การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุสำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

นันทา ลีนะเปสนันท์

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
ธันวาคม 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์และคณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ ได้พิจารณาดุษฎีนิพนธ์ของ นันทา ลีนะเปสนันท์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)

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

คณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์

.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร. ม.ร.ว. สมพร สุทัศนีย์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)

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

.....กรรมการ
(ดร.ปรัชญา แก้วแก่น)

.....กรรมการ
(ดร.ศราวิน เทพสถิตย์ภรณ์)

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญาอนุมัติให้รับดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญาของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี) และวิทยาการปัญญา
วันที่ 28 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2559

ดุษฎีนิพนธ์นี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษา
จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปี 2559

ประกาศคุณูปการ

ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่กรุณาอบรมบ่มเพาะ ถ่ายทอดความรู้ ประสิทธิ์ประสาทวิชา รวมทั้งให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งนอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.ปรัชญา แก้วแก่น อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม สำหรับการให้คำแนะนำ ตรวจทานข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน รวมถึงความเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย และให้คำแนะนำในการปรับแก้เครื่องมือวิจัยให้มีคุณภาพ รวมทั้งบุคคลที่ผู้วิจัยได้อ้างอิงทางวิชาการตามที่ปรากฏในบรรณานุกรม ซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถกล่าวนามในที่นี้ได้ทั้งหมดไว้ ณ โอกาสนี้ นอกจากนี้ยังได้รับความอนุเคราะห์จากท่านผู้อำนวยการโรงเรียน ครูและนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย ทำให้ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ที่สนับสนุนทุนการศึกษา และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปี 2559

คุณค่าและประโยชน์ของดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่ บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ทั้งในอดีตและปัจจุบันที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

นันทา ลีนะเปสนันท์

51811445: สาขาวิชา: การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา;
ปร.ด. (การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา)
คำสำคัญ: การรับรู้ทางการมองเห็น/ ความสามารถทางปัญญา/ มิติสัมพันธ์/ ความจำความหมาย/ ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ

นันทา ลีนะเปสนันท์: การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (VISUAL PERCEPTION TRAINING BY APPLYING THE THEORY OF MOTION OBJECTS TRACKING FOR INCREASING COGNITIVE ABILITY IN LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์: สุชาดา กรเพชรปาณี, Ph.D., ปรัชญา แก้วแก่น, ปร.ด., 229 หน้า. ปี พ.ศ. 2559.

ความสามารถทางปัญญาเป็นทักษะทางสมองที่สำคัญสำหรับนักเรียน มีความสัมพันธ์กับทักษะการเรียนรู้ สติปัญญา และกระบวนการคิด การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ และนำรูปแบบการฝึกไปใช้สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 60 คน ที่กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2558 โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา จังหวัดชลบุรี สุ่มนักเรียนเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละเท่า ๆ กัน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย เครื่องรับโทรทัศน์แบบสามมิติขนาด 65 นิ้ว โปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ (NeuroTracker) แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Newton, 2009) และแบบทดสอบความสามารถด้านความจำความหมาย (Test Of Semantic Skills–Intermediate: TOSS-I) สถิติที่ใช้ในการทดสอบ คือ One-way MANOVA

ผลการวิจัยปรากฏว่า รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุสำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วยกิจกรรมในการฝึก 5 ขั้น ได้แก่ การจำแนกสิ่งเร้า การบ่งชี้เป้าหมาย การเปลี่ยนตำแหน่งการระบุเป้าหมาย และการตอบรับสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย ระยะเวลาในการฝึกทั้งหมด 20 ครั้ง ๆ ละ 30 นาที ผลของการนำรูปแบบการฝึกรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญาของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p <.01) คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p <.01) และคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านความจำความหมายของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p <.01) สรุปได้ว่า การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ สามารถเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นได้

51811445: MAJOR: RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE;
Ph.D. (RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE)
KEYWORDS: VISUAL PERCEPTION/ COGNITIVE ABILITY/ SPATIAL/ SEMANTIC MEMORY/
THE THEORY OF MOTION OBJECTS TRACKING

NUNTA LEENAPEASANUNT: VISUAL PERCEPTION TRAINING BY APPLYING THE THEORY OF MOTION OBJECTS TRACKING FOR INCREASING COGNITIVE ABILITY IN LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISORY COMMITTEE: SUCHADA KORNPETPANEE, Ph.D., PRATCHAYA KAEWKAEN, Ph.D. 229. P. 2016.

Cognitive abilities are the brain-based skills, important for the students related to their learning, intelligence, and thinking process. The objectives of this research were to define visual perception training model by applying the theory of motion objects tracking for increasing cognitive ability in lower secondary school students. The participants were sixty male lower secondary school students studying in the academic year 2015 at Assumption College Sriracha, Chonburi. They were randomly and equally assigned to experimental and control groups. The research instruments comprised 3D TV 65 inches, NeuroTracker Program, spatial ability test (Newton, 2009) and semantic ability test (Test Of Semantic Skills–Intermediate : TOSS-I). One-way MANOVA was used to analyze the data.

The results showed that the model of visual perception training program by applying the theory of motion objects tracking for increasing cognitive ability in lower secondary school students, including presentation, indexation, movement, identification and feedback. The duration of the training was 20 times 30 minutes each. After training with the Program, the experimental group had cognitive ability increased and higher than the control group (p <.01). The experimental group had higher spatial ability and higher semantic memory ability than the control group (p <.01). The results can be concluded that visual perception training program by applying the theory of motion objects tracking (NeuroTracker) is capable of increasing cognitive ability in lower secondary school students.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... จ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 6

กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 6

สมมติฐานของการวิจัย..... 9

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย..... 9

ขอบเขตของการวิจัย..... 10

นิยามศัพท์เฉพาะ..... 10

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 13

ตอนที่ 1 ความสามารถทางปัญญา (Cognitive Ability)..... 13

ตอนที่ 2 ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 30

ตอนที่ 3 ความสามารถด้านความจำความหมาย (Semantic Memory Ability) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 43

ตอนที่ 4 การรับรู้และการรับรู้ทางการมองเห็น (Perception and Visual Perception)..... 52

ตอนที่ 5 ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ (Multiple Object Tracking: MOT)..... 72

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 84

ระยะที่ 1 การกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ..... 84

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ระยะที่ 2 ผลการศึกษาการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรม นิวโรแทรคเกอร์สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น	103
กลุ่มตัวอย่าง	104
แบบแผนการทดลอง	106
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	107
การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	114
การวิเคราะห์ข้อมูล	116
4 ผลการวิจัย	117
ตอนที่ 1 ผลการกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรม นิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น	118
ตอนที่ 2 ผลการนำรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรม นิวโรแทรคเกอร์ ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น	125
1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง	125
2. ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึก	134
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	140
สรุปผลการวิจัย	141
อภิปรายผลการวิจัย	142
ข้อเสนอแนะ	146
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้	146
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป	147
บรรณานุกรม	148
ภาคผนวก	163
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ	164
ภาคผนวก ข หนังสือขอความร่วมมือ	166

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

ภาคผนวก ค แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบและคู่มือการรับรู้ทางการมองเห็น 168

ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 175

ภาคผนวก จ ผลการฝึกจากกลุ่มตัวอย่าง..... 187

ภาคผนวก ฉ คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น..... 197

ภาคผนวก ช ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 216

ประวัติย่อของผู้วิจัย..... 228

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 ความสามารถทางปัญญา..... 15

3-1 การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ..... 91

3-2 ขั้นตอนการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์..... 94

3-3 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยผู้รับการฝึก..... 102

3-4 จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการทดลองจำแนกตามระดับชั้น..... 106

3-5 แบบแผนการทดลองแบบมีกลุ่มควบคุม วัดก่อนและหลังการทดลอง..... 106

3-6 วันและเวลาการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ กับกลุ่มทดลอง ณ ห้อง 101 วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา..... 115

4-1 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ..... 119

4-2 ผลการประเมินความพึงพอใจของรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยผู้รับการฝึก..... 121

4-3 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง..... 126

4-4 คะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมระยะก่อนกับหลังการฝึก..... 128

4-5 คะแนนความสามารถด้านความจำความหมาย ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมระยะก่อนกับหลังการฝึก..... 131

4-6 ผลการทดสอบเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนเฉลี่ยความสามารถทาง ปัญญา ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึก โดยสถิติทดสอบ Box's M..... 134

4-7 ผลการตรวจสอบ Bartlett's Test of Sphericity ของคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึก..... 135

4-8 ผลการทดสอบความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา (ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านความจำความหมาย) ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก..... 135

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-9 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึก..... 136

4-10 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านความจำความหมาย ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึก..... 137

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1-1 กรอบแนวคิดการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญา..... 8

2-1 โครงสร้างความสามารถทางปัญญาของทฤษฎีองค์ประกอบเดียว..... 17

2-2 โครงสร้างทฤษฎีสององค์ประกอบของ Spearman 19

2-3 โครงสร้างทฤษฎีกลุ่มองค์ประกอบของ Thurstone 20

2-4 โครงสร้างทฤษฎีกลุ่มองค์ประกอบแบบลำดับขั้น 21

2-5 โครงสร้างองค์ประกอบความสามารถทางปัญญาของ Cattell..... 23

2-6 โครงสร้างทฤษฎีความสามารถทางปัญญา..... 24

2-7 โครงสร้างตามทฤษฎีโครงสร้างทางปัญญาของ Guildford..... 26

2-8 มิติสัมพันธ์แบบซ่อนภาพ..... 37

2-9 มิติสัมพันธ์แบบซ้อนภาพ..... 37

2-10 มิติสัมพันธ์แบบหมุนภาพหรือเลื่อนภาพ..... 38

2-11 มิติสัมพันธ์แบบตัดภาพ..... 38

2-12 มิติสัมพันธ์แบบรวมภาพ..... 39

2-13 มิติสัมพันธ์แบบพับกระดาษ..... 39

2-14 มิติสัมพันธ์แบบพับกล่อง..... 40

2-15 มิติสัมพันธ์แบบจับคู่ชิ้นส่วนกับภาพ..... 40

2-16 โมเดลระบบความจำของมนุษย์..... 44

2-17 แบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย (TOWK)..... 47

2-18 แบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย (TOSR)..... 48

2-19 แบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย (TOSS-I)..... 49

2-20 กระบวนการรับรู้..... 53

2-21 เส้นทางการประมวลผลของระบบประสาทการรับรู้ด้วยการมองเห็น..... 57

2-22 Law of Figure - Ground..... 58

2-23 Law of Similarity..... 59

2-24 Law of Proximity..... 59

2-25 Law of Closure..... 60

2-26 ลำดับขั้นการพัฒนาการด้านการรับรู้ทางสายตา..... 61

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2-27	ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล	64
2-28	โครงสร้างของดวงตาตามระนาบด้านข้าง	65
2-29	พื้นที่ Boardman ที่เกี่ยวกับการมองเห็น	65
2-30	วิถีประสาทการมองเห็นของสัญญาณภาพจากตาทั้งสองข้างที่ส่งไปยังสมองส่วนต่าง ๆ	66
2-31	เส้นทางเดินเส้นใยประสาทของระบบรับภาพ	67
2-32	มุมมองแนวนอน	68
2-33	มุมมองแนวตั้ง	69
2-34	ระดับการมองและการจัดพื้นที่ทำงาน	70
2-35	แบบจำลองการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ (MOT)	73
2-36	การติดตามวัตถุเคลื่อนที่แบบ 3 มิติ	76
3-1	ขั้นตอนการกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์	84
3-2	ขั้นตอนการศึกษาผลของการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์	104
3-3	ขั้นตอนการนำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไปทดลองใช้ เพื่อหาค่าความเที่ยง	108
3-4	ตัวอย่างการระบุภาพเหมือนเมื่อมีการหมุนภาพ	109
3-5	ตัวอย่างการแยกรูปทรงหรือการประกอบรูปทรง	109
3-6	ตัวอย่างการคลี่กล่องหรือการพับกล่อง	110
3-7	ตัวอย่างการระบุตำแหน่งเป้าหมายเมื่อมีการพับกระดาษ	110
3-8	ขั้นตอนการนำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมายไปทดลองใช้ เพื่อหาค่าความเที่ยง	111
3-9	ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย	113

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-1 หน้าปกคู่มือการการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์..... 125

4-2 ผลการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์..... 127

4-3 Box Plot แสดงคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ระยะก่อนและหลังการฝึก..... 130

4-4 Box Plot แสดงคะแนนความสามารถด้านความจำความหมายของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ระยะก่อนและหลังการฝึก..... 133

4-5 กราฟแท่งแสดงความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านความจำความหมายระยะหลังการฝึก ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม..... 138

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความสามารถทางปัญญา (Cognitive Ability) เป็นความสามารถที่แตกต่างกันระหว่างบุคคล ซึ่งเป็นผลจากความสามารถที่ได้จากการทำงานของสมอง (Brain Function) ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการคิด ความสามารถในการเชื่อมโยงข้อมูลจากการพิจารณาความสัมพันธ์ในบริบทต่าง ๆ การตัดสินใจ การแก้ปัญหาและปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพ ความสามารถทางปัญญาเป็นกระบวนการทำงานของสมอง โดยมีที่มาจากศาสตร์การเรียนรู้ 2 สาขาวิชา ที่เชื่อมโยงกันระหว่างความรู้ทางประสาทวิทยา (Neuroscience) ที่อธิบายความคิดและจิตใจของมนุษย์ กับทักษะการเรียนรู้ (Learning Skill) ที่บ่งบอกความสามารถในการเรียนรู้ ความชำนาญ ความเข้าใจและความจำ ทำให้การจัดกระบวนการเรียนรู้ตั้งอยู่บนฐานปัจจัยที่ทำให้สมองมีการเปลี่ยนแปลง สมองเป็นอวัยวะสำคัญเป็นส่วนกลางของระบบประสาท ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหว (Motor Control) การรับความรู้สึก (Sensation) ความจำ (Memory) อารมณ์ (Emotion) สมองของมนุษย์ประกอบด้วยเซลล์ประสาทจำนวน 10^{11} เซลล์ (Menzel & Giurfa, 2001, pp. 62-71) เซลล์ประสาทเป็นเซลล์ที่ไวต่อการกระตุ้น และสามารถปรับเปลี่ยนได้ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวย ทำให้การทำงานของเซลล์สมองในส่วนต่าง ๆ ของมนุษย์สามารถเรียนรู้ เก็บเกี่ยวความรู้รอบตัว สร้างความรู้ใหม่ ๆ ขึ้นมาได้ และเกิดการคิดขึ้นในสมอง เมื่อมนุษย์มีการใช้สมองเพื่อการเรียนรู้และการคิดเพิ่มขึ้น เซลล์สมองจะสร้างเครือข่ายเส้นใยสมองใหม่ ๆ เชื่อมต่อกันเป็นวงจรประสาท (Neural Circuits) เซลล์เหล่านี้ต่อเชื่อมกันเป็นวงจรและจัดระเบียบได้ดีมากเท่าไหร่ คุณภาพสมองจะดีขึ้น เครือข่ายสมองเมื่อถูกสร้างขึ้น จะทำให้สมองสามารถรับรู้และเรียนรู้ได้ทั้งในส่วนย่อยและส่วนรวม เกิดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด การปรับตัวเองและสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในสภาวะสมดุล เกิดการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล แล้วนำมาจัดระบบตามลำดับความสำคัญและพัฒนาความคิดใหม่ ๆ

องค์ประกอบที่สำคัญของความสามารถทางปัญญาประกอบด้วย การให้เหตุผล การวางแผน การแก้ปัญหา การคิดเชิงนามธรรม การเข้าใจแนวคิดที่ซับซ้อน การเรียนรู้อย่างรวดเร็วและการเรียนรู้จากประสบการณ์ซึ่งไม่ใช่ความรู้จากสารานุกรม ความสามารถทางด้านวิชาการเฉพาะหรือความเชี่ยวชาญในการทำแบบทดสอบ แต่เป็นความสามารถที่สะท้อนถึงศักยภาพในการเข้าใจสิ่งแวดล้อม การทำความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ หรือการจินตนาการถึงสิ่งที่ควรทำได้ (Gregory, 2007, pp. 139-140) ความสามารถทางปัญญาจะมีทักษะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงข่ายประสาท (Neuronal

Networks) ที่เฉพาะเจาะจงหรือโครงสร้างของสมอง (Brain Structures) สำหรับทักษะความจำส่วนใหญ่จะอยู่ในส่วน Temporal Lobes และสมองส่วน Frontal Lobes (Pascale, 2006) สมองของมนุษย์ประกอบด้วย โครงข่ายประสาทจำนวนมาก โครงข่ายประสาทที่สำคัญคือโครงข่ายประสาทของความจำ (Memory Network) ที่มีความสำคัญต่อการทำกิจกรรมของสมองขั้นสูง (Higher Order Cognition) หลายด้านที่เกี่ยวเนื่องกับกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process) ได้แก่ ความใส่ใจ (Attention) การรับรู้ (Perception) ความจำ (Memory) ทักษะการเคลื่อนไหว (Motor Skills) การเข้าใจภาษา (Language) ความสามารถในการประมวลภาพและมิติสัมพันธ์ (Visual and Spatial Processing) การตัดสินใจ (Decision Making) และการแก้ปัญหา (Problem Solving) เป็นต้น ความสามารถทางปัญญาจะไม่คงที่ สามารถเปลี่ยนแปลงและพัฒนาได้ตลอดเวลา เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสมอง จะมีการเชื่อมโยงถึงการเปลี่ยนแปลงการทำงานทางปัญญาด้วย (Glisky, 2007, pp. 3-20) การมีแนวทางเพื่อพัฒนาศักยภาพทางปัญญาจึงมีความสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านความจำความหมาย

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) เป็นความสามารถทางปัญญาที่สำคัญของมนุษย์ในการรับรู้และมองเห็นเป็นการรับรู้ภาพทางสายตาที่ใช้จินตนาการทางประสาทสัมผัส สัมพันธ์กับวัตถุต่าง ๆ รอบตัว ทำให้เกิดการแยกแยะสี รูปทรง ลักษณะพื้นผิว มิติความลึก มิติความกว้าง ยาว หนาและสูง ความสามารถด้านนี้จะส่งผลให้มนุษย์เข้าใจถึงมิติต่าง ๆ และการมองเห็นรูปทรงที่เคลื่อนไหว ซ้อนทับกัน การแยกภาพ การประกอบภาพ รวมถึงความสามารถในการจำแนกตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุ และระยะทางใกล้หรือไกลด้วย ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ช่วยในการประกอบอาชีพต่าง ๆ เช่น อาชีพด้านวิศวกรรมศาสตร์ สถาปัตยกรรม นักบิน นักคณิตศาสตร์ หรือนักดนตรี นอกจากนี้ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ยังมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตประจำวันของแต่ละบุคคล เช่น การเดินข้ามถนน หรือการขับรถ การย้ายสัมภาระหรือการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในบ้าน เป็นต้น อีกทั้งยังเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (Wai, Lubinski, & Benbow, 2009, p. 817) ดังนั้น หากนักเรียนได้รับการส่งเสริมความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ก็จะเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยให้เด็กมีพัฒนาการด้านกระบวนการการเรียนรู้ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ ทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น

ความสามารถด้านความจำความหมาย (Semantic Memory Ability) เป็นส่วนหนึ่งของความจำระยะยาว (Long-term Memory: LTM) ที่ประมวลความคิด (Idea) และแนวความคิด (Concept) ซึ่งไม่ได้ดึงมาจากประสบการณ์ส่วนตัว แต่ได้มาจากความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโลก รวมทั้งความรู้เกี่ยวกับคน สถานที่ ความจริง และข้อมูลพื้นฐานที่ได้รับตลอดชั่วชีวิต (Price, Bonner, & Grossman, 2015, pp. 529-536) ดังนั้นความสามารถด้านความจำความหมาย เป็นความสามารถใน

การเก็บข้อมูลอย่างมีระเบียบของหน่วยความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริงเฉพาะเกี่ยวกับโลกตั้งแต่ความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์ ความหมายของแนวคิดทุกประเภท และทักษะที่ได้เรียนรู้มา ความสำคัญของการจัดหมวดหมู่ในการจัดสิ่งที่ดูเหมือนจะเป็นฐานข้อมูลที่ไร้ขีดจำกัดที่ผลักดันการเรียนรู้ และความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ ซึ่งเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ (Balota & Coane, 2008, pp. 512-531)

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) และความสามารถด้านความจำความหมาย (Semantic Memory Ability) เป็นการทำงานของกระบวนการทางปัญญาซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของสติปัญญามนุษย์ (General Intelligence) (Barbey et al., 2012, pp. 1154-1164) ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถในการจินตนาการ หรือการนึกภาพของวัตถุต่าง ๆ ความสามารถด้านความจำความหมาย เป็นความสามารถด้านความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโลก รวมทั้งความรู้เกี่ยวกับคน สถานที่ และความจริง ซึ่งเป็นกระบวนการทางสมองประเภทหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ (Object) กับพื้นที่ว่าง (Space) เป็นการรับรู้ภาพทางสายตาที่ใช้จินตนาการทางประสาทสัมผัสสัมพันธ์กับวัตถุต่าง ๆ รอบตัว ทำให้เกิดการแยกแยะสี รูปทรง ลักษณะพื้นผิว มิติความลึก มิติความกว้าง ยาว หนาและสูง ความ สามารถด้านนี้จะส่งผลให้มนุษย์เข้าใจถึงมิติต่าง ๆ และการมองเห็นรูปทรงต่าง ๆ ที่เคลื่อนไหวซ้อน ทับกัน การแยกภาพ การประกอบภาพ รวมถึงความสามารถในการจำแนกตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุ และระยะทางใกล้หรือไกลด้วย (Olkun, Altun, & Smith, 2005, pp. 317-326; Piburn et al., 2005, pp. 513-527; Trindade, Fiolhais, & Almeida, 2002, pp. 471-488; Wanzel et al., 2003, pp. 750-757) ทั้งนี้ความสามารถดังกล่าว จะต้องใช้ระบบประสาทส่วนกลาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรับรู้ทางการมองเห็น

การรับรู้ทางการมองเห็น (Visual Perception) ของมนุษย์เป็นระบบประสาทรับสัมผัสที่สำคัญในการประมวลข้อมูลเข้าสู่กระบวนการทางสมองขั้นสูง การรับรู้ทางการมองเห็นเป็นหนึ่งในห้าของระบบประสาทสัมผัสรับความรู้สึก (Sensory System) ที่เกี่ยวกับการรับรู้ของมนุษย์ การรับรู้ทางการมองเห็นเป็นผลมาจากการทำงานของดวงตาซึ่งเป็นอวัยวะที่มีความสำคัญต่อการรับรู้ทางการมองเห็นมากที่สุดในระบบประสาทสัมผัส คือคิดเป็นร้อยละ 75 เมื่อเทียบกับการรับรู้ทางประสาทสัมผัสอื่น ๆ การมองเห็นของมนุษย์เกิดขึ้นจากความสัมพันธ์ระหว่างดวงตากับสมองและการแปลความหมายที่สมองเพื่อวิเคราะห์ภาพ การรับรู้ทางการมองเห็นช่วยให้บุคคลสามารถมองเห็นและรับรู้ภาพต่าง ๆ สามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมและดำรงชีวิตได้อย่างปกติ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความสามารถด้านการเรียนรู้ และความสามารถด้านการวางแผนการเคลื่อนไหว ในส่วนของความสามารถด้านการรับรู้ทางการมองเห็น ไม่ได้มาจากความสามารถด้านการมองเห็นเพียงอย่างเดียว แต่มาจากการประมวลผลร่วมกันอย่างเป็นระบบกับการรับรู้ความรู้สึกด้านอื่น ๆ การรับรู้ทางการมองเห็นสามารถเกิดขึ้นได้ต้องใช้ทั้งกระบวนการรับรู้ (Perception Process) และกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process) เพื่อแปลความหมายของสิ่งที่มองเห็นร่วมกับประสบการณ์ที่เคยได้รับ

มาก่อน ดังนั้นการรับรู้ทางการมองเห็นจึงต้องใช้ความสามารถของสมองในการพัฒนาความสามารถร่วมกับการเก็บประสบการณ์จากการเรียนรู้

การเพิ่มความสามารถทางปัญญามีหลากหลายวิธี ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า มนุษย์สามารถเพิ่มความสามารถทางปัญญาและเพิ่มประสิทธิภาพของสมองได้โดยเปลี่ยนวิถีชีวิตอย่างง่าย ๆ เช่น การฝึกความจำ การรับประทานอาหารสุขภาพ การออกกำลังกาย และการบริหารความเครียด ดังเช่น Small et al. (2006, pp. 538-545) ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในการรับรู้และความสามารถของสมองที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหน่วยความจำ โดยศึกษากับกลุ่มอาสาสมัครที่เข้าร่วมทดลอง จำนวน 17 คน มีอายุระหว่าง 35 – 69 ปี (อายุเฉลี่ย 53 ปี) ประสิทธิภาพความจำปกติ แบ่งกลุ่มอาสาสมัครโดยการสุ่มอย่างง่ายเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 8 คน ดำเนินการฝึกตามโปรแกรมการรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพ การออกกำลังกายเพื่อผ่อนคลาย และการออกกำลังกายเพื่อฝึกจิต (เป็นเทคนิคการฝึกสมองและเทคนิคการฝึกความจำเกี่ยวกับภาษา) และกลุ่มควบคุม จำนวน 9 คน ที่ไม่ได้ฝึกและดำเนินชีวิตตามปกติ ระยะเวลาในการทดลอง 14 วัน ปรากฏว่ากลุ่มทดลองสามารถใช้คำได้คล่องแคล่วขึ้น (Word Fluency) เทียบกับความสามารถที่ได้วัดมาก่อน และเทียบกับกลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการรับประทานอาหารสุขภาพ การออกกำลังกายทางกายและทางจิตในระยะสั้น รวมถึงการบริหารความเครียด มีความสัมพันธ์กับผลกระทบที่สำคัญต่อการทำงานของระบบประสาท ทำให้ประสิทธิภาพในการรับรู้ความสามารถของสมองที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหน่วยความจำดีขึ้น สามารถส่งผลต่อกระบวนการรับรู้ (Faubert, 2002, p. 164)

นอกจากนี้ยังมีการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการออกกำลังกายเป็นสิ่งจำเป็นต่ออวัยวะต่าง ๆ ช่วยให้มีสุขภาพแข็งแรงและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การฝึกสมองหรือการบริหารสมองเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสมองเป็นการกระตุ้นให้สมองทำงานได้ดี วิธีการฝึกสมองมีหลายวิธี เช่น การออกกำลังกายจะช่วยกระตุ้นการไหลเวียนของเลือดทำให้เลือดนำออกซิเจนไปเลี้ยงสมองได้ดียิ่งขึ้น และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกระตุ้นความจำของโปรตีนบีดีเอ็นเอฟ (Brain-Derived Neurotrophic Factor, BDNF) ให้ทำงานได้ดีขึ้นด้วย การนอนหลับให้เพียงพอช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสมอง ทำให้เซลล์ประสาทสื่อสารกันได้มากขึ้นจะส่งผลต่อการเรียนรู้และความจำ Lahl, Wispel, Willigens, and Pietrowsky (2008, pp. 3-10) พบว่า นอกจากการนอนหลับตามปกติแล้วการงีบหลับ (Napping) ในตอนกลางวันหลังจากการเรียนจะช่วยให้จำสิ่งที่เรียนไปแล้วได้ดีขึ้น และระบุว่ากลุ่มตัวอย่างที่ได้งีบหลับเป็นเวลาเฉลี่ย 5 - 6 นาที (กลุ่ม"งีบสั้น") สามารถจำคำศัพท์ที่เรียนไปช่วงก่อนที่จะงีบหลับได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้หลับเป็นเวลาเฉลี่ย 36 นาที (กลุ่ม"งีบยาว") สามารถจำคำศัพท์ได้เพิ่มมากขึ้นอีก การฝึกสมาธิไทเก๊ก (ชี่กง-ไทจี๋) โยคะ รำมวยจีน เดินจงกรม การเล่นหมากรุก หมากล้อม ครอสเวิร์ด ต้องใช้กระบวนการคิด เซลล์ประสาทจะมีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้าง (Plasticity) ส่งผลทำให้ความสามารถในการจำมีประสิทธิภาพดีขึ้น นักวิจัยของมหาวิทยาลัย

เคมบริดจ์ได้ร่วมวิจัยกับเพื่อนร่วมงานที่สถาบันวิจัยพัฒนาการแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกาในรัฐแมรีแลนด์ เพื่อตรวจสอบเกี่ยวกับผลจากการวิ่ง สามารถสร้างเซลล์ประสาทใหม่ขึ้นมาได้ สามารถช่วยให้มีประสิทธิภาพในการจดจำโดยไม่สับสน ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้และการรับรู้สิ่งต่าง ๆ (Creer, Romberg, Saksida, Praag, & Bussey, 2010, pp. 2367-2372)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ พบว่ามีการศึกษาการพัฒนาการรับรู้ทางปัญญาของผู้สูงอายุ โดยการฝึกติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุที่เคลื่อนไหวอย่างอิสระแบบสามมิติ (3D-MOT) ในสภาพแวดล้อมของความจริงเสมือน สัปดาห์ละครั้ง เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ของกลุ่มผู้สูงอายุ (อายุเฉลี่ย 67 ปี ช่วงอายุ 64 - 73 ปี) และกลุ่มหนุ่ม-สาว (อายุเฉลี่ย 24 ปี ช่วงอายุ 18 - 35 ปี) พบว่า ทั้งสองกลุ่มได้รับประโยชน์จากการฝึกและมีพัฒนาการการรับรู้คล้ายกัน แต่อัตราการเรียนรู้ของผู้สูงอายุช้ากว่ากลุ่มหนุ่ม-สาว (Legault, Allard, & Faubert, 2013, p. 323) นอกจากนี้ Legault and Faubert (2012, pp. 469-473) ยังได้ศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวร่างกายมนุษย์ (Biological Motion: BM) การฝึกปัญญาด้านการรับรู้ (Perceptual Cognition Training) โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุที่เคลื่อนไหวอย่างอิสระแบบสามมิติ (3D-MOT) กับกลุ่มผู้สูงอายุ 3 กลุ่ม เป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึก จำนวน 14 คน อายุเฉลี่ย 67 ปี (ช่วงอายุ 64 - 73 ปี) กลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก จำนวน 14 คน อายุเฉลี่ย 66 ปี (ช่วงอายุ 64 - 72 ปี) และกลุ่มการรับรู้ภาพที่ไม่ได้รับการฝึก จำนวน 13 คน อายุเฉลี่ย 66 ปี (ช่วงอายุ 64 - 73 ปี) กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดได้รับการพิจารณาว่าสุขภาพดี โดยเครื่องมือคัดกรองความบกพร่องการรับรู้ทางปัญญา และภาวะสมองเสื่อม (Mini-Mental State Examination) ผลการศึกษาปรากฏว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกสามารถปรับปรุงการรับรู้การเคลื่อนไหวทางชีวภาพได้ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกทั้ง 2 กลุ่ม สรุปได้ว่าการฝึกการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุที่เคลื่อนไหวอย่างอิสระแบบสามมิติ สามารถเพิ่มความสามารถในการประมวลผลของกลุ่มผู้สูงอายุที่ได้รับการฝึก

จากความสำคัญของการพัฒนาการรับรู้ทางการมองเห็นซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการเพิ่มความสามารถทางปัญญา สามารถพัฒนาให้เกิดได้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย แต่ยังไม่พบการศึกษาโดยวิธีการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุสำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญา อีกทั้งงานวิจัยที่ผ่านมาเป็นการศึกษาในบริบทของต่างประเทศ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุสำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาใน 2 ด้าน ได้แก่ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านความจำความหมาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นสิ่งเร้าให้สมองทำงานอย่างมีประสิทธิภาพซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ

2. เพื่อศึกษาผลของการนำรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยพิจารณาจาก

2.1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก

2.2 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก

2.3 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านความจำความหมาย ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก

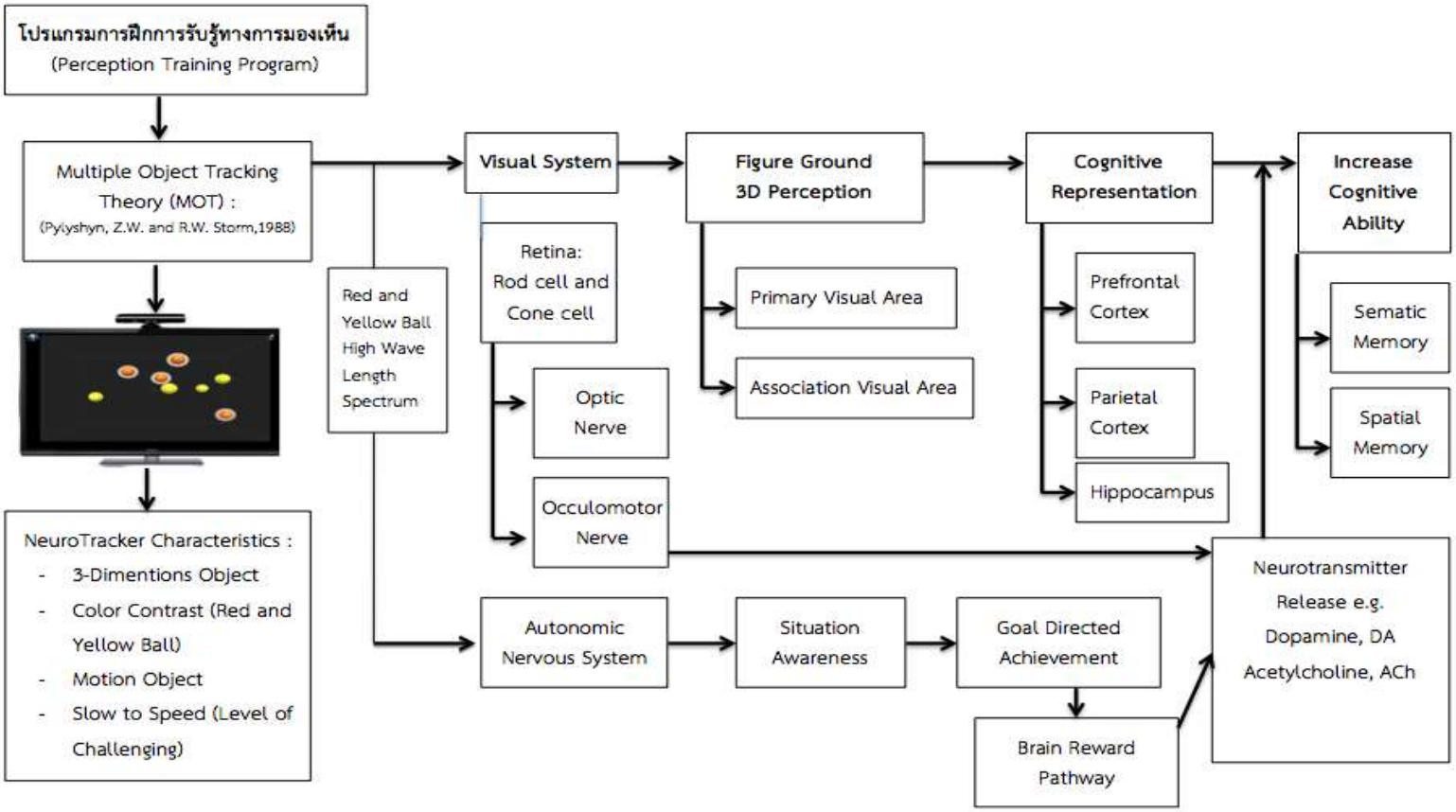
กรอบแนวคิดในการวิจัย

ระบบการมองเห็น (Visual System) เกิดขึ้นเมื่อมีแสงจากวัตถุที่กำลังมองอยู่ตกกระทบกับตัวรับภาพในจอประสาทตา (Retina) และส่งข้อมูลไปในรูปสัญญาณประสาท สมองส่วนรับภาพจะจัดเรียงแปลผลข้อมูลและสร้างเป็นภาพให้รู้สึกมองเห็นได้ การรับภาพจากสิ่งเร้าจะไปแปลผลที่เปลือกสมองส่วนการมองเห็น (Visual Cortex) บริเวณบรอดมันน์แอเรีย 17, 18 และ 19 (Brodmann Area 17, 18, 19) ของสมองส่วน Occipital Lope ซึ่งเป็นบริเวณหนึ่งของเปลือกสมองส่วนหลัง บริเวณรับภาพของสมองนี้เป็นบริเวณกว้างมาก แสดงถึงความสำคัญของข้อมูลที่เกี่ยวกับภาพหรือการมองเห็นที่มีต่อการทำงานของสมองหรือการรับรู้และการเรียนรู้ การมองเห็นเป็นที่มาของข้อมูลเบื้องต้นรอบตัวภายนอกที่สำคัญมากที่จะไปประมวลผลแสดงไว้ในสมอง (Brain Representation) ในส่วน Hippocampus

โปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ (NeuroTracker) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นโดย Jocylene Faubert ใช้แนวคิดของการติดตามวัตถุหลายสิ่งที่เคลื่อนไหวอย่างอิสระ (Multiple Object Tracking – MOT) ควบคู่กับเทคโนโลยีภาพสามมิติ (Dimension-3) และเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality) เป็นการฝึกในเรื่องของการติดตามวัตถุหลายสิ่งที่เคลื่อนไหวอย่างอิสระ ช่วยให้สามารถมองภาพในมุมกว้างได้ดีขึ้น รวมไปถึงการฝึกให้ติดตามวัตถุได้เร็วขึ้นและการมองภาพระยะไกลได้ดีขึ้น เนื่องจากการเห็นภาพเป็นการสร้างการรับรู้ขึ้นใหม่อันเป็นผลมาจากสมอง สมองจะเกิด

การ “รู้จำได้ (Recognition)” จากกระบวนการต่าง ๆ แบบวงจรของเซลล์ประสาทที่เกิดขึ้นจากสัญญาณ ถ้าสัญญาณที่เกิดขึ้นบ่อย ๆ เรื่อย ๆ วงจรนั้นจะเกิดความคงตัวหรือเป็นทางที่สัญญาณไหลผ่านได้ง่าย ซึ่งก็คือการพัฒนาความสามารถทางปัญญาในด้านความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านความจำความหมาย

ผู้วิจัยจึงนำโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์มากำหนดรูปแบบการฝึกการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุเพื่อเพิ่มความสามารถการรับรู้ทางการมองเห็นและส่งผลให้เกิดการพัฒนาความสามารถทางปัญญาในด้านมิติสัมพันธ์และด้านความจำความหมาย การกำหนดรูปแบบของการฝึกประกอบด้วยการกำหนดจำนวนวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ สีของวัตถุ ระดับความเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่ และระยะเวลาของการฝึกที่เหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ดังแสดงความสัมพันธ์ในภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญา

สมมติฐานของการวิจัย

1. รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การจำแนกสิ่งเร้า การบ่งชี้เป้าหมาย การเปลี่ยนตำแหน่ง การระบุเป้าหมาย และการตอบรับสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย

2. ผลของการนำรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีดังนี้

2.1 คะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญาของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก

2.2 คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก

2.3 คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านความจำความหมายของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ทำให้มีทางเลือกใหม่ในการเพิ่มความสามารถทางปัญญาที่เหมาะสมกับบริบทของคนไทยได้มากขึ้น

2. ผู้สอนสามารถนำกิจกรรมการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ ไปใช้ในเป็นแนวทางในการสร้างนวัตกรรม เพื่อปรับกระบวนการเรียนการสอนให้นักเรียนมีความใส่ใจ ตั้งใจในการเรียนเป็นการเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนดีขึ้น

3. ผู้บริหารสถานศึกษา สามารถนำผลการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ ไปใช้กำหนดนโยบายในการพัฒนาความสามารถทางปัญญาของนักเรียนเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการปฏิรูปการศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม

4. นักเรียนที่ได้ฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ มีความสามารถทางปัญญาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัคร นักเรียนชายโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา จังหวัดชลบุรี ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 60 คน ผู้เข้าร่วมทดลองเป็นผู้มีสุขภาพดี สมบูรณ์แข็งแรง ไม่มีโรคประจำตัว มีการมองเห็นปกติ ไม่มีประวัติการบาดเจ็บที่ศีรษะหรือการเจ็บป่วยทางระบบประสาท ไม่มีความบกพร่องในการรับรู้สี

ตัวแปรที่ศึกษา มีดังนี้

ตัวแปรต้น ได้แก่ การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ (Visual Perception Training by Applying the Theory of Multiple Objects Tracking: MOT) ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์

ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถทางปัญญา (Cognitive Ability) แบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่

1. ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability)
2. ความสามารถด้านความจำความหมาย (Semantic Memory Ability)

นิยามศัพท์เฉพาะ

ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ (Theory of Multiple Object Tracking: MOT) หมายถึง ระบบการมองเห็นเส้นทางเคลื่อนที่ของหลายวัตถุซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้แนวคิดจากทฤษฎีกระบวนการติดตามภาพ (Theory of Visual Indexing or FINST) ของ Pylyshyn (1972 cited in Pylyshyn & Storm, 1988, p. 180) FINST ย่อมาจาก Fingers of INSTantion เพื่อที่จะทดสอบทฤษฎีกลไกการตอบสนองการมองเห็นส่วนของอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ ส่งผ่านการเคลื่อนที่ทำให้มีการเปลี่ยนตำแหน่ง ทิศทาง ความเร็ว และลักษณะการเคลื่อนที่ที่เรียกว่า ตัวบ่งชี้ภาพ (Visual Index or FINST)

การรับรู้การมองเห็น (Visual Perception) หมายถึง กระบวนการได้มาและประมวลข้อมูลที่มาจากสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย ความสามารถในการแยกแยะสิ่งที่มองเห็น (Acuity) ความสามารถในการปรับความคมชัดของภาพที่เห็นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง (Accommodation) ความสามารถในการรวมภาพที่ได้จากตาสองข้างมาเป็นภาพเดียว (Binocular Fusion) ความสามารถในการลู่สายตาเข้าหากันเพื่อมองตรงไปยังวัตถุ (Convergence) ความสามารถในการรับรู้ความลึกของภาพทำให้สามารถมองภาพเป็นสามมิติได้ (Stereopsis) ลานสายตา (Visual Field)

รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น (Visual Perception Training Model) หมายถึง การกำหนดลักษณะของการฝึกการมองเห็นที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น เพื่อพัฒนาความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งประกอบด้วย การจำแนกสิ่งเร้า (Presentation) ที่เป็น

เป้าหมาย การบ่งชี้เป้าหมาย (Indexation) การเปลี่ยนตำแหน่ง (Movement) การระบุเป้าหมาย (Identification) และการตอบรับสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย (Feedback)

โปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ (NeuroTracker Program) หมายถึง เทคโนโลยีการติดตามวัตถุหลายวัตถุที่มีการเคลื่อนไหวอย่างอิสระด้วยภาพสามมิติ โดยใช้ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ (Three-dimensional Multiple Objects Tracking: 3D MOT) เป็นการฝึกทักษะเกี่ยวกับการรับรู้ทางปัญญา (Perception Cognitive Skill) ช่วยพัฒนากระบวนการทางสมองให้เกิดการจดจำ (Recognition) รูปแบบการฝึก อาศัยคุณสมบัติดึงดูดความสนใจของสมอง โดยสิ่งเร้าเป็นภาพวัตถุทรงกลมที่เคลื่อนไหวอย่างอิสระมีไฟกระพริบ กระตุ้นให้สมองเกิดความตื่นตัว (Alert) ซึ่งเป็นกลไกการทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องกับความใส่ใจ (Attention) (Legault & Faubert, 2012, pp. 469-473)

ความสามารถทางปัญญา (Cognitive Ability) หมายถึง ทักษะพื้นฐานที่เกี่ยวกับสมองในการปฏิบัติงานใด ๆ จากง่ายที่สุดไปจนถึงซับซ้อนที่สุดที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ (Learn) การจำ (Remember) การแก้ปัญหา (Problem Solve) และการใส่ใจ (Attention) มากกว่าความรู้ที่แท้จริง (Actual Knowledge) ความสามารถทางปัญญานี้จะถ่ายทอดออกมาในรูปของการคิด การปฏิบัติงานและความรู้สึก การวัดระดับความสามารถทางปัญญาของบุคคล จะต้องมีเครื่องมือวัดที่สามารถไปกระตุ้นให้เกิดกระบวนการทางสมอง เพื่อให้มีการประมวลผลและสั่งการออกมาในรูปแบบของความคิด การปฏิบัติและความรู้สึกที่เป็นปฏิกิริยาต่อเครื่องมือวัดนั้น แล้วสามารถประมาณค่าออกมาเป็นปริมาณได้ ระดับความสามารถทางปัญญาด้านต่าง ๆ ของแต่ละคน จะมีระดับความสามารถแต่ละด้านไม่เท่ากัน และมีการผสมผสานความสามารถต่าง ๆ ในตัวเองที่แตกต่างกัน ซึ่งความสามารถเหล่านี้สามารถพัฒนาได้ โดยความสามารถทางปัญญาแต่ละด้านไม่ได้ทำงานขาดจากกัน ในทางตรงข้ามความสามารถทางปัญญาเหล่านี้จะทำงานร่วมกัน มีการผสมผสานการใช้สติปัญญาด้านต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านความจำความหมาย เป็นองค์ประกอบของความสามารถทางปัญญาที่สามารถพัฒนาตามทักษะที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดกระบวนการทางสมองสำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาได้

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) หมายถึง คะแนนการตอบถูกที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนิวตัน (Newton, 2009) ซึ่งเป็นแบบวัดมาตรฐาน ใช้วัดความสามารถทางปัญญาพื้นฐานของบุคคลในการรับรู้จินตนาการมองเห็นและเข้าใจเกี่ยวกับมิติต่าง ๆ ของวัตถุ รูปทรงต่าง ๆ ที่คงที่และเคลื่อนที่ หรือเปลี่ยนแปลงรูปร่างรูปทรง ตำแหน่ง และทิศทางไปจากเดิมที่เกิดจากการแยก รวม ซ่อน หมุน หรือซ้อนทับกัน ตลอดจนการจำแนก และมองเห็นความสัมพันธ์ของรูปทรงต่าง ๆ

ความสามารถด้านความจำความหมาย (Semantic Memory Ability) หมายถึง คะแนนการตอบถูกที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย (Test Of Semantic Skills-Intermediate: *TOSS-I*) ซึ่งเป็นแบบวัดมาตรฐาน ใช้วัดความสามารถทางปัญญาพื้นฐานของบุคคลในการมองเห็น และเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของคำ วัตถุ บุคคล แนวความคิด และเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นความรู้ทั่วไป และข้อเท็จจริงพื้นฐานอื่น ๆ เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษา การดึง และการใช้ข้อมูล โดยถูกกระตุ้นจากสิ่งเร้า การเห็นภาพ เหตุการณ์ หรือทักษะ

ผลการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ (Effect of Visual Perception Training by NeuroTracker) หมายถึง คะแนนการตอบถูกด้วยอัตราความเร็ว จากการติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกลมที่เป็นเป้าหมาย 4 ลูก หากผู้รับการฝึกสามารถจำตำแหน่งของวัตถุที่ติดตามและตอบถูกครบทั้ง 4 ลูก ในครั้งถัดไปวัตถุทรงกลมจะเคลื่อนที่เร็วขึ้นตามโปรแกรมที่กำหนดโดยอัตโนมัติ และในทางกลับกันหากผู้รับการฝึกตอบผิด ในครั้งถัดไปวัตถุทรงกลมจะเคลื่อนที่ช้าลงตามโปรแกรมที่กำหนดโดยอัตโนมัติ

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (Lower Secondary School Students) หมายถึง นักเรียนชาย โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรีระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 ที่กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2558

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ และนำรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านความจำความหมาย ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก การนำเสนอเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จำแนกออกเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ความสามารถทางปัญญา (Cognitive Ability)

ตอนที่ 2 ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 3 ความสามารถด้านความจำความหมาย (Semantic Memory Ability) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 4 การรับรู้และการรับรู้ทางการมองเห็น (Perception and Visual Perception)

ตอนที่ 5 ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ (Multiple Object Tracking: MOT) โปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ (NeuroTracker) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 1 ความสามารถทางปัญญา (Cognitive Ability)

ความสามารถทางปัญญา (Cognitive Ability) เป็นคุณลักษณะที่บ่งบอกถึงความแตกต่างของกระบวนการทางสมองของมนุษย์กับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ความสามารถทางปัญญาของมนุษย์ สามารถสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ในขณะที่สิ่งมีชีวิตอื่นทำไม่ได้ ความสามารถทางปัญญามีคุณลักษณะทางนามธรรมไม่สามารถสัมผัสได้เหมือนคุณลักษณะทางกายภาพ นักจิตวิทยาและนักการศึกษาแต่ละกลุ่มได้พยายามให้คำนิยามซึ่งไม่ตรงกันนัก ทำให้มีคำเรียกที่หลากหลาย เช่น สมรรถภาพทางสมอง (Mental Ability) เชาวน์ปัญญา หรือสติปัญญา (Intelligence) ศักยภาพ (Potential) ความสามารถ (Ability) วิสัยความสามารถ (Capacity) ความถนัด (Aptitude) g - factor เป็นต้น (Schmidt & Hunter, 2004, pp. 162-173; Verbeke, Belschak, Bakker, & Dietz, 2008, pp. 44-57; Kuncel, Ones, & Sackett, 2010, pp. 331-336) กลุ่มคำเหล่านี้ถือว่ามีความหมายเหมือนกัน (Synonym) แต่ในรายละเอียดอาจมีความแตกต่างกันบ้าง อย่างไรก็ตามการนิยามหรือการให้

ความหมายของความสามารถทางปัญญานั้นขึ้นอยู่กับแนวคิด ความเชื่อ และหลักฐานทางการศึกษาที่ค้นคว้ามาสนับสนุนแนวคิดความเชื่อนั้น ๆ ความหมายของความสามารถทางปัญญาที่นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้ให้นิยามไว้มีดังนี้

Thurstone (1938, pp. 1-17) นิยาม ความสามารถทางปัญญาว่าอยู่ในรูปของกลุ่มคุณลักษณะ (Traits) หรือองค์ประกอบ (Factors) ต่าง ๆ องค์ประกอบย่อย ๆ เรียกว่าความสามารถปฐมภูมิของสมอง

Guilforrd (1988, pp. 1-4) ให้นิยามว่า สติปัญญาเป็นโครงสร้างสามมิติ อันเกิดจากด้านวิธีการคิด ด้านเนื้อหา และด้านผลของการคิด

Eysenck (1994, pp. 3-31) กล่าวว่า สิ่งที่ทำให้เข้าใจความสามารถทางปัญญาได้ดีที่สุดคือความสามารถในการเข้าใจถึงความสัมพันธ์ อย่างเป็นเหตุเป็นผลตามหลักการของกระบวนการคิด

Duncan (1995, p. 721) ให้ความหมายความสามารถทางปัญญาว่า เป็นความสามารถในการจัดการภายในกระบวนการของสมองอย่างมีประสิทธิภาพ

Jensen (1998, pp. 230-232) ได้นิยามความหมายความสามารถทางปัญญาว่า เป็นความสามารถที่แตกต่างกันระหว่างบุคคลเกี่ยวกับความสามารถของสมอง (Mental Ability) ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการคิด หรือการทดสอบทางด้านสมองก็ตาม จากนิยามนี้เองจึงทำให้ความสามารถทั่วไปทางสมองนั้นได้รับการออกแบบให้มีการสอบวัดกันอย่างแพร่หลาย ด้วยรูปแบบการทดสอบที่แตกต่างกัน

Pascale (2006) ได้ให้ความหมายความสามารถทางปัญญาว่าเป็นทักษะพื้นฐานที่เกี่ยวกับสมองในการปฏิบัติงานใด ๆ จากง่ายที่สุดไปจนถึงซับซ้อนที่สุด ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ (Learn) การจำ (Remember) การแก้ปัญหา (Problem Solve) และการใส่ใจ (Attention) มากกว่าความรู้ที่แท้จริง (Actual Knowledge) ตัวอย่างเช่น การได้ยินเสียงโทรศัพท์ (รับรู้การได้ยินเสียงโทรศัพท์) การตัดสินใจ (รับหรือไม่รับโทรศัพท์) ทักษะการเคลื่อนไหว (ยกหูรับโทรศัพท์) ทักษะทางภาษา (การพูดและการทำความเข้าใจภาษา) ทักษะทางสังคม (การตีความและการโต้ตอบ) ความสามารถทางปัญญามีความสัมพันธ์กับเครือข่ายเส้นประสาทที่เฉพาะเจาะจง (Specific Neuronal Networks) เช่นทักษะความจำ อยู่ในส่วนของ Temporal Lobes และ Frontal Lobes ความสามารถทางปัญญาสามารถพัฒนาได้ตามหน้าที่หลักของสมองโดยการพัฒนาตามทักษะที่เกี่ยวข้องดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ความสามารถทางปัญญา

ความสามารถทางปัญญา	ทักษะที่เกี่ยวข้อง
การรับรู้ (Perception)	การรับรู้และการตีความสิ่งเร้าประสาทสัมผัส (การได้กลิ่น การสัมผัส การได้ยิน การมองเห็น การรู้รส)
ความใส่ใจ (Attention)	ความสามารถที่จะจดจ่ออยู่กับสิ่งกระตุ้น ตั้งใจอยู่กับเรื่องใดเรื่องหนึ่งติดต่อกันในช่วงเวลาหนึ่ง รวมถึงการควบคุมกำกับติดตามการกระทำและมุ่งสู่เป้าหมายได้สำเร็จ
ความจำ (Memory)	ความจำระยะสั้น ความจำขณะทำงาน (ที่จัดเก็บได้จำกัด) และความจำระยะยาว (พื้นที่จัดเก็บไม่จำกัด)
ทักษะการเคลื่อนไหว (Motor Skills)	ความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อและร่างกายของเรา และความสามารถในการจัดการกับวัตถุ
ภาษา (Language)	ทักษะที่ช่วยให้เราสามารถแปลเสียงเป็นคำพูดและสร้างคำพูดได้
การมองเห็นและการประมวลผลด้านมิติสัมพันธ์ (Visual and Spatial Processing)	ความสามารถในการประมวลผลสิ่งกระตุ้นที่เป็นภาพเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างวัตถุและทำให้จินตนาการเห็นภาพตามที่กำหนด
การบริหารจัดการของสมอง (Executive Function)	ความสามารถที่ช่วยให้เกิดพฤติกรรมที่เน้นเป้าหมายเช่น ความสามารถในการวางแผนและดำเนินการตามเป้าหมาย ซึ่งรวมถึง: ความยืดหยุ่น (Flexibility): ความสามารถในการปรับเปลี่ยนไปตามสิ่งกระตุ้นได้อย่างรวดเร็ว ทฤษฎีของจิตใจ (Theory of Mind): การเข้าใจถึงภายในของตัวบุคคล รู้ว่าวางแผนทำอะไร ชอบและไม่ชอบอะไร ความคาดหวัง (Anticipation): การพยากรณ์พื้นฐานตามการจำได้

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ความสามารถทางปัญญา	ทักษะที่เกี่ยวข้อง
	การแก้ปัญหา (Problem Solving): การกำหนดปัญหาหา วิธีการแก้ปัญหา และเลือกแนวทางที่เหมาะสม การตัดสินใจ (Decision Making): ความสามารถในการตัดสินใจบนพื้นฐานของการแก้ปัญหา ข้อมูลไม่สมบูรณ์ และอารมณ์ ความจำขณะทำงาน (Working Memory): ความสามารถในการเก็บและจัดการข้อมูลที่ต้องการใช้ในขณะหนึ่ง หรือในขณะที่ประมวลข่าวสารข้อมูล การควบคุมตนเองทางอารมณ์ (Emotional Self-regulation): ความสามารถในการเลือกและจัดการอารมณ์ของตัวเองเพื่อประสิทธิภาพที่ดี การจัดลำดับ (Sequencing): ความสามารถในการไม่ดำเนินการให้ยุ่งยากซับซ้อนและจัดลำดับความสำคัญในลำดับที่ถูกต้อง การยับยั้ง (Inhibition): ความสามารถในการทนต่อสิ่งที่ทำให้ไขว้เขวและการเรียกร้องจากภายใน

Legg and Hutter (2007, pp. 9-10) ได้เสนอความหมายของความสามารถทางปัญญาโดยสรุปจากนิยามของนักวิชาการและนักจิตวิทยาผู้เชี่ยวชาญด้านสมองว่า ความสามารถทางปัญญาคือความสามารถในการหาเหตุผล วางแผน แก้ไขปัญหา การแสดงความคิดเห็นต่อสิ่งที่เป็นปัญหาซับซ้อน มีการเรียนรู้อย่างรวดเร็ว และสามารถเรียนรู้ได้จากประสบการณ์

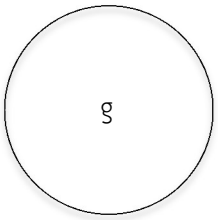
Gardner (2011, pp. 73-74) นักจิตวิทยาชาวอเมริกัน ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับระดับความสามารถทางปัญญาด้านต่าง ๆ ของมนุษย์แต่ละคนว่ามีระดับความสามารถแต่ละด้านไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับว่าใครจะโดดเด่นในด้านใดบ้าง และมีการผสมผสานความสามารถต่าง ๆ ในตัวเองที่แตกต่างกัน ซึ่งความสามารถเหล่านี้สามารถพัฒนาได้ โดยความสามารถทางปัญญาแต่ละด้านไม่ได้ทำงานขาดจากกัน ในทางตรงข้ามความสามารถทางปัญญาเหล่านี้จะทำงานร่วมกัน แสดงออกมาเป็นความสามารถทางปัญญาที่เป็นลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละคน

สรุปความหมายของความสามารถทางปัญญาได้ว่า เป็นทักษะพื้นฐานที่เกี่ยวกับสมองในการปฏิบัติงานใด ๆ จากง่ายที่สุดไปจนถึงซับซ้อนที่สุด เป็นความสามารถในการคิดประมวลผลของสมองที่แยกย่อยออกมาเฉพาะด้าน ความสามารถทางปัญญานี้จะถ่ายทอดออกมาในรูปของการคิด การปฏิบัติงานและความรู้สึก ถ้าต้องการทราบถึงระดับความสามารถทางปัญญาของบุคคล จะต้องมีเครื่องมือวัดที่สามารถไปกระตุ้นให้เกิดกระบวนการทางสมอง เพื่อให้มีการประมวลผลและสั่งการออกมาในรูปของความคิด การปฏิบัติและความรู้สึกที่เป็นปฏิกิริยาต่อเครื่องมือวัดนั้นแล้วสามารถประมาณค่าออกมาเป็นปริมาณได้ ความสามารถทางปัญญาประกอบด้วยองค์ประกอบหลายองค์ประกอบที่สลับซับซ้อนกัน ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ กับความสามารถด้านความจำความหมายเป็นองค์ประกอบหนึ่งของความสามารถทางปัญญาที่ผู้วิจัยสนใจจะศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อพัฒนาให้เกิดกระบวนการทางสมอง สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญา

ทฤษฎีเกี่ยวกับความสามารถทางปัญญานั้น สามารถแบ่งออกเป็นทฤษฎีที่สำคัญดังต่อไปนี้

ทฤษฎีองค์ประกอบเดียว (Uni-factor Theory)

ทฤษฎีองค์ประกอบเดียวบางทีเรียกว่า Global Theory ผู้คิดทฤษฎีนี้คือ Binet (1916, p. 2) ทฤษฎีนี้เสนอโครงสร้างของเชาวน์ปัญญาและพบว่า เชาวน์ปัญญาเป็นแนวโน้มในการใช้ความสามารถในการเข้าใจสิ่งใดสิ่งหนึ่งตามลักษณะธรรมชาติของสิ่งนั้น ๆ และสามารถนำเอาความเข้าใจนั้นไปดัดแปลง แก้ไข สร้างสรรค์ เพื่อให้บรรลุตามจุดมุ่งหมายที่ได้วางไว้ เป็นลักษณะอันหนึ่งอันเดียวไม่แบ่งแยกออกเป็นส่วนย่อยคล้ายกับความสามารถทั่วไป (General Ability) ซึ่งทฤษฎีนี้เชื่อว่าสมรรถภาพสมองประกอบด้วยภาคส่วนเดียวที่เรียกว่า องค์ประกอบทั่วไป หรือความสามารถทั่วไปในการทำกิจกรรมใด ๆ องค์ประกอบทั่วไปจะเป็นผู้สั่งงานในการประกอบกิจกรรมทุกอย่าง Binet ได้เน้นว่าองค์ประกอบทั่วไปเป็นองค์ประกอบย่อย ๆ หลายองค์ประกอบที่สลับซับซ้อน ฉะนั้นในการสร้างแบบทดสอบ Binet จึงวัดความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ ด้านเหตุผล ด้านภาษา และด้านอื่น ๆ คะแนนที่ได้เป็นคะแนนวัดความสามารถแบบรวม ๆ ดังภาพที่ 2-1



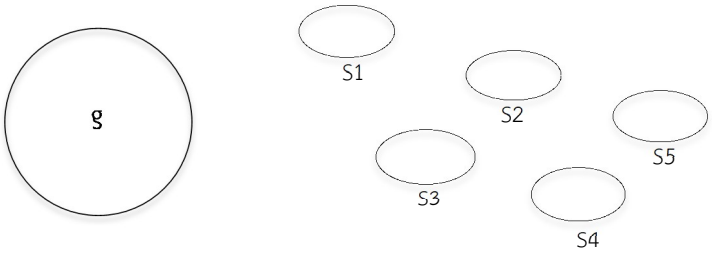
ภาพที่ 2-1 โครงสร้างความสามารถทางปัญญาของทฤษฎีองค์ประกอบเดียว

ทฤษฎีสององค์ประกอบ (Two - Factor Theory)

ผู้ที่ริเริ่มแนวคิดเกี่ยวกับความสามารถทางปัญญาทั่วไป หรือเชาวน์ปัญญาทั่วไป คือ นักจิตวิทยาชาวอังกฤษชื่อ Charles Spearman (Ree, Carretta, & Steindl, 2001, p. 220) ได้ตั้งข้อสังเกตว่าแบบทดสอบสติปัญญาหรือแบบทดสอบความสามารถทางปัญญาทุกแบบทดสอบ ล้วนมีความสัมพันธ์กันในทางบวก โดยบุคคลที่ทำคะแนนได้สูงในแบบทดสอบชุดใดชุดหนึ่ง ก็มีแนวโน้มที่จะทำได้สูงในแบบทดสอบอีกชุดหนึ่ง ในทางกลับกันบุคคลที่ทำคะแนนได้ต่ำในแบบทดสอบชุดใดก็ตาม ก็มีแนวโน้มที่จะทำคะแนนได้ต่ำในชุดอื่น ๆ ด้วย การที่แบบทดสอบความสามารถทางปัญญาทั้งหมดมีความสัมพันธ์กันในทางบวกแสดงว่า มีตัวแปรร่วม (Common Variable) หรือปัจจัยบางตัวที่ทำให้เกิดความสัมพันธ์นี้

Spearman (1927, p. 408) ได้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) เพื่อหาตัวแปรร่วมของแบบทดสอบและพบว่า ความสามารถทางปัญญาประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 2 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบทั่วไป (General Factor) หรือ g ซึ่งมีเพียงตัวเดียว เป็นความสามารถพื้นฐานของแต่ละบุคคล ผู้ที่มี g สูงจะมีความสามารถในการทำงานทุกอย่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนผู้ที่มี g ต่ำจะมีประสิทธิภาพการทำงานต่ำ และองค์ประกอบเฉพาะ (Specific Factors) หรือ s ซึ่งมีหลายตัว (เรียกว่า s1, s2, s3 , ...) เป็นความสามารถเฉพาะของแต่ละบุคคล เช่น ความสามารถทางคณิตศาสตร์ ภาษา ดนตรี ศิลปะ หรือความคิดสร้างสรรค์ องค์ประกอบทั่วไปเป็นองค์ประกอบร่วมที่พบในทุกแบบทดสอบ ทำให้คะแนนของแบบทดสอบความสามารถทางปัญญาทั้งหลายมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งเขามักจะนิยามธรรมชาติขององค์ประกอบนี้ว่าเป็น “พลังทางสมอง (Mental Energy)” ในการทำกิจกรรมทางสมองทุกกิจกรรม ส่วนองค์ประกอบเฉพาะเป็นองค์ประกอบที่แตกต่างกันในแต่ละแบบทดสอบ โดยเป็นพื้นฐานทางด้านสรีระที่จัดอยู่ในกลุ่มของกระแสประสาทที่ใช้ในการทำกิจกรรมเฉพาะอย่าง จึงมีความสำคัญต่อผลการทดสอบน้อยกว่าองค์ประกอบทั่วไป จึงให้ความสำคัญต่อการศึกษาองค์ประกอบทั่วไปมากกว่าองค์ประกอบเฉพาะ (Gregory, 2004, pp. 139-140) และเชื่อว่าแบบทดสอบสติปัญญาที่ดีจะต้องมีน้ำหนักของการวัดองค์ประกอบทั่วไปสูง ซึ่งจะลดความคลาดเคลื่อนในการวัดอันเกิดจากองค์ประกอบเฉพาะได้

แนวคิดของ Spearman ได้มีอิทธิพลต่อนักทฤษฎีรุ่นหลังในการศึกษาองค์ประกอบของความสามารถทางปัญญาเป็นอย่างมาก และองค์ประกอบทั่วไปยังคงเป็นหัวข้อหลักในการวิจัยและการสร้างแบบทดสอบมาจนถึงปัจจุบัน โดยมีคำที่ใช้เรียกหลายคำ เช่น สติปัญญาทั่วไป (General Intelligence) ความสามารถทั่วไป (General Ability) และความสามารถทั่วไปทางปัญญา (General Cognitive Ability, General Mental Ability) จากแนวคิดตามทฤษฎีสององค์ประกอบของ Spearman เขียนเป็นโครงสร้างได้ดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 โครงสร้างทฤษฎีสององค์ประกอบของ Spearman

ทฤษฎีความสามารถทางปัญญาขั้นพื้นฐาน (Primary Mental Abilities Theory)

ในปี ค.ศ. 1938 นักจิตวิทยาชาวอเมริกันชื่อ Louis Thurstone หนึ่งในผู้ริเริ่มศึกษาทฤษฎีหลายองค์ประกอบที่เป็นอิสระสำคัญเท่า ๆ กัน องค์ประกอบเหล่านั้นมีมากมาย แต่จัดเป็นกลุ่มองค์ประกอบ (Group Factor) ที่สำคัญ 7 กลุ่ม เรียกองค์ประกอบเหล่านี้ว่า “ความสามารถทางปัญญาขั้นพื้นฐาน (Primary Mental Abilities)” (Davidshofer & Murphy, 2005, p. 24) ซึ่งประกอบด้วย

1. ความจำ (Memory หรือ M-factor) เป็นความสามารถในการจดจำคำ จำนวน หรือภาพต่าง ๆ โดยสามารถถ่ายทอดออกมาได้อย่างแม่นยำถูกต้อง

2. ความเข้าใจภาษา (Verbal Comprehension หรือ V-factor) เป็นความสามารถในการเข้าใจความหมายของคำ การวัดที่ดีที่สุดคือคำศัพท์ แต่ความสามารถยังเกี่ยวข้องกับความเข้าใจในการอ่าน และอุปมาอุปไมยด้านภาษาด้วย ผู้ที่มีองค์ประกอบด้านนี้สูง จะมีความสามารถในการอ่านเอาเรื่อง อ่านแบบเข้าใจความหมาย รู้ความสัมพันธ์ของคำ รู้ความหมายของศัพท์ได้อย่างดี

3. ความคล่องแคล่วทางภาษา (Verbal of Word Fluency หรือ W-factor) เป็นความสามารถในการเรียกใช้คำได้มากในเวลาจำกัด หรือการมีปฏิภาณไหวพริบทางภาษา อาจวัดโดยการให้หาคำที่จัดอยู่ในประเภทที่กำหนดให้มากที่สุด

4. ความสามารถด้านตัวเลขหรือการคิดคำนวณ (Number of Arithmetic Ability หรือ N-factor) เป็นความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ และความหมายของจำนวน ความคล่องแคล่ว และมีความแม่นยำคล่องแคล่วในการบวก ลบ คูณ หาร ในวิชาเลขคณิตได้อย่างดีด้วย

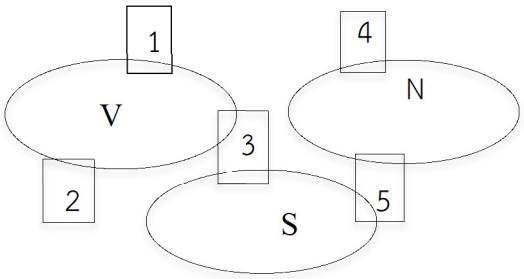
5. ความรวดเร็วในการรับรู้ (Perceptual Speed หรือ P-factor) เป็นความสามารถในการจำแนกรายละเอียดในด้านการมองเห็น การรับรู้เกี่ยวกับความคล้ายคลึง และความแตกต่างของภาพหรือวัตถุที่มองเห็นอย่างรวดเร็ว

6. การให้เหตุผล (Resoning หรือ R-factor) เป็นความสามารถด้านวิจารณญาณ หาเหตุหาผลค้นคว้าหาความสำคัญ ความสัมพันธ์และหลักการทั้งหลายที่สร้างกฎหรือทฤษฎี ตอนแรก ๆ

Thurstone ให้ความหมายองค์ประกอบนี้ไม่กระจ่างนัก เขามองในรูปอุปมานอนุมาน ระยะหลังผู้ศึกษาด้านนี้มองเห็นว่าจะวัดเหตุผลทั่วไปได้ดีต้องวัดด้วยเลขคณิตเหตุผล (Arithmetic Reasoning)

7. การมองเห็นมิติสัมพันธ์ (Spatial Visualization หรือ S-factor) เป็นความสามารถในการเข้าใจเกี่ยวกับขนาดและมิติต่าง ๆ อันได้แก่ ความสั้น ยาว ไกล ใกล้ และพื้นที่หรือทรวดทรงที่มีขนาดและปริมาตรแตกต่างกัน สามารถสร้างจินตนาการให้เห็นส่วนย่อยและส่วนผสมของวัตถุต่าง ๆ เมื่อนำมาซ้อนทับกันสามารถรู้ความสัมพันธ์ของรูปทรงเรขาคณิตเมื่อเปลี่ยนแปลงที่อยู่

ในเวลาต่อมา Thurstone พบว่า ความสามารถทางปัญญาขั้นพื้นฐานแต่ละกลุ่มมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง จึงยอมรับว่าองค์ประกอบทั่วไปเป็นองค์ประกอบในลำดับขั้นที่สูงกว่า (A Higher – order Factor) ขณะที่ Spearman ยอมรับกลุ่มองค์ประกอบทั่วไปว่าเป็นองค์ประกอบเฉพาะที่พบได้ในแบบทดสอบหลายฉบับ แนวคิดของทั้งสองมีความแตกต่างกันในด้านของระดับความสามารถทางปัญญาขั้นพื้นฐานมาก ดังนั้นแบบทดสอบจึงควรมุ่งวัดที่ความสามารถทางปัญญาขั้นพื้นฐานแต่ละกลุ่มเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับความสามารถของบุคคล (Gregory, 2004, p. 145; Davidshofer & Murphy, 2005, p. 24) จากแนวคิดตามทฤษฎีความสามารถทางปัญญาขั้นพื้นฐานของ Thurstone เขียนเป็นโครงสร้างได้ ดังภาพที่ 2-3

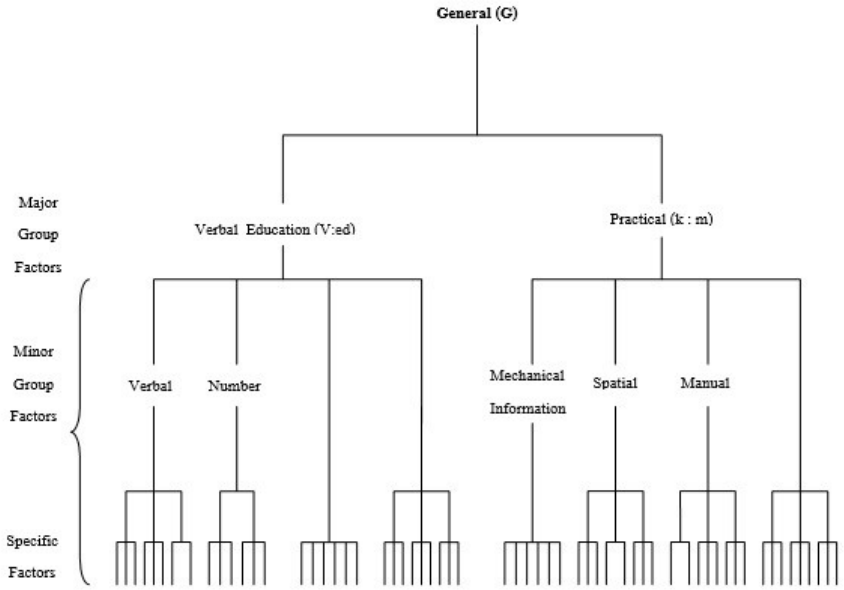


ภาพที่ 2-3 โครงสร้างทฤษฎีหลายองค์ประกอบของ Thurstone (Anastasi, 1968, p. 332)

จากภาพทำให้ทราบว่าสหสัมพันธ์ของแบบทดสอบ 1 2 และ 3 ที่มีต่อกันและกันมีองค์ประกอบร่วมกันทางภาษา (V-factor) ในทำนองเดียวกันสหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบ 3 และ 5 เป็นผลจากองค์ประกอบมิติสัมพันธ์ (S-factor) และความสัมพันธ์ระหว่าง แบบทดสอบ 4 และ 5 เป็นผลจากองค์ประกอบทางตัวเลข (N-factor) ที่น่าสังเกตคือ แบบทดสอบ 3 และ 5 มีองค์ประกอบซ้อนขึ้นมานั่นคือความเข้าใจภาษา กับมิติสัมพันธ์ อยู่ในแบบทดสอบ 3 ความสามารถทางตัวเลข และมิติสัมพันธ์ มีอยู่ในแบบทดสอบ 5

ทฤษฎีกลุ่มองค์ประกอบแบบลำดับขั้น (Hierarchical Group Factor Theory)

ในปี ค.ศ.1960 Vernon (1865, pp. 23-25) ได้เสนอทฤษฎีผสมผสานแนวคิดของ Spearman และ Thurstone เข้าด้วยกัน โดยเสนอโมเดลที่แสดงลำดับขั้นขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่ได้จากการนำแบบทดสอบความสามารถทางปัญญาจำนวนมากมาวิเคราะห์องค์ประกอบ ดังภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2-4 โครงสร้างทฤษฎีกลุ่มองค์ประกอบแบบลำดับขั้น (Vernon, 1865, p. 22)

ขั้นแรก เป็นขั้นบนสุดของโมเดล ประกอบด้วยองค์ประกอบทั่วไปหรือความสามารถทางปัญญา

ขั้นที่สอง แบ่งองค์ประกอบทั่วไปออกเป็นกลุ่มองค์ประกอบหลัก (Major Group Factors) 2 กลุ่ม คือ กลุ่มความสามารถทางภาษา - การศึกษา (Verbal Education: V:ed) และ กลุ่มความสามารถด้านการปฏิบัติเชิงกล – มิติสัมพันธ์ (Practical Mechanical Spatial: K:m)

ขั้นที่สาม แบ่งกลุ่มความสามารถทางภาษา – การศึกษา และความสามารถด้านการปฏิบัติเชิงกล – มิติสัมพันธ์ ออกเป็นองค์ประกอบย่อย (Minor Group Factors) โดยความสามารถทางภาษา – การศึกษา แบ่งเป็นองค์ประกอบย่อยด้านภาษา (Verbal) ด้านตัวเลข (Number) และยังมีอื่น ๆ แต่ยังไม่กำหนด ส่วนความสามารถด้านการปฏิบัติเชิงกล – มิติสัมพันธ์ แบ่งเป็นองค์ประกอบย่อยด้านข้อมูลเชิงกล (Mechanical Information) ด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial) ด้านการใช้มือ

(Manual) และยังมีอื่น ๆ แต่ยังไม่กำหนด

ขั้นที่สี่ เป็นลำดับสุดท้าย แบ่งองค์ประกอบย่อยแต่ละตัวออกเป็นองค์ประกอบเฉพาะ (Specific Factors) ซึ่งองค์ประกอบเฉพาะเหล่านี้เป็นความสามารถในการทำงานเฉพาะอย่าง

ทฤษฎีองค์ประกอบความสามารถทางปัญญาของแคทเทลล์ (Cattell's Theory of Fluid and Crystallized Intelligence)

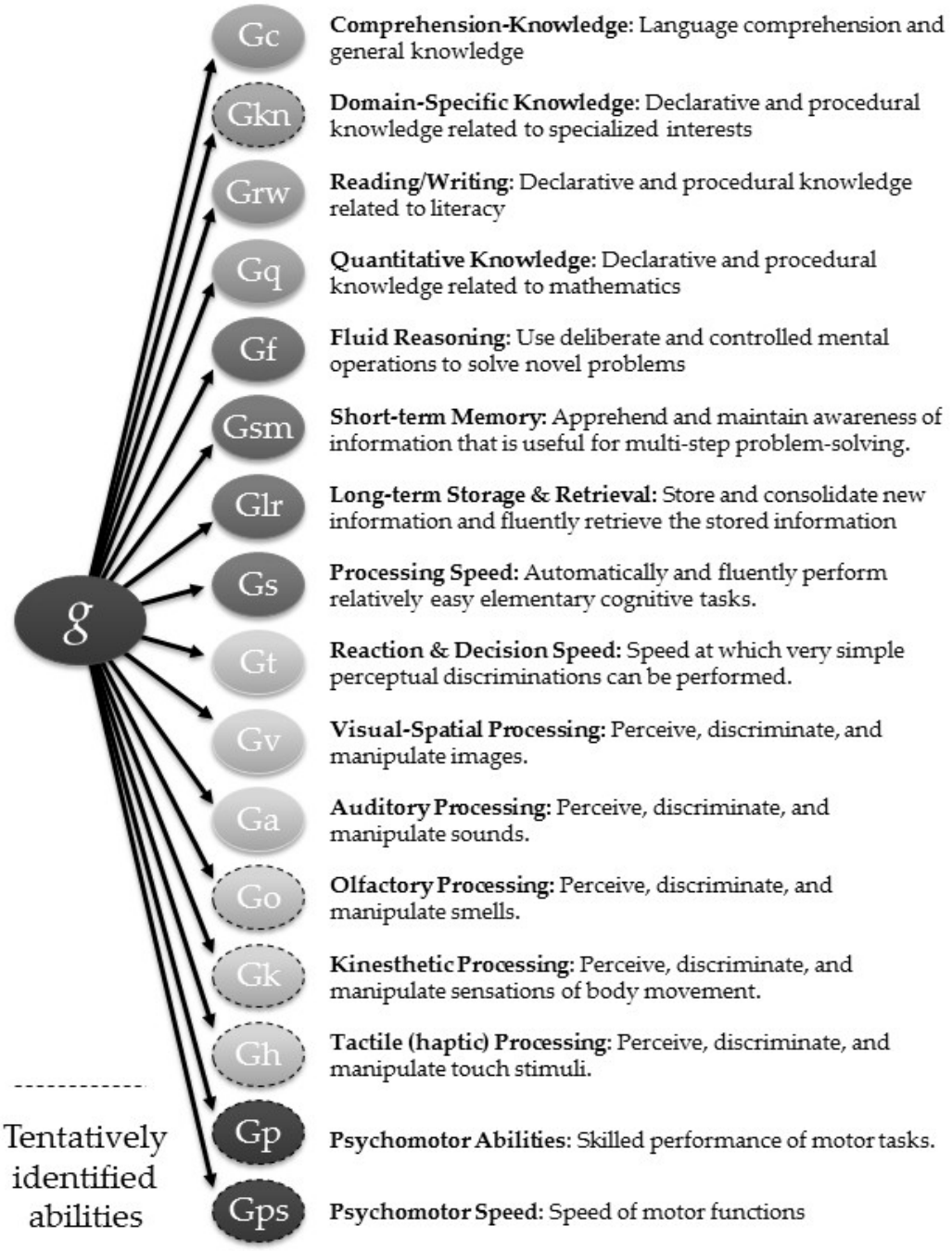
ในปี ค.ศ.1941 Raymond Cattell (1905-1998) ได้นำเสนอทฤษฎีใหม่ของความสามารถทางปัญญา โดยแตกความสามารถทางปัญญาของ Spearman ออกเป็น 2 ประเภท คือ ความสามารถทางปัญญาเลื่อนไหล (Fluid Intelligence: gf) กับความสามารถทางปัญญาตกผลึก (Crystallized Intelligence: ge)

ความสามารถทางปัญญาเลื่อนไหล (gf) เป็นชุดของความสามารถทางการคิด หรือการให้เหตุผลที่สามารถนำไปใช้กับเรื่องใด ๆ ก็ได้ บางครั้งเราใช้ความสามารถทางปัญญานี้ในสิ่งที่เราไม่เคยเรียนรู้มาก่อน เป็นความสามารถทางปัญญาที่เข้ามามีบทบาทโดยอัตโนมัติในกระบวนการต่าง ๆ เช่น การแก้ปัญหา การจำแนกรูปแบบ และเชื่อว่าความสามารถทางปัญญาชนิดนี้มีความเกี่ยวข้องอย่างมากกับความจำระยะสั้น ความสามารถทางปัญญาเลื่อนไหลได้รับสืบทอดมาจากพันธุกรรม ซึ่งอาจทำให้บุคคลมีความสามารถทางปัญญาส่วนนี้แตกต่างกัน ความสามารถทางปัญญาเลื่อนไหลพัฒนาสูงสุดในวัยผู้ใหญ่ตอนต้น หลังจากนั้นจะค่อย ๆ เสื่อมลงอย่างสม่ำเสมอ มีความเป็นไปได้ว่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงในสมองที่สัมพันธ์กับอายุ การบาดเจ็บที่สมองสามารถส่งผลกระทบต่อความสามารถทางปัญญาเลื่อนไหล ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสามารถทางปัญญาเลื่อนไหลเกี่ยวข้องกับการทำหน้าที่ของสมองอย่างมาก

ความสามารถทางปัญญาตกผลึก (ge) เป็นความรู้ความสามารถที่เกิดจากการเรียนรู้ และประสบการณ์ในขณะที่เราใช้ความสามารถทางปัญญาเลื่อนไหลในการแก้ปัญหา เท่ากับว่าเราได้เก็บสะสมความรู้ และข้อสันนิษฐานต่าง ๆ เกี่ยวกับทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่รอบตัวเรา การเก็บสะสมความรู้เป็นความสามารถทางปัญญาตกผลึกของเรา ซึ่งเป็น“ชุดของทักษะการวินิจฉัยหรือการลงความเห็น” ที่ได้รับจากการใช้ความสามารถทางปัญญาเลื่อนไหลทำกิจกรรมต่าง ๆ ทางวัฒนธรรม ความแตกต่างที่มากมายในประสบการณ์เรียนรู้เกิดขึ้นเพราะปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชั้นทางสังคม อายุ เชื้อชาติ และยุคสมัย ความสามารถทางปัญญาตกผลึกประกอบด้วยทักษะต่าง ๆ เช่น ความเข้าใจภาษา และความคล่องแคล่วในเรื่องตัวเลข เพราะความสามารถเหล่านี้อาศัยความรู้ที่เราได้รับมาเรียบร้อยแล้ว เช่น กฎของไวยากรณ์ หรือการบวก ลบ และหลักการทางคณิตศาสตร์อื่น ๆ เป็นต้น ความสามารถทางปัญญาชนิดนี้ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามอายุจนกระทั่งอายุ 65 ปีหลังจากนั้นจะเริ่มเสื่อมลง

ความสามารถทางปัญญาเลื่อนไหลและความสามารถทางปัญญาตกผลึกค่อนข้างจะเป็นอิสระต่อกัน การมีความสามารถทางปัญญาเลื่อนไหลสูงกว่าอาจจะทำให้พัฒนาการของความสามารถ

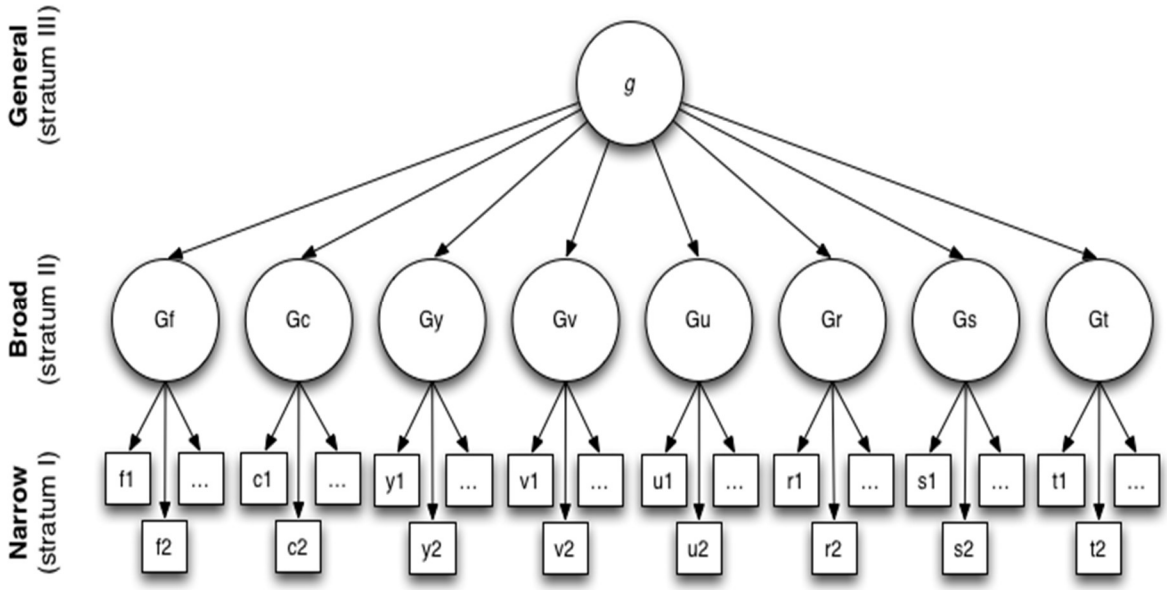
ทางปัญญาตกผลึกกว้างขึ้น และเร็วขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับบุคลิกภาพและความสนใจ ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 โครงสร้างองค์ประกอบความสามารถทางปัญญาของ Cattell (Cattell–Horn–Carroll: CHC) (Schneider & Newman, 2015, p. 19)

ทฤษฎีความสามารถทางปัญญาของ Carroll (Carroll's Model of Cognitive Abilities)

ทฤษฎีความสามารถทางปัญญานี้เกิดจากการศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบจากแบบทดสอบวัดเชาวน์ปัญญาและความถนัดที่เป็นมาตรฐาน Carroll (1993) ได้เสนอไว้ในหนังสือ Human Cognitive Abilities a Survey of Factor - Analytic Studies จึงมีหลายคนเรียกทฤษฎีนี้ว่า ทฤษฎีความสามารถทางปัญญาของ Carroll (Carroll's Model of Cognitive Abilities) โดยแบ่งความสามารถออกเป็น 3 ชั้น ชั้นที่ 1 (Stratum I) แบ่งเป็น 8 กลุ่ม ที่พยายามอธิบายองค์ประกอบของชั้นที่ 2 ชั้นที่ 2 (Stratum II) มี 8 กลุ่ม เรียกว่า 2F 2C 2Y 2V 2U 2R 2S และ 2T ส่วนชั้นที่ 3 (Stratum III) เป็นส่วนรวมของชั้นที่ 2 ทั้งหมด เรียกว่า 3G (General Intelligence) เมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นว่าการแบ่งองค์ประกอบใหญ่รวมแล้วจะเป็น 9 องค์ประกอบ (Carroll, 1993, p. 634) ดังภาพที่ 2-6 ดังนี้



ภาพที่ 2-6 โครงสร้างทฤษฎีความสามารถทางปัญญา (Carroll, 1993, p. 634)

G - General Intelligence เป็นกระบวนการทางสติปัญญาระดับสูง เป็นการรวมความสามารถในระดับ 2 หรือชั้นที่ 2 มี 2 หรือมากกว่า 2 องค์ประกอบขึ้นไป เป็นลักษณะเกิดจากการผสมผสานหลายองค์ประกอบ

Gf - Fluid Intelligence เป็นความสามารถด้านเหตุผลแบบคิดจากย่อยไปหาใหญ่ที่เรียกว่า อุปนัย (Induction) เช่น Sequential Reasoning, Quantitative Reasoning ซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบนามธรรมมาก

Gc - Crystallized Intelligence เป็นความสามารถทางสมองด้านการแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาผ่านการศึกษา และประสบการณ์ ส่วนใหญ่จะเป็นความสามารถด้านภาษาแบบต่าง ๆ

Gy - General Memory and Learning เป็นความสามารถในการจำแบบต่าง ๆ ตลอดจนการเรียนรู้

Gv - Broad Visual Perception เป็นความสามารถทางสมองในการคิดกระบวนการของการรับรู้และมิติสัมพันธ์แบบต่าง ๆ ผ่านสายตา

Gu - Broad Auditory Perception เป็นความสามารถทางสมองในการรับรู้ทางหูไม่ว่าจะเป็นทางภาษาหรือดนตรีเน้นการฟังเสียง

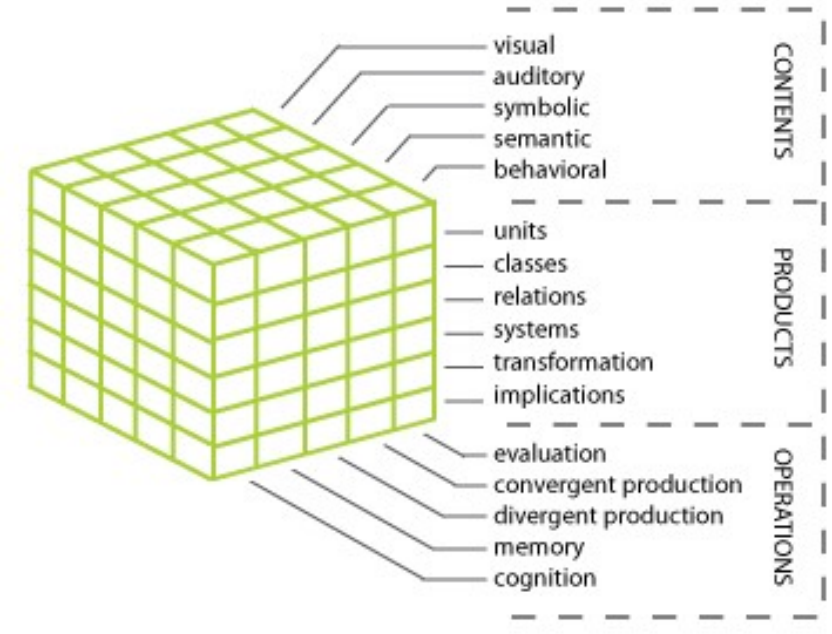
Gr - Broad Retrieval Abilities เป็นความสามารถในการคิดแบบริเริ่มสร้างสรรค์ และรวมถึงความสามารถบ่งบอกสิ่งหนึ่งสิ่งใดได้อย่างรวดเร็วคล่องแคล่ว เช่น ความคล่องแคล่วในการใช้คำ (Word Fluency) เป็นต้น

Gs - Broad Cognitive Speediness เป็นความสามารถในการทำอะไรได้ รวดเร็วคล่องแคล่วถูกต้องในเวลาจำกัด

Gt - Processing Speed เป็นความสามารถในการใช้กระบวนการพิจารณาตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว เช่น Mental Comparison Speed, Semantic Processing Speed เป็นต้น

ทฤษฎีโครงสร้างทางปัญญาของ Guildford (Structure of Intellect Theory)

ในปี ค.ศ. 1967 J.P. Guildford นักจิตวิทยาชาวอเมริกัน เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับโครงสร้างทางปัญญา (Structure of Intellect Theory) Guildford ได้พัฒนาความคิดมาจากทฤษฎีหลายองค์ประกอบของ Thurstone โดยเชื่อว่า ทฤษฎีองค์ประกอบเดียวหรือหลายองค์ประกอบไม่สามารถอธิบายความสามารถของมนุษย์ได้หมด ทฤษฎีของ Guildford ถือว่าความสามารถแต่ละอย่างเป็นความสามารถเฉพาะ (Specific Ability) เป็นแบบจำลองสามมิติ (Three Dimension Model) ที่มีความสัมพันธ์ผสมผสานเป็นความคิดหรือความสามารถทางปัญญาของมนุษย์ โดยแบ่งออกเป็นองค์ประกอบเล็ก ๆ ซึ่งแต่ละองค์ประกอบจะประกอบด้วยหน่วยย่อยของสามมิติ (Guildford, 1988, pp. 1-4) ดังภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 โครงสร้างตามทฤษฎีโครงสร้างทางปัญญาของ Guildford (Guildford, 1988, p. 3)

จากภาพที่ 2-7 อธิบายแบบจำลองโครงสร้างตามทฤษฎีโครงสร้างทางปัญญาของ Guildford ดังรายละเอียดต่อไปนี้

มิติที่ 1 ด้านกระบวนการหรือวิธีการของการคิด (Operations) มีส่วนประกอบย่อย 5 ส่วน ดังนี้

1) การรู้การเข้าใจ (Cognition) หมายถึง ความสามารถที่เห็นสิ่งเร้าแล้วเกิดการรับรู้เข้าใจในสิ่งนั้น ๆ และบอกได้ว่า สิ่งนั้น ๆ คืออะไร

2) ความจำ (Memory) หมายถึง ความสามารถในการเก็บสะสมความรู้แล้ว สามารถระลึกนึกออกมาได้

3) การคิดอเนกนัย (Divergent Production) เป็นความสามารถในการตอบสิ่งเร้าได้หลายแง่หลายมุมแตกต่างกันไป เช่น ให้บอกประโยชน์ของก้อนอิฐมาให้มากที่สุดที่จะบอกได้ ถ้าผู้ใดคิดได้มากและแปลกที่สุดมีเหตุมีผล ถือว่าผู้นั้นมีความคิดแบบอเนกนัย

4) การคิดแบบเอกนัย (Convergent Production) เป็นความสามารถในการคิดหาคำตอบที่ดีที่สุดหาเกณฑ์ที่เหมาะสมที่ดีที่สุด ดังนั้นคำตอบแบบนี้ก็ต้องถูกเพียงคำตอบเดียว

5) การคิดแบบประเมินค่า (Evaluation) เป็นความสามารถในการประเมินค่าของสิ่งต่าง ๆ พิจารณาตัดสินและเปรียบเทียบได้อย่างสมเหตุสมผล

วิธีการของการคิดทั้ง 5 ไม่ได้แยกโดยอิสระจากกัน นั่นคือการคิดขั้นต้น ๆ เป็นพื้นฐานการคิดขั้นสูง ๆ ตามลำดับ ฉะนั้นวิธีการคิดลักษณะต่าง ๆ มีการเรียงลำดับจากง่ายไปหายากทีละขั้น ดังนั้นการรู้จักและเข้าใจเป็นวิธีการคิดพื้นฐาน หากขาดวิธีการคิดขั้นต้นนี้ก็ไม่สามารถจดจำสิ่งต่าง ๆ ได้ รวมทั้งไม่สามารถใช้วิธีการคิดด้านอื่น ๆ ได้ด้วย

มิติที่ 2 ด้านเนื้อหา (Content) เป็นด้านที่ประกอบด้วยสิ่งเร้าและข้อมูลต่าง ๆ แบ่งออกได้ 5 ส่วน ดังนี้

1) ภาพ (Visual) หมายถึง สิ่งเร้าที่เป็นรูปธรรมหรือรูปที่แน่นอน สามารถจับต้องได้ด้วยประสาทสัมผัส หรือเป็นรูปภาพที่ระลึกนึกออกได้

2) เสียง (Auditory) ได้แก่ สิ่งที่อยู่ในรูปของเสียงที่มีความหมาย

3) สัญลักษณ์ (Symbolic) หมายถึง ข้อมูลที่เป็นเครื่องหมายต่าง ๆ เช่น ตัวอักษร ตัวเลข โน้ตดนตรี รวมทั้งสัญญาณต่าง ๆ ด้วย

4) ภาษา (Semantic) หมายถึง ข้อมูลที่เป็นถ้อยคำพูดหรือภาษาเขียนที่มีความหมาย สามารถใช้ติดต่อสื่อสารแต่ละกลุ่มได้ แต่ส่วนใหญ่มองในด้านคิด (Verbal thinking) มากกว่าเขียน คือ มองความหมาย

5) พฤติกรรม (Behavioral) หมายถึง ข้อมูลที่เป็นการแสดงออก รวมถึงทัศนคติ ความต้องการ การรับรู้ ความคิด ฯลฯ

มิติที่ 3 ผลของการคิด (Products) เป็นผลของกระบวนการจัดกระทำของความคิดกับข้อมูลจากเนื้อหา ผลิตผลของความคิดแยกได้เป็นรูปร่างต่าง ๆ กัน ซึ่งแบ่งออกได้ 6 ส่วน ดังนี้

1) หน่วย (Units) หมายถึง สิ่งที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวและแตกต่างไปจากสิ่งอื่น ๆ เช่น คน สุนัข แมว เป็นต้น

2) จำพวก (Classes) หมายถึง ชุดของหน่วยที่มีคุณสมบัติร่วมกัน เช่น ข้าวโพด กับมะพร้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเหมือนกัน เป็นต้น

3) ความสัมพันธ์ (Relations) หมายถึง ผลของการโยงความคิดสองประเภท หรือหลายประเภทเข้าด้วยกัน โดยอาศัยลักษณะบางประการเป็นเกณฑ์ อาจจะเป็นหน่วยกับหน่วย จำพวกกับจำพวก ระบบกับระบบก็ได้ เช่น คนกับอาหาร ต้นไม้กับปุ๋ย เป็นต้น

4) ระบบ (Systems) หมายถึง การจัดองค์การ จัดแบบแผนหรือจัดรวมโครงสร้างให้อยู่ในระบบว่าอะไรมาก่อนมาหลัง

5) การแปลงรูป (Transformations) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสิ่งที่มีอยู่ให้มีรูปแบบใหม่ การเปลี่ยนแปลงอาจจะมองในรูปแบบของข้อมูลหรือประโยชน์ก็ได้

6) การประยุกต์ (Implications) หมายถึง ความเข้าใจในการนำข้อมูลไปใช้ ขยายความ เพื่อการพยากรณ์หรือคาดคะเนข้อความในตรรกวิทยา ประเภท “ถ้า...แล้ว...” ก็เป็นพวกใช้คาดคะเนโดยอาศัยเหตุและผล

ผลของการคิดลักษณะต่าง ๆ ทั้ง 6 แบบนี้ จัดเรียงตามลำดับของความสัมพันธ์จากส่วนย่อยสุดไปสู่ความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนกว่า หรือกล่าวได้ว่าจัดเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก ซึ่งหน่วยเป็นผลการคิดขั้นพื้นฐานที่สุดโดยที่หน่วยจะเข้าไปมีส่วนสัมพันธ์กับจำพวก ความสัมพันธ์ ระบบการแปลงรูป และการประยุกต์ได้ทั้งหมด

ทฤษฎีพหุปัญญา (Multiple Intelligence Theory)

Gardner (2011, pp. 73-74) นักจิตวิทยาชาวอเมริกัน ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับระดับความสามารถทางปัญญาด้านต่าง ๆ ของมนุษย์แต่ละคนว่ามีระดับความสามารถแต่ละด้านไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับว่าใครจะโดดเด่นในด้านใดบ้าง และมีการผสมผสานความสามารถต่าง ๆ ในตัวเองที่แตกต่างกัน ซึ่งความสามารถเหล่านี้สามารถพัฒนาได้ โดยความสามารถทางปัญญาแต่ละด้านไม่ได้ทำงานขาดจากกัน ในทางตรงข้ามความสามารถทางปัญญาเหล่านี้จะทำงานร่วมกัน แสดงออกมาเป็นความสามารถทางปัญญาที่เป็นลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละคน ความสามารถทางปัญญาแต่ละด้านมีดังนี้

1) ความสามารถทางปัญญาด้านภาษา (Linguistic Intelligence) เป็นความสามารถในการใช้ภาษารูปแบบต่าง ๆ ตั้งแต่ภาษาพื้นเมือง จนถึงภาษาอื่น ๆ ด้วย มีความว่องไวต่อการรับรู้เสียง จังหวะ ความหมายคำสามารถแยกแยะได้ว่องไวในความแตกต่างของหน้าที่ของภาษา มีความสามารถสูงในการใช้ภาษาไม่ว่าจะเป็นการพูด เช่น นักเล่านิทาน นักพูด ทนายความ นักการเมือง หรือการเขียน เช่น กวี นักเขียนบทละคร บรรณาธิการ นักหนังสือพิมพ์ ปัญญาทางด้านนี้ ยังรวมถึงความสามารถในการจัดกระทำเกี่ยวกับโครงสร้างของภาษา เสียง ความหมาย และเรื่องเกี่ยวกับภาษา เช่น สามารถใช้ภาษาในการหว่านล้อม อธิบาย และอื่น ๆ

2) ความสามารถทางปัญญาด้านการใช้เหตุผลตรรกะและคณิตศาสตร์ (Logical - Mathematical Intelligence) เป็นความสามารถในการคิดแบบมีเหตุและผล การคิดเชิงนามธรรม การคิดคาดการณ์ การคำนวณทางคณิตศาสตร์ มีตรรกะในเรื่องปริมาณและยังมีความสามารถในการใช้เหตุผลได้ดีอย่างต่อเนื่อง ถ้ามีความสามารถด้านนี้สูงจะเป็น นักวิทยาศาสตร์ นักบัญชี นักสถิติ นักคณิตศาสตร์ นักเขียนโปรแกรม หรือวิศวกร

3) ความสามารถทางปัญญาด้านดนตรี และสุนทรียศาสตร์ (Musical-Rhythmic Intelligence) เป็นความสามารถในการซึมซับ และเข้าถึงสุนทรียะทางดนตรี ทั้งการได้ยิน การรับรู้ การจดจำ และการแต่งเพลง สามารถจดจำจังหวะ ทำนอง และโครงสร้างทางดนตรีได้ดี และถ่ายทอดออกมาโดยการฮัมเพลง เคาะจังหวะ เล่นดนตรี และร้องเพลง สำหรับผู้ที่มีความสามารถด้านนี้โดดเด่นมักจะเป็น นักดนตรี นักประพันธ์เพลง หรือนักร้อง

4) ความสามารถทางปัญญาด้านการเคลื่อนไหวร่างกายและกล้ามเนื้อ (Bodily - Kinesthetic Intelligence) เป็นความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายและการใช้มือเท้าได้คล่องแคล่วว่องไวตามที่สมองสั่งการ เป็นผู้ที่มีความสามารถสูงในการใช้ร่างกายของตนเองแสดงความรู้สึก ได้แก่ นักแสดง นักแสดงท่าใบ้ นักกีฬา นักฟ้อนรำ และความสามารถในการใช้มือประดิษฐ์ เช่น นักปั้น ช่างซ่อมรถยนต์ ศัลยแพทย์ ปัญญาทางด้านนี้รวมถึงทักษะทางกาย เช่น ความคล่องแคล่ว ความแข็งแรง ความรวดเร็ว ความยืดหยุ่น ความประณีต และความไวทางประสาทสัมผัส

5) ความสามารถทางปัญญาด้านการมองเห็น และมิติสัมพันธ์ (Visual-Spatial Intelligence) เป็นความสามารถในด้านการสังเกต ความใกล้-ไกล ระยะห่าง สามารถรับรู้ภาพสัมพันธ์ที่มองเห็นอย่างมั่นใจ และสามารถเปลี่ยนการรับรู้ได้อย่างดีเมื่อรูปทรงทั้งหลายเปลี่ยนแปลงในรูปแบบต่าง ๆ มีความสามารถสูงในการมองเห็นพื้นที่ ได้แก่ นายพราน ลูกเสือ ผู้นำทาง และสามารถปรับปรุงและคิดวิธีการใช้เนื้อที่ได้ดี เช่น สถาปนิก มัณฑนากร ศิลปิน นักประดิษฐ์ ปัญญาด้านนี้รวมไปถึงความไวต่อสี เส้น รูปร่าง เนื้อที่ และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเหล่านี้ นอกจากนี้ยังหมายถึงความสามารถที่จะมองเห็นและแสดงออกเป็นรูปร่างถึงสิ่งที่เห็น และความคิดเกี่ยวกับพื้นที่

6) ความสามารถทางปัญญาด้านสังคม และปฏิสัมพันธ์ (Interpersonal Intelligence) เป็นความสามารถในการเข้าใจผู้อื่น ทั้งด้านความรู้สึกนึกคิด อารมณ์ และเจตนาที่ซ่อนเร้นอยู่ภายใน มีความไวในการสังเกต สีหน้า ท่าทาง น้ำเสียง สามารถตอบสนองได้อย่างเหมาะสม สร้างมิตรภาพได้ง่าย เจรจาต่อรอง ลดความขัดแย้ง สามารถจูงใจผู้อื่นได้ดี เป็นปัญญาด้านที่จำเป็นต้องมีอยู่ในทุกคน แต่สำหรับผู้ที่มีความสามารถด้านนี้โดดเด่น มักจะเป็น ครูบาอาจารย์ ผู้ให้คำปรึกษา นักการฑูต พนักงานขายตรง พนักงานต้อนรับ ประชาสัมพันธ์ นักการเมือง หรือนักธุรกิจ

7) ความสามารถทางปัญญาด้านการรับรู้และเข้าใจตนเอง (Intrapersonal Intelligence) เป็นความสามารถในการรู้จัก ตระหนักรู้ในตนเอง สามารถเท่าทันตนเอง ควบคุมการแสดงออกอย่างเหมาะสมตามกาลเทศะ และสถานการณ์ รู้ว่าเมื่อไหร่ควรเผชิญหน้า เมื่อไหร่ควรหลีกเลี่ยง เมื่อไหร่ต้องขอความช่วยเหลือ มองภาพตนเองตามความเป็นจริง รู้ถึงจุดอ่อน หรือข้อบกพร่องของตนเอง ในขณะเดียวกันก็รู้ว่าตนมีจุดแข็ง หรือความสามารถในเรื่องใดมีความรู้เท่าทันอารมณ์ ความรู้สึก ความคิด ความคาดหวัง ความปรารถนา และตัวตนของตนเองอย่างแท้จริง เป็นปัญญาด้านที่จำเป็นต้องมีอยู่ในทุกคนเช่นกัน เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่า และมีความสุข สำหรับผู้ที่มีปัญญาด้านนี้โดดเด่นมักจะเป็น นักคิด นักปรัชญา หรือนักวิจัย

8) ความสามารถทางปัญญาด้านการเข้าใจในธรรมชาติ (Naturalist Intelligence) เป็นความสามารถในการรู้จัก และเข้าใจธรรมชาติอย่างลึกซึ้ง เข้าใจกฎเกณฑ์ ปรากฏการณ์ และการรังสรรค์ต่าง ๆ ของธรรมชาติ มีความไวในการสังเกต เพื่อคาดการณ์ความเป็นไปของธรรมชาติ มีความสามารถในการจัดจำแนก แยกแยะประเภทของสิ่งมีชีวิต ทั้งพืชและสัตว์ สำหรับผู้ที่มีปัญญาด้าน

นี้โดดเด่นจะเป็นนักธรณีวิทยา นักพฤกษศาสตร์ หรือนักสำรวจธรรมชาติ

9) ความสามารถทางปัญญาด้านความฉลาดในการคิดใคร่ครวญ (Existential intelligence) เป็นความสามารถในการไตร่ตรอง ชอบคิด สงสัยใคร่รู้ ตั้งคำถามกับตัวเองในเรื่องความเป็นไปของชีวิต สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการมีชีวิตอยู่ในโลกมนุษย์ และการรู้เหตุผลของการดำรงชีวิตอยู่ในโลก ชีวิตหลังความตาย เรื่องเหนือจริง มิติลึกลับ เช่น นักคิด อริสโตเติล ขงจื้อ ไอน์สไตน์ เป็นต้น

จากการศึกษาทฤษฎีข้างต้น สรุปได้ว่าทฤษฎีความสามารถทางปัญญาของมนุษย์เป็นการเสนอแนวคิดเพื่ออธิบายโครงสร้างความสามารถทางปัญญาของมนุษย์ว่าประกอบด้วยอะไรบ้าง ซึ่งจากทฤษฎีดังกล่าวข้างต้น ได้แก่ ทฤษฎีองค์ประกอบเดียว (Uni-factor Theory) ของ Binet and Simon ทฤษฎีสององค์ประกอบ (Two-factor Theory) ของ Charles Spearman ทฤษฎีความสามารถทางปัญญาขั้นพื้นฐาน (Mental Abilities Theory) ของ Thurstone ทฤษฎีกลุ่มองค์ประกอบแบบลำดับขั้น (Hierarchical Group Factor Theory) ของ Vernon ทฤษฎีความสามารถทางปัญญา (Model of Cognitive Abilities) ของ Carroll ทฤษฎีโครงสร้างทางปัญญา (Structure of Intellectual Model) ของ Guilford และทฤษฎีพหุปัญญา (Theory of Multiple Intelligence) ของ Howard Gardner สรุปได้ว่าองค์ประกอบของความสามารถทางปัญญาประกอบด้วย ความจำ ความเข้าใจภาษา ความสามารถด้านตัวเลข การรับรู้ การให้เหตุผล การตัดสินใจ การเคลื่อนไหว ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งความสามารถทางปัญญาสามารถพัฒนาให้เพิ่มขึ้นได้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับความใส่ใจ

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาความสามารถทางปัญญา ที่เป็นความสามารถทางสมองในการคิดกระบวนการของการรับรู้ และมิติสัมพันธ์แบบต่าง ๆ ผ่านสายตา และความสามารถด้านความจำความหมาย ที่เป็นความสามารถในการเก็บสะสมความรู้ แล้วสามารถระลึกนึกออกมาได้ เป็นความสามารถในการจำแบบต่าง ๆ ซึ่งความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถด้านความจำความหมาย เป็นองค์ประกอบหนึ่งของความสามารถทางปัญญา ที่สามารถพัฒนาให้เพิ่มขึ้นได้ โดยผ่านการรับรู้ทางการมองเห็น เพื่อเพิ่มกระบวนการทำงานของสมอง ให้มีกระบวนการคิด ความสามารถในการเชื่อมโยงข้อมูล ความสามารถในการตัดสินใจ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตอนที่ 2 ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) เป็นความสามารถของกระบวนการทางสมองในการรับรู้ตำแหน่งของสิ่งต่าง ๆ จากการมองเห็น โดยใช้จินตนาจากประสาทสัมผัสทำให้เกิดความคิดรวบยอด ในการแยกแยะ สี รูปทรงสัณฐาน ลักษณะพื้นผิว มิติความลึก มิติความกว้าง ยาว

หนา สูง ความสามารถด้านนี้จะส่งผลให้มนุษย์เข้าใจถึงมิติต่าง ๆ และยังคลุมไปถึงการมองภาพทรงต่าง ๆ ที่เคลื่อนไหว การหมุน ซ้อนทับกัน หรือซ่อนอยู่ภายใน ตลอดจนถึงการแยกภาพ ประกอบภาพ รวมถึงความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของมนุษย์ในลักษณะต่าง ๆ กัน เหล่านี้เป็นความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีผลต่อการรับรู้ความจำ (Rauscher & Zupan, 2000, pp. 215-228) ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป อาทิเช่น Spatial Ability, Space Factor, Spatial Relationships, Aptitude, Imagination, Spatial Thinking, Visualization (Gutiérrez, 1996, p. 3) และเป็นความสามารถส่วนบุคคล (Höffler, 2010, p. 246) มีนักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมาย และศึกษาองค์ประกอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ดังนี้

Thurstone (1938, pp. 1-17) ให้ความหมายความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่า เป็นความสามารถในการมองภาพวัตถุที่มีความเคลื่อนไหว เปลี่ยนแปลงที่อยู่ในกรอบสิ่งเร้า รวมทั้งความสามารถในการมองภาพวัตถุที่มองจากมุมแตกต่างกัน และยังมองในแง่ความสามารถในการคิดหารายละเอียดว่ารูปทรงเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

Piaget and Inhelder (1971, pp. 103-128) อธิบายความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไว้ว่า เป็นการรับรู้จากการคิดมโนภาพอยู่เหนือความสามารถของเด็กที่สามารถรับรู้ได้เพียงวัตถุที่คงที่ เด็กจะต้องพัฒนาความคิดไปจนถึงขั้นการวาดมโนภาพ ซึ่งเป็นพื้นฐานของการคิดในระดับการรับรู้การคิดมโนภาพ และเด็กต้องสามารถคิดสร้างและเปลี่ยนแปลงรูปภาพในมิติต่าง ๆ ได้เพื่อให้เข้าใจถึงระบบความสัมพันธ์ระหว่างมิติ การลงมือทำต่อวัตถุโดยตรง จึงจะเป็นวิธีที่นำไปสู่ความสามารถดังกล่าวได้ จากนั้นความรู้จากการกระทำต่อวัตถุจะซึมซับเข้าในตัวเด็ก และก่อให้เกิดความคิดความเข้าใจขึ้น หรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในระดับการรับรู้จากการคิดมโนภาพ คือระบบการซึมซับความรู้จากการลงมือกระทำวัตถุเข้าไปสู่ตัวเด็ก

Cooper and Regan (1982, pp. 123-169) ให้ความหมายความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่า เป็นความสามารถในการแปลงสื่อซึ่งเป็นสัญลักษณ์ การเปลี่ยนรูปร่างรูปทรง การสร้างรูปแบบใหม่ และการจดจำรูปลักษณะภายในของมิติหนึ่งเพื่อให้ไปสัมพันธ์กับในอีกมิติหนึ่ง

McGee (1979, p. 889) ได้ศึกษาโครงสร้างของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และสรุปว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มี 2 องค์ประกอบหลัก คือ Spatial Visualization (Vz) เป็นความสามารถจินตนาการวัตถุที่มีการหมุน บิด หรือเปลี่ยนทิศทาง ความสามารถนี้จะวัดได้จากการทดสอบที่ซับซ้อน เช่น Paper Folding ส่วน Spatial Orientation (SO) เป็นการรับรู้ความสามารถในการจินตนาการถึงการปรากฏของวัตถุจากมุมมองที่แตกต่างกัน การเข้าใจภาพที่เปลี่ยนแปลงรูปแบบภายใน เช่น Hidden Figure เป็นต้น

Linn and Petersen (1985, pp. 1479-1498) ได้ให้ความหมายของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่า เป็นความสามารถในการเป็นตัวแทน การเปลี่ยนแปลง การสร้าง และระลึกถึง

สัญลักษณ์ที่มีในสมอง โดยไม่มีข้อมูลด้านภาษามาเกี่ยวข้อง และได้จำแนกความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็น 3 องค์ ประกอบ ได้แก่ 1) Mental Rotation เป็นความสามารถทางปัญญาของมนุษย์ในการสร้างมโนภาพแบบหมุนภาพสองมิติหรือสามมิติได้ถูกต้องอย่างรวดเร็ว 2) Spatial Perception เป็นความสามารถทางปัญญาของมนุษย์ในการพิจารณาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่กับทิศทาง และ 3) Spatial Visualization เป็นการจัดการกับมโนภาพของการนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ซับซ้อนหลายขั้นตอน จึงต้องมีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเป็นตัวแทนเชิงพื้นที่ที่แตกต่างกันมากกว่าการจับคู่ของตัวแทนเหล่านั้น

Carroll (1993, pp. 362-363) ได้ศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ โดยใช้ข้อมูลมากกว่า 140 ชุด พบว่ามี 5 องค์ประกอบหลัก ๆ คือ

1) Spatial Visualization (Vz) ได้รับการยอมรับจากนักจิตวิทยาและนักการศึกษา และได้นำองค์ประกอบนี้ไปเป็นประเด็นในการศึกษาต่อยอดอีกด้วย (Hegarty & Waller, 2005, p. 131) Spatial Visualization เป็นกระบวนการทำความเข้าใจ วาดมโนภาพของมิติต่าง ๆ ของวัตถุหรือสิ่งเร้าในสมอง และจัดกระทำกับมโนภาพนั้น ๆ ให้เปลี่ยนสภาพจากรูปร่างเดิม (Höffler, 2010, p. 246)

2) Spatial Relations (SR) เป็นกระบวนการจัดกระทำกับมโนภาพของวัตถุหรือสิ่งเร้าในสมอง เช่น เดียวกับ Spatial Visualization แต่ Spatial Relations ใช้เพียงการหมุนมโนภาพของวัตถุในด้านเดียวหรือเพียงการหมุนรอบเดียวในเวลาอันสั้น (Miyake et al., 2001, p. 621)

3) Closure Speed (CS) เป็นความสามารถที่ให้ความสำคัญกับเวลาในการทำความเข้าใจและกำหนดรูปแบบหรือลักษณะของวัตถุที่เรามองเห็น (Miyake et al., 2001, p. 621)

4) Flexibility of Closure (CF) บางครั้งถูกเรียกว่า Field Independence or Disembedding เป็นความสามารถในการลงรหัสเพื่อบันทึกภาพของวัตถุหรือสิ่งเร้าในระบบความจำขณะทำงาน

5) Perceptual Sisypeed (P) เป็นความสามารถในการเรียกคืนข้อมูล มีลักษณะเด่นคือความเร็ว โดยให้ค้นหาวัตถุที่อยู่กระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบอย่างรวดเร็ว อาจรวมถึงการจับคู่วัตถุหรือตำแหน่งที่เหมือนกัน

Lohman (1996, p. 116) ได้กล่าวถึงความสำคัญของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่าเป็นความสามารถในการสร้าง การเก็บข้อมูล การดึงข้อมูลกลับและการทำให้เปลี่ยนแปลงโครงสร้างการใช้ภาพจินตนาการได้เป็นอย่างดี ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์จึงมีความสำคัญที่แตกต่างกันไปตามลักษณะกระบวนการเกิดการจินตภาพ การเก็บข้อมูล การดึงข้อมูลกลับและการเปลี่ยนสภาพไปและมีความสำคัญยิ่งต่อความสามารถของมนุษย์ในทุกรูปแบบ โดยในปี 1988 Lohman ได้สรุปความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่า มี 3 องค์ประกอบ คือ Spatial Visualization, Spatial Orientation และ

Speeded Rotation ได้อธิบายแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

1) Spatial Visualization (Vz) เป็นองค์ประกอบที่ธรรมดามาก แต่เป็นเรื่องยากที่จะระบุให้ชัดเจน เพราะว่าการทดสอบก็เป็นการบอกถึงความฉลาดทั่ว ๆ ไป หรือในภาพ รวมถือว่าเป็นความสามารถทางความคิด ลักษณะสำคัญของการทดสอบ Spatial Visualization ที่ชัดเจนอย่างหนึ่งคือ มีความซับซ้อนซึ่งบางครั้งต้องใช้การหมุน การสะท้อน หรือการพับที่ซับซ้อน แต่บางคนอาจต้องการการเปลี่ยนแปลงหลายลักษณะ

2) Spatial Orientation (SO) เห็นด้วยกับการให้ความหมายของ McGee และเสริมว่าเป็นเรื่องยากที่จะแยก Spatial Orientation ออกจาก Spatial Visualization เพราะทั้งสององค์ประกอบนี้จำเป็นต้องใช้ทักษะการให้เหตุผลมาร่วมพิจารณาด้วย และอาจจะแก้ไขด้วยการหมุนมากกว่าการเคลื่อนไหวภาพในมุมมองที่ต้องการด้วยตัวเอง

3) Speeded Rotation (SR) เป็นองค์ประกอบที่ถูกนิยามด้วยการทำแบบทดสอบของแต่ละคนซึ่งจะถูกตรวจสอบเมื่อได้รับการกระตุ้น คือ การหมุนเป้าหมาย 2 มิติ ที่มีการหมุนและตอบกลับอย่างรวดเร็ว

Hegarty and Kozhevnikov (1999, p. 684) ได้จำแนกการจินตภาพ ออกเป็น 2 ลักษณะ คือ การใช้ภาพจินตนาการ (Visual Imagery) เป็นการสร้างภาพจินตนาการให้สามารถสะท้อนความเข้าใจผ่านการมองเห็นภาพวัตถุ และการจินตภาพเชิงมิติสัมพันธ์ (Spatial Imagery) เป็นความ สัมพันธ์เชิงมิติระหว่างส่วนของวัตถุกับตำแหน่งพื้นที่ว่างหรือการเคลื่อนที่ของวัตถุ

Kimura (1999, pp. 53-55) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบเชิงมิติสัมพันธ์ไว้ว่า มี 6 องค์ประกอบ ได้แก่ Spatial Orientation, Spatial Location Memory, Targeting, Spatial Visualization, Disembedding, และ Spatial Perception ดังมีรายละเอียดดังนี้

1) Spatial Orientation เป็นความสามารถในการเปลี่ยนแปลงการวางแนวของวัตถุ 2 มิติ (เช่นตัวอักษร ภาพตรงกลางของหน้าปัดนาฬิกา และรูปร่างที่เรียบง่าย) และวัตถุ 3 มิติ (เช่น ลูกบาศก์ ชุดของลูกบาศก์ และภาพถ่ายของวัตถุจริง) หมุนในพื้นที่ 2D หรือ 3D

2) Spatial Location Memory เป็นความสามารถในการจำตำแหน่งของวัตถุตามลำดับ ซึ่งเป็นการทดสอบที่ดีสำหรับความจำเชิงพื้นที่ การทดสอบของความจำตำแหน่งพื้นที่นำเสนอลำดับชุดของวัตถุที่เหมือนจริงหรือรูปทรงเรขาคณิต

3) Targeting เป็นความสามารถที่จะสกัดหรือโยนไปที่เป้าหมาย ซึ่งเป็นเรื่องยากที่จะจำแนกความสามารถนี้เพราะมันมีความสัมพันธ์มากกับความสามารถเชิงกล การวัดผลต้องมีการขว้างปาวัตถุไปที่เป้าหมาย

4) Spatial Visualization เป็นความสามารถในการรับรู้และการเปลี่ยนแปลงเหตุการณ์ แม้ว่าความสามารถนี้มีลักษณะคล้ายกันมากกับการหมุน ทักษะนี้ไม่ต้องใช้การหมุนของวัตถุ แต่เป็น

การประมาณการของตำแหน่งหนึ่งในความสัมพันธ์ที่คงที่ของวัตถุ การสร้างภาพเชิงมิติสัมพันธ์ที่ถูกกำหนดว่าเป็นความสามารถในการจินตนาการ ซึ่งเป็นผลหลังจากที่พับหรือประกอบชิ้นส่วนของวัตถุ ลักษณะของการทดสอบส่วนใหญ่ต้องการให้จินตนาการสร้างภาพเชิงมิติสัมพันธ์

5) Disembedding เป็นทักษะที่ช่วยให้ค้นหาวัตถุอย่างง่ายเมื่อมีการฝังตัวอยู่ในรูปแบบที่มีความซับซ้อนมาก ๆ แต่องค์ประกอบนี้ให้ความยืดหยุ่นทางความคิดอย่างมีอิสระ

6) Spatial Perception เป็นความสามารถของบุคคลในการกำหนดทิศทางทั้งแนวนอนและแนวตั้งที่กระจายอยู่ในภาพ ซึ่งการทดสอบความสามารถนี้ต้องการให้วาดเส้นระดับน้ำในขวดใสที่เอียง ส่วนอีกการทดสอบหนึ่งต้องการให้จัดรูปแบบ (แนวนอนหรือแนวตั้ง) ที่ถูกล้อม รอบด้วยกรอบ

Allen (2003, pp. 251-262) ได้สรุปความหมายความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่าเป็นความสามารถของกระบวนการทางสมองที่ต้องใช้ความคิด การรับรู้ การจินตนาการ รวมถึงประสบการณ์ในการมองวัตถุ เมื่อวัตถุนั้นมีการเปลี่ยนตำแหน่ง ทิศทาง หรือมีการเปลี่ยนสภาพไป Allen ได้จัดกลุ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ (1) การนิยามวัตถุ (Object Identification) ด้วยการถามว่ามันคืออะไร “What is it?” (2) การระบุตำแหน่งวัตถุ (Object localization) ด้วยการถามว่ามันอยู่ที่ไหน “Where is it?” และ (3) การระบุสถานที่ (Traveler Orientation) ด้วยการถามว่าฉันอยู่ที่ไหน“Where am I?”

Motes, Malach, and Kozhevnikov (2008, pp. 1727-1731) ให้ความหมายความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่า เป็นกระบวนการประมวลผลข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างวัตถุหรือส่วนของวัตถุกับการแปลงวัตถุ เช่น การหมุนวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นต้น

Höffler (2010, pp. 245-269) ได้กล่าวถึงระดับของผู้ที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ดีควรมี 7 ด้าน ดังต่อไปนี้

1) การประสานสัมพันธ์กันทางสายตา (Eye-Motor Coordination) เป็นความสามารถในการประสานงานระหว่างสายตากับร่างกายส่วนอื่น ๆ

2) การรับรู้เกี่ยวกับรูปและพื้นหลัง (Figure-Ground Perception) คือความสามารถในการมองเห็นเส้นตัดเส้น รูปตัดรูป รูปซ่อน รูปซ้อนกัน การต่อเติมรูปให้สมบูรณ์ การนำชิ้นส่วนมาประกอบกัน เป็นต้น

3) ความคงตัวในการรับรู้ (Perceptual Constancy) คือความสามารถในการจำแนกรูปหรือวัตถุต่าง ๆ ในมิติ ไม่ว่ารูปหรือวัตถุนั้นจะมีขนาดใดหรืออยู่ในตำแหน่ง

4) การรับรู้เกี่ยวกับตำแหน่งในมิติ (Position-in-Space Perception) เป็นความสามารถในการเชื่อมโยงวัตถุในมิติเข้ากับตนเอง โดยนักเรียนจะเป็นศูนย์กลางของมิติ

5) การรับรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงมิติสัมพันธ์ (Perception of Spatial Relationship) เป็นความสามารถในการเห็นวัตถุ 2 สิ่งในเชิงเปรียบเทียบกับตัวมันเอง หรือในเชิงเปรียบเทียบกับวัตถุ

2 สิ่งนั้น

6) การแยกแยะด้วยสายตา (Visual Discrimination) เป็นความสามารถในการแบ่งแยกประเภทของสิ่งของในส่วนที่คล้ายกันหรือแตกต่างกัน ไม่ว่าสิ่งของจะอยู่ในตำแหน่งใด

7) ความทรงจำเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เห็น (Visual Memory) เป็นความสามารถในการนึกแล้วเห็นวัตถุในสภาพเดิมได้ หรือการจำได้ว่ามีสิ่งที่กลับกันจากเดิมหรือตำแหน่งไม่เหมือนเดิม และสามารถเขียนรูปที่ขาดหายไป ยิ่งกว่านั้นสามารถระบุรูปที่เกินมาได้

Gardner (2011, p. 182) ได้อธิบายความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่าเป็นความสามารถในการมองเห็นความเชื่อมโยงของมิติต่าง ๆ ของสิ่งเร้า และสามารถวาดภาพความเชื่อมโยงนั้น ๆ ให้เกิดขึ้นภายในสมอง พร้อมทั้งสามารถที่จะถ่ายทอดออกมาให้คนอื่นรับรู้ได้อย่างเป็นรูปธรรม

Metz, Donohue, and Moore (2012, p. 1) กล่าวว่า ทักษะทางด้านมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial Visualization Skills) โดยเฉพาะความสามารถในการมองเห็นภาพ 3 มิติ เป็นทักษะทางปัญญา (Cognitive) ที่มีความเชื่อมโยงกับความสำเร็จในสาขาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรม (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ทักษะด้านมิติสัมพันธ์เหมือนทักษะทางปัญญา (Cognitive Skills) อื่น ๆ สามารถเรียนรู้และฝึกฝนได้

จากการศึกษาองค์ประกอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ สรุปได้ว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถของกระบวนการทางสมองในการใช้ความคิด การรับรู้ภาพทางการมองเห็น สามารถสร้าง เก็บข้อมูล ดึงข้อมูลกลับ และจินตนาการปรากฏการณ์ของวัตถุเมื่อมีการเปลี่ยนรูปแบบ เปลี่ยนทิศทางจากมุมมองที่แตกต่างกัน คนที่มีทักษะด้านมิติสัมพันธ์ จะมีความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของในหลายมิติ สามารถมองเห็นความเชื่อมโยงของสิ่งต่าง ๆ จนสามารถวาดมโนภาพของความเชื่อมโยงให้เกิดขึ้นในใจ และถ่ายทอดออกมาให้คนอื่นรับรู้ได้อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งต้องใช้การทดสอบที่มีความซับซ้อนตามลักษณะของแต่ละองค์ประกอบ โดยส่วนใหญ่พบว่ามี 5 องค์ประกอบหลัก คือ Spatial Perception, Spatial Visualization, Spatial Rotations, Spatial Relations และ Spatial Orientation ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีความสำคัญที่แตกต่างกันไปตามลักษณะกระบวนการคิด การจินตภาพ การเก็บข้อมูล การดึงข้อมูลกลับ และการเปลี่ยนสภาพของวัตถุ ซึ่งมีความสำคัญยิ่งต่อความสามารถทางปัญญาของมนุษย์

แบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability Test)

นักวัดผลและนักจิตวิทยาได้ทำการศึกษาและแบ่งแยกรูปแบบ (Style) ของแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ แตกต่างกันไปหลาย ๆ รูปแบบ โดยแบ่งรูปแบบของการทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไว้ 10 รูปแบบ คือ แบบซ่อนภาพ ซึ่งแยกเป็นแบบซ่อนเดี่ยวกับแบบตัวซ่อนคงที่ แบบทดสอบซ้อนภาพ แบบทดสอบแยกภาพ แบบทดสอบต่อภาพ แบบทดสอบหมุนภาพ แบบทดสอบประกอบภาพสามมิติ แบบทดสอบหาด้านตรงข้ามลูกบาศก์ แบบทดสอบภาพตัด

กระดาษ แบบทดสอบนับลูกบาศก์ และแบบทดสอบประกอบส่วนย่อย

จากการศึกษาแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีชื่อเสียงและนิยมใช้กันทั่วไปนั้น พบว่ามีรูปแบบที่ใช้ในการวัดแตกต่างกันไปในหลายๆ รูปแบบ ดังต่อไปนี้

แบบทดสอบ Multiple Aptitude Test (MAT) ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ใช้ในการแนะแนวการศึกษาและอาชีพสำหรับเด็กอายุ 7-13 ปี ใช้แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ 3 รูปแบบ คือ แบบวิทยาศาสตร์ประยุกต์และเครื่องกล แบบประกอบภาพใน 2 มิติ และแบบประกอบภาพใน 3 มิติ

แบบทดสอบ Guilford Zimmerman Aptitude Survey วัดความสามารถทางปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ด้วยแบบทดสอบ 2 รูปแบบ คือ Form A ใช้แบบหมุนภาพ และ Form B ใช้แบบเล็งทิศทาง (Buros, 1959, p. 715)

แบบทดสอบ The Chicago Nonverbal Examination เป็นแบบทดสอบที่รู้จักแพร่หลายและนิยมใช้กันในปี ค.ศ. 1936 ถึง 1947 ใช้กับกลุ่มเด็กอายุ 6 ปี จนถึงวัยผู้ใหญ่ตอนต้น ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 10 ฉบับ ในจำนวนนี้มีแบบทดสอบย่อยที่วัดความสามารถทางปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ คือ แบบทดสอบนับลูกบาศก์ (Three Dimensional Visualization) แบบทดสอบประกอบภาพเป็นรูปทรงเรขา (Paper Form Board) (Thorndike & Hagen, 1969, p. 307)

แบบทดสอบ Differential Aptitude Test (DAT) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อนำไปใช้แนะแนวทางการศึกษาและอาชีพของสมาคมจิตวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา ซึ่งใช้กับเด็กอายุ 8-12 ปี ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 7 ฉบับ โดยในส่วนของการวัดความสามารถทางปัญญาด้านมิติสัมพันธ์นั้น ใช้แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบประกอบภาพสามมิติ (Nunally, 1965, p. 212)

แบบทดสอบ Primary Mental Ability (PMA) ของ Thurstone วัดความสามารถทางปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ โดยใช้แบบทดสอบหมุนภาพสองมิติบนพื้นราบ แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบเล็งทิศทาง แบบตัดกระดาษ แบบนับลูกบาศก์ (Cronbach, 1970, pp. 326-327)

แบบทดสอบ Armed Forces Qualification Test (AFQT) วัดความสามารถทางปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ โดยใช้แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบประกอบภาพ และแบบวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ 2 มิติ และ 3 มิติ

แบบทดสอบ Kohs Block Design วัดความสามารถทางปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ โดยใช้ลูกบาศก์ 4 - 16 ลูกบาศก์ ประกอบกันให้เหมือนกับภาพที่กำหนดให้ในเวลาน้อยที่สุด

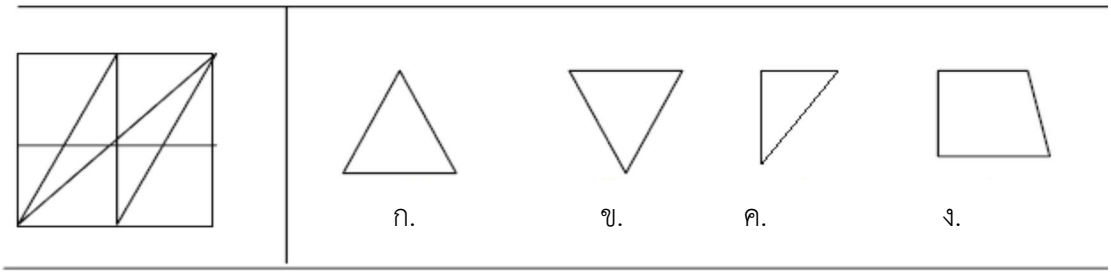
แบบทดสอบ Army Beta ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการคัดเลือกทหารในช่วงเกิดสงครามโลกครั้งที่ 1 วัดความสามารถทางปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ โดยใช้แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบหมุนภาพ

จากที่กล่าวมาข้างต้น การวัดความสามารถทางปัญญาด้านมิติสัมพันธ์นั้น สามารถสร้าง

แบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้หลายลักษณะ ดังนี้

1) แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบซ่อนภาพ (Hidden Figure)

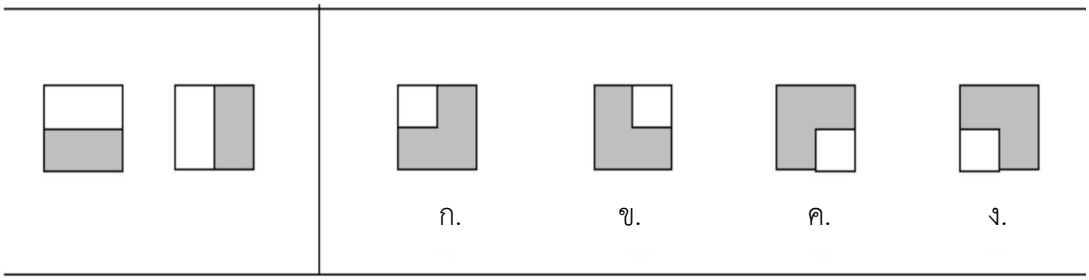
แบบซ่อนภาพนี้ เป็นการทดสอบความสามารถทางปัญญาว่า ผู้ตอบสามารถค้นพบภาพเล็กที่ซ่อนอยู่ในภาพปัญหา ซึ่งเป็นภาพให้ได้รวดเร็วและถูกต้องเพียงใด แบบทดสอบแบบซ่อนภาพโจทย์มักจะกำหนดภาพปัญหาให้แล้ว ผู้ตอบตรวจสอบดูว่าจะมีภาพของตัวเลือกใดซ่อนอยู่ในภาพปัญหา โดยมีขนาดและทิศทางเหมือนเดิม ดังภาพที่ 2-8



ภาพที่ 2-8 มิติสัมพันธ์แบบซ่อนภาพ

2) แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบซ้อนภาพ (Pattern Synthesis)

แบบซ้อนภาพนี้ โจทย์จะกำหนดภาพปัญหาให้สองภาพ ผู้ตอบจะต้องมีแนวคิด และมีนโนภาพว่าถ้านำภาพปัญหาที่กำหนดให้สองภาพมาซ้อนกันแล้วจะเกิดภาพใหม่ขึ้น ซึ่งจะเหมือนภาพใดจากภาพตัวเลือกที่กำหนดให้ ดังภาพที่ 2-9

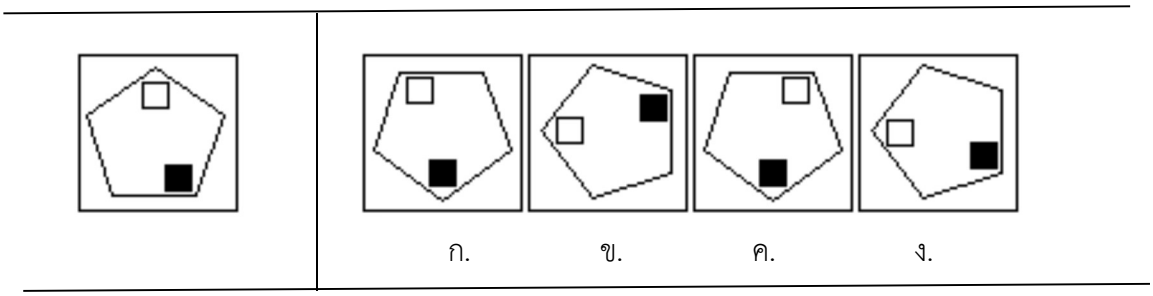


ภาพที่ 2-9 มิติสัมพันธ์แบบซ้อนภาพ

3) แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบหมุนภาพหรือเลื่อนภาพ (Movement Sequence)

แบบหมุนภาพหรือเลื่อนภาพนี้ สามารถแบ่งออกได้สองลักษณะ คือ แบบหมุนภาพกับแบบ

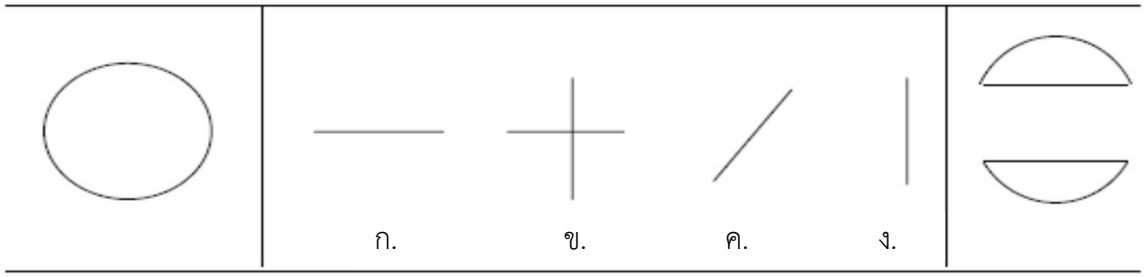
เลื่อนภาพ แบบทดสอบแบบหมุนภาพโจทย์จะกำหนดภาพปัญหามาให้ 3 ภาพ ทั้ง 3 ภาพที่กำหนดให้มีทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ผู้ตอบจะต้องพิจารณาว่าภาพทั้ง 3 ที่กำหนดให้มีความสัมพันธ์กันด้วยการหมุนบางส่วนของภาพ ถ้าหมุนต่อไปตามลักษณะเดิม ภาพที่ 4 จะเป็นภาพอะไร ซึ่งเป็นภาพตัวเลือกที่กำหนดมาให้ ส่วนแบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบเลื่อนภาพ โจทย์จะกำหนดภาพต้นแบบมาให้ 1 ภาพ เมื่อมีการหมุนบางส่วนของภาพไปในทิศทางที่กำหนด ภาพใดเหมือนกันกับภาพต้นแบบ ดังภาพที่ 2-10



ภาพที่ 2-10 มิติสัมพันธ์แบบหมุนภาพหรือเลื่อนภาพ

4) แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบตัดภาพ (Figure Dividing)

แบบตัดภาพนี้ โจทย์จะกำหนดภาพเดิมมาให้หนึ่งภาพ และภาพที่ถูกตัดแล้วอีกหนึ่งภาพ ผู้ตอบจะต้องพิจารณาว่าภาพเดิมนั้นถูกตัดด้วยเส้นอะไร จึงจะกลายเป็นภาพถูกตัดที่กำหนดให้ ดังภาพที่ 2-11

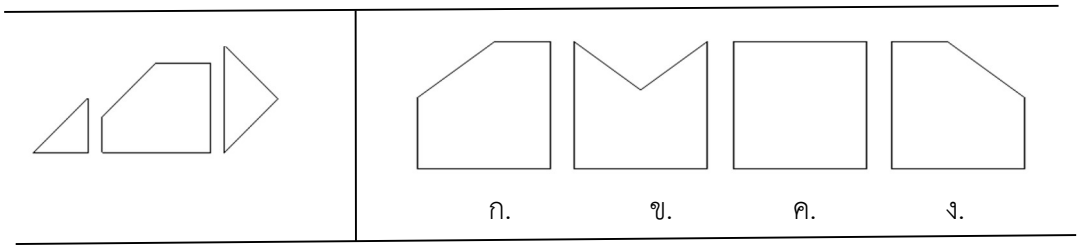


ภาพที่ 2-11 มิติสัมพันธ์แบบตัดภาพ

5) แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบรวมภาพ (Combining Figure)

แบบรวมภาพ โจทย์จะกำหนดภาพเป็นส่วน ๆ มาให้ผู้ตอบจะต้องมีมโนภาพว่า แต่ละส่วนที่กำหนดมาให้แล้ว เมื่อนำมาต่อหรือประกอบเข้าด้วยกัน จะกลายเป็นภาพอะไร ภาพที่กำหนดมาให้

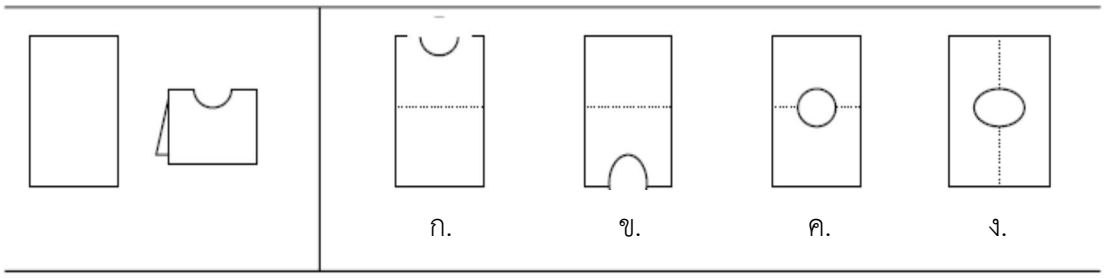
เป็นชิ้น ๆ อาจเป็น 2, 3 หรือ 4 ชิ้น ทำหน้าที่เป็นตัวปัญหาของข้อสอบแบบเลือกตอบ ภาพที่ประกอบแล้วเสร็จจะทำหน้าที่เป็นตัวเลือกตอบ ดังภาพที่ 2-12



ภาพที่ 2-12 มิติสัมพันธ์แบบรวมภาพ

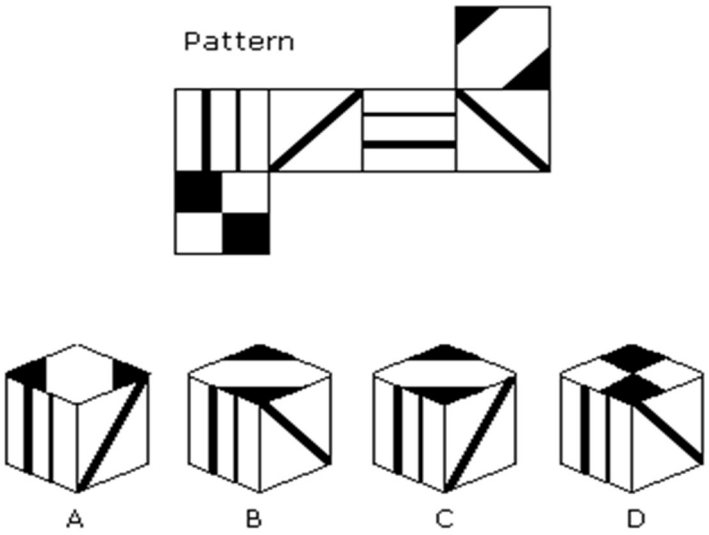
6) แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบพับกระดาษ (Paper Folding) และแบบพับกล่อง (Paper Folding)

แบบพับกระดาษนี้ โจทย์จะกำหนดกระดาษสี่เหลี่ยมมาให้ จากนั้นจะพับกระดาษตามรูปที่กำหนดมาให้ การพับกระดาษนี้อาจพับครั้งเดียวหรือสองครั้งก็ได้ และในตอนท้ายที่สุดจะตัดกระดาษที่พับนี้ออก ซึ่งกระบวนการพับและตัดนี้โจทย์จะกำหนดปัญหาให้ ผู้ตอบแสดงคำตอบที่ถูกต้อง โดยผู้ตอบจะต้องมีมโนภาพว่าภายหลังจากตัดกระดาษที่พับแล้วคลี่ออก กระดาษแผ่นเดิมจะมีรูปดังข้อใด ดังภาพที่ 2-13



ภาพที่ 2-13 มิติสัมพันธ์แบบพับกระดาษ

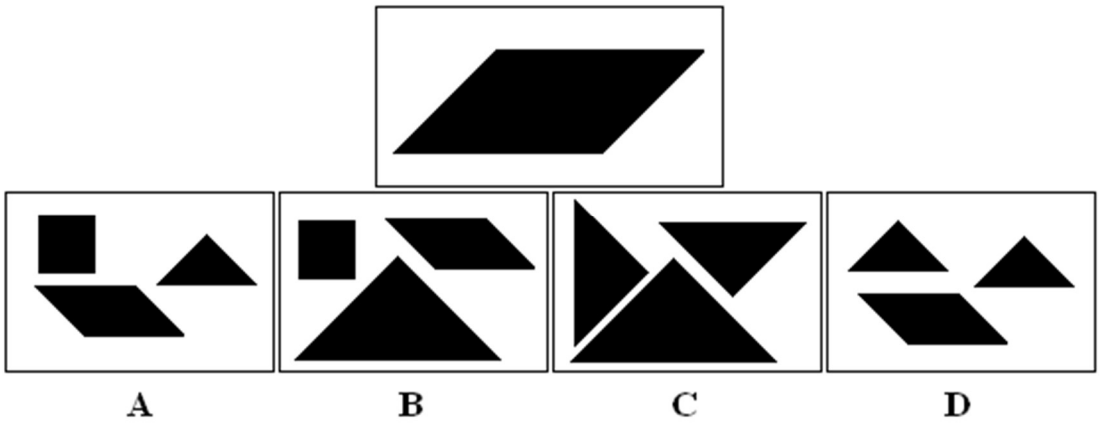
ส่วนแบบพับกล่องโจทย์จะกำหนดภาพปัญหาให้ ซึ่งมีภาพคล้ายกับกล่องกระดาษที่คลี่ออก ผู้ตอบจะต้องมีมโนภาพว่าเมื่อพับกระดาษตามรอยที่กำหนดให้จะได้กล่องรูปอะไร ทั้งนี้คำตอบจะต้องเป็นกล่องที่มีขนาดเท่าเดิม และมีรูปร่างเหมือนเดิม และมีรายละเอียดอื่น ๆ เช่น สี หรือ จุด มีขนาดที่ถูกต้อง ภาพที่ 2-14



ภาพที่ 2-14 มิติสัมพันธ์แบบพับกล่อง

7) แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบจับคู่ชิ้นส่วนกับภาพ (Matching Parts and Figure)

แบบจับคู่ชิ้นส่วนกับภาพนี้ โจทย์จะกำหนดรูปปัญหาให้ 1 ภาพ ผู้ตอบจะต้องมีมโนภาพว่าเมื่อรูปที่กำหนดให้แยกออกเป็นส่วน ๆ โดยภาพที่จัดเข้าคู่แล้วเสร็จจะทำหน้าที่เป็นตัวปัญหา ของข้อสอบแบบเลือกตอบ ภาพที่ให้เป็นชิ้น ๆ อาจเป็น 2, 3 หรือ 4 ชิ้น ทำหน้าที่เป็นตัวเลือก เมื่อนำชิ้นส่วนมาจัดเข้าคู่แล้วเสร็จจะได้ภาพใด ดังภาพที่ 2-15



ภาพที่ 2-15 มิติสัมพันธ์แบบจับคู่ชิ้นส่วนกับภาพ

จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีหลายรูปแบบที่ใช้วัดระดับความสามารถในการมองภาพ และการจินตนาการภาพคำตอบ ของกลุ่มตัวอย่างได้แตกต่างกัน โดยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีความสำคัญต่อความสามารถของกระบวนการรับรู้และการเรียนรู้ สามารถพัฒนาให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นได้ ด้วยการฝึกทักษะทางสมองที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ แต่ทั้งนี้แบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต้องมีคุณภาพด้านความตรง ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น และผู้ที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงยังส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นด้วย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

Jones and Burnett (2008) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ด้านมิติสัมพันธ์กับการสำเร็จการศึกษาของนักศึกษาปริญญาโท จำนวน 49 คน ที่ลงทะเบียนเรียนหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างความสามารถด้านมิติสัมพันธ์กับความสำเร็จในการเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ Cheng and Mix (2014) ที่ศึกษาการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงาน และการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่มีอายุระหว่าง 6-8 ปี โดยดำเนินการสอบเรื่องจำนวน และทักษะคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนแบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม นักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการฝึกการหมุนของวัตถุ เพื่อพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุม ฝึกปริศนาอักษรไขว้หลังการฝึก พบว่าคะแนนหลังการฝึกของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงขึ้น และมีประสิทธิภาพในการทำงานดีขึ้น ในทางตรงกันข้ามนักเรียนในกลุ่มควบคุม ไม่ได้ปรับปรุงในวิชาคณิตศาสตร์ทั้งคะแนน และประสิทธิภาพการทำงาน

Neubauer, Bergner, and Schatz (2010) ได้ศึกษาอิทธิพลของเพศและการฝึกที่มีต่อจินตภาพการหมุน (Mental Rotation) และการกระตุ้นสมอง (Brain Activation) กับกลุ่มตัวอย่างที่ถนัดมือขวา จำนวน 77 คน เป็นเพศหญิง จำนวน 39 คน เพศชาย จำนวน 38 คน มีอายุเฉลี่ย 15 ปี โดยการเปรียบเทียบระหว่างกิจกรรมทดสอบบนจอภาพ 2 มิติ และ 3 มิติ ในการทดสอบความสามารถเชิงจินตนาการภาพการหมุนก่อนและหลังฝึก ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบสติปัญญา (Intelligent Structured Analysis) ที่พัฒนาจากโมเดลสติปัญญาของ Thurstone ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถเชิงจินตนาการภาพการหมุนทั้งสองชนิด พร้อมกับวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง รูปแบบของแบบทดสอบบนหน้าจอ 2 มิติ และ 3 มิติ ประกอบด้วย 5 กิจกรรม เป็นแบบทดสอบที่ใช้ภาพกระตุ้น ข้อแตกต่างคือการแสดงผลบนหน้าจอ 2 มิติ และ 3 มิติ ขณะฝึกต้องเล่นกิจกรรม 7 ชนิด เป็นเวลา 14 วัน การวิเคราะห์ข้อมูลของคลื่นไฟฟ้าสมอง ใช้เทคนิค ERD (Event–Related Desynchronization Approach) ของคลื่น Alpha ผลการวิจัยพบว่า เพศชายมีคะแนนการทำแบบทดสอบความสามารถเชิงจินตนาการภาพการหมุนในรูปแบบ 2 มิติ สูงกว่าเพศหญิง แต่ไม่สามารถจำแนกได้ว่าเพศชายมีคะแนนความสามารถเชิงจินตนาการภาพการหมุนในรูปแบบ 3 มิติ สูงกว่าเพศหญิง กลุ่มทดลองใช้

เวลาการทำกิจกรรมการหมุนในรูปแบบ 3 มิติ น้อยกว่าการทำกิจกรรมการหมุนในรูปแบบ 2 มิติ และเพศชายหลังการฝึกมีการกระตุ้นสมองน้อยกว่าก่อนการฝึก

Khooshabeh and Hegarty (2010) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านมิติสัมพันธ์กับความสามารถในการจินตนาการ พบว่าผู้เรียนที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง ย่อมมีโครงสร้างความสามารถในการจินตนาการสูง แต่ผู้เรียนที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ ย่อมมีโครงสร้างความสามารถในการจินตนาการต่ำ เนื่องจากไม่สามารถเชื่อมโยงรูปภาพ รูปทรง ที่มีลักษณะที่ซับซ้อนมากเกินไปได้ ดังนั้นตัวชี้นำด้วยภาพที่จะปรากฏในบทเรียนมัลติมีเดียแบบเกมจะทำหน้าที่ชี้แนะให้คำแนะนำต่าง ๆ ในการเล่นเกม จะมีส่วนช่วยให้ผู้เรียนที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ เกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อเป็นการพัฒนาให้ผู้เรียนที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ ได้รับการเรียนรู้ และฝึกฝนให้มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงขึ้น

Connolly et al. (2012) ใช้แนวคิดของการสร้างเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างสมอง (Brain Structure) และการเพิ่มสมรรถนะในการทำหน้าที่ของสมองอย่างเต็มประสิทธิภาพ (Brain Function) ทำให้ส่วนต่าง ๆ ของสมองเกิดการไหลเวียนเลือดดีขึ้น ส่งผลทำให้เลือดไปเลี้ยงสมองในส่วนกลีบสมองส่วน Occipital Lobe ทางด้านหลังของกลีบสมองส่วนด้านข้างศีรษะ (Posterior Parietal Lobe) และถ้าได้รับกิจกรรมชุดที่ยาก ปริมาณการใช้เลือดมากขึ้นกว่ากิจกรรมชุดที่ง่าย นอกจากนี้จะทำให้ความจำขณะทำงาน (Working Memory) ดีขึ้น ส่งผลให้กลุ่มทดลองมีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงขึ้น (Wright, Thompson, Ganis, Newcombe, & Kosslyn, 2008, pp. 763-771) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับเส้นทาง (Pathway) ของกระบวนการเกิดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ซึ่งเริ่มจากการรับรู้สิ่งเร้าจากภายนอกเข้ามายังตา ส่งที่เกี่ยวข้องกับสถานที่ (Location) การเคลื่อนที่การแปลงของวัตถุ และมิติสัมพันธ์ (Motes, Malach, & Kozhevnikov, 2008, pp. 1727-1731)

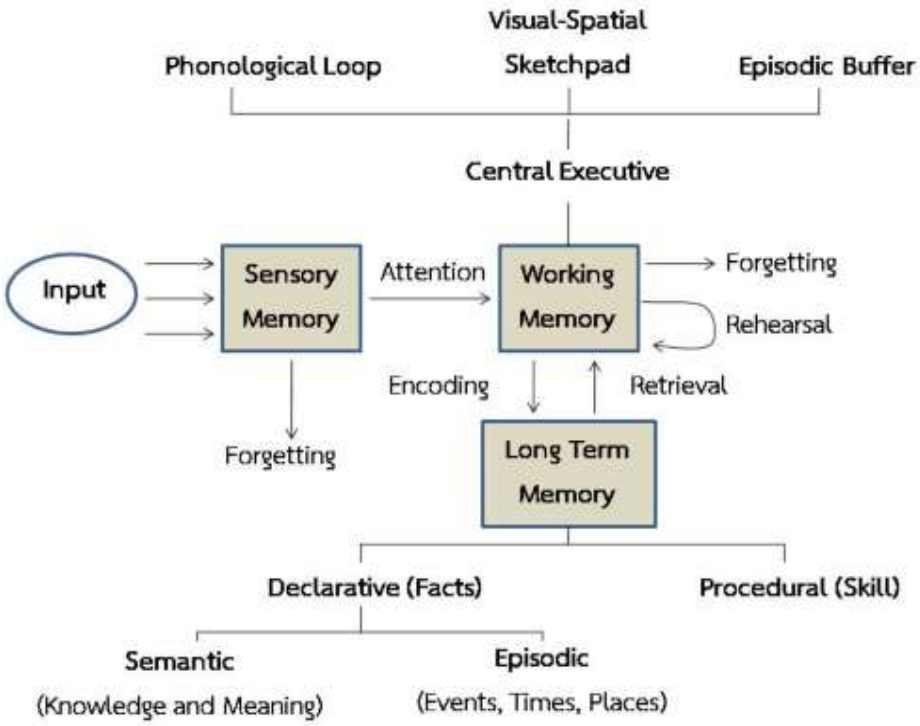
Träff (2013) ได้ศึกษาโดยการตรวจสอบความสัมพันธ์ขององค์ประกอบความสามารถด้านกระบวนการทางปัญญา (General Cognitive Abilities) ความสามารถด้านจำนวน ในการแก้ปัญหา (Number Abilities to Word Problem Solving) การคำนวณ (Calculation) และการตอบกลับด้านเลขคณิต (Arithmetic Fact Retrieval) กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กนักเรียนจำนวน 134 คน อายุ 10 ถึง 13 ปี พบว่า ระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์และระบบเก็บจำด้านภาษา เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ การศึกษาส่วนใหญ่เน้นทักษะการคำนวณเลขคณิตในนักเรียนชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษา เน้นความสัมพันธ์ของระบบเก็บจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์กับการคำนวณเลขคณิตในช่วงกว้าง ขยายไปสู่ความสัมพันธ์กับเลขคณิตที่ไม่ใช้สัญลักษณ์

Julià and Antolí (2016) ได้ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรการใช้หุ่นยนต์ (Robotics) ในการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนอายุ 12 ปี ซึ่งมีนักการ

ศึกษาหลายท่านยืนยันถึงความสำคัญของการที่นักเรียนมีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และการสร้างมโนภาพ จะประสบความสำเร็จทางวิชาการในสาขาต่าง ๆ เช่นวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีหรือวิศวกรรม จุดมุ่งหมายที่สำคัญในการศึกษาคือ การสร้างแรงจูงใจเพื่อกระตุ้นการมีส่วนร่วมของนักเรียนในการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติ และพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา โดยการสุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มทดลอง (EG) ซึ่งเข้าร่วมในหลักสูตรการใช้หุ่นยนต์ และกลุ่มควบคุม (CG) ซึ่งไม่ได้มีส่วนร่วมในหลักสูตรการใช้หุ่นยนต์ โดยมีการประเมินความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ด้วยการทดสอบก่อนของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังจากจบหลักสูตรการใช้หุ่นยนต์ในการเรียนการสอน นักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ได้รับการทดสอบด้วยการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบชุดเดิม ผลการศึกษาพบว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลอง มีการเปลี่ยนแปลงทางบวกสูงกว่าการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 3 ความสามารถด้านความจำความหมาย (Semantic Memory Ability) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความจำ (Memory) เป็นองค์ประกอบหนึ่งของความสามารถพื้นฐานมนุษย์ (Associative Memory หรือ M-Factor) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถทางปัญญาพื้นฐาน (Primary Mental Ability) ของ Thurstone (1958 Cited in Gregory, 2007, pp. 246-247) เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษา การดึงและการใช้ข้อมูล โดยถูกกระตุ้นจากสิ่งเร้า การเห็นภาพเหตุการณ์ หรือทักษะ แล้วเก็บรักษาข้อมูลเดิมให้คงอยู่ต่อไป (Goldstein, 2014) และความสามารถดึงทักษะ หรือข้อมูลที่ได้มาก่อนนี้ โดยการสร้างความหมายให้กับข้อมูลที่รับรู้ การทวนซ้ำ โดยการทบทวนข้อมูลนั้น ๆ เพื่อให้คงอยู่ การจัดเก็บข้อมูลโดยวิธีจัดระบบข้อมูลเพื่อให้ง่ายในการจดจำ การรื้อฟื้นความจำโดยการนำข้อมูลที่เก็บไว้ออกมาใช้เมื่อต้องการหรือเมื่อมีสิ่งเข้ามากระตุ้น เช่น มีข้อมูลเข้ามาใหม่ก็ต้องรื้อฟื้นข้อมูลเก่าให้ย้อนกลับออกมาใช้ผสมผสานกับข้อมูลใหม่ เป็นต้น กระบวนการที่เกิดขึ้นในความจำระยะสั้นดังกล่าว เรียกว่า กระบวนการควบคุมเพื่อจัดเก็บข้อมูลให้เป็นความจำระยะยาว แล้วเรียกข้อมูลกลับมาใช้ในภายหลัง จากโมเดลการประมวลผลข้อมูลของความจำ Atkinson and Shiffrin (1968, p. 17) ได้นำเสนอโมเดลระบบความจำของมนุษย์ ประกอบด้วย ความจำรับสัมผัส (Sensory Memory) ความจำขณะทำงาน (Working Memory) และความจำระยะยาว (Long Term Memory) ดังภาพที่ 2-16



ภาพที่ 2-16 โมเดลระบบความจำของมนุษย์ (Atkinson & Shiffrin, 1968, p. 17)

โมเดลระบบความจำของมนุษย์ของ Atkinson and Shiffrin (1968, p. 17) แบ่งระบบความจำเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. ความจำรับสัมผัส (Sensory Memory) เป็นระบบการเก็บข้อมูลจากประสาทสัมผัสเมื่อสิ่งเร้าหรือข้อมูลภายนอกมาสัมผัสกับประสาทรับความรู้สึกที่รับรู้ผ่านทางตา หู ประสาทสัมผัส หรือหลายสัมผัสในเวลาเดียวกัน ข้อมูลต่าง ๆ จะถูกเก็บในระยะเวลาสั้นมากแล้วผ่านเลยไป หรือจะถูกส่งผ่านไปยังหน่วยความจำถัดไป ความจุของความจำรับสัมผัสจะใหญ่แต่ระยะเวลาในการจัดเก็บข้อมูลน้อยกว่า 2 วินาที โดยการส่งต่อการทำงานผ่านทาลามัส (Thalamus) ที่อยู่ในสมอง มีหน้าที่คัดกรองและส่งสัญญาณไปยังสมองส่วนต่าง ๆ หากเป็นข้อมูลที่ใส่ใจ (Attention) จะเกิดการบันทึก (Encoding) ไว้ ทาลามัสจะส่งข้อมูลไปเก็บที่ความจำระยะสั้น (Short - Term Memory) แล้วส่งต่อไปยังยังฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) ทำหน้าที่ย้ายข้อมูลไปจัดเก็บไว้ในความจำระยะยาว (Long - Term Memory) ความจำรับสัมผัส แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.1 ความจำภาพติดตา (Visual Sensory Memory or Iconic Memory) เป็นภาพที่ติดอยู่ในความทรงจำหลังจากที่รับภาพซึ่งเป็นสิ่งเร้าทางตาสิ้นสุดลง แต่ภาพที่เห็นไม่ได้หายไปทันทีพร้อมกับรูปภาพ ยังคงติดตาอยู่ 1 วินาที ในระหว่างที่เป็นภาพติดตาอยู่นี้ ภาพใดที่สมองใส่ใจจะเป็น

การรับรู้แล้วนำสู่ระบบความจำระยะสั้น ส่วนภาพใดที่สมองไม่ใส่ใจก็เลือนหายไป

1.2 ความจำเสียงก้องหู (Auditory Sensory Memory or Echoic Memory) เป็นความจำเกี่ยวกับเสียงที่ยังคงอยู่ในระบบการได้ยิน 2 - 3 วินาที หลังจากที่เสียงเงียบหายไปการคงอยู่ของเสียงช่วยให้เราสามารถตีความเสียงที่เราได้ยินได้ครบถ้วน

2. ความจำขณะทำงาน (Working Memory) เป็นระบบในการประมวลข้อมูล และเก็บข้อมูลชั่วคราวสามารถเก็บข้อมูลต่าง ๆ ได้เป็นความจำหลังจากมีการเลือกรับรู้สิ่งเร้าว่า สิ่งเร้านั้นคืออะไร เป็นความจำในช่วงเวลาสั้น ๆ ที่มีการคงสภาพของข้อมูล และมีการจัดกระทำข้อมูลจากการทำงานที่ซับซ้อน ความจำขณะทำงานเป็นความจำชั่วคราวที่เราใช้ในขณะที่รับรู้และใช้ข้อมูลหลังจากนั้นไม่เกิน 30 วินาที เราจะลืมสิ่งเร้านั้น

3. ความจำระยะยาว (Long Term Memory) เป็นระบบจัดเก็บสะสมข้อมูล เป็นแหล่งที่มีความจุของความจำขนาดใหญ่มาก สิ่งที่ถูกจัดเก็บในหน่วยความจำระยะยาวมีปริมาณมากมายไม่จำกัด สามารถจัดเก็บ จำข้อมูลที่เกิดขึ้นมานานหรือข้อมูลที่เพิ่งผ่านเข้ามา ความจำระยะยาวเป็นความจำที่ถาวรกว่าความจำรับสัมผัสและความจำระยะสั้น อาจเก็บข้อมูลเป็นเดือน เป็นปีหรือตลอดชีวิต ถูกเรียกใช้ใหม่เมื่อมีการทบทวนจำในสมอง (Rehearsal) ข้อมูลที่เก็บอยู่ในความจำระยะยาวอยู่ในรูปของความหมายหรือความเข้าใจในสิ่งที่บุคคลได้สัมผัส ความหมายและความเข้าใจเป็นผลจากการตีความสิ่งเร้าที่รู้สึกในความจำระยะสั้น ความจำระยะยาว แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

3.1 ความจำเชิงกระบวนการ (Procedural Memory) เป็นระบบความจำในการเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนอง เปรียบเสมือนความจำทางด้านทักษะที่ร่างกายสามารถตอบสนองได้โดยไม่ต้องใช้ข้อมูลเดิม นอกจากนั้นยังเกี่ยวข้องกับทักษะการเคลื่อนไหวของมนุษย์ เช่น การผูกเชือกรองเท้า การเล่นกีฬา การขับรถ เป็นต้น

3.2 ความจำความหมาย (Semantic Memory) เป็นระบบความสามารถในการนำเสนอข้อมูลที่เก็บจำไว้ในความทรงจำ ไม่ใช่ข้อมูลที่ได้รับในปัจจุบัน ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้รับการจัดระเบียบหมวดหมู่แล้วเกี่ยวกับคำสัญลักษณ์ และการจัดประเภทความรู้ (Knowledge Categorization)

3.3 ความจำเหตุการณ์ (Episodic Memory) เป็นระบบที่รับเก็บและเรียกใช้ข้อมูลเป็นช่วง ๆ (Episodes) หรือเป็นเหตุตุการณ์ (Events) รวมทั้งเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลของวัตถุสิ่งของและเรื่องราวต่าง ๆ ได้ นอกจากนี้ยังเป็นความสามารถในการจำเหตุการณ์ ซึ่งมักจะจำรายละเอียดที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์นั้นไปพร้อมกัน

ความจำความหมาย (Semantic Memory) เป็นส่วนหนึ่งของความจำระยะยาว เป็นความจำที่บันทึกความรู้ และความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของคำ วัตถุ บุคคล แนวความคิดและเหตุการณ์ต่าง ๆ (Caramazza & Mahon, 2006, pp. 13-38; Patterson, Nestor, & Rogers,

2007, pp. 976-987; Rogers et al., 2004, p. 205) ที่เป็นความรู้ทั่วไป เช่น ชื่อของสี เสียงของตัวอักษร เขตภูมิภาค เมืองหลวงของประเทศต่าง ๆ ความรู้ต่าง ๆ ทางภาษา ความรู้เกี่ยวกับเวลาและบุคคลในประวัติศาสตร์ ความสามารถในการจำเพื่อนและคนคุ้นเคยต่าง ๆ ได้ และบทเรียนในโรงเรียน เช่นคำศัพท์เฉพาะทางต่าง ๆ การอ่าน การเขียน และวิชาคณิต และข้อเท็จจริงพื้นฐานอื่น ๆ ดังนั้นจึงมีนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมาย ดังนี้

Tulving (1986, pp. 573-577) ได้ให้ความหมายของความจำความหมายว่า เป็นความหมายของความทรงจำสำหรับเหตุการณ์ที่กำหนดไว้ในแง่ของเวลาและสถานที่ และเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละบุคคล ดังนั้นการรู้ว่ากรุงลอนดอนเป็นชื่อของเมืองที่การแข่งขันกีฬาโอลิมปิก 2012 จัดขึ้นเป็นส่วนหนึ่งของหน่วยความจำความหมายในขณะที่การระลึกถึงการไปเยือนกรุงลอนดอนเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกถือเป็นความทรงจำที่เป็นเหตุการณ์ (Episodic Memory)

Balota and Coane (2008, pp. 512-531) ให้ความหมายของความจำความหมายว่า หมายถึง ลักษณะของการเป็นตัวแทนของความหมายและประเภท เป็นศูนย์กลางของความหมายเป็นสิ่งสำคัญในการจำแนกประเภทและวิธีการพัฒนาแนวคิด (Bruner, Goodnow, & Austin, 1956) เน้นความสำคัญของการจัดหมวดหมู่ในการจัดสิ่งที่ดูเหมือนจะเป็นฐานข้อมูลที่ไร้ขีดจำกัด ที่ผลักดันการเรียนรู้ของมนุษย์ที่ซับซ้อน และความคิดการจัดประเภทได้รับการพิจารณาว่าเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้และได้รับการปฏิบัติในช่วงวัยเด็ก (Gelman & Markman, 1986, pp. 183-209) และในสายพันธุ์อื่น ๆ เช่นนกพิราบ (Herrnstein, Loveland, & Cable, 1976, p. 285)

Roediger, Zaromb, and Goode (2008, p. 11) ให้ความหมายของความจำความหมายว่า หมายถึงความรู้ทั่วไปของคน เป็นที่เก็บข้อมูลมากมาย ตัวอย่างเช่น ความหมายของหน่วยความจำตั้งแต่ความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์ ความหมายของแนวคิดทุกประเภท แผนผังทั่วไป และข้อเท็จจริงเฉพาะเกี่ยวกับโลกเช่นเมืองหลวงของประเทศฝรั่งเศส หรือสงครามที่มีชื่อเสียงในสมัยสงครามโลกครั้งที่สอง

Simmons and Martin (2009, pp. 645-649) ให้นิยามว่าความจำความหมาย หมายถึงหน่วยความจำระยะยาวที่มีความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง เหตุการณ์ ความคิด และแนวความคิด ครอบคลุมพื้นที่กว้างใหญ่ตั้งแต่ข้อมูลเกี่ยวกับข้อเท็จจริงทางประวัติศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ รายละเอียดของเหตุการณ์สาธารณะ และสมการทางคณิตศาสตร์

Ganis and Schendan (2013, p. 354) ให้นิยามว่าความจำความหมาย เป็นหน่วยความจำระยะยาวที่ใส่ใจในความหมาย ความเข้าใจและข้อเท็จจริงเชิงแนวคิดเกี่ยวกับโลก ความจำความหมายเป็นหนึ่งในสองประเภทหลักของความจำระยะยาว (Long Term Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่สามารถเรียกคืนไปสู่การรับรู้ (จากหลายวินาทีถึงหลายปี)

Cristofori and Levin (2015, pp. 579-611) ให้ความหมายของความจำความหมายว่าเป็นความหมายเกี่ยวกับโลกหรือตัวเองและได้รับการประเมินโดยใช้วัสดุที่คุ้นเคยกับผู้ป่วยก่อนได้รับ

บาดเจ็บ ตัวอย่าง เช่น ให้ผู้ป่วยดูภาพใบหน้าของบุคคลที่มีชื่อเสียงหรือคุ้นเคย (Levine et al., 1998, pp. 1951-1973) การศึกษาหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่าผู้ป่วยที่เป็นโรค TBI มีความบกพร่องในความจำความหมาย (Kapur, Ellison, Smith, McLellan, & Burrows, 1992, pp. 73-85; O'connor, Butters, Miliotis, Eslinger, & Cermak, 1992, pp. 159-178; Mattioli et al., 1996, pp. 121-129)

จากการศึกษานิยามของความจำความหมาย สรุปได้ว่าความจำความหมายเป็นส่วนหนึ่งของความจำระยะยาว เป็นความจำที่บันทึกความรู้พื้นฐานที่เป็นข้อเท็จจริงเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ถูกจัดเก็บในความทรงจำในรูปแบบของความเชื่อมโยงกันในลักษณะคล้ายตาข่าย และการเชื่อมโยงนี้เกิดเป็นความหมายของสิ่ง ๆ นั้นขึ้นมาในความคิดของมนุษย์ โดยต้องมีความใส่ใจ (Attention) ต่อสิ่งเร้า (Stimulus) ความใส่ใจ เป็นกระบวนการหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญมากต่อการเรียนรู้ กระบวนการนี้จัดเป็นหน้าที่ขั้นสูงของสมองที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจวัด (Detection) การแยกแยะ (Discrimination) และการจัดการต่อสิ่งเร้า (Cognitive Processing) ซึ่งกระบวนการนี้ขึ้นอยู่กับเป้าหมายและการทำงานของสมองในส่วน Prefrontal Cortex เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสมอง ถ้าต้องการทราบถึงระดับความสามารถด้านความจำความหมายจะต้องมีเครื่องมือวัดที่สามารถไปกระตุ้นให้เกิดกระบวนการทางสมอง เพื่อให้มีการประมวลผลและสั่งการออกมาในรูปของความความสามารถด้านความจำความหมายที่สามารถประมาณค่าออกมาเป็นปริมาณได้

การวัดความสามารถด้านความจำความหมาย

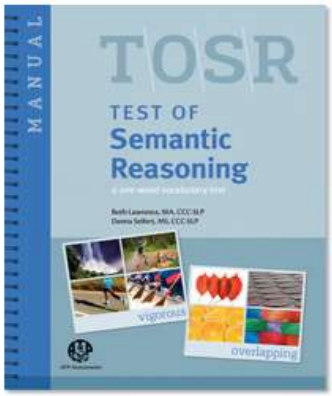
การวัดความสามารถด้านความจำความหมาย สามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมายที่สร้างขึ้นตามคำนิยามของความจำความหมาย จากหลายสถาบัน อาทิเช่น

1. แบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย Test of Word Knowledge: TOWK)

ภาพที่ 2-17 แบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย (Test of Word Knowledge: TOWK)

ลักษณะของแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย ออกแบบมาเพื่อการทดสอบความรู้ของคำ (TOWK) ช่วยประเมินความสามารถในการเข้าใจและใช้คำของนักเรียน TOWK ให้คะแนนมาตรฐานสำหรับการทดสอบย่อยที่กำหนดเป้าหมายคำศัพท์สำนวน คำพ้องความหมาย คำจำกัดความการใช้รูปสัญลักษณ์บริบทหลายคำ คำและการเปลี่ยนคำ แบบทดสอบนี้ใช้กับเด็กอายุ 5 – 17 ปี 11 เดือน ใช้เวลาในการทดสอบ 40 นาที

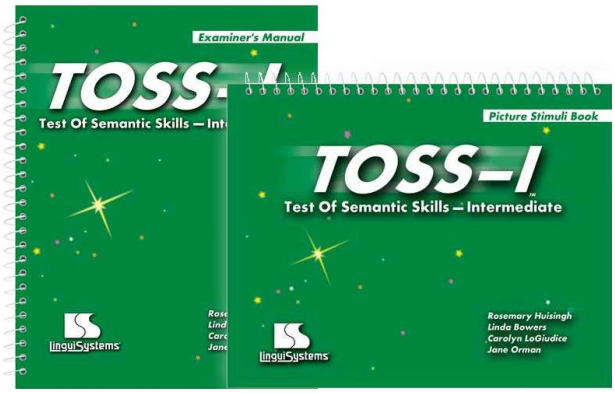
2. แบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย (Test of Semantic Reasoning: TOSR)



ภาพที่ 2-18 แบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย (Test of Semantic Reasoning: TOSR)

ลักษณะของแบบทดสอบ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความหมายเชิงการให้เหตุผล (TOSR) เป็นการประเมินความรู้ที่เป็นมาตรฐานใหม่ สำหรับเด็กและเยาวชนอายุระหว่าง 7 ถึง 17 ปี ลักษณะของคำถามเป็นกระบวนการที่ได้คำศัพท์ใหม่ ที่ได้จากการเรียนรู้เหตุผลที่มีความหมาย เรียกค้นจากศัพท์ภาษาอังกฤษผ่านการวิเคราะห์ภาพหลายภาพที่ถ่ายทอดบริบทต่าง ๆ คำที่มีความหมาย

3. แบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย (Test of Semantic Skills-Intermediate: TOSS-I)



ภาพที่ 2-19 แบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย (Test of Semantic Skills-Intermediate: TOSS-I)

ลักษณะของแบบทดสอบ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดทักษะความหมาย ระดับกลาง (TOSS-I) เพื่อประเมินทักษะความหมายของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ถึงชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น TOSS-I ทำการสำรวจความหมาย และคำศัพท์ 10 แบบโดยใช้ภาพประกอบและคำถามทดสอบที่เป็นรูปธรรม 19 หัวข้อที่ใช้ในชีวิตประจำวัน รายการทดสอบเน้นคำศัพท์ที่มีความหมายต่อประสบการณ์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ถึงชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย มีหลายรูปแบบที่ใช้วัดระดับความสามารถด้านความจำความหมาย สำรวจความหมายและคำศัพท์โดยใช้ภาพประกอบ คำถามทดสอบเป็นรูปธรรมที่ใช้ในชีวิตประจำวัน รายการทดสอบเน้นคำศัพท์ที่มีความหมายต่อประสบการณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยความสามารถด้านความจำความหมาย มีความสำคัญต่อความสามารถของกระบวนการรับรู้และการเรียนรู้ สามารถพัฒนาให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นได้ ด้วยการฝึกทักษะทางสมองที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านความจำความหมาย และผู้ที่มีความสามารถด้านความจำความหมายสูงยังส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นด้วย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านความจำความหมาย

Multhaup, Balota, and Faust (2003) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความถูกต้องของความจำความหมาย (Semantic Memory) ซึ่งมีข้อโต้แย้งที่ว่าภาวะสมองเสื่อมประเภทอัลไซเมอร์ (Dementia of the Alzheimer Type: DAT) สัมพันธ์กับความล้มเหลวของความจำความหมาย และมีความสัมพันธ์กับความจำความหมายก่อนหน้า ที่มีความล้มเหลวในการรื้อฟื้นความจำ (Retrieval) โดยการศึกษาข้อโต้แย้งดังกล่าวใช้แนวคิดของ (Release from Proactive Interference: RPI) ในการหาคำตอบ โดยการศึกษากับกลุ่มผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดี และผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมประเภท

อัลไซเมอร์ (DAT) การทดลองได้ใช้กิจกรรมการอ่านคำ 3 รายการ เช่น การนับ ตัวเลข 0, 3, 6 หรือ 9 แล้วให้รื้อฟื้นการจำคำที่ได้อ่าน การวิจัยได้ข้อสรุปว่ากลุ่มผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดี และผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมประเภทอัลไซเมอร์ มีการรบกวนการเรียนรู้ ใหม่จากความจำเดิม อย่างมีนัยสำคัญ แต่กลุ่มผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมประเภทอัลไซเมอร์ มีขนาดของการรบกวนการเรียนรู้ใหม่จากความจำ มีนัยสำคัญน้อย ส่วนความแตกต่างของกลุ่มผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดี และผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมประเภทอัลไซเมอร์ ในอัตราความเร็วของการลืมของกลุ่มผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมประเภทอัลไซเมอร์ เกิดขึ้นรวดเร็ว ส่วนการหลุดพ้นจากการรบกวนการเรียนรู้ใหม่จากความจำเดิมของกลุ่มผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดี และผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมประเภทอัลไซเมอร์ พบว่ามีนัยสำคัญและมีความแตกต่างระหว่างกลุ่มในเรื่องของขนาด ดังนั้นจึงแนะนำให้ทำกิจกรรมในการจำความหมาย เพื่อช่วยในการเก็บรักษาความจำไว้ได้ในกลุ่มที่เริ่มมีภาวะสมองเสื่อมประเภทอัลไซเมอร์

Klingberg (2006) ได้ทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ฝึกหัดความจำ เรียกว่า โรโบเมมโม (RoboMemo) กับเด็กที่เป็นโรคสมาธิสั้น (Attention-Deficit/ Hyperactivity Disorder: ADHD) ที่ไม่ได้รับการรักษาด้วยยา อายุระหว่าง 7 - 12 ปี จำนวน 53 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมจำนวน 26 คน และกลุ่มทดลองจำนวน 27 คน ที่ได้รับการฝึกด้วยโปรแกรมโรโบเมมโม ซึ่งมีกิจกรรมที่ให้ฝึกหัด จำนวน 90 กิจกรรมต่อวัน ใช้เวลาประมาณ 40 นาที เป็นเวลา 5 - 6 สัปดาห์ เด็กทั้งสองกลุ่มจะได้รับการประเมินด้วยเครื่องมือที่ใช้วัดความจำ (Span-Board Task, Digit Span) เครื่องมือที่ใช้วัดการยับยั้ง (Stroop Interference Task) เครื่องมือใช้วัดความสามารถในการให้เหตุผล (Raven’s Colored Progressive Matrices) และให้ผู้ปกครองทำแบบประเมินตนเองเกี่ยวกับอาการของโรคสมาธิสั้น (Conners Rating Scale for Parents and Teachers) จำนวน 3 ครั้ง คือก่อนการใช้โปรแกรม หลังการใช้โปรแกรม และ 3 เดือนหลังการใช้โปรแกรม ปรากฏว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนความจำขณะทำงาน คะแนนการยับยั้ง และคะแนนความสามารถในการให้เหตุผล หลังจากใช้โปรแกรมสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รวมทั้งมีคะแนนการประเมิน ตนเองเกี่ยวกับอาการของโรคสมาธิสั้นของผู้ปกครองหลังจากใช้โปรแกรมต่ำกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Rogers et al. (2006) ได้ศึกษาผู้ที่มีความบกพร่องทางสมอง ซึ่งสมองส่วน Temporal Lobes มีความสำคัญสำหรับความสามารถความจำความหมายในมนุษย์ คณะผู้วิจัยได้ศึกษากับผู้ป่วยที่มีความบกพร่องทางสมองโดยการกำหนดสิ่งเร้าเป็นภาพสี ที่จัดหมวดหมู่ เช่น เป็น ภาพสัตว์ ยานพาหนะ และงานที่จัดไว้เป็นหมวดหมู่ ผู้ป่วยที่ได้รับการทดลองจะมีผลของการดึงข้อมูลความหมายที่เฉพาะเจาะจงได้ดีขึ้น และมีความจำที่ดีขึ้น

Jiang, Shim, and Makovski (2008) ได้ศึกษาการเรียนรู้ใหม่จากความจำเดิมของความจำขณะทำงานด้านการจำภาพ (Visual Working Memory: VWM) ที่เก็บรักษาข้อมูลไว้ก่อนนี้

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่กำลังศึกษาในมหาวิทยาลัยที่มีสายตาปกติ จากการวิจัยได้ข้อสรุปว่า มนุษย์มีการเก็บรักษาความจำเดิมไว้ ซึ่งความจำที่เก็บไว้นี้มักจะเข้าไปแทรกในหน่วย ความจำปัจจุบัน ทั้งนี้ภาพที่มีสีตรงกันจากข้อมูลเก่าที่เก็บรักษาไว้ในความจำขณะทำงาน จะมีการรบกวนความจำลดลงได้ ส่วนรูปร่างและตำแหน่งที่ตั้งของภาพที่ต่างกันมีผลต่อการทำให้เกิดความสับสนในการจำ ส่วนกระบวนการใส่ใจผลที่ได้ไม่แตกต่างกัน การวิจัยครั้งนี้ให้ข้อเสนอแนะว่าหากบุคคลสามารถลบข้อมูลภาพเก่าที่ไม่พึงประสงค์ออกจากความจำขณะทำงานในปัจจุบันได้ จะทำให้มีพื้นที่สำหรับบันทึกหน่วยความจำใหม่ได้ดี ดังนั้นเราจึงควรมีการควบคุมข้อมูลที่จะนำเข้าไปเก็บไว้ในความจำขณะทำงาน หากสามารถเก็บรักษาข้อมูลการจำภาพด้วยวิธีการที่ทำให้มีการจำแบบคุ้นเคยหรือการจำที่เป็นอัตโนมัติ (Implicit Memory) ก็จะถูกเก็บไว้ในความจำระยะยาวได้

Farber and Sinitsyn (2009) ได้ศึกษาการทำหน้าที่ขององค์ประกอบของความจำขณะทำงานในเด็กอายุ 7 ถึง 8 ขวบ ด้วยการวิเคราะห์สัญญาณต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมในการทำงานของความจำขณะทำงานกับกิจกรรมที่ใช้กระตุ้น 2 กิจกรรม ได้แก่ Short - term Traces of Visuospatial และตัวอักษรเปรียบเทียบที่เวลา 1500 มิลลิวินาที เพื่อดูความแตกต่างของระดับ (Degree) และหมวด (Mode) เพื่อเชื่อมโยงกับพื้นที่บริเวณผิวสมอง และความกว้างกับความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง พบว่ากิจกรรมมิติสัมพันธ์ (Visuospatial) มีคลื่นสมองที่สูงขึ้น กิจกรรมที่เป็นตัวอักษรคลื่นไฟฟ้าสมองเพิ่มขึ้นมีการตอบสนองในทางบวก

Darling, Martin, and Macrae (2010) ได้ศึกษาการควบคุมการถูกรบกวนกันของข้อมูลด้วยวิธีการจำความหมาย (Semantic Information) เกี่ยวกับบุคคล โดยใช้วิธีการจัดกลุ่มหรือหมวดหมู่ การศึกษาครั้งนี้ได้ทดลองกับนักศึกษาปริญญาตรี ที่มีอายุตั้งแต่ 18–24 ปี ผลการศึกษาได้ข้อสรุปว่า ประสิทธิภาพในการจำมีมากขึ้นเมื่อได้รับข้อมูลในครั้งแรก แล้วประสิทธิภาพการจำจะลดลง ถ้าข้อมูลมีลักษณะที่เหมือนกัน แต่หากมีการเปลี่ยนประเภทจะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการจำได้มากขึ้น แสดงว่าการจัดกลุ่มประเภทของข้อมูลช่วยลดการรบกวนการเรียนรู้ใหม่จากความจำเดิมได้

Kuperman and Van Dyke (2011) ได้ศึกษาทักษะการอ่านของแต่ละบุคคลกับพฤติกรรมการเคลื่อนไหวของลูกตาในการอ่านประโยค กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาเป็นนักพูดที่ไม่ได้กำลังศึกษาอยู่ จำนวน 71 คน มีอายุระหว่าง 16 – 24 ปี ทำการฝึกด้วยด้วยแบบฝึกทางภาษา 18 ชุด และประเมินทักษะทางปัญญา และอ่านชุดของประโยคโดยการเคลื่อนไหวของลูกตาในการอ่านประโยค ขนาดของผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับตัวแปร เช่นความยาว และความถี่ของคำ ผลปรากฏว่า กลุ่มตัวอย่างที่ฝึกการอ่านชุดของประโยคการเคลื่อนไหวของลูกตา มีความสามารถในการอ่านดีขึ้น รวดเร็วขึ้น

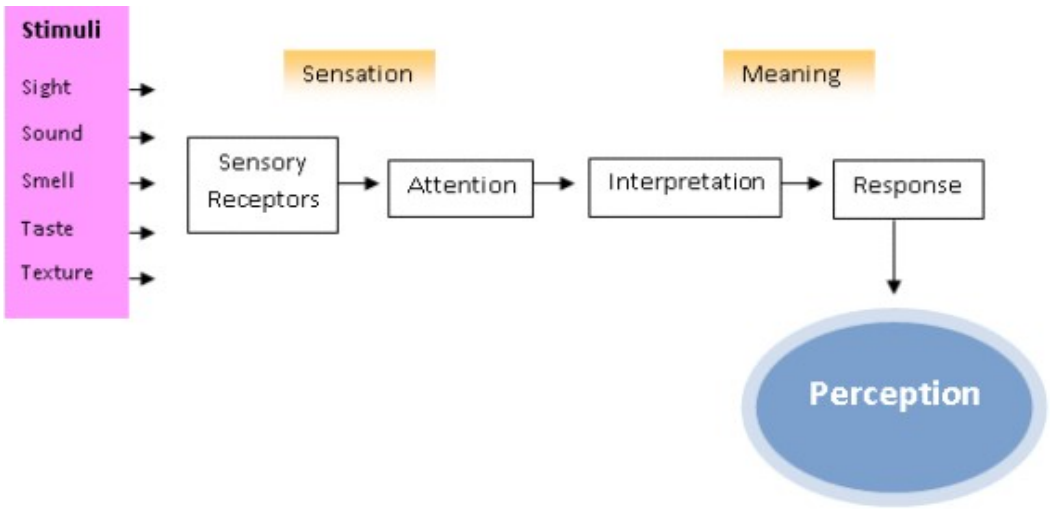
Zoest and Hunt (2011) ได้ศึกษาการเคลื่อนไหวของลูกตากับความสามารถใน

การตัดสินใจการรับรู้ โดยใช้การฝึกแบบไม่ต่อเนื่อง ฝึกโดยการแบ่งฝึกเป็นช่วงเวลา กลุ่มทดลองแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 12 คน กลุ่มทดลองที่ 1 มีอายุระหว่าง 19 – 28 ปี (อายุเฉลี่ย 21.2) กลุ่มทดลองที่ 2 เป็นอาสาสมัคร 12 คน ทดลองโดยการฝึกการเคลื่อนไหวของลูกตากับการดูภาพ ทิศทางและการเคลื่อนไหว ผลที่ได้จากการศึกษามีความคล้ายคลึงกับผลที่นำเสนอโดย Glover (2004, pp. 57-69); Glover and Dixon (2001, p. 560) และ Glover and Dixon (2002, pp. 266-278) ว่าผลของภาพลวงตา โดยการเคลื่อนไหวของลูกตาส่งผลกระทบต่อการตัดสินการรับรู้มากกว่าการกระทำ

Atkins, Berman, Reuter-Lorenz, Lewis, and Jonides (2011) ได้ศึกษาการแก้ปัญหาความจำความหมาย และการรบกวนการเรียนรู้ใหม่จากความจำเดิมของความจำระยะสั้น การศึกษาได้ข้อสรุปว่า กระบวนการที่ควบคุมความสามารถในการรับรู้ การเลือกวิธีการแก้ปัญหาด้วยการใช้วิธีการจำความหมาย จะช่วยลดปัญหาการถูกรบกวนความจำประเภทความจำระยะสั้นได้

ตอนที่ 4 การรับรู้และการรับรู้ทางการมองเห็น (Perception and Visual Perception)

การรับรู้ เป็นกระบวนการแปลความหมายจากการสัมผัส โดยเริ่มตั้งแต่มีสิ่งเร้ามากระทบกับอวัยวะรับสัมผัสทั้ง 5 และส่งกระแสประสาทไปยังสมอง เพื่อแปลความหมายจากสิ่งเร้าที่มากระทบ เป็นความสามารถทางสมองในการแปลความสิ่งเร้าที่มากระทบ โดยต้องใช้กระบวนการรับรู้ (Perception Process) กระบวนการคิด และเข้าใจ (Cognition) ร่วมกันระหว่างประสบการณ์การตอบสนองต่อสิ่งเร้า (Stimuli) ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่าง ผ่านกระบวนการทางการรับสัมผัส (Sensory Receptors) ความใส่ใจ (Attention) การแปลความหมาย (Interpretation) การตอบสนอง (Response) และการรับรู้ (Perception) (Solomon et al., 2010, p. 391) ดังภาพที่ 2-20



ภาพที่ 2-20 กระบวนการรับรู้ (Solomon et al., 2010, p. 391)

กระบวนการรับรู้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ประการคือ องค์ประกอบจากสิ่งเร้า และองค์ประกอบจากตัวบุคคล

1. องค์ประกอบจากสิ่งเร้า

ลักษณะของสิ่งเร้าที่ทำให้เรารับรู้ได้ทันที หรือเป็นสิ่งเร้าที่สามารถดึงดูดความสนใจได้ เป็นอย่างดีควรมีลักษณะต่อไปนี้ (Quinn, 1995, pp. 33 – 34)

1.1 ความเข้มและขนาด (Intensity and Size) เช่น เสียงดัง แสงสว่าง ขนาดใหญ่ ทำให้เราเลือกรับรู้ได้มากกว่าสิ่งเร้าที่มีลักษณะตรงกันข้าม

1.2 ความผิดแผกกัน (Contrast) ลองนึกถึงเวลาที่เราอ่านหนังสือตัวหนังสือที่อยู่ในเครื่องหมายคำพูด “ ” หรือเขียนตัวเอนลักษณะที่ผิดแผกดังกล่าวจะทำให้เราเลือกรับรู้ได้มากกว่าลักษณะปกติธรรมดา

1.3 การกระทำซ้ำ (Repetition) การกระทำซ้ำ ๆ เช่น เรียกชื่อซ้ำเป็นครั้งที่ 2 หรือครั้งที่ 3 เราจะได้ยินชื่อเราได้ดีเมื่อถูกเรียกซ้ำ

1.4 การเคลื่อนไหว (Movement) สิ่งเร้าที่เคลื่อนไหวจะดึงดูดการรับรู้ได้ดีกว่าสิ่งเร้าที่ไม่เคลื่อนไหว เช่น ป้ายโฆษณาที่มีตัวหนังสือเป็นไฟวิ่งเคลื่อนไหวหรือไฟกะพริบจะดึงดูดการรับรู้ได้ดีกว่าป้ายโฆษณาที่ไม่มีตัวหนังสือเป็นไฟวิ่งเคลื่อนไหวหรือไฟกะพริบหรือในกลุ่มคนที่นั่งนิ่งอยู่ ถ้ามีใครสักคนหนึ่งเคลื่อนไหวหรือลุกขึ้นยืนจะดึงดูดการรับรู้ขึ้นมาได้ทันที

1.5 ความแปลกใหม่ (Novelty) ความสนใจของบุคคลสามารถเปลี่ยนได้ด้วยการเสนอสิ่งเร้าที่มีความแปลกใหม่ เช่น ถ้าท่านอ่านหนังสือได้ยินเสียงแตรไซเรนของรถดับเพลิงแล่นผ่านก็อาจทำให้ท่านหยุดอ่านและลุกไปที่หน้าบ้านของท่านก็ได้

1.6 การใช้อิทธิพลทางสังคม (Social Insinuations) เป็นการใช้สิ่งของหรือบุคคลที่มีอิทธิพลทางสังคมกระตุ้นให้เกิดความสนใจ ทั้งนี้เนื่องจากการที่คน ๆ หนึ่งหรือสิ่ง ๆ หนึ่งได้รับความสนใจจากสังคมอย่างมาก เช่นในการโฆษณาสินค้าบ่อยครั้งที่เสนอข้อมูลว่าสินค้านั้นกำลังได้รับความนิยมอย่างมาก หรือได้รับรองมาตรฐานจากองค์กรต่าง ๆ หรือได้รับคำรับรองจากบุคคลที่มีชื่อเสียงบางคน เป็นต้น

2. องค์ประกอบจากตัวบุคคล ประกอบด้วย

2.1 องค์ประกอบทางด้านสรีรวิทยา (Physiological Factors) เนื่องจากอวัยวะรับสัมผัสของคนแต่ละคนมีความสามารถจำกัด คือไม่สามารถที่จะตอบสนองสิ่งเร้าทุกชนิดได้ นอกจากนั้นสภาพของร่างกายในแต่ละช่วงเวลา ก็ยังมีอิทธิพลต่อการรับรู้ของตนเราด้วย เช่น อายุ เมื่อเราอายุมากขึ้นสมรรถภาพในการรับสัมผัสจะลดน้อยลงไปด้วย เช่น หู หลังจากอายุ 20 ปี ความสามารถในการฟังจะลดลง ความเมื่อยล้าเมื่อร่างกายเกิดความเมื่อยล้าจะทำให้การรับรู้ผิดพลาดได้ อิทธิพลของสารเคมีบางประเภท เช่น แอลกอฮอล์สามารถทำให้สมรรถภาพในการรับรู้เปลี่ยนไปได้

2.2 องค์ประกอบด้านด้านจิตวิทยา (Psychological Factors) ได้แก่

2.2.1 แรงผลักดันหรือแรงจูงใจ (Motives) เรามักเห็นในสิ่งที่เราต้องการเห็น และได้ยินในสิ่งที่ต้องการได้ยิน เพื่อตอบสนองความต้องการของตนเอง

2.2.2 ประสบการณ์เดิม (Past Experience) คนเราเติบโตมาจากสภาพแวดล้อม การเลี้ยงดูและสังคมที่แตกต่างกัน

2.2.3 กรอบอ้างอิง (Frame of Reference) ซึ่งเกิดจากการอบรมสั่งสอนทางครอบครัว และสังคมคนที่มาต่างครอบครัว มีสถานะทางสังคมต่างกัน นับถือศาสนาต่างกัน จะมีการรับรู้ในเรื่องต่าง ๆ แตกต่างกัน

2.2.4 สภาพแวดล้อม (Environment) คนที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน เช่น สถานที่บรรยากาศ วัฒนธรรม ฯลฯ จะเปิดรับข้อมูลข่าวสารและตีความข่าวสารที่ได้รับต่างกัน

2.2.5 สภาวะจิตใจและอารมณ์ (Mood) ได้แก่ ความโกรธ ความกลัว ฯลฯ ตัวอย่าง เช่น เรามักจะมองความผิดเล็กน้อยเป็นเรื่องใหญ่โต ขณะที่เราอารมณ์ไม่ดี

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การรับรู้เป็นการแสดงออกถึงความรู้สึกนึกคิดที่เกิดขึ้นภายในของแต่ละบุคคล และอาจจะตีความหมายนั้นออกมาเหมือนหรือแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสิ่งเร้าจากสภาพแวดล้อมที่อยู่รอบตัวโดยผ่านประสาทสัมผัสทั้ง 5 แล้วแปลออกมา โดยอาศัยประสบการณ์เดิมของแต่ละบุคคล ทำให้การรับรู้ในเรื่องเดียวกันอาจจะมีความหมายแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล สอดคล้องกับ Hanna, Wozniak, and Hanna (2001) ที่ได้ให้ความหมายของการรับรู้ไว้ว่า การรับรู้เป็นกระบวนการของการคัดเลือก การจัดระเบียบ และการตีความ รู้สึก เป็นสิ่งที่มีความหมายในขณะที่ Schiffman and Kanuk (2007) ได้นิยามความหมายของการรับรู้ไว้ว่าเป็น

กระบวนการซึ่งแต่ละบุคคลเลือก จัดระเบียบ และตีความสิ่งเร้าเป็นภาพที่มีความหมาย และเชื่อมโยงกันซึ่งแม้ว่าบุคคลจะได้รับสิ่งเร้าสิ่งเดียวกัน แต่การรับรู้ในแต่ละบุคคลย่อมแตกต่างกันตามความต้องการ ค่านิยม และความคาดหวังของแต่ละบุคคล เป็นการจัดระเบียบ และตีความความรู้สึกประทับใจของตนเอง เพื่อให้ความหมายเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม แต่อย่างไรก็ตามการรับรู้ของคน ๆ หนึ่งสามารถตีความหมายให้แตกต่างจากความเป็นจริงได้อย่างมาก

การรับรู้ทางการมองเห็น (Visual Perception)

การรับรู้ทางการมองเห็น ประกอบด้วยกระบวนการรับภาพ (Visual Receptive Functions) กระบวนการเรียนรู้ภาพ (Visual Cognitive Function) จินตภาพ (Visual Imagery/ Visualization) และสหสัมพันธ์การเคลื่อนไหวระหว่างตาและมือ (Eye-hand coordination/ Visual motor integration) (Schneck, 2010, pp. 357-362)

1. กระบวนการรับภาพ เป็นกระบวนการได้มาและจัดการกับข้อมูลที่มาจากสิ่งแวดล้อม เพื่อให้สามารถแยกแยะสิ่งที่มองเห็นหรือความคมชัด (Acuity) เป็นการปรับความชัดของภาพที่เห็นได้อย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง (Accommodation) รวมภาพที่ได้จากตาสองข้างมาเป็นภาพเดียว (Binocular Fusion) ลู่สายตาเข้าหากันเพื่อมองไปยังวัตถุ (Convergence) ควบคุมทักษะการเคลื่อนไหวของลูกตา (Oculomotor Skill) รับรู้ความลึกของภาพทำให้สามารถมองภาพเป็นสามมิติได้ (Stereopsis) โดยผ่านลานสายตา (Visual Fields)

2. กระบวนการเรียนรู้จากภาพ เป็นความสามารถในการแปลผล และนำข้อมูลที่ได้จากการมองเห็นไปใช้ โดยทั่วไปประกอบด้วย

2.1 ความใส่ใจในการมองเห็น (Visual Attention) เป็นความสามารถในการจดจ่อความสนใจไว้กับสิ่งที่มองเห็น และความสามารถคงช่วงความสนใจที่พัฒนาเพิ่มขึ้นได้จากการฝึกฝนและการเรียนรู้

2.2 ความจำสิ่งที่มองเห็น (Visual Memory) เป็นความสามารถในการจดจำสิ่งที่มองเห็น ซึ่งเป็นการประมวลผลร่วมกับประสบการณ์ในอดีต

2.3 แยกแยะสิ่งที่มองเห็น (Visual Discrimination) เป็นความสามารถในการคัดแยกสิ่งที่มองเห็น สามารถแยกย่อยได้ดังนี้

การรู้จักวัตถุ (Recognition) เป็นการระลึกได้ว่าสิ่งที่เห็นนั้นคืออะไร

การจับคู่สิ่งที่มองเห็น (Matching)

การจัดกลุ่มสิ่งที่มองเห็น (Sorting)

นอกจากนี้กระบวนการเรียนรู้ภาพ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การรับรู้วัตถุ (Object Perception) เป็นการรับรู้ทางการมองเห็นที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้วัตถุ ซึ่งเป็นการทำงานของสมองส่วน Temporal Lobe ประกอบด้วย

1) ความสามารถในการจดจำแยกแยะรูปทรงของวัตถุ (Visual Form Constancy) เป็นความสามารถในการจดจำวัตถุนั้นจะอยู่ในสภาพแวดล้อมใด หันไปในทิศทางใด และขนาดเท่าไหร่

2) การแยกวัตถุ (Visual Closure) เป็นความสามารถในการแยกวัตถุออกจากกันไม่ว่าวัตถุนั้นจะอยู่ในสภาพที่ไม่สมบูรณ์

3) การแยกภาพออกจากพื้น (Figure Ground Organization) เป็นความสามารถในการแยกวัตถุที่ต้องการออกจากพื้นหลังหรือสิ่งอื่น ๆ ที่ปะปนอยู่

ส่วนที่ 2 การรับรู้มิติสัมพันธ์ (Spatial Perception) เป็นการรับรู้ทางการมองเห็นที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ทิศทาง และตำแหน่งของวัตถุว่ามีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมรอบตัวอย่างไร ซึ่งเป็นการทำงานของสมองส่วน Parietal Lobe ประกอบด้วย

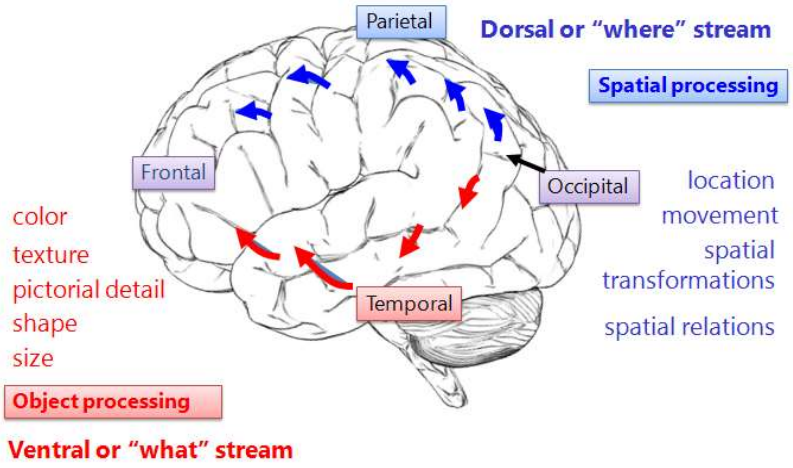
1) ความสามารถในการรับรู้ทิศทาง และตำแหน่งของวัตถุ (Position in Space) ช่วยให้เข้าใจความหมายของคำที่ระบุตำแหน่ง เช่น ใน - นอก บน – ล่าง - หลัง ซ้าย - ขวา เป็นต้น

2) ความสามารถในการรับรู้รูปแบบความสัมพันธ์กับสิ่งอื่น (Spatial Relations) ช่วยให้เกิดการวางแผนการเคลื่อนไหวที่ถูกต้อง

3) ความสามารถในการกะระยะความห่าง (Depth Perception) ระหว่างวัตถุกับสิ่งอื่น ๆ เช่น การรับรู้ความลึกและการรับรู้ระยะที่จะเอื้อมมือออกไปคว้าสิ่งของ

4) ความสามารถในการคิดภาพแผนที่ (Topographic Orientation) ความสามารถในการแยกวัตถุและเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของวัตถุต่างไว้ด้วยกัน เช่น ความสามารถในการรับรู้เส้นทางและการคิดภาพแผนที่การเดินทางเป็นต้น

กระบวนการรับรู้ทางการมองเห็น มีเส้นทางการประมวลผลของระบบประสาท สามารถแบ่งออกได้ 2 เส้นทาง คือ เส้นทางที่ 1 การประมวลผลเชิงวัตถุ (Object Processing หรือ Ventral Syream) เป็นการทำงานของสมองเกี่ยวกับการรับรู้ สี พื้นผิว ลักษณะ รูปร่าง และขนาด เกิดขึ้นในสมองส่วน Temporal Lobe เส้นทางที่ 2 การประมวลผลเชิงมิติสัมพันธ์ (Spatial Processing หรือ Dorsal Syream) เป็นการทำงานของสมองเกี่ยวกับการรับรู้ ตำแหน่ง การเคลื่อไหว และมิติสัมพันธ์เกิดขึ้นในสมองส่วน Parietal Lobe (Kravitz, Saleem, Baker, & Mishkin, 2011, pp. 217-230) ดังภาพที่ 2-21



ภาพที่ 2-21 เส้นทางการประมวลผลของระบบประสาทการรับรู้ด้วยการมองเห็น (Kramer & Hinojosa, 2010, p. 65)

3. จินตภาพ เป็นส่วนที่ต้องใช้ข้อมูลทั้งหมดที่มาจากส่วนของกระบวนการเรียนรู้ภาพ มาประกอบกันเป็นการรับรู้สิ่งต่าง ๆ ทั้งการรับรู้บุคคล การสร้างมโนภาพ การสร้างความคิด การรับรู้วัตถุต่าง ๆ รอบตัวมีความสำคัญต่อกระบวนการคิด การวางแผน การแก้ปัญหา รวมถึงทักษะการจัดการอื่น ๆ

4. สหสัมพันธ์การเคลื่อนไหวระหว่างตาและมือ เป็นความสามารถด้านการมีทักษะในการเคลื่อนไหวผสมกันระหว่างตากับมือที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งเร้าที่มาจากการมองเห็น ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อความสามารถด้านการเขียน รวมถึงความเร็วของการควบคุมการเคลื่อนไหวและการมองเห็น (Visual-motor Speed) ด้วย

การรับรู้ทางการมองเห็นมีความเกี่ยวข้องกับทฤษฎีพื้นฐานต่าง ๆ ดังนี้

ทฤษฎีการรับรู้แบบ Gestalt (Gestalt's Perception Theory)

พัฒนาขึ้นโดยกลุ่ม นักจิตวิทยา Gestalt ระหว่างปี ค.ศ. 1890 – 1947 นักจิตวิทยากลุ่มนี้ได้เริ่มการทดสอบเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์เกี่ยวกับการรับรู้ เช่น ภาพที่เกิดขึ้นหลังจากที่ใช้สายตาเพ่งมองบางสิ่งบางอย่างเป็นเวลานาน ๆ การเคลื่อนที่ของลูกตา หลักการของจิตวิทยา Gestalt คือ การจัดระบบการรับรู้ บุคคลมองวัตถุ เช่นเดียวกับการมองปรากฏการณ์ของการเคลื่อนไหว คือมองร่วมกันทั้งหมดไม่ใช่การมองเป็นกลุ่มของความรู้สึก การรับรู้ของคนเราจะจัดสิ่งที่รับรู้เป็นหมวดหมู่ กลุ่มก้อนหรือส่วนรวม คือ แทนที่จะรับรู้รายละเอียดส่วนปลีกย่อยของสิ่งต่าง ๆ กลับรับรู้ในลักษณะที่เป็นส่วนรวมมากกว่า แบบแผนของการรับรู้ดังกล่าว ได้แก่ เรื่องของภาพและพื้น (Figure and Ground) การที่จะมองเห็นสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นรูปร่างขึ้นมาได้เพราะเส้นต่าง ๆ ที่ประกอบกันขึ้น

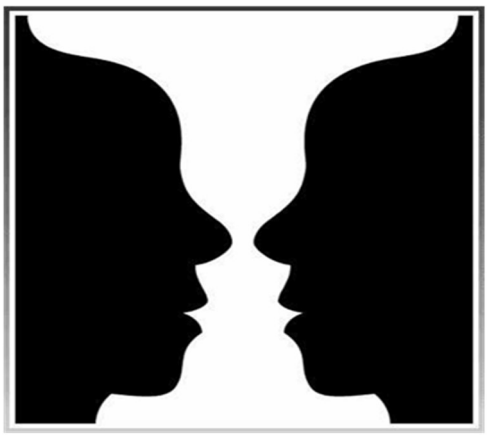
เป็นรูปนั้นมาตัดกับพื้นหรือการตัดกันของสีก็ได้ สมองทำงานในกระบวนการของการรับรู้ทางสายตาไม่ใช่การเก็บรวบรวมส่วนย่อยของปฏิกิริยาต่าง ๆ แต่เป็นระบบการที่ต่อเนื่องกัน หมายถึงในเวลาที่กำหนดส่วนต่าง ๆ จะเกิดปฏิกิริยาเกี่ยวพันกัน สัดส่วนที่เหมือนกันหรือมีความคล้ายคลึงกันย่อมจะรวมกันเป็นพวกหนึ่ง สัดส่วนที่ไม่เหมือนกันหรือแตกต่างกันย่อมที่จะไม่รวมกัน กลุ่ม Gestalt กล่าวว่า การเรียนรู้ที่เห็นส่วนรวมมากกว่าส่วนย่อยนั้นจะต้องเกิดจากประสบการณ์เดิม (Wagemans et al., 2012, p. 1218) และการเรียนรู้ย่อมเกิดขึ้น 2 ลักษณะคือ การรับรู้ (Perception) และการหยั่งรู้ (Insight) ดังนี้

การรับรู้เป็นกระบวนการที่บุคคลใช้ประสาทสัมผัสรับสิ่งเร้า แล้วนำเข้าสู่สมองเพื่อผ่านเข้าสู่กระบวนความคิด สมองหรือจิตจะใช้ประสบการณ์เดิมตีความหมายของสิ่งเร้าและแสดงปฏิกิริยาตอบสนองออกไปตามที่สมองตีความหมาย การเรียนรู้ของกลุ่ม Gestalt ที่เน้น “การรับรู้เป็นส่วนรวมมากกว่าส่วนย่อย” นั้นได้สรุปเป็นกฎการเรียนรู้ของทั้งกลุ่ม ออกเป็น 4 กฎ เรียกว่ากฎการจัดระเบียบเข้าด้วยกัน (The Laws of Organization) ดังนี้

1. กฎแห่งความแน่นอนหรือชัดเจน (Law of Pragnanz) ซึ่งกล่าวว่าเมื่อต้องการให้มนุษย์เกิดการรับรู้ในสิ่งเดียวกัน ต้องกำหนดองค์ประกอบขึ้น 2 ส่วน คือ

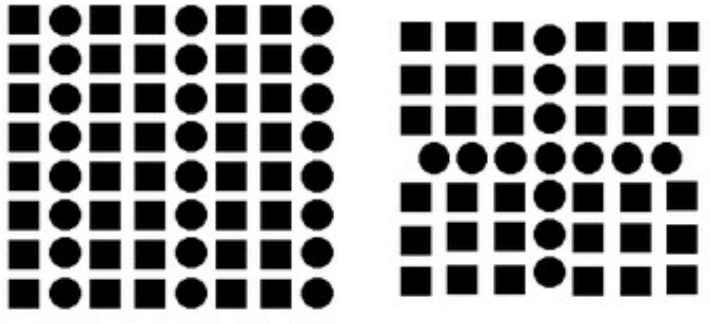
1.1 ภาพ (Figure) หรือข้อมูลที่ต้องการให้สนใจ เพื่อเกิดการเรียนรู้ในขณะนั้น

1.2 ส่วนประกอบหรือพื้นฐานของการรับรู้ (Background or Ground) เป็นสิ่งแวดล้อมที่ประกอบอยู่ในการเรียนรู้นั้น ๆ บางครั้ง Figure อาจเปลี่ยนเป็น Ground และ Ground อาจเปลี่ยนเป็น Figure ก็ได้ ดังภาพที่ 2-22



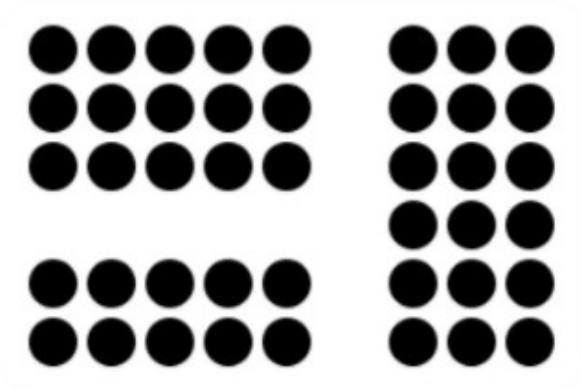
ภาพที่ 2-22 Law of Figure - Ground

2. กฎแห่งความคล้ายคลึง (Law of Similarity) กฎนี้ใช้หลักการในการวางรูปกลุ่มของการรับรู้ เช่น กลุ่มของเส้นหรือสีที่คล้ายคลึงกัน หมายถึงสิ่งเร้าใด ๆ ก็ตามที่มีรูปร่าง ขนาด หรือสี ที่คล้ายกัน คนเราจะรับรู้ว่าเป็นสิ่งเดียวกันหรือพวกเดียวกัน ดังภาพที่ 2-23



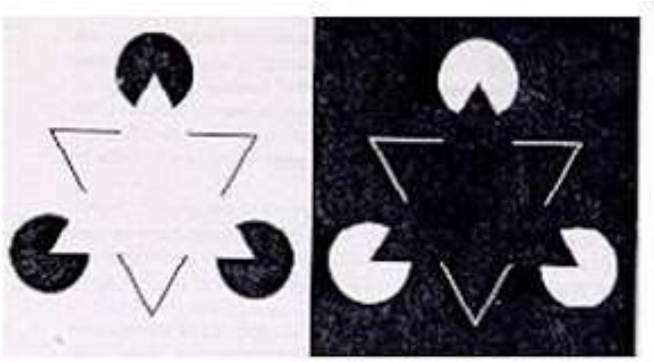
ภาพที่ 2-23 Law of Similarity

3. กฎแห่งความใกล้ชิด (Law of Proximity) สาระสำคัญของกฎนี้มีอยู่ว่า ถ้าสิ่งใดหรือสถานการณ์ใดที่เกิดขึ้นในเวลาต่อเนื่องกัน หรือในเวลาเดียวกันอินทรีย์จะเรียนรู้ว่าเป็นเหตุและผลกัน หรือสิ่งเร้าใด ๆ ที่อยู่ใกล้ชิดกัน มนุษย์มีแนวโน้มที่จะรับรู้สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้ชิดกันเป็นพวกเดียวกัน หมวดหมู่เดียวกัน ดังภาพที่ 2-24



ภาพที่ 2-24 Law of Proximity

4. กฎแห่งความสมบูรณ์ (Law of Closure) สาระสำคัญของกฎนี้มีอยู่ว่า“แม้ว่าสถานการณ์ หรือปัญหายังไม่สมบูรณ์ อินทรีย์ก็จะเกิดการเรียนรู้ได้จากประสบการณ์เดิมต่อสถานการณ์นั้น” จึงมองภาพให้สมบูรณ์ ดังภาพที่ 2-25



ภาพที่ 2-25 Law of Closure

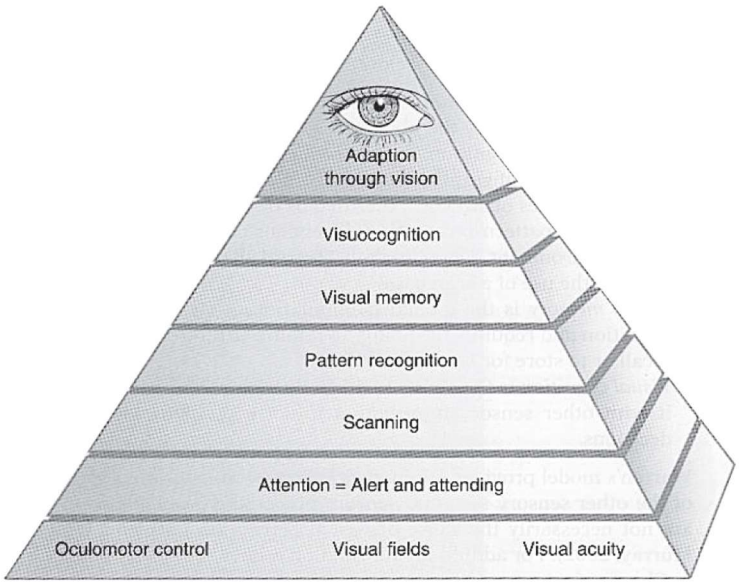
การหยั่งรู้ (Insight) หมายถึง การเรียนรู้ด้วยตัวเองโดยจะเกิดแนวความคิดในการเรียนรู้หรือการแก้ปัญหาขึ้นอย่างฉับพลันทันทีทันใด (เกิดความคิดแวบขึ้นมาในสมองทันที) มองเห็นแนวทางการแก้ปัญหาตั้งแต่จุดเริ่มต้นเป็นขั้นตอนจนถึงจุดสุดท้ายที่สามารถจะแก้ปัญหาได้ กลุ่มนี้มีแนวคิดว่า การเรียนรู้เกิดได้จากการจัดสิ่งเร้าต่าง ๆ มารวมกันเริ่มต้นด้วยการรับรู้โดยส่วนรวมก่อนแล้วจึงจะสามารถวิเคราะห์เรื่องการเรียนรู้ส่วนย่อยทีละส่วนต่อไป

ทฤษฎีพัฒนาการ (Developmental Theory)

เป็นลำดับการพัฒนาด้านการรับรู้ทางสายตา ในปี ค.ศ. 1993 Warren ได้เสนอแผนภาพแสดงพัฒนาการด้านการรับรู้โดยการมองเห็น ซึ่งการรับรู้ทางการมองเห็นประกอบด้วย

1. องค์ประกอบของการรับรู้ทางการมองเห็น (Visual Perception Components)
2. องค์ประกอบของการมองเห็นและการรู้คิด (Visual Cognitive Components)

ลำดับขั้นของการพัฒนาจะเริ่มต้นจากพื้นฐานแล้วจึงต่อยอดไปสู่ความสามารถที่สูงขึ้นไป (Schneck, 2010, p. 352) ดังภาพที่ 2-26



ภาพที่ 2-26 ลำดับขั้นการพัฒนาการด้านการรับรู้ทางสายตา (Schneck, 2010, p. 353)

Schneck (2010, pp. 353-354) ได้อธิบายความหมายของแต่ละลำดับขั้นในการพัฒนาดังนี้

1. ลำดับขั้นพื้นฐานในการรับรู้ด้วยการมองเห็นส่วนล่างสุดจะต้องใช้เป็นพื้นฐานสำหรับพัฒนาการทักษะการรับรู้ด้วยการมองเห็นในขั้นต่อ ๆ ไป มี 3 ประเภท ได้แก่

1.1 การควบคุมการเคลื่อนไหวของลูกตา (Oculomotor Control) เป็นความสามารถของมนุษย์ในการควบคุมความการเคลื่อนไหวของลูกตา

1.2 ลานสายตา (Visual Fields) คือ ช่วงการมองเห็นทั้งหมดของสายตา

1.3 ความคมชัดของการมองภาพ (Visual Acuity) คือ ความสามารถในการส่งสิ่งที่มองเห็นไปยังศูนย์กลางของสมองเพื่อแยกแยะได้อย่างถูกต้อง

2. ความใส่ใจในการมองเห็น (Visual Attention) เป็นการคงช่วงความสนใจในการมองในสภาวะที่มีความตื่นตัว และการมีสมาธิกับสิ่งที่มองเห็น

3. การมองภาพอย่างรวดเร็ว (Scanning) เป็นความสามารถในการมองเห็นโดยการรวบรวมลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งเร้า และสามารถเก็บจดจำภาพที่เห็นในช่วงเวลานั้นได้ในทันที

4. การจำแนกรูปแบบของสิ่งเร้า (Pattern Recognition) เป็นความสามารถในการเก็บข้อมูลที่ได้จากการมองเห็นเกี่ยวกับรูปทรงต่าง ๆ ของสิ่งเร้าในระบบความจำเป็นขั้นตอนที่ต้องกำหนดลักษณะสำคัญของวัตถุหรือสิ่งเร้า เช่น สี รูปทรง พื้นผิว เป็นต้น

5. ความจำจากการมองเห็น (Visual Memory) เป็นความสามารถในการจดจำและเรียกความจำจากข้อมูลที่มองเห็นออกมาใช้ได้ในคราวต่อไป

6. การรู้คิดจากการมองเห็น (Visual Cognition) คือ ความสามารถจัดการข้อมูลที่ได้จากการมองเห็นนำไปบูรณาการร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการรับรู้ในด้านอื่น ๆ เพื่อใช้ในการวางแผน ตัดสินใจหรือการแก้ปัญหา และทำให้เกิดพฤติกรรมการปรับตัวจากภาพที่ได้อย่างเหมาะสมกับสถานการณ์ต่าง ๆ

ทฤษฎีการได้มาของข้อมูล (Acquisition Theories)

เป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงการเรียนรู้ทักษะต่าง ๆ ผ่านการเรียนรู้จากสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Long, 2006, pp. 225-249) ประกอบด้วย 3 กระบวนการหลัก ดังนี้

1. กระบวนการรับสิ่งเร้าต่าง ๆ (Input of Stimuli)

2. กระบวนการแปลผล (Interpretation Process) ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการมองเห็นต้องอาศัยความสามารถต่าง ๆ เช่น การใส่ใจ (Attention) ความจำ (Memory) การคัดแยกหรือจัดกลุ่ม (Discrimination) และการจินตภาพ (Visual Imaginary)

3. กระบวนการแสดงออก (Response) ความสามารถในการรับรู้ทางสายตากระทำสิ่งต่าง ๆ เช่น ความสามารถในการเรียน การเล่น ตามที่ต้องการได้ เป็นต้น

ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลง (Dynamic Theory)

จากทฤษฎีการเรียนรู้ทำให้เชื่อว่าการรับรู้ทางสายตาสามารถพัฒนาได้ โดยผ่านการเรียนรู้และการฝึกฝน ด้วยเทคนิคกระบวนการเรียนรู้และการสอน (Teaching-learning Process) ร่วมกับกิจกรรมการวิเคราะห์ และการสังเคราะห์ (Activity Analysis and Activity Synthesis) (Williams, & Burden, 1997)

ทฤษฎีการเรียนรู้ของ Gagne

ในปี ค.ศ. 1916-2002 Robert Gagne นักปรัชญาและจิตวิทยาการศึกษาชาวอเมริกา (1916-2002) ได้เสนอทฤษฎีในการจัดลำดับขั้นการเรียนรู้ เพื่อให้สามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้สิ่งเร้า สิ่งแวดล้อมภายนอกกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ และสังเกตพฤติกรรมว่ามีการตอบสนองอย่างไร เพื่อที่จะจัดลำดับขั้นในการพัฒนาได้ถูกต้อง (Gagne, Yekovich, & Yekovich, 1993, p. 40) ทฤษฎีการเรียนรู้ของ Gagne ประกอบด้วย

การจูงใจ (Motivation Phase) การคาดหวังของผู้เรียนเป็นแรงจูงใจในการเรียนรู้

การรับรู้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ (Apprehending Phase) ผู้เรียนจะรับรู้สิ่งที่สอดคล้องกับความตั้งใจ

การปรุงแต่งสิ่งที่รับรู้ไว้เป็นความจำ (Acquisition Phase) เพื่อให้เกิดความจำระยะสั้นและระยะยาว

ความสามารถในการจำ (Retention Phase)

ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปแล้ว (Recall Phase)

การนำไปประยุกต์ใช้กับสิ่งที่เรียนรู้ไปแล้ว (Generalization Phase)

การแสดงออกพฤติกรรมที่เรียนรู้ (Performance Phase)

การแสดงผลการเรียนรู้กลับไปยังผู้เรียน (Feedback Phase) ผู้เรียนได้รับทราบผลเร็วจะทำให้มีผลดี และประสิทธิภาพสูง

องค์ประกอบที่สำคัญที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้ คือ

ผู้เรียน (Learner) มีระบบสัมผัสและระบบประสาทในการรับรู้

สิ่งเร้า (Stimulus) คือ สถานการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นสิ่งเร้าให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

การตอบสนอง (Response) คือ พฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้

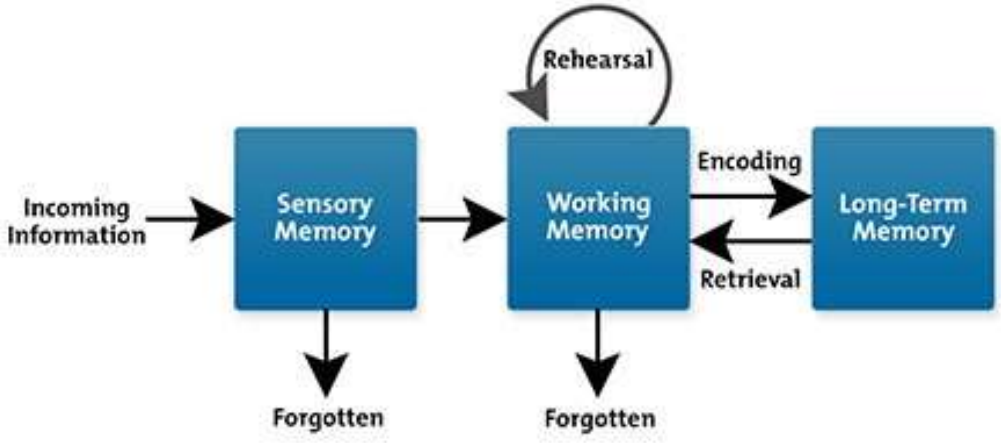
ทฤษฎีการรวมองค์ประกอบต่าง ๆ เข้าด้วยกัน (Recognition by Components Theory)

ผู้พัฒนาทฤษฎีนี้คือ Irving Biederman กล่าวว่า เรารับรู้แบบแผนที่ซับซ้อนในขอบเขตของส่วนต่าง ๆ ที่มาประกอบ ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีนี้ คือวัตถุสามารถเป็นตัวแทนของการจัดที่มีรูปร่าง 3 มิติอย่างง่ายได้ ตัวอย่างเช่น โคมไฟ แก้วน้ำ น้ำ (Biederman, 1987, p. 115)

ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Information Processing Theory) (Klausmeier & Allen, 2014)

ได้อธิบายการประมวลผลข้อมูลของสมอง โดยเริ่มต้นจากการที่มนุษย์รับสิ่งเร้าเข้ามาทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 สิ่งเร้าที่เข้ามาจะได้รับการบันทึกไว้ในความจำระยะสั้น ซึ่งการบันทึกนี้จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 ประการ คือการรู้จัก (Recognition) และความใส่ใจ (Atention) ของบุคคลที่รับสิ่งเร้า บุคคลจะเลือกรับสิ่งเร้าที่ตนรู้จัก หรือมีความสนใจสิ่งเร้านั้น จะได้รับการบันทึกลงในความจำระยะสั้น (Short-Term Memory) ซึ่งดำรงคงอยู่ในระยะเวลาที่จำกัดมาก แต่ละบุคคลมีความสามารถในการจำระยะสั้นที่จำกัด อาจจำเป็นต้องใช้เทคนิคต่าง ๆ ในการช่วยจำ เช่น การจัดกลุ่มคำ หรือการท่องซ้ำ ๆ กันหลายครั้ง ซึ่งสามารถช่วยให้จดจำสิ่งนั้นไว้ใช้งานได้ การเก็บข้อมูลไว้ใช้ในภายหลังสามารถทำได้โดยข้อมูลนั้นจำเป็นต้องได้รับการประมวล และเปลี่ยนรูปโดยการเข้ารหัส (Encoding) เพื่อนำไปเก็บไว้ในความจำระยะยาว (Long Term Memory) ความจำระยะยาวนี้มี 2 ชนิด คือ ความจำความหมาย (Semantic Memory) และความจำเหตุการณ์ (Episodic Memory) เมื่อข้อมูลข่าวสารได้รับการบันทึกไว้ในความจำระยะยาวแล้ว สามารถเรียกข้อมูลต่าง ๆ ออกมาใช้ได้ ซึ่งในการเรียกข้อมูลออกมาใช้จำเป็นต้องถอดรหัสข้อมูล (Decoding) จากความจำระยะยาวนั้น และ

ส่งต่อไปสู่ตัวก่อกำเนิดพฤติกรรมตอบสนอง ซึ่งจะเป็นแรงขับหรือกระตุ้นให้บุคคลมีการเคลื่อนไหว หรือการพูดสนองตอบต่อสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ดังภาพที่ 2-27



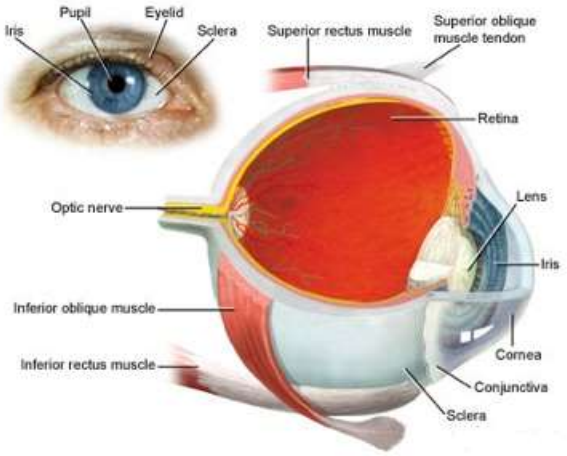
ภาพที่ 2-27 ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Atkinson, & Shiffrin, 1968 cited in Goldstein, 2011, p. 118)

จากการศึกษาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าการรับรู้ทางการมองเห็นเกี่ยวข้องกับทฤษฎีการรับรู้ การรับรู้เป็นพื้นฐานการเรียนรู้ที่สำคัญ อธิบายกระบวนการพัฒนาความสามารถทางปัญญา โดยให้ความสนใจการทำงานของสมอง การนำเสนอสิ่งเร้าต่าง ๆ ให้ตรงกับความสนใจ จะทำให้กระบวนการคิด (Cognitive Process) และความสามารถ (Abilities) พัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ เช่น มีการฝึกการจำโดยใช้วิธีการที่หลากหลาย ถ้าต้องการให้มีการจดจำสิ่งใด ๆ ได้เป็นเวลานานจะต้องได้รับการเข้ารหัส (Encoding) เพื่อนำไปเข้าหน่วยความจำระยะยาว วิธีการเข้ารหัสสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การท่องจำซ้ำ ๆ การทบทวน หรือการใช้กระบวนการขยายความคิด

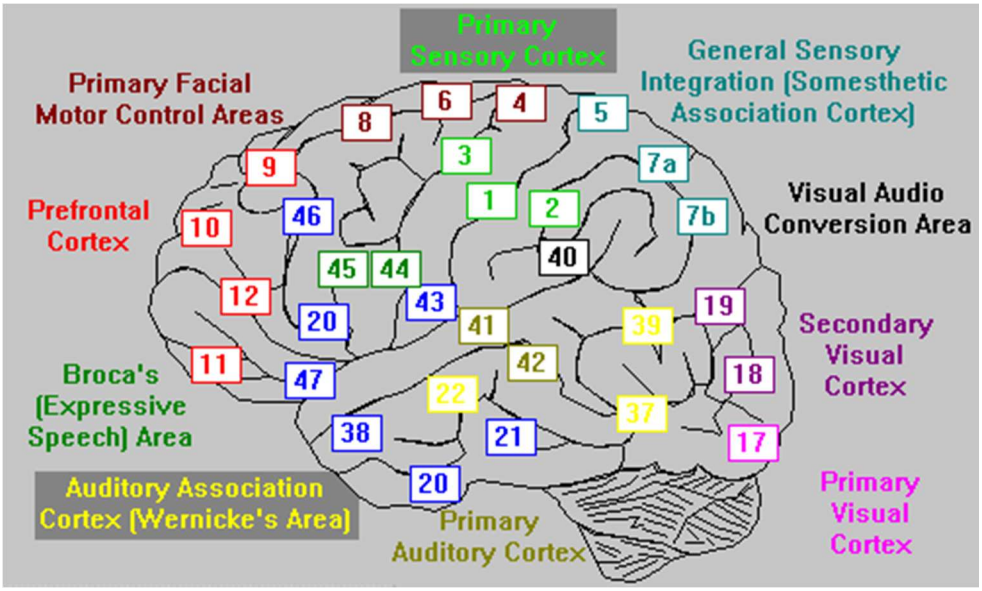
การรับรู้ทางการมองเห็น (Visual Perception)

การรับรู้ทางการมองเห็น จัดอยู่ในระบบประสาทรับความรู้สึกพิเศษ (Special Senses) ของมนุษย์มีเนื้อที่ของ Cerebral Cortex กว้างกว่าการรับความรู้สึกระบบอื่น ทางเดินของสัญญาณประสาทในการรับภาพ (Visual Pathways) การมองเห็นเป็นกระบวนการที่สมองใช้ข้อมูลจากตัวรับแสงในจอประสาทตา (Retina) ของลูกตา (Eyeball) ที่สามารถเคลื่อนไหวไปมาได้ในกระบอกตา การทำงานของกล้ามเนื้อตา (Extraocular Muscles) มีทั้งหมด 6 มัด โดยที่ตาเป็นเครื่องรับแสง โดยผ่านทางรูม่านตา (Pupil) ซึ่งแสงจะถูกหักเหและรวมแสงโดยกระจกตา (Cornea) และเลนส์ (Lens) เพื่อให้

แสงตกที่จอตาซึ่งอยู่ด้านหลังลูกตา หลังจากนั้นตัวรับแสงที่จอตาจะถ่ายทอดแปลภาพของแสงที่ได้รับให้เห็นเป็นข่าวสารข้อมูล ส่งไปศูนย์กลางของการเห็น (Visual Area) ของสมองบริเวณส่วนท้ายทอย เพื่อแปลความหมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Boardman's Area 17, 18 และ 19 เพื่อแปลความหมายของวัตถุที่มองเห็นลูกตา ดังภาพที่ 2-28 และ 2-29



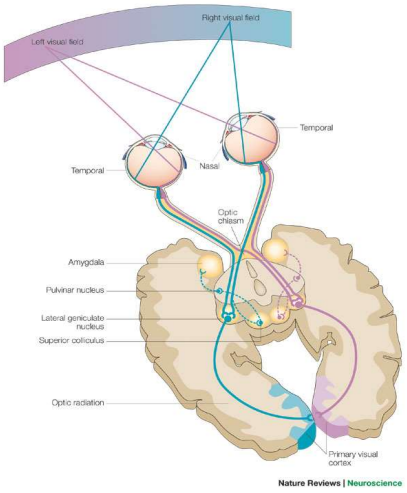
ภาพที่ 2-28 โครงสร้างของดวงตาตามระนาบด้านข้าง (Toates, 1972, p. 369)



ภาพที่ 2-29 พื้นที่ Boardman ที่เกี่ยวกับการมองเห็น (Pansky et al., 1988, p. 204)

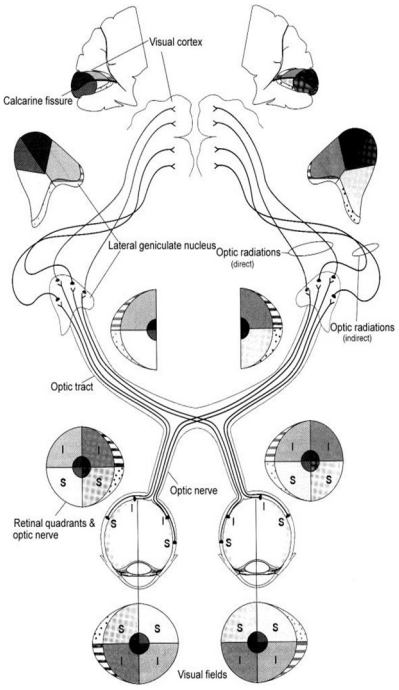
ลานสายตา (Visual Field) และการเคลื่อนไหวของตา (Eye Movement)

ลานสายตา คือ ขอบเขตของสิ่งแวดล้อมภายนอกทั้งหมดที่สามารถมองเห็นได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของลูกตา ลานสายตาจะกลับหัวที่จอตา คือลานสายตาครึ่งบนจะตกบนครึ่งล่างของจอตา ส่วนลานสายตาครึ่งขวาจะตกบนครึ่งซ้ายของจอตา องค์ประกอบทางกายวิภาคทำให้ขอบเขตการมองเห็นถูกจำกัด คือบริเวณด้านบนโดยคิ้วทางด้านล่าง โดยโหนกแก้มตรงกลาง โดยสันจมูก ด้านขมับจะถูกจำกัดโดยทิศทางของตา และความไวของจอตาในส่วนรอบนอก ลานสานตาส่วนน้อยถูกจำกัดโดยโครงสร้างของจอตาเอง คือ การไม่มีตัวรับแสงที่ออฟติคดิส ทำให้จุดบอดอยู่ในลานสายตา แต่ที่เราไม่มีความรู้สึก เนื่องจากลานสายตาอีกข้างมาชดเชยแทน และมีการปรับตัวของ Visual Cortex การนำสัญญาณประสาทเข้าสู่สมองจะเริ่มจากกระแสประสาทจากเซลล์รับความรู้สึก (Receptor Cells) จะถูกส่งผ่านใยประสาท (Nerve Fiber) ของเซลล์ปมประสาท (Ganglion Cells) เข้าสู่เส้นประสาทสมองคู่ที่ 2 (Optic Nerve) โดยแต่ละใยประสาทจะมีการเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบตามตำแหน่งที่มาจากเซลล์รับความรู้สึกในจอประสาทตา เมื่อมาถึงบริเวณออฟติกไคแอสมา (Optic Chiasma) ใยประสาทที่มาจากจอประสาทตาด้านข้างจมูกจะมีการข้ามไปอยู่ในออฟติกแทรค (Optic Tract) ด้านตรงข้ามออฟติกแทรคจะนำกระแสประสาทไปสู่แลทเทอราลเจนนิคูเลทบอดี้ (Lateral Geniculate Body) ในส่วนของ Thalamus จากนั้นถูกส่งเข้าไปตามออฟติคเรดิเอชั่น (Optic Radiation) สิ้นสุดยังเซลล์ประสาทใน Visual Cortex ของสมองใหญ่ ดังภาพที่ 2-30



ภาพที่ 2-30 วิถีประสาทการมองเห็นของสัญญาณภาพจากตาทั้งสองข้างที่ส่งไปยังสมองส่วนต่าง ๆ (Sparks, 2002, p. 954)

กิจกรรมการมองภาพเกิดขึ้นต้องอาศัยลานสายตาเป็นบริเวณภาพที่ตาสามารถมองเห็น ลานสายตาถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วน (Quadrants) โดยแนวเส้นสมมติในแนวขวาง และแนวนอนที่ลากผ่านจุดรวมแสง (Focus) ของภาพ คือส่วนบนขวา (Upper Right Quadrant) ส่วนบนซ้าย (Upper Left Quadrant) ส่วนล่างขวา (Lower Right Quadrant) และส่วนล่างซ้าย (Lower Left Quadrant) แสงจากแต่ละส่วนของลานสายตาตกลงบนแต่ละส่วนของจอประสาทตาในลักษณะกลับทิศกันซึ่งเป็นผลจากการที่แสงส่องผ่านเลนส์ตา (Lens) ดังภาพที่ 2-31



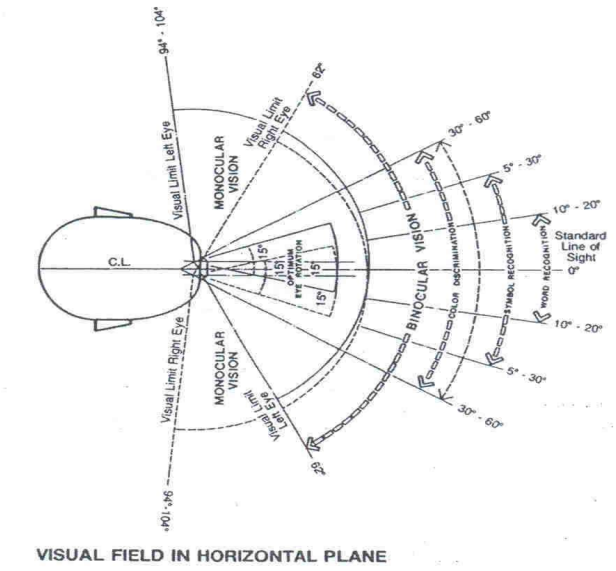
ภาพที่ 2-31 เส้นทางเดินเส้นใยประสาทของระบบรับภาพ (Patestas & Gartner, 2016)

บริเวณของจอประสาทตา (Retinal Field) ที่รับแสงแบ่งเป็น 4 ส่วนคือส่วนบนด้านใน (Nasal Upper Field) ส่วนล่างด้านใน (Nasal Lower Field) ส่วนบนด้านนอก (Temporal Upper Field) และส่วนล่างด้านนอก (Temporal Lower Field) ดังนั้นภาพของวัตถุในลานสายตาซีกขวาจะตกกระทบที่ครึ่งด้านในของจอประสาทตาที่ตาขวา (Right Nasal Retinal Field) และครึ่งด้านนอกของจอประสาทตาที่ตาซ้าย (Left Temporal Retinal Field)

สมรรถภาพสายตา (Visual Acuity) เป็นความสามารถแยกภาพสองจุดที่อยู่ชิดกันออกได้เป็นสองจุดชัดเจน โดยอาศัยมุมที่เล็กที่สุดที่วัตถุทำกับลูกตาที่เรียกว่า มุมการมองเห็น (Visual Angle) และให้ภาพชัดบนจอประสาทตา (Retina) ปกติมุมการมองเห็นเท่ากับ 20 – 30 arcsec และต้องการบริเวณบนจอประสาทตาอย่างน้อยเท่ากับขนาดของ Cone Cell 3 เซลล์ แต่ละเซลล์มีขนาดประมาณ 2 – 3 μm โดยที่ Cone Cell ที่อยู่เรียงกันนี้ถูกกระตุ้นเพียง 2 เซลล์ Cone cell ที่อยู่ตรงกลางหนึ่งเซลล์ไม่ถูกกระตุ้น ทำให้สมองแปลภาพแยกเป็น 2 จุดได้ และสมรรถภาพสายตามีหน้าที่ในการรับภาพและส่งภาพที่มองเห็นไปยังระบบประสาทกลางของสมองเพื่อแยกแยะได้อย่างถูกต้อง

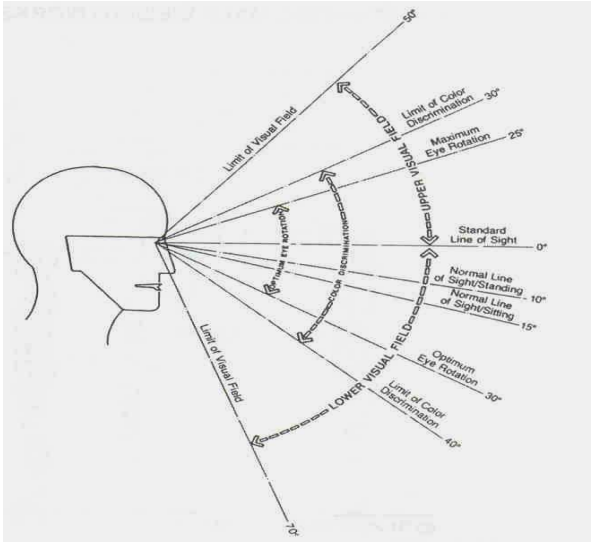
มุมมองการมองเห็นมีความสำคัญเกี่ยวกับการทำงานของมนุษย์อย่างยิ่ง มุมมองการมองเห็นมีสองมุม คือ มุมมองในแนวนอน มุมมองในแนวตั้ง

มุมมองในแนวนอนเป็นมุมมองการมองเห็นในแนวนอนในขณะมองตรงของมนุษย์ นั้นมีระยะของมุมมองเห็นภาพประมาณ 62 องศา และมีระยะของมุมมองในการอ่านตัวอักษร ประมาณ 10 - 20 องศา ส่วนระยะในการมองเห็นของตาทั้งข้างซ้ายและขวาประมาณ 94 - 104 องศา ดังภาพที่ 2-32



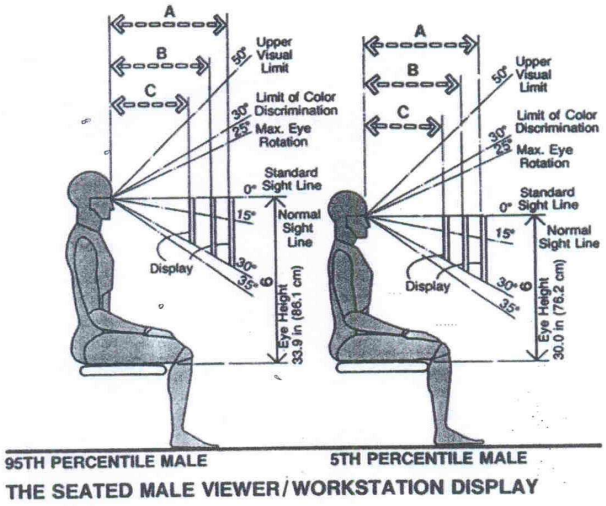
ภาพที่ 2-32 มุมมองแนวนอน (Panero & Zelnik, 2014, p. 287)

มุมมองในแนวตั้งในขณะมองตรงนั้นมุมมองการเห็นในแนวตั้งมีระยะของมุมมองในการมองเห็นภาพด้านบนประมาณ 50 องศา ด้านล่างประมาณ 70 องศา ขณะเดียวกันจะมีแนวสายตาในระดับยืนประมาณ 10 องศา และในระดับนั่งประมาณ 15 องศา ดังภาพที่ 2-33



ภาพที่ 2-33 มุมมองแนวตั้ง (Panero & Zelnik, 2014, p. 287)

ระดับการมองและการจัดพื้นที่ทำงานมีผลกระทบต่อคนทำงานในกรณีระดับการมองไม่เหมาะสมจะมีผลเสียต่อลูกตาทำให้กล้ามเนื้อตาทำงานมากเกินไปเพราะบังคับให้รูม่านตาเปิดกว้างขึ้น เนื่องจากการมองเห็นนั้นไม่ชัดเจนต้องใช้เวลาในการมองรายละเอียดนานขึ้น ทำให้เกิดความเมื่อยล้าของลูกตาที่ต้องเพ่งจึงควรมีระยะที่เหมาะสมของการมองเห็น และจะต้องมีการจัดตำแหน่งทางการยศาสตร์ (Ergonomics Design) ดังภาพที่ 2-34



ภาพที่ 2-34 ระดับการมองและการจัดพื้นที่ทำงาน (Panero & Zelnik, 2014, p. 291)

คุณสมบัติของการมองเห็น (Visual of Property)

ความไวต่อภาพสี (Color Sensitivity)

เซลล์ที่ไวต่อสีจะไม่ไวต่อทิศทางการกระตุ้น แต่ Single Opponent Cell ซึ่งเป็นเซลล์ที่พบของจอตาจะตอบสนองได้ดีด้วยการกระตุ้นที่มีสีใดสีหนึ่งตรงกลาง และมีสีตัดกันรอบนอก เช่น ตรงกลางเป็นสีแดงรอบนอกเป็นสีเขียว หรือตรงกลางเป็นสีน้ำเงินรอบนอกเป็นสีเหลือง เป็นต้น ส่วน Double Opponent Cells จะถูกกระตุ้นโดยสีหนึ่งหรือยับยั้งโดยสีตัดกันตรงกลางของ Receptive Field และถูกยับยั้งโดยสีหนึ่งและกระตุ้นโดยสีตัดกันรอบนอก และบางชนิดรับมาจาก Magnocellurlar ซึ่งจะไม่ไวต่อสี แต่มีการตอบสนองต่อพื้นที่สว่างบริเวณใดก็ได้ใน Receptive Field ซึ่งเป็นการช่วยทำให้การรับภาพสีชัดเจนมากยิ่งขึ้น

การจัดเรียงตัวเป็นคอลัมน์ (Ocular Domainance Column)

เซลล์ประสาทใน Visual Cortex จะจัดเรียงตัวเป็นคอลัมน์ซึ่งเซลล์จะมีหน้าที่สัมพันธ์ใกล้ชิดกัน โดยครึ่งซ้ายของลานสายตาแต่ละข้างจะส่งไปยังครึ่งขวาของจอตาแต่ละข้างและจะส่งต่อไปยังสมองซีกขวา ส่วนครึ่งขวาของลานสายตาจะส่งต่อไปยังสมองซีกซ้ายเช่นกัน โดยที่เซลล์ประสาทเหล่านี้จะจัดเรียงตัวในรูปแบบของ Ocular Domainance Column ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญในการประเมินความลึกของภาพ และสร้างความรู้สึกของโลกสามมิติ

ความคมชัดของการเห็น (High Acuity Vision)

ความคมชัดของการเห็น เกี่ยวกับรูปร่าง เส้น ความสูงต่ำของภาพเป็นหน้าที่ของระบบ Parvocellular ความคมชัดไม่ขึ้นอยู่กับ Optic แต่ขึ้นอยู่กับการทำงานของจอตา บริเวณ Fovea ซึ่ง

มีความคมชัดที่สูงสุด เนื่องจากมีระยะห่างระหว่างเซลล์รูปกรวย (Cone Cell) ประมาณ 2.5 ไมโครเมตร หรือ 0.01 องศา ถ้าห่างออกไปจากศูนย์กลางของจุดรับแสงบนจอประสาทตา (Fovea) จะพบว่า Receptive Field จะใหญ่ขึ้น เนื่องจากใช้จำนวนเซลล์รูปกรวย มากขึ้นและความคมชัดจะลดลง

การเห็นภาพสี (Color Vision)

แสงที่ตาสามารถมองเห็นได้ในสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum) จะอยู่ในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 400 - 700 นาโนเมตร ซึ่งมองเห็นเป็นแสงสีขาว สีจะดูดซึมแสงบางคลื่นแล้วสะท้อนสีที่เหลือออกมาทำให้มองเห็นเป็นสี ตัวรับภาพสีมีเซลล์รูปกรวยอยู่ 3 ชนิด มีความจำเพาะต่อแสงที่มีสเปกตรัมต่างกัน 3 สี คือ เซลล์รูปกรวยสีฟ้า (Blue Cones) จะมีความไวมากที่สุดต่อแสงสีน้ำเงิน มีความยาวคลื่นประมาณ 430 นาโนเมตร เซลล์รูปกรวยสีเขียว (Green Cones) มีความไวมากที่สุดต่อแสงสีเขียว มีความยาวคลื่นประมาณ 530 นาโนเมตร และเซลล์รูปกรวยสีแดง (Red Cones) มีความไวมากที่สุดต่อแสงสีแดงหรือสีส้ม มีความยาวคลื่นประมาณ 560 นาโนเมตร

ส่วนการมองเห็นในที่มืด จะใช้เซลล์รูปแท่ง (Rod cells) มีความไวต่อแสงที่ความยาวคลื่น 498 นาโนเมตร จะสะท้อนสีน้ำเงินและสีแดงออกมาจึงมองเห็นเป็นสีม่วง ซึ่งมีช่วงความไว (Sensitive Curve) กว้างและซ้อนทับกันมาก การรับรู้สีเกิดจากการรับรู้เซลล์ชนิดใดถูกกระตุ้น ถ้าเซลล์รูปกรวยทั้ง 3 ชนิดถูกกระตุ้นพร้อม ๆ กัน และเท่า ๆ กัน จะมองเห็นเป็นสีขาว

การมองภาพ 3 มิติ (Stereoscopic Vision)

การมองภาพ 3 มิติเกิดจากการมองเห็นทั้ง 2 ตา (Binocular Vision) โดยภาพจะตกบนบริเวณที่สัมพันธ์กัน และจุดที่คล้ายคลึงกันของจอตาทั้ง 2 ข้าง ซึ่งลานสายตา (Visual Field) ของตาซ้ายและตาขวาจะค่อนข้างเหมือนกัน และเมื่อตาทั้ง 2 ตาถูกโฟกัสที่วัตถุเดียวกันจะทำให้ลานสายตาทั้ง 2 ข้างซ้อนกัน ดังนั้น ภาพของวัตถุที่ตกบนจุดใด ๆ บน 60 องศาจากจุดศูนย์กลางของลานสายตาจะมองเห็นทั้ง 2 ตา และภาพที่เห็นจากตาทั้งสองจะต้องตกลงบนจุดที่คล้ายคลึงกันของจอตาทั้งสองข้าง จึงทำให้ Visual Cortex แปลผลเป็นภาพเดียวกัน แต่ถ้าไม่เป็นดังกล่าวจะมองเห็นเป็นภาพซ้อน ซึ่งเรียกว่า Diplopic (Double Vision) การมองเห็นด้วยสองตามีความสำคัญในการรับรู้ความลึกหรือระยะห่างทำให้รับรู้ภาพ 3 มิติ ทำให้ลานสายตามีขนาดมากขึ้นกว่าเมื่อมองด้วยตาข้างเดียว ทั้งยังช่วยชดเชยจุดบอดที่เกิดขึ้นในตาแต่ละข้างด้วย การรับรู้ความลึกด้วยการมองสองตายังเกิดความห่างกันของตาทั้งสองข้าง ซึ่งอยู่ห่างประมาณ 2 นิ้ว ภาพที่ตกลงบนจอของตาแต่ละข้างจะแตกต่างกัน เพราะตาแต่ละข้างมองวัตถุจากคนละมุม นั่นคือวัตถุที่อยู่หน้าจมูกห่าง 1 นิ้ว จะเกิดภาพบน Temporal Portion ของจอตาแต่ละข้าง ในขณะที่วัตถุเล็กอยู่หน้าจมูกห่าง 20 ฟุต จะมีภาพตกที่จุดคล้ายคลึงกันในจอตาส่วน Nasal Porion ของตา ซึ่งการรับรู้ความลึกยังเกิดขึ้นได้จากการเปรียบเทียบขนาดของวัตถุ หรือการโยกศีรษะเคลื่อนตำแหน่งไปซ้ายขวา (Movement Parallax) จะพบว่าภาพที่เห็นมี

การเปลี่ยนแปลง ทำให้สามารถทราบระยะของวัตถุที่อยู่ใกล้หรือไกลได้ นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับประสบการณ์การเรียนรู้ ซึ่งจะช่วยในการรับรู้ถึงความลึก หรือระยะทางได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น

ตอนที่ 5 ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ (Multiple Objects Tracking: MOT)

ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ (Multiple Objects Tracking: MOT) พัฒนาขึ้นโดย Pylyshyn and Storm ในปี ค.ศ. 1988 (Pylyshyn, 2001, pp. 141–144) เป็นเทคนิคการทดลองที่ใช้ศึกษาระบบการมองเห็นเส้นทางเคลื่อนที่ของหลายวัตถุซึ่งถูกพัฒนาขึ้น เพื่อที่จะทดสอบทฤษฎีกระบวนการกำหนดภาพที่มองเห็น (ส่วนของอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ส่งผ่านการเคลื่อนที่ทำให้มีการเปลี่ยนตำแหน่ง ทิศทาง ความเร็ว และลักษณะการเคลื่อนที่) ที่เรียกว่าตัวบ่งชี้ภาพ (Visual Index or FINST Theory) ของ Pylyshyn (1972 cited in Pylyshyn & Storm, 1988, p. 180) FINST ย่อมาจาก Fingers of INSTantiation (Sears & Pylyshyn, 2000, p. 2) มีสมมติฐานว่า กระบวนการจดจ่อต่อสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายนั้น สามารถเกิดขึ้นได้อย่างอิสระ และไม่เกี่ยวกับสิ่งเร้าอื่น โดยการจดจ่อต่อสิ่งเร้าจะมีลักษณะแบบเดียวกัน เมื่อสิ่งเร้านั้นเกิดการเคลื่อนไหว ซึ่งการพัฒนาครั้งแรกได้นำมาทดสอบสมมติฐานในการจดจ่อภาพ โดยการใช้ลำแสงของตัวกระตุ้นเมื่อมีการเปลี่ยนตำแหน่งจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง หรือการจดจ่อจะสามารถแบ่งการจดจ่อต่อสิ่งเร้าได้หลายตัว (Pylyshyn & Storm, 1988, p. 181) ซึ่งมีลำดับขั้นในการติดตามวัตถุเคลื่อนที่ (MOT) ดังนี้

ขั้นตอนการติดตามวัตถุเคลื่อนที่แบบ 3 มิติตามทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ (MOT) ที่สรุปโดย Pylyshyn and Stormn (1988, p. 186) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การจำแนกสิ่งเร้า (Presentation) ที่เป็นเป้าหมาย เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นทำกิจกรรม โดยการเปลี่ยนการจดจ่อต่อสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย หลังจากได้รับการกระตุ้น ซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับภาพ ตำแหน่งของสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายทุกตัว จะถูกนำไปลงรหัสและเก็บไว้ในระบบความจำเกี่ยวกับตำแหน่งของสิ่งเร้า ซึ่งเกิดขึ้นในสมองส่วน Hippocampus (Burgess, Maguire, & O'Keefe, 2002, pp. 625-641)

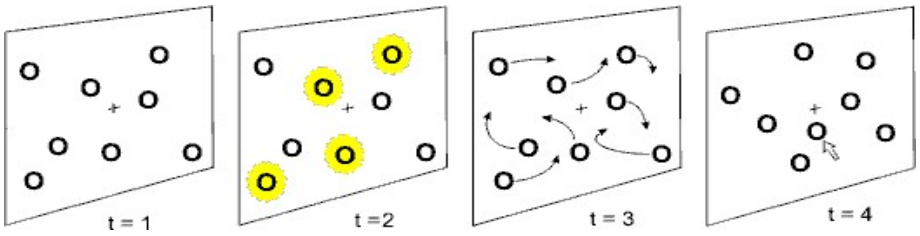
ขั้นตอนที่ 2 การจดจ่อ (Indexation) กับสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย เป็นการเรียกคืนข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย เพื่อจะกำหนดลำดับที่ของสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 3 การเปลี่ยนตำแหน่ง (Movement) สิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย เมื่อมีการเปลี่ยนตำแหน่งย้ายไปจากตำแหน่งเดิม การจดจ่อเส้นทางในการเปลี่ยนตำแหน่งสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายก็จะเริ่มต้นขึ้น

ขั้นตอนที่ 4 การเรียกคืนสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย (Identification) ขณะมีการเปลี่ยนความสนใจไปยังตำแหน่งใหม่ สิ่งเร้าที่อยู่ใกล้กับตำแหน่งที่เลือก จะกลายเป็นสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายแทน

ขั้นตอนที่ 5 ตำแหน่งปัจจุบันของสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย (Feedback) จะถูกลงรหัสและเก็บไว้ในระบบความจำจนกว่าจะเกิดการยอมรับสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายนั้น กิจกรรมการติดตามวัตถุจะเสร็จสิ้นลง

หากจะทำกิจกรรมใหม่ ต้องเริ่มต้นตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 - 5 ไปจนกว่ากิจกรรมการติดตามวัตถุจะเสร็จสิ้นลง นอกจากนี้การติดตามวัตถุเคลื่อนที่ (MOT) ยังมีการกำหนดและการติดตามตัวกระตุ้นที่เป็นเป้าหมายและตัวกระตุ้นที่ไม่เป็นเป้าหมายให้เคลื่อนไหวในพื้นที่ว่างที่จำกัดบริเวณไว้ภายในระยะเวลาที่กำหนด ดังภาพที่ 2-35



ภาพที่ 2-35 แบบจำลองการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ (MOT) (Pylyshyn, 2001, p. 142)

จากภาพที่ 2-35 แสดงให้เห็นการทดลองพื้นฐานในภาพแรก (t=1) มีวัตถุที่เหมือนกันเป็นตัวกระตุ้น 8 ลูก แล้วแบ่งกลุ่มวัตถุที่เป็นเป้าหมายออกเป็น 4 ลูก โดยมีแสงสว่างเพื่อให้เห็นเด่นชัดภายในระยะเวลาสั้น ดังภาพภาพที่ 2 (t=2) ต่อจากนั้นแสงสว่างจะหยุดกระพริบ แล้ววัตถุทั้งหมดจะรวมตัวกันแล้วเคลื่อนที่อย่างอิสระ ประมาณ 10 วินาที ตามภาพที่ 3 (t=3) จากนั้นวัตถุจะหยุดการเคลื่อนไหวทั้งหมด ตามภาพที่ 4 (t=4) ผู้ทดลองต้องตอบว่าวัตถุที่เป็นเป้าหมายนั้น คือวัตถุลูกใด (Pylyshyn, 2001, p. 142)

จากการศึกษาการติดตามวัตถุที่เป็นเป้าหมายกับตัวกระตุ้นในขณะที่มีการเคลื่อนที่ปรากฏว่าระหว่างติดตาม ผู้ติดตามสามารถติดตามได้ไม่เกิน 3 ตัว เมื่อมีการเคลื่อนที่เร็ว และสามารถติดตามตัวกระตุ้นได้ไม่เกิน 7 ตัว เมื่อมีการเคลื่อนที่ช้า ซึ่งผู้ทดลองสามารถทำได้ในระดับที่ผิดพลาดไม่แตกต่างกัน (Pylyshyn et al., 1994, p. 270) และตัวกระตุ้นที่เป็นเป้าหมายไม่ควรมีจำนวนมากกว่า 4 ตัว เพื่อให้ผู้ทดลองได้ใช้เวลาในการแยกแยะ และติดตามวัตถุเหล่านั้นโดยใช้เวลาเคลื่อนที่ภายในเวลา 10 วินาที (Pylyshyn, 2001, p. 142)

จากการแบ่งการจดจ่อกับตัวกระตุ้นที่มีระดับความลึกที่แตกต่างกัน โดยใช้กระบวนการติดตามหลายวัตถุของ Viswanathan and Mingolla (2002, p. 1415) พบว่าสิ่งเร้าที่เป็นสีเดียว

จะดึงดูดความสนใจได้น้อยกว่าสิ่งเร้าที่มีสองสี และสิ่งเร้าที่มีการเคลื่อนที่ยาก สามารถจำแนกข้อมูลเกี่ยวกับมิติสัมพันธ์ได้ และสิ่งเร้าในรูปแบบของสองมิติ จะจำแนกสิ่งเร้าได้ยากกว่าสิ่งเร้าในรูปแบบของสามมิติ นอกจากนี้สิ่งเร้าที่มีลักษณะรูปทรงที่แตกต่างกัน ผู้ทดลองไม่สามารถติดตามได้ถึง 4 ตัว เนื่องจากการเคลื่อนที่ของสิ่งเร้าที่มีรูปทรงต่างกัน จะมีความซับซ้อนมากกว่าการเคลื่อนที่ของสิ่งเร้าที่มีรูปทรงเดียวกัน (Scholl, Pylyshyn, & Feldmam, 2001, p. 159) รวมถึงสิ่งเร้าที่มีสีหรือรูปทรงที่มีการเปลี่ยนแปลง ผู้ทดลองมีแนวโน้มที่จะสนใจสิ่งเร้ามากกว่าตัวกระตุ้น (Bahrami, 2003, p. 960)

นิวโรแทรคเกอร์ (NeuroTracker)

นิวโรแทรคเกอร์ (NeuroTracker) เป็นรูปแบบการฝึกสมองด้วยการติดตามวัตถุเคลื่อนที่แบบ 3 มิติ (3-Dimensional Multiple Object Tracking - 3D MOT Brain Training Task) เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนาขึ้นโดย Professor Jocylene Faubert (Chief Technology Officer CogniSens Athletics Inc.) เป็นโปรแกรมการฝึกอบรมด้านความรู้ความเข้าใจ ที่ได้รับการยอมรับทางวิทยาศาสตร์มากที่สุด ในระยะเริ่มแรกจะใช้การมองภาพในแบบสองมิติ จากนั้นมีการปรับให้ใช้ควบคู่กับเทคโนโลยีภาพสามมิติ และเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality) จึงกลายเป็นเทคโนโลยีการติดตามวัตถุหลายวัตถุที่มีการเคลื่อนไหวอย่างอิสระด้วยภาพสามมิติ โดยใช้ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ (Three-dimensional Multiple Objects Tracking: 3D MOT) เทคโนโลยี NeuroTracker เกิดขึ้นจากการรวมการทำงานของระบบประสาทชีวภาพเสมือนจริง กับเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์การกีฬา ดังนั้นจึงเป็นนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ (Faubert, 2001, pp. 168-191) ที่ได้รับความนิยม และนำมาใช้ฝึกทักษะเพื่อเพิ่มความสามารถทางการรับรู้ทางการมองเห็นของนักกีฬา

การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรม NeuroTracker เป็นการนำเทคโนโลยีการติดตามวัตถุหลายวัตถุเพื่อพัฒนากระบวนการทางสมอง สมองจะมีการประมวลผลจากภาพที่เห็นผ่านการติดตามวัตถุที่มีการเคลื่อนไหวไปมาอย่างอิสระ ช่วยให้การตัดสินใจต่าง ๆ เร็วขึ้น การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นเป็นการพัฒนาทักษะการรับรู้ เพิ่มความชำนาญในกระบวนการทำงานของสมอง ดังนั้นการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นจะช่วยเพิ่มทักษะการตัดสินใจ มีความเชื่อมั่นต่อสถานการณ์การทำงานภายใต้การกดดัน การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรม NeuroTracker ได้รับการยืนยันทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการพัฒนาสมองให้มีความยืดหยุ่น (Neuroplasticity) (Mahncke et al., 2006, pp. 12523-12528) เมื่อการทำงานของสมองดีจะช่วยในการปรับตัวให้ทำงานที่ยากได้ง่ายขึ้น (Draganski & May, 2008, pp. 137-142) การศึกษาเกี่ยวกับภาพสมองแสดงให้เห็นถึงการปรับโครงสร้างระบบประสาทที่สมบูรณ์หลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรม NeuroTracker (Kupers, Chebat, Madsen, Paulson, & Ptito, 2010) จะทำให้เพิ่มความรู้ความเข้าใจการประมวลผลหรือ "ความเร็วสมอง" ในการประมวลผลข้อมูล

เพื่อกระตุ้นให้เกิดระบบอัตโนมัติ (Savelsbergh, Vander Kamp, Williams, & Ward, 2005, pp. 1686-1697) นอกจากนี้ NeuroTracker ยังมีบทบาทต่อวงการแพทย์เพื่อการฟื้นฟูความบกพร่องที่เกิดจากการมองวัตถุที่ลดลง (Recognized Impairments) ของผู้ที่ได้รับบาดเจ็บทางสมองจากการถูกกระทบกระแทก ซึ่งจะกระทบต่อการรับรู้ภาพ (เช่น การค้นหา การประมวลภาพรับรู้ภาพ การสแกนภาพ ฯลฯ) (Rogers & Landers, 2005, pp. 271-288)

รูปแบบการฝึกสมองด้วยการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรม NeuroTracker เป็นการรวม 4 คุณลักษณะที่สำคัญของกระบวนการมองเห็น ดังนี้

1. การกระจายความสนใจ (Distributing Attention) ไปยังวัตถุหลายสิ่งที่กำลังเคลื่อนที่ โดยเริ่มจากแนวคิดที่ว่าคนเราสามารถมองตามวัตถุหลายสิ่งได้อย่างไร โดยเน้นการศึกษาไปที่นักกีฬา เช่นนักกีฬาฟุตบอลที่ต้องกระจายความสนใจไปยังลูกบอล เพื่อนร่วมทีม และผู้เล่นจากฝ่ายตรงข้าม จากนั้นพยายามหาวิธีการเพื่อพัฒนาความสามารถในการติดตามวัตถุหลายสิ่งในเวลาเดียวกัน

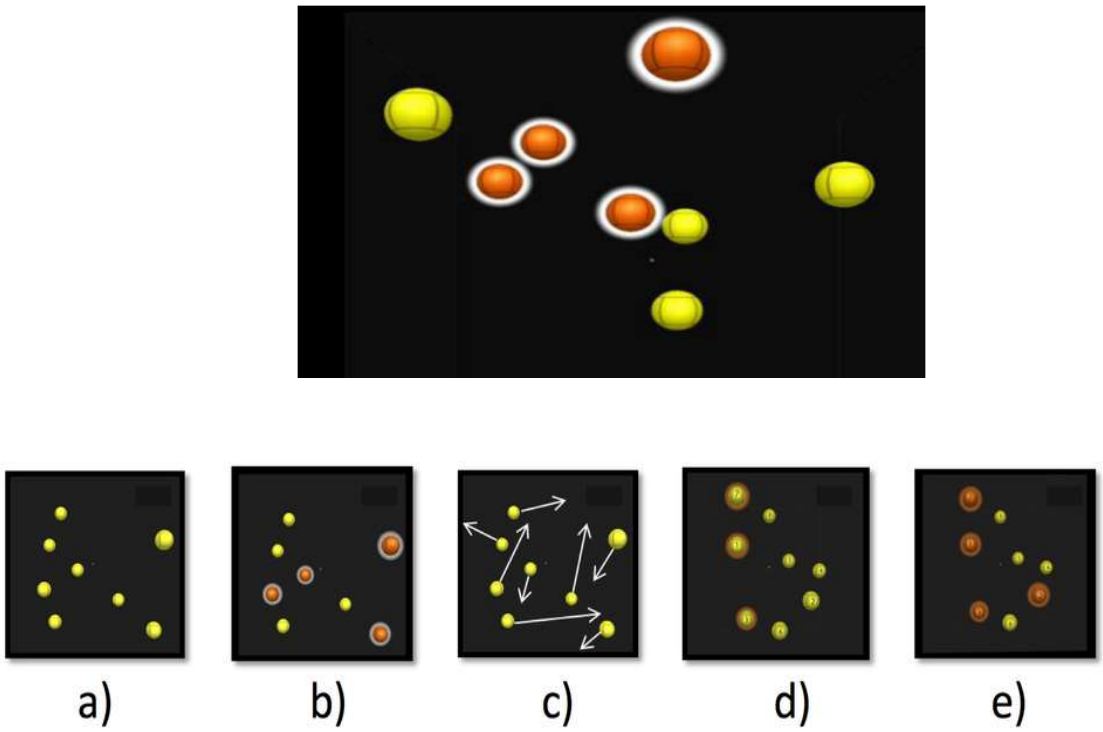
2. การมองภาพมุมกว้าง (Large Visual Field) เมื่อนักกีฬาอยู่ในสนามที่ต้องมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา การมองภาพในมุมกว้างจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง ทำให้สามารถส่งหรือรับบอลจากเพื่อนร่วมทีมได้ และสามารถมองหาพื้นที่ที่จะทำให้ทีมของตัวเองได้เปรียบในการทำคะแนนหรือสามารถคาดการณ์ ได้ว่านักกีฬาฝ่ายตรงข้ามจะจัดการป้องกันอย่างไรหรือจะบุกขึ้นมาอย่างไร

3. ความจริงเสมือน 3 มิติ (3-dimensional: 3D) ใช้การมองตามวัตถุทรงกลมที่เคลื่อนที่อย่างอิสระ ไม่ว่าจะไปทางซ้าย ทางขวา ไปข้างหน้า หรือย้อนกลับมาด้านหลัง วัตถุทรงกลมทุกชิ้นสามารถเคลื่อนที่ไปได้ทุกทิศทาง เพื่อให้ผู้รับการฝึกพัฒนาการติดตามวัตถุเหล่านั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. ความเร็ว (Speed Threshold) คนทั่วไปสามารถติดตามวัตถุทรงกลมเหล่านี้ได้ 4 ลูก นักวิจัยโปรแกรมดังกล่าว จึงได้พัฒนาความเร็วของการมองเห็น โดยเพิ่มความเร็วของวัตถุทรงกลมเหล่านั้นเพื่อให้ผู้รับการฝึก สามารถติดตามวัตถุที่เคลื่อนที่ได้เร็วยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยให้นักกีฬาสามารถนำไปปรับใช้ในการมองดูลูกบอลที่เคลื่อนที่ไปมาอย่างรวดเร็วได้ดียิ่งขึ้น

โปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ใช้การติดตามวัตถุทรงกลมที่เคลื่อนที่อย่างอิสระ เป็นการฝึกทักษะเกี่ยวกับการรับรู้ทางปัญญา (Perception Cognitive Skill) ช่วยพัฒนาสมองให้เกิดการจดจำ (Recognition) รูปแบบการฝึกอาศัยคุณสมบัติดึงดูดความสนใจของสมอง โดยสิ่งเร้าเป็นภาพวัตถุทรงกลมที่เคลื่อนไหวอย่างอิสระมีไฟกระพริบ กระตุ้นให้สมองเกิดความตื่นตัว (Alert) ซึ่งเป็นกลไกการทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องกับความใส่ใจ (Attention) และเป็นปัจจัยหนึ่งที่กระตุ้นให้เกิดการเลือกความใส่ใจ (Selective Attention) โดยการใช้ความตั้งใจควบคุมความใส่ใจไปยังสิ่งเร้า ปัจจัยที่เป็นตัวกระตุ้นการเลือกความใส่ใจประกอบด้วยกลไกภายนอก (Exogenous) หรือล่างขึ้นบน (Bottom-up) เป็นความใส่ใจที่มีลักษณะเป็นไปโดยอัตโนมัติและกลไกภายใน (Endogenous) หรือ

บนลงล่าง (Top-down) ซึ่งทั้งสองกลไกมีการทำงานร่วมกัน โดยที่สมองมีแนวโน้มที่จะใส่ใจต่อข้อมูลที่มีลักษณะความแปลกใหม่ (Novelty) นำมาซึ่งความตื่นเต้น (Excite) เร้าใจ (Arousal) ความเข้มข้น (Intensity) ของสิ่งเร้า เช่น สีตัดกัน (Color Contrast) ความเคลื่อนไหว (Movement) การเคลื่อนที่ (Motion) และความเร็ว (Speed) เพื่อให้สมองเกิดการตื่นตัว (Alert) ซึ่งระยะเวลาความใส่ใจของมนุษย์จะเป็นช่วงสั้น ๆ หากเป็นความใส่ใจแบบเพ่งความใส่ใจ (Focused Attention) จะเป็นการตอบสนองต่อช่วงเวลาสั้น ๆ ประมาณ 8 วินาที ส่วนความใส่ใจต่อเนื่อง (Sustained Attention) เป็นระดับความใส่ใจที่คงที่ต่อกิจกรรมเป็นเวลานานขึ้น มีระยะเวลาสูงสุดประมาณ 20 นาที (David Cornish, & Dukette, 2009, pp. 72-73) และหากความใส่ใจดังกล่าวทำงานไปพร้อมกันตลอดเวลาจะทำให้สามารถเลือกสิ่งสำคัญและให้ความใส่ใจต่อสิ่งนั้นได้นานขึ้น ในทางทฤษฎีการมีทักษะความใส่ใจที่บกพร่องจะนำไปสู่การบกพร่องเกี่ยวกับการรับรู้ได้ (Combs & Gouvier, 2004, pp. 727-738) ดังภาพที่ 2-36



ภาพที่ 2-36 การติดตามวัตถุเคลื่อนที่แบบ 3 มิติ (Faubert, 2013, p. 1154)

จากภาพที่ 2-36 แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนของการฝึกด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ผ่านหน้าจอโทรทัศน์ขนาด 65 - 70 นิ้ว ด้วยการสวมแว่นตา 3 มิติ เริ่มต้นโปรแกรมจากภาพ a) จะปรากฏวัตถุทรงกลมสีเหลือง จำนวน 8 ลูก ถูกวางในพื้นที่สามมิติ โดยแต่ละลูกจะมีหมายเลขกำกับไว้

คือ 1 ถึง 8 กระจายอยู่ที่หน้าจอภาพ ประมาณ 2 วินาที ต่อจากนั้น ภาพ b) วัตถุสีเหลืองจะมีไฟกระพริบเป็นสีแดง ซึ่งเป็นเป้าหมายที่จะให้ผู้รับการฝึกติดตาม จำนวน 4 ลูก ประมาณ 2 วินาที ต่อจากนั้นในภาพ c) วัตถุทรงกลมที่เป็นเป้าหมายทั้ง 4 ลูก จะกลายเป็นสีเหลืองเหมือนเดิม รวมเป็น 8 ลูก ระหว่างนั้นจะมีการเคลื่อนที่เข้าไปปะปนรวมกันและเปลี่ยนทิศทางสลับไปมาระหว่างกัน ประมาณ 8 วินาที จากนั้นวัตถุทรงกลมสีเหลืองทั้ง 8 ลูก จะหยุดนิ่งลงในภาพ d) ผู้รับการฝึกจะต้องตอบว่าวัตถุทรงกลมที่จำในตอนแรก (มีไฟกระพริบสีแดง) จำนวน 4 ลูก คือหมายเลขใด (หมายเลข 1 ถึง 8) หลังจากตอบเสร็จเรียบร้อยแล้วจะมีการเฉลยคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งความเร็วเริ่มต้นของผู้รับการฝึกแต่ละคนจะถูกกำหนดตามโปรแกรมโดยอัตโนมัติ หากผู้รับการฝึกตอบถูกทั้ง 4 หมายเลข การทดลองครั้งต่อไปจะเพิ่มความเร็วขึ้นโดยอัตโนมัติ และในทางตรงกันข้ามหากผู้รับการทดสอบตอบถูก แต่ไม่ครบ 4 หมายเลข การทดลองครั้งต่อไปความเร็วก็จะช้าลง ซึ่งผู้รับการฝึกจะต้องทำการทดสอบซ้ำ ๆ เช่นนี้ต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ จนครบ 20 รอบ จึงจะนับเป็น 1 ครั้ง (Session) โดย 1 ครั้งจะใช้เวลาประมาณ 5 - 6 นาที ไม่รวมระยะเวลาตอบและเวลาเฉลยคำตอบ

การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยใช้โปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ เป็นการพัฒนากระบวนการใส่ใจ (Attention Process) ที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ของมนุษย์ การให้ความใส่ใจต่อสิ่งเร้าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจวัด การคัดแยกและการจัดการต่อสิ่งเร้า ดังนั้น กระบวนการดังกล่าวจะต้องมีการคัดกรองการไหลผ่านของข้อมูลเข้าสู่กระบวนการทำงานของสมอง โดยจะเพิ่มประสิทธิภาพการไหลของข้อมูลที่มีความสำคัญ ขณะเดียวกันก็จะกำจัดข้อมูลหรือลดการไหลของข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง หรือข้อมูลไม่มีความสนใจเข้าสู่ระบบประสาทรับความรู้สึกในสมอง ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับเป้าหมาย และการทำงานของสมองในส่วน Prefrontal Cortex กระบวนการนี้จึงเป็นหนึ่งในขั้นตอนที่สำคัญของการรับรู้ หรือการรู้คิดของกระบวนการทางสมองขั้นสูง เป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนของสมอง เกิดขึ้นได้อย่างอิสระและมีความเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับการรับรู้ความรู้สึก จนเกิดการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมขึ้นที่สมองและมีความคงสภาพ ระดับความใส่ใจขึ้นอยู่กับสถานการณ์ที่มากระตุ้นหรือสิ่งเร้าที่แตกต่างกันไป นอกจากนี้ระดับความใส่ใจต่อสิ่งเร้ายังอยู่ภายใต้อิทธิพลของอารมณ์ด้วย เช่น ความเครียด (Stress) ที่เป็นอารมณ์เชิงลบหรือการเสริมแรงเชิงลบ (Negative Reinforcement) ระดับความใส่ใจต่อสิ่งเร้าก็จะลดลง ในทางตรงกันข้ามหากมีแรงจูงใจ โดยการให้รางวัล (Reward) หรือการเสริมแรงเชิงบวก (Positive Reinforcement) ระดับความใส่ใจต่อสิ่งเร้านั้นก็จะเพิ่มมากขึ้น ปัจจุบันเชื่อว่าการให้ความใส่ใจต่อสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายนั้น จะทำให้เกิดการคัดหลั่งของสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) กลุ่มอะเซทีลโคลีน (Acetylcholine: Ach) จากชั้นของเปลือกสมองใหญ่ หรือ Cerebral Cortex นอกจากนี้ยังเชื่อว่าระบบประสาทนี้ จะทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับแรงจูงใจ (Motivation System) และการให้ความใส่ใจต่อสิ่งเร้า โดยเฉพาะการเลือกให้ความใส่ใจต่อสิ่งเร้าที่

เป็นเป้าหมาย (Selective Attention) นั้นจะเป็นการทำงานของสมองส่วน Prefrontal Cortex และ Cingulate Gyrus (Nuechterlein, Luck, Lustig, & Sarter, 2009, p. 36) แต่การให้ความใส่ใจที่เกี่ยวข้องกับทิศทางนั้นจะเกี่ยวข้องกับสมองส่วน Parietal Lope, Thalamus และบางส่วนของสมองส่วนกลาง (Sternberg, 2009, pp. 51 - 52) ส่วนการคงช่วงความใส่ใจ (Sustained Attention) นั้นจะเกี่ยวข้องกับสมองส่วน Frontal และ Parietal Region ของสมองซีกขวา (Himmelheber, Fadel, Sarter, & Bruno, 1998, pp. 945 - 957)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ NeuroTracker

Neubauer, Bergner, and Schatz (2010) ได้ศึกษาอิทธิพลของเพศ และการฝึกที่มีต่อจินตภาพการหมุน (Mental Rotation) และการกระตุ้นของสมอง (Brain Activation) โดยการเปรียบเทียบระหว่างกิจกรรมทดสอบบนจอภาพ 2 มิติ และ 3 มิติ กับกลุ่มตัวอย่างที่ถนัดมือขวา จำนวน 77 คน เพศชาย จำนวน 38 คน เพศหญิง จำนวน 39 คน มีอายุเฉลี่ย 15 ปี ในการทดสอบความสามารถเชิงจินตนาการภาพการหมุนก่อนและหลังฝึก ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบสติปัญญา Intelligent Structured Analysis ที่พัฒนาจากโมเดลสติปัญญาของ Thurstone ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถเชิงจินตนาการภาพการหมุนทั้งสองชนิด พร้อมกับวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง รูปแบบของแบบทดสอบบนหน้าจอ 2 มิติ และ 3 มิติ ประกอบด้วย 5 กิจกรรม เป็นแบบทดสอบที่ใช้ภาพกระตุ้น ข้อแตกต่าง คือการแสดงผลบนหน้าจอ 2 มิติ และ 3 มิติ เริ่มกิจกรรมด้วยเครื่องหมายบวก ใช้เวลา 3000 มิลลิวินาที ต่อด้วยภาพตัวกระตุ้นที่แสดงในเวลา 8000 มิลลิวินาที ตอบคำถามโดยกดปุ่ม YES กับ NO ตอบ YES เมื่อภาพตัวกระตุ้นเป็นภาพเดียวกัน และตอบ NO เมื่อภาพตัวกระตุ้นไม่ใช่ภาพเดียวกัน ขณะฝึกต้องเล่นกิจกรรม 7 ชนิด เป็นเวลา 14 วัน แต่ละกิจกรรมประกอบด้วย Cube Task, Brick Task และเกม Tetris แตกต่างกันตรงความยากของกิจกรรม การวิเคราะห์ข้อมูลของคลื่นไฟฟ้าสมอง ใช้เทคนิค ERD (Event–related Desynchronization Approach) ของคลื่น Alpha ผลการวิจัยความแม่นยำในการตอบแบบทดสอบ ปรากฏว่าเพศชายมีคะแนนจากการทำแบบทดสอบความสามารถเชิงจินตนาการภาพการหมุนในรูปแบบ 2 มิติ สูงกว่าเพศหญิง แต่ไม่สามารถจำแนกได้ว่าเพศชายมีคะแนนความสามารถเชิงจินตนาการภาพการหมุนในรูปแบบ 3 มิติสูงกว่าเพศหญิง อย่างไรก็ตามคะแนนของทั้งสองกลุ่มเพิ่มขึ้น โดยเพศหญิงได้รับอิทธิพลการฝึกมากกว่าเพศชาย เวลาในการทำแบบทดสอบ กลุ่มทดลองทำแบบทดสอบหลังฝึกกิจกรรมใช้เวลาน้อยก่อนฝึก กลุ่มทดลองใช้เวลาการทำกิจกรรมการหมุนในรูปแบบ 3 มิติ น้อยกว่าการทำกิจกรรมการหมุนในรูปแบบ 2 มิติ และพบว่าเพศชายหลังการฝึกมีการกระตุ้นสมองน้อยกว่าก่อนการฝึก

Legault and Faubert (2012) ได้ศึกษาการพัฒนาการรับรู้การเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุ กลุ่มเป้าหมาย คือผู้สูงอายุที่มีอายุระหว่าง 64 - 73 ปี จำนวน 41 คน ที่มีสายตาปกติ เพื่อศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองต่อการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุที่เคลื่อนไหวอย่างอิสระแบบสามมิติ

ในสภาพแวดล้อมของความจริงเสมือน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มผู้สูงอายุที่ได้รับการฝึก 5 สัปดาห์ มีคะแนนการติดตามวัตถุสูงกว่ากลุ่มควบคุม และพบว่ากลุ่มผู้สูงอายุที่ได้รับการฝึกสามารถพัฒนาการรับรู้การเคลื่อนไหวทางชีวภาพได้ดีกว่า และในปีเดียวกันได้ศึกษาการพัฒนาการรับรู้การเคลื่อนไหวของร่างกายในผู้สูงอายุโดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือกลุ่มที่ฝึกโดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุที่เคลื่อนไหวอย่างอิสระแบบ 3 มิติ กลุ่มที่ฝึกโดยการมองภาพการเคลื่อนไหวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งทั้งสองกลุ่มฝึกในสภาพแวดล้อมของความจริงเสมือน ส่วนกลุ่มสุดท้ายไม่ได้รับการฝึกใด ๆ หลังจากทำการฝึกเป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่าผู้สูงอายุในสองกลุ่มแรกมีการรับรู้การเคลื่อนไหวทางร่างกายที่ระยะทาง 4 เมตรและ 16 เมตร ไม่แตกต่างกัน และมีพัฒนาการรับรู้การเคลื่อนไหวดีกว่ากลุ่มสุดท้ายไม่ได้รับการฝึกใด ๆ

นอกจากนั้น Faubert and Sidebottom (2012) ได้ศึกษาความสามารถในการมองภาพของสิ่งที่เคลื่อนไหว โดยศึกษาจากกลุ่มนักกีฬาชั้นเลิศ กลุ่มนักกีฬา และกลุ่มนักศึกษามหาวิทยาลัย โดยใช้อุปกรณ์การติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุหลายที่เคลื่อนไหวอย่างอิสระแบบภาพสามมิติ ผลการศึกษาพบว่า นักกีฬาชั้นเลิศ มีความสามารถในการเรียนรู้การมองภาพของสิ่งที่เคลื่อนไหวได้ดีกว่า นักกีฬา นักศึกษามหาวิทยาลัย ซึ่งพบว่ามีการตอบสนองต่อความเร็วดีขึ้น

Faubert (2013) ได้ศึกษาหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่าความเชี่ยวชาญด้านการรับรู้ ความเข้าใจด้านกีฬาของนักกีฬาเป็นองค์ประกอบสำคัญของกีฬาที่มีการแข่งขันระดับสูง โดยมีการประเมินความสามารถในการแข่งขันกับประสบการณ์ว่า มีความสอดคล้องกับมาตรการทางห้องปฏิบัติการขั้นพื้นฐานหรือไม่ เช่นความเร็วในการประมวลผล (Processing Speed) และความใส่ใจ (Attention) มีการกำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำสำหรับการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ (3D-MOT) กลุ่มผู้เข้าร่วมกิจกรรมทั้งหมด 308 คนแยกเป็น 3 กลุ่มโดยพิจารณาจากระดับประสิทธิภาพในการเล่นกีฬาเพื่อพิจารณาว่าระดับประสิทธิภาพกีฬา สามารถแยกแยะความสามารถในอัตราการเรียนรู้ ผู้เข้าร่วมกิจกรรมกลุ่มแรกเป็นนักกีฬาอาชีพจำนวน 102 คน (อายุเฉลี่ย 23.8 ปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ± 5.5 ปี และค่ามัธยฐาน 22 ปี) จากกีฬาที่แตกต่างกัน 3 ทีม ได้แก่ นักฟุตบอลอาชีพจำนวน 51 คน (พรีเมียร์ลีกอังกฤษ) ผู้เล่นฮ็อกกี้น้ำแข็งอาชีพ จำนวน 21 คน (National Hockey League (NHL)) และนักรักบี้อาชีพ จำนวน 30 คน กลุ่มที่ 2 เป็นนักกีฬายอดเยี่ยม 173 คน (อายุเฉลี่ย 23.5 ปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ± 5.8 ปี และค่ามัธยฐาน 22 ปี) จากโครงการกีฬามหาวิทยาลัยของซีเอในสหรัฐ จำนวน 136 คน และจากศูนย์กีฬาโอลิมปิกยุโรป จำนวน 37 คน และกลุ่มที่ 3 ทดสอบกีฬากับผู้ที่ไม่ใช่นักกีฬาจาก Université de Montréal จำนวน 33 คน (อายุเฉลี่ย 23.8 ปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ± 5.0 ปี และค่ามัธยฐาน 22 ปี) ผลปรากฏว่า นักกีฬาอาชีพเป็นกลุ่มมีทักษะพิเศษสำหรับการเรียนรู้อย่างรวดเร็วในภาพที่ซับซ้อน รองลงมาได้แก่กลุ่มนักกีฬายอดเยี่ยม ดังนั้นสรุปได้ว่าการฝึกติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ (3D-MOT) สอดคล้องกับความ

สามารถด้านการรับรู้ ความเข้าใจด้านกีฬาของนักกีฬา ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของกีฬาที่มีการแข่งขันระดับสูง

Legault, Allard and Faubert (2013) ได้ศึกษาความสามารถในการฝึกติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ ที่เป็นเป้าหมาย 3 และ 4 เป้าเหมาย ของผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดี กับคนหนุ่มสาว กลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มผู้สูงอายุที่มีอายุระหว่าง 61 - 74 ปี (อายุเฉลี่ย 66 ปี) จำนวน 10 คน และกลุ่มคนหนุ่มสาว ที่มีอายุระหว่าง 22 - 34 ปี (อายุเฉลี่ย 27 ปี) จำนวน 10 คน ทุกคนมีการมองเห็นเป็นปกติหรือแก้ไขเป็นปกติ ผู้สูงอายุได้ทำการตรวจ Mini-Mental State ซึ่งเป็นมาตรการคัดกรองความบกพร่องทางสติปัญญาและคะแนนทั้งหมดอยู่ในช่วงปกติ ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้สูงอายุจึงพิจารณาว่ามีสุขภาพดี ได้รับการอนุมัติทางจริยธรรมจากคณะกรรมการจรรยาบรรณของมหาวิทยาลัย ผลการศึกษาพบว่าเกณฑ์ความเร็ว 3D-MOT (Faubert & Sidebottom, 2012) ในการติดตามวัตถุทรงกลมที่เป็นเป้าหมาย 3 หรือ 4 เป้าหมายที่ติดตาม กลุ่มผู้สูงอายุสามารถทำตามเป้าหมาย 3 หรือ 4 เป้าหมายที่ติดตามได้อย่างสำเร็จ แต่ด้วยความเร็วที่ต่ำกว่ากลุ่มคนหนุ่มสาวอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าผู้สูงอายุไม่จำกัดเฉพาะการติดตามวัตถุทรงกลมที่เป็นเป้าหมาย 3 เป้าหมาย สามารถติดตามวัตถุทรงกลมที่เป็นเป้าหมาย 4 เป้าหมายได้แต่มีความยากลำบากในการติดตามเป้าหมาย 4 เป้าหมายมากขึ้น

Ryokai, Farzin, Kaltman, and Niemeyer (2013) ได้ศึกษาการประเมินการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ (MOT) ในเด็กเล็กโดยใช้เกม เกมที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้สร้างขึ้นบนพื้นฐานของความสามารถทางสมองของเด็กที่เป็นกลุ่มทดลอง การติดตามตำแหน่งของวัตถุเฉพาะในฉากแบบไดนามิก ความสามารถในการมองเห็นการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุที่เคลื่อนที่ไปพร้อม ๆ กันในสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง และการรับความรู้สึกอย่างหลากหลายตามวัยของเด็กเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของรูปแบบการประสานภาพและมอเตอร์เกือบทั้งหมด เด็กที่ใช้ในการทดลอง มีอายุระหว่าง 30 – 58 เดือน ผู้วิจัยประเมินการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ (MOT) โดยใช้เกม บนแท็บเล็ตแบบสัมผัสของเด็ก ผลปรากฏว่าเด็กสามารถพัฒนาสมองจากการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นหลัก

Mangine et al. (2014) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการติดตามภาพ (VTS) กับเวลาในการตอบสนอง (RT) ต่อสมรรถนะของบาสเกตบอล กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เล่นบาสเกตบอลมืออาชีพ จำนวน 12 คน ได้รับการทดสอบก่อนฤดูกาลปี 2012-13 ความเร็วในการติดตามภาพได้จากการฝึกติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ (3D-MOT) จำนวน 20 การทดลอง ผลปรากฏว่าความเร็วในการติดตามภาพ (VTS) เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเล่นบาสเกตบอลของผู้เล่นในการดูและตอบสนองต่อสิ่งเร้าต่าง ๆ ในสนามบาสเกตบอลซึ่งส่งผลให้มีการเล่นในเชิงบวกมากขึ้น

Boon, Theeuwes, and Belopolsky (2014) ได้ศึกษาถึงวิธีการเก็บข้อมูลไว้ในความจำ

ขณะทำงาน ที่จะพัฒนาในระหว่างการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 25 คน มีอายุระหว่าง 18 - 28 ปี จะต้องจำตำแหน่งของวัตถุก่อนการเคลื่อนที่ และเมื่อวัตถุเคลื่อนที่แล้ว กลุ่มตัวอย่างจะต้องจำตำแหน่งของวัตถุหลังการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นตัวแทนของพิกัดของการมองเห็นโดยใช้วิธีการมองอย่างรวดเร็วของลูกตาในขณะที่วัตถุยังเคลื่อนที่ เป็นการตรวจสอบความจำตำแหน่งของวัตถุ ผลการศึกษาพบว่า ความจำขณะทำงานได้มีการพัฒนาวิธีการเก็บข้อมูล ในระหว่างการเคลื่อนที่ของวัตถุ แม้ว่าจะไม่มีสัญญาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของดวงตาที่กำลังจะเกิดขึ้นก็ตามการพัฒนานี้เกิดขึ้นระหว่างช่วงสั้น ๆ หรือหลังการเคลื่อนที่เสร็จสิ้น

Parsons and Sedig (2014) ได้ให้นักศึกษามหาวิทยาลัย ฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ (NeuroTracker) จำนวน 10 ครั้ง เพื่อศึกษาว่าการฝึกการรับรู้ด้วย 3D-MOT สามารถเพิ่มความสามารถทางสมองด้านความใส่ใจ (Attention) ความจำขณะทำงาน (Working Memory) ความเร็วในการประมวลภาพ (Visual Information Processing Speed) หรือไม่ โดยการแบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ (3D-MOT) มีความสัมพันธ์กับกระบวนการทำงานของสมอง กลุ่มทดลองสามารถเพิ่มความสามารถด้านความใส่ใจ ความจำขณะทำงาน และความเร็วในการประมวลภาพได้มากกว่ากลุ่มควบคุม

Mangine et al. (2014); Junyent, Blázquez, Fortó, and Torradeflot (2015) ได้ทดลองฝึกนักกีฬาด้วยการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ (NeuroTracker) เพื่อเพิ่มทักษะทางการมองเห็น (ความชัด ความไว และความเคลื่อนไหว) ในนักกีฬาโปโลน้ำ เทควันโด เทนนิส และบาสเกตบอล โดยมีการฝึกการรับรู้ด้วย 3D-MOT จำนวน 20 ครั้ง ผลปรากฏว่า นักกีฬาที่เป็นกลุ่มทดลองผ่านการฝึกด้วยโปรแกรมติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ มีประสิทธิภาพทางการมองเห็นสูงกว่านักกีฬากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึก

Romeas, Guldner, and Faubert (2016) ได้ศึกษาการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ (3D-MOT) ที่มีความเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการกีฬา ในการศึกษาครั้งนี้มีการประเมินความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการฝึกอบรม 3D-MOT จากห้อง ปฏิบัติการไปยังสนามฟุตบอลซึ่งเป็นความสามารถในการอ่านภาพจริงได้อย่างถูกต้อง ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติ ตลอดช่วงเวลาก่อนและหลังการฝึกซ้อม โดยพิจารณาทักษะที่จำเป็น 3 อย่าง ได้แก่การผ่านลูกบอล การเลี้ยงลูกบอล และการยิงประตู ซึ่งใช้ในการรับมือกับฝ่ายตรงข้าม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองเป็นนักฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัย จำนวน 23 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 9 คน ได้รับการฝึกติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ จำนวน 10 ครั้ง

กลุ่มควบคุม จำนวน 7 คน ได้รับการดูวิดีโอฟุตบอล 3D และกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกหรือคำแนะนำใด ๆ จำนวน 7 คน ผลการทดลองปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีความแม่นยำในการตัดสินใจในการส่งผ่าน เลี้ยงลูกบอลได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม แสดงให้เห็นว่าการฝึกติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ นักกีฬาสามารถถ่ายทอดความโอนความเข้าใจจากห้องปฏิบัติการไปยังสนามฟุตบอล

Parsons et al. (2016) ได้ศึกษาการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบสามมิติ (3D-MOT) เป็นระบบการฝึกอบรมการรับรู้ และการรับรู้ตามสภาพแวดล้อมเสมือนจริงแบบ 3D เป็นการศึกษาครั้งแรกเพื่อตรวจสอบผลกระทบของการฝึกอบรม 3D-MOT เกี่ยวกับความใส่ใจ (Attention) ความจำขณะทำงาน (Working Memory) และความเร็วในการประมวลผลข้อมูลภาพ (Visual Information Processing Speed) รวมทั้งการใช้ภาพสมองในการทำงาน (Functional Brain Imaging) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่คัดเลือกมาจากมหาวิทยาลัย จำนวน 20 คน เป็นนักศึกษาที่ศึกษาในชั้นปีเดียวกัน ไม่เป็นบุคคลที่ใช้ยาทางจิตเวช และไม่เป็นนักกีฬาระดับสูง ได้รับการอนุมัติโดยคณะกรรมการจริยธรรม Université de Montréal (CERES; Comité d'éthique de la recherche en santé) กลุ่มตัวอย่างแบ่งโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย เป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกอบรม 3D-MOT (NT) จำนวน 10 คน กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึกอบรม 3D-MOT (CON) จำนวน 10 คน ได้รับการประเมินความสามารถในการรับรู้ความสามารถ โดยใช้ Neuropsychological Tests และ Correlates การทำงานของสมองได้รับการประเมินโดยใช้ Electroencephalography เชิงปริมาณ (qEEG) ผลการฝึกอบรม 3D-MOT จำนวน 10 ครั้ง พบว่ากลุ่มทดลองสามารถเพิ่มความใส่ใจ ความเร็วในการประมวลผลข้อมูลภาพ และหน่วยความจำในการทำงาน และยังนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณในการทำงานของสมองในระบบประสาทได้มากกว่ากลุ่มควบคุม

Harenberg et al. (2016) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ (MOT) กับทักษะการผ่าตัดผ่านกล้อง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาแพทย์ปีที่สอง จำนวน 29 คน กลุ่มตัวอย่างได้รับการฝึกติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ และการผ่าตัดจำลอง ตัวแปรที่เป็นคำอธิบาย (ได้แก่ อายุ ชั่วโมงการนอนหลับ คาเฟอีน และการเล่นวิดีโอเกม) วัดโดยใช้แบบสอบถาม คำนวณค่าเฉลี่ยของผลการปฏิบัติงาน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้แบบจำลองการถดถอยเชิงลำดับขั้นกับผลการผ่าตัดเป็นตัวแปรผลลัพธ์ ตัวแปรพยากรณ์ (Predictor) คือคะแนนติดตามผลการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ และตัวแปรอธิบายโมเดลการถดถอย การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงความหมายที่อาจเกิดขึ้นจากการฝึกอบรมการรับรู้ความเข้าใจ ความรู้ความเข้าใจสำหรับศัลยแพทย์ในอนาคต พร้อมกับการฝึกทักษะยนต์ MOT อาจช่วยให้ผู้ประกอบวิชาชีพด้านการดูแลสุขภาพสามารถเตรียมตัวให้พร้อมสำหรับความต้องการด้านความรู้ความเข้าใจที่ซับซ้อนของการผ่าตัด

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ และนำรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านความจำความหมายระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ

ระยะที่ 2 การศึกษาผลของการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ระยะที่ 1 การกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ

การกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ มีขั้นตอนการดำเนินการ 5 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

1. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ทางการมองเห็น และความสามารถทางปัญญา

2. กำหนดรูปแบบและจัดทำคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์

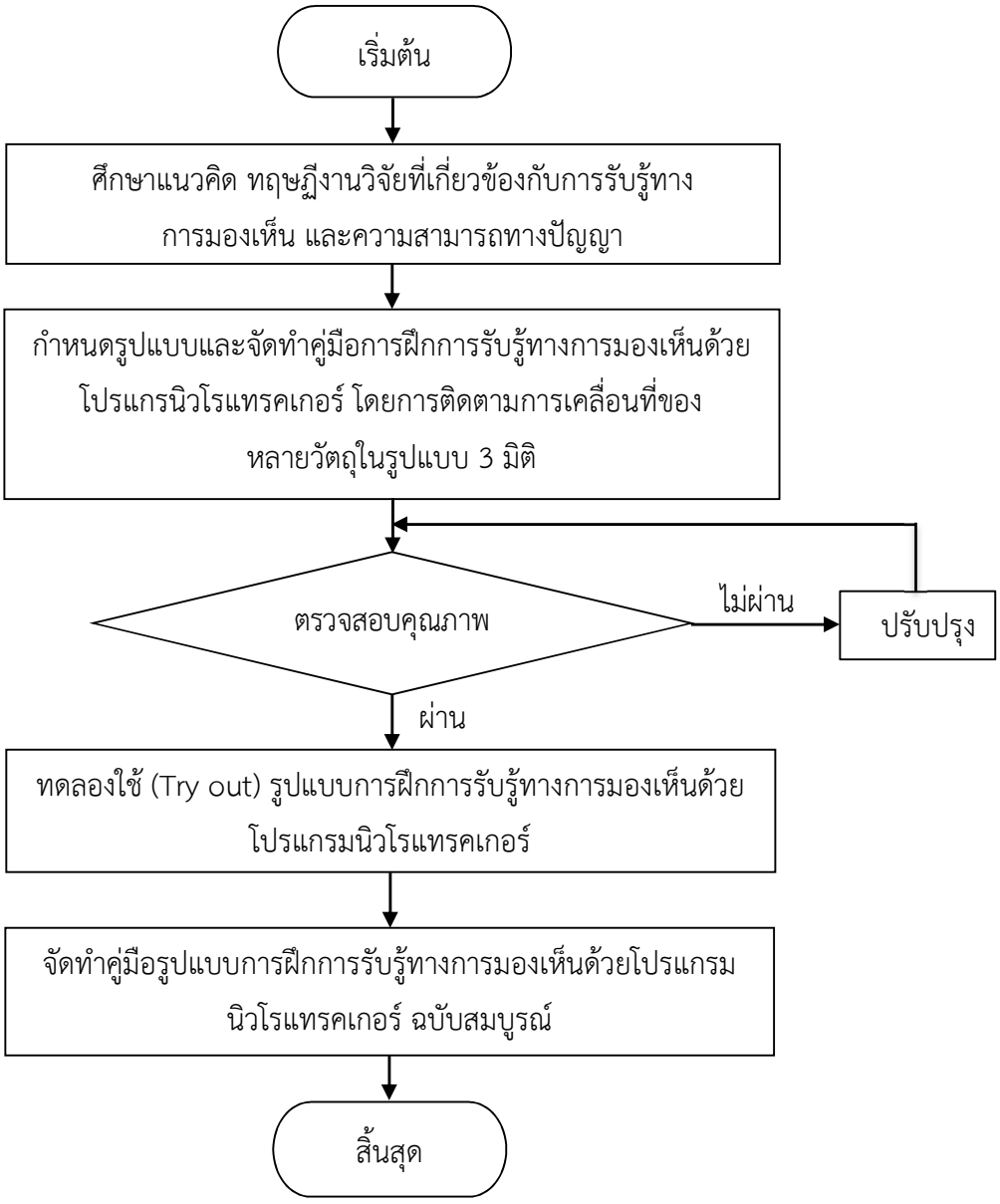
3. ตรวจสอบคุณภาพรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

4. ปรับปรุงรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ และนำรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ที่ปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

5. จัดทำคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ฉบับสมบูรณ์

ระยะที่ 1 กำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ

กำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ มีขั้นตอนดำเนินการ ดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์

จากภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีวิธีการ ดังนี้

1. ศึกษาแนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น กับความสามารถทางปัญญา พบว่า

Rogers et al. (2006) ได้ศึกษาผู้ที่มีความบกพร่องทางสมอง ซึ่งสมองส่วน Temporal Lobes ที่มีความสำคัญสำหรับความสามารถด้านความจำความหมายในมนุษย์ คณะผู้วิจัยได้ศึกษากับผู้ป่วยที่มีความบกพร่องทางสมองโดยการกำหนดสิ่งเร้าเป็นภาพสี ที่จัดหมวดหมู่ เช่น เป็นภาพสัตว์ ยานพาหนะ และงานที่จัดไว้เป็นหมวดหมู่ ผู้ป่วยที่ได้รับการทดลองมีผลของการดึงข้อมูลความหมายที่เฉพาะเจาะจงได้ดีขึ้น และมีความจำดีขึ้น

Neubauer, Bergner, and Schatz (2010) ได้ศึกษาอิทธิพลของเพศและการฝึกที่มีต่อจินตภาพการหมุน (Mental Rotation) และการกระตุ้นสมอง (Brain Activation) กับกลุ่มตัวอย่างที่ถนัดมือขวา จำนวน 77 คน เป็นเพศหญิง จำนวน 39 คน เพศชาย จำนวน 38 คน มีอายุเฉลี่ย 15 ปี โดยการเปรียบเทียบระหว่างกิจกรรมทดสอบบนจอภาพ 2 มิติ และ 3 มิติ ในการทดสอบความสามารถเชิงจินตนาการภาพการหมุนก่อนและหลังฝึก ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวิเคราะห์โครงสร้างทางเชาวน์ปัญญา (Intelligent Structured Analysis) ที่พัฒนาจากโมเดลสติปัญญาของ Thurstone ขณะทำกิจกรรมทดสอบความสามารถเชิงจินตนาการภาพการหมุนทั้งสองชนิด พร้อมกับวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง รูปแบบของแบบทดสอบบนหน้าจอ 2 มิติ และ 3 มิติ ประกอบด้วย 5 กิจกรรม เป็นแบบทดสอบที่ใช้ภาพกระตุ้น ข้อแตกต่างคือการแสดงผลบนหน้าจอ 2 มิติ และ 3 มิติ ขณะฝึกต้องเล่นกิจกรรม 7 ชนิด เป็นเวลา 14 วัน การวิเคราะห์ข้อมูลของคลื่นไฟฟ้าสมอง ใช้เทคนิค Event–Related Desynchronization Approach: ERD ของคลื่น Alpha ผลการวิจัยพบว่า เพศชายมีคะแนนการทำแบบทดสอบความสามารถเชิงจินตนาการภาพการหมุนในรูปแบบ 2 มิติ สูงกว่าเพศหญิง แต่ไม่สามารถจำแนกได้ว่าเพศชายมีคะแนนความสามารถเชิงจินตนาการภาพการหมุนในรูปแบบ 3 มิติ สูงกว่าเพศหญิง กลุ่มทดลองใช้เวลาการทำกิจกรรมการหมุนในรูปแบบ 3 มิติ น้อยกว่าการทำกิจกรรมการหมุนในรูปแบบ 2 มิติ และเพศชายหลังการฝึกมีการกระตุ้นสมองน้อยกว่าก่อนการฝึก

Kuperman and Van Dyke (2011) ได้ศึกษาทักษะการอ่านของแต่ละบุคคล กับพฤติกรรมการเคลื่อนไหวของลูกตาในการอ่านประโยค กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาเป็นนักพูดที่ไม่ได้กำลังศึกษาอยู่ จำนวน 71 คน มีอายุระหว่าง 16 – 24 ปี ทำการฝึกด้วยแบบฝึกทางภาษา 18 ชุด และประเมินทักษะทางปัญญา และอ่านชุดของประโยคโดยการเคลื่อนไหวของลูกตา ผลปรากฏว่ากลุ่มตัวอย่างที่ฝึกการอ่านชุดของประโยคการเคลื่อนไหวของลูกตา มีความสามารถในการอ่านดีขึ้น

รวดเร็วขึ้น

Kornkasem and Black (2015) ได้ศึกษาว่า กระบวนการทำงานของสมองเป็นกระบวนการสร้างความสนใจที่จะเรียนรู้ในการรับรู้ภาพของสิ่งเร้าเพื่อนำไปสู่การสร้างภาพสิ่งเร้าในระบบความจำขณะคิด และจัดการกับภาพนั้น ๆ โดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะหรือมุมมอง และนำไปเปรียบเทียบกับภาพในระบบความจำขณะคิดเพื่อยืนยันผล

จากการทบทวนวรรณกรรมแสดงให้เห็นว่า การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ สามารถเพิ่มความสามารถทางปัญญาได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การใช้เกมในการติดตามตำแหน่งของวัตถุเฉพาะในฉากแบบไดนามิค ในเด็กที่เป็นกลุ่มทดลองมีความสามารถในการมองเห็นวัตถุเคลื่อนที่ไปพร้อม ๆ กันในสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง สามารถพัฒนาสมองจากการเรียนรู้ในเกมได้สูงกว่ากลุ่มควบคุม (Ryokai, Farzin, Kaltman, & Niemeyer, 2013) การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ (NeuroTracker) สามารถเพิ่มความสามารถด้านความใส่ใจความจำขณะทำงาน และความเร็วในการประมวลภาพในกลุ่มทดลองได้มากกว่ากลุ่มควบคุม (Parsons & Sedig, 2014) และสามารถเพิ่มทักษะทางการมองเห็น (ความชัด ความไว และความเคลื่อนไหว) ของนักกีฬาในกลุ่มทดลองมีประสิทธิภาพทางการมองเห็นสูงกว่านักกีฬากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึก (Mangine et al., 2014) อีกทั้งการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุสามารถพัฒนาวิธีการเก็บข้อมูลในความจำขณะทำงาน ระหว่างการเคลื่อนที่ของวัตถุ แม้ว่าจะไม่มีสัญญาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของดวงตาที่กำลังจะเกิดขึ้นก็ตาม การพัฒนานี้เกิดขึ้นระหว่างช่วงสั้น ๆ หรือหลังการเคลื่อนที่เสร็จสิ้น (Boon, Theeuwes, & Belopolsky, 2014) การรับรู้ทางการมองเห็นในรูปแบบการเคลื่อนไหว ทำให้เกิดมโนภาพของวัตถุหรือสิ่งเร้าในสมองมากกว่าในรูปแบบของภาพนิ่ง (Christou, Pappas, & Falagas, 2007, pp. 1510-1517)

2. กำหนดรูปแบบและจัดทำคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ

2.1 ลักษณะของโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์

โปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ เป็นรูปแบบการฝึกสมองด้วยกิจกรรมการติดตามวัตถุเคลื่อนที่แบบ 3 มิติ (3-Dimensional Multiple Object Tracking - 3D MOT Brain Training Task) เป็นการติดตามภาพวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น จากทฤษฎีการติดตามภาพระบุไว้ว่า วัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้นมีลักษณะรูปทรงที่แตกต่างกัน กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถติดตามวัตถุหรือสิ่งเร้านั้นได้ (Scholl, Pylyshyn & Feldman, 2001, p. 159) และจากทฤษฎีความจำขณะทำงาน (Working Memory) ของระบบเก็บความจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ สามารถทำการเก็บข้อมูลได้สูงสุด 8 หน่วย

(Baddeley, 2002, pp. 86 – 90) รวมถึงสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้นมีสีเหลือง ซึ่งเป็นสีที่ดึงดูดความสนใจ ทำให้เกิดความรู้สึกสนุกสนาน ร่าเริงและแปลกใหม่ (Kandinsky, 1988)

ลักษณะของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย (Indexation) ให้ติดตามไม่ควรมีเกิน 4 ตัว (Pylyshyn et al., 2001) และสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายมีสีแดง เป็นสีที่สามารถ มองเห็นได้รวดเร็วที่สุด และการที่สิ่งเร้ามีสองสีจะช่วยดึงดูดความน่าสนใจต่อสิ่งเร้าได้มากกว่าการมีสีเดียว (Viswanathan & Mingolla, 2002, p. 1415)

วิธีการเคลื่อนที่ (Movement) ของวัตถุหรือสิ่งเร้าหลายทิศทาง ช่วยให้บุคคลสามารถ มองเห็นภาพของสิ่งเร้าได้ชัดเจนและลึกถึงในทุกมิติ กำหนดระยะเวลาในการจดจ่อความใส่ใจ (Focused Attention) ของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย เป็นเวลา 6 - 8 วินาที

ฉากพื้นหลังของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น มีการจัดหมวดหมู่การรับรู้ภาพแยก ออกเป็น 2 ส่วน คือ ภาพ (Figure) และพื้นหลัง (Ground) โดยภาพจะเป็นจุดเน้นทำให้เกิดการรับรู้ ก่อน หรือเป็นส่วนที่ลอยเด่นอยู่ตรงหน้า มีลักษณะและมีขอบเขตจำกัดมองเห็นได้ชัด ส่วนพื้นจะเป็น ส่วนที่สำคัญน้อยกว่าภาพจึงมองเห็นอยู่ข้างหลังภาพ

วิธีการให้คะแนนการตอบถูกด้วยอัตราความเร็วก้าวหน้า หากผู้รับการฝึกตอบถูกครบทั้ง 4 ลูก ในครั้งถัดไปวัตถุทรงกลมจะเคลื่อนที่เร็วขึ้นตามโปรแกรมที่กำหนดโดยอัตโนมัติ และในทาง กลับกัน หากผู้รับการฝึกตอบผิด ในครั้งถัดไปวัตถุทรงกลมจะเคลื่อนที่ช้าลงตามโปรแกรมที่กำหนด โดยอัตโนมัติด้วยเช่นกัน

2.2 กำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดย การติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ

จากการศึกษาเอกสาร ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ทางการมองเห็นสำหรับ เพิ่มความสามารถทางปัญญา พบว่าโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์เป็นรูปแบบการฝึกสมองด้วย การติดตามวัตถุที่มีการเคลื่อนไหวอย่างอิสระด้วยภาพสามมิติ โดยใช้ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของ หลายวัตถุแบบ 3 มิติ เพื่อพัฒนากระบวนการทางสมอง สมองจะมีการประมวลผลจากภาพที่เห็นผ่าน การติดตามวัตถุที่มีการเคลื่อนไหวไปมาอย่างอิสระ ช่วยให้การตัดสินใจต่าง ๆ เร็วขึ้น การฝึกการรับรู้ ทางการมองเห็น เป็นการพัฒนาทักษะการรับรู้ เพิ่มความชำนาญในกระบวนการทำงานของสมอง ดังนั้นโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น สำหรับ เพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีรูปแบบการฝึกการรับรู้ทาง การมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ดังนี้

2.2.1 ขั้นเตรียมก่อนการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ต้องทำให้ผู้รับการฝึก มีความเข้าใจและคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อม ประกอบด้วย

สภาพห้องปฏิบัติการ การกำหนดระยะห่างของเก้าอี้ที่นั่งมองวัตถุหรือสิ่งเร้า

ลักษณะของโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ที่กำหนดลักษณะของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น เป็นวัตถุทรงกลมสีเหลือง จำนวน 8 ลูก และกำหนดลักษณะของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายมีสองสี คือวัตถุทรงกลมสีแดงและมีสีขาวล้อมรอบอีกชั้นหนึ่ง เพื่อให้ผู้รับการฝึกจำแนกสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายได้ชัดเจน จำนวน 4 ลูก

แว่นตา 3 มิติ ผู้รับการฝึกต้องสวมแว่นตาสามมิติ ซึ่งช่วยให้สามารถรับรู้ถึงสภาพแวดล้อมแบบ 3 มิติได้

ผู้รับการฝึกต้องจ้องมองจุดกึ่งกลางตามเครื่องหมายที่กำหนดของหน้าจอโทรทัศน์ เพื่อติดตามวัตถุทรงกลมสีเหลืองจำนวน 8 ลูก ที่เคลื่อนที่ไปมาอย่างอิสระ ไม่ว่าจะไปทางซ้าย ทางขวา ไปข้างหน้า หรือย้อนกลับมาด้านหลัง วัตถุทรงกลมทุกลูกสามารถเคลื่อนที่ไปได้ทุกทิศทาง เมื่อได้รับแรงกระแทกกันและกัน และมีการชนกัน

2.2.2 กำหนดกิจกรรมในการฝึกติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย (Faubert & Sidebottom, 2012) คือการติดตามวัตถุทรงกลมที่เป็นเป้าหมาย ในการติดตาม 1 ครั้ง มีการทำกิจกรรม (Trial) ทั้งหมด 20 กิจกรรม ในแต่ละกิจกรรมประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การจำแนกสิ่งเร้า (Presentation) ที่เป็นเป้าหมาย เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นทำกิจกรรม โดยการเปลี่ยนการจดจ่อต่อสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย วัตถุทรงกลมสีเหลือง จำนวน 8 ลูก ถูกวางในตำแหน่งแบบสุ่มกระจายอยู่ที่หน้าจอภาพ ประมาณ 2 วินาที หลังจากได้รับการกระตุ้น ตำแหน่งของสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายทุกตัว จะถูกนำไปลงรหัสและเก็บไว้ในระบบความจำเกี่ยวกับตำแหน่งของสิ่งเร้า ซึ่งเกิดขึ้นในสมองส่วน Hippocampus (Burgess, Maguire, & O’Keefe, 2002, pp. 625-641)

ขั้นตอนที่ 2 การบ่งชี้เป้าหมาย (Indexation) วัตถุทรงกลมสีเหลืองจะเปลี่ยนเป็นสีแดง ซึ่งเป็นเป้าหมายให้ติดตาม ประมาณ 2 วินาที ก่อนที่จะเปลี่ยนกลับเป็นสีเหลือง

ขั้นตอนที่ 3 การเปลี่ยนตำแหน่ง (Movement) วัตถุทรงกลมทั้ง 8 ลูก เริ่มเคลื่อนที่ไปในทิศทางแบบสุ่มตามความเร็วที่กำหนดโดยโปรแกรม ระหว่างนั้นจะมีการเคลื่อนที่เข้าไปปะปน รวมกันและเปลี่ยนทิศทางสลับไปมาระหว่างกัน ประมาณ 8 วินาที

ขั้นตอนที่ 4 การระบุเป้าหมาย (Identification) วัตถุทรงกลมทั้ง 8 ลูก จะหยุดการเคลื่อนที่ ผู้รับการฝึกต้องตอบว่าวัตถุทรงกลมที่เป็นเป้าหมายที่จำในตอนแรกคือหมายเลขใด (หมายเลข 1 - 8)

ขั้นตอนที่ 5 การตอบรับสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย (Feedback) ผู้รับการฝึกจะถูกประเมินตามเกณฑ์ความเร็ว เกณฑ์ความเร็วจะถูกประเมินในแต่ละขั้น (Levitt 1971) นั่นคือหลังจากได้รับคำตอบที่ถูกต้อง ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกลมเพิ่มขึ้น หลังจากการตอบผิดในแต่ละครั้งจะส่งผลให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกลมลดลง

หากผู้รับการฝึกตอบถูกครบตามจำนวนเป้าหมายที่กำหนด ในการทดลองครั้งถัดไปวัตถุทรงกลมจะเคลื่อนที่เร็วขึ้นตามโปรแกรมที่กำหนดโดยอัตโนมัติ และในทางกลับกัน หากผู้รับการฝึกตอบผิดในการทดลองครั้งถัดไปวัตถุทรงกลมจะเคลื่อนที่ช้าลงตามโปรแกรมที่กำหนดโดยอัตโนมัติด้วยเช่นกัน

2.2.3 กำหนดระยะเวลาในการฝึก ให้ผู้รับการฝึกแต่ละคน ฝึกทั้งหมด 20 ครั้ง ๆ ละ 10 นาที ฝึกวันละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 7 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Faubert ที่พบว่าผู้รับการฝึกมีแนวโน้มผลคะแนนของการฝึกดีขึ้นเรื่อย ๆ ตั้งแต่เริ่มต้นฝึกติดต่อกันจนถึงระยะเวลาในการฝึก 20 - 30 นาที (Faubert & Sidebottom, 2012, pp. 85-102)

2.3 การจัดทำคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ

3. ตรวจสอบคุณภาพ ของรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ มีรายละเอียดดังนี้

การตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบ และคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยการประเมินความเหมาะสมด้านลำดับขั้นตอนการทำงานของการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ด้วยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน ประกอบด้วย

3.1 ดร.วรากร เกรียงไกรศักดา	นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ โรงพยาบาลพุทธโสธรจังหวัดฉะเชิงเทรา
3.2 ดร.กนก พานทอง	อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
3.3 ดร.ปริญญา เรืองทิพย์	อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

ผู้ทรงคุณวุฒิ ตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบ และคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ พบว่ารูปแบบมีความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ด้านการดำเนินการตามขั้นตอนของรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ประกอบด้วย อุปกรณ์ ขั้นตอนการเตรียม ขั้นตอนการเปิดใช้โปรแกรม และขั้นตอนการฝึกการรับรู้การมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์

2. ด้านการกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้การมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ประกอบด้วย ระยะห่างในการมองระหว่างจอทีวีกับตา สี ความเหมาะสมกับระยะเวลา จำนวนวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย

3. ด้านลักษณะทั่วไปของรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น

4. คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย นำมาใช้งานง่าย มีความเหมาะสมกับการใช้งาน และภาพประกอบกับเนื้อหามีความสัมพันธ์กัน

การประเมินคุณภาพความเหมาะสมของรูปแบบ และคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ประเมินโดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ (Likert Scales) โดยมีคะแนนการประเมิน ดังนี้

5 หมายถึง รูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง รูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในระดับมาก

3 หมายถึง รูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง รูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในระดับน้อย

1 หมายถึง รูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในระดับน้อยที่สุด

นำผลการประเมินไปคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยและนำค่าเฉลี่ยมาเทียบกับเกณฑ์ โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง รูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง รูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง รูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง รูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง รูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในระดับน้อยที่สุด

ผลการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการประเมินคุณภาพความเหมาะสมของรูปแบบ และคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

	รายการประเมิน	*Mean*	*SD*	ระดับความเหมาะสม
1	การดำเนินการตามขั้นตอนของรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นมีความชัดเจน	4.33	0.58	มาก
2	การฝึกตามรูปแบบการรับรู้ทางการมองเห็น			

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

รายการประเมิน	*Mean*	*SD*	ระดับความเหมาะสม
2.1 ระยะห่างการมองวัตถุหรือสิ่งเร้า 1.5 เมตร	4.67	0.58	มากที่สุด
2.2 การยืนเพื่อการมองติดตามวัตถุหรือสิ่งเร้า	3.33	0.58	ปานกลาง
2.3 การนั่งเพื่อการมองติดตามวัตถุหรือสิ่งเร้า	4.33	0.58	มาก
2.4 ฉากพื้นหลังของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น	4.21	0.35	มาก
2.5 ความเหมาะสมในการเลือกใช้สีของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น	4.50	0.35	มาก
2.6 จำนวนวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น (รูปทรงกลม 8 ลูก)	4.25	0.29	มาก
2.7 จำนวนวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย (รูปทรงกลมเป้าหมาย 3 ลูก)	3.00	0.00	ปานกลาง
2.8 จำนวนวัตถุที่เป็นเป้าหมาย (รูปทรงกลมเป้าหมาย 4 ลูก)	4.67	0.58	มากที่สุด
2.9 วิธีการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย	4.25	0.29	มาก
2.10 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย	4.29	0.55	มาก
2.11 ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ฝึกวันละ 2 ครั้ง (ประมาณ 20 นาที)	3.33	0.58	ปานกลาง
2.12 ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ฝึกวันละ 3 ครั้ง (ประมาณ 30 นาที)	4.67	0.58	มากที่สุด
2.13 ระยะเวลาในการจดจ่อความสนใจของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย	4.33	0.38	มาก
2.14 เวลาที่ใช้ในการติดตามวัตถุ	4.25	0.29	มาก

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

	รายการประเมิน	*Mean*	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	2.15 วิธีการให้คะแนน	4.33	0.38	มาก
3	ด้านลักษณะทั่วไปของรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น			
	3.1 ขนาดห้อง	4.33	0.58	มาก
	3.2 อุปกรณ์	4.33	0.58	มาก
	3.3 บรรยากาศเอื้อต่อการฝึก	4.33	0.58	มาก
4	คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย นำมาใช้งานง่าย มีความเหมาะสมกับการใช้งาน และภาพประกอบกับเนื้อหามีความสัมพันธ์กัน	4.67	0.58	มากที่สุด
	สรุปผลโดยรวม	4.22	0.16	มาก

จากตารางที่ 3-1 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบ และคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น แสดงให้เห็นว่ามีความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับมาก (*Mean* = 4.22, *SD* = 0.16) แสดงว่า รูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เพื่อเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1. ลักษณะการมองติดตามวัตถุควรใช้เป็นการนั่งเพื่อมองติดตามวัตถุ เพราะระดับการมองและการจัดพื้นที่ทำงาน (Panero & Zelnik, 2014, p. 291) มีผลกระทบต่อการมอง ในกรณีระดับการมองไม่เหมาะสมจะมีผลเสียต่อลูกตาทำให้กล้ามเนื้อตาทำงานมากเกินไปเพราะบังคับให้รูม่านตาเปิดกว้างขึ้น เนื่องจากการมองเห็นนั้นไม่ชัดเจนต้องใช้เวลาในการมองรายละเอียดนานขึ้น ทำให้เกิดความเมื่อยล้าของลูกตาที่ต้องเพ่งจึงควรมีระยะที่เหมาะสมของการมองเห็น

2. จำนวนวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายมีลักษณะรูปทรงแบบเดียวกัน การติดตามเป้าหมายควรมี 4 ลูก (Pylyshyn, 2001, pp. 127-158) เป็นรูปทรงกลมสีแดงและมีสีขาวล้อมรอบอีกชั้นหนึ่ง เป้าหมาย สีแดง เป็นสีที่สามารถมองเห็นได้รวดเร็วที่สุด และการที่สิ่งเร้ามีสีถึงสองสีจะดึงดูดความน่าสนใจได้มากกว่าการมีสีเดียว (Viswanathan & Mingolla, 2002, p. 1415)

3. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ฝึก ตั้งแต่เริ่มต้นฝึกติดต่อกันจนถึงระยะเวลาในการฝึก 20 - 30 นาที มีแนวโน้มผลคะแนนการฝึกดีขึ้นเรื่อย ๆ แต่ถ้าฝึกนานเกิน 30 นาที คะแนนการฝึกมีแนวโน้มลดลง (Faubert & Sidebottom, 2012, pp. 85-102)

4. ทดลองใช้ (try out) รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ หลังจากการปรับปรุงรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว นำไปทดลองใช้กับนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2558 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน โดยให้นักเรียนแต่ละคนทดลองฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นตามรูปแบบที่ปรับปรุง ฝึกทั้งหมดจำนวน 10 ครั้ง โดยดำเนินการฝึกวันละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 4 วัน เพื่อตรวจสอบขั้นตอนการนำรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ไปใช้ โดยการสังเกตข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดจากขั้นตอนการฝึก แล้วนำข้อผิดพลาดนั้น ๆ มาปรับปรุงเพื่อให้รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป ดังตารางที่ 3-2

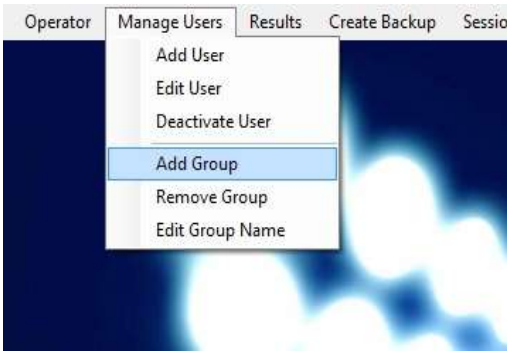
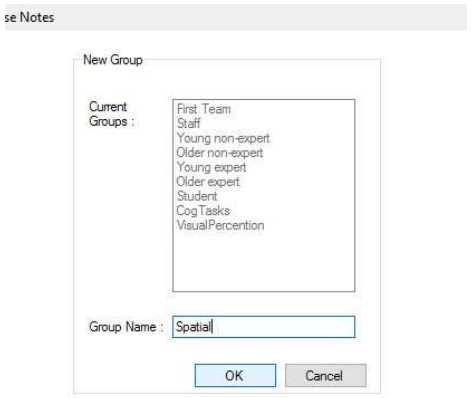
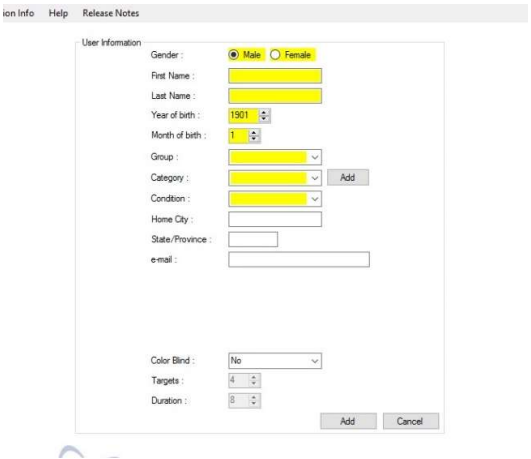
ตารางที่ 3-2 ขั้นตอนการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์

ขั้นตอนการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์
1. อุปกรณ์
1.1 ห้องปฏิบัติการ ณ วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
1.2 คอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ประกอบกับการ์ดแสดงผลแยกที่มีหน่วยความจำ 512 MB ขึ้นไป
1.3 โทรทัศน์แสดงผลสามมิติขนาดความกว้างหน้าจอ 65 นิ้ว
1.4 แว่นตามองภาพ 3 มิติ
1.5 ซอฟต์แวร์โปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์
1.6 สาย HDMI สำหรับเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับโทรทัศน์
2. ขั้นตอนการเตรียม
2.1 เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับโทรทัศน์โดยใช้สาย HDMI
2.2 ผู้รับการฝึกต้องนั่งห่างจากโทรทัศน์ 1.5 เมตร
2.3 ให้ผู้รับการฝึกสวมแว่นตาสามมิติ
2.4 ปิดไฟภายในห้องเพื่อให้บรรยากาศเอื้อต่อการฝึกและความคมชัดของภาพ

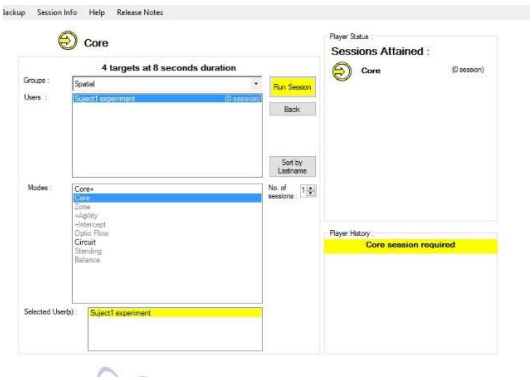
ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ขั้นตอนการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์	
3. ขั้นตอนการเปิดใช้โปรแกรม 3.1 เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต และเปิดใช้งานโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์โดยคลิกที่ Neurotracker.exe	
3.2 กรอก Username และ Password สำหรับเข้าโปรแกรม โดยใช้ Username: Burapha และ password: Neurotracker	
3.3 เมื่อเข้าโปรแกรมจะแสดงหน้าต่างเมนูรูปแบบการฝึกต่าง ๆ ของโปรแกรม	

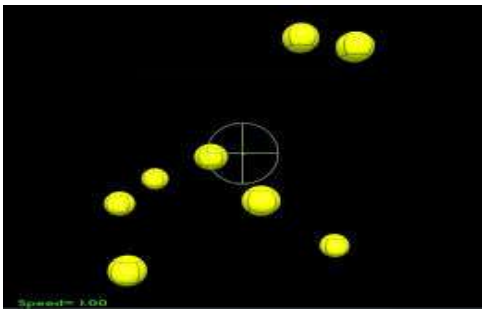
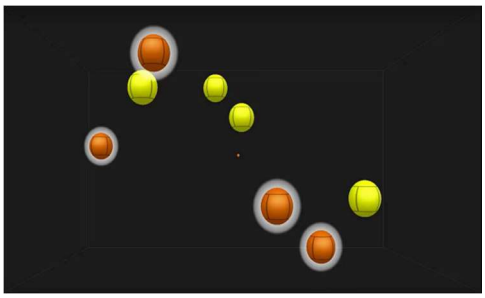
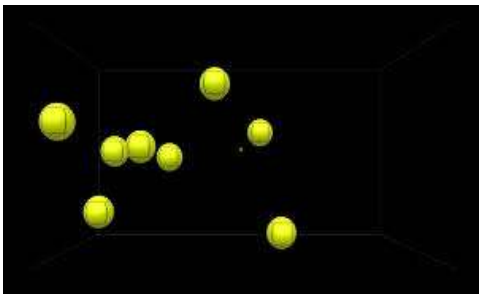
ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ขั้นตอนการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์	
3.4 สร้างกลุ่มสำหรับการทดลอง โดยเข้าไปที่เมนู Manage Users และจากนั้นไปที่คำสั่ง Add Group	
3.5 ตั้งชื่อกลุ่มที่ต้องการสร้าง โดยกรอกในช่อง Group Name จากนั้นกดปุ่ม OK	
3.6 จากนั้นกรอกข้อมูลของผู้รับการฝึกให้ถูกต้อง	

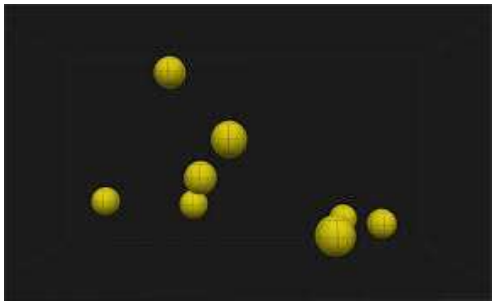
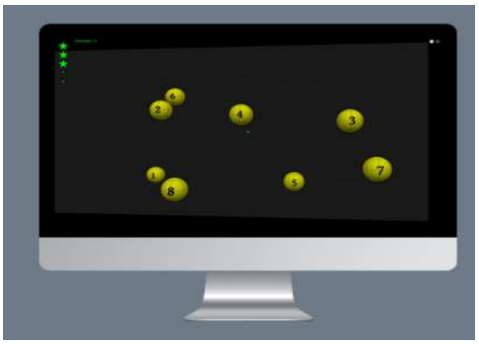
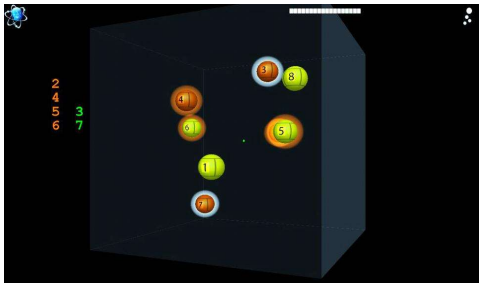
ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ขั้นตอนการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์	
3.7 เข้าสู่รูปแบบการฝึกโดยเลือกที่รูปแบบ Core ตามที่ออกแบบ วัตถุที่ติดตามสีเหลือง จำนวน 4 ลูก และสีวัตถุที่เป็นเป้าหมายเป็นสีแดง	
3.8 เลือกกลุ่มและรายชื่อผู้รับการฝึกที่ต้องการฝึก และเลือก Modes เป็น Core จากนั้นกดที่ปุ่ม Run Session	
3.9 เปลี่ยนโหมดของโทรทัศน์ให้เป็นการแสดงผล 3 มิติ ชนิด ซ้าย-ขวา (side by side)	

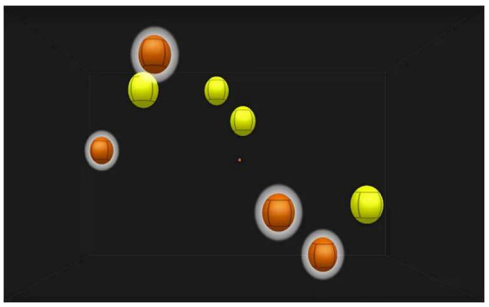
ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ขั้นตอนการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์
4. ขั้นตอนการฝึกโปรแกรม 4.1 โปรแกรมจะแสดงวัตถุทรงกลมสีเหลืองทั้งหมด 8 ลูก 
4.2 หลังจากนั้น 2 วินาที วัตถุทรงกลม 4 ลูกจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเป็นเวลา 2 วินาที ให้ผู้รับการฝึกจดจำและติดตามวัตถุทรงกลมสีแดงไว้ 
4.3 หลังจากนั้น 2 วินาที วัตถุทรงกลม 4 ลูกที่เป็นสีแดงจะเปลี่ยนกลับเป็นสีเหลืองอีกครั้ง 

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ขั้นตอนการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์	
4.4 วัตถุทรงกลมทั้งหมดจะเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงในทิศทางที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 8 วินาที	
4.5 หลังจากนั้นวัตถุทรงกลมจะหยุดนิ่ง และแสดงตัวเลขบนวัตถุทรงกลมตั้งแต่ 1– 8 หมายเลข	
4.6 ให้ผู้รับการฝึกระบุวัตถุทรงกลมที่ได้จดจำและติดตามไว้ จากนั้นบอกหมายเลขกับผู้ควบคุม	

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ขั้นตอนการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์	
4.7 หลังจากนั้นวัตถุทรงกลมจะเปลี่ยนเป็นสีแดง 4 ลูกอีกครั้ง เพื่อเริ่มการติดตามครั้งต่อไป จนครบ 20 รอบ นับเป็น 1 ครั้ง ใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 10 นาที รวมระยะเวลาตอบและเวลาเฉลยคำตอบ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกลมจะเพิ่มขึ้น เมื่อผู้รับการฝึกระบุหมายเลขของวัตถุทรงกลมถูกทั้ง 4 จำนวน และความเร็วจะลดลงเมื่อระบุหมายเลขผิด	
4.8 เมื่อฝึกครบโปรแกรมจะแสดงผลคะแนนในรูปแบบการของกราฟเส้น	

หลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ผู้วิจัยให้ผู้รับการฝึกตอบแบบประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น และนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงรูปแบบ และคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ดังตารางที่ 3-3

การประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scales) โดยมีคะแนนการประเมิน ดังนี้

5 หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีความพึงพอใจต่อรูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีความพึงพอใจต่อรูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ในระดับมาก

3 หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีความพึงพอใจต่อรูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีความพึงพอใจต่อรูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ในระดับน้อย

1 หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีความพึงพอใจต่อรูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ในระดับน้อยที่สุด

การแปลผลความพึงพอใจ

นำผลการประเมินไปคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยและนำค่าเฉลี่ยมาเทียบกับเกณฑ์ โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีความพึงพอใจต่อรูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีความพึงพอใจต่อรูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีความพึงพอใจต่อรูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีความพึงพอใจต่อรูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีความพึงพอใจต่อรูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ในระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ 3-3 การประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยผู้รับการฝึก

	ด้านที่ประเมิน	*Mean*	*SD*	ระดับความพึงพอใจ
1	การดำเนินการตามขั้นตอนของรูปแบบการรับรู้ทางการมองเห็นมีความชัดเจน	4.50	0.58	มาก
2	การฝึกตามรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น			
	2.1 ระยะห่างการมองวัตถุหรือสิ่งเร้า 1.5 เมตร	4.67	0.58	มากที่สุด
	2.2 การนั่งเพื่อการมองติดตามวัตถุหรือสิ่งเร้า	4.50	0.48	มาก
	2.3 ฉากพื้นหลังของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น	4.45	0.29	มาก
	2.4 ความเหมาะสมในการเลือกใช้สีของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น	4.60	0.35	มากที่สุด
	2.5 จำนวนวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น (รูปทรงกลม 8 ลูก)	4.50	0.35	มาก
	2.6 จำนวนวัตถุที่เป็นเป้าหมาย (รูปทรงกลมเป้าหมาย 4 ลูก)	4.56	0.51	มากที่สุด
	2.7 วิธีการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย	4.45	0.48	มาก
	2.8 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย	4.33	0.29	มาก
	2.9 ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ฝึกวันละ 3 ครั้ง (ประมาณ 30 นาที)	4.56	0.58	มากที่สุด
	2.10 ระยะเวลาในการจดจ่อความสนใจของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย	4.65	0.51	มากที่สุด
	2.11 เวลาที่ใช้ในการติดตามวัตถุ	4.50	0.29	มาก
	2.12 วิธีการให้คะแนน	4.44	0.38	มาก

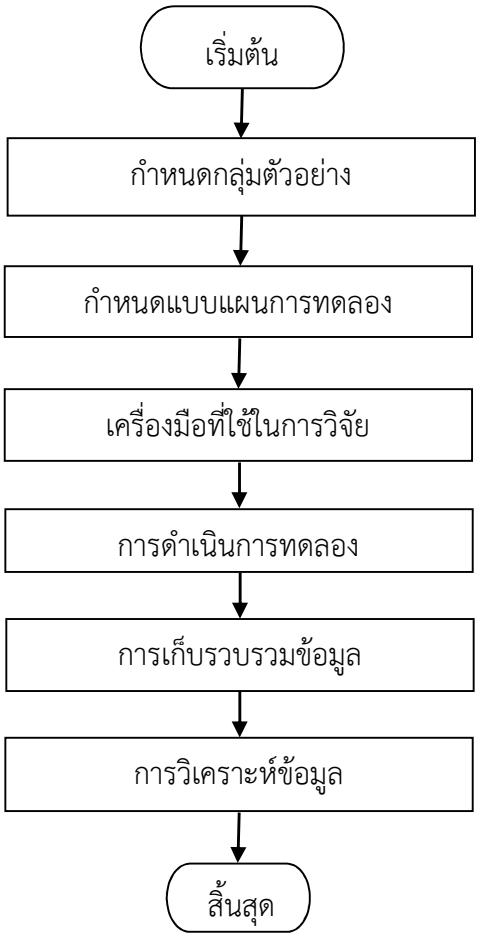
ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

	ด้านที่ประเมิน	*Mean*	*SD*	ระดับความพึงพอใจ
3	ด้านลักษณะทั่วไปของรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น			
	3.1 ขนาดห้อง	4.44	0.68	มาก
	3.2 อุปกรณ์	4.65	0.29	มากที่สุด
	3.3 บรรยากาศเอื้อต่อการฝึก	4.44	0.58	มาก
4	คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย นำมาใช้งานง่าย มีความเหมาะสมกับการใช้งาน และภาพประกอบกับเนื้อหามีความสัมพันธ์กัน	4.50	0.38	มาก
	สรุปผลโดยรวม	4.51	0.13	มากที่สุด

จากตารางที่ 3-3 ปรากฏว่า ผลการประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยผู้รับการฝึกที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง พบว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (*Mean* = 4.51, *SD* = 0.13)

ระยะที่ 2 การศึกษาผลของการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

การศึกษาผลการใช้รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม มีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการศึกษาผลของการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรม นิวโรแทรคเกอร์

จากภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการศึกษาผลของการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรม นิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีรายละเอียด ดังนี้

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ได้มาจากการอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัยที่ได้รับการอนุญาตจากผู้ปกครอง กลุ่มตัวอย่างทุกคนมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งพิจารณาจากแบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล

เกณฑ์การคัดเลือกเข้า (Inclusion Criteria) เป็นกลุ่มตัวอย่าง

1. มีอายุระหว่าง 12 – 15 ปี (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3)

2. มีสุขภาพดี สมบูรณ์แข็งแรง ไม่มีโรคประจำตัว

3. มีการมองเห็นปกติ (สวมแว่นตาได้) ทดสอบโดยการวัดระดับสายตาระยะใกล้ด้วยเจอเกอร์ (Jaeger's Chart)

4. ไม่มีประวัติการบาดเจ็บที่ศีรษะหรือการเจ็บป่วยทางระบบประสาท

5. ไม่มีประวัติการเจ็บป่วยทางจิต การใช้ยาทางจิตเวชที่มีผลต่อระบบประสาท

6. ไม่มีความบกพร่องในการรับรู้สี ทำการคัดกรองตาบอดสีโดยใช้แผ่นทดสอบตาบอดสีอิชิฮะระ (Ishihara)

7. มีความเต็มใจเข้าร่วมการวิจัยตามวัน เวลาที่กำหนด และได้รับการยินยอมจากผู้ปกครอง

เกณฑ์การคัดออก (Exclusions Criteria) มีดังนี้

1. มีปัญหาทางสายตา ระหว่างการเข้าร่วมวิจัย

2. ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้อย่างต่อเนื่อง

3. มีปัญหาสุขภาพหรืออาการเจ็บป่วย ที่ต้องเข้ารับการรักษาระหว่างเข้าร่วมการวิจัย

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชาสัมพันธ์รับสมัครนักเรียนที่สนใจและมีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด กรอกข้อมูลส่วนตัว ทดสอบการมองเห็นโดยการวัดระดับสายตาระยะใกล้ด้วย เจอเกอร์ (Jaeger's Chart) และคัดกรองตาบอดสี โดยใช้แผ่นทดสอบตาบอดสีอิชิฮะระ (Ishihara) โดยแบ่งเป็นชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 20 คน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 20 คน และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 20 คน เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวน 60 คน จากนั้นนำกลุ่มตัวอย่างทั้ง 60 คน มาสุ่มเข้ากลุ่มโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) แบบจับฉลากรายชื่อเข้ากลุ่มจำแนกตามระดับชั้น ได้กลุ่มตัวอย่างที่แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึก จำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึกจำนวน 30 คน โดยแต่ละกลุ่มมีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จำนวนเท่า ๆ กัน ดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการทดลองจำแนกตามระดับชั้น

นักเรียนชั้น	จำนวนนักเรียน (คน)		
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	รวม
มัธยมศึกษาปีที่ 1	10	10	20
มัธยมศึกษาปีที่ 2	10	10	20
มัธยมศึกษาปีที่ 3	10	10	20
รวม	30	30	60

แบบแผนการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการทดลองแบบมีกลุ่มควบคุม วัดก่อนและหลังการทดลอง (Pretest and Posttest Control Group Design) (Edmonds & Kennedy, 2013, p. 27) โดยกลุ่มทดลองรับตัวแปรจัดกระทำ คือ การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 แบบแผนการทดลองแบบมีกลุ่มควบคุม วัดก่อนและหลังการทดลอง

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

จากตารางที่ 3-5 แสดงความหมายของสัญลักษณ์ ดังนี้

R หมายถึง การสุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

E หมายถึง กลุ่มทดลอง

C หมายถึง กลุ่มควบคุม

X หมายถึง รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์

O_1 หมายถึง การวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ด้วยแบบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนิวตัน (Newton, 2009) และการวัดความสามารถด้านความจำความหมายด้วยแบบวัดทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย (Test Of Semantic Skills–Intermediate: TOSS-I) ก่อนการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น

O_2 หมายถึง การวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ด้วยแบบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนิวตัน (Newton, 2009) และการวัดความสามารถด้านความจำความหมายด้วยแบบวัดทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย (Test Of Semantic Skills–Intermediate: TOSS-I) หลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดตัวแปรตาม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย ประกอบด้วย

1.1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ ชั้นที่ศึกษา ประวัติการบาดเจ็บที่ศีรษะ การมองเห็น ความผิดปกติด้านร่างกาย ประวัติเกี่ยวกับสุขภาพจิต

1.2 เครื่องมือตรวจคัดกรองตาบอดสี (Test of Colour-Deficiency) (สำนักส่งเสริมสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2558) การคัดกรองตาบอดสีโดยใช้แผ่นทดสอบตาบอดสีอิชิฮะระ (Ishihara) ใช้เพื่อทดสอบผู้มีความบกพร่องในการรับรู้สี (Test of Color Blindness) มีลักษณะเป็นแผ่นกระดาษแบนราบและมีวงกลมเป็นพื้นจุดสีแดง ตัวเลขจุดสีเขียว หรือเป็นพื้นจุดสีเขียว ตัวเลขเป็นจุดสีแดง โดยใช้หลายสีมาเรียงเป็นตัวเลขอารบิก เป็นต้น แผ่นทดสอบตาบอดสีทั้งหมด 38 แผ่นหรือบางกรณีมี 24 แผ่น แต่ในการคัดกรองคนจำนวนมาก ให้ตรวจแผ่นที่ 1, 4, 8, 12, 16, 20 ถ้าอ่านถูกต้องหมดเป็นปกติ

1.3 แบบวัดระดับสายตาระยะใกล้ด้วยเจอเกอร์ (Jaeger’s Chart)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

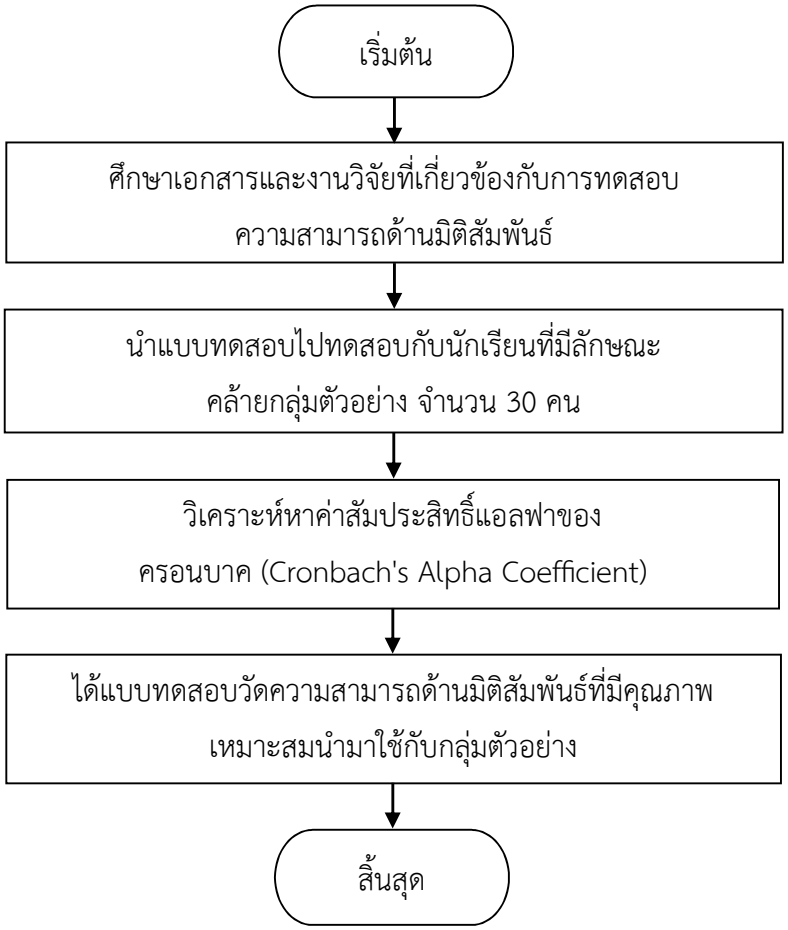
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ (NeuroTracker) ที่กำหนดรูปแบบขึ้นในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งผ่านการตรวจสอบคุณภาพเรียบร้อยแล้ว มีลักษณะเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบจำลอง 3 มิติ (3D Simulation) ดำเนินการบนระบบปฏิบัติการ Windows โดยเชื่อมต่อกับจอทีวีแบบ 3D ขนาด 65 นิ้ว พร้อมกับแว่นตาสามมิติ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดตัวแปรตาม

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดตัวแปรตาม แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่ 1) แบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability Test) 2) แบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย (Semantic Memory Test)

3.1 แบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

แบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนิวตัน (Newton, 2009) เป็นแบบทดสอบมาตรฐาน ผู้วิจัยนำมาทดลองใช้เพื่อหาความหาค่าความเที่ยง (Reliability) ก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง สามารถแสดงเป็นขั้นตอนการนำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไปทดลองใช้ ได้ดังภาพที่ 3-3

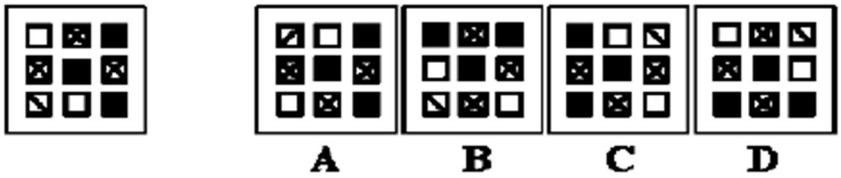


ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนการนำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไปทดลองใช้ เพื่อหาค่าความเที่ยง

จากภาพที่ 3-3 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เริ่มต้นจากผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนิวตัน (Newton, 2009) ซึ่งเป็นแบบทดสอบมาตรฐาน ไปทดสอบกับนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ที่มีลักษณะคล้ายกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.86 (Lotrakul et al., 2008) (รายละเอียดในภาคผนวก จ) ลักษณะแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ประกอบด้วย

1) การระบุภาพเหมือนเมื่อมีการหมุนภาพ จำนวน 9 ข้อ

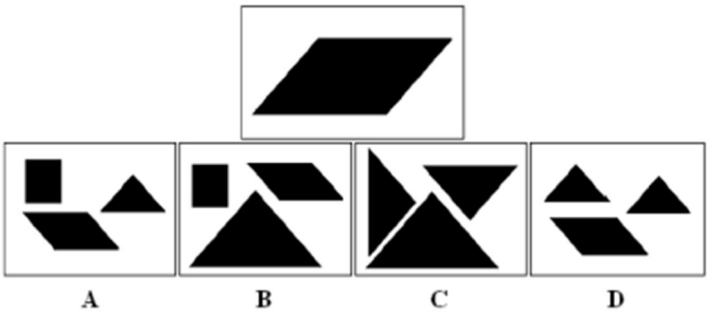
ตัวอย่าง



ภาพที่ 3-4 ตัวอย่างการระบุภาพเหมือนเมื่อมีการหมุนภาพ

2) การแยกรูปทรงหรือการประกอบรูปทรง จำนวน 10 ข้อ

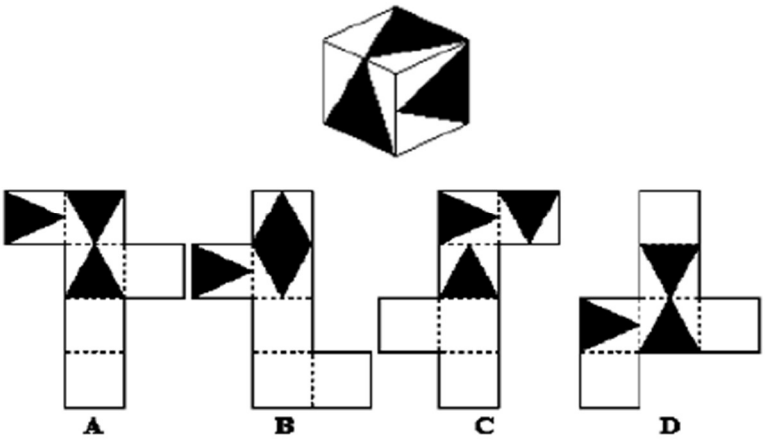
ตัวอย่าง



ภาพที่ 3-5 ตัวอย่างการแยกรูปทรงหรือการประกอบรูปทรง

3) การคลี่กล่องหรือการพับกล่อง จำนวน 13 ข้อ

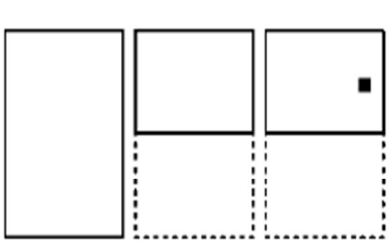
ตัวอย่าง

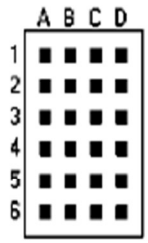


ภาพที่ 3-6 ตัวอย่างการคลี่กล่องหรือการพับกล่อง

4) การระบุตำแหน่งเป้าหมายเมื่อมีการพับกระดาษ จำนวน 8 ข้อ

ตัวอย่าง



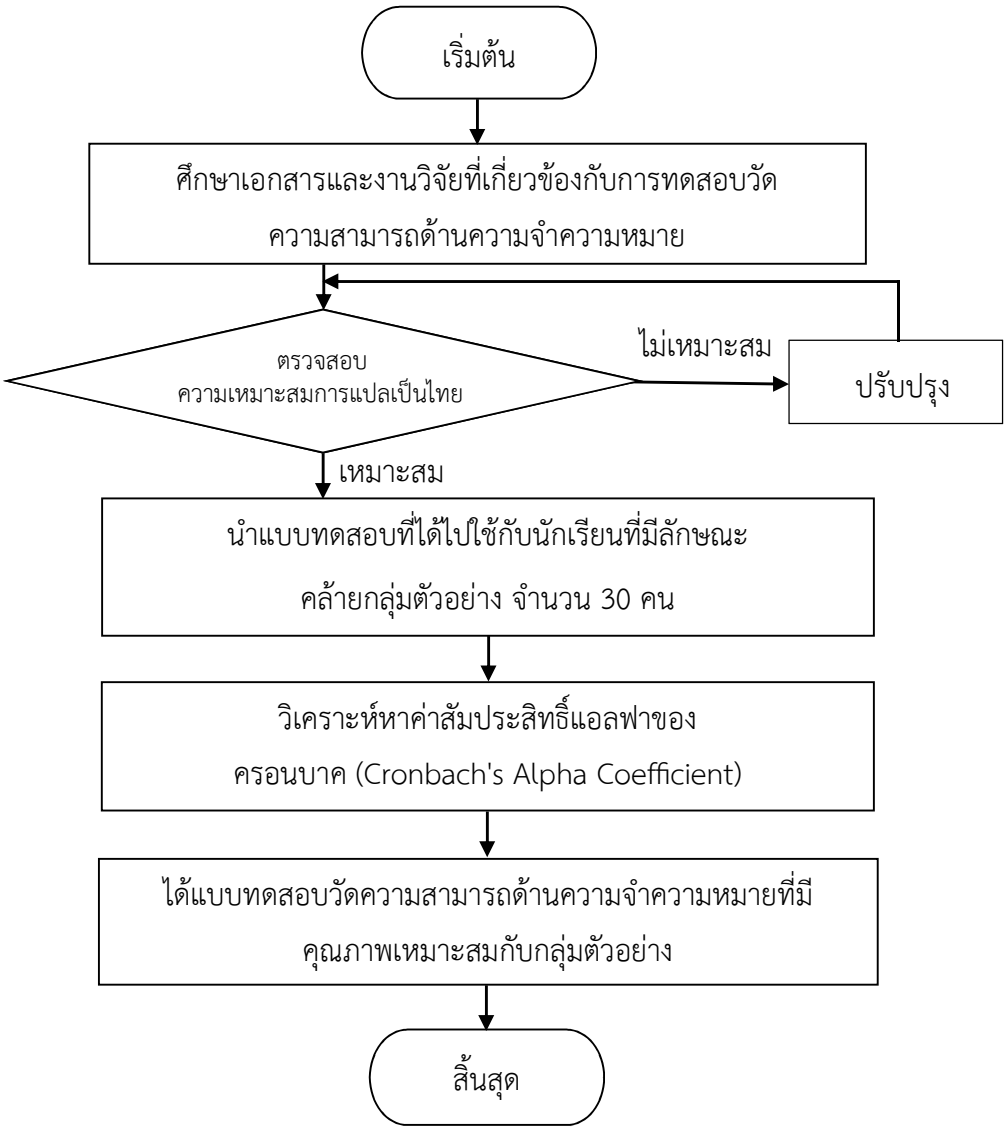


A	B	C	D
2C,5C	2D,5D	3D,3D	2C,2D

ภาพที่ 3-7 ตัวอย่างการระบุตำแหน่งเป้าหมายเมื่อมีการพับกระดาษ

3.2 แบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย

แบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย (Test Of Semantic Skills–Intermediate: TOSS-I) เป็นแบบทดสอบมาตรฐาน มีค่าความเที่ยง (Reliability) เท่ากับ 0.93 (Bowers, Huisingh, LoGiudice, & Orman, 2002) ผู้วิจัยนำมาทดลองใช้เพื่อหาค่าความเที่ยง (Reliability) ก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง สามารถแสดงเป็นขั้นตอนการนำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมายไปทดลองใช้ ได้ดังภาพที่ 3-8



ภาพที่ 3-8 ขั้นตอนการนำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมายไปทดลองใช้ เพื่อหาค่าความเที่ยง

3.2.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบความสามารถด้านความจำความหมาย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบความสามารถด้านความจำความหมาย ผู้วิจัยนำแบบทดสอบ TOSS-I (Test Of Semantic Skills–Intermediate) ที่พัฒนาขึ้นโดย Bowers, Huisingh, LoGiudice, and Orman (2002) มาใช้ ลักษณะของแบบทดสอบเป็นแบบเขียนตอบ โดยให้ผู้ถูกทดสอบดูภาพประกอบที่กำหนดให้ทีละภาพแล้วตอบข้อคำถาม ภาพประกอบเป็นภาพที่เกี่ยวกับความเป็นจริงในสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน จำนวนภาพในแบบทดสอบทั้งหมดมีจำนวน 19 ภาพ ส่วนข้อคำถามเป็นคำถามที่เกี่ยวกับเหตุการณ์ คำศัพท์ที่มีความหมายต่อประสบการณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา รวมทั้งหมด 100 ข้อ เกณฑ์การให้คะแนน คือตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน คะแนนเต็ม 100 คะแนน แบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย (TOSS-I) เป็นแบบทดสอบมาตรฐาน มีค่าความเที่ยง (Reliability) เท่ากับ 0.93 (Bowers, Huisingh, LoGiudice, & Orman, 2002) ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ใช้ในต่างประเทศ จึงทำให้ภาพประกอบบางภาพที่เป็นสถานที่หรือเหตุการณ์ รวมทั้งข้อคำถามบางข้อเกี่ยวกับคำศัพท์ที่มีความหมายต่อประสบการณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ไม่สอดคล้องกับบริบทของนักเรียนไทย รูปภาพประกอบและข้อคำถามเป็นภาษาอังกฤษ ผู้วิจัยจึงนำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย (TOSS-I) มาดำเนินการแปลเป็นภาษาไทยโดยแปลเฉพาะข้อคำถาม ส่วนรูปภาพประกอบไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3.2.2 ตรวจสอบความเหมาะสม

นำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมายที่แปลเป็นภาษาไทย เสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 คน พิจารณาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมในด้านภาษา และความเหมาะสมกับบริบทของนักเรียนไทย ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 คน ประกอบด้วย

รองศาสตราจารย์ ดร. ม.ร.ว. สมพร สุทัศนีย์	อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
ดร. พีร วงศ์อุปราช	อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
ภราดา ดร.เลอชัย ลวสุต	รองผู้อำนวยการโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมายที่แปลเป็นภาษาไทย โดยผู้ทรงคุณวุฒิพบว่า มีภาพประกอบบางภาพไม่สอดคล้องกับบริบทของนักเรียนไทย เนื่องจากลักษณะของรูปภาพ เป็นภาพที่เกี่ยวกับสภาพภูมิศาสตร์ และข้อเท็จจริงตามบริบทเฉพาะของต่างประเทศ รวมทั้งข้อคำถามบางข้อไม่ใช่บริบทของนักเรียนไทย ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยการตัดภาพประกอบและข้อคำถามที่ไม่ใช่บริบทของนักเรียนไทยออก พร้อมทั้งปรับข้อคำถามบางข้อให้เหมาะสมกับบริบทของนักเรียนไทย ทำให้แบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย มีจำนวนภาพประกอบ 18 ภาพ และข้อคำถามทั้งหมด 87 ข้อ ดังภาพที่ 3-9

3.2.3 นำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมายที่ปรับปรุง ไปทดสอบใช้กับนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ที่มีลักษณะคล้ายกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.96 (รายละเอียดในภาคผนวก จ)

ตัวอย่าง แบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย

ดูภาพที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถามข้อที่ 1 - 3

1. สัญลักษณ์ใดในภาพ ที่แสดงถึงทางออกฉุกเฉิน .....
2. สิ่งตีพิมพ์ที่ออกตามกำหนดเวลา เรียกว่าอะไร.....
3. นักเขียน<u>นิรนาม</u> คำว่า “<u>นิรนาม</u>” หมายความว่าอะไร.....

ภาพที่ 3-9 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย

การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการทดลอง แบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

1. ระยะก่อนการทดลอง (Initial Stage) ดำเนินการ ดังนี้

1.1 ขอหนังสือจากวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ไปยังผู้อำนวยการโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี เพื่อขอความอนุเคราะห์ให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นกลุ่มตัวอย่าง

1.2 หลังได้รับอนุญาตจากผู้อำนวยการโรงเรียน ดำเนินการประชุมนักเรียนเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอนการวิจัย และประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย พร้อมสอบถามความสมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัย ได้นักเรียนอาสาสมัคร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 29 คน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 30 คน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 27 คน รวมทั้งหมดจำนวน 86 คน

1.3 ให้อาสาสมัครกรอกแบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ทดสอบการมองเห็น โดยการวัดระดับสายตาระยะใกล้ด้วยเจอเกอร์ (Jaeger's Chart) และแผ่นทดสอบตาบอดสี เพื่อนำข้อมูลไปคัดกรองนักเรียน ได้นักเรียนที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 60 คน เป็นนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 20 คน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 20 คน และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 20 คน รวมทั้งหมดจำนวน 60 คน

1.4 หลังได้นักเรียนอาสาสมัครที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์แล้ว จึงดำเนินการส่งหนังสือขอความอนุเคราะห์จากวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ไปยังผู้ปกครองของนักเรียนที่เป็นอาสาสมัคร เพื่อขออนุญาตให้นักเรียนเข้าร่วมโครงการวิจัย และให้กรอกแบบฟอร์มแสดงความยินยอมจากผู้ปกครอง

1.5 เมื่อได้นักเรียนอาสาสมัครทั้ง 60 คน แล้วดำเนินการแบ่งกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลอง ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยการจับฉลากจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 เป็น 2 กลุ่มชั้นละเท่า ๆ กัน ได้แก่ กลุ่มที่ได้รับการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 10 คน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 10 คน และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 10 คน รวมเป็นกลุ่มที่ได้รับการฝึก ทั้งหมดจำนวน 30 คน และกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 10 คน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 10 คน และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 10 คน รวมเป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึก ทั้งหมดจำนวน 30 คน จากนั้นจัดทำตารางนัดหมายกลุ่มทดลองเพื่อมาดำเนินการตามขั้นตอนการฝึก

1.6 กำหนดวัน เวลา นัดหมายกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ทำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ก่อนการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ในวันที่ 6 ตุลาคม

2559 ใช้เวลาหลังเลิกเรียน สถานที่สอบโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา คุมสอบโดยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยอีก 3 คน รับผิดชอบชั้นละ 1 คน

1.7 กำหนดวัน เวลา นัดหมายกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ทำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย ก่อนการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ในวันที่ 7 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ใช้เวลาหลังเลิกเรียน สถานที่สอบโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา คุมสอบโดยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยอีก 3 คน รับผิดชอบชั้นละ 1 คน

1.8 กำหนดตารางวัน เวลา นัดหมายกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลอง เพื่อนำมาฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ณ ห้องปฏิบัติการ (ห้อง 101) วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

2. ระยะการทดลอง (Working Stage) ดำเนินการดังนี้

ดำเนินการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ กับกลุ่มทดลอง ณ ห้อง 101 วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ตามตารางวันเวลาที่นัดหมายไว้ โดยผู้รับการฝึกแต่ละคนดำเนินการฝึกทั้งหมด 20 ครั้ง ๆ ละ 10 นาที ฝึกวันละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 7 วัน กลุ่มทดลอง 30 คน แบ่งเป็นกลุ่ม A และ กลุ่ม B กลุ่มละ 15 คน เนื่องจากใน 1 วัน สามารถฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ได้ประมาณ 15 คน กลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลองสลับวันในการฝึก ฝึกวันเว้นวัน ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่เป็นควบคุม ดำเนินการตามกิจวัตรประจำวันปกติ ดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 วันและเวลาการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ กับกลุ่มทดลอง ณ ห้อง 101 วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

ครั้งที่	วันเดือนปี	เวลา	กิจกรรม
1	8 ต.ค. 59	09.00-18.00 น.	การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น กลุ่ม A จำนวน 15 คน
2	9 ต.ค. 59	09.00-18.00 น.	การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น กลุ่ม B จำนวน 15 คน
3	10 ต.ค. 59	09.00-18.00 น.	การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น กลุ่ม A จำนวน 15 คน
4	11 ต.ค. 59	09.00-18.00 น.	การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น กลุ่ม B จำนวน 15 คน
5	12 ต.ค. 59	09.00-18.00 น.	การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น กลุ่ม A จำนวน 15 คน
6	13 ต.ค. 59	09.00-18.00 น.	การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น กลุ่ม B จำนวน 15 คน

ตารางที่ 3-6 (ต่อ)

ครั้งที่	วันเดือนปี	เวลา	กิจกรรม
7	14 ต.ค. 59	09.00-18.00 น.	การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น กลุ่ม A จำนวน 15 คน
8	15 ต.ค. 59	09.00-18.00 น.	การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น กลุ่ม B จำนวน 15 คน
9	16 ต.ค. 59	09.00-18.00 น.	การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น กลุ่ม A จำนวน 15 คน
10	17 ต.ค. 59	09.00-18.00 น.	การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น กลุ่ม B จำนวน 15 คน
11	18 ต.ค. 59	09.00-18.00 น.	การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น กลุ่ม A จำนวน 15 คน
12	19 ต.ค. 59	09.00-18.00 น.	การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น กลุ่ม B จำนวน 15 คน
13	20 ต.ค. 59	09.00-18.00 น.	การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น กลุ่ม A จำนวน 15 คน
14	21 ต.ค. 59	09.00-18.00 น.	การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น กลุ่ม B จำนวน 15 คน

3. ระยะหลังการฝึก (Final Stage) นำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ฉบับเดิม มาทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมภายหลังเสร็จสิ้นการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ในวันที่ 22 ตุลาคม พ.ศ. 2559 เวลา 10.00 – 11.00 น. และนำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมายฉบับเดิม มาทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมภายหลังเสร็จสิ้นการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ในวันที่ 22 ตุลาคม พ.ศ. 2559 เวลา 13.30 – 14.30 สถานที่สอบโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา คุมสอบโดยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยอีก 3 คน รับผิดชอบชั้นละ 1 คน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการทางสถิติ ดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ การแจกแจงความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) คะแนนสูงสุด (Maximum) คะแนนต่ำสุด (Minimum) ค่ามัธยฐาน (Median) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และคะแนนความสามารถด้านความจำความหมาย

2. วิเคราะห์คะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และคะแนนความสามารถด้านความจำความหมายของแต่ละกลุ่มด้วยกราฟแบบ Box Plot

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถทางปัญญา ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก ด้วยสถิติทดสอบ One-way MANOVA

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ และนำรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านความจำความหมายระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก การนำเสนอผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

1. ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

2. ผลการทดลองใช้ (Try out) ก่อนนำรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 ผลการนำรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง

2. ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึก

สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

n	หมายถึง	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
Max	หมายถึง	ค่าสูงสุดของชุดข้อมูล
Min	หมายถึง	ค่าต่ำสุดของชุดข้อมูล
M	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean)
Mdn	หมายถึง	ค่ามัธยฐาน (Median)
SD	หมายถึง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
p	หมายถึง	ค่าความน่าจะเป็น (Probability)
df	หมายถึง	องศาอิสระ (Degrees of Freedom)
F	หมายถึง	ค่าสถิติทดสอบ F

Cohen's *d*	หมายถึง	ขนาดอิทธิพล (Effect Size)
SS	หมายถึง	ผลรวมคะแนนเบี่ยงเบนแต่ละตัวยกกำลังสอง (Sum of Square)
MS	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยของผลต่างกำลังสอง (Mean of Square)

ตอนที่ 1 ผลการกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ผลการกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น แบ่งออกเป็น 2 ประเด็นดังนี้

1. ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

2. ผลการทดลองใช้ (Try out) ก่อนนำรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

1. ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

ผู้วิจัยได้นำรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่กำหนด เสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความเหมาะสม เพื่อนำมาแก้ไข ปรับปรุง ก่อนนำไปทดลองใช้ฝึกกับนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

	รายการประเมิน	*M*	*SD*	ระดับความเหมาะสม
1.	การดำเนินการตามขั้นตอนของรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นมีความชัดเจน	4.33	0.58	มาก
2.	การฝึกตามรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น			
	2.1 ระยะห่างการมองวัตถุหรือสิ่งเร้า 1.5 เมตร	4.67	0.58	มากที่สุด
	2.2 การยืนเพื่อการมองติดตามวัตถุหรือสิ่งเร้า	3.33	0.58	ปานกลาง
	2.3 การนั่งเพื่อการมองติดตามวัตถุหรือสิ่งเร้า	4.33	0.58	มาก
	2.4 ฉากพื้นหลังของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น	4.21	0.35	มาก
	2.5 ความเหมาะสมในการเลือกใช้สีของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น	4.50	0.35	มาก
	2.6 จำนวนวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น (รูปทรงกลม 8 ลูก)	4.25	0.29	มาก
	2.7 จำนวนวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย (รูปทรงกลมเป้าหมาย 3 ลูก)	3.00	0.00	ปานกลาง
	2.8 จำนวนวัตถุที่เป็นเป้าหมาย (รูปทรงกลมเป้าหมาย 4 ลูก)	4.67	0.58	มากที่สุด
	2.9 วิธีการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย	4.25	0.29	มาก
	2.10 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย	4.29	0.55	มาก
	2.11 ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ฝึกวันละ 2 ครั้ง (ประมาณ 20 นาที)	3.33	0.58	ปานกลาง

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

	รายการประเมิน	*M*	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	2.12 ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ฝึกวันละ 3 ครั้ง (ประมาณ 30 นาที)	4.67	0.58	มากที่สุด
	2.13 ระยะเวลาในการจดจ่อความสนใจของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย	4.33	0.38	มาก
	2.14 เวลาที่ใช้ในการติดตามวัตถุ	4.25	0.29	มาก
	2.15 วิธีการให้คะแนน	4.33	0.38	มาก
3.	ด้านลักษณะทั่วไปของการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น			
	3.1 ขนาดห้อง	4.33	0.58	มาก
	3.2 อุปกรณ์	4.33	0.58	มาก
	3.3 บรรยากาศเอื้อต่อการฝึก	4.33	0.58	มาก
4.	คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย นำมาใช้งานง่าย มีความเหมาะสมกับการใช้งาน และภาพประกอบกับเนื้อหามีความสัมพันธ์กัน	4.67	0.58	มากที่สุด
	สรุปผลโดยรวม	4.22	0.16	มาก

จากตารางที่ 4-1 ผลปรากฏว่าการประเมินความเหมาะสมโดยรวมของรูปแบบ และคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยผู้ทรงคุณวุฒิมีความเหมาะสม อยู่ในระดับมาก (*M* = 4.22, *SD* = 0.16) การประเมินด้านระยะห่างการมองวัตถุ 1.5 เมตร จำนวนวัตถุที่เป็นเป้าหมาย (รูปทรงกลมเป้าหมาย 4 ลูก) และคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด (*M* = 4.67, *SD* = 0.58) แต่มีบางประเด็นที่ผลการประเมินอยู่ในระดับความเหมาะสมปานกลาง ได้แก่ ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ฝึกวันละ 2 ครั้ง (ประมาณ 20 นาที) การยืนเพื่อการมองติดตามวัตถุหรือสิ่งเร้า (*M* = 3.33, *SD* = 0.58) และจำนวนวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย (รูปทรงกลมเป้าหมาย 3 ลูก) (*M* = 3.33, *SD* = 0.58)

2. ผลการทดลองใช้ (Try out) ก่อนนำรูปแบบ และคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้นำรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ไปทดลองใช้ก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง ผู้รับการฝึกเป็นนักเรียนชาย ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน โดยที่นักเรียนแต่ละคนทดลองฝึกการรับรู้ทางการมอง เห็นตามรูปแบบที่กำหนด ฝึกทั้งหมด 10 ครั้ง ๆ ละ 10 นาที ฝึกวันละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 3 วัน ผลการประเมินความพึงพอใจของรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการประเมินความพึงพอใจของรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยผู้รับการฝึก

ด้านที่ประเมิน	*M*	*SD*	ระดับความพึงพอใจ
1. การดำเนินการตามขั้นตอนของรูปแบบการรับรู้ทางการมองเห็นมีความชัดเจน	4.50	0.58	มาก
2. การฝึกตามรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น			
2.1 ระยะห่างการมองวัตถุหรือสิ่งเร้า 1.5 เมตร	4.67	0.58	มากที่สุด
2.2 การนั่งเพื่อการมองติดตามวัตถุหรือสิ่งเร้า	4.50	0.48	มาก
2.3 ความเหมาะสมในการเลือกใช้สี	4.45	0.29	มาก
2.4 ของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้นฉากพื้นหลังของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น	4.60	0.35	มากที่สุด
2.5 จำนวนวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น (รูปทรงกลม 8 ลูก)	4.50	0.35	มาก
2.6 จำนวนวัตถุที่เป็นเป้าหมาย (รูปทรงกลมเป้าหมาย 4 ลูก)	4.56	0.51	มากที่สุด
2.7 วิธีการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย	4.45	0.48	มาก

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

	ด้านที่ประเมิน	*M*	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	2.8 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย	4.33	0.29	มาก
	2.9 ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ฝึกวันละ 3 ครั้ง (ประมาณ 30 นาที)	4.56	0.58	มากที่สุด
	2.10 ระยะเวลาในการจดจ่อความสนใจของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย	4.65	0.51	มากที่สุด
	2.11 เวลาที่ใช้ในการติดตามวัตถุ	4.50	0.29	มาก
	2.12 วิธีการให้คะแนน	4.44	0.38	มาก
3	ด้านลักษณะทั่วไปของการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น			
	3.1 ขนาดห้อง	4.44	0.68	มาก
	3.2 อุปกรณ์	4.65	0.29	มากที่สุด
	3.3 บรรยากาศเอื้อต่อการฝึก	4.44	0.58	มาก
4	คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย นำมาใช้งานง่าย มีความเหมาะสมกับการใช้งาน และภาพประกอบกับเนื้อหามีความสัมพันธ์กัน	4.50	0.38	มาก
	สรุปผลโดยรวม	4.51	0.13	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-2 ปรากฏว่าผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมของรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโดยผู้รับการฝึก (*M* = 4.67, *SD* = 0.58) อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด (*M* = 4.51, *SD* = 0.13) การประเมินด้านระยะห่างการมองวัตถุ 1.5 เมตร (*M* = 4.67, *SD* = 0.58) มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ระยะเวลาในการจดจ่อความสนใจของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย (*M* = 4.65, *SD* = 0.51) มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด และการประเมินด้านอื่น ๆ ของผู้รับการฝึก มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

จากผลการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ และผลจากการฝึกนำร่องกับผู้รับการฝึกที่เป็นนักเรียน

ชาย ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ได้รูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว (ดังภาพ 4-1)

รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กำหนดให้ผู้รับการฝึกแต่ละคน ฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นตามรูปแบบที่ผู้วิจัยกำหนด โดยฝึกทั้งหมดจำนวน 20 ครั้ง ๆ ละ 10 นาที ฝึกวันละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 7 วัน รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีขั้นตอนและรายละเอียดการฝึก ดังนี้

1. ขั้นเตรียมก่อนการฝึก เป็นการสร้างความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริง และทำความเข้าใจกับโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ให้ผู้รับการฝึกที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ก่อนการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยผู้รับการฝึกต้องสวมแว่นตา 3 มิติ ซึ่งช่วยให้สามารถรับรู้ถึงสภาพแวดล้อมแบบ 3 มิติได้ และผู้รับการฝึกแต่ละคนนั่งตรงจุดที่กำหนดให้ เพื่อจ้องมองที่จุดหน้าจอโทรทัศน์ เพื่อติดตามวัตถุทรงกลมสีเหลืองจำนวน 8 ลูก ที่เดินตามแนวเส้นตรงในพื้นที่เสมือนจริง 3 มิติ มีการเคลื่อนที่เข้าไปปะปน รวมกัน เปลี่ยนทิศทางสลับไปมาระหว่างกัน และกระแทกกันและกัน เมื่อมีการชนกัน

2. กำหนดกิจกรรมในการฝึกติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย (Faubert & Sidebottom, 2012) คือการติดตามวัตถุทรงกลมที่เป็นเป้าหมาย 4 ลูก ในการฝึกติดตาม 1 ครั้ง มีการทำกิจกรรม (Trial) ทั้งหมด 20 กิจกรรม ใช้เวลาประมาณ 10 นาที (รวมเวลาตอบและเวลาเฉลย) ในแต่ละกิจกรรมประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การจำแนกสิ่งเร้า (Presentation) ที่เป็นเป้าหมาย เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นทำกิจกรรม โดยการเปลี่ยนการจดจ่อต่อสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย วัตถุทรงกลมสีเหลืองจำนวน 8 ลูก ถูกวางในตำแหน่งแบบสุ่มกระจายอยู่ที่หน้าจอภาพ ประมาณ 2 วินาที

ขั้นตอนที่ 2 การบ่งชี้เป้าหมาย (Indexation) วัตถุทรงกลมสีเหลืองจะมีไฟกระพริบเป็นสีแดง ซึ่งเป็นเป้าหมายให้ติดตาม ประมาณ 2 วินาที ก่อนที่จะเปลี่ยนกลับเป็นสีเหลือง

ขั้นตอนที่ 3 การเปลี่ยนตำแหน่ง (Movement) วัตถุทรงกลมสีเหลืองทั้ง 8 ลูก เริ่มเคลื่อนที่ไปในทิศทางแบบสุ่มตามความเร็วที่กำหนดโดยโปรแกรม ระหว่างนั้นจะมีการเคลื่อนที่เข้าไปปะปน รวมกัน และเปลี่ยนทิศทางสลับไปมาระหว่างกัน ประมาณ 8 วินาที

ขั้นตอนที่ 4 การระบุเป้าหมาย (Identification) วัตถุทรงกลมสีเหลืองทั้ง 8 ลูก จะหยุดการเคลื่อนที่ ผู้รับการฝึกต้องตอบว่าวัตถุทรงกลมที่เป็นเป้าหมายที่จำในตอนแรกคือหมายเลขใด (หมายเลข 1 - 8)

ขั้นตอนที่ 5 การตอบรับสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย (Feedback) ผู้รับการฝึกจะถูกประเมินตามเกณฑ์ความเร็ว เกณฑ์ความเร็วจะถูกประเมินในแต่ละขั้น (Levitt, 1971) นั่นคือหลังจากได้รับ

คำตอบที่ถูกต้อง ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกลมเพิ่มขึ้น หลังจากการตอบผิดในแต่ละครั้ง จะส่งผลให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกลมลดลง

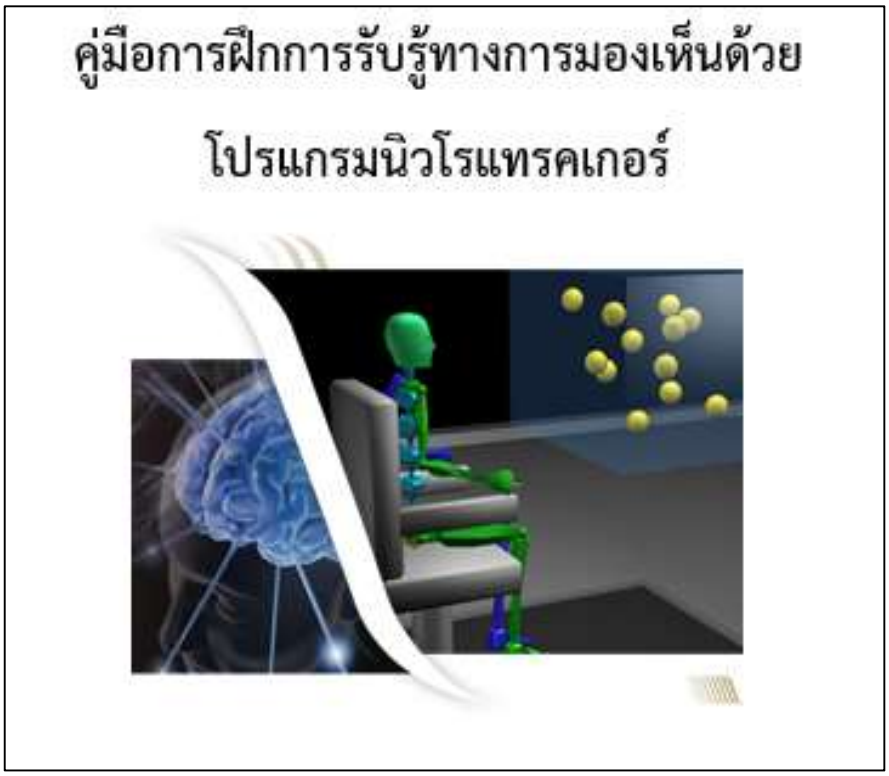
หากผู้รับการฝึกตอบถูกครบทั้ง 4 ลูก ในการทดลองครั้งถัดไปวัตถุทรงกลมจะเคลื่อนที่เร็วขึ้นตามโปรแกรมที่กำหนดโดยอัตโนมัติ และในทางกลับกัน หากผู้รับการฝึกตอบผิดในการทดลองครั้งถัดไปวัตถุทรงกลมจะเคลื่อนที่ช้าลงตามโปรแกรมที่กำหนดโดยอัตโนมัติด้วยเช่นกัน

3. กำหนดระยะเวลาในการฝึก ให้ผู้รับการฝึกแต่ละคน ฝึกทั้งหมด 20 ครั้ง ๆ ละประมาณ 10 นาที ฝึกวันละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 7 วัน

สรุปรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ เป็นการมองติดตามวัตถุ หรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น ตัวกระตุ้นมีลักษณะเป็นลูกทรงกลมสีเหลือง 8 ลูก จากทฤษฎีความจำขณะทำงานของระบบจัดเก็บความจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ สามารถทำการเก็บข้อมูลได้สูงสุด 8 หน่วย รวมถึงสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้นมีสีเหลือง จะเป็นสีที่ดึงดูดความสนใจ ทำให้เกิดความรู้สึกสนุกสนาน ร่าเริงและแปลกใหม่ ลักษณะของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายให้ติดตามมีลักษณะรูปทรงแบบเดียวกัน เป็นรูปทรงกลมสีแดงและมีสีขาวล้อมรอบอีกชั้นหนึ่ง จำนวน 4 ลูก เป้าหมายสีแดงเป็นสีที่สามารถมองเห็นได้รวดเร็วที่สุด และการที่สิ่งเร้ามีสีถึงสองสีจะดึงดูดความน่าสนใจได้มากกว่าการมีสีเดียว ส่วนการจัดหมวดหมู่การรับรู้ภาพแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ภาพ และพื้นหลัง โดยภาพจะเป็นจุดเน้นทำให้เกิดการรับรู้ก่อน หรือเป็นส่วนที่ลอยเด่นอยู่ตรงหน้า มีลักษณะและมีขอบเขตจำกัดมองเห็นได้ชัด ส่วนพื้นจะเป็นส่วนที่สำคัญน้อยกว่าภาพจึงมองเห็นอยู่ข้างหลังภาพ

จากผลการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้รับการฝึก และผลจากการศึกษานำร่อง ชี้ให้เห็นว่ารูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีความเหมาะสมที่จะนำไปทำวิจัยต่อไป เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย คำชี้แจง ข้อควรปฏิบัติในการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ ขั้นเตรียมการก่อนฝึก และขั้นตอนการฝึก ตั้งแต่การเปิดใช้โปรแกรม เมนูรูปแบบการฝึกต่าง ๆ ของโปรแกรม การสร้างกลุ่มสำหรับการทดลอง การเริ่มต้นการใช้โปรแกรม และขั้นตอนการฝึก ดังภาพที่ 4-1 (รายละเอียดในภาคผนวก ฉ)



ภาพที่ 4-1 หน้าปกคู่มือการการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์

รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีการประเมินคุณภาพความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ และปรับปรุงรูปแบบการฝึกตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิก่อนนำรูปแบบไปให้ผู้รับการฝึกที่เป็นนักเรียนชายโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน เพื่อประเมินความเหมาะสมในการใช้ ผลปรากฏว่า รูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลองได้

ตอนที่ 2 ผลการนำรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ปรากฏดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

1.2 ผลการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์

1.3 ผลคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

1.4 ผลคะแนนความสามารถด้านความจำความหมาย

1.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อายุ ระดับชั้น ประวัติเกี่ยวกับสุขภาพ ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มทดลอง (*n* = 30)		กลุ่มควบคุม (*n* = 30)	
	จำนวน(คน)	ร้อยละ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
อายุ (ปี)				
12 ปี	8	26.7	7	23.3
13 ปี	11	36.7	10	33.3
14 ปี	7	23.3	8	26.7
15 ปี	4	13.3	5	16.7
ระดับชั้น				
มัธยมศึกษาปีที่ 1	10	33.3	10	33.3
มัธยมศึกษาปีที่ 2	10	33.3	10	33.3
มัธยมศึกษาปีที่ 3	10	33.3	10	33.3
ประวัติเกี่ยวกับสุขภาพ				
ไม่มีโรคประจำตัว	30	100	30	100
การมองเห็นปกติ	30	100	30	100
ไม่มีประวัติการบาดเจ็บที่ศีรษะ	30	100	30	100
ไม่มีการเจ็บป่วยทางระบบประสาท	30	100	30	100
ไม่มีการเจ็บป่วยทางจิต	30	100	30	100
ไม่มีความบกพร่องในการรับรู้สีของวัตถุ	30	100	30	100

จากตารางที่ 4-3 กลุ่มทดลองเมื่อจำแนกตามอายุพบว่าอายุที่มีจำนวนมากที่สุด คือ 13 ปี มีจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 36.7 รองลงมาได้แก่ อายุ 12 ปี มีจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.7 อายุ 14 ปี จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 23.3 และอายุ 15 ปี จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.3 ตามลำดับ

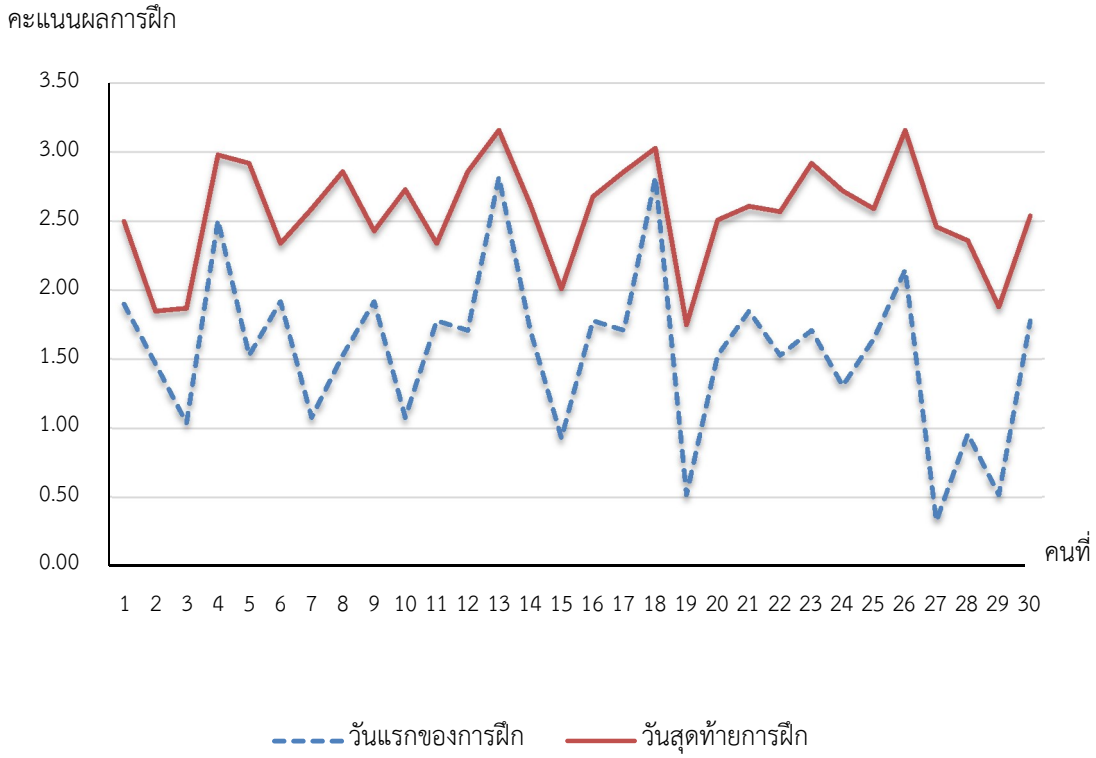
กลุ่มควบคุมเมื่อจำแนกตามอายุพบว่ามีการกระจายใกล้เคียงกับกลุ่มทดลอง โดยอายุที่มีจำนวนมากที่สุด คือ 13 ปี มีจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 33.3 รองลงมาได้แก่ อายุ 14 ปี มีจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.7 อายุ 12 ปี จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 23.3 และอายุ 15 ปี จำนวน 5

คน คิดเป็นร้อยละ 16.7 ตามลำดับ

ประวัติเกี่ยวกับสุขภาพของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ปรากฏว่าไม่มีโรคประจำตัว ไม่มีความผิดปกติในการมองเห็นปกติ ไม่มีประวัติการบาดเจ็บที่ศีรษะ ไม่มีการเจ็บป่วยทางระบบประสาท ไม่มีการเจ็บป่วยทางจิต และไม่มีความบกพร่องในการรับรู้สีของวัตถุ คิดเป็นร้อยละ 100

1.2 ผลการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์

กลุ่มทดลองจำนวน 30 คน ที่ฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ตามรูปแบบที่กำหนดขึ้น ตั้งแต่วันที่ 8 ตุลาคม ถึง วันที่ 21 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ณ ห้องปฏิบัติการ (ห้อง 101) วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ตามวันและเวลาที่กำหนด โดยผู้รับการฝึกแต่ละคนดำเนินการฝึกทั้งหมด 20 ครั้ง ๆ ละ 10 นาที ฝึกวันละ 3 ครั้ง ฝึกวันเว้นวัน รวมเวลาในการฝึกทั้งหมด 7 วัน ผลการฝึก คือคะแนนผลการฝึกของกลุ่มตัวอย่างรายบุคคลเปรียบเทียบระหว่างวันแรกของการฝึก (Initial Baseline) กับวันสุดท้ายการฝึก (Current Baseline) ดังภาพที่ 4-2 (รายละเอียดในภาคผนวก จ)



ภาพที่ 4-2 ผลการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์

จากภาพที่ 4-2 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ผลคะแนนฝึกแสดงถึงพัฒนาการที่ดีขึ้น มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยที่วันเริ่มต้นของการฝึก มีค่าเฉลี่ย 1.60 มีค่าต่ำสุด 0.33 และมีค่าสูงสุด 2.82 ส่วนวันสุดท้ายการฝึก มีค่าเฉลี่ย 2.58 มีค่าต่ำสุด 1.75 และมีค่าสูงสุด 3.16 ดังนั้นสรุปได้ว่าการฝึกติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สามารถเพิ่มความสามารถด้านการรับรู้ทางการมองเห็นของผู้รับการฝึกให้ดีขึ้น

1.3 ผลคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ระยะก่อนกับหลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 คะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมระยะก่อนกับหลังการฝึก

คนที่	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
	ระยะก่อนการฝึก	ระยะหลังการฝึก	ระยะก่อนการฝึก	ระยะหลังการฝึก
1	20	29	15	15
2	28	33	14	15
3	14	21	11	13
4	17	29	16	17
5	17	26	16	15
6	21	31	15	18
7	13	21	16	17
8	21	31	12	12
9	17	26	13	14
10	19	29	13	13
11	10	20	16	17
12	18	29	13	14
13	17	24	12	15
14	13	21	15	16
15	17	24	11	13
16	12	20	29	30
17	16	24	14	16

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

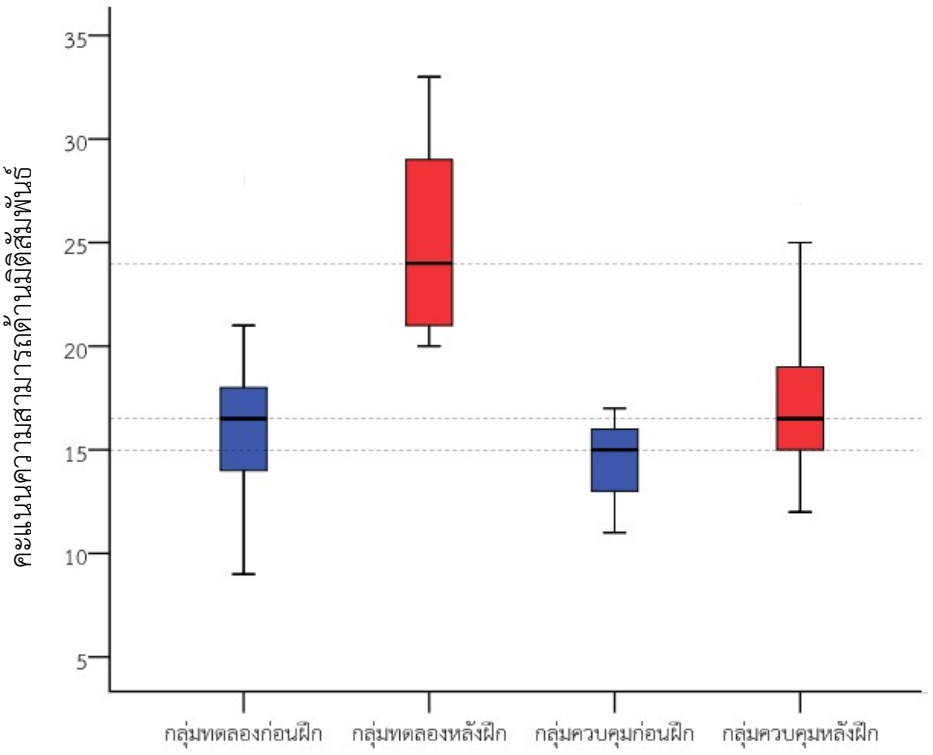
คนที่	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
	ระยะก่อนการฝึก	ระยะหลังการฝึก	ระยะก่อนการฝึก	ระยะหลังการฝึก
18	12	20	14	15
19	16	24	16	18
20	15	23	23	27
21	17	26	22	24
22	12	20	21	22
23	15	23	14	16
24	17	28	15	17
25	20	29	15	19
26	15	23	17	18
27	14	22	17	19
28	21	32	15	19
29	9	20	13	15
30	15	22	21	25
Mdn	16.50	24.00	15.00	16.50
M	16.27	25.00	15.80	17.47
SD	3.86	4.09	3.92	4.29
Min	9	20	11	12
Max	28	33	29	30

จากตารางที่ 4-4 พบว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลอง ระยะก่อนการฝึกมีค่ามัธยฐาน เท่ากับ 16.50 คะแนน ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 16.27 คะแนน และระยะหลังการฝึกมีค่ามัธยฐาน เท่ากับ 24.00 คะแนน ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 25.00 คะแนน และความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มควบคุม ระยะก่อนการฝึกมีค่ามัธยฐาน เท่ากับ 15.00 คะแนน ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 15.80 คะแนน และระยะหลังการฝึกมีค่ามัธยฐาน เท่ากับ 16.50 คะแนน ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 17.47 คะแนน

ชี้ให้เห็นว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการฝึกสูงขึ้นกว่าก่อนการฝึกทุกคน ในขณะที่กลุ่มควบคุมส่วนใหญ่มีคะแนนก่อนกับหลังการฝึกคงเดิมหรือเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยที่กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยก่อนการฝึก เท่ากับ 16.27 คะแนน และหลังการฝึก เท่ากับ

25.00 คะแนน ส่วนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยก่อนการฝึก 15.80 คะแนน และหลังการฝึก เท่ากับ 17.47 คะแนน

การกระจายของคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ สามารถเปรียบเทียบกันในแต่ละกลุ่ม โดยการนำเสนอด้วยกราฟแบบ Box Plot ซึ่งแสดงภาพรวมของข้อมูล โดยแสดงให้เห็นทั้งค่ากลางและความผันแปรของข้อมูล ขอบล่างของ Box คือ Lower Quartile (Q1) ขอบบนของ Box คือ Upper Quartile (Q3) เส้นคั่นกลางของ Box คือ ค่ามัธยฐาน (Median (Q2)) ความสูงของ Box เรียกว่า Interquartile Range (Q3 - Q1) ถ้า Box เตี้ยแปลว่ามีความแตกต่างกันของข้อมูลค่อนข้างน้อย เส้นแนวดิ่งที่ลากต่อขึ้นไปและลงมาจาก Box เราเรียกว่า Whisker ความยาวของเส้นไม่เท่ากัน โดยใช้ Maximum กับ Minimum ของข้อมูลเป็น Upper และ Lower Whisker ดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 Box Plot แสดงคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมระยะก่อนและหลังการฝึก

จากภาพที่ 4-3 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลังการฝึก มีคะแนนสูงกว่าก่อนการฝึกค่อนข้างมาก ในขณะที่กลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึกมีคะแนนสูงกว่าระยะก่อนการฝึกเล็กน้อย

1.4 ผลคะแนนความสามารถด้านความจำความหมาย ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ระยะก่อนกับหลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 คะแนนความสามารถด้านความจำความหมาย ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมระยะก่อนกับหลังการฝึก

คนที่	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
	ระยะก่อนการฝึก	ระยะหลังการฝึก	ระยะก่อนการฝึก	ระยะหลังการฝึก
1	53	71	51	53
2	50	65	42	43
3	67	82	46	48
4	61	70	40	45
5	63	77	23	25
6	53	69	42	45
7	59	73	49	51
8	43	69	50	53
9	50	67	48	53
10	60	76	40	43
11	45	64	65	61
12	55	66	70	72
13	57	73	58	61
14	56	70	65	68
15	61	72	38	42
16	44	59	66	69
17	48	60	56	61
18	56	72	58	62
19	52	72	45	52
20	57	72	63	67
21	50	65	62	68
22	56	76	33	44

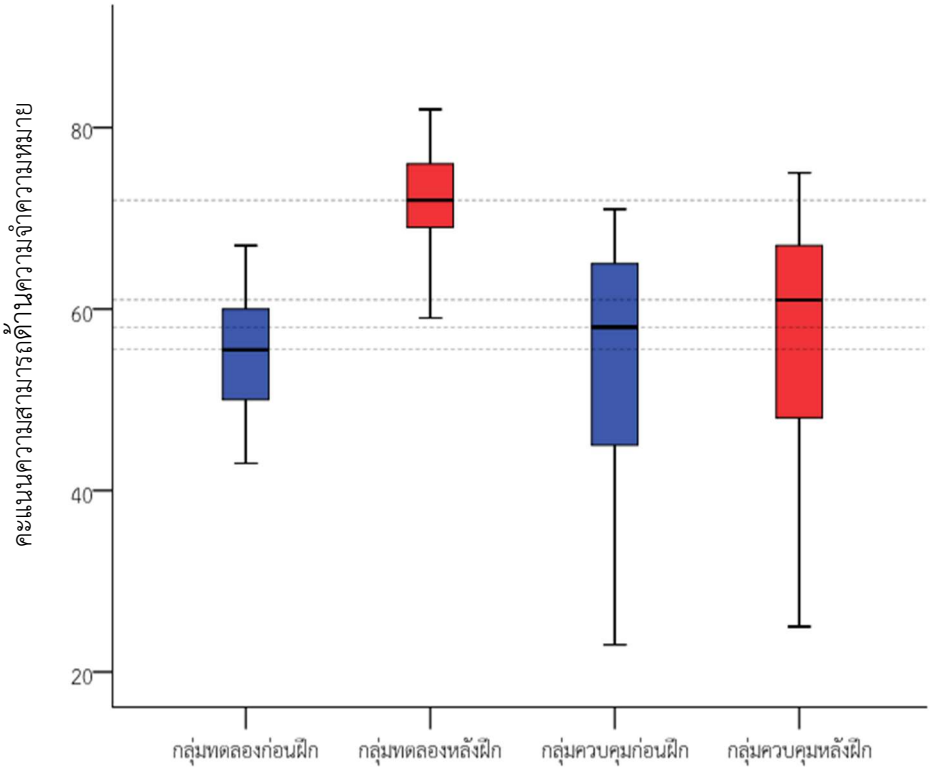
ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

คนที่	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
	ระยะก่อนการฝึก	ระยะหลังการฝึก	ระยะก่อนการฝึก	ระยะหลังการฝึก
23	54	73	64	65
24	55	76	67	63
25	55	78	61	65
26	61	76	68	70
27	50	71	64	67
28	57	72	66	69
29	60	75	71	75
30	64	76	64	67
Mdn	55.50	72.00	58.00	61.00
M	55.07	71.23	54.50	57.57
SD	5.90	5.25	12.50	11.84
Min	43	59	23	25
Max	67	82	71	75

จากตารางที่ 4-5 พบว่าความสามารถด้านความจำความหมายของกลุ่มทดลอง ระยะก่อนการฝึกมีค่ามัธยฐาน เท่ากับ 55.50 คะแนน ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 55.07 คะแนน และระยะหลังการฝึกมีค่ามัธยฐาน เท่ากับ 72.00 คะแนน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 71.23 คะแนน และความสามารถด้านความจำความหมายของกลุ่มควบคุม ระยะก่อนการฝึกมีค่ามัธยฐาน เท่ากับ 58.00 คะแนน ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 54.50 คะแนน และระยะหลังการฝึกมีค่ามัธยฐาน เท่ากับ 61.00 คะแนน ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 57.57 คะแนน

ชี้ให้เห็นว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถด้านความจำความหมายหลังการฝึกสูงขึ้นกว่าก่อนการฝึกทุกคน ในขณะที่กลุ่มควบคุมส่วนใหญ่มีคะแนนก่อนกับหลังการฝึกลดลงหรือเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยที่กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยก่อนการฝึก เท่ากับ 55.07 คะแนน และหลังการฝึก เท่ากับ 71.23 คะแนน ส่วนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยก่อนการฝึก เท่ากับ 54.50 คะแนน และหลังการฝึก เท่ากับ 57.57 คะแนน

การกระจายของคะแนนความสามารถด้านความจำความหมาย สามารถเปรียบเทียบกันในแต่ละกลุ่มนำเสนอด้วยกราฟแบบ Box Plot ซึ่งแสดงภาพรวมของข้อมูล โดยแสดงให้เห็นทั้งค่ากลางและความผันแปรของข้อมูล ดังภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 Box Plot แสดงคะแนนความสามารถด้านความจำความหมายของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมระยะก่อนและหลังการฝึก

จากภาพที่ 4-4 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถด้านความจำความหมายหลังการฝึก สูงกว่าก่อนการฝึกค่อนข้างมาก ในขณะที่กลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึกมีคะแนนสูงกว่าระยะก่อนการฝึกเล็กน้อย

2. ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึก

คะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา ประกอบด้วย คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านความจำความหมาย ในการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น แสดงดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ผลการทดสอบเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึก โดยสถิติทดสอบ Box's M

Box's M Test of Equality of Covariance Matrices	Value
Box's M	19.87
F	6.38
df1	3
df2	605520.00
P	.00

จากตารางที่ 4-6 ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุแบบทางเดียว (One-way MANOVA) โดยการทดสอบเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึก โดยค่าสถิติทดสอบ Box's M เท่ากับ 19.87 และค่าสถิติทดสอบ $F_{Box's\ M}$ เท่ากับ 6.38 โดยมีค่าความน่าจะเป็นทางสถิติ *p* เท่ากับ .00 แสดงให้เห็นว่า เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญาระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึกแตกต่างกัน ซึ่งเป็นการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นระหว่าง 2 กลุ่ม เมื่อขนาดของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มเท่ากัน ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จำนวนเท่ากัน ดังนั้นลักษณะความแปรปรวนร่วมของคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญาระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึกที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญาระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึก แสดงดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ผลการตรวจสอบ Bartlett's Test of Sphericity ของคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึก

Bartlett's Test of Sphericity	Value
Likelihood Ratio	.00
Approx. Chi-Square	34.41*
Df	2
P	.00

*$p < .01$

จากตารางที่ 4-7 ผลการตรวจสอบ Bartlett's Test of Sphericity ปรากฏว่า สถิติทดสอบ Likelihood Ratio ของ Bartlett's Test มีค่าเท่ากับ 0.00 และสถิติทดสอบไค-สแควร์ มีค่าเท่ากับ 34.41 โดยมีค่าความน่าจะเป็นทางสถิติ *p* เท่ากับ .00 ชี้ให้เห็นว่า เมตริกซ์ความสัมพันธ์ของคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถทางด้านความจำความหมาย ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก มีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย โดยสถิติ One-way MANOVA ในขั้นต่อไปได้

ผลการศึกษาในตารางที่ 4-6 และตารางที่ 4-7 ชี้ให้เห็นว่าเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุแบบทางเดียว จึงสามารถทดสอบสมมติฐานที่ 2.1 ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ ดังตารางที่ 4.8 และตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4-8 ผลการทดสอบความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา (ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านความจำความหมาย) ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึก

	$F_{\text{Levene's Test}}$	*df1*	*df2*	*p*
ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์	0.42	1.00	58.00	.52
ความสามารถด้านความจำความหมาย	24.30	1.00	58.00	.00

จากตารางที่ 4-8 ผลการทดสอบความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา (ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านความจำความหมาย) ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก ด้วยสถิติ Levene's Test ปรากฏว่าค่าสถิติ $F_{\text{Levene's Test}}$

เท่ากับ 0.42 (p=.52) และ 24.30 (p=.00) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนระหว่างกลุ่มไม่แตกต่างกัน ส่วนความสามารถด้านความจำความหมายระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนระหว่างกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจำนวนเท่ากัน ดังนั้นลักษณะความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนระหว่างกลุ่มที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระยะหลังการฝึก ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4-9 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึก

Statistical Test	Value	$F_{Wilks'Lambda}$	p
Wilks' Lambda	.46	33.39	< .01

จากตารางที่ 4-9 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา ได้แก่คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านความจำความหมาย ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก ด้วยสถิติ Wilks' Lambda ปรากฏว่า สถิติทดสอบ Wilks' Lambda มีค่าเท่ากับ 0.46 และค่าสถิติทดสอบ $F_{Wilks' Lambda}$ เท่ากับ 33.39 มีค่าความน่าจะเป็นทางสถิติ p เท่ากับ .01 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญาระยะหลังการฝึกสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ชี้ให้เห็นว่ารูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ส่งผลทำให้กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา (ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านความจำความหมาย) สูงกว่ากลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2.1

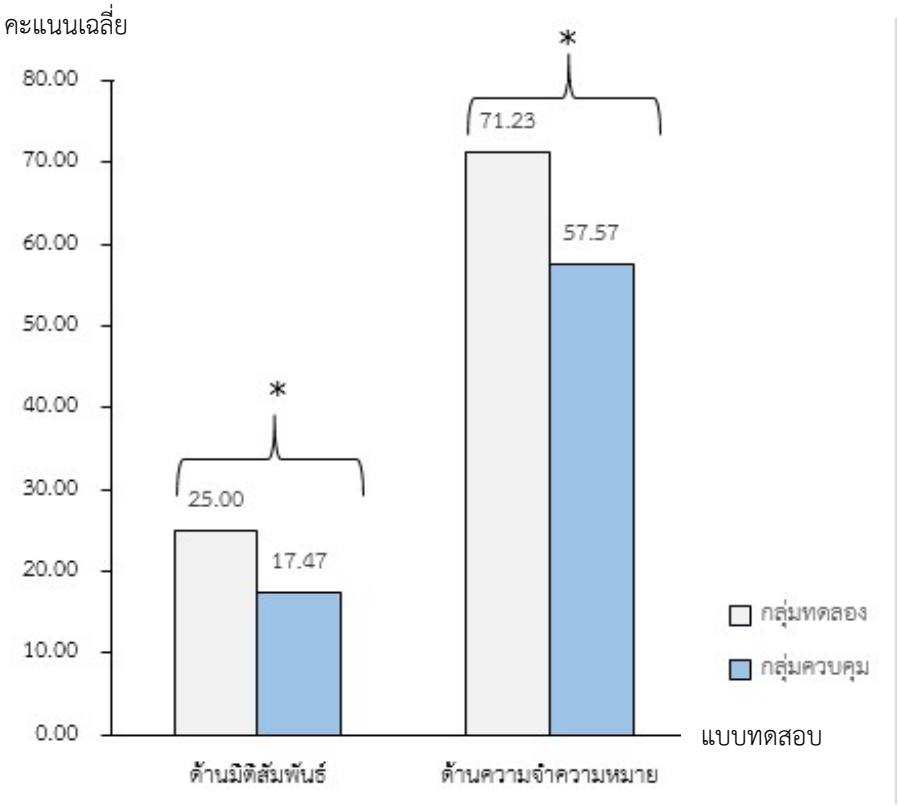
ผลการศึกษาในตารางที่ 4-8 และตารางที่ 4-9 ชี้ให้เห็นว่า เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุ จึงสามารถทดสอบสมมติฐานที่ 2.2 และ 2.3 ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุแบบทางเดียวได้ในขั้นต่อไป

ผลการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2.2 และ 2.3 แสดงในตารางที่ 4-10 และภาพที่ 4-5

ตารางที่ 4-10 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านความจำความหมาย ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึก

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

จากตารางที่ 4-10 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระยะหลังการฝึก ได้ค่าสถิติ *F* เท่ากับ 48.53 ($p < .01$) แสดงว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ชี้ให้เห็นว่า รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ส่งผลทำให้กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงกว่ากลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2.2 คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านความจำความหมายระยะหลังการฝึก ได้ค่าสถิติ *F* เท่ากับ 33.42 ($p < .01$) แสดงว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านความจำความหมายสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ชี้ให้เห็นว่า รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ส่งผลทำให้กลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านความจำความหมายสูงกว่ากลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึกด้วยรูปแบบการรับรู้ทางการมองเห็น ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2.3



ภาพที่ 4-5 กราฟแท่งแสดงความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านความจำความหมายระยะหลังการฝึก ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

จากภาพที่ 4-5 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระยะหลังการฝึก ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม พบว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ระยะหลังการฝึก ในกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.00 ในขณะที่กลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึกมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 17.47 ได้ค่าสถิติ *F* เท่ากับ 48.53 ($p < .01$) แสดงว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านความจำความหมาย ระยะหลังการฝึก ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม พบว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านความจำความหมาย ระยะหลังการฝึก ในกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 71.23 ในขณะที่กลุ่มควบคุม ระยะหลังการฝึกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 57.57 ได้ค่าสถิติ *F* เท่ากับ 33.42 ($p < .01$) แสดงว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านความจำความหมายสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ชี้ให้เห็นว่า รูปแบบการฝึกการรับรู้ทาง

การมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุแบบ 3 มิติ ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ส่งผลทำให้กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านความจำความหมายสูงกว่ากลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ และนำรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านความจำความหมาย ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชาย ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี อายุระหว่าง 12 - 15 ปี จำนวน 60 คน ได้มาจากการอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัยและมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด จัดเข้ากลุ่มโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย ด้วยการจับฉลากรายชื่อแยกตามชั้นเรียน กลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ จำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ จำนวน 30 คน โดยแต่ละกลุ่มมีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จำนวนเท่า ๆ กัน ชั้นละ 10 คน ใช้แผนการทดลองแบบมีกลุ่มควบคุม วัดก่อนและหลังการทดลอง (Pretest and Posttest Control Group Design) ตัวแปรที่ศึกษาประกอบด้วยรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถทางปัญญา 2 ด้าน ได้แก่ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านความจำความหมาย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) เครื่องมือที่ใช้ในการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย ประกอบด้วย แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป เครื่องมือตรวจคัดกรองตาบอดสี (Test of Colour-Deficiency) และแบบวัดระดับสายตาระยะใกล้ด้วยเจอเกอร์ (Jaeger's Chart) 2) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ โปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ (NeuroTracker) และ 3) เครื่องมือที่ใช้ในการวัดตัวแปรตาม แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนิวตัน (Newton, 2009) และแบบทดสอบวัดความจำความหมาย TOSS-I (Test Of Semantic Skills – Intermediate) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ การแจกแจงความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) คะแนนสูงสุด (Maximum) คะแนนต่ำสุด (Minimum) ค่ามัธยฐาน (Median) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และการวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบ One-way MANOVA

สรุปผลการวิจัย

การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุสำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีขั้นตอนการฝึก ดังนี้

1.1 ขั้นตอนการเตรียมความพร้อมก่อนการฝึกเป็นการสร้างความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริง และทำความเข้าใจกับโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ให้ผู้รับการฝึกที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ก่อนรับการฝึก โดยผู้รับการฝึกต้องสวมแว่นตา 3 มิติ ซึ่งช่วยให้สามารถรับรู้ถึงสภาพแวดล้อมแบบ 3 มิติได้ และผู้รับการฝึกแต่ละคนนั่งตรงจุดที่กำหนดให้ เพื่อจ้องมองที่จุดหน้าจอโทรทัศน์ สำหรับติดตามวัตถุทรงกลมสีเหลืองจำนวน 8 ลูก

1.2 ขั้นตอนการฝึกติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย 4 ลูก ในการฝึกติดตาม 1 ครั้ง มีกิจกรรม (Trial) ทั้งหมด 20 กิจกรรม ในแต่ละกิจกรรมประกอบด้วย 5 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การจำแนกสิ่งเร้า (Presentation) ที่เป็นเป้าหมาย เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นทำกิจกรรม โดยการเปลี่ยนการจดจ่อต่อสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย วัตถุทรงกลมสีเหลืองจำนวน 8 ลูก ถูกวางในตำแหน่งแบบสุ่มกระจายอยู่ที่หน้าจอภาพ ประมาณ 2 วินาที

ขั้นตอนที่ 2 การบ่งชี้เป้าหมาย (Indexation) วัตถุทรงกลมสีเหลืองจะมีไฟกระพริบเป็นสีแดง ซึ่งเป็นเป้าหมายให้ติดตาม ประมาณ 2 วินาที ก่อนที่จะเปลี่ยนกลับเป็นสีเหลือง

ขั้นตอนที่ 3 การเปลี่ยนตำแหน่ง (Movement) วัตถุทรงกลมสีเหลืองทั้ง 8 ลูก เริ่มเคลื่อนที่ไปในทิศทางแบบสุ่มตามความเร็วที่กำหนดโดยโปรแกรม ระหว่างนั้นจะมีการเคลื่อนที่เข้าไปปะปน รวมกัน และเปลี่ยนทิศทางสลับไปมาระหว่างกัน ประมาณ 8 วินาที

ขั้นตอนที่ 4 การระบุเป้าหมาย (Identification) วัตถุทรงกลมสีเหลืองทั้ง 8 ลูก จะหยุดการเคลื่อนที่ ผู้รับการฝึกต้องตอบว่าวัตถุทรงกลมที่เป็นเป้าหมายที่จำในตอนแรกคือหมายเลขใด (หมายเลข 1 - 8)

ขั้นตอนที่ 5 การตอบรับสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย (Feedback) ผู้รับการฝึกจะถูกประเมินตามเกณฑ์ ความเร็ว เกณฑ์ความเร็วจะถูกประเมินในแต่ละขั้น (Levitt, 1971) นั่นคือหลังจากได้รับคำตอบที่ถูกต้อง ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกลมเพิ่มขึ้น หลังจากการตอบผิดในแต่ละครั้งจะส่งผลให้ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกลมลดลง หากผู้รับการฝึกตอบถูกครบทั้ง 4 ลูก ใน

การทดลองครั้งถัดไปวัตถุทรงกลมจะเคลื่อนที่เร็วขึ้นตามโปรแกรมที่กำหนดโดยอัตโนมัติ และในทางกลับกันหากผู้รับการฝึกตอบผิดในการทดลองครั้งถัดไปวัตถุทรงกลมจะเคลื่อนที่ช้าลงตามโปรแกรมที่กำหนดโดยอัตโนมัติด้วยเช่นกัน

1.3 ขั้นตอนการกำหนดระยะเวลาในการฝึก ผู้รับการฝึกแต่ละคนดำเนินการฝึกทั้งหมด 20 ครั้ง ครั้งละประมาณ 10 นาที ฝึกวันละ 3 ครั้ง เป็นเวลารวมทั้งสิ้น 7 วัน

ผลการประเมินรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ผู้ทรงคุณวุฒิให้ความเห็นว่ารูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความเหมาะสมในระดับมาก สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และผลการนำรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยม ศึกษาตอนต้น ปรากฏว่านักเรียนมีความเข้าใจ สามารถปฏิบัติกิจกรรมตามรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ได้อย่างดี และมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ในระดับมากที่สุด

2. ผลการนำรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ไปใช้กับนักเรียนชาย ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา (ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านความจำความหมาย) ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมระยะหลังการฝึก ปรากฏว่า ระยะหลังการฝึกกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านความจำความหมาย สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการออกแบบรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญา และนำโปรแกรมไปใช้สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ ดังนี้

1. รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สามารถเพิ่มความสามารถทางปัญญา ทั้งความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถด้านความจำความหมายของนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นได้ เนื่องจากการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ พัฒนาขึ้นตามทฤษฎีกระบวนการกำหนดภาพที่มองเห็น (Visual indexing / FINST Theory) (Pylyshyn & Storm, 1988, p. 180) ลักษณะโปรแกรมเป็นการกำหนดสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น มีลักษณะเป็นวัตถุทรงกลมสีเหลือง จำนวน 8 ลูก จากทฤษฎีความจำขณะทำงานของระบบจัดเก็บความจำด้านภาพและมิติสัมพันธ์ สามารถทำการเก็บข้อมูลได้สูงสุด 8 หน่วย รวมถึงสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้นมีสีเหลือง เป็นสีที่ดึงดูดความสนใจที่ช่วยพัฒนาสมองให้เกิดการจดจำ

(Recognition) การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ใช้คุณสมบัติดึงดูดความใส่ใจของสมอง โดยสิ่งเร้าเป็นวัตถุทรงกลมที่เคลื่อนที่อย่างอิสระ มีไฟกระพริบ กระตุ้นให้สมองเกิดความตื่นตัว (Alert) ซึ่งเป็นกลไกการทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องกับความใส่ใจ (Attention) ที่มีบทบาทสำคัญต่อการเรียนรู้ของมนุษย์ การให้ความใส่ใจต่อสิ่งเร้า จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจวัด การคัดแยกและการจัดการต่อสิ่งเร้า จำนวนวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายในรูปแบบการฝึกนี้ เป็นการติดตามเป้าหมายจำนวน 4 ลูก (Pylyshyn, 2001, pp. 127 - 158) สิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายมีลักษณะเป็นรูปทรงกลมสีแดงและมีสีขาวล้อมรอบอีกชั้นหนึ่ง เป้าหมายสีแดง เป็นสีที่สามารถมองเห็นได้รวดเร็วที่สุด และการที่สิ่งเร้ามีสีถึงสองสี จะดึงดูดความน่าสนใจได้มากกว่าการมีสีเดียว (Viswanathan & Mingolla, 2002, p. 1415) การให้ความใส่ใจต่อสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายนั้น จะทำให้เกิดการคัดหลั่งของสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) กลุ่มแอซิติลโคลีน (Acetylcholine: Ach) จากชั้นของเปลือกสมองใหญ่ หรือ Cerebral Cortex นอกจากนี้ระบบประสาทจะทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับแรงจูงใจ (Motivation System) การให้ความใส่ใจต่อสิ่งเร้าโดยเฉพาะการเลือกให้ความใส่ใจต่อสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย (Selective Attention) นั้น จะเป็นการทำงานของสมองส่วน Prefrontal Cortex และ Cingulate Gyrus (Nuechterlein, Luck, Lustig, & Sarter, 2009, pp. 182 - 196) แต่การให้ความใส่ใจที่เกี่ยวข้องกับทิศทางนั้น จะเกี่ยวข้องกับสมองส่วน Parietal Lope, Thalamus และบางส่วนของสมองส่วนกลาง (Sternberg, 2009, pp. 51 - 52) รูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์นี้ เป็นกระบวนการหนึ่งในขั้นตอนที่สำคัญของการรับรู้หรือการรู้คิดของกระบวนการทางสมองขั้นสูง ช่วยพัฒนากระบวนการคิด ให้มีความสามารถในการเชื่อมโยงข้อมูลจากการพิจารณาความสัมพันธ์ในบริบทต่าง ๆ มีการตัดสินใจ การแก้ปัญหา และปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงช่วยเพิ่มความสามารถทางปัญญาของผู้รับการฝึกได้

2. ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในกลุ่มทดลอง ระยะหลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สูงกว่ากลุ่มควบคุม เป็นเพราะว่ากลุ่มทดลองได้ฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นเป็นการมองติดตามวัตถุทรงกลมทั้ง 8 ลูก เริ่มเคลื่อนที่ไปในทิศทางแบบสุ่มที่ความเร็วที่กำหนดโดยโปรแกรม ระหว่างนั้นจะมีการเคลื่อนที่เข้าไปปะปน รวมกันและเปลี่ยนทิศทางสลับไปมาระหว่างกัน ทำให้เกิดกระบวนการทางสมองในการรับรู้ตำแหน่งของสิ่งต่าง ๆ การใช้จินตนาการจากประสาทสัมผัส ทำให้เกิดความคิดรวบยอด ในการแยกแยะ สี รูปทรงสัณฐาน ลักษณะพื้นผิว มิติความลึก มิติความกว้าง ยาว หนา สูง ความสามารถด้านนี้จะส่งผลให้มนุษย์เข้าใจถึงมิติต่าง ๆ และยังคลุมไปถึงการมองภาพทรงต่าง ๆ ที่เคลื่อนไหว การหมุน ซ้อนทับกัน หรือซ่อนอยู่ภายใน ตลอดจนการแยกภาพ ประกอบภาพ รวมถึงความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของมนุษย์ในลักษณะต่าง ๆ กัน

ซึ่งเป็นความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีผลต่อการรับรู้ความจำ (Rauscher & Zupan, 2000, pp. 215 - 228) ดังเช่น David (2012) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการฝึกความสามารถด้านมิติสัมพันธ์โดยใช้เกมคอมพิวเตอร์ 3 ประเภทที่ต่างกัน ประเภทที่ 1 เป็นเกมที่ใช้ในการทดลอง เป็นเกมคอมพิวเตอร์ที่สร้างจากประสบการณ์เกี่ยวกับมิติสัมพันธ์เชิงการมองเห็น ประเภทที่ 2 เป็นเกมคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวกับมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ และประเภทที่ 3 เป็นเกมคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวกับมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 4 กลุ่ม กลุ่ม 1 – 3 เป็นกลุ่มทดลอง กลุ่ม 4 เป็นกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยปรากฏว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกเกมคอมพิวเตอร์ที่สร้างประสบการณ์เกี่ยวกับมิติสัมพันธ์เชิงการมองเห็น มีคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงที่สุด รองลงมาเป็นกลุ่มที่ได้รับการฝึกเกมคอมพิวเตอร์ ที่สร้างประสบการณ์เกี่ยวกับมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ และมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง และทั้งสามกลุ่มมีคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถทางสมองที่ซับซ้อน และมีความเกี่ยวข้องกับความจำขณะทำงานและความใส่ใจด้านภาพ สอดคล้องกับ Khooshabeh and Hegarty (2010) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ กับความสามารถในการจินตนาการ พบว่า ผู้ที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง ย่อมมีโครงสร้างความสามารถในการจินตนาการสูง แต่ผู้ที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ ย่อมมีโครงสร้างความสามารถในการจินตนาการต่ำ เนื่องจากไม่สามารถเชื่อมโยงรูปภาพรูปทรง ที่มีลักษณะที่ซับซ้อนมากเกินไปได้ ดังนั้น ตัวชี้นำด้วยภาพที่จะปรากฏในบทเรียนมัลติมีเดียแบบเกม จะทำหน้าที่ชี้แนะให้คำแนะนำต่าง ๆ จะมีส่วนช่วยให้ผู้ที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อเป็นการพัฒนาให้ผู้ที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ ได้รับการฝึกฝนให้มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงขึ้น

3. ความสามารถด้านความจำความหมายในกลุ่มทดลอง ระยะหลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สูงกว่ากลุ่มควบคุม เป็นเพราะว่ากลุ่มทดลองได้ฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น เป็นการติดตามวัตถุทรงกลมที่เคลื่อนที่อย่างอิสระ ปะปน รวมกัน และเปลี่ยนทิศทางสลับไปมาระหว่างกัน เป็นการฝึกที่ช่วยพัฒนาสมองให้เกิดการจดจำ (Recognition) รูปแบบการฝึกอาศัยคุณสมบัติดึงดูดความสนใจของสมอง โดยสิ่งเร้าเป็นภาพวัตถุทรงกลมที่เคลื่อนไหวอย่างอิสระ มีไฟกระพริบ กระตุ้นให้สมองเกิดความตื่นตัว (Alert) ซึ่งเป็นกลไกการทำงานของสมองเป็นกระบวนการเกี่ยวข้องกับการเก็บรักษา การดึงและการใช้ข้อมูล โดยถูกกระตุ้นจากสิ่งเร้า การเห็นภาพ เหตุการณ์ หรือทักษะ แล้วเก็บรักษาข้อมูลเดิมให้คงอยู่ต่อไป (Glodstein, 2014) และความสามารถดึงทักษะหรือข้อมูลที่ได้มาก่อนนี้ โดยการสร้างความหมายให้กับข้อมูลที่รับรู้ การทวนซ้ำโดยการทบทวนข้อมูลนั้น ๆ เพื่อให้คงอยู่ ข้อมูลต่าง ๆ จะถูกเก็บในระยะเวลาสั้นมากแล้วผ่านเลยไป หรือจะถูกส่งผ่านไปยังหน่วยความจำถัดไป โดยการส่งต่อการทำงานผ่านทาลามัส

(Thalamus) ที่มีหน้าที่คัดกรองและส่งสัญญาณไปยังสมองส่วนต่าง ๆ หากเป็นข้อมูลที่ใส่ใจ (Attention) จะเกิดการบันทึก (Encoding) ไว้ แล้วส่งต่อไปยังฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) ทำหน้าที่ย้ายข้อมูลไปจัดเก็บไว้ในความจำระยะยาว (Long Term Memory) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Olsen et al. (2016) ที่ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงบวก ระหว่างการเคลื่อนไหวของลูกตาและประสบการณ์การรับรู้ที่สะสมไว้ ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่มีความบกพร่องในความจำ โดยการดูภาพที่ทำให้มีการเคลื่อนไหวของลูกตาช้า ๆ ไปมา ผลปรากฏว่า ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเคลื่อนไหวของลูกตาช้า ๆ ทำให้การพัฒนาหน่วยความจำใน Hippocampus ซึ่งการเคลื่อนไหวของลูกตาในระหว่างการเข้ารหัสมีความสัมพันธ์กับหน่วยความจำ ทำให้มีความจำดีขึ้น การวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การเคลื่อนไหวของลูกตาในการเก็บรวบรวมข้อมูลใน Hippocampus สามารถเรียกคืนความจำระยะยาวได้ และการเคลื่อนไหวลูกตา ยังมีอิทธิพลต่อความจำ Explicit และ Implicit (Reichelt, Kühnel, & Dal Mas, 2013, pp. 455 - 460)

การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นโดยการเคลื่อนไหวของลูกตา ช่วยพัฒนาการทำงานของสมองส่วนรับรู้ภาพ ทำให้พัฒนาความจำระยะสั้น (Short-term Memory) ความจำขณะทำงาน (Working Memory) และสามารถสะสมไปจนถึงการเรียกคืนความจำระยะยาว (Long-term Memory) เช่นเดียวกับ Kuperman and Van Dyke (2011) ได้ศึกษาทักษะการอ่านของแต่ละบุคคลกับพฤติกรรมการเคลื่อนไหวของลูกตาในการอ่านประโยค กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษา มีจำนวน 71 คน มีอายุระหว่าง 16 – 24 ปี ทำการฝึกด้วยแบบฝึกทางภาษา 18 ชุด และประเมินทักษะทางปัญญาและอ่านชุดของประโยคโดยการเคลื่อนไหวของลูกตา ผลปรากฏว่า กลุ่มตัวอย่างที่ฝึกการอ่านชุดของประโยคโดยการเคลื่อนไหวของลูกตา มีความสามารถในการอ่านดีขึ้น รวดเร็วขึ้น และ Van Zoest and Hunt (2011) ได้ศึกษาการเคลื่อนไหวของลูกตากับความสามารถในการตัดสินใจ การรับรู้โดยใช้การฝึกแบบไม่ต่อเนื่อง ฝึกโดยการแบ่งฝึกเป็นช่วงเวลา กลุ่มทดลอง แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 12 คน กลุ่มทดลองที่ 1 มีอายุระหว่าง 19 – 28 ปี (อายุเฉลี่ย 21.2) กลุ่มทดลองที่ 2 เป็นอาสาสมัคร 12 คน ทดลองโดยการฝึกการเคลื่อนไหวของลูกตากับการดูภาพ ทิศทาง และการเคลื่อนไหว ผลของภาพลวงตาโดยการเคลื่อนไหวของลูกตาส่งผลกระทบต่อการตัดสินการรับรู้มากกว่าการกระทำ และ Klingberg (2006) ได้ทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ฝึกหัดความจำ เรียกว่า โรโบเมมโม (RoboMemo) กับเด็กที่เป็นโรคสมาธิสั้น (Attention-Deficit / Hyperactivity Disorder: ADHD) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม จำนวน 26 คน และกลุ่มทดลอง จำนวน 27 คน ได้รับการฝึกด้วยโปรแกรมโรโบเมมโม ซึ่งมีกิจกรรมที่ให้ฝึกหัด จำนวน 90 กิจกรรมต่อวัน ใช้เวลาประมาณ 40 นาที เป็นเวลา 5 - 6 สัปดาห์ เด็กทั้งสองกลุ่มจะได้รับการประเมินด้วยเครื่องมือที่ใช้วัดความจำ

(Span-Board Task; Digit Span) เครื่องมือที่ใช้วัดการยับยั้ง (Stroop Interference Task) เครื่องมือใช้วัดความสามารถในการให้เหตุผล (Raven's Colored Progressive Matrices) และให้ผู้ปกครองทำแบบประเมินตนเองเกี่ยวกับอาการของโรคสมาธิสั้น (Conners Rating Scale for Parents and Teachers) จำนวน 3 ครั้ง คือก่อนการใช้โปรแกรม หลังการใช้โปรแกรม และ 3 เดือนหลังการใช้โปรแกรม ปรากฏว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนความจำขณะทำงาน คะแนนการยับยั้ง และคะแนนความสามารถในการให้เหตุผล หลังจากใช้โปรแกรมสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รวมทั้งมีคะแนนการประเมินตนเองเกี่ยวกับอาการของโรคสมาธิสั้นของผู้ปกครองหลังจากใช้โปรแกรมต่ำกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยภาพ โดยผ่านเกมช่วยให้มีพัฒนาการที่ดีขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นนั้น พบว่ารูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สามารถเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์กับความสามารถด้านความจำความหมาย ซึ่งส่งผลต่อความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นเพราะรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์นี้ ทำให้สมองมีการเชื่อมโยงเซลล์ประสาทของสมองทุกส่วน ทำให้สมองทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นกระบวนการหนึ่งในขั้นตอนที่สำคัญของการรับรู้หรือการรู้คิดของกระบวนการทางสมองขั้นสูง ส่งผลต่อการฟื้นฟูความจำ การสร้างเครือข่ายประสาท (Nerve Plexus) โดยจะเชื่อมโยงระหว่างเส้นใยประสาทกับสมองส่วน Hippocampus และทำให้มีการหลั่งสารสื่อประสาทที่สำคัญ เช่น สารเซโรโทนิน (Serotonin) และเอนโดฟิน (Endorphine) ส่งผลต่อความจำที่ดีขึ้น ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ดีขึ้น มีกระบวนการคิด มีความสามารถในการเชื่อมโยงข้อมูลจากการพิจารณาความสัมพันธ์ในบริบทต่าง ๆ มีการตัดสินใจ การแก้ปัญหาและปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพ มีทักษะการเรียนรู้ที่บ่งบอกถึงความสามารถในการเรียนรู้ ความชำนาญ ความเข้าใจและความจำ ทำให้การจัดกระบวนการเรียนรู้เกิดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด การปรับตัวเองและสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในสภาวะสมดุล การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล แล้วนำมาจัดระบบตามลำดับความสำคัญและพัฒนาความคิดใหม่ ๆ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ จำนวน 20 ครั้ง ๆ ละ 10 นาที สามารถเพิ่มความสามารถทางปัญญา(ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้าน

ความจำความหมาย) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นได้ ผู้สนใจสามารถนำรูปแบบการฝึกไปใช้ทำให้มีทางเลือกในการเพิ่มความสามารถทางปัญญาด้านอื่น ๆ ที่เหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นได้มากขึ้น

2. ผู้สนใจสามารถนำกิจกรรมการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ ไปใช้เป็นแนวทางในการสร้างนวัตกรรม เพื่อปรับกระบวนการเรียนการสอนให้นักเรียนมีความใส่ใจ ตั้งใจในการเรียนเป็นการเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนดีขึ้น

3. นักวิจัยหรือผู้ที่สนใจสามารถนำรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ ไปประยุกต์เป็นทางเลือกในการกระตุ้นการทำงานของสมอง เพื่อพัฒนาความสามารถทางปัญญาด้านอื่น ๆ เช่น ความใส่ใจ ความจำขณะคิด การให้เหตุผล และความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นต้น

4. ผู้บริหารสถานศึกษา สามารถนำผลการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ ไปใช้กำหนดนโยบายในการพัฒนาความสามารถทางปัญญา ของนักเรียนเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

1. การศึกษานี้ เป็นการศึกษาเฉพาะในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ควรมีการศึกษาผลการนำรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยการติดตามการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุในรูปแบบ 3 มิติ ในประชากรกลุ่มอื่น ๆ เช่น กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนหญิง หรือกลุ่มตัวอย่างระดับชั้นอื่น ๆ

2. งานวิจัยนี้ กำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น กับกลุ่มทดลอง จำนวน 20 ครั้ง ครั้งละ 10 นาที ดังนั้นการออกแบบการวิจัยครั้งต่อไป อาจเพิ่มจำนวนครั้ง ระยะเวลาในการฝึกเพื่อดูความคงอยู่ของประสิทธิภาพการทำงานของสมองด้านความสามารถทางปัญญา

3. ควรมีการพัฒนารูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น โดยการบูรณาการกิจกรรมทางกีฬาร่วมกับการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถของนักกีฬา

4. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ กับโปรแกรมอื่น ๆ เช่น รูปแบบจำลองการติดตามหลายวัตถุทรงเหลี่ยมเคลื่อนที่แบบสามมิติ การฝึกด้วยเกมต่าง ๆ เป็นต้น

บรรณานุกรม

อัครภูมิ จารุภากร และพรพิไล เลิศวิชา. (2551). *สมองวัยเริ่มเรียนรู้.* กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการพิมพ์.

อัครภูมิ จารุภากร และพรพิไล เลิศวิชา. (2551). *สมองเรียนรู้.* กรุงเทพฯ: ศิริวัฒนาอินเตอร์พริ้นท์.

อุบลวรรณ ภวกานันท์. (2555). *จิตวิทยาการรู้คิดและปัญหา (Cognitive Psychology)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

Allen, G. L. (2003). Functional families of spatial abilities: Poor relations and rich prospects. *International Journal of Testing*, *3*(3), 251-262.

Allen, R., McGeorge, P., Pearson, D. G., & Milne, A. (2006). Multiple-target tracking: A role for working memory?. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *59*(6), 1101-1116.

Anastasi, A. (1968). Psychological testing (3rd ed.). Oxford, England: Macmillan.

Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. *Psychology of Learning and Motivation*, *2.*

Atkins, A. S., Berman, M. G., Reuter-Lorenz, P. A., Lewis, R. L., & Jonides, J. (2011). Resolving semantic and proactive interference in memory over the short-term. *Memory & Cognition*, *39*(5), 806-817.

Balota, D. A., & Coane, J. H. (2008). Semantic memory. *Handbook of Learning and Memory: A Comprehensive Reference*, 512-531.

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

Beauchamp, P., & Faubert, J. (2011). Visual Perception Training: Cutting Edge Psychophysics and 3D Technology Applied to Sport Science. *High Performance CIRCuit-e-Journal*, *1*(3), 12-16.

Belopolsky, A. V., & Theeuwes, J. (2009). No functional role of attention-based rehearsal in maintenance of spatial working memory representations. *Acta Psychologica*, *132*(2), 124-135.

Beteleva, T. G., & Sinitsyn, S. V. (2008). Event-related potentials at different stages of the operation of visual working memory. *Human Physiology*, *34*(3), 265-274.

Beteleva, T. G., Sinitsyn, S. V., & Farber, D. A. (2009). Age-related specificity of the processing of visual information in the system of working memory. *Human Physiology*, *35*(6), 672-683.

Biederman, I. (1987). Recognition-by-components: A theory of human image understanding. *Psychological Review*, *94*(2), 115.

Binet, A., & Simon, T. (1916). *The development of intelligence in children: The Binet-Simon Scale* (No. 11). Williams & Wilkins Company.

Blakemore, S. J., & Choudhury, S. (2006). Development of the adolescent brain: implications for executive function and social cognition. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *47*(3‐4), 296-312

Boon, P. J., Theeuwes, J., & Belopolsky, A. V. (2014). Updating visual–spatial working memory during object movement. *Vision Research*, *94*, 51-57.

Bowers, L., Huisingh, R., LoGiudice, C., & Orman, J. (2002). *TOSS-P: Test of Semantic Skills-Primary*. Lingui Systems.

Bruner, J. S., Goodnow, J. J., & Austin, G. A. (1956). A study of thinking. New York: *Science Editions.*

Burgess, N., Maguire, E. A., & O'Keefe, J. (2002). The human hippocampus and spatial and episodic memory. *Neuron*, *35*(4), 625-641.

Canobi, K. H. (2004). Individual differences in children’s addition and subtraction knowledge. *Cognitive Development*, *19*(1), 81-93.

Caramazza, A., & Mahon, B. Z. (2006). The organisation of conceptual knowledge in the brain: The future's past and some future directions. *Cognitive Neuropsychology*, *23*(1), 13-38.

Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. New York: Cambridge University Press.

Cattell, R. B. (1971). *Abilities, their structure, growth, and action*. Boston: Houghton Mifflin.

Cavanagh, P., & Alvarez, G. A. (2005). Tracking multiple targets with multifocal attention. *Trends in Cognitive Sciences*, *9*(7), 349-354.

Cavanaugh, J., Berman, R. A., Joiner, W. M., & Wurtz, R. H. (2016). Saccadic corollary discharge underlies stable visual perception. *Journal of Neuroscience*, *36*(1), 31-42.

Cheng, Y. L., & Mix, K. S. (2014). Spatial training improves children's mathematics ability. *Journal of Cognition and Development*, *15*(1), 2-11.

Christou, L., Pappas, G., & Falagas, M. E. (2007). Bacterial infection-related morbidity and mortality in cirrhosis. *The American Journal of Gastroenterology*, *102*(7), 1510-1517.

Combs, D. R., & Gouvier, W. D. (2004). The role of attention in affect perception: An examination of Mirsky's four factor model of attention in chronic schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, *30*(4), 727.

Connolly, A. C., Guntupalli, J. S., Gors, J., Hanke, M., Halchenko, Y. O., Wu, Y. C., & Haxby, J. V. (2012). The representation of biological classes in the human brain. *Journal of Neuroscience*, *32*(8), 2608-2618.

Cooper, L. A., & Regan, D. T. (1982). Attention, perception, and intelligence. In R. J. Sternberg (Eds.) *Handbook of human intelligence*, 123 - 169. Cambridge: Cambridge University Press.

Creer, D. J., Romberg, C., Saksida, L. M., van Praag, H., & Bussey, T. J. (2010). Running enhances spatial pattern separation in mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(5), 2367-2372.

Cristofori, I., & Levin, H. S. (2015). Traumatic brain injury and cognition. *Handb Clin Neurol*, *128*, 579-611.

Cronbach, L. J., & Thornton, G. C. (1970). *Test items to accompany Essentials of Psychological Testing*. New York: Harper and Row.

Dalvin, L. A., & Smith, W. M. (2016). Orbital and external ocular manifestations of Mycobacterium tuberculosis: A review of the literature. *Journal of Clinical Tuberculosis and Other Mycobacterial Diseases*, *4*, 50-57.

Darling, S., Martin, D., & Macrae, C. N. (2010). Categorical proactive interference effects occur for faces. *European Journal of Cognitive Psychology*, *22*(7), 1001-1009.

Dash, P. K., Moore, A. N., Kobori, N., & Runyan, J. D. (2007). Molecular activity underlying working memory. *Learning & Memory*, *14*(8), 554-563.

David, L. T. (2012). Training of spatial abilities through computer games–results on the relation between game's task and psychological measures that are used. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *33*, 323-327.

David Cornish, M., & Dukette, D. (2009). *The essential 20: Twenty components of an excellent health care team*. Pittsburgh: Dorrance Publishing.

Davidshofer, K. R., & Murphy, C. O. (2005). *Psychological testing: Principles and Applications* (6th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice Hal.

Deary, I. J., Strand, S., Smith, P., & Fernandes, C. (2007). Intelligence and educational achievement. *Intelligence*, *35*(1), 13-21.

Duncan, J. (1995). Attention, intelligence, and the frontal lobes. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences* (pp. 721-733). Cambridge, MA: The MIT Press.

Doran, M. M., & Hoffman, J. E. (2010). The role of visual attention in multiple object tracking: Evidence from ERPs. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *72*(1), 33-52.

Draganski, B., & May, A. (2008). Training-induced structural changes in the adult human brain. *Behavioural Brain Research*, *192*(1), 137-142.

Dünser, A., & Mancero, G. (2009). The use of depth in change detection and multiple object tracking. *Ergonomics Open Journal*, *2*, 142-149.

Duchowski, A. T. (2007). Eye tracking methodology. *Theory and Practice*, *328*.

Edmonds, W. A., & Kennedy, T. D. (2013). *An Applied Reference Guide to Research Designs: Quantitative, Qualitative, and Mixed Methods*. U.S.A.: Sage Publication

Eysenck, H. J. (1994). Personality and intelligence: Psychometric and experimental approaches. *Personality and Intelligence*, 3-31.

Farber, D. A., Beteleva, T. G., & Ignat'eva, I. S. (2004). Functional organization of the brain during the operation of working memory. *Human Physiology*, *30*(2), 129-136.

Farber, D. A., & Sinitsyn, S. V. (2009). Functional organization of working memory in seven-to eight-year-old children. *Human Physiology*, *35*(2), 131-141.

Faubert, J. (2001). Motion parallax, stereoscopy, and the perception of depth: Practical and theoretical issues. *CRITICAL REVIEWS OF OPTICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY CR*, *76*, 168-191.

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

Faubert, J. (2013). Professional athletes have extraordinary skills for rapidly learning complex and neutral dynamic visual scenes. *Scientific Reports*, *3*, 1154.

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

Gagne, E. D., Yekovich, C. W., & Yekovich, F. R. (1993). *The cognitive psychology of school learning*. New York: Allyn and Bacon.

Ganis, G., & Schendan, H. E. (2013). Concealed semantic and episodic autobiographical memory electrified. *Frontiers in Human Neuroscience*, *6*, 354.

Gardner, H. (2011). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences* (3rd ed.). USA: BasicBooks, A Member of The Perseus Books Group.

Glisky, E. L. (2007). Changes in cognitive function in human aging. *Brain aging: Models, methods, and mechanisms*, 3-20.

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

Glover, S. R., & Dixon, P. (2001). Dynamic illusion effects in a reaching task: Evidence for separate visual representations in the planning and control of reaching. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *27*(3), 560.

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

Goldstein, E. B. (2014). *Cognitive Psychology: Connecting Mind, Research, and Everyday Experience, Second Edition*. Belmont: Thomson Wadsworth.

Gregory, R. J. (2004). *Psychological testing: History, principles, and applications*. Washington: Allyn and Bacon.

Guilford, J.P. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York: McGraw-Hill.

Guilford, J. P. (1988). Some changes in the structure-of-intellect model. *Educational and Psychological Measurement*, *48*(1), 1-4.

Gutiérrez, A. (1996, July). Visualization in 3-dimensional geometry: In search of a framework. In *PME CONFERENCE* (Vol. 1, pp. 1-3). THE PROGRAM COMMITTEE OF THE 18TH PME CONFERENCE.

Hanna, N., & Wozniak, R. (2001). *Consumer behavior: An applied approach*. New Jersey: Prentice Hall.

Harenberg, S., McCaffrey, R., Butz, M., Post, D., Howlett, J., Dorsch, K. D., & Lyster, K. (2016). Can multiple object tracking predict laparoscopic surgical skills?. *Journal of Surgical Education*, *73*(3), 386-390.

Hegarty, M., & Kozhevnikov, M. (1999). Types of visual–spatial representations and mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, *91*(4), 684.

Hegarty, M., & Waller, D. (2005). Individual differences in spatial abilities. *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking*, 121-169.

Herrnstein, R. J., Loveland, D. H., & Cable, C. (1976). Natural concepts in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior. Processes*, *2*(4), 285.

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

Jiang, Y. V., Shim, W. M., & Makovski, T. (2008). Visual working memory for line orientations and face identities. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *70*(8), 1581-1591.

Jensen, A. R. (1998). *The g factor: The science of mental ability*. Westport, CT: Praeger.

Jones, S., & Burnett, G. (2008). Spatial ability and learning to program. *Human Technology*, *4*(1), 47-61.

Julià, C., & Antolí, J. Ò. (2016). Spatial ability learning through educational robotics. *International Journal of Technology and Design Education*, *26*(2), 185-203.

Junyent, L. Q., Blázquez, A. P., Fortó, J. S. I., & Torradeflot, G. C. (2015). Entrenamiento perceptivocognitivo con el Neurotracker 3D-MOT para potenciar el rendimiento en tres modalidades deportivas/Perceptual-cognitive Training with the Neurotracker 3D-MOT to Improve Performance in Three Different Sports. *Apunts. Educació Física i Esports*, (119), 97.

Kapur, N., Ellison, D., Smith, M. P., McLellan, D. L., & Burrows, E. H. (1992). Focal retrograde amnesia following bilateral temporal lobe pathology. *Brain*, *115*(1), 73-85.

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

Kimura, D. (1999). *Sex and Cognition* (1st ed.). Cambridge, MA: MIT Press.

Klausmeier, H. J., & Allen, P. S. (2014). *Cognitive development of children and youth: A longitudinal study*. New York: Academic Press.

Klingberg, T. (2006). Development of a superior frontal–intraparietal network for visuo-spatial working memory. *Neuropsychologia*, *44*(11), 2171-2177.

Kornkasem, S., & Black, J. B. (2015). Formation of spatial thinking skills through different training methods. *Cognitive Processing*, *16*(1), 281-285.

Kramer, P., & Hinojosa, J. (2010). *Frame of reference for pediatric occupational therapy* (3rd ed.). Baltimore, MD: Williams & Wilkins.

Kravitz, D. J., Saleem, K. S., Baker, C. I., & Mishkin, M. (2011). A new neural framework for visuospatial processing. *Nature Reviews Neuroscience*, *12*(4), 217-230.

Kuncel, N. R., Ones, D. S., & Sackett, P. R. (2010). Individual differences as predictors of work, educational, and broad life outcomes. *Personality and Individual Differences*, *49*(4), 331-336.

Kupers, R., Chebat, D. R., Madsen, K. H., Paulson, O. B., & Ptito, M. (2010). Neural correlates of virtual route recognition in congenital blindness. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(28), 12716-12721.

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

Lahl, O., Wispel, C., Willigens, B., & Pietrowsky, R. (2008). An ultra short episode of sleep is sufficient to promote declarative memory performance. *Journal of Sleep Research*, *17*(1), 3-10.

Legault, I., Allard, R., & Faubert, J. (2011). Trained older observers are equivalent to untrained young adults for 3D multiple-object-tracking speed thresholds. *Journal of Vision*, *11*(11), 288-288.

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

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

Legg, S., & Hutter, M. (2007). A collection of definitions of intelligence. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, *157*, 17.

Levine, B., Black, S. E., Cabeza, R., Sinden, M., McIntosh, A. R., Toth, J. P., & Stuss, D. T. (1998). Episodic memory and the self in a case of isolated retrograde amnesia. *Brain*, *121*(10), 1951-1973.

Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, 1479-1498.

Lohman, D. F. (1996). Spatial ability and g. *Human Abilities: Their Nature and Measurement*, *97*, 116.

Machts, N., Kaiser, J., Schmidt, F. T., & Möller, J. (2016). Accuracy of teachers' judgments of students' cognitive abilities: A meta-analysis. *Educational Research Review*, *19*, 85-103.

Mahncke, H. W., Connor, B. B., Appelman, J., Ahsanuddin, O. N., Hardy, J. L., Wood, R. A., & Merzenich, M. M. (2006). Memory enhancement in healthy older adults using a brain plasticity-based training program: A randomized, controlled study. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 103*(33), 12523-12528.

Mangine, G. T., Hoffman, J. R., Wells, A. J., Gonzalez, A. M., Rogowski, J. P., Townsend, J. R., & Fragala, M. S. (2014). Visual tracking speed is related to basketball-specific measures of performance in NBA players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *28*(9), 2406-2414.

Mattioli, F., Grassi, F., Perani, D., Cappa, S. F., Miozzo, A., & Fazio, F. (1996). Persistent post-traumatic retrograde amnesia: A neuropsychological and (18F) FDG PET study. *Cortex*, *32*(1), 121-129.

McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, *86*(5), 889.

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

Metz, S. S., Donohue, S., & Moore, C. (2012). Spatial skills: A focus on gender and engineering. *International Journal of Science Education*, *31*(3), 1-13.

Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P., & Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, *130*(4), 623-625.

Motes, M. A., Malach, R., & Kozhevnikov, M. (2008). Object-processing neural efficiency differentiates object from spatial visualizers. *Neuroreport*, *19*(17), 1727-1731.

Multhaup, K. S., Balota, D. A., & Faust, M. E. (2003). Exploring semantic memory by investigating buildup and release of proactive interference in healthy older adults and individuals with dementia of the Alzheimer type. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *9*(06), 830-838.

Neubauer, A. C., Bergner, S., & Schatz, M. (2010). Two-vs. three-dimensional presentation of mental rotation tasks: Sex differences and effects of training on performance and brain activation. *Intelligence*, *38*(5), 529-539.

Nuechterlein, K. H., Luck, S. J., Lustig, C., & Sarter, M. (2009). CNTRICS final task selection: Control of Attention. *Schizophrenia Bulletin*, *35*(1), 182-196.

Olkun, S., Altun, A., & Smith, G. (2005). Computers and 2D geometric learning of Turkish fourth and fifth graders. *British Journal of Educational Technology*, *36*(2), 317-326.

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

Panero, J., & Zelnik, M. (2014). *Human dimension and interior space: A source book of design reference standards*. New York: Watson-Guptill Publication.

Parsons, B., Magill, T., Boucher, A., Zhang, M., Zogbo, K., Bérubé, S., ... & Faubert, J. (2016). Enhancing cognitive function using perceptual-cognitive training. *Clinical EEG and Neuroscience*, *47*(1), 37-47.

Parsons, P., & Sedig, K. (2014). Adjustable properties of visual representations: Improving the quality of human-information interaction. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, *65*(3), 455-482.

Michelon, P. (2006). What are Cognitive Abilities and Skills, and How to Boost Them. *Retrieved from SharpBrains website: http://sharpbrains. com/blog/2006/12/18/what-are-cognitive-abilities*.

Patestas, M. A., & Gartner, L. P. (2016). *A textbook of neuroanatomy*. Canada: John Wiley & Sons.

Patterson, K., Nestor, P. J., & Rogers, T. T. (2007). Where do you know what you know? The representation of semantic knowledge in the human brain. *Nature Reviews Neuroscience*, *8*(12), 976-987.

Piaget, J. (1983). *Piaget's theory in P. Mussen (ed)"Handbook of child psychology"*, Vol. 1. New York: Wiley.

Price, A. R., Bonner, M. F., & Grossman, M. (2015). Semantic memory: Cognitive and neuroanatomical perspectives. *Brain Mapping*, 529-536.

Pylyshyn, Z. (2007). Multiple object tracking. *Scholarpedia*, *2*(10), 3326.

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

Pylyshyn, Z. W., Barkell, J., Fischer, B., Sears, C. R., Schmidt, W., & Trick, L.M. (1994). Multiple parallel access in visual attention. *Canadian Journal of Experimental Psychology, 48*(2), 260 - 283.

Pylyshyn, Z. W., & Storm, R. W. (1988). Tracking multiple independent targets: Evidence for a parallel tracking mechanism. *Spatial Vision, 3*(3), 179 - 197.

Quinn, V. N. (1995). *Applying psychology*. Singapore: McGraw-Hill.

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

Ree, M. J., Carretta, T. R., & Steindl, J. R. (2001). Cognitive ability. *Handbook of Industrial, Work and Organizational Psychology*, *1*, 219-232.

Reichelt, B., Kühnel, S., & Dal Mas, D. E. (2013). The Influence of Explicit and Implicit Memory Processes on Experience-dependent eye Movements. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *82*, 455-460.

Roediger III, H. L., Zaromb, F. M., & Goode, M. K. (2008). 1.02 A Typology of Memory Terms. *Learning and Memory: A Comprehensive Reference*, *1*, 11.

Rogers, T. T., Hocking, J., Noppeney, U., Mechelli, A., Gorno-Tempini, M. L., Patterson, K., & Price, C. J. (2006). Anterior temporal cortex and semantic memory: Reconciling findings from neuropsychology and functional imaging. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *6*(3), 201-213.

Rogers, T. J., & Landers, D. M. (2005). Mediating effects of peripheral vision in the life event stress/athletic injury relationship. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *27*(3), 271-288.

Rogers, T. T., Lambon Ralph, M. A., Garrard, P., Bozeat, S., McClelland, J. L., Hodges, J. R., & Patterson, K. (2004). Structure and deterioration of semantic memory: a neuropsychological and computational investigation. *Psychological Review*, *111*(1), 205.

Romeas, T., Guldner, A., & Faubert, J. (2016). 3D-Multiple Object Tracking training task improves passing decision-making accuracy in soccer players. *Psychology of Sport and Exercise*, *22*, 1-9.

Ryokai, K., Farzin, F., Kaltman, E., & Niemeyer, G. (2013). Assessing multiple object tracking in young children using a game. *Educational Technology Research and Development*, *61*(2), 153-170.

Savelsbergh, G. J., Van der Kamp, J., Williams, A. M., & Ward, P. (2005). Anticipation and visual search behaviour in expert soccer goalkeepers. *Ergonomics*, *48*(11-14), 1686-1697.

Schendan, H. E. (2012). *Semantic memory*. DOI: 10.1016/b978-0-12-375000-6.00315-3

Schneck, C. M. (2005). Visual perception. *Occupational Therapy for Children*, *3*, 357-86.

Schneck, C. M. (2010). A frame of reference for visual perception. *Frames of Reference for Pediatric Occupational Therapy*, 349-389.

Schiffman, L. G., & Kanuk, L. L. (2007). Purchasing behavior. *Upper Saddle River,* NJ: Pearson Prentice Hall.

Schmidt, F. L., & Le, H. (2004). Software for the Hunter-Schmidt meta-analysis methods. *University of Lowa, Department of Management & Organization, Lowa City, IA*, 42242.

Schneck, M. E., Haegerstöm-Portnoy, G., Lott, L. A., & Brabyn, J. A. (2010). Monocular vs. binocular measurement of spatial vision in elders. *Optometry and vision science: Official Publication of the American Academy of Optometry*, *87*(8), 526.

Schneider, W. J., & Newman, D. A. (2015). Intelligence is multidimensional: Theoretical review and implications of specific cognitive abilities. *Human Resource Management Review*, *25*(1), 12-27.

Scholl, B. J., Pylyshyn, Z. W., & Feldman, J. (2001). What is a visual object? Evidence from target merging in multiple object tracking. *Cognition*, *80*(1-2), 159 - 177.

Sears, C. R., & Pylyshyn, Z. W. (2000). Multiple object tracking and attentional processing. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale*, *54*(1), 1.

Simmons, W. K., & Martin, A. (2009). The anterior temporal lobes and the functional architecture of semantic memory. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *15*(05), 645-649.

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

Solomon, P., Baptiste, S., Hall, P., Luke, R., Orchard, C., Rukholm, E., & Damiani-Taraba, G. (2010). Students' perceptions of interprofessional learning through facilitated online learning modules. *Medical Teacher*, *32*(9), e391-e398.

Sparks, D. L. (2002). The brainstem control of saccadic eye movements. *Nature Reviews Neuroscience*, *3*(12), 952-964.

Spearman, C. (1927). The abilities of man. Oxford, England: Macmillan

Sternberg, R. G. (2009). Cognitive Psychology (5th ed.). California: Wadsworth Cengage Learning.

Thorndike, R. M., & Hagen, E. (1969). *Measurement and evaluation in education and psychology*. New York: John Wiley and Sons

Thurstone, L. L. (1938). The perceptual factor. *Psychometrika*, *3*(1), 1-17.

Toates, F. M. (1972). Accommodation function of the human eye. *Physiological Reviews*, *52*(4), 828-863.

Träff, U. (2013). The contribution of general cognitive abilities and number abilities to different aspects of mathematics in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, *116*, 139 – 156. doi:10.1016/j.jecp.2013.04.007.

Trindade, J., Fiolhais, C., & Almeida, L. (2002). Science learning in virtual environments: a descriptive study. *British Journal of Educational Technology*, *33*(4), 471-488.

Tulving, E. (1986). Episodic and semantic memory: Where should we go from here?. *Behavioral and Brain Sciences*, *9*(03), 573-577.

Vater, C., Kredel, R., & Hossner, E. J. (2016). Detecting single-target changes in multiple object tracking: The case of peripheral vision. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *78*(4), 1004-1019.

Verbeke, W. J., Belschak, F. D., Bakker, A. B., & Dietz, B. (2008). When intelligence is (dys) functional for achieving sales performance. *Journal of Marketing*, *72*(4), 44-57.

Vernon, P. E. (1960). Intelligence and attainment tests. Oxford, England: Univer, London Press.

Vernon, P. E. (1965). Ability factors and environmental influences. *American Psychologist*, *20*(9), 723.

Viswanathan, L., & Mingolla, E. (2002). Dynamics of attention in depth: Evidence from multi-element tracking. *Perception*, *31*(12), 1415-1437.

Wagemans, J., Feldman, J., Gepshtein, S., Kimchi, R., Pomerantz, J. R., van der Helm, P. A., & van Leeuwen, C. (2012). A century of Gestalt psychology in visual perception: II. Conceptual and theoretical foundations. *Psychological Bulletin*, *138*(6), 1218.

Wai, J., Cacchio, M., Putallaz, M., & Makel, M. C. (2010). Sex differences in the right tail of cognitive abilities: A 30 year examination. *Intelligence*, *38*(4), 412-423.

Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Education Psychology*, *101*, 817 - 835.

Wanzel, K. R., Hamstra, S. J., Caminiti, M. F., Anastakis, D. J., Grober, E. D., & Reznick, R. K. (2003). Visual-spatial ability correlates with efficiency of hand motion and successful surgical performance. *Surgery*, *134*(5), 750-757.

Williams, M., & Burdens, R. (1997). *The psychology of language teachers: A constructivist perspective*. Cambridge: CUP.

Woods, B., Aguirre, E., Spector, A. E., & Orrell, M. (2012). Cognitive stimulation to improve cognitive functioning in people with dementia. *The Cochrane Library*.

Wright, R., Thompson, W. L., Ganis, G., Newcombe, N. S., & Kosslyn, S. M. (2008). Training generalized spatial skills. *Psychonomic Bulletin & Review*, *15*(4), 763-771.

Zacks, J. M., & Michelon, P. (2005). Transformations of visuospatial images. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, *4*(2), 96-118.

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

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร. ม.ร.ว.สมพร สุทัศนีย์
   อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
2. ดร.เลอชัย ลวสุต
   รองผู้อำนวยการโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี
3. ดร.พีร วงศ์อุปราช
   อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
4. ดร.วรากร เกรียงไกรศักดา
   นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ โรงพยาบาลพุทธโสธร จังหวัดฉะเชิงเทรา
5. ดร.กนก พานทอง
   อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
6. ดร.ปริญญา เรืองทิพย์
   อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

ภาคผนวก ข

แบบรายงานผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
จากวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

แบบรายงานผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
มหาวิทยาลัยบูรพา

๑. ชื่อเรื่องดุษฎีนิพนธ์
ชื่อเรื่องดุษฎีนิพนธ์ (ภาษาไทย) การฝึกการรับรู้ทางการเคลื่อนไหวโดยประยุกต์ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุสำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
ชื่อเรื่องดุษฎีนิพนธ์ (ภาษาอังกฤษ) VISUAL PERCEPTION TRAINING BY APPLYING THE THEORY OF MOTION OBJECT TRACKING (MOT) FOR INCREASING COGNITIVE ABILITY IN LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS
ชื่อนิสิต (นาย, นาง, นางสาว): นันทา สืนะปสนันท์
หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (Ph.D.) สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
☑ ภาคปกติ ☐ ภาคพิเศษ
รหัสประจำตัว ๕๘๙๓๓๔๔๕ คณะ/วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

๓. หน่วยงานที่สังกัด: วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

๔. ผลการพิจารณาของคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์:
คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ได้พิจารณารายละเอียดดุษฎีนิพนธ์เรื่องดังกล่าวข้างต้นแล้ว ในประเด็นที่เกี่ยวกับ
๑) การเคารพในศักดิ์ศรี และสิทธิของมนุษย์ที่ใช้เป็นตัวอย่างการวิจัย
๒) วิธีการอย่างเหมาะสมในการได้รับความยินยอมจากกลุ่มตัวอย่างก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย (Informed consent) รวมทั้งการป้องกันสิทธิประโยชน์ และรักษาความลับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย
๓) การดำเนินการวิจัยอย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อความเสียหายต่อสิ่งที่ศึกษาวิจัย ไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่มีชีวิตหรือไม่มีชีวิต
คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มีมติเห็นชอบ ดังนี้
(√) รับรองโครงการวิจัย
( ) ไม่รับรอง

๕. วันที่ที่ให้การรับรอง: ๒๒ เดือน มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๕๘

ลงนาม.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)
ประธานกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
วันที่ ๒๒ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๕๘

ภาคผนวก ค

1. แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ
2. แบบประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยผู้รับการฝึก

แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น
ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

คำชี้แจง

แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

แบบประเมินฉบับนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิต่อรูปแบบและคู่มือการฝึกฯ

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะ

คะแนนการประเมิน มีความหมายดังนี้

5 หมายถึง รูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง รูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในระดับมาก

3 หมายถึง รูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง รูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในระดับน้อย

1 หมายถึง รูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในระดับน้อยที่สุด

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิต่อรูปแบบและคู่มือการฝึกฯ

คำชี้แจง โปรดพิจารณาแต่ละรายการประเมินว่ามีความเหมาะสมในระดับใดแล้ว ทำเครื่องหมาย √ ในช่องระดับความคิดเห็นที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
1	การดำเนินการตามขั้นตอนของรูปแบบมีความชัดเจน					
2	การกำหนดรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น 2.1 ระยะห่างการมองวัตถุหรือสิ่งเร้า 1.5 เมตร					
	2.2 การยืนเพื่อการมองติดตามวัตถุหรือสิ่งเร้า					
	2.3 การนั่งเพื่อการมองติดตามวัตถุ หรือสิ่งเร้า					
	2.4 ฉากพื้นหลังของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่ เป็นตัวกระตุ้น					
	2.5 ความเหมาะสมในการเลือกใช้สี ของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น					
	2.6 จำนวนวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น (รูปทรงกลม 8 ลูก)					
	2.7 จำนวนวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย (รูปทรงกลมเป้าหมาย 3 ลูก)					
	2.8 จำนวนวัตถุที่เป็นเป้าหมาย (รูปทรงกลมเป้าหมาย 4 ลูก)					
	2.9 วิธีการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย					
	2.10 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย					
	2.11 ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ฝึกวันละ 2 ครั้ง (ประมาณ 20 นาที)					
	2.12 ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ฝึกวันละ 3 ครั้ง (ประมาณ 30 นาที)					
	2.13 ระยะเวลาในการจดจ่อความสนใจของ วัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย					

ตอนที่ 1 (ต่อ)

	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
	2.14 เวลาที่ใช้ในการติดตามวัตถุ					
	2.15 วิธีการให้คะแนน					
3	ด้านลักษณะทั่วไปของการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น 3.1 ขนาดห้อง					
	3.2 อุปกรณ์					
	3.3 บรรยากาศเอื้อต่อการฝึก					
4	คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย นำมาใช้งานง่าย มีความเหมาะสมกับการใช้งาน และภาพประกอบกับเนื้อหามีความสัมพันธ์กัน					

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้ทรงคุณวุฒิ

แบบประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น
ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ โดยผู้รับการฝึก

คำชี้แจง

แบบประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบและคู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

แบบประเมินฉบับนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ความพึงพอใจของผู้รับการฝึก

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะ

คะแนนการประเมินมีความหมาย ดังนี้

5 หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีความพึงพอใจต่อรูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีความพึงพอใจต่อรูป/คู่มือแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ในระดับมาก

3 หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีความพึงพอใจต่อรูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีความพึงพอใจต่อรูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ในระดับน้อย

1 หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีความพึงพอใจต่อรูปแบบ/คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ ในระดับน้อยที่สุด

ตอนที่ 1 ความพึงพอใจต่อรูปแบบการฝึก

คำชี้แจง พิจารณาว่าท่านรู้สึกพึงพอใจต่อรูปแบบ/คู่มือการฝึกในแต่ละรายการในระดับใดแล้ว ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องระดับความคิดเห็นที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
1	การดำเนินการตามขั้นตอนของรูปแบบมีความชัดเจน					
2	การฝึกตามรูปแบบการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น					
	2.1 ระยะห่างการมองวัตถุหรือสิ่งเร้า 1.5 เมตร					

ตอนที่ 1 (ต่อ)

	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
	2.2 การนั่งเพื่อการมองติดตามวัตถุ หรือสิ่งเร้า					
	2.3 ฉากพื้นหลังของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่ เป็นตัวกระตุ้น					
	2.4 ความเหมาะสมในการเลือกใช้สี ของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น					
	2.5 จำนวนวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นตัวกระตุ้น (รูปทรงกลม 8 ลูก)					
	2.6 จำนวนวัตถุที่เป็นเป้าหมาย (รูปทรงกลมเป้าหมาย 4 ลูก)					
	2.7 วิธีการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย					
	2.8 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย					
	2.9 ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ฝึกวันละ 3 ครั้ง (ประมาณ30 นาที)					
	2.10 ระยะเวลาในการจดจ่อความสนใจของ วัตถุหรือสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย					
	2.11 เวลาที่ใช้ในการติดตามวัตถุ					
	2.12 วิธีการให้คะแนน					
3	ด้านลักษณะทั่วไปของการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น 3.1 ขนาดห้อง					
	3.2 อุปกรณ์					
	3.3 บรรยากาศเอื้อต่อการฝึก					
4	คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย นำมาใช้งานง่าย มีความเหมาะสมกับการใช้งาน และภาพประกอบกับเนื้อหามีความสัมพันธ์กัน					

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้รับการฝึก

ภาคผนวก ง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล
2. แผ่นวัดระดับการมองเห็นที่ระยะใกล้
3. แผ่นทดสอบตาบอดสีชนิดตัวเลข
4. แบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์
5. แบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย

1. แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล

แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✔ ลงใน ( ) ที่ตรงกับความเป็นจริงเกี่ยวกับตัวท่าน

1. อายุ **.....** ปี **(**อายุเกิน **6** เดือน นับเป็นอีก **1** ปี**)**

2. ปัจจุบันศึกษา **( )** ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ **1**

( ) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ **2**

( ) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ **3**

3. โรคประจำตัว

( ) มี ( ) ไม่มี

4. การมองเห็นปกติ

( ) ปกติ ( ) ไม่ปกติ

5. ประวัติการบาดเจ็บที่ศีรษะ

( ) มี ( ) ไม่มี

6. การเจ็บป่วยทางระบบประสาท

( ) มี ( ) ไม่มี

7. การเจ็บป่วยทางจิต

( ) มี ( ) ไม่มี

2. แผ่นวัดระดับการมองเห็นที่ระยะใกล้

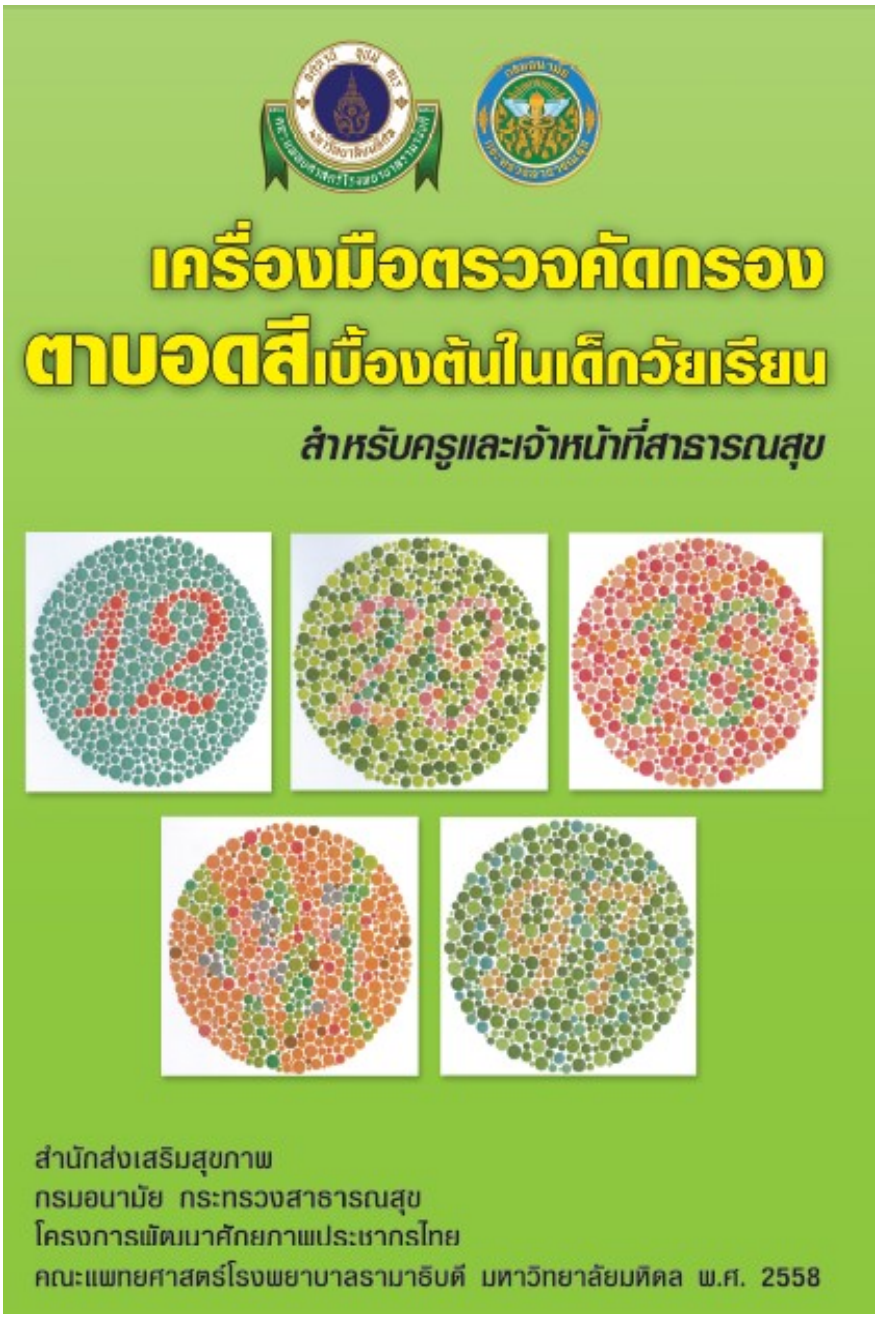
การวัดระดับสายตาระยะใกล้ด้วยเจอเกอร์ (Jaeger's Chart)

ขั้นตอนการวัดสายระยะใกล้ด้วย เจอเกอร์ (Jaeger's Chart)

1. วัดสายตาทีละข้าง เริ่มจากด้านขวาก่อน ส่วนตาข้างซ้ายให้ใช้กระดาษแข็งเล็กๆบังตาข้างซ้ายไว้
2. ให้ผู้ที่ต้องการวัดถือเจเกอร์ชาร์ต (ภาพด้านล่าง) ห่างจากตาประมาณ 14 นิ้ว
3. ให้อ่านตัวเลขทุกตัว ออกเสียงตั้งแต่บรรทัดบนสุดลง อ่านได้ถึงบรรทัดไหน ให้บันทึกระดับสายที่ระดับนั้น เช่น อ่านได้ถึงบรรทัดที่มีตัวเลข “8 7 4 5” ให้บันทึกระดับสาบตาว่า “เจ 7 (J7)” เป็นต้นหรือบันทึกว่า “เจ 10+2 (J10+2)”เป็นต้น
4. เปลี่ยนมาวัดตาข้างซ้าย โดยใช้กระดาษแข็งเล็กๆบังตาข้างขวาไว้ แล้วปฏิบัติตามข้อ 2 และข้อ 3

POCKET VISION SCREENER
95
874
2843
6 3 8 E W E
8 7 4 5 E M W
6 3 9 2 5 M E E
4 2 8 3 6 5 W E M
3 7 4 2 5 8 E W E
9 3 7 8 2 6 W M E
4 2 8 7 3 9 E W M
distance equivalent
Point Jaeger
20/800
20/400
26 16 20/200
14 10 20/100
10 7 20/70
8 5 20/50
6 3 20/40
5 2 20/30
4 1 20/25
3 1+ 20/20

3. แผ่นทดสอบตาบอดสีชนิดตัวเลข

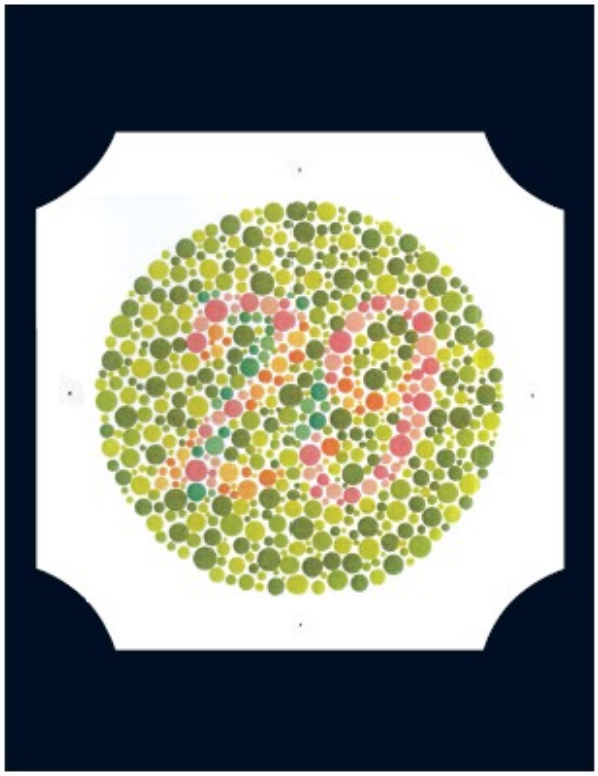


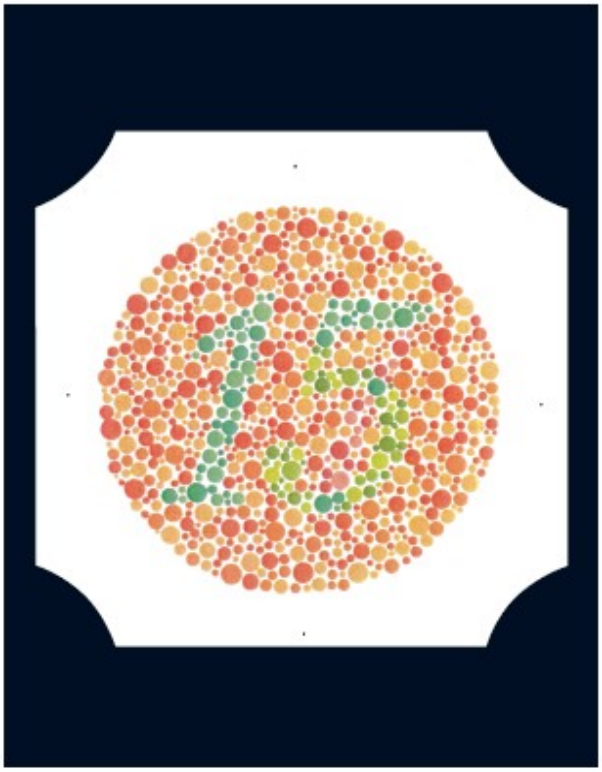
การคัดกรองตาบอดสีเบื้องต้น
สำหรับครูอนามัยโรงเรียนหรือเจ้าหน้าที่สาธารณสุข

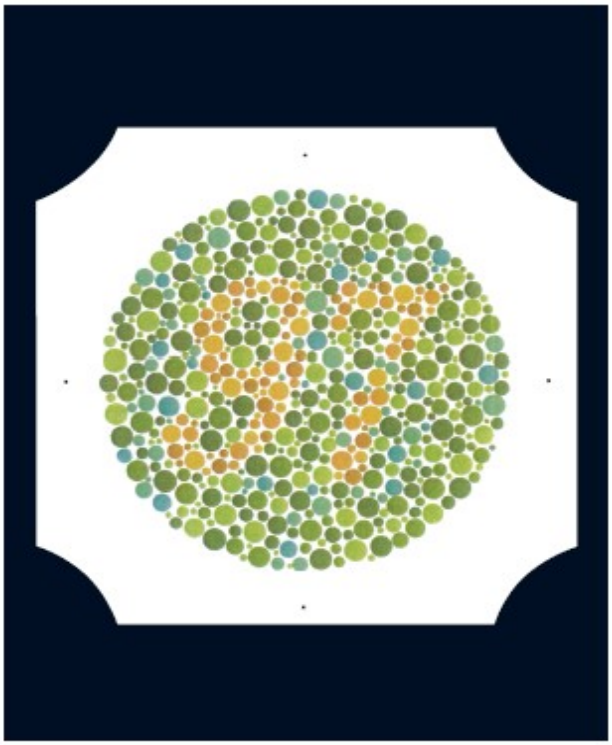
การคัดกรองตาบอดสีโดยใช้แผ่นทดสอบตาบอดสี อิชิฮะระ (Ishihara) ซึ่งเป็นแผ่นกระดาษแบนราบ และมีวงกลมเป็นพื้นจุดสีแดง ตัวเลขจุดสีเขียว หรือเป็นพื้นจุดสีเขียว ตัวเลขจุดสีแดงเป็นต้น แผ่นทดสอบ Ishihara ที่แพทย์ใช้ ออกแบบ โดย ดร. Shinobu Ishihara ชาวญี่ปุ่น ซึ่งแผ่นทดสอบตาบอดสีเหล่านี้จะพิมพ์เป็นหนังสือ โดยในแต่ละจะประกอบด้วยแผ่นทดสอบทั้งหมด 38 แผ่น หรือบางกรณีมี 24 แผ่น แต่ในทางปฏิบัติถ้าต้องการคัดกรองคนจำนวนมาก ให้ตรวจแผ่นที่ 1, 4, 8, 12, 16, 20 ถ้าอ่านถูกต้องหมดถือเป็นปกติ

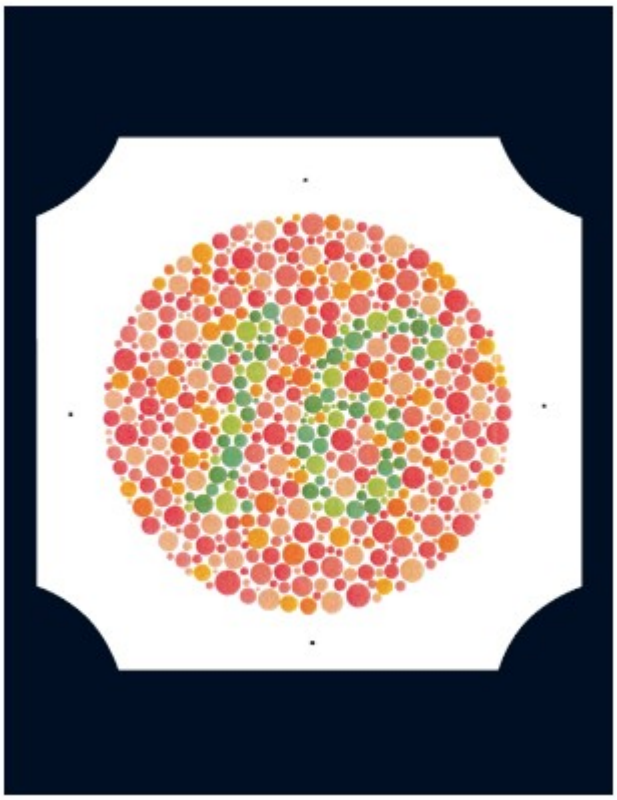
โดยแผ่นที่ 1	คนปกติจะเห็นเป็นเลข 12	คนตาบอดสีเห็นเป็นเลข 12
โดยแผ่นที่ 4	คนปกติจะเห็นเป็นเลข 29	คนตาบอดสีเห็นเป็นเลข 70
โดยแผ่นที่ 8	คนปกติจะเห็นเป็นเลข 15	คนตาบอดสีเห็นเป็นเลข 17
โดยแผ่นที่ 12	คนปกติจะเห็นเป็นเลข 97	คนตาบอดสีมองไม่เห็นตัวเลข
โดยแผ่นที่ 16	คนปกติจะเห็นเป็นเลข 16	คนตาบอดสีมองไม่เห็นตัวเลข
โดยแผ่นที่ 20	คนปกติจะมองไม่เห็นตัวเลข	คนตาบอดสีเห็นเป็นเลข 45

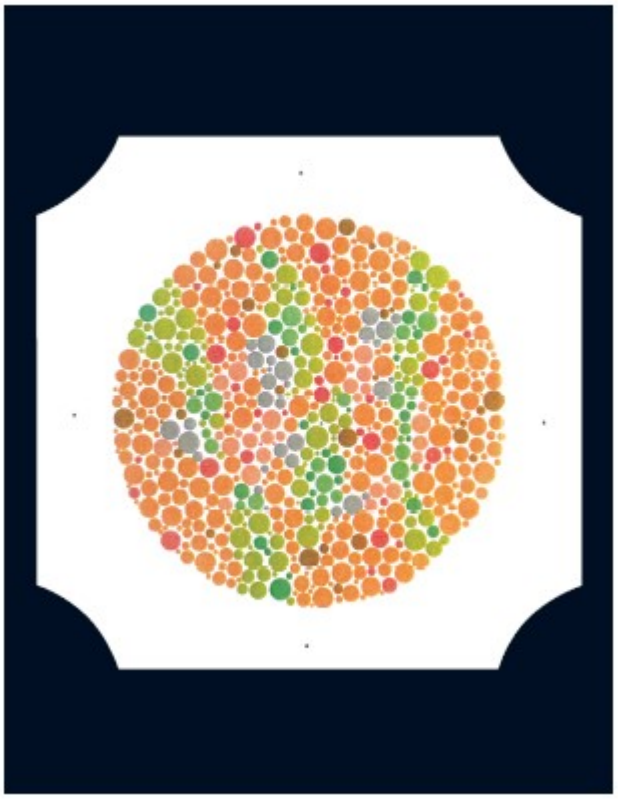
กรณีตรวจคัดกรองแล้วสงสัยมีตาบอดสี ให้ส่งต่อพบจักษุแพทย์เพื่อตรวจเพิ่มเติมและให้การวินิจฉัยต่อไป

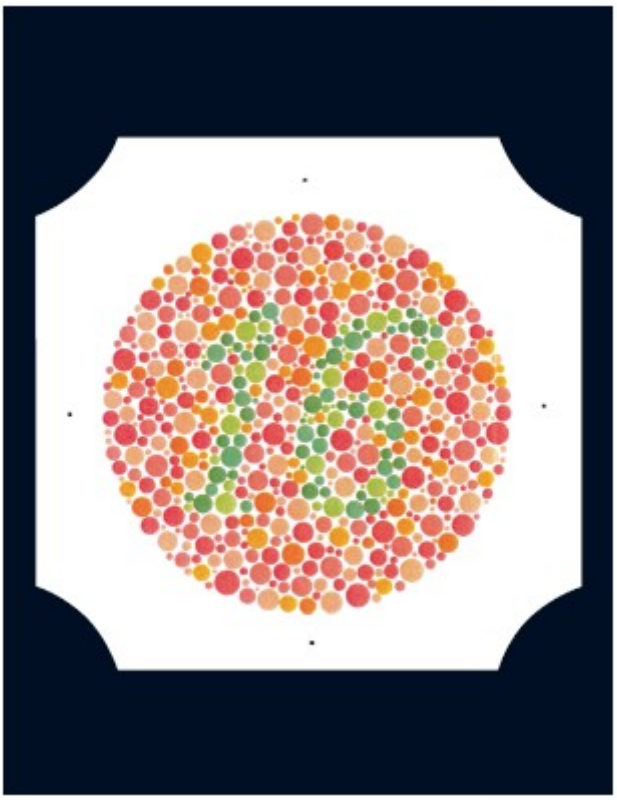








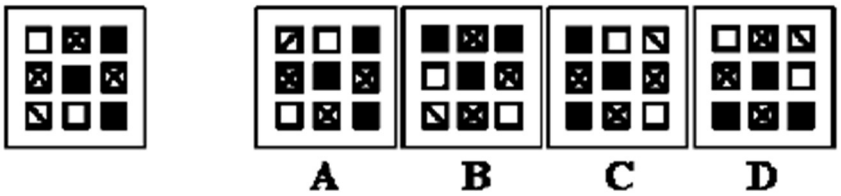




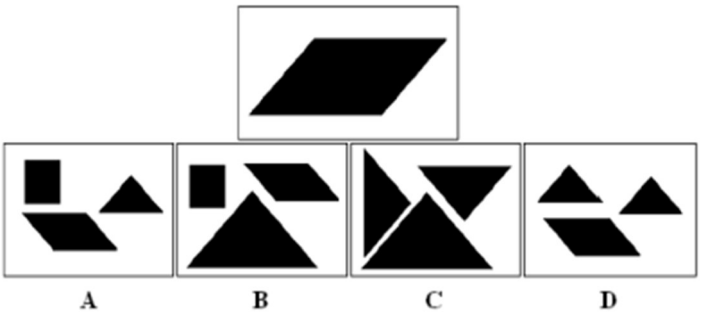
4. แบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

แบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนิวตัน (Newton, 2009) ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ คะแนนเต็ม 40 คะแนน

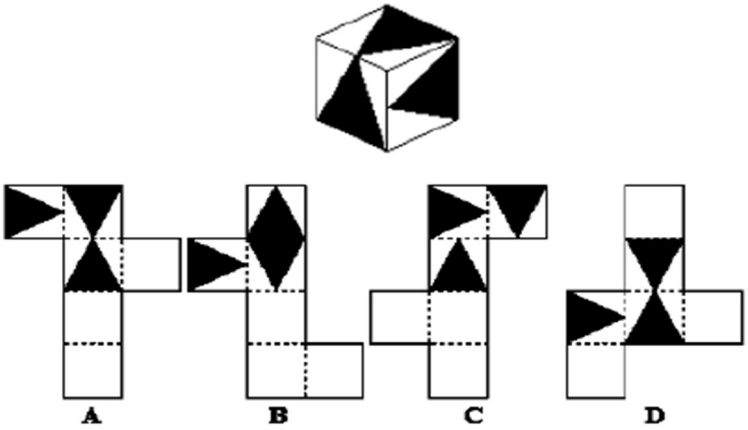
ตัวอย่าง การระบุภาพเหมือนเมื่อมีการหมุนภาพ มีทั้งหมดจำนวน 9 ข้อ



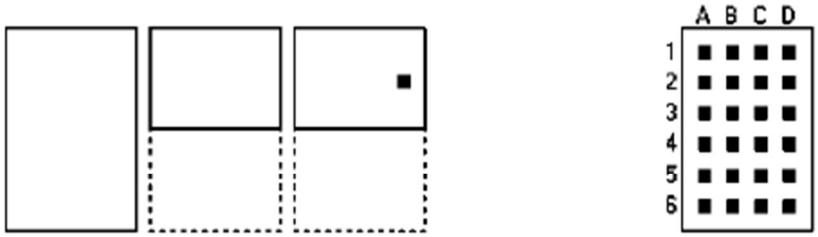
ตัวอย่าง การแยกรูปทรงหรือการประกอบรูปทรง มีทั้งหมดจำนวน 10 ข้อ



ตัวอย่าง การคลี่กล่องหรือการพับกล่อง มีทั้งหมดจำนวน 13 ข้อ



ตัวอย่าง การระบุตำแหน่งเป้าหมายเมื่อมีการพับกระดาษ มีทั้งหมดจำนวน 8 ข้อ



A	B	C	D
2C,5C	2D,5D	3D,3D	2C,2D

5. แบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย

แบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย จำนวน 87 ข้อ คะแนนเต็ม 87 คะแนน ลักษณะของแบบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย เป็นการตอบคำถามหลังจากดูภาพที่เกี่ยวกับความจริงในสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

ตัวอย่าง แบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย

ภาพที่ 1

ให้นักเรียนดูภาพแล้วตอบคำถามต่อไปนี้

เหตุการณ์ในภาพนี้ เป็นการจัดกิจกรรมเกี่ยวกับอะไร

.....

ภาคผนวก จ

1. คะแนนผลการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์
2. ข้อมูลการวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์
3. ข้อมูลการวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย

1. คะแนนผลการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์

คะแนนเฉลี่ยผลการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น กลุ่มทดลอง A จำนวน 15 คน
ฝึกทั้งหมด 20 ครั้ง (วันละ 3 ครั้ง ใช้เวลาประมาณ 30 นาที เป็นเวลา 7 วัน)

คนที่	8 ตุลาคม 59			10 ตุลาคม 59			12 ตุลาคม 59			14 ตุลาคม 59			16 ตุลาคม 59			18 ตุลาคม 59			20 ตุลาคม 59	
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5	ครั้งที่6	ครั้งที่7	ครั้งที่8	ครั้งที่9	ครั้งที่10	ครั้งที่11	ครั้งที่12	ครั้งที่13	ครั้งที่14	ครั้งที่15	ครั้งที่16	ครั้งที่17	ครั้งที่18	ครั้งที่19	ครั้งที่20
1	1.9	2.2	2.0	1.9	2.0	1.9	2.0	2.0	2.3	1.9	2.0	2.1	1.9	2.2	2.0	2.0	2.1	2.3	2.4	2.5
2	1.5	1.4	1.4	1.4	1.7	1.5	1.5	1.7	1.7	1.6	1.8	1.8	1.5	1.7	1.8	1.6	1.8	1.5	1.8	1.9
3	1.0	1.2	1.5	1.2	1.9	1.9	1.6	1.6	1.9	1.6	1.6	1.5	1.7	1.8	1.6	1.8	1.8	1.7	1.8	1.9
4	2.5	2.9	2.9	2.4	2.6	2.5	2.7	2.6	2.8	2.5	2.8	2.9	2.7	2.5	2.9	2.8	2.9	2.9	2.9	3.0
5	1.5	1.7	2.8	2.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.5	2.4	2.6	2.7	2.6	2.7	2.8	2.7	2.9	2.9	2.9	2.9
6	1.9	1.8	1.9	1.5	1.6	1.7	1.7	1.9	2.0	1.9	1.9	2.1	1.9	2.0	2.2	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3
7	1.1	1.4	1.8	1.7	1.8	2.7	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5	2.3	2.3	2.4	2.4	2.6
8	1.5	1.7	2.8	2.3	1.4	2.1	2.1	2.2	2.4	2.1	2.2	2.4	2.1	2.3	2.4	2.3	2.5	2.6	2.8	2.9
9	1.9	1.8	1.9	1.5	1.6	1.7	1.9	1.9	1.9	1.9	2.2	2.3	2.1	2.2	2.5	2.2	2.4	2.5	2.4	2.4
10	1.1	1.4	1.8	1.7	1.8	2.7	1.6	1.9	2.0	1.8	2.0	2.6	2.5	2.3	2.6	2.1	2.6	2.7	2.6	2.7
11	1.8	1.7	1.9	2.2	2.3	2.1	1.9	2.1	2.3	2.0	2.2	2.5	2.0	2.3	2.5	2.2	2.2	2.4	2.3	2.3
12	1.7	1.9	1.3	2.9	2.5	2.3	1.9	1.9	2.2	1.9	2.0	2.3	2.0	2.2	2.4	2.1	2.5	2.8	2.8	2.9
13	2.8	2.0	2.3	2.5	2.6	1.9	1.9	2.0	2.2	2.0	2.3	2.5	2.4	2.5	2.6	2.6	2.5	3.0	3.0	3.2
14	1.7	1.3	2.0	1.7	1.7	1.6	1.7	1.9	2.0	2.0	2.2	2.5	2.3	2.1	2.5	2.2	2.5	2.6	2.5	2.6
15	0.9	1.1	1.5	1.7	2.0	1.8	1.6	1.7	2.0	1.5	1.8	1.8	2.0	1.9	2.8	2.0	1.9	2.0	1.9	2.0

หมายเหตุ กลุ่มทดลอง A คือกลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกระหว่างวันที่ 8, 10, 12, 14, 16, 18 และ 20 ตุลาคม 2559

คะแนนเฉลี่ยผลการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น กลุ่มทดลอง B จำนวน 15 คน
ฝึกทั้งหมด 20 ครั้ง (วันละ 3 ครั้ง ใช้เวลาประมาณ 30 นาที เป็นเวลา 7 วัน)

คนที่	9 ตุลาคม 59			11 ตุลาคม 59			13 ตุลาคม 59			15 ตุลาคม 59			17 ตุลาคม 59			19 ตุลาคม 59			21 ตุลาคม 59	
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5	ครั้งที่6	ครั้งที่7	ครั้งที่8	ครั้งที่9	ครั้งที่10	ครั้งที่11	ครั้งที่12	ครั้งที่13	ครั้งที่14	ครั้งที่15	ครั้งที่16	ครั้งที่17	ครั้งที่18	ครั้งที่19	ครั้งที่20
16	1.8	1.7	1.9	2.2	2.3	2.1	2.1	2.3	2.3	2.0	2.2	2.4	2.0	2.2	2.6	2.2	2.6	2.6	2.6	2.7
17	1.7	1.9	1.3	2.9	2.5	2.3	2.2	2.7	2.6	2.2	2.3	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.5	2.7	2.6	2.9
18	2.8	2.0	2.3	2.5	2.6	1.9	2.0	2.5	2.7	2.2	2.4	2.8	2.5	2.7	2.8	2.5	2.9	2.9	2.9	3.0
19	0.5	1.2	1.5	0.8	1.5	1.1	1.3	1.6	1.9	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6	1.7	1.7	1.9	1.9	1.7	1.8
20	1.5	2.5	1.9	1.3	2.0	2.3	2.0	2.1	2.2	2.0	2.2	2.4	2.1	2.4	2.4	2.3	2.5	2.5	2.5	2.5
21	1.9	2.1	1.5	1.9	1.9	2.0	1.9	2.0	2.3	2.0	2.1	2.4	2.3	2.2	2.5	2.2	2.5	2.5	2.6	2.6
22	1.5	1.7	2.3	1.8	2.1	2.4	1.9	2.0	2.2	2.1	2.2	2.4	2.0	2.0	2.5	2.1	2.4	2.5	2.6	2.6
23	1.7	1.9	1.3	2.9	2.5	2.3	2.5	2.4	2.5	2.3	2.5	2.5	2.5	2.6	2.8	2.2	2.7	2.9	2.8	2.9
24	1.3	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	2.4	2.5	2.5	2.3	2.5	2.3	2.1	2.4	2.5	2.2	2.4	2.7	2.5	2.7
25	1.7	1.9	1.9	2.2	2.5	1.9	1.9	2.0	2.4	2.0	2.2	2.5	2.1	2.3	2.5	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6
26	2.2	1.9	2.7	2.1	2.9	3.1	2.3	2.5	2.8	2.3	2.5	2.7	2.5	2.6	2.9	2.7	2.8	3.0	3.0	3.2
27	0.3	1.7	1.9	1.6	1.9	2.2	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2.4	2.0	2.3	2.4	2.2	2.1	2.4	2.4	2.5
28	1.0	1.3	1.2	2.2	1.4	1.4	1.8	1.9	2.1	2.0	2.0	2.2	2.0	2.3	2.3	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4
29	0.5	1.2	1.5	0.8	1.5	1.1	1.3	1.7	1.6	1.4	1.5	1.7	1.5	1.6	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9
30	1.8	1.7	1.9	2.2	2.3	2.1	1.9	2.0	2.2	2.0	2.1	2.4	2.0	2.2	2.5	2.2	2.4	2.5	2.5	2.5

หมายเหตุ กลุ่มทดลอง B คือกลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกระหว่างวันที่ 9, 11, 13, 15, 17, 19 และ 21 ตุลาคม 2559

2. ข้อมูลการวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

ข้อมูลของนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

ทำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ จำนวน 40 ข้อ เพื่อหาค่าเที่ยง

คนที่	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	ข้อที่ 9	ข้อที่ 10	ข้อที่11	ข้อที่ 12	ข้อที่ 13	ข้อที่ 14
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
18	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
19	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1
20	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
22	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
24	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0
26	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
28	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1
30	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ข้อมูลของนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

ทำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ จำนวน 40 ข้อ เพื่อหาค่าเที่ยง

คนที่	ข้อที่ 15	ข้อที่ 16	ข้อที่ 17	ข้อที่ 18	ข้อที่ 19	ข้อที่ 20	ข้อที่ 21	ข้อที่22	ข้อที่23	ข้อที่ 24	ข้อที่ 25	ข้อที่ 26	ข้อที่ 27	ข้อที่ 28
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
18	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
19	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
22	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
24	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0
27	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
28	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
29	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0
30	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1

ข้อมูลของนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

ทำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ จำนวน 40 ข้อ เพื่อหาค่าเที่ยง

คนที่	ข้อที่ 29	ข้อที่ 30	ข้อที่ 31	ข้อที่ 32	ข้อที่ 33	ข้อที่ 34	ข้อที่ 35	ข้อที่ 36	ข้อที่ 37	ข้อที่ 38	ข้อที่ 39	ข้อที่ 40
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1
16	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
17	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
18	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1
20	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1
22	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0
23	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1
26	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
27	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0
28	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
30	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1

3. ข้อมูลการวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมาย

ข้อมูลของนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

ทำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมายจำนวน 87 ข้อ เพื่อหาค่าเที่ยง

คนที่	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	ข้อ 14	ข้อ 15	ข้อ 16	ข้อ 17	ข้อ 18
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0
8	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
10	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
16	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
17	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1
18	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1
19	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0
20	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1
22	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1
23	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
24	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
25	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1
26	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1
27	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1
28	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
30	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

ข้อมูลของนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

ทำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมายจำนวน 87 ข้อ เพื่อหาค่าเที่ยง

คนที่	ข้อ 37	ข้อ 38	ข้อ 39	ข้อ 40	ข้อ 41	ข้อ 42	ข้อ 43	ข้อ 44	ข้อ 45	ข้อ 46	ข้อ 47	ข้อ 48	ข้อ 49	ข้อ 50	ข้อ 51	ข้อ 52	ข้อ 53	ข้อ 54
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
5	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
7	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
12	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
15	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1
16	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1
17	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0
19	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
21	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1
22	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1
24	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1
25	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1
26	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0
27	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0

ข้อมูลของนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

ทำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมายจำนวน 87 ข้อ เพื่อหาค่าเที่ยง

คนที่	ข้อ 55	ข้อ 56	ข้อ 57	ข้อ 58	ข้อ 59	ข้อ 60	ข้อ 61	ข้อ 62	ข้อ 63	ข้อ 64	ข้อ 65	ข้อ 66	ข้อ 67	ข้อ 68	ข้อ 69	ข้อ 70	ข้อ 71	ข้อ 72
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
6	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
8	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1
13	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0
16	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
17	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
18	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
19	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0
20	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
21	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
22	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
23	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
25	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1
26	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
27	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
28	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
30	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

ข้อมูลของนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

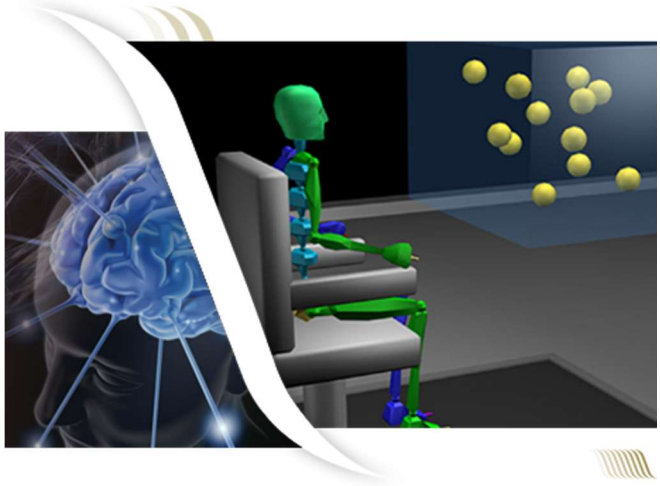
ทำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านความจำความหมายจำนวน 87 ข้อ เพื่อหาค่าเที่ยง

คนที่	ข้อ 73	ข้อ 74	ข้อ 75	ข้อ 76	ข้อ 77	ข้อ 78	ข้อ 79	ข้อ 80	ข้อ 81	ข้อ 82	ข้อ 83	ข้อ 84	ข้อ 85	ข้อ 86	ข้อ 87
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0
7	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
12	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
13	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
15	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0
16	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1
17	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
18	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1
19	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0
20	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1
21	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1
22	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1
23	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
24	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1
25	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0
26	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0
27	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1
28	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1
29	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1
30	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1

ภาคผนวก ฉ

คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์

คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็น
ด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์



คำนำ

คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ (NeuroTracker) สำหรับเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นฉบับนี้ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการฝึกทักษะเกี่ยวกับการรับรู้ทางปัญญา (Perception Cognitive Skill) ช่วยพัฒนาสมองให้เกิดการจดจำ (Recognition) รูปแบบการฝึกอาศัยคุณสมบัติดึงดูดความสนใจของสมอง โดยสิ่งเร้าเป็นภาพวัตถุทรงกลมที่เคลื่อนไหวอย่างอิสระ มีไฟกระพริบ กระตุ้นให้สมองเกิดความตื่นตัว (Alert) ซึ่งเป็นกลไกการทำงานของสมอง ที่เกี่ยวข้องกับความ ใส่ใจ (Attention) โดยการใช้ความตั้งใจควบคุมความใส่ใจไปยังสิ่งเร้า และหากความใส่ใจดังกล่าวทำงานไปพร้อมกันตลอดเวลา จะทำให้สามารถเลือกสิ่งสำคัญและให้ความใส่ใจต่อสิ่งนั้นได้นานขึ้น ในทางทฤษฎีการมีทักษะความใส่ใจจะนำไปสู่การรับรู้ได้ (Combs & Gouvier, 2004) คู่มือฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ที่สนใจจะพัฒนาความสามารถทางปัญญา ใช้เป็นแนวทางในการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นเพื่อพัฒนาความสามารถทางปัญญา (Cognitive Ability)

ผู้วิจัยมีความยินดีหากท่านมีข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไขให้คู่มือการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น กรุณาส่งความคิดเห็นและข้อเสนอแนะมายังผู้วิจัยเพื่อรวบรวมและแก้ไขพัฒนารูปแบบการฝึกให้สมบูรณ์ต่อไป

นันทา ลีนะเปสนันท์

สารบัญ

โปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ (NeuroTracker) คืออะไร 1
ทำไมต้องฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์..... 2
อุปกรณ์ที่ต้องใช้..... 3
ขั้นตอนการปฏิบัติ..... 4
1. ขั้นตอนการเตรียมสถานที่..... 4
2. ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์..... 4
3. ขั้นตอนการเปิดใช้โปรแกรม..... 6
4. ขั้นตอนการฝึกโปรแกรม..... 11

โปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ (NeuroTracker) คืออะไร

นิวโรแทรคเกอร์ (NeuroTracker) เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับฝึกสมองด้วยกิจกรรมการติดตามวัตถุเคลื่อนที่แบบ 3 มิติ (3-Dimensional Multiple Object Tracking - 3D MOT Brain Training Task) เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยศาสตราจารย์ Jocylene Faubert (Chief Technology Officer CogniSens Athletics Inc.) เป็นโปรแกรมการฝึกอบรมด้านความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้รับการยอมรับทางวิทยาศาสตร์มากที่สุด การพัฒนาในระยะเริ่มแรกใช้การมองภาพในแบบสองมิติ จากนั้นมีการปรับให้ใช้ควบคู่กับเทคโนโลยีภาพสามมิติ และเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality) จึงกลายเป็น เทคโนโลยีการติดตามวัตถุหลายสิ่งที่มีการเคลื่อนไหวอย่างอิสระด้วยภาพสามมิติ โดยใช้ทฤษฎีเส้นทางการเคลื่อนที่ของหลายวัตถุ (Three-dimensional Multiple Objects Tracking : 3D MOT) เป็นพื้นฐาน NeuroTracker เกิดขึ้นจากการรวมการทำงานของระบบประสาทชีวภาพเสมือนจริงกับเทคโนโลยี ดังนั้นจึงเป็นนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่นิยมนำมาใช้ฝึกเพื่อเพิ่มความสามารถทางปัญญา

การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรม NeuroTracker เป็นการนำเทคโนโลยีการติดตามวัตถุหลายวัตถุเพื่อพัฒนากระบวนการทางสมอง สมองจะมีการประมวลผลจากภาพที่เห็นผ่านการติดตามวัตถุที่มีการเคลื่อนไหวไปมาอย่างอิสระ ช่วยให้การตัดสินใจต่าง ๆ เร็วขึ้น การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นเป็นการพัฒนาทักษะการรับรู้ เพิ่มความชำนาญในกระบวนการทำงานของสมอง ดังนั้นการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นจะช่วยเพิ่มทักษะการตัดสินใจ มีความเชื่อมั่นต่อสถานการณ์การทำงานภายใต้การกดดัน การฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วย

โปรแกรม NeuroTracker ได้รับการยืนยันทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการพัฒนาสมอง (Mahncke et al., 2006) เมื่อการทำงานของสมองดีจะช่วยในการปรับตัวให้ทำงานที่ยากได้ง่ายขึ้น (Draganski & May, 2008; Ma et al., 2010) การศึกษาเกี่ยวกับภาพสมองแสดงให้เห็นถึงการปรับโครงสร้างระบบประสาทที่สมบูรณ์หลังการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรม NeuroTracker (Kupers, Chebat, Madsen, Paulson, & Ptito, 2010) จะทำให้เพิ่มความรู้ความเข้าใจการประมวลผลหรือ "ความเร็วสมอง" ในการประมวลผลข้อมูลเพื่อกระตุ้นให้เกิดระบบอัตโนมัติ (Savelsbergh, Vander Kamp, Williams, & Ward, 2005)

ทำไมต้องฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นด้วยโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์

ความสามารถทางปัญญาสามารถเพิ่มได้ต้องมีการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ การรับรู้ทางการมองเห็นเป็นหนึ่งในกระบวนการเรียนรู้ สามารถพัฒนาได้โดยการฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นภาพหรือสิ่งเร้าต่าง ๆ อย่างใส่ใจทั้งในลักษณะที่เป็นภาพเชิงจินตนาการที่มีอยู่ในความจำหรือเป็นภาพจริงที่เห็น ดังนั้นโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ (NeuroTracker) จึงเป็นโปรแกรมที่เหมาะจะนำมาใช้ในการฝึกสมอง การรับรู้ทางการมองเห็นด้วยการมองและติดตามวัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบ 3 มิติ เป็นนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำมาใช้ฝึกกระบวนการทำงานทางสมองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เนื่องจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piagrt สรุปได้ว่าสมองไม่หยุดการพัฒนาที่อายุ 12 ปี แต่สมองของเด็กวัยนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง และมีบทบาทการเรียนรู้เหมือนกับวัยผู้ใหญ่ เด็กในวัยนี้ต้องอาศัยการสร้างจินตนาการ การเชื่อมโยงความคิดเชิงนามธรรมให้ปรากฏเป็นรูปธรรมได้อย่างชัดเจน และเป็นวัยที่การเรียนรู้ก้าวมาถึง

จุดสุดท้ายของการพัฒนาก่อนเปลี่ยนเป็นวัยผู้ใหญ่ โปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์ จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ฝึกการรับรู้ทางการมองเห็นเพื่อเพิ่มความสามารถทางปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

อุปกรณ์ที่ต้องใช้

1. คอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ประกอบกับการ์ดแสดงผลแยกที่มีหน่วยความจำ 512 MB ขึ้นไป
2. โทรทัศน์แสดงผลสามมิติขนาดความกว้างหน้าจอประมาณ 65 นิ้ว
3. แว่นตามองภาพ 3 มิติ (3D Glasses)
4. ซอฟต์แวร์โปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์
5. สาย HDMI สำหรับเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับโทรทัศน์
6. เก้าอี้นั่ง

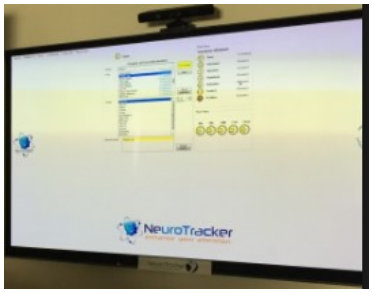
ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. ขั้นตอนการเตรียมสถานที่

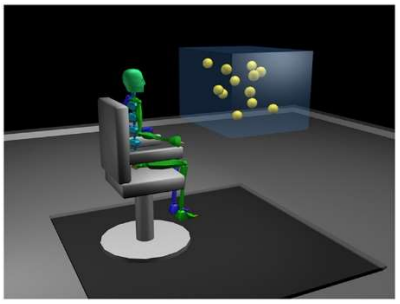
1.1 ใช้ห้องฝึกที่มีความกว้าง 4x4x4 เมตร

2. ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์

2.1 เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับโทรทัศน์โดยใช้สาย HDMI



2.2 ผู้รับการฝึกต้องนั่งห่างจากโทรทัศน์ 1.5 เมตร



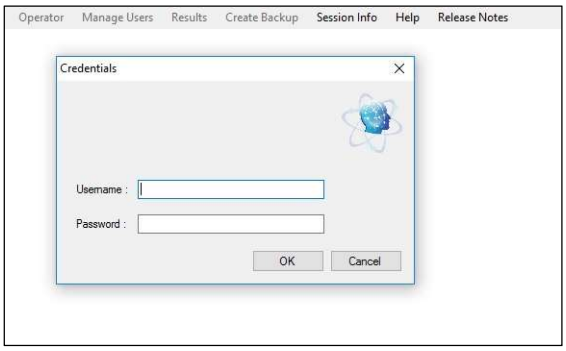
2.3 ให้ผู้รับการฝึกสวมแว่นตาสามมิติ (3D Glasses)

2.4 ปิดไฟภายในห้องเพื่อลดการรบกวนและให้ผู้ฝึกได้เล่นภาพที่แสดงบนหน้าจอโทรทัศน์ได้ชัดเจนขึ้น

3. ขั้นตอนการเปิดใช้โปรแกรม

3.1 เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต และเปิดใช้งานโปรแกรมนิวโรแทรคเกอร์โดยคลิกที่ Neurotracker.exe

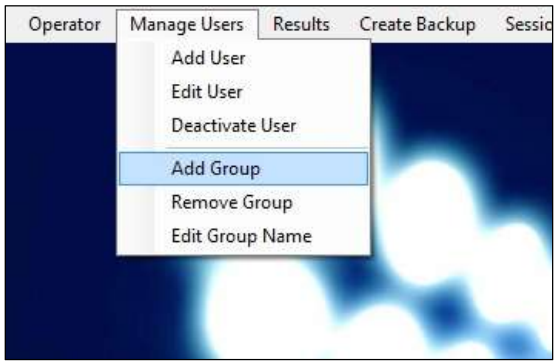
3.2 กรอก Username และ Password สำหรับเข้าโปรแกรม โดยใช้ Username: Burapha และ password: Neurotracker



3.3 เมื่อเข้าโปรแกรมจะแสดงหน้าต่างเมนูรูปแบบการฝึกต่างๆของโปรแกรม

3.4. สร้างกลุ่มสำหรับการทดลอง โดยเข้าไปที่เมนู Manage Users และจากนั้นไปที่คำสั่ง Add Group

1) Core เป็นรูปแบบพื้นฐานของการฝึกรูปแบบการฝึกติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุ สามารถเลือกจำนวนและสีของวัตถุที่ติดตามได้



2) Peak เป็นรูปแบบการฝึกที่มีการเพิ่มขึ้นและลดลงของความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุอย่างฉับพลัน

3) Target เป็นรูปแบบการฝึกที่ต้องติดตามวัตถุที่มีสีแตกต่างกัน

4) Overload เป็นรูปแบบการฝึกที่สามารถควบคุมความเร็วการเคลื่อนที่ของวัตถุให้คงที่ได้

5) Tactical เป็นรูปแบบการฝึกที่สีของวัตถุที่ต้องติดตามจะแบ่งเป็นสองสีและจะไม่มีการเปลี่ยนสี

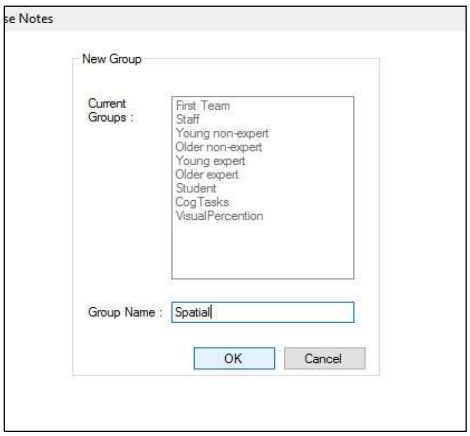
6) Stamina เป็นรูปแบบการฝึกที่ไม่กำหนดจำนวน trials แต่จะกำหนดโอกาสผิดพลาดไว้ 15 ครั้ง ถ้าตอบผิด 15 ครั้งถือว่าสิ้นสุดการทดลอง

7) Teamwork เป็นรูปแบบการฝึกโดยใช้ผู้ฝึกสองคน และติดตามวัตถุคนละสีกัน

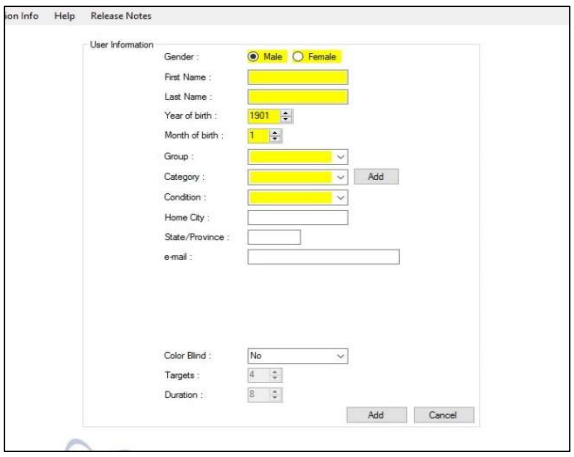
8) Challenger เป็นรูปแบบการฝึกที่เป็นการแข่งขันกันระหว่างผู้ฝึกสองคน

9) Warm-up เป็นรูปแบบการเตรียมความพร้อมก่อนการฝึก

3.5 ตั้งชื่อกลุ่มที่ต้องการสร้างโดยกรอกในช่อง Group Name จากนั้นกดปุ่ม OK

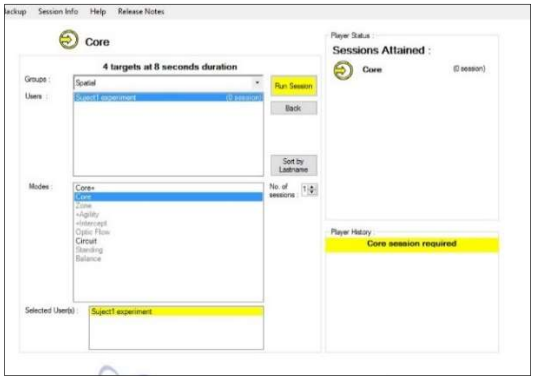


3.6 จากนั้นกรอกข้อมูลของผู้รับการฝึกให้ถูกต้อง



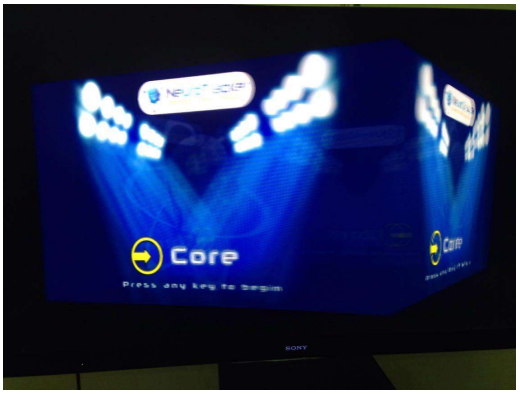
3.7 เข้าสู่รูปแบบการฝึกโดยเลือกที่รูปแบบ Core ตามที่ออกแบบวัตถุที่ติดตามสีเหลือง จำนวน 4 ลูก และสีวัตถุที่เป็นเป้าหมายเป็นสีแดง

3.8 เลือกกลุ่มและรายชื่อผู้รับการฝึกที่ต้องการฝึก และเลือก Modes เป็น Core จากนั้นกดที่ปุ่ม Run Session



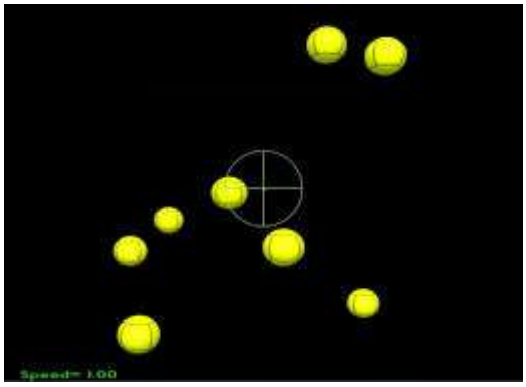
3.9 เปลี่ยนโหมดของโทรทัศน์ให้เป็นการแสดงผล 3 มิติ ชนิด ซ้าย-ขวา (side by side)

3.10 เริ่มต้นการใช้โปรแกรมโดยการกดปุ่มใดก็ได้ที่คีย์บอร์ด หรือการคลิ๊กเมาส์

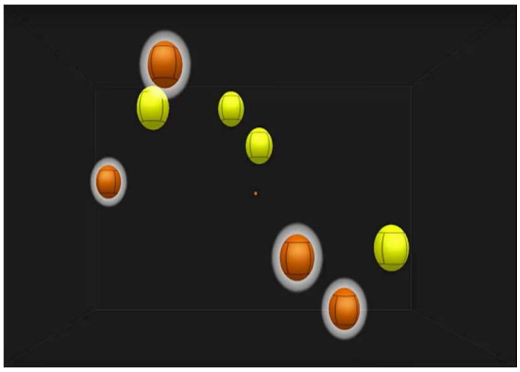


4. ขั้นตอนการฝึกโปรแกรม

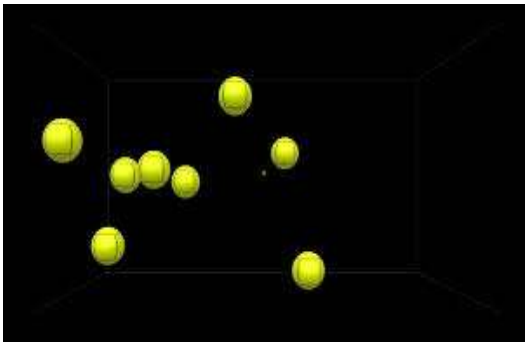
4.1 โปรแกรมจะแสดงวัตถุทรงกลมสีเหลืองทั้งหมด 8 ลูก



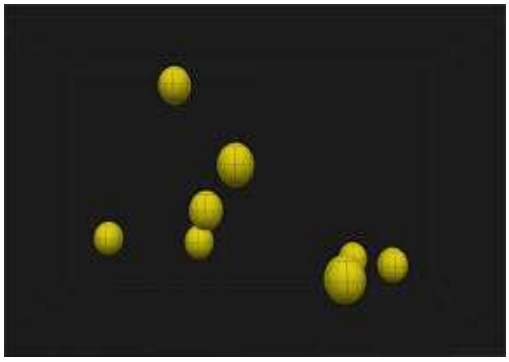
4.2 หลังจากนั้น 2 วินาที วัตถุทรงกลม 4 ลูกจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเป็นเวลา 2 วินาที ให้ผู้ฝึกจดจำและติดตามวัตถุทรงกลมสีแดงไว้



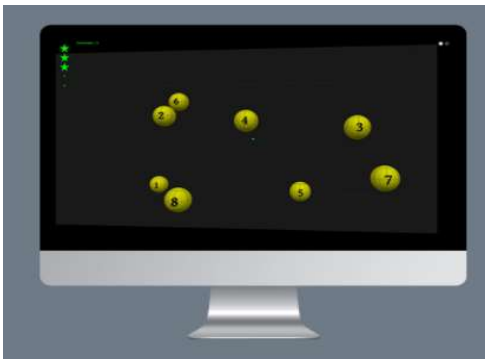
4.3 หลังจากนั้น 2 วินาที วัตถุทรงกลม 4 ลูกที่เป็นสีแดงจะเปลี่ยนกลับเป็นสีเหลืองอีกครั้ง



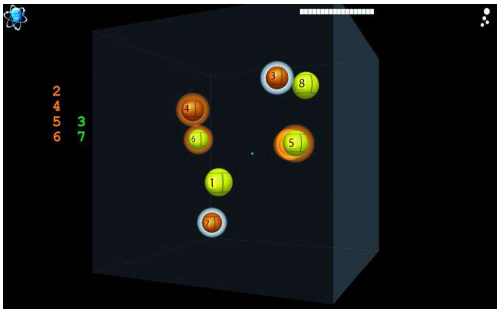
4.4 วัตถุทรงกลมทั้งหมดจะเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงในทิศทางที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 8 วินาที



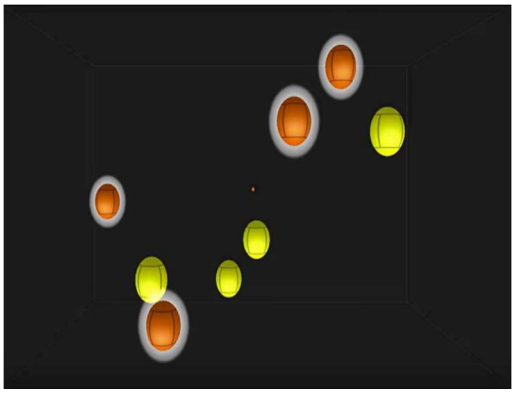
4.5 หลังจากนั้นวัตถุทรงกลมจะหยุดนิ่ง และแสดงตัวเลขบนวัตถุทรงกลมตั้งแต่ 1– 8 หมายเลข



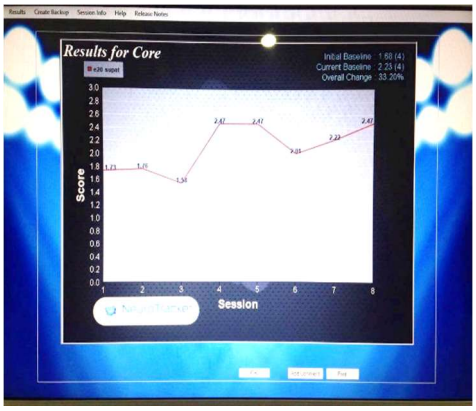
4.6 ให้ผู้รับการฝึกระบุวัตถุทรงกลมที่ได้จดจำและติดตามไว้ จากนั้นบอกหมายเลขกับผู้ควบคุม



4.7 หลังจากนั้นวัตถุทรงกลมจะเปลี่ยนเป็นสีแดง 4 ลูกอีกครั้ง เพื่อเริ่มการติดตามครั้งต่อไป จนครบ 20 รอบ ซึ่งใช้ระยะเวลาทั้งหมดประมาณ 6-8 นาที ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกลมจะเพิ่มขึ้นเมื่อผู้ฝึกระบุหมายเลขของวัตถุทรงกลมถูกทั้ง 4 จำนวน และความเร็วจะลดลงเมื่อระบุหมายเลขผิด



4.8 เมื่อฝึกครบโปรแกรมจะแสดงผลคะแนนในรูปแบบการของกราฟเส้น



ภาคผนวก ช

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทั่วไปของกลุ่มอย่าง
2. Box Plot แสดงการกระจายของคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์
3. Box Plot แสดงการกระจายของคะแนนความสามารถด้านความจำความหมาย
4. ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทั่วไปของกลุ่มอย่าง

Crosstab

Age*Group Crosstab

			Group		Total
			Con_Group	Exp_Group	
Age	12	count	7	8	15
		%	23.3%	26.7%	25.0%
	13	Count	10	11	21
		%	33.3%	36.7%	35.0%
	14	Count	8	7	15
		%	26.7%	23.3%	25.0%
	15	Count	5	4	9
		%	16.7%	13.3%	15.0%
Total			30	30	60
			100%	100%	100%

Class*Group Crosstab

			Group		Total
			Con_Group	Exp_Group	
Class	M.1	Count	10	10	20
		%	33.3%	33.3%	33.3%
	M.2	Count	10	10	20
		%	33.3%	33.3%	33.3%
	M.3	Count	10	10	20
		%	33.3%	33.3%	33.3%
Total			30	30	60
			100%	100%	100%

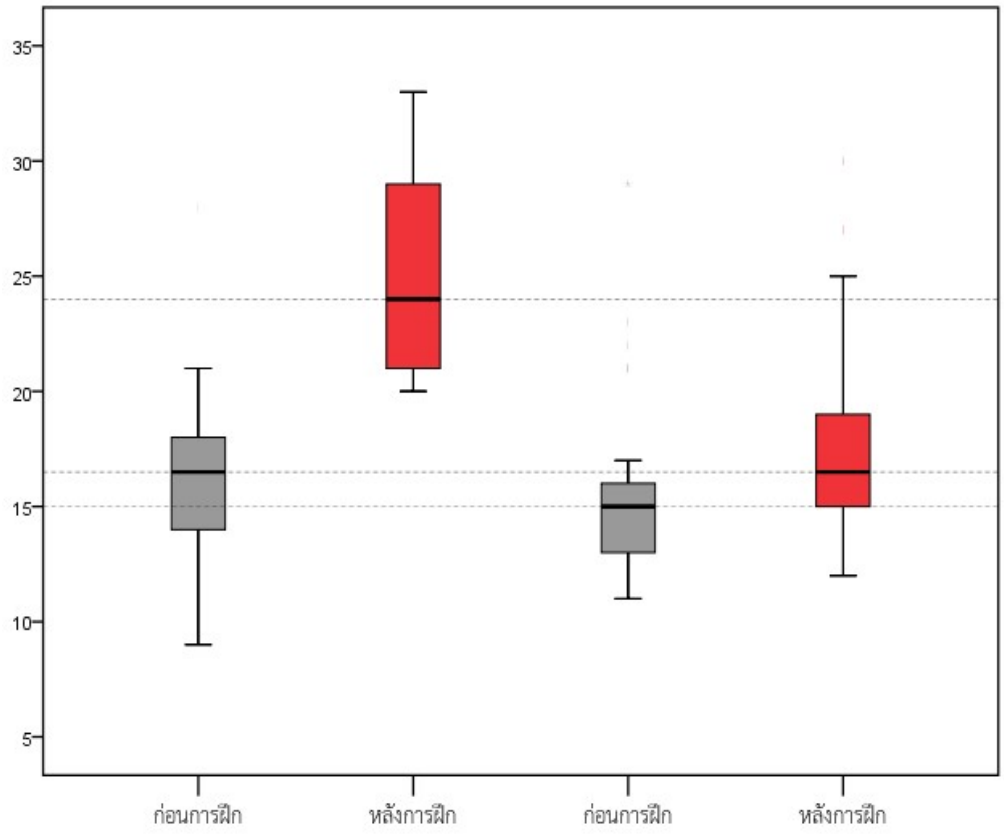
2. Box Plot แสดงการกระจายของคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

User-defined missing values for dependent variables are treated as missing. Statistics are based on cases with no missing values for any dependent variable or factor used.

```
EXAMINE VARIABLES=E_prespa E_postspa C_prespa C_postspa
  /COMPARE VARIABLE
  /PLOT=BOXPLOT
  /STATISTICS=NONE
  /NOTOTAL
  /MISSING=LISTWISE.
```

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
E_prespa	30	100.0%	0	0.0%	30	100.0%
E_postspa	30	100.0%	0	0.0%	30	100.0%
C_prespa	30	100.0%	0	0.0%	30	100.0%
C_postspa	30	100.0%	0	0.0%	30	100.0%


35
30
25
20
15
10
5
ก่อนการฝึก
หลังการฝึก
ก่อนการฝึก
หลังการฝึก

3. Box Plot แสดงการกระจายของคะแนนความสามารถด้านความจำความหมาย

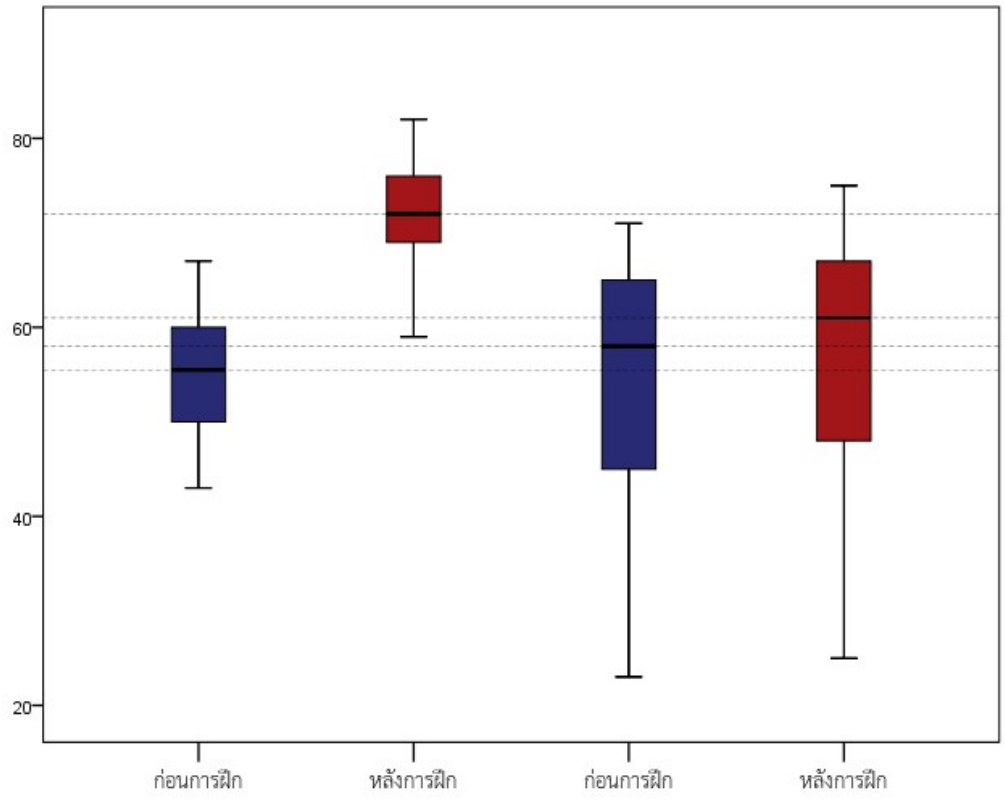
User-defined missing values for dependent variables are treated as missing.

Statistics are based on cases with no missing values for any dependent variable or factor used.

```
EXAMINE VARIABLES=E_presem E_postsem C_presem c_postsem
  /COMPARE VARIABLE
  /PLOT=BOXPLOT
  /STATISTICS=NONE
  /NOTOTAL
  /MISSING=LISTWISE.
```

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
E_presem	30	100.0%	0	0.0%	30	100.0%
E_postsem	30	100.0%	0	0.0%	30	100.0%
C_presem	30	100.0%	0	0.0%	30	100.0%
c_postsem	30	100.0%	0	0.0%	30	100.0%


80
60
40
20
ก่อนการฝึก
หลังการฝึก
ก่อนการฝึก
หลังการฝึก

4. ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางปัญญา

Between-Subjects Factors

		N
Group	C	30
	E	30

Descriptive Statistics

	group	Mean	Std. Deviation	N
Post_Sem	C	57.5667	11.83706	30
	E	71.2333	5.25018	30
	Total	64.4000	11.39759	60
Post_Spa	C	17.4667	4.28899	30
	E	25.0000	4.08530	30
	Total	21.2333	5.62792	60

Box's Test of Equality of Covariance Matrices[a]

Box's M	19.869
F	6.376
df1	3
df2	605520.000
Sig.	.000

Tests the null hypothesis that the observed covariance matrices of the dependent variables are equal across groups.

a. Design: Intercept + group

Bartlett's Test of Sphericity[a]

Likelihood Ratio	.000
Approx. Chi-Square	34.409
Df	2
Sig.	.000

Tests the null hypothesis that the residual covariance matrix is proportional to an identity matrix.

a. Design: Intercept + group

Multivariate Tests[a]

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power[c]
Intercept	Pillai's Trace	.985	1854.679[b]	2.000	57.000	.000	.985	3709.358	1.000
	Wilks' Lambda	.015	1854.679[b]	2.000	57.000	.000	.985	3709.358	1.000
	Hotelling's Trace	65.076	1854.679[b]	2.000	57.000	.000	.985	3709.358	1.000
	Roy's Largest Root	65.076	1854.679[b]	2.000	57.000	.000	.985	3709.358	1.000
group	Pillai's Trace	.540	33.393[b]	2.000	57.000	.000	.540	66.786	1.000
	Wilks' Lambda	.460	33.393[b]	2.000	57.000	.000	.540	66.786	1.000
	Hotelling's Trace	1.172	33.393[b]	2.000	57.000	.000	.540	66.786	1.000
	Roy's Largest Root	1.172	33.393[b]	2.000	57.000	.000	.540	66.786	1.000

a. Design: Intercept + group

b. Exact statistic

c. Computed using alpha = .05

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

	F	df1	df2	Sig.
Post_Sem	24.301	1	58	.000
Post_Spa	.416	1	58	.522

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + group

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power[c]
Corrected Model	Post_Sem	2801.667[a]	1	2801.667	33.417	.000	.366	33.417	1.000
	Post_Spa	851.267[b]	1	851.267	48.526	.000	.456	48.526	1.000
Intercept	Post_Sem	248841.600	1	248841.600	2968.045	.000	.981	2968.045	1.000
	Post_Spa	27051.267	1	27051.267	1542.039	.000	.964	1542.039	1.000
group	Post_Sem	2801.667	1	2801.667	33.417	.000	.366	33.417	1.000
	Post_Spa	851.267	1	851.267	48.526	.000	.456	48.526	1.000
Error	Post_Sem	4862.733	58	83.840					
	Post_Spa	1017.467	58	17.543					
Total	Post_Sem	256506.000	60						
	Post_Spa	28920.000	60						
Corrected Total	Post_Sem	7664.400	59						
	Post_Spa	1868.733	59						

a. R Squared = .366 (Adjusted R Squared = .355)

b. R Squared = .456 (Adjusted R Squared = .446)

c. Computed using alpha = .05

Parameter Estimates

Dependent Variable	Parameter	B	Std. Error	t	Sig.	95% Confidence Interval		Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power[b]
						Lower Bound	Upper Bound			
Post_Sem	Intercept	71.233	1.672	42.611	.000	67.887	74.580	.969	42.611	1.000
	[group=C]	-13.667	2.364	-5.781	.000	-18.399	-8.934	.366	5.781	1.000
	[group=E]	0[a]	.	.	.	.	.	.	.	.
Post_Spa	Intercept	25.000	.765	32.693	.000	23.469	26.531	.949	32.693	1.000
	[group=C]	-7.533	1.081	-6.966	.000	-9.698	-5.369	.456	6.966	1.000
	[group=E]	0[a]	.	.	.	.	.	.	.	.

a. This parameter is set to zero because it is redundant.

b. Computed using alpha = .05

General Estimable Function[a]

Parameter	Contrast	
	L1	L2
Intercept	1	0
[group=C]	0	1
[group=E]	1	-1

a. Design: Intercept + group

Transformation Coefficients (M Matrix)

Dependent Variable	Transformed Variable	
	Post_Sem	Post_Spa
Post_Sem	1	0
Post_Spa	0	1

Between-Subjects SSCP Matrix

			Post_Sem	Post_Spa
Hypothesis	Intercept	Post_Sem	248841.600	82045.600
		Post_Spa	82045.600	27051.267
	Group	Post_Sem	2801.667	1544.333
		Post_Spa	1544.333	851.267
Error		Post_Sem	4862.733	470.067
		Post_Spa	470.067	1017.467

Based on Type III Sum of Squares

Residual SSCP Matrix

		Post_Sem	Post_Spa
Sum-of-Squares and Cross-Products	Post_Sem	4862.733	470.067
	Post_Spa	470.067	1017.467
Covariance	Post_Sem	83.840	8.105
	Post_Spa	8.105	17.543
Correlation	Post_Sem	1.000	.211
	Post_Spa	.211	1.000

Based on Type III Sum of Squares

Lack of Fit

Multivariate Tests

Dependent Variables		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power[b]
Post_Sem, Post_Spa	Pillai's Trace	.000	.	.000	.000	.	.	.	.
	Wilks' Lambda	1.000	.	.000	57.500	.	.	.	.
	Hotelling's Trace	.000	.	.000	2.000	.	.	.	.
	Roy's Largest Root	.000	.000[a]	2.000	56.000	1.000	.000	.000	.050
Post_Sem	Pillai's Trace	.000	.	.000	.000	.	.	.	.
	Wilks' Lambda	1.000	.	.000	58.000	.	.	.	.
	Hotelling's Trace	.000	.	.000	2.000	.	.	.	.
	Roy's Largest Root	.000	.000[a]	1.000	57.000	1.000	.000	.000	.050
Post_Spa	Pillai's Trace	.000	.	.000	.000	.	.	.	.
	Wilks' Lambda	1.000	.	.000	58.000	.	.	.	.
	Hotelling's Trace	.000	.	.000	2.000	.	.	.	.
	Roy's Largest Root	.000	.000[a]	1.000	57.000	1.000	.000	.000	.050

a. Exact statistic

b. Computed using alpha = .05

Univariate Tests

Dependent Variable	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power[a]
Post_Sem	Lack of Fit	.000	0	.	.	.	.000	.000	.
	Pure Error	4862.733	58	83.840					
Post_Spa	Lack of Fit	.000	0	.	.	.	.000	.000	.
	Pure Error	1017.467	58	17.543					

a. Computed using alpha = .05

SSCP Matrix

		Post_Sem	Post_Spa
Lack of Fit	Post_Sem	.000	.000
	Post_Spa	.000	.000
Pure Error	Post_Sem	4862.733	470.067
	Post_Spa	470.067	1017.467