปเหลี่ยมที่มีด้านแปดด้านและมีมุมแปดมุม 1.4 รูปวงกลม มีลักษณะคือ กลุ่มของจุดในระนาบซึ่งห่างจากจุดคงที่เป็นระยะทางเท่ากันจุดคงที่เรียกว่าจุดศูนย์กลาง 1.5 รูปวงรี มีลักษณะคือ เป็นรูปที่มีมีเส้นเส้นโค้งเป็นวงรี โดยห่างจากจุดศูนย์กลางไม่เท่ากัน ส่วนที่ 2 รูปที่มีแกนสมมาตร คือ รูปที่เมื่อพับครึ่งแล้ว แต่ละข้างของรอยพับทับกันสนิท 2.1 รูปที่มีแกนสมมาตรเท่ากับ 1 แกน คือ รูปที่เมื่อพับครึ่งแล้ว แต่ละข้างของรอยพับทับกันสนิท 1 แกน 2.2 รูปที่มีแกนสมมาตรเท่ากับ 2 แกน คือ รูปที่เมื่อพับครึ่งแล้ว แต่ละข้างของรอยพับทับกันสนิท 2 แกน 2.3 รูปที่มีแกนสมมาตรมากกว่า 3 แกน คือ รูปที่เมื่อพับครึ่งแล้ว แต่ละข้างของรอยพับทับกันสนิทมากกว่า 3 แกน

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

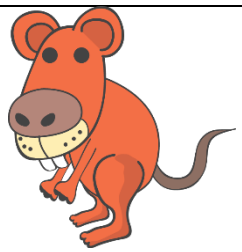
ด่านที่	ตัวละคร	บทสนทนาและเสียงบรรยายก่อนเล่นเกมแต่ละด่าน
5	เทพเจ้า(ชูลู)	เจ้าจงไปหามาให้ข้าแล้วกัน จากการเล่นเกมในด่านนี้ ซึ่งจะยากมากขึ้น มีรูปเรขาคณิตมากขึ้น เจ้าจงใช้ สมาธิ และความเพียรให้มากขึ้น
	แจ็ค	ได้ครับ
6	เทพเจ้า (ชูลู)	ด่านนี้เจ้าต้องไปหารายการเรขาคณิตมาให้ข้า 5 อย่าง ดังนี้ 1. รูปทรงกลม คือ รูปเรขาคณิตสามมิติที่มีผิวโค้งเรียบ ระยะจากจุดศูนย์กลางของทรงกลมถึงทุกจุดบนผิวโค้งเท่ากัน เรียกว่ารัศมีของทรงกลม 2. รูปทรงกระบอก คือ รูปเรขาคณิตสามมิติ ที่มีหน้าตัดหรือฐานทั้งสองเป็นรูปวงกลมและอยู่ในระนาบที่ขนานกัน มีผิวด้านข้างโค้ง 3. รูปทรงกรวย คือ รูปเรขาคณิตสามมิติ ที่มีหน้าตัดหรือฐานเพียงหนึ่งหน้าเป็นรูปวงกลม มียอดแหลมซึ่งไม่อยู่บนระนาบเดียวกับฐานหรือมีผิวโค้ง 4. ปริซึม คือ รูปเรขาคณิตสามมิติ ที่มีฐานเป็นรูปหลายเหลี่ยมที่เท่ากันทุกประการ ผิวข้างของปริซึมเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก เรียกชื่อปริซึมตามลักษณะฐานของปริซึม 5. พีระมิด คือ รูปเรขาคณิตสามมิติ ที่มีฐานเป็นรูปหลายเหลี่ยม มียอดหน้าทุกหน้าของพีระมิดเป็นรูปสามเหลี่ยม ที่มีจุดยอดร่วมกัน เรียกชื่อพีระมิดตามลักษณะฐานของพีระมิด
	แจ็ค	ได้ครับ
ฉากจบ	เทพเจ้า (ชูลู)	เป็นยังไง ที่ข้าให้เจ้าไปเก็บรายการได้ความรู้อะไรบ้าง
	แจ็ค	ได้รับประโยชน์จากการเล่นเกมมากเลยครับ ทำให้ผมได้รับความสนุกสนานในการเรียนรู้เรขาคณิต และเป็นพื้นฐานในเรื่องการพัฒนาความจำขณะทำงานด้านภาพ

1.3 การออกแบบตัวละครและออกแบบฉาก

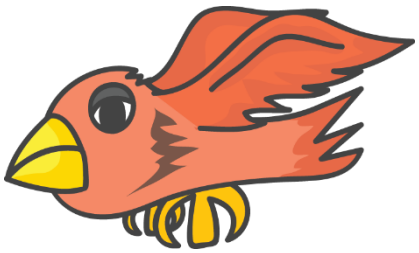
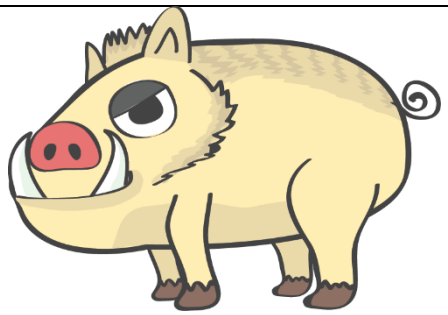
1.3.1 การออกแบบตัวละคร

การออกแบบตัวละครประกอบด้วย การออกแบบตัวละครหลักดำเนินเรื่อง 1 ตัว คือ แจ็ก ตัวละครบรรยายเนื้อเรื่อง 1 ตัว คือ เทพเจ้า (ชูลู) ตัวละครอุปสรรค 9 ตัว ได้แก่ หนูแดง กระต่าย นก หมูป่า สุนัข สิงโต เต่า เสือ และโจรจากทะเลทราย

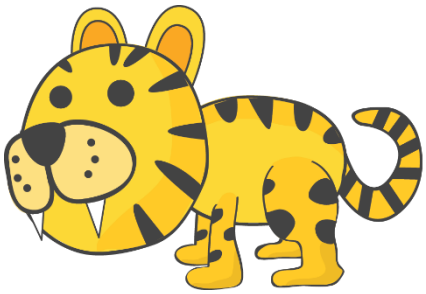
ตารางที่ 3-3 การออกแบบตัวละครในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

ภาพ	ข้อมูลตัวละคร
	ชื่อตัวละคร: แจ็ค ชนิดตัวละคร: ตัวละครหลัก รายละเอียด: แจ็คเป็นตัวละครหลักในการดำเนินเรื่อง มีลักษณะนิสัยรักการผจญภัยทางธรรมชาติ ชอบการเรียนรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ เรขาคณิต เป็นตัวละครที่มีหน้าที่เก็บรายการรูปทรงเรขาคณิตในทุกด่าน
	ชื่อตัวละคร: เทพเจ้าแห่งเรขาคณิต (ชูลู) ชนิดตัวละคร: ตัวละครบรรยายเนื้อเรื่อง รายละเอียด: เทพเจ้าแห่งเรขาคณิต (ชูลู) เป็นตัวละครที่สมมติขึ้น สำหรับบรรยายเนื้อหารูปทรงเรขาคณิตทั้งหมดในเกมทุกด่าน
	ชื่อตัวละคร: หนูแดง ชนิดตัวละคร: ตัวละครอุปสรรค ระดับพลังชีวิต (HP): 1 รายละเอียด: เป็นหนูที่จะคอยขัดขวางการเดินทางไปเก็บรายการรูปเรขาคณิตของตัวละครหลัก ปรากฏในด่านที่ 1-6

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ภาพ	ข้อมูลตัวละคร
	ชื่อตัวละคร: กระต่าย ชนิดตัวละคร: ตัวละครอุปสรรค ระดับพลังชีวิต (HP): 2 รายละเอียด: เป็นกระต่ายสีแดงที่จะคอยขัดขวางการเดินทางไปเก็บรายการรูปเรขาคณิตของตัวละครหลัก ปรากฏในด่านที่ 1-6
	ชื่อตัวละคร: นก ชนิดตัวละคร: ตัวละครอุปสรรค ระดับพลังชีวิต (HP): 2 รายละเอียด: เป็นนกสีแดงบินได้ มีหน้าที่ทิ้งก้อนหิน ที่จะคอยขัดขวางการเดินทางไปเก็บรายการรูปเรขาคณิตของตัวละครหลัก ปรากฏในด่านที่ 2-6
	ชื่อตัวละคร: หมูป่า ชนิดตัวละคร: ตัวละครอุปสรรค ระดับพลังชีวิต (HP): 2 รายละเอียด: เป็นหมูป่าที่จะคอยขัดขวางการเดินทางไปเก็บรายการรูปเรขาคณิตของตัวละครหลัก ปรากฏในด่านที่ 3-6
	ชื่อตัวละคร: สุนัข ชนิดตัวละคร: ตัวละครอุปสรรค ระดับพลังชีวิต (HP): 2 รายละเอียด: เป็นสุนัขสีน้ำตาลที่จะคอยขัดขวางการเดินทางไปเก็บรายการรูปเรขาคณิตของตัวละครหลัก ปรากฏในด่านที่ 4-6

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ภาพ	ข้อมูลตัวละคร
	ชื่อตัวละคร: เสือ ชนิดตัวละคร: ตัวละครอุปสรรค ระดับพลังชีวิต (HP): 2 รายละเอียด: เป็นเสือที่จะคอยขัดขวางการเดินทางในการไปเก็บรายการรูปเรขาคณิตของตัวละครหลักปรากฏในด่านที่ 6
	ชื่อตัวละคร: โจรทะเลทราย ชนิดตัวละคร: ตัวละครอุปสรรค ระดับพลังชีวิต (HP): 3 รายละเอียด: เป็นโจรทะเลทรายที่จะคอยขัดขวางการเดินทางในการไปเก็บรายการรูปเรขาคณิตของตัวละครหลักในด่านที่ 6

ตารางที่ 3-4 ระดับการเล่นเกมและลักษณะกิจกรรมเกม

ด่านการเล่นเกม	ระดับการเล่น	ลักษณะกิจกรรมเกม
ด่านที่ 1	ระดับ 1 ระมัดระวังตัวละครอุปสรรคระหว่างการเล่นเกม ได้แก่ กระต่าย หนู เพื่อกระโดดข้ามบ่อให้ผ่านระหว่างการเล่นเกมด่านที่ 1	เป็นกิจกรรมที่ระหว่างการเล่นเกมแสดงคำถามเกี่ยวกับลักษณะรูปเรขาคณิต รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า รูปสามเหลี่ยมด่านไม่เท่า และรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว โดยผู้เล่นต้องเก็บรายการรูปทรงเรขาคณิต ให้ถูกต้องตรงกับคำถามที่แสดงในจอ และเก็บรายการเพิ่มพลังชีวิต รายการเพิ่มจำนวนชีวิต และรายการโจมตีสิ่งกีดขวาง

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ด่านการเล่นเกม	ระดับการเล่น	ลักษณะกิจกรรมเกม
ด่านที่ 2	ระดับ 2 เพิ่มการกระโดดข้ามบ่อให้ผ่านระหว่างการเล่นเกม โดยไม่ชนตัวละครอุปสรรค กระต่าย หนู ที่สุ่มเข้ามาในเกม และต้องหลบหรือทำลายนกบินสีแดงที่โยนระเบิดจากบนฟ้าลงมาพื้นดินเพื่อมิให้จำนวนชีวิตตัวละครหลักลดลง	เป็นกิจกรรมที่ระหว่างการเล่นเกม แสดงคำถามเกี่ยวกับลักษณะรูปเรขาคณิต รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก รูปสามเหลี่ยมมุมป้าน และรูปสามเหลี่ยมมุมแหลม โดยผู้เล่นต้องเก็บรายการรูปทรงเรขาคณิตให้ถูกต้องตรงกับคำถามที่แสดงในจอ
ด่านที่ 3	ระดับ 3 เพิ่มเติมการกระโดดให้ข้ามบ่อและในบ่อมีขอนไม้เลื่อนไปมา ได้โดยเมื่อกระโดดข้ามแล้วไม่ชนตัวละครอุปสรรคที่เดินเข้ามารบกวนโดยมีหมูป่าเพิ่มเข้ามาในเกม	เป็นกิจกรรมที่ระหว่างการเล่นเกม แสดงคำถามเกี่ยวกับลักษณะรูปเรขาคณิต รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน โดยผู้เล่นต้องเก็บรายการรูปทรงเรขาคณิต ให้ถูกต้องตรงกับคำถามที่แสดงในจอ และเก็บรายการเพิ่มพลังชีวิต รายการเพิ่มจำนวนชีวิต และรายการโจมตีสิ่งกีดขวาง
ด่านที่ 4	ระดับ 4 เพิ่มหลุมพลางกองหญ้าภายใต้หลุมพลางกองหญ้าเป็นบ่อ โดยตัวละครหลักต้องประมาณระยะการกระโดดข้ามหลุมพลางกองหญ้าให้ผ่าน และมีตัวละครอุปสรรคสุนัขสีน้ำตาลเข้ามาเพิ่มเติมในด่านที่ 4	เป็นกิจกรรมที่ระหว่างการเล่นเกม แสดงคำถามเกี่ยวกับลักษณะรูปเรขาคณิต รูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน รูปสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า และรูปสี่เหลี่ยมคางหมู โดยผู้เล่นต้องเก็บรายการรูปทรงเรขาคณิต ให้ถูกต้องตรงกับคำถามที่แสดงในจอ และเก็บรายการเพิ่มพลังชีวิต รายการเพิ่มจำนวนชีวิต และรายการโจมตีสิ่งกีดขวาง

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ด่านการเล่นเกม	ระดับการเล่น	ลักษณะกิจกรรมเกม
ด่านที่ 5	ระดับ 5 ต้องคอยระมัดระวังตัวละครอุปสรรคเพิ่มมากขึ้น มีตัวละครอุปสรรคเพิ่มเติม คือ สิงห์โต หมูป่า และนก โดยต้องกระโดดข้ามหลุมซึ่งมีจำนวนของหลุมบ่อในการกระโดดให้ข้ามเพิ่มมากขึ้นและอยู่ไม่ห่างกันมาก เพื่อให้ผ่านด่านที่ 5	เป็นกิจกรรมที่ระหว่างการเล่นเกมแสดงคำถามเกี่ยวกับลักษณะรูปเรขาคณิต รูปห้าเหลี่ยม รูปหกเหลี่ยม รูปแปดเหลี่ยม รูปวงกลม รูปวงรี รูปว่าว รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน และรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยผู้เล่นต้องเก็บรายการรูปทรงเรขาคณิต ให้ถูกต้องตรงกับคำถามที่แสดงในจอ และเก็บรายการเพิ่มพลังชีวิต
ด่านที่ 6	ระดับ 6 ต้องคอยระวัง วงล้อหลุมพลางสีเหลืองในทะเลทราย ตัวละครหลักที่เพิ่มเข้ามา คือ เสือ โจรสลัดทะเลทราย เต่าทะเลทรายใส่หมวกนิรภัยที่เคลื่อนไหวเร็วมาก มาคอยขัดขวางการเดินทางผู้เล่นต้องเก็บรายการรูปเรขาคณิตระหว่างการเล่นเกม และต้องกระโดดข้ามบ่อโดยต้องกระโดดบนขอนไม้ลอยน้ำ	เป็นกิจกรรมที่ระหว่างการเล่นเกมจะมีคำถามเกี่ยวกับลักษณะรูปเรขาคณิต รูปทรงกลม รูปทรงกระบอก รูปทรงกรวย รูปทรงปริซึม และรูปทรงพีระมิดปรากฏขึ้นมา โดยการสุ่มของเกม ผู้เล่นต้องเก็บรายการรูปทรงเรขาคณิต ให้ถูกต้องตรงกับคำถามที่แสดงในจอ และเก็บรายการเพิ่มพลังชีวิต รายการเพิ่มจำนวนชีวิต และรายการโจมตีสิ่งกีดขวาง

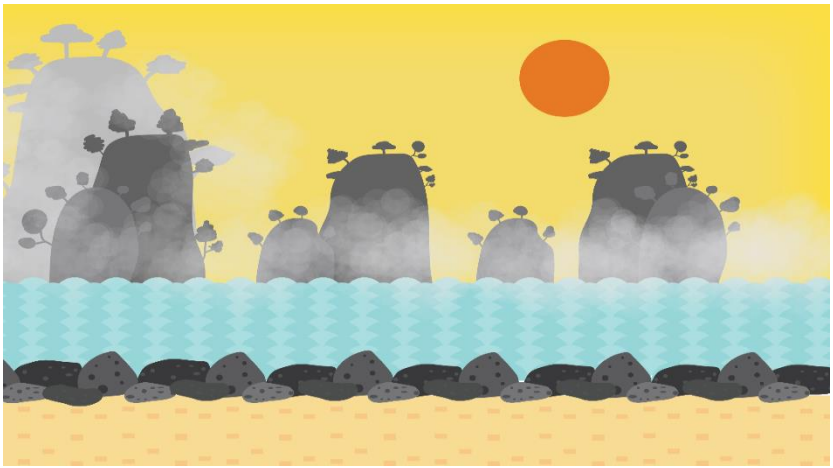
1.3.2 การออกแบบฉากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

ภายในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ประกอบด้วยฉากทั้งหมด 6 ด่าน ดังนี้

1) ด่านที่ 1 สวนผลไม้ ประกอบด้วย ภูเขา เมฆ ต้นไม้ และวิวทิวทัศน์ท่ามกลางธรรมชาติ สีสันสดใส บรรยากาศตอนกลางวัน

ภาพที่ 3-7 ด่านที่ 1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

2) ด่านที่ 2 ฉากทะเลน้ำสีฟ้าใส ภูเขาที่อุดมไปด้วยต้นไม้ สีสันสดใส บรรยากาศตอนกลางวัน

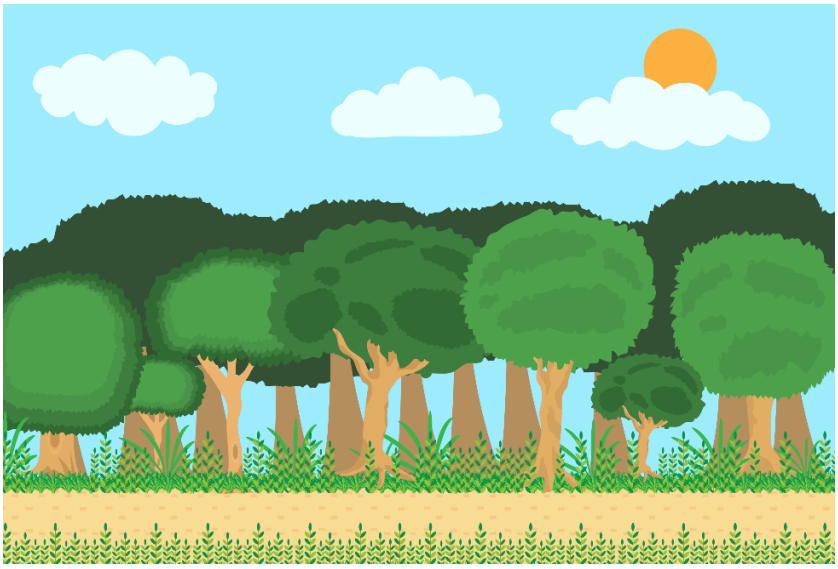


ภาพที่ 3-8 ด่านที่ 2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

3) ด่านที่ 3 ป่าไม้ดงดิบตอนกลางคืน สีมืดสลัว ในป่ามืดเต็มไปด้วย สัตว์ประหลาด บรรยากาศตื่นเต้น น่ากลัว

ภาพที่ 3-9 ด่านที่ 3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

4) ด่านที่ 4 ป่าไม้ในทุ่งกว้าง สีสันสดใส เป็นธรรมชาติ



ภาพที่ 3-10 ด่านที่ 4 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

5) ด่านที่ 5 เป็นบริเวณวัด บรรยากาศที่เต็มไปด้วยหมอกและควัน บรรยากาศตื่นเต้นน่ากลัว ตอนใกล้ ๆ เช้า ฟ้ากำลังจะเริ่มสว่าง ประมาณ 4 นาฬิกา

ภาพที่ 3-11 ด่านที่ 5 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

6) ด่านที่ 6 ทะเลทราย เต็มไปด้วย ต้นกระบองเพชร บรรยากาศตอนกลางวัน อากาศร้อนมาก แสงแดดจ้าแผดเผา

ภาพที่ 3-12 ด่านที่ 6 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

สรุปขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน โดยประยุกต์หลักการที่เกี่ยวข้องจากทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา ดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยประยุกต์หลักการของทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา

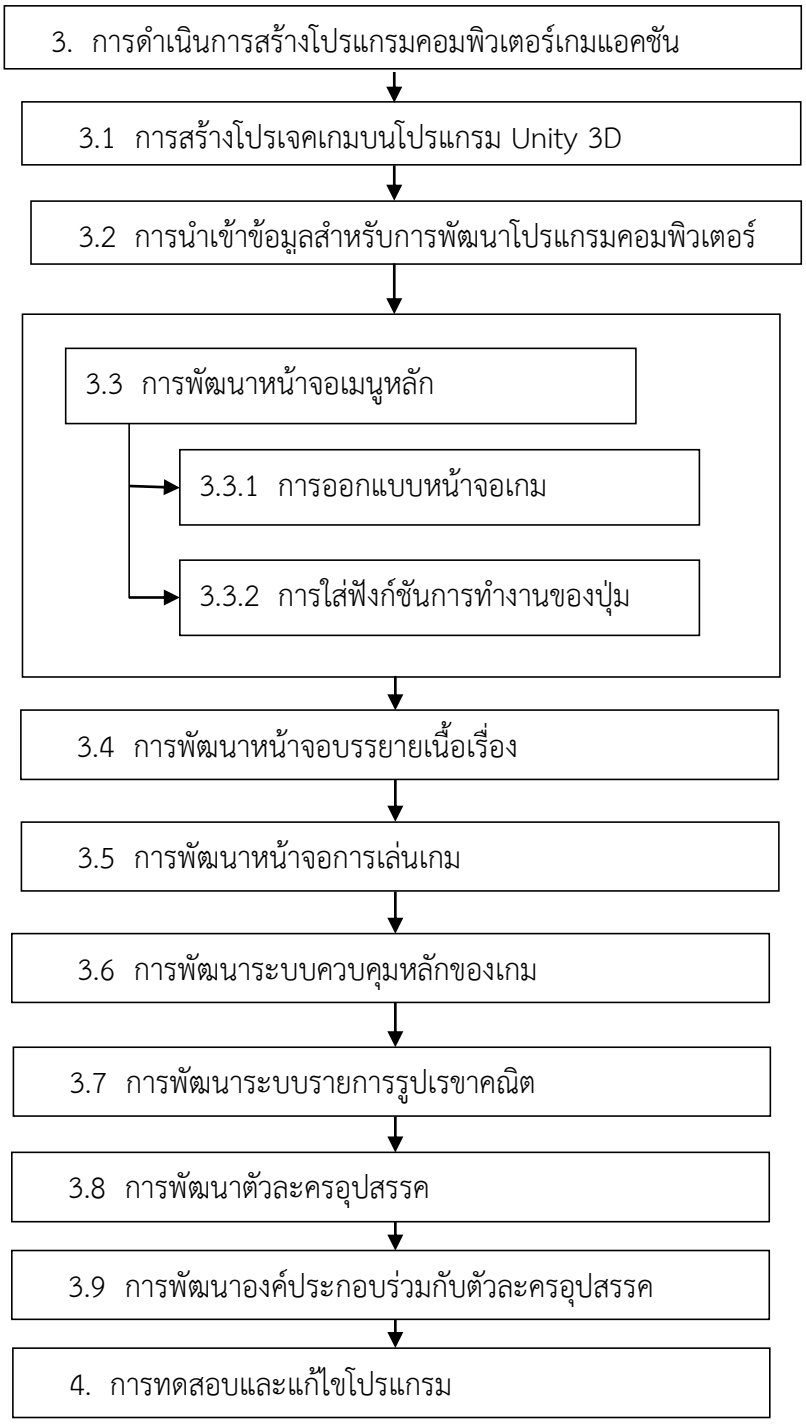
ขั้นตอนการพัฒนาเกมแอคชัน	หลักการทางทฤษฎีในการพัฒนาเกม
1. ขั้นตอนการออกแบบเกม (Design Game) ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 4 ขั้น ดังนี้ 1.1 ออกแบบภาพรวมของเกมให้มีกราฟิกและข้อความที่อยู่ใกล้กันทำให้เข้าใจเรื่องราว การเล่นเกมได้ง่ายและเร็ว โดยการสร้างตัวละคร ฉาก สี แสง เงา ให้มีความเหมาะสมเป็นธรรมชาติ	หลักการที่ 4 หลักการต่อเนื่องเชิงพื้นที่ (Spatial Contiguity Principle) นักเรียนได้สามารถเรียนรู้ได้ดีกว่าเมื่อเรียนรู้จากภาพกราฟิกและข้อความ (Printed Text) ที่อยู่ใกล้กัน (Integrated Method) มากกว่าการเรียนรู้จากภาพกราฟิกและข้อความ (Printed Text) ที่อยู่ห่างกันคนละหน้าหรือจอภาพคอมพิวเตอร์ (Separated Method)
1.2 พัฒนาต้นแบบเกมให้มีความสอดคล้องกันตลอดทั้งเนื้อเรื่องในการเล่นเกม เขียนโครงร่างเรื่องเกมวิเคราะห์เนื้อหาโดยละเอียด กำหนดให้ชัดเจนเป็นขั้นตอนตามลำดับ	หลักการที่ 5 หลักการต่อเนื่องชั่วคราว (Temporal Contiguity Principle) นักเรียนจะเรียนรู้ได้ดีกว่าเมื่อภาพกราฟิกและข้อความถูกนำเสนอให้สอดคล้องกันในเวลาเดียวกัน (Simultaneous) มากกว่าการนำเสนอภาพกราฟิกและข้อความต่อเนื่องกันในเวลาต่างกัน
1.3 ออกแบบองค์ประกอบสภาพแวดล้อมของเกมแต่ละฉากให้มีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน โดยผู้เล่นเกมสามารถเลือกเล่นเกมตามด่านที่สนใจ หรือเล่นตามระดับการเล่นเกมได้	หลักการที่ 6 หลักการแบ่งส่วนแยกย่อย (Segmenting Principle) ออกแบบองค์ประกอบสภาพแวดล้อมโดยนำเสนอบทเรียนสื่อผสมเป็นส่วนย่อยหลายส่วน (Segmented Method) มากกว่าการนำเสนอบทเรียนอย่างต่อเนื่องเพียงครั้งเดียว (Continuous Method)

ตารางที่ 3-5 (ต่อ)

ขั้นตอนการพัฒนาเกมแอคชัน	หลักการทางทฤษฎีในการพัฒนาเกม
1.4 เพื่อให้ผู้เล่นก่อนการเล่นเกมได้เตรียมความพร้อม และฝึกทักษะวิธีการเล่นเกม ควรได้มีการฝึกการเล่นเกมก่อนตามคำแนะนำการเล่นเกม	หลักการที่ 7 หลักการฝึกเล่นเกมก่อน (Pre Training Principle) นักเรียนสามารถเรียนได้ดีกว่าเมื่อได้รับการฝึกฝนก่อนการเรียนรู้ในเรื่องของหลักการและสาระสำคัญของเนื้อหาบทเรียนจากบทเรียนจริง มากกว่าการเรียนที่ไม่ได้รับการฝึกฝนก่อนการเรียนรู้ในบทเรียนจริง
1.5 ขั้นตอนการพัฒนา (Development Phase) ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 2 ขั้นตอน ดังนี้ 1) สร้างเกมโดยนำเสนอด้วยภาพที่น่าสนใจสอดคล้องกับเนื้อเรื่อง โดยเน้นการนำเสนอเป็นภาพมากกว่าข้อความ เพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายในการเล่นเกม	หลักการที่ 9 หลักการมัลติมีเดีย (Multimedia Principle) เน้นการนำเสนอเป็นภาพมากกว่าข้อความ นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีจากคำ (Word) และภาพ (Pictures) หรือ Multimedia Method ได้ดีกว่าการเรียนรู้จาก คำ (Word) เพียงอย่างเดียว (Single Medium Method)
2) อธิบายวิธีการเล่นเกมด้วยภาษาที่เข้าใจง่าย ไม่เป็นทางการมาก	หลักการที่ 10 หลักการส่วนบุคคล (Personalization Principle) ใช้ภาษาสื่อสารในการเล่นเกมที่เข้าใจง่าย นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีจากบทเรียนสื่อผสมเมื่อข้อความหรือบทสนทนามีลักษณะไม่เป็นทางการ เป็นส่วนตัว (Personalized Method) มากกว่ารูปแบบสื่อผสมที่มีความเป็นทางการ (Non-personalized Method)

2. การกำหนดซอฟต์แวร์ในการพัฒนาเกม
   2.1 สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันบนระบบปฏิบัติการ Window
   2.2 พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้วยโปรแกรม Unity 3D
   2.3 เขียนโปรแกรมภาษา c# จากโปรแกรม Microsoft Visual Studio
   2.4 พัฒนากราฟิกด้วยโปรแกรม Adobe Ilustrator

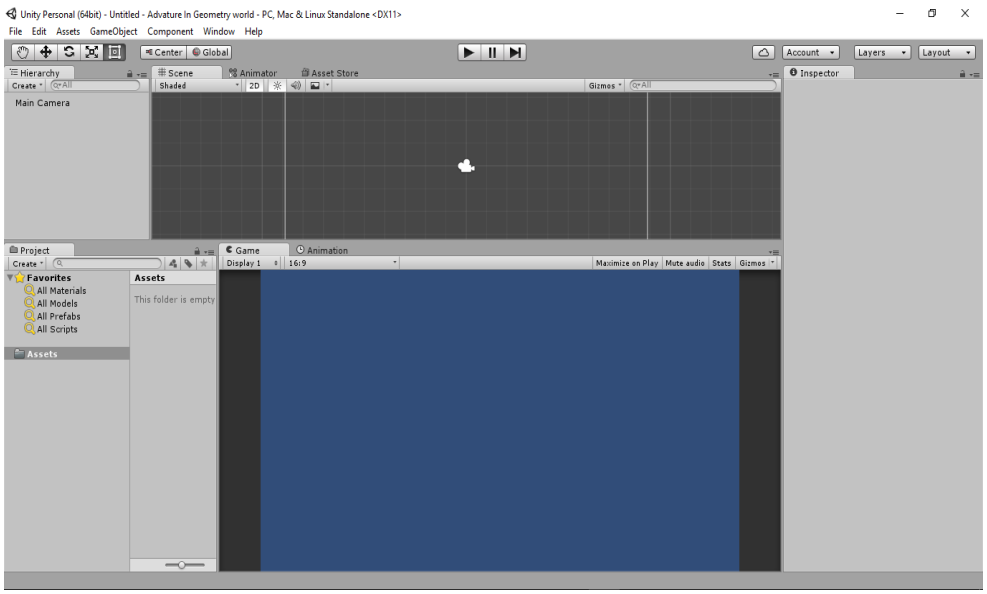
3. การดำเนินการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน โดยใช้ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา เป็นฐานสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียนระดับประถมศึกษา อธิบายเพิ่มเติมจากภาพที่ 3-13



ภาพที่ 3-13 การดำเนินการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

3.1 การสร้างโปรเจคเกมบนโปรแกรม Unity 3D

เปิดโปรแกรม Unity 3D เปิดโปรเจคที่สร้างไว้



ภาพที่ 3-14 หน้าจอแรกของโปรแกรม Unity 3D

จากภาพที่ 3-14 แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรม Unity 3D หลังจากเริ่มสร้างโปรเจคครั้งแรก โดยภายในหน้าจอโปรแกรม Unity 3D ประกอบด้วยหน้าจอย่อยหลัก 7 ส่วนดังนี้

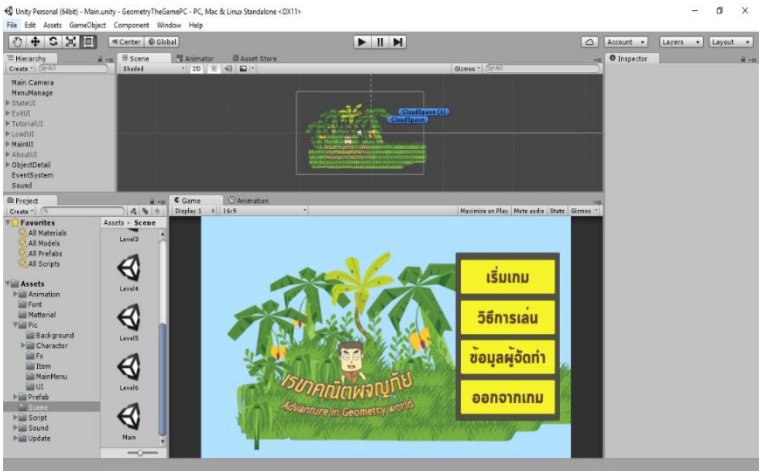
1. Hierarchy เป็นหน้าจอย่อย ทำหน้าที่สำหรับจัดการองค์ประกอบทั้งหมดภายในเกม
2. Project เป็นหน้าจอย่อยที่ทำหน้าที่สำหรับเก็บไฟล์ข้อมูลทั้งหมดในเกม
3. Scene เป็นหน้าจอย่อยที่ทำหน้าที่สำหรับจัดตำแหน่งมุมมองของ Game Object ทั้งหมดใน Hierarchy เพื่อแสดงผลตามที่ออกแบบไว้ใน Game
4. Game เป็นหน้าจอย่อยที่ทำหน้าที่สำหรับแสดงผล Game Object ต่าง ๆ ตามที่ได้จัดวางมุมมององค์ประกอบต่าง ๆ ใน Scene
5. Animator เป็นหน้าจอย่อยที่ทำหน้าที่สำหรับจัดการแอนิเมชัน เช่น การสร้างแอนิเมชัน การจัดการ State ท่าทางตัวละครต่าง ๆ
6. Animation เป็นหน้าจอย่อยที่ทำหน้าที่สำหรับการสร้างแอนิเมชันในเกม
7. Inspector เป็นหน้าจอย่อยที่ทำหน้าที่สำหรับจัดการเซตค่าของ Game Object และ Component ต่าง ๆ

3.2 การนำเข้าข้อมูลสำหรับการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ด้วยโปรแกรม Unity 3D

สร้างโฟลเดอร์สำหรับจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในการพัฒนาเกมแล้วนำข้อมูลภาพเสียงต่าง ๆ มาเก็บไว้ในโฟลเดอร์ที่สร้างไว้ใน Project Panel

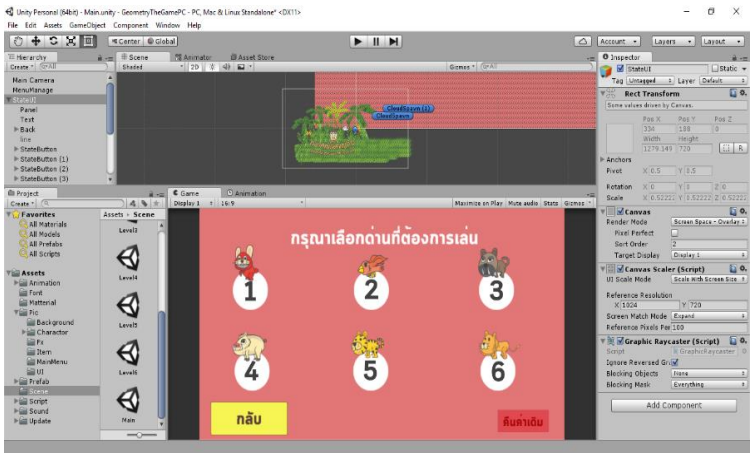
3.3 การพัฒนาหน้าจอเมนู

3.3.1 การออกแบบหน้าจอเกม โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน



ภาพที่ 3-15 ตัวอย่างหน้าจอเมนูหลัก

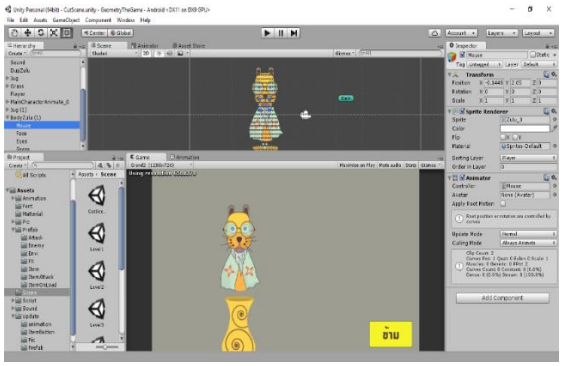
3.3.2 การใส่ฟังก์ชันการทำงานของปุ่ม



ภาพที่ 3-16 หน้าจอเมนูเลือกด่าน (State User Interface)

3.4 การพัฒนาหน้าจอบรรยายเนื้อเรื่อง

ในส่วนนี้เป็นการพัฒนาเนื้อเรื่องโดยการสร้าง Scene และใส่เสียงประกอบแต่ละด่าน

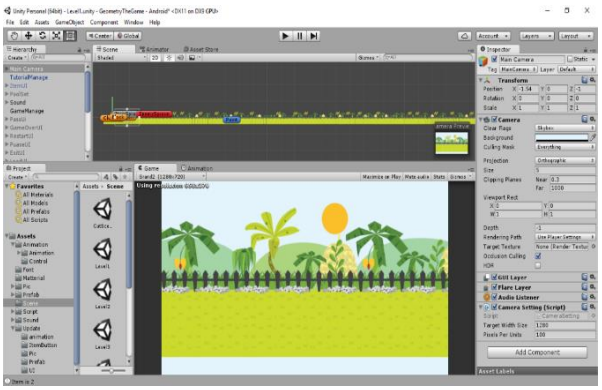


ภาพที่ 3-17 การพัฒนาแอนิเมชันในหน้าจอบรรยายเนื้อเรื่อง

3.5 การพัฒนาหน้าจอการเล่นเกม

ในขั้นตอนนี้เป็นส่วนการพัฒนาหลักของเกม โดยเกมทุกด่านจะใช้ Source Code อยู่ในระบบเดียวกันทั้งหมดจะแตกต่างกันตรงที่การจัดองค์ประกอบ ในส่วนนี้จึงจะอธิบายขั้นตอนการพัฒนาโดยรวมของเกม โดยมีขั้นตอนการพัฒนาดังนี้

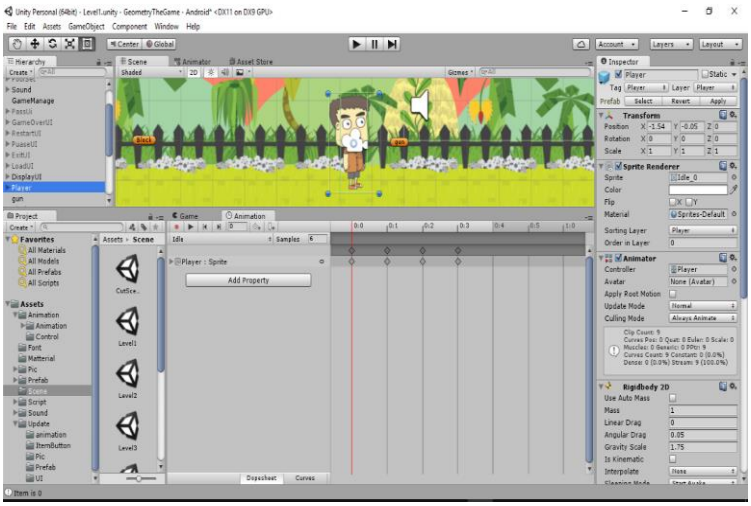
1) การจัดวางองค์ประกอบภายในเกม เช่น ต้นไม้ พื้นดิน ก้อนหิน และต้นหญ้าต่าง ๆ จัดวางไว้บน Scene Panel แล้วเพิ่ม BoxCollider2D Component เข้าไปในส่วนรูปพื้นดินที่ได้จัดวางไว้ โดยตั้งค่า Sorting Layer ให้เป็น Floor และ Layer ให้เป็น Ground เพื่อใช้ตรวจสอบการเหยียบพื้นของตัวละครในเกม



ภาพที่ 3-18 หน้าจอการจัดองค์ประกอบในเกม

2) การพัฒนาหน้าจอแผงควบคุมและองค์ประกอบต่าง ๆ ในขั้นตอนนี้เป็นการเพิ่มองค์ประกอบปุ่มควบคุมบังคับทิศทาง ปุ่มโจมตี และองค์ประกอบหน้าจอต่าง ๆ เช่น คะแนน พลังชีวิต จำนวนชีวิตของตัวละครหลัก

3) การพัฒนาตัวละครหลัก ในขั้นตอนนี้เป็นการนำภาพตัวละครหลักที่ตัดไว้ใน Project Panel เข้ามาวางไว้บนหน้าจอ Scene Panel แล้วเพิ่ม Animator Component



ภาพที่ 3-19 หน้าจอการทำแอนิเมชันของตัวละครหลักอิริยาบทท่ายืน

นำท่าทางการเคลื่อนไหวของตัวละครหลักที่ตัดไว้มามาวางลงใน Animation Timeline แล้วบันทึกแยกเป็นท่าทางการเคลื่อนไหว

ภาพที่ 3-20 การตั้ง Animator Panel

จากภาพที่ 3-20 เป็นการเชื่อม State การเคลื่อนไหวของตัวละคร และสร้าง Parameters สำหรับใส่ค่า Boolean ในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมตัวละครในขณะที่กดปุ่มควบคุมต่าง ๆ ในหน้าจอ

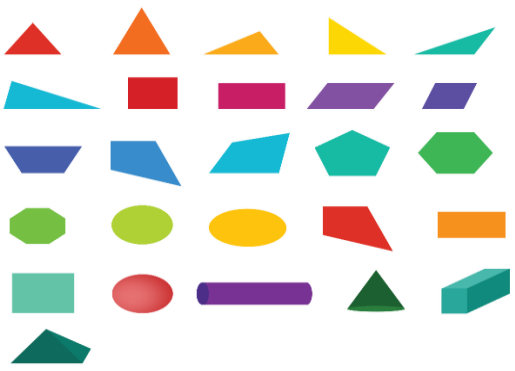
4) การพัฒนาระบบควบคุมการบังคับทิศทางของตัวละครหลัก และระบบการโจมตีของตัวละครหลัก

3.6 การพัฒนาระบบควบคุมหลักของเกม

ขั้นตอนนี้เป็นการพัฒนาระบบแสดงข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเล่นเกม โดยจะมีการแสดงข้อมูลดังนี้ คะแนน จำนวนชีวิต และหน้าจอย่อยต่าง ๆ

ภาพที่ 3-21 การสร้าง Game Manage สำหรับใช้พัฒนาระบบควบคุมหลักของเกม

สร้างหน้าจอย่อย ทำการเชื่อมองค์ประกอบข้อความ Game Object และหน้าจอย่อยต่าง ๆ โดยการลากวางลงบน Element ตามชื่อ Attribute ต่าง ๆ เพื่อให้แสดงผลคะแนน จำนวนชีวิตของตัวละครหลัก ชื่อด่าน ข้อความในหน้าจอย่อย และแสดงหน้าจอย่อยทั้งหมดในเกม



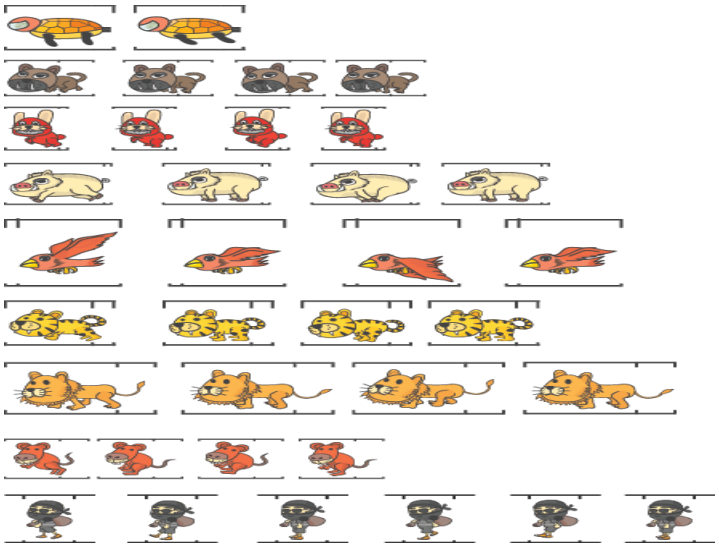
ภาพที่ 3-22 รูปเรขาคณิตสำหรับพัฒนาเป็นรายการในเกมแต่ละด่าน

3.7 การพัฒนาระบบรายการรูปเรขาคณิต

ภาพที่ 3-23 หน้าจอการทำรายการรูปเรขาคณิต

3.8 การพัฒนาตัวละครอุปสรรค

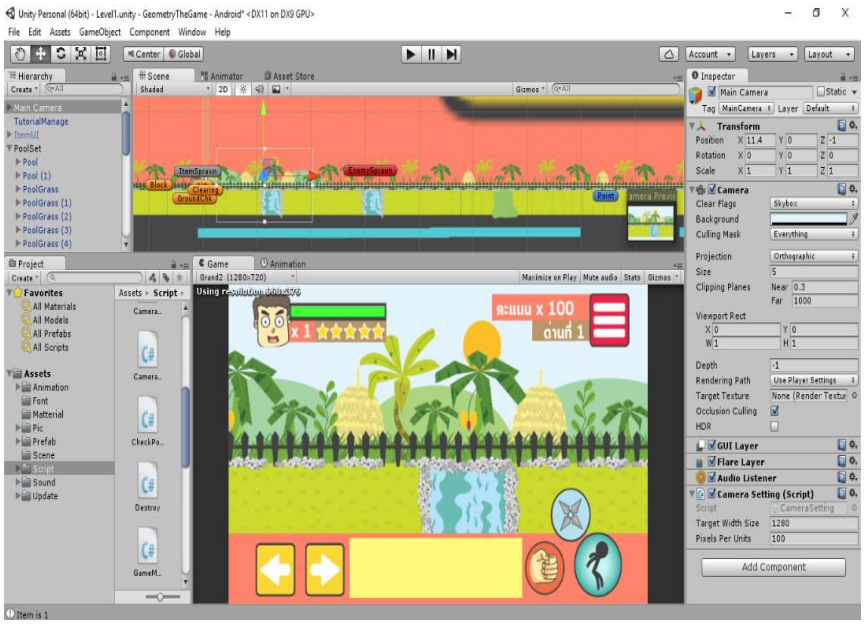
ในขั้นตอนนี้เป็นการนำตัวละครที่ออกแบบไว้ดังภาพที่ 3-24 แล้วนำมาพัฒนาเป็นแอนิเมชันแล้ว ใส่ Enemy.cs เข้าไปในตัวละครอุปสรรคทุกตัว เพื่อให้ตัวละครอุปสรรคสามารถเดิน กระโดด หรือบินได้แล้วแต่ลักษณะของตัวละครอุปสรรคได้ตามที่ได้ตั้งค่าไว้



ภาพที่ 3-24 การออกแบบท่าทางตัวละครที่รบกวนการเล่นเกมในแต่ละด่านเกม

3.9 การพัฒนาองค์ประกอบร่วมกับตัวละครอุปสรรค

ในขั้นตอนนี้เป็นการนำรูปภาพหนองน้ำและหลุมกับดักที่ออกแบบไว้มาวางในหน้าจอ Scene Panel เพื่อทำเป็น Prefab สำหรับใช้ร่วมกันในเกมได้



ภาพที่ 3-25 หน้าจอแสดงหนองน้ำและหลุมกับดักระหว่างการเล่นเกมของตัวละครหลัก

4. การทดสอบและแก้ไขโปรแกรม

เป็นขั้นตอนการตรวจสอบโปรแกรมให้สามารถทำงานถูกต้องตามที่ออกแบบพัฒนาขึ้น หรือตรงกับความต้องการผู้ใช้โปรแกรม รวมทั้งเป็นขั้นตอนทดสอบความผิดพลาด (Errors) ที่อาจเกิดขึ้นได้จากการเขียนโปรแกรม ดังนี้

4.1 Syntax Error การตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดจากการใช้คำสั่งผิดรูปแบบที่ภาษานั้นกำหนด เช่น การลืมประกาศตัวแปร การเขียนคำสั่งผิด เป็นต้น

4.2 Logic Error การตรวจสอบความผิดพลาดจากเงื่อนไขที่กำหนด เช่น เงื่อนไขผิด ไม่ตรงตามที่ออกแบบ การคำนวณคลาดเคลื่อน หรือโปรแกรมทำงานไม่ถูกต้องตามขั้นตอน

4.3 System Design Error ความผิดพลาดที่เกิดจากโปรแกรมทำงานไม่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ระบบเกม

จากขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา

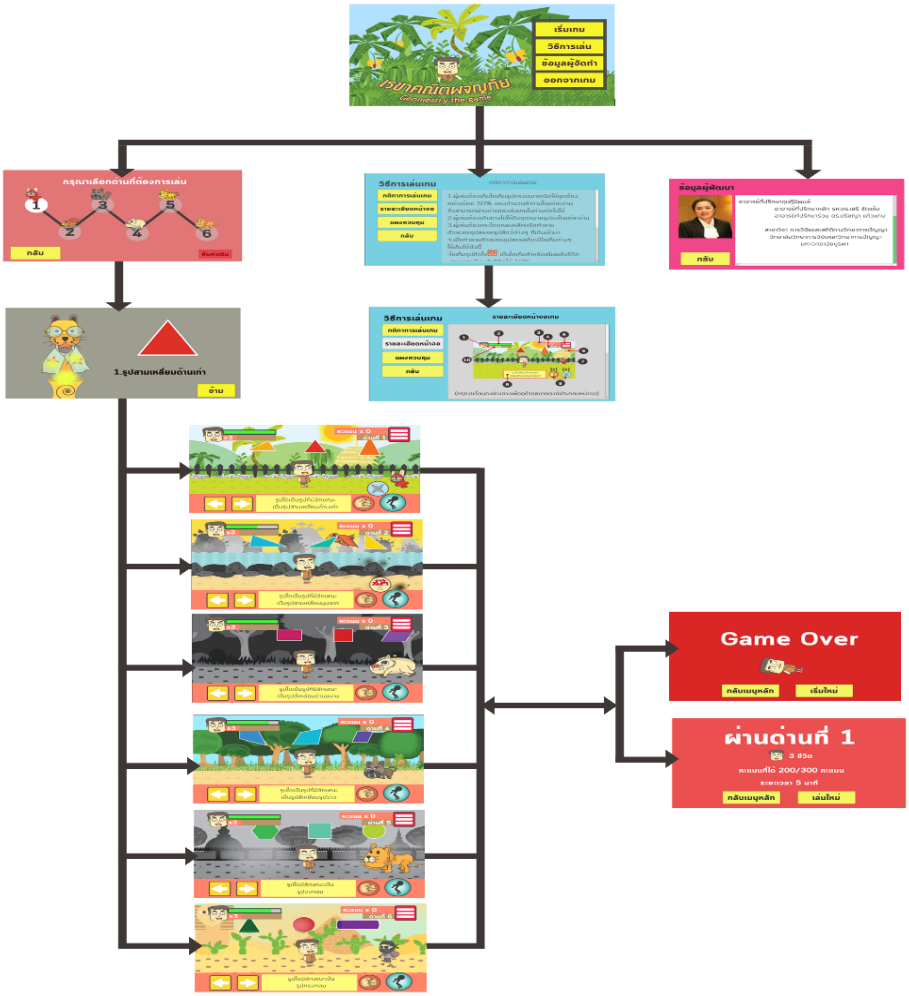
ขั้นที่ 3 ตรวจสอบคุณภาพโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านจิตวิทยา 3 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษา 3 คน

ขั้นที่ 4 ปรับปรุงโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา เพื่อเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และผู้ใช้เกมในกลุ่มตัวอย่างที่อายุระหว่าง 10-11 ปี

ขั้นที่ 5 ทดลองใช้และศึกษานำร่อง (Pilot Study) นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันทดลองใช้ เพื่อทดสอบเกมกับกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษา ปีที่ 5 กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2559 โรงเรียนวัดตาลล้อม ตำบลเหมือง อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี จำนวน 15 คน โดยให้แต่ละคนทดลองใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน จากเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ 1 คน ต่อ 1 เครื่อง เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ (สัปดาห์ละ 3 วัน) โดยได้รับอนุญาตจากผู้อำนวยการโรงเรียน ครูประจำชั้น ครูผู้ประสานงานในคาบการเรียนวิชาคอมพิวเตอร์ คาบแนะแนว คาบกิจกรรม เพื่อทดสอบความเข้าใจการเล่นเกม สามารถเล่นเกมผ่านแต่ละด่านได้ และทดสอบความเข้าใจเนื้อหาการเล่นเกม ความรู้ที่ได้รับจากการเล่นเกม ความพึงพอใจในการเล่นเกม และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขเกม

หลังจากนั้นจึงประเมินผลความพึงพอใจในการเล่นเกม และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขการพัฒนาเกมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันให้มีความเหมาะสม และสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้นก่อนนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจริงต่อไป

ขั้นที่ 6 จัดทำคู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพ โดยคู่มือประกอบด้วย คำชี้แจงข้อควรปฏิบัติในการใช้โปรแกรม วัตถุประสงค์การเล่นเกม กำหนดเวลา กลุ่มเป้าหมายที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันในแต่ละฉาก และขั้นตอนการฝึกกิจกรรมเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพ (รายละเอียดคู่มือการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันที่พัฒนาขึ้น แสดงในภาคผนวก ข-4)

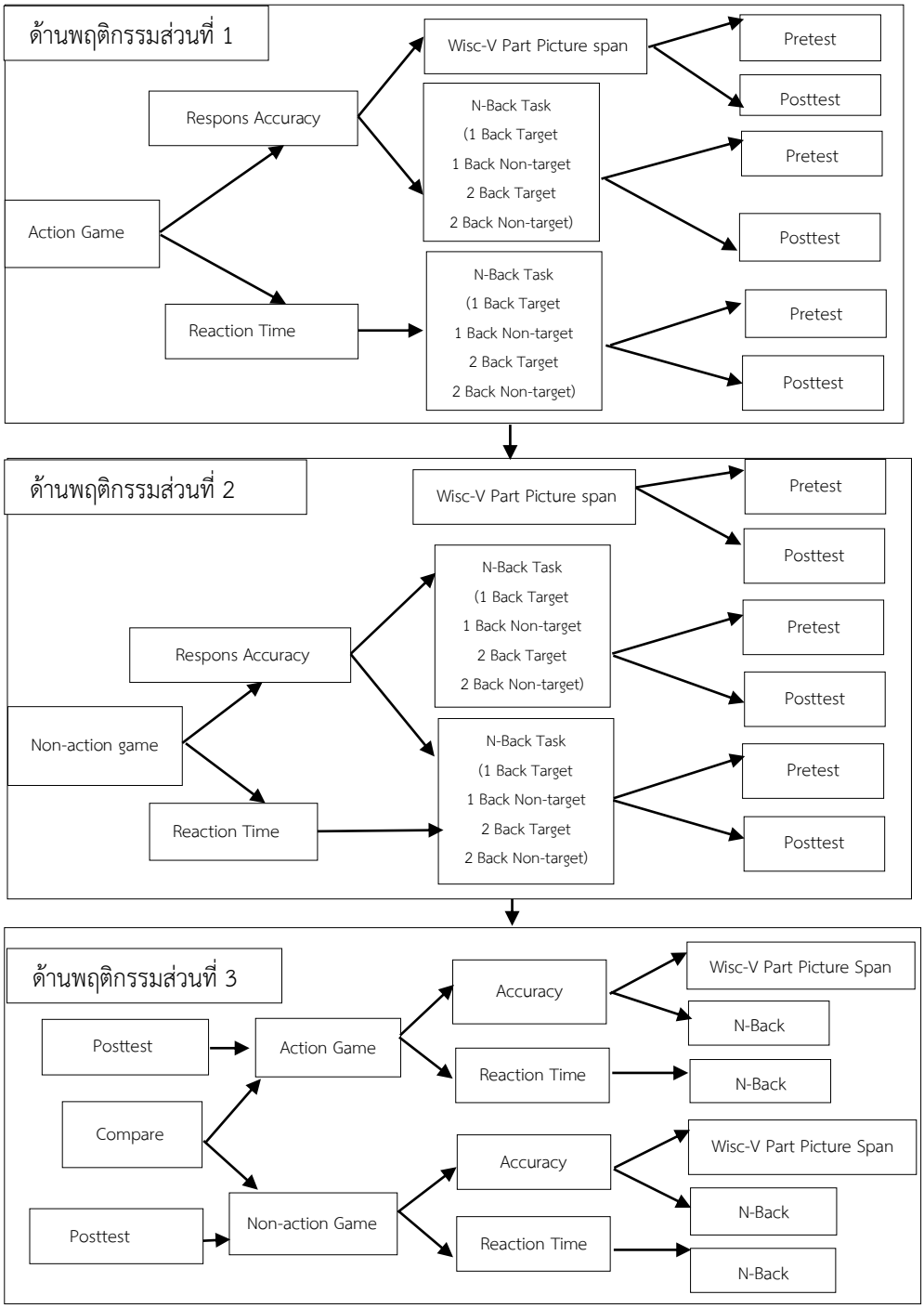


ภาพที่ 3-26 แผนผังหน้าจอโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ชื่อ เกมเรขาคณิตผจญภัย

เมื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันเสร็จสมบูรณ์แล้ว และได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญผ่านเกณฑ์แล้ว จึงนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันมาศึกษาผลของการใช้โปรแกรมด้านคลื่นไฟฟ้าสมอง ดังภาพที่ 3-27 และภาพที่ 3-28

นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันมาศึกษาผลของการใช้โปรแกรม

ระยะที่ 2 การเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้านพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมอง แสดงดังภาพที่ 3-27



ภาพที่ 3-27 ลำดับขั้นตอนการเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้านพฤติกรรม

แผนภาพระยะที่ 2 แสดงลำดับขั้นตอนการเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ด้านพฤติกรรม ดังภาพที่ 3-27

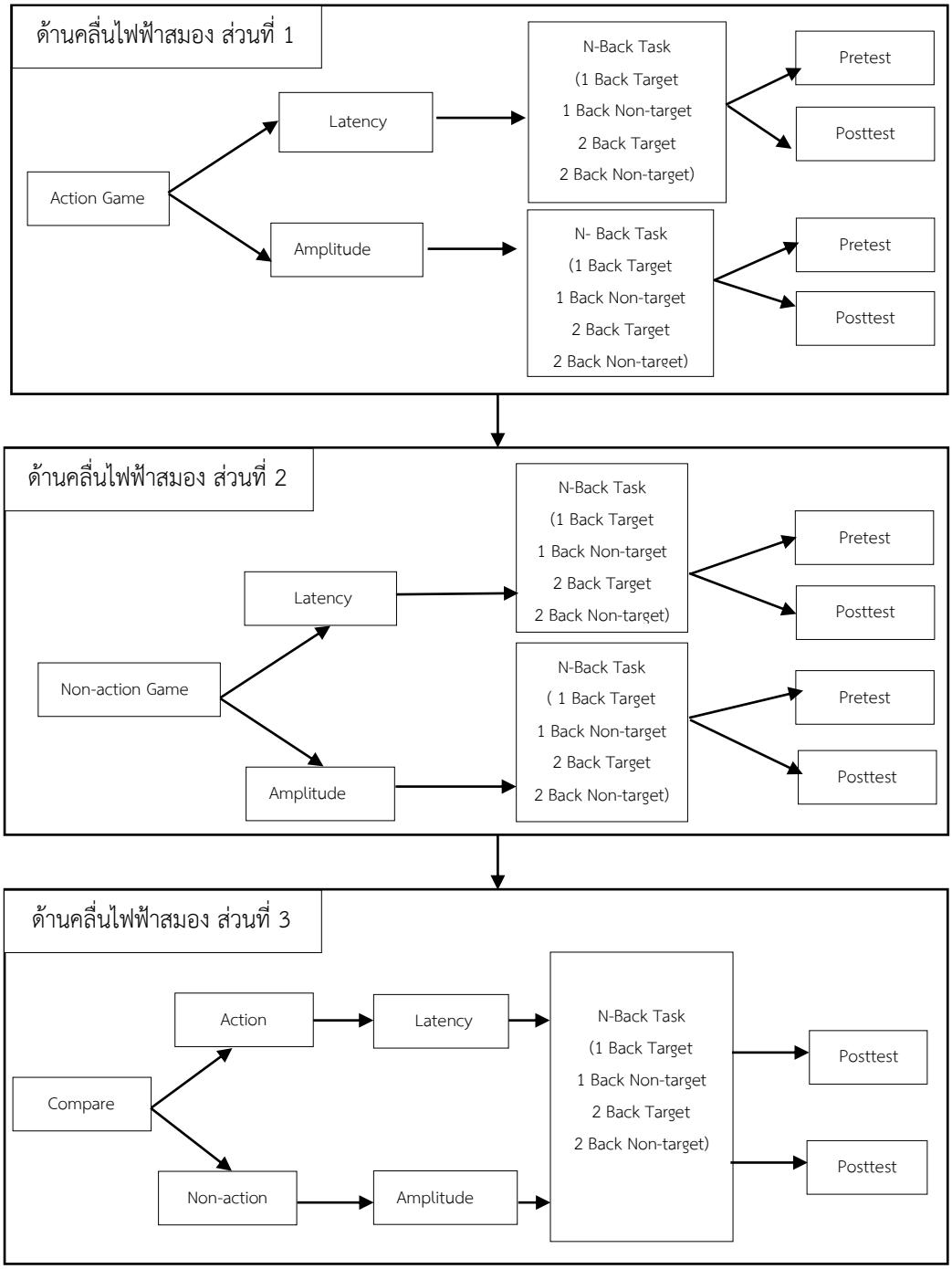
ส่วนที่ 1 กลุ่มใช้ Action Game วัดความจำขณะทำงานด้านภาพ (Visual Working Memory) จากตัวแปร 2 ตัวคือ 1) ความถูกต้องของการตอบสนอง (Response Accuracy) และ 2) เวลาปฏิกิริยา (Reaction Time) โดยวัดความถูกต้องของการตอบสนอง (Response Accuracy) จากเครื่องมือวัด 2 ชนิด คือ 1) Wisc-V part Picture Span โดยการเปรียบเทียบคะแนนก่อนการทดลองกับคะแนนหลังการทดลอง และ 2) N-Back Task (ประกอบด้วยกิจกรรมย่อย 1 Back Target, 1 Back Non-target, 2 Back Target และ 2 Back Non-target) โดยเปรียบเทียบคะแนนก่อนการทดลองและคะแนนหลังการทดลองของแต่ละกิจกรรมย่อยของ N-Back Task

ส่วนที่ 2 กลุ่มใช้ Non-action Game วัดความจำขณะทำงานด้านภาพ (Visual Working Memory) จากตัวแปร 2 ตัวคือ 1) ความถูกต้องของการตอบสนอง (Response Accuracy) และ 2) เวลาปฏิกิริยา (Reaction Time) โดยวัดความถูกต้องของการตอบสนอง (Response Accuracy) จากเครื่องมือวัด 2 ชนิด คือ 1) Wisc-V Part Picture Span โดยการเปรียบเทียบคะแนนก่อนการ ทดลองกับคะแนนหลังการทดลอง และ 2) N-Back Task (ประกอบด้วยกิจกรรมย่อย 1 Back Target, 1 Back Non-target, 2 Back Target และ 2 Back Non-target โดยเปรียบเทียบคะแนนก่อนการทดลองและคะแนนหลังการทดลองของแต่ละกิจกรรมย่อยของ N-Back Task

ส่วนที่ 3 เปรียบเทียบความจำขณะทำงานด้านภาพ (Visual Working Memory) หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game โดยวัดความจำขณะทำงานด้านภาพจากตัวแปร 2 ตัวคือ 1) ความถูกต้องของการตอบสนอง (Response Accuracy) และ 2) เวลาปฏิกิริยา (Reaction Time) โดยวัดความถูกต้องของการตอบสนอง (Response Accuracy) จากเครื่องมือวัด 2 ชนิด คือ 1) Wisc-V part Picture Span และ 2) N-Back Task (ประกอบด้วยกิจกรรมย่อย 1 Back Target, 1 Back Non-target, 2 Back Target และ 2 Back Non-target)

เมื่อเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ด้านพฤติกรรมแล้วในส่วนที่ 1 ถึง ส่วนที่ 3 จึงเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ด้านคลื่นไฟฟ้าสมอง ดังภาพที่ 3-28

ระยะที่ 2 การเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้านพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมอง แสดงดังภาพที่ 3-28



ภาพที่ 3-28 ลำดับขั้นตอนการเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้านคลื่นไฟฟ้าสมอง

แผนภาพระยะที่ 2 ลำดับขั้นตอนการเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้านคลื่นไฟฟ้าสมอง ดังภาพที่ 3-28

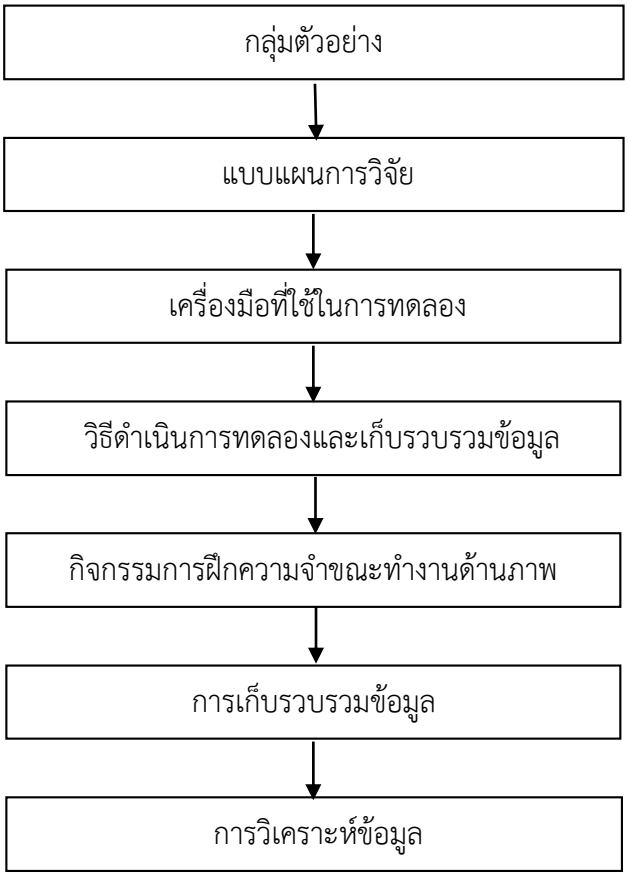
ส่วนที่ 1 กลุ่มใช้ Action Game ทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จากตัวแปร 2 ตัว คือ 1) ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 2) ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 จากแบบทดสอบ N-Back Task (ประกอบด้วยแบบทดสอบ 1 Back Target, 1 Back Non-target, 2 Back Target และ 2 Back Non-target) โดยเปรียบเทียบความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ก่อนการทดลองและหลังการทดลองของแต่ละแบบทดสอบย่อยของ N-Back Task

ส่วนที่ 2 กลุ่มใช้ Non-action Game ทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จากตัวแปร 2 ตัวคือ 1) ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 2) ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 จากแบบทดสอบ N-Back Task (ประกอบด้วยแบบทดสอบ 1 Back Target, 1 Back Non-target, 2 Back Target และ 2 Back Non-target) โดยเปรียบเทียบความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ของแต่ละแบบทดสอบย่อยของ N-Back Task

ส่วนที่ 3 เปรียบเทียบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game โดยทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพจากตัวแปร 2 ตัว คือ 1) ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 และ 2) ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 จากแบบทดสอบ N-Back Task (ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 1 Back Target, 1 Back Non-target, 2 Back Target และ 2 Back Non-target) โดยเปรียบเทียบความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game

ผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ดังภาพที่ 3-29

ผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน



ภาพที่ 3-29 ผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

2.1 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา ตำบลเหมือง อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี จำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 49 คน คัดเลือกโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีจับฉลากและคัดกรองนักเรียนตามเกณฑ์การคัดเข้าด้วยแบบประเมินส่วนบุคคล แบบประเมินการมองเห็น แบบสำรวจความถนัดในการใช้มือ มีสุขภาพแข็งแรง โดยตรวจสอบข้อมูลเกี่ยวกับทะเบียนประวัติสุขภาพของนักเรียนที่ได้รับคัดเลือกร่วมกับครูประจำชั้น กลุ่มตัวอย่างไม่เคยเข้าร่วมกิจกรรมเกี่ยวข้องกับการฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพ โดยให้กลุ่มตัวอย่างกรอกแบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล และพิจาณาตามเกณฑ์คัดเข้า (Inclusions Criteria) รับทราบถึงเกณฑ์การคัดออก (Exclusions Criteria)

ทำความเข้าใจ ซักถามเกี่ยวกับกิจกรรม และการเตรียมตัวในการเข้าร่วมกิจกรรม ได้นักเรียนเข้ากลุ่มทดลองกลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน (Action Game) จำนวน 25 คน และกลุ่มทดลองกลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game (Tetris Game) จำนวน 25 คน (คงเหลือ 24 คน เนื่องจากลุ่มตัวอย่าง 1 คนได้รับอุบัติเหตุก่อนการทดลอง Pretest)

การคำนวณกลุ่มตัวอย่าง ได้มาจากขนาดของอิทธิพลของตัวแปร (Effect Size: ES) นั้น ใช้วิธีเทียบกับขนาดของการแจกแจงของประชากร โดยมีเกณฑ์ (Cohen, 1988)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง ได้มาจากการเปิดตารางที่สำเร็จรูป (Cohen's Table) ทดสอบแบบทางเดียว (Kellar & Kelvin, 2013, pp. 110–111) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 อำนาจการทดสอบ (Power of Test) ที่ .80 และขนาดอิทธิพลของตัวแปร (Effect Size) คำนวณโดยใช้สูตรผลต่างของค่าเฉลี่ยสองกลุ่มหารด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ที่ได้จากการศึกษาที่ผ่านมา (Kellar & Kelvin, 2013, p. 109) ใช้ขนาดตัวอย่างกลุ่มทดลองกลุ่มที่ 1 จำนวน 20 คน กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 จำนวน 20 คน รวมเป็นจำนวน 40 คน แต่เพื่อป้องกันการขาดหายของตัวอย่างระหว่างการทดลอง จึงกำหนดให้มีขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มทดลองกลุ่มที่ 1 จำนวน 25 คนและกลุ่มทดลองกลุ่มที่ 2 จำนวน 25 คน (คงเหลือ 24 คน เนื่องจากลุ่มตัวอย่าง 1 คนได้รับอุบัติเหตุก่อนการทดลอง Pretest) รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเป็นจำนวน 49 คน สุ่มเข้ากลุ่มทดลองกลุ่มที่ 1 คือกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน (Action Game) และกลุ่มทดลองกลุ่มที่ 2 กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย โดยใช้วิธีจับฉลากไม่คืนที่

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusions Criteria**)**

1) เป็นผู้ที่มีสุขภาพดี ไม่มีโรคประจำตัว

2) ถนัดมือขวาโดยวัดจากแบบประเมินความถนัดในการใช้มือ Edinburgh Handedness Inventory ของ Oldfield (1971) ต้องมีคะแนนมากกว่า 80 คะแนนขึ้นไป

3) มีการมองเห็นปกติประเมินโดย Near Chart

4) ไม่มีประวัติการบาดเจ็บที่ศีรษะหรือการเจ็บป่วยทางระบบประสาทและไม่เป็นโรคเกี่ยวกับกล้ามเนื้อตา สามารถใช้ตาทั้งสองข้างได้ตามปกติ

5) ไม่มีประวัติการเจ็บป่วยทางจิต หรือประวัติการใช้ยาทางจิตเวช หรือสารเสพติดที่มีผลต่อระบบประสาท

6) ไม่เคยเข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพมาก่อน

7) มีความเต็มใจเข้าร่วมการทดลองตามที่กำหนดตลอดทั้งโครงการ นักเรียนยกมือและเซ็นใบยินยอมเข้าร่วมโครงการโดยสมัครใจ ผู้ปกครองอนุญาตและเซ็นใบยินยอมให้เข้าร่วมโครงการ

เกณฑ์การคัดออก (Exclusions Criteria)

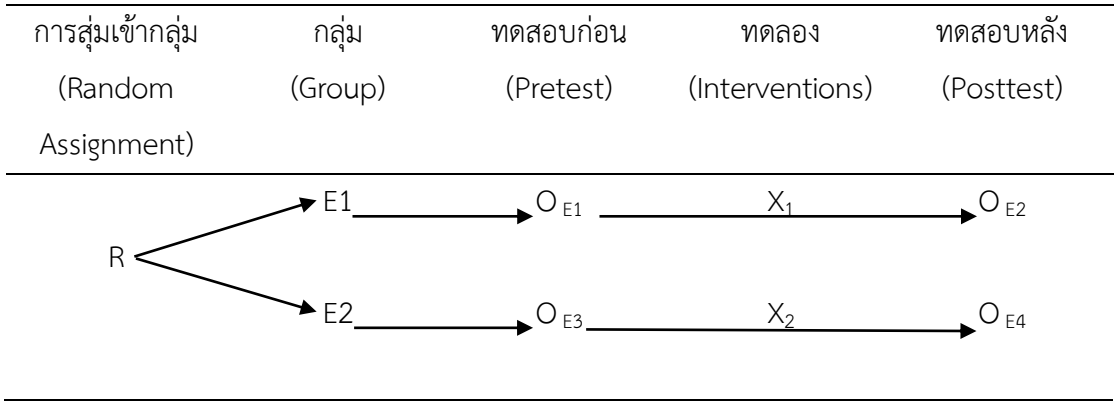
1) มีข้อบ่งห้ามการใช้สายตาหรือการใช้กล้ามเนื้อตา
2) ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้ต่อเนื่อง
3) มีปัญหาสุขภาพหรืออาการเจ็บป่วย ต้องเข้ารับการรักษาระหว่างการเข้าร่วมการวิจัย
4) ไม่ได้รับอนุญาตจากผู้ปกครอง

เกณฑ์การยุติการเข้าร่วมการทดลอง (Widthdraw Criteria)

1) เข้าร่วมการทดลองไม่ครบตามกำหนด
2) ขอถอนตัวไม่เข้าร่วมการทดลอง
3) เจ็บป่วยขณะเข้าร่วมการทดลอง
4) ไม่ได้รับอนุญาตจากผู้ปกครอง

2.2 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ใช้แบบแผนการทดลองแบบ Randomized Pretest and Posttest Comparison Group Design (McMillan & Schumacher, 2014, p. 294) ดังภาพที่ 3-30



ภาพที่ 3 –30 แบบแผนการทดลองแบบ Randomized Pretest and Posttest Comparison Group Design

ความหมายของสัญลักษณ์

R แทน การสุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลองที่ 1 (E1) คือ กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game และกลุ่มทดลองที่ 2 (E2) คือ กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game

E1 แทน กลุ่มทดลองที่ 1 (Experimental Group 1) หมายถึง กลุ่มใช้ Action Game

E2 แทน กลุ่มทดลองที่ 2 (Experimental Group 2) หมายถึง กลุ่มใช้ Non-action Game (Tetris Game)

X_1 แทนการใช้ Action Game (Treatment 1)

X_2 แทนการใช้ Non-action Game (Treatment 2)

O_{E1} หมายถึง การวัดผลตัวแปรตาม ก่อนการใช้ Action Game (Pretest)

O_{E2} การวัดผลตัวแปรตาม หลังการใช้ Action Game (Posttest)

O_{E3} การวัดผลตัวแปรตาม ก่อนการทดลองของกลุ่มใช้ Non-action Game (Pretest)

O_{E4} การวัดผลตัวแปรตาม หลังการทดลองของกลุ่มใช้ Non-action Game (Posttest)

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดตัวแปรตาม ดังต่อไปนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย ประกอบด้วย

1.1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ประกอบด้วย ข้อมูลเกี่ยวกับอายุ เพศ ระดับการศึกษา และประวัติการเจ็บป่วย

1.2 แบบสำรวจความถนัดในการใช้มือ เป็นแบบสำรวจความถนัดในการใช้มือ ซึ่งปรับปรุงมาจากเอดินเบอร์ก (Edinburgh Handedness Inventory) ของ Oldfield (1971) ซึ่งเป็นตารางที่ประกอบด้วย ข้อความที่เกี่ยวกับกิจกรรมที่ใช้มือในการปฏิบัติ จำนวน 20 ข้อ และมีช่องให้เลือกกากบาทในแต่ละกิจกรรมอยู่ 2 ช่อง ได้แก่ มือขวา และมือซ้าย โดยให้กลุ่มตัวอย่างอ่านกิจกรรมและกากบาทให้ตรงกับมือข้างที่ใช้ในการทำกิจกรรมนั้น ๆ ในการศึกษานี้ เลือกกลุ่มตัวอย่างใช้เฉพาะมือขวาทำกิจกรรม ต้องมีคะแนนมากกว่า 80 คะแนนขึ้นไป

1.3 การวัดระดับสายตาระยะใกล้ด้วย Near Vision มีลักษณะเป็นแผ่นป้ายที่มีตัวเลขเขียนเรียงกันลงมาเป็นแถว ๆ จากแถวบนสุดซึ่งมีขนาดใหญ่จนถึงแถวล่างสุดซึ่งมีขนาดเล็กสุด วัดสายตาทำในที่มีแสงสว่างเพียงพอและวัดทีละตา ห่างจากสายตาเป็นระยะ 14 นิ้ว ให้อ่านตั้งแต่แถวที่อยู่บนสุดจนถึงแถวที่ตัวเล็กสุดที่อ่านได้ แล้วบันทึกค่าไว้

1.4 เครื่องมือคัดกรองตาบอดสีอิชิฮารา ของ Hardy, Rand, and Rittler (1945)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

2.1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน (Action Game) สร้างตามทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา ที่พัฒนาจากโปรแกรม Unity 3D (Personal Edition) Freeware พัฒนา เป็นเกมคอมพิวเตอร์ มีลักษณะการเล่นเกมที่เป็นการเคลื่อนที่อย่างอิสระ ประกอบด้วยสิ่งเร้าความใส่ใจ ตัวกระตุ้นพัฒนาการทางด้านความจำขณะทำงานด้านภาพในแต่ละด่าน รวม 6 ด่าน ของการเล่นเกม

2.1.1 Specification Hardware/ Software ขั้นต่ำที่สามารถเล่นเกมบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้ คือ ระบบปฏิบัติการ Window 7, CPU N/A รุ่นใดก็ได้ หรือ 1.5 GHz ที่รองรับระบบปฏิบัติการ Window 7, RAM 1 GB และพื้นที่ความจุของเกมบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลขั้นต่ำ 400 MB

2.1.2 Specification Hardware/ Software ขั้นต่ำที่สามารถเล่นเกมบนโทรศัพท์มือถือได้ คือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 4.2, CPU 1 GHZ และ RAM 1 GB พื้นที่ความจุของเกม บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ขั้นต่ำ 50 MB และไม่รองรับการเล่นบนเครื่องเล่น Joy Stick

2.1.3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันที่พัฒนาขึ้นได้รับการตรวจสอบคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว ใช้เวลาในการฝึกวันละ 50 นาที สัปดาห์ละ 5 วัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ รวม 15 วัน โดยก่อนและหลังการเล่นเกม กลุ่มตัวอย่างต้องทำกิจกรรมนั่งทำสมาธิระยะเวลาสั้น ๆ 1 นาที ในท่าสบาย ไม่เกร็ง หลับตา สูดลมหายใจเข้าลึก ๆ ปล่อยลมหายใจออกมาช้า ๆ กำหนดสติอยู่ที่ลมหายใจ รู้สึกร่างกายสบาย ผ่อนคลาย

2.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game (Tetris Game) Version Original Classc Game โดยเกมมีลักษณะเป็นเกมเน้นการจัดเรียงตัวของบล็อกที่หล่นลงมา จัดเรียงให้เป็นแถว Specification Hardware/ Software เล่นเกมบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลขั้นต่ำ คือ ระบบปฏิบัติการ Window 7, CPU N/A รุ่นใดก็ได้ หรือ 1.5 GHz RAM 1 GB พื้นที่ความจุของเกมบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลขั้นต่ำ 877 KB

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดตัวแปรตาม

3.1 WISC-V (Wechsler Intelligence Scale for Children - Fifth Edition เป็นแบบทดสอบเชาวน์ปัญญาสำหรับเด็กอายุ 5-16 ปี โดยมี Frame Work for the WISC-V ในส่วนของ Full Scale ประกอบด้วย Subtest คือ Digit Span, Picture Span และ Letter Number Sequencing โดยทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ (Visual Working Memory) ด้วย Subtest Picture Span เป็นแบบทดสอบระดับ C โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้ ชื่อ ผู้สั่งซื้อ/ ผู้ใช้แบบทดสอบมีความเชี่ยวชาญในการใช้แบบทดสอบทางจิตวิทยา โดยมีใบอนุญาตการประกอบวิชาชีพจากหน่วยงานตามสายวิชาชีพ หรือผู้สั่งซื้อ/ ผู้ใช้แบบทดสอบมีวุฒิปริญญาเอกด้านจิตวิทยาศึกษาศาสตร์ โดยผ่านการฝึกใช้แบบทดสอบ และวิเคราะห์ผลการทดสอบ เป็นผู้มีประสบการณ์จรรยาบรรณและความสามารถในการใช้แบบทดสอบ

ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์เพื่อประโยชน์ทางการศึกษาจาก ดร.สุชาดา สกลกิจรุ่งโรจน์ ซึ่งเป็นสมาชิกองค์กร นักจิตวิทยาคลินิกไทย หมายเลขสมาชิก 500 โดยมีหนังสือรับรองวิชาชีพ คือ ใบประกอบโรคศิลป สาขาวิชาจิตวิทยาคลินิก หมายเลข จล.437 ออกให้ ณ วันที่ 9 กันยายน พ.ศ.

2552 เป็นผู้สั่งซื้อ WISC-V (Wechsler Intelligence Scale for Children Fifth Edition Frame Work for the WISC-V ในส่วนของ Subtest คือ Picture Span

ผู้ใช้แบบทดสอบ เป็นผู้มีประสบการณ์ เป็นผู้มีทักษะการใช้แบบทดสอบและได้ผ่านการฝึกฝนและมีความเชี่ยวชาญในการใช้แบบทดสอบจากนักจิตวิทยาคลินิกไทย โดยมีใบอนุญาตการประกอบวิชาชีพจากหน่วยงานตามสายวิชาชีพ เพื่อให้การทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพในเด็กอายุ ระหว่าง 5-16 ปี มีความน่าเชื่อถือมากที่สุดและป้องกันการเกิดความลำเอียงในการประเมินผลการทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จากกลุ่มตัวอย่าง

3.2 N-Back Task เป็น Task ทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพที่เป็นแบบทดสอบมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบความจำขณะทำงานระดับสากลที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นแบบทดสอบความจำขณะทำงานที่มีความเป็นมาตรฐาน และเนื่องจากกลุ่มตัวอย่างอายุระหว่าง 10-11 ปี ศึกษาในชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัย จึงได้พิจารณาความเหมาะสมเลือกแบบทดสอบ 1-Back และ 2-Back

2.4 วิธีดำเนินการทดลอง

การศึกษานี้แบ่งการทดลองเป็น 3 ระยะ คือ 1) ระยะก่อนการทดลอง 2) ระยะทดลอง และ 3) ระยะหลังการทดลอง ดังนี้

1. ระยะก่อนการทดลอง

ระยะก่อนการทดลอง เป็นการดำเนินการเพื่อคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1.1 ผู้วิจัยติดต่อประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับ ผู้ปกครอง กลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับประถมศึกษา เพื่อขออนุญาตดำเนินการประชาสัมพันธ์และรับสมัครอาสาสมัครนักเรียนระดับประถมศึกษา ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดในขั้นต้นเข้าร่วมโครงการวิจัย จากนั้นดำเนินการคัดกรองกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์คัดเข้า

1.2 ผู้วิจัยสุ่มกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการจัดหน่วยตัวอย่างเข้ากลุ่มแบบสุ่ม (Random Assignment) โดยการจับฉลากและจัดกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลองที่ 1 คือ กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน (Action Game) กับกลุ่มทดลองที่ 2 คือกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game (Tetris Game)

1.3 ผู้วิจัยนัดหมายกลุ่มตัวอย่าง เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์และขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย พร้อมทั้งให้กลุ่มตัวอย่างกรอกข้อมูลลงในแบบฟอร์มยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย และให้กลุ่มตัวอย่างซึ่งอายุไม่เกิน 18 ปี (10-11 ปี) นำแบบฟอร์มขออนุญาตผู้ปกครองที่ผู้อำนวยการโรงเรียนได้ทำหนังสือถึงผู้ปกครอง เพื่อขออนุญาตผู้ปกครองนักเรียนอนุญาตให้นักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมโครงการวิจัยเพื่อพัฒนาความจำขณะทำงานด้านภาพ ของนักเรียนระดับประถมศึกษาก่อนดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยต่อไป

1.4 กำหนดกิจกรรรมการฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพ เดือนกันยายน พ.ศ. 2560 เพื่อทำกิจกรรมฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพ โดยแยกห้องคอมพิวเตอร์ในการฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพเป็น 2 กลุ่ม (แยกห้องคอมพิวเตอร์และอาคารเรียน ระหว่างกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่ม) กลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มใช้เกมแอคชัน (Action Game) และกลุ่มทดลองที่ 2 กลุ่มใช้ Non-action Game โดยนักเรียนทำกิจกรรม ทั้ง 2 กลุ่มใช้เวลาทำกิจกรรมเท่ากันและช่วงเวลาเดียวกันในการฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพ วันละ 50 นาที สัปดาห์ละ 5 วัน (วันจันทร์–วันศุกร์) เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ เป็นเวลารวมทั้งหมด 15 วัน

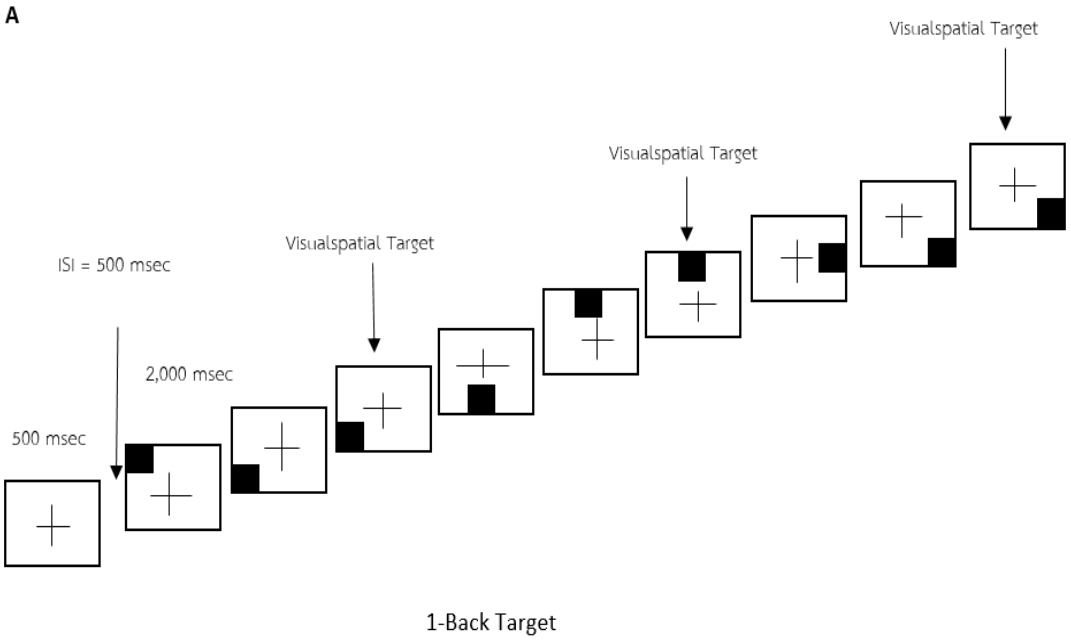
การทำกิจกรรมฝึกพัฒนาความจำขณะทำงานด้านภาพ ในช่วงเวลาที่นักเรียนรับประทานอาหารกลางวันเสร็จแล้ว เริ่มกิจกรรมการฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพแต่ละห้องโดยพร้อมเพรียงกัน เวลา 11.40-12.30 น. วันละ 50 นาที โดยมีครูประจำชั้น ผู้วิจัย และผู้ช่วยวิจัยควบคุมการทำกิจกรรมตามกำหนดเวลาและไม่อนุญาตให้นักเรียนที่ไม่เกี่ยวข้องและไม่ได้เป็นกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมกิจกรรม

1.5 กำหนดตารางกิจกรรม เพื่อดำเนินการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา (Centre of Excellence in Cognitive Science: CECoS) วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ด้วยการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองของกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่ม

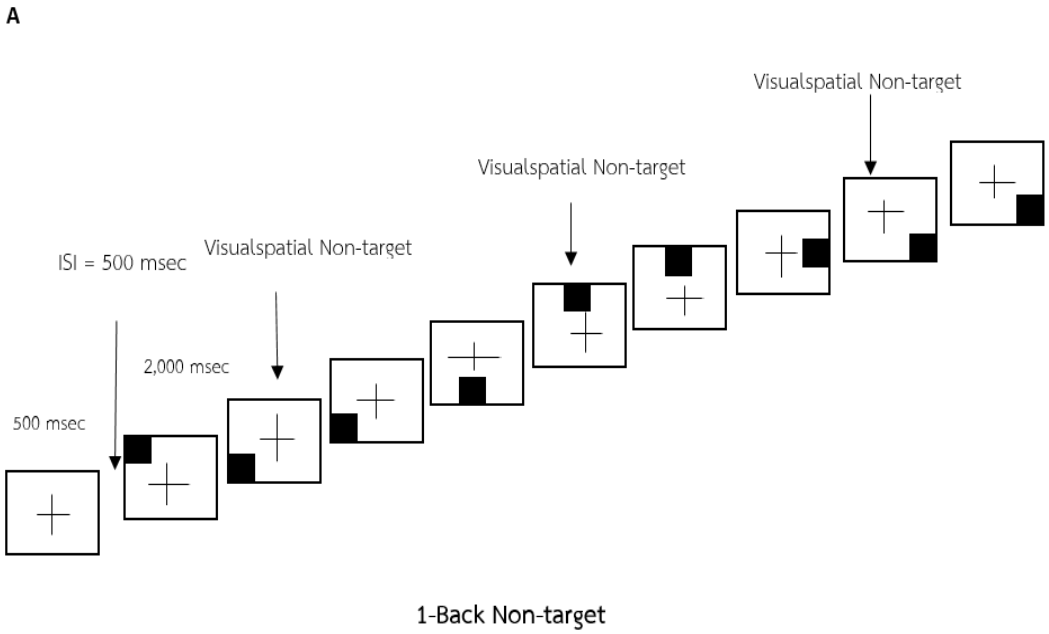
1.6 พัฒนาโปรโตคอล N-Back (1-Back Target, 1 Back Non-target, 2-Back Target และ 2 Back Non-target) เพื่อเป็นแนวทางในการสร้าง N-Back Task ในโปรแกรม STIM^2 จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ N-Back Task ในการทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของเด็กอายุระหว่าง 10-11 ปี ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรโตคอล N-Back มีลักษณะเป็นตาราง 9 ช่อง ปรับจากงานวิจัยของนักวิจัยต่างประเทศที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านความจำขณะทำงานที่ได้รับการยอมรับ โดยปรับให้เหมาะสมกับนักเรียนอายุระหว่าง 10-11 ปี เป็น 1-Back Task ประกอบด้วย 101 Trial ใช้เวลา 5 นาที (ประกอบด้วย Target ข้อตำแหน่งตรงกัน 30 ข้อ, Target ข้อตำแหน่งต่างกัน 60 ข้อ) 2-Back Task ประกอบด้วย 102 Trial ใช้เวลา 4 นาที 30 วินาที ประกอบด้วย (Target ข้อตำแหน่งตรงกัน 30 ข้อ, Target ข้อตำแหน่งต่างกัน 60 ข้อ) รวมใช้เวลาในการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองในห้องทดลองของกลุ่มตัวอย่างคนละ 9 นาที 30 วินาที และทำแบบทดสอบโดยรวม 203 Trial

โดยสรุป กลุ่มตัวอย่างใช้เวลาในการทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพด้วย Task-N Back คนละ 9 นาที 30 วินาที ผู้วิจัยได้นำเสนอโปรโตคอลในการทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพต่อผู้เชี่ยวชาญด้านความจำภาพขณะทำงานด้านภาพ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม เพื่อขอคำแนะนำปรึกษา ปรับปรุงแก้ไขและตรวจสอบความถูกต้อง

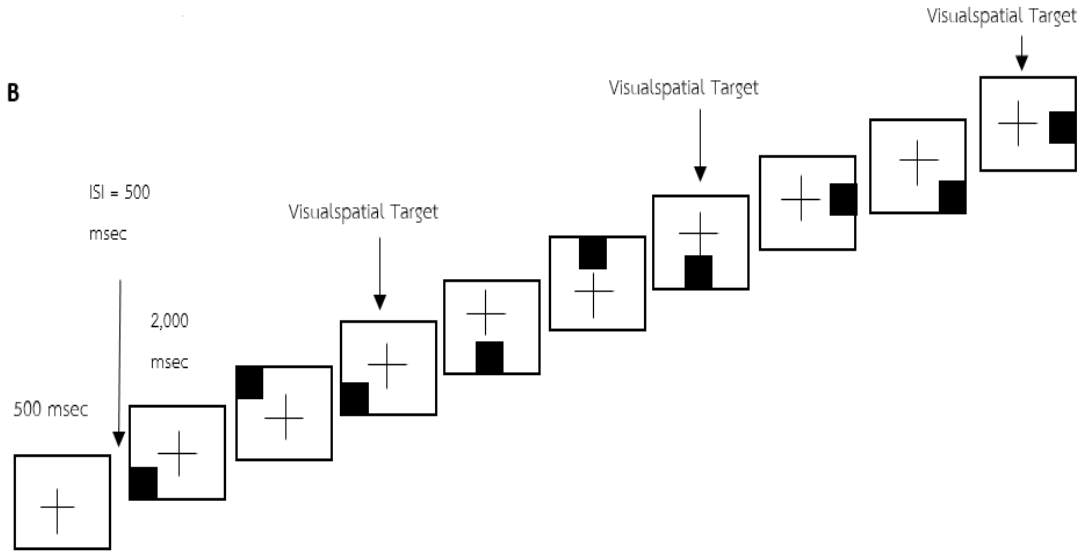
ให้มีความเหมาะสมของ Task ที่ใช้ในการทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพกับกลุ่มตัวอย่างก่อนนำไปทดลองใช้จริง ดังภาพที่ 3-31 ถึง ภาพที่ 3-34



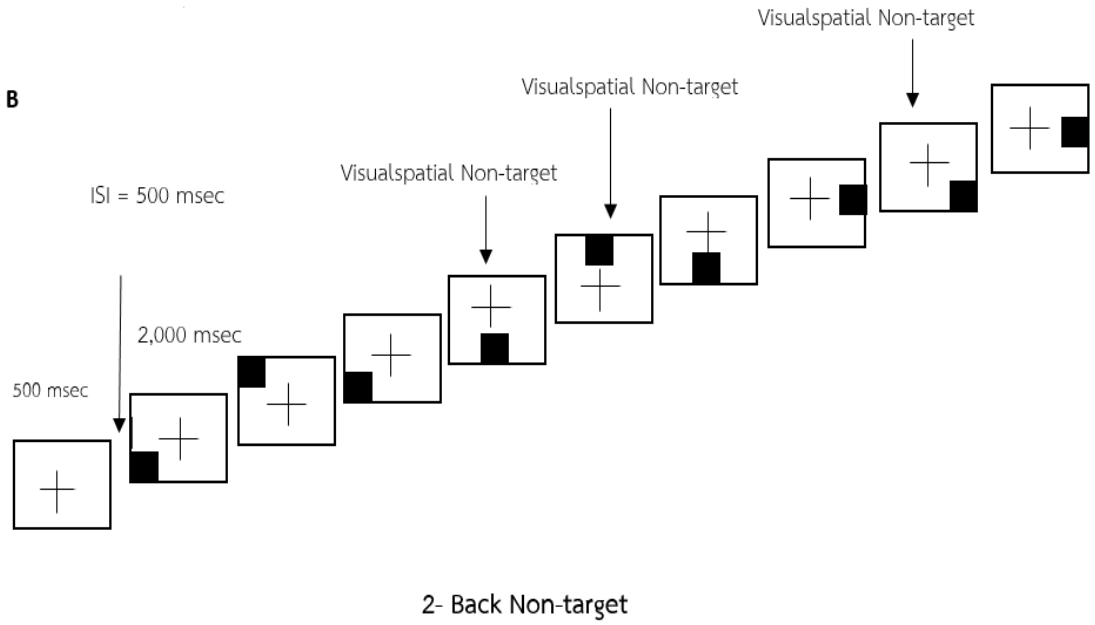
ภาพที่ 3-31 Protocal 1-Back Target



ภาพที่ 3-32 Protocal 1-Back Non-target

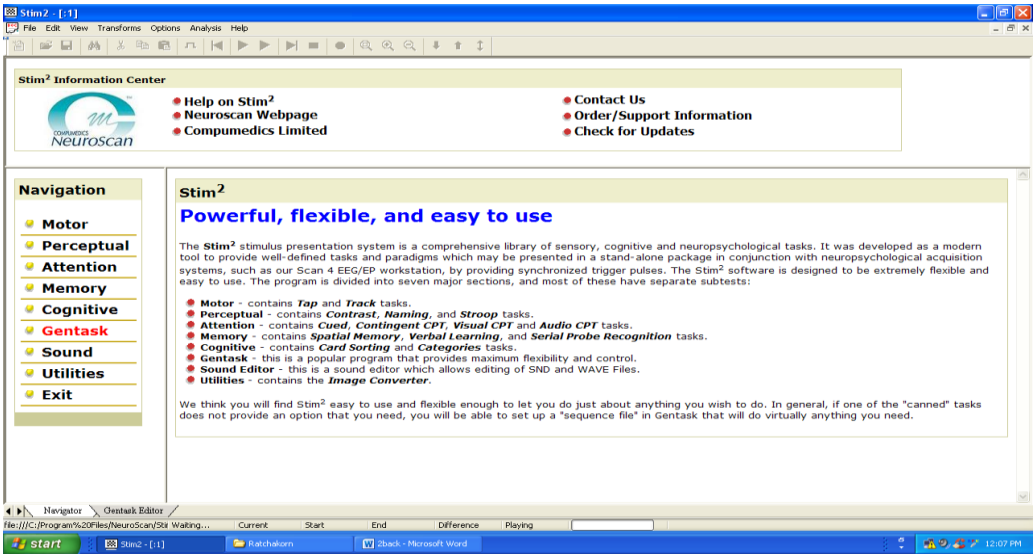


ภาพที่ 3-33 Protocal 2-Back Target

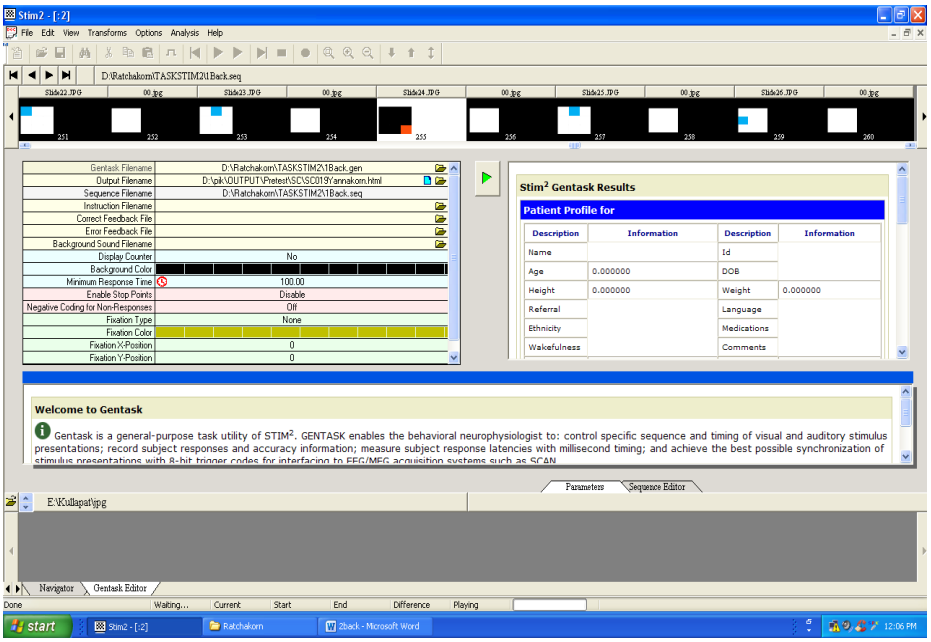


ภาพที่ 3-34 Protocal 2-Back Non-target

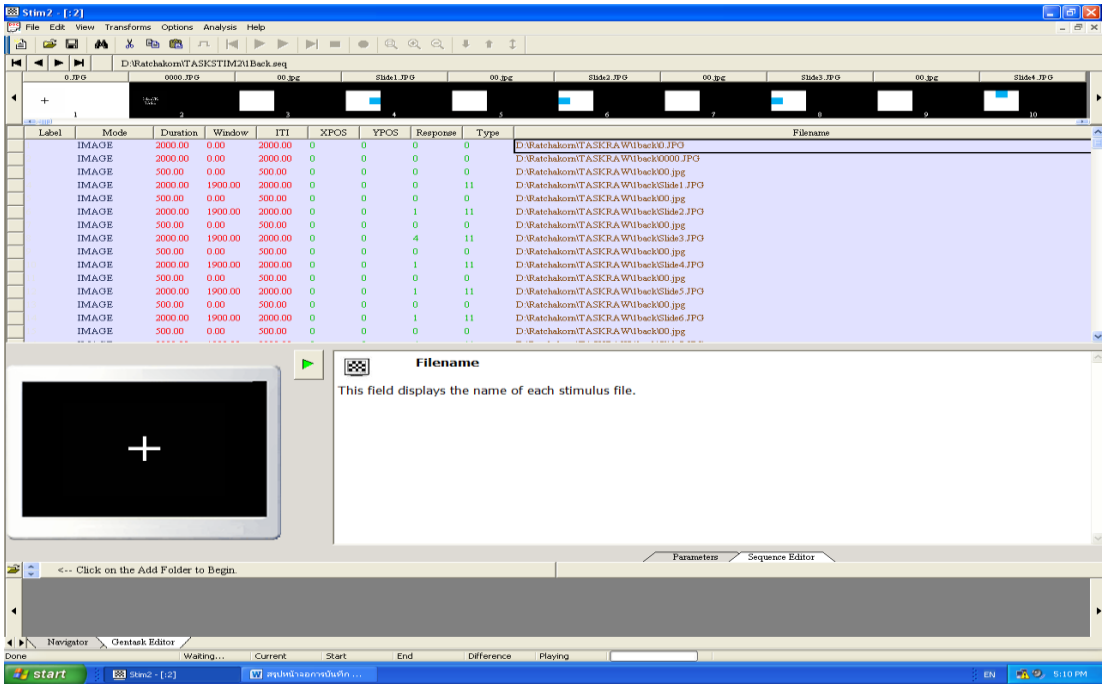
1.7 สร้างแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ขณะตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยใช้โปรแกรม STIM ^{2} ที่เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง โปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7.0 ดังภาพที่ 3-35 ถึง ภาพที่ 3-46



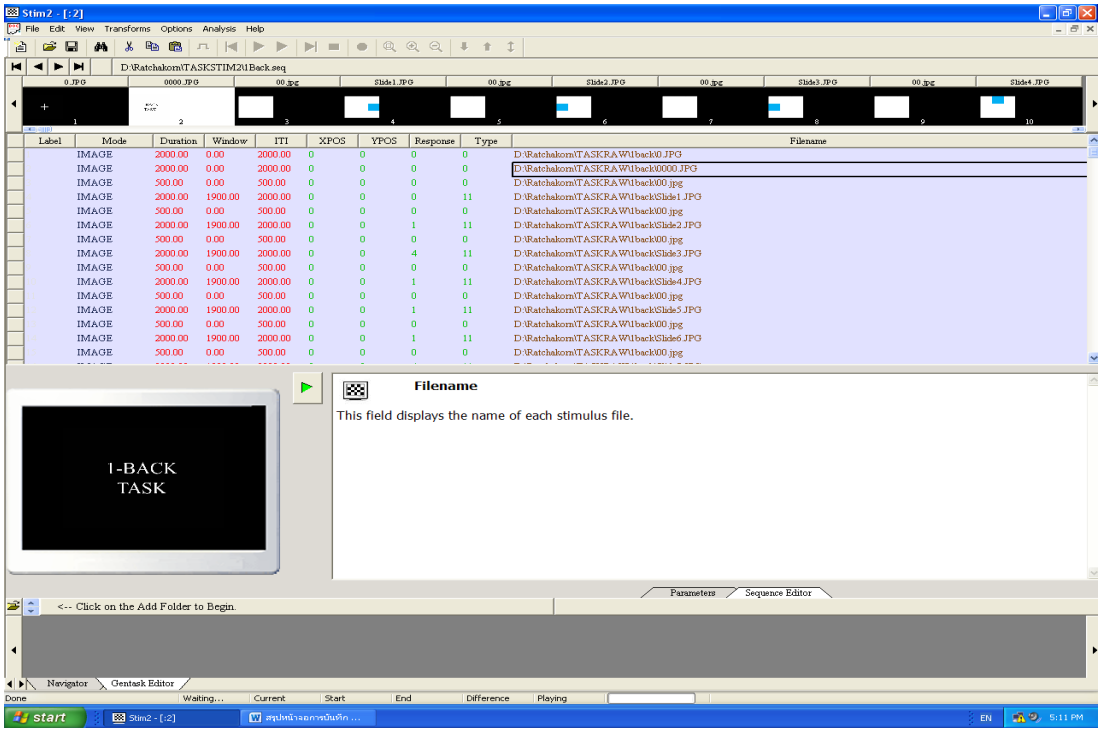
ภาพที่ 3-35 หน้าจอโปรแกรม STIM^{2} หน้าจอแรก



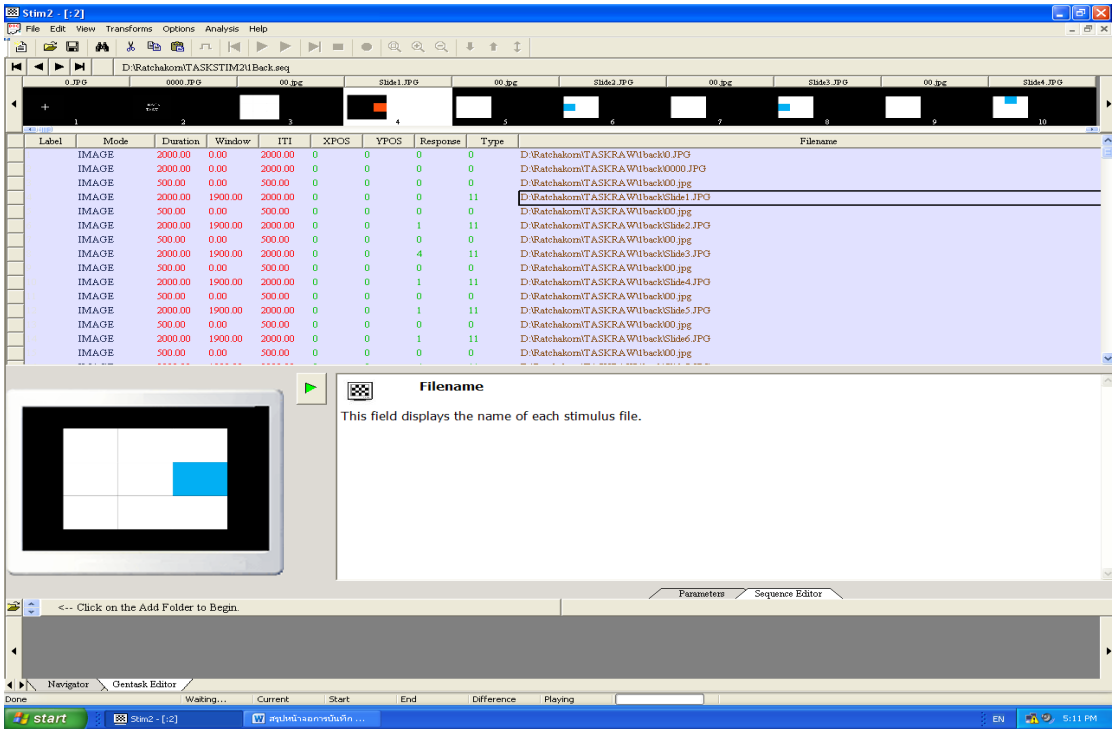
ภาพที่ 3-36 หน้าจอโปรแกรม STIM^{2} การเริ่มสร้าง Task และกำหนด Path เก็บตำแหน่ง Task



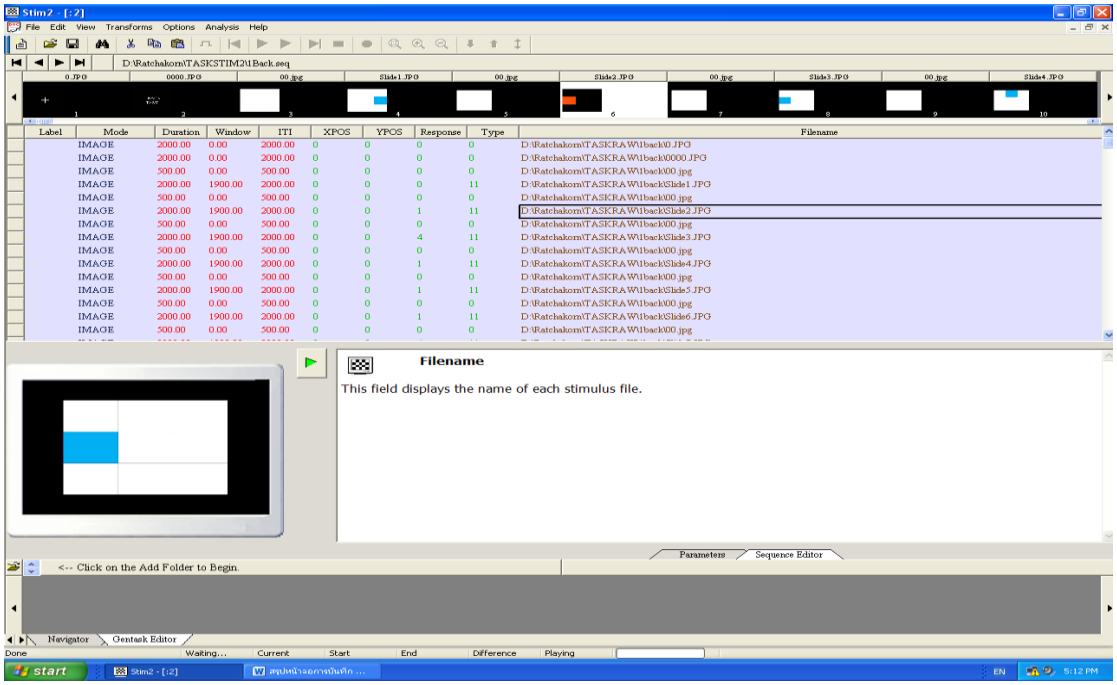
ภาพที่ 3-37 หน้าจอโปรแกรม STIM^2 สัญลักษณ์แสดงให้ผู้ร่วมการทดลองเริ่มเตรียมทำแบบทดสอบ



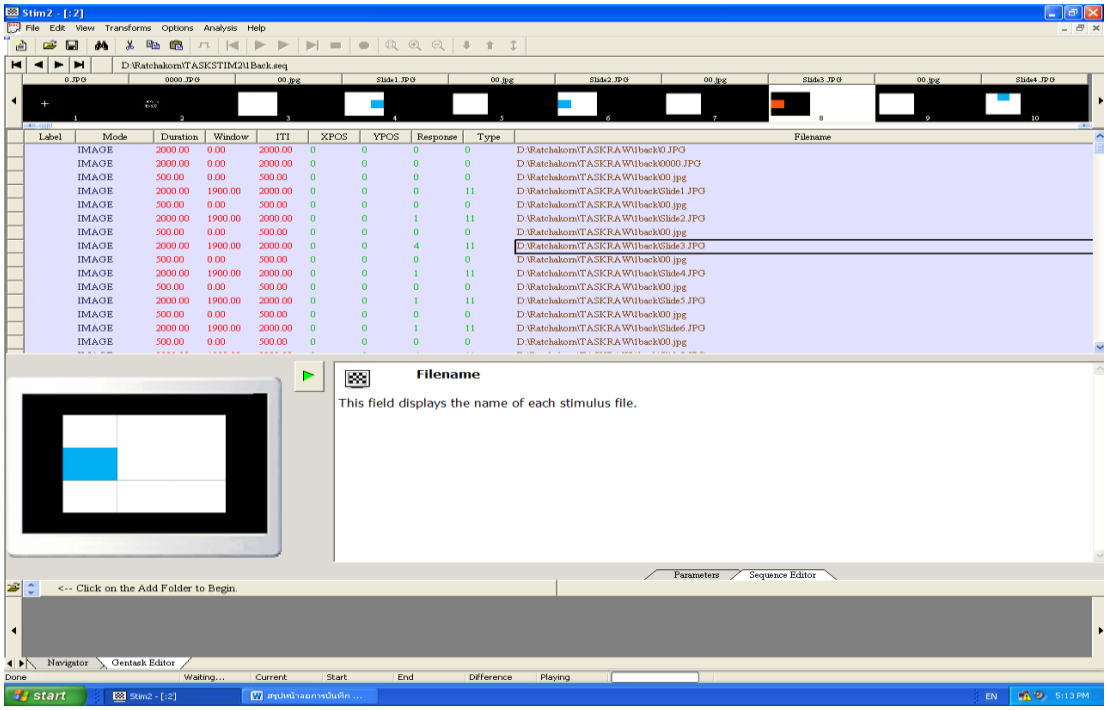
ภาพที่ 3-38 หน้าจอโปรแกรม STIM^2 สัญลักษณ์แสดงให้เริ่มเตรียมตัว ตั้งใจทำแบบทดสอบ 1-Back



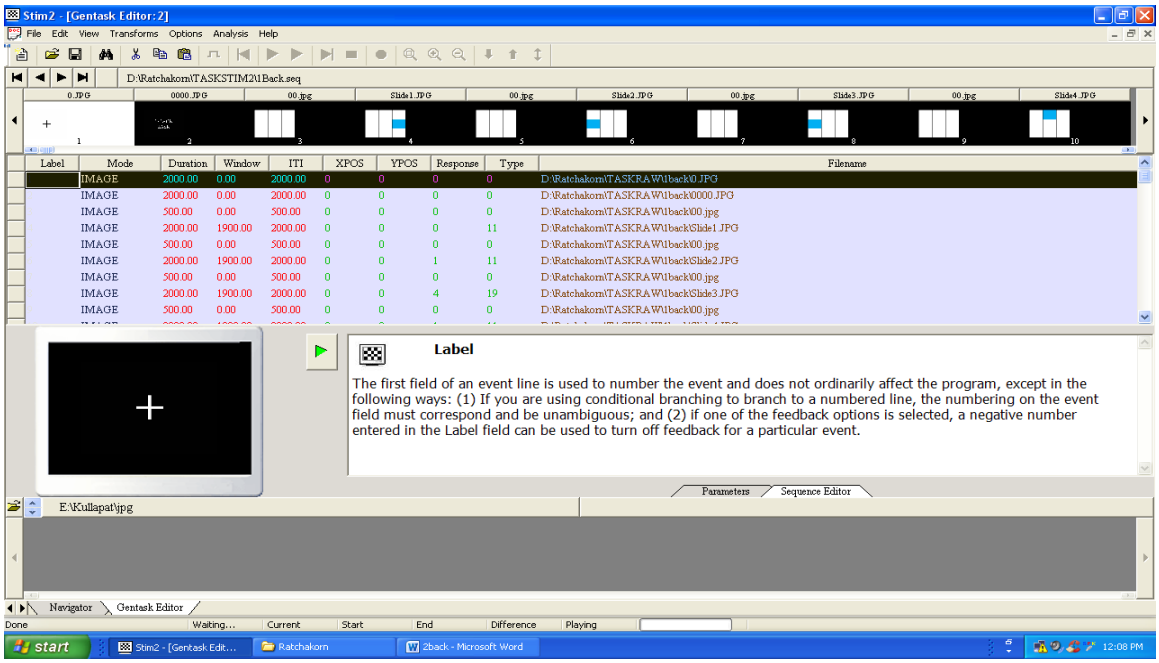
ภาพที่ 3-39 หน้าจอโปรแกรม STIM^2 เริ่มแบบทดสอบเปรียบเทียบตำแหน่ง 1-Back



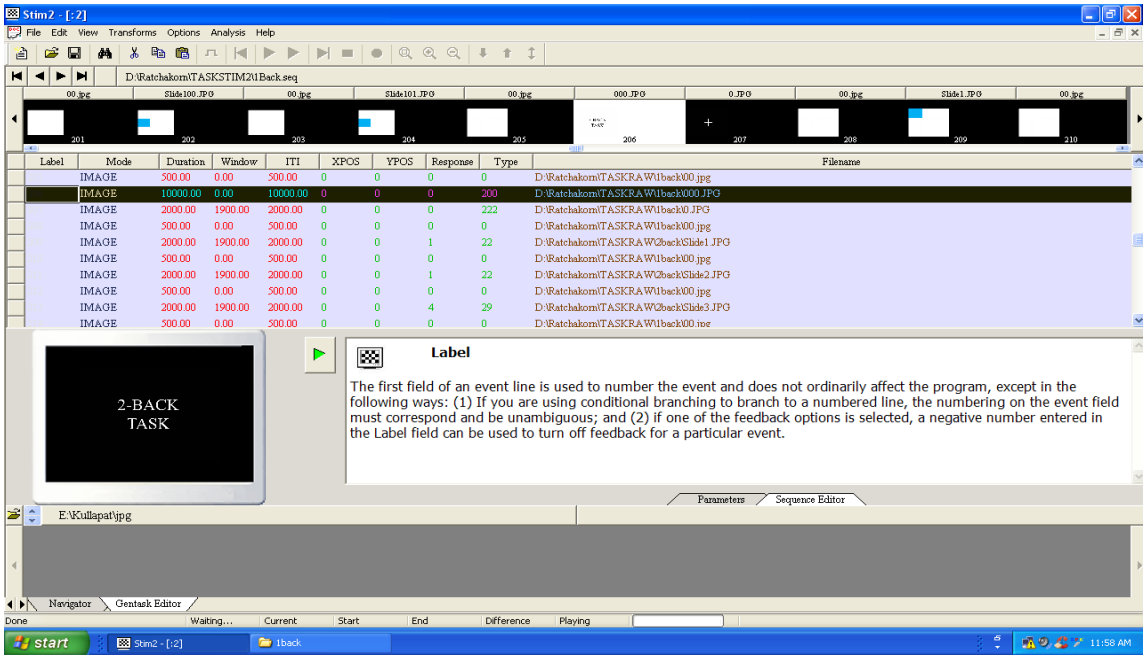
ภาพที่ 3-40 การเปรียบเทียบตำแหน่งของ 1-Back กับภาพย้อนหลังไป 1 ภาพ



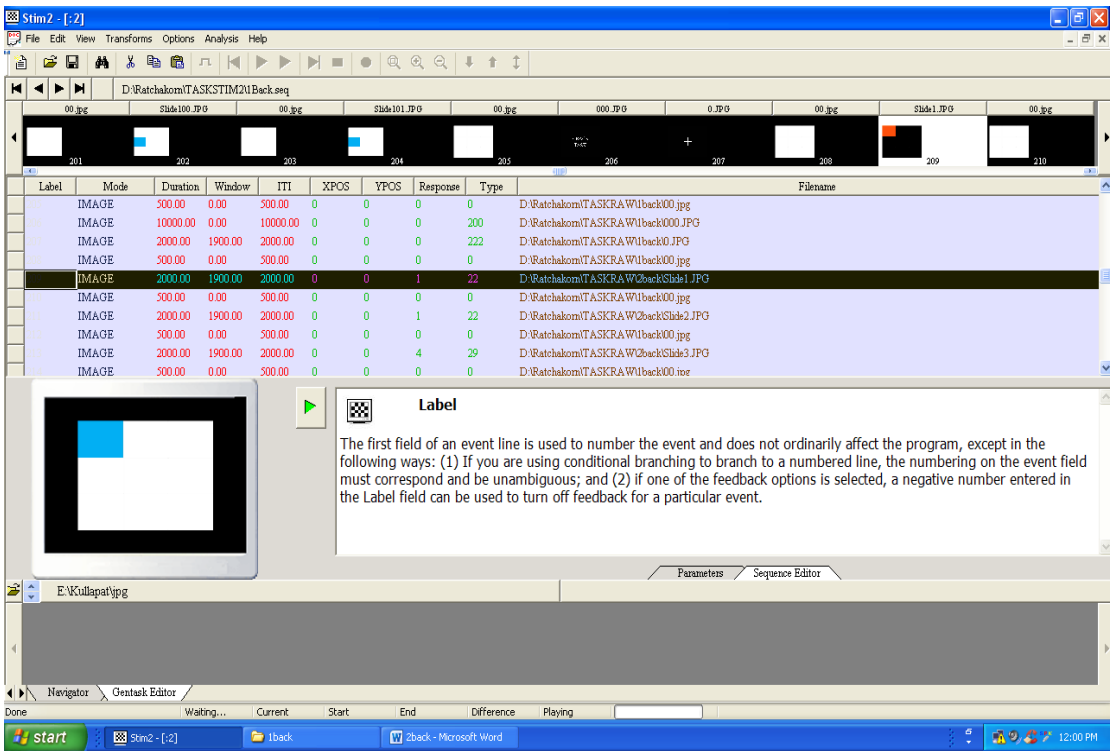
ภาพที่ 3-41 การเปรียบเทียบตำแหน่งของ 1-Back ที่ตำแหน่งเดียวกับภาพที่ย้อนหลังไป 1 ภาพ ตรงกับเงื่อนไข 1 Back Target



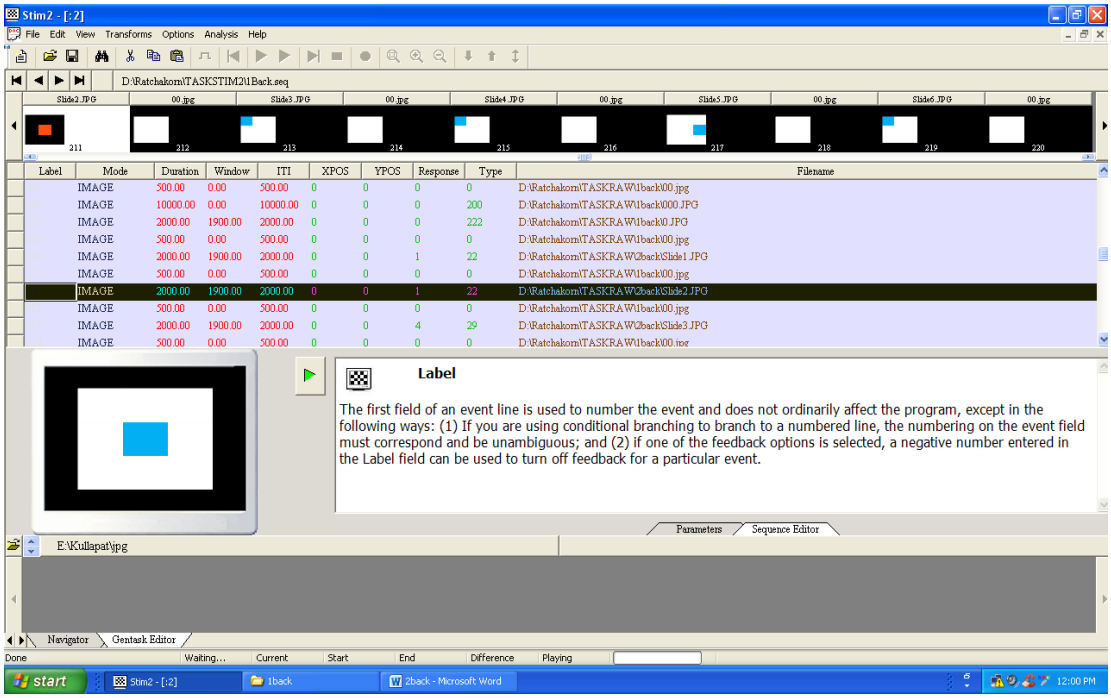
ภาพที่ 3-42 สัญลักษณ์แจ้งให้ผู้เข้าร่วมการทดลองเตรียมพร้อมเข้าสู่แบบทดสอบ 2-Back



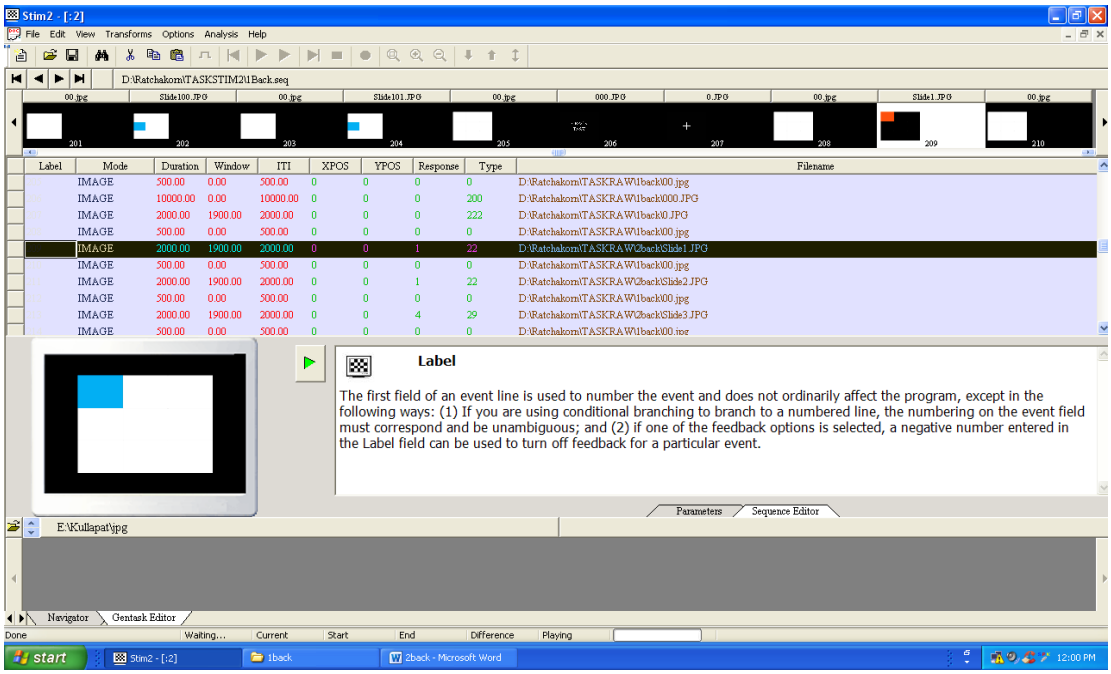
ภาพที่ 3-43 สัญลักษณ์เริ่มเข้าสู่แบบทดสอบ 2-Back



ภาพที่ 3-44 ตำแหน่งภาพแบบทดสอบ 2-Back เพื่อเปรียบเทียบกับภาพถัดไป



ภาพที่ 3-45 ตำแหน่งของภาพเพื่อเปรียบเทียบตำแหน่งเดียวกับภาพที่ย้อนหลังไป 1 ภาพ



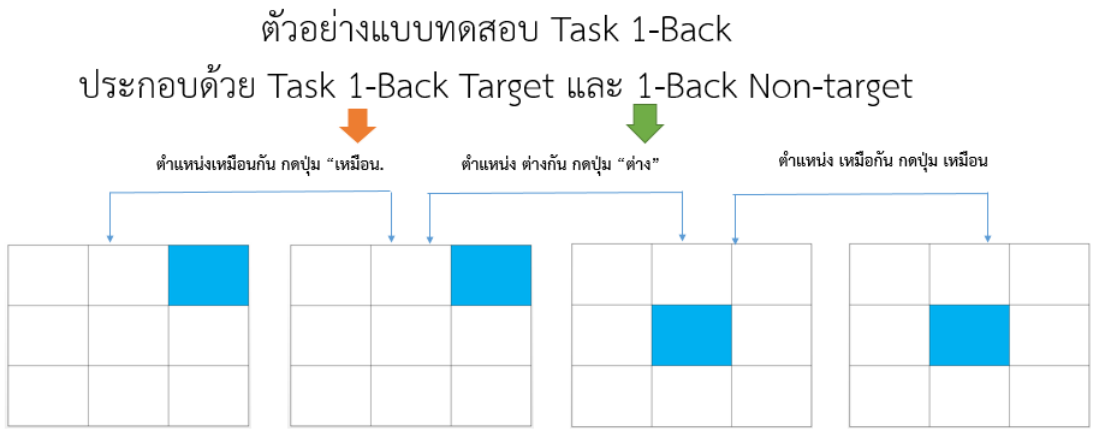
ภาพที่ 3-46 ตำแหน่งของภาพเพื่อเปรียบเทียบกับภาพย้อนหลังไป 2 ภาพ ตรงกับเงื่อนไข 2 Back Target

1.8 กิจกรรมชี้แจงทำความเข้าใจกับกลุ่มตัวอย่าง ก่อนทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพด้วย N-Back task ดังต่อไปนี้

1.8.1 สร้างแบบทดสอบคำชี้แจง แบบทดสอบ 1-Back ให้นักเรียนเข้าใจและจดจำตำแหน่งของสี่เหลี่ยมสีฟ้า ใน Task 1-Back

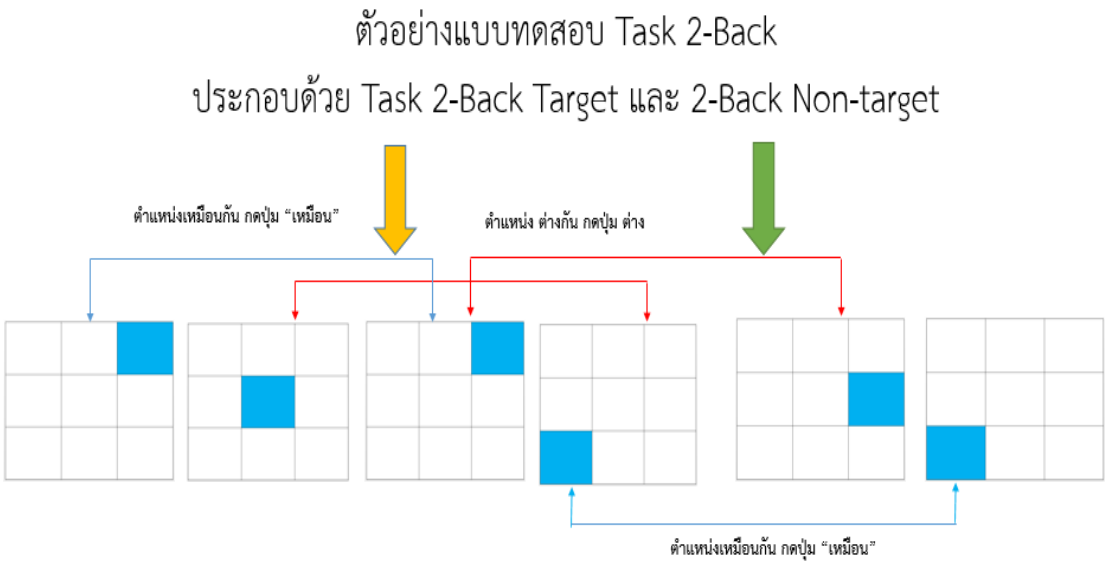
1.8.2 อธิบายหลักการแบบทดสอบ 1-Back เงื่อนไขการจดจำแบบทดสอบ 1-Back เป็นดังนี้ หากตำแหน่งของสี่เหลี่ยมสีฟ้าย้อนหลังไปหนึ่งตำแหน่งเป็นตำแหน่งเดียวกัน ให้กดปุ่ม “เหมือน” หากตำแหน่งของสี่เหลี่ยมสีฟ้าอยู่ต่างตำแหน่งกัน ให้กดปุ่ม “ต่าง” เปรียบเทียบไปจนครบแบบทดสอบ 1 Back ใช้เวลา 5 นาที จำนวน 101 Trial ดังภาพที่ 3-47

ภาพที่ 3-47 ภาพการประยุกต์อุปกรณ์ STIM System Switch Response Pad ในการทดลอง



ภาพที่ 3-48 ตัวอย่างหลักการแบบทดสอบ Task 1-Back

1.8.3 อธิบายแบบทดสอบ 2-Back ให้นักเรียนจำตำแหน่งของสีเหลี่ยมสีฟ้า หลังจากคำสั่งทำแบบทดสอบ 2 Back ให้จำลำดับของสี่เหลี่ยมสีฟ้าภาพที่ 1 ภาพที่ 2 ภาพที่ 3 จากซ้ายไปขวาหากตำแหน่งของสี่เหลี่ยมสีฟ้าภาพที่ 3 ย้อนหลังไปสองภาพ ตรงกับภาพที่ 1 ให้กดปุ่ม คำว่า “เหมือน” ด้วยนิ้วหัวแม่มือด้านขวา หากตำแหน่งต่างกันให้กดปุ่มนิ้วหัวแม่มือด้านซ้าย ที่ปุ่ม Response Pad หากภาพตำแหน่งสีฟ้าภาพที่ 4 ขึ้นมาให้เปรียบเทียบย้อนหลังไปอีก 2 ภาพ แล้วเปรียบเทียบกันจนครบ 102 Trial จนครบแบบทดสอบ 2 Back ใช้เวลา 4 นาที 30 วินาที



ภาพที่ 3-49 ตัวอย่างหลักการแบบทดสอบ Task 2-Back

ตารางที่ 3-6 กิจกรรมทำความเข้าใจกับกลุ่มตัวอย่างในการฝึกกิจกรรมความจำขณะทำงานด้านภาพ

กิจกรรม	การปฏิบัติ	เวลา (นาที)
1. ผู้วิจัยอธิบายชี้แจง แบบทดสอบ 1-Back โดยให้กลุ่มตัวอย่าง จำตำแหน่งของสี่เหลี่ยมสีฟ้า ก่อนและหลังการเห็นตาราง 9 ช่อง เป็นลำดับต่อเนื่องกันว่าอยู่ตำแหน่งเดียวกันหรือต่างตำแหน่งกัน	1. กลุ่มตัวอย่างฟังคำอธิบาย และทำความเข้าใจรายกลุ่ม และรายบุคคลจากผู้วิจัย	5 นาที
2. ผู้วิจัยอธิบายหลักการ และให้กลุ่มตัวอย่าง ดูตัวอย่าง แบบทดสอบ 1 Back	2. กลุ่มตัวอย่างฟังคำอธิบาย พร้อมทั้งดูภาพประกอบ การอธิบายและทำความเข้าใจ ซักถามรายกลุ่มและรายบุคคล	3 นาที
3 . ผู้วิจัยอธิบายเงื่อนไขการจดจำ แบบทดสอบ 1-Back หากตำแหน่งของสี่เหลี่ยมสีฟ้าเป็นตำแหน่งเดียวกันให้กดปุ่ม สัญลักษณ์คำว่า “เหมือน” โดยใช้นิ้วหัวแม่มือด้านขวา จากอุปกรณ์กดปุ่มที่กำหนด (Response Pad) หากตำแหน่งของสี่เหลี่ยมสีฟ้าอยู่ต่างตำแหน่งกัน ให้กดปุ่มสัญลักษณ์คำว่า “ต่าง” โดยกดปุ่มด้วยนิ้วหัวแม่มือด้านซ้าย จากอุปกรณ์กดปุ่มที่กำหนด คือ Response Pad	3. กลุ่มตัวอย่างฟังคำอธิบาย ทำความเข้าใจ ซักถามผู้วิจัย พร้อมทั้งอุปกรณ์และทดสอบกดปุ่ม Response Pad ในห้องทดลองและให้ดูการสาธิตการใช้อุปกรณ์กดปุ่ม แบบทดสอบ 1-Back	3 นาที

ตารางที่ 3-6 (ต่อ)

กิจกรรม	การปฏิบัติ	เวลา (นาที)
4. ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบฝึกหัดจากคอมพิวเตอร์ โดยฝึกการจำลองสถานการณ์จริงในห้องทดลอง เพื่อทดสอบความเข้าใจหลักการแบบทดสอบ 1 Back จนกว่ากลุ่มตัวอย่างเข้าใจหลักการและตอบได้ถูกตามเงื่อนไข 1 Back Target	4. กลุ่มตัวอย่างฝึกภาคปฏิบัติทำแบบฝึกหัดแบบทดสอบ 1-Back รายบุคคล หลังจากนั้น เป็นการทดสอบความเข้าใจของกลุ่มตัวอย่างในการทำกิจกรรม 1 Back Target โดยให้ทำแบบฝึกหัดทดสอบ	2 นาที
5. เมื่อกลุ่มตัวอย่างเข้าใจหลักการของแบบทดสอบ 1 Back แล้วจึงชี้แจงแบบทดสอบ เงื่อนไข 2-Back ต่อ โดยให้กลุ่มตัวอย่างจำตำแหน่งของสี่เหลี่ยมสีฟ้า 2 ลำดับย้อนหลัง แล้วเปรียบเทียบตำแหน่งภาพ หากเหมือนกันให้กดปุ่ม “เหมือน” หากต่างกันให้กดปุ่ม “ต่าง”	5. กลุ่มตัวอย่างฟังคำชี้แจง พร้อมฟังคำอธิบาย ซักถามจากแบบทดสอบ 2 Back และทดสอบแบบฝึกหัดทำความเข้าใจเป็นรายบุคคล	2 นาที
6. อธิบายหลักการและให้กลุ่มตัวอย่าง ดูตัวอย่างเพื่อทำความเข้าใจภาพ ตามหลักการแบบทดสอบ 2 Back	6. กลุ่มตัวอย่างดูตัวอย่างและซักถามทำความเข้าใจแบบทดสอบ 2 Back	2 นาที

ตารางที่ 3-6 (ต่อ)

กิจกรรม	การปฏิบัติ	เวลา (นาที)
7. อธิบายเงื่อนไขการจดจำแบบทดสอบ 2-Back หากตำแหน่งของสี่เหลี่ยมสีฟ้าเป็นตำแหน่งเดียวกันให้กดปุ่ม สัญลักษณ์คำว่า “เหมือน” (ใช้นิ้วหัวแม่มือด้านขวากด) จากอุปกรณ์กดปุ่มที่กำหนด หากตำแหน่งของสี่เหลี่ยมสีฟ้าอยู่ต่างตำแหน่งต่างกัน ให้กดปุ่มสัญลักษณ์คำว่า “ต่าง” (ใช้นิ้วหัวแม่มือด้านซ้ายกด) จากอุปกรณ์กดปุ่มที่กำหนด คือ Response Pad	7. กลุ่มตัวอย่างฟังคำอธิบายทำความเข้าใจเป็นรายบุคคลจากผู้วิจัย ดูอุปกรณ์และทดสอบกดปุ่ม Response Pad ในห้องทดลอง และดูการสาธิตการใช้อุปกรณ์กดปุ่มแบบทดสอบ 2-Back	5 นาที
8. ผู้วิจัยสรุปหลักการและเงื่อนไขความแตกต่างของแบบทดสอบ 1 Back และแบบทดสอบ 2 Back ให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจ	8. ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างอธิบายหลักการและข้อแตกต่างของแบบทดสอบ 1 Back และแบบทดสอบ 2 Back	3 นาที

สรุปกิจกรรม ดังตารางที่ 3-6 อธิบายหลักการ ทำความเข้าใจ ทดสอบด้วยแบบฝึกหัดแบบทดสอบ 1-Back และแบบทดสอบ 2-Back ใช้เวลา 25 นาที กับกลุ่มตัวอย่างก่อนการทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพด้วย N-Back Task ในการวัดด้านพฤติกรรม คือ ความถูกต้องของการตอบสนอง เวลาปฏิกิริยา และวัดคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ช่วงคลื่นไฟฟ้าสมอง P300

2. **ระยะทดลอง**

2.1 ดำเนินกิจกรรมการทดลองกับกลุ่มใช้ Action Game และกลุ่มใช้ Non-action Game (Tetris Game) ตามตารางกำหนดเวลานัดหมายไว้กับกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 3-7 กำหนดการตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง

ก่อนการทดลอง				หลังการทดลอง			
กลุ่มใช้ Action Game		กลุ่มใช้ Non-action Game		กลุ่มใช้ Action Game		กลุ่มใช้ Non-action Game	
รหัส	วันเดือนปี	รหัส	วันเดือนปี	รหัส	วันเดือนปี	รหัส	วันเดือนปี
E1	22 ส.ค. 59	C26	24 ส.ค. 59	E1	19 ก.ย. 59	C26	20 ก.ย. 59
E2	22 ส.ค. 59	C27	24 ส.ค. 59	E2	19 ก.ย. 59	C27	20 ก.ย. 59
E3	22 ส.ค. 59	C28	24 ส.ค. 59	E3	19 ก.ย. 59	C28	21 ก.ย. 59
E4	22 ส.ค. 59	C29	24 ส.ค. 59	E4	19 ก.ย. 59	C29	21 ก.ย. 59
E5	22 ส.ค. 59	C30	24 ส.ค. 59	E5	19 ก.ย. 59	C30	21 ก.ย. 59
E6	22 ส.ค. 59	C31	25 ส.ค. 59	E6	19 ก.ย. 59	C31	21 ก.ย. 59
E7	22 ส.ค. 59	C32	25 ส.ค. 59	E7	19 ก.ย. 59	C32	21 ก.ย. 59
E8	22 ส.ค. 59	C33	25 ส.ค. 59	E8	19 ก.ย. 59	C33	21 ก.ย. 59
E9	22 ส.ค. 59	C34	25 ส.ค. 59	E9	19 ก.ย. 59	C34	21 ก.ย. 59
E10	22 ส.ค. 59	C35	25 ส.ค. 59	E10	19 ก.ย. 59	C35	21 ก.ย. 59
E11	23 ส.ค .59	C36	25 ส.ค. 59	E11	19 ก.ย. 59	C36	21 ก.ย. 59
E12	23 ส.ค. 59	C37	25 ส.ค. 59	E12	19 ก.ย. 59	C37	21 ก.ย. 59
E13	23 ส.ค. 59	C38	25 ส.ค. 59	E13	19 ก.ย. 59	C38	21 ก.ย. 59
E14	23 ส.ค. 59	C39	25 ส.ค. 59	E14	20 ก.ย. 59	C39	21 ก.ย. 59
E15	23 ส.ค. 59	C40	25 ส.ค. 59	E15	20 ก.ย. 59	C40	21 ก.ย. 59
E16	23 ส.ค. 59	C41	25 ส.ค. 59	E16	20 ก.ย. 59	C41	21 ก.ย.59
E17	23 ส.ค. 59	C42	25 ส.ค .59	E17	20 ก.ย .59	C42	22 ก.ย. 59
E18	23 ส.ค .59	C43	25 ส.ค. 59	E18	20 ก.ย. 59	C43	22 ก.ย. 59
E19	23 ส.ค. 59	C44	25 ส.ค. 59	E19	20 ก.ย. 59	C44	22 ก.ย. 59
E20	24 ส.ค. 59	C45	25 ส.ค 59	E20	20 ก.ย. 59	C45	22 ก.ย. 59
E21	24 ส.ค. 59	C46	26 ส.ค. 59	E21	20 ก.ย. 59	C46	22 ก.ย. 59

ตารางที่ 3-7 (ต่อ)

ก่อนการทดลอง				หลังการทดลอง			
กลุ่มใช้ Action Game		กลุ่มใช้ Non-action Game		กลุ่มใช้ Action Game		กลุ่มใช้ Non-action Game	
รหัส	วันเดือนปี	รหัส	วันเดือนปี	รหัส	วันเดือนปี	รหัส	วันเดือนปี
E22	24 ส.ค. 59	C47	26 ส.ค. 59	E22	20 ก.ย. 59	C47	22 ก.ย. 59
E23	24 ส.ค. 59	C48	26 ส.ค. 59	E23	20 ก.ย. 59	C48	22 ก.ย. 59
E24	24 ส.ค. 59	C49	26 ส.ค. 59	E24	20 ก.ย. 59	C49	22 ก.ย. 59
E25	24 ส.ค. 59			E25	20 ก.ย. 59		

หมายเหตุ รหัส E หมายถึง กลุ่มใช้ Action Game
รหัส C หมายถึง กลุ่มใช้ Non-action Game

2.2 ดำเนินการรวบรวมข้อมูลในห้องทดลอง โดยในวันแรก กลุ่มใช้ Action Game และกลุ่มใช้ Non-action Game (Tetris Game) จะได้รับการชี้แจงรายละเอียดของกระบวนการทดลอง ระยะเวลาในการทดลอง อุปกรณ์เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการทำแบบทดสอบของกลุ่มตัวอย่าง และทำความเข้าใจ ทำความคุ้นเคยกับเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง เพื่อลดความวิตกกังวลและความกลัว ระหว่างทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพด้วย N-Back Task

2.3 ผู้ร่วมการทดลองจะได้รับการสาธิตและทำความเข้าใจเกี่ยวกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน (Action Game) และNon-action Game (Tetris Game) เพื่อพัฒนาความจำขณะทำงานด้านภาพ

2.4 หลังจากกลุ่มตัวอย่างได้ทำแบบทดสอบทำกิจกรรม กลุ่มใช้ Action Game ฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพด้วยโปรแกรมเกมคอมพิวเตอร์แอคชัน (Action Game) และกลุ่มใช้ Non-action Game (Tetris Game) ทำความเข้าใจการทำแบบทดสอบชัดเจนดีแล้ว ผู้ร่วมการทดลองจะได้รับการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองและบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะทำกิจกรรมจากแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ตามขั้นตอนในห้องทดลอง ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง

2.4.1 ทำความสะอาดหนังศีรษะด้วยสำลีชุบแอลกอฮอล์ 75% เพื่อขจัดเซลล์ที่ตายแล้วออกไป และลดความต้านทานบริเวณหนังศีรษะ จากนั้นวัดขนาดศีรษะเพื่อเลือกขนาดหมวกให้เหมาะสมกับขนาดศีรษะ โดยที่หมวกขนาดเล็กสำหรับผู้ที่มีขนาดเส้นรอบศีรษะเท่ากับ 50-54 เซนติเมตร ขนาดกลางสำหรับผู้ที่มีขนาดเส้นรอบศีรษะเท่ากับ 54-58 เซนติเมตร ใช้วิธีวัดโดยใช้แถบ

วัดความยาว จากจุดกึ่งกลางระหว่างหน้าผากกับจมูก (Nasion) ไปจนถึงรอยนูนด้านหลังศีรษะ (Inion) จากด้านหน้าไปยังด้านหลัง จากนั้นให้วัดจากจุด Nasion และ Inion ขึ้นไปเท่ากับ 10% ของความยาวที่วัดได้ในตอนแรก เช่น วัดจากด้านหน้าไปด้านหลังได้ 34 เซนติเมตร วัดขึ้นมา 3.4 เซนติเมตร

2.4.2 สวมหมวกอิลาสติกที่มีขั้วไฟฟ้า (Electrode) แบบ Ag/ AgCl วางตามระบบการวางตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสากล 64 Chanel (International System of Electrode Placement) บนศีรษะของผู้ร่วมการทดลอง โดยให้ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า Fp1 และ Fp2 อยู่ระหว่างจุดที่วัดจาก Nasion ขึ้นมา 10% จากนั้นยืดหมวกให้พอดีกับศีรษะของผู้ร่วมการทดลองจากด้านหน้าไปด้านหลัง ตรวจดูให้แน่ใจว่า ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่อยู่ภายในหมวกอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยเฉพาะขั้วไฟฟ้าที่ต้องอยู่ในแนวกลางศีรษะ คือ Fz, Cz และ Pz รวมทั้งตำแหน่งขั้วไฟฟ้าอื่น ๆ ด้วย

2.4.3 บรรจุเจลสำหรับนำสัญญาณไฟฟ้า (Conductive Gel) โดยใช้เข็มฉีดยาปลายทู่ (Blunt Needle) เบอร์ 15 ดูดเจลเข้าไปในหลอดฉีดยา (Syringe) เพื่อนำไปบรรจุลงในตำแหน่งที่เชื่อมต่อกับขั้วไฟฟ้าที่อยู่ข้างใต้หมวกจนครบทุกขั้วไฟฟ้า

2.4.4 ติดขั้วไฟฟ้าแบบหนีบ บริเวณติ่งหูข้างขวา (T44) เพื่อเป็นขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (Reference Electrode) 1 ขั้ว พร้อมขั้วไฟฟ้าที่เป็นสายดิน (Ground Electrode: G) จำนวน 1 ขั้ว

2.4.5 การบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalograms Recording) เป็นเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง STIM^2: Compumedics Neuroscan จากประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 64 ช่องสัญญาณ (Channels) ทำการบันทึกแบบ Real Time Recorder พร้อมหมวกอิลาสติก (Elastic Cap) ที่มีขั้วไฟฟ้า (Electrode) แบบ Ag/ AgCl ที่วางตามระบบการวางตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสากล 64 Chanel (International System of Electrode Placement) การวางตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสากลประกอบไปด้วย A = Ear Lobe, C = Central, Pg = Nasopharyngeal, P = Parietal, F = Frontal, T = Temporal Lobe, Fp = Frontal Polar, O = Occipital ขั้วไฟฟ้าจำนวน 64 ขั้ววางในแนวกลางศีรษะ 3 ตำแหน่ง (Fz, Cz และ Pz) และสองข้างศีรษะอีก 64 ตำแหน่ง

ใช้ขั้วไฟฟ้าที่ติ่งหูข้างขวา (T44) เป็นตำแหน่งอ้างอิง (Reference Electrode) 1 ขั้ว พร้อมขั้วไฟฟ้าที่เป็นสายดิน (Ground Electrode: G) จำนวน 1 ขั้ว ระบบการวางตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสากล 64 ช่อง (Chanel) ด้านบนของศีรษะและตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้าอ้างอิงสัญญาณไฟฟ้าจากการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองได้รับการแปลงสัญญาณอนาลอกไปเป็นสัญญาณดิจิตอล ด้วยอัตราการสุ่ม 250 เฮิร์ตซ์ (Hz) กำหนดค่าความต้านทานในแต่ละขั้วไฟฟ้าน้อยกว่า 10 กิโลโอห์ม (KΩ) การบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Curry Neuroimagine 7.0

2.4.6 ให้ผู้ร่วมการทดลองนั่งหน้าจอคอมพิวเตอร์บนเก้าอี้ในท่าที่สบาย ในห้องที่มีแสงไฟสลัวเพียงพอ โดยนั่งห่างจากหน้าจอคอมพิวเตอร์ประมาณ 90 เซนติเมตร ต่อสายจากทุกขั้วไฟฟ้าเข้ากับระบบบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง เมื่อพร้อมแล้วให้ผู้ร่วมทดลองทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จนครบทุกตอน (Blocks) พร้อมกับการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองต่อเนื่องกันไป โดยมีนักจิตวิทยา ผู้วิจัยเป็นผู้ควบคุมและให้การดูแล ให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาขณะทำการทดลอง

2.4.7 โปรแกรม Curry 7.0 เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปของบริษัท NeuroScan เชื่อมต่อกับกล่องรับสัญญาณไฟฟ้า MP150 ทำหน้าที่บันทึกและวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าสมองที่วัดได้ขณะที่กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์

2.5 เครื่อง $STIM^2$ Tracker ทำหน้าที่เชื่อมต่อเครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าของ $STIM^2$ กับโปรแกรม Curry 7.0 โดยส่งเครื่องหมาย (Marker) ไปปรากฏที่ Neurosacn ขณะบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง

2.6 แป้นกดปุ่มเพื่อเลือกคำตอบขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยแป้นกดปุ่มนี้เชื่อมต่อกับโปรแกรม Curry 7.0 เพื่อบันทึกการกดเลือกคำตอบ

2.7 บันทึกแฟ้มข้อมูลพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมองที่ได้ เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

3. ระยะหลังการทดลอง

หลังจากกลุ่มตัวอย่างได้เข้าร่วมกิจกรรม วัดคลื่นไฟฟ้าสมองและบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองเสร็จตามกำหนดเวลา หลังจากนั้นทำความสะอาดหนังศีรษะด้วยสำลีชุบแอลกอฮอล์ 75%

เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง ให้ผู้รับการทดลองหรือกลุ่มตัวอย่างทำความสะอาดศีรษะด้วยการสระผม ในสถานที่ที่จัดเตรียมไว้ให้และเดินทางกลับ จากนั้นทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการทดลองครั้งต่อไป

2.5 กิจกรรมการฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพ

กิจกรรมทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน (Pilot Study) กลุ่มที่ใกล้เคียงกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 คน ระหว่างวันที่ 2-5 สิงหาคม พ.ศ. 2559 ระหว่างเวลา 11.40-12.30 น. ที่โรงเรียนวัดตาลล้อม ตำบลเหมือง อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

เวลาในการฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันที่ห้องคอมพิวเตอร์ที่ 1 กับกลุ่มใช้ Non-action Game ที่ห้องคอมพิวเตอร์ที่ 2 โดยมีครูผู้ประสานงาน ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยเริ่มทำกิจกรรมตั้งแต่เวลา 11.40-12.30 น. วันละ 50 นาที (สัปดาห์ละ 5 วัน วันจันทร์-ศุกร์) เป็นเวลา 3 สัปดาห์ รวม 15 วัน ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม ถึง วันที่ 16 กันยายน พ.ศ 2560 ที่โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา อำเภอ เมือง จังหวัดชลบุรี ดังนี้

ตารางที่ 3-8 กำหนดการทำกิจกรรมฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพ

สัปดาห์ที่	วัน เดือน ปี	เวลา	สถานที่
1	วันที่ 29 สิงหาคม ถึง 2 กันยายน พ.ศ. 2560 (จันทร์ – ศุกร์)	11.40-12.30 น. (วันละ 50 นาที)	กลุ่มใช้ Action Game ทำกิจกรรมห้องคอมพิวเตอร์ ที่ 1 กลุ่มใช้ Non-action Game ทำกิจกรรมห้องคอมพิวเตอร์ ที่ 2
2	วันที่ 5-9 กันยายน พ.ศ. 2560 (จันทร์ – ศุกร์)	11.40-12.30 น. (วันละ 50 นาที)	กลุ่มใช้ Action Game ทำกิจกรรมห้องคอมพิวเตอร์ ที่ 1 กลุ่มใช้ Non-action Game ทำกิจกรรมห้องคอมพิวเตอร์ ที่ 2
3	วันที่ 12-16 กันยายน พ.ศ. 2560 (จันทร์ – ศุกร์)	11.40-12.30 น. (วันละ 50 นาที)	กลุ่มใช้ Action Game ทำกิจกรรมห้องคอมพิวเตอร์ ที่ 1 กลุ่มใช้ Non-action Game ทำกิจกรรมห้องคอมพิวเตอร์ ที่ 2

ตารางที่ 3-9 ตารางกิจกรรมการฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพด้วยโปรแกรม Action Game และโปรแกรม Non-action Game

สัปดาห์ที่	วัน	กิจกรรม	เวลา
1	วันที่ 1-5 (ระหว่างวันที่ 28 สิงหาคม ถึง 2 กันยายน พ.ศ. 2560 เวลา 11.40-12.30 น.)	1. ก่อนเล่นเกม ให้ผู้ฝึกนั่งในท่าสบาย ไม่เกร็ง หลับตาสูดลมหายใจเข้าลึก ๆ ปล่อยลมหายใจออกมาช้า ๆ กำหนดสติอยู่ที่ลมหายใจ รู้สึกร่างกายสบาย ผ่อนคลาย ให้อยู่กับความรู้สึกนี้ แล้วลืมตา เมื่อได้รับสัญญาณ	5 นาที
		2. กลุ่มทดลองที่ 1 เล่นเกมคอมพิวเตอร์ Action Game กลุ่มทดลองที่ 2 เล่นเกมคอมพิวเตอร์ Non-action Game (Tetris Game)	50 นาที
		3. หลังเล่นเกม พักผ่อน นั่งพัก หายใจเข้าลึก ๆ หายใจออก ยาว ๆ ผ่อนคลายอิริยาบท	5 นาที
2	วันที่ 1-5 (ระหว่างวันที่ 5-9 กันยายน พ.ศ. 2560 เวลา 11.40-12.30 น.)	1. ก่อนเล่นเกม ให้ผู้ฝึกนั่งในท่าสบาย ไม่เกร็ง หลับตาสูดลมหายใจเข้าลึก ๆ ปล่อยลมหายใจออกมาช้า ๆ กำหนดสติอยู่ที่ลมหายใจ รู้สึกร่างกายสบาย ผ่อนคลาย ให้อยู่กับความรู้สึกนี้ แล้วลืมตาเมื่อได้รับสัญญาณ	5 นาที
		2. กลุ่มทดลองที่ 1 เล่นเกมคอมพิวเตอร์ Action Game กลุ่มทดลองที่ 2 เล่นเกมคอมพิวเตอร์ Non-action Game (Tetris Game)	50 นาที
		3. หลังเล่นเกม พักผ่อน นั่งพัก หายใจเข้าลึก ๆ หายใจออก ยาว ๆ ผ่อนคลายอิริยาบท	5 นาที

ตารางที่ 3-9 (ต่อ)

สัปดาห์ที่	วัน	กิจกรรม	เวลา
3	วันที่ 1-5 (ระหว่างวันที่ 12-16 กันยายน พ.ศ. 2560 เวลา 11.40-12.30 น.)	1. ก่อนเล่นเกม ให้ผู้ฝึกนั่งในท่าสบาย ไม่เกร็ง หลับตาสูดลมหายใจเข้าลึก ๆ ปล่อยลมหายใจออกมาช้า ๆ กำหนดสติอยู่ที่ลมหายใจ รู้สึกร่างกายสบาย ผ่อนคลาย ให้อยู่กับความรู้สึกนี้ แล้วลืมตาเมื่อได้รับสัญญาณ	5 นาที
		2. กลุ่มทดลองที่ 1 เล่นเกมคอมพิวเตอร์ Action Game กลุ่มทดลองที่ 2 เล่นเกมคอมพิวเตอร์ Non-action Game (Tetris Game)	50 นาที
		3. หลังเล่นเกม พักผ่อน นั่งพัก หายใจเข้าลึก ๆ หายใจออกยาว ๆ ผ่อนคลายอิริยาบท	5 นาที

2.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล มีดังนี้

2.6.1 ประสานงานผู้อำนวยการ ครูผู้ประสานงาน ครูประจำชั้น โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา ตำบลเหมือง อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี อาจารย์ที่ปรึกษา คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้ปกครองนักเรียนเพื่อขออนุญาตให้นักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมพัฒนาความจำขณะทำงานด้านภาพตลอดทั้งโครงการวิจัย

2.6.2 นัดหมายประชุมชี้แจง ขั้นตอนการดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด คงเหลือ 49 คน เนื่องจากกลุ่มตัวอย่าง 1 คนได้รับอุบัติเหตุก่อนการทดลอง โดยแยกห้องการประชุม กลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game เพื่อชี้แจงเกี่ยวกับการเตรียมตัวก่อนทดลองและทำความเข้าใจเรื่องการลงนามในแบบฟอร์มแสดงความยินยอมในการเข้าร่วมวิจัยของกลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครอง ในระหว่างเดือน กรกฎาคม ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2559 และแจ้งตารางการนัดหมายกลุ่มตัวอย่างโดยภาพรวม เพื่อเข้าร่วมกิจกรรมตามขั้นตอนการทดลองเป็นระยะ เพื่อเสนอต่อผู้อำนวยการโรงเรียน ครูประจำชั้น ครูผู้ประสานงานที่ได้รับมอบหมาย

จากผู้อำนวยการโรงเรียน ผู้ปกครองนักเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับคัดเลือก และกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัยทั้งสองกลุ่มและทีมงานผู้ช่วยวิจัย

2.6.3 กลุ่มตัวอย่างทุกคนเข้าร่วมกิจกรรมพัฒนาความจำขณะทำงานด้านภาพตามช่วงเวลา ระยะเวลา สถานที่ที่กำหนด โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ 1 คือกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game กลุ่มทดลองที่ 2 คือ กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game

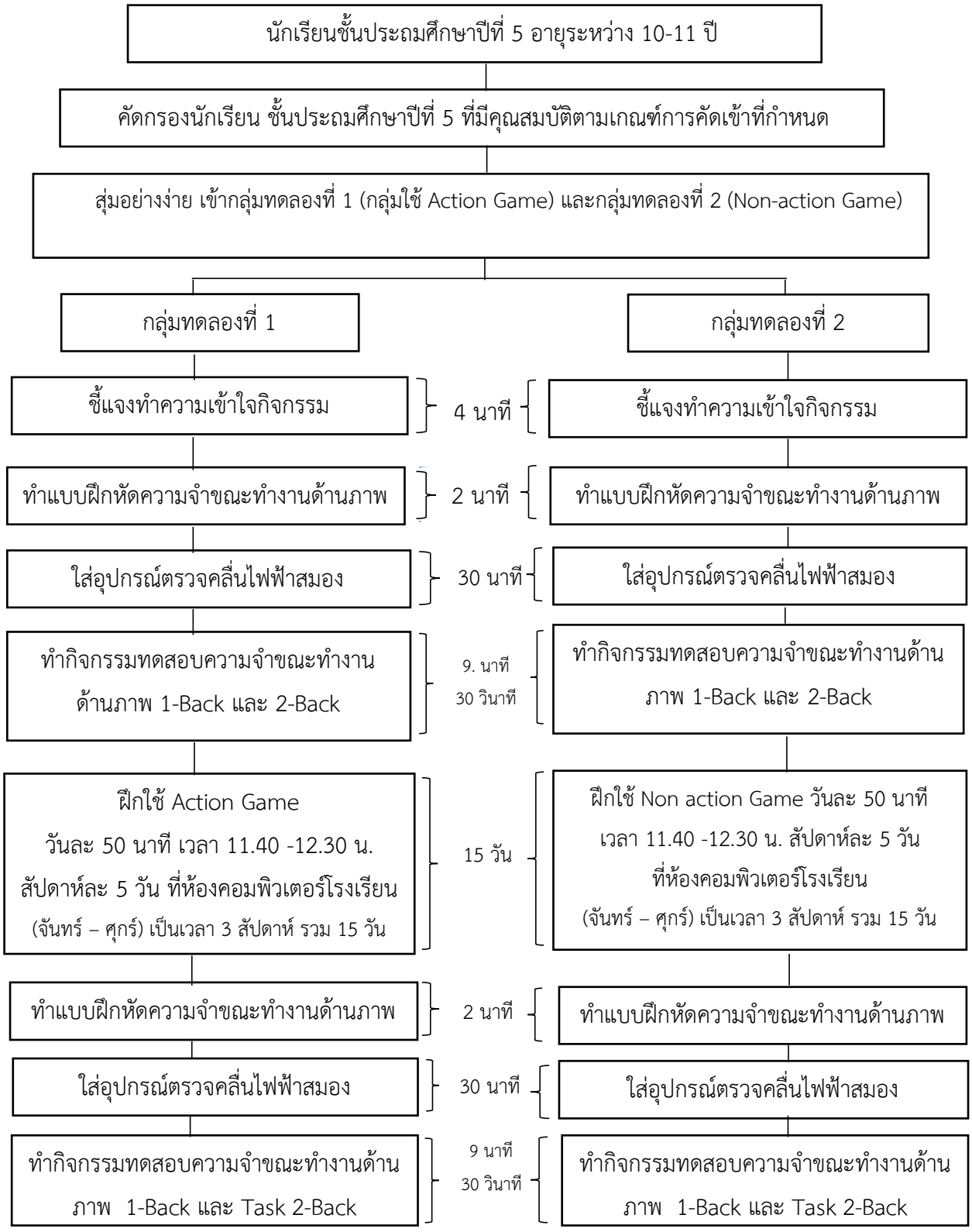
2.6.4 หลังจากกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มใช้ Action Game และกลุ่มใช้ Non-action Game (Tetris Game) ได้รับการฝึกตามกำหนดการโครงการวิจัย ผู้วิจัยได้นัดหมายกลุ่มตัวอย่าง ครูผู้ประสานงาน ทีมงานผู้ช่วยวิจัย ทำความเข้าใจ อธิบายขั้นตอนการดำเนินการภาพรวมในการทำกิจกรรมต่อไป คือ กิจกรรมวัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพอีกครั้ง (Posttest) หลังการพัฒนาความจำขณะทำงานด้านภาพด้วยเกม

2.6.5 จัดเตรียมอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลอง ในห้องปฏิบัติการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และเก็บรวบรวมข้อมูลตามตารางที่นัดหมาย

2.6.6 ดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัย ด้วยการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง ตามกำหนดเวลาเพื่อดำเนินการทดลอง ที่ห้องปฏิบัติการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา (Centre of Excellence in Cognitive Science: CECoS) วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ด้วยการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองก่อนการทดลอง (Pretest) ทั้ง 2 กลุ่ม จำนวน 49 คน ก่อนการทดลองในช่วงเดือนสิงหาคม และหลังการทดลองในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 ระหว่างวันจันทร์ ถึงวันศุกร์ (เริ่มกิจกรรมตั้งเวลา 08.30-16.30 น.) เพื่อทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ โดยกลุ่มตัวอย่างที่วัดคลื่นไฟฟ้าสมองเสร็จในช่วงเช้า ระหว่างเวลา 08.30-11.30 น. ผู้วิจัยนำกลุ่มตัวอย่างไปส่งที่โรงเรียนด้วยความปลอดภัยและรับกลุ่มตัวอย่างตามกำหนดนัดหมายในช่วงเวลา 12.30 น. ที่โรงเรียนมาทำกิจกรรมวัดคลื่นไฟฟ้าสมองช่วงเวลา 13.00–16.00 น และหลังจากเสร็จกิจกรรมวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง เวลา 16.00 น ผู้วิจัยนำกลุ่มตัวอย่างกลับไปส่งที่โรงเรียน

2.6.7 เก็บรวบรวมข้อมูลพฤติกรรม ได้แก่ คะแนนความถูกต้องของการตอบสนองและเวลาปฏิกิริยา โดยใช้โปรแกรมบันทึกข้อมูลจากโปรแกรมสำเร็จรูป STIM^2 จากเครื่อง Neuro Scan และข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองที่บันทึกได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป Curry 7.0 ในขณะที่ทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพจาก N-Back Task มาดำเนินการจัดการจัดกระทำข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองคลื่น P300 จากกลุ่มตัวอย่างทุกคน

สรุปขั้นตอนการดำเนินการทดลอง



ภาพที่ 3-50 สรุปขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. รวบรวมสรุปผลการคัดกรองกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 มีกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้าที่กำหนดและยินดีเข้าร่วมการวิจัย จำนวน 70 คน ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าและลงนามยินยอมเข้าร่วมการวิจัยจำนวน 50 คน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ขนาดของกลุ่มตัวอย่างคงเหลือ 49 คน เนื่องจากกลุ่มตัวอย่าง 1 คนได้รับอุบัติเหตุบริเวณแขนที่บ้านก่อนเข้าร่วมการทดลอง จึงไม่ได้เข้าร่วมการทดลองก่อนและหลังการทดลองในห้องปฏิบัติการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา

2. ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ “ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา” วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา กับกลุ่มทดลองที่ 1 คือ กลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game ตามกำหนดวัน เวลา สถานที่นัดหมายก่อนการทดลองในห้องปฏิบัติการระหว่างวันที่ 22–26 สิงหาคม พ.ศ 2560 หลังการทดลองในห้องปฏิบัติการระหว่างวันที่ 19-22 กันยายน พ.ศ 2560 ดังตารางที่ 3-10

ตารางที่ 3-10 กำหนด วัน เวลา ก่อนการทดลองในห้องปฏิบัติการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา

ครั้งที่	รหัส	วัน	วัน เดือน ปี	เวลา	กิจกรรม
1	E1 - E10	จันทร์	22 ส.ค. 2559	8.30-16.00	กิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพและการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game จำนวน 10 คน
2	E11 – E19	อังคาร	23 ส.ค. 2559	8.30-16.00	กิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพและการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game จำนวน 9 คน

ตารางที่ 3-10 (ต่อ)

ครั้งที่	รหัส	วัน	วัน เดือน ปี	เวลา	กิจกรรม
3	E20 – E25 C26 – C30	พุธ	24 ส.ค. 2559	8.30-16.00	กิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพและการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game จำนวน 6 คน กับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game จำนวน 5 คน
4	C31 – C44	พฤหัส	25 ส.ค. 2559	8.30-16.30	กิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพและการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game จำนวน 13 คน
5	C46 – C49	ศุกร์	26 ส.ค. 2559	8.30-16.00	กิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพและการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game จำนวน 6 คน

หมายเหตุ 1. ดำเนินการทดลองกับกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game จำนวน 25 คน กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game คงเหลือจำนวน 24 คน จากจำนวน 25 คน เนื่องจากได้รับอุบัติเหตุก่อนการทดลอง จึงไม่ได้เข้าร่วมโครงการ

2. รหัส E หมายถึง กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game
รหัส C หมายถึง กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game

ตารางที่ 3-11 กำหนด วัน เวลา หลังการทดลองในห้องปฏิบัติการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา

ครั้งที่	รหัส	วัน	วัน เดือน ปี	เวลา	กิจกรรม
1	E1 - E13	จันทร์	19 ก.ย. 2559	8.30-16.30	กิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพและการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองกับกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game จำนวน 13 คน
2	E14 – E25	อังคาร	20 ก.ย. 2559	8.30-16.30	กิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพและการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองกับกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game จำนวน 12 คน
3	C26 – C37	พุธ	21 ก.ย. 2559	8.30-16.30	กิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพและวัดคลื่นไฟฟ้าสมองกับกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game จำนวน 12 คน
4	C38 – C49	พฤหัส	22 ก.ย. 2559	8.30-16.30	กิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพและการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองกับกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game จำนวน 12 คน

หมายเหตุ

1. ดำเนินการทดลองกับกลุ่มใช้ Action Game จำนวน 25 คน กลุ่มใช้ Non-action Game คงเหลือจำนวน 24 คน จากจำนวน 25 คน เนื่องจากได้รับอุบัติเหตุก่อนการทดลอง จึงไม่ได้เข้าร่วมกิจกรรมวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง

2. จำนวนวันการทดลองวัดคลื่นไฟฟ้าสมองคงเหลือจาก 4 วัน จาก 5 วัน เนื่องจากโรงเรียนปิดทั้งโรงเรียนในปลายสัปดาห์การทดลอง นักเรียนไม่สามารถมาร่วมทำกิจกรรมได้ จึงได้ปรับแผนการทำงานในการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองให้มีความเหมาะสม โดยได้ขอคำแนะนำปรึกษาจากผู้อำนวยการโรงเรียน ครูผู้ประสานงาน ครูประจำชั้น อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม โดยสามารถดำเนินการทำกิจกรรมทุกขั้นตอนได้ครบถ้วนสมบูรณ์

3. รวบรวมข้อมูลและตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลความจำขณะทำงานด้านภาพ ด้านพฤติกรรม ได้แก่ คะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง และเวลาปฏิกิริยาด้านคลื่นไฟฟ้าสมอง ได้แก่ ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 และความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะวัดคลื่นไฟฟ้าสมองทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ของกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game ก่อนและหลังการฝึกใช้ Action Game และกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนและหลังการฝึกโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ต่อไป

4. รวบรวมข้อมูลประมวลผลคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG Signal Processing) ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก Task 1 Back Target และ Task 2 Back Target ด้วยโปรแกรม Curry Neuroimaging suite 7.0 การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300

4.1 ขั้นตอนการกรองสัญญาณคลื่น (Filtering) ของคลื่นไฟฟ้าสมอง เป็นขั้นตอนการกรองสัญญาณคลื่นให้เหลือเฉพาะย่านความถี่ที่ต้องการ โดยนำข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองของกลุ่มใช้ Action Game และกลุ่มใช้ Non-action Game ของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนบันทึกไว้ โดยเริ่มจากการเปิดโปรแกรม Curry Neuroimaging suite 7.0 แล้วเปิดไฟล์ที่มีนามสกุล .dat ตามต้องการ จากนั้นในหน้าต่างโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7.0 เลือกที่แทบ Functional Data จากนั้นเลือกที่แท็บ Channel Groups/ Rereferencing แล้วเลือก Active Channel Groups/ Reference เลือก M1 และ M2 หลังจากนั้นเลือกที่เมนู Baseline/ Bad Blocks ที่หน้าต่างโปรแกรม Curry 7.0 Neuroimaging Suite 7.0 ที่ Baseline Correlation เลือกค่าคงที่ (Constant) เพื่อกรองสัญญาณรบกวนออก

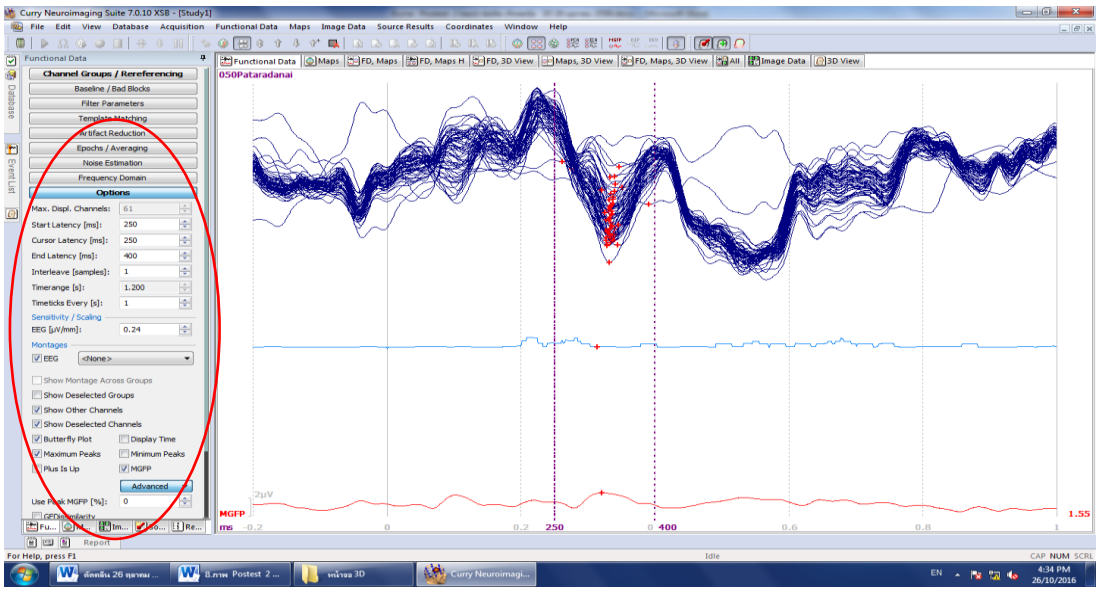
4.2 ขั้นตอนการกรองสัญญาณช่วงความถี่ผ่าน (Band Pass Filter) ให้อยู่ในช่วง 1-30 Hz โดยเลือกเมนู Filter Parameter ที่ Filter Type เลือก User Defined (Auto) และกำหนดค่า Low Filter High Pass ที่ความถี่ 1 Hz และกำหนดค่า High Filter Low Pass ที่ความถี่ 30 Hz เปิด On ที่ Notch Filter และ Bandstop Filter

4.3 ขั้นตอนการตัดสัญญาณรบกวน (Artifact Reduction) โดยเลือกที่เมนู Artifact Reduction ที่หน้าต่างโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7.0 เลือกวิธีการ (Method) ที่ Threshold เลือกช่องสัญญาณ (Chanel) ที่จุดอ้างอิง M1 และ M2 และกำหนดช่วงเวลาที่จะให้ตัดสัญญาณรบกวน เวลาเริ่มก่อน (Pre) ได้รับสิ่งกระตุ้นที่เวลา -200 ms และเวลาสิ้นสุด (Post) หลังได้รับสิ่งกระตุ้น ที่เวลา 1,000 ms แล้วกดปุ่ม Scan Data

4.4 ตัดคลื่นไฟฟ้าสมองช่วงเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ ERPs โดยเลือกที่เมนู Epochs/ Averaging ที่หน้าต่างโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7.0 เลือก Event Related Averaging เลือกวิเคราะห์ช่วงเวลาในแต่ละสิ่งกระตุ้นทั้งหมดทุกข้อ แบบ (Type) เลือกตามเงื่อนไขที่กำหนด

ตามสัญลักษณ์ Trigger หลังจากนั้นกำหนดช่วงเวลาที่ Pre มีค่า -200 ms และ Post มีค่า 1,000 ms แล้วกดปุ่ม Average All Event Groups (In-place) หลังจากนั้นโปรแกรมจะดำเนินการประมวลการตัดคลื่นไฟฟ้าสมอง และได้คลื่นไฟฟ้าสมอง ERPs ตามช่วงเวลาที่กำหนด ในทุกจุดตำแหน่งอิเลคโทรดของสมอง

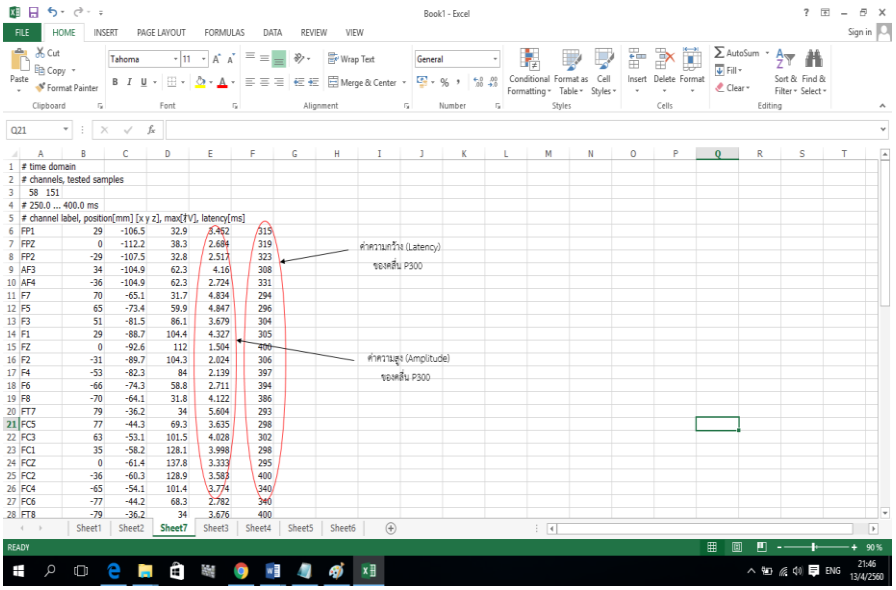
4.5 คำนวณหาค่าความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ในทุกจุดตำแหน่งอิเลคโทรดของสมอง โดยเลือกที่เมนู Option ที่หน้าต่างโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7.0 กำหนดช่วงเวลาเริ่มต้น (StartLatency) ที่ต้องการคำนวณที่ 250 ms และช่วงเวลาสิ้นสุด (End Latency) ที่ต้องการคำนวณที่ 400 ms แล้วกดปุ่ม Maximum Peaks จะได้ค่าความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ในทุกจุดตำแหน่งอิเลคโทรดของสมอง



ภาพที่ 3-51 หน้าต่างโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7.0 ขั้นตอนการคำนวณหาค่าความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ในทุกจุดตำแหน่งอิเลคโทรดของสมอง

4.6 บันทึกค่าความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ในทุกจุดตำแหน่งอิเลกโทรดของสมอง โดยเลือกเมนู Workflow เลือกที่ Save Peak Detection ดังภาพ ที่ 3-51 ถึงภาพที่ 3-52 ข้อมูลจะถูกบันทึกไว้ในรูป TextFile

4.7 ตรวจสอบข้อมูลก่อนนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ



ภาพที่ 3-52 หน้าต่างโปรแกรม Excel แสดงค่าความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ในจุดตำแหน่งอิเลคโทรด จากการนำเข้าข้อมูล Text File

2.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาทั้งด้านพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยวิเคราะห์ข้อมูลในประเด็นดังต่อไปนี้

2.7.1 วิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการหาค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.7.2 วิเคราะห์ความจำขณะทำงานด้านภาพระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้ Action Game โดยการวิเคราะห์ดังนี้ วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง และค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบ *t*-test สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent *t*-test)

2.7.3 วิเคราะห์ความจำขณะทำงานด้านภาพระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้ Non-action Game โดยการวิเคราะห์ดังนี้ วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง และค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ในกลุ่มใช้ Non-action Game ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบ *t*-test สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent *t*-test)

2.7.4 วิเคราะห์ความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game โดยการวิเคราะห์ดังนี้ วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองและค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยา หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game (Tetris Game) ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบ *t*-test และขนาดอิทธิพล Effect Size (*Cohen's d*) สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test)

2.7.5 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ในกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบ *t*-test สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent *t*-test)

2.7.6 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ในกลุ่มใช้ Non-action Game (Tetris Game) ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบ *t*-test สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent *t*-test)

2.7.7 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game (Tetris Game) ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบ *t*-test และขนาดอิทธิพล Effect Size (*Cohen's d*) สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้านพฤติกรรมและเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้านคลื่นไฟฟ้าสมอง ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบการใช้โปรแกรมคอมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้านพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมอง

สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

n	หมายถึง	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
M	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean)
SD	หมายถึง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
df	หมายถึง	องศาอิสระ (Degrees of Freedom)
p	หมายถึง	ค่าความน่าจะเป็นสำหรับนัยสำคัญทางสถิติ
*	หมายถึง	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
**	หมายถึง	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
t	หมายถึง	ค่าสถิติที
Cohen's *d*	หมายถึง	ขนาดอิทธิพล (Effect Size) ของค่าสถิติที

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา

ผลการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพ ของนักเรียนระดับประถมศึกษา แบ่งออกเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

1. ผลการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียนระดับประถมศึกษา ดังนี้

1.1 ผลการกำหนดรูปแบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียนระดับประถมศึกษาในหัวข้อนี้ประกอบด้วย การออกแบบเนื้อหา บทบรรยายเนื้อเรื่อง ตัวละคร การออกแบบหน้าจอโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญาของนักเรียนระดับประถมศึกษา สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพ ในรูปแบบ Application ติดตั้งบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และติดตั้งบนระบบปฏิบัติการ Android บนโทรศัพท์มือถือ ไอคอน AdventureInGeometryWorld เป็นปุ่มที่จะนำไปสู่หน้าจอหลักของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญาสำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพ ของนักเรียนระดับประถมศึกษา หน้าจอหลักประกอบด้วย 4 เมนูหลัก ได้แก่ 1) เมนู “เริ่มเกม” 2) เมนู “วิธีการเล่น” 3) เมนู “ข้อมูลผู้พัฒนา” และ 4) เมนูออกจากเกม และชื่อเกมเรขาคณิตผจญภัยหรือ “Adventure In Geometry World”

ภาพที่ 4-1 หน้าจอหลักโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ชื่อ เกมเรขาคณิตผจญภัย (Adventure in Geometry World)

1.1.1 เมนู “เริ่มเกม” เป็นเมนูสำหรับการเข้าสู่หน้าจอเลือกด่านการเล่นเกม ประกอบด้วยเมนู

ด่านการเล่นเกม 6 ด่าน ได้แก่ ด่านที่ 1 ด่านที่ 2 ด่านที่ 3 ด่านที่ 4 ด่านที่ 5 และด่านที่ 6 ดังภาพที่ 4-2 โดยในแต่ละเมนูนำไปสู่เกมคอมพิวเตอร์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ภาพที่ 4-2 หน้าจอเลือกด่านที่ต้องการเล่นเกม

ภาพที่ 4-3 หน้าจอตัวอย่างการเล่นเกมด่านที่ 1

ภาพที่ 4-4 หน้าจอตัวอย่างสัญลักษณ์ธงสีเหลือง ผ่านด่านที่ 1

ภาพที่ 4-5 หน้าจอตัวอย่างรูปเรขาคณิตที่ต้องเก็บในด่านที่ 6

ภาพที่ 4-6 ตัวอย่างคำถามรูปเรขาคณิตในด่านที่ 6 รูปทรงกรวย

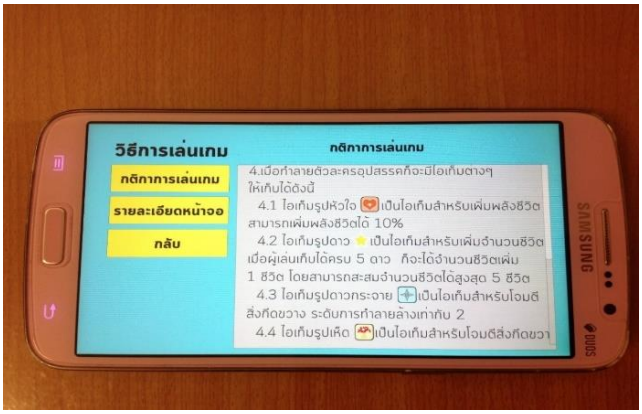
ภาพที่ 4-7 หน้าจอแสดงความยินดีเมื่อเล่นเกมผ่านด่านสุดท้าย

หน้าจอโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ชื่อเกม Adventure in Geometry World บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ภาพที่ 4-8 หน้าจอ Icon การเล่นเกมโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ภาพที่ 4-9 ตัวอย่างหน้าจอหลักการเล่นเกมชื่อ Adventure in Geometry World

ภาพที่ 4-10 ตัวอย่างหน้าจอวิธีการเล่นเกมบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์



ภาพที่ 4-11 ตัวอย่างกติกาการเล่นเกมบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ภาพที่ 4-12 หน้าจอตัวละครหลักกระโดดข้ามหลุมที่มีน้ำอยู่ใต้ดินบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

1.3 ผลการจัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียนระดับประถมศึกษาประกอบด้วย 1) คำแนะนำเกมในการเล่นเกม 2) วัตถุประสงค์ของเกม 3) ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4) ขั้นตอนและวิธีการใช้งานของเกม 5) หน้าจอหลักของเกม 6) หน้าจอเมนูเลือกด่าน 7) หน้าจอวิธีการเล่น และ 8) หน้าจอเกมในด่านต่าง ๆ

รายละเอียดคู่มือการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์ โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญาสำหรับ เพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียนระดับประถมศึกษา แสดงในภาคผนวก ข-4 คู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ชื่อ เกมเรขาคณิตผจญภัย หรือ Adventure in Geometry World)

2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา สำหรับเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียนระดับประถมศึกษา

2.1 ผลการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

ผู้วิจัยได้ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันและนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเกมคอมพิวเตอร์ ผู้ทรงคุณวุฒิประกอบด้วย ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ด้าน ด้านละ 3 คน ได้แก่ ด้านคอมพิวเตอร์ ด้านจิตวิทยา และด้านการศึกษา รวมผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน ทั้งนี้จำนวนผู้เชี่ยวชาญไม่ควรน้อยกว่า 5 คน ยกเว้นในกรณีที่มีผู้เชี่ยวชาญน้อยมากที่มีความรอบรู้เกี่ยวกับตัวแปรที่ต้องการศึกษา จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ยอมรับได้คือ ไม่น้อยกว่า 3 คน (บุญใจ ศรีสถิตย์นรากูร, 2555 หน้า 124-127)

ด้านที่ 1 ผู้ทรงคุณวุฒิด้านจิตวิทยา จำนวน 3 คน

1. รศ.ดร. ม.ร.ว.สมพร สุทัศนีย์
อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
2. ดร. พีร วงศ์อุปราช
อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
3. ดร. สุชาดา สกลกิจรุ่งโรจน์
อาจารย์ประจำสำนักทะเบียนและวัดผล มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ผู้ทรงคุณวุฒิ ตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยประเมินความสอดคล้อง ความเหมาะสม ด้านความสะดวกในการนำไปใช้ ด้านความถูกต้องในการใช้งาน ด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรม และด้านความชัดเจนของคู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน (ภาคผนวก ค-2) มีความเหมาะสมในระดับมากถึงมากที่สุด

จำนวนข้อคำถามที่ผู้ทรงคุณวุฒิทุกคนให้ความคิดเห็นในระดับ 3 และ 4 จำนวนทุกข้อ (17 ข้อ) คำนวณ CVI = 17/17 ได้ค่า CVI เท่ากับ 1.00 รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมดังนี้ หน้าจอบรรยายเกม ควรปรับเป็นภาษาไทย ควรแสดงระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละด่าน และระยะเวลารวมทุกด่าน ตรวจสอบภาษาไทยให้ถูกต้องทุกตัวอักษรในคู่มือการเล่นเกม และในคู่มือการเล่นเกมควรระบุให้ชัดเจนว่า มีตัวละครอะไรบ้าง แก้ไขคู่มือให้ชัดเจนคนอ่านจะได้เข้าใจ ควรมีแบบฝึกก่อนเล่นเกมเป็น Section สั้น ๆ และเกมควรมีความเร็วในการเล่นเพิ่มมากขึ้น

ด้านที่ 2 ผู้ทรงคุณวุฒิด้านคอมพิวเตอร์ จำนวน 3 คน

1. ดร. อนุสรณ์ บรรเทิง

อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ สถิติ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

2. ดร. ศราวุธ ราชมณี

อาจารย์ประจำ สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ

คณะวิทยาการจัดการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนครพนม

3. อาจารย์ภูดิท พรรักษมณี

Ceo of Learn Power Co.,Ltd.

99/23 Floor 12th Software Park Building, Prakkrit Nonthaburi, Thailand.

ผู้ทรงคุณวุฒิ ตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยประเมินความสอดคล้อง เหมาะสม ด้านความสะดวกในการนำไปใช้ ด้านความถูกต้องในการใช้งาน ด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรม และด้านความชัดเจนของคู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน (ภาคผนวก ข-4) มีความเหมาะสมในระดับมากถึงมากที่สุด โดยมีจำนวนข้อคำถามที่ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านให้ความคิดเห็นในระดับ 3 และ 4 จำนวนทุกข้อ (17 ข้อ) คำนวณ CVI = 17/17 ได้ค่า CVI เท่ากับ 1.00

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมดังนี้ ควรเพิ่มรายละเอียดคู่มือการเล่นเกม ให้กับนักเรียนและผู้ปกครองและคุณครูที่มีรายละเอียดเพิ่มมากขึ้น โดยระดับการเล่นเกม (Level) ของเกมควรจัดระดับให้เป็นขั้นตอนการตอบสนองของเกมควรระบุสเปคขั้นต่ำของ Hardware ที่รองรับระบบปฏิบัติการที่รองรับเกมที่พัฒนา แก้ไขชื่อเกมภาษาอังกฤษให้ถูกต้อง การทดสอบเกมเวอร์ชั่น Android มี Bug เล็กน้อยเมื่อกดปุ่มกระโดดแล้วตัวละครจะกระโดดเองไม่ยอมหยุด (ทดสอบใน S7 Android 6.0.1)

ควรปรับแก้ไขให้โปรแกรมให้ทำได้เป็นปกติ เวอร์ชั่น PC ควรพัฒนาให้รองรับการเล่นด้วย Joypad เพื่อจะทำให้ผู้เล่นสะดวกขึ้น และควรปรับแก้ไข User Interface ในเวอร์ชั่น PC บางส่วนยังแสดงผลไม่ถูกต้องเมื่อปรับหน้าจอเป็นขนาดต่าง ๆ และควรเพิ่มเติมการพัฒนาเกมเป็นเกม 3D เพื่อให้การเล่นเกมมีลักษณะใกล้เคียงกับชีวิตประจำวัน เพื่อเพิ่มทักษะกระบวนคิดวิเคราะห์จากสภาพแวดล้อมที่เหมือนจริงแก่ผู้เล่นเกมเพิ่มมากขึ้น

ด้านที่ 3 ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการศึกษา จำนวน 3 คน

1. ดร. หนึ่งฤทัย เมฆวทัต

อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

2. อาจารย์วราภรณ์ คันทศิริ
ครูวิทยฐานะชำนาญการ (ครู ค.ศ. 2) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา ตำบลเหมือง อำเภอเมืองชลบรี จังหวัดชลบุรี
3. ดร. รวิชญุฒน์ ทองแม้น
ศึกษานิเทศก์ชำนาญการพิเศษ กลุ่มนิเทศติดตามและประเมินผลการจัดการศึกษา
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 33

ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 คน ตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยประเมินความสอดคล้อง ความเหมาะสม ด้านความสะดวกในการนำไปใช้ ด้านความถูกต้องในการใช้งาน ด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรม และด้านความชัดเจนของคู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน (ภาคผนวก ข-4) มีความเหมาะสมในระดับมากถึงมากที่สุด โดยมีจำนวนข้อคำถามที่ผู้ทรงคุณวุฒิทุกคน ให้ความคิดเห็นในระดับ 3 และ 4 จำนวนทุกข้อ (17 ข้อ) คำนวณ CVI = 17/17 ได้ค่า CVI เท่ากับ 1.00 รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมดังนี้ ปรับแก้ไขเสียงบรรยายความหมายของรูปเรขาคณิตให้ครบถ้วนมากขึ้น ได้แก่ รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก และรูปสามเหลี่ยมมุมป้าน ลักษณะของเสียงประกอบการเล่นเกม และตรวจสอบการสะกดคำทุกตัวอักษรในบทพูดบรรยายเสียง และภาษาเขียนตรวจสอบการสะกดคำในภาษาไทยให้ถูกต้อง นอกจากนี้การติดตั้งโปรแกรมเกมแอพพลิเคชันเข้ากับโทรศัพท์มือถือหรือคอมพิวเตอร์ ควรตรวจสอบ Link การ Download เกมให้ถูกต้องและเป็นปัจจุบันอยู่เสมอ

2.2 ผลการประเมินโดยผู้ใช้งาน

2.2.1 ผลการประเมินโดยผู้ใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

ผลการประเมินโดยผู้ใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน จากนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 15 คน เป็นชาย 6 คน หญิง 9 คน อายุระหว่าง 10–11 ปี ตำบลเหมือง อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ผลการวิจัยปรากฏว่า กลุ่มผู้ใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน กลุ่มตัวอย่างที่ใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจริงมีความพึงพอใจในการเล่นโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาโดยรวมทุกด้าน ในระดับมากที่สุด (M = 4.60) โดยมีระดับความพึงพอใจสูงสุดในด้านการเล่นเกม ช่วยให้เกิดความเข้าใจในบทเรียนเรขาคณิตในระดับมากที่สุด (M = 4.73) รองลงมามีความพึงพอใจในด้านความถูกต้องในการบังคับในการเล่นเกมระดับมากที่สุด (M = 4.53) และมีความพึงพอใจระดับมาก ในด้านสามารถเรียนรู้เรขาคณิตได้ดีในขณะเล่นเกมในระดับมาก (M = 4.47) มีความพึงพอใจด้านความสวยงามและการออกแบบเกม (M = 4.47) นอกจากนี้คะแนนการเล่นเกมและเวลาการเล่นเกม ระหว่างเพศชายกับเพศหญิงของกลุ่มตัวอย่างที่ใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจริงไม่แตกต่างกัน

2.2.2 ผลการทดสอบเกมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล การทดสอบ Function การทำงานของปุ่มต่าง ๆ ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

การทดสอบการทำงานของเกม โดยทดสอบจากผลที่คาดหวัง โดยดู ค่า Output จาก Input ที่ให้กับโปรแกรมต้องมีความสอดคล้องกัน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานทั้งหมด

1) ผลการทดสอบปุ่มกดเมนูหลักต่าง ๆ บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

ตารางที่ 4-1 ผลการทดสอบปุ่มกดเมนูหลักต่าง ๆ บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

รายการที่ทดสอบ	ผลที่คาดหวัง	ผลที่ได้	หมายเหตุ
1. ปุ่มเริ่มเกม	สามารถเข้าสู่เมนูผู้เล่นได้	เข้ามายังเมนูผู้เล่นได้	สมบูรณ์
2. ปุ่มวิธีการเล่นเกม	สามารถเข้าสู่หน้าจอวิธีเล่นเกมได้	เข้ามายังหน้าจอวิธีเล่นได้	สมบูรณ์
3. ปุ่มข้อมูลผู้จัดทำ	สามารถเข้าสู่หน้าจอผู้จัดทำได้	เข้ามายังหน้าจอผู้จัดทำได้	สมบูรณ์
4. ปุ่มออกจากเกม	สามารถเข้าสู่เมนูการออกจากเกมได้	เข้ามายังหน้าเมนูการออกจากเกมได้	สมบูรณ์
5. ปุ่มกติกาการเล่นเกม	สามารถเข้าสู่เมนู กติกาการเล่นเกมได้	เข้าสู่เมนูกติกา การเล่นเกมได้	สมบูรณ์
6. ปุ่มย้อนกลับ	สามารถกลับสู่เมนูหลักได้	กลับสู่เมนูหลักได้	สมบูรณ์
7. ปุ่มรายละเอียดหน้าจอ	สามารถเข้าสู่เมนูรายละเอียดหน้าจอได้	เข้าสู่เมนูรายละเอียดหน้าจอ	สมบูรณ์
8. ปุ่มถัดไป	สามารถเข้าสู่เมนูเลือกด่าน	เข้ามายังเมนูเลือกด่านได้	สมบูรณ์
9. ปุ่มข้าม	สามารถข้ามเสียงบรรยายการให้ความรู้เรขาคณิต	เข้าสู่ด่านถัดไปเพื่อเล่นเกมต่อได้	สมบูรณ์
10. ปุ่มกลับสู่เมนู	สามารถกลับสู่หน้าเมนู	เข้ามายังหน้าเมนูผู้เล่นได้	สมบูรณ์
11. ปุ่มเลือกด่าน	สามารถเข้าสู่ด่านต่าง ๆ ได้	เข้ามายังหน้าเล่นเกมในด่านต่าง ๆ ได้	สมบูรณ์

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

รายการที่ทดสอบ	ผลที่คาดหวัง	ผลที่ได้	หมายเหตุ
12. ปุ่มตกลง	สามารถออกจากเกมได้	ออกจากเกมได้	สมบูรณ์
13. ปุ่มยกเลิก	สามารถยกเลิกการออกจากเกมได้	ยกเลิกการออกจากเกมได้	สมบูรณ์
14. ปุ่มเล่นต่อ	สามารถเล่นเกมต่อได้	เล่นเกมต่อได้	สมบูรณ์
15. ปุ่มเริ่มใหม่	สามารถเริ่มเล่นเกมใหม่ได้	เล่นเกมใหม่ได้	สมบูรณ์
16. ปุ่มกลับหน้าจอหลัก	สามารถกลับสู่หน้าจอหลัก	เข้าสู่หน้าจอหลักได้	สมบูรณ์
17. ปุ่มออก	สามารถออกจากเกมได้	ออกจากเกมได้	สมบูรณ์
18. ปุ่มหยุด	สามารถหยุดตัวละคร	หยุดตัวละครในการเล่นเกมได้	สมบูรณ์

2) ผลการทดสอบปุ่มกดควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวละครหลักบนเครื่องคอมพิวเตอร์

ตารางที่ 4-2 สรุปผลการทดสอบปุ่มกดควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวละครหลักบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

รายการที่ทดสอบ	ผลที่คาดหวัง	ผลที่ได้	หมายเหตุ
1. ปุ่มเดินหน้า	สามารถบังคับตัวละครให้เดินไปข้างหน้าได้	ตัวละครหลักเดินไปข้างหน้าได้	สมบูรณ์
2. ปุ่มถอยหลัง	สามารถบังคับตัวละครให้เดินถอยหลังได้	ตัวละครหลักเดินถอยหลังได้	สมบูรณ์
3. ปุ่มโจมตีด้วยรายการรูปดาวกระจาย	สามารถทำลายตัวละครอุปสรรคที่มากีดขวางให้หายไปได้	ทำลายตัวละครอุปสรรคที่มากีดขวางการข้ามด่านได้	สมบูรณ์
4. ปุ่มโจมตีด้วยรายการ (Item) รูปเห็ด	สามารถทำลายตัวละครอุปสรรคที่มากีดขวางให้หายไปได้	ทำลายตัวละครอุปสรรคที่มากีดขวางการข้ามด่านได้	สมบูรณ์
5. ปุ่มกระโดด	สามารถกระโดดได้	กระโดดได้	สมบูรณ์

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

รายการที่ทดสอบ	ผลที่คาดหวัง	ผลที่ได้	หมายเหตุ
6. ปุ่มลูกศรด้านขวา+ปุ่มกระโดด	กระโดดข้ามหลุมได้	กระโดดข้ามหลุมได้	สมบูรณ์

3) ผลการทดสอบการเก็บรูปเรขาคณิต คะแนน พลังชีวิต และจำนวนชีวิตในเกมบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

ตารางที่ 4-3 ผลการทดสอบการเก็บรูปเรขาคณิต คะแนน พลังชีวิต และจำนวนชีวิต ในเกมบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

รายการที่ทดสอบ	ผลที่คาดหวัง	ผลที่ได้	หมายเหตุ
1. การเก็บรูปเรขาคณิต	สามารถเก็บรูปเรขาคณิตเมื่อตรงกับความหมายที่หน้าจอพลังการโจมตีเพิ่มขึ้น	เก็บรูปเรขาคณิตได้เมื่อเก็บรูปเรขาคณิตถูกตรงกับข้อคำถาม ส่งผลให้พลังชีวิตเพิ่มขึ้น	สมบูรณ์
2. คะแนน	เมื่อทำลายตัวละครอุปสรรคได้ คะแนนจะเพิ่มขึ้น และในด่านที่เล่น ถ้าเก็บคะแนนได้ตามเงื่อนไขการเล่นเกมจะเพิ่มจำนวนชีวิตของตัวละครหลัก	คะแนนเพิ่มได้จริง และในด่านที่เล่นเกมหากเก็บคะแนนครบตามเงื่อนไขส่งผลทำให้จำนวนชีวิตตัวละครหลักเพิ่มขึ้นอีก 1 ชีวิต	สมบูรณ์
3. พลังชีวิต	เมื่อพลังชีวิตหมด จำนวนชีวิตจะลดลง 1 ชีวิต	เมื่อพลังชีวิตหมด จำนวนชีวิตจะลดลง 1 ชีวิต	สมบูรณ์
4. จำนวนชีวิต	จำนวนชีวิตสามารถลดลงและเพิ่มขึ้นตามเงื่อนไข	พลังชีวิตลดและเพิ่มตามเงื่อนไข	สมบูรณ์

2.2.3 ผลการทดสอบเกมบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ในขั้นนี้จะเป็นการทดสอบการทำงานของเกม โดยทดสอบจากผลที่คาดหวัง เป็นการทดสอบหน้าที่การทำงาน (Function) ต่าง ๆ ของโปรแกรมตามความต้องการพัฒนาระบบ (Requirements) เป็นการทดสอบโดยดูค่าผลลัพธ์ (Output) จากข้อมูลนำเข้า (Input) ที่ให้กับโปรแกรม ต้องมีความสอดคล้องกัน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานทั้งหมดในเกมดังนี้

ผลการทดสอบปุ่มกดเมนูหลักต่าง ๆ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ตารางที่ 4-4 ผลการทดสอบปุ่มกดเมนูหลักต่าง ๆ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

รายการที่ทดสอบ	ผลที่คาดหวัง	ผลที่ได้	หมายเหตุ
1. ปุ่มเริ่มเกม	สามารถเข้าสู่เมนูผู้เล่นได้	เข้ามายังเมนูผู้เล่นได้	สมบูรณ์
2. ปุ่มวิธีการเล่นเกม	สามารถเข้าสู่หน้าจอวิธีเล่นเกมได้	เข้ามายังหน้าจอวิธีเล่นได้	สมบูรณ์
3. ปุ่มข้อมูลผู้จัดทำ	สามารถเข้าสู่หน้าจอผู้จัดทำได้	เข้ามายังหน้าจอผู้จัดทำได้	สมบูรณ์
4. ปุ่มออกจากเกม	สามารถเข้าสู่เมนูการออกจากเกมได้	เข้ามายังหน้าเมนูการออกจากเกมได้	สมบูรณ์
5. ปุ่มกติกาเล่นเกม	สามารถเข้าสู่เมนูกติกาการเล่นเกมได้	เข้าสู่เมนูกติกาการเล่นเกมได้	สมบูรณ์
6. ปุ่มย้อนกลับ	สามารถกลับสู่เมนูหลักได้	กลับสู่เมนูหลักได้	สมบูรณ์
7. ปุ่มรายละเอียดหน้าจอ	สามารถเข้าสู่เมนูรายละเอียดหน้าจอได้	เข้าสู่เมนูรายละเอียดหน้าจอได้	สมบูรณ์
8. ปุ่มถัดไป	สามารถเข้าสู่เมนูเลือกด่านได้	เข้ามายังเมนูเลือกด่านได้	สมบูรณ์
9. ปุ่มข้าม	ข้ามไปยังด่านที่ต้องการเล่นได้หากไม่ต้องการฟังเสียงบรรยายความรู้เกี่ยวกับรูปเรขาคณิต	ข้ามไปยังด่านที่ต้องการเล่นได้หากไม่ต้องการฟังเสียงบรรยายความรู้เกี่ยวกับรูปเรขาคณิต	สมบูรณ์
10. ปุ่มเริ่มเกม	สามารถเริ่มเล่นเกมได้	เข้าสู่การเล่นเกมได้	สมบูรณ์
11. ปุ่มกลับสู่เมนูผู้เล่น	สามารถกลับสู่หน้าเมนูผู้เล่นได้	เข้ามายังหน้าเมนูผู้เล่นได้	สมบูรณ์

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

รายการที่ทดสอบ	ผลที่คาดหวัง	ผลที่ได้	หมายเหตุ
12. ปุ่มเลือกด่าน	สามารถเข้าสู่ด่านต่าง ๆ ได้	เข้ามายังหน้าเล่นเกมในด่านต่าง ๆ ได้	สมบูรณ์
13. ปุ่มตกลง	สามารถออกจากเกมได้	ออกจากเกมได้	สมบูรณ์
14. ปุ่มยกเลิก	สามารถยกเลิกการออกจากเกมได้	ยกเลิกการออกจากเกมได้	สมบูรณ์
15. ปุ่มเล่นต่อ	สามารถเล่นเกมต่อได้	เล่นเกมต่อได้	สมบูรณ์
16. ปุ่มเริ่มใหม่	สามารถเล่นเริ่มเกมใหม่ได้	เล่นเกมใหม่ได้	สมบูรณ์
17. ปุ่มกลับสู่หน้าจอหลัก	สามารถกลับสู่หน้าจอหลักได้	เข้าสู่หน้าจอหลักได้	สมบูรณ์
18. ปุ่มออก	สามารถออกจากเกมได้	ออกจากเกมได้	สมบูรณ์
19. ปุ่มหยุด	สามารถหยุดตัวละครในการเล่นเกมได้	หยุดตัวละครในการเล่นเกมได้	สมบูรณ์

2) ผลการทดสอบปุ่มกดควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวละครหลักบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ตารางที่ 4-5 ผลการทดสอบปุ่มกดควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวละครหลักบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

รายการที่ทดสอบ	ผลที่คาดหวัง	ผลที่ได้	หมายเหตุ
1. ปุ่มเดินหน้า	สามารถบังคับตัวละครให้เดินไปข้างหน้าได้	ตัวละครหลักเดินไปข้างหน้าได้	สมบูรณ์
2. ปุ่มถอยหลัง	สามารถบังคับตัวละครให้เดินถอยหลังได้	ตัวละครหลักเดินถอยหลังได้	สมบูรณ์
3. ปุ่มโจมตีด้วยรายการรูปดาวกระจาย	สามารถทำลายตัวละครอุปสรรคที่มากีดขวางให้หายไปได้	ทำลายตัวละครอุปสรรคที่มากีดขวางได้	สมบูรณ์

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

รายการที่ทดสอบ	ผลที่คาดหวัง	ผลที่ได้	หมายเหตุ
4. ปุ่มโจมตีด้วยรายการรูปเห็ด	สามารถทำลายตัวละครอุปสรรคที่มากีดขวางให้หายไปได้	ทำลายตัวละครอุปสรรคที่มากีดขวางได้	สมบูรณ์
5. ปุ่มกระโดด	สามารถกระโดดได้	กระโดดได้	สมบูรณ์
6. ปุ่มลูกศรด้านขวา+ปุ่มกระโดด	กระโดดข้ามหลุมได้ครบทุกหลุม ก่อนเก็บรูปเรขาคณิตที่สุ่มขึ้นมาระหว่างการเล่นเกม	สามารถกระโดดข้ามหลุมได้ ระหว่างแต่ละด่านโดยต้องกะระยะการกระโดดและกดปุ่มให้ตรงกับจังหวะที่จะกระโดดข้ามหลุมได้	สมบูรณ์

3) ผลการทดสอบการเก็บรูปเรขาคณิต คะแนน พลังชีวิต และจำนวนชีวิตในเกมบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ตารางที่ 4-6 ผลการทดสอบการเก็บรูปเรขาคณิต คะแนน พลังชีวิต และจำนวนชีวิตในเกมบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

รายการที่ทดสอบ	ผลที่คาดหวัง	ผลที่ได้	หมายเหตุ
1. การเก็บรูปเรขาคณิต	สามารถเก็บรูปเรขาคณิตเมื่อตรงกับความหมายที่หน้าจอ พลังการโจมตีจะเพิ่มขึ้น	เก็บรูปเรขาคณิตได้และเมื่อเก็บ ถูกพลังชีวิตจะเพิ่มขึ้น	สมบูรณ์
2. คะแนน	เมื่อทำลายตัวละครอุปสรรคได้ คะแนนจะเพิ่มขึ้นตามเงื่อนไขการเล่นเกม	คะแนนเพิ่มได้จริงในด่านที่เล่นเกม หากเก็บคะแนนครบตามเงื่อนไข จะส่งผลทำให้จำนวนชีวิตตัวละครหลักเพิ่มขึ้นอีก 1 ชีวิต	สมบูรณ์

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

รายการที่ทดสอบ	ผลที่คาดหวัง	ผลที่ได้	หมายเหตุ
3. พลังชีวิต	เมื่อพลังชีวิตหมด จำนวนชีวิตจะลดลง 1 ชีวิต	เมื่อพลังชีวิตหมด จำนวนชีวิตจะลดลง 1 ชีวิต	สมบูรณ์
4. จำนวนชีวิต	จำนวนชีวิตสามารถลดลงและเพิ่มขึ้น	จำนวนชีวิตลดและเพิ่มตามเงื่อนไข	สมบูรณ์

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบการใช้โปรแกรมคอมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้านพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมอง

ส่วนที่ 1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ เกรดวิชาคณิตศาสตร์ปีการศึกษา 2559 ความถนัดในการใช้มือขวา โรคประจำตัว การได้รับบาดเจ็บทางสมองหรือหรือผ่าตัดสมอง ความปกติของการมองเห็น การออกกำลังกาย ระยะเวลาในการออกกำลังกายโดยรวมต่อสัปดาห์ ความถี่ในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์หรือโทรศัพท์มือถือ ระยะเวลาในการเล่นเกมโดยเฉลี่ยแต่ละครั้ง แนวการเล่นเกม คอมพิวเตอร์ที่ชอบเล่น การทดสอบตาบอดสี ดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่ม Action Game (n = 25)		กลุ่ม Non-action Game (n = 24)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
เพศ				
ชาย	15	60	10	41.67
หญิง	10	40	14	58.33

ตารางที่ 4-7 (ต่อ)

ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่ม Action Game (*n* = 25)		กลุ่ม Non-action Game (*n* = 24)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
อายุ				
10 ปี	8	32	9	37.50
11 ปี	17	68	15	62.50
เกรดเฉลี่ยสะสมวิชาคณิตศาสตร์				
1.00 – 2.00	6	24	5	20
2.00 – 3.00	12	48	10	40
3.00 – 4.00	7	28	9	36
ความถนัดในการใช้มือมือขวา	25	100	24	100
ไม่มีโรคประจำตัว	25	100	24	100
การได้รับบาดเจ็บที่สมอง ไม่เคยผ่าตัดสมอง	25	100	24	100
การมองเห็นปกติ	25	100	24	100
การออกกำลังกาย				
ไม่ได้ออกกำลังกาย	5	20	3	12.50
ออกกำลังกาย วิ่ง กระโดด เตะฟุตบอล	20	80	21	87.50
ตาไม่บอดสี	25	100	24	100
การเล่นเกมในคอมพิวเตอร์ หรือโทรศัพท์				
ทุกวัน	7	28	10	41.67
3-5 วันต่อสัปดาห์	10	40	2	8.33
1-2 วันต่อสัปดาห์	5	20	7	29.17
ไม่เล่นเกม	3	12	5	20.83
ไม่เคยฝึกการเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพ	25	100	24	100
ระดับการศึกษาประถมศึกษาปีที่ 5	25	100	24	100
การรับประทานอาหารหลักแต่ละวัน 3 มื้อ	25	100	24	100

จากตารางที่ 4-7 แสดงให้เห็นว่า ทั้งกลุ่มใช้ Action Game และ กลุ่มใช้ Non-action Game เป็นเพศชายและเพศหญิง กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game เพศชาย ร้อยละ 60 เพศหญิง ร้อยละ 40 กลุ่ม Non-action Game เพศชาย ร้อยละ 41.67 เพศหญิง ร้อยละ 58.33 กลุ่มตัวอย่างมีอายุระหว่าง 10 -11 ปี กำลังศึกษาอยู่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ส่วนใหญ่มีเกรดเฉลี่ยสะสมอยู่ระหว่าง 2.00 -3.00 รับประทานอาหารครบ 3 มื้อต่อวัน กลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการคัดกรองตามเกณฑ์คัดเข้าทุกคนถนัดในการใช้มือขวา ไม่มีโรคประจำตัว ไม่เคยได้รับบาดเจ็บทางสมองหรือผ่าตัดสมองทางสมอง มีการมองเห็นปกติ ไม่ตาบอดสี ส่วนใหญ่ออกกำลังกายในลักษณะการวิ่งเล่น กระโดด การเตะฟุตบอล การเดินออกกำลังกาย ตามช่วงวัยของนักเรียนที่อายุระหว่าง 10-11 ปี ในโรงเรียน วิชาพละศึกษา กลุ่มตัวอย่างเล่นเกมในคอมพิวเตอร์หรือโทรศัพท์มือถือส่วนใหญ่เป็นระยะเวลา 3-5 วันต่อสัปดาห์ และไม่มีประสบการณ์ในการฝึกกิจกรรมการเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพ

2.1 ผลการเปรียบเทียบการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้านพฤติกรรม

ผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ด้านพฤติกรรม ประกอบด้วย ดังนี้

2.1.1 ผลการเปรียบเทียบความจำขณะทำงานด้านภาพ ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้ Action Game ดังนี้

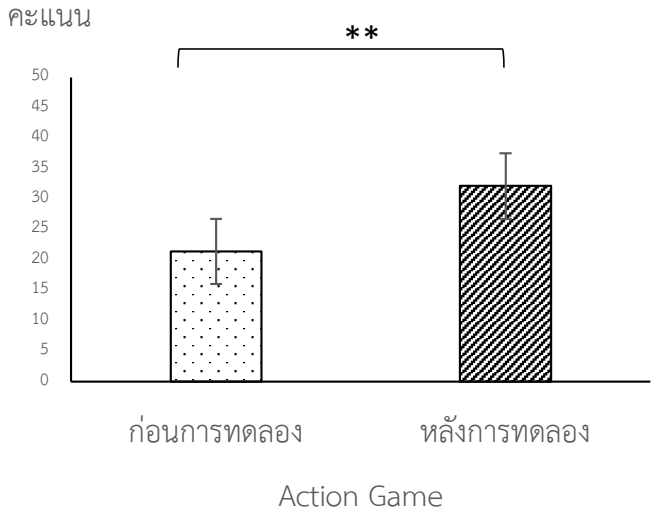
2.1.1.1 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ในกลุ่มใช้ Action Game ประกอบด้วย ดังตารางที่ 4-8

2.1.1.1.1 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ในกลุ่มใช้ Action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จากแบบวัดมาตรฐานของ WISC-V Part Picture Span

ตารางที่ 4-8 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จากแบบทดสอบของ WISC-V Part Picture Span

	ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง กลุ่มใช้ Action Game					
	n	*M*	*SD*	*df*	*t*	*p*
ก่อนการทดลอง	25	21.40	5.19	24	11.64**	< .01
หลังการทดลอง	25	32.16	3.58			

จากตารางที่ 4-8 แสดงให้เห็นว่า ในกลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองหลังการการทดลอง (*M* = 32.16, *SD* = 3.58) ก่อนการทดลอง (*M* = 21.40, *SD* = 5.19) ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองก่อนการทดลองและหลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game ปรากฏว่า หลังการทดลองคะแนนเพิ่มขึ้น 25 คน และได้ค่า Wilcoxon Sign Test (Z) = - 4.38, $p < .01$ จึงสรุปได้ว่า กลุ่มใช้ Action Game มีคะแนนหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงดังกราฟในภาพที่ 4-13



** $p < .01$

ภาพที่ 4-13 กราฟแท่งแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองในกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลองจากแบบทดสอบ ของ WISC-V Part Picture Span

2.1.1.1.2 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก N-back Task ดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก N-Back Task

เงื่อนไข	ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ					
	n	*M*	*SD*	*df*	*t*	*p*
1) 1 Back Target						
ก่อนการทดลอง	25	14.80	4.10	24	8.27**	< .01
หลังการทดลอง	25	22.68	3.91			
2) 1 Back Non-target						
ก่อนการทดลอง	25	40.08	14.28	24	7.18**	< .01
หลังการทดลอง	25	58.12	10.18			
3) 2 Back Target						
ก่อนการทดลอง	25	14.80	4.10	24	8.27**	< .01
หลังการทดลอง	25	22.68	3.91			
4) Back Non-target						
ก่อนการทดลอง	25	26.24	14.21	24	6.29**	< .01
หลังการทดลอง	25	40.60	14.32			

จากตารางที่ 4-9 แสดงให้เห็นว่าในกลุ่มใช้ Action Game ทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ มีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง หลังการทดลอง (M = 22.68, SD = 3.91) ก่อนการทดลอง (M = 14.80, SD = 4.10) ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองก่อนการทดลองและหลังการทดลอง กลุ่มใช้ Action Game ปรากฏว่า หลังการทดลองคะแนนเพิ่มขึ้น 25 คน และได้ค่า Wilcoxon Sign Test (Z) = - 4.38, p < .01 จึงสรุปได้ว่า กลุ่มใช้ Action Game มีคะแนนหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จาก 1 Back Task Target

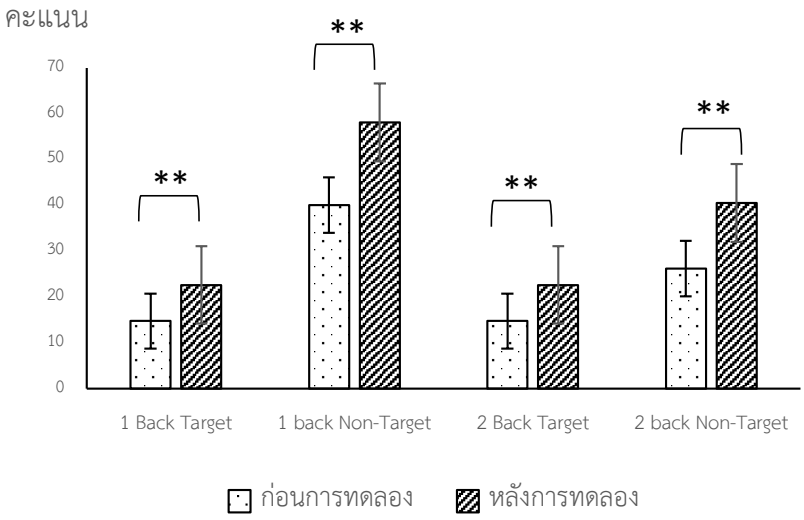
กลุ่มใช้ Action Game ทำกิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ มีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองหลังการทดลอง (M = 58.12, SD = 10.18) ก่อนการทดลอง (M = 40.08, SD = 14.28) ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนน

ความถูกต้องของการตอบสนองก่อนการทดลองและหลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game ปรากฏว่า หลังการทดลองคะแนนเพิ่มขึ้น 25 คน และได้ค่า Wilcoxon Sign Test (Z) = - 4.38, $p < .01$ จึงสรุปได้ว่า กลุ่มใช้ Action Game มีคะแนนหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จาก 1 Back Task Non-target

กลุ่มใช้ Action Game ทำกิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ มีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง หลังการทดลอง (M = 22.68, SD = 3.91) ก่อนการทดลอง (M = 14.80, SD = 4.10) ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองก่อนการทดลองและหลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game ปรากฏว่า หลังการทดลองคะแนนเพิ่มขึ้น 25 คน และได้ค่า Wilcoxon Sign Test (Z) = - 4.38, $p < .01$ จึงสรุปได้ว่า กลุ่มใช้ Action Game มีคะแนนหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จาก 2 Back Task Target

และในกลุ่มใช้ Action Game ทำกิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ มีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง หลังการทดลอง (M = 40.60, SD = 14.32) ก่อนการทดลอง (M = 26.24, SD = 14.21) ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองก่อนการทดลองและหลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game ปรากฏว่า หลังการทดลองคะแนนเพิ่มขึ้น 21 คน และได้ค่า Wilcoxon Sign Test (Z) = -3.96, $p < .01$ จึงสรุปได้ว่า กลุ่มใช้ Action Game มีคะแนนหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จาก 2 Back Task Non-target

สรุปผลการศึกษา คือ ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังกราฟในภาพที่ 4-14



$^{**}p < .01$

ภาพที่ 4-14 กราฟแท่งแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก N-Back Task

2.1.1.2 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาของความจำขณะทำงานด้านภาพในกลุ่มใช้ Action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ขณะทำกิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก N-Back Task

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาของความจำขณะทำงานด้านภาพในกลุ่มใช้ Action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ขณะทำกิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพจาก N-Back Task ด้วยสถิติทดสอบที สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน

ตารางที่ 4-10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองจาก N-Back Task

เงื่อนไข	เวลาปฏิกิริยา (มิลลิวินาที)					
	n	*M*	*SD*	*df*	*t*	*p*
1) 1 Back Target						
ก่อนการทดลอง	25	1,063.43	296.31	24	5.92**	< .01
หลังการทดลอง	25	731.71	146.57			
2) 1 Back Non-target						
ก่อนการทดลอง	25	1,154.53	277.09	24	5.77**	< .01
หลังการทดลอง	25	836.04	175.37			
3) 2 Back Target						
ก่อนการทดลอง	25	1,263.93	383.82	24	5.45**	< .01
หลังการทดลอง	25	767.11	219.26			
4) 2 Back Non-target						
ก่อนการทดลอง	25	1,192.38	312.26	24	5.11**	< .01
หลังการทดลอง	25	749.21	270.78			

จากตารางที่ 4-10 แสดงให้เห็นความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยา หลังการทดลอง (*M* = 731.71, *SD* = 146.57) ก่อนการทดลอง (*M* = 1,063.43, *SD* = 296.31) ปรากฏว่า หลังการทดลองค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาลดลง 23 คน และได้ค่า Wilcoxon Sign Test (Z) = -4.18, $p < .01$ จึงสรุปได้ว่า กลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาหลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จาก 1 Back Target Task

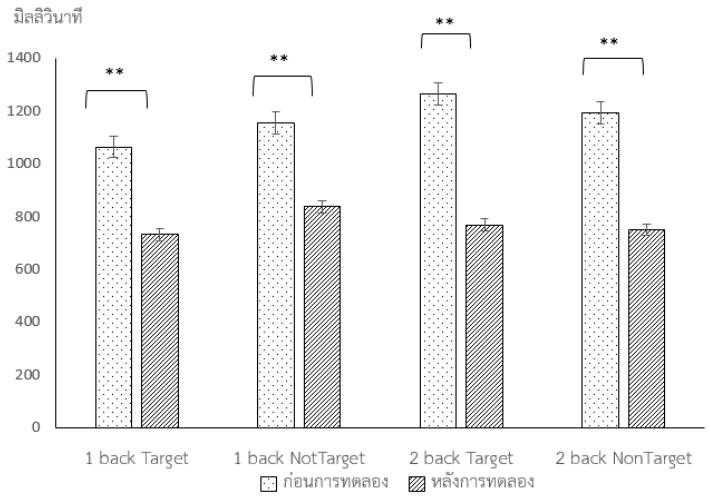
ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยา หลังการทดลอง (*M* = 836.04, *SD* = 175.37) ก่อนการทดลอง (*M* = 1,154.53 *SD* = 277.09) ปรากฏว่า หลังการทดลองค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาลดลง 24 คน และได้ค่า Wilcoxon Sign Test (Z) = -4.07, $p < .01$ จึงสรุปได้ว่า กลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาหลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จาก 1 Back Task Non-target

ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเวลา หลังการทดลอง (*M* = 767.11, *SD* = 219.26) ก่อนการทดลอง (*M* = 1,263.93, *SD* = 383.82) ปรากฏว่า หลังการทดลองค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาลดลง 21 คน และได้ค่า Wilcoxon Sign Test (Z) = -3.97, $p < .01$ จึงสรุปได้ว่า กลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาหลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จาก 2 Back Task Target

ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยา หลังการทดลอง (*M* = 749.21, *SD* = 270.78) ก่อนการทดลอง (*M* = 1,192.38, *SD* = 312.26) ปรากฏว่า หลังการทดลองค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาลดลง 22 คน และได้ค่า Wilcoxon Sign Test (Z) = -3.97, $p < .01$ จึงสรุปได้ว่า กลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาหลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จาก 2 Back Task Non-target

ผลการศึกษาที่ได้จากตารางที่ 4-10 และภาพที่ 4-15 คือ กลุ่มใช้ Action Game เพื่อเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพ ผลการวิจัยปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สรุปผลการศึกษาสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 คือ กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองมากกว่าก่อนการทดลอง และมีค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาหลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง



$^{**}p < .01$

ภาพที่ 4-15 กราฟแท่งแสดงค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยา ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองจาก N-Back Task

2. ผลการเปรียบเทียบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ดังนี้

2.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง กลุ่มใช้ Non-action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ประกอบด้วย

2.1.1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง กลุ่มใช้ Non-action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพจากแบบทดสอบ WISC-V Part Picture Span

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง กลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ด้วยสถิติทดสอบที สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ดังตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 การปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จากแบบทดสอบ ของ WISC-V Part Picture Span

	ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง					
	n	*M*	*SD*	*df*	*t*	*p*
ก่อนการทดลอง	24	24.17	5.64	23	.13	.90
หลังการทดลอง	24	24.29	4.06			

จากตารางที่ 4-11 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มใช้ Non-action Game หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยความถูกต้องของการตอบสนอง (*M* = 24.29, *SD* = 4.06) ก่อนการทดลอง Non-action Game (*M* = 24.17, *SD* = 5.64) ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองก่อนการทดลองและหลังการทดลองของกลุ่ม Non-action Game ปรากฏว่าไม่แตกต่างกัน และได้ค่า Wilcoxon Sign Test (Z) = -.31 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 จากแบบทดสอบ WISC-V Part Picture Span

2.1.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง กลุ่มใช้ Non-action Game ระหว่างก่อนกับหลังการทดลอง ขณะทำกิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพจาก N-Back Task

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง กลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ด้วยสถิติทดสอบที สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน ดังตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก N-Back Task

เงื่อนไข	ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง					
	n	*M*	*SD*	*df*	*t*	*p*
1) 1 Back Target						
ก่อนการทดลอง	24	17.79	6.39	23	0.86	0.40
หลังการทดลอง	24	19.04	4.24			
2) 1 Back Non-target						
ก่อนการทดลอง	24	46.29	15.74	23	1.04	0.31
หลังการทดลอง	24	50.38	14.99			
3) 2 Back Target						
ก่อนการทดลอง	24	8.54	4.15	23	1.32	0.20
หลังการทดลอง	24	10.13	4.21			
4) 2 Back Non-Target						
ก่อนการทดลอง	24	27.92	13.40	23	0.72	0.48
หลังการทดลอง	24	30.17	14.14			

จากตารางที่ 4-12 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มใช้ Non-action Game ทำกิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ มีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองหลังการทดลอง (M = 19.04, SD = 4.24) ก่อนการทดลอง (M = 17.79, SD = 6.39) ปรากฏว่า กลุ่มใช้ Non-action Game ได้ค่า Wilcoxon Sign Test (Z) = -.92, p = .18 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองก่อนการทดลองและหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน จาก 1 Back Task Target

กลุ่มใช้ Non-action Game ทำกิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ มีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองหลังการทดลอง (*M* = 50.38, *SD* = 14.99) ก่อนการทดลอง (*M* = 46.29, *SD* = 15.74) ปรากฏว่า กลุ่มใช้ Non-action Game ได้ค่า Wilcoxon Sign Test (*Z*) = - 1.08, , *p* = .14 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ไม่แตกต่างกัน จาก Task 1 Back Non-target

กลุ่มใช้ Non-action Game ทำกิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ มีค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง หลังการทดลอง (*M* = 30.17, *SD* = 14.14) ก่อนการทดลอง (*M* = 27.92, *SD* = 13.40) ปรากฏว่า กลุ่มใช้ Non-action Game ได้ค่า Wilcoxon Sign Test (*Z*) = -.24, *p* = .41 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองก่อนการทดลองและหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน จาก Task 2 Back Non-target

2.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาของความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ขณะทำกิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพจาก N-back Task

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาของความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ด้วยสถิติทดสอบที สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน ดังตารางที่ 4-13

ตารางที่ 4-13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยา ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองของกลุ่มใช้ Non-action Game จาก N-Back Task

เงื่อนไข	ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยา (มิลลิวินาที)					
	n	*M*	*SD*	*df*	*t*	*p*
1) 1 Back Target						
ก่อนการทดลอง	24	892.58	355.06	23	0.25	.81
หลังการทดลอง	24	872.70	171.36			
2) 1 Back Non-target						
ก่อนการทดลอง	24	1021.78	383.96	23	0.61	.55
หลังการทดลอง	24	970.30	146.91			

ตารางที่ 4-13 (ต่อ)

เงื่อนไข	ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยา (มิลลิวินาที)					
	n	*M*	*SD*	*df*	*t*	*p*
3) 2 Back Target						
ก่อนการทดลอง	24	1,111.19	379.82	23	2.10	.05
หลังการทดลอง	24	919.44	174.93			
4) 2 Back Non-target						
ก่อนการทดลอง	24	1,053.13	377.71	23	2.20	.05
หลังการทดลอง	24	902.61	197.31			

จากตารางที่ 4-13 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Non-action Game หลังการทดลอง (*M* = 872.70, *SD* = 171.36) ก่อนการทดลอง (*M* = 892.58, *SD* = 355.6) และปรากฏว่า หลังการทดลองค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาลดลง 14 คน และได้ค่า Wilcoxon Sign Test (Z) = -.17, *p* = .43 จึงสรุปได้ว่ากลุ่มใช้ Non-action Game มีค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาหลังการทดลองกับก่อนการทดลองไม่แตกต่างกัน จาก 1 Back Task Target

ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Non-action Game หลังการทดลอง (*M* = 970.30, *SD* = 146.91) ก่อนการทดลอง (*M* = 1,021.78, *SD* = 383.6) และปรากฏว่า หลังการทดลองค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาลดลง 10 คน และได้ค่า Wilcoxon Sign Test (Z) = -.23, *p* = .41 จึงสรุปได้ว่ากลุ่มใช้ Non-action Game มีค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาหลังการทดลองกับก่อนการทดลองไม่แตกต่างกัน จาก 1 Back Task Non-target

สรุปผลการศึกษาไม่สอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อที่ 2

3. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game

3.1 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความจำขณะทำงานด้านภาพหลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game ประกอบด้วย

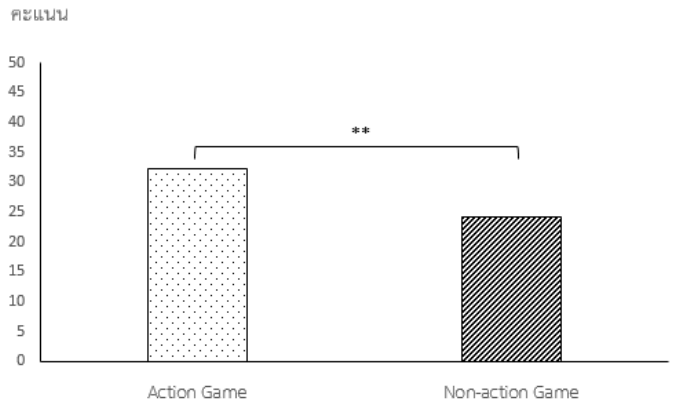
3.1.1 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของคะแนนการตอบสนองหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จากแบบทดสอบของ WISC-V Part Picture Span

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองหลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game ด้วยสถิติทดสอบที สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน ดังตารางที่ 4-14

ตารางที่ 4-14 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองหลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จากแบบทดสอบของ WISC- V Part Picture Span

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง							
	n	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*	*Cohen's d*
Action Game	25	32.16	3.58	7.87	47	7.21**	< .01	2.10
Non-action Game	24	24.29	4.06					

จากตารางที่ 4-14 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองของกลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลอง (*M* = 32.16, *SD* = 3.58) มากกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game (*M* = 24.29, *SD* = 4.06) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (*t* =7.21, *df* = 4, *p* < .01) และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก *(Cohen's d* = 2.1) ดังแสดงในกราฟที่ 4-16



***p* < .01

ภาพที่ 4-16 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง หลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จากแบบทดสอบของ WISC- V Part Picture Span

3.1.2 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง หลังการทดลองของกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำกิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพจาก N-Back task

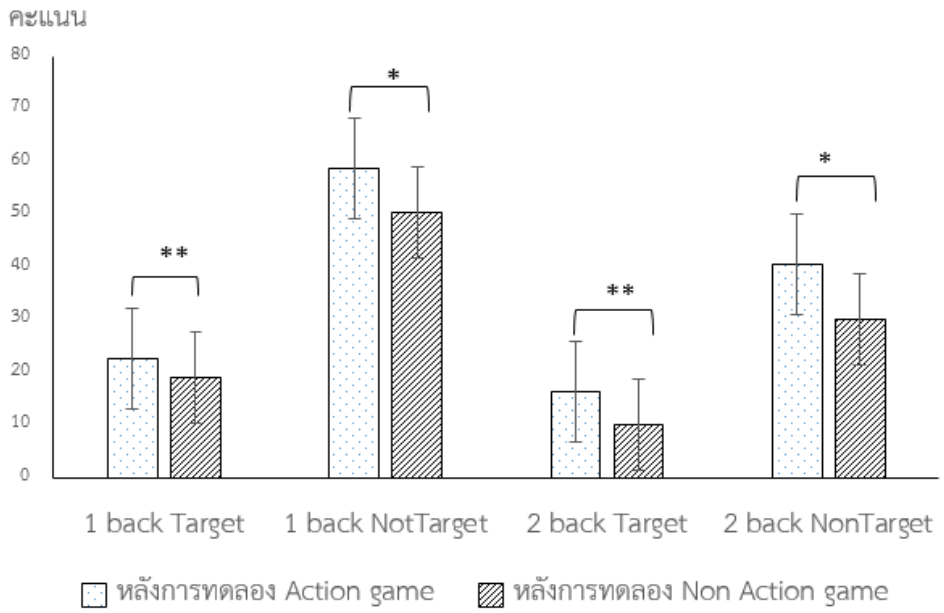
ตารางที่ 4-15 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองหลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก N-Back Task

เงื่อนไข	ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองหลังการทดลอง						
	n	*M*	*SD*	*df*	*t*	*p*	*Cohen's d*
1) 1 Back Target							
Action Game	25	22.68	3.91	47	3.12**	< .01	.91
Non-action Game	24	19.04	4.23				
2) 1 Back Non-target							
Action Game	25	58.96	10.39	47	2.34*	< .05	.68
Non-action Game	24	50.38	14.99				
3) 2 Back Target							
Action Game	25	16.44	5.29	47	4.61**	< .01	1.34
Non-action Game	24	10.13	4.20				
4) 2 Back Non-target							
Action Game	25	40.60	14.32	47	2.57*	< .05	.75
Non-action Game	24	30.17	14.14				

จากตารางที่ 4-15 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองจาก Task 1 Back Target หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game แตกต่างกัน (t = 3.12, df = 47, p < .01) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (*Cohen's d* = .91) ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง จาก Task 1 Back Non-target ของกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game แตกต่างกัน (t = 2.34, df = 47, p < .05) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง *(Cohen's d*= .68)

ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองของกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก Task 2 Back Target แตกต่างกัน (t = 4.61, df = 47, p < .01) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองของกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก Task 2 Back Non-target แตกต่างกัน (t = 2.57, df = 47, p < .05) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง *(Cohen's d* = .75) ดังกราฟในภาพที่ 4-17

สรุปผลการศึกษา ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของความจำขณะทำงานด้านภาพหลังการทดลอง ของกลุ่มใช้ Action Game มากกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game



**p < .01, *p < .05

ภาพที่ 4-17 กราฟแท่งแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก N-Back Task

3.2 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาของความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำกิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก N-back Task

ตารางที่ 4-16 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาของความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก N-Back Task

เงื่อนไข	ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาของความจำขณะทำงานด้านภาพหลังการทดลอง						
	n	*M*	*SD*	*df*	*t*	*p*	*Cohen's d*
1) 1 Back Target							
Action Game	25	731.72	146.57	47	3.09**	< .01	.90
Non-action Game	24	872.70	171.36				
2) 1 Back Non-target							
Action Game	25	836.04	175.37	47	2.90**	< .01	.84
Non-action Game	24	872.70	171.36				
3) 2 Back Target							
Action Game	25	767.11	219.26	47	2.68**	< .01	.78
Non-action Game	24	919.44	174.92				
4) 2 Back Non-target							
Action Game	25	749.21	270.78	47	2.26**	< .01	.65
Non-Action Game	24	902.01	197.31				

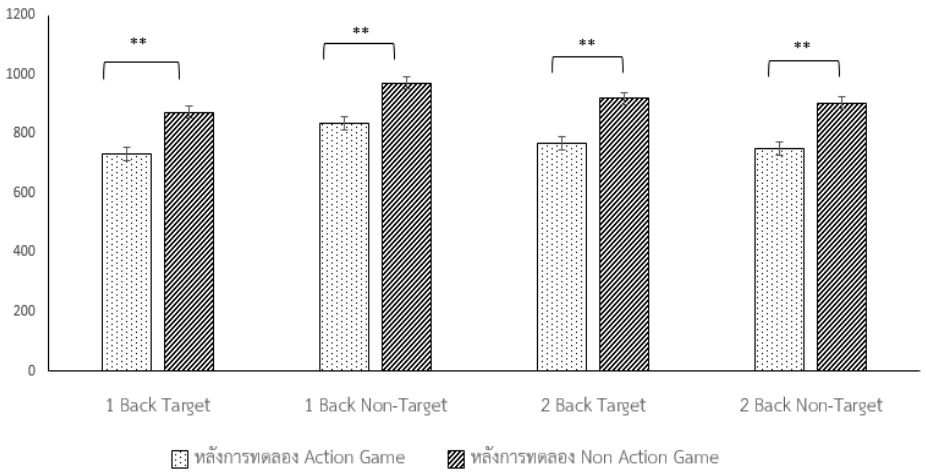
จากตารางที่ 4-16 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาของความจำขณะทำงานด้านภาพหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก Task 1 Back Target แตกต่างกัน (t = 3.09, df = 47, p < .01) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีขนาดอิทธิพลในระดับมาก (*Cohen's d* = .90) ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาของความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองของกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก Task 1 Back Non-target แตกต่างกัน (t = 2.90, df = 47, p < .01) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีขนาดอิทธิพลในระดับมาก (*Cohen's d* = .84) ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาของความจำ

ขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก Task 2 Back Target แตกต่างกัน (t = 2.68, df = 47, p < .01) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีขนาดอิทธิพลในระดับปานกลาง (*Cohen's d* = .78)

ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาของความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก Task 2 Back Non-target แตกต่างกัน (t = 2.26, df = 47, p < .01) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีขนาดอิทธิพลในระดับปานกลาง (*Cohen's d* = .65)

สรุปผลการศึกษาที่ได้จากตารางที่ 4-16 ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาของความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลองน้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก N-Back Task ดังแสดงในกราฟภาพที่ 4-18

สรุปผลการศึกษา สอดคล้องเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 คือ ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง หลังการทดลองของกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game มากกว่ากลุ่มใช้โปรแกรม Non-action Game และค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาหลังการทดลองของกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game น้อยกว่ากลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game



**p < .01

ภาพที่ 4-18 กราฟแท่งแสดงค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาของความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก N-Back Task

2.2 ผลการเปรียบเทียบการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game ด้านคลื่นไฟฟ้าสมอง

2.2.1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ประกอบด้วย

2.2.1.1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Target

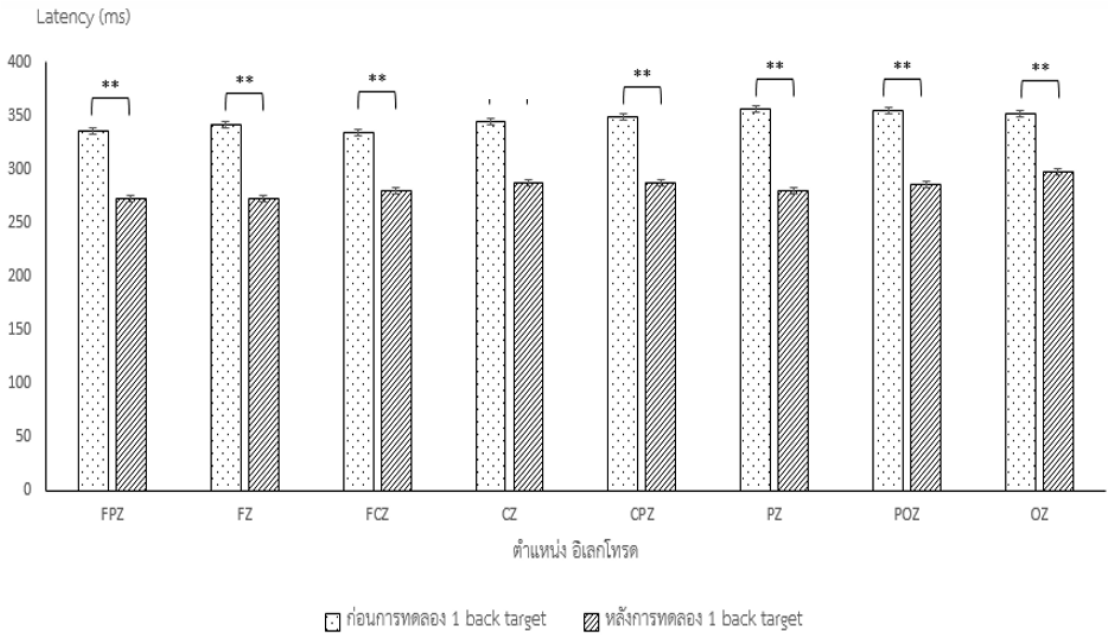
ตารางที่ 4-17 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Target

	ก่อนการทดลอง (n = 25)		หลังการทดลอง (n = 25)					
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*
Frontal Middle Line								
FPz	336.20	48.26	272.92	38.29	63.28	24	7.59**	< .01
Fz	341.20	49.37	272.68	39.20	68.52	24	9.23**	< .01
Central Middle Line								
FCz	333.80	41.83	279.32	31.78	54.48	24	6.78**	< .01
Cz	344.32	43.05	287.08	31.92	57.24	24	7.79**	< .01
CPz	348.84	42.51	286.64	28.28	62.2	24	7.78**	< .01
Parietal Middle Line								
Pz	356.08	44.51	280.48	39.34	75.6	24	8.95**	< .01
POz	354.64	35.55	286.44	41.74	68.2	24	7.75**	< .01
Occipital Middle Line								
Oz	351.44	38.74	297.28	41.45	54.1	24	9.71**	< .01

จากตารางที่ 4-17 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลอง

มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 1 Back Task Target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle Line) ตำแหน่ง FPz (t = 7.59, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง Fz (t = 9.23, df = 24, p < .01) ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central Middle Line) ตำแหน่ง FCz (t = 6.78, df = 24, p < .01) ตำแหน่ง Cz (t = 7.79, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง CPz (t = 7.78, df = 24, p < .01) ที่ตำแหน่งบริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle Line) ที่ตำแหน่ง Pz (t = 8.95, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง POz (t = 7.75, df = 24, p < .01) ที่บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Middle Line) ตำแหน่ง Oz (t = 9.71, df = 24, p < .01)

สรุปผลการศึกษา กลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 1 Back Task Target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังภาพที่ 4-19



** p < .01

ภาพที่ 4-19 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Target

2.2.1.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Target

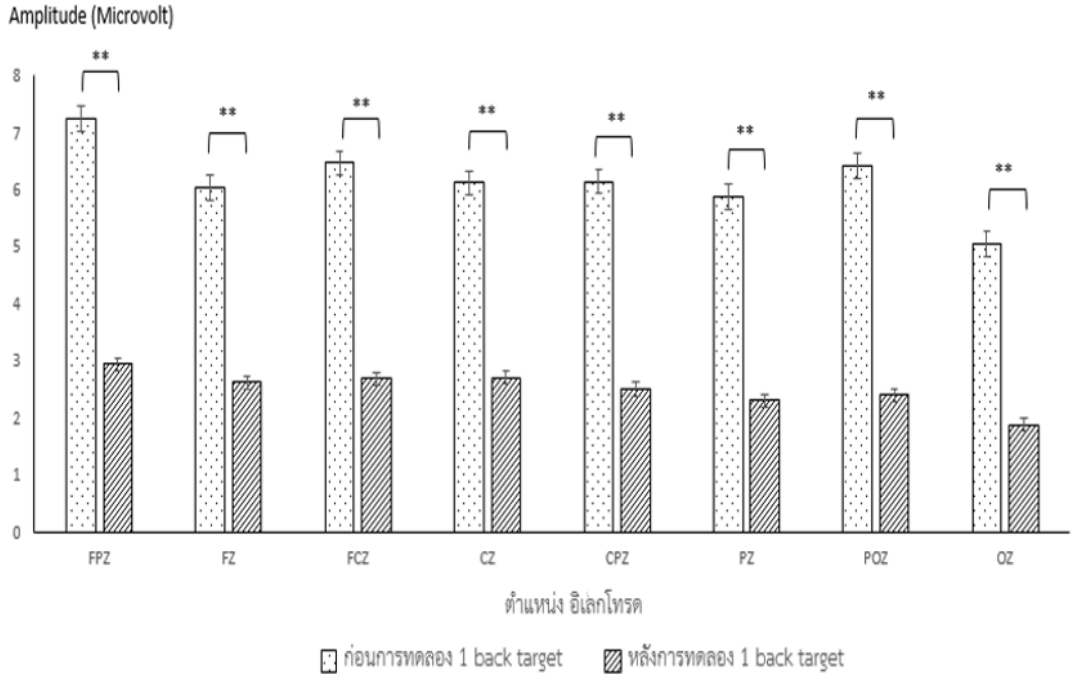
ตารางที่ 4-18 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Target

	ก่อนการทดลอง (n = 25)		หลังการทดลอง (n = 25)					
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*
1 Back Task Target								
Frontal Middle Line								
FPz	7.24	3.76	2.94	2.29	4.31	24	6.84**	< .01
Fz	6.03	2.96	2.62	1.77	3.41	24	7.79**	< .01
Central Middle Line								
FCz	6.46	3.78	2.68	1.89	3.78	24	6.31**	< .01
Cz	6.11	3.75	2.70	1.72	3.42	24	5.63**	< .01
CPz	6.14	4.39	2.50	1.45	3.65	24	4.87**	< .01
Parietal Middle Line								
Pz	5.88	4.20	2.30	2.07	3.58	24	4.94**	< .01
POz	6.41	5.18	2.39	2.39	4.03	24	4.58**	< .01
Occipital Middle Line								
Oz	5.04	3.52	1.88	1.50	3.16	24	4.99**	< .01

จากตารางที่ 4-18 กลุ่มใช้ Action Game ขณะทำกิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 น้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 1 Back Task Target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle Line) ตำแหน่ง FPz (t = 6.84, df = 24, p < .01)

และตำแหน่ง Fz (t = 7.79, df = 24, p < .01) ที่บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central Middle Line) ตำแหน่ง FCz (t = 6.31, df = 24, p < .01) ตำแหน่ง Cz (t = 5.63, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง CPz (t = 4.87, df = 24, p < .01)) บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle Line) ที่ตำแหน่ง Pz (t = 4.94, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง POz (t = 4.58, df = 24, p < .01) ที่บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Middle Line) ตำแหน่ง Oz (t = 4.99, df = 24, p < .01)

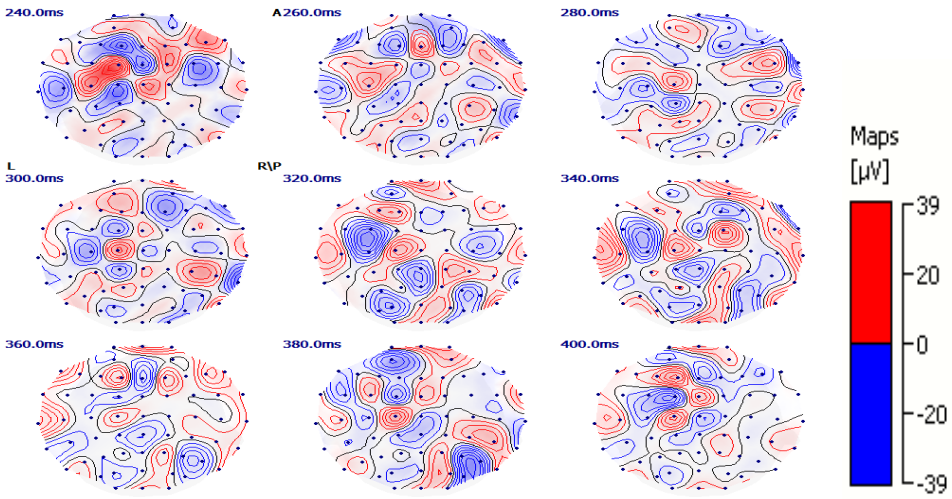
สรุปผลการศึกษา กลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 1 Back Task Target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังกราฟในภาพที่ 4-20



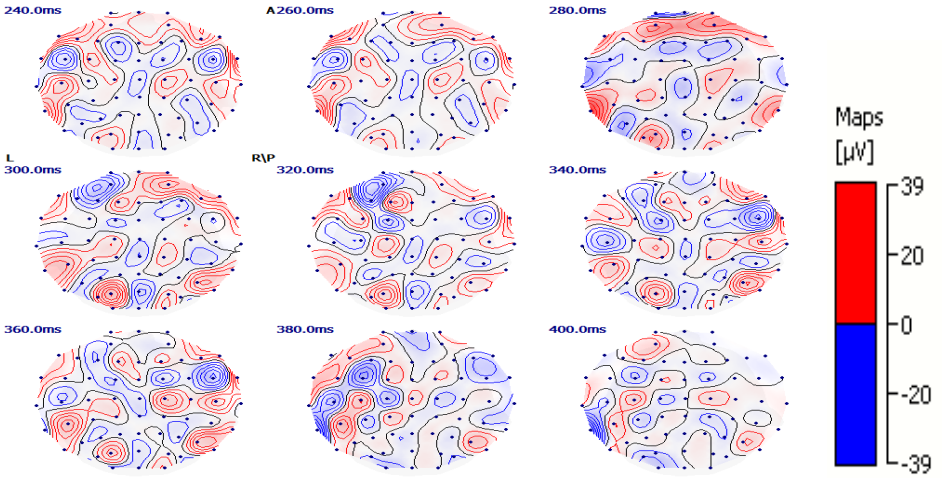
** p < .01

ภาพที่ 4-20 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Target

ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ของกลุ่มใช้เกมแอคชัน ขณะทำกิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที จาก 1 Back Task Target



ภาพที่ 4-21 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองบริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด จาก 1 Back Task Target



ภาพที่ 4-22 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลองบริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด จาก 1 Back Task Target

จากภาพที่ 4-21 และภาพที่ 4-22 แสดงการเปรียบเทียบความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ของกลุ่มใช้ Action Game โดยเส้นสีแดงแสดงถึงความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันบวก (Positive Voltage) หรือแสดงถึงมีการใช้พลังงานของสมองมาก เส้นสีน้ำเงินแสดงถึง ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันลบแสดงถึงมีการใช้พลังงานสมองน้อย

ผลปรากฏว่า หลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game มีภาพความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันบวก (Positive Voltage) ลดลงขณะทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ โดยปรากฏภาพสีแดงจางลง แสดงถึงสมองมีการใช้พลังงานน้อยลง จาก 1 Back Task Target บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพจาก 1 Back Task Target

2.2.1.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target

ตารางที่ 4-19 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target

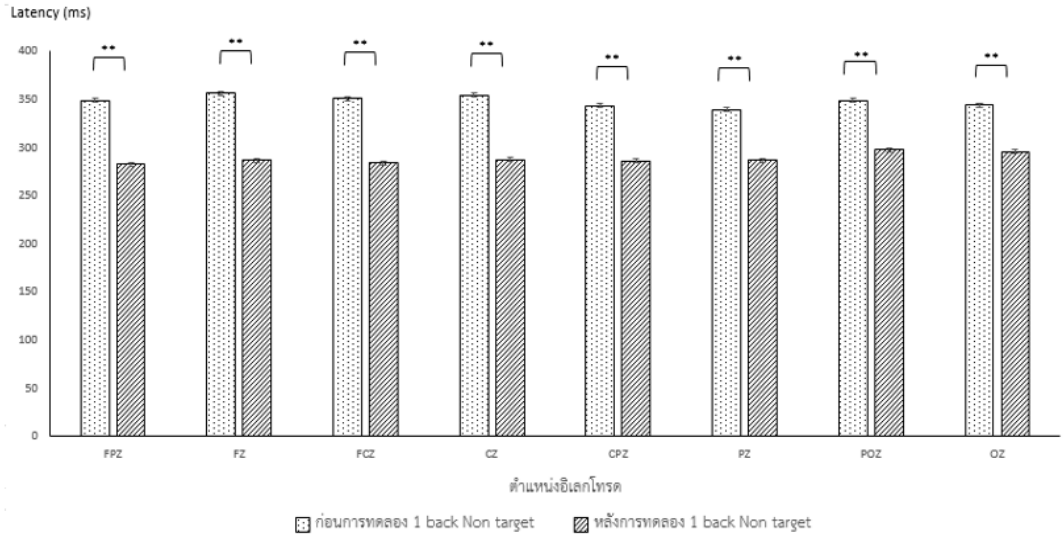
	ก่อนการทดลอง (n = 25)		หลังการทดลอง (n = 25)					
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*
1 Back Task Non-target								
Frontal Middle Line								
FPz	347.76	50.38	281.69	42.31	66.07	24	9.08**	<.01
Fz	355.48	41.79	285.80	27.89	69.58	24	11.32**	<.01
Central Middle Line								
FCz	350.20	43.47	283.20	28.67	67	24	10.08**	<.01
Cz	353.16	39.93	286.36	31.85	66.8	24	9.24**	<.01
CPz	342.20	42.36	285.08	31.23	57.12	24	9.37**	<.01

ตารางที่ 4-19 (ต่อ)

	ก่อนการทดลอง (n = 25)		หลังการทดลอง (n = 25)					
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*
1 Back Task Non-target								
Parietal Middle Line								
Pz	338.52	41.22	285.96	35.40	52.56	24	8.51**	<.01
POz	347.72	47.04	296.80	35.63	50.92	24	6.72**	<.01
Occipital Middle Line								
Oz	343.16	39.67	294.64	40.11	48.52	24	6.36**	<.01

จากตารางที่ 4-19 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำภาพขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle Line) ตำแหน่ง FPz (t = 9.08, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง Fz (t = 11.32, df = 24, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central Middle Line) ตำแหน่ง FCz (t = 10.08, df = 24, p < .01) ตำแหน่ง Cz (t = 9.24, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง CPz (t = 9.37, df = 24, p < .01) บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle Line) ตำแหน่ง Pz (t = 8.51, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง POz (t = 6.72, df = 24, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Middle Line) ตำแหน่ง Oz (t = 6.36, df = 24, p < .01)

สรุปผลการศึกษา กลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังกราฟในภาพที่ 4-23



** $p < .01$

ภาพที่ 4-23 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target

2.2.1.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target

ตารางที่ 4-20 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target

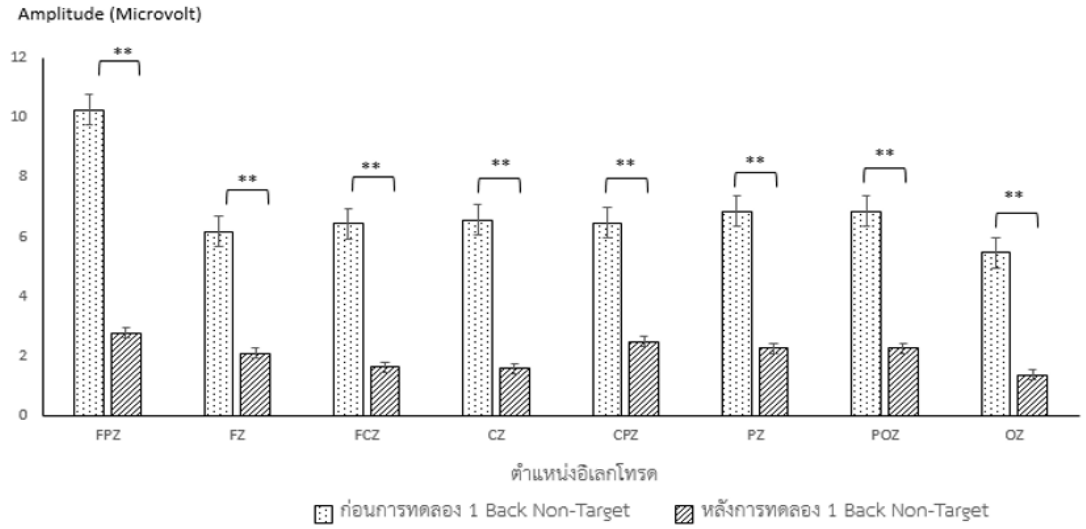
	ก่อนการทดลอง (n = 25)		หลังการทดลอง (n = 25)					
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*
Frontal Middle Line								
FPz	10.26	8.71	2.77	2.31	7.50	24	4.62**	< .01
Fz	6.17	3.48	2.09	1.41	4.08	24	6.15**	< .01

ตารางที่ 4-20 (ต่อ)

	ก่อนการทดลอง (n = 25)		หลังการทดลอง (n = 25)					
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*
Central Middle Line								
FCz	6.44	3.43	1.65	1.15	3.38	24	7.06**	< .01
Cz	6.56	4.26	1.60	1.12	4.96	24	5.95**	< .01
CPz	6.47	3.56	2.48	2.15	3.99	24	7.58**	< .01
Parietal Middle Line								
Pz	6.86	4.09	2.27	1.90	4.96	24	8.31**	< .01
POz	6.86	4.09	2.27	1.89	4.59	24	6.66**	< .01
Occipital Middle Line								
Oz	5.47	3.55	1.38	0.84	4.08	24	6.05**	< .01

จากตารางที่ 4-20 แสดงให้เห็นว่า 1 Back Task Non-target ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle Line) ตำแหน่ง FPz (t = 4.62, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง Fz (t = 6.15, df = 24, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central Middle Line) ตำแหน่ง FCz (t = 7.06, df = 24, p < .01) ตำแหน่ง Cz (t = 5.95, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง CPz (t = 7.58, df = 24, p < .01) บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle Line) ตำแหน่ง Pz (t = 8.31, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง POz (t = 6.66, df = 24, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Middle Line) ตำแหน่ง Oz (t = 6.05, df = 24, p < .01)

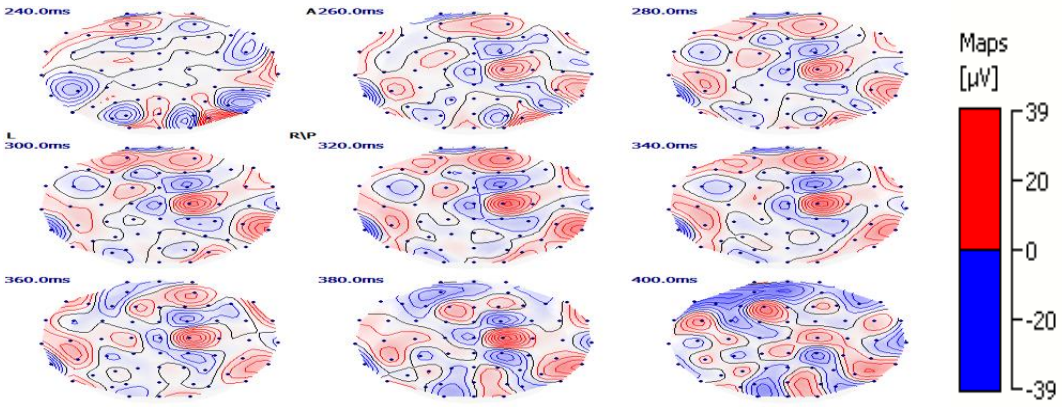
สรุปผลการศึกษา กลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังกราฟในภาพที่ 4-24



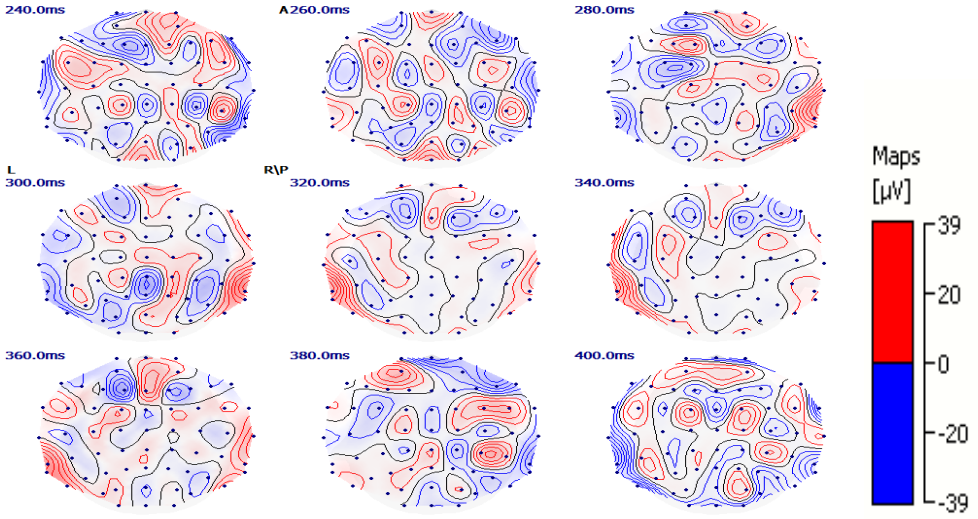
** $p < .01$

ภาพที่ 4-24 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target

ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ของกลุ่มใช้ Action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ใน 1 Back Task Non-target บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที



ภาพที่ 4-25 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลอง บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด จาก 1 Back Task Non-target



ภาพที่ 4-26 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลอง บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด จาก 1 Back Task Non-target

จากภาพที่ 4-25 และภาพที่ 4-26 แสดงการเปรียบเทียบความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ของกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game โดยเส้นสีแดงแสดงถึงความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันบวก (Positive Voltage) หรือแสดงถึงมีการใช้พลังงานของสมองมาก เส้นสีน้ำเงินแสดงถึงความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันลบ (Negative Voltage) แสดงถึงมีการใช้พลังงานของสมองน้อย ผลปรากฏว่า หลังการทดลอง กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game มีภาพความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันบวก (Positive Voltage) ลดลง ขณะทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ โดยปรากฏภาพสีแดงจางลง แสดงถึงสมองมีการใช้พลังงานน้อยลง พบที่บริเวณเปลือกสมองด้านหน้า (Frontal) บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central) และบริเวณเปลือกสมองส่วนท้าย (Occipital) ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 1 Back Task Non-target

2.2.1.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Target

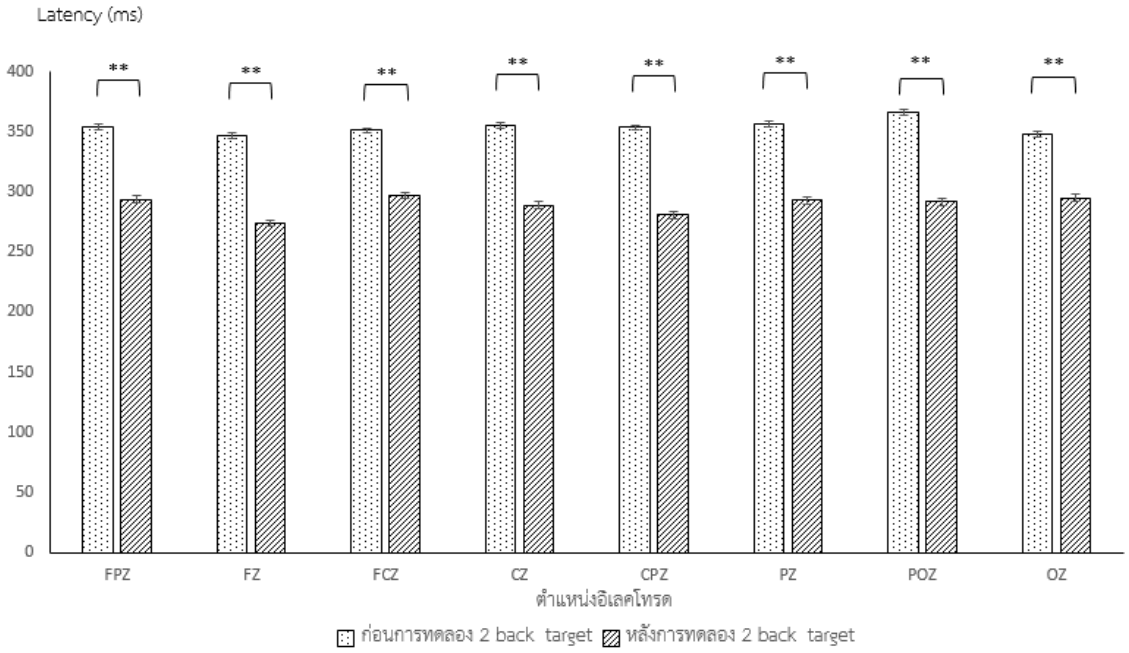
ตารางที่ 4-21 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Target

	ก่อนการทดลอง (n = 25)		หลังการทดลอง (n = 25)					
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*
2 Back Task Target								
Frontal Middle Line								
FPz	354.24	42.62	293.64	40.57	60.6	24	8.49**	< .01
Fz	346.76	46.22	273.92	41.97	72.84	24	8.80**	< .01
Central Middle Line								
FCz	351.08	38.73	286.80	33.55	64.28	24	9.59**	< .01
Cz	355.36	36.24	288.84	30.09	66.52	24	10.12**	< .01
CPz	353.68	43.42	280.92	33.33	72.76	24	8.96**	< .01
Parietal Middle Line								
Pz	356.36	37.74	292.84	30.22	63.52	24	9.95**	< .01
POz	365.92	31.89	291.68	40.67	74.24	24	8.56**	< .01
Oz	348.16	39.52	295.12	34.65	53.04	24	6.80**	< .01

จากตารางที่ 4-21 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 2 Back Task Target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle Line) ตำแหน่ง FPz (t = 8.49, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง Fz (t = 8.80, df = 24, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central Middle Line) ตำแหน่ง FCz (t = 9.59, df = 24, p < .01) ตำแหน่ง Cz (t = 10.12, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง CPz (t = 8.96, df = 24, p < .01) บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle Line) ตำแหน่ง Pz (t = 9.95, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง POz (t = 8.56, df = 24, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Middle Line) ตำแหน่ง Oz (t = 6.80, df = 24, p < .01)

สรุปผลการศึกษากลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 2 Back Task Target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังกราฟในภาพที่ 4-27



** p < .01

ภาพที่ 4-27 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลองจาก 2 Back Task Target

2.2.1.6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Target

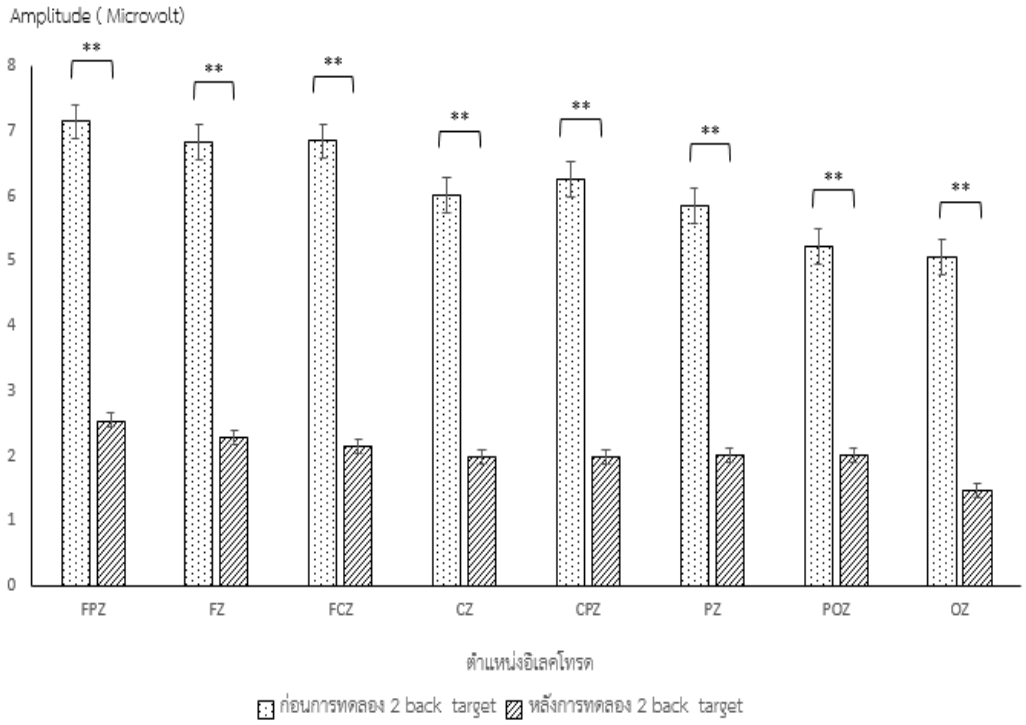
ตารางที่ 4-22 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Target

	ก่อนการทดลอง (n = 25)		หลังการทดลอง (n = 25)					
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*
2 Back Task Target								
Frontal Middle Line								
FPz	7.14	2.82	2.54	1.81	4.60	24	7.11**	< .01
Fz	6.83	3.11	2.28	1.78	4.55	24	7.31**	< .01
Central Middle Line								
FCz	6.84	3.35	2.15	1.49	4.69	24	7.68**	< .01
Cz	6.02	2.51	1.98	1.93	4.04	24	7.66**	< .01
CPz	6.26	2.98	1.97	2.06	4.29	24	7.36**	< .01
Parietal Middle Line								
Pz	5.84	2.96	2.00	1.72	3.84	24	6.83**	< .01
POz	5.21	2.80	2.01	1.38	3.20	24	6.83**	< .01
Occipital Middle Line								
Oz	5.06	3.28	1.46	1.01	3.60	24	6.83**	< .01

จากตารางที่ 4-22 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลอง จาก 2 Back Task Target มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle Line) ตำแหน่ง FPz

(t = 7.11, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง Fz (t = 7.31, df = 24, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central Middle Line) ตำแหน่ง FCz (t = 7.68, df = 24, p < .01) ตำแหน่ง Cz (t = 7.66, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง CPz (t = 7.36, df = 24, p < .01) บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle Line) ตำแหน่ง Pz (t = 6.83, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง POz (t = 6.83, df = 24, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Middle Line) ตำแหน่ง Oz (t = 6.83, df = 24, p < .01)

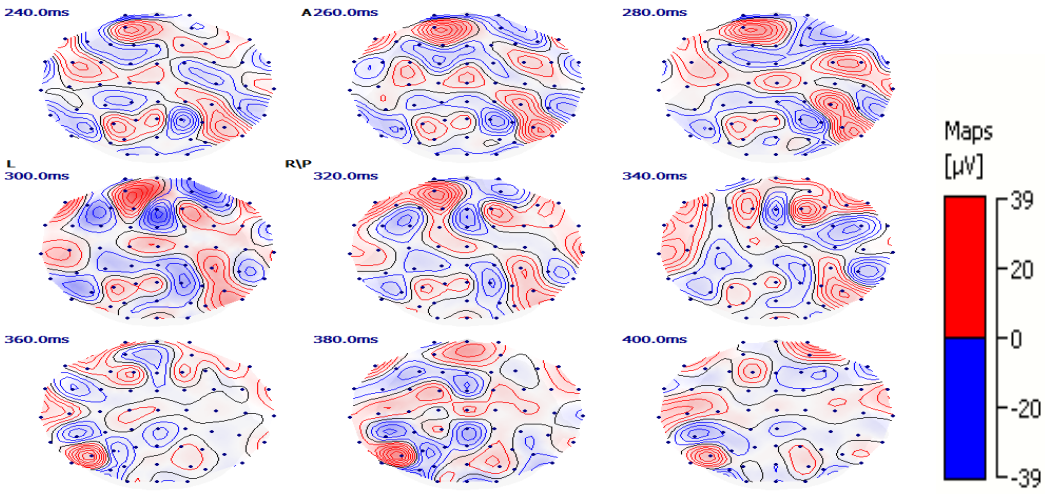
สรุปผลการศึกษากลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 2 Back Task Target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังกราฟในภาพที่ 4-28



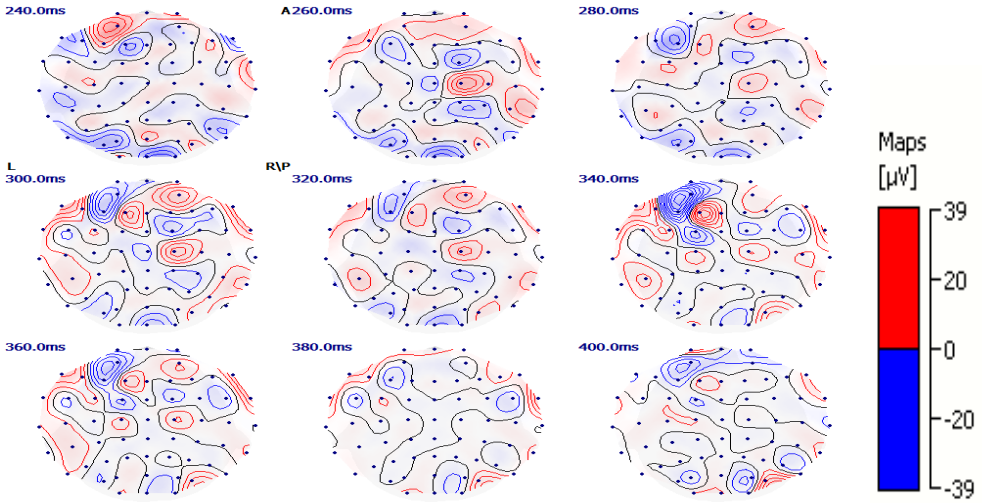
** p < .01

ภาพที่ 4-28 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Target

ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ของกลุ่มใช้ Action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที จาก 2 Back Task Target



ภาพที่ 4-29 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลอง บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด จาก 2 Back Task Target



ภาพที่ 4-30 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลอง บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด จาก 2 Back Task Target

จากภาพที่ 4-29 และภาพที่ 4-30 แสดงการเปรียบเทียบความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ของกลุ่มใช้ Action Game โดยเส้นสีแดงแสดงถึงความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันบวก (Positive Voltage) หรือแสดงถึงมีการใช้พลังงานของสมองมาก เส้นสีน้ำเงินแสดงถึงความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันลบ (Negative Voltage) แสดงถึงมีการใช้พลังงานของสมองน้อย ผลปรากฏว่า หลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game มีภาพความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันบวก (Positive Voltage) ลดลงขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ โดยปรากฏภาพสีแดงจางลงแสดงถึงสมองมีการใช้พลังงานน้อยลง พบที่บริเวณเปลือกสมองด้านหน้า (Frontal) ที่ตำแหน่ง FPz และ Fz บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central) ที่ตำแหน่ง FCz, Cz และ CPz บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal) ที่ตำแหน่ง Pz และ POz และบริเวณเปลือกสมองส่วนท้าย (Occipital) ที่ตำแหน่ง Oz ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 2 Back Task Target

2.2.1.7 เปรียบเทียบความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target

ตารางที่ 4-23 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target

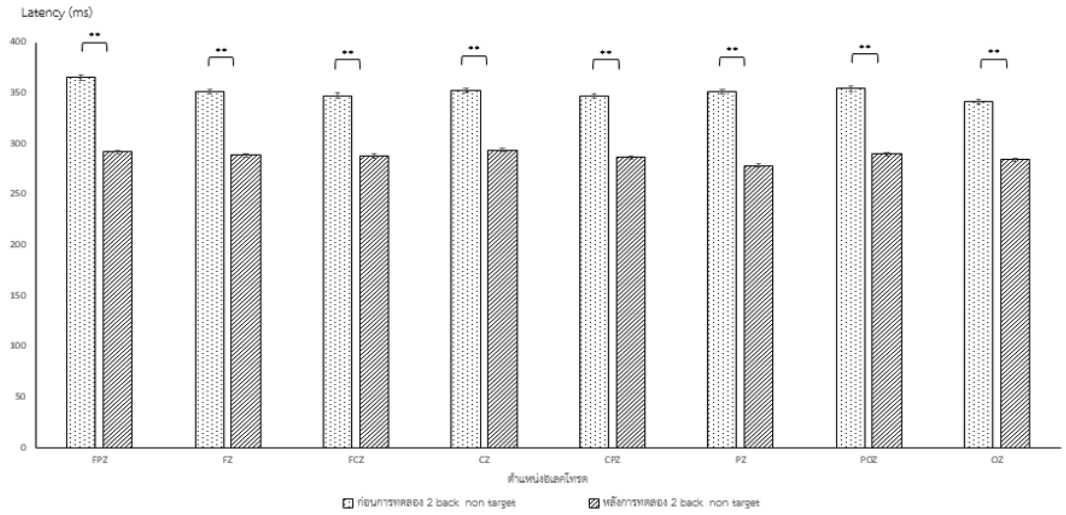
	ก่อนการทดลอง (n = 25)		หลังการทดลอง (n = 25)					
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*
2 Back Task Non-target								
Frontal Middle Line								
FPz	365.40	47.39	292.32	36.63	73.08	24	6.87**	< .01
Fz	351.28	46.95	289.04	41.86	62.24	24	8.21**	< .01
Central Middle Line								
FCz	347.52	46.74	288.04	36.67	59.48	24	8.57**	< .01
Cz	352.36	40.94	293.96	40.47	58.4	24	8.57**	< .01
CPz	347.36	34.85	286.72	29.68	60.64	24	9.78**	< .01

ตารางที่ 4-23 (ต่อ)

	ก่อนการทดลอง (n = 25)		หลังการทดลอง (n = 25)					
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*
2 Back Task Non-target								
Parietal Middle Line								
Pz	351.32	31.42	278.36	37.82	72.96	24	9.13**	< .01
POz	354.52	43.28	289.92	31.50	64.6	24	9.42**	< .01
Occipital Middle Line								
Oz	341.52	47.27	284.60	38.03	56.92	24	9.19**	< .01

จากตารางที่ 4-23 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลอง มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle Line) ตำแหน่ง FPZ (t = 6.87, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง FZ (t = 8.21, df = 24, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central Middle Line) ตำแหน่ง FCz (t = 8.57, df = 24, p < .01) ตำแหน่ง Cz (t = 8.57, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง CPz (t = 9.78, df = 24, p < .01) บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle Line) ตำแหน่ง Pz (t = 9.13, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง POz (t = 9.42, df = 24, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Middle Line) ตำแหน่ง Oz (t = 9.19, df = 24, p < .01)

สรุปผลการศึกษา กลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังกราฟในภาพที่ 4-31



** $p < .01$

ภาพที่ 4-31 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target

2.2.1.8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target

ตารางที่ 4-24 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target

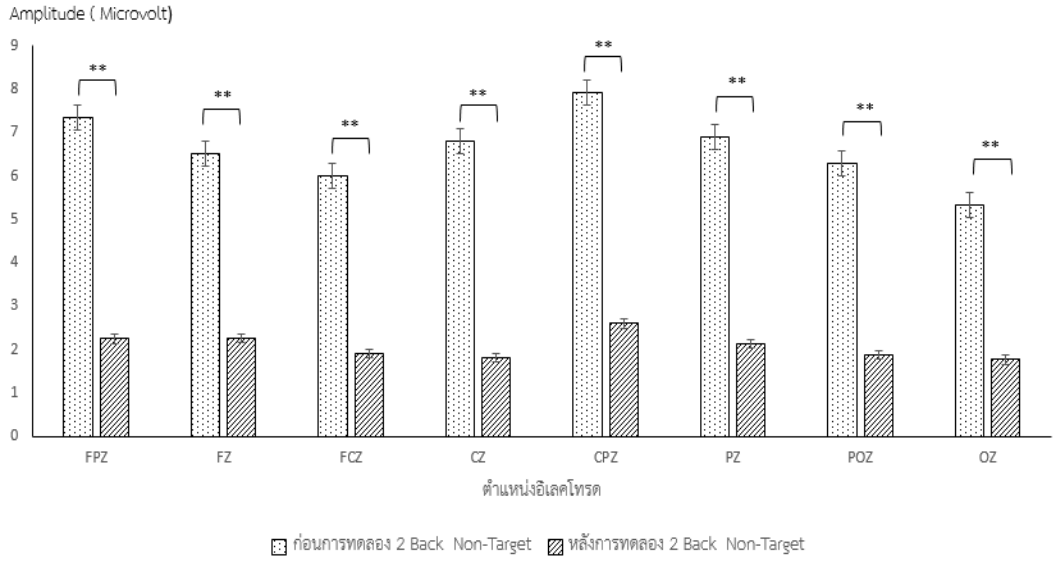
	ก่อนทดลอง (n = 25)		หลังทดลอง (n = 25)					
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*
2 Back Task Non-target								
Frontal Middle Line								
FPz	7.35	3.60	2.25	2.13	5.09	24	6.64**	< .01
Fz	6.52	3.08	2.26	0.88	4.26	24	7.71**	< .01

ตารางที่ 4-24 (ต่อ)

	ก่อนทดลอง (n = 25)		หลังทดลอง (n = 25)					
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*
2 Back Task Non-target								
Central Middle Line								
FCz	5.99	3.19	1.91	1.75	4.08	24	6.52**	< .01
Cz	6.80	3.40	1.82	1.50	4.98	24	8.31**	< .01
CPz	7.92	3.87	2.60	3.06	5.32	24	7.15**	< .01
Parietal Middle Line								
Pz	6.90	3.45	2.14	1.85	7.38	24	7.38**	< .01
POz	6.28	3.22	1.88	1.34	4.40	24	7.50**	< .01
Occipital Middle Line								
Oz	5.33	2.68	1.77	1.01	3.57	24	6.94**	< .01

จากตารางที่ 4-24 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลอง มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle Line) ตำแหน่ง FPz (t = 6.64, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง Fz (t = 7.71, df = 24, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central Middle Line) ตำแหน่ง FCz (t = 6.52, df = 24, p < .01) ตำแหน่ง Cz (t = 8.31, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง CPz (t = 7.15, df = 24, p < .01) บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle Line) ตำแหน่ง Pz (t = 7.38, df = 24, p < .01) และตำแหน่ง POz (t = 7.50, df = 24, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Middle Line) ตำแหน่ง Oz (t = 6.94, df = 24, p < .01)

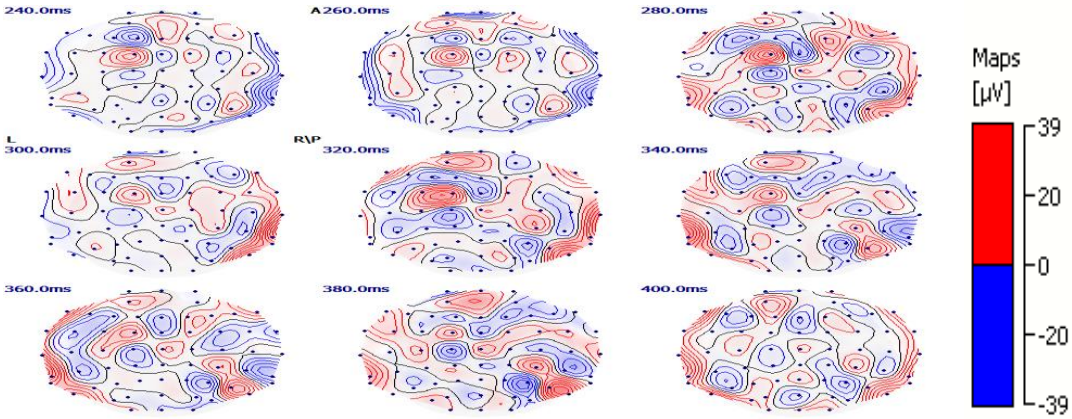
สรุปผลการศึกษากลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังแสดงในภาพที่ 4-32



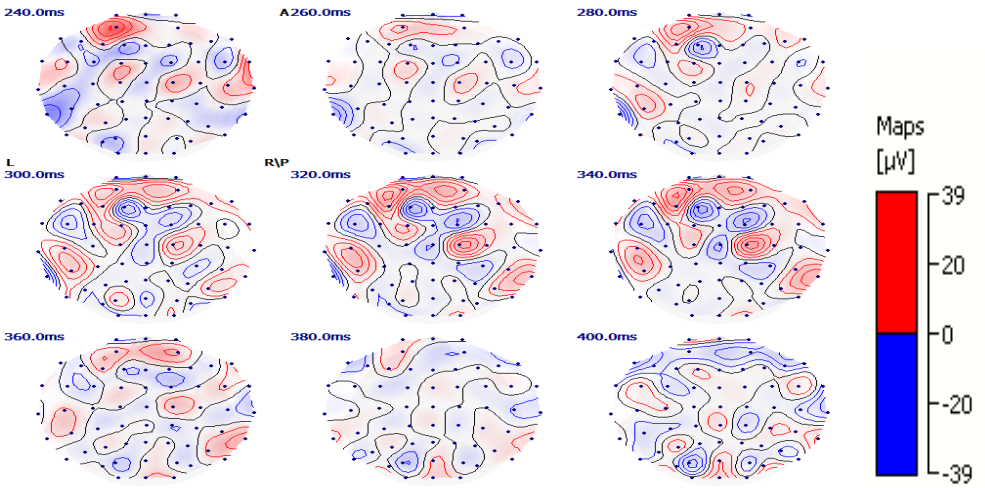
** $p < .01$

ภาพที่ 4-32 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target

ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ของกลุ่มใช้ Action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที จาก 2 Back Task Non-target

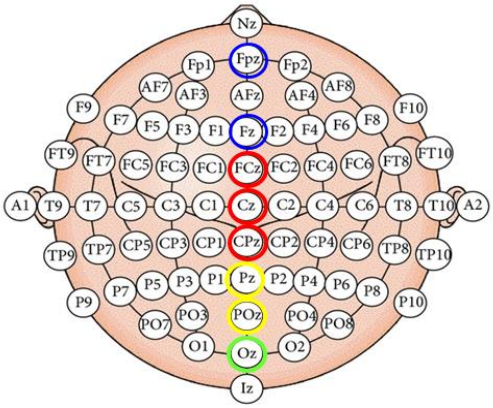


ภาพที่ 4-33 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพกลุ่มใช้ Action Game ก่อนการทดลอง บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด จาก 2 Back Task Non-target



ภาพที่ 4-34 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลอง บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด จาก 2 Back Task Non-target

จากภาพที่ 4-33 และภาพที่ 4-34 แสดงการเปรียบเทียบความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ของกลุ่มใช้ Action Game โดยเส้นสีแดงแสดงถึงความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันบวก (Positive Voltage) หรือแสดงถึงมีการใช้พลังงานของสมองมาก เส้นสีน้ำเงินแสดงถึง ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันลบ (Negative Voltage) แสดงถึงมีการใช้พลังงานของสมองน้อย ผลปรากฏว่า หลังการทดลอง กลุ่มใช้ Action Game มีภาพความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันบวก (Positive Voltage) ลดลงขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ โดยปรากฏภาพสีแดงจางลง แสดงถึงสมองมีการใช้พลังงานน้อยลง พบที่บริเวณเปลือกสมองด้านหน้า (Frontal) ที่ตำแหน่ง FPz และ Fz บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central) ที่ตำแหน่ง FCz, Cz และ CPz บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal) ที่ตำแหน่ง Pz และ POz และบริเวณเปลือกสมองส่วนท้าย (Occipital) ที่ตำแหน่ง Oz ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพจาก 2 Back Task Non-target

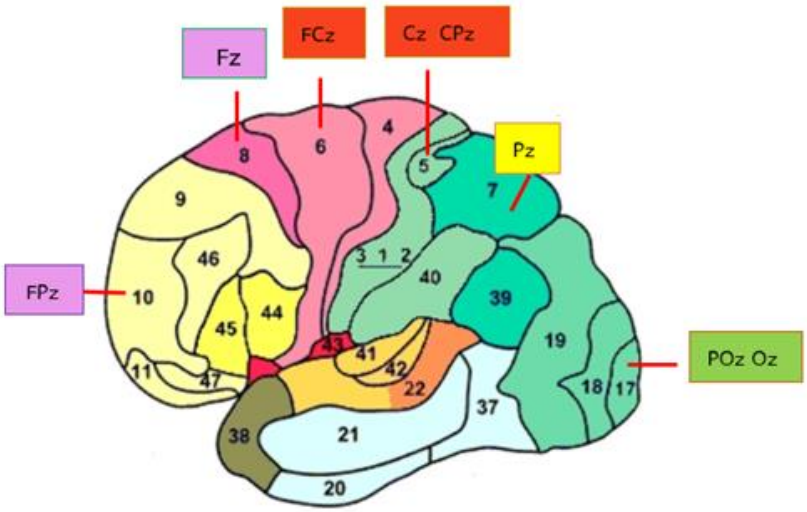


บริเวณเปลือกสมอง Frontal Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Central Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Parietal Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Occipital Middle Line



ภาพที่ 4-35 ตำแหน่งอิเลคโทรด และ Brodmann Area ของกลุ่มใช้ Action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก N-Back Task

สรุปภาพรวม กลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลอง น้อยกว่าก่อนการทดลอง ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ บริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) ที่ตำแหน่ง FPz และ Fz

บริเวณเปลือกสมองส่วนบน (Parietal Lobe) ที่ตำแหน่ง FCz, Cz, CPz, Pz และ POz และบริเวณเปลือกสมองส่วนท้าย (OccipitalLobe) ที่ตำแหน่ง Oz อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สรุปผลการศึกษา สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 4 คือ กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game หลังการทดลอง มีค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพน้อยกว่าก่อนการทดลอง

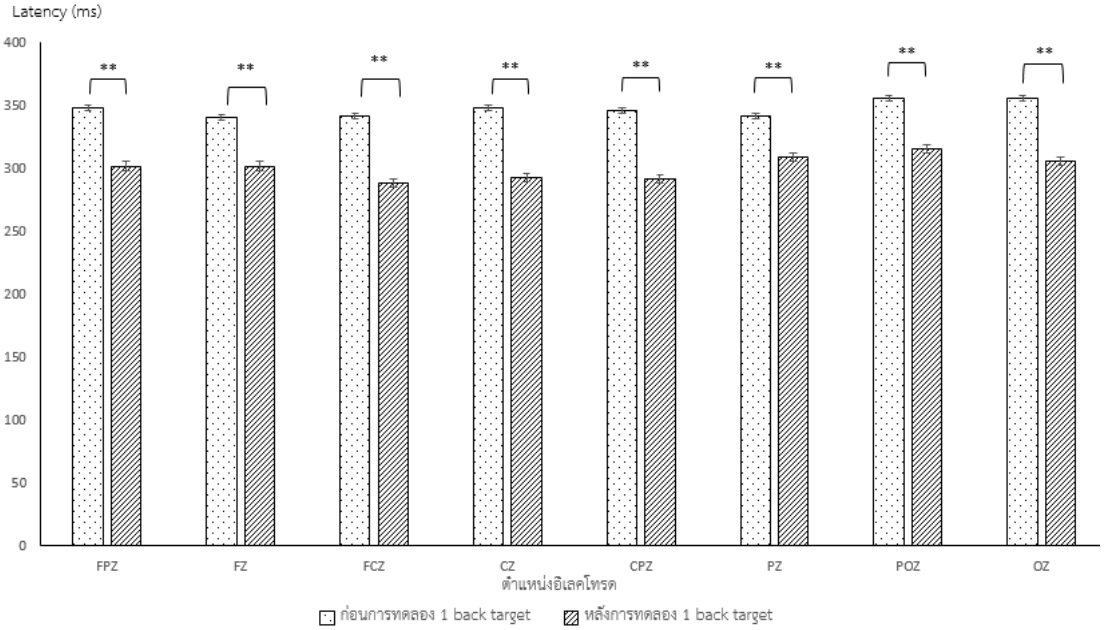
2.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Target

ตารางที่ 4-25 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลองจาก 1 Back Task Target

	ก่อนการทดลอง (n = 24)		หลังการทดลอง (n = 24)					
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*
1 Back Task Target								
Frontal Middle Line								
FPz	347.96	54.56	301.42	46.57	46.54	23	7.70**	< .01
Fz	339.54	51.37	301.42	39.79	38.12	23	5.78**	< .01
Central Middle Line								
FCz	341.54	45.28	287.79	36.61	53.75	23	6.30**	< .01
Cz	347.37	40.74	292.29	38.19	55.08	23	5.69**	< .01
CPz	345.58	42.29	290.96	33.89	54.62	23	5.86**	< .01
Parietal Middle Line								
Pz	340.58	44.81	308.50	42.66	32.08	23	6.35**	< .01
POz	355.46	38.66	314.88	37.360	40.58	23	6.76**	< .01
Occipital Middle Line								
Oz	354.96	42.29	305.04	36.87	49.92	23	6.76**	< .01

จากตารางที่ 4-25 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game หลังการทดลอง จาก 1 Back Task Target มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle Line) ตำแหน่ง FPz (t = 7.70, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง Fz (t = 5.78, df = 23, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central Middle Line) ตำแหน่ง FCz (t = 6.30, df = 23, p < .01) ตำแหน่ง Cz (t = 5.69, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง CPz (t = 5.86, df = 23, p < .01) บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle Line) ตำแหน่ง Pz (t = 6.35, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง POz (t = 6.76, df = 23, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Middle Line) ตำแหน่ง Oz (t = 6.76, df = 23, p < .01)

สรุปผลการศึกษากลุ่มใช้ Non-action Game มีค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลอง น้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 1 Back Task Target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังแสดงกราฟในภาพที่ 4-36



** p < .01

ภาพที่ 4-36 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Target

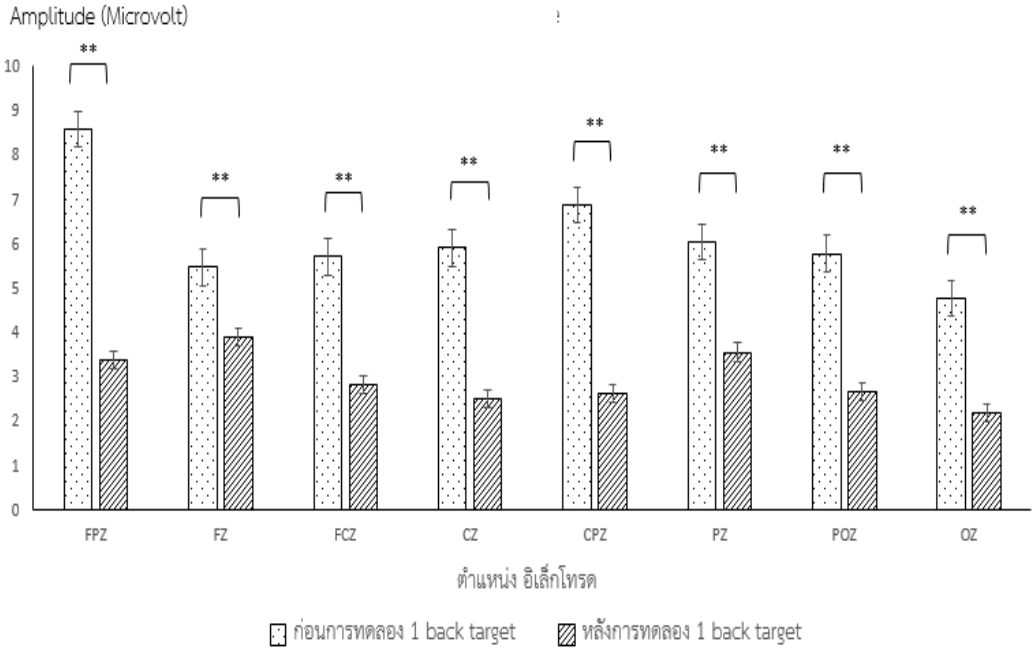
2.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Target

ตารางที่ 4-26 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Target

	ก่อนการทดลอง (n = 25)		หลังการทดลอง (n = 25)					
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*
1 Back Task Target								
Frontal Middle Line								
FPz	8.58	7.20	3.37	2.84	5.21	23	3.82**	< .01
Fz	5.46	3.65	3.88	2.49	1.57	23	4.63**	< .01
Central Middle Line								
FCz	5.69	3.55	2.81	2.18	2.87	23	4.89**	< .01
Cz	5.89	3.33	2.50	1.54	3.40	23	5.78**	< .01
CPz	6.85	4.56	2.63	1.95	4.23	23	5.46**	< .01
Parietal Middle Line								
Pz	6.02	3.20	3.54	2.03	2.48	23	6.30**	< .01
POz	5.76	3.31	2.66	2.04	3.09	23	5.06**	< .01
Occipital Middle Line								
Oz	4.75	2.38	2.18	1.48	2.60	23	6.07**	< .01

จากตารางที่ 4-26 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มใช้ Non-action Game มีค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 1 Back Task Target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle Line) ตำแหน่ง FPz (t = 3.82, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง Fz (t = 4.63, df = 23, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central Middle Line) ตำแหน่ง FCz (t = 4.89, df = 23, p < .01) ตำแหน่ง Cz (t = 5.78, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง CPz (t = 5.46, df = 23, p < .01) บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle Line) ตำแหน่ง Pz (t = 6.30, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง POz (t = 5.06, df = 23, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Middle Line) ตำแหน่ง Oz (t = 6.07, df = 23, p < .01)

สรุปผลการศึกษา กลุ่มใช้ Non-action Game ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 1 Back Task Target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังแสดงกราฟในภาพที่ 4-37



** p < .01

ภาพที่ 4-37 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Target

2.3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target

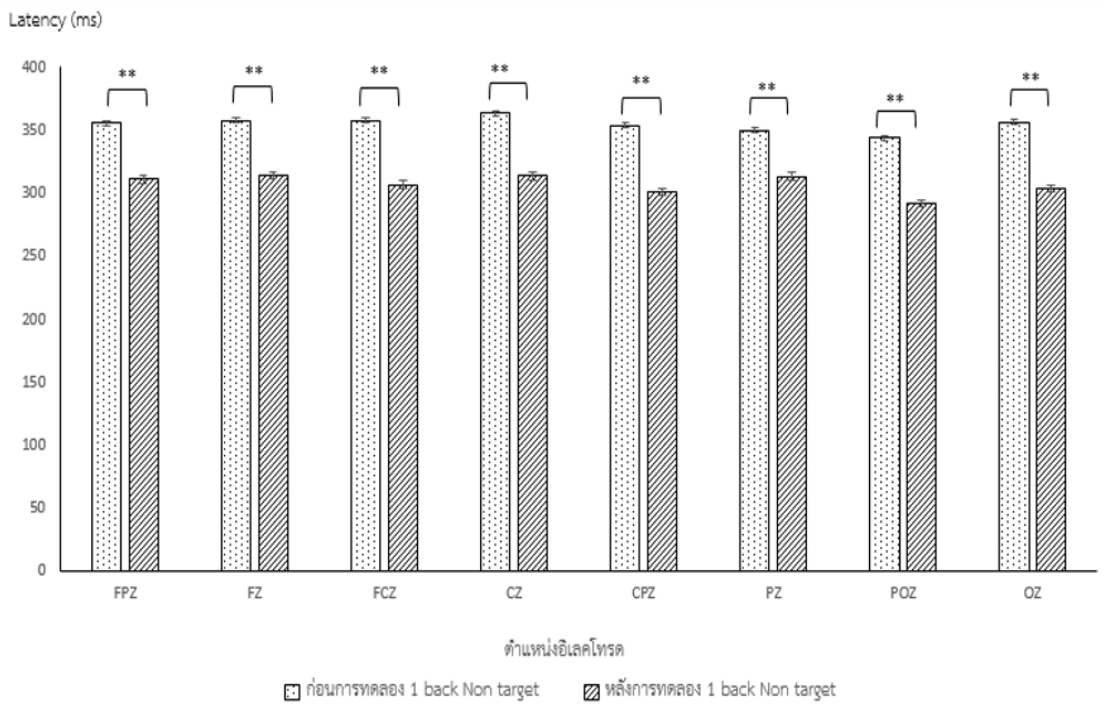
ตารางที่ 4-27 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target

	ก่อนการทดลอง (n = 24)		หลังการทดลอง (n = 24)					
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*
1 Back Task Non-target								
Frontal Middle Line								
FPz	355.87	44.63	310.96	41.53	44.91	23	6.68**	< .01
Fz	357.75	33.95	314.58	29.98	43.17	23	6.92**	< .01
Central Middle Line								
FCz	357.96	33.84	306.83	25.11	51.13	23	7.55**	< .01
Cz	363.42	35.66	313.67	25.67	49.75	23	7.18**	< .01
CPz	353.92	41.01	301.50	28.08	52.42	23	6.58**	< .01
Parietal Middle Line								
Pz	349.92	38.75	313.42	45.88	36.5	23	8.02**	< .01
POz	343.79	35.97	291.67	37.76	52.12	23	6.17**	< .01
Occipital Middle Line								
Oz	356.50	35.01	303.58	36.99	52.92	23	7.60**	< .01

จากตารางที่ 4-27 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Non-action Game หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle Line) ตำแหน่ง FPz (t = 6.68, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง Fz (t = 6.92, df = 23, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง

(Central Middle Line) ตำแหน่ง FCz (t = 7.55, df = 23, p < .01) ตำแหน่ง Cz (t = 7.18, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง CPz (t = 6.58, df = 23, p < .01) บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle Line) ตำแหน่ง Pz (t = 8.02, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง POz (t = 6.17, df = 23, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Middle Line) ตำแหน่ง Oz (t = 7.60, df = 23, p < .01) เมื่อนำค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target

สรุปผลการศึกษา กลุ่มใช้ Non-action Game มีค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังกราฟในภาพที่ 4-38



** p < .01

ภาพที่ 4-38 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target

2.4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่ม Non-action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target

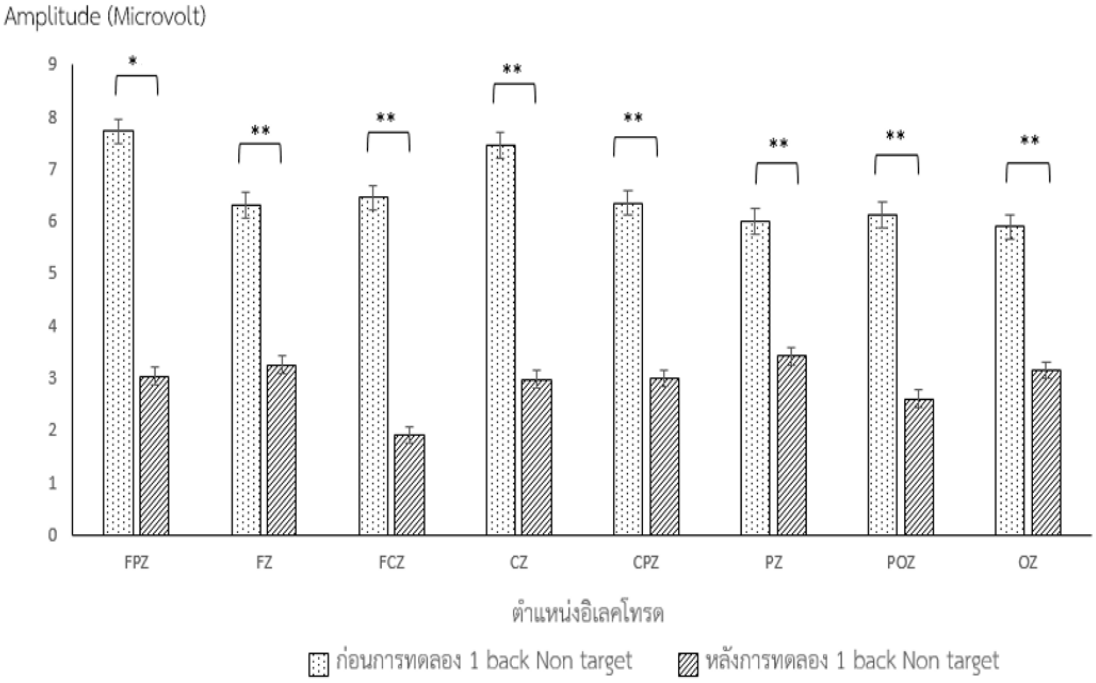
ตารางที่ 4-28 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target

	ก่อนการทดลอง (n = 24)		หลังการทดลอง (n = 24)					
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*
1 Back Task Non-target								
Frontal Middle Line								
FPz	7.73	9.48	3.04	2.24	4.69	23	2.42*	< .05
Fz	6.31	3.71	3.26	2.38	3.05	23	5.12**	< .01
Central Middle Line								
FCz	6.46	3.83	1.92	1.53	4.54	23	5.88**	< .01
Cz	7.46	6.24	2.98	3.09	4.48	23	4.82**	< .01
CPz	6.36	2.50	3.00	2.10	3.36	23	7.70**	< .01
Parietal Middle Line								
Pz	6.01	2.88	3.42	2.44	2.59	23	8.22**	< .01
POz	6.13	3.17	2.61	1.98	3.53	23	5.69**	< .01
Occipital Middle Line								
Oz	5.90	2.76	3.16	2.54	2.74	23	6.14**	< .01

จากตารางที่ 4-28 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Non-action Game หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle Line) ตำแหน่ง FPz (t = 2.42, df = 23, p < .05) และตำแหน่ง Fz (t = 5.12, df = 23, p < .01)

บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central Middle line) ตำแหน่ง FCz (t = 5.88, df = 23, p < .01) ตำแหน่ง Cz (t = 4.82, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง CPz (t = 7.70, df = 23, p < .01) บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle line) ตำแหน่ง Pz (t = 8.22, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง POz (t = 5.69, df = 23, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Middle Line) และตำแหน่ง Oz (t = 6.14, df = 23, p < .01)

สรุปผลการศึกษา กลุ่มใช้ Non-action Game มีค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังกราฟในภาพที่ 4-39



** p < .01, *p < .05

ภาพที่ 4-39 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 1 Back Task Non-target

2.5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Target

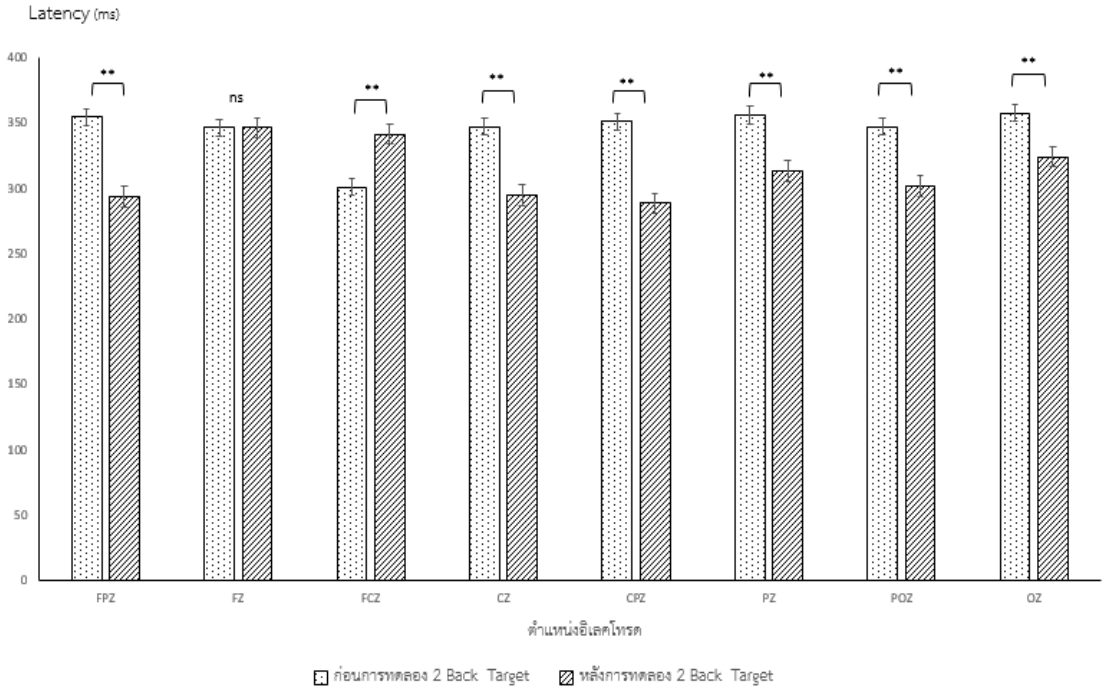
ตารางที่ 4-29 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Target

	ก่อนการทดลอง (n = 24)		หลังการทดลอง (n = 24)					
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*
2 Back Task Target								
Frontal Middle Line								
FPz	354.24	42.62	293.64	40.57	60.6	23	8.49**	< .01
Fz	345.92	47.02	346.08	49.43	-0.16	23	0.01	.99
Central Middle Line								
FCz	300.50	46.91	341.08	40.45	-40.58	23	4.82**	< .01
Cz	346.88	43.90	294.25	39.92	52.63	23	6.52**	< .01
CPz	350.75	43.00	288.17	34.33	62.58	23	7.43**	< .01
Parietal Middle Line								
Pz	355.63	43.67	313.04	37.97	42.59	23	8.28**	< .01
POz	346.83	40.47	301.25	37.58	45.58	23	5.75**	< .01
Occipital Middle Line								
Oz	357.21	33.56	323.79	38.51	33.42	23	7.19**	< .01

จากตารางที่ 4-29 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 2 Back Task Target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle Line) ตำแหน่ง FPz (t = 8.49, df = 24, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central Middle Line)

ตำแหน่ง FCz (t = 4.82, df = 23, p < .01) ตำแหน่ง Cz (t = 6.52, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง CPz (t = 7.43, df = 23, p < .01) บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle Line) ตำแหน่ง Pz (t = 8.28, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง POz (t = 5.75, df = 23, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Middle Line) และตำแหน่ง Oz (t = 7.19, df = 23, p < .01)

สรุปผลการศึกษากลุ่มใช้ Non-action Game มีค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 2 Back Task Target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ยกเว้นตำแหน่ง Fz ดังกราฟในภาพที่ 4-40



** p < .01

ภาพที่ 4-40 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Target

2.6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Target

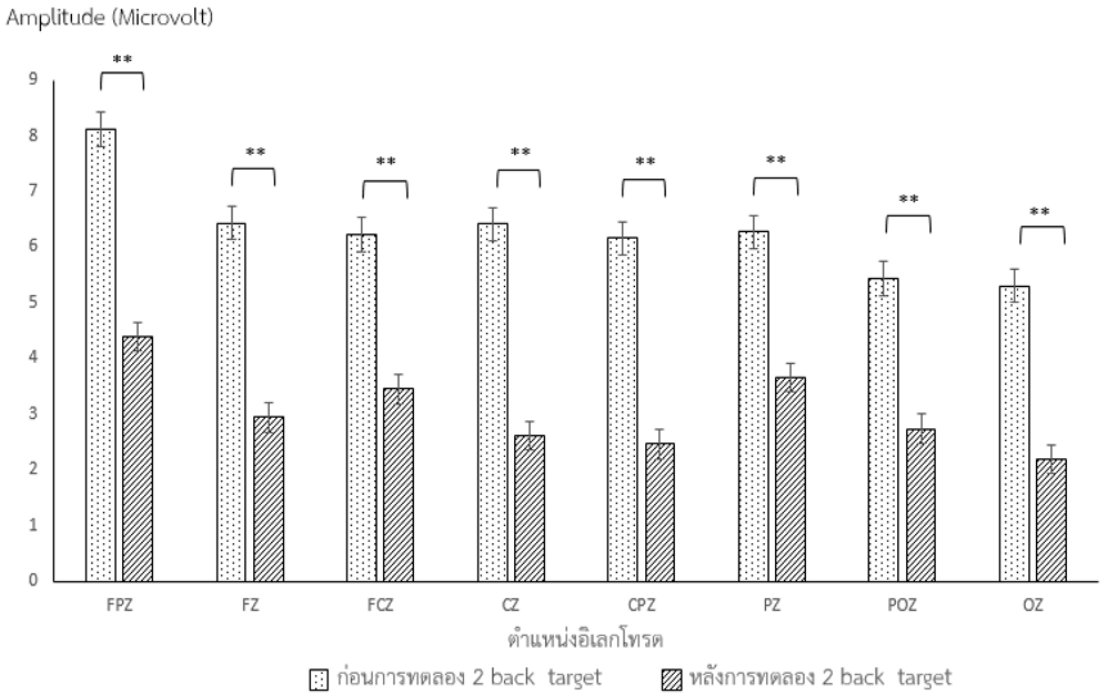
ตารางที่ 4-30 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Target

	ก่อนการทดลอง (n = 24)		หลังการทดลอง (n = 24)					
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*
2 Back Task Target								
Frontal Middle Line								
FPz	8.12	2.78	4.40	2.01	3.72	23	8.79**	< .01
Fz	6.43	3.38	2.94	1.67	3.49	23	5.67**	< .01
Central Middle Line								
FCz	6.22	3.17	3.45	1.89	2.77	23	5.50**	< .01
Cz	6.40	2.99	2.62	1.82	3.79	23	7.64**	< .01
CPz	6.16	2.50	2.46	1.63	3.70	23	7.56**	< .01
Parietal Middle Line								
Pz	6.27	3.11	3.65	2.21	2.63	23	6.25**	< .01
POz	5.44	2.67	2.73	1.79	2.70	23	5.88**	< .01
Occipital Middle Line								
Oz	5.30	2.15	2.19	1.35	3.10	23	7.68**	< .01

จากตารางที่ 4-30 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มใช้ Non-action Game มีค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 2 Back Task Target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle line) ตำแหน่ง FPz

(t = 8.79, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง Fz (t = 5.67, df = 23, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central Middle Line) ตำแหน่ง FCz (t = 5.50, df = 23, p < .01) ตำแหน่ง Cz (t = 7.64, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง CPz (t = 7.56, df = 23, p < .01) บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle Line) ตำแหน่ง Pz (t = 6.25, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง POz (t = 5.88, df = 23, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Middle Line) ตำแหน่ง Oz (t = 7.68, df = 23, p < .01)

สรุปผลการศึกษา กลุ่มใช้ Non-action Game ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 2 Back Task Target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังกราฟในภาพที่ 4-41



** p < .01

ภาพที่ 4-41 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Target

2.7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target

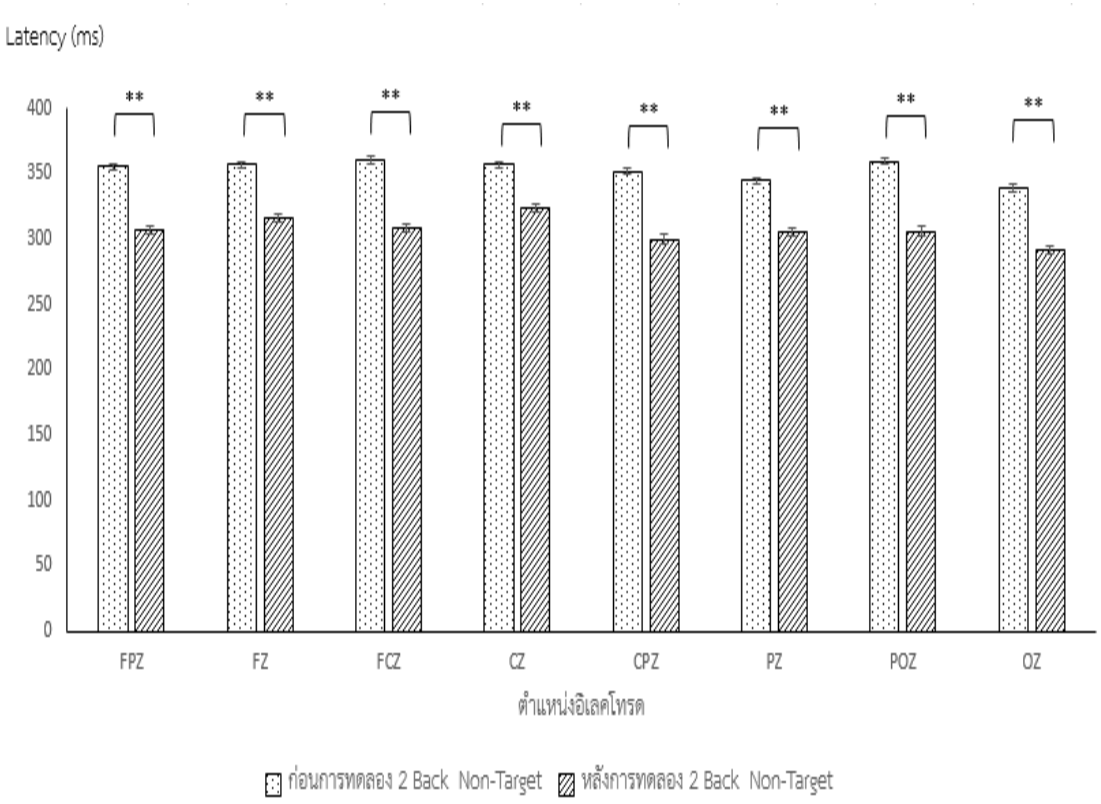
ตารางที่ 4-31 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target

	ก่อนการทดลอง (n = 24)		หลังการทดลอง (n = 24)					
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*
2 Back Task Non-target								
Frontal Middle Line								
FPz	355.29	39.99	307.25	39.74	48.08	23	5.87**	< .01
Fz	356.67	35.47	316.29	42.94	40.38	23	7.50**	< .01
Central Middle Line								
FCz	360.08	57.72	308.54	54.79	51.54	23	6.95**	< .01
Cz	356.67	38.36	323.67	40.59	33	23	12.39**	< .01
CPz	351.88	49.68	299.71	34.22	52.17	23	8.40**	< .01
Parietal Middle Line								
Pz	344.71	42.47	305.63	39.89	39.08	23	7.70**	< .01
POz	359.25	54.93	305.92	33.70	53.33	23	6.84**	< .01
Occipital Middle Line								
Oz	338.92	34.81	291.79	37.00	47.13	23	17.12**	< .01

จากตารางที่ 4-31 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Non-action Game หลังการทดลอง มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle Line) ตำแหน่ง FPz (t = 5.87, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง Fz (t = 7.50, df = 23, p < .01) ที่บริเวณเปลือกสมอง

ส่วนกลาง (Central Middle Line) ตำแหน่ง FCz (t = 6.95, df = 23, p < .01) ตำแหน่ง Cz (t = 12.39, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง CPz (t = 8.40, df = 23, p < .01) ที่บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle Line) ตำแหน่ง Pz (t = 7.70, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง POz (t = 6.84, df = 23, p < .01) ที่บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Middle Line) ตำแหน่ง Oz (t = 17.12, df = 23, p < .01)

สรุปผลการศึกษากลุ่มใช้ Non-action Game ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังกราฟในภาพที่ 4-42



** p < .01

ภาพที่ 4-42 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target

2.8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target

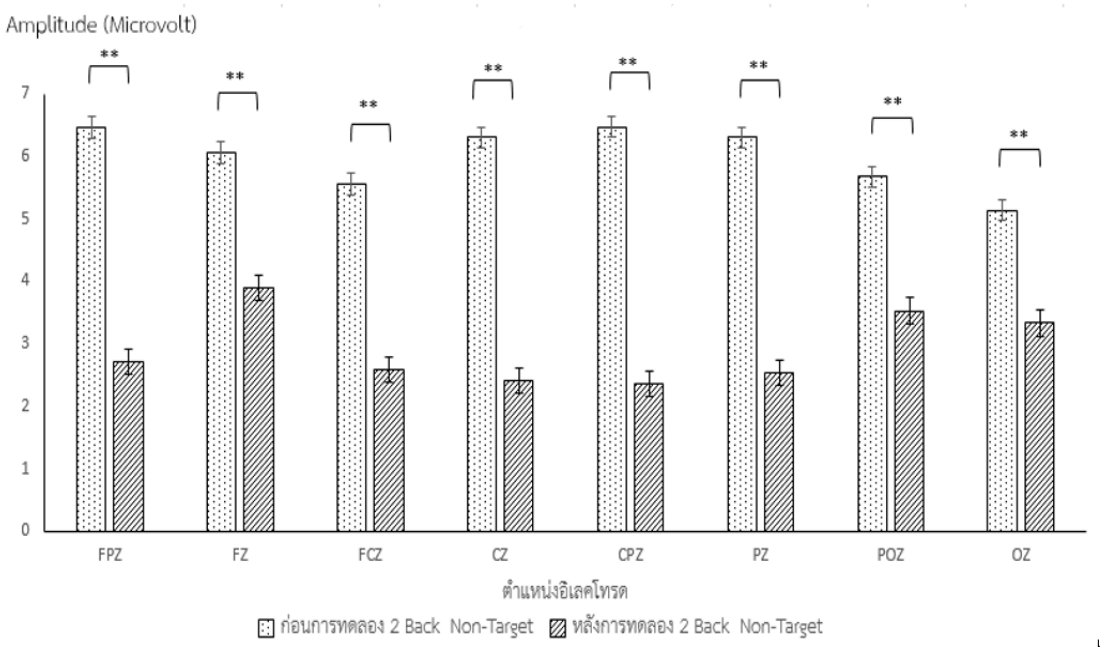
ตารางที่ 4-32 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target

	ก่อนการทดลอง (n = 24)		หลังการทดลอง (n = 24)					
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*
2 Back Task Non-target								
Frontal Middle Line								
FPz	6.46	1.88	2.72	2.10	3.74	23	8.74**	< .01
Fz	6.05	3.03	3.90	2.44	2.16	23	7.96**	< .01
Central Middle Line								
FCz	5.56	2.74	2.58	1.49	2.98	23	5.52**	< .01
Cz	6.27	3.12	2.42	1.66	3.85	23	6.52**	< .01
CPz	6.47	3.13	2.37	1.46	4.10	23	6.88**	< .01
Parietal Middle Line								
Pz	6.29	2.90	2.53	1.40	3.76	23	5.99**	< .01
POz	5.67	3.10	3.53	2.12	2.15	23	5.99**	< .01
Occipital Middle Line								
Oz	5.14	2.19	3.33	2.40	1.81	23	5.58**	< .01

จากตารางที่ 4-32 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มใช้ Non-action Game ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่ตำแหน่ง อิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle Line)

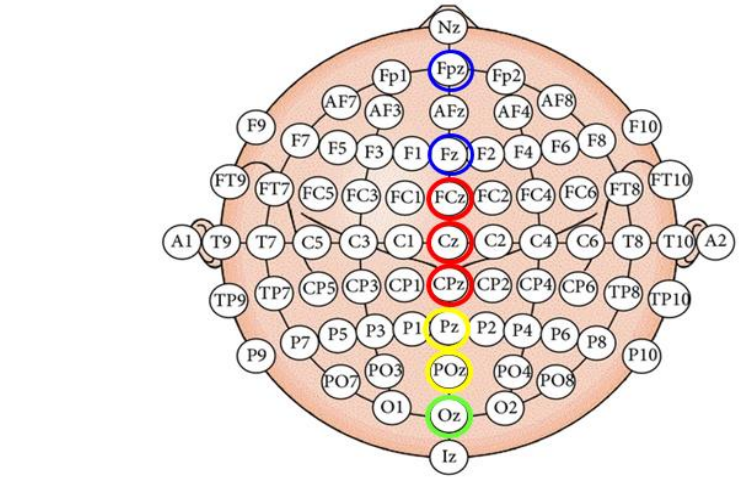
ตำแหน่ง FPz (t = 8.74, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง Fz (t = 7.96, df = 23, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central Middle Line) ตำแหน่ง FCz (t = 5.52, df = 23, p < .01) ตำแหน่ง Cz (t = 6.52, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง CPz (t = 6.88, df = 23, p < .01) บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle Line) ที่ตำแหน่ง Pz (t = 5.99, df = 23, p < .01) และตำแหน่ง POz (t = 5.99, df = 23, p < .01) บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Middle Line) ตำแหน่ง Oz (t = 5.58, df = 23, p < .01)

สรุปผลการศึกษา กลุ่มใช้ Non-action Game มีค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง จาก 2 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังกราฟในภาพที่ 4-43



** p < .01

ภาพที่ 4-43 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ ของกลุ่มใช้ Non-action Game ก่อนการทดลองกับหลังการทดทลอง จาก 2 Back Task Non-target

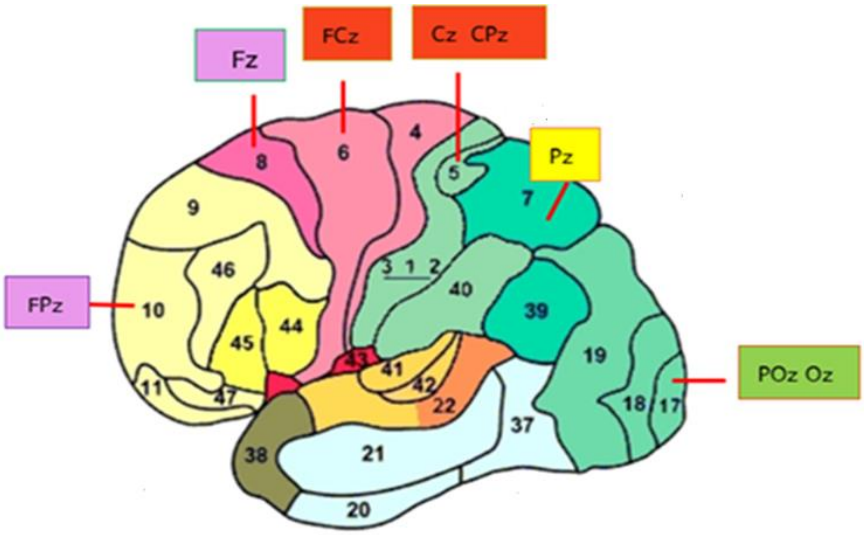


บริเวณเปลือกสมอง Frontal Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Central Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Parietal Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Occipital Middle Line



ภาพที่ 4-44 ตำแหน่งอิเลคโทรด และ Brodmann Area กลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 น้อยกว่าก่อนการทดลองจาก N-Back Task

สรุปผลโดยภาพรวม กลุ่มใช้ Non-action Game หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้า สมอง P300 น้อยกว่าก่อนการทดลอง ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ บริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) ที่ตำแหน่ง FPz และ Fz บริเวณเปลือกสมองส่วนบน (Parietal Lobe) ที่ตำแหน่ง FCz, Cz, CPz, Pz และ POz และบริเวณเปลือกสมองส่วนท้าย (Occipital Lobe) ที่ตำแหน่ง Oz อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สรุปผลการศึกษาสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 5 คือ กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพน้อยกว่าก่อนการทดลอง

3. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game

3.1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Target

ตารางที่ 4-33 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Target

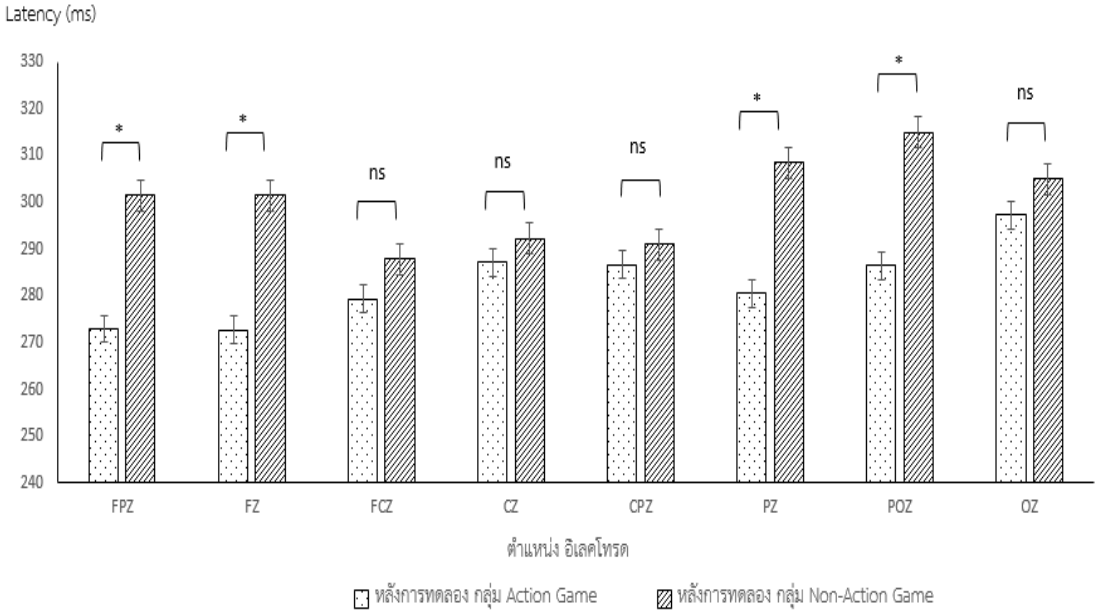
	กลุ่ม Action Game (n = 25)		กลุ่ม Non -action Game (n = 24)						
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*	*Cohen's d*
1 Back Task Target									
Frontal Middle Line									
FPz	**272.92**	**38.29**	**301.42**	**46.57**	**-28.50**	**47**	**2.34***	**< .05**	**.68**
Fz	**272.68**	**39.20**	**301.42**	**39.79**	**-28.74**	**47**	**2.55***	**< .05**	**.73**
Central Middle Line									
FCz	279.32	31.78	287.79	36.61	-8.50	47	.87	.39	.25
Cz	287.08	31.92	292.29	38.19	-5.21	47	.52	.61	.15

ตารางที่ 4-33 (ต่อ)

	กลุ่ม Action Game (*n* = 25)		กลุ่ม Non -action Game (*n* = 24)						
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*	*Cohen's d*
1 Back Task Target									
Central Middle Line									
CPz	286.64	28.28	290.95	33.89	-4.32	47	.49	.63	.14
Parietal Middle Line									
Pz	**280.48**	**39.34**	**308.50**	**42.66**	**-28.02**	**47**	**2.40***	**< .05**	**.70**
POz	**286.44**	**41.74**	**314.88**	**37.60**	**-28.44**	**47**	**2.50***	**< .05**	**.73**
Occipital Middle Line									
Oz	297.28	41.45	305.04	36.87	-7.76	47	-.69	.50	.20

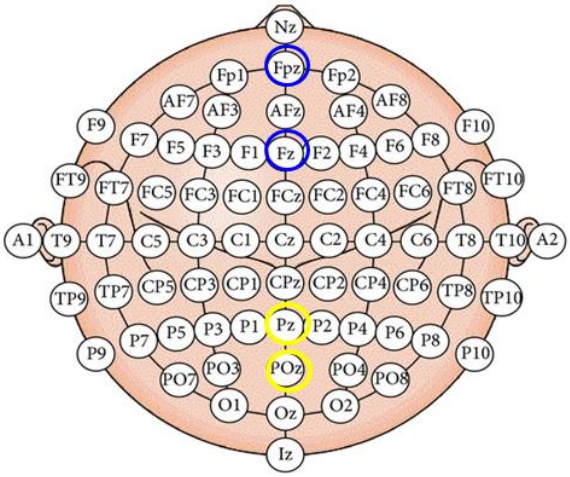
จากตารางที่ 4-33 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ กลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle Line) ตำแหน่ง FPz (t = 2.34, df = 47, p < .05) มีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง *(Cohen's d* = 0.68) และตำแหน่ง Fz (t = 2.55, df = 47, p < .05) มีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง *(Cohen's d* = 0.73) บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle Line) ตำแหน่ง Pz (t = 2.40, df = 47, p < .05) มีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (*Cohen's d* = 0.70) และตำแหน่ง POz (t = 2.50, df = 47, p < .05) มีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (*Cohen's d* = 0.73)

สรุปผลการศึกษากลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังกราฟในภาพที่ 4-45



* $p < .05$

ภาพที่ 4-45 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่ม ใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Target

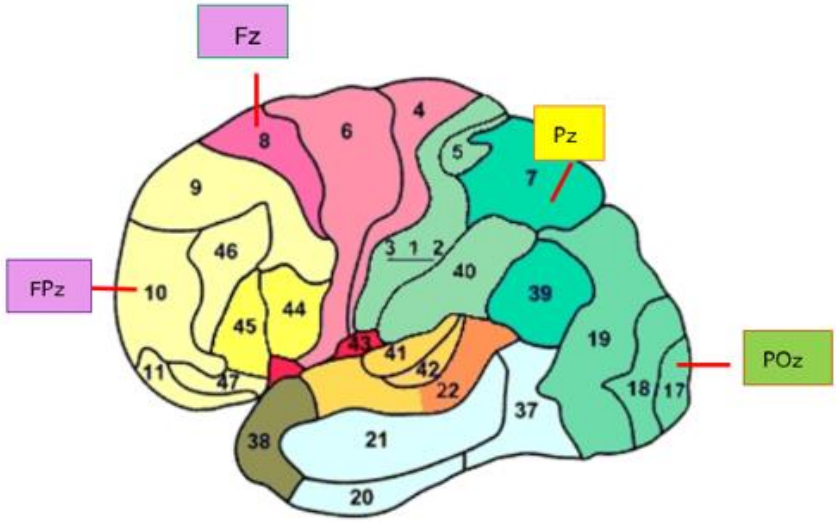


บริเวณเปลือกสมอง Frontal Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Central Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Parietal Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Occipital Middle Line



ภาพที่ 4-46 ตำแหน่งอิเลคโทรดและBrodmann Area ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Target

3.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Target

ตารางที่ 4-34 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Target

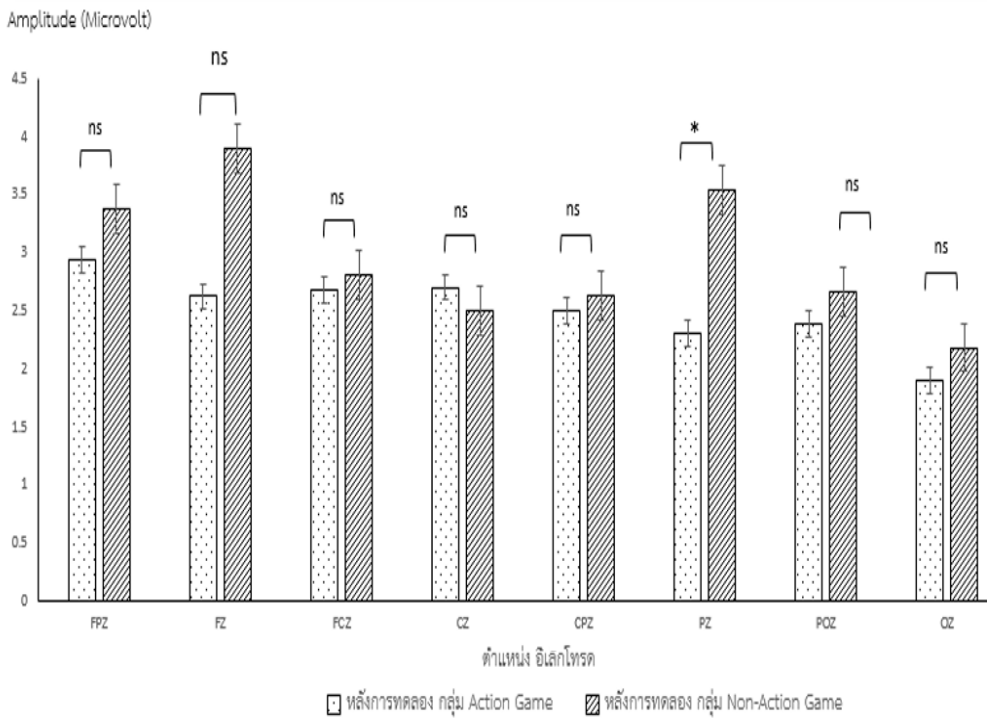
	กลุ่ม Action Game (n = 25)		กลุ่ม Non-action Game (n = 24)						
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*	*Cohen's d*
1 Back Task Target									
Frontal Middle Line									
FPz	2.94	2.29	3.37	2.84	-0.43	47	.59	.55	.17
Fz	2.62	1.77	3.88	2.49	-1.26	47	2.05	.46	.59

ตารางที่ 4-34 (ต่อ)

	กลุ่ม Action Game (*n* = 25)		กลุ่ม Non-action Game (*n* = 24)						
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*	*Cohen's d*
1 Back Task Target									
Central Middle Line									
FCz	2.68	1.89	2.81	2.18	-1.27	47	.22	.83	.06
Cz	2.70	1.72	2.50	1.54	0.20	47	.43	.67	.13
CPz	2.50	1.45	2.63	1.95	-0.14	47	.28	.78	.08
Parietal Middle Line									
Pz	**2.30**	**2.07**	**3.54**	**2.03**	**-1.24**	**47**	**2.12***	**< .05**	**.62**
POz	2.39	2.39	2.66	2.04	-0.27	47	.43	.67	.13
Occipital Middle Line									
Oz	1.89	1.50	2.18	1.48	-0.29	47	.69	.50	.20

จากตารางที่ 4-34 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มใช้ Action Game จาก 1 Back Task Target มีค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพหลังการทดลองน้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle Line) ตำแหน่ง Pz (t = 2.12, df = 47, p < .05) มีขนาดอิทธิพลในระดับปานกลาง *(Cohen's d* = .62)

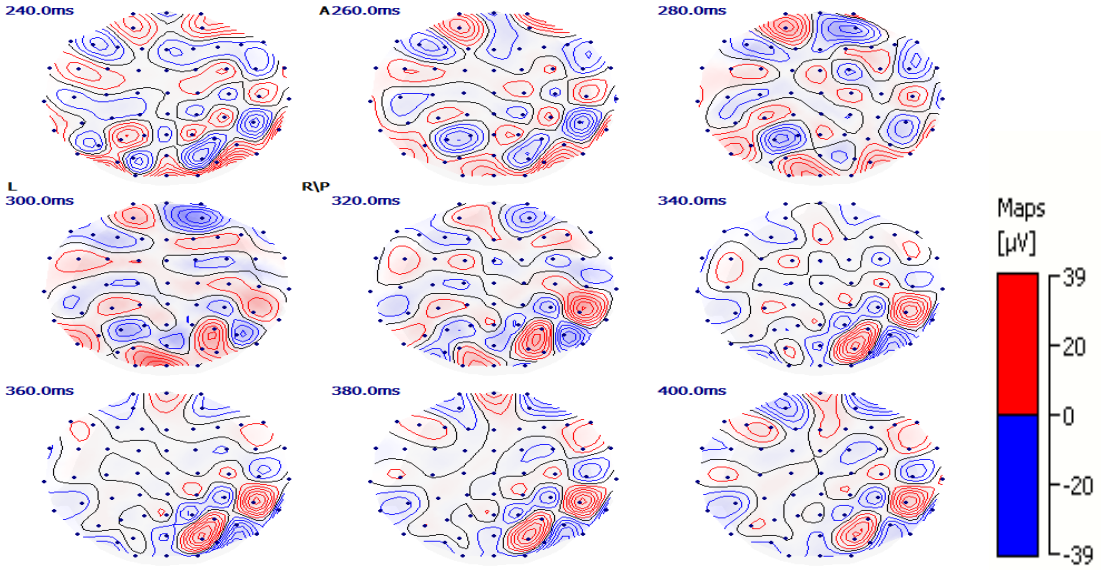
สรุปผลการศึกษา กลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังกราฟในภาพที่ 4-47



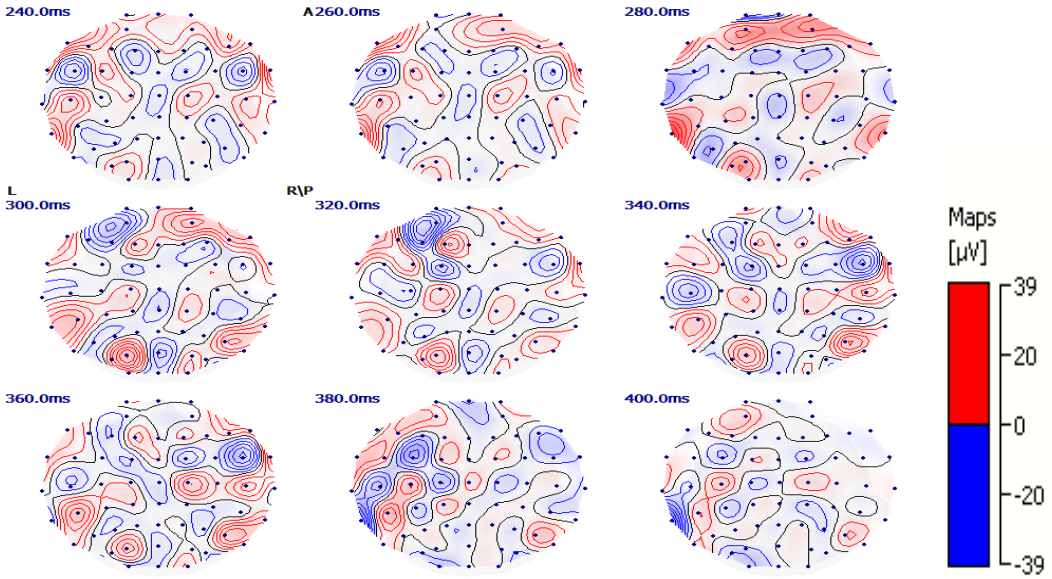
* $p < .05$

ภาพที่ 4-47 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Target

ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 1 Back Task Target บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 มิลลิวินาที ถึง 400 มิลลิวินาที

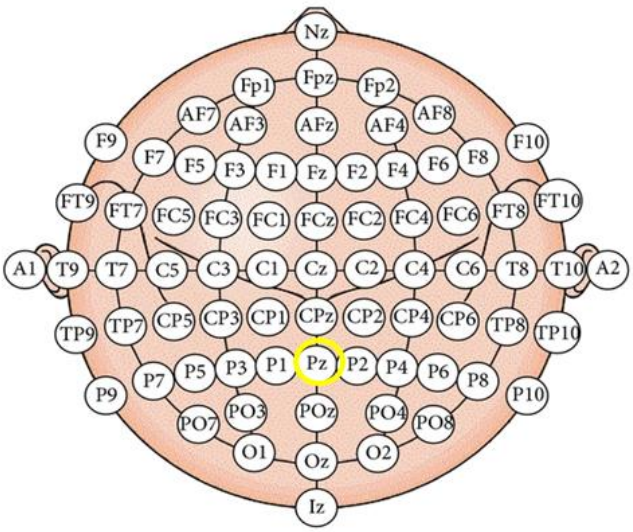


ภาพที่ 4-48 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง หลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ในช่วงเวลา ตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที จาก 1 Back Task Target



ภาพที่ 4-49 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง หลังการทดลองกลุ่มใช้ Non-action Game บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที จาก 1 Back Task Target

จากภาพที่ 4-48 และภาพที่ 4-49 แสดงการเปรียบเทียบความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 1 Back Task Target บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที โดยเส้นสีแดงแสดงถึงความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันบวก (Positive Voltage) หรือแสดงถึงมีการใช้พลังงานของสมองมาก เส้นสีน้ำเงินแสดงถึงความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันลบ (Negative Voltage) แสดงถึงมีการใช้พลังงานของสมองน้อย ผลปรากฏว่า หลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันบวก (Positive Voltage) ลดลงขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ โดยปรากฏภาพสีแดงจางลงมากกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game แสดงถึงสมองมีการใช้พลังงานน้อยลง พบที่บริเวณเปลือกสมองส่วนข้าง (Parietal) ที่ตำแหน่ง Pz ในช่วงเวลาตั้งแต่ 200 ถึง 400 มิลลิวินาที

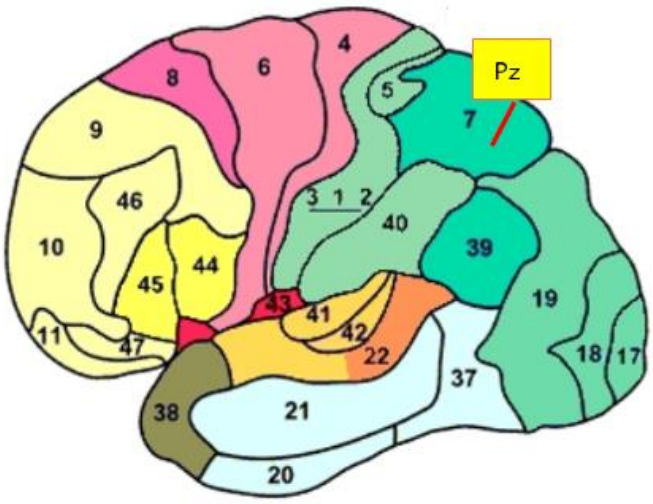


บริเวณเปลือกสมอง Frontal Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Central Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Parietal Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Occipital Middle Line



ภาพที่ 4-50 ตำแหน่งอิเลคโทรด และ Brodmann Area ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Target

3.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Non-target

ตารางที่ 4-35 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Non-target

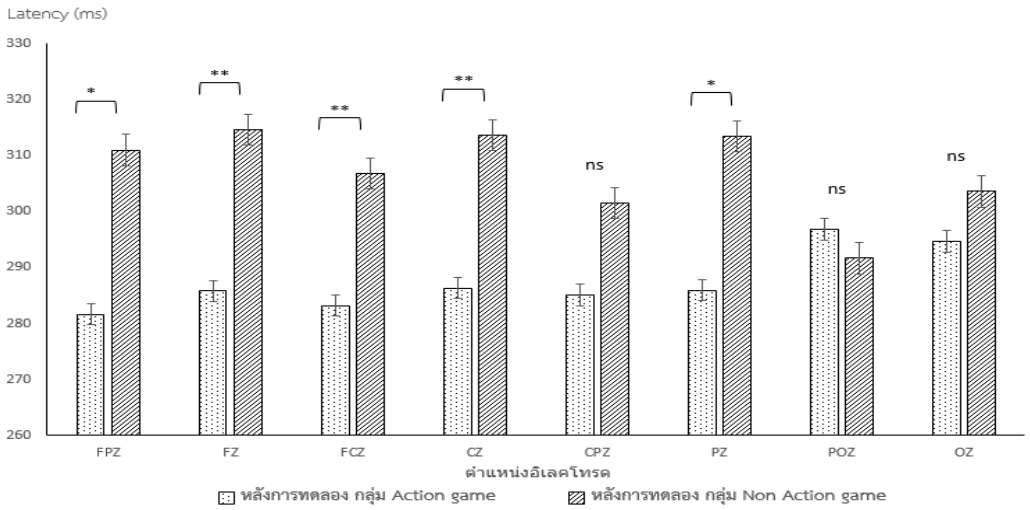
	กลุ่ม Action Game (n = 25)		กลุ่ม Non-action Game (n = 24)						
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*	*Cohen's d*
1 Back Task Non-target									
Frontal Middle Line									
FPz	**281.68**	**42.31**	**310.96**	**41.53**	**-29.28**	**47**	**2.44***	**< .05**	**.71**
Fz	**285.80**	**27.89**	**314.58**	**29.98**	**-28.78**	**47**	**3.48****	**< .01**	**1.02**

ตารางที่ 4-35 (ต่อ)

	กลุ่ม Action Game (n = 25)		กลุ่ม Non-action Game (n = 24)						
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*	*Cohen's d*
Central Middle Line									
FCz	**283.20**	**28.67**	**306.83**	**25.11**	**-23.63**	**47**	**3.06****	**< .01**	**.89**
Cz	**286.36**	**31.85**	**313.67**	**25.67**	**-27.30**	**47**	**3.30****	**< .01**	**.96**
CPz	285.08	31.23	301.50	28.08	-16.42	47	1.93	.06	.56
Parietal Middle line									
Pz	**285.96**	**35.40**	**313.42**	**45.88**	**-27.46**	**47**	**2.35***	**< .05**	**.69**
POz	296.80	35.63	291.67	37.76	5.13	47	.50	63	.14
Occipital Middle Line									
Oz	294.64	40.11	303.58	36.99	-8.94	47	.81	.42	.24

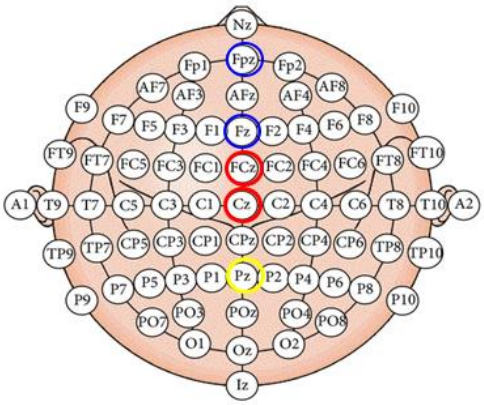
จากตารางที่ 4-35 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มใช้ Action Game ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 1 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle Line) ตำแหน่ง FPz (t = 2.44, df = 47, p < .05) มีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (*Cohen's d* = .71) และตำแหน่ง Fz (t = 3.48, df = 47, p < .01) มีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (*Cohen's d* = 1.02) บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central Middle line) ตำแหน่ง FCz (t = 3.06, df = 47, p < .01) มีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (*Cohen's d* = .89) และตำแหน่ง Cz (t = 3.30, df = 47, p < .01) มีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (*Cohen's d* = .96) บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle line) ตำแหน่ง Pz (t = 2.35, df = 47, p < .05) มีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (*Cohen's d* = 0.69)

สรุปผลการศึกษา กลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-Action Game จาก 1 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังกราฟในภาพที่ 4-51



$^{**}p < .01$, $^{*}p < .05$

ภาพที่ 4-51 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 กลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game บริเวณภาพรวมเปลือกสมอง จาก 1 Back Task Non-target

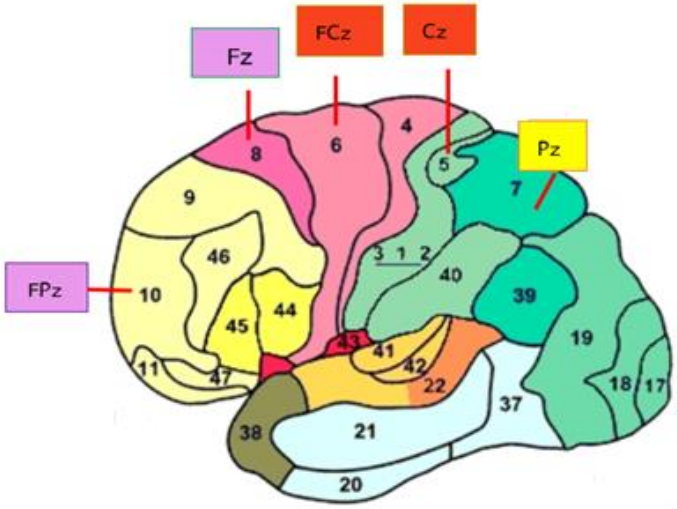


บริเวณเปลือกสมอง Frontal Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Central Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Parietal Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Occipital Middle Line



ภาพที่ 4-52 ตำแหน่งอิเลคโทรด และ Brodmann Area ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Non-target

3.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game ใน 1 Back Task Non-target

ตารางที่ 4-36 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Non-target

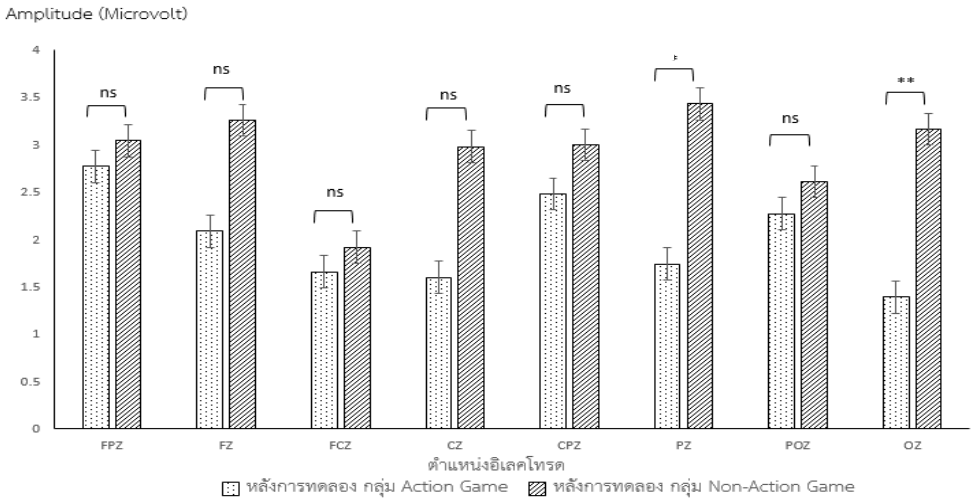
	กลุ่ม Action Game (n = 25)		กลุ่ม Non-action Game (n = 24)						
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*	*Cohen's d*
1 Back Task Non-target									
Frontal Middle Line									
FPz	2.77	2.31	3.04	2.24	-0.27	47	0.42	0.67	.12
Fz	2.09	1.41	3.26	2.38	-1.16	47	2.09	0.42	.61

ตารางที่ 4-36 (ต่อ)

	กลุ่ม Action Game (n = 25)		กลุ่ม Non-action Game (n = 24)						
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*	*Cohen's d*
Central Middle Line									
FCz	1.66	1.15	1.92	1.53	-0.26	47	0.68	0.49	.19
Cz	1.60	1.12	2.98	3.09	-1.37	47	2.09	0.42	.61
CPz	2.48	2.15	3.00	2.10	-0.52	47	0.85	0.39	.25
Parietal Middle Line									
Pz	**1.74**	**1.46**	**3.43**	**2.44**	**-1.68**	**47**	**2.95***	**< .05**	**.86**
POz	2.27	1.90	2.61	1.98	-0.34	47	0.61	0.54	.18
Occipital Middle Line									
Oz	**1.39**	**0.84**	**3.16**	**2.54**	**-1.77**	**47**	**3.31****	**< .01**	**.97**

จากตารางที่ 4-36 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game น้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำกิจกรรมทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 1 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle line) ตำแหน่ง Pz (t = 2.95, df = 47, p < .05) มีขนาดอิทธิพลในระดับมาก (*Cohen's d* = .86) บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Middle Line) ตำแหน่ง Oz (t = 3.31, df = 47, p < .01) ขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (*Cohen's d* = .97)

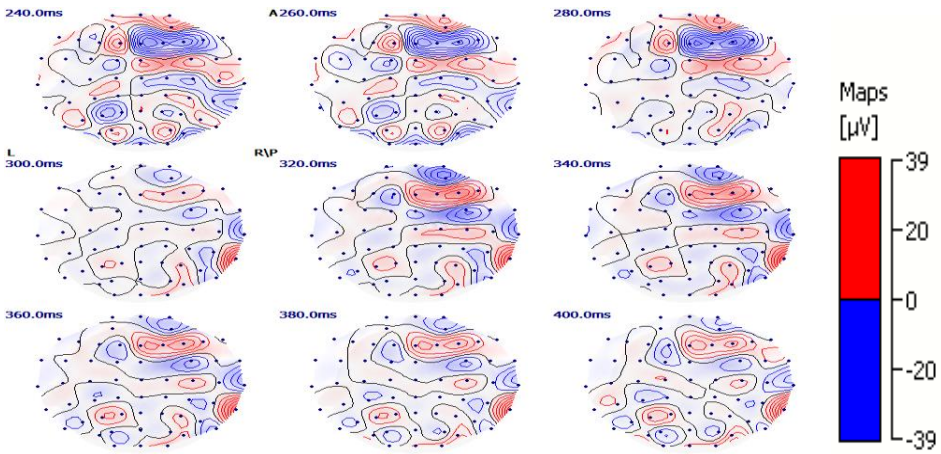
สรุปผลการศึกษา กลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังกราฟในภาพที่ 4-53



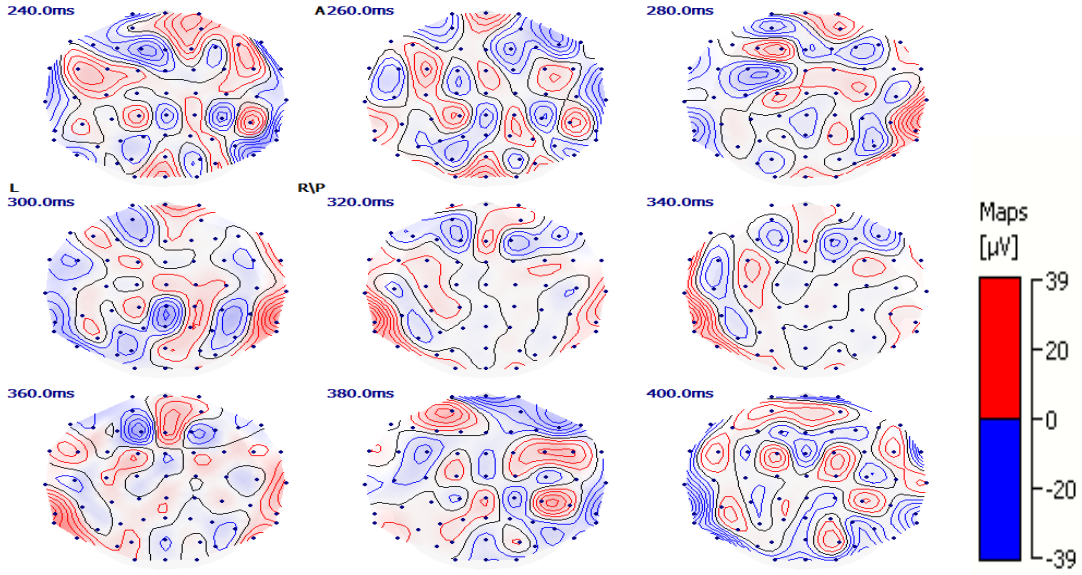
*$p < .05$

ภาพที่ 4-53 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองของกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Non-target

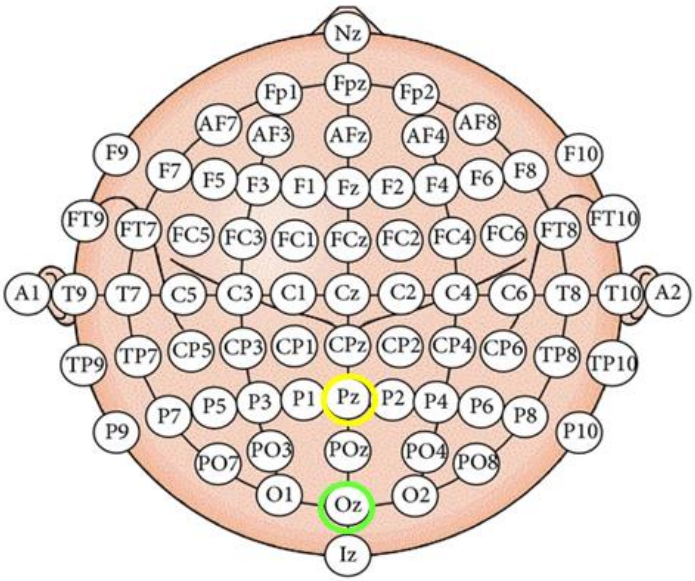
ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Non-target ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ พบการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal) ที่ตำแหน่ง Pz และบริเวณเปลือกสมองส่วนท้าย (Occipital) ที่ตำแหน่ง Oz ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที



ภาพที่ 4-54 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง หลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที จาก 1 Back Task Non-target



ภาพที่ 4-55 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง หลังการทดลองกลุ่มใช้ Non-action Game บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที จาก 1 Back Task Non-target

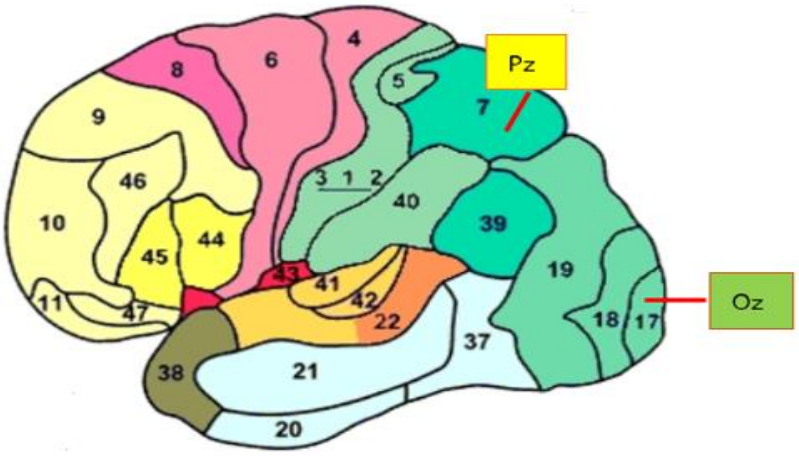


บริเวณเปลือกสมอง Frontal Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Central Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Parietal Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Occipital Middle Line



ภาพที่ 4-56 ตำแหน่งอิเลคโทรด และ Brodmann Area ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 1 Back Task Non-target

3.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Target

ตารางที่ 4-37 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Target

	กลุ่ม Action Game (n = 25)		กลุ่ม Non-action Game (n = 24)						
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*	*Cohen's d*
2 Back Task Target									
Frontal Middle Line									
FPz	293.64	40.57	300.50	46.91	-6.86	47	0.55	0.59	0.16
Fz	**273.92**	**41.97**	**302.04**	**45.48**	**-28.12**	**47**	**2.25***	**< .05**	**0.66**

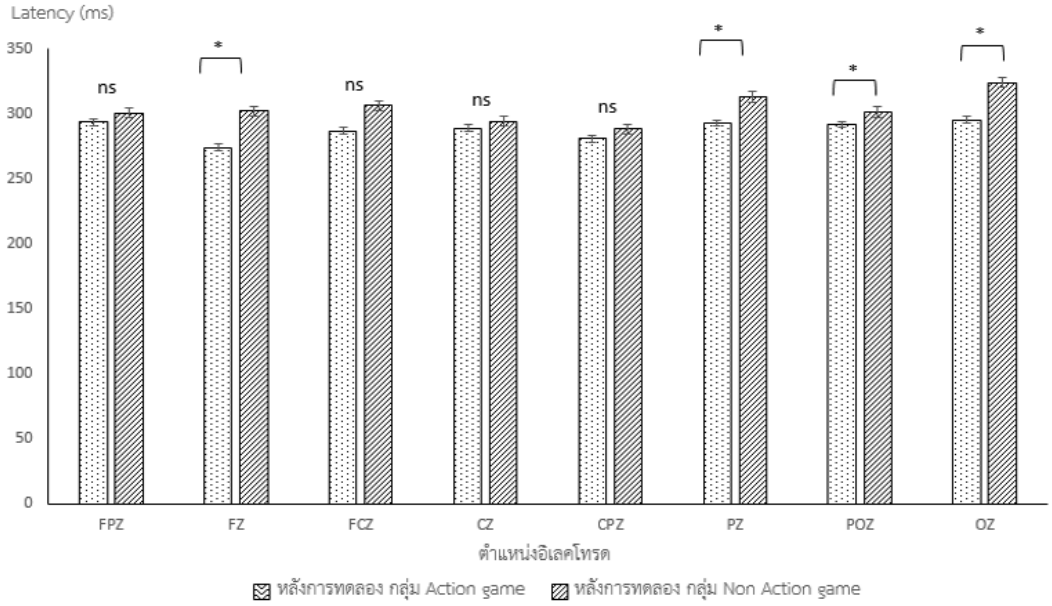
ตารางที่ 4-37 (ต่อ)

	กลุ่ม Action Game (*n* = 25)		กลุ่ม Non-action Game (*n* = 24)						
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*	*Cohen's d*
2 Back Task Target									
Central Middle Line									
FCz	286.80	33.55	306.21	53.03	-19.41	47	1.54	.13	0.45
Cz	288.84	30.08	294.25	39.92	-5.4	47	5.4	.60	0.16
CPz	280.92	33.33	288.17	34.33	-7.25	47	7.5	.46	0.22
Parietal Middle Line									
Pz	**292.84**	**30.22**	**313.04**	**37.98**	**-20.20**	**47**	**2.07***	**< .05**	**0.60**
POz	**291.68**	**40.67**	**301.25**	**37.58**	**-9.57**	**47**	**0.86***	**< .05**	**0.25**
Occipital Middle Line									
Oz	**295.12**	**34.65**	**323.79**	**38.51**	**-28.67**	**47**	**0.01***	**< .05**	**0.80**

จากตารางที่ 4-37 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพจาก 2 Back Task Target น้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle line) ตำแหน่ง Fz (t = 2.25, df = 47, p < .05) มีขนาดอิทธพลในระดับปานกลาง (*Cohen's d* = 0.66)

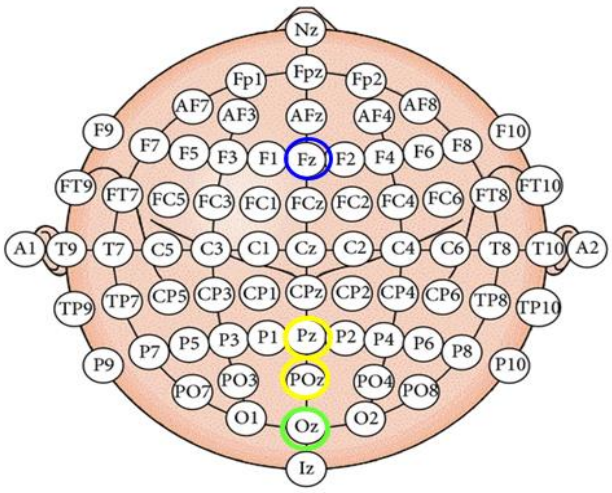
บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle line) ตำแหน่ง Pz (t = 2.07, df = 47, p < .05) มีขนาดอิทธิพลในระดับปานกลาง *(Cohen's d* = 0.6) บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Middle Line) ตำแหน่ง POz (t = 0.86, df = 47, p < .05) ตำแหน่ง Oz (t = 0.01, df = 47, p < .05) มีขนาดอิทธิพลในระดับมาก (*Cohen's d* = 0.80)

สรุปผลการศึกษากลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังกราฟในภาพที่ 4-57



*$p < .05$

ภาพที่ 4-57 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Target

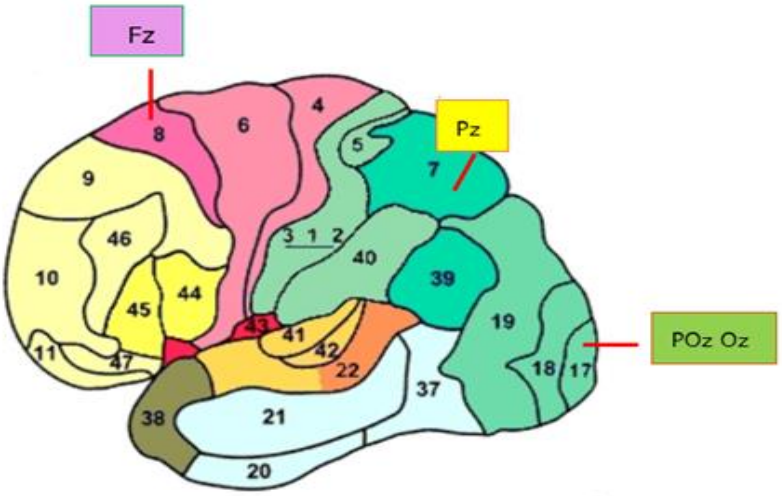


บริเวณเปลือกสมอง Frontal Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Central Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Parietal Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Occipital Middle Line



ภาพที่ 4-58 ตำแหน่งอิเลคโทรด และ Brodmann Area ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Target

3.6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Target

ตารางที่ 4-38 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Target

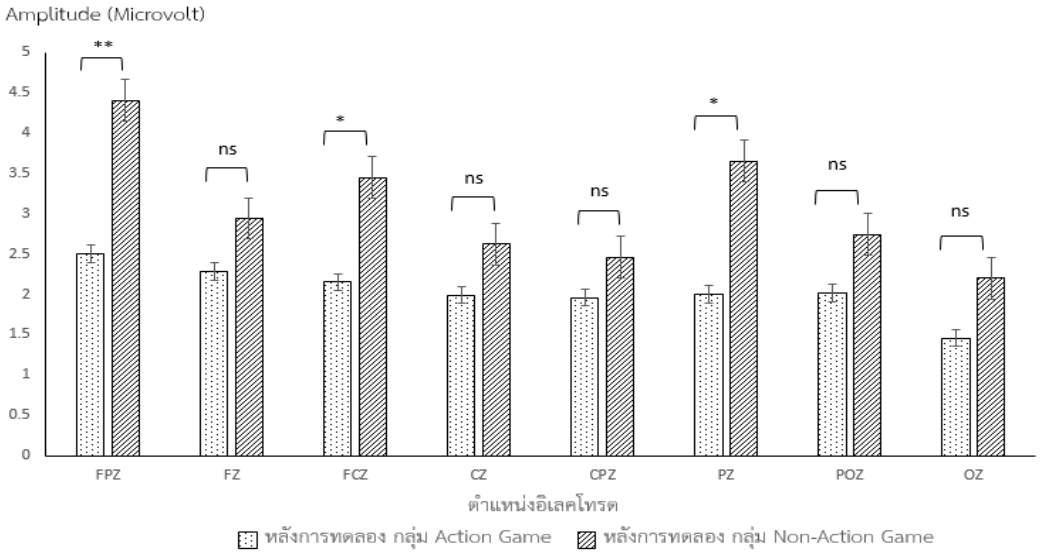
	กลุ่ม Action Game (n = 25)		กลุ่ม Non-action Game (n = 24)						
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*	*Cohen's d*
2 Back Task Target									
Frontal Middle Line									
FPz	**2.54**	**1.81**	**4.40**	**2.00**	**1.87**	**47**	**3.42****	**< .01**	**0.99**
Fz	2.28	1.77	2.94	1.67	0.66	47	1.34	0.19	0.39

ตารางที่ 4-38 (ต่อ)

	กลุ่ม Action Game (n = 25)		กลุ่ม Non-action Game (n = 24)						
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*	*Cohen's d*
Central Middle Line									
FCz	**2.15**	**1.50**	**3.45**	**1.90**	**1.29**	**47**	**2.67***	**< .05**	**0.78**
Cz	1.99	1.93	2.62	1.82	0.63	47	1.18	0.25	0.34
CPz	1.97	2.06	2.46	1.63	0.49	47	0.92	0.37	0.27
Parietal Middle Line									
Pz	**2.00**	**1.72**	**3.64**	**2.21**	**1.64**	**47**	**2.90***	**< .05**	**0.85**
POz	2.01	1.38	2.74	1.79	0.72	47	1.58	0.12	0.46
Occipital Middle Line									
Oz	1.46	1.01	2.19	1.35	0.74	47	2.16	0.36	0.63

จากตารางที่ 4-38 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 กลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลอง มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 2 Back Task Target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle Line) ตำแหน่ง FPz (t = 3.42, df = 47, p < .01) ขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (*Cohen's d* =.99) บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central Middle Line) ที่ตำแหน่ง FCz (t = 2.67, df = 47, p < .05) ขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (*Cohen's d* = .78) บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle Line) ที่ตำแหน่ง Pz (t = 2.90, df = 47, p < .05) ขนาดอิทธพลอยู่ในระดับมาก (*Cohen's d* = .85)

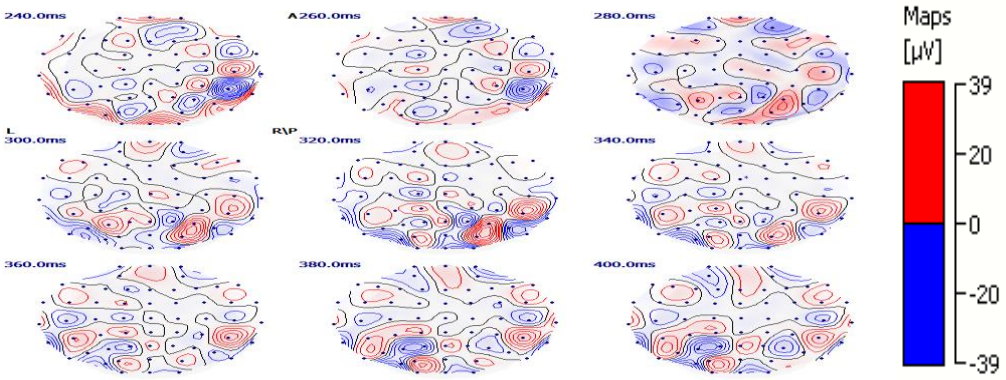
สรุปผลการศึกษากลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Target ดังกราฟในภาพที่ 4-59



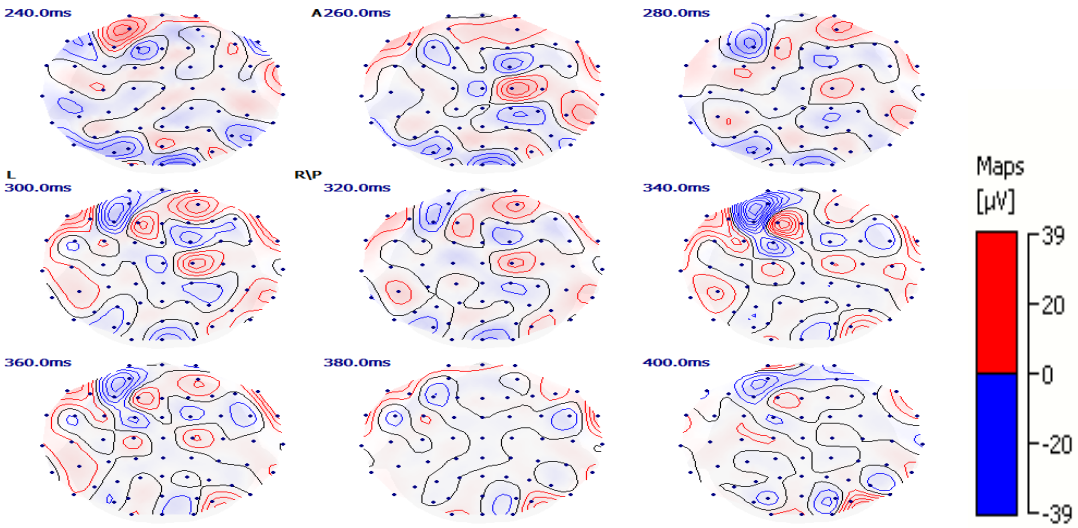
$^{**}p < .01$, $^{*}p < .05$

ภาพที่ 4-59 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลอง กลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่ม ใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Target

ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที จาก 2 Back Task Target

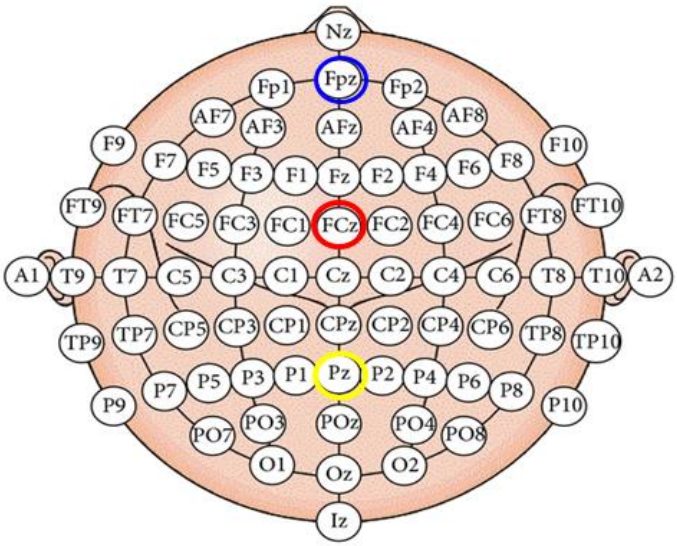


ภาพที่ 4-60 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง หลังการทดลอง กลุ่มใช้ Action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที จาก 2 Back Task Target



ภาพที่ 4-61 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง หลังการทดลองกลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที จาก 2 Back Task Target

จากภาพที่ 4-60 และภาพที่ 4-61 แสดงการเปรียบเทียบความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด จาก 2 Back Task Target โดยเส้นสีแดงแสดงถึงความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันบวก (Positive Voltage) หรือแสดงถึงมีการใช้พลังงานของสมองมาก เส้นสีน้ำเงินแสดงถึงความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันลบ (Negative Voltage) แสดงถึงมีการใช้พลังงานของสมองน้อย ผลปรากฏว่า หลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game มีภาพความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันบวก (Positive Voltage) ลดลง ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ โดยปรากฏภาพสีแดงจางลงมากกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game แสดงถึงสมองมีการใช้พลังงานน้อยลง พบที่บริเวณเปลือกสมองด้านหน้า (Frontal) ที่ตำแหน่ง FPz บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central) ที่ตำแหน่ง FCz และบริเวณเปลือกสมองส่วนข้าง (Parietal) ที่ตำแหน่ง Pz ในช่วงเวลาตั้งแต่ 200 ถึง 400 มิลลิวินาที

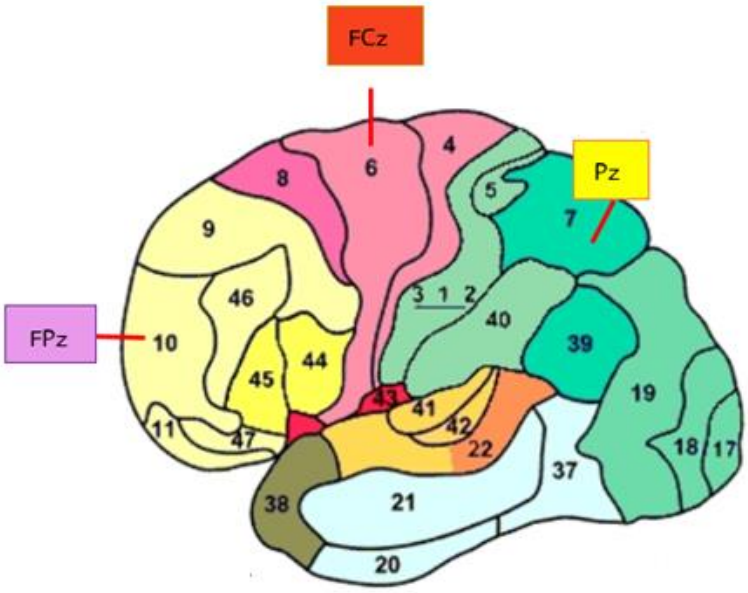


บริเวณเปลือกสมอง Frontal Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Central Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Parietal Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Occipital Middle Line



ภาพที่ 4-62 ตำแหน่งอิเลคโทรด และ Brodmann Area ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Target

3.7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Non-target

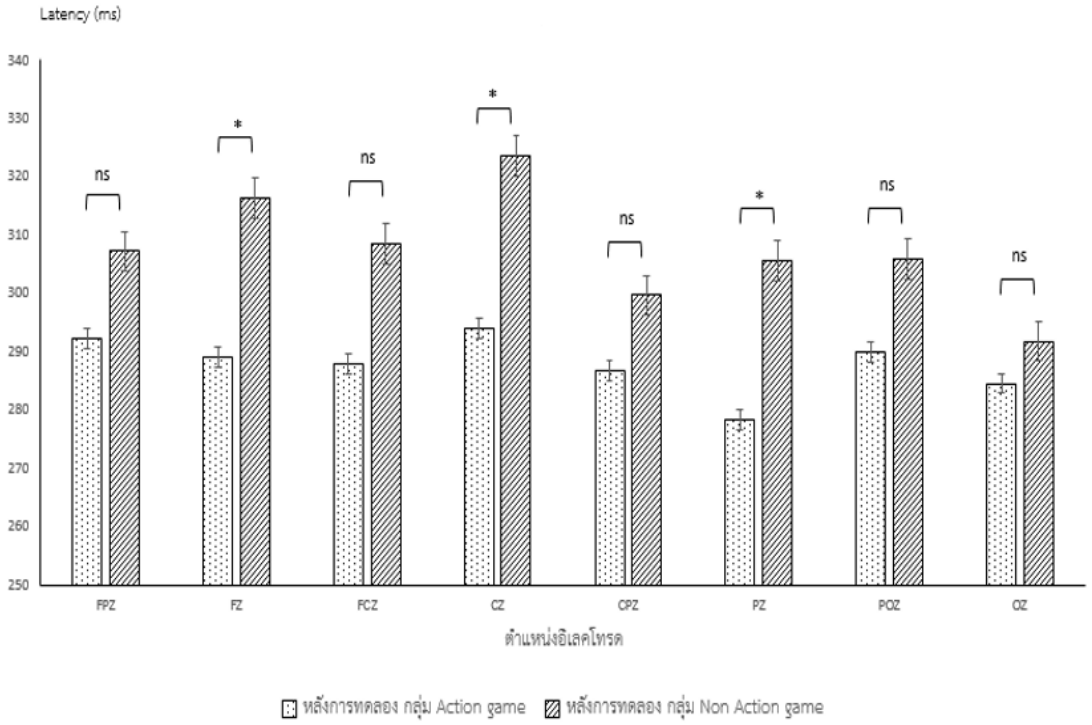
ตารางที่ 4-39 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Non-target

	กลุ่ม Action Game (*n* = 25)		กลุ่ม Non-Action Game (*n* = 24)						
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*	*Cohen's d*
2 Back Task Non-target									
Frontal Middle Line									
FPz	292.32	36.63	307.25	39.74	-14.93	47	1.40	0.18	.40
Fz	**289.04**	**41.86**	**316.30**	**42.94**	**-27.25**	**47**	**2.25***	**< .05**	**.66**
Central Middle Line									
FCz	288.04	36.67	308.54	54.79	-20.50	47	1.55	0.13	.45
Cz	**293.96**	**40.47**	**323.67**	**40.60**	**-29.70**	**47**	**2.57***	**< .05**	**.75**
CPz	286.72	29.68	299.71	34.22	-12.99	47	1.42	0.16	.41
Parietal Middle Line									
Pz	**278.36**	**37.82**	**305.63**	**39.89**	**-27.27**	**47**	**2.50***	**< .05**	**.72**
POz	289.92	31.50	305.92	33.70	-15.99	47	1.72	0.09	.50
Occipital Middle Line									
Oz	284.60	38.03	291.80	37.00	-7.20	47	0.67	0.51	.02

จากตารางที่ 4-39 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 กลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำภาพขณะทำงานด้านภาพ จาก 2 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle Line) ตำแหน่ง Fz (t = 2.25, df = 47, p < .05) ขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (*Cohen's d* = .66)

บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central Middle Line) ตำแหน่ง ตำแหน่ง Cz (t = 2.57, df = 47, p = .01) ขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (*Cohen's d* = 0.66) บริเวณเปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle Line) ตำแหน่ง Pz (t = 2.50, df = 47, $p < .05$) ขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (*Cohen's d* = .72)

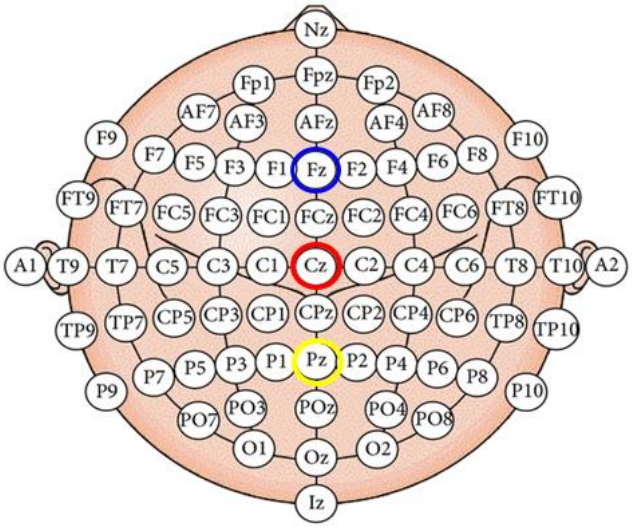
สรุปผลการศึกษากลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในกราฟภาพที่ 4-63



.

*$p < .05$

ภาพที่ 4-63 ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Non-target

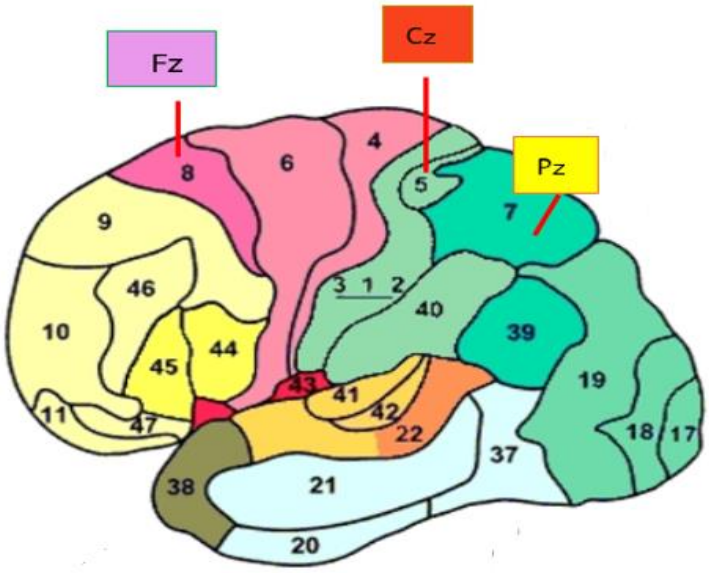


บริเวณเปลือกสมอง Frontal Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Central Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Parietal Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Occipital Middle Line



ภาพที่ 4-64 ตำแหน่งอิเลคโทรด และ Brodmann Area ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Non-target

3.8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Non-target

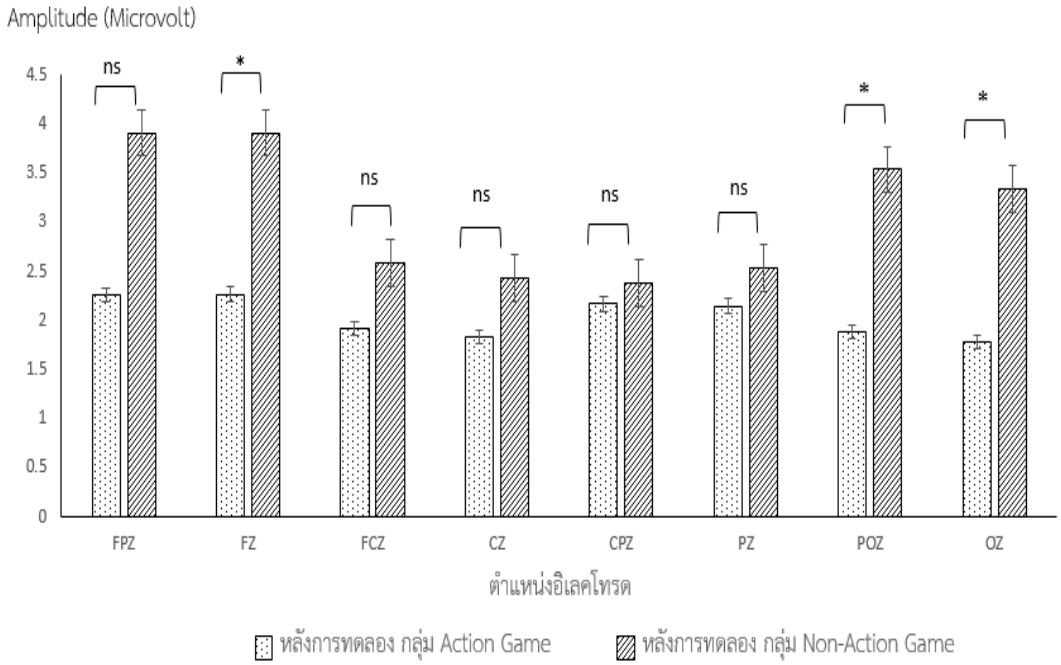
ตารางที่ 4-40 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 2 Back Task Non-target

	กลุ่ม Action Game (*n* = 25)		กลุ่ม Non-action Game (*n* = 24)						
ตำแหน่งอิเลคโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*Mean Difference*	*df*	*t*	*p*	*Cohen's d*
2 Back Task Non-target									
Frontal Middle Line									
FPz	2.25	2.13	2.72	2.10	0.47	47	0.78	0.44	0.23
Fz	**2.25**	**0.88**	**3.90**	**2.44**	**1.65**	**47**	**3.17***	**< .05**	**0.92**
Central Middle Line									
FCz	1.91	1.75	2.58	1.49	0.67	47	1.45	0.15	0.42
Cz	1.82	1.50	2.42	1.66	0.61	47	1.35	0.18	0.39
CPz	2.16	2.00	2.37	1.46	0.20	47	0.40	0.69	0.12
Parietal Middle Line									
Pz	2.14	185	2.53	1.40	0.39	47	0.84	0.41	0.24
POz	**1.88**	**1.34**	**3.53**	**2.12**	**1.65**	**47**	**3.27***	**< .05**	**0.95**
Occipital Middle Line									
Oz	**1.77**	**1.01**	**3.33**	**2.40**	**1.56**	**47**	**3.01***	**< .05**	**0.88**

จากตารางที่ 4-40 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 กลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 2 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ตำแหน่งอิเลคโทรดบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Middle Line) ตำแหน่ง Fz (t = 3.17, df = 47, p < .05) มีขนาดอิทธพลในระดับมาก (*Cohen's d* = 0.92) บริเวณ

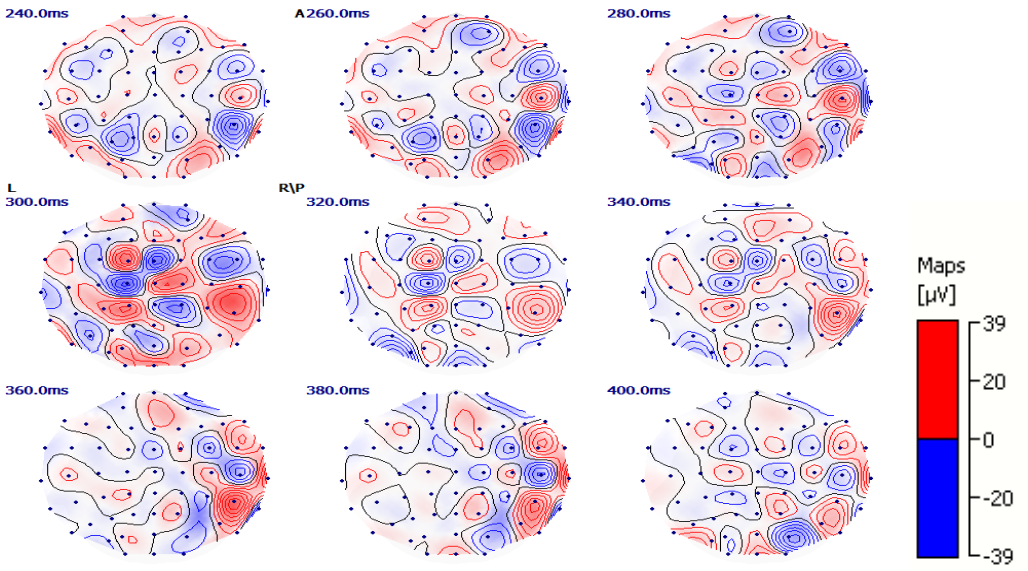
เปลือกสมองด้านข้าง (Parietal Middle Line) ที่ตำแหน่ง POz (t = 3.27, df = 47, p < .05) มีขนาดอิทธิพลในระดับมาก (*Cohen's d* = 0.95) บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Middle Line) ตำแหน่ง Oz (t = 3.01, df = 47, p < .05) มีขนาดอิทธพลในระดับมาก *(Cohen's d* = .88)

สรุปผลการศึกษา กลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Non-target อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังกราฟในภาพที่ 4-65

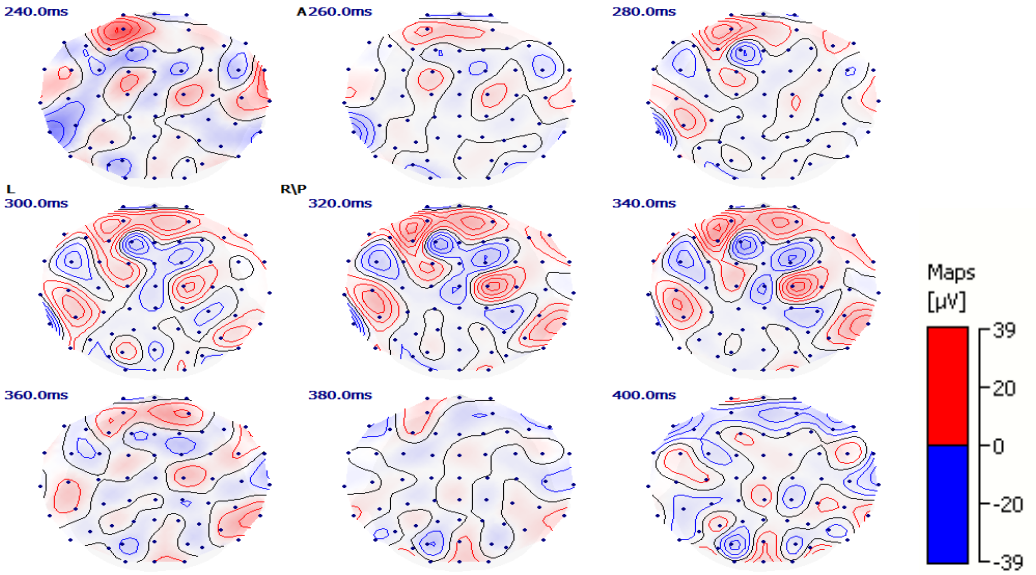


ภาพที่ 4-65 ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพจาก 2 Back Task Non-target

ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด ในช่วงเวลาตั้งแต่ 250 ถึง 400 มิลลิวินาที จาก 2 Back Task Non-target

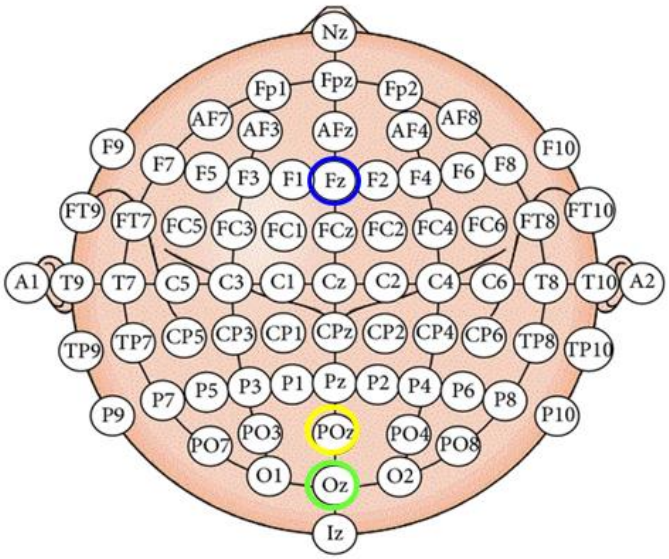


ภาพที่ 4-66 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง หลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่ง อิเลคโทรด จาก 2 Back Task Non-target



ภาพที่ 4-67 ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง หลังการทดลอง กลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่ง อิเลคโทรด จาก 2 Back Task Non-target

จากภาพที่ 4-66 และภาพที่ 4-67 แสดงการเปรียบเทียบความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 2 Back Task Non-target บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเลคโทรด โดยเส้นสีแดงแสดงถึง ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันบวก (Positive Voltage) หรือแสดงถึงมีการใช้พลังงานของสมองมาก เส้นสีน้ำเงินแสดงถึงความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันลบ (Negative Voltage) แสดงถึงมีการใช้พลังงานของสมองน้อย ผลปรากฏว่าหลังการทดลอง กลุ่มใช้ Action Game มีภาพความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองแรงดันบวก (Positive Voltage) ลดลงขณะทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพโดยปรากฏภาพสีแดง จางลงมากกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game แสดงถึงสมองมีการใช้พลังงานน้อยลง พบที่บริเวณเปลือกสมองด้านหน้า (Frontal) ที่ตำแหน่ง Fz บริเวณเปลือกสมองส่วนข้าง (Parietal) ที่ตำแหน่ง POz และบริเวณเปลือกสมองส่วนท้าย (Occipital) ที่ตำแหน่ง Oz ในช่วงเวลาตั้งแต่ 200 ถึง 400 มิลลิวินาที

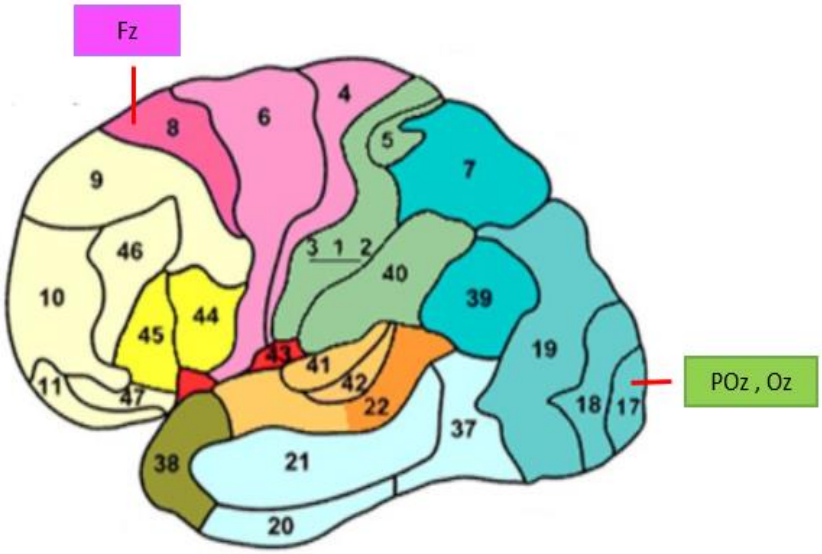


บริเวณเปลือกสมอง Frontal Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Central Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Parietal Middle Line

บริเวณเปลือกสมอง Occipital Middle Line



ภาพที่ 4-68 ตำแหน่งอิเลคโทรด และ Brodmann Area ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มใช้ Action Game กับกลุ่มใช้ Non-action Game จาก 2 Back Task Non-target

สรุปผลการศึกษาโดยภาพรวม หลังการทดลองค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 กลุ่มใช้ Action Game น้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ บริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) ที่ตำแหน่ง FPz และ Fz บริเวณเปลือกสมองส่วนบน (Parietal Lobe) ที่ตำแหน่ง FCz, Cz, Pz และ POz และบริเวณเปลือกสมองส่วนท้าย (Occipital Lobe) ที่ตำแหน่ง Oz อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการศึกษา สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 6 คือ กลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ น้อยกว่ากลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้วยการประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันด้านพฤติกรรมและเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้านคลื่นไฟฟ้าสมอง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 อายุระหว่าง 10-11 ปี จำนวน 49 คน ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดและยินดีเข้าร่วมการวิจัย จัดเข้ากลุ่มใช้ Action Game และกลุ่มใช้ Non-action Game ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย ใช้แบบแผนการทดลองแบบ Randomized Pretest and Posttest Comparison Group Design ตัวแปรตามด้านพฤติกรรม ได้แก่ ความถูกต้องของการตอบสนองและเวลาปฏิกิริยา ตัวแปรตามด้านคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ได้แก่ ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง และความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) เครื่องมือที่ใช้คัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล แบบสำรวจความถนัดการใช้มือของเอดินเบอร์ก แผ่นวัดสายตาระยะใกล้ และแบบทดสอบตาบอดสี 2) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game (Tetris Game) และ 3) เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรตาม ประกอบด้วย แบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของ WISC-V Part Subtest Picture Span และแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ N-Back Task บันทึกข้อมูลความถูกต้องของการตอบสนองและเวลาปฏิกิริยา ด้วยโปรแกรม STIM^2 ที่เชื่อมต่อกับเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง Neuroscan และหมวกอิเลคโทรด (Electro-Cap) ชนิด 64 ช่องสัญญาณ วิเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7.0 และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ด้วยค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติทดสอบที (*t*-test) สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม โดยใช้โปรแกรม SPSS

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันเพื่อเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพพัฒนาจากทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา

ลักษณะโปรแกรมเป็นโปรแกรมเกมแอนิเมชันที่มีตัวละครหลักในการเล่นเกม มีตัวละครในการบรรยายเสียง เพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับเรื่องพื้นฐานเรขาคณิต และมีตัวละครอุปสรรค เป็นสัตว์ 9 ชนิด โดยมีฉากในการเล่นตอนกลางวัน ตอนกลางคืน ฉากมีลักษณะเป็นธรรมชาติที่แตกต่างกัน

ออกไป 6 ด่าน การเล่นเกมโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันอย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างมีความจำขณะทำงานด้านภาพเพิ่มมากขึ้น

ผลการประเมินโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน เพื่อเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพ ปรากฏว่า โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันมีความเหมาะสมสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา และผลการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันไปใช้กับนักเรียนระดับประถมศึกษา ปรากฏว่า นักเรียนระดับประถมศึกษา มีความพึงพอใจในระดับมากถึงมากที่สุด ให้ความใส่ใจในการเข้าร่วมกิจกรรมเป็นอย่างดี มีความเข้าใจในการเล่นเกมเป็นอย่างดี และสามารถปฏิบัติตามกิจกรรมการเล่นเกมที่ได้ออกแบบไว้เพื่อเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพ

2. ผลการเปรียบเทียบการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันที่พัฒนาขึ้น ด้านพฤติกรรม

2.1 ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.2 ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Non-action Game หลังการทดลองกับก่อนการทดลองไม่แตกต่างกันค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองกับก่อนการทดลองไม่แตกต่างกัน

2.3 ค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพหลังการทดลองของกลุ่มใช้ Action Game มากกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเวลาปฏิกิริยาขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลองน้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลการเปรียบเทียบการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันที่พัฒนาขึ้น ด้านคลื่นไฟฟ้าสมอง

3.1 กลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ บริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) ที่ตำแหน่ง FPz และ Fz บริเวณเปลือกสมองส่วนบน (Parietal Lobe) ที่ตำแหน่ง FCz, Cz, CPz, Pz และ POz และ บริเวณเปลือกสมองส่วนท้าย (Occipital Lobe) ที่ตำแหน่ง Oz อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3.2 กลุ่มใช้ Non-action Game หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 น้อยกว่าก่อนการทดลองขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ บริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) ที่ตำแหน่ง FPz และ Fz บริเวณเปลือกสมองส่วนบน (Parietal Lobe) ที่ตำแหน่ง FCz, Cz, CPz, Pz และ POz และบริเวณเปลือกสมองส่วนท้าย (Occipital Lobe) ที่ตำแหน่ง Oz อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3.3 หลังการทดลองกลุ่มใช้ Action Game มีค่าเฉลี่ยความกว้างและค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 น้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) ที่ตำแหน่ง FPz และ Fz บริเวณเปลือกสมองส่วนบน (Parietal Lobe) ที่ตำแหน่ง FCz, Cz, , Pz และ POz และบริเวณเปลือกสมองส่วนท้าย (Occipital Lobe) ที่ตำแหน่ง Oz อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การอภิปรายผล

1. การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันจากทฤษฎี Cognitive Theory of Multimedia Learning ของ Mayer (2009) เมื่อมีการฝึกสมองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ที่พัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้สมองได้รับการกระตุ้นเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดการตอบสนองทางระบบประสาทระหว่างสมองส่วนอินเตอร์มิสเฟีย (Interhemisphere) ในเซลล์ประสาท (Neuron) บริเวณสมองส่วนคอปัสคอโลซัม (Corpus Callosum) จะเพิ่มการทำงานของการสร้างกระแสประสาท เพิ่มการหลั่งสารสื่อประสาทที่สำคัญ ได้แก่ อะซิตีลโคลีน (Acetylcholine) และโดปามีน (Dopamine) ส่งผลต่อการเพิ่มกระบวนการเรียนรู้และความจำ

การทำงานของสมองเมื่อเล่นเกมประเภทเกมแอคชัน (Action Game) ตามองเห็นภาพเกิดการรับภาพเกิดขึ้น อธิบายได้ดังนี้ เมื่อตามองเห็นภาพจะส่งสัญญาณการรับภาพไปยังเรตินา (Retina) แล้วส่งไปยังเส้นประสาทสมองเส้นที่ 2 (Optic Nerves) ซึ่งเป็นเส้นประสาทที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการมองเห็น โดยรับข้อมูลภาพที่ได้จากเรตินา แล้วส่งไปยังสมองส่วนทาลามัส (Thalamus) ก่อนที่จะไปสิ้นสุดยังผิวสมองส่วนหลัง (Visual Cortex) โดยมีต้นกำเนิดอยู่ที่บริเวณ Lateral Geniculate Nucleus สมองส่วนทาลามัส (Thalamus) อยู่ทางด้านบนเหนือก้านสมองขึ้นไปและถูกปกคลุมด้วย Cerebral Cortex อีกชั้นหนึ่ง ทำงานเกี่ยวข้องกับสมองหลายระบบเป็นสถานีชุมสายของสัญญาณผ่านต่าง ๆ ที่เป็นข้อมูลเกี่ยวกับ Sensory Inputs ทั้งหมดยกเว้นการดมกลิ่น ทาลามัสเป็นตำแหน่งในการรับข้อมูลเพื่อส่งไปยังสมองส่วนต่าง ๆ ของสมอง โดยข้อมูลที่รับเข้ามาจะถูกส่งไปยังผิวสมอง ข้อมูลสื่อสัมผัสได้แก่ รูป รส เสียง จากอวัยวะผิวกาย ตา หู โดยข้อมูลจะถ่ายโอนมาชุมทางนี้ก่อนส่งไปกระตุ้นสมองส่วนหลังเหนือท้ายทอย (Occiptal Lobe)

ซึ่งทำงานเกี่ยวกับการรับรู้ภาพ ตำแหน่งสมองที่ Brain area 17, 18 และ 19 ส่งไปยังสมองส่วนหลังของกระหม่อม (Parietal Lobe) ซึ่งทำหน้าที่นำการรับรู้ในส่วนนี้ประสานกับการรับรู้ภาพและเสียงส่งไปยัง Inferior Parietal Lobe ตำแหน่งสมองที่ Brain area 39 และ 40 แล้วส่งไปยัง Hippocampus ซึ่งเป็นสมองส่วนสำคัญที่ทำให้จำได้เพื่อไปกระตุ้นให้ความจำขณะทำงาน (Working memory) ทำงานเพิ่มมากขึ้นส่งผลต่อการเกิดความจำขณะทำงานด้านภาพเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันได้ออกแบบให้สอดคล้องกับ 5 หลักการ จากหลักการ 12 ข้อในการพัฒนา Multimedia (12 Kinds of Methods) ปรับจาก Mayer (2009, p. 52) ดังนี้ หลักการที่ 1 หลักการนำเสนอด้วยข้อความและกราฟิก (Multimedia Principle) คือ นักเรียน เรียนรู้ได้ดีจากคำ (Word) และภาพ (Pictures) ได้ดีกว่าคำเพียงอย่างเดียว หลักการที่ 2 Coherence Principle นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีเมื่อเนื้อหาการเรียน มีความสั้น กระชับ ได้ใจความมากกว่าการเรียนรู้เนื้อหาที่ละเอียด หลักการที่ 3 Modality Principle นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีจากกราฟิกและคำอธิบายภาพกราฟิก (Narration Method) หลักการที่ 4 Redundancy Principle นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีจากภาพเคลื่อนไหว (Animation) และคำอธิบาย มากกว่าภาพเคลื่อนไหว คำบรรยาย และข้อความบนจอภาพ และหลักการที่ 5 Spatial Contiguity Principle นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีกว่าเมื่อเรียนรู้จากภาพกราฟิกและข้อความ (Printed Text) ที่อยู่ใกล้กัน (Integrated Method) มากกว่าการเรียนรู้จากภาพกราฟิกและข้อความที่อยู่ห่างกันต่างกันแยกจอภาพคอมพิวเตอร์

2. ด้านพฤติกรรม ความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลอง เนื่องจากสมองได้รับการฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพตามโปรแกรมและระยะเวลาที่ได้กำหนดอย่างต่อเนื่อง ทำให้สมองได้รับการกระตุ้นเพิ่มมากขึ้น เกิดการตอบสนองและทำงานประสานกันระหว่างระบบประสาทสมอง จึงทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จากการฝึกเกมแอคชันเป็นเวลา 15 วัน วันละ 50 นาที ในช่วงเวลาเดียวกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Boot et al. (2008) และ Colzato et al. (2012) ที่กล่าวไว้ว่าการใช้ N-back Task มาตรฐาน ในการทดสอบกิจกรรม 1-Back และ 2-Back ผลการวิจัยปรากฏว่าความถูกต้องของคะแนนหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลอง หลังการฝึกสมองด้วย Action Video Game และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Blacker, Curby, Klobusicky, and Chein (2014) ที่ได้อภิปรายผลการวิจัยว่า กลุ่มตัวอย่างวัยรุ่นชายที่เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี อายุระหว่าง 20-22 ปี ฝึกเล่นเกมแอคชัน แล้วสามารถเพิ่มความจุของความจำขณะทำงานด้านภาพได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เล่นเกม มีผลการวิจัยปรากฏเพิ่มเติมว่า การเล่นเกมแอคชันเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับภาพเก็บไว้ในใจในช่วงเวลาสั้น ๆ ได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ

Colzato et al. (2013) ได้สรุปผลการวิจัยไว้ว่า ผู้ที่เล่นเกมแอคชันจะมีทักษะในเรื่องความจำขณะทำงานด้านภาพมากกว่าผู้คนที่ไม่ได้เล่นเกมแอคชัน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Buelow et al. (2015) ที่พบว่า การเล่นเกมแอคชันส่งผลต่อการพัฒนาความจำ รวมทั้งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dobrowolski et al. (2015) ที่พบว่า การฝึกการเล่นเกมด้วยวิดีโอเกมจะช่วยทำให้เพิ่มความสามารถทางปัญญา ได้แก่ ความสามารถด้านความใส่ใจการมองภาพ ความสามารถในการจำระยะสั้นจากการมองเห็นชัดเจนขึ้น ความเร็วในการประมวลผลสมองของมนุษย์จะเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับประเภทของเกมที่ฝึกหัด ซึ่งประเภทของเกมที่ส่งผลต่อการพัฒนาความจำขณะทำงานด้านภาพ ได้แก่ เกมประเภทเกมแอคชัน เกมต่อสู้

ความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Non-action Game หลังการทดลองกับก่อนการทดลองด้านพฤติกรรมไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Maillot et al. (2012) ที่วิจัยเรื่อง ผลของการฝึกวิดีโอเกมแบบโต้ตอบทันทีทันใดทางด้านร่างกายที่ส่งผลต่อกระบวนการรู้คิดทางปัญญาในวัยผู้ใหญ่ตอนปลาย ผลการวิจัยปรากฏว่า หลังการทดลองให้ผู้ใหญ่ตอนปลายได้ฝึกเล่นเกม Non-action Game (Brain Age 2) ปรากฏว่า ความเร็วในการประมวลผลเพิ่มขึ้น (Speed Processing) และเวลาปฏิกิริยา (Reaction Time) ลดลงมากกว่าก่อนการทดลอง แต่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Toril et al. (2014) สังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการฝึกเพิ่มกระบวนการรู้คิดทางปัญญาในวัยผู้ใหญ่ตอนปลายด้วยวิดีโอเกม ผลการสังเคราะห์งานวิจัยที่ตีพิมพ์ระหว่างปี ค.ศ. 1986-2013 ชี้ให้เห็นในทิศทางเดียวกันว่าการฝึกสมองด้วยวิดีโอเกมส่งผลทางด้านบวกต่อการรู้คิดทางปัญญาหลายด้านของมนุษย์ (Serveral Cognitive Functions) ได้แก่ ด้านความใส่ใจ ด้านความจำ เพิ่มมากขึ้น รวมทั้งเวลาปฏิกิริยา ลดลง ความจำขณะทำงานด้านภาพของกลุ่มใช้ Non-action Game หลังการทดลองกับก่อนการทดลองด้านพฤติกรรมไม่แตกต่างกัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jame et al. (2016) ที่ได้ทดสอบการเล่นเกม Tetris กับกลุ่มตัวอย่างที่มีสุขภาพดี จำนวน 28 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 28 คน โดยสุ่มให้เล่นเกม Tetris เป็นเวลา 11 นาทีต่อครั้ง มากกว่า 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นให้ดูภาพยนต์เป็นเวลา 12 นาที ผลของความจำจากการดูภาพในภาพยนต์หลังการทดลองกับก่อนการทดลองไม่แตกต่างกัน

ความจำขณะทำงานด้านภาพ หลังการทดลองของกลุ่มใช้ Action Game มากกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game สอดคล้องกับงานวิจัย ของ Blacker et al. (2014) ได้วิจัยเรื่อง ผลของการเล่นวิดีโอเกมต่อความใส่ใจ ความจำ และการควบคุมหน้าที่บริหารจัดการสมอง พบความสัมพันธ์ระหว่างการเล่นวิดีโอเกมกับการเพิ่มขึ้นของความสามารถทางด้านการมองเห็น และความใส่ใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง แนวโน้มการวิจัยในปัจจุบันมุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับ ผลของการเล่นวิดีโอเกมและการไม่ได้เล่นวิดีโอเกมต่อความสามารถทางปัญญา ได้แก่ ความใส่ใจ ความจำ และหน้าที่การบริหารจัดการสมอง การวางแผนและตัดสินใจของสมองมนุษย์ และการจำภาพที่เกิดจากความจำระยะสั้น

(Visual Short-Term Memory) โดยให้ผู้ที่ไม่เคยเป็นนักเล่นเกมมาเล่นวิดีโอเกมประเภทเกมแอคชัน 20 ชั่วโมงขึ้นไป ผลการวิจัยปรากฏว่า พบความแตกต่างในเรื่องพื้นฐานทางด้านทักษะความสามารถทางปัญญา (Cognitive Skills) ความสามารถทางด้านการเคลื่อนไหวจากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งที่รวดเร็วของสายตา

3. ด้านคลื่นไฟฟ้าสมอง กลุ่มใช้ Action Game หลังการทดลอง มีความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพน้อยกว่าก่อนการทดลอง เพราะสมองใช้เวลาในการประมวลผลเร็วขึ้น ใช้เวลาในการตอบถูกได้เร็วขึ้น ความกว้างของสมองจึงน้อยลง เพราะสมองทำงานลดลงใช้พลังงานสมองในการคิดประมวลผลน้อยลง สมองทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ตามหลักการประสิทธิภาพการทำงานของสมอง (Neural Efficiency) แสดงให้เห็นถึงกิจกรรมทางสมองที่ใช้พลังงานในการทำกิจกรรมลดลง ส่งผลให้สมองทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nussbaumer, Grabner and Stern (2015) ที่วิจัยเรื่อง ผลกระทบของ Task Demand ที่มีต่อประสิทธิภาพการทำงานของสมองใน Working Memory Tasks ผลวิจัยปรากฏว่า เชาว์ปัญญาเชิงลื่นไหลในบริบทของความจำขณะทำงาน เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในเรื่องประสิทธิภาพการทำงานของสมอง (Neural Efficiency) สมองใช้เวลาในการประมวลผลลดลง ในบริเวณตำแหน่งสมองส่วนหน้า (Frontal Brain Regions) ศึกษากับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 54 คน ทั้งเพศหญิงและเพศชาย เป็นนักเรียน อายุระหว่าง 20-25 ปี อายุเฉลี่ย 23 ปี ใช้เวลาในการฝึก (Train) 5 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 3 วัน วันละ 1 ชั่วโมง 30 นาที

กลุ่มใช้ Non-action Game หลังการทดลอง มีความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ น้อยกว่าก่อนการทดลอง ซึ่งผลการวิจัยไม่สอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวกับ Non-action Game ของ Mayas, Parmentier, Andrés, and Ballesteros (2014) ที่ได้วิจัยเรื่อง Plasticity of Attentional Functions ในกลุ่มตัวอย่างวัยผู้สูงอายุตอนปลาย โดยการฝึกสมองด้วยการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ Non-action Game กรณีศึกษาการทดลองแบบสุ่ม (Randomized Controlled Trial) เป้าหมายหลักของการวิจัยเพื่อศึกษาความยืดหยุ่นของการรู้คิดทางปัญญา (Cognitive Plasticity) ในวัยผู้ใหญ่ตอนปลาย เพื่อศึกษาผลของการฝึกสมองของวัยผู้ใหญ่ตอนปลายด้วยวิดีโอเกม จาก A Cross-Modal Oddball Task ที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อเป็นตัวกระตุ้นการรบกวนและตัวกระตุ้นให้สมองตื่นตัว กลุ่มตัวอย่างวัยผู้ใหญ่ตอนปลายที่มีสุขภาพดี จำนวนรวม 27 คน ประกอบด้วย กลุ่มทดลองจำนวน 15 คน กลุ่มควบคุมจำนวน 12 คน ซึ่งกลุ่มทดลองใช้เวลาในการฝึกสมองด้วยวิดีโอเกมจำนวน 20 ชั่วโมง

ฝึกสมองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปฝึกทักษะการแก้ปัญหา การคิดเลขในใจ ความจำขณะทำงาน และAttention Task จากโปรแกรมสำเร็จรูปฝึกสมอง (Lumosity) ส่วนกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกสมองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปฝึกสมอง (Lumosity) แต่ทำกิจกรรมนัดพบกัน (Meeting) กับสมาชิกในกลุ่มทุกคนในระหว่างหลักสูตรการเรียน (Course) เป็นการเปรียบเทียบผลการทดลองก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยได้รับ Intervention A Cross-Modal Oddball Task ในการวัดความตื่นตัว (Alertness) และตัวรบกวน (Distraction)

ผลวิจัยปรากฏว่า กลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลองในวัยผู้ใหญ่ตอนปลาย มีความใส่ใจต่อตัวรบกวนน้อยลงจากการเล่นวิดีโอเกม และมีความตื่นตัว มีความกระตือรือร้นมากขึ้นจากการเล่นวิดิโอเกม ในขณะที่กลุ่มควบคุมที่ทำกิจกรรมนัดพบพูดคุยกันตามปกติแต่ไม่ได้เล่นเกม ไม่เกิดการปลี่ยนแปลงของสมอง งานวิจัยนี้ได้มีข้อสรุปว่า การฝึกการพัฒนาความสามารถทางสมองด้าน Neurocognitive Plasticity ของสมองในวัยผู้ใหญ่ตอนปลายเกิดจาการฝึกการเพิ่มประสิทธิภาพการรู้คิดทางปัญญาของสมองส่วนที่ทำหน้าที่ในการควบคุมความใส่ใจ

กลุ่ม Action Game หลังการทดลองมีความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ น้อยกว่ากลุ่มใช้ Non-action Game เพราะสมองใช้เวลาในการประมวลผลเร็วมากขึ้น ใช้เวลาในการตอบถูกได้รวดเร็วขึ้น ความกว้างของสมองจึงน้อยลงเพราะสมองทำงานลดลงใช้พลังงานสมองในการคิดประมวลผลน้อยลง สมองทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นตามหลักการประสิทธิภาพการทำงานของสมอง (Neural Efficiency) แสดงให้เห็นถึงกิจกรรมทางสมองที่ใช้พลังงานในการทำกิจกรรมลดลงส่งผลให้สมองทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kuhn, Gleich, Lorenz, Lindenberge, and Gallinat (2014) ได้วิจัยเรื่อง การเล่นเกม Super Mario กับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสมองในเรื่องความยืดหยุ่นของสมอง ส่วนสีเทา (Gray Matter) ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเพิ่มขึ้นของสมองส่วนสีเทา ซึ่งเป็นผลมาจากการฝึกสมองด้วยวิดีโอเกม ที่มีลักษณะเป็นเกม 3 มิติ ตัวอย่างเช่น Super Mario 64 เป็นระยะเวลา 2 เดือน ใช้เวลา 30 นาทีต่อวัน ผลการวิจัยปรากฏว่า การฝึกสมองด้วยวิดีโอเกมช่วยส่งเสริมในการพัฒนาหน้าที่การรู้คิดทางปัญญา รวมทั้งความจำขณะทำงาน การใส่ใจ การวางแผนในอนาคต เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสมองในส่วนของความยืดหยุ่น สมองทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น บริเวณพื้นที่ของสมองส่วนหน้า (Prefrontal Cortex) และ Right Dorsolateral Prefrontal Cortex (DLPFC) ซึ่งเป็นสมองส่วนที่มีความสำคัญหลักในการเชื่อมโยงข้อมูลที่ถูกนำเข้าทางประสาทสัมผัสต่าง ๆ มายังสมองซึ่งจะส่งผลต่อการแสดงออกทางพฤติกรรมของมนุษย์ที่ได้รับผลกระทบจากรับรู้ต่อ กฎ กติกา จากการทำงานของสมอง

ส่วนที่ทำงานเกี่ยวกับการส่งเสริมแรงจูงใจ การให้รางวัล จากการเล่นเกมผ่านด่านต่าง ๆ แล้วได้รับรางวัลจากการเล่นเกมในรูปแบบต่าง ๆ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ครูและบุคลากรทางการศึกษาสามารถนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันที่พัฒนาไปติดตั้งกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของโรงเรียนหรือติดตั้งบนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ หรือติดตั้งกับแทบเลตของโรงเรียน โดยศึกษาจากคู่มือการติดตั้งและใช้งานเกม

2. ผู้ปกครองสามารถนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันไปฝึกให้บุตรหลานที่บ้านเพื่อพัฒนาความจำขณะทำงานด้านภาพ

3. ผู้บริหารสถานศึกษาและสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสามารถนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ไปใช้เป็นแนวทางในการต่อยอด การกำหนดกิจกรรม โครงการต่าง ๆ ทางการศึกษากับสถานศึกษาในสังกัดหรือหน่วยงานทางการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

1. ควรพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันเพื่อศึกษาผลของตัวแปรทางจิตวิทยาศึกษาเชิงลึกในด้านคลื่นไฟฟ้าสมอง ได้แก่ ตัวแปร การรับรู้ (Perceptual Abilities) การใส่ใจ (Attention) การเลือกความใส่ใจด้านภาพ (Visual Selective Attention) ความจำระยะสั้นด้านภาพ (Visual Short Term Memory) ความสามารถในการจินตนาการหมุนภาพวัตถุในใจ (Object Mental Rotation) และความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์ด้านภาพ (Visuospatial Abilities)

2. ควรพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันเพื่อส่งเสริม พัฒนา การรับรู้ ความใส่ใจ ความจำขณะทำงานด้านภาพ กับกลุ่มเด็กที่มีภาวะบกพร่องทางสมอง เช่น สมาธิสั้น (ADHD) เด็กที่มีภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ (Leaning Disability) ผู้มีความบกพร่องทางการได้ยิน

บรรณานุกรม

คู่มือการใช้งานซอฟต์แวร์ชุดแบบทดสอบความจำขณะทำงาน. (2558). *โครงการวิจัยการพัฒนาซอฟต์แวร์วัดสมรรถนะสมองด้านพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทย*. ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2558.

น้ำฝน อัศวเมฆิน. (2558). *หลักการพื้นฐานของวิศวกรรมซอฟต์แวร์ (Fundamentals of Software Engineering).* กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชัน จำกัด.

บุญใจ ศรีสถิตย์นรากูร. (2555). *การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย: คุณสมบัติการวัดทางจิตวิทยา*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประภาพร ดอกไม้, สุชาดา กรเพชรปาณี และสมสิทธิ์ จิตรสถาพร. (2556). โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความตั้งใจเล่นเกมออนไลน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา*, *11*(1), 79-88.

พีร วงศ์อุปราช และรังสิรัศม์ วงศ์อุปราช. (2558). 39 ปีของแบบจำลองความจำขณะปฏิบัติการงานวิจัยและการประยุกต์. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา*, *10*(2), 5-10.

พรพิไล เลิศวิชา และอัครภูมิ จารุภากร. (2550). *ออกแบบกระบวนการเรียนรู้โดยเข้าใจสมอง.* กรุงเทพฯ: บริษัท ด่านสุทธาการพิมพ์ จำกัด.

มณฑิรา วิทยากิตติพงษ์. (2549). การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองในผู้ใหญ่: ความรู้พื้นฐานสำหรับพยาบาล. *สงขลานครินทร์เวชสาร*, *24*(5), 445-452.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2542). *พจนานกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. ๒๕๔๒.* กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊ค พับลิเคชัน.

ลัดดา เหลืองรัตนมาศ และเสรี ชัดแช้ม. (2555). ผลของการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าที่มีต่อหน้าที่การบริหารจัดการของสมองในวัยผู้ใหญ่ตอนต้น: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา*, *10*(2), 17-34.

วิกิพีเดีย. *การแบ่งประเภทของวิดิโอเกม*. วันที่ค้นข้อมูล 15 สิงหาคม 2560 เข้าถึงได้จาก https://th.wikipedia.org/wiki/วิดีโอเกม.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2555). *การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม)*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชัน.

Ackerman, P. L., Beier, M. E., & Boyle, M. O. (2005). Working memory and intelligence: The same or differendit constructs?. *Psychological Bulletin* , *131*(1), 30-60.

Akcaoglu, M., & Koehler, M. J. (2014). Cognitive outcomes from the Game-Design and Learning (GDL) after-school program. *Computers & Education, 75*(1), 72-81.

Akilli, G. K., & Cagiltay, K. (2006). An instructional design/ development model for the creation of game-like learning environments: The FIDGE model. *Affective and Emotional Aspects of Human-Computer Interaction: Game-Based and Innovative Learning*, *1*(1), 93-112.

Alloway, T. (2012). Can interactive working memory training improving learning?. *Journal of Interactive Learning Research*, *23*(3), 197–207.

Alloway, T. P. (2007). Working memory, reading and mathematical skills in children with developmental coordination disorder. *Journal of Experimental Child Psychology*, *96*(1), 20–36.

Alloway, T. P., & Alloway, R. G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology, 106*(1), 20-29.

Alloway, T. P., Bibile, V., & Lau, G. (2013). Computerized working memory training: Can it lead to gains in cognitive skills in students? *Computers in Human Behavior, 29*(3), 632-638.

Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirkwood, H., & Elliott, J. (2009). The cognitive and behavioral characteristics of children with low working memory. *Child Development, 80*(2), 606–621.

Alvarez, G. A., & Cavanagh, P. (2004). The capacity of visual short-term memory is set both by visual information load and by number of objects. *Psychological Science*, *15*(2), 106-111.

Anderson, C. A., & Dill, K. E. (2000). Video games and aggressive thoughts, feelings, and behavior in the laboratory and in life. *Journal of Personality and Social Psychology*, *78*(4), 772–790.

Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology, 8*(2), 71–82.

Anguera, J. A., Boccanfuso, J., Rintoul, J. L., Al-Hashimi, O., Faraji, F., Janowich, J., Kong, E., Larraburo, Y., Rolle, C., Johnston, E., & Gazzaley, A. (2013). Video game training enhances cognitive control in older adults. *Nature, 501*(7465), 97-101.

Antal, H., Bunnell, H. T., McCahan, S. M., Pennington, C., Wysocki, T., & Blake, K. V. (2017). A cognitive approach for design of a multimedia informed consent video and website in pediatric research. *Journal of biomedical informatics*, *66*(1), 248-258.

Baddeley, A. D., Hitch, G. J. L (1974). Working Memroy. *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, *8*(1), 47-89.

Baddeley, A. (1996). Exploring the Central Executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *49A*(1), 5-28.

Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory?. *Trends in Cognitive Science*, *4*(11), 417-423.

Baddeley, A. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, *63*(1), 1-29.

Baddeley, A. & Hitch, G. (1974). Working memory. *Psychology of Learning and Motivation, 8*(1), 47-89.

Baddelley, A. (1986). *Working Memory*. Oxford: Oxford University Press.

Balaban, H., & Luria, R. (2015). The number of objects determines visual working memory capacity allocation for complex items. *NeuroImage*, *119*(1*)*, 54-62.

Basak, C., Boot, W. R., Voss, M. W., & Kramer, A. F. (2008). Can training in a real-time strategy video game attenuate cognitive decline in older adults?. *Psychology and Aging, 23*(4*),* 765–777.

Bailey, K., & West, R. (2013). The effects of an action video game on visual and affective information processing. *Brain Research*, *1504*(1), 35-46**.**

Beavis, C., & O'Mara, J. (2010). Computer games – pushing at the boundaries of literacy. *Australian Journal of Language & Literacy, 33*(1), 65–76.

Bechara, A. (2008). *Lowa gambling task professional manual*. Lutz, Florida: Psychological Assessment Resources, Inc.

Blacker K. J., & Cuby, K. M. (2013). Enhanced visual short-term memory in action video game players. *Attention, Perception & Psychophysics, 75*(6), 1128–1136.

Blacker, K. J., Curby, K. M., Klobusicky, E., & Chein, J. M. (2014). Effects of action video game training on visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *40*(5), 1992-2004.

Boot, W. R., Kramer, A. F., Simons, D. J., Fabiani, M., & Gratton, G. (2008). The effects of video game playing on attention, memory, and executive control. *Acta Psychologica, 129*(3), 387–398.

Bottino, R. M., Ferlino, L., Ott, M., & Tavella, M. (2007). Developing strategic and reasoning abilities with computer games at primary school level. *Computers and Education, 49*(4), 1272–1286.

Boyle, E., Connolly, T. M., & Hainey, T. (2011). The role of psychology in understanding the impact of computer games. *Entertainment Computing, 2*(2), 69–74.

Brand, M., Recknor, E. C., Grabenhorst, F., & Bechara, A. (2007). Decisions under ambiguity and decisions under risk: Correlations with executive functions and comparisons of two different gambling tasks with implicit and explicit rules. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 29*(1), 86–99.

Buelow, M. T., Okdie, B. M., & Cooper, A. B. (2015). The influence of video games on executive functions in college students. *Computers in Human Behavior, 45*(1), 228-234.

Burnett Heyes, S., Zokaei, N., van der Staaij, I., Bays, P. M., & Husain, M. (2012) Development of visual working memory precision in childhood. *Developmental Science*, *15*(4), 528-539.

Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology, 19*(3), 273-293.

Cannon, R., Lubar, J., Gerke, A., Thornton, K., Hutchens, T., & McCammon, V. (2006). EEG spectral-power and coherence: LORETA neuro feedback training in the anterior cingulate gyrus. *Journal of Neuro Therapy, 10*(1), 5–31.

Castel, A. D., Pratt, J., & Drummond, E. (2005). The effects of action video game experience on the time course of inhibition of return and the efficiency of visual search. *Acta Psychologica*, *119*(2), 217-230.

Cavanagh, P., & Alvarez, G. A. (2005). Tracking multiple targets with multifocal attention. *Trends in Cognitive Sciences, 9*(7), 349–354.

Chan, P. A., & Rabinowitz, T. (2006). A cross-sectional analysis of video games and attention deficit hyperactivity disorder symptoms in adolescents. *Annals of General Psychiatry, 5*(16), 1–10.

Chang, C. C., Liang, C., Chou, P. N., & Lin, G. Y. (2017). Is game-based learning better in flow experience and various types of cognitive load than non-game-based learning? Perspective from multimedia and media richness. *Computers in Human Behavior*, *71*(1), 218-227.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences (*2nd ed*.).* London: Lawrence Erlbaum Associates.

Collins, E., & Freeman, J. (2014). Video game use and cognitive performance: Does it vary with the presence of problematic video game use?. *CyberPsychology, Behavior, and Social Networking, 17(3)*, 153–159.

Colom, R., Quiroga, M. A., Solana, A. B., Burgaleta, M., Roman, F. J., & Karama, S. (2012). Structural changes after videogame practice related to a brain network associated with intelligence. *Intelligence, 40*(5), 479–489.

Colzato, L. S., van den Wildenberg, W. P. M., Zmigrod, S., & Hommel, B. (2013). Action video gaming and cognitive control: Playing first person shooter games is associated with improvement in working memory but not action inhibition. *Psychological Research Psychologische Forschung, 77*(2), 234–239.

Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: a reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, *24*(1), 87–185.

Cowan, N., Elliott, E. M., Saults, J. S., Morey, C. C., Mattox, S., Hismjatullina, A., & ConwayA. R. (2005). On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cognitive Psychology*, *51*(1), 42-100.

Cowan, N. (2010). The magical mystery four: How is working memory capacity limited, and why?. *Current Directions in Psychological Science*, *19*(1), 51-57.

Colom, R., Martínez, K., Burgaleta, M., Román, F. J., García-García, D., Gunter, J. L., Xue. H., Susanne, M. J., & Thompson, P. M. (2016). Gray matter volumetric changes with a challenging adaptive cognitive training program based on the dual n-back task. *Personality and Individual Differences*, *98*(1), 127-132.

Daltrozzo, J., Wioland, N., Mutschler, V., & Kotchoubey, B. (2007). Predicting coma and other low responsive patients outcome using event-related brain potentials: A meta-analysis. *Clinical Neurophysiology*, *118*(3), 606-614.

De Jong, P. F. (1998). Working memory deficits of reading disabled children. *Journal of Experimental Child Psychology, 70*(2), 75-96.

Della Sala, S., Gray, C., Baddeley, A., Allamano, N., & Wilson, L. (1999). Pattern span: a tool for unwelding visuo–spatial memory. *Neuropsychologia*, *37*(10), 1189-1199.

DeLisi, R., & Wolford, J. L. (2002). Improving children's mental rotation accuracy with computer game playing. *Journal of Genetic Psychology, 163*(3), 272–282.

Deng, X., Zheng, X., Su, X., Chan, F. T., Hu, Y., Sadiq, R., & Deng, Y. (2014). An evidential game theory framework in multi-criteria decision making process. *Applied Mathematics and Computation*, *244*(1), 783-793.

Diamond, A, & Lee, K. (2011). Interventions shown to aid Executive Function development in children 4 to 12 years old. *Science, 333*(6045), 959–964.

Dobrowolski, P., Hanusz, K., Sobczyk, B., Skorko, M., & Wiatrow, A. (2015). Cognitive enhancement in video game players: The role of video game genre. *Computers in Human Behavior, 44*(1), 59-63.

Drew, T. W., McCollough, A. W., & Vogel, E. K. (2006). Event-related potential measures of visual working memory. *Clinical EEG and Neuroscience*, *37*(4), 86-291.

Drew, T., & Vogel, E. K. (2008). Neural measures of individual differences in selecting and tracking multiple moving objects. *Journal of Neuroscience*, *28*(16), 4183-4191.

Durlach, P. J., Kring, J. P., & Bowens, L. D. (2009). Effects of action video game experience on change detection. *Military Psychology, 21*(1), 24–39.

Dye, M. W., Green, C. S., & Bavelier, D. (2009). Increasing speed of processing with action video games. *Current Directions in Psychological Science*, *18*(6), 321-326.

Ewoldsen, D. R., Eno, C. A., Okdie, B. M., Velez, J. A., Guadagno, R. E., & DeCoster, J. (2012). Effect of playing violent video games cooperatively or competitively on sub sequent cooperative behavior. *CyberPsychology, Behavior, and Social Networking, 15*(5), 1–4.

Fellows, L. K., & Farah, M. J. (2005). Different underlying impairments in decision-making following ventromedial and dorsolateral frontal lobe damagein humans. *Cerebral Cortex, 15*(1), 58–63.

Feng, J., Spence, I., & Pratt, J. (2007). Playing an action video game reduces gender differences in spatial cognition. *Psychological Science, 18*(10), 850–855.

Freeman, J. B., Ambady, N., & Holcomb, P. J. (2010). The face-sensitive N170 encodes social category information. *Neuroreport, 21*(1), 24-28.

Fry, A. F., & Hale, S. (2000). Relationships among processing speed, working memory and fluid intelligence in children. *Biological Psychology. Special Issue: Behavior, Event-Related Potentials, and Neuroimaging: A Lifespan Perspective, 54*(1), 1-34.

Gao, Z., Gao, Q., Tang, N., Shui, R., & Shen, M. (2016). Organization principles in visual working memory: Evidence from sequential stimulus display. *Cognition*, *146*(1), 277-288.

Gentile, D. A. (2011). The multiple dimensions of video game effects. *Child Development Perspectives, 5*(2), 75–81.

George, E. M., & Coch, D. (2011). Music training and working memory: An ERP study. *Neuropsychologia, 49*(5), 1083–1094.

Goldstein, E. B. (2008). *Cognitive Psychology Connecting Mind, Research, and Everyday Experience.* Belmont: Thomson Wadsworth.

Green, C. S., & Bavelier, D. (2003). Action video game modifies visual selective attention. *Nature, 423*(6939), 534–537.

Green, C. S., & Bavelier, D. (2006). Effect of action video games on the spatial distribution of visuospatial attention. *Journal of Experimental Psychology Human Perception and Performance, 32*(6), 1465–1478.

Green, C. S., & Bavelier, D. (2012). Learning, attentional control, and action video games. *Current Biology*, *22*(6), 197–206.

Griffith, J. L., Voloschin, P., Gibb, G. D., & Bailey, J. R. (1983). Differences in eye-hand motor coordination of video-game users and non-users. *Perceptual and Motor Skills*, *57*(1), 155-158.

Gong, D., He, H., Liu, D., Ma, W., Dong, L., Luo, C., & Yao, D. (2015). Enhanced functional connectivity and increased gray matter volume of insula related to action video game playing. *Scientific Reports*, *5*(1), 9763.

Hassaan, M. R. (2010). P300 Amplitude versus Latency: measures of post-remediation Improvement in auditory processing disorders. *EJENTAS Egyptian Journal of ear, nose, throat, and Allied Sciences*, *11*(12), 83-87.

Handy, C. T. (2005). *Event-Related Potentials A Methods Handbook*. Cambridge: The Mit Press.

Hardy, L. H., Rand, G., & Rittler, M. C. (1945). Tests for the detection and analysis of color-blindness. I. The Ishihara test: an evaluation. *JOSA*, *35*(4), 268-275.

Heaton, R. K., Chelune, G. J., Talley, J. L., Kay, G. G., & Curtiss, G. (2005). Wisconsin card sorting test manual. Lutz, FL: PAR, Inc.

Heyes, S. B., Zokaei, N., & Husain, M. (2016). Longitudinal development of visual working memory precision in childhood and early adolescence. *Cognitive Development*, *39*(1), 36-44.

Gere, I., & Jauscvec, N. (1999). Multimedia: Differences in cognitive processes observed with EEG. *Educational Technology Research and Development*, *47*(3), 5-14.

James, E. L., Lau-Zhu, A., Tickle, H., Horsch, A., & Holmes, E. A. (2016). Playing the computer game Tetris prior to viewing traumatic film material and subsequent intrusive memories: Examining proactive interference. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, *53*(1), 25-33.

Jiang, Y. V., LMAKOVSKI, T., & Shim, W. M. (2008). Visual memory for features, conjunctions, objects, and locations. In James R. Brockmole*, The visual world in memory* . (pp. 33-65). London: Routledge.

Just, M. A., & Carpenter, P.A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychologist Review, 99*(1), 122-149.

Kassim, H. (2013). The relationship between learning styles, creative thinking performance and multimedia learning materials. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *97*(1), 229-237.

Kassim, H., Nicholas, H., & Ng, W. (2014). Using a multimedia learning tool to improve creative performance. *Thinking Skills and Creativity*, *13*(1), 9-19.

Kellar, S. P., & Kelvin, E. A. (2013). *Munro's statistical methods for health care research* (7th ed.). New York: Lippincott Williams & Wilkins.

Kirsh, S. J., Olczak, P. V., & Mounts, J. R. (2005). Violent video games induce affect processing bias. *Media Psychology*, *7*(3), 239–250.

Klingberg, T. (2010). Training and plasticity of working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, *14*(7), 317–324.

Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., & Dahlstrom, K.. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD A randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 44*(2), 177–186.

Klingberg, T., Forssberg, H., & Westerberg, H. (2002). Training of working memory in children with ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 24*(6), 781–791.

Kuhn, S., Gleich, T., Lorenz, R. C., Lindenberger, U., & Gallinat, J. (2014). Playing super Mario induces structural brain plasticity: Gray matter changes resulting from training with a commercial video game. *Molecular Psychiatry, 19*(2), 265–271.

Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2011). Thirty years and counting: Finding meaning in the N400 component of the event related brain potential (ERP). *Annual Review of Psychology, 62*(1), 621-647.

Kühn, S., Gleich, T., Lorenz, R. C., Lindenberger, U., & Gallinat, J. (2014). Playing Super Mario induces structural brain plasticity: gray matter changes resulting from training with a commercial video game. *Molecular Psychiatry*, *19*(2), 265-271.

Kuo, C. C., Zhang, C., Rissman, R. A., & Chiu, A. W. (2014). Long-term electrophysiological electrophysiological and behavioral analysis on the improvement of visual working memory load, training gains, and transfer benefits. *Journal of Behavioral and brain science*, *4*(5), 234-246.

Lachman, M. E., Neupert, S. D., Bertrand, R., & Jette, A. M. (2006). The effects of strength training on memory in older adults. *Journal of Aging and Physical Activity, 14*(1), 59–73.

Lee, Y., Lu, M., & Ko, H. (2007). Effects of skill training on working memory capacity. *Learning and Instruction, 17*(3)*,* 336–344.

Lee, S. H., Kim, E. Y., Kim, S., & Bae, S. M. (2010). Event-related potential patterns and gender effects underlying facial affect processing in schizophrenia patients. *Neuroscience Research*, *67*(2), 172-180.

Leedale, R., Singleton, C., & Thomas, K. (2004). *Memory booster (computer program and manual)*. London: *Lucid Research Limited*.

Lezak, M. D., Howieson, D. B., & Loring, D. W. (2004). *Neuropsychological assessment (*4th ed*.).* Oxford: Oxford University Press.

Li, R., Polat, U., Makous, W., & Bavelier, D. (2009). Enhancing the contrastsensitivity function through action video game training. *Nature Neuroscience, 12*(5), 549–551.

Li, R., Polat, U., Scalzo, F., & Bavelier, D. (2010). Reducing backward masking through action game training. *Journal of Vision, 10*(14), 33-33.

Lieberman, D. A., Fisk, M., & Biely, E. (2009). Digital games for young children ages three to six: from research to design. *Computers in the Schools, 26*(4), 299–313.

Lintern, G., & Kennedy, R. S. (1984). Video game as a covariate for carrier landing research. *Perceptual and Motor Skills*, *58*(1), 167-172.

Liu, M. (2003). Enhancing learners' cognitive skills through multimedia design. *Interactive Learning Environments*, *11*(1), 23-39.

Luck, S. & Kappenman, E. (2009). *Oxford Handbook of Event-Related Potentials Components*. New York: Oxford University Press.

Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature, 390*(6657), 279–281.

Luck, S. J., & Kappenman, E. S. (Eds.). (2011). *The Oxford handbook of event-related potential components*. Oxford: Oxford university press.

Luck, S. J., & Vogel, E. K. (2013). Visual working memory capacity: from psychophysics and neurobiology to individual differences. *Trends in Cognitive Sciences*, *17*(8), 391-400.

Maillot, P., Perrot, A., & Hartley, A. (2012). Effects of interactive physical-activity video-game training on physical and cognitive function in older adults. *Psychology and Aging, 27*(3), 589–600.

Manes, F., Sahakian, B., Clark, L., Rogers, R., Antoun, N., & Robbins, T. (2002). Decision-making processes following damage to the prefrontal cortex. *Brain, 125*(3), 624–639.

Martinovic, D., Freiman, V., & Karadag, Z. (2011). Child and Youth Development Beyond Age 6-Transitions to Digitally Literate Adulthood. *Final Report Submitted to The Ministry of Child and Youth Services*.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge university press.

Mayas, J., Parmentier, F. B., Andrés, P., & Ballesteros, S. (2014). Plasticity of attentional functions in older adults after non-action video game training: A randomized controlled trial. *PLoS One*, *9*(3), e92269.

McDermott, A. F., Bavelier, D., & Green, C. S. (2014). Memory abilities in action video game players. *Computers in Human Behavior, 34*(1), 69–78.

McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2014). *Research in education: Evidence-based inquiry*. Boston: Pearson Higher Education.

McNab, F., & Klingberg, T. (2008). Prefrontal cortex and basal ganglia control access to working memory. *Nature Neuroscience*, *11*(1), 103-107.

Melby-Lervåg, M., & Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology*, *49*(2), 270.

Mindsparke. (2011). *Brain fitness pro*. Retrieved December 12 2017, from http://www.mindsparke.com

Minear, M., & Shah, P. (2006). Sources of working memory deficits in children and possibilities for remediation. In S. Pickering (Ed.), *Working memory and education* (pp. 274–307). Oxford: Elsevier Press.

Morrison, A. B., & Chein, J. M. (2011). Does working memory training work? The promise and challenges of enhancing cognition by training working memory. *Psychonomic Bulletin & Review, 18*(1), 46–60.

Moisala, M., Salmela, V., Hietajärvi, L., Carlson, S., Vuontela, V., Lonka, K., Hakkarainen, K., Salmela-Aro, K., & Alho, K. (2017). Gaming is related to enhanced working memory performance and task-related cortical activity. *Brain Research*, *1655*, 204-215.

Myatchin, I., & Lagae, L. (2013). Developmental changes in visuo-spatial working memory in normally developing children: Event-related potentials study. *Brain and Development*, *35*(9), 853-864.

Neokleous, K. C., Avraamides, M. N., Neocleous, C. K., & Schizas, C. N. (2011). Selective attention and consciousness: investigating their relation through computational modelling. *Cognitive Computation*, *3*(1), 321-331.

Nussbaumer, D., Grabner, R. H., & Stern, E. (2015). Neural efficiency in working memory tasks: The impact of task demand. *Intelligence*, *50*(1), 196-208.

Oei, A. C., & Patterson, M. D. (2013). Enhancing cognition with video games: A multiple game training study. *PLoS ONE*, *8*(3), e58546.

Oei, A. C., & Patterson, M. D. (2014). Playing a puzzle video game with changing requirements improves executive functions. *Computers in Human Behavior, 37*(1), 216-228.

Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, *9*(1), 97-113.

Olesen, P. J., Westerberg, H., & Klingberg, T. (2004). Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory. *Nature Neuroscience*, *7*(1), 75-79.

Owston, R., Wideman, N. S., & Brown, C. (2009). Computer game development as a literacy activity. *Computers and Education, 53*(3), 977–989.

Owen, A. M., McMillan, K. M., Laird, A. R., & Bullmore, E. (2005). N-back working memory paradigm: A meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. *Human Brain Mapping*, *25*(1), 46-59.

Parra, M. A., Della Sala, S., Abrahams, S., Logie, R. H., Méndez, L. G., & Lopera, F. (2011). Specific deficit of colour–colour short-term memory binding in sporadic and familial Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, *49*(7), 1943-1952.

Perwien, A. R., Hall, J., Swensen, A., & Swindle, R. (2004). Stimulant treatment patterns and compliance in children and adults with newly treated attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Managed Care Pharmacy*, *10*(2), 122-129.

Petit, G., Kornreich, C., Noel, X., Verbanck, P., & Campanella, S. (2012). Alcohol related context modulates performance of social drinkers in a visual Go/No-Go task: a preliminary assessment of event-related potentials. *PLoS One*, *7*(5), 37-46.

Pelegrina, S., Lechuga, M. T., García-Madruga, J. A., Elosúa, M. R., Macizo, P., Carreiras, Fuentes, L. J., & Bajo, M. T. (2015). Normative data on the n-back task for children and young adolescents. *Frontiers in Psychology*, *6*(1), 1-11.

Pickering, S. J., & Gathercole, S. E. (2004). Distinctive working memory profiles in children with special educational needs. *Educational Psychology, 24*(3), 393-408.

Plass, J. L., Heidig, S., Hayward, E. O., Homer, B. D., & Um, E. (2014). Emotional design in multimedia learning: Effects of shape and color on affect and learning. *Learning and Instruction*, *29*(1), 128-140.

Qiu, J., Li, H., Yang, D., Luo, Y., Li, Y., Wu, Z., & Zhang, Q. (2008). The neural basis of insight problem solving: An event-related potential study. *Brain and Cognition*, *68*(1), 100-106.

Rebetez, C., & Betrancourt, M. (2007). Video game research in cognitive and educational sciences. *Cognitie, Creier, Comportament/Cognition, Brain, Behaviour, 11*(1), 131–142.

Simmering, V. R. (2012). The development of visual working memory capacity during early childhood. *Journal of Experimental Child Psychology*, *111*(4), 695-707.

Statistics Canada. (2010). General social survey: Time use. Retrieved November 15 2017 from http://www.statcan.gc.ca/daily-quotidien/110712/dq110712b-eng.htm.

Stern, Y., Blumen, H. M., Rich, L. W., Richards, A., Herzberg, G., & Gopher, D. (2011). Space Fortress game training and executive control in older adults: a pilot intervention. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *18*(6), 653-677.

Sternberg, R. J. (2008). Increasing fluid intelligence is possible after all. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *105*(19), 6791-6792.

Strobach, T., Frensch, P. A., & Schubert, T. (2012). Video game practice optimizes executive control skills in dual-task and task switching situations. *Acta Psychologica*, *140*(1), 13-24.

Sub, H. M., Oberauer, K., Wittmann, W. W., Wilhelm, O., & Schulze, R. (2002). Working-memory capacity explains reasoning ability and a little bit more. *Intelligence*, *30*(3), 261-288.

Subrahmanyam, K., Greenfield, P., Kraut, R., & Gross, E. (2001). The impact of computer use on children's and adolescents' development. *Journal of Applied Developmental Psychology, 22*(1), 7–30.

Subrahmanyam, K., Kraut, R. E., Greenfield, P. M., & Gross, E. F. (2000). The impact of home computer use and children's activities and development. The Future of Children. *Children and Computer Technology, 10*(2), 123–144.

Sung, H. Y., & Hwang, G. J. (2013). A collaborative game-based learning approach to improving students' learning performance in science courses. *Computers & Education*, *63*(1), 43-51.

Swing, E. L., Gentile, D. A., Anderson, C. A., & Walsh, D. A. (2010). Television and video game exposure and the development of attention problems. *Pediatrics, 126*(2), 214–221.

Tang, Y.Y., & Posner, M. I. (2009). Attention training and attention state training. *Trends in Cognitive Sciences, 13*(5), 222–227.

Thorell, L., Lindqvist, S., Nutley, S., Bohlin, G., & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science, 12*(1), 106–113.

Toril, P., Reales, J. M., & Ballesteros, S. (2014). Video game training enhances cognition of older adults: a meta-analytic study. *Psychology and aging*, *29*(3), 706.

Tsubomi, H., & Watanabe, K. (2017). Development of visual working memory and distractor resistance in relation to academic performance. *Journal of Experimental Child Psychology*, *154*(1), 98-112.

Um, E. R., Song, H., & Plass, J. (2007,June). The effect of positive emotions on multimedia learning. In *EdMedia: World Conference on Educational Media and Technology* (pp. 4176-4185). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).

Unsworth, N., Fukuda, K., Awh, E., & Vogel, E. K. (2014). Working memory and fluid intelligence: Capacity, attention control, and secondary memory retrieval. *Cognitive Psychology*, *71*(1), 1-26.

Vallett, D. B., Lamb, R. L., & Annetta, L. A. (2013). The gorilla in the room: The impacts of video-game play on visual attention. *Computers in Human Behavior*, *29*(6), 2183-2187.

Van Vugt, M. K., & Jha, A. P. (2011). Investigating the impact of mindfulness meditation training on working memory: A mathematical modeling approach. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 11*(3), 344–353.

Van Der Ven, S. H., Van Der Maas, H. L., Straatemeier, M., & Jansen, B. R. (2013). Visuospatial working memory and mathematical ability at different ages throughout primary school. *Learning and Individual Differences*, *27*(1), 182-192.

Velez, J. A., Mahood, C., Ewoldsen, D. R., & Moyer-Gusé, E. (2014). Ingroup versus outgroup conflict in the context of violent video game play: The effect of cooperation on increased helping and decreased ggression. *Communication Research*, *41*(5), 607-626.

Vernon, D., Egner, T., Cooper, N., Compoton, T., Neilands, C., Sheri, A., & Gruzelier, J. (2003). The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects of cognitive performance. *International Journal of Psychophysiology, 47*(1), 75–85.

Vogel, E. K., McCollough, A. W., & Machizawa, M. G. (2005). Neural measures reveal individual differences in controlling access to working memory. *Nature*, *438*(7067), 500-503.

Vogel, E. K., & Machizawa, M. G. (2004). Neural activity predicts individual differences in visual working memory capacity. *Nature*, *428*(1), 748-751.

Wager, T. D., & Smith, E. E. (2003). Neuroimaging studies of working memory: A meta-analysis. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 3*(4), 255–274.

Westerberg, H., Jacobaeus, H., Hirvikoski, T., Clevberger, P., Östensson, M. L., Bartfai, A., & Klingberg, T. (2007). Computerized working memory training after stroke–a pilot study. *Brain Injury*, *21*(1), 21-29.

Wilms, I. I., Petersen, A., & Vangkilde, S. (2013). Intensive video gaming improves encoding speed to visual short-term memory in young male adults. *Acta Psychologica, 142*(1), 108–118.

Yusoff, A., Crowder, R., Gilbert, L., & Wills, G. (2009). A conceptual framework for serious games. In *Advanced Learning Technologies, 2009. ICALT 2009. Ninth IEEE International Conference, 1*(1), 21-23.

Yu, Q., & Shim, W. M. (2017). Occipital, parietal, and frontal cortices selectively maintain task-relevant features of multi-feature objects in visual working memory. *Neuroimage*, *157*(1), 97-107.

Zadina, J. (2014). *Multiple pathways to the student brain: Energizing and enhancing instruction*. New Jersey: John Wiley & Sons.

Zeidan, F., Johnson, S. K., Diamond, B. J., David, Z., & Goolkasian, P. (2010). Mindfulness meditation improves cognition: Evidence of brief mental training. *Consciousness and Cognition, 19*(2), 597–605.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ก-1 รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ก-2 หนังสือขอความอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อการวิจัย

ก-3 หนังสือขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ก-4 หนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

ก-5 หนังสือขออนุญาตผู้ปกครองนำนักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมพัฒนาการเรียนรู้และความจำ

ภาคผนวก ก-1

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. รศ.ดร. ม.ร.ว.สมพร สุทัศนีย์	อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
2. ดร. พีร วงศ์อุปราช	อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
3. ดร. สุชาดา สกลกิจรุ่งโรจน์	อาจารย์ประจำสำนักทะเบียนและวัดผล มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
4. ดร. อนุสรณ์ บรรเทิง	อาจารย์ประจำ ภาควิชา คณิตศาสตร์ สถิติ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
5. ดร. ศราวุธ ราชมณี	อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนครพนม
6. อาจารย์ภูดิท พรรักษมณี	Ceo of Learn Power Co., Ltd. 99/23 Floor 12th Software park building, Prakkrit Nonthaburi ,Thailand.
7. ดร.หนึ่งฤทัย เมฆวทัต	อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
8. อาจารย์วราภรณ์ คันทศิริ	ครูวิทยฐานะชำนาญการ (ครู ค.ศ. 2) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา ตำบลเหมือง อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี
9. ดร.รวิชญุฒน์ ทองแม้น	ศึกษานิเทศก์ชำนาญการพิเศษ กลุ่มนิเทศ ติดตามและประเมินผลการจัดการศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 33

ที่ ศธ ๖๒๒๔/ว ๐๒๙

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๒๒ กรกฎาคม ๒๕๕๙

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย

เรียน รศ.ดร.ม.ร.ว.สมพร สุทัศนีย์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงดุษฎีนิพนธ์ และเครื่องมือ จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นางสาวรัชกร โชติประดิษฐ์ รหัสประจำตัว ๕๕๘๑๐๐๐๑๖ นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ได้รับอนุมัติให้ทำดุษฎีนิพนธ์เรื่อง "ผลของการเพิ่มความจำภาพขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์แอคชันเกม: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง" ซึ่งอยู่ในความควบคุมดูแลของ รศ.ดร.เสรี ชัดแช้ม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัย ในการนี้ วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัยแก่นิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)
คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
โทร. ๐ ๓๘๑๐ ๒๐๗๗-๘
โทร/ โทรสาร ๐ ๓๘๓๙ ๓๔๘๔
http ://www.rmcs.buu.ac.th

ภาคผนวก ก-2

หนังสือขอความอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อการวิจัย

ที่ ศธ ๖๖๒๘/ว ๐๑๖๐

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๕ มิถุนายน ๒๕๕๙

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ขอข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดตาลล้อม

ด้วย นางสาวรัชกร โชติประดิษฐ์ รหัสประจำตัว ๕๕๘๑๐๐๑๖ นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ได้รับอนุมัติให้ทำดุษฎีนิพนธ์เรื่อง "ผลของการเพิ่มความจำภาพขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์แอคชันเกม: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง" ซึ่งอยู่ในความควบคุมดูแลของ รศ.ดร.เสรี ชัดแช้ม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ในการนี้ ผู้วิจัยมีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์ขอข้อมูลของนักเรียนชั้นประถมศึกษาโรงเรียนของท่าน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)
คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
โทร. ๐ ๓๘๑๐ ๒๐๗๗-๘
โทร/ โทรสาร ๐ ๓๘๓๙ ๓๔๘๔
http ://www.rmcs.buu.ac.th

ที่ ศธ ๖๖๒๘/ว ๐๑๖๐

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๕ มิถุนายน ๒๕๕๙

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ขอข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา

ด้วย นางสาวรัชกร โชติประดิษฐ์ รหัสประจำตัว ๕๕๘๑๐๐๑๖ นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ได้รับอนุมัติให้ทำดุษฎีนิพนธ์เรื่อง "ผลของการเพิ่มความจำภาพขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์แอคชันเกม: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง" ซึ่งอยู่ในความควบคุมดูแลของ รศ.ดร.เสรี ชัดแช้ม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ในการนี้ ผู้วิจัยมีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์ขอข้อมูลของนักเรียนชั้นประถมศึกษาโรงเรียนของท่าน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)
คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
โทร. ๐ ๓๘๑๐ ๒๐๗๗-๘
โทร/ โทรสาร ๐ ๓๘๓๙ ๓๔๘๔
http ://www.rmcs.buu.ac.th

ภาคผนวก ก-3

หนังสือขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ที่ ศธ ๖๒๐๙/ ๑๐๔๙

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๒๙ กรกฎาคม ๒๕๕๙

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดตาล้อม

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือ จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นางสาวรัชกร โชติประดิษฐ์ รหัสประจำตัว ๕๕๘๑๐๐๑๖ นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ได้รับอนุมัติให้ทำดุษฎีนิพนธ์เรื่อง "ผลของการเพิ่มความจำภาพขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์แอคชันเกม: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง" ซึ่งอยู่ในความควบคุมดูแลของ รศ.ดร.เสรี ชัดแช้ม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ในการนี้ ผู้วิจัยมีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ ๕ โรงเรียนวัดตาล้อม

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)
คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
โทร. ๐ ๓๘๑๐ ๒๐๗๗-๘
โทร/ โทรสาร ๐ ๓๘๓๙ ๓๔๘๔
http ://www.rmcs.buu.ac.th

ภาคผนวก ก-4

หนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

ที่ ศธ ๖๒๒๔/๐๕๒

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๒ สิงหาคม ๒๕๕๙

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อดุษฎีนิพนธ์ และเครื่องมือ จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นางสาวรัชกร โชติประดิษฐ์ รหัสประจำตัว ๕๕๘๑๐๐๑๖ นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ได้รับอนุมัติให้ทำดุษฎีนิพนธ์เรื่อง "ผลของการเพิ่มความจำภาพขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์แอคชันเกม: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง" ซึ่งอยู่ในความควบคุมดูแลของ รศ.ดร.เสรี ชัดแช้ม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ในการนี้ ผู้วิจัยมีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย โดยการทดลองใช้เกมคอมพิวเตอร์แอคชันเกม และเกมเปรียบเทียบนันแอคชันเกม: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)
คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
โทร. ๐ ๓๘๑๐ ๒๐๗๗-๘
โทร/ โทรสาร ๐ ๓๘๓๙ ๓๔๘๔
http ://www.imcs.buu.ac.th

ภาคผนวก ก-5
หนังสือขออนุญาตผู้ปกครองนำนักเรียนเข้าร่วมกิจกรรม พัฒนาการเรียนรู้และความจำ

ที่ ศธ 04034.63 /พิเศษ

โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา สพป. ชบ. 1
ต.เหมือง อ.เมืองชลบุรี จ.ชลบุรี 20131

วันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2559

เรื่อง การนำนักเรียนไปทำกิจกรรมพัฒนาการเรียนรู้และความจำ

เรียน ผู้ปกครองนักเรียน ด.ช. / ด.ญ.....

ด้วยโรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา มีความประสงค์จะขออนุญาตนำนักเรียนในการปกครองของท่าน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการคัดเลือกเป็นตัวแทนของโรงเรียน ไปเข้าร่วมกิจกรรมพัฒนาความจำด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับเด็กประถมศึกษา เพื่อเป็นการส่งเสริมและพัฒนาความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาและการตัดสินใจ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการเรียนรู้ในชีวิตประจำวัน และเป็นพื้นฐานในการศึกษาระดับการศึกษาขั้นสูงต่อไปของนักเรียน เป็นความร่วมมือการส่งเสริมทางวิชาการระหว่าง วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา โดยนางสาวรัชกร โชติประดิษฐ์ นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา โดยได้รับอนุมัติให้ทำดุษฎีนิพนธ์เรื่อง "ผลของการเพิ่มความจำภาพขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์แอคชันเกม: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง" ซึ่งอยู่ในความควบคุมดูแลของ รศ.ดร. เสรี ชัดแช้ม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ดร. ปรัชญา แก้วแก่น อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ในการนี้ผู้วิจัยมีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์ข้อมูล และขอความร่วมมือในการทำกิจกรรมกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา สถานที่ทำกิจกรรม ณ โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา และ ณ วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี โดยเริ่มกิจกรรมพัฒนาความจำด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในระหว่างเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559–เดือน กันยายน พ.ศ. 2559 โดยแบ่งการทำกิจกรรมเป็น 3 ครั้งดังนี้ (กำหนดการเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม)

ครั้งที่ 1 ทำกิจกรรมวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ก่อนการพัฒนาความจำด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับเด็กประถมศึกษา ณ วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

ครั้งที่ 2 ทำกิจกรรมพัฒนาความจำด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภายในห้องคอมพิวเตอร์โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา เป็นระยะเวลา 25 วัน (ช่วงเวลา 12.00 – 12.30 น. หลังนักเรียนรับประทานอาหารกลางวันเสร็จ)

ครั้งที่ 3 ทำกิจกรรมวัดคลื่นไฟฟ้าสมองหลังการพัฒนาความจำด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับเด็กประถมศึกษา ณ วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

การเดินทางเพื่อทำกิจกรรมพัฒนาการเรียนรู้และความจำ ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 3 เดินทางโดยรถยนต์ในเวลา 8.00 น. ที่โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา และนำนักเรียนเดินทางกลับถึงโรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธาภายในเวลา 15.00 น

โดยมีคณะครูที่ได้รับมอบหมายจากผู้อำนวยการโรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา ดังนี้ 1. นางสาวกมลวรรณ เพิ่มพูล 2. นางวราภรณ์ คันทศิริ 3. นางสาวอังค์วรา ตุลสุข 4. นายกิตติพงษ์ เลขะพันธุ์ และนางสาวรัชกร โชติประดิษฐ์ เป็นคณะครูผู้ควบคุมดูแลในการเดินทางและการทำกิจกรรมพัฒนาการเรียนรู้และความจำ

การไปครั้งนี้ได้ปฏิบัติตามระเบียบกระทรวงศึกษาธิการว่าด้วยการพานักเรียนและนักศึกษาไปนอกสถานศึกษา พ.ศ. 2548 ข้อ 6 แล้ว

ดังนั้นเพื่อให้การจัดกิจกรรมดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย จึงขออนุญาตให้นักเรียนในปกครองของท่านเข้าร่วมกิจกรรม ตามวัน เวลา และสถานที่ ดังกล่าวข้างต้น

หากมีข้อสงสัยประการใด สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ คุณครู กิตติพงษ์ เลขะพันธุ์ 089-408-2111, นางสาว รัชกร โชติประดิษฐ์ 081-7904250

ขอแสดงความนับถือ

(นายสงัด กระจ่าง)

ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา

✂.....

โปรดขีดเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ต้องการ โปรดกรอกข้อมูลตามแบบด้านล่างนี้แล้วส่งกลับคืนสถานศึกษา

ข้าพเจ้า.....เกี่ยวข้องเป็นผู้ปกครองของ
(ด.ช / ด.ญ..... นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา หมายเลขโทรศัพท์ผู้ปกครอง.....

☐ อนุญาตให้เข้าร่วมกิจกรรมพัฒนาการเรียนรู้และความจำในครั้งนี้ ตามเวลาที่กำหนด

☐ ไม่อนุญาตให้เข้าร่วมกิจกรรม เพราะ .....

ลงชื่อ.....ผู้ปกครอง

(.....)

ภาคผนวก ข

แบบคัดกรองกลุ่มตัวอย่างและคู่มือการใช้โปรแกรม

ข-1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล

ข-2 แบบสำรวจความถนัดในการใช้มือของเอดินเบอร์ก

ข-3 แผ่นวัดระดับการมองเห็นที่ระยะใกล้ (Near Vision)

ข-4 คู่มือการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

ภาคผนวก ข-1

แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล

แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย / ในช่อง ❒ หน้าข้อความและกรอกข้อมูลในช่องว่าง ที่ตรงตามความเป็นจริง

1. ชื่อ – สกุลของนักเรียน.....

2. เพศ ❒ ชาย ❒ หญิง อายุ.....ปี (เศษของปีเกิน 6 เดือน นับเป็น 1 ปี)

3. โรงเรียน .....เกรดเฉลี่ยสะสมวิชาคณิตศาสตร์.....

4. ปัจจุบันศึกษาระดับชั้น

❒ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ❒ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ❒ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

5. ความถนัดในการใช้มือ ❒ ข้างขวา ❒ ข้างซ้าย

6. โรคประจำตัว ❒ มี ❒ ไม่มี

7. การได้รับบาดเจ็บที่สมองหรือไม่เคยผ่าตัดสมอง ❒ เคย ❒ ไม่เคย

8. การมองเห็น ❒ ปกติ ❒ ต้องใส่แว่นตา

9. การออกกำลังกาย

❒ ไม่ได้ออกกำลังกาย ❒ ออกกำลังกาย วิ่งกระโดด เตะฟุตบอล

10. การไม่ตาบอดสี ❒ ตาบอดสี ❒ ไม่ตาบอดสี

11. การเล่นเกมในคอมพิวเตอร์หรือในโทรศัพท์มือถือ

❒ ทุกวัน ❒ 3-5 วันต่อสัปดาห์

❒ 1-2 วันต่อสัปดาห์ ❒ ไม่เล่นเกม

12. ไม่เคยฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพ ❒ เคย ❒ ไม่เคย

13. การรับประทานอาหารหลักในแต่ละวันครบ 3 มื้อ ❒ ครบ ❒ ไม่ครบ

แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล (ต่อ)

14. ชื่อ-สกุล บิดา.....อาชีพ.....เบอร์โทร.....

ชื่อ-สกุล มารดา.....อาชีพ..... เบอร์โทร.....

เบอร์โทรศัพท์ผู้ปกครอง (ที่สามารถติดต่อได้).....

15. ที่อยู่ปัจจุบันที่สามารถติดต่อได้

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข-2

แบบสำรวจความถนัดในการใช้มือของเอดินเบอร์ก

แบบสำรวจความถนัดในการใช้มือของเอดินเบอร์ก

(EDINBURGH HANDNESS INVENTORY)

ชื่อ-สกุล .....อายุ.....

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย × ลงในช่องว่างที่ตรงกับการใช้มือของนักเรียนในกิจกรรมต่อไปนี้

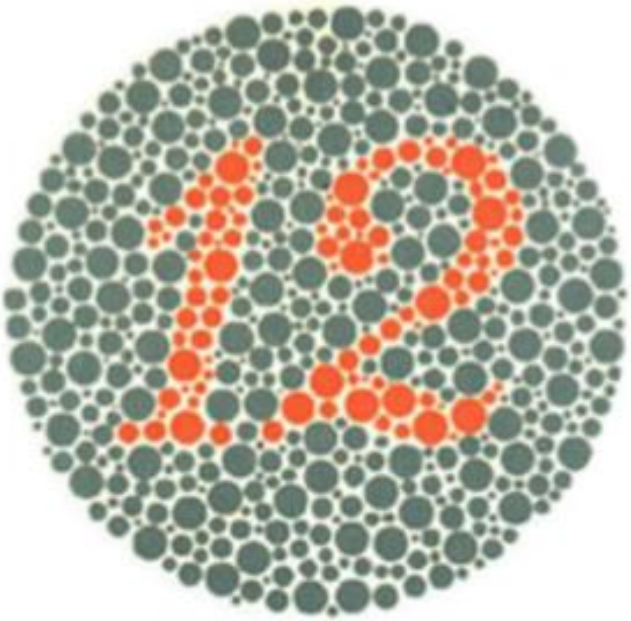
ข้อ	กิจกรรม	มือข้างที่ใช้ทำกิจกรรม	
		มือซ้าย	มือขวา
1.	นักเรียนใช้มือข้างใดเขียนหนังสือ		
2.	นักเรียนใช้มือข้างใดในการวาดภาพ		
3.	นักเรียนใช้มือข้างใดจับยางลบในขณะลบคำผิด		
4	นักเรียนใช้มือข้างใดในการขว้างลูกบอลหรือโยนวัตถุ		
5	นักเรียนใช้มือข้างใดในการจับกรรไกรตัดกระดาษ		
6	นักเรียนใช้มือข้างใดจับหวีเพื่อหวีผม		
7	นักเรียนใช้มือข้างใดจับแปรงสีฟันขณะแปรงฟัน		
8	นักเรียนใช้มือข้างใดจับช้อนขณะรับประทานอาหาร		
9	นักเรียนใช้มือข้างใดจับค้อนเมื่อตอกตะปู		
10	นักเรียนใช้มือข้างใดเพื่อไขกุญแจประตู		
11	นักเรียนใช้มือข้างใดเล่นเทนนิส / ปิงปอง / แบตมินตัน		
12	นักเรียนใช้มือข้างใดจับมีดขณะหั่น (เนื้อ, ผัก, ฯลฯ)		
13	นักเรียนใช้มือข้างใดจับไม้กวาดขณะกวาดบ้าน		
14	นักเรียนใช้มือข้างใดจับฟองน้ำขณะล้างจาน		
15	นักเรียนใช้มือข้างใดจับไม้ขนไก่ขณะปัดฝุ่น		
16	นักเรียนใช้มือข้างใดเปิดกล่อง		
17	นักเรียนใช้มือข้างใดเพื่อใช้โทรศัพท์มือถือ		
18	นักเรียนใช้มือข้างใดผลักประตู		
19	นักเรียนใช้มือข้างใดจับก้านไม้ขีดไฟเพื่อจุดไฟ		
20	นักเรียนใช้มือข้างใดจับแก้วเพื่อดื่มน้ำ		

ภาคผนวก ข-3

แผ่นวัดระดับการมองเห็นที่ระยะใกล้ (Near Vision)

แผ่นวัดระดับการมองเห็นที่ระยะใกล้ (Near Vision)

แผ่นทดสอบตาบอดสีชนิดตัวเลข (Test of Colour-Deficiency) (ตัวอย่าง)



ภาคผนวก ข-4

คู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

หมายเหตุ ** ตัวอย่างคู่มือการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน **

คำนำ

คู่มือการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันนี้ได้อธิบายเกี่ยวกับวิธีการใช้งานและลักษณะของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ชื่อเกมเรขาคณิตผจญภัย (Adventure in Geometry World) อย่างละเอียด ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันเพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพ (Visual Working Memory) สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาและผู้ที่สนใจซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานสำคัญของกระบวนการรู้คิดทางปัญญา ได้แก่ ความใส่ใจ การวางแผน การแก้ปัญหา การตัดสินใจ และการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และเป็นการส่งเสริมความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันมีระดับการเล่นเกม 6 ระดับ หรือ 6 ด่าน 6 กิจกรรม ได้รับความรู้พื้นฐานเรขาคณิตและการเรียนรู้ร่วมกับธรรมชาติที่หลากหลาย

จากทฤษฎีการเรียนรู้สื่อผสมทางปัญญา (Cognitive Theory of Multimedia Learning) ของ Mayer (2009) เมื่อมีการฝึกสมองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องตามกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ ตามวงจรการพัฒนาซอฟตร์แวร์ (System Development Life Cycle) ส่งผลให้สมองได้รับการกระตุ้นจากระบบการมองเห็น (Visual System) ส่งไปยังสมองส่วนต่าง ๆ ของสมองโดยข้อมูลที่รับเข้ามาจะถูกส่งไปยังสมองส่วนต่าง ๆ ผ่านข้อมูลสื่อสัมผัสได้แก่ ทางรูป สมองรับรู้ผ่านทางตา ทางเสียงสมองรับรู้ผ่านทางหู ข้อมูลจะถ่ายโอนมาส่งไปกระตุ้นสมองส่วนหลัง (Occipital Lobe) เพื่อแปลความหมายเกี่ยวกับการรับรู้ภาพ ซึ่งทำงานเกี่ยวกับการรับรู้ภาพ เป็นข้อมูลขาเข้า (Input) ส่งไปยังสมองส่วนพาไรทัล (Parietal Lobe) ซึ่งทำหน้าที่นำการรับรู้จากภาพและประมวลผลภาพและเสียงส่งไปยังอินพีเรียพาไรทัล (Inferior Parietal Lobe) แล้วส่งไปยังฮิปโปแคมปัส (Hippocampus)

ผู้พัฒนาหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่นำไปใช้เพื่อฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพและเสริมทักษะพัฒนาการทางสมองของนักเรียนระดับประถมศึกษาและผู้สนใจทั่วไป

รัชกร โชติประดิษฐ์

แนะนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน (Action Game) เป็นเกมประเภทที่ใช้การบังคับทิศทางการเคลื่อนไหวของตัวละครในเกมเพื่อผ่านด่านต่าง ๆ ในเกม เน้นความท้าทายทางด้านร่างกาย จิตใจ รวมทั้งเน้นการประสานการทำงานระหว่างมือ ตา โดยมีการตอบโต้กลับไปมาระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์อย่างรวดเร็วในทันทีทันใด มีกฎกติกาในการเล่นเกม รวมทั้งมีการต่อสู้กับศัตรู มีแพ้ ชนะ หลังจากการเล่นเกมแอคชันเกม ส่งผลต่อการเกิดการกระตุ้นการทำงานของสมอง ช่วยในการพัฒนาความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียนระดับประถมศึกษาและผู้ที่สนใจได้

เกมแอคชันเป็นเกมที่มีลักษณะที่เน้นการเคลื่อนไหวมุมมองของสายตาระหว่างการเล่นเกมของผู้เล่นเกมที่รวดเร็วทันทีทันใด เน้นการออกแบบเกมที่มีปฏิกิริยาการตอบสนองที่รวดเร็วกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในเกม (Green & Bayelier, 2012) เน้นการเล่นเกมที่ติดตามวัตถุที่เคลื่อนไหวหลาย ๆ อย่างพร้อมกัน โดยผู้เล่นจะได้รับการฝึกฝนทักษะการมองวัตถุที่เคลื่อนที่ไปมาอย่างรวดเร็วและฝึกในเรื่องการแบ่งและเลือกความใส่ใจ (Divided and Selective Attention) การเล่นเกมประเภทเกมแอคชันมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มความสามารถของหน้าที่การบริหารจัดการขั้นสูงของสมอง (Executive Function) มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการทำงานของสมองส่วนหน้า (Prefrontal Cortex) ทำให้สามารถเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพ (Visual Working Memory) ได้เป็นอย่างมีประสิทธิภาพเพราะผู้เล่นได้รับการพัฒนาทักษะการมองวัตถุที่หลากหลายในระยะเวลาสั้น ๆ อย่างรวดเร็ว หลากหลายวัตถุ ส่งผลต่อการเกิดพัฒนาการทางสมองและสายตาผู้เล่นเกมได้เป็นอย่างดี

ในปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยภาคตัดขวาง (Cross-Sectional Study) และการติดตามการศึกษาวิจัยระยะยาว (Longitudinal) ถึงความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาความจำขณะทำงานและการเล่นวิดีโอเกมแอคชัน โดยการใช้ N-back Tasks (Green & Bayelier, 2012) ผลการวิจัยปรากฏว่า เกิดการเพิ่มขึ้นของความจำขณะทำงานหลังการเล่นเกมแอคชัน โดยพิจารณาจากอัตราการตอบถูก (Accuracy) และระยะเวลาในการตอบกลับ (Response time) ลดลงหลังการทดลอง

ประโยชน์ของการฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันเป็นเกมคอมพิวเตอร์ที่มีความเหมาะสมสำหรับพัฒนาการของเด็กทั้งเพศหญิงและชาย โดยเฉพาะเด็กที่มีอายุระหว่าง 10-11 ปี เด็กมีพื้นฐานในการชอบ

การเล่นเกม ชอบความสนุกสนานท้าทาย มีความร่าเริงแจ่มใส และเป็นวัยที่ชอบการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ร่วมกันกับเพื่อน ๆ และเด็กอยู่ในวัยที่เข้าสู่การส่งเสริมพัฒนาการทางด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ขั้นพื้นฐานเพื่อเป็นพื้นฐานสำคัญและแรงจูใจในการเรียนรู้ระดับสูงต่อไป

ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันที่มีเนื้อหาสาระและมีความสนุกสนานในการเรียนรู้ ส่งเสริมกระตุ้นการทำงานของสมองในวัยเด็กด้านการรู้คิดทางปัญญา ผ่านทางด้านการมองเห็นจากภาพในเกมคอมพิวเตอร์ การได้ยินจากเสียงบรรยายความรู้พื้นฐานรูปเรขาคณิตแบบต่าง ๆ ประกอบการเล่นเกม ก่อนการเล่นเกมในแต่ละด่าน และเป็นทางเลือกหนึ่งในการให้ความรู้ทางด้าน คณิตศาสตร์พื้นฐาน เรขาคณิต โดยผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นทางเลือกในการกระตุ้นและพัฒนาสมองที่เกี่ยวข้องกับความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียนระดับประถมศึกษา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ครูและบุคลากรทางการศึกษาสามารถนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันที่พัฒนาไปติดตั้งกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของโรงเรียนหรือติดตั้งบนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ หรือติดตั้งกับแทบเลตของโรงเรียน โดยศึกษาจากคู่มือการติดตั้งและใช้งานเกม

2. ผู้ปกครองสามารถนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันไปฝึกให้บุตรหลานที่บ้านเพื่อพัฒนาความจำขณะทำงานด้านภาพ

3. ผู้บริหารสถานศึกษาและสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสามารถนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ไปใช้เป็นแนวทางในการต่อยอด การกำหนดกิจกรรม โครงการต่าง ๆ ทางการศึกษากับสถานศึกษาในสังกัดหรือหน่วยงานทางการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเล่นเกมโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

1. Hardware/ Software Spec ขั้นต่ำที่สามารถใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันเกมเรขาคณิตผจญภัย ได้แก่ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ระบบปฏิบัติการ Window 7, CPU 1.5 GHz, RAM 1 GB, พื้นที่ความจุของเกมบนคอมพิวเตอร์ขั้นต่ำ 400 MB

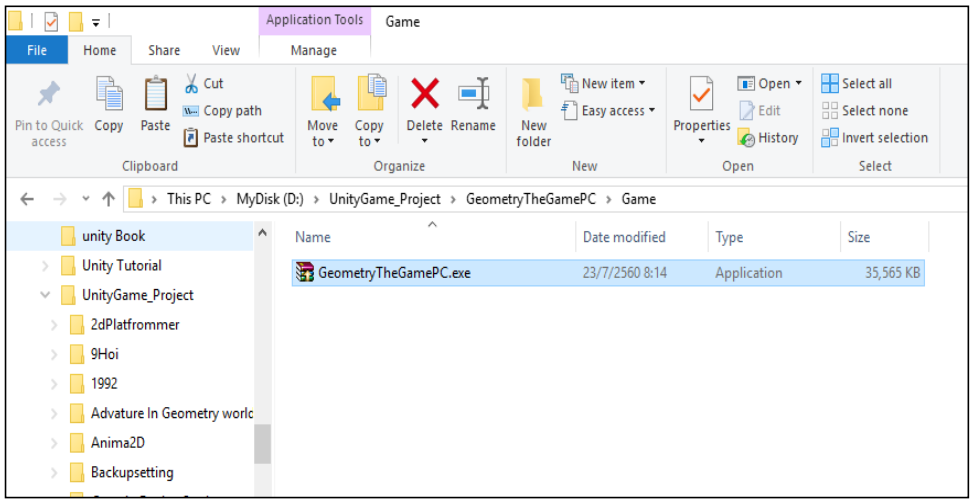
2. Hardware/ Software Spec ขั้นต่ำที่สามารถใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันเกมเรขาคณิตผจญภัย ได้แก่ ระบบปฏิบัติการ Android 4.2, CPU 1 GHZ, RAM 1 GB, พื้นที่ความจุของเกมบนระบบปฏิบัติการ Android ขั้นต่ำ 50 MB (ไม่รองรับการเล่นบนเครื่องเล่น Joy Stick)

ตัวอย่างขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์ก่อนฝึกความจำขณะทำงานด้านภาพ

1. การติดตั้งเกมบนระบบปฏิบัติการวินโดว์
2. การติดตั้งเกมบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

1. การติดตั้งเกมบนระบบปฏิบัติการวินโดว์

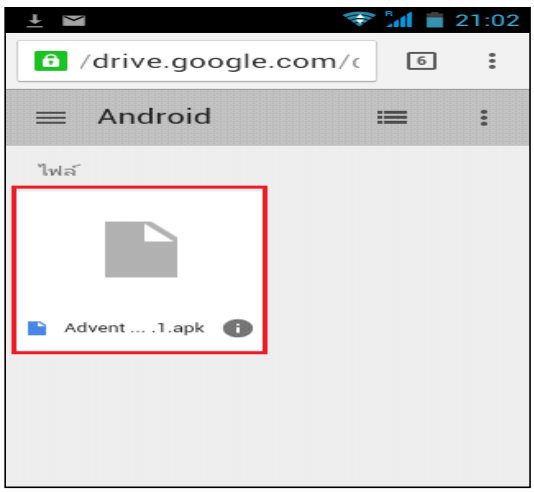
1.1 เปิดไฟล์ติดตั้งเกม ไฟล์ GeometryTheGamePC.exe



ภาพที่ 1 หน้าจอไฟล์สำหรับติดตั้งเกมบนระบบปฏิบัติการวินโดว์

2. การติดตั้งเกมบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

2.1 เปิดเข้าไปที่ลิงค์ https://tinyurl.com/ybu72ucj แล้วคลิกที่ไฟล์เกม



ภาพที่ 2 หน้าจอไฟล์สำหรับติดตั้งเกมบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

1.ตัวอย่างหน้าจอเกม

ภาพที่ 3 หน้าแรกของเกมเรขาคณิตผจญภัย

จากภาพที่ 3 เป็นการแสดงหน้าจอหลักของเกมเรขาคณิตผจญภัยบนระบบปฏิบัติการวินโดว์และระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ประกอบด้วย 4 ปุ่ม ดังนี้ 1. ปุ่มเริ่มเกม 2. ปุ่มวิธีการเล่น 3. ปุ่มข้อมูลผู้จัดทำ 4. ปุ่มออกจากเกม โดยเมื่อคลิกที่ปุ่มจะแสดงหน้าจอดังนี้

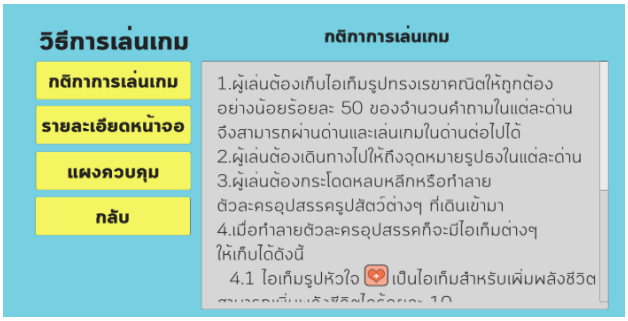
1. ปุ่มเริ่มเกม เป็นปุ่มที่แสดงหน้าจอเมนูการเลือกด่านในเกม
2. ปุ่มวิธีการเล่น เป็นปุ่มแสดงวิธีการเล่นเกม
3. ปุ่มข้อมูลผู้จัดทำ เป็นปุ่มที่แสดงข้อมูลรายละเอียดของผู้พัฒนา

2. ตัวอย่างหน้าจอเมนูเลือกด่าน

ภาพที่ 4 หน้าจอเมนูเลือกด่าน

จากภาพที่ 4 แสดงหน้าจอเมนูเลือกด่าน ในหน้านี้เป็นการแสดงเกมในหน้าจอด่านทั้งหมดในเกมเมื่อเริ่มเล่นครั้งแรกจะสามารถเล่นได้เฉพาะด่านที่ 1 และสามารถเล่นในด่านถัดไปได้เมื่อเล่นเกมผ่าน และเมื่อกดปุ่มเลือกด่าน ระบบเกมจะเข้าสู่หน้าจอการเล่นเกมตามด่านที่เลือก

3. ตัวอย่างหน้าจอวิธีการเล่น



ภาพที่ 5 หน้าจอวิธีการเล่นบนระบบปฏิบัติการวินโดว์

กติกาการเล่นดังนี้

1. ผู้เล่นต้องเก็บรายการรูปเรขาคณิตให้ถูกต้อง อย่างน้อย ร้อยละ 50 ของ จำนวนคำถามในแต่ละด่าน จึงสามารถผ่านด่านที่จะสามารถเล่นเกมในด่านต่อไปได้

2. ผู้เล่นต้องเดินทางไปให้ถึงจุดหมายรูปธงในแต่ละด่านจึงจะสามารถเล่นเกมในด่านต่อไปได้

3. ผู้เล่นต้องกระโดด หลบหลีก หรือทำลายตัวละครอุปสรรค ได้แก่ รูปสัตว์ต่าง ๆ หลุมพลาง หนองน้ำ เป็นต้น ที่เดินเข้ามาระหว่างการเล่นเกมระหว่างการเดินทางของตัวละครของการเล่นเกม

4. เมื่อตัวละครหลักทำลายตัวละครอุปสรรคก็จะมีรายการรูปต่าง ๆ ให้เก็บได้ ดังนี้

4.1 รายการรูปหัวใจแสดงเป็นรูป เป็นรายการสำหรับเพิ่ม พลังชีวิต สามารถเพิ่มพลังชีวิตได้ร้อยละ 10

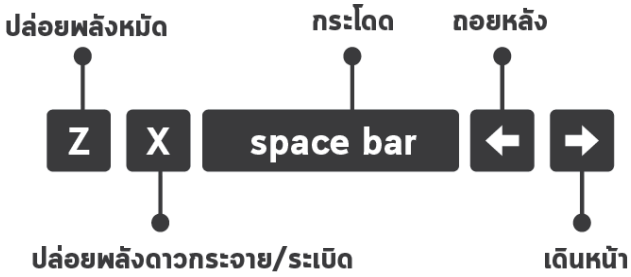
4.2 รายการรูปดาวแสดงเป็นรูป เป็นรายการสำหรับเพิ่มจำนวนชีวิตของตัวละครหลัก เมื่อผู้เล่นเก็บได้ครบ 5 ดาว ก็จะได้จำนวนชีวิตเพิ่ม 1 ชีวิต โดยสามารถสะสมจำนวนชีวิตได้สูงสุด 5 ชีวิต

4.3 รายการรูปดาวกระจาย แสดงเป็นรูป เป็นรายการสำหรับ โจมตีสิ่งกีดขวาง

4.4 รายการรูปเห็ด แสดงเป็นรูป เป็นรายการสำหรับโจมตีสิ่งกีดขวาง

นิยามศัพท์เฉพาะ รายการ หมายถึงวัตถุ รูปทรงต่าง ๆ ที่ปรากฏขึ้นตัวอย่างเช่น รูปดาว รูปหัวใจ ที่ตัวละครหลักสามารถเก็บได้ในระหว่างการเล่นเกมแล้วทำให้เกิดผลตามมา เช่น เพิ่มพลังการโจมตีของตัวละครหลัก เพิ่มพลังชีวิตของตัวละครหลัก เป็นต้น

3.1 ปุ่มควบคุมเกมบนระบบปฏิบัติการวินโดว์



ภาพที่ 6 แผงควบคุมเกมบนระบบปฏิบัติการวินโดว์

จากภาพที่ 6 แสดงปุ่มการควบคุมเกม โดยประกอบด้วยปุ่มควบคุม 5 ปุ่ม ดังนี้

1. ปุ่มลูกศรด้านขวา (Right Arrow) ใช้สำหรับควบคุมการเดินหน้าของตัวละครหลัก
2. ปุ่มลูกศรด้านซ้าน (Left Arrow) ใช้สำหรับควบคุมการเดินถอยหลังของตัวละครหลัก
3. ปุ่ม Space Bar ใช้สำหรับการควบคุมการกระโดดของตัวละคร
4. ปุ่ม X ใช้สำหรับปล่อยพลังโจมตีด้วยพลังหมัด
5. ปุ่ม Z ใช้สำหรับปล่อยพลังโจมตีด้วยพลังดาวกระจายหรือพลังระเบิด

3.2 ปุ่มควบคุมเกมบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

การควบคุมเกมบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ประกอบด้วยปุ่มควบคุม 7 ปุ่มดังนี้

1. ปุ่มเดินหน้า แสดงเป็นรูป ใช้สำหรับควบคุมทิศทางการเดินหน้าของตัวละครหลัก

2 .ปุ่มถอยหลัง แสดงเป็นรูป ใช้สำหรับควบคุมทิศทางการเดินถอยหลังของตัวละครหลัก

3. ปุ่มกระโดด แสดงเป็นรูป ใช้สำหรับควบคุมการกระโดดของตัวละครหลัก

4. ปุ่มโจมตีด้วยพลังหมัด แสดงเป็นรูป ใช้สำหรับควบคุมการโจมตีพลังหมัดของตัวละครหลัก โดยมีระดับการทำลายล้างเท่ากับ 1

5. ปุ่มโจมตีด้วยพลังดาวกระจาย แสดงเป็นรูป ใช้สำหรับควบคุมการโจมตีพลังดาวกระจายของตัวละครหลัก โดยมีระดับการทำลายล้างเท่ากับ 2

6. ปุ่มโจมตีด้วยพลังเห็ด แสดงเป็นรูป ใช้สำหรับควบคุมการโจมตีพลังระเบิดของตัวละครหลัก โดยมีระดับการทำลายล้างเท่ากับ 3

7.ปุ่มหยุด แสดงเป็นรูป ใช้สำหรับหยุดพักการเล่นเกม เมื่อกดหยุดผู้เล่นสามารถเลือกที่จะเล่นต่อ เริ่มใหม่ กลับสู่เมนูเลือกด่าน และสามารถออกจากเกมได้

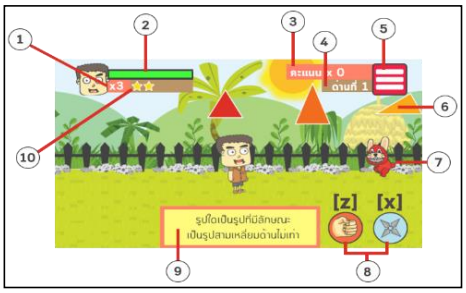
4. ตัวอย่างหน้าจอข้อมูลผู้พัฒนา

ภาพที่ 7 หน้าจอข้อมูลผู้พัฒนา

5. ตัวอย่างหน้าจอการเล่นเกม

ภาพที่ 8 หน้าจอตัวละครบรรยายเนื้อหา

จากภาพที่ 8 แสดงหน้าจอบรรยายเนื้อหาโดยตัวละครเล่าเรื่อง ที่อธิบายเกี่ยวกับลักษณะของรูปเรขาคณิตก่อนการเล่นเกมในแต่ละด่านที่แตกต่างกันไป



ภาพที่ 9 หน้าจอการเล่นเกมบนระบบปฏิบัติการวินโดว์

ภายในหน้าจอมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1. แถบแสดงจำนวนชีวิต ซึ่งมีจำนวนชีวิตทั้งหมด 3 ชีวิต

2. แถบแสดงพลังชีวิต ถ้าพลังชีวิตหมดจำนวนชีวิตก็จะลดลง 1 ชีวิต

3. แถบแสดงคะแนน แสดงคะแนนที่ผู้เล่นเล่นได้ในด่านนั้น

4. แถบแสดงด่านที่เล่น

5. ปุ่มหยุดเล่นชั่วคราว เพื่อหยุดการเล่นเกม ผู้เล่นสามารถที่จะเล่นเกมต่อเริ่มเกมใหม่ กลับเมนูหลัก และออกจากเกมได้

6. รายการรูปเรขาคณิต โดยผู้เล่นต้องเก็บให้ถูกต้อง ตรงกับคำถามที่แสดงในหน้าจอจะได้คะแนนเพิ่ม 100 คะแนน ถ้าได้คะแนนร้อยละ 50 ขึ้นไปจะสามารถผ่านด่านและเล่นเกมในด่านถัดไป

7. ตัวละครอุปสรรค เป็นรูปสัตว์ที่เข้ามาในเกม ผู้เล่นจะต้องหลบหลีกหรือทำลายตัวละครเหล่านี้ ได้แก่ หนูแดง กระต่าย นก หมูป่า สุนัข สิงห์โต เต่า เสือ และโจรทะเลทราย

8. แถบแสดงพลังโจมตีที่สามารถโจมตีได้ โดยกดปุ่ม Z เพื่อปล่อยพลังหมัด กดปุ่ม X เพื่อปล่อยพลังดาวกระจายหรือพลังระเบิด ผู้เล่นจะสามารถโจมตีโดยใช้พลังได้

9. แถบแสดงคำถามเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานรูปเรขาคณิตแบบต่าง ๆ

10. แถบเก็บสะสมดาว สำหรับเก็บเพิ่มจำนวนชีวิตของตัวละครหลัก

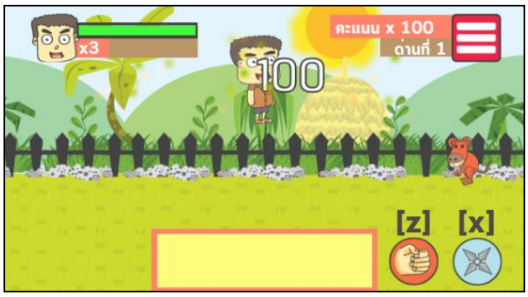
ตัวละครผู้เล่นเดินชนกับตัวละครอุปสรรคที่เดินเข้ามาหาจะทำให้พลังชีวิตลดลง ถ้าพลังชีวิตหมดตัวละครหลักก็จะหมดพลังหรือตาย ทำให้จำนวนชีวิตลดลง 1 ชีวิต โดยถ้าจำนวนชีวิตของตัวละครหลักหมดลง เกมจะแสดงหน้าจอ Game Over ดังที่แสดงในภาพที่ 10

ภาพที่ 10 หน้าจอ Game over

จากภาพที่ 10 ภายในหน้านี้ผู้เล่นไม่สามารถเล่นเกมต่อได้ ผู้เล่นสามารถกดปุ่มกลับเมนูหลักเพื่อเข้าสู่หน้าจอเมนูเลือกด่าน และสามารถเริ่มเล่นเกมใหม่โดยการกดปุ่มเริ่มใหม่

ภาพที่ 11 หน้าจอการเล่นเกมเมื่อเจอรายการรูปเรขาคณิต

จากภาพที่ 11 เมื่อผู้เล่นเจอรายการผู้เล่นต้องอ่านคำถามที่แสดงในจอด้านล่าง แล้วเลือกเก็บรายการรูปเรขาคณิตให้ถูกต้องตามคำถาม



ภาพที่ 12 หน้าจอการเล่นเกมเมื่อเก็บรายการรูปเรขาคณิต

ภาพที่ 13 หน้าจอการเล่นเกมขณะถึงจุดเส้นชัย

จากภาพที่ 13 เมื่อผู้เล่นเดินชนกับจุดเส้นชัยรูปธง เกมก็จะแสดงหน้าจอสถานะของเกม

6. ตัวอย่างหน้าจอเกมในด่านต่าง ๆ

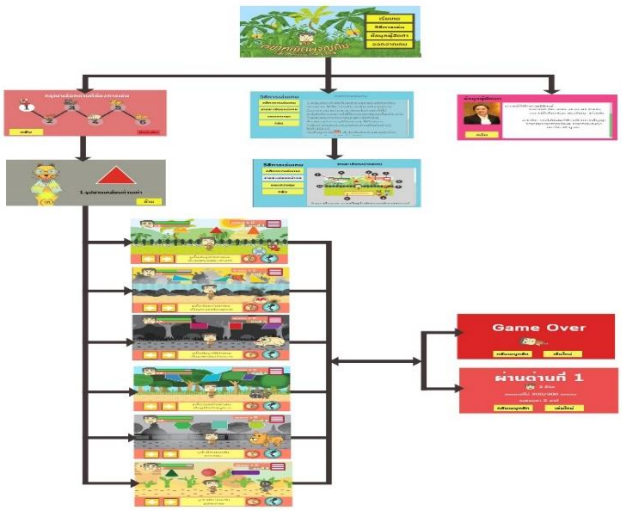
ภายในเกมเรขาคณิตผจญภัยประกอบด้วย 6 ด่าน โดยแบ่งการแสดงผลหน้าจอเป็น 2 แบบ ดังนี้

1. หน้าจอเกมในระบบปฏิบัติการวินโดว์

ด่านที่ 1 เกมให้ความรู้เกี่ยวกับรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า, รูปสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า และรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว

ภาพที่ 14 หน้าจอการเล่นเกมบนระบบปฏิบัติการวินโดว์ด่านที่ 1

ภาพที่ 15 หน้าจอการเล่นเกมบนระบบปฏิบัติการวินโดว์ด่านที่ 2



ภาพที่ 15 ผังโครงสร้างภาพรวม หน้าจอโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน ชื่อเกม เรขาคณิตผจญภัย (Adventure in Geometry World)

** **หมายเหตุ** รายละเอียดคู่มือเกมอย่างละเอียดในเอกสารแนบคู่มือเกมขนาด A5 **

ภาคผนวก ค

แบบประเมินและผลการประเมินคุณภาพของเครื่องมือ

ค-1 แบบประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

ค-2 ผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

ภาคผนวก ค-1

แบบประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

แบบประเมินความเหมาะสมในการใช้งาน
เกมคอมพิวเตอร์

<u>คำชี้แจง</u>

แบบประเมินความเหมาะสมในการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามความคิดเห็นของท่าน วิเคราะห์เนื้อหาที่ใช้ในการประเมินความเหมาะสมในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ให้มีความสมบูรณ์และสามารถนำไปใช้ประเมินความเหมาะสมในการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์ต่อไป

แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อคำถามเกี่ยวกับความคิดเห็นแบบประเมินความเหมาะสมในการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์และคู่มือการใช้งาน และทดลองใช้โปรแกรมงานแล้ว โดยการประเมินความเหมาะสมเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญเป็นอย่างสูงที่ท่านกรุณาสละเวลาเพื่อให้ความเห็นในการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์

ขอแสดงความนับถือ
นางสาว รัชกร โชติประดิษฐ์
นิสิตระดับปริญญาเอก
สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นเกี่ยวกับแบบประเมินความเหมาะสมในการใช้งาน เกมคอมพิวเตอร์สำหรับเด็กนักเรียนประถมศึกษา

<u>คำชี้แจง</u> ขอให้ท่านประเมินความเหมาะสมในการใช้งานเกมคอมพิวเตอร์ และทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด โดยผู้วิจัยได้กำหนดระดับความคิดเห็นไว้ 4 กรณี คือ

4 = เห็นด้วย หมายถึง มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ประเมิน

3 = ค่อนข้างเห็นด้วย หมายถึง มีบางประเด็นที่ส่วนน้อยไม่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ประเมิน

2 = เห็นด้วยบางส่วน หมายถึง มีบางประเด็นที่ส่วนมากไม่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ประเมิน *(กรุณาแสดงเหตุผลประกอบ)*

1 = ไม่เห็นด้วย หมายถึง ไม่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ประเมิน *(กรุณาแสดงเหตุผลประกอบ)*

รายการประเมิน		**ระดับความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน**				**คำแนะนำ**
		เห็นด้วย (4)	**ค่อนข้างเห็นด้วย (3)**	**เห็นด้วยบางส่วน (2)**	**ไม่เห็นด้วย (1)**	
ด้านความสะดวกในการนำไปใช้						
1.	เมื่อมีข้อสงสัยในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ ผู้เล่นเกมสามารถดูวิธีการเล่นเกมได้จากคู่มือการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ได้สะดวก					
2.	เกมคอมพิวเตอร์มีวิธีการที่ทำให้ผู้เล่นเกมสามารถเข้าถึงส่วนต่าง ๆ ของเกมคอมพิวเตอร์ได้ง่าย ไม่ซับซ้อน					
3.	ผู้เล่นเกมสามารถเล่นเกมได้ตามระดับความสามารถในการเล่นเกมของแต่ละบุคคลตามความต้องการ					
4.	เกมคอมพิวเตอร์มีการแสดงผลการประเมินคะแนนเล่นเกม เมื่อเล่นเกมเสร็จ					

รายการประเมิน		ระดับความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน				คำแนะนำ
		เห็นด้วย (4)	ค่อนข้างเห็นด้วย (3)	เห็นด้วยบางส่วน (2)	ไม่เห็นด้วย (1)	
ด้านความถูกต้องในการใช้งาน						
1.	พัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ได้ตามวัตถุประสงค์การพัฒนาเกม					
2.	การประมวลผลของเกมคอมพิวเตอร์มีความรวดเร็วและถูกต้อง					
3.	เกมคอมพิวเตอร์มีความสามารถในการบันทึกผลคะแนนในการเล่นเกมได้ในแต่ละด่าน					
4.	เนื้อหาในการเล่นเกมมีความเหมาะสมกับเด็กประถมศึกษา					
ด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรม						
1.	การออกแบบเกมคอมพิวเตอร์มีความน่าสนใจ					
2.	การจัดรูปแบบหน้าจอง่ายต่อการเล่นเกม					
3.	การแสดงผลข้อมูลเป็นไปอย่างรวดเร็ว					
4.	การเรียกใช้งานเกมคอมพิวเตอร์สามารถทำได้ง่าย					
5.	เกมคอมพิวเตอร์มีระบบป้องกันการทำงานผิดพลาดของผู้เล่นเกมทุกขั้นตอน					

รายการประเมิน		ระดับความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน				คำแนะนำ
		เห็นด้วย (4)	ค่อนข้างเห็นด้วย (3)	เห็นด้วยบางส่วน (2)	ไม่เห็นด้วย (1)	
ด้านความสะดวกในการนำไปใช้						
1.	คู่มือการใช้โปรแกรมแสดงวิธีการใช้งานอย่างมีลำดับขั้นตอน					
2.	ภาษาที่ใช้ในคู่มือการใช้โปรแกรมอ่านเข้าใจง่าย					
3.	คู่มือมีการใช้ภาพประกอบการอธิบายกระบวนการต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน					
4	หลังจากอ่านคู่มือแล้ว ผู้ใช้มีความมั่นใจว่าสามารถใช้โปรแกรมเกมคอมพิวเตอร์ได้					

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะอื่น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ผู้ประเมิน

ภาคผนวก ค-2

ผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

1) ผลการประเมินความเหมาะสมของผู้ทรงคุณวุฒิ กลุ่มที่ 1 ด้านจิตวิทยา

2) ผลการประเมินความเหมาะสมของผู้ทรงคุณวุฒิ กลุ่มที่ 2 ด้านคอมพิวเตอร์

3) ผลการประเมินความเหมาะสมของผู้ทรงคุณวุฒิ กลุ่มที่ 3 ด้านการศึกษา

1) ผลการประเมินความเหมาะสมของผู้ทรงคุณวุฒิ กลุ่มที่ 1 ด้านจิตวิทยา

ที่	รายการ	ระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ											
		คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3			
		4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
1. ด้านความสะดวกในการนำไปใช้													
1.1	เมื่อมีข้อสงสัยในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ ผู้เล่นเกมสามารถดูวิธีการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ได้	✓					✓			✓			
1.2	เกมคอมพิวเตอร์มีวิธีการที่ทำให้ผู้เล่นเกมสามารถเข้าถึงส่วนต่าง ๆ ของเกมคอมพิวเตอร์ได้ง่ายและสะดวก	✓				✓				✓			
1.3	ผู้เล่นเกมสามารถเล่นเกมได้ตามระดับความสามารถในการเล่นเกมของแต่ละบุคคล	✓				✓				✓			
1.4	เกมคอมพิวเตอร์มีการแสดงผลการประเมินบนจอภาพ เมื่อทดสอบเสร็จสิ้น	✓				✓				✓			
2. ด้านความถูกต้องในการใช้งาน													
2.1	พัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ได้ตามวัตถุประสงค์การพัฒนาเกม	✓					✓			✓			
2.2	การประมวลผลของเกมคอมพิวเตอร์มีความรวดเร็วและถูกต้อง		✓			✓				✓			
2.3	เกมคอมพิวเตอร์มีความสามารถในการบันทึกผลคะแนนในการเล่นเกมได้ในแต่ละด่าน		✓			✓				✓			
2.4	เนื้อหาในการเล่นเกมมีความเหมาะสมกับเด็กประถมศึกษา	✓				✓				✓			

ที่	รายการ	ระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ											
		คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3			
		4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
3. ด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรม													
3.1	การออกแบบเกมคอมพิวเตอร์มีความน่าสนใจ	✓				✓				✓			
3.2	การจัดรูปแบบหน้าจอง่ายต่อการเล่นเกม	✓					✓			✓			
3.3	การแสดงผลข้อมูลเป็นไปอย่างรวดเร็ว		✓			✓				✓			
3.4	การเรียกใช้งานเกมคอมพิวเตอร์สามารถทำได้ง่าย		✓				✓			✓			
3.5	เกมคอมพิวเตอร์มีระบบป้องกันการทำงานผิดพลาดของผู้เล่นเกมทุกขั้นตอน	✓				✓				✓			
4. ด้านความชัดเจนของคู่มือการใช้โปรแกรม													
4.1	คู่มือการใช้โปรแกรมแสดงวิธีการใช้งานอย่างเป็นลำดับขั้นตอน		✓				✓			✓			
4.2	ภาษาที่ใช้ในคู่มือการใช้โปรแกรมเข้าใจง่าย		✓				✓			✓			
4.3	คู่มือมีการใช้ภาพประกอบอธิบายกระบวนการต่าง ๆ อย่างชัดเจน		✓				✓			✓			
4.4	หลังจากอ่านคู่มือแล้ว ผู้ใช้มีความมั่นใจว่าสามารใช้โปรแกรมได้		✓				✓			✓			

ผลการประเมินความเหมาะสมของการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย จำนวนข้อคำถามที่ผู้ทรงคุณวุฒิทุกคนให้ความคิดเห็นระดับ 3 และ 4 มีจำนวนทุกข้อ (17 ข้อ) ดังนั้น CVI = 17/17 = 1.00

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้ทรงคุณวุฒิประเมินโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

กลุ่มที่ 1 ทรงคุณวุฒิด้านจิตวิทยา

1. ตรวจสอบความถูกต้องตามข้อเสนอแนะที่ได้เสนอไว้ในเอกสาร ได้แก่ สัญลักษณ์ในเกมไม่เหมือนรูประเบิด หน้าจอบรรยายเกมควรปรับเป็นภาษาไทย ควรแสดงระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละด่านและระยะเวลารวมทุกด่าน

2. ตรวจสอบภาษาไทยให้ถูกต้องทุกตัวอักษรในคู่มือการเล่นเกม ในคู่มือการเล่นเกมควรระบุให้ชัดเจนว่า มีตัวละครอะไรบ้าง คำว่า “ ไอเทม ” คนทั่วไปอาจไม่เข้าใจ คู่มือการเล่นเกมไม่ได้ระบุตัวละครใดเป็นตัวละครหลัก ไอเทม “ ดาวกระจาย ” ไม่ชัดเจนว่า เป็นดาวกระจายอย่างไร

3. คู่มือการเล่นไม่ระบุหน้า ทำให้ยากแก่การ Comment องค์ประกอบหน้าจอเกม “ปุ่มโจมตี ” ไม่ครบ 3 ตัว หน้าจอเมนูหลัก ข้อ 3 ผู้จัดทำคือใคร ต้องแก้ไขคู่มือให้ชัดเจน คนอ่านจะได้เข้าใจมากขึ้น

4. เกิดดำเนินการเล่นเกมในแต่ละด่านควรปรับให้มีความเร็วมากขึ้น

5. ตรวจสอบความถูกต้องของการตอบถูกและควรมีด่านฝึกหัดก่อนการเล่นเกมจริง

2) ผลการประเมินความเหมาะสมของผู้ทรงคุณวุฒิ กลุ่มที่ 2 ด้านคอมพิวเตอร์

ที่	รายการ	ระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ											
		คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3			
		4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
1. ด้านความสะดวกในการนำไปใช้													
1.1	เมื่อมีข้อสงสัยในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ ผู้เล่นเกมสามารถดูวิธีการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ได้	✓				✓					✓		
1.2	เกมคอมพิวเตอร์มีวิธีการที่ทำให้ผู้เล่นเกมสามารถเข้าถึงส่วนต่าง ๆ ของเกมคอมพิวเตอร์ได้ง่ายและสะดวก	✓				✓				✓			
1.3	ผู้เล่นเกมสามารถเล่นเกมได้ตามระดับความสามารถในการเล่นเกมของแต่ละบุคคล		✓				✓			✓			
1.4	เกมคอมพิวเตอร์มีการแสดงผลการประเมินบนจอภาพ เมื่อทดสอบเสร็จสิ้น	✓				✓				✓			
2. ด้านความถูกต้องในการใช้งาน													
2.1	พัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ได้ตามวัตถุประสงค์การพัฒนาเกม		✓			✓				✓			
2.2	การประมวลผลของเกมคอมพิวเตอร์มีความรวดเร็วและถูกต้อง		✓				✓				✓		
2.3	เกมคอมพิวเตอร์มีความสามารถในการบันทึกผลคะแนนในการเล่นเกมได้ในแต่ละด่าน	✓				✓				✓			
2.4	เนื้อหาในการเล่นเกมมีความเหมาะสมกับเด็กประถมศึกษา	✓				✓				✓			

2) ผลการประเมินความเหมาะสมของผู้ทรงคุณวุฒิ กลุ่มที่ 2 ด้านคอมพิวเตอร์ (ต่อ)

ที่	รายการ	ระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ											
		คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3			
		4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
3. ด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรม													
3.1	การออกแบบเกมคอมพิวเตอร์มีความน่าสนใจ		✓				✓			✓			
3.2	การจัดรูปแบบหน้าจอง่ายต่อการเล่นเกม	✓				✓				✓			
3.3	การแสดงผลข้อมูลเป็นไปอย่างรวดเร็ว	✓				✓					✓		
3.4	การเรียกใช้งานเกมคอมพิวเตอร์สามารถทำได้ง่าย	✓				✓				✓			
3.5	เกมคอมพิวเตอร์มีระบบป้องกันการทำงานผิดพลาดของผู้เล่นเกมทุกขั้นตอน		✓				✓				✓		
4. ด้านความชัดเจนของคู่มือการใช้โปรแกรม													
4.1	คู่มือการใช้โปรแกรมแสดงวิธีการใช้งานอย่างเป็นลำดับขั้นตอน		✓			✓				✓			
4.2	ภาษาที่ใช้ในคู่มือการใช้โปรแกรมเข้าใจง่าย	✓				✓					✓		
4.3	คู่มือมีการใช้ภาพประกอบอธิบายกระบวนการต่าง ๆ อย่างชัดเจน		✓			✓				✓			
4.4	หลังจากอ่านคู่มือแล้ว ผู้ใช้มีความมั่นใจว่าสามารถใช้โปรแกรมได้		✓			✓				✓			

จากตาราง ผลการประเมินความเหมาะสมของการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา จำนวนข้อคำถามที่ผู้ทรงคุณวุฒิทุกคนให้ความคิดเห็นระดับ 3 และ 4 มีจำนวนทุกข้อ (17 ข้อ) ดังนั้น CVI = 17/17 = 1.00

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้ทรงคุณวุฒิประเมินโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

กลุ่มที่ 2 ผู้ทรงคุณวุฒิด้านคอมพิวเตอร์

1. ควรพัฒนาเป็น 3D เกมให้ใกล้เคียงกับชีวิตประจำวัน โดยแต่ละด้านเพิ่มทักษะกระบวนคิดวิเคราะห์จากสภาพแวดล้อมที่เหมือนจริง

2. คำว่า Adventure ในหน้าจอแรกของเกมเขียนผิด

3. เกมเวอร์ชั่นแอนดรอยด์ มี bug เมื่อกดปุ่มกระโดดแล้วตัวละครจะกระโดดเองไม่ยอมหยุด (ทดสอบใน S7 Android 6.0.1) ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) ในเวอร์ชั่น PC บางส่วนยังแสดงผลไม่ถูกต้องเมื่อปรับหน้าจอเป็นขนาดต่าง ๆ

4. รูปแบบเกมในแต่ละด่านยังซ้ำ ๆ กันมากเกินไป ทำให้ไม่รู้สึกสนุกตื่นเต้นเท่าที่ควร เนื้อหา บทเรียนยังดูไม่กลมกลืนกับรูปแบบเกม

5. เวอร์ชั่น PC ควรจะให้รองรับการเล่นด้วย Joy Pad จะทำให้ผู้เล่นสะดวกขึ้น

6. ควรเพิ่มรายละเอียดคู่มือ การเล่นเกม ให้กับนักเรียนและผู้ปกครองหรือคุณครูที่มีรายละเอียดเพิ่มมากขึ้น

7. ระดับการเล่นเกมแต่ละด่านของเกมควรจัดระดับให้เป็นขั้นตอน

8. ควรระบุคุณสมบัติขั้นต่ำของ Hardware และระบบปฏิบัติการที่รองรับเกม

3) ผลการประเมินความเหมาะสมของผู้ทรงคุณวุฒิ กลุ่มที่ 3 ด้านการศึกษา

ทที่	รายการ	ระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ											
		คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3			
		4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
1. ด้านความสะดวกในการนำไปใช้													
1.1	เมื่อมีข้อสงสัยในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ ผู้เล่นเกมสามารถดูวิธีการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ได้	✓					✓			✓			
1.2	เกมคอมพิวเตอร์มีวิธีการที่ทำให้ผู้เล่นเกมสามารถเข้าถึงส่วนต่าง ๆ ของเกมคอมพิวเตอร์ได้ง่ายและสะดวก	✓					✓			✓			
1.3	ผู้เล่นเกมสามารถเล่นเกมได้ตามระดับความสามารถในการเล่นเกมของแต่ละบุคคล	✓					✓			✓			
1.4	เกมคอมพิวเตอร์มีการแสดงผลการประเมินบนจอภาพ เมื่อทดสอบเสร็จสิ้น	✓					✓			✓			
2. ด้านความถูกต้องในการใช้งาน													
2.1	พัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ได้ตามวัตถุประสงค์การพัฒนาเกม	✓				✓				✓			
2.2	การประมวลผลของเกมคอมพิวเตอร์มีความรวดเร็วและถูกต้อง	✓				✓				✓			
2.3	เกมคอมพิวเตอร์มีความสามารถในการบันทึกผลคะแนนในการเล่นเกมได้ในแต่ละด่าน	✓				✓				✓			
2.4	เนื้อหาในการเล่นเกมมีความเหมาะสมกับเด็กประถมศึกษา	✓				✓					✓		

3) ผลการประเมินความเหมาะสมของผู้ทรงคุณวุฒิ กลุ่มที่ 3 ด้านการศึกษา

ที่	รายการ	ระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ											
		คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3			
		4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
3. ด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรม													
3.1	การออกแบบเกมคอมพิวเตอร์มีความน่าสนใจ		✓			✓				✓			
3.2	การจัดรูปแบบหน้าจอง่ายต่อการเล่นเกม	✓				✓				✓			
3.3	การแสดงผลข้อมูลเป็นไปอย่างรวดเร็ว	✓				✓				✓			
3.4	การเรียกใช้งานเกมคอมพิวเตอร์สามารถทำได้ง่าย		✓			✓				✓			
3.5	เกมคอมพิวเตอร์มีระบบป้องกันการทำงานผิดพลาดของผู้เล่นเกมทุกขั้นตอน		✓				✓			✓			
4. ด้านความชัดเจนของคู่มือการใช้โปรแกรม													
4.1	คู่มือการใช้โปรแกรมแสดงวิธีการใช้งานอย่างมีลำดับขั้นตอน	✓					✓			✓			
4.2	ภาษาที่ใช้ในคู่มือการใช้โปรแกรมเข้าใจง่าย		✓				✓			✓			
4.3	คู่มือมีการใช้ภาพประกอบอธิบายกระบวนการต่าง ๆ อย่างชัดเจน	✓					✓			✓			
4.4	หลังจากอ่านคู่มือแล้ว ผู้ใช้มีความมั่นใจว่าสามารใช้โปรแกรมได้	✓					✓			✓			

จากตาราง ผลการประเมินความเหมาะสมของการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชันของ นักเรียนระดับประถมศึกษา จำนวนข้อคำถามที่ผู้ทรงคุณวุฒิทุกคนให้ความคิดเห็น ระดับ 3 และ 4 มีจำนวนทุกข้อ (17 ข้อ) ดังนั้น CVI = 17/17 = 1.00

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้เชี่ยวชาญประเมินโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

กลุ่มที่ 3 ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการศึกษา

1. คำบรรยายเสียงประกอบบทพูด แก้ไขดังนี้ รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า มีลักษณะดังนี้ รูปสามเหลี่ยมที่มีด้านทุกด้านยาวเท่ากัน และมุมทุกมุมเท่ากัน คือ 60 องศา รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว มีลักษณะดังนี้ รูปสามเหลี่ยมที่มีด้าน 2 ด้านเท่ากันมีมุมที่ฐานมีขนาดเท่ากัน รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก มีลักษณะดังนี้ รูปสามเหลี่ยมที่มีมุมภายใน มุมหนึ่งมีขนาด 90 องศา รูปสามเหลี่ยมมุมป้าน มีลักษณะดังนี้ รูปสามเหลี่ยมที่มีมุมภายใน มุมหนึ่งมีขนาดใหญ่กว่า 90 องศา แต่ไม่เกิน 180 องศา

2. และตรวจสอบการสะกดคำทุกตัวอักษรในบทพูดบรรยายเสียง และภาษาเขียน ตรวจสอบการสะกดคำในภาษาไทยให้ถูกต้อง

3. การติดตั้งโปรแกรมเกม แอพพลิเคชันเกม เข้ากับโทรศัพท์มือถือหรือคอมพิวเตอร์ ควรตรวจสอบให้ดี มีความถูกต้อง เท่าเทียมกันของผู้เล่นเกมทุกคน เพราะจะส่งผลถึงการวัดที่ไม่เท่ากัน และในเรื่องของความเร็ว ช้า และการประมวลผล

4. ขอให้ตรวจสอบบทพูดที่อัดลงในเนื้อหาเกมเกี่ยวกับความหมายของรูปเรขาคณิตแต่ละตัว

5. ตรวจสอบการสะกดคำในภาษาไทยทุกตัวอักษรในบทพูดอัดเสียง

ดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (CVI) นำเสนอสรุปโดยจำแนกตามประเด็นหลักในการประเมินโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน

รายการ	ผู้ทรงคุณวุฒิด้านจิตวิทยา	ผู้ทรงคุณวุฒิคอมพิวเตอร์	ผู้ทรงคุณวุฒิการศึกษา
1.ด้านความสะดวกในการนำไปใช้	1.00	1.00	1.00
2.ด้านความถูกต้องในการใช้งาน	1.00	1.00	1.00
3.ด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรม	1.00	1.00	1.00
4.ด้านความชัดเจนของคู่มือการใช้งาน	1.00	1.00	1.00
ภาพรวม	1.00	1.00	1.00

ภาคผนวก ง

ผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

ง-1 ผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ง-2 ตัวอย่างใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ง-3 คำแนะนำการปฏิบัติก่อนเข้าตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง

ภาคผนวก ง-1

ผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ใบรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
มหาวิทยาลัยบูรพา

๑. ชื่อเรื่องดุษฎีนิพนธ์

ชื่อเรื่องดุษฎีนิพนธ์ (ภาษาไทย) ผลของการเพิ่มความจำภาพขณะทำงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์แอคชันเกม: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง

ชื่อเรื่องดุษฎีนิพนธ์ (ภาษาอังกฤษ) EFFECTS OF ENHANCING VISUAL WORKING MEMORY AMONG HIGHER PRIMARY SCHOOL STUDENTS USING ACTION GAME COMPUTER PROGRAM: AN EEG STUDY

๒. **ชื่อนิสิต (นาย, นาง, นางสาว):** รัชกร โชติประดิษฐ์

หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (Ph.D.) สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา

รหัส ๕๕๘๑๐๐๑๖

๓. **ผลการพิจารณาของคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย**

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน ได้พิจารณารายละเอียดเค้าโครงดุษฎีนิพนธ์เรื่องดังกล่าวข้างต้นแล้ว ในประเด็นที่เกี่ยวกับ

๑) การเคารพในศักดิ์ศรี และสิทธิของคนที่ใช้เป็นตัวอย่างการวิจัย

๒) วิธีการอย่างเหมาะสมในการได้รับความยินยอมจากกลุ่มตัวอย่างก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย (Informed consent) รวมทั้งการปกป้องสิทธิประโยชน์ และรักษาความลับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

๓) การดำเนินการวิจัยอย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อความเสียหายต่อสิ่งที่ศึกษาวิจัย ไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่ มีชีวิตหรือไม่มีชีวิต

(√) รับรองโครงการวิจัย

( ) ไม่รับรอง

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงร่างวิจัยที่เสนอได้ ตั้งแต่วันที่ออกเอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนฉบับนี้ จนถึงวันที่ ๓๑ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๐

ออกให้ ณ วันที่ ๑๔ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๙

(ลงนาม)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)

ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน

คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

ภาคผนวก ง-2

ตัวอย่างใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

.....

หัวข้อดุษฎีนิพนธ์เรื่อง การเพิ่มความจำขณะทำงานด้านภาพของนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกมแอคชัน: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์

วันให้คำยินยอม วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย ประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียดและมีความเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้ายินดีเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจและข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้และการบอกเลิกการเข้าร่วมวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อข้าพเจ้า

ผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจ ไม่ปิดบัง ซ่อนเร้น จนข้าพเจ้าพอใจ ข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าจะถูกเก็บเป็นความลับและจะเปิดเผยในภาพรวมที่เป็นการสรุปผลการวิจัย

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในใบยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงชื่อ.....ผู้ยินยอม

(.....)

ลงชื่อ.....พยาน

(.....)

ลงชื่อ.....ผู้ทำวิจัย

(.....)

ภาคผนวก ง-3

คำแนะนำการปฏิบัติตัวก่อนเข้าตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง

คำแนะนำการปฏิบัติตัวก่อนเข้าตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง

1. สระผมด้วยแชมพู และล้างผมให้สะอาด ห้ามใช้ครีมนวดผม ตอนเย็นก่อนวันตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง
2. งดใส่ครีมบำรุงผม น้ำมันใส่ผม เจลแต่งผม หรือฉีดสเปรย์ใส่ผม เย็นก่อนวันตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง และในวันที่มาตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง
3. ให้รับประทานอาหารเช้าก่อนมาตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง อย่างน้อย 1 ชั่วโมง
4. งดดื่มเครื่องดื่มประเภท ชา กาแฟ โกโก้ ชอคโกแลต น้ำอัดลม อย่างน้อย 8-12 ชั่วโมง ก่อนตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง
5. งดดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ เช่น เบียร์ ไวน์ สุรา เป็นต้น อย่างน้อย 8-12 ชั่วโมง ก่อนตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง
6. ควรนอนหลับพักผ่อนให้เพียงพอ และงดรับประทานอาหารยาคลายเครียด หรือยานอนหลับคืนก่อนตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง

ภาคผนวก จ

ข้อมูลการทดลอง

ภาคผนวก จ-1. ผลการเก็บข้อมูลคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ในกลุ่มใช้ Action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จากแบบทดสอบมาตรฐานของ WISC-V Part Picture Span

รหัส	คะแนน ก่อนการทดลอง	คะแนน หลังการทดลอง
E1	21	33
E2	16	30
E3	29	31
E4	30	31
E5	28	35
E6	20	35
E7	15	28
E8	25	35
E9	23	31
E10	27	36
E11	13	26
E12	26	37
E13	22	32
E14	20	37
E15	25	36
E16	15	31
E17	17	32
E18	15	29
E19	21	26
E20	29	35
E21	23	28
E22	24	39
E23	14	33
E24	17	29
E25	20	29

ภาคผนวก จ-2. ผลการเก็บข้อมูลคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ในกลุ่มใช้ Action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก N-Back task

ลำดับ	รหัส	คะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง							
		1 Back Target		1 Back Non-target		2 Back Target		2 Back Non-target	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	E1	12	24	58	60	12	24	38	56.0
2	E2	23	25	63	68	23	25	59	61.0
3	E3	10	20	30	57	10	20	26	58.0
4	E4	15	24	37	58	15	24	25	32.0
5	E5	17	19	54	65	17	19	23	58.0
6	E6	13	25	26	63	11	25	30	25.0
7	E7	14	24	31	64	14	24	36	53.0
8	E8	21	24	59	65	21	24	55	62.0
9	E9	14	27	34	68	14	27	17	35.0
10	E10	13	26	21	63	13	26	7	31.0
11	E11	16	26	17	41	16	26	30	26.0
12	E12	21	25	63	69	21	25	51	65.0
13	E13	18	23	40	56	18	23	9	31.0
14	E14	16	21	34	57	16	21	20	35.0
15	E15	8	14	33	36	8	14	15	42.0
16	E16	8	16	30	40	8	16	9	21.0
17	E17	10	27	32	64	10	27	16	47.0
18	E18	20	24	59	66	20	24	14	34.0
19	E19	15	22	32	33	15	22	29	27.0
20	E20	11	24	33	55	11	24	17	33.0
21	E21	16	18	61	66	16	18	44	57.0
22	E22	12	14	28	58	12	14	27	43.0
23	E23	19	23	54	60	19	23	15	36.0
24	E24	17	23	44	66	17	23	19	30.0
25	E25	11	29	29	55	11	29	25	17.0

ภาคผนวก จ-3. ผลการเก็บข้อมูลเวลาปฏิกิริยาของการตอบสนอง ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก N-back task

ลำดับ	รหัส	เวลาปฏิกิริยา							
		1 Back Target		1 Back Non-target		2 Back Target		2 Back Non-target	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	E1	728.33	569	927.6	767.47	874.44	836	934.19	635.97
2	E2	564.61	497.6	652.54	484.41	725.79	684	730.28	509.77
3	E3	874.8	532.5	927.6	620.16	865.53	640.69	932.3	722.47
4	E4	692.5	792	942.16	827.89	689.5	694.83	711.84	671.78
5	E5	859.12	781.05	1054.02	820.33	943.5	635.09	1000.3	503.04
6	E6	1116.08	965.2	1155.48	1090.84	1134.79	1275.87	1290.07	1154.57
7	E7	1207.57	747.96	1141.58	979.16	1078.08	909.33	961.47	1023.47
8	E8	834.81	750.54	1069.05	886.26	1194.67	1077.43	993.43	942.35
9	E9	927.5	695.33	1030.09	868.44	1131.3	711.29	937.24	550.49
10	E10	1057.23	886.77	1000.7	1178.46	1449	1192.89	1302	1085.16
11	E11	831.81	803.38	1050.06	1020.8	1261.2	873.67	1116.79	970.65
12	E12	1037.64	662.36	1073.74	811.57	1240.56	810.96	1398.2	941.25
13	E13	1038.04	767.65	1210.46	733.48	1553	516.63	1899.56	469.81
14	E14	1349.76	659.29	1466.54	775	1790.93	549.57	1085.59	491.14
15	E15	1474.71	643.79	1539.7	844.24	2000	734.75	1248.35	802.47
16	E16	1298.13	717.88	1019.67	910.13	500	560	1048	609.89
17	E17	1813.78	902.85	1702.3	1116.7	1672.67	946.89	1125.44	1138
18	E18	899.8	715.47	1012.54	881.42	1507.57	708.43	1711.18	821.24
19	E19	947.47	649.73	1632.03	677.9	1615.67	434.78	1287.92	416.96
20	E20	1441.29	939.67	1512.78	931.96	1625.81	565.25	1116.09	503.76
21	E21	971.44	570.06	702.56	552.11	846.94	881.35	961.28	700.95
22	E22	1103.5	1117.75	1117.86	935.31	1301.5	681.5	1467.43	806.14
23	E23	1204.43	658.14	1158.69	810.24	1629.67	943.33	1128.87	1379.8
24	E24	779.7	587.43	1140.91	526.7	1587.2	418.2	1741.27	343.93
25	E25	1531.65	679.47	1622.6	850.05	1379	895	1680.61	535.11

ภาคผนวก จ-4. ผลการเก็บข้อมูลคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ในกลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จากแบบทดสอบมาตรฐานของ WISC-V Part Picture Span

รหัส	คะแนน ก่อนการทดลอง	คะแนน หลังการทดลอง
C1	21	28
C2	28	29
C3	23	28
C4	22	25
C5	25	26
C6	23	24
C7	24	18
C8	13	22
C9	29	27
C10	29	30
C11	17	20
C12	23	24
C13	31	31
C14	35	27
C15	22	27
C16	23	17
C17	29	25
C18	24	20
C19	19	20
C20	18	20
C21	17	24
C22	37	28
C23	24	25
C24	24	18

ภาคผนวก จ-5. ผลการเก็บข้อมูลคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ในกลุ่มใช้ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก N-Back task

ลำดับ	รหัส	คะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง							
		1 Back Target		1 Back Non-target		2 Back Target		2 Back Non-target	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	C1	11	21	32	59	9	11	21	47
2	C2	24	17	65	44	9	11	19	53
3	C3	27	26	68	57	10	16	31	66
4	C4	20	23	57	58	7	8	50	39
5	C5	23	17	59	66	11	11	58	44
6	C6	19	23	64	33	9	9	28	35
7	C7	8	19	55	53	6	21	41	50
8	C8	14	23	64	34	4	6	21	22
9	C9	28	15	34	58	11	10	15	36
10	C10	21	19	33	33	9	18	18	32
11	C11	6	15	55	33	11	8	22	20
12	C12	12	18	36	43	7	8	14	20
13	C13	16	13	30	56	1	3	31	29
14	C14	16	15	35	28	6	12	22	12
15	C15	13	26	33	69	18	5	22	18
16	C16	14	12	35	33	9	10	23	21
17	C17	16	24	60	64	4	10	15	24
18	C18	9	16	31	30	5	7	23	15
19	C19	18	20	60	66	5	9	44	33
20	C20	26	13	28	68	9	16	50	32
21	C21	14	17	19	30	4	7	7	15
22	C22	24	25	67	68	12	12	32	28
23	C23	27	22	59	67	19	6	45	22
24	C24	21	18	32	59	10	9	18	11

ภาคผนวก จ-6. ผลการเก็บข้อมูลเวลาปฏิกิริยาของการตอบสนอง ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก N-back task

ลำดับ	รหัส	เวลาปฏิกิริยา							
		1 Back Target		1 Back Non-target		2 Back Target		2 Back Non-target	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	C1	1004.55	793.19	1070.27	749.97	1107.18	906.11	1043.75	861.16
2	C2	636.88	962.88	623.14	947	704.45	1145.22	876.28	766.58
3	C3	642.69	987.24	775.71	968	920.1	1025.75	927.03	871.6
4	C4	602.05	867.3	653.15	1245.85	552.36	974.43	533.63	502.59
5	C5	709.53	654.65	811.8	990	871.55	851.76	952.57	720.61
6	C6	676.33	548.35	659.3	897	1014.56	668.33	730.92	785.11
7	C7	717.63	975	805.36	900.3	903.33	1018.52	917.41	999
8	C8	758.07	673.91	840.38	998.12	1107	762.83	925.95	676.29
9	C9	783.07	686.21	869.68	1087.98	1026.36	928.13	936.07	1049.89
10	C10	829.37	765.67	960.6	938.73	1061.67	1076.11	873.65	937.34
11	C11	569	1265	989.3	1078	781.18	991.63	793	1045.73
12	C12	810.33	874.06	829.72	876.84	751	1142.13	1173.14	1303.67
13	C13	1093.44	889	1143.55	1038.8	1612	978	890.86	1092.03
14	C14	729.56	898.53	752.15	1198	777.17	1289	839.19	985.5
15	C15	527.69	965.58	645.79	1156	1310	750.11	665.77	1031.59
16	C16	922	667.58	942.03	945	1037.67	985	990	940.14
17	C17	1797.33	888.33	1866.36	1092.5	1951.26	1078.21	1791.96	1133.52
18	C18	1038	984.78	1507.56	758.59	1336.29	713.57	1230.07	875.86
19	C19	840.65	1198	783.6	952.33	754.2	529.73	691.22	513.22
20	C20	1521.08	984.38	1584.31	967	1460.88	982.08	1493.44	964.42
21	C21	1836.12	860.12	1923.94	1088.75	1759	716.29	1887.93	1112
22	C22	639.6	923.96	785.18	598.56	936.31	895.15	983.81	618.3
23	C23	757.78	652.89	1162.6	827.03	1060.8	794.6	1153.73	887.95
24	C24	979.11	978.11	1537.18	749.97	1872.33	863.89	1973.73	988.64

ภาคผนวก จ-7. ผลการเก็บข้อมูลความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 (หน่วยเป็นมิลลิวินาที) ระหว่างก่อนการทดลอง กับหลังการทดลอง ในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 1-Back Task Target

	FPz		Fz		FCZ		Cz		CPz		Pz		POz		Oz	
รหัส	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
E1	315	298	294	287	297	240	328	299	329	302	333	307	352	333	400	368
E2	304	256	310	280	310	303	307	306	400	270	400	240	400	335	317	250
E3	321	250	400	304	324	280	400	302	312	308	400	280	379	289	380	329
E4	400	395	400	340	292	287	394	299	393	240	392	330	392	340	392	367
E5	400	312	400	280	396	280	393	315	390	318	387	350	320	297	329	250
E6	388	297	391	325	388	250	392	327	391	330	391	330	392	330	392	330
E7	365	276	366	260	369	240	371	277	296	277	278	240	382	240	382	306
E8	250	220	303	261	303	286	271	250	303	271	303	270	303	270	303	270
E9	400	301	380	280	380	302	385	304	309	304	345	305	345	305	344	305
E10	345	250	250	200	350	329	330	250	364	328	329	270	328	291	329	254
E11	311	230	315	240	312	306	362	270	361	307	362	320	362	307	351	300
E12	319	270	400	240	295	250	313	310	315	270	313	250	305	291	301	270
E13	313	250	325	200	320	253	317	259	400	283	370	320	358	250	322	250
E14	357	281	362	290	364	330	362	306	364	302	398	270	349	273	366	276
E15	400	270	400	350	400	320	400	352	400	310	400	240	377	307	311	250
E16	373	347	346	290	341	310	344	250	346	280	396	320	352	230	349	345
E17	285	266	332	250	331	287	332	270	332	260	396	260	330	250	326	250
E18	339	270	328	290	331	290	333	330	384	332	380	310	381	240	400	353
E19	298	270	302	250	306	250	307	250	360	310	359	310	388	321	389	324
E20	280	240	281	270	283	250	312	250	315	250	310	250	341	250	381	344
E21	288	240	288	220	286	250	287	272	287	271	290	240	362	230	355	272
E22	297	283	299	240	308	260	310	287	312	240	313	220	312	280	313	293
E23	400	230	400	300	400	340	400	340	400	280	400	320	399	398	398	350
E24	393	270	394	320	395	250	394	250	395	283	394	240	394	250	394	270
E25	264	251	264	250	264	240	264	252	263	240	263	220	263	254	262	256

ภาคผนวก จ-8. ผลการเก็บข้อมูลความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 (หน่วยเป็นไมโครโวลท์)ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 1-Back Task Target

	FPz		Fz		FCZ		Cz		CPz		Pz		POz		Oz	
รหัส	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
E1	4.46	0.67	2.48	0.82	2.65	0.04	2.62	2.12	2.62	1.18	2.41	1.53	2.03	1.22	2.45	1.58
E2	7.04	2.12	6.58	2.68	5.51	2.38	5.93	1.83	1.96	1.52	9.30	1.46	7.67	0.82	3.67	0.73
E3	7.81	5.29	5.92	2.73	6.62	4.25	7.09	1.25	7.53	3.65	4.72	0.20	14.48	0.02	6.60	1.31
E4	3.25	2.94	1.96	1.77	2.08	1.32	2.10	1.92	1.93	1.84	1.82	1.74	1.98	1.78	1.79	1.63
E5	7.34	0.84	3.45	1.62	3.18	0.61	1.35	0.62	1.03	0.79	0.90	0.58	1.01	0.84	1.34	1.20
E6	4.46	0.67	2.48	0.82	2.65	0.04	2.62	2.12	2.62	1.18	2.41	1.53	2.03	1.22	2.45	1.58
E7	8.40	0.25	5.54	1.31	5.23	1.29	4.02	1.32	2.87	1.38	3.19	1.52	3.21	1.39	3.78	1.38
E8	9.35	7.70	9.35	6.88	18.11	7.69	15.37	6.81	16.94	5.28	16.37	4.34	16.57	4.29	15.29	2.90
E9	11.81	8.30	11.06	2.54	14.12	2.23	12.88	1.19	12.32	3.81	11.78	2.52	11.27	2.68	10.69	4.77
E10	4.54	3.66	3.67	1.92	4.43	2.33	3.36	2.11	3.33	2.22	2.61	2.37	2.31	1.98	2.23	2.11
E11	7.45	1.59	6.00	0.62	5.59	1.43	5.29	0.90	4.97	0.33	4.73	0.69	4.73	0.59	4.78	0.24
E12	2.68	2.22	6.35	1.50	8.64	3.33	13.29	5.11	16.98	3.17	12.60	2.22	12.54	1.81	6.29	1.55
E13	12.01	1.02	7.61	1.37	5.21	0.86	3.31	0.41	3.17	0.61	4.23	1.50	4.12	0.98	5.11	0.33
E14	6.55	2.92	5.24	4.21	5.76	5.15	6.60	4.02	4.68	4.18	4.74	1.81	4.08	1.48	2.77	1.03
E15	3.52	1.48	2.09	1.99	2.45	2.37	2.88	2.52	5.04	1.73	7.35	1.78	19.71	10.77	6.84	0.60
E16	4.30	3.56	6.42	3.58	5.62	4.28	4.67	3.44	5.17	3.08	3.57	3.18	3.09	2.48	2.49	2.09
E17	4.50	2.26	6.42	4.58	5.62	3.28	4.67	3.44	5.17	3.08	3.57	3.18	3.09	2.48	2.69	2.29
E18	6.55	2.92	5.24	2.21	5.76	5.15	6.60	4.02	4.68	3.18	4.74	1.81	4.08	1.48	2.77	1.03
E19	10.24	1.36	5.46	0.77	5.95	0.59	7.16	0.63	8.77	0.15	9.12	0.05	9.45	0.37	8.28	0.04
E20	6.09	1.05	6.99	1.58	8.34	1.82	6.35	3.11	7.19	2.32	3.61	0.80	3.08	0.29	4.82	0.63
E21	14.00	5.19	10.43	5.03	8.53	4.58	7.79	4.81	6.36	4.90	5.02	4.92	3.89	3.44	7.98	6.13
E22	18.21	7.93	13.83	7.22	10.26	5.03	9.13	6.00	6.04	4.22	3.73	2.82	5.31	4.83	3.60	3.01
E23	4.50	2.38	4.89	2.20	7.00	2.88	5.58	2.79	9.16	3.35	9.08	3.17	7.53	6.99	3.84	3.25
E24	3.52	2.35	2.85	2.30	2.03	1.80	1.60	1.49	1.57	1.51	1.47	1.41	1.52	1.34	1.53	1.30
E25	8.48	2.76	8.54	3.27	10.28	2.26	10.63	3.44	11.36	3.61	14.03	10.45	11.58	4.14	11.89	4.50

ภาคผนวก จ-9. ผลการเก็บข้อมูลความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 (หน่วยเป็นมิลลิวินาที) ระหว่างก่อนการทดลอง กับหลังการทดลอง ในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 1-Back Task Non-target

	FPz		Fz		FCZ		Cz		CPz		Pz		POz		Oz	
รหัส	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
E1	298	273	341	294	304	297	308	299	311	302	319	307	353	322	400	323
E2	400	304	400	305	400	309	396	312	392	312	391	341	391	343	386	340
E3	400	389	388	299	387	322	337	320	331	250	318	250	297	296	343	250
E4	400	269	400	274	339	271	400	269	400	269	400	268	400	271	400	269
E5	387	276	306	274	386	267	385	286	302	268	302	272	301	271	300	271
E6	387	273	306	250	386	250	385	250	302	250	302	250	301	250	300	250
E7	400	300	400	302	400	306	400	318	400	325	400	325	400	323	400	323
E8	308	250	308	250	308	284	308	205	308	250	308	250	308	250	308	250
E9	297	250	299	250	302	250	300	250	301	250	301	250	456	301	301	250
E10	384	250	385	250	388	280	396	284	400	286	400	340	400	311	400	311
E11	250	210	336	250	267	250	316	267	269	250	250	230	250	220	269	250
E12	379	306	379	296	375	293	377	293	377	295	296	258	349	293	351	259
E13	347	297	313	293	341	250	310	250	304	250	300	250	342	279	348	271
E14	315	256	324	257	320	257	321	258	340	325	318	259	333	256	337	336
E15	272	250	269	250	266	250	270	250	299	272	336	250	274	250	274	250
E16	400	350	400	316	314	251	318	250	378	325	348	269	369	355	374	358
E17	338	250	327	250	326	255	358	324	323	261	323	262	323	261	324	262
E18	367	306	367	308	367	308	364	309	364	313	334	314	338	334	340	399
E19	318	312	320	291	362	322	334	323	335	315	335	323	333	323	323	301
E20	367	303	368	308	364	309	367	309	366	311	367	342	366	342	361	307
E21	400	360	400	331	400	335	400	326	400	340	331	326	332	324	334	320
E22	400	288	400	289	400	290	326	292	400	292	326	293	324	293	320	293
E23	313	250	351	315	358	315	353	316	356	316	358	316	359	315	359	316
E24	250	220	400	331	295	250	400	296	295	250	400	299	400	328	331	287
E25	317	250	400	312	400	309	400	303	302	250	400	305	394	309	396	320

ภาคผนวก จ-10. ผลการเก็บข้อมูลความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 (หน่วยเป็นไมโครโวลท์) ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 1-Back Task Non-target

	FPz		Fz		FCZ		Cz		CPz		Pz		POz		Oz	
รหัส	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
E1	9.49	5.19	8.22	3.28	9.77	3.79	13.34	3.03	15.39	7.82	12.70	5.57	12.81	3.65	8.10	1.84
E2	3.76	3.50	4.36	2.17	4.39	2.29	7.19	3.09	5.63	3.16	10.87	3.09	10.70	1.66	4.41	0.87
E3	32.20	7.76	5.73	2.37	4.45	1.45	5.47	1.77	7.51	4.57	9.84	0.90	2.91	0.41	8.82	2.52
E4	2.09	0.73	1.50	0.12	1.58	0.15	1.50	0.06	1.45	0.07	1.45	0.15	1.36	0.37	1.28	0.21
E5	4.62	4.27	2.89	2.86	4.47	3.72	3.43	3.30	3.31	2.76	4.07	3.14	3.15	2.99	2.66	1.61
E6	5.08	4.62	8.07	2.89	5.20	3.72	6.17	3.43	5.18	3.31	4.92	3.14	5.03	3.15	4.84	2.66
E7	4.57	4.28	2.66	2.45	9.63	2.42	2.66	2.46	2.62	2.17	2.17	1.66	1.84	1.73	1.69	1.62
E8	16.61	3.19	6.52	2.52	3.08	0.39	5.56	1.05	4.93	2.13	11.81	3.20	11.92	2.50	12.10	2.84
E9	19.36	4.52	6.44	1.74	14.78	1.90	13.77	3.07	13.15	3.30	12.55	1.96	12.10	2.91	11.49	1.71
E10	5.01	2.46	3.00	1.73	2.83	1.38	2.63	1.10	2.46	1.24	2.17	0.58	2.16	1.12	2.19	1.12
E11	5.50	0.34	6.21	0.47	6.40	0.37	6.68	0.11	7.02	0.14	7.49	0.10	7.61	0.07	8.22	0.78
E12	13.51	1.62	13.10	2.22	4.27	1.80	15.36	1.65	6.61	3.06	6.35	0.55	7.93	2.75	3.54	0.72
E13	9.91	0.13	10.86	1.63	9.73	1.39	10.08	0.78	12.11	1.67	11.77	1.83	13.35	5.47	2.31	1.71
E14	8.24	0.36	3.13	2.04	7.83	1.05	2.21	1.42	7.43	2.20	7.95	0.82	5.87	0.47	5.08	2.03
E15	14.50	1.72	12.38	1.36	10.64	1.06	10.40	0.78	5.43	0.65	5.75	0.20	11.77	6.56	10.93	0.60
E16	14.97	2.12	10.02	2.02	7.99	1.29	7.72	0.63	7.42	1.30	7.06	1.28	4.97	1.15	4.44	0.61
E17	4.62	0.93	5.24	1.59	4.86	1.15	4.59	0.16	5.47	0.04	4.54	0.64	4.68	1.01	3.83	0.07
E18	1.91	0.20	2.93	0.01	3.33	0.18	2.51	0.85	3.39	0.77	4.22	1.28	3.46	1.63	1.89	1.21
E19	33.66	0.76	9.77	0.73	11.46	0.72	13.62	0.72	6.17	1.07	4.50	1.14	13.83	0.91	10.85	0.99
E20	2.92	2.86	2.82	2.77	2.79	2.05	2.92	2.74	5.61	2.91	5.83	3.10	4.47	2.46	3.96	2.05
E21	20.97	9.07	11.19	7.42	9.07	3.14	10.32	3.23	11.72	8.14	10.33	3.95	10.31	5.60	11.00	2.44
E22	7.71	4.04	7.25	2.70	7.04	2.38	7.53	1.83	9.31	5.16	6.51	0.70	5.97	1.67	4.80	1.25
E23	7.13	1.46	4.03	1.82	6.08	2.91	2.91	1.57	6.48	3.14	7.07	3.62	7.69	5.82	2.70	2.58
E24	4.52	1.80	4.54	2.57	8.39	0.38	3.94	0.56	3.96	0.59	3.68	0.53	3.43	0.55	3.37	0.45
E25	3.64	1.28	1.43	0.87	0.85	0.30	1.49	0.70	2.09	0.64	2.07	0.47	2.20	0.16	2.20	0.16

ภาคผนวก จ-11 ผลการเก็บข้อมูลความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 (หน่วยเป็นมิลลิวินาที) ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 2-Back Task Target

	FPz		Fz		FCZ		Cz		CPz		Pz		POz		Oz	
รหัส	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
E1	285	272	301	270	297	250	304	283	309	280	326	285	352	325	364	333
E2	297	275	300	281	302	282	299	279	296	288	344	297	334	307	341	262
E3	325	301	318	266	317	275	313	287	312	250	311	287	400	290	296	250
E4	367	259	367	330	367	257	370	320	366	257	376	320	361	258	267	257
E5	393	304	394	350	392	310	393	300	393	311	392	312	392	312	393	270
E6	392	250	390	321	391	312	391	290	390	254	390	330	390	292	391	300
E7	400	352	400	320	400	280	400	290	400	320	400	340	400	388	400	340
E8	400	394	400	372	393	370	393	324	393	254	286	250	393	275	393	270
E9	400	350	319	260	319	296	314	297	313	270	314	297	314	230	314	296
E10	400	350	400	310	400	328	400	336	388	320	386	310	382	330	400	370
E11	283	250	371	300	371	240	371	325	372	250	371	330	371	251	374	250
E12	302	260	295	240	293	288	347	293	294	260	295	220	301	291	377	290
E13	335	284	339	262	338	240	346	294	400	230	400	250	400	260	341	309
E14	325	276	276	230	323	276	376	324	326	240	323	260	325	283	328	320
E15	356	302	355	240	352	300	322	285	320	306	316	280	316	230	316	314
E16	390	250	275	240	305	275	314	250	337	250	334	280	343	327	348	327
E17	400	327	400	240	400	329	400	328	398	327	392	328	394	240	392	290
E18	400	331	400	240	400	342	385	292	383	320	337	300	346	318	350	337
E19	299	250	256	230	305	250	305	250	315	270	375	330	377	289	325	254
E20	349	317	323	240	324	281	390	325	386	322	387	292	386	369	390	329
E21	344	253	371	265	370	250	336	240	400	336	400	285	400	331	304	295
E22	369	262	364	280	369	290	367	232	268	240	365	320	366	256	295	240
E23	384	316	383	220	383	318	381	250	381	320	380	280	379	312	379	321
E24	290	250	305	231	305	251	306	257	302	258	309	258	326	258	319	259
E25	371	306	367	310	361	280	361	270	400	290	400	280	400	270	307	295

ภาคผนวก จ-12. ผลการเก็บข้อมูลความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 (หน่วยเป็นไมโครโวลท์) ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 2-Back Task Target

	FPz		Fz		FCZ		Cz		CPz		Pz		POz		Oz	
รหัส	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
E1	12.28	4.84	13.28	6.03	12.24	4.80	7.31	5.33	9.91	7.72	6.97	3.90	5.98	3.68	12.00	4.59
E2	5.50	1.44	4.81	0.22	5.53	0.24	6.75	0.13	6.57	0.13	7.23	1.93	5.82	3.07	3.85	1.20
E3	7.01	6.18	11.79	2.46	9.95	4.01	11.29	0.24	10.51	0.98	3.54	0.16	3.31	2.59	10.83	2.86
E4	2.09	1.63	2.45	1.64	1.42	0.01	3.54	1.32	1.25	0.27	1.01	0.07	1.52	0.08	1.00	0.03
E5	7.73	2.33	6.03	2.21	7.92	1.93	8.16	1.38	8.23	0.82	8.32	1.37	8.38	4.54	8.67	0.92
E6	4.49	3.60	3.73	1.06	4.26	1.46	4.30	0.50	4.15	0.55	4.51	0.37	5.47	0.70	4.46	0.41
E7	4.82	0.46	2.90	0.43	1.98	0.49	2.44	0.43	0.63	0.37	0.25	0.19	0.50	0.17	1.00	0.20
E8	8.36	5.31	6.21	3.51	6.00	4.53	6.82	5.16	6.93	2.58	5.69	4.87	5.46	3.84	5.84	2.60
E9	6.00	1.43	11.75	2.06	12.32	4.17	11.39	6.61	10.80	4.24	10.31	3.11	9.87	3.13	9.33	3.29
E10	7.18	1.61	6.04	0.99	5.84	0.89	5.34	0.15	5.29	0.21	5.09	0.91	5.03	0.81	4.80	0.82
E11	3.82	1.73	4.00	2.31	4.43	1.81	4.61	1.93	4.53	1.92	4.51	2.00	4.54	1.98	4.64	1.50
E12	10.30	2.67	11.04	1.33	12.27	0.10	2.45	0.38	2.97	0.25	12.96	2.03	7.52	1.98	4.32	1.50
E13	9.20	0.43	9.87	1.18	9.62	2.48	9.85	1.96	10.34	1.27	4.84	1.42	4.80	1.32	7.61	1.50
E14	10.57	0.65	5.99	2.49	6.15	2.53	5.69	2.77	7.64	2.05	6.55	4.80	5.23	4.14	8.18	1.50
E15	11.29	0.34	8.91	0.24	11.97	0.84	6.56	0.75	6.39	0.13	5.68	0.16	4.53	0.03	10.39	1.50
E16	6.82	0.42	9.42	0.75	5.77	0.85	7.44	2.21	6.78	2.59	4.70	4.52	2.81	2.53	4.06	1.50
E17	4.80	1.03	4.62	1.79	6.01	1.27	6.53	0.23	6.99	0.88	5.73	1.04	4.60	2.16	3.87	1.50
E18	5.77	4.95	6.07	3.29	6.12	2.87	4.06	3.82	4.74	4.55	4.57	3.87	3.89	2.47	3.84	1.50
E19	3.18	2.13	3.00	1.46	2.94	1.64	2.66	1.36	2.37	1.49	2.39	0.47	2.96	1.56	1.50	1.50
E20	4.32	4.08	4.35	3.84	4.68	4.00	6.45	4.88	7.16	6.19	7.06	3.36	1.57	0.80	1.57	0.80
E21	10.29	4.49	9.01	8.10	11.28	4.36	5.37	4.42	10.13	3.37	11.06	3.13	12.75	3.24	2.40	1.50
E22	8.34	4.60	6.68	1.99	6.73	2.76	6.46	1.72	8.25	0.64	8.46	1.23	7.79	1.97	6.06	1.50
E23	9.93	0.36	6.90	1.46	6.01	3.08	6.17	0.55	5.29	4.67	5.99	4.87	7.85	3.15	3.36	1.50
E24	4.49	3.38	3.48	3.09	2.07	1.37	2.03	0.71	1.46	0.69	2.06	0.17	1.80	0.29	1.50	0.42
E25	9.97	3.38	8.51	3.09	7.55	1.37	6.85	0.71	7.15	0.69	6.64	0.17	6.47	0.29	1.50	0.42

ภาคผนวก จ-13. ผลการเก็บข้อมูลความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 (หน่วยเป็นมิลลิวินาที) ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 2-Back Task Non-target

	FPz		Fz		FCZ		Cz		CPz		Pz		POz		Oz	
รหัส	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
E1	340	285	338	290	335	288	338	283	297	280	338	240	342	255	334	250
E2	483	220	390	370	390	320	392	350	380	290	392	238	383	340	250	220
E3	400	310	387	310	400	306	387	303	304	257	387	302	321	250	270	230
E4	367	320	367	257	367	257	370	320	359	257	376	290	361	258	257	210
E5	393	304	394	309	392	310	394	330	392	312	380	280	393	313	380	310
E6	400	332	400	333	400	333	400	333	375	334	400	320	400	336	390	340
E7	400	280	400	278	400	316	400	350	382	313	362	320	400	314	390	250
E8	366	340	259	240	265	265	366	256	366	290	366	320	330	323	380	253
E9	302	290	307	298	310	254	307	306	304	258	340	290	309	296	318	297
E10	302	271	274	220	275	273	274	220	347	268	348	320	347	270	306	250
E11	349	271	352	283	351	285	352	250	288	250	290	260	288	250	389	306
E12	391	350	393	350	314	280	393	280	311	290	327	290	329	280	379	306
E13	389	330	386	320	290	220	311	280	390	280	311	327	329	280	289	250
E14	400	310	400	250	400	283	390	284	370	330	392	250	330	276	352	320
E15	306	301	305	301	306	301	305	305	308	296	313	280	319	274	312	280
E16	313	280	311	250	308	250	310	230	312	297	333	270	314	294	322	306
E17	378	320	314	255	382	348	380	320	385	320	380	336	400	337	298	270
E18	390	330	334	305	333	305	334	314	334	325	336	250	345	296	287	254
E19	400	290	400	326	400	328	380	326	390	280	380	310	373	328	389	306
E20	273	250	277	250	281	250	291	271	323	250	326	245	331	273	352	306
E21	312	220	311	250	313	250	317	220	324	230	335	230	341	254	345	306
E22	312	250	311	250	313	250	311	280	324	250	311	210	341	254	389	306
E23	390	232	396	374	390	370	400	330	380	320	400	230	500	327	390	350
E24	397	302	394	307	393	309	394	358	359	270	394	230	357	250	390	320
E25	382	320	382	250	380	250	382	250	380	321	382	321	380	320	380	319

ภาคผนวก จ-14. ผลการเก็บข้อมูลความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 (หน่วยเป็นไมโครโวลท์) ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 2-back Task Non-target

	FPz		Fz		FCZ		Cz		CPz		Pz		POz		Oz	
รหัส	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
E1	8.58	4.84	8.02	0.86	9.92	4.80	10.94	5.33	12.01	7.72	13.01	3.90	11.35	3.68	8.41	2.59
E2	8.69	6.12	6.15	2.56	6.89	4.11	8.59	3.10	13.09	2.56	9.34	2.18	6.88	2.15	3.36	1.82
E3	8.32	7.50	4.48	2.37	2.82	0.87	3.76	1.63	7.67	4.56	9.84	2.13	5.49	3.55	4.59	4.44
E4	2.09	1.63	2.94	1.93	1.42	0.01	1.32	0.54	1.24	0.09	1.16	0.26	0.90	0.31	4.59	1.04
E5	7.73	2.33	6.03	3.23	7.92	1.93	8.16	1.38	8.21	0.82	8.63	1.32	8.51	1.70	1.05	0.82
E6	3.45	0.59	3.77	1.85	4.16	0.27	4.18	0.53	5.64	0.35	4.36	0.45	4.05	0.54	0.66	0.46
E7	11.64	0.59	7.59	2.20	7.57	1.17	7.14	2.00	6.01	1.95	6.15	1.02	5.89	0.99	0.89	0.84
E8	0.18	0.18	3.40	0.82	1.78	1.78	2.05	2.05	3.26	1.91	2.35	2.07	1.75	1.75	2.06	0.75
E9	12.07	2.58	10.52	1.90	9.97	1.96	9.38	1.65	9.09	0.24	8.69	0.45	8.36	1.25	5.97	3.18
E10	5.75	5.16	4.13	2.48	3.25	2.92	2.96	2.62	3.29	3.16	2.74	2.61	2.83	1.13	7.97	2.75
E11	5.21	1.06	4.64	2.35	4.89	0.64	5.02	0.27	5.38	0.40	5.55	0.35	4.84	0.30	5.78	2.05
E12	11.40	0.75	9.90	3.59	10.56	1.01	12.91	2.09	13.02	3.34	9.83	3.14	6.89	3.04	6.12	1.05
E13	11.37	6.59	7.98	1.70	7.89	7.89	10.17	6.17	14.03	2.76	11.58	6.56	6.41	4.43	7.97	1.05
E14	5.23	1.46	2.99	1.54	3.21	0.93	2.54	0.94	3.03	1.92	2.04	1.94	3.74	1.15	8.20	2.27
E15	3.75	2.55	11.83	2.55	3.22	2.55	11.73	2.55	15.53	2.55	13.43	2.55	11.20	2.55	9.46	2.55
E16	8.08	3.29	13.11	3.21	10.72	3.30	10.05	3.21	9.57	2.33	8.57	4.82	12.32	3.01	7.70	1.05
E17	3.72	1.65	3.12	1.65	3.30	1.65	4.98	1.65	8.48	1.65	5.36	1.65	4.54	1.65	4.95	1.65
E18	3.85	1.54	2.92	1.54	0.63	1.54	4.98	1.54	8.48	1.54	5.36	1.54	4.54	1.54	7.90	1.54
E19	9.33	1.81	6.06	2.79	8.32	1.57	10.65	1.34	11.99	1.12	10.01	0.65	12.88	0.75	5.97	1.05
E20	1.57	0.80	1.57	0.80	1.57	0.80	1.57	0.80	1.57	0.80	1.57	0.80	1.57	0.80	1.57	0.80
E21	10.60	0.48	8.12	3.60	7.72	0.10	7.93	0.09	8.14	0.57	6.80	1.60	5.26	1.89	7.76	1.05
E22	10.60	0.13	8.12	3.60	7.72	0.30	7.93	0.17	8.14	0.49	6.80	0.03	5.26	0.33	7.97	1.05
E23	12.14	1.51	8.16	1.90	7.27	3.07	4.84	0.54	5.52	3.09	4.82	4.61	7.54	3.23	3.20	2.27
E24	9.05	0.31	8.20	3.71	7.67	0.67	7.09	0.58	7.19	0.72	6.42	0.49	6.28	0.35	3.58	2.89
E25	9.27	0.89	9.27	1.66	9.30	1.85	9.01	2.64	8.42	7.46	7.97	6.39	7.72	4.88	5.71	3.17

ภาคผนวก จ-15. ผลการเก็บข้อมูลความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 (หน่วยเป็นมิลลิวินาที) ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 1-Back Task Target

	FPz		Fz		FCZ		Cz		CPz		Pz		POz		Oz	
รหัส	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
E1	250	230	255	250	257	250	336	250	338	250	336	250	291	250	400	250
E2	282	273	278	271	281	271	287	250	287	250	250	250	350	260	350	250
E3	400	360	268	255	400	250	398	258	398	253	364	320	371	320	366	318
E4	371	362	329	320	330	321	329	321	329	321	330	321	360	330	360	330
E5	364	340	313	279	314	280	314	282	314	282	314	283	324	241	323	284
E6	321	319	316	245	323	230	322	315	322	314	324	315	316	270	369	317
E7	359	270	363	320	363	250	363	250	363	280	360	290	361	330	371	250
E8	283	240	334	281	335	281	336	279	336	279	337	280	337	320	337	279
E9	277	240	301	270	300	280	297	282	297	282	298	283	369	330	300	284
E10	293	270	295	270	294	273	293	275	293	275	293	276	293	323	293	277
E11	288	240	290	270	291	250	290	250	290	270	291	250	291	250	291	250
E12	400	360	400	340	400	295	400	295	400	295	400	360	400	295	400	350
E13	400	370	398	250	398	250	396	250	398	250	398	356	398	365	397	349
E14	400	320	400	350	400	350	400	400	400	380	400	400	400	360	400	380
E15	395	340	400	318	400	318	400	348	400	348	400	360	400	349	400	350
E16	332	300	311	304	322	308	314	305	314	304	322	303	360	302	321	302
E17	400	320	400	340	349	300	349	340	349	340	348	348	348	340	348	320
E18	393	330	392	370	392	330	392	269	392	269	391	360	391	365	391	350
E19	400	290	400	350	391	350	391	329	390	329	395	326	398	350	400	326
E20	397	320	394	350	390	370	359	312	312	280	400	355	400	350	400	314
E21	250	230	311	311	311	280	311	311	312	290	313	305	313	313	313	300
E22	320	250	323	300	324	266	324	260	324	259	324	258	400	324	400	324
E23	376	350	278	260	337	279	336	309	336	308	309	295	350	330	313	293
E24	400	310	400	360	295	275	400	275	400	275	277	260	310	290	276	274

ภาคผนวก จ-16. ผลการเก็บข้อมูลความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 (หน่วยเป็นไมโครโวลท์)ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 1-Back Task Target

	FPz		Fz		FCZ		Cz		CPz		Pz		POz		Oz	
รหัส	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
E1	11.84	4.76	7.97	4.96	10.52	4.88	9.55	3.05	17.44	3.20	6.95	3.20	6.52	3.27	9.30	1.20
E2	16.85	13.45	15.80	12.11	12.87	3.11	12.04	3.31	11.15	2.62	9.88	5.19	5.56	3.75	4.08	2.27
E3	11.54	5.24	2.94	1.94	10.11	1.11	2.84	0.84	3.25	0.27	2.41	1.31	2.17	0.17	2.85	1.85
E4	3.23	1.75	5.08	3.25	5.01	1.30	7.40	1.85	10.97	1.48	10.65	1.43	8.34	1.57	5.68	1.61
E5	10.15	6.25	5.29	3.29	3.92	2.92	6.69	4.69	17.05	8.05	7.55	5.55	10.95	8.65	7.36	5.41
E6	14.36	4.95	13.53	6.18	14.07	4.39	15.02	3.11	14.98	2.99	15.49	8.97	16.14	1.08	8.15	1.91
E7	5.40	3.48	4.01	2.63	3.82	0.50	3.76	1.51	3.61	3.47	4.14	3.00	4.24	2.77	2.76	3.35
E8	5.52	1.78	3.15	3.10	3.29	3.02	3.51	2.47	3.61	2.41	3.57	2.15	3.14	1.89	3.06	1.37
E9	6.30	4.22	6.37	5.01	6.30	3.89	6.52	3.30	6.58	2.94	6.31	3.82	5.86	2.78	5.63	2.46
E10	6.30	2.15	6.37	4.77	6.30	1.67	6.52	1.73	6.58	1.49	6.31	4.61	5.86	1.59	5.63	1.42
E11	11.74	5.45	10.45	6.40	11.16	9.74	9.54	1.51	9.57	5.04	9.30	6.40	9.64	5.32	9.42	5.68
E12	36.21	2.58	3.17	2.26	3.25	2.13	3.56	1.92	2.93	2.02	2.83	1.92	2.82	2.12	4.05	2.24
E13	9.42	2.42	4.34	2.28	3.43	2.54	2.93	2.77	2.58	1.99	2.70	1.77	2.82	1.64	2.86	1.77
E14	0.94	0.56	1.96	0.93	2.25	0.75	2.45	0.94	2.73	0.71	2.85	1.27	2.95	0.21	2.90	0.40
E15	3.28	0.45	3.30	1.39	3.10	0.38	3.18	0.45	3.00	0.33	2.86	1.23	2.90	0.14	2.80	0.14
E16	4.00	3.27	3.15	3.09	3.69	3.30	3.49	2.77	4.00	1.64	4.17	2.27	4.26	1.13	4.04	0.94
E17	3.76	1.25	2.86	2.59	2.52	1.54	5.78	2.78	5.94	2.95	5.12	3.15	5.14	3.75	5.12	3.23
E18	7.28	5.31	6.33	5.67	7.13	4.60	6.56	2.96	6.96	2.28	8.07	5.97	8.18	1.93	8.23	1.93
E19	9.57	0.17	5.39	4.92	4.81	4.62	7.43	3.90	5.59	3.70	7.27	4.55	4.55	3.27	2.33	2.30
E20	11.65	2.39	6.07	4.54	4.66	2.64	4.20	3.43	3.53	3.17	3.79	2.94	5.25	3.01	3.81	2.86
E21	7.23	5.13	7.93	6.92	6.93	5.43	9.24	7.24	9.11	7.11	8.79	6.54	9.74	6.84	7.02	4.32
E22	2.81	0.17	0.11	0.70	2.11	0.00	3.55	0.67	6.48	0.64	5.54	3.24	4.12	3.85	1.56	0.62
E23	3.81	1.51	2.74	1.71	1.84	0.03	1.48	0.04	2.06	0.07	3.44	2.33	2.88	1.14	1.88	0.00
E24	2.71	2.21	2.64	2.57	3.41	2.90	4.11	2.67	4.79	2.47	4.58	2.24	4.14	2.04	3.54	3.10

ภาคผนวก จ-17. ผลการเก็บข้อมูลความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 (หน่วยเป็นมิลลิวินาที) ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 1-Back Task Non-target

	FPz		Fz		FCZ		Cz		CPz		Pz		POz		Oz	
รหัส	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
E1	366	320	360	320	360	250	400	295	400	299	400	377	286	250	400	376
E2	363	310	364	259	364	257	364	261	268	266	301	270	368	273	378	271
E3	400	340	374	330	379	304	379	307	400	274	335	250	344	332	359	346
E4	325	295	329	326	333	328	339	329	328	304	335	258	340	254	341	296
E5	300	290	300	285	299	279	282	258	307	281	308	270	314	264	317	250
E6	313	298	316	298	318	298	298	315	306	297	319	296	351	296	322	296
E7	373	251	343	253	358	343	357	343	356	343	357	343	357	344	353	344
E8	297	278	300	283	302	283	302	288	304	287	286	230	287	250	290	260
E9	388	348	388	345	388	306	389	306	389	306	390	307	390	308	391	308
E10	400	338	400	338	400	339	400	339	400	339	400	360	400	339	400	339
E11	296	275	299	270	299	270	391	301	301	270	301	270	301	271	302	271
E12	332	307	337	308	336	305	337	305	339	308	340	310	340	309	340	310
E13	389	350	360	320	361	340	362	340	360	300	359	340	358	358	359	340
E14	400	360	400	340	400	319	400	352	400	255	400	360	400	213	400	273
E15	330	324	325	323	325	322	325	322	325	321	325	320	325	320	325	317
E16	380	254	399	303	400	304	384	303	383	304	383	360	382	329	382	327
E17	400	356	347	329	330	295	331	295	331	281	331	280	331	280	330	281
E18	298	253	348	303	351	305	365	305	372	305	400	360	378	307	375	307
E19	397	367	395	356	390	328	385	329	337	327	382	359	291	285	384	250
E20	250	220	369	340	367	321	398	367	398	364	398	360	361	260	399	359
E21	366	330	358	317	356	315	356	314	316	250	394	376	394	324	394	328
E22	400	352	400	350	400	322	400	320	400	322	319	290	318	259	378	320
E23	380	364	375	363	375	331	378	329	374	327	328	326	327	325	328	265
E24	398	283	400	291	400	300	400	305	400	306	307	250	308	250	309	252

ภาคผนวก จ-18. ผลการเก็บข้อมูลความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 (หน่วยเป็นไมโครโวลท์) ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 1-Back Task Non-target

	FPz		Fz		FCZ		Cz		CPz		Pz		POz		Oz	
รหัส	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
E1	4.10	3.15	3.90	1.63	9.77	2.79	3.95	2.97	5.29	2.53	1.63	0.59	1.21	0.79	7.09	1.03
E2	11.02	7.08	13.89	9.82	4.39	2.29	11.46	8.97	9.69	6.84	9.92	5.55	9.50	0.84	8.09	6.90
E3	2.32	1.94	3.62	2.65	4.45	1.45	5.10	0.63	3.05	0.80	5.38	4.82	3.41	0.01	3.72	1.38
E4	7.23	1.83	7.78	3.14	1.58	0.15	7.82	1.77	7.69	4.46	7.58	5.39	7.61	5.59	8.04	1.42
E5	8.48	3.40	6.90	2.86	4.47	3.72	5.09	1.93	8.39	5.94	7.18	2.45	6.26	4.90	4.25	1.71
E6	7.07	6.69	6.97	5.50	5.20	3.71	8.09	4.74	9.35	4.90	9.57	6.67	10.44	4.75	10.33	7.90
E7	3.20	1.80	12.50	5.48	2.63	2.42	21.69	2.91	9.74	5.34	11.82	7.69	12.14	3.20	11.66	2.98
E8	5.34	3.49	5.50	3.40	3.08	0.39	6.08	1.79	5.76	1.90	5.36	2.01	5.20	2.03	5.01	1.89
E9	3.27	0.28	4.20	0.90	14.78	1.90	6.57	0.60	6.98	0.63	7.50	2.72	7.86	0.63	7.28	0.71
E10	9.72	1.49	8.71	4.92	2.83	1.38	7.51	0.60	7.02	4.50	6.56	0.50	6.87	0.45	6.43	5.48
E11	11.96	7.69	11.21	8.96	6.40	0.37	10.44	4.92	10.42	6.28	10.30	8.15	10.53	8.20	10.01	8.31
E12	6.69	1.26	2.68	1.60	14.27	1.80	3.43	2.07	2.89	1.58	2.81	1.48	2.71	1.54	2.73	1.43
E13	5.55	1.04	2.89	1.53	9.73	1.39	3.57	3.26	7.68	3.65	2.39	1.33	2.23	2.23	3.18	2.16
E14	5.55	3.04	5.96	2.89	1.83	1.05	6.36	3.57	6.49	2.68	6.46	2.39	6.53	2.23	6.54	2.18
E15	5.45	4.97	5.42	4.91	10.64	7.06	5.19	4.35	5.04	4.25	4.78	4.17	4.70	3.96	4.59	3.94
E16	2.98	2.60	2.45	2.08	7.99	1.29	2.83	2.51	2.89	2.40	2.78	2.16	2.82	2.07	2.60	2.04
E17	3.42	1.34	1.91	1.92	4.86	1.15	1.96	1.50	3.06	1.43	3.34	1.26	4.13	1.25	4.07	1.25
E18	3.92	0.26	4.10	2.28	3.33	0.18	4.88	0.69	4.75	0.80	5.74	1.53	5.73	0.79	5.68	3.56
E19	12.70	7.99	7.07	4.93	11.46	0.72	6.52	5.31	5.30	4.51	6.23	4.69	3.72	3.51	2.58	2.17
E20	4.21	2.83	2.13	1.55	2.79	2.05	3.44	1.15	3.41	1.17	3.02	1.01	3.29	1.65	2.99	0.91
E21	3.74	2.27	8.88	1.38	9.07	3.14	4.99	0.26	4.82	0.08	4.40	2.28	4.15	2.47	3.84	2.48
E22	4.03	2.94	3.96	1.22	7.04	2.38	7.68	0.06	10.85	0.00	10.86	8.42	8.70	5.01	7.57	5.08
E23	3.67	1.79	4.10	1.41	4.08	2.91	4.41	1.16	4.74	0.83	4.89	2.51	5.11	3.10	3.26	0.24
E24	50.02	1.89	14.67	1.25	8.39	0.38	30.10	13.81	7.28	4.53	3.79	2.47	12.30	1.41	10.07	8.66

ภาคผนวก จ-19. ผลการเก็บข้อมูลความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 (หน่วยเป็นมิลลิวินาที) ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 2-Back Task Target

	FPz		Fz		FCZ		Cz		CPz		Pz		POz		Oz	
รหัส	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
E1	393	361	390	380	389	360	383	264	380	256	379	330	400	378	386	355
E2	361	250	361	340	400	360	264	255	388	256	400	365	318	250	400	358
E3	400	350	329	290	329	290	322	290	339	280	344	300	349	347	340	336
E4	338	270	338	311	339	250	343	250	342	250	352	284	354	284	250	203
E5	321	257	319	270	321	261	324	300	324	289	324	300	324	306	321	307
E6	392	360	387	356	387	265	389	264	384	266	387	330	379	290	400	290
E7	400	350	400	365	400	250	400	370	344	250	346	250	351	250	374	320
E8	281	254	292	254	293	271	296	255	296	256	301	252	300	252	298	252
E9	400	361	362	259	362	259	362	260	362	259	360	320	361	259	362	330
E10	270	240	265	230	267	164	268	227	270	230	270	250	273	250	362	340
E11	350	250	330	240	400	380	380	279	322	280	326	290	326	286	326	323
E12	400	320	307	280	466	360	400	307	469	307	469	342	467	307	374	362
E13	350	298	322	304	321	304	324	304	327	302	326	301	342	325	370	362
E14	374	350	372	280	371	371	371	371	371	320	370	350	370	350	380	362
E15	400	250	400	356	400	372	400	325	400	324	400	365	400	321	370	345
E16	338	301	342	304	338	304	341	305	340	322	337	317	338	330	350	321
E17	400	320	394	372	400	360	400	290	400	330	400	360	350	331	340	290
E18	380	280	377	352	373	323	335	332	368	335	371	345	372	334	380	350
E19	340	303	350	274	334	320	400	335	370	333	400	354	302	250	390	375
E20	390	330	371	340	372	336	380	350	370	335	391	349	354	336	370	340
E21	330	230	315	258	312	258	311	301	312	306	334	312	334	313	350	300
E22	278	240	339	328	341	326	341	325	340	324	342	322	346	318	370	320
E23	320	282	308	287	284	280	294	253	302	256	307	260	316	265	360	310
E24	295	240	330	273	343	325	297	250	298	250	299	265	298	298	350	320

ภาคผนวก จ-20. ผลการเก็บข้อมูลความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 (หน่วยเป็นไมโครโวลท์)ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 2-Back Task Target

	FPz		Fz		FCZ		Cz		CPz		Pz		POz		Oz	
รหัส	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
E1	11.13	4.68	6.02	5.33	4.92	2.40	3.99	3.59	3.86	3.57	2.97	2.34	3.71	3.08	3.54	2.29
E2	8.63	3.10	9.57	1.60	8.44	1.35	6.24	1.20	6.13	1.07	6.15	2.74	2.75	1.89	3.35	1.17
E3	10.82	7.69	9.93	3.60	7.93	3.74	7.94	3.21	6.27	1.65	7.69	4.94	5.71	1.40	3.64	1.79
E4	5.80	2.34	5.31	1.43	4.76	1.47	5.51	1.47	3.58	0.79	2.81	1.09	2.29	0.20	4.07	0.41
E5	8.96	3.91	6.36	3.96	4.99	2.67	4.99	0.57	9.20	6.43	7.64	1.39	8.05	6.23	4.88	2.16
E6	11.19	7.97	9.98	7.05	6.91	2.91	9.20	6.45	9.18	5.86	9.90	5.61	3.29	2.55	5.54	3.93
E7	10.84	4.90	13.68	6.44	4.12	3.75	3.54	2.59	9.16	4.18	7.68	4.80	4.37	2.19	8.33	2.65
E8	5.39	3.02	3.13	2.84	3.35	2.73	3.89	1.88	5.19	0.42	3.98	0.77	5.94	0.58	8.33	2.65
E9	9.13	4.24	8.70	3.64	8.14	6.27	9.21	4.34	9.02	4.09	8.20	4.48	7.72	4.58	8.33	7.57
E10	5.56	4.06	3.48	3.05	13.70	5.68	6.23	2.25	3.75	2.02	3.51	1.78	9.21	1.57	7.57	1.56
E11	6.74	4.06	6.85	4.05	7.61	2.68	6.86	2.25	6.33	2.02	6.88	4.78	5.03	1.57	7.57	1.56
E12	12.23	3.32	11.76	2.17	10.96	2.20	11.25	1.95	11.07	2.09	11.14	7.96	10.73	2.00	7.57	2.88
E13	8.93	7.37	6.35	1.58	6.02	3.09	5.83	1.69	5.11	0.19	4.46	2.13	4.39	0.41	7.57	1.45
E14	11.95	7.35	9.16	4.26	7.32	6.55	14.30	8.32	7.13	2.58	11.68	7.46	4.75	2.58	8.57	1.88
E15	4.99	2.86	3.53	2.14	3.08	2.19	3.40	1.72	3.17	2.35	4.07	3.13	3.09	1.87	3.02	2.55
E16	4.02	1.17	4.53	2.53	4.67	4.64	6.31	4.65	4.72	4.35	4.98	2.95	5.17	2.27	4.02	1.88
E17	11.29	6.04	4.21	0.19	11.53	7.82	4.40	0.70	4.02	0.83	3.86	2.96	3.69	3.21	3.25	1.65
E18	9.03	2.20	11.01	0.95	10.64	7.07	10.27	1.26	10.77	0.69	10.10	8.65	10.99	6.01	3.54	1.54
E19	8.18	6.04	6.74	2.79	5.46	2.64	6.86	1.63	6.88	2.85	2.92	2.37	2.26	1.83	3.66	1.75
E20	7.23	6.39	1.17	1.02	1.13	0.72	1.22	0.73	2.25	1.37	1.57	0.80	1.57	0.80	1.57	0.80
E21	5.69	2.41	3.24	2.67	3.14	2.42	4.14	2.10	4.21	2.18	4.51	2.89	6.82	4.17	4.32	1.88
E22	7.61	4.91	2.10	1.82	4.47	2.78	6.04	2.89	7.39	2.91	7.02	5.81	5.72	5.14	5.21	2.51
E23	1.44	1.13	2.34	2.30	2.80	2.74	3.05	2.76	3.95	2.64	4.27	2.86	4.14	3.60	6.24	2.35
E24	8.13	4.57	5.25	3.21	3.28	2.37	9.07	2.59	5.54	1.85	12.58	2.82	9.20	5.97	3.54	1.88

ภาคผนวก จ-21. ผลการเก็บข้อมูลความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 (หน่วยเป็นมิลลิวินาที) ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง ในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game ขณะทำ แบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 2-Back Task Non-target

	FPz		Fz		FCZ		Cz		CPz		Pz		POz		Oz	
รหัส	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
E1	292	267	275	255	279	255	277	250	275	250	273	250	374	329	309	272
E2	362	254	362	255	361	257	350	320	275	256	282	250	364	250	309	250
E3	400	350	400	380	400	350	400	370	400	333	370	370	366	341	348	309
E4	275	263	350	290	279	267	370	350	329	268	269	259	268	250	309	266
E5	340	283	346	330	347	292	349	302	349	304	350	306	351	309	358	309
E6	400	250	300	250	299	250	297	250	293	250	291	240	276	250	309	250
E7	380	340	390	380	500	496	400	356	390	364	400	367	497	367	368	330
E8	400	287	306	250	305	250	306	250	305	250	307	270	400	315	390	352
E9	397	350	394	294	393	293	358	320	359	294	357	310	357	292	380	352
E10	343	325	342	325	343	326	343	325	342	324	341	290	339	320	365	290
E11	308	280	350	290	324	285	308	286	308	286	323	308	319	308	290	270
E12	400	360	400	317	400	311	400	350	400	307	400	308	400	308	308	246
E13	293	270	298	256	298	256	334	300	336	324	334	326	333	326	350	280
E14	394	360	400	365	400	393	400	394	400	306	400	351	400	351	370	320
E15	390	370	380	340	490	338	396	355	490	357	390	357	490	358	380	340
E16	378	330	376	350	377	310	311	264	315	265	319	290	319	265	390	357
E17	311	286	360	330	310	270	350	330	313	274	314	280	315	272	315	271
E18	340	320	339	322	338	322	339	324	328	307	328	267	334	328	352	290
E19	322	303	325	274	325	277	400	360	370	325	400	350	302	284	320	271
E20	371	361	377	358	380	356	382	360	385	355	354	272	355	269	328	272
E21	320	318	358	330	360	317	361	330	359	280	354	318	352	318	315	274
E22	351	254	360	330	334	302	333	310	334	290	333	333	333	307	317	283
E23	370	326	380	350	400	336	398	362	395	321	392	360	389	323	385	326
E24	390	267	392	370	400	296	398	350	395	303	392	303	389	302	269	223

ภาคผนวก จ-22. ผลการเก็บข้อมูลความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 (หน่วยเป็นไมโครโวลท์)ระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองในกลุ่มใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Non-action Game ขณะทำแบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพ จาก 2-Back Task Non-target

	FPz		Fz		FCZ		Cz		CPz		Pz		POz		Oz	
รหัส	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
E1	5.68	1.09	5.73	2.86	5.85	1.97	6.56	1.74	5.56	2.02	2.87	1.96	3.22	1.84	5.07	4.74
E2	4.78	2.90	13.47	9.56	4.11	1.33	12.59	1.10	10.73	1.07	8.95	3.57	6.92	4.96	9.36	1.20
E3	9.74	8.21	6.43	4.37	5.18	5.18	5.53	2.15	5.18	4.31	4.42	3.28	4.61	2.50	5.07	2.49
E4	7.83	2.35	2.15	1.93	2.15	1.63	2.72	2.17	2.95	2.45	3.11	2.52	2.52	2.37	6.07	2.14
E5	4.66	2.03	9.11	5.23	8.15	2.73	8.58	1.86	11.04	1.49	8.73	0.90	5.04	3.56	4.54	3.85
E6	3.33	1.78	3.63	1.85	3.50	2.10	2.91	2.74	3.22	2.79	2.55	1.98	9.41	6.80	6.64	5.65
E7	4.08	3.90	11.15	9.20	10.97	3.40	10.92	3.42	11.05	3.73	9.67	3.98	10.58	7.05	5.67	4.52
E8	5.70	0.78	2.89	0.82	3.01	0.54	4.04	0.28	5.71	0.29	3.29	2.46	6.12	4.38	7.31	6.46
E9	8.05	2.01	8.20	5.91	7.67	1.50	7.09	2.04	7.19	2.09	3.42	2.20	6.28	4.24	9.31	8.75
E10	7.28	2.93	6.65	3.48	6.13	2.21	5.63	1.99	5.66	1.95	9.32	1.58	4.98	2.38	3.75	1.74
E11	7.51	5.56	10.19	6.35	13.24	3.66	10.28	5.33	10.20	3.57	7.06	6.40	9.92	2.41	5.31	3.86
E12	7.47	1.86	7.55	1.59	7.47	1.61	7.23	1.04	7.03	0.83	9.54	0.88	6.29	3.86	10.31	9.86
E13	6.56	3.55	4.99	2.70	5.05	2.05	4.74	2.00	4.51	0.69	8.36	1.30	3.95	1.42	4.86	2.31
E14	8.92	0.71	3.26	1.54	3.30	1.12	3.28	2.09	3.43	1.55	3.55	2.11	3.43	2.94	3.86	2.31
E15	5.90	2.55	3.15	2.55	3.15	2.55	3.24	2.55	3.12	2.55	7.97	2.55	3.02	2.55	3.01	0.51
E16	6.96	2.91	3.63	3.21	3.89	2.73	4.03	0.64	4.34	0.86	8.51	0.75	4.53	2.81	2.09	0.51
E17	3.52	1.65	3.63	1.65	3.89	1.65	4.03	1.65	4.05	1.65	2.78	1.65	3.49	1.65	3.69	2.15
E18	6.30	1.54	8.14	6.54	8.36	1.54	9.21	1.54	9.71	1.54	6.82	5.54	11.49	9.54	4.52	2.13
E19	9.67	4.04	5.92	3.79	5.15	2.64	6.84	1.63	8.02	2.85	9.01	2.33	3.71	1.83	6.52	4.57
E20	4.57	0.80	1.57	0.80	1.57	0.80	1.57	0.80	1.57	0.80	1.57	0.80	1.57	0.80	3.32	2.10
E21	4.37	1.90	6.26	4.53	6.08	5.59	7.00	6.04	7.69	4.93	9.24	2.96	4.43	1.90	3.21	2.35
E22	8.37	1.90	6.26	3.60	6.08	5.59	7.00	6.04	7.69	4.93	3.24	2.96	4.43	3.90	2.89	1.99
E23	5.61	0.06	3.42	2.90	3.69	2.55	3.14	1.82	3.01	2.42	9.62	2.59	2.94	2.44	3.69	2.10
E24	8.21	8.36	8.05	6.71	5.78	5.30	12.40	5.52	12.56	5.45	7.37	3.57	13.28	6.54	3.28	1.60

ภาคผนวก ฉ

ภาพกิจกรรมการทดลอง

ภาพกิจกรรมการทดลอง

กิจกรรม 1 การชี้แจงการเข้าร่วมการวิจัย เมื่อวันที่ 8 มิถุนายน พ.ศ. 2559
ณ โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา ตำบลเหมือง อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

กิจกรรม 2 การรับสมัครอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย เมื่อวันที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2559
ณ โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา ตำบลเหมือง อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

กิจกรรม 3 การคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง เมื่อวันที่ 14 -15 กรกฎาคม พ.ศ. 2559
ณ โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา ตำบลเหมือง อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

กิจกรรม 4 การบันทึกเสียงพากษ์ตัวละครในเกมแอคชัน เมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ.2560
ในห้องบันทึกเสียง สำนักคอมพิวเตอร์และเครือข่าย มหาวิทยาลัยบูรพา

กิจกรรม 5 การทดสอบเกมแอคชันที่พัฒนาขึ้น กลุ่มใกล้เคียงกลุ่มตัวอย่าง
นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เมื่อวันที่ 2 - 5 สิงหาคม พ.ศ 2559
โรงเรียนวัดตาล้อม ตำบลเหมือง อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

กิจกรรม 6 การทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพจากแบบทดสอบมาตรฐาน ของกลุ่มตัวอย่าง
ก่อนการทดลองการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ เมื่อวันที่ 17-19 สิงหาคม พ.ศ. 2559
ณ โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

กิจกรรม 7 การทดสอบ Protocal N-Back Task และทดสอบการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองของกลุ่มที่ใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง (Pilot Group) ก่อนการ Pretest การวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง

กิจกรรม 8 การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองก่อนการทดลอง Intervention เกมคอมพิวเตอร์ ระหว่างวันที่ 22 – 26 สิงหาคม พ.ศ. 2560 ที่ห้องปฏิบัติการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัด ชลบุรี

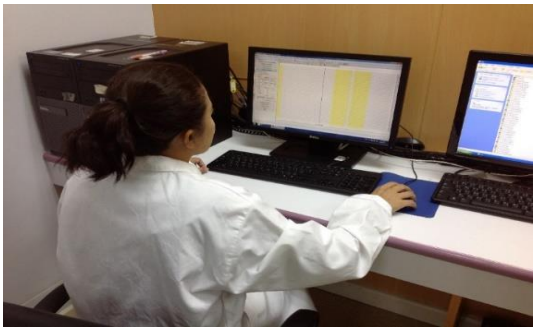
กิจกรรม 9 การ Training เกมคอมพิวเตอร์ กลุ่มทดลองที่ 1 ใช้ Action Game ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม ถึง 16 กันยายน พ.ศ. 2559 ที่ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ห้องที่ 1 โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

กิจกรรม 10 การ Training เกมคอมพิวเตอร์ กลุ่มทดลองที่ 2 ใช้ Non-action Game (Tetris Game) ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม ถึง 16 กันยายน พ.ศ. 2560 ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ที่ 2 โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

กิจกรรม 11 กิจกรรมการทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาพจากแบบทดสอบมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง หลังการทดลอง เมื่อวันที่ 14-16 กันยายน พ.ศ. 2559 ณ โรงเรียนวัดราฎร์ศรัทธา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

กิจกรรม 12 การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองหลังการทดลอง ระหว่างวันที่ 19–22 กันยายน พ.ศ. 2560 ห้องปฏิบัติการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัด ชลบุรี

กิจกรรม 13 การตัดคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ในห้องทดลองศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา



กิจกรรม 14 การวิเคราะห์ความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ ในห้องทดลองศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา